

mappa

metodologie applicate alla predittività
del potenziale archeologico

Mappa

**Metodologie Applicate alla Predittività
del Potenziale Archeologico**



UNIVERSITÀ DI PISA

REGIONE
TOSCANA



**Francesca Anichini, Nevio Dubbini, Fabio Fabiani,
Gabriele Gattiglia, Maria Letizia Gualandi**

Volume II



Edizioni Nuova Cultura



MAPPA

METODOLOGIE APPLICATE ALLA PREDITTIVITÀ DEL POTENZIALE ARCHEOLOGICO

Francesca Anichini, Nevio Dubbini, Fabio Fabiani,
Gabriele Gattiglia, Maria Letizia Gualandi

Volume 2



Regione Toscana



FAS
Fondo Aree
Sottoutilizzate
2007-2013



REPUBBLICA ITALIANA



Edizioni Nuova Cultura

PROGETTO MAPPA

Enti finanziatori:

Regione Toscana
Università di Pisa

Ente attuatore:

Università di Pisa

Partner:

Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana
Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana
Soprintendenza per i Beni Architettonici Paesaggistici Artistici Storici ed Etnoantropologici per le province di Pisa e Livorno
Comune di Pisa

Collaborazioni:

Aerofototeca Nazionale
Centro di documentazione aerofotografica "Marcello Cosci" - Università di Pisa
Consorzio LAMMA - Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale
per lo sviluppo sostenibile - Regione Toscana e CNR
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Laboratorio di cultura Digitale - CISIAU Centro Interdipartimentale di Servizi Informatici
per l'Area Umanistica - Università di Pisa

Equipe di ricerca:

Francesca Anichini
Dario Bini
Monica Bini
Nevio Dubbini
Fabio Fabiani
Gabriele Gattiglia
Serena Giacomelli
Maria Letizia Gualandi
Marta Pappalardo
Veronica Rossi
Giovanni Sarti
Sergio Steffè

Collaboratori:

Federico Bertocchino
Antonio Campus
Lorenza La Rosa
Chiara Mannari
Francesco Rinaldi
Claudia Sciuto
Giulio Tarantino

Testi di:

Francesca Anichini [F.A.]
Monica Bini [M.B.]
Marco Ciurcina [M.C.]
Nevio Dubbini [N.D.]
Fabio Fabiani [F.F.]
Mara Febbraro [M.F.]
Gabriele Gattiglia [G.G.]
Francesco Ghizzani Marcia [F.G.M.]
Francesca Grassini [F.G.]
Maria Letizia Gualandi [M.L.G.]
Valerio Noti [V.N.]
Marta Pappalardo [M.P.]
Luca Parodi [L.P.]
Veronica Rossi [V.R.]
Giovanni Sarti [G.S.]
Fabiana Susini [F.S.]

Consulenti:

Alessandro Amorosi
Alessandro Bianchi
Marina Bisson
Lisa Josephine Brucciani
Mara Febbraro
Francesco Ghizzani Marcia
Massimiliano Grava
Minja Kukavich
Valerio Noti
Sandro Petri
Giorgio Pocobelli
Cristina Ribecai
Adriano Ribolini
Irene Sammartino
Simone Sartini
Fabiana Susini
Elvira Todaro

Progetto grafico, immagine coordinata e copertina

Sandro Petri (PetriBros Grafica)

Copyright © 2013 Edizioni Nuova Cultura - Roma

ISBN: 9788868120917

DOI: 10.4458/0917



Questo libro viene distribuito
con licenza CC BY 3.0

Indice

1. Introduzione	7
Maria Letizia Gualandi	
2. Gli scenari paleogeografici della pianura di Pisa dalla protostoria all'età contemporanea	13
Monica Bini, Marta Pappalardo, Giovanni Sarti, Veronica Rossi	
3. Il contributo dell'archeologia dell'architettura alla definizione delle trasformazioni urbanistiche di una città	29
Mara Febbraro, Fabiana Susini	
4. Analisi spaziali e ricostruzioni storiche	45
Fabio Fabiani, Gabriele Gattiglia, Francesco Ghizzani Marcia, Francesca Grassini, Maria Letizia Gualandi, Luca Parodi	
5. Questione di pesi: valori, parametri, relazioni per il calcolo del potenziale archeologico	89
Francesca Anichini, Fabio Fabiani, Gabriele Gattiglia, Francesco Ghizzani Marcia	
6. L'algoritmo MAPPA	101
Nevio Dubbini	
7. La carta di potenziale archeologico	115
Francesca Anichini, Nevio Dubbini, Fabio Fabiani, Gabriele Gattiglia, Francesco Ghizzani Marcia, Maria Letizia Gualandi	
8. MAPPA survey: gli Open Data nell'archeologia italiana	121
Francesca Anichini	
9. Il MOD: l'archivio Open Data dell'archeologia italiana	133
Francesca Anichini, Marco Ciurcina, Valerio Noti	
10. Dai metodi alla storia: Pisa in età romana e tardoantica	161
Fabio Fabiani, Francesco Ghizzani Marcia, Maria Letizia Gualandi	
Bibliografia	185

I. Introduzione

M. Letizia Gualandi (DOI: 10.4458/0917-01)

Con la pubblicazione di questo secondo volume giunge a compimento il lavoro di ricerca del progetto *MAPPA. Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico*, che è stato realizzato dall'Università di Pisa¹ con un finanziamento della Regione Toscana (PAR-FAS 2010) e la collaborazione del Comune di Pisa, della Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana e delle Soprintendenze per i Beni Archeologici della Toscana e per i Beni Architettonici, Paesaggistici, Artistici, Storici ed Etnoantropologici delle province di Pisa e Livorno. Gli obiettivi del progetto erano la realizzazione:

- del webGIS di Pisa, con i dati archeologici, geologici e geomorfologici della città (MappaGIS),
- della carta di potenziale archeologico dell'area urbana e periurbana di Pisa,
- di un algoritmo in grado di calcolare il potenziale archeologico,
- del primo archivio *open data* dell'archeologia italiana (MOD, Mappa Open Data archive).

Il webGIS di Pisa è stato il primo obiettivo a essere raggiunto allo scadere del primo anno di lavoro² e ad esso è dedicato il primo volume di *MAPPA* (ANICHINI *et alii* 2012). Questo secondo volume raccoglie invece i risultati delle ricerche effettuate per realizzare gli altri tre obiettivi del progetto, che hanno occupato il secondo anno di attività.

Durante questo periodo è stato creato un modello tridimensionale del terreno (DEM - Digital Elevation Model) nella sua evoluzione storica, vale a dire per sei dei sette periodi storici considerati: età etrusca, età romana e tardoantica, alto e basso Medioevo, età moderna, età contemporanea; manca il DEM dell'epoca protostorica, per il quale

non vi era un sufficiente numero di informazioni disponibili. I DEM sono stati realizzati utilizzando punti quotati raccolti nelle numerose indagini archeologiche pisane, quote ricavate dall'analisi stratigrafica degli elevati degli edifici storici e informazioni desunte dai carotaggi, molti dei quali realizzati *ad hoc* nell'ambito del progetto. Il risultato più originale di questo lavoro è stata la stima della crescita "in verticale" della città su se stessa, ovvero il calcolo dell'entità dell'interro accumulatosi nei millenni. Questo dato è ovviamente di grande importanza ai fini della valutazione del potenziale archeologico, ma è di aiuto anche per considerazioni di altro genere. L'interro, che si è rivelato estremamente variabile nei diversi quartieri urbani, anche a distanze assai ravvicinate, dimostra infatti come nei secoli passati Pisa fosse molto meno pianeggiante di quanto non appaia oggi e aiuta a ricostruire anche le dinamiche con le quali è cresciuta su se stessa, a seguito di azioni sia naturali (esondazioni fluviali), sia antropiche (rialzamenti e livellamenti artificiali del terreno). Sulla base dei DEM e del telerilevamento, effettuato con le foto aeree, le immagini satellitari e il LIDAR (Laser Imaging Detection And Ranging), è stata messa a punto una ricostruzione paleogeografica per ogni periodo storico, compresa l'epoca protostorica, per la quale tuttavia la ricostruzione è solo bidimensionale (cfr. § 2.). Assai complessa si è rivelata la ricostruzione dell'idrografia dell'area urbana di Pisa, solcata fino all'inizio dell'età moderna da due fiumi - l'Arno a sud e l'*Auser* a nord - che nei secoli hanno cambiato più volte corso, dando vita a una fitta trama di paleoalvei. In molti casi le analisi al radiocarbonio di campioni di sostanza organica prelevati dai carotaggi han-

¹ Dipartimenti di Civiltà e forme del sapere, di Matematica e di Scienze della terra.

² <http://www.mappaproject.org/webgis>

no permesso di datare i paleoalvei e le forme paleogeografiche (alti morfologici, depressioni ecc.), mentre il riconoscimento delle specie vegetali contenute negli stessi carotaggi ha permesso di arricchire le ricostruzioni ambientali con dati paleovegetazionali (AMOROSI *et alii* 2012a, ALLEVATO *et alii* 2013). Tuttavia la vera novità del progetto MAPPA, in questo settore d'indagine, è stata la costante integrazione delle evidenze paleotopografiche con i dati archeologici: è infatti dal serrato dialogo tra geomorfologi e archeologi e dall'incrocio delle rispettive competenze che sono scaturiti i risultati più significativi per la ricostruzione degli scenari paleogeografici di Pisa.

