



HAL
open science

L'occupation romaine et médiévale dans la Plaine de Pise. Analyse morphologique des formes agraires et urbaines, et étude des dynamiques paysagères

Arianna Commodari

► **To cite this version:**

Arianna Commodari. L'occupation romaine et médiévale dans la Plaine de Pise. Analyse morphologique des formes agraires et urbaines, et étude des dynamiques paysagères. Histoire. COMUE Université Côte d'Azur (2015 - 2019); Università degli studi La Sapienza (Rome), 2018. Français. NNT : 2018AZUR2029 . tel-02059927

HAL Id: tel-02059927

<https://theses.hal.science/tel-02059927>

Submitted on 19 Mar 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THÈSE DE DOCTORAT

L'occupation romaine et médiévale dans la
Plaine de Pise. Analyse morphologique des
formes agraires et urbaines, et étude des
dynamiques paysagères

Arianna COMMODARI

Cultures et Environnements

Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge (CEPAM)

**Présentée en vue de l'obtention
du grade de docteur en Histoire et
archéologie des mondes anciens
et médiévaux
de l'Université Côte d'Azur
et de La Sapienza Université de Rome**

Dirigée par : Ricardo González Villaescusa /
Pier Luigi Dall'Aglio

Soutenue le : 10 décembre 2018

Devant le jury, composé de :

François Favory, Professeur émérite, UMR
LCE CNRS-UFC

Oriol Olesti, Professor Titular, UAB Barcelona

Marie-Jeanne Ouriachi, Maître de

Conférences, UMR CEPAM CNRS-UCA

Luisa Pellegrini, Professeure, UNIPV



TESI DI DOTTORATO

L'occupazione romana e medievale nella
Pianura di Pisa. Analisi morfologica delle
forme agrarie e urbane, e studio delle
dinamiche paesaggistiche

Arianna COMMODARI

Cultures et Environnements
Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge (CEPAM)

**Presentata per il conseguimento del titolo
di dottore in Archeologia-
curriculum Topografia Antica
presso l'Università Côte d'Azur
e La Sapienza Università di Roma**

Diretta da : Ricardo González Villaescusa /
Pier Luigi Dall'Aglio

Discussa il : 10 dicembre 2018

Dinanzi alla giuria, composta da :

François Favory, Professore emerito, UMR
LCE CNRS-UFC

Oriol Olesti, Professore Ordinario,
UAB Barcelona

Marie-Jeanne Ouriachi, Professoressa
associata, UMR CEPAM CNRS-UCA

Luisa Pellegrini, Professoressa associata,
UNIPV

L'occupation romaine et médiévale dans la Plaine de Pise. Analyse morphologique des formes agraires et urbaines, et étude des dynamiques paysagères

JURY :

DIRECTEURS DE RECHERCHE

Ricardo González Villaescusa, Professeur des universités UMR
CEPAM CNRS-UCA

Pier Luigi Dall'Aglio, Professeur UNIBO

RAPPORTEURS

François Favory, Professeur émérite, UMR LCE CNRS-UFC

Oriol Olesti, Professor Titular, UAB Barcelona

EXAMINATEURS

Marie-Jeanne Ouriachi, Maître de Conférences, UMR CEPAM CNRS-UCA

Luisa Pellegrini, Professeure, UNIPV

Résumé

La plaine de Pise, située au nord-ouest de la Toscane, près du delta de l'Arno qui, après 241 km, se jette dans la mer Ligure à une faible distance du centre urbain de Pise. Différents processus géomorphologiques (érosion, transport, accumulation), principalement conditionnés par le système fluvial et marin (apport sédimentaire d'origine fluviale, formation du système deltaïque, progradation de la ligne de côte), ainsi que par les interventions humaines qui ensemble ont mené à sa configuration actuelle. L'abondance des ressources naturelles, en particulier des ressources en eau, la localisation géographique et l'accessibilité de la plaine sont quelques-uns des facteurs qui ont favorisé une occupation stable et durable depuis le Paléolithique inférieur. Les populations qui se sont succédées au cours des époques historiques ont néanmoins dû faire face au caractère changeant et dynamique de la plaine, et en particulier à la force de l'eau, qui a représenté une ressource inestimable ainsi qu'un imprévisible danger. Les recherches menées en particulier dans le cadre du doctorat se concentrent sur l'étude de deux phases historiques cruciales dans le processus de formation de la plaine de Pise : l'époque romaine et l'époque médiévale. Les interventions réalisées lors de la colonisation augustéenne (Ier siècle av. J.-C.) ont transformé la plaine, modifiant en profondeur le paysage rural par la mise en œuvre d'une nouvelle planification agraire, la centuriation de Pise, qui structure encore significativement le réseau hydraulique, le réseau routier et le système urbain. L'étude du processus de transformation et de transmission du réseau orthogonal nécessite une analyse approfondie des facteurs qui, au cours des différentes phases historiques, l'ont rendu " visible ", surtout pendant la période médiévale caractérisée par le " retour " d'un pouvoir centralisé, celui de la Commune de Pise, capable d'exercer un plus grand contrôle sur le territoire et les ressources hydriques. La recherche vise à reconstituer les principales caractéristiques et les différentes phases d'évolution du paysage centurié au cours des siècles, ce qui implique une étude approfondie des dynamiques paléoenvironnementales et paléohydrographiques qui ont affecté le contexte de Pise avant même la colonisation romaine.

Pour obtenir les résultats attendus, une approche méthodologique interdisciplinaire et diachronique a été utilisée, capable de saisir les facteurs naturels et anthropiques qui, au cours des siècles, ont conditionné ce processus " constructif ". La lecture morphologique des parcelles urbaines et agraires a permis la reconnaissance des formes d'organisation du paysage de Pise, en particulier de la grille centuriée et des phénomènes de transmission et de déformation de ses éléments constitutifs. L'intégration des données stratigraphiques, enrichies par une campagne de carottages menée en 2016 en collaboration avec d'autres universités italiennes, aux résultats de l'étude historique-archéologique, archivistique et planimétrique, a permis d'obtenir de nouveaux résultats sur l'évolution pedosédimentaire et paléohydrographique de la plaine pisane étudiée et de formuler des nouvelles hypothèses sur le scénario paléogéographique à l'époque romaine et son évolution pendant les siècles suivants.

Les études de surface et de sous-sol ont ainsi permis de reconstituer la relation existante entre le système de peuplement, les formes d'exploitation et de gestion des ressources, les transformations paléoenvironnementales et paléohydrographiques et les dynamiques morphologiques (modalités de transmission et/ou de transformation de la trame centuriée) dans la longue durée, montrant que la centuriation visible dans sa version " la plus actuelle " est le résultat d'un processus long et continu d'interaction homme-environnement.

Mots clés : centuriation, diachronie, analyse morphologique, étude stratigraphique, évolution du paysage

Summary

The plain of Pisa, located in northwestern Tuscany, close to the Arno River's delta, which flows into the Ligurian Sea near the town of Pisa after 241 km, is the result of different geomorphological processes (erosion, transport, accumulation). These are mainly conditioned by the fluvial and marine system (fluvial sedimentary accumulation, formation of the delta system, progradation of the coastline), as well as by human intervention, which together have led to its current formation. The abundance of natural resources, in particular water resources, the geographical location and the accessibility of the plain are some of the factors that have favoured a stable and lasting settlement since the Lower Palaeolithic. The populations that lived here over the course of the historical periods, however, had to face the changing and dynamic character of the plain, and in particular the force of the water, which represented an inestimable resource as well as an unpredictable danger. The research carried out during this PhD particularly focuses on the study of two historical phases that were crucial in the formation of the Pisa plain: the Roman and the medieval periods. The interventions carried out at the time of the Augustan colonization (I century BC) transformed the plain, impacting the rural landscape through the construction of a new agrarian system or the centuriation of Pisa, which still significantly structures the hydric network, the road network and the settlement system today. The transformation and transmission process of the orthogonal grid requires a developed analysis of the factors that have made it "visible" during different historical phases. This is especially true for the medieval period, which is characterised by the "return" of the Municipality of Pisa, a centralised power that was able to exercise greater control over territory and water resources. This research aims to reconstruct the main characteristics and the different evolutionary phases of the centuriated landscape over the centuries through the study of the palaeoenvironmental and palaeohydrographic dynamics that have affected Pisa even before Roman colonization.

An interdisciplinary and diachronic methodological approach was applied in order to best identify and understand the natural and anthropic factors that have conditioned this "constructive" process over time. The morphological analysis of the urban and agrarian parcels allowed the recognition of the organisational forms of the Pisan landscape, in particular of the centuriated grid and the phenomena of transmission and deformation of its constituent elements.

The integration of the stratigraphic database (enriched by a coring campaign carried out in 2016 in collaboration with several Italian universities) with the historical-archaeological, archival and planimetric data has made it possible to obtain new results on the pedosedimentary and paleohydrographic evolution of the Pisan plain. It has also permitted us to propose new hypotheses on the paleogeography of the Roman period as well as its evolution over the centuries.

Surface and subsoil surveys have made it possible to reconstruct the relationship between the settlement system, the forms of exploitation and management of resources, the palaeoenvironmental and palaeohydrographic transformations and the morphological dynamics (modes of transmission and/or transformation of the centuriated grid) over the long term, demonstrating that the visible centuriation in its "most updated" version is the result of a long and continuous process of human-environment interaction.

Keywords : centuriation, diachrony, parcel analysis, stratigraphic study, landscape evolution

Riassunto

La pianura di Pisa è situata nella Toscana nord-occidentale, a ridosso del delta del fiume Arno che, dopo aver percorso 241 km, sfocia nel mar Ligure a breve distanza dal centro urbano di Pisa. Differenti processi geomorfologici (erosione, trasporto, accumulo), prevalentemente condizionati dal sistema fluviale e marino (apporto sedimentario di origine fluviale, formazione del sistema deltizio, progradazione della linea di costa), nonché dall'intervento antropico, hanno condotto alla sua conformazione attuale. L'abbondanza di risorse naturali, in particolare delle risorse idriche, la collocazione geografica e l'accessibilità della pianura sono alcuni dei fattori che hanno favorito un'occupazione stabile e duratura sin dal Paleolitico inferiore. Le popolazioni che si sono succedute nel corso delle epoche storiche hanno tuttavia dovuto fronteggiare il carattere mutevole e dinamico della pianura, e in particolare modo la potenza dell'acqua, che ha rappresentato un'inestimabile risorsa quanto un imprevedibile pericolo. In particolare la ricerca svolta nell'ambito del dottorato si concentra sullo studio di due fasi storiche che sono state determinanti nel processo di formazione della pianura di Pisa: l'epoca romana e l'epoca medievale. Gli interventi realizzati all'epoca della colonizzazione augustea (I secolo a.C.) hanno trasformato la pianura, impattando il paesaggio rurale attraverso la realizzazione di una nuova pianificazione agraria, la centuriazione di Pisa, che ancora oggi struttura in maniera significativa la rete idrica, il reticolo viario e il sistema insediativo. Lo studio del processo di trasformazione e di trasmissione della griglia ortogonale richiede un'analisi approfondita dei fattori che, nel corso delle differenti fasi storiche, l'hanno resa "visibile", in particolar modo durante l'epoca medievale caratterizzata dal "ritorno" di un potere centralizzato, quello del Comune di Pisa, in grado di esercitare un maggiore controllo sul territorio e sulle risorse idriche. La ricerca ambisce a ricostruire i caratteri principali e le differenti fasi evolutive del paesaggio centuriato nel corso dei secoli, implicando dunque uno studio approfondito delle dinamiche paleoambientali e paleoidrografiche che hanno interessato il contesto pisano ancor prima della colonizzazione romana.

Per ottenere i risultati sperati è stato adoperato un approccio metodologico interdisciplinare e diacronico in grado di cogliere i fattori, naturali e antropici, che nel corso dei secoli hanno condizionato tale processo "costruttivo". La lettura morfologica del parcellare urbano e agrario ha permesso il riconoscimento delle forme di organizzazione del paesaggio pisano, in particolar modo del reticolo centuriale e dei fenomeni di trasmissione e di deformazione dei suoi elementi costituenti. L'integrazione del database "stratigrafico", arricchito da una campagna di carotaggi svolta nel corso del 2016 in collaborazione con altre università italiane, allo studio dei dati storico-archeologici, archivistici e planimetrici ha consentito di ottenere nuovi risultati relativi all'evoluzione pedosedimentaria e paleoidrografica del settore della pianura pisana investigato e di avanzare nuove ipotesi in merito allo scenario paleogeografico di epoca romana e alla sua evoluzione nel corso dei secoli successivi.

Le indagini di superficie e di sottosuolo hanno permesso così di ricostruire la relazione esistente tra il sistema insediativo, le forme di sfruttamento e di gestione delle risorse, le trasformazioni paleoambientali e paleoidrografiche e la dinamica morfologica (modalità di trasmissione e/o trasformazione della trama centuriale) nella lunga durata, dimostrando che la centuriazione visibile nella sua versione "più aggiornata" è il risultato di un lungo e continuo processo di interazione uomo-ambiente.

Parole chiave: centuriazione, diacronia, analisi del parcellare, studio stratigrafico, evoluzione dei paesaggi

Ringraziamenti/Remerciements

Je souhaite remercier tous les professeurs, les chercheurs, les collègues, le personnel administratif et technique, que j'ai rencontrés pendant ces années de doctorat et qui de façon différente m'ont soutenue et inspirée.

Tout d'abord, je veux remercier mon directeur de thèse, le professeur Ricardo González Villaescusa, qui pour premier a cru en moi et qui m'a aidée à développer les thématiques de recherche concernant le paysage historique et la morphologie des formes agraires et urbaines.

Allo stesso modo ringrazio il mio co-direttore di ricerca, il professore Pier Luigi Dall'Aglio che mi ha motivato ad approfondire lo studio geostratigrafico della pianura di Pisa aprendomi la strada a nuove prospettive di ricerca e a nuove collaborazioni.

Je veux remercier les membres du jury aujourd'hui présents François Favory, Oriol Olesti, Marie-Jeanne Ouriachi, Luisa Pellegrini, Ricardo González Villaescusa et Pier Luigi Dall'Aglio pour avoir accepté d'examiner le travail de thèse.

Je suis extrêmement reconnaissante à ma tutrice Marie-Jeanne Ouriachi, qu'avec sa courtoisie a toujours encouragé ma réflexion scientifique sur les problématiques historiques et morphologiques, et m'a toujours guidé dans la pratique correcte de la langue française.

Ma gratitude va aussi à mon tuteur, Gourguen Davtian qui, avec beaucoup d'efforts, m'a formée à l'utilisation de la plateforme SIG et à la rigueur nécessaire dans la gestion et le traitement de la base des données et des sources planimétriques.

Je souhaite exprimer toute ma gratitude au laboratoire CEPAM - UMR 7264 (Cultures – Environnements. Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge), dirigé par Martine Regert puis par Isabelle Thery et l'équipe DYNAPP - Dynamique des Peuplements et des Paysages guidé par Frédérique Bertoncello, puis par Laurence Mercuri de m'avoir accueillie et soutenue pendant ces années, avec tous les moyen disponibles, m'encourageant à poursuivre ma recherche.

Je remercie Frédérique Bertoncello pour sa disponibilité et pour la possibilité que m'a offerte de participer aux campagnes des prospections et de sondages géoarchéologiques, qui sont été une occasion pour développer et enrichir mes connaissances dans les opérations de terrain.

Je tiens également à remercier Claire Delhon pour avoir réalisé l'étude anthracologique des échantillons prélevés pendant les opérations de carottage, et aussi pour m'avoir accordée l'utilisation des salles et des instruments destinés à l'analyse des sédiments.

Un remerciement particulier va à Louise Purdue pour les échanges scientifiques et ses conseils précieux qui m'ont incitée à approfondir les thématiques de recherche concernant l'évolution des paysages et l'interaction entre homme et ressources hydriques.

Je remercie Anne Marie Gomez et Myriam Benou pour leurs conseils précieux et leur aide dans les démarches administratives.

Merci à Arnould Jouvenez qui heureusement m'a toujours aidée à résoudre mes problèmes informatiques et m'a soutenu même dans les moments les plus pénibles.

Je remercie Antoine Pasqualini pour son soutien à la construction de la base de données et à la mise en pages du manuscrite, Jean-Denys Strich, Sabine Sorin, Alain Carré, Arnaud Mazuy et tous les ingénieurs et techniciens du laboratoire CEPAM pour leur support au cours de ces années de recherche.

Je veux remercier aussi le personnel de la bibliothèque du laboratoire Dominique Trousson, Monique Oger et Vanessa Renaudin pour leur disponibilité ainsi que pour l'efficace assistance à la recherche bibliographique.

Merci à tous mes collègues doctorantes et amis Benjamin, Carlo, Océane, Sophie, Manon, Doriane, Leïla, Juliette, Isabella, Alma, Laura, Naya, Audrey, Eugénie, Gaëlle, Christel et ceux qui sont devenus au cours de ces années des Docteurs Cristina, Janet, Léa, Jean-Victor, Maxime, Antonin et Hala.

Je tiens également à remercier les chercheuses Elisa Nicoud, Lamy Khalidi, Louise Gomart et Marzia Gabriele pour les précieux conseils, les encouragements et l'appui continu.

Je vous remercie pour tous les bons moments et les belles soirées qu'on a passées ensemble, et qui m'ont fait sentir chez moi... Tous, d'une manière différente, ont enrichi mes études et mon parcours de vie au cours des 5 dernières années.

Ringrazio la Scuola di Dottorato in Archeologia dell'Università La Sapienza di Roma, i professori, il personale tecnico, i dottorandi che ho incontrato nel corso di questi anni e che hanno contribuito alla mia crescita scientifica e professionale. In particolare ringrazio la professoressa Luisa Migliorati che con estrema gentilezza e tempestività mi ha sempre aiutato e sostenuto, in particolare per le questioni amministrative e burocratiche.

Voglio ringraziare l'Université Franco-Italienne et l'Ambassade de France en Italie per aver sostenuto, attraverso l'attribuzione delle borse di studio, la mia tesi in cotutela tra Italia e Francia.

Ringrazio il professore Giovanni Sarti per avermi accolto nel Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa e per aver reso possibile, grazie al suo sostegno scientifico e logistico, lo studio stratigrafico della pianura di Pisa. Ringrazio la ricercatrice Monica Bini e il ricercatore Duccio Bertoni per la loro disponibilità, per il loro sostegno e per aver condiviso con me le loro conoscenze scientifiche e il loro tempo.

Voglio ringraziare la ricercatrice Veronica Rossi del Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali dell'Università di Bologna per la sua infinita disponibilità e pazienza, e soprattutto per avermi formato alla ricerca stratigrafica e alle operazioni di terreno.

Ringrazio il geologo Francesco Rinaldi per aver collaborato allo svolgimento delle indagini di sottosuolo e per la sua simpatia che ha reso meno faticoso il lavoro sul campo.

Voglio inoltre ringraziare i colleghi dottorandi, gli studenti, e tutto il personale del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa per la loro disponibilità e collaborazione che ha reso possibile lo svolgimento del mio progetto di ricerca.

Voglio inoltre ringraziare la responsabile dell'Archivio di Stato di Pisa, Daniela Staccioli, i funzionari dell'Ufficio Fiumi e Fossi, in particolare Giulio Borali, dell'architetto Marco Forti della Regione Toscana, e gli altri funzionari della Regione Toscana e della Provincia di Pisa che mi hanno permesso di accedere a numerosi dati relativi alla pianura di Pisa e che mi hanno guidato nel lungo processo di acquisizione dei dati.

Ringrazio la professoressa Gabriella Garzella e Giuliana Biagioli per le preziose conversazioni sulla storia della pianura di Pisa e per avermi garantito l'accesso ad una parte della bibliografia inedita.

Ringrazio il ricercatore Massimiliano Grava dell'Università di Pisa che mi ha offerto la possibilità di analizzare parte del materiale informatico prodotto nell'ambito della sua ricerca di dottorato e di integrarlo così al mio lavoro di ricerca.

Ringrazio il personale delle Soprintendenze Archeologia Belle Arti e Paesaggio Toscana in particolare, il dottore Massimo Tarantini, la dottoressa Emanuela Paribeni e Claudia Rizzitelli per la loro disponibilità e la collaborazione dimostratami.

Ringrazio i colleghi archeologi di Pisa, Marcella Giorgio, Giuseppe Clemente e Antonio Campus per le conversazioni e gli scambi scientifici avuti nel corso di questi anni che hanno ad ogni modo arricchito la mia ricerca.

Infine, ma non da ultimo, ringrazio la mia famiglia, le zie, gli zii, i cugini e i miei più cari amici, che benché lontani dal mondo della ricerca, mi hanno sempre sostenuta e incoraggiata al completamento e alla riuscita del mio Dottorato. Grazie.

Sommario

RINGRAZIAMENTI/REMERCIEMENTS	9
SOMMARIO	13
ABBREVIAZIONI	17
INTRODUZIONE.....	19
PARTE I – PREMESSA GENERALE.....	23
I.1. I caratteri generali della Pianura di Pisa	23
I.1.1. La genesi della pianura alluvionale: i caratteri geologici	23
I.1.2. Le caratteristiche geomorfologiche	27
I.1.3. I caratteri idrologici della Pianura di Pisa	29
I.1.3.1. Il bacino idrografico del fiume Arno	30
I.1.3.2. Il bacino idrografico del fiume Serchio	32
I.1.3.3. Le caratteristiche idrogeologiche della Pianura di Pisa	33
I.1.3.4. La rete idrica attuale: le tecniche di drenaggio	34
I.1.4. Le indagini paleoclimatiche e paleovegetali	35
I.2. Il contesto storico-archeologico	38
I.2.1. L'occupazione della pianura dal Paleolitico all'età del Ferro	38
I.2.2. La nascita dell'agglomerato urbano di Pisa e il sistema insediativo di epoca etrusca	43
I.2.3. La conquista romana e l'installazione delle <i>villae rusticae</i>	54
I.2.3.1. Il sistema portuale dell' <i>ager pisanus</i>	66
I.2.3.2. L'antica rete viaria.....	71
I.2.4. L'Alto Medioevo e lo sviluppo dell'organizzazione plebana	73
I.2.5. L'età comunale e l'espansionismo pisano	76
I.2.5.1. Le "terre murate" e l'iniziativa vescovile	77
I.2.5.2. Le nuove fondazioni "comunali" duecentesche e trecentesche.....	80
I.3. La raccolta e la gestione dei dati	81
I.3.1. La struttura delle banche dati	81
I.3.1.1. Il database archeologico	81
I.3.1.2. Il database storico.....	83
I.3.2. La documentazione planimetrica	84
I.3.2.1. Le carte tematiche.....	84
I.3.2.2. La cartografia storica	86
I.3.2.3. La fotografia storica e le immagini satellitari	88
I.4. Conclusione Parte I	90
PARTE II – IL PAESAGGIO CENTURIATO	93
II.1. Lo studio dei paesaggi centuriati: metodologie a confronto	93
II.1.1. Dall'approccio topografico all'approccio geoarcheologico	93
II.1.2. L'"archeogeografia" e lo studio della dinamica morfologica	99

II.2. La centuriazione pisana	106
II.2.1. Questioni sulla <i>deductio</i>	106
II.2.2. Questioni sull' <i>assignatio</i>	108
II.2.3. Questioni sulla <i>limitatio</i>	112
II.2.4. Storia degli studi sulla centuriazione pisana	116
II.3. Una lettura morfologica e metrologica della Pianura di Pisa	121
II.3.1. Il supporto GIS	121
II.3.2. L'analisi del reticolo centuriale	122
II.3.2.1. I cardini e i decumani	122
II.3.2.2. I <i>limites intercisivi</i>	125
II.3.2.3. Le tracce fossili.....	126
II.3.2.4. La "diagonale" della centuriazione pisana.....	128
II.3.2.5. I caratteri principali della centuriazione di Pisa: modulo, orientamento, estensione	131
II.3.3. L'analisi dello spazio centuriato	132
II.3.3.1. Le parcelle del catasto attuale	132
II.3.3.2. Le parcelle del Catasto Leopoldino.....	133
II.3.3.2.1. <i>Le analisi statistiche tramite il supporto MorphAL</i>	134
II.3.3.2.2. <i>Le discontinuità dello spazio agrario centuriato</i>	134
II.3.4. L'indagine metrologica	137
II.3.4.1. La "terra nuova" di Cascina	139
II.3.4.2. La "terra nuova" di Ponsacco	141
II.3.4.3. Le parcelle regolari in località "Le Melorie"	142
II.3.5. Le forme di organizzazione della pianura pisana tra fenomeni di trasmissione e di trasformazione della struttura centuriale.....	144
II.4. Conclusione Parte II	147
PARTE III – LE DINAMICHE PALEOAMBIENTALI E PAESAGGISTICHE.....	149
III.1. La Pianura di Pisa: storia di fiumi	149
III.1.1. Il ruolo dei fiumi nella formazione del paesaggio pisano	149
III.1.2. L'"equilibrio dinamico" del fiume Arno nel corso dei secoli	151
III.1.3. Le migrazioni del fiume Serchio e della rete idrica minore nelle fonti storiche e d'archivio e nei dati della fotointerpretazione.....	158
III.1.4. La frequenza delle alluvioni dal II secolo a.C. al XX secolo d.C.	160
III.2. L'integrazione dei dati paleoambientali e archeologici per la conoscenza del paleopaesaggio pisano	167
III.2.1. Breve introduzione sullo stato dell'arte	167
III.2.2. Il progetto Mappa: l'architettura deposizionale del sottosuolo della città di Pisa	167
III.2.2.1. Nuovi scenari paleoambientali	171
III.2.3. Lo sviluppo del sistema deltizio del fiume Arno e il rapporto uomo-ambiente costiero.....	175
III.3. Le indagini geostratigrafiche condotte nel biennio 2015-2017 per il settore compreso tra Pisa e Cascina	183
III.3.1. I settori della pianura di Pisa investigati	183
III.3.2. L'approccio metodologico	184
III.3.3. Le indagini preliminari alle operazioni di terreno.....	185
III.3.3.1. Il contributo delle fonti storiche e d'archivio	186
III.3.3.2. Il contributo della cartografia storica allo studio dell'evoluzione dei meandri	191

III.3.3.3. L'integrazione dell'analisi morfologica allo studio della paleoidrografia	193
III.3.3.4. La raccolta e lo studio dei dati telerilevati	197
III.3.3.5. La base dati "stratigrafica" e la gestione in ambiente GIS	199
III.3.4. La campagna di carotaggi: dal terreno al laboratorio	201
III.3.4.1. I nuovi carotaggi	203
III.3.4.1.1. Il carotaggio SC1	204
III.3.4.1.2. Il carotaggio SC2	206
III.3.4.1.3. Il carotaggio SC3	207
III.3.4.1.4. Il carotaggio SC4	208
III.3.4.1.5. Il carotaggio SC5	208
III.3.4.1.6. Il carotaggio SC6	209
III.3.4.2. Le principali <i>facies</i> deposizionali	210
III.3.5. Le potenzialità delle nuove indagini di sottosuolo: confronti e risultati	211
III.3.5.1. La successione cronostratigrafica per il settore compreso tra Pisa e Cascina	212
III.3.5.2. I paleocanali fluviali	214
III.3.5.3. Le aree di maggiore attività del fiume Arno	218
III.4. Conclusione Parte III	220
PARTE IV – LA PIANURA DI PISA ATTRAVERSO LE EPOCHE STORICHE .221	
IV.1. Nuovi scenari paleoambientali: ipotesi, criticità e prospettive di ricerca	221
IV.1.1. L'aspetto della Pianura di Pisa in epoca protostorica e le prime attestazioni dell'interazione uomo-acqua	221
IV.1.2. La pianura pisana in epoca etrusco-romana	224
IV.1.2.1. I nuovi dati relativi alla paleoidrografia: l'ipotesi di un percorso meridionale del fiume Arno	227
IV.1.2.2. Gli interventi idraulici di epoca etrusco-romana tra dati archeologici e ipotesi ricostruttive	232
IV.1.3. Il paesaggio altomedievale e medievale	237
IV.1.3.1. La gestione delle risorse idriche nelle fonti storiche dell'XI-XIV secolo	243
IV.1.4. I grandi interventi idraulici dalla conquista fiorentina ai primi decenni del XX secolo	245
IV.1.5. L'uomo e l'acqua: risorsa e instabilità	248
IV.2. La centuriazione di Pisa tra continuità e alterazione	252
IV.2.1. I fattori di trasmissione e la regolarizzazione delle forme	252
IV.2.2. I fattori di trasformazione del reticolo centuriale nel corso dei secoli	255
IV.3. Conclusione Parte IV	259
PARTE V – CONCLUSIONI GENERALI E PROSPETTIVE	261
BIBLIOGRAFIA	269
RÉSUMÉ	293

Abbreviazioni

ASFi: Archivio di Stato di Firenze

ASP: Archivio di Stato di Pisa

Consorzio LaMMA: Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per lo sviluppo sostenibile (Regione Toscana e Consiglio Nazionale delle Ricerche)

CNR – IGG: Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Geoscienze e Georisorse

ICCD: Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione, Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo

IGM: Istituto Geografico Militare

ISPRA: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

MATTM: Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

SABAP: Soprintendenze Archeologia Belle Arti e Paesaggio

Introduzione

Nella Toscana nord-occidentale, tra le pendici dei Monti Pisani e delle Colline Pisane e Livornesi, si estende per circa 800 km² la pianura alluvionale di Pisa, limitata ad ovest dal mar Ligure¹ e ad est dalla valle del fiume Era. Essa è attraversata da numerosi fiumi e torrenti, in particolare dal basso corso del fiume Arno che dopo aver superato il comune di Pontedera disegna ampi meandri fino a sfociare in mare, e dal tratto finale del fiume Serchio che lambisce il settore settentrionale della pianura, ma che anticamente e sino all'epoca medievale era caratterizzato da un alveo a canali multipli conosciuto col nome di sistema *Auser*²/Serchio. L'attuale città di Pisa, che si sviluppa sulle sponde del fiume Arno a circa 10 km di distanza dall'attuale linea di costa, è il principale centro urbano dell'intera area geografica. Il vasto pianoro, circondato da montagne e colline relativamente giovani³ e delimitato lungo la fascia costiera da un sistema di cordoni sabbiosi che testimoniano le fasi di avanzamento della linea di costa, si inserisce in pieno contesto mediterraneo⁴ con una vasta apertura sul mar Ligure. Le caratteristiche geografiche e ambientali del territorio (abbondanza di risorse idriche e naturali, vicinanza al mare) hanno garantito un'occupazione stabile sin dal Paleolitico inferiore come sembrano attestare i rinvenimenti di industrie litiche in prossimità dei Terrazzi di Casa Poggio ai Lecci e di Pianacce a sud della città di Livorno⁵.

La presenza antropica ha fortemente condizionato la storia e l'evoluzione del paesaggio pisano che conserva in ambito urbano e rurale i monumenti, le opere, i materiali delle società del passato che hanno occupato questo vasto territorio. L'interesse storico e archeologico della pianura di Pisa ha motivato i numerosi interventi di ricerca, di tutela e di valorizzazione del patrimonio ivi conservato, dando esito a innumerevoli pubblicazioni e studi interdisciplinari che hanno permesso di ricostruire gli eventi, le culture, l'economia, le forme di occupazione e di gestione del territorio nella lunga durata.

L'incidenza dell'impatto antropico sul territorio pisano è in particolar modo rappresentata dalle tracce della centuriazione, il cui impianto originario risale al periodo della conquista romana, ancora oggi visibili nel paesaggio odierno. La struttura centuriale, il rapporto esistente tra il sistema insediativo di epoca romana e il sistema agrario, sono stati oggetto di numerose indagini passate che nell'ambito della tesi specialistica in Archeologia conseguita presso l'Università di Pisa⁶ sono state esaminate dalla scrivente. La ricerca, preceduta da un attinente studio bibliografico, ha consentito di sintetizzare i caratteri principali del territorio pisano di epoca romana (le forme di

-
1. Il confine convenzionale tra il mar Ligure e il mar Tirreno è attualmente individuabile in prossimità dell'Arcipelago Toscano, tra le località di Capo Corso (Corsica) e Piombino (Toscana), a sud della costa pisana. Tuttavia, in alcune pubblicazioni, il mar Tirreno viene generalmente indicato come mare che bagna le coste toscane.
 2. *Auser* è il termine antico, ricordato nelle fonti storiche (Strab., 5, 2, 5 C 222; Plinio, N.H. III, 5, 50), con il quale veniva designato un ramo del sistema fluviale *Auser*-Serchio che scorreva nei pressi della città di Pisa.
 3. L'area del Mediterraneo è definita come "un circuito di montagne giovani, che inglobano alcune vette più antiche, ai cui piedi si sviluppano una serie di pianure alluvionali circondate dal mare, che si estende tra le terreferme, come ci suggerisce il nome stesso "mediterraneo" (López Gómez 1989, 27).
 4. Mediterraneo dal latino *mediterraneū*(m), termine composto da *mediŭs* "medio" e *tĕrra* "terra" pertanto "situato in mezzo alla terra" (definizione tratta dal Dizionario Garzanti Linguistica, <https://www.garzantilinguistica.it/>).
 5. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 8)
 6. A. Commodari 2012, Tesi di Laurea in *Topografia antica: La colonizzazione romana e medievale nella Pianura di Pisa*. Studio della morfologia rurale e urbana e delle dinamiche di trasformazione. Corso di Laurea Specialistica in Archeologia, Università degli Studi di Pisa, Facoltà di Lettere e Filosofia, Relatore Prof.ssa Marinella Pasquinucci.

amministrazione, l'organizzazione dello spazio agrario, il sistema insediativo, la rete viaria), nonché l'evoluzione e le trasformazioni avvenute in epoca medievale (nascita delle *curtes*, organizzazione plebana, le “nuove fondazioni”, la gestione della rete idrica). Una preliminare lettura morfologica del parcellare agrario ha permesso inoltre di approfondire l'analisi della struttura centuriale intesa come risultato di un processo “costruttivo” avvenuto nella lunga durata, che ha dato dunque origine a fenomeni di “deformazione” o di “ripresa” degli assi centuriali. La ricerca, in tal senso, dimostra un'iniziale apertura a quello che nel corso dei paragrafi successivi sarà definito come “approccio archeogeografico” che attraverso lo studio del parcellare agrario e urbano analizza il processo di trasformazione e di costruzione progressiva delle forme del paesaggio.

La ricerca di dottorato, attraverso anche l'approfondimento delle tematiche sopracitate, punta ad esaminare le questioni di natura metodologica ed epistemologica riguardanti lo studio dei territori centuriati, ed in particolare della pianura pisana, e integra differenti approcci che ambiscono alla comprensione e alla ricostruzione dei paesaggi storici. Allo studio dei caratteri principali della griglia centuriale attraverso l'analisi delle fonti storiche (testi letterari, gromatici, epigrafici) e archeologiche è stata integrata l'analisi del parcellare agrario e urbano tramite l'utilizzo della strumentazione GIS e di programmi specializzati nel calcolo automatico degli orientamenti, delle lunghezze e delle aree, già sperimentati nell'ambito di altri studi e ricerche di dottorato, ottenendo così nuove informazioni riguardo la dinamica morfologica dell'assetto centuriale e delle forme di organizzazione del paesaggio pisano nel corso dei secoli.

La lettura morfologica della planimetria attuale rappresenta il primo passo verso la comprensione delle dinamiche evolutive di un determinato territorio che necessita tuttavia del supporto dei dati storico-archeologici e stratigrafici. Lo studio delle trasformazioni o delle “deformazioni” della struttura centuriale, ad esempio, acquista una dimensione diacronica soltanto se messo in relazione alle dinamiche insediative sopraggiunte nel corso dell'epoca altomedievale e medievale e perpetuate nelle epoche successive. Per tale ragione l'indagine morfologica è costantemente integrata alla ricostruzione delle forme di occupazione e di gestione della pianura nel corso delle varie epoche storiche, ricostruite tramite l'ausilio di fonti eterogenee.

Ma nello studio dei paesaggi storici è ormai conclamata la necessità di comprendere le dinamiche paleoambientali e paleoidrografiche e dunque le forme di interazione tra ambiente e società antiche che non possono essere disgiunte dalla ricostruzione del contesto storico e archeologico. La natura dinamica del paesaggio alluvionale pisano, attraversato da un'articolata rete idrografica, è stata al vaglio di molteplici indagini geostratigrafiche che attraverso un approccio interdisciplinare hanno permesso di ricostruire ad esempio l'evoluzione del sistema deltizio dei fiumi principali che attraversano la pianura e le fasi di progradazione della linea di costa in particolare dall'epoca romana sino al secolo scorso; la paleogeografia dell'area urbana della città di Pisa per l'epoca etrusca e romana; i contesti portuali (Cantiere delle Navi Antiche di Pisa S.Rossore, *Portus Pisanus*).

Tuttavia, rimane piuttosto problematica la ricostruzione dell'antica rete idrografica per il contesto rurale ed in particolare per i settori dove sono ancora oggi visibili le tracce della centuriazione. L'indagine stratigrafica condotta nel corso di questi anni nasce dunque con l'ambizione di ricostruire le dinamiche pedosedimentarie e paleoidrografiche che hanno interessato il territorio compreso tra Pisa e il comune di Cascina e che nel corso della ricerca sono risultate necessarie

alla comprensione delle fasi evolutive della griglia centuriale e quindi del paesaggio pisano. I nuovi scenari, apparsi nel corso delle ricerche, offrono nuove spunti di riflessione sulle dinamiche paesaggistiche che hanno riguardato la pianura, ma aprono nuove problematiche e prospettive di ricerca che necessitano ulteriori approfondimenti.

Il progetto sviluppato nel corso della ricerca di dottorato si fonda pertanto su un approccio interdisciplinare che si avvale delle conoscenze e delle metodologie proprie dell'archeologia, delle scienze storiche, della Terra (come la stratigrafia, la sedimentologia, la geomorfologia, l'antracologia), nonché della cartografia, della geomatica, del telerilevamento e di discipline "ibride" come l'"archeogeografia", che studia le forme del paesaggio antico ancora percettibili nella morfologia attuale del territorio (parcelle agrarie e urbane, reti stradali), la loro funzione, la loro evoluzione.

La ricerca è basata sull'"analisi regressiva" del paesaggio storico, che studia i cambiamenti avvenuti dalle epoche più recenti fino a quelle più antiche⁷, avvalendosi di volta in volta del supporto di ambiti disciplinari differenti. Partendo dall'osservazione del paesaggio attuale e dei suoi elementi costitutivi, si tenta di ricostruire il suo aspetto più antico con l'ausilio di dati eterogenei e complementari, come ad esempio le fonti d'archivio, la cartografia storica, i dati telerilevati, le informazioni archeologiche e ancora i dati di sottosuolo.

Nei capitoli successivi verranno presentati in un primo momento il contesto geografico e storico della pianura di Pisa ed in particolare i caratteri del sistema insediativo di epoca romana e medievale ricostruiti nel corso delle ricerche passate. La creazione di un archivio storico-archeologico e cartografico lascia dunque spazio alla seconda parte della ricerca che affronta lo studio della griglia centuriale e delle forme del paesaggio attraverso un approccio interdisciplinare che si pone all'incrocio tra la metodologia "topografica" nata in Italia nel corso del Novecento e ampiamente sviluppata nel corso degli anni successivi, e la metodologia "archeogeografica" teorizzata in Francia agli inizi del ventesimo secolo. Il paesaggio centuriato, al centro del dibattito scientifico, necessita di un approccio interdisciplinare e diacronico in grado di cogliere i fattori di interazione uomo-ambiente che sin dall'epoca romana hanno contribuito alla costruzione della centuriazione visibile nel suo aspetto attuale. L'analisi delle forme del paesaggio odierno nella lunga durata e la loro contestualizzazione storica pongono le premesse necessarie allo studio dei dati stratigrafici in grado di chiarire le caratteristiche principali del paesaggio antico e la sua evoluzione pedosedimentaria.

La terza fase della nostra indagine è dunque indirizzata allo studio delle dinamiche paesaggistiche attraverso un approccio geostratigrafico che integra le conoscenze storiche e archeologiche in grado di definire la cronostratigrafia della pianura di Pisa e l'evoluzione paleoidrografica, in particolare del settore compreso tra Pisa e Cascina.

Alla luce dei nuovi risultati così ottenuti, è stato possibile avanzare nuove ipotesi riguardo l'aspetto della pianura di Pisa in epoca etrusco-romana; il rapporto esistente tra l'antica rete idrografica e l'assetto centuriale; l'evoluzione del contesto pisano nei secoli successivi alla colonizzazione

7. (Gaucher 2011, 36)

romana; le forme e i fattori di trasformazione e di trasmissione della griglia centuriale nella lunga durata.

La ricerca di dottorato conduce ad una riflessione complessa e articolata sulle fasi di costruzione del paesaggio pisano e sulle dinamiche di interazione uomo e ambiente dal Neolitico sino ai giorni nostri, approdando a nuovi elementi di conoscenza, criticità e prospettive che stimolano ulteriori ricerche.

Parte I – PREMESSA GENERALE

1.1. I caratteri generali della Pianura di Pisa

1.1.1. La genesi della pianura alluvionale: i caratteri geologici

La pianura di Pisa si estende per circa 800 km² ed è limitata a nord dalla pianura costiera versiliana e dai Monti Pisani, a sud dalle Colline Pisane e Livornesi, a ovest dal mar Ligure e a est dalla Valdera. Tuttavia, il confine nord-occidentale con la Versilia non è chiaramente definibile, ma verosimilmente coincide con la depressione del lago di Massaciuccoli⁸ (**Figura 1; Figura 2**).

La pianura costituisce la parte sommitale del bacino estensionale di Viareggio formatosi durante il Tortoniano superiore (ca. 7 Ma BP), lungo il margine tirrenico della catena appenninica e sviluppatosi con un orientamento nord-ovest/sud-est per una lunghezza di circa 80 km e una larghezza di circa 40 km. La depressione tettonica può essere suddivisa in due porzioni: una parte *inshore* costituita dalle pianure costiere di Pisa a sud e di Viareggio a nord (Versilia), delimitate a nord-est dai Monti Pisani, d'Oltre Serchio e dalle Alpi Apuane e a sud dalle Colline Pisane e Livornesi; una parte *offshore* delimitata a sud-ovest dalle Secche della Meloria - Maestra⁹.

Una serie di faglie tettoniche infatti attraversano la pianura seguendo due direzioni principali: le faglie cosiddette “appenniniche” seguono un orientamento NO-SE, correndo parallele ai Monti Pisani e alle Alpi Apuane. Mentre le faglie “antiappenniniche” seguono un orientamento SO-NE, come ad esempio la cosiddetta “Linea del Sillaro” o *Meloria Bientina line* che si sviluppa lungo il bordo meridionale della pianura pisana e separa l'area di pianura subsidente dalla zona delle Colline Pisane-Livornesi caratterizzate da fenomeni di *uplift*, e prosegue verso mare bordando le Secche della Meloria¹⁰.

Il progressivo riempimento di tale depressione tettonica, fortemente condizionato dalle variazioni eustatiche e dall'apporto sedimentario fluviale, comportò la formazione della pianura di Pisa¹¹.

La prima fase di sprofondamento del bacino apuano-versiliense risale al Miocene superiore (10,5-5,3 Ma BP) quando ebbe inizio una fase di trasgressione marina di origine glacioeustatica (legata all'aumento o allo scioglimento dei ghiacciai)¹² durante la quale il mare invase la terraferma, sommergendo le Colline Pisane e Livornesi¹³. Tale processo perdurò per tutto il Pleistocene inferiore (1,7 a 0,7 Ma BP)¹⁴ provocando la deposizione dei sedimenti neogenici e pleistocenici (tra cui le Sabbie e Argille ad *Arctica Islandica*, le Argille azzurre, le Sabbie di Nugola Vecchia), prevalentemente controllata dalla subsidenza di origine tettonica¹⁵. “Verso la fine del Pleistocene

8. (Amorosi *et al.* 2008, 119; Sarti 2012, 64-65)

9. (Sarti 2012, 65)

10. (Amorosi *et al.* 2008, 119–20; Bruni 2002, 181–82; Sarti 2012, 65–66)

11. (Sarti 2012, 66)

12. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 8)

13. (Bruni 2002, 182–83; Mazzanti 1991, 215)

14. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 8)

15. (Della Rocca *et al.* 1987; Mazzanti 1987, 75–79)

inferiore, con l'attenuazione dei movimenti tettonici di sprofondamento, il Valdarno Pisano era completamente emerso e in erosione"¹⁶.

Nel Pleistocene medio (0,7-0,125 Ma BP) si sviluppò una seconda fase transgressiva di origine glacioeustatica¹⁷ alla quale seguì un nuovo processo erosivo avvenuto nel tardo Pleistocene medio che comportò la formazione dei sistemi vallivi dell'Arno e del ramo del Serchio da Bièntina, in corrispondenza delle faglie antiappenniniche, e la conseguente deposizione dei Calcarei Arenacei di Luciana e dei Conglomerati di Casa Poggio a Lecci¹⁸. La cronologia dei terrazzi nel Pleistocene medio (Terrazzi di Casa Poggio ai Lecci e di Pianacce, a sud di Livorno) è confermata dai rinvenimenti di industrie del Paleolitico inferiore¹⁹.

Nel Pleistocene superiore o tardo (0,125-0,010 Ma BP)²⁰ seguì un terzo episodio transgressivo detto "Tirreniano" avvenuto in più fasi durante le quali si depositarono i sedimenti di origine marina non più rintracciabili nel settore interno della pianura di Pisa perché asportati dalle profonde incisioni vallive formatesi nel corso delle glaciazioni würmiane²¹. Durante la fase anaglaciale del Würm I, caratterizzata da un clima umido e da un notevole abbassamento del livello marino, riprese l'azione erosiva dell'Arno comportando la formazione del Terrazzo II e del cosiddetto Terrazzo di Livorno situato nel settore meridionale della pianura²², la cui cronologia è confermata dai rinvenimenti di industrie del Paleolitico medio²³. Le ripetute incisioni del fiume Arno modellarono il Terrazzo di Livorno comportando la formazione della scarpata di erosione della cosiddetta "Gronda dei Lupi"²⁴ (**Figura 3**). Seguì la fase "cataglaciale" del Würm I caratterizzata da un clima freddo e secco che provocò una diminuzione del manto boschivo ed un aumento dei processi erosivi e di trasporto dei principali fiumi e la conseguente deposizione dei Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bièntina. I sedimenti rintracciabili ad una profondità compresa tra i -20 e -100 m rispetto al livello del mare sono piuttosto grossolani e caratterizzati da un'abbondanza di ciottoli dei tipi litologici dei Monti Pisani²⁵. Al di sopra dei Conglomerati si depositarono i limi fluvio-palustri che attestano una diminuzione del trasporto fluviale, probabilmente connessa alla fine dell'abbassamento eustatico e allo sviluppo del manto boschivo avvenuti dopo il superamento dell'acme del Würm II. Il processo di sedimentazione non interessò tuttavia la scarpata erosiva della Gronda dei Lupi, che rimase grossomodo inalterata²⁶.

Un'ulteriore fase incisiva del fiume Arno, del fiume Serchio e dei corsi d'acqua che scendevano dalle Colline Pisane iniziò durante l'ultimo picco glaciale (circa 18000 anni BP) quando il livello del mare raggiunse una profondità di circa -120 metri rispetto al livello attuale²⁷. Durante tale

16. (Mazzanti 1991, 215)

17. (Mazzanti 1987, 79)

18. (Della Rocca *et al.* 1987, 61-63; Mazzanti 2000, 165; 1987, 79-83)

19. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 8)

20. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 8)

21. (Mazzanti 2000, 168-69)

22. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 12; Mazzanti 2000, 167-68)

23. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 8)

24. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 12)

25. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 12; Della Rocca *et al.* 1987, 63; Mazzanti 2000, 172)

26. (Della Rocca *et al.* 1987, 64-65)

27. (Sarti 2012, 69)

fase l'Arno dopo la confluenza con l'Era avrebbe attraversato la pianura formando due rami principali: il primo settentrionale che, probabilmente con un corso vicino all'attuale, riceveva le acque del Serchio da Bièntina, e uno meridionale che dopo aver attraversato le zone di Latignano e Chiesanuova riceveva le acque dei torrenti delle Colline Pisane (il Cascina, lo Zannone, il Crespina, l'Orcina, l'Isola, il Tora e il Tanna) per poi gettarsi in mare. Le paleovalli dei fiumi principali e dei corsi minori andarono così ad incidere i depositi pleistocenici, come le Sabbie di Isola di Coltano lungo la costa meridionale, e le Sabbie di Vicarello affioranti lungo il margine meridionale delle Colline Pisane e Livornesi²⁸. Secondo recenti indagini stratigrafiche, realizzate nell'ambito del progetto Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 (CARG) condotto dall'istituto ISPRA²⁹ (Foglio Pisa-273), le prime sarebbero “costituite da depositi alluvionali con evidenze di ripetuti episodi di erosione fluviale” e geologicamente connesse alle Formazioni di Vicarello, situate al margine delle Colline Livornesi e risalenti al tardo Pleistocene³⁰, (**Figura 3**). La presenza di industrie musteriane sulla sommità delle Sabbie di Isola di Coltano e il confronto con i dati di sottosuolo confermerebbe inoltre un'età inferiore a 40000 anni BP e compresa tra il medio e tardo Pleistocene (stadio isotopico MIS6-MIS3)³¹. Alla luce dei nuovi risultati è stato pertanto ipotizzato che il limite morfologico che separa la pianura olocenica subsidente e i rilievi di Coltano e Castagnolo dalla zona di *uplift* delle Colline Livornesi potrebbe non coincidere con la faglia SO-NE (Linea del Sillaro), ma potrebbe attestarsi più a nord in corrispondenza dell'attuale corso del fiume Arno. Tuttavia, le nuove ipotesi riguardo l'interpretazione geotettonica della porzione meridionale del Bacino di Viareggio necessitano di ulteriori indagini stratigrafiche e cronologie assolute in grado di definire il modello geo-tettonico del settore meridionale della pianura di Pisa³². Mentre è stato confermato che i depositi affioranti a nord del fiume Arno, le cosiddette “sabbie di Palazzetto”, di origine eolica e un tempo ritenute pleistoceniche, sarebbero invece connesse al sistema progradante dei cordoni litoranei olocenici, che si depositarono nel tardo Olocene come dimostra la presenza di industrie litiche risalenti all'Eneolitico³³, (**Figura 3**).

Le indagini stratigrafiche condotte nel settore costiero della pianura, sino a circa 13 km a est dall'attuale foce dell'Arno, hanno permesso di rintracciare la superficie erosiva del terrazzo würmiano del fiume Arno ad una profondità di circa 50 metri dal piano di campagna e riferibile a 23.5 ka yr BP. La paleovalle, larga 5-8 km e profonda 40-45 metri venne progressivamente riempita da depositi fluviali, palustri e di estuario che testimoniano l'avvicinarsi di fenomeni di trasgressione-regressione marina (tre cicli) avvenuti tra 13000-8000 anni BP. In seguito all'ultimo picco glaciale registrato 18000 anni BP (*Last Glacial Maximum*), durante il quale il mare raggiunse una profondità di circa -120 metri rispetto al livello attuale, iniziò infatti un generale processo di risalita del livello del mare conosciuto col nome di “trasgressione versiliana”, con relative variazioni dovute ad oscillazioni climatiche³⁴. In soli 5000 anni (tra 13-8 ka BP) la paleovalle fu totalmente inondata e riempita da sedimenti di estuario e fluvio-palustri che attestavano l'avvicinarsi di

28. (Della Rocca *et al.* 1987, 65)

29. <http://www.isprambiente.gov.it/it>.

30. (Sarti *et al.* 2015b, 79–80)

31. (Sarti *et al.* 2015b, 85)

32. (Sarti *et al.* 2015b)

33. (Sarti *et al.* 2015b)

34. (Amorosi *et al.* 2008, 124–125; Amorosi *et al.* 2009, 149; Amorosi *et al.* 2013b, 132; Sarti 2012, 69–70)

ambienti deposizionali salmastri maggiormente influenzati dalle dinamiche marine e ambienti di pianura costiera/estuario interessati piuttosto dalle dinamiche continentali³⁵. Al riempimento della paleovalle, avvenuto circa 8000 anni fa³⁶, seguì una fase di massima ingressione marina durante la quale il mare inondò la paleovalle fino a 7 km ad est dell'attuale riva³⁷. A ridosso dell'antica linea di costa si sviluppava un ambiente lagunare riconosciuto in stratigrafia con il nome di “pancone” e individuato nel corso delle indagini passate ad una profondità compresa tra ca. -20 e -7 m rispetto al livello del mare³⁸; mentre alle sue spalle si estendeva un'ambiente di pianura costiera³⁹, attraversata da corsi fluviali i cui fronti deltizi avanzavano progressivamente verso ovest. In seguito al definitivo riempimento della laguna, avvenuto intorno a 5000 anni BP, si assiste al graduale passaggio ad ambiente palustre e infine alluvionale, dovuto prevalentemente all'apporto detritico dei principali fiumi pisani⁴⁰. Le recenti indagini svolte nel corso del progetto Mappa (acronimo di “Metodologie applicate per la predittività del potenziale archeologico”) per il contesto urbano⁴¹ (confronto con il paragrafo III.2.2) e le ricerche svolte nell'ambito del dottorato (confronto con il paragrafo III.3.5.1) hanno permesso di chiarire, con un maggior dettaglio, le successioni cronostratigrafiche che interessarono l'ultima fase del processo di formazione della pianura pisana.

Allo stesso modo, nell'attuale fascia costiera, il processo di formazione del sistema deltizio dell'Arno avvenne ad opera del progressivo apporto detritico di origine fluviale che comportò la chiusura della laguna e la conseguente saldatura del corpo deltizio lagunare con le barriere costiere formatesi in seguito alla fase di massima ingressione marina⁴². Alla formazione del delta marino dell'Arno seguì una fase di progradazione della linea di costa modulata dal rapporto tra carico fluviale e energia del moto ondoso. Dal II-I secolo a.C. (linea di costa di epoca romana), alla metà del XIX secolo è stata calcolata una progressione verso ovest di circa 6 km in corrispondenza della foce dell'Arno e di circa 4 km in corrispondenza di Stagno⁴³ (a sud dell'Arno) e di Isola di Migliarino (a nord dell'Arno). Tale fenomeno è imputabile ad un aumento consistente dell'apporto solido dei fiumi pisani, causato principalmente da fattori antropici (disboscamenti, sistemi di canalizzazioni, interventi in alveo) e anche climatici (aumento delle precipitazioni).

Recenti indagini geoarcheologiche⁴⁴ condotte nel settore compreso tra Stagno e la Gronda dei Lupi (**Figura 3**), che anticamente ospitava il bacino lagunare del *Portus Pisanus*, hanno inoltre permesso di ricostruire in maniera dettagliata l'evoluzione paleoambientale del settore più meridionale della costa pisana (confronto con il paragrafo III.2.3).

L'incisione valliva del fiume Serchio, che oggi attraversa il settore settentrionale della pianura, è stata individuata ad una profondità compresa tra -20 e -25 m rispetto al livello del mare.

35. (Amorosi *et al.* 2008, 121–25)

36. (Amorosi *et al.* 2008, 125; 2013b, 132)

37. (Sarti 2012, 70)

38. (Rossi *et al.* 2011)

39. (Sarti 2012, 82)

40. (Amorosi *et al.* 2013a)

41. (Amorosi *et al.* 2012)

42. (Bellotti 2000, 785–88)

43. (Federici & Mazzanti 1989, 596)

44. (Allinne *et al.* 2016; Kaniewski *et al.* 2018)

La paleovalle larga 8-10 km e profonda 30-35 metri venne progressivamente riempita, da sedimenti fluviali ghiaiosi e successivamente da depositi più fini di pianura costiera databili tra 13000-12400 cal yr BP e contenenti resti vegetali e legnosi, e molluschi d'acqua dolce e di origine continentale. Seguì una *facies* deposizionale di estuario risalente alla prima fase dell'Olocene e caratterizzata dalla presenza di molluschi bivalve d'acqua salmastra (*Cardium glaucum*). Una nuova fase regressiva caratterizzò la paleovalle che fu colmata da depositi di estuario-pianura costiera costituiti da argille e sabbie contenenti molluschi d'acqua dolce e rari foraminiferi d'acqua salmastra. In seguito alla fase di massima ingressione marina datata a 7800 cal yr BP si sviluppò un sistema di prodelta attestato dalle alternanze argillo-sabbiose. L'alternanza stratigrafica di depositi di cordoni litorali e di laguna documentano infine la progradazione del delta avvenuta durante il medio e il tardo Olocene⁴⁵.

1.1.2. Le caratteristiche geomorfologiche

La superficie della pianura di Pisa è caratterizzata pertanto da affioramenti del Pleistocene medio-superiore e dell'Olocene (**Figura 3**). I primi si sviluppano lungo il margine meridionale delle Colline Pisane e corrispondono alle “Formazioni di Vicarello”, mentre le cosiddette “Sabbie di Isola di Coltano” riconoscibili nei rilievi di Coltano e Castagnolo sono situate alle spalle dei cordoni costieri olocenici. Si tratta di sedimenti costituiti da sabbie e limi di origine fluviale, formati in seguito a processi di erosione e di accumulo avvenuti tra il Pleistocene medio e il Pleistocene superiore, in particolare durante i periodi glaciali in seguito all'abbassamento del livello marino⁴⁶. Il limitrofo settore pianeggiante è costituito da depositi alluvionali di origine olocenica, le cosiddette “Sabbie Argillose di Le Rene” che presentano una litologia limo-sabbiosa e si attestano in prossimità dell'attuale corso del fiume Arno e del fiume Serchio e nel settore meridionale della Pianura dove testimoniano, secondo le ricostruzioni dei ricercatori, il passaggio di un antico ramo del fiume Arno e più precisamente nei pressi di Latignano, di Chiesanuova e di Le Rene. I paleoalvei evidenziati potrebbero risalire alla fase compresa tra il Würm III e l'Olocene. Nei settori più lontani dagli attuali corsi fluviali si depositarono i sedimenti più fini dei “Limi e Argille alluvionali”, attestati inoltre nelle aree palustri della bassa pianura (area dell'ex palude di Stagno)⁴⁷. I fiumi principali, l'Arno e il Serchio, contribuirono in maggior misura alla formazione della superficie attuale della pianura di Pisa, mentre un contributo minore si ebbe dai sedimenti trasportati dai torrenti dei Monti Pisani e delle Colline Pisane e Livornesi⁴⁸. Ai piedi dei Monti Pisani è possibile infatti osservare la presenza di una serie di conoidi alluvionali formati in seguito all'accumulo dei sedimenti trasportati dai corsi secondari montani (come ad esempio il torrente Zambra che diede il nome all'omonima località, il torrente Sasso Grosso, il rio Foce di Pennechio). L'attuale fascia costiera (pianura deltizia esterna) si caratterizza da un sistema di cordoni sabbiosi, i “Lidi e dune attuali”, che attestano le fasi di progressione della linea di costa avvenuta

45. (Amorosi *et al.* 2013b, 134)

46. (Sarti *et al.* 2015b, 85–86)

47. (Della Rocca *et al.* 1987, 66)

48. (Mazzanti & Nencini 1994, 100–101)

principalmente a partire dal II-I secolo a.C. e sino al XIX secolo. I lidi, detti localmente “cotoni”, sono generalmente allineati agli antichi andamenti del litorale e sono da correlare a barre emerse (spiagge), ricoperte dalla vegetazione; mentre le dune, dette localmente “tomboli”, sono più frammentarie e con direzioni meno dipendenti dall’allineamento dell’antica linea di riva in quanto accumulate dal vento sul retro immediato delle spiagge emerse⁴⁹. I cordoni sabbiosi, considerati nella carta geomorfologica come un’unica unità litostratigrafica, sono intervallati da aree morfologicamente più basse dette “Lame”, in origine tratti di mare separati dall’emersione dei lidi e trasformati in paludi maggiormente in comunicazione con le acque dolci continentali, fluviali o delle falde freatiche, o in lagune interessate dagli afflussi delle maree con acque maggiormente salate⁵⁰. I depositi palustri caratterizzano inoltre le zone depresse comprese tra i rilievi pleistocenici di Coltano e Castagnolo.

Mentre ai margini settentrionali della pianura pisana e nel settore a nord di Calcinai e Vicopisano si trovano i depositi lacustri del lago di Massaciuccoli un tempo esteso sino alle aree di Montramito e Massarosa⁵¹ e già parzialmente separato dal mare sin dal VII-V secolo a.C.⁵²; e dell’ex lago di Bièntina, formatosi in seguito al progressivo seppellimento del ramo del Serchio da Bièntina che sfociava in Arno⁵³, verosimilmente in epoca altomedievale (VI secolo d.C.)⁵⁴. La presenza del lago è infatti attestata nella documentazione medievale in connessione con l’Abazia Benedettina di Sesto che sorse nei pressi delle sue sponde al sesto miglio toscano dalla città di Lucca tra il VII e l’VIII secolo d.C.⁵⁵.

I numerosi paleovalvei visibili nella Carta Geomorfologica della pianura di Pisa (**Figura 4**) sono il risultato delle indagini condotte nell’ambito del progetto CAR.G (Carta Geologica Regionale in scala 1:10000 della Regione Toscana)⁵⁶ e del progetto “AAVV (2005) - La Geologia della Provincia di Pisa, Cartografia, Geositi e Banche Dati. A cura della Provincia di Pisa - Servizio Difesa del Suolo. DVD Pisa, 1/12/2005”, e sono riferibili alle probabili variazioni di percorso dei fiumi Arno, Serchio, Era e Cascina e dei vari corsi minori. Alcuni di essi sono riferibili ai tagli di meandro operati in epoca medievale e moderna sul corso del fiume Arno come ad esempio nel caso delle anse di San Rossore e della Vettola tagliate rispettivamente nel 1338 e 1340⁵⁷; di Castel del Bosco e di Bièntina-Vicopisano avvenuti rispettivamente nel 1561 e nel 1563-1564, e del meandro di Barbaricina avvenuto nel 1771-1774⁵⁸; o ancora sul corso del fiume Serchio come nel caso del meandro di Metano rettificato nel 1579⁵⁹.

49. (Della Rocca *et al.* 1987, 66)

50. (Dall’Antonia & Mazzanti 2001, 24)

51. (Fabiani 2006, 39)

52. (Federici & Mazzanti 1989, 596)

53. (Della Rocca *et al.* 1987, 65)

54. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 422-423; Pasquinucci 1994, 198)

55. (Repetti 1833-1846). Voce “Abazia di Sesto, di Bièntina (S. Salvatore)” consultata sul database “Repetti on-line” ID: 33. N. scheda: 380. Volume: 1. Pagina: 27 (<http://stats-1.archeogr.unisi.it/repetti/index.php>).

56. “Fonte dei dati: Regione Toscana – Database Geologico Regionale in scala 1:10.000 della Regione Toscana”: <http://dati.toscana.it/dataset/carg>. Il dataset è rilasciato con licenza CC BY 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

57. (Gattiglia 2013, 20)

58. (Federici & Mazzanti 1989, 602)

59. (Gattiglia 2013, 24)

La topografia attuale è dunque fortemente condizionata dalla conformazione tettonica e dai processi morfogenetici che hanno condotto alla formazione dei vari depositi e delle forme di accumulo o di erosione, **Figura 5**. Il settore orientale e meridionale della pianura, ai margini con le zone collinari e a ridosso della fascia costiera, sono dunque caratterizzati da zone in *uplift* e dai sedimenti di origine pleistocenica che raggiungono quote intorno ai 30 m sul livello del mare (s.l.m.) nei pressi degli affioramenti di Vicarello, mentre i rilievi di Coltano e Castagnolo (Sabbie di Isola di Coltano) si attestano tra i 5 e i 15 metri s.l.m.⁶⁰. Il rilievo naturale della pianura alluvionale olocenica decresce da oriente verso occidente e da sud verso nord sino grossomodo l'attuale Fosso Vecchio e il settore a sud di Pisa, raggiungendo quote intorno a 1 m s.l.m.. Le aree prossime all'attuale corso del fiume Arno e del fiume Serchio sono maggiormente elevate rispetto ai terreni circostanti, raggiungendo quote intorno a 9 m s.l.m.. La morfologia attuale delle principali "aree di esondazione" dei fiumi è dovuta a fattori naturali (sedimentazione alluvionale) e antropici (regimazione del corso fluviale, arginature).

Mentre i livelli altimetrici diminuiscono nel settore compreso tra i Monti Pisani e il fiume Arno (tra 1 e 5 m s.l.m.) e nel settore a sud del fiume Arno sino all'attuale Fosso Vecchio con quote comprese tra 2 e 6 m s.l.m.. Le aree maggiormente depresse della pianura si situano nel settore sud-occidentale in corrispondenza dell'ex palude di Stagno e dell'ex palude Maggiore con quote che raggiungono -1 m rispetto al livello del mare, inframezzate dalle sabbie pleistocene di Coltano che invece raggiungono quote intorno a 8 m s.l.m.. Il settore a nord della città di Pisa si caratterizza da un debole declivio da nord verso sud con quote comprese tra 1 e 5 m s.l.m., maggiormente depresse nel settore orientale in prossimità dei cordoni litoranei che invece per tutto il tratto compreso tra la foce del Serchio a nord e il Calambrone⁶¹ a sud raggiungono quote comprese tra circa 0,5 e 3 m s.l.m., con un picco nei pressi del sito di Palazzetto (10 m s.l.m.), intervallati da zone maggiormente depresse (lame). Tale sistema dunare, leggermente sopraelevato rispetto al retrostante settore pianeggiante che raggiunge talvolta quote inferiori al livello del mare, rappresenta un ostacolo al libero deflusso delle acque verso il mare⁶².

1.1.3. I caratteri idrologici della Pianura di Pisa

La pianura di Pisa è caratterizzata da un sistema idrografico alquanto complesso formato da due corsi d'acqua principali, l'Arno che attraversa tutta la pianura sfociando nel mar Ligure a circa 10 km di distanza dal centro urbano di Pisa, e il Serchio che lambisce il settore settentrionale della pianura sfociando nei pressi della località di Migliarino. I corsi minori attraversano il settore orientale della pianura: l'Era, affluente sinistro dell'Arno che limita ad est la pianura e il fiume Cascina affluente sinistro del fiume Era, che fino al XII secolo d.C. sfociava direttamente nell'Arno in prossimità della città omonima di Cascina⁶³. Infine, una serie di torrenti che provengono dai Monti Pisani e

60. (Sarti *et al.* 2015b, 86)

61. Attualmente il toponimo Calambrone è riferito alla località costiera situata a nord della città di Livorno, in prossimità della foce dello Scolmatore dell'Arno. Il toponimo potrebbe derivare dall'antica denominazione del *Portus Labro* ricordato da Cicerone (*Ad Quintum Fratrem*, 2, 5) e verosimilmente riferibile all'approdo romano del *Portus Pisanus* (Allinne *et al.* 2016, 327; Kaniewski *et al.* 2018; Pasquinucci 2003b, 95).

62. (Baldacci 1999, 93)

63. ASP, Dipl. Primaziale, Pellegrini, n. 3. Tratto da Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 414.

della Colline Pisane e Livornesi (il Tora, lo Zambra, lo Zannone, il Crespina, l'Orcina, l'Isola, il Tanna) si gettano nella pianura. Alle acque superficiali trasportate dai corsi d'acqua o di origine meteorica si unisce un complesso sistema di acque sotterranee la cui circolazione è determinato dalle caratteristiche idrodinamiche delle formazioni geologiche del sottosuolo pisano. "L'ambiente tipicamente umido della pianura è accentuato dalla vicinanza del mare da cui dipende il moto delle acque superficiali e sotterranee, attestando una stretta interconnessione tra ambiente marino e ambiente continentale, tra superficie e sottosuolo". Le acque salmastre presenti in prossimità del litorale, dai confini incerti, sono un esempio della stretta interconnessione tra le acque dolci di origine meteorica o continentale⁶⁴, (**Figura 6, A**).

La complessità del sistema idrologico pisano e la continuità abitativa che ha interessato la pianura nel corso dei secoli hanno comportato numerosi e ripetuti interventi di gestione delle acque e la costruzione di un'articolata rete idrica che ha completamente modificato l'aspetto attuale della pianura.

1.1.3.1. Il bacino idrografico del fiume Arno

Il Bacino idrografico del fiume Arno (**Figura 6, B**) occupa una superficie totale di 8228 Km² che interessa prevalentemente la regione Toscana (98,4%) ed in particolare le provincie di Arezzo, Firenze, Pistoia, Pisa, Siena, Lucca, Livorno e in maniera marginale la Regione Umbria (1,6%) e la provincia di Perugia. Esso viene suddiviso in 6 sottobacini principali: il Casentino, la Val di Chiana, il Valdarno Superiore, la Sieve, il Valdarno Medio, il Valdarno Inferiore⁶⁵. Nel settore riguardante la pianura di Pisa, ovvero il Valdarno Inferiore Pisano, l'area del bacino si estende dallo Scolmatore dell'Arno a sud e il Fiume Morto a Nord, l'area di Coltano-Stagno e il bacino del torrente Tora che oggi confluisce nello Scolmatore, e confina a nord con il Bacino del Fiume Serchio, a nord-est con la piana di Bièntina ed a oriente con la Valdera.

Il fiume nasce sul versante meridionale del Monte Falterona, nell'Appennino Tosco-Emiliano, a quota 1358 m sul livello del mare, e dopo aver percorso 241 km sfocia nel mar Ligure nei pressi della città di Pisa. Il bacino idrografico si estende per il 55,3% della sua superficie totale (8228 Km²) ad una quota inferiore a 300 m s.l.m., per il 30,4% a quote comprese tra 300 e 600 m s.l. m., per il 9,8% a quote comprese tra 600 e 900 m s.l.m., mentre per il restante 4,5% a quota superiori a 900 m s.l.m.⁶⁶. La pendenza media del suo corso è di 5,6%, ma raggiunge valori massimi nei primi 5 km del suo percorso (140%) e valori minimi negli ultimi 82 km, dalla stretta della Gonfalina alla foce (0,43%)⁶⁷. Nel tratto compreso tra Pontedera e la foce l'alveo fluviale ha una pendenza media di circa 0,02% che decresce maggiormente nel tratto finale, da Riglione alla foce (**Figura 7**).

Le rocce affioranti e i suoli che caratterizzano il bacino idrografico dell'Arno sono in prevalenza impermeabili, costituiti da argille, marne, scisti argillosi, calcari marnosi e arenarie compatte e pertanto soggetti a forte erosione, non affievolita dalla presenza di un esteso manto boschivo.

64. (Cavazza 1994, 431-36)

65. (Nardi & Magi 1996)

66. Fonte Autorità di Bacino del fiume Arno. http://www.adbarno.it/adb/?page_id=833.

67. (Autorità di Bacino del Fiume Arno 2002, pt. III, pp. 65)

L'erosione del letto fluviale è inoltre favorita dalle numerose attività di estrazione in alveo, eseguite prevalentemente nei pressi dei centri abitati per l'impiego di materiale costruttivo, o dall'attività di sottrazione effettuata nelle numerose vasche o cave destinate all'immagazzinamento delle acque torbide, di morbida e di piena dell'Arno⁶⁸. Il fenomeno di erosione dell'alveo fluviale ebbe inizio nel corso del XIX secolo⁶⁹, in tempi relativamente recenti, e subì un'accelerazione a partire dalla seconda metà del Novecento come è possibile osservare nel grafico delle pendenze dell'alveo fluviale, **Figura 7**. Il grafico è stato realizzato dal confronto tra i dati desunti dal fascicolo "Rilievo dell'alveo dei corsi d'acqua. Arno dalla foce alla confluenza con l'Era" realizzato nel 1954 dal Servizio Idrografico dell'allora Ministero dei Lavori Pubblici⁷⁰ e le sezioni dell'alveo del fiume Arno realizzate nel 2001 dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno⁷¹. I secoli precedenti furono invece maggiormente interessati da un processo di aggradazione del letto fluviale, provocato dal consistente carico solido trasportato in alveo, e dunque da una maggiore frequenza degli episodi esondativi⁷². Tale processo avrebbe favorito il carattere pensile dell'alveo del fiume Arno in alcuni suoi tratti.

Il regime fluviale dell'Arno, prevalentemente torrentizio con portate minori in estate e maggiori in inverno, è pertanto influenzato dalle caratteristiche morfologiche (6800 km² del bacino idrografico sono caratterizzati da aree prevalentemente collinari, maggiormente declivi) e geologiche (terreni prevalentemente impermeabili, soggetti a maggiore erosione) del bacino idrografico e dall'andamento delle precipitazioni. A tal proposito, i dati pluviometrici riportati negli Annali Idrologici del Ministro dei Lavori Pubblici attestano per l'intero bacino due massimi tra i mesi di gennaio e maggio, quando si hanno precipitazioni abbondanti e di norma regolari, e nel periodo compreso da ottobre a dicembre, con precipitazioni rilevanti ed intense ma irregolarmente distribuite nel tempo; un minimo nei mesi estivi caratterizzati da scarse piogge⁷³.

La distribuzione areale delle piogge sul bacino idrografico è alquanto variabile: nel Valdarno Superiore e sull'ampia zona parallela al crinale appenninico le precipitazioni medie annue non scendono al di sotto dei 1.000 mm annui e raggiungono valori intorno ai 2.000 mm sullo spartiacque tra il Pescia ed il Bisenzio, 1.400-1.900 mm lungo il crinale sino al Monte Falterona ed infine valori intorno ai 1.700 mm sul Pratomagno. In occasione di abbondanti precipitazioni in queste zone si possono raggiungere valori rispettivamente superiori a 3.000 mm, 2.000 mm e 2.500 mm. Nelle zone dell'alto bacino della Chiana e dell'Era le precipitazioni raggiungono e superano di poco i 1.000 mm annui; mentre nel Valdarno Medio e nel Valdarno Inferiore le precipitazioni oscillano intorno ai valori tra 800-900 mm annui. Le precipitazioni nevose sono, escluse le zone montuose, di assai modesta entità e rivestono carattere di eccezionalità, soprattutto nelle zone vicine al mare. Pertanto risulta che nei settori più elevati del bacino idrografico il tipo pluviometrico può essere

68. Fonte Autorità di Bacino del fiume Arno. http://www.adbarno.it/adb/?page_id=833.

69. (Caporali *et al.* 2005)

70. (Ufficio Idrografico dell'Arno-Pisa 1954)

71. I dati sono stati visualizzati tramite il servizio *Opendata* offerto dall'Autorità di Bacino - Sezioni e modellazione idraulica (http://www.adbarno.it/opendata/?page_id=26).

72. Nelle relazioni di C. Meijer e V. Viviani del XVII secolo riguardo al problema delle inondazioni che affliggevano la città di Pisa e la sua campagna (Nesti 2008, 49-69) sono elencate le cause principali del processo di aggradazione dell'alveo del fiume Arno. Confronto con il paragrafo III.1.4..

73. Fonte Autorità di Bacino del fiume Arno. http://www.adbarno.it/adb/?page_id=833.

classificato come sub-litoraneo/appenninico, mentre nella fascia più prossima alla costa tirrenica è di tipo marittimo⁷⁴.

Nel contesto della pianura di Pisa, più prossima alla linea di costa, il regime pluviometrico è di tipo submediterraneo, tipico della fascia costiera tirrenica, caratterizzato da un massimo nei mesi di ottobre e un minimo nei mesi di luglio. Le precipitazioni sono distribuite in maniera uniforme con valori che si aggirano intorno a 900 mm annui⁷⁵. L'ampia apertura sul mare comporta l'arrivo delle perturbazioni occidentali che interagendo con i Monti Pisani provocano un aumento delle precipitazioni, ed influisce inoltre sulle temperature dell'aria attenuando le escursioni termiche⁷⁶. Tutti questi fattori influiscono sulla portata media annua del fiume che raggiunge i 50 m³/s a Nave di Rosano (Firenze), mentre aumenta nei pressi di S. Giovanni alla Vena, raggiungendo i 90 m³/s, per poi raddoppiare nei pressi della foce raggiungendo i 110 m³/s⁷⁷. In caso di precipitazioni intense il valore cresce notevolmente. Ad esempio, durante lo straordinario evento alluvionale del 4 novembre del 1966, che ha interessato il bacino idrografico dei fiumi Arno, Serchio e Ombrone, è stato calcolato che nel tratto passante per Firenze la portata del fiume superò i 4100 m³/s; mentre gli eventi esondativi avvenuti lungo il percorso del fiume Arno alleggerirono la sua portata che nei pressi di Pisa raggiunse i valori di 2500-2600 m³/s⁷⁸. Tale dato è significativo per comprendere l'impatto che l'intensità e la distribuzione delle precipitazioni può avere sulla portata del fiume Arno, a monte e a valle.

1.1.3.2. Il bacino idrografico del fiume Serchio

“Il fiume Serchio nasce dallo spartiacque della dorsale appenninica che separa la Toscana settentrionale dall'Emilia Romagna; scorre successivamente in direzione sud-est per circa 45 km e dopo aver ricevuto le acque del torrente Lima, suo principale affluente, si dirige verso sud in direzione di Lucca e successivamente verso la pianura di Pisa nel suo tratto arginato. L'alto e il medio corso del Serchio che si sviluppa dalla sorgente fino al tratto arginato ricopre una superficie di 1190 km² con una lunghezza totale di circa 58 km. Nel tratto montano il suo percorso è piuttosto rettilineo e controllato dalle rocce affioranti; mentre una volta giunto nella pianura alluvionale di Lucca assume una configurazione a barre alternate tendente ad una morfologia a canali intrecciati che si attivano durante le fasi di morbida e di piena”⁷⁹. Il tratto del fiume Serchio arginato che dall'abitato di Ponte a Moriano presso Lucca, giunge alla foce nei pressi di Migliarino ricopre una superficie di 1408 km² e di circa 39 km di lunghezza. Il corso fluviale attuale in questo tratto completamente arginato è il risultato di numerosi interventi di canalizzazione e di regimazione avvenuti nel corso dei secoli⁸⁰. Il fiume ha una portata media di 46 m³/s⁸¹ che in occasione di

74. Fonte Autorità di Bacino del fiume Arno. http://www.adbarno.it/adb/?page_id=833.

75. (Rapetti & Vittorini 1994, 110)

76. (Rapetti & Vittorini 1994, 103)

77. (Nardi & Magi 1996)

78. (Nardi & Magi 1996, 30).

79. (Nardi *et al.* 2010, 11–12)

80. (Nardi *et al.* 2010, 24–25)

81. (Amorosi *et al.* 2013b, 130)

piogge abbondanti può raggiungere valori compresi tra 1700-1900 m³/s in particolare nel tratto compreso tra la città di Lucca e la foce, come è stato calcolato per l'alluvione del dicembre 2009⁸².

1.1.3.3. Le caratteristiche idrogeologiche della Pianura di Pisa

La circolazione delle acque sotterranee è strettamente connessa alla permeabilità e dunque alla porosità degli strati geologici in cui esse sono contenute. Nel contesto della pianura pisana è presente una prima falda superficiale freatica direttamente alimentata dalle acque piovane e dalla rete idrica minore, ed è situata generalmente a qualche metro di profondità, ad eccezione delle zone costiere dove è piuttosto superficiale e in connessione con le acque marine, o delle aree maggiormente depresse dove è pressoché affiorante. La natura dei sedimenti dei bacini dell'Arno e del Serchio, scarsamente permeabili, rendono minimi gli scambi tra le acque fluviali e quelle sotterranee, così come in prossimità dei "Limi e argille alluvionali" la falda è generalmente povera⁸³. Mentre i terreni limo sabbiosi, permeabili, sono caratterizzati da un collegamento attivo tra le acque superficiali e quelle sotterranee⁸⁴, e grazie alle caratteristiche del suolo e al naturale declivio verso il settore sud-ovest della pianura sono maggiormente drenati. I suoli limo-argillosi e le aree con debole pendenza o depresse, sono al contrario soggetti al ristagno delle acque superficiali. Tale fenomeno è accentuato nelle aree retrostanti le dune costiere sabbiose, maggiormente interessate da fenomeni di subsidenza⁸⁵ (**Figura 9**).

Le falde più profonde formano il cosiddetto "Acquifero multistrato confinato" (Amc) suddiviso nel livello inferiore del "1° Acquifero artesiano in ghiaie" e nel livello superiore del "1° Acquifero Artesiano in Sabbie". Quest'ultimo è appunto costituito da depositi sabbiosi e limo-sabbiosi, di origine fluvio-lacustre (come nel caso del PaleoSerchio da Bièntina), marina e eolica⁸⁶. Il tetto delle sabbie raggiunge una profondità massima di 50 metri dal piano di campagna (p.d.c.) nei pressi della periferia nord-orientale di Pisa e diminuisce progressivamente dall'interno verso la costa. In corrispondenza dei depositi sabbiosi del settore costiero ("Lidi e dune attuali" e "Sabbie di Isola di Coltano") a contatto con strati permeabili più profondi, la "Prima falda artesianiana in sabbie" è direttamente collegata con la falda a pelo libero, rendendo maggiormente vulnerabili all'inquinamento le falde profonde⁸⁷.

Gli acquiferi in ghiaie, sono costituiti dai depositi alluvionali e fluvio-lacustri del Pleistocene medio e superiore (in particolare dai Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bièntina) e si situano ad una profondità compresa tra 50 e 180 metri dal p.d.c., con profondità massime intorno a 200 metri dal p.d.c.⁸⁸. Tuttavia, non è sempre possibile definire i limiti tra i due acquiferi⁸⁹, che possono inoltre entrare in contatto con gli apparati alluvionali pedemontani. Ad esempio, nel settore meridionale della pianura l'Amc, in particolare l'Acquifero artesianiano in ghiaie, è in

82. (Nardi *et al.* 2010, 47)

83. (Cavazza 1994, 453–57)

84. (Cavazza 1994, 457)

85. (Baldacci 1999, 93)

86. (Cavazza 1994)

87. (Baldacci *et al.* 1994, 277; Cavazza 1994, 454–55)

88. (Baldacci *et al.* 1994, 273)

89. (Baldacci 1999, 95)

collegamento con gli acquiferi dei torrenti delle Colline Pisane e con gli apparati sabbiosi delle “Formazioni di Vicarello” e delle “Sabbie di Isola di Coltano”; mentre nel settore settentrionale, nella fascia adiacente ai Monti Pisani, gli acquiferi sono in collegamento con i conici di deiezione sepolti⁹⁰.

L’analisi dei livelli piezometrici del 1° Acquifero in ghiaie, ovvero delle quote raggiunte dalla falda in pressione sul livello del mare, conferma che la circolazione delle acque sotterranee segue un andamento altimetrico tendenzialmente decrescente dall’interno verso la costa; tuttavia è presente, nella fascia costiera, un gradiente inverso, e nell’entroterra delle depressioni o “imbuto” prodotti dal prelievo delle acque sotterranee verso le quali viene artificialmente richiamato il deflusso sotterraneo⁹¹, (**Figura 8**). Nei pressi di Cascina è inoltre possibile osservare la presenza di un “cono piezometrico” che sembra attestare l’antico passaggio del fiume Cascina⁹².

La pianura di Pisa è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo con temperature medie nei mesi freddi compresi tra -3° e 18° e temperature medie estive oltre i 22° . Le abbondanti precipitazioni che interessano principalmente i mesi di ottobre, novembre e parzialmente dicembre sono sufficienti a garantire la ricarica delle riserve idriche; mentre le eccedenze dei mesi tra dicembre e aprile, alimentano lo scorrimento delle acque superficiali e la falda freatica. A partire dal mese di maggio e per tutto il periodo estivo le scarse precipitazioni e l’aumento dell’evapotraspirazione dei terreni comporta un *deficit* del contenuto idrico dei suoli che necessita di un supplemento in acqua per ripristinare le condizioni ottimali di umidità⁹³. L’andamento piezometrico annuale è dunque di tipo unimodale ovvero con periodi di massima ricarica nei mesi autunnali-invernali (aumento delle precipitazioni, scarsa evaporazione) e di livelli minimi nei periodi primaverili-estivi (scarse precipitazioni, maggiore evaporazione)⁹⁴.

1.1.3.4. La rete idrica attuale: le tecniche di drenaggio

I fiumi principali e secondari della pianura di Pisa contribuiscono al maggior apporto idrico della pianura; tuttavia le loro acque sono fortemente regimate da un sistema di argini e scolmatori che garantiscono il deflusso verso il mare (o verso l’Arno come nel caso del fiume Era e Cascina) e il controllo della portata nei casi di piene eccezionali. Lo smaltimento delle acque meteoriche, dei deflussi provenienti dai versanti montani e collinari, degli scarichi delle acque utilizzate per usi antropici, e ancora il drenaggio della falda più superficiale o freatica, delle acque stagnanti permanenti o temporanee, delle intrusioni marine negli alvei fluviali, è invece garantito da un sistema idrico complesso di fossi e scoline che provvedono al deflusso delle acque superficiali verso il mare aperto⁹⁵. Tale sistema si caratterizza da fossi a scolo “naturale” e fossi a scolo “meccanico” ovvero per sollevamento, utilizzato in particolare nelle zone maggiormente depresse caratterizzate

90. (Baldacci *et al.* 1994, 279)

91. (Baldacci *et al.* 1994, 282–85; Baldacci 1999, 96)

92. (Baldacci 1999, 98)

93. (Rapetti & Vittorini 1994, 126–27)

94. (Baldacci 1999, 95)

95. (Cavazza 1994, 432–33)

da una falda superficiale affiorante⁹⁶. Il sistema di raccolta delle acque del settore a nord del fiume Arno e della città di Pisa è subordinato al fosso del Fiume Morto che raccoglie le acque provenienti dai fossi minori (Fosso della Vicinaia, il Fosso del Gatano, i fossi Doppi), mentre nel settore a sud del fiume Arno le acque vengono indirizzate verso la Fossa Chiara (che venne costruita durante il XVIII secolo come proseguimento dell'antico canale Arnaccio, verosimilmente risalente al 1176 e in uso sino al 1761⁹⁷) e successivamente verso il Canale Scolmatore dell'Arno che sfocia nei pressi del Calambrone e che fu costruito soltanto nel corso del XIX secolo. I fossi del settore orientale (Fossa Nuova, Fossa Solaiola) e del settore meridionale (Fosso Reale o Zannone aperto nel 1554 e riscavato nel 1672⁹⁸) vengono anch'essi indirizzati verso lo Scolmatore dell'Arno per poi sfociare in mare.

I fossi scolmatori (Scolmatore dell'Arno) assolvono inoltre la funzione di alleggerire il carico idrico del fiume Arno in caso di piene, evitando che le alluvioni invadano la campagna e la città di Pisa. Mentre il Canale Emissario di Bièntina, collegato alla "botte" sotterranea di S. Giovanni alla Vena, venne realizzato nel 1859 per il deflusso delle acque dell'ex lago di Bièntina, definitivamente prosciugato nel corso del XIX secolo, **Figura 6**.

1.1.4. Le indagini paleoclimatiche e paleovegetali

Le numerose indagini palinologiche e antracologiche condotte nel contesto della pianura di Pisa in occasione di scavi archeologici (Cantiere delle Navi Antiche di Pisa San Rossore, sito di Podere Casanuova) e di indagini geostratigrafiche hanno permesso di ricostruire le variazioni paleoclimatiche e paleovegetali dal tardo Pleistocene sino all'epoca romana.

In particolare, in seguito all'ultimo picco glaciale (ca. 18000 anni BP) si registra un'alternanza di fasi climatiche calde e umide e fredde-temperate che si riflettono nei cicli transgressivi-regressivi del livello del mare attestati nel sottosuolo pisano⁹⁹. Durante le fasi transgressive è attestato lo sviluppo di foreste miste e di conifere tipiche dei climi freschi e temperati interglaciali. Le specie più rappresentate sono quelle dell'Abete, del Faggio e del Tiglio, che progressivamente scompaiono nel corso dell'Olocene. Mentre le fasi regressive furono caratterizzate da una significativa diminuzione delle temperature che allo stesso tempo comportò la crescita degli alberi di montagna e in particolare del Pino, del Carpino, mentre diminuì il numero delle piante termofile quali la Quercia, il Tiglio e l'Olmo.

L'Olocene fu invece caratterizzato da due cicli trasgressivi, durante i quali prevalse un clima sub-Mediterraneo, caldo e umido, con un aumento delle foreste miste e un'abbondante presenza di alberi decidui (*Quercus ilex* e *Erica Arborea*), seguiti da due cicli regressivi caratterizzati da un aumento significativo delle specie del *Pinus* e dell'*Alnus* e dunque ad un abbassamento delle

96. (Comune di Pisa - Direzione Ambiente 1997)

97. (Repetti 1833-1846). Voce "Ponti di Stagno - Fossa Chiara, Antifosso d'Arnaccio - Arnaccio, Rio Arnonico, di Pozzale - Fosso de'Navicelli, Canale Naviglio, Canale de'Navicelli" consultata sul database "Repetti on-line" ID: 3380. N. scheda: 41970. Volume: 1; 2; 4; 6S. Pagina: 136; 336, 339, 340; 539-540; 14, 46, 198 (<http://stats-l.archeogr.unisi.it/repetti/index.php>). Secondo altri ricercatori, sulla base del confronto con la cartografia storica, il fosso dell'Arnaccio venne scavato soltanto intorno al 1568 (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 37).

98. (Bruni & Cosci 2003, 30)

99. (Amorosi *et al.* 2009; Ribecai 2011)

paleotemperature. Lo sviluppo delle specie arboree sopraelencate è stato riscontrato anche in altre zone della Toscana, in particolare tra 10385 cal yr BP e 9590 cal yr BP e successivamente intono al 8190 cal yr BP¹⁰⁰.

Le indagini stratigrafiche condotte nel contesto urbano della città di Pisa e nei siti archeologici di Podere Casanuova e del Cantiere delle Navi Antiche di Pisa S.Rossore hanno permesso di ridefinire l'evoluzione paleoclimatica e paleovegetale degli ultimi 8000 anni. In seguito all'ultima fase di massima ingressione marina (7820±130 cal yr BP) un'ampia laguna in connessione con il mare si sviluppò tra i Monti Pisani a nord e l'area a sud di Pisa, mentre verso l'interno si estendeva per oltre 7 km a est dell'attuale linea di costa¹⁰¹ sino grossomodo all'attuale zona di Campo. Durante tale fase si registrò una rapida transizione a un clima caldo e umido durante il quale si svilupparono le foreste di piante sclerofille sempreverdi¹⁰². Le analisi palinologiche svolte sui campioni del carotaggio Mappa 5, realizzato in ambito urbano, confermano per la fase compresa tra 8000 e 5000 anni BP un clima caldo e umido e un paesaggio caratterizzato in prevalenza da piante ripariali, *Alnus* o Ontano, che si sviluppavano in prossimità dei corsi d'acqua, associati a piante decidue/ sempreverdi quali la Quercia e il Nocciolo presenti anche in altre aree della costa tirrenica. Inoltre, la presenza di piante pteridofite confermerebbe la presenza di un ambiente lagunare¹⁰³.

Nel settore più interno della pianura, le indagini svolte nei pressi del sito neolitico di Podere Casanuova¹⁰⁴ hanno inoltre permesso di ricostruire i caratteri paleoambientali e paleoclimatici dell'area. Il villaggio, occupato tra 5350 e 5000 yr BP¹⁰⁵, era ubicato in una zona asciutta come indica la natura dei sedimenti di origine alluvionale e delle strutture rinvenute, mentre l'area circostante doveva essere interessata da ampie zone acquitrinose probabilmente dovute alla tracimazione dei corsi fluviali che attraversavano la zona. Secondo le analisi antracologiche condotte sui resti carboniosi il sito era circondato da una foresta planiziale, costituita prevalentemente dalla Quercia, dalla Farnia, dalla Rovere e dalla Roverella. In prossimità dei corsi d'acqua crescevano i Pioppi, i Frassini, mentre nelle radure meglio drenate le specie più eliofile quali gli Aceri, gli Olmi campestri, i Pruni selvatici. I dati antracologici confermano l'esistenza di un sistema idrico articolato che influenzava le caratteristiche dei suoli favorendo le condizioni ideali per lo sviluppo di una foresta planiziale. La presenza di aree umide in prossimità del sito è ad ogni modo confermata dai rinvenimenti della specie *Trapa natans*, che nasceva appunto in aree paludose o lacustri. Il villaggio aveva un regime economico diversificato basato sull'agricoltura, sull'allevamento e sulla pesca. In particolare le analisi paleobotaniche hanno permesso di riconoscere le specie di *Triticum*, *Hordeum*, avena, e alcuni frammenti delle leguminose¹⁰⁶.

L'aumento delle piante ripariali e delle piante acquatiche, in particolare dell'*Alnus*, registrato durante la fase di transizione dal Neolitico all'Eneolitico (ca. 5000 anni BP) per il settore urbano, attestano il graduale passaggio ad un ambiente acquitrinoso/palustre tipicamente umido. Tale processo avvenuto per apporto detritico dei principali fiumi Arno e Auser/Serchio comportò la

100. (Amorosi *et al.* 2009, 147–49)

101. (Rossi *et al.* 2011, 125; Sarti 2012, 70–85)

102. (Amorosi *et al.* 2009, 149)

103. (Sarti *et al.* 2015a, 189)

104. (Aranguren *et al.* 1991)

105. (Aranguren *et al.* 1991)

106. (Aranguren *et al.* 1991, 225–34)

formazione di un ambiente palustre attraversato da canali distributori riferibili agli antichi percorsi fluviali¹⁰⁷. Tuttavia, nella fase compresa tra 4200-4000 cal yr BP, come in altri siti costieri dell'Italia centro-meridionale, si registra una diminuzione del manto boschivo probabilmente dovuta ad un breve perturbazione climatica e allo sviluppo di un clima più secco¹⁰⁸.

Sempre nel settore urbano, l'età del Bronzo e l'età del Ferro (3800-2700 cal yr BP) furono interessate dalla definitiva transizione ad un ambiente di pianura alluvionale mal drenata soggetta a continui episodi esondativi che si riflette nella decrescita delle piante ripariali e acquatiche e nell'aumento degli alberi di *Pinus* e delle piante erbacee¹⁰⁹. La crescita improvvisa delle piante di *Abies* (Abete) registrata nella sequenza palinologica del sondaggio Mappa 5 al passaggio tra l'Eneolitico e l'età del Bronzo e tra l'età del Bronzo e l'età del Ferro potrebbe inoltre attestare l'avvento di un clima più umido, caratterizzato da un aumento delle precipitazioni che avrebbe influito sull'instabilità dei fiumi, in particolare sul bacino del fiume Arno¹¹⁰.

Durante la fase etrusca il contesto urbano della città di Pisa era caratterizzato da un ambiente alluvionale in continua aggradazione e da zone acquitrinose che si sviluppavano prevalentemente in prossimità degli antichi percorsi fluviali¹¹¹. Le analisi palinologiche condotte nel contesto del Cantiere delle Navi Antiche di Pisa S.Rossore, un approdo fluviale sorto in prossimità di un antico paleoalveo probabilmente del sistema fluviale *Auser-Serchio* e occupato dal VI secolo a.C. sino al VI secolo d.C., registrano durante le prime fasi di occupazione del sito un aumento delle piante termofile e idrofile e il passaggio da un clima più freddo (che permetteva la presenza di foreste di Abeti e Faggi) a un clima più umido, probabilmente riferibile all'inizio della fase "Sub-atlantica fredda" che caratterizzò il periodo compreso tra il 900 e il 400 a.C.¹¹².

L'avvento della fase romana si caratterizzò da una netta diminuzione delle specie arboree dell'Abete e del Faggio sostituite da Querce decidue che attestano il passaggio ad un clima più caldo. La trasformazione della paleovegetazione registrata nelle analisi palinologiche potrebbe inoltre essere stata indotta da un maggiore attività di disboscamento attestata da un aumento delle spore. Il numero significativo di *Cyperaceae* e di piante d'acqua dolce conferma la presenza di un ambiente umido e acquitrinoso, in prossimità di un antico percorso fluviale.

Il sito fu interessato da numerosi episodi esondativi, dovuti principalmente ad un aumento delle precipitazioni, che comportarono una netta diminuzione della copertura arborea e un aumento improvviso delle piante acquatiche. Rari invece sono i *taxa* riferibili a piante cerealicole o da coltura¹¹³.

I dati paleovegetali emersi nel contesto del Cantiere delle Navi Antiche di Pisa S.Rossore sono confermati dalle indagini svolte nell'ambito del progetto Mappa (contesto urbano e periurbano) che attestano per l'epoca romana il passaggio ad un ambiente caratterizzato da alberi di Quercia o mediterranei e soprattutto da superfici erbose (pascoli), come d'altronde è attestato nei settori della costa occidentale italiana nel corso degli ultimi 2000 anni¹¹⁴.

107. (Amorosi *et al.* 2013a, 99; Sarti *et al.* 2015a, 191)

108. (Sarti *et al.* 2015a, 191)

109. (Sarti *et al.* 2015a, 190-191)

110. (Sarti *et al.* 2015a)

111. (Sarti *et al.* 2015a, 191)

112. (Mariotti-Lippi *et al.* 2007, 461-62)

113. (Mariotti-Lippi *et al.* 2007, 461-63)

114. (Sarti *et al.* 2015a, 190)

1.2. Il contesto storico-archeologico

1.2.1. L'occupazione della pianura dal Paleolitico all'età del Ferro

Le prime testimonianze relative all'occupazione antropica della pianura di Pisa risalgono al Paleolitico inferiore con i ritrovamenti di industrie litiche in prossimità dei Terrazzi di Casa Poggio ai Lecci e di Pianacce (più a sud di Livorno)¹¹⁵; sui terrazzi pleistocenici alla confluenza tra Era e Arno, e ancora nella media Valdera (Selvatelle, La Rosa, Selvino). Le industrie del Paleolitico medio e superiore sono invece attestate per il settore meridionale della pianura in numerosi siti sulle Colline Livornesi, in corrispondenza del Terrazzo di Livorno, e a Coltano (industrie musteriane); mentre nel settore settentrionale nei pressi della Grotta del Leone di Agnano e del lago di Massaciuccoli e per il settore orientale ad Isola di Bièntina, alle Cerbaie, e presso Pontedera (Podere il Casotto)¹¹⁶.

La fase neolitica è invece testimoniata dagli insediamenti in grotta rinvenuti nel settore settentrionale (il Riparo La Romita di Asciano e la Grotta del Leone), e lungo la costa dagli insediamenti all'aperto nei pressi di Coltano, dove sono attestati esemplari di ceramica impressa e manufatti litici; nell'area di Castagnolo¹¹⁷; sulle dune sabbiose di S.Rossore, in località Poggio di Mezzo, dove venne rinvenuto un insediamento riferibile a 5150±80 yr BP¹¹⁸ (4172-3766 cal yr BC)¹¹⁹ e occupato ripetutamente sino all'età del Ferro¹²⁰; in località Palazzetto¹²¹. La presenza di concentrazioni di ossidiana sarde, liparesi e pontine lungo la costa tra Pisa e Livorno attestano inoltre gli scambi avvenuti con le isole del mar Tirreno¹²².

Nel settore più interno della pianura, nei pressi dello Scolmatore dell'Arno, le indagini archeologiche portarono alla luce il sito all'aperto di Podere Casanuova¹²³. Il villaggio neolitico, sepolto da 6 metri di depositi alluvionali, si estendeva per una superficie di circa 2 ettari con diverse "aree antropiche" che furono occupate tra ca. 5350-5000 anni BP¹²⁴ (4336-4040 cal yr BC)¹²⁵. L'insediamento sorse probabilmente su un antico dosso fluviale, caratterizzato da sedimenti olocenici sabbiosi e limosi che assicuravano un ambiente asciutto e ben drenato al contrario delle zone limitrofe maggiormente "interessate da ampie aree acquitrinose dovute alla tracimazione delle acque fluviali"¹²⁶. Tuttavia, in assenza di indagini stratigrafiche mirate non è stato possibile confermare l'antica conformazione paleoidrografica dell'area.

115. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 8)

116. (Grifoni Cremonesi 2004, 12–13)

117. (Grifoni Cremonesi *et al.* 1986, 61–65)

118. (Grifoni Cremonesi 2004, 17)

119. Le date sono state calibrate a 2-sigma tramite l'utilizzo del software OxCAL 4.3 (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>) con curva di calibrazione InCal 13 (Reimer *et al.*, 2013).

120. (Pasquinucci 2008, 14)

121. (Menchelli & Vaggioli 1988, 500)

122. (Grifoni Cremonesi 2004, 13)

123. (Grifoni Cremonesi 2004, 12–17)

124. (Aranguren *et al.* 1991)

125. Le date sono state calibrate a 2-sigma tramite l'utilizzo del software OxCAL 4.3 (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>) con curva di calibrazione InCal 13 (Reimer *et al.*, 2013).

126. (Aranguren *et al.* 1991)

Le analisi antracologiche condotte sui frammenti legnosi attestano che il sito di Podere Casanuova era circondato da una foresta planiziale, caratterizzata da querceto misto di caducifoglie; da specie eliofile quali l'acero e l'olmo che probabilmente interessavano le aree maggiormente drenate; mentre lungo le rive dei fiumi e nelle zone maggiormente acquitrinose si svilupparono le piante idrofile (pioppi, frassini). L'esistenza di zone umide in prossimità del sito è inoltre confermata dai rinvenimenti della specie *Trapa natans* che nasceva appunto in aree paludose. L'economia del villaggio era basata sull'agricoltura come dimostra il rinvenimento di macine e zappette, nonché delle specie di *Triticum*, *Hordeum* e avena, affiancata alle attività di raccolta delle piante spontanee quali ghiande di quercia, nocciolo, vite selvatica¹²⁷. La vocazione agricola del territorio pisano sembra essere confermata dal rinvenimento di falchetti in selce e di macine nei pressi di Stagno, dal frammento di accetta in pietra levigata da San Gabriele, dalla presenza di semi di grano e orzo nella Grotta del Leone¹²⁸. “Alla pratica agricola si affiancava l'allevamento del bestiame (ovicapri, bovini e suini) e la pratica della pesca testimoniata dal rinvenimento di resti di pesce che non è stato possibile determinare. Fra le attività artigianali sono documentate la lavorazione dell'osso, la filatura, la tessitura, la lavorazione in situ del diaspro e la fabbricazione della ceramica”¹²⁹. Inoltre nei pressi del Podere Fossa Nuova, ad ovest di Ponsacco, le ricognizioni di superficie condotte dall'Università di Pisa hanno permesso il rinvenimento di materiale riferibile al tardo Neolitico/Eneolitico iniziale¹³⁰.

Il sistema insediativo sviluppatosi durante la fase eneolitica è connesso allo sfruttamento dei vari giacimenti minerari¹³¹. Alle pendici dei Monti Pisani sono attestati gli insediamenti in grotta alla Grotta del Leone e al Riparo La Romita, che conobbe una continuità abitativa sino in epoca imperiale e barbarica¹³², alla Grotta del Castello e dell'Inferno di Vecchiano; mentre nel settore costiero, nei siti all'aperto di Paduletto di Coltano e di Castagnolo¹³³, le indagini di superficie hanno individuato materiale ceramico, cuspidi di freccia e abbondante ossidiana risalenti alla fase eneolitica¹³⁴. Nella fascia costiera settentrionale sono inoltre attestate le frequentazioni del sito di Massaciucoli e di San Rocchino¹³⁵. L'occupazione ha anche interessato le zone delle Colline Livornesi e della Valdera, che svolse un ruolo fondamentale, di collegamento con Volterra e la Val di Cecina. La fase finale dell'Eneolitico si caratterizzò dallo sviluppo della civiltà del Vaso Campaniforme attestata alla Romita di Asciano, a Paduletto di Coltano e a Castagnolo dove è stata ipotizzata l'esistenza di un abitato in connessione con probabili approdi costieri¹³⁶. In ambito urbano, le scoperte condotte nell'area di San Zeno sembrano attestare una prima frequentazione dell'abitato risalente alla fase tardo eneolitica-prima età del Bronzo¹³⁷.

127. (Aranguren *et al.* 1991, 204–12)

128. (Grifoni Cremonesi 2001, 67–72)

129. (Aranguren *et al.* 1991, 206–07)

130. (Pasquinucci *et al.* 1994, 17)

131. (Pasquinucci 2008, 12)

132. (Pasquinucci 2008, 14)

133. (Grifoni Cremonesi 2001, 72–74)

134. (Grifoni Cremonesi *et al.* 1986, 66–67)

135. (Menchelli & Vaggioli 1988, 501)

136. (Grifoni Cremonesi 2004, 20–21)

137. (Bruni 2003, 45; Grifoni Cremonesi 2004, 21)

Il passaggio all'età del Bronzo, tra la fine del III e l'inizio del II millennio a.C., è documentata dai ritrovamenti effettuati nei siti alle pendici dei Monti Pisani (Grotta del Leone, Riparo La Romita, Grotta del Castello di Vecchiano), nell'area di San Zeno nel contesto urbano di Pisa, precedentemente ricordato, e ancora nella fascia costiera a Castagnolo e Paduleto di Coltano, presso Casa Saracino (Rosignano) e a Lazzaretto (Livorno), e infine in Valdera¹³⁸.

Durante la fase del Bronzo medio (XVI-XIV secolo a.C.) continua l'occupazione dei siti distribuiti alle pendici dei Monti Pisani; mentre sono attestate nuove frequentazioni lungo la costa (Paduleto di Coltano, Isola di Coltano, Isola di Migliarino¹³⁹), nel contesto urbano¹⁴⁰ in Via Buonarroti e nei pressi dell'area Scheibler dove gli scavi realizzati nel corso degli anni 80' misero in evidenza la presenza di una capanna arcaica in un'area che fu già sporadicamente frequentata durante la media età del Bronzo¹⁴¹, e in Valdera, confermando la presenza di "rotte commerciali e lo sviluppo di specifiche attività economiche (metallurgiche, minerarie, produzione del sale)"¹⁴². In particolare le ricerche archeologiche condotte nella località di Isola di Coltano nel corso degli anni Novanta (1993-1997), integrate ad indagini geofisiche (*magnetical survey*), hanno riportato in luce i resti di un insediamento risalente all'età del Bronzo specializzato nella produzione di sale "per evaporazione", confermata dal rinvenimento di blocchi di forma cilindrica o parallelepipedica di terra refrattaria (alari), che ebbe un ruolo fondamentale nell'economia della Toscana settentrionale. Il sito, sulla base dei rinvenimenti ceramici e delle datazioni al radiocarbonio, venne occupato dal 1600 al 1200 a.C., ovvero dalla media età del Bronzo (*facies* Protoappenninica) fino al Bronzo Finale (*facies* Protovillanoviano) e sorse in prossimità dell'ampia laguna antistante l'antica linea di costa. L'abitato venne rioccupato in più fasi nonostante i ripetuti episodi di transgressione marina (almeno quattro) che avrebbero provocato l'espansione della laguna e la sommersione dell'abitato. Tali eventi sono testimoniati da strati argillosi contenenti numerosi frammenti di *Cerastoderma Edule* (che nel contesto della pianura di Pisa è indice dell'espansione della laguna) che si interpongono ai livelli antropici e che hanno permesso di datare uno dei livelli stratigrafici a 1686-1538 cal yr BC. Si trattava di un vero centro produttivo, come attestano i numerosi frammenti dei recipienti dentro i quali veniva stoccato e distribuito il sale, localizzato lungo la costa e in connessione con le principali vie d'acqua¹⁴³.

Nel corso del Bronzo Finale o Protovillanoviano si sviluppa un sistema insediativo piuttosto articolato, spesso in continuità con i siti del Bronzo medio e recente, e probabilmente si assiste all'affermazione di un ceto emergente come sembrerebbe attestare la circolazione di oggetti in bronzo e di prestigio¹⁴⁴. Al Bronzo finale risale l'abitato palafitticolo rinvenuto nei pressi di Stagno

138. (Grifoni Cremonesi 2004, 22; Grifoni Cremonesi *et al.* 1986)

139. (Menchelli & Vaggioli 1988, 505)

140. I rinvenimenti archeologici avvenuti in ambito urbano e periurbano sono stati analizzati e geolocalizzati anche attraverso l'utilizzo della piattaforma MappaGIS (<http://mappagis.cs.dm.unipi.it:8081/mappa/mappa.phtml>) e dell'archivio digitale Mappaopendata-Mod (<http://mappaproject.arch.unipi.it/mod/Index.php>), pertanto il riferimento bibliografico in nota a piè pagina è relativo alle "schede di intervento" e ai "dataset" di ogni singolo intervento, riportati secondo le specifiche "modalità di utilizzo".

141. (Bonamici 1989; Vaggioli 1990, 140). L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 262, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

142. (Grifoni Cremonesi 2004, 22)

143. (Pasquinucci *et al.* 2001; Pasquinucci & Menchelli 2002)

144. (Pasquinucci 2008, 13)

situato in un ambiente lagunare salmastro che occupava un'area di 4500 m² e che si data intorno al 1061 a.C.. I materiali rinvenuti pertinenti a strutture (incannicciati, concotti, fornelli, alari) e a ceramiche, bronzi e paste vitree rivelano un abitato piuttosto ricco che aveva contatti con la costa adriatica e con le aree più settentrionali¹⁴⁵. Mentre nel settore urbano, in via di Gello¹⁴⁶, nacque un villaggio costituito di almeno otto capanne a pianta circolare; il sito era probabilmente inserito in un sistema di connessioni e scambi con i siti sulla costa e probabilmente situati allo sbocco dei fiumi Arno-*Auser* (Isola di Migliarino¹⁴⁷, Isola di Coltano¹⁴⁸ e ancora la palafitta di Stagno¹⁴⁹), in rapporto con l'area ligure e la piana di Lucca¹⁵⁰. Nel settore più interno, in corrispondenza dell'ex lago di Bièntina, venne rinvenuto durante i lavori di bonifica del lago un villaggio ("Fossa 5") risalente al Bronzo Finale (1000-900 a.C.) situabile, secondo le ricostruzioni dei ricercatori, alla confluenza di due rami del fiume *Auser* che andavano a sfociare in Arno all'altezza di Bièntina, visibili nelle immagini satellitari. Le abitazioni del villaggio, che potevano occupare una superficie di 81 m², erano costruite su piattaforme rialzate non direttamente sull'acqua ma in corrispondenza dei dossi fluviali ed erano suddivise in due ambienti: uno interno adibito ad uso domestico e un ambulacro esterno. È stato ipotizzato che l'area di Fossa 5 avrebbe potuto ospitare circa 50-70 unità abitative. La scelta del materiale ligneo impiegato nella costruzione delle abitazioni non era casuale ma prediligeva l'utilizzo della quercia, dell'olmo e dell'ontano. La fine dell'insediamento fu probabilmente causata da un potente episodio esondativo, testimoniato da un consistente strato di sabbia alluvionale a copertura dei livelli antropici. L'analisi dei materiali ceramici (tazze, coppe, fuseruola con scene figurate, olle di forma biconica, *dolia* impiegati come contenitori di derrate alimentari) e del repertorio decorativo rinvenuti nel sito di Fossa 5 ha evidenziato la stretta correlazione esistente tra il villaggio di Bièntina e l'abitato di Stagno datato all'XI secolo a.C. e l'inizio di una nuova fase culturale, protoetrusca, che condurrà allo sviluppo dell'*ethnos* etrusco nel corso dell'età del Ferro¹⁵¹. Il fiume *Auser* e il fiume Arno rappresentarono delle vie di comunicazione e di diffusione di tale cultura che probabilmente penetrò nella pianura di Pisa attraverso la Garfagnana (Pieve di San Lorenzo) e l'alta Lunigiana dove sono attestati gli stessi materiali ceramici e repertori decorativi e che a loro volta "hanno straordinarie somiglianze con i tipi delle culture dell'Italia Settentrionale dell'XI secolo a.C."¹⁵².

Le ricerche condotte nel contesto della pianura di Pisa fino alla Valdera confermano dunque un'ampia diffusione della produzione di manufatti in bronzo, garantita dalla disponibilità di materie prime, e una fitta rete di contatti con altre aree geografiche sia settentrionali (piana di Lucca, Liguria) che meridionali (Rosignano, Colline Metallifere, Lazio settentrionale). I siti principali erano distribuiti lungo le pendici dei Monti Pisani, in prossimità dei corsi fluviali e in particolare lungo la costa¹⁵³.

145. (Cambogi *et al.* 1995)

146. A. Campus 2012, Scheda di intervento n. 142, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

147. (Menchelli & Vaggioli 1988)

148. (Pasquinucci & Menchelli 2002)

149. (Cambogi *et al.* 1995)

150. (Pasquinucci 2008, 13)

151. (Grassini 2012, 10–19)

152. (Bonamici 1990, 100; Grassini 2012, 19)

153. (Grifoni Cremonesi 2004, 22)

L'età del Ferro si caratterizzò dallo sviluppo della cultura villanoviana, dunque dell'*ethnos* etrusco, che interessò una vasta area compresa tra la Versilia costiera fino a Castiglioncello (Livorno) sulla costa e fino al Medio Valdarno nell'entroterra. Insediamenti villanoviani della prima Età del Ferro (IX-VIII secolo a.C.) sono attestati nel settore pedemontano (La Romita di Asciano); nei pressi dell'antico percorso del fiume *Auser-Serchio* (Ripafratta); nel settore costiero con l'insediamento di San Rocchino¹⁵⁴, i siti di Poggio al Marmo e di Poggio di Mezzo nell'area di San Rossore (dune di Palazzetto), il sito Poggio al Fico a circa 1 km più a sud da Poggio di Mezzo, il sito di San Piero a Grado¹⁵⁵, il sito all'estremità dell'ex palude di Stagno occupato apparentemente sino al VI secolo a.C.¹⁵⁶, e il sito di Querciaiola presso Livorno¹⁵⁷. Mentre nel settore orientale della pianura di Pisa, nel corso delle ricerche di superficie condotte tra Pontedera e Ponsacco, sono stati rinvenuti numerosi materiali ceramici villanoviani in superficie e “nei campi adiacenti lo Scolmatore dell'Arno, fra la terra di riporto”¹⁵⁸.

Recenti indagini hanno inoltre riportato in luce un'area funeraria nei pressi di Parrana San Martino (Collesalveti, Livorno) riferibile alla fine dell'età del Bronzo e l'inizio dell'età del Ferro (fine del II-inizi del I millennio a.C.) costituita da 120 urne cinerarie biconiche con carena arrotondata e monoansati con ciotole di copertura. “All'interno di alcuni cinerari sono stati rinvenuti elementi di corredo in bronzo costituiti da frammenti di fibule ad arco serpeggiante con staffa a spirale e ad arco semplice con costolature poco rilevate”¹⁵⁹. Le ricerche condotte nel settore urbano hanno invece riportato in luce nei pressi di Via Marche una necropoli villanoviana risalente all'età del Ferro¹⁶⁰. Mentre nei pressi dell'area Scheibler gli scavi realizzati nel corso degli anni 90' misero in evidenza la presenza di una capanna arcaica di forma ogivale sul cui fondo erano conservati frammenti di ceramica villanoviana¹⁶¹; come precedentemente menzionato l'area Scheibler fu sporadicamente frequentata anche durante la media età del Bronzo¹⁶².

I rinvenimenti archeologici confermano l'appartenenza della pianura e dell'abitato di Pisa all'*ethnos* etrusco e una distribuzione capillare dei siti in tutto il territorio pisano, in particolare lungo la costa e in prossimità delle principali vie d'acqua, permettendo così lo sfruttamento delle risorse naturali per lo svolgimento delle attività agricole, pastorali, artigianali (produzione della ceramica e lavorazione del ferro), nonché per la caccia e la pesca¹⁶³.

154. “Il sito ospitava un villaggio dell'età del Ferro avanzata costituito da capanne con focolare a cui si sovrappose nel corso del VII secolo a.C. un insediamento etrusco occupato sino al III secolo a.C.” (Menchelli & Vaggioli 1988, 502).

155. (Pasquinucci 1994, 187)

156. (Pasquinucci 1994, 184)

157. (Bonamici 1990, 100–104; Pasquinucci 2008, 14–15)

158. (Pasquinucci *et al.* 1994, 18)

159. (Grandinetti 2014)

160. (Pasquinucci 2008, 15). L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 421, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

161. L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 48-49, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

162. (Bonamici 1989; Vaggioli 1990, 140). L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 262, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

163. (Bonamici 1990, 100; Pasquinucci 1994, 183–84; 2008, 154)

1.2.2. La nascita dell'agglomerato urbano di Pisa e il sistema insediativo di epoca etrusca

L'agglomerato protourbano di Pisa si sviluppò tra la fine dell'VIII e gli inizi del VII secolo a.C., epoca alla quale risalgono le strutture abitative rinvenute in piazza del Duomo con alzati in mattoni crudi e apparentemente intonacati, analoga per caratteristiche planimetriche alla struttura rinvenuta in Piazza Dante e riferibile ai primi decenni del VII secolo a.C. che tuttavia presentava una fondazione in pietra, probabilmente realizzata per frenare i fenomeni di umidità di risalita, e l'alzato in argilla pressata. Le caratteristiche strutturali e i materiali rinvenuti confermano l'appartenenza dei complessi a *oikoi* aristocratici che avevano assunto "modelli di vita elitari di matrice ellenizzante" e l'emergere dunque di nuove classi sociali¹⁶⁴. L'area di Piazza Duomo continuò ad essere occupata per tutta l'età arcaica e classica, e adibita a luogo di commercio connesso con le pratiche religiose fino alla grande trasformazione avvenuta in seguito alla deduzione della colonia romana¹⁶⁵.

Lo sviluppo di una classe aristocratica è ulteriormente confermato dal rinvenimento nel settore nord-occidentale del contesto urbano di un complesso sepolcrale sviluppatosi attorno ad un tumulo monumentale del diametro di circa 30 metri conosciuto come la "Tomba del Principe" (**Figura 10, ID_169**) per la ricchezza e la tipologia dei materiali rinvenuti all'interno del tumulo. La tomba monumentale, datata tra la fine dell'VIII e il VII secolo a.C., era circondata da numerose sepolture riferibili allo stesso arco cronologico e segnalate da piccoli tumuli di terra. Al di sopra del tumulo vennero inoltre realizzate quattro tombe ad incinerazione databili al terzo quarto del VII secolo a.C.; mentre l'intera area fu utilizzata come necropoli sino al periodo compreso tra la fine del IV e l'inizio del III secolo a.C., come attestano le sepolture rinvenute nel corso delle indagini archeologiche¹⁶⁶. Le ricerche hanno infatti confermato che il settore settentrionale dell'attuale periferia di Pisa, in particolare il settore compreso tra Via Pietrasantina e via San Jacopo, venne adibito sin dall'età del Ferro e per tutta l'epoca etrusca ad uso sepolcrale¹⁶⁷ (**Figura 10, ID_57**). Anche nel settore periferico nord-orientale, in località La Figuretta (**Figura 10, ID_16**) in occasione di un recupero occasionale¹⁶⁸, vennero rinvenuti trenta cippi funerari in marmo appartenenti alle tipologie a "colonna" e "piriformi", un basamento di cippo marmoreo con figure di leoni e sirene, frammenti di un coperchio marmoreo e due frammenti di cratere marmoreo. Oltre ai materiali lapidei, dalla discarica venne recuperato anche un frammento di un cratere attico figurato.

L'impianto urbano etrusco iniziò a consolidarsi nella seconda metà del VII secolo a.C. con lo sviluppo di quartieri abitativi diversificati che rispecchiavano una gerarchia sociale, come nel caso dell'abitazione privata rinvenuta nei pressi del Palazzo dei Cavalieri di Santo Stefano "che presenta caratteri elitari" con lastre di copertura del tetto decorate e acroteri¹⁶⁹, e si sviluppò nei decenni

164. (Alberti & Paribeni 2011, 31–41; Bruni 2003, 46)

165. (Alberti & Paribeni 2011, 31–41)

166. (Bruni 2003, 48–49). L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 296, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

167. (Bruni 1998). L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 291, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

168. A. Campus 2012, Scheda di intervento n. 310, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

169. (Bruni 2003, 48)

successivi come dimostra la ristrutturazione degli ambienti e delle funzionalità dei preesistenti edifici in piazza Duomo alla fine del VII secolo a.C. con la costruzione di un edificio a pianta rettangolare verosimilmente riferibile ad un edificio di culto¹⁷⁰. Sempre ai decenni finali del VII secolo a.C. risalgono inoltre le necropoli rinvenute nei pressi di Via Pietrasantina, nel settore nord-occidentale dell'attuale centro urbano, che come ricordato precedentemente era riservato dunque alle attività culturali e religiose¹⁷¹.

Il processo di formazione della città etrusca comportò inoltre la nascita di un quartiere “a vocazione prevalentemente industriale”¹⁷² nell'area Scheibler (**Figura 10**, ID_105), dove le indagini archeologiche, svolte nel corso degli anni Ottanta, hanno riportato in luce un abitato capannicolo risalente alla prima metà del VI secolo a.C., e delimitato da due canalette interpretate come fossi di drenaggio¹⁷³. La tipologia di impasti rinvenuti nel sito (ceramica con inclusi scistosi, bucchero di produzione locale, ceramica ad impasto “rosso-bruni”) confermano la cronologia dell'abitato, in connessione con i siti pedemontani della Romita di Asciano (**Figura 10**, ID_111) e della Grotta del Leone (**Figura 10**, ID_112), i siti costieri di San Rocchino, di San Piero a Grado (**Figura 10**, ID_49), di Isola di Migliarino (**Figura 10**, ID_15), di Coltano e Stagno (**Figura 10**, ID_49, da 59 a 62, da 161 a 168), i siti rinvenuti nella piana di Bièntina (**Figura 10**, ID_58-173-174-117), e dunque all'interno di un contesto culturale omogeneo di età arcaica¹⁷⁴. Il rinvenimento di scorie di lavorazione del ferro e di ematite elbana attestano che il sito era adibito alla manifattura del ferro¹⁷⁵. Ricerche successive, condotte nel corso degli anni Novanta sempre nell'area Scheibler (**Figura 10**, ID_122), rilevarono inoltre la presenza di un secondo abitato capannicolo di forma ogivale, occupato tra la fine del VII e l'inizio del VI secolo a.C.; “alla fase etrusca erano inoltre pertinenti alcune buche riempite da scorie di fusione di bronzo”¹⁷⁶.

Il centro di Pisa sin dalle prime fasi di occupazione che, risalgono alla prima età del Bronzo o probabilmente all'Eneolitico, era strettamente connesso alla costa e al complesso sistema delle acque che caratterizzavano il paesaggio pisano. Tale dimensione “marcatamente tirrenica” e mediterranea emerse già nel corso del VII secolo a.C. quando lungo l'antica linea di costa, che si estendeva da Livorno a sud sino alla Versilia a nord, si sviluppò un articolato sistema di porti e approdi, controllati e collegati con la città nascente¹⁷⁷. A sud dell'attuale corso del fiume Arno si situava lo scalo di S. Piero a Grado (**Figura 10**, ID_49), sorto in prossimità dell'antica linea di costa e lungo le rive di un antico ramo del suddetto fiume. Il sito rappresentò, sin dallo scorcio del VII secolo a.C., l'*epineion* o porto principale della città etrusca di Pisa di cui non si conosce tuttavia l'esatta collocazione. Le indagini archeologiche hanno permesso di restituire la cronologia dell'impianto insediativo connesso al porto che sorse nel corso del terzo quarto del VII secolo a.C.

170. (Alberti & Paribeni 2011, 31–41)

171. (Bruni 2003, 48)

172. (Bruni 2003, 48)

173. (Bonamici 1989). L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 262, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

174. (Bonamici 1989; 1990, 108–9)

175. (Bonamici 1989)

176. L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 48-49, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

177. (Bruni 2003, 51; Pasquinucci 2008, 16)

come sembrano attestare i numerosi frammenti di bucchero, i contenitori di impasto con inclusi scistosi, tipici del distretto pisano, e i frammenti di una *oinochoe* etrusco-corinzia. L'abitato aveva probabilmente una struttura ortogonale con *stenopoi* orientanti NE-SO, secondo i risultati delle indagini geofisiche condotte nel corso degli anni passati, ed era caratterizzato dalla presenza di impianti siderurgici per la lavorazione del ferro, come testimoniano le numerose scorie ferrose e i resti dei forni fusori (sfiatatoi) rinvenute nell'ambito delle ricerche archeologiche¹⁷⁸. L'attività di lavorazione del ferro, come precedentemente ricordato, è nota anche in ambito urbano, nei pressi dell'area Scheibler dove sono stati rinvenuti scorie ferrose risalenti alla prima età arcaica¹⁷⁹. L'attività siderurgica dello scalo portuale etrusco sembra esaurirsi nel corso del VI secolo a.C. probabilmente a causa del fiorire delle attività di raffinamento del ferro a Populonia con la quale Pisa intrattiene numerosi scambi commerciali sin dal VII secolo a.C.. Il sito di San Piero a Grado subì un nuovo sviluppo nel corso del VI secolo a.C. con la costruzione di un edificio a pianta quadrangolare che ha restituito numerosi vasi di produzione locale, bucchero, ceramica depurata, olle, *dolii* e vasi da cucina di impasto a scisti microclasti nonché anfore commerciali sia greche che etrusche. La continuità abitativa è attestata anche in età ellenistica, quando le attività portuali principali della città di Pisa, sembrano spostarsi verso il settore più meridionale della pianura in seguito alla nascita del *Portus Pisanus*, che per tutta l'epoca romana rappresentò il principale approdo dell'intero territorio pisano. Tuttavia, il sito di S. Piero a Grado, situato alla foce di un ramo del fiume Arno, conservò il suo ruolo "commerciale" e "marittimo" sino all'epoca romana, quando nel corso del II secolo a.C. venne edificata nei pressi dell'attuale basilica di S. Piero a Grado una *domus* caratterizzata da un vasto ambiente rettangolare e due celle contigue che probabilmente venne edificata ai margini dell'insediamento portuale di cui non si conoscono le caratteristiche planimetriche¹⁸⁰. Inoltre, nel settore costiero meridionale, che in epoca romana fu interessato dallo sviluppo del *Portus Pisanus*, è attestata la presenza di insediamenti di età arcaica rintracciati nei pressi delle località di Suese (**Figura 10**, ID_157) e di Punta dell'ex palude di Stagno, che lasciano presupporre un utilizzo dello scalo portuale sin dall'epoca etrusca¹⁸¹.

A nord dell'attuale corso del fiume Arno è invece attestato il sito portuale etrusco di Isola di Migliarino (**Figura 10**, ID_15), sorto nei pressi della foce del ramo settentrionale del sistema *Auser-Serchio* occupata già nel corso dell'età del Bronzo¹⁸² e attualmente situato ad una profondità di 6-8 metri dal piano di campagna poiché coperto dai sedimenti alluvionali del fiume Serchio¹⁸³. L'approdo nacque probabilmente tra il VI ed il IV-III secolo a.C. ed ebbe uno sviluppo come scalo portuale sino al V secolo d.C.¹⁸⁴, in relazione al progressivo avanzamento della linea di costa. Sono inoltre documentanti gli insediamenti costieri di Poggio al Marmo (**Figura 10**, ID_42) fondato nella tarda età del Ferro, tra la fine dell'VIII e gli inizi del VII secolo a.C. e connesso al vicino insediamento di Poggio al Fico; il sito di San Rocchino nei pressi di Massarosa dove sono attestate ceramiche ad impasto scistoso e coppe carenate di bucchero caratteristiche degli insediamenti

178. (Bruni 2001)

179. (Bonamici 1989)

180. (Bruni 2001)

181. (Pasquinucci 1994, 187)

182. (Bruni 2001, 84)

183. (Pasquinucci 1994, 186)

184. (Menchelli & Vaggioli 1988)

gravitanti intorno il centro di Pisa nel corso del VII e nella prima metà del VI secolo a.C.¹⁸⁵. Quest'ultimo sito, dove sono documentate frequentazioni alla fine dell'VIII secolo a.C., divenne nel corso della fase etrusca un emporio “caratterizzato da importazioni dal mondo greco, dall'Etruria meridionale, da Populonia e Pisa”. Dopo una fase di decadenza causata dal conflitto tra Etruschi e Focei, il sito ebbe un nuovo sviluppo tra il IV e il III secolo a.C., ma venne definitivamente abbandonato in epoca romana¹⁸⁶.

Mentre il settore compreso tra il Valdarno Inferiore Pisano, la Bassa Valdera ad est e la piana di Bièntina a nord, fu caratterizzato tra il VII e il V secolo a.C. da un sistema insediativo sparso che, insieme alla fascia costiera, ricadeva sotto l'egemonia della nascente città di Pisa¹⁸⁷, che dalla metà del VI secolo a.C. presentava caratteri propriamente urbani¹⁸⁸. I materiali rinvenuti nel corso delle indagini archeologiche confermano infatti che, a partire dal VII secolo a.C. e soprattutto per la piena età classica, vi fu una distribuzione capillare degli insediamenti rurali e delle produzioni ceramiche pisane nel settore orientale della pianura, inserito all'interno di un sistema di scambi commerciali con la città e con la costa come attestano i vari prodotti di importazione (anfere commerciali) recuperati nei diversi siti¹⁸⁹.

In destra del fiume Era e Cascina, su un promontorio che dominava il corso del torrente Roglio e l'antico asse itinerario che giungeva a Volterra¹⁹⁰, sorse il villaggio di Montacchita di Palaia (**Figura 10**, ID_85), “fungendo da punto di frontiera fra la *chora* di Pisa e il territorio volterrano”. Il sito, occupato a più riprese tra la fine del VII e il V secolo a.C., si inserisce pienamente all'interno del territorio pisano etrusco come sembrano attestare i rinvenimenti ceramici. Gli abitati capannicoli ritrovati nel corso delle indagini erano caratterizzati da un vestibolo quadrangolare da cui si accedeva ad un ambiente interno di forma circolare o sub-circolare, che rappresenterà dalla fine del VII secolo a.C. una tipologia edilizia diffusa nell'Etruria nord-occidentale e adottata sia “per le dimore dei morti”, come dimostra il confronto con la planimetria delle *tholoi* del territorio volterrano, che per le strutture abitative¹⁹¹. Tale schema planimetrico, che replica modelli villanoviani, ricomparirà nel sito delle Melorie, situato ad ovest del centro urbano di Ponsacco; nei pressi di Santa Croce sull'Arno dove le indagini archeologiche hanno permesso di riportare in luce un piccolo abitato sorto entro la metà del VI secolo a.C. con impianto planimetrico simile alla “capanna A” di Montacchita; nel sito individuato nella piana di Bièntina e caratterizzato da un vestibolo di ingresso e un ambiente principale sub-quadrangolare (abitato di “Fossa 2”); e ancora nell'area Scheibler, alla periferia di Pisa, dove le indagini archeologiche condotte nel corso degli anni 90' riportarono in luce una capanna etrusca con planimetria circolare¹⁹².

A circa 1,5 km di distanza dall'abitato di Montacchita sorse l'insediamento della Giuncaiola di Pontedera (**Figura 10**, ID_81) anch'esso situato nella “fascia di contatto” tra le due aree

185. (Bruni 2001, 84)

186. (Pasquinucci 2003b, 97)

187. (Ciampoltrini 2006c, 11)

188. (Pasquinucci 2008, 16)

189. (Bruni 2004, 35–37)

190. (Ciampoltrini 2006b, 67)

191. (Ciampoltrini 2006a; Ciampoltrini & Baldassari 2006)

192. (Ciampoltrini 2006a; 2014, 20–25)

politico-culturali rispettivamente dipendenti dalle città di Pisa e di Volterra. L'abitato periferiale, costruito con strutture lignee e rivestito in argilla, venne edificato, secondo le ricostruzioni dei ricercatori, in prossimità di un antico corso fluviale (forse l'antico corso dell'attuale fosso Giuncaiola?) nei decenni di passaggio tra il VI e il V secolo a.C., come sembrano attestare le ceramiche da mensa “nella tradizione del bucchero” e dagli impasti con inclusi microclastici rinvenuti nel corso degli scavi. “Dopo qualche secolo di silenzio” nell'area della Giuncaiola sorse in età ellenistica una struttura ipogea con cupola formata da filari progressivamente aggettanti, “a mo' di *tholos*”, circondata da un *temenos* e da una serie di ambienti. Nel corso delle indagini archeologiche furono rinvenuti i resti di canalizzazioni che conducevano le acque all'interno della struttura ipogea, che costituiva il vero centro dell'intero complesso il cui utilizzo è ancora da confermare (ambiente sotterraneo per il culto delle divinità agricole - *mundus Cereris*; una cisterna; una vasca per l'immersione in acque salutifere). L'ipotesi che si possa trattare di un complesso costruito “per dare veste monumentale ad un affioramento di acque salutifere lungo la faglia di Usigliano con qualità terapeutiche” e che dunque assunse anche una connotazione sacrale affascina i ricercatori. La struttura, ormai ridotta a rudere, venne rioccupata nel corso del IV secolo d.C. e frequentata almeno fino all'XI secolo¹⁹³.

È inoltre opportuno segnalare che nella limitrofa località di Treggiaia venne rinvenuto un cippo “acheruntico” etrusco successivamente trasferito nel Camposanto Monumentale di Pisa¹⁹⁴, a cui seguì il ritrovamento di altri esemplari: a Petriolo di Ponsacco dove il segnacolo funerario etrusco venne “sezionato negli anni intorno al 10 a.C. per accogliere il ritratto di un defunto”¹⁹⁵; a Latignano di Cascina, in cui venne rinvenuto un cippo in marmo di età arcaica¹⁹⁶; e nei pressi di Sant'Ippolito di Santa Maria a Monte, nel Medio Valdarno Inferiore, dove fu recuperato un cippo “a clava” collocabile fra VI e V secolo a.C.¹⁹⁷.

Sempre nel settore orientale della pianura pisana, in sinistra del fiume Era e del fiume Cascina, gli scavi e le indagini di superficie realizzati ad opera della Soprintendenza Archeologica per i Beni della Toscana e dell'Università di Pisa hanno riportato in luce il sito delle Melorie (**Figura 10**, ID_19), occupato in varie fasi dal VI secolo a.C. fino al periodo tardo-imperiale/altomedievale secondo la cronologia dei reperti ceramici¹⁹⁸. L'abitato era situato in prossimità di un paleoalveo, il cosiddetto “Paleorotina”, evidenziato tramite l'analisi delle fotografie aeree e le immagini satellitari¹⁹⁹, che potrebbe corrispondere all'antico corso del fiume Cascina²⁰⁰ che probabilmente sin dall'epoca etrusca scorreva in prossimità dell'abitato. Secondo altre ricostruzioni invece l'antico “canale”, derivato sfruttando le acque del fiume Cascina, venne scavato in concomitanza all'installazione

193. (Ciampoltrini 2014)

194. (Ciampoltrini 2014, 13–14)

195. (Ciampoltrini 2008, 20)

196. Relazione del Funzionario Stefano Bruni, Archeologo (5 ottobre 1998), Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 6, N° 19864.

197. (Ciampoltrini *et al.* 2008)

198. (Pasquinucci *et al.* 2008)

199. (Della Rocca *et al.* 1987, 76)

200. (Ciampoltrini 2003, 122; 2004, 60–62; Mazzanti 1991, 217). I testi medievali attestano che fino al 1179 il fiume Cascina sfociava nei pressi dell'omonimo centro urbano in località *Ottavo* (ASP, Dipl. Primaziale, Pellegrini, n. 3. Tratto da Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 414).

della centuriazione²⁰¹. Tuttavia, il settore compreso tra Cascina, Pontedera e Ponsacco non è stato oggetto di indagini stratigrafiche approfondite in grado di chiarire l'assetto paleoidrografico per l'epoca etrusca e romana.

Le indagini archeologiche hanno rilevato che l'abitato etrusco, pressoché affiorante e rintracciabile fino ad una profondità di circa 1,5 metri dal p.d.c., sorse su un suolo naturale a matrice argillosa di colore giallo, compatto e ricco di concrezioni di carbonato di calcio, "interpretabile come un dosso naturale formatosi in un contesto di pianura alluvionale caratterizzata da terreni bassi e soggetti alle piene stagionali dei fiumi"²⁰². L'abitato etrusco fu interessato da tre fasi di occupazione comprese tra il secondo quarto del VI e la prima metà del V secolo a.C. La prima fase (560-520 a.C.) fu caratterizzata dalla presenza di una capanna di forma sub-ellittica di circa 15 m di lunghezza in cui venivano praticate attività tessili come dimostrano i pesi da telaio rinvenuti nel corso delle ricerche. Il ritrovamento di un *oinoichoe* in bucchero datata al secondo quarto del VI secolo a.C. assicura un *terminus post quem* alla prima fase di occupazione del sito, peraltro confermata dal ritrovamento di una *kylix* attica a figure rosse riferibile al terzo quarto del VI secolo a.C.. L'abitato perfettamente inserito nella cultura materiale del bucchero e della ceramica "nella tradizione del bucchero" che caratterizzò la seconda metà del VI secolo a.C., offre esemplari di anfore etrusche e d'importazione iono-massaliota che confermano il ruolo produttivo e mercantile dell'insediamento. Tale aspetto traspare inoltre dall'alfabetizzazione indicata dai graffiti di norma tracciati sul fondo esterno delle forme in bucchero. In seguito ad un incendio testimoniato da uno spesso strato di argilla concotta interpretabile come crollo delle pareti che pose fine alla prima fase di occupazione, l'abitato venne ricostruito tra il 520 e il 480 a.C. (II fase) con una nuova struttura a pianta rettangolare con zoccolo in tegole, pareti in argilla cruda irrobustite con travi portanti, e probabilmente dotata di un portico esterno. La tipologia dell'abitato in cui si intrecciano la funzionalità residenziale e il ruolo produttivo, evidenziato dai numerosi pesi da telaio e il peso in serpentino, sembra costituire un modello insediativo che si diffuse anche nella valle dell'Albegna e nel sito etrusco di Acquarossa. I materiali ceramici confermano il successo delle produzioni figuline e delle forme aperte e chiuse d'impasto grigiastro e grigio-bluastro "nella tradizione del bucchero" e permettono di inquadrare la seconda fase di occupazione tra fine VI e inizio V secolo a.C.; mentre gli esemplari di ceramica attica e di anfore milesie d'importazione continuano a dimostrare il ruolo commerciale del sito²⁰³. Il rinvenimento di cinque bronzetti "tipo Castelvenero" sembra inoltre attestare la pratica del culto domestico²⁰⁴. Un incendio pose fine anche alla seconda fase di occupazione, a cui seguì un periodo di abbandono documentato dai depositi alluvionali che ricoprirono gli strati antropici. La terza ed ultima fase di occupazione fu caratterizzata dalla costruzione di un edificio più imponente suddiviso in tre vani aperti sul cortile porticato con zoccolo in pietra, alzato in argilla cruda e copertura in travi lignee e laterizi di copertura: un ambiente era probabilmente destinato all'immagazzinamento delle derrate come sembra testimoniare la presenza di numerosi frammenti di *pithoi* andati distrutti in seguito al crollo della struttura, uno centrale e uno provvisto di apertura sul tetto per il focolare. Il frammento di *kylix* attica a figure rosse e di ceramica attica a vernice nera permette di stabilire

201. (Cosci & Spataro 2006, 103; 2008, 39-40; Pasquinucci *et al.* 1997; Redi 1984)

202. (Ciampoltrini *et al.* 2006, 48)

203. (Ciampoltrini *et al.* 2006)

204. (Pasquinucci *et al.* 2008, 43)

che il sito fu occupato fino alla metà del V secolo a.C. come conferma inoltre il ritrovamento del calice “nella tradizione del bucchero” diffuso nella prima metà del V secolo a.C.. L’abitato, in cui si praticavano attività cultuali come dimostra il ritrovamento di una testa fittile, venne distrutto da una esondazione fluviale alla metà del V secolo a.C. e successivamente fu fortemente intaccato dagli interventi di epoca romana e posteriori che interessarono l’intera area²⁰⁵. La presenza di scarti di fornace relativi a laterizi etruschi e a ceramica “grigia” e a scisti microclastici potrebbero confermare la presenza di un impianto specializzato nella produzione ceramica di epoca etrusca²⁰⁶. I cambiamenti strutturali registrati tra la II e la III fase potrebbero essere connessi alla necessità di adattare gli spazi alle attività produttive specializzate nell’immagazzinamento di derrate alimentari, all’aumento demografico registrato a partire dalla metà del VI secolo a.C. nell’intero settore orientale, nonché alle ripetute esondazioni fluviali, rintracciabili nella stratigrafia archeologica, che comportarono continui rifacimenti²⁰⁷.

Lungo la direttrice del cosiddetto “Paleorotina”, che, come ricordato precedentemente, è stato identificato con l’antico corso del fiume Cascina²⁰⁸ probabilmente arginato sin dall’epoca etrusca o ancora con un canale derivato dall’antico corso fluviale tuttavia scavato in epoca romana²⁰⁹, sorsero una serie di abitati identificati nel corso delle indagini archeologiche e dei lavori svolti nei pressi dello Scolmatore dell’Arno. Insediamenti a vocazione agricola e risalenti al VI secolo a.C. vennero infatti rinvenuti anche nei pressi di Latignano di Cascina (**Figura 10**, ID_17) in occasione di ricerche condotte nel 1997 e nei pressi del Podere Sant’Eugenio a qualche metro di distanza dal sito delle Melorie (**Figura 10**, ID_9)²¹⁰. Sempre nel settore orientale è inoltre documentata l’esistenza di alcuni abitati etruschi risalenti al VII secolo a.C. nei pressi di Badia (**Figura 10**, ID_170) a sud di Fornacette²¹¹ e in destra dell’Era nei pressi di Poggio al Vento (**Figura 10**, ID_69)²¹². Mentre le indagini di superficie condotte tra il comune di Pontedera e di Ponsacco ad opera dell’Università di Pisa rilevarono la presenza di 37 “siti” rurali sorti all’epoca della colonizzazione romana e attive fino al III o al V/VII secolo d.C., che, come sembrano suggerire i reperti ceramici, vennero in prevalenza costruiti in aree frequentate sin dall’età del Ferro e dall’epoca etrusca come nel caso del Podere La Rotina (**Figura 10**, ID_36), del Podere Curigliane (**Figura 10**, ID_6), nei pressi del Fosso degli Strozzi (**Figura 10**, ID_9), del Podere Santa Lucia (**Figura 10**, ID_39), del Podere Casella del Preposto (**Figura 10**, ID_78), Podere Casa Rossa (**Figura 10**, ID_31), Podere Il Casotto (**Figura 10**, ID_75-118-125-126), Podere Chirichello (**Figura 10**, ID_4), Podere Cincinnato (**Figura 10**, ID_76), in località Gabbiano (**Figura 10**, ID_98-129) in località Pontalto (**Figura 10**, ID_43), in località Fossa Nuova (**Figura 10**, ID_22) e in località Casato (**Figura 10**, ID_80)²¹³. Secondo le ricostruzioni di alcuni ricercatori gli insediamenti rinvenuti nel settore compreso tra Pontedera e Ponsacco si distribuirono in prossimità di un “ramo ormai sepolto del

205. (Ciampoltrini *et al.* 2006)

206. (Ciampoltrini *et al.* 2006, 57; Pasquinucci *et al.* 2008, 43)

207. (Ciampoltrini *et al.* 2006)

208. (Ciampoltrini 2003, 122; Mazzanti 1991, 217)

209. (Cosci & Spataro 2006, 103; 2008, 39-40; Pasquinucci *et al.* 1997; Redi 1984)

210. (Bruni 2004, 37; Ciampoltrini 2003, 121-22)

211. (Ciampoltrini 2003, 123)

212. (Bruni 2004, 34)

213. (Pasquinucci *et al.* 1994; 1997b)

fiume Arno”, individuato tramite fotointerpretazione, che doveva solcare la pianura di Pisa a sud del suo corso principale” almeno dal VI sino all’avanzato V secolo a.C.. “Il presunto percorso fluviale, non più attivo all’epoca della colonizzazione romana, potrebbe identificarsi con uno dei tre rami descritti da Strabone o dalle sue fonti, in cui l’Arno si divideva prima di Pisa e della sua foce”²¹⁴.

Nel corso del V secolo a.C. sono inoltre attestati i siti di Podere Casanuova (**Figura 10**, ID_70) nei pressi dello Scolmatore dell’Arno, e di Podere Casone nei pressi di Gello (**Figura 10**, ID_33)²¹⁵; mentre le ricognizioni di superficie permisero il riconoscimento di abitati rurali anch’essi risalenti al V secolo a.C. nei pressi dell’abitato di Ponsacco (Via Matteotti) (**Figura 10**, ID_71), nel settore a sud-est dell’attuale comune di Pontedera in località Il Romito (**Figura 10**, ID_68), e nei pressi di Palmerino in corrispondenza dello Scolmatore dell’Arno, (**Figura 10**, ID_149)²¹⁶.

Come ricordato precedentemente, lo sviluppo della *polis* pisana interessò anche la zona dell’ex lago di Bièntina, un tempo attraversata dal percorso orientale dell’*Auser*-Serchio che con un alveo ramificato sfociava in Arno all’altezza di Bièntina e che fu riconosciuto tramite fotointerpretazione²¹⁷.

Nei pressi degli antichi percorsi fluviali si svilupparono, tra la fine del VII e l’inizio del VI secolo a.C. piccoli aggregati rurali²¹⁸ alcuni dei quali sono stati investigati tramite indagini stratigrafiche. In particolare, nei pressi dell’abitato di “Fossa 2” è stata rinvenuta una struttura a pianta sub-quadrangolare nel quale era custodito il focolare e in cui venivano praticate anche attività tessili (filatura della lana), e un ambiente antistante che costituiva il vestibolo. L’abitato, che riproduce lo schema planimetrico delle Melorie o di Montacchita di Palaia, era sorretto da pali in legno, con pareti di argilla concotta e una pavimentazione di ciottoli di fiume (**Figura 10**, ID_58)²¹⁹. A breve distanza era situata la necropoli dell’abitato formata da 12 tombe ad incinerazione segnalate da cippi in marmo “a clava”, e risalenti al periodo compreso tra il VI e il V secolo a.C.. Nelle vicinanze dell’abitato di “Fossa 2” venne inoltre rinvenuto durante le indagini condotte nel corso del 1957 un secondo insediamento (Podere 56) (**Figura 10**, ID_174) con zoccolo in pietra, pali in legno che costituivano l’ossatura della struttura, pareti di canne e argilla e copertura in materiale deperibile (legno e paglia)²²⁰. Tale settore rappresentò, nel corso dell’epoca etrusca, un’importante zona di collegamento con l’Etruria nord-settentrionale e con il versante padano poiché vi confluivano gli itinerari provenienti da Pisa, dal Medio Valdarno e da Volterra tramite la Valdera. Nel corso del V secolo a.C. si registrò in effetti un aumento demografico “messo in relazione ad una rivitalizzazione degli scambi commerciali lungo la costa e gli itinerari transappenninici”²²¹. A questa fase risalgono

214. (Ciampoltrini 2011, 19–20)

215. (Bruni 2004, 37; Ciampoltrini 2003, 121–22)

216. (Bruni 2004, 37; Ciampoltrini 2003, 123)

217. (Ciampoltrini 2010, 14)

218. (Bruni 2004, 35)

219. (Grassini 2012, 24–37)

220. (Grassini 2012, 40–44)

221. (Pasquinucci 1994, 188)

inoltre gli abitati rinvenuti nei pressi dell'*Arme/Usciana*²²² antico corso fluviale che scorreva fra l'Arno e le Cerbaie per poi gettarsi in Arno e indentificato con l'attuale canale Usciana²²³.

Tra la fine del VII secolo a.C. e il V secolo a.C. dunque nel settore compreso tra il Valdarno Inferiore Pisano, la Bassa Valdera e la piana di Bièntina, definito come “la Terra dei Quattro Fiumi” poiché caratterizzato dal passaggio dell'Arno che collegava l'area del Bièntina alla pianura di Pisa, del ramo orientale dell'*Auser-Serchio* che sfociava in Arno all'altezza di Bièntina-Vicopisano, dell'Era (con i suoi affluente il Roglio e il Cascina), e dell'*Arme* che fu successivamente canalizzato col nome di Usciana, si svilupparono una serie di abitati rurali in particolare in prossimità dei fiumi principali che ebbero dunque “un ruolo dominante nello sviluppo degli insediamenti in età arcaica”²²⁴.

Mentre più sporadici sono i rinvenimenti archeologici avvenuti nel settore compreso tra Pisa e Cascina dove recenti indagini archeologiche nei pressi della Fossa Mariana Schippisi hanno attestato la presenza di reperti ceramici (laterizi, acroma depurata, acroma grezza, vernice nera) riferibili all'età del Bronzo e in particolare all'epoca etrusca, al di sotto di uno strato alluvionale di circa 1,30-1,5 metri di spessore²²⁵, (**Figura 10**, ID_142). Nel comune di Cascina sono inoltre segnalati materiali pertinenti ad una tomba ad incinerazione che venne casualmente rinvenuta agli inizi del XIX secolo nei dintorni di San Lorenzo a Pagnatico, in particolare di un frammento di un cippo “a clava” che un tempo segnalava la presenza della sepoltura e di un *oinochoe* di ceramica semidepurata grigio-nerastra che inquadrano la tomba alla metà del V secolo a.C.²²⁶.

Nel settore a sud di Cascina, a circa 6 km a nord-est dell'attuale località di Collesalveti, sorse un luogo di culto riferibile al tardo VI secolo a.C. (**Figura 10**, ID_54). Le indagini archeologiche, svolte durante la realizzazione di una cabina E.N.E.L. alla metà degli anni Ottanta, e i risultati delle ricognizioni di superficie confermano che nel corso dell'età arcaica l'area, inserita nel pienamente nel contesto pisano, fu adibita ad uso culturale e religioso come testimoniano il bronzetto votivo e il *kyathos* miniaturistico in bucchero, nonché i numerosi resti di incanniccato concotto, di tegole e coppi riferibili all'edificio di culto, di cui tuttavia non si conoscono le caratteristiche principali (struttura, culto praticato). Secondo alcune ricostruzioni la struttura potrebbe essere sorta nei pressi di un presunto ramo meridionale del fiume Arno che avrebbe così garantito una via di comunicazione tra l'area più interna della *chora* di Pisa e il distretto meridionale del settore costiero²²⁷. Tuttavia, l'esistenza e il tracciato del paleoalveo di epoca etrusca non è stata comprovata da indagini stratigrafiche che consentano di ricostruire lo scenario paleoidrografico del settore meridionale.

Nel corso del V secolo a.C. la città etrusca di Pisa “consolida le proprie strutture urbane e potenzia il suo ruolo di emporio mediterraneo, come dimostra l'ingente importazione di merci greche”,

222. (Bruni 2004, 38–39)

223. L'antico fiume *Arme* è attestato nella documentazione medievale. Tuttavia non è ancora chiaro se in origine l'Usciana fosse un canale artificiale affluente dell'*Arme*, e che soltanto in epoca più recente furono assimilati e considerati come un unico corso d'acqua, (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 422).

224. (Ciampoltrini 2011, 20–21; 2014, 21)

225. ATS srl, Relazione indagini archeologia preventiva “Interventi di sistemazione idraulica nel bacino di fossa Chiara nel comune di Cascina (PI)”. Prot SABAP-PI 266 del 25/07/2016”. Dati inediti concessi dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, consultati presso la sede di Pisa.

226. Relazione del Funzionario Stefano Bruni, Archeologo, Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 6, N° 5564.

227. (Bruni 2006)

e di centro egemone del territorio circostante²²⁸. Nel contesto urbano è infatti riconoscibile un momento di “fervore edilizio” nel rinnovamento del santuario situato in piazza Duomo e nella creazione di un nuovo tempio nell’area di piazza Dante²²⁹. Sono inoltre attestate per questa fase nuove forme di gestione e di controllo delle risorse idriche testimoniate dal rinvenimento di un canale di bonifica in località La Figuretta²³⁰ (**Figura 10**, ID_ 136), che secondo alcune interpretazioni risalirebbe al V secolo a.C.²³¹. Le prime indagini archeologiche svolte in prossimità della suddetta località riportarono in luce, alla profondità di circa 1,6 metri dal piano di campagna, un allineamento di pietrame, ciottoli fluviali e frammenti laterizi frammisti a materiali ceramici databili tra il VI e il IV secolo a.C. con orientamento SO-NE. La struttura, di circa due metri di larghezza e visibile per una lunghezza complessiva di 10 metri con orientamento SO – NE, venne interpretata come un probabile *aggere* o argine. Il piano di calpestio (p.d.c.) antico, messo in relazione al presunto argine, conteneva invece tre frammenti di sigillata italica e sempre nei pressi della struttura furono recuperati dei frammenti di vernice nera databili all’età ellenistica avanzata (89-29 a.C.). Sulla base di tali rinvenimenti archeologici e della presenza di una struttura abitativa di età repubblicana a circa 100 metri di distanza dall’*aggere* seppur ad una profondità minore, fu ipotizzato che l’opera idraulica fosse connessa “agli interventi di sistemazione agraria messi in atto al momento della distribuzione agraria in età tardo repubblicana”²³². Il ritrovamento alla distanza di circa quattro metri di un secondo *aggere* realizzato con la medesima tecnica costruttiva, parallelo al precedente e separato da una profonda depressione confermò dunque la presenza di una canalizzazione verosimilmente connessa all’impianto della centuriazione²³³. Tuttavia, secondo differenti interpretazioni il canale di bonifica, risalente all’epoca etrusca, potrebbe essere indice di un’opera di “micro-colonizzazione”, ovvero “di parcellizzazione e distribuzione delle terre coltivabili agli abitanti delle campagne pisane che vennero così elevati al rango di cittadini di pieno diritto civile e politico”²³⁴. Tale trasformazione politica e sociale è inoltre testimoniata da un’iscrizione su segnacolo a colonnetta rinvenuta nei pressi di Arena e risalente al V secolo a.C. in cui viene riconosciuta la promozione di un abitante delle campagne a cittadino pisano, con relativo nome gentilizio²³⁵.

La volontà di espansione commerciale, culturale e politica di Pisa etrusca nel territorio circostante comportò una riorganizzazione dei rapporti fra città e campagna e una predilezione per gli abitati situati in prossimità di importanti vie di comunicazione o, “come nel caso delle Melorie, idonei alla gestione delle risorse agricole e dell’allevamento offerto dalle aree dossive, indispensabili alla

228. (Bonamici 1990, 110)

229. (Bruni 2003, 53)

230. A. Campus 2012, Scheda di intervento n. 246 e n. 830, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

231. (Bonamici 1990, 115)

232. Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Maggiani A. 2013, Pisa, Loc. La Figuretta – Scavo d’emergenza, 1986 (Dataset), Pisa: MOD (doi:10.4456/MAPPA.2013.27). Dati rilasciati con licenza Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT), <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>.

233. A. Campus 2012, Scheda di intervento n. 830, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

234. (Bonamici 1990, 115)

235. (Bonamici 1990, 115–18)

crescita demografica della città”²³⁶. Secondo alcuni ricercatori tale processo comportò, nel corso del V secolo a.C., la scomparsa degli abitati di “antica tradizione” che conservavano i costumi funerari e i tipi edilizi dell’Età del Ferro, come nel caso di Montacchita, e che non erano “assimilabili” alle nuove mire espansionistiche della città etrusca e “al nuovo ruolo che Pisa progettava per tali collocazioni nodali”²³⁷.

La necessità di controllare le principali vie di comunicazione che conducevano verso la regione appenninica e oltreappenninica comportò inoltre la nascita di numerosi siti disposti lungo l’antica direttrice del fiume Serchio, come nel caso del sito di Arena, o sulle alture dei Monti Pisani come nel caso dei “siti-fortezza” di Monte Cupola, di Monte Spazzavento (**Figura 10**, ID_ 27), della “rocca di Ripafratta”, di Monte Castellare rifortificato in epoca altomedievale (**Figura 10**, ID_ 25) che rappresentarono “un baluardo difensivo della pianura costiera, dei suoi approdi, delle sue vie d’acqua e dello stesso centro urbano”²³⁸. Il sito di Monte Spazzavento, riconosciuto tramite l’analisi delle fotografie aeree, venne edificato su di un promontorio (a circa 150 metri di altitudine) nei pressi della riva destra del fiume Serchio fra il VI ed il V secolo a.C., ed era caratterizzato da una fortezza a pianta quadrangolare²³⁹. Mentre il “sito-fortezza” di Monte Cupola, anch’esso individuato tramite fotointerpretazione, avrebbe avuto una struttura a pianta circolare²⁴⁰.

L’età classica fu inoltre caratterizzata da una grande vitalità artistica e culturale che vide il consolidarsi della produzione ceramica pisana e il diffondersi della lavorazione del marmo apuano, indotta da artisti greci, che perdurò nei secoli successivi. Nel III-II secolo a.C. è infatti attestata la lavorazione dei filoni locali di marmo dei Monti Pisani per la produzione di cippi funerari “a clava” rinvenuti in contesto urbano nonché nel territorio volterrano. L’utilizzo dei giacimenti locali “fu inoltre dettato dall’esigenza di disporre di una pietra di minor costo e anche dal precario equilibrio politico con i vicini Liguri, che aveva reso quasi inaccessibile la materia prima apuana”; la lavorazione pisana del marmo apuano cessò infatti nel corso del II secolo a.C. quando la colonia di Luni si impadronì della gestione delle cave²⁴¹.

Lo sviluppo commerciale della città di Pisa e del suo territorio nel corso del IV secolo a.C. è attestata dai numerosi rinvenimenti ceramici in ambito urbano e rurale²⁴². L’occupazione del settore orientale della pianura di Pisa è confermato dai numerosi abitati rurali ancora attivi nei pressi di Latignano, Pontalto, Podere Santa Lucia, nell’area dei Poderi Curigliane e Casa Rossa, presso la località di Lavaiano (**Figura 10**, ID_ 22), del podere Sant’Eugenio e nei pressi di Fornacette (Podere delle Nebbie)²⁴³. Mentre nell’area di Bièntina (in località Isola) il rinvenimento di un

236. (Ciampoltrini 2006b, 68)

237. (Ciampoltrini 2006b)

238. (Bonamici 1990, 99–111)

239. (Bonamici 1990, 111). Relazione del Funzionario Marisa Bonamici, Archeologo (26 ottobre 1993), Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 7, N° 4176. Relazione del Funzionario Marisa Bonamici, Archeologo (1 dicembre 1997), Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 7, N° 25197.

240. (Bonamici 1990, 111)

241. (Bonamici 1990, 120–24)

242. (Pasquinucci 1994, 189)

243. (Bruni 2004, 44)

sepolcreto da cui proveniva un cratere attico a figure rosse datato intorno al 380 a.C. conferma la continuità abitativa dell'area (**Figura 10**, ID_ 156)²⁴⁴.

Tra la fine del IV e gli inizi del III secolo a.C. la città conobbe una nuova fase urbanistica caratterizzata dalla monumentalizzazione di un'area di culto situata in piazza Cavalieri e degli edifici religiosi situati in piazza Duomo che vennero circondati da un *temenos* in blocchi di pietra e fiancheggiati da un altare. Gli scavi registrano inoltre un incremento demografico che si manifestò nello sviluppo di contesti abitativi in alcuni settori dell'attuale contesto urbano (Arena Garibaldi, area di San Zeno) precedentemente adibite a scopi sepolcrali²⁴⁵. Lo sviluppo degli insediamenti etruschi nell'area di Coltano e nel settore più meridionale della pianura tra il IV e il III secolo a.C. è sicuramente connesso al progressivo sviluppo dello scalo commerciale²⁴⁶ conosciuto in epoca romana col nome di *Portus Pisanus*, e alla costruzione di una strada che collegava l'area di San Piero a Grado con il nuovo porto²⁴⁷. Mentre nel Bièntina “la documentazione archeologica sembra circoscritta all'insediamento etrusco di Ponte Gini II, su cui si impianta negli anni centrali del III secolo a.C. un insediamento più cospicuo, forse a controllo di una via commerciale”²⁴⁸ (**Figura 10**, ID_ 117).

A partire dall'età ellenistica Pisa etrusca entrò nell'orbita di Roma e i suoi porti vennero utilizzati come basi militari nel corso della I guerra Punica e successivamente per le operazioni contro i Liguri (238 -177 a.C.)²⁴⁹: iniziò dunque il processo di romanizzazione della città e del suo territorio.

1.2.3. La conquista romana e l'installazione delle *villae rusticae*

A partire dal III secolo a.C. assistiamo al graduale processo di romanizzazione della città di Pisa e del territorio circostante che culminò in epoca triumvirale-augustea con la fondazione della colonia *Opsequens Iulia Pisana*. Pisa fu inizialmente una *civitas foederata* e i suoi porti vennero utilizzati dagli eserciti romani nel corso della I guerra punica e nell'ambito di una serie di operazioni militari: nel 225 a.C. le truppe, guidate dal console C. Attilio Regolo, giunsero nel *Portus Pisanus* di ritorno dalla Sardegna (Polybio, II, 27, 1)²⁵⁰ e si diressero, lungo la costa etrusca, contro i Galli che cercavano di raggiungere Roma (Polybio, II, 27, 1; 28, 1). Il ruolo strategico della città fu maggiormente apprezzato durante le operazioni militari contro i Liguri (238-177 a.C.) determinando “cospicue importazioni ceramiche e di derrate alimentari”²⁵¹; mentre P. Cornelio Scipione utilizzò il porto pisano per il trasferimento delle truppe romane a Marsiglia (Polibio 3. 4. 2; 56. 5; Livio 21. 39)²⁵². Probabilmente fu proprio l'alleanza con Roma ad inasprire i rapporti tra i Pisani e i Liguri, che vedendo minacciata la propria esistenza nel 193 a.C. saccheggiarono prima

244. (Grassini 2012, 44)

245. (Bruni 2003, 54; Ducci *et al.* 2011, 31)

246. (Ducci *et al.* 2011, 31)

247. (Bruni 2001, 89)

248. (Pasquinucci 1994, 189)

249. *Ibid.*

250. (Segenni 2003b)

251. (Pasquinucci 1994, 189)

252. (Segenni 2003b, 87)

il porto di Luni e presero d'assedio la città di Pisa, e nel 187 a.C. colpirono il territorio pisano con continue incursioni, minacciando Pisa e impedendo ai contadini di coltivare i campi (Livio XXXIX, 2, 5). Durante il conflitto i due schieramenti erano separati da confini naturali, come nel caso del ramo orientale del sistema *Auser-Serchio* che sfociava in Arno, separando la città di Pisa dalla zona del Bièntina, e costituendo un pericoloso asse di penetrazione delle incursioni liguri. Anche la zona prossima alla confluenza dell'Era nell'Arno costituì in questo periodo un territorio di frontiera, base logistica dell'esercito romano.

Le frequenti incursioni dei Liguri costrinse Roma ad intervenire attraverso la deportazione nel Sannio dei Liguri Apuani avvenuta nel 180 a.C., e la fondazione di due nuove colonie: Pisa infatti dovette concedere una parte del suo territorio per la fondazione della colonia latina di *Luca* (180 a.C.) e poco dopo la definitiva sconfitta dei Liguri, accettare la fondazione della limitrofa colonia romana di Luni (177 a.C.)²⁵³. Fu probabilmente nel corso o successivamente la guerra sociale (90-88 a.C.) che Pisa ottenne la concessione della cittadinanza romana, divenne *municipium* e fu inserita nella tribù *Galeria*²⁵⁴, come sembra confermare un passo di Festo (Paolo Festo, 155 L) che nomina i Pisani come esempio di *municipes*²⁵⁵.

La deduzione della colonia *Opsequens Iulia Pisana* rientrò nel progetto di epoca triumvirale-augustea di colonizzazione e assegnazione dell'intera Etruria settentrionale che venne radicalmente trasformata in seguito alla costruzione di numerosi assetti centuriali che ancora oggi caratterizzano le pianure del Valdarno, della valle del Serchio e della Valdera. La fondazione della colonia romana e l'arrivo dei veterani di Augusto, ai quali vennero probabilmente assegnate le terre dell'*ager pisanus*, come dimostra la stele funeraria di *Sex. Anquirinnius L. f. Galeria*²⁵⁶, veterano della XIX *legio*, rinvenuta nel settore più meridionale dell'*ager Pisanus* presso Castelnuovo della Misericordia (Livorno)²⁵⁷, comportò la riorganizzazione amministrativa e urbanistica della città di Pisa e la trasformazione del territorio circostante con la realizzazione della centuriazione pisana. Nel 2 d.C. e nel 4 d.C. il senato locale della colonia emanò i *Decreta Pisana*²⁵⁸ per onorare la memoria di Lucio e Gaio Cesari, nipoti di Augusto²⁵⁹; i testi offrono importanti informazioni riguardo l'ordinamento costituzionale della colonia e le trasformazioni urbanistiche che la sua fondazione aveva comportato. Nel 4 d.C. il senato della colonia riunitosi nell'*Augusteum* in occasione della morte del giovane nipote di Augusto, Lucio Cesare, emana un decreto secondo il quale veniva proclamato il lutto cittadino e veniva affidato al consiglio decurionale della città o senato il compito di acquistare un terreno per la costruzione di un altare presso il quale ogni anno si sarebbe dovuto compiere un sacrificio in onore del giovane, in presenza dei magistrati supremi della colonia, i duoviri. Qualche anno dopo, in occasione della morte del secondo nipote di Augusto, Gaio Cesare, la città sprovvista dei duoviri non ancora eletti, affida ad un'assemblea composta dai decurioni e dai coloni il compito di emanare un secondo decreto che stabiliva il lutto cittadino e

253. (Segenni 2003b, 88)

254. (Pasquinucci 2003a, 81; Segenni 2003b, 88)

255. (Segenni 2003b, 88)

256. CIL XI, 1524

257. (Keppie 2000)

258. CIL XI 1420 e 1421

259. (Segenni 2003a, 74)

la proclamazione dell'anniversario della morte di Gaio che sarebbe stato celebrato per sempre come giorno luttuoso, come nel caso di Lucio, con lo svolgimento di spettacoli scenici, giochi nel circo e un sacrificio solenne; venne inoltre deliberata la costruzione di un arco che celebrasse entrambi i nipoti di Augusto²⁶⁰. Le risoluzioni adottate dai decurioni e dai coloni sottoposte all'approvazione di Augusto²⁶¹, testimoniano i forti legami della colonia con il governo centrale e soprattutto con la *Domus Augustea*²⁶², "il lealismo verso la famiglia imperiale", ricordato inoltre dallo stesso appellativo *Opsequens*²⁶³, e "l'adesione alle linee guida della politica augustea"²⁶⁴. Le fonti epigrafiche (i *decreta Pisana* in particolare) confermano dunque che la città subì delle profonde trasformazioni in seguito alla deduzione della colonia che tuttavia sono soltanto in parte riconoscibile negli scavi urbani condotti nel corso degli anni²⁶⁵. L'area di Piazza Duomo, ad esempio, si trasformò in quartiere residenziale come attestano le *domus* rinvenute durante gli scavi del 2003-2009²⁶⁶. Le ricche abitazioni con pavimenti a cocciopesto decorato e a mosaico e pareti con intonaco dipinto, costruiti tra la tarda età repubblicana e il I sec d.C., furono occupati fino alla tarda età imperiale e soltanto a partire dal V secolo d.C. subirono un forte ridimensionamento e una fase di abbandono²⁶⁷.

La struttura dell'impianto urbano ed in particolare del reticolo viario non è allo stato attuale della ricerca ricostruibile. Le lievi divergenze riscontrate negli orientamenti degli edifici rinvenuti durante le operazioni di scavo fanno ipotizzare che l'antica viabilità fosse maggiormente condizionata dalla paleotopografia e/o da un tessuto cittadino preesistente²⁶⁸. Le labili tracce viarie messe in luce durante gli scavi di piazza Duomo²⁶⁹, non permettono infine di riconoscere l'orientamento dell'impianto urbano e il suo rapporto con il reticolo centuriale.

Il passo di Livio²⁷⁰, che riferisce dell'assedio della città da parte dei Liguri nel 193 a.C. e della sua liberazione ad opera dell'esercito romano guidato dal console Minucio, ricorda che: "il console passato l'Arno entrò nella città, e poi, proseguendo l'azione contro i nemici, attraversò l'*Auser*..." consentendo di stabilire la vicinanza tra i due fiumi e lo stretto rapporto esistente tra la topografia dell'abitato e gli antichi percorsi fluviali²⁷¹. La posizione topografica della città, alla confluenza dell'*Auser* nell'Arno, è inoltre confermata nel passo di Strabone²⁷².

Sono altrettanto esigue le informazioni riguardo all'estensione della città, nonché all'esistenza ed al tracciato dell'antico recinto murario. La presenza di un eventuale circuito murario che secondo alcuni studiosi²⁷³ "integrava e potenziava la naturale difesa costituita dai due corsi d'acqua"

260. (Segenni 2003b, 88–90)

261. (Segenni 2003b, 89)

262. (Segenni 2002, 380)

263. L'aggettivo è inserito nella titolatura della colonia proprio in riferimento alla lealtà da parte dei coloni (Keppie 1983, 16). *Opsequens* è inoltre il gentilizio attestato per i servi pubblici affrancati della città, (Folcando 1996, 103).

264. (Segenni 2002, 393)

265. (Fabiani *et al.* 2013; Pasquinucci 2003a, 81–82)

266. (Alberti & Paribeni 2011)

267. (Alberti & Paribeni 2011)

268. (Pasquinucci 2003a, 82)

269. (Fabiani *et al.* 2013, 17–172)

270. Livio XXXV, 3, 3

271. (Di Spigno 1949, 187–88)

272. Strab., 5, 2, 5 C 222

273. (Pasquinucci 2003a, 81)

(Arno e *Auser*), garantendo la protezione della città in occasione dell'assedio ligure del 193 a.C. tramandata da Livio²⁷⁴ non è stata al momento comprovata da rinvenimenti archeologici; secondo altri²⁷⁵, invece, la presenza di un'articolata rete idrografica che circondava la città avrebbe potuto assicurare un'adeguata difesa senza rendere necessaria la costruzione di strutture difensive come l'*agger*²⁷⁶.

Come segnalato nei paragrafi precedenti la città di Pisa esercitò un forte controllo sul sistema portuale della costa e sull'entroterra, sin dall'epoca etrusca. La sua posizione all'incrocio tra due vie d'acqua (*Auser* e Arno) e in prossimità del mare, l'accesso ad importanti risorse naturali come il legname e la pietra, ricordate da Strabone²⁷⁷ e indispensabili alla crescita di Roma e ai progetti urbanistici di Augusto²⁷⁸, furono le principali cause della conquista romana di Pisa che svolse un ruolo di città portuale e militare fondamentale all'espansione dell'Impero²⁷⁹. Sin dal III secolo a.C. gli scali portuali e fluviali furono attivi ed inseriti nell'orbita romana, come dimostra la diffusione di insediamenti agricoli di modeste condizioni lungo la costa, nei pressi di Poggio al Marmo (**Figura 11**, ID_42) e di Coltano. Nel settore settentrionale sono inoltre attestate frequentazioni nei pressi di San Martino a Ulmiano (**Figura 11**, ID_52) e La Romita di Asciano (**Figura 11**, ID_111) dove furono rinvenuti esemplari di ceramica a figure nere riferibili ai primi decenni del III secolo a.C.²⁸⁰. Nel settore di Biëntina sorse, nei decenni centrali del III secolo a.C., un nuovo insediamento (Orentano, Ponte Gini III) collegato ad un'importante via commerciale che giungeva nell'alta valle del Serchio, come attestano le anfore di importazione laziali o campana e la ceramica da mensa proveniente dall'Etruria settentrionale²⁸¹. “La presenza delle truppe romane e il ruolo svolto nella politica di espansione romana garantirono la grande fioritura economica che la città visse tra la fine del III e per tutto il II secolo a.C.” come sembrano testimoniare il vasellame di produzione nord-etrusca o le anfore vinarie puniche, rodie, campane e ancora le ceramiche iberiche rinvenute nei pressi di Coltano, Isola di Migliarino o nel contesto urbano²⁸². La pianura era attraversata da importanti vie di comunicazione: la via *Aemilia Scauri* risalente al II secolo a.C. che con un percorso interno attraversava le località di Rimazzano, Crocino, Collesalvetti per giungere a sud-est della città di Pisa; la via *Pisa-Florentia* risalente alla metà o all'ultimo ventennio del II secolo a.C. raggiungeva Pisa da est e fu costruita verosimilmente come raccordo tra la *Arretium-Bonomia* e *Pisae-Portus Pisanus*; la via *Aurelia* con un tracciato costiero che da Roma giungeva a *Cosa*, Populonia o Luni secondo le diverse interpretazioni, attraversava le località di Castiglioncello, Quercianella, Montenero, Salviano, *Portus Pisanus*, S. Piero a Grado per poi proseguire a nord

274. Livio XXXV, 3, 3

275. (Bruni 1998)

276. (Fabiani *et al.* 2013, 169)

277. Strab., 5, 2, 5 C 223

278. (Pasquinucci 2003a; 1994, 194–95)

279. (Bonamici 1990, 121–22; Menchelli 2003, 99; Pasquinucci 2003a, 85)

280. (Bonamici 1990, 119–21)

281. (Pasquinucci 1994, 191)

282. (Bonamici 1990, 190–91)

verso la località di S. Nicola di Palatino e i cordoni litoranei ad ovest del lago di Massaciuccoli; la via *a Luca Pisas* che collegava le due città attraversando il settore settentrionale della pianura²⁸³. La fondazione della colonia *Opsequens Iulia Pisana* comportò una riorganizzazione dell'*ager pisanus* attraverso la realizzazione di una griglia centuriale e lo sviluppo di un sistema insediativo articolato ad essa connesso. Sin dalla nomina a *municipium* in occasione della guerra sociale (90-88 a.C.) il territorio pisano doveva estendersi dall'antico corso del fiume Versilia (*Vesidia*) a nord fino ai corsi dell'Era a est e del Fine a sud²⁸⁴; i fiumi rappresentarono di fatto i confini dell'*ager pisanus*, all'interno dei quali venne tracciata la centuriazione²⁸⁵.

Le indagini archeologiche (ricognizioni di superficie, scavi archeologici) condotte nel corso di questi anni hanno permesso di ricostruire il sistema insediativo della campagna pisana in epoca romana, ed in particolare i contesti abitativi che si svilupparono in seguito all'opera di centuriazione. La popolazione era distribuita in fattorie o *villae rusticae*, che costituivano il nucleo principale del sistema insediativo rurale sparso, generalmente caratterizzate da strutture di modeste condizioni con fondazioni in pietra e elevato in mattoni con copertura in legno (travatura), tegole e coppi, e talvolta da elementi architettonici quali colonne, mattoncini pavimentali di *opus spicatum* o *signinum* che sembrano attestare un certo sviluppo economico in particolare durante la prima età imperiale, in seguito alla deduzione della colonia *Opsequens Iulia Pisana*²⁸⁶.

A nord della città di Pisa, nel settore compreso tra Campaldo e via Pietrasantina ad ovest, e la statale SS12 fino all'altezza di via La Figuretta ad est, le indagini di superficie e le operazioni di scavo hanno consentito di individuare numerosi insediamenti rurali databili tra la tarda età repubblicana e l'età imperiale, ed in alcuni casi fino in età tardoantica/altomedievale²⁸⁷.

In località Campaldo (**Figura 11, ID_3**), le ricognizioni di superficie condotte in prossimità di tracce fossili riferibili alla centuriazione pisana, misero in evidenza la presenza di materiale ceramico (anfore Dressel 1e africane, terra sigillata italica, ceramica a vernice nera) e edilizio (laterizi) rinvenuto in particolare nei fossi di drenaggio attuali, e riferibile alla presenza di una fattoria occupata dal I secolo a.C. al V-VI secolo d.C.²⁸⁸. Mentre a pochi metri di distanza, nel settore più meridionale, vennero rinvenuti tra ca. 50 e 70 cm dal piano di campagna numerosi frammenti ceramici villanoviani che potrebbero attestare l'esistenza di un'antica area sepolcrale. Anche in questo caso l'analisi delle fotografie aeree ha rilevato la presenza di anomalie ortogonali, probabilmente riferibili all'assetto centuriale, e di forma ellittica²⁸⁹. Sempre in località Campaldo,

283. (Pasquinucci 1994, 199–200)

284. (Pasquinucci 1994, 191)

285. (Pasquinucci & Menchelli 2008, 115)

286. (Pasquinucci & Menchelli 2017, 335; Pasquinucci 1986, 33–41)

287. (Fabiani *et al.* 2013, 181–84)

288. (Paribeni *et al.* 2008). C. Sciuto 2012, Scheda di intervento n. 791, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. GIANO s.n.c., “Progetto per la nuova viabilità di Pisa nord – est. Relazione sulla valutazione di rischio archeologico (22 gennaio 2007)” ad opera di F.M.P. Carrera e D. Pasini, sotto la direzione della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana.

289. C. Sciuto 2012, Scheda di intervento n. 790, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. GIANO s.n.c., “Progetto per la nuova viabilità di Pisa nord – est. Relazione sulla valutazione di rischio archeologico (22 gennaio 2007)” ad opera di F.M.P. Carrera e D. Pasini, sotto la direzione della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana.

tra il Viale delle Cascine e il Fiume Morto, indagini di superficie condotte dal Dipartimento di Scienze Archeologiche dell'Università di Pisa hanno rilevato la presenza di materiale sparso databile tra il periodo tardo villanoviano e il II secolo a.C.²⁹⁰, (**Figura 11**, ID_141).

Mentre nella cosiddetta area Scheibler, in prossimità dell'attuale stazione ferroviaria di Pisa S.Rossore e del Cantiere delle Navi Antiche²⁹¹ (**Figura 11**, ID_51), le numerose indagini archeologiche svolte sin dagli anni 80' permisero il riconoscimento di numerosi fossi di drenaggio visibili in fotografia aerea e riferibili alla sistemazione agraria avvenuta con l'installazione della centuriazione²⁹² (**Figura 11**, ID_105, 122, 139), (approfondimento in paragrafo IV.1.2.2).

Nel settore nord-orientale del contesto urbano, gli scavi condotti nei pressi di via di Gello hanno riportato in luce un portico appartenuto ad una fattoria o probabilmente ad una *villa* risalente al I sec d.C. che doveva situarsi poco più a sud dell'area indagata²⁹³, (**Figura 11**, ID_83). A poca distanza, tra via di Gello, via Falcone e il Fiume Morto²⁹⁴, in corrispondenza di anomalie rilevate tramite fotointerpretazione e orientate secondo la griglia centuriale, le ricognizioni di superficie hanno permesso il riconoscimento di numerosi frammenti ceramici e edilizi riconducibili alla presenza di una fattoria attiva dalla fine del I secolo a.C. e dunque in connessione all'impianto centuriale, (**Figura 11**, ID_11). Mentre in località La Rete (**Figura 11**, ID_178), tra via di Gello e via del Brennero, le ricognizioni condotte in prossimità di un'anomalia di forma rettangolare non allineata agli assi centuriali segnalavano la presenza di numerosi frammenti di anfore e di terra sigillata italica probabilmente riferibili ad "un insediamento rurale inquadrabile tra il I secolo a.C. e il I secolo d.C." ²⁹⁵.

In località Podere di Mezzo²⁹⁶ (**Figura 11**, ID_34) e, più a nord, in località Campolungo²⁹⁷ (**Figura 11**, ID_37-48), le ricognizioni archeologiche condotte dal Dipartimento di Scienze Storiche del

290. G. Tarantino 2012, Scheda di intervento n. 822-823-824-825, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

291. C. Sciuto 2012, Scheda di intervento n. 376, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

292. (Bini *et al.* 2012a, 143-44; Bonamici 1989; Fabiani *et al.* 2013, 181-83). L. La Rosa 2012, Schede di intervento n. 262-48-49-187-193-194-195-196, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. "Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002" a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003) consultata presso l'Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, sede di Pisa.

293. (Fabiani *et al.* 2013, 181-84). A. Campus 2012, Scheda di intervento n. 133, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. C. Sciuto 2012, Scheda di intervento n. 351, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

294. A. Campus 2012, Scheda di intervento n. 456, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. GIANO s.n.c., "Progetto per la nuova viabilità di Pisa nord – est. Relazione sulla valutazione di rischio archeologico (22 gennaio 2007)" ad opera di F.M.P Carrera e D.Pasini, sotto la direzione della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana.

295. C. Sciuto 2012, Scheda di intervento n. 788, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. GIANO s.n.c., "Progetto per la nuova viabilità di Pisa nord – est. Relazione sulla valutazione di rischio archeologico (22 gennaio 2007)" ad opera di F.M.P Carrera e D. Pasini, sotto la direzione della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana.

296. C. Sciuto 2012, Scheda di intervento n. 458, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

297. GIANO s.n.c., "Progetto per la nuova viabilità di Pisa nord – est. Relazione sulla valutazione di rischio archeologico (22 gennaio 2007)" ad opera di F.M.P Carrera e D. Pasini, sotto la direzione della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, consultato su <http://www.comune.pisa.it/urbanistica/doc/viabilita-nord-est/paesaggio-patrimonio-culturale.htm>.

Mondo Antico dell'Università di Pisa permisero il riconoscimento di due fattorie rispettivamente riferibili all'epoca romana (la cronologia non è specificata) e al periodo compreso tra il I secolo a.C. e il V secolo d.C. con attestazione di materiale ceramico di epoca medievale.

In località La Figuretta²⁹⁸ (**Figura 11**, ID_138-140), le indagini archeologiche svolte nei primi anni Ottanta in occasione dei lavori per la posa dei cavi telefonici individuarono la presenza di materiale ceramico riferibile ad un arco cronologico esteso dall'età del ferro all'età ellenistica, nonché di un segnacolo funerario marmoreo troncoconico diffuso nel territorio pisano in età ellenistica. Inoltre “nella sezione di una trincea, larga circa un metro e profonda circa 1,5 metri, erano nettamente visibili le strutture murarie, i pavimenti, gli strati di vita di un edificio della prima età imperiale. L'interro era minimo, non superando 30-40 centimetri”. L'abitato rurale era connesso al sistema insediativo sorto in concomitanza con l'installazione della centuriazione pisana. Come ricordato nel paragrafo precedente, le ricerche svolte nel corso degli anni successivi (1986-1987) sempre in località La Figuretta evidenziarono la presenza di un insediamento di età repubblicana²⁹⁹ (**Figura 11**, ID_123) e in particolare di un canale di bonifica³⁰⁰ (**Figura 11**, ID_136) riferibile, secondo le prime interpretazioni dei ricercatori all'epoca romana e “agli interventi di sistemazione agraria messi in atto al momento della distribuzione agraria in età tardo repubblicana”. Tuttavia, la presenza di materiale ceramico databile tra il VI e il IV secolo a.C. (impasto con inclusi scistosi, bucheri, ceramiche figuline, ceramica grigia) frammisto al pietrame e ai frammenti laterizi che andavano a costituire l'argine del canale farebbero propendere per una datazione più alta riferibile all'epoca etrusca³⁰¹.

Nel corso di nuove indagini svolte nel 1991³⁰² (**Figura 11**, ID_137) vennero inoltre messe in evidenza altre forme di sfruttamento delle risorse idriche in particolare la presenza di un pozzo di forma circolare di 1 metro di diametro circa ad una profondità dal piano di campagna di -1,95 m dal piano di calpestio, identificato come il punto di raccolta delle acque superficiali. Mentre alla distanza di circa 18 metri venne rinvenuta una seconda struttura di forma pressoché quadrangolare, costruita in bozze di pietra sommariamente squadrate e legate tra loro da malta, interpretata come pozzo-cisterna. Sulla scorta di un piccolo frammento di sigillata tardo-italica entrambe le strutture vengono datate indicativamente al I-II secolo d.C.. Le evidenze erano obliterate da uno strato argilloso che ha restituito solamente due frammenti di ceramica acroma e sei frammenti di laterizi, databili al I-II secolo d.C. ma che sulla base delle ricostruzioni stratigrafiche viene messo in relazione alle trasformazioni idro-geologiche dell'età alto o basso medievale. Al di sopra era

298. A. Campus 2012, Scheda di intervento n. 148, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Ciampoltrini G., Nicosia F. 2013, Pisa, Loc. La Figuretta – Sopralluogo, 1982 (Dataset), Pisa: MOD (doi:10.4456/MAPPA.2013.26). Dati rilasciati con licenza Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>.

299. A. Campus 2012, Scheda di intervento n. 243, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

300. A. Campus 2012, Scheda di intervento n. 246 e n. 830, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Maggiani A. 2013, Pisa, Loc. La Figuretta – Scavo d'emergenza, 1986 (Dataset), Pisa: MOD (doi:10.4456/MAPPA.2013.27). Dati rilasciati con licenza Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT), <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>.

301. (Bonamici 1990, 115)

302. G.Gattiglia 2012, Scheda di intervento n. 261, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

uno strato di riporto contemporaneo, formatosi probabilmente in seguito alle indagini eseguite nel corso del 1987, durante le quali furono recuperati alcuni cippi funerari e olle di età arcaica ed ellenistica.

Numerose aree di frammenti fittili sono state rinvenute durante le prospezioni condotte nel territorio tra Vecchiano e San Giuliano Terme, ai piedi dei Monti Pisani, permettendo di riconoscere quattro fattorie romane occupate in un arco cronologico compreso tra la fine del I secolo a.C. e il V secolo d.C. (**Figura 11**, ID_18-64-159-160). Il materiale edilizio rinvenuto (tegole, coppi, mattoni, pietre, frammenti di pavimento e intonaco) è verosimilmente pertinente a abitati rurali di modeste condizioni caratterizzati da fondazioni in pietra, pareti in mattoni crudi e copertura con tegole e coppi a sezione semicircolare. I rinvenimenti ceramici si inseriscono entro un quadro cronologico compreso tra il I secolo a.C. e il V secolo d.C. (ceramica a vernice nera, terra sigillata italica e tardo-italica, ceramica africana da cucina, anfore di produzione italica e provinciale), ad eccezione del sito di S.Martino a Ulmiano dove sono stati rinvenuti frammenti di ceramica ad impasto a scisti microclastici ampiamente diffusa nel territorio pisano versiliese tra il VII e il III-II secolo a.C.. Le fattorie individuate nacquero in concomitanza con l'installazione del reticolo centuriale; "esse facevano capo ad aziende agricole di piccole e medie dimensioni che producevano per il fabbisogno interno e per l'esportazione"³⁰³. Recentemente nel territorio del Comune di San Giuliano sono state riprese operazioni di *survey* archeologico che hanno permesso di raccogliere nuovi dati relativi al popolamento rurale antico e di valutare l'impatto antropico (arature) sullo stato di conservazione del materiale archeologico rinvenibile in superficie³⁰⁴.

Ulteriori materiali edilizi e ceramici riconducibili ad antiche abitazioni rurali vennero individuate nel settore sud-occidentale della pianura, nei territori tra Coltano e Stagno, occupate tra la fine del I secolo a.C. e il IV-V secolo d.C.. Le strutture appaiono inserite in un'ampia rete di commerci anche transmarini, e basate su un'economia di sussistenza e di mercato³⁰⁵ (**Figura 11**, ID_35-38-40-62). Secondo le ricostruzioni degli studiosi le abitazioni vennero abbandonate in seguito allo sviluppo della palude di Stagno formatasi in seguito al graduale insabbiamento di un ramo del fiume Arno che sfociava nei pressi dell'attuale Calambrone sino in epoca romana³⁰⁶, la cui esistenza non è tuttavia confermata da indagini stratigrafiche mirate.

Nel settore orientale della pianura pisana, tra il comune di Pontedera e di Ponsacco, dove le indagini di superficie rilevarono la presenza di 37 "siti" rurali sorti all'epoca dell'*assignatio* e attive fino al III o al V/VII secolo d.C.³⁰⁷ (**Figura 11**, ID_4 a ID_132)³⁰⁸. Gli abitati del settore orientale vennero costruiti su nuclei insediativi preesistenti risalenti all'età del Ferro e/o all'epoca etrusca e soltanto in alcuni casi costruiti *ex novo*³⁰⁹. Tra i materiali ceramici rinvenuti si annoverano numerosi frammenti di anfore prodotte localmente (Dressel 1, Dressel 2/4, tipo "di Empoli") o di importazione (produzione betica, produzione africana); terra sigillata italica e tardo-italica; terra

303. (Pasquinucci 1988, 83; Vaggioli 1990, 141–57)

304. (Menchelli 2016, 8)

305. (Menchelli 1984)

306. (Menchelli 1984, 267)

307. (Pasquinucci *et al.* 1994)

308. Identificativo dei siti rinvenuti durante le ricognizioni di superficie condotte dall'Università di Pisa: ID_4, 6, da 8 a 10, 14, 19, 22, 23, da 31 a 33, 36, 39, 43, 47, 70, da 75 a 80, 97, 98, 118, da 124 a 129, 132. Estratto da (Pasquinucci *et al.* 1994; 1997b).

309. (Pasquinucci *et al.* 1997, 240)

sigillata africana; ceramica a pareti sottili, ceramica africana da cucina, ceramica d'uso comune; nonché i numerosi frammenti di materiale edilizio (tegole, coppi, chiodi da tetto)³¹⁰. In località Le Melorie (**Figura 11**, ID_9), in prossimità di un paleoalveo probabilmente riferibile all'antico passaggio del fiume Cascina o di un corso da esso derivato, venne rinvenuta, ad una profondità compresa tra 1 e 1,5 m dal p.d.c. una fornace di forma rettangolare utilizzata per la produzione di mattoni, tegole e mattonelle pavimentali esagonali e connessa alla *villa rustica* individuata nelle vicinanze in stato di disfacimento. I rinvenimenti di superficie (edilizi e ceramici) confermarono che l'abitato, alla quale era connesso l'impianto produttivo, venne occupato prevalentemente dall'età tardo-repubblicana sino al periodo alto imperiale³¹¹.

Mentre nei pressi dello Scolmatore dell'Arno, in località Badia (**Figura 11**, ID_113), venne rinvenuto a circa un metro di profondità dal piano di campagna lo strato di disfacimento di un insediamento di epoca romana occupato dalla fine del I secolo a.C. e almeno fino al II secolo d.C.³¹². La località di Badia continuò ad essere occupata nel corso del Medioevo dove è ricordata, in un documento del 1131, la presenza del monastero femminile di Santa Maria *in Selva*, dunque in un terreno potenzialmente boschivo³¹³. Sempre nel settore orientale della pianura di Pisa vennero rinvenuti materiali riferibili alla presenza di *villae rusticae* di epoca romana nei pressi del sito di Podere Casanuova ad una profondità di circa 1,5 metri dal p.d.c., in località Il Cerro, in località Il santo (**Figura 11**, ID_74), in località Petriolo (**Figura 11**, ID_131), in località Le Piagge (**Figura 11**, ID_55) e nei pressi di Fornacette (**Figura 11**, ID_89).

Nella Bassa Valdera, in destra del fiume Era le indagini archeologiche hanno permesso di individuare in località Le Pescine (**Figura 11**, ID_100) una piccola necropoli di età giulio-claudia attribuibile ad un solo nucleo familiare che in seguito alla colonizzazione augustea si sarebbe installato in un insediamento limitrofo al sepolcreto, nell'*ager pisanus* o nella piana tra l'Era, il Cascina e il Roglio appartenente, secondo alcuni ricercatori, all'*ager Volaterranus*³¹⁴.

Il processo di romanizzazione del territorio pisano comportò dunque la nascita di un sistema insediativo sparso caratterizzato da fattorie o *villae rusticae*, come ricordato precedentemente, di modeste condizioni; mentre più rara era la presenza di ville aristocratiche (*villa*)³¹⁵. Soltanto una *villa* di epoca augustea venne rinvenuta sulle sponde del lago di Massaciucoli e probabilmente appartenuta alla *gens* pisana dei *Venuleii Apropiani* che ebbe un ruolo rilevante nello sviluppo della città e del suo territorio (**Figura 11**, ID_172). All'iniziativa di questa famiglia aristocratica si deve l'ampliamento o la ristrutturazione delle cosiddette "Terme di Nerone" costruite in realtà alla fine del I secolo d.C., e probabilmente alla costruzione dell'acquedotto di Caldaccoli che verosimilmente alimentava l'edificio termale con le acque provenienti dai Monti Pisani³¹⁶.

Il tessuto sociale di epoca romana era dunque costituito prevalentemente da contadini che occupavano le fattorie e le abitazioni disseminate nel territorio pisano e che furono di fondamentale

310. (Pasquinucci *et al.* 1994)

311. (Pasquinucci *et al.* 2008)

312. (Ciampoltrini 2004, 63–64)

313. (Pasquinucci *et al.* 1997; Pasquinucci & Menchelli 2017, 332)

314. (Ciampoltrini 2008, 24)

315. (Pasquinucci & Menchelli 2017, 331–32)

316. (Pasquinucci 2003a, 82)

importanza per lo sviluppo economico dell'*ager pisanus*³¹⁷. Tuttavia, i protagonisti della crescita economica della città di Pisa e del suo territorio furono le *gentes* romane, arrivate con l'avvio del processo di romanizzazione, che insieme ai membri delle élites locali diedero un forte impulso allo sviluppo dell'economia locale basato sull'agricoltura, sulla produzione ceramica, sulle attività navali e mercantili, e allo sfruttamento delle risorse naturali. Con la deduzione della colonia romana *Opsequens Iulia Pisana* e con la prima età imperiale il territorio di Pisa raggiunse il massimo sviluppo economico attestato nell'"industrializzazione" della produzione ceramica e nell'intensificarsi dei traffici commerciali, inserendosi pienamente all'interno del "mercato globale" di epoca romana. Tale sviluppo è inoltre percepibile nelle caratteristiche architettoniche (presenza di colonne, mattoncini pavimentali di *opus spicatum* o *signinum*) delle fattorie rurali³¹⁸.

Come anticipato precedentemente, l'economia della colonia pisana e del suo territorio era principalmente basata sulle colture di cereali, in particolare la città di Pisa era nota per la produzione di una varietà di *triticum vulgare* detta *siligo*, come ricorda Plinio³¹⁹, e dell'*alica*, un'altra varietà di cereale simile al farro; nonché di altri beni commerciabili quali l'uva (l'*uva Pariana* come ricorda Plinio³²⁰) e l'olio che venivano ridistribuiti attraverso l'utilizzo di contenitori (anfore) prodotti localmente, almeno fino al IV secolo d.C.³²¹. Le attività di viticoltura e olivicoltura furono probabilmente praticate sulle basse pendici collinari, come attesta uno studio palinologico svolto sui campioni di un carotaggio nei pressi del lago di Massaciuccoli, mentre il settore pianeggiante era maggiormente interessato dalle colture cerealicole. Alle attività agricole si affiancava l'allevamento di bestiame praticato probabilmente sui rilievi, nelle aree incolte o maggiormente soggette al ristagno delle acque, nonché di animali da cortile, ghiri, chioccioline, api (apicoltura)³²². Un verso di Livio (35, 3, 6) secondo cui nel 193 a.C. i Liguri razziarono *magna vis pecorum* nella periferia nord di Pisa e la portarono nei loro villaggi" ricorda la pratica dell'allevamento ovino nelle fattorie pisane³²³.

Un'ingente fonte di risorse fu certamente il manto boschivo (*silvae*) che venne sfruttato per la produzione di legname, per la caccia e per altre attività produttive. Le indagini condotte sul territorio veleiate, ad esempio, hanno permesso di riconsiderare il valore delle aree boschive nell'economia antica che venivano sfruttate ad uso coltivo (legumi, cereali, orzo), per il pascolo e l'allevamento (suino e ovino in prevalenza ma anche degli animali selvatici come caprioli e cinghiali), per la produzione di legname (utile alla costruzione delle navi), per la produzione del miele che secondo Strabone rappresentava un'importante risorsa economica per le aree appenniniche, per la produzione della pece ottenuta in fornaci tramite la combustione del legname che emetteva la propria resina³²⁴. Nel contesto della pianura pisana il legname locale e quello proveniente dagli Appennini, trasportato tramite i corsi fluviali, fu utilizzato per la costruzione delle imbarcazioni

317. (Pasquinucci 2003a, 84–85)

318. (Pasquinucci & Menchelli 2017, 330–35)

319. (Plinio, N.H. 18, 86 s.; 18, 109)

320. (Plinio, N.H. 14, 39)

321. (Pasquinucci *et al.* 1994, 21)

322. (Pasquinucci *et al.* 2008, 22)

323. (Pasquinucci 2004, 169)

324. (Di Cocco & Viaggi 2003, 127–33)

(Strabone, 5.2.5, C 233), nell'edilizia, nonché come materiale da combustione³²⁵. I rilievi dei Monti Pisani vennero inoltre sfruttati per l'estrazione di calcari e marmi sin dal III secolo a.C. ad esempio per la realizzazione di cippi marmorei detti "a clava" rinvenuti nei pressi di Arena, a nord di Pisa³²⁶. Il marmo dei Monti Pisani venne successivamente sfruttato nell'edilizia romana ed utilizzato in particolare nella tecnica costruttiva dell'opus *incertum* nelle *domus* pisane. È inoltre diffuso nelle costruzioni di epoca romana l'impiego di blocchi di calcarenite estratti in cava, favorito dalla lavorabilità del litotipo e dalla sua leggerezza unita ad una buona resistenza meccanica, utilizzati sin dalla prima età arcaica quando sembra ormai avviato lo sfruttamento degli affioramenti di panchina situati tra Livorno e Castiglioncello³²⁷.

Il territorio pisano fu tuttavia caratterizzato da una vasta produzione ceramica che si diffuse in particolare tra la tarda età repubblicana e l'età imperiale, attestata dai numerosi centri di produzione rinvenuti nel contesto urbano e rurale. Sin dall'epoca etrusca la ricchezza di giacimenti di argilla favorì lo sviluppo delle produzioni ceramiche: bucchero ed impasti a scisti microclastici, ceramica "grigia ellenistica", terra sigillata italica e tardo-italica, ceramica a vernice nera, ceramica medievale come la maiolica arcaica pisana³²⁸. In particolare, il settore settentrionale della città di Pisa fu interessato nel corso dell'epoca romana dallo sviluppo di un esteso quartiere artigianale (zona di via S.Zeno³²⁹, via S.Stefano e via Contessa Matilde) specializzato nella produzione di terra sigillata italica che conobbe una rapida diffusione in tutto il mondo romanizzato. Le botteghe artigianali del ceramista *Ateius* e dei suoi lavoranti si distribuivano in destra e in sinistra di un antico ramo del fiume *Auser* che un tempo scorreva nel settore settentrionale dell'abitato urbano, nonché nei pressi dell'approdo costiero di Isola di Migliarino (**Figura 11**, ID_15) situato alla foce dell'*Auserculus*³³⁰, il ramo settentrionale del sistema fluviale *Auser-Serchio*³³¹ oggi identificabile con il corso attuale del fiume Serchio. Dalla metà del I secolo d.C. si sviluppò la produzione di terra sigillata tardo-italica, in particolare nella bottega di *Lucius Rasinius Pisanus*, attestata ad esempio negli scarti di fornace rinvenuti in via Galluppi³³². È stato calcolato che un *fornax minor* della bottega del ceramista *Sex. Murrius Festus* situata nei pressi di Isola di Migliarino produceva verosimilmente ogni anno 31000 vasi di terra sigillata che nel corso dei decenni di attività della bottega (90 anni circa) raggiunse la somma di oltre 2,7 milioni di vasi prodotti in una sola fornace. Considerando le numerose botteghe sparse nel territorio pisano è dunque immaginabile la quantità di vasellame in terra sigillata che veniva prodotta e commercializzata lungo la costa pisana³³³. Altri centri di produzione ceramica erano distribuiti nel settore meridionale (Cà Lo Spelli, località Campacci, Vallinbuio) e orientale (Le Melorie) della pianura³³⁴. Le indagini archeologiche hanno

325. (Pasquinucci *et al.* 2008, 22–23)

326. (Bonamici 1990, 123–24; Pasquinucci *et al.* 2008, 23)

327. (Alberti & Paribeni 2011, 161–66)

328. (Menchelli & Vaggioli 1988, 514–15)

329. Dove è attestata la presenza di una fornace di ceramica a pasta grigia risalente al III secolo a.C., (Fabiani *et al.* 2013, 179).

330. (Fabiani *et al.* 2013, 179–80; Pasquinucci *et al.* 1994, 21–22; Pasquinucci & Menchelli 2017; Pasquinucci 1986, 42–43)

331. (Menchelli & Vaggioli 1988)

332. (Fabiani *et al.* 2013, 179–80)

333. (Pasquinucci & Menchelli 2010, 7–8)

334. (Pasquinucci *et al.* 1994, 21–22; Pasquinucci & Menchelli 2017; Pasquinucci 1986, 42–43)

permesso l'individuazione di una fornace in località Campacci, (**Figura 11**, ID_102), “nei pressi di un sito di età ellenistica che ebbe una continuità abitativa fino ad età tardo-antica” specializzata nella produzione di ceramica di uso comune e di anfore Dressel 2/4 tra il I secolo a.C. e la metà del II secolo d.C.³³⁵. L'impianto produttivo venne utilizzato sino al II secolo d.C. mentre l'insediamento continuò ad essere occupato sino al V secolo d.C.³³⁶. Mentre in località Vallinbuio (**Figura 11**, ID_150), nei pressi di Livorno, venne identificato uno scarico di anfore Dressel 2/4, scarti di fornace e fornaci databili tra la tarda età repubblicana e il I secolo d.C.³³⁷.

Un altro importante centro di produzione ceramica di epoca romana, databile tra il II-I secolo a.C. e il I secolo d.C., è stato rinvenuto nel settore meridionale dell'*ager pisanus*, in località Ca' Lo Spelli (Collesavetti, Livorno)³³⁸, (**Figura 11**, ID_95). Il sito ospitava una serie di fornaci utilizzati per la produzione di laterizi, anfore e ceramica di uso comune, in particolare recipienti per lo stoccaggio di liquidi³³⁹. Durante le operazioni di scavo vennero rinvenuti numerosi frammenti di ceramica a pareti sottili riferibili al II-I secolo a. C.-I secolo d.C., frammenti di ceramica a vernice nera di II-I secolo a.C. ed esemplari di anfore del tipo Dressel IC e del tipo Dressel IA, nonché numerosi di coppi e tegole³⁴⁰ che attestano l'utilizzo del centro manifatturiero dal II secolo a.C. sino all'età augustea³⁴¹.

Nel settore orientale della pianura, in località Le Melorie (**Figura 11**, ID_9), in prossimità di un paleoalveo probabilmente riferibile all'antico passaggio del fiume Cascina o di un canale da esso derivato, venne rinvenuta, ad una profondità compresa tra 1 e 1,5 m dal p.d.c. una fornace di forma rettangolare a tiraggio orizzontale utilizzata per la produzione di ceramica, di mattoni, tegole, mattonelle pavimentali di forma esagonale. L'impianto produttivo era connesso ad un abitato di epoca romana localizzato nelle vicinanze della fornace e che venne distrutto nel corso dei secoli dall'azione antropica, ed in particolare dall'azione dell'aratro, e da eventi naturali³⁴². Le ricognizioni di superficie hanno riportato in luce numerosi materiali edilizi e ceramici riferibili ad una *villa rustica*/fattoria di modeste condizioni occupata in età tardo-repubblicana/alto imperiale. Come precedentemente ricordato l'area delle Melorie fu interessata da una prima fase di occupazione di epoca etrusca, databile tra il VI e il V secolo a.C. che probabilmente terminò in seguito ad un evento esondativo testimoniato da uno strato di sedimenti argillosi che ricopre gli strati antropici sottostanti³⁴³. La presenza di scarti di fornace relativi a laterizi etruschi e a ceramica “grigia” e a scisti microclastici potrebbero confermare la presenza di un impianto specializzato nella produzione ceramica di epoca etrusca³⁴⁴. Tra i materiali ceramici di manifattura locale rinvenuti durante le campagne di scavo si annoverano alcuni frammenti di ceramica nella “tradizione del bucchero”, ceramica “grigia”, ceramica comune “ellenistica” databile tra il III e il I secolo a.C.,

335. (Pasquinucci 1994, 195)

336. (Ducci *et al.* 2011, 52)

337. (Pasquinucci 1994, 195)

338. (Ducci 2006; Ducci *et al.* 2007)

339. (Pasquinucci & Menchelli 2010, 5)

340. (Ducci *et al.* 2007)

341. (Pasquinucci & Menchelli 2010, 5)

342. (Pasquinucci *et al.* 2008)

343. (Pasquinucci *et al.* 2008)

344. (Ciampoltrini *et al.* 2006; Pasquinucci *et al.* 2008)

ceramica a pareti sottili realizzata con le argille della bassa valle dell'Arno e riferibili ad un arco cronologico compreso tra il II a.C. e il II secolo d.C.; ceramica a vernice nera e altre forme di ceramica comune di manifattura locale o d'importazione; numerosi esemplari di terra sigillata italica e tardo-italica al centro della produzione ceramica pisana; esemplari di anfore locali; *dolia*; lucerne e materiale fittile per tessitura (pesi da telaio, rocchetto). Tra i materiali di importazione sono stati rinvenuti esemplari di ceramica attica a vernice nera, ceramica a vernice rossa interna di area tirrenico-centro meridionale; ceramica pre-sigillata prodotta nel volterrano tra il III e il II secolo a.C.; ceramica africana e anfore di produzione greco-italica, campana e betica databili alla prima età imperiale³⁴⁵.

Per quanto riguarda gli altri centri produttivi, nei pressi della Scafa di Pontedera (**Figura 11, ID_88**), sono state rinvenute ad una profondità compresa tra 1 m e 1,5 metri dal p.d.c. le strutture relative un *lacus vinarius* di età romana, rioccupate in epoca altomedievale e adibite ad uso funerario³⁴⁶. Mentre nel comune di Camaiore ai confini settentrionali dell'*ager pisanus* è stata rinvenuta una fattoria romana con annesso un impianto per la produzione di olio, conosciuto come il Frantoio dell'Acquarella, in uso dalla fine del II secolo a.C. sino al VI secolo d.C., e che al momento rappresenta l'unico impianto per la produzione olearia rinvenuto tra i territori di Pisa e Luni³⁴⁷.

Alle attività agricole e manifatturiere (produzione della ceramica, cantieristica navale, lavorazione del marmo) si affiancavano quelle mercantili come testimoniano i numerosi porti disseminati lungo la costa (da sud: *Portus Pisanus*, San Piero a Grado, scalo urbano di Pisa S.Rossore e Isola di Migliarino)³⁴⁸.

1.2.3.1. Il sistema portuale dell'*ager pisanus*

La città di Pisa sin dalla I guerra Punica, e probabilmente anche in una fase ad essa precedente non testimoniata dalle fonti storiche, fu alleata di Roma che riconobbe l'alto valore strategico della città e del suo territorio necessario alle operazioni militari dirette verso Occidente ed a garantire i collegamenti tra Tirreno e Adriatico³⁴⁹. Sin dal III secolo a.C. la città e il suo entroterra appaiono inserite all'interno della rete di scambi commerciali con l'intero bacino mediterraneo come attestano i numerosi rinvenimenti archeologici nelle *domus* pisane, negli insediamenti rurali, nei porti-approdi disseminati lungo la costa e i corsi fluviali, nei relitti navali, nelle necropoli³⁵⁰. Secondo le fonti storiche³⁵¹ la città romana era situata a circa venti stadi (4 km circa) dalla linea di costa³⁵² lungo la quale si distribuivano una serie di approdi portuali situati alla periferia nord-nord est dell'attuale città di Livorno dove sorse l'antico *Portus Pisanus*³⁵³; nei pressi di San Piero

345. (Pasquinucci *et al.* 2008)

346. (Alberigi & Ciampoltrini 2012)

347. (Fabiani & Paribeni 2012)

348. (Pasquinucci *et al.* 1994, 21–22; Pasquinucci & Menchelli 2017; Pasquinucci 1986, 42–43)

349. (Segenni 2003a, 87)

350. (Menchelli 2003, 99)

351. Strabone, V, 2, 5, C.222)

352. (Pasquinucci 2003b, 93)

353. Come confermato nel corso delle recenti indagini geo-archeologiche: (Allinne *et al.* 2016; Ducci *et al.* 2011; Pasquinucci & Menchelli 2010).

a Grado allo sbocco del ramo settentrionale del fiume Arno³⁵⁴; ad Isola di Migliarino dove sfociava l'antico corso dell'*Auserculus*, che come ricordato precedentemente era il ramo settentrionale del sistema fluviale *Auser-Serchio*³⁵⁵, ed infine nel settore urbano nei pressi della stazione ferroviaria di Pisa S.Rossore dove venne realizzato uno scalo urbano verosimilmente nei pressi di un antico ramo del fiume *Auser*³⁵⁶.

Il *Portus Pisanus* (**Figura 11, ID_53**), ricordato nell'*Itinerarium maritimum* a circa 18 miglia romane di distanza dal porto di *Vada Volaterrana* e a 9 miglia dalla foce dell'Arno, è attualmente localizzabile a nord-est di Livorno, nei pressi dell'attuale località di S.Stefano ai Lupi³⁵⁷. Nel corso dell'epoca etrusca, e sin dall'età del Bronzo, un ambiente di pianura deltizia e zone palustri caratterizzavano l'area³⁵⁸. Le indagini archeologiche condotte nei pressi dell'antico scalo portuale fanno presupporre una frequentazione dei fondali adiacenti la linea di costa antica, situabili in località "Il Deserto", sin dall'epoca etrusca come attestano i rinvenimenti di anfore vinarie prodotte a Samo e in Etruria meridionale datate alla fine del VI/V secolo a.C.³⁵⁹. Anche l'area circostante il futuro *portus* era frequentata sin dall'età arcaica, in particolare nella zona dell'ex palude di Stagno e a Suese³⁶⁰.

Il tratto di costa venne trasformato in un vero e proprio scalo commerciale tra la fine del IV e il III secolo a.C. con la costruzione di almeno un edificio in pietra e un bacino di attracco naturale³⁶¹. Nel corso dei secoli successivi il porto conobbe un maggiore sviluppo e nelle immediate vicinanze della località Il Deserto, in località "La Paduletta", venne costruito tra il III e il II secolo a.C. un edificio, verosimilmente destinato alle attività commerciali. Tuttavia, il progressivo interrimento dei fondali situati in località Il Deserto tra la fine del II e il I secolo a.C., registrati negli strati di posidonia, comportarono l'occupazione di un nuovo fondale e la ristrutturazione della struttura situata in località "La Paduletta" alla metà del I secolo a.C. che venne trasformata in un enorme edificio rettangolare porticato interpretato come magazzino (*horreum*), in uso sino al V o probabilmente sino al VI secolo d.C.. Le nuove infrastrutture, che seguono un orientamento differente rispetto a quelle precedenti, si adattarono dunque ai cambiamenti geomorfologici dell'area. Nel corso del I secolo a.C. venne inoltre costruito l'acquedotto di Limone, una condotta interrata che conduceva le acque dalle sorgenti delle Colline Livornesi sino alla zona di Santo Stefano ai Lupi. Nonostante il mancato ritrovamento della banchina, la linea di riva di epoca romana doveva attestarsi non molto lontano dalle strutture individuate³⁶². Le indagini archeologiche condotte nel corso degli anni passati hanno inoltre permesso di definire l'estensione della necropoli situata nei pressi del *Portus* tra l'attuale oratorio di Santo Stefano e il cimitero comunale di Livorno, scoperta nel XIX secolo ad opera di Enrico Chiellini. Le tipologie funerarie rinvenute nell'area cimiteriale sono

354. (Bruni 2001, 85)

355. (Menchelli & Vaggioli 1988)

356. (Camilli 2004a; 2004b; 2012)

357. (Ducci *et al.* 2011, 30)

358. (Kaniewski *et al.* 2018, 8)

359. (Ducci *et al.* 2011, 31–41; Pasquinucci 2008, 16)

360. (Pasquinucci 1994, 184–87)

361. (Ducci *et al.* 2011, 31)

362. (Allinne *et al.* 2016, 331–33; Ducci *et al.* 2011, 41–45; Pasquinucci & Menchelli 2010, 6)

riferibili ad un arco cronologico compreso tra il I e il VI secolo d.C.³⁶³. Intorno allo scalo portuale gravitavano i centri produttivi di Cà Lo Spelli, Vallinbuio e Campacci precedentemente descritti³⁶⁴. Il *Portus Pisanus* sorse all'interno di un bacino lagunare in connessione con il mare³⁶⁵, “protetto dal promontorio sui cui nacque la città di Livorno e dalle barre semisommerse e progressivamente emergenti che si andavano formando per l'apporto dei sedimenti e la deriva delle correnti”³⁶⁶ nei fondali marini antistanti la linea di riva antica. Mentre il paesaggio retrostante la laguna e linea di costa di epoca romana era caratterizzato dalla presenza di un'area palustre attestata sino in epoca moderna³⁶⁷ e definitivamente colmata soltanto nel primo dopoguerra (settore di Coltano e dell'ex palude di Stagno).

Lo scalo marittimo e commerciale ebbe un notevole sviluppo sin dall'età imperiale e successivamente in età tardo antica come dimostrano i rinvenimenti archeologici e le notizie riportate nelle fonti scritte. Il *Portus* inserito all'interno dei principali flussi commerciali del Mediterraneo, con approdi affacciati direttamente sul mare in grado di accogliere grandi imbarcazioni, dotato di risorse di acqua dolce e connesso agli altri scali portuali e alla città tramite la viabilità costiera, divenne un importante *emporium*, come ricorda il testo di Rutilio Namaziano, e scalo per le operazioni militari condotte dagli imperatori romani³⁶⁸. Tuttavia le dinamiche costiere e fluviali comportarono il graduale interramento del bacino portuale e il suo progressivo abbandono. Recenti indagini geoarcheologiche hanno infatti confermato che fra il V e il IX secolo d.C. il processo di “continentalizzazione” del bacino lagunare subì un'accelerazione, a causa del continuo apporto detritico di origine fluviale, comportando così l'avanzamento della linea di costa e lo spostamento delle strutture portuali verso ovest³⁶⁹. Il progressivo interramento dei fondali marini, attestato già a partire dal I secolo a.C. nei pressi della località Il Deserto con il rinvenimento degli strati di posidonia, trova riscontro nella descrizione di Rutilio Namaziano nel *De Reditu suo*³⁷⁰ risalente al V secolo d.C.. L'autore giunto in prossimità dell'antico *Portus Pisanus*, si trovò di fronte ad una costa piana, protetta dalle correnti marine grazie alla presenza di una serie di barriere sabbiose antistanti il bacino portuale e emergenti, che bloccavano il moto ondoso. Tuttavia, i fondali sabbiosi erano ancora abbastanza profondi per garantire l'accesso delle navi³⁷¹. Tuttavia le trasformazioni geomorfologiche avvenute in seguito alla chiusura della laguna e alla progradazione della linea di costa comportarono lo spostamento delle strutture portuali di epoca medievale verso ovest, nei pressi dell'attuale zona industriale di Livorno³⁷².

Come precedentemente ricordato, a nord del *Portus Pisanus*, in prossimità di un ramo del fiume Arno e dell'antica linea di costa, sorse nel corso dell'epoca etrusca lo scalo fluviale di San Piero

363. (Ducci *et al.* 2011, 49)

364. (Pasquinucci 1994, 195)

365. (Allinne *et al.* 2016, 327–29)

366. (Ducci *et al.* 2011, 31)

367. (Allinne *et al.* 2016, 327)

368. (Ducci *et al.* 2011)

369. (Allinne *et al.* 2016, 329)

370. Rut. Nam., *De Reditu*, I, 527-540 ; II, 11-12

371. (Allinne *et al.* 2016, 332–33; Ducci *et al.* 2011, 33)

372. (Ducci *et al.* 2011, 31)

a Grado (**Figura 11, ID_49**), in un'area occupata già nell'età del Bronzo³⁷³. Lo scalo, considerato l'*epineion* o porto principale della città etrusca di Pisa, sorse nel corso del terzo quarto del VII secolo a.C.³⁷⁴. L'abitato, ad esso connesso, aveva probabilmente una struttura ortogonale con *stenopoi* orientanti NE-SO, come sembrano attestare le indagini geofisiche condotte nel corso degli anni passati, ed era caratterizzato dalla presenza di impianti siderurgici per la lavorazione del ferro, come testimoniano le numerose scorie ferrose e i resti dei forni fusori (sfiatatoi) rinvenute nell'ambito delle ricerche archeologiche³⁷⁵. Il sito subì un notevole sviluppo nel corso del VI secolo a.C. con la costruzione di un nuovo edificio a pianta quadrangolare che ha restituito numerosi vasi di produzione locale, bucchero, ceramica depurata, olle, *dolii* e vasi da cucina di impasto a scisti microclasti nonché anfore commerciali sia greche che etrusche. La continuità abitativa è attestata sino all'età ellenistica, quando le attività portuali principali della città di Pisa, sembrano spostarsi verso il settore meridionale della città con la nascita del *Portus Pisanus* che per tutta l'epoca romana rappresentò il principale approdo. Tuttavia il sito di S. Piero a Grado, situato alla foce di un ramo del fiume Arno, conservò il suo ruolo "commerciale" e "marittimo" sino all'epoca romana, quando nel corso del II secolo a.C. venne edificata nei pressi dell'attuale basilica di S. Piero a Grado una *domus* caratterizzata da un vasto ambiente rettangolare e due celle contigue che probabilmente venne edificata ai margini dell'insediamento portuale di cui non si conoscono le caratteristiche planimetriche. Il ritrovamento di un'antefissa a protome leonina è probabilmente l'indizio della presenza di un luogo di culto edificato nei pressi dello scalo portuale-fluviale nel corso del II secolo a.C.³⁷⁶.

Tra gli scali fluviali lungo l'antico corso dell'Arno di epoca romana è inoltre segnalato un probabile approdo situato nei pressi di Campo³⁷⁷.

Mentre nel settore urbano venne realizzato uno approdo fluviale nei pressi dell'attuale stazione ferroviaria di Pisa S.Rossore (**Figura 11, ID_51**), situata a qualche centinaio di metri da Piazza Duomo o Piazza dei Miracoli. Il sito sorse nei pressi di un antico corso fluviale che scorreva in senso E-O probabilmente identificabile con un ramo del fiume *Auser*³⁷⁸, il cui passaggio in epoca etrusco-romana nei pressi della vicina area di Piazza Duomo con direzione est-ovest e con un percorso ramificato è stato confermato da recenti indagini geostatigrafiche³⁷⁹. Tuttavia, la ricostruzione paleoidrografica dell'intero settore occidentale della città di Pisa necessita di ulteriori confronti e approfondimenti. La prima frequentazione del sito archeologico del "Cantiere delle Navi Antiche di Pisa S.Rossore" risale al VI-V secolo a.C. come sembrano attestare una serie di pali in leccio, quercia, frassino e olmo recuperati negli strati sabbiosi contenenti materiali d'età arcaica, che servivano probabilmente a sostenere una struttura lignea. Dopo uno *hiatus* di circa due secoli le ricerche archeologiche attestano una nuova fase di attività (200-175 a.C.) nel corso del II secolo a.C. epoca alla quale risale l'episodio esondativo che travolse un'imbarcazione di medie

373. (Pasquinucci 2003b, 96)

374. (Bruni 2003, 51; Pasquinucci 2008, 16)

375. (Bruni 2001)

376. (Bruni 2001)

377. (Pasquinucci & Menchelli 2010, 1)

378. (Camilli 2012, 13-14)

379. (Bini *et al.* 2013; 2015)

dimensioni contenente circa 300 anfore greco-italiche e alcuni esemplari di Dressel 1 e di anfore puniche, il cosiddetto “relitto ellenistico” proveniente dalle coste iberiche³⁸⁰.

Durante la prima metà del I secolo a.C. è registrato uno spostamento della linea di riva verso nord e ad una variazione del contesto paleovegetale connesso probabilmente agli interventi antropici (costruzione dei fossi di drenaggio, disboscamenti) realizzati in connessione con l’impianto della centuriazione³⁸¹. Nei pressi dello scalo urbano, in particolare nell’attuale area Scheibler, vennero infatti costruiti una serie di fossi di drenaggio per la messa a coltura dell’area individuati sulla base della fotointerpretazione e delle indagini archeologiche e perfettamente inseriti all’interno della griglia centuriale³⁸². La scomparsa degli alberi ad alto fusto e la comparsa di pollini di erbacee e graminacee attestate nel corso delle indagini palinologiche sarebbero dunque connesse all’attività antropica di epoca romana. All’esondazione del II secolo a.C. seguì un secondo evento alluvionale collocabile tra la fine del Principato di Augusto e la prima età tiberiana, che travolse una nave mercantile che trasportava anfore vinarie di provenienza adriatica e betica riutilizzate per contenere frutta, conserve e sabbia augitica di probabile provenienza laziale-campana; una seconda nave che trasportava anfore ispaniche, il cui carico venne probabilmente recuperato da *urinatores* o antichi sommozzatori; una terza imbarcazione fluviale lunga 14 metri circa in ottimo stato di conservazione e un barchino fluviale a fondo piatto. All’età tiberiano-claudia sembra risalire la costruzione del molo realizzato in pietrame e malta sabbiosi che i ricercatori collegano all’opera di sistemazione agraria e idrica realizzata con l’impianto centuriale e che interessò anche lo scalo urbano. Un nuovo episodio esondativo avvenne durante la prima età adrianea travolgendo alcune imbarcazioni fluviali e una nave oneraria di medio-grandi dimensioni con un carico di provenienza gallica. Dopo uno *hiatus* di circa due secoli dovuto ad un’assenza di dati archeologici, durante la seconda metà del IV secolo d.C. la riva fluviale fu oggetto di nuovi rifacimenti attraverso “l’infissione di pali di contenimento” e la costruzione di una struttura lignea probabilmente un capanno fluviale. Le ultime alluvioni registrate nello scalo urbano sono riferibile al V e al VI secolo d.C., seguite dal definitivo abbandono dello scalo³⁸³. Le indagini condotte nel Cantiere delle Navi Antiche di Pisa San Rossore registrano dunque un totale di 8 eventi alluvionali disastrosi³⁸⁴ databili tra il II secolo a.C. al VI secolo d.C.³⁸⁵, che, secondo le ricostruzioni degli studiosi, potrebbero essere state provocate dalle vicine esondazioni del fiume Arno³⁸⁶. Sfortunatamente le incertezze relative alla ricostruzione paleogeografica del sito e le connessioni con la rete paleoidrografica dell’area circostante non ci consentono di compiere ulteriori valutazioni riguardo le dinamiche paleoambientali.

380. (Camilli 2005, 2–3; 2012, 14–15)

381. (Camilli 2012, 15)

382. (Bini *et al.* 2012a, 143–44; Bonamici 1989; Fabiani *et al.* 2013, 181–83) ; L. La Rosa 2012, Schede di intervento n. 262-48-49-187-193-194-195-196, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. “Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002” a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003) consultata presso l’Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, sede di Pisa.

383. (Camilli 2005; 2012)

384. La successione stratigrafica registra 8 eventi alluvionali, databili grazie al rinvenimento dei relitti navali e del loro carico : il primo evento alluvionale si registra tra il 200 e il 175 a.C.; il secondo in età augustea (0-15 d.C.); il terzo evento risale all’epoca adrianea; due eventi alluvionali registrati tra il 250 e il 280 d.C.; gli ultimi tre alluvioni registrate rispettivamente tra la fine del IV-V sec. d.C., nel V sec. d.C. e infine nel VI sec. d.C. (Camilli 2012, 15).

385. (Camilli 2012, 15)

386. (Camilli 2004a, 59; 2012, 13)

Ancora più a nord, nei pressi della foce dell'*Auserculus* corrispondente grossomodo all'attuale fiume Serchio, sorse lo scalo di Isola di Migliarino (**Figura 11**, ID_15) rinvenuto nel corso delle indagini archeologiche a circa 6-8 metri di profondità dal piano di campagna. L'area, verosimilmente frequentata sin dal Paleolitico medio, venne probabilmente utilizzato come approdo nel corso dell'epoca etrusca come attestano i rinvenimenti di olle e contenitori a scisti microclastici riconducibili ad una classe ceramica prodotta fra il VI e il IV/III secolo a.C. in Lucchesia e nel territorio pisano-livornese, e poi successivamente in epoca romana. In particolare, nei pressi dello scalo portuale sorse una bottega per la produzione di terra sigillata italica del vasaio *Ateius*, le cui officine erano dislocate prevalentemente nel settore settentrionale del contesto urbano, e dei suoi lavoranti, a cui seguirono i vasai tardo-italici (*L Rasinius Pisanus, i Murri*) "con una continuità produttiva dal I secolo a.C. al II secolo d.C.³⁸⁷. La presenza di un'officina ceramica nei pressi dello scalo portuale è probabilmente motivata dalla necessità di facilitare il commercio della terra sigillata italica e tardo-italica per via marittima e attraverso le forniture militari che "dovettero rappresentare uno dei canali privilegiati di distribuzione della ceramica pisana". Intorno all'approdo fluviale gravitavano altri insediamenti, come il sito di San Rossore situato nei pressi dell'attuale Ponte alle Conche sul fosso dell'Anguillara. I reperti ceramici rinvenuti nel corso delle indagini archeologiche interessano un arco cronologico molto ampio, sino in epoca rinascimentale; tuttavia non è possibile confermare una continuità di frequentazione dell'area dalla Preistoria fino al Rinascimento. Nel corso delle indagini stratigrafiche sono stati rinvenuti resti di palificazione lignea, tuttavia non è nota la struttura dell'antico approdo³⁸⁸.

1.2.3.2. L'antica rete viaria

Il ruolo strategico della città di Pisa, sorta all'incrocio di due corsi d'acqua, dipendeva dalla presenza di numerosi approdi costieri e fluviali, di vie d'acqua (*Arno* e *Auser-Serchio*) e di vie di terra che vennero realizzate nell'ambito del processo di romanizzazione della penisola italica e dell'Etruria.

La via *Aurelia vetus*, realizzata a partire dal 241 a.C. ad opera del censore *Aurelius Cotta*, era un tracciato costiero che collegava Roma con *Cosa* o *Pisae* secondo le interpretazioni dei vari studiosi. Nel corso degli anni successivi vennero eseguiti vari restauri e rettifiche del tronco più antico, nonché la costruzione del nuovo tratto dell'*Aurelia nova* che da *Cosa* a *Populonia*, o da *Pisae* a *Luni*, attraversava il tratto costiero pisano passando per i centri di *Vada Volaterrana*, *Castiglioncello*, *Quercianella*, *Montenero*, *Salviano*, *Portus Pisanus* e di *S.Piero* a *Grado* e *Pisa*³⁸⁹. In prossimità del tratto di strada situato tra *Salviano* e *Portus Pisanus* sorsero in epoca tardo-repubblicana ed imperiale alcuni siti (località *Campacci*, località *Vallinbuio*) connessi alla produzione ceramica e alla commercializzazione del vino³⁹⁰.

387. (Menchelli & Vaggioli 1988; Pasquinucci & Menchelli 2010, 6–7)

388. (Menchelli & Vaggioli 1988)

389. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 113–14; Pasquinucci 1994, 199)

390. (Pasquinucci 1994, 195)

L'antico tracciato romano, ricordato nell'*Itinerarium Antonini* con le sue stazioni di *Vada Volaterrana*, *Herculem* (a 18 miglia da *Vada*), *Pisae* era ancora battuto nel corso del Medioevo, nonostante le variazioni della linea di costa, nel tratto che da Pisa giungeva al *Portus Pisanus* col nome di *via/silice Portus Pisani* che dalla chiesa di S.Giovanni al Gatano proseguiva per S.Piero a Grado, Stagno, S.Stefano ai Lupi³⁹¹. Nel settore a nord della città di Pisa compare nei *Brevia Pisani Communis* una *strata de Arbaula* “che uscendo dalla porta del Leone seguiva l'attuale tracciato di via Pietrasantina, e con un percorso analogo alla S.S. Aurelia 1 conduceva presso Viareggio (derivato da *Via Regia*) passando il Serchio ad Albavola e nei pressi della chiesa di San Nicola di Palatino”. La *strata* avrebbe verosimilmente ricalcato il percorso romano costiero riferibile all'antica *via Aurelia*, mentre più ad est la strada ricordata col nome di *podium Vallis Serchii* passante per via S.Jacopo, Pontasserchio, Vecchiano, Massaciucoli, e Massarosa avrebbe invece ripercorso l'antico tracciato della *via Aemilia Scauri*³⁹².

La via romana *Aemilia Scauri*, realizzata tra il 115 e il 109 a.C. del censore *Aemilius Scaurus*, aveva un percorso più interno documentato dai miliari rinvenuti a Rimazzano e dalle fonti itinerarie (la Tabula Peutingeriana che cita le *stationes ad Fines* localizzabile nei pressi della località di Santa Luce e *Turrita* identificata con Torretta Vecchia), e collegava i centri di *Vada Volaterrana* e *Pisae* passando per le valli dei fiumi Fine e Tora. La strada percorsa ancora in epoca medievale correva ad ovest di Collesalvetti e giungeva a sud-est di Pisa dove probabilmente si intersecava con la via in sinistra dell'Arno (antica *via Pisae-Florentia*) nei pressi di Putignano o Fasciano.

La *via Pisae Florentia* venne realizzata nella metà o nell'ultimo ventennio del II secolo a.C. probabilmente dal console *T. Quinctius Flaminius* secondo le indicazioni presenti su un miliare rinvenuto fra Malmantile (Firenze) e Montelupo Fiorentino³⁹³, e doveva costituire il raccordo tra la *via Arretium-Bonomia* e *Pisa-Portus Pisanus*. La strada correva in riva sinistra del fiume e verosimilmente conservò il suo percorso originario sino in epoca medievale col nome di *strata Vallis Arni*³⁹⁴. Il suo percorso nel settore del Valdarno Inferiore è stato ricostruito sulla base dello studio dei toponimi medievali riferibili al tracciato medievale della *strata Vallis Arni* (strada, *strata* o *silice pisana*, *via pisana*) e di quello più antico, romano, ricordato nelle distanze miliari (da *quarto* a *nono* e *tredici*). Provenendo da est il suo passaggio è ricordato nei pressi del territorio di Canneto (ad est di Cascina), nei pressi di Cascina, di Ottavo (ad ovest della suddetta località), di S. Benedetto a Settimo, nel piviere di San Casciano, poi di Casciavola, San Prospero, Visignano, nei confini di S. Lorenzo alle Corti, di *Montioni*, di Riglione, di Fasciano (località non più esistente localizzata tra Oratoio e Putignano), e infine di Pisa. L'attestazione dei toponimi miliari riferibili alla via romana (Quarto, Quinto, Ottavo, etc.) in corrispondenza di molte località in cui viene ricordata la *strata* medievale fece ipotizzare che il percorso stradale non subì sostanziali modifiche dalla metà del II secolo a.C. sino all'epoca medievale. Inoltre, sulla base della corrispondenza tra i toponimi viari e quelli idrografici, riferibili all'antico passaggio del fiume Arno, è stato ipotizzato che la strada corresse parallela all'antico corso fluviale che dunque conservò un percorso

391. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 115–17)

392. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 121–24)

393. CIL XI, 6671

394. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991)

grossomodo simile dall'età imperiale al Pieno Medioevo³⁹⁵. L'Arno romano, situato più a sud del suo corso attuale, avrebbe attraversato la pianura “con un percorso diverso da quello odierno ma sostanzialmente stabile dall'età imperiale al pieno Medioevo”³⁹⁶.

La via *a Luca Pisas* attestata nell'*Itinerarium Antonini* attraversava l'area dell'attuale Porta a Lucca situata nel centro città, proseguiva per la località di S.Giuliano, per poi giungere con un percorso pedemontano nei pressi delle località di Corliano, Rigoli, Molina di Quosa, Pugnano, Ripafratta, Montuolo e infine Lucca. Nel corso del Medioevo un tratto dell'antico tracciato che da Pisa giungeva a Lucca prese il nome di *strata Vallis Auseris* che dalla porta del Parlascio (situata al lato dell'attuale Porta a Lucca) giungeva nei pressi di S.Giuliano Terme, per poi proseguire verso Lucca con un itinerario non dissimile dall'attuale S.S. 12³⁹⁷.

La rete viaria minore era invece costituita dal reticolo di strade e di sentieri tracciati in concomitanza all'installazione della centuriazione di cui rimase il ricordo nell'utilizzo dei toponimi medievali di *termine*, *limite* e *decumano* o *dagumano* riferiti rispettivamente ad un rio attestato a Cascina in località *Pissiniano* dal 935 al 1043 d.C. e ad un luogo nel territorio di Settimo nel 1116 d.C.. Nelle fonti medievali sono inoltre attestate numerosi percorsi viari, come la *carraia* di Orticaia, di Oratoio e di Fasciano o vie di Titignano, Quarto, Celaiano, la *via de Prata* o la *via Grumulensis* che correva lungo il fosso *Nugularium sive Dogaria* nel territorio di S.Lorenzo alle Corti, che secondo le indicazioni dei testi antichi seguivano un andamento NE/SO, “di chiara origine centuriale”. Allo stesso modo vi erano dei percorsi che con andamento NO/SE correvano paralleli alla *strata Vallis Arni*, come nel caso della *via de medio* attestata nei pressi della chiesa di S.Ermete di Orticaia nel 1184, oggi Via di Mezzo, e riconducibile alla griglia centuriale³⁹⁸.

1.2.4. L'Alto Medioevo e lo sviluppo dell'organizzazione plebana

Le trasformazioni politico-sociali e culturali avvenute in seguito alla caduta dell'Impero romano d'Occidente investirono naturalmente anche il territorio di Pisa, in particolare il settore orientale della pianura conteso tra la città di Pisa, sotto il controllo dell'Impero Bizantino, e i Goti che invece occupavano l'area Lucchese e della Bassa Valdera alla metà del VI secolo d.C.. Probabilmente durante questa fase la palude di Lavaiano, sviluppatasi a partire dal III secolo d.C., rappresentò il *limes* naturale fra i due territori contrapposti.

Venti anni dopo la fine della guerra gotica il territorio pisano fu interessato dall'arrivo dei Longobardi che scesero dal passo della Cisa occupando Lucca molto presto, probabilmente nel 572-573 d.C.³⁹⁹. La penetrazione degli invasori fu frenata a Oriente dalla fortezza bizantina di Serravalle Pistoiese e a sud-ovest dalle paludi di Massaciuccoli e di Bièntina. La città di Pisa invece resistette fin oltre il 603, consentendo a Lucca di ampliare il proprio dominio in Versilia,

395. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991; Pasquinucci *et al.* 1997)

396. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 130)

397. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 133–34)

398. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 135–38)

399. (Carratori *et al.* 1994, 205)

in Valdarno, in Val d'Isola e in Valdera ai danni della città stessa⁴⁰⁰. Nel 574 l'esercito longobardo ripiegò in Bassa Valdera, che ormai isolata dal centro pisano per oltre un cinquantennio fu annessa alla Diocesi Lucchese. I primi possedimenti del vescovado lucchese nel territorio di Ponsacco sono attestati già alla metà dell'VIII da documenti notarili dell'Archivio Arcivescovile di Lucca. I confini degli antichi possedimenti longobardi che probabilmente si estendevano tra il fiume Elsa e le Colline Pisane, comprendendo dunque la Bassa Valdera, furono successivamente annessi alla diocesi di Lucca⁴⁰¹.

Dopo la conquista longobarda della città di Pisa, probabilmente alla metà del VII secolo, venne creata una *iudiciaria*⁴⁰² di cui non si conoscono i confini⁴⁰³. Recenti indagini di scavo condotte in area urbana nel 2016 in occasione dei lavori per la nuova rete di raccolta dei rifiuti hanno riportato in luce nei pressi di Via Maffi, nel settore settentrionale della città, i resti della cinta muraria certamente anteriori al 1155 epoca della costruzione del recinto medievale ancora esistente e probabilmente risalenti al VI secolo d.C.⁴⁰⁴.

L'organizzazione del contesto rurale di età longobarda era basata sul sistema delle *curtes*, attestato alla metà dell'VIII secolo (o forse anche prima) che raggiunse il suo massimo sviluppo nel IX secolo, per poi entrare in crisi nel corso del X secolo (**Figura 12**). La *curtis* o azienda agricola era suddivisa in una *pars dominica* coltivata direttamente dal proprietario per mezzo di servi o di coltivatori, detti anche *massarii*, ovvero uomini liberi o semiliberi che oltre a prestare servizio nelle terre del padrone coltivavano il proprio appezzamento terriero detto appunto *pars massaricia*⁴⁰⁵. “Il sistema curtense caratterizzò la grande proprietà laica e ecclesiastica ma naturalmente non esauriva le forme del possesso perché, accanto ai grandi possedimenti detenuti dai sovrani, esisteva una fittissima rete di medi e piccoli proprietari terrieri. La peculiarità del regima agrario altomedievale italiano fu la parcellizzazione e dispersione spaziale dei patrimoni: la *curtis* non era un insieme compatto e omogeneo, ma un centro di coordinamento e di gestione centralizzata di un patrimonio disperso sul territorio. L'unità curtense non rappresentava un modello economico chiuso, ma funzionava come un sistema di trasferimento dei servizi, di beni e di prodotti dalle aziende contadine verso il centro di gestione della *curtis* e da esso verso il capoluogo dell'insieme patrimoniale oppure verso un mercato esterno alla *curtis*”⁴⁰⁶. Le fonti medievali attestano l'esistenza di una *curtis* a Cascina alla metà del IX secolo d.C. appartenente al vescovato di Pisa e con dei beni annessi posti in località distanti dal centro curtense; a S.Casciano dove è attestata una *curtis* dell'883 che già nel X secolo non funzionava più come centro di raccolta del censo; a Marciana risalente all'inizio del IX secolo; a Visignano attestata nel 1041 e infine a S.Torpé di Zambra la cui attestazione risalente all'VIII secolo è tuttavia incerta⁴⁰⁷.

400. (Carratori *et al.* 1994, 206)

401. (Morelli 2012, 36)

402. In età longobarda il termine *iudiciaria* o distretto del giudice era sinonimo di ducato, riferibile ad un concentrazione intorno ad una *civitas* (definizione tratta dall'Enciclopedia Treccani, <http://www.treccani.it/>).

403. (Carratori *et al.* 1994, 206)

404. Fonte: <https://percevalasnotizie.wordpress.com/2016/10/27/archeologia-pisa-trovate-le-prime-mura-della-citta-sono-del-vi-secolo-gallery>.

405. (Carratori *et al.* 1994, 206–7; Ceccarelli Lemut 2002, 65–67; Garzella 1986, 69–70)

406. (Ceccarelli Lemut 2002, 66–67)

407. (Garzella 1986, 69–72)

Al sistema delle *curtes* si affiancò nel corso del X secolo il fenomeno dell'incastellamento connesso alla volontà da parte delle signorie locali di instaurare nuove forme di organizzazione e di controllo sulle popolazioni rurali che vi abitavano o si rifugiavano, e in misura minore a problemi difensivi. Tuttavia, nell'ambito del territorio toscano, i castelli riuscirono ad avere un ruolo centrale nel sistema insediativo soltanto nelle aree lontane dalle città oppure in zone come la Maremma dove non esistevano veri e propri centri urbani. "Il rapido e precoce sviluppo dei comuni di Pisa e di Lucca, che ben presto riuscirono ad unificare e coordinare i propri ambiti territoriali, impedì la formazione di giurisdizioni concorrenti e precluse ai castelli di svolgere un qualche ruolo signorile"⁴⁰⁸. Nel territorio compreso tra Pisa e Cascina sono ricordati i castelli di Cascina, menzionato per la prima volta nel 1071 e successivamente inglobato nel borgo fortificato di Cascina fondato nel 1141, i cui resti non furono mai ritrovati; il castello di S.Casciano attestato per la prima volta nel 1061 anch'esso scomparso; il castello dei Conti della Gherardesca di Settimo, località identificabile nei pressi dell'attuale S.Benedetto a Settimo, e risalente al 1098. Il castello venne distrutto da una piena rovinosa del fiume Arno nel corso del XII secolo e i suoi resti furono probabilmente individuati nell'alveo fluviale durante l'estate del 1971 nei pressi del cimitero di S.Benedetto a Settimo⁴⁰⁹. Vi era inoltre il castello di Rinonichi sorto presso l'attuale Fornacette agli inizi dell'XI secolo⁴¹⁰. Nel settore orientale compreso tra la bassa valle dell'Era e le Colline Pisane sorsero i castelli di Lavaiano attestato nel 1131, di Perignano attestato nel 1034, di Lucagnano del 1042, di Crespina (1064) e di Lari (1040) tutti appartenenti al piviere di S.Maria di Traiana della Diocesi di Lucca. Vi erano poi i castelli di Camugliano attestato nel 1072 e di Cevoli del 1021 appartenenti al piviere di S.Maria di Sovigliana; di Rustica e di Capannoli entrambi attestati nel 1051 e rispettivamente appartenenti alla pieve di S.Gervasio e di S.Giusto di Palude, della Diocesi di Lucca. Mentre sulla riva destra del fiume Era, sui rilievi collinari, vennero edificati i castelli di Forcoli nel 1119, di Alica nel 1120, di Ricavo nel 1117, di Montecastello (ante 1119) e di San Gervasio attestato sin dal 930, tutti appartenenti alla pieve di San Gervasio⁴¹¹, (**Figura 12**).

Il sorgere dei castelli tuttavia non modificò l'organizzazione della campagna pisana basata essenzialmente sulle *curtes*, attive fino al X secolo, e sui villaggi aperti non fortificati (*villae*)⁴¹² che si sviluppavano prevalentemente intorno ai centri ecclesiastici (chiese, pievi, badie, monasteri) che rappresentarono i principali centri di aggregazione del Valdarno Inferiore Pisano per tutta l'epoca altomedievale e medievale, **Figura 13**.

Tali centri, sorti dagli inizi del VII secolo in seguito al processo di cristianizzazione delle popolazioni rurali, erano ubicati in luoghi facilmente accessibili, spesso in prossimità delle principali vie di comunicazione. Nel contesto pisano l'importanza delle pievi è attestata dalle forme di organizzazione del contado che ancora nel corso del XIII secolo erano basate sugli ambiti plebani⁴¹³ e dalla continuità abitativa che permise la loro sopravvivenza sino ai giorni nostri. Come ricordato precedentemente, la pianura di Pisa era ripartita tra le diocesi di Pisa, di Lucca e di

408. (Carratori *et al.* 1994, 208)

409. (Garzella 2006, 362; Noferini 1995)

410. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005, 19)

411. (Alberti 2012, 117–19)

412. (Carratori *et al.* 1994, 209)

413. (Carratori *et al.* 1994, 210–11)

Livorno, **Figura 15**. In particolare, nel settore compreso tra la città di Pisa e Cascina, a sud del fiume Arno, vi erano le pievi di S.Lorenzo alle Corti che compare per la prima volta nel 1076 e che verosimilmente si estendeva tra Riglione, S.Sisto al Pino, Musigliano, Ripoli, Oratoio, Pettori, Visignano, Titignano e Zambra. Vi erano inoltre le pievi di S.Casciana che compare nei documenti del 970 e dalla quali dipendevano le chiese attestate tra la località di Visignano e di Marciana fino ad Uliveto e Noce; la pieve di Cascina attestata sin dall'875 che si estendeva verosimilmente tra i territori di Canneto, Rinonichi, Fornacette, Latignano, Canneto, Cucigliana, Lugnano e Valle⁴¹⁴. Mentre la più orientale delle pievi pisane era la chiesa di S.Pietro di *Vico Vitri/Calcinaia* posta un tempo sulla riva sinistra del fiume Arno, è attestata sin dall'883; essa comprendeva i territori tra Montecchio e Pontedera. In destra del fiume Arno vi erano inoltre la pieve di S.Maria e S.Giovanni di Vicopisano nota dal 934 ed estesa al solo centro abitato e ai suoi immediati dintorni; la pieve di S.Giulia di Caprona, di S.Giovanni Battista di Calci, di S.Giovanni Battista di Pugnano, S.Cristina di Avane, S.Marco di Rigoli, San Giovanni Battista di Asciano, San Giovanni di Buti e di Santa Maria Maggiore. Il settore compreso tra gli attuali centri di Pontedera e di Ponsacco era invece interessato dalla presenza di tre pivieri dipendenti dalla diocesi di Lucca: la pieve di S.Maria a Monte attestata sin dall'787 si estendeva da Staffoli all'Arno interessando il settore delle Cerbaie occidentali; la pieve di S.Gervasio nella scomparsa località di *Verriana* attestata sin dall'813 interessava i territori compresi tra l'Arno, l'Era e il Roglio; la pieve di S.Maria di *Ducenta*, detta anche di *Terra Valda* (Travalda) o di *Appiano*, è attestata sin dall'845 e probabilmente si situava nell'attuale località La Pieve in sinistra del fiume Cascina e a nord di Ponsacco che ne ereditò le funzioni nel corso del XIV secolo⁴¹⁵. In particolare il piviere di S.Maria di *Ducenta* comprendeva i villaggi di Ducenta, Travalda localizzabile, come recenti indagini archeologiche hanno avuto modo di confermare⁴¹⁶, a sud dell'attuale centro di Pontedera, Appiano che viene collocata nei pressi della chiesa di S.Pietro; mentre tra le chiese dipendenti dalla "plebes de Appiano" sono elencate S.Andrea di Petriolo situata alla periferia di Ponsacco, SS. Michele e Lorenzo di Gello identificabile con l'attuale chiesa parrocchiale situata nella medesima località, S.Lucia di *Posceano* o di *Pedisciano* situata nell'attuale località di Santa Lucia, S.Pietro di Appiano non più esistente e la "domus" di S.Croce d'Oltremare che fu una *mansio* dell'Ordine del Tempio ristrutturata nella chiesa dedicata a S.Carlo intorno al quale fu realizzato l'attuale cimitero di Ponsacco⁴¹⁷, **Figura 14**. Alla diocesi di Lucca appartenevano inoltre le pievi di Santa Maria di Sovigliana, di San Giusto di Padule e di Santa Maria di Triana.

1.2.5. L'età comunale e l'espansionismo pisano

Nel corso del X secolo la città di Pisa si avviava a divenire un centro di primaria importanza, interessato principalmente alle attività marittime nell'ambito del Mediterraneo occidentale. Si andava così formando un ceto dirigente legato alle istituzioni civili ed ecclesiastiche e al territorio,

414. (Carratori *et al.* 1994, 331–37; Garzella 1986, 83–86)

415. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005, 16)

416. Le ricerche archeologiche condotte nei pressi del Cimitero comunale di Pontedera in località Travalda hanno infatti permesso di portare in luce i resti di un insediamento occupato tra l'XI, forse X secolo, sino agli inizi del XIV secolo verosimilmente riconducibile all'insediamento altomedievale che venne successivamente abbandonato nel corso del Trecento in seguito alla fondazione della "terre nuove" di Pontedera e Ponsacco (Ciampoltrini *et al.* 2010, 23; Ciampoltrini & Spataro 2007).

417. (Morelli 2012, 41–42; Pasquinucci *et al.* 1997)

e principalmente devoto alle attività portuali e mercantili che permise l'affermazione del ruolo politico e commerciale della città e la nascita della Repubblica Marinara di Pisa agli inizi dell'XI secolo. Il rapido e veloce sviluppo politico, economico, sociale e militare dell'istituzione comunale "impedì o limitò la formazione di giurisdizioni concorrenti, favorendo la formazione di un ceto dirigente che agli interessi terrieri e cittadini associava quelli legati al mare e al commercio transmarino"⁴¹⁸. Una grande potenza marittima e terrestre che raggiunse l'apice della propria espansione nel Mediterraneo e il controllo dell'entroterra nel corso del XII secolo con la fine della guerra con la città di Lucca, che rappresentò l'ostacolo principale al disegno egemonico pisano nell'entroterra⁴¹⁹, conclusasi con la pace del 1181⁴²⁰. Tale progetto espansionistico, attuato attraverso la conquista dei centri abitati e ecclesiastici preesistenti (villaggi, castelli, pievi) e la fondazione di "villenuove", permise di affermare il controllo sul Valdarno e di estendere il controllo nella Val di Cascina e nella Bassa Valdera fino a Peccioli⁴²¹, dove avevano sede le pievi dipendenti dalla diocesi di Lucca, e sulle principali vie di comunicazione d'acqua e di terra come la via in sinistra dell'Arno che collegava Firenze a Pisa e che "consentiva di mettere in comunicazione Porto Pisano con la Toscana interna e con la via Francigena, o la via che da Pisa giungeva a San Gimignano". Mentre nella fascia costiera il controllo della città si estese dalla Versilia fino alla Maremma massetana "per la necessità di usufruire degli approdi marittimi"⁴²².

L'organizzazione del territorio del Comune di Pisa si basò sull'istituzione delle "Capitanie" o "Podestarie", distretti amministrativi e giudiziari istituiti alla fine del XII secolo. Le sedi delle Capitanie, situate nei centri preesistenti quali castelli, borghi rifortificati o insediamenti di nuova fondazione sorti in luoghi strategici, lungo le viabilità principali, nei pressi dei ponti e di attraversamenti di fiumi, ospitavano i "capitani" o "podestà" che rappresentavano nella loro circoscrizione il governo centrale, coadiuvati da un notaio, da ufficiali comunali, da un tesoriere e da un certo numero di "guardiani"⁴²³. Inizialmente il territorio fu suddiviso in quattro ripartizioni principali: il Valdicherchio e il Valdarno sulla destra del fiume, la Valdera, il Valdarno sulla sinistra del fiume e le Colline Pisane sino a Cecina e la Maremma. Le *capitanie* considerate troppo vaste vennero ulteriormente suddivise nel corso del Duecento e del Trecento per garantire un maggior controllo sul territorio⁴²⁴. Nel corso del XIII secolo il Valdarno in sinistra del fiume Arno, ormai separato dalle Colline Pisane, era suddiviso in tre capitanie "*unus in unoquoque pleberiorum*", dunque rispettivamente collocate nei tre pivieri medievali di S.Lorenzo alle Corti, S.Casciano e di Cascina⁴²⁵, che nel 1776 formeranno la comunità di Cascina corrispondente all'odierno comune.

1.2.5.1. Le "terre murate" e l'iniziativa vescovile

Nel corso del Medioevo la pianura di Pisa, così come la Toscana, fu interessata dalla nascita di nuovi centri abitati, fondati su iniziativa "signorile" o "comunale", allo scopo di ottenere il pieno controllo

418. (Ceccarelli Lemut 2012, 13–16)

419. (Ceccarelli Lemut 2012, 21–22)

420. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005, 35)

421. (Ceccarelli Lemut 2012, 24)

422. (Carratori *et al.* 1994; Ceccarelli Lemut 2012, 212)

423. (Violante 1980)

424. (Ceccarelli Lemut 2012, 27)

425. (Ceccarelli Lemut 2002, 74; Violante 1980, 310)

e l'egemonia del territorio circostante. La “prima generazione” di “terre nuove” toscane risale al XII secolo, quando, ad opera delle signorie territoriali o su iniziativa dei vescovi e arcivescovi, vennero creati centri demici *ex novo* “progettati su pianta ortogonale e di notevole dimensioni che rendeva evidente la volontà di organizzarvi una consistente comunità”. L'affermarsi del potere comunale comportò un maggiore controllo politico del territorio da parte delle città toscane che furono dunque capaci di realizzare degli interventi di “pianificazione del popolamento di una certa ampiezza”. Nel corso del Duecento sorsero infatti nuovi centri abitati di “seconda generazione”, poiché fondati su iniziativa “comunale”, che assunsero il controllo politico, demografico ed economico di singole aree, comportando di fatto “il decentramento del potere cittadino nelle nuove sedi podestarili o vicariali”. Tale aspetto era maggiormente presente nei borghi e nelle “terre nuove” che sorgevano in aree al di fuori del controllo comunale, come avamposto militare, e che erano dunque delle “vere e proprie proiezioni cittadine”. Talvolta gli interventi comunali interessarono anche lo spazio agrario relativo al nuovo centro urbano, provocando una riorganizzazione fondiaria delle terre. Le nuove fondazioni “comunali”, a differenza di quelle “signorili”, rientravano all'interno di un “più vasto ed organico sistema territoriale” che promuoveva il trasferimento delle popolazioni rurali verso “nuove realtà potenzialmente valorizzanti” e che prevedeva la creazione di una nuova rete viaria, garantendo così l'occupazione stabile delle “terre nuove” e lo sviluppo ed il controllo del territorio della città (distretto cittadino). Le trasformazioni socio-politiche avvenute dalla fine del Duecento e nel corso del Trecento e gli effetti dell'espansionismo fiorentino comportarono la fondazione di nuovi centri di “terza generazione”, prevalentemente per iniziativa della città di Firenze, nonché l'annessione dei borghi nuovi pisani e lucchesi nel nuovo quadro amministrativo fiorentino. Tuttavia il processo che portò alla piena maturazione nello spazio dei nuovi centri abitati di prima, seconda o terza generazione avvenne nel corso dei decenni successivi la loro fondazione, e si concluse definitivamente nel corso del Quattrocento⁴²⁶.

Alla cosiddetta “prima generazione” di terre nuove sorte per iniziativa della Diocesi Pisana appartengono le fondazioni di Cascina e di Bièntina. La loro creazione è principalmente legata alla volontà della Chiesa di Pisa, in perfetto accordo con il potere comunale, di ottenere il pieno controllo sulla Bassa Valdera⁴²⁷, **Figura 16**.

Secondo uno *scriptum memoriale* del 27 ottobre del 1141⁴²⁸ la terra nuova di Cascina venne fondata nel corso del XII secolo per iniziativa vescovile nei pressi dell'edificio religioso di S. Maria di Cascina che compare nella sua funzione di pieve tra l'865 e l'876⁴²⁹ e il castello vescovile attestato tra il 1071 e il 1085 “*propre plebe sancte Marie*”/“*de plebe de Cascina*”⁴³⁰. In quell'occasione l'arcivescovo Baldovino con una procedura solenne “concesse sei *staiora* di terra, poste nel borgo del costruendo castello” a otto gruppi familiari, per un totale di dieci uomini, in cambio del versamento di una somma di denaro pari a cinquantatré lire⁴³¹. Tuttavia, l'interpretazione

426. (Pirillo 2002)

427. (Ceccarelli Lemut 2012, 22)

428. (Scalfati 2006, 252–54 n. 136)

429. (Carratori *et al.* 1994, 329; Garzella 1986, 83)

430. (Ghignoli 2006, 392–94)

431. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005; Garzella 1986; Pierotti 1987)

del documento storico ha lasciato spazio a differenti ipotesi riguardo l'effettiva fondazione del nuovo borgo e le procedure che vennero messe in atto. Secondo alcuni ricercatori lo *scriptum memoriale* fa riferimento a 10 lotti di 6 staia ciascuno che vennero attribuiti agli “uomini” indicati nel documento e che sono in parte riconoscibili nell'impianto urbano del comune di Cascina. Gli interventi successivi avrebbero comportato una riorganizzazione dell'abitato, in particolare dei lotti situati a sud dell'attuale Via Garibaldi che vennero tagliati dalla via di Valdarno consentendo un maggiore affaccio alla via di comunicazione e un migliore accesso alle attività commerciali⁴³². Secondo altri ricercatori, invece, in quell'occasione furono donati soltanto 6 *staiora* di terreno complessivi da suddividere tra i 10 uomini ricordati nel documento. La costruzione del nuovo castello fu “un pretesto per concedere la terra ai nuovi “coloni” in cambio del versamento di un'importante somma di denaro, con la quale i Cascinesi stavano in realtà comprando la propria libertà”. Il prezzo, troppo elevato per l'epoca, l'assenza di dati archeologici che testimonierebbero l'avvenuta costruzione del castello, l'impossibilità per i presuli pisani di esercitare diritti signorili sulla terra di Cascina da quel momento in poi confermerebbe tale ipotesi⁴³³. L'impianto a pianta quadrangolare difeso da una cinta muraria venne realizzato soltanto nel 1370 quando il consiglio degli Anziani di Pisa “procedette alla nomina di alcuni cittadini incaricati di determinare nel castello appena fondato i lotti edificabili (*casalini*) e di consegnarli ai cittadini intenzionati a trasferirsi nel borgo fortificato”. Le nuove procedure di agrimensura prevedevano inoltre che un quarto dello spazio urbano fosse riservato alla pieve e gli edifici ecclesiastici e che fossero designati altri cittadini per il tracciamento degli assi viari (*vie, carrarie*). All'interno della terra nuova furono raccolti i popoli di Viacava, Pisciulis, Donoculta, S. Martino alla Pergola, S. Stefano di Canneto, Rinonichi, S. Ilario, S. Martino alla Pergola e S. Frediano di Canneto⁴³⁴.

La costruzione del castello di Bièntina, a pianta poligonale irregolare, avvenne nei pressi dell'antico ramo dell'Arno, tagliato nel corso del XVI secolo, ad opera dell'arcivescovo di Pisa, Ubaldo, il 25 febbraio 1179 sottraendo così alla signoria dell'abbazia lucchese di Sesto il controllo sui Bientinesi. La nuova fondazione ad opera del presule, “che agiva in pieno accordo con l'autorità di Pisa”, “si colloca a coronamento della prima fase di espansione del Comune di Pisa nel Valdarno iniziata nei primi decenni dell'XI secolo” allo scopo di estendere il proprio predominio sull'entroterra, in particolare in Valdera e nel Valdarno a monte di Pontedera, e sulle principali vie di comunicazione entrando così in contrasto con la vicina città di Lucca. Dopo aver esteso il controllo sulla chiesa di S.Michele di Travalda, a 1,5 km a sud di Pontedera, attribuita nella bolla del 1137 al piviere pisano di Calcinaia ma un tempo compresa nel piviere lucchese di S.Maria di *Ducenta*; conquistato nel 1147 il castello dell'Isola di Palude nell'ex lago di Bièntina e Pianezzele nel Valdarno; preso il possesso della Valdera “penetrando in Val di Cascina sino i centri di Montecastello e S.Gervasio”, e di Ricavo, il Comune fondò il centro di Bièntina in prossimità del ponte sull'Arno⁴³⁵.

432. (Pierotti 1987, 402–5)

433. (Garzella 1986)

434. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005)

435. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005, 30–35)

1.2.5.2. Le nuove fondazioni “comunali” duecentesche e trecentesche

Le ostilità tra Pisa e Lucca ripresero tuttavia negli anni Venti del Duecento⁴³⁶, comportando la fondazione o rifondazione di nuovi centri abitati, come Calcinaia (1287), Pontedera (1269), Ponsacco (1364) e Cascina (1370), che garantivano alla città di Pisa il pieno controllo del territorio e delle principali vie di comunicazione.

Nel corso del XIII secolo prevalse l’iniziativa comunale, come avvenne nelle altre città toscane, comportando la fondazione di nuovi centri per il controllo del territorio pisano e per il consolidamento dei confini con la città di Lucca, che d’altro canto continuava a rafforzare le proprie roccaforti.

Con la morte dell’imperatore Federico II, nel 1250, con il quale Pisa, ghibellina, era alleata, e la discesa al trono di Carlo d’Angiò, lo scenario politico toscano cambiò, provocando la ripresa del guelfismo e lo sviluppo politico ed economico di Firenze. Per motivi strategici e difensivi Pisa fu costretta a promuovere sia la costruzione di terre nuove, sia la fortificazione di preesistenti centri abitati⁴³⁷. Le nuove esigenze difensive portarono nel 1269 alla fondazione di Pontedera, in una posizione strategica poiché situato a controllo del ponte sull’Era nel punto in cui il fiume si gettava nell’Arno. Il nuovo centro fortificato, sorto in un luogo precedentemente abitato, venne strutturato secondo un impianto ortogonale per accogliere le popolazioni dei villaggi circostanti. Tuttavia le ostilità tra Guelfi e Ghibellini non cessarono e per fronteggiare le invasioni nemiche tra il 1275 e il 1276 venne costruito il fosso di Rinonichi o fosso della Guerra. Il declino della potenza marittima e terrestre di Pisa non si arrestava e nel 1284 la città subì una pesante sconfitta nella Battaglia della Meloria ad opera dei Genovesi e fu costretta a cedere Pontedera ai Guelfi⁴³⁸. Per far fronte alla nuova crisi socio-politica, il comune di Pisa fondò nel 1287 la terra nuova di Calcinaia, erede delle funzioni difensive e di controllo del territorio già espletate da Pontedera; mentre fu fortificato il villaggio preesistente di Rinonichi.

Tuttavia, nella seconda metà del XIV secolo la situazione politica e militare di Pisa divenne sempre più critica. La conquista fiorentina di Volterra nel 1361 e il definitivo assoggettamento di S. Miniato testimoniano come l’espansionismo della città di Firenze minacciavano la città e il suo territorio. Nel tardo Trecento, le esigenze strategiche e militari della Repubblica Marinara preoccupata a difendersi dalle invasioni fiorentine, comportarono la fondazione del centro di Ponsacco, intorno al 1365, in riva sinistra del fiume Cascina alla sua confluenza nell’Era ed a controllo della rete viaria che dalla Valdera giungeva nel Valdarno Pisano⁴³⁹. La funzione principalmente militare fu la peculiarità di tutte le rifortificazioni degli antichi castelli di Lavaiano, Crespina, Perignano e degli abitati come nel caso Cascina, la cui probabile “rifondazione” con la costruzione delle cinta murarie risalirebbe secondo alcuni ricercatori al 1370⁴⁴⁰.

436. (Ceccarelli Lemut 2012, 27)

437. (Ceccarelli Lemut 2002, 74–75)

438. (Morelli 1994, 59–61)

439. (Ceccarelli Lemut 2002, 74–77)

440. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005, 42)

1.3. La raccolta e la gestione dei dati

1.3.1. La struttura delle banche dati

I numerosi dati archeologici e storici relativi alla pianura di Pisa sono stati raccolti e archiviati all'interno di due "database relazionali" distinti che sintetizzano i caratteri principali dei siti investigati. Per facilitare il loro utilizzo all'interno del progetto GIS ogni archivio è stato organizzato in differenti tabelle contenenti le informazioni relative alla cronologia, alla tipologia di abitato o di struttura, alla tipologia di intervento, ai materiali rinvenuti (edilizi e/o ceramici), alla bibliografia relativa e ad altre caratteristiche ancora, e "relazionate", ovvero collegate tra loro attraverso l'utilizzo di identificativi (ID).

È opportuno precisare che le indagini si sono prevalentemente concentrate nel settore periurbano della città di Pisa e nel contesto rurale compreso tra il centro urbano ed il settore ad est del fiume Era. L'esistenza di un webgis *open acces* (MappaGIS) relativo ai dati storico-archeologici del contesto urbano e periurbano della città di Pisa, realizzato nell'ambito del progetto Mappa⁴⁴¹, e le tematiche principali affrontate nell'ambito del dottorato di ricerca ha condizionato tale scelta.

I dati contenuti all'interno dei due archivi, "archeologico" e "storico" sono stati estrapolati dai numerosi *reports* archeologici (scavi archeologici, indagini di superficie, ritrovamenti), dalle pubblicazioni scientifiche, dalle fonti d'archivio e pertanto presentano un grado di "completezza" e di "precisione" alquanto variabile. La qualità del dato è correlata all'accessibilità del dato ovvero all'accuratezza delle informazioni raccolte che talvolta possono risultare incomplete, oppure alla tipologia di intervento (scavo, ricognizione archeologica, ritrovamento) che in maniera implicita comporta differenti livelli di acquisizione del dato. Ad esempio, nel caso di ritrovamenti fortuiti si hanno generalmente poche informazioni riguardo la collocazione esatta o il contesto di rinvenimento.

Tuttavia la creazione di un *corpus* dei dati storico-archeologici della pianura di Pisa che ricopre un arco cronologico compreso tra il Neolitico e l'epoca medievale ha permesso di ricostruire, attraverso la geolocalizzazione dei siti all'interno del progetto GIS seppur con un differente grado di precisione (entità puntuali), un quadro piuttosto esaustivo delle dinamiche di occupazione della pianura in particolare dall'epoca etrusca sino all'epoca medievale.

1.3.1.1. Il database archeologico

L'archivio archeologico è stato realizzato con l'obiettivo di raccogliere e organizzare all'interno di un sistema GIS le informazioni principali relative alle varie forme di occupazione e alla distribuzione degli insediamenti che hanno caratterizzato la pianura di Pisa nel corso dei secoli e dei millenni, ed in particolare per le epoche etrusca e romana. I dati sono stati desunti dalle innumerevoli ricerche (scavi archeologici programmati o d'emergenza, ricognizioni di superficie, ritrovamenti casuali) avvenute nel corso degli anni passati nei diversi settori della pianura di Pisa e esaminati attraverso lo studio e l'analisi delle numerose pubblicazioni scientifiche; dalle relazioni di scavo, delle valutazioni di rischio archeologico o delle indagini di superficie realizzate

441. (Anichini *et al.* 2012; 2013)

sotto la direzione delle attuali Soprintendenze Archeologia Belle Arti e Paesaggio (SABAP), ex Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana (SBAT), e consultabili, ad esempio, nel “Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana” o presso gli archivi storici delle sedi locali delle attuali Soprintendenze Archeologia Belle Arti e Paesaggio (SABAP)⁴⁴².

I rinvenimenti archeologici avvenuti in ambito urbano e periurbano sono stati analizzati e geolocalizzati principalmente attraverso l'utilizzo della piattaforma MappaGIS (<http://mappagis.cs.dm.unipi.it:8081/mappa/mappa.phtml>) e dell'archivio digitale Mappaopendata-MOD (<http://mappaproject.arch.unipi.it/mod/Index.php>) che raccolgono le informazioni relative alla collocazione archivistica, alla bibliografia, alle fasi di occupazioni alla tipologia, alla localizzazione secondo un grado di precisione differente (basso, medio, altro) e talvolta alla planimetria delle strutture archeologiche rinvenute. L'archivio digitale MOD consente inoltre l'accesso a tutta la documentazione (documentaria, cartografica, fotografica) relativa agli interventi di scavo, secondo specifiche disposizioni di utilizzo. Tutti i dati contenuti all'interno del MappaGIS e dell'archivio digitale MOD, consultati e citati nell'ambito della tesi di dottorato, sono rilasciati con licenza Creative Common Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT)⁴⁴³ e pertanto l'utilizzo dei dati comporta che essi vengano distribuiti con con la stessa licenza del materiale originario⁴⁴⁴.

Nel corso dei capitoli successivi il riferimento bibliografico in nota a piè pagina relativo alle “schede di intervento” del MappaGIS e ai dataset di ogni singolo intervento dell'archivio MOD consultati, sono stati riportati secondo le specifiche “modalità di utilizzo”⁴⁴⁵.

Il database è stato organizzato in differenti tabelle che contengono le informazioni relative a: la tipologia di intervento (scavo archeologico, ricognizione di superficie, ritrovamento fortuito, sondaggio geoelettrico), la cronologia relativa, la cronologia assoluta, la tipologia di abitato (insediamento, villaggio, fattoria/*villa rustica*, *domus*, fortezza, porto, santuario, impianto produttivo o nel caso più generico frequentazione), l'estensione dell'area di indagine, i materiali rinvenuti, le fasi di occupazione, e la bibliografia relativa. Come ricordato precedentemente la qualità dei dati però è piuttosto variabile e dipendente da molteplici fattori, come per esempio dall'accessibilità del dato dunque al potenziale informativo raccolto nelle varie pubblicazioni o reports archeologici, o alla tipologia di intervento adottato che definisce un grado di precisione differente. Generalmente le relazioni di scavo consentono di ottenere informazioni più puntuali e

442. A tal proposito colgo l'occasione per ringraziare il funzionario archeologo Massimo Tarantini della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Firenze e per le province di Pistoia e Prato, responsabile dell'Archivio storico dell'ex Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, che mi ha gentilmente concesso la possibilità di consultare i documenti d'archivio conservati presso la sede di Firenze; e i funzionari archeologi Emanuela Paribeni e Claudia Rizzitelli delle Soprintendenze Archeologia Belle Arti e Paesaggio rispettivamente delle sedi distaccate di Lucca e Massa Carrara e di Pisa e Livorno, che mi hanno gentilmente concesso la possibilità di consultare gli archivi storici conservati presso la sede di Pisa.

443. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>.

444. Per maggiori informazioni consultare la pagina relativa le modalità di utilizzo dei dati: <http://mappaproject.arch.unipi.it/mod/disclaimer.php>.

445. I dati contenuti nel MappaGIS e nell'archivio digitale archeologico MOD, citati all'interno della tesi di dottorato, sono distribuiti con licenza Creative Commons Attribuzione - Condividi allo stesso modo (CC BY-SA) 3.0 Italia o versione successiva, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>.

articolate di un determinato sito o di una determinata area rispetto ai risultati delle operazioni di *survey* archeologico.

In particolare modo è risultato piuttosto problematica definire l'esatta collocazione dei "siti" archeologici rinvenuti in occasione di ricognizioni di superficie, corrispondenti a delle aree più o meno estese. In alcuni casi è stato possibile desumere dalle pubblicazioni dei ricercatori la collocazione approssimativa delle concentrazioni di frammenti fittili (edilizi e ceramici) attestanti la frequentazione antropica o ad esempio la presenza di un abitato (villa rustica/fattoria); in altri casi invece l'informazione rinvenuta consente di definire l'area o la località in cui sono state effettuate le ricognizioni offrendo dunque un dato di tipo "areale". All'interno del progetto GIS entrambi i casi, e in generale tutti i siti archeologici, sono stati vettorializzati e geolocalizzati attraverso l'utilizzo di uno *shapefile* di tipo puntuale collocato in corrispondenza del sito rinvenuto tramite scavi archeologici o ricognizioni o dell'area di indagine, secondo dunque un differente grado di precisione.

1.3.1.2. Il database storico

Le informazioni relative ai siti (chiese, pievi, villaggi, castelli, borghi fortificati) e al paesaggio di epoca medievale ottenute tramite l'analisi e lo studio della documentazione d'archivio e delle numerose pubblicazioni svolte nel corso degli anni passati sono state organizzate all'interno di un database cosiddetto "storico" in grado di restituire graficamente le connessioni esistenti tra le differenti forme di occupazione della pianura (centri abitati o ecclesiastici, rete viaria, rete idrica) e pertanto organizzati in maniera differente dal precedente "archivio archeologico".

La banca dati relazionale è stata organizzata in 5 tabelle o "gruppi" principali che riguardano: i "siti medievali" riferiti a tutte le tipologie di insediamento (*vici* o agglomerati rurali, castelli, *curtes*, borghi fortificati, ospedali) documentati nelle fonti medievali; i "siti medievali ecclesiastici" ovvero le chiese, le abbazie e i monasteri; le pievi o chiese battesimali dalle quali dipendevano gli altri centri religiosi e civili; i fossi della rete idrica ed infine una tabella relativa i toponimi di origine medievale. Nel caso dei centri medievali civili ed ecclesiastici sono stati indicati oltre la tipologia, l'anno di attestazione nelle fonti, la pieve di appartenenza, il relativo centro abitato nel caso dei siti ecclesiastici, lo stato di conservazione (esistente o non esistente), la bibliografia relativa.

L'elenco dei fossi e dei canali della rete idrica riporta invece il nome del centro insediativo presso il quale scorreva il fosso stesso, l'anno di attestazione nelle fonti, lo stato attuale ricostruito dal confronto con la documentazione cartografica storica e attuale, l'andamento e i riferimenti bibliografici. La tabella relativa i toponimi offre invece la possibilità di verificare la loro distribuzione areale (centri, chiese o pievi presso i quali è attestato il toponimo), la cronologia, il significato, il tipo di relazione che sottintendono ovvero se essi si riferiscono alla centuriazione, alla viabilità o all'idrografia, la loro conservazione nella cartografia attuale e infine la bibliografia. Tale sistema di archiviazione dei dati permette dunque di ottenere un quadro completo dei siti di epoca medievale per la maggior parte ancora oggi esistenti, di correlare i vari centri civili e/o ecclesiastici all'organizzazione plebana precedentemente menzionata, alla rete viaria antica (*strata pubblica*, *Quarto*, *Sesto*) e al reticolo di fossi e canali che vennero costruiti a partire dall'epoca medievale e che ancora oggi strutturano in maniera significativa la pianura di Pisa.

1.3.2. La documentazione planimetrica

L'utilizzo del software GIS ha permesso di creare una banca dati che raccoglie la documentazione planimetrica della pianura di Pisa. L'archivio è costituito dalle mappe catastali odierne (Carta Tecnica Regionale o CTR), dalle carte tematiche (carta geologica, carta geomorfologica, carta pedologica, etc.), dalla cartografia storica, dalle fotografie aeree e immagini satellitari uniformate secondo un unico sistema di riferimento cartografico (ED1950 UTM Zone 32N). È stato inoltre possibile integrare ai *files* in formato raster o vettoriale relativi ai differenti tematismi, i supporti cartografici o telerilevati visualizzabili tramite l'utilizzo di connessione WMS o tramite l'utilizzo di piattaforme interattive predisposti dalle autorità competenti (come ad esempio la Regione Toscana, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA, il Consorzio LaMMA, l'Autorità di Bacino del Fiume Arno, il Progetto Castore - Catasti Storici Regionali).

1.3.2.1. Le carte tematiche

La base cartografica del progetto GIS è costituita dalla Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10000 in formato raster e vettoriale gentilmente fornita dalla Provincia di Pisa per il settore di indagine. I dati vettoriali relativi alla CTR, sono stati trasformati e rielaborati al fine di estrapolare gli *shapefiles* relativi all'idrografia (corsi fluviali principali, corsi fluviali secondari, scoline), alla rete viaria (autostrade, strade, sentieri campestri, rete ferroviaria), all'estensione dei centri abitati, al parcellare agrario e urbano.

All'interno del nostro archivio digitale sono stati inoltre inseriti i dati contenuti nel supporto informatico "AAVV (2005) - La Geologia della Provincia di Pisa, Cartografia, Geositi e Banche Dati. A cura della Provincia di Pisa - Servizio Difesa del Suolo. DVD Pisa, 1/12/2005" realizzato dalla Provincia di Pisa (Area Governo del Territorio - Servizio Difesa del Suolo), e relativi a "la carta geologica e la carta geomorfologica del territorio provinciale in formato digitale completa di note illustrative, legende e documentazione tecnica; i geositi di interesse paleontologico nel territorio provinciale e le relative schede; i geositi di interesse mineralogico e minerario nel territorio provinciale e le relative schede"⁴⁴⁶. Di particolare interesse sono risultate le tracce riferibili a probabili paleoalvei fluviali inseriti all'interno del progetto GIS.

Un altro importante strumento di ricerca è stato offerto dalla Carta Geologica Regionale (CAR.G) o *Continuum Geologico Regionale* in scala 1:10000 realizzata ad opera della Regione Toscana in collaborazione con le Università Toscane ed il CNR – IGG (Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Geoscienze e Georisorse) di Pisa, scaricabile tramite la piattaforma "DatiToscana" della Regione Toscana⁴⁴⁷. I dati vettoriali contenuti all'interno della CAR.G sono stati rielaborati al fine di ottenere una carta geomorfologica che evidenzia le principali formazioni d'erosione e d'accumulo del settore di interesse. Tuttavia i dati originali sono stati parzialmente modificati in

446. A tal proposito vorrei ringraziare il dottor G. Testa della Regione Toscana che mi ha gentilmente concesso la possibilità di visionare e integrare all'interno della mia ricerca i dati prodotti dalla Provincia di Pisa, realizzati sotto la supervisione scientifica dei professori M. Marroni, R. Mazzanti, A. Rau, P.R. Federici del C.N.R. "Centro di studio della geologia strutturale e dinamica dell'Appennino", dei professori W. Landini e P. Orlandi dell'Università di Pisa Dipartimento di Scienze della Terra e del Dottor M. Ceragioli.

447. "Fonte dei dati: Regione Toscana – Database Geologico Regionale in scala 1:10.000 della Regione Toscana": <http://dati.toscana.it/dataset/carg>. Il dataset è rilasciato con licenza CC BY 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

seguito al confronto con i recenti studi condotti nell'ambito del progetto "CARG", Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 (Foglio Pisa 273) realizzata dall'Istituto ISPRA⁴⁴⁸ (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e dalle recenti pubblicazioni sulle "Sabbie dell'Isola di Coltano (ICS)⁴⁴⁹, nonché dal confronto con la "Carta degli Elementi Naturalistici e Storici della Pianura di Pisa e dei rilievi contermini" in scala 1:50000⁴⁵⁰. In particolare sono stati trasformati i limiti esistenti tra le cosiddette "Sabbie di Isola di Coltano" e le aree palustri circostanti nel settore costiero meridionale, mentre sono stati tracciate le aree pertinenti alla presenza di conoidi alluvionali. Tuttavia, è opportuno precisare che le correzioni e le aggiunte realizzate nell'ambito del progetto di dottorato non presentano lo stesso grado di precisione della cartografia ufficiale. Per quanto concerne lo *shapefile* relativo le forme riferibili a probabili paleoalvei, i dati estrapolati dalla Carta Geologica Regionale sono stati uniti agli elementi vettoriali relativi alla Carta Geologica della Provincia di Pisa, precedentemente descritta.

L'archivio cartografico della Regione Toscana offre inoltre la possibilità di consultare e utilizzare numerosi dataset relativi alla toponomastica attuale⁴⁵¹, alla linea di costa dell'anno 2010⁴⁵²; alla carta dell'uso del suolo⁴⁵³. La carta sull'uso dei suoli della Regione Toscana è complementare alla carta pedologica realizzata dal Consorzio Lamma⁴⁵⁴ in collaborazione con il Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena inizialmente per il Bacino del Fiume Arno e Ombrone e successivamente estesa anche agli altri bacini fluviali del territorio toscano, andando finalmente a costituire una carta pedologica dettagliata della Regione Toscana in scala 1:10000⁴⁵⁵.

Il reticolo idrografico e idrico del Bacino del Fiume Arno e della pianura di Pisa sono stati rielaborati a partire dai dati vettoriali rilasciati dalla Provincia di Pisa relativi ai singoli fogli della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000, nonché dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno. In quest'ultimo caso il servizio *OpenData*⁴⁵⁶ offerto dal suddetto Istituto consente di scaricare in formato digitale le carte tematiche relative al bacino idrografico del fiume Arno (estensione e collocazione geografica, principali affluenti, etc.), al sistema delle acque (corsi fluviali,

448. <http://www.isprambiente.gov.it/it>.

449. (Sarti *et al.* 2015b)

450. La carta realizzata da L. Carratori, M.L. Ceccarelli Lemut, L. Frattarelli Fischer, G. Garzella, R. Grifoni Cremonesi, R. Mazzanti, P. Morelli, M. Pasquinucci, R. Pescaglini Monti, A.M. Pult Quaglia, A. Rau, M. Ronzani, C. Tozzi (1991) è visualizzabile sul sito del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa (<http://repositories.dst.unipi.it/index.php/carte/item/84-carta-degli-elementi-naturalistici-e-storici-della-pianura-di-pisa-e-dei-rilievi-contermini>).

451. "Fonte dei dati: Regione Toscana – "Toponomastica CTR10K". Il dataset è rilasciato con licenza CC BY SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.it>).

452. "Fonte dei dati: Regione Toscana – "Linea di costa fisica-Anno 2010": Il dataset è rilasciato con licenza CC BY SA 3.0, (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.it>).

453. "Fonte dei dati: Regione Toscana – "Uso e copertura del suolo 2007-2013": Il dataset è rilasciato con licenza CC BY 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

454. <http://www.lamma.rete.toscana.it/>.

455. Fonte dei dati: Regione Toscana – "DB Pedologico": Il dataset è rilasciato con licenza CC BY 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

456. http://www.adbarno.it/adb/?page_id=1930.

fosso-canaletta, lago, diga, etc.), alla velocità di subsidenza registrata nel bacino idrografico, nonché alle sezioni dell'alveo del fiume elaborate dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno⁴⁵⁷. Attraverso il supporto GIS è stata inoltre georeferenziata la *Carta del Sistema Acquifero della Pianura di Pisa. Carta della Permeabilità delle Rocce* relativa 1° Acquifero in ghiaie elaborata da (F. Baldacci, L. Bellini, G. Raggi, 1998) e attraverso la vettorializzazione delle isopieze è stato rielaborato un modello raster (*Interpolation_Top to raster*) che rappresenta i differenti livelli di profondità della suddetta falda.

1.3.2.2. La cartografia storica

La cartografia storica relativa alla pianura e alla città di Pisa è alquanto vasta. La prima “mappa” della pianura, la *Carta dei dintorni di Pisa per i progetti di deviazione delle acque d'Arno*, risale al XVI secolo e fu realizzata nel 1503 ad opera di Leonardo da Vinci in occasione della guerra tra le città di Pisa e di Firenze⁴⁵⁸. La mappa sarebbe servita ad illustrare l'ambizioso progetto di deviazione del corso del fiume Arno attraverso la costruzione di due canali (uno dei quali sembrerebbe essere indicato nella carta col nome di “rotta d'Arno”) nei pressi dell'antica *Fasiano*, situabile tra le attuali località di Putignano e Oratoio, che avrebbero condotto le acque fluviali verso Stagno. L'opera di deviazione avrebbe così indebolito la città di Pisa che, privata dei rifornimenti delle campagne, si sarebbe arresa alla città di Firenze. Il progetto a causa della sua complessità non venne mai ultimato e nel 1509 la città di Pisa cadde sotto il controllo della Signoria dei Medici. La carta realizzata da Leonardo è un documento di inestimabile importanza perché si basa sulla cartografia preesistente, in particolare sulle produzioni di Pietro del Massaio databili tra il 1456 e il 1472, e sull'osservazione diretta del territorio in particolare su “paesaggi dal vero (in particolare dei Monti Pisani), misurazioni delle distanze, studi di orientamento, caratteri degli insediamenti, studi non convenzionali nei riferimenti all'idrografia del “pian di Pisa”⁴⁵⁹.

La cartografia storica prodotta nel corso dei secoli successivi permette inoltre di esaminare l'evoluzione del paesaggio, della rete idrografica e idrica avvenuta in particolare in epoca moderna e contemporanea. Di particolare interesse le carte del periodo compreso tra il XVII e il XIX secolo visualizzabili ad esempio nel volume (Paglialunga *et al.* 2001) che mostrano l'organizzazione della rete idrica e delle opere di regimazione dei corsi fluviali, nonché l'estensione delle zone paludose e boschive, in particolare a ridosso della fascia costiera nella zona di Coltano e Stagno. Sempre al XIX secolo risale la “Pianta Generale della Pianura Meridionale Pisana”⁴⁶⁰ e la “Carta Topografica dei Corsi d'Acqua della Pianura Pisana amministrati dalla Deputazione Generale a forma del R. Motuproprio del 30 novembre 1828 ricavato dai lucidi del nuovo catasto”⁴⁶¹ gentilmente concesse dall'Archivio di Stato di Pisa. Attraverso l'analisi delle cartografie ottocentesche è possibile osservare l'andamento sinuoso e irregolare dei meandri e delle sponde del fiume Arno,

457. Fonte: Autorità di Bacino del Fiume Arno, <http://www.adbarno.it/opendata/>. Politca di distribuzione: “L'Autorità di Bacino ha scelto come licenza di riferimento la “Italian Open Data License v1.0”, come definita dal Foromez e Agenzia per l'Italia Digitale (ex DigitPA), conforme alla Creative Commons 3.0 alla Open Database License (ODbL)”.

458. *Carta dei dintorni di Pisa per i progetti di deviazione delle acque d'Arno*, Leonardo da Vinci 1503, Codice Madrid II.

459. Informazioni tratte da A. Vezzosi, A. Sabato: <https://brunelleschi.imss.fi.it/itinerari/itinerario/StudiDeviazioneArnoRiglionePisaAlloStagnoLivorno.html>.

460. Fondo “Fiumi e Fossi Carte Topografiche”n. 229.

461. Fondo “Fiumi e Fossi Carte Topografiche”n. 107, I, II, III, IV parte.

prima dell'imponente intervento di arginatura del 1840, nonché la rete idrica di fossi e canali dei quali è possibile riconoscere l'esatta nomenclatura attestata nella rete idrica attuale. Una pianta del XVIII secolo appartenente alla sezione "Piante e Disegni di Santo Stefano"⁴⁶² anch'essa conservata presso l'Archivio di Stato di Pisa, e georeferenziata sulla base del catasto ottocentesco, ha altresì permesso di osservare l'ampiezza dell'alveo fluviale prima del poderoso intervento del 1840, nonché la gestione delle cosiddette *piagge*, ovvero delle aree comprese tra l'alveo fluviale e gli argini che venivano comunque adibite allo sfruttamento agricolo.

Il Catasto Leopoldino rappresenta tuttavia lo strumento privilegiato per l'analisi del paesaggio pisano nella fase precedente alla grande urbanizzazione del Dopoguerra Italiano. Il progetto di realizzazione del catasto geometrico particellare del Granducato di Toscana o "Catasto Generale di Terraferma" fu promulgato da Pietro Leopoldo, Granduca di Toscana, nel 1765, in seguito al quale fu avviata una prima sperimentazione su alcune Comunità del pistoiese e del senese interrotta nel 1785. Le opere di catastazione ripresero nel primo decennio del XIX secolo ad opera di Napoleone con il rilevamento di circa 40 comunità delle 245 Comunità toscane e si protrassero fino alla metà dell'800⁴⁶³. Le mappe catastali realizzate prevalentemente tra il 1819 e il 1826 in scala 1:2500 o 1:5000, sono suddivise per comuni, sezioni e fogli con l'indicazione delle singole parcelle cartografate⁴⁶⁴. Il Catasto Leopoldino, realizzato con estrema precisione "dai geometri al servizio della Deputazione"⁴⁶⁵, rappresenta uno strumento di indagine eccezionale per lo studio del parcellare storico e dell'aspetto del paesaggio antico prima delle grandi trasformazioni urbanistiche del XIX e del XX secolo. Attraverso l'analisi morfologica dei fogli del catasto, in particolare per il settore compreso tra Pisa e Cascina è stato possibile analizzare le dinamiche di trasformazione e di trasmissione della centuriazione nel corso degli ultimi secoli nonché evidenziare nuove forme di gestione del contesto agrario.

Il catasto storico è visualizzabile tramite connessione WMS⁴⁶⁶ sul portale della Regione Toscana o tramite l'applicazione web del Progetto CASTORE⁴⁶⁷ che offre la possibilità di visionare tutte le sezioni e i fogli suddivisi per comune di appartenenza del catasto storico. È opportuno tuttavia segnalare che lo stato di conservazione della cartografia storica originale e il processo di digitalizzazione e georeferenziazione dei fogli ha comportato delle lievi deformazioni delle mappe. All'interno del progetto GIS sviluppato nell'ambito della ricerca di dottorato è stato possibile integrare parte del lavoro di vettorializzazione del catasto storico svolto dallo studioso M. Grava⁴⁶⁸, in particolare per il settore di indagine compreso tra Pisa e Cascina. La possibilità di visualizzare tramite connessione WMS⁴⁶⁹ i restanti fogli del Catasto storico ha permesso inoltre di ampliare l'area di indagine attraverso la digitalizzazione delle parcelle situate nella zona a sud

462. "Piante e Disegni di Santo Stefano" 0195 n. 46 pianta I carta IV.

463. http://www502.regione.toscana.it/castoreapp/0_introduzione.htm.

464. http://www.archiviodistato.firenze.it/catastotoscane/fondo_mappe.html.

465. http://www.archiviodistato.firenze.it/catastotoscane/fondo_mappe.html.

466. <http://www502.regione.toscana.it/wmsraster/com.rt.wms.RTmap/wms?map=wmscastore&>.

467. <http://www502.regione.toscana.it/castoreapp/>.

468. Elaborazione dati Phd Massimiliano Grava. Laboratorio di Cartografia e GIS, Dip. Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa, http://cartografia.cfs.unipi.it/pmapper/map_default.phtml.

469. <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/servizi/wms/CASTORE.htm>.

di Cascina. Sulla base dei dati vettoriali così ottenuti è stata compiuta un'analisi morfologica del parcellare agrario e urbano ottocentesco.

1.3.2.3. La fotografia storica e le immagini satellitari

La lettura delle fotografie aeree storiche e delle immagini satellitari permette di individuare probabili paleopercorsi riferibili all'antica rete idrografica, nonché di rilevare le tracce fossili relative alla griglia centuriale. L'interesse storico-archeologico della pianura di Pisa ha comportato nel corso degli anni passati, sin dalla fine degli anni 80⁴⁷⁰, numerose indagini basate sulla fotointerpretazione e sulle immagini da *remote sensing* al fine di identificare le tracce relative all'antico assetto centuriale o altre anomalie riferibili a strutture antiche, ai paleoalvei dell'antica rete idrografica soggetta a continue migrazioni, nonché alla variazione della linea di costa⁴⁷¹. I risultati di tali ricerche sono visualizzabili nelle numerose carte tematiche realizzate in formato cartaceo o digitale che illustrano le tracce riferibili a probabili antichi percorsi fluviali come nel caso della Carta Geologica Regionale (CAR.G) o *Continuum Geologico Regionale* in scala 1:10000 realizzata ad opera della Regione Toscana in collaborazione con le Università Toscane ed il CNR-IGG di Pisa⁴⁷²; o del progetto “AAVV (2005) - La Geologia della Provincia di Pisa, Cartografia, Geositi e Banche Dati. A cura della Provincia di Pisa - Servizio Difesa del Suolo. DVD Pisa, 1/12/2005” realizzato dalla Provincia di Pisa (Area Governo del Territorio - Servizio Difesa del Suolo), che, come ricordato precedentemente, raccoglie tutta la documentazione relativa agli elementi geologici e geomorfologici del territorio provinciale⁴⁷³; o ancora della “Carta degli Elementi Naturalistici e Storici della Pianura di Pisa e dei rilievi contermini” in scala 1:50000⁴⁷⁴. Vi sono inoltre numerose pubblicazioni scientifiche inerenti allo studio della paleoidrografia dell'antico corso del fiume Arno, del fiume Serchio e della rete idrografica minore in connessione con l'antico sistema di occupazione della pianura di Pisa, basato sulla lettura delle fotografie aeree storiche e satellitari⁴⁷⁵.

Nel corso di recenti indagini condotte prevalentemente nel contesto urbano e periurbano della città di Pisa, nell'ambito del progetto Mappa⁴⁷⁶, sono state inoltre evidenziate attraverso lo studio della fotografia aerea storica e delle immagini satellitari le tracce riferibili ad antichi percorsi fluviali, alla griglia centuriale e ad altre strutture antropiche visibili nella pianura di Pisa⁴⁷⁷. Lo studio ha riguardato l'area compresa tra la città di Pisa e i comuni di S. Giuliano Terme e di Cascina

470. (Della Rocca *et al.* 1987)

471. Tra le pubblicazioni inerenti allo studio dell'evoluzione del litorale pisano su base fotointerpretativa e immagini telerilevate (Bini *et al.* 2008; Pranzini 2001; 2007).

472. “Fonte dei dati: Regione Toscana – Database Geologico Regionale in scala 1:10.000 della Regione Toscana”: <http://dati.toscana.it/dataset/carg>. Il dataset è rilasciato con licenza CC BY 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

473. I dati prodotti dalla Provincia di Pisa sono stati realizzati sotto la supervisione scientifica dei professori M. Marroni, R. Mazzanti, A. Rau, P.R. Federici del C.N.R. “Centro di studio della geologia strutturale e dinamica dell'Appennino”, dei professori W. Landini e P. Orlandi dell'Università di Pisa Dipartimento di Scienze della Terra e del Dottor M. Ceragioli.

474. La carta realizzata da L. Carratori, M.L. Ceccarelli Lemut, L. Frattarelli Fischer, G. Garzella, R. Grifoni Cremonesi, R. Mazzanti, P. Morelli, M. Pasquinucci, R. Pescagliani Monti, A.M. Pult Quaglia, A. Rau, M. Ronzani, C. Tozzi (1991) è visualizzabile sul sito del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa (<http://repositories.dst.unipi.it/index.php/carte/item/84-carta-degli-elementi-naturalistici-e-storici-della-pianura-di-pisa-e-dei-rilievi-contermini>).

475. Per citare alcuni esempi: (Ciampoltrini 2006c; Ciampoltrini *et al.* 2010; Ciampoltrini 2011; Cosci & Spataro 2006; 2008).

476. (Anichini *et al.* 2012; 2013; Gattiglia 2013)

477. (Bini *et al.* 2012a; 2012b)

per una estensione complessiva di 11.500 ettari. La ricerca condotta sulle numerose “strisciate” conservate presso il “Centro di Documentazione Aerofotografica Marcello Cosci” (faldoni relativi al volo commissionato nel 1975 dalla Regione Toscana alla ditta EIRA e numerosi strisciate acquisite dallo studioso), l’Archivio Cartografico della Regione Toscana e dell’Aerofototeca Nazionale dell’ICCD⁴⁷⁸ (per un totale di 118 strisciate verticali realizzate tra il 1943 e il 2010) ha permesso l’individuazione di 287 tracciati⁴⁷⁹ riferibili ad antichi percorsi fluviali, classificati secondo un differente grado di attendibilità⁴⁸⁰ (da 1=poco attendibili a 8= molto attendibili) e di pertinenza (di pertinenza del fiume Arno o del fiume Serchio). L’indagine ha permesso non soltanto l’individuazione dei tracciati di probabili antichi percorsi fluviali ma di tutte le anomalie visibili in fotografia aerea (la maggior parte delle quali sono riferibili agli assi della centuriazione d’età romana o alle divisioni agrarie interne alle centurie)⁴⁸¹.

L’enorme quantità di dati prodotti nel corso degli anni passati ha pertanto indotto ad un’analisi più approfondita del settore della pianura di Pisa compreso tra l’abitato urbano e il comune di Cascina, al fine di intercettare probabili paleopercorsi riferibili all’antico fiume Arno nonché le tracce fossili relative alla griglia centuriale. La ricerca è stata condotta sulla base delle fotografie aeree dell’Istituto Geografico Militare (IGM) in particolare su alcuni fotogrammi del volo GAI del 1954, visualizzabile inoltre tramite connessione WMS offerta dalla regione Toscana⁴⁸², e del volo aereo del 1973.

Alla lettura delle fotografie aeree storiche è stata inoltre integrata l’analisi delle immagini satellitari Google Earth⁴⁸³ e QBIRD⁴⁸⁴.

L’utilizzo delle immagini LIDAR⁴⁸⁵ per il settore compreso tra Riglione e Cascina è stata effettuata allo scopo di analizzare la microtopografia attuale del settore di indagine e evidenziare la presenza di zone maggiormente elevate probabilmente riferibili alla presenza di dossi fluviali, in particolare all’interno delle attuali barre di meandro.

È inoltre opportuno rammentare che è stato possibile consultare alcune fotografie storiche, gentilmente concesse dall’“Ufficio Fiumi e Fossi” - Consorzio 4 Basso Valdarno, che ritraggono i canali fluviali (il Fiume Morto, ad esempio) e il loro utilizzo, gli interventi di manutenzione e di sistemazione sulle opere idrauliche o gli effetti devastanti delle alluvioni fluviali nella pianura pisana avvenuti nel corso del Novecento.

478. Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione, Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo.

479. “I tracciati rinvenuti in fotografia aerea sono stati digitalizzati seguendo i limiti che ne identificano la geometria (paleo-argini)” (Bini *et al.* 2012a).

480. Il grado di attendibilità definisce il livello di visibilità di ogni singola traccia nei vari fotogrammi analizzati: nella tabella attribuiti dello *shapefile* “tracce” viene pertanto attribuito il valore 0 per “traccia non rilevata” mentre il valore di 1 per “traccia rilevata”. La somma dei singoli valori definisce il grado di attendibilità del tracciato stesso, (Bini *et al.* 2012a, 152).

481. (Bini *et al.* 2012a)

482. <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/fototeca.html#>. Regole per la consultazione degli archivi in <http://www.regione.toscana.it/-/ricerca-e-consultazione-foto-aeree>.

483. <https://www.google.it/intl/it/earth/>.

484. “Curtasy: Digital Globe Inc.; Google Earth”.

485. Le immagini LIDAR (DSM_FIRST, DSM_LAST, DTM, INTENSITY) sono di proprietà del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e sono distribuite con licenza Creative Commons - Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>). Qualsiasi elaborazione, trasformazione, trattamento del dato fornito, viene attuata sotto la responsabilità dell’ente/società/soggetto richiedente; qualsiasi prodotto ottenuto tramite il dato originario fornito, nonché mediante elaborazione dello stesso, sollevano il Ministero dell’Ambiente e del Territorio e del Mare da qualsiasi responsabilità. I dati forniti sono stati rielaborati tramite il software GIS tramite l’utilizzo degli strumenti “merge”, “projection” e “symbolology”.

I.4. Conclusione Parte I

La vasta documentazione bibliografica relativa alla pianura di Pisa ha richiesto una prima fase di raccolta e di rielaborazione dei dati riguardanti i caratteri geologici, geomorfologici, idrologici, paleoclimatici, storico e archeologici. L'interazione tra i vari elementi naturali e l'impatto antropico ha dato origine alla conformazione attuale della pianura che si caratterizza da un'articolata rete idrica e da sistemi ecologici giustapposti (ambiente montano, collinare, alluvionale, litoraneo).

Il territorio pisano offre varie e numerose risorse ambientali che sono state trasformate e sfruttate nel corso dei secoli garantendo un'occupazione antropica stabile e duratura. Ne sono una testimonianza tangibile gli strumenti litici adoperati per le attività agricole del sito neolitico di Podere Casanuova, i materiali risalenti all'età del Bronzo medio adoperati per la produzione del sale nel sito di Isola di Coltano, i canali di drenaggio rinvenuti in località La Figuretta verosimilmente risalenti all'epoca etrusca e successivamente scavati in epoca romana in concomitanza alla realizzazione della centuriazione.

Il processo di romanizzazione del territorio pisano iniziato nel III secolo a.C. raggiunse il massimo sviluppo in seguito alla deduzione della colonia romana *Opsequens Iulia Pisana* avvenuta in un arco cronologico compreso tra la battaglia di Filippi o di Azio e il 27 a.C.. Molteplici furono i fattori che garantirono lo sviluppo dell'*ager pisanus* ed il suo pieno inserimento all'interno del sistema economico globale romano. Una posizione geografica strategica, in connessione con il Mediterraneo, l'Italia settentrionale e centro-meridionale, facilmente accessibile grazie ad una vasta apertura sul mare ed a una efficiente rete viaria (vie di terra e vie di acqua) che ha favorito gli scambi e i collegamenti tra i vari scali portuali disseminati lungo la costa, la città e l'entroterra; un'ingente presenza di risorse naturali tali da garantire un *surplus* produttivo che veniva dunque commercializzato; una crescita demografica che incentivò lo sviluppo delle attività manifatturiere; una classe dirigente locale che fu in grado di sviluppare il potenziale economico dell'intero territorio; la politica coloniale sviluppatasi in età augustea e la stretta interconnessione tra le *élites* locali e Roma, sono alcuni dei principali fattori alla base di tale processo⁴⁸⁶.

Il paesaggio di epoca altomedievale conobbe rilevanti trasformazioni, come ad esempio lo sviluppo di numerose aree paludose nel settore settentrionale del contesto urbano o nel settore orientale della pianura. La fine dell'Impero Romano e il diffondersi del cristianesimo comportò inoltre una riorganizzazione del sistema insediativo rurale basato principalmente sulla presenza di aziende agricole o *curtes* e delle pievi o centri ecclesiastici intorno ai quali si svilupparono numerosi villaggi e località ancora oggi esistenti. La nascita e lo sviluppo del Comune di Pisa e del suo vasto dominio sul Mediterraneo comportò il ritorno di un nuovo potere centralizzato in grado di provvedere in maniera più efficace alla gestione delle risorse idriche e idrografiche e alla costruzione di una nuova e ampia rete viaria, nonché alla fondazione di nuovi centri abitati che accoglievano le popolazioni rurali del territorio circostante.

Come ricordato precedentemente, l'interesse storico e archeologico della pianura di Pisa ha comportato numerose ricerche e indagini pluridisciplinari. Pertanto, è stato necessario raccogliere,

486. (Pasquinucci & Menchelli 2017, 339-41)

organizzare e rielaborare la considerevole mole di dati archeologici, storici e planimetrici relativi al contesto di indagine.

Per tale ragione è stato creato un database relazionale storico-archeologico interconnesso alla piattaforma GIS, in grado di rappresentare le informazioni principali riguardo i centri demici (civili o ecclesiastici) susseguitisi nel corso dei secoli, ed un archivio dei dati planimetrici che potesse contenere al suo interno le varie carte tematiche, storiche, le fotografie aeree e le immagini satellitari raccolte nel corso di questi anni e ampliate grazie all'utilizzo di numerosi *opendata* e connessioni WMS create dagli istituti e enti locali. Tale archivio georeferenziato ha costituito la base di partenza per l'indagine morfologica e stratigrafica condotta nel corso di questi anni e sviluppata nei capitoli successivi.

Una ricerca diacronica e interdisciplinare che si pone principalmente l'obiettivo di analizzare l'evoluzione del paesaggio pisano e della centuriazione, parte integrante di esso, nella lunga durata attraverso l'utilizzo di molteplici discipline.

Parte II – IL PAESAGGIO CENTURIATO

II.1. Lo studio dei paesaggi centuriati: metodologie a confronto

II.1.1. Dall'approccio topografico all'approccio geoarcheologico

Il paesaggio centuriato è una tematica centrale nelle ricerche condotte sulle società antiche e sui fenomeni di interazione uomo-ambiente nella lunga durata, all'incrocio tra storia, archeologia e scienze della Terra. In Italia i primi studi sulle centuriazioni romane vennero realizzati nel XIX secolo ad opera di P. Kandler, A. Schulten⁴⁸⁷, E.N. Legnazzi, A. Gloria, in particolare nei territori veneto e emiliano⁴⁸⁸. Nel corso del Novecento lo sviluppo della cartografia e l'avvento della fotografia aerea, che subì un maggiore impulso nel secondo dopoguerra, garantirono nuovi strumenti di analisi alle indagini condotte da P. Fraccaro⁴⁸⁹ che realizzò numerose carte topografiche dell'Italia Antica, da F. Castagnoli⁴⁹⁰ e da N. Alfieri⁴⁹¹. Le ricerche italiane, basate su un approccio carto-topografico, permettevano di riconoscere nelle vaste pianure le griglie ortogonali aventi modulo metrico di origine romana, senza tralasciare lo studio dei caratteri geografici e idrografici dei territori centuriati. Già alla fine degli anni Quaranta del secolo scorso N. Alfieri, ad esempio, metteva in luce le problematiche relative al rapporto tra centuriazione e geografia del territorio, dunque le questioni inerenti alle pendenze e alle variazioni della rete idrografica⁴⁹². Lo stesso R. Brigand riconosce inoltre nei lavori di P. Fraccaro sulle centuriazioni di *Acellum*, *Patavium* e *Altinum* la capacità di integrare allo studio delle caratteristiche fisiche del territorio, in particolar modo legate alla disponibilità idrica, l'analisi dell'organizzazione spaziale della griglia centuriale⁴⁹³. Un approccio dunque basato su una lettura storico-cartografica delle tracce e su un'analisi fisiografica del territorio che venne ripreso e sviluppato da tutta la scuola italiana di Topografia Antica⁴⁹⁴, a cominciare da L. Bosio⁴⁹⁵ per lo studio della centuriazione di Padova e da P. Tozzi⁴⁹⁶ che nei suoi studi sulle pianure dell'Italia settentrionale sottolinea l'importanza della restituzione delle tracce

487. (Schulten 1898)

488. (Brigand 2010, 20; Franceschelli 2015, 177)

489. (Fraccaro 1939; 1956)

490. (Castagnoli 1946; 1958)

491. (Alfieri 1968; Alfieri & Ortolani 1947)

492. (Franceschelli 2015, 181)

493. (Brigand 2010, 23)

494. La Topografia Antica è una disciplina che nasce con l'obiettivo "di riconoscere e interpretare i dati pervenuti dall'antichità, di ricostruire la storia dell'ambiente nel quale si è svolta la vita quotidiana, politica, amministrativa, economica, culturale"(Quilici & Quilici Gigli 2004, 7).

495. (Bosio 1987)

496. (Tozzi 1972; 1974; 1990)

centuriali associata allo studio dell'evoluzione del paesaggio e delle relazioni tra l'organizzazione dei *limites* e ambiente naturale⁴⁹⁷, proponendo la stretta connessione tra ripresa e funzionalità degli assi centuriali.

I volumi *Misurare la terra: centuriazioni e coloni nel mondo romano*⁴⁹⁸, pubblicati nel corso degli anni Ottanta e Novanta, riassumono i caratteri fondamentali dell'approccio topografico adottato nello studio dei paesaggi centuriati. La ricerca avvalendosi delle fonti letterarie, epigrafiche, storiche, cartografiche e archeologiche ricostruisce gli aspetti fondamentali del processo di colonizzazione delle campagne dell'Impero Romano nonché i caratteri dell'assetto centuriale (la forma, i condizionamenti ambientali, il lavoro degli agrimensori, il paesaggio centuriato, etc.). Le centuriazioni vengono esaminate anche alla luce delle caratteristiche geografiche dei paesaggi attuali, con uno sguardo diacronico ai fenomeni di continuità e di degrado degli assetti centuriali principalmente connessi alle dinamiche demografiche e idrografiche. Seppur consapevoli del carattere mutevole del paesaggio e della struttura centuriale che si conserva sotto forma di fossi, filari e strade o si degrada principalmente in seguito alle modifiche della rete idrografica, le ricerche condotte sino agli anni Novanta focalizzano l'attenzione sulla ricostruzione della griglia centuriale visibile nel paesaggio attuale nella sua forma originaria, di epoca romana, sul carattere storico della centuriazione e sull'impatto che essa ebbe sul territorio in epoca romana, tralasciando l'aspetto dinamico e diacronico della struttura centuriale.

Negli anni successivi le indagini topografiche sui paesaggi centuriati condotte dalla "scuola italiana" si sono naturalmente avvalse delle nuove metodologie di indagine applicate all'archeologia. Nell'attività di riconoscimento delle tracce centuriali, ad esempio, gli sviluppi tecnologici hanno permesso di affiancare alla fotointerpretazione archeologica l'analisi delle immagini satellitari ad alta risoluzione, delle indagini geofisiche e recentemente delle immagini Lidar⁴⁹⁹.

Attualmente la ricerca topografica sui paesaggi centuriati, e in generale sui paesaggi antichi, si basa su un approccio diacronico e pluridisciplinare che grazie al supporto dei sistemi informatici (GIS, *database management system*), soddisfa il carattere dinamico e mutevole del paesaggio, risultato dell'interazione uomo-ambiente, e della centuriazione in quanto elemento costitutivo di esso⁵⁰⁰. Attraverso metodologie e procedure ben definite in grado di ricostruire la paleogeografia, le dinamiche insediative, i caratteri sociali ed economici delle società del passato, le dinamiche di interazione tra uomo e ambiente nella lunga durata, gli studi di Topografia Antica sul paesaggio centuriato non ambiscono soltanto all'analisi storica delle persistenze centuriali ma ad una lettura complessiva del paesaggio e della sua evoluzione⁵⁰¹, accostandosi alla disciplina dell'Archeologia del paesaggio o *Landscape archaeology*, che basata sul "principio della stratificazione archeologica" consente di "ricostruire la scansione cronologica dei paesaggi che si sono succeduti

497. (Brigand 2010, 23)

498. (Bosio 1984; Settis 1983; Settis & Pasquinucci 1983)

499. Sulla diagnostica archeologica tramite *remote sensing*: (Campana 2002; 2009; Musson *et al.* 2013).

500. (Franceschelli 2015)

501. (Dall'Aglio 2004)

in un determinato contesto” definibile come “uno spazio geografico determinato portato di una lunga serie di esperienze storiche”⁵⁰².

L’analisi accurata delle fonti gromatiche, letterarie, epigrafiche, della documentazione storica (documenti d’archivio, toponomastica) e cartografica (attuale e storica), dei dati da *remote sensing* (fotografie aeree, immagini satellitari, indagini geofisiche), delle ricognizioni di superficie, degli scavi archeologici e ancora lo studio dei dati geomorfologici e geostratigrafici consentono di ricostruire i caratteri principali del paesaggio antico, gli effetti del processo di romanizzazione sulle campagne italiane, l’impatto delle trasformazioni paleoambientali e antropiche sull’evoluzione dei territori centuriati nel corso dei secoli, sulla visibilità dei siti archeologici e delle tracce della centuriazione.

La ricerca si avvale pertanto di fonti diversificate che possiedono un potenziale informativo variabile in funzione dei contesti analizzati⁵⁰³. Lo studio della toponomastica, ad esempio, può offrire degli indizi alla ricostruzione del paesaggio antico, come ad esempio dell’assetto idrografico (antichi percorsi fluviali), idrico (canali, fossi, argini) e ambientale (aree acquitrinose e stagnanti); della rete viaria (toponimi miliari). L’analisi e il trattamento delle fotografie aeree e della cartografia moderna e storica, realizzata su supporto GIS (georeferenziazione, vettorializzazione, *query*) e integrata da prospezioni pedestre, permettono da un lato di identificare e caratterizzare l’aspetto degli assi centuriali (limiti poderali, strade, canali) visibili nel paesaggio attuale e in quello passato⁵⁰⁴, dall’altro di analizzare i fenomeni di “ripresa” e “ricucitura” o di cancellazione della centuriazione avvenuti in tempi relativamente recenti⁵⁰⁵. Lo studio delle pianure centuriate della provincia di Bologna sulla base della cartografia storica, in particolare settecentesca (*Carta della pianura bolognese* di Andrea Chiesa, 1740-1742) e ottocentesca (Catasto Gregoriano), ha permesso ad esempio di individuare delle opere di “ritracciamento” moderno della centuriazione a partire dagli assi sopravvissuti, in aree in cui il dissesto idrogeologico ne aveva comportato la cancellazione⁵⁰⁶, e ancora di “rettificazione” degli assi che nella cartografia storica avevano dei tracciati più incerti⁵⁰⁷.

All’analisi delle tracce della centuriazione nella lunga durata si affianca lo studio delle dinamiche insediative e socio-economiche connesse con l’installazione del nuovo sistema agrario e l’arrivo di nuovi coloni. La realizzazione di indagini diagnostiche non invasive (analisi geofisiche, prospezioni aeree) integrate alle operazioni di ricognizione e scavo archeologico consentono così di restituire il quadro organizzativo del sistema insediativo rurale di epoca romana (*villae*, *villae rusticae*, *mansiones*, necropoli, etc.). In particolare, le analisi qualitative e quantitative dei materiali rinvenuti durante le operazioni di *survey* archeologico (in particolar modo della ceramica) permettono di definire le “unità topografiche” e di classificarle in *sites* o *off-sites*, di determinare la cronologia, la tipologia e la funzione dei siti rurali, quindi di ricostruire le fasi culturali, i processi sociali e di acculturazione, gli aspetti economici, commerciali, tecnologici e culturali dei territori

502. (Cambi 2009, 349)

503. (Cambi 2009)

504. (Corsi & Vermeulen 2009; Menchelli & Iacopini 2016, 233–40)

505. (Di Cocco 2008; 2010)

506. (Di Cocco 2008, 74)

507. (Di Cocco 2010, 218)

presi in esame⁵⁰⁸. Questo tipo di approccio consente inoltre di valutare le forme di occupazione di epoca pre-romana e l'impatto della colonizzazione romana sulle dinamiche insediative dello spazio rurale preesistente⁵⁰⁹.

L'integrazione del dato geomorfologico e geostratigrafico diventa indispensabile per valutare lo stato di conservazione dei livelli più antichi. Il grado di "visibilità" del dato archeologico, ovvero la probabilità di rinvenire in superficie dei reperti, è influenzato da molteplici fattori, naturali e antropici quali l'erosione, le attività agricole, l'urbanizzazione ed in particolare nei contesti di bassa pianura l'accumulo di depositi alluvionali⁵¹⁰. Le attività di ricognizione archeologica di superficie (*survey*) condotte ad esempio nel territorio di Lugo hanno dato risultati soddisfacenti nelle aree in cui il piano di calpestio di età romana si conserva entro il metro e mezzo di profondità; mentre in altri settori della pianura, dove il grado di seppellimento raggiunge profondità importanti (superiori al metro e mezzo di profondità) il grado di visibilità è nullo⁵¹¹.

Una maggiore importanza all'integrazione dei dati di sottosuolo è riconosciuta negli studi sui paesaggi centuriati, o apparentemente centuriati, che ponendosi in continuità con le ricerche condotte da N. Alfieri e L. Bosio, sono maggiormente orientanti verso l'analisi dei processi sedimentari e delle variazioni paleoambientali e paleoidrografiche avvenute nel corso dei secoli e la loro interazione con la griglia centuriale e in più in generale con le strutture antropiche⁵¹², all'incrocio tra archeologia, geologia, geomorfologia, sedimentologia e pedologia. Le ricerche condotte da P.L. Dall'Aglio nelle Marche Settentrionali⁵¹³ o nella pianura parmense⁵¹⁴, da C. Franceschelli e S. Marabini⁵¹⁵ nella pianura faentina, e da K. Ferrari⁵¹⁶ nella fascia costiera alla foce del Garigliano, e basate sullo studio delle fonti storico-letterarie, toponomastiche, dei dati archeologici, geomorfologici, pedologici e più recentemente geostratigrafici, ambiscono alla ricostruzione degli aspetti principali del paesaggio antico (paleoidrografia, paleoambiente) e delle dinamiche di interazione tra le trasformazioni dell'assetto territoriale (variazioni di pendenza, dinamica fluviale, sviluppo delle aree palustri) e l'occupazione antropica nella lunga durata (distribuzione e posizionamento degli insediamenti, dislocazione delle strutture portuali, forma e funzionalità delle pianificazioni agrarie). Nel caso della centuriazione, in quanto elemento costituente del paesaggio, le indagini esigono un approccio diacronico e pluridisciplinare in grado di analizzare i fattori naturali e antropici (storici, sociali, economici) che interagendo tra essi hanno condizionato il suo aspetto antico e hanno condotto alla sua conformazione attuale, e che in misura diversa hanno avuto un impatto sulla "conservazione", sul "degrado" e sulla "persistenza" della struttura centuriale nel corso dei secoli⁵¹⁷.

508. (Menchelli 2009, 100; 2016, 6; Menchelli & Iacopini 2016, 3)

509. (Marchi *et al.* 2014)

510. (Franceschelli & Marabini 2007; Menchelli 2016, 76)

511. (Franceschelli & Marabini 2007, 76–82)

512. (Franceschelli 2015, 182)

513. (Dall'Aglio 2009; Dall'Aglio *et al.* 2012)

514. (Dall'Aglio 2005)

515. (Franceschelli 2008; Franceschelli & Marabini 2007; Franceschelli & Trément 2010)

516. (Ferrari 2012)

517. (Franceschelli 2008; 2015)

L'integrazione dei dati stratigrafici (sezioni stratigrafiche, trivellate manuali, sondaggi a carotaggio continuo, *penetration tests*) nelle indagini condotte sulla pianura di Lugo ha consentito di ricostruire le dinamiche pedosedimentarie e paleoidrografiche che hanno interessato l'area di studio ed in particolare la tafonomia dei livelli più antichi. Nel territorio di Lugo le ricerche geostratigrafiche hanno permesso di valutare il grado di seppellimento del paesaggio di epoca romana, probabilmente centuriato, che a causa dello sviluppo di un ambiente paludoso datato al VI secolo d.C., venne ricoperto da uno spesso strato limo-argilloso di colore grigio (5-6 metri di spessore) conosciuto come "Orizzonte Veggiani". Il fenomeno di impaludamento avrebbe dunque provocato la cancellazione degli assi centuriali, che vennero ripresi, dopo una fase di abbandono, in epoca altomedievale ad opera della chiesa ravennate che in questo territorio possedeva la massa di *Sancto Ilari*⁵¹⁸. L'indagine registra un esempio di "ripresa inconsapevole" della centuriazione, visibile nel paesaggio attuale in ottimo stato di conservazione, che si riabilita grazie all'intervento della società altomedievale. Per rispondere ad esigenze di carattere catastale e idrico vengono infatti ritracciati gli assi della centuriazione, prolungando quelli ancora visibili nel territorio circostante⁵¹⁹. Mentre nel territorio di Bagnacavallo, interessato tra l'epoca tardoantica e altomedievale dalla formazione di un sistema di dossi derivati all'attività del fiume Santerno che hanno dunque modificato la topografia dell'intera area, è stato possibile riconoscere nella cosiddetta "centuriazione" bagnacavallese un'opera di risistemazione agraria post-romana, probabilmente di epoca bizantina, e connessa agli interventi di bonifica operati dalla pieve di San Pietro *in silvis*⁵²⁰. I casi studio sopra descritti dimostrano come il processo di costruzione e di trasformazione della centuriazione nella lunga durata è alquanto complesso ed avviene secondo modalità differenti che dipendono da molteplici fattori naturali e antropici. Diventa dunque essenziale adoperare un approccio interdisciplinare in grado di ricostruire l'evoluzione del paesaggio centuriato e di analizzare il ruolo svolto dalle società post-romane, ed in particolare dagli interventi di epoca medievale, sulla "conservazione" o "cancellazione" delle strutture centuriali⁵²¹. “

Uno degli aspetti principali relativi all'impianto della centuriazione e l'occupazione del suolo nella lunga durata riguarda più specificamente il processo di materializzazione degli assetti centuriali che viene esaminato alla luce delle investigazioni archeologiche⁵²². In Italia, gli scavi condotti in prossimità di assi centuriali ancora visibili nel paesaggio attuale sotto forma di assi viari o di canali di scolo hanno permesso ad esempio di ricostruire le caratteristiche del manto stradale antico e dei fossi ad esso affiancati (spessore, larghezza, profondità) e di analizzare il fenomeno di "persistenza" o "scomparsa" dei *limites*⁵²³, in assenza tuttavia di una lettura stratigrafica di tale processo. Ulteriori indagini condotte nella pianura emiliana hanno permesso inoltre di attestare "l'esistenza di una certa varietà formale e dimensionale nei sistemi di drenaggio dell'agro centuriato", esaminando la forma, le dimensioni, le differenziazioni interne, i depositi di riempimento, la funzione, la

518. (Dall'Aglio 2009, 287; Franceschelli 2008; Franceschelli & Marabini 2007)

519. (Dall'Aglio 2009, 287)

520. (Franceschelli & Marabini 2007, 156–58)

521. (Dall'Aglio 2009, 289)

522. (Leveau 2010, 66–67)

523. (Bottazzi & Labate 2008, 189–96)

manutenzione e la cronologia dei sistemi idrici connessi con la centuriazione⁵²⁴. Oltre a definire “l’ossatura” del sistema di raccolta, distribuzione e deflusso delle acque superficiali, lo studio consente di verificare “la diversificata natura e l’assetto delle innumerevoli opere di bonifica della pianura cispadana del III-II secolo a.C.”⁵²⁵ non connessi con l’impianto della centuriazione.

I casi sopra citati e relativi ad alcuni settori del territorio emiliano permettono di ricostruire le caratteristiche (forma, orientamento, funzionamento, gerarchie, cronologia) della griglia centuriale che si materializzava sotto forma di strade, fossi e canali, tralasciando tuttavia un’analisi più completa dell’evoluzione delle strutture antropiche e del reticolo centuriale nella lunga durata in relazione alle dinamiche pedosedimentarie e alle variazioni paleoambientali e paleoidografiche.

Tale argomento di ricerca venne sviluppato per la prima volta in Francia negli anni 90’, quando, furono realizzati una serie di trincee e di scavi archeologici in corrispondenza delle tracce attive o fossili del “catasto B” di Orange individuate tramite carto- e foto-interpretazione (analisi “archeomorfologica” delle tracce; cfr. con paragrafo II.1.2). Le indagini geoarcheologiche, condotte in occasione della costruzione della linea ferroviaria T.G.V. Méditerranée nella media valle del Rodano, avevano l’obiettivo di analizzare le problematiche relative all’organizzazione, al funzionamento e alla tafonomia del parcellare agrario antico. I risultati furono sorprendenti perché permisero da un lato di analizzare le caratteristiche (forma, riempimento, funzione) delle strutture agrarie di epoca antica (fossi e canali) e dunque di comprenderne il funzionamento e l’utilizzo (drenaggio, irrigazione); dall’altro consentirono di analizzare nella lunga durata i processi geodinamici che comportarono il graduale riempimento e la fossilizzazione delle strutture agrarie antiche con conseguenti fenomeni di abbandono o di ripresa⁵²⁶. La sezione stratigrafica di Pierrelate (“Les Malalones”) è in questo senso esemplare perché mostra un fenomeno di “trasmissione verticale” di un fosso antico connesso al sistema centuriale che, seppur obliterato da depositi di esondazione, viene nuovamente scavato in epoca medievale e successivamente in epoca moderna grossomodo nella stessa posizione, e finalmente trasmesso nel paesaggio attuale tramite la disposizione e l’orientamento di un filare alberato coerente con l’assetto centuriale⁵²⁷. Queste ricerche imposero una riflessione sulla dinamica delle forme del paesaggio (confronto con il paragrafo II.1.2) e sui tempi di realizzazione della centuriazione. Ed è in questo senso che F. Favory⁵²⁸ sviluppa il concetto di “reificazione progressiva” della centuriazione, termine che vuole indicare lo scarto temporale esistente tra il progetto politico della *limitatio*, che prevedeva l’organizzazione dei *rigores* ovvero delle linee di divisione “teoriche”, e le forme e i tempi di materializzazione degli assi centuriali⁵²⁹.

Le indagini stratigrafiche condotte nella media valle del Rodano permisero inoltre di ricostruire il grado di seppellimento (tafonomia) dei livelli più antichi in relazione alle dinamiche pedosedimentarie e geomorfologiche⁵³⁰, nonché le caratteristiche pedologiche dei paleosuoli intercettati⁵³¹.

524. (Ortalli 1995, 75–81)

525. (Ortalli 1995, 75)

526. (Berger & Jung 1996, 100–109)

527. (Leveau 2010, 69)

528. (Favory 1997)

529. (Brigand 2010, 30–31; Marchand 2003)

530. (Berger *et al.* 1997)

531. (Berger & Jung 1996, 109–11)

Le indagini geoarcheologiche dimostrarono che la lettura tafonomica del paesaggio centuriato permette: 1. di esaminare le dinamiche di interazione uomo e acqua avvenute in epoca passata in tutte le sue fasi (realizzazione, utilizzo, abbandono dei sistemi idraulici) e il rapporto esistente tra centuriazione e sistemi di bonifica/drenaggio/irrigazione; 2. di ricostruire le dinamiche di trasformazione e di trasmissione del reticolo centuriale nella lunga durata (connessione tra la funzionalità degli assi centuriali e la costruzione del sistema idrici di epoca medievale e moderna; abbandono dei sistemi di drenaggio e dissesto idrogeologico).

Tale approccio applicato allo studio dei sistemi idraulici delle società del passato (fossi, canali) non soltanto connessi ai reticoli centuriali⁵³², permette dunque di ricostruire, in vari contesti geografici, i caratteri principali delle strutture antropiche durante le fasi di utilizzo (dimensioni, profilo, funzione, forme di manutenzione, cronologia), l’impatto che tali strutture agrarie ebbero sul paesaggio antico e le dinamiche di fossilizzazione in connessione con i fattori ambientali e antropici (fase di abbandono).

II.1.2. L’“archeogeografia” e lo studio della dinamica morfologica

Sempre in Francia nacque agli inizi del Duemila una nuova disciplina, l’“archeogeografia”, sotto l’impulso delle ricerche condotte sin dagli anni Settanta sulle forme del paesaggio storico, e teorizzata da G. Chouquer⁵³³ che per primo ne chiarisce i principi e gli strumenti di indagine. La ricerca archeogeografica, sviluppata nel corso degli anni nell’ambito di ricerche e tesi di dottorato⁵³⁴, “critica” e riesamina gli “oggetti geostorici” conservati nel paesaggio attuale, come ad esempio le centuriazioni, proponendo una visione dinamica nello spazio e nel tempo delle forme e delle funzioni attraverso le quali questi oggetti si manifestano, “in relazione all’interazione uomo-ambiente”⁵³⁵. A partire dai concetti propri della geografia (le forme, le tipologie, l’analisi multiscalare) l’archeogeografia identifica tali oggetti e con l’ausilio di altre discipline quali l’archeologia, la storia, la geoarcheologia (intesa come indagine stratigrafica delle strutture antropiche del passato e della loro evoluzione in relazione alle dinamiche pedosedimentarie), le scienze della Terra, ne ricostruisce l’aspetto, la funzione, l’evoluzione di tali forme sin dal momento della loro creazione⁵³⁶.

Una prima di riflessione sui paesaggi storici risale appunto alla fine degli anni Settanta e nel corso degli anni Ottanta, quando G. Chouquer, M. Clavel-Léveque e F. Favory, esponenti di spicco della “Scuola di Besançon” (*Centre de Recherches d’Histoire Ancienne - Equipe de recherche associée au CNRS*)⁵³⁷ avviarono una serie di ricerche sugli assetti centuriali basandosi su un approccio “archeomorfologico”, precedentemente ricordato, ovvero sull’identificazione dei reticoli

532. Per citare alcuni casi-studio : (Bernigaud 2012; Gaucher 2011; Purdue & Berger 2014; Salomon *et al.* 2014).

533. (Chouquer 2000)

534. Tra le pubblicazioni della “scuola archeogeografica”: (Chouquer 2003; 2008a; 2005; Chouquer & Watteaux 2013; 2013; González Villaescusa 2011a; Marchand 2000; Robert 2003; Robert *et al.* 2011; Watteaux 2009).

535. (Chouquer & Watteaux 2013, 202–3; González Villaescusa 2011b)

536. (Chouquer 2009, 226)

537. Per citare alcune pubblicazioni in merito: (Chouquer 1981; Chouquer & Favory 1980; Clavel-Lévêque *et al.* 1987; Favory 1980).

centuriali tramite la foto-cartointerpretazione secondo i principi della iso-orientazione degli assi e della periodicità degli allineamenti coerenti con le misure metriche romane⁵³⁸. L'identificazione automatizzata delle forme centuriali tramite filtraggio ottico dei dati cartografici e fotografici, seppur abbandonata nel corso degli anni Novanta, ebbe il merito di sviluppare una nuova dimensione dei paesaggi agrari e della centuriazione, quella morfologica⁵³⁹. Tale metodologia presupponeva che una struttura agraria identificabile come centuriazione fosse caratterizzata da un reticolo di assi regolari e ortogonali, che presentavano un orientamento generalmente costante e un modulo metrico che riproduceva ad intervalli regolari (periodicità) le antiche misure romane fondate sull'*actus* e i suoi multipli⁵⁴⁰. L'utilizzo dei dispositivi per il filtraggio ottico permettevano di evidenziare “la ripartizione delle direzioni e delle frequenze spaziali” contenute nello spettro bidimensionale dell'immagine analizzata, permettendo così di evidenziare la presenza di eventuali reticoli ortogonali riferibili a catasti romani. L'analisi dello spettro ottenuto consentiva inoltre di individuare l'orientamento della griglia ortogonale e la distanza media tra gli assi intercettati (limiti campestri, strade, etc.)⁵⁴¹.

Numerose ricerche, basate sullo studio della cartografia e delle fotografie aeree, sono state condotte allo scopo di individuare differenti forme di catastazione di epoca romana (*centuratio*, *scamnatio/stringatio*) visibili nel territorio italiano (numerosi casi studio evidenziati nella Romagna orientale; nel Lazio; in Campania) e francese (ad esempio nella valle del Rodano; nella regione Linguadoca-Rossiglione), sulle strutture “intermedie” che le caratterizzano (*centuria*, *saltus*, *strigae*), nonché sulle loro origini alla luce dei dati storici e documentari (fonti epigrafiche, testi gromatici)⁵⁴².

Un'evoluzione nella ricerca “archeomorfologica” si ebbe a partire dagli anni Novanta quando divenne preponderante la necessità di integrare all'analisi morfologica delle tracce della centuriazione, la ricerca geo-archeologica che avvalendosi dei principi e delle metodologie proprie delle scienze della Terra e dell'archeologia (sondaggi, prospezioni di superficie) consente di analizzare le strutture di origine antropica (cronologia, funzione, processo di sedimentazione) in questo caso connesse con l'impianto centuriale (fossi e canali), pur presentando dei limiti interpretativi⁵⁴³. Le ricerche condotte nell'ambito del progetto TVG Méditerranée in un settore della centuriazione di Orange⁵⁴⁴, ed in particolare i risultati dell'indagine condotta nel sito “Les Malalones”, nel comune di Pierrelatte (Drôme), confermarono il carattere dinamico della centuriazione romana, intesa come forma di pianificazione agraria che evolve e si trasforma nel corso del tempo⁵⁴⁵. Lo studio geoarcheologico delle tracce fossili della centuriazione, individuate tramite l'analisi “archeomorfologica” delle fotografie aeree storiche e della documentazione planimetrica, permise di chiarire le differenti fasi del processo di trasmissione progressiva degli assi centuriali (sotto forma di fossi e viali alberati) dall'epoca romana all'epoca attuale. Lo schema di “trasmissione verticale” dell'asse centuriale, da livelli più profondi verso la superficie, avvenne

538. (Franceschelli 2015, 178)

539. (Brigand 2010, 21)

540. (Favory 1980, 361)

541. (Favory 1980, 361–67)

542. (Chouquer 1981; Chouquer *et al.* 1991; Chouquer & Favory 1992; Clavel-Levêque 1989)

543. (Chouquer *et al.* 1996; Favory 1991; Favory & Fiches 1994)

544. (Berger & Jung 1996)

545. (Brigand 2010, 21–22)

durante differenti fasi storiche che le sezioni geoarcheologiche permettevano di definire⁵⁴⁶. La linea centuriale (*rigor*), materializzata nelle diverse epoche sotto forma di un fosso, e finalmente trasmessa nel paesaggio attuale tramite la disposizione e l'orientamento di un filare alberato coerente con l'assetto centuriale, dimostrava che il processo di trasmissione riguardava l'orientamento e il tracciato, non la struttura originaria in sé⁵⁴⁷.

È a partire da queste indagini che si sviluppa una riflessione sulla dinamica delle forme del paesaggio e quindi delle centuriazioni, e che G. Chouquer formalizza nella definizione della disciplina archeogeografica⁵⁴⁸. Le trame agrarie o urbane visibili nel paesaggio odierno sono degli “oggetti compositi”, risultato di una “sedimentazione paesaggistica” avvenuta nella lunga durata⁵⁴⁹; essi si sono trasformati nel corso del tempo trasmettendo dei caratteri distintivi (allineamenti, periodicità, orientamenti), attraverso un processo definito appunto di “transformission” (termine ideato da G. Chouquer per definire al tempo stesso la trasmissione e la trasformazione delle forme nella lunga durata)⁵⁵⁰. L'analisi morfologica della planimetria attuale permette di individuare tali strutture definiti da F. Favory come “morfogeni”, ovvero capaci di esercitare una continua influenza sulle forme del paesaggio anche dopo il momento della loro creazione e del loro funzionamento⁵⁵¹. L'osservazione si basa sui principi di “isoclinia” o “iso-orientazione”⁵⁵² (regolarità degli orientamenti), di “anisoclinia”, di “iso-assialità” (regolarità degli allineamenti), di “aniso-assialità” e di “periodicità” degli allineamenti (rispetto di un modulo metrico che nel caso della centuriazione romana si riferisce alle unità di misura romane) e necessita pertanto uno studio incrociato delle dinamiche paleoambientali, paleoidrografiche, socio-economiche, politiche avvenute nel corso dei secoli e implicate in tale processo.

Un'altra tappa fondamentale della riflessione archeogeografica sull'evoluzione dei paesaggi centuriati riguarda l'analisi delle forme pianificate di epoca medievale e moderna e del ruolo svolto dalle società post-romane sulle dinamiche di trasformazione e di trasmissione della griglia centuriale. Le ricerche condotte sin dagli anni Novanta sull'evoluzione del paesaggio agrario in epoca medievale misero l'accento sulla capacità dei centri ecclesiastici (monasteri, abbazie) o politici (castelli, centri fortificati) di riorganizzare e valorizzare le campagne, nonché sulle modalità di occupazione del suolo adottate⁵⁵³. In taluni casi le forme di organizzazione del parcellare seguivano dei “nuovi” modelli di pianificazione, circolari o radioconcentrici ad esempio, in altri casi si trattava di reticoli ortogonali interpretabili come una “ripresa” delle centuriazioni romane⁵⁵⁴. Le ricerche basate sull'analisi morfologica del parcellare agrario a partire dalla documentazione cartografica e fotografica, integrata all'analisi di fonti diversificate (documenti d'archivio, prospezioni pedestri, dati archeologici, epigrafici) permisero di definire la struttura, la funzione,

546. (Chouquer 2010)

547. (Leveau 2010, 69)

548. (Brigand 2010, 22)

549. (Chouquer *et al.* 1996, 19)

550. (Chouquer 2013, 58)

551. (Chouquer 2000, 149)

552. (Franceschelli 2015, 178)

553. (Abbé 1996; 1997; Barceló *et al.* 1997; González Villaescusa 1996; Lavigne 1996)

554. (Abbé 1997, 22–26)

la metrologia, l'impatto delle nuove forme di pianificazione medievali e moderne sullo spazio agrario⁵⁵⁵, ma soprattutto il ruolo svolto dalle società post-romane nella costruzione della griglia centuriale nella lunga durata⁵⁵⁶. Ad esempio, le ricerche condotte da R. Brigand⁵⁵⁷ nell'ambito nella pianura alluvionale del Brenta e del Piave dimostrarono la stretta connessione esistente tra gli interventi idraulici di epoca medievale e successivamente moderna e il fenomeno di trasmissione dell'assetto centuriale. I canali di irrigazioni o di drenaggio costruiti lungo gli assi di origine antica garantivano la circolazione delle acque, e determinarono nella lunga durata il rafforzamento delle isoclinie parcellari e la "regolarizzazione" della griglia centuriale⁵⁵⁸. La "colonizzazione agraria" medievale, fondata sulla fondazione di nuovi centri o "villeneuves", sull'assegnazione delle terre e sull'organizzazione della rete idrica, contribuì alla trasformazione e alla trasmissione della planimetria antica⁵⁵⁹.

In altri casi, in particolare nei territori di Elche⁵⁶⁰ e Valencia⁵⁶¹, è stato invece ipotizzato che le forme di organizzazione dello spazio agrario (la rete viaria, i canali di irrigazione) comportarono la costruzione di una nuova struttura "radiale", non riferibile ad una determinata fase storica ma piuttosto frutto di un processo di "autorganizzazione" avvenuto nel corso dei secoli, che differisce dalla griglia centuriale ortogonale. Nel caso della centuriazione di Elche tale processo potrebbe aver comportato la trasformazione della centuriazione che si materializza soltanto negli assi principali (cardini e decumani) ancora visibili nel paesaggio odierno, mentre l'organizzazione del parcellare interno alle centurie non segue l'orientamento prevalente della griglia centuriale⁵⁶².

La scuola archeogeografica ha inoltre il merito di aver approfondito lo studio dei testi gromatici e epigrafici al fine di ricostruire i caratteri principali del sistema fondiario e del diritto agrario romano attraverso numerosi esempi e casi-studio (le tecniche e le procedure di agrimensura, le assegnazioni, le questioni relative alle controversie, etc.), e dunque di comprendere, attraverso un'analisi storica, le forme di organizzazione dello spazio agrario all'epoca della colonizzazione romana⁵⁶³.

Le ricerche archeogeografiche confermano che la centuriazione è soggetta ad un continuo processo di trasformazione, e non può essere attribuita ad un'unica fase storica, quella romana, ma piuttosto ad un lungo processo di "costruzione progressiva" che avviene anche nelle epoche medievale, moderna e contemporanea⁵⁶⁴. La forma attuale della centuriazione si costruisce nel corso dei secoli, in maniera involontaria, attraverso la trasmissione (verticale, laterale, selettiva) degli antichi assi centuriali, e talvolta, in assenza di tracce archeologiche riferibili ai *limites* di epoca romana, è

555. Per citare alcuni lavori inerenti la tematica delle pianificazioni medievali realizzati nel corso del Duemila (González Villaescusa 2002; Lavigne 2002; 2005; 2007; Watteaux 2003; 2011).

556. (Brigand 2010; Lavigne 2004; Marchand 2003; Robert 2003)

557. (Brigand 2010)

558. (Brigand 2010, 229–31; 2011, 28–33)

559. Brigand 2010, 275–77; Chouquer 2009, 221)

560. (González Villaescusa 2007)

561. (González Villaescusa 2002, 283–305)

562. (González Villaescusa 2007, 41)

563. (Chouquer & Favory 2001)

564. Su questa tematica: (Brigand 2010, 31–32; Chouquer 2008b, 872; Marchand 2003; Robert 2003).

possibile dimostrare che gli assi si materializzano soltanto nelle fasi storiche successive (il caso di Bollène, Les Batras)⁵⁶⁵. E per tale ragione che lo studio della centuriazione, così come di tutte le forme del paesaggio, presuppone un approccio diacronico che non tiene soltanto conto della civiltà romana che l'ha generata, ma che analizza le dinamiche sociali e ambientali avvenute nelle successive fasi storiche, in particolare nell'epoca medievale e moderna⁵⁶⁶.

Partendo da questi esempi, gli archeogeografi ipotizzano una capacità auto-organizzativa delle forme centuriali che dal momento della loro creazione evolvono in un sistema autonomo e resiliente, cioè capace di integrare i cambiamenti esterni e di conservare la propria struttura, in maniera casuale e involontaria, in assenza dunque di un intervento di pianificazione complessivo sin dall'origine⁵⁶⁷. La centuriazione visibile nel paesaggio attuale non è “sopravvissuta” alle trasformazioni del paesaggio ma si è generata nella lunga durata⁵⁶⁸, in maniera casuale e autonoma come risultato di una serie di interventi antropici realizzati nelle diverse fasi storiche che senza seguire uno schema prestabilito ma rispondendo a esigenze differenti, spesso legate alle necessità idriche, hanno comportato la sua trasmissione fino ai giorni nostri. E sulla base di tali considerazioni che la disciplina archeogeografica “rifiuta i termini di conservazione, degradazione o persistenza” che presuppongono l'esistenza di una struttura originaria che subisce delle modifiche nel corso del tempo, “e prediligono l'utilizzo di termini quali resilienza, trasformazione e trasmissione, più appropriati ad esprimere la dinamica morfologica”⁵⁶⁹ e la costruzione delle forme nella lunga durata.

Il concetto di “auto-organizzazione” e “regolarizzazione progressiva” della centuriazione, secondo alcuni studiosi, sembra tuttavia sminuire il “legame prioritario della centuriazione con la sua fase di impianto originario” e il ruolo svolto dalla società romana nella costruzione dell'assetto centuriale che senza dubbio nasce come “un intervento di pianificazione che va a definire l'organizzazione di un determinato territorio, dotato di un carattere programmatico e che presuppone il coordinamento di un potere centrale in grado di agire all'interno di una visione territoriale ampia”. Il carattere dinamico e diacronico degli assetti centuriali visibili nella cartografia odierna, “concettualmente riconducibili ad un originario disegno centuriale, ma che possono essere il risultato di trasformazioni, adattamenti o ampliamenti attuati in età successive” non implica l'assenza di un impianto organizzativo originario “riferibile ad un quadro storico e politico ben preciso” che ha comportato “una concezione unitaria e complessiva, poco compatibile con un processo di auto-formazione o di aggregazione progressiva”⁵⁷⁰. Il presupposto secondo il quale la centuriazione è un oggetto autonomo, un “morfogene”, che si sviluppa autonomamente senza alcun rapporto con la sua origine, rischia “di interferire con la riflessione storica sull'impatto della conquista romana nelle aree già precedentemente occupate”⁵⁷¹.

565. (Berger & Jung 1996, 103-4; Chouquer 2009, 221; 2013, 253)

566. (Brigand 2010, 22)

567. (Brigand 2010, 227-28; Marchand 2003)

568. (Chouquer 2008b, 872)

569. (Franceschelli 2015, 186; Leveau 2010, 70)

570. (Franceschelli 2015, 192-193)

571. (Leveau 2010, 70-71)

Tenuto conto delle differenze di carattere metodologico, concettuale e epistemologico che animano il dibattito scientifico sullo studio delle centuriazioni e più in generale dei paesaggi antichi, le ricerche archeogeografiche francesi confermano l'idea, espressa anche nei lavori della scuola "topografica" italiana, che tali sistemi sono degli elementi del paesaggio che evolvono nel corso del tempo e che pertanto devono essere esaminate attraverso un approccio pluridisciplinare e diacronico che tenga conto delle variazioni paleoambientali, politiche, sociali avvenute sin dalle prime fasi della loro costituzione.

La centuriazione nasce come sistema agrario pianificato con determinate funzioni catastali e idriche ed evolve nel corso dei secoli, rispondendo a schemi e finalità differenti, dettati dalle società post-romane e dalle mutate condizioni ambientali, che sono in grado di trasformare, trasmettere, ricostruire, ampliare l'assetto centuriale. Le centuriazioni visibili nel paesaggio attuale, tranne casi eccezionali, non sono il risultato dell'opera degli agrimensori romani ma degli interventi di epoca comunale e/o moderna che in maniera inconsapevole, cioè senza la volontà di trasmettere l'impianto romano di cui conoscono la terminologia tecnica (come dimostra il documento medievale relativo al "*rivus qui dicitur decumano*", cfr. IV.1.2.2), riprendono e materializzano la griglia centuriale poiché "attratti" dalla funzionalità dell'apparato stesso. Il tema della "percezione" della centuriazione da parte delle società medievali e moderne è stato ampiamente trattato da Calzolari⁵⁷² nell'ambito della regione dell'Emilia Romagna. La ricerca basata sugli atti notarili medievali rilevano che fino al XIII secolo vi era un ampio uso del termine *limes/limites* per designare i confini parcellari medievali coincidenti con i cardini e i decumani⁵⁷³. Anche nell'ambito della pianura pisana gli studi condotti da M.L. Ceccarelli Lemut e da M. Pasquinucci confermano la "persistenza" di toponimi in uso in epoca medievale che fanno riferimento ad elementi della centuriazione (*limite, termine, decumano*) talvolta riferiti a limiti parcellari, e del paesaggio centuriato (toponimi prediali)⁵⁷⁴.

L'idea di una costruzione diacronica e progressiva della centuriazione che talvolta ha come risultato la materializzazione di una griglia regolare laddove in epoca antica non esisteva, non deve indurre a sminuire il ruolo svolto dall'apparato originario di epoca romana frutto di un'opera di pianificazione agraria all'origine, ma piuttosto a confermare e definire l'avvicinarsi di nuove forme di gestione del territorio (rete idrica, rete viaria, sistema insediativo) spontanee e autonome rispetto al disegno originario e che secondo modalità e forme diverse trasmettono e materializzano il sistema agrario così come lo vediamo oggi. Definire il grado di "persistenza" intesa come "il mantenimento di una forma impressa nel territorio in epoca passata indipendentemente dalla sua materializzazione che può variare nel corso del tempo"⁵⁷⁵, o di "resilienza", ovvero "la capacità delle forme antiche di adattarsi a nuovi contesti economici e sociali mantenendo la propria struttura nella lunga durata"⁵⁷⁶ e le dinamiche spazio-temporali che hanno caratterizzato tale processo rimangono l'obiettivo principale nello studio delle forme del paesaggio, come della centuriazione. Ogni paesaggio, ogni assetto centuriale subisce nel corso dei secoli differenti processi di trasformazione e la ricerca deve

572. (Calzolari 1983)

573. (Calzolari 2010, 46)

574. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991; Pasquinucci *et al.* 1994; 2000)

575. (Franceschelli 2015, 187)

576. (Brigand 2010, 49; Chouquer 2000, 190)

essere in grado di definire le cause, le modalità, le forme di tali cambiamenti che hanno condotto alla sua conformazione attuale.

Tuttavia, data la complessità e l'eterogeneità dei paesaggi, è in molti casi difficile se non impossibile valutare, pur integrando le indagini stratigrafiche e geoarcheologiche, in che misura la centuriazione si materializza in epoca romana e in che misura le società post-romane riprendono gli assi centuriali già esistenti dopo una fase di abbandono (trasmissione laterale) o di continuità (trasmissione verticale), o invece sono costruttrici della centuriazione *ex novo*.

II.2. La centuriazione pisana

II.2.1. Questioni sulla *deductio*

La fondazione o *deductio* della *colonia Iulia Opsequens Pisana*, posta generalmente tra il 42/41 a.C. e il 27 a.C. (anno dell'ascesa al trono di Augusto), viene attribuita ad Ottaviano e messa in relazione al vasto processo di colonizzazione che interessò l'Etruria Settentrionale in età triumvirale-augustea e che comportò la fondazione di altre colonie quali *Luna*, *Luca*, *Pistoriae*, *Florentia*, *Volaterrae*, *Saena*, *Arretium*⁵⁷⁷. L'utilizzo dell'appellativo *Iulia*, in riferimento all'assegnazione del titolo di colonia all'epoca di Cesare o prima dell'ascesa al trono di Ottaviano⁵⁷⁸, e l'interpretazione delle fonti storiche hanno però lasciato spazio a differenti ipotesi circa la cronologia della *deductio*. La studiosa E. Folcando, in assenza di un chiaro riferimento alla città di Pisa nel testo pliniano⁵⁷⁹ in cui vengono elencate le 28 colonie dedotte nel territorio italico da Ottaviano-Augusto (comprese dunque le colonie dedotte insieme agli altri triumviri) successivamente la battaglia di Filippi o di Azio, propone una fondazione in epoca cesariana come per la colonia di *Castrum Novum*⁵⁸⁰. Il passo pliniano relativo alle comunità dell'Etruria costiera appartenenti alla *VII regio*⁵⁸¹ è stato recentemente riesaminato dalla studiosa M. Giua⁵⁸² la quale chiarisce l'equivoco: “la difficoltà interpretativa può nascere dalla presenza del singolare *colonia*, che in un primo momento sembra essere riferito soltanto a *Luca*. Ma ad un esame più attento del passo si può notare che l'aggettivo *propior*, che precede immediatamente *Pisae*, non è concordato al plurale nonostante l'ovvio riferimento alla città. Se ne deduce pertanto che è relativo al precedente *colonia*”. Sebbene il testo pliniano non scorra lineare e chiaro, come sottolinea la stessa autrice, l'uso del singolare *colonia*⁵⁸³ deve essere riferito ad entrambe le città; mentre i termini *recedens* e *proprior*, rispettivamente relativi a Lucca e a Pisa, creano un'identica connessione sintattica e logica con il termine *colonia*, che le accomuna dal punto di vista istituzionale⁵⁸⁴. Per avvalorare la ricostruzione del testo pliniano M. Giua ricorda E. Bormann, che nel volume XI del CIL⁵⁸⁵ non tradisce la minima incertezza nell'attribuire a Plinio il riconoscimento dello statuto coloniale di Pisa e definisce *Pisae* colonia augustea. “Fu lo stesso E. Bormann che, durante la preparazione del suddetto volume, fornisce a T. Mommsen indicazioni sulle fondazioni nella *regio VII* per la sua pubblicazione del 1883⁵⁸⁶. Sulla base di tale informazione infatti T. Mommsen⁵⁸⁷ inseriva *Pisae* tra le colonie con l'appellativo *Iuliae* attestate negli elenchi pliniani. Le testimonianze di E. Bormann e di T. Mommsen si associano a

577. (Ciampoltrini 1981; Giua 2004; Harris 1971; Keppie 1983; Neppi Modona 1953, VIII; Sangriso 1999; Pasquinucci 1986, 39)

578. (Keppie 1983, 16)

579. (Plinio, Nat..Hist. III)

580. (Folcando 1996, 103)

581. (Plinio, Nat..Hist. III, 50)

582. (Giua 2004, 206–8)

583. Termine che lo stesso Harris corregge ponendolo al plurale con chiaro riferimento ad entrambe le colonie di *Luna* e *Pisae* (Giua 2004, 206).

584. (Giua 2004, 206–8)

585. (Bormann 1888)

586. (Giua 2004, 205)

587. (Mommsen 1883)

quella di E. Pais⁵⁸⁸ che considera Pisa una delle 28 colonie fondate dopo Azio e elencate da Plinio nelle *Naturalis Historiae* (III, 50)⁵⁸⁹.

Tra i sostenitori di una deduzione in epoca triumvirale vi fu anche L. Keppie⁵⁹⁰ il quale elenca Pisa tra le colonie dedotte con l'appellativo *Iulia* probabilmente dopo la battaglia di Azio, quindi in un periodo compreso tra il 31 a.C. e il 27 a.C. Le terre colonizzate vennero assegnate ai veterani di Ottaviano come confermerebbe la stele funeraria di *Sex. Anquirinnius L. f. Galeria*⁵⁹¹, veterano della XIX *legio*, rinvenuta nel settore più meridionale dell'*ager Pisanus* presso Castelnuovo della Misericordia (Livorno)⁵⁹².

Sangriso, pur attribuendo la deduzione della colonia all'epoca triumvirale, propone una cronologia compresa tra il 41 e il 33 a.C., dunque anteriore la battaglia di Azio⁵⁹³. L'analisi proposta dall'autore risulta tuttavia incompleta: l'antiorità della centuriazione pisana rispetto alla nuova *limitatio* della colonia di *Luna*, fondata nel 33 a.C. secondo una rilettura dell'iscrizione lunense⁵⁹⁴ che onora Ottaviano come *patronus* della colonia, non viene sufficientemente argomentata. Il riferimento all'adozione di un reticolo con medesimo modulo e orientamento che “per evidenti ragioni storiche” “potrebbe essersi impostato prima nel territorio pisano e poi esteso al territorio di *Luna*”⁵⁹⁵ non sembra comprovare l'ipotesi avanzata.

Lo statuto di *colonia* è inequivocabilmente attestato dai *Decreta Pisana*⁵⁹⁶, le risoluzioni approvate dal senato locale per onorare la memoria di Lucio e Gaio Cesari, nipoti di Augusto, nel 2 d.C. e nel 4 d.C.⁵⁹⁷. Nelle due iscrizioni (epitaffi) i cittadini di Pisa vengono designati come *coloni* della *colonia Iulia Opsequens Pisana*; i supremi magistrati sono menzionati come *duoviri*⁵⁹⁸. I *decreta pisana* testimoniano, inoltre, i forti legami della colonia con il governo centrale e soprattutto con la *Domus Augustea*⁵⁹⁹, “il lealismo verso la famiglia imperiale”, ricordato inoltre dallo stesso appellativo *Opsequens*⁶⁰⁰, e “l'adesione alle linee guida della politica augustea”⁶⁰¹.

Le notizie riguardo l'estensione e le caratteristiche dell'impianto urbano al momento della *deductio* sono ancora piuttosto esigue e allo stato attuale della ricerca non vi sono stati rinvenimenti della cinta muraria di epoca romana. Secondo alcuni studiosi⁶⁰² la loro presenza, “che integrava e potenziava la naturale difesa costituita dai due corsi d'acqua” (*Arno e Auser*), garantì la protezione

588. Riferimento al passo di E. Pais (Pais 1885, 46-51) in M.A. Giua (Giua 2004, 201 nota 10).

589. (Giua 2004, 206)

590. (Keppie 1983, 76-77)

591. CIL XI, 1524

592. (Keppie 2000)

593. (Sangriso 1999)

594. CIL XI, 1330=ILS, 78. Oggi conservati presso il Camposanto Monumentale della città di Pisa.

595. (Sangriso 1999)

596. CIL XI 1420 e 1421

597. (Segenni 2003a, 74)

598. (Giua 2004, 200)

599. (Segenni 2002, 380)

600. L'aggettivo è inserito nella titolatura della colonia proprio in riferimento alla lealtà da parte dei coloni (Keppie 1983, 16). *Opsequens* è inoltre il gentilizio attestato per i servi pubblici affrancati dalla città, (Folcando 1996, 103).

601. (Segenni 2002, 393)

602. (Pasquinucci 2003a, 81)

della città in occasione dell'assedio ligure del 193 a.C. tramandata da Livio⁶⁰³; mentre secondo altri⁶⁰⁴ la presenza di un'articolata rete idrografica che circondava la città avrebbe potuto assicurare un'adeguata difesa senza rendere necessaria la costruzione di strutture difensive come l'*aggere*⁶⁰⁵. Il passo di Livio⁶⁰⁶, precedentemente menzionato, che riferisce dell'assedio della città da parte dei Liguri nel 193 a.C. e della sua liberazione ad opera dell'esercito romano guidato dal console Minucio, ricorda che: “il console passato l'Arno entrò nella città, e poi, proseguendo l'azione contro i nemici, attraversò l'*Auser*...” consentendo di stabilire la vicinanza tra i due fiumi e lo stretto rapporto esistente tra la topografia dell'abitato e i percorsi fluviali⁶⁰⁷. La posizione topografica della città, alla confluenza dell'*Auser* nell'Arno, è inoltre confermata nel passo di Strabone⁶⁰⁸. Lo status di colonia romana comportò sicuramente una riorganizzazione della città in parte nota dalle testimonianze delle fonti scritte (i *decreta Pisana* in particolare) e in parte riconoscibile negli scavi urbani condotti nel corso degli anni passati⁶⁰⁹. Tuttavia, la struttura dell'impianto urbano ed in particolare del reticolo viario non è allo stato attuale della ricerca ricostruibile. Le lievi divergenze riscontrate negli orientamenti degli edifici rinvenuti nelle operazioni di scavo fanno ipotizzare che l'antica viabilità fosse maggiormente condizionata dalla paleotopografia e/o da un tessuto cittadino preesistente⁶¹⁰. Le labili tracce viarie messe in luce durante gli scavi di piazza Duomo⁶¹¹, non permettono di riconoscere l'orientamento dell'impianto urbano e il suo rapporto con il reticolo centuriale. L'autore Carlo di Spigno⁶¹², esaminando il testo di Rutilio Namaziano che tuttavia non fa riferimento alla presenza di una cinta muraria, ipotizzava che “l'*oppidum*” di V secolo d.C. “a forma di un rettangolo stretto e allungato ai cui lati scorrevano l'Arno e l'*Auser*” avesse un perimetro di circa due chilometri e mezzo con un'estensione complessiva di quasi 30 ettari. La città avrebbe potuto ospitare una popolazione di circa 7000-8000 abitanti, che secondo l'autore rimase invariata “dai tempi della romanizzazione” sino all'epoca di Rutilio Namaziano⁶¹³.

II.2.2. Questioni sull'*assignatio*

L'ipotesi dell'avvenuta attribuzione o *assignatio* del territorio di Pisa ai legionari di Ottaviano è basata sul rinvenimento della stele funeraria appartenuta a *Sex. Anquirinnius L. f. Galeria*⁶¹⁴, veterano della XIX *legio*. La legione romana, che nel 49 a.C. avrebbe preso parte alla guerra civile tra Cesare e Pompeo, venne probabilmente rifondata nel 41-40 a.C. da Ottaviano nell'ambito del

603. Livio XXXV,3,3

604. (Bruni 1998)

605. (Fabiani *et al.* 2013, 169)

606. Livio XXXV,3,3.

607. (Di Spigno 1949, 187–88)

608. Strab., 5, 2, 5 C 222

609. (Fabiani *et al.* 2013; Pasquinucci 2003a, 81–82)

610. (Pasquinucci 2003a, 82)

611. (Fabiani *et al.* 2013, 17–172)

612. (Di Spigno 1949)

613. (Di Spigno 1949, 188–89)

614. CIL XI, 1524

progetto di riorganizzazione e di rafforzamento delle sue truppe. Durante la battaglia di Teutoburgo, nell'anno 9 d.C., la legione subì numerose perdite, se non addirittura la completa distruzione⁶¹⁵. Risulta tuttavia difficile stabilire il numero di coloni che vennero stanziati nel territorio pisano. Secondo L. Keppie il numero potrebbe ammontare a circa 300 veterani, con un'assegnazione di 75 centurie suddivise in lotti di 50 *iugera*, e ipotizza per la vicina colonia di Lucca un numero massimo di 280 veterani per un totale di 70 centurie suddivise in lotti da 50 *iugera*. Mentre nel caso di *Florentia*, assumendo lo stesso criterio, suppone una distribuzione di 400 centurie per un totale di 1600 veterani⁶¹⁶. Secondo altri studiosi invece, data l'estensione della *pertica* pisana, l'*assignatio* avrebbe potuto interessare un numero di 1400/2400 o di 3000 coloni con centurie suddivise in lotti da 25 a 50/60 *iugera*⁶¹⁷.

Le disposizioni relative alle assegnazioni e dunque la successiva limitazione o suddivisione dei lotti, la qualità dei beneficiari, le modalità di distribuzione, la composizione e i poteri della commissione agraria che effettuava le assegnazioni erano stabilite dalle leggi agrarie che sancivano l'avvio del processo di colonizzazione⁶¹⁸. Le norme del diritto agrario romano, le tecniche e le procedure di agrimensura (non soltanto relative alla centuriazione), le questioni relative alle controversie sulle terre sono attestate nei testi gromatici⁶¹⁹, ed in particolare per la *Tuscia* nel *Liber coloniarum* volume I.

Nel *Liber Augusti Caesaris et Neronis* viene menzionata la legge triumvirale "*Lex agris limitandis metriundis*", tratta dal commentario di *Claudius Caesar*, ma che secondo i ricercatori deve essere attribuito a *C. Iuli Caesaris*,⁶²⁰ identificato secondo taluni con Ottaviano⁶²¹.

La legge, derivata probabilmente dalla *lex Sempronia* di epoca gracchiana⁶²², riguardava la *limitatio* e la misura delle terre nelle *provinciae Tusciae et Campaniae et Apuliae*, ed in particolare ricordava che nell'*ager Florentinus* ogni centuria dovesse misurare 200 *iugera*. Il *decumanus maximus* doveva essere largo 40 piedi, mentre il *cardo maximus* 20 piedi. I *quintari*, ovvero il quinto asse tracciato dopo il primo che dunque racchiude un intervallo di cinque centurie⁶²³, avevano una larghezza di 12 piedi mentre i restanti *limites subruncivi* dovevano misurare 8 piedi di larghezza. Sui *limites* dovevano essere posizionati dei *termini* in pietra, arrotondati, del diametro di un piede, rialzati un piede e mezzo dal suolo e interrati per due piedi e mezzo. La legge prevedeva inoltre che la distribuzione di un *subsecivum* di oltre 100 *iugera* corrispondesse a quella di una centuria, mentre se l'estensione del lotto era di almeno 50 *iugera* l'equivalente era di mezza centuria⁶²⁴. Con il termine *subsecivi*, riportato nei testi gromatici, si fa riferimento a quelle terre che a causa del rilievo, della presenza di corsi d'acqua, di aree paludose, o semplicemente perché era stato

615. (Wiegels 2000)

616. (Keppie 1983, 99)

617. (Pasquinucci 1995, 311–12)

618. (Chouquer & Favory 2001, 148)

619. Per un approfondimento sul "corpus" dei testi gromatici: (Chouquer & Favory 2001, 15–44).

620. (Brunet *et al.* 2008, 23; Castagnoli 1946, 54)

621. (Brunet *et al.* 2008, 2)

622. (Peyras 2006, 53–54)

623. (Chouquer & Favory 2001, 440): voce *Limes quintarius*, da non confondere con il *Limes quintus* ovvero il 5° *limes*.

624. (Brunet *et al.* 2008, 2, 24)

raggiunto un numero sufficiente di lotti da distribuire ai coloni, erano normalmente esclusi dalle assegnazioni e rientravano nei territori di proprietà dello Stato. Questi territori esigevano una delimitazione specifica, ad esempio attraverso delle pietre iscritte⁶²⁵ e potevano essere oggetto di “assegnazioni costitutiva di proprietà privata”⁶²⁶.

La colonia di *Florentia*, come ricorda il testo gromatico nei versi successivi⁶²⁷, venne dedotta in epoca triumvirale e assegnata secondo una *lex Iulia* che probabilmente è sinonimo della “*Lex agris limitandis metriundis*” precedentemente menzionata⁶²⁸. La questione relativa alla fondazione e l’assegnazione dei territori della colonia fiorentina è tuttavia dibattuta: secondo alcuni studiosi la centuriazione della colonia di Firenze, fondata su iniziativa di Giulio Cesare, venne realizzata tra il 59 a.C., anno in cui viene emanata la *lex Iulia*, e la fase immediatamente successiva la battaglia Filippi⁶²⁹. Secondo altri ricercatori invece recenti indagini archeologiche dimostrerebbero che la definitiva *assignatio* avvenne soltanto in età augustea⁶³⁰, mentre la *deductio* della colonia di Firenze, forse decisa in epoca cesariana⁶³¹, avvenne in epoca triumvirale *ex novo* o probabilmente su un precedente insediamento⁶³².

L’impianto era suddiviso in centurie “cesariane” di 200 *iugera*, *per cardines et decumani*. I *termini rotundi pedales* posti alla distanza di 2400 piedi segnavano l’incrocio tra i decumani e i cardini⁶³³. I cippi mediani (*termini medii qui dicitur epipedonici*) posti ogni 1200 piedi misuravano 1 piede per 1 piede. Gli altri cippi *proportionales*, disposti alla distanza di 600 piedi gli uni dagli altri, definivano i *limites intercisivi*, ovvero i confini dei singoli possedimenti terrieri. Essi venivano infatti utilizzati per misurare i lotti distribuiti ai coloni in *iugera* (*modus iugerationis*) e pertanto distinti dai *limites* che invece definivano la *ratio limitum* ovvero l’armatura della *limitatio*⁶³⁴.

Tuttavia, il testo del *Liber coloniarum* lascia spazio a differenti interpretazioni: i *termini medii* avrebbero suddiviso la centuria in quattro quadrati uguali da 50 *iugera* secondo il *modus* adoperato nelle colonie triumvirali⁶³⁵ ma “non va escluso che il *Liber* indicasse un posizionamento limitato a due lati della centuria, o lungo i decumani o lungo i cardini”⁶³⁶. La stessa ipotesi è stata formulata per i cippi *proportionales* probabilmente collocati soltanto su due lati opposti della centuria e posizionati alla distanza di 600 piedi dai *termini rotundi* e dai *termini medii*. Dalla rilettura del testo gromatico e dall’analisi delle tracce centuriali visibili nella cartografia storica e moderna e nelle fotografie aeree storiche è stato pertanto ipotizzato che le centurie fossero suddivise in quattro appezzamenti rettangolari di 50 *iugera* da *limites intercisivi* paralleli ai decumani tracciati *secundum naturam loci*⁶³⁷.

625. (Chouquer & Favory 2001, 175)

626. (Barra 1998, 25)

627. (Brunet *et al.* 2008, chap. Livre de Cèsar Auguste et de Néro, 3; Castagnoli 1949, 54)

628. (Castagnoli 1958, 54; Ciampoltrini 2007, 31)

629. (Mengotti 2009, 116–17)

630. (Ciampoltrini 2007, 13)

631. (Brunet *et al.* 2008, 24)

632. (Brunet *et al.* 2008, 24; Ciampoltrini 1981, 46–47)

633. (Mengotti 2009, 117)

634. (Chouquer 2016, 3)

635. (Castagnoli 1946, 54; Shepherd 2006, 20)

636. (Mengotti 2009, 118)

637. (Mengotti 2009, 118–22)

La fonte gromatica ricorda inoltre che, secondo tali disposizioni, furono realizzate anche le centuriazioni delle colonie di *Fida Tuder*, *Volaterrae* e *Luna*⁶³⁸.

In particolare, nella colonia di *Volaterrae* considerata *colonia Augusta* e dunque successiva il 27 a.C. come attesta un'iscrizione rinvenuta a Montecatina Val di Cecina⁶³⁹, i territori furono assegnati secondo la stessa legge triumvirale che prevedeva la suddivisione in centurie di 200 *iugera* “per *decumani* e per *cardines*”. Le centurie erano suddivise in lotti di 25 o 50, di 35 o di 60 *iugera*, secondo il *modus iugerationis* che prevedeva di misurare le terre in *iugera*⁶⁴⁰, e assegnate ai veterani della colonia *pro parte*, in proporzione alla qualità del suolo e al grado militare dei veterani⁶⁴¹. Le tracce riconducibili alla *pertica* di *Volaterrae* sono state riconosciute, sulla base dell'analisi cartografica, nei territori della bassa Valdelsa e probabilmente nelle aree della Media e Bassa Valdera in destra del fiume⁶⁴².

Il passo relativo all'*adsignatio* della colonia di Luni è piuttosto controverso. Il *Liber Coloniarum* ricorda che l'*Ager Lunensis* fu assegnato secondo la *lex Iulia*, ricordata per l'*ager Florentinus*. Il testo dice espressamente che i “*limites in horam sextam conversi sunt*”, dunque orientati secondo i punti cardinali e che “*ad occidentem plurimum dirigunt cursus*”, ovvero si estendevano verso occidente⁶⁴³. Ma sulla base delle informazioni desunte dal *Liber* e il confronto con l'analisi delle tracce centuriali individuate nel paesaggio attuale, gli studiosi hanno sempre sostenuto che il passo debba riferirsi all'*ager lucensis* e che di fatto si tratti di un errore del copista⁶⁴⁴. Nel territorio compreso tra Luni e Pietrasanta sono state rinvenute le tracce di due griglie centuriali: la prima visibile nei territori limitrofi la città di Luni è caratterizzata da maglie strette e rettangolari riferibili alla prima *deductio* avvenuta nel 177 a.C.; un secondo reticolo molto più esteso “a maglie quadrate con lati di 20 *actus* “che interessa la pianura di Sarzana fin oltre Pietrasanta risalirebbe invece alla deduzione di epoca triumvirale⁶⁴⁵. La seconda *pertica*, seppur con alcune divergenze individuate a nord e a sud del fiume Frigido e tra la zona di Pietrasanta e Capezzano Pianore, non è orientata secondo i punti cardinali (*secundum coelum*) ma segue un orientamento NO-SE per i decumani, paralleli alla costa, e NE-SO per i cardini ad essi ortogonali, adattandosi al contesto geografico dell'area⁶⁴⁶. Le ricerche paleoambientali e archeologiche hanno inoltre confermato che in età romana la linea di costa si attestava all'altezza di Luni che ospitava il *Portus Lunae*, fiancheggiava il lago di Porta fino ad allinearsi alla sponda occidentale del lago di Massaciuccoli nei pressi di Torre del Lago Puccini.⁶⁴⁷ Come era già stato evidenziato, la stretta fascia costiera dove si sviluppa la *pertica* lunense non avrebbe potuto soddisfare la notizia relativa allo sviluppo dei “*limites ad occidentem*”⁶⁴⁸.

638. (Brunet *et al.* 2008, chap. Livre de Cèsar Auguste et de Néro, 3-4)

639. (Ciampoltrini 2008, 20)

640. (Guillaumin 2007, 113)

641. (Brunet *et al.* 2008, chap. Livre de Cèsar Auguste et de Néro, 25-26)

642. (Ciampoltrini 1981, 48-49; 2004, 64-68; 2008, 20)

643. (Brunet *et al.* 2008, chap. Livre de Cèsar Auguste et de Néro, 5)

644. (Castagnoli 1946, 54-55; Ciampoltrini 1981, 41-42)

645. (Fabiani 2006, 37-40; Fabiani & Paribeni 2012, 9-10)

646. (Fabiani 2006, 38-40)

647. (Pasquinucci & Mazzanti 1983)

648. (Castagnoli 1946, 54-56)

Il testo relativo all'*assignatio* dell'"ager Lunensis" chiarisce inoltre la differenza esistente tra i *termini* che indicano il numero degli assi (*limes secundus*, *limes tertius*, etc.) o la distanza in piedi⁶⁴⁹, e quelli che invece servivano a definire il tracciato rettilineo del *rigor* (allineamento ideale evidenziato da segnacoli⁶⁵⁰) poi del *limes* (materializzazione dell'asse attraverso la costruzione di una via)⁶⁵¹.

La pertica di Lucca "impostata con molta approssimazione secondo orientamento astronomico"⁶⁵² interessò la piana dell'*Auser*, a sud-est dell'attuale città di Lucca, e la fascia pianeggiante che si estendeva tra le colline di Montecarlo, Montalbano e Arno, a nord dell'*ager pisanus*. La colonia venne dedotta in epoca augustea, come la vicina *Volaterrae*, e la sua fondazione è attestata da un'iscrizione funebre⁶⁵³ in onore di *L. Memmius C.* che fu *praefectus legionum XXVI et VII* alle quali vennero assegnati i territori di Lucca durante gli anni successivi la battaglia di Filippi e di Azio⁶⁵⁴.

II.2.3. Questioni sulla *limitatio*

Nel testo del *Liber coloniarum*, precedentemente analizzato, non esiste un riferimento esplicito alla colonia di *Pisae*, tuttavia è lecito supporre che anche la centuriazione pisana venne realizzata secondo le procedure adottate in occasione delle deduzioni di epoca triumvirale-augustea e descritte nella *Lex Iulia*, dunque suddivisa in centurie quadrate di 2400 piedi di lato con una superficie totale di 200 *iugera*.

Come riportato nel paragrafo precedente il numero dei coloni assegnatari delle centurie è incerto, per tanto non è facile stabilire l'estensione della *pertica* pisana e il numero di centurie che essa comprendeva.

I confini dell'*ager pisanus*, all'interno dei quali venne tracciata la centuriazione, sono generalmente posti tra la Versilia a nord, il fiume Fine a sud e il fiume Era a est che sanciva il limite naturale con l'*ager Volaterranus*⁶⁵⁵. Come accennato nei paragrafi precedenti, la conformazione della linea di costa di epoca romana per il settore compreso tra la città di Livorno e l'attuale foce del Serchio, sino alla città di Luni si caratterizzava da una differente conformazione geomorfologica. Dall'attuale zona di Livorno, caratterizzata da un bacino lagunare interno che ospitava l'antico *Portus Pisanus*⁶⁵⁶, la linea di riva costeggiava le sabbie pleistoceniche di Coltano, il sito di San Piero a Grado (il termine *gradus* nella terminologia marina indica la foce, il passaggio di acque)⁶⁵⁷ e proseguiva verso Isola di Migliarino, attestandosi a circa 6 km ad est della linea di riva attuale in corrispondenza dell'Arno e di circa 4 km in corrispondenza di Stagno⁶⁵⁸ (a sud dell'Arno) e di

649. (Brunet *et al.* 2008, 5)

650. (Rosada 2010, 135)

651. (Chouquer 2016)

652. (Castagnoli 1946, 56)

653. CIL VI 1460

654. (Ciampoltrini 2008, 13)

655. (Pasquinucci & Menchelli 2008, 115)

656. (Allinne *et al.* 2016; Kaniewski *et al.* 2018)

657. (Mosca 2004, 325)

658. (Federici & Mazzanti 1989, 596)

Isola di Migliarino (a nord dell'Arno). Nel tratto a nord del fiume Serchio correva nei pressi della sponda occidentale dell'ampia area lacustre di Massaciucoli, un tempo più estesa, fiancheggiava il lago di Porta per giungere al sito di Luni⁶⁵⁹. La vasta depressione di Massaciucoli, un tempo estesa sino alle aree di Montramito e Massarosa⁶⁶⁰ fu interessata già in epoca romana da importanti interventi idraulici come sembrano attestare le *Fossae Papirianae* citate nella *Tabula Peutingeriana* e riferibili ad “un antico canale navigabile collegato con l'antico bacino e con verosimili opere di bonifica”⁶⁶¹.

I confini settentrionali dell'*ager pisanus* furono, nel 168 a.C., oggetto di una contesa territoriale tra le colonie di Pisa e di Luni come ricorda un passo di Tito Livio⁶⁶². La questione riguardava alcuni territori che secondo i legati di Pisa erano stati ingiustamente sottratti dalla loro giurisdizione oltrepassando di fatto il confine stabilito; mentre i Lunensi affermavano che tale porzione era stata loro assegnata dai triumviri al momento della prima deduzione coloniale risalente al 177 a.C.⁶⁶³. Sulla base di tale notizia storica L. Banti sostenne che i territori della colonia di *Luna* confinassero con quelli di *Pisae* presso la località di Pietrasanta, tra Ponte di Strada e Fiuemetto⁶⁶⁴. La questione anima da tempo il dibattito tra gli studiosi: secondo taluni l'*ager pisanus* si sarebbe esteso fino al bacino del lago di Porta considerando i dati archeologici una testimonianza della “continuità territoriale in tutta la Versilia”. Secondo altri ricercatori il territorio di Luni si sarebbe esteso fino all'antico corso del fiume Versilia, che sfociava in mare nei pressi di Pietrasanta, riconoscendo l'uniformità del reticolo centuriale visibile dal fiume Frigido a nord fino al comune di Pietrasanta a sud, “o forse ancora più a sud di esso fino ad un limite non definibile”⁶⁶⁵. La presenza della vasta area lacustre di Massaciucoli renda ancora più incerta la definizione di tali confini.

Mentre nel settore orientale il confine con i territori della colonia di *Volaterrae* era sancito dal corso del fiume Era⁶⁶⁶. Resta tuttavia argomento di studio l'appartenenza della Media e Bassa Valdera in destra del fiume alla colonia di *Volaterrae* ipotizzata da alcuni studiosi sulla base dell'analisi delle tracce centuriali visibili nella cartografia attuale⁶⁶⁷.

Le tracce della centuriazione, visibili all'interno di questo vasto territorio per una estensione totale di circa 200 km², interessano il settore a nord del fiume Arno compreso tra il corso attuale del fiume Serchio (con labili tracce in destra del fiume) e il versante sud-orientale dei Monti Pisani; mentre a sud del fiume Arno le tracce si individuano dal settore periurbano della città di Pisa sino ai comuni di Pontedera e Ponsacco; labili tracce sono state individuate anche a est del fiume Era.

In un territorio solcato da fiumi di maggiore portata si pone pertanto la questione relativa al rapporto esistente tra il tracciamento della *pertica* e gli antichi corsi fluviali che in epoca passata avevano un percorso differente da quello attuale. Tralasciando per il momento la problematica paleoidrografica,

659. (Fabiani 2006, 26–27)

660. (Fabiani 2006, 39)

661. (Pasquinucci 2003b, 98)

662. (Livio 45, 13, 10)

663. (Fabiani 2006, 40)

664. (Castagnoli 1946, 55; Sangriso 1999)

665. (Fabiani 2006, 40–44)

666. (Pasquinucci & Menchelli 2008, 115)

667. (Ciampoltrini 2008, 20)

che verrà trattata maggiormente nella III e IV parte, sembra tuttavia interessante comprendere le soluzioni adottate dagli agrimensori romani nelle procedure di *limitatio* dei territori attraversati da fiumi di grande portata come nel caso del fiume Arno. In particolare, dall'analisi dei testi gromatici emergono due problematiche: la prima legata all'instabilità del fiume che poteva "invadere" il paesaggio centuriato; la seconda relativa alle procedure di agrimensura e di *sortitio*⁶⁶⁸ fissate nelle leggi agrarie che potevano escludere o includere l'area fluviale dai territori assegnati⁶⁶⁹. Nel caso di esclusione la legge agraria prevedeva che le aree attraversate dal fiume non fossero comprese nelle assegnazioni procedendo pertanto ad una *fluminum modus assignatio*. In questo modo venivano delimitati i terreni riservati al corso d'acqua, che potevano comprendere soltanto l'alveo o anche le zone di massima esondazione fluviale, e classificati fra i *subseciva*, che correvano in mezzo ai terreni assegnati, o fra l'*ager extra clusum*, ai margini delle singole centurie. La distinzione tra le due categorie non era di carattere giuridico ma piuttosto tecnico, ad indicare due differenti modi di individuare le aree rimaste escluse dall'effettiva *assignatio*⁶⁷⁰. Le aree *ultra ripas* venivano talvolta vendute ai privati e spesso erano oggetto di occupazioni abusive poi legittimate⁶⁷¹.

Il caso della colonia di *Pisaurus* è in questo senso esemplare: le aree di pertinenza dell'alveo del fiume Foglia e quelle ad elevato rischio di inondazione, *ultra ripas*, vennero escluse dalle assegnazioni divenendo dunque di proprietà pubblica (*agri subsecivi*); mentre le zone più stabili furono suddivise e assegnate ai cittadini⁶⁷². Secondo alcuni studiosi, la zona riservata al corso fluviale avrebbe funto da cassa di espansione in caso di piene, permettendo così di "alleggerire" la portata del fiume nei pressi del centro urbano di Pesaro⁶⁷³.

Se invece il corso d'acqua non veniva escluso dalle procedure di *limitatio*, i coloni potevano ricevere dei lotti in parte occupati dal letto del fiume e in parte coltivabili⁶⁷⁴. Non è chiaro tuttavia se i tratti dei fiumi compresi nei lotti assegnati divenivano di proprietà privata o se invece rimanevano di proprietà pubblica. Ad ogni modo quello che emerge dall'analisi dei testi gromatici e giuridici è l'errata convinzione "che la condizione delle acque dipendesse necessariamente da quella del suolo su cui esse scorrevano"⁶⁷⁵. L'inserimento dell'alveo all'interno dei territori centuriati avrebbe inoltre permesso un maggior controllo dei confini catastali, talvolta coincidenti con gli argini del corso fluviale⁶⁷⁶.

Nel caso della pianura di Pisa, interessata in particolare dal passaggio del fiume Arno, entrambi le soluzioni sono al momento ipotizzabili, soprattutto in assenza di chiari riferimenti nei testi gromatici. È possibile dunque che le zone relative al passaggio del fiume e in prossimità dell'alveo fluviale vennero delimitate ma escluse dalle assegnazioni o ridistribuite come *subseciva*; o

668. (Chouquer & Favory 2001, 461), voce *Sortitio*. procedura relativa alle assegnazioni dei lotti secondo il sorteggio dei nomi dei coloni.

669. (Chouquer 2014, 388–90)

670. (Casciano 2004, 60–63)

671. (Barra 1998, 25)

672. (Campagnoli & Dall'Aglio 1997, 68–69; Chouquer 2014, 390–92)

673. (Campagnoli & Dall'Aglio 1997, 68)

674. (Chouquer 2014, 389)

675. (Casciano 2004, 63–65)

676. (Campagnoli & Dall'Aglio 1997, 69)

che al contrario tutti i terreni vennero divisi e assegnati, compreso l'alveo fluviale e le zone di massima esondazione.

Tra le aree che non furono limitate è possibile inserire inoltre le zone paludose (*palus*) o soggette al ristagno delle acque superficiali che venivano adibite ad attività economiche quali il pascolo e la pesca, come verosimilmente avvenne per il settore sud-occidentale della pianura, dove recenti indagini geoarcheologiche hanno confermato la presenza di una vasta zona palustre nel settore di Coltano e Stagno⁶⁷⁷. Recenti indagini hanno inoltre dimostrato che nei testi gromatici, con preciso riferimento all'Etruria, si fa menzione dei cosiddetti *loca communalia*, ovvero di terreni *non divisi et assignati* che probabilmente conservarono la loro condizione giuridica preesistente e la natura pubblicistica riferibile all'epoca etrusca. Queste proprietà, a differenza dei *compascua* romani, ovvero dei pascoli concessi ad uso privatistico ai coloni romani, appartenevano alle comunità preesistenti alla deduzione della colonia e probabilmente erano in prevalenza caratterizzati da pascoli e selve. Il termine venne ripreso in epoca medievale per indicare i beni comuni appartenuti alle comunità rurali, trasmettendo dunque la natura pubblicistica dei *communalia* etruschi⁶⁷⁸. L'assenza di chiari riferimenti documentari non ci consente di chiarire la natura giuridica dei territori della colonia pisana ma non è escluso che in parte vennero conservate strutture agrarie o forme di gestione del territorio preesistenti.

Sulla base delle indagini archeologiche⁶⁷⁹ condotte in prossimità di fossi di drenaggio connessi all'impianto centuriale (area Scheibler, Pisa) è possibile supporre che il tracciamento degli assi centuriali iniziò tra la fine del I secolo a.C. e l'inizio del I secolo d.C., in una fase immediatamente successiva la *deductio* della colonia triumvirale. D'altronde le ricerche condotte sugli insediamenti rurali di epoca romana dislocati in tutto il territorio centuriato confermano un'occupazione dalla tarda età repubblicana e sino talvolta l'epoca altomedievale. Tuttavia, la realizzazione della griglia centuriale dal momento della sua costruzione teorica (*rigores*) alla sua materializzazione al suolo poteva avvenire in differenti fasi. Il concetto di "reificazione progressiva" della centuriazione, sviluppato da F. Favory, indica infatti il ritardo temporale esistente tra il progetto politico della *limitatio* e le forme e i tempi di materializzazione degli assi centuriali⁶⁸⁰. Questo "ritardo" giustifica la difficoltà di datare una centuriazione spesso riscontrata nelle indagini archeologiche condotte in prossimità degli assi centuriali. Nel caso delle ricerche realizzate nell'ambito del progetto *Archeomedes*, in prossimità della centuriazione B di Orange, l'insufficienza di elementi cronologici spesso non consentiva di attribuire una datazione precisa ai fossati e ai sentieri riferibili comunque, per connessioni stratigrafiche, ad una fase "antica" dell'impianto centuriale. Un fossato, ad esempio, può essere stato utilizzato e riscavato più volte a distanza di anni, oppure materializzato qualche secolo più tardi l'avvio del progetto di centuriazione⁶⁸¹. Tuttavia, i dati

677. (Allinne *et al.* 2016)

678. (Tassi Scandone 2009)

679. L. La Rosa 2012, Schede di intervento n. 187-193-194-195-196, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. "Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002" a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003) consultata presso l'Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, sede di Pisa.

680. (Favory 1997)

681. (Chouquer 2008b, 870)

archeologici relativi alla *pertica* pisana sono al momento piuttosto esigui e non consentono di valutare un'effettiva “dilatazione temporale” esistente tra i tempi di concezione dell'impianto centuriale e i tempi di realizzazione per l'epoca romana.

II.2.4. Storia degli studi sulla centuriazione pisana

I primi studi relativi alle tracce della centuriazione visibili nella pianura pisana risalgono alla fine degli anni 30' del secolo scorso, ad opera di P. Fraccaro che sulla base della metodologia carto-topografica, identificò nel territorio compreso tra Pisa e Ponsacco i cardini e i decumani del “reticolato agrimensorio romano” caratterizzato da centurie quadrate di 710 metri di lato per un'estensione complessiva di 200 *iugera* (**Figura 17, A**).

I limiti della centuriazione conservati nella pianura pisana sotto forma di strade e di fossi, come Fraccaro constatò, non sono di origine antica ma piuttosto il risultato degli interventi antropici (costruzione di strade, escavazione di fossi) operati nel corso dei secoli. L'autore sottolineava inoltre l'importanza di ricostruire la storia del corso del fiume Arno che con le sue anse “irrompe” nella centuriazione nel tratto compreso tra Pisa e San Frediano, mostrando un certo interesse alla questione paleoidrografica⁶⁸².

Le ricerche condotte a partire dagli anni 80' in diversi settori dell'*ager pisanus* integrarono all'analisi carto-topografico delle tracce centuriali, numerose indagini archeologiche (ricognizioni di superficie e scavi) allo scopo di ricostituire i caratteri principali del sistema insediativo rurale di epoca romana (distribuzione, tipologia degli abitati, economia, produzione)⁶⁸³. Gli studi sul reticolo centuriale confermarono i risultati delle ricerche condotte da P. Fraccaro con il riconoscimento di un maglia formata da quadrati di 20 *actus* di lato (710 m circa) che si estendeva dalla zona di Vecchiano e San Giuliano a nord, alla zona di Coltano a sud-ovest e sino al territorio di Ponsacco a est. Alcune tracce vennero individuate anche a sud di Ponsacco, tra Perignano e Capannoli e in destra del fiume Era (**Figura 17, B**). Secondo le ricostruzioni, la *pertica* pisana era costituita da “sistemi centuriali giustapposti” con lievi divergenze di orientamento (28°33' da Nord nel settore di Cascina, 31°25' da Nord nel settore di Coltano e 33° da Nord nel settore di Ponsacco) che permettevano di adattare il reticolo alle differenti pendenze della superficie topografica antica. I cardini con un'inclinazione NE-SO e i decumani ad essi perpendicolari sopravvivono sotto forma di strade e fossi di drenaggio⁶⁸⁴. Nel settore compreso tra l'area di Coltano e Stagno, ad esempio, tracce della centuriazione sono conservate sotto forma di “due vie campestri distanti tra loro 710 metri circa, e un fossato che corre parallelo ad essi ad una distanza di 355 metri circa”, interpretabile dunque come un *limites intercisivus*⁶⁸⁵.

All'attività di riconoscimento del reticolo centuriale si affiancò inoltre la lettura delle fotografie aeree storiche che permise di individuare numerose anomalie da vegetazione e da umidità coerenti con la griglia centuriale, come ad esempio nel settore nord-occidentale della pianura nei pressi di

682. (Fraccaro 1939)

683. (Pasquinucci 1986, 33–41)

684. (Pasquinucci *et al.* 1994, 19–20)

685. (Menchelli 1984)

Campaldo e della stazione di Pisa S.Rossore⁶⁸⁶. La fotointerpretazione archeologica fu condotta per il territorio di Pisa in particolare da Marcello Cosci che nelle sue numerose indagini, basate anche sullo studio delle immagini satellitari e all'infrarosso, riconobbe non soltanto le tracce fossili della centuriazione, ma numerose anomalie riferibili alle variazioni dei percorsi fluviali e/o strutture antropiche sepolte⁶⁸⁷. Recenti indagini condotte nell'ambito del progetto Mappa per il settore compreso tra la città di Pisa, il comune di San Giuliano e di Cascina, hanno permesso di realizzare una "Carta delle tracce archeologiche"⁶⁸⁸, integrando alla fotointerpretazione l'analisi delle immagini satellitari⁶⁸⁹. Tra le 1500 anomalie individuate tramite l'analisi delle fotografie aeree storiche realizzata su supporto GIS, sono state riconosciute numerose tracce, attive e fossili, riferibili alla centuriazione di Pisa⁶⁹⁰. Lo studio ha così permesso di ricostruire "con maggior dettaglio e precisione" la serie di strade, di fossi e di limiti campestri che seguono lo stesso orientamento della centuriazione e che in taluni casi sono riconosciuti come i cardini e i decumani (tracce da sopravvivenza) mentre in altri casi vengono interpretati come *limites intercisivi*.

Tuttavia, pur riconoscendo l'importanza del lavoro di fotointerpretazione svolto, è necessario menzionare che nella cartografia risultante non vengono distinte le tracce fossili (anomalie da vegetazione), che in taluni casi trovando riscontro nelle indagini archeologiche sono riferibili all'epoca romana come nel caso dell'area Scheibler⁶⁹¹, e le tracce da sopravvivenza ovvero di assi viari, di limiti parcellari, di fossi di drenaggio che attualmente o nel paesaggio post-bellico, ancora non fortemente urbanizzato, riprendono l'orientamento degli assi centuriali. Inoltre, l'assenza di uno studio morfologico e metrologico degli assi individuati pone alcuni problemi interpretativi riguardo il riconoscimento di *limites intercisivi* e di suddivisioni agrarie interne alla centurie riferibili all'epoca romana.

La ricerca condotta nell'ambito del progetto Mappa ha inoltre permesso l'identificazione di numerose anomalie riferibili a probabili paleoalvei fluviali classificati secondo il "grado di attendibilità" che definisce la frequenza delle paleotracce nei fotogrammi esaminati, strutture antropiche quali ippodromi e linee ferroviarie in disuso⁶⁹². L'integrazione delle immagini satellitari a medio-alta risoluzione dei satelliti SPOT, ALOS, AVNIR-2 e TERRA ASTER ha consentito infine di "convalidare" molte delle paleotracce individuate tramite la fotointerpretazione⁶⁹³, e di identificare nuove anomalie riferibili ad esempio all'antico percorso del fiume Arno⁶⁹⁴.

Nel corso degli ultimi anni inoltre le ricerche topografiche condotte sulle tracce del reticolo centuriale si sono avvalse delle nuove metodologie e tecnologie applicate all'archeologia. Nel

686. (Cosci 1990)

687. (Bini *et al.* 2012a, 131; Cosci 2005; Cosci & Spataro 2006; 2008)

688. (Bini *et al.* 2012a)

689. (Bini *et al.* 2012a; 2012b)

690. (Bini *et al.* 2012a)

691. (Bini *et al.* 2012a, 143–44; Bonamici 1989; Fabiani *et al.* 2013, 181–83); L. La Rosa 2012, Schede di intervento n. 262-48-49-187-193-194-195-196, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. "Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002" a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003) consultata presso l'Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, sede di Pisa.

692. (Bini *et al.* 2012a, 135–56)

693. (Bini *et al.* 2012b)

694. (Bini *et al.* 2012b, 219)

settore compreso tra Ripoli e Navacchio, ad esempio, sono state condotte delle indagini geofisiche in prossimità di tracce riferibili agli assi centuriazione che in particolare nei pressi della località di S. Sisto hanno rilevato ad una profondità di circa 0,5 metri dal p.d.c. la presenza di un'anomalia interpretabile come un possibile fondo stradale affiancato da un canale laterale⁶⁹⁵. Tuttavia, l'assenza di indagini stratigrafiche mirate non hanno permesso di confermare la natura della traccia individuata.

Numerose sono inoltre le investigazioni archeologiche che, costantemente affiancate al lavoro di riconoscimento degli assi del reticolo centuriale all'interno dei confini dell'*ager pisanus*, hanno permesso di ricostruire il sistema insediativo rurale connesso con l'installazione della centuriazione⁶⁹⁶ e che nelle prossime pagine cercheremo di sintetizzare. Le fattorie costituivano il nucleo principale del popolamento rurale di epoca romana, e si caratterizzavano generalmente da fondazioni in pietra ed elevato in mattoni con copertura in legno (travatura), tegole e coppi. Tuttavia, il rinvenimento di elementi architettonici quali colonne, mattoncini pavimentali di *opus spicatum* o *signinum* sembrano attestare un certo sviluppo economico⁶⁹⁷. Le piccole e medie aziende disseminate nell'*ager pisanus* producevano per la sussistenza e per il mercato, prediligendo le colture di cereali (in particolare la città di Pisa era nota per la produzione di una varietà di *triticum vulgare* detta *siligo*, come ricorda Plinio⁶⁹⁸, e dell'alica, un'altra varietà di cereale) e di beni commerciabili quali l'uva (l'*uva Pariana* come ricorda Plinio⁶⁹⁹) e l'olio che venivano ridistribuiti attraverso l'utilizzo di contenitori (anfore) prodotti localmente, almeno fino al IV secolo d.C.⁷⁰⁰.

La produzione ceramica rappresentò una delle attività economiche principali del territorio pisano di epoca romana come dimostrano i numerosi centri di produzione attestati nel contesto urbano e rurale. In particolare, nel settore settentrionale della città di Pisa è stato riportato in luce un esteso quartiere artigianale (zona di via S. Zeno, via S. Stefano e via Contessa Matilde) specializzato nella produzione di terra sigillata che conobbe una rapida diffusione in tutto il mondo romanizzato. Le botteghe artigianali, adibite anche alla produzione di anfore (Dressel 2-4), *dolia* e laterizi, si situavano in destra e in sinistra di un ramo del fiume *Auser* che un tempo scorreva in prossimità nel settore nord della città. Altri centri di produzione ceramica erano distribuiti sulla costa (Isola di Migliarino) e nel settore meridionale (Cà Lo Spelli) e orientale (Le Melorie) della pianura. Alle attività agricole e manifatturiere (produzione della ceramica, cantieristica navale) si affiancavano quelle mercantili come testimoniano i numerosi porti disseminati lungo la costa (da sud *Portus Pisanus*, San Piero a Grado, scalo urbano di Pisa S. Rossore e Isola di Migliarino)⁷⁰¹.

Durante le prospezioni condotte nel territorio tra Vecchiano e San Giuliano terme, ai piedi dei Monti Pisani, vennero individuate quattro fattorie databili tra la fine del I secolo a.C. e il V secolo d.C.⁷⁰². Nel corso degli ultimi anni nel territorio del Comune di San Giuliano sono state

695. (Marchisio *et al.* 2000)

696. (Pasquinucci 1986, 33–41)

697. (Pasquinucci & Menchelli 2017, 335; Pasquinucci 1986, 33–41)

698. (Plinio, N.H. 18, 86 s.; 18, 109)

699. (Plinio, N.H. 14, 39)

700. (Pasquinucci *et al.* 1994, 21)

701. (Pasquinucci *et al.* 1994, 21–22; Pasquinucci & Menchelli 2017; Pasquinucci 1986, 42–43)

702. (Pasquinucci 1988, 83; Vaggioli 1990, 141–43)

riprese operazioni di *survey* archeologico che hanno permesso di raccogliere nuovi dati relativi al popolamento rurale antico e di valutare l'impatto antropico (arature) sullo stato di conservazione del materiale archeologico rinvenibile in superficie⁷⁰³.

A nord della città di Pisa, nel settore compreso tra Campaldo, a ovest di via Pietrasantina, e la statale SS12 fino all'altezza di via La Figuetta, le indagini di superficie e le operazioni di scavo hanno consentito di individuare numerosi insediamenti rurali databili tra la tarda età repubblicana e l'età imperiale ad eccezione dei rinvenimenti in località Campaldo che testimonia un'occupazione fino in età altomedievale. Ad esempio, gli scavi condotti nei pressi di via di Gello hanno riportato in luce un portico appartenuto ad una fattoria o probabilmente ad una *villa* risalente al I sec d.C. che doveva situarsi poco più a sud dell'area indagata⁷⁰⁴.

Nel settore sud-occidentale della pianura, nei territori tra Coltano e Stagno vennero individuate "tre aree di frammenti fittili" riconducibili a strutture abitative di epoca romana occupate tra la fine del I secolo a.C. e il IV-V secolo d.C.⁷⁰⁵. Ulteriori scavi condotti nella località di Isola di Coltano nel corso degli anni successivi ed integrati ad indagini geofisiche (*magnetical survey*) hanno riportato in luce i resti di un insediamento risalente all'età del Bronzo, specializzato nella produzione di sale⁷⁰⁶.

Nel settore orientale della pianura pisana, tra il comune di Pontedera e di Ponsacco, le indagini di superficie hanno rilevato la presenza di 37 "siti" rurali sorti all'epoca dell'*assignatio* e attive fino al III o al V secolo d.C.. Gli abitati vennero costruiti su nuclei insediativi preesistenti e soltanto in alcuni casi costruiti *ex novo*⁷⁰⁷. Mentre nei pressi dello Scolmatore dell'Arno, in località Badia, venne rinvenuto a circa un metro dal piano di campagna lo strato di disfacimento di un insediamento di epoca romana occupato dalla fine del I secolo a.C. e almeno fino al II secolo d.C.⁷⁰⁸. In località Le Melorie, in prossimità di un paleoalveo probabilmente riferibile all'antico passaggio del fiume Cascina o di un canale da esso derivato, venne rinvenuta, ad una profondità compresa tra 1 e 1,5 m dal p.d.c. una fornace di forma rettangolare utilizzata per la produzione di mattoni, tegole e mattonelle pavimentali esagonali e connessa alla *villa rustica* individuata nelle vicinanze in stato di disfacimento. I rinvenimenti di superficie (edilizi e ceramici) confermarono che l'abitato, alla quale era connesso l'impianto produttivo, venne occupato prevalentemente dall'età tardo-repubblicana sino al periodo alto imperiale⁷⁰⁹. Nell'area delle Melorie è inoltre attestata una prima fase di occupazione di epoca etrusca, databile tra il VI e il V secolo a.C.. I rinvenimenti archeologici testimoniano il ruolo produttivo e commerciale dell'insediamento che probabilmente ospitava una struttura manifatturiera⁷¹⁰.

Un altro centro di produzione ceramica di epoca romana, databile tra il II-I secolo a.C. e il I secolo d.C., si situa nel settore meridionale dell'*ager pisanus*, in località Ca' Lo Spelli⁷¹¹.

703. (Menchelli 2016, :8)

704. (Fabiani *et al.* 2013, 181–84)

705. (Menchelli 1984, 258–61)

706. (Pasquinucci *et al.* 2001; Pasquinucci & Menchelli 2002)

707. (Pasquinucci *et al.* 1997, 240)

708. (Ciampoltrini 2004, 63–64)

709. (Pasquinucci *et al.* 2008)

710. (Ciampoltrini *et al.* 2006; Pasquinucci *et al.* 2008)

711. (Ducci 2006; Ducci *et al.* 2007)

Per quanto riguarda gli altri centri produttivi, nei pressi della Scafa di Pontedera, sono state rinvenute ad una profondità compresa tra 1 m e 1,5 metri dal p.d.c. le strutture relative ad un *lacus vinarius* di età romana, rioccupate in epoca altomedievale e adibite ad uso funerario⁷¹². Mentre nel comune di Camaiore ai confini settentrionali dell'*ager pisanus* è stato rinvenuta una fattoria romana con annesso un impianto per la produzione di olio, conosciuto come il Frantoio dell'Acquarella, in uso dalla fine del II secolo a.C. al VI secolo d.C., e che al momento rappresenta l'unico impianto per la produzione olearia rinvenuto tra i territori di Pisa e Luni⁷¹³.

Nel settore più meridionale dell'*ager Pisanus* al confine con l'*ager Volaterranus* occidentale, non sono state rinvenute tracce centuriali che attestino probabili assegnazioni agrarie. Tuttavia, le indagini di superficie hanno permesso di riconoscere un numero elevato di fattorie (abitati di modeste dimensioni a carattere rurale) sorte nella seconda metà del I secolo a.C. come conseguenza del definitivo processo di romanizzazione del territorio. Gli abitati rurali, attivi nella maggior parte dei casi fino al V secolo d.C., sembrano distribuiti senza sostanziali differenze tra l'*ager pisanus* e l'*ager volaterranus*⁷¹⁴.

Alle *villae rusticae*, distribuite in tutto il territorio centuriato, si affianca il rinvenimento di una *villa* aristocratica di epoca augustea, rinvenuta nei pressi di Massaciuccoli e probabilmente appartenuta alla *gens* pisana dei *Venulei Apropiani*⁷¹⁵.

Nonostante i numerosi rinvenimenti archeologici, le ricerche di superficie sono tuttavia condizionate dallo spessore dei depositi di origine alluvionale che ricoprono i livelli più antichi, come è stato ad esempio evidenziato in prossimità del sito di podere Casanuova, nei pressi dello Scolmatore dell'Arno, dove i materiali romani vennero rinvenuti ad una profondità di 1,5-2 metri dal piano di calpestio⁷¹⁶.

Alle indagini archeologiche è stato inoltre integrato lo studio dei toponimi che conservano il ricordo degli antichi assi viari (*dacumano*, *degumano*), dei limiti (*termine*, *ducenta*) e dei possedimenti terrieri o *praedia* (Lavaiano da *Laberius*, *Appiano* o *Appius* oggi S.Piero a Piano, Gello da *Agellus*) riferibili all'epoca romana⁷¹⁷.

La gestione e l'analisi dei dati derivati dalle prospezioni e dagli scavi archeologici in ambiente GIS sviluppata sin dagli anni 90⁷¹⁸, il ricorso ai dati da *remote sensing*, le indagini geofisiche (*magnetometric survey*), le indagini quantitative e qualitative (analisi chimiche) condotte sui materiali rinvenuti nel corso delle operazioni archeologiche (prospezioni o scavo), le indagini toponomastiche hanno dunque permesso di sviluppare un approccio interdisciplinare e diacronico, capace di ricostruire i caratteri sociali, economici e culturali del sistema insediativo di epoca romana, e anche le dinamiche di occupazione della pianura pisana nella lunga durata.

712. (Alberigi & Ciampoltrini 2012)

713. (Fabiani & Paribeni 2012)

714. (Cherubini & Del Rio 1995)

715. (Fabiani & Paribeni 2012, 23)

716. (Pasquinucci 1986, 33-41)

717. (Pasquinucci *et al.* 1994, 20-21; 1997b, 240; Pasquinucci 1986, 34)

718. (Anichini *et al.* 2011; Fabiani & Gattiglia 2012; Pasquinucci & Menchelli 2012b, 1008)

II.3. Una lettura morfologica e metrologica della Pianura di Pisa

II.3.1. Il supporto GIS

L'analisi morfologica e metrologica del reticolo centuriale e dello spazio centuriato è stata realizzata tramite il software GIS, che attraverso l'integrazione della documentazione cartografica e fotografica ha permesso di riconoscere e georeferenziare tutte le tracce connesse alla centuriazione pisana e ad altre forme di pianificazione agraria e urbana.

Oltre all'identificazione delle forme del paesaggio, lo strumento GIS consente di calcolare gli orientamenti prevalenti degli elementi lineari (limiti parcellari, strade, fossati) e poligonali (parcelle agrarie e urbane) e di caratterizzarne la geometria (forma, area, perimetro, lunghezza). La metodologia del calcolo automatizzato degli orientamenti è stata ampiamente sviluppata nella tesi di R. Brigand sullo studio della pianura centuriata veneta⁷¹⁹ consentendo di individuare i limiti e le griglie ortogonali e dunque di definire gli orientamenti prevalenti in un *range* compreso tra 0° e 90°. Il filtraggio automatico degli orientamenti è stato inoltre esteso all'analisi del parcellare del catasto ottocentesco, in un intervallo compreso tra 0 e 180° permettendo di osservare tutte le inclinazioni predominanti non ortogonali⁷²⁰.

Il procedimento adoperato nel caso della pianura di Pisa ha riguardato in un primo momento la digitalizzazione di tutte le tracce riferibili alla centuriazione (*cardines, decumani, limites intercisivi*) con l'ausilio di una griglia teorica costruita tramite supporto GIS. L'analisi delle tracce è stata svolta su differenti supporti cartografici e fotografici: oltre il catasto attuale è stato infatti adoperato il Catasto Leopoldino, le fotografie aeree storiche IGM (volo 1954 e 1973) nonché le immagini satellitari (Google Earth). Lo studio ha riguardato il riconoscimento delle forme del paesaggio agrario attuale che trasmettono gli allineamenti e il modulo metrico del sistema ortogonale, e l'osservazione di tutti i fenomeni di "deformazione" del reticolo centuriale.

Il calcolo degli orientamenti predominanti delle tracce centuriali e di tutti gli elementi lineari e poligonali dello spazio centuriato è avvenuta tramite il supporto MorphAL (version 0.1), una estensione del software GIS, che consente il calcolo automatico degli orientamenti, delle lunghezze e delle superfici. MorphAL⁷²¹, nato come acronimo di "analisi morfologica", è un programma *open source* sviluppato come *plugin* di OpenJUMP⁷²² in occasione del progetto "ANR Alpage". L'estensione GIS è stata concepita per automatizzare l'analisi delle forme lineari (calcolo degli orientamenti) e delle forme poligonali (grado di rettangolarità) nello studio dello spazio urbano della città di Parigi nella lunga durata⁷²³.

All'interno del sistema MorphAL gli orientamenti, espressi in gradi, vengono calcolati in relazione all'est cartografico, come in una circonferenza goniometrica in cui 0° corrisponde appunto all'est

719. (Brigand 2010)

720. (Brigand 2009)

721. Scaricabile tramite il sito <http://alpage.huma-num.fr/fr/ressources/extension-sig>, ultimo accesso: 24/09/2015.

722. <http://www.openjump.org>.

723. (Noizet & Grosso 2011)

e 180° corrisponde all'ovest. L'orientamento è definito come l'angolo formato dall'asse delle ascisse (x), in un quadrante compreso tra 0 e 180°, e il segmento considerato. Nel caso dell'analisi del reticolo ortogonali il quadrante può essere ridotto ad un intervallo compreso tra 0° e 90°. I risultati ottenuti all'interno di MorphAL sono stati successivamente riclassificati all'interno del software GIS, grazie allo strumento di analisi *Dissolve* che consente di raggruppare per classi di orientamento i segmenti o le superfici analizzati. In questo modo è stato possibile osservare gli orientamenti predominanti in un intervallo compreso tra 0 e 90° per gli assi perpendicolari e tra 0 e 180° per le forme non ortogonali.

Il supporto MorphAL consente inoltre di caratterizzare la geometria degli elementi poligonali, ovvero di definire il “grado di rettangolarità” delle parcelle analizzate. L'analisi è basata sul calcolo della distanza superficiale (SD) esistente tra il poligono considerato e il minimo rettangolo circoscritto, e tra il poligono considerato e una superficie esterna convessa. La distanza superficiale calcolata (SD) è definita tra un valore minimo di 0 per le forme simili e 1 per le forme dissimili.

Le parcelle vengono così classificate secondo il loro grado di rettangolarità in 4 gruppi principali: i “rettangoli di primo grado” che hanno una distanza superficiale o SD inferiore a 0.05; “i rettangoli di secondo grado” con il valore SD inferiore a 0.10; infine “i rettangoli di terzo grado” il cui valore superficiale (SD) è inferiore a 0.15. Tutti gli altri poligoni vengono classificati come non rettangoli. Tale strumento consente inoltre di calcolare l'orientamento, il perimetro e l'area dei poligoni analizzati.

II.3.2. L'analisi del reticolo centuriale

La prima fase di indagine ha riguardato lo studio delle “forme intermedie” della centuriazione ovvero degli assi principali, i cardini e i decumani, che delimitano le centurie, e dei *limites intercisivi* che suddividevano le centurie in lotti agrari secondo le prescrizioni della legge agraria romana. L'analisi morfologica è stata svolta sulla base del catasto attuale e sui fogli del Catasto Leopoldino del 1830, visualizzabili tramite connessione WMS sul sito della Regione Toscana⁷²⁴ o tramite l'applicazione web del Progetto CASTORE⁷²⁵, permettendo così di analizzare la dinamica di trasformazione e di trasmissione della griglia centuriale nel corso degli ultimi due secoli circa. Al supporto cartografico sono state integrate le fotografie aeree storiche e le immagini satellitari al fine di individuare il parcellare fossile riferibile alla griglia centuriale.

II.3.2.1. I cardini e i decumani

La lettura morfologica del parcellare agrario e urbano, come evidenziato nei precedenti paragrafi, si basa sui principi dell'isoclinia (regolarità degli orientamenti), dell'isoassialità (regolarità degli allineamenti) e delle periodicità degli allineamenti, ovvero del rispetto di un modulo metrico che nel caso della centuriazione si riferisce alle unità di misura romane (piede romano, *iugerum*, *actus*).

724. <http://www502.regione.toscana.it/wmsraster/com.rt.wms.RTmap/wms?map=wmscastore&>

725. <http://www502.regione.toscana.it/castoreapp/>

Per facilitare il riconoscimento di tutte le forme del paesaggio che trasmettono l'orientamento, l'allineamento e il modulo metrico degli assi principali della centuriazione è stata realizzata una griglia teorica di 707 metri di lato (corrispondente al modulo di 2400 piedi di lato), costruita osservando gli allineamenti più significativi riferibili alla centuriazione. Il modulo prescelto è infatti quello che meglio corrisponde alle distanze degli allineamenti centuriali individuati nella morfologia agraria attuale. Come è possibile osservare nella **Figura 18** le tracce della centuriazione, seppur con lievi divergenze, sono maggiormente visibili nel settore centrale della pianura compreso tra la città di Pisa e il comune di Cascina. Nel settore orientale compreso tra Pontedera e Ponsacco prevalgono gli assi con orientamento NO-SE (decumani); mentre a sud del centro urbano di Cascina le tracce riferibili al reticolo centuriale si interrompono. Labili allineamenti sono ancora percettibili nel settore meridionale, in particolare nella zona tra Coltano e Stagno, e nel settore settentrionale, tra la città di Pisa e le aree ai piedi dei Monti Pisani dove sembra prevalere un fenomeno di trasmissione degli assi orientanti NE-SO (cardini).

L'integrazione del supporto MorphAL ha permesso di calcolare gli orientamenti prevalenti delle tracce rinvenute nel paesaggio agrario, in un *range* compreso tra 0° e 90° rispetto al nord geografico. Il calcolo statistico è stato realizzato sulla base della lunghezza complessiva di ogni classe di orientamento individuata (espressa in km) e rappresentato sotto forma di un grafico a linee. Gli assi riferibili alla griglia centuriale visibili nel paesaggio attuale seguono un orientamento prevalente di 29° E rispetto al nord geografico (N 29° E) corrispondenti a 61° rispetto allo 0° goniometrico (= 61° E) con un oscillazione di 8° compresa tra N 25° e 33° E (= 57°-65° E), **Figura 18**.

Nel paesaggio attuale è infatti possibile osservare come le strade, i limiti parcellari, le vie vicinali, i fossi di drenaggio, le canalette, rispettino le caratteristiche (modulo metrico, orientamento) degli assi principali della griglia centuriale (cardini e decumani) seppur con lievi variazioni, come nel caso del cardine di Musigliano, leggermente divergente rispetto all'ipotetico asse originario, e affiancato da fossi di scolo ad esso paralleli che seguono la naturale pendenza del terreno; o del decumano di Pierdicino materializzato sotto forma di una strada, la Via Piantalbis, dalla quale si dipartono una serie di fossi di drenaggio ad essa perpendicolari che seguono il lieve declivio da NE a SO (**Figura 19**).