Nella stessa ottica di continua, profonda integrazione di diverse esperienze disciplinari si sono mossi l'archeologo e lo storico dell'arte che hanno effettuato l'analisi stratigrafica degli elevati (cfr. § 3.). Il risultato di questo confronto è la mappatura archeologica e fotografica di tutti gli edifici del centro storico di Pisa racchiuso entro le mura: liberamente consultabile attraverso webGIS, si tratta di uno strumento fondamentale per la conoscenza, la tutela e il restauro dei beni immobili della città. Una volta raccolte tutte le informazioni archeologiche, storiche e geologico-geomorfologiche, si è cominciato a riflettere sulle modalità di calcolo del potenziale archeologico, indispensabile premessa per arrivare a mettere a punto l'algoritmo predittivo. Punto di partenza è stata la ricostruzione, per ognuno dei sette periodi storici individuati, della possibile estensione della città o - per meglio dire - delle tre "aree funzionali" in cui si è deciso di suddividere l'insediamento: l'abitato urbano vero e proprio, le aree suburbane e, tutt'intorno, la campagna. Per far ciò ci si è avvalsi di metodi deterministici (*Kernel density estimation*) e di metodi geostatistici (*Kriging* e *Co-kriging*), che permettesero di capire la città nel suo complesso e di creare un'elaborazione algoritmica automatica, sviluppata con un modello matematico studiato *ad hoc* in funzione del calcolo del potenziale archeologico. Il confronto tra queste differenti analisi spaziali ha consentito una lettura diacronica dell'evoluzione

del tessuto urbano di Pisa sotto una luce nuova (cfr. § 4.).

Proprio la creazione del modello matematico di MAPPA è uno degli elementi più innovativi del progetto, anche per la sua assoluta replicabilità: il modello può essere applicato infatti in tutti i contesti urbani con una storia plurimillenaria e di conseguenza con un patrimonio archeologico sepolto del quale occorre stimare il potenziale. Ma perché un modello matematico? Se i metodi statistici consentono di *valutare le probabilità* che si manifesti un determinato fenomeno, un modello matematico invece, pensato espressamente per lavorare su specifiche tipologie di dati - nel nostro caso, dati archeologici e geomorfologici - *ricrea le regole* che determinano il manifestarsi di un fenomeno. Perché ciò sia possibile, però, occorre che tali regole siano individuate preventivamente. Nell'ambito di una ricerca come il progetto MAPPA, che mirava a stimare il potenziale archeologico delle diverse zone della città, i fenomeni sono gli elementi che compongono il tessuto urbano e periurbano: case, chiese, strade, necropoli, manifatture, ma anche orti, giardini, campi coltivati, fiumi, acquitrini ecc. Quanto alle premesse che ne rendono possibile il manifestarsi (ovvero, nel nostro caso, ipotizzarne l'esistenza), ci è sembrato opportuno individuarle nelle "relazioni" che li legano. Ad esempio una chiesa o una casa sono in relazione con una strada per accedervi, un impianto produttivo con una strada e con una discarica di scarti di lavorazione, un grande edificio termale con una strada e con un acquedotto in grado di rifornirlo d'acqua; un corso fluviale o una cinta muraria, invece, sono elementi che interrompono una continuità, ad esempio del tessuto urbano. In altri termini, questo significa che in prossimità dei resti di una chiesa o di una casa è lecito ipotizzare l'esistenza di una strada, vicino a un impianto produttivo quella di una strada e di una discarica, vicino a un edificio termale quella di una strada e di un acquedotto e così via; invece nel caso di un paleoalveo fluviale è possibile postulare l'interruzione di una continuità e, se nei pressi vi è una

strada, l'esistenza di un ponte o quanto meno di un guado, mentre nel caso di una cinta muraria, la presenza di una porta: come si può intuire, il gioco delle "relazioni" è assai complesso, ma definibile nei suoi aspetti principali.

Una volta individuate nelle "relazioni" fra i diversi tipi di manufatti archeologici - e fra essi e il contesto paleogeografico - le premesse in base alle quali ipotizzare lo sviluppo della città, i matematici, dopo aver vagliato i possibili modelli di analisi applicabili, si sono orientati verso l'utilizzo di una versione modificata dell'algoritmo PageRank, l'algoritmo - per intenderci - che attribuisce l'importanza alle pagine web, facendo funzionare tutti i principali motori di ricerca (cfr. § 6.). Se però nel caso delle pagine web l'attribuzione d'importanza avviene in modo automatico (più una pagina è "linkata", più acquista importanza), nel caso dei resti archeologici è stato necessario assegnare un "peso" a ogni tipo di rinvenimento in base al suo potenziale informativo e definire, una ad una, le "relazioni" tra le varie categorie di ritrovamenti (cfr. § 5.).

La Carta di potenziale archeologico dell'area urbana e periurbana di Pisa è costituita dalla somma delle sette carte di potenziale archeologico di periodo (cfr. § 7.). Una somma "pesata" però, in cui i periodi per i quali abbiamo meno dati hanno un peso maggiore perché maggiore risulterebbe il potenziale di conoscenza di ogni loro singolo ritrovamento: è il caso, ad esempio, delle carte dei periodi più antichi o dell'alto Medioevo, per i quali disponiamo di un numero assai minore d'informazioni. Non bisogna mai dimenticare, infatti, che la Carta di potenziale archeologico non ricostruisce la storia urbana di Pisa, tanto meno in modo "deterministico"; è solo uno strumento in grado di stimare il potenziale informativo dei depositi stratigrafici e come tale costituisce la premessa per un modo nuovo di interagire con il patrimonio archeologico ancora sepolto e non

conosciuto, orientando la ricerca futura e agevolando sia l'attività di tutela, sia quella di pianificazione dello sviluppo urbano.

Il progetto MAPPA si è posto anche un altro obiettivo fortemente innovativo, potremmo dire rivoluzionario per il mondo dell'archeologia italiana: far uscire dagli archivi delle Soprintendenze e delle Università i documenti contenenti i dati delle indagini archeologiche - talvolta mai pubblicati, spesso pubblicati in forma incompleta e quasi mai in tempi veloci, in ogni caso sempre difficili da consultare - rendendo quelle informazioni accessibili con estrema facilità a chiunque, non solo agli addetti ai lavori, e per qualunque esigenza: dalla ricerca alla tutela, dalla pianificazione urbanistica al turismo di qualità e anche alla semplice curiosità erudita. È nato così il MOD (MAPPA Open Data archaeological archive: cfr. § 9.)³, il primo archivio italiano di dati archeologici *open*, in linea con le direttive europee in materia di accessibilità dei dati delle Pubbliche Amministrazioni, che nel frattempo sono state finalmente recepite anche dal Governo italiano con il D.L. «Crescita 2.0»⁴. Attraverso il MOD, chiunque lo voglia può venire a conoscenza della documentazione "grezza" degli scavi archeologici, ovvero di schede, rilievi, fotografie e relazioni preliminari che contengono le informazioni emerse durante il lavoro sul campo e che riguardano le innumerevoli azioni umane o naturali le cui tracce si sono stratificate nel terreno durante i secoli: quelle tracce che vengono distrutte per sempre nel momento stesso in cui quel terreno viene rimosso con lo scavo archeologico e di cui, pertanto, quei documenti rappresentano in molti casi l'unica testimonianza.

"Aprire i dati" non significa però limitarsi a rovesciarli in rete, senza alcuna forma di tutela della *privacy* e, soprattutto, dei legittimi diritti di pater-

³ Il MOD è liberamente consultabile in rete, alla pagina www.mappaproject.org/mod

⁴ D.L. 18.10.2012, n. 179 (pubblicato nel supplemento ordinario n. 194/L alla Gazzetta Ufficiale del 19 ottobre 2012, n. 245), coordinato con la Legge di conversione 17 dicembre 2012, n. 221 (pubblicata nella GU n. 294 del 18.12.2012, suppl. ord. n. 208).

nità intellettuale di chi quei dati ha prodotto con il proprio lavoro sul campo. Per questo motivo, è stata condotta un'analisi approfondita di tutti gli aspetti legali inerenti le problematiche legate alla pubblicazione in rete dei dati, facendo chiarezza in una legislazione che è assai caotica, proprio perché l'Italia comincia a porsi da poco – con grave ritardo rispetto all'Europa e all'America⁵ – il problema dell'*open data* e dell'*open access*.

Pensato originariamente per raccogliere la documentazione degli scavi effettuati a Pisa, il MOD è cresciuto considerevolmente con il passare dei mesi. Anche in considerazione dei risultati di un sondaggio promosso dal progetto MAPPa sugli «Open data e l'archeologia italiana», che ha mostrato come l'esigenza della condivisione dei dati sia fortemente sentita da gran parte della comunità archeologica (cfr. § 8.), il MOD è diventato un po' alla volta l'archivio *open data* dell'archeologia italiana, dove chiunque può pubblicare a proprio nome i dati dei propri scavi, in qualunque parte d'Italia essi si trovino. “Pubblicare” abbiamo detto, perché l'inserimento della documentazione archeologica nel MOD è una pubblicazione a tutti gli effetti, il cui diritto d'autore è tutelato da un codice DOI (Digital Object Identifier) riconosciuto a livello internazionale, esattamente come i codici ISBN delle monografie e ISSN dei periodici: una pubblicazione – però – in tempi velocissimi, a costo zero e, essendo *on line*, con un potenziale di disseminazione che nessuna forma di pubblicazione cartacea potrà mai sperare di avere.

Chiude questo volume un capitolo in cui sono descritte la topografia e l'urbanistica di Pisa in età romana e tardoantica (cfr. § 10.). Si è scelto di inserire questa sorta di “appendice” di carattere storico per dare una dimostrazione concreta di come

il disporre di un ricco archivio d'informazioni archeologiche, storiche e paleoambientali sia di per sé sufficiente – anche senza l'aggiunta di nuovi dati – per rileggere in una prospettiva diversa quelli già noti, aprendo la via a interpretazioni e ricostruzioni storiche inedite e quindi a nuova conoscenza. Ogni dato, infatti, ha un proprio potenziale informativo, ma se si mettono insieme tanti dati e li si incrocia con altri dati, il potenziale informativo cresce in maniera esponenziale. Non solo: disporre di grandi quantità di dati, processabili automaticamente, significa traghettare l'archeologia nel campo dei *Big Data* e immaginare di arrivare ad analisi su larga scala utilizzando metodi statistici e modelli matematici, cosa finora impensabile nel campo dell'archeologia a causa del modo stesso in cui vengono disseminati i dati. Nel suo piccolo, la rilettura della topografia e dell'urbanistica di Pisa romana e tardoantica che qui si propone vuole essere proprio un esempio di ciò. Basata esclusivamente su dati già pubblicati da altri studiosi, li riconsidera però su una scala più ampia – quella dell'intera città e del suo suburbio – e soprattutto alla luce del complesso e mutevole scenario paleogeografico. I risultati sono molteplici e di grande interesse, a cominciare dalla dimostrazione che originariamente Pisa non gravitava sull'Arno ma sul suo fiume settentrionale, l'*Auser*, e che solo a partire dal Medioevo ha cominciato a ruotare progressivamente su se stessa di 180°, volgendosi verso l'Arno fino ad assumere un po' alla volta la posizione che ha oggi.