Come nel caso delle centuriazioni della Romagna orientale⁷²⁶ l'analisi morfologica ha permesso di individuare una serie di fenomeni di deformazione degli assi principali e degli assi interni del reticolo centuriale dovuti a fattori naturali (variazione del percorso fluviale) e antropici (costruzione della nuova rete idrica o viaria). Nel caso della centuria cosiddetta di "Pagnatico", ad esempio, un cardine viene "trasformato" dalla costruzione della rete idrica attuale, in particolare dal fosso di S. Lorenzo, visibile nella cartografia ottocentesca. Nelle centurie comprese tra le località di Pettori e di S. Lorenzo alle Corti è possibile osservare come il tracciato degli assi principali, presumibilmente esistenti anche in epoca romana, viene modificato seguendo l'andamento degli argini del fiume Arno o si adatta alla nuova viabilità condizionata in questo caso dalla presenza della chiesa di S. Stefano a Pettori e del relativo villaggio, di origine medievale. L'analisi morfologica del reticolo centuriale, come sarà possibile osservare nel corso degli esempi successivi, mette in

726. (Chouquer 1981)

evidenza l'influenza reciproca tra la griglia centuriale e il sistema viario e insediativo di epoca medievale. Se da un lato pertanto gli assi vengono "trasformati", rispondendo a nuove esigenze di carattere pratico, dall'altro esercitano una forte influenza sulla nuova organizzazione dello spazio rurale, come è stato precedentemente messo in evidenza per le chiese medievali di Santa Lucia e di Latignano che si situano nelle vicinanze di un *limes* o al centro della centuria⁷²⁷. La pieve medievale di San Lorenzo alle Corti viene infatti edificata all'incrocio dei *limites* e il villaggio si sviluppa lungo gli assi centuriali conservandone l'orientamento (**Figura 20**).

Anche nel caso del "decumano" di Via San Donato, modificato nel suo aspetto originario, è possibile osservare come ai suoi lati si dispongono una serie di fossi perpendicolari alla strada che seguono la naturale pendenza del terreno per il drenaggio delle acque (da NE a SO); (**Figura 20**).

Nella centuria di Santa Lucia, a sud del Comune di Pontedera (**Figura 21**) gli assi centuriali vengono "attratti" dalla nuova rete viaria, convergente verso i centri di Pontedera, Ponsacco, Gello fondati in epoca medievale. Il tratto settentrionale del cardine di S. Lucia ad esempio si dirige verso l'attuale Via Valdera Sud e Via Roma che riprende l'antico tracciato che collegava i centri di Pontedera e Ponsacco; mentre il tratto meridionale si dirige verso la località di Gello. Tuttavia, la presenza di un'immaginetta religiosa all'incrocio dei limiti della centuria conferma il "potere attrattivo" del reticolo centuriale, che nonostante le notevoli variazioni di orientamento del parcellare interno alle centurie continua ad influenzare l'organizzazione dello spazio agrario. Lo stesso fenomeno è stato riscontrato tra le centurie di Ripoli e di Musigliano, all'incrocio tra un cardine e un decumano (**Figura 25**).

Lo studio dei catasti settecenteschi e ottocenteschi offre la possibilità di analizzare il processo di trasmissione e di trasformazione della centuriazione nel corso degli ultimi secoli, come è stato dimostrato nel caso della pianura bolognese⁷²⁸ o nella valle del Potenza⁷²⁹. Dall'analisi delle tracce centuriali svolta sulla base del Catasto Leopoldino del 1830 emergono differenti fenomeni di "rettificazione"⁷³⁰, "ritracciamento"⁷³¹ o "ampliamento", e di "cancellazione" degli assi centuriali avvenuti in una fase successiva al 1830 (**Figura 22**).

Ad esempio, l'attuale Via Bonanno che corre lungo il settore occidentale della città di Pisa trasmette l'andamento di un cardine della centuriazione che non compare nel catasto ottocentesco. L'assenza della traccia potrebbe attestare un fenomeno di "ampliamento" o di "ritracciamento" della maglia centuriale avvenuta soltanto in epoca recente (**Figura 23, A**). Mentre nel settore a sud di Pisa, l'asse centuriale visibile nel Catasto Leopoldino e trasmesso sottoforma di un fosso del reticolo idrico, è stato successivamente trasformato dal nuovo assetto urbano per cui oggi è possibile riconoscerne un breve tratto nell'attuale via Quarantola (**Figura 23, B**). A est dell'Aeroporto di Pisa è possibile osservare un secondo caso di "cancellazione" parziale di un asse centuriale trasmesso sotto forma di un limite parcellare che nel catasto ottocentesco è rintracciabile per una lunghezza di circa 1,5 km, mentre attualmente la traccia si è visibilmente ridotta (**Figura 23, C**).

727. (Pasquinucci *et al.* 1997, 240)

728. (Di Cocco 2008; 2010)

729. (Corsi & Vermeulen 2009)

730. (Di Cocco 2010, 218)

731. (Di Cocco 2008, 74)

Il catasto storico permette inoltre di osservare l'aspetto del paesaggio agrario anteriore alle grandi opere di bonifica avvenute nel corso Novecento. Nel settore a sud di Coltano, caratterizzato fino ai primi decenni del secolo scorso da un ambiente soggetto al ristagno delle acque, la cosiddetta palude di Stagno, venne realizzata tra il 1922-1932 un'imponente opera di bonifica che comportò il completo prosciugamento dell'area, la riduzione delle aree boschive e la conversione delle zone adibite a pascolo in campi coltivati⁷³². Come è possibile osservare nel catasto attuale, i fossi del nuovo sistema idrico riprendono grossomodo l'orientamento e gli allineamenti degli assi centuriali "teorici", poiché funzionali allo scorrimento delle acque superficiali verso lo sbocco in mare, e sono il frutto di un intervento relativamente recente (**Figura 23, D**). Nel corso dell'epoca romana l'area di Coltano e Stagno era prevalentemente caratterizzata da un ambiente palustre, come recenti indagini hanno permesso di confermare⁷³³, e da un insediamento rurale sparso, attivo dal I secolo a.C. sino al IV/V secolo d.C.⁷³⁴; tuttavia non vi sono dati stratigrafici che documentino l'esistenza di fossi connessi con la griglia centuriale e che dunque possano confermare l'effettiva *limitatio* dell'area in esame. Dall'analisi del catasto attuale sembra evidente che la funzionalità degli orientamenti centuriali che seguono il declivio naturale del terreno ha indotto ad una "ripresa" o piuttosto ad un "ampliamento" inconsapevole e relativamente recente degli assi della griglia centuriale.

È possibile inoltre osservare dei fenomeni di "regolarizzazione" o di "rettificazione" degli assi centuriali che vennero raddrizzati nel corso del Novecento con la costruzione della nuova rete viaria come nel caso della via Giuseppe Cei, a sud di Cascina, che seppur con un orientamento divergente trasmette un asse della centuriazione, o ancora per la via di Pratello di Oratoio.

II.3.2.2. I *limites intercisivi*

Il secondo livello di analisi ha riguardato lo studio dei *limites intercisivi*, che al contrario degli assi principali, hanno subito nel corso dei secoli una maggiore trasformazione. In rari casi è stato possibile evidenziare la presenza di allineamenti interni che trasmettono l'orientamento e le distanze centuriali. Ad esempio, in corrispondenza della centuria di Zambra è possibile individuare degli assi che si situano alla distanza di ca. 180 e 370 metri dal cardine settentrionale e che potrebbero aver trasmesso l'allineamento dei *limites intercisivi*. Lo sviluppo dei lotti urbani relativi alla località di Zambra e la relativa chiesa di S. Maria, risalente al XII secolo, lungo l'asse centuriale ha certamente contribuito a trasmettere gli allineamenti e l'orientamento centuriale, (**Figura 24**). Tuttavia, l'organizzazione interna alla centuria di Zambra e della limitrofa centuria di S. Jacopo viene condizionata dalla presenza di un nuovo centro, la chiesa di S. Jacopo di Zambra risalente al IX secolo d.C. che "attira" la nuova viabilità.

Nel caso della centuria di Campo l'asse interno con orientamento NE-SO si situa ad una distanza di circa 360 m dal cardine occidentale, mentre gli altri limiti seppur con alcune divergenze sembrano trasmettere la ripartizione interna alle centurie. È possibile inoltre osservare come l'organizzazione del centro abitato di Campo e la nuova rete idrica (fosso di Capannicci) abbia contribuito alla

732. (Menchelli 1984, 270)

733. (Allinne *et al.* 2016)

734. (Menchelli 1984)

trasmissione dei cardini e dei decumani nella lunga durata. Anche in corrispondenza della centuria di Pratello i *limites* sono visibili sotto forma di fossi di drenaggio (fosso degli Stecchi e fosso di Titignano) menzionati nei documenti di epoca medievale⁷³⁵. All'interno della centuria è possibile inoltre riconoscere alla distanza di 180 e 350 metri circa dal decumano settentrionale dei tratti di strada corrispondenti a due probabili *limites*, **Figura 24**.

Negli esempi mostrati in **Figura 25** e in **Figura 26** sono maggiormente visibili i fenomeni di deformazione degli assi interni alla centuriazione che attratti dai nuovi centri di origine medievale (Ripoli, S. Sisto, Musigliano, Titignano, e ancora S. Giorgio a Bibbiano, S. Frediano a Settimo, Macerata, Marcianella e Marciana) subiscono una rilevante trasformazione.

Nel caso della centuria detta di Marcianella (**Figura 26**), ad esempio, la nascita del nuovo centro ecclesiastico medievale, la chiesa di S. Miniato di Marcianella, attestata verosimilmente sin dal 970 d.C.⁷³⁶, provocò un fenomeno di “cattura” dei *limites* interni alla centuria, che attratti dal nuovo polo, furono raddoppiati: i nuovi assi viari acquistarono una funzione nel paesaggio ristrutturato mentre quelli antichi decadde in disuso. La rete viaria, seppur conservando l'incrocio dei *limites* viene decentrata verso est. Il parcellare interno alla centuria continua a mantenere un orientamento grossomodo isocline alla centuriazione; mentre nella settore nord-occidentale subisce una deformazione. Negli studi condotti sulla chiesa romanica di Marcianella o Marciana Minore è stato inoltre ipotizzato il riutilizzo di materiale di epoca romana (acquasantiera e monofora dell'abside)⁷³⁷.

Nel caso della centuria di via di Macerata la deformazione degli assi interni è stata probabilmente indotta dalla costruzione della nuova rete viaria che collegava il centro medievale di Macerata che probabilmente si situava a nord del Fosso Vecchio in una posizione imprecisabile⁷³⁸, e la *stata* medievale che congiungendo Pisa e Firenze attraversava la valle dell'Arno. L'abitato moderno si adatta alla nuova conformazione interna alla centuria, distribuendosi lungo la via di Macerata (**Figura 26**).

Nonostante le notevoli modifiche della griglia centuriale riscontrati negli esempi precedenti, l'organizzazione dello spazio rurale di epoca medievale trasmette gli incroci degli assi interni come nel caso della chiesa di S. Giorgio a Bibbiano e Marcianella, o ancora gli allineamenti degli assi principali, come è possibile osservare nel caso della chiesa di S. Frediano a Settimo o di Marciana, (**Figura 26**).

II.3.2.3. Le tracce fossili

L'analisi delle fotografie aeree storiche e delle immagini satellitari ha permesso l'identificazione di tracce fossili (anomalie da vegetazione e da umidità) riferibili alla centuriazione di epoca romana, in particolare nei pressi dell'Area Scheibler e nel settore compreso tra Ripoli e la Badia di San Savino.

735. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 34; Redi 1984, 34)

736. Le informazioni sono state desunte dal database “Le chiese delle Diocesi Italiane” <http://www.chieseitaliane.chiesacattolica.it/chieseitaliane/index.jsp>.

737. (Noferini 1995)

738. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 128–29)

Le tracce fossili (di colorazione scura) rinvenute nel settore a ovest del cantiere delle Navi Antiche di Pisa S. Rossore e evidenziate tramite la fotointerpretazione archeologica già in occasione di studi passati⁷³⁹, sono state oggetto, sin dal corso degli anni 80', di differenti campagne di scavo che hanno rivelato la presenza di fossi di drenaggio rintracciabili ad una profondità compresa tra 1 e 2 metri circa dal p.d.c contenenti materiali archeologici di epoca romana, e in alcuni casi riferibili al periodo compreso tra il I secolo a.C. e il I secolo d.C.⁷⁴⁰. L'analisi svolta sulla base della fotografia aerea storica (volo IGM 1954, foglio 104, strisciata 7, fotogramma 2051) e delle immagini satellitari (Google Earth) ha confermato la presenza di un articolato reticolo di assi che sembrano seguire un orientamento leggermente divergente rispetto alla griglia centuriale ipotetica con un prevalenza di N 31° E (**Figura 27**).

In particolare, è possibile riconoscere due assi paralleli corrispondenti al prolungamento di un *limes intercisivus* e due segmenti allineati con l'ipotetico cardine. Tuttavia, la presenza di un'anomalia da vegetazione larga circa 9 metri ma non in asse con la griglia teorica, già evidenziata nel corso delle indagini svolte nell'ambito del progetto Mappa⁷⁴¹, potrebbe attestare una diversa organizzazione della griglia centuriale per il settore Scheibler condizionato dall'antico assetto idrografico.

Come hanno dimostrato le ricerche condotte nell'ambito del sito archeologico del Cantiere delle Navi Antiche di Pisa San Rossore, attracco fluviale di ambito urbano occupato dal VI-V secolo a.C. al VI secolo d.C.⁷⁴², l'area era caratterizzata dal passaggio di un paleoalveo, probabilmente un ramo del fiume *Auser* sulle cui sponde sorse l'approdo. Le incertezze relative all'antico assetto idrografico e l'assenza di indagini stratigrafiche mirate non consentono di interpretare le numerose tracce non allineate alla griglia centuriale che potrebbero corrispondere a canali o fossi di scolo probabilmente connesse all'impianto portuale o ad altre forme di gestione delle risorse idriche⁷⁴³. Tuttavia, gli scavi archeologici confermano l'instabilità e la forte dinamicità fluviale dell'intera zona che ha probabilmente condizionato l'organizzazione del reticolo centuriale.

Seppur esistano numerose incertezze riguardo la ricostruzione paleoidrografica dell'area in esame e sulle forme di gestione delle risorse idriche (presenza di fossi di raccolta delle acque), i dati di scavo confermano l'instabilità e la forte dinamicità dei rami fluviali che hanno sicuramente condizionato l'assetto centuriale.

Il secondo gruppo di tracce fossili è stato invece riconosciuto nel settore compreso tra la località di Ripoli a nord e la Badia di San Savino a sud (**Figura 28**). In particolare, in corrispondenza di via Piantalbis sono state rinvenute delle tracce da umidità probabilmente riferibili ad un antico asse centuriale. Nella fotografia aerea IGM del 1973 (foglio 105, strisciata XXVII, fotogramma 354), ad est della Badia di S.Savino, è visibile una *soilmark* per una larghezza di circa 18 metri

739. (Bini *et al.* 2012a)

740. (Bini *et al.* 2012a, 143–44; Bonamici 1989; Fabiani *et al.* 2013, 181–83); L. La Rosa 2012, Schede di intervento n. 262-48-49-187-193-194-195-196, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. "Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002" a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003) consultata presso l'Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, sede di Pisa.

741. (Bini *et al.* 2012a, 143)

742. (Camilli 2012, 15)

743. Camilli 2004; 2012

(corrispondenti a circa 60 piedi romani) e una lunghezza di circa 190 metri; mentre ad ovest della Badia la traccia è rintracciabile per una larghezza di circa 16 m (corrispondenti a circa 54 piedi romani) e una lunghezza di 40 metri. Date le dimensioni riscontrate, in particolare la larghezza, è probabile che la traccia possa corrispondere all'antico *decumanus maximus*. Generalmente le tracce riferibili alla viabilità antica si caratterizzano da una colorazione più chiara rispetto alle arature o alla vegetazione circostante: la presenza di strutture murarie o di pietrame impermeabili infatti comporta una diminuzione del tasso di umidità e rallenta la crescita della vegetazione, provocando la maturazione prematura della pianta (traccia più chiara)⁷⁴⁴. Qualora però la strada fosse stata originariamente incassata nel terreno, “una volta sepolta diviene assimilabile ad un fossato, quindi origina una traccia scura”⁷⁴⁵. Inoltre, la colorazione scura potrebbe dipendere da un accumulo di umidità causato dalla presenza della sola fossa di espiazione dell'antico manto stradale, come emerge dal confronto con gli studi condotti nel territorio grossetano dove, in prossimità di tracce riferibile alla centuriazione, è stato osservato lo stesso fenomeno⁷⁴⁶.

Il calcolo degli orientamenti di tutte le tracce fossili individuate mostra invece un orientamento prevalente di N 29°E, determinato in particolare dagli allineamenti individuati tra Ripoli e la Badia di San Savino con una oscillazione compresa tra N 27°-32° E che caratterizza soprattutto le tracce individuate nell'area Scheibler (**Figura 28**).

Dal confronto tra le tracce della centuriazione ancora visibili nel paesaggio attuale in prossimità della località di Zambra (A) e della località Pratello (B), e le tracce fossili individuate in fotografia aerea e sulle immagini satellitari nel settore Scheibler (C), che potrebbero rispettare le distanze dell'impianto centuriale seppur con qualche lieve divergenza, è possibile ipotizzare che ogni centuria di epoca romana fosse suddivisa in 8 lotti da 25 *iugera*, ovvero tramite il posizionamento di quattro cippi mediani posti alla distanza di 1200 piedi (*termini medii qui dicitur epipedonici*) a partire dai quali venivano tracciati i *limites intercisivi*, e di quattro cippi intermedi (*termini proportionales*) disposti alla distanza di 600 piedi e collocati soltanto su due lati opposti della centuria (*limites*) come è stato possibile osservare nella pertica di Firenze⁷⁴⁷ (**Figura 29**).

Nell'ambito di altri studi condotti nel settore a nord del fiume Arno è stato ipotizzato che le centurie potessero essere state suddivise da due assi interni paralleli ai decumani in tre lotti da 66 2/3 *iugera* mentre in altri casi, come ad esempio a Tabbiano e Colignola, in appezzamenti da 25 *iugera* ciascuno⁷⁴⁸, analogo al risultato delle indagini condotte nell'ambito del dottorato.

II.3.2.4. La “diagonale” della centuriazione pisana

L'analisi morfologica ha messo inoltre in evidenza il rapporto esistente tra l'attuale Strada Statale Tosco Romagnola (SS 67) e il reticolo di assi centuriali. La strada percorre trasversalmente le centurie comprese tra la zona a sud di Riglione sino al comune di Pontedera (**Figura 30, A**). L'asse viario costruito alla metà del Settecento riprendeva grossomodo il tracciato precedente

744. (Musson *et al.* 2005, 39–44)

745. (Piccarreta 1987, 132)

746. (Caprasecca 2007, 115)

747. (Mengotti 2009, 118–22)

748. (Vaggioli 1990, 137)

visibile nelle carte di Leonardo da Vinci⁷⁴⁹ che da Pontedera giungeva sino a Pisa attraversando le località di Cascina, l'area nei pressi di S. Benedetto a Settimo, e la zona compresa tra Visignano e la Badia di San Savino, per giungere finalmente a Pisa da sud. Mentre il tracciato della *strata Vallis Arni* che attraversava la pianura di Pisa in epoca medievale è stato ricostruito tramite lo studio della toponomastica riferibile alla viabilità (strada, *strata* o *silice pisana*, *via pisana*). Il suo passaggio è ricordato nei pressi del territorio di Canneto (ad est di Cascina), nei pressi di Cascina, di Ottavo (ad ovest della suddetta località), di S. Benedetto a Settimo, nel piviere di San Casciano, poi di Casciavola, San Prospero, Visignano, nei confini di S. Lorenzo alle Corti, di *Montioni*, di Riglione, di Fasciano (località non più esistente localizzata tra Oratoio e Putignano), e infine di Pisa. L'attestazione dei toponimi miliari di origine romana (Quarto, Quinto, Sesto, Settimo, Ottavo, Nono, Tredici) in corrispondenza di molte località in cui viene ricordata la *strata* medievale fa ipotizzare che il percorso non subì sostanziali modifiche dalla metà del II secolo a.C., periodo in cui venne costruita la *via Florentia-Pisae*, sino all'epoca medievale⁷⁵⁰ (**Figura 30, B**). Le informazioni raccolte consentono dunque di ipotizzare che l'itinerario che collegava le città di Pisa e di Firenze, almeno nel tratto da Pontedera alla costa, rimase invariato dall'epoca romana sino ai giorni nostri, seppur con probabili divergenze dei tracciati, ovvero delle forme attraverso cui esso si materializza, maggiormente soggetti ai cambiamenti nel corso del tempo⁷⁵¹.

La *via Pisae-Florentia* costruita in una fase precedente l'installazione della centuriazione⁷⁵² con un andamento est-ovest che la viabilità attuale grossomodo riprende, avrebbe attraversato le centurie e verosimilmente condizionato la costruzione della pertica pisana, come è stato dimostrato in altri contesti centuriati. Gli studi svolti in Languedoc⁷⁵³ evidenziarono il rapporto geometrico esistente tra gli assi centuriali e la *via Domitia* che fungeva da diagonale alla costruzione dei rettangoli (o da ipotenusa ai triangoli rettangoli) i cui lati misurano un numero esatto di centurie (3 e 4 centurie)⁷⁵⁴. I testi gromatici offrono numerose indicazioni relative alle procedure tecniche che venivano eseguite per la realizzazione della *limitatio* secondo il tracciamento di assi paralleli o ortogonali⁷⁵⁵. Una di tali procedure, ricordata nel testo di *M. Iunius Nipsius* col nome di *varatio*, era basata sulla costruzione della pertica a partire da una diagonale. “La *varatio in agris divisi*, secondo l'interpretazione dei testi gromatici era una tecnica utilizzata per la realizzazione di nuovi assetti centuriali in territori che erano stati precedentemente divisi, ma rappresentava tuttavia un metodo rapido e sicuro per la realizzazione di una *limitatio*”. Nonostante le fonti storiche non forniscano molte informazioni riguardo tale procedimento, secondo alcuni studiosi sembra ragionevole ipotizzare che venne largamente utilizzato nella costruzione delle centuriazioni⁷⁵⁶.

749. *Carta dei dintorni di Pisa per i progetti di deviazione delle acque d'Arno*, Leonardo da Vinci 1503, Codice Madrid II.

750. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991)

751. (Watteaux 2010, 163–65)

752. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 124)

753. (Chouquer *et al.* 1983)

754. (Chouquer & Favory 2001, 90)

755. (Chouquer & Favory 2001, 441)

756. (Chouquer & Favory 2001, 90–91)

La procedura della *varatio* venne esplicitata in un lavoro di Roth Congès⁷⁵⁷ e consisteva in cinque tappe fondamentali:

1. l'agrimensore sceglieva una sezione rettilinea di una strada preesistente o di un *limes* di un reticolo precedentemente impostato, che prolungava quanto necessario (asse generatore). Esso serviva da diagonale o da ipotenusa ad una serie di rettangoli o triangoli rettangoli i cui lati rispettavano la misura esatta di una o più centurie di 2400 piedi di lato.

2. In un punto prescelto dell'asse generatore veniva fissato il *gromae locus* o punto d'origine e, tenendo conto della geografia del territorio, venivano stabilite le proporzioni del triangolo rettangolo alla base della costruzione della pertica: l'angolo (*ratio*) formato dall'asse generatore e dalla nuova linea così tracciata aveva un valore differente secondo il rapporto stabilito tra i cateti del triangolo (45° per un rapporto 1:1; 26°37' per un rapporto di 1:2; 14°03' per un rapporto di 1:4).

3. Stabilito l'orientamento prevalente dei *limites* veniva dunque tracciato il *decumanus maximus* da entrambi i lati del *gromae locus*, punto di origine del triangolo rettangolo, e successivamente con l'aiuto della groma veniva tracciata l'asse perpendicolare al decumano, quindi il *kardo maximus*.

4. Dopo aver posizionato i *termini* ogni 2400 piedi lungo gli assi principali, sempre con l'aiuto della groma, si procedeva al tracciamento dei *limites* secondo le proporzioni del triangolo rettangolo precedentemente prescelto: ad esempio nel caso di un rapporto 1:4 centurie venivano tracciati i nuovi allineamenti rispettivamente alla distanza di 1 centuria lungo il cardine massimo e di 4 centurie lungo il decumano massimo. In questo modo era possibile verificare l'ortogonalità dei nuovi limiti tracciati nonché “costruire” il rettangolo la cui diagonale coincideva appunto con l'asse generatore.

5. Per il posizionamento degli altri *limites* esistevano due metodi: il primo (**Figura 31, metodo A**) consisteva nel tracciare i *decumani* e i *cardines* procedendo lungo gli assi maggiori alla distanza di 2400 piedi; il secondo (**Figura 31, metodo B**) invece prevedeva il tracciamento degli assi a partire dalla diagonale o ipotenusa lungo la quale venivano riprodotto lo stesso modulo di base (triangolo 1:1; 1:4; 3:4) e sulla base dei rapporti angolari prestabiliti venivano tracciati i nuovi assi velocizzando dunque le operazioni di agrimensura (in questo caso infatti veniva ridotto il numero di “mire” ortogonali)⁷⁵⁸.

Questo sistema, basato dunque sulla triangolazione, permetteva di risolvere i problemi legati all'ortogonalità degli assi più facilmente controllabile grazie ai rapporti angolari stabiliti, e alla tracciamento dei *limites* sulle lunghe distanze, garantendo maggiore sicurezza e rapidità nelle operazioni di agrimensura⁷⁵⁹.

Sulla base di tali considerazioni è dunque ipotizzabile che la costruzione della pertica pisana possa essersi basata sulla diagonale costruita a partire da un tratto della via romana preesistente, secondo un rapporto di 1:4 che meglio si adatta all'orientamento degli assi visibili nella morfologia attuale (**Figura 31**). L'andamento della Via Tosco Romagnola che corre grossomodo parallela ai due ipotetici assi che avrebbero funto da diagonale alla pertica pisana, sembra avvalorare tale ipotesi (Roth Congès 1996); (**Figura 32**). La procedura avrebbe previsto il tracciamento di una

757. (Roth Congès 1996)

758. (Roth Congès 1996, 328–35)

759. (Roth Congès 1996, 336–38)

sezione rettilinea a partire da un tratto della persistente *via Pisae-Florentia* (asse generatore) che avrebbe funto da diagonale o da ipotenusa ad una serie di rettangoli o triangoli rettangoli i cui lati rispettavano la misura esatta di una o più centurie di 2400 piedi di lato. In un punto prescelto dell'asse generatore infatti veniva fissato il *groma locus* o punto d'origine, e successivamente venivano stabilite le proporzioni del triangolo rettangolo alla base della costruzione della pertica: l'angolo (*ratio*) formato dall'asse generatore e dalla nuova linea tracciata (*decumanus maximus*) avrebbe avuto un valore $14^{\circ}03'$ per un rapporto di 1 a 4 centurie. Dopo aver tracciato con l'aiuto della groma il *kardo maximus* si procedeva al tracciamento dei *limites* secondo le proporzioni del triangolo rettangolo precedentemente prescelto: ad esempio nel caso di un rapporto 1:4 centurie venivano tracciati i nuovi allineamenti rispettivamente alla distanza di 1 centuria lungo il cardine massimo e di 4 centurie lungo il decumano massimo. In questo modo era possibile verificare l'ortogonalità dei nuovi limiti tracciati nonché “costruire” il rettangolo la cui diagonale coincideva appunto con l'asse generatore. Per la realizzazione degli altri *limites* l'agrimensore procedeva lungo gli assi maggiori posizionando alla distanza di 2400 piedi i nuovi *termini* (**Figura 31, metodo A**); oppure a partire dalla diagonale o ipotenusa veniva riprodotto lo stesso modulo di base (1:4) e sulla base dei rapporti angolari prestabiliti venivano tracciati i nuovi assi velocizzando in questo modo le operazioni di agrimensura (**Figura 31, metodo B**).

II.3.2.5. I caratteri principali della centuriazione di Pisa: modulo, orientamento, estensione

Le tracce della centuriazione di Pisa rinvenute nel paesaggio attuale rispettano un modulo di 707 metri di lato con un orientamento prevalente di N 29° E, stabilito *secundum naturam loci*, e confermato dall'analisi delle tracce fossili rinvenute in particolare nel settore tra Riglione e la Badia di San Savino. Data la conformazione delle strade, dei fossi, dei limiti parcellari che nel paesaggio attuale trasmettono la griglia centuriale è stata calcolata un'oscillazione di 8° compresa tra N 25° e 33° E. Leggere divergenze di orientamento sono tuttavia riscontrabili nelle tracce fossili evidenziate tramite la fotointerpretazione archeologica e riferibili all'epoca romana, che venivano tracciate adattandosi alla geografia del territorio.

Le tracce attuali, “storiche” e fossili della centuriazione sono rintracciabili per una estensione totale di circa 200 km² compreso tra i piedi dei Monti Pisani e il fiume Serchio a nord, il fiume Era a est e le Colline Pisane a sud, (**Figura 64**). In particolare, le labili tracce rinvenute ad est del fiume Era sembrano attestare che la pertica si estendeva sino ad oriente dell'antico percorso fluviale. Il reticolo è maggiormente visibile nel settore centrale della pianura compreso tra la città di Pisa e il comune di Cascina, mentre meno evidenti sono le tracce per il settore a nord della città di Pisa dove le strade, le vie interpoderali e i fossi della rete idrica trasmettono prevalentemente l'orientamento dei cardini NE-SO. In particolare, è interessante notare come il “Canale Demaniale” trasmette l'orientamento di un cardine, funzionale allo scolo delle acque, seppur con qualche modificazione rispetto all'asse teorico. Nel settore orientale fino in destra del fiume Era sono visibili tracce del reticolo centuriale in particolare degli assi NO-SE (decumani); mentre le tracce sono pressoché assenti nel settore a sud di Cascina in particolare tra il Canale Emissario e lo Scolmatore dell'Arno. L'organizzazione interna alle centurie appare caratterizzata da una suddivisione in lotti da 25 *iugera*, per un totale di otto appezzamenti terrieri ogni centuria. Data l'estensione complessiva

della pertica teorica è pertanto ipotizzabile che al momento della deduzione della colonia di Pisa la pianura di Pisa avrebbe potuto accogliere un numero complessivo di circa 3600 veterani. Tuttavia, rimangono molte incertezze riguardo il numero effettivo di coloni che vennero stanziati nella valle dell'Arno e le relative distribuzioni terriere.

La connessione esistente tra la viabilità attuale e la pertica pisana potrebbe inoltre dimostrare che la centuriazione venne realizzata a partire da un tratto della viabilità romana preesistente, che seppur con qualche modifica di tracciato ha conservato lo stesso itinerario dall'epoca romana sino ai giorni nostri. L'efficacia e la rapidità della *varatio*, dimostrata nei testi gromatici, potrebbe giustificare la scelta di costruire il reticolo centuriale pisano a partire dall'asse viario preesistente.

II.3.3. L'analisi dello spazio centuriato

L'indagine morfologica è stata successivamente estesa a tutto lo spazio centuriato allo scopo di identificare eventuali forme di organizzazione che differiscono dalla griglia centuriale e di osservare gli orientamenti prevalenti, non soltanto riferibili al reticolo di assi ortogonali. Alla lettura morfologica del parcellare agrario e urbano è stato quindi integrato il calcolo automatizzato degli orientamenti tramite il supporto MorphAL in un intervallo compreso tra 0° e 180°. L'analisi è stata svolta sugli elementi lineari (limiti parcellari, scoline) e poligonali (lotti urbani e agrari) del catasto attuale e storico.

II.3.3.1. Le parcelle del catasto attuale

La quantità dei dati planimetrici relativi al catasto attuale ha indotto all'utilizzo del calcolo automatizzato degli orientamenti delle vie campestri, dei sentieri, delle siepi, dei limiti di coltura, dei fossi e delle scoline della rete idrica (elementi lineari) che delimitano le parcelle agrarie in un intervallo compreso tra 0° e 180°. L'analisi svolta sugli elementi divisorii (muri, siepi, limiti di coltura) e sulla viabilità minore (strade campestri, sentieri) ha dimostrato l'esistenza di due gruppi di orientamenti prevalenti compresi tra N 8° O-2° E (= 88°-98° E) e N 18°-33° E (= 57°-72° E); (**Figura 33**).

All'interno della seconda classe di orientamento compresa tra N 18°-33° E è stato possibile individuare i limiti parcellari isoclini agli assi principali della griglia centuriale nell'intervallo compreso tra N 25°-33° E = 57°-65° E, localizzati prevalentemente nel settore situato tra Pisa e Cascina. Mentre le parcelle appartenenti alla prima classe di orientamento compresa tra N 8° O-2° E si localizzano prevalentemente nel settore a sud di Cascina e nel settore a nord di Pisa, dove le tracce della centuriazione sono più labili (**Figura 34**).

Il calcolo degli orientamenti sugli elementi della rete idrica (fossi e scoline) sembra invece dimostrare una predominanza degli orientamenti compresa tra N 8°-13° O (98°-103° E), tra N 5°-8° E (=82°-85° E), tra N 10°-16° E (=74° e 80° E), e infine tra N 24°-33° E (nel grafico è stato evidenziato il parcellare isocline alla centuriazione compreso tra 25°-33° E), (**Figura 35**). Anche in questo caso è possibile evidenziare una prevalenza degli orientamenti divergenti alla griglia centuriale nel settore a sud dell'abitato di Cascina, nel settore meridionale della pianura ed a ovest del centro urbano di Pisa.

La somma dei risultati ottenuti, in un intervallo compreso tra 0° e 180°, dimostra pertanto la presenza di tre classi di orientamento prevalenti con valori compresi tra N 8°-13° O, N 10°-16° E e tra N 24°-33° E (anche in questo caso è stato evidenziato soltanto il parcellare isocline all'orientamento centuriale) (**Figura 36**).

Al fine di individuare la presenza di sistemi ortogonali prevalenti, oltre al reticolo centuriale, è stato infine realizzato un calcolo degli orientamenti di tutti gli elementi lineari del catasto attuale in un intervallo compreso tra 0° e 90° che ha confermato la presenza di tre reticoli ortogonali prevalenti, orientanti tra N 10°-16° E, tra N 8°-13° O e evidentemente tra N 25°-33° E. La carta così ottenuta (**Figura 37**) attesta che il parcellare isocline alla centuriazione in un intervallo compreso tra 25° E e N 33° costituisce il 12% della lunghezza complessiva degli elementi lineari analizzati (canalette, strade, vie vicinali, etc.) e caratterizza prevalentemente le zone dove ancora oggi si conservano le tracce degli assi principali (cardini e decumani) della centuriazione. Mentre in particolare nel settore a ovest della città di Pisa, nei pressi dell'ex lago di Bièntina e a sud dell'abitato di Cascina è possibile riconoscere la presenza dei reticoli ortogonali divergenti rispetto all'assetto centuriale, distribuiti tuttavia in maniera disomogenea.

Tali divergenze di orientamento sono strettamente connesse all'organizzazione della rete idrica. Nell'area dell'ex lago di Bièntina il reticolo di fossi ortogonali è connesso all'opera di bonifica del lago iniziata nel corso del XVIII secolo ad opera dell'ingegnere Leonardo Ximenes e conclusasi nel corso dell'Ottocento con la costruzione del Canale Emissario e la "botte" di S.Giovanni alla Vena⁷⁶⁰. Mentre nel settore compreso tra il Canale Emissario e lo Scolmatore dell'Arno, ad esempio, l'orientamento delle scoline che separano le parcelle agrarie è fortemente condizionato dall'andamento dei fossi di scolo principali che, come evidenziato in precedenti ricerche⁷⁶¹, hanno influenzato l'andamento della falda superficiale e che sono anisoclini alla griglia centuriale. In alcuni casi i fossi principali della rete idrica risalgono all'epoca medievale come nel caso della Fossa Solaiola (1287)⁷⁶² e della Fossa Nuova (1134)⁷⁶³ (**Figura 61**). Al contrario, nel settore centrale e orientale della pianura di Pisa, la nuova rete idrica e il parcellare adattandosi alla topografia del terreno trasmettono l'orientamento della griglia centuriale e l'allineamento degli assi centuriali perché funzionale allo scorrimento delle acque (**Figura 63**).

II.3.3.2. Le parcelle del Catasto Leopoldino

Per il settore compreso tra Pisa e Cascina è stata realizzata l'analisi morfologica delle parcelle agrarie e urbane ricostruite tramite l'analisi dei fogli del Catasto Leopoldino. Il lavoro di vettorializzazione dei limiti catastali svolto da Massimiliano Grava, ricercatore dell'Università di Pisa nell'ambito della sua tesi di dottorato⁷⁶⁴ ha permesso di analizzare le forme e gli orientamenti del paesaggio centuriato del XIX secolo. Lo studio delle tracce centuriali svolto sulla base del catasto storico,

760. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 423-24)

761. (Ciampoltrini 2011, 19)

762. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420)

763. *Ibid.*

764. Elaborazione dati Phd Massimiliano Grava. Laboratorio di Cartografia e GIS, Dip. Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa, http://cartografia.cfs.unipi.it/pmapper/map_default.phtml; (Grava 2014; 2011).

precedentemente descritto, ha dimostrato come nel corso degli ultimi tre secoli la griglia centuriale ha subito un processo di “regolarizzazione”, di “ripresa” o di “ampliamento”, come ad esempio è stato evidenziato nel settore meridionale o nel contesto urbano, mentre in altri casi il processo di trasformazione del paesaggio agrario e urbano ne ha comportato la “degradazione” e talvolta la “cancellazione”.

L’analisi del parcellare interno alle centurie, con l’ausilio del supporto MorphAL ha permesso inoltre di valutare il grado di trasmissione degli orientamenti centuriali e di osservare forme di organizzazione dello spazio agrario divergenti rispetto alla griglia centuriale.

II.3.3.2.1. Le analisi statistiche tramite il supporto MorphAL

L’analisi realizzata sulle parcelle (elementi poligonali) del Catasto Leopoldino ha dimostrato l’esistenza di tre orientamenti ortogonali prevalenti compresi tra N 25°-33° E (= 57°-65° E/147°-155° E); tra 18°-24° (= 66°-72° E/156°-162° E); e infine tra N 0°-8° E (= 82°-90° E/172°-180° E), **Figura 38**. In questo modo è stato possibile osservare in maniera più puntuale come le divergenze di orientamento rispetto al reticolo centuriale siano indotte dalla struttura della rete idrica attuale e dall’andamento della rete viaria. Nei pressi dell’attuale Strada Statale Tosco-Romagnola è possibile osservare come le parcelle regolari con orientamento compreso tra 18°-24° si distribuiscano in particolare ai lati dell’asse viario. Mentre nel settore orientale, a sud dell’abitato di Cascina, l’orientamento delle parcelle agrarie è maggiormente influenzato dall’andamento del Fosso Vecchio a nord e della Fossa Chiara a sud che correva parallela alla Via di Arnaccio e che fu realizzata dopo il 1761⁷⁶⁵, e al Rio di Pozzale (**Figura 42**).

Infine, l’analisi morfologica conferma una forte regolarità geometrica delle parcelle ottocentesche, classificate secondo il grado di “rettangolarità” (**Figura 39**). Tale aspetto potrebbe essere connesso alla trasmissione della struttura centuriale, che in particolare nel settore compreso tra Pisa e Cascina influenzò l’orientamento e la conformazione piuttosto regolare del parcellare interno alle centurie nella lunga durata (**Figura 40**).

II.3.3.2.2. Le discontinuità dello spazio agrario centuriato

L’analisi degli orientamenti del parcellare agrario realizzata sulla base del catasto attuale e storico dimostra la presenza di un parcellare prevalentemente divergente rispetto all’orientamento centuriale e fortemente condizionato dalla rete idrica realizzata sin dall’epoca medievale, in particolare nel settore a sud del centro urbano di Cascina. La lettura morfologica svolta sulla base del Catasto Leopoldino per il settore compreso tra Cascina e Latignano ha permesso di osservare in maniera più esaustiva le forme di discontinuità dello spazio centuriato, in un paesaggio non ancora fortemente urbanizzato come quello attuale. Il primo elemento di trasformazione del reticolo centuriale è connesso al nuovo sistema viario convergente verso il centro urbano di Cascina, fondato in epoca medievale, che si sovrappone al sistema ortogonale. Le vie di comunicazione, organizzate a forma “di stella”, furono “attratte” dal nuovo centro urbano modificando la viabilità preesistente. A sud

765. (Repetti 1833-1846). Voce “Ponti di Stagno - Fossa Chiara, Antifosso d’Arnaccio - Arnaccio, Rio Armonico, di Pozzale - Fosso de’Navicelli, Canale Naviglio, Canale de’Navicelli” consultata sul database “Repetti on-line” ID: 3380. N. scheda: 41970. Volume: 1; 2; 4; 6S. Pagina: 136; 336, 339, 340; 539-540; 14, 46, 198 (<http://stats-1.archeogr.unisi.it/repetti/index.php>).

dell'abitato è possibile inoltre riconoscere quattro unità morfologiche che strutturano il parcellare agrario (**Figura 42**):

1. nella trama T1 il parcellare presenta un orientamento isocline alla centuriazione. In particolare, il tracciato viario occidentale, che collega il centro urbano al Fosso Vecchio, trasmette l'allineamento di un cardine della centuriazione. La strada ha inoltre subito un processo di "regolarizzazione" progressiva visibile nel catasto attuale.

2 Una seconda trama (T2) caratterizzata da assi curvilinei potrebbe invece attestare la trasmissione di un elemento idrico, come ad esempio un antico corso d'acqua (artificiale?) o un canale di rotta del fiume Arno.

3. Nel settore compreso tra l'agglomerato urbano di Cascina e la Fossa Chiara è possibile riconoscere una terza trama (T3) che si sviluppa lungo due assi principali riconoscibili nell'andamento delle strade e dei limiti parcellari catastali, ai cui lati si distribuiscono una serie di assi viari secondari e trasversali che delimitano delle bande di forma stretta allungata e che costituiscono le vie di accesso alle singole parcelle agrarie. Ogni banda è infatti suddivisa in lotti rettangolari separati da una serie di limiti parcellari, paralleli agli assi principali e perpendicolari ai fossi di scolo (Fosso Vecchio e Fossa Chiara), che sembrano costituire l'elemento portante della trama agraria. Le acque in eccesso dei campi vengono infatti convogliate direttamente nel Fosso Vecchio o nella Fossa Chiara tramite le scoline e i canali di scolo che fiancheggiano le parcelle, seguendo la pendenza naturale del terreno.

L'organizzazione del parcellare, che si adatta alla geografia naturale e soprattutto alla nuova rete idrica, seppur in assenza di elementi cronologici o documentari, potrebbe essere connessa al dissodamento del terreno agricolo effettuato in occasione della nascita del nuovo borgo di Cascina e dell'arrivo di "nuovi cittadini", e alla riorganizzazione della rete idrica che comportò la costruzione del canale dell'Arnaccio che sulla base delle ricostruzioni di E. Repetti venne verosimilmente scavato nel corso del 1176 e successivamente affiancato dalla Fossa Chiara⁷⁶⁶, e del Fosso Vecchio costruito tra il 1275 e il 1276 per scopi militari⁷⁶⁷, secondo schemi che differiscono dal sistema centuriale. È inoltre possibile osservare come l'organizzazione delle parcelle agrarie perpendicolari al Fosso Vecchio e alla Fossa Chiara non sia coerente alla struttura della rete viaria convergente verso il centro urbano di Cascina. Le parcelle evidenziate tramite l'analisi morfologica e perpendicolari ai fossi della rete idrica seguono un orientamento prevalente di N 0°-8° E, (**Figura 41; Figura 43**).

4. Infine è visibile una quarta trama (T4) cosiddetta a "spina di pesce" che si sviluppa a nord del Fosso Vecchio lungo un asse principale con orientamento NO-SE, ai cui lati si dipartono una serie di limiti parcellari ad esso trasversali.

A sud della Fossa Chiara e sino al settore di Latignano è possibile osservare la presenza di una quinta trama che si costruisce lungo l'attuale via Rotina. Secondo alcuni ricercatori, l'asse viario che da

766. (Repetti 1833-1846). Voce "Ponti di Stagno - Fossa Chiara, Antifosso d'Arnaccio - Arnaccio, Rio Arnonico, di Pozzale - Fosso de'Navicelli, Canale Naviglio, Canale de'Navicelli" consultata sul database "Repetti on-line" ID: 3380. N. scheda: 41970. Volume: 1; 2; 4; 6S. Pagina: 136; 336, 339, 340; 539-540; 14, 46, 198 (<http://stats-l.archeogr.unisi.it/repetti/index.php>). Secondo altri ricercatori, sulla base del confronto con la cartografia storica, il fosso dell'Arnaccio venne scavato soltanto intorno al 1568 (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 37).

767. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 421)

Ponsacco conduce nei pressi di Cascina, passando per la località di Latignano, si affianca ad una paleotraccia, comunemente conosciuta col nome di Paleorotina, individuata tramite l'analisi delle fotografie aeree storiche e delle immagini satellitari⁷⁶⁸, che attesterebbe, secondo alcuni ricercatori, la presenza di un antico canale artificiale scavato al tempo della centuriazione romana⁷⁶⁹, sfruttando le acque del fiume Cascina; il “paleocanale” sarebbe giunto sino al fiume Arno garantendo il drenaggio e aprendo una via d'acqua nell'agro centuriato⁷⁷⁰. Il suo andamento rettilineo e parallelo ai decumani giustifica il riconoscimento di un elemento idrico connesso alla griglia centuriale, il cui percorso si sarebbe leggermente modificato nel corso dei secoli per il naturale scorrimento delle acque⁷⁷¹. Mentre secondo altri potrebbe corrispondere al paleocorso del fiume Cascina che venne probabilmente canalizzato in epoca etrusca e “recuperato” durante la bonifica augustea⁷⁷². L'analisi morfologica del parcellare agrario, realizzata sulla base del catasto ottocentesco, rivela l'esistenza di un morfogene, ovvero di un elemento del paesaggio, che continua a influenzare l'organizzazione del paesaggio dopo il momento della sua creazione. Ai lati della strada-fossato si struttura una trama cosiddetta “a spina di pesce” costituita da: un asse principale (primo livello) con andamento leggermente curvilineo e orientato NO-SE; una serie di limiti parcellari tangenti all'asse viario che strutturano le parcelle di forma stretta e allungata (secondo livello); infine delle linee parallele all'asse principale formate dai limiti di fondo delle singole parcelle (terzo livello), **(Figura 44)**.

La trama sembra costituire attualmente un sistema di drenaggio caratterizzato da un asse viario principale affiancato da un fosso di scolo visibile nella cartografia catastale e attuale, che corre perpendicolare alle curve di livello e che riceve le acque superficiali provenienti dalle scoline dei singoli appezzamenti terrieri, garantendo così il libero deflusso delle acque. Attualmente il fosso di drenaggio principale trasporta le acque sino al Fosso Nuovo, per giungere finalmente in mare attraverso lo Scolmatore dell'Arno.

L'esistenza del paleoalveo, individuato tramite telerilevamento, non è stata confermata da sondaggi archeologici sistematici, tuttavia durante un'indagine eseguita nel 1983 durante i lavori per l'ampliamento dello Scolmatore dell'Arno, venne rinvenuto a circa 700 metri a sud dell'attuale ponte sulla Fornacette-Ponsacco, dunque in prossimità della traccia visibile in fotografia aerea e nelle immagini satellitari, la sezione di un paleoalveo “dal fondo decisamente piatto” e per tanto considerato di canale, alla profondità di circa 2 metri dal piano di campagna e visibile per una lunghezza di circa 10 metri. Nel rapporto di scavo non viene specificata la tipologia dei sedimenti di riempimento, tuttavia viene sottolineata l'abbondante presenza di molluschi e di materiali ceramici di epoca etrusca, databili tra il V secolo a.C. e il III secolo a.C., frammenti a frammenti ceramici di epoca romana del I-II secolo d.C.⁷⁷³. Inoltre, il riferimento ad un *Rivus qui dicitur decumano*⁷⁷⁴ in un documento storico del 935 d.C. che scorreva nei pressi della località *Pissiniano*

768. (Della Rocca *et al.* 1987, 76)

769. (Pasquinucci *et al.* 1997)

770. (Cosci & Spataro 2008, 39–40; Redi 1984, 26–43)

771. (Della Rocca *et al.* 1987; Mazzanti 1991)

772. (Ciampoltrini 2004)

773. (Ciampoltrini 2004)

774. (Caturegli 1938, nn. 40, 64, 117. Tratto da Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 136; Redi 1984, 21)

tra il 935 d.C. e il 1043 d.C., localizzato ad est di Latignano⁷⁷⁵, lascia ipotizzare che il presunto canale sia sopravvissuto sino in epoca altomedievale e verosimilmente sino alla realizzazione della fossa Nuova (1134), che avrebbe svolto la medesima funzione di drenaggio delle acque⁷⁷⁶.

La forma attuale sarebbe dunque il risultato di un processo di trasmissione di un antico elemento fisico che potrebbe risalire all'epoca etrusca e che adattandosi alla naturale pendenza del terreno garanti nel corso dei secoli e fino all'epoca attuale il deflusso delle acque di scolo del parcellare agrario. Il canale o rivolo avrebbe rappresentato, come nel caso del canale *carisium* di epoca medievale largo 3 pertiche *lineari*⁷⁷⁷ (circa 9 metri), una via di comunicazione tra il settore orientale e il settore centrale della pianura pisana. Rimane tuttavia incerta la relazione esistente tra la paleotraccia individuata tramite l'analisi delle fotografie aeree e delle immagini satellitari, la lettura morfologica e i dati di sottosuolo. Ulteriori indagini potrebbero chiarire la natura, la funzione, le caratteristiche dell'antico corso d'acqua intercettato nonché il processo pedo-sedimentario che portò alla sua conformazione attuale, permettendo così di ricostruire lo scenario paleoidrografico dell'intero settore.

II.3.4. L'indagine metrologica

All'interno dello spazio centuriato è possibile riconoscere esempi di impianti urbani risalenti alle fondazioni di epoca medievale e probabili forme di organizzazione del parcellare agrario ad esse connesse, che rispettano una trama ben definibile e un modulo metrico specifico. L'indagine morfologica è stata pertanto integrata da un'analisi metrologica dei confini e delle superfici dei lotti urbani e agrari.

Il trattato di agrimensura di Leonardo Fibonacci del 1220, la *Practica Geometriae*⁷⁷⁸, offre una descrizione dettagliata del sistema di misurazione delle superfici adottato a Pisa agli inizi del XIII secolo e basato sul piede pisano, corrispondente a 0,486355 m⁷⁷⁹. Le unità di misura prevalentemente adottate erano la pertica lineare corrispondente a 6 piedi ovvero 2,91 metri, e la pertica quadrata o superficiale pari a 8,51 m². Fra i multipli della pertica quadrata o superficiale vi erano le misure dello staioro o stajo a pertica corrispondente a 66 pertiche superficiali, ovvero 561,66 m² (5,62 are); del panoro corrispondenti a 5,5 pertiche quadrate (46,80 m²), che richiama nel nome le corrispondenti misure di capacità granaria, (il panoro ad esempio indicava l'estensione di terreno sufficiente a produrre un pane); delle scale corrispondenti a 4 pertiche superficiali ovvero 34,04 m² e del moggioro corrispondente a 24 staja o 1584 pertiche quadrate. Tra i sottomultipli vi erano invece le misure del soldo corrispondente a 1/3 della pertiche quadrate (2,83 m²) e del denaro (1/36 della pertica superficiale)⁷⁸⁰.

Come lo stesso Fibonacci ci informa, presso i pisani venivano utilizzati per la misura “degli orti e le superfici delle abitazioni” il piede o la pertica lineare; “le superfici dei campi” venivano

775. (Redi 1984, 21–27)

776. (Pasquinucci *et al.* 1997)

777. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 421)

778. (Buoncompagni 1862)

779. (Pierotti 1987, 398)

780. (Luzzati 1962, Pierotti 1987)

misurate in staiori, panori, soldi e denari o in parti di un panoro; mentre le parti delle abitazioni in scale, in parte di una scala, in soldi e in denari⁷⁸¹.

Le misure geometriche del sistema pisano elencate dal Fibonacci sembrano essere derivate dal “cristallizzarsi”, forse dopo l’anno Mille, di antiche misure “a seme” come nel caso dello “staio pisano” di cui tuttavia non è possibile stabilire l’esatto rapporto con la misura superficiale, almeno per il periodo precedente al XIII secolo. In seguito alla conquista fiorentina avvenuta nel corso del XV secolo fu invece introdotto, per la misura dei terreni, l’utilizzo della “saccata” pisana corrispondente a circa 50 are (5000 m²)⁷⁸².

Misure geometriche adottate a Pisa dal XIII secolo	Equivalente in m/m ²	Equivalente in piedi lineari/piedi superficiali	Equivalente in pertiche lineari	Equivalente in pertiche superficiali
Piede lineare	0,486355 m			
Piede superficiale	1,41 m ²		1 pertica lineare x 1/6 di pertica lineare	1/6 della pertica superficiale
Pertica lineare	2,91 m	6 piedi lineari		
Pertica quadrata o superficiale	8,51 m ²	6 piedi superficiali		
Staioro o Staio a pertica o Staia	561,66 m ²			66 pertiche superficiali
Panoro	46,80 m ²			5,5 pertiche superficiali
Scala	34,04 m ²			4 pertiche superficiali
Moggioro	13488,4 m ²			1584 pertiche superficiali
Soldo	2,83 m ²	2 piedi superficiali		1/3 della pertica superficiale
Denaro	0,23 m ²	1 piede lineare x 1 piede lineare		1/36 della pertica superficiale

Tabella 1. Tabella relativa il sistema di misurazione utilizzato a Pisa dal XIII secolo e descritto nel trattato di agrimensura di Leonardo Fibonacci (1220).

Le unità di misura adottate nel sistema pisano sono ivi elencate con indicazione del rispettivo equivalente in piedi lineari o superficiali, in pertiche lineari, in pertiche superficiali e nel sistema metrico, tratto da (Luzzati 1962; Pierotti 1987).

781. (Pierotti 1987, 397–99)

782. (Luzzati 1962, 207–10)

In considerazione di tale sistema di misurazione sono state condotte le indagini metrologiche del parcellare urbano e agrario della “terra nuova” di Cascina, di Ponsacco e dei territori ad essa limitrofi basandosi sulla misura della pertica lineare, dello staioro o staio e delle scale.

II.3.4.1. La “terra nuova” di Cascina

La fondazione della “terra nuova” di Cascina avvenne nel 1141 ad opera dell’arcivescovo di Pisa, Baldovino, nei pressi di una località già sede di una *curtes* anch’essa di proprietà vescovile tra l’856 e l’876⁷⁸³. La nuova organizzazione urbana inglobò l’edificio religioso di S. Maria di Cascina che compare nella sua funzione di pieve tra l’865 e l’876⁷⁸⁴ e il castello vescovile attestato tra il 1071 e il 1085 “*propre plebe sancte Marie*”/”*de plebe de Cascina*”⁷⁸⁵. L’atto di fondazione della “villanova” è conservato in uno *scriptum memoriale* del 27 ottobre del 1141⁷⁸⁶ che ricorda la procedura solenne con la quale l’arcivescovo “concesse sei staiora di terra, poste nel borgo del costruendo castello, a otto gruppi familiari, per un totale di dieci uomini, in cambio del versamento di una somma di denaro pari a cinquantatré lire”⁷⁸⁷. Tuttavia, l’interpretazione del documento storico ha lasciato spazio a differenti ipotesi riguardo l’effettiva realizzazione del nuovo impianto urbano. Secondo alcuni ricercatori⁷⁸⁸ lo *scriptum memoriale* farebbe riferimento a 10 lotti di 6 staia circa di estensione, riconoscibili nell’impianto urbano attuale a nord (3) e a sud (7) dell’asse viario di Via Garibaldi. Secondo tale ricostruzione durante la prima fondazione del 1141 vennero disegnati dieci isolati-tipo rettangolari di 12 per 36 pertiche lineari (35 metri per 105 metri circa), corrispondenti a 423 pertiche quadrate ovvero 6 staia e mezzo, con una ricorrenza nelle misure geometriche del numero di 6 come sottomultiplo. Ogni lotto era poi suddiviso al proprio interno da un asse mediano in 32 parcelle urbane (16 per ogni lato) larghe 2 pertiche e un quarto e profonde 3 pertiche. La forma insolitamente allungata degli isolati consentiva di ottenere, a parità di superficie, il maggior numero di affacci sulle strade principali, aumentando dunque il valore commerciale dei lotti urbani. Tuttavia la necessità di garantire una via di comunicazione più ampia e un migliore accesso alle attività commerciali avrebbe comportato, in una fase storica successiva e imprecisabile, una riorganizzazione dell’assetto interno, in particolare dei lotti a sud dell’attuale Via Garibaldi che vennero tagliati dalla nuova via Fiorentina “larga e porticata”⁷⁸⁹.

Secondo altri ricercatori⁷⁹⁰, invece, l’incertezza relativa all’unità di misura utilizzata durante la fondazione ricordata dallo *scriptum memoriale* del 1141 (se lo staioro a pertica corrispondente a 561,66 m² almeno dal XIII secolo, o lo staioro a semina che dal XIII secolo corrispondeva certamente a 50 are⁷⁹¹) non consente di stabilire l’effettiva estensione delle terre concesse ai nuovi proprietari e non esclude la possibilità che furono donati complessivamente 6 staiora a pertica (circa 3370 m²)

783. (Garzella 2005, 49)

784. (Carratori *et al.* 1994, 329; Garzella 1986, 83)

785. (Ghignoli 2006, 392–94)

786. (Scalfati 2006, 252–54, n. 136)

787. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005, 30–31)

788. (Pierotti 1987, 402–5)

789. (Pierotti 1987, 404)

790. (Garzella 2005, 52; 1986, 80–81)

791. (Luzzati 1962, 210)

da suddividere tra i 10 uomini ricordati nel documento. Il prezzo dei terreni concessi (circa 3370 m²), troppo elevato per l'epoca, l'assenza di dati archeologici che testimonierebbero l'avvenuta costruzione del castello, l'impossibilità per i presuli pisani di esercitare, da quel momento in poi, diritti signorili sulla terra di Cascina, confermerebbe l'ipotesi secondo la quale la costruzione del nuovo castello di Cascina, ricordata nello *scriptum memoriale*, fu soltanto un pretesto per cedere la terra ai nuovi "coloni" in cambio del versamento di un'importante somma di denaro, con la quale i Cascinesi stavano in realtà comprando la propria libertà e pone alcuni dubbi sull'effettiva realizzazione del nuovo impianto urbano nel corso del 1141⁷⁹². La struttura a pianta quadrangolare difesa da una cinta muraria fu invece il risultato della "rifondazione" avvenuta nel 1370 quando il consiglio degli Anziani di Pisa⁷⁹³ "procedette alla nomina di alcuni cittadini incaricati di determinare nel castello appena fondato i lotti edificabili (*casalini*) e di consegnarli ai cittadini intenzionati a trasferirsi nel borgo fortificato"⁷⁹⁴. Le nuove procedure di agrimensura prevedevano inoltre che un quarto dello spazio urbano fosse riservato alla pieve e gli edifici ecclesiastici e che fossero designati altri cittadini per il tracciamento degli assi viari (*vie, carrarie*). All'interno della terra nuova furono raccolti i popoli di Viacava, *Pisciulis*, *Donoculta*, S. Martino alla Pergola, S. Stefano di Canneto, Rinonichi, S. Ilario, S. Martino alla Pergola e S. Frediano di Canneto⁷⁹⁵.

L'analisi morfologica dell'impianto urbano svolta sulla base del Catasto storico Leopoldino (**Figura 45**) mostra l'esistenza di un impianto urbano suddiviso in quattro settori da due assi perpendicolari, l'attuale Via Mentana e Via Giuseppe Garibaldi (**Figura 46**). A nord dell'asse mediano est-ovest è possibile individuare 3 lotti rettangolari e uno spazio quadrangolare riservato agli edifici religiosi, mentre nel settore a sud della via Garibaldi sono riconoscibili 7 lotti rettangolari, come evidenziato nelle indagini precedenti, che avrebbero subito una sostanziale modifica a causa del successivo passaggio della strada che da Pisa giungeva a Firenze (**Figura 47**). L'analisi metrologica conferma in effetti che a nord di Via Garibaldi sono presenti tre "isolati-tipo" di ca. 12 per 36 pertiche lineari di lato, per una superficie complessiva di 6 staia e mezzo circa. Gli isolati sono verosimilmente suddivisi all'interno tramite l'asse mediano in lotti rettangolari di 6 per 2,4 pertiche lineare per un totale di 15 lotti ogni lato. Mentre nel settore meridionale è possibile riconoscere dei lotti rettangolari di 13 per 38 pertiche *lineari* per una superficie totale di circa 7 staia e mezzo, **Figura 48; Figura 49**.

Le indicazioni contenute nello *scriptum memoriale* (6 staia di terreno, 10 concessionari appartenenti a 8 famiglie) sembrano trovare riscontro nella lettura morfologica dell'impianto urbano di Cascina. La struttura regolare della "terra nuova" di Cascina, riconoscibile nella planimetria attuale, potrebbe dunque essere il risultato di una prima fondazione avvenuta nel 1141 che comportò il tracciamento di 10 lotti regolari di circa 6 staia⁷⁹⁶, o tuttavia degli interventi successivi realizzati nel corso del 1370⁷⁹⁷, che potrebbero aver attuato solo tardivamente le probabili disposizioni

792. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005, 31; Garzella 2005, 52)

793. ASP, Comune, Divisione A, n. 147 c. 80r; n. 66 c. 39r; n. 152, cc. 81v-82r; n. 163, c. 60v. In (Garzella 2005, 57).

794. (Alberti *et al.* 2005, 157; Garzella 2005, 54-57)

795. (Garzella 2005)

796. (Pierotti 1987)

797. (Alberti *et al.* 2005, 157; Garzella 2005, 54; 1986, 80-81)

agrimensorie descritte nello *scriptum memoriale*. L'edificazione dei lotti *casalini* permise infine il definitivo popolamento del centro urbano di Cascina che nel censimento del XV secolo contava 565 individui⁷⁹⁸.

Tuttavia l'impianto originario subì rilevanti modifiche in seguito all'ampliamento e allo spostamento dell'asse viario che collegava i centri di Livorno, Pisa e Firenze, in particolare nel settore a sud dell'attuale via Garibaldi dove è possibile osservare tramite l'indagine morfologica e metrologica un differente assetto degli isolati urbani e dell'organizzazione delle parcelle al loro interno.

L'impianto urbano segue un orientamento prevalente di N 4°-7° E, probabilmente condizionato dall'andamento della viabilità medievale, e dunque divergente rispetto alla griglia centuriale come per tutto il settore a sud di Cascina evidenziato nel corso delle analisi precedenti, **Figura 50**.

11.3.4.2. La “terra nuova” di Ponsacco

L'abitato di Ponsacco appartiene alla terza generazione di “terre nuove” toscane, così definite dallo studioso Pirillo⁷⁹⁹, nate tra la fine del Duecento e la metà del secolo successivo, in particolare per iniziativa della città di Firenze allo scopo di creare nuovi centri punti, demici, economici e politici. Nel caso della pianura di Pisa la fondazione di Ponsacco, così come tutte le ri-fortificazioni di antichi castelli (Lavaiano, Crespina, Perignano) e degli abitati urbani (Cascina-rifondazione del 1370) ebbero una finalità principalmente militare, di controllo del territorio al confine tra le sfere di influenza delle città Firenze e di Pisa.

Nella seconda metà del XIV secolo, infatti, la situazione politica e militare di Pisa divenne alquanto incerta in particolar modo dopo la conquista fiorentina di Volterra avvenuta nel 1361 e il definitivo assoggettamento di S. Miniato del 1370⁸⁰⁰. In particolare, questo nuovo scenario politico consentiva alle truppe fiorentine il controllo sulla strada di Valdera che unendosi “alla via di Travalda” in prossimità del *pons sacci* permetteva l'accesso alla pianura pisana. Per tali ragioni il Comune di Pisa deliberò la fondazione della “terra nuova” di Ponsacco, in prossimità del sopracitato ponte, punto nevralgico dell'antico sistema viario, che già nella metà del Duecento consentiva di valicare il fiume Cascina nei pressi della sua confluenza con il fiume Era⁸⁰¹.

Il “castrum de Pontesacco”, costruito a partire dal 1364 ospitava i popoli di Appiano, Petriolo, Gello e Pegiano (S. Lucia di Pontedera), appartenenti al piviere di Appiano⁸⁰². Nel corso del 1370 la terra nuova era ancora in costruzione come attestano i documenti medievali che esoneravano da ogni onere e servizio i popoli di Petriolo e Camugliano occupati nella costruzione del borgo fortificato⁸⁰³.

Le indagini archeologiche condotte nei pressi dell'attuale centro urbano hanno dimostrato l'assenza di strutture murarie riferibile all'epoca medievale⁸⁰⁴, tuttavia l'integrazione dell'indagine morfologica ha permesso di apportare nuovi elementi alla conoscenza dell'antico impianto urbano.

798. (Pirillo 2002, 124)

799. (Pirillo 2002)

800. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005, 41)

801. (Alberti & Baldassari 2006)

802. (Alberti & Baldassari 2006, 255)

803. (Morelli 2005, 114)

804. (Alberti & Baldassari 2006, 255)

La lettura morfologica e metrologica del parcellare urbano di Ponsacco realizzata sulla base del catasto attuale ha permesso il riconoscimento di un impianto urbano caratterizzato da 13 lotti complessivi distribuiti a nord (7) e a sud (6) dell'attuale Corso Giacomo Matteotti. La strada collegata ad ovest con la via di Gello conduce sino al centro di Fornacette, mentre ad est prosegue per il ponte sul fiume Cascina (*pons sacci*) **Figura 52**.

Dall'analisi metrologica dei lotti urbani basata sull'unità di misura della pertica lineare è stato possibile riconoscere dei lotti che rispettano grossomodo una misura di ca. 28×8 pertiche lineari per il settore a nord di Corso Matteotti e ca. 25×8 pertiche lineari per il settore sud. Le numerose variazioni riscontrate nelle misure dei lotti in particolare per il settore nord-orientale sono probabilmente indotte dagli interventi urbani avvenuti nel corso dei secoli che hanno modificato l'impianto urbano originario, **Figura 53**. Tuttavia, l'analisi realizzata tramite supporto MorphAL conferma la forte regolarità geometrica dell'impianto urbano attuale, **Figura 56**.

Il calcolo delle superfici ha restituito un impianto più omogeneo caratterizzato da 11 lotti di circa 3 staia corrispondenti a circa 56 scale, 1 lotto di 4 staia circa (66 scale) e 1 lotto di 7 staia (118 scale). Tra le misure lineari è possibile osservare una ricorrenza dei multipli di 4 e di 5, mentre nelle misure superficiali in staia e in scale una ricorrenza dei multipli di 3, di 4 e di 7, **Figura 54**. Gli assi NE-SO che separano le parcelle urbane seguono un orientamento prevalente di $18-19^\circ$ E nella porzione orientale e di $N 21^\circ-23^\circ E$ nella metà occidentale, mentre gli assi NO-SE, non esattamente perpendicolari, hanno un orientamento prevalente di $N 59-61^\circ O$, leggermente divergente rispetto alla griglia centuriale, **Figura 55**.

II.3.4.3. Le parcelle regolari in località "Le Melorie"

Ad ovest dell'abitato di Ponsacco, nei pressi della località Le Melorie, è visibile una trama regolare che differisce dal parcellare circostante, costituita da un asse principale con andamento NE-SO isocline ai cardini della centuriazione, che interseca 7 assi ad esso perpendicolari, che seguono un andamento NO-SE, paralleli alle tracce dei decumani che delimitano l'unità morfologica identificata (**Figura 57**). Il rapporto esistente tra la griglia centuriale e le parcelle regolari ha indotto gli studiosi a identificare gli assi come probabili *limites intercisivi* di una stessa centuria materializzati da una serie di viottoli di campagna e piccoli fossi, che suddividevano lo spazio interno alla centuria in 12 lotti di $16 \frac{2}{3}$ iugera⁸⁰⁵.

Tuttavia, l'analisi morfologica e metrologica condotta sul parcellare agrario consente di avanzare nuove ipotesi. Sulla base del catasto attuale è stata infatti ridefinita l'organizzazione del reticolo agrario che si sviluppa tra l'attuale Strada Provinciale di Gello a nord e la Fossa Nuova a sud. La trama è caratterizzata da 16 lotti regolari principali orientati NO-SE (ad eccezione dei due lotti rettangolari del settore nord-orientale) suddivise al loro interno in piccoli appezzamenti terrieri. Il confronto con le parcelle del Catasto Leopoldino ci permette di evidenziare che la struttura ha subito delle modifiche nel corso degli ultimi secoli in seguito al tracciamento di nuovi limiti parcellari. Nel catasto ottocentesco sono infatti visibili soltanto 14 lotti, mentre sono assenti le suddivisioni interne (**Figura 58**).

805. (Pasquinucci *et al.* 1997, 240)

In particolare nei fogli del Catasto Leopoldino è possibile osservare come la trama sia strutturata da fossi di drenaggio che seguendo la pendenza naturale del terreno trasportano le acque in eccedenza verso i fossi principali del sistema idrico con orientamento NO-SE, la Fossa Nuova a sud di origine medievale (citata nel Regesto della Chiesa di Pisa del 1134⁸⁰⁶) e il Rio di Pozzale a nord, un probabile antico corso fluviale canalizzato, che sulla base della cartografia settecentesca da Fornacette correva parallelo alla Via d'Arnaccio e alla Fossa Chiara confluendo insieme alla Fossa Solaiola nella Fossa Nuova all'altezza di Isola di Coltano⁸⁰⁷ (**Figura 59**).

Il calcolo dei perimetri e delle aree, effettuato tramite il supporto MorphAL sulla base delle parcelle osservabili nel catasto attuale ed il confronto con il sistema metrico medievale, precedentemente menzionato, ha permesso di osservare la presenza di una serie di lotti regolari di 15x36 pertiche corrispondenti ad una superficie di 6 staia; di 15x40 pertiche lineari corrispondenti a 9 staia; di 22x36 pertiche lineari corrispondenti a 12 staia ed infine di 22x40 corrispondenti a 14 staia, **Figura 60**. Considerando le parcelle dei settori che apparentemente non hanno subito delle modifiche nel corso degli ultimi due secoli è possibile riconoscere delle corrispondenze tra l'organizzazione dello spazio agrario delle Melorie e l'impianto urbano di Ponsacco, in particolare per i lotti che rispettano una superficie di 9 e di 14 staia rispettivamente multipli delle misure dei lotti urbani di 3 e 7 staia precedentemente evidenziati. È possibile inoltre osservare come nelle misure lineari delle parcelle agrarie si ripete un modulo prevalente di 4 e 5 pertiche lineari mentre nell'estensione superficiali troviamo una ricorrenza dei multipli di 3, di 4 e di 7 come nel contesto urbano (**Figura 60**).

L'assenza di documenti d'archivio che attestino l'effettiva attribuzione dei lotti ai nuovi abitanti del borgo di Ponsacco e le trasformazioni avvenute nel corso dei secoli rendono piuttosto complicato il riconoscimento di una forma di organizzazione catastale riferibile all'epoca medievale. Tuttavia, la regolarità metrica riscontrata nel paesaggio attuale potrebbe essere il frutto di una riorganizzazione del parcellare agrario di epoca medievale che inserendosi all'interno della griglia centuriale riprende l'andamento degli assi centuriali funzionali anche in questo caso allo scorrimento delle acque, ma modificando la suddivisione interna dei lotti. L'analisi realizzata tramite il supporto MorphAL attesta un orientamento prevalente di N 26°-31°E per gli assi NE-SO e di N 58°-62° O per gli assi NO-SE complessivamente isoclini alla griglia centuriale, e conferma inoltre la regolarità geometrica ("rettangolarità") degli appezzamenti terrieri, (**Figura 60**).

Come sappiamo dal riscontro con i dati archeologici e dalle fonti d'archivio l'area fu interessata verosimilmente a partire dalla fine del III secolo d.C. dallo sviluppo di un'area palustre, conosciuta col nome di palude di Lavaiano, che perdurò nel corso dell'Altomedioevo interessando le aree comprese tra Lavaiano, Le Melorie e la zona a nord dell'attuale strada Provinciale di Gello⁸⁰⁸. La formazione della palude potrebbe aver comportato la cancellazione degli assi centuriali ripresi successivamente in epoca medievale grazie alla costruzione della nuova rete idrica e alla riorganizzazione del parcellare agrario. Come è stato riscontrato nel caso di Lugo siamo in presenza di una forma di "ripresa" inconsapevole degli assi centuriali successiva ad una fase di dissesto idrogeologico⁸⁰⁹. Tuttavia, l'assenza di indagini stratigrafiche mirate non consente di ricostruire

806. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420; Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 35)

807. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 34)

808. (Pasquinucci *et al.* 1997)

809. (Dall'Aglio & Franceschelli 2011, 32)

in maniera esaustiva le dinamiche di trasmissione degli antichi assi centuriali, confermandone dunque l'esistenza anche per l'epoca romana, o di riconoscere la suddivisione interna alle centurie forse inconsapevolmente ripresa dalla nuova trama agraria.

II.3.5. Le forme di organizzazione della pianura pisana tra fenomeni di trasmissione e di trasformazione della struttura centuriale.

L'indagine morfologica ha consentito di individuare differenti forme di organizzazione agrarie e urbane che caratterizzano il paesaggio pisano e di riconoscere le tracce del processo costruttivo del reticolo centuriale nella lunga durata. La centuriazione, riconoscibile in differenti settori della pianura per un'estensione complessiva di circa 200 km², ed in particolare nella zona tra Pisa e Cascina, struttura ancora oggi in maniera significativa il complesso reticolo di strade, di fossi e di elementi divisorii, influenzando il 12% delle limiti parcellari del catasto attuale e il 32% delle parcelle del catasto ottocentesco esaminati.

L'aspetto attuale del graticolato è evidentemente il risultato di un processo di trasmissione che ha interessato tutte le epoche storiche, dal periodo medievale con l'installazione di un sistema insediativo che eredita la forma centuriale, sino al secolo scorso quando interventi di bonifica comportarono il "ritracciamento" degli assi ortogonali.

Il forte dualismo tra la forza attrattiva dell'impianto centuriale e la capacità deformante dei nuovi centri e della nuova rete viaria e idrica è stato dimostrato in molteplici casi, e ha contribuito alla conformazione attuale della centuriazione.

Un elemento determinante nel processo di trasformazione e di trasmissione delle forme del paesaggio storico è certamente connesso alla gestione della rete idrica nella lunga durata. Come è stato già sottolineato in precedenti pubblicazioni⁸¹⁰, alcuni fossi della rete idrica attuale e risalenti all'epoca medievale, seguono l'orientamento e il modulo dei cardini della centuriazione pisana. In particolare per il settore compreso tra Pisa e Cascina: il fosso Caligio oggi Fosso del Caligi, attestato nel *Breve Pisani* del 1287⁸¹¹, probabilmente di origine molto più antica, forse longobarda, poiché il suo nome di origine germanica significa appunto "fosso", che dall'Arno giungeva fino a Stagno; il fosso di Oratoio costruito in epoca medievale⁸¹²; la Nugolaia (o fosso navigabile) di Mezzo oggi identificabile con la Fossa Ceria o Fosso degli Stecchi⁸¹³, che scendeva da Visignano e Oratoio sino a Vicarello e attestata sin dal 1265⁸¹⁴; il Fosso di Titignano, ricordato nelle fonti storiche del XII secolo e proveniente da Musigliano⁸¹⁵; il Fosso della Mariana o di San Lorenzo alle Corti risalente all'epoca medievale⁸¹⁶; il Nugolaio o Fosso di Navacchio, detto anche *Dogaria* e ricordato nel 1205⁸¹⁷, il fosso o *docaia* di San Lorenzo anch'essa probabilmente risalente all'epoca

810. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420–21; Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 34; Pasquinucci & Menchelli 2012a, 191)

811. (Bonaini 1854, 478, 496). Fonte (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420)

812. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 33-34)

813. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 34)

814. (Redi 1984, 34)

815. (Redi 1984, 34)

816. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 34)

817. ASP, *Diplomatico di S.Paolo all'Orto*, n 27. Fonte (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420; Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 34).

medievale⁸¹⁸ e ancora attestato nel catasto storico ottocentesco (**Figura 62**). Tra i fossi isoclini alla centuriazione vi è inoltre la fossa di Santa Maria non menzionata nel *Breve* del 1287⁸¹⁹ che tuttavia ricorda l'esistenza di una via *dicte Sancte Marie*, che probabilmente affiancava l'omonimo canale di scolo. Il riferimento alle località di epoca medievale ancora oggi esistenti e il riscontro nella cartografia settecentesca e ottocentesca che attesta la presenza dei fossi con il medesimo toponimo, conferma la conservazione dei fossi dall'epoca medievale sino ai giorni nostri; **Figura 61**.

Come è stato precedentemente proposto⁸²⁰, le fosse *docariae* anonime menzionate nei testi medievali in prossimità di alcuni centri in riva sinistra del fiume Arno, sono probabilmente connesse con il sistema idrico di epoca romana. L'esistenza del toponimo *docaia* in corrispondenza del fosso di San Lorenzo attestato nel Catasto Leopoldino (**Figura 62**), così come la presenza del toponimo *Dogaia* (**Figura 25**) in prossimità del fosso della Mariana nel catasto attuale conferma l'utilizzo del termine come sinonimo dei fossi o *foveae* della rete idrica, ed in particolare dei canali di scolo isoclini alla centuriazione, nella lunga durata.

Nel settore tra Pisa e Cascina è inoltre possibile osservare come l'attuale fosso del Nugolaio di Stecchi non chiaramente identificabile nelle fonti medievali, e il Fosso dei sei Comuni trasmettono l'allineamento rispettivamente dei cardini e dei decumani (**Figura 61**).

Nel settore meridionale della pianura di Pisa, come precedentemente ricordato è possibile osservare come i fossi del sistema di bonifica della palude di Stagno trasmettano gli allineamenti centuriali, così come nel settore a nord della città di Pisa il Canale Demaniale costruito nel corso del XVI secolo⁸²¹, e il Fosso Baronti. Esistono poi una serie di fossi che seppur con lievi divergenze trasmettono l'orientamento centuriale come nel caso della fossa Vicinaia attestata nel 1086 e convergente verso l'antico ramo del fiume *Auser* che attraversava il settore a nord di Pisa⁸²², e un tratto della Fossa Nuova attestata sin dal 1134 nel Regesto della Chiesa Pisana⁸²³.

Il fenomeno di trasmissione è pertanto connesso alla gestione delle risorse idriche e in particolare alla funzionalità degli orientamenti centuriali che seguendo il naturale pendio del terreno consentono il libero deflusso delle acque superficiali, **Figura 63**.

In altri casi invece la nuova struttura della rete idrica e viaria ha comportato la riorganizzazione del parcellare e del sistema di scoline come è possibile osservare nel settore a sud dell'abitato di Cascina (**Figura 42**) e tra il Canale Emissario e lo Scolmatore dell'Arno che rappresentano grossomodo delle linee di demarcazione con le zone in cui sono maggiormente conservate le tracce della centuriazione. All'interno di queste aree è stato possibile riconoscere delle unità morfologiche divergenti rispetto alla griglia centuriale teorica probabilmente riconducibili all'organizzazione dello spazio agrario e della rete idrica messa in atto sin dall'epoca medievale; **Figura 44**.

La presenza di labili tracce riferibili alla centuriazione, il riconoscimento dell'antico alveo del "Paleorotina" che verosimilmente correva parallelo ai decumani della centuriazione, le ipotesi di funzionamento idrico del reticolo centuriale potrebbero confermare l'estensione della pertica

818. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 34)

819. (Ghignoli 1998, 371)

820. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994)

821. (Gattiglia 2013, 56)

822. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 419)

823. (Caturegli 1938, n.331. Tratto da Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420)

anche nelle suddette aree, trasformate dalle nuove forme di sistemazione dello spazio agrario e urbano che si sovrapposero al reticolo centuriale comportandone la cancellazione. Tuttavia, ulteriori indagini stratigrafiche permetterebbero di ricostruire l'aspetto del paesaggio agrario di epoca romana e la sua evoluzione nel corso dei secoli, quindi di comprendere le dinamiche paleoambientali che comportarono la cancellazione degli assi centuriali o che verosimilmente ne impedirono il tracciamento sin dall'epoca romana.

Nel settore orientale è stato invece dimostrato come l'organizzazione del parcellare delle Melorie e la costruzione della rete idrica medievale comportarono il "ritracciamento" degli assi centuriali in seguito ad una fase di dissesto idrogeologico iniziata nel corso del III secolo d.C. e perdurata sino in epoca altomedievale che comportò la temporanea cancellazione o deformazione del reticolo centuriale.

II.4. Conclusione Parte II

La lettura morfologica dello spazio centuriato è basata su un approccio interdisciplinare che partendo dallo studio delle fonti storico-letterarie ed epigrafiche, integrato dall'analisi dei dati cartografici, d'archivio, archeologici e geografici analizza l'evoluzione del reticolo centuriale nella lunga durata sin dal momento della sua creazione.

Le analisi svolte nell'ambito del contesto pisano confermano che la centuriazione è visibile nel paesaggio odierno non nel suo aspetto originario ma come una struttura filtrata da anni di storia e di evoluzione paleoambientale che sarà argomento dei capitoli successivi. In questo senso è esemplare il ritrovamento in fotografia aerea di una traccia fossile riferibile ad un asse della centuriazione, probabilmente corrispondente al *decumanus maximus*, che corre parallelo alla strada attuale che trasmette, seppur con lievi divergenze, l'orientamento e l'assialità del limite romano. Pur affermando l'esistenza di un sistema originario romano che risponde all'esigenza di pianificazione e che ha influenzato le sistemazioni agrarie, idriche, viarie realizzate nelle epoche successive, l'assetto centuriale oggi visibile nel paesaggio attuale non è il risultato dell'opera degli agrimensori romani ma degli interventi operati nel corso dei secoli, in particolare in epoca medievale, che hanno migliorato, ampliato, ridotto, trasformato o trasmesso la struttura centuriale. Soltanto l'integrazione di indagini stratigrafiche mirate in corrispondenza degli assi riferibili alla centuriazione potrà confermare l'esistenza e l'aspetto degli assi di epoca romana e le modalità di trasmissione (laterale, verticale) avvenuta nel corso dei secoli. Sembra pertanto più appropriato l'utilizzo dei termini quali trasmissione e trasformazione che non presuppongono necessariamente l'esistenza di una struttura complessiva originaria che in risposta ai cambiamenti ambientali e socio-economici avvenuti in epoca post-romana si conserva o si modifica, ma che si costruisce nel corso dei secoli in funzione degli interventi operati dall'uomo secondo le mutate condizioni politiche, sociali, idrogeologiche e topografiche.

In questa dinamica morfologica le forme di organizzazione del paesaggio, che nel caso delle pianure alluvionali rispondono soprattutto ad esigenze idriche, comportarono la costruzione della centuriazione nella lunga durata. Nel territorio pisano la società medievale pianifica una nuova rete idrica costituita da fossi di scolo e canali che regolarmente trasmettono gli orientamenti centuriali, funzionali allo scorrimento delle acque. Il sistema insediativo inoltre eredita la forma centuriale posizionando i centri ecclesiastici e urbani in prossimità degli incroci e degli assi principali e allo stesso tempo trasforma il reticolo centuriale attraverso la costruzione di nuovi abitati e della rete viaria connessa.

Mentre la fondazione delle "terre nuove" di Cascina e Ponsacco e le forme di gestione dello spazio agrario identificate a sud di Cascina comportarono la riorganizzazione dello spazio centuriato secondo modalità ed esigenze differenti che si discostano dalla struttura centuriale.

Il caso studio della pianura di Pisa, così come di altri contesti centuriati, confermano dunque la necessità di adoperare un approccio interdisciplinare e diacronico in grado di ricostruire le dinamiche di interazione tra la struttura centuriale, le società del passato e attuali, nonché le trasformazioni paleoambientali. In questa prospettiva è sembrato dunque necessario approfondire lo studio delle dinamiche paesaggistiche che hanno interessato il settore interno della pianura di Pisa caratterizzato da una forte instabilità idrologica, in particolare la zona compresa tra Pisa

e Cascina dove si conservano la maggior parte delle tracce riferibili all'assetto centuriale e che fino a questo momento non sono state oggetto di un'analisi stratigrafica in grado di cogliere le trasformazioni pedosedimentarie e paleoidrografiche che hanno interessato il settore in particolare dall'epoca romana ai giorni nostri.

Tale approccio metodologico conduce alla ricostruzione della storia e dell'evoluzione di un determinato territorio, del sistema insediativo, delle forme di gestione delle risorse idriche, dell'organizzazione della rete viaria nella lunga durata. "Riconoscere e ricostruire la complessità e la dinamicità dei paesaggi centuriati significa anche garantire un'adeguata conservazione e valorizzazione di questi territori che per natura tendono ad evolversi e rinnovarsi e che pertanto necessitano di interventi attenti al delicato equilibrio ambientale e adeguati al contesto geomorfologico"⁸²⁴.

824. (Di Cocco 2008, 74)

Parte III – LE DINAMICHE PALEOAMBIENTALI E PAESAGGISTICHE

III.1. La Pianura di Pisa: storia di fiumi

III.1.1. Il ruolo dei fiumi nella formazione del paesaggio pisano

Il processo di formazione della pianura alluvionale di Pisa e dei suoi elementi costitutivi (la rete idrografica, la rete idrica, la distribuzione dei nuclei insediativi, la rete viaria, etc.) è il risultato di dinamiche ambientali (progradazione della linea di costa, processo di aggradazione della pianura alluvionale, migrazioni dei percorsi fluviali) e antropiche (sociali, politiche, demografiche, tecniche, etc.) che sin dal Pleistocene medio hanno interessato quest'area geografica.

Ma la trasformazione più importante iniziò circa 8000 anni BP, quando, al culmine del progressivo innalzamento del livello del mare (fenomeno conosciuto col nome di trasgressione versiliana che ebbe inizio dopo l'acme del Würm III, 18000 anni BP), parte della paleovalle del fiume Arno venne inondata. Durante la fase di massima ingressione marina, datata a 7.8 ka cal yr BP⁸²⁵, la linea di costa si spostò di circa 7 km a est rispetto all'attuale; alle sue spalle si sviluppò un'ampia area lagunare⁸²⁶ riconoscibile nel sottosuolo della pianura di Pisa nei depositi di argilla grigia plastica (meglio conosciuti col nome di "pancone") individuabili a partire da una profondità di circa -7 m rispetto al livello del mare⁸²⁷.

Da questo momento un'inversione di tendenza, imputabile ad una diminuzione del tasso di risalita del livello del mare e ad un progressivo aumento dell'apporto sedimentario (di origine fluviale)⁸²⁸, segnò il prevalere del sistema fluviale sul sistema marino⁸²⁹. L'azione di trasporto e di deposito dei fiumi, in particolare dell'Arno e del Serchio, comportarono la transizione da laguna a palude e finalmente a pianura inondabile, nonché la conseguente progradazione della linea di costa. Si andò così delineando l'aspetto attuale della pianura pisana caratterizzata nella fascia costiera da un sistema di cordoni sabbiosi intercalati da aree stagnanti dette lame che testimoniano l'avanzamento della linea di riva; nel settore più interno da depositi alluvionali olocenici, risultato delle continue migrazioni ed esondazioni dei corsi principali (Arno e Serchio) e in misura minore dei corsi secondari (Era, Cascina) e dei torrenti provenienti dai Monti Pisani e dalle Colline Livornesi.

Il ruolo svolto dai fiumi nel processo di formazione del paesaggio attuale ha imposto pertanto uno studio approfondito della rete idrografica e della sua evoluzione nel corso dei secoli, attraverso

825. (Amorosi *et al.* 2013b, 134)

826. I limiti della laguna non sono allo stato attuale delle ricerche ben definibili. Dall'analisi dei dati di sottosuolo si può ipotizzare che la laguna si spinse a sud della città di Pisa, a nord sino ai piedi dei Monti Pisani e a est fino all'altezza della località di Mezzana e di Campo (Rossi *et al.* 2011; Sarti 2012).

827. (Amorosi *et al.* 2013a; Sarti 2012, 94-95)

828. (Sarti 2012, 73)

829. Analogie con il territorio di Grosseto: (Citter & Arnoldus-Huyzendveld 2009, 311).

un approccio interdisciplinare. In particolare, il lavoro di ricerca svolto nell'ambito del dottorato ha riguardato lo studio del fiume Arno nel suo tratto compreso tra la città di Pisa e il comune di Cascina e le dinamiche evolutive della pianura di Pisa degli ultimi 8000 anni circa.

L'indagine condotta si inserisce nel filone di studi interdisciplinari sui paesaggi antichi pisani che nel corso degli ultimi anni hanno avuto un maggiore impulso, permettendo di ricostruire gli scenari paleogeografici del settore urbano e periurbano quanto del settore costiero, dalla preistoria all'epoca attuale. Nell'ambito del progetto Mappa, sviluppato dal 2011 al 2013⁸³⁰, il lavoro svolto da un'équipe multidisciplinare ha consentito di ridefinire l'evoluzione del paesaggio urbano e periurbano della città di Pisa in tutti i suoi aspetti (la geomorfologia, la paleoidrografia, la paleotopografia, la distribuzione spaziale dei siti e dei rinvenimenti archeologici, etc.) rendendo accessibili le informazioni raccolte e le analisi realizzate attraverso la creazione di un WebGIS *open access* (MAPPAGIS)⁸³¹. Sempre per il settore urbano è opportuno ricordare le indagini paleoambientali che hanno riguardato il Cantiere delle Navi Antiche di Pisa San Rossore, attracco urbano situato lungo le sponde di un antico corso fluviale (probabilmente un paleoalveo del fiume *Auser*) occupato dal VI-V sec. a.C. al VII sec. d.C. e ripetutamente danneggiato dalle esondazioni fluviali, come attestano i numerosi relitti navali rinvenuti durante gli scavi archeologici⁸³². Le ricerche hanno permesso di ricostruire la successione cronostatigrafica degli episodi esondativi e le dinamiche geomorfologiche che hanno riguardato il sito, mentre restano ancora incerte le caratteristiche dell'intero bacino portuale e le connessioni con le dinamiche paleoidrografiche dell'area circostante⁸³³.

La fascia costiera, in particolare la zona del *Portus Pisanus*, principale approdo portuale di epoca romana situato a NE dell'attuale città di Livorno, è stato negli ultimi anni oggetto di uno studio interdisciplinare presentato durante la conferenza "*Les ports dans l'espace méditerranéen antique. Narbonne et les systèmes portuaires fluvio-lagunaires (22-24 mai 2014 Montpellier-France)*"⁸³⁴ e approfondito nel corso delle recenti pubblicazioni scientifiche⁸³⁵. Le ricerche paleoambientali e archeologiche hanno permesso di chiarire le dinamiche evolutive settore costiero meridionale e dell'area portuale (cfr. paragrafo III.2.3).

L'assenza di uno studio geostratigrafico per l'area compresa tra Pisa e Cascina, dove si conservano la maggior parte delle tracce del reticolo centuriale, ha pertanto animato le indagini condotte tra il 2015 e il 2017 in collaborazione con l'Università di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra e il Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali dell'Università di Bologna.

Alla luce delle tematiche storico-archeologiche esaminate nell'ambito del progetto di dottorato, una maggiore attenzione è stata rivolta alla fase cronologica compresa tra l'epoca romana e medievale. Tuttavia, le indagini hanno riguardato un quadro cronologico più ampio che dal Neolitico giunge all'epoca attuale. All'interno di questo studio diacronico è possibile distinguere tre scale temporali⁸³⁶: una "macro scala" riferibile ai periodi storici (Preistoria; Protostoria; Storia);

830. Per approfondimenti riguardo i risultati ottenuti nell'ambito del progetto Mappa: (Anichini *et al.* 2012; 2012).

831. <http://www.mappaproject.org/web-gis-2/>.

832. (Benvenuti *et al.* 2006; Camilli 2012, 13–18; Mariotti-Lippi *et al.* 2007)

833. (Allinne *et al.* 2016, 325–26)

834. (Allinne *et al.* 2016)

835. (Kaniewski *et al.* 2018)

836. Suddivisione ripresa da (Citter & Arnoldus-Huyzendveld 2009)

una scala temporale “intermedia” riferibile alle età e epoche storiche (Neolitico, età del Bronzo, epoca etrusca, epoca romana, epoca medievale); una “micro” scala temporale o scala per “eventi”, come nel caso delle alluvioni registrate nei documenti storici che acquistano un significato nella ricostruzione dell’evoluzione del paesaggio e della rete idrografica. Geograficamente l’area di studio si situa su scala interregionale all’interno di una macro area quale il Bacino Idrografico del fiume Arno; su scala regionale all’interno di uno dei sei settori in cui è suddiviso il Bacino Idrografico, il Valdarno Inferiore; su scala locale nel contesto della Pianura di Pisa, delimitata ad est dalla Val d’Era e a nord dal Bacino Idrografico del fiume Serchio.

III.1.2. L’“equilibrio dinamico” del fiume Arno nel corso dei secoli

Il fiume Arno ha svolto un ruolo principale nel processo di formazione e di trasformazione del settore della pianura di Pisa investigato nell’ambito del progetto di dottorato. Come descritto nella prima parte della tesi, l’Arno è un fiume appenninico a regime torrentizio che superata la località di Pontedera giunge nella pianura alluvionale di Pisa disegnando sette meandri (l’ansa di Fornacette, l’ansa di Cascina, l’ansa di Noce, l’ansa di Zambra, seguita dall’ansa di Campo, di Musigliano e infine l’ansa di Riglione) e dopo aver superato la cosiddetta zona delle Piagge⁸³⁷, attraversa la città di Pisa con un percorso grossomodo rettilineo, prima di gettarsi nel mar Ligure nei pressi di Bocca d’Arno (**Figura 6**).

Un fiume dallo stile meandriforme, definibile in base alle caratteristiche di pendenza del *thalweg*, larghezza, profondità media del canale, coefficiente di sinuosità, lunghezza d’onda dei meandri⁸³⁸, soggetto a frequenti episodi di piena e pertanto caratterizzato da un forte dinamismo.

L’“equilibrio dinamico”⁸³⁹ di un fiume, ovvero la tendenza a raggiungere uno stato di equilibrio o “quasi-equilibrio”, è condizionato dalle oscillazioni della portata e del carico solido (variabili di controllo) che si traduce in fenomeni di erosione o di deposito, migrazione dei meandri, avulsioni, esondazioni (variabili di risposta)⁸⁴⁰. Tali oscillazioni dipendono da fattori naturali legati alle variazioni climatiche (intensità e distribuzione delle precipitazioni nel bacino idrografico, i venti), alle variazioni eustatiche e alla tettonica; e da fattori antropici connessi ai sistemi di irrigazione, disboscamenti e urbanizzazione, ai sistemi di sfruttamento (prelievi in alveo, dighe, canalizzazioni), ai sistemi di controllo (taglio di meandri, argini, restringimenti, scolmatori, raddrizzamenti) (**Figura 65**)⁸⁴¹.

837. Il toponimo *piagge* si riferisce ai terreni apportati dalla corrente del fiume (Redi 1984, 14).

838. (Arnaud-Fassetta 2007, 59)

839. Il concetto di “equilibrio dinamico” viene utilizzato per definire la condizione permanente dei fiumi che, non raggiungendo mai un equilibrio morfodinamico stabile, sono soggetti nel corso del tempo ad aggiustamenti morfologici più o meno rapidi (definibili in termini di geometria idraulica e stile fluviale), che dipendono dalle fluttuazioni delle variabili di controllo (la portata e il carico solido) indotte da fattori naturali e/o antropici. L’equilibrio del fiume è definibile secondo variabili che oscillano intorno un valore medio che si modifica nel corso del tempo, pertanto “dinamico” (Arnaud-Fassetta 2007, 54–55; 69).

840. (Arnaud-Fassetta 2007)

841. (Arnaud-Fassetta 2007, 55-56; Caporali *et al.* 2005, 178)

La frequenza, l'intensità e la distribuzione delle precipitazioni sono, nel caso della pianura di Pisa, la prima causa di instabilità. Esse incidono direttamente sulla portata del fiume, che nel tratto da Cascina fino alla foce raccoglie le acque provenienti da tutto il bacino idrografico del fiume Arno. La portata media annua a monte, nei pressi di Firenze, raggiunge i 50 m³/s, mentre aumenta decisamente a valle, nei pressi di S. Giovanni la Vena, raggiungendo i 90 m³/s, per poi raddoppiare nei pressi della foce raggiungendo i 110 m³/s⁸⁴². In caso di intense precipitazioni il valore cresce notevolmente. Ad esempio, durante lo straordinario evento alluvionale del 4 novembre del 1966, che ha interessato il Bacino Idrografico dei fiumi Arno, Serchio e Ombrone, è stato calcolato che nel tratto passante per Firenze la portata del fiume superò i 4100 m³/s; mentre gli eventi esondativi avvenuti lungo il percorso del fiume Arno alleggerirono la sua portata che nei pressi di Pisa raggiunse i valori di 2500-2600 m³/s⁸⁴³. Tale dato è significativo per comprendere l'impatto che l'intensità e la distribuzione delle precipitazioni possono avere sulla portata del fiume Arno, a monte e a valle. Questi fattori furono ancora più determinanti nelle epoche passate, in condizioni di assenza o di inadeguatezza delle opere idrauliche.

Anche i venti rappresentano un fattore di disequilibrio del fiume, "i quali", come ricordava V. Viviani in una relazione del 1684, "reprimono e quasi fermano, anzi talora respingono all'insù il corso dell'Arno, lo fanno gonfiare, mentre ei depone la materia con più facilità ed in più copia"⁸⁴⁴. Un terzo fattore di disequilibrio del fiume è connesso agli interventi umani in alveo (tagli di meandri, raddrizzamenti, dighe, arginature) e a scala di bacino idrografico (disboscamenti, agricoltura intensiva, urbanizzazione, sistemi di canalizzazioni) che si sono perpetuati sin dall'epoca etrusco-romana.

Le variazioni del livello del mare possono in egual misura influenzare l'equilibrio dinamico di un fiume modificandone lo stile fluviale: in caso di un innalzamento del livello di base il processo di sedimentazione è predominante e il tracciato fluviale diventa più rettilineo (se la pendenza della costa è debole) o più sinuoso (se la pendenza della costa è forte); in caso invece di un abbassamento notevole del livello marino il fiume è soggetto ad una maggiore erosione delle sponde e il suo tracciato diventa più sinuoso se la pendenza della costa aumenta, più rettilineo se la pendenza si attenua⁸⁴⁵. Nel caso della pianura di Pisa la relativa stabilità del livello del mare registrata sin dalla fase eneolitica, in seguito al riempimento della laguna (depositi post-*pancone*)⁸⁴⁶ potrebbe aver limitatamente inciso sull'instabilità del fiume Arno.

Allo stesso modo il fenomeno di subsidenza sembra aver scarsamente influenzato la configurazione e l'evoluzione della pianura deltizia dell'Arno costituita, come i principali fiumi tirrenici, da una piattaforma ampia e poco acclive, maggiormente sensibile alle variazioni ambientali e all'azione

842. (Nardi & Magi 1996, 29)

843. (Nardi & Magi 1996, 30). In seguito a tale evento gli argini del tratto cittadino di Firenze, che fino a quel momento avevano una capacità massima di portata non superiore a 2500 m³/s, furono rialzati fino a contenere un massimo di 3400 mc/s, convogliando le acque fuori dalla città. A Pisa, dove l'alluvione distrusse il ponte Solferino, venne completata la costruzione dello Scolmatore dell'Arno in grado di ridurre di 1000 mc/s la portata del fiume, che può raggiungere un livello massimo di 2280 m³/s.

844. (Nesti 2008, 65)

845. (Arnaud-Fassetta 2007, 60)

846. (Sarti *et al.* 2012, 77)

antropica⁸⁴⁷. Gli studi legati alle dinamiche costiere⁸⁴⁸ hanno infatti dimostrato che a partire dall'epoca romana il fenomeno di progressione della linea di costa, in una fase di risalita del livello del mare e di subsidenza della pianura costiera⁸⁴⁹ subì un'accelerazione. Tale fenomeno è imputabile ad un aumento dell'apporto solido dei fiumi pisani, in particolare del fiume Arno e Serchio, certamente connesso all'opera di disboscamento e alla creazione di sistemi di canalizzazioni per lo scorrimento delle acque e per lo sfruttamento agricolo (maggiore erosione dei suoli) che ha riguardato in epoca romana i territori di Pisa e di Firenze per il bacino del fiume Arno, i territori di Volterra per il bacino del fiume Era affluente dell'Arno, e ancora i territori di Lucca per il bacino del fiume Serchio.

La continua evoluzione e instabilità del fiume Arno nel contesto della pianura di Pisa è testimoniata dalle fonti storiche (Strabone⁸⁵⁰, Villani⁸⁵¹, Meijer⁸⁵², Viviani⁸⁵³), dalla cartografia storica e dalle numerose paleotracce individuabili nel paesaggio pisano (**Figura 5**). Le ricerche condotte nel corso degli anni passati sull'antico percorso del fiume Arno si sono basate sulla documentazione storica e d'archivio, sui dati geomorfologici e archeologici, dando vita a diverse ipotesi ricostruttive.

La testimonianza più antica relativa al paleopercorso del fiume Arno risale appunto a Strabone, il quale riferendosi probabilmente a testi più antichi (come ad esempio ad Artemidoro d'Ephesos e Posidonio d'Apamea⁸⁵⁴) ci informa che “Pisa era situata alla confluenza di due fiumi: l'*Auser*, proveniente da nord e l'Arno che scorreva da oriente dividendosi in tre rami”⁸⁵⁵; “la città distava dal mare circa venti stadi”, meno di quattro chilometri⁸⁵⁶. La fonte storica conferma il passaggio del ramo principale per la città di Pisa, mentre non chiarisce la notizia relativa alla zona di triforcazione dell'alveo, ovvero se tale sistema di canali fluviali si sia sviluppato nel settore costiero, o se invece abbia interessato la pianura più interna, “prima di Pisa e della sua foce”⁸⁵⁷, lasciando spazio a varie ipotesi interpretative.

Secondo i primi studi geomorfologici il ramo principale di epoca romana attraversava la città di Pisa, e con un percorso meandriforme sfociava molto probabilmente nei pressi di San Piero a Grado, mentre più incerta era la ricostruzione dei due percorsi secondari, il cui ramo più meridionale poteva situarsi nei pressi di Le Rene, Chiesanuova, Latignano, e successivamente

847. (Bellotti 2000, 789–780)

848. Alcuni studi sulle dinamiche costiere:(Allinne *et al.* 2016; Amorosi *et al.* 2013a; Federici & Mazzanti 1989; Mazzanti & Rau 1994); (Mazzanti & Rau 1994); (Amorosi *et al.* 2013a); (Allinne *et al.* 2016).

849. La generale tendenza della pianura costiera a sprofondare sotto il peso dei sedimenti alluvionali avrebbe dovuto favorire la risalita del livello del mare ma il consistente apporto detritico dei fiumi ha comportato l'avanzamento della linea di costa, (Sarti 2012, 68–69).

850. Strab., 5, 2, 5 C 222: “Pisa è situata fra due fiumi, proprio alla confluenza, l'Arno e l'*Auser*. Di questi fiumi il primo, che viene da *Arretium*, ha una grande quantità d'acqua, non tutta insieme, ma divisa in tre bracci; il secondo scende dagli Appennini. Quando si uniscono per formare un sol corso, si sollevano l'un contro l'altro per la reciproca resistenza a tal punto che quelli che stanno sulle rive opposte non possono vedersi l'un l'altro, cosicché, necessariamente, è difficile risalire dal mare. La risalita è di circa 20 stadi”. Tratto da (Camilli 2004b, 67).

851. (Villani 1991)

852. “Dell'inondazione che fa il fiume Arno nella città e nella campagna di Pisa” in (Nesti 2008, 49–58).

853. “Relazione al Serenissimo Gran Duca Cosimo III intorno al riparare, per quanto possibil sia, la città, e campagne di Pisa dall'inondazioni” in (Nesti 2008, 59–69).

854. (Pasquinucci 2003b, 93)

855. La notizia della confluenza dei fiumi *Auser* e Arno è ribadita da Plinio che ricorda la collocazione di Pisa tra due fiumi. L'autore offre un rapido panorama della città sorta *inter amnes Auserem et Arnu* (Plinio, N.H. III, 5, 50).

856. Strab., 5, 2, 5 C 222:

857. (Ciampoltrini 2011, 19–20)

Stagno in corrispondenza delle “Sabbie argillose di Le Rene” (**Figura 3**)⁸⁵⁸. Uno studio condotto qualche anno più tardi confermava il passaggio del ramo principale per la città di Pisa in epoca romana, ipotizzando l’esistenza di un ramo meridionale che proveniente da Cascina giungeva a Stagno e di un terzo ramo che attraversava il solco che divide le “Sabbie di Isola di Coltano” fra Castagnolo e Stagno⁸⁵⁹. L’ipotesi dell’esistenza di un ramo meridionale che giungeva dal settore orientale della pianura venne ripresa da un’indagine condotta nel 2006 su base fotointerpretativa. Lo studio delle fotografie aeree IGM degli anni Cinquanta avrebbe permesso, secondo i ricercatori, l’identificazione di un paleoalveo che staccandosi dall’alveo principale del fiume Arno, all’altezza di Pontedera, si sarebbe diretto verso la contrada delle Melorie disegnando un grande meandro, per poi biforcarsi in due rami (quello di destra si sarebbe riversato in Arno, mentre quello di sinistra volgeva verso sud-ovest ai piedi dei terrazzi fluviali che orlano le colline di Lari). Tale ipotesi poteva essere riferibile ad un’epoca precedente l’età augustea, in quanto l’impianto della centuriazione avrebbe contribuito alla cancellazione del ramo meridionale⁸⁶⁰.

In altri casi la notizia riferita da Strabone viene messa in relazione all’assetto idrografico del fiume Arno nel suo tratto deltizio-costiero e viene pertanto identificato un ramo settentrionale che sfociava nei pressi della località di San Piero a Grado, dove sorgeva l’antico approdo fluviale, e un ramo meridionale che sfociava nei pressi della zona della Gronda dei Lupi, che ospitava il *Portus Pisanus*⁸⁶¹, mentre non si fa riferimento alla localizzazione del terzo ramo.

Il percorso interno del ramo principale del fiume Arno, da Pontedera a Pisa, è stato invece ipotizzato sulla base dei toponimi medievali riferibili ai miliari della via romana *Florentia -Pisae*⁸⁶², che alla metà o all’ultimo ventennio del II secolo a.C. correva in riva sinistra del fiume e che conservò, secondo le ipotesi dei ricercatori, il suo percorso originario sino in epoca medievale col nome di *strata Vallis Arni*⁸⁶³. L’Arno romano, situato più a sud del suo corso attuale, avrebbe attraversato la pianura “con un percorso diverso da quello odierno ma sostanzialmente stabile dall’età imperiale al pieno Medioevo”⁸⁶⁴. La strada, costruita sopra i depositi fluviali per assicurare una maggiore stabilità, correva parallela al fiume e pertanto aveva un andamento non perfettamente rettilineo⁸⁶⁵. Data la stabilità dei due percorsi viari è stato pertanto ipotizzato che anche l’Arno avesse mantenuto lo stesso percorso dall’età imperiale fino al pieno Medioevo. Secondo la ricostruzione, il fiume “lasciando Calcinaia sulla riva sinistra, raggiungeva Bièntina e Vicopisano, poi lasciati sulla riva sinistra Cesano e S. Giovanni la Vena, passava tra Curigliane e Cascina e scorreva vicino la chiesa di S. Martino di Ottavo o di *Ripafratta*, a Settimo, nel territorio di Noce e presso la pieve di San Casciano e la chiesa di S. Prospero di Uliveto per poi lasciare Zambra sulla riva destra e formare una nuova ansa cui si riferiscono i toponimi *Arquata* e *Rivolta* nel territorio di Casciavola e di S. Prospero, dove i toponimi di Naviccio e Navacchio ricordano la presenza di approdi fluviali.

858. (Della Rocca *et al.* 1987, 69)

859. (Federici & Mazzanti 1989, 597)

860. (Cosci & Spataro 2006, 101)

861. (Bruni 2003, 45)

862. La via *Florentia-Pisae* esisteva dalla metà o dall’ultimo ventennio del II secolo a.C. e fu costruita dal console *T.Quinctius Flaminius*, console del 123 a.C.. La via, documentata da un miliare rinvenuto presso Malmantile, doveva costituire il raccordo tra la via *Arretium-Bonomia* e *Pisa-Portus Pisanus* (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991; Pasquinucci *et al.* 1997).

863. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991)

864. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 130)

865. (Gattiglia 2013, 66)

L'Arno è poi attestato nei territori di San Lorenzo alle Corti e di Titignano, e con un percorso non diverso dall'attuale presso Montioni, Musigliano, le chiese di San Vittore di Campo e di S. Giovanni di Mezzana, Colignola, Ghezzano, Cisanello, Riglione, Fasciano e Putignano. A valle di Pisa l'Arno formava le anse di Barbaricina, della Vettola e di San Rossore" quest'ultime situate rispettivamente a sud e a nord del percorso attuale⁸⁶⁶.

Secondo alcuni studi, basati prevalentemente sulla documentazione storica medievale e sulla toponomastica, il percorso del fiume Arno si modificò a partire dal XII secolo migrando progressivamente verso nord fino al raggiungimento della sua conformazione attuale⁸⁶⁷. Le fonti medievali attestano inoltre la natura irruenta e l'instabilità del fiume Arno: il toponimo *Ripafratta*, ad esempio, attestato nel 987 in località Ottavo (nei pressi di Cascina) ricorda una rotta d'argine⁸⁶⁸. I primi interventi antropici sull'antico percorso del fiume Arno risalgono probabilmente alla fase romana, ma al momento non vi sono ritrovamenti archeologici che possano testimoniare. La prima opera idraulica documentata risale al X secolo quando venne tagliata l'ansa di Quarantola, situata all'altezza dell'attuale ponte della Cittadella. L'intervento viene ricordato dalle fonti come il "taglio del Gatano", toponimo che potrebbe essere di origini longobarde, derivato da "Catano" o "Catana" che significa piccolo fosso. Nell'odierno quartiere di Porta a Mare, nei pressi dell'attuale ponte della Cittadella, sorge infatti la chiesa di S. Giovanni Evangelista al Gatano costruita sulle fondamenta di un edificio di culto di epoca medievale⁸⁶⁹.

Gli interventi successivi di epoca medievale si datano nel 1338 e 1340 quando, ad opera della Repubblica di Pisa, vennero tagliati rispettivamente l'ansa di San Rossore e della Vettola⁸⁷⁰ (**Figura 66**).

Tali interventi ebbero il merito di migliorare la navigabilità del fiume nel suo tratto terminale e di facilitare lo scorrimento delle acque verso la foce.

866. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 412–14; Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 130)

867. (Gattiglia 2013, 35–37)

868. (Redi 1984, 11)

869. (Benvenuti 1996, 36)

870. (Gattiglia 2013, 20)

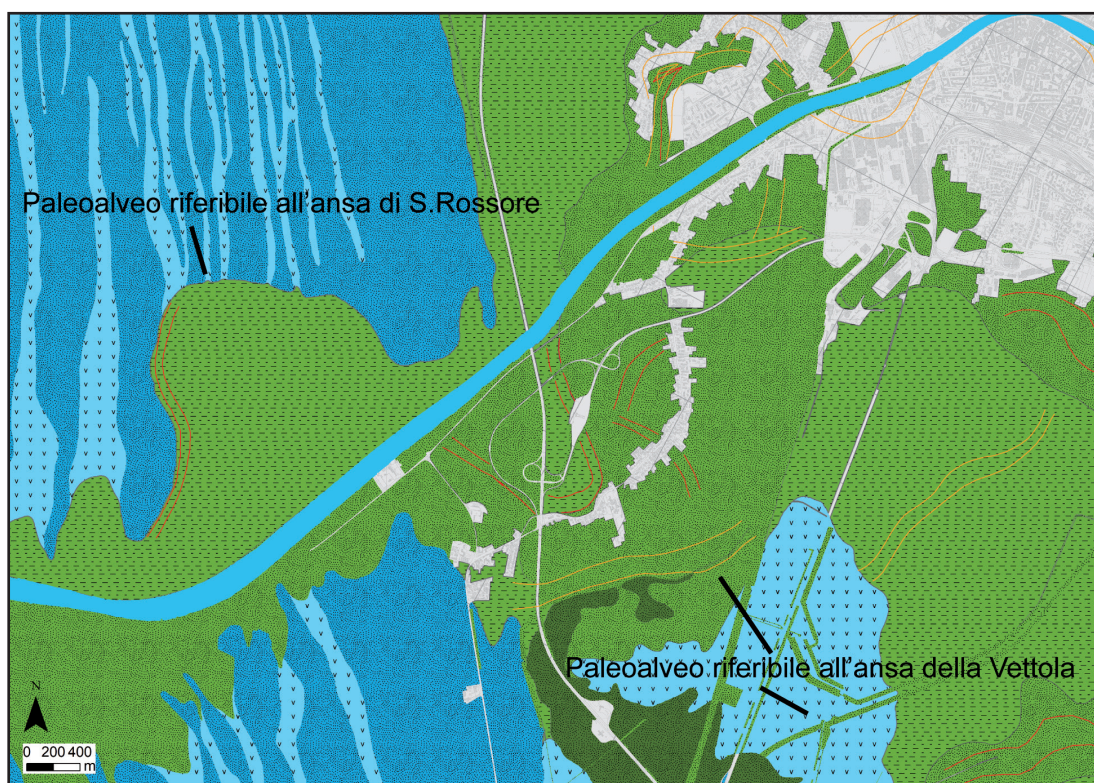


Figura 66. I tagli di meandro operati in epoca medievale.
 La carta geomorfologica mostra le paleotracce riferibili alle anse di San Rossore e della Vettola rispettivamente tagliati nel 1338 e nel 1340.

La prima immagine del percorso del fiume Arno, da Pontedera a Pisa, risale al 1503 quando in uno straordinario documento realizzato in occasione della guerra tra le città di Pisa e di Firenze, la *Carta dei dintorni di Pisa per i progetti di deviazione delle acque d'Arno*⁸⁷¹, Leonardo da Vinci mostra aspetti interessanti del paesaggio antico e del fiume Arno che aveva ormai raggiunto la sua conformazione attuale, fatta eccezione per i grandi interventi di epoca medicea e lorenese che hanno trasformato ulteriormente la conformazione del fiume in alcuni settori. Sotto la dinastia dei Medici vennero infatti effettuati due nuovi tagli quello quella di Castel del Bosco (1561) e di Bièntina-Vicopisano (1563-1564)⁸⁷². Nel 1606, sotto Ferdinando I, la foce del fiume Arno, che originariamente sfociava all'altezza di Marina di Pisa, venne spostato più a nord, nei pressi dell'attuale Bocca d'Arno⁸⁷³.

Nel 1771-1774 avvenne infine il taglio del meandro di Barbaricina (**Figura 67**) ad opera del Granduca Pietro Leopoldo per facilitare lo scorrimento delle acque fluviali verso la foce⁸⁷⁴.

871. *Carta dei dintorni di Pisa per i progetti di deviazione delle acque d'Arno*, Leonardo da Vinci 1503, Codice Madrid II.

872. (Federici & Mazzanti 1989, 602)

873. (Bruni 2002, 189)

874. (Federici & Mazzanti 1989, 602)



Figura 67. I tagli di meandro operati nel XIX secolo.

La carta geomorfologica mostra la paleotraccia riferibile all'ansa di Barbaricina tagliati nel 1771-1774.

Un'imponente opera di arginatura venne predisposta durante l'occupazione napoleonica e messa in atto nella metà del XIX secolo. Il progetto, illustrato da Rancini Carlo nel volume *Del fiume Arno nel compartimento pisano e dei lavori in quello eseguiti dal 1840 al 1847. Memorie dell'Ingegnere Ispettore Lorenzo Materassi (1849)*⁸⁷⁵, prevedeva la realizzazione di un sistema di argini e golene che trasformarono l'Arno in un canale pienamente regimato. Prima dell'attuazione di tale progetto, in occasioni di piene o rotte, si interveniva "per settori" dando vita ad argini e golene piuttosto irregolari visibili nella **Figura 68**.

L'intervento aveva lo scopo di uniformare il sistema di arginatura del fiume Arno e di regolarizzare la larghezza dell'alveo rendendolo adatto alla navigazione.

L'aspetto attuale del fiume Arno è dunque il risultato di un processo evolutivo determinato da fattori naturali e dai numerosi interventi antropici realizzati nel corso dei secoli su scala di bacino idrografico e sull'alveo allo scopo di modificare, raddrizzare, alleggerire, contenere il corso del fiume Arno.

875. (Materassi 1849; Tosi 2006)

III.1.3. Le migrazioni del fiume Serchio e della rete idrica minore nelle fonti storiche e d'archivio e nei dati della fotointerpretazione

Il settore settentrionale della pianura di Pisa si caratterizza dal passaggio del fiume Serchio, che sin dall'epoca etrusco-romana andava a costituire un sistema fluviale complesso, il cosiddetto sistema *Auser-Auserculus/Serchio*⁸⁷⁶. L'estrema dinamicità e instabilità del fiume è testimoniata dalle numerose paleotracce individuate nelle fotografie aeree e nelle immagini satellitari oltre che dalle notizie riportate dalle fonti storiche e d'archivio.

Gli studi condotti negli anni passati su base documentaria e di analisi da *remote sensing* concordano sull'antico assetto idrografico del fiume *Auser* che, come ricorda Strabone, “scendeva dagli Appennini”⁸⁷⁷ e a monte della città di Lucca si divideva in due percorsi fluviali: uno volgeva verso oriente, scorreva a nord dei Monti Pisani e dopo aver attraversato la piana di Bièntina confluiva nell'Arno⁸⁷⁸ all'altezza degli antichi meandri di Bièntina-Vicopisano⁸⁷⁹, verosimilmente fino in epoca altomedievale (VI secolo d.C.) quando è attestata la formazione del lago di Bièntina, probabilmente a causa dell'aggradazione del letto dell'Arno che ostacolò il libero deflusso del ramo dell'*Auser*⁸⁸⁰.

Il secondo canale fluviale correva invece verso ovest e superata la stretta di Ripafratta si dirigeva verso la pianura di Pisa con un percorso a canali multipli (pluricursale). Il ramo principale dell'*Auser*, dopo aver attraversato la pianura, proseguiva verso la città di Pisa⁸⁸¹. Secondo le ricostruzioni passate, una volta giunto in città, nei pressi di Via di Pratale, l'*Auser* attraversava la zona di Porta a Lucca, e dopo essersi diretto verso l'area dell'Orto Botanico, sfociava in Arno verosimilmente all'altezza degli Arsenali⁸⁸². All'interno del contesto urbano l'*Auser* si biforcava ulteriormente: un secondo ramo “urbano”, riconosciuto nelle immagini satellitari, si sarebbe staccato dal percorso principale nei pressi dell'attuale stadio, costeggiando il lato meridionale di piazza del Duomo e dirigendosi verso la stazione ferroviaria di Pisa-S. Rossore dove gli scavi del 1999 hanno riportato in luce lo scalo portuale urbano di epoca etrusco-romana⁸⁸³. Il suddetto ramo, superata la macchia di Palazzetto in S. Rossore, sarebbe giunto in mare nella zona tra La Sterpaia e le Cascine Vecchie⁸⁸⁴. Oltre la stretta di Ripafratta un altro ramo, l'*Auserculus*, si staccava dal percorso principale dell'*Auser* e proseguendo verso sud-ovest, sfociava in mare nei pressi di Isola di Migliarino, dove sorse sin dall'epoca etrusca un approdo portuale⁸⁸⁵.

876. (Mazzanti 1994; Pasquinucci 2008, 9)

877. Strab., 5, 2, 5

878. (Gattiglia 2013, 33; Pasquinucci & Menchelli 2012a, 186)

879. Secondo alcuni studiosi la confluenza avveniva all'altezza di Vicopisano (Gattiglia 2013, 33)

880. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 422-423; Pasquinucci 1994, 198)

881. (Pasquinucci 2008, 9)

882. (Bruni & Cosci 2003, 38)

883. (Bruni & Cosci 2003, 38; Cosci 2005, 13)

884. (Bruni & Cosci 2003, 38)

885. (Menchelli & Vaggioli 1988; Pasquinucci 2003b)

In epoca altomedievale e medievale il fiume *Auser* continuava a lambire la pianura a nord dell'abitato urbano di Pisa, che in questo settore prendeva il nome di *Vallis Auseris* o *Valdozzeri*⁸⁸⁶. Il suo percorso meandriforme è attestato a Patrignone, Orzignano, Gello, Campolungo, Cafaggio, Rete e a Pisa, dove costeggiava il tratto settentrionale delle mura medievali fino alla metà del XVI secolo⁸⁸⁷. Dopo aver attraversato la città, il percorso principale dell'*Auser* volgeva verso La Sterpaia e sfociava in mare non lontano dalla foce dell'*Auserculus*. Nei testi medievali si fa inoltre riferimento a rami fluviali più antichi ormai atrofizzati come ad esempio l'utilizzo del toponimo Fiume Morto o il riferimento ad un *Auser vetus* e Cafaggio, a Gello e a Campolungo. Alla fine del XIII secolo il fiume *Auser*, completamente arginato, era diventato un fiume secondario⁸⁸⁸ che con un unico percorso scorreva nel settore settentrionale dell'abitato urbano.

I documenti del IX-XII secolo attestano per l'epoca medievale la presenza di un terzo ramo, il *Tubra*, che staccandosi dall'*Auser* all'altezza di Ripafratta scorreva nei pressi di Vecchiano, Carraia, Arena, Alzavola, Pero e infine nei pressi della Sterpaia. Secondo alcuni studiosi il fiume aveva un corso d'acqua distinguibile dal fiume *Auserculus*, che vi scorreva in prossimità. Il *Tubra* infatti sarebbe fluìto a nord dell'attuale Serchio sfociando in mare nei pressi di Isola di Migliarino fino al XII secolo, quando un documento del 1156 attesterebbe la sua confluenza nell'*Auserculus*⁸⁸⁹. L'*Auserculus*, citato nelle fonti medievali a partire dal IX secolo, avrebbe avuto un percorso più meridionale rispetto al Serchio attuale almeno fino al XII secolo, quando unendosi al percorso del *Tubra* migrò gradualmente verso nord nel suo alveo attuale per sfociare nei pressi di Isola di Migliarino, non molto distante dall'antica foce dell'*Auser*⁸⁹⁰. Il suo percorso, ormai diventato quello principale e identificabile con l'attuale corso del fiume Serchio, era arginato sin dal XIII secolo⁸⁹¹. Prima del 1560 venne raddrizzata la foce, mentre nel 1579 avvenne il taglio dell'ansa di Metato⁸⁹².

Le ricostruzioni degli antichi percorsi del fiume *Auser-Auserculus/Serchio-Tubra* finora esposti si basano esclusivamente sullo studio della toponomastica, delle fonti d'archivio, della cartografia storica e dei dati da telerilevamento. È doveroso precisare che al momento sono state realizzate indagini di sottosuolo mirate soltanto per il settore urbano e periurbano della città di Pisa, mentre rimane ancora incerta la ricostruzione paleoidrografica del settore settentrionale della pianura di Pisa. Nel corso degli ultimi anni, infatti, sono state svolte nuove indagini geostratigrafiche che hanno permesso di ricostruire l'assetto paleoidrografico di età etrusco-romana, altomedievale e medievale per il settore urbano e periurbano. In particolare, sono state avanzate nuove ipotesi riguardo l'antico percorso dell'*Auser*, che probabilmente era caratterizzato da un alveo di tipo anastomizzato, ovvero costituito da due o più canali con andamento meandriforme, tra loro interconnessi⁸⁹³, e la sua confluenza in Arno, testimoniata nelle fonti storiche⁸⁹⁴. (vedi paragrafo

886. Il termine *Ozeri* era volgarmente utilizzato per indicare il fiume *Auser* (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 409).

887. (Bini *et al.* 2013, 23–24)

888. (Gattiglia 2013, 33)

889. (Gattiglia 2013, 28–30)

890. (Gattiglia 2013, 32)

891. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 410)

892. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 411)

893. (Bini *et al.* 2013, 20–21)

894. La confluenza di un ramo del Serchio (*Auser*) nell'Arno a Pisa è attestata da vari autori (Strab. 5, 2, 5; C 222-223; Plin., 3.5.50.; Rut. Nam., 1,566-570).

III.2.2.1). I documenti medievali relativi all'idrografia per il settore orientale della pianura non sono altrettanto esaustivi, ma attestano una certa instabilità dei percorsi fluviali nel corso dei secoli. Il fiume Cascina, ad esempio, proveniente dalle Colline Pisane sfociava in Arno fino al 1179 nei pressi dell'attuale comune di Cascina, in località Ottavo⁸⁹⁵. Le fonti medievali ricordano inoltre il suo passaggio presso Canneto, Marciana, quindi tra Ottavo e Cascina e gli interventi operati sull'antico corso del fiume che viene definito *docaia* o *fovea* sin dal 1070 (probabilmente in parte canalizzato)⁸⁹⁶. Nel corso del Duecento venne eretto alla sua confluenza nell'Era il *pons Sacci*, punto di riferimento nella viabilità del Valdarno Inferiore dove verrà costruita a partire dal 1364 la "terra nuova" di Ponsacco⁸⁹⁷. Il percorso fiume Era, affluente sinistro del fiume Arno, subì alcune modificazioni come dimostrano le tracce di antichi paleomeandri ancora visibili nel paesaggio attuale (**Figura 4**). I documenti medievali ricordano inoltre per il settore compreso tra Cascina, Pontedera e Ponsacco la presenza di altri corsi minori: il *rivo Nonniche*, attestato da un documento lucchese di fine VIII secolo il cui nome potrebbe essere collegato al miliario Nono e il cui ricordo si conserva nel toponimo della località Rinonico a ovest di Pontedera⁸⁹⁸; il *rivus qui dicitur decumano*⁸⁹⁹ attestato dal 935 d.C. e identificato con il cosiddetto "Paleorotina", che, come ricordato precedentemente, è stato interpretato come l'antico corso del fiume Cascina probabilmente arginato sin dall'epoca etrusca e ripreso in età augustea⁹⁰⁰ o ancora con un canale artificiale derivato dall'antico corso fluviale scavato in epoca romana che attraversava la pianura di Pisa dalla zona di Ponsacco a Cascina⁹⁰¹. Tuttavia restano ancora molte incertezze riguardo all'antico corso del Paleorotina (forma, funzione, evoluzione) e alla rete paleoidrografica del settore orientale della pianura che necessitano ulteriori approfondimenti.

III.1.4. La frequenza delle alluvioni dal II secolo a.C. al XX secolo d.C.

Lo studio della documentazione storica e d'archivio ha permesso di ricostruire la sequenza degli eventi alluvionali che hanno interessato il bacino idrografico del fiume Arno dal XII secolo al XX secolo. L'obiettivo principale di questa indagine è stato quello di determinare la frequenza degli episodi di piena che hanno interessato il bacino idrografico a monte (Firenze) e a valle (Pisa) e di valutare, ove possibile, la gravità degli eventi alluvionali per i contesti urbani e rurali. Tale studio permette inoltre di osservare l'andamento delle precipitazioni nel corso dei secoli a livello di bacino idrografico e su scala regionale. L'intensità e la frequenza degli episodi esondativi infatti non dipende soltanto dalla distribuzione delle piogge annuali ma dall'andamento delle precipitazioni

895. ASP, Dipl. Primaziale, Pellegrini, n.3. Tratto da Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 414.

896. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 414)

897. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005)

898. (Ciampoltrini 2004, 60)

899. (Caturegli 1938, nn. 40, 64, 117. Tratto da Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 136; Redi 1984, 21)

900. (Ciampoltrini 2003, 122)

901. (Cosci & Spataro 2006, 103; 2008, 39–40; Pasquinucci *et al.* 1997; Redi 1984)

interannuali: pertanto lo studio delle dinamiche fluviali è un indicatore indiretto delle variazioni paleoclimatiche a medio e lungo termine⁹⁰².

Gli eventi alluvionali sono stati ricostruiti esclusivamente su base storica e documentaria. I dati relativi alla città di Firenze e in alcuni casi le aree del Valdarno Medio e Superiore⁹⁰³ sono stati desunti dal volume redatto dall'ingegnere F. Morozzi⁹⁰⁴ nel quale vengono elencati le alluvioni registrate dal 1173 al 1761 e suddivise in 3 categorie in base all'entità del danno causato⁹⁰⁵; dall'opera di Natoni⁹⁰⁶ che ricorda l'alluvione del 1177 quando Ponte Vecchio venne sommerso e danneggiato da una piena straordinaria; dalla *Nuova Cronica* di Villani (1280?-1348)⁹⁰⁷ in cui viene descritto l'alluvione del 4 novembre 1333 che inondò la città di Firenze distruggendo Ponte Vecchio e 300 vite⁹⁰⁸; infine nell'elenco dell'Autorità di Bacino del fiume Arno vengono inoltre ricordate le piene del 1844, del 1864, del 1920, del 1966⁹⁰⁹, alle quali si aggiungono l'alluvione del 7 gennaio 1920⁹¹⁰ e del 1992⁹¹¹. Si registrano pertanto dal 1173 al 1966 un totale di 59 eventi di piena: 11 eventi classificati come eccezionali (valore attribuito 6); 24 piene considerate abbondanti (valore attribuito 4); 24 considerati medie (valore attribuito 2)⁹¹². I dati relativi agli episodi di piena della città e della campagna di Pisa sono stati desunti dal Piano Strutturale del Comune di Pisa realizzato nel 1997⁹¹³. Nel capitolo inerente i rischi geologici e idraulici è stato inserito un elenco completo delle *inondazioni della città di Pisa (e della sua campagna)* stilato sulla base di documenti storici (Fiaschi⁹¹⁴ - Natoni⁹¹⁵). Ulteriori informazioni sono state estrapolate dal "Piano di Bacino del Fiume Arno. Rischio Idraulico" del 1996⁹¹⁶. Per la città di Pisa sono documentati in totale 148 eventi di piena dal 1115⁹¹⁷ al 1993. È stato pertanto attribuito un valore arbitrario di 6 agli eventi descritti come "eccezionali"; un valore di 2 agli eventi di media gravità⁹¹⁸, un valore di 1 agli eventi per i quali non è stato possibile definire la gravità.

902. (Arnaud-Fassetta 2007, 28)

903. Come viene ricordato nella descrizione dell'alluvione del 1333 (Villani 1280-1348) o nell'alluvione del 3 novembre 1844 da una carta realizzata da Manetti nel 1847 "Corso dell'Arno e dei suoi principali affluenti" (Caporali *et al.* 2005).

904. (Morozzi 1762)

905. (Caporali *et al.* 2005, 184)

906. (Natoni 1944)

907. (Villani 1991)

908. (Caporali *et al.* 2005). Nella testimonianza del Villani viene ricordata la potenza dell'esondazione che in quell'occasione colpì anche le zone del Valdarno Medio e Superiore (Villani 1991).

909. (Caporali *et al.* 2005; Nardi & Magi 1996)

910. L'evento viene ricordato tra le *inondazioni della città di Pisa e della sua campagna* (Comune di Pisa - Direzione Ambiente 1997).

911. (Caporali *et al.* 2005, 188-89)

912. Tali valori attribuiti nell'elenco dell'Autorità di Bacino del fiume Arno (Nardi & Magi 1996).

913. (Comune di Pisa - Direzione Ambiente 1997)

914. (Fiaschi 1938)

915. (Natoni 1944)

916. (Nardi & Magi 1996)

917. Il primo episodio esondativo è riferito alla distruzione della prima sede della Badia di San Savino (cfr. paragrafo III.3.3.1).

918. In un unico caso è stato attribuito un valore pari a 2, in quanto nella descrizione presente nel Piano Strutturale si evince che la piena verificatasi il 3 dicembre del 1740 "grazie al Trabocco delle Fornacette la città di Pisa non fu sommersa dalle acque. Questa piena, che arrecò danni all'abitato di Firenze e alle campagne del Valdarno Superiore e medio, passò invece in modo innocuo per Pisa e le sue campagne in conseguenza sia delle inondazioni verificatisi nella vallata superiore, sia del limitato contributo arrecato alla piena dall'Ombrone, dall'Elsa e dall'Era, sia infine, dell'entrata in funzione del Trabocco delle Fornacette."(Nardi & Magi 1996, 55).

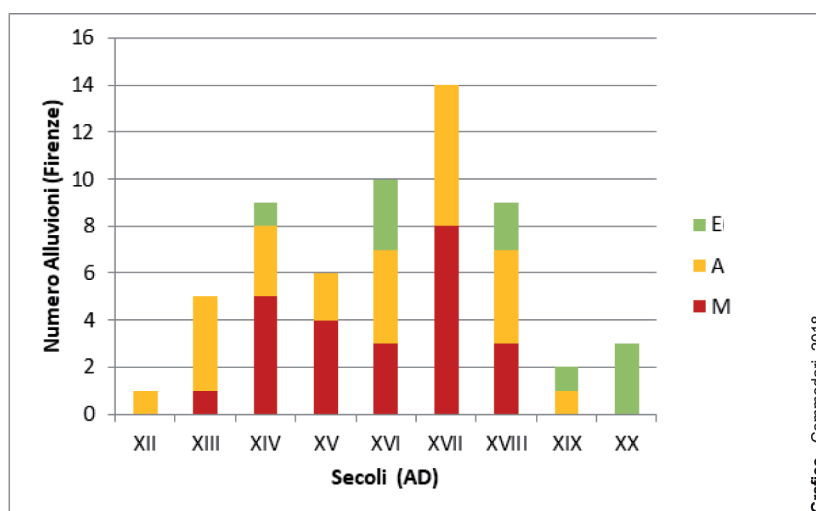


Figura 69. Grafico relativo alla frequenza degli eventi alluvionali nella città di Firenze.
Le piene sono state classificate secondo l'entità del danno causato in: E=eccezionale, A= abbondante, M= media.

Nella città di Firenze (**Figura 69**) vi fu un maggiore numero di episodi esondativi nei secoli XIV, XVI, XVII con un picco massimo registrato nel XVIII secolo. Il tasso diminuisce vertiginosamente nei secoli XIX e XX, quando si registrano in prevalenza episodi di portata eccezionale.

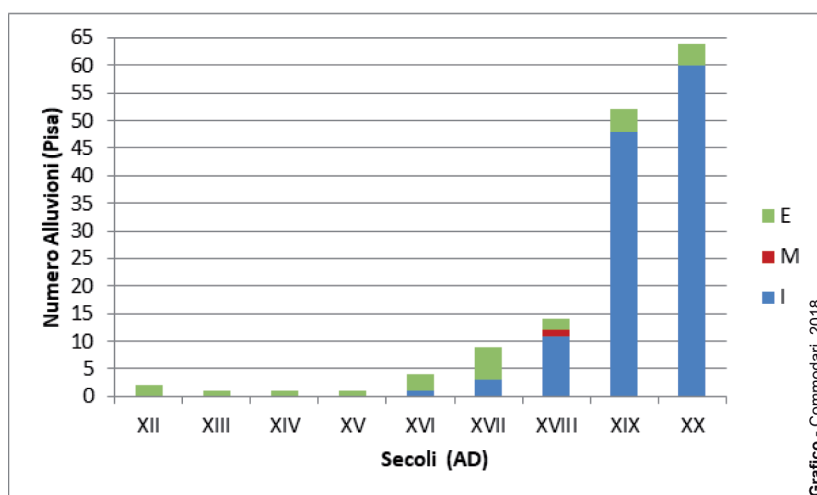


Figura 70. Grafico relativo alla frequenza degli eventi alluvionali nella città di Pisa.
Le piene sono state classificate secondo l'entità del danno causato in: E=eccezionale, M=media, I= indeterminata.

Nella città e nella campagna di Pisa (**Figura 70**) è attestato per il periodo medievale un evento di portata eccezionale ogni secolo⁹¹⁹, con un aumento progressivo degli episodi di piena nei secoli XVI-XVII-XVIII fino ad un picco massimo di 64 episodi di piena registrati nel XX secolo (sino al 1993). Tale aumento è imputabile al fatto che dal 1762 i documenti storici relativi alla città di Pisa

919. Nella descrizione dell'alluvione del 1288 si fa però riferimento ad una serie di eventi alluvionali che si susseguirono dal 1288 al 1333 che gli elenchi storici non registrano: "Danni a Firenze e Pisa. Inondazioni quasi ogni anno fino a quella eccezionale del 1333" (Comune di Pisa - Direzione Ambiente 1997, 53).

registrano le piene in riferimento allo zero degli idrometri in funzione. Pertanto, è plausibile che seppur le acque dell'Arno non straripassero, invadendo la città e le campagne, superavano i livelli di allerta e pertanto venivano registrati. La media degli eventi alluvionali considerati eccezionali aumenta a partire dal XIV secolo, fino a raggiungere un picco di 6 eventi alluvionali eccezionali nel XVII secolo.

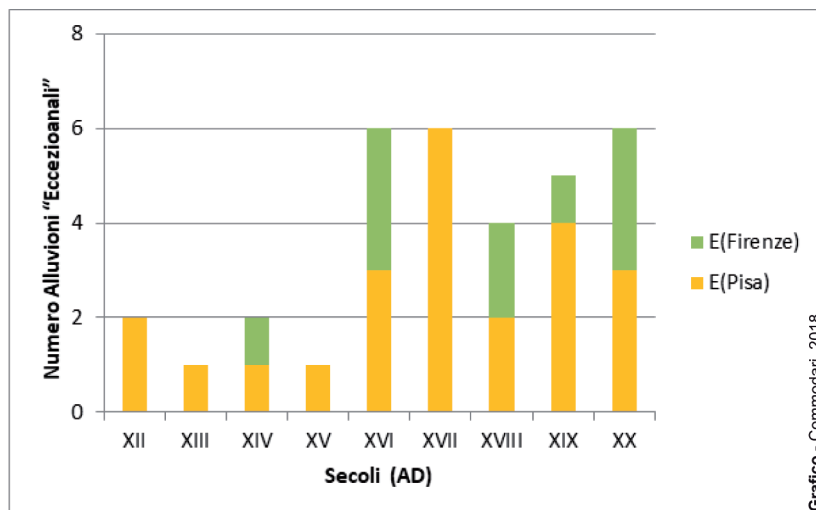


Figura 71. Grafico relativo agli episodi di piena eccezionale che hanno interessato la città di Firenze e di Pisa tra il 1115 e il 1966.

L'eterogeneità dei documenti analizzati e, in particolare, la difficoltà di classificare la gravità degli episodi esondativi secondo parametri comuni, ci ha condotto ad un'analisi più approfondita delle piene che nelle fonti relative alle città di Pisa e di Firenze sono state considerate "eccezionali", e che molto spesso sono correlate dalla descrizione degli ingenti danni che provocarono nelle città e nelle campagne (**Figura 71**).

Nel 1288 e nel 1333 si registrano nella città di Pisa due episodi esondativi di portata "eccezionale", intervallati secondo le fonti da frequenti inondazioni "quasi ogni anno fino a quella eccezionale del 1333" che interessò anche la città di Firenze, nonché i bacini del fiume Serchio e Ombrone⁹²⁰. La frequenza degli episodi esondativi registrati in questo intervallo cronologico potrebbero essere connessi ad un aumento delle precipitazioni annue e interannuali, oltre che ad un aumento del carico solido del fiume imputabile ad un maggiore intervento antropico sul territorio (sistema di canalizzazioni, arginature, disboscamenti, agricoltura intensiva)⁹²¹.

I secoli XVI, XVII, XVIII furono interessati da un elevato numero di eventi alluvionali di portata "eccezionale" (5 per la città di Firenze e 11 per la città di Pisa). Tale periodo coincide con l'inizio della fase climatica conosciuta come "Piccola età glaciale" (1550-1850) che comportò una diminuzione delle temperature e un aumento generale della piovosità. In particolare, nel 1547, nel 1557⁹²² e nel 1589 si verificarono eventi di portata eccezionale in entrambe le città.

920. Il fiume Ombrone, che scorre nel territorio della provincia di Grosseto, è il terzo fiume toscano per portata d'acqua media, dopo il fiume Arno e Serchio. (Comune di Pisa - Direzione Ambiente 1997, 53).

921. (Caporali *et al.* 2005, 179-80)

922. Un evento di portata eccezionale interessò anche il Bacino del Fiume Ombrone.

Durante il periodo compreso tra il XIX e il XX la città di Firenze fu interessata da 4 eventi alluvionali di portata eccezionale, tre dei quali (1840, 1920, 1966) si registrarono contemporaneamente nella città di Pisa: in particolare la piena eccezionale del 4 novembre del 1966 interessò anche i Bacini del fiume Serchio e Ombrone. Per la città di Pisa si ricordano anche le piene eccezionali del 1863, del 1869, del 1919 e infine del 1949⁹²³.

L'analisi dei documenti storici conferma l'elevata instabilità del Bacino Idrografico del Fiume Arno sin dall'epoca medievale, in particolar modo connessa all'andamento delle precipitazioni (come nel caso delle alluvioni eccezionali del 1333, del 1557 e del 1966 che interessarono anche i Bacini del fiume Serchio e Ombrone). Ma furono soprattutto i secoli centrali (XVI-XVII) ad essere caratterizzati da un elevato numero di episodi esondativi: nel XVII si registrò un picco massimo di piene eccezionali nella città di Pisa. I secoli XIX-XX furono caratterizzati principalmente da episodi esondativi di portata eccezionale dovuti probabilmente ad un aumento delle precipitazioni. Un maggior impatto antropico sul bacino idrografico del fiume Arno (regolarizzazione delle pendenze, canalizzazione dell'alveo, dighe, riforestazione, prelievo in alveo) potrebbe aver comportato una diminuzione degli episodi esondativi e l'inizio dei processi di incisione dell'alveo fluviale e di erosione della linea di costa⁹²⁴.

Le cause dell'instabilità del fiume Arno però sono imputabili non soltanto a variazioni climatiche (aumento delle precipitazioni) ma anche ad altri fattori, principalmente antropici. Le relazioni riguardo la situazione idrogeologica della pianura di Pisa prodotte da Cornelius Meijer⁹²⁵ e Vincenzo Viviani⁹²⁶ rispettivamente nel 1686 e nel 1684, su richiesta del Granduca di Toscana per fronteggiare il grave problema delle alluvioni che all'epoca affliggeva la città e la pianura di Pisa, offrono maggiori informazioni a riguardo. In particolare, Viviani analizza il problema dell'aggradazione dell'alveo del fiume Arno, con il conseguente aumento degli episodi esondativi, e le cause principali di tale fenomeno. L'incessante disboscamento e l'agricoltura intensiva operati a scala di bacino provocarono una maggiore erosione dei suoli, quindi un aumento della portata solida del fiume⁹²⁷. Lo stesso Morozzi ricorda la forte diminuzione del manto boschivo che si registrò tra il XVI e il XVIII secolo a causa dell'abbassamento delle temperature e dello sfruttamento antropico⁹²⁸. Tra le cause di instabilità del fiume Arno il Viviani menziona inoltre l'irregolarità degli argini, inadatti a contenere l'alveo fluviale che pertanto tendeva ad allargarsi e ad rallentare il suo corso; gli interventi antropici (come ad esempio la costruzione di ponti) che fecero da ostacolo al libero deflusso delle acque fluviali; la costante progressione della linea di costa, dovuta ad un aumento dell'apporto detritico, e il debole pendio della piana deltizia che anche in questo caso impediva un rapido deflusso delle acque in mare⁹²⁹. Un'inversione di tendenza si

923. (Comune di Pisa - Direzione Ambiente 1997, 53-59)

924. (Caporali *et al.* 2005)

925. (Nesti 2008, 49-58)

926. (Nesti 2008, 59-69)

927. (Nesti 2008, 63)

928. Secondo gli studi condotti da Del Noce (Del Noce 1849) l'estensione delle foreste in Toscana nel XV secolo ammontava a circa 843.000 ettari, mentre nel 1840 si ridusse a 571.000 ettari (Caporali *et al.* 2005, 184). Tale dato seppur riferibile all'intera regione Toscana e non esclusivamente al Bacino Idrografico del fiume Arno è alquanto significativo.

929. (Nesti 2008, 64-65)

ebbe soltanto a partire dalla seconda metà del XIX secolo con l'inizio di una fase di incisione dell'alveo del fiume Arno e di erosione della linea di costa. Il cambiamento è imputabile ad una serie di interventi operati a scala di bacino idrografico e in alveo (rimboschimento, costruzione di dighe, stabilizzazione delle pendenze, canalizzazione dell'alveo⁹³⁰) che si intensificarono nel corso dal XX secolo⁹³¹.

L'analisi della documentazione storica conferma inoltre la stretta correlazione esistente tra gli eventi alluvionali registrati a monte (Firenze) e a valle (Pisa) del Bacino Idrografico del fiume Arno: su 59 episodi di piena registrati dal 1177 al 1992 per la città di Firenze, 23 interessarono anche la città di Pisa⁹³², 6 dei quali di portata eccezionale in entrambe le città (1333⁹³³, 1547, 1557, 1589, 1920, 1966). La maggior parte di questi eventi alluvionali si verificarono nei mesi compresi tra ottobre e gennaio, con un massimo registrato per il mese di novembre. Tale dato trova un riscontro nell'andamento annuale delle precipitazioni del bacino idrografico dell'Arno che registra tra i mesi di ottobre e dicembre piogge rilevanti ed intense ma irregolarmente distribuite nel tempo, e nei mesi tra gennaio e maggio piogge abbondanti e regolari, con un picco massimo percepito nel mese di novembre⁹³⁴.

Tra gli eventi alluvionali di cui si conosce l'entità, soltanto la piena del 3 dicembre del 1740 fu percepita come "innocua" per Pisa e le sue campagne, mentre fu disastrosa per Firenze "arrecando gravi danni all'abitato e alle campagne del Valdarno Superiore e Medio". Secondo la descrizione fornita dalle fonti storiche fu grazie al Trabocco di Fornacette realizzato nel 1568⁹³⁵, alle piene verificatesi a monte che di fatto ridussero la portata del fiume a valle, e del limitato contributo arrecato dall'Ombrone, dall'Elsa e dall'Era (entrambi affluenti del fiume Arno) che la città di Pisa fu risparmiata dalla potenza delle acque⁹³⁶. I restanti eventi di piena ebbero un impatto maggiore sulla città di Pisa e sul territorio circostante: il fiume che nel suo tratto terminale riceve il contributo di tutto il bacino idrografico dell'Arno e dei suoi affluenti di destra e di sinistra aumenta in maniera considerevole la sua portata a valle.

La descrizione minuziosa dell'alluvione del 3 dicembre del 1740 che interessò particolarmente la città di Pisa e la relazione del Viviani confermano che la frequenza e l'intensità degli episodi esondativi del Bacino Idrografico del fiume Arno nel corso dei secoli non è esclusivamente dovuta all'andamento delle precipitazioni annuali e interannuali nella pianura pisana, che rimane una delle cause principali, ma all'interazione di molteplici variabili che influiscono sull'instabilità dei fiumi e dunque sulla frequenza delle piene, quali:

930. La capillare canalizzazione del fiume Arno iniziò nel XVIII secolo nel Valdarno Superiore e si completò nel corso del XIX secolo, quando un'imponente opera di arginatura venne realizzata nel Valdarno Inferiore Pisano.

931. (Caporali *et al.* 2005)

932. L'accuratezza delle fonti ci consente di determinare in alcuni casi la data esatta nella quale si registrarono gli eventi alluvionali rispettivamente a Firenze e a Pisa: 1589 (31 ottobre-15 novembre); 1676 (11 ottobre-2 novembre); 1680 (18 maggio-19 maggio); 1687 (26 gennaio-25 gennaio); 1688 (8 dicembre-12 dicembre); 1740 (3 dicembre-3dicembre); 1844 (3 novembre-3/4 novembre); 1864 (6 novembre); 1920 (7 gennaio); 1966 (4 novembre); 1992 (16/31 ottobre-20/31 ottobre). Per gli anni 1288, 1333, 1547, 1557, 1698, 1705, 1714, 1719, 1745, 1758, 1761 non è possibile determinare la data esatta per gli eventi alluvionali relativi alla città di Pisa. Solo nel 1674 venne registrato un primo evento alluvionale a Pisa il 19 marzo e un secondo evento a Firenze l'11 maggio.

933. Le piene del 1333, 1557, 1758, 1966 si registrarono anche nel bacino idrografico del fiume Ombrone, testimoniando un aumento generale del tasso di piovosità per tutta la fascia costiera della Toscana.

934. (Nardi & Magi 1996)

935. Il trabocco di Fornacette è un canale scolmatore che fu realizzato nel 1568 sotto Cosimo I Granduca di Toscana per alleggerire la portata dell'Arno in caso di eventi di piena.

936. (Comune di Pisa - Direzione Ambiente 1997, 55)

- l’andamento e la distribuzione delle precipitazioni annue e interannuali nel bacino idrografico;
- l’impatto antropico (arginature, canalizzazioni dell’alveo, taglio di meandri, disboscamenti, agricoltura intensiva, prelievi in alveo, dighe);
- i cambiamenti morfologici dell’alveo fluviale (aggradazione, incisione) indotti dalle variazioni dell’apporto solido⁹³⁷;
- i cambiamenti geomorfologici (progressione della linea di costa).

L’instabilità del fiume Serchio è invece attestata nelle fonti storiche sin dall’epoca alto-medievale. Nel racconto del Miracolo di San Frediano⁹³⁸, vescovo di Lucca dal 560 al 588 d.C., si narra che il santo per salvaguardare le terre attraversate dal fiume dalle continue esondazioni che invadevano i campi, compì un miracolo deviando il suo corso⁹³⁹. Non è chiaro quale ramo del complesso sistema *Auser-Serchio* venne “deviato”, tuttavia il racconto agiografico attesta la frequenza e la potenza delle alluvioni tali da rendere necessari interventi idraulici in alveo, nonché un generale dissesto idrogeologico della pianura attraversata dal fiume *Auser-Serchio* in epoca altomedievale e medievale, testimoniato inoltre dai dati geostatigrafici e archeologici (cfr. III.2.2.1).

Nell’elenco dell’Autorità di Bacino del Fiume Serchio sono inoltre documentati 34 episodi di piena per il periodo storico compreso tra il 1419 e il 1992 (data dell’ultimo alluvione registrato nel XX secolo), mentre non sono menzionate alcune informazioni riguardo gli episodi di piena per l’epoca medievale. Per il periodo compreso tra il XV al XVIII secolo sono attestate 16 piene eccezionali, nessuna delle quale si registra contemporaneamente nel Valdarno Inferiore Pisano, mentre per i secoli XIX e XX sono attestati 18 eventi alluvionali, 9 dei quali si registrarono nello stesso anno anche nella città di Pisa e nella sua campagna⁹⁴⁰. Dall’analisi dei dati d’archivio sembra dunque che non vi sia uno stretto legame tra gli episodi esondativi registrati nel Bacino del fiume Serchio e quelli registrati nella Pianura di Pisa, connessi piuttosto alle dinamiche avvenute in tutto il Bacino Idrografico del fiume Arno.

Ulteriori dati riguardo le esondazioni dei fiumi pisani in epoca antica provengono dal Cantiere delle Navi Antiche di Pisa San Rossore, approdo urbano occupato dal VI-V secolo a.C., che registra negli strati archeologici 8 eventi alluvionali⁹⁴¹ databili tra il II secolo a.C. al VI secolo d.C.⁹⁴². Secondo le indagini paleoambientali condotte sino a questo momento l’approdo sarebbe sorto lungo un antico corso fluviale, molto probabilmente un ramo del fiume *Auser* che veniva regolarmente inondato, secondo la ricostruzione degli studiosi, dalle esondazioni del fiume Arno⁹⁴³. Sfortunatamente le incertezze relative alla ricostruzione paleogeografica del sito e le connessioni con la rete paleoidrografica dell’area circostante non ci consentono di compiere ulteriori valutazioni riguardo la frequenza degli episodi esondativi in epoca antica. Tuttavia, i dati di scavo confermano l’instabilità e la forte dinamicità dei fiumi che attraversano la pianura di Pisa sin dall’epoca etrusca.

937. (Caporali *et al.* 2005, 178–79)

938. *Gregorius Magnus, Dialogi* 3-9

939. (Pasquinucci & Menchelli 2012a, 186–87)

940. Gli eventi si verificarono in entrambi i bacini nel 1881, 1896, 1898, 1902, 1920 e 1922. Soltanto nel 1870, 1872 e nel 1966 avvennero a breve distanza l’uno dall’altro.

941. La successione stratigrafica registra 8 eventi alluvionali, databili grazie al rinvenimento dei relitti navali e del loro carico : il primo evento alluvionale si registra tra il 200 e il 175 a.C.; il secondo in età augustea (0-15 d.C.); il terzo evento risale all’epoca adrianea; due eventi alluvionali registrati tra il 250 e il 280 d.C.; gli ultimi tre alluvioni registrate rispettivamente tra la fine del IV-V sec. d.C., nel V sec. d.C. e infine nel VI sec. d.C. (Camilli 2012, 15).

942. (Camilli 2012, 15)

943. (Camilli 2004a, 59; 2012, 13)

III.2. L'integrazione dei dati paleoambientali e archeologici per la conoscenza del paleopaesaggio pisano

III.2.1. Breve introduzione sullo stato dell'arte

Nel corso dei decenni passati lo studio del paesaggio antico pisano si è prevalentemente basato sull'analisi delle fonti storico-letterarie, della toponomastica, delle immagini da *remote sensing* e in alcuni casi specifici sull'integrazione dei dati paleoambientali e stratigrafici (come ad esempio il caso del Cantiere delle Navi Antiche di Pisa S. Rossore⁹⁴⁴, del sito di Isola di Coltano⁹⁴⁵, del sito delle Melorie⁹⁴⁶, del sito di Podere Casanuova⁹⁴⁷).

Negli ultimi anni indagini interdisciplinari svolte in ambito urbano e costiero hanno permesso di ottenere nuove informazioni riguardo l'evoluzione e la paleogeografia della pianura di Pisa negli ultimi 8000 anni. Il progetto Mappa, sviluppato tra il 2011 e il 2013 per lo studio del contesto urbano e periurbano⁹⁴⁸, ha aperto una finestra spazio-temporale sulla storia e sull'evoluzione della città di Pisa, ricostruendo in maniera dettagliata la sequenza cronostratigrafica e l'architettura deposizionale dei primi 20 metri di sottosuolo. Le problematiche relative alla dinamica del litorale e i sistemi di occupazione della costa, temi ampiamente trattati sin dagli anni Ottanta⁹⁴⁹, sono state oggetto di recenti indagini paleoambientali e archeologiche condotte da un'équipe multidisciplinare e internazionale⁹⁵⁰ che hanno permesso di ridefinire le fasi evolutive e le trasformazioni del *Portus Pisanus* nel corso degli ultimi 8000 circa.

In entrambi i casi la metodologia adottata si basa su un approccio interdisciplinare, in grado di coadiuvare differenti ambiti scientifici (geologia, geomorfologia, storia, archeologia, sedimentologia, paleontologia, antracologia, etc.) al fine di ricostruire i paesaggi antichi e gli elementi costituenti (idrografia, topografia, vegetazione, occupazione umana).

III.2.2. Il progetto Mappa: l'architettura deposizionale del sottosuolo della città di Pisa

Negli anni 2011-2013 viene sviluppato per la città di Pisa un progetto ambizioso, tra i primi in Italia, che prevedeva la creazione di un WebGIS *open-access* capace di raccogliere dati eterogenei riguardanti la città di Pisa (archeologici, geologici, geomorfologici, paleoambientali, storici, cartografici) al fine di ricostruire nel tempo e nello spazio le fasi evolutive della città ed in particolare di realizzare delle analisi per la predittività del potenziale archeologico. Il Progetto

944. (Camilli 2004a; 2012)

945. (Pasquinucci *et al.* 2001; Pasquinucci & Menchelli 2002)

946. (Ciampoltrini *et al.* 2006; Pasquinucci *et al.* 2008)

947. (Aranguren *et al.* 1991)

948. (Anichini *et al.* 2012; 2013)

949. (Federici & Mazzanti 1989)

950. (Allinne *et al.* 2016; Kaniewski *et al.* 2018)

Mappa⁹⁵¹ acronimo di “Metodologie applicate per la predittività del potenziale archeologico” nacque dalla collaborazione tra le Università (Università di Pisa, Università degli Studi di Bologna), gli enti pubblici (Provincia di Pisa, Regione Toscana) e gli istituti (Aerofototeca Nazionale, Centro Aerofotografico “Marcello Cosci”). Le indagini stratigrafiche condotte nell’ambito di tale progetto hanno permesso di ricostruire la sequenza deposizionale dei primi 20 metri di sottosuolo dal piano di calpestio (p.d.c.) della città di Pisa e delle zone periurbane, per un’estensione di circa 20 km².

I nuovi dati, relativi al processo di formazione della pianura di Pisa negli ultimi 8000 anni ca. e l’evoluzione dei sistemi idrografici dei fiumi Arno e *Auser/Serchio* a partire dall’Eneolitico, sono il frutto di un approccio interdisciplinare che combina dati stratigrafici, geomorfologici, archeologici e che si avvale pertanto dell’interazione tra ricercatori e specialisti di ambiti scientifici differenti⁹⁵². L’elaborazione di un “log stratigrafico integrato” è l’espressione più significativa di questa interdisciplinarietà. Si tratta di una rappresentazione grafica della successione stratigrafica individuata nel sottosuolo tramite carotaggio che alle informazioni sedimentologiche (litologia, strutture sedimentarie, contenuto fossilifero e materiale accessorio) associa i dati relativi ai materiali naturali (resti vegetali, gusci di mollusco, concrezioni calcaree, ossidi di ferro, etc.) e archeologici (frammenti ceramici, scorie o manufatti metallici, laterizi, vetro, etc.) presenti in ogni singola US. Nella scheda descrittiva sono inoltre inseriti i “profili radar verticali” e le *depth slices* (distribuzioni planari delle aree riflettenti) risultati dalle indagini georadar (GPR) che consentono di individuare e di caratterizzare le anomalie presenti nel sottosuolo (ad esempio struttura muraria, piano di calpestio). Dettagliate informazioni sulle antiche condizioni paleoambientali sono fornite dalle colonne relative alle associazioni microfossilifere e le *palinofacies*. Infine, la colonna “*Facies deposizionale/attività archeologica*” integra e sintetizza i dati delle colonne precedenti e sulla base dei rinvenimenti archeologici e delle datazioni al radiocarbonio viene attribuita una cronologia alle differenti *facies* deposizionali⁹⁵³.

Le indagini di sottosuolo condotte nell’ambito del progetto Mappa si sono basate sullo studio di un vasto archivio stratigrafico prodotto dal Comune di Pisa, dalla Provincia di Pisa e dall’Università di Pisa, costituito da ben 2600 dati di sottosuolo (carotaggi, *penetration tests*, pozzi idrici) che raggiungono una profondità compresa tra i 15 e i 200 metri dal p.d.c.. Per le ricerche condotte nell’ambito del contesto urbano sono stati selezionati circa 400 sondaggi (200 carotaggi e 200 *penetration tests*), integrati successivamente ai nuovi dati di sottosuolo acquisiti nell’ambito del progetto Mappa. Lo studio preliminare del database stratigrafico, dei dati archeologici e geomorfologici (carta geomorfologica e dati da *remote sensing analyses*), nonché dei risultati delle indagini stratigrafiche realizzate precedentemente, ha infatti condotto alla realizzazione di 20 nuovi carotaggi: 9 carotaggi continui realizzati con sonde di perforazione meccaniche a rotazione fino ad una profondità massima di 20 metri dal p.d.c. e 11 carotaggi a percussione realizzati col *Vibracorer Atlas Copco*, modello Cobra, fino ad una profondità di 13 metri dal p.d.c.⁹⁵⁴. I carotaggi sono stati successivamente analizzati (analisi granulometriche, micropaleontologiche, palinologiche, geochimiche e datazioni al radiocarbonio) e descritti in termini di tessitura, colore,

951. (Anichini *et al.* 2012; 2012)

952. (Amorosi *et al.* 2013a; Bini *et al.* 2015)

953. (Bini *et al.* 2011, 173–81)

954. (Amorosi *et al.* 2013a, 96)

strutture sedimentarie, componenti accessori (resti vegetali, frammenti lignei o carboni, noduli calcarei, resti archeologici, etc.), componente fossilifera e microfossilera, *palinofacies*⁹⁵⁵.

Sulla base dunque delle caratteristiche sedimentologiche (granulometria, colore, componenti accessori), fossilifere, palinologiche e archeologiche degli strati intercettati e dal confronto con i dati contenuti nel database stratigrafico sono stati riconosciuti 7 ambienti deposizionali principali di laguna, palude (*lower e upper swamp*), piana inondabile mal drenata, piana inondabile ben drenata, canale fluviale/canale distributore, zone di esondazione (*levee/crevasse splay*), datati sulla base dei resti archeologici rinvenuti nelle unità stratigrafiche e con il metodo del radiocarbonio⁹⁵⁶.

Di seguito una sintesi della successione cronostratigrafica individuata:

1. Alla base dei carotaggi analizzati è stato riconosciuto un ambiente lagunare, il cosiddetto “Pancone”, situato tra ca. -20 e -7 m rispetto al livello del mare. La *facies* si sviluppò in seguito alla fase di massima ingressione marina datata circa 8000 anni BP (7820 ±130 cal yr BP⁹⁵⁷) e perdurata fino a 5000 anni BP (5148± 35 yr BP⁹⁵⁸). Il deposito caratterizzato da sedimenti argillosi prevalentemente plastici di color grigio, ricco di specie marine d’acqua salata (come ad esempio il *Cerastoderma glaucum*) si sarebbe formato in un ambiente deposizionale salmastro, a bassa energia, tipicamente lagunare. Le analisi geochimiche effettuate sui carotaggi Mappa (M1-M7) suggeriscono una doppia alimentazione del bacino lagunare proveniente dalle acque dell’Arno e del Serchio⁹⁵⁹. Le indagini stratigrafiche condotte nell’ambito del progetto Mappa e di altri studi inerenti alla pianura di Pisa attestano che la laguna si estendeva alle spalle dell’antica linea di costa situabile a circa 7 km ad est della sua posizione attuale, dai piedi dei Monti Pisani a nord e l’area a sud di Pisa, sino all’attuale area di Campo ad est (carotaggio V1)⁹⁶⁰.
2. Al definitivo riempimento della laguna, avvenuto circa 5000 anni BP, seguì il passaggio ad un ambiente palustre (*lower swamp*) solcato da canali distributori che incidevano direttamente i depositi lagunari e palustri. Tale *facies*, intercettata tra ca. -8 e -3 m rispetto al livello del mare, si sviluppò tra ca. 5000 e 4000 anni BP (4226±76 cal yr BP e 3914±64 cal yr BP⁹⁶¹). Sul cosiddetto “Pancone” si impostano pertanto livelli stratigrafici “in continuità” costituiti da depositi fini (argillosi e argillo-limosi) ricchi in materia organica di colore grigio⁹⁶², attestanti un ambiente deposizionale palustre e/o depositi sabbiosi di sub-delta, e livelli

955. (Amorosi *et al.* 2012; Bini *et al.* 2015, 199–202; Rossi *et al.* 2012, 206)

956. (Amorosi *et al.* 2013a, 98)

957. (Sarti 2012, 84)

958. (Amorosi *et al.* 2013a, 98)

959. (Amorosi *et al.* 2012, 131)

960. (Rossi *et al.* 2011, 125; Sarti 2012, 70–85)

961. (Sarti *et al.* 2015a, 187-table 3)

962. “Il contenuto micropaleontologico della facies palustre (associazione F, *Palinofacies* P), caratterizzato prevalentemente da una ostracofauna composta esclusivamente da specie tipiche di ambiente ipoalini (assenza di foraminiferi) è indicatore di un ambiente subacqueo dulcicolo o debolmente salmastro, privo di significativi afflussi di acque marine. L’abbondante presenza della specie *P.albicans* tipica delle acque stagnanti con poco ossigeno disciolto e concentrazione di materia organica suggerisce un ambiente palustre. Inoltre l’abbondanza della sostanza organica, in particolare di fitoclasti, sembra indicare un bacino a profondità ridotta, palustre, in cui si ha un notevole apporto continentale.” (Amorosi *et al.* 2012, 103–6; 2013a, 99).

- “in discontinuità” formati da corpi sabbiosi corrispondenti canali detti “distributori” che pertanto incidono la *facies* precedente di laguna (contatto inferiore erosivo)⁹⁶³.
3. Tra 3800 e 3600 anni BP (3636±60 cal yr BP⁹⁶⁴) assistiamo al passaggio ad una pianura inondabile mal drenata, soggetta a eventi di esondazione. La *facies* situata tra i -5 metri e 0 metri rispetto al livello del mare, si caratterizza da sedimenti fini di color grigiastro con frequenti concrezioni calcaree (di dimensioni centimetriche), mentre si registra una debole presenza di resti organici e frammenti di molluschi (in prevalenza gasteropodi) e ancor meno di microfossili. La pianura inondabile mal drenata è inoltre intercalata da depositi di esondazione (*levee/crevasse splay deposits*) e da depositi di canale fluviale. La datazione al radiocarbonio più recente individuata negli strati riferibili alla *facies* di pianura inondabile mal drenata si attesta intorno a 2500 anni BP (2525±94 cal yr BP⁹⁶⁵), mentre i resti archeologici si datano tra il VII e il III secolo a.C.⁹⁶⁶.
 4. La *facies* di pianura inondabile mal drenata è affiancata da paludi definite “superiori” (*upper swamp*) in quanto pur presentando le stesse caratteristiche della *facies* di palude precedentemente descritta (*lower swamp*) si situano stratigraficamente tra -3 e +1 m rispetto al livello del mare e sono datate tra 2700 anni BP (2563±75 yr BP⁹⁶⁷) e 2500 anni BP (2489±129 cal yr BP⁹⁶⁸). Caratterizzate da numerosi resti carboniosi e lignei e rari frammenti di gasteropodi d’acqua dolce, contengono al loro interno frammenti ceramici databili tra il VII e il V secolo a.C. (bucchero e ceramica ad impasto grossolano) e frammenti ossei riferibili ad animali domestici (generalmente ovini) per cui sono interpretate come aree paludose sviluppatasi tra la tarda età del Ferro e la fase etrusca⁹⁶⁹.
 5. All’apice di questa successione stratigrafica si sviluppa una *facies* deposizionale definita di pianura inondabile ben drenata, situabile tra -3 m rispetto al livello del mare e il piano di calpestio attuale. La *facies* si caratterizza da depositi fini di colore marrone chiaro-beige molto compatti, con una scarsa componente in materia organica e una elevata concentrazione di noduli calcarei e ossidi di ferro-manganese che conferiscono allo strato un aspetto a chiazze (*mottled*) e che attestano un processo di sedimentazione avvenuto in condizione aerobiche. La ceramica rinvenuta nei contesti definibili di pianura ben drenata si data a partire dal VII/VI secolo a.C., mentre l’età più giovane attestata dalle analisi al radiocarbonio risale a 1400 BP (1395±23 yr BP⁹⁷⁰). Le caratteristiche sedimentologiche suggeriscono un ambiente deposizionale a bassa energia e ben ossigenato, caratteristico delle pianure alluvionali ben drenate raramente soggette al ristagno delle acque⁹⁷¹. Questo contesto ambientale si sviluppò probabilmente tra la fase etrusca e romana, in seguito alla naturale e progressiva aggradazione

963. (Amorosi *et al.* 2012, 132; 2013a, 99)

964. (Sarti *et al.* 2015a, 187)

965. Ibid.

966. (Amorosi *et al.* 2013a, 99)

967. (Amorosi *et al.* 2013a, 98-table4)

968. (Sarti *et al.* 2015a, 187)

969. (Amorosi *et al.* 2013a, 99–100)

970. (Amorosi *et al.* 2013a, 98-table4)

971. (Amorosi *et al.* 2013a, 100)

della pianura alluvionale⁹⁷² che raggiunse in epoca etrusco-romana quote superiori al livello del mare.

Le indagini di sottosuolo hanno inoltre permesso di individuare *facies* deposizionali riferibili a canali distributori/ fluviali e a zone di esondazione (*levee/crevasse splay*) attestanti antichi percorsi fluviali:

6. i canali fluviali o distributori si caratterizzano da una successione *fining-upward* di sabbie medie-grossolane e sabbie fini, di colore grigio o marrone-beige, contenenti resti organici (legno, carbone e resti vegetali), frammenti di molluschi e talvolta *mud-clats*;
7. le zone di esondazione si caratterizzano invece da una successione *coarsening-upward* di sabbie-limose e sabbie fini, e da alternanze decimetriche e centimetriche di sabbia e-limo, di colore grigio o marrone-beige. Anche in contesti di esondazione il “contenuto accessorio” si compone di resti organici, frammenti di molluschi e talvolta noduli calcarei e ossidi di Fe-Mn che conferiscono al sedimento un tipico aspetto a chiazze “*mottled*”⁹⁷³.

In seguito alla fase di massima trasgressione marina, avvenuta circa 6000 anni a.C., il contesto della città di Pisa e parte della pianura pisana (sino grossomodo all’attuale zona di Campo a est) si caratterizzava dalla presenza di una vasta laguna (*Pancone deposits*) in connessione con il mare. Al graduale riempimento della laguna seguì una successione di depositi fluvio-deltizi di 10-15 metri circa di spessore (*post-Pancone deposits*)⁹⁷⁴. In un primo momento, più precisamente tra il 3000 e il 1900 a.C., si sviluppò un’area palustre attraversata da canali distributori. Dal 1900 a.C. circa avvenne il passaggio ad un contesto di pianura inondabile mal drenata, soggetta a continui episodi esondativi. Tale ambiente caratterizzò il contesto urbano fino al VII/VI secolo a.C. quando in alcuni settori della città comparvero i primi depositi di pianura alluvionale ben drenata. Quest’ultima fase, caratterizzata da un’intensa occupazione antropica, condusse allo sviluppo della città nella sua conformazione attuale.

III.2.2.1. Nuovi scenari paleoambientali

Le indagini condotte nell’ambito del progetto Mappa hanno permesso di ricostruire gli antichi scenari paleoambientali per il contesto urbano e periurbano della città di Pisa, sulla base dei dati stratigrafici (d’archivio e prodotti nell’ambito del progetto) geomorfologici e archeologici. In particolare, è stato realizzato uno studio sistematico delle paleotracce riferibili ad antichi percorsi fluviali basato sull’analisi delle immagini satellitari⁹⁷⁵ e delle fotografie aeree storiche⁹⁷⁶, integrato

972. Le analisi chimiche svolte sui campioni di pianura ben drenata/mal drenata mostrano un prevalente apporto sedimentario del bacino idrografico del fiume Arno, ad eccezione dell’area a nord-est della città di Pisa dove è attestata una provenienza affine al fiume Serchio (sondaggio M5), (Amorosi *et al.* 2012, 135).

973. (Amorosi *et al.* 2013a, 100)

974. (Amorosi *et al.* 2013a, 101)

975. (Bini *et al.* 2012b)

976. Le indagini sono state realizzate in un’area complessiva di 11500 ettari, che comprende il perimetro urbano della città di Pisa e parte dei territori comunali di San Giuliano Terme e di Cascina (Bini *et al.* 2012a).

ad indagini di sottosuolo con il metodo ERT-*Electrical Resistivity Tomography* che consentono di definire la geometria dei paleocanali individuati⁹⁷⁷.

Un'ampia laguna in connessione con il mare caratterizzava il paesaggio urbano di età neolitica: l'ambiente lagunare esteso probabilmente tra i Monti Pisani a nord, la zona di Campo a est e sino a sud di Pisa (i confini rimangono tuttavia incerti) si sviluppò in seguito al processo di innalzamento del livello del mare (conosciuto col nome di trasgressione versiliana) che raggiunse la fase di massima ingressione intorno a 7820±130 anni cal BP⁹⁷⁸.

L'avanzamento dei fronti deltizi dei fiumi Arno e *Auser/Serchio* comportò il progressivo riempimento della laguna⁹⁷⁹ per apporto detritico (argille grigie - "Pancone") e il passaggio, all'inizio della fase Eneolitica (ca. 5000 BP) (riferimento alla sintesi cronologica visibile in **Figura 10**), ad un ambiente palustre intercalato da depositi di fronte deltizio prossimale e canali distributori riferibili ad antichi percorsi dei fiumi Arno e *Serchio/Auser*. Le analisi palinologiche registrano un incremento delle piante ripariali, in particolare dell'*Alnus*, e delle piante acquatiche, indicatori del graduale riempimento della laguna e del passaggio ad un ambiente acquitrinoso/palustre⁹⁸⁰.

L'inizio dell'età del Bronzo (ca. 3800 cal yr BP) (riferimento alla sintesi cronologica visibile in **Figura 10**), fu caratterizzata dalla definitiva transizione ad un ambiente di pianura alluvionale mal drenata soggetta a continui episodi esondativi. L'improvvisa decrescita delle piante ripariali e acquatiche e l'aumento degli alberi di *Pinus* e delle piante erbacee riflettono il passaggio ad un contesto alluvionale⁹⁸¹.

La crescita improvvisa delle piante di *Abies* (Abete) registrata nella sequenza palinologica del sondaggio Mappa 5 tra l'età del Bronzo e l'età del Ferro potrebbe attestare l'avvento di un clima più umido, caratterizzato da un aumento delle precipitazioni. Tali condizioni climatiche avrebbero influito sull'instabilità dei fiumi, in particolare sul bacino del fiume Arno che in tempi relativamente brevi modificò il suo percorso⁹⁸².

Un ambiente di pianura alluvionale mal drenata, in continua aggradazione, caratterizzò l'area urbana di Pisa per tutta l'età del Ferro e fino al periodo etrusco. Le indagini di sottosuolo attestano la presenza di zone paludose a sud-est del sito archeologico di Pisa S. Rossore tra il I°VIII e l'VI secolo a.C.⁹⁸³, sviluppatasi probabilmente per la vicinanza al ramo dell'*Auser*. A partire dall'età del Ferro iniziò una graduale migrazione verso nord dell'ansa del fiume Arno. La fase di transizione dal periodo etrusco al periodo romano (2500 cal yr BP-2000 cal yr BP) (fig.7) fu caratterizzato dalla comparsa di un ambiente di pianura inondabile ben drenata. Il processo di aggradazione della pianura nel contesto urbano non avvenne in maniera sincronica, ma dipese dalla paleomorfologia dell'area. Infatti, in alcuni settori della città maggiormente elevate il contesto di pianura ben

977. (Bini *et al.* 2015, 200–201)

978. (Rossi *et al.* 2011, 125; Sarti 2012, 70–85)

979. Le analisi palinologiche svolte sui campioni del sondaggio Mappa 5 attestano per l'età neolitica un paesaggio caratterizzato in prevalenza di piante ripariali, *Alnus* o Ontano in prevalenza, associati a piante decidue/semperverdi quali la Quercia e il Nocciolo presenti anche in altre aree della costa tirrenica tra 8000 e 5000 cal yr BP attestanti un clima caldo e umido. L'associazione a piante pteridopite confermerebbe la presenza di un ambiente lagunare (Sarti *et al.* 2015a, 189).

980. (Sarti *et al.* 2015a)

981. (Sarti *et al.* 2015a, 190)

982. (Sarti *et al.* 2015a, 190)

983. (Bini *et al.* 2015, 205)

drenata si sviluppò a partire dal VII-VI secolo a.C., mentre in altre zone il contesto di pianura mal drenata è attestato fino in epoca romana⁹⁸⁴. La città romana si sviluppò a partire da una quota media di 1 m s.l.m. come dimostrano i numerosi materiali archeologici datati tra il I secolo a.C.-I secolo d.C., rinvenuti nei depositi di pianura inondabile ben drenata. A questa fase risalgono i primi depositi di pianura drenata con tracce di elaborazione antropica, forse dovute ad un'attività agricola⁹⁸⁵. Con l'epoca romana giungiamo dunque alla fase conclusiva del processo di formazione della pianura alluvionale.

Più complessa appare la ricostruzione della rete idrografica pertinente l'antico percorso del fiume Arno e del fiume *Auser* per il contesto urbano. Le indagini di sottosuolo hanno intercettato la presenza di un paleoalveo riferibile all'antico percorso del fiume Arno, situato a nord del suo percorso attuale. Il canale probabilmente attivo durante la fase di transizione Eneolitico-Età del Bronzo, sembra essersi gradualmente disattivato nel corso dell'età del Bronzo (carotaggio M10_7.85/datazione 3572-4298 cal yr. BP⁹⁸⁶), mentre risulta ormai inattivo in epoca etrusca, tra il VII e il V secolo a.C.. Un secondo paleoalveo, attivo tra l'Età del Bronzo e l'età del Ferro, si situava a sud dell'attuale percorso del fiume Arno (carotaggio M7_11.40/datazione 2870-3005 cal yr. BP e M7_8.77/datazione 2792-2929 cal yr. BP⁹⁸⁷). Il canale fluviale si disattivò progressivamente alla fine dell'Età del Ferro (M7_7.10/datazione 2697-2752 cal yr BP⁹⁸⁸) per migrare progressivamente verso nord nel suo alveo attuale. Il percorso del fiume Arno di epoca etrusco-romana appare piuttosto stabile per il settore urbano, attestandosi in prossimità dell'attuale Via San Martino (approfondimento nel paragrafo III.3.5.2).

Gran parte del settore urbano fu invece interessato dal passaggio del fiume *Auser* attestato sin dall'Eneolitico. Le indagini di sottosuolo integrate allo studio dei dati da remote *sensing* (fotografie aeree, immagini satellitari) e geognostici ottenuti con il metodo ETR-2D *Electrical Resistivity Tomography*⁹⁸⁹, confermano la forte instabilità del percorso fluviale, che rende ancor più difficoltoso lo studio e la ricostruzione dell'antica rete idrografica.

In particolare, durante l'epoca etrusco-romana il percorso del fiume *Auser* sembra essere caratterizzato da un alveo di tipo anastomizzato, ovvero costituito da due o più canali con andamento meandriforme, tra loro interconnessi⁹⁹⁰. Secondo la ricostruzione dei ricercatori un ramo dell'*Auser*, probabilmente attivo sin dall'epoca etrusca, scorreva in prossimità delle mura settentrionali in direzione est-ovest, delimitando l'area di piazza Duomo a nord. Gli scavi realizzati in Via Marche⁹⁹¹, nei pressi del sondaggio S6_San Zeno, sembrerebbero attestare la presenza di infrastrutture idrauliche (argine) riferibili al periodo etrusco (V-IV secolo a.C.). Il fiume avrebbe raggiunto il mare nella zona delle Sterpaie, 6 km a nord dell'attuale foce del fiume Arno. Un secondo ramo invece, principalmente attivo in epoca etrusca, scorreva ad una decina di metri a sud di Piazza Duomo e con un andamento est-ovest giungeva nei pressi del Cantiere delle Navi Antiche

984. (Amorosi *et al.* 2012, 135)

985. (Amorosi *et al.* 2012, 137)

986. (Sarti *et al.* 2015)

987. (Sarti *et al.* 2015a, 187-table 3)

988. Ibid.

989. (Bini *et al.* 2015)

990. (Bini *et al.* 2013, 20-21)

991. (Paribeni *et al.* 2007)

di Pisa San Rossore⁹⁹². Lo stato attuale della ricerca non consente di confermare la contemporaneità tra i due canali fluviali intercettati, né tantomeno di chiarire la relazione esistente tra il presunto ramo meridionale dell'*Auser* e il contesto portuale delle Navi Antiche di Pisa San Rossore⁹⁹³.

Ancora incerta appare la ricostruzione del ramo del fiume *Auser* che secondo Strabone⁹⁹⁴ sarebbe confluito in Arno. La notizia potrebbe riferirsi all'epoca di Strabone o probabilmente al periodo delle sue fonti storiche, dunque al II-I secolo a.C., o ancora ad una fase più antica. Le indagini stratigrafiche realizzate nei pressi degli Arsenali Medicei e dell'Ospedale di Santa Chiara (carotaggi S1_ex M, SCS4, SCS5, SCS12, SCS13) attestano la presenza di un paleoalveo attivo tra l'Eneolitico e l'età del Bronzo. Il canale con un percorso nordest-sudovest probabilmente confluiva in Arno all'altezza degli Arsenali⁹⁹⁵. La successione stratigrafica⁹⁹⁶ attesta inoltre la riattivazione del canale fino all'VIII-V secolo a.C. in corrispondenza dei carotaggi SCS12, SCS13⁹⁹⁷, e nelle vicinanze un'ampia area palustre di epoca etrusca formatasi probabilmente in un'area extra-canale. Tuttavia, lo stato attuale della ricerca non consente di fornire un adeguato e completo riscontro alla dibattuta questione della confluenza dell'*Auser* in Arno che rimane ancora aperta.

In epoca altomedievale la situazione paleoidrografica sembra grossomodo invariata: la città era caratterizzata a nord dal passaggio del fiume *Auser*, che si divideva probabilmente in due rami all'altezza di Piazza Duomo, e a sud del fiume Arno. Tuttavia, i dati geostratigrafici e archeologici registrano lo sviluppo di aree palustri, in particolare ai margini del centro urbano nel settore nord-occidentale e nel settore orientale.

L'instabilità dei fiumi del settore nord occidentale, attestata per il settore urbano nella sequenza stratigrafica del sito delle Navi di Pisa S. Rossore che registra tra la fine del IV e il VI secolo d.C. tre episodi esondativi, e il generale dissesto idrogeologico testimoniato anche nelle fonti agiografiche (Miracolo di San Frediano)⁹⁹⁸ sono connessi a fattori naturali e antropici. Tali fenomeni, attestati in particolare in epoca tardoantica/altomedievale, sono attribuibili ad eventi di elevata e intensa piovosità, testimoniati ad esempio per l'anno 589 dalle fonti storiche⁹⁹⁹ e registrati in altri bacini idrografici¹⁰⁰⁰, ma anche ad un minor controllo dell'uomo sul territorio e in particolare sulle risorse idriche (opere di terrazzamento e di contenimento, manutenzione dei canali di scolo, arginature) che può aver aggravato gli effetti degli episodi esondativi sulle pianure alluvionali (ristagno delle acque superficiali, aumento delle aree paludose)¹⁰⁰¹. Le migliori condizioni idrogeologiche registrate nel settore meridionale della città sono invece attribuibili ad una maggiore efficacia del sistema di drenaggio delle acque superficiali e ad una relativa stabilità del percorso del fiume Arno¹⁰⁰².

992. (Bini *et al.* 2015, 206)

993. (Bini *et al.* 2013, 21)

994. Strab., 5, 2, 5

995. (Sarti *et al.* 2015a)

996. (Bini *et al.* 2015, 203)

997. (Bini *et al.* 2015, 203)

998. *Gregorius Magnus, Dialogi* 3-9

999. (Dall'Aglio 1997, 101)

1000. Registrata anche nel bacino idrografico del fiume Ombrone, cfr. (Citter & Arnoldus-Huyzendveld 2009, 315).

1001. (Dall'Aglio 1997, 102-3)

1002. (Bini *et al.* 2013, 23)

I nuovi dati geostratigrafici integrati ai dati archeologici hanno permesso inoltre di ricostruire la paleotopografia dell'abitato pisano di epoca etrusca che si sviluppò a partire da una quota media di 0 m s.l.m. con valori massimi e minimi compresi tra +1,5 e -2,5 m rispetto al livello del mare. Si registrano due alti morfologici situabili nella zona di Piazza Duomo, in corrispondenza della presunta biforcazione dell'antico ramo del fiume *Auser*, e nei pressi del fiume Arno. Una vasta area depressa si sviluppava invece nel settore centrale della città, tra il bacino del fiume Arno e *Auser*. La città romana si sviluppò ad una quota media di 1 m s.l.m. in un intervallo compreso tra +3,5 m (registrato nell'area di Piazza Duomo) e -2,7 m rispetto al livello del mare; durante questa fase scomparvero le aree paludose attestate in epoca etrusca tra i due bacini fluviali, probabilmente a causa del progressivo apporto sedimentario dei fiumi e degli interventi antropici, mentre a nord-est di Piazza Duomo permase un ambiente di pianura inondabile mal drenata¹⁰⁰³.

III.2.3. Lo sviluppo del sistema deltizio del fiume Arno e il rapporto uomo-ambiente costiero

Il tema inerente alla dinamica del litorale pisano è stato ampiamente trattato negli anni passati¹⁰⁰⁴, a partire dal 1983 con gli studi condotti da Pasquinucci e Mazzanti¹⁰⁰⁵ fino alle ricerche svolte in tempi più recenti sull'architettura deposizionale della pianura nel suo settore costiero (compreso tra l'attuale linea di costa, le Colline pisane e Livornesi a sud, i Monti Pisani e il fiume Serchio a nord e la località di Campo a est)¹⁰⁰⁶ e sull'evoluzione paleoambientale dei contesti portuali antichi¹⁰⁰⁷.

I capitoli precedenti hanno preso in esame i fattori e le modalità che nel settore urbano e periurbano della città di Pisa portarono allo sviluppo di un ambiente alluvionale e alla conseguente progradazione della linea di costa a partire da ca. 8000 anni BP, quando nella valle dell'Arno e dell'*Auser*-Serchio iniziò un progressivo avanzamento dei fronti deltizi.

È opportuno ricordare che le variazioni della linea di costa sono condizionate da diversi fattori quali le oscillazioni del livello eustatico, la tettonica e l'apporto sedimentario¹⁰⁰⁸. Il fenomeno di risalita del livello del mare ("trasgressione versiliana"), registrato in seguito all'ultimo picco glaciale (*Last Glacial Maximum*-18000 anni BP) seppur con qualche oscillazione, avrebbe dovuto favorire il fenomeno di retrogradazione o trasgressione della linea di costa, in particolar modo in un contesto caratterizzato da tettonica di sprofondamento (subsidenza). Nel caso della pianura pisana l'apporto sedimentario di origine fluviale, in particolare legata all'attività di trasporto e deposito dei fiumi Arno e *Auser*-Serchio, ha avuto invece un ruolo predominante, determinando, a partire da ca. 8000 anni BP, la conformazione attuale della pianura di Pisa e della linea di costa¹⁰⁰⁹.

1003. (Bini *et al.* 2015, 207–8)

1004. (Bellotti 2000; Ceccarelli Lemut *et al.* 1994; Della Rocca *et al.* 1987; Federici & Mazzanti 1989; Mazzanti & Rau 1994; Pranzini 2001; 2007)

1005. (Pasquinucci & Mazzanti 1983)

1006. (Amorosi *et al.* 2013a; Pasquinucci *et al.* 2001; Rossi *et al.* 2011)

1007. (Allinne *et al.* 2016; Ducci *et al.* 2011; Pasquinucci *et al.* 2001)

1008. (Sarti 2012, 9)

1009. (Sarti 2012, 68–74)

Come precedentemente descritto, la porzione interna della pianura deltizia, individuabile tra l'antica linea di riva (situata a circa 7 km a est dell'attuale) fino grossomodo all'attuale località di Campo, si caratterizza nel sottosuolo da una successione di depositi lagunari ("pancone"), palustri e alluvionali intercettati al di sopra della superficie di massima ingressione marina (datata a 7820 ± 130 cal yr BP)¹⁰¹⁰. Nella porzione esterna, oggi caratterizzata da un sistema di cordoni sabbiosi che testimoniano la progradazione della linea di costa, sono state intercettate le fasi di sviluppo del sistema deltizio (successione stratigrafica di *prodelta-delta front transition-delta front*) dominato dalle oscillazioni del livello del mare e dalle variazioni dell'apporto sedimentario di origine fluviale¹⁰¹¹.

La formazione della pianura deltizia dell'Arno assunse caratteri comuni allo sviluppo dei principali fiumi tirrenici (Tevere, Ombrone, Volturno)¹⁰¹². Intorno a 6000 anni BP, in seguito alla progressiva stabilizzazione del livello marino, il cui valore relativo (*Relative Sea-Level*) si attestava a circa -5 metri dal suo livello attuale (*Mean Sea Level*) per il settore costiero antistante la pianura di Pisa¹⁰¹³, le foci dei maggiori fiumi tirrenici erano caratterizzati da "sistemi di protodelta" o "delta lagunare" (*prodelta*) costituiti da un ambiente lagunare profondo qualche metro bordato da sottili barriere sabbiose con aperture verso il mare. All'interno della laguna si sviluppava la foce fluviale depositando sedimento siltoso-argilloso con subordinata frazione sabbiosa (corpi deltizi lagunari)¹⁰¹⁴. Il progressivo apporto detritico di origine fluviale comportò la chiusura della laguna e la conseguente saldatura del corpo deltizio lagunare con la barriera costiera (*delta front*). Il passaggio da un sistema di protodelta a un sistema di delta, avviene in seguito alla traslazione del depocentro dall'interno della laguna (I fase) all'esterno della barriera (fase attuale)¹⁰¹⁵. Secondo alcune recenti indagini stratigrafiche realizzate in prossimità dell'attuale foce fluviale dell'Arno tale fase sembrerebbe essersi sviluppata attorno al 3005 ± 205 BP (*delta front transition*)¹⁰¹⁶.

Alla formazione del delta dell'Arno seguì una fase di progradazione della linea di costa modulata dal rapporto tra carico fluviale ed energia del moto ondoso (pianura deltizia esterna). Dal II-I secolo a.C., periodo di attestazione della linea di riva di epoca romana, alla metà del XIX secolo è stata calcolata una progressione verso ovest di circa 6 km in corrispondenza dell'Arno e di circa 4 km in corrispondenza di Stagno¹⁰¹⁷ (a sud dell'Arno) e di Isola di Migliarino (a nord dell'Arno). Tale fenomeno è imputabile ad un aumento consistente dell'apporto solido dei fiumi pisani, causato principalmente da fattori antropici (disboscamenti, sistemi di canalizzazioni, interventi in alveo) e anche climatici (aumento delle precipitazioni).

La pianura deltizia dell'Arno è pertanto caratterizzata da una piattaforma ampia e poco acclive¹⁰¹⁸; da una delta cuspidato leggermente sporgente rispetto alla costa; da un fenomeno deposizionale divergente (orientato verso sud sul lato sinistro del delta e verso nord sul lato destro, mentre

1010. (Amorosi *et al.* 2008, 120)

1011. (Amorosi *et al.* 2008; Sarti 2012)

1012. (Bellotti 2000)

1013. (Kaniewski *et al.* 2018, 2)

1014. (Bellotti 2000, 785-88)

1015. (Bellotti 2000, 785-88)

1016. (Amorosi *et al.* 2008, 120)

1017. (Federici & Mazzanti 1989, 596)

1018. (Bellotti 2000, 790)

è convergente presso l'area di Calambrone) dominato dalle correnti marine (una corrente settentrionale che trasporta i sedimenti dell'Arno in direzione sud verso le località di Tirrenia e Livorno; una meridionale che genera un'accumulo orientato verso nord)¹⁰¹⁹. La configurazione morfologica attuale del delta dell'Arno non è dissimile da quella di epoca romana e medievale in termini di direzione di accumulo litoranea e di apporto dei sedimenti, come dimostrano le analisi tessiturali e compositive svolte sulle antiche linee di spiaggia (precedenti il II-I secolo a.C.) e le più recenti¹⁰²⁰. Il suo sviluppo è stato scarsamente influenzato dalla subsidenza e dalle incursioni delle maree, ma piuttosto dall'azione antropica e dalle variazioni climatiche che hanno influito sul carico solido del fiume, e dalle variazioni del livello eustatico¹⁰²¹. La parte estrema della pianura deltizia, visibile nella Carta geomorfologica della pianura di Pisa (**Figura 3**), è pertanto formata da cordoni litoranei sabbiosi o lidi (dette localmente cotoni) che attestano la progradazione della linea di riva e sono in più punti rielaborati dal vento a formare delle dune più alte delle precedenti (dette localmente tomboli), intercalate da zone depresse, dette lame, che talvolta costituiscono aree paludose. “La parte interna della pianura deltizia è pianeggiante con tracce di alvei fluviali abbandonati a dimostrazione della notevole instabilità dei canali fluviali dell'Arno e del Serchio” e “aree palustri che sorgevano alle spalle dei cordoni sabbiosi”¹⁰²² oggi in gran parte bonificati (individuabili tra le località di Castagnolo, Coltano e Stagno, a sud dell'attuale corso del fiume Arno). L'integrazione dei dati archeologici, stratigrafici e storico-letterari¹⁰²³ ha permesso di ricostruire le modalità di occupazione e di sfruttamento della costa pisana in relazione alla dinamica di progradazione del linea di costa dall'età del Bronzo ai giorni nostri.

Nell'ambito della nostra ricerca è stata presa in esame la fascia costiera compresa tra la foce attuale del fiume Serchio e la città di Livorno. Durante l'età del Bronzo, la zona retrostante l'antica linea di costa era caratterizzata da un ambiente lagunare costellato da insediamenti sparsi attestabili, ad esempio, nei pressi di Isola di Migliarino dove sono state rinvenuti frammenti ceramici riferibili all'età del Bronzo¹⁰²⁴; nei pressi di San Piero a Grado frequentata sin dall'età del Bronzo¹⁰²⁵; sulle sabbie pleistoceniche di Coltano dove è stato ritrovato un villaggio della media/tarda età del Bronzo specializzato nella produzione del sale¹⁰²⁶; in località Pratini dell'Argine Trasverso-Collesalvetti dove è stato rinvenuto un villaggio su palafitte dell'età del Bronzo finale-prima età del Ferro¹⁰²⁷.

La prima linea di riva documentabile, risalente all'età del Ferro (VIII secolo a.C.), si sarebbe situata a sud del corso attuale dell'Arno nei pressi di San Piero a Grado, non molto distante dalla paleoduna di Castagnolo¹⁰²⁸. Il rinvenimento di materiale archeologico risalente all'età del Ferro (VIII-VII secolo a.C.) sulle dune di Poggio al Marmo e Poggio al Fico nella Tenuta di

1019. (Sarti *et al.* 2010, 317; Gattiglia 2013, 16–17)

1020. (Gattiglia 2013, 17; Sarti *et al.* 2010, 317)

1021. (Bellotti 2000, 789–90)

1022. (Bellotti 2000, 779)

1023. In particolare : Strab., 5, 2, 5 C 222; Rut. Nam., *De Reditu* 1, 527-540; 2, 11-12.

1024. (Menchelli & Vaggioli 1988, 505)

1025. (Pasquinucci 2003b, 96)

1026. (Pasquinucci *et al.* 2001, 194)

1027. (Pasquinucci 2003b, 95)

1028. (Federici & Mazzanti 1995, 181)

San Rossore¹⁰²⁹, sembrerebbe attestare la linea di riva a nord del fiume Arno lungo il margine occidentale del cotone delle Cascine¹⁰³⁰.

L'esistenza di due importanti approdi portuali di epoca etrusca nei pressi di Isola di Migliarino (risalenti al VI secolo a.C.¹⁰³¹) e di San Piero a Grado principale approdo della città di Pisa dal VII secolo a.C.(*epineion*)¹⁰³², sembrano invece confermare che l'andamento del litorale pisano per l'epoca etrusca non era molto dissimile da quello di epoca romana. In epoca romana (II-I secolo a.C.) la linea di riva si attestava infatti lungo il limite occidentale del Cotone S. Guido La Bigattiera e del Cotone delle Cascine¹⁰³³; la costa era puntellata da scali portuali: Isola di Migliarino¹⁰³⁴, San Piero a Grado¹⁰³⁵ e *Portus Pisanus*.

In particolare, il settore meridionale della costa pisana compreso tra l'area di Stagno e la Gronda dei Lupi era caratterizzato dalla presenza di un bacino lagunare protetto che ospitava il *Portus Pisanus* (attuale zona di S. Stefano ai Lupi, Livorno)¹⁰³⁶ menzionato nell'*Itinerarium Maritimum*¹⁰³⁷ e nel *De Reditu suo* di Rutilio Namaziano¹⁰³⁸. Secondo le ricostruzioni, all'inizio del I secolo a.C. nel tratto costiero pisano il livello del mare era ca. 1 m più basso dell'attuale¹⁰³⁹.

Recenti indagini geoarcheologiche¹⁰⁴⁰ hanno permesso di ricostruire in dettaglio l'evoluzione paleoambientale degli ultimi 8000 anni del bacino che in epoca romana ospitò il *Portus Pisanus*, tra le reciproche influenze del sistema marino e fluviale. Secondo alcuni studi¹⁰⁴¹, infatti, in epoca antica scorreva nei pressi del bacino portuale, a nord dell'attuale città di Livorno, un antico ramo del fiume Arno, ricordato col nome di fiume Calambrone¹⁰⁴², ma sul cui effettivo percorso e provenienza resta ancora molta incertezza. Le indagini attestano che 6000±35 cal yr BC (8000 anni BP) il settore meridionale costiero, aperto sul mare, era caratterizzato dalla presenza di un canale (*inlet channel*) la cui formazione è il risultato del fenomeno di risalita del livello del mare. Intorno a 4250±60 cal yr BC (circa 6000 anni BP) il canale evolvette in un'ambiente di laguna aperta, alimentata dalle correnti marine; a questa fase risalgono le prime evidenze di pratiche agricole (3350 ± 90 BC) registrate nei resti vegetali dei sedimenti prelevati. Una maggiore influenza del

1029. (Menchelli & Vaggioli 1988, 501)

1030. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 401)

1031. (Pasquinucci 1988, 85)

1032. (Bruni 2001, 85)

1033. (Gattiglia 2013, 17)

1034. Il porto si sviluppò alla foce dell'*Auserculus*, (Menchelli & Vaggioli 1988).

1035. L'approdo situato nei pressi di San Piero a Grado, su un braccio del fiume Arno, fu il porto principale di epoca etrusca e uno dei principali di epoca romana. Nei pressi della basilica di S. Piero a Grado sono state rinvenute strutture romane pertinenti all'approdo costiero (Bruni 2001).

1036. (Pasquinucci 1994, 187)

1037. Nell'*Itinerarium Maritimum*, 501 (*Itinerarium Antonini Augusti et Hierosolymitanum, ex libris manuscriptis ediderunt*) è indicato che il *Portus Pisanus* di età imperiale si trovava a nord di Livorno, a 23 miglia di distanza da Vada Volterrana e a 9 miglia dalla foce dell'Arno. Un passo di Cicerone (*Ad Quintum Fratrem*, 2, 5) del 56 a.C. sembrerebbe attestare inoltre l'esistenza di un approdo denominato *Portus Labro*, da cui deriverebbe l'attuale toponimo Calambrone, e che potrebbe corrispondere all'antica denominazione di età repubblicana. Le informazioni riportate dalle fonti storiche confermano dunque che il *Portus Pisanus* è esistito almeno dalla seconda metà del I secolo a.C.. (Allinne *et al.* 2016, 327; Kaniewski *et al.* 2018, 1; Pasquinucci 2003b, 95).

1038. Rut. Nam., *De Reditu* 1, 527-540; 2, 11-12

1039. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 31; Lambeck *et al.* 2004; Pranzini 2007, 402)

1040. (Allinne *et al.* 2016; Kaniewski *et al.* 2018)

1041. (Della Rocca *et al.* 1987)

1042. Attualmente il toponimo Calambrone è riferito alla località costiera situata a nord della città di Livorno, in prossimità della foce dello Scolmatore dell'Arno.

sistema marino sulle dinamiche ambientali determinò in un periodo cronologico compreso tra 2150±45 cal yr BC e 1950±45 cal yr BC (ca. 5000-4000 anni BP) lo sviluppo di un'ambiente deltizio controllato dal moto ondoso (*wave-dominated delta*). Durante la fase eneolitica, mentre il settore più interno della pianura deltizia si caratterizzava da un ambiente palustre intercalato da depositi di fronte deltizio prossimale e canali distributori riferibili ad antichi percorsi dei fiumi Arno e Serchio/*Auser*, nel settore più esterno si andava sviluppando un sistema deltizio maggiormente influenzato dalle dinamiche marine.

A partire da 1950±45 cal yr BC (ca. 4000 anni BP), al contrario, il prevalere del sistema fluviale sul sistema marino, in particolare del corso del Calambrone, determinò la formazione di un contesto di pianura deltizia caratterizzata da zone paludose e da un continuo apporto di acque dolci¹⁰⁴³. Tale scenario interessò il settore costiero meridionale per tutta l'età del Bronzo e sino all'epoca etrusca, mentre l'attuale contesto urbano e periurbano della città di Pisa vide lo sviluppo di un ambiente alluvionale maggiormente favorevole all'insediamento. Il rapporto tra la città di Pisa e la costa assunse un ruolo decisivo a partire dall'età etrusca con la nascita di un sistema di approdi portuali sparsi in tutta la costa. Oltre ai già citati porti di S. Piero a Grado, *emporium* della città etrusca, e di Isola di Migliarino sorto in prossimità dell'antico corso dell'*Auserculus*, le indagini archeologiche condotte nell'ambito del *Portus Pianus* hanno infatti ipotizzato un'occupazione del sito dalla fine del VII secolo a.C./inizi del VI sec a.C.¹⁰⁴⁴, quando l'area era interessata dalla presenza di una pianura deltizia caratterizzata da aree palustri¹⁰⁴⁵. L'installazione delle prime strutture riferibili all'antico porto romano, individuate in località "La Paludetta", a nord-est di Livorno, si datano tra il III e il II secolo a.C.¹⁰⁴⁶, epoca durante la quale si formò per apporto detritico un bacino lagunare protetto in connessione con il mare (200±30 cal yr BC), in grado di offrire le condizioni ideali all'installazione di un approdo portuale (*Portus Pisanus*). L'edificio venne successivamente trasformato, alla metà del I secolo a.C., in un impianto rettangolare porticato interpretato come magazzino, verosimilmente a causa delle mutate condizioni geomorfologiche della linea di costa. Nonostante il mancato ritrovamento della banchina, la linea di riva di epoca romana doveva attestarsi non molto lontano dalle strutture individuate¹⁰⁴⁷.

Il racconto di Rutilio Namaziano¹⁰⁴⁸ del V secolo d.C., "che giungendo in nave nei pressi del *Portus Pisanus* trovava di fronte a sé una costa piana, priva di insenature e non interessata dal movimento delle onde che si infrangevano lungo una barriera di alghe che sfiorava lo scafo delle navi", trova un riscontro nelle ricostruzioni paleoambientali realizzate nell'ambito delle ricerche geostratigrafiche. "Il narratore non avrebbe potuto vedere alcuna baia, in quanto le installazioni portuali si trovavano alle spalle dei cordoni dunari che isolavano la laguna. A qualche decina di metri dalla costa, al di sotto della superficie dell'acqua, andavano formandosi altre barriere sabbiose caratterizzate dalla presenza di alghe. I fondali marini sebbene fossero abbastanza elevati da bloccare il moto ondoso, non erano ancora sufficientemente emersi da poter impedire

1043. (Kaniewski *et al.* 2018)

1044. (Allinne *et al.* 2016, 331)

1045. (Kaniewski *et al.* 2018, 7)

1046. (Ducci *et al.* 2011, 42-43)

1047. (Allinne *et al.* 2016, 330-333; Ducci *et al.* 2011; Pasquinucci & Menchelli 2010)

1048. Rut. Nam., *De Reditu*, I, 527-540 ; II, 11-12

la circolazione delle navi”¹⁰⁴⁹. Il paesaggio retrostante la linea di costa di epoca romana e l’antico bacino portuale era caratterizzato dalla presenza di una vasta area palustre attestata sino in epoca moderna (settore di Stagno e Coltano)¹⁰⁵⁰ e definitivamente colmata solo nel primo dopoguerra. Tra 550 e 900 cal yr AD (1800-1200 anni BP), la progressiva chiusura e “continentalizzazione” della laguna, dovuta principalmente all’apporto detritico di origine fluviale, subì un’accelerazione registrata nell’aumento degli ostracodi e delle piante d’acqua dolce¹⁰⁵¹. Un aumento della frazione limosa è attestata già a partire dal I secolo a.C. negli spessi strati di poseidonia rinvenuti in località “Il Deserto” nel corso degli scavi archeologici che resero difficoltosa l’accessibilità delle navi nel porto, fino al suo definitivo abbandono causato dalla crescente progradazione e regolarizzazione della linea di costa¹⁰⁵².

Tra 1000±20-1250 ±20 cal yr AD (740 ±30 cal yr BP) si registrò infatti una forte diminuzione dell’apporto detritico di origine marina dovuto alla progradazione della linea di costa che comportò nel corso dell’epoca medievale l’abbandono delle strutture portuali di epoca romana, e il loro progressivo spostamento verso ovest. La laguna ormai priva di una connessione diretta col mare, a causa del continuo accumulo detritico di origine fluviale e della progradazione della linea di costa, si trasformò tra 1400±15 e 1700±10 cal yr AD in un lago costiero, quando ormai il porto di Livorno costruito ad opera dei Medici nel 1573 AD divenne il principale scalo marittimo della costa¹⁰⁵³.

Le ricerche condotte nel contesto del *Portus Pisanus*, localizzabile nei pressi dell’attuale località di Santo Stefano ai Lupi (Livorno), e negli approdi marittimi e fluviali disseminati nella costa pisana, confermano il carattere variegato e complesso del sistema portuale controllato dalla città di Pisa in epoca etrusca e romana (diversi scali portuali collocati sul litorale e nella pianura alluvionale per soddisfare capacità e funzioni differenti, utilizzo di materiali poco resistenti ma facilmente ricostruibili), risultato di un processo di adattamento ai rischi e ai condizionamenti ambientali (inondazioni, avanzamento della linea di costa)¹⁰⁵⁴. Tra il V secolo a.C. e fino al VII secolo d.C. lungo l’antica linea di costa si svilupparono quattro principali siti portuali (dal più meridionale *Portus Pisanus*, al porto fluviale di San Piero a Grado, allo scalo urbano della “Stazione Pisa-San Rossore”, all’approdo di Isola di Migliarino), alcuni dei quali si svilupparono fino ai primi secoli del Medioevo¹⁰⁵⁵, attestando una relativa stabilità della linea di costa dall’epoca etrusca fino all’Altomedioevo. Il rapido processo di progradazione della linea di costa, registrato sin dal II/I secolo a.C., comportò il graduale interrimento e abbandono dei porti pisani di epoca romana. L’assenza di dati di scavo e d’archivio non permette di chiarire il funzionamento delle strutture portuali in epoca altomedievale, ma alcuni studiosi ritengono che la conformazione morfologica della costa pisana garantì alla città di Pisa un collegamento con il mare anche per i secoli iniziali del Medioevo. Solo in questo modo si può spiegare la rapida ascesa della potenza navale di Pisa

1049. (Allinne *et al.* 2016, 332–33)

1050. (Allinne *et al.* 2016, 234–37)

1051. (Allinne *et al.* 2016, 329)

1052. (Allinne *et al.* 2016, 329)

1053. (Kaniewski *et al.* 2018, 10-11)

1054. (Allinne *et al.* 2016, 333–34)

1055. (Allinne *et al.* 2016, 324)

tra X e XII secolo¹⁰⁵⁶. Altrettanto carente sono pertanto le attestazioni della linea di costa di epoca altomedievale che secondo alcuni studiosi doveva collocarsi lungo il limite occidentale del cotone a est del Cotone delle Vacche e lungo il limite occidentale del Cotone Grosso¹⁰⁵⁷.

Maggiori informazioni si hanno riguardo la linea di costa del XII secolo, attestabile secondo alcuni studiosi presso il limite orientale del Cotone delle Vacche a nord del fiume Arno e il limite occidentale del Cotone del Mancino a sud del fiume, che invece secondo altri sarebbe riferibile al XIV secolo. Una seconda ricostruzione colloca la linea di riva del XII secolo più a ovest passante per il limite orientale del Cotone di Ferdinando a nord del fiume Arno e del Cotone del Bassetto a sud, mentre lungo il limite orientale del Cotone della Lama Larga a nord del fiume Serchio¹⁰⁵⁸. Le fonti scritte attestano che nel XII secolo, essendo ormai progredita la costa verso ovest, il porto fluviale di S. Piero a Grado divenne secondario, almeno per le navi mercantili di grosso carico, e rimase in uso per le imbarcazioni militari. Il “Porto Pisano” ormai ricollocato ad occidente di quello etrusco-romano, nei pressi dell’attuale zona industriale di Livorno, divenne il porto principale della città già a partire dal XII secolo e fino al XIV secolo quando il progressivo interrimento del bacino portuale ne comportò il definitivo abbandono¹⁰⁵⁹.

Nel XIV secolo la linea di costa si sarebbe già attestata poco a ovest dell’attuale località il Palazzetto nei pressi della foce dell’Arno, come attesterebbe il taglio dell’ansa di S. Rossore avvenuta nel 1338, in accordo con una distanza di 8,6 km dalla città di Pisa attestata in una cronaca di Goro di Stagio del 1406, seguita dal taglio dell’ansa della Vettola nel 1340. Nel XVI secolo la linea di costa viene collocata a nord del fiume Arno lungo il limite occidentale del Cotone Ferdinando o ancora più ad ovest lungo il limite orientale del Cotone dei Ginepri; nel tratto a sud del fiume Arno lungo il limite occidentale del Cotone del Bassetto o ad ovest della Lama Larga; mentre a nord del fiume Serchio lungo il limite occidentale del Cotone della Lama Larga¹⁰⁶⁰. Nel Cinquecento gli interventi dei Medici promossero la città di Livorno come nuovo scalo portuale internazionale¹⁰⁶¹.

Per gli inizi del XVII secolo la linea di riva si era attestata sul primo cordone sabbioso ad ovest del Lamone a sud dell’Arno, sul fianco occidentale del Cotone del Ginepro, ai piedi della Torre Riccardi a nord dell’Arno. Alla metà del XVIII secolo la costa è collocabile al margine orientale del Cotone della Pinetina Selvatica a sud dell’Arno e lungo il Cotone del Mare a nord dell’Arno. Il Catasto Leopoldino-Ferdinando terminato nel 1825 e la carta di Inghirami (1830) attestano che la linea di riva era ancora avanzata di 1 km sul versante destro di Bocca d’Arno e di 500 metri sul versante sinistro¹⁰⁶².

La progradazione della linea di costa si arrestò soltanto a partire dalla metà del XIX secolo quando, in seguito ad una diminuzione dell’apporto detritico dei fiumi, il trend si invertì e iniziò un processo di erosione della linea di riva¹⁰⁶³.

1056. (Baldassari & Gattiglia 2009, 181–82)

1057. (Gattiglia 2013, 20)

1058. (Gattiglia 2013, 17)

1059. (Baldassari & Gattiglia 2009, 812; Baldassarri 2010, 101)

1060. (Gattiglia 2013, 17–22)

1061. (Baldassari & Gattiglia 2009, 182)

1062. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 402–4)

1063. (Caporali *et al.* 2005, 181)

I risultati delle ricerche geostratigrafiche e paleoambientali fin'ora esposte confermano l'instabilità e il forte dinamismo del paesaggio pisano. In particolare, il contesto urbano e il settore settentrionale della pianura furono interessati per tutta l'epoca etrusca e romana dal passaggio dei rami fluviali del sistema *Auser-Serchio* in continua evoluzione. Mentre il corso del fiume Arno si stabilizzò in epoca etrusco-romana, attestandosi nel settore meridionale della città in prossimità del suo corso attuale. Il nucleo urbano di epoca etrusca si sviluppò principalmente in prossimità dei rami del fiume *Auser* che scorrevano nel settore settentrionale e nord-occidentale della città. Le continue esondazioni fluviali davano spesso origine alla formazione di aree palustri effimere che si sviluppavano nelle aree maggiormente depresse in prossimità dei canali fluviali di epoca etrusca o di antichi canali ormai disattivati (ad esempio nel settore compreso tra Via S.Maria e le mura occidentali della città, o nella zona tra via S. Zeno e Piazza S. Caterina). L'antico assetto idrografico non ostacolò l'occupazione dell'area urbana: i numerosi rinvenimenti ceramici di VII-V secolo a.C. attestano infatti che le zone "paludose" erano intensamente frequentate¹⁰⁶⁴. Inoltre, i dati di scavo del sito delle Navi di Pisa S. Rossore confermano il continuo utilizzo dell'approdo urbano dal VI/V secolo a.C. al VI secolo d.C., nonostante le continue esondazioni¹⁰⁶⁵.

In epoca romana il paesaggio urbano si trasformò e la maggior parte delle zone acquitrinose scomparvero lasciando spazio ad un ambiente di pianura inondabile ben drenata. La trasformazione fu probabilmente dovuta all'apporto detritico dei fiumi che progressivamente colmarono le zone depresse e ad un maggiore intervento antropico sul contesto urbano. Tuttavia nel settore nord-occidentale, in prossimità dell'area di Piazza dei Miracoli, persistette in epoca romana un'area di pianura mal drenata soggetta al continuo ristagno delle acque superficiali. La città continuava a gravitare attorno il fiume *Auser* a nord che probabilmente divenne il limite geografico tra l'*urbs* e il *suburbium*, e il fiume Arno a sud¹⁰⁶⁶. Durante l'epoca altomedievale si registra invece un peggioramento delle condizioni idrogeologiche e la formazione di aree palustri in particolare nelle aree circostanti il nucleo urbano. Le cause di tale dissesto idrogeologico e dell'instabilità dei fiumi sono riferibili ad un aumento delle precipitazioni, quanto ad un minor controllo dell'uomo sul territorio e sui sistemi di gestione delle acque.

Come ricordato precedentemente, alle dinamiche idrologiche (variazioni del carico solido e della portata del fiume) e al continuo apporto detritico sono inoltre connessi i fenomeni di aggradazione del letto fluviale e di progradazione della linea di riva avvenuta sin dall'epoca romana, come attestano le numerose ricerche svolte nell'ambito del settore costiero.

Alla luce di questi risultati sembra dunque necessario integrare lo studio stratigrafico della pianura pisana, in particolare per il settore compreso tra la città di Pisa e il comune di Cascina, dove si conservano la maggior parte delle tracce riferibili alla centuriazione pisana, per comprendere l'evoluzione del paesaggio antico e soprattutto dell'antico percorso del fiume Arno. La ricostruzione della paleoidrografia e del paleoambiente potrebbe offrire un'immagine più nitida della pianura di Pisa per le epoche passate, nonché nuovi elementi di comprensione alle dinamiche di trasmissione e di trasformazione della centuriazione.

1064. (Bini *et al.* 2013, 18–21; 2015, 204–8)

1065. (Camilli 2012)

1066. (Bini *et al.* 2015, 208)

III.3. Le indagini geostratigrafiche condotte nel biennio 2015-2017 per il settore compreso tra Pisa e Cascina

III.3.1. I settori della pianura di Pisa investigati

Nel dicembre 2015, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa e il Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali dell'Università di Bologna, nasce il progetto per lo studio geostratigrafico della Pianura di Pisa per il settore compreso tra la città di Pisa ad ovest e il comune di Cascina a est con l'obiettivo di ricostruire l'evoluzione della pianura di Pisa in particolare dall'epoca etrusca ad oggi, e la storia relativamente recente del fiume Arno che influì maggiormente sul processo di formazione del paesaggio pisano per il settore investigato.

I risultati ottenuti nell'ambito del Progetto Mappa e del contesto del *Portus Pisanus* confermano l'efficacia e la necessità di un approccio interdisciplinare nello studio dei paesaggi antichi, aprendo la strada a nuove prospettive di ricerca per il contesto della pianura pisana. Le nuove indagini paleoambientali svolte nel contesto urbano e periurbano, si basano sull'integrazione dei dati storici, geomorfologici e archeologici ai dati geostratigrafici, e permettono di definire le differenti fasi di formazione dell'area di studio, dal Neolitico fino ai giorni nostri e il ruolo svolto dai fiumi nella formazione del paesaggio, nonché l'attendibilità, l'età e la tipologia delle numerose tracce riferibili ad antichi percorsi fluviali. Inoltre, i meccanismi di interazione tra le dinamiche ambientali e l'occupazione dello spazio urbano sin dall'epoca etrusca mettono in evidenza la forte adattabilità delle società antiche ai caratteri mutevoli di un ambiente alluvionale soggetto a numerosi episodi esondativi e al ristagno delle acque¹⁰⁶⁷.

Allo stesso modo le ricerche condotte nell'ambito del *Portus Pisanus*¹⁰⁶⁸ hanno permesso di ricostruire le caratteristiche principali del paleoambiente e la sua evoluzione fino in epoca moderna, trovando un preciso riscontro nella descrizione delle fonti storiche (Rutilio Namaziano)¹⁰⁶⁹. Il confronto con le indagini paleoambientali e archeologiche svolte nell'ambito del sito delle Navi di Pisa San Rossore¹⁰⁷⁰ dimostra ancora una volta l'inarrestabile evoluzione del paleoambiente (progradazione della linea di costa, migrazione dei canali fluviali, esondazioni) e la capacità degli uomini di adeguarsi alle condizioni ambientali attraverso soluzioni pratiche ed efficaci, come ad esempio la costruzione di strutture portuali lignee poco resistenti ma facilmente rimpiazzabili¹⁰⁷¹. Questi importanti risultati e l'assenza di uno studio geostratigrafico per l'area di interesse, dove si conservano la maggior parte delle tracce connesse alla centuriazione romana, ha di fatto animato le nostre ricerche con l'obiettivo di ricostruire l'evoluzione del paesaggio pisano sin dalla fase etrusco-romana. In particolare, è risultata piuttosto fondamentale e allo stesso tempo problematica la ricostruzione dell'antico percorso del fiume Arno che da sempre condiziona l'evoluzione di

1067. (Bini *et al.* 2013; 2015)

1068. (Allinne *et al.* 2016; Ducci *et al.* 2011; Kaniewski *et al.* 2018; Pasquinucci & Menchelli 2010)

1069. Rut. Nam., *De Reditu*, I, 527-540 ; II, 11-12

1070. (Benvenuti *et al.* 2006; Camilli 2004a; 2012; Mariotti-Lippi *et al.* 2007)

1071. (Allinne *et al.* 2016)

questo settore della pianura pisana. Il fiume, che già nella carta di Leonardo da Vinci¹⁰⁷² del 1503 compare con un percorso grossomodo simile a quello attuale (fatta eccezione per i tagli di meandro e i raddrizzamenti della foce operati sin dalla Signoria dei Medici, come ad esempio il taglio l'ansa di Bièntina-Vicopisano e poi quella di Castel del Bosco nel 1561), subì profonde trasformazioni nel corso dei secoli precedenti. La forte dinamicità del fiume, testimoniata nelle fonti storiche e toponomastiche e dalle numerose paleotracce visibili nelle immagini da *remote sensing*, ha dunque comportato importanti variazioni di percorso ricostruibili attraverso l'integrazione dei dati di superficie (geomorfologici, storici, cartografici) ai dati di sottosuolo (carotaggi, *penetration tests*). I risultati ottenuti dalle indagini svolte nell'ambito della tesi di dottorato, seppur non consentano di restituire un quadro definitivo ed esaustivo dell'antico percorso del fiume Arno, offrono nuovi elementi per la comprensione delle caratteristiche del paesaggio antico, della dinamica fluviale e della gestione delle risorse idriche sin dall'epoca romana.

L'occupazione della pianura pisana, fortemente condizionata dalle sue acque (superficiali e sotterranee) ha infatti reso necessari, nel corso dei secoli, importanti opere di regimazione (argini, canali di scolo, canali scolmatori) in grado di controllare tale ricchezza, trasformando il paesaggio agrario pisano. Uno dei più grandi interventi idrici risale all'epoca romana con la costruzione della centuriazione che ha profondamente condizionato l'aspetto del paesaggio antico e attuale.

Ricostruire le fasi evolutive del paesaggio pisano nel corso dei secoli consente, infine, di affrontare la questione relativa al processo di trasmissione e di trasformazione dell'assetto centuriale nel corso dei secoli e di riconoscere i principali i fattori ambientali e antropici che hanno influenzato la dinamica morfologica.

Un'indagine preliminare dei dati stratigrafici già prodotti è stata svolta anche nel settore orientale della pianura di Pisa, per l'area compresa tra il comune di Pontedera e Ponsacco interessata dal passaggio dei fiumi Era e Cascina. Lo studio delle caratteristiche geomorfologiche e geostratigrafiche di questa zona, dove le ricognizioni di superficie e gli scavi archeologici attestano un consistente numero di siti di epoca etrusco-romana, a discapito di una quasi completa cancellazione degli assi della centuriazione, offrono nuovi elementi alla comprensione delle dinamiche paleoambientali.

III.3.2. L'approccio metodologico

Lo studio dell'evoluzione del paesaggio pisano affrontato nell'ambito della tesi di dottorato si basa su un approccio regressivo che parte dall'osservazione del paesaggio attuale e dallo studio dei suoi elementi costituenti (bacino idrografico, caratteristiche geomorfologiche, rete viaria, rete idrica, etc.) e che procede alla ricostruzione degli scenari antichi grazie al supporto di differenti discipline come la cartografia, il telerilevamento, la geomatica, la geomorfologia, la toponomastica, l'"archeogeografia", la stratigrafia, la pedologia, l'antracologia, l'archeologia.

In particolare, la ricostruzione dell'antica rete idrografica e del processo di aggradazione della pianura pisana si è avvalsa di molteplici fonti e strumenti di indagine, a cominciare dallo studio dei caratteri idrologici, geomorfologici e topografici del contesto attuale e prevalentemente esposti nella I parte della tesi. Lo studio della documentazione d'archivio e cartografica ha permesso di

1072. *Carta dei dintorni di Pisa per i progetti di deviazione delle acque d'Arno*, c. 1503, Codice di Madrid II, 52v-53r.

ottenere numerose informazioni relative agli episodi alluvionali, agli interventi antropici operati in alveo, ai caratteri del paesaggio antico (come la presenza di approdi, argini, zone stagnanti, canali e fossi artificiali), fornendo talvolta dei limiti cronologici (*terminus ante quem* e *post quem*) alle fasi di sviluppo dei suoi elementi costituenti (migrazione barra di meandro, estensione delle paludi)¹⁰⁷³. Il ricorso ai dati storico-archeologici offre inoltre la possibilità di analizzare le relazioni esistenti tra dinamiche insediative e fluviali nella lunga durata, in particolare per l'epoca medievale. L'insufficienza di siti archeologici di epoca etrusca e romana per il settore compreso tra Riglione e Cascina rende impossibile tale riflessione per le epoche più antiche, ma pone interessanti quesiti relativi al processo di copertura dei livelli archeologici e di aggradazione della pianura alluvionale. Una fase fondamentale nel lavoro di ricostruzione dell'antica rete idrografica concerne l'analisi della fotografia aerea storica e dei dati da *remote sensing* al fine di individuare possibili paleoforme riferibili ad antichi percorsi fluviali. Il settore della pianura di Pisa investigato è stato oggetto, nel corso degli anni passati, di numerose indagini fotointerpretative, i cui risultati sono stati raccolti e integrati all'interno del database "geomorfologico"¹⁰⁷⁴. La ricerca svolta nell'ambito del dottorato di ricerca integra l'analisi morfologica, proprio della disciplina archeogeografica, che attraverso lo studio del particellare agrario e urbano permette di riconoscere forme del paesaggio possibilmente riferibili ad antichi percorsi fluviali. L'indagine è stata svolta sulla cartografia attuale e storica (catasto attuale, catasto storico Leopoldino) e sulle fotografie aeree storiche.

Ai risultati delle indagini di superficie sono stati successivamente integrati dati di sottosuolo al fine di ricostruire la successione cronostratigrafica del sottosuolo pisano. La prima fase dell'indagine stratigrafica ha riguardato la selezione e la classificazione dei dati "d'archivio", prodotti dall'Università di Pisa, dagli enti pubblici e privati nel corso degli anni passati. Questa fase di studio ha permesso di valutare la qualità dei dati stratigrafici esistenti per la zona di interesse e di sondare le caratteristiche del sottosuolo pisano, agevolando la localizzazione dei nuovi carotaggi. Le operazioni di terreno sono state completate da uno studio approfondito degli strati intercettati (litologia, granulometria, strutture sedimentarie, componenti organiche e inorganiche, cronologia), permettendo il riconoscimento di cinque *facies* deposizionali principali di: palude, pianura inondabile mal drenata e ben drenata, canale fluviale, argine o evento esondativo.

Questo tipo di approccio pluridisciplinare in grado di integrare ai dati di superficie (d'archivio, cartografici, geomorfologici) i dati stratigrafici "d'archivio" o ottenuti mediante nuove indagini di sottosuolo ha permesso di ricostruire le principali fasi del processo di formazione della pianura di Pisa, dal Neolitico ai giorni nostri, e di verificare ove possibile l'attendibilità, la natura e la cronologia delle tracce riferibili ad antichi paleoalvei, quindi di apportare nuovi elementi alla conoscenza del sistema fluviale antico.

III.3.3. Le indagini preliminari alle operazioni di terreno

La fase preliminare alle operazioni di terreno ha comportato la raccolta e l'analisi di molteplici dati eterogenei, in grado di fornire nuovi elementi di conoscenza per la ricostruzione del sistema

1073. (Gaucher 2011, 37)

1074. (Bini *et al.* 2012a; Della Rocca *et al.* 1987)

idrografico e del paesaggio antico, con un potenziale informativo molto variabile. Lo studio della documentazione d'archivio e cartografica, integrata ai risultati della fotointerpretazione e dell'analisi morfologica, ha permesso di analizzare le possibili variazioni di percorso dell'antico sistema fluviale dovute a fattori naturali o ad interventi antropici operati nel corso dei secoli in alveo.

Dalla raccolta delle notizie storiche e dall'identificazione delle paleoforme si è passati allo studio e allo *screening* dei dati di sottosuolo prodotti dall'Università di Pisa, dal Comune e dalla Provincia di Pisa e di enti privati secondo un *range* di profondità e caratteristiche litologiche preliminarmente stabiliti, che confrontati ai dati di superficie hanno permesso di delimitare le aree di maggiore interesse per la localizzazione di nuovi carotaggi esplorativi.

III.3.3.1. Il contributo delle fonti storiche e d'archivio

I documenti storici e d'archivio di epoca medievale offrono numerose informazioni, dirette o indirette, riguardo l'antica conformazione della pianura di Pisa e l'evoluzione del sistema idrografico del fiume Arno, permettendo talvolta di definire dei *termini ante quem e post quem* alle fasi evolutive della rete idrografica. In particolare, lo studio della toponomastica di origine medievale consente di ricostruire alcuni episodi esondativi del fiume Arno e l'impatto che ebbero sul territorio, il percorso fluviale in connessione con l'ubicazione di antichi edifici di culto o di centri abitati, e ancora la presenza di argini, sponde e approdi fluviali.

Esemplare è il caso della Badia di San Savino che secondo le fonti medievali¹⁰⁷⁵ venne distrutta in epoca medievale da una esondazione del fiume Arno di portata eccezionale e ricostruita nel XII secolo in località Il Montione dove ancora oggi risiede. La prima fondazione del centro ecclesiastico avvenne il 30 aprile 780 ad opera dei fratelli Gumperto, Ildeberto, Gumprando “*in loco qui vocatur Cerasiolo, territorio Pisano*”: l'ubicazione del toponimo *Cerasiolo* è stata oggetto di numerose ricerche e di diverse interpretazione¹⁰⁷⁶. Le recenti indagini condotte nell'ambito della Tesi di Laurea di E. Rogovich del 2005-2006¹⁰⁷⁷ hanno permesso di avanzare nuove ipotesi riguardo l'ubicazione della prima sede del monastero benedettino. Tramite l'analisi dei documenti trecenteschi che attestano il toponimo *Cerasiolo* e le sue varianti (*Ceria, Cerasioli*), lo studio della cartografia storica e moderna e i dati della fotointerpretazione l'antica località è stata identificata nei pressi delle attuali sponde del fiume Arno, tra Riglione e Pierdicino¹⁰⁷⁸. La menzione della borgata di Riglione, alla quale venne affidata sin dal 780 il padronato della chiesa di S. Ippolito ed il suo porto sull'Arno, tra i beni posseduti dalla Badia di San Savino sembra confermare tale ricostruzione¹⁰⁷⁹.

Le anomalie individuate da Marcello Cosci nel tratto fluviale tra Riglione e Pierdicino, sulla base delle fotografie aeree IGM del 1965, sono state pertanto connesse alla presenza di strutture relative

1075. (Garzella 2006)

1076. (Garzella 2006, 362)

1077. (Rogovich 2005-2006)

1078. (Garzella 2006, 362-63; Rogovich 2005-2006)

1079. (Repetti 1833-1846). Voce “Riglione” consultata sul database “Repetti on-line” ID: 3583. N. scheda: 44350. Volume: 4, 5, 6S. Pagina: 751-752; 646-648; 215 (<http://stats-1.archeogr.unisi.it/repetti/index.php>).

al primo monastero di S. Savino e agli antichi argini del fiume Arno¹⁰⁸⁰. Sfortunatamente le indagini geoelettriche realizzate nel 2006, tramite la tecnica del *sub-bottom imaging*, in corrispondenza delle tracce non hanno prodotti i risultati sperati. “Le avverse condizioni meteorologiche e la forte corrente fluviale hanno costretto ad anticipare la conclusione dell’indagine e non hanno permesso di realizzare sezioni geoelettriche nel punto esatto in cui la fotografia del 1965 segnalava la presenza di strutture”¹⁰⁸¹. L’assenza di rinvenimenti significativi nelle sezioni geoelettriche più prossime alle strutture individuate in fotografia aerea potrebbe essere connessa al processo erosivo dell’alveo fluviale registrato negli ultimi cinquant’anni¹⁰⁸², aggravato dall’attività estrattiva condotta nei pressi di Pierdicino tra il 1965 e il 1973. La graduale erosione dell’alveo del fiume Arno e l’attività antropica avrebbero dunque compromesso le strutture murarie visibili nella fotografia aerea del 1965¹⁰⁸³.

Le fonti testimoniano che il primo monastero di S. Savino venne “*distructum et eradicatum*” (“distrutto e sradicato”)¹⁰⁸⁴ da una piena dell’Arno in una fase cronologica che possiamo circoscrivere tra il 14 marzo del 1115 (anno di ultima attestazione della prima Badia in Cerasiolo¹⁰⁸⁵) e l’8 maggio del 1117 (anno di inaugurazione dei lavori di costruzione del secondo edificio¹⁰⁸⁶), e ricostruito in una posizione più sicura, lontano dal fiume Arno, su un promontorio forse di origine antropica denominato “Il Montione”¹⁰⁸⁷.

Il monastero originario e le strutture portuali ad esso connesse, importante centro amministrativo ed ecclesiastico della pianura di Pisa, sarebbero dunque sorte tra il 780 e il 1115 in prossimità dell’attuale ansa del fiume Arno, tra le località di Riglione e Pierdicino. Le esondazioni del fiume Arno e la migrazione laterale del meandro provocarono la scomparsa della prima sede altomedievale. Come osserva E. Rogovich il nuovo monastero di San Savino, inaugurato nel 1117, venne costruito non molto lontano dal precedente, in linea con l’asse centuriale (il probabile *decumanus maximus*) che congiunge la località di Pierdicino, sede del primo monastero, e l’attuale Badia (**Figura 73**). Il tracciato viario connesso con la centuriazione avrebbe facilitato i collegamenti tra la nuova sede e l’approdo fluviale situato nei pressi di Riglione¹⁰⁸⁸. Le nuove interessanti ipotesi riguardo l’antica collocazione della Badia di S. Savino ci consentono di confermare il ruolo svolto dalla struttura centuriale nella costruzione del paesaggio medievale e moderno e di stabilire una connessione tra la trasmissione dinamica degli assi centuriali e l’ubicazione dei centri ecclesiastici di origine altomedievale e medievale, malgrado le importanti trasformazioni dell’antico assetto idrografico. La scelta di collocare la nuova Badia non lontano dalla precedente sede fu inoltre dettata dalla necessità di mantenere il controllo politico-amministrativo sui terreni circostanti di proprietà

1080. (Rogovich 2005-2006)

1081. (Rogovich 2007)

1082. (Rogovich 2005-2006, 79)

1083. (Rogovich 2005-2006, 78–79)

1084. “*fluminis impetu et alluvione distructum et eradicatum*” sono le parole citate nel documento del 10 gennaio 1122 e conservate nell’Archivio della Certosa di Calci, 2, (1100-1150). Il riferimento bibliografico è tratto da (Garzella 1986, 101, nota 126).

1085. (Garzella 1986, 101, nota 128).

1086. Ibid.

1087. (Garzella 2006, 363)

1088. (Rogovich 2005-2006, 113–14)

dell'ente ecclesiastico. Il promontorio, di probabile origine antropica, sul quale venne costruito il nuovo edificio garantiva una maggiore protezione dalle inondazioni fluviali¹⁰⁸⁹.

Il dato storico consente inoltre di stabilire un *terminus ante quem* all'evoluzione della barra di meandro di Riglione, che doveva scorrere grossomodo nel suo alveo attuale già in epoca altomedievale, quando nei pressi delle sue sponde venne eretta la prima Badia di San Savino.



Figura 73. La nuova sede della Badia di San Savino visibile dalle sponde fluviale dell'Arno.

La foto è stata realizzata dagli argini del fiume Arno, nei pressi della località di Pierdicino. L'asse centuriale è contrassegnata dalla linea in rosso, mentre l'attuale Badia di San Savino visibile in lontananza è indicata dal cerchio in rosso.

Le fonti testimoniano un secondo evento esondativo di portata eccezionale che nel XVI secolo avrebbe distrutto il Castello di Settimo appartenuto ai Conti della Gherardesca e attestato sino al 1178, e la vicina chiesa di S.Pietro in Castello¹⁰⁹⁰. Probabili resti degli antichi edifici vennero rinvenuti in Arno nell'estate del 1971, nei pressi del cimitero di S. Benedetto a Settimo¹⁰⁹¹, mentre recenti fotografie scattate nel 1999 nei pressi della limitrofa località di San Frediano¹⁰⁹² mostrano la presenza di isolotti fluviali formati da blocchi squadrati ed elementi in pietra probabilmente riferibili alle strutture medievali (**Figura 74**).

1089. (Rogovich 2005-2006, 113–15)

1090. (Garzella 1986, 78)

1091. (Garzella 2006, 362; Noferini 1995)

1092. Dal quotidiano "La Nazione di Pisa Provincia" del 28 febbraio 1999.

Anche la frazione di Zambra, che prende il nome dal torrente omonimo affluente destro del fiume Arno, fu interessata da un importante episodio esondativo che distrusse intorno al 1560 la prima sede della chiesa di S. Maria di Zambretta, ricostruita successivamente lungo l'attuale Via Cammeo che trasmette un asse della centuriazione romana. La località, situata sulla riva sinistra del fiume Arno, era infatti suddivisa in due borgate: Zambra che si sviluppò nei pressi della chiesa altomedievale di S. Jacopo ancora oggi esistente (appartenuta alla pieve di San Lorenzo alle Corti) e Zambretta, dove risiedeva la prima sede della chiesa di S. Maria (appartenuta alla pieve di S. Casciano)¹⁰⁹³. Nel 1999¹⁰⁹⁴ vennero rinvenuti in Arno fra il ponte di Caprona e Laiano, nell'ansa di Zambra, in una stazione di magra del fiume, degli "isolotti di forma allungata" costituiti da blocchi lapidei squadrati forse appartenuti all'edificio religioso e palizzate lignee ancora conficcate sul fondo dell'Arno probabilmente riferibili agli antichi argini del fiume (**Figura 75; Figura 76**).

Il dato confermerebbe la dinamicità e l'instabilità del fiume nel tratto tra Laiano-Zambra, riscontrato inoltre dall'analisi della cartografia storica, che nel corso dei secoli migrò progressivamente verso sud-ovest. L'azione erosiva dell'ansa fluviale travolse le strutture antropiche e venne definitivamente arrestata in seguito all'imponente opera di arginatura operata nel 1840 che conferì al fiume la sua conformazione attuale (in particolare si può notare l'insolita forma cuspidata del meandro di Zambra-Caprona).

Nei documenti di origine medievale, così come nella cartografia storica, sono inoltre attestati numerosi toponimi connessi alla rete idrografica, in particolare a rotte fluviali (*ripafracta*), al passaggio del fiume (Arno, Arno Morto, Arnino), alla presenza di argini (*argilalto*, *rivolta*, *argere*), di rive (*canneto*, *plaiia*, *plage*), di approdi (*navacchio*, *naviccio*, *navicclio*), alla morfologia fluviale (*arquata*) e all'esistenza di tratti fluviali abbandonati per cause naturali o antropiche (*Arnaccio*, *Arnovecchio*, *Arnino*, *Arno Morto*). Le informazioni toponomastiche raccolte sono state inserite all'interno di un database relazionale e georeferenziati in relazione alla località o al centro ecclesiastico al quale si riferiscono e ancora oggi esistente. La "carta dei toponimi" (**Figura 77**) mostra come il passaggio del fiume Arno di epoca medievale è attestato nei pressi di numerose località del settore investigato. Superato il comune di Pontedera, dove il fiume era confluiva in Arno, il fiume è attestato nei pressi di Calcinaia, un tempo situata sulla riva sinistra l'Arno; nelle località di Bièntina e Vicopisano dove è ricordato rispettivamente nel 1147 e nel 1002; a San Giovanni alla Vena (1068), un tempo situata in riva sinistra; a Cucigliana dove è attestato nell'868¹⁰⁹⁵ e nel 1063¹⁰⁹⁶; nei pressi della chiesa di S. Martino di Ottavo o di *Ripafratta* toponimo che ricorda una rotta fluviale (987)¹⁰⁹⁷; nei pressi di Noce nel 1080¹⁰⁹⁸ (*Arno di Noce*); nei pressi della pieve di San Casciano costruita nel 970 *prope fluvio Arno*; e ancora nei pressi della chiesa di S. Prospero di Uliveto (1080), a Zambra¹⁰⁹⁹, a Musigliano, a Mezzana (1080), Colignola (1040),

1093. (Repetti 1833-1846). Voce "Zambra (e Zambretta)" consultata sul database "Repetti on-line" ID: 4458, N. scheda: 56530; Volume: 4; 5; Pagina: 536; 838 (<http://stats-1.archeogr.unisi.it/repetti/index.php>).

1094. Dal quotidiano "La Nazione di Pisa Provincia" del 28 febbraio 1999.

1095. (Redi 1984, 12)

1096. (Noferini 1995, 7)

1097. (Redi 1984, 12)

1098. Ibid.

1099. La località di Zambra viene ricordata in riva destra del fiume Arno.

Ripoli, Ghezzano, Riglione, Cisanello e Putignano¹¹⁰⁰. Nel settore urbano le fonti confermano che nel X secolo l'Arno divideva le piagge di San Michele da quelle di San Ermete, attestandosi grossomodo nel suo alveo attuale. Molte delle località citate sono situate nei pressi dell'attuale corso del fiume Arno, attestando una relativa stabilità del fiume Arno sin dall'epoca medievale. Alcune criticità riguardano soprattutto i toponimi "idrografici" attestati a sud del corso attuale del fiume Arno, che negli anni passati hanno favorito l'ipotesi di un percorso meridionale per l'epoca romana e medievale in connessione con l'antica rete viaria nel tratto compreso tra Cascina e Riglione e dunque con la distribuzione dei toponimi stradali¹¹⁰¹(cfr. paragrafo III.1.2.). In particolare, nei pressi di S. Prospero è attestato il toponimo Arno e il toponimo *Naviccio* (1172) riferibile alla presenza di un approdo fluviale, ricordato anche nella vicina località di Navacchio¹¹⁰²; i toponimi medievali *arquata*¹¹⁰³ e *rivolta*¹¹⁰⁴ attestati nei pressi di Casciavola, e di *Scorno* nei pressi di Titignano e di Visignano farebbero riferimento al passaggio e alla curvatura di meandri fluviale¹¹⁰⁵ (**Figura 77**).

Lo studio della toponomastica antica offre dunque numerosi indizi alla ricostruzione dell'antica rete idrografica dell'antico e in generale del paesaggio agrario, ma le criticità connesse alla localizzazione del toponimo (che molto spesso non è di tipo "puntuale", cioè relativo ad un edificio pubblico o ecclesiastico attestabile, ma di tipo "areale", quindi riferibile ai confini di una località che nel corso dei secoli possono facilmente variare) e al "grado di attendibilità" dell'informazione trasmessa, necessitano di un riscontro archeologico e/o stratigrafico. Per tale ragione la toponomastica deve essere considerata come "una fonte da impiegare insieme a tutte le altre" nella ricostruzione diacronica dei paesaggi agrari e dell'incolto¹¹⁰⁶.

La ricostruzione del sistema insediativo di epoca medievale, (IX-XIV secolo), basata sui documenti storici e d'archivio, offre un ulteriore elemento per valutare la relativa stabilità del fiume Arno dall'epoca medievale ad oggi. La carta dei siti medievali nella maggior parte dei casi ancora oggi esistenti (centri ecclesiastici, borghi, villaggi) mostra una capillare occupazione dell'intero settore tra Pisa e Cascina, fatta eccezione per le aree che potremo definire di maggiore attività del fiume Arno, che vennero adibite all'agricoltura e delimitate da argini di contenimento per alcuni tratti attestati sin dall'epoca medievale. L'interazione tra le dinamiche insediative e l'evoluzione del sistema Arno acquista pertanto un valore aggiuntivo alla conoscenza del paesaggio antico e dei suoi elementi fisici.

Lo studio della documentazione scritta e cartografica ha offerto inoltre numerosi elementi per la ricostruzione del paesaggio antico, in particolare per lo studio delle aree paludose e del loro sviluppo nel corso dei secoli, tema che sarà trattato nel paragrafo IV.1.3..

1100. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994)

1101. Il percorso simile a quello attuale fino all'altezza di Zambra, avrebbe piegato verso la zona compresa tra Casciavola e Titignano disegnando due ampi meandri per poi giungere nei pressi di Putignano e proseguire verso la città di Pisa. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 412-14; Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 130-32).

1102. Il toponimo "approdo" è ricordato inoltre nei pressi della Badia di S.Savino in Montione edificata nel 1117, ma probabilmente si riferisce allo scalo fluviale situato nei pressi della vicina Riglione.

1103. Il toponimo è riferibile ad una forma arcuata, associato al passaggio di un meandro fluviale.

1104. Il toponimo significa letteralmente riva alta.

1105. (Redi 1984, 14)

1106. (Brogiolo 2014, 19)

III.3.3.2. Il contributo della cartografia storica allo studio dell'evoluzione dei meandri

Lo studio della cartografia storica della pianura di Pisa prodotta tra il XVI e il XIX secolo permette di raccogliere numerose informazioni relative all'evoluzione "recente" del paesaggio pisano, in particolare i cambiamenti del percorso del fiume Arno, dovuti a fattori naturali o antropici, e della rete idrica.

La prima carta risalente al 1503 venne realizzata da Leonardo da Vinci¹¹⁰⁷ in occasione della guerra tra la città di Firenze e di Pisa. La mappa sarebbe servita ad illustrare l'ambizioso progetto di deviazione del corso del fiume Arno attraverso la costruzione di due canali (uno dei quali sembrerebbe essere indicato nella carta col nome di "rotta d'Arno") nei pressi dell'antica *Fasiano*, situabile tra le attuali località di Putignano e Oratoio, che avrebbero condotto le acque fluviali verso Stagno. L'opera di deviazione avrebbe così indebolito la città di Pisa che, privata dei rifornimenti delle campagne, si sarebbe arresa alla città di Firenze. Il progetto a causa della sua complessità non venne mai ultimato, ma nel 1509 la città di Pisa cadde sotto il controllo della Signoria dei Medici. La carta realizzata da Leonardo è un documento di inestimabile importanza perché si basa sulla cartografia preesistente, in particolare sulle produzioni di Pietro del Massaio databili tra il 1456 e il 1472, e sull'osservazione diretta del territorio in particolare su "paesaggi dal vero (in particolare dei Monti Pisani), misurazioni delle distanze, studi di orientamento, caratteri degli insediamenti, studi non convenzionali nei riferimenti all'idrografia del "pian di Pisa"¹¹⁰⁸. La "*Carta dei dintorni di Pisa*" opera di Leonardo da Vinci riproduce pertanto un'immagine abbastanza fedele della pianura di Pisa tra i secoli XV-XVI, ad eccezione del complesso sistema idrico medievale, attestando numerosi elementi ancora individuabili nel paesaggio attuale, come ad esempio i fossi della rete idrica (Fossa Vecchia, Fossa Nuova, lo Zannone, la via Firenze-Pisa), o non più esistenti (come ad esempio il canale Ozeri¹¹⁰⁹).

La cartografia storica prodotta nei secoli successivi, in particolare dal XVII secolo, permette di osservare le trasformazioni del percorso fluviale dovute agli interventi antropici operati in alveo (tagli di meandri, rettifiche, inalveamenti, costruzioni di argini) e di identificare eventuali migrazioni e avulsioni del fiume avvenute in epoca moderna. Ad esempio nella "*Pianta della Pianura Pisana e dello Stagno di Pisa*" del XVII secolo (**Figura 78**) è possibile individuare il taglio dell'ansa di Bièntina-Vicopisano (1563-1564)¹¹¹⁰, ancora visibile nella carta di Leonardo da Vinci, e la deviazione dell'ultimo tratto del fiume Arno verso nord realizzata nel 1606 sotto Ferdinando I¹¹¹¹ con il conseguente abbandono del tratto precedente denominato *Arno Vecchio* nella "*Pianta della*

1107. Codice di Madrid II, 52v-53r. - *Carta dei dintorni di Pisa per i progetti di deviazione delle acque d'Arno*, c. 1503.

1108. Informazioni tratte da A. Vezzosi, A. Sabato: <https://brunelleschi.imss.fi.it/itinerari/itinerario/StudiDeviazioneArnoRiglionePisaAlloStagnoLivorno.html>.

1109. Il canale *Ozeri* potrebbe corrispondere al corso canalizzato dell'antico ramo del fiume *Auser* che dopo aver costeggiato la località di San Giuliano giungeva nella pianura pisana (Bruni & Cosci 2003, 30-31). Il termine *Ozeri* era infatti volgarmente utilizzato per indicare il fiume *Auser* (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 409). Secondo le descrizioni di E. Repetti (Repetti 1833-1846. Voce "Pontetetto - canale Ozzeri" consultata sul database "Repetti on-line" ID: 3376. N. scheda: 41930. Volume: 3; 4; 6S. Pagina: 706-710; 537-538; 171-172; <http://stats-1.archeogr.unisi.it/repetti/index.php>) il canale sin dall'epoca medievale raccoglieva le acque delle paludi di Agnano e Asciano, per poi scaricarle in mare all'altezza dell'attuale Fiume Morto che in parte riprende il suo antico corso.

1110. (Federici & Mazzanti 1989, 602)

1111. (Bruni 2002, 189)

Pianura Pisana” (**Figura 78**) e *Arnaccio* nella *Pianta del Piano di Pisa* (XVIII secolo - ASFi, Miscellanea di Piante n. 342)¹¹¹². Le piante mostrano inoltre le importanti trasformazioni avvenute tra il XVI e il XVIII secolo, come il parziale prosciugamento delle aree paludose e lo sviluppo della rete idrica.

Nella *Mappa corografica della Pianura Meridionale di Pisa tra l’Arno e le Colline* del XVIII secolo (**Figura 79**) sono invece documentati episodi di avulsione in diversi settori dell’alveo fluviale, come ad esempio nel settore compreso tra Laiano e Caprona, dove sono visibili due anse fluviali apparentemente coeve. Il dato cartografico conferma la forte instabilità del tratto fluviale, già riscontrato nelle fonti storiche che testimoniano la forza erosiva del fiume in grado di distruggere l’antica chiesa di S.Maria di Zambretta, e avvalorare l’ipotesi di una progressiva migrazione del tratto fluviale compreso tra Uliveto Terme e Zambra dai piedi dei Monti Pisani verso sud-ovest, fino al raggiungimento della sua posizione attuale. Nella “Mappa” del XVIII secolo sono inoltre documentati nei pressi dell’ansa di Fornacette e dell’ansa di Musigliano due episodi di avulsione fluviale che diedero origine a delle cosiddette “isole fluviali”: mentre l’ansa formatasi nei pressi di Fornacette comportò il definitivo abbandono del percorso precedente, il nuovo meandro formatosi nei pressi di Colignola, ancora visibile nella *Pianta della pianura pisana e sue adiacenze compresa nel Dipartimento del Mediterraneo* del 1811 (**Figura 80**) e nella morfologia attuale, venne probabilmente tagliato in epoca recente. La *Mappa corografica* (**Figura 79**) testimonia inoltre il taglio del “meandro di Barbaricina” avvenuto ad ovest della città di Pisa nel 1771-1774.

La rappresentazione cartografica del 1811 (**Figura 80**) registra invece l’evoluzione dell’ansa di Noce che per avulsione migrò nei pressi della località di S. Benedetto a Settimo, ad ovest di Cascina. Nella *Pianta* (**Figura 80**) è inoltre possibile osservare la conformazione dell’Arno prima dell’imponente opera di arginatura del 1840 che comportò la definitiva regolarizzazione degli argini e del percorso fluviale. Inoltre, il confronto con la cartografia ottocentesca (**Figura 81**, **Figura 82**) e una pianta della raccolta ASP, Piante e Disegni di Santo Stefano del 1743 (**Figura 83**), georeferenziata sulla base del Catasto Leopoldino, consentono di osservare l’ampiezza dell’alveo fluviale prima del poderoso intervento del 1840, nonché la gestione delle cosiddette *piagge*, ovvero delle aree comprese tra l’alveo fluviale e gli argini che venivano comunque adibite allo sfruttamento agricolo.

1112. (Paglialunga *et al.* 2001, 147)



Figura 83. Gli argini del fiume Arno prima dell'imponente opera di arginatura del XIX secolo. La pianta ASP - "Piante e Disegni dell'Ordine di Santo Stefano" - 0195 n. 46 - Pianta I, Carta IV, datata ottobre 1743, georeferenziata sulla base del Catasto Leopoldino visualizzabile tramite connessione WMS (segnatura catastale dei fogli visualizzati: Catasto terreni - Mappe - Cascina 9, 10, 12, 13, 15, 18, 25; Catasto terreni - Mappe - Pisa - 43, 52, 53), mostra l'andamento degli argini fluviali dell'Arno prima dell'imponente opera di arginatura del XIX secolo.

III.3.3.3. L'integrazione dell'analisi morfologica allo studio della paleoidrografia

L'indagine morfologica condotta sulla base della cartografia catastale recente e passata (Catasto Leopoldino) e delle fotografie aeree storiche (in particolare dei fotogrammi IGM del volo GAI 1954) ha consentito l'individuazione di differenti forme di organizzazione del parcellare (urbano e rurale) e della rete viaria, definibili come "forme ibride" che attraverso allineamenti, orientamenti, intervalli periodici, trasmettono elementi del paesaggio antico, in particolare riconducibili alla rete idrografica.

L'"ibridazione" è un fenomeno spazio-temporale che si manifesta nella trasmissione dinamica di un elemento fisico del paesaggio (un alveo, un canale o un rivolo artificiale) attraverso la riorganizzazione di un elemento sociale (rete viaria, parcelle urbane e agrarie) che si adatta o meglio eredita la forma preesistente¹¹¹³.

Nello studio del contesto della città di *Tours* (Francia) le analisi morfologiche del parcellare urbano, integrate ad indagini geotecniche e toponomastiche, hanno permesso di riconoscere la forma di un antico corso d'acqua (non è specificato se si tratti di un corso naturale o artificiale) che, trasformandosi nel corso del tempo a livello spaziale e funzionale, ha conservato la propria

1113. Tratto da "Dictionnaire de l'archéogéographie, mot "hybride" (<http://www.archeogeographie.org/index.php?rub=presentation/dictionnaire/#H>).

forma. Tale processo ha dato origine ad una nuova trama, costituita da un'asse viaria principale e da parcelle urbane strette e allungate adiacenti alla via, definita come "corridoio fluviano"¹¹¹⁴ che eredita la morfologia dell'antico corso d'acqua¹¹¹⁵.

Nel contesto della pianura di Pisa l'analisi morfologica realizzata sul particellare urbano e agrario ha consentito di identificare differenti forme ibride riferibili ad antichi percorsi fluviali e alla rete idrica minore. La ricerca, ad esempio, analizza in che modo il processo di urbanizzazione ha trasmesso le evoluzioni e le migrazioni del fiume Arno avvenute nel corso dei secoli. Per tale ragione le ricerche sono state principalmente condotte sulla base delle fotografie aeree storiche e sul Catasto Leopoldino.

Le indagini geomorfologiche e geostratigrafiche, realizzate nell'ambito del progetto Mappa, hanno permesso l'identificazione di quattro paleoalvei riferibili all'antico percorso del fiume Arno. Le tracce riconosciute a nord del percorso attuale sarebbero riferibili a percorsi fluviali attivi fino al tardo Eneolitico-prima età del Bronzo. Mentre a sud dell'odierno fiume vennero individuati due paleoalvei: il primo, più meridionale, risulterebbe attivo fino all'età del Ferro e pertanto non si può escludere una relativa contemporaneità con l'ansa precedentemente descritta; mentre il secondo paleoalveo più settentrionale, passante per l'attuale Via San Martino, si sarebbe formato in una fase più recente, probabilmente etrusco-romana, in seguito alla graduale migrazione dell'ansa fluviale verso nord¹¹¹⁶.

Grazie all'integrazione dell'analisi morfologica è stato possibile individuare a nord del fiume Arno una trama (**Figura 84**, trama 1) che si sviluppa intorno due assi viari principali, che potremmo definire "corridoi fluviali": l'asse Via Vernagalli / Via Palestro/Via del Buschetto e l'asse Via Rigattieri/Via delle Belle Torri. Le parcelle urbane connesse all'asse Via Vernagalli/Via Palestro/Via del Buschetto sono di forma stretta e allungata, mentre le parcelle a sud dell'asse Via Rigattieri/Via delle Belle Torri sono più larghe che lunghe. La forma individuata nel particellare urbano sembra trasmettere l'antica area di pertinenza del fiume Arno. L'integrazione tra l'analisi morfologica e i dati di sottosuolo sembra suggerire la presenza di un paleoalveo riferibile all'ultima fase dell'Eneolitico-prima età del Bronzo, già precedentemente intercettato (cfr. paragrafo III.3.5.2).

A sud del fiume l'andamento curvilineo dell'attuale Via San Martino, che prosegue verso Lungarno Giambacorti, trasmette la forma dell'antico alveo fluviale di epoca etrusco-romana e costituisce l'asse principale del secondo "corridoio fluviano" (**Figura 84**, trama 2). I limiti parcellari e le vie tangenti alla strada curvilinea, distribuite a nord e a sud dell'asse viario, delimitano le parcelle urbane di forma stretta e allungata.

A sud della cosiddetta strada-fiume di Via S.Martino, l'organizzazione delle vie urbane (Via Maddalena, Via A. Mario, Via La Nunziatina, Via S. Bernardo) e di alcuni edifici urbani, che formano tre allineamenti curvilinei, trasmettono la morfologia del terzo paleoalveo individuato nelle indagini stratigrafiche precedentemente ricordate e riferibile all'età del Ferro.

Proseguendo verso est è stato individuato l'allineamento di un tratto delle mura urbane medievali e della via di S. Michele degli Scalzi, che con andamento curvilineo, sembrano trasmettere un antico

1114. Il termine che rimanda alle due fasi essenziali della trasmissione dinamica, quella fluviale e quella viaria.

1115. (Noizet 2005)

1116. (Sarti *et al.* 2015a; Bini *et al.* 2015; Amorosi *et al.* 2013a)

alveo del fiume Arno (**Figura 84**, trama 3). Ancora più a sud ad esempio, è possibile individuare una quarta trama (**Figura 84**, trama 4) che si sviluppa lungo la via di S. Michele degli Scalzi. In quest'ultimo caso è importante osservare che la chiesa di S. Michele degli Scalzi si situi esattamente all'incrocio tra le strada-fiume e l'argine attuale del fiume Arno. I risultati dell'analisi morfologica per il contesto urbano trovano riscontro nei dati stratigrafici analizzati (cfr. paragrafo III.3.5.2).

Allontanandosi dal contesto urbano l'identificazione delle forme riferibili ad antichi percorsi fluviali diventa più difficoltosa a causa delle continue e importanti trasformazioni che ha subito il paesaggio, in particolare a partire dagli anni Cinquanta del XX secolo. L'analisi delle fotografie aeree storiche diventa dunque fondamentale per il riconoscimento di possibili paleoforme, come nel caso della trama individuata nella zona di Cisanello, lungo l'attuale via di Parigi (**Figura 85**). La strada dall'andamento curvilineo e le vie e i limiti parcellari ad essa tangenti formano una trama che sembra trasmettere un antico percorso fluviale; anche in questo caso l'indagine stratigrafica sembra avvalorare tale ipotesi.

L'indagine morfologica ha riguardato anche il settore più interno della pianura, in particolare è stata riconosciuta nei pressi di via I. Rocchi in località Visignano un'asse stradale con andamento curvilineo che struttura le parcelle agrarie ad essa tangenti (**Figura 86**). Il dato morfologico, integrato allo studio della toponomastica medievale che sembra ricordare in questo settore il passaggio di un antico ramo del fiume Arno, ha motivato la realizzazione di un carotaggio esplorativo (SC5), in un settore della pianura ancora sconosciuta all'indagine stratigrafica in dettaglio (cfr. III.3.4.1.5).

In località Zambra l'indagine morfologica ha rilevato la presenza di un'asse stradale, via Martiri della Libertà, lungo la quale si sviluppano una serie di parcelle strette e allungate visibili in particolare nella fotografia aerea storica. La trama individuata potrebbe trasmettere nel paesaggio attuale un episodio di rotta fluviale avvenuto in prossimità di un antico asse centuriale che venne ripreso con un andamento leggermente curvilineo tenendo conto delle mutate condizioni geomorfologiche.

Anche nei pressi di Uliveto l'allineamento delle strade, in particolare di via Nazionale e delle parcelle urbane attesta il passaggio di un antico ramo del fiume Arno visibile anche nella cartografia storica (**Figura 79**, **Figura 87**).

Infine, a sud dell'ansa di Noce, nei pressi della località di Marciana, l'andamento sinuoso dell'attuale via Paolo Savi e l'organizzazione del parcellare circostante, che si adatta alla morfologia dell'asse viario, potrebbe registrare nella morfologia attuale un antico episodio esondativo (**Figura 88**). Secondo alcune fonti¹¹¹⁷ la costruzione della chiesa di San Miniato di Marcianella, avvenuta nel 970 non lontano dalla preesistente chiesa di San Michele fu probabilmente dovuta ad un violenta rotta d'argine che divise in due la località di Marciana impedendo così ai fedeli della località di Marcianella di recarsi nella vicina chiesa di S. Michele di Marciana¹¹¹⁸. Al momento la notizia non trova riscontro in alcun documento d'archivio, tuttavia il toponimo *Ripafratta*, attestato nella vicina località di Cascina, conferma che l'area era stata interessata da violenti episodi di rotta d'argine.

1117. Le informazioni sono state desunte dal database "Le chiese delle Diocesi Italiane" <http://www.chieseitaliane.chiesacattolica.it/chieseitaliane/index.jsp>.

1118. Informazioni desunte dal sito <http://www.lakinzica.it/chiesa-di-san-miniato-a-marcianella>.

Nel contesto rurale del settore orientale della pianura di Pisa il caso del “Paleorotina”¹¹¹⁹ è, ad oggi, il più documentato e dibattuto. Si tratta di una forma stretta e allungata, individuata su base fotointerpretativa, che da Ponsacco giunge nei pressi del Canale Emissario¹¹²⁰. L’analisi morfologica del parcellare agrario ha messo in evidenza la sua trama cosiddetta a “spina di pesce” che si compone di tre elementi: l’asse principale o Via Rotina che con un andamento sinuoso riprende il percorso antico del paleocanale o del paleoalveo; gli assi tangenti all’attuale via Rotina che formano delle parcelle strette e allungate; gli assi paralleli alla via principale che costituiscono i lati minori delle parcelle agrarie, **Figura 44**.

Dato il suo andamento isocline agli assi della centuriazione alcuni studiosi identificano il “Paleorotina” come un’opera di canalizzazione connessa alla centuriazione, che sfruttando le acque del fiume Cascina (che sino in epoca medievale sfociava in Arno nei pressi dell’attuale località di Cascina¹¹²¹) avrebbe provveduto alla distribuzione delle acque provenienti dalla Valdera nella Pianura Pisana, al miglioramento del drenaggio verso l’Arno, garantendo infine una via d’acqua nell’agro centuriato¹¹²². Secondo alcune interpretazioni, il suo aspetto e il suo orientamento, isocline ai *decumani* della centuriazione (in particolare a quello che viene individuato come il decumano a NE di Latignano), giustificano il riconoscimento di un canale artificiale scavato al tempo della centuriazione romana, il cui percorso si sarebbe leggermente modificato nel corso dei secoli per il naturale scorrimento delle acque, rispetto ad un eventuale andamento rettilineo del decumano¹¹²³. Il *Rivus qui dicitur decumano*, attestato nelle fonti medievali sin dal 935 d.C.¹¹²⁴, sarebbe dunque riferito al cosiddetto “Paleorotina”. Secondo altri studiosi potrebbe invece trattarsi dell’antico corso del fiume Cascina probabilmente arginato sin dall’epoca etrusca che venne successivamente “ripreso” in epoca romana¹¹²⁵.

L’analisi della microtopografia attuale dimostra che la strada-canale segue la pendenza naturale del terreno da SE verso NO, e si situa ad una quota leggermente inferiore rispetto al piano di campagna attuale. Questo elemento potrebbe far supporre che in passato il canale potesse svolgere la funzione di raccolta delle acque in eccedenza provenienti dai fossi che delimitavano i campi arati. Tuttavia, l’assenza di una opportuna indagine geostratigrafica non consente di chiarire la natura del corso d’acqua individuato (se si tratta di un rivolo artificiale piuttosto che di un canale costruito sfruttando le acque del fiume Cascina o del corso fluviale canalizzato; il punto dove confluiva o si riversava); la funzione (irrigazione, navigazione); la cronologia (il suo andamento isocline alla centuriazione non esclude che possa trattarsi di un intervento realizzato in epoca altomedievale). La quantità e la qualità dei dati di sottosuolo per il settore orientale della pianura di Pisa non permettono inoltre di ricostruire un quadro completo riguardo l’assetto idrografico di epoca romana e medievale, all’interno del quale si deve inserire la paleoforma.

1119. Denominato “Paleorotina” in quanto si affianca ad una strada chiamata Via Rotina che da Cascina conduce a Ponsacco (Della Rocca *et al.* 1987, 76).

1120. (Della Rocca *et al.* 1987; Mazzanti 1991)

1121. Le fonti medievali ci informano che il fiume Cascina sfociava in Arno, precisamente in località *Domoculta*, situabile fra Cascina e Ottavo, fino al 1179 (ASP, Dipl. Primaziale, Pellegrini, n.3.). Il suo corso sembrerebbe in parte canalizzato dato l’utilizzo di termini quali “doccia” o “fovea” (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 414; Della Rocca *et al.* 1987, 76).

1122. (Cosci & Spataro 2008)

1123. (Mazzanti 1991)

1124. (Caturegli 1938, nn. 40, 64, 117. Tratto da Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 136; Redi 1984, 21)

1125. (Ciampoltrini 2003, 122)

Tutti i risultati prodotti dallo studio morfologico del parcellare urbano e rurale sono stati inseriti nello *shapefile* paleotracce riferibili a probabili elementi dell'antica rete idrografica e idrica. L'analisi è evidentemente preliminare ad una futura indagine di sottosuolo che consentirà quindi di definire l'attendibilità, la natura e ove possibile la cronologia delle forme individuate.

III.3.3.4. La raccolta e lo studio dei dati telerilevati

L'interesse storico-archeologico della pianura di Pisa ha comportato numerose indagini basate sulla fotointerpretazione e sulle immagini da *remote sensing* al fine di rilevare le paleotracce relative all'antico assetto centuriale e i paleoalvei riferibili all'antico percorso del fiume Arno, soggetto a continue migrazioni. I primi studi risalenti alla fine degli anni 80¹¹²⁶ consentirono di individuare numerose paleoforme, riferibili ai fiumi Arno, Serchio, Cascina e del cosiddetto Paleorotina. L'analisi delle fotografie aeree storiche e delle immagini satellitari LANDSAT TS e LANDSAT MSS permise il riconoscimento delle cosiddette "Sabbie Argillose di Le Rene", sedimenti prevalentemente sabbiosi riferibili alla presenza di paleoalvei. Nel 1994 venne prodotta la *Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa* in scala 1:50000¹¹²⁷, risultato di un'opera collettiva diretta da R. Mazzanti¹¹²⁸ che ha il merito di integrare allo studio dei caratteri geomorfologici della pianura di Pisa (principali formazioni, tracce riferibili ad antichi percorsi fluviali) i dati storico-archeologici relativi all'occupazione del territorio pisano dal Paleolitico sino all'epoca medievale (siti archeologici, centri ecclesiastici medievali, tracce relative alla centuriazione, presenza di ponti o approdi attestati nelle fonti storiche, etc.). Un ulteriore contributo allo studio delle paleotracce per il contesto pisano è stato offerto dal progetto della "Carta Geologica Regionale (CAR.G) in scala 1:10.000" promosso dalla Regione Toscana in collaborazione con le Università Toscane ed il CNR-IGG di Pisa, e scaricabile tramite la piattaforma "DatiToscana" della Regione Toscana con la collaborazione di numerosi enti pubblici. Dal DB_Geologico o *Continuum geologico, free open source*¹¹²⁹, che raccoglie tutti i dati relativi ai caratteri geologici e geomorfologici della pianura di Pisa, è stato possibile estrapolare uno *shapefile* inerente alle tracce riferibili ad antichi percorsi fluviali. Inoltre, nel 2005 la Provincia di Pisa (Area Governo del Territorio - Servizio Difesa del Suolo) ha promosso un progetto per "La geologia della Provincia di Pisa. Cartografia, geositi e banche dati" che consente di visualizzare tutti gli elementi geologici e geomorfologici del territorio della Provincia di Pisa, tra cui le numerose paleoforme riconducibili ad antichi percorsi fluviali, inseriti all'interno del nostro progetto GIS (*shapefile* paleoalvei Provincia di Pisa).

1126. (Della Rocca *et al.* 1987)

1127. La carta realizzata da Carratori L., Ceccarelli Lemut M.L., Frattarelli Fischer L., Garzella G., Grifoni Cremonesi R., Mazzanti R., Morelli P., Pasquinucci M., Pescaglini Monti R., Pult Quaglia A.M., Rau A., Ronzani M., Tozzi C.(1991) è visualizzabile sul sito del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa (<http://repositories.dst.unipi.it/index.php/carte/item/84-carta-degli-elementi-naturalistici-e-storici-della-pianura-di-pisa-e-dei-rilievi-contermini>).

1128. (Mazzanti 1994)

1129. "Fonte dei dati: Regione Toscana – Database Geologico Regionale in scala 1:10.000 della Regione Toscana": <http://dati.toscana.it/dataset/carg>. Il dataset è rilasciato con licenza CC BY 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

I dati geomorfologici CAR.G e della Provincia di Pisa si integrano ai dati di superficie telerilevati nel progetto Mappa sulla base delle fotografie aeree storiche e delle immagini satellitari. Lo studio¹¹³⁰ ha riguardato l'area compresa tra la città di Pisa e i comuni di S.Giuliano Terme e di Cascina per una estensione complessiva di 11.500 ettari. La ricerca condotta sulle numerose "strisciate" conservate presso il "Centro di Documentazione Aerofotografica Marcello Cosci" (faldoni relativi al volo commissionato nel 1975 dalla Regione Toscana alla ditta EIRA e numerosi strisciate acquisite dallo studioso), l'Archivio Cartografico della Regione Toscana e dell'Aerofototeca Nazionale dell'ICCD¹¹³¹ (per un totale di 118 strisciate verticali realizzate tra il 1943 e il 2010) ha permesso l'individuazione di 287 tracciati¹¹³² riferibili ad antichi percorsi fluviali, classificati secondo un differente grado di attendibilità¹¹³³ (da 1=poco attendibili a 8= molto attendibili) e di pertinenza (di pertinenza del fiume Arno o del fiume Serchio). L'indagine ha permesso non soltanto l'individuazione dei tracciati di probabili antichi percorsi fluviali ma di tutte le anomalie visibili in fotografia aerea (la maggior parte delle quali sono riferibili agli assi della centuriazione d'età romana o alle divisioni agrarie interne alle centurie) dando così esito a delle "carte complessive" delle tracce fluviali e delle "anomalie" aerofotografiche individuate¹¹³⁴.

Tuttavia, l'aspetto fortemente antropizzato del percorso fluviale e del paesaggio attuale rende difficoltoso il riconoscimento di forme riferibili ad antichi percorsi fluviali. Per tale motivo, oltre ai risultati della fotointerpretazione e dell'analisi delle immagini da *remote sensing*, è stata compiuta un'indagine dettagliata della microtopografia con il supporto della tecnologia GIS. La realizzazione di modelli digitali del terreno ad alta risoluzione (DTM con risoluzione 20x20 m) ha consentito di definire il profilo topografico di alcune barre di meandro, quindi di riconoscere zone maggiormente depresse che potrebbero attestare la presenza di antichi canali fluviali.

Inoltre, il DTM elaborato sulla base delle immagini LIDAR¹¹³⁵ per il settore compreso tra Riglione e Cascina ha mostrato chiaramente il dislivello esistente tra le aree maggiormente interessate dalle ripetute esondazioni fluviali e dagli interventi antropici che si sono susseguiti nel corso dei secoli, sulla topografia delle fasce di pertinenza dell'alveo e degli argini fluviali (*channel belts + levee*) che sono topograficamente più elevate rispetto agli altri settori della pianura, raggiungendo quote intorno a 9 m s.l.m., **Figura 90**.

1130. (Bini *et al.* 2012a)

1131. Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione, Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo.

1132. "I tracciati rinvenuti in fotografia aerea sono stati digitalizzati seguendo i limiti che ne identificano la geometria (paleo-argini)" (Bini *et al.* 2012a).

1133. Il grado di attendibilità definisce il livello di visibilità di ogni singola traccia nei vari fotogrammi analizzati: nella tabella attributi dello *shapefile* "tracce" viene pertanto attribuito il valore 0 per "traccia non rilevata" mentre il valore di 1 per "traccia rilevata". La somma dei singoli valori definisce il grado di attendibilità del tracciato stesso, (Bini *et al.* 2012a, 152).

1134. (Bini *et al.* 2012a)

1135. Le immagini LIDAR (DSM_FIRST, DSM_LAST, DTM, INTENSITY) sono di proprietà del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e sono distribuite con licenza Creative Commons - Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>. Qualsiasi elaborazione, trasformazione, trattamento del dato fornito, viene attuata sotto la responsabilità dell'ente/società/soggetto richiedente; qualsiasi prodotto ottenuto tramite il dato originario fornito, nonché mediante elaborazione dello stesso, sollevano il Ministero dell'Ambiente e del del dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare da qualsiasi responsabilità. I dati forniti sono stati rielaborati tramite il software GIS tramite l'utilizzo degli strumenti "merge", "projection" e "symbolology".

I limiti delle aree maggiormente rilevate sembrano coincidere in alcuni tratti con il perimetro degli argini fluviali anteriore l'opera di regolarizzazione avvenuta alla metà del XIX secolo illustrata nella cartografia storica (**Figura 68**). All'interno delle barre di meandro è possibile riconoscere delle aree maggiormente depresse come nel caso dell'ansa di Campo dove è presente una cava di sabbia, tuttavia non sembrano emergere paleoforme riferibili ad antichi percorsi fluviali.

III.3.3.5. La base dati “stratigrafica” e la gestione in ambiente GIS

I risultati delle indagini d'archivio e dell'analisi dei dati telerilevati (fotografie aree storiche, immagini satellitari, dati Lidar) hanno dunque consentito di delimitare le aree di maggiore attività del fiume Arno e di individuare le differenti paleotracce riferibili a probabili paleopercorsi fluviali. A questo punto della ricerca sono stati dunque integrati i dati stratigrafici in grado di restituire un'immagine dettagliata del sottosuolo pisano. La prima fase, preliminare alle operazioni di terreno, ha riguardato lo studio e la selezione dei dati di sottosuolo già esistenti, contenuti nel vasto archivio geostratigrafico dell'Università di Pisa. All'interno di questo enorme database confluiscono i dati geostratigrafici (carotaggi e *core penetration tests-CPT*) prodotti dalla Provincia e dal Comune di Pisa, dall'Università di Pisa, dall'Università di Bologna e dalle imprese private nel corso degli ultimi 50 anni. I dati, georeferenziati secondo il sistema Monte Mario Italy 1 EPSG 3003, raggiungono una profondità che varia dai 3 ai 200 metri dal piano di calpestio e sono correlati ad un file pdf descrittivo. L'archivio è fortemente eterogeneo, sia da un punto di vista qualitativo che spaziale. Il database, ad esempio, contiene un elevato numero di dati che permettono di ottenere delle indicazioni riguardo la successione litologica dei sedimenti prelevati, come nel caso delle *CPT*, ma non offrono informazioni aggiuntive riguardo la struttura sedimentaria, il colore o la componente organica. Le schede prodotte nell'ambito del progetto Mappa e di recenti indagini geognostiche, permettono invece di ottenere un'informazione completa in termini di litologia, colore, granulometria, strutture sedimentarie e materiali accessori (resti vegetali, carboni, concrezioni calcaree, ossidi e fossili) delle *facies* intercettate. Dal punto di vista spaziale i sondaggi, non rispondendo a esigenze di carattere scientifico-investigativo, sono distribuiti in maniera disomogenea, per cui abbiamo delle aree con un'alta densità di dati, mentre altre sono completamente carenti.

Prima di procedere ad un'analisi approfondita dei dati di sottosuolo è stato necessario pertanto compiere una selezione. Il processo di *screening* e di classificazione è stato effettuato in ambito GIS e ha permesso di raggruppare i dati in tre grandi categorie:

- *No Data*, per i dati privi di informazione descrittiva
- *No legend*, per i dati privi di legenda esplicativa che potesse chiarire la successione litologica;
- *Valid data*, per i dati descritti in termini di litologia, colore e/o componenti accessori.

Questa prima classificazione ci ha permesso soprattutto di escludere dalla nostra analisi l'insieme di “falsi dati”, cioè privi di descrizione o di legenda esplicativa da quelli validi. All'interno di quest'ultima categoria (*Valid data*) è stato possibile compiere un'ulteriore suddivisione in 3 sottocategorie:

- *Flood area deposits*, per i dati che presentano nella successione stratigrafica analizzata depositi connessi con aree di esondazione fluviale;

- *Channel area deposits*, per i dati relativi a depositi di canale fluviale;
- *Flood plain deposits*, per i dati con una maggiore concentrazione di sedimenti limo-argillosi, quindi più distanti dall'alveo fluviale e pertinenti alla *facies* di pianura alluvionale.

La scelta di suddividere i dati validi in *flood area*, *channel area* e *flood plain deposits* è motivata dai caratteri geomorfologici distintivi delle pianure alluvionali, come quella di Pisa, nonché dall'integrazione dei risultati delle indagini geostratigrafiche svolte nel limitrofo contesto urbano della città di Pisa nell'ambito del progetto Mappa. Le ricerche, come descritto nei paragrafi precedenti (confronto paragrafo III.2.2), hanno permesso di ricostruire l'architettura deposizionale dei primi 15 metri di sottosuolo del contesto urbano e periurbano e di individuare sei principali *lithofacies* di:

1. **laguna**, associazione di *facies* caratterizzata da sedimenti fini plastici di colore grigio e da una consistente presenza di molluschi bivalve (*Cerastoderma Glaucum*);
2. **palude**, associazione di *facies* caratterizzata da sedimenti argillosi o limo-argillosi di colore grigio, ricchi in materia organica e gasteropodi d'acqua dolce. Meno frequente la presenza noduli calcarei;
3. **piana inondabile mal drenata**, associazione di *facies* caratterizzata da una prevalenza di sedimenti argillosi e limosi di colore grigio, con evidenti processi di pedogenesi (presenza di concrezioni calcaree di dimensioni centimetriche e decimetriche) e povera in materia organica. Gli strati argillosi sono talvolta intercalati da livelli sottili di sabbie e/o limi sabbiosi di esondazione;
4. **piana inondabile ben drenata**, associazione di *facies* caratterizzata da argille e limi, dal colore beige-marrone, con noduli di Fe/Mn che conferiscono al sedimento una colorazione "a chiazze" o screziata e concrezioni calcaree millimetriche e centimetriche caratteristici di fenomeni di pedogenesi avvenuti in condizioni aerobiche; talvolta sono intervallati da livelli centimetrici sabbiosi;
5. **canale distributore/canale fluviale**, associazione di *facies* dello spessore solitamente compreso tra 2-5 metri, formata da sedimenti sabbiosi (grigi o beige-marroni) da fini a ghiaiosi con un caratteristico *fining-upward trend*. Il contatto inferiore erosivo è un ulteriore elemento distintivo della *facies* che può contenere anche resti organici (legno e resti vegetali), frammenti di molluschi e noduli argillosi.
6. **rotta fluviale/argine**, associazione di *facies* dello spessore solitamente variabile tra 0,5 e 2 metri, formata da alternanze decimetriche e centimetriche di sabbia fine/sabbia fine limosa e limi/limi sabbiosi (argine) o una successione *coarsening-upward trend* di sabbie da medie a fini/sabbie fini limose (rotta). Nei componenti accessori sono presenti resti vegetali, frammenti legnosi, frammenti di molluschi, rare concrezioni calcaree e noduli di Fe/Mn che conferiscono una colorazione giallo-marrone "mottled" o "a chiazze"¹¹³⁶.

1136. (Amorosi *et al.* 2013a; Bini *et al.* 2015)

Questa classificazione, vista la complessità dei processi di sedimentazione nei contesti alluvionali caratterizzati da sistemi fluviali meandriformi, è evidentemente preliminare ad un'analisi più approfondita dei dati di sottosuolo. Ad esempio nel medesimo carotaggio è possibile individuare una successione di deposito di canale fluviale-argine-pianura alluvionale mal drenata. Nel corso dello *screening* preliminare dei dati, analizzati fino ad una profondità massima di 15 metri dal piano di calpestio, è stata attribuita priorità all'identificazioni delle *facies* di canale, poi di argine/rotta fluviale, successivamente di pianura inondabile e di palude. La prima fase dell'indagine stratigrafica ha consentito dunque di valutare il grado di affidabilità dei dati di sottosuolo esistenti e di compiere una selezione e una classificazione su supporto GIS. Ha inoltre permesso di saggiare le caratteristiche e la successione stratigrafica del primo sottosuolo, facilitando il posizionamento di nuovi carotaggi esplorativi.

III.3.4. La campagna di carotaggi: dal terreno al laboratorio

L'integrazione dei dati di superficie (paleotracce) ai dati di sottosuolo "d'archivio" (carotaggi, *core penetration tests*) e i risultati ottenuti dall'analisi morfologica sulle tracce della centuriazione hanno condotto alla localizzazione di sei nuovi carotaggi nel settore della pianura di Pisa compreso tra Riglione e Cascina.

Le operazioni di terreno sono state realizzate grazie al supporto logistico e scientifico del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, in particolar modo del professore Giovanni Sarti e della ricercatrice Monica Bini, della ricercatrice Veronica Rossi del Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali dell'Università di Bologna, del geologo Francesco Rinaldi, della studentessa dell'Università di Pisa Valeria Mariani e di altri volenterosi studenti del Dipartimento di Scienze della Terra che hanno collaborato allo svolgimento delle indagini di sottosuolo. I nuovi carotaggi consentono di:

1. elaborare una descrizione dettagliata degli strati intercettati in termini di spessore, profondità, litologia, colore, strutture sedimentarie, componenti organiche e inorganiche, permettendo così di riconoscere i principali ambienti deposizionali che hanno caratterizzato l'evoluzione della Pianura di Pisa (*lithofacies*);
2. interpretare e "calibrare" i dati stratigrafici contenuti nell'archivio "generale" che molto spesso forniscono soltanto una descrizione litologica delle carote estratte;
3. ricostruire, con l'ausilio della datazione radiometrica e archeologica, e dei dati stratigrafici precedentemente prodotti, la successione cronostatigrafica dei primi 15 metri di sottosuolo circa per il settore compreso tra Pisa e Cascina, dal Neolitico ai giorni nostri.

Durante le operazioni di terreno è stata effettuata una prima descrizione sedimentologica dei caratteri macroscopici delle carote intercettate (litologia; trend granulometrici; spessore e profondità dello strato; strutture sedimentarie; componente organica e inorganica). Contemporaneamente è stata realizzata la campionatura dei sedimenti e dei materiali organici (legno, carbone, resti vegetali) utili per la datazione al radiocarbonio, e la documentazione fotografica di tutte le carote estratte. Le indagini di laboratorio hanno permesso l'identificazione e la datazione radiometrica di alcuni materiali organici prelevati nelle carote. L'analisi antracologica dei campioni selezionati è stata

svolta dalla ricercatrice Claire Delhon del laboratorio CEPAM (UMR 7264 CNRS/Université Côte d'Azur). L'identificazione delle specie arboree e arbustive, oltre ad aver facilitato la scelta dei campioni reputati più adatti alla datazione col metodo al radiocarbonio, offre alcune informazioni riguardo il tipo di vegetazione che ha caratterizzato i vari contesti deposizionali (**Tabella 2**). La datazione al radiocarbonio dei campioni prescelti è stata realizzata dal laboratorio CIRCE (Center for Isotopic Research on the Cultural and Environmental heritage) di Caserta¹¹³⁷ (**Tabella 3**).

In laboratorio è stata inoltre realizzata l'analisi granulometrica mediante setacciatura di alcuni campioni di sabbie di corpi di canale o di argine, intercettate nei carotaggi SC1, SC2, SC5 e C3Bassi, realizzato nel 2012 nell'ambito di una tesi di Laurea Specialistica¹¹³⁸. Le analisi sono state svolte presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, grazie alla collaborazione del professore Roberto Albani, Paola Marianelli, Marco Lezzerini, che hanno gentilmente messo a disposizione le sale e gli strumenti per svolgere le analisi, e del ricercatore Duccio Bertoni che ha condiviso le sue conoscenze e il suo tempo per la preparazione e l'analisi dei campioni selezionati. L'analisi delle sabbie è stata realizzata su una scala granulometrica compresa tra 2mm e 63 μm , con intervalli fissi di $1/2 \phi$ (ϕ).

Alcuni campioni di sabbie di canale fluviale (in particolare del carotaggio C3 Bassi) sono state osservate al microscopio per ottenere ulteriori elementi conoscitivi riguardo la composizione mineralogica e la colorazione. Nei campioni analizzati è possibile riconoscere minerali di quarzo, miche, frammenti rocciosi, bioclasti e ossidi di Fe la cui concentrazione influisce sul colore del sedimento intercettato. Si tratta tuttavia di un'analisi preliminare che necessita ulteriori approfondimenti.

Lo studio del materiale ceramico, nella maggior parte dei casi troppo frammentario e quindi difficile da identificare, è stato realizzato in collaborazione con l'archeologa Marcella Giorgio, specializzata nello studio della ceramica medievale e moderna.

L'elaborazione grafica (o *log stratigrafico*) della successione stratigrafica intercettata in ogni singolo carotaggio contiene tutte le informazioni relative alla litologia, il colore dei sedimenti, la granulometria, le strutture sedimentarie, le componenti organiche (resti vegetali, resti carboniosi, etc.), fossilifere (bivalve, frammenti di molluschi, etc.) e inorganiche (noduli calcarei, ossidi di ferro, frammenti ceramici, etc.) distribuite nel sedimento. La parte descrittiva è seguita da una sezione interpretativa relativa alle differenti "*Facies deposizionali*" identificate e la cronologia presunta sulla base dei rinvenimenti ceramici e delle datazioni al radiocarbonio. In ogni scheda stratigrafica sono inoltre contenute tutte le informazioni relative all'intervento geotecnico (coordinate geografiche, altitudine, data di realizzazione, etc.) e una legenda esplicativa.

1137. Laboratory CIRCE dell'Università degli Studi della Campania (<http://www.circe.unicampania.it/>).

1138. Comunicazione personale del professore Giovanni Sarti.

Carotaggio (profondità in cm dal p.d.c.)	Specie identificata	Lithofacies (Contesto deposizionale)
SC1 (771)	<i>Carpinus Betulus</i> <i>sp. (probabile)</i>	Palude
SC5 (636-640)	<i>Alnus sp.</i>	Palude
SC5 (660-666)	<i>Alnus sp.</i>	Palude
SC5 (681-689)	<i>Alnus sp.</i>	Palude
SC5 (451-459)	<i>Quercus caducifolia</i>	Rotta fluviale/ esondazione
SC5 (451-459)	<i>Myrtaceae o Cistaceae</i>	Rotta fluviale/ esondazione
SC6 (795-800)	<i>Quercus caducifolia</i>	Palude

Tabella 2. Tabella riassuntiva dell'analisi antracologica effettuata su alcuni campioni dei sondaggi SC1, SC5 e SC6.

Campione (profondità in cm dal p.d.c.)	Età Radiocarbonica (yr BP)	Età calibrata (2σ cal yr BC-AD)	Materiale
SC1_1 (771)	4244±79	3026-2617 BC	Legno
SC5_1 (335-340)	4028±45	2679-2463 BC	Legno
SC5_2 (451-459)	4610±79	3522-3321 BC	Legno
SC5_3 (636-640)	4360±47	3097-2892 BC	Legno
C3BASSI_1 (650-653)	485±27	1409-1449 AD	Resti vegetali
C3BASSI_2 (650-653)	1289±37	654-777 AD	Sedimento

Tabella 3. Tabella riassuntiva dei risultati delle datazioni al radiocarbonio realizzate nell'ambito del progetto di dottorato presso il laboratorio CIRCE di Caserta.

III.3.4.1. I nuovi carotaggi

Le operazioni di terreno hanno comportato la realizzazione di 6 carotaggi con l'ausilio di uno strumento di perforazione a percussione (*Vibracorer Atlas Copco* modello Cobra) che ha permesso il recupero di carote del diametro di 5 cm fino ad una profondità massima di 9 metri dal piano di calpestio (p.d.c.) (**Figura 91**). I carotaggi, realizzati in prossimità di tracce riferibili ad antichi percorsi fluviali (tutti i carotaggi) e degli allineamenti centuriali (SC1, SC2, SC3, SC6) permettono di orientare l'analisi e l'interpretazione dei dati contenuti nel database stratigrafico (carotaggi, CPT), quindi di ricostruire l'evoluzione pedosedimentaria della pianura di Pisa e di avanzare nuove ipotesi riguardo la paleoidrografia del fiume Arno. In particolare, l'ubicazione dei sondaggi SC1, SC5 e SC6 è motivata dalla necessità di valutare, grazie all'integrazione dei dati stratigrafici, l'ipotesi del percorso "meridionale" del fiume Arno, che secondo alcuni studiosi avrebbe attraversato la pianura in epoca romana con andamento grossomodo parallelo alla via *Pisae-Florentia*¹¹³⁹, e la relazione con l'impianto della centuriazione.

1139. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991; Gattiglia 2013)

III.3.4.1.1. Il carotaggio SC1

Il sondaggio SC1 (**Figura 92**) è stato realizzato in prossimità di una paleotraccia riferibile ad un antico percorso fluviale, visibile nella Carta Geomorfologica della Provincia di Pisa, e di una strada, Via Piantalbis, in località Montione, che trasmette l'andamento di un asse della centuriazione pisana e di una traccia fossile di un asse della centuriazione romana (**Figura 93**). La successione stratigrafica ha intercettato :

- alla base del carotaggio, a quote comprese tra -4,09 e -3,69 m rispetto al livello del mare, sedimenti argillosi plastici di colore grigio (nella scala di *Munsell* la colorazione del grigio varia da tonalità *greenish gray* a *dark greenish gray* a *dark grey*) ricchi in materia organica e riconducibili ad un ambiente palustre. A quota 771 cm dal p.d.c. è stato identificato, all'interno della *facies* di palude, un ramoscello probabilmente appartenente alla specie *Carpinus Betulus* o *Carpino Bianco*, datato a 4244±79 anni BP (3026-2617 cal yr BC); (**Tabella 2; Tabella 3**)
- Segue un'alternanza di sabbie fini, sabbie fini limose e limi-sabbiosi grigi fino a quota -1,8 m rispetto al livello del mare, caratterizzati da una concentrazione di resti vegetali e frammenti di molluschi (riconoscibile un frammento di bivalve e un gasteropode integro) che testimoniano ripetuti episodi esondativi.
- Da quote intorno a -1,8 m fino a +0,4 m (rispetto al livello del mare) è stata riconosciuta una successione *fining upward* di sabbie medie, sabbie fini e sabbie fini limose di colore grigio, in cui sono presenti sporadici frammenti di molluschi e resti vegetali, riferibile ad una *facies* di canale fluviale dello spessore di circa 2 metri. Il corpo di canale è ricoperto da un sottile strato argilloso grigio che segna il netto passaggio ad un ambiente di pianura inondabile.
- La *facies* di pianura inondabile ben drenata, attestata da quote intorno 0,61 m s.l.m. sino al piano di calpestio attuale, è formata da argille compatte, colore verde oliva/grigio (nella scala di *Munsell* corrispondente varia da tonalità *olive* a *olive gray*) e beige-marrone (nella scala di *Munsell* la colorazione del beige-marrone varia da tonalità *light olive brown* a *grayish brown* a *dark brown*) ricco in ossidi di Ferro-Manganese (Fe-Mn) e concrezioni calcaree di dimensioni millimetriche o centimetriche, che si depositano nei suoli drenati e ben ossigenati. Le argille sono intervallate da sottili strati di sabbie medie-grossolane o sabbie-limose di color beige-marrone contenenti noduli argillosi tra 1,81-1,87 e 2,61-2,78 m s.l.m.. Gli strati sono probabilmente riferibili a episodi esondativi del fiume Arno che, nel suo impeto, trasporta e deposita sedimenti sabbiosi e di pianura alluvionale (presenza di noduli argillosi).

All'interno del carotaggio è stato rinvenuto ad una profondità di 53 cm dal p.d.c. un frammento di ceramica invetriata grezza da cottura databile tra XV-XIX secolo che ha subito alterazione da cottura e devetrificazione. A 180 cm dal p.d.c. sono stati individuati tre frammenti costituiti da sabbia, pietrisco, argilla concotta, su cui è possibile riconoscere una superficie piatta, regolare. I frammenti sono probabilmente riconducibili a frammenti di ceramica grezza priva di rivestimento di epoca altomedievale e medievale (probabili frammenti di testelli il cui utilizzo si attesta nell'area pisana dal VII al XV secolo¹¹⁴⁰) ma sfortunatamente il loro stato di conservazione ne impedisce una più precisa identificazione.

1140. (Pruno 2003, 72)

Lo studio del carotaggio SC1 è particolarmente interessante perché offre nuovi spunti di riflessione sulle dinamiche paleoidrografiche e pedosedimentarie connesse con la centuriazione. In prossimità di via Piantalbis, infatti, sono state riconosciute nella fotografia aerea IGM del 1973, tracce da umidità riferibili ad un antico asse centuriale. In particolare a circa 600 metri ad est del carotaggio SC1 è visibile una *soilmark* per una larghezza di circa 18 m (corrispondenti a 60 piedi romani circa) e per una lunghezza di circa 190 metri; la traccia è parzialmente visibile anche ad ovest del carotaggio per una larghezza di circa 16 m e una lunghezza di 40 metri (**Figura 93**). L'andamento perfettamente rettilineo e orientato secondo la griglia centuriale ipotetica sembra attestare la presenza di un antico asse viario centuriale che data la larghezza della traccia potrebbe corrispondere al *decumanus maximus*: il sondaggio SC1 si situa all'interno della traccia. Generalmente le tracce riferibili alla viabilità antica si caratterizzano da una colorazione più chiara rispetto alle arature o alla vegetazione circostante: la presenza di strutture murarie o di pietrame impermeabili infatti comporta una diminuzione del tasso di umidità e rallenta la crescita della vegetazione, provocando la maturazione prematura della pianta (traccia più chiara)¹¹⁴¹. Qualora però la strada fosse stata originariamente incassata nel terreno, “una volta sepolta diviene assimilabile ad un fossato, quindi origina una traccia scura”¹¹⁴².

Oppure, il rinvenimento di una traccia scura perfettamente rettilinea potrebbe dipendere da un accumulo di umidità causato dalla presenza della sola fossa di espiazione dell'antico manto stradale, come emerge dal confronto con gli studi condotti nel territorio grossetano dove, in prossimità di tracce riferibile alla centuriazione, è stato osservato lo stesso fenomeno¹¹⁴³.

La visibilità delle tracce fossili, siano esse naturali o artificiali, dipendono pertanto, dalla consistenza e dalla natura delle strutture sepolte, dalla litologia in cui esse sono inglobate e dalla profondità dal piano di calpestio attuale¹¹⁴⁴. In prossimità del sondaggio SC1 le caratteristiche del suolo di chiara origine alluvionale (bruno, sabbio-limoso, calcareo, profondo, coltivato a seminativo/ortivo) sono adatte al riconoscimento in fotografia aerea di tracce fossili (*soilmarks o cropmarks*). Ma la rintracciabilità delle tracce, anche in terreni che ben si prestano alla fotointerpretazione archeologica, sembra diminuire quando lo spessore dei sedimenti di copertura supera il metro¹¹⁴⁵. In altri contesti della pianura di Pisa, in particolare nei pressi dell'area Scheibler, le indagini archeologiche realizzate in corrispondenza di tracce fossili (di colorazione scura) molto probabilmente connesse all'impianto della centuriazione hanno rivelato la presenza di fossi di drenaggio, caratterizzati da un riempimento argilloso, con orientamento prevalente NO-SE, rintracciati ad una profondità compresa tra 1 metro e 2 metri circa dal p.d.c.¹¹⁴⁶. Al momento non è stato possibile accedere alla documentazione cartografica delle indagini di scavo (localizzazione delle aree e dei saggi di scavo) per tanto risulta difficile confermare l'esatta correlazione tra le

1141. (Musson *et al.* 2005, 39–44)

1142. (Piccarreta 1987, 132)

1143. (Caprasecca 2007, 115)

1144. (Bonora *et al.* 2000, 164)

1145. (Berger & Jung 1996, 99)

1146. L. La Rosa 2012, Schede di intervento n. 187-193-194-195-196, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. “Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002” a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003) consultata presso l'Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, sede di Pisa.

tracce individuate in fotografia aerea e i dati di scavo, nonché l'isoclinia dei fossi individuati in profondità rispetto agli assi della centuriazione. Tuttavia l'orientamento delle tracce rilevate dalla fotointerpretazione, perfettamente inserite nella griglia centuriale, e l'aspetto e la cronologia dei fossi intercettati generalmente ascrivibili ad una fase cronologica compresa tra III secolo a.C. e I secolo d.C., dimostrano la stessa correlazione tra i dati di superficie (tracce) e quelli di sottosuolo (fossi).

In assenza di saggi stratigrafici mirati è pertanto lecito supporre che la traccia visibile in fotografia aerea, possa situarsi ad una profondità compresa tra 0,4 (spessore del terreno vegetale) e 2 metri circa dal p.d.c. e che dunque la *facies* di pianura inondabile ben drenata intercettata sino ad una profondità di circa 3,5 metri dal p.d.c., possa essersi sviluppata in una fase storica precedente l'installazione della centuriazione che tuttavia garanti le condizioni idrogeologiche necessarie allo sviluppo di suoli ben drenati (**Figura 92; Figura 93**). Allo stesso modo, il canale fluviale intercettato a partire da 3,5 metri dal p.d.c., potrebbe riferirsi ad una fase storica precedente la colonizzazione romana. Il rinvenimento di una ceramica molto probabilmente altomedievale/medievale a quota 1,80 metri dal p.d.c. confermerebbe l'antiorità del canale.

Tuttavia, il proseguio delle indagini stratigrafiche potrebbe chiarire il rapporto esistente tra la traccia scura riferibile all'asse centuriale e la successione cronostratigrafia individuata nel carotaggio SC1, nonché riconoscere l'aspetto e le fasi del processo di sedimentazione dell'antico decumano.

III.3.4.1.2. Il carotaggio SC2

Il carotaggio SC2 (**Figura 94**) è stato realizzato in prossimità di un antico argine del fiume Arno, a circa 500 metri dal suo corso attuale, dove i risultati della fotointerpretazione hanno rilevato la presenza di una forma riferibile ad un probabile paleoalveo. La scelta di collocare il carotaggio anche in prossimità dell'asse viaria di Via dei Piastroni di Musigliano, che riprende l'orientamento e l'allineamento di un asse della centuriazione per trasmissione laterale, è motivata dalla necessità di ricostruire la successione pedosedimentaria di un settore dove l'impianto originario della centuriazione sembra aver subito delle importanti trasformazioni dovute principalmente all'instabilità del fiume Arno. Il carotaggio realizzato fino ad una profondità di 9 metri dal piano di calpestio ha rilevato:

- uno strato di sabbie fini grigie a quota compresa tra $-0,83$ e $+0,37$ m rispetto al livello del mare, caratterizzate dalla presenza di clasti molli argillosi, frammenti di molluschi e un bivalve integro a valve chiuse, resti vegetali e carboniosi, riferibili ad una *facies* di canale fluviale;
- segue uno strato di argille grigie plastiche e limo-argilloso, caratteristiche di un ambiente di pianura inondabile mal drenata. La *facies*, individuabile fino a quota 2,05 m s.l.m., è intervallata tra 0,83 m e 1,38 m s.l.m. da una successione *coarsening upward* di sabbie medio-fini, sabbie fini e sabbie limose, di esondazione, contenenti clasti molli argillosi.
- A quota 2,33 m s.l.m. un sottile strato di sabbie beige marrone di esondazione, spesso 7 cm, precede il graduale passaggio ad un ambiente di pianura inondabile caratterizzato da argille grigie e argille beige-marroni contenenti noduli di Fe/Mn e filamenti vegetali sparsi e attestato fino a quota 2,50 m s.l.m..
- Da 2,50 m s.l.m. si registra il netto passaggio ad una *facies* di canale fluviale, con uno spessore di ca. 1,50 m, costituita da uno strato di sabbie fini con un aumento della granulometria tra

3,49/3,62 m e 3,82/3,87 m s.l.m., di colore beige-marrone contenenti noduli calcarei, ossidi di Fe/Mn e resti vegetali. In particolare tra 3,47 e 3,30 m s.l.m. è possibile osservare una stratificazione piano-parallela (laminazione piano-parallela) di livelli contenenti materia organica decomposta (nerastri) e livelli aranciati ricchi in ossidi. La *facies* è poi ricoperta da una successione *coarsening upward* di limo-sabbioso e sabbia fine limosa contenente resti vegetali e rari concrezioni calcaree, intercettata da 4,17 m a 4,83 m s.l.m.. La successione stratigrafica e le strutture sedimentarie intercettati, visibili anche nel carotaggio C3Bassi, sono riferibili ad una sequenza di “barra di meandro”(Figura 95);

— a partire da 5,17 m s.l.m. si registra uno strato compatto di argille beige-marroni, con noduli calcarei e ossidi di Fe-Mn, che attestano il passaggio ad un ambiente di pianura inondabile ben drenata.

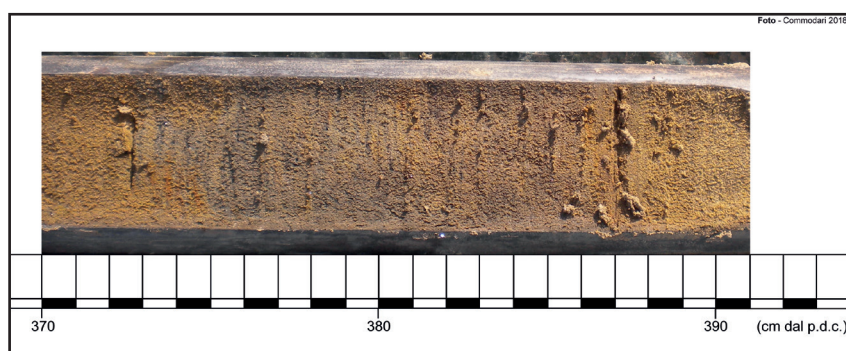


Figura 95. Particolare del carotaggio SC2 (laminazione piano-parallela).

Tra 8-12 cm dal p.d.c. è stato rinvenuto un frammento di ceramica ingobbata con vetrina verde probabilmente riferibile al XVII-XIX secolo; ad una profondità tra 18-24 cm dal p.d.c sono stati rinvenuti un frammento di ceramica ingobbata del tipo “Alpi-Marittime” riferibile al XIX-XX secolo, un frammento ceramico non identificabile e una scheggia di pietra.

III.3.4.1.3. Il carotaggio SC3

Il carotaggio SC3 è stato realizzato in prossimità di una paleotraccia visibile nella carta geomorfologica della Provincia di Pisa e, anche in questo caso, in prossimità di un’asse viario che riprende l’orientamento della centuriazione (Via C. Ravera, Navacchio). Il sondaggio (Figura 96) realizzato sino ad una profondità di 8 metri dal p.d.c., si caratterizza:

— da una *facies* di pianura inondabile mal drenata, attestata da fino ad una quota di 0,53 m s.l.m., costituita da argilla limosa di consistenza generalmente plastica contenente resti vegetali, concrezioni calcaree (calcinelli) e rare e millimetriche schegge ceramiche. Nella successione stratigrafica di pianura inondabile mal drenata si registrano ripetuti episodi di esondazione attestati da livelli sabbiosi o sabbio-limosi centimetrici contenenti frammenti vegetali brunastri e resti carboniosi (5,00-5,08 m; 5,75-6,00 m; 6,28-6,80 m e 7,00-7,14 m s.l.m.)

— A partire da quote intorno lo zero s.l.m. si assiste al rapido passaggio ad un ambiente di pianura inondabile ben drenata, caratterizzata da argille limose color beige-marrone con inclusi ossidi di Fe-Mn, concrezioni calcaree, resti vegetali e frammenti di molluschi (rinvenuto un esemplare di gasteropode integro) . La *facies* di pianura inondabile ben drenata è intervallata da strati sabbiosi contenenti frammenti di molluschi e resti vegetali che attestano numerosi episodi

esondativi (2,00-2,14 m; 3,00-3,30 m; 4,00-4,05 m s.l.m.). All'interno della *facies* sono stati rinvenuti frammenti ceramici tra 275-280 e 285-290 cm dal p.d.c. non identificabili tra e noduli calcarei di dimensioni centimetriche tra 280-295 cm dal p.d.c. La *facies* è ricoperta da uno strato di riporto compresa tra 4,03 m e 5,03 m s.l.m. contenente frammenti di ceramica moderna.

III.3.4.1.4. Il carotaggio SC4

Il carotaggio SC4 è stato realizzato in prossimità dell'ansa di Zambra-Caprona, a circa 500 metri di distanza dall'attuale corso fluviale. Anche in questo caso il sondaggio è stato effettuato in prossimità di una paleotraccia riferibile ad un antico percorso fluviale e funzionale alla ricostruzione della paleoidrografia. La successione stratigrafica (**Figura 97**) intercettata mostra:

- da quote comprese tra -3,39 e -2,09 m rispetto al livello del mare una successione *fining upward* di sabbie medie/sabbie fini, color grigio contenenti resti vegetali (con una maggiore concentrazione alla base del carotaggio), rari e millimetrici frammenti di molluschi e noduli argillosi, interpretata come *facies* di canale fluviale;
- segue uno strato di argille limose grigie, con concrezioni calcaree e resti vegetali filamentosi, intervallata da livelli sabbiosi centimetrici di esondazione (tra -1,55 e -1,39; -1,03 e -0,88; -0,55 e -0,24; +0,11 e +0,26 m rispetto al livello del mare) contenenti noduli argillosi, resti vegetali e concrezioni calcaree. La *facies* di pianura alluvionale mal drenata è attestata fino a quota 1,41 m s.l.m..
- Da 1,41 m fino 2 m s.l.m. si registra un'alternanza di limo-sabbioso e sabbie limose grigie con resti vegetali relativa ad eventi esondativi;
- segue una *facies* di pianura inondabile ben drenata caratterizzata da argille limose beige marroni contenenti ossidi di Fe-Mn e noduli calcarei, attestata da 2 m s.l.m. sino alle quote attuali. La successione stratigrafica registra ripetuti episodi esondativi nei livelli centimetrici di sabbie medie-sabbie fini contenenti noduli argillosi, resti vegetali e frammenti di molluschi tra 2,37 e 2,61; 3,29 e 3,61; 4,45 e 4,61 m s.l.m.. Nello strato sono stati rinvenuti frammenti ceramici non identificabili a 102 cm d.p.c. e tra 205-210 cm dal p.d.c..

III.3.4.1.5. Il carotaggio SC5

Il carotaggio SC5 è stato realizzato in prossimità di una paleotraccia, individuata tramite l'analisi morfologica del parcellare agrario, probabilmente riferibile ad un antico percorso fluviale. Nella vicinanza della paleotraccia erano inoltre attestati toponimi idrografici, in particolare nei pressi di Visignano e Navacchio. La successione stratigrafica (**Figura 98**) ha rilevato:

- a quota compresa tra -3,56 m e -2,8 m rispetto al livello del mare uno strato di argille grigie plastiche, con una forte concentrazione di resti carboniosi e vegetali, interpretato come *facies* di palude.
- Nei livelli 636-640, 660-666, 681-689 (indicanti la distanza in cm dal p.d.c.) sono stati identificati dei resti di legno secco, riferibili alla specie dell'*Alnus* o Ontano, appartenente alla famiglia delle *Betulaceae*. Il campione 636-640 è stato datato a 4360±47 anni BP (3097-2892 cal yr BC); (**Tabella 2**; **Tabella 3**). L'identificazione di una pianta igrofila è coerente con l'ambiente deposizionale di palude riconosciuto alla base del carotaggio.

- Alla *facies* di palude segue uno strato di argille-limose grigie, intercettate da quota $-2,60$ m fino a quota $-0,35$ m rispetto al livello del mare, contenenti resti vegetali e noduli calcarei. La *facies* è stata riconosciuta come pianura inondabile mal drenata caratterizzata da numerosi episodi esondativi registrati nei livelli centimetrici di sabbie grigie intercettati tra $-2,76/-2,68$; $-1,66/-1,59$; $-1,17/-1,03$ m rispetto al livello del mare. Nel livello compreso tra 451-459 cm dal p.d.c. è stato identificato un frammento legnoso di *Quercus caducifolia*, e un frammento di *Feuillus Cistaceae* o *Myrtaceae*, anche se non è possibile specificare di quale delle due specie si tratti. Il campione arbustivo, generalmente di breve vita, è stato ritenuto più adatto all'analisi radiometrica che ha dato come risultato una cronologia assoluta di 4610 ± 48 anni BP (3522-3321 cal yr BC); (**Tabella 2**; **Tabella 3**). Sulla base della ricostruzione cronostratigrafica realizzata nell'ambito della tesi, il dato cronologico non sembra essere coerente alla posizione stratigrafica dello strato analizzato.
- Da quota $-0,35$ m a $+1,04$ m rispetto al livello del mare si individua una successione *fining upward* di sabbie fini-sabbie fine limose e limo sabbioso di colore grigio, screziate, contenenti una forte concentrazione di filamenti vegetali, interpretata come *facies* di canale fluviale. Il sottile strato limo-sabbioso, spesso 22 cm, interpretato come tetto del canale contiene ossidi di Fe-Mn e resti vegetali. I livelli sabbiosi situati tra 0,24/0,44 m s.l.m. e 0,74/0,84 m s.l.m. presentano una colorazione tendente all'arancio-ocra, dovuto probabilmente ad una maggiore concentrazione di ossidi. Nel livello 335-340 cm dal p.d.c. è stato identificato un frammento legnoso, di cui non è stato possibile riconoscere la specie, datato a 4028 ± 45 anni BP (2679-2463 cal yr BC).
- Segue una *facies* di pianura inondabile drenata composta da limo sabbioso a debolmente sabbioso e argille limose compatte, con un'elevata concentrazione di ossidi di Fe-Mn, noduli calcarei di dimensioni centimetriche, resti vegetali e frammenti di molluschi. All'interno della *facies* si registra tra 1,86/2,13 m s.l.m. uno strato di sabbia debolmente limosa contenente noduli di Mn e rari noduli calcarei, probabilmente riferibile ad un episodio esondativo. All'interno della *facies*, tra 110-115 cm dal p.d.c. sono stati recuperati dei frammenti, probabilmente riferibili a materiali da costruzione (laterizio), con millimetrici frammenti di malta e un accumulo di ossidi di Mn. Date le caratteristiche dei campioni, potrebbe trattarsi anche di un frammento di ceramica grezza, ma sfortunatamente lo stato di conservazione ne impedisce un'esatta identificazione e corrispondenza cronologica.

III.3.4.1.6. Il carotaggio SC6

Il carotaggio SC6 è stato realizzato a circa 1,5 km a est del sondaggio SC5, in località San Prospero, nei pressi di un limite catastale, visibile sulla CTR 1:10000, che sembra riprendere l'asse mediano interno alla centuria. La localizzazione del carotaggio era inoltre motivata dalla necessità di ottenere nuovi dati stratigrafici in grado di chiarire la successione cronostratigrafica dell'area e l'eventuale passaggio di un antico ramo meridionale del fiume Arno che sembrava essere avvalorato da:

1. i risultati del carotaggio SC1 e SC5 che a quote intorno a 1 m s.l.m. attestano la presenza di una *facies* di canale fluviale;
2. l'individuazione di una paleotraccia visibile nel "layer tracce" del progetto Mappa, la cui "affidabilità" era però molto bassa;

3. la presenza nei pressi della località di S. Prospero di toponimi riferibili al fiume Arno.

La successione stratigrafica (**Figura 99**) ha rilevato:

- alla base del carotaggio, tra -3,53 e -2,37 metri rispetto al livello del mare, uno strato di argilla debolmente limosa plastica color grigio, con un'abbondante presenza di resti vegetali e carboniosi, frammenti di molluschi sparsi e rare concrezioni calcaree. Lo strato è stato interpretato come *facies* di palude. Nello livello compreso tra -3,53 m e -3,48 m rispetto al livello del mare è stato identificato un resto legnoso appartenente alla specie *Quercus caducifolia* (**Tabella 2**).
- Tra -2,37 m e +0,58 m rispetto al livello del mare si sviluppa una *facies* di pianura inondabile mal drenata caratterizzata da argille limose color grigio contenente resti vegetali e resti carboniosi sparsi, frammenti di molluschi, concrezioni calcaree di dimensioni millimetriche e rare schegge ceramiche non identificabili. La successione di argille limose è intercalata da strati sabbiosi di color grigio centimetrici, contenenti clasti molli argillosi e noduli calcarei, intercettati tra -1,39/-1,88 m e -2,12/-2,17 m rispetto al livello del mare.
- Tra 0,58 m e 1,28 m s.l.m. si sviluppa una successione *coarsening upward* di sabbie fini-sabbie fini limose e limo sabbioso color grigio e screziate, contenenti resti vegetali, rari frammenti carboniosi, isolati noduli argillosi e ossidi di Fe-Mn.
- Il passaggio graduale ad un ambiente di pianura alluvionale ben drenata si registra a partire da 1,28 m s.l.m. con uno strato di argille limose grigie da debolmente screziate a *mottled* fino al tipico colore beige-marrone, con un aumento progressivo della presenza di ossidi di Fe-Mn. Nello strato sono inoltre presenti noduli calcarei e resti vegetali.
- Tra 2,70 m e 3,58 m s.l.m. si registra un'alternanza di sabbie fini-sabbie medie-sabbie fini limose color beige-marrone contenenti resti vegetali, ossidi di Fe-Mn e noduli calcarei, ricoperta da uno strato vegetale dello spessore di circa 0,90 metri in cui sono stati rinvenuti frammenti ceramici non identificabili.

III.3.4.2. Le principali *facies* deposizionali

L'analisi delle caratteristiche sedimentologiche (granulometria, struttura, colore, componenti accessori) delle unità stratigrafiche intercettate nei carotaggi SC1-SC6 ha permesso di riconoscere 5 *facies* principali di palude, pianura inondabile mal drenata, pianura inondabile drenata, canale fluviale, argine/evento esondativo, coerenti con gli ambienti deposizionali individuati per il contesto urbano e periurbano¹¹⁴⁷:

1. Alla base dei carotaggi, tra ca. -4 m e -2,5 m rispetto al livello del mare, è stato individuato un ambiente palustre caratterizzato da sedimenti fini, prevalentemente plastici, di color grigio, con una rilevante componente organica (resti vegetali, legni, resti carboniosi). Le unità stratigrafiche relative alla *facies* di palude hanno uno spessore inferiore ad 1 metro e contengono frammenti di molluschi. I campioni prelevati all'interno della *facies* si datano al 3097-2892 cal yr BC e al 3026-2617 cal yr BC;

1147. (Amorosi *et al.* 2013a, 98)

2. al di sopra della palude, tra ca. -3 m e +1,5 m rispetto al livello del mare, si sviluppa un ambiente alluvionale, di pianura inondabile mal drenata costituito da sedimenti fini di color grigio, da plastici a mediamente compatti con un'alta concentrazione di noduli calcarei ("calcinelli") di dimensioni centimetriche e millimetriche; sono inoltre presenti resti vegetali generalmente filamentosi e resti carboniosi. I microfossili compaiono sempre in maniera frammentaria. La pianura inondabile mal drenata è intercalata da livelli sottili (inferiori ad 1 metro di spessore) di sabbie fini/medie che attestano frequenti e brevi episodi esondativi.
3. A partire da quote intorno a 1 metro s.l.m. si registra il passaggio graduale (SC1-SC2-SC6) o netto (SC3) ad un ambiente di pianura inondabile ben drenata caratterizzata da sedimenti fini, generalmente compatti di colore marrone-beige con un'alta concentrazione di ossidi di ferro-manganese (che conferiscono al sedimento un aspetto screziato o a chiazze/mottled) generati in condizioni aerobiche e noduli di carbonato di calcio di dimensioni centimetriche e millimetriche. Sono inoltre presenti resti vegetali e frammenti di molluschi in alcuni casi riconoscibili (esemplari di gasteropode). Negli strati relativi alla *facies* di pianura inondabile ben drenata sono stati rinvenuti frammenti ceramici che si inscrivono in un arco cronologico compreso tra il VII e il XIX secolo d.C..
4. I depositi di canale fluviale che vanno ad incidere la palude e la pianura inondabile mal drenata (contatto inferiore erosivo), sono definiti dalla successione *fining-upward* di sabbie medie e sabbie fini, di colore grigio o marrone beige, con uno spessore generalmente superiore a 2 metri. La *facies* si caratterizza dalla presenza di resti organici (legno, carboni e resti vegetali), frammenti di molluschi (talvolta è possibile riconoscere esemplari di bivalve), rari ciottoli e noduli argillosi (cfr. III.3.5.2).
5. I depositi di argine o di evento esondativo hanno uno spessore solitamente variabile tra ca. 0,1 e 2 metri e si costituiscono prevalentemente da sabbie e limi. I contesti di argine si distinguono per la presenza di alternanze decimetriche e centimetriche di sabbia fine/sabbia fine limosa e limi sabbiosi che superano generalmente il metro di spessore, mentre gli eventi esondativi, più o meno distanti dal cordone fluviale, si caratterizzano da strati sabbiosi o sabbio-limosi con uno spessore che non supera il metro. In assenza di dati geomorfologici determinanti non è tuttavia possibile distinguere gli episodi riferibili a rotte d'argine (*crevasse channel* e *crevasse splay*). Nei componenti accessori sono inclusi resti vegetali, frammenti legnosi, frammenti di molluschi, rare concrezioni calcaree e noduli di Fe/Mn che conferiscono una colorazione aranciata e un aspetto a chiazze (*mottled*), noduli argillosi.¹¹⁴⁸.

III.3.5. Le potenzialità delle nuove indagini di sottosuolo: confronti e risultati

Lo studio dei carotaggi realizzati nell'ambito del progetto di dottorato ha permesso di approfondire la conoscenza del sottosuolo pisano, in particolare per il settore compreso tra Riglione e Cascina. Il riconoscimento dei caratteri principali delle *facies* deposizionali (litologia, colore, componenti

1148. (Amorosi *et al.* 2013a; Bini *et al.* 2015)

organiche e inorganiche) ha consentito di “calibrare” e reinterpretare i numerosi dati di sottosuolo contenuti nell’archivio stratigrafico istituzionale e classificati come “validi” ma spesso incompleti in termini di descrizione granulometrica, strutturale, microfossilifera, componenziale. Il confronto con i risultati delle indagini cronostatigrafiche condotte prevalentemente per il settore urbano e periurbano della città di Pisa ha permesso infine di ricostituire le fasi principali del processo di formazione della pianura di Pisa degli ultimi 8000 anni circa per il settore compreso tra la città di Pisa ad ovest e il comune di Cascina a est, apportando nuovi elementi alla conoscenza della paleoidrografia del fiume Arno.

III.3.5.1. La successione cronostatigrafica per il settore compreso tra Pisa e Cascina

A partire da ca. 6000 anni BC (7820 ± 130 cal yr BP)¹¹⁴⁹, in seguito all’innalzamento del livello del mare, la pianura di Pisa si caratterizzava da un vasto ambiente lagunare che si estendeva probabilmente sino a circa 7 km ad est dell’attuale perimetro urbano, grossomodo fino all’ansa fluviale di Campo¹¹⁵⁰. Le ricerche stratigrafiche confermano i risultati ottenuti nel corso delle indagini passate individuando la *facies* di laguna sino alle località di Cisanello (carotaggio Parigi, C-S1), e Campo (carotaggio V1), mentre nel settore compreso tra Musigliano (SC2) e la Badia di S.Savino (SC1) la profondità raggiunta non consente di intercettare la suddetta *facies* (**Figura 101**). Alle spalle della laguna si sviluppava un’ambiente di pianura costiera¹¹⁵¹, attraversata da corsi fluviali i cui fronti deltizi avanzano progressivamente verso ovest. Il graduale riempimento della laguna, riconoscibile nelle argille plastiche del cosiddetto “Pancone”, che si attesta ad una profondità massima di -20 m e una profondità minima di -4 m circa rispetto al livello del mare riconosciuta nel carotaggio “Parigi”, si completò secondo i dati raccolti nel contesto urbano intorno a 3800-3600 anni BC (5148 ± 35 yr BP)¹¹⁵².

Il progressivo apporto detritico portò alla formazione di una *facies* di palude che caratterizzò il paesaggio pisano per tutta la fase Eneolitica. Le analisi svolte sui carotaggi del settore interno attestano lo sviluppo della *facies* palustre in una fase cronologica compresa tra ca. 3000 e 2800 anni BC (carotaggi SC1 livello 771 e SC5 livello 636-640 cm dal p.d.c.) mentre nel contesto urbano sembrano perdurare sino a 2300-2200 anni BC circa (M5 livello 876 cm dal p.d.c.). La *facies* palustre si attesta nel sottosuolo pisano a partire da una profondità compresa tra ca. -6 metri e i -3 metri rispetto al livello del mare (**Figura 102**).

Il passaggio ad un ambiente di pianura inondabile, avvenuto in seguito al continuo apporto detritico fluviale, si registra per il settore più interno a partire da quote intorno a -3 m, mentre per il settore più costiero da ca. -5 m rispetto al livello del mare. La *facies*, attestata in alcuni settori per oltre 4 metri di spessore raggiunge quote intorno a 2 m s.l.m., con una pendenza media est-ovest di 0,2%, calcolata sulla base delle quote relative alla superficie dello strato. Dal confronto con la ricostruzione cronostatigrafica del settore urbano è ipotizzabile che la pianura inondabile mal drenata e soggetta

1149. (Amorosi *et al.* 2008, 120)

1150. (Sarti 2012, 82)

1151. (Sarti 2012, 82)

1152. (Amorosi *et al.* 2013a, 98)

a frequenti episodi esondativi si sviluppò a partire dall'età del Bronzo e fino all'epoca etrusca. Sfortunatamente l'assenza di elementi datanti non ci consente di definire in maniera dettagliata le fasi cronologiche relative allo sviluppo di questa *facies* per il settore più interno.

Il graduale passaggio ad un ambiente di pianura inondabile ben drenata che segnò l'ultima fase del processo di formazione della pianura pisana fino al raggiungimento delle quote attuali, si verificò per il contesto urbano nel corso dell'epoca etrusca. La trasformazione avvenne, secondo i dati cronostratigrafici, in maniera diacronica. In alcuni settori della città, infatti, lo sviluppo della *facies* avvenne a partire dal VI/VII secolo a.C., mentre in altri settori tale processo sembra essersi concluso soltanto intorno al III-IV secolo d.C. (M4 livello 380 cm dal p.d.c., cronologia 1642±26 cal yr BP), (**Figura 102**). Il processo di aggradazione e trasformazione della pianura fu pertanto graduale e diacronico, probabilmente connesso alla paleotopografia dell'abitato che facilitò l'emergere delle zone extra-canale naturalmente sopraelevate. L'azione antropica di controllo e gestione delle risorse idriche attestata sin dall'epoca etrusca potrebbe aver influito ulteriormente sul processo di trasformazione della pianura. I nuovi sondaggi realizzati nel settore più interno attestano che la *facies* di pianura inondabile ben drenata si sviluppò a partire da quote intorno a 0,5 m s.l.m. probabilmente in una fase precedente la realizzazione della centuriazione pisana che risalirebbe ad un periodo compreso tra la fine del I sec a.C. e il I sec d.C.. In particolare lo studio del sondaggio SC1 (**Figura 92**), realizzato in prossimità di una traccia fossile di un antico asse della centuriazione visibile in fotografia aerea (**Figura 93**), attesta la presenza della *facies* di pianura ben drenata sino ad una profondità di circa 3,5 metri dal p.d.c. La visibilità della traccia fossile e il rinvenimento di una ceramica medievale a 180 cm dal p.d.c. lascia supporre che in quest'area la pianura inondabile ben drenata iniziò a svilupparsi in un momento antecedente la deduzione della colonia romana e l'installazione di centuriazione.

A circa 4 km dal carotaggio SC1, in prossimità della località di S. Frediano, recenti indagini archeologiche hanno riportato in luce a partire da una profondità di circa 1,30-1,50 dal p.d.c. evidenze di frequentazioni antropiche e materiali riferibili all'età del bronzo e in particolare al periodo etrusco. Le indagini archeologiche svolte nel 2016 nell'ambito degli "Interventi di sistemazione idraulica nel bacino di Fossa Chiara nel Comune di Cascina - Lotto 1 Cassa di espansione in destra al Fosso Mariana Schippisi a monte della Via Tosco-Romagnola (SS 67) nel Comune di Cascina" ad opera della ditta ATS-Servizi Archeologici Beni culturali e paesistici su richiesta dell'allora Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, hanno condotto alla realizzazione di otto saggi archeologici sotto forma di trincee della lunghezza variabile da 1,04 a 1,15 m e larghe 2 metri circa orientate ovest-est. Le trincee hanno raggiunto una profondità massima di 2,5 metri dal piano di calpestio. Al di sotto di uno strato alluvionale di circa 1,3-1,5 metri sono state rinvenute una serie di evidenze e reperti ceramici (laterizi, acroma depurata, acroma grezza, vernice nera) e reperti osteologici riferibili ad una frequentazione antropica riferibile all'età del Bronzo e in particolare all'epoca etrusca¹¹⁵³.

I dati raccolti fino a questo momento consentono dunque di ipotizzare che la *facies* di pianura ben drenata si sviluppò anche per il settore interno in un momento antecedente l'installazione della centuriazione e probabilmente in epoca etrusca, e che il livello romano possa situarsi per il settore

1153. ATS srl, Relazione indagini archeologia preventiva "Interventi di sistemazione idraulica nel bacino di fossa Chiara nel comune di Cascina (PI)". Prot SABAP-PI 266 del 25/07/2016. Dati inediti concessi dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, consultati presso la sede di Pisa.

compreso tra Montione e San Frediano, distanti dalle aree di maggiore attività del fiume Arno, ad una profondità compresa tra 0 e 2 metri circa dal p.d.c., in funzione della paleomorfologia dell'area. Mentre in contesti dove il ritmo di accrescimento della pianura sembra aumentare in rapporto alla vicinanza al cordone fluviale (come attestano i ripetuti episodi esondativi registrati nei sondaggi SC3 e SC4 e soprattutto all'interno delle barre di meandro in SC2 e C3Bassi), il tasso di copertura dei livelli più antichi, e dunque di quello romano, è sicuramente maggiore.

Tuttavia, il numero esiguo di dati archeologici e l'assenza di sezioni stratigrafiche mirate rendono tuttavia più complicata la ricostruzione della paleotopografia di epoca romana per l'area di interesse, lasciando irrisolte numerose questioni relative ad esempio alla profondità, alla tipologia di riempimento, e alla fase di abbandono degli assi connessi al sistema centuriale.

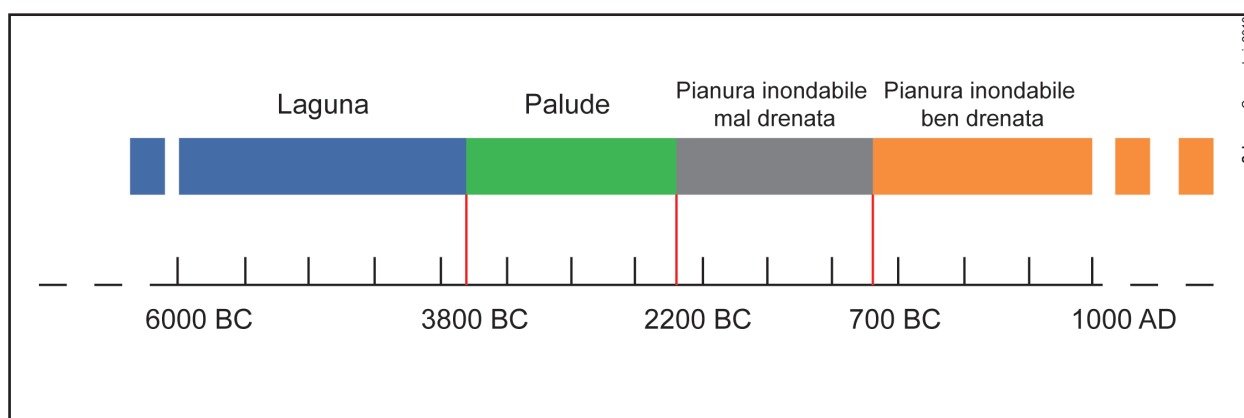


Figura 103. Schema riassuntivo dell'evoluzione cronostatigrafica della pianura di Pisa.

Definire le fasi principali del processo di formazione della pianura di Pisa (**Figura 103**) non esaurisce tuttavia lo studio relativo alle dinamiche paesaggistiche (aggradazione della pianura, formazione ed espansione aree palustri, dissesto idrogeologico) che possono aver subito nel corso dei secoli un'accelerazione o una decelerazione in funzione dei fattori naturali e/o antropici intervenuti.

III.3.5.2. I paleocanali fluviali

Il confronto tra i dati di sottosuolo e di superficie ha permesso di approfondire la conoscenza della paleoidrografia del fiume Arno, intercettando quattro “generazioni” di *facies* di canale riferibili all'antico percorso fluviale.

La ricostruzione paleoidrografica per il contesto urbano integra i dati stratigrafici e dell'analisi morfologica ai risultati ottenuti dall'indagine geostratigrafica del progetto Mappa, chiarendo l'evoluzione del percorso del fiume Arno dall'Eneolitico sino all'epoca medievale; mentre per il settore interno i dati emersi dalle nuove indagini di sottosuolo condotte nell'ambito del progetto di dottorato e confrontati ai dati “d'archivio”, consentono di apportare nuovi elementi di conoscenza per la ricostruzione dell'antica rete idrografica per il contesto rurale.

La “prima generazione” di paleoalvei è stata intercettata in ambito urbano nei pressi dell'attuale Lungarno Mediceo, in riva destra del fiume Arno: il canale intercettato nella correlazione stratigrafica ha uno spessore che varia dai 2 ai 5 metri ca. (**Figura 100, A; Figura 104**), incide la *facies* di laguna (“pancone”) e si caratterizza da sabbie grigie e beige con inclusi frammenti di molluschi.

Il canale fluviale intercettato a quote comprese tra -10 m e -4 m rispetto al livello del mare fu attivo fino all'Eneolitico-prima età del Bronzo (cronologia sondaggio M10), (**Figura 104**). Dal confronto con i risultati dell'analisi morfologica il percorso settentrionale dell'Arno protostorico scorreva a nord del Lungarno Mediceo, disegnando un'ansa nei pressi di Via Vernagalli / Via Palestro/ Via del Buschetto (**Figura 84**, trama 1).

Un secondo paleoalveo, riferibile alla “seconda generazione” di paleocanali, è stato invece intercettato ad una profondità compresa tra ca. -10 m e -3 m rispetto al livello del mare, a sud del fiume Arno, e fu invece attivo fino alla tarda età del Ferro¹¹⁵⁴ (**Figura 100, A; Figura 105**). Anche in questo caso l'integrazione dei dati stratigrafici e dell'analisi morfologica condotta sul parcellare urbano e rurale ha permesso di identificare il tracciato fluviale sino all'attuale zona delle Piagge (**Figura 84**, trama 2 e 4). Le *facies* di canale fluviale sono caratterizzate da sabbie medie-grossolane e sabbie fini, di colore grigio o di colore nocciolo-ocra, contenenti numerosi resti vegetali e/o carboniosi, frammenti di molluschi (talvolta è possibile riconoscere frammenti di bivalve) e noduli argillosi; lo spessore varia tra i 2 e i 7 metri circa. Il confronto con i dati cronostratigrafici (**Figura 100, B; Figura 106**) e morfologici (**Figura 84**, trama 2) della zona compresa tra Via S. Martino e piazza Vittorio Emanuele, sembrano dimostrare che il canale fluviale, migrando progressivamente verso nord, si attestò in epoca etrusco-romana nei pressi dell'attuale via San Martino. Il canale intercettato nel carotaggio BP da una profondità di ca. -7 m fino a quote intorno allo zero rispetto al livello del mare (canale di “terza generazione”) e riconoscibile nel parcellare urbano attuale (**Figura 84**, trama 2), si caratterizza da un riempimento sabbioso con una colorazione che varia dal grigio-olive al beige-marrone con inclusi frammenti di molluschi, di bivalve e resti vegetali. I dati di sottosuolo consentono dunque di chiarire l'evoluzione del fiume Arno per il settore urbano anche se alcune questioni rimangono ancora aperte. Allo stato attuale della ricerca infatti non è possibile confermare se i tracciati attivi fino all'età del Bronzo e all'età del Ferro furono coevi, anche per un breve lasso di tempo, né tuttavia ricostruire il loro percorso per il settore più interno della pianura.

L'analisi dei dati stratigrafici per il settore compreso tra Pisa e Cascina ha permesso di identificare dunque una “terza generazione” di paleocanali e di definirne i caratteri sedimentologici e morfologici. I corpi intercettati secondo le profondità raggiunte dai carotaggi incidono nel settore urbano la *facies* di laguna o di palude mentre nel settore più interno la *facies* di palude o di pianura inondabile mal drenata (contatto erosivo) e sono costituiti da una successione *fining upward* di sabbie medie e sabbie fini di colore grigio o beige-marrone; nello strato sono presenti abbondanti resti vegetali e frammenti di molluschi. I canali si individuano da quote intorno a -7 m sino a quote intorno a +2 m rispetto al livello del mare, hanno uno spessore variabile tra 1,5 e 7 metri e dal confronto con i dati stratigrafici del settore urbano sono generalmente riferibili alla fase etrusco-romana.

In particolare, nel sondaggio SC1, situato in prossimità di una traccia fossile di un'asse della centuriazione individuata tramite fotointerpretazione (**Figura 93**), è stata identificata una *facies*

1154. (Sarti *et al.* 2015a)

di canale fluviale rintracciabile ad una profondità di circa 3,5 metri dal p.d.c. (corpo di canale compreso tra -1,18 m e +0,4 m rispetto al livello del mare), che incide una *facies* di argine fluviale. Il canale è costituito da sabbie medie/sabbie fini di colore grigio con inclusi resti vegetali e frammenti di molluschi. Il sottile strato argilloso grigio che chiude il corpo di canale sembra attestare un abbandono repentino del canale, probabilmente dovuto ad un intervento antropico (taglio, arginatura). Alla chiusura del canale fluviale segue una *facies* di pianura inondabile ben drenata che si sviluppò a partire da circa 3 metri dal p.d.c.. Il riconoscimento in fotografia aerea di una traccia fossile della centuriazione, ragionevolmente situabile ad una profondità compresa tra 0,4 (spessore del terreno vegetale) e 2 m ca. dal p.d.c., consente di avanzare l'ipotesi secondo la quale il canale possa essere anteriore all'installazione della centuriazione, che contribuì allo sviluppo di un ambiente ben drenato (cfr. paragrafo III.3.4.1.1).

Ulteriori dati emergono dal carotaggio C3Bassi (**Figura 108**), realizzato all'interno della barra di meandro di Riglione nell'ambito di una tesi di Laurea Specialistica. La successione stratigrafica intercetta ad una quota compresa tra ca. -2,5 m e +1 m rispetto al livello del mare un primo canale fluviale, costituito da una successione *fining upward* di sabbie medie e sabbie fini di colore grigio con una elevata concentrazione di frammenti di molluschi (bivalve) e resti vegetali, che incide un sottile livello di sabbie fini (base del carotaggio), riferibile ad un evento di esondazione fluviale. L'azione erosiva e di rimaneggiamento dei depositi di pianura alluvionale ad opera dell'ansa fluviale è testimoniata dalla presenza di noduli argillosi (*mud clasts*) situati alla base della *facies* di canale (sabbie medie). Il canale viene gradualmente colmato da sabbie fini e sabbie limose e infine ricoperto da un livello di argille grigie individuate a quota 0,6 m s.l.m. (**Figura 109**) che sembrano attestare la chiusura definitiva del primo canale.

I caratteri sedimentologici dei due canali intercettati nei carotaggi SC1 e C3 Bassi (riempimento, colore, spessore, quota stratigrafica) e la presenza di una paleotraccia riferibile ad un antico percorso fluviale (**Figura 89, B**) evidenziata nel corso di indagini passate nei pressi del carotaggio SC1, lasciano ipotizzare ad una correlazione tra i due corpi di canale forse riferibile ad un'ansa secondaria del fiume Arno che, in una fase precedente l'installazione della centuriazione, avrebbe attraversato un tratto della pianura pisana. Sulla base delle successioni stratigrafiche intercettate nei carotaggi SC5 e SC6 è possibile che il canale, proveniente dal settore più orientale della pianura, avesse un andamento est-ovest, ma l'insufficienza dei dati stratigrafici raccolti non ci consente di confermare tale ipotesi e di ricostruire il percorso del ramo cosiddetto "meridionale" sin dal punto di avulsione. Tuttavia il passaggio netto a sedimenti più fini, a chiusura dei canali, evidenziato in entrambe le successioni stratigrafiche potrebbe riferirsi ad un rapido abbandono del percorso secondario fluviale (arginatura?).

Sempre riferibile alla "terza generazione" di paleocanali sono infatti i corpi intercettati nei carotaggi Z211, Z180, Parigi, C-S1 (**Figura 100, A; Figura 101**) e V1 (l'unico caso rilevato in cui il corpo di canale raggiunge una profondità di -9 m rispetto al livello del mare erodendo la *facies* di laguna), C5406, C5878, 4665, 4670 (**Figura 100, A e B; Figura 102; Figura 107**), che sembrano attestare il passaggio del ramo "principale" del fiume Arno all'interno delle aree definite di "maggiore attività" del fiume Arno (**Figura 111**).

La “quarta generazione” di paleocanali fluviali sono invece riferibili alle fasi di migrazione delle anse fluviali all’interno delle barre di meandro e maggiormente riconoscibili nella geomorfologia attuale, probabilmente avvenute tra l’epoca romana e la fase medievale. I corpi di canale, riconosciuti in stratigrafia da una profondità di ca. -3 m sino a +5 m rispetto al livello del mare (spessore compreso tra ca. 1,5 e 5 m), si caratterizzano da sabbie fini con struttura sedimentaria a piani paralleli o obliqui (laminazione), caratteristiche della successione di *point-bar*, contenenti resti vegetali e/o carboniosi, frammenti di molluschi, noduli calcarei e ossidi di Fe-Mn che attestano il trasporto di depositi che hanno subito pedogenesi per esposizione subaerea.

Nella successione stratigrafica del sondaggio C3Bassi (**Figura 108**) si individua ad una quota compresa tra 0,87 e 2,77 m s.l.m. un secondo canale, probabilmente relativo ad un evento di migrazione laterale del meandro, caratterizzato da sabbie fini a laminazioni parallele o incrociate che incidono il tetto di argille a chiusura del canale precedente. Il secondo canale trasporta depositi che hanno subito un’esposizione subaerea per cui caratterizzati da una colorazione marrone-beige ricca di ossidi di ferro. Le alternanze di sabbie-limose e argille limose scandiscono le fasi di avanzamento dell’ansa fluviale che raggiunse grossomodo la sua posizione attuale intorno all’VIII secolo AD. Secondo il confronto con i dati storici relativi alla Badia di San Savino (cfr. III.3.3.1), infatti, nel 780 nei pressi di Riglione e Pierdicino vennero costruiti l’edificio e le strutture portuali connesse con la prima sede del monastero, evidentemente in prossimità del canale fluviale (*terminus ante quem*). Tre secoli più tardi la Badia venne “travolta e sradicata” da una piena del fiume Arno, che correva in prossimità dell’edificio. Il canale intercettato potrebbe dunque essersi disattivato in una fase anteriore all’VIII secolo d.C., quando il fiume, trovandosi in posizione ormai più avanzata, in prossimità delle località di Riglione e Pierdicino, depositava in prossimità del carotaggio C3Bassi sedimenti più fini (argine prossimale e argine distale), (**Figura 100, B; Figura 110**). L’integrazione tra i dati storici e stratigrafici consente dunque di definire le fasi di migrazione laterale (in direzione SE) della barra di meandro fino al raggiungimento della sua conformazione attuale.



Figura 109. Particolare del carotaggio C3Bassi da 5 a 6 metri di profondità dal piano di campagna.

Nell’immagine è visibile il sottile strato argilloso di colore grigio (linea tratteggiata rossa) che chiude la *facies* di canale intercettata alla base del carotaggio.

Nella correlazione (**Figura 110**) sono evidenziate le tre probabili fasi evolutive dell’ansa fluviale nei pressi di Riglione: alla fase I corrispondono i canali di “terza generazione” intercettati nei carotaggi C-S1 e C3Bassi e probabilmente riferibili a due rami fluviali distinti: C-S1 intercetta il passaggio dell’ansa fluviale principale, mentre C3Bassi il presunto canale secondario messo in relazione alla *facies* di canale riconosciuta nel carotaggio SC1 (**Figura 92**). La fase II, verosimilmente anteriore al 780 d.C., si caratterizza dal progressivo avanzamento del ramo principale che si attesta dunque in prossimità dei carotaggi 9199-9201 e C3Bassi (secondo canale-*point bar*); la fase III attesta il progressivo avanzamento del meandro che trovandosi grossomodo in prossimità del suo alveo

attuale, depositava in corrispondenza del carotaggio C3Bassi, ormai in posizione distale, sedimenti più fini di esondazione.

Anche nella successione stratigrafica del carotaggio SC2 è possibile intercettare una successione di barra di meandro che attesterebbe la graduale migrazione dell'ansa di Musigliano in direzione nord (**Figura 94; Figura 107**). Nella “Carta geomorfologica della pianura di Pisa” e nei risultati dell'indagine morfologica e della lettura fotointerpretativa è possibile inoltre riconoscere una paleotraccia che potrebbe corrispondere al canale intercettato (**Figura 89, B**).

L'indagine svolta consente dunque di apportare nuovi elementi di conoscenza all'evoluzione del percorso del fiume Arno fino al raggiungimento della sua conformazione attuale. Le ipotesi relative ai cambiamenti di percorso nel corso delle epoche sono tuttavia preliminari e necessitano di un'indagine più approfondita.

Le indagini stratigrafiche finora svolte sembrano però confermare che per il settore compreso tra Pisa e Cascina il percorso “principale” del fiume Arno si sviluppò all'interno di un'area che definiremo “di maggiore attività”.

III.3.5.3. Le aree di maggiore attività del fiume Arno

L'indagine pluridisciplinare ha consentito di definire le aree che nel corso degli ultimi 5000 anni sono state maggiormente interessate dalle migrazioni dell'alveo nonché dalle importanti opere di regimazione del percorso fluviale. Le informazioni raccolte dallo studio dei dati d'archivio, della cartografia e delle fotografie aeree storiche, integrato all'analisi dettagliata del profilo altimetrico del terreno su supporto LIDAR e all'indagine stratigrafica ha permesso di delimitare le cosiddette “aree di maggiore attività” del fiume Arno (**Figura 111**).

In particolare le fonti storiche e cartografiche attestano gli interventi realizzati, in alveo e a scala di bacino, che hanno profondamente modificato i caratteri idraulici e morfologici del fiume Arno (ampiezza dell'alveo, profondità, portata liquida e solida, pendenza del letto fluviale, estensione delle aree di esondazione). Numerosi interventi idraulici, ad esempio, furono realizzati nel corso dei secoli per contenere le esondazioni e le avulsioni fluviali, fino all'imponente opera di regimazione (argini, golene, casse di colmata) realizzata nel 1840 e alla costruzione dello Scolmatore dell'Arno (1960-1967)¹¹⁵⁵ per il settore compreso tra Pontedera e la foce che pose fine all'annoso problema dell'aggradazione del letto fluviale e della frequenza degli episodi esondativi, già testimoniata nelle relazioni di Cornelius Meijer e Vincenzo Viviani¹¹⁵⁶ realizzate rispettivamente nel 1686 e nel 1684 su richiesta del Granduca di Toscana.

La risistemazione degli argini ridusse notevolmente lo spazio destinato alle piene e favorì una rapida sedimentazione delle aree golenali¹¹⁵⁷. Le “aree di maggiore attività” del fiume Arno interessate pertanto dalle migrazioni dell'alveo fluviale e dalle opere di regimazione risultano maggiormente elevate rispetto agli altri settori della pianura alluvionale (**Figura 90**).

1155. (Cavazza 1994, 440)

1156. (Nesti 2008, 49–69)

1157. (Canuti *et al.* 1991, 24)

La regolarizzazione dell'alveo fluviale (diminuzione dell'ampiezza) e gli interventi effettuati alla scala del bacino fluviale (riforestazione) comportarono inoltre un'inversione di tendenza, per cui iniziò un lento processo di erosione dell'alveo fluviale, visibile in **Figura 7**.

L'analisi delle caratteristiche morfo-idrauliche del corso attuale dell'Arno si sono inoltre rilevate utili per lo studio e l'interpretazione dei corpi di canale intercettati nelle correlazioni stratigrafiche. In assenza di sezioni stratigrafiche realizzate in prossimità dei paleoalvei intercettati, i dati relativi alla pendenza di magra dell'alveo (0,019%), alle quote del profilo di magra, alla profondità del letto fluviale nel settore compreso tra Bocca d'Arno (foce) e Pontedera rappresentano gli unici parametri di riferimento per la ricostruzione degli antichi percorsi fluviali basata esclusivamente sull'analisi dei carotaggi (*facies* di canale fluviale) e delle paleotracce.

III.4. Conclusione Parte III

Le ricerche riguardo alle dinamiche paleoambientali e geostratigrafiche svolte nell'ambito della tesi di dottorato, seppur non consentono di restituire un quadro definitivo ed esaustivo dell'antico percorso del fiume Arno e del paesaggio agrario antico, offrono nuovi elementi per la comprensione del processo di formazione della pianura pisana, della dinamica fluviale e della gestione delle risorse idriche sin dall'epoca romana.

Gli obiettivi, la metodologia e le procedure perseguiti nel corso delle indagini si inseriscono pienamente nell'ambito delle ricerche interdisciplinari sui paesaggi storici che nel corso degli ultimi anni, in particolare, hanno avuto un maggiore sviluppo anche nel contesto della Pianura di Pisa.

I risultati così ottenuti apportano dunque nuovi elementi alla conoscenza del paesaggio antico integrando e ampliando i lavori svolti per l'area urbana e periurbana o nel settore costiero-marittimo del *Portus Pisanus*.

In un contesto alluvionale come quello pisano, continuamente soggetto all'instabilità e all'abbondanza delle sue acque, i condizionamenti ambientali hanno esercitato un'influenza maggiore sulle dinamiche di occupazione e di gestione del territorio nel corso dei secoli. L'approccio interdisciplinare e diacronico, ampiamente adottato nell'ambito delle recenti indagini paleoambientali con risultati soddisfacenti, diventa dunque indispensabile allo studio delle società del passato e all'analisi di problematiche di natura storico-archeologica, quali ad esempio gli effetti della colonizzazione romana e l'impatto delle società post-romane sull'evoluzione del paesaggio. Il ricorso a numerose fonti e dati eterogenei quali i documenti d'archivio, la cartografia, le immagini da *remote sensing*, i dati stratigrafici ci consentono di ricostruire le fasi evolutive della pianura di Pisa, nonché di comprendere le dinamiche paesaggistiche che hanno comportato la trasformazione del sistema centuriale risalente nella sua forma originaria all'epoca romana.

Questo tipo di approccio interdisciplinare, oltre che favorire la collaborazione tra specialisti di diversi ambiti, come è avvenuto nel caso del progetto di dottorato per lo studio geostratigrafico del settore più interno della pianura di Pisa, diventa per l'archeologo un'occasione unica per acquisire competenze trasversali che vanno dalla sedimentologia, alla geomorfologia, sino all'idrologia.

Parte IV – LA PIANURA DI PISA ATTRAVERSO LE EPOCHE STORICHE

IV.1. Nuovi scenari paleoambientali: ipotesi, criticità e prospettive di ricerca

L'integrazione tra lo studio delle forme del paesaggio (analisi morfologica) e le indagini di sottosuolo (studio stratigrafico) ha permesso di apportare nuovi elementi alla conoscenza dell'evoluzione della pianura di Pisa ed in particolare della struttura centuriale che in maniera significativa caratterizza il contesto rurale.

La definizione dei principali fattori di trasformazione e di trasmissione delle tracce centuriali nella lunga durata si arricchisce tramite l'integrazione dei dati di sottosuolo che consentono di delineare alcuni caratteri del paesaggio antico (paleoidrografia) e i processi pedosedimentari che hanno condotto alla formazione dello scenario attuale.

Tuttavia, la complessità dei fenomeni di interazione tra uomo e natura, in particolare in un ambiente caratterizzato da una rete idrografica dinamica e instabile, lascia spazio a difficoltà interpretative e apre la strada a nuove prospettive di ricerca.

IV.1.1. L'aspetto della Pianura di Pisa in epoca protostorica e le prime attestazioni dell'interazione uomo-acqua

Alla luce delle ricerche pluridisciplinari svolte sino a questo momento possiamo attestare che durante la fase eneolitica la pianura di Pisa si caratterizzava, nel settore interno compreso tra Cascina e Pisa, da un ambiente prevalentemente palustre in fase di aggradazione. Alla base dei carotaggi SC1, SC5 e SC6 (**Figura 100, A; Figura 101**), ad una profondità compresa tra ca. -4 e -2,5 metri rispetto al livello del mare, è infatti attestata la *facies* di palude riferibile, secondo le datazioni radiometriche, ad un periodo compreso tra il 3000 e il 2500 a.C. (confronto con le datazioni calibrate dei campioni di SC1 e SC5, **Tabella 3**). I dati antracologici dei campioni vegetali e carboniosi rinvenuti negli strati confermano la presenza di piante ripariali caratteristiche degli ambienti acquitrinosi (in particolare l'*Alnus*) e sono coerenti con le indicazioni paleovegetali e paleoclimatiche emerse nei precedenti studi palinologici e antracologici svolti nel contesto della città di Pisa¹¹⁵⁸. Durante questa fase infatti l'area urbana era caratterizzata da un ambiente palustre che perdurò sino al 1900 a.C., come attestano le datazioni effettuate sui campioni dei carotaggi

1158. (Sarti *et al.* 2015a)

M4 (2030-1900 cal yr BC¹¹⁵⁹) e M5 (2351-2204 cal yr BC¹¹⁶⁰); (**Figura 102**). Le scoperte condotte nell'area di San Zeno sembrano attestare una prima frequentazione dell'abitato risalente alla fase tardo eneolitica-prima età del Bronzo¹¹⁶¹. La fascia costiera era invece caratterizzata da un ambiente prevalentemente lagunare in connessione con il mare¹¹⁶² e da zone emerse nel settore delle sabbie pleistoceniche di Coltano dove le indagini di superficie hanno permesso l'identificazione dei siti all'aperto di Paduletto di Coltano e di Castagnolo¹¹⁶³, mentre nel settore settentrionale è attestata la frequentazione del sito di Poggio di Mezzo sulle dune di S.Rossore¹¹⁶⁴. Come evidenziato in studi precedenti l'abitato di Pisa e il suo territorio apparvero "inseriti in una dimensione tirrenica e in stretto rapporto con il mare e il complesso sistema delle acque che caratterizzava la bassa valle dell'Arno sin dalle prime frequentazioni"¹¹⁶⁵.

Questa caratteristica divenne sempre più evidente nel corso dell'età del Bronzo, durante la quale si intensificò l'occupazione delle zone costiere, a Castagnolo, a Paduletto di Coltano¹¹⁶⁶, a Isola di Coltano dove le indagini archeologiche hanno messo in luce i resti di un villaggio occupato dalla media età del Bronzo sino al Bronzo Finale nonostante i ripetuti episodi di progradazione della laguna che sommersero l'abitato, specializzato nella produzione del sale e in stretto rapporto con gli altri siti costieri e in connessione con le principali vie d'acqua¹¹⁶⁷, a Isola di Migliarino¹¹⁶⁸, a San Piero a Grado¹¹⁶⁹; nonché ad Isola di Bièntina¹¹⁷⁰.

Le indagini condotte in ambito urbano hanno dimostrato che l'età del Bronzo fu interessata dal definitivo passaggio ad un ambiente di pianura alluvionale mal drenata che probabilmente favorì l'occupazione antropica e che sulla base dei dati stratigrafici e archeologici interessò il settore urbano sino al VII-III secolo a.C.¹¹⁷¹. La pianura mal drenata era interessata da numerosi episodi esondativi dei principali fiumi che la attraversavano e da aree palustri che caratterizzavano le aree maggiormente depresse e soggette al ristagno delle acque, nonché le zone più prossime agli antichi percorsi fluviali. Le indagini condotte nell'area compresa tra Pisa e Cascina ed il confronto con i dati di sottosuolo del settore urbano confermano che anche il settore più interno era caratterizzato da un contesto di pianura inondabile mal drenata che probabilmente si sviluppò dalla tarda fase eneolitica-prima età del Bronzo sino alla fase etrusca, anche se i dati cronologici al momento disponibili non consentono di definire in maniera più sistematica i limiti cronologici della suddetta *facies* deposizionale; (**Figura 101, 102**).

1159. Le date sono state calibrate a 2-sigma tramite l'utilizzo del software OxCAL 4.3 (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>) con curva di calibrazione InCal 13 (Reimer *et al.*, 2013).

1160. (Amorosi *et al.* 2013a, 98 (table 4))

1161. (Bruni 2003, 45; Grifoni Cremonesi 2004, 21)

1162. (Allinne *et al.* 2016)

1163. (Grifoni Cremonesi 2001, 72-74)

1164. (Pasquinucci 2008, 14)

1165. (Bruni 2003, 45)

1166. (Grifoni Cremonesi 2004; Grifoni Cremonesi *et al.* 1986)

1167. (Pasquinucci & Menchelli 2002)

1168. (Menchelli & Vaggioli 1988, 505)

1169. (Bruni 2001, 84)

1170. (Grassini 2012, 10-19)

1171. (Amorosi *et al.* 2013a, 99)

Le ricerche stratigrafiche riguardo l'antica rete idrografica del contesto urbano hanno inoltre intercettato la presenza di due paleoalvei riferibile all'antico percorso del fiume Arno che incidono direttamente i depositi lagunari databili tra circa 6000 anni BC (7830 cal yr BP¹¹⁷²) e 3805-3639 cal yr BC.. Il ramo "settentrionale" (**Figura 104**) scorreva a nord dell'alveo attuale e fu attivo fino all'Eneolitico-prima età del Bronzo (cronologia sondaggio M10); mentre il ramo "meridionale", attivo sin dall'età del Ferro, si sarebbe disattivato, migrando verso nord, intorno a 802-748 cal yr BP secondo un tracciato individuabile a sud dell'attuale Via San Martino che proseguiva lungo l'attuale Via delle Piagge e rintracciabile sino all'altezza della chiesa di San Michele degli Scalzi (**Figura 105**). Tuttavia, non è possibile stabilire una relativa contemporaneità tra i due canali o ricostruire le ipotesi di tracciato dei percorsi protostorici per il settore più interno.

Durante l'Eneolitico l'attuale contesto urbano fu interessato, inoltre, dal passaggio del fiume *Auser* che probabilmente con un percorso nord-sud confluiva in Arno nei pressi di Ponte di Mezzo; mentre durante l'età del Bronzo e l'età del Ferro il percorso si sarebbe spostato verso ovest e sempre con un andamento nord-sud sarebbe sfociato nei pressi del Ponte della Cittadella. Tra i due paleoalvei, la cui relativa contemporaneità non è stata comprovata, è attestata la presenza di una zona di intefluvio soggetta a frequenti alluvioni¹¹⁷³.

In questo contesto paleoambientale è attestata una prima occupazione risalente al Bronzo medio in via Buonarroti¹¹⁷⁴, in prossimità del corso fluviale; mentre all'età del Bronzo finale o Protovillanoviano risale l'abitato capannicolo di Via di Gello, anch'esso situato in prossimità del fiume Arno e della costa, e all'interno di in un sistema di connessioni e scambi con il mondo più interno probabilmente a vocazione agricola, i siti sulla costa e lungo i percorsi dei fiumi Arno e *Auser* (Isola di Migliarino¹¹⁷⁵, Isola di Coltano¹¹⁷⁶, San Piero a Grado¹¹⁷⁷, e ancora la palafitta di Stagno¹¹⁷⁸ e il villaggio di Bièntina¹¹⁷⁹)¹¹⁸⁰. I rinvenimenti effettuati nei siti ubicati nel territorio pisano mostrano come per tutta l'età del Bronzo l'area in esame fu in contatto con una vasta area geografica che dalla pianura padana giungeva alla Liguria e ancora all'Italia centrale¹¹⁸¹.

L'Età del Ferro, convenzionalmente posta tra il 900-781 a.C. per il contesto pisano¹¹⁸², vide lo sviluppo della cultura villanoviana, quindi dell'*ethnos* etrusco in un vasto territorio culturalmente omogeneo, che si estendeva nel tratto costiero dalla Versilia a nord sino a Castiglioncello (Livorno) a sud, mentre nell'entroterra fino alla media valle dell'Arno¹¹⁸³. L'area pisana ricadrà a partire dal VI secolo a.C. sotto l'egemonia della città etrusca di Pisa, che proprio in questa fase preromana è caratterizzata da una grande fioritura e sviluppo urbano¹¹⁸⁴.

1172. (Amorosi *et al.* 2009, 147)

1173. (Bini *et al.* 2013, 17–18)

1174. (Grifoni Cremonesi 2004, 22)

1175. (Menchelli & Vaggioli 1988)

1176. (Pasquinucci & Menchelli 2002)

1177. (Bruni 2001)

1178. (Cambogi *et al.* 1995)

1179. (Grassini 2012, 10–19)

1180. (Pasquinucci 2008, 13)

1181. (Grifoni Cremonesi 2001, 74–76)

1182. (Amorosi *et al.* 2013a, 96)

1183. (Pasquinucci 1994, 183)

1184. (Bonamici 1990, 99)

I dati archeologici dei siti relativi all'età del Ferro attestano lo sfruttamento delle risorse territoriali per le attività agricole, pastorali, artigianali (produzione della ceramica e lavorazione del ferro), nonché per la caccia e la pesca. Gli abitati si distribuiscono lungo le basse pendici dei Monti Pisani dove continua l'occupazione dei ripari in grotta (Riparo La Romita di Asciano); lungo la costa, nei pressi delle dune costiere (il sito di Poggio di Mezzo, di Poggio al Marmo e di Poggio al Fico nei pressi delle dune di Palazzetto, il sito di Querciaiola presso Livorno); in prossimità dei fiumi principali (il sito di Ripafratta nelle vicinanze dell'antico ramo del sistema *Auser-Serchio*) e in contesto urbano nei pressi dell'area Scheibler e in Via Marche¹¹⁸⁵, situata a nord del circuito murario di epoca medievale.

IV.1.2. La pianura pisana in epoca etrusco-romana

L'agglomerato protourbano di Pisa, sviluppatosi tra la fine dell'VIII e gli inizi del VII secolo a.C. all'incrocio tra il fiume Arno e il fiume *Auser*, conservò per tutta la fase etrusca (convenzionalmente indicata tra 720 a.C. e il 90 a.C.)¹¹⁸⁶ il forte legame con la rete idrografica e con il litorale attestato “sin dalle prime manifestazioni di vita risalenti al tardo Eneolitico-prima età del Bronzo”¹¹⁸⁷ attraverso un sistema di porti e approdi dislocati lungo la costa e i rami fluviali.

Le indagini condotte nel contesto urbano e periurbano e integrate dalle nuove indagini stratigrafiche realizzate nell'ambito della ricerca di dottorato confermano che in questa fase storica il paesaggio pisano era caratterizzato da una pianura alluvionale soggetta al ristagno delle acque superficiali. I suoli idromorfi del contesto di pianura mal drenata vennero progressivamente ricoperti da un nuovo orizzonte pedologico caratterizzato da terreni aranciati, ricchi in ossidi di Fe-Mn e carbonato di calcio, che attestano una maggiore esposizione subaerea (maggiore ossigenazione) e una migliore circolazione delle acque superficiali. In ambito urbano è stato dimostrato che tale processo non avvenne in maniera omogenea e sincronica ma si sviluppò tra l'epoca etrusca e romana in relazione alla microtopografia dei terreni e probabilmente in seguito agli interventi antropici di gestione delle risorse idriche, attestati ad esempio nel contesto dell'area Scheibler¹¹⁸⁸ e in località La Figuretta¹¹⁸⁹. Tale scenario è ipotizzabile anche per il settore più interno della pianura che subì un processo di aggradazione e di trasformazione in ambiente ben drenato, caratterizzato da suoli maggiormente ossigenati e con una migliore circolazione delle acque superficiali. In particolare, nel carotaggio SC1, effettuato in prossimità di una traccia fossile della centuriazione visibile in fotografia aerea,

1185. (Bonamici 1990, 100–104; Pasquinucci 2008, 14–15)

1186. (Amorosi *et al.* 2013a, 96)

1187. (Bruni 2003, 45)

1188. (Bini *et al.* 2012a, 143–44; Bonamici 1989; Fabiani *et al.* 2013, 181–83); L. La Rosa 2012, Schede di intervento n. 262-48-49-187-193-194-195-196, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. “Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002” a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003) consultata presso l'Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, sede di Pisa.

1189. (Bonamici 1990, 115; A. Campus 2012, Scheda di intervento n. 246 e n. 830, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Maggiani A. 2013, Pisa, Loc. La Figuretta – Scavo d'emergenza, 1986 (Dataset), Pisa: MOD (doi:10.4456/MAPPA.2013.27). Dati rilasciati con licenza Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT), <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>.

è possibile riconoscere sino ad una profondità di ca. 3,5 metri dal p.d.c. lo sviluppo della *facies* di pianura inondabile ben drenata. All'interno dello strato sono stati individuati, ad una quota di 1,8 metri dal p.d.c., tre probabili frammenti di ceramica grezza risalenti all'epoca altomedievale/medievale. Anche se allo stato attuale della ricerca, in assenza di saggi stratigrafici mirati, non è possibile stabilire il rapporto esistente tra la traccia scura riferibile all'asse centuriale e la successione cronostratigrafia individuata nel carotaggio SC1, è lecito supporre che l'asse centuriale visibile in fotografia aerea possa situarsi ad una profondità compresa tra 0,4 (spessore del terreno vegetale) e 2 metri circa dal p.d.c., e che dunque il nuovo orizzonte litostratigrafico possa essersi sviluppato in una fase storica precedente l'installazione della centuriazione che tuttavia garantisca le condizioni idrogeologiche necessarie allo sviluppo di suoli ben drenati (**Figura 92; Figura 93**).

Le indagini archeologiche condotte in prossimità dei fossi di drenaggio di epoca romana realizzate nell'area Scheibler confermano che i paleosuoli, contemporanei alle opere idriche, presentano le medesime caratteristiche litologiche dei sedimenti di *facies* di pianura alluvionale ben drenata riconosciuta nelle indagini condotte in ambito urbano e nel settore tra Pisa e Cascina ("strati argillosi/sabbiosi di colore bruno-giallastro")¹¹⁹⁰. Inoltre, le ricerche condotte nel sito etrusco delle Melorie attestano che l'abitato di VI secolo a.C. sorse su un suolo naturale a matrice argillosa di colore giallo, compatto e ricco di concrezioni di carbonato di calcio, interpretato "come un dosso naturale formatosi in un contesto di pianura alluvionale caratterizzata da terreni bassi e soggetti alle piene stagionali dei fiumi"¹¹⁹¹ e che alla luce dei nuovi dati geostratigrafici potrebbe confermare lo sviluppo di un contesto alluvionale ben drenato nel settore orientale sin dall'epoca etrusca. L'insufficienza di elementi datanti non ci permette di ricostruire le tappe principali di questa trasformazione per tutti i settori della pianura, che molto probabilmente avvenne in maniera diacronica secondo la paleomorfologia della pianura; tuttavia il confronto con i dati archeologici e geostratigrafici consente di ascrivere l'inizio di tale processo alla fase etrusco-romana.

Tale orizzonte litostratigrafico intercettato nei carotaggi SC1/SC6 a quote comprese tra ca. 0,5 e 7 m s.l.m., ebbe probabilmente un maggiore sviluppo soprattutto in seguito ad un maggiore intervento antropico sul territorio e sulla gestione delle risorse idriche. In corrispondenza dei carotaggi SC1-SC5-SC6, lo spessore dello strato intercettato non supera i 3 metri e va progressivamente assottigliandosi in relazione alla distanza dal cordone fluviale dell'Arno, come è possibile osservare nel carotaggio SC5 (**Figura 98**). In questo settore, compreso tra Riglione e San Lorenzo a Pagnatico, è verosimile che il livello romano si situi ad una profondità compresa tra ca. 0,4 e 2 metri dal p.d.c.: se infatti nel carotaggio SC1 a 1,8 metri dal p.d.c. è stata rinvenuta ceramica ascrivibile alla fase cronologica altomedievale/medievale, ad est del sondaggio nei pressi della Fossa Mariana Schippisi recenti indagini archeologiche attestano la presenza di reperti ceramici

1190. L. La Rosa 2012, Schede di intervento n. 187-193-194-195-196, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. "Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002" a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003) consultata presso l'Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, sede di Pisa.

1191. (Ciampoltrini *et al.* 2006, 48)

(laterizi, acroma depurata, acroma grezza, vernice nera) riferibili all'età del Bronzo e in particolare all'epoca etrusca, al di sotto di uno strato alluvionale di circa 1,30-1,5 metri di spessore¹¹⁹².

Lo spessore dello strato di pianura ben drenata, intercalato da numerosi livelli riferibili a episodi esondativi, aumenta nelle aree prossime al fiume, come ad esempio è possibile osservare in corrispondenza dei carotaggi SC4-SC3 (**Figura 96; Figura 97**) raggiungendo valori superiori ai 3 metri. Seppur in assenza di dati cronostratigrafici è evidente che in questi settori, e all'interno delle barre di meandro (SC2-C3Bassi) interessati da frequenti episodi di esondazione fluviale e dagli interventi antropici il tasso di copertura del livello romano è maggiore.

Mentre nel settore centrale della pianura, dove si conservano la maggior parte delle tracce della centuriazione, il tasso di sedimentazione del livello romano è proporzionale alla distanza dal cordone principale del fiume Arno, dunque maggiore in prossimità delle cosiddette “aree di maggiore attività del fiume” del fiume Arno e minore nelle aree più meridionali della pianura, nel settore orientale del pianoro il livello etrusco e romano è pressoché affiorante, come dimostrano le ricerche condotte nei pressi delle Melorie e nel settore compreso tra Pontedera e Ponsacco, fatta eccezione per il rinvenimento del paleocanale probabilmente riferibile al corso del Paleorotina, probabilmente riferibile all'epoca etrusco-romana e rintracciato ad una profondità di circa 2 metri dal p.d.c. nei pressi dell'attuale Scolmatore dell'Arno¹¹⁹³.

Appare tuttavia evidente che il paesaggio di epoca etrusca e romana era alquanto variegato e complesso, e al contesto di pianura alluvionale si affiancavano ad esempio aree paludose che verosimilmente si svilupparono nella porzione meridionale della pianura, alle pendici delle Colline Pisane e Livornesi, caratterizzata dal ristagno delle acque dei torrenti che probabilmente non defluivano liberamente verso la costa. Il presunto “fiume Calambrone”, considerato secondo alcuni ricercatori il ramo meridionale del fiume Arno¹¹⁹⁴ che in epoca antica sarebbe giunto in mare all'altezza del *Portus Pisanus*, avrebbe potuto fungere da collettore; tuttavia il suo percorso non è stato mai attestato e/o definito da indagini stratigrafiche mirate.

Uno scenario simile caratterizzava il settore compreso tra Coltano e Stagno dove la presenza di zone maggiormente depresse e suoli impermeabili favoriva il ristagno delle acque superficiali, come recenti indagini geoarcheologiche hanno permesso di attestare¹¹⁹⁵. Il settore dell'ex lago di Bièntina era invece caratterizzato dal passaggio del ramo (o dei rami) orientale del fiume *Auser* che sfociava in Arno¹¹⁹⁶, mentre un vasto specchio d'acqua caratterizzava la zona del lago di Massaciuccoli sulle cui sponde sorse la villa aristocratica probabilmente appartenuta alla famiglia dei *Venulei Apropiani*¹¹⁹⁷.

1192. ATS srl, Relazione indagini archeologia preventiva “Interventi di sistemazione idraulica nel bacino di fossa Chiara nel comune di Cascina (PI)”. Prot SABAP-PI 266 del 25/07/2016. Dati inediti concessi dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, consultati presso la sede di Pisa.

1193. (Ciampoltrini 2004, 60–61). Relazione del Funzionario Giulio Ciampoltrini, Archeologo (1° agosto 1983), Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 6, N° 7932. Relazione del Funzionario Adriano Maggiani, Archeologo (12 aprile 1984), Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 6, N° 5111.

1194. (Della Rocca *et al.* 1987)

1195. (Allinne *et al.* 2016)

1196. (Pasquinucci 1994, 198; Grassini 2012)

1197. (Fabiani & Paribeni 2012, 23)

IV.1.2.1. I nuovi dati relativi alla paleoidrografia: l'ipotesi di un percorso meridionale del fiume Arno

L'indagine di sottosuolo, integrata ai dati storico-archeologici precedentemente esposti, offre nuove ipotesi ricostruttive del paesaggio pisano di epoca etrusco-romana. In particolare, l'analisi dei dati stratigrafici prodotti nell'ambito del dottorato di ricerca e integrati a quelli già esistenti pone nuove questioni riguardo l'antico assetto idrografico della pianura di Pisa all'epoca dell'installazione della centuriazione e relativamente la fase precedente.

Dalle ricerche fino ad ora condotte è verosimile che l'evoluzione del percorso principale del fiume Arno sin dall'epoca etrusco-romana interessò principalmente le aree definite di "maggiore attività" del fiume. Il fiume, provenendo dal settore orientale, dopo aver costeggiato i piedi dei Monti Pisani nei pressi della località di Cascina, si sarebbe diretto verso le località di Uliveto Terme, Zambra, Campo, Mezzana, San Biagio, Cisanello e Le Piagge, fino a giungere nel contesto urbano dove invece scorreva a sud dell'alveo odierno nei pressi di Via San Martino per poi rivolgersi verso l'antica linea di costa. La ricostruzione dell'antico percorso fluviale si è rilevata alquanto complessa e per tale ragione è stata compiuta un'analisi più accurata dell'evoluzione delle singole barre di meandro con l'ausilio di fonti eterogenee. Ad esempio, nel settore compreso tra Riglione e Pierdicino l'integrazione delle fonti storiche ci ha permesso di stabilire un *terminus ante quem* all'ultima fase di progradazione dell'ansa fluviale che già nel corso dell'VIII secolo d.C. doveva situarsi grossomodo in prossimità del suo corso attuale. La prima Badia di San Savino costruita in prossimità del fiume, nei pressi dell'attuale località di Pierdicino, intorno al 780 d.C., e il relativo approdo fluviale vennero travolti e distrutti da una violenta esondazione del fiume Arno avvenuta tra il 1115 e il 1117¹¹⁹⁸. La forza erosiva delle acque fluviali e i resti delle strutture altomedievali visibili sul fondo e molto probabilmente relative alla Badia, attesterebbero che in quell'occasione il fiume travolse le strutture altomedievali raggiungendo nei pressi di Pierdicino la sua conformazione attuale. Le *facies* di canale fluviale rinvenute nella successione stratigrafica del carotaggio C3Bassi sono dunque riferibili a due momenti precedenti l'VIII secolo d.C.: è stato pertanto ipotizzato che il primo corpo di canale riconosciuto nella successione stratigrafica col tetto delle sabbie a circa 0,5 m s.l.m. è riferibile ad un percorso fluviale anteriore l'installazione della centuriazione che proveniva dal settore orientale, in continuità col corpo di canale rinvenuto nel carotaggio SC1; mentre il secondo canale, attestato da circa 1 m a 2,5 m s.l.m., è riferibile ad una fase di progressione della barra di meandro compresa tra l'epoca romana e il periodo altomedievale (anteriore all'VIII secolo d.C.), quando l'ansa fluviale scorreva a ovest del suo percorso attuale (**Figura 110**, Fase II). Le indagini svolte nei pressi del meandro di Musigliano (carotaggio SC2) confermano invece il passaggio di un'ansa fluviale nei pressi dell'attuale centro urbano e all'interno degli argini ottocenteschi, già precedentemente evidenziata dalla traccia visibile nella "Carta Geomorfologica della pianura di Pisa" (**Figura 89**, B). Il paleoalveo, probabilmente risalente all'epoca medievale o moderna data la quota stratigrafica del tetto delle sabbie di canale intercettate (0,87-2,77 m s.l.m.), testimonia la progressiva migrazione dell'ansa fluviale da sud verso nord (**Figura 94**). Anche le indagini svolte nel settore compreso tra Uliveto Terme e Zambra (**Figura 100**, B; **Figura 107**, carotaggi 5878, 4663, 4665, 4670) attestano che l'ansa fluviale subì una progressiva migrazione

1198. (Garzella 2006; Rogovich 2005-2006)

dai piedi dei Monti Pisani verso il settore sud-ovest, provocando in epoca moderna la distruzione della chiesa di S.Maria di Zambretta. Il paleoalveo verosimilmente riferibile all'epoca etrusco-romana sembrerebbe attestarsi nei pressi dell'abitato di Uliveto Terme per poi dirigersi verso la località di Zambra.

Mentre i carotaggi SC3 e SC4 realizzati in prossimità di forme riferibili a probabili paleoalvei non evidenziano la presenza di corpi di canale riferibili alla cosiddetta “terza generazione” (**Figura 89; Figura 96; Figura 97**).

Le innumerevoli tracce relativi ad antichi percorsi fluviali e il numero esiguo di carotaggi non consentono tuttavia di chiarire in maniera esaustiva l'evoluzione cronostratigrafica del percorso fluviale e dei differenti episodi di avulsione e di rotta d'argine, ma apportano nuovi elementi di conoscenza all'evoluzione paleoidrografica dell'area che necessitano dunque di un maggiore approfondimento.

Le ricerche svolte nei pressi di Via Piantalbis, ad esempio, in prossimità di una traccia fossile della griglia centuriale, hanno rilevato la presenza di una *facies* di canale fluviale profonda circa 2 metri e situata a circa -3 metri dal p.d.c.. La prima problematica concerne la cronologia del canale intercettato: la quota stratigrafica e il riconoscimento in fotografia aerea di un elemento fossile della centuriazione romana nei pressi del carotaggio SC1 lasciano ipotizzare che se la traccia di epoca romana è generalmente visibile fino ad una profondità massima di 2 metri dal p.d.c., l'alveo debba riferirsi ad un momento antecedente l'installazione della centuriazione (I sec a.C.-I sec d.C.). La seconda problematica riguarda il paleopercorso del canale intercettato. Come evidenziato nei paragrafi precedenti il riempimento del canale presenta le stesse caratteristiche litologiche e stratigrafiche (quota s.l.m., spessore) del primo corpo di canale intercettato nel sondaggio C3 Bassi all'interno della barra di meandro di Riglione. Per tale ragione e per la presenza di una probabile paleotraccia evidenziata nella “Carta Geomorfologica della pianura di Pisa”, è stato ipotizzato che le due *facies* possono essere correlabili e riferibile ad un canale fluviale che attraversava il settore compreso tra Montione e Riglione con un percorso est-ovest. Mentre non è al momento ricostruibile il percorso del paleocanale ad est del sondaggio SC1.

Il paleoalveo individuato potrebbe corrispondere ad un ramo secondario del fiume Arno che attraversava il settore compreso tra Pisa e Cascina in fase etrusco-romana ma precedente l'installazione della centuriazione e probabilmente la costruzione della via romana *Pisae-Florentia* (esistente dalla metà o dall'ultimo ventennio del II secolo a.C.)¹¹⁹⁹ che ne comportarono la disattivazione in tempi piuttosto brevi, come dimostra la successione stratigrafica del carotaggio SC1. Il presunto paleoalveo intercettato nelle correlazioni stratigrafiche avrebbe attraversato la pianura nei pressi di Titignano, San Donato e Riglione, e venne probabilmente abbandonato in maniera repentina a causa delle opere di arginatura intervenute all'epoca della romanizzazione, per la messa in sicurezza di un'area destinata ad accogliere una strada (*Via Pisae-Florentia*) e successivamente la centuriazione, o probabilmente in una fase ancora precedente. Gli scavi archeologici realizzati in contesto urbano e rurale hanno confermato l'esistenza di opere di regimazione idraulica risalenti all'epoca etrusca, per cui non è escluso che il canale nel suo tratto compreso tra Pisa e Cascina venne deviato già in epoca etrusca.

1199. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 124)

L'integrazione dei dati di sottosuolo non sembra al momento confermare l'ipotesi di un percorso meridionale per l'epoca romana e medievale avanzata nel corso degli anni passati sulla base dello studio della toponomastica di origine medievale¹²⁰⁰ (cfr. paragrafo III.1.2.). Le ricerche condotte sui toponimi riferiti alla viabilità evidenziarono che l'antica strada di epoca medievale (la *strata Vallis Arni*) seguiva lo stesso percorso della via romana (la *via Pisae-Florentia*) con un tracciato "insolitamente sinuoso"¹²⁰¹. Lo studio dei toponimi riferibili all'antico percorso del fiume Arno attesterebbe una correlazione esistente tra la rete viaria e l'antico corso fluviale nel settore compreso tra Putignano e Cascina. Il passaggio del fiume è infatti ricordato nei pressi di Cisanello (1134), dell'antica località di Fasciano (Putignano, 1085), di Riglione (1035), Ghezzano (1054), Ripoli (1074), Colignola (1040), a Musigliano (1195), a Campo (986), nei confini di S. Lorenzo alle Corti (fine XII secolo), a Mezzana (1080), a sud di Zambra¹²⁰², nei pressi della chiesa di S. Prospero di Uliveto (1080), nei pressi della pieve di San Casciano costruita nel 970 *prope fluvio Arno*, a Settimo (1080) dove si fa riferimento anche ad un *Arno Morto*, nei pressi di Noce nel 1080 (*Arno di Noce*), nei pressi della chiesa di S. Martino di Ottavo o di *Ripafratta* toponimo che ricorda una rotta fluviale (987); ed ancora nei pressi di Montioni, dove sorse la seconda sede della Badia di San Savino (XII secolo)¹²⁰³, a Titignano dove compaiono i toponimi *Argilalto* e *Canneto* (XII secolo), a Casciavola con riferimento ai toponimi *Arquata* (1054)¹²⁰⁴ e *Rivolta* (1170)¹²⁰⁵, a Navacchio riferibile alla presenza di un antico approdo e infine nei pressi della località di S. Prospero dove è attestato il toponimo *Naviccio* (XII secolo)¹²⁰⁶. Secondo la ricostruzione dei ricercatori, i toponimi idrografici compaiono in corrispondenza o in prossimità delle medesime località in cui è attestata la *strata Vallis Arni* che pertanto correva nei pressi dell'antico corso dell'Arno, che in epoca medievale era già parzialmente arginato. Il fiume, con un tracciato meandriforme ma più meridionale rispetto a quello attuale, correva nei pressi di Cascina, Ottavo, Settimo, S. Casciano, Zambra (situata sulla destra del fiume), Casciavola, San Lorenzo alle Corti, di Visignano (dove si credeva erroneamente che fosse stata edificata la prima sede della Badia di S. Savino distrutta da una piena rovinosa dell'Arno tra il 1115 e il 1117), Montioni, Riglione, Fasciano per poi giungere nella città di Pisa. Il suo percorso fu relativamente stabile dall'epoca romana sin al pieno Medioevo¹²⁰⁷.

Lo studio della toponomastica antica offre dunque numerosi indizi alla ricostruzione del paesaggio agrario antico, ma, come evidenziato in precedenza, molteplici sono le criticità relative alla localizzazione del toponimo (che molto spesso non è di tipo "puntuale", cioè relativo ad un edificio pubblico o ecclesiastico attestabile, ma di tipo "areale"¹²⁰⁸, quindi riferibile ai confini di una località che nel corso dei secoli possono facilmente variare) e al "grado di attendibilità" dell'informazione trasmessa che necessita di un riscontro archeologico e/o stratigrafico. Nel caso della pianura di

1200. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994; Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 412–14).

1201. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 125)

1202. La località di Zambra viene ricordata in riva destra del fiume Arno, (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 131)

1203. Il toponimo "approdo" è ricordato inoltre nei pressi della Badia di S. Savino in Montione edificata nel 1117, ma probabilmente si riferisce allo scalo fluviale situato nei pressi della vicina Riglione.

1204. Il toponimo è riferibile ad una forma arcuata, associato al passaggio di un meandro fluviale.

1205. Il toponimo significa letteralmente riva alta.

1206. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994; Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991; Redi 1984, 12)

1207. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 130–32)

1208. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 125)

Pisa emerge che la maggior parte dei toponimi riferibili al percorso fluviale, precedentemente elencati, sono collocabili nelle vicinanze del suo percorso attuale che in epoca medievale non doveva essere molto dissimile. Alcune criticità riguardano invece i toponimi “idrografici” attestati a sud del corso attuale del fiume Arno, in particolare nei pressi di Montioni, Casciavola, Navacchio e San Prospero e riferibili alla presenza nelle vicinanze di un corso d’acqua e di approdi fluviali (*Argilalto, Canneto, Arquata, Rivolta, Scorno, Navacchio e Naviccio*).

Sulla base di tali considerazioni e dal confronto con i dati stratigrafici analizzati è ipotizzabile che il percorso principale del fiume Arno in epoca romana abbia interessato maggiormente le cosiddette “zone di maggiore attività” e che pertanto i toponimi a sud del suo attuale percorso potrebbero essere riferiti ad un ramo secondario che attraversava la pianura in una fase precedente l’installazione della centuriazione e probabilmente la via romana, di cui rimase il ricordo nella toponomastica medievale. L’indagine necessita di ulteriori approfondimenti che chiarisca in maniera più dettagliata le dinamiche paleoidrografiche dell’area, ma allo stato attuale della ricerca tale ipotesi sembra maggiormente supportata dai dati stratigrafici.

La forte instabilità dei percorsi fluviali e i numerosi interventi antropici attuati sin dall’epoca etrusca sulla rete idrografica pisana aprono nuove ipotesi ricostruttive. Al momento non è infatti escluso che le *facies* di canale fluviale intercettate nei carotaggi C3Bassi e SC1 possano essere messe in relazione al “Paleorotina” che scorreva nel settore più orientale della pianura nei pressi del sito delle Melorie. La paleotraccia riferibile all’antico corso d’acqua è visibile da Ponsacco sino all’attuale Canale Emissario affiancandosi alla strada omonima Via Rotina¹²⁰⁹. Secondo alcuni ricercatori l’aspetto della paleotraccia, di forma stretta e allungata¹²¹⁰, e il suo orientamento, isocline ai *decumani* della centuriazione (in particolare a quello che viene individuato come decumano NE di Latignano identificato come il *decumanus maximus*) farebbero ipotizzare la presenza di un’opera di canalizzazione scavata al tempo della centuriazione romana che, sfruttando le acque del fiume Cascina, avrebbe garantito il drenaggio delle acque superficiali verso l’Arno e l’apertura di una via d’acqua nell’agro centuriato¹²¹¹. L’andamento grossomodo rettilineo del canale si sarebbe leggermente modificato nel corso dei secoli per il naturale scorrimento delle acque¹²¹². La presenza di un canale artificiale avrebbe favorito inoltre l’impianto di una fornace per laterizi, individuata a circa 1,35 metri di profondità dal piano di calpestio¹²¹³.

Tuttavia i risultati delle indagini archeologiche e stratigrafiche svolte in prossimità della paleotraccia sembrano attestare che il paleocorso possa risalire ad una fase più antica, l’epoca etrusca. Lungo l’antico paleoalveo sorsero infatti una serie di siti di epoca etrusca a vocazione agricola in prossimità di Latignano, di Gello e delle Melorie, dove gli scavi hanno riportato in luce un abitato occupato tra il secondo quarto del VI e la prima metà del V secolo a.C. inserito all’interno di una rete di scambi commerciali e probabilmente sede di un impianto specializzato nella produzione ceramica¹²¹⁴. Gli strati alluvionali riconosciuti durante gli scavi archeologici e

1209. (Della Rocca *et al.* 1987, 76)

1210. (Della Rocca *et al.* 1987; Mazzanti 1991)

1211. (Cosci & Spataro 2008)

1212. (Mazzanti 1991)

1213. (Pasquinucci *et al.* 2008)

1214. (Ciampoltrini *et al.* 2006; Pasquinucci *et al.* 2008, 43)

il confronto con alcuni dati di sottosuolo limitrofi al sito confermano che l'abitato fu interessato da ripetuti episodi esondativi, causati dalla vicinanza ad un corso fluviale. Inoltre, gli unici dati stratigrafici probabilmente relativi all'antico paleoalveo sono stati ottenuti in occasione dei lavori realizzati per l'ampliamento dello Scolmatore dell'Arno, che individuarono a circa 700 metri a sud dell'attuale ponte sulla strada provinciale Fornacette-Ponsacco, in prossimità della paleotraccia, e alla profondità di circa 2 metri dal piano di campagna un paleoalveo dal fondo particolare piatto probabilmente riferibile ad un canale artificiale. Il riempimento del paleoalveo visibile in sezione per una lunghezza complessiva di circa 10 metri era caratterizzato da numerosi frammenti di molluschi e materiali ceramici e laterizi riferibili all'epoca etrusca, tra il V secolo a.C. e il II secolo d.C., e di epoca romana per il periodo compreso tra il I-II secolo d.C.¹²¹⁵. I dati sembrano dunque confermare che il presunto corso d'acqua canalizzato, sulle cui sponde si sviluppò l'insediamento delle Melorie, risalirebbe all'epoca etrusca; l'opera idraulica venne successivamente ripresa e sfruttata in epoca romana con l'installazione della centuriazione¹²¹⁶. In occasione dell'installazione della centuriazione è possibile pertanto che il "canale" venne integrato all'interno della griglia centuriale, almeno fino al settore dell'attuale Canale Emissario. Il suo percorso "tutt'altro che rettilineo" e isocline agli assi teorici della griglia centuriale "ma la cui asta complessiva si imposta lungo un limite centuriale o che per un tratto corrisponde esattamente ad un limite, per discostarsene poi di qualche metro" rappresenta una persistenza del graticolato centuriale¹²¹⁷. La presenza di abitati e strutture produttive in epoca etrusca e romana potrebbe dunque essere giustificata e interconnessa alla presenza dei corsi d'acqua, a regime controllato.

Il *rivus qui dicitur decumano*, attestato nel 935 d.C.¹²¹⁸, sarebbe stato l'appellativo attribuito dalle fonti medievali all'antico corso del "Paleorotina" che dunque avrebbe continuato a solcare il tratto orientale della pianura pisana. Il *rivus* scorreva, tra il 935 d.C. e il 1043 d.C., nei pressi della località Pisiniano¹²¹⁹, localizzato ad est di Latignano¹²²⁰. Secondo l'interpretazione di F. Redi, il *rivus*, in connessione con la *Docaria di Cascina* attestata sin dal 987 nei pressi dell'omonima località, aveva lo scopo di raccogliere gli scoli delle acque da Gello sino alla palude del Gonfo Vecchio, situata verosimilmente a sud di Pagnatico e Titignano¹²²¹; ma non è escluso che potesse rappresentare, anche nel corso dell'Altomedioevo, una probabile via d'acqua che attraversava la pianura e una fonte per l'approvvigionamento idrico¹²²².

Probabilmente il "Paleorotina" perse la sua funzionalità dal momento in cui vennero apportate importanti modifiche alla rete idrografica, attraverso la deviazione del fiume Cascina nell'Era avvenuta verosimilmente dopo il 1179¹²²³, e la costruzione della nuova rete idrica, in particolare della Fossa Nuova, realizzata nel 1134 allo scopo di drenare le acque nel settore sud-est della

1215. (Ciampoltrini 2004, 60–61). Relazione del Funzionario Giulio Ciampoltrini (1° agosto 1983), Archeologo Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 6, N° 7932. Relazione del Funzionario Adriano Maggiani, Archeologo (12 aprile 1984), Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 6, N° 5111.

1216. (Ciampoltrini 2004, 60–61)

1217. (Dall'Aglio 2004, 19)

1218. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 136)

1219. (Caturegli 1938, nn. 40, 64, 117. Tratto da Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 136; Redi 1984, 21)

1220. (Redi 1984, 27)

1221. (Redi 1984, 23–28)

1222. (Cosci & Spataro 2008, 39)

1223. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 414)

pianura¹²²⁴. L'analisi morfologica del parcellare agrario attuale in prossimità di Latignano, realizzata sulla base del canale ottocentesco, rivela che la strada Via Rotina trasmette l'antico paleoalveo attraverso una trama "a spina di pesce". La struttura rintracciata seguendo il naturale dislivello del terreno continua a garantire il drenaggio delle acque superficiali secondo le stesse modalità dell'antico sistema idraulico.

L'assenza di scavi stratigrafici sistematici o di carotaggi in prossimità della paleotraccia non consente di approfondire le conoscenze riguardo le caratteristiche litologiche e stratigrafiche del paleoalveo intercettato. Tuttavia alla luce dei dati raccolti, sembra piuttosto ragionevole ipotizzare che possa trattarsi di un rivolo artificiale, piuttosto che di un canale in senso stretto, che venne realizzato sfruttando le acque del fiume Cascina, che secondo le fonti medievali sfociava in Arno nei pressi dell'omonimo centro di Cascina sino al 1179¹²²⁵. La sua conformazione sinuosa, e non propriamente parallela agli assi della centuriazione, fa presupporre che si tratti di un'opera di regimazione o di inalveamento piuttosto che una canalizzazione, derivata dalle acque del fiume Cascina e probabilmente sfruttata per lo scorrimento e per il drenaggio delle acque superficiali, nonché per la navigazione¹²²⁶. Il rivolo venne probabilmente regimato sin dall'epoca etrusca e utilizzato fino in epoca medievale, subendo verosimilmente delle variazioni di percorso in seguito all'installazione della centuriazione e probabilmente della via romana che avrebbe comportato la deviazione di un tratto del paleocanale all'altezza dell'attuale Canale Emissario.

Tali considerazioni ci conducono dunque alla terza questione ancora irrisolta relativa alla natura delle *facies* di canale intercettate nei carotaggi SC1, C3Bassi e probabilmente SC5, ovvero se si tratti di un canale fluviale e quindi riconducibile ad un ramo secondario del fiume Arno attraversava la pianura nel settore tra Cascina e Pisa, o se invece esso possa essere interpretato come un rivolo di origine artificiale che verosimilmente confluiva nell'antico corso del fiume Arno e che nacque sfruttando le acque del fiume Cascina.

L'assenza di ulteriori dati stratigrafici non consente inoltre di definire per il settore orientale il percorso principale del fiume Cascina o se esso possa identificarsi, almeno per un tratto, con l'antico corso del Paleorotina. Il settore orientale era probabilmente caratterizzato dal passaggio di altri corsi minori come nel caso del *rivo Nonniche*, citato nelle fonti medievali e secondo alcuni autori individuabile nel tracciato dell'attuale fosso Rotina¹²²⁷.

IV.1.2.2. **Gli interventi idraulici di epoca etrusco-romana tra dati archeologici e ipotesi ricostruttive**

Le nuove ipotesi paleoidrografiche offrono nuovi elementi alla comprensione della gestione delle risorse idriche in epoca romana in particolar modo connessa all'impianto della centuriazione.

La centuriazione nacque come forma di pianificazione agraria con finalità catastali e fiscali, ma anche come intervento di sistemazione e bonifica idraulica, per tanto connessa alla geografia

1224. (Pasquinucci *et al.* 1997)

1225. Le fonti medievali ci informano che il fiume Cascina sfociava in Arno, precisamente in località *Domoculta*, fra Cascina e Ottavo, fino al 1179 (ASP, Dipl. Primaziale, Pellegrini, n.3), con corso canalizzato in quanto denominato "doccia" o "fovea" (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 414; Della Rocca *et al.* 1987, 76).

1226. (Cosci & Spataro 2008, 39–40)

1227. (Ciampoltrini 2004, 60)

fisica del territorio. “Nel tracciare la centuriazione gli agrimensori dovevano confrontarsi con l’andamento e il regime dei corsi d’acqua e con la loro minore o maggiore stabilità”¹²²⁸. Se dunque nel settore compreso tra Cascina e Pisa verosimilmente il percorso del fiume Arno interessò le “aree di maggiore attività” con un andamento probabilmente meandriforme, è possibile che i cardini situati a nord del corso fluviale, seguendo la naturale pendenza del terreno, garantirono la raccolta e lo scorrimento delle acque superficiali dalle zone situate ai piedi dei Monti Pisani, intercettando probabilmente i torrenti montani, verso il fiume stesso che fungeva da collettore. Mentre gli assi con andamento NE-SO o cardini situati a sud dell’antico percorso convogliavano le acque in eccesso verso il settore sud-occidentale caratterizzato dalla presenza di zone umide e acquitrinose, confermate dalle recenti indagini stratigrafiche condotte nell’area di Coltano e Stagno¹²²⁹, che persistettero fino al completo prosciugamento avvenuto in epoca contemporanea. I decumani, grossomodo paralleli al percorso fluviale, garantivano lo scorrimento delle acque da SE verso NO sfruttando il maggior dislivello esistente tra il settore orientale e il settore centrale della pianura, riversando le acque direttamente in Arno o probabilmente attraverso i cardini, nella palude di Coltano e Stagno.

Rimane tuttavia ancora aperta la questione inerente le aree di esondazione del fiume, che già in epoca romana, essendo verosimilmente più elevate rispetto ai settori di pianura circostante, avrebbero potuto rappresentare un ostacolo al libero deflusso delle acque in Arno, favorendo dunque il drenaggio verso il settore meridionale caratterizzato da un’area palustre. L’assenza di fonti documentarie e di dati archeologici non consente di stabilire se gli agrimensori romani avessero previsto nell’impianto della centuriazione delle aree di pertinenza del fiume Arno che quindi non furono divise e assegnate. Inoltre, sono fino ad ora sconosciute le tecniche e gli impianti di arginature del fiume Arno probabilmente già in uso nel periodo romano e connesse con la grande opera di centuriazione. La morfologia attuale della pianura induce a ipotizzare che almeno per il settore a nord del fiume i fossi di drenaggio potessero sfruttare il corso come collettore naturale. Nel settore a nord della città di Pisa i fossi di scolo paralleli ai decumani avrebbero potuto raggiungere direttamente la linea di costa o essere intercettati dall’antico corso dell’*Auser* che secondo le ricostruzioni paleogeografiche scorreva da nord a sud, verso la città di Pisa con un percorso a canali multipli. La complessa situazione paleoidrografica del settore compreso tra l’attuale fiume Serchio e la città di Pisa deve aver sicuramente condizionato le opere di sistemazione agraria connesse alla centuriazione, come è stato precedentemente evidenziato nell’area Scheibler dove le tracce fossili della centuriazione sono leggermente divergenti rispetto all’orientamento prevalente della centuriazione. Naturalmente alla rete di fossi di scolo che caratterizzavano la pianura di Pisa era affiancato un’ampia rete di strade principali e secondarie che collegava i differenti settori della pianura.

Lo studio delle caratteristiche litologiche e dell’evoluzione geostratigrafica conferma la natura aggradante della pianura di Pisa che da contesto paludoso caratterizzato da argille-limose ricche in componente organica si trasformò in ambiente di pianura alluvionale maggiormente soggetta al rischio inondazione e al ristagno delle acque superficiali e successivamente caratterizzata da terreni argillo-limosi e limo-sabbiosi ben drenati, ricchi di concrezioni calcaree e ossidi di Fe-Mn. In

1228. (Dall’Aglia 2009, 282)

1229. (Allinne *et al.* 2016)

particolare nella successione stratigrafica SC5-SC3-SC4 (**Figura 112**) è possibile osservare nella topografia attuale e nel passaggio tra la *facies* di pianura mal drenata a drenata il persistere di un leggero dislivello (0,08%) esistente tra il settore nord-orientale e sud-occidentale della pianura, che avrebbe dunque comportato un necessario intervento antropico per lo scolo delle acque superficiali e il drenaggio dei terreni seguendo la pendenza naturale: i cardini della centuriazione seguono di fatto un orientamento NE-SO. Le fonti letterarie ci informano sulla produzione agricola della pianura di Pisa, specializzata nella coltura dei cereali¹²³⁰, che generalmente “prediligono terreni di medio impasto, tendenti all’argilloso, che meglio conservano la risorsa idrica, situati in aree con piovosità media annua di 500-700 mm, con precipitazioni autunno-invernali abbondanti che garantiscono la semina autunnale dei cereali e diminuiscono i fattori di stress delle piante dovuti all’arrivo delle alte temperature e della siccità durante la primavera inoltrata, che potrebbero indurre problemi durante la granigione”¹²³¹.

Fatta eccezione per il caso del Paleorotina, che sembra essere riferibile ad un rivolo di origine artificiale che seguiva grossomodo l’orientamento dei decumani e la cui funzione era riconducibile alla raccolta delle acque superficiali e all’apertura e allo sfruttamento di una via d’acqua che collegasse il settore sud-orientale al settore centrale¹²³², i fossi scavati in concomitanza alla costruzione della centuriazione secondo le variazioni di pendenza del terreno naturale sembrano aver svolto la funzione di drenaggio delle acque superficiale. In un contesto di pianura inondabile prossima alla linea di riva, caratterizzata da un debole pendio, da un’abbondante piovosità durante tutto l’anno (800 – 900 mm/annui), da frequenti e disastrosi episodi esondativi dei principali fiumi, da una falda freatica affiorante molto spesso su strati poco permeabili, che favoriscono il ristagno superficiale, è lecito supporre che lo scopo principale dei fossi connessi alla centuriazione era quello di garantire lo smaltimento delle acque meteoriche e delle acque di falda, in particolar modo durante i periodi maggiormente piovosi, e facilitare la percolazione dell’acqua in profondità (abbassamento della falda freatica superficiale) al fine da evitare la stagnazione dei terreni.

Le indagini archeologiche svolte in prossimità di tracce riferibili alla centuriazione pisana ed il confronto con altri casi studio¹²³³ sembrano confermare le ipotesi inerenti la funzionalità degli assi centuriali in epoca romana.

Ad esempio gli scavi archeologici condotti nel contesto urbano in prossimità di tracce fossili della centuriazione individuate tramite la fotointerpretazione (tracce da vegetazione) hanno messo in luce opere di canalizzazione per il deflusso delle acque, connesse all’impianto centuriale. In particolare, nella cosiddetta “Area Scheibler”, le prime indagini risalenti agli anni 1983-1984 permisero di confermare la presenza di fossati risalenti alla prima età imperiale, riconosciuti in fotografia aerea da Marcello Cosci nel 1980¹²³⁴. Si trattava di fossi di grandi e piccole dimensioni (2,50 m e 0,80 m di larghezza) connessi ad un piano di calpestio limo-sabbioso, giallastro contenente uno strato di distruzione di un edificio e frammenti ceramici databili tra la metà del I secolo a.C. e la metà del I secolo d.C.. Le indagini archeologiche e i risultati della fotointerpretazione attestavano dunque la

1230. (Plinio, N.H. 18, 86 s.;18, 109)

1231. Meliffi, G., *Tecnica colturale dei cereali biologici*, consultato su <http://www.conmarchebio.it/wp-content/uploads/2014/10/BIOMARCHE-opuscolo-2.pdf>.

1232. (Cosci & Spataro 2008, 39–40)

1233. (Bottazzi & Labate 2008)

1234. (Bini et al. 2012a, 143–44)

presenza di opere idriche connesse alla bonifica di epoca romana attuata tramite l'impianto della centuriazione. Sempre in occasione di tali ricerche vennero inoltre rinvenuti i resti di un abitato capannicolo risalente alla fase etrusca arcaica della prima metà del VI secolo a.C. e probabilmente specializzato nella lavorazione del ferro¹²³⁵. L'area fu interessata da un successivo intervento archeologico svolto nel 1993 che diede esito al riconoscimento di un fosso con orientamento est-ovest e in connessione con un paleosuolo caratterizzato da terreno bruno giallastro compatto e argilloso con lenti bluastre, entrambi riferibili all'epoca romana e alla sistemazione centuriale. Il fosso era oblitterato da uno strato argilloso ricco di gasteropodi che ha restituito pochi frammenti ceramici databili tra il I secolo a.C. e il II secolo d.C., probabilmente riferibile alla presenza di acqua stagnante generatesi in seguito alle esondazione di un ramo del fiume *Auser* che scorreva nei pressi dell'area. L'area venne sfruttata almeno fino al II secolo d.C. come sembrano attestare i frammenti di ceramica sigillata africana rinvenuti sul piano di calpestio antico. Lo strato antropico di epoca romana era ricoperto dal piano di campagna di epoca moderna e contemporanea e da livellamenti contemporanei con materiale di riporto. L'area fu interessata da una prima occupazione di età villanoviana, come sembrano dimostrare i frammenti ceramici d'impasto di VIII secolo a.C., e successivamente dall'installazione di un abitato capannicolo si epoca etrusca occupato sino agli inizi del VI secolo a.C.¹²³⁶.

Infine nel corso del 2000-2001¹²³⁷ l'ex Soprintendenza dei Beni Archeologici della Toscana riprese le indagini nel settore dell'Area Scheibler in occasione dei lavori di costruzione della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa riportando in luce numerosi fossi visibili nelle fotografie aeree e nelle immagini satellitari (tracce fossili di colorazione scura) e rintracciati ad una profondità compresa tra 1 metro e 2 metri circa dal p.d.c.. I fossi, con orientamento prevalente NO-SE, erano caratterizzati da un "riempimento argilloso, molto plastico, con lenti verdastre, sottili filamenti vegetali, colonie di gasteropodi e materiali ceramici di epoca romana" ascrivibili ad un arco cronologico compreso tra III secolo a.C. e I secolo d.C., generalmente profondi meno di un metro. La tipologia del riempimento, le caratteristiche morfologiche e la cronologia dei reperti archeologici confermano la funzione svolta dai fossi per il drenaggio delle acque e la loro connessione con l'impianto della centuriazione.

Il confronto con altri indagini stratigrafiche condotte in prossimità di assi della centuriazione nel territorio della pianura modenese offrono un ulteriore termine di confronto per la ricostruzione dell'antico sistema idrico in particolare per il settore più interno della pianura dove al momento non sono state effettuate indagini approfondite in corrispondenza di tracce fossili o attive della centuriazione. Le ricerche archeologiche hanno infatti permesso il rinvenimento della massicciata stradale pertinente ad un cardine delimitata da due canalette. La via larga 5,4 metri era affiancata da due fossi larghi rispettivamente 2,4 e 2 metri e profondi 0,8 e 0,5 metri, per una larghezza

1235. (Bonamici 1989)

1236. L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 48-49, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.07, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

1237. L. La Rosa 2012, Schede di intervento n. 187-193-194-195-196, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. "Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002" a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003) consultata presso l'Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, sede di Pisa.

complessiva di 9,8 metri (circa 33 piedi romani)¹²³⁸. L'asse centuriale si conserva in superficie in un tratto di strada fiancheggiata da scoline o fossi per la raccolta delle acque in eccesso che conserva la stessa ampiezza dell'asse individuato in stratigrafia; mentre in altri settori la traccia scompare perché ricoperta da sedimenti. Non viene tuttavia chiarito il processo sedimentazione che caratterizzò la fase post-romana e le modalità di trasmissione dell'asse centuriale. Il medesimo aspetto e funzione è dunque ipotizzabile per gli assi centuriali costruiti nella pianura pisana.

Sempre nel settore urbano, in località La Figuretta le indagini di sottosuolo misero in evidenza altre forme di sfruttamento delle risorse idriche in particolare la presenza di un pozzo di forma circolare di 1 metro di diametro circa ad una profondità dal piano di campagna di -1,95 m dal piano di calpestio, identificato come il punto di raccolta delle acque superficiali. Mentre alla distanza di circa 18 metri venne rinvenuta una seconda struttura di forma pressoché quadrangolare, costruita in bozze di pietra sommariamente squadrate e legate tra loro da malta, interpretata come pozzo-cisterna. Sulla scorta di un piccolo frammento di sigillata tardo-italica entrambe le strutture vengono datate indicativamente al I-II secolo d.C.. Le evidenze erano obliterate da uno strato argilloso che ha restituito solamente due frammenti di ceramica acroma e sei frammenti di laterizi (giacitura secondaria), databili al I-II secolo d.C., ma che sulla base delle ricostruzioni stratigrafiche viene messo in relazione alle trasformazioni idro-geologiche dell'età alto o basso medievale. Al di sopra era uno strato di riporto contemporaneo, formatosi probabilmente in seguito alle indagini eseguite nel corso del 1987, dal quale furono recuperati alcuni cippi funerari e olle di età arcaica ed ellenistica 1991¹²³⁹.

Il potere centralizzato di epoca romana, così come sarà possibile osservare per l'epoca medievale nei paragrafi successivi, permise un'efficiente e adeguata gestione delle risorse idriche in particolare nel settore centrale della pianura di Pisa tra la città e il comune di Cascina dove le indagini stratigrafiche sembrano confermare lo sviluppo di un ambiente alluvionale ben drenato, verosimilmente dall'epoca etrusca sino ai giorni nostri, senza significative cesure.

Le ricerche archeologiche svolte prevalentemente nel contesto urbano confermano inoltre la capacità delle società preromane, in particolare di quella etrusca, di gestire e sfruttare le risorse idriche del territorio pisano, prima del sopraggiungere della romanizzazione che sicuramente comportò una maggiore antropizzazione del paesaggio pisano. Tale capacità traspare nelle ricerche condotte in prossimità del sito delle Melorie¹²⁴⁰ costruite nei pressi di un rivolo arginato probabilmente in epoca etrusca che veniva sfruttato per l'approvvigionamento idrico (produzione ceramica, agricoltura) e probabilmente come via di comunicazione. I dati archeologici confermano inoltre ulteriori casi di interventi idraulici e forme di regimazione idraulica risalenti al periodo etrusco¹²⁴¹. I saggi stratigrafici realizzati nel corso degli anni Ottanta nei pressi della località "La Figuretta" hanno messo in luce alla profondità di 1,6 metri dal p.d.c. la presenza di un allineamento di pietre e frammenti laterizi, di circa due metri di larghezza e lungo circa dieci metri, orientato SO – NE e con un ripido declivio verso Occidente. L'opera, interpretata come *aggere* di un probabile canale

1238. (Bottazzi & Labate 2008, 191–92)

1239. G.Gattiglia 2012, Scheda di intervento n. 261, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

1240. (Ciampoltrini *et al.* 2006; Pasquinucci *et al.* 2008)

1241. (Bonamici 1990, 115)

di bonifica fu messo in relazione con il probabile piano di calpestio di epoca romana su cui vennero rinvenuti frammenti di sigillata italica, e dunque alle opere di sistemazione agricola messa in atto con l'impianto della centuriazione. Tale ipotesi era inoltre confermata dalla presenza, a circa 100 metri di distanza dal saggio stratigrafico, dai resti di un edificio di epoca tardo-repubblicana¹²⁴². Tuttavia frammenti alle pietre ed ai laterizi che costituivano l'*aggere* furono rinvenuti numerosi frammenti ceramici databili tra il VI e il IV secolo a.C. (impasto con inclusi scistosi, bucheri, ceramiche figuline, ceramica grigia). Per tanto, come altri ricercatori hanno precedentemente ipotizzato, è probabile che l'opera idraulica risalga alla fase etrusca¹²⁴³, e sulla base dei rinvenimenti archeologici è ipotizzabile che essa venne ripresa nel corso dell'epoca romana in concomitanza con l'impianto della centuriazione.

IV.1.3. Il paesaggio altomedievale e medievale

I dati storico-archeologici confermano che anche per il territorio pisano la fine dell'Impero Romano segnò un periodo di cambiamenti e di cesure visibili nell'apparente declino del sistema portuale e nello sviluppo di aree paludose in seguito al probabile abbandono dei fossi di drenaggio e delle arginature dei fiumi.

“La fine della complessità” del mondo romano e “il processo di semplificazione” che si registra nei segni materiali di epoca altomedievale necessitano di un approccio in grado di percepire le sfumature di questa transizione, che si distingue per una forte variabilità e frammentazione, e che non si limiti dunque ai concetti di continuità e discontinuità tra Antichità e Altomedioevo. Ad esempio le ricerche archeologiche condotte nei contesti portuali marittimi, fluviali e lacustri, di epoca altomedievale attestano un generale mutamento nei materiali utilizzati, prevalentemente lignei, quindi più fragili e precari delle precedenti strutture di epoca antica, ed una riduzione della circolazione dei beni di consumo, come ad esempio le ceramiche, dovuto soprattutto ad un calo demografico¹²⁴⁴. Ma nonostante l'assenza di infrastrutture marittime di grande impegno economico e architettonico, come nell'Antichità, nel Mediterraneo tardo-antico e altomedievale continuavano a circolare gli uomini e le merci, e le società continuavano ad investire nella strutturazione e nell'organizzazione dei sistemi portuali come dimostrano ad esempio le indagini archeologiche svolte nel territorio di Comacchio¹²⁴⁵. Nel contesto della pianura di Pisa le indagini archeologiche e geoarcheologiche svolte nei complessi portuali “antichi” confermano una generale progradazione della linea di costa dall'epoca romana all'epoca medievale (pari a circa 3 km) che comportò il graduale abbandono delle strutture antiche. Le recenti indagini svolte nel *Portus Pisanus*, a nord-est dell'attuale città di Livorno, confermano che nel corso del Medioevo vi fu il progressivo

1242. A. Campus 2012, Scheda di intervento n. 246 e n. 830, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Maggiani A. 2013, Pisa, Loc. La Figuretta – Scavo d'emergenza, 1986 (Dataset), Pisa: MOD (doi:10.4456/MAPPA.2013.27). Dati rilasciati con licenza Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT), <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>.

1243. (Bonamici 1990, 115)

1244. (Gelichi 2008, 283–84)

1245. (Gelichi 2008, 302–13)

riempimento del bacino lagunare e dunque l'interramento del porto romano¹²⁴⁶. Il nuovo complesso portuale di epoca medievale, descritto nelle fonti storiche a partire dalla metà del XII secolo d.C., venne costruito nei pressi dell'attuale zona industriale di Livorno, ad ovest del precedente approdo; nella sua costruzione e nel suo mantenimento il Comune di Pisa investì molte risorse a causa del continuo insabbiamento provocato dalla progradazione della linea di costa che condurrà al suo definitivo abbandono nel corso del Trecento¹²⁴⁷. A nord del *Portus Pisanus* si situava l'approdo di S. Piero a Grado risalente al periodo etrusco e occupato anche nel corso dell'epoca romana¹²⁴⁸. Il sito sorto in prossimità della linea di costa e sulle rive di un ramo del fiume Arno, è ancora attestato nel corso del XII secolo come approdo secondario, utilizzato "per le imbarcazioni di non grande pescaggio"¹²⁴⁹; mentre le indagini archeologiche condotte nel contesto del sito delle Navi di Pisa S. Rossore in ambito urbano confermano il progressivo abbandono del sito nel corso VI secolo d.C..¹²⁵⁰. I materiali ceramici rinvenuti nei pressi dello scalo di Isola di Migliarino, sorto nei pressi della foce dell'antico corso del fiume *Auserculus*, oggi Serchio, attestano una frequentazione dell'area fino in epoca rinascimentale; alla luce dei rinvenimenti ceramici è tuttavia probabile che il sito venne utilizzato come scalo portuale principalmente nel corso dell'epoca romana¹²⁵¹.