Le ricerche svolte nell'ambito del progetto MAPPa hanno richiesto le competenze di archeologi, storici, storici dell'arte, geologi, geomorfologi, palinologi, matematici, informatici, giuristi, traduttori, grafici, web designer e web developer⁶, che hanno lavorato con la direzione scientifica di chi scrive (per la parte

⁵ Si vedano i contributi presentati nella seconda giornata del convegno internazionale *Opening the Past 2013. Archaeology of the Future*, interamente dedicata al tema dell'*open data* e *open access*, in «MapPapers» 4, 2013: http://mappaproject.arch.unipi.it/?page_id=136.

⁶ ÉQUIPE DI RICERCA:

- *archeologi*: Francesca Anichini, Fabio Fabiani, Gabriele Gattiglia, M. Letizia Gualandi;
- *geologi*: Monica Bini, Serena Giacomelli, Marta Pappalardo, Veronica Rossi, Giovanni Sarti;
- *matematici*: Dario Andrea Bini, Nevio Dubbini, Sergio Steffè;



archeologica), di Marta Pappalardo e Giovanni Sarti (per la parte geologico-geomorfologica), di Dario Andrea Bini e Sergio Steffè (per la parte matematica). In questi due anni la collaborazione non è stata sempre facile, per via delle diverse mentalità e abitudini di ogni gruppo a compiere le proprie ricerche, a utilizzare le proprie fonti e a trattare i propri dati, ma è stata sempre estremamente stimolante, perché ha obbligato tutti a guardare le cose da prospettive e con approcci metodologici diversi da quelli ai quali ciascuno era tradizionalmente abituato.

Con la conclusione del progetto MAPPA, non si esaurisce il dibattito che esso ha avviato due anni or sono nel mondo dell'archeologia italiana e che riguarda la necessità di un aggiornamento dei sistemi di documentazione degli scavi e di archiviazione dei dati per adeguarli ai nuovi *standard* resi possibili dagli sviluppi della tecnologia in-

formatica e dal *web*; ma soprattutto la necessità di una maggiore e più rapida circolazione delle informazioni. Senza una reale condivisione dei dati non può esservi infatti un reale progresso della disciplina archeologica che, come ogni campo della ricerca, trae la propria linfa vitale proprio dal confronto di dati sempre nuovi e dalla possibilità di incrociarli in modi vari e, talvolta, neppure prevedibili. E senza conoscenza non ci può essere neppure una pratica di tutela del patrimonio archeologico che sia efficace e tempestiva, né un'adeguata valorizzazione dei resti ancora sepolti sotto i nostri piedi, che devono diventare sempre più una ricchezza, un valore aggiunto per il nostro vivere quotidiano e non un freno allo sviluppo delle nostre città.

M. Letizia Gualandi
responsabile del progetto MAPPA

CONSULENTI E COLLABORATORI:

- *archeologi*: Mara Febbraro, Antonio Campus, Francesco Ghizzani Marcia, Francesca Grassini, Lorenza La Rosa Luca Parodi, Claudia Sciuto, Giulio Tarantino;

- *geologi*: Alessandro Amorosi, Federico Bertocchino, Alessandro Bianchi, Marina Bisson, Marco Capitani, Minja Kukavacic, Simone Martini, Adriano Ribolini, Francesco Rinaldi, Irene Sammartino;

- *e inoltre*: Lisa Josephine Brucciani (traduttore in inglese), Massimiliano Grava (storico), Chiara Mannari (web developer), Valerio Noti (sistemista - webGIS), Sandro Petri (graphic & web designer), Giorgio Pocobelli (fotointerpretatore), Cristiana Ribecai (palinologa), Fabiana Susini (storica dell'arte), Elvira Todaro (art director).

2. Gli scenari paleogeografici della pianura di Pisa dalla protostoria all'età contemporanea

Monica Bini, Marta Pappalardo,
Giovanni Sarti, Veronica Rossi (DOI: 10.4458/0917-02)

2.1 Introduzione e metodologia di indagine

Reciproci e continui condizionamenti fra l'ambiente naturale e l'attività antropica sono divenuti sempre più frequenti nell'area mediterranea a partire da circa 8000 anni fa (Neolitico), in concomitanza con lo sviluppo delle pratiche agricole e dei primi centri urbani (HOOKE 2000; RUDDIMAN 2003). Tracce dell'interazione esistente tra gli aspetti fisici e biologici dell'ambiente e le civiltà del passato sono archiviate nel record sedimentologico e geomorfologico di numerose pianure alluvionali e costiere, nonostante l'estrema variabilità degli ambienti e una evidente diacronicità nella diffusione delle comunità umane e del loro bagaglio culturale attraverso il Mediterraneo (KRAFT *et alii* 2007; ARNAUD-FASSETTA *et alii* 2009; BELLOTTI *et alii* 2011; BINI *et alii* 2012b; GHILARDI *et alii* 2012). Questa co-evoluzione degli elementi insediativi e produttivi con i corpi deposizionali e l'idrografia del territorio circostante ha determinato una storia complessa, spesso pluristratificata, di molti centri urbani dell'area mediterranea.

Autorevoli fonti storiche (Strabone, 5.2.5; Plinio il Vecchio, 3.5.50; Scolio a Tolomeo 3.1.4; Rutilio Namaziano, 1.566) documentano per la città di Pisa, a partire soprattutto dall'età etrusca (VIII-II secolo a.C.), una lunga storia di continuità di vita in stretta e reciproca connessione con i due principali corsi d'acqua che scorrevano nell'area: l'Arno e il Serchio. Questi ultimi, infatti, hanno attivamente contribuito alla costruzione della pianura pisana in seguito alla colmatazione e scomparsa di un'area lagunare che si sviluppava alla base dei Monti Pisani, a partire da circa 5000 anni fa (3000 anni a.C.; AMOROSI *et alii* 2013). Se l'Arno attraversa ancora la città, il

Serchio attualmente scorre nella pianura circa 7 km a nord della città, con orientamento est-ovest, ma durante il periodo romano e fino almeno al basso medioevo (GATTIGLIA 2011) un suo ramo, denominato dalle fonti *Auser*, arrivava a lambire la parte settentrionale di Pisa. I vari paesaggi che si sono succeduti nel corso dei secoli hanno creato un vero e proprio archivio storico-deposizionale nel primo sottosuolo (primi 15-20 metri dal piano di campagna) dell'area urbana e suburbana della città, che nell'ambito del progetto MAPPÀ è stato studiato tramite un approccio interdisciplinare.

Al fine di ricostruire gli scenari paleogeografici relativi alle sette principali fasi insediative individuate - protostorica; etrusca; romana; alto e basso medievale; moderna e contemporanea - e, ancora prima, alla situazione dell'ambiente naturale in età preistorica, sono stati integrati i dati derivanti da indagini condotte con numerose e diverse metodologie durante i due anni di attività del progetto. Dati relativi alla successione di sottosuolo sono stati ottenuti attraverso l'analisi di diciotto nuovi carotaggi (carotaggi MAPPÀ in AMOROSI *et alii* 2012a), sette dei quali realizzati con sonde di perforazione meccaniche a rotazione e undici con l'utilizzo di uno strumento di perforazione a percussione (Vibracorer Atlas Copco, modello Cobra, attrezzato con campionatori Eijkelkamp), integrata dalla lettura di altri due sondaggi a carotaggio continuo precedentemente perforati (fig. 1). La profondità raggiunta dai diversi carotaggi varia da 7 a 15 m, in funzione dei limiti dello strumento e/o delle esigenze progettuali.

La caratterizzazione cromatica, granulometrica, geochimica e del contenuto fossilifero (foraminife-

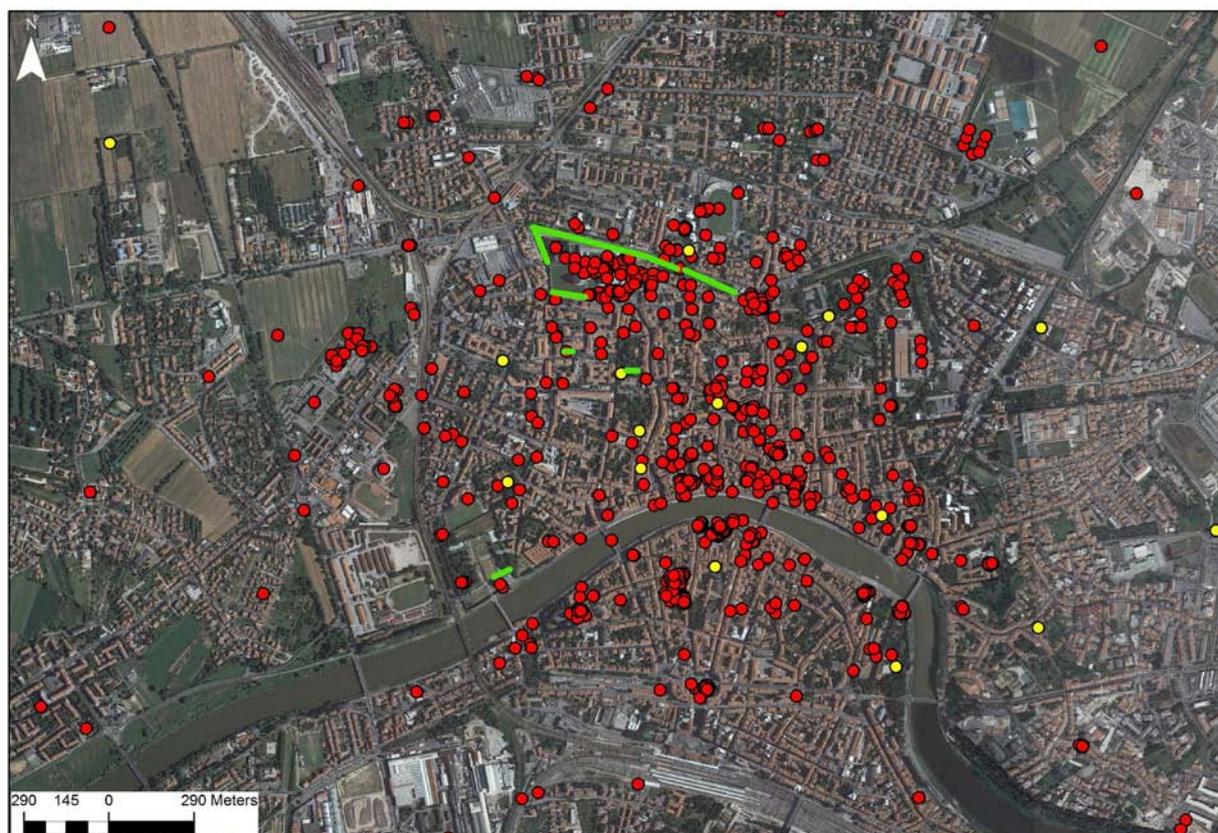


Fig. 2.1 Ubicazione dei carotaggi effettuati nell'ambito del progetto Mappa (in giallo), dei dati archeologici censiti (in rosso) e delle linee elettriche (in verde) utilizzate ai fini di questo studio