Il rapido processo di progradazione della linea di costa, registrato dal II-I secolo a.C., comportò dunque il graduale interrimento e abbandono dei porti pisani di epoca romana. L'assenza di dati archeologici relativi alle strutture portuali, tuttavia, non consente di ricostruire in dettaglio la storia del sistema portuale pisano nella fase compresa tra VII e X secolo d.C. quando Pisa inizia ad affermarsi come potenza marittima. Ma secondo gli studiosi, vi sono elementi che consentono di ipotizzare che anche nel corso dei secoli altomedievali la città di Pisa poté contare su una serie di approdi costieri e fluviali di modeste condizioni, per cui più difficilmente identificabili, che consentirono la rapida ascesa della Repubblica Marinara avvenuta tra il X e il XII secolo d.C..¹²⁵². La conformazione della costa e del paesaggio pisano, caratterizzato da una articolata rete fluviale, che dunque favorisce la nascita di approdi marittimi e fluviali interconnessi e la presenza di ceramica di importazione negli strati altomedievali urbani potrebbero confermare una continuità delle attività mercantili e commerciali della città e dell'entroterra¹²⁵³, seppur con fasi di decrescita e periodi di maggiore sviluppo.

Le indagini stratigrafiche condotte nel settore più interno della pianura compreso tra Pisa e Cascina attestano lo sviluppo di un contesto di pianura drenata verosimilmente dall'epoca etrusco-romana fino ad oggi senza evidenti cesure dovute, ad esempio, allo sviluppo di aree acquitrinose connesse alla mancata manutenzione dei fossi di drenaggio. Questo dato potrebbe testimoniare che anche nel corso dei secoli altomedievali venne mantenuto un relativo controllo dei fossi di drenaggio connessi con l'impianto centuriale, probabilmente per iniziativa privata o delle comunità ecclesiastiche

1246. (Allinne *et al.* 2016, 329; Kaniewski *et al.* 2018)

1247. (Baldassari & Gattiglia 2009, 182)

1248. (Bruni 2001)

1249. (Baldassari & Gattiglia 2009, 182)

1250. (Camilli 2012, 15)

1251. (Menchelli & Vaggioli 1988)

1252. (Baldassari & Gattiglia 2009, 181–82)

1253. (Baldassari & Gattiglia 2009, 181–82)

locali (come ad esempio la Badia di San Savino), come avvenne nei contesti alluvionali della pianura emiliana occidentale o padana¹²⁵⁴.

Tuttavia in altri settori della pianura emerge il fragile equilibrio idrogeologico del contesto pisano probabilmente aggravato dalla mancata manutenzione delle opere idriche, che provocò lo sviluppo di aree paludose¹²⁵⁵.

Ad esempio nel settore orientale della pianura di Pisa, nell'area compresa tra Pontedera e Ponsacco, i risultati delle ricognizioni archeologiche di superficie e le fonti medievali attestano la presenza di un'area palustre, che verosimilmente si sarebbe sviluppata intorno al III secolo d.C. e che viene ricordata col nome di palude di Lavaiano. Le indagini archeologiche condotte dall'ex Dipartimento di Scienze Storiche del Mondo Antico dell'Università di Pisa hanno restituito 37 aree con concentrazioni di materiale ceramico e edile identificabili come abitati rurali o *villae rusticae* che si sarebbero sviluppati nel territorio pisano in seguito all'installazione della centuriazione. I siti connessi dunque alla colonia romana, vennero occupati in parte fino al III secolo d.C., mentre altri insediamenti risultarono attivi fino al V-VII secolo d.C.¹²⁵⁶. L'evoluzione del sistema insediativo del settore orientale sembra essere connessa allo sviluppo di un'area paludosa che in un primo momento interessò le aree a sud-ovest di Pontedera, intorno all'attuale località di Santa Lucia, e che in un momento successivo si estese a sud dell'attuale Strada Provinciale di Gello tra le località di Gello, Lavaiano e Le Melorie. Lo sviluppo della palude è inoltre attestato dai toponimi registrati nella documentazione medievale che ricordano la località di *Terra Valda* o Travalda, riferibile alla presenza di un'area boschiva: il villaggio era compreso nella pieve di Ducenta e localizzabile a sud di Pontedera. Vengono inoltre ricordati il monastero femminile di Santa Maria *in Selva* nella località di Badia situabile tra Fornacette e Gello di Pontedera, e ancora i toponimi *Pozzale* riferibile al settore sud-orientale dell'abitato di Fornacette e *Gello Putrido* o *Putrido* connesso al centro abitato di Gello. L'area palustre si estese probabilmente anche nei pressi di Ponsacco dove è ricordato il toponimo "mare" in relazione all'ospedale *S. Crucis de Ultramar*e situabile nei pressi dell'attuale cimitero comunale e ancora alla località di Appiano ricordata *ubi vocitatur ad mare*, alle dipendenze della pieve di Ducenta e localizzabile nei pressi di Ponsacco¹²⁵⁷.

L'instabilità idrogeologica che interessò il settore orientale della pianura potrebbe essersi sviluppata in seguito al progressivo abbandono delle opere di regimazione dei corsi fluviali che attraversavano l'area, o dei sistemi di drenaggio delle acque superficiali, causato dalla temporanea instabilità socio-politica e dalla crisi demografica che investì la zona di confine tra il territorio lucchese sotto il controllo dei Goti e dei Longobardi già nel corso del VI secolo d.C., e il territorio di Pisa che resistette all'assedio longobardo fin oltre il 603 d.C.¹²⁵⁸. La crisi degli insediamenti romani e lo sviluppo della palude, iniziati nel corso del III secolo d.C., potrebbe, allo stesso modo, essere connessa al delicato equilibrio idrologico che caratterizzava l'area sin dall'epoca etrusca, e che si aggravò nel corso della tarda antichità in seguito alle trasformazioni socio-politiche che interessarono la pianura di Pisa e in generale tutto l'Impero Romano d'Occidente.

1254. (Dall'Aglio & Franceschelli 2011, 27–29)

1255. (Baldassari & Gattiglia 2009, 183; Bini *et al.* 2013, 22)

1256. (Pasquinucci *et al.* 1997)

1257. (Pasquinucci *et al.* 1997)

1258. (Carratori *et al.* 1994, 206)

Come evidenziato in precedenti ricerche, infatti, le aree palustri delle regioni mediterranee si caratterizzano principalmente per la forza del determinismo idrogeologico che condiziona la loro formazione e la loro evoluzione¹²⁵⁹.

L'integrazione dell'indagine morfologica del parcellare agrario rileva infatti la presenza di una trama costituita da parcelle strette e allungate che sembra seguire un andamento curvilineo, difforme dal parcellare circostante, **Figura 113**.

La traccia visibile in fotografia aerea, che venne identificata nel corso di indagini passate come il probabile percorso del ramo meridionale del fiume Arno anteriore all'installazione della centuriazione¹²⁶⁰, potrebbe in realtà riferirsi alla zona di estensione della palude di Lavaiano formatasi tra il Tardo Antico e l'Alto Medioevo, quando l'area divenne terra di confine tra i territori della città di Pisa bizantina e di Lucca conquistata nel corso del VI secolo d.C. dai Goti e successivamente dai Longobardi. Tuttavia sono piuttosto esigue le notizie riguardanti i rapporti esistenti tra le due città e le loro sfere di influenza, in particolare tra il VI e il VII secolo d.C.. Se infatti è ormai noto che la presenza nel settore orientale delle pievi di Ducenta-Travaldia-Appiano, appartenuta nel corso del Medioevo alla diocesi di Lucca, sono il risultato dell'espansione longobarda di epoca altomedievale, le recenti scoperte archeologiche avvenute nei pressi della Scafa di Pontedera, in prossimità dell'attuale percorso del fiume Arno e dell'antica *via publica* che da Pisa giungeva a Firenze, attestano la presenza di una comunità altomedievale legata a Pisa e alle tradizioni "pagane", all'interno del distretto territoriale lucchese. Le indagini hanno infatti portato in luce una necropoli costituita da 10 sepolture ad inumazione "abbigliate" con oggetti di ornamento personale e suppellettili da mensa databili tra la fine del VI secolo e l'inizio del VII secolo d.C.¹²⁶¹.

Un'analisi preliminare dei dati di sottosuolo già esistenti sembrano attestare nel settore prossimo al sito delle Melorie e in corrispondenza della trama individuata tramite l'analisi morfologica del parcellare, la presenza di uno strato argilloso ricco in componente organica tra 0,8 e 1,4 metri di profondità dal p.d.c. riferibile allo sviluppo della *facies* palustre. Tuttavia il numero esiguo dei dati di sottosuolo al momento disponibili e l'assenza di una descrizione completa degli strati individuati tramite carotaggi o *penetration tests*, che molto spesso forniscono esclusivamente le informazioni litologiche, non consentono di confermare le caratteristiche e lo sviluppo della palude di Lavaiano, e necessitano per tanto di ulteriori approfondimenti.

Le indagini archeologiche svolte nel settore orientale della pianura confermano che lo sviluppo della palude non obliterò il livello romano che risulta pressoché affiorante, tuttavia la riorganizzazione e la bonifica dell'area impaludata comportò la cancellazione, seppur circoscritta, degli assi centuriali. In alcuni settori invece vi fu una "ripresa" degli assi centuriali, probabilmente rimasti parzialmente visibili anche in epoca altomedievale e medievale, attraverso la costruzione della nuova rete idrica e attraverso la costruzione dei nuovi centri civili ed ecclesiastici sorti all'incrocio o lungo i *limites*, come nel caso della centuria di Santa Lucia. È possibile inoltre notare, nel settore orientale della pianura, una prevalenza degli assi isoclini ai decumani della centuriazione, maggiormente trasmessi

1259. (Vidal 1983)

1260. (Cosci & Spataro 2008)

1261. (Ciampoltrini & Alberigi 2014)

nella morfologia attuale poiché funzionali allo scorrimento delle acque superficiali secondo la pendenza naturale del terreno e della falda freatica.

Anche le indagini condotte in ambito urbano attestano per il periodo altomedievale lo sviluppo di aree paludose che si contrapposero a zone maggiormente drenate. Il confronto tra dati archeologici, stratigrafici, documentari e altimetrici (modello digitale del terreno realizzato su base LIDAR) hanno permesso di ricostruire lo sviluppo di queste aree acquitrinose, a partire dal VI secolo d.C., i cui limiti rimangono tuttavia incerti a causa delle continue fluttuazioni annuali e interannuali¹²⁶². In particolare le aree palustri altomedievali si svilupparono nel settore settentrionale della città, a ridosso delle mura medievali, dove è attestato il passaggio di un ramo dell'*Auser*. Le indagini archeologiche condotte ad esempio in Via Marche confermano che la palude “provocò una parziale obliterazione della necropoli tardoantica”, e in via Galluppi dove le ricerche stratigrafiche “evidenziano che alla fine del IV secolo d.C. “una vasta area di necropoli venne coperta da uno strato sabbio argilloso” probabilmente relativo allo sviluppo di un ambiente palustre¹²⁶³. Sempre in ambito urbano la riva sinistra del fiume Arno era in particolare interessata dalla presenza di aree impaludate che perdurarono nel corso del Medioevo come testimonia il toponimo *Guassolongo* attestato nel 1067 ad indicare una lunga zona acquitrinosa che interessava il quartiere di Chinzica sino al Palazzo Scotto, e ancora ad Orticaria era attestata una palude dal 1134¹²⁶⁴.

Mentre, nel settore situato tra il fiume Serchio e la città di Pisa sono attestate la palude di Arena lungo la riva sinistra del fiume medesimo, attestata già in epoca longobarda, nel 730 e successivamente nel 1040 d.C.; la *palus Auseris*, la più estesa che dalla periferia nord della città di Pisa giungeva fino dalla foce del fiume Serchio e che viene menzionata nelle fonti antiche sin dal 964 d.C.; la *Silva Tumulis* situata a nord-ovest della città, dalla riva sinistra del Serchio morto identificabile con la fossa Salaria sino alla riva destra del fiume Arno e nei pressi della chiesa di San Rossore, situabile nei pressi di Cascine Nuove; e ancora alla foce del fiume Serchio, presso il Marmo, dove vengono segnalate delle aree soggette a divenire acquitrinose¹²⁶⁵.

L'area a sud della città di Pisa era interessata invece dal vasto Padule Maggiore o di *Tumulus*, che occupava l'area depressa del settore SO della pianura al confine con la linea di costa, e che sino al XIII secolo si estendeva dalla zona di Stagno alla chiesa San Piero a Grado, mentre nel XIV sino al Monastero Ognissanti attestato sin al 1406 nelle vicinanze dell'attuale chiesa extraurbana di San Giovanni al Gatano, sulla riva sinistra del fiume Arno¹²⁶⁶. Nel settore più interno della pianura sono inoltre ricordate le paludi medievali sviluppatesi ai piedi dei Monti Pisani tra Agnano e Asciano, ricordate nelle fonti dall'XI secolo d.C. e ancora visibile nella carta di Leonardo da Vinci del 1503¹²⁶⁷; e ancora lunghe le sponde del fiume Arno nei pressi di Ghezzano (1020), Colignola (1076); Campo (1023)¹²⁶⁸.

1262. (Bini *et al.* 2013, 22)

1263. (Gattiglia 2011, 36)

1264. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 419)

1265. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994; Gattiglia 2013, 38–40)

1266. (Gattiglia 2013, 40)

1267. *Carta dei dintorni di Pisa per i progetti di deviazione delle acque d'Arno*, Leonardo da Vinci 1503, Codice Madrid II.

1268. (Gattiglia 2013, 40)

Nel settore meridionale della pianura, sono attestate le paludi di Mortaiolo (1182) presso il quale è attestata la presenza di un *guarigango* o terreno di proprietà pubblica adibito a pascolo; la palude di Moiano ricordata presso Grecciano nel 1166; la “palude de Santo”(1238) nei confini di Valtriano e la palude di “Meletro” attestata nel 1286 nei pressi di Lavoria¹²⁶⁹. Lo sviluppo delle zone acquitrinose potrebbe essere connesso al ristagno delle acque dei torrenti che scorrevano dalle Colline Pisane e Livornesi nei terreni bassi e impermeabili del settore meridionale. Anche in prossimità del percorso medievale del fiume Arno sono attestate inoltre “depressioni filiformi o a solco” denominate “Lame” ed attestate nei pressi di Pozzale nel 1265, a S. Frediano a Settimo nel 1116; presso S. Casciano, nel 1054; a Casciavola nel 1182; nella località di Cerasiolo attualmente localizzabile nei pressi di Pierdicino (1167), a Grumulo (Riglione) nel 1179 e ad Orticaia nel 1204¹²⁷⁰.

L'importante ruolo economico svolto dalle paludi è testimoniato dalle numerose attività che in esse venivano praticate nel corso del Medioevo quali la caccia, la pesca, la raccolta della paglia, e soprattutto il pascolo, attività perpetuate nel corso delle epoche successive. Le aree destinate all'allevamento che si estendevano ai margini delle zone acquitrinose erano di proprietà pubblica e menzionate nei documenti medievali con l'appellativo di *guariganghi* in vari settori della pianura, a nord dell'abitato urbano o presso la zona di Le Rene¹²⁷¹.

Lo sviluppo delle zone paludose precedentemente descritte provocò la parziale cancellazione della struttura centuriale anche nei settori ai piedi dei Monti Pisani e del settore compreso tra la città di Pisa e l'attuale corso del fiume Serchio, caratterizzato da una forte instabilità idrografica, e dove sono ancor oggi visibili labili tracce della centuriazione. Più incerta è invece la ricostruzione dell'evoluzione della griglia centuriale nei settori più meridionali della pianura, ai piedi delle Colline Pisane e Livornesi dove le indagini morfologiche e archeologiche non hanno rilevato alcuna traccia o struttura abitativa riferibile all'impianto centuriale. Le caratteristiche dei suoli e la confluenza dei torrenti collinari potrebbero aver condizionato la scelta degli agrimensori di riservare il suddetto settore che non venne dunque *diviso et adsignato*.

Lo scenario paleoidrografico di epoca altomedievale e medievale risulta alquanto articolato. I risultati delle indagini stratigrafiche svolte sino a questo momento sembrano attestare per il settore compreso tra Pisa e Cascina una relativa stabilità del percorso del fiume Arno all'interno della cosiddetta “area di maggiore attività del fiume”. Il confronto tra i dati di sottosuolo e storico-archeologici hanno infatti permesso di ricostruire la progressiva migrazione di alcuni meandri (l'ansa di Riglione) verosimilmente dall'epoca etrusco-romana fino al raggiungimento della loro conformazione attuale attestata nella cartografia cinquecentesca di Leonardo da Vinci¹²⁷².

Anche le ricerche stratigrafiche condotte per il settore urbano nell'ambito del progetto Mappa hanno rilevato una conformazione idrografica che rimase relativamente stabile dall'epoca altomedievale sino al Medioevo. Superato l'abitato urbano all'interno del suo alveo attuale il

1269. (Redi 1984, 23)

1270. (Redi 1984, 26)

1271. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 416)

1272. *Carta dei dintorni di Pisa per i progetti di deviazione delle acque d'Arno*, Leonardo da Vinci 1503, Codice Madrid II.

fiume Arno disegnava tre ampi nei pressi di Barbaricina, della Vettola e di S. Rossore o delle Cascine Nuove¹²⁷³ che vennero tagliati nel corso del basso Medioevo e dell'Ottocento (**Figura 66**; **Figura 67**). L'analisi stratigrafica condotta nell'ambito del progetto di dottorato ha confermato, per il contesto urbano, la progressiva migrazione dell'alveo da sud verso nord sin dall'età del Ferro (**Figura 106**). I risultati dell'indagine stratigrafica, che confermano il passaggio dell'ansa romana nei pressi dell'attuale Via San Martino e la sua progressiva migrazione verso nord, trovano riscontro nell'attestazione del toponimo germanico *Chinzica*, riferito appunto ad un antico ramo del fiume Arno che all'arrivo dei Longobardi era ancora visibile nel settore a sud dell'attuale percorso fluviale¹²⁷⁴.

La documentazione conferma inoltre che in epoca medievale il corso fluviale era parzialmente arginato¹²⁷⁵. Nei pressi di S. Casciano e di Zambra compare nel 1215 il toponimo *aldio* riferito ad un argine fluviale; mentre nei pressi di Campo, Mezzana, Musigliano, Ripoli e in prossimità della pieve di S. Lorenzo venivano edificati degli argini per contrastare la forza erosiva del fiume. La presenza di "agger" è inoltre attestata nei pressi di Riglione, Fasciano, Cisanello, Putignano e Orticaia e nei pressi dell'attuale chiesa di S. Michele degli Scalzi (1322) e di S. Iacopo di Orticaia in prosecuzione di quello di S. Pietro di Cisanello¹²⁷⁶. La toponomastica di origine medievale sembra dunque confermare che il corso del fiume Arno di epoca medievale non era molto dissimile da quello attuale, interessando principalmente l'"area di maggiore attività del fiume".

Il settore settentrionale della pianura era interessato dal passaggio di un ramo del fiume *Auser* che scorreva in prossimità delle mura medievali biforcandosi, almeno in epoca altomedievale, nei pressi di Piazza dei Miracoli; dal passaggio dell'*Auserculus*, oggi corrispondente grossomodo al corso del fiume Serchio e verosimilmente del *Tubra*, un probabile ramo del fiume *Auser*¹²⁷⁷.

Il settore orientale della pianura di Pisa caratterizzato da una maggiore instabilità idrogeologica fu invece interessato da significativi interventi antropici che modificarono l'aspetto del paesaggio agrario. Ad esempio, il percorso del fiume Cascina, che sfociava in Arno in località Ottavo almeno fino al 1179¹²⁷⁸, ma il cui antico percorso non è stato ancora identificato con certezza, venne deviato nel fiume Era. Le fonti medievali attestano che nel corso del 987 parte del percorso fluviale era canalizzato, come dimostra il riferimento alla *Fossa o Rivus qui dicitur Cassina* o della *Docaria di Cascina* attestata nelle fonti medievali¹²⁷⁹.

IV.1.3.1. **La gestione delle risorse idriche nelle fonti storiche dell'XI-XIV secolo**

La nascita della Repubblica di Pisa determinò l'instaurazione di un rinnovato potere centralizzato capace di assumere il controllo delle campagne ed in particolare della gestione delle risorse idriche. I documenti d'archivio relativi all'amministrazione del Comune di Pisa, testimoniano la costruzione

1273. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 413)

1274. (Gattiglia 2013)

1275. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991)

1276. (Redi 1984, 18–19)

1277. (Bini *et al.* 2013, 21–25)

1278. ASP, Dipl. Primaziale, Pellegrini, n. 3. Tratto da Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 414.

1279. (Redi 1984, 20–21)

di un sistema idrico capace di drenare le acque superficiali della pianura e di colmare le paludi esistenti. I fossi e canali ricordati con i termini di *nugolaio* (ovvero adatto alla navigazione), *fossa*, *foveam*, *dogaia*, sono citati nel *Breve Pisani* del 1287, gli elenchi annuali degli interventi previsti nel corso della magistratura dei consoli del Comune di Pisa, nonché nei documenti amministrativi degli enti ecclesiastici.

Il sistema idrico era costituito da una serie di fossi quali il fosso Caligio oggi Fosso del Caligi, attestato nel *Breve Pisani* del 1287¹²⁸⁰, probabilmente di origine molto più antica, forse longobarda, poiché il suo nome di origine germanica significa appunto “fosso”, che dall’Arno giungeva fino a Stagno; il fosso di Oratoio costruito in epoca medievale¹²⁸¹; la Nugolaia (o fosso navigabile) di Mezzo oggi identificabile con la Fossa Ceria o Fosso degli Stecchi¹²⁸², che scendeva da Visignano e Oratoio sino a Vicarello e attestata sin dal 1265¹²⁸³; il Fosso di Titignano, ricordato nelle fonti storiche del XII secolo e proveniente da Musigliano¹²⁸⁴; il Fosso della Mariana o di San Lorenzo alle Corti anch’esso risalente all’epoca medievale¹²⁸⁵; il Nugolaio o Fosso di Navacchio, detto anche *Dogaria* e ricordato nel 1205¹²⁸⁶, il fosso o *docaia* di San Lorenzo anch’essa probabilmente risalente all’epoca medievale¹²⁸⁷ e ancora attestato nel catasto storico ottocentesco (**Figura 62**). Tra i fossi isoclini agli assi della centuriazione vi è inoltre la fossa di Santa Maria non menzionata nel *Breve* del 1287¹²⁸⁸ che tuttavia ricorda l’esistenza di una via *dicte Sancte Marie*, che probabilmente affiancava l’omonimo canale di scolo, **Figura 61**.

Vi erano inoltre il Fosso Torale iniziato nel 1158 come ricordano gli *Annales Pisani*¹²⁸⁹ e ancora in corso di scavo nel 1162¹²⁹⁰ che secondo alcuni studiosi con un andamento NE-SO confluiva nel Caligi ma non più attestabile; il Fosso Vecchio, detto anche Fosso di Rinonico o Fosso della Guerra, poiché scavato in occasione della guerra con la lega Guelfa nel 1275-1276 che da Rinonico (nei pressi di Fornacette) giungeva a Ospedaletto (a sud-est del centro urbano di Pisa)¹²⁹¹.

Come è stato già sottolineato in precedenti pubblicazioni¹²⁹² ed evidenziato nel corso delle analisi morfologiche, numerosi fossi di tale sistema seguono l’orientamento e l’allineamento dei cardini della centuriazione pisana. In particolare per il settore compreso tra Pisa e Cascina è possibile riconoscere come i fossi Caligi, di Oratoio, di Titignano, della Mariana, di San Lorenzo e di Santa Maria trasmettono gli antichi assi centuriali (**Figura 61**). Esistono poi una serie di fossi che seppur con lievi divergenze trasmettono l’orientamento centuriale come nel caso della fossa Vicinaia attestata nel 1086 e convergente verso l’antico ramo del fiume *Auser* che attraversava il settore

1280. In (Bonaini 1854, 478, 496). Fonte (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420).

1281. (Dall’Antonia & Mazzanti 2001, 33-34)

1282. (Dall’Antonia & Mazzanti 2001, 34)

1283. (Redi 1984, 34)

1284. (Redi 1984, 34)

1285. (Dall’Antonia & Mazzanti 2001, 34)

1286. In ASP, Diplomatico di S.Paolo all’Orto, n 27. Fonte (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420; Dall’Antonia & Mazzanti 2001, 34).

1287. (Dall’Antonia & Mazzanti 2001, 34)

1288. (Ghignoli 1998, 371)

1289. In *Annales Pisani*, 18. Fonte:(Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420).

1290. In *Breve Consolare* del 1162 (Bonaini 1854, 14). Fonte (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420).

1291. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 421)

1292. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420–21; Dall’Antonia & Mazzanti 2001, 34; Pasquinucci & Menchelli 2012a, 191)

a nord di Pisa¹²⁹³, e un tratto della Fossa Nuova attestata sin dal 1134 nel Regesto della Chiesa Pisana¹²⁹⁴; (**Figura 61**).

Il lavoro di identificazione dei fossi indicati nelle fonti medievali ed ancora oggi esistenti presenta molteplici difficoltà legate principalmente alla trasformazione della rete idrica avvenuta nel corso dei secoli (variazione nel percorso, nella denominazione). Tuttavia il riferimento alle località di epoca medievale ancora oggi esistenti e il riscontro nella cartografia settecentesca e ottocentesca che attesta la presenza dei fossi con la medesima nomenclatura, conferma il mantenimento di alcuni dei fossi di drenaggio dall'epoca medievale sino ai giorni nostri.

Anche le fosse *docariae* anonime, attestate in riva sinistra dell'Arno, sono riconducibili secondo alcuni studiosi, alle opere di canalizzazione connesse con l'impianto centuriale che vennero riscavate nel corso dei secoli a partire dall'epoca medievale¹²⁹⁵. L'esistenza del toponimo *dogaiia* in corrispondenza del fosso di San Lorenzo attestato nel Catasto Leopoldino (**Figura 62**), così come la presenza del toponimo *Dogaia* in prossimità del fosso della Mariana nel catasto attuale conferma l'utilizzo del termine come sinonimo dei fossi o *foveae* della rete idrica, ed in particolare dei canali di scolo isoclini alla centuriazione, nella lunga durata.

La rete di fossi di drenaggio della pianura di Pisa era prevalentemente sconnessa dai fiumi principali dell'Arno e del Serchio, già in parte arginati, ma convogliava il complesso reticolo di acque superficiali direttamente nelle zone paludose di Coltano e Stagno.

Nei *Brevia* consolari¹²⁹⁶ del 1162 e del 1164 è inoltre attestata la costruzione del *carisium*, un canale largo tre pertiche (circa 9 metri), navigabile dall'Arno a Stagno, che consentiva il trasporto delle merci dal Pisa al Porto Pisano e viceversa dal 1162 d.C. Probabilmente il canale non venne mai ultimato comportando alla prima metà del Duecento la nomina di una commissione per la costruzione di un nuovo canale navigabile dalla Vettola a Stagno¹²⁹⁷.

Nel contado pisano, coinvolto dunque in una generale ripresa delle condizioni idrologiche favorevoli all'insediamento, si sviluppò, grazie all'intervento comunale, la proprietà privata e un'agricoltura intensiva caratterizzata da una forte parcellizzazione del paesaggio agrario.

IV.1.4. I grandi interventi idraulici dalla conquista fiorentina ai primi decenni del XX secolo

L'indagine interdisciplinare descritta nei paragrafi precedenti ha dunque permesso di apportare nuovi elementi alla conoscenza del sistema idrografico e idrico di epoca etrusco-romana e medievale, per giungere infine all'epoca moderna, periodo al quale risale la carta di Leonardo da Vinci del 1503¹²⁹⁸ quando i corsi dei fiumi Arno e Serchio (nel suo tratto "pisano") assunsero grossomodo la loro conformazione attuale.

1293. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 419)

1294. (Caturegli 1938, n.331. Tratto da Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420)

1295. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420)

1296. (Bonaini 1854, 14, 37). Fonte: (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 421)

1297. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 421)

1298. *Carta dei dintorni di Pisa per i progetti di deviazione delle acque d'Arno*, Leonardo da Vinci 1503, Codice Madrid II.

La fine del Trecento e la conquista fiorentina nel 1406 segnò una nuova fase nella storia della pianura di Pisa. La guerra tra le due città, che aveva caratterizzato la seconda metà del Trecento, e l'arrivo dei Fiorentini ebbero un impatto negativo sull'economia pisana e sul paesaggio agrario. “Molte famiglie che svolgevano attività economiche di rilievo emigrarono e parte delle aziende commerciali esistenti scomparvero o subirono drastiche riduzioni”¹²⁹⁹, mentre la crisi socio-politica ed economica ed il conseguente abbandono delle opere di regimazione delle risorse idriche comportò una nuova fase di dissesto idrogeologico¹³⁰⁰ visibile nella carta di Leonardo da Vinci del 1503, grazie alla quale è possibile ricostruire la presenza e l'estensione delle aree paludose. Per fronteggiare tale crisi i Medici diedero un forte impulso alla realizzazione di interventi idraulici attraverso l'istituzione dell'*Opera della Riparazione del contado e della città di Pisa* (poi *Ufficio dei Fossi*), un organo fondato da Lorenzo De' Medici nel 1475, e preposto al risanamento idrogeologico della pianura di Pisa e dunque al mantenimento e allo sviluppo del sistema di fossi e di canali per il drenaggio delle acque superficiali¹³⁰¹. La rete idrica costruita in epoca medievale, ripresa dai Medici e mantenuta dalle epoche successive, è visibile nella cartografia storica del XVII secolo (**Figura 78**) che mostra infatti un sistema di fossi di scolo e canali complesso e articolato la cui costruzione e manutenzione era affidata alle magistrature statali; accanto ad esso si sviluppò nel corso dei secoli una rete idrica minore (scoline) collegata alla prima e creata e mantenuta dal lavoro dei contadini. Il reticolo idrico veniva utilizzato non soltanto per la bonifica e la “riparazione” della pianura, ma anche come rete di comunicazione. Sin dal Medioevo e ancora nel corso del XX secolo, infatti, alcuni fossi o canali venivano utilizzati per la navigazione e il trasporto delle merci (paglia o legna) come nel caso del Fiume Morto, nel settore settentrionale della pianura, ritratto nella foto storica dell'Archivio dell'Ufficio Fiumi e Fossi del 1920-1930 (**Figura 114**).

L'efficacia di tale sistema è inoltre attestata nelle relazioni redatte da Vincenzo Viviani e Cornelio Meyer nel corso del XVII secolo sullo stato delle campagne pisane, le quali confermano che i fossi, prevalentemente sconnessi dai fiumi Arno e Serchio come avveniva in epoca medievale, garantivano il drenaggio della pianura. Tuttavia il problema delle esondazioni del fiume Arno continuava a gravare sulle campagne e sull'abitato urbano di Pisa¹³⁰². Il fattore principale dell'instabilità del fiume, ribadito nel documento del 1701 redatto dall'erudito Perelli su incarico del Granduca di Toscana¹³⁰³, era relativo al progressivo innalzamento dell'alveo fluviale per il costante e rilevante apporto sedimentario causato dalla natura delle formazioni del bacino idrografico soggette ad una forte erosione, e dagli interventi antropici a scala di bacino (disboscamenti, attività agricole). Per facilitare lo scorrimento delle acque del fiume Arno vennero realizzati, sin dall'epoca medievale e perpetuati nel corso dell'epoca moderna e contemporanea, una serie di tagli dei meandri della Vettola (1338) e di San Rossore (1340), nei pressi di Bièntina e Vicopisano (1563-1564) e di

1299. (Pult Quaglia 1994)

1300. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 416)

1301. (Della Pina *et al.* 1986, 261)

1302. (Nesti 2008, 49–69)

1303. (Nesti 2008, 83–136)

Barbaricina (1771-1774)¹³⁰⁴; nonché il raddrizzamento della foce del fiume nel 1606¹³⁰⁵. Alle continue opere di arginatura operate sin dall'epoca medievale, vennero inoltre affiancate importanti opere di canalizzazione e di controllo del fiume Arno allo scopo di contrastare gli effetti delle piene rovinose sulla città e sulle campagne. Nel 1558 venne costruito il Trabocco di Putignano che attraverso il Fosso delle Bocchette garantiva l'evacuazione delle acque fluviali nel palude Maggiore di Coltano a difesa della città di Pisa; mentre nel 1568 venne realizzato il Trabocco di Fornacette che attraverso il canale dell'Arnaccio convogliava le acque verso la palude di Stagno per la difesa della campagna pisana dalle esondazioni fluviali¹³⁰⁶. Tuttavia fu soltanto grazie all'imponente opera di regimazione del corso fluviale realizzata nel corso del XIX secolo e la costruzione dello Scolmatore dell'Arno che venne notevolmente ridotto e controllato il problema delle esondazioni fluviali.

La fragilità degli equilibri idrogeologici del contesto pisano può giustificare il carattere lento e tardivo dell'opera di risanamento dei contesti paludosi che iniziò in epoca medievale ma che si concluse con la bonifica e il prosciugamento di tutte le aree acquitrinose soltanto nel corso del XX secolo.

La palude di Coltano, ad esempio, divenuta nel corso del XVI secolo proprietà della famiglia dei Medici col nome di "Tenuta di Coltano" e utilizzata, con i suoi boschi e le sue paludi, per molteplici attività economiche, riceveva le acque dei fossi di drenaggio (come ad esempio la fossa Nuova, il Fosso Vecchio, il fosso Zannone visibili nella carta cinquecentesca di Leonardo da Vinci) e veniva dunque progressivamente colmata. Nel corso del XVIII secolo le paludi di Coltano e di Stagno, divenute proprietà della Cancelleria di Pisa e di Vicopisano del Granducato dei Lorena, come d'altronde la città di Pisa e il Valdarno Inferiore, erano in parte colmate e utilizzate prevalentemente per il pascolo. Esse vennero definitivamente prosciugate soltanto negli anni venti del XX secolo (1922-1931). È ben documentato lo sfruttamento di tali zone per la produzione di legname e di carbone, per la caccia e l'allevamento di bestiame, per la pesca¹³⁰⁷.

La cartografia settecentesca e ottocentesca mostra inoltre il parziale prosciugamento delle aree paludose situate nei settori ai piedi dei Monti Pisani o a nord della città di Pisa, iniziato sin dal XVI secolo in seguito al ripristino e all'ampliamento della rete idrica (**Figura 78; Figura 80**).

Alle trasformazioni della rete idrografica e idrica si affiancò lo sviluppo di un nuovo sistema economico e insediativo della pianura di Pisa. Il contado pisano rimase estraneo al sistema mezzadrile sino alla fine del Quattrocento, quando in seguito alla conquista fiorentina venne progressivamente introdotto dai Medici e perpetuato nei secoli successivi¹³⁰⁸.

Nel Cinquecento poderi e mezzadrie divennero le nuove forme di occupazione della campagna pisana e del movimento di riconquista delle terre da strappare all'incolto, alla selva, come dimostra la presenza sempre più fitta dei seminativi degli alberi di vite, di olivo, di alberi da frutto; mentre

1304. (Federici & Mazzanti 1989, 602)

1305. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 414)

1306. *Ibid.*

1307. (Della Pina *et al.* 1986, 261–280; Menchelli 1984, 268–270)

1308. (Luzzati 1979; Biagioli 1988)

in alta collina e in montagna si sviluppò la coltura del castagno (albero del pane). La fase della tarda età moderna (XVIII-XIX) fu caratterizzata da una forte crescita demografica, dallo sviluppo delle fattorie, nuovi centri produttivi che affiancavano le case poderali e le case coloniche¹³⁰⁹, e da un'agricoltura sostenibile che verrà finalmente sostituita dall'avvento dell'agricoltura industriale nel corso del XX secolo.

IV.1.5. L'uomo e l'acqua: risorsa e instabilità

La forte instabilità idrogeologica della pianura di Pisa, causata da molteplici fattori precedentemente esposti, spinse le società passate e presenti che occuparono la pianura, a continui e articolati interventi idraulici, fino alla costruzione dell'attuale *Sistema di Bonifica della Pianura*¹³¹⁰. La frequenza e la forza degli eventi alluvionali, descritti nelle fonti storiche come “notevoli”, “paurose”¹³¹¹ non rappresentarono un ostacolo all'occupazione del territorio, ma piuttosto un impulso all'ingegnosità e all'operosità umana. La posizione privilegiata all'incrocio di vie d'acqua e di terra, le variabilità delle risorse naturali disponibili, la fertilità del suolo, sono i principali fattori che spinsero gli uomini, sin dalla Preistoria, ad occupare un territorio così mutevole e per certi aspetti inospitale. La distribuzione e la fruibilità delle risorse idriche ha da sempre riguardato le società umane e “l'acqua, nelle sue diverse funzionalità, ha costituito un referente importante”, talora con una valutazione negativa connessa alla sovrabbondanza, talora con una valutazione positiva come strumento di manipolazione utile per l'uomo”¹³¹². La forte disponibilità idrica è un carattere distintivo della pianura di Pisa che, anche in questo caso, ha rappresentato un'instimabile risorsa quanto un considerevole rischio. L'abbondanza di acqua è principalmente legata alla presenza di un reticolo idrografico articolato, costituito da fiumi principali (Arno e Serchio) e secondari (Era, Cascina) che attraversano la pianura, e dai torrenti che affluiscono dai Monti e dalle Colline Pisane (Zambra, Crespina, Tora, Isola, Ombrone) e che oggi si gettano nel fiume Arno o in mare attraverso una rete di fossi e canali. Le intense e abbondanti precipitazioni che caratterizzano la pianura (800-900 mm/annui) favoriscono il regime torrentizio dei fiumi che sono dunque soggetti a esondazioni e magre stagionali¹³¹³; in particolare del fiume Arno, il quale riceve nel suo tratto terminale le acque di tutto il bacino idrografico, aggravando il rischio alluvioni e dunque l'instabilità del corso fluviale.

A tali fattori si aggiunge la scarsa pendenza dei terreni, le proprietà dei suoli particolarmente impermeabili nel settore meridionale e costiero, e la presenza di una falda acquifera superficiale affiorante che dunque facilitano il ristagno delle acque superficiali. Tale fenomeno si aggrava nel settore meridionale della pianura antistante la fascia costiera dove la presenza di aree maggiormente

1309. (Pult Quaglia 1994)

1310. (Comune di Pisa - Direzione Ambiente 1997)

1311. (Fiaschi 1938; Natoni 1944)

1312. (Cracco Ruggini 2008, 95-97)

1313. Il regime torrentizio del fiume Arno è imputabile alla natura dei terreni del bacino idrografico prevalentemente impermeabili (costituite da argille, marne, scisti argillosi, calcari marmosi e arenarie compatte; la parte permeabile del bacino non supera il 5% dell'intera superficie) e alla morfologia del bacino stesso prevalentemente declive (6800 kmq/ 9116 kmq totali del bacino costituiscono aree prevalentemente collinari), Autorità di Bacino del Fiume Arno (http://www.adbArno.it/adb/?page_id=833).

deprese e impermeabili, con una falda freatica superficiale esposta provocano lo sviluppo di contesti paludosi (zona di Coltano e di Stagno).

Le indagini storico-archeologiche e geostratigrafiche hanno dimostrato il ruolo svolto dall'acqua nella formazione e nell'evoluzione del paesaggio pisano così come nelle società del passato (insediamenti, sistemi idrici, rete viaria) che sin dall'Età del Bronzo hanno tentato di controllare, regimare, sfruttare, trasformare tale risorsa.

Il rapporto esistente tra le variazioni idrografiche e la gestione delle risorse idriche ha caratterizzato l'evoluzione della pianura di Pisa in tutte le sue fasi storiche. L'integrazione dei dati storici, documentari, archeologici, stratigrafici nonché delle recenti indagini di sottosuolo ha consentito da un lato di ricostruire lo scenario paleoidrografico e paleoambientale del contesto pisano per sua natura mutevole, dall'altro di comprendere in che modo le società del passato hanno fronteggiato tale instabilità.

La prima forma di gestione e sfruttamento delle risorse idriche, fino ad ora documentata, risale all'età del Bronzo nell'ambito del sito di Isola di Coltano specializzato nella produzione del sale, che nonostante le ripetute inondazioni della vicina laguna venne rioccupato in più fasi¹³¹⁴. L'abitato di Pisa le cui prime occupazioni risalirebbe all'Eneolitico-prima età del Bronzo¹³¹⁵ sorse all'incrocio di due fiumi, l'Arno e l'*Auser*, antico corso del Serchio. Le indagini condotte in ambito urbano hanno dimostrato come nonostante le ripetute esondazioni fluviali gravassero sulla stabilità idrogeologia dell'insediamento, la città si sviluppò a partire dall'epoca etrusca principalmente attorno ai rami del fiume *Auser* nel settore settentrionale e successivamente nei dintorni del fiume Arno nel settore meridionale, prediligendo le aree topograficamente più elevate¹³¹⁶. Tuttavia i numerosi rinvenimenti ceramici di VII-V secolo a.C. attestano che anche le zone "paludose" erano intensamente frequentate¹³¹⁷. Sempre in contesto urbano, le ricerche effettuate nell'ambito del Cantiere delle Navi di Pisa S. Rossore confermano il continuo utilizzo dell'approdo urbano sorto probabilmente su un ramo del fiume *Auser*, dal VI/V secolo a.C. al VI secolo d.C., nonostante gli effetti disastrosi delle continue esondazioni fluviali¹³¹⁸.

A partire dal I secolo d.C. la maggior parte delle zone paludose attestate in fase etrusca scomparvero, molto probabilmente in seguito agli interventi adoperati già nel corso del tardo I secolo a.C. con la fondazione della colonia *Opsequens Iulia Pisana* che comportò la completa riorganizzazione dell'assetto urbano e anche dell'intero territorio pisano¹³¹⁹. Anche la società romana dovette fronteggiare l'annoso problema delle esondazioni fluviali, come è testimoniato nel contesto del Cantiere delle Navi Antiche di Pisa S. Rossore.

La questione relativa alla gestione dei rischi ambientali (inondazioni) nelle città romane è stata ad esempio affrontata nello studio dei contesti urbani della bassa valle del Rodano dimostrando come le società del passato si espongono al rischio delle inondazioni, con continuità, in cambio

1314. (Pasquinucci *et al.* 2001; Pasquinucci & Menchelli 2002)

1315. (Bruni 2003)

1316. (Bini *et al.* 2013; 2015)

1317. (Bini *et al.* 2013, 18–21; 2015, 204–8)

1318. (Camilli 2012)

1319. (Bini *et al.* 2015, 208–9)

dei benefici di natura economica, politica o militare dovuti alla vicinanza del corso fluviale. Il potere pubblico e l'iniziativa privata si coalizzano per fronteggiare il rischio alluvioni mettendo in pratica una serie di accorgimenti tecnici adeguati (dispositivi di protezione, manutenzione dei canali di scolo, controllo del flusso idrico, fondazioni adatte ai terreni umidi). Questo esempio, come altri casi studio, conducono ad una riflessione sulla "dimensione storica" del clima, le cui variazioni (peggioramento o miglioramento) vengono percepite dalle società del passato, dunque a breve termine, sugli effetti indotti al contesto ambientale e alle risorse naturali potenzialmente sfruttabili. La ricerca, attraverso la ricostruzione delle soluzioni e dei comportamenti adottati per fronteggiare possibili trasformazioni ambientali, permette di dimostrare come l'impatto del rischio sullo sviluppo degli insediamenti sia direttamente proporzionale alla capacità di resilienza delle società del passato¹³²⁰.

Tale riflessione è certamente coerente al contesto della città e della pianura di Pisa, dove le società antiche, in questo caso quella romana, trassero numerosi benefici dalla vicinanza delle vie fluviali e della costa, ma dovettero adoperarsi per fronteggiare il rischio delle esondazioni fluviali e del ristagno delle acque superficiali attraverso la costruzione di argini, di cui purtroppo non sono stati rinvenuti i resti, del sistema centuriale, prima opera di sistemazione idraulica realizzata su vasta scala, di inalveamenti come nel caso del Paleorotina. Le tecniche idrauliche degli antichi romani sono inoltre attestate nella costruzione dell'acquedotto di Caldaccoli, realizzato nell'ultimo quarto del I secolo d.C., che dalle falde sud-occidentali dei Monti Pisani conduceva le acque sino all'abitato urbano, dove un *castellum aquarum* le redistribuiva per l'uso privato e pubblico come nel caso delle cosiddette "Terme di Nerone"¹³²¹.

Per la società medievale e in generale per tutte le società pre-industriali l'acqua ha rappresentato una risorsa essenziale per l'agricoltura, per l'uso domestico, per la rete idrica pubblica (pozzi, località termali, "stufe") ma anche per i processi produttivi come la macinazione del grano e dell'olivo, la lavorazione della lana, la concia delle pelli e del cuoio, la coloritura della stoffa, la lavorazione del metallo e dell'argilla, la macellazione, influenzando l'ubicazione degli insediamenti. L'acqua assunse inoltre un valore simbolico, in particolare per le società tardo-antiche e altomedievali, legato alla liturgia del battesimo, influenzando la localizzazione delle chiese matrici e delle pievi in prossimità delle risorse idriche (fiumi, torrenti). Le forme di approvvigionamento idrico impiegate nella pianura di Pisa furono molteplici: nell'ambito del contesto urbano si basò principalmente su una rete di strutture artesiane (pubbliche e private) che attingevano direttamente alle falde sotterranee, abbastanza superficiali. Gli scavi archeologici, condotti ad esempio in piazza Vettovaglie, piazza S. Omobono e ancora nell'area di Santa Apollonia, hanno riportato in luce pozzi pubblici e privati profondi fino a 7-8 metri dal piano di calpestio di epoca medievale che raggiungevano le falde sub-alveo del fiume Arno. Mentre le cisterne per la raccolta delle acque piovane si diffusero maggiormente a partire dall'età Moderna. Nel contesto rurale, oltre lo sfruttamento delle falde freatiche e delle sorgenti naturali, si provvedeva alla raccolta delle acque piovane in particolare nelle zone collinari e montuose con l'utilizzo di grosse cisterne sotterranee; nell'area di S. Miniato e Marti dove furono scavati degli ipogei nel tufo e nell'arenaria che raccoglievano l'acqua

1320. (Allinne 2008, 91–98)

1321. (Pasquinucci 2008, 26–27)

filtrata nelle rocce¹³²². Mentre la costruzione della rete di fossi e canali, iniziata verosimilmente in epoca altomedievale, e la loro continua manutenzione attestata nelle fonti medievali serviva a fronteggiare il problema del ristagno delle acque superficiali e ad alleggerire la portata del fiume Arno. Le opere idrauliche vennero rinnovate e restaurate nel corso dell'epoca moderna e contemporanea (scolmatori, canali sotterranei, fossi per la bonifica) conferendo alla pianura di Pisa il suo aspetto attuale.

L'abbondanza di acqua (dolce e salata) ha rappresentato un'eccezionale risorsa (irrigazione, produzione, trasporto) tanto da spingere le popolazioni passate a stabilirsi con continuità in un territorio ostile, come quello della pianura di Pisa, e a fronteggiare i rischi causati dall'instabilità dei fiumi (esondazioni, migrazioni, *crevasse splay*) e dal ristagno delle acque superficiali (paludi, acque malsane). La produzione del sale attestata per l'età del Bronzo nei pressi di Coltano, le canalette di drenaggio etrusche individuate in contesto urbano, le fosse di origine romana connesse all'impianto della centuriazione ancora visibile nel paesaggio odierno, le *fossae* o *nugolaie* di epoca medievale, i tagli dei meandri e la costruzione dei "trabocchi" operati in epoca medicea, sono alcune delle opere che testimoniano la continua e necessaria interazione tra uomo e acqua nel paesaggio pisano.

1322. (Baldassarri 2008)

IV.2. La centuriazione di Pisa tra continuità e alterazione

La centuriazione visibile nel territorio di Pisa “nella sua più recente e aggiornata versione” è il frutto di 2000 anni di storia e di interazione tra uomo e natura, tra variazioni idrografiche e forme di gestione delle risorse idriche, tra sistemi di sfruttamento delle risorse naturali e rischio ambientale. Sin dal momento della sua costruzione molteplici fattori hanno consentito la sua trasmissione nel corso dei secoli, seppur con rilevanti modifiche del suo probabile aspetto originario. In alcuni settori della pianura le dinamiche paesaggistiche e socio-politiche ne hanno invece provocato la definitiva cancellazione. L’analisi multifattoriale svolta nei capitoli precedenti, con l’ausilio di differenti discipline e metodologie di indagine, ci consente di comprendere l’evoluzione di un sistema catastale e al tempo stesso idrico il cui impianto originario risale all’epoca romana e che fu perpetuato nel corso dei secoli. L’analisi operata sulle dinamiche di trasmissione e di trasformazione della centuriazione ha indotto indirettamente ad una ricostruzione del paesaggio antico e delle sue variazioni avvenute negli ultimi due millenni.

IV.2.1. I fattori di trasmissione e la regolarizzazione delle forme

La ricerca svolta sulle tracce della centuriazione pisana attraverso le differenti fasi storiche conferma che la griglia ortogonale si è costruita nel corso dei secoli attraverso gli interventi operati principalmente sulla rete idrica e sulla viabilità.

Per quanto riguarda il settore maggiormente investigato, compreso tra Pisa e Cascina, le indagini condotte hanno permesso di ipotizzare che il percorso principale del fiume Arno abbia interessato sin dall’epoca romana la fascia compresa tra i piedi dei Monti Pisani e il settore dei carotaggi SC2 e SC4 posizionate all’interno o in prossimità delle attuali barre di meandro (**Figura 89; Figura 111**). Sulla base di tale ricostruzione è probabile che sin dall’epoca della colonizzazione romana tale settore fu caratterizzato da una relativa stabilità idrografica e idrogeologica garantita da molteplici fattori quali: la natura dei terreni maggiormente permeabili e favorevoli al drenaggio delle acque superficiali rispetto ai settori più meridionali; la presenza di una rete idraulica efficiente, in particolare di una serie di fossi costruiti in concomitanza con la centuriazione che furono trasmessi nel corso dei secoli perché funzionali allo scorrimento delle acque superficiali; una presenza antropica continua anche al passaggio cruciale tra la caduta dell’Impero Romano e l’arrivo delle popolazioni longobarde, come attesta il successivo sviluppo delle *curtes* e delle pievi. Tale stabilità è rintracciabile nella successione cronostratigrafica dei dati di sottosuolo che a partire da quote intorno a 1 metro s.l.m. mostrano il susseguirsi di una *facies* di pianura ben drenata. I dati stratigrafici e archeologici attestano inoltre che in questo settore il tasso di copertura del livello romano è variabile in funzione della vicinanza o lontananza dal cordone fluviale e dalle aree di maggiore attività del fiume che sono state interessate da numerosi episodi esondativi, nonché da un significativo intervento antropico. Tuttavia la visibilità delle tracce fossili della centuriazione nei settori di Montione, Pettori, Ripoli, Mezzana dimostrata nel corso di indagini precedenti¹³²³

1323. (Bini *et al.* 2012a; Marchisio *et al.* 2000)

e nell'ambito del dottorato (**Figura 28**), e il confronto con i dati stratigrafici (carotaggio SC1) e archeologici (indagini svolte in prossimità della Fossa della Mariana Schippisi)¹³²⁴ sembrano confermare che in questi settori il livello romano possa situarsi grossomodo entro i due metri di profondità dal piano di calpestio seppur con probabili variazioni altimetriche secondo la paleotopografia del terreno.

In questo contesto vi furono dunque le condizioni tali da consentire la trasmissione degli assi centuriali nella lunga durata. In particolare la società medievale ebbe un ruolo decisivo nella costruzione della griglia centuriale che probabilmente era ancora “visibile” nella sua organizzazione originaria, così come alcuni edifici di epoca romana i cui materiali vennero reimpiegati nelle chiese medievali¹³²⁵. La costruzione della rete idrica medievale, funzionale allo scorrimento delle acque come gli assi centuriali tracciati secondo la pendenza naturale del terreno e della falda freatica, e attestata nei documenti amministrativi degli enti ecclesiastici e del Comune di Pisa dell'epoca, fu determinante allo sviluppo di tale processo. Come è stato già sottolineato in precedenti pubblicazioni¹³²⁶, la costruzione dei fossi e dei canali di epoca medievale, secondo lo stesso orientamento e modulo metrico dei cardini e dei decumani, è evidentemente connessa all'assetto centuriale. L'analisi della cartografia storica ed il confronto con i dati riportati nelle fonti d'archivio (toponomastica), ha inoltre dimostrato che la trasmissione e l'utilizzo di tali fossi, che ancora oggi conservano la medesima nomenclatura, avvenne nel corso delle epoche successive sino ai giorni nostri.

Nel processo di trasmissione della centuriazione fu allo stesso modo determinante l'organizzazione del sistema insediativo di epoca altomedievale e medievale che ereditò la struttura agraria, trasmettendo gli allineamenti principali e gli incroci tra i *limites*, ma allo stesso tempo trasformò l'organizzazione interna alle centurie. La stretta correlazione esistente tra l'antico sistema insediativo e la struttura centuriale, avanzata nel corso degli studi sul settore orientale della pianura¹³²⁷, è stata analizzata attraverso la lettura morfologica del parcellare agrario e urbano ed ha messo in evidenza numerosi esempi di trasmissione e al tempo stesso di deformazione della griglia centuriale.

I risultati preliminari delle indagini stratigrafiche svolte nell'ambito del dottorato nel settore compreso tra Pisa e Cascina hanno permesso di verificare una relativa stabilità del contesto di pianura alluvionale ben drenata, della microtopografia (linee di pendenza) e della rete idrografica tali da non indurre nel corso delle epoche successive alla colonizzazione romana rilevanti modifiche al paesaggio pisano, o da provocare l'abbandono o la cancellazione dell'assetto centuriale. Gli interventi idraulici, realizzati sin dall'epoca medievale, e un'occupazione stabile garantirono pertanto una continuità spazio-temporale della struttura agraria, che dunque rispondeva ad esigenze legate alla stabilità idrogeologica e ambientale, sicuramente favorita dalla natura dei terreni maggiormente permeabili e meglio drenati.

1324. ATS srl, Relazione indagini archeologia preventiva “Interventi di sistemazione idraulica nel bacino di fossa Chiara nel comune di Cascina (PI)”. Prot SABAP-PI 266 del 25/07/2016. Dati inediti concessi dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno, consultati presso la sede di Pisa.

1325. (Noferini 1995)

1326. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420–21; Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 34; Pasquinucci & Menchelli 2012a, 191)

1327. (Pasquinucci *et al.* 1997)

La costruzione della centuriazione nella lunga durata è il risultato dell'organizzazione del territorio di epoca medievale quanto degli interventi di epoca moderna e contemporanea che da un lato permisero la trasmissione e lo sviluppo della rete idrica e del sistema insediativo preesistente, e dall'altro l'ampliamento e la "regolarizzazione" della griglia centuriale come è stato dimostrato nel caso della bonifica dell'ex palude di Stagno che ha comportato il tracciamento di fossi di drenaggio isoclini e coincidenti alla griglia centuriale teorica, o ancora nel caso dell'asse centuriale a sud dell'abitato di Cascina che nel corso degli ultimi due secoli venne "raddrizzato" in seguito ai rifacimenti della rete stradale. In particolare l'area di Coltano e Stagno appare caratterizzata da zone maggiormente rilevate riconducibili alle sabbie pleistoceniche di Coltano e da zone maggiormente depresse che ospitavano ampie zone paludose sin dall'epoca romana¹³²⁸ e fino al XX secolo quando vennero definitivamente prosciugate. Le indagini archeologiche di superficie, condotte in prossimità dei rilievi di Coltano e nelle zone limitrofe, hanno rilevato la presenza di numerosi reperti riferibili ad abitazioni rurali, relative al periodo dell'installazione della centuriazione. Non è pertanto escluso che tali zone fossero almeno in parte bonificate (*limitatio*) e sfruttate non soltanto per il pascolo o la pesca ma anche per attività agricole. Tuttavia, dal confronto tra dati stratigrafici, cartografici e d'archivio sembra chiaro che le tracce della centuriazione visibili nella planimetria attuale sono il risultato di un intervento di bonifica risalente al XX secolo che inconsapevolmente "riprende" o "prolunga" gli assi isoclini alla centuriazione.

Per il settore orientale della pianura, compreso tra i comuni di Pontedera, Ponsacco e lo Scolmatore dell'Arno i dati archeologici confermano che il livello romano è pressoché affiorante ad eccezione del probabile "canale" del Paleorotina di epoca etrusco-romana rinvenuto probabilmente ad una profondità di circa 2 metri dal p.d.c.¹³²⁹ (**Figura 115**). Tale fenomeno potrebbe essere imputabile al tasso di sedimentazione dei corsi d'acqua che attraversavano l'area, più basso, nonché al regime tettonico dell'area (zone di *uplift*).

Tuttavia, le vicende paleoambientali che interessarono tale settore furono alquanto complesse e principalmente ricostruibili attraverso l'analisi dei dati archeologici e d'archivio. L'area infatti era attraversata da un'articolata rete idrografica caratterizzata dal passaggio del fiume Era, del fiume Cascina, del cosiddetto Paleorotina, e di altri probabili corsi minori come il caso del *rivo Nonniche* citato nelle fonti medievali dell'VIII secolo d.C. il cui toponimo è ricordato nella località di Rinonico nei pressi di Fornacette e che secondo alcuni autori potrebbe corrispondere all'attuale fossa della Rotina¹³³⁰. L'assenza di indagini stratigrafiche mirate non consente di definire in maniera esaustiva lo scenario paleoidrografico di epoca romana e la sua evoluzione nel corso dei secoli successivi, tuttavia la forte instabilità dei fiumi e dei corsi minori che la attraversavano è testimoniata dai dati stratigrafici dell'abitato delle Melorie di epoca etrusca che fu danneggiato da ripetuti e probabilmente brevi eventi esondativi fino all'abbandono definitivo avvenuto nel corso del V secolo a.C.; e ancora nei documenti altomedievali e medievali che ricordano lo sviluppo di una zona paludosa, "putrida", e boschiva ("Selvalonga") che sulla base dei dati archeologici ebbe

1328. (Allinne *et al.* 2016)

1329. (Ciampoltrini 2004, 60–61). Relazione del Funzionario Giulio Ciampoltrini, Archeologo (1° agosto 1983), Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 6, N° 7932. Relazione del Funzionario Adriano Maggiani, Archeologo (12 aprile 1984), Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 6, N° 5111.

1330. (Ciampoltrini 2004, 60)

probabilmente inizio nel corso del III secolo d.C. e si ampliò maggiormente nel corso del V secolo d.C., in seguito allo scoppio della guerra gotica e all'arrivo dei Longobardi che ridefinì i confini tra le città di Pisa e di Lucca. L'espansione della zona paludosa è probabilmente testimoniata dalla morfologia del parcellare agrario che sembra seguire un andamento curvilineo nei settori compresi tra Santa Lucia, Gello, Lavaiano e Le Melorie (**Figura 113**). Il dissesto idrogeologico, sviluppatosi probabilmente a seguito all'abbandono delle opere di regimazione dei fiumi che attraversavano la zona e delle opere di drenaggio, avrebbe provocato una parziale cancellazione degli assi centuriali. Nel corso dei secoli medievali e delle epoche successive vennero ritracciati e ripresi in particolare gli assi isoclini ai decumani della centuriazione, ancora visibili nel paesaggio rurale, funzionali allo scorrimento delle acque superficiali perché coerenti alla pendenza naturale del terreno e della falda freatica (trasmissione selettiva). Nonostante il livello romano fosse affiorante le vicende paleoambientali e paleoidrografiche dell'area avrebbero indotto ad una parziale scomparsa degli assi centuriali che vennero ripresi nel corso dei secoli successivi attraverso la riorganizzazione della rete idrica, del parcellare agrario (caso delle Melorie) e attraverso la sistemazione degli abitati civili ed ecclesiastici (caso dell'abitato di Santa Lucia); (**Figura 115**).

In conclusione, le variazioni paleoambientali e paleoidrografiche della pianura provocarono un tasso di sedimentazione e di copertura dei livelli più antichi alquanto variabile, maggiore nei settori prossimi al corso del fiume Arno e minore nei settori più distanti dal cordone fluviale e ancora nel settore orientale dove l'evoluzione cronostratigrafica della pianura assunse caratteri differenti. Tuttavia la funzionalità idrica degli assi centuriali, la loro relativa visibilità, la continuità abitativa ne garantirono la trasmissione nella lunga durata, così che attualmente circa il 12% del parcellare analizzato segue l'orientamento prevalente della centuriazione pisana in prevalenza nei settori centrali e orientali, secondo modalità di trasmissione differenti piuttosto selettiva nel settore orientale, probabilmente verticale e laterale nel settore centrale della pianura (**Figura 115**). In questo senso sarà necessario integrare nuove indagini stratigrafiche in grado di ricostruire la successione cronostratigrafica in prossimità dei fossi connessi alla centuriazione, e dunque di definire le modalità di trasmissione nella lunga durata.

Il caso della pianura di Pisa conferma dunque che gli interventi di costruzione della rete idrica e della viabilità, risalenti alla fase medievale e perpetuati nelle epoche successive, comportarono la trasmissione e la regolarizzazione delle forme centuriali.

IV.2.2. I fattori di trasformazione del reticolo centuriale nel corso dei secoli

L'evoluzione paleoambientale e del sistema insediativo comportarono allo stesso tempo la deformazione o la cancellazione del sistema centuriale in alcuni settori della pianura di Pisa.

Nel settore orientale, come precedentemente descritto, lo sviluppo di un'area paludosa e la costruzione della nuova rete idrografica provocarono la trasmissione selettiva degli assi ma anche la cancellazione di una parte consistente della centuriazione e soprattutto delle suddivisioni interne alle centurie. In particolare, in questo settore l'andamento del parcellare agrario è profondamente difforme dall'orientamento centuriale, ad eccezione della trama agraria intercettata nella zona delle

Melorie costituita all'interno di due fossi di drenaggio isoclini ai decumani della centuriazione e che potrebbe corrispondere ad una forma di organizzazione del parcellare agrario risalente all'epoca medievale e in connessione con la fondazione dell'abitato di Ponsacco.

Il Medioevo fu, nel contesto della pianura di Pisa, "costruttore" di una rete di fossi e di canali per la gestione delle risorse idriche e di un sistema insediativo articolato che nei differenti settori della pianura permise la trasmissione della struttura centuriale. Ma al tempo stesso gli interventi di riorganizzazione della campagna pisana comportarono la fondazione di nuovi centri abitati e la creazione di una nuova rete idrica e viaria che modificarono il territorio centuriato. Parte della popolazione rurale si spostò nei centri appena sorti, come Cascina e Pontedera, e si svilupparono nuove forme di organizzazione dello spazio agrario, non regolari ed estese come nel caso della centuriazione, ma piuttosto circoscritte e prossime agli abitati urbani.

Allo stesso modo, la costruzione della rete idrica di epoca medievale, ampliata nel corso dei secoli successivi, comportò, in alcuni settori della pianura, una diversa organizzazione e gestione del parcellare agrario. In particolare l'analisi morfologica ha messo in evidenza come nel settore compreso tra il Canale Emissario e lo Scolmatore dell'Arno si è generato un "vuoto morfologico" caratterizzato dalla completa assenza di tracce riferibili alla centuriazione. Tale fenomeno fu probabilmente indotto dalla costruzione della nuova rete di fossi e canali, in particolare dello Scolmatore dell'Arno che, come evidenziato in precedenti ricerche¹³³¹, avrebbe modificato l'andamento della falda superficiale e delle pendenze, o dalla costruzione di una nuova rete viaria connessa ai nuovi centri medievali (Cascina e Ponsacco) in particolare, o ancora dalla combinazione di questi differenti fattori.

Il rapporto esistente tra le forme di "pianificazione territoriale" di epoca romana e gli interventi di "gestione" del territorio medievale è stata oggetto di numerose riflessioni e ricerche. L'assenza di un progetto complessivo secondo uno schema prestabilito che prevedeva l'organizzazione dei vari settori di un vasto territorio, l'iniziativa dei singoli cittadini o delle comunità locali che spesso si affianca a quella dei Comuni, la riorganizzazione del contado preesistente senza il necessario arrivo di nuovi coloni, contrappone la nozione di pianificazione e colonizzazione piuttosto riferibili all'epoca romana, all'opera di "razionalizzazione" del territorio di epoca medievale che prevedeva interventi di gestione mirati a risolvere problemi contingenti (regimazione delle risorse idriche, bonifiche delle paludi, costruzione della rete stradale) "al di fuori di un piano preordinato che organizzava il territorio nella sua complessità", stabilendo le aree che dovevano essere bonificate e assegnate ai coloni, quelle che erano lasciate incolte e destinate ad esempio al pascolo, quelle che rimanevano paludose. La fondazione delle villenove, aventi come scopo principale il controllo dei territori da parte dei Comuni, non prevedevano l'arrivo di nuovi coloni ma "lo spostamento di popolazioni dai nuclei preesistenti al nuovo centro", come avvenne nel caso di Cascina e Ponsacco che comportarono il concentramento di parte della popolazione rurale nei nuovi centri abitati. Talvolta le nuove fondazioni urbane comprendevano delle forme di suddivisione agraria e delle assegnazioni di lotti, come avvenne ad esempio nel caso di Massa Lombarda nella bassa pianura imolese¹³³², come è stato recentemente ipotizzato nel caso di Villafranca di Verona o a Cittadella

1331. (Ciampoltrini 2011, 19)

1332. (Dall'Aglio & Franceschelli 2011)

nella pianura veneta¹³³³. Questi interventi medievali, che seguono un modello predefinito, hanno avuto un forte impatto sulla costruzione del paesaggio odierno¹³³⁴ e, come dimostrato nel caso della pianura veneta, sul processo di trasmissione e di trasformazione della centuriazione¹³³⁵; tuttavia, nonostante la loro regolarità morfologica e la loro natura “pubblicistica”, essi avvengono “al di fuori di una pianificazione territoriale complessiva”¹³³⁶.

Nel territorio di Pisa la rinascita di un potere centralizzato, come quello del Comune di Pisa, diede l’avvio ad un progetto unitario di gestione delle risorse idriche e del territorio attestato nella documentazione storica, che permise la trasmissione della struttura centuriale, in particolare nel settore compreso tra Pisa e Cascina dove probabilmente si crearono senza soluzione di continuità le condizioni necessarie all’insediamento e all’agricoltura, sin dall’epoca romana, nonché la bonifica di porzioni di territorio che nel corso dell’Altomedioevo furono interessate dalla presenza di vaste paludi. Nonostante le opere di regimazione operate dal Comune di Pisa, tuttavia, alcune porzioni del territorio pisano erano interessate, ancora nel corso del Medioevo, dalla presenza di zone paludose o fortemente soggette al ristagno delle acque, il cui completo risanamento avvenne nel corso del XV-XVI secolo e poi successivamente in epoca recente, secondo tempi e modalità differenti rispetto all’impianto della centuriazione che avrebbe comportato il risanamento di settori più ampi dell’*ager pisanus* prescelti per essere *divisi et adsignati*. Inoltre, le nuove forme di organizzazione dello spazio agrario riconosciute nei territori delle villenove di Cascina e di Ponsacco, probabilmente riconducibili all’epoca medievale, potrebbero essere il frutto dell’iniziativa dei singoli centri urbani che rispondono all’esigenza di dissodare nuovi terreni coltivabili, “al di fuori di una pianificazione territoriale”¹³³⁷ centralizzata come nel caso della centuriazione di Pisa. Le nuove forme di organizzazione dello spazio agrario in parte riprendono i caratteri principali della griglia centuriale (orientamento, allineamento), in parte creano nuove trame organizzative che trasformano il sistema preesistente. In altri contesti centuriati è stato dimostrato il forte impatto che ebbero le nuove fondazioni medievali sul raggruppamento della popolazione ma soprattutto sull’organizzazione delle campagne¹³³⁸. Nel contesto della pianura veneta e romagnola, ad esempio, l’impatto di tali interventi fu tale da consentire la trasmissione e la diffusione della griglia centuriale o la creazione di nuove trame organizzative, assumendo, secondo alcuni ricercatori, i caratteri di una vera colonizzazione agraria (fondazione di villenove, assegnazione di lotti, bonifica aree paludose, regimazione risorse idriche)¹³³⁹.

Nel contesto pisano le nuove opere di regimazione delle risorse idriche (rete idrica) e la costruzione del sistema insediativo e della rete viaria di epoca medievale ebbero un forte impatto sull’aspetto del paesaggio attuale e sulla trasmissione del reticolo centuriale. Tuttavia l’organizzazione del paesaggio agrario medievale non fu il risultato di una pianificazione territoriale complessiva, ma si realizzò attraverso l’iniziativa comunale e dei centri minori (villenove) che diedero vita a nuove forme di pianificazione agraria e probabilmente ad assegnazioni terriere (che non trovano

1333. (Brigand 2010)

1334. (Brigand 2010; Dall’Aglia & Franceschelli 2011, 34)

1335. (Brigand 2010; 2011)

1336. (Dall’Aglia & Franceschelli 2011, 34–36)

1337. (Dall’Aglia & Franceschelli 2011, 30)

1338. (Chouquer 2015, 9)

1339. (Brigand 2010; Chouquer 2009; 2015)

riscontro nei documenti d'archivio) che insieme contribuirono di volta in volta alla trasmissione o alla trasformazione della griglia centuriale, secondo tempi e modalità differenti.

Un altro elemento determinante nel processo di trasformazione del paesaggio pisano e della centuriazione fu sicuramente l'instabilità idrografica. Nel settore compreso tra Pisa e Cascina, interessato da una relativa stabilità del percorso del fiume Arno che verosimilmente migrò all'interno delle cosiddette "aree di maggiore attività", e dallo sviluppo di un contesto di pianura drenata, è tuttavia riscontrabile che in prossimità delle aree di maggiore esondazione del fiume le tracce della centuriazione sono pressoché inesistenti o significativamente alterate. In questi settori le indagini di sottosuolo hanno dimostrato una maggiore frequenza degli episodi esondativi, come nel caso dei sondaggi SC4 e SC3 più prossimi al cordone fluviale, e in prossimità del carotaggio SC2 dove il terreno raggiunge quote intorno a 7 m s.l.m. probabilmente a causa del passaggio di un antico ramo del fiume Arno (riferibile all'epoca medievale e/o moderna) e dei lavori di arginatura, che comportarono una maggiore copertura dei livelli più antichi e una deformazione o cancellazione degli assi centuriali. Ne è un esempio il cardine di Musigliano che venne probabilmente ripreso in seguito ad una variazione del percorso fluviale ma che subisce una visibile deformazione rispetto al probabile asse originario in corrispondenza degli argini fluviali ottocenteschi.

Le numerose esondazioni e rotte d'argine ebbero allo stesso modo un impatto sulla centuriazione e sull'organizzazione del parcellare. Il caso delle località di Marciana e di Marcianella verosimilmente separate da un canale di rotta generatosi in seguito ad una esondazione fluviale e probabilmente riconoscibile nella morfologia del parcellare attuale ne è un esempio.

Le variazioni paleoidrografiche e l'instabilità della rete idrografica comportarono inoltre la formazione di aree paludose e la parziale cancellazione della griglia centuriale. Analogamente al settore orientale della pianura, dove si sviluppò la palude di "Lavaiano", anche l'area situata tra l'attuale corso del fiume Serchio e la città di Pisa fu interessata dalle variazioni e dalle esondazioni del sistema *Auser-Serchio* e dallo sviluppo di zone acquitrinose precedentemente elencate.

In questi settori è dunque probabile che la forte instabilità idrogeologica ebbe come risultato il graduale abbandono dell'assetto centuriale nonostante in alcune zone, in particolare tra le località di Vecchiano e di San Giuliano, il livello romano è affiorante come hanno dimostrato le ricognizioni di superficie che hanno portato in luce numerosi reperti archeologici riconducibili ad abitati rurali connessi all'impianto della centuriazione. Le labili tracce degli assi centuriali si conservano in maniera frammentaria sotto forma di strade e di canali di drenaggio (Canale Demaniale), in particolare isoclini ai cardini della centuriazione. Tuttavia l'assetto centuriale e il parcellare agrario appare profondamente trasformato.

Allo stato attuale della ricerca è invece impossibile stabilire se la centuriazione interessò anche il settore meridionale della pianura fino ai piedi delle Colline Pisane e Livornesi e il settore sud-occidentale in prossimità delle località di Coltano e Stagno, e soprattutto l'impatto che essa ebbe sul paleoambiente. Tali settori, caratterizzati sin dall'epoca romana dallo sviluppo di aree paludose, attestate nel corso del Medioevo dalle fonti d'archivio e dalla toponomastica, probabilmente non favorirono lo sviluppo dell'insediamento e la sistemazione agraria, e vennero prevalentemente adibiti ad attività quali il pascolo o la pesca. Tuttavia soltanto indagini stratigrafiche mirate permetteranno di ricostruire in maniera dettagliata lo scenario paleoambientale e le caratteristiche del paesaggio rurale di epoca romana.

IV.3. Conclusione Parte IV

L'indagine interdisciplinare conferma la natura mutevole del contesto alluvionale della pianura di Pisa e lo stretto legame esistente tra l'occupazione antropica e la gestione delle risorse idriche nel corso di tutte le fasi storiche analizzate. Sin dall'età del Bronzo l'acqua rappresentò un'inestimabile risorsa quanto un imprevedibile rischio che le società del passato fronteggiarono e sfruttarono adoperando soluzioni differenti, secondo le competenze tecniche e l'ingegnosità proprie di ogni fase storica. In particolare, le ricerche svolte nell'ambito del progetto di dottorato hanno permesso di apportare nuovi elementi alla conoscenza del paesaggio pisano di epoca romana e della sua evoluzione nel corso delle epoche successive, nonché nuove ipotesi ricostruttive del sistema Arno per l'epoca etrusco-romana e medievale per il settore compreso tra Pisa e Cascina. I nuovi risultati, seppur necessitano di ulteriori approfondimenti, consentono di esaminare la questione inerente alle forme di gestione delle risorse idriche in epoca romana e dunque il funzionamento della centuriazione pisana in un contesto caratterizzato da una forte disponibilità idrica e dall'instabilità idrografica. Inoltre, le indagini svolte nel contesto pisano offrono un ulteriore esempio di trasformazione e di trasmissione delle forme del paesaggio antico attraverso le epoche secondo dinamiche complesse e multifattoriali. Se da un lato vari elementi quali la continuità abitativa, la funzionalità degli assi centuriali, la relativa stabilità del percorso fluviale, le caratteristiche dei suoli permisero la trasmissione degli assi centuriali rintracciabili nella planimetria attuale, d'altro canto l'instabilità idrogeologica, la fondazione di nuovi centri abitativi e del nuovo sistema insediativo, viario e idrico ne comportarono la trasformazione.

Ancora una volta si affermano le competenze e le capacità tecniche della società romana nella gestione delle risorse idriche che ebbero un forte eco anche nelle epoche successive. Tuttavia, pur riconoscendo il forte impatto che la centuriazione ebbe sul paesaggio pisano, le ricerche archeologiche hanno permesso di rilevare che anche la società etrusca contribuì al miglioramento delle condizioni paleoambientali della pianura su larga scala attraverso forme di controllo delle risorse idriche attestate ad esempio nell'area Scheibler e in località La Figuretta o nello scalo del Cantiere delle Navi di Pisa S. Rossore e verosimilmente nel contesto delle Melorie. Tali interventi furono talvolta precursori delle pianificazioni operate nel corso dell'epoca romana, anche se allo stato attuale della ricerca non è possibile valutare l'effettivo impatto che esse ebbero sulle modificazioni della rete idrografica (caso del Paleorotina).

Una tappa fondamentale nella costruzione del paesaggio pisano è certamente rappresentata dal Medioevo "costruttore" e "trasformatore" che attraverso la realizzazione del complesso sistema idrico e del sistema insediativo ha comportato la trasmissione e il "ritracciamento" e al tempo stesso la deformazione della struttura centuriale, segnando profondamente l'evoluzione e l'organizzazione dello spazio agrario pisano. Gli interventi realizzati nel corso del Medioevo e perpetuati nel corso delle epoche successive comportarono inoltre la "regolarizzazione" della forma centuriale e una trasformazione rilevante di alcuni settori della pianura provocando la cancellazione del sistema centuriale e del parcellare ad esso isocline.

L'analisi "regressiva" del paesaggio pisano, attraverso la lettura morfologica delle forme agrarie e urbane e l'integrazione dei dati storici, archeologici, cartografici, archivistici, stratigrafici ha permesso dunque di ricostruire la storia della centuriazione di Pisa attraverso le differenti epoche e di ridefinire le dinamiche di trasmissione e di trasformazione alla luce delle nuove ipotesi paleoidrografiche e paleoambientali.

Parte V – CONCLUSIONI GENERALI E PROSPETTIVE

La ricerca di dottorato sviluppata nel corso di questi anni ha condotto ad uno studio “complessivo” della pianura di Pisa, un territorio di notevole interesse storico-archeologico, occupato sin dal Paleolitico inferiore e per tale ragione oggetto di molteplici e pluridisciplinari ricerche scientifiche. L’analisi del contesto geografico e storico-archeologico induce ad una prima riflessione sulla complessità del paesaggio pisano caratterizzato da differenti ambienti naturali giustapposti (montano, collinare, alluvionale, litoraneo) che hanno offerto e che offrono un ampio ventaglio di risorse sfruttate dall’uomo nel corso dei secoli. Le società che hanno occupato la pianura pisana sin dalla Preistoria hanno dunque interagito con il carattere mutevole e instabile della pianura alluvionale ed in particolare con la complessa rete idrografica che la caratterizza, dando così origine alla sua conformazione attuale.

In particolare, il rapporto esistente tra acqua e uomo traccia il filo conduttore che ci permette di ricostruire la storia e l’evoluzione del paesaggio pisano attraverso le epoche. Al Bronzo medio risalgono le prime attestazioni di forme di sfruttamento delle risorse idriche della pianura, attraverso l’utilizzo di blocchi di forma cilindrica o parallelepipedica di terra refrattaria (alari) adoperati per la produzione di sale in prossimità dell’antica laguna che caratterizzava l’attuale settore costiero meridionale. All’epoca etrusca rimontano invece i canali di drenaggio rinvenuti in località La Figuretta e verosimilmente riscavati in epoca romana in concomitanza alla realizzazione della centuriazione. Le indagini archeologiche condotte in differenti settori della pianura pisana hanno inoltre dimostrato la stretta correlazione esistente tra lo sviluppo del sistema insediativo di epoca etrusca e gli antichi percorsi fluviali che hanno rappresentato una via di comunicazione privilegiata e una risorsa indispensabile per le attività produttive (produzione ceramica).

Il processo di romanizzazione del territorio pisano iniziato nel III secolo a.C. segna una tappa fondamentale nella formazione del paesaggio pisano, in particolar modo in seguito alla deduzione della colonia romana *Opsequens Iulia Pisana*, avvenuta in un arco cronologico compreso tra la battaglia di Filippi o di Azio e il 27 a.C., che comportò una trasformazione radicale del paesaggio urbano e rurale. L’installazione della centuriazione pisana intesa come sistema di lottizzazione (fiscale) e di gestione delle risorse idriche (bonifica), e di un insediamento rurale sparso ad essa connesso, garantirono lo sviluppo dell’*ager pisanus* e, in concomitanza ad altri fattori, il suo pieno inserimento all’interno del sistema economico globale romano. Una posizione geografica strategica in connessione con il Mediterraneo, l’Italia settentrionale e centro-meridionale, facilmente accessibile grazie ad una vasta apertura sul mare e ad un’efficiente rete viaria (vie di terra e vie di acqua) che favoriva gli scambi e i collegamenti tra i vari scali portuali disseminati lungo la costa, la città e l’entroterra; un’ingente presenza di risorse naturali tali da garantire un *surplus* produttivo che veniva dunque commercializzato; una crescita demografica che incentivò lo sviluppo delle attività manifatturiere; una classe dirigente locale che fu in grado di sviluppare il potenziale economico dell’intero territorio; la politica coloniale sviluppatasi in età augustea e

la stretta interconnessione tra le *élites* locali e Roma, sono alcuni dei principali fattori alla base di tale processo¹³⁴⁰.

Il forte impatto che ebbe la centuriazione sul paesaggio pisano giustifica pertanto un'analisi approfondita di tale struttura, visibile nel paesaggio attuale, attraverso un approccio interdisciplinare e diacronico in grado di cogliere i fattori di trasmissione e di trasformazione della trama agraria ortogonale, e di altre forme del paesaggio rurale nella lunga durata. Dopo un'attenta riesamina dei caratteri storici dell'installazione della *pertica* pisana nelle sue differenti fasi (*deductio*, *assignatio*, *limitatio*), la lettura morfologica della planimetria attuale attraverso la strumentazione GIS ha permesso di verificare l'aspetto e lo "stato di conservazione" degli assi principali della griglia centuriale, i cardini e i decumani, che si trasmettono nel paesaggio attuale sotto forma di strade, limiti di campo e fossi di drenaggio della rete idrica, nonché dei *limites intercisivi* e del parcellare interno alle centurie.

L'analisi computerizzata del parcellare agrario e urbano evidenzia che circa il 12% degli elementi lineari del paesaggio attuale analizzati (vie campestri, sentieri, siepi, dei limiti di coltura, fossi e scoline che delimitano le parcelle agrarie) conservano un orientamento isocline agli assi principali della griglia centuriale in un intervallo compreso tra N 25° e 33° in particolare nel settore compreso tra Pisa e Cascina. Mentre più labili sono le tracce rinvenute nel settore orientale tra Ponsacco e Pontedera e ad est del fiume Era, nel settore compreso tra il corso del fiume Serchio e la città di Pisa, e nel settore costiero a sud dell'attuale percorso del fiume Arno. Nella porzione meridionale della pianura, a sud del Canale Emissario e sino ai piedi delle Colline Pisane sono del tutto assenti tracce della centuriazione.

I risultati della lettura morfologica dello spazio centuriato, integrati allo studio delle dinamiche paleoambientali e pedosedimentarie hanno permesso di definire tre "casi" differenti di trasmissione e di trasformazione della struttura centuriale nella lunga durata.

Il primo caso riguarda il settore compreso tra Pisa e Cascina, dove i cardini e i decumani che strutturano il paesaggio odierno sembrano essere il risultato di una continuità abitativa che dall'epoca romana sino ai giorni nostri ha caratterizzato questa porzione di territorio senza rilevanti cesure. Infatti, seppur in assenza di evidenze archeologiche riferibili alla presenza di *villae rusticae*, il ritrovamento di materiali edilizi di epoca romana reimpiegati in edifici di epoca medievale (il caso della chiesa di Marcianella o Marciana minore), i recuperi occasionali di manufatti romani, la toponomastica (toponimi miliari) ed il confronto con il sistema insediativo attestato in altri settori della pianura, sembrano confermare una presenza antropica stabile sin dall'epoca romana. Il sistema insediativo di epoca altomedievale, e successivamente medievale, basato principalmente sulla presenza di aziende agricole o *curtes* e delle pievi, intorno ai quali si svilupparono numerosi villaggi e località ancora oggi esistenti, eredita la griglia centuriale e i suoi elementi costituenti, e la trasforma secondo le mutate strategie insediative permettendone la trasmissione nel corso dei secoli successivi. L'analisi morfologica del reticolo centuriale ha messo in evidenza numerosi esempi che dimostrano l'influenza reciproca tra la griglia centuriale e il sistema viario e gli abitati di epoca medievale. Se da un lato pertanto gli assi vengono "trasformati", in particolare quelli

1340. (Pasquinucci & Menchelli 2017, 339–41)

interni alle centurie, rispondendo a nuove esigenze di carattere pratico legato alla nuova viabilità, d'altro canto esercitano una forte influenza sulla nuova organizzazione dello spazio rurale, come è stato messo in evidenza per le chiese o pievi medievali che si situano in corrispondenza di un incrocio dei cardini e dei decumani, nelle vicinanze di un *limes* o al centro della centuria. Lo sviluppo dei nuovi agglomerati urbani che si distribuirono lungo gli assi centuriali favorirono il processo di trasmissione e di “cristallizzazione” del reticolo centuriale.

Il successo del sistema plebano di epoca medievale, già descritto nella prima parte della Tesi, che verrà mantenuto nel corso delle epoche successive influenzando l'organizzazione e la distribuzione degli abitati sino ai giorni nostri come dimostrano le numerose pievi e località ancora esistenti nel territorio pisano, ha fortemente contribuito alla riuscita di tale processo.

Tale continuità abitativa, in un contesto soggetto a numerosi episodi esondativi del fiume Arno e abbondanti precipitazioni, avrebbe dunque permesso lo sviluppo di un orizzonte litostratigrafico di pianura ben drenata verosimilmente dall'epoca della colonizzazione sino ai giorni nostri come hanno evidenziato le indagini di sottosuolo realizzate nel corso delle recenti indagini stratigrafiche. I brevi e ripetuti episodi esondativi, testimoniati nei documenti d'archivio analizzati nel corso della ricerca nonché nelle sequenze stratigrafiche intercettate nei carotaggi SC3 e SC4, furono tempestivamente fronteggiati dalla popolazione rurale che occupava questo settore attraverso una rete di fossati che garantiva lo scolo delle acque superficiali e attraverso un sistema di arginatura che verosimilmente sin dall'epoca romana conteneva il corso fluviale. Lo stretto legame esistente tra la funzione idrica degli assi centuriali e il loro processo di trasmissione è evidente nella serie di fossi di drenaggio risalenti all'epoca medievale e isoclini ai cardini teorici della centuriazione. Inoltre, i risultati delle indagini stratigrafiche svolte sino a questo momento sembrano confermare per il settore compreso tra Pisa e Cascina una relativa stabilità del percorso fluviale dell'Arno dall'epoca romana sino ai giorni nostri che ha maggiormente interessato le aree cosiddette di “maggiore attività del fiume”. In questi settori, dove il tasso di sedimentazione è maggiore che nelle aree pianeggianti limitrofe, in particolare all'interno delle barre di meandro, le labili tracce centuriali che si conservano hanno subito delle significative modifiche rispetto alla griglia teorica originaria e sono dunque il risultato di un “ritracciamento” avvenuto in una fase successiva l'installazione della centuriazione.

Le caratteristiche dei suoli maggiormente permeabili e più facilmente drenabili, la continuità abitativa, una rete idraulica efficiente e funzionale allo scorrimento delle acque hanno sicuramente favorito una relativa stabilità idrografica e idrogeologica, dunque la trasmissione della griglia centuriale nella sua funzione di reticolo di strade e di fossi di drenaggio sin dall'epoca romana.

La quasi totale assenza di evidenze archeologiche affioranti o nel sottosuolo del settore compreso tra Pisa e Cascina riferibili all'epoca della colonizzazione romana possono essere dunque imputabili al tasso di sedimentazione fluviale che interessò in particolare le zone di maggiore attività del fiume Arno; ad una occupazione continua (sfruttamento del suolo, aratura, reimpiego dei materiali) e al conseguente processo di urbanizzazione del settore che di fatto potrebbe aver comportato la scomparsa degli insediamenti di epoca romana; nonché ad un insufficiente numero di indagini archeologiche mirate per il settore di interesse. Se è dunque ipotizzabile che l'insediamento rurale sparso di epoca etrusca e romana, evidenziato in altri settori della pianura di Pisa, abbia interessato anche l'area compresa tra Pisa e Cascina, i fattori geomorfologici, antropici (riutilizzo dei materiali,

arature, urbanizzazione), nonché un numero esiguo di indagini archeologiche avrebbero provocato un cosiddetto “vuoto archeologico”, (**Figura 115**).

Il secondo caso riguarda il settore orientale e settentrionale della pianura le dove ricerche archeologiche registrano un’occupazione antropica senza soluzione di continuità sin dalla fase villanoviana ed etrusca.

In particolare, nel settore compreso tra Ponsacco e Pontedera il livello antropico di epoca etrusca-romana è pressoché affiorante. In quest’area le tracce della centuriazione sono prevalentemente visibili sino all’attuale Scolmatore dell’Arno, che come evidenziato in ricerche passate ha modificato l’andamento della falda superficiale e insieme alla nuova rete idrica l’organizzazione del parcellare agrario. La morfologia agraria attuale trasmette prevalentemente l’andamento e gli allineamenti dei decumani, mentre più rare e frammentarie le tracce dei cardini (**Figura 115**).

L’area, caratterizzata dal passaggio dei fiumi Era, Cascina e dal corso del “Paleorotina”, fu soggetta a numerosi episodi esondativi registrati ad esempio negli strati archeologici dell’abitato delle Melorie di epoca etrusca che fu danneggiato da ripetuti e probabilmente brevi eventi alluvionali fino all’abbandono definitivo avvenuto nel corso del V secolo a.C.; nonché alle migrazioni dei corsi fluviali evidenziati nelle numerose carte tematiche (che tuttavia attendono un riscontro stratigrafico), visibili nella morfologia attuale e attestati nelle fonti medievali (il fiume Cascina, ad esempio, sfociava nei pressi dell’omonimo centro sino al 1179). Inoltre, a partire dal III secolo d.C. l’area fu interessata dallo sviluppo di una zona paludosa che si ampliò nel corso del V secolo d.C. e che perdurò nel corso dell’Altomedioevo come ricordano i documenti altomedievali e medievali che fanno riferimento ad una zona “putrida” e boschiva (“Selvalonga”). L’analisi morfologica del settore compreso tra le località di Santa Lucia, Gello, Lavaiano e Le Melorie, svolta sulla base della fotografia aerea storica, ha permesso di evidenziare la presenza di una forma del parcellare agrario con andamento curvilineo che potrebbe corrispondere all’antica area impaludata (**Figura 113**). Lo sviluppo di un ambiente paludoso e boschivo, probabilmente a seguito all’abbandono delle opere di manutenzione dei fiumi che attraversavano la zona e dei sistemi di drenaggio, avrebbe provocato una parziale cancellazione degli assi centuriali.

L’insieme di questi fattori hanno dunque determinato una trasformazione dello spazio centuriato e una riorganizzazione del parcellare agrario secondo schemi differenti rispetto alla griglia centuriale. Tuttavia, nel corso dei secoli medievali e delle epoche successive vennero ritracciati e ripresi, in particolare, gli assi isoclini ai decumani della centuriazione, ancora visibili nel paesaggio rurale, funzionali allo scorrimento delle acque superficiali perché coerenti alla pendenza naturale del terreno e della falda freatica, attraverso dunque un processo di trasmissione selettiva. Nonostante il livello romano fosse affiorante le vicende paleoambientali e paleoidrografiche dell’area hanno indotto ad una parziale scomparsa degli assi centuriali che vennero ripresi nel corso dei secoli successivi attraverso la riorganizzazione della rete idrica, del parcellare agrario (caso delle Melorie) e attraverso la sistemazione degli abitati civili ed ecclesiastici (caso dell’abitato di Santa Lucia).

Anche a nord della città di Pisa il forte dinamismo e l’instabilità del corso fluviale del sistema *Auser-Serchio*, all’origine del dissesto idrogeologico testimoniato nelle fonti storiche e archivistiche e comprovato in alcuni casi dalle indagini stratigrafiche condotte nell’ambito del progetto Mappa, condizionarono il processo di trasformazione della griglia centuriale le cui labili tracce sono visibili

tra le località di Vecchiano e San Giuliano sotto forma di strade e fossi di drenaggio, in particolare modo isoclini ai cardini della centuriazione.

Le ricognizioni archeologiche condotte in questo settore hanno confermato la presenza di numerosi abitati rurali connessi all'installazione della centuriazione romana in particolare nel settore nord-orientale e nel settore settentrionale della periferia di Pisa. Il rinvenimento dei siti archeologici anche in questo caso, connesso al tasso di sedimentazione fluviale, potrebbe testimoniare una parziale visibilità degli assi centuriali che vennero dunque ripresi nel corso delle epoche successive ma in maniera piuttosto frammentaria e funzionale al drenaggio delle acque superficiali.

Il terzo caso concerne invece il settore compreso tra il Canale Emissario e lo Scolmatore dell'Arno in cui è visibile un vero e proprio "vuoto morfologico", ovvero privo di evidenze riferibili alla centuriazione pisana, nonché un numero insufficiente di rinvenimenti archeologici di epoca romana. Le profonde trasformazioni che interessarono l'area, dovute principalmente alla costruzione della nuova rete idrica, strutturata in maniera differente rispetto alla griglia centuriale, avrebbero influenzato la nuova organizzazione del parcellare agrario, nonché la copertura dei livelli antropici più antichi (**Figura 115**).

Anche nel settore più meridionale della pianura, ai piedi delle Colline Pisane e Livornesi e nel settore di Castagnolo, Coltano e Stagno, le indagini morfologiche hanno evidenziato una quasi totale assenza di tracce riferibili alla griglia centuriale, imputabile ad una riorganizzazione del sistema idrico che ha dunque imposto una trasformazione dell'organizzazione del parcellare agrario. Le caratteristiche dei suoli, maggiormente impermeabili e più difficilmente drenabili, la presenza di aree paludose che ad esempio sin dall'epoca romana interessarono il settore a sud del centro urbano di Pisa sino alla località di Stagno, potrebbe aver limitato l'opera di centuriazione del settore più meridionale. Tuttavia, soltanto indagini stratigrafiche mirate consentiranno di attestare l'effettiva esistenza di assi centuriali riferibili all'epoca romana e l'evoluzione pedosedimentaria successiva all'installazione della centuriazione.

Interessante il caso del settore di Coltano e Stagno dove le ricerche morfologiche condotte sul catasto attuale e storico hanno rilevato la presenza di assi isoclini alla centuriazione, costruiti in seguito alla bonifica del Novecento che inconsapevolmente riprendono la griglia centuriale. In tale settore caratterizzato in epoca romana da una vasta palude, le ricognizioni di superficie hanno rilevato la presenza di abitati rurali riferibili all'epoca della colonizzazione romana. Non è pertanto escluso che tali zone fossero almeno in parte bonificate e sfruttate non soltanto per il pascolo o la pesca ma anche per attività agricole. Tuttavia, soltanto indagini stratigrafiche mirate potranno confermare l'esistenza di assi centuriali di epoca romana e la loro ripresa in epoca successiva (ucronia?). Al momento dal confronto tra dati stratigrafici, cartografici e d'archivio sembra chiaro che le tracce della centuriazione visibili nella planimetria attuale sono il risultato di un intervento di bonifica risalente al XX secolo che inconsapevolmente "riprende" o "prolunga" gli assi isoclini alla centuriazione.

La ricerca svolta nell'ambito del progetto di dottorato approda a nuovi risultati che permettono di definire, attraverso lo studio delle forme del paesaggio agrario e urbano e la ricerca stratigrafica, le dinamiche evolutive del paesaggio pisano e del sistema centuriale. In particolare chiarisce il ruolo

svolto dalla società medievale nella costruzione del paesaggio rurale e della griglia centuriale, soprattutto in seguito alla nascita e allo sviluppo del Comune di Pisa che comportò il ritorno di un nuovo potere centralizzato in grado di provvedere in maniera più efficace alla gestione delle risorse idriche e idrografiche e alla costruzione di una nuova e ampia rete viaria, nonché alla fondazione di nuovi centri abitati che accoglievano le popolazioni rurali del territorio circostante e di nuove forme di organizzazione dello spazio agrario verosimilmente rintracciate nel territorio a sud di Cascina e nei pressi delle Melorie, a ovest di Ponsacco.

Se tuttavia emergono i principali fattori di trasmissione e di trasformazione della centuriazione, molteplici rimangono i quesiti che richiedono un ulteriore approfondimento. In particolare, ulteriori indagini stratigrafiche risulterebbero efficaci a definire in maniera più dettagliata l'antico percorso del fiume e l'evoluzione cronostratigrafica di ogni singola barra di meandro nel settore compreso tra Pisa e Cascina; il tasso di accrescimento della pianura in epoca storica ed il rapporto esistente tra la dinamica fluviale e il processo di sedimentazione della pianura circostante; lo scenario paleoidrografico del settore orientale. Tale prospettiva di ricerca implicherebbe ad esempio il ricorso a ricerche stratigrafiche più ampie e dettagliate; ad un'analisi approfondita delle sezioni stratigrafiche risultanti e dei campioni sedimentologici raccolti (confronto con i campioni prelevati in prossimità dell'attuale corso del fiume Arno e delle sue sponde) e dei resti organici in essi contenute al fine di ottenere un numero più consistente di datazioni assolute utili alla ricostruzione cronostratigrafica.

Inoltre, la realizzazione di uno o più sondaggi stratigrafici in prossimità di tracce riferibili agli assi della centuriazione permetterebbero di intercettare eventuali assi viari e fossi connessi con il sistema agrario di epoca romana. Lo studio stratigrafico in questo senso consentirebbe dunque di stabilire la presenza di strutture riferibili alla centuriazione pisana, di definirne la profondità e la cronologia, di comprendere il funzionamento idrico (canale o fosso? o entrambi?) della centuriazione come sistema di drenaggio e/o di irrigazione, di ricostruire il processo di sedimentazione avvenuto in prossimità delle tracce fossili della centuriazione e eventualmente le modalità di ripresa o di abbandono degli assi nelle epoche (riscavo fossi di drenaggio, ripresa assi viari).

I tempi previsti per la conclusione del corso di dottorato, le risorse economiche necessarie per la realizzazione delle operazioni, nonché l'iter amministrativo per l'ottenimento delle concessioni di scavo che richiede tempi abbastanza lunghi, hanno di fatto scoraggiato e rinviato, se possibile in futuri progetti di ricerca, il proseguo delle indagini stratigrafiche precedentemente elencate. Vi sono molteplici quesiti che attendono ancora risposta e che dunque necessitano di ulteriori indagini geoarcheologiche; tuttavia i dati stratigrafici raccolti e le informazioni ottenute nell'ambito del progetto di dottorato rappresentano un primo risultato interessante in un settore della pianura pisana fino ad oggi inesplorato dal punto di vista stratigrafico e a questo livello di precisione, e dunque soltanto l'inizio di una lunga serie di interventi e ricerche che potrebbero rilevare interessanti scoperte nell'ambito pisano.

Tra nuove ipotesi e criticità il lavoro di dottorato conferma l'utilità e l'interesse di un approccio interdisciplinare allo studio dei paesaggi storici, ed in particolare dell'integrazione tra la lettura morfologica delle forme del paesaggio e analisi stratigrafica. Dal lavoro finora svolto emerge l'importanza di affrontare, nello studio di un paesaggio centuriato alluvionale, le problematiche

connesse alle forme di gestione delle risorse idriche sin dall'epoca romana e il ruolo svolto dal sistema centuriale nel complesso e dinamico processo di interazione uomo-natura (andamento delle precipitazioni; rischio alluvioni, opere di arginatura, disboscamenti, agricoltura intensiva, sistema di canalizzazioni); alla relazione esistente tra sistema idrico e sistema idrografico attivo in epoca romana; alle forme di trasmissione della struttura centuriale attraverso l'indagine stratigrafica e lo studio dei processi pedosedimentari che hanno interessato la pianura nella fase successiva all'installazione della centuriazione.

Il ricorso a differenti ambiti disciplinari ed il continuo confronto con metodologie e dati differenti ed eterogenei ha richiesto un approccio versatile e complesso, attraverso l'utilizzo della strumentazione GIS in grado di raccogliere ed esplorare tutta la documentazione relativa alla pianura di Pisa. La creazione di un database relazionale storico e archeologico interconnesso alla piattaforma GIS, in grado di rappresentare le informazioni principali riguardo i centri demici (civili o ecclesiastici) susseguitisi nel corso dei secoli; di un archivio dei dati planimetrici che contiene al suo interno le varie carte tematiche, storiche, le fotografie aeree e le immagini satellitari raccolte nel corso di questi anni e ampliate grazie all'utilizzo di numerosi *open data* e connessioni WMS create dagli istituti e enti locali; e infine di un database stratigrafico implementato dalle indagini condotte nel corso del dottorato sono dunque gli strumenti alla base di tale ricerca diacronica e interdisciplinare che ha come obiettivo principale lo studio dell'evoluzione del paesaggio pisano e della centuriazione, parte integrante di esso, nella lunga durata attraverso l'utilizzo di molteplici discipline.

Il paesaggio centuriato pisano è dunque il risultato di un processo continuo di interazione uomo e ambiente che si è costruito nel corso dei secoli, attraverso i processi di trasmissione e di trasformazione della griglia centuriale precedentemente descritti. Seppur è innegabile l'esistenza di una struttura ortogonale originaria risalente all'epoca romana di cui non si conosce l'effettiva estensione e i tempi di realizzazione, la centuriazione visibile nella pianura di Pisa è il frutto dell'iniziativa della società romana, medievale, moderna e contemporanea che attraverso modalità e iniziative differenti hanno contribuito alla costruzione del suo aspetto attuale.

Bibliografia

- Abbé, J.L., 1996. Permanences et mutations des parcellaires médiévaux, in *Les Formes Du Paysage. Archéologie Des Parcellaires : Actes Du Colloque d'Orléans (Mars 1996) (II)*. G. Chouquer (Ed.). Paris: Errance, 223–33.
- Abbé, J.L., 1997. La dynamique historique des parcellaires au Moyen Age dans le Midi de la France : l'exemple de la grange cistercienne d'Hauterive (Aude), in *La Dynamique Des Paysages Protohistoriques, Antiques, Médiévaux et Modernes Ou Les Paysages Au Carrefour de l'interdisciplinarité et de La Diachronie. XVIIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*. J.-P. Bravard, J. Burnouf e G. Chouquer (Eds.). Juan-les-Pins: APDCA, 21–33.
- Alberigi, S. & G. Ciampoltrini, 2012. *Le Acque e Il Vino. Gli Scavi 2010-2011 Alla Scafa Di Pontedera*. Bièntina: I segni dell'Auser.
- Alberti, A., 2012. Archeologia Medievale in Valdera. Un quadro d'insieme, in *Medioevo in Valdera. Percorso Storico e Archeologico*. A. Alberti (Ed.). San Miniato (Pisa), 115–53.
- Alberti, A., F. Andreazzoli & M. Baldassarri, 2005. La nuova fondazione del castello di Cascina, in *Terre Nuove nel Valdarno Pisano medievale*. M. L. Ceccarelli Lemut e G. Garzella (Eds.). Pisa: Pacini Editore, 157–174.
- Alberti, A. & M. Baldassari, 2006. Le “terre nuove” del Valdarno pisano: il contributo della fonte archeologica, in *IV Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Chiusdino - Siena, 26-30 settembre 2006)*. R. Francovich e M. Valenti (Eds.). Firenze: All'Insegna del Giglio, 251–256.
- Alberti, A. & E. Paribeni, 2011. *Archeologia in Piazza dei Miracoli: gli scavi, 2003-2009*. Pisa: Felici Editore.
- Alfieri, N., 1968. La centuriazione romana nelle basse valli del Piceno e del Chienti, *Studi Maceratesi* 4, 215–25.
- Alfieri, N. & M. Ortolani, 1947. Deviazioni di fiumi piceni in epoca antica, *Riv.Geogr.Ital.* LIV, 2–15.
- Allinne, C., 2008. L'évolution du climat à l'époque romaine en Méditerranée occidentale : aperçu historiographique et nouvelles approches, in *Savoirs Traditionnels de Gestion Intégrée de l'eau et Pratiques Modernes, Actes Du Colloque International de Québec (27-30 Octobre 2006)*. E. Hermon (Ed.). Roma: « l'Erma » di Bretschneider, 89–98.
- Allinne, C., C. Morhange, M. Pasquinucci & C. Roumieux, 2016. Géoarchéologie des ports de Pise « Stazione Ferroviaria San Rossore » et de Portus Pisanus : dynamiques géomorphologiques, sources antiques, données archéologiques, *Revue Archéologique de Narbonnaise Supplément* 44, 321–38.
- Amorosi, A., M. Bini, F. Fabiani, S. Giacomelli, M. Pappalardo, C. Ribecai, A. Ribolini, V. Rossi & G. Sarti, 2012. I carotaggi Mappa: un'integrazione interdisciplinare, *MapPapers* II(4), Roma: Edizioni Nuova Cultura, 96–148.

- Amorosi, A., M. Bini, S. Giacomelli, M. Pappalardo, C. Ribecai, V. Rossi, I. Sammartino & G. Sarti, 2013a. Middle to late Holocene environmental evolution of the Pisa coastal plain (Tuscany, Italy) and early human settlements, *Quaternary International* 303, 93–106.
- Amorosi, A., M. Ricci Lucchi, V. Rossi & G. Sarti, 2009. Climate change signature of small-scale parasequences from Lateglacial–Holocene transgressive deposits of the Arno valley fill, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 273(1-2), 142–52.
- Amorosi, A., V. Rossi, G. Sarti & R. Mattei, 2013b. Coalescent valley fills from the late Quaternary record of Tuscany (Italy), *Quaternary International* 288, 129–38.
- Amorosi, A., G. Sarti, V. Rossi & V. Fontana, 2008. Anatomy And Sequence Stratigraphy Of The Late Quaternary Arno Valley Fill (Tuscany, Italy), *In Advances in Application of Sequence Stratigraphy. GeoActa, Special Publication (I)*. A. Amorosi, H. Bau e L. Sabato (Eds.), 117–29.
- Anichini, F., D. Bini, M. Bini, N. Dubbini, F. Fabiani, G. Gattiglia, S. Giacomelli, M.L. Gualandi, M. Pappalardo, E. Paribeni & others, 2012. *MAPPA. Metodologie Applicate Alla Predittività Del Potenziale Archeologico (I)*. F. Anichini et al. (Eds.) Roma: Edizioni Nuova Cultura.
- Anichini, F., D. Bini, M. Bini, N. Dubbini, F. Fabiani, G. Gattiglia, S. Giacomelli, M.L. Gualandi, M. Pappalardo, V. Rossi, G. Sarti & S. Steffè, 2011. Acquisizione dei dati archeologici, geomorfologici e stratigrafici per l'area urbana e periurbana di Pisa ed analisi preliminari, in *MapPapers I(3)*. Roma: Edizioni Nuova Cultura, 50–58.
- Anichini, F., N. Dubbini, F. Fabiani, G. Gattiglia & M.L. Gualandi, 2013. *MAPPA. Metodologie Applicate Alla Predittività Del Potenziale Archeologico (II)*. Roma: Edizioni Nuova Cultura.
- Aranguren, B.M., S. Ducci, P. Perazzi, S. Bargelli, C. Corridi, M.L.A. Edlmann, G. Giachi, R. Mazzanti, M.M. Secci & P. Pallecchi, 1991. Il villaggio neolitico di Podere Casanuova (Pontedera, Pisa), *Rivista di scienze preistoriche* 43, 155–239.
- Arnaud-Fassetta, G., 2007. *L'hydrogéomorphologie fluviale, des hauts bassins montagnards aux plaines côtières : entre géographie des risques, géarchéologie et géosciences*. Dossier d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Université Paris-Diderot (Paris 7).
- Autorità di Bacino del Fiume Arno, 2002. *Progetto Di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (Relazione)*. Firenze.
- Baldacci, F., 1999. Struttura e piezometria del «1° Acquifero artesiano in ghiaie» della pianura pisana, *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali*, Memorie Serie A-106, 91–101.
- Baldacci, F., L. Bellini & G. Raggi, 1994. Risorse idriche sotterranee della Pianura Pisana, *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali*, Memorie Serie A-51, 242–322.
- Baldassari, M. & G. Gattiglia, 2009. Tra i fiumi e il mare. Lo sviluppo di Pisa nel suo contesto ambientale tra VII e XV secolo, in *Atti del V Congresso Nazionale di Archeologia Medievale, (Foggia, Manfredonia, 30 settembre-3 ottobre 2009)*. G. Volpe e P. Favia (Eds.). Firenze: All'Insegna del Giglio, 181–187.
- Baldassarri, M., 2008. Sistemi di approvvigionamento ed impiego dell'acqua a Pisa e nel suo territorio dal medioevo alla prima età moderna, in *Reti d'acqua. Infrastrutture Idriche e Ruolo*

- Socio-Economico Dell'acqua in Toscana Dopo Il Mille, Atti Della III Giornata Di Studio Del Museo Civico Di Montopoli in Val d'Arno (Montopoli in Val d'Arno, 19 Maggio 2007)*. M. Baldassarri (Ed.). Pisa: Felici Editore, 97–112.
- Baldassarri, M., 2010. Strutture portuali e comunicazioni marittime nella Toscana medievale alla luce della fonte archeologica (VIII-inizi XIII sec. d.C.), in *I sistemi portuali della Toscana mediterranea (Centro di studi storici mediterranei "Marco Tangheroni")*. G. Petralia (Ed.). Pisa: Pacini Editore, 81–116.
- Barceló, M., H. Kirchner & R. González Villaescusa, 1997. La construction d'un espace agraire drainé au hawz de la madina de Yabisa (Ibiza, Baléares), in *La Dynamique Des Paysages Protohistoriques, Antiques, Médiévaux et Modernes Ou Les Paysages Au Carrefour de l'interdisciplinarité et de La Diachronie. XVIIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*. J.-P. Bravard, J. Burnouf e G. Chouquer (Eds.). Juan-les-Pins: APDCA, 113–25.
- Barra, A., 1998. *Gli incrementi fluviali in diritto romano*. Frattamaggiore (Na)-S.Arpio (CE): Istituto di Studi Atellani.
- Basilico, G., P.L. Cervellati, G. Maffei Cardellini, 1988. *Il parco di Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli : la storia e il progetto*. Venezia: Marsilio.
- Bellotti, P., 2000. Il modello morfo-sedimentario dei maggiori delta tirrenici italiani, *Bollettino della Societa Geologica Italiana* 119(3), 777–92.
- Benvenuti, A., 1996. *Da Pisa Alle Foci d'Arno*. Pisa: Pacini Editore.
- Benvenuti, M., M. Mariotti-Lippi, P. Pallecchi & M. Sagri, 2006. Late-Holocene catastrophic floods in the terminal Arno River (Pisa, Central Italy) from the story of a Roman riverine harbour, *The Holocene* 16(6), 863–76.
- Berger, J.-F., J.-L. Brochier, C. Jung & T. Odier, 1997. Données paléogéographiques et données archéologiques dans le cadre de l'opération de sauvetage archéologique du TGV-Méditerranée, in *La Dynamique Des Paysages Protohistoriques, Antiques, Médiévaux et Modernes Ou Les Paysages Au Carrefour de l'interdisciplinarité et de La Diachronie. XVIIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*. J.-P. Bravard, J. Burnouf e G. Chouquer (Eds.). Juan-les-Pins: APDCA, 155–85.
- Berger, J.-F. & C. Jung, 1996. Fonction , évolution et 'taphonomie' des parcellaires en moyenne vallée du Rhône : un exemple d'approche intégrée en archéomorphologie et en géomorphologie, in *Les Formes Du Paysage. Archéologie Des Parcellaires : Actes Du Colloque d'Orléans (Mars 1996) (II)*. G. Chouquer (Ed.). Paris: Errance.
- Bernigaud, N., 2012. *Les Anthroposystèmes Des Marais de Bourgoin-La-Verpillière (Isère) Du Néolithique Final à l'antiquité Tardive (3000 Av. J. C. -600 Ap. J. -C. : Archéologie Du Paysage et de l'environnement*. Thèse de doctorat, Université de Nice Sophia Antipolis.
- Biagioli, G., 1988. Un paese di frontiera. Uomini e terra a Vecchiano nella prima metà dell'Ottocento. *Il Fiume, La Campagna, Il Mare: Reperti, Documenti, Immagini per La Storia Di Vecchiano*.

- O. Banti, G. Biagioli, S. Ducci, M.A. Giusti, R. Mazzanti, M. Pasquinucci, F. Redi (Eds.). Pontedera: Bandecchi & Vivaldi, 313–23.
- Bini, M., M. Capitani, M. Pappalardo & G. Pocobelli, 2012a. Vecchi e nuovi dati dalla fotointerpretazione aerea, in *Mappa. Metodologie Applicate Alla Predittività Del Potenziale Archeologico* (I). F. Anichini *et al.*(Eds.) Roma: Edizioni Nuova Cultura, 132–56.
- Bini, M., N. Casarosa & A. Ribolini, 2008. L'evoluzione diacronica della linea di riva del litorale pisano (1938-2004) sulla base del confronto di immagini aeree georeferenziate, *Atti Della Società Toscana Scienze Naturali*, Memorie Serie A-113, 1–12.
- Bini, M., F. Fabiani & S. Giacomelli, 2011. Lettura interdisciplinare dei carotaggi: elaborazione di una rappresentazione integrata del log stratigrafico, *Agogè. Atti della Scuola di Specializzazione in Archeologia - Università di Pisa VII-IX*, 173–81.
- Bini, M., M. Kukavacic & M. Pappalardo, 2012b. Interpretazione di immagini satellitari della Pianura di Pisa, *MapPapers* II(5). Roma: Edizioni Nuova Cultura, 211–22.
- Bini, M., M. Pappalardo, G. Sarti & V. Rossi, 2013. Gli scenari paleogeografici della pianura di Pisa dalla protostoria all'età contemporanea, in *MAPPA. Metodologie Applicate Alla Predittività Del Potenziale Archeologico* (II). F. Anichini *et al.*(Eds.). Roma: Edizioni Nuova Cultura, 13–27.
- Bini, M., V. Rossi, A. Amorosi, M. Pappalardo, G. Sarti, V. Noti, M. Capitani, F. Fabiani & M.L. Gualandi, 2015. Palaeoenvironments and palaeotopography of a multilayered city during the Etruscan and Roman periods: early interaction of fluvial processes and urban growth at Pisa (Tuscany, Italy), *Journal of Archaeological Science* 59, 197–210.
- Bonaini, F., 1854. *Statuti inediti della città di Pisa dal XII al XIV secolo* (vol. I). G.P. Vieusseux.
- Bonamici, M., 1989. Contributo a Pisa arcaica, in *Atti Del II Convegno Internazionale Etrusco (Firenze 26 maggio-2 giugno 1985)*. Roma: Giorgio Bretschneider Editore, 1135–47.
- Bonamici, M., 1990. L'epoca etrusca: dall'età del Ferro alla romanizzazione, in *San Giuliano Terme: La Storia, Il Territorio*. Pisa: Giardini, 97–124.
- Bonora, G., P.L. Dall'Aglio, S. Patitucci & G. Uggeri, 2000. *La Topografia Antica*. Bologna: CLUEB.
- Bormann, E., 1888. *Inscriptiones Aemiliae, Etruriae, Umbriae Latinae* (vol. XI). Siena: Berolini apud G. Reimerum.
- Bosio, L., 1984. *Misurare La Terra. Centuriazioni e Coloni Nel Mondo Romano. Il Caso Veneto*. Modena: Panini.
- Bosio, L., 1987. Il territorio: la viabilità e il paesaggio agrario, in *Il Veneto in Età Romana* (I). E. Buchi (Ed.). Verona: Banca Popolare di Verona, 61–102.
- Bottazzi, G. & D. Labate, 2008. La centuriazione nella pianura modenese e carpigiana, in *Storia Di Carpi. La Città e Il Territorio Dalle Origini All'affermazione Dei Pio*. P. Bonacini e A. M. Ori (Eds.). Modena: Mucchi, 177–206.
- Brigand, R., 2009. Une lecture sous SIG des formes parcellaires rurales et urbaines de la plaine centrale de Venise, *Agri centuriati* 6, 53–69.

- Brigand, R., 2010. *Nature, Formes et Dynamiques Des Parcellaires de La Plaine de Venise (Italie, Vénétie)*. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté (Besançon) / Università degli Studi di Padova (Italia).
- Brigand, R., 2011. Centuriations romaines dans la plaine alluviale du Brenta (Vénétie), *Études rurales* 188, 19–37.
- Brogio, G.P., 2014. Nuovi sviluppi nell'archeologia dei paesaggi: l'esempio del progetto APSAT (2008-2013), *Archeologia medievale* 41, 11–22.
- Brunet, C., D. Conso, A. Gonzales, T. Guard, J.-Y. Guillaumin & C. Sensal, 2008. *Libri Coloniarum (Livre Des Colonies) Corpus Agrimensorum Romanorum VII*. Besançon.
- Bruni, L., 2002. Cascina e le sue acque. Quando l'ambiente fa la storia, in *Cascina e il suo territorio nel Medioevo, segni d'arte e cultura in un centro della pianura pisana*. G. Formichi (Ed.). Pisa: Litografia Varo, 179–97.
- Bruni, S., 1998. *Pisa etrusca. Anatomia di una città scomparsa*. Milano: Longanesi.
- Bruni, S., 2001. Ad gradus Arnenses. Il distretto della foce del ramo settentrionale del delta dell'Arno in età antica, in *Tombolo. Territorio della Basilica di San Piero a Grado*. S. Paglialunga (Ed.). Pisa: Felici Editore, 83–99.
- Bruni, S., 2003. 'Pisa etrusca et loca et flumina'... sed etiam maria. Appunti sulla vicenda di Pisa etrusca, in *Pisa e Il Mediterraneo. Uomini, Merci, Idee Dagli Etruschi Ai Medici*, M. Tangheroni (Ed.). Milano: Skira, 45–55.
- Bruni, S., 2004. Tra Arno ed Era: appunti sulle dinamiche del popolamento in età etrusca, in *Tra Arno Ed Era. Dalle Prime Testimonianze Al Quattrocento*. R. Grifoni Cremonesi, S. Bruni, G. Ciampoltrini, O. Banti e M. Burrelli (Eds.). Pisa: Pacini Editore, 27–53.
- Bruni, S., 2006. Nuovi dati per lo studio della chora di Pisa arcaica. Un luogo di culto nei pressi della riva del ramo meridionale del delta dell'Arno, in *Depositi Votivi e Culti Dell'Italia Antica Dall'età Arcaica a Quella Tardo-Repubblicana. Atti Del Convegno Di Studi (Perugia, 1-4 Giugno 2000)*. Bari: Edipuglia, 345–50.
- Bruni, S. & M. Cosci, 2003. 'Alpheae veterem contemptlor originis urbem, quam cingunt geminis Arnus et Ausur aquis'. Il paesaggio di Pisa etrusca e romana: materiali e problemi, in *Il Porto Urbano Di Pisa Antica. La Fase Etrusca. 1. Il Contesto e Il Relitto Ellenistico*. S. Bruni (Ed.). Cinisello Balsamo (Milano): Silvana Editoriale, 29–43.
- Buoncompagni, B., 1862. *Scritti Di Leonardo Pisano, Matematico Del Secolo Decimoterzo* (Leonardi Pisani Practica Geometriae ed altri opuscoli). Roma: Tip. delle Scienze Matematiche e Fisiche.
- Calzolari, M., 1983. «Limes», «limite». Una verifica sul rapporto tra centuriazione e toponomastica, *Miscellanea di studi archeologici e di antichità* I, 217–56.
- Calzolari, M., 2010. Aspetti della centuriazione romana in Emilia Romagna, in *Centuriazione e Territorio. Progettazione Ed Uso Dell'ambiente in Epoca Romana Tra Modena e Bologna*. D. Neri e C. Sanguineti (Eds.). Castelfranco Emilia, 35–46.

- Cambi, F., 2009. Archeologia (globale) dei paesaggi (antichi): metodologie, procedure, tecnologie, in *Geografie Del Popolamento. Casi Di Studio, Metodi e Teorie*. G. Macchi Jánica (Ed.). Siena: Edizioni dell'Università, 349–57.
- Cambogi, P., M. Nanni & A. Zanini, 1995. L'Abitato protostorico di Livorno-Stagno. Nota preliminare, in *Preistoria e Protostoria in Etruria. Atti Del Secondo Incontro Di Studi. Tipologia Delle Necropoli e Rituals Di Deposizione. Ricerche e Scavi (Farnese, 21-23 Maggio 1993)*. N. Negrone Catacchio (Ed.). Milano: Centro studi di preistoria e archeologia, 93–101.
- Camilli, A., 2004a. Il cantiere delle navi antiche di Pisa: note sull'ambiente e sulla periodizzazione del deposito, *Archeologia Marittima Mediterranea* 1, 53–75.
- Camilli, A., 2004b. Le strutture 'portuali' dello scavo di Pisa S.Rossore, in *Le Strutture Dei Porti e Degli Approdi Antichi, Il Seminario Roma-Ostia Antica 16-17 Aprile 2004*. A. Gallina Zevi e R. Turchetti (Eds.). Roma: Rubbettino Editore, 67–86.
- Camilli, A., 2005. Il contesto delle navi antiche di Pisa. Un breve punto della situazione, *FOLD&R FastiOnLine documents & research* 31, 1–7.
- Camilli, A., 2012. Ambienti, rinvenimenti e sequenza. Un breve riassunto aggiornato dello scavo delle navi, in *Il Bagaglio Di Un Marinaio (Le Navi Romane Di Pisa)*. E. Remotti (Ed.). Roma: Aracne, 13–18.
- Campagnoli, P. & P.L. Dall'Aglio, 1997. Regimazioni idriche e variazioni ambientali nelle pianure di foce delle Marche settentrionali, in *Uomo, acqua e paesaggio: atti dell'incontro di studio sul tema irreggimentazione delle acque e trasformazione del paesaggio antico : S. Maria Capua Vetere, 22-23 novembre, 1996*. A. Coen e S. Quilici Gigli (Eds.). Roma: « l'Erma » di Bretschneider, 61–72.
- Campana, S., 2002. Ikonos-2 multispectral satellite imagery to the study of archaeological landscapes: An integrated multi-sensor approach in combination with "traditional" methods, in *The Digital Heritage of Archaeology, Proceedings of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, (Heraklion-Greece, 2-6 Aprile 2002)*. M. Doerr e A. Sarris (Eds.). Atene, 219–25.
- Campana, S., 2009. Archeologia dei Paesaggi e Remote Sensing, in *Groma 2. In Profondità Senza Scavare*. E. Giorgi (Ed.), 137–55.
- Canuti, P., C. Cencetti, P. Conversini, M. Rinaldi & P. Tacconi, 1991. Dinamica fluviale recente di alcuni tratti dei fiumi Arno e Tevere, in *Fenomeni Di Erosione e Alluvionamenti Degli Alvei Fluviali (Ancona, 14-15 Ottobre 1991)*, 21–35.
- Caporali, E., M. Rinaldi & N. Casagli, 2005. The Arno river floods, *Giornale di Geologia Applicata* 1, 177–92.
- Caprasecca, A., 2007. Aerofotointerpretazione archeologica della piana grossetana. Aree lagunari, corsi d'acqua e viabilità, in *Archeologia Urbana a Grosseto. Origine e Sviluppo Di Una Città Medievale Nella 'Toscana Delle Città Deboli'*. C. Citter e A. Arnoldus-Huyzendveld (Eds.). Borgo San Lorenzo (Firenze): All'Insegna del Giglio, 109–19.

- Carratori, L., M.L. Ceccarelli Lemut, G. Garzella, R. Pescaglini Monti & P. Morelli, 1994. Il periodo medievale, in *La Pianura Di Pisa e i Rilievi Contermini* (Memorie della Società Geografica Italiana). R. Mazzanti (Ed.). Roma: Soc. Geografica Italiana, 205–367.
- Casciano, M., 2004. Acque e centuriazioni nel diritto romano, *Agri centuriati* 1, 57–66.
- Castagnoli, F., 1946. Note al Liber Coloniarum, *Bollettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma* LXXII, 49–58.
- Castagnoli, F., 1958. *Le Ricerche Sui Resti Della Centuriazione*. Roma: Edizioni di Storia e Letteratura.
- Caturegli, N., 1938. *Regesto Della Chiesa Di Pisa. Regestum Pisanum* (Regesta Chartarum Italiae). Roma.
- Cavazza, S., 1994. L'idrologia attuale. La natura e i molteplici interventi umani, in *La Pianura Di Pisa e i Rilievi Contermini* (Memorie della Società Geografica Italiana). R. Mazzanti (Ed.). Roma: Soc. Geografica Italiana, 431–64.
- Ceccarelli Lemut, M.L., 2002. Cascina e il suo territorio nel Medioevo: castelli e insediamento, in *Cascina, Segni d'arte e Cultura in Un Centro Della Pianura Pisana*. G. Formichi (Ed.). Pisa: Litografia Varo, 61–80.
- Ceccarelli Lemut, M.L., 2012. Ad honorem Pisane civitatis. La politica territoriale del vescovo e del Comune di Pisa, in *Medioevo in Valdera. Percorso Storico e Archeologico* (Rete museale Valdera. Quaderni 3). A. Alberti (Ed.). San Miniato (Pisa), 11–31.
- Ceccarelli Lemut, M.L. & G. Garzella, 2005b. Tipologia, funzioni e connotati istituzionali, in *Terre Nuove Nel Valdarno Pisano Medievale*. Ospedaletto (Pisa): Pacini Editore, 9–49.
- Ceccarelli Lemut, M.L. & M. Pasquinucci, 1991. Fonti antiche e medievali per la viabilità del territorio pisano, *Bollettino Storico Pisano* LX, 111–38.
- Ceccarelli Lemut, M.L., M. Renzo & P. Morelli, 1994. Il contributo delle fonti storiche alla conoscenza della geomorfologia, in *La pianura di Pisa e i rilievi contermini. La natura e la storia* (Memorie della Società Geografica Italiana). R. Mazzanti (Ed.). Roma: Soc. Geografica Italiana, 401–29.
- Cherubini, L. & A. Del Rio, 1995. Appunti su fabbriche del territorio pisano e volterrano, *Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa. Classe di Lettere e Filosofia* 25(1/2), 351–88.
- Chouquer, G., 1981. Les centuriations de Romagne orientale [Étude morphologique], *Mélanges de l'Ecole française de Rome. Antiquité (MEFRA)* 93(2), 823–68.
- Chouquer, G., 2000. *L'étude Des Paysages. Essais Sur Leurs Formes et Leur Histoire*. Paris: Errance.
- Chouquer, G., 2003. Crise et recomposition des objets : les enjeux de l'archéogéographie, *Études rurales* 167-168, 13–31.
- Chouquer, G., 2005. Nouveaux Chapitres d'histoire Du Payage, *Études rurales* 175-176, 128.
- Chouquer, G., 2008a. *Traité d'archéogéographie: La Crise Des Récits Géohistoriques*. Paris: Errance.

- Chouquer, G., 2008b. Les transformations récentes de la centuriation, Recent changes of centuration: Another interpretation from Roman land-surveys, *Annales. Histoire, Sciences Sociales* 63(4), 847–74.
- Chouquer, G., 2009. Ce que le temps fait aux formes planimétriques, *Géocarrefour* 84(4), 217–26.
- Chouquer, G., 2010. *Actualités de la centuriation. Interrogations autour de la méthodologie*. février 2010 . <http://www.archeogeographie.org/index.php/index.php?rub=presentation/infos/centurs>.
- Chouquer, G., 2013. *Quels Scénarios Pour l'histoire Du Paysage?: Orientations de Recherche Pour l'archéogéographie*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Chouquer, G., 2014. Les fleuves et la centuriation: l'apport des catégories gromatiques, *JUS-Giovani romanisti milanesi incontrano Gérard Chouquer* 2, 379–406.
- Chouquer, G., 2015. *Les Parcellaires Médiévaux En Emilie et En Romagne. Centuriations et Trames Coaxiales. Morphologie et Droit Agraires*. Paris: Observatoire des formes du foncier dans le monde. France International pour l'Expertise Foncière (FIEF).
- Chouquer, G., 2016. Systèmes de Limites, Mesure Des Surfaces et Bornage “Proportionnel”, in *Droit agraire antique et altomédiéval en Occident (Ile av. – Xe s. apr. J.-C.)*. Consultato sul sito: Observatoire des formes du foncier dans le monde (<http://www.formesdufoncier.org>).
- Chouquer, G., M. Clavel-Lévêque, M. Dodinet, F. Favory & J.-L. Fiches, 1983. Cadastres et voie Domitienne. Structures et articulations morpho-historiques, *Dialogues d'histoire ancienne* 9(1), 87–111.
- Chouquer, G. & F. Favory, 1980. *Contribution à La Recherche Des Cadastres Antiques*. (Collection de l'Institut des Sciences et Techniques de l'Antiquité). Paris: Les Belles Lettres.
- Chouquer, G. & F. Favory, 1992. *Les Arpenteurs Romains. Théorie et Pratique* (Collection Archéologie aujourd'hui). Paris: Errance.
- Chouquer, G. & F. Favory, 2001. *L'Arpentage Romain : Histoire Des Textes, Droit, Techniques*. Paris: Errance.
- Chouquer, G., F. Favory & P. Poupet, 1991. *Les Paysages de l'Antiquité : Terres et Cadastres de l'Occident Romain (IVe s. Avant J.-C./IIIe s. Après J.-C.)* (Collection des Hespérides). Paris: Errance.
- Chouquer, G., F. Gateau & R.G. Villaescusa, 1996. *Etude Des Formes Du Paysage Par Carto et Photo-Interprétation*. CNRS - Unité Mixte de Recherche 9966 - Archéologie et Territoites, Université de Tours.
- Chouquer, G. & M. Watteaux, 2013. *L'archéologie Des Disciplines Géohistoriques*. Paris: Errance.
- Ciampoltrini, G., 1981. Note sulla colonizzazione augustea nell'Etruria settentrionale, *Studi Classici e Orientali* 31, 31–55.
- Ciampoltrini, G., 2003. Coppi, tazze, e altre userie fittili, lacere e marce, macere dal tempo'. Le opere di bonifica e l'archeologia d'età etrusca e romana tra Valdarno e Valdera, in *Preistoria*

- e Protostoria Fra Valdarno e Valdera*. R. Mazzanti (Ed.). Pontedera: Bandecchi & Vivaldi, 117–130 .
- Ciampoltrini, G., 2004. Il territorio in età romana, in *Pontedera. Dalle Prime Testimonianze Al Quattrocento*. R. Grifoni Cremonesi, S. Bruni, G. Ciampoltrini, O. Banti, et al. (Eds.). Pisa: Pacini Editore, 55–71.
- Ciampoltrini, G., 2006a. La ripresa dell'insediamento fra Età del Ferro e Arcaismo, in *Gli Etruschi Della Valdera. Forme Dell'insediamento Fra VII e V Secolo a.C.*. G. Ciampoltrini (Ed.). Pisa: Felici Editore, 41–45.
- Ciampoltrini, G., 2006b. Una synkrisis: città e territorio fra Valdarno e Valdera nel VI e V secolo a.C., in *Gli Etruschi Della Valdera. Forme Dell'insediamento Fra VII e V Secolo a.C.*. G. Ciampoltrini (Ed.). Pisa: Felici Editore, 67–68.
- Ciampoltrini, G., 2006c. *Gli Etruschi della Valdera. Forme dell'insediamento fra VII e V secolo a.C.*. Pisa: Felici Editore.
- Ciampoltrini, G., 2007. Paesaggi urbani e rurali di una colonia augustea, in *Ad Limitem. Paesaggi d'età Romana Nello Scavo Degli Orti Del San Francesco Di Lucca*. G. Ciampoltrini (Ed.). Lucca, 13–42.
- Ciampoltrini, G., 2008. La Valdera romana tra Pisa e Volterra, in *La Valdera Romana Fra Pisa e Volterra. L'area Archeologica Di Santa Mustiola (Colle Mustarola) Di Peccioli*. G. Ciampoltrini (Ed.). Pisa: Pacini Editore, 17–29.
- Ciampoltrini, G., 2010. *Fossa Cinque Della Bonifica Di Bièntina. Un Insediamento Nella Piana Dell'Auser Intorno Al 1000 a.C.* Lucca: I segni dell'Auser.
- Ciampoltrini, G., 2011. Paesaggi e insediamenti etruschi d'età arcaica nella Terra dei Quattro Fiumi, in *Gli Etruschi e le vie d'acqua: l'insediamento della Granchiaia fra Montopoli in Val d'Arno e Marti*. E. Carli (Ed.). Pisa: Pacini Editore, 15–50.
- Ciampoltrini, G., 2014. *Gli etruschi della Bassa Valdera tra Pisa e Volterra: prolegomeni all'edizione dello scavo della Giuncaiola di Pontedera (2011-2012)*. Bièntina: I segni dell'Auser.
- Ciampoltrini, G. & S. Alberigi, 2014. Il sepolcreto altomedievale di Pontedera, località La Scafa. Primi dati della campagna 2011, in *Necropoli Longobarde in Italia. Indirizzi Della Ricerca e Nuovi Dati*. E. Possenti (Ed.). Trento: EDITREG Editore, 351–65.
- Ciampoltrini, G. & M. Baldassari, 2006. L'insediamento di Montacchita di Palaia. La sequenza stratigrafica e i materiali, in *Gli Etruschi Della Valdera. Forme Dell'insediamento Fra VII e V Secolo a.C.*. Pisa: Felici Editore, 17–38.
- Ciampoltrini, G., E. Catani & G. Millemaci, 2006. Montacchita e le Melorie: apogeo e crisi di un sistema di insediamenti fra VI e V secolo a.C., in *Gli Etruschi Della Valdera. Forme Dell'insediamento Fra VII e V Secolo a.C.*. G. Ciampoltrini (Ed.). Pisa: Felici Editore, 47–66.
- Ciampoltrini, G., M. Cosci & C. Spataro, 2010. I paesaggi di Peccioli e della Valdera dal Medioevo all'Ottocento tra scavo e ricerca aerofotografica, in *Peccioli e La Valdera Dal Medioevo*

- All'Ottocento: Itinerari Archeologici Fra Pisa e Volterra: Atti Della Giornata Di Studi Del 18 Aprile 2009*, Peccioli, Centro Polivalente. G. Ciampoltrini (Ed.). Pisa, 11–28.
- Ciampoltrini, G., R. Manfredini & C. Spataro, 2008. *Il Cippo Etrusco Da Sant'Ippolito Di Santa Maria a Monte. Paesaggi e Insediamenti Nel Medio Valdarno Inferiore Tra VI e II Secolo a.C..* Bièntina: La Grafica Pisana.
- Ciampoltrini, G. & C. Spataro, 2007. Pontedera (PI). Località Travalda: resti di insediamento medievale, *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana* 2/2006, 220–23.
- Citter, C. & A. Arnoldus-Huyzendveld, 2009. Gerarchia dell'insediamento e potenzialità di sfruttamento delle risorse naturali nel territorio di Roselle-Grosseto: una proposta metodologica, in *Geografie Del Popolamento. Casi Di Studio, Metodi e Teorie*. G. Macchi Jànica(Ed.). Siena: Edizioni della Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università di Siena, 311–19.
- Clavel-Levêque, M., 1989. *Puzzle gaulois. Les Gaules en mémoire. Images - Textes - Histoire* (Annales littéraires de l'Université de Besançon 396). Paris: Les belles lettres.
- Clavel-Lévêque, M., G. Chouquer, J.P. Vallat & F. Favory, 1987. *Structures Agraires En Italie Centro-Méridionale : Cadastres et Paysages Ruraux* (Collection de l'Ecole française de Rome). Rome: EFR.
- Comune di Pisa - Direzione Ambiente, Ufficio del Piano, 1997. *Piano Strutturale Del Comune Di Pisa. Rischi Geologici e Idraulici*. Consultato su <http://www.comune.pisa.it/it/ufficio-scheda/21015/b1-2-Relazione-Rischi-geologici-e-idraulici.html> b1.2.
- Corsi, C. & F. Vermeulen, 2009. Il contributo della cartografia storica per lo studio delle divisioni agrarie nella bassa valle del Potenza nel Piceno, *Agri centuriati* 7, 227–45.
- Cosci, M., 1990. Il contributo della fotografia aerea all'indagine archeologica, in *San Giuliano Terme. La Storia, Il Territorio*. Pisa: Giardini, 181–83.
- Cosci, M., 2005. Dal monte al mare: evoluzioni idrografiche dell'antico fiume Auser rivelate dai sensori satellitari, in *Le Dimore Dell'Auser. Archeologia Architettura Ambiente Dell'antico Lago Di Sesto*. G. Ciampoltrini, M. Zecchini (Eds.). Lucca: S.Marco, 9–16.
- Cosci, M. & C. Spataro, 2006. La fotografia aerea e il paesaggio etrusco della Bassa Valdera fra VI e V secolo a.C., in *Gli Etruschi Della Valdera. Forme Dell'insediamento Fra VII e V Secolo a.C..* Pisa: Felici Editore, 101–3.
- Cosci, M. & C. Spataro, 2008. I paesaggi della Valdera romana nel contributo della fotografia aerea, in *La Valdera Romana Tra Pisa e Volterra. L'area Archeologica Di Santa Mustiola (Colle Mustariola) Di Peccioli*. G. Ciampoltrini (Ed.). Pisa: Pacini Editore, 33–81.
- Cracco Ruggini, L., 2008. Terre e acque: città e campagne fra antichità e medioevo, in *L'acqua Nei Secoli Altomedievali. Atti Della Settimana Di Studi (Spoleto, 12-17 Aprile 2008)*. Fondazione CISAM, 95–120.
- Dall'Aglio, P.L., 1997. Il 'diluvium di Paolo Diacono' e le modificazioni ambientali tardoantiche: un problema di metodo, *Ocnus* 5, 97–104.

- Dall'Aglio, P.L., 2004. Perché studiare la centuriazione, *Agri centuriati* 1, 1–5.
- Dall'Aglio, P.L., 2005. Centuriazione e variazioni ambientali nella media e bassa pianura parmense, *Agri centuriati* 2, 103–13.
- Dall'Aglio, P.L., 2009. Centuriazione e geografia fisica, *Agri centuriati* 6, 279–97.
- Dall'Aglio, P.L. & C. Franceschelli, 2011. Pianificazione e gestione del territorio: concetti attuali per realtà antiche, *Ocnus* 9, 23–39.
- Dall'Aglio, P.L., E. Giorgi, M. Silani, M. Aldrovandi, C. Franceschelli, O. Nesci, N. Savelli, F. Troiani, L. Pellegrini & D. Zizioli, 2012. Ancient landscape changes in the North Marche region: an archaeological and geomorphological appraisal in the Cesano valley, in *Variabilités Environnementales, Mutations Sociales, Nature, Intensités, Échelles Et Temporalités Des Changements. XXXIe Rencontres Internationales d'Archeologie Et d'Histoire d'Antibes*. F. Bertoncello, F. Braemer (Eds.). Juan-les-Pins: APDCA, 101–12.
- Dall'Antonia, B. & R. Mazzanti, 2001. Geomorfologia e Idrografia, in *Tombolo. Territorio Della Basilica Di San Piero a Grado*. S. Paglialunga (Ed.). Pisa: Felici Editore, 7–66.
- Del Noce, G., 1849. *Trattato Istorico-Scientifico Delle Macchie e Foreste Del Granducato Di Toscana*. Firenze.
- Della Rocca, B., R. Mazzanti & E. Pranzini, 1987. Studio geomorfologico della pianura di Pisa, *Geog. Fis. Dinam. Quat.* 10, 56–84.
- Della Pina, M., R. Mazzanti, A. M. Pult Quaglia, 1986. L'età moderna, in *Terre e Paduli. Reperti, Documenti, Immagini per La Storia Di Coltano*. R. Mazzanti, R. Grifoni Cremonesi, M. Pasquinucci, A. M. Pult Quaglia (Eds.). Pontedera: Bandecchi & Vivaldi, 249–82.
- Di Cocco, I., 2008. Aree apparentemente centuriate della pianura bolognese, *Agri centuriati* 5, 1000–1009.
- Di Cocco, I., 2010. L'evoluzione ambientale della pianura bolognese: il contributo dello studio della carta di Andrea Chiesa (1740-1742), *Agri centuriati* 7, 209–26.
- Di Cocco, I. & D. Viaggi, 2003. *Dalla scacchiera alla macchia: il paesaggio agrario veleiate tra centuriazione e incolto*. Bologna: Ante quem.
- Di Spigno, 1949. Topografia pisana in Rutilio Namaziano, *Atti dell'Accademia dei Lincei, Scienze morali, storiche e filosofiche* IV, 183–89.
- Ducci, S., 2006. Collesalveti (LI). La scoperta di un impianto produttivo d'età romana in località Guasticce-Ca' Lo Spelli, *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana* 1/2005, 237–38.
- Ducci, S., F. Carrera & D. Pasini, 2007. Collesalveti (LI). Prima campagna di scavo in località Guasticce-Ca' Lo Spelli, *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana* 2/2006, 242–44.
- Ducci, S., M. Pasquinucci & S. Genovesi, 2011. Portus Pisanus nella tarda età imperiale (III-VI secolo): nuovi dati archeologici e fonti scritte a confronto, in *I Sistemi Portuali Della*

- Toscana Mediterranea. Infrastrutture, Scambi, Economie Dall'antichità a Oggi*. Pisa: Pacini Editore, 29–56.
- Fabiani, F., 2006. *Stratam antiquam que est per paludes et boscos. Viabilità romana tra Pisa e Luni*. Pisa: PLUS-Pisa University Press.
- Fabiani, F. & G. Gattiglia, 2012. La struttura informatica di archiviazione, in *MAPPa. Metodologie Applicate Alla Predittività Del Potenziale Archeologico*. F. Anichini et al. (Eds.) (I). Roma: Edizioni Nuova Cultura, 41–72.
- Fabiani, F., F. Ghizzani Marcià & M.L. Gualandi, 2013. Dai metodi alla storia: Pisa in età romana e tardo antica, in *MAPPa. Metodologie Applicate Alla Predittività Del Potenziale Archeologico*. F. Anichini et al. (Eds.) (II). Roma: Edizioni Nuova Cultura, 161–84.
- Fabiani, F. & E. Paribeni, 2012. *Il frantoio romano dell'Acquarella*. Pisa: Felici Editore.
- Favory, F., 1980. Détection des cadastres antiques par filtrage optique : Gaule et Campanie, *Mélanges de l'école française de Rome* 92(1), 347–86.
- Favory, F., 1991. Critères de datation des cadastres antiques, *Dialogues d'histoire ancienne* 17(2), 215–23.
- Favory, F., 1997. Retour critique sur les centuriations du Languedoc oriental, leur existence et leur datation, in *Les Formes Du Paysage. L'analyse Des Systèmes Spatiaux* (III). G. Chouquer (Ed.). Paris: Errance, 96–126.
- Favory, F. & J.-L. Fiches, 1994. *Les campagnes de la France méditerranéenne dans l'Antiquité et le haut Moyen Age. Etudes microrégionales*. Paris: Maison des Sciences de l'Homme.
- Federici, P.R. & R. Mazzanti, 1989. L'evoluzione della paleogeografia e della rete idrografica del Valdarno Inferiore, *Bollettino della Società Geologica Italiana* 10-12, 573–615.
- Federici, P.R. & R. Mazzanti, 1995. Note sulle pianure costiere della Toscana, *Memorie della Società Geografica Italiana* 53, 165–270.
- Ferrari, K., 2012. *Reciproche Influenze Tra Geomorfologia e Popolamento Antico Presso Le Piane Di Foce Dei Fiumi Tirrenici. Il Caso Del Fiume Garigliano*. Dottorato di ricerca in Archeologia. Ciclo XXIV, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.
- Fiaschi, R., 1938. *Le Magistrature Pisane Delle Acque*. Pisa: Nistri Lischi Editore.
- Folcando, E., 1996. Una rilettura dell'elenco di colonie pliniane, in *Epigrafia e Territorio. Politica e Società. Temi Di Antichità Romane* (IV). M. Pani (Ed.). Bari: Edipuglia, 75–112.
- Fraccaro, P., 1939. La centuriazione romana dell'agro Pisano, *Studi Etruschi* XIII, 221–29.
- Fraccaro, P., 1956. *Intorno ai confini e alla centuriazione degli agri di Patavium e di Acelum*. Tipografia del libro.
- Franceschelli, C., 2008. Dynamiques de transmission de la morphologie agraire: “perennisation” et “effacement” de la centuriazione romaine dans la plaine sud du Pô, in *Agri centuriati* 5, 77–101.
- Franceschelli, C., 2015. Riflessioni sulla centuriazione romana: paradigmi interpretativi, valenza paesaggistica, significato storico, *Agri centuriati* 12, 175–211.

- Franceschelli, C. & S. Marabini, 2007. *Lettura di un territorio sepolto: la pianura Lughese in età Romana*. Bologna: Ante quem.
- Franceschelli, C. & F. Trément, 2010. Gestione delle acque e organizzazione dello spazio agrario nel Grand Marais de Limagne in età romana, *Agri centuriati* 7, 189–208.
- Garzella, G., 1986. Cascina. L'organizzazione civile ed ecclesiastica e l'insediamento, in *Cascina, dall'antichità al medioevo*. M. Pasquinucci, G. Garzella, M. L. Ceccarelli Lemut (Eds.). Pisa: Pacini Editore, 69–108.
- Garzella, G., 2005. Cascina, in *Terre Nuove Nel Valdarno Pisano Medievale*. M. L. Ceccarelli Lemut, G. Garzella (Eds.). Pisa: Pacini Editore, 49–57.
- Garzella, G., 2006. Fluminis impetu et alluvione destructum et eradicatum. Il primo monastero di S. Savino e una complicata prospettiva archeologica, *Bollettino Storico Pisano* 75, 361–66.
- Gattiglia, G., 2011. *Pisa nel Medioevo, Produzione, società, urbanistica: una lettura archeologica*. Pisa: Felici Editore.
- Gattiglia, G., 2013. *MAPPA, Pisa medievale: archeologia, analisi spaziali e modelli predittivi*. Roma: Edizioni Nuova Cultura.
- Gaucher, G., 2011. *Evolution de l'occupation Du Sol et de l'environnement Fluvial En Haute Vallée Du Rhone (Ain, Isère) Du Néolithique à l'époque Moderne*. Thèse de doctorat, Université de Nice Sophia Antipolis.
- Gelichi, S., 2008. Infrastrutture marittime nell'alto medioevo: una prospettiva archeologica, in *L'acqua Nei Secoli Altomedievali. Atti Della Settimana Di Studi (Spoleto, 12-17 Aprile 2008)*. Fondazione CISAM, 283–314.
- Ghignoli, A., 1998. *I brevi del comune e del popolo di Pisa dell'anno 1287*. Roma: Istituto storico italiano per il Medio Evo.
- Ghignoli, A., 2006. *Carte Dell'Archivio Arcivescovile Di Pisa. Fondo Arcivescovile. I (720-1100)*. Pisa: Pacini Editore.
- Giua, M., 2004. La fides di Plinio e la colonia di Pisa. Nota a Nat. Hist. III 50, in *Artissimum Memoriae Vinculum. Scritti Di Geografia Storica e Di Antichità. In Ricordo Di Gioia Conta*. U. Laffi, F. Frontera, P. Virgilio (Eds.). Firenze: Olschki, 199–208.
- González Villaescusa, R., 1996. Centuriations, alquerias et pueblas: éléments pour la compréhension du paysage valencien, in *Les Formes Du Paysage. Archéologie Des Parcelles (II)*. G. Chouquer (Ed.). Paris: Errance, 155–66.
- González Villaescusa, R., 2002. *Las Formas de Los Paisajes Mediterraneos*. Jaén: Editorial Universidad de Jaén.
- González Villaescusa, R., 2007. Ce que la morphologie peut apporter à la connaissance de la centuriation d'Ilici (Elche, Espagne), *Agri centuriati* 4, 29–42.
- González Villaescusa, R., 2011a. Archéogéographie et disciplines voisines, *Études rurales* juillet-décembre, 188.

- González Villaescusa, R., 2011b. Face à la crise épistémologique, davantage d'épistémologie, *Études rurales* 188, 9–17.
- Grandinetti, G., 2014. Collesalveti (LI). Parrana San Martino, la necropoli protostorica: campagna di scavo 2013 (concessione di scavo), *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana* 9/2013, 382–384.
- Grassini, F., 2012. *Il museo della storia antica del territorio di Bièntina «Vittorio Bernardi». Una guida alla visita*. Bièntina: La Grafica Pisana.
- Grava, M., 2011. *Fonti cartografiche di Toscana e Catalogna di Età Moderna e Contemporanea. Ricostruire con il GIS, comunicare con WebGIS*, Tesi di dottorato, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.
- Grava, M., 2014. Un Historical-GIS per alcune Comunità della banca dati “CASTORE”. Vettorializzazione e pubblicazione online (formato 2.0) di serie informative di dati, in *ASITA 2014, Federazione italiana delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali*, 643–350.
- Grifoni Cremonesi, R., 2001. Il popolamento durante la preistoria, in *Tombolo: Territorio Della Basilica Di San Piero a Grado*. S. Paglialunga (Ed.). Pisa: Felici Editore, 67–81.
- Grifoni Cremonesi, R., 2004. La preistoria nel territorio di Pontedera, in *Pontedera. Dalle Prime Testimonianze Al Quattrocento*. R. Grifoni Cremonesi, S. Bruni, G. Ciampoltrini, O. Banti, et al. (Eds.). Pisa: Pacini Editore, 11–52.
- Grifoni Cremonesi, R., G. Radi, F. Sammartino, P.E. Bagnoli, N. Panicucci & A. Betti, 1986. La Preistoria, in *Terre e Paduli. Reperti, Documenti, Immagini per La Storia Di Coltano*. R. Mazzanti, R. Grifoni Cremonesi, M. Pasquinucci, A. M. Pult Quaglia (Eds.). Pontedera: Bandecchi & Vivaldi, 41–90.
- Guillaumin, J.-Y., 2007. Le modus iugerationis dans les textes gromatiques romains, *Dialogues d'histoire ancienne* 33(1), 99–113.
- Harris, W.V., 1971. *Rome in Etruria and Umbria*. Oxford: The Clarendon Press.
- Kaniewski, D., N. Marriner, C. Morhange, M. Vacchi, G. Sarti, V. Rossi, M. Bini, M. Pasquinucci, C. Allinne, T. Otto, F. Luce & E. Van Campo, 2018. Holocene evolution of Portus Pisanus, the lost harbour of Pisa, *Scientific Reports* 8(1), 11625.
- Keppie, L., 1983. *Colonisation and Veteran Settlement in Italy (47-14 B.C.)*. London: British School at Rome.
- Keppie, L.J.F., 2000. *Legions and Veterans: Roman Army Papers 1971-2000*. Franz Steiner Verlag.
- Lambeck, K., F. Antonioli, A. Purcell & S. Silenzi, 2004. Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000yr, *Quaternary Science Reviews* 23(14), 1567–98.
- Lavigne, C., 1996. Recherches sur les systèmes parcellaires de fondation en Gascogne au Moyen Age, in *Les Formes Des Paysages. Etudes Sur Les Parcellaires* (I). G. Chouquer (Ed.). Paris: Errance, 182–96.

- Lavigne, C., 2002. *Essai sur la planification agraire au Moyen Age : les paysages neufs de la Gascogne médiévale (XIIIe-XIVe siècles)*. Pessac (Gironde): Ausonius Editions.
- Lavigne, C., 2004. Une 'centuriation anormale' à Villafranca di Verona (Italie)?, *AGER* XIV, 13–17.
- Lavigne, C., 2005. Assigner et fiscaliser les terres au Moyen Âge, *Études rurales* 175-176, 81–108.
- Lavigne, C., 2007. Étude archéogéographique d'un espace de colonisation. La huerta de Murcie au milieu du XIIIe siècle (bilan d'une recherche), *Mélanges de la Casa de Velázquez. Nouvelle série* 37-2, 293–302.
- Leveau, P., 2010. Centuriations et territoire en Basse Provence (cités d'Arles et d'Aix). Une contribution critique, *Agri centuriati* 7, 55–74.
- López Gómez, A., 1989. La evolución del cultivo hortícolas en los marjales de la costa valenciana, in *Estudio Sobre Regadíos Valencianos*. Valencia: Universitat de Valencia. Servei de publicacions, 27–82.
- Luzzati, M., 1962. Note di metrologia pisana, *Bollettino Storico Pisano* XXXI-XXXII, 191–220.
- Luzzati, M. 1979. Toscana senza mezzadria. Il caso pisano alla fine del Medioevo, in *Contadini E Proprietari Nella Toscana Moderna: Atti Del Convegno Di Studi In Onore Di Giorgio Giorgetti*. Firenze: Olschki, 279–343
- Marchand, C., 2000. *Recherches Sur Les Réseaux de Formes : Processus Dynamiques Des Paysages Du Sénonais Occidental*. Thèse de doctorat, Université de Tours.
- Marchand, C., 2003. Des centuriations plus belles que jamais?, *Études rurales* 167-168, 93–113.
- Marchi, M.L., J. Pelgrom, G. Cantoro, A. Casarotto, L. Lecce, A. Hamel, Jesús García Sánchez & T.D. Stek, 2014. New approaches to the study of Village Sites in the territory of Venosa in the Classical and ellenistic periods, *Agri centuriati* 11, 31–58.
- Marchisio, E., M. Pasquinucci, E. Pranzini & G. Vigna Guidi, 2000. The Pisa territory project, in *Non-Destructive Techniques Applied to Landscape Archaeology*. M. Pasquinucci e F. Trement (Eds.). Oxford: Oxbow Books.
- Mariotti-Lippi, M.M., C. Bellini, C. Trinci, M. Benvenuti, P. Pallecchi & M. Sagri, 2007. Pollen analysis of the ship site of Pisa San Rossore, Tuscany, Italy: the implications for catastrophic hydrological events and climatic change during the late Holocene, *Vegetation History and Archaeobotany* 16(6), 453–65.
- Materassi L., 1849. *Del Fiume Arno nel Compartimento pisano e dei lavori in quello eseguiti dal 1840 al 1847. Memorie dell'Ingegnere Ispettore Lorenzo Materassi*. Pisa: tipografia Nistri.
- Mazzanti, R., 1987. Aspetti geologici, erosione e subsidenza del litorale toscano, in *Colloque franco-italien. Les problemes de l'environnement des zones littorales = Convegno italo-francese. I problemi dell'ambiente delle zone litoranee : Pisa 2-4 dicembre 1987*. F. Regoli e C. Lardicci (Eds.), 75–92.
- Mazzanti, R., 1991. La pianura di Pisa fra Ponsacco, Pontedera e Cascina, *Il villaggio neolitico di Podere Casanuova (Pontedera, Pisa)* Rivista di scienze preistoriche 43, 215–19.

- Mazzanti, R., 1994. *La Pianura Di Pisa e i Rilievi Contermini* (Memorie della Società Geografica Italiana). Roma: Soc. Geografica Italiana.
- Mazzanti, R., 2000. Geomorfologia del bacino Versiliese-Pisano con particolare riferimento alla ‘Gronda dei Lupi’, scarpata fossile che separa le Colline Livornesi, con i loro terrazzi eustatici, dalla pianura alluvionale di Pisa, *Atti Della Società Toscana Scienze Naturali*, Memorie Serie A-107, 165–89.
- Mazzanti, R. & C. Nencini, 1994. La Morfologia, in *La Pianura Di Pisa e i Rilievi Contermini* (Memorie della Società Geografica Italiana). R. Mazzanti (Ed.). Roma: Soc. Geografica Italiana, 89–102.
- Mazzanti, R. & A. Rau, 1994. La Pianura di Pisa, in *La pianura di Pisa e i rilievi contermini. La natura e la storia* (Memorie della Società Geografica Italiana). Roma: Soc. Geografica Italiana, 74–83.
- Menchelli, S., 1984. Contributo allo studio del territorio pisano: Coltano e l’area dell’ex padule di Stagno, *Studi classici orientali* 32, 255–70.
- Menchelli, S., 2003. Pisa nelle rotte commerciali mediterranee dal III secolo a.C. all’età tardoantica, in *Pisa e Il Mediterraneo. Uomini, Merci, Idee Dagli Etruschi Ai Medici*. M. Tangheroni (Ed.). Milano: Skira, 99–103.
- Menchelli, S., 2009. Per la centuriazione dell’ager Firmanus: analisi integrata di fonti tipologicamente diverse, *Agri centuriati* 6, 99–114.
- Menchelli, S., 2016. Ploughsoil Assemblages and Beyond: Some Interpretative Challenges, in *LAC 2014 Proceedings*, 1–10.
- Menchelli, S. & E. Iacopini, 2016. Novana, its territory and the Pisa South Picenum Survey Project II, *FastiOnLine documents & research* 353, 1–20.
- Menchelli, S. & M.A. Vaggioli, 1988. Ricerche archeologico-topografiche nell’ager ‘Pisanus’ settentrionale: il sito costiero di Isola di Migliarino, *Studi Classici e Orientali* 37, 495–520.
- Mengotti, C., 2009. Una nuova proposta per l’interpretazione delle divisioni interne della centuriazione di Florentia, *Agri centuriati* 6, 115–24.
- Mommsen, T., 1883. Die italischen Burgercolonien von Sulla bis Vespasian, *Hermes* (XVIII), 161–213.
- Morelli, P., 1994. Pontedera ‘terra nuova’ pisana, in *Pontedera. Archeologia, storia e arte*. P. Morelli (Ed.). Pisa: Pacini Editore.
- Morelli, P., 2005. Ponsacco, in *Terre Nuove Nel Valdarno Pisano Medievale*. M. L. Ceccarelli Lemut, G. Garzella (Eds.). Pisa: Pacini Editore, 107–15.
- Morelli, P., 2012. La Valdera ‘lucchese’ (secoli VI-XVII), in *Medioevo in Valdera. Percorso Storico e Archeologico* (Rete museale Valdera. Quaderni 3). A. Alberti (Ed.). San Miniato (Pisa), 35–62.
- Morozzi, F., 1762. *Dello Stato Antico e Moderno Dell’Arno e Delle Cause e de’ Rimedi Delle Sue Inondazioni. Ragionamento Istoricomatematico*. Firenze: Stecchi.

- Mosca, A., 2004. Il viaggio di Rutilio Namaziano: una ricostruzione degli approdi tirrenici, in *Rotte e Porti Del Mediterraneo Dopo La Caduta Dell'Impero Romano d'Occidente. Continuità e Innovazioni Tecnologiche e Funzionali. IV Seminario Genova, 18-19 Giugno 2004*. L. De Maria e R. Turchetti (Eds.). Soveria Mannelli (Catanzaro): Rubbettino Editore, 311–32.
- Musson, C., R. Palmer & S. Campana, 2005. *In volo nel passato: aerofotografia e cartografia archeologica*. Firenze: All'insegna del giglio.
- Musson, C., R. Palmer & S. Campana, 2013. *Flights into the Past. Aerial Photography, Photo Interpretation and Mapping for Archaeology*. Firenze: All'Insegna del Giglio.
- Nardi, R., M. Colman, A. Di Grazia, F. Quilici & S. Sadun, 2010. *Piano Di Gestione Del Rischio. Alluvioni Del Distretto Idrografico Pilota Del Fiume Serchio (Già Bacino Del Fiume Serchio Ai Sensi Della Legge 183-1989). Pericolosità Idraulica e Vulnerabilità Nel Territorio Del Distretto*. Autorità di Bacino Pilota del Fiume Serchio.
- Nardi, R. & M. Magi, 1996. *Piano Di Bacino Del Fiume Arno. Rischio Idraulico. Sintesi Del Progetto Di Piano Di Stralcio*. Autorità di Bacino del Fiume Arno.
- Natoni, E., 1944. *Le Piene Dell'Arno e i Provvedimenti Di Difesa*. Firenze: Felice Le Monier.
- Neppi Modona, A., 1953. *Pisae* (Forma Italiae. Regio VII, Etruria). Unione Accademica Nazionale (Ed.). Roma: Libreria dello Stato.
- Nesti, A., 2008. *Pisa e Le Sue Acque. Relazioni Idrauliche Sul Territorio Pisano (XVI-XVII Sec.)*. Pisa: Felici Editore.
- Noferini, G., 1995. *Le Chiese Dell'antico Settimo. La Chiesa Della Madonna Del Piano*. Pisa: Tipografia Dini.
- Noizet, H., 2005. La transmission de la « nature » et du « rural » dans la ville, *Études rurales* 175-176, 109–128.
- Noizet, H. & E. Grosso, 2011. The ALPAGE project: Paris and its suburban area at the intersection of history and geography (9th-19th century), in *Digital Proceedings of the 25th International Cartographic Conference (ICC'11)*. Paris, 3–8.
- Ortalli, J., 1995. Bonifiche e regolamentazioni idriche nella pianura emiliana tra l'età del Ferro e la Tarda Antichità, in *Interventi Di Bonifica Agraria Nell'Italia Romana*. L. Quilici e S. Quilici Gigli (Eds.). Roma: L'Erma di Bretschneider, 59–86.
- Paglialunga, S., S. Paoli & N. Di Stefano, 2001. Pianta Storiche Della Tenuta Di Tombolo, in *Tombolo: Territorio Della Basilica Di San Piero a Grado*. S. Paglialunga (Ed.). Pisa: Felici Editore, 139–78.
- Pais, E., 1885. Le colonie militari dedotte in Italia dai triumviri e da Augusto ed il catalogo delle colonie italiane in Plinio, *Museo italiano di antichità classica* 1, 36–65.
- Paribeni, E., I. Cerato, C. Rizzitelli, M.C. Mileti & G. Sarti, 2007. Pisa. Via Marche, *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana* 2/2006, 209–13.

- Paribeni, E., D. Pasini & F. Carrera, 2008. Pisa. Indagini archeologiche preventive connesse al trasferimento dell'Ospedale di Santa Chiara a Cisanello, *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana* 3/2007, 278–84.
- Pasquinucci, M., 1986. Il territorio pisano dalla deduzione della colonia Opsequens Pisana al IV-V sec. d.C., in *Cascina II, Dall'antichità al Medioevo*. M. Pasquinucci, G. Garzella, M. L. Ceccarelli Lemut (Eds.). Pisa: Pacini Editore, 24–47.
- Pasquinucci, M., 1988. Il territorio in età romana, in *Il Fiume, La Campagna, Il Mare: Reperti, Documenti, Immagini per La Storia Di Vecchiano*. O. Banti, G. Biagioli, S. Ducci, M.A. Giusti, R. Mazzanti, M. Pasquinucci, F. Redi (Eds.). Pontedera: Bandecchi & Vivaldi, 82–87.
- Pasquinucci, M., 1994. Il popolamento dall'età del Ferro al Tardo Antico, in *La Pianura Di Pisa e i Rilievi Contermini* (Memorie della Società Geografica Italiana). R. Mazzanti (Ed.). Roma: Soc. Geografica Italiana, 183–204.
- Pasquinucci, M., 1995. Colonia Opsequens Iulia Pisana: qualche riflessione sulla città ed il suo territorio, *Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa* 25 (1-2), 310–17.
- Pasquinucci, M., 2003a. Pisa romana, in *Pisa e Il Mediterraneo. Uomini, Merci, Idee Dagli Etruschi Ai Medici*. M. Tangheroni (Ed.). Milano: Skira, 81–85.
- Pasquinucci, M., 2003b. Pisa e i suoi porti in età etrusca e romana, in *Pisa e Il Mediterraneo. Uomini, Merci, Idee Dagli Etruschi Ai Medici*. M. Tangheroni (Ed.). Milano: Skira, 93–98.
- Pasquinucci, M., 2004. Montagna e pianura : transumanza e allevamento, *Collection « ISTA »* 939(1), 165–76.
- Pasquinucci, M., 2008. Paesaggi modellati dalla natura e dall'uomo: dalla preistoria alla fine dell'antichità, in *Il Territorio Nell'età Antica. Un'eredità Di Lungo Periodo* (San Giuliano Terme attraverso i secoli). M. Pasquinucci e M.L. Ceccarelli Lemut (Eds.). Pisa: Edizioni ETS, 7–27.
- Pasquinucci, M., B. Guiggi & S. Mecucci, 1994. Il territorio circostante Pontedera nell'antichità, in *Pontedera: Archeologia, Storia e Arte*. Pisa: Pacini Editore, 13–23.
- Pasquinucci, M., N. Leone & S. Menchelli, 2008. Paesaggi antichi nella Valdera: Etruschi e Romani in località Le Melorie di Ponsacco (PI), in *La Valdera romana tra Pisa e Volterra: l'area archeologica di Santa Mustiola (Colle Mustarola) di Peccioli : Atti dell'Incontro di studio del 13 maggio 2006, Peccioli, Centro polivalente*. G. Ciampoltrini (Ed.). Pisa: Pacini Editore, 41–74.
- Pasquinucci, M. & R. Mazzanti, 1983. L'evoluzione del litorale lunense-pisano fino alla metà del XIX secolo, *Boll. Soc. Geogr. Ital. ser. X*. 12, 605–28.
- Pasquinucci, M., S. Mecucci & P. Morelli, 1997. Territorio e popolamento tra i fiumi Arno, Cascina ed Era: ricerche archeologiche, topografiche e archivistiche, in *I Congresso Nazionale Di Archeologia Medievale. Auditorium Del Centro Studi Della Cassa Di Risparmio Di Pisa (Pisa, 29-31 Maggio 1997)*. S. Gelichi (Ed.). Firenze: All'Insegna del Giglio, 239–48.

- Pasquinucci, M. & S. Menchelli, 2002. The Isola di Coltano Bronze Age village and the salt production in North coastal Tuscany (Italy), in *Archéologie Du Sel. Techniques et Sociétés Dans La Pré- et Protohistoire Européenne*. O. Weller (Ed.). Rahden, Westfalia: M. Leidorf, 177–82.
- Pasquinucci, M. & S. Menchelli, 2008. Pisae and its suburbium: Looking for the Ancient Landscape in the Urban Periphery, in *Dialogue with Sites. The Definition of the Space at the Macro and Micro Level in Imperial Times*. H. Vanhaverbeke, J.Poblome, V. Waelkens, F. Vermeulen (Eds.). Leuven: Brepols, 115–25.
- Pasquinucci, M. & S. Menchelli, 2010. Il sistema portuale di Pisa: dinamiche costiere, import-export, interazioni economiche e culturali (VII sec. a.C.-I sec. d.C.), *Bollettino di Archeologia on line* Volume speciale B/B6/1, 1–13.
- Pasquinucci, M. & S. Menchelli, 2012a. Landscape transformations in North Coastal Etruria, in *Landscape Archaeology between Art and Science from a Multi- to an Interdisciplinary Approach*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 179–96.
- Pasquinucci, M. & S. Menchelli, 2012b. Surveying the Complexity: A Global Approach to Italian Landscapes, *eTopoi. Journal for Ancient Studies* 3, 1007–1037.
- Pasquinucci, M. & S. Menchelli, 2017. Rural, Urban and Suburban Communities and their economic Interconnectivity in coastal North Etruria (2nd century BC–2nd Century AD), in *The Economic Integration of Roman Italy, Rural Communities in a Globalizing World* (MNEMOSYNE SUPPLEMENTUM 404). T. C. A. de Haas, G. Willem Tol (Eds.). Leiden-Boston: Brill, 322–41.
- Pasquinucci, M., S. Menchelli, R. Mazzanti, M. Marchisio & L. D 'Onofrio, 2001. Coastal archaeology in north Etruria : North Coastal Etruria. Géomorphologie, archaeological, archive, magnetometric and geoelectrical researches, *Revue d'Archéométrie* 25(1), 187–201.
- Peyras, J., 2006. Les Libri Colanarium et l'œuvre Gracchienne, *Collection de l'Institut des Sciences et Techniques de l'Antiquité* 1028(1), 47–64.
- Piccarreta, F., 1987. *Manuale di fotografia aerea: uso archeologico*. Roma: L'Erma di Bretschneider.
- Pierotti, P., 1987. Pontedera. Un saggio di metrologia medievale, *Riv.Geogr.Ital.* 94, 391–406.
- Pirillo, P., 2002. Nuove fondazioni e politica territoriale delle città toscane: modelli di intervento, in *Borghi Nuovi e Borghi Franchi Nel Processo Di Costruzione Dei Distretti Comunali Nell'Italia Centro Settentrionale (Sec XII-XIV)*. Cherasco (Cuneo), 123–38.
- Pranzini, E., 2001. Updrift river mouth migration on cusped deltas: two examples from the coast of Tuscany (Italy), *Geomorphology* 38(1), 125–32.
- Pranzini, E., 2007. Airborne LIDAR survey applied to the analysis of the historical evolution of the Arno River delta (Italy), *Journal of Coastal Research SI* (50), 400–409.
- Pruno, E., 2003. La diffusione dei testelli nell'Alto-Tirreno tra XI-XIV sec., in *III Congresso Nazionale Di Archeologia Medievale: Castello Di Salerno, Complesso Di Santa Sofia, Salerno, 2-5 Ottobre 2003*. G. Fiorillo e P. Peduto (Eds.). Firenze: All'Insegna del Giglio, 71–77.

- Pult Quaglia, A.M., 1994. Gli aspetti economici e sociali in età moderna, in *La Pianura Di Pisa e i Rilievi Contermini* (Memorie della Società Geografica Italiana). R. Mazzanti (Ed.). Roma: Soc. Geografica Italiana, 359–67.
- Purdue, L. & Jean-F. Berger, 2014. An integrated socio-environmental approach to the study of ancient water systems: The case of prehistoric Hohokam irrigation systems in semi-arid central Arizona, USA, *Journal of Archaeological Science* 53, 586–603.
- Quilici, L. & S. Quilici Gigli, 2004. *Introduzione alla topografia antica*. Bologna: Il Mulino.
- Rapetti, F. & S. Vittorini, 1994. I caratteri del clima, in *La Pianura Di Pisa e i Rilievi Contermini* (Memorie della Società Geografica Italiana). R. Mazzanti (Ed.). Roma: Soc. Geografica Italiana, 103–32.
- Redi, F., 1984. L'ambiente naturale e l'intervento dell'uomo, in *Cascina I, Edilizia Medievale e Organizzazione Del Territorio*. F. Redi (Ed.). Pisa: Pacini Editore, 9–49.
- Reimer, P.J., E. Bard, A. Bayliss, J.W. Beck, P.G. Blackwell, C.B. Ramsey, C.E. Buck, H. Cheng, R.L. Edwards, M. Friedrich, P.M. Grootes, T.P. Guilderson, H. Haflidason, I. Hajdas, C. Hatté, T.J. Heaton, D.L. Hoffmann, A.G. Hogg, K.A. Hughen, K.F. Kaiser, B. Kromer, S.W. Manning, M. Niu, R.W. Reimer, D.A. Richards, E.M. Scott, J.R. Southon, R.A. Staff, C.S.M. Turney & J.V.D. Plicht, 2013. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP, *Radiocarbon* 55(04), 1869–87.
- Repetti, E., 1833. *Dizionario Geografico Fisico Storico Della Toscana*. Firenze.
- Ribecai, C., 2011. Synthesis of late Quaternary palynological studies in the Arno coastal plain and surroundings: Toward a comprehensive late Quaternary palaeovegetational history, *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali*, Memorie Serie A-116, 163–70.
- Robert, S., 2003. Comment les formes du passé se transmettent-elles ? *Études rurales* 167–168, 115–31.
- Robert, S., L. Aubry, P. Boissinot, G. Chouquer, L. Costa & Mélanie Foucault, Christian Giusti, Gaëlle Jacquet-Cavalli, Cécile Jung, Florence Mocchi, Hélène Noizet, Blandine Vue, Magali Watteaux, 2011. *Sources et Techniques de l'archéogéographie* (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté). Besançon: Presses Universitaires de Franche-Comté.
- Rogovich, E., 2005-2006. *San Savino a Montione: Nuovi Aspetti Storici e Lettura Archeologica Degli Elevati Di Un Monastero Medievale*. Tesi di laurea, Università di Pisa.
- Rogovich, E., 2007. Pisa. Tra Riglione e San Sisto: l'ubicazione del primo monastero di S.Savino, *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana* 2/2006, 217–19.
- Rosada, G., 2010. Arte (mestiere?) dell'agrimensor, *Histria Antiqua* 19, 125–52.
- Rossi, V., A. Amorosi, G. Sarti & M. Potenza, 2011. Influence of inherited topography on the Holocene sedimentary evolution of coastal systems: An example from Arno coastal plain (Tuscany, Italy), *Geomorphology* 135(1-2), 117–28.

- Rossi, V., A. Amorosi, G. Sarti & R. Romagnoli, 2012. New stratigraphic evidence for the mid-late Holocene fluvial evolution of the Arno coastal plain (Tuscany, Italy), *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 18(2), 201–14.
- Roth Congès, A., 1996. Modalités pratiques d’implantation des cadastres romains : quelques aspects (Quintarios Claudere. Perpendere. Cultellare. Varare : la construction des cadastres sur une diagonale et ses traces dans le Corpus agrimensorum, *Mélanges de l’école française de Rome* 108(1), 299–422.
- Salomon, F., J.-P. Goiran, J.-P. Bravard, P. Arnaud, H. Djerbi, S. Kay & S. Keay, 2014. A harbour–canal at Portus: a geoarchaeological approach to the Tiber delta, Italy, *Water History* 6(1), 31–49.
- Sangriso, P., 1999. La data delle colonie triumvirali di Luni e di Pisa. Note su CIL XI 1330, *Epigraphica* 59, 47–50.
- Sarti, G., 2012. La Macro-Area: la pianura di Pisa, in *Tutela Della Costa Pisana Dall’ingressione Marina. Safeguard of the Pisan Coastal Aquifers against Sea-Water Intrusion*. Pisa: Graffiti-IGP Pisa, 33–96.
- Sarti, G., M. Bini & S. Giacomelli, 2010. The growth and the decline of Pisa (Tuscany, Italy) up to the Middle ages: correlations with landscape and geology, *Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences*. 23(2Bis), 311–322.
- Sarti, G., V. Rossi & A. Amorosi, 2012. Influence of Holocene stratigraphic architecture on ground surface settlements: A case study from the City of Pisa (Tuscany, Italy), *Sedimentary Geology* 281, 75–87.
- Sarti, G., V. Rossi, A. Amorosi, M. Bini, S. Giacomelli, M. Pappalardo, C. Ribecai, A. Ribolini & I. Sammartino, 2015a. Climatic signature of two mid–late Holocene fluvial incisions formed under sea-level highstand conditions (Pisa coastal plain, NW Tuscany, Italy), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 424, 183–95.
- Sarti, G., Rossi, Veronica & Giacomelli, 2015b. The upper Pleistocene ‘Isola di Coltano sands’ (Arno coastal plain, Tuscany Italy): review of stratigraphic data and tectonic implications for the southern margin of the Viareggio basin, *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie Serie A-112(1)*, 38–49.
- Scalfati, S.P.P., 2006. *Carte Dell’archivio Arcivescovile Di Pisa: Fondo Arcivescovile (1001-1150)*. Pisa: Pacini Editore.
- Schulten, A., 1898. *Die Römische Flurteilung Und Ihre Reste*, in *Abhandl. Gesellsch. Göttingen* (Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Philologisch-Historische Klasse; N.F., 2,7). Berlin.
- Segenni, S., 2002. Problemi elettorali e amministrazione a Pisa alla morte di Gaio Cesare (CIL 11., 1421; I.I., 7. 1,7), in *Λογιος Αννηρ. Studi Di Antichità in Memoria Di Mario Attilio Levi. Logios Aner : Studi Di Antichità in Memoria Di Mario Attilio Levi*. P.G. Michelotto (Ed.). Milano: Cisalpino, 379–93.

- Segenni, S., 2003a. I documenti epigrafici pubblici prima dell'esposizione. I decreti decurionali. Osservazioni sulla pubblicazione dei 'decreta pisana' (CIL XI, 1420 e 1421), *Acme : annali della Facoltà di lettere e filosofia dell'Università degli studi di Milano. Annali della Facoltà di lettere e filosofia dell'Università degli studi di Milano* 56(1), 72–79.
- Segenni, S., 2003b. Pisa in età romana: le fonti letterarie ed epigrafiche, in *Pisa e Il Mediterraneo. Uomini, Merci, Idee Dagli Etruschi Ai Medici*. M. Tangheroni (Ed.). Milano: Skira, 87–91.
- Settis, S., 1983. *Misurare La Terra: Centuriazione e Coloni Nel Mondo Romano*. S. Settis (Ed.). Modena: Panini.
- Settis, S. & M. Pasquinucci, 1983. *Misurare La Terra: Centuriazione e Coloni Nel Mondo Romano. Il Caso Modenese*. Modena: Panini.
- Shepherd, J., 2006. L'impianto produttivo del Vingone e la costruzione di Florentia, *Rassegna di Archeologia* 22, 15–26.
- Surian, N., 2006. *Storia Dell'evoluzione Morfologica Degli Alvei Fluviali* (Presentazione) Dipartimento di Geografia, Università di Padova.
- Tassi Scandone, E., 2009. Loca communalia e terrae ius Etruriae : strutture agrarie etrusche e centuriazione romana, *Agri centuriati* 6, 217–26.
- Tosi, L., 2006. *Pisa e Il Suo Territorio : Tra Cartografia e Vedutismo Dal XV Al XIX Secolo. La Raccolta Di Valentino Cai. Illustratori di Pisa e viaggiatori: iconografia di una città del XIX secolo* (II). L. Tosi (Ed.). Pisa: Plus Pisa University press.
- Tozzi, P., 1972. *Storia padana antica: Il territorio fra Adda e Mincio*. Milano: Casa Editrice Ceschina.
- Tozzi, P., 1974. *Saggi di topografia storica*. Firenze: La nuova Italia.
- Tozzi, P., 1990. La Cisalpina: strumenti e metodi di indagine sul paesaggio anticcò, in *La Venetia Nell'area Padano Danubiana. Le Vie Di Comunicazione. Convegno Internazionale (Venezia, 6-10 Aprile 1988)*. Padova: CEDAM, 501–20.
- Ufficio Idrografico dell'Arno-Pisa, 1954. *Rilievo Dell'alveo Dei Corsi d'acqua. Arno Dalla Foce Alla Confluenza Con l'Era* (Ministero dei Lavori Pubblici. Servizio Idrografico Pubblicazione n°23). Roma: Istituto Poligrafico dello Stato Libreria.
- Vaggioli, M.A., 1990. Il territorio di San Giuliano in età romana, in *San Giuliano Terme. La Storia, Il Territorio*. Pisa: Giardini, 125–64.
- Vidal, J.-J., 1983. Les zone palustres du Languedoc Méditerranéen. Essai de définition; approche méthodologique, in *Les Zone Palustres et Le Littoral Méditerranéen de Marseille Aux Pyrénées. Actes Du LVI Congrès de La Fédération Historique Du Languedoc Méditerranéen et Du Roussillon et Du XXX Congrès de La Fédération Historique de Provence (Saint-Gilles, 15 et 16 Mai 1982)*. Montpellier, 7–16.
- Villani, G., 1991. *Nuova Cronica*. G. Porta (Ed.). Parma: Fondazione Pietro Bembo/Guanda.
- Violante, C., 1980. Per la storia dell'amministrazione del contado nel Trecento, in *Economia Società Istituzioni a Pisa Nel Medioevo*. C. Violante (Ed.). Bari, 299–312.

- Watteaux, M., 2003. Le plan radio-quadrillé des terroirs non planifiés, *Études rurales* 167–168, 187–214.
- Watteaux, M., 2009. *La Dynamique de La Planimétrie Parcelleire et Des Réseaux Routiers En Vendée Méridionale : Études Historiographiques et Recherches Archéogéographiques*. Thèse de doctorat, Université Panthéon-Sorbonne - Paris I.
- Watteaux, M., 2010. *La Grille Rhumboïdale. Une Méthode d'analyse Des Trames Routières*. Consultato sul sito l'Observatoire des formes du foncier dans le monde (<http://www.formesdufoncier.org>).
- Watteaux, M., 2011. La colonisation agraire médiévale en Alentejo (Portugal), *Études rurales* 188, 39–71.
- Wiegels, R., 2000. Legiones XVII, XVIII, XIX, in *Les Légions de Rome Sous Le Haut-Empire*. Yann Le Bohec, 75–81.

Résumé

La plaine de Pise (**Figure 1**) se situe dans la Toscane nord-occidentale, entre les Monts Pisans et les Collines Pisanes et Livournaises ; d'une superficie d'environ 800 km², elle est limitée à l'ouest par la mer Ligure¹ et à l'est par la rivière Era. La plaine est traversée par nombreux cours d'eau, en particulier par le fleuve Arno qui, après la commune de Pontedera à l'est, dessine d'amples méandres pour se jeter dans la mer à environ 10 km de la ville de Pise, et plus au nord par le cours du Serchio qui borde le secteur septentrional et qui, jusqu'au Moyen Âge, était caractérisé par un cours d'eau à chenaux multiples connu sous le nom de système *Auser*²/Serchio. Les caractéristiques géographiques et environnementales garantissent une occupation stable de la plaine de Pise depuis le Paléolithique inférieur comme paraissent l'attester les découvertes d'industries lithiques à proximité des Terrasses di Casa Poggio ai Lecci et di Pianacce au sud de Livourne³. La présence anthropique a donc eu un impact sur l'histoire et l'évolution de la plaine, qui conserve, en contexte urbain et rural, les monuments, les œuvres, les matériaux des sociétés anciennes qui l'ont occupée. La richesse historique et archéologique de cet espace a donc entraîné de nombreuses opérations de recherche et de valorisation du patrimoine, dont témoignent les publications et études interdisciplinaires qui ont ainsi permis de restituer les événements, les cultures, l'économie, les formes d'occupation et de gestion dans la longue durée. L'incidence de l'impact anthropique est tout particulièrement lisible dans le paysage agraire sous la forme de traces de la centuriation, dont la structure d'origine remonte à l'époque de la conquête romaine, mais qui structure encore de façon significative la planimétrie actuelle.

La structure centuriée, en relation avec le système d'occupation d'époque romaine, a été l'objet de nombreuses recherches passées, et est au centre du mémoire de master de la soussignée, obtenu près de l'Université de Pise⁴ : ce travail portait sur l'étude des caractères principaux du territoire pisan à l'époque romaine (forme d'administration, organisation de l'espace rural, système d'occupation, réseau viaire), ainsi que de l'évolution survenue durant l'époque médiévale, avec un premier regard sur l'analyse des formes du paysage dans le cadre d'une " approche archéogéographique ". La recherche conduite dans le cadre de ce doctorat, outre l'approfondissement des problématiques susmentionnées, vise à examiner les questions méthodologiques et épistémologiques concernant l'étude des paysages centuriés, et intègre différentes approches favorisant la compréhension et la restitution du paysage historique. La première étape a donc porté sur l'étude de la grille centuriée par l'analyse des sources historiques (textes littéraires, épigraphiques, gromatiques) et archéologiques, associée à la lecture morphologique des formes du paysage agraire et urbain réalisée avec un support SIG (système d'information géographique) et des programmes de calcul

-
1. La limite conventionnelle entre la mer Ligure et la mer Tyrrhénienne est actuellement située près de l'Archipel Toscan, entre les localités de Capo Corso (Corse) et Piombino (Toscane), au sud de la côte pisane. Cependant, dans certaines publications, la mer Tyrrhénienne est généralement désignée comme la mer qui baigne les côtes toscanes.
 2. *Auser* est le terme ancien, rappelé dans les sources historiques (Strab., 5, 2, 5, 5 C 222 ; Plin., *N.H.* III, 5, 50), qui désignait un bras du système fluvial *Auser-Serchio* qui coulait près de la ville de Pise.
 3. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 8)
 4. A. Commodari 2012, Mémoire de master en Topographie ancienne: *La colonizzazione romana e medievale nella Pianura di Pisa. Studio della morfologia rurale e urbana e delle dinamiche di trasformazione*. Master 2 en Archéologie, Université de Pise, Faculté de Lettre et Philosophie. Direction : Professeure Marinella Pasquinucci.

automatisé des orientations, distances, surfaces. L'analyse morphologique a ainsi permis de reconstituer l'évolution d'un territoire en mobilisant les données historiques, archéologiques et stratigraphiques qui donnent une dimension diachronique aux formes du paysage comme celle de la centuriation. Comprendre les transformations ou les " déformations " visibles dans la structure centuriée actuelle signifie restituer les dynamiques d'occupation ou les transformations paléoenvironnementales survenues depuis l'époque romaine, pendant le Haut Moyen Âge et le Moyen Âge, et ayant perduré pendant les siècles suivants.

Pour ces raisons, la lecture morphologique du paysage et, en particulier, de la centuriation de Pise, constitue donc un des objectifs du travail de recherche auquel s'ajoutent l'étude des toutes les formes d'occupation et de gestion du territoire dans la longue durée, ainsi que la compréhension et la reconstitution des dynamiques paléoenvironnementales et paléohydrographiques.

La nature changeante de la plaine alluviale et du réseau hydrographique qui la traverse a induit une première étude géostratigraphique du secteur compris entre la ville de Pise et la commune de Cascina, où sont visibles la plupart de traces de la centuriation : l'ambition était de reconstruire les dynamiques pédo-sédimentaires et paléohydrographiques survenues pendant les siècles, parce qu'elles sont nécessaires à la compréhension de l'évolution de la grille centuriée et donc du paysage pisan. L'étude conduite pendant le doctorat s'insère donc dans un programme de recherches interdisciplinaires plus vaste, qui, en particulier pendant les dernières années, a concerné différents secteurs de la plaine de Pise et a permis de restituer la paléogéographie du contexte urbain de la ville de Pise en particulier pendant l'époque étrusque et romaine, l'évolution de la ligne de côte, ou encore les contextes portuaires (*Cantiere delle Navi Antiche di Pisa S.Rossore, Portus Pisanus*). Le projet de recherche doctorale, à travers une approche interdisciplinaire et diachronique qui fait appel aux compétences et méthodologies propres à l'archéologie, l'histoire, la stratigraphie, la sédimentologie, la géomorphologie, l'anthracologie, la cartographie, la géomatique, l'archéogéographie, vise à analyser les formes du paysage, leur fonctionnement, leur évolution au cours des siècles, et conduit à une réflexion complexe sur les étapes de construction du paysage pisan et sur les interaction entre homme et milieu depuis le Néolithique.

La plaine alluviale de Pise, ouverte sur la mer Ligure, est le résultat d'un long processus d'érosion, de transport et de dépôt sédimentaires provoqué par les cours d'eau qui traversent la plaine, et d'interaction avec les dynamiques glacio-eustatiques. En effet, à la suite de l'augmentation progressive du niveau marin (transgression Versilienne), enregistrée après le dernier maximum glaciaire (*Last Glacial Maximum*, 18000 yr BP), les paléovallées du fleuve Arno et du fleuve Serchio, les deux cours d'eau majeurs qui traversent la plaine, ont été inondées et remplies par des sédiments palustres et d'estuaires, et fluviaux⁵. Après le comblement définitif de la paléovallée survenu dans le secteur traversé par le fleuve Arno (environ 8000 BP)⁶, suivit une phase d' " ingression marine maximale " pendant laquelle la mer envahit la paléovallée jusqu'à 7 km à l'est de l'actuelle ligne de côte⁷. Dans le secteur situé en arrière s'est développé un environnement lagunaire⁸ qui a concerné l'actuelle zone urbaine de la ville de Pise et qui s'est étendu, très

5. (Amorosi *et al.* 2008, 124–125; Amorosi *et al.* 2009, 149; Amorosi *et al.* 2013b, 132; Sarti 2012, 69–70)

6. (Amorosi *et al.* 2008, 125; 2013b, 132)

7. (Sarti 2012, 70)

8. (Rossi *et al.* 2011)

probablement, jusqu'à la localité de Campo à l'est : des incertitudes pèsent toutefois sur les limites de cette lagune. À la suite de la fermeture de la lagune survenue à environ 5000 BP, on assiste à la progressive formation d'un environnement palustre et ensuite alluvial, principalement par l'apport détritique des cours d'eau qui traversent la plaine⁹. Grâce aux récentes recherches conduites dans le cadre du projet MAPPA¹⁰, développé pour le contexte urbain et périurbain de la ville de Pise, il a été possible restituer les étapes de la succession chronostratigraphique de la dernière phase du processus de formation de la plaine de Pise.

De la même façon, l'apport détritique d'origine fluvial a entraîné la progressive formation du delta du fleuve Arno, suivie, à partir des II^e-I^{er} siècles av. J.C., par un processus de progression de la ligne de côte qui a conduit à sa conformation actuelle. Du point de vue géomorphologique (**Figure 3**), le secteur côtier est constitué par un système des cordons sableux " Lidi e dune attuali " qui témoigne des différentes phases de progradation du littoral ; dans le secteur situé en arrière de la côte, au sud de l'Arno, une zone marécageuse, désormais bonifiée, caractérise la géomorphologie actuelle. Quant au secteur compris entre Castagnolo et Coltano, il est caractérisé par la présence des " Sabbie di Isola di Coltano " qui, selon des recherches récentes, sont probablement connectés aux " Formazioni di Vicarello ", sédiments d'origine fluviale qui bordent les Collines Pisanes et qui remontent au Pléistocène supérieure¹¹. La surface restante est constituée par des sédiments alluviaux de l'Holocène, limono-sableux, dans les secteurs proches des cours d'eau, et plutôt limono-argileux dans les secteurs plus éloignés.

Le réseau hydrographique (**Figure 6, A**) qui caractérise la plaine de Pise est constitué par les deux cours d'eau majeurs mentionnés précédemment, les fleuves Arno et Serchio : l'un traverse la plaine pour rejoindre la mer Ligure à environ 10 km de la ville de Pise ; l'autre borde le secteur septentrional. Des cours d'eau mineurs traversent également le secteur oriental : l'Era, affluent sur la rive gauche de l'Arno, et le Cascina, affluent en rive gauche de la rivière Era, qui jusqu'au XII^e siècle ap. J.-C. coulait directement dans le fleuve Arno près de commune homonyme de Cascina¹². En outre, de nombreux torrents descendent des Monts Pisans et des Collines Pisanes et Livournaises pour se déverser dans la plaine. Aux eaux de surface, transportées par les fleuves ou d'origine météorologique, s'ajoute un système complexe d'eaux souterraines, dont la circulation est déterminée par les caractéristiques hydrodynamiques des formations géologiques qui caractérisent le sous-sol pisan. " Le milieu typiquement humide de la plaine est accentué par la proximité de la mer, dont dépend la circulation des eaux de surface et du sous-sol, attestant un connexion étroite entre l'environnement marin et continental, entre surface et sous-sol " ¹³.

Le bassin hydrographique du fleuve Arno occupe une surface de 8228 km² pour une longueur de 241 km, et intéresse pour l'essentiel de son parcours la région Toscane (98,4%) et de manière plus restreinte la région Ombrie (1,6%). Dans le secteur de la plaine de Pise, le fleuve parcourt son dernier trajet avant de rejoindre la mer et, pour cette raison, il est appelé aussi *Valdarno Inferiore Pisano*. Le régime fluvial, torrentiel avec un faible débit en saison estivale et un débit important

9. (Amorosi et al. 2013a)

10. (Amorosi et al. 2012)

11. (Sarti et al. 2015b, 79–80)

12. ASP, Dipl. Primaziale, Pellegrini, n. 3. Extrait de Ceccarelli Lemut et al. 1994, 414.

13. Traduction de (Cavazza 1994, 431–36).

durant la saison hivernal, est conditionné par les caractéristiques morphologiques (6800 km² du bassin sont en zone montagneuse) et géologiques (sols majoritairement imperméables et facilement sujets à l'érosion) du bassin ; joue également un rôle le volume des précipitations qui approche une valeur moyenne annuelle de 1000 mm sur tout le bassin versant. Dans la plaine de Pise, plus proche de la mer, le régime pluviométrique est de type subméditerranéen, et se caractérise par un maximum entre le mois d'octobre et un minimum durant le mois de juillet, avec une moyenne annuelle de 900 mm¹⁴. Ces différents éléments expliquent les variations de débit observées : si le débit moyen annuel du fleuve près de l'embouchure est de 110 m³/s, pendant les épisodes de crues exceptionnelles, les valeurs, à proximité de Pise, atteignent 2500-2600 m³/s¹⁵.

Quant au fleuve Serchio, son bassin hydrographique occupe une superficie totale de 2598 km², pour une longueur du cours d'eau de 97 km. " Sur son haut cours, le fleuve traverse les montagnes avec un parcours approximativement rectiligne et rejoint la plaine alluviale de Lucques en adoptant une morphologie fluviale en tresse, avec des bras qui s'activent ou se désactivent pendant les phases de crue et d'étiage " ¹⁶. Le dernier tronçon du fleuve est aujourd'hui complètement endigué, près de l'habitat de Ponte a Moriano (Lucques), jusqu'à l'embouchure pour un parcours total de 39 km. Le fleuve a un débit moyen annuel de 46 m³/s¹⁷ qui, pendant les épisodes de pluies exceptionnelles atteint des valeurs comprises entre 1700-1900 m³/s, en particulier dans le secteur compris entre la ville de Lucques et l'embouchure, comme pendant la crue du 2009¹⁸.

La circulation des eaux souterraines est évidemment liée à la perméabilité et donc à la porosité des couches géologiques qui les contiennent. Dans le contexte de la plaine de Pise, il existe une nappe phréatique superficielle alimentée directement par les pluies et par le réseau hydraulique, située à quelques mètres de profondeur, à l'exception du secteur côtier où la nappe est superficielle et en connexion avec l'eau marine, ou dans les zones plus déprimées où elle est presque affleurante. La nature des sédiments du bassin versant des fleuves Arno et Serchio, peu perméables, réduit les échanges entre les eaux fluviales et les eaux souterraines ; il en va de même à proximité des " Limi e Argille Fluviali " où la nappe est faiblement alimentée¹⁹. En revanche, dans les terrains limono-sableux, perméables, il existe une circulation active entre la nappe phréatique et les eaux de surface²⁰, de sorte que, grâce à leurs caractéristiques et à la pente naturelle, les sols sont mieux drainés. Les sols limono-argileux sont au contraire sujets à une importante stagnation des eaux superficielles, qui augmente à proximité des dunes côtières où il existe aussi un phénomène de subsidence²¹ (**Figure 9**).

La nappe plus profonde, appelé aussi " Acquifero multistrato confinato ", est caractérisée par un niveau supérieur du 1er aquifère artésien de sables et par un niveau inférieur du 1er aquifère artésien de graviers, dont les limites sont difficiles à définir. L'analyse du 1er aquifère artésien de graviers, le plus profond, situé entre 50 et 180 mètres au-dessous de la surface, montre une

14. Fonte Autorità di Bacino del fiume Arno. http://www.adbarno.it/adb/?page_id=833.

15. (Nardi & Magi 1996, 30)

16. Traduction de (Nardi et al. 2010, 11–12)

17. (Amorosi et al. 2013b, 130)

18. (Nardi et al. 2010, 47)

19. (Cavazza 1994, 453–57)

20. (Cavazza 1994, 453)

21. (Baldacci 1999, 93)

tendance piézométrique unimodale, avec des phases de charge maximale dans les mois d'automne et d'hiver, et des phases de charge minimale dans les six premiers mois de l'année²². La circulation des eaux suit la pente naturelle de la plaine, donc du secteur le plus oriental, plus élevé, vers la côte à l'ouest, avec des zones de dépressions provoquées par le prélèvement des eaux souterraines²³ (**Figure 8**). La complexité du système hydrologique et l'occupation stable qui a caractérisé la plaine au cours des siècles a entraîné la réalisation de nombreux ouvrages pour gérer et contrôler les ressources en eau ; en résulte un système hydraulique articulé qui a profondément modifié l'aspect de la plaine. Les fleuves principaux qui traversent la plaine sont contrôlés grâce à un système de berges et de canaux qui garantissent l'écoulement des eaux vers la mer, en particulier pendant les épisodes de crues exceptionnelles. Le régime des eaux, en lien avec les précipitations, les écoulements provenant des montagnes et des collines, les eaux stagnantes permanentes ou temporaires, est régulé par un système hydraulique complexe constitué par des fossés et canaux qui assurent le ruissellement des eaux vers la mer.

Nous avons évoqué à plusieurs reprises la stabilité du peuplement : les premières formes d'occupation de la plaine remontent au Paléolithique inférieur, dont témoignent les vestiges des industries lithiques retrouvés dans le secteur au sud de Livourne (Terrazzi di Casa Poggio ai Lecci e di Pianacce)²⁴. Pendant la Préhistoire, les zones montagnardes et collinaires ainsi que les côtes étaient occupées de manière préférentielle, alors que la première installation dans le secteur de la plaine date à la phase néolithique, et se situe à proximité du " Scolmatore de l'Arno " ou canal de dérivation du fleuve Arno où a été découvert un village, le village néolithique de " Podere Casanuova ", daté de 5300-5000 BP et construit très probablement à proximité d'un ancien bras fluvial²⁵.

Le secteur de l'actuel centre urbain de Pise, fréquenté depuis l'âge du Bronze, ou plus probablement depuis l'Énéolithique, était étroitement connecté à la côte et au complexe système des eaux qui caractérisait la plaine. Une exploitation diffuse des différentes ressources naturelles du territoire pisan pendant l'âge du Bronze est désormais confirmée. Dans le site de " Isola di Coltano ", à proximité de l'ancienne ligne de côte, par exemple, les recherches archéologiques ont permis la découverte d'un centre spécialisé dans la production du sel, daté entre 1600 et 1200 av. J.-C²⁶. Pendant le Bronze Final ou Protovillanovien se développe un système d'occupation organisé alors que, très probablement, une classe dirigeante commence à se former, ainsi qu'en témoigne la circulation des objets de bronze et de prestige²⁷. L'âge du Fer marque le développement de la culture villanovienne, liée à l'ethnos étrusque donc, dans un secteur très vaste et homogène le long de la côte entre Versilia et Castiglioncello, et dans l'intérieur jusqu'à la moyenne vallée de l'Era. Les découvertes archéologiques confirment que la plaine et l'habitat de Pise appartiennent à l'ethnos étrusque ; la distribution capillaire des sites dans tout le territoire pisan, en particulier le long de la côte et près des principales voies navigables, favorise l'exploitation des ressources

22. (Baldacci 1999, 95)

23. (Baldacci et al. 1994, 282-85; Baldacci 1999, 96)

24. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 8),

25. (Aranguren *et al.* 1991)

26. (Pasquinucci *et al.* 2001; Pasquinucci & Menchelli 2002)

27. (Pasquinucci 2008, 13)

naturelles pour la pratique des activités agricoles, pastorales, artisanales (production de céramique et travail du fer), ainsi que pour la chasse et la pêche²⁸.

L'habitat proto-urbain de Pise s'est développé entre la fin du VIII^e et le début du VII^e siècles av. J.-C., époque à laquelle remontent les structures retrouvées à la Place des Miracles de Pise (Piazza Duomo), comportant des murs en briques crues et apparemment enduits, similaires à une deuxième structure fouillée près de la Place Dante, en centre-ville, qui date des premières décennies du VII^e siècle av. J.-C., qui, en revanche, présentait des fondations en pierre, probablement faites pour freiner le phénomène d'humidité par capillarité. Les caractéristiques structurelles et matérielles confirment l'appartenance des structures aux *oikoi* aristocratiques qui avait adopté des " modèles de vie élitaires issus d'une matrice hellénisante " ²⁹. La zone de la Place des Miracles sera aussi occupée pendant l'âge archaïque et classique et utilisée comme lieu de commerce connecté aux pratiques religieuses jusqu'à la déduction de la colonie romaine de Pise³⁰. Le développement, pendant cette phase, d'une classe aristocratique est en outre confirmé par la découverte, dans le secteur nord-occidental de la ville, d'un tumulus monumental connu comme la " Tombe du Prince ", pour la topologie et la richesse des matériaux découverts³¹. Les recherches ont de plus confirmé que toute la périphérie septentrionale et nord-orientale de Pise était affectée aux pratiques sépulcrales, depuis l'âge du Fer et pendant toute l'époque étrusque. L'aménagement urbain a commencé à se dessiner pendant la deuxième moitié du VII^e siècle av. J.-C. avec le développement de quartiers diversifiés reflétant une hiérarchie sociale, comme dans le cas de la maison privée située près du Palais des Chevaliers de Santo Stefano " qui présente des caractères élitistes " avec des dalles de toiture décorées et des acrotères³². Le processus de formation de la ville étrusque a également conduit à la création d'un quartier " essentiellement industriel " dans la zone dite Scheibler (**Figure 10**, ID_105), où les fouilles archéologiques, effectuées dans les années 1980, ont mis en évidence la présence d'un habitat datant de la première moitié du VI^e siècle avant J.-C. et bordé par deux canaux interprétés comme des fossés de drainage³³. La découverte de scories de manufacture du fer et d'hématite d'Elbe atteste que le site a été utilisé pour des ateliers sidérurgiques. Des recherches ultérieures, menées dans les années 1990 (**Figure 10**, ID_122), ont également révélé la présence d'une deuxième habitation de forme ogivale, occupée entre la fin du VII^e et le début du VI^e siècle avant J.-C. : " durant la phase étrusque étaient également présents certains trous remplis de scories de fusion du bronze " ³⁴.

Le centre de Pise, depuis les premiers phases d'occupation, au début de l'âge du Bronze ou probablement à l'Énéolithique, était étroitement lié à la côte et au système de ressources hydriques complexe qui caractérisait le paysage environnant. Cette dimension " typiquement tyrrhénienne " et méditerranéenne est apparue dès le VII^e siècle av. J.-C. lorsque le long de l'ancienne ligne de

28. (Bonamici 1990, 100; Pasquinucci 1994, 183–84; 2008, 154)

29. Traduction de (Alberti & Paribeni 2011, 31–41).

30. (Alberti & Paribeni 2011, 31–41; Bruni 2003, 46)

31. (Bruni 2003, 48–49). *L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 296, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.*

32. (Bruni 2003, 48)

33. (Bonamici 1989). *L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 262, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.*

34. *L. La Rosa 2012, Scheda di intervento n. 48-49, in MappaGIS, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.*

côte, qui s'étendait de Livourne au sud jusqu'à la Versilia au nord, s'est développé un système complexe de ports, contrôlés et reliés à la ville naissante³⁵. Au sud de l'actuel cours du fleuve Arno se situait l'ancienne port de S.Piero a Grado, (**Figure 10**, ID_49), construit près de l'ancienne ligne de côte et le long d'une ancienne branche du fleuve susmentionné. Le site représentait, depuis la fin du VII^e siècle av. J.-C., l'épineion ou port principal de la ville étrusque de Pise, dont l'emplacement exact n'est cependant pas connu³⁶. Au nord du cours actuel de l'Arno est attesté le site portuaire étrusque de l'île de Migliarino (**Figure 10**, ID_15), construit près de l'embouchure du bras septentrional du système fluvial *Auser-Serchio* occupé déjà pendant l'âge du Bronze et actuellement situé à une profondeur de 6-8 mètres parce que couvert par les sédiments alluviaux du Serchio³⁷. Le site portuaire est probablement né entre le VI^e et le IV^e ou le III^e siècle avant J.-C. et s'est développé jusqu'au V^e siècle après J.-C.³⁸, en lien avec l'évolution du littoral.

La ville de Pise exerçait un fort contrôle aussi sur le secteur intérieur, jusqu'à la Valdera et dans la vallée du Bièntina au nord. Les matériaux retrouvés au cours des fouilles archéologiques confirment que, à partir du VII^e siècle av. J.-C. et surtout pendant l'âge classique, dans le secteur oriental, il y a eu une dispersion des établissements ruraux et de la production céramique pisane³⁹. Ainsi, le site dit de " Le Melorie ", identifié grâce aux fouilles et recherches de surface réalisées par la Soprintendenza Archeologica per i Beni della Toscana (Surintendance archéologique pour le patrimoine de la Toscane) et l'Université de Pise⁴⁰, se situe le long d'un paléolith, le " Paleorotina ", qui selon certaines restitutions, pourrait correspondre à l'ancien cours de la rivière Cascina⁴¹, ou à un ancien " canal " dérivé des eaux du Cascina réalisé à l'occasion de la mise en place de la centuriation⁴². Cependant, le secteur entre les villes de Cascina, Pontedera et Ponsacco n'a pas fait l'objet d'investigations stratigraphiques approfondies capables de clarifier la structure paléo-hydrographique pour les époques étrusque et romaine. L'habitat étrusque, caractérisé par trois phases d'occupation entre le deuxième quart du VI^e et la première moitié du V^e siècle av. J.-C., a été détruit par une inondation au milieu du V^e siècle av. J.-C. et plus tard a été fortement affecté par les interventions d'époque romaine. La vallée du Bièntina, dans le secteur nord-oriental, était caractérisée, depuis le VII^e siècle et jusqu'au V^e siècle av. J.-C., par un peuplement dispersé avec des habitats principalement à vocation agricole⁴³. Au contraire, les découvertes archéologiques sont plus sporadiques dans la zone située entre Pise et Cascina où des fouilles archéologiques récentes près de la *Fossa Mariana Schippisi* ont attesté la présence de céramiques datant de l'âge du Bronze, en particulier durant la période étrusque, sous une couche alluviale d'environ 1,30-1,5

35. (Bruni 2003, 51; Pasquinucci 2008, 16)

36. (Bruni 2001)

37. (Pasquinucci 1994, 186)

38. (Menchelli & Vaggioli 1988)

39. (Bruni 2004, 35–37)

40. (Pasquinucci et al. 2008)

41. (Ciampoltrini 2003, 122). Les textes médiévaux attestent que jusqu'au 1179 le fleuve Cascina s'écoulait en proximité de l'homonyme ville de Cascina, en localité *Ottavo* (ASP, Dipl. Primaziale, Pellegrini, n.3. Extrait de Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 414).

42. (Cosci & Spataro 2006, 103; 2008, 39–40; Pasquinucci *et al.* 1997; Redi 1984)

43. (Bruni 2004, 35)

mètres d'épaisseur (**Figure 10**, ID_ 142)⁴⁴. Au cours du V^e siècle av. J.-C., la ville étrusque de Pise “ consolide ses structures urbaines et renforce son rôle d'*emporium* méditerranéen, ainsi qu'en témoigne la grande importation de produits grecs ”, et centre hégémonique du territoire environnant⁴⁵. Le désir d'expansion commerciale, culturelle et politique de Pise étrusque a conduit à une réorganisation des relations entre la ville et la campagne avec une préférence pour les établissements situés à proximité des grands axes routiers ou, “ comme dans le cas de Le Melorie, adaptés à la gestion des ressources agricoles et pastorales, fondamentales à la croissance de la population de la ville ”⁴⁶. La nécessité de contrôler les routes principales menant à la région des Apennins et au-delà a également conduit à la création de nombreux sites le long de l'ancienne parcours du fleuve Serchio, comme dans le cas du site de l'Arena, ou sur les hauteurs des Monts Pisans comme dans le cas des “ sites forteresses ” de Monte Cupola, du Monte Spazzavento (**Figure 10**, ID_ 27), de la Rocca di Ripafratta, du Monte Castellare reformaté au début du Moyen Âge (**Figure 10**, ID_ 25), qui représentaient “ un rempart défensif de la plaine côtière, de ses portes, de ses cours d'eau et du centre urbain ”⁴⁷. Le développement commercial de la ville de Pise et de son territoire au cours du IV^e siècle avant J.-C. est attesté par de nombreuses découvertes en contexte urbain et rural. Entre la fin du IV^e et le début du III^e siècle avant J.-C., la ville a connu une nouvelle phase urbanistique caractérisée par la monumentalisation d'une zone de culte située dans la Piazza Cavaliere et par la construction de bâtiments religieux dans la Piazza Duomo. Les fouilles enregistrent également une croissance démographique qui s'est manifestée par le développement de quartiers résidentiels dans certaines zones du contexte urbain actuel (Arena Garibaldi, zone de San Zeno) précédemment utilisées pour des inhumations⁴⁸. L'implantation des habitats dans la région de Coltano et dans le secteur le plus méridional de la plaine entre le IV^e et le III^e siècle avant J.-C. est certainement liée au développement du *Portus Pisanus*, dont la première structure est datée entre la fin du III^e et le II^e siècle avant J.-C., et à la construction d'une route reliant la localité de San Piero a Grado au nouveau port⁴⁹. Alors que dans la vallée de Bièntina “ la documentation archéologique semble circonscrite à l'établissement étrusque de Ponte Gini II, qui se développe au milieu du III^e siècle avant J.-C., puisque très probablement fonctionnel au contrôle d'une rue commerciale ”⁵⁰ (**Figure 10**, ID_ 117).

À l'époque hellénistique, la Pise étrusque entre dans l'orbite de Rome et ses ports commencent à être utilisés comme bases militaires pendant la première guerre punique et plus tard pour des opérations contre les Liguriens (238-177 av. J.-C.)⁵¹ : c'est le début du processus de romanisation de la ville et de son territoire⁵². Le rôle stratégique de la ville de Pise, à l'origine *civitas foederata*, fut

44. *ATS srl, Relazione indagini archeologia preventiva “Interventi di sistemazione idraulica nel bacino di fossa Chiara nel comune di Cascina (PI)”. Prot SABAP-PI 266 del 25/07/2016*. Données inédites communiquées par la *Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio* pour les provinces de Pise et Livourne, consultées au siège de Pise.

45. (Bonamici 1990, 110)

46. (Ciampoltrini 2006b, 68)

47. (Bonamici 1990, 99–111)

48. (Bruni 2001, 89; Ducci *et al.* 2011, 31)

49. (Ducci *et al.* 2011, 31)

50. (Pasquinucci 1994, 188)

51. (Pasquinucci 1994, 189)

52. (Segenni 2003b)

apprécié, surtout pendant le conflit contre les Liguriens (238-177 av. J.-C.)⁵³. C'est probablement l'alliance avec Rome qui a exacerbé les relations entre les Pisans et les Liguriens, qui, croyant leur existence menacée, en 193 av. J.-C, ont assailli le port de Luni et assiégé la ville de Pise, et en 187 av. J.-C ont attaqué le territoire pisan, menaçant Pise et empêchant les paysans de cultiver leurs champs (Live XXXIX, 2.5). Les fréquentes incursions des Liguriens ont forcé Rome à intervenir en organisant, en 180 av. J.-C, la déportation vers le Sannio des Liguriens Apuani et la fondation de deux nouvelles colonies : Pise a dû en fait concéder une partie de son territoire pour la fondation de la colonie latine de *Luca* (Lucques ; 180 av. J.-C) et, peu après la défaite finale des Liguriens, accepter la fondation de la colonie romaine de Luni (177 av. J.-C)⁵⁴. C'est probablement pendant ou après la guerre sociale (90-88 av. J.-C.) que Pise a obtenu la citoyenneté romaine, est devenue *municipium* et a été incluse dans la tribu *Galeria*⁵⁵, comme en témoigne un passage de *Festus* (Paul. Fest., 155 L) qui a cité les Pisans comme un exemple de *municipes*⁵⁶.

La déduction de la colonie *Opsequens Iulia Pisana* faisait partie du projet d'époque triumviralo-augustéen de colonisation et d'assignation de toute l'Etrurie septentrionale, qui s'est radicalement transformée suite à la mise en place des nombreuses grilles centuriées qui caractérisent encore les plaines du Valdarno, de la vallée du Serchio et de la Valdera. La fondation de la colonie romaine et l'arrivée des vétérans d'Auguste, auxquels ont probablement été attribuées les terres de l'*ager pisanus*, ce dont témoigne la stèle funéraire de *Sex. Anquirinnius L. f. Galeria*⁵⁷, vétéran de la XIX^e légion, retrouvée dans le secteur le plus méridional de l'*ager Pisanus* près de Castelnuovo della Misericordia (Livourne)⁵⁸, ont conduit à la réorganisation administrative et urbaine de la ville de Pise et à la transformation de son territoire avec la réalisation d'une centuriation. Cependant, si les profondes transformations du tissu urbain de la ville ne sont, en l'état actuel de la recherche, que partiellement reconnaissables, le contexte rural conserve encore les traces de la structure centuriée créée à la suite de la déduction de la colonie et d'une partie du système de peuplement qui lui était associé. Les études archéologiques (prospections de surface, fouilles archéologiques) réalisées au cours de ces années ont permis de reconstituer le système d'occupation de la campagne pisane à l'époque romaine, en relation à la mise en œuvre de la centuriation. La population était répartie dans des fermes ou *villae rusticae*, qui formaient le noyau principal du système de peuplement rural dispersé, généralement caractérisé par des structures modestes avec des fondations en pierre et des parois en briques, avec une couverture en bois et tuiles, parfois avec des éléments architecturaux tels que des colonnes, des sols en *opus spicatum* qui semblent témoigner d'un certain développement économique surtout pendant la première phase impériale, après la déduction de la colonie *Opsequens Iulia Pisana*⁵⁹.

L'économie de la colonie pisane et de son territoire était principalement basée sur les cultures céréalières ; la ville de Pise était en particulier connue pour la production d'une variété de *triticum*

53. (Pasquinucci 1994, 189)

54. (Segenni 2003b, 88)

55. (Pasquinucci 2003a, 81; Segenni 2003b, 88)

56. (Segenni 2003b, 88)

57. CIL XI, 1524

58. (Keppie 2000)

59. (Pasquinucci & Menchelli 2017, 335; Pasquinucci 1986, 33–41)

vulgare appelée *siligo*, comme Pline le rappelle⁶⁰, d'*alica*, une autre variété de céréales similaire à l'épeautre, ainsi que d'autres biens commercialisables tels que le raisin (le raisin *Pariana* comme Pline le rappelle⁶¹) et l'huile qui étaient redistribués en utilisant des récipients (amphores) produits localement, au moins jusqu'au IV^e siècle ap. J.-C.. La viticulture et l'oléiculture étaient probablement pratiquées sur les basses pentes collinaires, ainsi qu'en témoigne une étude palynologique réalisée sur des échantillons d'un carottage réalisé près du lac de Massaciuccoli, tandis que le secteur de plaine était affecté aux cultures céréalières. Les activités agricoles étaient complétées par l'élevage de bétail probablement pratiqué sur les collines, dans les zones non cultivées ou les zones sujettes à la stagnation de l'eau, ainsi que d'animaux de basse-cour, des loirs, ou encore des escargots ou des abeilles (apiculture)⁶². Un passage de Tite-Live (35, 3, 6) selon lequel, en 193 av. J.-C., les Liguriens ont fait une *razzia magna vis pecorum* dans la périphérie nord de la ville de Pise et ont apporté leur butin dans leurs villages, rappelle la pratique de l'élevage de moutons dans les fermes de Pise⁶³.

Autre source considérable, la montagne, couverte de bois (*silvae*), était exploitée pour la production ligneuse, pour la chasse et d'autres activités productives. Les reliefs des Monts Pisans ont également été exploités pour l'extraction de calcaires et de marbres depuis le III^e siècle av. J.-C., par exemple pour la construction de bornes de marbre appelées " a clava " trouvées près d'Arena, au nord de Pise⁶⁴. Le marbre des Monts Pisans a ensuite été exploité dans les constructions romaines et utilisé en particulier dans la technique de construction de l'*opus incertum* dans les *domus* de Pise⁶⁵.

Le territoire de Pise était cependant caractérisé par une importante production céramique qui s'est développée particulièrement entre la fin de la République et le début de l'Empire, comme en témoignent les nombreux centres de production qu'on trouve dans le contexte urbain et rural. Depuis l'époque étrusque, la richesse des gisements d'argile a favorisé le développement de la production céramique (bucchero et pâtes à schistes microclastiques, céramiques " grises hellénistique ", sigillée italique et tardo-italique, céramiques à vernis noir, céramiques médiévales comme la majolique archaïque pisane)⁶⁶. Le secteur nord de Pise a été en particulier affecté pendant l'époque romaine par le développement d'une grande zone artisanale spécialisée dans la production de sigillée italique et tardo-italique qui ont connu une expansion rapide dans le monde romanisé. Aux activités agricoles et manufacturières (production de la céramique, construction de navires, travail du marbre) s'ajoutaient les activités liées au commerce, comme l'indiquent les nombreux ports éparpillés le long de la côte (du sud vers le nord : *Portus Pisanus*, San Piero a Grado, le site urbain de Pise S.Rossore e Isola di Migliarino)⁶⁷. Le *Portus Pisanus* a représenté le principal port de la ville de Pise et de son territoire pendant toute l'époque romaine. L'abri était situé à l'intérieur d'un bassin lagunaire ouvert sur la mer⁶⁸, " protégé par le promontoire sur lequel fut fondée la ville

60. (Plini, N.H. 18,86 s.;18, 109)

61. (Plini, N.H. 14, 39)

62. (Pasquinucci *et al.* 2008, 22)

63. (Pasquinucci 2004, 169)

64. (Bonamici 1990, 123–24; Pasquinucci *et al.* 2008, 23)

65. (Alberti & Paribeni 2011, 161–66)

66. (Menchelli & Vaggioli 1988, 514–15)

67. (Pasquinucci *et al.* 1994, 21–22; Pasquinucci & Menchelli 2017; Pasquinucci 1986, 42–43)

68. (Allinne *et al.* 2016, 327–29)

de Livourne et les barres semi-submergées et progressivement émergentes qui se sont formées par l'apport des sédiments et la dérive de courants⁶⁹ sur le fond marin en face de l'ancienne ligne de côte. Cependant, le paysage en arrière de la ligne de côte d'époque romaine était caractérisé par la présence d'un vaste marais attesté jusqu'à l'époque moderne⁷⁰ et définitivement comblé durant le premier après-guerre mondiale (secteur de Coltano e Stagno). L'escale maritime et commerciale a connu un développement considérable depuis l'époque impériale et jusqu'à l'Antiquité tardive, comme en témoignent les découvertes archéologiques et les informations rapportées par les sources écrites. Le *Portus*, inséré dans les principaux flux commerciaux de la Méditerranée, avec des débarquements donnant directement sur la mer, capable d'accueillir de grands bateaux, disposant de ressources en eau douce et relié à d'autres ports et à la ville par le réseau routier côtier, est devenu un important *emporium*, comme le rappelle le texte de *Rutilio Namaziano*⁷¹, et un port d'escale pour les opérations militaires menées par les empereurs romains⁷². Cependant, la dynamique côtière et fluviale a conduit à l'ensablement progressif du bassin portuaire et à son abandon pendant le Moyen Âge⁷³.

Nous avons précédemment mentionné, au nord de *Portus Pisanus*, la construction pendant la période étrusque du port fluvial de San Piero a Grado (**Figure 11, ID_49**), près d'un bras de l'Arno et de l'ancien littoral⁷⁴. Le port d'escale, considéré comme l'épineion ou port principal de la ville étrusque de Pise, a été construit au cours du troisième quart du VII^e siècle av. J.-C.⁷⁵. Cependant, le site de S. Piero a Grado, situé à l'embouchure d'un bras du fleuve Arno, a conservé son rôle "commercial" et "maritime" jusqu'à l'époque romaine, lorsque, au cours du II^e siècle avant J.-C. a été construite, près de l'actuelle basilique de S. Piero a Grado, une *domus*, caractérisée par un grand espace rectangulaire et deux chambres adjacentes : cette *domus* a été probablement construite au bord du port dont nous ne connaissons pas les caractéristiques planimétriques. La découverte d'une antéfixe au protomé léonin est probablement l'indice de la présence d'un lieu de culte construit près du port fluvial au cours du II^e siècle av J.-C.⁷⁶. Dans le secteur urbain, un site de débarquement fluvial a été réalisé près de l'actuelle gare ferroviaire de Pise S.Rossore (**Figure 11, ID_51**), située à quelques centaines de mètres de la Piazza Duomo. Le site est né près d'un ancien cours d'eau qui coulait selon une direction est-ouest, probablement un bras du système *Auser-Serchio*⁷⁷, dont le passage à l'époque étrusco-romaine près de la zone voisine de la Piazza Duomo, avec une direction est-ouest et un parcours ramifié, a été confirmé par de recherches géostratigraphiques récents⁷⁸. Les prospections menées dans le *Cantiere delle Navi Antiche de Pise*

69. (Ducci *et al.* 2011, 31)

70. (Allinne *et al.* 2016, 327)

71. Rut. Nam., *De Reditu*, I, 527-540 ; II, 11-12

72. (Ducci *et al.* 2011)

73. (Allinne *et al.* 2016; Ducci *et al.* 2011, 31; Kaniewski *et al.* 2018)

74. (Pasquinucci 2003b, 96)

75. (Bruni 2003, 51; Pasquinucci 2008, 16)

76. (Bruni 2001)

77. (Camilli 2012, 13-14)

78. (Bini *et al.* 2013; 2015)

San Rossore enregistrent ainsi un total de 8 événements de crues désastreuses⁷⁹, datés entre le II^e siècle av. J.-C. et le VI^e siècle ap. J.-C.⁸⁰, qui, d’après les reconstitutions des chercheurs, pourraient avoir été causés par les débordements du fleuve Arno⁸¹. Malheureusement, les incertitudes liées à la reconstruction paléogéographique du site et aux connexions avec le réseau paléo-hydrographique de la zone environnante ne nous permettent pas de faire d’autres évaluations concernant la dynamique paléoenvironnementale. Plus au nord, près de l’embouchure de l’*Auserculus*, correspondant à peu près à l’actuel fleuve Serchio, il convient de mentionner l’escale de l’île de Migliarino (**Figure 11**, ID_15) trouvée lors de fouilles archéologiques à une profondeur d’environ 6-8 mètres de la surface. La zone, probablement fréquentée depuis le Paléolithique moyen, a probablement été utilisée comme lieu de débarquement pendant la période étrusque, comme en témoignent les matériaux céramiques datés entre les VI^e et IV^e-III^e siècles avant J.-C. et, plus tard, à l’époque romaine. Près de l’escale portuaire il y avait en particulier un atelier pour la production de sigillée italique du céramiste *Ateius*, dont les ateliers étaient situés principalement dans le secteur nord du contexte urbain, auquel ont succédé les potiers à l’origine de la sigillée tardo-italique “ avec une continuité de production du I^{er} siècle av. J.-C. au II^e siècle ap. J.-C. ”⁸². Les céramiques retrouvées au cours des fouilles archéologiques concernent un très large éventail chronologique, jusqu’à la Renaissance ; cependant, il n’est pas possible de confirmer une continuité de fréquentation de la zone de la Préhistoire à la Renaissance⁸³.

Fondamental pour le développement de la ville et de l’ensemble du territoire était certainement l’ancien réseau routier qui traversait la plaine de Pise et se composait de plusieurs routes : l’ancienne route côtière *Aurelia vetus* qui reliait Rome à *Cosa* ou *Pisae* selon les interprétations de divers érudits et qui s’est ensuite élargie avec le tronçon d’*Aurelia nova* qui, de *Cosa* à Populonia, ou de *Pisae* à Luni, traversait le trait de côte pisane en passant par les centres de *Vada Volaterrana*, Castiglioncello Quercianella, Montenero, Salviano, *Portus Pisanus*, S.Piero a Grado et Pise⁸⁴ ; la *via Aemilia Scauri*, construite entre 115 et 109 av. J.-C par le censeur *Aemilius Scaurus*, et qui, avec un tracé plus à l’intérieur des terres, reliait les centres de *Vada Volaterrana* et *Pisae* en passant par les vallées des fleuves Fine et Tora ; la *via a Luca Pisa* attestée dans l’*Itinerarium Antonini* qui traversait la zone de l’actuelle Porta à Lucques, dans le centre-ville, et continuait le long de la Via di Gello en passant par la localité de S.Giuliano, puis, avec un itinéraire de piémont, desservait les localités de Corliano, Rigoli, Molina di Quosa, Pugnano, Ripafratta, Montuolo avant d’atteindre finalement Lucques. Il y avait aussi la voie *Pisae-Florentia*, construite au milieu ou dans les dernières décennies du II^e siècle avant J.-C, probablement par le Consul *T. Quinctius Flaminius* selon les indications trouvées sur la borne milliaire découverte entre Malmantile (Florence) et

79. La succession stratigraphique enregistre 8 événements de crue, datables grâce à la découverte des épaves et de leur marchandise: le premier événement alluvial est enregistré entre 200 et 175 avant J.-C. ; le second à l’âge augustin (0-15 après J.-C.) ; le troisième événement remonte à la période adriatique ; deux événements alluviaux enregistrés entre 250 et 280 après J.-C. ; les trois dernières inondations enregistrées respectivement entre la fin du IV-V siècle après J.-C., au V siècle après J.-C. et enfin au VI siècle après J.-C. (Camilli 2012, 15).

80. (Camilli 2012, 15)

81. (Camilli 2004, 59; 2012, 13)

82. (Menchelli & Vaggioli 1988; Pasquinucci & Menchelli 2010, 6–7)

83. (Menchelli & Vaggioli 1988)

84. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 113–14; Pasquinucci 1994, 199)

Montelupo Fiorentino⁸⁵ : cette voie devait faire le lien entre la *Via Arretium-Bonomia* et *Pisa-Portus Pisanus*. La route longeait la rive gauche du fleuve Arno et a probablement conservé son tracé d'origine jusqu'à l'époque médiévale sous le nom de *strata Vallis Arni*⁸⁶. Son parcours dans le secteur du Valdarno Inferiore a été reconstitué sur la base de l'étude des toponymes médiévaux qui se réfèrent au parcours médiéval de la *strata Vallis Arni* (*strada*, *strata o silice pisana*, *via pisana*) ou de celui plus ancien, romain, rappelé dans les distances milliaires (de *quarto* à *nono* et *tredici*). Venant de l'est son tracé est attesté près du territoire de Canneto (à l'est de la ville de Cascina), près de Cascina, Ottavo (à l'ouest de cette localité), S. Benedetto a Settimo, dans la paroisse de San Casciano, puis Casciavola, San Prospero, Visignano, dans les territoires de S. Lorenzo alle Corti, Montioni, Riglione, Fasciano (localité ne plus existant située entre Oratoio et Putignano), et enfin Pise. L'attestation des toponymes milliaires se référant à la route romaine (*Quarto*, *Quinto*, etc.) ainsi que les toponymes relatifs à la *strata* médiévale à proximité des mêmes localités suggèrent, selon les chercheurs, une relative stabilité de la route depuis le milieu du II^e siècle av. J.-C. jusqu'à l'époque médiévale. De plus, sur la base de la correspondance entre les toponymes routiers et les toponymes hydrographiques, qui se réfèrent au passage antique du fleuve Arno, a été formulée l'hypothèse que la route était parallèle à l'ancien cours du fleuve, qui a donc conservé un parcours similaire de l'époque impériale au Moyen Âge⁸⁷. Le réseau routier mineur, d'autre part, était constitué d'un réseau de routes et de chemins tracés en même temps que la centuriation, dont la mémoire est restée dans l'utilisation des toponymes médiévaux de *termine*, *limite e decumano o dagumano*⁸⁸.

Le processus de romanisation du territoire pisan, commencé durant le III^e siècle avant J.-C., atteint son apogée après la déduction de la colonie romaine *Opsequens Iulia Pisana* intervenue entre la bataille de Philippi ou Actium et 27 av. J.-C. De nombreux facteurs garantissaient le développement de l'*ager pisanus* et sa pleine intégration dans le système économique mondial romain. On citera en premier lieu sa position géographique stratégique, en liaison avec la Méditerranée, l'Italie du nord et l'Italie centro-méridionale, facilement accessible grâce à une large ouverture sur la mer et à un réseau routier efficace (terrestre et fluvial) qui a favorisé les échanges et les connexions entre les ports échelonnés le long de la côte, la ville et l'arrière-pays ; on ajoutera d'importantes ressources naturelles permettant de produire un surplus qui a ensuite été commercialisé, une croissance démographique qui a permis le développement des activités manufacturières, une classe dirigeante locale qui a su développer le potentiel économique de l'ensemble du territoire, la politique coloniale développée à l'époque augustéenne et l'étroite interconnexion entre les élites locales et Rome ; il s'agit là de quelques-uns des principaux facteurs à l'origine de ce processus⁸⁹. Les transformations politiques, sociales et culturelles qui se sont produites après la chute de l'Empire romain d'Occident ont naturellement affecté le territoire de Pise, en particulier le secteur oriental de la plaine disputée entre la ville de Pise, sous le contrôle de l'Empire byzantin, et les Goths qui ont plutôt occupé la région de Lucques et de la basse Valdarno au milieu du VI^e siècle de

85. CIL XI, 6671

86. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991)

87. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991; Pasquinucci *et al.* 1997a)

88. Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 135–38)

89. (Pasquinucci & Menchelli 2017, 339–41)

notre ère. Après la conquête lombarde de la ville de Pise, probablement au milieu du VII^e siècle, a été créée une *iudiciaria*⁹⁰ dont les frontières ne sont pas connues⁹¹. L'organisation de l'espace rural durant l'époque lombarde était basée sur le système des *curtes*, attesté au milieu du VIII^e siècle (ou peut-être même avant) et qui a atteint son développement maximal au IX^e siècle, et son point critique au cours du X^e siècle. La *curtis* ou ferme était divisée en une *pars dominica*, cultivée directement par le propriétaire par l'intermédiaire de serviteurs ou d'agriculteurs, également connus sous le nom de *massarii*, ou d'hommes libres ou semi-libres qui, en plus de servir sur les terres du maître, cultivaient leur propre parcelle de terre appelée précisément *pars massaricia*⁹². Au cours du X^e siècle, le système a été accompagné par le phénomène de naissance des châteaux, lié à la volonté des seigneurs locaux d'établir de nouvelles formes d'organisation et de contrôle sur les populations rurales qui y vivaient ou s'y réfugiaient, et dans une moindre mesure, de répondre à des problèmes défensifs. Cependant, sur le territoire toscan, les châteaux n'ont pu jouer un rôle central dans le système de peuplement que dans des zones éloignées de la ville ou dans des zones comme la Maremme où il n'y avait pas de véritables centres urbains. “ Le développement rapide et précoce des municipalités de Pise et de Lucques, qui ont rapidement réussi à unifier et à coordonner leurs territoires, a empêché la formation de juridictions concurrentes et aux châteaux de jouer le rôle, en quelque sorte, de seigneurie ”⁹³.

La naissance des châteaux n'a donc pas changé l'organisation de la campagne pisane basée essentiellement sur les *curtes*, actives jusqu'au X^e siècle, et les villages ouverts sans fortifications (*villae*)⁹⁴ qui se sont développés principalement autour des centres ecclésiastiques (églises baptismales, églises, abbayes, monastères) qui représentaient les principaux centres d'agrégation du Valdarno Inferiore Pisan pendant le Haut Moyen Âge et le Moyen Âge (**Figure 13**). Ces centres ecclésiastiques, qui ont été construits au début du VII^e siècle à la suite du processus de christianisation des populations rurales, étaient situés dans des endroits facilement accessibles, souvent à proximité des routes principales. Dans le contexte pisan, l'importance des églises paroissiales ou *pievi* est attestée par les formes d'organisation de la campagne qui, encore au cours du XIII^e siècle, étaient marquées par les circonscriptions ecclésiastiques⁹⁵ et par la continuité d'occupation qui a permis leur survie jusqu'à nos jours. La plaine de Pise a été divisée entre les diocèses de Pise, Lucques et Livourne (**Figure 15**). Dans le secteur entre les villes de Pise et Cascina, au sud de l'Arno, en particulier, il y avait les églises paroissiales de S.Lorenzo alle Corti, S.Casciana et Cascina. Le secteur entre les centres actuels de Pontedera et Ponsacco a été affecté par la présence de trois *pievi* dépendants du diocèse de Lucques : la paroisse de *S. Maria a Monte*, la paroisse de *S. Gervasio* et la paroisse de *S. Maria di Ducenta*, aussi appelée *Terra Valda* (Travalda) ou *Appiano*.

Au cours du X^e siècle, la ville de Pise était sur le point de devenir un centre de première importance, principalement intéressé par les activités maritimes en Méditerranée occidentale. Ainsi émergeait une classe dirigeante liée aux institutions civiles et ecclésiastiques et au territoire, qui se consacrait

90. Durant l'époque lombarde, le terme *iudiciaria* ou district du juge était synonyme de duché, en référence à une agglomération autour d'une *civitas* (définition extraite de l'Encyclopédie Treccani, <http://www.treccani.it/>).

91. (Carratori *et al.* 1994, 206)

92. (Carratori *et al.* 1994, 206–7; Ceccarelli Lemut 2002, 65–67; Garzella 1986, 69–70)

93. (Carratori *et al.* 1994, 208)

94. (Carratori *et al.* 1994, 209)

95. (Carratori *et al.* 1994, 210–11)

principalement aux activités portuaires et commerciales qui ont permis l'établissement du rôle politique et commercial de la ville et la naissance de la République Maritime de Pise au début du XI^e siècle⁹⁶. Cette grande puissance maritime et terrestre a atteint le maximum de son expansion en Méditerranée et le contrôle de l'arrière-pays au cours du XII^e siècle avec la fin de la guerre avec la ville de Lucques, principal obstacle au projet hégémonique pisan dans l'intérieur⁹⁷, qui est intervenue avec la paix de 1181⁹⁸. Ce projet expansionniste, qui se manifeste par la conquête des centres habités et ecclésiastiques préexistants (villages, châteaux, églises) et la fondation de "villeneuves", a permis d'assurer le contrôle sur le Valdarno et de l'étendre à la vallée du Cascina et à la basse Valdera jusqu'à Peccioli⁹⁹, où se trouvaient les églises paroissiales dépendant du diocèse de Lucques ; ce contrôle s'exerçait aussi sur les principales voies d'eau et de terre. Les nouvelles fondations construites entre le XII^e et le XIV^e siècle, jusqu'à la conquête florentine de Pise (1406), ont donné vie aux nouvelles villes de Cascina, Pontedera, Ponsacco, Calcinaia et Bièntina (**Figure 16**).

La recherche a donc eu pour objectif préalable aux différentes analyses, le recueil et la gestion des données historiques, archéologiques et aussi planimétriques relatives à la plaine de Pise. Les nombreuses données archéologiques et historiques relatives à la plaine ont été recueillies et archivées dans deux "bases de données relationnelles" qui résument les principaux caractères des sites étudiés. Pour faciliter leur utilisation dans le cadre du projet SIG, chaque archive a été organisée en différents tableaux contenant des informations - liées entre elles - sur l'histoire, le type d'établissement ou de structure, le type d'intervention, les matériaux retrouvés, la bibliographie. Il convient de préciser que les enquêtes étaient principalement concentrées dans le secteur périurbain de la ville de Pise et dans le contexte rural situé entre le centre urbain et le secteur à l'est de la rivière Era. L'existence d'un *webgis open access* (MappaGIS) concernant les données historico-archéologiques relatives au contexte urbain et périurbain de la ville de Pise, réalisé dans le cadre du projet Mappa¹⁰⁰, et les principales questions abordées dans le doctorat de recherche ont conditionné ce choix. Les données contenues dans les deux archives, "archéologique" et "historique", ont été extraites à partir de nombreux rapports archéologiques (fouilles archéologiques, enquêtes de surface, découvertes fortuites), publications scientifiques, sources d'archives et ont donc un degré d'"exhaustivité" et de "précision" assez variable. La qualité des données est liée à l'accessibilité des données ou à l'exactitude de l'information recueillie, qui peut parfois être incomplète, ou au type d'intervention (fouilles, prospections archéologiques, découvertes occasionnelles) qui implique différents niveaux d'acquisition de données. Ainsi, dans le cas de découvertes occasionnelles, on dispose généralement de peu d'information sur l'emplacement exact ou le contexte de la trouvaille. Cependant, la création d'un *corpus* de données historico-archéologiques de la plaine de Pise, qui couvre la période chronologique allant du Néolithique au Moyen Âge, a permis de reconstituer, grâce à la géolocalisation des sites dans le projet SIG, mais avec un degré de précision différent

96. (Ceccarelli Lemut 2012, 13–16)

97. (Ceccarelli Lemut 2012, 21–22)

98. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005, 35)

99. (Ceccarelli Lemut 2012, 24)

100. (Anichini *et al.* 2012)

(entités précises), une image des dynamiques d'occupation de la plaine, en particulier depuis l'époque étrusque jusqu'au Moyen Âge.

Les archives " archéologiques " ont été créées dans le but de collecter et d'organiser au sein d'un SIG les principales informations sur les différentes formes d'occupation et de distribution des établissements humains qui ont caractérisé la plaine de Pise au cours des siècles et des millénaires, et en particulier aux époques étrusque et romaine. Les données proviennent d'innombrables recherches de terrain menées au cours des années dans les différents secteurs de la plaine de Pise et examinées à travers l'étude et l'analyse de nombreuses publications telles que des rapports de fouilles ou de prospections au sol, ainsi que des évaluations des risques archéologiques effectuées sous la direction des actuelles " Soprintendenze Archeologia Belle Arti e Paesaggio (SABAP) ", précédente " Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana (SBAT) ", disponibles pour consultation, par exemple, dans le " Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana " ou aux archives historiques dans les locaux des actuelles " Soprintendenze Archeologia Belle Arti e Paesaggio (SABAP) ".

Les découvertes archéologiques dans les zones urbaines et périurbaines ont été analysées et géolocalisées principalement grâce à l'utilisation de la plate-forme MappaGIS (<http://mappagis.cs.dm.unipi.it:8081/mappa/mappa.phtml>) et des archives numériques Mappaopendata-Mod (<http://mappaproject.arch.unipi.it/mod/Index.php>), qui collectent des informations concernant la collocation archivistique, la bibliographie, les phases d'occupation, le type, l'emplacement des découvertes selon un degré de précision différent (bas, moyen, haut) et parfois la planimétrie des structures archéologiques mises au jour.

Les informations sur les sites (églises, églises paroissiales, villages, châteaux, villages fortifiés) et le paysage du Moyen Âge, obtenues par l'analyse et l'étude de la documentation d'archives et de nombreuses publications réalisées au cours des dernières années, ont été organisées dans une base de données dite " historique " capable de restituer graphiquement les liens existant entre les différentes formes d'occupation de la plaine (centres laïcs ou ecclésiastiques, réseau routier, réseau hydraulique). La base de données relationnelle a été organisée en 5 tableaux principaux ou " groupes " concernant : les " sites médiévaux " se référant à tous les types d'établissements (agglomérations urbaines ou rurales, châteaux, *curtes*, villages fortifiés, hôpitaux) documentés dans des sources médiévales ; les " sites ecclésiastiques médiévaux " *i.e.* les églises, abbayes et monastères ; les églises paroissiales ou baptismales dont dépendaient d'autres centres religieux et civils ; les fossés du réseau d'eau ; s'y ajoute enfin une table relative aux noms de lieux d'origine médiévale.

L'utilisation d'un logiciel de SIG a permis en outre de créer une base de données qui accueille la documentation planimétrique de la plaine de Pise. Les archives comprennent les cartes cadastrales actuelles (Carte technique régionale ou CTR), les cartes thématiques (carte géologique, carte géomorphologique, carte pédologique, etc.), la cartographie historique, les photographies aériennes et les images satellitaires, réunies selon un système de référence cartographique unique (ED1950 UTM Zone 32N). Il a également été possible d'intégrer les supports cartographiques ou de télédétection affichés par l'utilisation d'une connexion WMS ou par l'utilisation de plates-formes interactives fournies par les autorités compétentes (telles que la Région Toscane, l'Institut

supérieur pour la protection de l'environnement et la recherche - ISPRA, le Consortium LaMMA, l'Autorité du bassin de l'Arno, le Projet Castore - Catasti Storici Regionali).

L'étude du paysage centurié constitue un thème central dans les recherches conduites sur les sociétés du passé et sur les phénomènes d'interaction entre l'homme et l'environnement à long terme, au carrefour de l'histoire, de l'archéologie et des sciences de la Terre. En Italie la recherche sur la centuriation s'est fondée sur une approche dite " topographique ", basée sur l'étude historique et cartographique des traces et sur une analyse physiographique du territoire développée par l'école italienne de Topographie Antique¹⁰¹. Actuellement, la recherche topographique sur les paysages centuriés, et en général sur les paysages historiques, est basée sur une approche diachronique et multidisciplinaire qui, grâce à l'appui de systèmes informatiques (SIG, système de gestion de bases de données), rend compte de la nature dynamique et changeante du paysage, résultat de l'interaction homme-environnement et de la centuriation en tant qu'élément constitutif¹⁰². Par des méthodologies et des procédures capables de restituer la paléogéographie, la dynamique de peuplement, les caractéristiques sociales et économiques des sociétés du passé, la dynamique liée aux interactions entre l'homme et l'environnement à long terme, les études de Topographie Ancienne sur le paysage centurié n'envisagent pas uniquement l'analyse historique des persistances de la centuriation : elles autorisent une lecture globale du paysage et de son évolution¹⁰³, en intégrant une Archéologie du paysage ou *Landscape archaeology* qui, basée sur le " principe de la stratification archéologique ", permet de " reconstruire l'analyse chronologique des paysages qui se sont succédés dans un contexte donné " défini comme " un espace géographique donné résultant d'une longue série d'expériences historiques " ¹⁰⁴.

L'analyse conjointe des sources géomatiques, littéraires et épigraphiques, de la documentation historique (documents d'archives, toponymie) et cartographique (actuelle et ancienne), des données de télédétection (photographies aériennes, images satellitaires, levés géophysiques), des prospections de surface, des fouilles archéologiques et l'étude des données géomorphologiques et géostratigraphiques nous permettent de reconstituer les principales caractéristiques du paysage antique, les effets du processus de romanisation sur le paysage italien, l'impact des transformations paléoenvironnementales et anthropiques sur l'évolution des territoires centuriés au cours des siècles, sur la visibilité des sites archéologiques et sur les traces de la centuriation. La recherche fait donc appel à des sources diversifiées qui ont un potentiel d'information qui varie selon les contextes analysés¹⁰⁵. À l'analyse des traces de la centuriation s'ajoute l'étude des dynamiques d'occupation et des dynamiques socio-économiques liées à la mise en place du nouveau système agraire et à l'arrivée de nouveaux colons. La mise en œuvre d'investigations diagnostiques non invasives, intégrées aux opérations de prospection et de fouilles archéologiques permet ainsi de reconstruire le système d'habitat rural de l'époque romaine (*villae, villae rusticae, mansiones*, nécropole, etc...). Ainsi, les analyses qualitatives et quantitatives des matériaux trouvés

101. La Topographie ancienne est une discipline née avec l'objectif " de reconnaître et interpréter les données d'origine antique, de reconstruire l'histoire de l'environnement dans lequel s'est déroulée la vie quotidienne, politique, administrative, économique, culturelle " (Quilici & Quilici Gigli 2004, 7).

102. (Franceschelli 2015)

103. (P.L 2004)

104. (Cambi 2009, 349)

105. (Cambi 2009)

lors de *survey* archéologique (en particulier des céramiques) permettent de définir les “ unités topographiques ” et de les classer en *sites* ou *off-sites*, de définir la chronologie, la typologie et la fonction des sites ruraux, puis de reconstituer les phases culturelles, les processus sociaux et d'acculturation, les caractéristiques économiques, commerciales, technologiques et culturelles des territoires étudiés¹⁰⁶. Ce type d'approche permet également d'évaluer les formes d'occupation pré-romaine et l'impact de la colonisation romaine sur la dynamique de peuplement des zones rurales préexistantes¹⁰⁷. L'intégration des données géomorphologiques et géostratigraphiques devient essentielle pour évaluer l'état de conservation des niveaux les plus anciens. Le degré de “ visibilité ” des données archéologiques, c'est-à-dire la probabilité de trouver des artefacts archéologiques en surface, est influencé par de nombreux facteurs naturels et anthropiques tels que l'érosion, les activités agricoles, l'urbanisation et, en particulier dans les plaines basses, la sédimentation de dépôts alluviaux¹⁰⁸. Une plus grande attention portée à l'intégration des données du sous-sol est une spécificité des études sur les paysages centuriés, ou apparemment centuriés, qui, en continuité avec les recherches conduites par N. Alfieri et L. Bosio, sont davantage orientées vers l'analyse des processus sédimentaires et des variations paléoenvironnementales et paléohydrographiques survenues au cours des siècles ainsi que leur interaction avec la grille centuriée et plus généralement avec les structures anthropiques¹⁰⁹, à l'intersection de l'archéologie, de la géologie, de la géomorphologie, de la sédimentologie et de la pédologie. Les recherches menées par P.L. Dall'Aglio dans les Marches Septentrionales¹¹⁰ ou dans la plaine de Parme¹¹¹, par C. Franceschelli et S. Marabini¹¹² dans la plaine de Faenza, par K. Ferrari¹¹³ dans la zone côtière à l'embouchure du Garigliano, fondées sur l'étude des sources historiques-littéraires, toponomastique, des données archéologiques, géomorphologiques, pédologiques et plus récemment géostratigraphiques, visent à reconstituer des principaux aspects du paysage antique et la dynamique liées aux interactions entre l'occupation anthropique et l'environnement sur le long terme.

Une analyse plus complète de l'évolution des structures anthropiques et du réseau centurié en relation avec la dynamique pédosédimentaire et les variations paléoenvironnementales et paléohydrographiques a été développée pour la première fois en France dans les années 1990, lorsqu'une série de tranchées et de fouilles archéologiques a été réalisée sur des traces actives ou fossiles du “ cadastre B ” d'Orange identifiées par l'analyse de cartes et de photo-interprétations (analyse “ archéomorphologique ” des traces). Les études géo-archéologiques réalisées à l'occasion de la construction de la ligne ferroviaire T.G.V. Méditerranée dans la moyenne vallée du Rhône visaient à analyser les problèmes liés à l'organisation, à l'exploitation et à la taphonomie de l'ancien parcellaire agraire. Les résultats ont été surprenants car ils ont permis, d'une part, d'analyser les caractéristiques (forme, remplissage, fonction) des structures agraires anciennes (fossés et canaux) et donc de comprendre leur fonctionnement et leur utilisation (drainage, irrigation), d'autre

106. (Menchelli 2009, 100; 2016, 6; Menchelli & Iacopini 2016, 3)

107. (Marchi *et al.* 2014)

108. (Franceschelli & Marabini 2007; Menchelli 2016, 76)

109. (Franceschelli 2015, 182)

110. (Dall'Aglio 2009; Dall'Aglio *et al.* 2012)

111. (Dall'Aglio 2005)

112. (Franceschelli 2008; Franceschelli & Marabini 2007; Franceschelli & Trément 2010)

113. (Ferrari 2012)

part, d'analyser sur le long terme les processus géodynamiques qui ont conduit au remplissage progressif et à la fossilisation des structures agraires anciennes avec des phénomènes d'abandon ou de reprise¹¹⁴. Ces recherches ont imposé une réflexion sur la dynamique des formes paysagères et sur les temps de réalisation de la centuriation. Et c'est dans ce sens que F. Favory¹¹⁵ a développé le concept de "réification progressive" de la centuriation, terme qui indique le décalage temporel existant entre le projet politique de *limitatio*, qui prévoyait l'organisation des *rigores* ou lignes de division "théorique", et les formes et les temps de matérialisation des axes centuriés¹¹⁶. Les recherches géo-archéologiques ont montré que la lecture taphonomique du paysage centurié permet : 1. d'examiner la dynamique de l'interaction entre l'homme et l'eau qui s'est produite dans le passé durant toutes ses phases (construction, utilisation, abandon des systèmes hydrauliques) et la relation entre centuriation et systèmes de bonification/drainage/irrigation ; 2. de reconstruire les dynamiques de transformation et de transmission du réseau centurié sur le long terme (connexion entre la fonctionnalité des *limites* et la construction du système hydraulique des époques médiévale et moderne ; abandon des systèmes de drainage et instabilité hydrogéologique).

C'est également en France qu'a été théorisée, au début des années 2000, une nouvelle discipline, l'archéogéographie¹¹⁷, sous l'impulsion des recherches menées depuis les années 70 sur les formes du paysage historique, c'est-à-dire depuis les premières recherches conduites à la fin des années 70 et dans les années 80 sur les paysages centuriés par l'Ecole de Besançon (*Centre de Recherches d'Histoire Ancienne - Équipe de recherche associée au CNRS*) dont G. Chouquer, M. Clavel-Lévêque et F. Favory sont les principaux représentants¹¹⁸ : c'est dans ce cadre qu'émerge l'approche morphologique essentielle à l'étude des paysages historiques en ce qu'elle permet de reconnaître les formes d'organisation du parcellaire agricole (surtout de la centuriation) et urbaine. Par conséquent, une série de recherches sur les structures centuriées a été conduite, basée sur l'approche "archéomorphologique", mentionnée précédemment, c'est-à-dire sur l'identification des grilles centuriées à travers la photo-cartointerprétation suivant les principes de l'isoclinéité des axes et de la périodicité des alignements compatibles avec les mesures métriques romaines¹¹⁹. L'identification automatisée des formes centuriées par filtrage optique des données cartographiques et photographiques, bien qu'abandonnée dans les années 1990, a eu le mérite de développer une nouvelle dimension des paysages agraires et de la centuriation, la dimension morphologique¹²⁰. Cette méthodologie présupposait qu'une structure agricole pouvant être interprétée comme une centuriation était caractérisée par un réseau d'axes réguliers et orthogonaux, qui avait une orientation constante et un module métrique qui reproduisait à intervalles réguliers (périodicité) les anciennes mesures romaines basées sur l'*actus* et ses multiples¹²¹. L'utilisation de dispositifs pour le filtrage optique a permis de mettre en évidence "la distribution des directions et des fréquences spatiales" contenues dans le spectre bidimensionnel de l'image analysée, permettant

114. (Berger & Jung 1996, 100–109)

115. (Favory 1997)

116. (Brigand 2010, 30–31; Marchand 2003)

117. (Chouquer 2000)

118. Pour ne citer que certaines publications: (Chouquer 1981; Chouquer & Favory 1980; Clavel-Lévêque *et al.* 1987; Favory 1980).

119. (Franceschelli 2015, 178)

120. (Brigand 2010, 21)

121. (Favory 1980, 361)

ainsi de mettre en évidence la présence de tout un réseau orthogonal attribuable aux registres fonciers romains. L'analyse du spectre ainsi obtenu a permis d'identifier l'orientation de la grille orthogonale et la distance moyenne entre les axes interceptés¹²². Une évolution dans la recherche " archéomorphologique " commence dans les années 1990 lorsque la recherche géo-archéologique a été intégrée dans l'analyse morphologique des traces de la centuriation, en utilisant les principes et les méthodologies propres aux sciences de la Terre pour analyser les structures d'origine anthropique, dans ce cas celles liées à la grille centuriée (fossés). Les recherches menées dans le cadre du projet TVG Méditerranée sur le cadastre d'Orange¹²³, et en particulier les résultats de l'enquête conduite sur le site " Les Malalones ", dans la commune de Pierrelate (Drôme), ont confirmé le caractère dynamique de la centuriation romaine, entendue comme une forme d'aménagement agricole qui évolue et se transforme au cours du temps¹²⁴. L'étude géoarchéologique des traces fossiles de la centuriation, interceptées à travers l'analyse " archéomorphologique " des photographies aériennes anciennes et de la documentation planimétrique a permis de reconstruire les différentes phases du processus de transmission progressive des axes centuriés de l'époque romaine à nos jours. Le schéma de " transmission verticale " de l'axe centurié, des niveaux les plus profonds jusqu'à la surface, est survenue pendant les différentes périodes historiques que les sondages géoarchéologiques ont permis de définir¹²⁵. L'axe de la centuriation ou *rigor* matérialisé pendant les différentes époques sous forme de fossés, et finalement transmis dans le paysage actuel à travers la disposition et l'orientation d'une haie boisée cohérente avec la grille centuriée, démontrait que le processus de transmission concernait l'orientation et le tracé, mais pas la structure d'origine¹²⁶. C'est à partir de ces investigations que s'est développée la réflexion sur la dynamique des formes paysagères et, parmi elles, de la centuriation, que G. Chouquer a formalisée dans la définition de la discipline archéogéographique¹²⁷. Les formes agricoles ou urbaines sont transformées au cours du temps en transmettant des traits distinctifs (alignements, périodicité, orientation), à travers le processus de " transformission " (néologisme conçu par G. Chouquer¹²⁸ pour définir à la fois la transmission et la transformation des formes dans la longue durée). Une autre étape fondamentale de la réflexion archéogéographique sur l'évolution des paysages centuriés concerne l'analyse des formes planifiées des périodes médiévale et moderne et le rôle joué par les sociétés post-romaines dans la dynamique de transformation et de transmission du réseau centurié (études de cas des plaines alluviales de la Brenta et du Piave¹²⁹ et dans les territoires d'Elche¹³⁰ et de Valence¹³¹). Les recherches menées par l'école archéogéographique confirment donc que la centuriation est soumise à un processus continu de transformation et de transmission, et ne peut être attribué à

122. (Favory 1980, 361–67)

123. (Berger & Jung 1996)

124. (Brigand 2010, 21–22)

125. (Chouquer 2010)

126. (Leveau 2010, 69)

127. (Brigand 2010, 22)

128. (Chouquer 2013, 58)

129. (Brigand 2010)

130. (González Villaescusa 2007)

131. (González Villaescusa 2002, 283–305)

une seule phase historique, la phase romaine, mais plutôt à un long processus de “ construction progressive ” qui se déroule également aux époques médiévale, moderne et contemporaine¹³².

La recherche archéogéographique, développée au cours des années dans le domaine de la recherche et notamment dans le cadre de thèses de doctorat¹³³, “ critique ” et réexamine les “ objets géo-historiques ” conservés dans le paysage actuel, comme la centuriation, afin d’offrir une vue dynamique dans l’espace et le temps des formes et des fonctions à travers lesquelles ces objets se manifestent, “ en relation avec l’interaction homme-environnement ”¹³⁴. À partir des concepts de la géographie (formes, types, analyses multi-échelles), l’archéogéographie identifie ces objets et à l’aide d’autres disciplines comme l’archéologie, l’histoire, la géoarchéologie (entendue comme l’étude stratigraphique des structures anthropiques du passé et leur évolution par rapport à la dynamique pédo-sédimentaire) ou les sciences de la Terre reconstruit l’aspect, la fonction et l’évolution de ces formes à partir du moment de leur création¹³⁵.

Considérant les différences méthodologiques, conceptuelles et épistémologiques qui animent le débat scientifique sur l’étude de la centuriation et, plus généralement, sur les formes des paysages anciens, la recherche archéogéographique française confirme l’idée, également exprimée dans les travaux de l’école “ topographique ” italienne, que ces systèmes sont des éléments du paysage qui évoluent dans le temps et qu’ils doivent donc être examinés à travers une approche multidisciplinaire et diachronique qui prend en compte les variations paléoenvironnementales, politiques et sociales qui se sont produites depuis leur création. Les structures centuriées visibles dans le paysage actuel, sauf cas exceptionnels, ne sont pas le résultat du travail des arpenteurs romains mais celui des interventions de l’époque médiévale et/ou moderne qui, de manière involontaire, c’est-à-dire sans la volonté de transmettre le système romain dont ils connaissent la terminologie technique, reprennent et matérialisent une grille centuriée plutôt inspirée par la fonctionnalité de structure elle-même. L’idée d’une construction diachronique et progressive de la centuriation, qui aboutit parfois à la matérialisation d’une grille régulière là où elle n’existait pas dans l’Antiquité, ne doit pas conduire à minimiser le rôle joué par l’aménagement de l’époque romaine, résultat d’un travail de planification agraire, mais plutôt à confirmer et définir la succession de nouvelles formes de gestion des terres (approvisionnement en eau, réseau routier, système de peuplement) spontanées et indépendantes de la conception originale et qui, de diverses manières et selon différentes formes, transmettent et matérialisent le système agraire tel que nous le voyons aujourd’hui. Définir le degré de “ persistance ” entendu comme “ le maintien d’une forme imprimée sur le territoire dans le passé, indépendamment de sa matérialisation, qui peut varier dans le temps ”¹³⁶, ou de “ résilience ”, c’est-à-dire “ la capacité des formes anciennes à s’adapter aux nouveaux contextes économiques et sociaux tout en maintenant leur structure dans la longue durée ”¹³⁷ et les dynamiques spatio-temporelles qui ont caractérisé ce processus restent l’objectif principal de l’étude des formes paysagères, ainsi que de la centuriation. Chaque paysage, chaque grille centuriée subit différents

132. Sur la même thématique: (Brigand 2010, 31–32; Chouquer 2008b, 872; Marchand 2003; Robert 2003)

133. Parmi les publications de l’ “ école archéogéographique ”: (Chouquer 2003; 2008a; 2005; Chouquer & Watteaux 2013; 2013; Gonzalez Villaescusa 2011; Marchand 2000; Robert 2003; Robert *et al.* 2011; Watteaux 2009).

134. (Chouquer & Watteaux 2013, 202–3; González Villaescusa 2011)

135. (Chouquer 2009, 226)

136. (Franceschelli 2015, 187)

137. (Brigand 2010, 49; Chouquer 2000, 190)

processus de transformation au cours des siècles, à partir du moment de sa création, et la recherche doit être capable de définir les causes, les modalités, les formes de ces changements qui ont conduit à sa conformation actuelle.

Pour toutes ces raisons, la première partie de la recherche relative à la centuriation de Pise se focalise sur les questions concernant la *deductio*, l'*assignatio* et la *limitatio* à partir de l'analyse des sources historiques, littéraires et épigraphiques, et inclut une synthèse préliminaire des recherches passées. La fondation ou *deductio* de la *colonia Iulia Opsequens Pisana*, généralement datée entre 42/41 av. J.-C. et 27 av. J.-C. (année du début du principat d'Auguste), est attribuée à Octavien et liée au vaste processus de colonisation de l'Etrurie septentrionale pendant l'époque triumvirale-augustéenne qui a conduit à la fondation d'autres colonies telles que *Luna*, *Luca*, *Pistoriae*, *Florentia*, *Volaterrae*, *Saena*, *Arretium*¹³⁸. La plupart des chercheurs s'accordent sur le fait d'attribuer la fondation de la colonie à l'époque triumvirale¹³⁹, après la bataille de Philippes ou d'Actium, à l'exception de la chercheuse E. Folcando qui propose une fondation à l'époque de César comme pour la colonie de *Castrum Novum*¹⁴⁰. Parmi les défenseurs d'une déduction de l'époque triumvirale, il y a L. Keppie¹⁴¹ qui cite Pise parmi les colonies déduites avec l'appellation *Iulia* probablement après la bataille d'Actium, donc dans une période comprise entre 31 et 27 av. J.-C. Les terres colonisées ont été attribuées aux vétérans d'Octavien comme le confirme la stèle funéraire de *Sex. Anquirinnius L. f. Galeria*¹⁴², vétéran de la XIX^e *legio*, retrouvée dans le secteur le plus méridional de l'*ager Pisanus* près de Castelnuovo della Misericordia (Livourne)¹⁴³. Le statut de colonie est attesté sans équivoque par les *Decreta Pisana*¹⁴⁴, les résolutions adoptées par le sénat local pour honorer la mémoire de Lucius et Gaius Caesar, neveux d'Auguste, en 2 et 4 ap. J.-C.¹⁴⁵. Dans les deux inscriptions funéraires, les citoyens de Pise sont désignés comme colons de la colonie *Iulia Opsequens Pisana* ; les magistrats suprêmes sont mentionnés comme *duoviri*¹⁴⁶. Les *decreta pisana* témoignent des forts liens de la colonie avec le gouvernement central et surtout avec la *Domus Augustea*¹⁴⁷, ainsi que de la "fidélité à la famille impériale", également rappelée par le terme *Opsequens*¹⁴⁸, et "l'adhésion à la politique augustiniennne"¹⁴⁹. Les informations concernant l'étendue et les caractéristiques de l'aménagement urbain à l'époque de la *deductio* sont encore assez faibles et, en l'état actuel de la recherche, il n'y a eu aucune découverte de vestige des remparts de la ville romaine. Selon certains chercheurs¹⁵⁰, ces remparts, "qui ont intégré et renforcé la défense naturelle composée de deux cours d'eau" (Arno et *Auser*), ont

138. (Ciampoltrini 1981; Giua 2004; Harris 1971; Keppie 1983; Modona 1953, VIII; Sangriso 1999; Pasquinucci 1986, 39)

139. (Giua 2004; Bormann E., vol. XI *Inscriptiones Aemiliae, Etruriae, Umbriae Latinae*; Mommsen 1883; Pais 1885, 46-51)

140. (Folcando 1996, 103)

141. (Keppie 1983, 76-77)

142. CIL XI, 1524

143. (Keppie 2000)

144. CIL XI 1420 e 1421

145. (Segenni 2003a, 74)

146. (Giua 2004, 200)

147. (Segenni 2002, 380)

148. L'adjectif est inséré dans l'appellation de la colonie en référence à la loyauté des colons (Keppie 1983, 16). *Opsequens* est en outre le nom couramment attesté pour les serviteurs publics de la ville ayant obtenu leur liberté (Folcando 1996, 103).

149. (Segenni 2002, 393)

150. (Pasquinucci 2003a, 81)

garanti la protection de la ville pendant le siège ligurien en 193 av. J.-C. ainsi que l'indique Tite-Live¹⁵¹, tandis que selon d'autres¹⁵², la présence d'un réseau hydrographique articulé qui entourait la ville aurait pu assurer une défense adéquate sans exiger la construction de structures défensives telles que l'*agger*¹⁵³. Cependant la structure urbaine de la ville romaine et de son tissu viaire ne peut être, en l'état actuel de la recherche, restitué.

L'hypothèse de l'attribution ou *assignatio* du territoire de Pise aux légionnaires d'Octavien est basée sur la découverte de la stèle funéraire appartenant à *Sex. Anquirinnius L. f. Galeria*¹⁵⁴, vétéran de la XIX^e légion. La légion romaine, qui en 49 av. J.-C. aurait participé à la guerre civile, a probablement été refondée en 41-40 av. J.-C. par Octavien dans le cadre du projet de réorganisation et de renforcement de ses troupes. Cependant, il est difficile d'établir le nombre de colons qui ont été installés dans le territoire pisan. Selon L. Keppie, ce nombre pourrait s'élever à environ 300 vétérans, avec une attribution de 75 centuries divisée en lots de 50 *iugera*¹⁵⁵. Selon d'autres chercheurs, cependant, étant donné l'extension de la *pertica* pisane, l'*assignatio* aurait pu intéresser 1400, 2400 ou 3000 colons avec des centuries divisées en lots de 25 à 50/60 *iugera*¹⁵⁶. Les dispositions relatives aux attributions, et donc à la limitation ou subdivision des lots, la qualité des bénéficiaires, les modalités de répartition, la composition et les pouvoirs de la commission agraire qui a effectué les attributions ont été fixés par les lois agraires qui ont sanctionné le début du processus de colonisation¹⁵⁷, dans le cas des terres des provinces *Tusciae et Campaniae et Apuliae*, par la loi triumvirale “ *Lex agris limitandis metriundis* ”, connue par le commentaire de *Claudius Caesar* ; cependant, selon certains chercheurs, elle doit être attribuée à *C. Iulius Caesar*¹⁵⁸, identifié selon certains avec Octavien¹⁵⁹ mentionné dans le *Liber coloniarum*, volume I. La loi prévoyait que la grille était divisée en centuries de 200 *iugera* et que le *decumanus maximus* devait avoir 40 pieds (romains) de largeur, tandis que le *cardo maximus* en mesurait 20. Le *quintarius*, c'est-à-dire le cinquième axe tracé après le premier qui définit un intervalle de cinq centuries¹⁶⁰, avait une largeur de 12 pieds tandis que les autres *limites subruncivi* devaient mesurer 8 pieds de largeur. C'est selon ces dispositions qu'ont été réalisées les centuriations des colonies de *Florentia, Fida Tuder, Volaterrae, Luni e Luca*.

Dans le cas de la centuriation de *Florentia*, en particulier, la structure a été divisée en centuries “ *Cesarian* ” de 200 *iugera*, par *cardines* et *decumani*. Les *termini rotundi pedales* placées à une distance de 2400 pieds marquaient l'intersection entre les *decumani* et les *cardines*¹⁶¹. Les bornes médianes (*termini medii qui dicitur epipedonici*) placées tous les 1200 pieds mesuraient 1 pied sur 1. Les autres bornes *proportionales*, disposées à une distance de 600 pieds les unes des autres, définissaient les *limites intercisivi*, ou plutôt les limites entre les propriétaires fonciers

151. Tite-Live XXXV,3,3

152. (Bruni 1998)

153. (Fabiani *et al.* 2013, 169)

154. CIL XI, 1524

155. (Keppie 1983, 99)

156. (Pasquinucci 1995, 311–12)

157. (Chouquer & Favory 2001, 148)

158. (Brunet *et al.* 2008, 23; Castagnoli 1949, 54)

159. (Brunet *et al.* 2008, 2)

160. (Chouquer & Favory 2001, 440): *Limes quintarius*, à ne pas confondre avec le *Limes quintus* ou 5^e *limes*.

161. (Mengotti 2009, 117)

individuels. Ils étaient en fait utilisés pour mesurer les parcelles distribuées aux colons en *iugera* (*modus iugerationis*) et donc distinguées des *limites* qui définissent plutôt la *ratio limitum* ou l'armature de la *limitatio*¹⁶². Cependant, le texte du *Liber coloniarum* laisse place à différentes interprétations : les *termini medii* auraient divisé la centurie en quatre carrés égaux de 50 *iugera* selon le *modus* utilisé dans les colonies triumvirales¹⁶³ mais “ il ne faut pas exclure que le *Liber* ait indiqué une position limitée aux deux côtés de la centurie, ou le long des *decumani* ou le long des *cardines* ”¹⁶⁴. La même hypothèse a été formulée pour les bornes *proportionales* probablement placées seulement sur deux côtés opposés de la centurie et positionnées à une distance de 600 pieds des *termini rotundi* et des *termini medii*. A partir de la relecture du texte gromatique et de l'analyse des traces centuriées visibles dans les cartographies ancienne et moderne et dans les photographies aériennes anciennes, a été donc formulée l'hypothèse selon laquelle les centuries de la *pertica* de *Florentia* ont été subdivisées en quatre parcelles rectangulaires de 50 *iugera* chacune, à partir de *limites intercisivi* parallèles aux *decumani* tracés *secundum naturam loci*¹⁶⁵.

Dans le texte du *Liber coloniarum*, précédemment analysé, il n'y a pas de référence explicite à la colonie de *Pisae*, mais il semble correct de supposer que même la centuriation de Pise a été effectuée selon les procédures adoptées pendant les déductions de l'ère triumvirale-augustéenne et décrites dans la *Lex Iulia*, donc divisée en centuries carrées de 2400 pieds de côté avec une superficie totale de 200 *iugera*. Cependant, étant donné l'incertitude quant au nombre de colons affectés aux centuries, il n'est pas facile d'établir l'étendue de la *pertica pisana* et le nombre de centuries qu'elle comprenait.

Les limites de l'*ager pisanus*, à l'intérieur duquel la centuriation a été tracée, sont généralement situées entre la Versilia au nord, le fleuve Fine au sud et la rivière Era à l'est, qui a représenté la frontière naturelle avec l'*ager Volaterranus*¹⁶⁶. Les traces de la centuriation, visibles à l'intérieur de ce vaste territoire pour une extension totale d'environ 200 km², concernent le secteur au nord du fleuve Arno, compris entre le cours actuel du Serchio (avec des traces faibles à droite du fleuve) et le côté sud-est des Monts Pisans, tandis qu'au sud de l'Arno des traces sont identifiées depuis le secteur périurbain de la ville de Pise jusqu'aux municipalités de Pontedera et Ponsacco ; des traces rares ont également été identifiées à l'est de l'Era.

Dans un territoire traversé par des grands fleuves, la question concernant la relation existant entre le bornage de la *pertica* et les anciens cours d'eau qui, dans le passé, avaient un parcours différent, est importante. Des sources gromatiques nous informent que, dans certains cas, les zones traversées par un fleuve ont été exclues des attributions agraires, ce qui a conduit à une *assignatio fluminum modus*. De cette façon, les terres réservées pour le cours d'eau, qui ne pouvaient inclure que le lit du fleuve ou les zones d'inondation maximale, ont été délimitées et classées entre les *subseciva*, à côté des terres assignées, ou entre les *clusum ager extra*, en marge des centuries individuelles. La distinction entre les deux catégories n'était pas juridique, mais plutôt technique, renvoyant à deux

162. (Chouquer 2016, 3)

163. (Castagnoli 1949, 54; Shepherd 2006, 20)

164. (Mengotti 2009, 118)

165. (Mengotti 2009, 118–22)

166. (Pasquinucci & Menchelli 2008, 115)

façons différentes d'identifier les zones qui avaient été exclues de l'*assignatio* effective¹⁶⁷. Les zones *ultra ripas* étaient parfois vendues à des particuliers et faisaient souvent l'objet d'occupations abusives, légitimées après coup¹⁶⁸. Dans d'autres cas, cependant, le cours d'eau n'était pas exclu des procédures de limitation et, par conséquent, les colons pouvaient recevoir des lots partiellement occupés par le lit du fleuve et partiellement cultivables¹⁶⁹. L'insertion du chenal dans les territoires centuriés aurait également permis un meilleur contrôle des limites cadastrales, coïncidant parfois avec les berges du cours du fleuve¹⁷⁰.

Dans l'analyse du cas de la plaine de Pise, particulièrement affectée par le passage de l'Arno, les deux solutions sont actuellement envisageables, surtout en l'absence de références claires dans les textes gromatiques. Il est donc possible que les zones relatives au passage du fleuve et à proximité de son lit aient été délimitées, mais exclues des attributions ou redistribuées en tant que *subseciva* ; mais il est au contraire envisageable que toutes les terres aient été divisées et attribuées, y compris le lit du fleuve et les zones d'inondation maximale.

Parmi les zones qui n'étaient pas limitées devaient se trouver les zones marécageuses (*palus*) ou soumises à la stagnation des eaux de surface qui ont été utilisées pour des activités économiques telles que le pâturage et la pêche, comme cela s'est probablement produit pour le secteur sud-ouest de la plaine, où des études géo-archéologiques récentes ont confirmé la présence d'une vaste zone marécageuse dans le secteur de Coltano et Stagno¹⁷¹.

Sur la base des recherches archéologiques¹⁷² effectuées à proximité des fossés de drainage liés à la grille centuriée (zone Scheibler, Pise), il est possible de supposer que la réalisation des axes a commencé entre la fin du I^{er} siècle avant J.-C. et le début du I^{er} siècle après J.-C., dans une phase immédiatement postérieure à la déduction de la colonie romaine. D'autre part, les investigations sur les établissements ruraux de l'époque romaine situés sur l'ensemble du territoire centurié confirment une occupation de la fin de l'époque républicaine jusqu'au début du Moyen Âge. Cependant, la réalisation de la grille centuriée, de sa construction théorique (*rigores*) jusqu'à sa matérialisation au sol, a pu se faire en différentes phases. Le concept de "réification progressive" de la centuriation, développé par F. Favory, indique en fait le retard temporel existant entre le projet politique de la *limitatio* et les formes et les temps de matérialisation des axes centuriaux¹⁷³.

Les premières études sur les traces de la centuriation visible dans la plaine de Pise remontent à la fin des années 30 du siècle dernier, par P. Fraccaro qui sur la base de la méthodologie carto-topographique, a identifié dans le territoire entre Pise et Ponsacco les *cardines* et *decumani* de la "grille d'arpentage romaine" caractérisée par des centuries carrées de 710 mètres de côté

167. (Casciano 2014, 60–63)

168. (Barra 1998, 25)

169. (Chouquer 2014, 389)

170. (Campagnoli & Dall'Aglio 1997, 69)

171. (Allinne *et al.* 2016)

172. L. La Rosa 2012, *Schede di intervento n. 187-193-194-195-196*, in *MappaGIS*, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, dernière consultation 20/05/2018. Licence: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. "Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002" a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003) consulté auprès de l'Archive de la *Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio* pour les provinces de Pise e Livourne, siège de Pise.

173. (Favory 1997)

pour une extension totale de 200 *iugera* (**Figure 17, A**). Les recherches menées depuis les années 80 dans différents secteurs de l'*ager pisanus* ont confirmé les résultats des recherches conduites par P. Fraccaro avec la reconnaissance d'une grille formée par des carrés de 20 *actus* de côté (environ 710 m) qui s'étendait de la zone de Vecchiano et San Giuliano au nord, à la zone de Coltano au sud-ouest et jusqu'au territoire de Ponsacco à l'est. En outre, la recherche a intégré à l'analyse cartographique et topographique des traces centuriées, de nombreuses recherches archéologiques (prospections de surface et fouilles archéologiques) afin de reconstituer les principales caractéristiques du système de peuplement rural de l'époque romaine (distribution, type de peuplement, économie, production), basé principalement sur des structures rurales ou des fermes dispersées sur tout le territoire centurié et généralement caractérisé par des fondations en pierre et des toitures en briques avec couverture en bois et tuiles. Cependant, la découverte d'éléments architecturaux tels que des colonnes, des briques de sol pour *opus spicatum* ou *signinum* semble témoigner d'un certain développement économique¹⁷⁴. Le travail de restitution de la grille centuriée a été complété par la lecture de photographies aériennes anciennes qui ont permis d'identifier de nombreuses anomalies de végétation et d'humidité compatibles avec la grille centuriée, comme dans le secteur nord-ouest de la plaine à proximité de Campaldo et la station de Pise S. Rossore¹⁷⁵. La photo-interprétation archéologique a été menée pour le territoire de Pise en particulier par le chercheur Marcello Cosci qui, dans ses nombreuses investigations basées sur l'étude des images satellitaires et infrarouges, a reconnu non seulement les traces fossiles de la centuriation, mais aussi de nombreuses anomalies liées aux changements dans les routes fluviales et/ou les structures humaines enfouies¹⁷⁶. De récentes enquêtes menées dans le cadre du projet Mappa pour le secteur compris entre la ville de Pise et la commune de Cascina, ont permis de créer une " cartographie des évidences archéologiques aérophotographiques " intégrant à la photo-interprétation l'analyse d'images satellitaires¹⁷⁷. Toutefois, tout en reconnaissant l'importance du travail de photo-interprétation effectué, il est nécessaire de mentionner que la cartographie ainsi réalisée ne distingue pas les traces fossiles (anomalies de la végétation), qui, lorsqu'elles sont confirmées par les recherches archéologiques sont reliées à l'époque romaine comme dans le cas de la zone Scheibler¹⁷⁸, et les traces actives de la structure, c'est-à-dire des axes routiers, des limites de parcelles, des fossés de drainage qui actuellement ou dans le paysage d'après-guerre, encore peu urbanisé, reprennent l'orientation des axes centuriés. De plus, l'absence d'une étude morphologique et métrologique des axes identifiés pose des problèmes d'interprétation concernant la reconnaissance des *limites intercisives* et des subdivisions agraires à l'intérieur des centuries qui remontent à l'époque romaine.

174. (Pasquinucci & Menchelli 2017, 335; Pasquinucci 1986, 33–41)

175. (Cosci 1990)

176. (Bini *et al.* 2012a, 131; Cosci 2005; Cosci & Spataro 2006; 2008)

177. (Bini *et al.* 2012a; 2012b)

178. (Bini *et al.* 2012, 143–44; Bonamici 1989; Fabiani *et al.* 2013, 181–83). L. La Rosa 2012, *Schede di intervento n. 262-48-49-187-193-194-195-196*, in *MappaGIS*, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, ultimo accesso 20/05/2018. Licenza: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. "Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002" a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003) consulté auprès de l'Archive de la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio pour les provinces de Pise et Livourne, siège de Pise.

L'analyse morphologique et métrologique de la grille et de l'espace centuriés a été réalisée à l'aide du logiciel SIG qui, grâce à l'intégration de la documentation cartographique et photographique, a permis de reconnaître et de géoréférencer toutes les traces associées à la centuriation de Pise et à d'autres formes de planification agraire et urbaine. Outre l'identification des formes paysagères, l'outil SIG permet de calculer les orientations dominantes des éléments linéaires (limites de parcelles, routes, fossés) et polygonaux (parcellaires agraires et urbains) et de caractériser leur géométrie (forme, surface, périmètre, longueur) à l'aide de l'outil MorphAL¹⁷⁹, acronyme d' " analyse morphologique " : il s'agit d'un programme *open source* développé comme plugin d'OpenJUMP¹⁸⁰ dans le cadre du projet " ANR Alpage ". Dans MorphAL, les orientations, exprimées en degrés, sont calculées par rapport à l'est cartographique, comme dans une circonférence goniométrique dans laquelle 0° correspond à l'est et 180° correspond à l'ouest. L'orientation est définie comme l'angle formé par l'axe des abscisses - dans un quadrant compris entre 0 et 180° - et le segment considéré. Dans le cas d'une analyse de grille orthogonale, le quadrant peut être réduit à un intervalle compris entre 0° et 90°. L'extension permet également de caractériser la géométrie des éléments polygonaux, c'est-à-dire de définir le " degré de rectangularité " des parcelles analysées. L'analyse est basée sur le calcul de la distance de surface (SD) existant entre le polygone considéré et le rectangle minimum circonscrit, et entre le polygone considéré et une surface externe convexe. La distance de surface calculée (SD) est définie dans un intervalle variant de 0 pour des formes similaires à 1 pour des formes différentes. Les parcelles sont ainsi classées selon leur degré de rectangularité en 4 groupes principaux : " rectangles du premier degré " avec un écart-type inférieur à 0,05 ; " rectangles du deuxième degré " avec un écart-type inférieur à 0,10 ; enfin " rectangles du troisième degré " avec une valeur de surface (écart-type) inférieure à 0,15. Tous les autres polygones sont classés comme non rectangulaires. Cet outil calcule également l'orientation, le périmètre et la surface des polygones analysés.

La lecture morphologique des " formes intermédiaires " de la centuriation c'est-à-dire des axes principaux, les *cardines et decumani*, qui délimitent les centuries, et des *limites intercisivi* qui subdivisent les centuries en lots de terre selon les prescriptions de la loi agraire romaine a été menée. L'analyse a été réalisée sur la base du cadastre actuel et à partir du cadastre Leopoldino de 1830, qui peuvent être consultés par connexion WMS sur le site de la Région de Toscane¹⁸¹ ou par l'application web du projet CASTORE¹⁸² : cette analyse a permis d'étudier la dynamique de transformation et de transmission du réseau centurié au cours des deux derniers siècles. Au support cartographique ont été intégrées les photographies aériennes historiques et les images satellitaires afin d'identifier le parcellaire fossile qui se réfère à la grille centuriée. Pour faciliter la reconnaissance de toutes les formes paysagères qui transmettent l'orientation, l'alignement et le module métrique des principaux axes de la centuriation, une grille théorique de 707 mètres de côté (correspondant au module de 2400 pieds de côté) a été créée : elle a été construite en observant les alignements les plus significatifs se référant à la centuriation. Le module choisi est en fait

179. Téléchargeable sur le site <http://alpage.huma-num.fr/fr/ressources/extension-sig>, dernière consultation: 24/09/2015.

180. <http://www.openjump.org>.

181. <http://www502.regione.toscana.it/wmsraster/com.rt.wms.RTmap/wms?map=wmscastore&>.

182. <http://www502.regione.toscana.it/castoreapp/>.

celui qui correspond le mieux aux distances séparant les alignements centuriaux identifiés dans la morphologie agraire actuelle. Comme on peut le voir sur la **Figure 18**, les traces de la centuriation, bien qu'avec de légères différences, sont plus visibles dans le secteur central de la plaine entre la ville de Pise et la ville de Cascina. Dans le secteur oriental, entre Pontedera et Ponsacco, les axes avec une orientation NO-SE (*decumani*) prédominent tandis qu'au sud du centre urbain de Cascina les traces conformes à la grille centuriale sont interrompues. De rares alignements sont encore perceptibles dans le secteur sud, en particulier dans la zone entre Coltano et Stagno, et dans le secteur nord, entre la ville de Pise et le Mont Pisano où semble prévaloir un phénomène de transmission des axes d'orientation NE-SO (*cardines*).

Les *cardines* et *decumani* se référant à la grille centrale visible dans le paysage actuel suivent une orientation dominante de 29° E par rapport au Nord géographique (N 29° E) correspondant à 61° par rapport au 0° goniométrique (= 61° E) avec une oscillation de 8° entre N 25° E et N 33° E (= 57°-65° E), **Figure 18**.

Dans le paysage actuel, il est en effet possible d'observer comment les routes, les limites des parcelles, les chemins, les fossés de drainage et les canaux respectent le module métrique de la grille centuriale même avec de légères variations d'alignement, comme dans le cas du *cardo* de Musigliano, légèrement divergent par rapport à l'axe hypothétique original et flanqué de fossés de drainage parallèles à celui-ci qui suivent la pente naturelle du terrain ; ou le *decumanus* de Pierdicino qui s'est matérialisé sous la forme d'une route, la rue Piantalbis, d'où partent une série de fossés de drainage perpendiculaires, suivant la légère pente NE-SO (**Figure 19**). Cependant, il est possible d'observer comment, dans le paysage actuel, la grille centuriale a subi de phénomènes évidents de "déformation" dus à des facteurs naturels (variation du parcours fluvial) et anthropiques (construction du nouveau réseau hydraulique ou routier) ; (**Figure 20**). Ainsi, dans la localité de Santa Lucia, au sud de la municipalité de Pontedera (**Figure 21**), les axes de la centuriation sont "attirés" par le nouveau réseau routier, convergeant vers les centres de Pontedera, Ponsacco et Gello fondés à l'époque médiévale. La partie nord du *cardo* de S. Lucia, par exemple, se dirige vers l'actuelle route Valdera Sud et la rue Rome, qui reprennent l'ancien itinéraire qui reliait les villes de Pontedera et Ponsacco, tandis que la partie sud se dirige vers la ville de Gello. Cependant, la présence d'une image religieuse à l'intersection des limites de la centurie confirme le pouvoir d'attraction de la grille centuriée qui, malgré les variations considérables dans l'orientation des parcelles à l'intérieur de la centurie, continue à influencer l'organisation de l'espace agraire. Le même phénomène a été observé dans les centuries de Ripoli, Musigliano et S.Sisto (**Figure 25**). L'étude des registres fonciers des XVIII^e et XIX^e siècles offre également la possibilité d'analyser le processus de transmission et de transformation de la centuriation au cours des derniers siècles, comme cela a été démontré dans le cas de la plaine bolognaise¹⁸³ ou dans la vallée de Potenza¹⁸⁴. L'analyse des traces centuriales réalisée sur la base du Cadastre Léopoldino de 1830 révèle différents phénomènes de "rectification"¹⁸⁵, de "retracement"¹⁸⁶ ou d'extension des axes centuriés, ainsi

183. (Di Cocco 2008; 2010)

184. (Corsi & Vermeulen 2009)

185. (Di Cocco 2010, 218)

186. (Di Cocco 2008, 74)

que des phénomènes d’ “ effacement ” qui se sont produits dans une phase postérieure à 1830 (**Figure 22 ; 23**).

L’analyse morphologique montre donc une plus grande transformation des axes situés à l’intérieur des centuries, notamment des *limites intercisivi*. Dans de rares cas, il a été possible de mettre en évidence la présence d’alignements internes qui transmettent l’orientation et les distances caractéristiques de la centuriation. Par exemple, dans la centurie de Zambra, il est possible d’identifier des axes situés à des distances de 180 et 370 mètres du *cardo* septentrional, qui pourrait transmettre l’emplacement de *limites intercisivi*. L’aménagement des terrains liés à la ville de Zambra et à son église de S. Maria, datant du XII^e siècle, le long de l’axe centurial, a certainement contribué à transmettre les alignements et l’orientation de la centuriation (**Figure 24**). Cependant, l’organisation interne est conditionnée par la présence d’un nouveau centre, l’église de S. Jacopo di Zambra datant du IX^e siècle après J.-C. qui “ attire ” le nouveau système routier.

De plus, à partir de la lecture des photographies aériennes anciennes et des images satellitaires, il a été possible d’identifier des traces fossiles (anomalies de la végétation et de l’humidité) qui se réfèrent à la centuriation romaine, en particulier près de la zone de Scheibler et dans le secteur entre Ripoli et l’Abbaye de San Savino. Près de l’Abbaye de San Savino, en particulier, correspondant à la rue Piantalbis, des traces d’humidité sont lisibles qui peuvent renvoyer à un ancien axe centurial (**Figures 28, 93**). Sur la photographie aérienne IGM du 1973, on peut identifier un *soilmark* d’une largeur d’environ 18 mètres (correspondant à 60 pieds romains) pour une longueur d’environ 190 mètres qui, étant donné la largeur de la trace, pourrait correspondre au *decumanus maximus*. La trace est aussi visible à l’ouest de l’Abbaye de San Savino pour un largeur d’environ 16 mètres et une longueur de 40 mètres. Généralement, les traces des routes anciennes sont caractérisées par une couleur plus claire par rapport au sol labouré ou à la végétation environnante : la présence de structures en briques ou en pierre entraîne en effet une diminution de l’humidité et ralentit la croissance de la végétation, provoquant une maturation prématurée de la plante (trace plus claire)¹⁸⁷. Si, cependant, la route a été encaissée à l’origine dans le sol, “ une fois enfouie, elle devient semblable à un fossé, de sorte qu’elle produit une trace foncée ”¹⁸⁸. De plus, la coloration sombre pourrait dépendre d’une accumulation d’humidité provoquée par la présence de la seule fosse d’excavation de l’ancienne route, comme le montre la comparaison avec les études menées dans la région de Grosseto où, à proximité de traces attribuables à la centuriation, le même phénomène a été observé¹⁸⁹.

De nouvelles hypothèses ont également été avancées concernant la relation existant entre la grille centuriale et l’ancien système routier (**Figure 30**). Les textes gromatiques, en particulier, offrent de nombreuses indications concernant les procédures techniques qui ont été utilisées pour la mise en place de la *limitatio* avec le tracé d’axes parallèles ou orthogonaux¹⁹⁰. L’une de ces procédures, mentionnée dans le texte de *M. Iunius Nipsius* sous le nom de *varatio*, était basée sur la construction de la *pertica* à partir d’une diagonale. “ *La varatio in agris divisi*, selon l’interprétation des textes gromatiques, était une technique utilisée pour la réalisation de nouvelles

187. (Musson *et al.* 2005, 39–44)

188. (Piccarreta 1987, 132)

189. (Caprasecca 2007, 115)

190. (Chouquer & Favory 2001, 441)

structures centuriées dans des territoires qui étaient auparavant divisés, mais elle représentait aussi une méthode rapide et sûre pour la réalisation de la *limitatio* ». Bien que les sources historiques ne fournissent pas beaucoup d'informations sur cette méthode, selon certains chercheurs, il semble raisonnable de supposer qu'elle a été largement utilisée dans la construction des centuriations¹⁹¹. La procédure consistait à dessiner un triangle rectangle ou un rectangle à partir d'une section droite d'une route préexistante ou d'un *limes* d'un réseau déjà établi, qui agissait donc comme une hypoténuse ou une diagonale (axe générateur)¹⁹². Une fois fixée la valeur des angles et donc la relation existant entre les cathètes (45° pour un rapport 1:1 ; 26°37' pour un rapport 1:2 ; 14°03' pour un rapport 1:4), le cathète majeur, qui agissait comme *decumanus maximus*, était tracé ; dans un second temps, l'axe perpendiculaire à celui-ci constituait le *cardo maximus*. Après avoir positionné les *termini* le long des axes principaux à une distance de 2400 pieds, les *limites* ont été tracés selon les proportions du triangle rectangulaire précédemment choisi : par exemple, dans le cas d'un rapport de 1:4, les nouveaux alignements ont été tracés respectivement à la distance de 1 centurie sur le *cardo maximus* et de 4 centuries sur le *decumanus maximus*. De cette façon il était possible de vérifier l'orthogonalité des nouveaux *limites* tracés et de “ construire ” le rectangle dont la diagonale coïncidait avec l'axe générateur. Pour le positionnement des autres *limites*, il y avait deux méthodes : la première (**Figure 31**, méthode A) consistait à tracer les *decumani* et les *cardines* le long des axes majeurs à une distance de 2400 pieds ; la seconde (**Figure 31**, méthode B) prévoyait la construction des axes à partir de la diagonale ou hypoténuse sur laquelle était reproduit le même module de base (triangle 1 :1 ; 1:4 ; 3:4) ; sur la base des rapports angulaires préétablis, les nouveaux *limites* ont été tracés. Cette dernière méthode permettait d'accélérer les opérations d'arpentage (dans ce cas, en fait, le nombre de “ vues ” orthogonales était réduit). L'analyse morphologique effectuée sur la route Tosco-Romagnola, qui reprendrait grosso modo l'ancien tracé de la *via Pisae - Florentia* construite dans une phase antérieure à l'installation de la centuriation (au milieu ou au cours des vingt dernières années du II^e siècle av. J.-C.)¹⁹³, a permis d'avancer l'hypothèse selon laquelle la *pertica* pisane avait été réalisée à partir d'un tracé de la voie romaine préexistante avec un rapport de 1:4 qui semble mieux s'adapter à l'orientation des axes visibles dans la morphologie actuelle (**Figure 31**). La trajectoire de la Via Tosco-Romagnola presque parallèle aux deux axes hypothétiques qui auraient agi comme diagonale de la *pertica* pisane, semble soutenir cette hypothèse (**Figure 32**).

L'investigation morphologique a ensuite été étendue à tout l'espace centurié afin d'identifier les différentes formes d'organisation de la grille centuriée et d'observer les orientations dominantes, et pas seulement celles liées au réseau d'axes orthogonaux. La lecture morphologique des parcelles agraires et urbaines a ensuite été intégrée au calcul automatisé des orientations à l'aide du support MorphAL dans un intervalle compris entre 0° et 180°. L'analyse des éléments linéaires (limites des parcelles, fossés, etc.) du cadastre actuel a montré l'existence de trois classes d'orientation prédominants entre N 8°-13° W, N 10°-16° E et N 24°-33° E, (**Figure 36**). Afin d'identifier la présence de systèmes orthogonaux dominants, au-delà du réseau centurié, un calcul des orientations de tous les éléments linéaires du cadastre actuel a finalement été effectué dans un intervalle compris

191. (Chouquer & Favory 2001, 90–91)

192. (Roth Congès 1996)

193. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 124)

entre 0° et 90°, ce qui a confirmé la présence de deux réseaux orthogonaux s'orientant entre N 8°-13° O, N 10°-16° E et évidemment entre N 25°-33° E. La carte ainsi obtenue (**Figure 37**) montre que les parcelles isoclines à la centuriation dans un intervalle compris entre N 25°-33°E constituent 12 % de la longueur totale des éléments linéaires analysés (canaux, routes, chemins vicinaux, etc.) et caractérisent principalement les zones où les traces des principaux axes de la centuriation sont encore conservés. A l'inverse, particulièrement dans le secteur ouest de Pise, près de l'ancien lac de Bièntina et au sud de la ville de Cascina, il est possible de reconnaître la présence de grilles orthogonales divergentes par rapport à la structure centuriée.

Les analyses effectuées sur les éléments polygonaux (lots urbains et agraires) du cadastre historique dans le secteur compris entre Pise et Cascina ont montré l'existence de trois réseaux orthogonaux prévalant entre N 0°-8° E (= 82°-90° E/172°-180° E), 18°-24° (= 66°-72° E/156°-162° E) et enfin entre N 25°-33° E (= 57°-65° E/147°-155° E), **Figure 38**. Il a donc été possible d'observer de manière plus précise comment les divergences d'orientation par rapport à la grille théorique sont induites par la structure du réseau hydraulique actuel et par le tracé du réseau routier (**Figure 41**). Les enquêtes réalisées en particulier sur la base du Cadastre Léopoldino pour le secteur entre Cascina et Latignano ont permis d'observer de manière plus complète les formes de discontinuité de l'espace centurié, dans un paysage pas encore fortement urbanisé comme celui d'aujourd'hui. Le premier facteur de transformation du réseau centurié est lié au nouveau système routier convergeant vers le centre urbain de Cascina, fondé à l'époque médiévale, qui se superpose au système orthogonal. Les voies de communication, organisées en "étoile", ont été "attirées" par le nouveau centre urbain, modifiant le système routier préexistant. Au sud de la ville de Cascina, il est également possible de reconnaître quatre unités morphologiques qui structurent le parcellaire (**Figure 42**). Les parcelles agraires (T3 et T4) qui marquent le paysage rural correspondent à des systèmes de drainage qui suivent la pente naturelle du terrain en liaison avec les fossés du réseau hydraulique principal (Fosso Vecchio et Fossa Chiara).

L'organisation du parcellaire, qui s'adapte à la géographie naturelle et surtout au réseau hydraulique construit à partir de l'époque médiévale, même en l'absence d'éléments chronologiques ou documentaires, pourrait être liée au défrichement des terres réalisé à l'occasion de la naissance de la ville nouvelle de Cascina et de l'arrivée de "nouveaux citoyens", et à la réorganisation du réseau hydrographique qui a conduit à la construction du Fosso Vecchio entre 1275 et 1276 à des fins militaires¹⁹⁴ et du canal de l'Arnaccio, réalisé probablement en 1176¹⁹⁵ et ultérieurement flanqué par la Fossa Chiara, selon des schémas qui diffèrent du système centurié.

Au sud de la Fossa Chiara et jusqu'au secteur de Latignano, il est possible d'observer la présence d'une cinquième trame construite le long de l'actuelle Via Rotina. Selon certains chercheurs, l'axe routier qui conduit de Ponsacco à Cascina, passant par la localité de Latignano, est flanqué d'une paléotrace, communément appelée Paleorotina, identifiée par l'analyse de photographies aériennes anciennes et d'images satellitaires, qui attesteraient de la présence d'un ancien canal artificiel

194. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 421)

195. (Repetti 1833-1846). *Voce* "Ponti di Stagno - Fossa Chiara, Antifosso d'Arnaccio - Arnaccio, Rio Arnonico, di Pozzale - Fosso de'Navicelli, Canale Naviglio, Canale de'Navicelli" consultée sur la base de données "Repetti on-line" ID: 3380. N. scheda: 41970. Volume: 1; 2; 4; 6S. Page: 136; 336, 339, 340; 539-540; 14, 46, 198 (<http://stats-1.archeogr.unisi.it/repetti/index.php>). Selon d'autres chercheurs, sur la base de la comparaison avec la cartographie historique, le fossé de l'Arnaccio n'a été creusé que vers le 1568. (Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 37).

creusé à l'époque de la mise en place de la centuriation romaine, en exploitant les eaux de la rivière Cascina¹⁹⁶. Son tracé rectiligne et parallèle aux *decumani* justifie la reconnaissance d'un élément hydrique relié à la grille centuriée, dont le tracé aurait légèrement changé au cours des siècles pour favoriser l'écoulement naturel de l'eau¹⁹⁷. Selon d'autres chercheurs, il pourrait correspondre à l'ancien cours du Cascina, probablement canalisé à l'époque étrusque et réactivé pendant l'époque augustéenne¹⁹⁸. L'analyse morphologique du parcellaire agraire, basée sur le cadastre du XIX^e siècle, révèle l'existence d'un morphogène, ou d'un élément du paysage, qui continue d'influencer l'organisation du paysage après sa création. Sur les côtés de la route-fossé, une structure dite " en épine de poisson " est visible : un axe principal (premier niveau) avec un tracé légèrement curviligne et orienté NO-SE ; une série de limites parcellaires tangentes à l'axe routier qui dessinent les parcelles de forme étroite et allongée (deuxième niveau) ; enfin, des lignes parallèles à l'axe principal formées par les limites de fond des parcelles (troisième niveau), (**Figure 44**). La trame semble être actuellement un système de drainage avec un axe routier principal flanqué d'un fossé de drainage visible dans la cartographie cadastrale et actuelle, qui s'écoule perpendiculairement aux courbes de niveau et reçoit les eaux superficielles provenant des lots agraires, favorisant ainsi la libre circulation de l'eau. Actuellement, le fossé de drainage principal transporte l'eau jusqu'au Fosso Nuovo, pour finalement atteindre la mer par le Scolmatore dell'Arno. L'existence du paléolit n'a pas été confirmée par des études archéologiques systématiques ; cependant, dans une étude réalisée en 1983 lors des travaux pour le Scolmatore dell'Arno, à proximité de la trace, un paléolit avec le " fond décidément plat " a été retrouvé ; il a donc été considéré comme un canal, situé à une profondeur d'environ 2 mètres du sol et visible sur une longueur d'environ 10 mètres. Le rapport de fouilles ne précise pas la typologie des sédiments de remplissage, mais il met en évidence la présence abondante de mollusques et de matériaux céramiques de la période étrusque, datant du V^e siècle au III^e siècle av. J.-C., mélangés à des fragments de céramique de la période romaine des I^{er}-II^e siècles ap. J.-C.¹⁹⁹. La référence à un *Rivus qui dicitur decumano*²⁰⁰ - dans un document textuel de 935 ap. J.-C. - qui coulait près de la localité de *Pissiniano*, entre 935 et 1043 ap. J.-C., situé à l'est de *Latignano*²⁰¹, suggère que le cours d'eau a survécu jusqu'au début du Moyen Âge et probablement jusqu'à la construction de la Fossa Nuova (1134), qui aurait rempli la même fonction de drainage de l'eau²⁰².

La forme actuelle serait donc le résultat d'un processus de transmission d'un ancien élément physique qui pourrait remonter à l'époque étrusque et qui se serait adapté à la pente naturelle du terrain garantissant au cours des siècles et jusqu'à aujourd'hui l'écoulement des eaux superficielles. Comme dans le cas du canal médiéval du *carisium*, qui avait 3 *pertiche* linéaires de largeur (environ 9 mètres)²⁰³, le cours d'eau pourrait être aussi une voie de communication entre le secteur oriental et le secteur central de la plaine de Pise. Cependant, la relation existant entre le paléotraccé

196. (Della Rocca B. *et al.* 1987, 76 ; Pasquinucci *et al.* 1997)

197. (Della Rocca B. *et al.* 1987; Mazzanti 1991)

198. (Ciampoltrini 2004)

199. (Ciampoltrini 2004)

200. (Caturegli 1938, nn. 40, 64 e 117. Extrait de Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 136; Redi 1984, 21)

201. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 136; Redi 1984, 21-27)

202. (Pasquinucci *et al.* 1997)

203. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 421)

identifié par l'analyse des images aériennes et satellitaires et la lecture morphologique, et les données du sous-sol est incertaine. D'autres recherches pourraient clarifier la nature, la fonction, les caractéristiques de l'ancien cours d'eau intercepté ainsi que le processus pédo-sédimentaire qui a conduit à sa conformation actuelle, en reconstruisant le scénario paléohydrographique de tout le secteur.

L'analyse morphologique et métrologique effectuée sur le tissu urbain des " villeneuves " fondées pendant la période médiévale (Cascina et Ponsacco) révèle que ces organisations urbaines étaient basées sur le système métrique adopté à Pise au début du XIII^e siècle, décrit dans le traité d'arpentage de Leonardo Fibonacci de 1220, la *Practica Geometriae*²⁰⁴, et fondé sur le pied pisan, correspondant à 0,486355 m²⁰⁵ et ses multiples (*pertica* linéaire, *pertica carrée o superficiale*, *staioro o stao a pertica*, *panoro*, *scale*, *moggioro*, *soldo e denaro*) (**Table 1**). La " villeneuve " de Cascina, a été fondée en 1141 par l'archevêque de Pise, selon le *scriptum memoriale*²⁰⁶ qui rappelle la procédure par laquelle l'archevêque " accordait six *staiora* ou *stai*a de terrain, situés dans le bourg autour d'un château en construction, à huit groupes familiaux, pour un total de dix hommes, en échange du paiement d'une somme d'argent équivalent à cinquante-trois lires " ²⁰⁷. L'incertitude relative à l'unité de mesure correspondant à la *stai*a adoptée au XII^e siècle a fait émerger différentes hypothèses. Selon certains chercheurs²⁰⁸ qui adoptent le système métrique mentionné dans la *Practica Geometriae* de Leonardo Fibonacci du 1220²⁰⁹, il est possible de reconnaître dans le tracé urbain actuel 10 lots de six *stai*a et demi (chaque *stai*a correspondant à environ 561,66 m²). Toutefois, selon d'autres chercheurs, de nombreux éléments appuient l'hypothèse d'une " refondation " qui n'aurait eu lieu qu'en 1370. L'impossibilité de préciser l'unité de mesure utilisée à l'époque du *scriptum memoriale*, l'absence de données archéologiques qui témoigneraient de la construction du château au XII^e siècle et surtout les sources documentaires de 1370 lorsque le Conseil des Anciens de Pise " procède à la nomination des citoyens chargés de déterminer dans le château les terrains à bâtir (*casalini*) et de les remettre aux citoyens désirant de s'installer dans le village fortifié " ²¹⁰ soutiennent la deuxième hypothèse²¹¹. L'analyse morphologique du tracé urbain réalisée sur la base du Cadastre Leopoldino (**Figure 45**) montre l'existence d'un système urbain divisé en quatre secteurs par deux axes perpendiculaires, les actuelles Via Mentana et Via Giuseppe Garibaldi (**Figure 46**). Au nord de l'axe médian est-ouest, il est possible d'identifier 3 lots rectangulaires et un espace quadrangulaire réservé aux édifices religieux, tandis que dans le secteur au sud de Via Garibaldi, 7 lots rectangulaires sont reconnaissables, comme en témoignent les enquêtes précédentes, bien qu'ils aient subi un changement substantiel en raison du passage subséquent de la route de Pise à Florence (**Figure 47**). L'analyse métrologique confirme qu'au nord de la Via Garibaldi il y a trois " isolats-types " d'environ 12 par 36 *pertiche* linéaires de côté, pour une surface totale d'environ 6 *stai*a et demi. Les isolats sont susceptibles de faire l'objet

204. (Buoncompagni 1862)

205. (Pierotti 1987, 398)

206. (Scalfati 2006, 252–54, n. 136)

207. (Ceccarelli Lemut & Garzella 2005, 30–31)

208. (Pierotti 1987)

209. (Buoncompagni 1862)

210. ASP, Comune, Divisione A, n. 147 c. 80r; n. 66 c. 39r; n. 152, cc. 81v-82r; n. 163, c. 60v. En (Garzella 2005, 57).

211. (Alberti et al. 2005, 157; Garzella 2005, 54–57)

d'une division interne par des axes médians donnant des lots rectangulaires de 6 par 2,4 *pertiche* linéaires pour un total de 15 lots de chaque côté, alors que dans le secteur sud, il est possible de reconnaître des lots rectangulaires de 13 par 38 *pertiche* linéaires pour une surface totale d'environ 7 *staia* et demi, **Figure 48** ; **Figure 49**. Les informations contenues dans le *scriptum memoriale* (6 *staiora*, 10 concessionnaires appartenant à 8 familles) semblent être confirmées par la lecture morphologique du tracé urbain de Cascina. La structure régulière de la "nouvelle terre" de Cascina, reconnaissable dans le plan actuel, pourrait donc être le résultat d'une première fondation en 1141 qui a conduit au traçage de 10 lots réguliers d'environ 6 *staia*, comme le soutiennent certains chercheurs²¹², ou selon une interprétation différente du document historique, la conséquence des interventions successives faites en 1370²¹³, correspondant, probablement, à une mise en œuvre tardive des dispositions décrites dans le *scriptum memoriale*.

Le tissu urbain de Ponsacco, construit à partir du 1364, présente, dans sa morphologie actuelle, un total de 13 lots distribués au nord (7) et au sud (6) de l'actuel Corso Giacomo Matteotti. La route est reliée à l'ouest avec le centre de Fornacette, tandis qu'à l'est, elle continue le long du pont sur la rivière Cascina (*pons sacci*) **Figure 52**. Grâce à l'analyse métrologique des lots urbains basée sur l'unité de mesure de la *pertica* linéaire, il a été possible de reconnaître les lots qui respectent approximativement une mesure d'environ 28×8 *pertiche* linéaires pour le secteur au nord de Corso Matteotti et 25×8 *pertiche* linéaires pour le secteur sud, **Figure 53**. Les nombreuses variations dans la taille des lots, particulièrement pour le secteur nord-est, peuvent avoir été induites par des interventions urbaines qui ont modifié au cours des siècles le tissu urbain original. Cependant, l'analyse réalisée avec l'appui de MorphAL confirme la forte régularité géométrique du tracé urbain actuel, **Figure 56**. Le calcul des surfaces a montré un système plus homogène caractérisé par 11 lots d'environ 3 *staiora* ou 56 *scale* (unité de mesure correspondant à 34,04 m²), 1 lot d'environ 4 *staiora* (66 *scale*) et 1 lot de 7 *staiora* (118 *scale*). Parmi les mesures linéaires, une récurrence de multiples de 4 et 5 peut être observée, tandis que parmi les mesures de surface en *staia* et *scale*, on constate une récurrence de multiples de 3, 4 et 7, **Figure 54**. À proximité de la ville médiévale, il est également possible de reconnaître, près de la localité Le Melorie, un parcellaire agraire constitué par un axe principal orienté NE-SO, isocline aux *cardines* de la centuriation, qui recoupe 7 axes perpendiculaires, orientés NO-SE, parallèles aux *decumani* qui délimitent l'unité morphologique identifiée (**Figure 57**). Le rapport existant entre la grille théorique de la centuriation et le parcellaire régulier a amené certains chercheurs à identifier les axes comme probables *limites intercisivi* à l'intérieur d'une centurie²¹⁴. Toutefois la trame pourrait correspondre à un parcellaire agraire créé à l'époque médiévale en relation avec le centre urbain de Ponsacco. Le calcul des périmètres et des surfaces, effectué avec l'outil MorphAL, sur la base des parcelles observables dans le cadastre actuel et la comparaison avec le système métrique médiéval, comme mentionné ci-dessus, nous a permis d'observer la présence d'une série de lots réguliers de 15×36 *pertiche* correspondant à une surface de 6 *staia*, de 15×40 *pertiche* linéaires correspondant à 9 *staia*, de 22×36 *pertiche* linéaires correspondant à 12 *staia* et enfin de 22×40 *pertiche* linéaires correspondant à 14 *staia* (**Figure 60**). Considérant les parcelles des secteurs

212. (Pierotti 1987)

213. (Alberti *et al.* 2005, 157; Garzella 2005, 54; 1986, 80-81)

214. (Pasquinucci *et al.* 1997b, 240)

qui n'ont apparemment pas changé au cours des deux derniers siècles, il est possible d'identifier la correspondance entre l'organisation de l'espace agraire du Melorie et l'aménagement urbain de la ville de Ponsacco, en particulier pour les parcelles qui respectent une superficie de 9 et 14 *staia* correspondant respectivement à des multiples des parcelles urbaines de 3 et 7 *staia* précédemment mises en évidence. Il est également possible d'observer comment, dans les mesures linéaires des parcelles agraires, un module prédominant de 4 et 5 *pertiche* linéaires est répété, alors que dans les surfaces on trouve une récurrence de multiples de 3, 4 et 7 *pertiche* linéaires, comme dans le contexte urbain.

Cependant, l'absence de documents d'archives, attestant l'attribution effective des lots aux nouveaux habitants de la villeneuve de Ponsacco, ainsi que les transformations qui ont eu lieu au cours des siècles rendent difficile la reconnaissance d'une forme d'organisation cadastrale remontant à l'époque médiévale. La régularité métrique retrouvée dans le paysage actuel pourrait être le résultat d'une réorganisation du parcellaire pendant le Moyen Âge, qui, inséré dans la grille centuriée, aurait repris l'orientation et l'alignement des axes centuriaux fonctionnels - dans ce cas en lien avec l'écoulement des eaux - mais en changeant la subdivision interne des lots.

La lecture morphologique a permis d'identifier les différentes formes d'organisation agraire et urbaine qui caractérisent le paysage pisan et de reconnaître les traces du processus de construction de la grille centuriée sur le long terme. La centuriation, reconnaissable dans différents secteurs de la plaine pour une extension globale d'environ 200 km², et en particulier dans la zone entre Pise et Cascina, structure encore de manière significative le réseau complexe de routes, fossés et éléments de division, influençant 12% des limites du cadastre actuel et 32% du cadastre du XIX^e siècle examiné. L'aspect actuel du réseau est évidemment le résultat d'un processus de transmission qui a affecté toutes les périodes historiques, depuis la période médiévale avec l'installation d'un système de peuplement qui hérite de la forme centuriée, jusqu'au siècle dernier où les interventions de bonification impliquaient le "retracement" des axes orthogonaux. Un élément décisif dans le processus de transformation et de transmission des formes du paysage historique est certainement lié à la gestion du réseau d'approvisionnement en eau à long terme. Comme cela a déjà été souligné dans des publications précédentes, certains fossés de l'actuel réseau d'approvisionnement en eau, datant de l'époque médiévale, suivent l'orientation et la forme des *cardines* de la centuriation de Pise. C'est le cas des nombreuses *fossae docariae* anonymes mentionnées dans les textes médiévaux près de certains centres de la rive gauche de l'Arno, et qui probablement sont reliées au système hydrographique de l'époque romaine²¹⁵. L'attestation du toponyme *Dogaia* mentionné dans le cadastre de Leopoldino dans le secteur du fossé de San Lorenzo isocline aux *cardines* (**Figure 62**), ainsi que la présence du toponyme *Dogaia* (**Figure 25**) à proximité du fossé de la Mariana dans le cadastre actuel confirment l'utilisation du terme comme synonyme des fossés ou *foveae* du réseau hydrographique, et en particulier des canaux de drainage isoclines à la centuriation, dans la longue durée. Le phénomène de transmission est donc lié à la gestion des ressources en eau et en particulier à la fonctionnalité des orientations de la centuriation qui, suivant la pente naturelle du sol, permettent la libre circulation des eaux de surface. Dans d'autres cas, la nouvelle structure du réseau hydrographique et routier a impliqué la réorganisation du parcellaire

215. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994)

et du système de drainage comme on peut le voir dans le secteur sud de la ville de Cascina et entre le Canale Emissario et le Scolmatore dell'Arno qui représentent approximativement les lignes de démarcation avec les zones où les traces de la centuriation sont les plus préservées, **Figure 61**. Dans ces zones, il a été possible de reconnaître des unités morphologiques qui diffèrent de la grille centuriée théorique, probablement en raison de l'organisation de l'espace agraire et du système d'approvisionnement en eau mis en œuvre à partir du Moyen Âge, **Figure 42 ; Figure 44**.

Les analyses effectuées dans le contexte pisan confirment que la centuriation est visible dans le paysage actuel, pas dans son aspect original, mais comme une structure filtrée par des années d'histoire et d'évolution paléoenvironnementale qui sera l'objet de la recherche dans les chapitres suivants. Tout en affirmant l'existence d'un système romain original qui répond à la nécessité de planification et qui a influencé les aménagements agraires, hydrauliques et routiers des époques suivantes, la structure centuriée visible dans le paysage actuel n'est pas le résultat du travail des arpenteurs romains mais des interventions faites au cours des siècles, en particulier au Moyen Âge, qui ont amélioré, élargi, réduit, transformé ou transmis la structure centuriée. Dans cette dynamique morphologique, les formes d'organisation du paysage qui, dans le cas des plaines alluviales répondent avant tout aux exigences hydrauliques, ont conduit à la construction de la centuriation à long terme. Sur le territoire de Pise, la société médiévale prévoit un nouveau réseau hydraulique composé de fossés de drainage et de canaux qui transmettent régulièrement des orientations conformes à la centuriation, et fonctionnelles car favorisant l'écoulement de l'eau. Le système de peuplement hérite également de la forme centuriée, en plaçant les centres ecclésiastiques et urbains à proximité des carrefours et des axes principaux et, dans le même temps, transforme le réseau centurié par la construction de nouvelles agglomérations et du réseau routier qui les relie. En effet, la fondation des " villeneuves " de Cascina et Ponsacco et les formes de gestion de l'espace agraire identifiées au sud de Cascina impliquaient la réorganisation de l'espace centurié selon différentes modalités et besoins qui s'écartent de la structure centuriée.

L'étude de cas de la plaine de Pise, ainsi que d'autres contextes centuriés, confirment la nécessité d'utiliser une approche interdisciplinaire et diachronique capable de reconstruire la dynamique liées aux interactions entre la structure centuriée, les sociétés du passé et du présent, ainsi que les transformations paléoenvironnementales. Dans cette perspective, il a donc semblé nécessaire d'approfondir l'étude des dynamiques paysagères qui ont affecté le secteur interne de la plaine de Pise caractérisé par une forte instabilité hydrologique, en particulier la zone entre Pise et Cascina, où sont conservées la plupart des traces de la structure centuriée et qui, jusqu'à présent, n'ont pas fait l'objet d'une analyse stratigraphique capable de restituer les transformations pédosédimentaires et paléohydrographiques qui ont intéressé le secteur, en particulier de l'époque romaine à nos jours. Le processus de formation de la plaine alluviale de Pise et de ses éléments constitutifs (le réseau hydrographique, le réseau hydraulique, la distribution des agglomérations, le réseau routier, etc.) est le résultat de dynamiques environnementales (progradation du littoral, processus d'aggradation de la plaine inondable, migration des cours d'eau) et anthropiques (sociales, politiques, démographiques, techniques, etc.) qui depuis le Pléistocène moyen ont affecté cette zone géographique. Le rôle joué, en particulier, par les fleuves dans le processus de formation du paysage actuel a donc nécessité une étude approfondie du réseau hydrographique et de son évolution au cours des siècles, à travers une approche interdisciplinaire. Le travail de recherche doctoral a concerné l'étude du fleuve Arno

dans son trajet compris entre Pise et Cascina et la dynamique évolutive de la plaine de Pise au cours des cinq derniers millénaires.

L'enquête s'insère dans le cadre des études interdisciplinaires des paysages anciens pisans, qui ont reçu une plus grande impulsion pendant ces dernières années, en permettant de reconstruire les scénarios paléogéographiques du contexte urbain et périurbain ainsi que du secteur côtier, de la préhistoire à l'époque actuelle.

Dans le cadre du projet Mappa, développé de 2011 à 2013²¹⁶, les travaux menés par une équipe pluridisciplinaire ont permis de redéfinir l'évolution du paysage urbain et périurbain de la ville de Pise sous tous ses aspects (géomorphologie, paléo-hydrographie, paléotopographie, répartition spatiale des sites et des découvertes archéologiques, etc....) en rendant accessibles les informations recueillies et les analyses réalisées par la création d'un WebGIS en *open access* (MAPPAGIS)²¹⁷. La recherche a été conduite jusqu'à 20 mètres de profondeur, dans le contexte urbain et périurbain de la ville de Pise, pour une extension totale d'environ 20 km². Les investigations du sous-sol, basées sur l'étude d'une vaste archive stratigraphique produite par la Municipalité de Pise, la Province de Pise et l'Université de Pise, constituée de 2600 données du sous-sol (carottages, *penetration tests*, puits hydrauliques), intégrées aux nouvelles données du sous-sol acquises dans le cadre du projet Mappa, aux données archéologiques, géomorphologiques, ainsi qu'aux résultats des investigations antérieures, ont permis de reconstruire la succession chronostratigraphique du premier sous-sol pisan et de faire ainsi avancer de nouvelles hypothèses concernant l'évolution paléogéographique et paléohydrographique du contexte urbain et périurbain. Le processus de formation de la plaine de Pise, pour le secteur étudié, a donc été analysé dans toutes ses phases, depuis le Néolithique jusqu'à nos jours. Après la phase d'ingression marine maximale, datée d'environ 8000 ans BP (7820 ±130 cal yr BP²¹⁸) s'est développée une lagune reconnaissable dans des sédiments argileux principalement gris plastique, riche en fossiles marins d'eau salée (par exemple le *Cerastoderma glaucum*) et repérable à une profondeur comprise entre – 20 et – 7 m au-dessus du niveau de la mer. Les analyses géochimiques effectuées sur les carottages produits pendant le projet Mappa suggèrent une double alimentation du bassin lagunaire à partir des eaux des fleuves Arno et Serchio²¹⁹. Les investigations stratigraphiques réalisées dans le cadre de ce projet ainsi que d'autres études concernant la plaine de Pise attestent que la lagune s'étendait du pied du Mont Pisan au nord à Pise au sud, tandis que vers l'intérieur elle se développait sur plus de 7 km à l'est de la côte actuelle²²⁰, atteignant presque la zone actuelle de Campo. Après le comblement final de la lagune, qui a eu lieu il y a environ 5000 ans BP, c'est un environnement marécageux (*lower swamp*) qui lui a succédé, parcouru par des canaux de distribution qui ont directement affecté la lagune et les dépôts de marais. Ce faciès, identifié entre 8 et 3 mètres par rapport au niveau de la mer, s'est développé entre 5000 ans et 4000 ans avant le présent ca. (4226±76 cal yr BP e 3914±64 cal yr

216. Pour plus d'informations sur les résultats obtenus dans le cadre du projet Mappa: (Anichini *et al.* 2012; 2012)

217. <http://www.mappaproject.org/web-gis-2/>

218. (Sarti 2012, 84)

219. (Amorosi *et al.* 2012, 131)

220. (Rossi *et al.* 2011, 125; Sarti 2012, 70–85)

BP²²¹). Entre 3800 et 3600 ans avant notre ère (3636±60 cal yr BP²²²), intervient la transition vers une plaine inondable mal drainée, sujette à de nombreux épisodes de crue. Le faciès, situé entre – 5 mètres et le niveau de la mer, est caractérisé par des sédiments gris fins avec des concrétions calcaires (de l'ordre du centimètre), alors qu'il y a une faible présence de restes organiques et de fragments de mollusques (principalement des gastéropodes) et encore moins de microfossiles. La plaine d'inondation, mal drainée, est également caractérisée par des dépôts d'inondation (*levee/crevasse splay deposits*) et des dépôts de canaux fluviaux. La datation radiocarbone la plus récente identifiée dans les couches de plaine non drainée est attestée à environ 2500 BP (2525±94 cal yr BP²²³), tandis que les vestiges archéologiques retrouvés datent d'une période comprise entre le VII^e et le III^e siècle av. J.-C.²²⁴.

Le faciès de plaine inondable, mal drainée, est flanqué de zones marécageuses définies comme des “ marais supérieurs ” (*upper swamp*) car, bien qu'ils présentent les mêmes caractéristiques que les faciès marécageux décrits précédemment (*lower swamp*), ils sont situés stratigraphiquement entre + 1 et – 3 m par rapport au niveau de la mer et sont datés approximativement entre 2700 BP (2563±75 yr BP²²⁵) et 2500 BP (2489±129 cal yr BP²²⁶). Caractérisés par de nombreux restes de carbone et de bois et de rares fragments de gastéropodes d'eau douce, ils contiennent des fragments de céramique datés du VII^e au V^e siècle av. J.-C. (bucchero et céramique à pâte grossière) et présentent des fragments d'os d'animaux domestiques (principalement des moutons), ce qui conduit à les interpréter comme des zones marécageuses développées entre la fin de l'âge du Fer et la phase étrusque²²⁷. Au sommet de cette succession stratigraphique, se développe un faciès de dépôt caractéristique d'une plaine inondable bien drainée, qui peut se situer entre 3 mètres au-dessous du niveau de la mer et le niveau anthropique actuel. Le faciès est caractérisé par des dépôts fins de couleur brun clair-beige très compacts, avec une faible présence de matière organique et une forte concentration de nodules calcaires et d'oxydes de ferromanganèse qui donnent à la couche un aspect marbré (*mottled*) et qui attestent un processus de sédimentation qui s'est déroulé dans des conditions aérobiques. Les céramiques retrouvées dans ce contexte environnemental remontent aux VII^e/VI^e siècles av. J.-C., tandis que la datation la plus récente attestée par des analyses radiocarbone remonte à 1400 ans BP (1395±23 yr BP²²⁸). Les caractéristiques sédimentologiques suggèrent un environnement sédimentaire à faible énergie et bien oxygéné, caractéristique des plaines alluviales bien drainées et rarement sujettes à la stagnation des eaux superficielles²²⁹. Ce contexte environnemental s'est probablement développé entre les phases étrusque et romaine, suite à l'aggradation naturelle et progressive de la plaine alluviale²³⁰ qui a atteint à l'époque étrusco-romaine des altitudes supérieures

221. (Sarti *et al.* 2015, 187-table 3)

222. (Sarti *et al.* 2015, 187)

223. Ibid.

224. (Amorosi *et al.* 2013a, 99)

225. Ibid., 98-table 4.

226. (Sarti *et al.* 2015, 187)

227. (Amorosi *et al.* 2013a, 99–100)

228. (Amorosi *et al.* 2013a, 98-table4)

229. (Amorosi *et al.* 2013a, 100)

230. Les analyses chimiques effectuées sur des échantillons de la plaine drainée/non drainée montrent une contribution sédimentaire prédominante du bassin de l'Arno, à l'exception de la zone située au nord-est de la ville de Pise où une provenance attribuable au fleuve Serchio est attestée (carottage M5) ; (Amorosi *et al.* 2012, 135).

au niveau de la mer. Le contexte urbain et périurbain a donc été caractérisé depuis l'âge du Fer et tout au long de la période étrusque par un environnement de plaine alluviale traversée par de nombreux fleuves (Arno et *Auser-Serchio*, ce dernier étant caractérisé par un style anastomosé à plusieurs bras interconnectés) qui ont donc généré de grandes zones marécageuses, sujettes à la stagnation des eaux de surface. Cette configuration a conditionné le système de peuplement de la période étrusque, qui s'est développé principalement autour de l'ancien cours du système *Auser-Serchio*. Le scénario a progressivement changé au cours de la période romaine, quand les nombreuses zones marécageuses attestées à l'époque étrusque ont disparu, probablement en raison de l'apport sédimentaire progressif des fleuves et des interventions humaines²³¹. La ville romaine s'est donc développée à une altitude moyenne de 1 m au-dessus du niveau de la mer dans un intervalle compris entre - 2,7 m et + 3,5 m par rapport au niveau de la mer.²³²

Toujours pour le secteur urbain, il est opportun de rappeler les investigations paléoenvironnementales qui ont concerné le *Cantiere delle Navi Antiche di Pise San Rossore*, zone de débarquement urbain situé le long des rives d'un ancien cours d'eau (probablement un paléolith du fleuve *Auser*) occupé du VI^e ou du V^e siècle av. J.-C. au VII^e siècle. ap. J.-C. et endommagé à plusieurs reprises par les inondations fluviales, ainsi qu'en témoignent les nombreuses épaves navales trouvées lors des fouilles archéologiques²³³. Les recherches ont permis de reconstituer la succession chronostratigraphique des épisodes d'inondation et la dynamique géomorphologique du site, alors que les caractéristiques de l'ensemble du bassin portuaire et les liens avec la dynamique paléohydrographique de la zone environnante sont encore incertains.

Le littoral, en particulier la zone du *Portus Pisanus*, principal port de débarquement de l'époque romaine situé au nord-est de l'actuelle ville de Livourne, a fait l'objet ces dernières années d'une étude interdisciplinaire présentée lors de la conférence " Les ports dans l'espace méditerranéen antique. Narbonne et les systèmes portuaires fluvio-lagunaires (22-24 mai 2014 Montpellier-France) " ²³⁴ et approfondie lors de récentes publications scientifiques²³⁵. Les recherches paléoenvironnementales et archéologiques ont permis de clarifier la dynamique évolutive (système marin *versus* système fluvial) du secteur côtier méridional et de la zone portuaire qui, après 200±30 BC, s'est transformée en une lagune naturelle protégée, en lien avec la mer, adaptée à l'accueil du bassin du *Portus Pisanus*. Par la suite, le processus d'enfouissement du bassin lagunaire, dû principalement à l'apport de débris d'origine fluviale, a conduit à la fermeture progressive et au remplissage du bassin lagunaire et à l'abandon du port, qui s'est progressivement déplacé vers l'ouest²³⁶.

En décembre 2015, de la collaboration entre le Département des Sciences de la Terre de l'Université de Pise et le Département des Sciences Biologiques, Géologiques et Environnementales de l'Université de Bologne, est né le projet d'étude géostratigraphique de la plaine de Pise pour le secteur compris entre la ville de Pise à l'ouest et la municipalité de Cascina : l'objectif était de

231. (Bini *et al.* 2015, 207–8)

232. (Bini *et al.* 2015, 207–8)

233. (Benvenuti *et al.* 2006; Camilli 2012, 13–18; Mariotti-Lippi *et al.* 2007)

234. (Allinne *et al.* 2016)

235. (Kaniewski *et al.* 2018)

236. (Ducci *et al.* 2011, 31)

reconstruire l'évolution de la plaine de Pise, en particulier de l'époque étrusque à nos jours, et l'histoire relativement récente du fleuve Arno, qui a eu une influence majeure sur le processus de formation du paysage de Pise pour le secteur analysé. L'étude traitée dans la thèse de doctorat est donc basée sur une approche régressive qui part de l'observation du paysage actuel et de l'étude de ses éléments constitutifs (bassin versant, caractéristiques géomorphologiques, réseau routier, réseau hydraulique, etc.) pour procéder à la reconstruction de scénarios anciens avec l'appui de différentes disciplines telles que la cartographie, la télédétection, la géomatique, la géomorphologie, la toponymie, l'archéogéographie, la stratigraphie, la pédologie, l'anthracologie, l'archéologie. La restitution de l'ancien réseau hydrographique et du processus d'aggradation de la plaine de Pise a en particulier fait appel à de nombreuses sources et outils d'investigation (**Figure 72**), commençant par l'étude des caractéristiques hydrologiques, géomorphologiques et topographiques du contexte actuel : ce point a été principalement exposé dans la première partie de la thèse. L'étude des archives et de la documentation cartographique a permis d'obtenir beaucoup d'informations relatives aux épisodes alluviaux, aux interventions anthropiques opérées sur le lit du fleuve, aux caractéristiques du paysage ancien, fournissant parfois des limites chronologiques (*terminus ante quem et post quem*) aux phases de développement de ses éléments constitutifs (migration de barre de méandre, extension des zones marécageuses)²³⁷. Le cas de l'abbaye de San Savino qui, selon les sources médiévales²³⁸ a été détruite à l'époque médiévale par une crue du fleuve Arno d'un débit exceptionnel et reconstruite pendant le XII^e siècle dans la localité de Montione où elle est encore implanté, est exemplaire à cet égard. Le premier monastère et les structures portuaires qui lui étaient liées auraient été construits entre 780 et 1115 à proximité de l'actuel cours de l'Arno, entre les villes de Riglione et Pierdicino²³⁹. L'inondation de l'Arno et la migration latérale du méandre a provoqué la disparition du premier siège au début du Moyen Âge. Comme l'observe E. Rogovich²⁴⁰, le nouveau monastère de San Savino, inauguré en 1117, a été construit non loin du précédent, dans l'alignement de l'axe centurié (le probable *decumanus maximus*) qui relie la ville de Pierdicino, siège du premier monastère, et l'abbaye actuelle (**Figure 73**). Le tracé routier lié à la centuriation aurait facilité les liaisons entre le nouveau siège et le débarcadère fluvial situé près de Riglione²⁴¹. D'intéressantes nouvelles hypothèses concernant l'emplacement de la première abbaye de S. Savino nous permettent de confirmer le rôle joué par la structure centuriée dans la construction du paysage médiéval et moderne et d'établir une connexion entre la transmission dynamique des axes centuriés et l'emplacement des centres ecclésiastiques d'origine médiévale et moderne, malgré les transformations importantes de l'ancien réseau hydrographique. Elles nous permettent surtout d'établir un *terminus ante quem* (780-1115) à l'évolution de la barre de méandre de Riglione, qui a dû s'écouler à peu près à proximité de son lit actuel dès le début de l'époque médiévale, lorsque près de son rivage a été construite la première abbaye de San Savino. L'utilisation de données historiques et archéologiques offre également la possibilité d'analyser les relations qui existent entre la dynamique de peuplement et la dynamique fluviale sur le long terme,

237. (Gaucher 2011, 37)

238. (Garzella 2006)

239. (Rogovich 2005)

240. (Rogovich 2005)

241. (Rogovich 2005, 113–14)

en particulier au Moyen Âge. Le manque de sites archéologiques des époques étrusque et romaine pour le secteur compris entre Riglione et Cascina rend cette réflexion impossible pour les périodes plus anciennes, mais pose des questions intéressantes liées au processus de couverture des niveaux archéologiques et à l'aggradation de la plaine inondable.

Les recherches préliminaires aux investigations du sous-sol ont aussi intégré la lecture morphologique du parcellaire agraire et urbain qui permet de reconnaître les formes du paysage probablement liées aux anciennes routes fluviales. L'enquête, réalisée à partir de la cartographie actuelle et ancienne (cadastre actuel, cadastre historique Leopoldino) ainsi que sur les photographies aériennes historiques, a mis en évidence la présence de probables traces liées aux anciens bras du fleuve Arno (**Figure 84-85-86-87-88**). Le secteur de la plaine de Pise étudié a fait l'objet, pendant ces dernières années, de nombreuses investigations photo-interprétatives dont les résultats sont visibles dans les nombreuses cartes thématiques produites au cours des années (**Figure 89**)²⁴².

Aux résultats des investigations de surface ont ensuite été associées les données stratigraphiques afin de reconstituer la succession chronostratigraphique du sous-sol de Pise. La première phase de l'étude stratigraphique a porté sur la sélection et la classification des données " d'archives ", produites par l'Université de Pise, par des organismes publics et privés au cours des dernières années. Cette phase d'étude a permis ensuite d'évaluer la qualité des données stratigraphiques existantes pour la zone d'intérêt et de sonder les caractéristiques du sous-sol de Pise, facilitant ainsi la localisation des nouveaux carottages.

Ce type d'approche multidisciplinaire, capable de combiner des données stratigraphiques avec des documents de surface (d'archives, cartographique, géomorphologique), a permis de reconstituer les principales phases du processus de formation de la plaine de Pise, du Néolithique à nos jours, et de vérifier, dans la mesure du possible, la fiabilité, la nature et la chronologie des traces se rapportant aux paléoliths, et donc d'apporter de nouveaux éléments à la connaissance de l'ancien système fluvial. Les opérations de terrain ont été complétées par une étude approfondie des couches interceptées (lithologie, granulométrie, structures sédimentaires, composants organiques et inorganiques, chronologie), permettant la reconnaissance de cinq faciès principaux : marais, plaines d'inondation non drainée et bien drainée, chenal fluvial, levée alluviale ou épisode d'inondation.

Les recherches, réalisées grâce au soutien logistique et scientifique du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Pise, a impliqué la réalisation de 6 carottages dans le secteur compris entre Riglione et Cascina, à l'aide d'un outil à percussion (modèle *Vibracorer Atlas Copco*) qui a permis de prélever des carottes d'un diamètre de 5 cm jusqu'à une profondeur maximale de 9 mètres de la surface (**Figure 91**). Les carottages, réalisés à proximité de traces d'anciens parcours fluviaux (tous les carottages) et d'alignements centuriés (SC1, SC2, SC3, SC6) permettent d'orienter l'analyse et l'interprétation des données contenues dans la base de données stratigraphiques (carottages, CPT), puis de reconstituer l'évolution pédosédimentaire de la plaine de Pise et de proposer de nouvelles hypothèses sur la paléo-hydrographie de l'Arno. La localisation des carottages SC1, SC5 et SC6 est en particulier motivée par la nécessité d'évaluer, grâce à l'intégration de données stratigraphiques, l'hypothèse d'un parcours méridional du fleuve Arno qui, selon certains chercheurs, a traversé la plaine à l'époque romaine en suivant un parcours différent de celui d'aujourd'hui, plus méridional,

242. (Bini *et al.* 2012a)

mais sensiblement stable de l'âge impérial au Moyen Âge²⁴³ ; il s'agissait également d'appréhender la relation entre la grille centuriée et le fleuve.

L'analyse des échantillons, réalisée au sein du CEPAM (UMR 7264 CNRS/Université Côte d'Azur) et du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Pise, a impliqué une étude sédimentologique (lithologie ; granulométrie ; épaisseur et profondeur de la couche ; structures sédimentaires ; composants organiques et inorganiques) ainsi que chronologique (identification et datation radiométrique des matériaux organiques prélevés). La datation de couches a été basée sur des analyses au radiocarbone d'échantillons sélectionnés, réalisée par le laboratoire CIRCE de Caserta, et sur les matériaux archéologiques (fragments céramiques). De plus, des échantillons de sables des canaux fluviaux ont été observés au microscope pour obtenir des informations supplémentaires sur la composition minéralogique et la coloration. L'analyse des carottes et la comparaison avec les données préexistantes ont permis de reconnaître 5 faciès principaux de marais, plaine inondable mal drainée, plaine inondable bien drainée, chenal fluvial, levée alluviale/crue, en cohérence avec les environnements identifiés pour le contexte urbain et périurbain²⁴⁴ (les cotes sont indiquées par rapport au niveau de la mer):

- À la base des carottages, entre – 4 mètres et – 2,5 mètres, un environnement marécageux a été identifié, caractérisé par des sédiments fins, principalement plastiques, de couleur grise, avec un composant organique important (restes végétaux, bois, restes de carbone). Les unités stratigraphiques liées au faciès marécageux ont une épaisseur inférieure à 1 mètre et contiennent des fragments de mollusques. Les échantillons prélevés dans les faciès datent de 3097-2892 cal BC et 3026-2617 cal BC ;
- au-dessus, entre – 3 m et + 1,5 m, s'est développé un environnement de plaine inondable mal drainée. Ce faciès comporte des sédiments gris fins, plastiques ou modérément compacts avec une concentration élevée de nodules calcaires de dimensions centimétriques et millimétriques ; il présente également des restes végétaux qui sont généralement filamenteux ainsi que des restes de carbone. Les microfossiles apparaissent toujours fragmentaires. L'échantillon correspondant à la plaine inondable et mal drainée voit s'intercaler des fines couches (moins d'un mètre d'épaisseur) de sables fins et moyens, attestant de fréquents et brefs épisodes de crue.
- La transition graduelle (SC1-SC2-SC6) ou nette (SC3) vers une plaine inondable bien drainée, caractérisée par des sédiments fins, généralement brun-beige, compacts avec une forte concentration d'oxydes de fer-manganèse générés dans des conditions aérobies et des nodules de carbonate de calcium de dimensions centimétriques et millimétriques, est enregistrée à partir d'une altitude aux environs de 1 mètre au-dessus du niveau de la mer. Il y a aussi des restes végétaux et des fragments de mollusques, dont certains sont reconnaissables (gastéropodes). Dans les couches liées au faciès de plaine bien drainée, on a trouvé des fragments de céramique qui s'inscrivent dans un arc chronologique entre le VII^e et le XIX^e siècle de notre ère.
- Les dépôts fluviaux qui traversent le marais et la plaine inondable mal drainée (contact érosif inférieur) sont définis par la succession *fining-upward*²⁴⁵ de sables moyens et de sables fins, de

243. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 130)

244. (Amorosi *et al.* 2013a, 98)

245. Succession d'éléments de moins en moins grossiers à mesure que l'on se rapproche du haut de la séquence.

couleur grise ou beige brun, d'une épaisseur généralement supérieure à 2 mètres. Les faciès sont caractérisés par la présence de restes organiques (bois, charbons et restes de végétaux), de fragments de mollusques, de galets rares et de nodules d'argile.

— Les dépôts de levée alluviale/crue sont généralement de 0,1 à 2 mètres d'épaisseur et se composent principalement de sables et de limon. Les contextes de levée alluviale se distinguent par la présence alternée de sable fin décimétrique et centimétrique et de sable fin/sable silteux et de limon sableux dont l'épaisseur dépasse généralement un mètre, tandis que les événements de crue, plus ou moins éloignés du cordon fluvial, sont caractérisés par des couches sableuses ou sablo-limoneuses dont l'épaisseur n'excède pas un mètre. En l'absence de données géomorphologiques déterminantes, il n'est pas possible d'identifier les épisodes de *crevasse* (*crevasse channel* et *crevasse splay*). Les composants accessoires comprennent des restes végétaux, des fragments de bois, des rares concrétions calcaires et des nodules de Fe/Mn qui donnent une couleur orange et une apparence marbrée (*mottled*), des nodules d'argile²⁴⁶.

L'étude des carottages réalisés dans le cadre du projet doctoral, comparé aux résultats obtenus dans le cadre du contexte urbain et périurbain, nous a donc permis d'approfondir la connaissance du sous-sol, pour le secteur compris entre Pise et Cascina. Comme cela a été précédemment mentionné, à partir d'environ 6000 cal BC (7820±130 BP)²⁴⁷, suite à l'élévation du niveau de la mer, la plaine de Pise était caractérisée par un vaste environnement lagunaire qui s'étendait probablement jusqu'à environ 7 km à l'est du périmètre urbain actuel²⁴⁸. Les recherches stratigraphiques confirment les résultats obtenus au cours des investigations passées, en identifiant le faciès de lagune jusqu'aux localités de Cisanello (carottage Parigi, C-S1) et Campo (carottage V1), alors que dans le secteur entre Musigliano (SC2) et l'Abbaye de S. Savino (SC1) la profondeur atteinte ne permet pas d'intercepter le faciès précité (**Figure 100, A ; Figure 102**). Derrière la lagune s'est développée une plaine côtière²⁴⁹, traversée par des cours d'eau dont les fronts deltaïques avancent progressivement vers l'ouest. Le remplissage progressif de la lagune, reconnaissable dans l'argile plastique connue comme "Pancone" à une profondeur comprise entre – 20 m et – 4 m par rapport au niveau de la mer, a été complété par les données recueillies dans le contexte urbain vers 3800-3600 cal BC (5148±35 yr BP)²⁵⁰ (**Figure 100, A ; Figure 102**). L'apport progressif de débris a conduit à la formation d'un faciès de marais qui a caractérisé le paysage de Pise tout au long de la phase énéolithique. Les analyses effectuées sur des carottages attestent du développement des marais dans une phase chronologique comprise entre 3000 et 2800 cal BC, alors que dans le contexte urbain ils semblent durer jusqu'à environ 2300-2200 cal BC²⁵¹. Le faciès se trouve dans le sous-sol pisan à une profondeur comprise entre – 6 mètres et – 3 mètres (**Figure 100, A ; Figure 101**). La transition vers un environnement de plaine inondable, qui résulte de l'apport continu de sédiments fluviatiles, est enregistrée pour le secteur intérieur à partir d'environ – 3 m, tandis

246. (Amorosi *et al.* 2013a; Bini *et al.* 2015)

247. (Amorosi *et al.* 2008, 120)

248. (Sarti 2012, 82)

249. (Sarti 2012, 82)

250. (Amorosi *et al.* 2013a, 98)

251. Ibid.

que pour le secteur plus côtier elle se situe à partir de – 5 m par rapport au niveau de la mer. Une comparaison avec la reconstitution chronostratigraphique du secteur urbain suggère que la plaine inondable mal drainée et sujette à de fréquents épisodes estivaux s'est développée depuis l'âge du Bronze jusqu'à l'époque étrusque. Malheureusement, l'absence d'éléments de datation ne nous permet pas de définir en détail les phases chronologiques liées au développement de ce faciès pour le secteur intérieur. La transition graduelle et diachronique vers une plaine inondable bien drainée qui marque la dernière phase du processus de formation de la plaine de Pise jusqu'à ce qu'elle atteigne sa conformation actuelle est survenue dans le contexte urbain pendant l'époque étrusque. Dans certains secteurs de la ville, le développement de ce faciès s'est produit à partir du VII^e/VI^e siècle av. J.-C. alors que dans d'autres secteurs, cette évolution semble n'avoir été achevée qu'autour de 300 après J.-C. Le processus d'aggradation et de transformation de la plaine a donc été graduel et diachronique, probablement lié à la paléotopographie de la ville qui a facilité l'émergence de zones d'exondation naturellement surélevées. L'action anthropique de contrôle et de gestion des ressources en eau attestée depuis l'époque étrusque aurait pu influencer davantage le processus de transformation de la plaine. Les nouveaux carottages attestent que dans le secteur interne, les faciès de plaine inondable bien drainée se sont développés à partir d'une altitude d'environ 0,5 m au-dessus du niveau de la mer, probablement dans une phase précédant la réalisation de la centuriation de Pise qui remonterait à une période comprise entre la fin du I^{er} siècle avant J.-C. et le I^{er} siècle après J.-C.. Ainsi, dans le carottage SC1 (**Figure 93**) effectué à proximité d'une trace fossile de la centuriation visible sur la photographie aérienne, il est possible de reconnaître, jusqu'à 3,5 mètres de profondeur à partir de la surface, le développement d'un faciès de plaine inondable bien drainée. A l'intérieur de la couche, à 1,8 mètre de profondeur à partir de la surface, trois fragments de céramique grossière datant probablement au Moyen Âge ont été identifiés. Même si en l'état actuel de la recherche, en l'absence de sondages stratigraphiques ciblés, il n'est pas possible d'établir la relation existante entre la trace qui se réfère à l'axe centurié et la succession chronostratigraphique identifiée dans le carottage SC1, il est raisonnable de supposer que l'axe centurié, visible sur la photographie aérienne, peut se situer à une profondeur comprise entre 0,4 (épaisseur du sol végétal) et environ 2 mètres de la surface. Par conséquent, le nouvel horizon lithostratigraphique de plaine bien drainée peut s'être développé dans une phase historique précédant l'installation de la centuriation, laquelle garantissait néanmoins les conditions hydrogéologiques nécessaires au développement de sols bien drainés. À environ 4 km du carottage SC1, près de la ville de S. Frediano, de récentes recherches archéologiques ont mis en évidence, à partir d'une profondeur d'environ 1,30-1,50 m, des traces d'établissements anthropiques et de matériaux liés à l'âge du Bronze et en particulier à la période étrusque²⁵². Les données recueillies jusqu'à présent nous permettent donc de supposer que le contexte de plaine bien drainée s'est développé dans une phase antérieure à l'installation de la centuriation probablement à l'époque étrusque, et que le niveau romain peut se situer pour le secteur entre Montione et San Frediano, loin des zones de plus grande activité du fleuve Arno, à une profondeur comprise entre 0 et 2 mètres de la surface. Alors que dans des contextes où le rythme d'aggradation

252. *ATS srl, Relazione indagini archeologia preventiva "Interventi di sistemazione idraulica nel bacino di fossa Chiara nel comune di Cascina (PI)". Prot SABAP-PI 266 del 25/07/2016.* Données inédites communiquées par la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio pour les provinces de Pise et Livourne, consultées au siège de Pise.

de la plaine semble augmenter par rapport à la proximité du cordon fluvial (comme en témoignent les épisodes répétés d'été enregistrés dans les carottages SC3 et SC4 et surtout à l'intérieur des barres de méandres dans les carottages SC2 et C3Bassi), le taux de couverture des niveaux les plus anciens, et donc du niveau romain, est certainement plus élevé. Toutefois, le nombre limité de données archéologiques et l'absence de sondages stratigraphiques rendent plus compliquée la reconstitution de la paléotopographie d'époque romaine pour la zone qui nous intéresse, laissant de nombreuses questions non résolues, telles que la profondeur, le type de remplissage et la phase d'abandon des axes liées à la centuriation.

La comparaison entre les données du sous-sol et de surface a permis d'approfondir la connaissance de la paléo-hydrographie de l'Arno, en interceptant quatre "générations" de faciès de chenal qui se réfèrent à l'ancien parcours fluvial. Les données recueillies nous permettent en particulier de clarifier l'évolution du fleuve Arno pour le secteur urbain en confirmant son passage à l'époque étrusco-romaine près de l'actuelle Via San Martino. Pour le secteur plus intérieur de la plaine, les carottages réalisés entre la localité de Riglione et l'actuelle Badia di S.Savino (SC1 et C3Bassi) sont d'un intérêt particulier. En proximité du carottage SC1, qui, comme cela a été mentionné précédemment, a été réalisé près d'une trace fossile d'un ancien axe de la centuriation visible sur la photographie aérienne, un faciès de chenal fluvial a été identifié, repérable à partir d'une profondeur d'environ 3,5 mètres au-dessous de la surface. Le chenal est constitué de sables moyens/sables fins gris comprenant des restes végétaux et des fragments de coquillages, fermé par une couche fine d'argile grise qui semble indiquer un abandon rapide du canal, probablement dû à l'intervention humaine. À la fermeture du chenal succède un faciès de plaine inondable bien drainée qui s'est développé à partir d'une profondeur d'environ 3 mètres de la surface. La reconnaissance en photographies aériennes d'une trace fossile de la centuriation, raisonnablement localisable à une profondeur comprise entre 0,4 et 2 m de la surface permet d'étayer l'hypothèse d'un chenal actif avant l'installation de la centuriation. D'autres données proviennent du carottage C3Bassi (**Figure 108**) réalisé, dans le cadre d'une thèse de spécialisation²⁵³ à l'intérieur de la barre de méandre de Riglione. La succession stratigraphique interceptée, à une altitude comprise entre environ - 2,5 m et + 1 m par rapport au niveau de la mer, un premier chenal fluvial, constitué d'une succession *fining upward* de sables moyens et de sables fins gris avec une forte concentration de fragments de mollusques et de restes végétaux, qui érode un faible niveau de sables fins (situé à la base du carottage), attribuable à un événement d'inondation du fleuve. L'action érosive et remaniée des dépôts alluviaux de la plaine alluviale par le bras fluvial est attestée par la présence de nodules argileux (*mud clasts*) situés à la base du faciès du canal (sables moyens). Le chenal se remplit progressivement de sables fins et de sables calcaires, finalement recouverts d'un niveau d'argile grise identifié à une altitude de +0,6 m qui semble attester de la fermeture définitive du premier chenal (**Figure 109**).

Les caractéristiques sédimentologiques des deux chenaux interceptés dans les carottages SC1 et C3 Bassi (remplissage, couleur, épaisseur, altitude stratigraphique) et la présence d'une paléotrace qui se réfère à un probable paléocours d'eau près du carottage SC1 permettent de faire l'hypothèse

253. Communication personnelle du professeur Sarti.

selon laquelle existe une corrélation entre les deux corps du chenal, se rapportant peut-être à un parcours secondaire de l'Arno qui, dans une phase précédant l'installation de la centuriation, aurait traversé une partie de la plaine de Pise. Sur la base des successions stratigraphiques identifiées dans les carottages SC5 et SC6, il est possible que le chenal, venant du secteur le plus à l'est de la plaine, ait suivi un tracé est-ouest, mais l'insuffisance des données stratigraphiques recueillies ne permet pas de confirmer cette hypothèse et de reconstituer le parcours du bras dit " méridional ". A l'inverse, le cours principal de l'Arno semble avoir concerné, depuis l'époque étrusco-romaine, les zones définies comme les secteurs d' " activité majeure " de l'Arno (**Figure 100, A et B ; Figure 102 ; Figure 107**).

Il a également été possible de reconnaître les phases de migration de certains méandres du système Arno, probablement entre les périodes romaine et médiévale. Par exemple, dans la succession stratigraphique du carottage C3Bassi, un second chenal a été identifié à une altitude comprise entre +0,87 et +2,77 m, en lien probablement avec un événement de migration latérale du méandre de Riglione : il se caractérise par des sables fins avec un texture à lamelles parallèles ou croisées qui affectent la couche d'argile fermant le canal précédent. Le deuxième chenal transporte des dépôts qui ont subi une exposition subaérienne caractérisée par une couleur brun-beige riche en oxydes de fer. L'alternance de sables-limoneux et argilo-limoneux marque les étapes d'avancement du fleuve qui a atteint sa position actuelle vers le VIII^e siècle de notre ère. Les sources historiques concernant l'Abbaye de San Savino indiquent, en effet, qu'en 780, près de Riglione et Pierdicino, le bâtiment et les structures portuaires liés au premier siège du monastère ont été construits à proximité de l'actuel cours du fleuve (ce qui constitue un *terminus ante quem* pour le chenal). Trois siècles plus tard, l'abbaye fut " renversée et déracinée " par une inondation de l'Arno. Le chenal intercepté a donc pu s'être désactivé plus tôt au VIII^e siècle après J.-C. lorsque le fleuve, en position plus avancée, puisqu'elle est déjà localisée près de la localité di Riglione e Pierdicino, a déposé des sédiments plus fins à proximité du carottage C3Bassi (berges proximales et distales) (**Figure 100, B ; Figure 110**). L'intégration des données historiques et stratigraphiques permet donc de définir les phases de migration latérale (direction SE) de la barre de méandre jusqu'à ce que sa conformation actuelle soit atteinte.

La recherche effectuée permet donc d'apporter de nouveaux éléments de connaissance à l'évolution du cours du fleuve Arno. Les hypothèses concernant les changements de parcours pendant les époques anciennes ne constituent qu'une étape préliminaire et nécessitent une enquête plus approfondie. Cependant, les recherches sur la dynamique paléoenvironnementale et géostratigraphique conduites dans le cadre de cette thèse de doctorat, bien qu'elles ne permettent pas de donner une image définitive et complète de l'ancien cours de l'Arno et de l'ancien paysage agraire, offrent de nouveaux éléments pour comprendre le processus de formation de la plaine de Pise, la dynamique du fleuve et la gestion des ressources en eau depuis l'époque romaine. Dans un contexte alluvial comme celui de Pise, soumis à l'instabilité et à une ressource hydrique abondante, le contexte environnemental a conditionné de manière plus importante la dynamique de l'occupation et la gestion du territoire au cours des siècles. Les enquêtes menées dans le contexte urbain et complétées par de nouvelles analyses stratigraphiques réalisées dans le cadre de la recherche doctorale confirment qu'à l'époque étrusco-romaine, le paysage de Pise était caractérisé par une plaine alluviale soumise à la stagnation des eaux de surface. Les sols hydromorphes de la plaine

mal drainée ont été progressivement recouverts par un nouvel horizon pédologique caractérisé par des sols orangés, riches en oxydes de Fe-Mn et en carbonate de calcium, qui attestent d'une plus grande exposition sub-aérienne (c'est-à-dire une oxygénation plus importante) et d'une meilleure circulation des eaux de surface. Dans la zone urbaine, il a été démontré que ce processus ne s'est pas produit de manière homogène et synchrone, mais s'est développé entre les périodes étrusque et romaine en fonction de la microtopographie du terrain et probablement à la suite d'interventions humaines se rapportant à la gestion des ressources en eau, attestées par exemple dans le contexte de la zone de Scheibler²⁵⁴ et de La Figuretta²⁵⁵.

Ce scénario est également envisageable pour le secteur intérieur de la plaine, qui a subi un processus d'aggradation et de transformation en un environnement bien drainé, caractérisé par des sols mieux oxygénés et une meilleure circulation des eaux de surface, un environnement qui s'est probablement développé dans la phase historique précédant l'installation de la centuriation (même si cette dernière a également contribué au drainage des sols). Le faciès de plaine bien drainé, intercepté dans les carottages SC1/SC6 à des altitudes comprises entre 0,5 et 7 m environ, s'est probablement développé de manière plus intense avec l'augmentation d'intervention anthropique sur le territoire, notamment en matière de gestion des ressources en eau. Il est clair, cependant, que le paysage des époques étrusque et romaine était très varié et complexe, et que le contexte de la plaine alluviale était par exemple interrompu par des zones marécageuses qui se sont ainsi probablement développées dans la partie sud de la plaine, au pied des collines Pisanes et Livournaises : ces secteurs étaient alors caractérisés par la stagnation de l'eau des ruisseaux qui, en l'absence d'un déversoir naturel, ne coulait pas librement jusqu'à la côte. En effet, l'ancien cours fluvial, connu sous le nom de Calambrone qui, selon certaines hypothèses, traversait dans l'Antiquité la partie méridionale de la plaine pour se jeter dans la mer à proximité du *Portus Pisanus*²⁵⁶, n'a jamais été attesté et/ou défini par des investigations stratigraphiques ciblées. Un scénario similaire a caractérisé le secteur de Coltano et Stagno où la présence de zones plus déprimées et de sols imperméables a favorisé la stagnation des eaux de surface, comme ont permis d'en témoigner des études géo-archéologiques récentes. Le secteur de l'ancien lac de Bièntina était plutôt caractérisé par le passage du bras oriental (ou des bras) du fleuve *Auser* qui se jetait dans l'Arno, tandis qu'un vaste miroir d'eau caractérisait la zone du lac de Massaciuccoli sur les rives duquel s'élevait la villa aristocratique de *Venulei Apropiani*²⁵⁷.

Les investigations nous permettent également, grâce à la correspondance des carottages SC1-SC5-SC6, d'avancer l'hypothèse que le niveau romain se situe à une profondeur comprise entre

254. (Bini *et al.* 2012, 143–44; Bonamici 1989; Fabiani *et al.* 2013, 181–83). L. La Rosa 2012, *Schede di intervento n. 262-48-49-187-193-194-195-196*, in *MappaGIS*, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, consulté le 20/05/2018. Licence: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. "Pisa ex area Scheibler. Relazione Scientifica sulle indagini archeologiche. Anni 2001/2002" a cura di G. Grandinetti e P. Sorice, Co.IDRA s.c.r.l (numero di protocollo Co.IDRA N. 28/30 Firenze 24/03/2003), consulté auprès de l'Archive de la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio pour les provinces de Pise et Livourne, siège de Pise.

255. (Bonamici 1990, 115). A. Campus 2012, *Scheda di intervento n. 246 e n. 830*, in *MappaGIS*, doi: 10.4456/MAPPA.2012.05, <http://mappaproject.org>, consulté le 20/05/2018. Licence: CC BY 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>. Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Maggiani A. 2013, *Pisa, Loc. La Figuretta – Scavo d'emergenza, 1986 (Dataset)*, Pisa: MOD (doi:10.4456/MAPPA.2013.27). *Dati rilasciati con licenza Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT)*, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>.

256. (Della Rocca *et al.* 1987; Allinne *et al.* 2016)

257. (Fabiani & Paribeni 2012, 23)

0,4 et 2 mètres de la surface, alors que le taux de sédimentation augmente dans les zones proches du fleuve, où l'épaisseur de faciès de plaine bien drainée intercalé par de couches d'exondation, atteint des valeurs supérieures à 3 mètres, comme on peut l'observer dans les carottages SC3- SC4 (**Figure 96 ; Figure 97**). Parce que dans le secteur central de la plaine, où sont conservées la plupart des traces de la centuriation, le taux de sédimentation du niveau romain est proportionnel à la distance du cordon principal du fleuve Arno, il est plus important près des zones dites “ de plus grande activité fluviale ” de l'Arno et moindre dans les zones méridionales de la plaine ; dans le secteur oriental les niveaux étrusque et romain sont presque affleurants, comme le montrent les recherches effectuées près de Le Melorie et dans le secteur entre Pontedera et Ponsacco. Seule exception, le paléocanal probablement lié au cours du Paleorotina, daté de l'époque étrusco-romaine a été retrouvé à une profondeur d'environ 2 mètres de la surface près de l'actuel Scolmatore dell'Arno²⁵⁸. En ce qui concerne les données relatives à l'ancien cours du fleuve Arno, à la lumière des nouvelles données stratigraphiques croisées avec les données de surface, on a émis l'hypothèse que depuis l'époque étrusco-romaine, le cours principal du fleuve traversait principalement les zones définies comme étant d' “ activité majeure ”. Les innombrables traces liées aux anciens lits fluviaux et le nombre réduit de carottages ne permettent cependant pas de clarifier complètement l'évolution chronostratigraphique des parcours fluviaux et les différents épisodes d'avulsion ou crue, mais apportent de nouveaux éléments de connaissance à l'évolution paléohydrographique de la région. La découverte de deux corps de chenal près des carottages SC1 et C3Bassi, probablement reliés, a permis de formuler de nouvelles hypothèses concernant l'existence d'un hypothétique bras “ méridional ” du fleuve qui traversait la plaine dans une phase antérieure à l'installation de la centuriation : elle ne confirme pas les reconstitutions antérieures fondées sur l'hypothèse d'un parcours fluvial de l'époque romaine différent de l'actuel, plus méridional, mais sensiblement stable de l'âge impérial au Moyen-Âge²⁵⁹. L'enquête doit être approfondie pour clarifier de manière plus détaillée la dynamique paléo-hydrographique de la zone, mais, dans l'état actuel de la recherche, l'hypothèse d'un parcours concernant les zones d' “ activité majeure ” pour l'époque romaine semble être davantage étayée par les données stratigraphiques. Pour l'instant, il n'est pas exclu aussi que le faciès de chenal fluvial intercepté dans les carottages C3Bassi et SC1 puisse être lié au ‘Paleorotina’, qui s'écoulait dans le secteur oriental de la plaine, près du site de Melorie. Les données semblent confirmer que le cours canalisé du Paleorotina, sur les rives duquel s'est développé le site de Le Melorie, remonte à l'époque étrusque ; les structures hydrauliques ont été reprises plus tard et exploitées à l'époque romaine avec l'installation de la centuriation²⁶⁰. Le “ canal ”, né probablement de l'exploitation des eaux du Cascina, a été régularisé depuis l'époque étrusque et utilisé jusqu'au Moyen Âge, probablement en subissant des changements de parcours suite à l'installation de la centuriation et probablement de la voie romaine.

Par conséquent, si dans le secteur entre la ville de Cascina et Pise, l'ancien parcours de l'Arno intéressait probablement les “ zones de plus grande activité ” avec un parcours probablement méandrique, il est possible que les *cardines* situés au nord du cours du fleuve, en suivant la pente

258. (Ciampoltrini 2004, 60–61). *Relazione del Funzionario Giulio Ciampoltrini, Archeologo (1^o agosto 1983), Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 6, N° 7932. Relazione del Funzionario Adriano Maggiani, Archeologo (12 aprile 1984), Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Pos. 9 Pisa 6, N° 5111.*

259. (Ceccarelli Lemut & Pasquinucci 1991, 130)

260. (Ciampoltrini 2004, 60–61)

naturelle du terrain, garantissaient la collecte et l'écoulement des eaux superficielles, depuis les zones situées au pied des Monts Pisans probablement en interceptant les ruisseaux de montagne, vers le même fleuve qui a servi de collecteur. Les axes NE-SO ou *cardines* situés au sud de l'ancien cours transportaient l'excès d'eau vers le secteur sud-ouest caractérisé par la présence de zones humides et marécageuses, ce que confirment les récents relevés géo-stratigraphiques effectués dans la zone de Coltano et Stagno²⁶¹, qui montrent que ce dispositif a persisté jusqu'à ce que l'assèchement complet se produise à l'époque contemporaine. Les *decumani*, à peu près parallèles au cours du fleuve, garantissent l'écoulement des eaux, du SE vers le NO en profitant de la différence d'altitude existant entre le secteur oriental et le secteur central de la plaine, directement dans l'Arno ou probablement par les *cardines*, dans les zones marécageuses.

Reste encore non résolue, cependant, la question concernant les zones d'inondation du fleuve Arno, qui, étant probablement plus élevées que les secteurs de la plaine depuis l'époque romaine, ont pu représenter un obstacle à la libre circulation de l'eau, favorisant ainsi le drainage vers le secteur sud marqué par la zone marécageuse. L'absence de sources documentaires et de données archéologiques ne permet pas d'établir si les arpenteurs romains avaient prévu, dans la construction de la centuriation, d'excepter les zones du lit de du fleuve Arno en ne les divisant ni ne les assignant. De plus, les systèmes de berges de l'Arno, probablement déjà utilisés à l'époque romaine et liés à la mise en place de la centuriation, sont encore inconnus. Toutefois, la morphologie de la plaine nous amène à émettre l'hypothèse que, du moins pour le secteur situé au nord du fleuve, les fossés de drainage pouvaient exploiter le cours d'eau comme collecteur naturel. Dans le secteur situé au nord de la ville de Pise, les fossés de drainage parallèles aux *decumani* auraient pu atteindre directement le littoral ou être interceptés par l'ancien cours de l'*Auser* qui, selon les reconstitutions paléogéographiques, coulait du nord vers le sud, en direction de la ville de Pise, avec un cours à chenaux multiples. La situation paléo-hydrographique complexe du secteur entre l'actuel fleuve Serchio et la ville de Pise a certainement conditionné l'œuvre de centuriation, comme cela a déjà été souligné dans la zone dit Scheibler où les traces fossiles adoptent une orientation légèrement différente de l'orientation dominante de la centuriation.

À l'exception du cas du Paleorotina, qui semble se rapporter à un cours d'eau d'origine artificielle qui suivait à peu près l'orientation des *decumani* et dont la fonction était attribuable à la collecte des eaux de surface et à l'ouverture d'une voie d'eau qui liait le secteur sud-est au secteur central, les fossés liés à la centuriation, creusés en fonction des variations de pente du terrain naturel, semblent avoir eu une fonction de drainage. Dans un contexte de plaine inondable proche du littoral, caractérisé par une faible pente, de fortes précipitations tout au long de l'année (800-900 mm/an), des épisodes de crue fréquents et désastreux, une nappe phréatique émergente qui favorise la stagnation des eaux superficielles, on peut supposer que l'objectif principal des fossés liés à la centuriation était d'assurer l'évacuation des eaux issues des précipitations et des eaux de la nappe phréatique, en particulier pendant les périodes les plus pluvieuses, et de faciliter la percolation de l'eau en profondeur (abaissement de la nappe phréatique superficielle) afin d'éviter le phénomène de stagnation.

261. (Allinne *et al.* 2016)

Les investigations stratigraphiques menées dans le secteur interne de la plaine entre Pise et Cascina attestent le développement d'un contexte de plaine drainée de l'époque étrusco-romaine jusqu'à aujourd'hui, sans interruption évidente. Ces données pourraient témoigner du fait que, même au début du Moyen Âge, un contrôle relatif des fossés de drainage liés à la grille centuriée a été maintenu, probablement sur une initiative privée ou par les communautés ecclésiastiques locales (comme l'abbaye de San Savino), comme cela s'est produit dans les contextes alluvionnaires de la plaine Emilienne occidentale ou dans la vallée du Pô²⁶². Néanmoins, dans d'autres secteurs de la plaine, le fragile équilibre hydrogéologique du contexte pisan est mis à mal, probablement par le manque de maintenance des œuvres hydrauliques, ce qui a provoqué le développement de zones marécageuses²⁶³. Par exemple, dans le secteur oriental de la plaine de Pise, dans la zone située entre Pontedera et Ponsacco, les résultats des prospections archéologiques et les informations contenues dans les sources médiévales attestent la présence d'une zone marécageuse, connue comme le marais de Lavaiano, qui s'est probablement développée vers le III^e siècle ap. J.-C. L'instabilité hydrogéologique qui a affecté la zone a pu se développer à la suite de l'abandon progressif des travaux de contrôle des cours d'eau qui traversaient la zone, ou des systèmes de drainage, en raison de l'instabilité socio-politique temporaire et de la crise démographique qui affecte la zone frontalière entre la ville de Lucques placée sous le contrôle des Goths et des Lombards dès le VI^e siècle de notre ère, tandis que la ville de Pise a résisté au siège des Lombards jusqu'en 603 ap. J.-C²⁶⁴. La crise des établissements romains, qui a commencé au cours du III^e siècle après J.-C., pourrait cependant être liée au délicat équilibre hydrologique qui caractérise la région depuis l'époque étrusque ; la situation s'étant aggravée à la fin de l'Antiquité, en raison des transformations sociopolitiques qui ont affecté la plaine de Pise et en général tout l'Empire romain d'Occident. L'analyse du parcellaire agraire et l'étude préliminaire de certaines données du sous-sol déjà existantes, qui nécessitent cependant une étude plus approfondie, montrent la présence d'une riche couche d'argile dans la composante organique entre 0,8 et 1,4 m de profondeur de la surface et semblent confirmer le développement d'un faciès de marais. Toutefois le déséquilibre hydrogéologique n'a pas effacé le niveau romain qui est presque affleurant, mais la réorganisation et la mise en valeur de la zone marécageuse ont conduit à l'effacement, quoique circonscrit, des axes de la centuriation. On signalera également, dans ce secteur, une prévalence des axes isoclines aux *decumani* de la centuriation, transmis de manière préférentielle dans la morphologie actuelle car ils jouent un rôle dans l'écoulement des eaux de surface selon la pente naturelle du sol et de la nappe phréatique. D'autres secteurs de la plaine de Pise ont été également intéressés par le développement des zones marécageuses documentées dans les sources historiques et, dans certains cas, dans les recherches géostratigraphiques réalisées, en particulier dans la zone urbaine et périurbaine de Pise et dans la zone de Coltano et Stagno.

Le scénario paléohydrographique, reconstruit sur la base des données stratigraphiques analysées, confirmerait pour la période médiévale le passage de l'Arno entre Pise et Cascina dans la zone dite " de plus grande activité " affectée par les migrations progressives des méandres. Les

262. (Dall'Aglio & Franceschelli 2011, 27–29)

263. (Baldassari & Gattiglia 2009, 183; Bini *et al.* 2013, 22)

264. (Carratori *et al.* 1994, 206)

recherches stratigraphiques effectuées dans le cadre du projet Mappa ont révélé une conformation hydrographique relativement stable depuis le début du Moyen Âge pour le secteur urbain. La documentation confirme également qu'au Moyen Âge le cours du fleuve était partiellement remblayé. Le secteur nord de la ville a également été affecté par le passage d'une branche du fleuve *Auser* qui coulait près de l'enceinte médiévale, au moins au début du Moyen Âge, tandis que le secteur nord de la plaine a été affecté par le passage d'*Auserculus*, qui correspond aujourd'hui à peu près au cours du fleuve Serchio. Le secteur oriental de la plaine de Pise, caractérisé par une plus grande instabilité hydrogéologique, a été affecté par d'importantes interventions humaines qui ont modifié l'apparence du paysage agricole. Le parcours de la rivière Cascina, qui se jetait dans le fleuve Arno au niveau de la localité d'*Ottavo* au moins jusqu'en 1179²⁶⁵, dont l'ancien lit n'a pas encore été identifié avec certitude, a été dévié dans la rivière Era. Les sources médiévales attestent que déjà en 987 une partie du parcours fluvial a été canalisée, comme en témoigne la référence à la *Fossa* ou *Rivus qui dicitur Cassina* ou à la *Docaria* di Cascina attestée dans les sources médiévales²⁶⁶.

La naissance de la République de Pise a déterminé la mise en place d'un nouveau pouvoir centralisé capable de prendre le contrôle du paysage et en particulier de la gestion des ressources en eau. Les documents d'archives relatifs à l'administration de la municipalité de Pise témoignent de la construction d'un système hydraulique capable de drainer les eaux de surface de la plaine et de remplir les marais existants. Les fossés et canaux sont mentionnés avec les termes "nugolaio", "fossa", "foveam", "dogaia" dans le "Breve Pisani" de 1287, listes annuelles des interventions prévues pendant la durée de la magistrature des consuls de la municipalité de Pise, ainsi que dans les documents des organismes ecclésiastiques. Comme cela a déjà été souligné dans des publications précédentes²⁶⁷ et mis en évidence au cours des analyses morphologiques, de nombreux fossés de ce système suivent l'orientation et l'alignement des *cardines* de la centuriation de Pise. C'est le cas en particulier pour le secteur entre Pise et Cascina, où il est possible de mettre en évidence la manière dont les fossés de Caligi, de Titignano, de San Lorenzo, de Navacchio, de S.Maria, réalisés entre l'époque médiévale et aujourd'hui transmettent l'orientation et l'alignement des anciens axes de la centuriation.

Après la conquête de Pise par Florence (1406), la dynastie des Médicis a repris (après une phase d'abandon liée à la guerre entre Pise et Florence) le contrôle et la gestion des ressources hydriques, à travers la création d'une institution "l'*Opera della Reparazione del contado e della città di Pisa*" en raison de la menace hydrogéologique qui caractérisait la plaine²⁶⁸. Dans la carte de Leonard de Vinci de 1503²⁶⁹, on peut observer l'aspect de la plaine de Pise : la présence et l'extension des zones marécageuses y occupent encore une place très importante. Le réseau d'eau construit à l'époque médiévale, repris par les Médicis et entretenu au cours des siècles suivants, est encore plus visible dans la cartographie historique du XVII^e siècle qui montre un réseau de fossés et de canaux articulés et hiérarchisés, qui a été utilisé non seulement pour le drainage et la conquête de

265. ASP, Dipl. Primaziale, Pellegrini, n.3. Extrait de Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 414.

266. (Redi 1984, 20–21)

267. (Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 420–21; Dall'Antonia & Mazzanti 2001, 34; Pasquinucci & Menchelli 2012, 191)

268. (Della Pina *et al.* 1986, 261 ; Ceccarelli Lemut *et al.* 1994, 416)

269. *Carta dei dintorni di Pisa per i progetti di deviazione delle acque d'Arno*, Leonardo da Vinci 1503, Codice Madrid II.

terres, mais aussi comme réseau de communication. En plus des opérations d'endiguement réalisées par les Médicis, d'importants travaux de canalisation et de contrôle de l'Arno ont également été réalisés au cours des siècles afin de contrôler les effets des inondations. Cependant, la fragilité de l'équilibre hydrogéologique du contexte pisan peut justifier le caractère lent et tardif des travaux de bonification des marais qui ont commencé à l'époque médiévale mais ne se sont achevés - avec la mise en valeur et le drainage de toutes les zones marécageuses - qu'au cours du XX^e siècle.

En conclusion, la recherche développée au cours des années de doctorat a donc conduit à une étude " globale " de la plaine de Pise, territoire d'un intérêt historique et archéologique considérable, occupé depuis le Paléolithique inférieur et qui, pour cette raison, a fait l'objet de recherches scientifiques multiples et pluridisciplinaires. L'analyse du contexte géographique et historico-archéologique a conduit à une première réflexion sur la complexité du paysage de Pise caractérisé par différents milieux naturels juxtaposés (montagne, collines, plaine alluviale, côte) qui ont offert et qui offrent un large éventail de ressources exploitées par l'homme au cours des siècles. Les sociétés qui occupent la plaine de Pise depuis la préhistoire ont donc interagi avec un environnement de plaine alluviale changeant et instable, en particulier en raison de la présence d'un réseau hydrographique complexe, donnant ainsi naissance à sa conformation actuelle. La relation entre l'eau et l'homme constitue ainsi le fil conducteur qui nous permet de reconstituer l'histoire et l'évolution du paysage de Pise à travers les époques. La première preuve de l'exploitation des ressources en eau de la plaine remonte à l'âge du Bronze moyen, à travers l'utilisation de blocs cylindriques ou parallélépipédiques de terre réfractaire utilisés pour la production de sel, notamment dans l'ancien secteur lagunaire situé dans la partie sud de la plaine côtière. Cependant, à l'époque étrusque, les canaux de drainage, identifiés dans la localité de La Figuretta, ont été reconstruits et probablement excavés à nouveau pendant l'époque romaine en même temps que la centuriation. Les études archéologiques menées dans différents secteurs de la plaine de Pise ont également montré la corrélation étroite entre le développement du système de peuplement de la période étrusque et les anciennes routes fluviales qui ont représenté un moyen de communication privilégié et une ressource indispensable pour les activités productives.

Le processus de romanisation du territoire pisan, commencé au III^e siècle av. J.-C., marque une étape fondamentale dans la formation du paysage pisan, en particulier après la déduction de la colonie romaine *Opsequens Iulia Pisana*, qui s'est produite dans un intervalle chronologique entre la bataille de Philippes ou Actium et 27 av. J.-C., et qui a entraîné une transformation radicale du paysage urbain et rural. L'installation de la centuriation de Pise, envisagée comme un système de lotissement (fiscal) et un outil de gestion des ressources en eau (assèchement), et de l'habitat rural dispersé ont garanti le développement de l'*ager pisanus* et, en même temps que d'autres facteurs, sa pleine intégration dans le système économique global romain. Ce territoire a bénéficié d'une position géographique stratégique par rapport à la Méditerranée, à l'Italie septentrionale et centro-méridionale, d'une bonne accessibilité grâce à une large ouverture sur la mer et à un réseau routier efficace (terrestre et fluvial) qui a favorisé les échanges et les connexions entre les différents ports dispersés le long de la côte, de la ville et de l'arrière-pays ; de la présence d'importantes ressources naturelles permettant d'assurer un surplus productif qui a ensuite été commercialisé ; d'une croissance démographique qui a stimulé le développement des activités manufacturières ;

d'une classe dirigeante locale qui a su développer le potentiel économique de l'ensemble du territoire ; d'une politique coloniale développée à l'époque augustéenne et de l'étroite connexion entre les élites locales et Rome. Il s'agit là de quelques-uns des principaux facteurs à l'origine de ce processus²⁷⁰.

Le fort impact de la centuriation sur le paysage pisan justifie donc une analyse approfondie de cette structure, visible dans le paysage actuel, à travers une approche morphologique capable de saisir les facteurs de transmission et de transformation du parcellaire orthogonal, et d'autres formes de paysage rural à long terme. Après un examen attentif des caractéristiques historiques de l'installation de la *pertica pisana* dans ses différentes phases (*deductio*, *assignatio*, *limitatio*), la lecture morphologique de la planimétrie actuelle à travers l'instrumentation d'un SIG a permis de vérifier l'aspect et l' " état de conservation " des principaux axes de la grille centuriée, des *cardines* et des *decumani*, ainsi que des *limites intercisivi*, qui sont transmis dans le paysage actuel sous forme de routes, de limites de champs et de fossés de drainage.

L'analyse informatisée des parcelles agraires et urbaines montre qu'environ 12 % des éléments linéaires du paysage actuel analysé (routes de campagne, chemins, haies, limites de culture, fossés et ravines qui entourent les parcelles agraires) conservent une orientation isocline par rapport aux principaux axes de la grille centuriée dans un intervalle compris entre N 25° et 33° E en particulier dans la zone située entre Pise et Cascina. Plus fragiles sont les traces trouvées dans le secteur oriental entre Ponsacco et Pontedera et à l'est de la rivière Era, entre le cours du fleuve Serchio et la ville de Pise, dans le secteur côtier au sud de l'actuel parcours du fleuve Arno. A l'inverse, dans la partie méridionale de la plaine, au sud du Canal Emissario et jusqu'au pied des collines Pisanes, il n'y a aucune trace de la centuriation.

Les résultats de la lecture morphologique de l'espace centurié intégrés à l'étude des dynamiques paléoenvironnementales et pédosédimentaires a permis de définir trois " cas " différents de transmission et de transformation de la structure centuriée.

Le premier cas concerne la zone comprise entre les villes de Pise et Cascina, où les *cardines* et les *decumani* qui structurent le paysage agricole actuel semblent traduire une occupation continue qui, depuis l'époque romaine jusqu'à nos jours, a caractérisé cette partie du territoire sans ruptures importantes. La société médiévale a en particulier joué un rôle décisif dans le processus de transmission de la grille centuriée, qui était probablement encore " visible " dans son organisation d'origine, de même que certains bâtiments romains dont les matériaux ont été réutilisés dans les églises médiévales²⁷¹. Ainsi, d'un part l'organisation du système de peuplement médiéval a hérité de la structure agricole et transmis les principaux alignements et croisements entre les *limites*, tout en transformant l'organisation interne des centuries. La corrélation étroite entre les sites civils et ecclésiastiques d'origine médiévaux, encore aujourd'hui existants, et la structure centuriée a été analysée à travers la lecture morphologique des formes du parcellaire agricole et urbain. D'autre part un réseau hydraulique a été réalisé, comme la centuriation, en fonction de la pente naturelle du terrain et de la nappe phréatique : il est attesté dans les documents administratifs des organismes ecclésiastiques et de la municipalité de Pise de l'époque. Le lien étroit entre la fonction

270. (Pasquinucci & Menchelli 2017, 339–41)

271. (Noferini 1995)

des axes centuriés dans la gestion de la circulation de l'eau et leur processus de transmission est mis en évidence par la série de fossés de drainage datant de l'époque médiévale et isoclines aux *cardines* théoriques de la centuriation. L'analyse de la cartographie historique et la comparaison avec les données rapportées dans les sources d'archive (toponymie), ont également montré que la transmission et l'utilisation de ces fossés et canaux, qui ont partiellement conservé la même nomenclature, sont survenues au cours des siècles jusqu'à nos jours.

Cette continuité, dans un contexte soumis à de nombreux épisodes de crue du fleuve Arno et à des précipitations abondantes, aurait donc permis le développement d'un horizon lithostratigraphique de plaine bien drainée comme en témoignent les carottages effectués lors des récentes investigations stratigraphiques. Les épisodes de crue, courts et répétés, dont témoignent les documents d'archives analysés au cours de la recherche ainsi que les séquences stratigraphiques interceptées dans les carottages SC3 et SC4, ont été rapidement pris en charge par la population rurale qui occupait ce secteur par la mise en place d'un réseau de fossés garantissant le drainage des eaux de surface et un système de berges qui probablement contenait le cours du fleuve depuis l'époque romaine. De plus, le passage du fleuve Arno semble avoir intéressé les zones " d'activité fluviale majeure ", attestant d'une relative stabilité depuis l'époque romaine jusqu'à nos jours. Dans ces secteurs, où le taux de sédimentation est plus élevé, en particulier à l'intérieur des méandres, les faibles traces de centuriation conservées ont subi des changements significatifs par rapport à la grille théorique originale et sont donc le résultat d'un " retracement " qui a eu lieu dans une phase postérieure à l'installation de la centuriation.

La nature des sols plus perméables et favorables au drainage des eaux de surface par rapport aux secteurs plus méridionaux de la plaine ; la présence d'un système hydraulique efficace et fonctionnel à l'écoulement des eaux superficielles transmis au cours des siècles ; une présence anthropique continue, notamment lors de la transition entre l'Empire romain et l'arrivée des populations lombardes, comme en témoigne le développement des *curtes* et des églises paroissiales, sont certains des facteurs qui auraient permis une relative stabilité hydrographique et hydrogéologique, donc la transmission de la grille centuriée depuis l'époque romaine.

Toutefois, l'absence presque totale de vestiges archéologiques, renvoyant à l'époque de la colonisation romaine, sur le sol ou dans le sous-sol du secteur entre Pise et Cascina peut s'expliquer par la puissance de la sédimentation fluviale qui a affecté en particulier les zones de plus grande activité du fleuve Arno, par une occupation continue (exploitation du sol, labourage, réutilisation des matériaux) et par le processus d'urbanisation du secteur qui peut avoir conduit à la disparition des établissements de l'époque romaine ; joue également un rôle le nombre insuffisant d'investigations archéologiques approfondies dans ce secteur. Ainsi, il est possible que le peuplement rural dispersé des époques étrusque et romaine, mis en évidence dans d'autres zones de la plaine de Pise, ait également concerné la zone située entre Pise et Cascina : mais les facteurs géomorphologiques, anthropiques (réutilisation des matériaux, labourage, urbanisation), ainsi que la faiblesse de la recherche archéologique auraient provoqué un " vide archéologique ".

Le deuxième cas concerne les secteurs oriental et septentrional où les traces de la centuriation sont plutôt faibles ou sujettes à un processus de transmission " sélective ". Dans le secteur compris en particulier entre les localités de Santa Lucia, Gello, Lavaiano et Le Melorie, marqué par le

développement du marais de Lavaiano depuis la période de l'Empire tardif, les axes isoclines aux *decumani* de la centuriation ont été retracés et repris, au moins en partie, parce que fonctionnels du point de vue de l'écoulement des eaux de surface en raison de leur adéquation à la pente naturelle du sol et de la nappe phréatique, par un processus de transmission sélective. Bien que le niveau romain affleure, les événements paléo-environnementaux et paléo-hydrographiques de la région ont conduit à une disparition partielle des axes centuriés qui ont été repris au cours des siècles suivants en raison de la réorganisation du réseau hydraulique, du parcellaire agraire (cas de Le Melorie) et de l'aménagement des établissements civils et ecclésiastiques (cas du village de Santa Lucia).

Aussi au nord de Pise, le fort dynamisme des cours d'eau du système *Auser-Serchio*, à l'origine de l'instabilité hydrogéologique constatée dans les sources historiques et archivistiques et prouvée dans certains cas par des investigations stratigraphiques menées dans le cadre du projet Mappa, a conditionné le processus de transformation de la centuriation dont les faibles traces sont particulièrement visibles entre les localités de Vecchiano et San Giuliano sous la forme de routes et de fossés de drainage qui suivent notamment l'orientation des *cardines*.

Le troisième cas concerne le secteur entre le Canale Emissario et le Scolmatore dell'Arno, où il existe un véritable "vide morphologique" dans lequel il n'y a aucune trace de la centuriation de Pise. Cette spécificité est probablement due à la construction d'un nouveau réseau hydraulique qui, conçu selon une structure différente de la grille de la centuriation, a influé sur l'organisation du parcellaire.

Aussi dans le secteur le plus méridional de la plaine, les enquêtes ont montré une absence presque totale de traces se référant à la grille centuriée, en raison d'une réorganisation du système d'eau qui a donc imposé une transformation de l'organisation du parcellaire. Cependant, seules des investigations stratigraphiques ciblées permettront d'attester de l'existence effective d'axes centuriés datant de l'époque romaine et d'une évolution pédosédimentaire liée à la mise en place de la centuriation. Les caractéristiques des sols, plus imperméables et plus difficiles à drainer, la présence d'une grande zone marécageuse qui, depuis l'époque romaine, a affecté le sud du centre urbain de Pise jusqu'à la zone de Stagno et n'a été complètement reconquise qu'après la première guerre mondiale, peut avoir limité le projet de centuriation dans le secteur le plus méridional.

Les recherches menées dans le cadre du projet de doctorat ont produit de nouveaux résultats qui permettent de définir, à travers l'étude des formes du paysage agraire et urbain et la recherche stratigraphique, la dynamique évolutive du paysage de Pise et du système centurié. Il clarifie en particulier le rôle joué par la société médiévale dans la construction du paysage rural et de la trame centuriée, surtout après la naissance et le développement de la municipalité de Pise, qui a conduit au retour d'un nouveau pouvoir centralisé : ce dernier était en effet en mesure d'assurer plus efficacement la gestion des ressources hydriques et la construction d'un nouveau et vaste réseau routier. Quant aux villeneuves, elles ont attiré les populations rurales et favorisé de nouvelles formes d'organisation de l'espace agraire que l'on trouve probablement sur le territoire au sud de Cascina et près de la Melorie, à l'ouest de Ponsacco. Une étape fondamentale dans la construction du paysage pisan a donc été représentée par le Moyen Âge, "constructeur" et "transformateur", qui, par la création d'un système hydraulique complexe et d'un nouveau système de peuplement, a conduit à la transmission, au "retracement" et en même temps à la déformation de la structure de la centuriation, marquant profondément l'évolution et l'organisation de l'espace agraire

pisan. Les interventions réalisées au Moyen Âge et perpétuées au cours des époques suivantes ont également conduit à la “ régularisation ” de la forme centuriée et aussi à une transformation significative de certains secteurs de la plaine provoquant l’effacement du système centurié et des parcellaires isoclines.

Si, cependant, les principaux facteurs de transmission et de transformation de la centuriation émergent, il reste encore beaucoup de questions à approfondir. Des études stratigraphiques ultérieures devront notamment définir plus en détail le parcours ancien du fleuve Arno et l’évolution chronostratigraphique de chaque barre de méandre dans le secteur compris entre Pise et Cascina, le taux d’aggradation de la plaine alluviale durant l’époque historique et la relation entre la dynamique fluviale et le processus de sédimentation de la plaine environnante, ou encore le scénario paléo-hydrographique du secteur oriental. Une telle perspective de recherche impliquerait, par exemple, l’utilisation d’une recherche stratigraphique plus large et plus détaillée, une analyse approfondie des sections stratigraphiques obtenues et des échantillons sédimentologiques collectés (comparaison avec les échantillons prélevés près du cours actuel de l’Arno et de ses rives) ainsi que des restes organiques qu’ils contiennent afin d’obtenir un nombre plus cohérent de datations absolues utiles pour la reconstitution chronostratigraphique. De plus, un ou plusieurs sondages stratigraphiques à proximité de traces correspondant aux axes de la centuriation permettraient d’identifier éventuels voies et fossés liés au système agraire de l’époque romaine. L’étude stratigraphique dans ce sens permettrait donc d’établir la présence de structures se rapportant à la centuriation de Pise, de définir leur profondeur et chronologie, de comprendre le fonctionnement de la centuriation en tant que système de drainage et/ou d’irrigation, (canal ou fossé ? ou les deux ?), de restituer le processus de sédimentation survenu près des traces fossiles de la centuriation et éventuellement le mode de reprise ou d’abandon des axes dans le temps (fossés de drainage, reprise des axes routiers).

Ce travail de doctorat confirme toutefois l’utilité et l’intérêt d’une approche interdisciplinaire pour l’étude des paysages historiques, et, en particulier, de la confrontation entre la lecture morphologique des formes paysagères et l’analyse géostratigraphique et paléoenvironnementale. Les travaux réalisés jusqu’au présent montrent l’importance d’aborder, dans l’étude d’un paysage alluvial centurié, les problématiques liées aux formes de gestion des ressources en eau depuis l’époque romaine et le rôle joué par le système centurié dans le processus complexe d’interactions entre l’homme et la nature (régimes pluviométriques, risque d’inondations, barrages, déforestation, agriculture intensive, système de canalisation) mais aussi de questionner la relation entre le système hydraulique et le système hydrographique actif à l’époque romaine, ainsi que les formes de transmission de la structure centuriée à travers la recherche stratigraphique et l’étude des processus pédosédimentaires qui ont affecté la plaine dans la phase suivant l’installation de la centuriation.

La centuriation visible dans le territoire de Pise “ dans sa version la plus récente ” est le résultat de 2000 ans d’histoire et d’interaction entre l’homme et la nature, entre les variations hydrographiques et les formes de gestion des ressources en eau, entre les systèmes d’exploitation des ressources naturelles et les risques environnementaux. Depuis la phase de sa conception et de sa construction, de nombreux facteurs ont permis sa transmission au cours des siècles, même si des changements importants ont été apportés à sa probable structure d’origine. L’analyse régressive réalisée dans ce mémoire, à l’aide de différentes disciplines et méthodologies d’investigation, permet de comprendre l’évolution d’un système cadastral dont la structure originale remonte à l’époque romaine et qui s’est perpétuée au cours des siècles. Les recherches menées sur la dynamique de transmission et de transformation de la centuriation ont indirectement conduit à une restitution du paysage ancien et de ses variations au cours des deux derniers millénaires.

La plaine de Pise, située au nord-ouest de la Toscane, près du delta de l'Arno qui, après 241 km, se jette dans la mer Ligure à une faible distance du centre urbain de Pise. Différents processus géomorphologiques (érosion, transport, accumulation), principalement conditionnés par le système fluvial et marin (apport sédimentaire d'origine fluviale, formation du système deltaïque, progradation de la ligne de côte), ainsi que par les interventions humaines qui ensemble ont mené à sa configuration actuelle. L'abondance des ressources naturelles, en particulier des ressources en eau, la localisation géographique et l'accessibilité de la plaine sont quelques-uns des facteurs qui ont favorisé une occupation stable et durable depuis le Paléolithique inférieur. Les populations qui se sont succédées au cours des époques historiques ont néanmoins dû faire face au caractère changeant et dynamique de la plaine, et en particulier à la force de l'eau, qui a représenté une ressource inestimable ainsi qu'un imprévisible danger. Les recherches menées en particulier dans le cadre du doctorat se concentrent sur l'étude de deux phases historiques cruciales dans le processus de formation de la plaine de Pise : l'époque romaine et l'époque médiévale. Les interventions réalisées lors de la colonisation augustéenne (Ier siècle av. J.-C.) ont transformé la plaine, modifiant en profondeur le paysage rural par la mise en œuvre d'une nouvelle planification agraire, la centuriation de Pise, qui structure encore significativement le réseau hydraulique, le réseau routier et le système urbain. L'étude du processus de transformation et de transmission du réseau orthogonal nécessite une analyse approfondie des facteurs qui, au cours des différentes phases historiques, l'ont rendu "visible", surtout pendant la période médiévale caractérisée par le "retour" d'un pouvoir centralisé, celui de la Commune de Pise, capable d'exercer un plus grand contrôle sur le territoire et les ressources hydriques. La recherche vise à reconstituer les principales caractéristiques et les différentes phases d'évolution du paysage centurié au cours des siècles, ce qui implique une étude approfondie des dynamiques paléoenvironnementales et paléohydrographiques qui ont affecté le contexte de Pise avant même la colonisation romaine.

Pour obtenir les résultats attendus, une approche méthodologique interdisciplinaire et diachronique a été utilisée, capable de saisir les facteurs naturels et anthropiques qui, au cours des siècles, ont conditionné ce processus "constructif". La lecture morphologique des parcelles urbaines et agraires a permis la reconnaissance des formes d'organisation du paysage de Pise, en particulier de la grille centuriée et des phénomènes de transmission et de déformation de ses éléments constitutifs. L'intégration des données stratigraphiques, enrichies par une campagne de carottages menée en 2016 en collaboration avec d'autres universités italiennes, aux résultats de l'étude historique-archéologique, archivistique et planimétrique, a permis d'obtenir de nouveaux résultats sur l'évolution pédosédimentaire et paléohydrographique de la plaine pisane étudiée et de formuler des nouvelles hypothèses sur le scénario paléogéographique à l'époque romaine et son évolution pendant les siècles suivants.

Les études de surface et de sous-sol ont ainsi permis de reconstituer la relation existante entre le système de peuplement, les formes d'exploitation et de gestion des ressources, les transformations paléoenvironnementales et paléohydrographiques et les dynamiques morphologiques (modalités de transmission et/ou de transformation de la trame centuriée) dans la longue durée, montrant que la centuriation visible dans sa version "la plus actuelle" est le résultat d'un processus long et continu d'interaction homme-environnement.

Mots clés: centuriation, diachronie, analyse morphologique, étude stratigraphique, évolution du paysage

The plain of Pisa, located in northwestern Tuscany, close to the Arno River's delta, which flows into the Ligurian Sea near the town of Pisa after 241 km, is the result of different geomorphological processes (erosion, transport, accumulation). These are mainly conditioned by the fluvial and marine system (fluvial sedimentary accumulation, formation of the delta system, progradation of the coastline), as well as by human intervention, which together have led to its current formation. The abundance of natural resources, in particular water resources, the geographical location and the accessibility of the plain are some of the factors that have favoured a stable and lasting settlement since the Lower Palaeolithic. The populations that lived here over the course of the historical periods, however, had to face the changing and dynamic character of the plain, and in particular the force of the water, which represented an inestimable resource as well as an unpredictable danger. The research carried out during this PhD particularly focuses on the study of two historical phases that were crucial in the formation of the Pisa plain: the Roman and the medieval periods. The interventions carried out at the time of the Augustan colonization (I century BC) transformed the plain, impacting the rural landscape through the construction of a new agrarian system or the centuriation of Pisa, which still significantly structures the hydric network, the road network and the settlement system today. The transformation and transmission process of the orthogonal grid requires a developed analysis of the factors that have made it "visible" during different historical phases. This is especially true for the medieval period, which is characterised by the "return" of the Municipality of Pisa, a centralised power that was able to exercise greater control over territory and water resources. This research aims to reconstruct the main characteristics and the different evolutionary phases of the centuriated landscape over the centuries through the study of the palaeoenvironmental and palaeohydrographic dynamics that have affected Pisa even before Roman colonization.

An interdisciplinary and diachronic methodological approach was applied in order to best identify and understand the natural and anthropic factors that have conditioned this "constructive" process over time. The morphological analysis of the urban and agrarian parcels allowed the recognition of the organisational forms of the Pisan landscape, in particular of the centuriated grid and the phenomena of transmission and deformation of its constituent elements.

The integration of the stratigraphic database (enriched by a coring campaign carried out in 2016 in collaboration with several Italian universities) with the historical-archaeological, archival and planimetric data has made it possible to obtain new results on the pedosedimentary and paleohydrographic evolution of the Pisan plain. It has also permitted us to propose new hypotheses on the paleogeography of the Roman period as well as its evolution over the centuries.

Surface and subsoil surveys have made it possible to reconstruct the relationship between the settlement system, the forms of exploitation and management of resources, the palaeoenvironmental and palaeohydrographic transformations and the morphological dynamics (modes of transmission and/or transformation of the centuriated grid) over the long term, demonstrating that the visible centuriation in its "most updated" version is the result of a long and continuous process of human-environment interaction.

Keywords: centuriation, diachrony, parcel analysis, stratigraphic study, landscape evolution



THÈSE DE DOCTORAT

L'occupation romaine et médiévale dans la
Plaine de Pise. Analyse morphologique des
formes agraires et urbaines, et étude des
dynamiques paysagères

Arianna COMMODARI

Cultures et Environnements
Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge (CEPAM)

**Présentée en vue de l'obtention
du grade de docteur en Histoire et
archéologie des mondes anciens
et médiévaux
de l'Université Côte d'Azur
et de La Sapienza Université de Rome
Dirigée par : Ricardo González Villaescusa /
Pier Luigi Dall'Aglio
Soutenue le : 10 décembre 2018**

Devant le jury, composé de :
François Favory, Professeur émérite, UMR
LCE CNRS-UFC
Oriol Olesti, Professor Titular, UAB Barcelona
Marie-Jeanne Ouriachi, Maître de
Conférences, UMR CEPAM CNRS-UCA
Luisa Pellegrini, Professeure, UNIPV



TESI DI DOTTORATO

L'occupazione romana e medievale nella
Pianura di Pisa. Analisi morfologica delle
forme agrarie e urbane, e studio delle
dinamiche paesaggistiche

Arianna COMMODARI

Cultures et Environnements
Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge (CEPAM)

**Presentata per il conseguimento del titolo
di dottore in Archeologia-
curriculum Topografia Antica
presso l'Università Côte d'Azur
e La Sapienza Università di Roma**

Diretta da : Ricardo González Villaescusa /
Pier Luigi Dall'Aglio

Discussa il : 10 dicembre 2018

Dinanzi alla giuria, composta da :

François Favory, Professore emerito, UMR
LCE CNRS-UFC

Oriol Olesti, Professore Ordinario,
UAB Barcelona

Marie-Jeanne Ouriachi, Professoressa
associata, UMR CEPAM CNRS-UCA

Luisa Pellegrini, Professoressa associata,
UNIPV

L'occupation romaine et médiévale dans la Plaine de Pise. Analyse morphologique des formes agraires et urbaines, et étude des dynamiques paysagères

JURY :

DIRECTEURS DE RECHERCHE

Ricardo González Villaescusa, Professeur des universités UMR
CEPAM CNRS-UCA

Pier Luigi Dall'Aglio, Professeur UNIBO

RAPPORTEURS

François Favory, Professeur émérite, UMR LCE CNRS-UFC

Oriol Olesti, Professor Titular, UAB Barcelona

EXAMINATEURS

Marie-Jeanne Ouriachi, Maître de Conférences, UMR CEPAM CNRS-UCA

Luisa Pellegrini, Professeure, UNIPV

Abbreviazioni

ASFi: Archivio di Stato di Firenze

ASP: Archivio di Stato di Pisa

Consorzio LaMMA: Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per lo sviluppo sostenibile (Regione Toscana e Consiglio Nazionale delle Ricerche)

CNR – IGG: Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Geoscienze e Georisorse

ICCD: Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione, Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo

IGM: Istituto Geografico Militare

ISPRA: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

MATTM: Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

SABAP: Soprintendenze Archeologia Belle Arti e Paesaggio

Catalogo delle Figure

Figura 1. I confini geografici della Pianura di Pisa.	11
Figura 2. Il modello digitale del terreno (DTM) del settore compreso tra il fiume Serchio a nord-ovest, la piana di Bièntina a nord-est, la Bassa Valdera ad est e le Colline Pisane e Livornesi a sud.	12
Figura 3. La geomorfologia della Pianura di Pisa.....	13
Figura 4. La “carta geomorfologica della Pianura di Pisa” con indicazione dei probabili paleoalvei fluviali.	14
Figura 5. Le principali forme geomorfologiche della Pianura di Pisa con indicazione del profilo topografico del settore pianeggiante compreso tra il corso del fiume Serchio a nord, le Colline Pisane e Livornesi a sud, e il comune di Ponsacco a est (Bassa Valdera).	15
Figura 6. L'idrografia della Pianura di Pisa.	16
Figura 7. Grafico ricostruttivo delle quote di fondo dell'alveo del fiume Arno da Pontedera alla foce (Bocca d'Arno).....	17
Figura 8. Il modello altimetrico digitale della superficie piezometrica del “1° Acquifero artesiano in ghiaie”.....	17
Figura 9. I suoli della Pianura di Pisa classificati in base alla capacità di drenaggio.	18
Figura 10. Carta di distribuzione dei siti di epoca etrusca (VIII-I secolo a.C.) in ambito periurbano (al di fuori del circuito murario di epoca medievale) e rurale. ...	19
Figura 11. Carta di distribuzione dei siti di epoca romana (I secolo a.C.-VI secolo d.C.) in ambito periurbano (al di fuori del circuito murario di epoca medievale) e rurale.	20
Figura 12. Carta di distribuzione dei siti di epoca medievale (VIII-XV secolo d.C.). .	21
Figura 13. Carta di distribuzione dei siti ecclesiastici di epoca medievale (VIII-XIV secolo d.C.).....	21
Figura 14. L'organizzazione plebana della Pianura di Pisa nel settore compreso tra il fiume Serchio e la piana di Bièntina a nord, le Colline Pisane e Livornesi a sud e la Bassa Valdera ad est.....	22
Figura 15. I siti ecclesiastici di epoca medievale attestati nella Pianura di Pisa classificati in base alla diocesi di appartenenza (Pisa, Lucca e Livorno).....	22
Figura 16. Carta di distribuzione delle villenove fondate dal Comune di Pisa: Cascina (1141 o 1370); Bièntina (1179); Calcinaia (1287); Pontedera (1269); Ponsacco (1364-1366).	23
Figura 17. La centuriazione di Pisa.	25
Figura 18. L'analisi morfologica dei cardini e dei decumani della centuriazione pisana.	26
Figura 19. Gli assi della centuriazione nel paesaggio agrario attuale.	27
Figura 20. Alcuni esempi di deformazione degli assi principali della centuriazione pisana.	28
Figura 21. I fenomeni di “attrazione” dei cardini e dei decumani: il caso della centuria di S.Lucia.	29
Figura 22. L'identificazione delle tracce centuriali tramite il confronto tra il catasto attuale e il catasto storico ottocentesco: le aree investigate.	30
Figura 23. L'analisi delle tracce centuriali svolta sui fogli del Catasto Leopoldino. 30	
Figura 24. L'analisi dei <i>limites intercisivi</i> nella centuria di Zambra, S.Jacopo, Campo e Pratello.	32
Figura 25. Esempi di deformazione per “attrazione” dei <i>limites intercisivi</i>	33
Figura 26. Altri esempi di “trasformazione” dei <i>limites intercisivi</i> nelle centurie di S.Frediano, S.Giorgio a Bibbiano, in prossimità di Via Macerata, di Marcianella e Marciana.	34
Figura 27. Le tracce fossili della centuriazione pisana (contesto urbano).	35
Figura 28. Le tracce fossili della centuriazione romana (contesto rurale).	36
Figura 29. Ipotesi ricostruttive dell'organizzazione interna alle centurie di epoca romana.	37
Figura 30. Il reticolo centuriale e la viabilità attuale.	38

Figura 31. La “diagonale” della pertica pisana.	39
Figura 32. Il tracciato dell’attuale Via Tosco-Romagnola.	40
Figura 33. Il calcolo degli orientamenti degli “elementi divisorii” e della viabilità minore nell’intervallo compreso tra 0°-180°.	40
Figura 34. Gli “elementi divisorii” e la rete viaria minore isoclini alla centuriazione.	41
Figura 35. Le classi di orientamento prevalenti del sistema idrico attuale nell’intervallo compreso tra 0°-180°.	42
Figura 36. Le classi di orientamento prevalenti degli “elementi lineari” del parcellare agrario attuale nell’intervallo compreso tra 0°-180°.	43
Figura 37. Il calcolo degli orientamenti nell’intervallo compreso tra 0° e 90°.	44
Figura 38. Le parcelle del Castato Leopoldino nel settore compreso tra Pisa e Cascina.	45
Figura 39. Il grado di “rettangolarità” delle parcelle ottocentesche.	45
Figura 40. La trasmissione della struttura centuriale nel parcellare storico: regolarità geometrica e orientamento.	46
Figura 41. Le parcelle ottocentesche anisocline all’impianto centuriale.	46
Figura 42. La lettura morfologica del settore compreso tra l’abitato di Cascina e il Rio di Pozzale sulla base del catasto storico Leopoldino.	47
Figura 43. L’analisi degli orientamenti del parcellare storico tramite il supporto MorphAL.	47
Figura 44. L’analisi morfologica del “Paleorotina”.	48
Figura 45. La villanova di Cascina nel Catasto storico Leopoldino.	49
Figura 46. La lettura morfologica dell’impianto urbano di Cascina realizzato sulla base del catasto storico ottocentesco.	49
Figura 47. La trasformazione dell’impianto urbano di Cascina originario.	49
Figura 48. L’analisi metrologica dei lotti urbani dell’impianto di Cascina realizzata tramite il supporto MorphAL.	50
Figura 49. Lo studio metrologico delle superfici degli isolati urbani, basata sul sistema di misurazione di epoca medievale.	50
Figura 50. L’analisi degli orientamenti degli assi che delimitano gli “isolati-tipo” e i lotti urbani interni del settore settentrionale.	51
Figura 51. L’analisi degli orientamenti del parcellare agrario e urbano del catasto ottocentesco in prossimità dell’abitato di Cascina.	51
Figura 52. La lettura morfologica dell’impianto urbano della “terra nuova” di Ponsacco.	52
Figura 53. L’analisi metrologica delle parcelle urbane di Ponsacco (perimetro).	53
Figura 54. L’analisi metrologica delle parcelle urbane di Ponsacco (area).	53
Figura 55. Il calcolo degli orientamenti degli assi che delimitano le parcelle urbane di Ponsacco.	54
Figura 56. Il “grado di rettangolarità” delle parcelle urbane di Ponsacco.	54
Figura 57. La trama regolare in località “Le Melorie” rintracciata sulla base della Carta Tecnica Regionale 1:10000.	55
Figura 58. La trama regolare in località “Le Melorie” visibile nei fogli del catasto ottocentesco.	55
Figura 59. La rete di fossi evidenziati sulla base del Catasto Leopoldino e la topografia del settore in località “Le Melorie” realizzato sulla base dei dati vettoriali della CTR 1:10000.	55
Figura 60. I lotti regolari della trama agraria in località “Le Melorie” evidenziati sulla base del catasto attuale.	56
Figura 61. Le tracce della centuriazione romana e il sistema idrico attuale.	57
Figura 62. La <i>docaia</i> di San Lorenzo individuata sulla base del Catasto Leopoldino.	57
Figura 63. I fossi della rete idrica isoclini alla centuriazione pisana nel settore compreso tra Pisa e Cascina (A) e nel settore orientale (B).	58
Figura 64. La “carta compilata” delle forme riferibili agli assi della centuriazione pisana.	59
Figura 65. Schema relativo ai fattori di instabilità fluviale dal confronto con (Arnaud-Fassetta 2007; Surian 2006).	61
Figura 68. Le opere di arginatura del fiume Arno del XIX secolo.	62

Figura 72. Lo schema metodologico adottato nella ricostruzione della paleoidrografia del settore compreso tra Pisa e Cascina.....	63
Figura 74. Isolotti fluviali rinvenuti in prossimità di San Frediano e contenenti materiale edilizio probabilmente riferibile a strutture medievali distrutte dalle piene dell'Arno.	63
Figura 75. Isolotti fluviali rinvenuti in prossimità di Laiano e contenenti materiale edilizio probabilmente riferibile a strutture medievali distrutte dalle piene dell'Arno.	64
Figura 76. Palizzate lignee rinvenute nei pressi di Laiano probabilmente riferibili agli antichi argini del fiume Arno.	64
Figura 77. Carta dei toponimi "idrografici" attestati nei pressi dei centri abitati di origine medievale.	65
Figura 78. <i>Pianta della Pianura Pisana e dello Stagno di Pisa</i> (ruotata), ASFi "Capitani di Parte Guelfa" IX/37 del XVII secolo. Tratta da (Basilico et al. 1988, 127).	65
Figura 79. <i>Mappa corografica della Pianura Meridionale di Pisa tra l'Arno e le Colline</i> (ruotata) della seconda metà del XVIII secolo (ASFi, "Miscellanea di Pianta", n. 203). Tratta da (Paglialunga et al. 2001, 146).	66
Figura 80. <i>Pianta della pianura pisana e sue adiacenze compresa nel Dipartimento del Mediterraneo</i> del 1811 (G. Caluri 1811, ASFi, "Miscellanea di Pianta", n. 508). Tratta da (Paglialunga et al. 2001, 150).	66
Figura 81. "Pianta Generale della Pianura Meridionale Pisana", ASP, "Fondo Fiumi e Fossi Carte Topografiche" n. 229.	67
Figura 82. "Carta Topografica dei Corsi d'Acqua della Pianura Pisana amministrati dalla Deputazione Generale a forma del R. Motuproprio del 30 Novembre 1828 ricavato dai lucidi del nuovo catasto", ASP, "Fondo Fiumi e Fossi Carte Topografiche" n. 107, I parte.....	67
Figura 84. Analisi morfologica del parcellare urbano realizzata su supporto fotografico (A: volo GAI 1954, Foglio 104, strisciata 7, fotogramma 2051) – dai tipi dell'Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org).	68
Figura 85. Analisi morfologica della zona di Cisanello realizzata su ortofoto IGM 1954 (A: volo GAI 1954, Foglio 104, strisciata 7, fotogramma 2051) – dai tipi dell'Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org).	69
Figura 86. Analisi morfologica dell'area di Visignano realizzata su ortofoto IGM 1954, (A: volo GAI 1954, Foglio 105, strisciata 8, fotogramma 846) – dai tipi dell'Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org).	70
Figura 87. Analisi morfologica del settore compreso tra Zambra e Uliveto realizzata su ortofoto IGM 1954 (A: volo GAI 1954, Foglio 105, strisciata 8, fotogramma 846) – dai tipi dell'Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org).....	71
Figura 88. Analisi morfologica del settore a sud dell'ansa di Noce realizzata su ortofoto IGM 1954 (A: volo GAI 1954, Foglio 105, strisciata 8, fotogramma 846) – dai tipi dell'Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org).	72
Figura 89. Le tracce riferibili a probabili percorsi fluviali individuate su base carto- e fotointerpretativa.	73
Figura 90. Il DTM del settore compreso tra Riglione e Cascina elaborato sulla base delle immagini LIDAR.	74
Figura 91. Carta con la localizzazione dei 6 nuovi carotaggi realizzati nell'ambito del progetto di dottorato.....	74
Figura 92. Log stratigrafico del carotaggio SC1.....	75
Figura 93. Tracce di colorazione scura individuate nel fotogramma del volo IGM 1973 (foglio 105, strisciata XXVII, fotogramma 354) – dai tipi dell'Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org), con indicazione del carotaggio SC1.	76
Figura 94. Log stratigrafico del carotaggio SC2.....	77
Figura 96. Log stratigrafico del carotaggio SC3.....	78

Figura 97. Log stratigrafico del carotaggio SC4.....	79
Figura 98. Log stratigrafico del carotaggio SC5.....	80
Figura 99. Log stratigrafico del carotaggio SC6.....	81
Figura 100, A. Carta delle correlazioni stratigrafiche realizzate nel settore compreso tra Pisa e Cascina (1-4).....	82
Figura 100, B. Carta delle correlazioni stratigrafiche realizzate nel settore compreso tra Pisa e Cascina (5-8).....	83
Figura 101. Correlazione stratigrafica n. 1.	85
Figura 102. Correlazione stratigrafica n. 2.	86
Figura 104. Correlazione stratigrafica n. 3.	87
Figura 105. Correlazione stratigrafica n. 4.	88
Figura 106. Correlazione stratigrafica n. 5.	89
Figura 107. Correlazione stratigrafica n. 6.	91
Figura 108. Log stratigrafico del carotaggio C3Bassi.	92
Figura 110. Correlazione stratigrafica n. 7.	93
Figura 111. Carta delle “aree di maggiore attività” del Fiume Arno.	94
Figura 112. Correlazione stratigrafica n°8.....	95
Figura 113. La “palude di Lavaiano”.	96
Figura 114. Immagine del 1920-1930 che ritrae il Fiume Morto, a nord della città di Pisa (ottenuta per gentile concessione dell’“Ufficio Fiumi e Fossi” - Consorzio 4 Basso Valdarno sede Pisa).....	97
Figura 115. Le tracce della centuriazione e il sistema insediativo di epoca romana.	98

Parte I – PREMESSA GENERALE

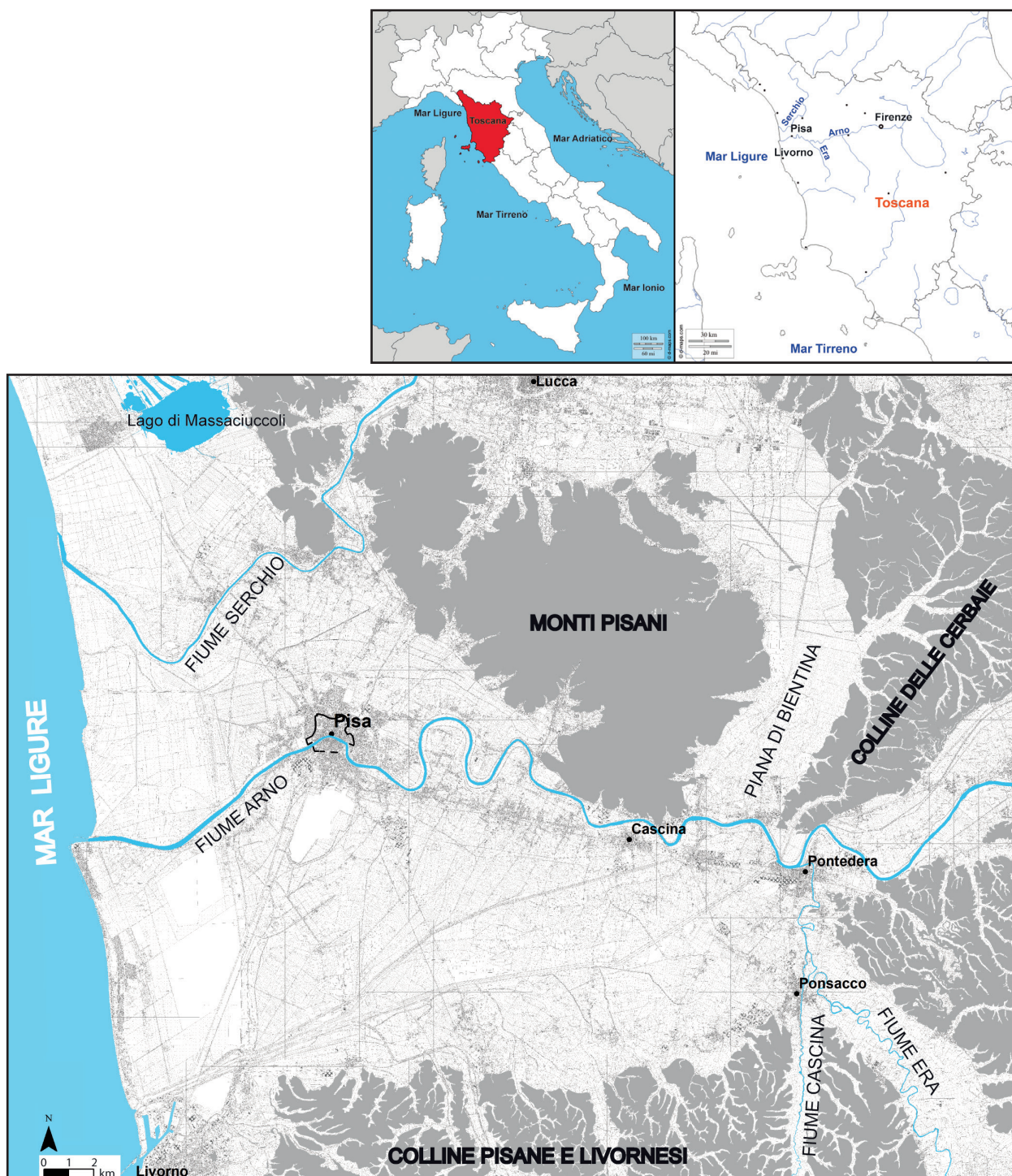


Figura 1. I confini geografici della Pianura di Pisa.