ri e ostracodi bentonici; palinomorfi) delle successioni di carotaggio ha permesso di riconoscere le *facies* deposizionali presenti del primo sottosuolo pisano, appartenenti a tre principali associazioni: barriera-laguna, pianura deltizio-costiera e pianura alluvionale. Attraverso una fitta griglia di sezioni stratigrafiche, fra loro circa ortogonali, è stata ricostruita l'architettura deposizionale della porzione di sottosuolo sovrastante il livello di argille lagunari noto come "pancone", che è stato uniformemente rinvenuto, nell'area di studio, fra circa 20 e 5 m di profondità sotto il livello del mare (AMOROSI *et alii* 2012b). La ricostruzione della distribuzione spazio-temporale dei corpi sedimentari post-pancone ha così permesso di delineare le principali fasi evolutive della pianura di Pisa e della sua rete idrografica in seguito alla colmatazione della laguna medio-tardo olocenica (AMOROSI *et alii* 2012b). Parallelamente sono state effettuate analisi specifiche sui pollini, i carboni e i macroresti pre-

senti in diversi campioni prelevati *ad hoc* da livelli significativi, che hanno consentito di tratteggiare la vegetazione naturale della pianura di Pisa nel tardo Olocene e di rilevare le evidenze di impatto antropico sulla stessa (ALLEVATO *et alii* 2013).

Al fine di realizzare le carte paleogeografiche di periodo, le evidenze stratigrafico-deposizionali di sottosuolo sono state correlate alle forme del rilievo riferibili al passato assetto idrografico della pianura – come paleovalle e zone umide – cronologicamente distribuite all'interno di una finestra temporale che comprende gli ultimi 5000 anni circa. Le morfologie sono state identificate attraverso un'integrazione di diverse tecniche di telerilevamento (BINI *et alii* 2012c, 2012d). Sono state analizzate fotografie aeree, riprese da voli effettuati tra il 1943 e il 2010, e immagini multispettrali a media e alta risoluzione, acquisite dai satelliti SPOT, ALOS AVNIR-2 e TERRA ASTER. In tutti i casi sono state individuate le forme del rilievo attraverso variazioni di colore e

luminosità; le geometrie delineate da queste variazioni sono state messe in relazione a determinate morfologie: ad esempio tracce scure nastriformi e sinuose sono state interpretate come l'evidenza di ristagni localizzati di acqua nel sottosuolo, che rappresentano la traccia di antichi alvei sepolti. Sono state inoltre realizzate elaborazioni morfometriche su un modello digitale del terreno ottenuto da dati LIDAR (con densità di acquisizione di 0,8 o 1,6 impulsi/m², accuratezza verticale e orizzontale rispettivamente di ± 15 cm e ± 30 cm), che hanno consentito di evidenziare ulteriori tracce di antiche forme del rilievo nella pianura alluvionale.

L'effettiva corrispondenza delle paleotracce con sedimenti riferibili a *facies* di canale distributore o canale fluviale è stata verificata a livello puntuale tramite l'incrocio con i dati di sondaggio disponibili (carotaggi MAPPA e dati pregressi di migliore qualità) e correlati lungo sezioni bidimensionali. Lo sviluppo lineare delle paleotracce è stato inoltre controllato con l'ausilio di prospezioni geofisiche. Sono stati acquisiti dati con il metodo ERT (Tomografia Elettrica), che ha consentito un'esplorazione del sottosuolo con un'adeguata risoluzione, lungo profili di 100-300 m sino a una profondità di 18 m. Le stese geoelettriche sono state realizzate con una spaziatura degli elettrodi ogni 2 m, con tecnica di acquisizione roll-along. Sono state utilizzate le configurazioni di Schlumberger e Wenner combinate con un *array* dipolo-dipolo. Le inversioni 2D della resistività apparente sono state ottenute utilizzando il software TomoLab. In particolare, sono state effettuate sette tomografie elettriche in diversi settori chiave dell'area urbana (fig. 2.1).

I corpi deposizionali e le relative forme del rilievo riconosciute nel sottosuolo sono state cronologicamente vincolate attraverso la datazione al radiocarbonio di 50 campioni di sostanza organica, prelevati da livelli stratigraficamente significativi dei carotaggi MAPPA. Le datazioni sono state effettuate dal laboratorio CIRCE di Caserta (Università di Napoli). I campioni sottoposti a datazione corrispondono per la maggior parte a

frammenti di sostanza organica più o meno decomposta e di materia organica di origine pedologica. Questo tipo di materiale è stato preferito al carbonato di origine marina, in quanto, a causa dell'effetto riserva, restituisce età generalmente più antiche rispetto alla sostanza organica. Le età convenzionali sono state calibrate con il software CALIB5 e le curve di calibrazione di REIMER *et alii* 2009. Allo scopo di compensare l'effetto riserva, le poche datazioni realizzate su conchiglie di molluschi sono state calibrate usando un valore medio di $\Delta R \pm \Delta R_{err}$ (35 ± 42), stimato per il Mar Tirreno settentrionale e disponibile in rete (<http://calib.qub.ac.uk/marine>). Le età sono state indicate nella forma dell'intervallo a più alta probabilità, ottenuto utilizzando il doppio della deviazione standard (2σ) e riferite all'anno zero (a.C./d.C.). Altri vincoli cronologici sono stati ottenuti attraverso la datazione dei materiali archeologici rinvenuti nei carotaggi, la cui età è stata opportunamente estesa alla corrispondente Unità Stratigrafica. Queste definizioni cronologiche, particolarmente utili nei livelli più superficiali, frequentemente abbracciano un intervallo di tempo ampio fino a diverse centinaia di anni. I due set di datazioni, ottenute rispettivamente con metodo geocronologico e con il riconoscimento dei materiali archeologici, sono stati combinati e le eventuali incongruenze sono state analizzate singolarmente. Quest'operazione ha portato a rigettare alcune datazioni al radiocarbonio, per le quali è stata pertanto ipotizzata una degradazione o una contaminazione del campione.

Un elemento di sostanziale originalità della metodologia applicata nel presente lavoro ai fini della ricostruzione degli scenari paleogeografici è rappresentato dalla massiccia integrazione delle evidenze paleotopografiche, desumibili dall'analisi geologica e geomorfologica, con quelle derivanti dall'indagine archeologica. Queste ultime sono state estratte dall'imponente *dataset* realizzato nell'ambito del progetto e reso disponibile attraverso un archivio digitale consultabile attraverso il MAPPA webGIS (ANICHINI *et alii*

2011a). Nell'archivio sono state incluse le informazioni disponibili per più di 2050 ritrovamenti archeologici, effettuati sino all'anno 2011 nel territorio urbano e suburbano della città di Pisa (FABIANI 2012). Le tipologie d'intervento censite comprendono gli scavi (programmati, preventivi e di emergenza), i rinvenimenti occasionali e le ricognizioni. La disomogeneità delle informazioni disponibili per gli interventi ha imposto una drastica selezione dei dati, allo scopo di estrapolare un numero di punti per i quali si potessero desumere indicazioni sufficientemente accurate riguardo alla quota dei piani di calpestio per una o più delle fasi insediative analizzate: quest'operazione ha richiesto una revisione attenta dei dati, che in alcuni casi ha comportato la necessità di procedere alla georeferenziazione di punti la cui ubicazione era stata sommariamente indicata nella documentazione di scavo. Questa è stata ottenuta attraverso misure effettuate con il GPS differenziale Leica GS09 (precisione planimetrica ± 1 cm e altimetrica ± 2 cm) o, quando queste non erano possibili a causa delle limitazioni poste alla ricezione satellitare dalla vicinanza di edifici a più piani nel centro storico, attraverso l'utilizzo del modello digitale del terreno, realizzato a partire da dati LIDAR, che è stato messo a punto nell'ambito del progetto (BINI *et alii* 2012a).

In conclusione, a fronte di un totale di oltre 2000 ritrovamenti, sono stati selezionati 573 punti ritenuti con quota attendibile e validati statisticamente con eliminazione degli *outliers*. Ove possibile in funzione della distribuzione e densità di punti, è stata effettuata un'interpolazione spaziale, allo scopo di creare un modello digitale del terreno (DEM) indicativo della paleotopografia di una parte dell'area di studio in uno specifico periodo storico. Ovviamente, le ricostruzioni ottenute descrivono gli elementi macroscopici della paleotopografia di ogni periodo storico, ma non possono rendere conto (per ragioni di risoluzione) delle piccole variazioni, come alcune incisioni fluviali. Il principale limite nell'effettuare l'interpolazione è stato la distribuzione disomogenea dei punti dei quali sono note le coordinate. I limiti

esterni del modello digitale del terreno, ad esempio, non sono uguali per tutti i periodi, in quanto hanno dovuto essere determinati in funzione della distribuzione spaziale dei punti. Allo scopo di minimizzare gli errori d'interpolazione ai bordi, sono stati presi in considerazione anche punti distali esterni al perimetro fissato per il modello. Il DEM è stato realizzato utilizzando l'algoritmo ANUDEM (Australian National University Digital Elevation Model. HUTCHINSON 1998, 1989; <http://fennerschool.anu.edu.au/research/software-datasets/anudem>), selezionato a seguito di comparazioni quantitative con altri algoritmi del tipo *algorithms general purpose* (come ad esempio Spline, IDW), allo scopo di ottenere la migliore accuratezza altimetrica. La comparazione tra algoritmi è stata fatta tramite tecniche reiterative di *cross-validation*, che consistono nel creare un nuovo DEM omettendo alcuni punti del *dataset* originale e successivamente testare l'altezza che questi stessi punti presentano del nuovo DEM con quella che avevano nel DEM originale.