La pianura di Pisa è limitata a nord dalla pianura costiera versiliana e dai Monti Pisani, a sud dalle Colline Pisane e Livornesi, a ovest dal mar Ligure e a est dalla Valdera. Mentre il confine nord-occidentale non è chiaramente definibile, ma verosimilmente coincidente con la depressione del lago di Massaciuccoli. In alto a sinistra la penisola italiana con indicazione dei mari principali che la bagnano e della regione Toscana (rielaborazione della cartina Italia offerta dal sito d-maps.com - https://d-maps.com/pays.php?num_pay=200&lang=it); in alto a destra la regione Toscana con indicazione delle città di Pisa, Livorno e Firenze e dei corsi dei fiumi Arno, Serchio ed Era (rielaborazione della cartina Toscana offerta dal sito d-maps.com - https://d-maps.com/pays.php?num_pay=411&lang=it).

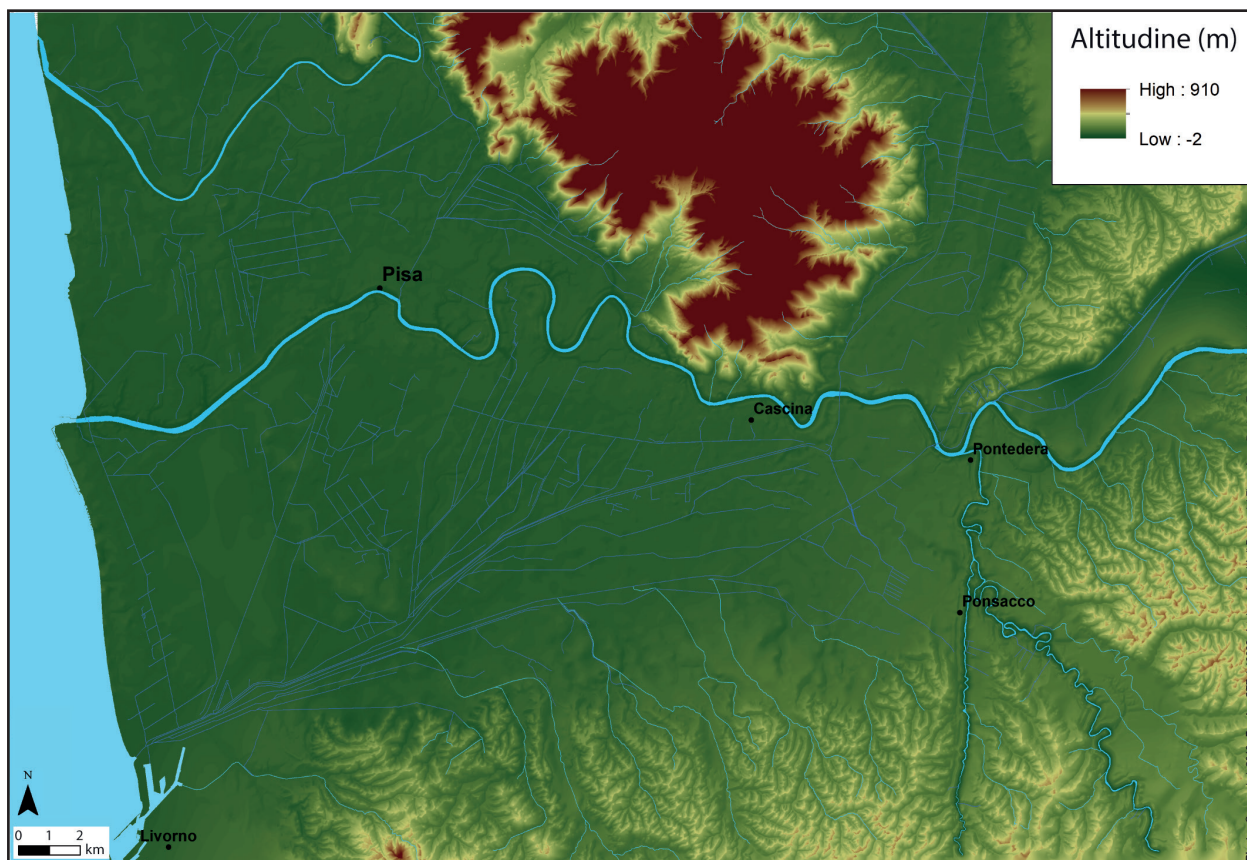


Figura 2. Il modello digitale del terreno (DTM) del settore compreso tra il fiume Serchio a nord-ovest, la piana di Bièntina a nord-est, la Bassa Valdera ad est e le Colline Pisane e Livornesi a sud.
 Il profilo altimetrico è stato rielaborato a partire dai dati vettoriali (punti quota e curve di livello) della CTR in scala 1:10000 della Regione Toscana.

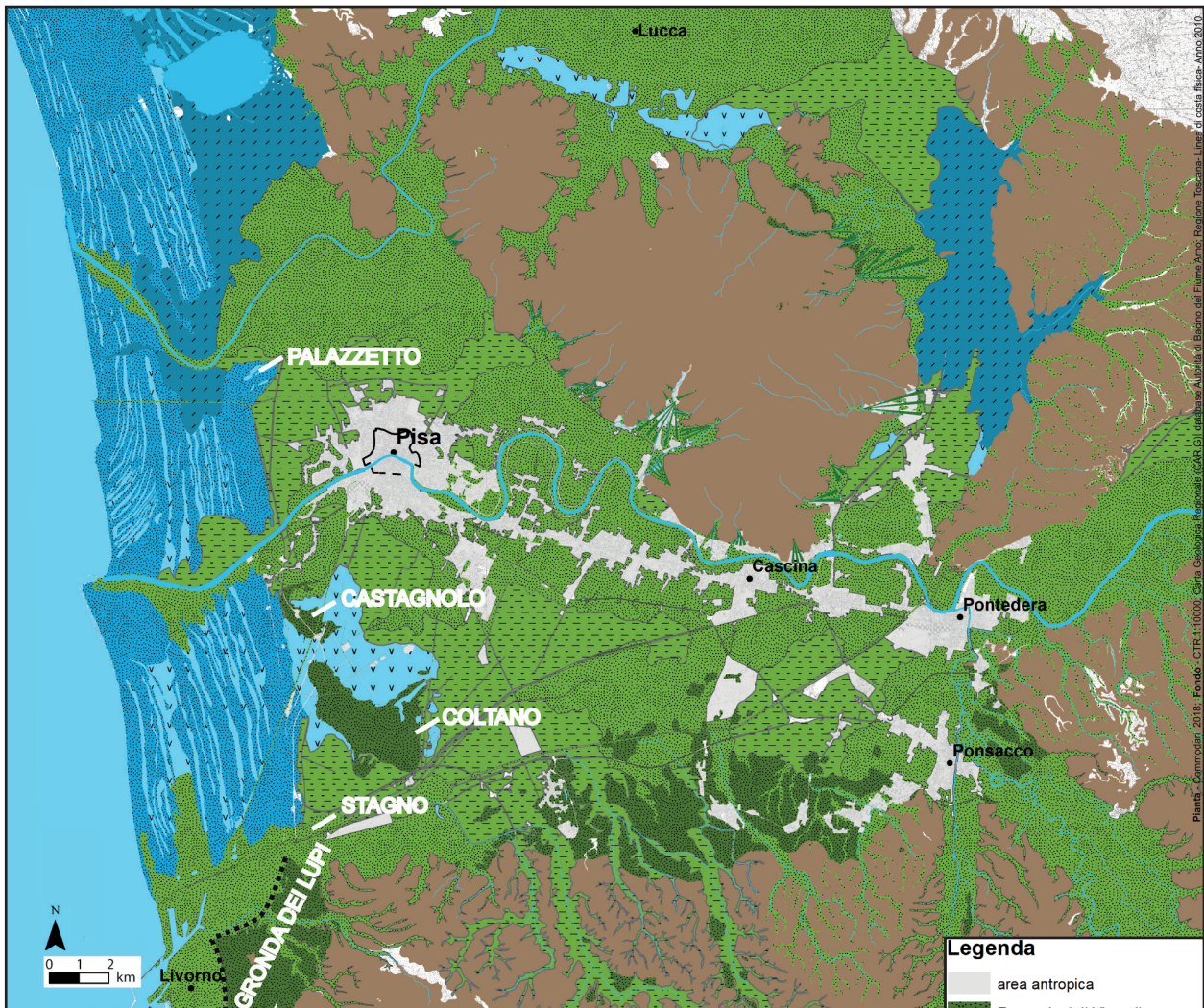


Figura 3. La geomorfologia della Pianura di Pisa.

La carta è stata rielaborata e modificata a partire dai dati vettoriali della Carta Geologica Regionale in scala 1:10000 (CAR.G) della Regione Toscana (rilasciati con licenza CC BY 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), con indicazione delle località di Palazzetto, Castagnolo, Coltano e Stagno.

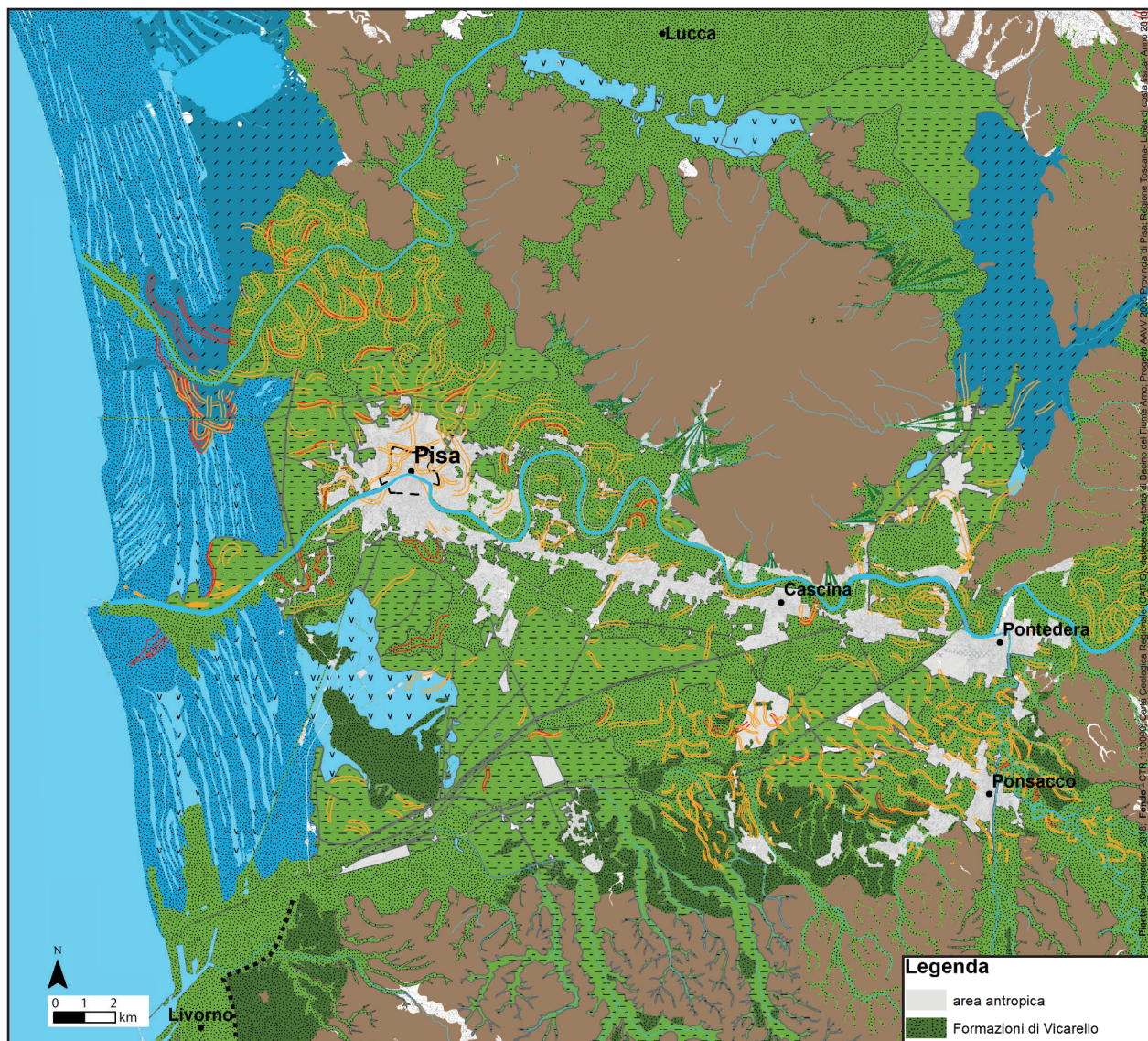


Figura 4. La “carta geomorfologica della Pianura di Pisa” con indicazione dei probabili paleoalvei fluviali.

La carta è stata rielaborata e modificata a partire dai dati vettoriali della Carta Geologica Regionale in scala 1:10000 (CAR.G) della Regione Toscana (rilasciati con licenza CC BY 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)), con indicazione dei paleoalvei evidenziati nella CAR.G e nel progetto “AAVV (2005) - La Geologia della Provincia di Pisa, Cartografia, Geositi e Banche Dati. A cura della Provincia di Pisa - Servizio Difesa del Suolo. DVD Pisa, 1/12/2005”.

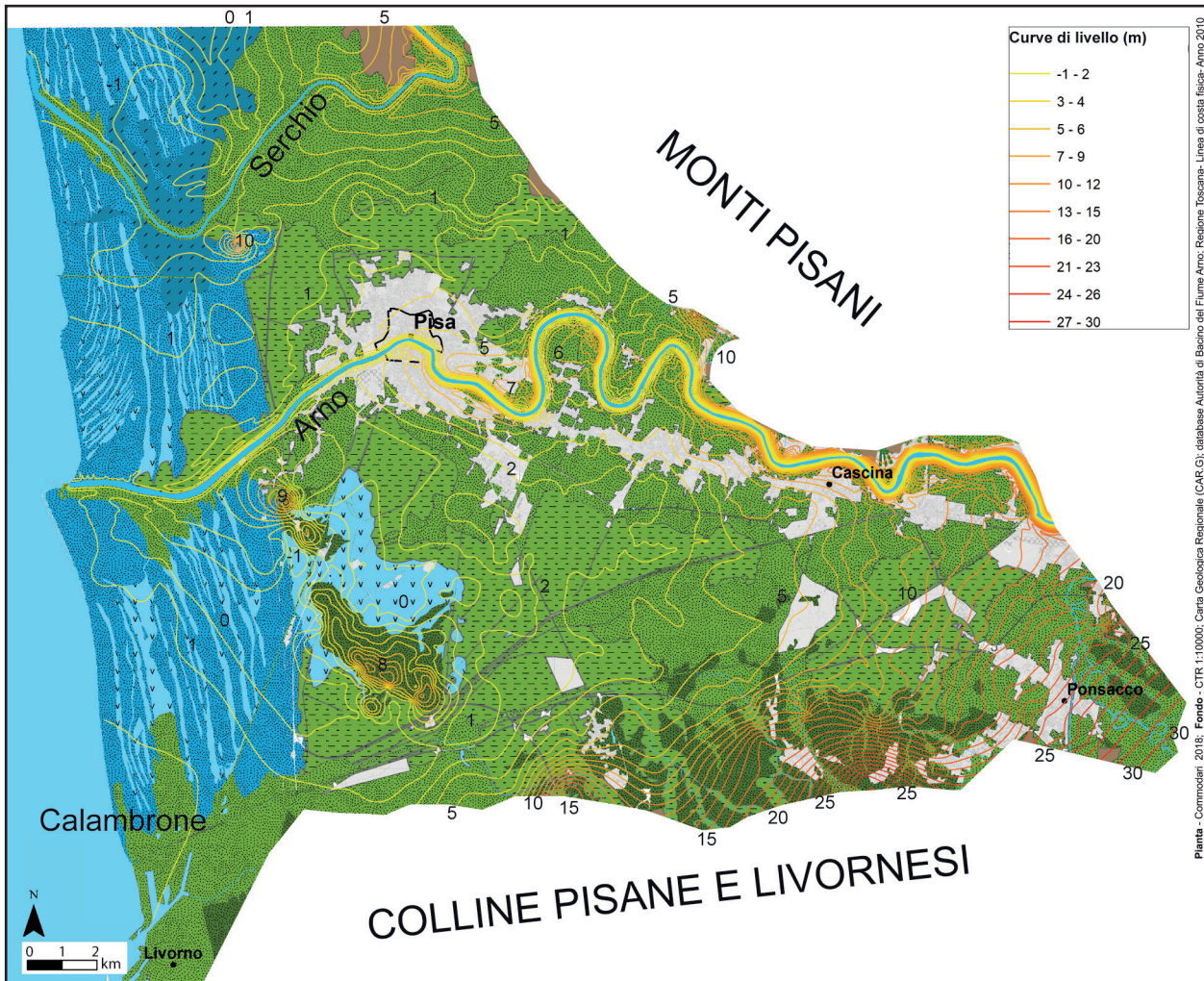


Figura 5. Le principali forme geomorfologiche della Pianura di Pisa con indicazione del profilo topografico del settore pianeggiante compreso tra il corso del fiume Serchio a nord, le Colline Pisane e Livornesi a sud, e il comune di Ponsacco a est (Bassa Valdera).

Il profilo altimetrico è stato rielaborato a partire dai dati vettoriali (punti quota) della CTR in scala 1:10000 della Regione Toscana.

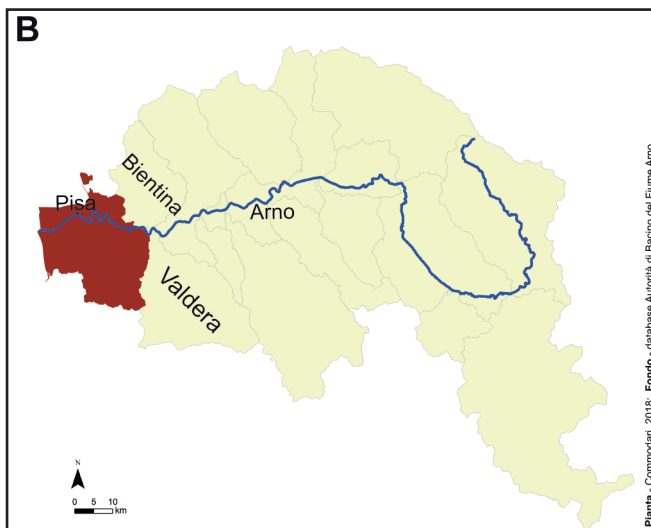
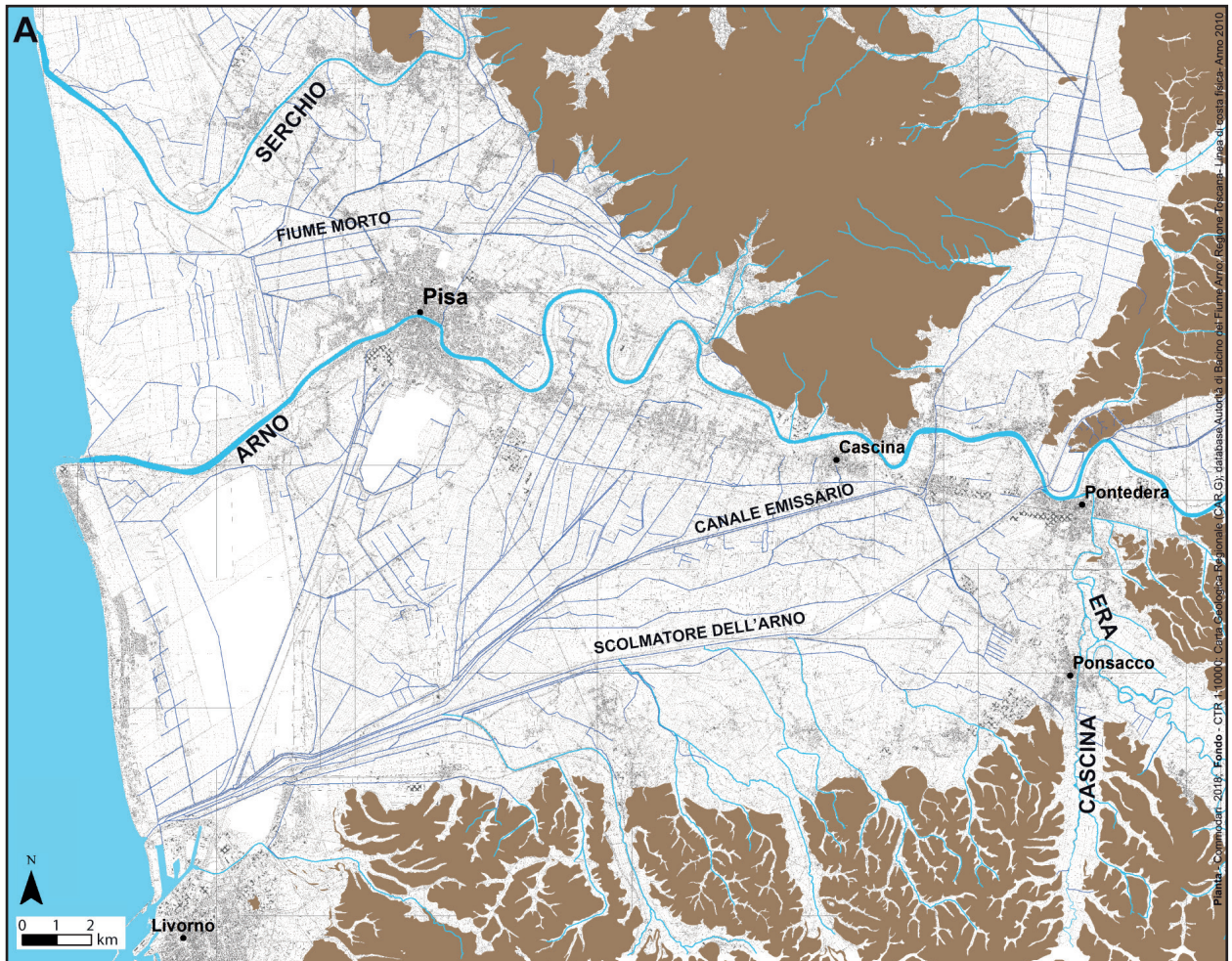


Figura 6. L'idrografia della Pianura di Pisa.
 La carta (A) è stata rielaborata sulla base dei dati vettoriali della CTR 1:10000, gentilmente concessi dalla Provincia di Pisa, e dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno. Oltre i corsi fluviali principali che attraversano la pianura di Pisa sono indicati i canali artificiali del Fiume Morto, del Canale Emissario e dello Scolmatore dell'Arno. A sinistra (B) è possibile osservare l'estensione del Bacino Idrografico del Fiume Arno (Fonte dei dati vettoriali: Autorità di Bacino del Fiume Arno, <http://www.adbarno.it/opendata/>. Politca di distribuzione: "L'Autorità di Bacino ha scelto come licenza di riferimento la "Italian Open Data License v1.0", come definita dal Formez e Agenzia per l'Italia Digitale (ex DigitPA), conforme alla Creative Commons 3.0 alla Open Database License (ODbL)").

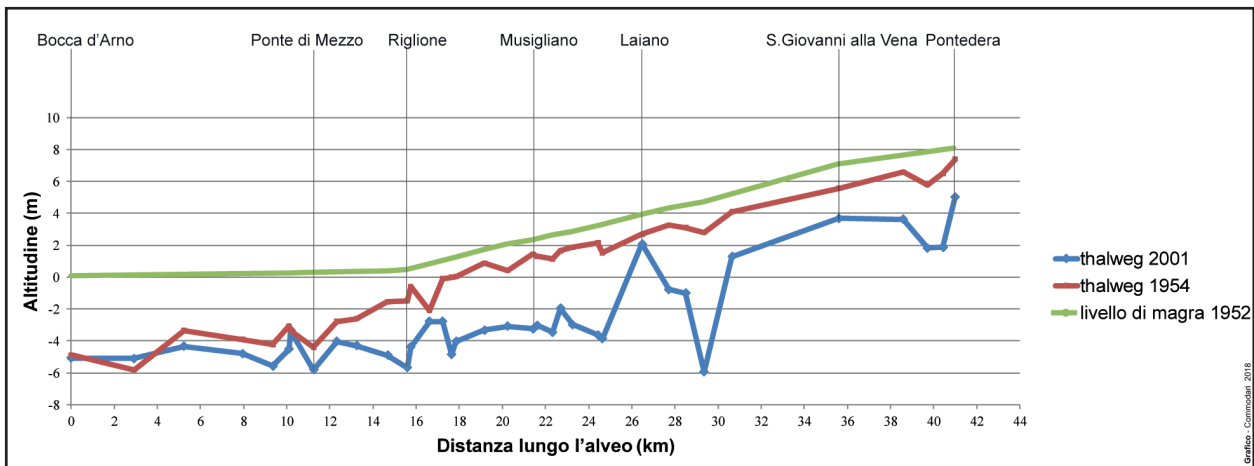


Figura 7. Grafico ricostruttivo delle quote di fondo dell'alveo del fiume Arno da Pontedera alla foce (Bocca d'Arno).

Il grafico è stato realizzato sulla base delle sezioni dell'alveo del fiume Arno prodotte dal Servizio Idrografico dell'allora Ministero dei Lavori Pubblici nel 1954 (Ufficio Idrografico dell'Arno-Pisa 1954) e delle sezioni realizzate nel 2001 dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Servizio Operata offerto dall'Autorità di Bacino - Sezioni e modellazione idraulica (http://www.adbarno.it/opendata/?page_id=26)). In verde è indicato il livello di magra del fiume registrato nel 1952.

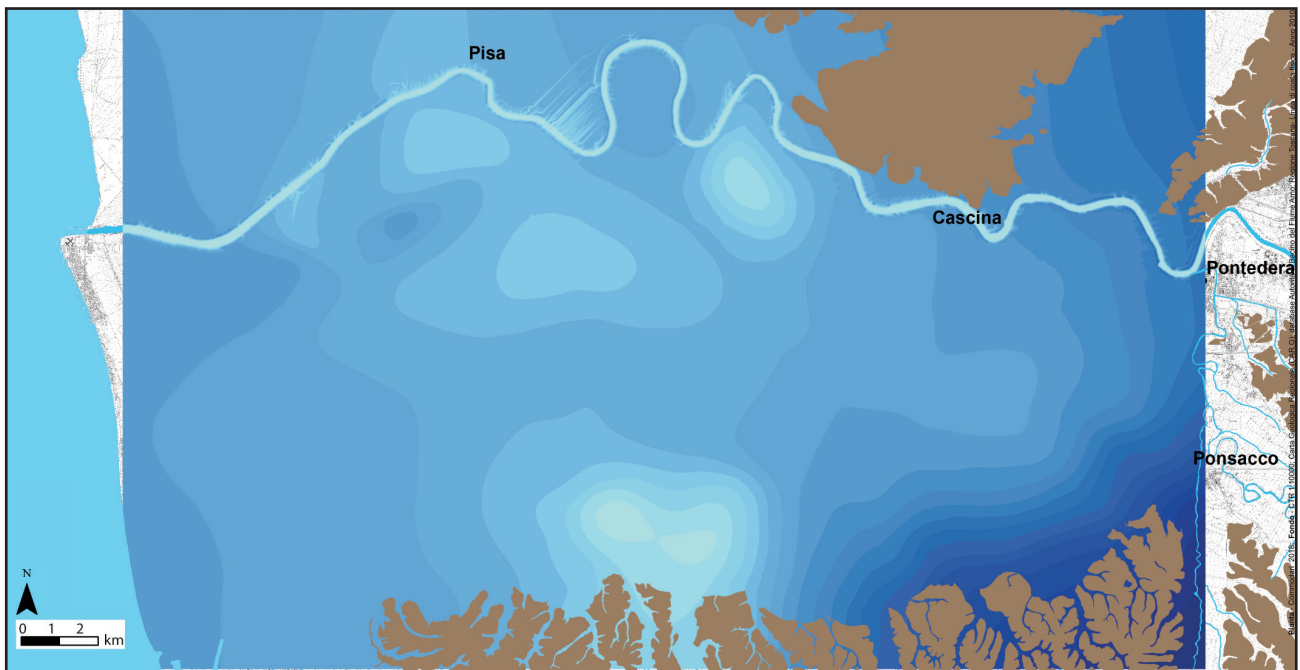
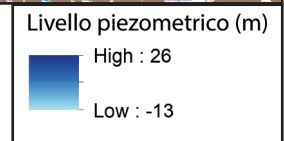


Figura 8. Il modello altimetrico digitale della superficie piezometrica del "1° Acquifero artesiano in ghiaie".

La carta è stata elaborata sulla base della "Carta del Sistema Acquifero della Pianura di Pisa (Sap). Carta della Permeabilità delle Rocce" (F. Baldacci, L. Bellini, G. Raggi, 1998). L'andamento altimetrico della superficie piezometrica della pianura di Pisa è tendenzialmente decrescente dall'interno verso la costa, con aree maggiormente depresse prodotte dal prelevamento delle acque sotterranee verso le quali viene artificialmente richiamato il deflusso sotterraneo.



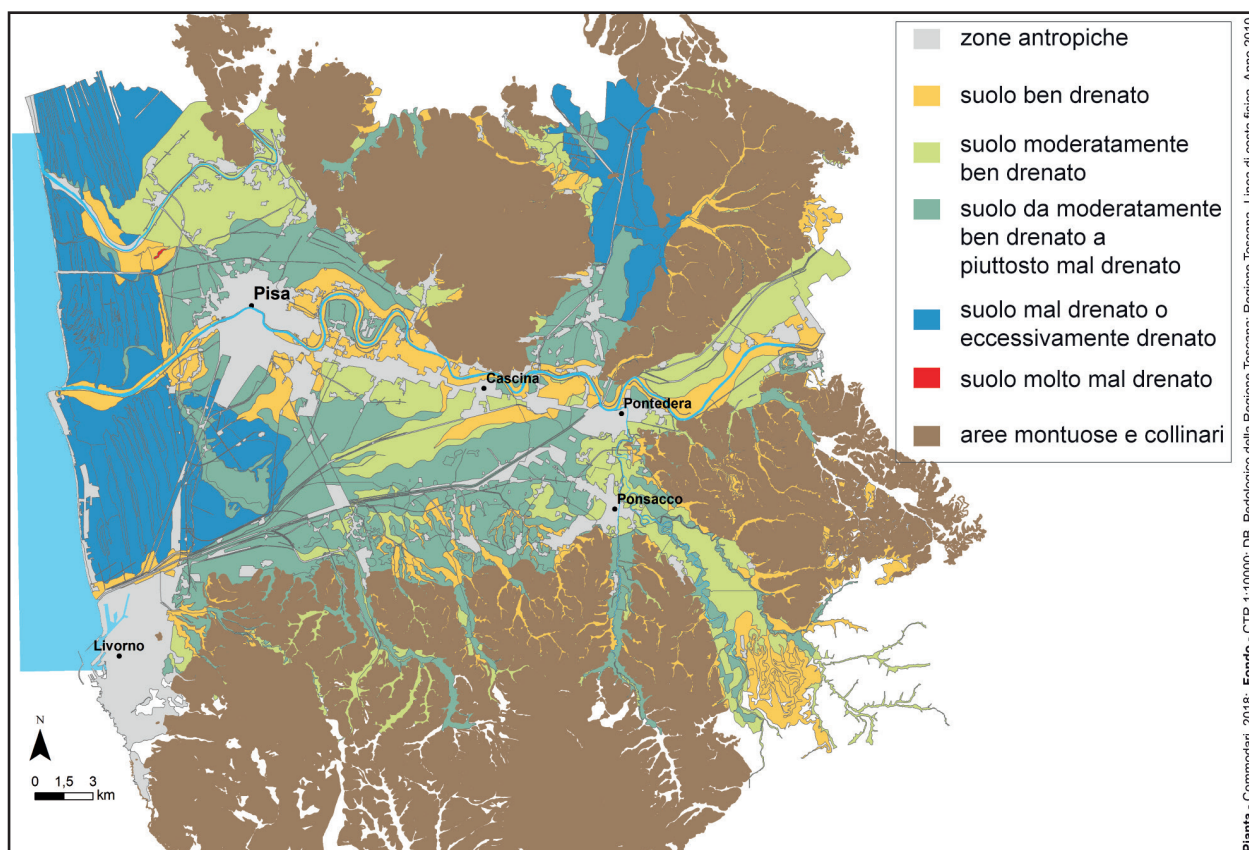


Figura 9. I suoli della Pianura di Pisa classificati in base alla capacità di drenaggio.

I dati vettoriali sono stati rielaborati a partire dal DB_Pedologico della Regione Toscana (Fonte dei dati: Regione Toscana – “DB Pedologico”. Il dataset è rilasciato con licenza CC BY 4.0, <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). In grigio sono indicate le aree urbane; in arancio i suoli da franco limosi a franchi ben drenati; in verde chiaro i suoli a tessitura franco-limosa moderatamente ben drenati; in verde scuro i suoli a tessitura prevalentemente franco limosa o franco limosa argillosa da moderatamente ben drenati a piuttosto mal drenati; in blu i suoli a tessitura argillosa mal drenati e i suoli sabbiosi eccessivamente drenati (cordoni sabbiosi costieri); in rosso i suoli franco argillosi molto mal drenati (in prossimità delle dune di Palazzetto); infine in marrone le aree montuose e collinari.

Cronologia	Intervallo di tempo (yr BC/AD)	Intervallo di tempo (cal yr BP)
Neolitico	5500-3300 BC	ca. 7500-5300
Eneolitico	3300-1900 BC	ca. 5300-3800
Età del Bronzo	1900-901 BC	ca. 3800-2850
Età del Ferro	900-721 BC	ca. 2850-2700
Epoca etrusca	720-90 BC	ca. 2700-2000
Epoca romana	89 BC-600 AD	ca. 2000-1350
Altomedioevo	601-1000 AD	ca. 1350-950
Medioevo	1001-1491 AD	ca. 950-450
Epoca moderna	1492-1814 AD	ca. 450-150
Epoca contemporanea	1815- presente	ca. 150- presente

Tabella - Composita 2018

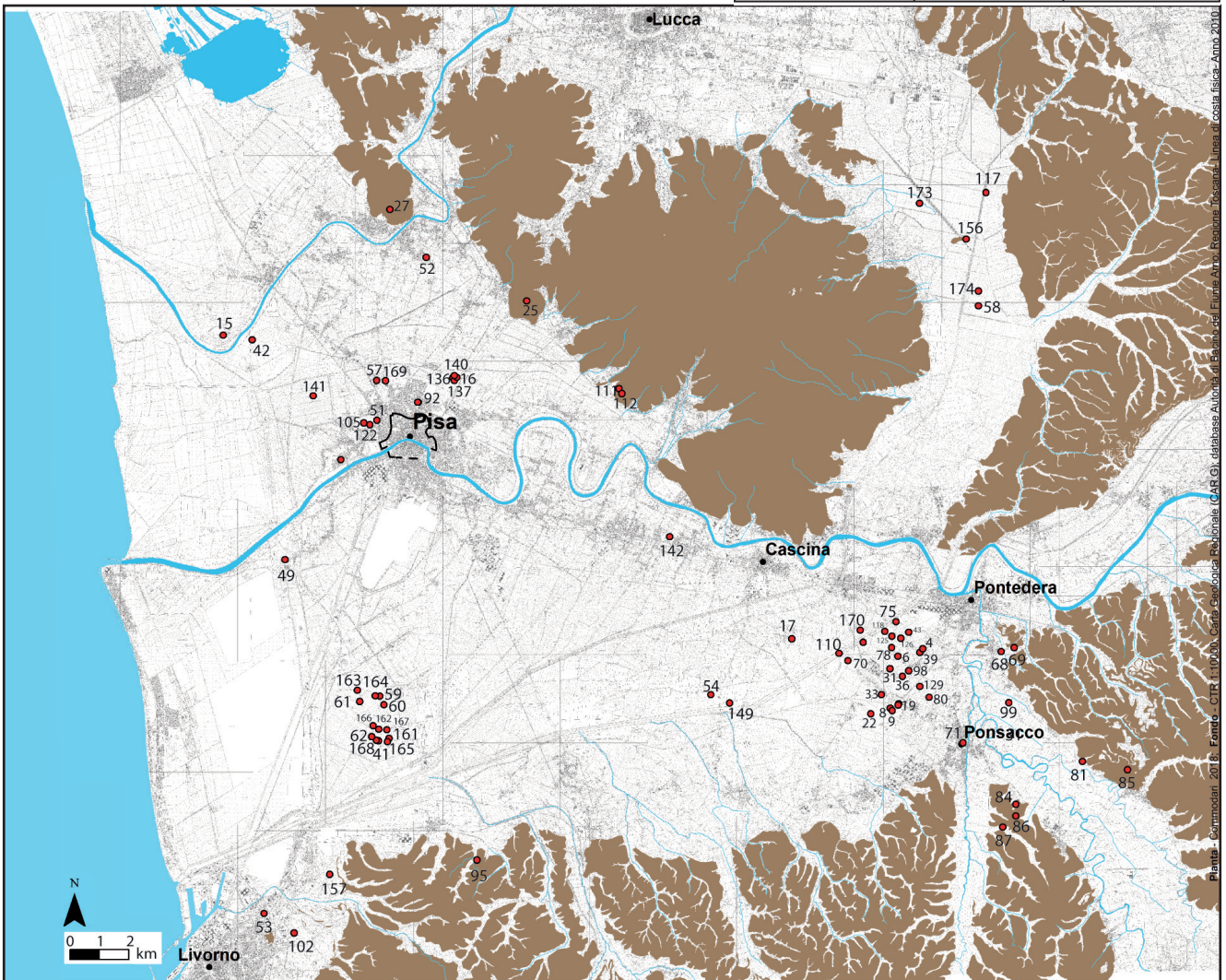


Figura 10. Carta di distribuzione dei siti di epoca etrusca (VIII-I secolo a.C.) in ambito periurbano (al di fuori del circuito murario di epoca medievale) e rurale.
 In alto a destra, inoltre, è visibile la sintesi cronologica adottata nello studio del contesto pisano nell'ambito del progetto Mappa e della ricerca di dottorato, estratta da (Amorosi et al. 2013a, 96).

Cronologia	Intervallo di tempo (yr BC/AD)	Intervallo di tempo (cal yr BP)
Neolitico	5500-3300 BC	ca. 7500-5300
Eneolitico	3300-1900 BC	ca. 5300-3800
Età del Bronzo	1900-901 BC	ca. 3800-2850
Età del Ferro	900-721 BC	ca. 2850-2700
Epoca etrusca	720-90 BC	ca. 2700-2000
Epoca romana	89 BC-600 AD	ca. 2000-1350
Altomedioevo	601-1000 AD	ca. 1350-950
Medioevo	1001-1491 AD	ca. 950-450
Epoca moderna	1492-1814 AD	ca. 450-150
Epoca contemporanea	1815- presente	ca. 150- presente

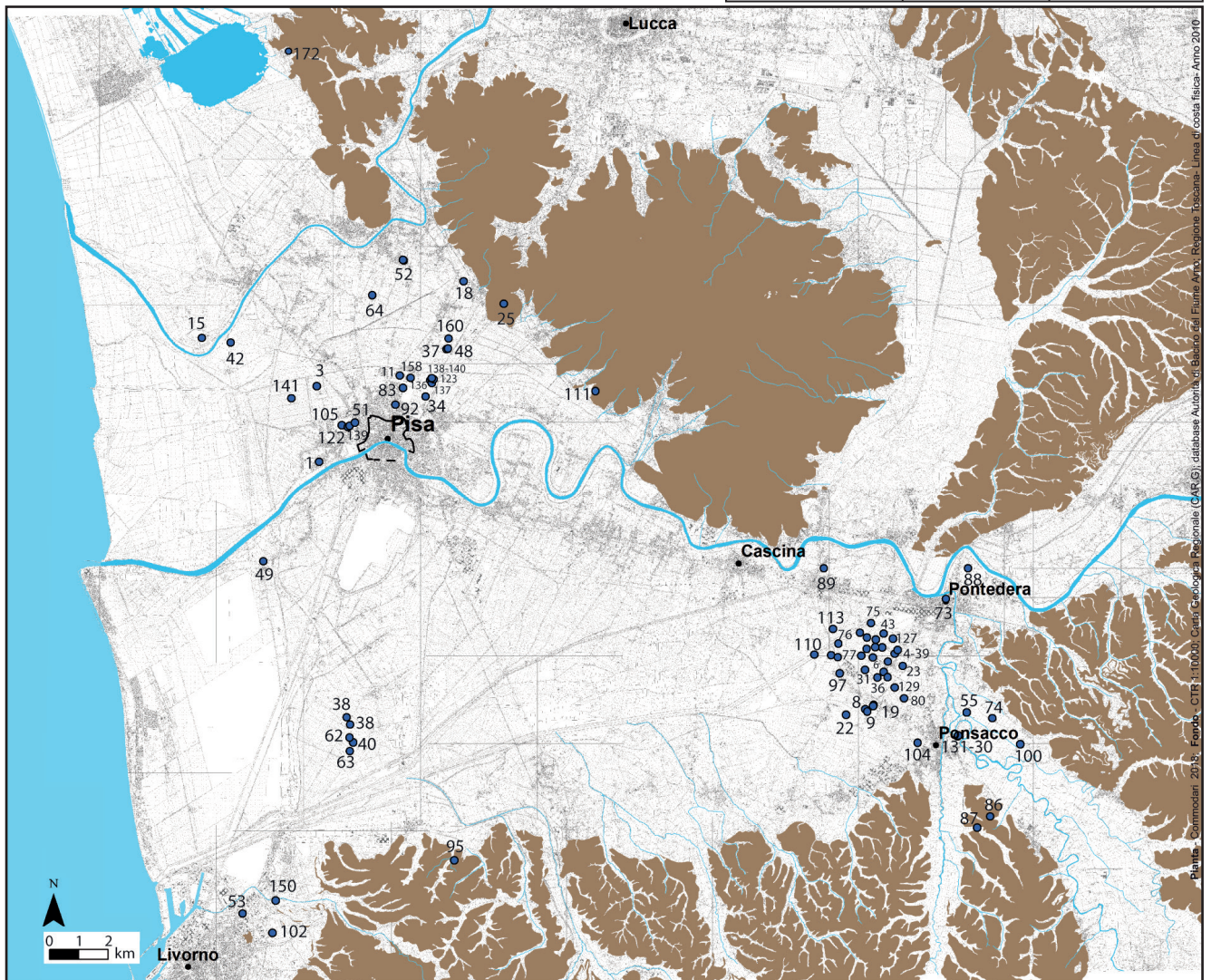


Figura 11. Carta di distribuzione dei siti di epoca romana (I secolo a.C.-VI secolo d.C.) in ambito periurbano (al di fuori del circuito murario di epoca medievale) e rurale.
 In alto a destra, sintesi cronologica adottata nello studio del contesto pisano nell'ambito del progetto Mappa e della ricerca di dottorato, estratta da (Amorosi et al. 2013a, 96).

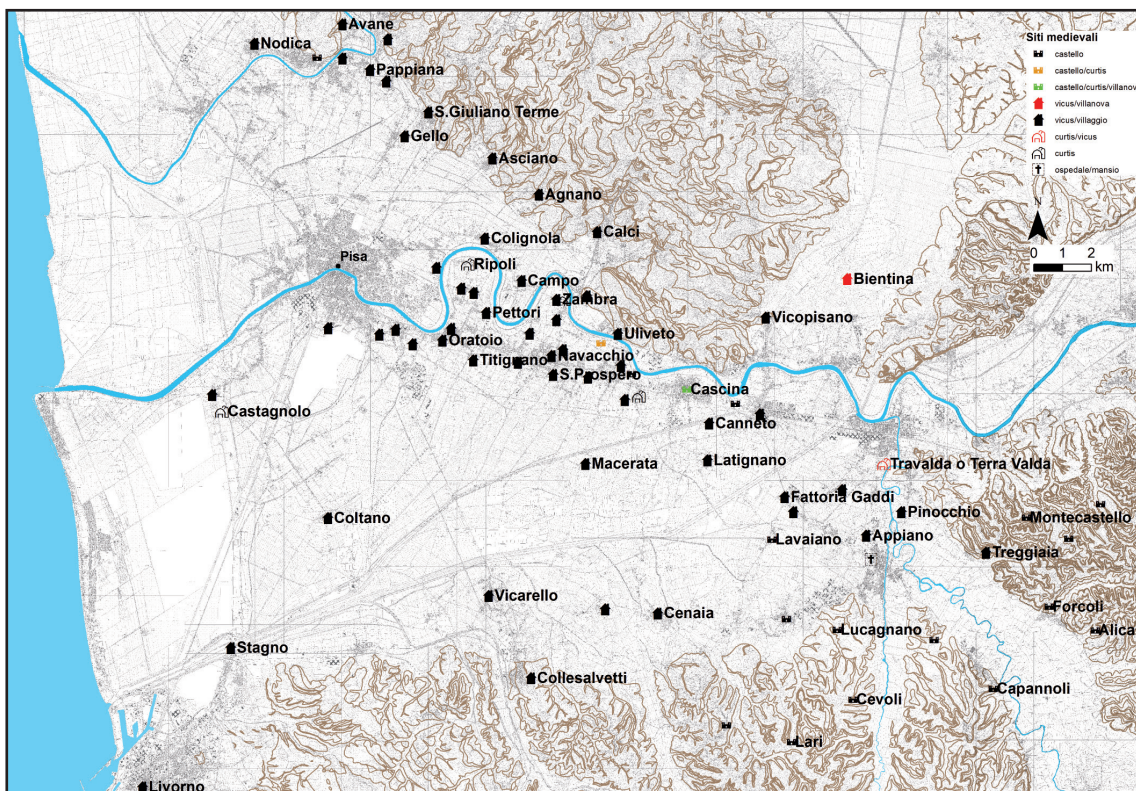


Figura 12. Carta di distribuzione dei siti di epoca medievale (VIII-XV secolo d.C.).
 I siti sono stati classificati secondo le differenti tipologie (*curtes*, villaggi, castelli, ospedali, *mansio*), nel settore compreso tra il fiume Serchio e la piana di Biadina a nord, le Colline Pisane e Livornesi a sud e la Bassa Valdera ad est.

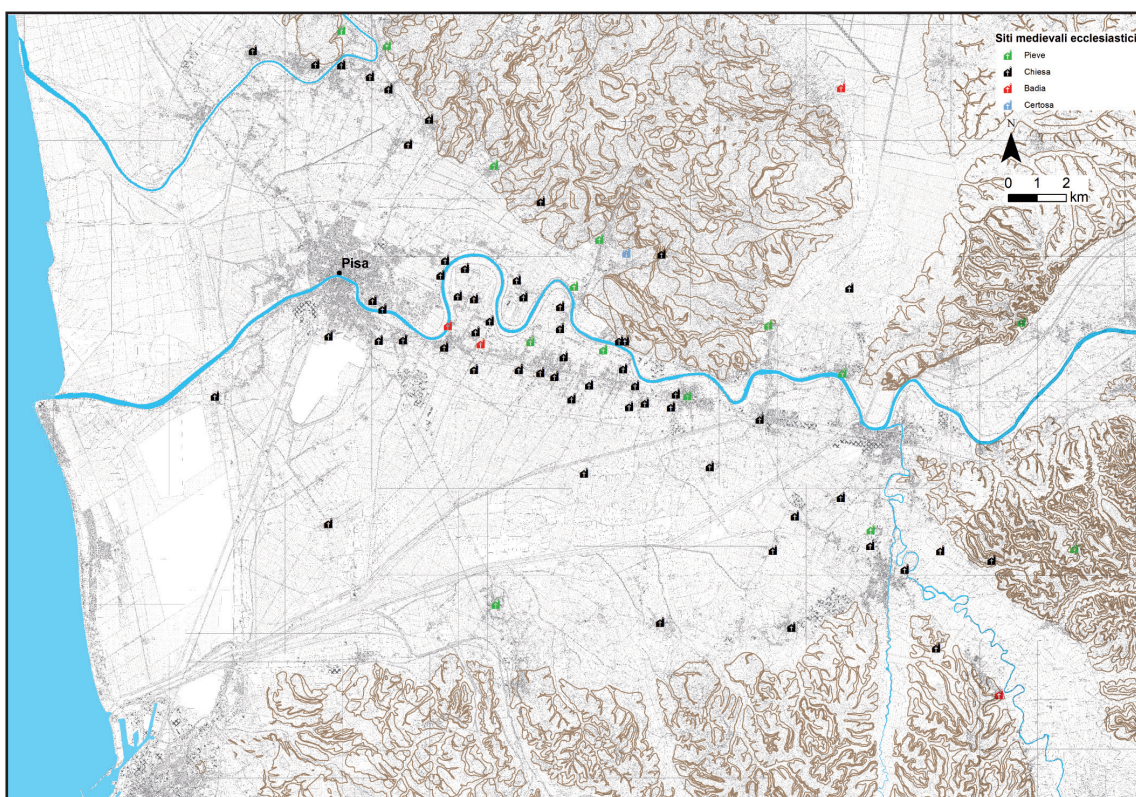


Figura 13. Carta di distribuzione dei siti ecclesiastici di epoca medievale (VIII-XIV secolo d.C.).
 I siti sono classificati secondo le differenti tipologie (chiese, pievi, monasteri, badie) nel settore compreso tra il fiume Serchio e la piana di Biadina a nord, le Colline Pisane e Livornesi a sud e la Bassa Valdera ad est.

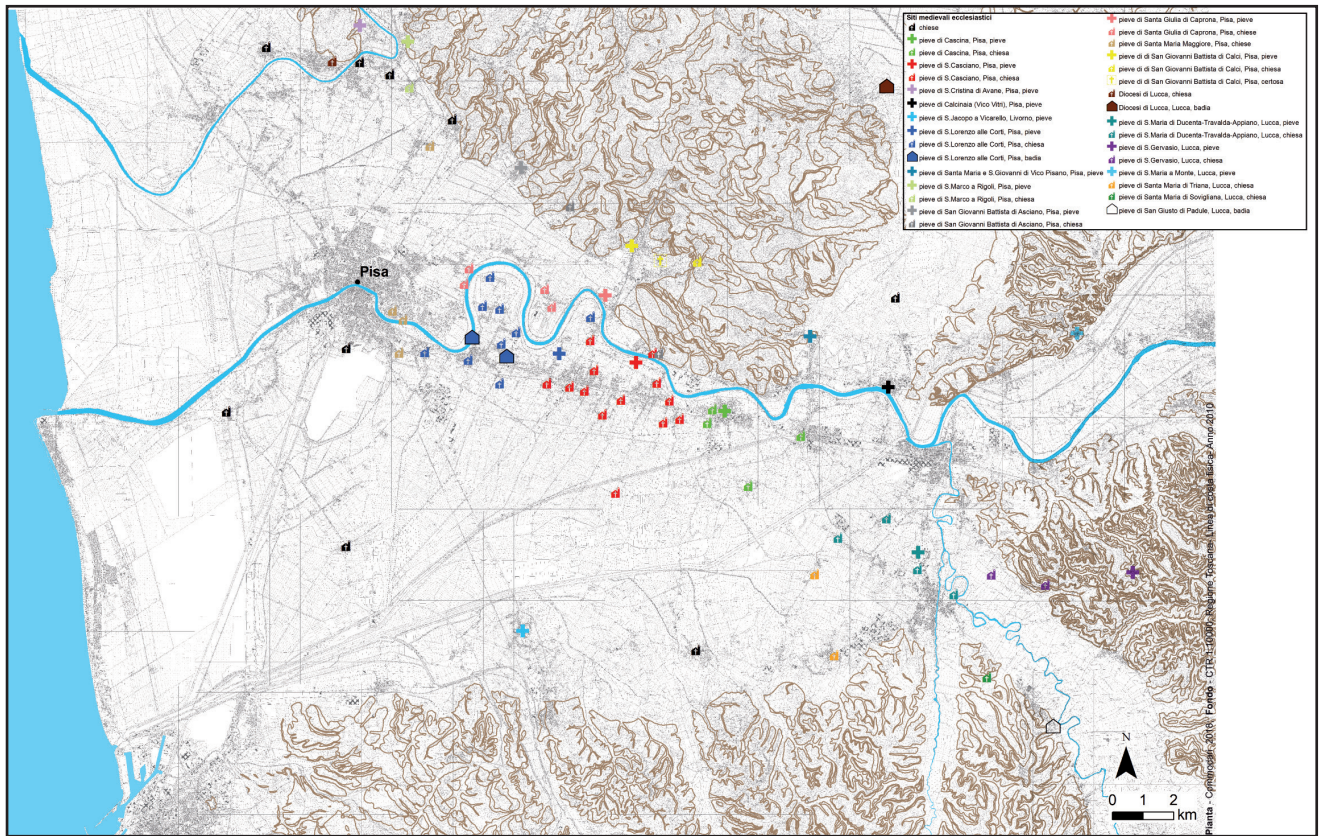


Figura 14. L'organizzazione plebana della Pianura di Pisa nel settore compreso tra il fiume Serchio e la piana di Bièntina a nord, le Colline Pisane e Livornesi a sud e la Bassa Valdera ad est.

I vari centri ecclesiastici sono stati classificati in base alla pieve di appartenenza, alla diocesi (Pisa, Lucca, Livorno) e alla tipologia (chiesa, pieve, monastero, badia).

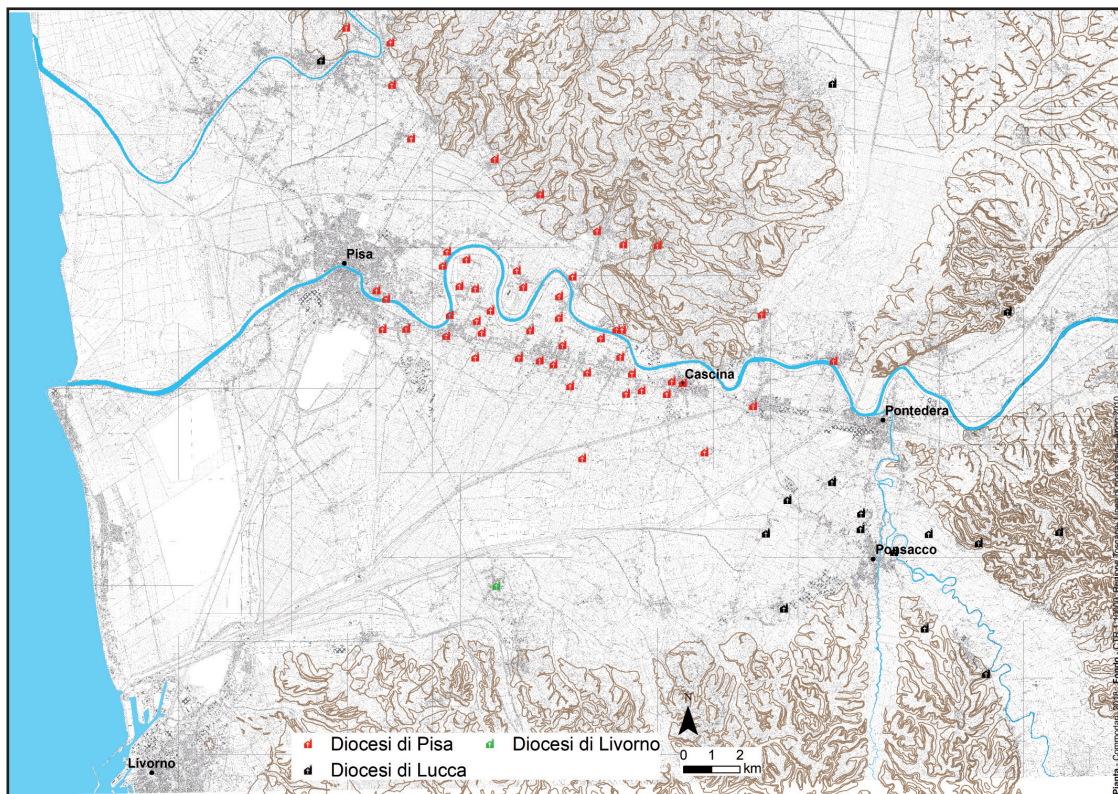


Figura 15. I siti ecclesiastici di epoca medievale attestati nella Pianura di Pisa classificati in base alla diocesi di appartenenza (Pisa, Lucca e Livorno).

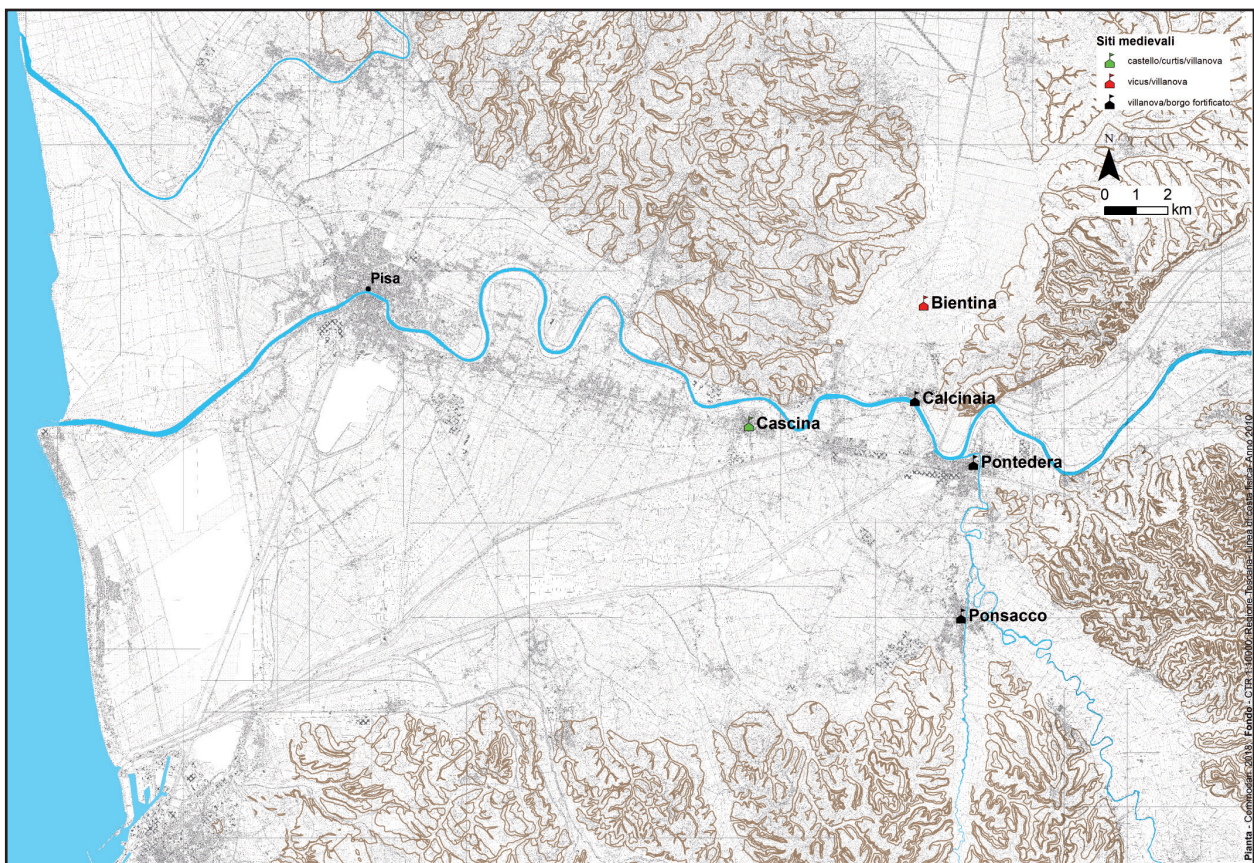


Figura 16. Carta di distribuzione delle villenove fondate dal Comune di Pisa: Cascina (1141 o 1370); Bientina (1179); Calcinaia (1287); Pontedera (1269); Ponsacco (1364-1366).

Parte II – IL PAESAGGIO CENTURIATO

Diffusion non autorisée

Diffusion non autorisée

Figura 17. La centuriazione di Pisa.

Le tracce della centuriazione pisana individuate da P. Fraccaro (Fraccaro 1939) tramite l'analisi cartografica (A), e nel corso delle indagini cartotopografiche svolte a partire dagli anni 80' (Pasquinucci 1986), (B).

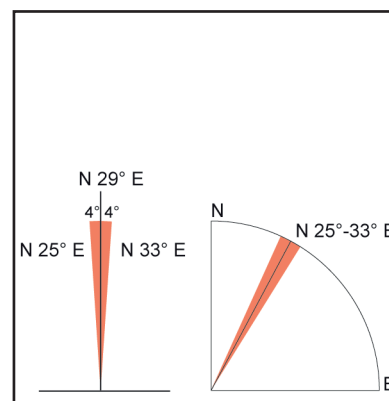
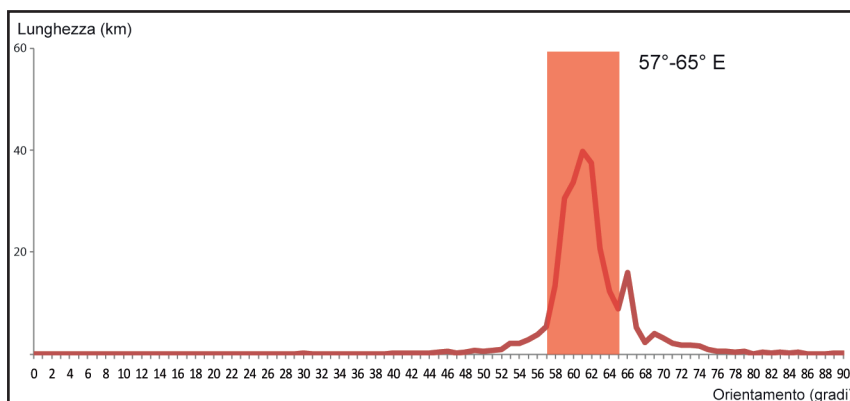
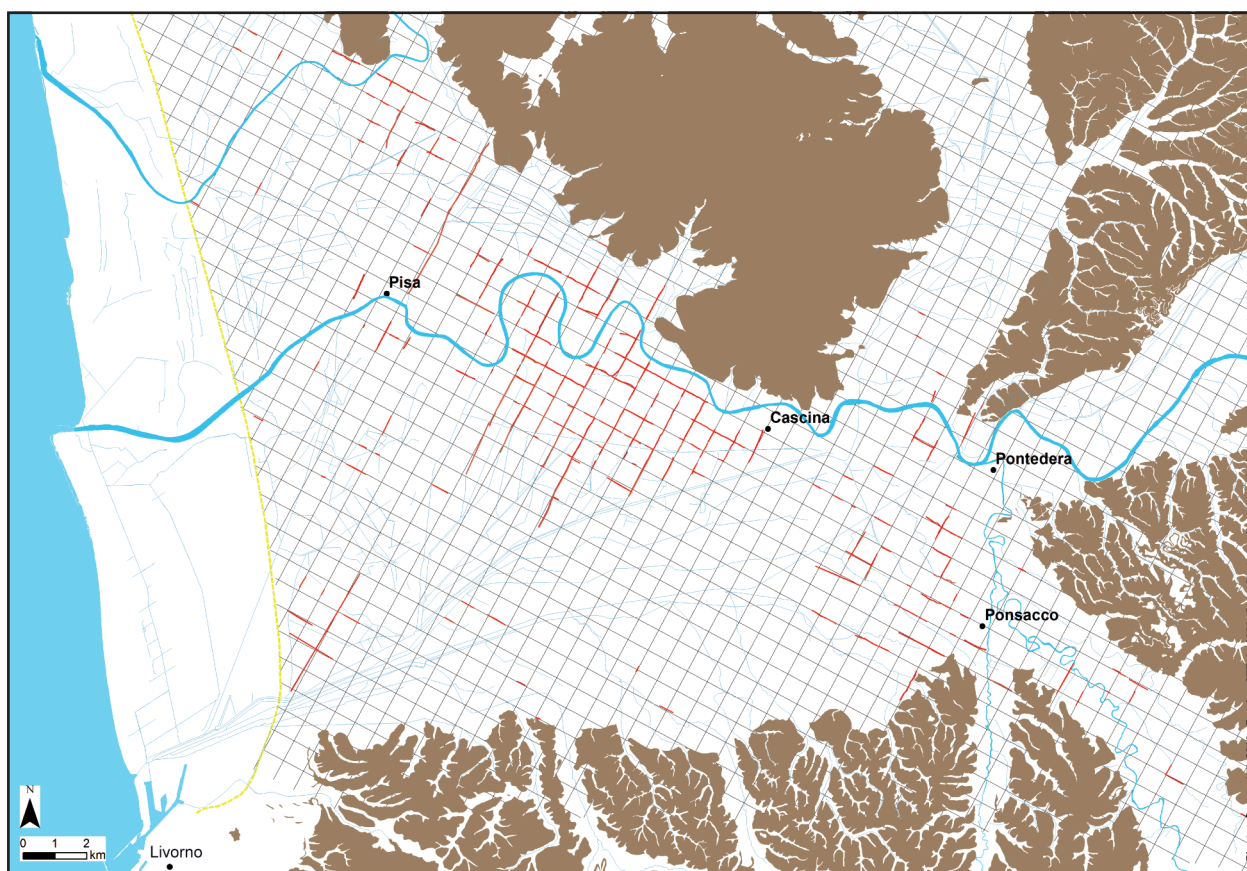
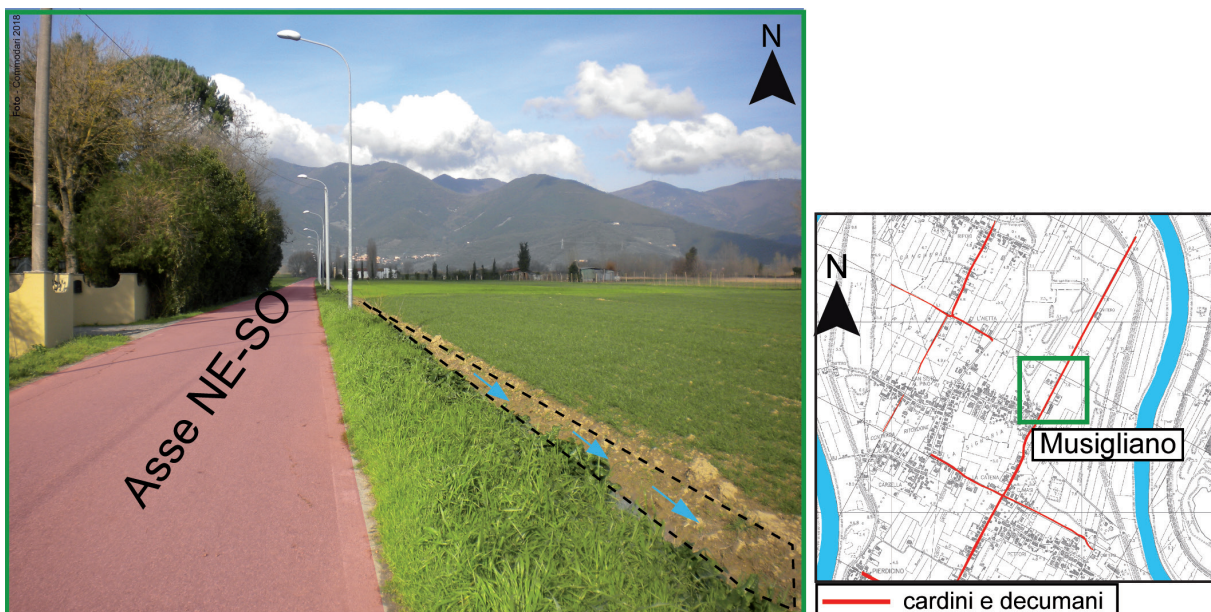


Figura 18. L'analisi morfologica dei cardini e dei decumani della centuriazione pisana. Gli assi principali della centuriazione intercettati nel paesaggio agrario attuale attraverso la lettura della Carta Tecnica Regionale (1:10000), nel settore compreso tra il fiume Serchio e l'area dell'ex lago di Bièntina a nord, le Colline Pisane e Livornesi a sud, la Bassa Valdera ad est. La linea gialla tratteggiata indica, grossomodo, l'andamento della linea di costa di epoca romana. L'integrazione del supporto MorphAL ha permesso di effettuare un calcolo statistico degli orientamenti prevalenti, sulla base della lunghezza complessiva di ogni classe di orientamento individuata (km), in un range compreso tra 0° e 90° rispetto al nord geografico. Gli assi riferibili alla griglia centuriale visibili nel paesaggio attuale seguono un orientamento prevalente di 29° E rispetto al nord geografico (N 29° E) corrispondenti a 61° rispetto allo 0° goniometrico (= 61° E) con un oscillazione di 8° compresa tra N 25° e 33° E (= 57°-65° E).



A) Il cardine di Musigliano



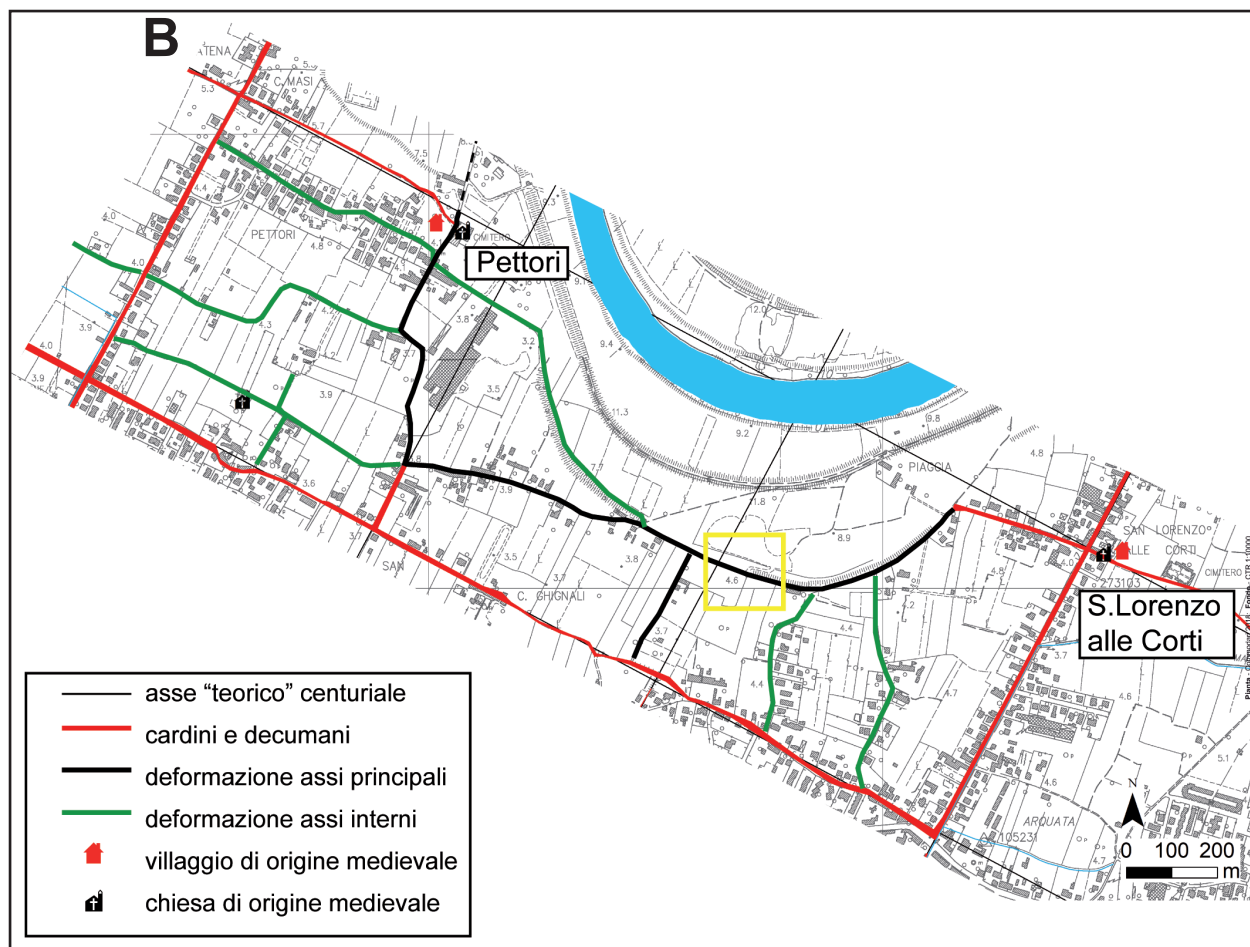
B) Il decumano di Pierdicino (Via Piantalbis)

Figura 19. Gli assi della centuriazione nel paesaggio agrario attuale.

Le strade, i limiti parcellari, le vie vicinali, i fossi di drenaggio, le canalette del paesaggio agrario attuale rispettano le caratteristiche degli assi principali della griglia centuriale seppur con lievi variazioni. Come nel caso del cardine di Musigliano (A), leggermente divergente rispetto all'ipotetico asse originario, e affiancato da fossi di scolo ad esso paralleli che seguono la naturale pendenza del terreno; o del decumano di Pierdicino (B) materializzato sotto forma di una strada, la Via Piantalbis, dalla quale si dipartono una serie di fossi di drenaggio ad essa perpendicolari che seguono il lieve declivio da NE a SO.

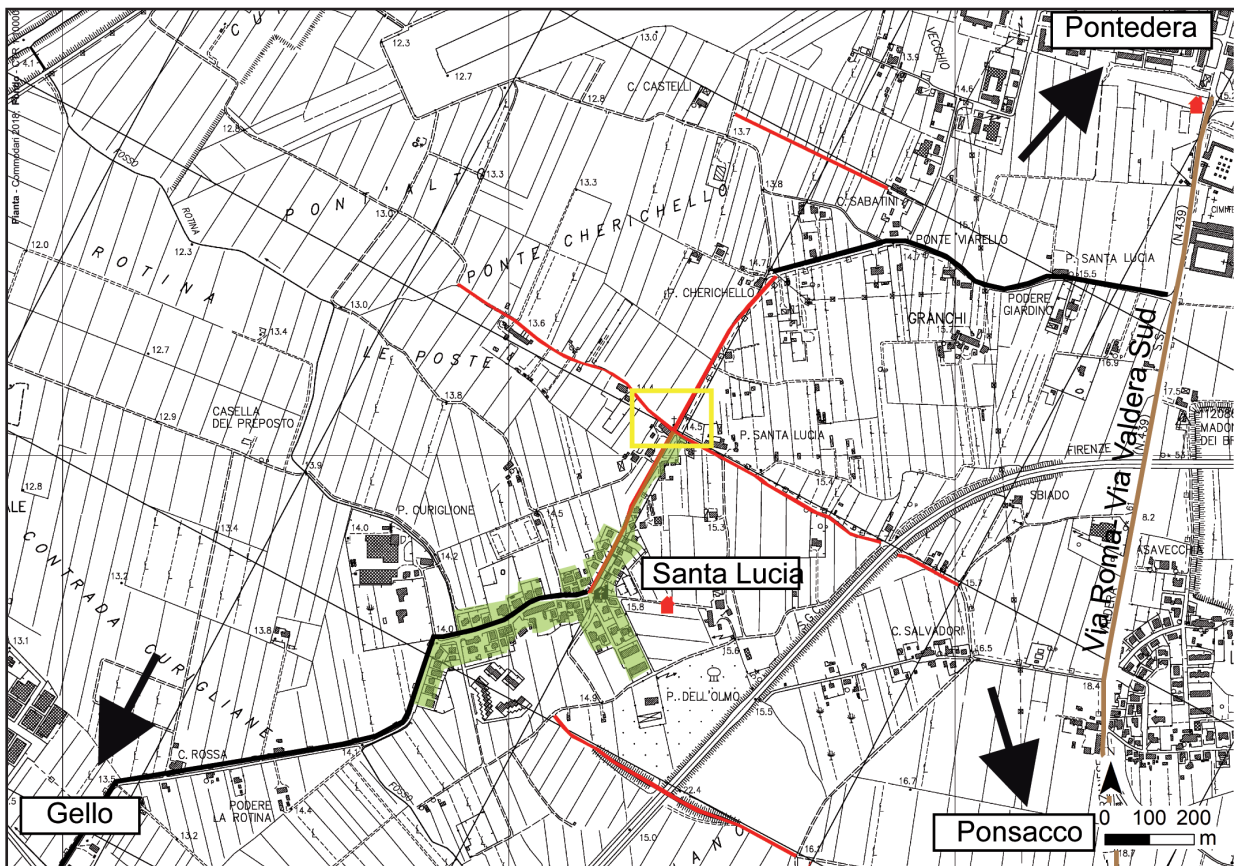
Figura 20. Alcuni esempi di deformazione degli assi principali della centuriazione pisana.

A) La deformazione del cardine di San Lorenzo a Pagnatico in funzione della costruzione della rete idrica attuale, in particolare del fosso di S. Lorenzo risalente all'epoca medievale.



Il "decumano" di Via S. Donato

B) Le deformazioni delle centurie tra Pettori e S. Lorenzo alle Corti trasformate in seguito alla costruzione degli argini del fiume Arno e della nuova rete viaria, condizionata in questo caso dalla presenza dei centri ecclesiastici di origine medievale. Il "decumano" di Via San Donato, modificato nel suo aspetto originario, è fiancheggiato da una serie di fossi perpendicolari alla strada che seguono la naturale pendenza del terreno per il drenaggio delle acque superficiali (da NE a SO).



- asse “teorico” centuriale
- cardini e decumani
- deformazione assi principali
- deformazione assi interni
- 🏠 villaggio di origine medievale
- 🏛️ chiesa di origine medievale



Figura 21. I fenomeni di “attrazione” dei cardini e dei decumani: il caso della centuria di S.Lucia. Nella centuria di Santa Lucia, a sud del comune di Pontedera, gli assi centuriati vengono “attratti” dalla nuova rete viaria, convergente verso i centri di Pontedera, Ponsacco e Gello fondati in epoca medievale. Tuttavia, la presenza di un’immaginetta religiosa all’incrocio dei *limites* della centuria conferma il “potere attrattivo” del reticolo centuriato.

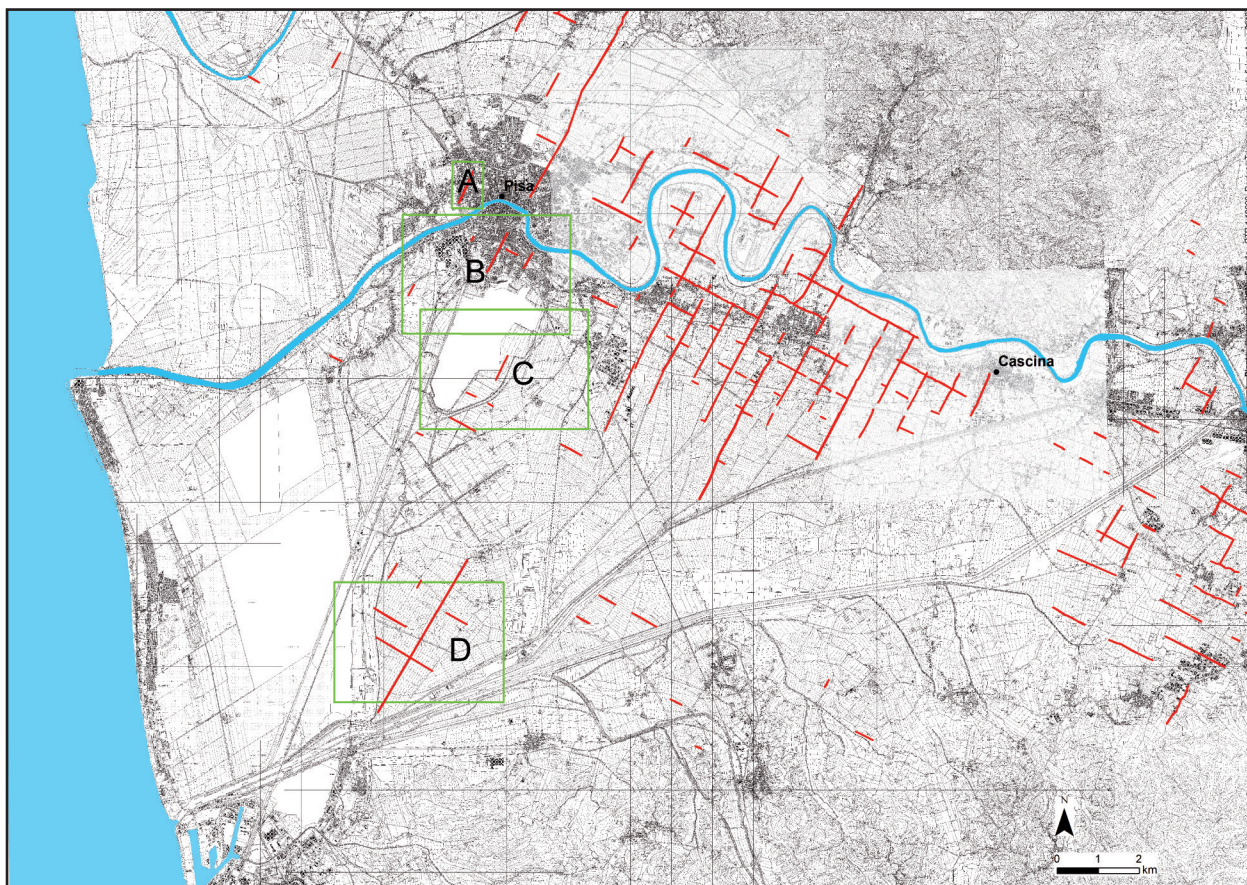


Figura 22. L'identificazione delle tracce centuriali tramite il confronto tra il catasto attuale e il catasto storico ottocentesco: le aree investigate.

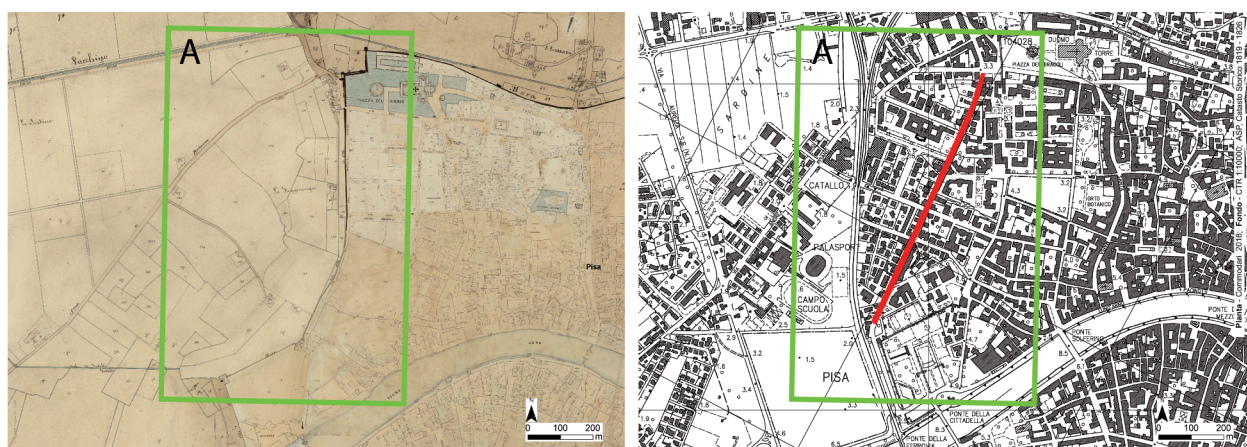
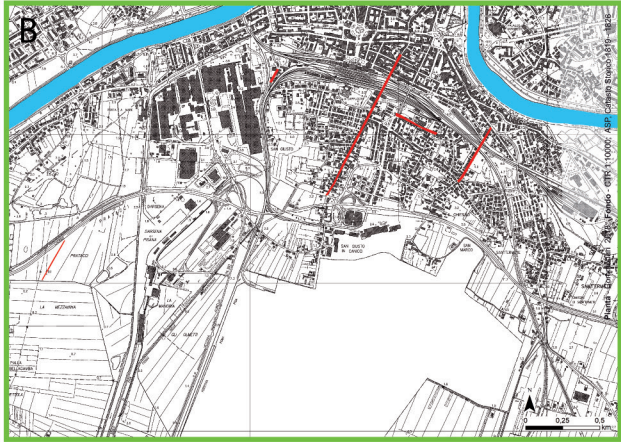


Figura 23. L'analisi delle tracce centuriali svolta sui fogli del Catasto Leopoldino.
 In particolare sono evidenziate in rosso le tracce centuriali visibili nel catasto attuale, mentre in giallo quelle visibili nel catasto storico per i seguenti settori: A) ASP, Catasto Terreni - Mappe - Pisa, Allegati n. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 (1900); Catasto Terreni - Mappe - Pisa n. 3, 18, 19, 40, 116, 117.



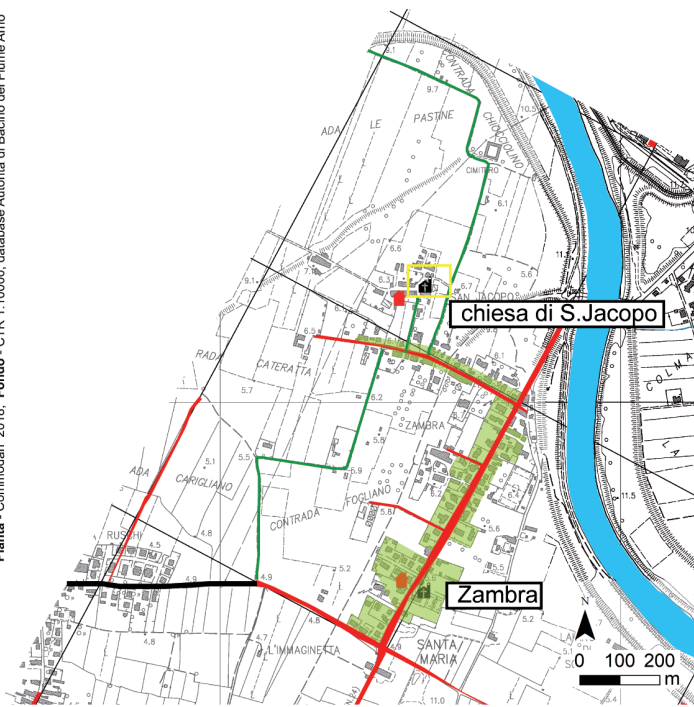
B) ASP, Catasto Terreni -Mappe -Pisa, Allegati n. 3, 4, 5, 6, 7; Catasto Terreni - Mappe - Pisa n. 19, 20, 41, 44, 64, 67, 73, 74, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 116, 117, 120.



C) ASP, Catasto Terreni - Mappe - Pisa n. 54, 55, 56, 66, 67, 68, 69, 73, 74, 79, 84, 87, 88, 99, 100, 101, 120.



D) ASP, Catasto Terreni - Mappe - Pisa n. 83, 85, 86, 124, 125, 126, 127, 128.



Chiesa di S.Jacopo di Zambra (IX sec d.C.)

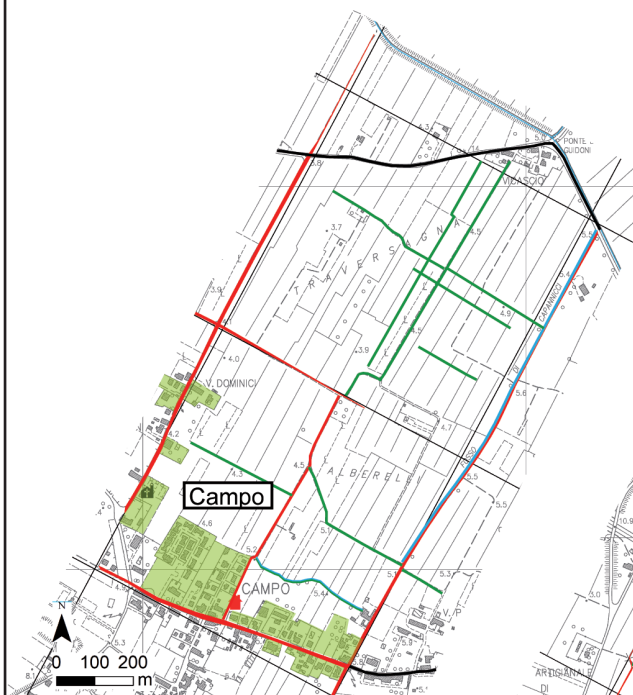


Figura 24. L'analisi dei *limites intercisivi* nella centuria di Zambra, S.Jacopo, Campo e Pratello. Nelle centurie analizzate è possibile osservare come gli assi viari e i fossi della rete idrica trasmettono l'orientamento e le misure metriche degli assi principali e dei *limites* interni alle centurie. Tuttavia, è possibile constatare numerosi fenomeni di deformazione dovuti alla presenza di nuovi centri ecclesiastici e alla conseguente trasformazione della rete viaria (caso della chiesa di S. Jacopo di Zambra risalente al IX secolo d.C.).

- asse "teorico" centuriale
- cardini e decumani/
limites intercisivi
- deformazione assi principali
- deformazione assi interni
- 🏠 villaggio di origine medievale
- 🏛️ chiesa di origine medievale
- rete idrica

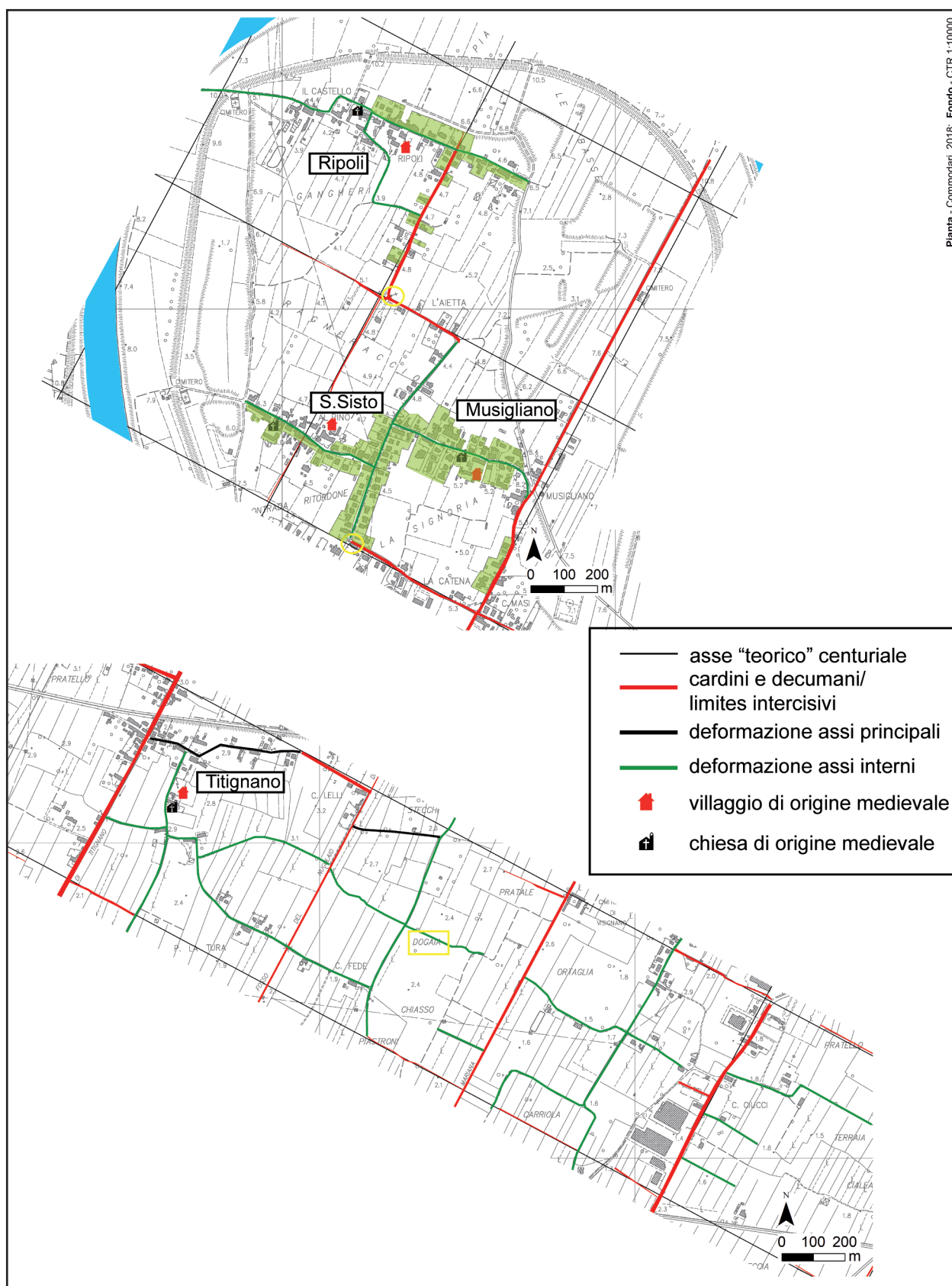


Figura 25. Esempi di deformazione per "attrazione" dei *limites intercisi*.

Nelle centurie di Ripoli, Musigliano e S.Sisto e nel settore in prossimità di Titignano sono attestati numerosi fenomeni di deformazione degli assi interni alle centurie "attratti" dai nuovi centri abitati e ecclesiastici. Inoltre, è possibile osservare la presenza di un'immaginetta religiosa (segnalata da un cerchio giallo) all'incrocio tra un cardine e un decumano delle centurie di Ripoli e Musigliano - S.Sisto, nonché tra un asse interno alla centuria di Musigliano - S.Sisto e il relativo decumano.

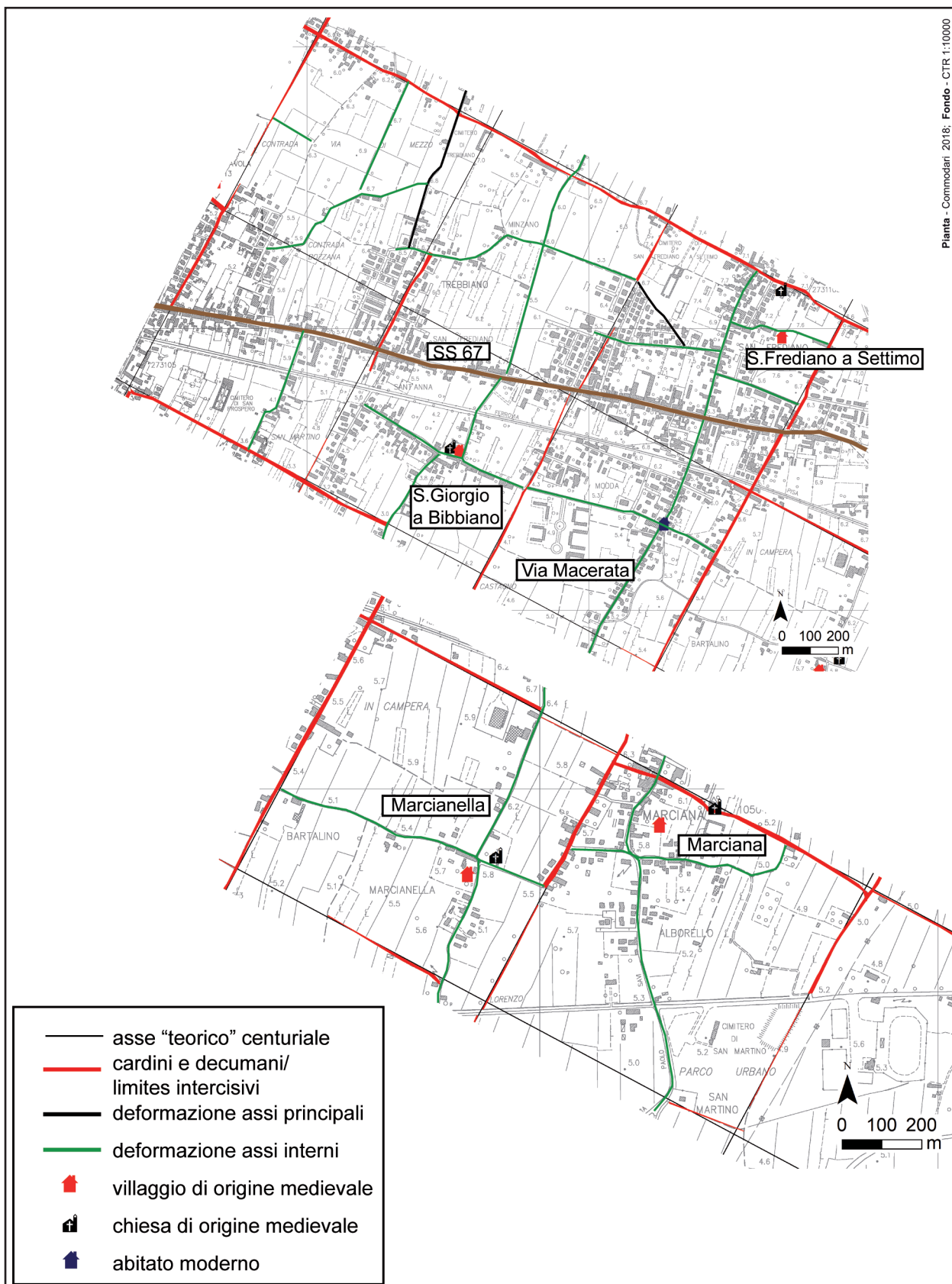


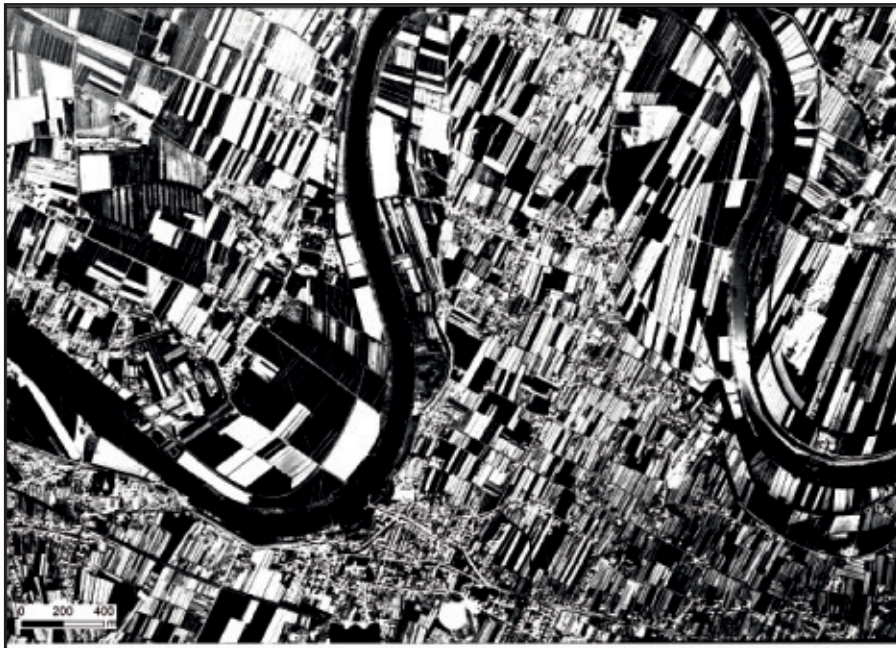
Figura 26. Altri esempi di "trasformazione" dei *limites interscivi* nelle centurie di S.Frediano, S.Giorgio a Bibbiano, in prossimità di Via Macerata, di Marcianella e Marciana.

Gli esempi dimostrano come gli assi della centuriazione pisana si siano trasformati nel corso dei secoli, esercitando un potere attrattivo sulle strutture e sulla viabilità di epoca medievale e moderna, o subendo delle deformazioni indotte dalla nuova organizzazione del sistema insediativo rurale.



Figura 27. Le tracce fossili della centuriazione pisana (contesto urbano).

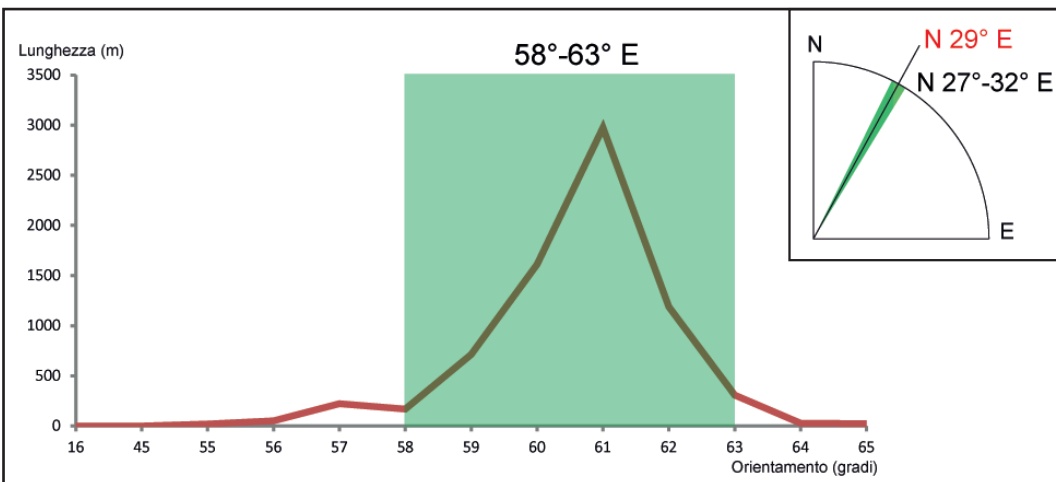
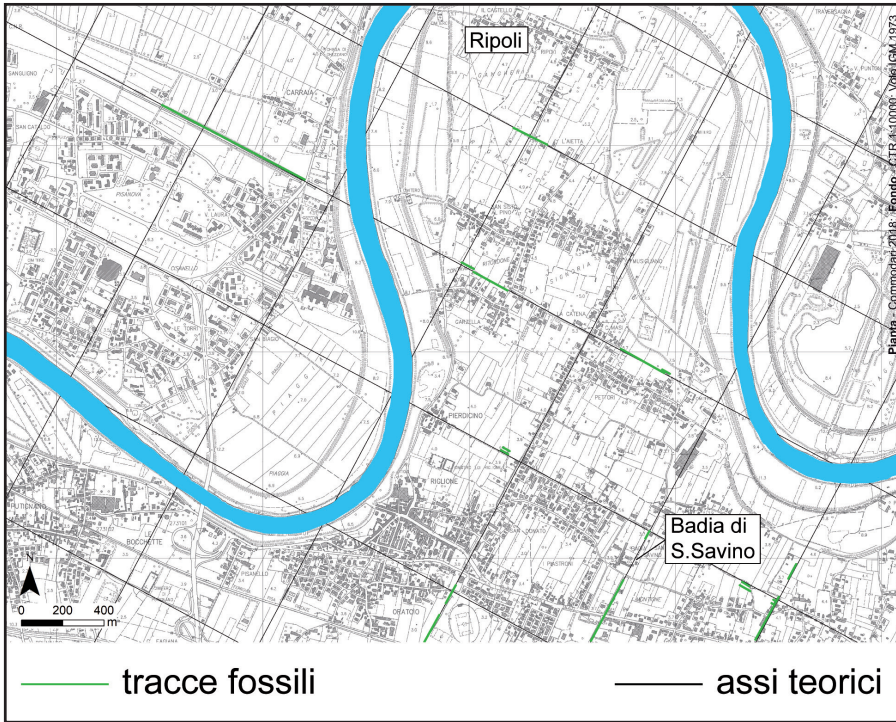
Nell'area Scheibler, nel settore nord-occidentale dell'abitato urbano, sono state rintracciate alcune tracce fossili riferibili agli assi e alle suddivisioni interne delle centurie romane, attraverso l'analisi del fotogramma del volo GAI 1954 (foglio 104, strisciata 7, fotogramma 2051) – dai tipi dell'Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org), e delle immagini satellitari (fonte: Google Earth) georeferenziate sulla base della CTR 1:10000. Sono inoltre segnalati i limiti delle aree di scavo degli interventi realizzati nel corso degli anni precedenti nei pressi dell'area Scheibler (L. La Rosa 2012, Schede di intervento n. 262-48-49-187-193-194-195-196) e l'area del Cantiere di Pisa S.Rossore (C. Sciuto 2012, Scheda di intervento n. 376) visualizzabili tramite la piattaforma MappaGIS (<http://mappagis.cs.dm.unipi.it:8081/mappa/mappa.phtml>).

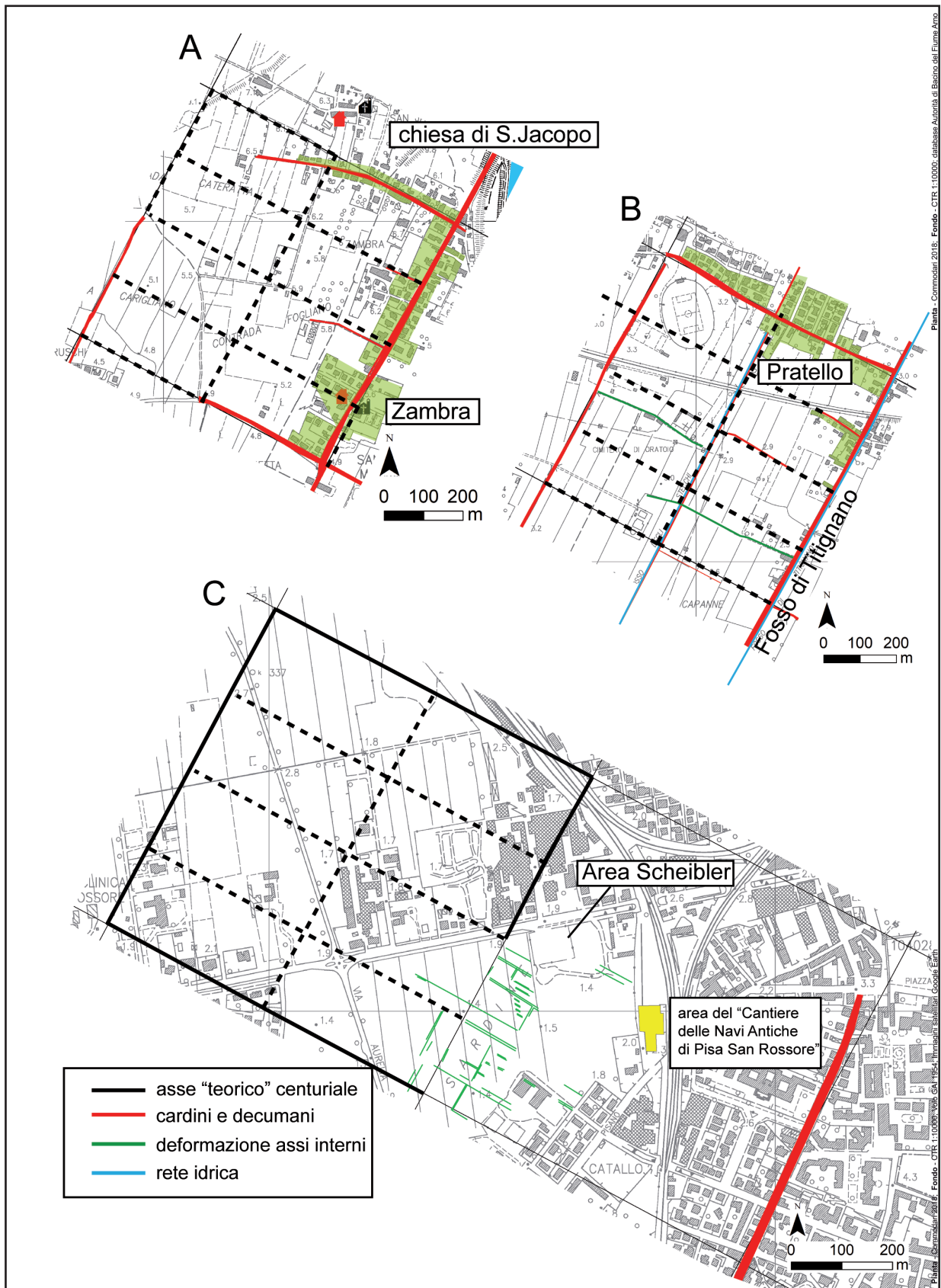


Volo IGM 1973

Figura 28. Le tracce fossili della centuriazione romana (contesto rurale).

Nel settore pianeggiante compreso tra Ripoli e la Badia di San Savino sono state rintracciate delle “anomalie” riferibili ad antichi assi della centuriazione pisana, sulla base dell’analisi del fotogramma del volo IGM 1973 (foglio 105, strisciata XXVII, fotogramma 354) - dai tipi dell’Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org). In basso, il grafico risultante dal calcolo degli orientamenti di tutte le tracce fossili, realizzato tramite l’utilizzo del supporto MorphAL.





Piano - Commisat 2018 - Fondo - CTR - 1.0000 - database Autorità di Bacini del Fiume Arno
 Piano - Commisat 2018 - Fondo - CTR - 1.0000 - database Autorità di Bacini del Fiume Arno

Figura 29. Ipotesi ricostruttive dell'organizzazione interna alle centurie di epoca romana. Sulla base delle analisi condotte sulle tracce della centuriazione ancora visibili nel paesaggio attuale in prossimità della località di Zambra (A) e della località Pratello (B), e le tracce fossili individuate in fotografia aerea nel settore Scheibler (C), è possibile ipotizzare che ogni centuria fosse suddivisa in 8 lotti da 25 iugera, ovvero tramite il posizionamento di quattro cippi mediani posti alla distanza di 1200 piedi (*termini medii qui dicitur epipedonici*) a partire dai quali venivano tracciati i *limites intercisivi*, e di quattro cippi intermedi (*termini proportionales*) disposti alla distanza di 600 piedi e collocati soltanto su due lati opposti della centuria (*limites*) come è stato possibile osservare nella pertica di Firenze.

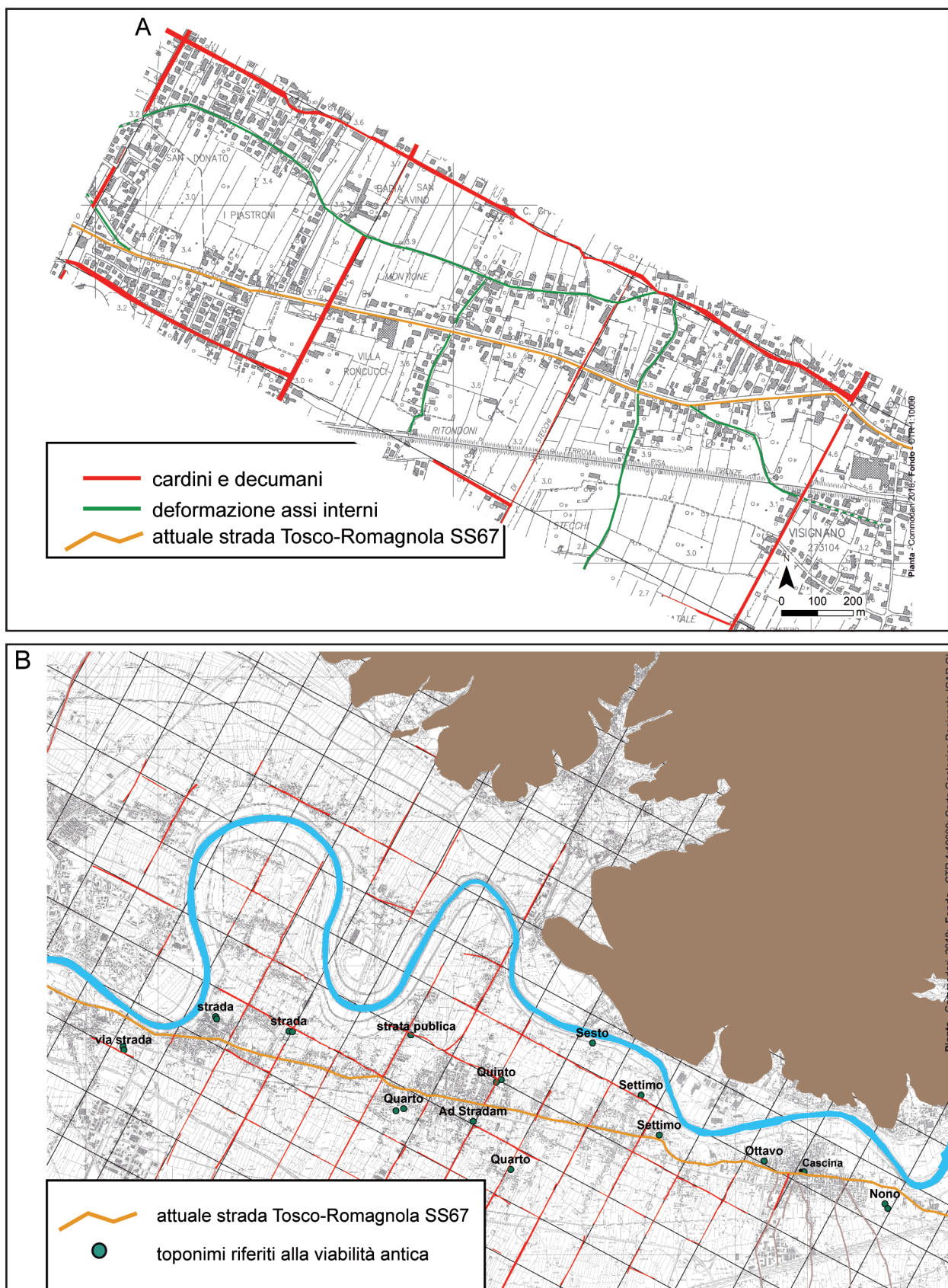
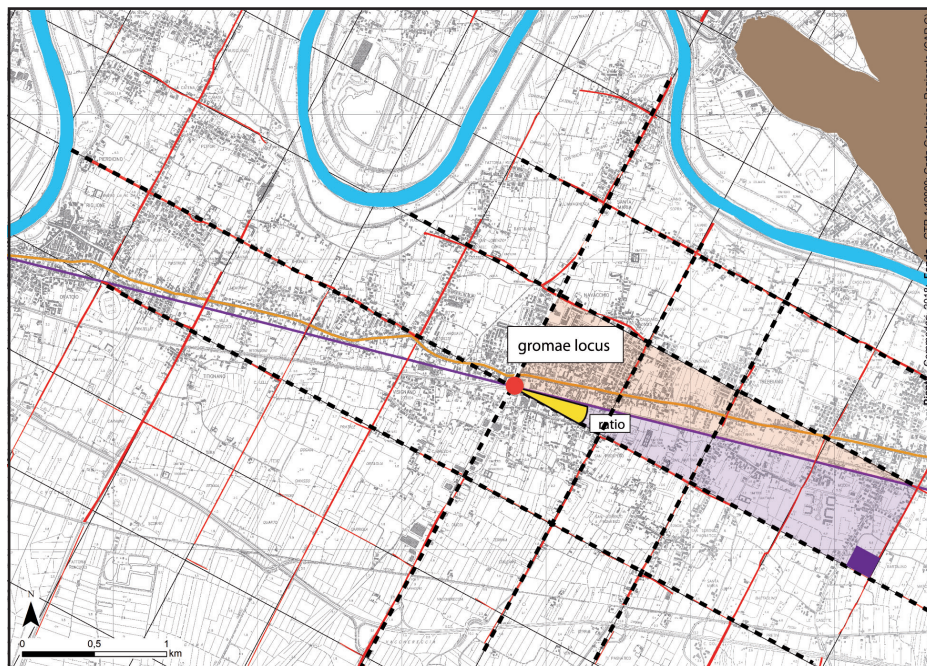


Figura 30. Il reticolo centuriale e la viabilità attuale.

L'analisi morfologica ha messo in evidenza il rapporto esistente tra le centurie del settore compreso tra Visignano e San Donato e l'attuale Via Tosco-Romagnola (SS 67) che le percorre trasversalmente (A). La localizzazione dei toponimi riferibili alla *strata* medievale e alla *via* romana, situabili in prossimità dell'attuale SS 67, potrebbe testimoniare una relativa stabilità del percorso viario dall'epoca romana sino ai giorni nostri (B).

Metodo A



Metodo B

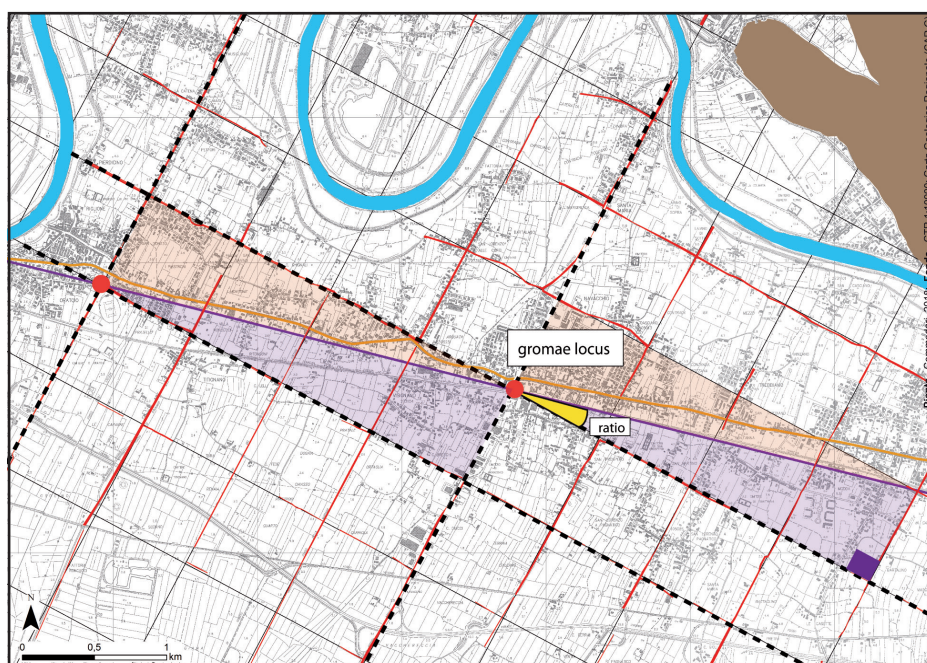


Figura 31. La “diagonale” della pertica pisana.

La costruzione della pertica pisana, attraverso la procedura illustrata nel volume di (Roth Congès 1996), avrebbe previsto il tracciamento di una sezione rettilinea a partire da un tratto della presistente *via Pisae-Florentia* (asse generatore) che avrebbe funto da diagonale o da ipotenusa ad una serie di rettangoli o triangoli rettangoli i cui lati rispettavano la misura esatta di una o più centurie di 2400 piedi di lato. In un punto prescelto dell'asse generatore veniva fissato il *gromae locus* o punto d'origine, e successivamente venivano stabilite le proporzioni del triangolo rettangolo alla base della costruzione della pertica: l'angolo (*ratio*) formato dall'asse generatore e dalla nuova linea tracciata (*decumanus maximus*) avrebbe avuto un valore $14^{\circ}03'$ per un rapporto di 1 a 4 centurie. Dopo aver tracciato, con l'aiuto della groma, il *kardo maximus* si procedeva alla realizzazione dei *limites* secondo le proporzioni del triangolo rettangolo precedentemente prescelto: nel caso di un rapporto 1:4 centurie venivano tracciati i nuovi allineamenti rispettivamente alla distanza di 1 centuria lungo il cardine massimo e di 4 centurie lungo il decumano massimo. In questo modo era possibile verificare l'ortogonalità dei nuovi limiti tracciati nonché “costruire” il rettangolo la cui diagonale coincideva appunto con l'asse generatore. Per la realizzazione degli altri *limites* l'agrimensore procedeva lungo gli assi maggiori posizionando alla distanza di 2400 piedi i nuovi *termini* (**metodo A**); oppure a partire dalla diagonale o ipotenusa veniva riprodotto lo stesso modulo di base (1:4) e sulla base dei rapporti angolari prestabiliti venivano tracciati i nuovi assi (**metodo B**).



Figura 32. Il tracciato dell'attuale Via Tosco-Romagnola.

Il rapporto tra l'attuale Via Tosco-Romagnola, che riprende grossomodo l'antico tracciato della *via Florentia – Pisae*, e le ipotetiche "diagonali" o "ipotenuse" della centuriazione pisana, grossomodo parallele al tracciato della strada, sembra avvalorare l'ipotesi della costruzione della pertica pisana a partire da un tratto della via romana preesistente.

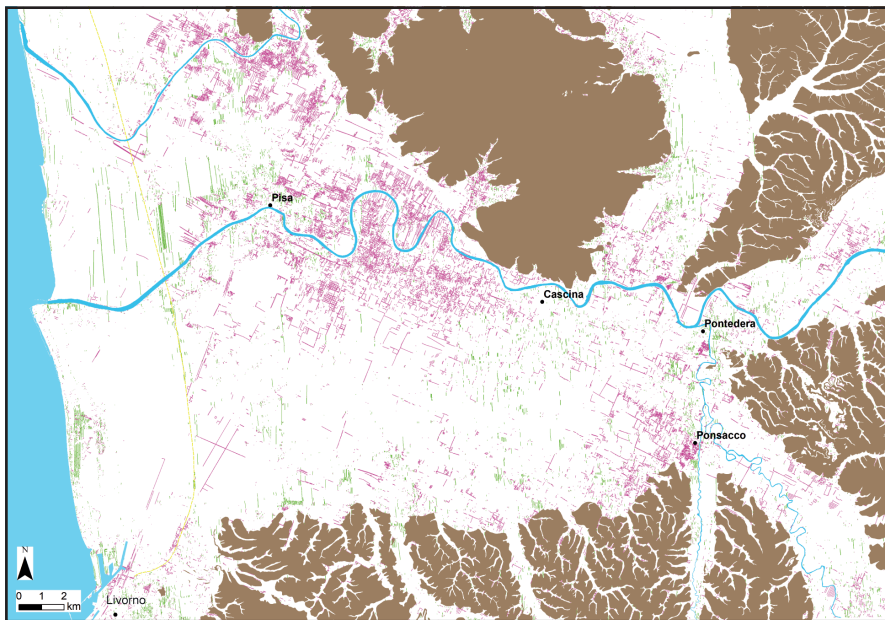
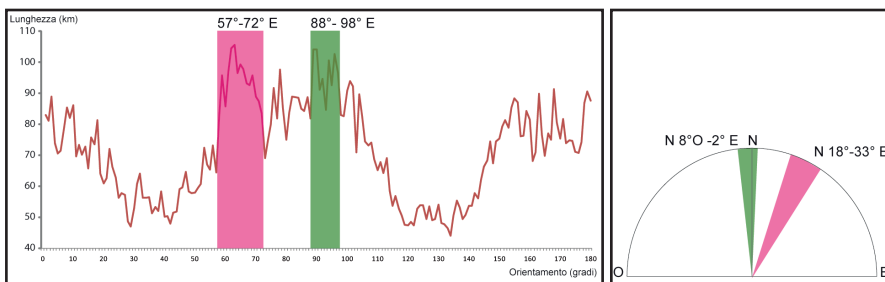


Figura 33. Il calcolo degli orientamenti degli "elementi divisorii" e della viabilità minore nell'intervallo compreso tra 0°-180°.

Il calcolo degli orientamenti sugli elementi che delimitano le parcelle agrarie (muri, siepi, limiti di coltura) e sulla viabilità minore (strade campestri, sentieri) ha dimostrato l'esistenza di due gruppi di orientamenti prevalenti compresi tra N 8° O - 2° E (= 88°-98° E) e N 18°-33° E (= 57°-72° E).



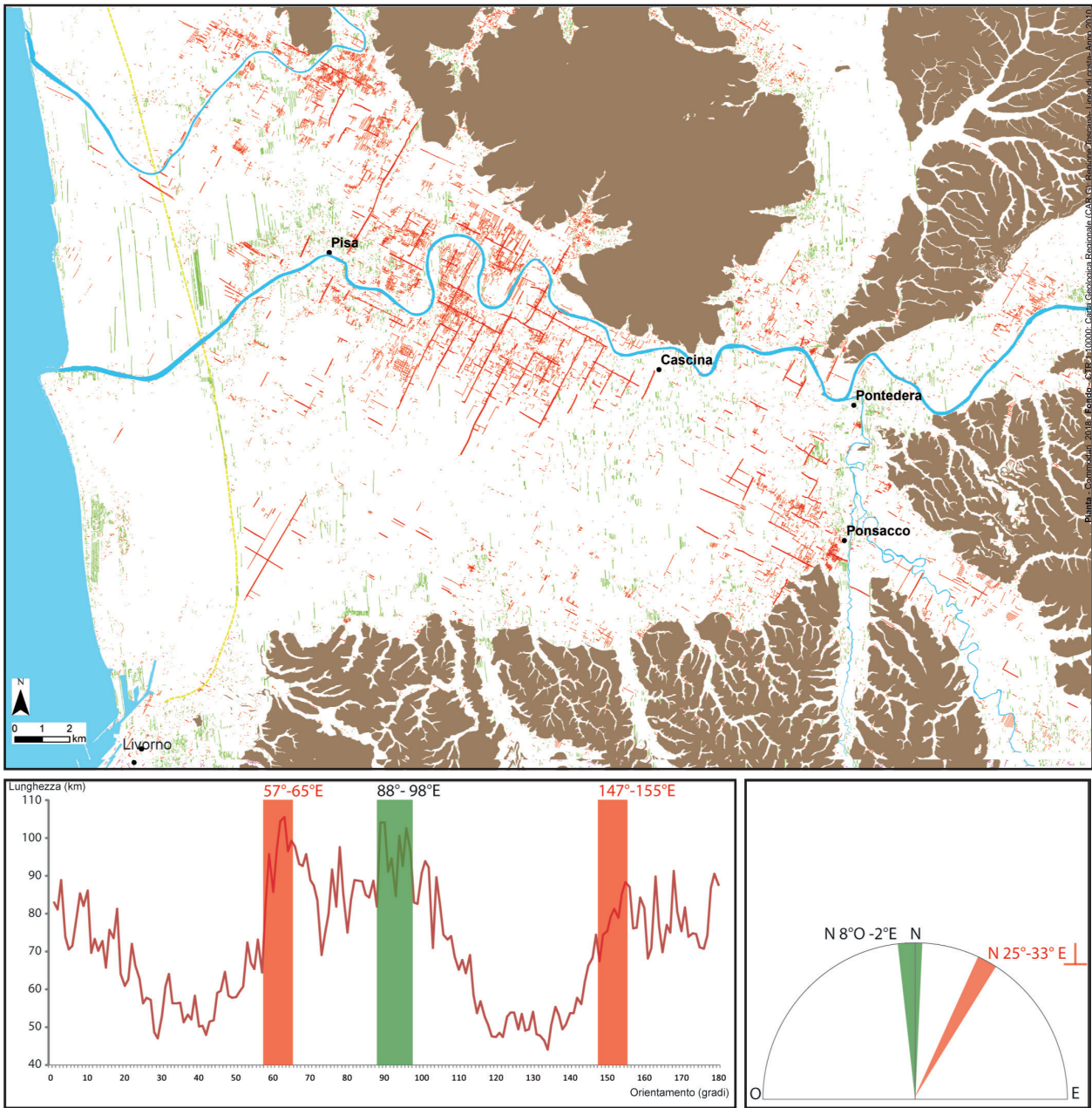


Figura 34. Gli “elementi divisorii” e la rete viaria minore isoclini alla centuriazione.

All'interno della classe di orientamento compresa tra N 18°-33° E, individuata nel precedente grafico, è stato possibile evidenziare i limiti parcellari isoclini agli assi principali della griglia centuriale nell'intervallo compreso tra N 25°-33° E = 57°-65° E.

Il parcellare è localizzato prevalentemente nel settore compreso tra Pisa e Cascina.

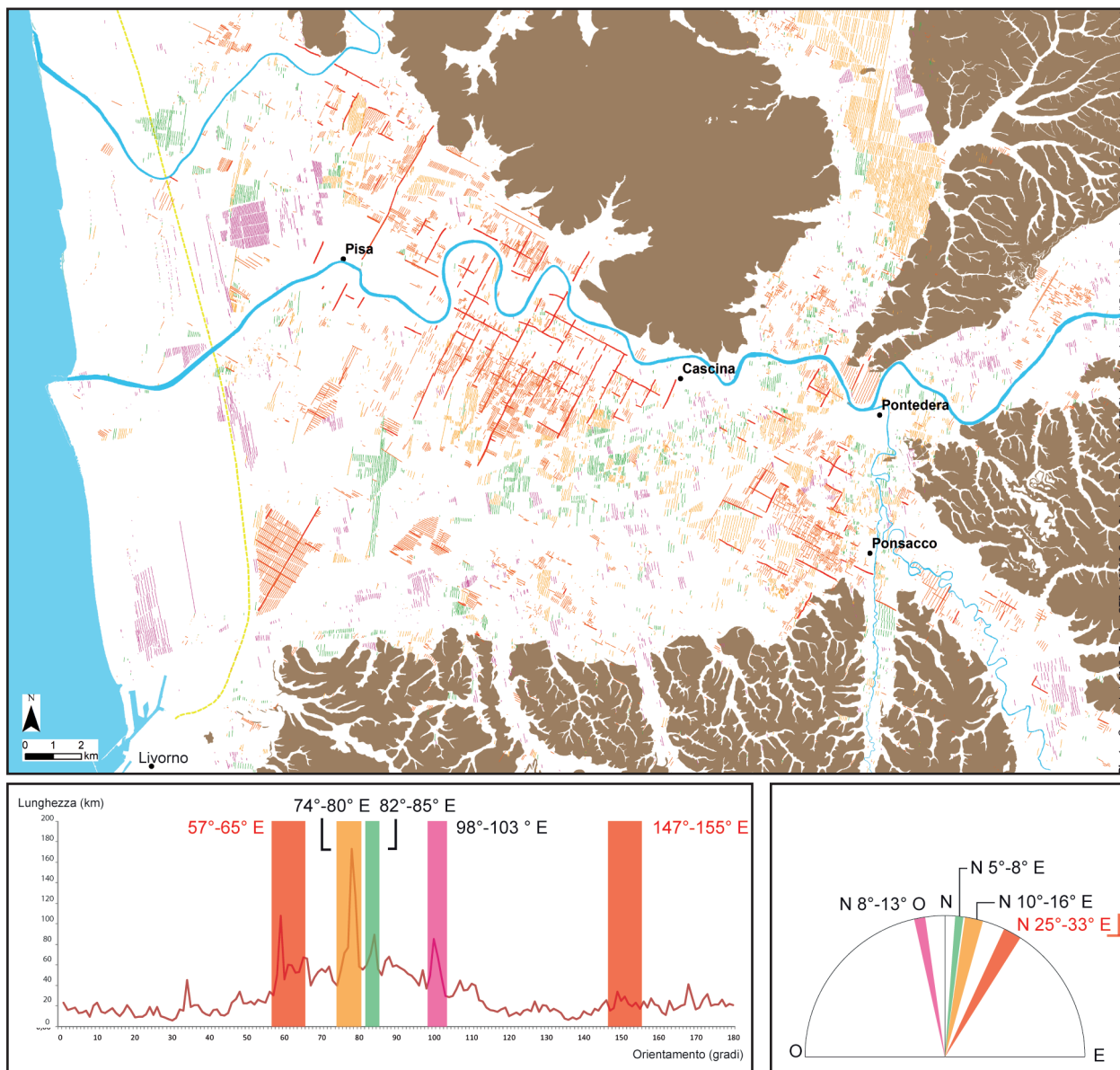


Figura 35. Le classi di orientamento prevalenti del sistema idrico attuale nell'intervallo compreso tra 0°-180°.

Il calcolo degli orientamenti sugli elementi della rete idrica (fossi e scoline) sembra dimostrare una predominanza dei valori compresi tra tra N 8°-13° O (= 98°-103° E), tra N 5°-8° E (= 82°-85° E), tra N 10°-16° E (= 74° e 80° E) e infine tra N 24°-33° E (nel grafico è stato evidenziato il parcellare isocline alla centuriazione compreso tra 25°-33° E).

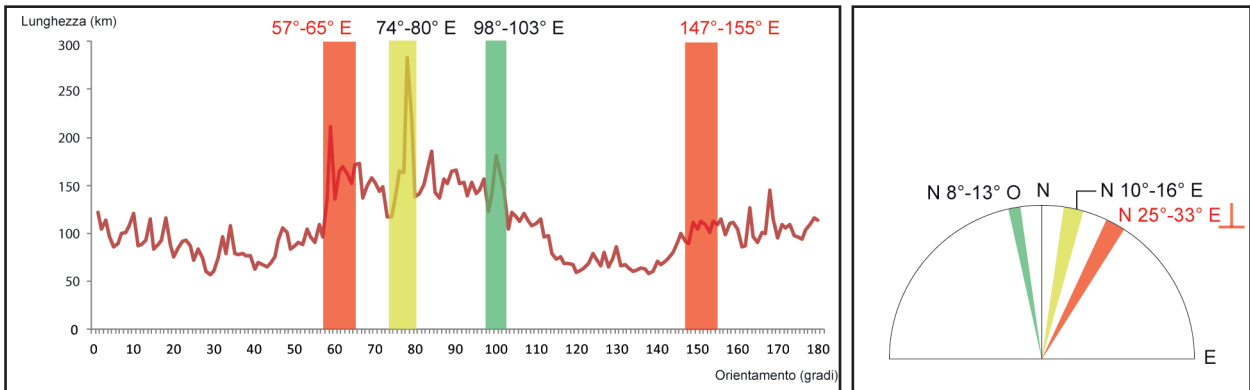
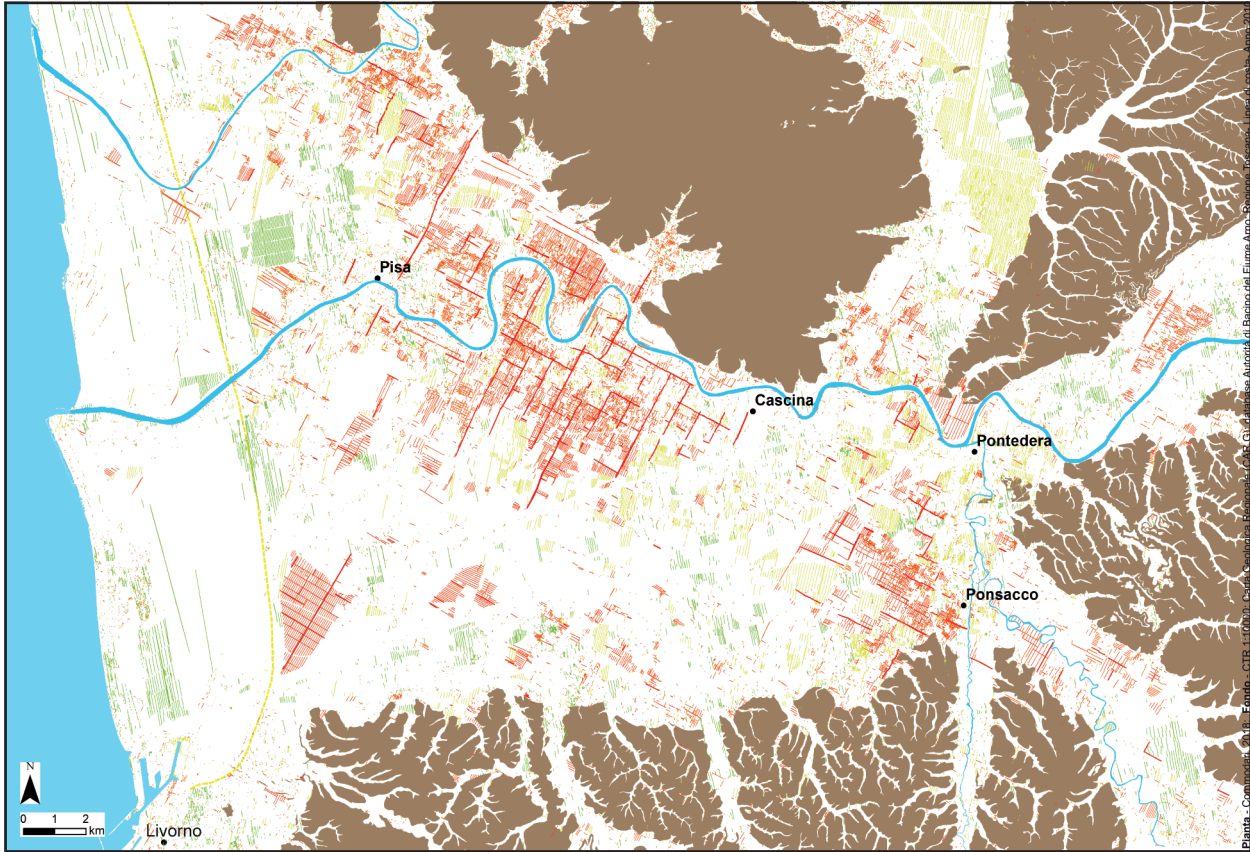


Figura 36. Le classi di orientamento prevalenti degli “elementi lineari” del parcellare agrario attuale nell’intervallo compreso tra 0°-180°.

La somma dei risultati precedentemente ottenuti (“elementi divisori”, rete viaria minore, rete idrica), in un intervallo compreso tra 0° e 180°, dimostra pertanto la presenza di tre classi di orientamento prevalenti con valori compresi tra N 8°-13° O, N 10°-16° E e N 24°-33° E (anche in questo caso è stato evidenziato soltanto il parcellare isocline all’orientamento centuriale).

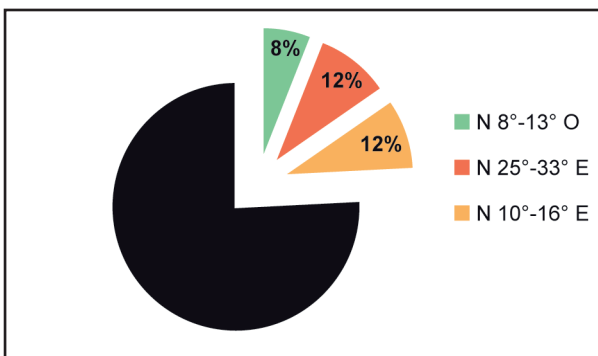
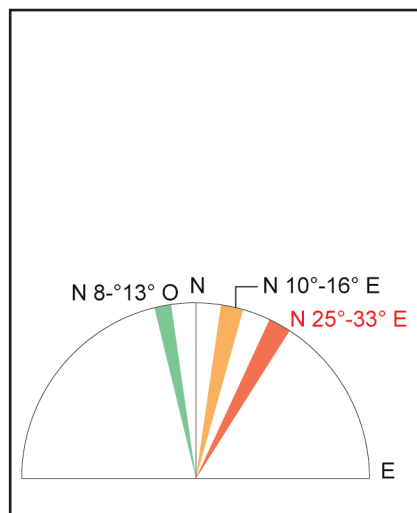
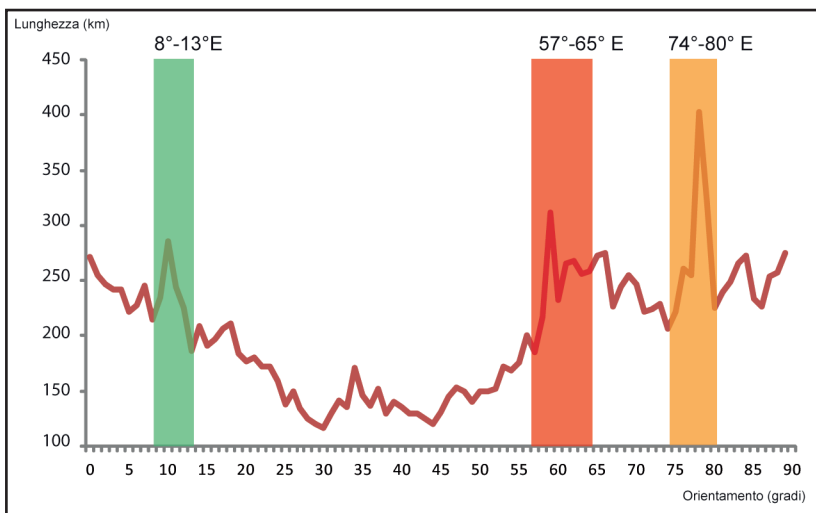
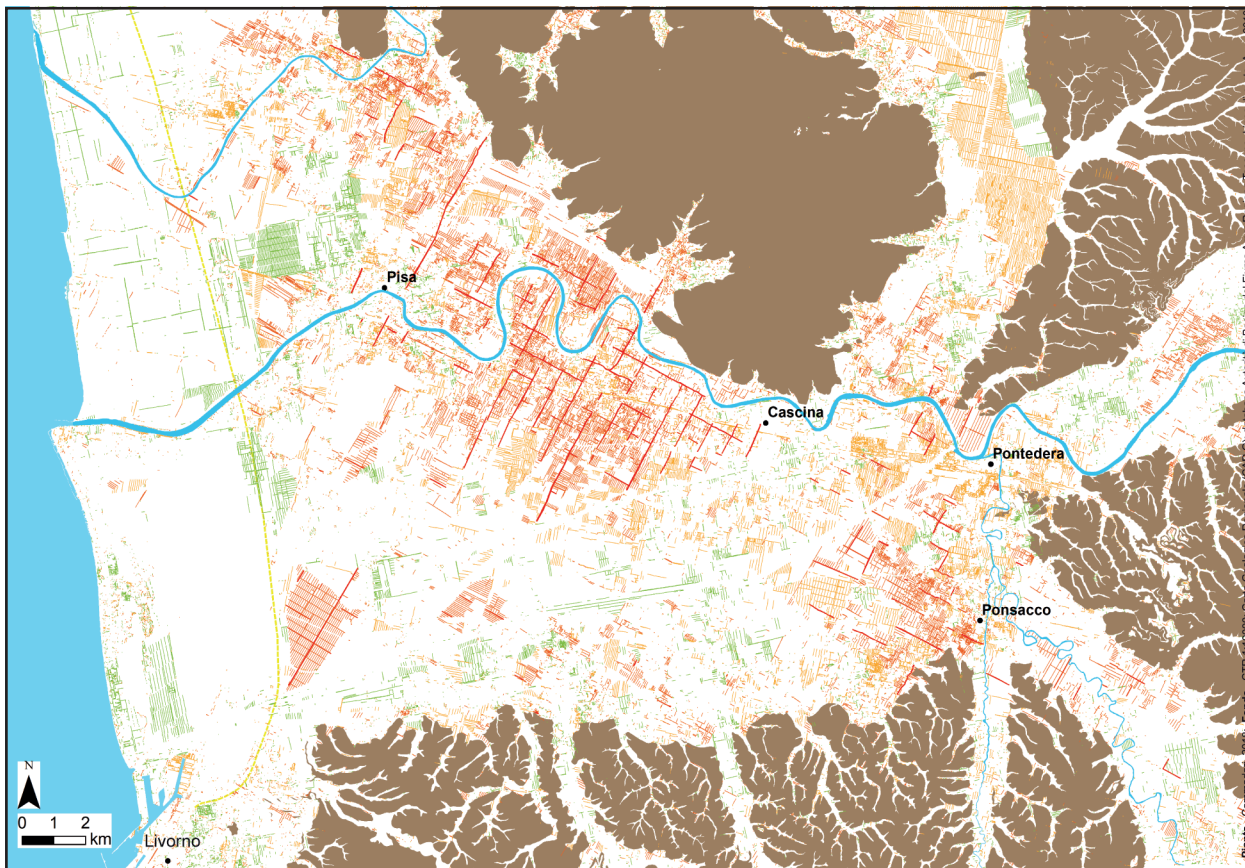


Figura 37. Il calcolo degli orientamenti nell'intervallo compreso tra 0° e 90°.

L'analisi realizzata tramite il supporto MorphAL su tutti gli "elementi lineari" del paesaggio agrario pisano ha confermato la presenza di tre reticoli ortogonali prevalenti orientanti tra N 8°-13° O, N 10°-16° E e tra N 25°-33° E. Il grafico a sinistra evidenzia che il parcellare isocline alla centuriazione in un intervallo compreso tra N 25°-33° E costituisce il 12% della lunghezza complessiva degli elementi lineari analizzati (canalette, strade, vie vicinali, etc.) e caratterizza prevalentemente le zone dove ancora oggi sono visibili la maggior parte delle tracce riferibili ai cardini e ai decumani della centuriazione pisana.

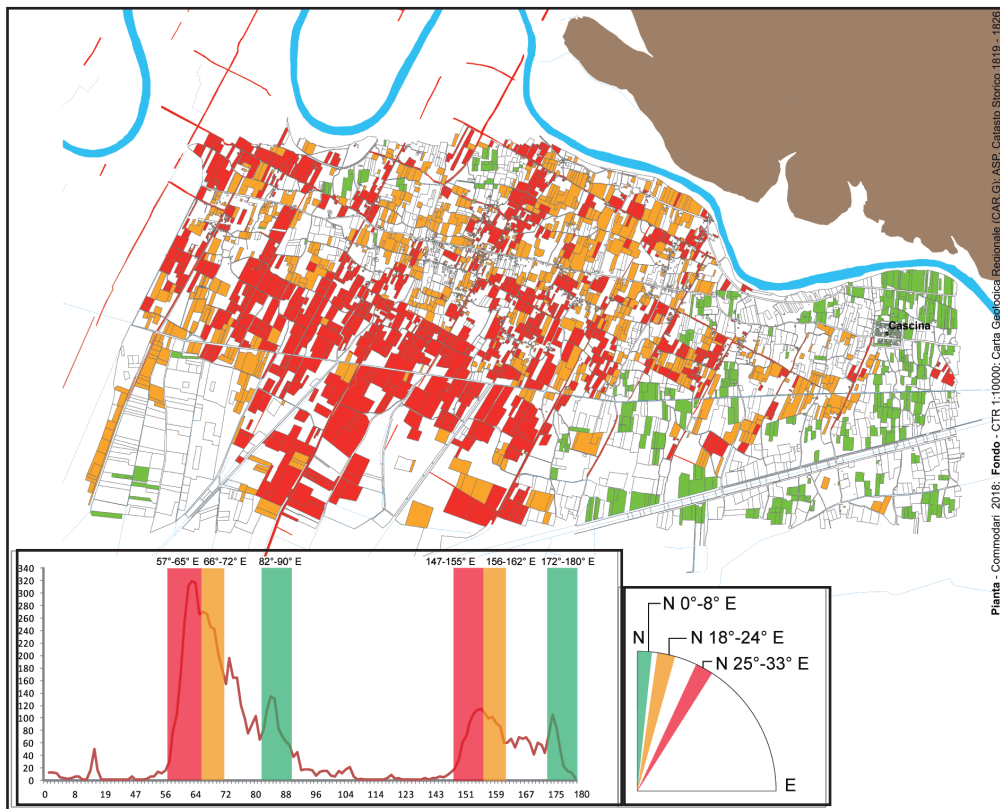


Figura 38. Le parcelle del Castato Leopoldino nel settore compreso tra Pisa e Cascina.
 L'analisi degli orientamenti delle parcelle catastali ottocentesche per il settore compreso tra Pisa e Cascina (Grava 2014; 2011) evidenzia la predominanza delle parcelle con orientamenti ortogonali compresi tra N 0°-8°E (corrispondenti a 82°-90° E/172°-180° E); N 18°-24°E (corrispondenti a 66°-72° E/156°-162° E); N 25°-33° E (corrispondenti a 57°-65° E/147°-155° E).

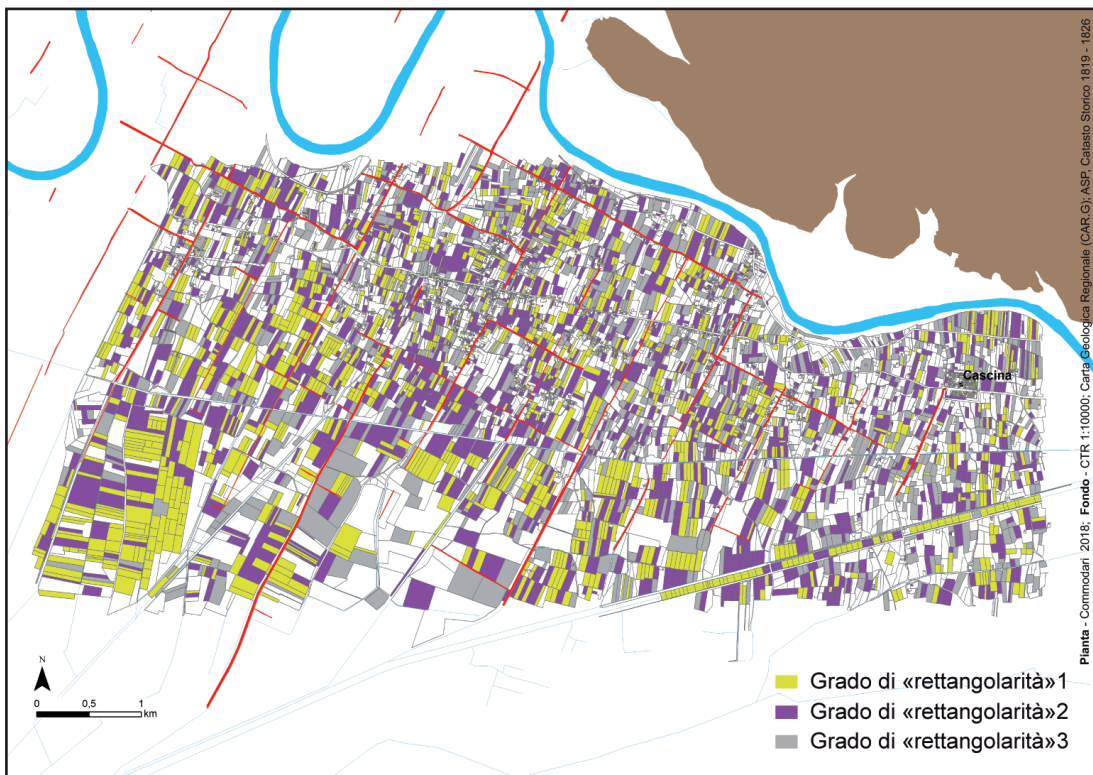


Figura 39. Il grado di “rettangolarità” delle parcelle ottocentesche.
 Le parcelle del Catasto Leopoldino del settore compreso tra Pisa e Cascina classificate in base al loro “grado di rettangolarità” compreso tra i valori di 1 e 3, calcolato tramite il supporto MorphAL.

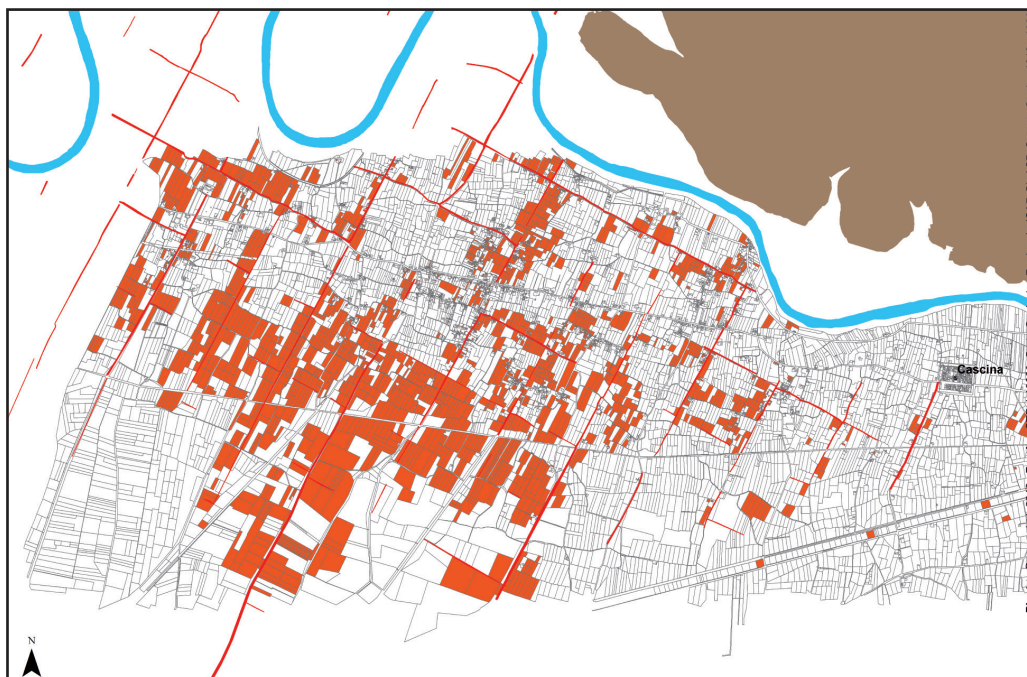


Figura 40. La trasmissione della struttura centuriale nel parcellare storico: regolarità geometrica e orientamento.

La mappa evidenzia le parcelle del Catasto Leopoldino del settore compreso tra Pisa e Cascina che presentano un “grado di rettangolarità” compreso tra i valori di 1 e 3, e un orientamento isocline agli assi della centuriazione in un intervallo compreso tra N 25°-33° E.

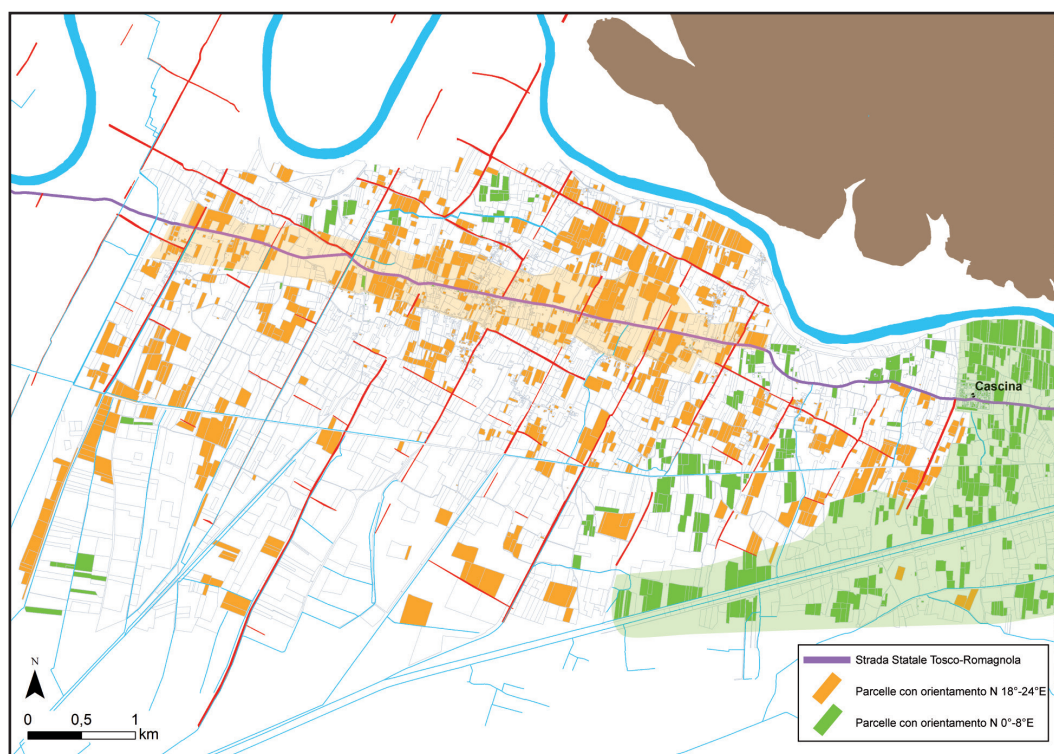


Figura 41. Le parcelle ottocentesche anisocline all’impianto centuriale.

La mappa mostra le parcelle del Catasto storico Leopoldino con un orientamento compreso tra N 18°-24°E (corrispondenti a 66°-72° E/ 156°-162° E) e N 0°-8° E (corrispondenti a 82°-90° E/ 172°-180° E), dunque anisocline alla griglia centuriale pisana. In particolare è possibile osservare come a nord e a sud dell’attuale Strada Statale Tosco-Romagnola (SS 67) sono distribuite le parcelle con orientamento prevalente compreso tra N 18°-24° E; mentre nel settore orientale, a sud dell’abitato di Cascina, si concentrano le parcelle con orientamento prevalente compreso tra N 0°-8°E.

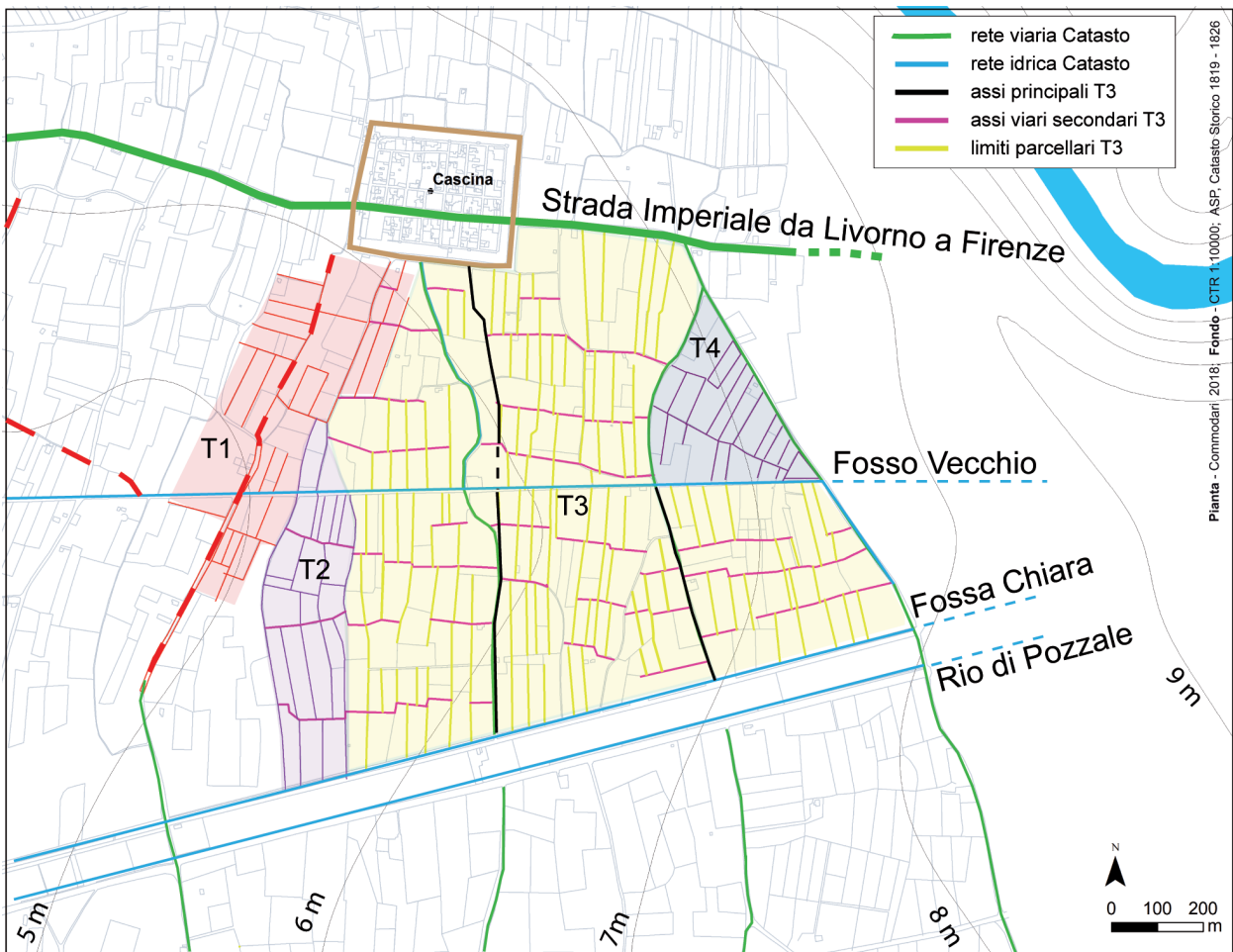


Figura 42. La lettura morfologica del settore compreso tra l'abitato di Cascina e il Rio di Pozzale sulla base del catasto storico Leopoldino.

L'analisi morfologica del parcellare agrario svolto sulla base del Catasto storico Leopoldino nel settore compreso tra l'abitato di Cascina, attraversato dalla Strada Imperiale da Livorno a Firenze (attuale Via Tosco-Romagnola - SS 67), e la Fossa Chiara che corre parallela all'antico canale Arnaccio, oggi Via di Arnaccio. La lettura morfologica del parcellare "storico" ha permesso il riconoscimento di quattro forme di organizzazione dello spazio agrario.

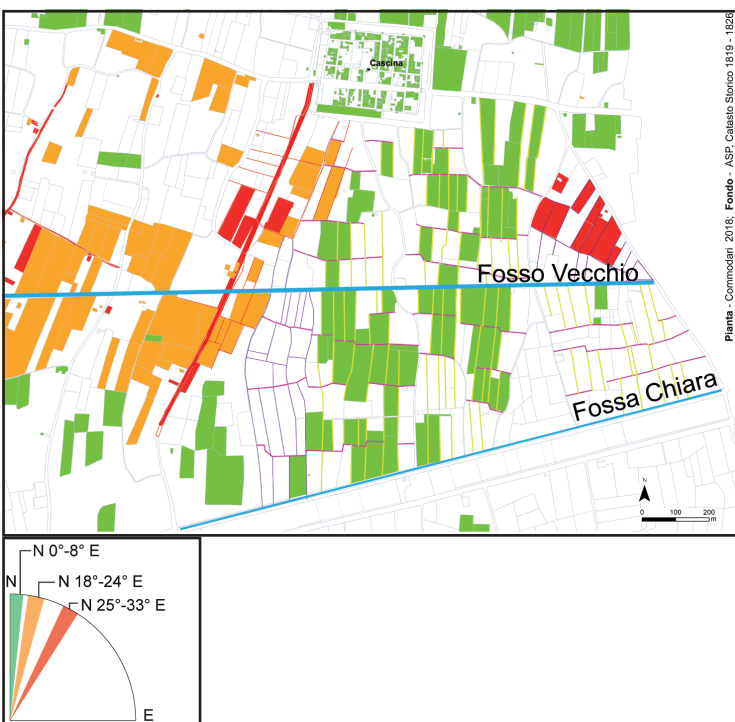


Figura 43. L'analisi degli orientamenti del parcellare storico tramite il supporto MorphAL.

Il calcolo degli orientamenti predominanti nel settore a sud di Cascina evidenzia come le parcelle perpendicolari ai fossi della rete idrica seguono un orientamento prevalente di N 0°-8° E. Inoltre, è stato possibile riconoscere il parcellare isocline alla griglia centuriale (N 25°-33° E) o divergente con orientamento compreso tra N 18°-24° E.

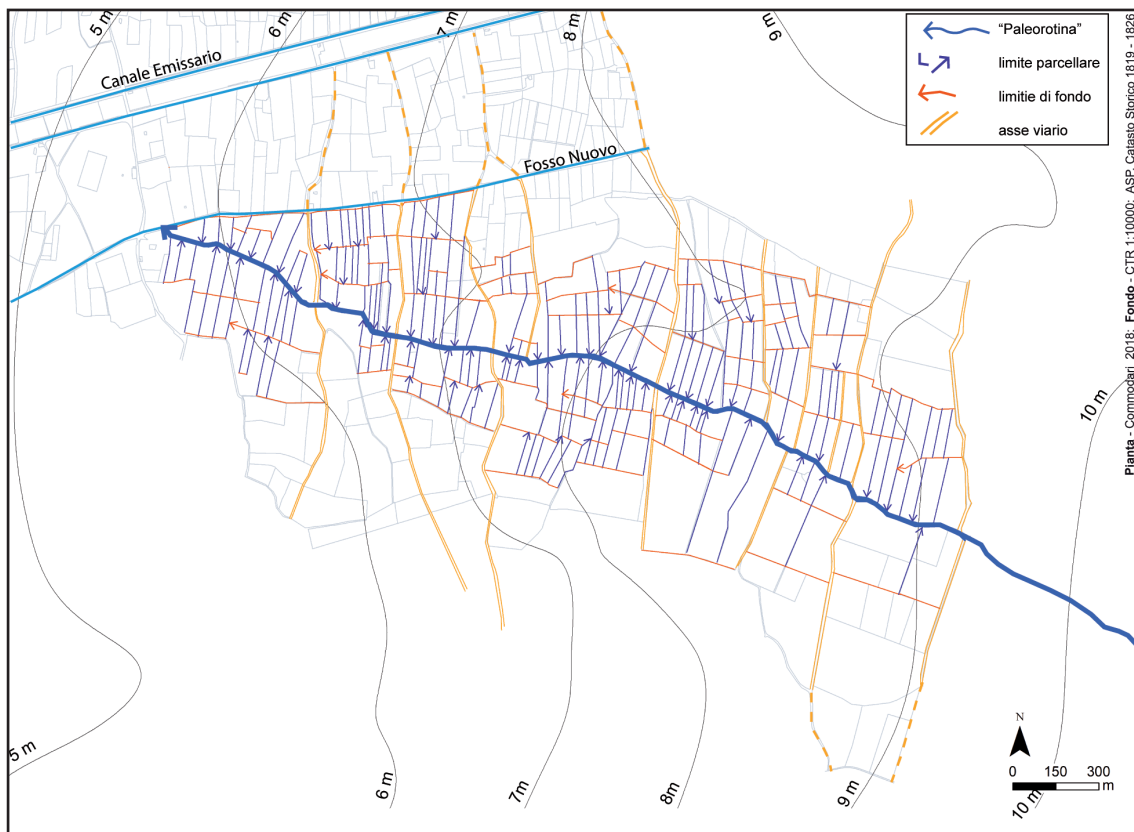


Figura 44. L'analisi morfologica del "Paleorotina".

La lettura morfologica del parcellare, svolta sulla base del catasto storico ottocentesco (ASP, Catasto terreni - Mappe - Cascina n. 38, 39, 42, 48, 54, 57, 58; Catasto terreni-Mappe- Pontedera n. 37, 38), a sud del Fosso Nuovo e sino al settore di Latignano, ha permesso di identificare una trama "a spina di pesce" che trasmette un elemento idrico del paesaggio antico, il cosiddetto Paleorotina, un corso d'acqua di origine artificiale.



Figura 45. La villanova di Cascina nel Catasto storico Leopoldino.
I fogli del catasto ottocentesco relativi all'abitato di Cascina (ASP, Catasto terreni- Mappe-Cascina n. 31, 34, 35, 38)

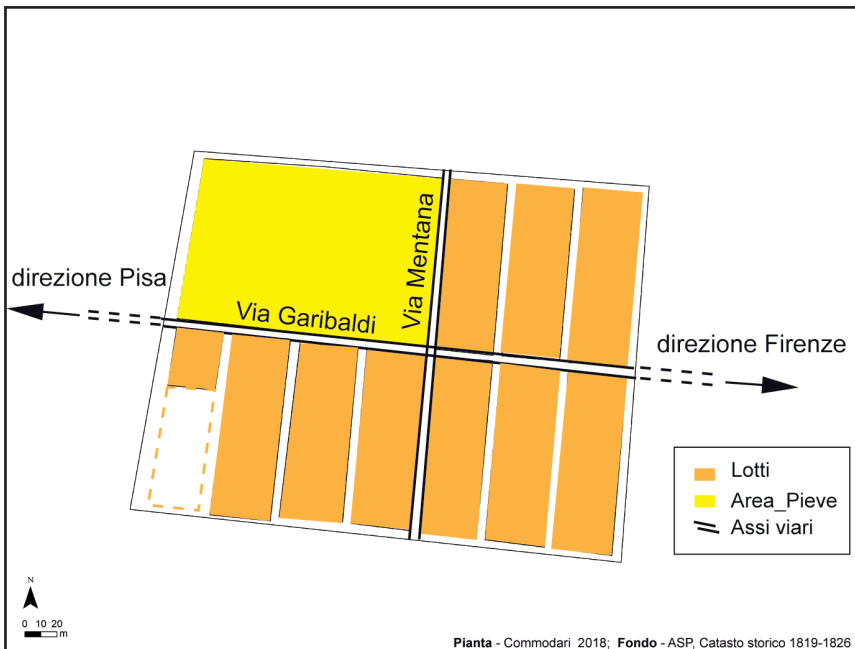


Figura 46. La lettura morfologica dell'impianto urbano di Cascina realizzato sulla base del catasto storico ottocentesco.
La struttura appare suddivisa in quattro settori da due assi perpendicolari, le attuali Via Mentana e Via Giuseppe Garibaldi. A nord dell'asse mediano est-ovest è possibile individuare 3 lotti rettangolari e uno spazio quadrangolare riservato agli edifici religiosi, mentre nel settore a sud della via Garibaldi sono riconoscibili 7 lotti rettangolari.

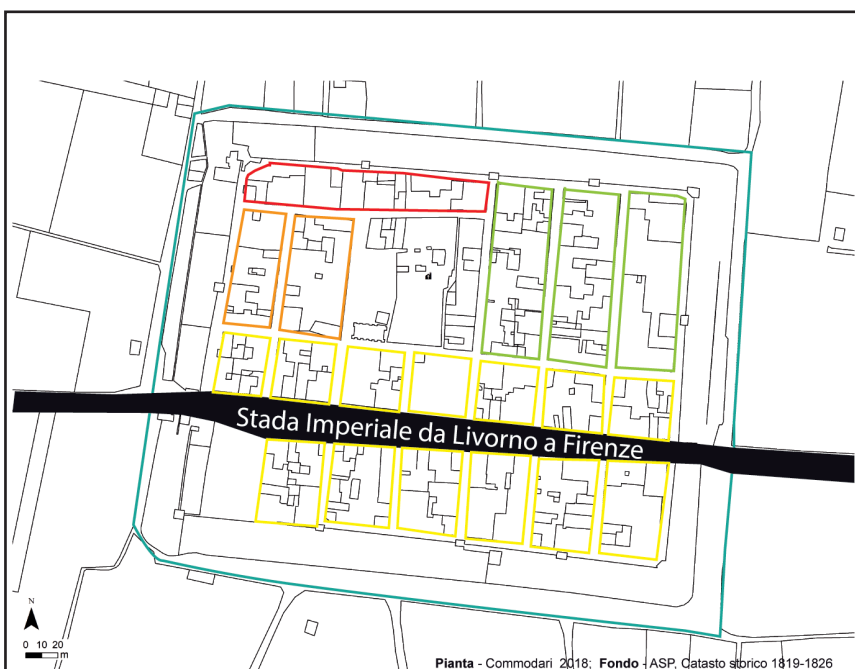


Figura 47. La trasformazione dell'impianto urbano di Cascina originario.
In seguito all'ampliamento della *Strada Imperiale da Livorno a Firenze* l'assetto dei lotti urbani situati a sud dell'attuale via Garibaldi venne modificato.

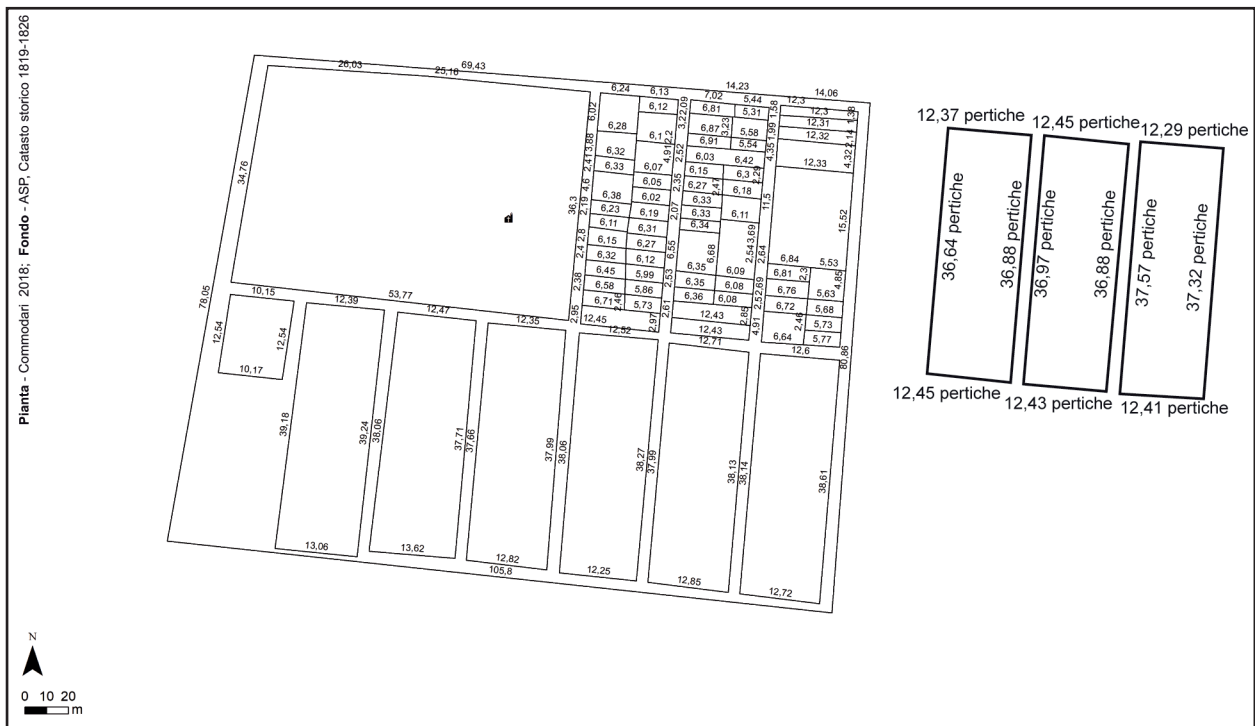


Figura 48. L'analisi metrologica dei lotti urbani dell'impianto di Cascina realizzata tramite il supporto MorphAL.

Lo studio ha permesso di riconoscere nel settore a nord dell'attuale via Garibaldi la presenza di tre "isolati-tipo" che misurano 12 per 36 pertiche lineari ca. di lato. Ogni "isolato-tipo" è verosimilmente suddiviso al proprio interno tramite l'asse mediano in lotti rettangolari di 2,4 per 6 pertiche lineare per un totale di 15 lotti ogni lato; tuttavia, gli interventi realizzati nel corso dei secoli sembrano aver trasformato l'impianto originario. Mentre nel settore a sud dell'attuale via Garibaldi i sette "isolati" rettangolari presentano dimensioni pari a circa 13 per 38 pertiche lineari.

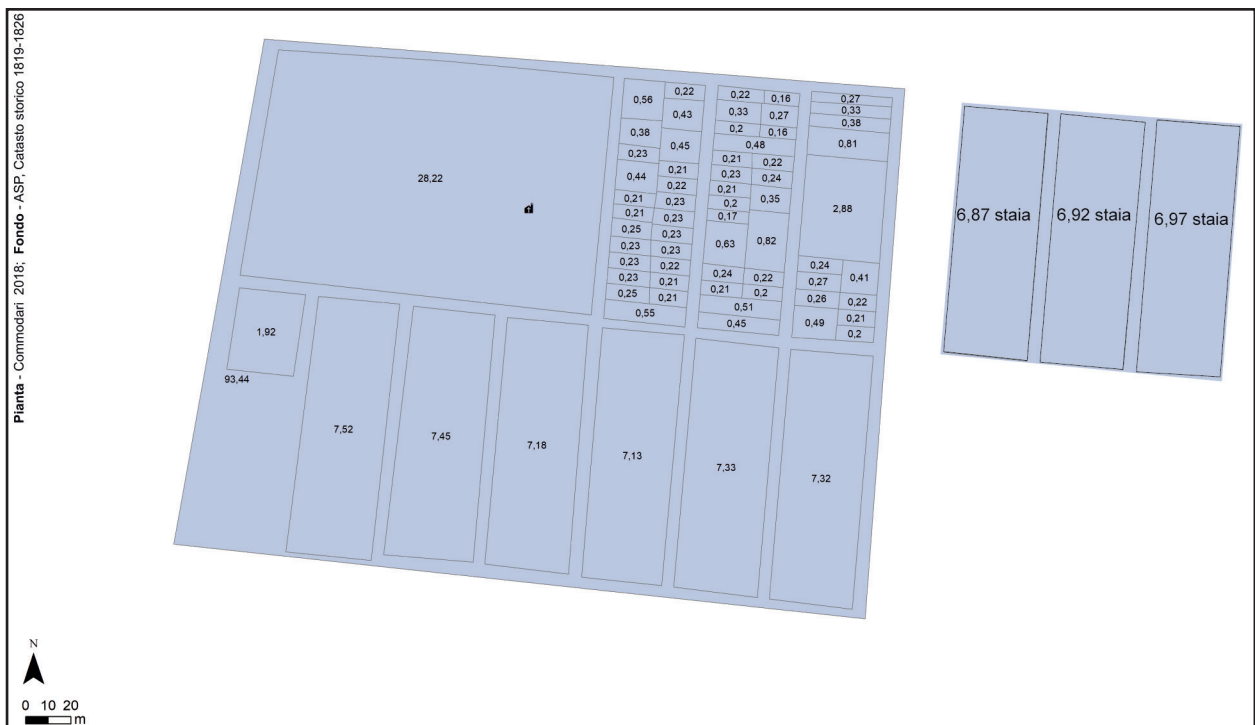


Figura 49. Lo studio metrologico delle superfici degli isolati urbani, basata sul sistema di misurazione di epoca medievale.

Nella porzione settentrionale dell'abitato sono visibili 3 lotti con un'estensione pari a circa 6 staia e mezzo, mentre a sud dell'asse mediano di Via Garibaldi sono riconoscibili 7 lotti di circa 7 staia e mezzo. Anche in questo caso le lievi divergenze tra le superfici dei 10 lotti regolari sembra essere connessa ad una riorganizzazione dell'impianto urbano avvenuto in seguito all'ampliamento e allo spostamento verso sud della Via Imperiale da Livorno a Pisa, attuale Strada Statale Tosco-Romagnola (SS 67).

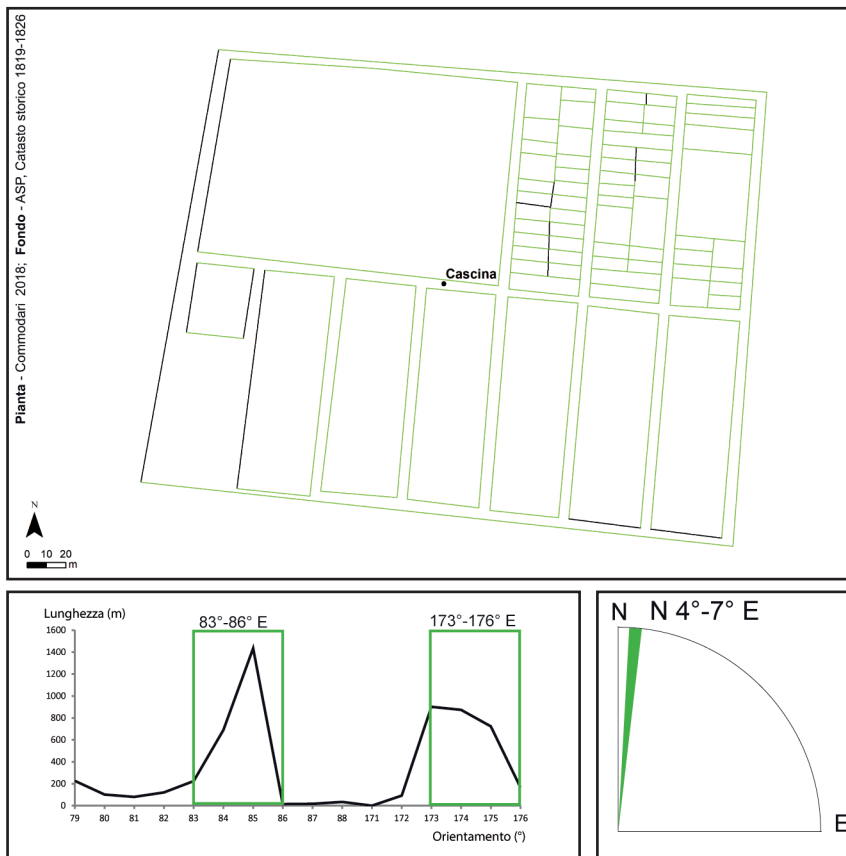


Figura 50. L'analisi degli orientamenti degli assi delimitano gli "isolati-tipo" e i lotti urbani interni del settore settentrionale.

L'indagine morfologica realizzata tramite il supporto MorphAL, ha evidenziato la presenza di un sistema ortogonale che segue un inclinazione prevalente di N 4°-7° E, dunque divergente rispetto all'orientamento della griglia centuriale. Il dato conferma i risultati ottenuti dal calcolo degli orientamenti realizzato sulle parcelle del catasto ottocentesco che evidenziavano per il settore orientale un orientamento prevalente di N 0°-8° E.



Figura 51. L'analisi degli orientamenti del parcellare agrario e urbano del catasto ottocentesco in prossimità dell'abitato di Cascina.

La vettorializzazione dei fogli del Catasto storico Leopoldino (Grava 2014; 2011), ha consentito di riconoscere nell'area compresa tra Pisa e Cascina la presenza di tre orientamenti prevalenti. In particolare è possibile osservare nel settore urbano e periurbano dell'abitato di Cascina una prevalenza delle parcelle che seguono un orientamento compreso tra N 0°-8° E (= 82°- 90° E/172°-180° E).

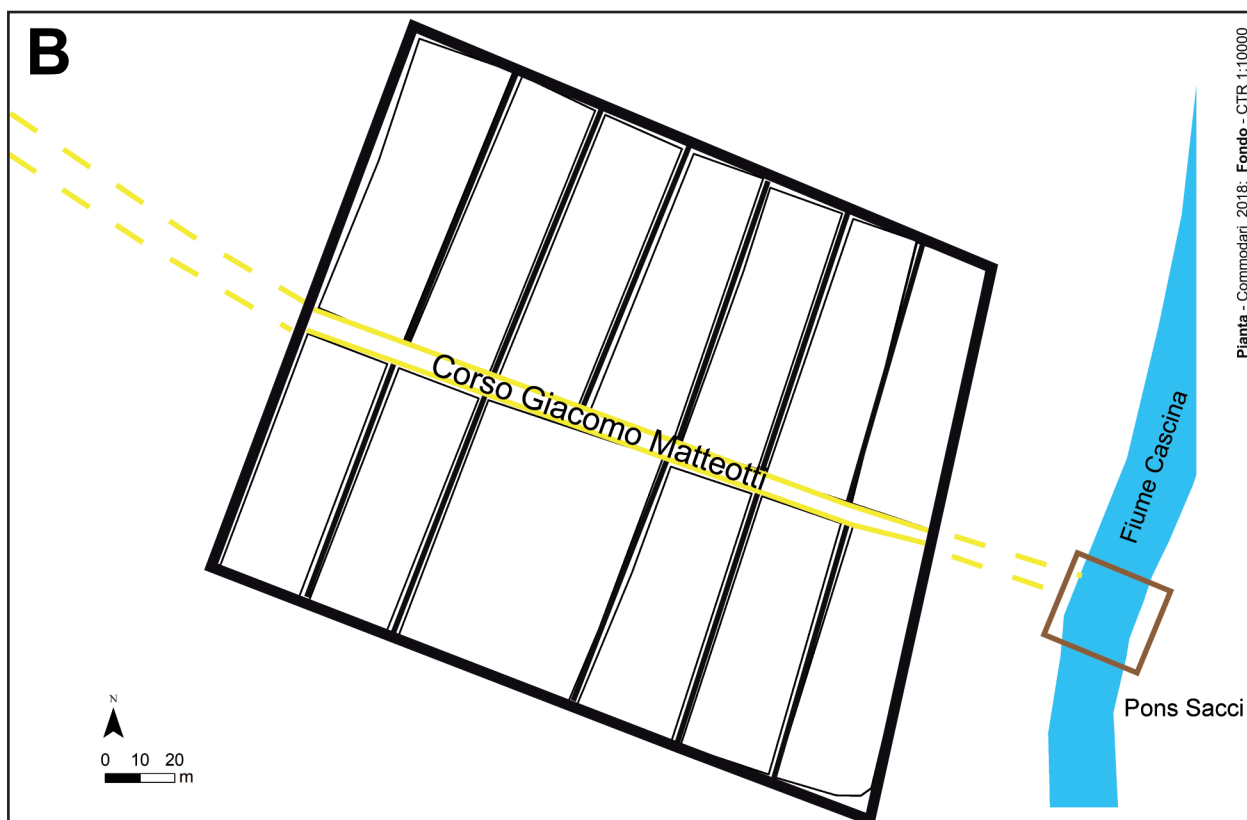


Figura 52. La lettura morfologica dell'impianto urbano della "terra nuova" di Ponsacco.
 L'indagine realizzata sulla base del castato attuale (A) rileva la presenza di 13 lotti urbani distribuiti rispettivamente a nord (7) e a sud (6) dell'attuale Corso Giacomo Matteotti, asse mediano est-ovest dell'intera struttura (B).

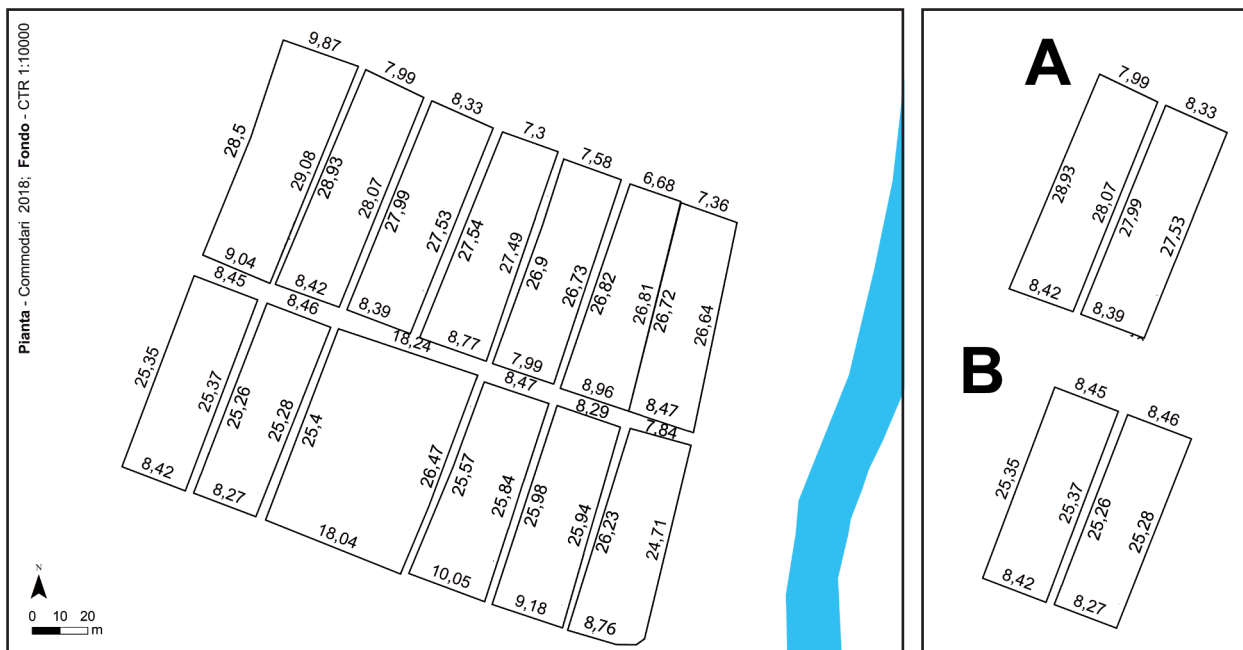


Figura 53. L'analisi metrologica delle parcelle urbane di Ponsacco (perimetro).

Attraverso il supporto MorphAL e sulla base del sistema di misurazione in uso a Pisa dal XIII secolo è stato possibile riconoscere l'esistenza di 7 lotti di 28 x 8 pertiche lineari circa nel settore a nord di Corso Matteotti (A) e di 5 lotti di 25 x 8 pertiche lineari circa nel settore meridionale (B).

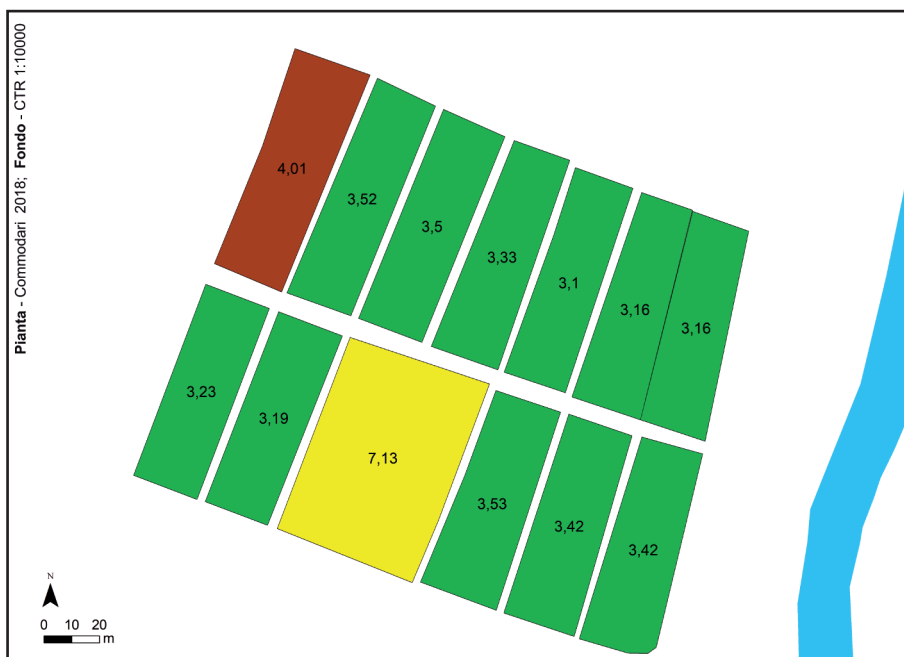


Figura 54. L'analisi metrologica delle parcelle urbane di Ponsacco (area).

Il calcolo delle superficie, realizzato attraverso il supporto MorphAL, ha evidenziato l'esistenza di 11 lotti di circa 3 stiaira corrispondenti a circa 56 scale, 1 lotto di 4 stiaira circa (66 scale) e 1 lotto di 7 stiaira (118 scale). Tra le misure lineari è possibile osservare una ricorrenza dei multipli di 4 e di 5, mentre nelle misure superficiali in stiaia e in scale una ricorrenza dei multipli di 3, di 4 e di 7.

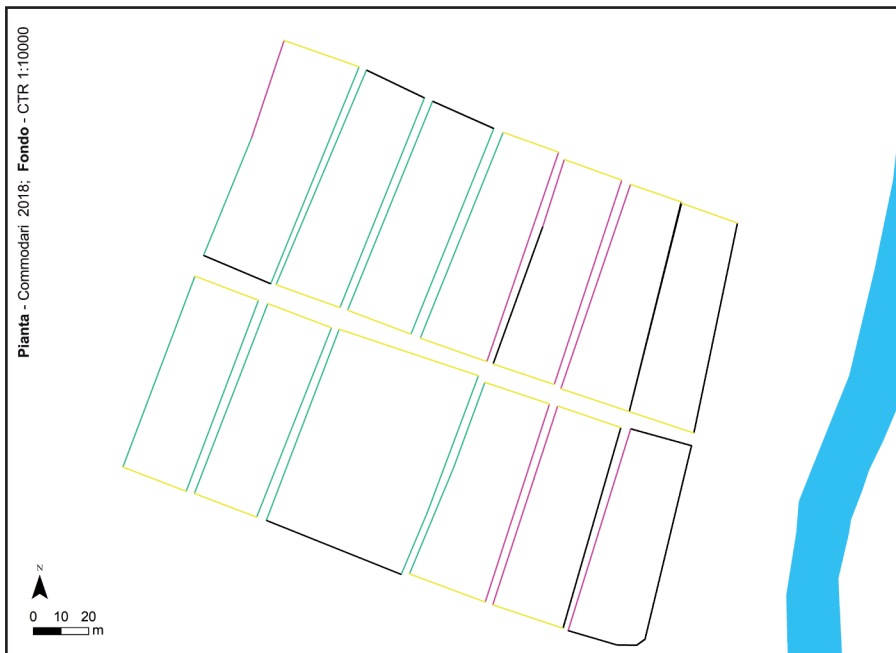


Figura 55. Il calcolo degli orientamenti degli assi che delimitano le parcelle urbane di Ponsacco.

Gli assi NE-SO che delimitano le parcelle urbane seguono un orientamento prevalente di 18°-19° E nella porzione orientale e di N 21°-23° E nella metà occidentale, mentre gli assi NO-SE un orientamento prevalente di N 59°-61° O, leggermente divergente rispetto alla griglia centuriale.

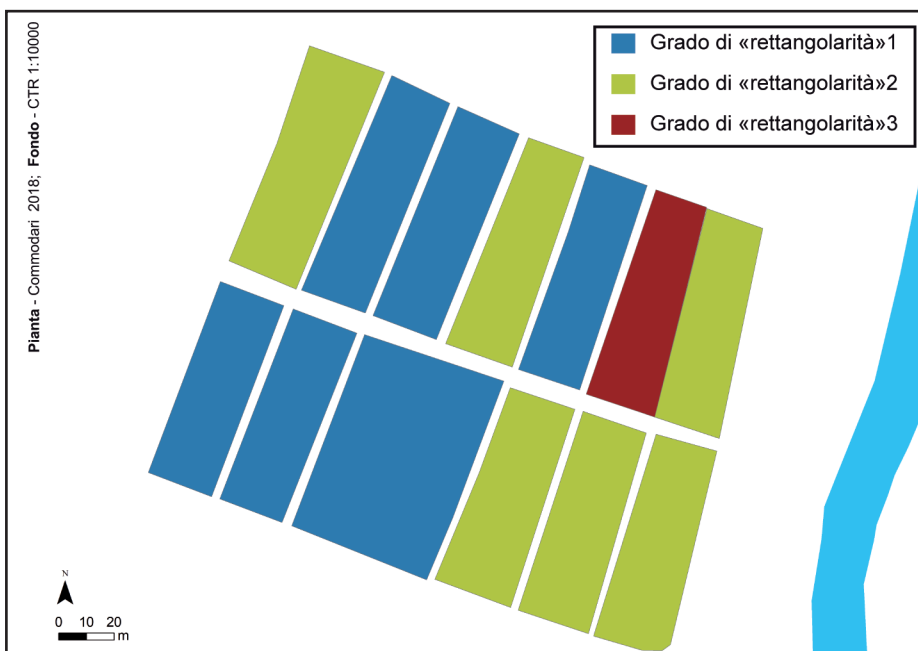
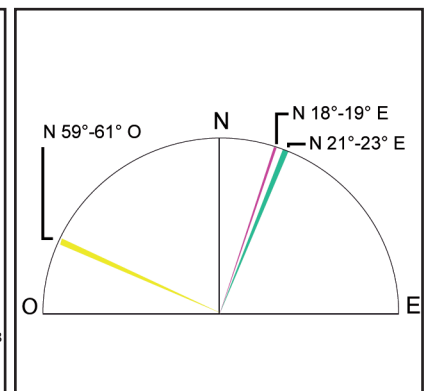
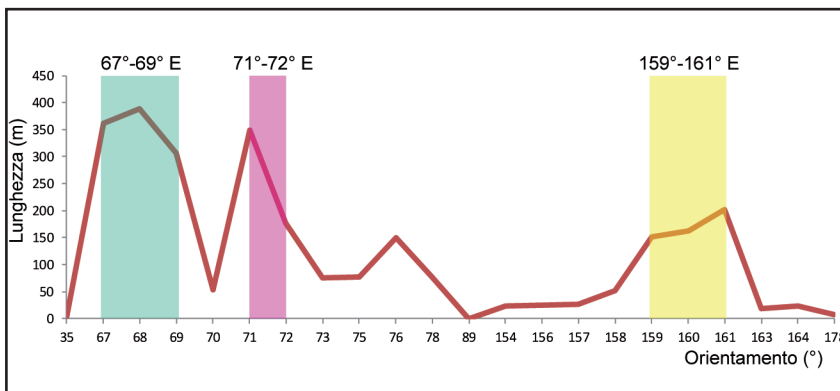


Figura 56. Il “grado di rettangolarità” delle parcelle urbane di Ponsacco.

La caratterizzazione delle forme, realizzata tramite il supporto MorphAL, mostra il grado di rettangolarità dei lotti dell’impianto della “terra nuova” di Ponsacco abbastanza regolari in particolare nel settore a sud di Corso Matteotti.

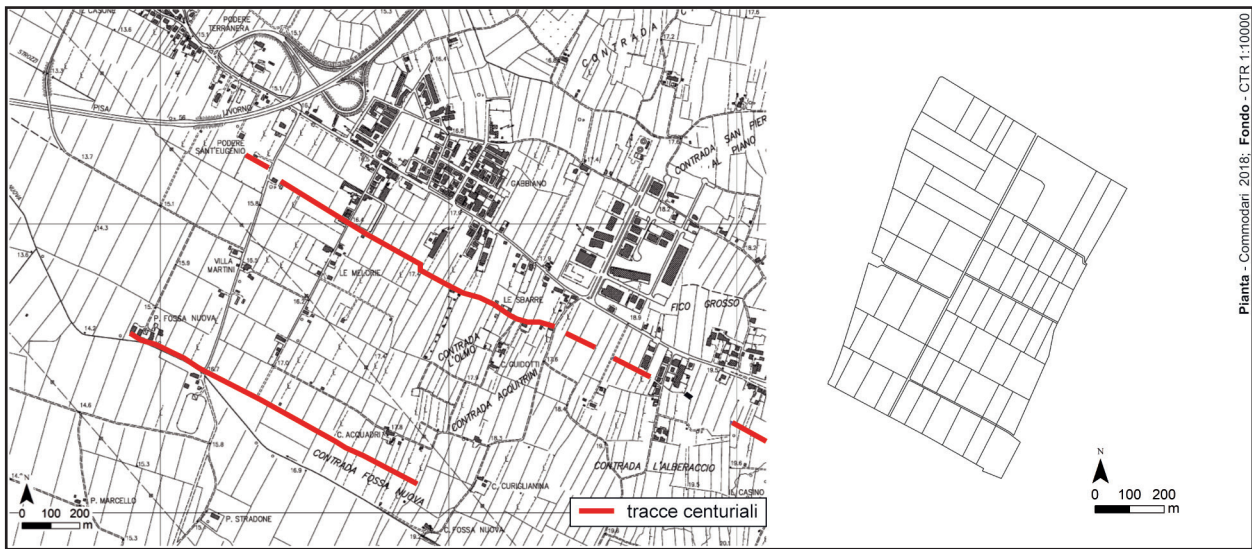


Figura 57. La trama regolare in località “Le Melorie” rintracciata sulla base della Carta Tecnica Regionale 1:10000.



Figura 58. La trama regolare in località “Le Melorie” visibile nei fogli del catasto ottocentesco.
 La trama agraria individuata in località “Le Melorie” visibile sui fogli del Catasto Leopoldino (ASP, Catasto terreni - Mappe - Ponsacco n. 1, 2, 29; Catasto terreni - Mappe - Pontedera - n. 31, 36, 41; Catasto terreni - Mappe - Lari - n. 1, 4). Nella pianta in basso a destra sono evidenziate le modifiche apportate alla trama in seguito alla realizzazione del catasto ottocentesco.

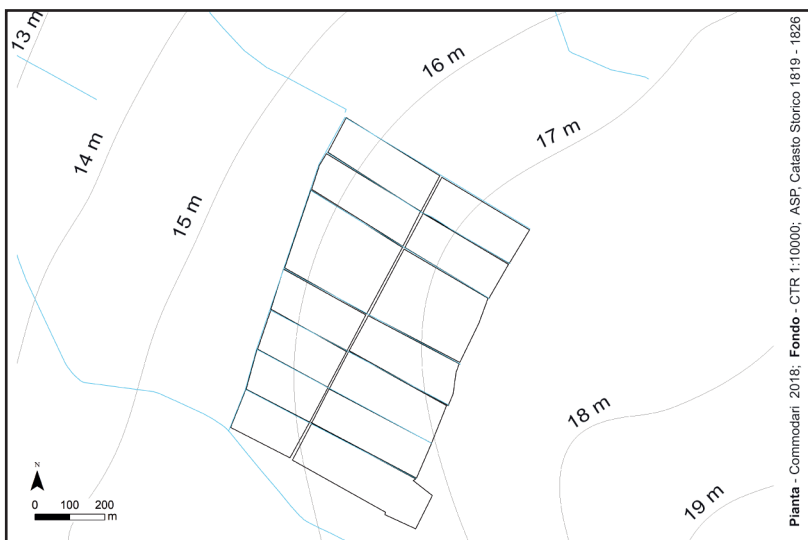
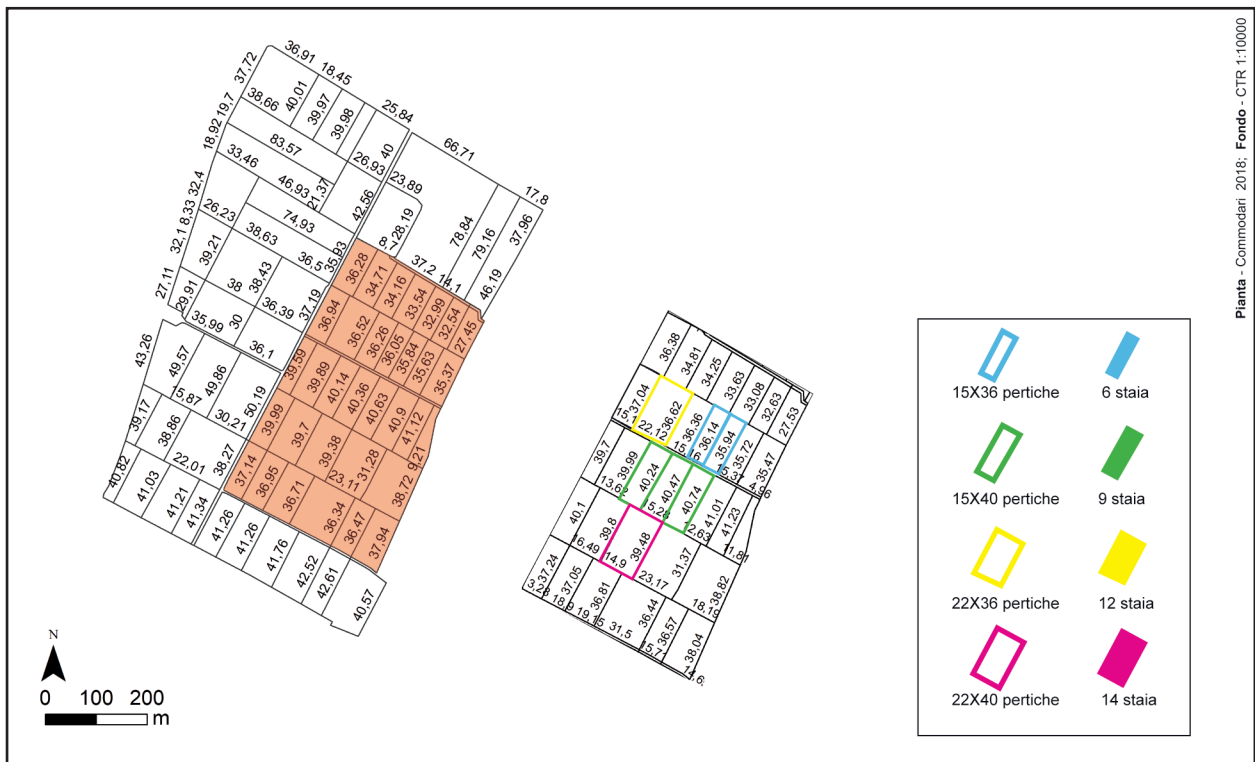


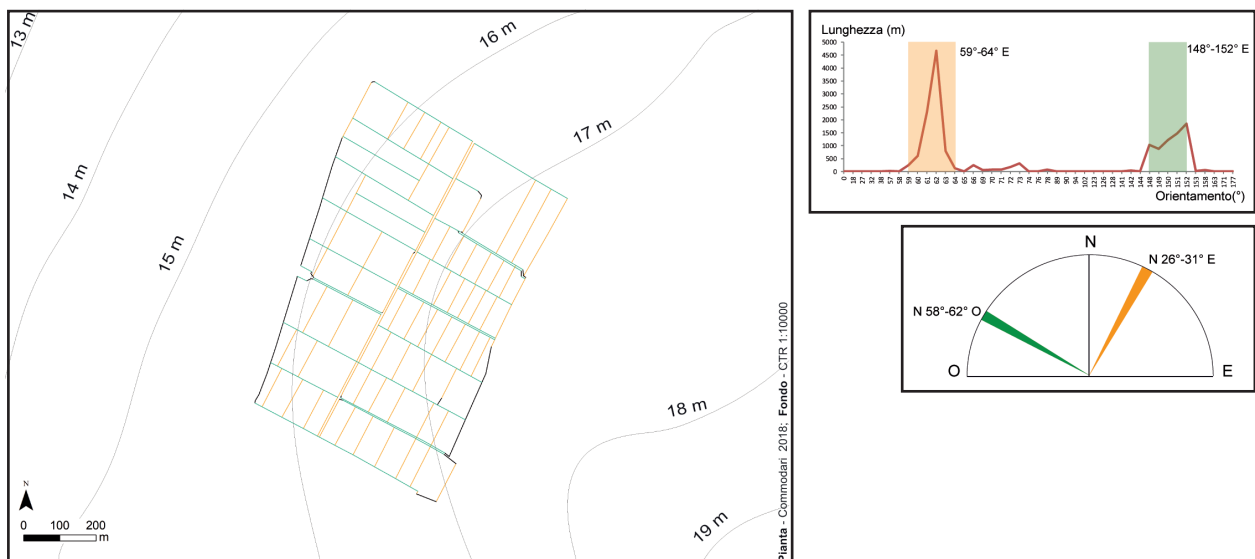
Figura 59. La rete di fossi evidenziati sulla base del Catasto Leopoldino, e la topografia del settore in località “Le Melorie” realizzato sulla base dei dati vettoriali della CTR 1:10000.
 La mappa risultante dimostra la relazione esistente tra l’organizzazione del sistema di drenaggio e le linee di pendenza del settore orientale della pianura.