Il modello digitale relativo a ciascuna fase insediativa è stato infine combinato con le tracce georeferenziate dei tratti di paleovalve che è stato possibile vincolare cronologicamente a quella fase. Questa operazione non ha restituito una rappresentazione necessariamente completa dell'assetto idrografico del territorio analizzato: molte delle paleotracce evidenziate dalla fotointerpretazione, infatti, non hanno mostrato alcun riscontro nei dati di sottosuolo, talvolta perché nessun carotaggio le ha intercettate e talora perché l'interpretazione stratigrafica non ha di fatto rilevato alcuna *facies* di canale nell'intervallo di tempo nel quale si collocano le fasi insediative analizzate. Gli scenari paleogeografici proposti presentano dunque delle criticità dettagliatamente illustrate nella descrizione di ciascuno di essi. Infine le quote indicate dalle paleoisopse si devono intendere come quote relative, non essendo funzionale, ai fini di questo studio, una comparazione con le curve di variazione del livello del mare e una stima dei tassi di subsidenza, sia tettonica che per compattazione dei sedimenti.

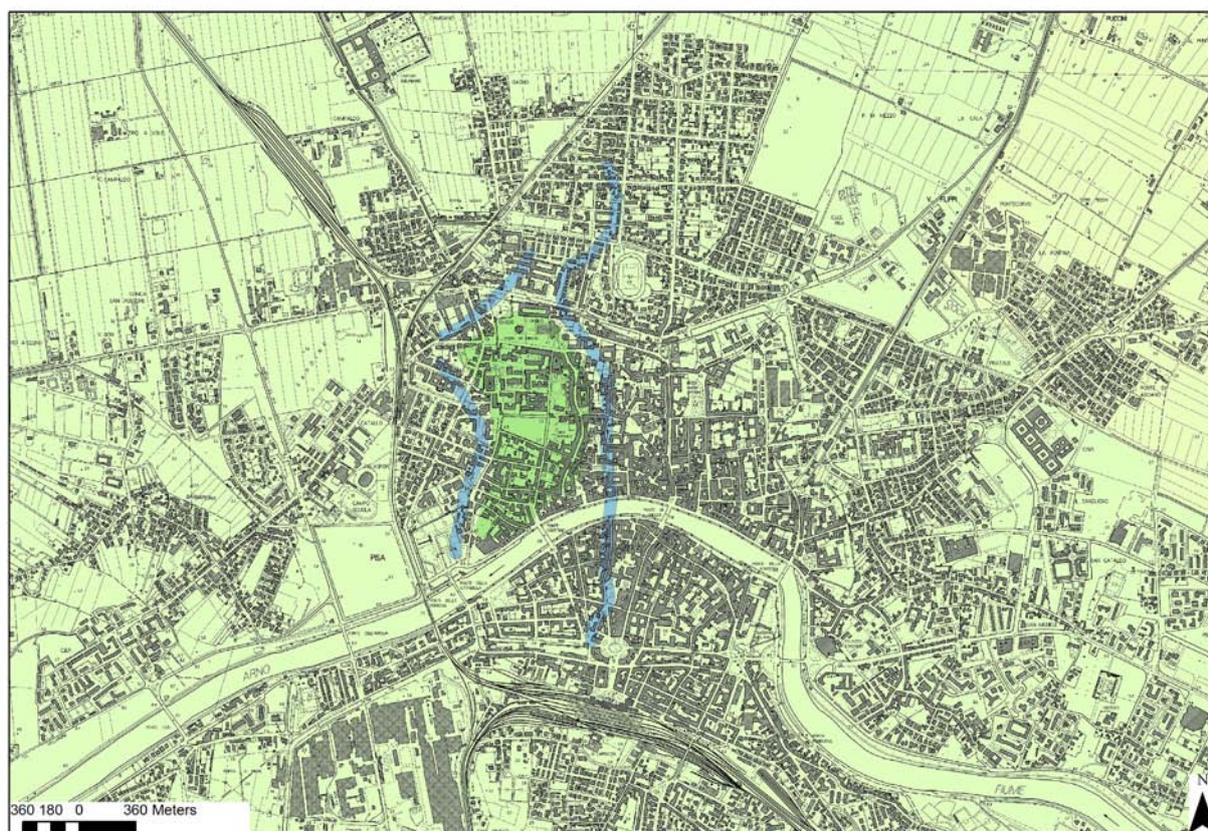


Fig. 2.2 Principali elementi paleogeografici riferibili al periodo protostorico. In azzurro corsi d'acqua in verde scuro area soggetta a frequenti episodi alluvionali, in verde chiaro pianura alluvionale non drenata. Non è stato possibile ricostruire la paleotopografia

2.2 Periodo pre e protostorico (III millennio – VIII secolo a.C.)

Lo scenario paleogeografico relativo al periodo pre- e protostorico tratteggia il paesaggio dell'area dove sorgerà Pisa al termine della sua fase evolutiva, già descritta in letteratura (AMOROSI *et alii* 2008; Rossi *et alii* 2012; SARTI *et alii* 2012) e meglio circostanziata nell'ambito del progetto MAPPA (AMOROSI *et alii* 2012a), che a partire dal III millennio a.C. ha portato alla colmatazione della laguna medio-tardo olocenica e alla conseguente costruzione della pianura deltizio-costiera.

Durante l'Eneolitico (circa 3000-1900 anni a.C.) la laguna pisana è stata sostituita da un'estesa area palustre, povera in ossigeno e probabilmente acida, alimentata e attraversata da almeno due paleocorsi fluviali, interpretabili come canali distributori del sistema deltizio in formazione (fig. 2). Questi paleocorsi trovano testimonianza sia

nella fotointerpretazione (BINI *et alii* 2012c) che nel record deposizionale di sottosuolo (AMOROSI *et alii* 2012a), dove sono fisicamente rappresentati da corpi sabbiosi di riempimento di canale con superficie di disattivazione collocata attorno ai 7-6 metri sotto il livello del mare (AMOROSI *et alii* 2012b). Il paleocorso dell'Arno non è stato chiaramente identificato, in quanto non è stato possibile riferire con precisione a questo periodo nessuna delle numerose paleotracce individuate a sud dell'ampio meandro che l'Arno disegna oggi in corrispondenza dell'attuale centro urbano. Tuttavia, in base ai dati di questa ricerca, è lecito ipotizzare che nel periodo protostorico il fiume scorresse con un orientamento circa est-ovest all'estremità meridionale dell'area di studio. Nell'Arno si immetteva, circa 250 metri ad ovest del ponte di Mezzo, un altro corso d'acqua con andamento nord-sud, proveniente dal bacino del

Serchio (paleo-*Auser*). Il suo percorso, coincidente nell'ultimo tratto con via Nicola Pisano, proveniva da nord formando un ampio meandro circa 200 metri a ovest dell'area di porta a Lucca-Arena Garibaldi, per poi proseguire lungo via della Faggiola e via Pasquale Paoli (fig. 2. 2).

Nel sottosuolo della pianura di Pisa, il reticolo fluviale dell'età del Bronzo e del Ferro è documentato da corpi di canale fluviale con tetto a circa 5 e 4-3 metri sotto il livello del mare (AMOROSI *et alii* 2012a). Essi intercettano alcune paleotracce, identificate tramite la fotointerpretazione, evidenziando la presenza di almeno due rami fluviali di età Bronzo-Ferro, il più meridionale dei quali mostra un tracciato compatibile con il fiume Arno. In esso confluiva, all'altezza dell'attuale ponte della Cittadella, un corso d'acqua orientato circa nord-sud che, grazie alla fotointerpretazione, si segue a partire dalla sede storica della Facoltà di Ingegneria,

in via Bonanno, fino al ponte della Cittadella e corrisponde a un nuovo tracciato del paleo-*Auser*. Tuttavia non è certa la connessione e la sincronicità fra questa traccia e quella che si attesta a nord-ovest della piazza del Duomo (fig. 2. 2).

Per quanto riguarda l'assetto topografico, si evidenzia la presenza di un'area soggetta a frequente alluvionamento nella zona di interfluvio tra il paleo-*Auser* dell'Eneolitico e quello dell'Età del Bronzo-Ferro, che sembra persistere durante tutta l'epoca protostorica. Non è possibile ottenere indicazioni più precise sulla paleotopografia riferibile a questo periodo, a causa della scarsità dei dati puntuali di elevazione da interpolare.

2.3 Periodo Etrusco (VII-II a.C.)

Il periodo etrusco ha visto lo sviluppo di un'estesa pianura alluvionale, alimentata da un complesso reticolo idrografico, particolarmente articolato e

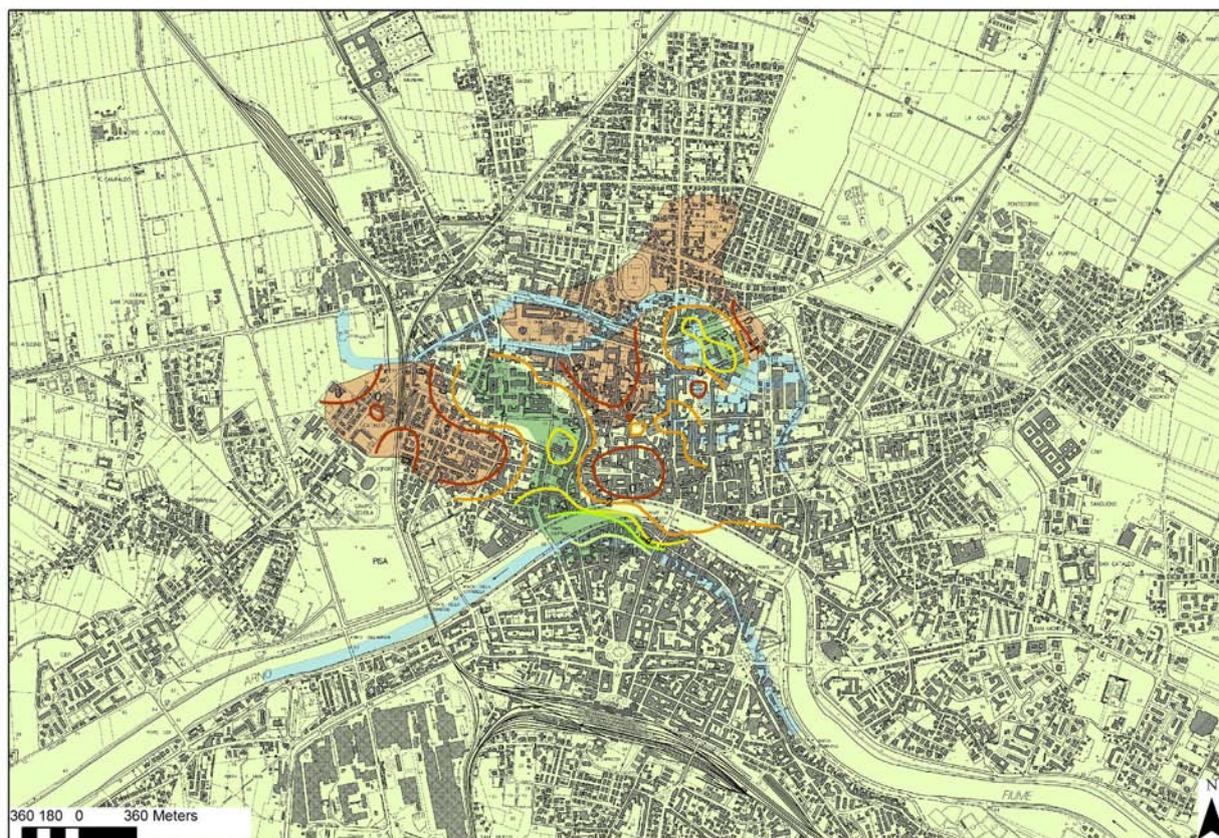


Fig. 2.3 Paleogeografia dell'area urbana di Pisa nel periodo Etrusco. In azzurro: corsi d'acqua (non necessariamente attivi contemporaneamente); in giallo: alti morfologici; in verde scuro: area soggetta ad impaludamento; in verde chiaro: livello base della pianura (prevalentemente non drenata); linee paleoisipse con equidistanza un metro (quota max +1 min -4)

soggetto a frequenti divagazioni nella porzione settentrionale della zona urbana e suburbana di Pisa. Le aree extra-canale erano rappresentate da piana inondabile non drenata, con quota attorno allo zero rispetto al livello del mare attuale, passante localmente a paludi effimere di basse profondità (fig. 2.3) e caratterizzate da acque stagnanti e abbondante materia organica (AMOROSI *et alii* 2012a,b). Il carattere effimero delle paludi e la loro appartenenza a un sistema prettamente alluvionale sono confermati dalla presenza di una particolare *palinofacies* con caratteristiche intermedie fra quelle tipicamente palustri e quelle alluvionali (AMOROSI *et alii* 2012a), nonché da una circoscritta distribuzione areale (fig. 2.3). Lo sviluppo di questi bacini palustri, infatti, è avvenuto esclusivamente in aree morfologicamente depresse della pianura (circa 2 m sotto il livello del mare), formatesi in corrispondenza di uno o più canali etruschi o connessi al reticolo idrografico del periodo storico antecedente (fig. 2.2). A tale proposito, è interessante notare la persistenza di un'estesa zona palustre in un'area attualmente compresa fra via S. Maria e le mura occidentali della città, in corrispondenza dell'interfluvio dei due principali rami di alimentazione Serchio del periodo protostorico (figg. 2 e 3). Tale area è stata intensamente frequentata durante l'età etrusca arcaica, come testimoniano i numerosi resti ceramici, per lo più risalenti al VII-V secolo a.C., rinvenuti entro i depositi palustri.

Le aree morfologicamente più elevate (fra lo zero e 1 m sopra il livello del mare) del paesaggio etrusco sono invece ubicate in prossimità dei canali coevi e protostorici, riflettendo lo sviluppo di argini fluviali, la cui presenza nel sottosuolo è documentata da alternanze ritmiche di spessore decimetrico di sabbie fini, spesso limose, e limi sabbiosi (*facies* di argine fluviale in AMOROSI *et alii* 2012b). L'incrocio dei dati stratigrafici di sottosuolo (corpi di canale fluviale con tetto a circa 2-1,5 metri sotto il livello del mare) con le paleotracce ha consentito inoltre di delineare porzioni del reticolo fluviale etrusco (AMOROSI *et alii* 2012b). Mentre la zona meridionale dell'area urbana di Pisa era solcata da un unico

fiume, ubicato circa 100-150 m a sud dell'attuale corso dell'Arno e identificabile con il paleo-Arno etrusco, la parte settentrionale era caratterizzata da un complesso intreccio di rami fluviali con andamento est-ovest (fig. 2.3). Il ramo principale correva in prossimità del tratto settentrionale delle mura bassomedievali, formando una grande ansa a sud-est del quartiere di porta a Lucca-Arena Garibaldi, per poi proseguire verso il mare. Nell'area di piazza del Duomo sono stati individuati due tracciati di questo corso d'acqua, presumibilmente non coevi (fig. 2.3). Una serie di meandri in progressiva migrazione verso sud interessava invece la zona di San Zeno e piazza Santa Caterina, che era soggetta in età etrusca a frequenti inondazioni. In quest'area s'identifica anche una traccia riconducibile all'evento conclusivo dell'evoluzione di quest'ansa, corrispondente al taglio del meandro.

2.4 Periodo Romano e Tardo Antico (I a.C.-V d.C.)

Nel periodo romano l'area di studio subisce un forte cambiamento nell'assetto idraulico della pianura. Probabilmente la naturale evoluzione della piana costiera e l'impatto dell'uomo sulla rete idrografica, agendo nella stessa direzione, giocano un ruolo importante nel passaggio da condizioni di pianura non drenata a quelle di pianura prevalentemente drenata. La maggior parte dei carotaggi studiati restituisce infatti, per il periodo romano, *facies* di piana drenata in luogo delle *facies* non drenate, presenti nel precedente periodo etrusco. Localmente sono state individuate in alcuni carotaggi *facies* di rotta di canale così come *facies* di canale, mentre praticamente assenti sono le *facies* attestanti impaludamenti.

La paleotopografia di questo periodo storico ha potuto essere ricostruita in un'area limitata e non estesa a tutto il perimetro delle mura bassomedievali della città. I dati ottenuti offrono comunque importanti spunti di riflessione sull'assetto del territorio, specie riguardo alla presenza di un alto morfologico a nord dell'Arno, all'interno del quale si evidenzia un ulteriore alto relativo, particolar-

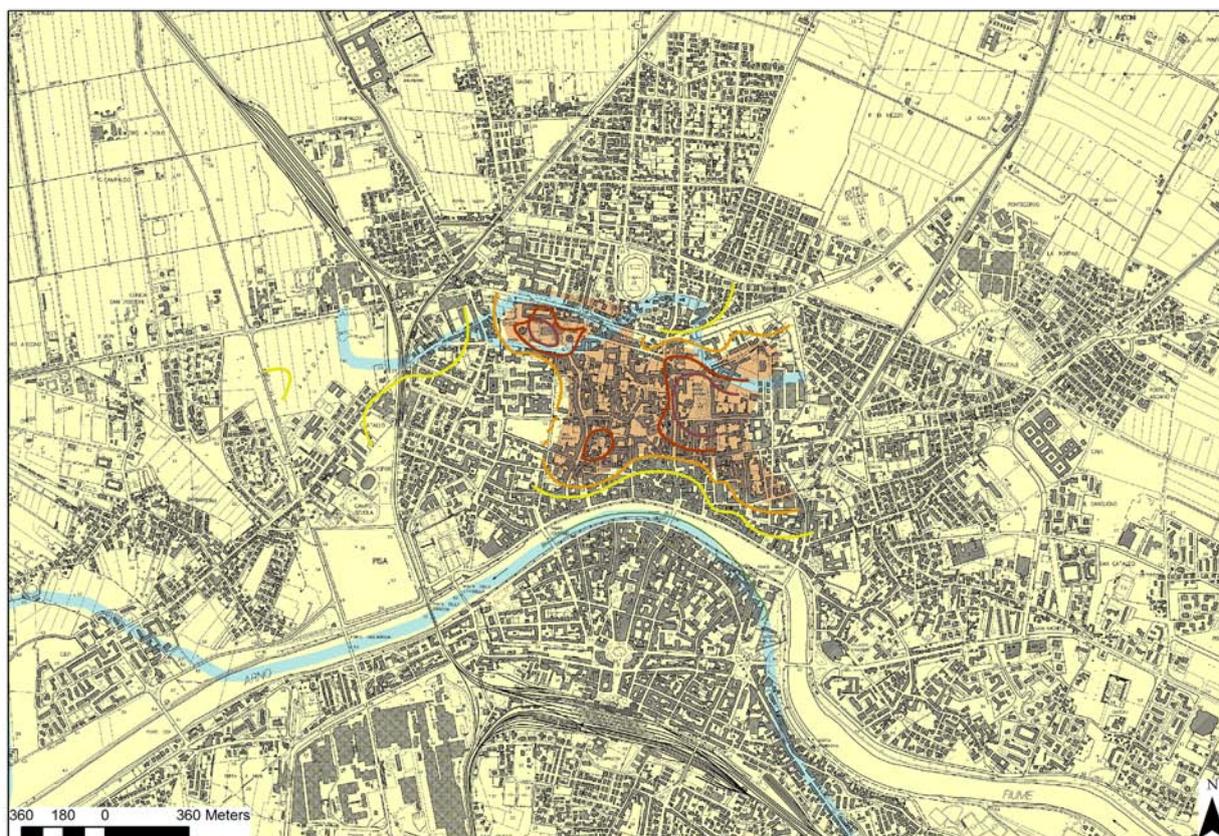


Fig. 2.4 Paleogeografia dell'area urbana ed extraurbana di Pisa nel periodo romano. In azzurro: corsi d'acqua (non necessariamente attivi contemporaneamente); in marrone: alti morfologici; in giallo: pianura alluvionale prevalentemente drenata; linee paleoisipse con equidistanza un metro (quota max.+2,5, quota min+ 0,5m slm attuale, per evidenziare ulteriormente l'alto morfologico di piazza del Duomo è stata inoltre introdotta l'isoipsa corrispondente alla quota +3 m slm attuale)

mente marcato, perfettamente coincidente con la zona di piazza del Duomo. Da qui, la paleotopografia sembra decrescere verso ovest (fig. 2.4).