Pianta - Comodari 2018; Fondo - CTR 1:10000

Figura 60. I lotti regolari della trama agraria in località “Le Melorie” evidenziati sulla base del catasto attuale.

L'indagine metrologica ha permesso di osservare la presenza di una serie di lotti regolari di 15x36 pertiche corrispondenti ad una superficie di 6 stiaia; di 15x40 pertiche lineari corrispondenti a 9 stiaia; di 22x36 pertiche lineari corrispondenti a 12 stiaia ed infine di 22x40 corrispondenti a 14 stiaia. Il confronto con le misure superficiali dell'abitato di Ponsacco consentono di evidenziare la ricorrenza dei multipli di 3, di 4 e di 7.



Pianta - Comodari 2018; Fondo - CTR 1:10000

Inoltre, l'immagine e il grafico in alto mostrano gli orientamenti prevalenti evidenziati tramite il supporto MorphAL: gli assi con andamento NE-SO (in arancione) seguono un orientamento prevalente di N 26°-31° E, mentre gli assi NO-SE (in verde) presentano un orientamento di N 58°-62° O.

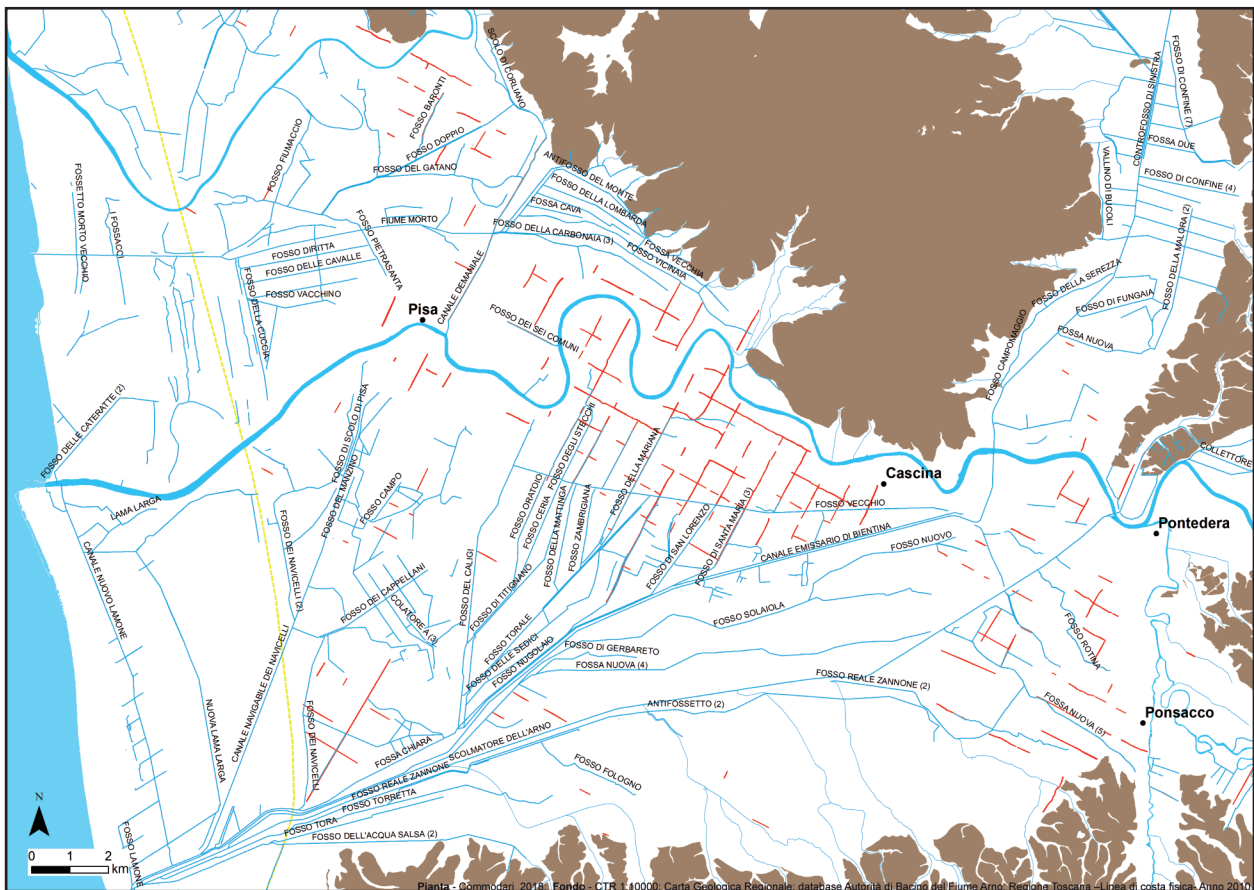


Figura 61. Le tracce della centuriazione romana e il sistema idrico attuale.
 Numerosi fossi del sistema idrico attuale, alcuni dei quali risalenti all'epoca medievale, trasmettono l'orientamento e l'allineamento degli assi principali della centuriazione pisana.



Figura 62. La *dogaia* di San Lorenzo individuata sulla base del Catasto Leopoldino.
 Nei fogli del catasto storico (ASP, Catasto terreni-Mappe-Cascina n. 81, 82) è possibile individuare in azzurro il fosso di San Lorenzo risalente all'epoca medievale che trasmette l'orientamento e l'allineamento di un cardine della centuriazione, con indicazione del toponimo *dogaia*; mentre in giallo è evidenziato l'asse centuriale o decumano visibile nel catasto storico.

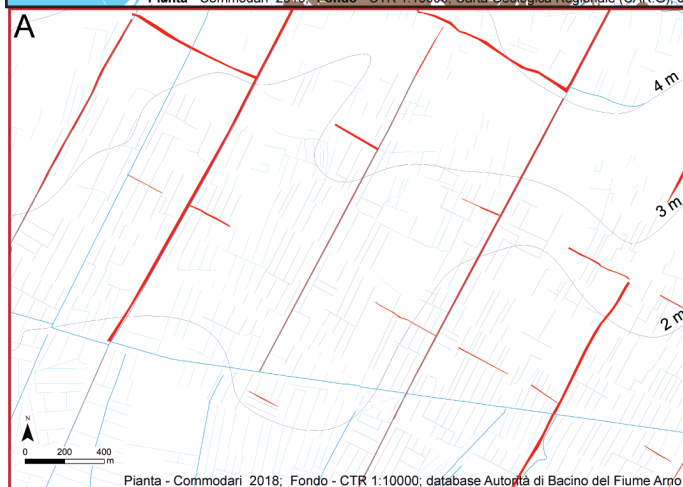
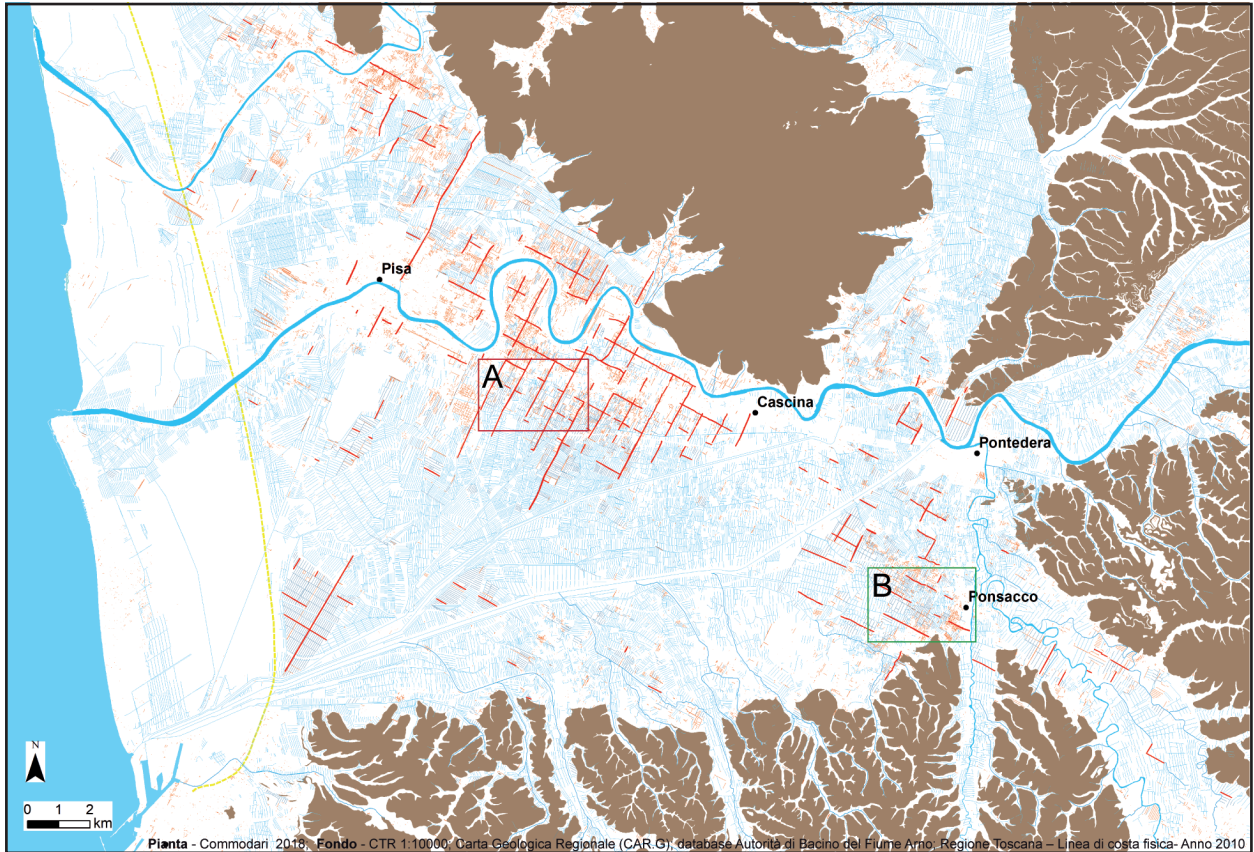
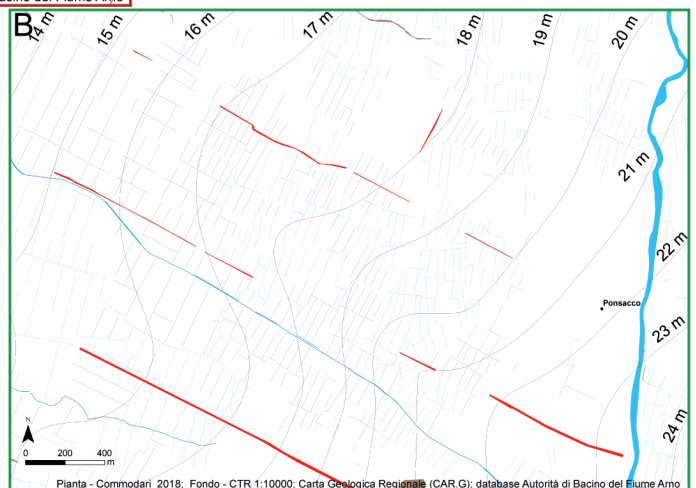


Figura 63. I fossi della rete idrica isoclini alla centuriazione pisana nel settore compreso tra Pisa e Cascina (A) e nel settore orientale (B).

La costruzione della rete idrica e del sistema di scoline ha comportato la trasmissione della struttura centuriale, funzionale allo scorrimento delle acque superficiali secondo il naturale pendio del terreno.



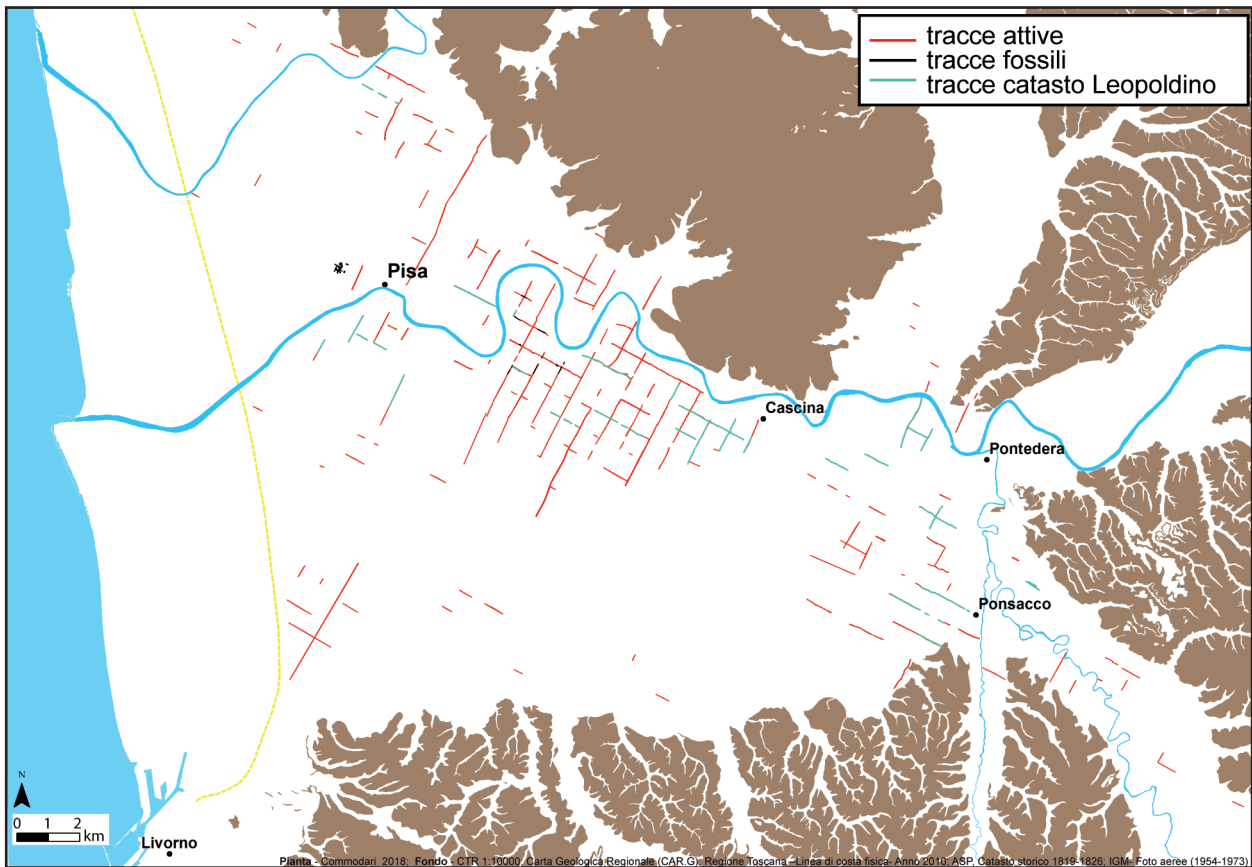


Figura 64. La “carta compilata” delle forme riferibili agli assi della centuriazione pisana.
 La mappa rappresenta le tracce attive, rintracciate sul catasto attuale e storico, e fossili, restituite sulla base delle fotografie aeree storiche e delle immagini satellitari, riferibili alla griglia centuriale pisana.

Parte III – LE DINAMICHE PALEOAMBIENTALI E PAESAGGISTICHE

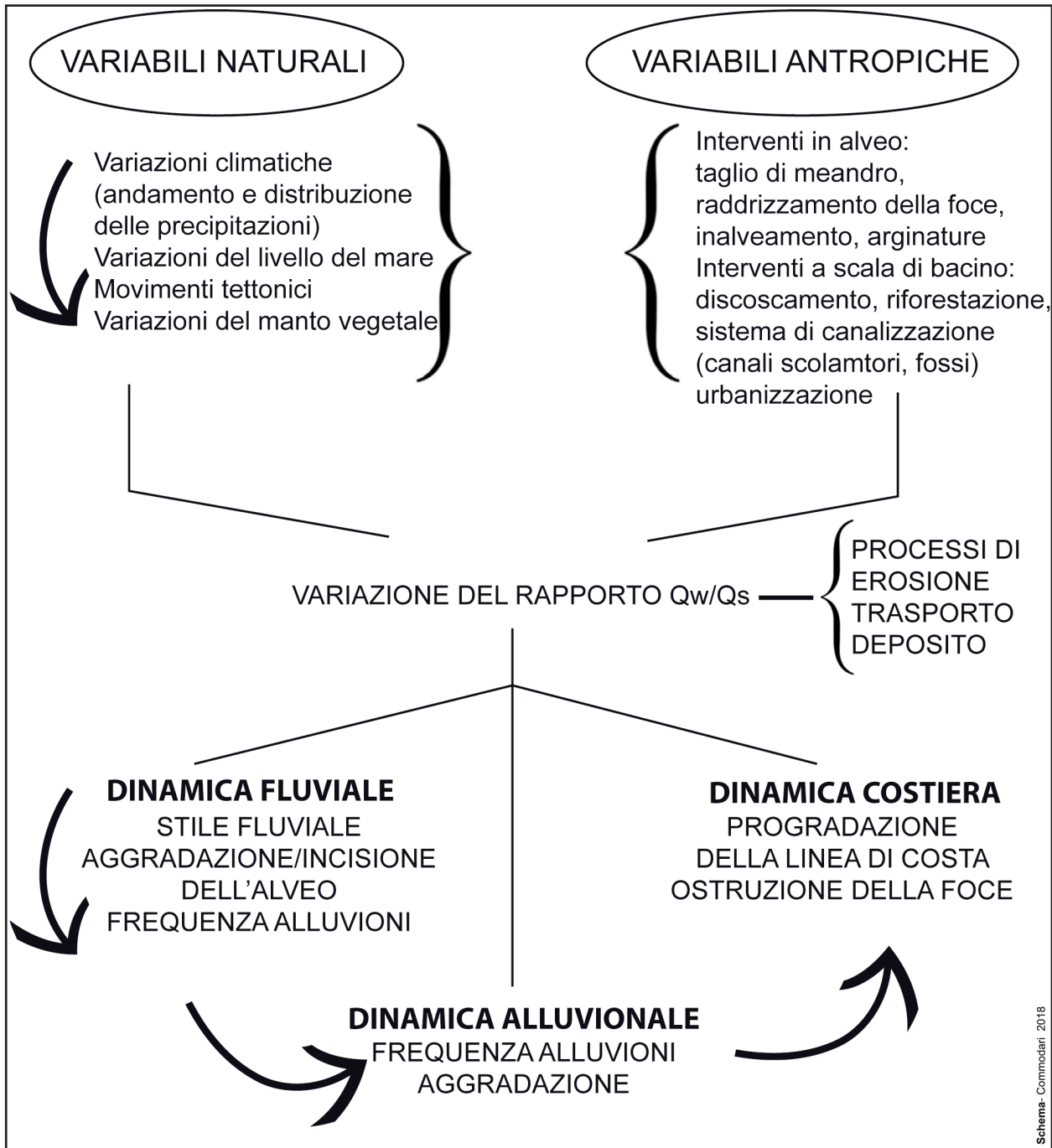


Figura 65. Schema relativo ai fattori di instabilità fluviale dal confronto con (Arnaud-Fassetta 2007; Surian 2006).

Lo schema mostra i principali fattori naturali e antropici che influiscono sulle variazioni del rapporto Q_w/Q_s (portata/carico solido), dunque sulla dinamica fluviale, alluvionale e costiera.

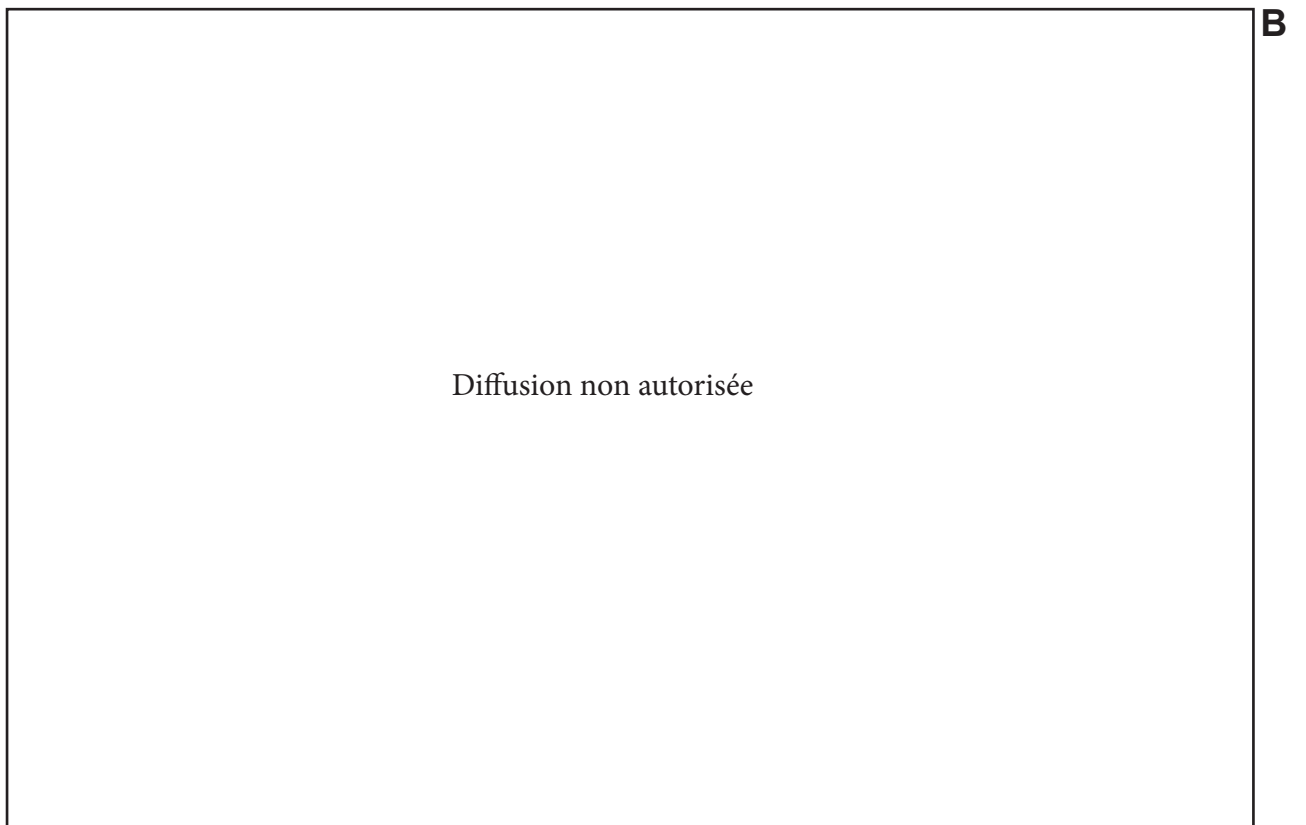
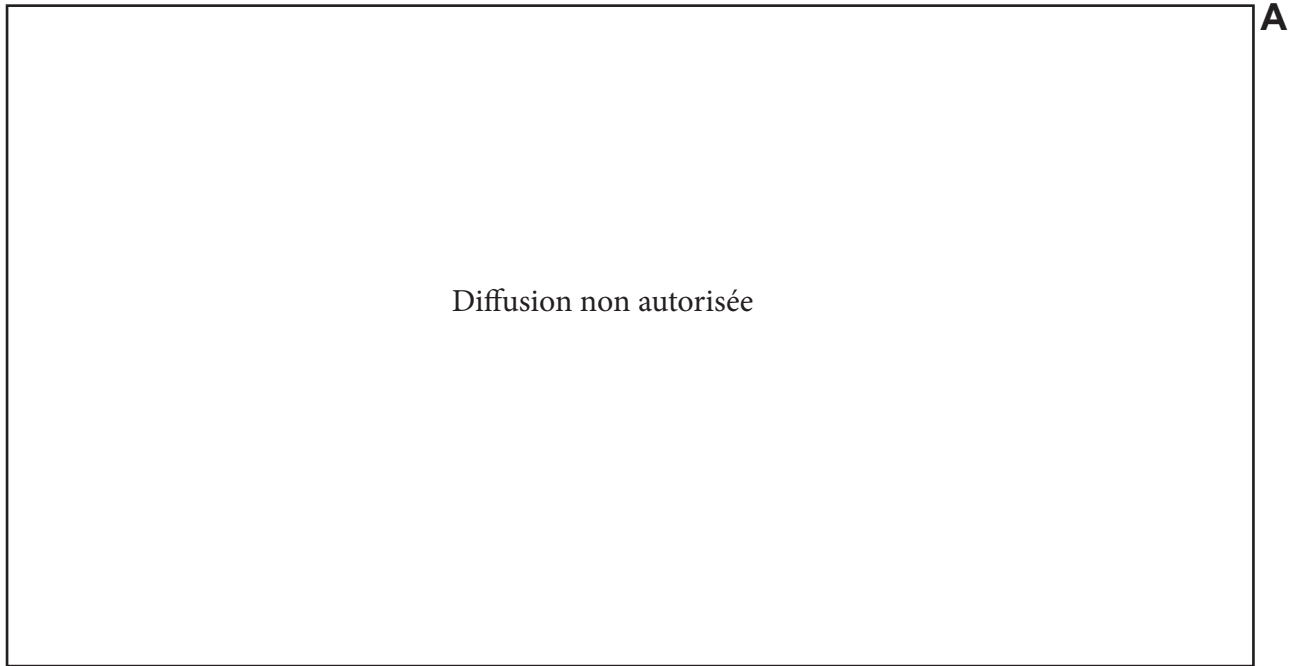


Figura 68. Le opere di arginatura del fiume Arno del XIX secolo.

Le immagini tratte da (Tosi 2006) e originariamente pubblicate in (Materassi 1849), mostrano le opere di arginatura operate lungo il corso del fiume Arno: i vecchi argini sono disegnati con una linea continua mentre i nuovi argini sono segnalati con un tratteggio nero (A). Nella seconda immagine (B) è possibile osservare le opere di arginatura anteriori al 1840 per il settore compreso tra Pisa e Pontedera.

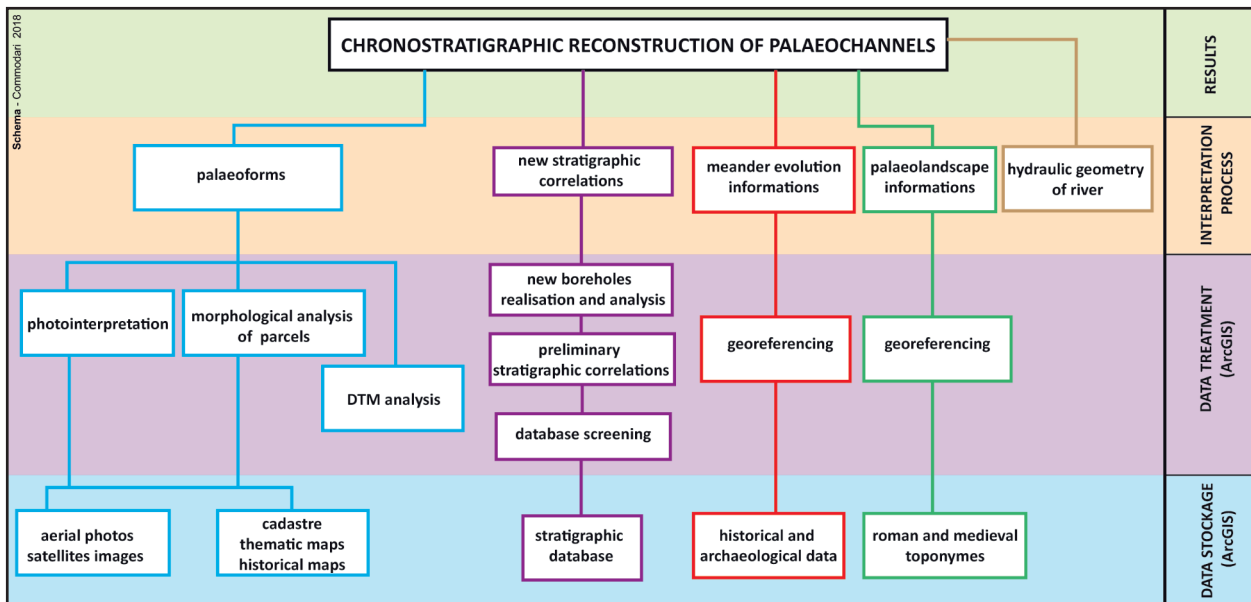


Figura 72. Lo schema metodologico adottato nella ricostruzione della paleoidrografia del settore compreso tra Pisa e Cascina



Figura 74. Isolotti fluviali rinvenuti in prossimità di San Frediano e contenenti materiale edilizio probabilmente riferibile a strutture medievali distrutte dalle piene dell'Arno.

La foto è stata realizzata e gentilmente concessa dall'architetto Marco Forti, ufficiale idraulico della Regione Toscana.



Figura 75. Isolotti fluviali rinvenuti in prossimità di Laiano e contenenti materiale edilizio probabilmente riferibile a strutture medievali distrutte dalle piene dell'Arno.
La foto è stata realizzata e gentilmente concessa dall'architetto Marco Forti.



Figura 76. Palizzate lignee rinvenute nei pressi di Laiano probabilmente riferibili agli antichi argini del fiume Arno.
La foto è stata realizzata e gentilmente concessa dall'architetto Marco Forti.

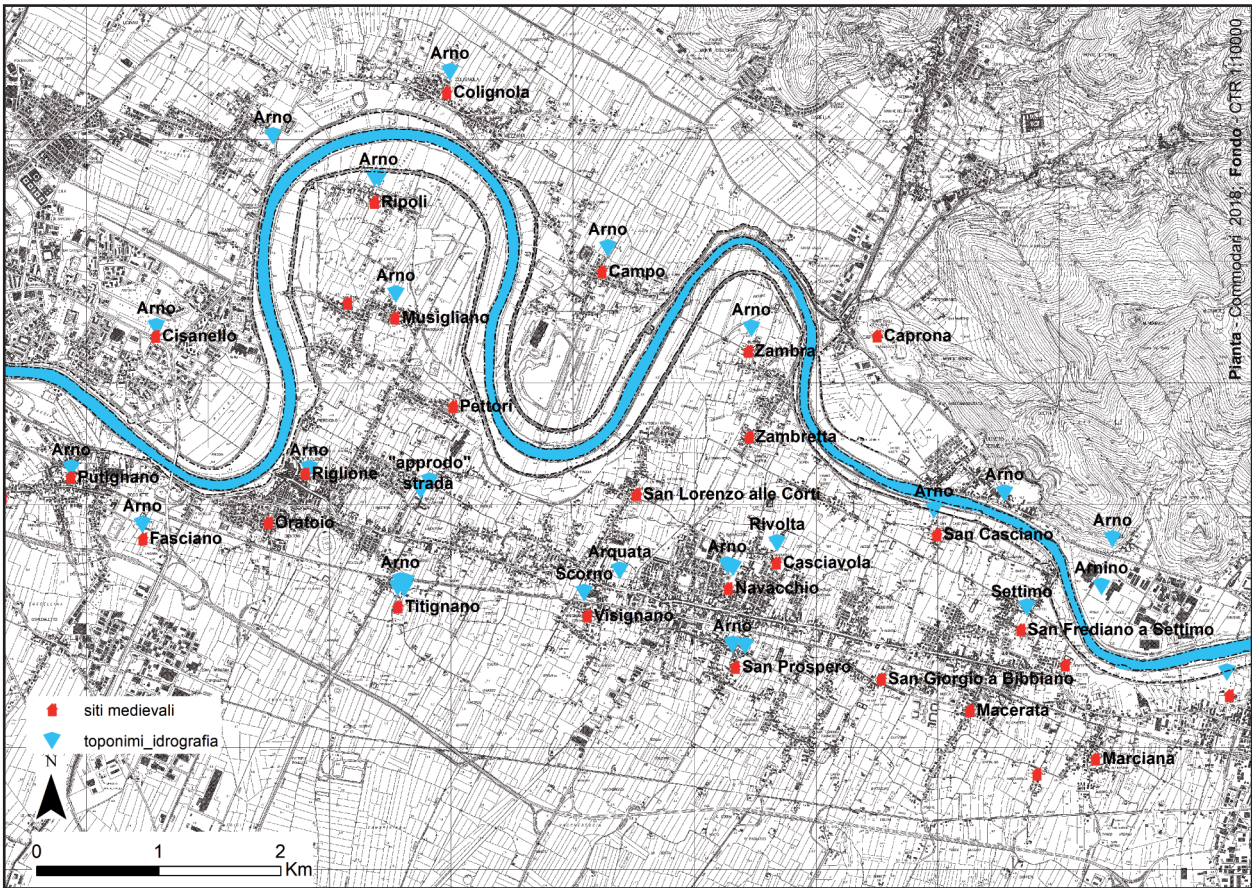


Figura 77. Carta dei toponimi “idrografici” attestati nei pressi dei centri abitati di origine medievale.

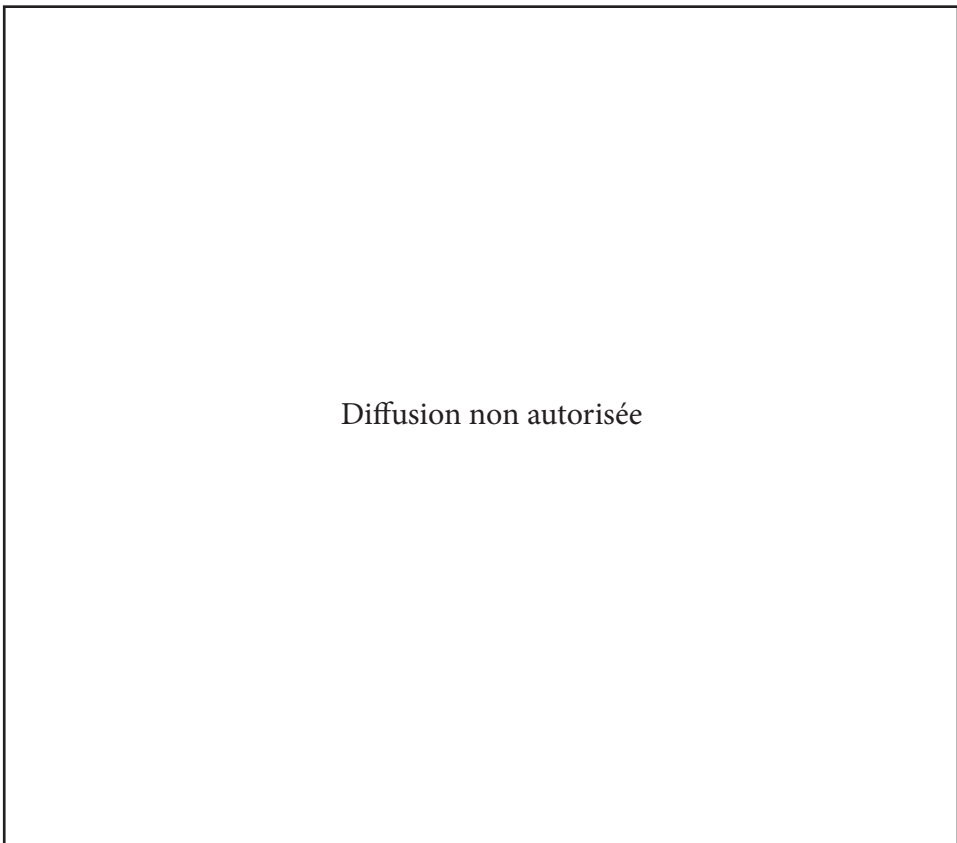


Figura 78. *Pianta della Pianura Pisana e dello Stagno di Pisa (ruotata), ASFi “Capitani di Parte Guelfa” IX/37 del XVII secolo. Tratta da (Basilico et al. 1988, 127).*

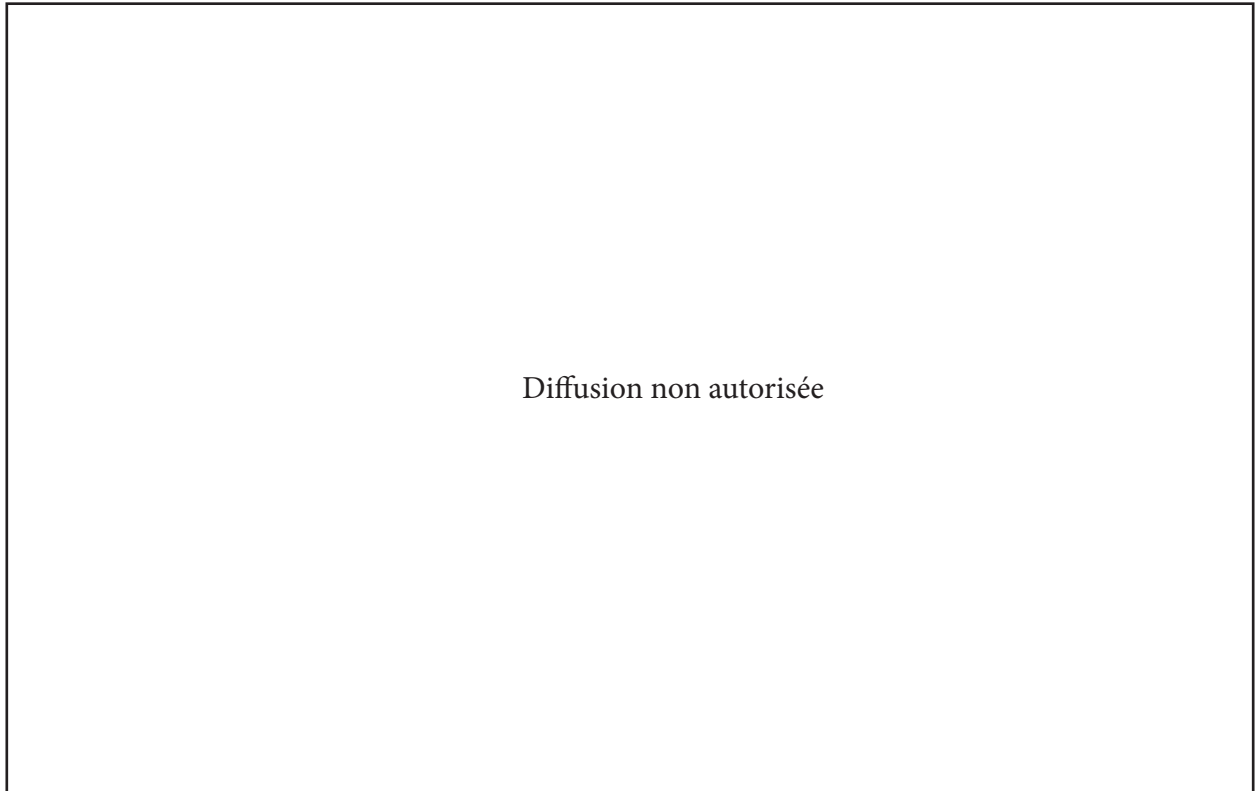


Figura 79. *Mappa corografica della Pianura Meridionale di Pisa tra l'Arno e le Colline (ruotata) della seconda metà del XVIII secolo (ASFi, "Miscellanea di Piante", n. 203). Tratta da (Paglialunga et al. 2001, 146).*



Figura 80. *Pianta della pianura pisana e sue adiacenze compresa nel Dipartimento del Mediterraneo del 1811 (G. Caluri 1811, ASFi, "Miscellanea di Piante", n. 508). Tratta da (Paglialunga et al. 2001, 150).*



**Figura 81. “Pianta Generale della Pianura Meridionale Pisana”,
ASP, “Fondo Fiumi e Fossi Carte Topografiche” n. 229.**

La cartografia storica è stata georeferenziata sulla base del catasto attuale (CTR 1:10000).



**Figura 82. “Carta Topografica dei Corsi d’Acqua della Pianura Pisana amministrati dalla
Deputazione Generale a forma del R. Motuproprio del 30 Novembre 1828 ricavato dai lucidi
del nuovo catasto”, ASP, “Fondo Fiumi e Fossi Carte Topografiche” n. 107, I parte.**

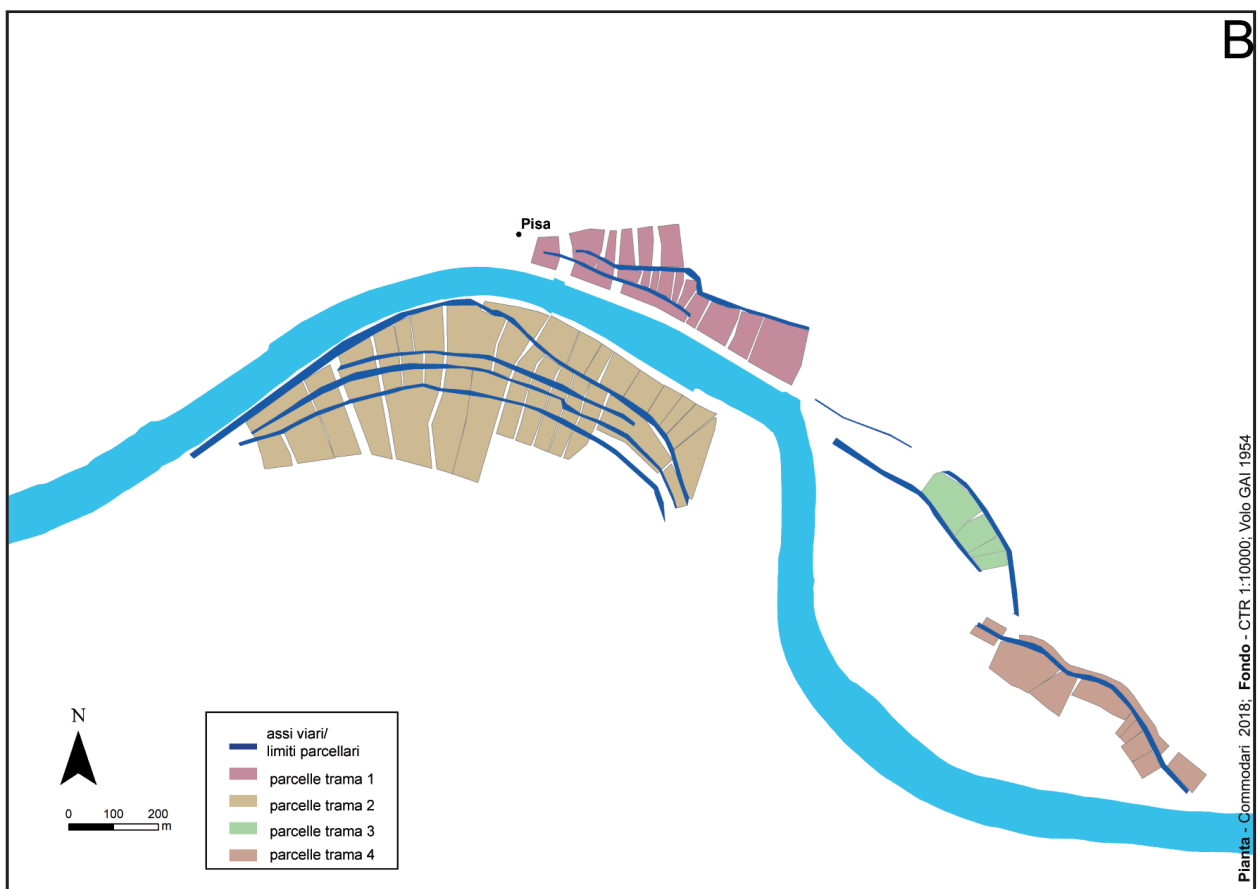


Figura 84. Analisi morfologica del parcellare urbano realizzata su supporto fotografico (A: volo GAI 1954, Foglio 104, strisciata 7, fotogramma 2051) – dai tipi dell'Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org).
 In basso (B) è visibile l'analisi morfologica svolta sulla base delle foto storiche.

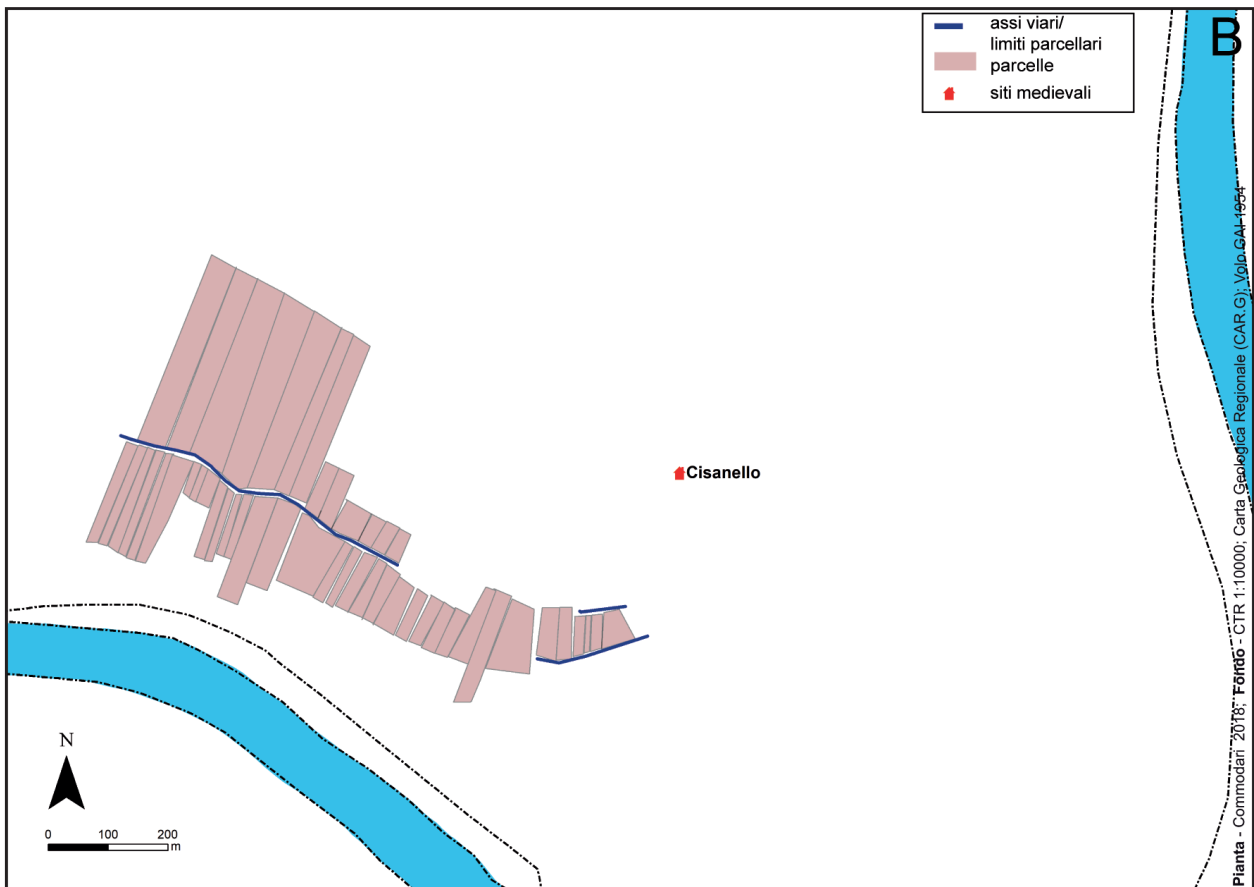


Figura 85. Analisi morfologica della zona di Cisanello realizzata su ortofoto IGM 1954 (A: volo GAI 1954, Foglio 104, strisciata 7, fotogramma 2051) – dai tipi dell'Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org).
 In basso (B) è visibile l'analisi morfologica svolta sulla base delle foto storiche.

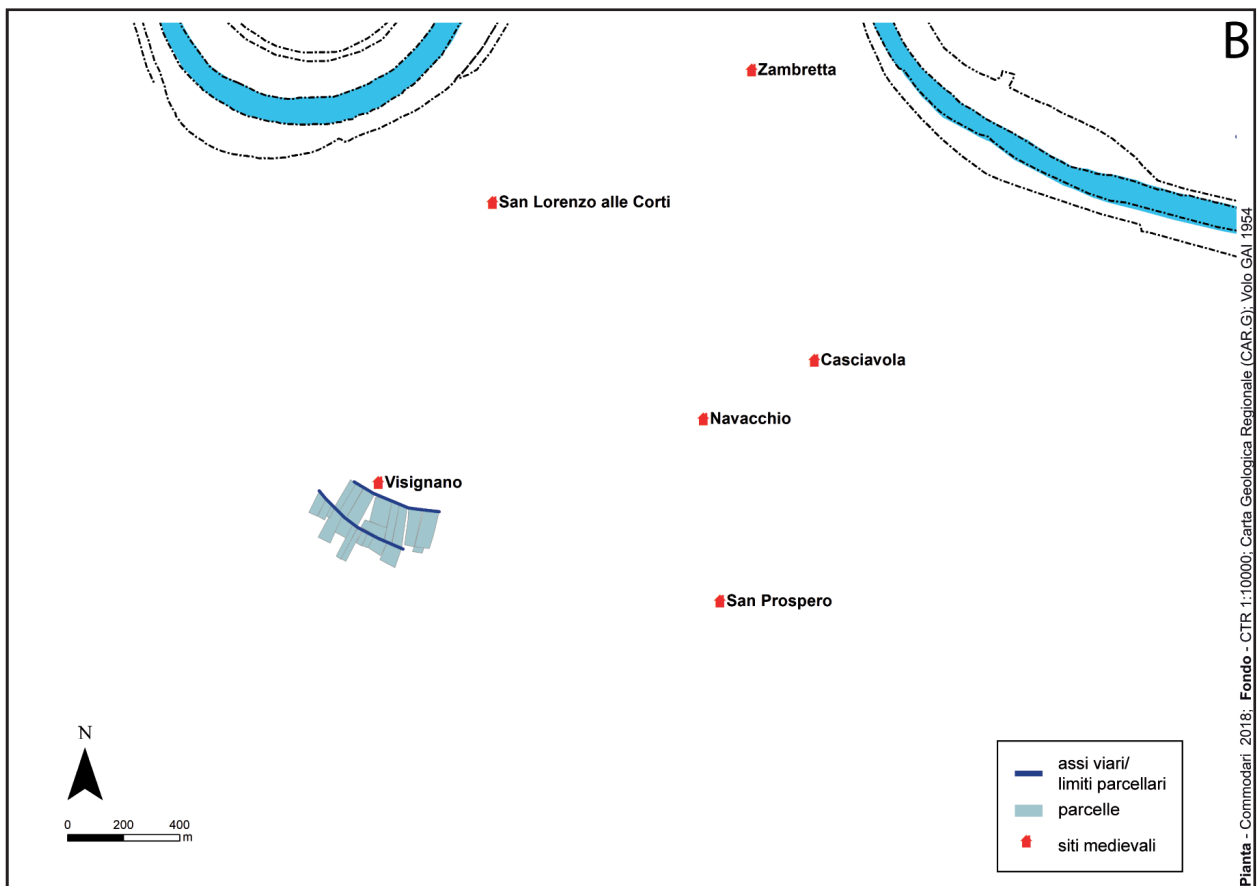
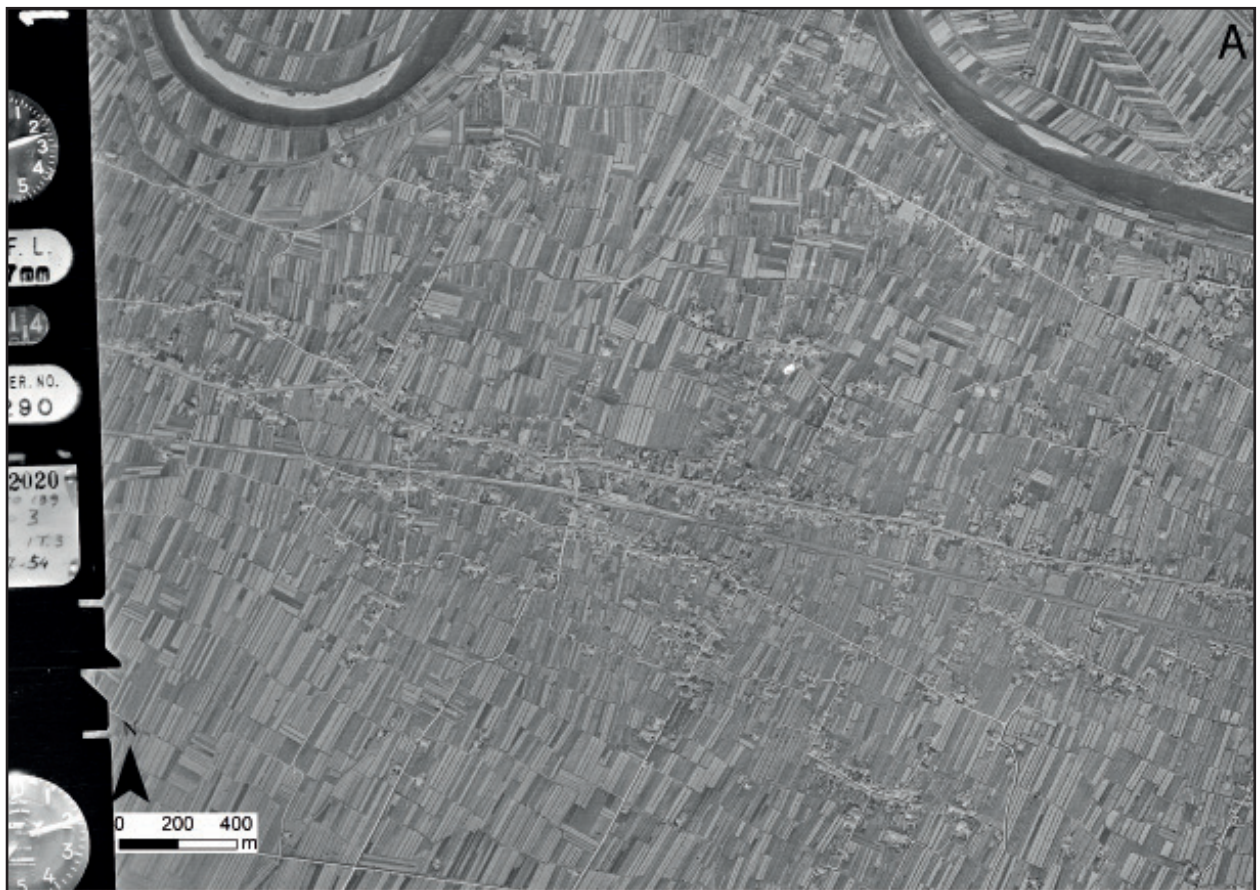


Figura 86. Analisi morfologica dell'area di Visignano realizzata su ortofoto IGM 1954, (A: volo GAI 1954, Foglio 105, strisciata 8, fotogramma 846) – dai tipi dell'Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org).
 In basso (B) è visibile l'analisi morfologica svolta sulla base delle foto storiche.

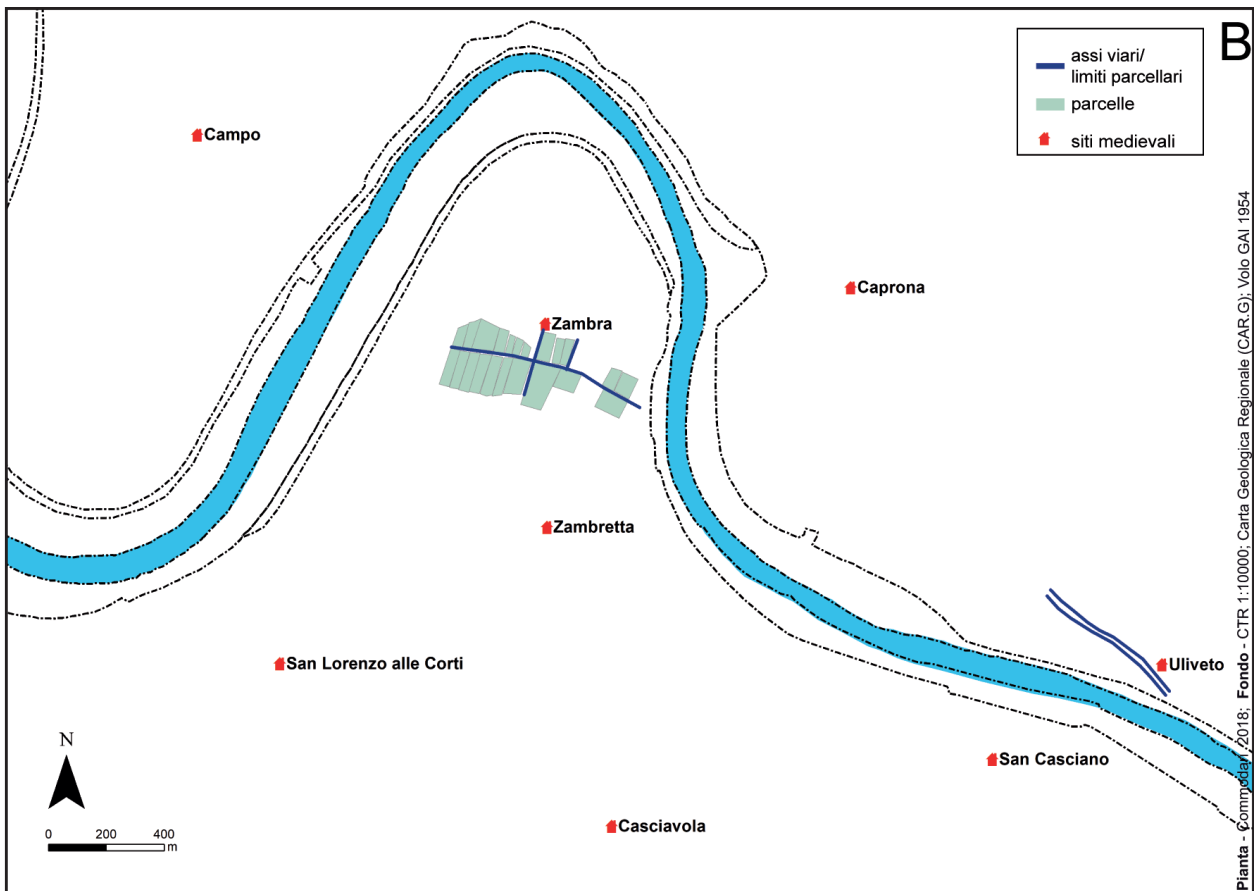


Figura 87. Analisi morfologica del settore compreso tra Zambra e Uliveto realizzata su ortofoto IGM 1954 (A: volo GAI 1954, Foglio 105, strisciata 8, fotogramma 846) – dai tipi dell’Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org). In basso (B) è visibile l’analisi morfologica svolta sulla base delle foto storiche.

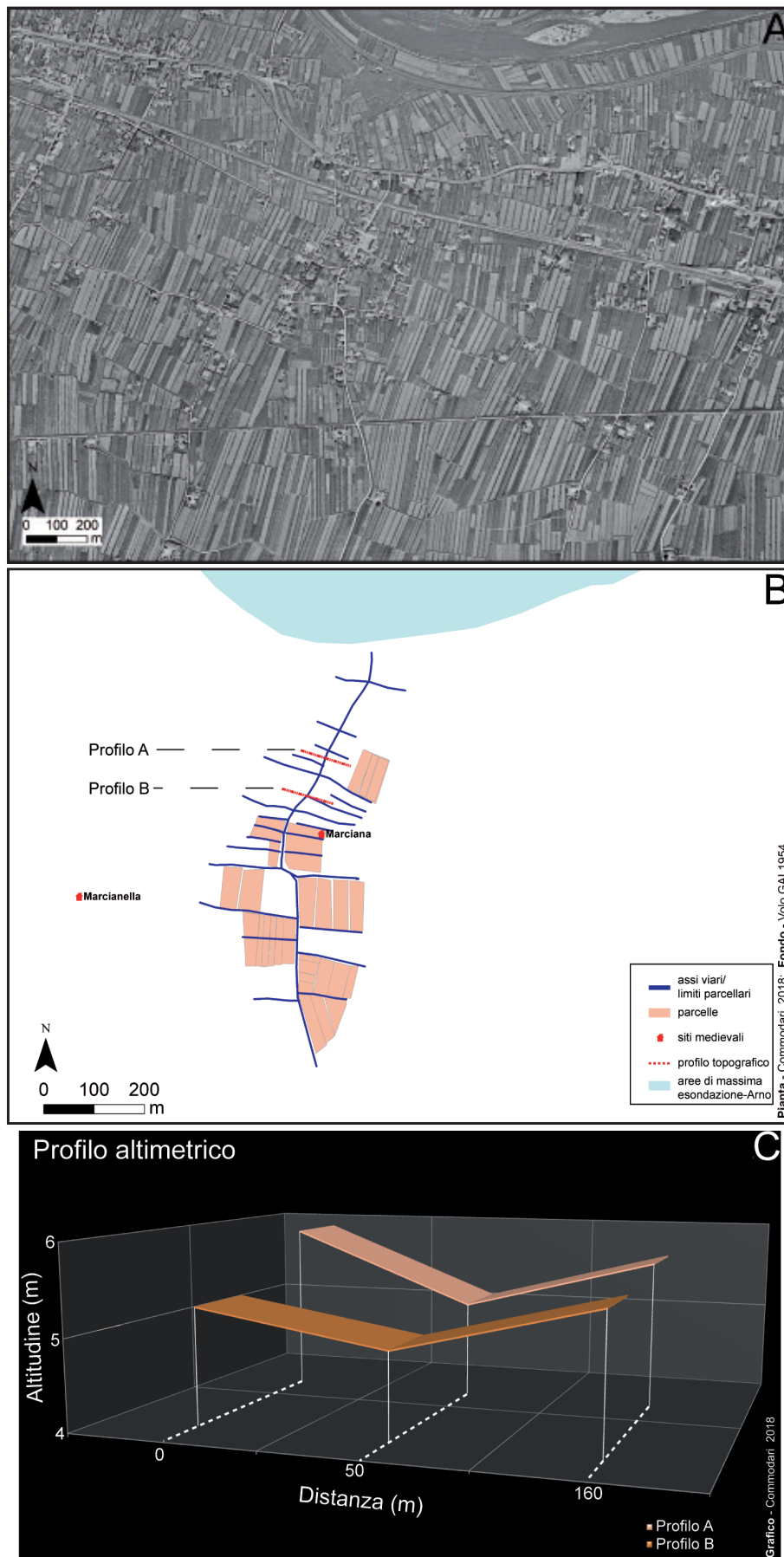


Figura 88. Analisi morfologica del settore a sud dell'ansa di Noce realizzata su ortofoto IGM 1954 (A: volo GAI 1954, Foglio 105, strisciata 8, fotogramma 846) – dai tipi dell'Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org). Nell'immagine B è visibile il risultato dell'analisi morfologica svolta sulla base della fotografia aerea storica; mentre nell'immagine C il profilo topografico evidenziato in prossimità della trama agraria.

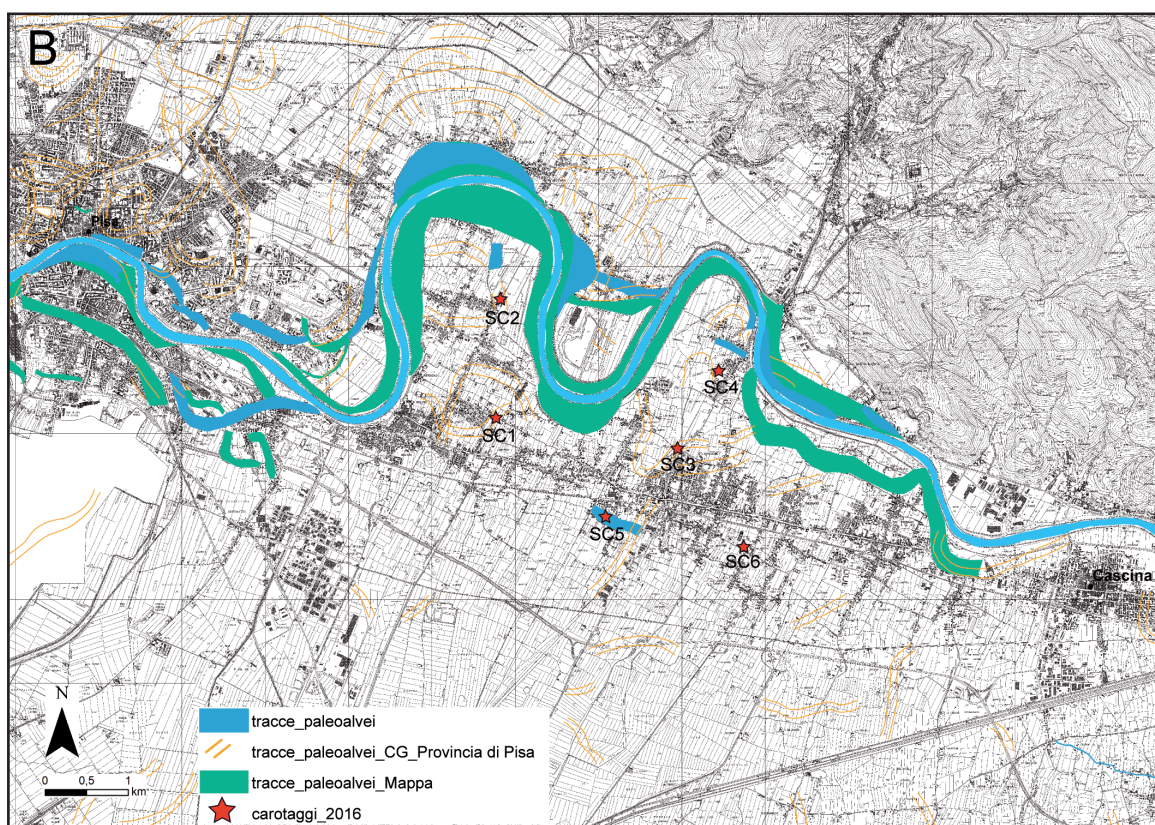
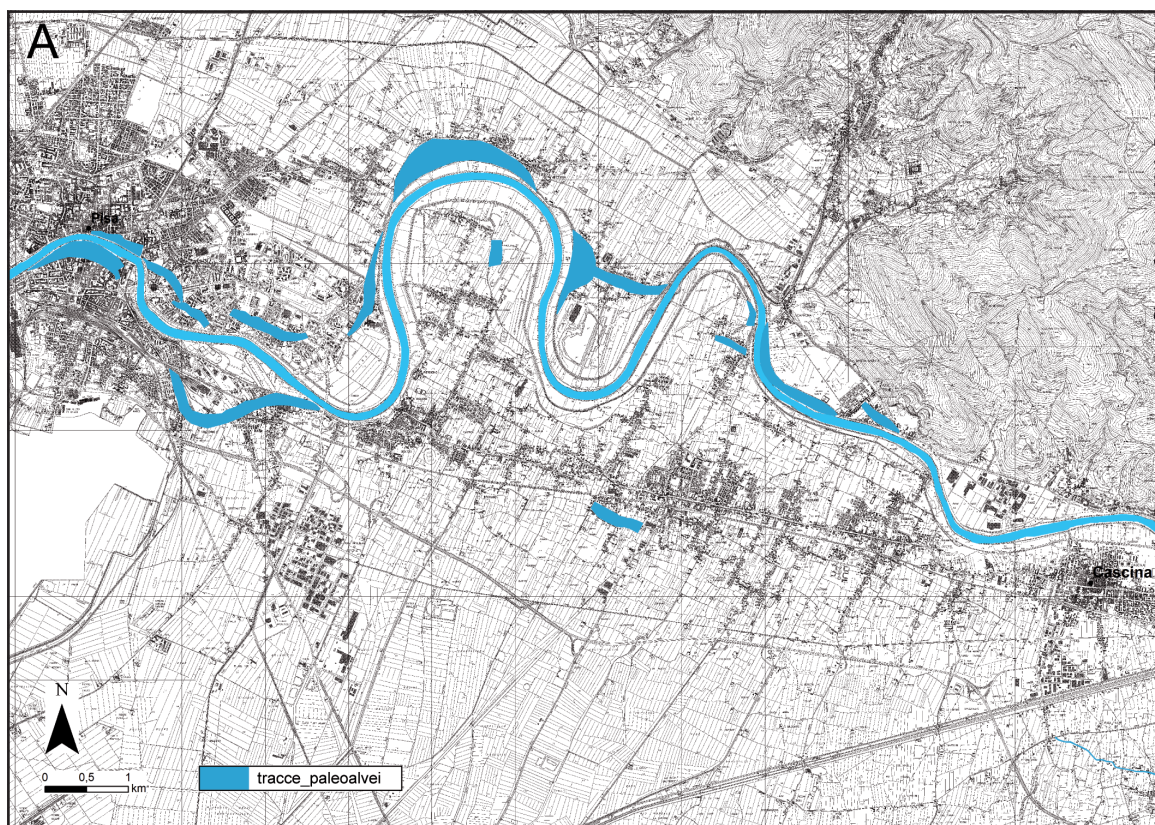


Figura 89. Le tracce riferibili a probabili percorsi fluviali individuate su base carto- e fotointerpretativa.

La carta in alto (A) mostra le paleotracce individuate tramite la lettura della cartografia attuale e delle fotografie aeree storiche (volo GAI 1954); mentre la carta in basso (B) integra le tracce fluviali “molto attendibili” individuate nell’ambito del progetto Mappa (Bini et al. 2012a) e integrati per gentile concessione dei ricercatori dell’Università di Pisa - Dipartimento di Scienze della Terra nell’ambito del progetto di collaborazione.

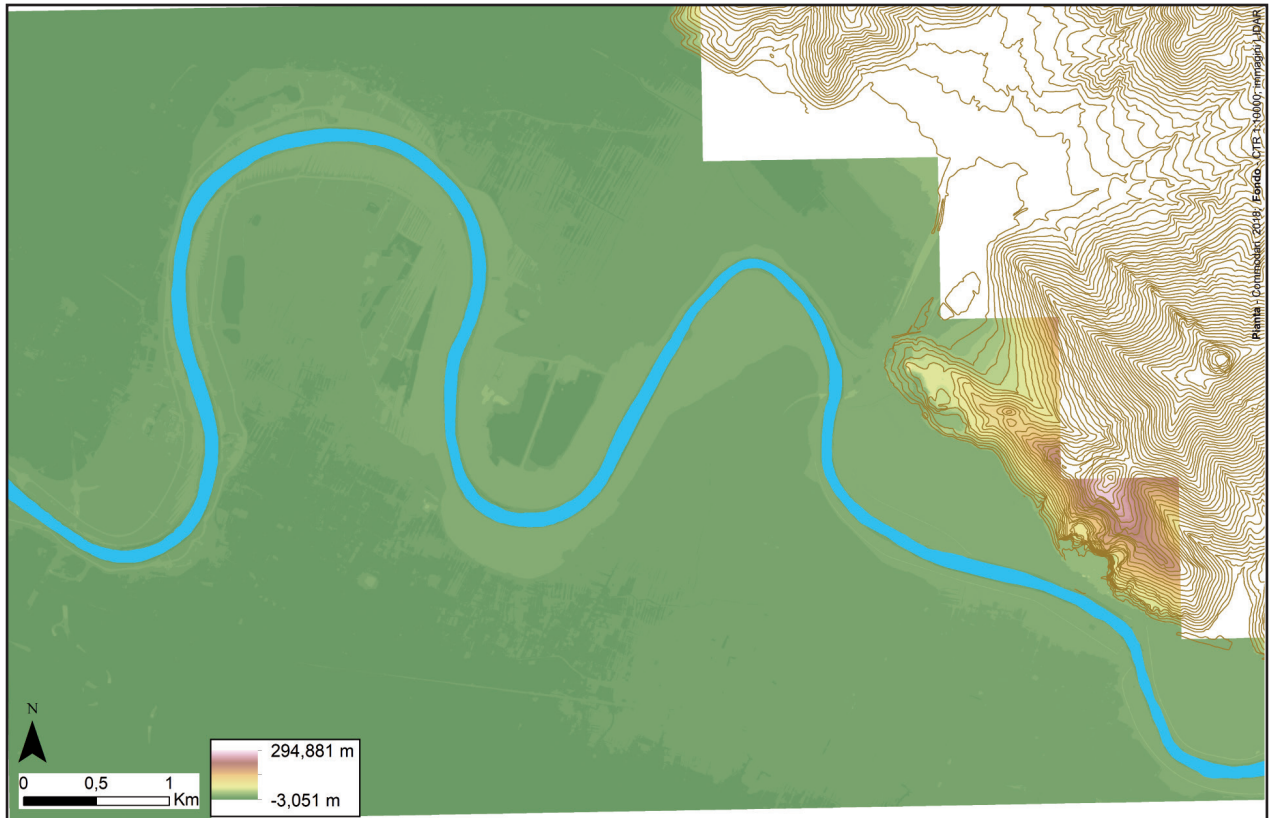


Figura 90. Il DTM del settore compreso tra Riglione e Cascina elaborato sulla base delle immagini LIDAR.

Il DTM è stato rielaborato a partire dalle immagini LIDAR di proprietà del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), distribuite con licenza Creative Commons- Attribuzione- Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>.

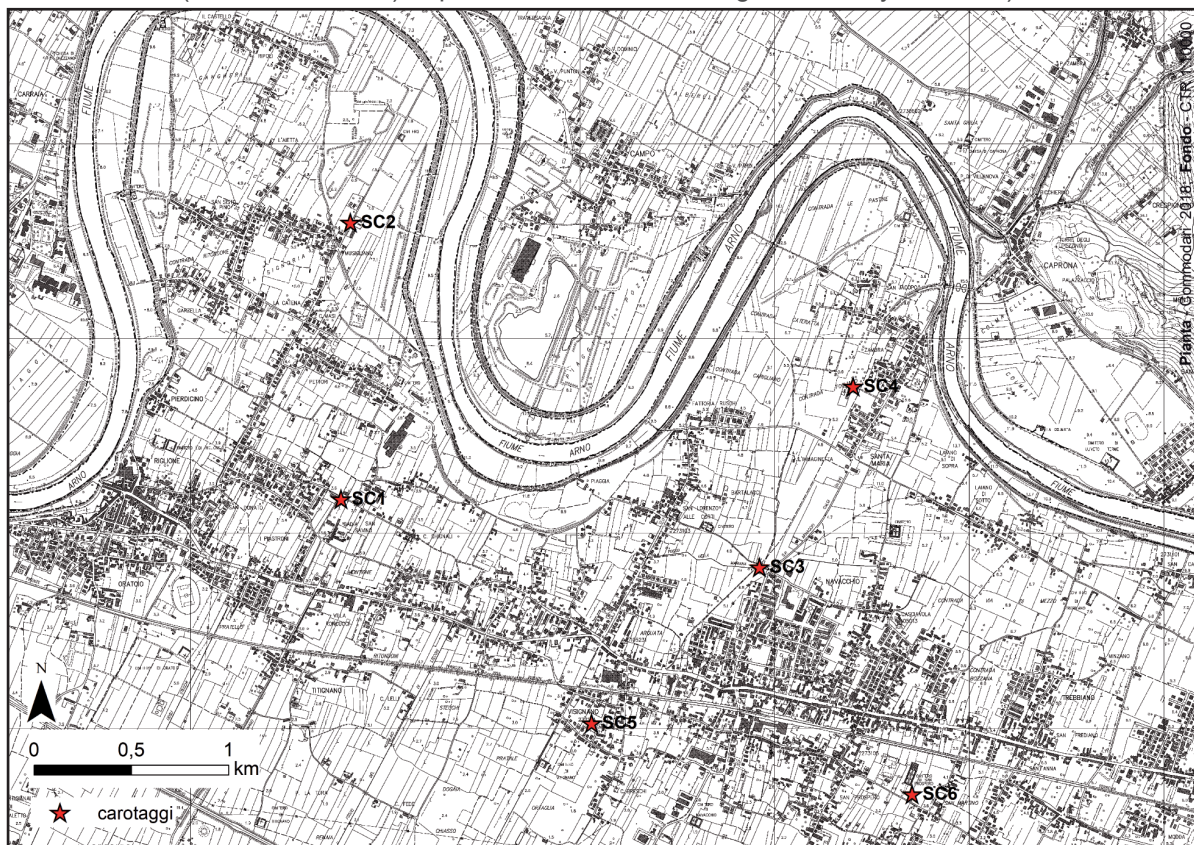
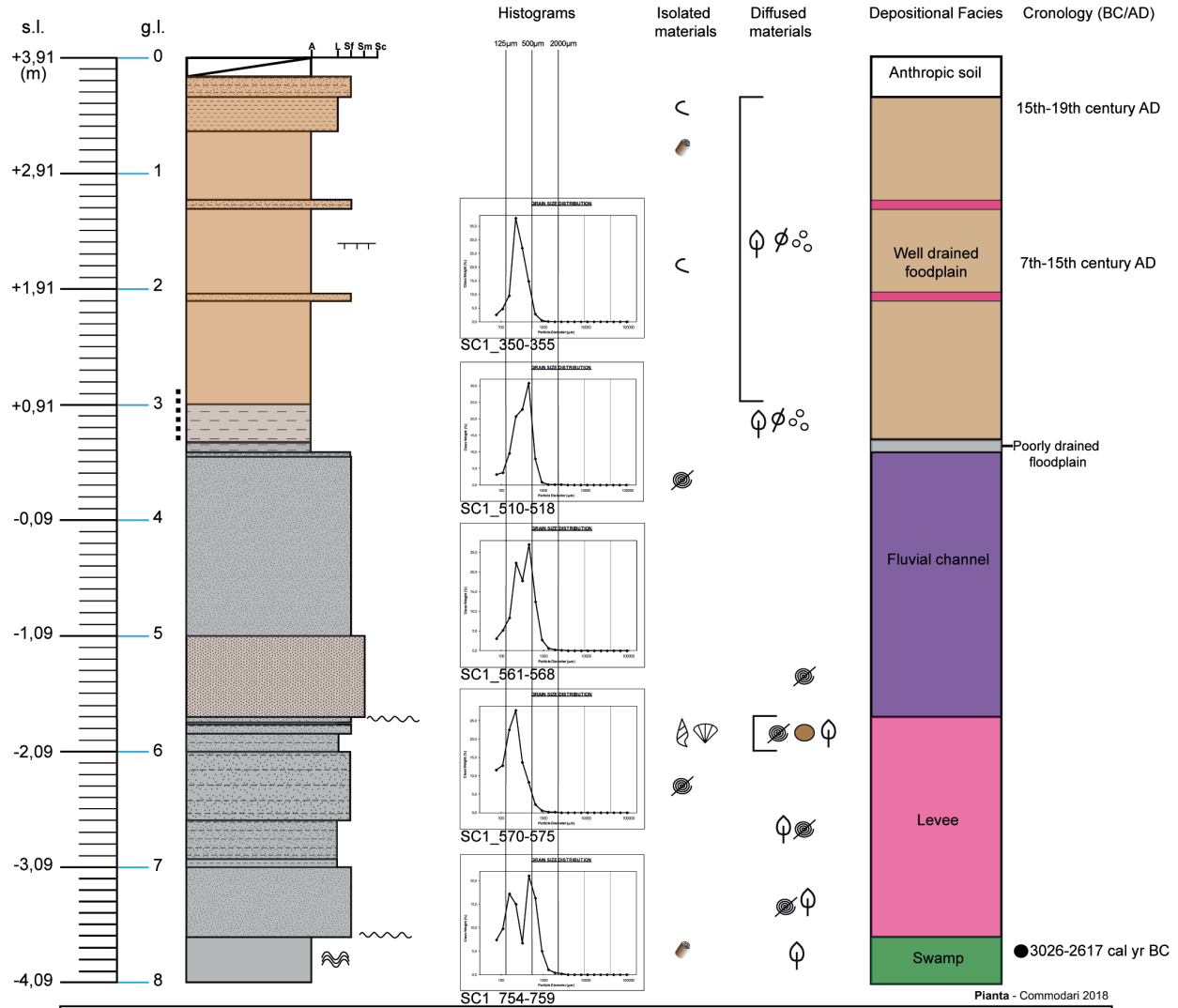


Figura 91. Carta con la localizzazione dei 6 nuovi carotaggi realizzati nell'ambito del progetto di dottorato.

Core SC1	
Location	Via Piantalbis, Montione
Coordinates (EPSG 3003)	1617773,47; 4839180,58
Altitude (a.s.l.)	3,91 m
Date	01/03/2016



Legend

Lithology

- ground level
- unrecovered
- clay
- clay and silty
- sandy/silt
- fine sand
- medium sand
- coarse sand

Sediment Color

- brown/yellow sediment
- greenish/gray sediment
- olive/gray sediment

Stratification structure

- parallel bedding/lamination
- cross bedding/lamination
- indurated horizon
- plastic sediment
- erosional surface

Sediment components

- calcareous nodule
- Fe-Mn oxide
- mud clasts
- pottery
- Coal fragments
- Vegetal fragment
- Organic matter decomposed

Fossil

- Mollusc fragments
- Bivalve
- Fragments of bivalve
- Gastropods
- Fragments of gastropods

Depositional Facies

- anthropogenic deposit
- well drained floodplain
- poorly drained floodplain
- levee/flood event
- fluvial/distributary channel
- swamp

● 802-748 BC calibrated radiocarbon age BC/AD (2sigma) XIIth - XIIIth AD ceramic age (century BC/AD)

Figura 92. Log stratigrafico del carotaggio SC1.

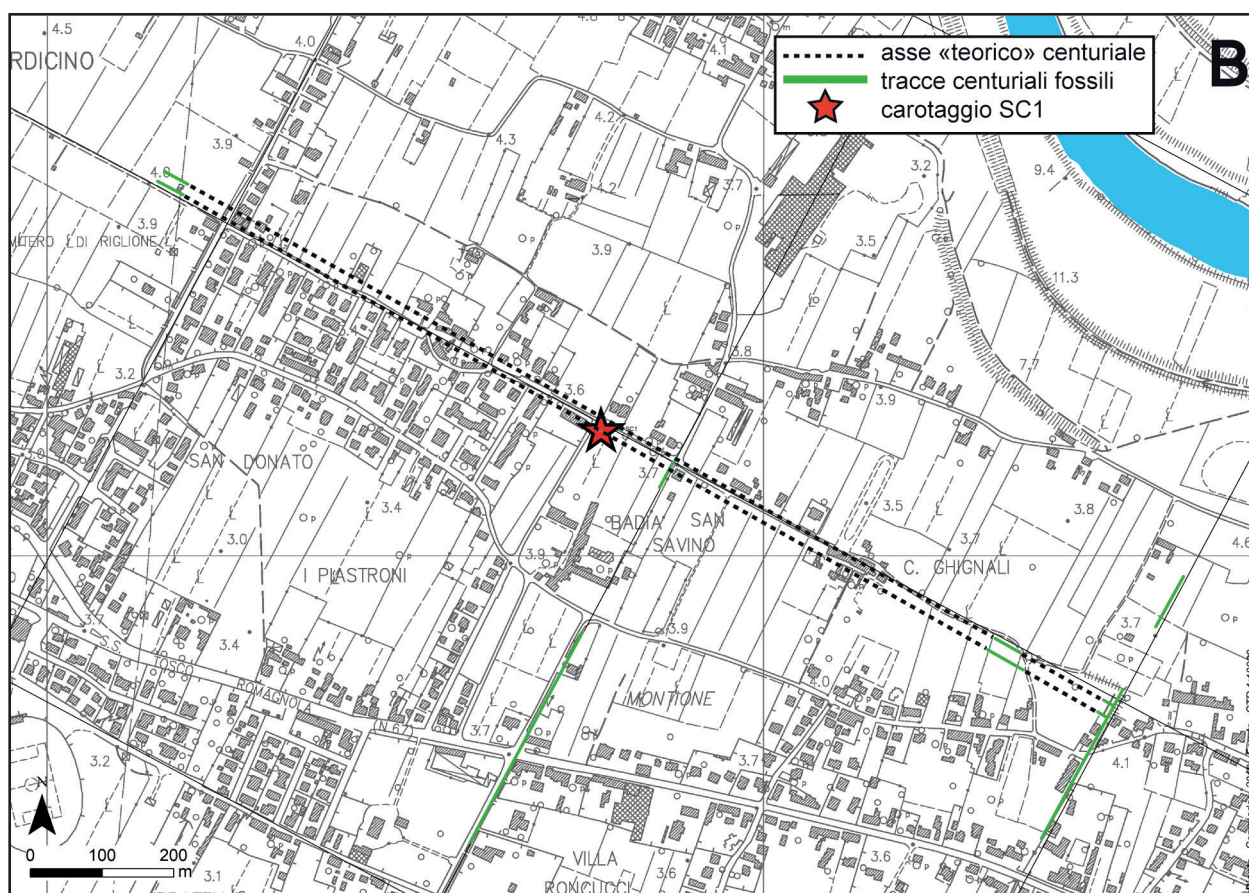
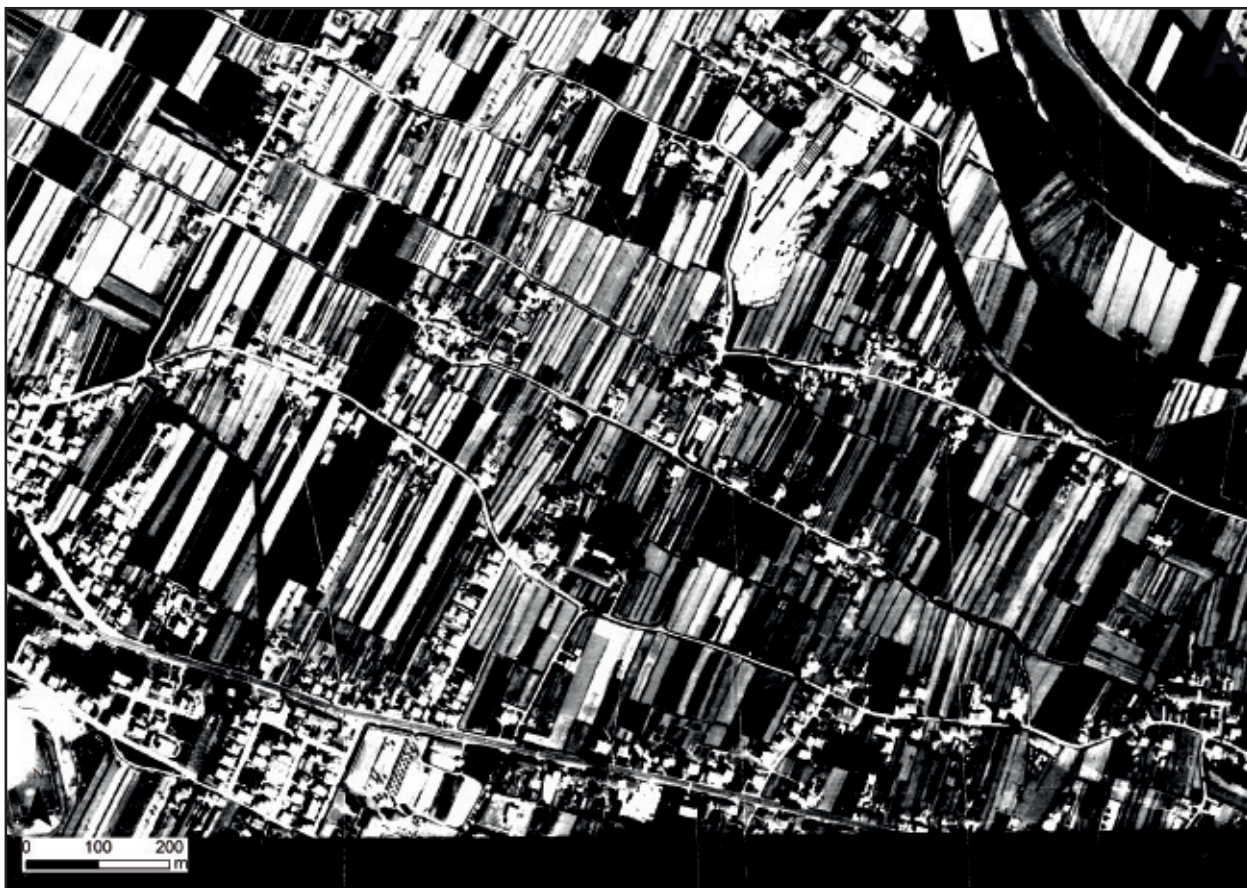
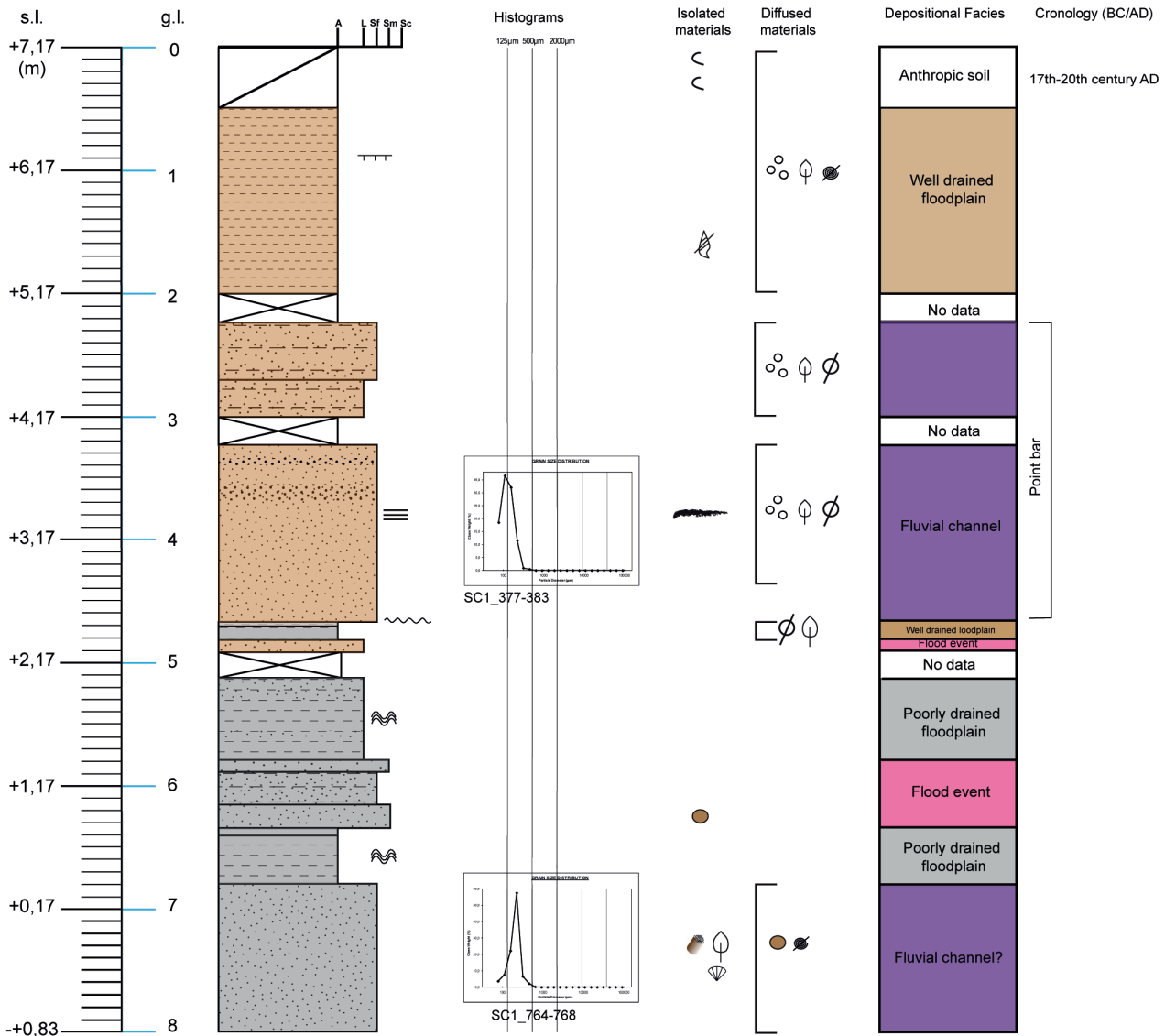


Figura 93. Tracce di colorazione scura individuate nel fotogramma del volo IGM 1973 (foglio 105, strisciata XXVII, fotogramma 354) – dai tipi dell’Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org), con indicazione del carotaggio SC1.

Core SC2	
Location	Via dei Piastroni, Musigliano
Coordinates (EPSG 3003)	1617820,98; 4840600,16
Altitude (a.s.l.)	7,17 m
Date	02/03/2016



Pianta - Comodari 2018

Legend

Lithology

- ground level
- unrecovered
- clay
- clay and silty
- sandy/silt
- fine sand
- medium sand
- coarse sand
- alternance clay/sandy
- alternance sandy/silty

Sediment Color

- brown/yellow sediment
- greenish/gray sediment
- olive/gray sediment

Stratification structure

- parallel bedding/lamination
- cross bedding/lamination
- indurated horizon
- plastic sediment
- erosional surface

Sediment components

- calcareous nodule
- Fe-Mn oxide
- mud clasts
- pottery
- Coal fragments
- Vegetal fragment
- Organic matter decomposed

Fossil

- Mollusc fragments
- Bivalve
- Fragments of bivalve
- Gastropods
- Fragments of gastropods

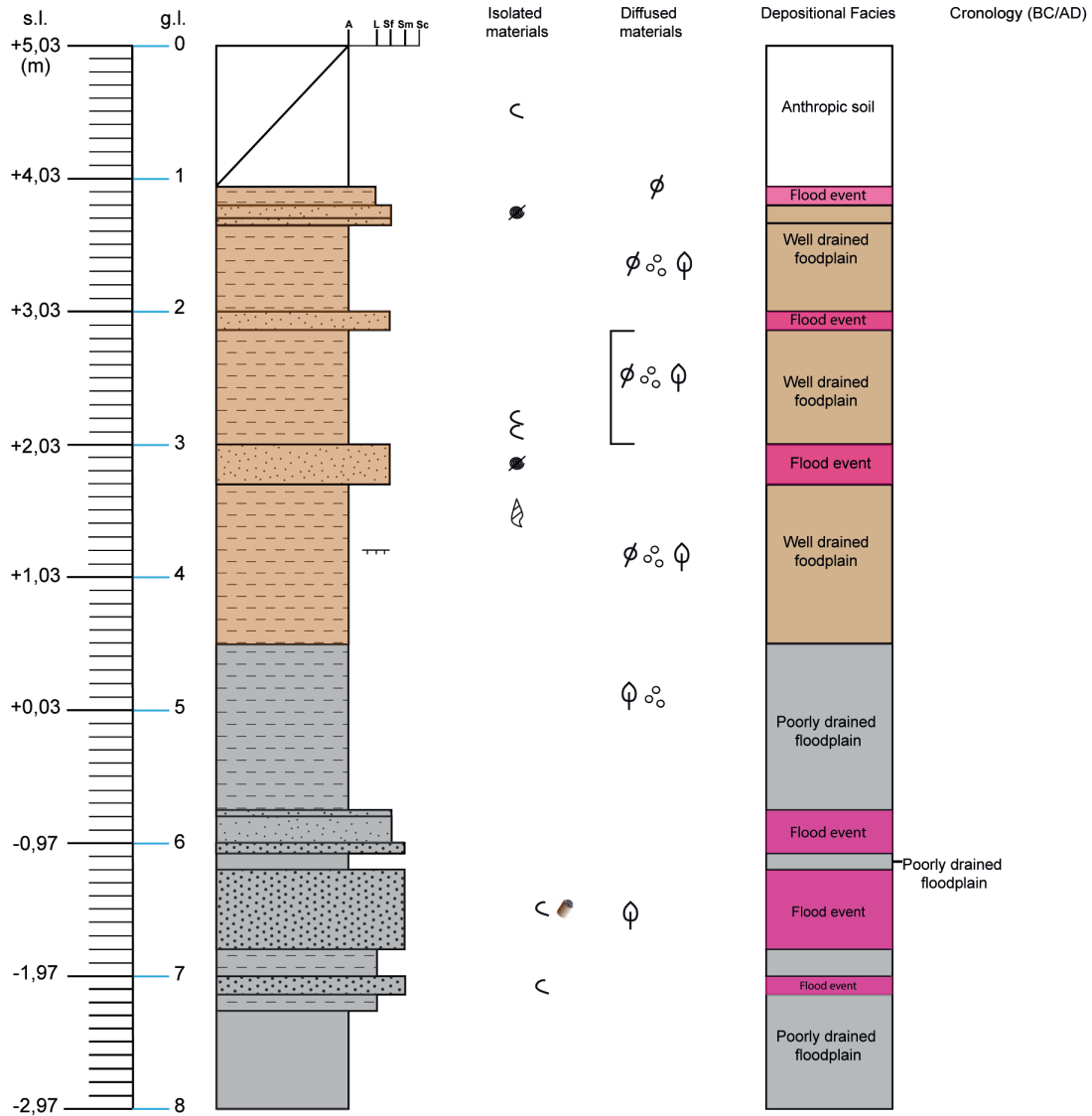
Depositional Facies

- anthropogenic deposit
- well drained floodplain
- poorly drained floodplain
- levee/flood event
- fluvial/distributary channel
- swamp

● 802-748 BC calibrated radiocarbon age BC/AD (2sigma) XIIth - XIIIth AD ceramic age (century BC/AD)

Figura 94. Log stratigrafico del carotaggio SC2.

Core SC3	
Location	Via C.Ravera, Navacchio
Coordinates (EPSG 3003)	1619922,36; 4838831,04
Altitude (a.s.l.)	5,03 m
Date	09/03/2016



Pianta - Commodari 2018

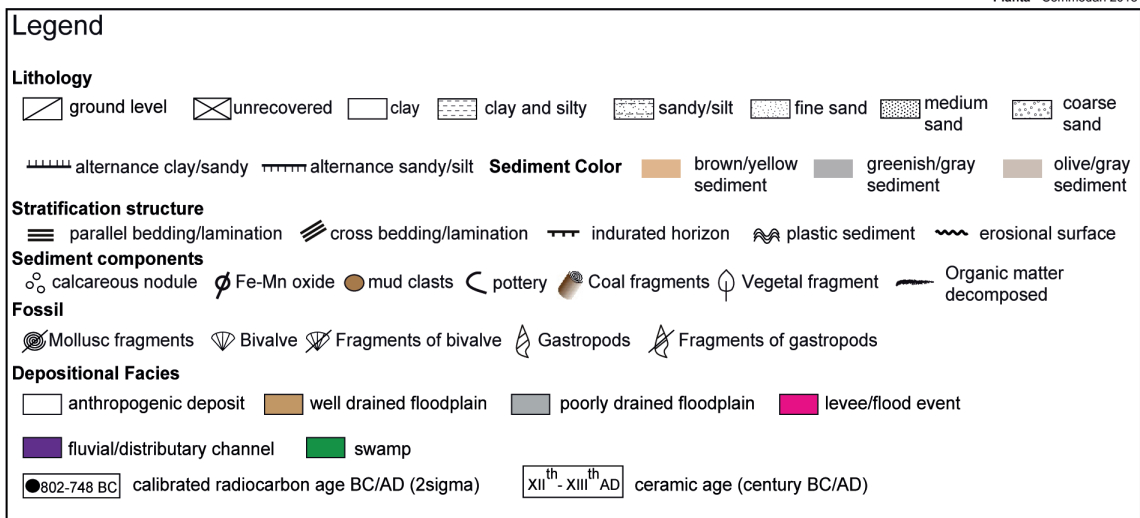
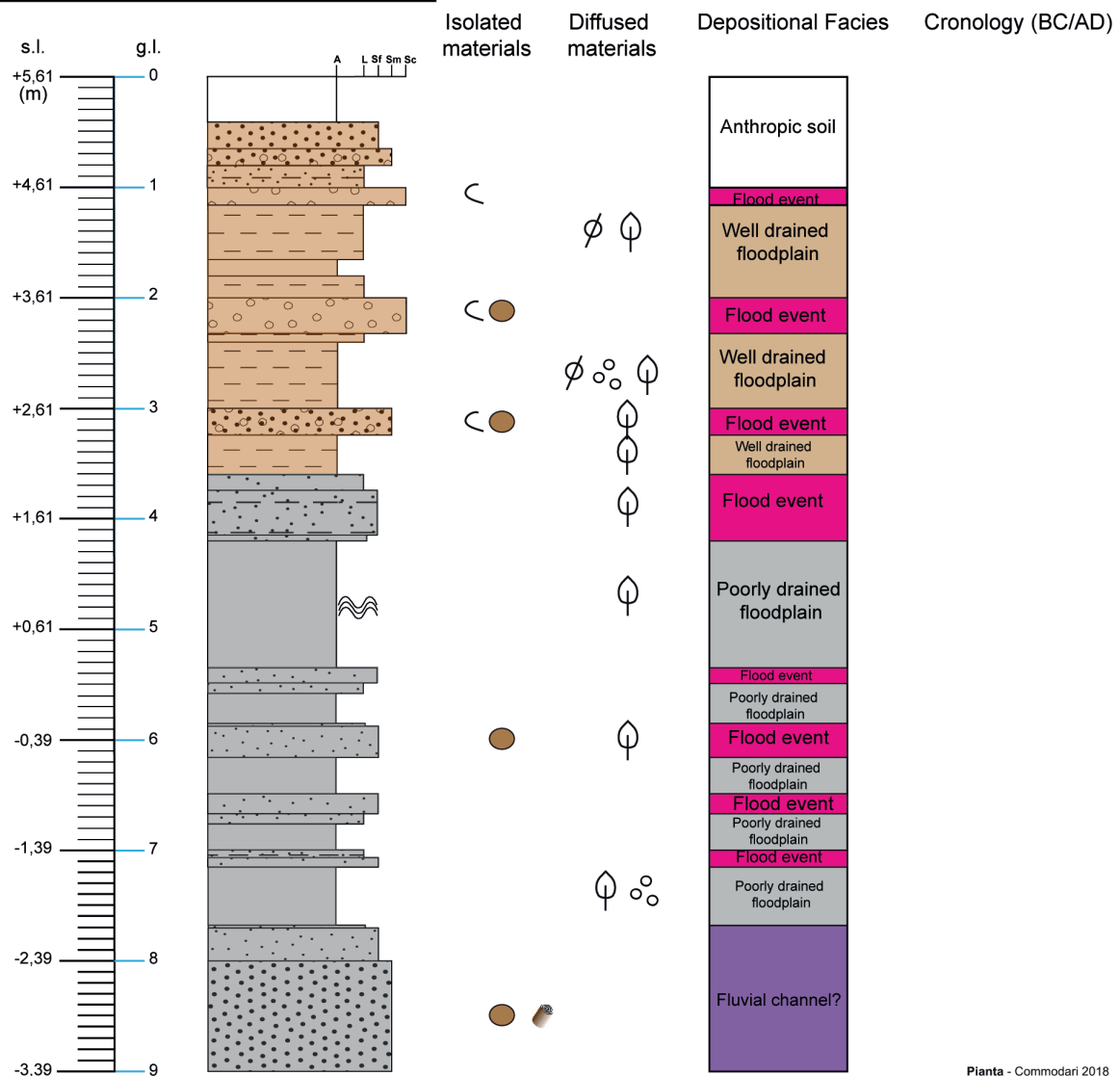


Figura 96. Log stratigrafico del carotaggio SC3.

Core SC4	
Location	Via della Libertà, Zambra
Coordinates (EPSG 3003)	1620403,04; 4839758,48
Altitude (a.s.l.)	5,61 m
Date	10/03/2016



Pianta - Commodari 2018

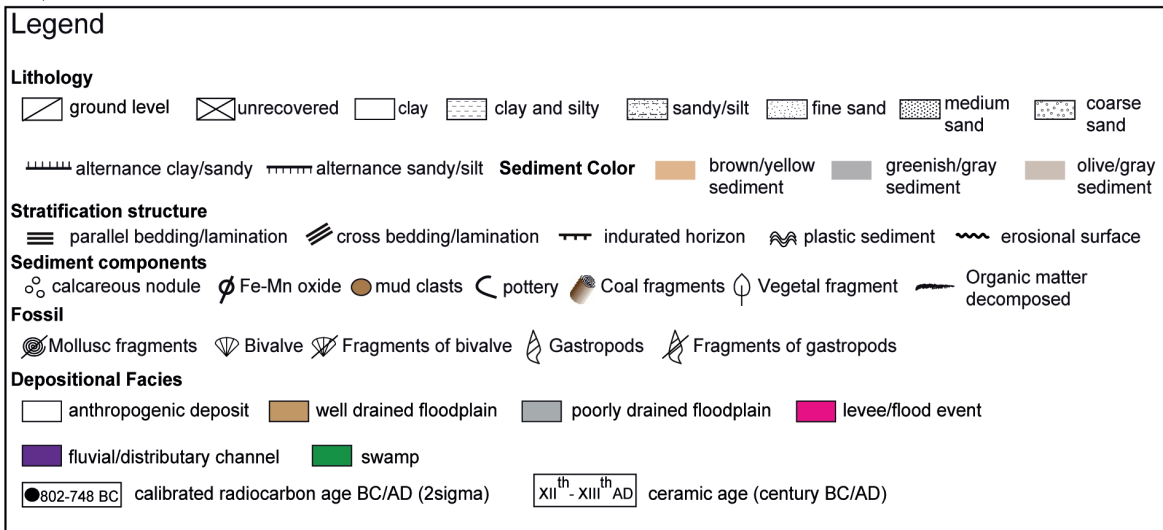
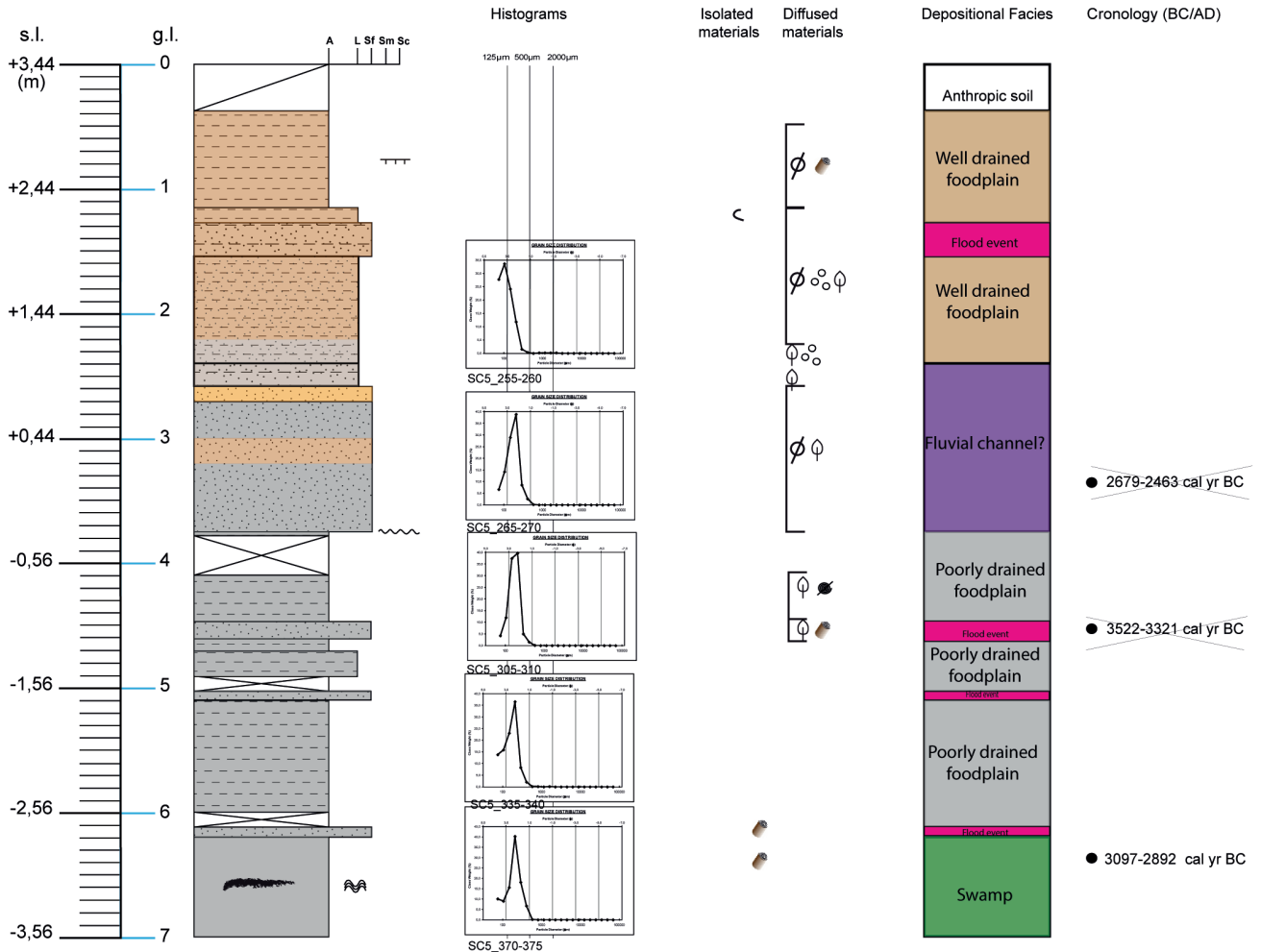


Figura 97. Log stratigrafico del carotaggio SC4.

Core SC5	
Location	Via Ivan Rocchi, Visignano
Coordinates (EPSG 3003)	1619059,52; 4838030,12
Altitude (a.s.l.)	3,44 m
Date	17/03/2016



Pianta - Commodari 2018

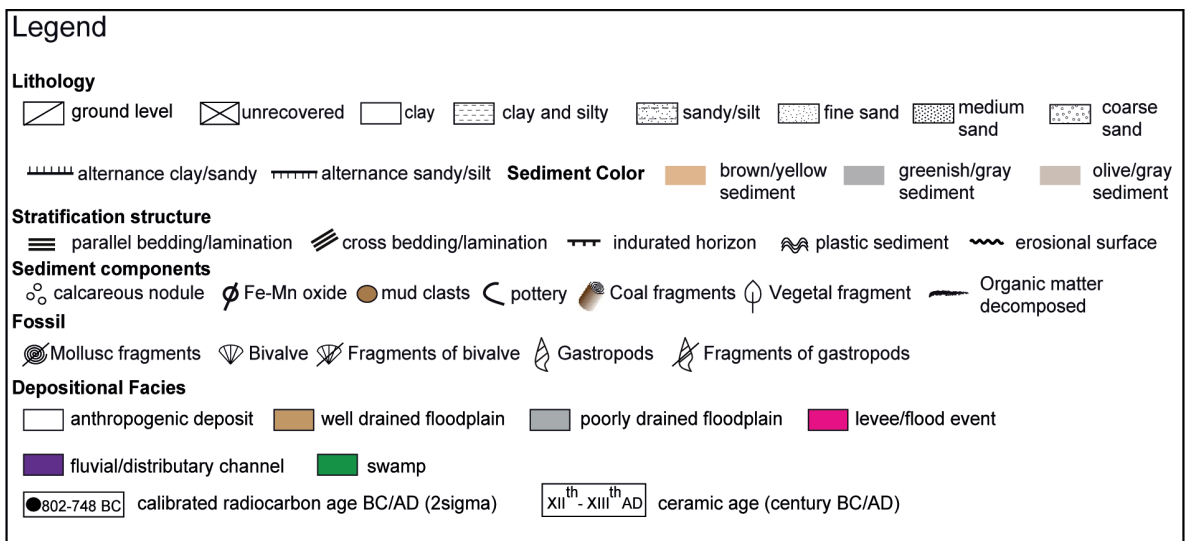


Figura 98. Log stratigrafico del carotaggio SC5.

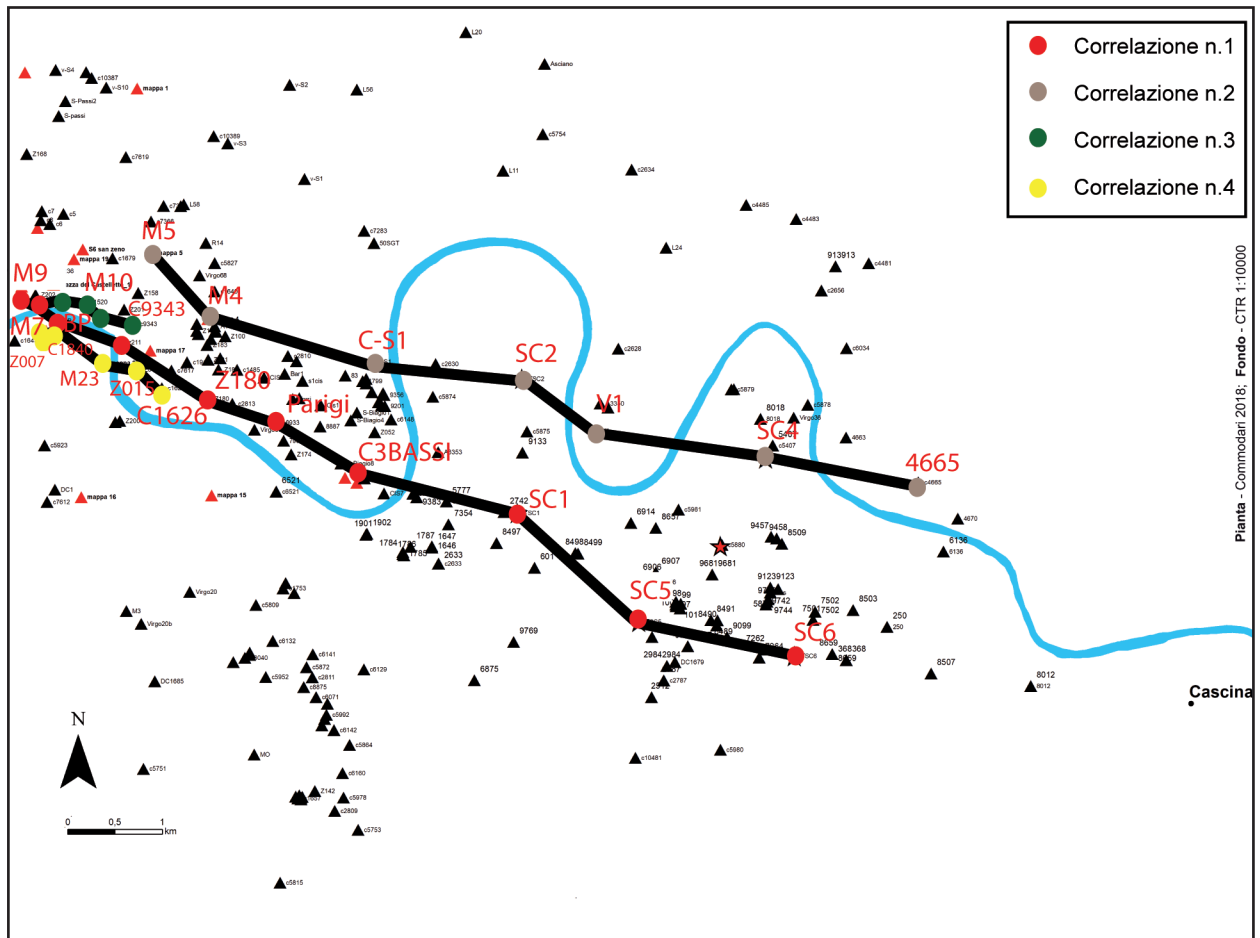


Figura 100, A. Carta delle correlazioni stratigrafiche realizzate nel settore compreso tra Pisa e Cascina (1-4).

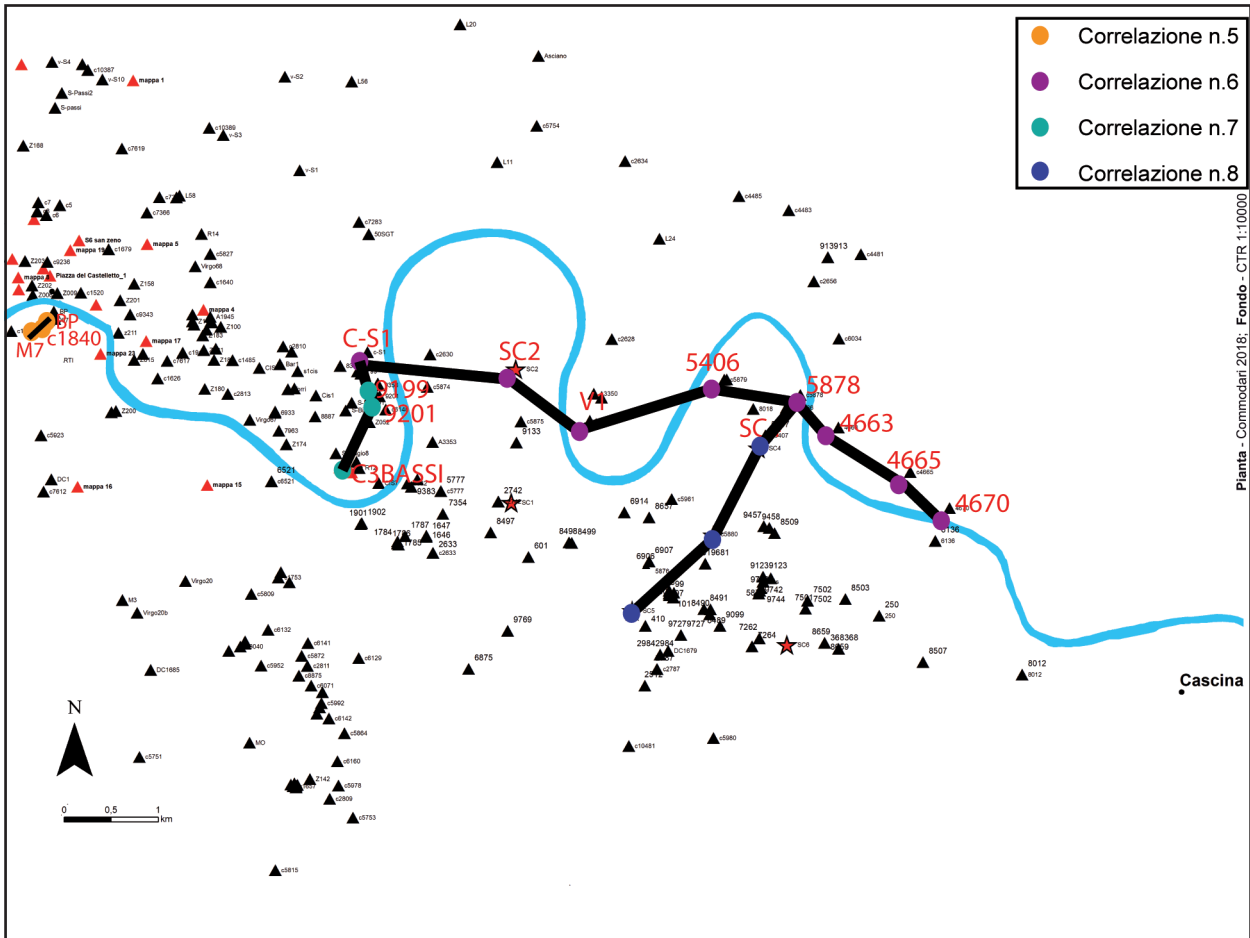
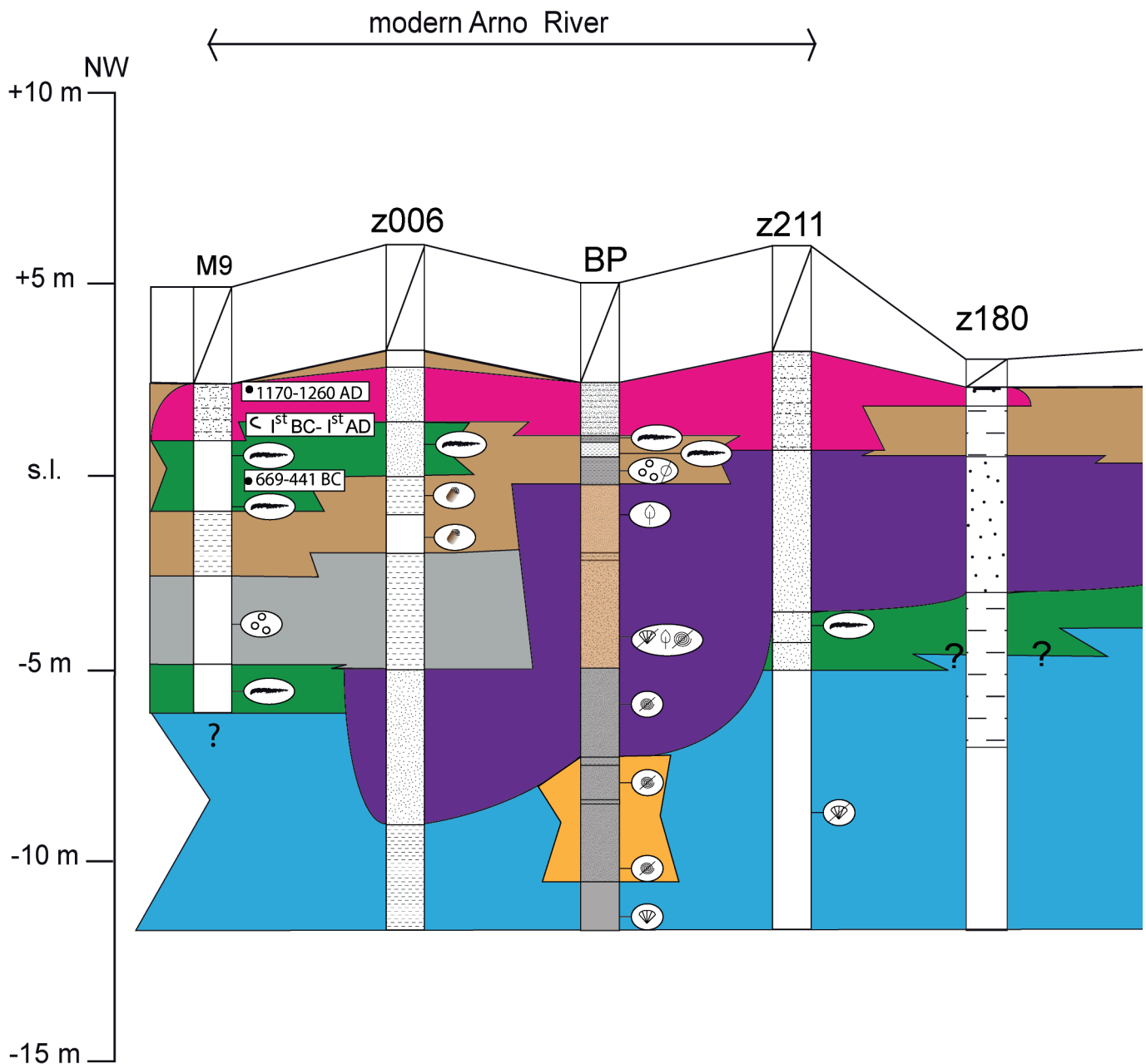


Figura 100, B. Carta delle correlazioni stratigrafiche realizzate nel settore compreso tra Pisa e Cascina (5-8).



Planta - Commodari 2018

Legend

Lithology
 ground level/ anthropogenic deposit (diagonal lines), unrecovered (cross-hatch), clay (white), peat (black), clay and silty (dotted), sandy/silt (stippled), fine sand (small dots), medium sand (medium dots), coarse sand (large dots), alternance clay/sandy (horizontal lines), alternance sandy/silt (vertical lines)

Sediment Color
 brown/yellow sediment (orange), greenish/gray sediment (gray), olive/gray sediment (tan)

Stratification structure
 parallel bedding/lamination (horizontal lines), cross bedding/lamination (diagonal lines), indurated horizon (dashed), plastic sediment (wavy), erosional surface (irregular)

Sediment components
 calcareous nodule (circle with dot), Fe-Mn oxide (circle with cross), mud clasts (circle with dot), pottery (circle with lines), Coal fragments (circle with dot), Vegetal fragment (circle with leaf), Organic matter decomposed (circle with wavy)

Fossil
 Mollusc fragments (circle with shell), Bivalve (circle with shell), Fragments of bivalve (circle with shell), Gastropods (circle with shell), Fragments of gastropods (circle with shell)

Depositional Facies
 anthropogenic deposit (white), well drained floodplain (tan), poorly drained floodplain (gray), levee/flood event (pink), fluvial/distributary channel (purple), swamp (green), subdelta (orange), lagoon/ "pancone" (blue)

802-748 BC calibrated radiocarbon age BC/AD (2sigma) XIIth-XIIIth AD ceramic age (century BC/AD)

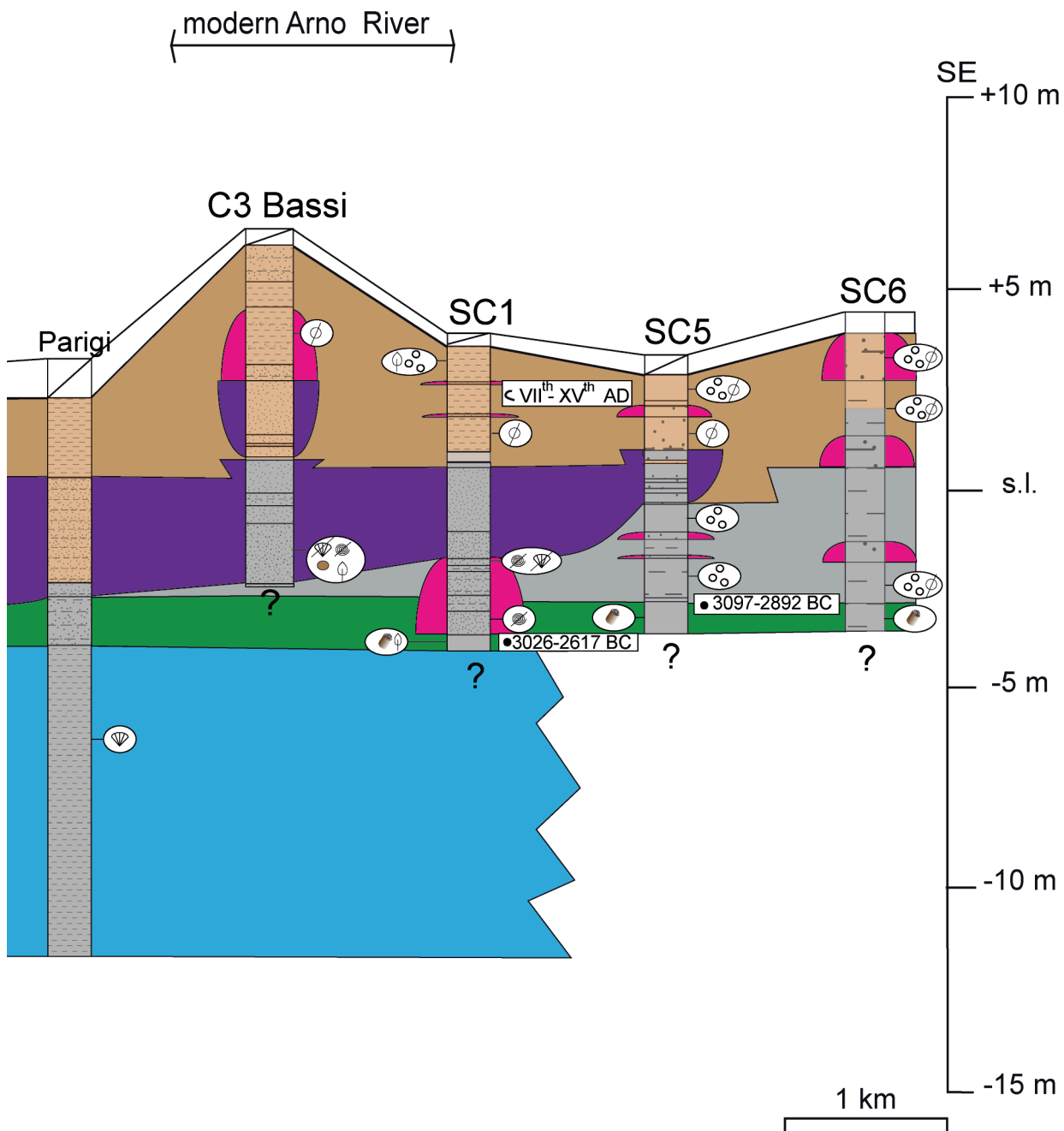


Figura 101. Correlazione stratigrafica n. 1.

Nella correlazione stratigrafica è possibile individuare, nei primi 15 metri di sottosuolo circa, il graduale passaggio da un ambiente di laguna ad un ambiente palustre e successivamente alluvionale (pianura inondabile mal drenata, pianura inondabile ben drenata).

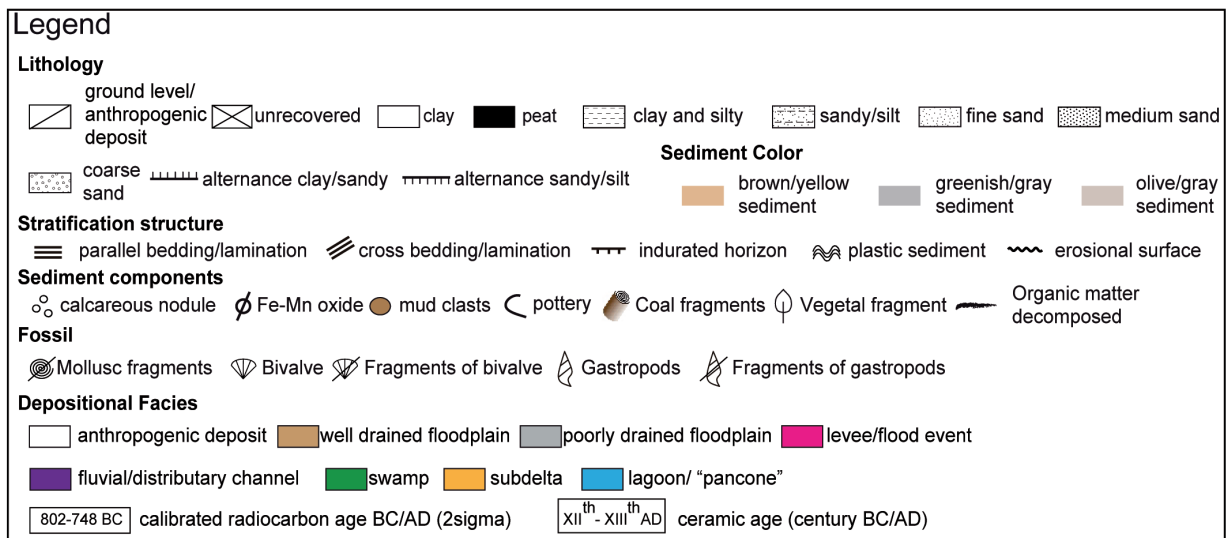
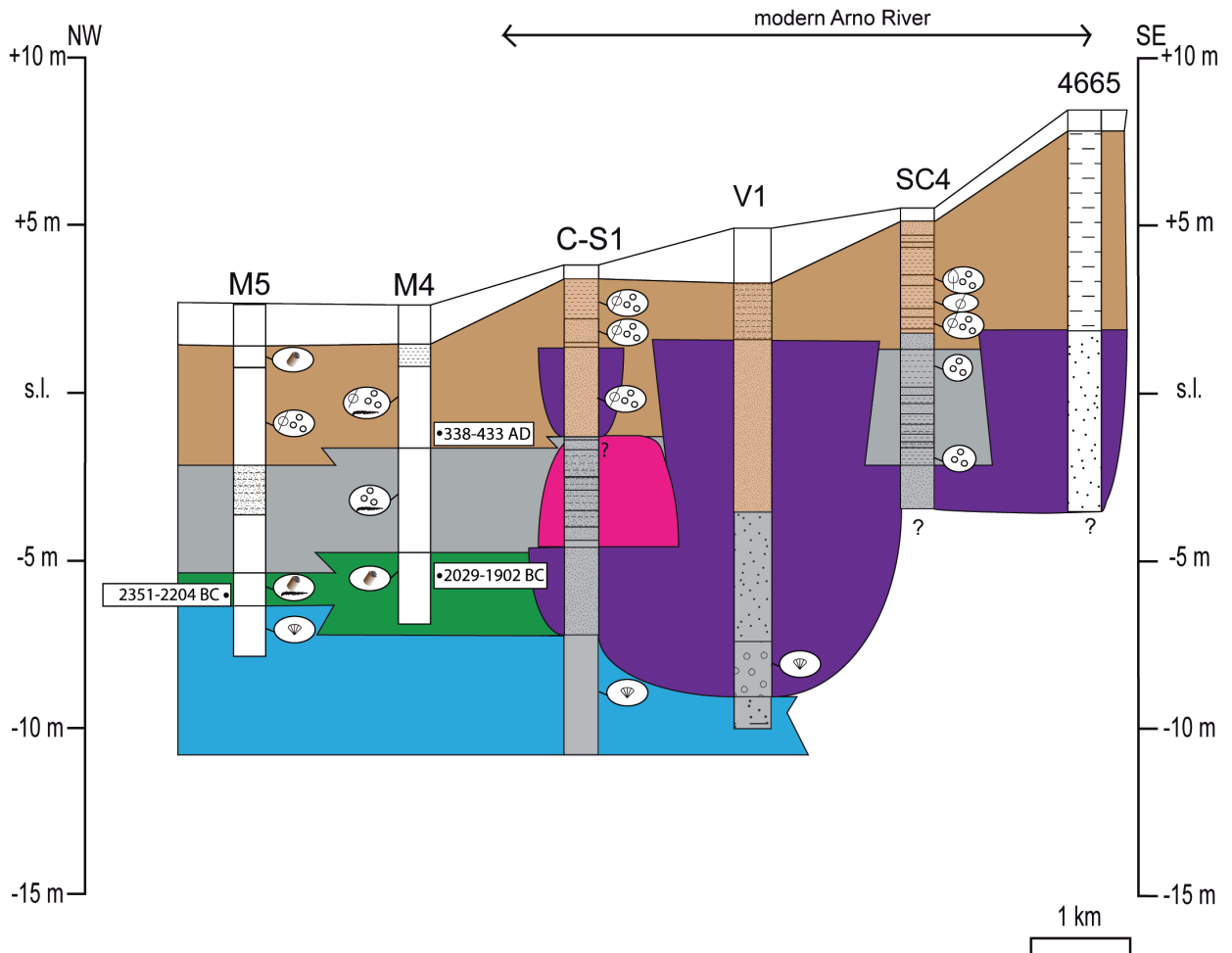
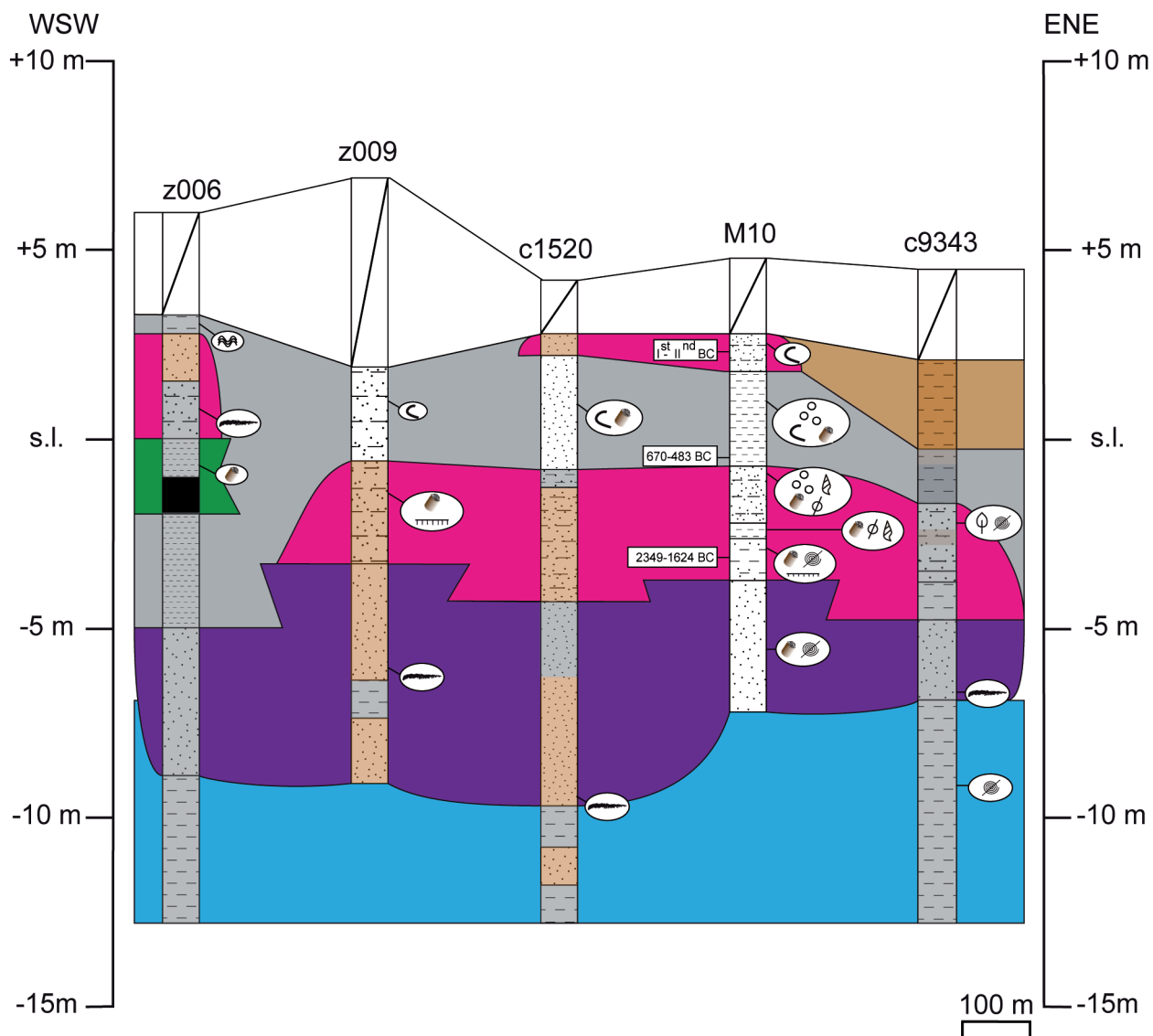


Figura 102. Correlazione stratigrafica n. 2.

La correlazione stratigrafica ha intercettato le principali fasi di formazione della pianura di Pisa (laguna, palude, pianura inondabile mal drenata e ben drenata). Inoltre è possibile riconoscere nei carotaggi CS1, V1 e 4665 corpi di canale fluviale riferibili alla cosiddetta "terza generazione" verosimilmente di epoca etrusco-romana.



Pianta - Commodari 2018

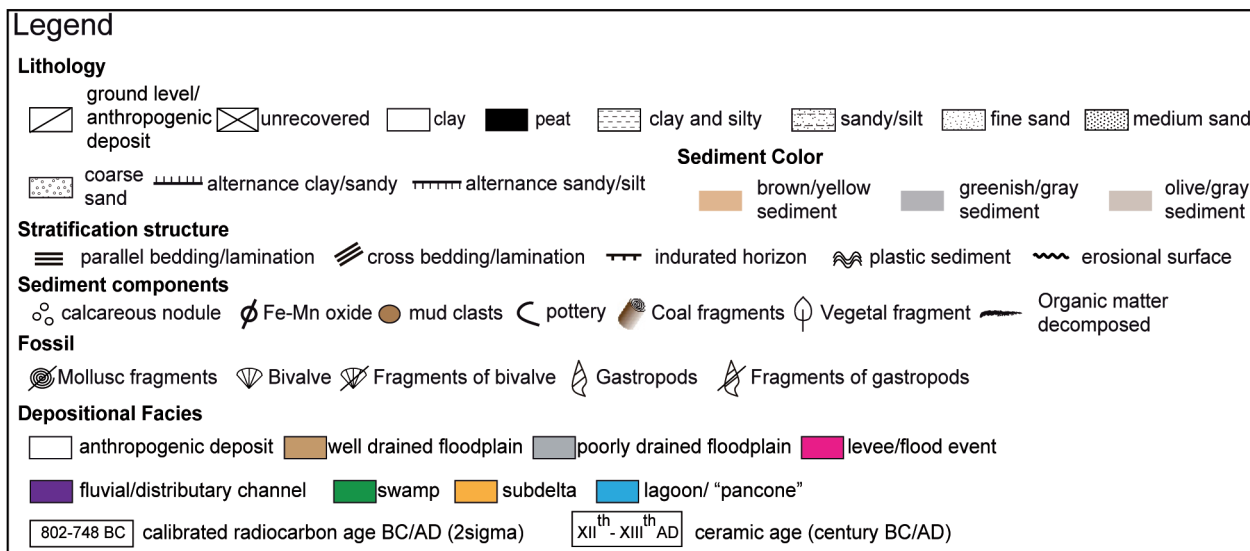
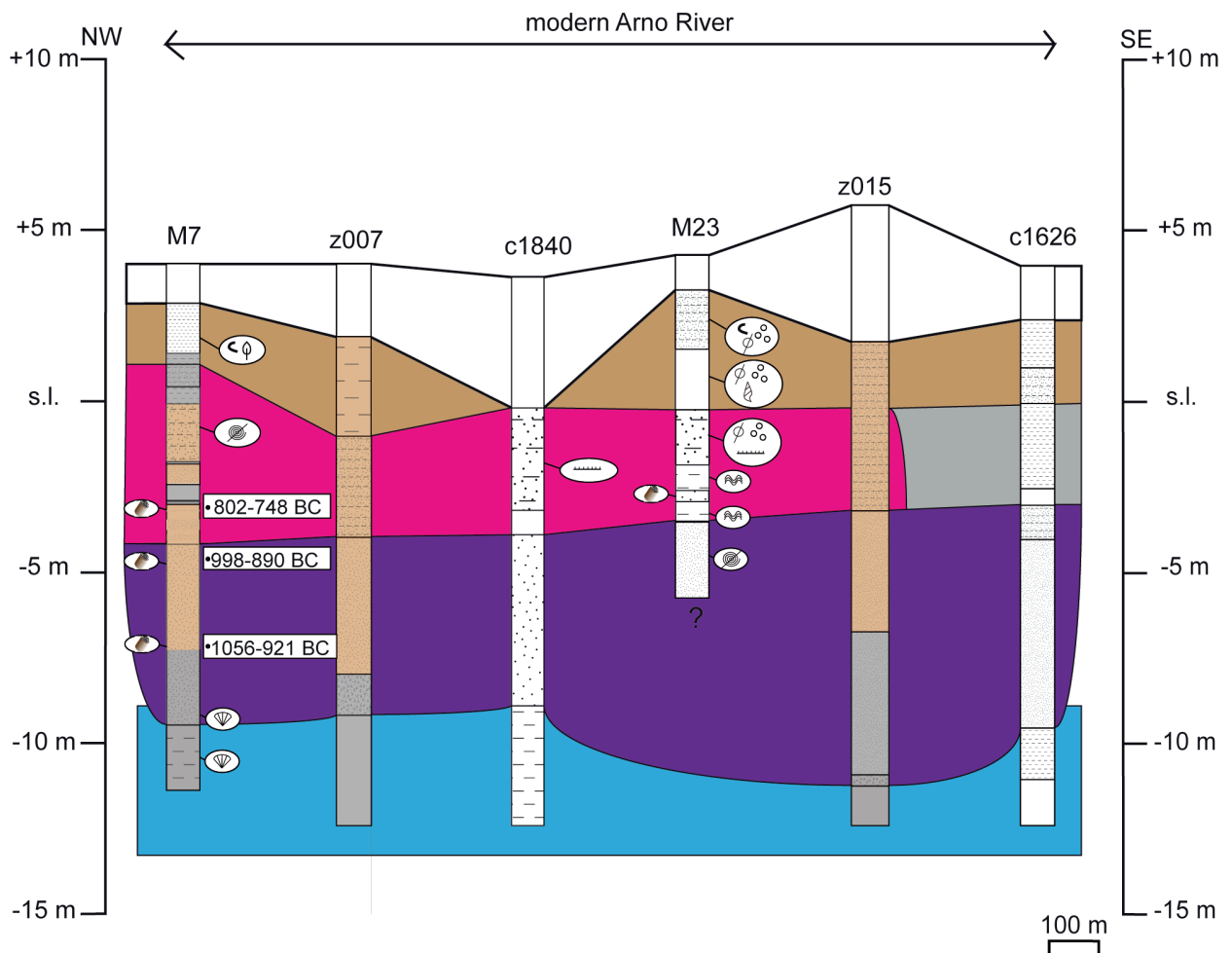


Figura 104. Correlazione stratigrafica n. 3.

La correlazione stratigrafica ha intercettato, nel settore urbano, l'antico corso del fiume Arno (ramo settentrionale), attivo sino alla fase eneolitica-età del Bronzo.



Planta - Commodari 2018

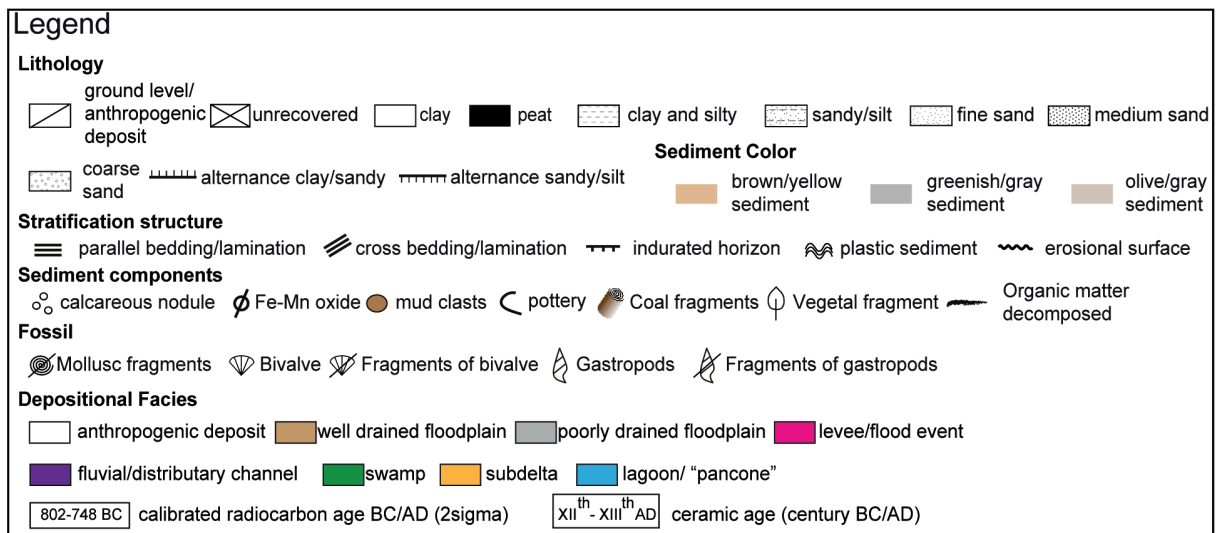


Figura 105. Correlazione stratigrafica n. 4.

La correlazione stratigrafica parallela al presunto corso del fiume Arno (ramo meridionale) del settore urbano, ha intercettato un canale attivo sino all'età del Ferro.

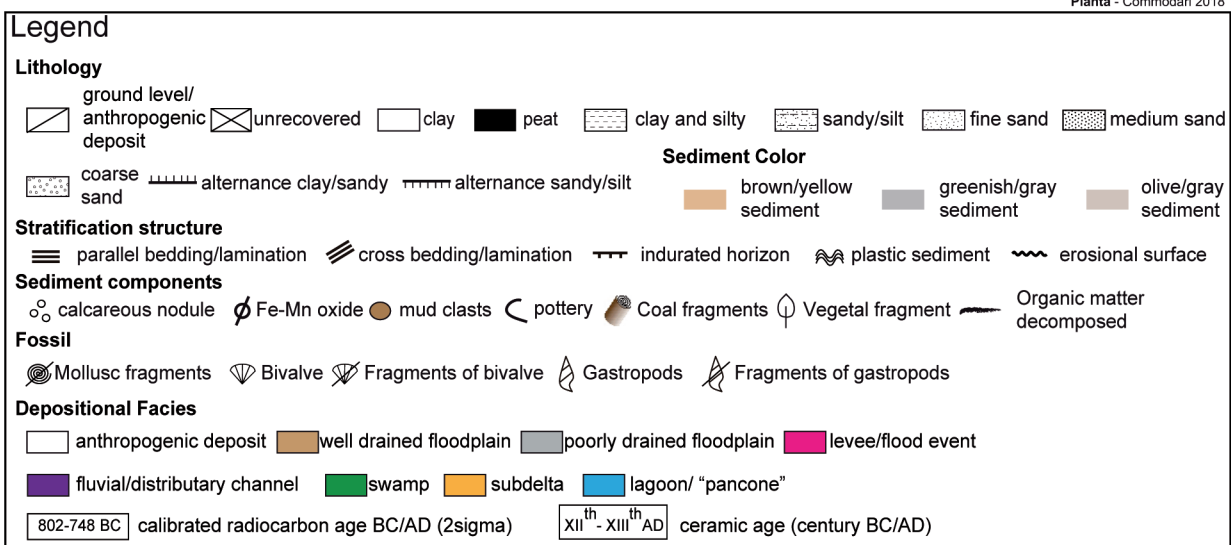
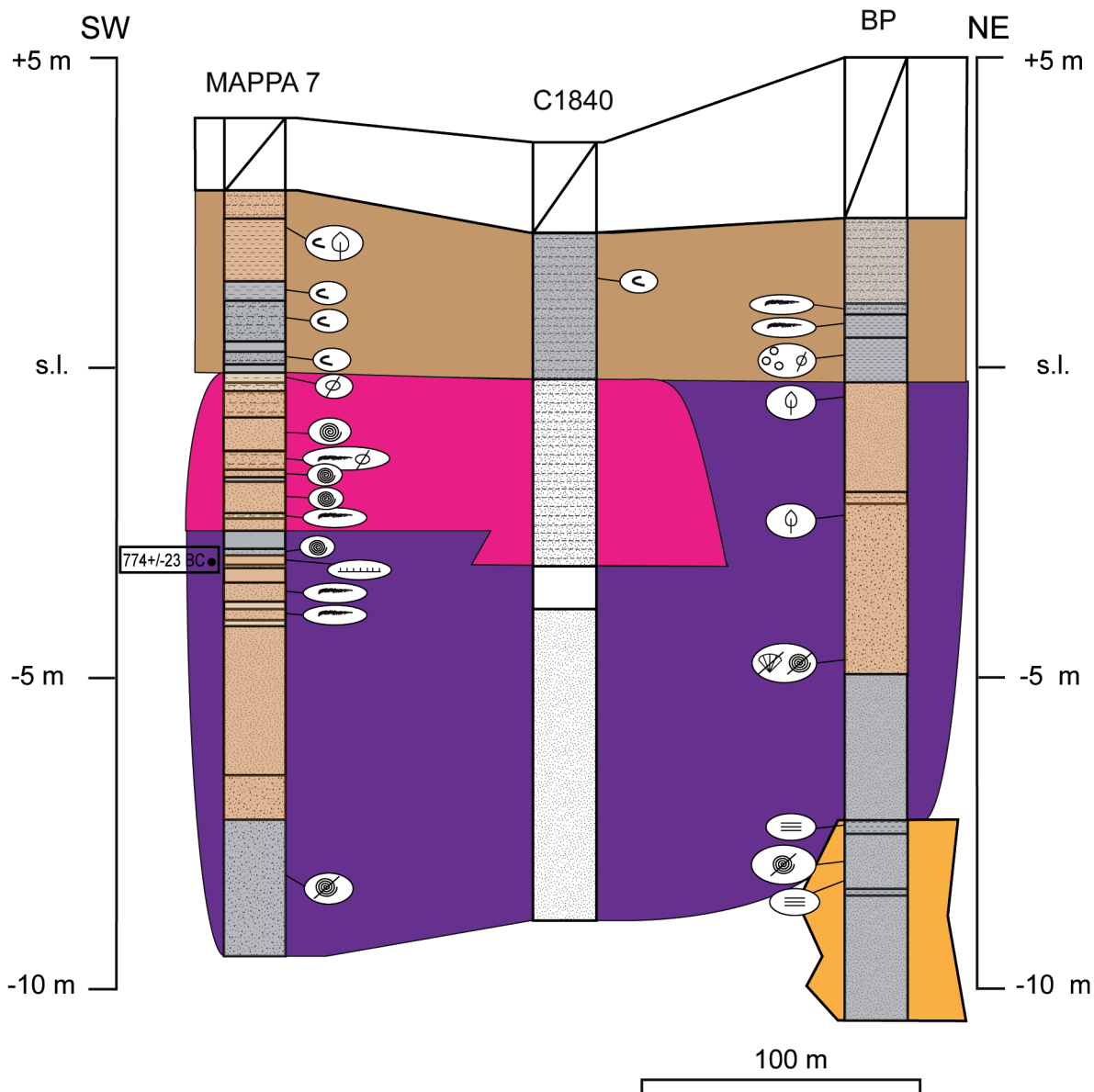
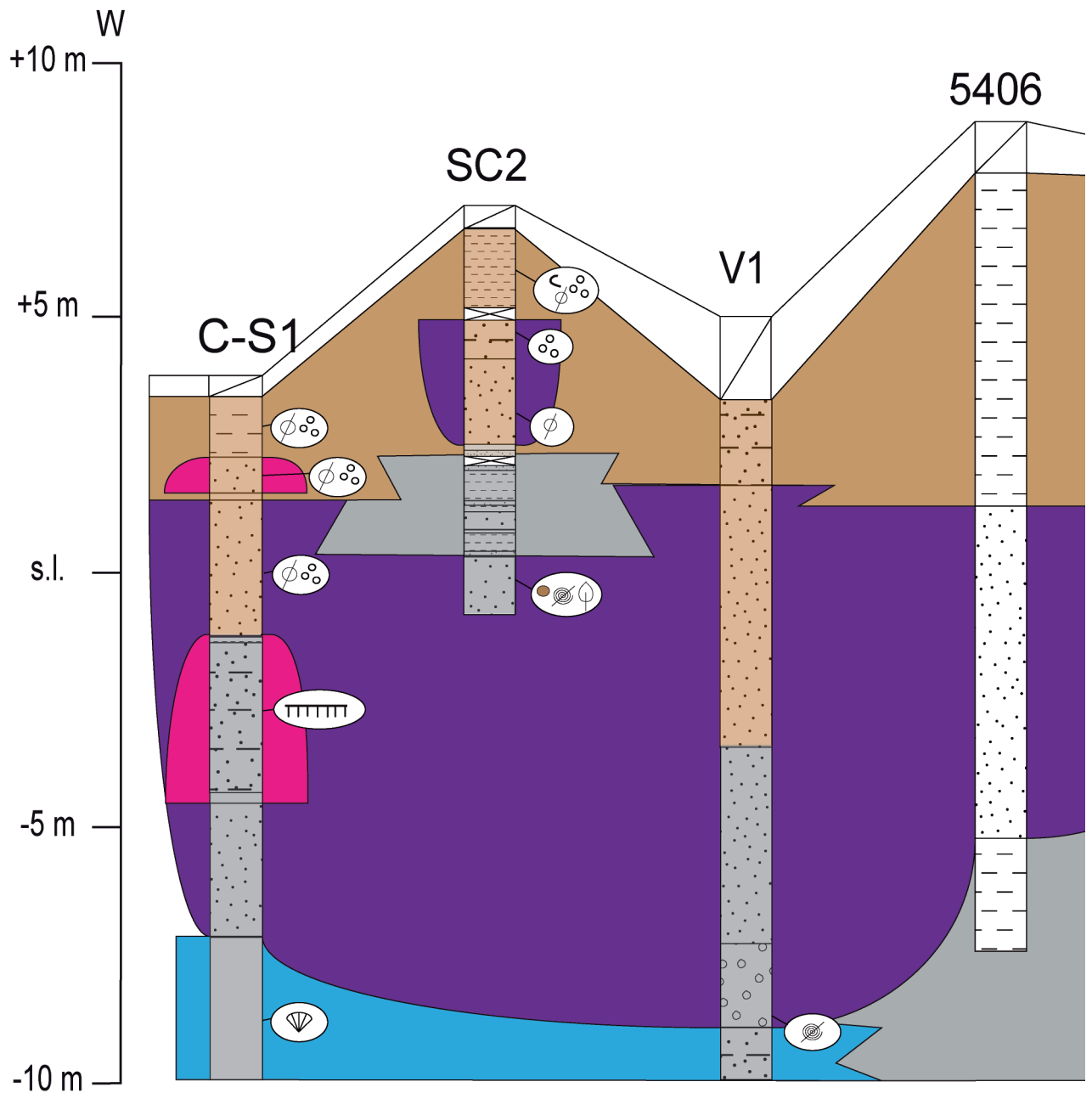
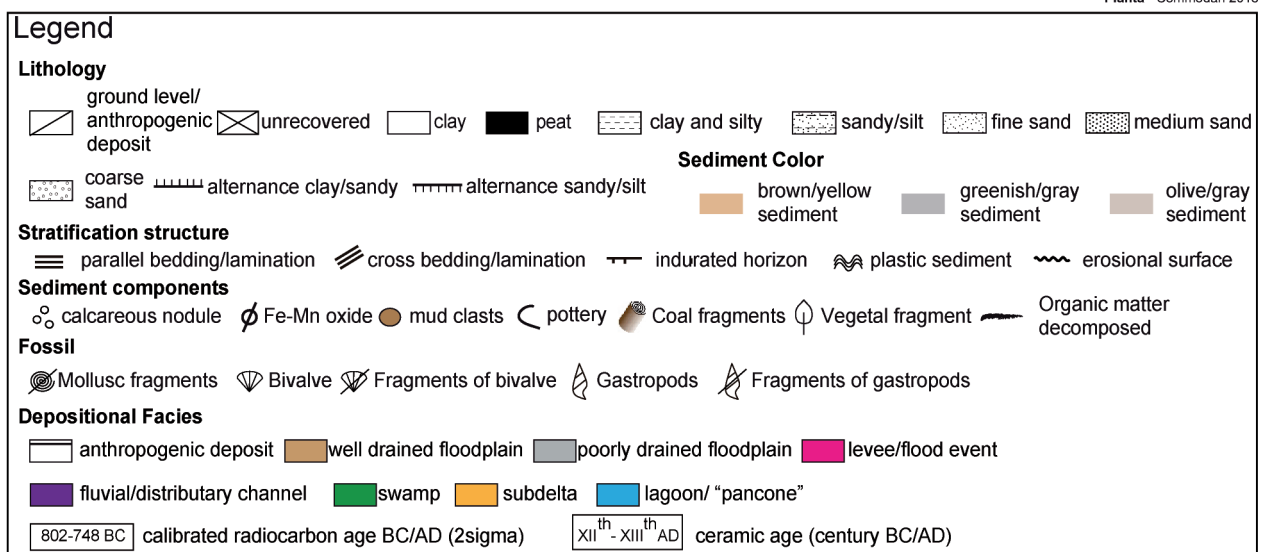


Figura 106. Correlazione stratigrafica n. 5.

La correlazione stratigrafica trasversale al presunto corso del fiume Arno (ramo meridionale) del settore urbano, ha evidenziato la progressiva migrazione dell'ansa fluviale da sud verso nord sin dall'età del Ferro.



Pianta - Commodari 2018



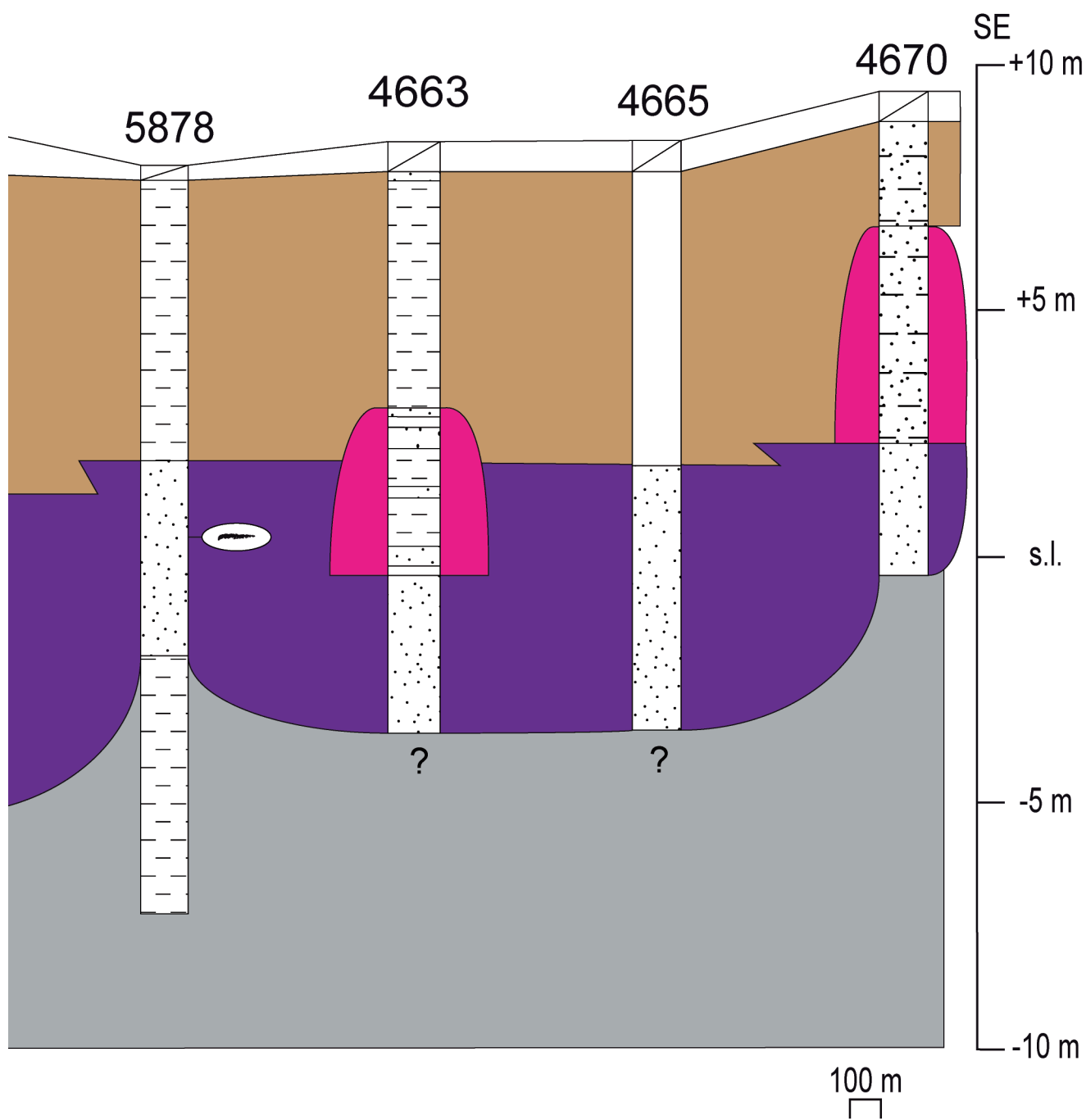
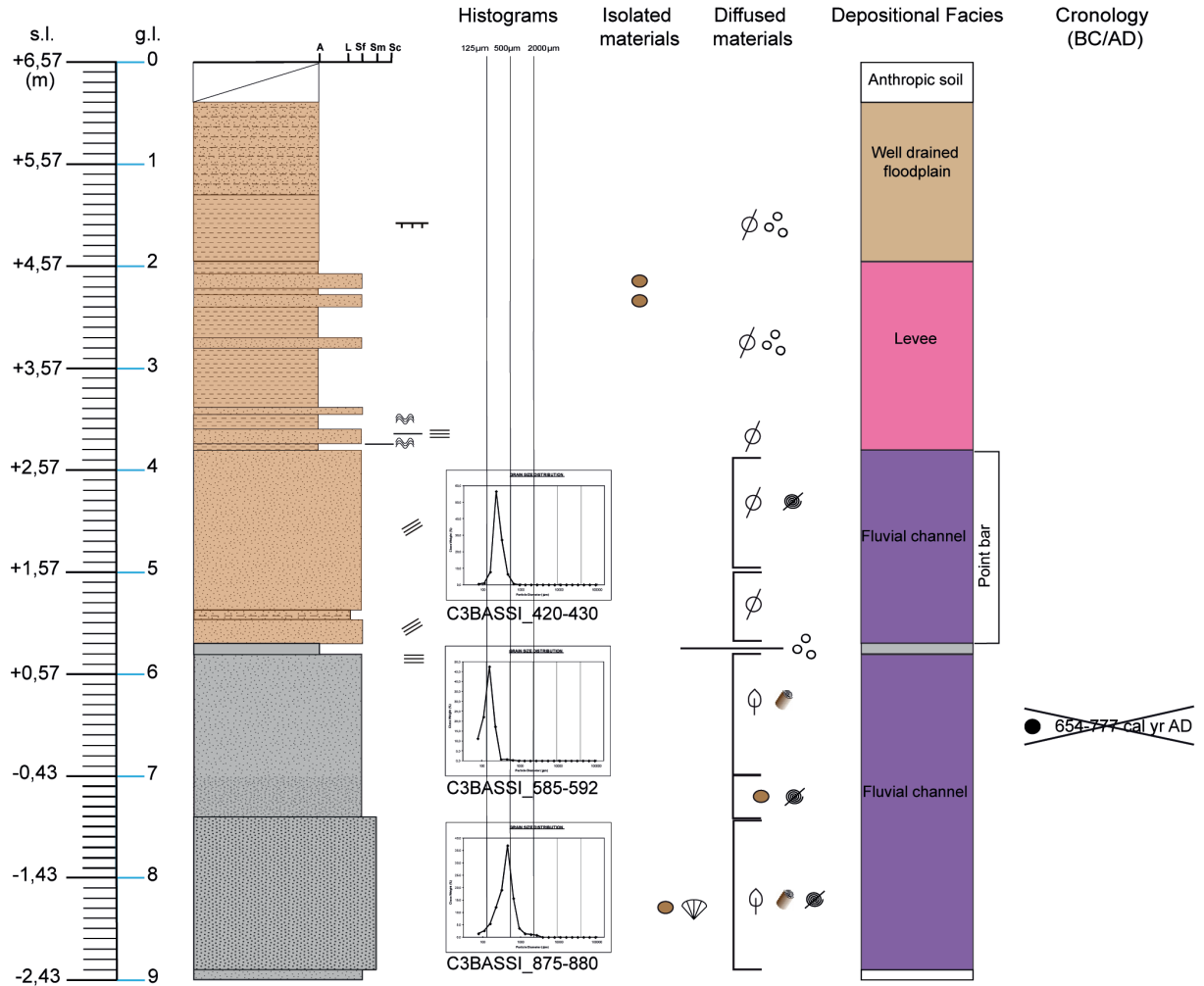


Figura 107. Correlazione stratigrafica n. 6.
 La correlazione stratigrafica ha intercettato il presunto corso del fiume Arno riferibile all'epoca etrusco-romana nel settore interno, sino alle attuali località di S.Casciano - Uliveto Terme.

Core C3_Bassi	
Location	Cisanello, Pisa
Coordinates (EPSG 3003)	1616124,2 E; 4839613,0 N
Altitude (a.s.l.)	6,57 m
Date	08/03/2012



Pianta - Commodari 2018

Legend

Lithology

- ground level
- unrecovered
- clay
- clay and silty
- sandy/silt
- fine sand
- medium sand
- coarse sand
- alternance clay/sandy
- alternance sandy/silt

Sediment Color

- brown/yellow sediment
- greenish/gray sediment
- olive/gray sediment

Stratification structure

- parallel bedding/lamination
- cross bedding/lamination
- indurated horizon
- plastic sediment
- erosional surface

Sediment components

- calcareous nodule
- Fe-Mn oxide
- mud clasts
- pottery
- Coal fragments
- Vegetal fragment
- Organic matter decomposed

Fossil

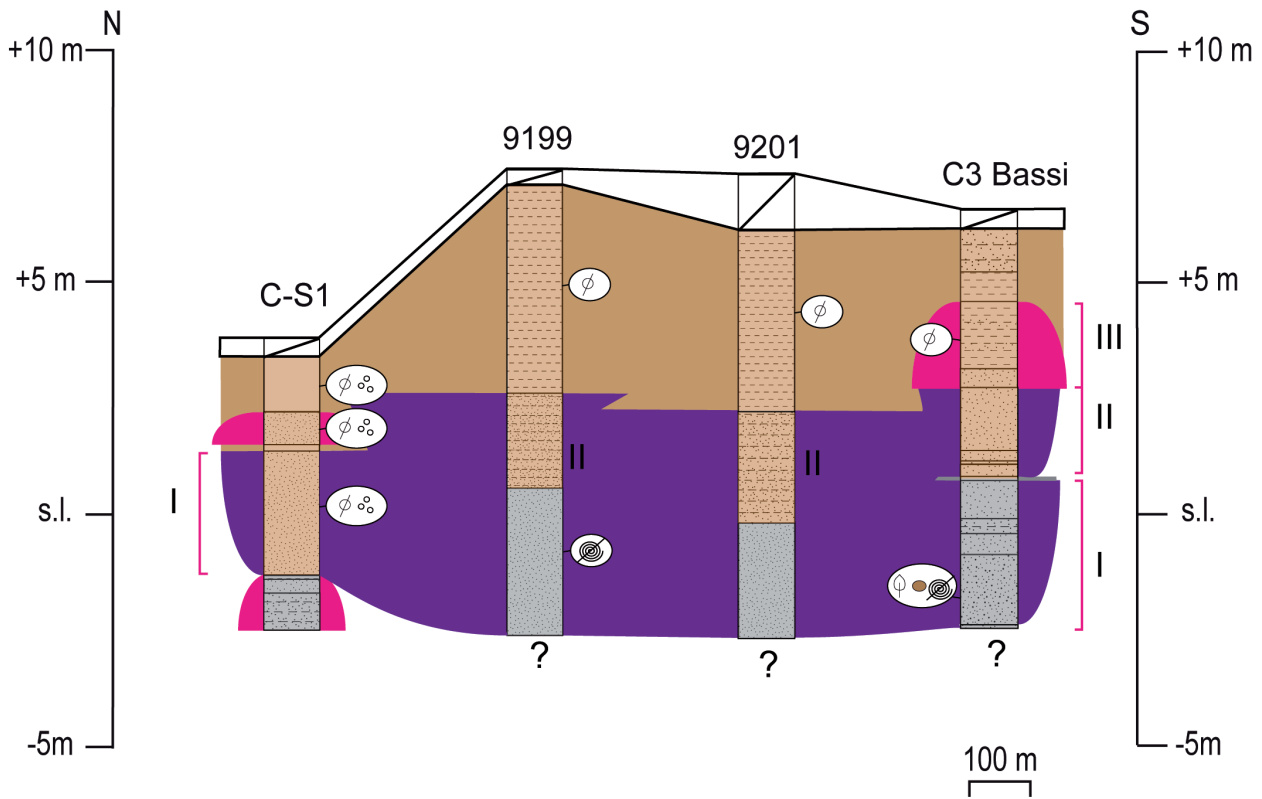
- Mollusc fragments
- Bivalve
- Fragments of bivalve
- Gastropods
- Fragments of gastropods

Depositional Facies

- anthropogenic deposit
- well drained floodplain
- poorly drained floodplain
- levee/ flood event
- fluvial/distributary channel
- swamp

● 802-748 BC calibrated radiocarbon age BC/AD (2sigma) XIIth - XIIIth AD ceramic age (century BC/AD)

Figura 108. Log stratigrafico del carotaggio C3Bassi.



Pianta - Commodari 2018

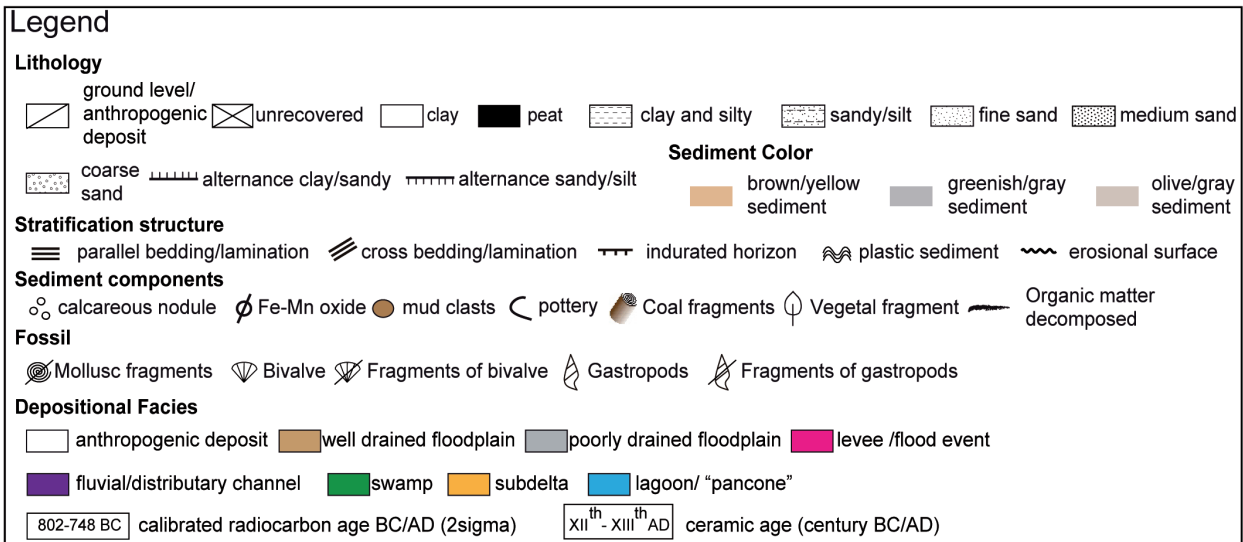


Figura 110. Correlazione stratigrafica n. 7.

Nella correlazione stratigrafica sono evidenziate le tre probabili fasi evolutive dell'ansa fluviale nei pressi di Riglione: alla fase I corrispondono i canali di "terza generazione" verosimilmente risalenti all'epoca etrusco-romana intercettati nei carotaggi C-S1 e C3Bassi e riferibili a due rami fluviali distinti; la fase II si caratterizza dal progressivo avanzamento del ramo principale che si attesta dunque in prossimità dei carotaggi 9199-9201 e C3Bassi e verosimilmente anteriore al 780 d.C.; la fase III attesta il progressivo avanzamento del meandro di Riglione che trovandosi grossomodo in prossimità del suo alveo attuale, depositava in corrispondenza del carotaggio C3Bassi, ormai in posizione distale, sedimenti più fini di esondazione.

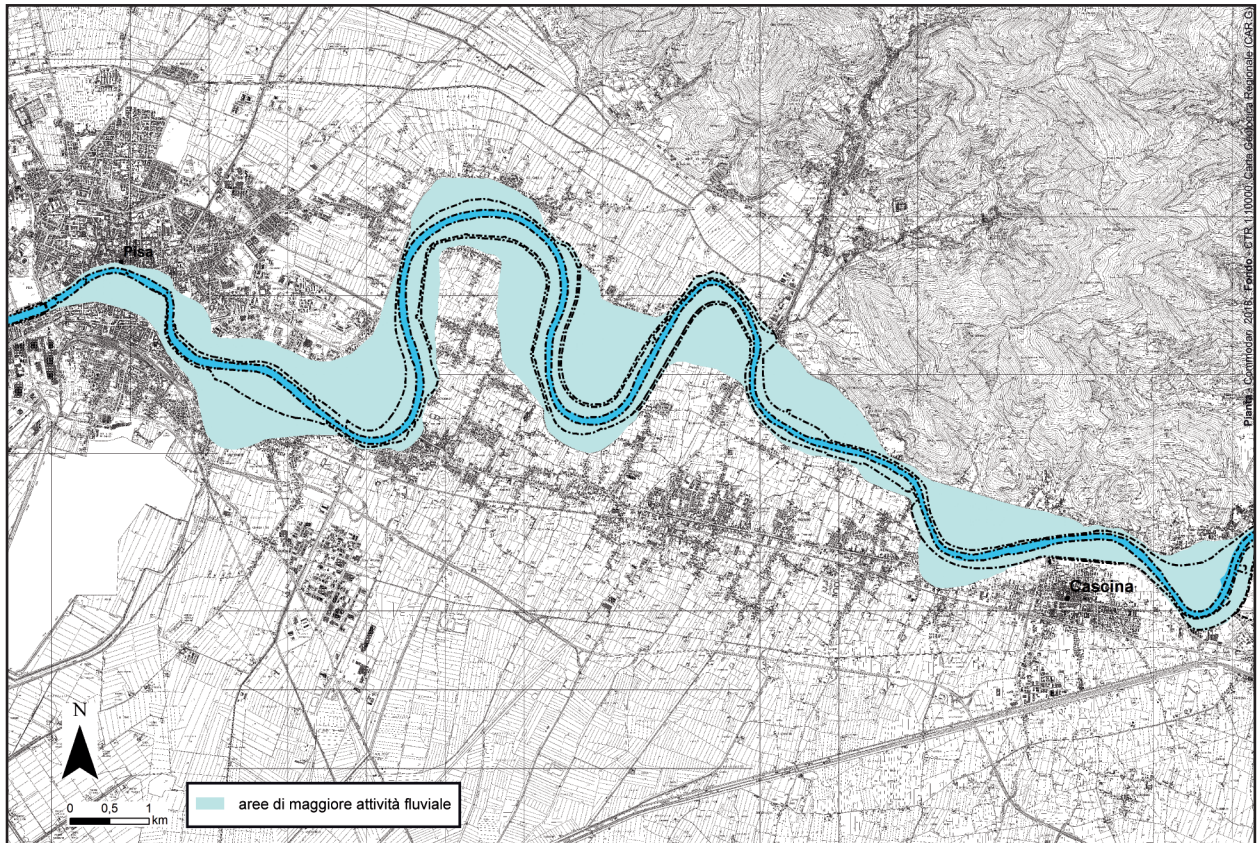


Figura 111. Carta delle “aree di maggiore attività” del Fiume Arno.
 Le informazioni raccolte dallo studio dei dati d'archivio, della cartografia e delle fotografie aeree storiche, integrate all'analisi dettagliata del profilo altimetrico del terreno su supporto LIDAR e all'indagine stratigrafica ha permesso di delimitare le cosiddette “aree di maggiore attività” del fiume Arno.

Parte IV – LA PIANURA DI PISA ATTRAVERSO LE EPOCHE STORICHE

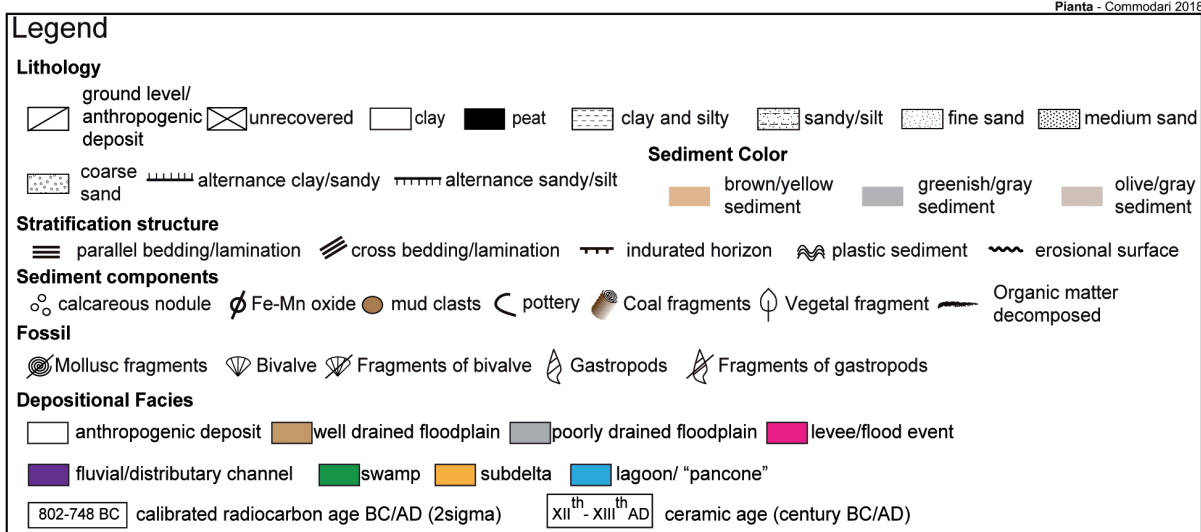
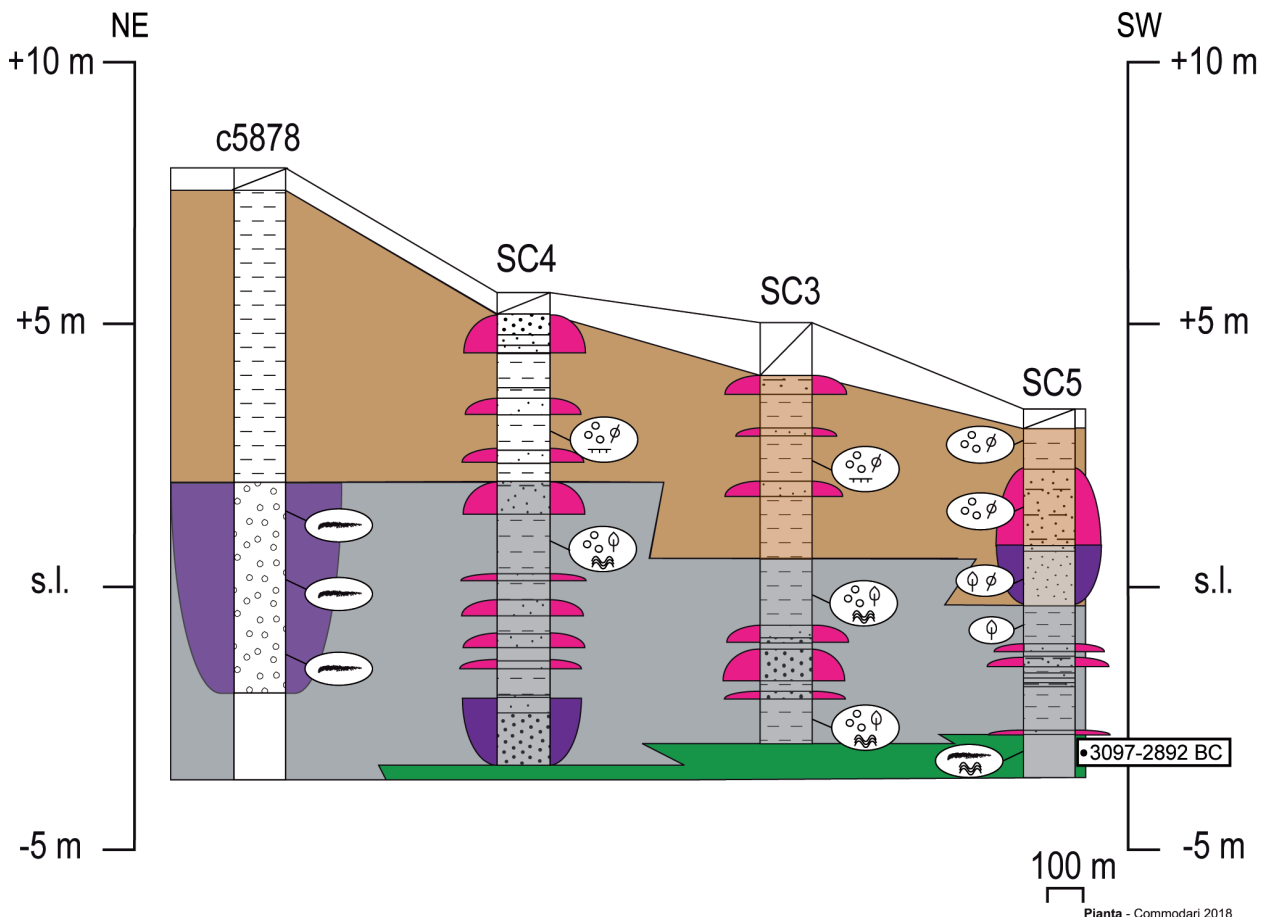


Figura 112. Correlazione stratigrafica n. 8.

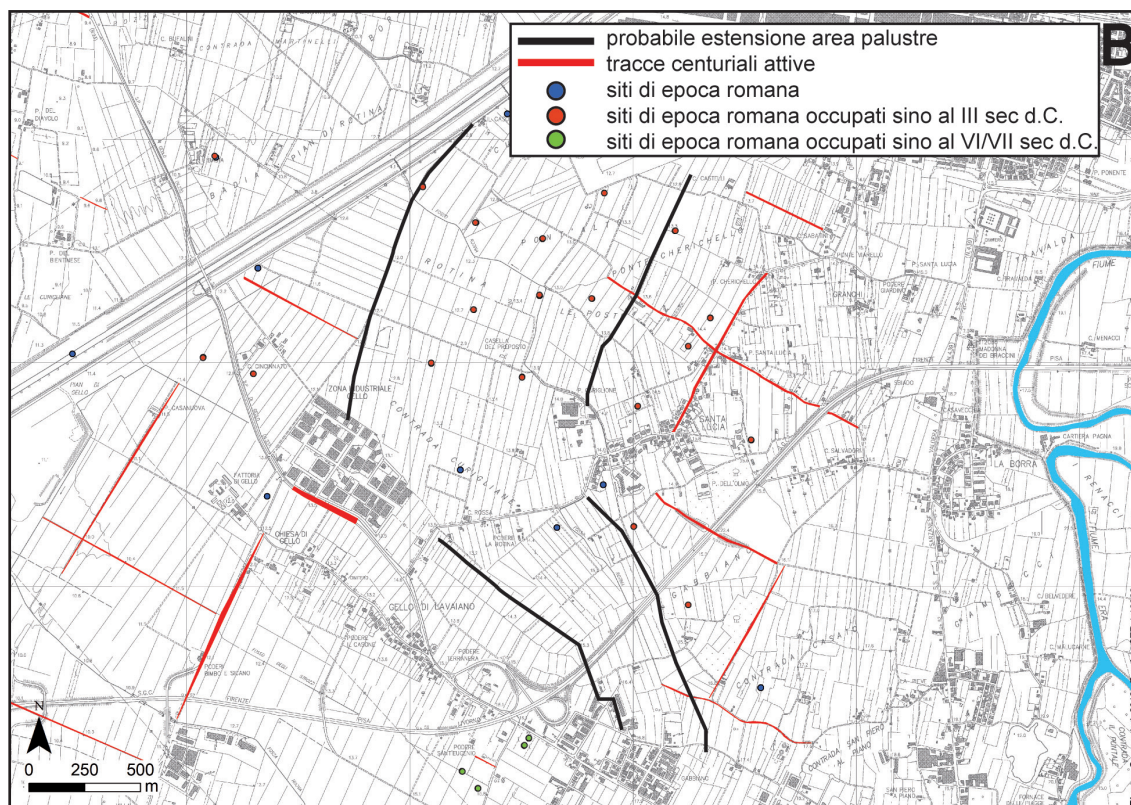
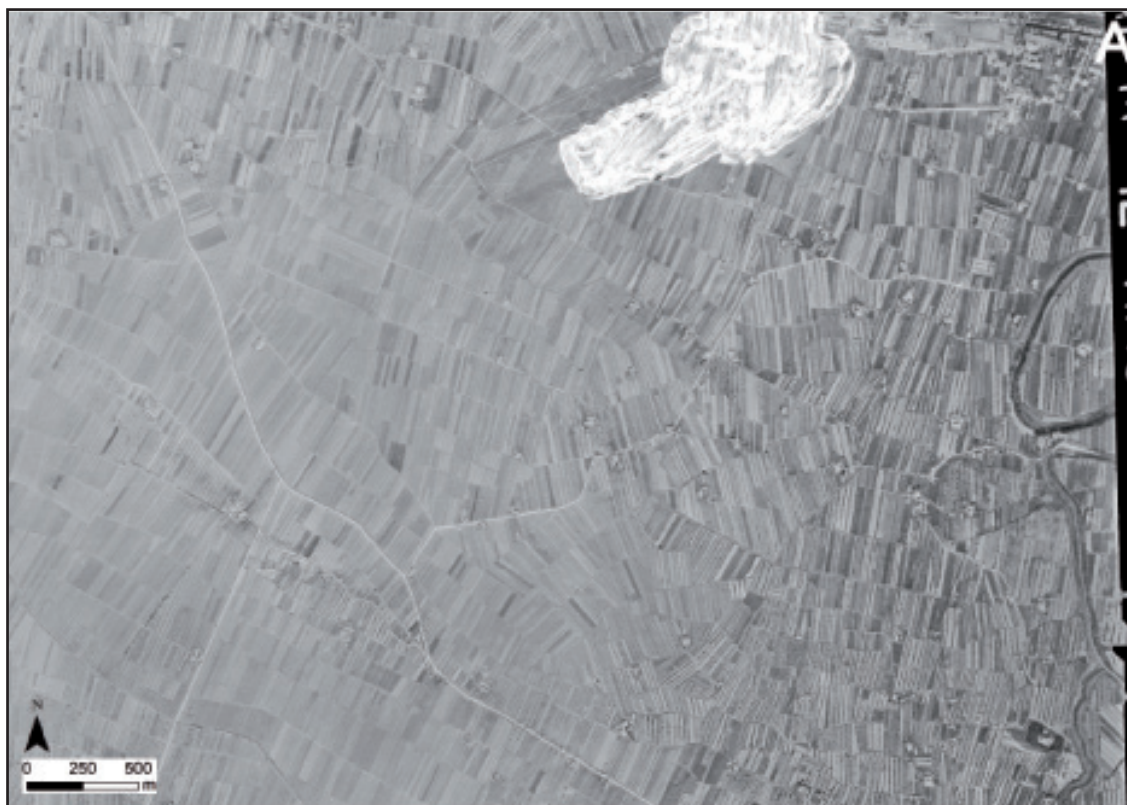


Figura 113. La “palude di Lavaiano”.

L’analisi morfologica del settore orientale, realizzata sulla base della fotografia aerea IGM volo GAI 1954 (foglio 112, strisciata 9A, fotogramma 2823) - dai tipi dell’Istituto Geografico Militare – Autorizzazione n. 6998 del 11/10/2018 (www.igmi.org), ha permesso di evidenziare la presenza di una trama di parcelle strette e allungate con andamento curvilineo, che potrebbe definire l’estensione dell’antica “palude di Lavaiano”. Sono indicati: in rosso le tracce della centuriazione visibili nel parcellare attuale; in nero i probabili limiti dell’area palustre a nord della località “Le Melorie”. Sono inoltre segnalati i siti di epoca romana occupati sino al III secolo d.C. o sino al VI/VII secolo d.C..



Figura 114. Immagine del 1920-1930 che ritrae il Fiume Morto, a nord della città di Pisa (ottenuta per gentile concessione dell'“Ufficio Fiumi e Fossi” - Consorzio 4 Basso Valdarno sede Pisa).

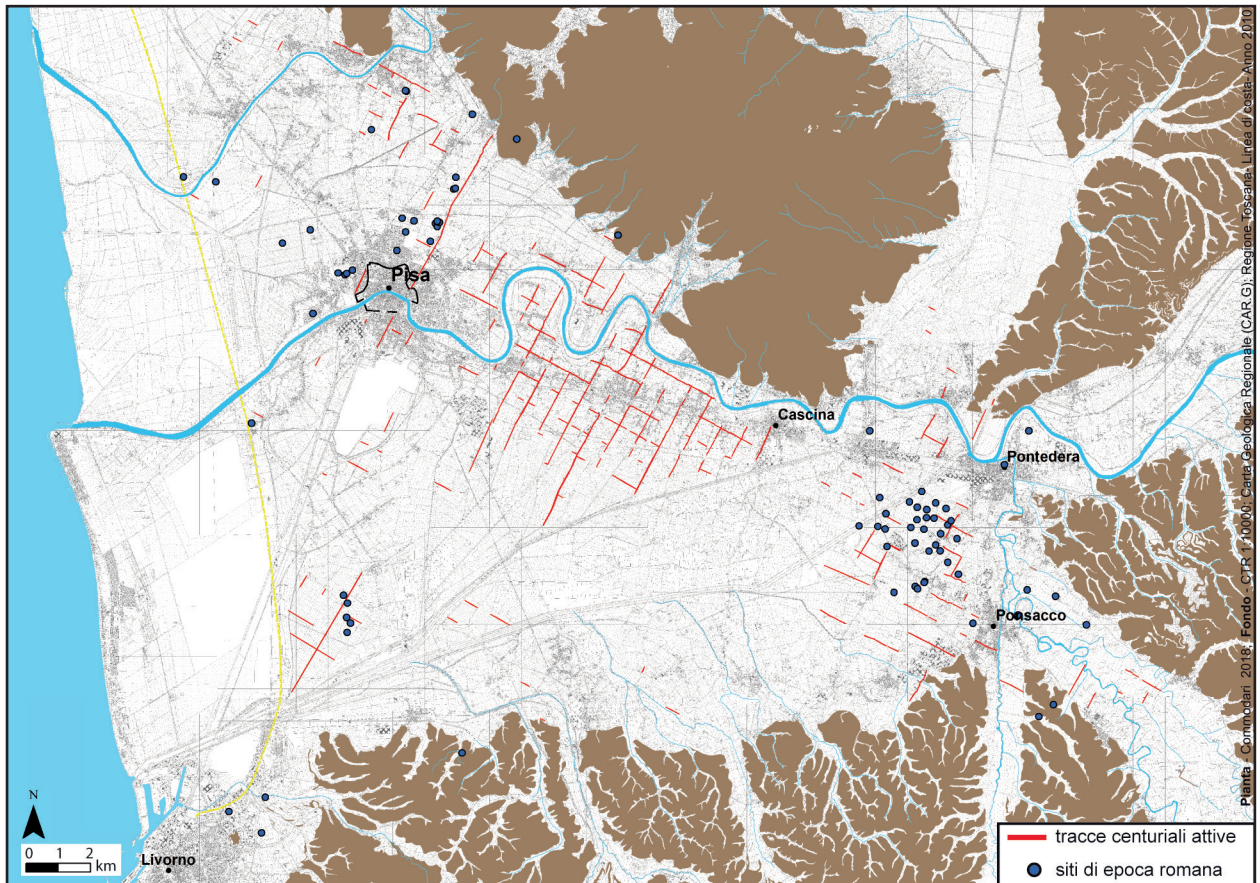


Figura 115. Le tracce della centuriazione e il sistema insediativo di epoca romana.

La mappa rappresenta il “paradosso” evidenziato nel contesto pisano: nel settore compreso tra Pisa e Cascina, dove sono visibili la maggior parte delle tracce centuriali, vi è una quasi totale assenza di siti archeologici di epoca romana; al contrario nel settore orientale dove le tracce della centuriazione sono più labili il numero di “siti” romani di epoca romana, rinvenuti tramite scavi archeologici e ricognizioni di superficie, aumenta in maniera significativa. La linea gialla tratteggiata indica, grossomodo, l’andamento della linea di costa di epoca romana.

La plaine de Pise, située au nord-ouest de la Toscane, près du delta de l'Arno qui, après 241 km, se jette dans la mer Ligure à une faible distance du centre urbain de Pise. Différents processus géomorphologiques (érosion, transport, accumulation), principalement conditionnés par le système fluvial et marin (apport sédimentaire d'origine fluviale, formation du système deltaïque, progradation de la ligne de côte), ainsi que par les interventions humaines qui ensemble ont mené à sa configuration actuelle. L'abondance des ressources naturelles, en particulier des ressources en eau, la localisation géographique et l'accessibilité de la plaine sont quelques-uns des facteurs qui ont favorisé une occupation stable et durable depuis le Paléolithique inférieur. Les populations qui se sont succédées au cours des époques historiques ont néanmoins dû faire face au caractère changeant et dynamique de la plaine, et en particulier à la force de l'eau, qui a représenté une ressource inestimable ainsi qu'un imprévisible danger. Les recherches menées en particulier dans le cadre du doctorat se concentrent sur l'étude de deux phases historiques cruciales dans le processus de formation de la plaine de Pise : l'époque romaine et l'époque médiévale. Les interventions réalisées lors de la colonisation augustéenne (Ier siècle av. J.-C.) ont transformé la plaine, modifiant en profondeur le paysage rural par la mise en œuvre d'une nouvelle planification agraire, la centuriation de Pise, qui structure encore significativement le réseau hydraulique, le réseau routier et le système urbain. L'étude du processus de transformation et de transmission du réseau orthogonal nécessite une analyse approfondie des facteurs qui, au cours des différentes phases historiques, l'ont rendu "visible", surtout pendant la période médiévale caractérisée par le "retour" d'un pouvoir centralisé, celui de la Commune de Pise, capable d'exercer un plus grand contrôle sur le territoire et les ressources hydriques. La recherche vise à reconstituer les principales caractéristiques et les différentes phases d'évolution du paysage centurié au cours des siècles, ce qui implique une étude approfondie des dynamiques paléoenvironnementales et paléohydrographiques qui ont affecté le contexte de Pise avant même la colonisation romaine.

Pour obtenir les résultats attendus, une approche méthodologique interdisciplinaire et diachronique a été utilisée, capable de saisir les facteurs naturels et anthropiques qui, au cours des siècles, ont conditionné ce processus "constructif". La lecture morphologique des parcelles urbaines et agraires a permis la reconnaissance des formes d'organisation du paysage de Pise, en particulier de la grille centuriée et des phénomènes de transmission et de déformation de ses éléments constitutifs. L'intégration des données stratigraphiques, enrichies par une campagne de carottages menée en 2016 en collaboration avec d'autres universités italiennes, aux résultats de l'étude historique-archéologique, archivistique et planimétrique, a permis d'obtenir de nouveaux résultats sur l'évolution pédosédimentaire et paléohydrographique de la plaine pisane étudiée et de formuler des nouvelles hypothèses sur le scénario paléogéographique à l'époque romaine et son évolution pendant les siècles suivants.

Les études de surface et de sous-sol ont ainsi permis de reconstituer la relation existante entre le système de peuplement, les formes d'exploitation et de gestion des ressources, les transformations paléoenvironnementales et paléohydrographiques et les dynamiques morphologiques (modalités de transmission et/ou de transformation de la trame centuriée) dans la longue durée, montrant que la centuriation visible dans sa version "la plus actuelle" est le résultat d'un processus long et continu d'interaction homme-environnement.

Mots clés: centuriation, diachronie, analyse morphologique, étude stratigraphique, évolution du paysage

The plain of Pisa, located in northwestern Tuscany, close to the Arno River's delta, which flows into the Ligurian Sea near the town of Pisa after 241 km, is the result of different geomorphological processes (erosion, transport, accumulation). These are mainly conditioned by the fluvial and marine system (fluvial sedimentary accumulation, formation of the delta system, progradation of the coastline), as well as by human intervention, which together have led to its current formation. The abundance of natural resources, in particular water resources, the geographical location and the accessibility of the plain are some of the factors that have favoured a stable and lasting settlement since the Lower Palaeolithic. The populations that lived here over the course of the historical periods, however, had to face the changing and dynamic character of the plain, and in particular the force of the water, which represented an inestimable resource as well as an unpredictable danger. The research carried out during this PhD particularly focuses on the study of two historical phases that were crucial in the formation of the Pisa plain: the Roman and the medieval periods. The interventions carried out at the time of the Augustan colonization (I century BC) transformed the plain, impacting the rural landscape through the construction of a new agrarian system or the centuriation of Pisa, which still significantly structures the hydric network, the road network and the settlement system today. The transformation and transmission process of the orthogonal grid requires a developed analysis of the factors that have made it "visible" during different historical phases. This is especially true for the medieval period, which is characterised by the "return" of the Municipality of Pisa, a centralised power that was able to exercise greater control over territory and water resources. This research aims to reconstruct the main characteristics and the different evolutionary phases of the centuriated landscape over the centuries through the study of the palaeoenvironmental and palaeohydrographic dynamics that have affected Pisa even before Roman colonization.

An interdisciplinary and diachronic methodological approach was applied in order to best identify and understand the natural and anthropic factors that have conditioned this "constructive" process over time. The morphological analysis of the urban and agrarian parcels allowed the recognition of the organisational forms of the Pisan landscape, in particular of the centuriated grid and the phenomena of transmission and deformation of its constituent elements.

The integration of the stratigraphic database (enriched by a coring campaign carried out in 2016 in collaboration with several Italian universities) with the historical-archaeological, archival and planimetric data has made it possible to obtain new results on the pedosedimentary and paleohydrographic evolution of the Pisan plain. It has also permitted us to propose new hypotheses on the paleogeography of the Roman period as well as its evolution over the centuries.

Surface and subsoil surveys have made it possible to reconstruct the relationship between the settlement system, the forms of exploitation and management of resources, the palaeoenvironmental and palaeohydrographic transformations and the morphological dynamics (modes of transmission and/or transformation of the centuriated grid) over the long term, demonstrating that the visible centuriation in its "most updated" version is the result of a long and continuous process of human-environment interaction.

Keywords: centuriation, diachrony, parcel analysis, stratigraphic study, landscape evolution

La tesi di dottorato è rilasciata con licenza CC BY NC SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Fatta eccezione per:

-I dati del MappaGIS e nell'archivio digitale archeologico MOD, contenuti all'interno della tesi, sono rilasciati secondo la licenza Creative Commons- Attribuzione- Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>), e pertanto distribuiti con la medesima licenza.

-Il DTM rielaborato sulla base dei dati LIDAR di proprietà del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e rilasciati secondo la licenza Creative Commons- Attribuzione- Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>), è distribuito con la medesima licenza.

Si precisa inoltre che:

-L'utilizzo delle mappe di proprietà dell'Archivio di Stato, indicate secondo la relativa collocazione archivistica, deve altresì essere richiesto al medesimo istituto di appartenenza.

-L'utilizzo delle fotografie aeree storiche di proprietà dell'Istituto Geografico Militare- IGM e rielaborate all'interno della Tesi deve altresì essere richiesto al medesimo istituto di appartenenza.

La thèse de doctorat est sous licence CC BY NC SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Excepté que :

-Les données de MappaGIS et de l'archive archéologique numérique MOD, contenues dans la thèse, sont publiées sous licence Creative Commons- Attribuzione- Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>), et donc distribués sous la même licence.

-Le DTM, élaboré sur la base des données LIDAR de propriété du *Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM)* et diffusées sous la licence Creative Commons- Attribuzione- Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/>), est distribué sous cette même licence.

Il est à noter que :

-L'utilisation de cartes appartenant à l'*Archivio di Stato di Pisa*, indiquées en fonction de leur localisation archivistique, doit également être demandée à la même institution.

-L'utilisation de photographies aériennes historiques appartenant à l'*Istituto Geografico Militare- IGM* et élaborées dans le cadre de la thèse doit également être demandée à cette même institution.