Assai complessa è la ricostruzione della rete idrografica attiva in questo periodo. La posizione del corso dell'Arno risulta abbastanza chiara e non troppo dissimile da quella attuale. Per quanto riguarda il tratto periurbano si rileva, nel settore sud orientale, un tracciato con una netta orientazione sud-est/nord-ovest, mentre a valle della città il fiume disegna un ampio meandro in corrispondenza dell'attuale località di Barbaricina. Nel percorso urbano, invece, un modesto scostamento, rispetto al corso attuale, è stato evidenziato a monte del ponte di Mezzo: in quel tratto, infatti, il fiume scorreva in una posizione leggermente più meridionale, adiacente al percorso della via San Martino. Del resto l'evoluzione diacronica dell'al-

veo fluviale verso settentrione è in linea con la naturale evoluzione del meandro, che tende a erodere la sponda concava e ad accumulare sedimenti sulla sponda convessa.

Il percorso dell'*Auser*, invece, presenta ancora margini d'incertezza. In particolare un tracciato meandriforme riferibile a questo corso d'acqua è stato identificato nei pressi del tratto settentrionale delle mura, in accordo con quanto individuato in passato da Marcello Cosci (BRUNI, COSCI 2003). L'area di piazza del Duomo risulta pertanto lambita a nord dal corso di questo fiume, mentre un altro probabile ramo è stato identificato a sud di essa (fig. 2.4). Non è chiaro se i due rami siano stati attivi contemporaneamente: le ricerche in questa direzione, così come quelle per individuare il proseguimento dei rami descritti sono attualmente in corso. Teoricamente il corso dell'*Auser* potreb-

be avere avuto, già a partire dal periodo etrusco, un alveo di tipo anastomizzato (MAKASKE 2001), ovvero costituito da due o più canali ad andamento meandriforme, tra loro interconnessi. Tali alvei sono in genere tipici di fiumi ubicati in aree subsidenti, a bassa pendenza e prossime al livello di base. Essi sono caratterizzati dalla presenza di isole fluviali, superfici con caratteristiche morfologiche e tessiturali identiche a quelle della piana inondabile, ma delimitate da porzioni di alveo. Se si dimostrasse che i due rami che delimitavano l'attuale area di piazza del Duomo sono stati per un certo periodo coevi, si potrebbe supporre che il nucleo romano della città di Pisa si fosse sviluppato a partire da un'isola fluviale stabilizzata, nel contesto di un sistema fluviale di tipo anastomizzato in fase di disattivazione.

Un altro problema chiave riguardo allo studio dell'idrografia del periodo romano è l'individuazione del ramo dell'*Auser* confluyente in Arno, descritto da Strabone (5.2.5) e da altre fonti antiche. Un tracciato di questo corso era stato individuato da Marcello Cosci, sempre basandosi sulla fotointerpretazione (BRUNI, COSCI 2003). Tuttavia le indagini geofisiche e i carotaggi realizzati nell'ambito di questo studio sembrano non confermare questa ipotesi di tracciato. In particolare, i carotaggi effettuati nell'orto botanico e presso il Dipartimento di Scienze della Terra non hanno evidenziato la presenza di *facies* di canale e/o altri indizi che facessero pensare alla vicinanza di un corso d'acqua. Inoltre le indagini geoelettriche, realizzate sempre nell'area dell'orto botanico, non hanno rilevato valori di resistività riconducibili a depositi sabbiosi tipici di un alveo. Labili indizi di *facies* di argine fanno pensare alla possibile ubicazione di un corso d'acqua a est dell'orto botanico, ma allo stato attuale delle conoscenze non è possibile individuarne il tracciato.

Ugualmente problematica rimane, per il momento, la ricostruzione paleogeografica dell'area del Cantiere delle navi di S. Rossore: lo scavo infatti non è ancora ultimato e la documentazione delle indagini, essendo in corso di studio, non ha po-

tuto essere consultata. Le uniche informazioni disponibili sono pertanto quelle desumibili dalle pubblicazioni a stampa (CAMILI 2004; CAMILI, SETTARI 2005), che collocano i circa 16 relitti rinvenuti, databili in un arco di tempo che va dagli inizi del II secolo a.C. al V d.C., all'interno di un'ansa dell'*Auser*, attribuendo però la responsabilità degli eventi alluvionali, che a più riprese travolsero imbarcazioni in transito o in sosta, a una vicina ansa del fiume Arno.

2.5 Periodo Altomedievale (VI-X secolo)

I dati relativi ai periodi tardoantico e altomedievale sono stati considerati nel loro insieme e pertanto è stato costruito uno scenario paleogeografico comune. Se l'assetto idrografico dell'area ha potuto essere ricostruito, anche se limitatamente a quelle che sono le evidenze disponibili, non è stato possibile tratteggiare con il dettaglio dei periodi precedenti, come pure di quelli più recenti, i caratteri orografici della pianura a livello di paleorilievo, in quanto il numero di punti rappresentativi della quota della superficie relativa a quel periodo era troppo limitato per consentire un'interpolazione.

La rete idrografica pertinente al bacino del Serchio assume, là dove è possibile riconoscerla, caratteristiche simili a quella che aveva nel periodo romano. Permane l'ansa che lambisce l'attuale curva sud dell'Arena Garibaldi, così come si individuano i due rami che delimitano l'attuale piazza del Duomo e che - come già rilevato per il periodo precedente - potrebbero rappresentare i tracciati relativi a due distinte fasi evolutive del corso d'acqua e quindi non essere coevi, oppure costituire il risultato di una biforcazione dell'alveo in corrispondenza di un'ampia isola fluviale. Persiste anche il corso d'acqua che si sviluppa lungo l'attuale via Giunta Pisano, dietro la sede della Facoltà di Ingegneria, il cui tracciato mantiene un andamento sinuoso in corrispondenza dell'area prativa a ovest della stazione ferroviaria di San Rossore. Lo sviluppo dei deflussi verso nord e verso ovest risulta non identificabile sulla base dell'incrocio fra dati geomorfologici e di sottosuolo. Questi ultimi

testimoniano la persistenza, in questo periodo, di condizioni di piana drenata.

Una vasta area umida, che s'identifica nella porzione settentrionale e occidentale dell'area di studio e si estende soprattutto ai margini del nucleo storico della città (fig. 2.5), è la caratteristica dominante del paesaggio altomedievale. Il diffuso impaludamento di ampi tratti delle pianure italiane, a partire dalla fine del periodo romano, ben testimoniato in numerosi casi di studio (BINTLIFF 2002), è legato sia a cause naturali, connesse con le modificazioni dei caratteri idrologici dei corsi d'acqua indotte da fluttuazioni climatiche a scala globale, sia a cause antropiche e precisamente alla mancata manutenzione delle opere di regimazione delle acque connesse con il sistema di centuriazione, esteso in età romana praticamente su tutte le aree pianeggianti. Il territorio intorno a Pisa non fa eccezione, com'è

ribadito e circostanziato dai risultati del progetto MAPPA (BINI *et alii* 2012c). Il perimetro dell'area umida non è mai stato temporalmente continuo, ma soggetto a fluttuazioni consistenti anche a carattere interannuale. Come già illustrato (BINI *et alii* 2012a), tale perimetro è stato tratteggiato nella carta geomorfologica associata al webGIS di progetto, sulla base di una caratterizzazione morfometrica che si fonda sulla microtopografia attuale della pianura, desunta dal modello digitale del terreno costruito sul rilievo LIDAR. L'analisi morfometrica ha permesso di evidenziare dunque una naturale depressione della topografia attuale, che rappresenta necessariamente l'impronta sull'orografia attuale di una paleotopografia; la sua attribuzione cronologica all'Alto medioevo è stata possibile grazie al confronto con le fonti documentali e archeologiche (GATTIGLIA 2011).

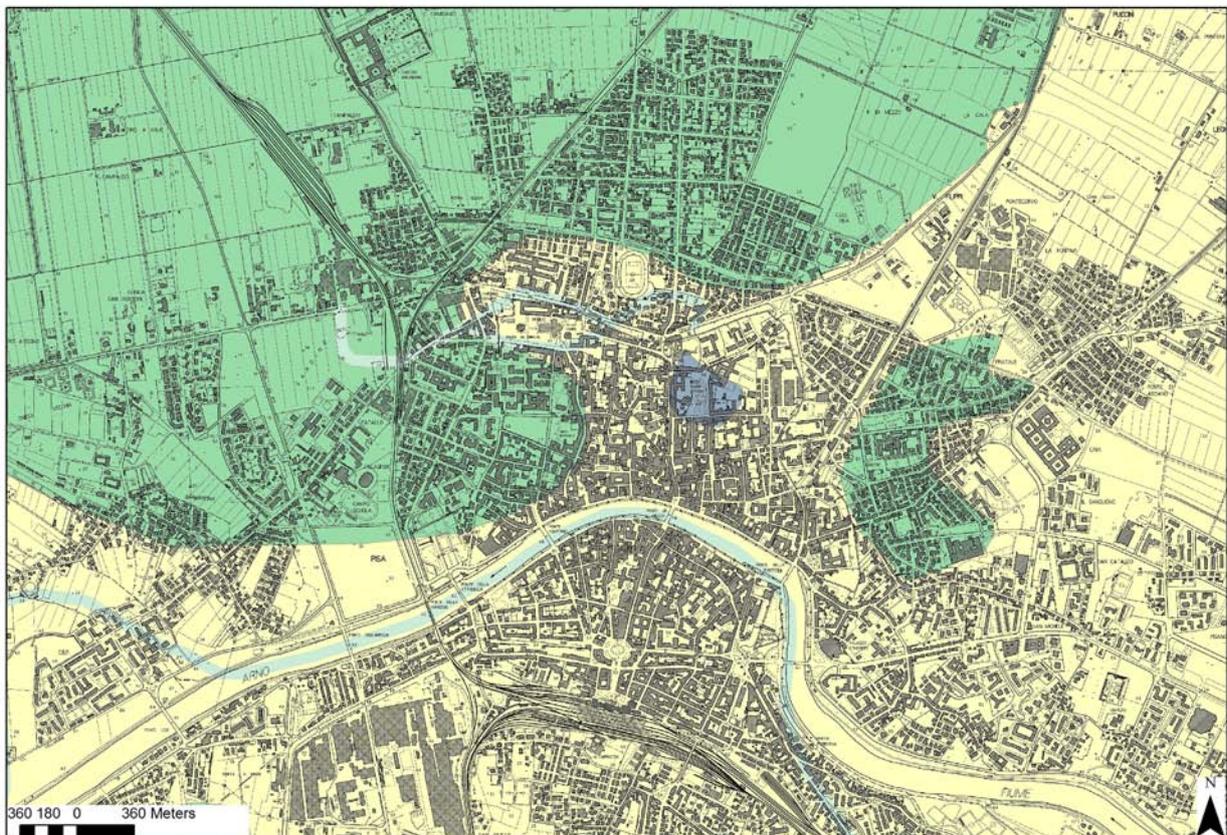


Fig. 2.5 Paleogeografia dell'area urbana ed extraurbana di Pisa nel periodo tardoantico - altomedioevale. In azzurro: corsi d'acqua (non necessariamente attivi contemporaneamente); in giallo: pianura alluvionale prevalentemente drenata; in verde: aree palustri o soggette ad impaludamento; in blu: aree soggette ad alluvionamento frequente. Non è stato possibile ricostruire la paleotopografia

Il drenaggio della porzione meridionale dell'area di studio risulta più efficiente, grazie alla presenza di un alveo ben definito e quasi stabilizzato dell'Arno. Il percorso del fiume risulta infatti abbastanza simile a quello del periodo romano, fatte salve alcune significative differenze. In particolare, nel tratto orientale del tracciato urbano, il fiume tende a spostarsi leggermente più a nord rispetto all'età romana, verso il corso attuale. A monte della città, l'andamento è meno sinuoso di quello attuale e con un'orientazione da sud-est a nord-ovest; l'ampia ansa che disegna a partire dall'attuale quartiere di porta Fiorentina è più stretta, lasciando sulla destra idrografica alcune porzioni di pianura che attualmente sono sulla sinistra (in corrispondenza dell'attuale tracciato suburbano della strada Tosco-romagnola). Il tratto a valle del centro urbano presenta ancora l'ampia ansa del meandro di Barbaricina, sulla destra idrografica rispetto al percorso attuale. Questo tratto dell'Arno, visibile già nel periodo romano, ha creato nel tempo un sovralluvionamento, tanto che nell'alto Medioevo l'alveo risulta pensile e fiancheggiato da due zone umide depresse: quella in destra idrografica rappresenta la propaggine sud-occidentale della vasta palude periurbana che fiancheggia verso nord e verso ovest il nucleo urbano e nella quale, come già illustrato, le acque di provenienza dal bacino del Serchio trovano un impedimento ad un efficiente deflusso verso mare. Le evidenze dell'area umida in sinistra idrografica, invece, ci suggeriscono che si tratti di una depressione di limitata estensione, così come quella ricostruita a est del nucleo urbano attuale, lungo un asse pressappoco meridiano a partire dall'attuale quartiere di Pratale.

In sostanza, nel periodo tardoantico e altomedievale il paesaggio nell'area di studio è caratterizzato da una marcata dicotomia tra porzioni di territorio soggette a deflussi naturalmente ben canalizzati, facenti capo all'asta fluviale dell'Arno, e ampie zone umide determinate da un'inefficienza del sistema di drenaggio naturale, che ha motivazioni in parte naturali ed in parte antropiche. Cercando di schematizzare, possiamo dire che l'*Auser* è ca-

ratterizzato da un alveo a canali intrecciati, mentre l'Arno ha un alveo a canale singolo e meandriforme. La morfologia degli alvei dipende, come noto, da un complesso rapporto tra l'energia del corso d'acqua e il suo carico solido, che varia nel tempo tendendo naturalmente ad un equilibrio identificabile con la situazione di drenaggio più efficiente, corrispondente ad una forma d'alveo semplice e lineare. In questo senso si può dunque dire che, nei tratti di nostro interesse, l'Arno ha raggiunto una condizione di equilibrio assai più precocemente rispetto al Serchio.

Entrando nel dettaglio dell'area urbana, lo scenario paleogeografico tardoantico e altomedievale suggerisce un paleorilievo articolato, caratterizzato da una fitta giustapposizione di aree rilevate e depresse sin dentro l'abitato. I dati di sottosuolo testimoniano la presenza di una modesta zona umida in corrispondenza dell'attuale piazza S. Caterina, che rappresenta un'area golenale sviluppata tra i sovralluvionamenti verso sud del ramo urbano del Serchio (*Auser*) e verso nord di quello dell'Arno. La stessa dinamica idrografica condiziona la penetrazione verso est dell'area umida già descritta a ovest della città, separata dalla modesta depressione posta ancora più ad est da un alto morfologico allungato in direzione meridiana, che a partire dalla tarda Antichità rappresenterà l'area preferenziale di espansione urbana.

2.6 Periodo bassomedievale (XI-XV secolo)

Lo scenario paleogeografico bassomedievale ha potuto essere ricostruito con un notevole livello di dettaglio, che consente di evidenziare le articolazioni del paleorilievo all'interno dell'area urbana (fig.2.6). I corsi dell'Arno e dell'*Auser* sono ben delineati e il drenaggio della pianura risulta nel complesso più efficiente che nel periodo precedente. Le zone umide periurbane sono molto meno estese. La zona di interfluvio tra i due bacini è stata resa più asciutta grazie ai sovralluvionamenti dei due corsi d'acqua, ma anche grazie a locali sistemazioni e sopraelevazioni dovute all'intervento antropico.

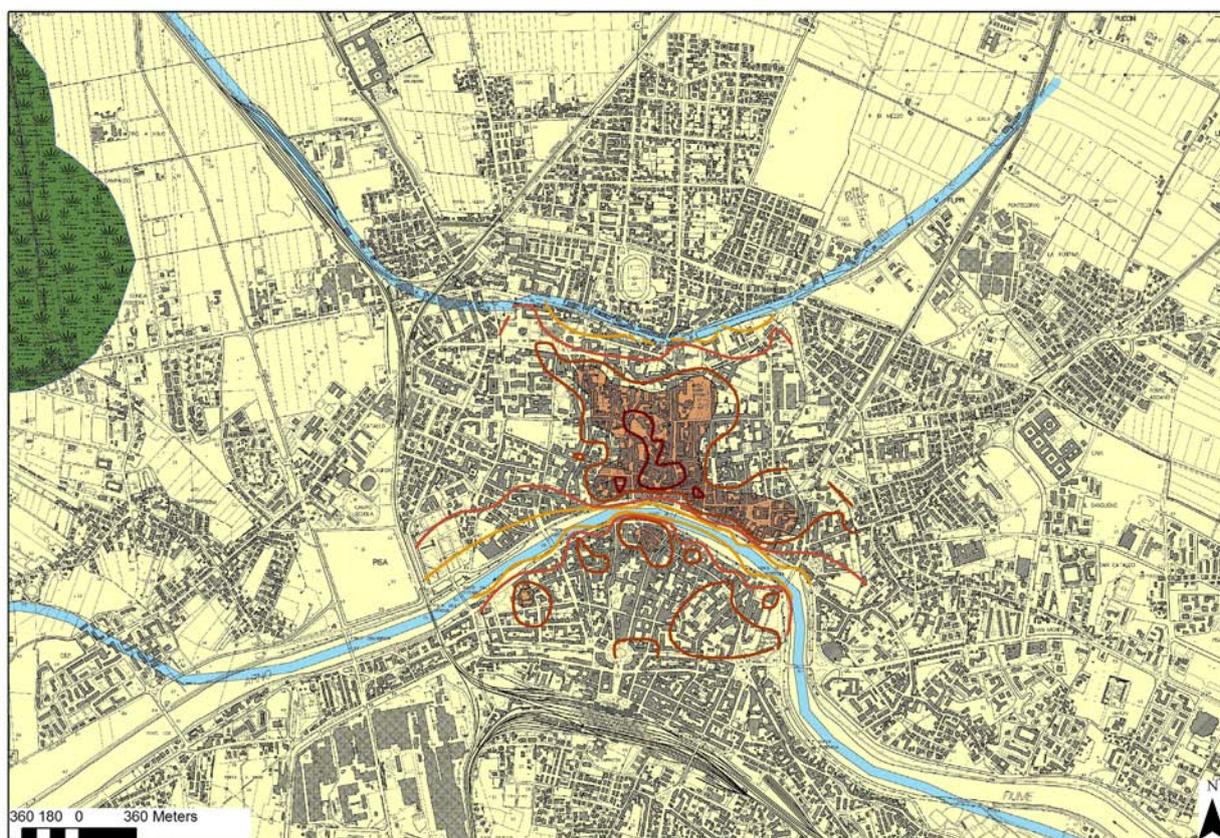


Fig. 2.6 Paleogeografia dell'area urbana ed extraurbana di Pisa nel periodo bassomedievale. In azzurro: corsi d'acqua; in marrone alto morfologico; in giallo: pianura alluvionale prevalentemente drenata; in verde scuro: aree palustri; linee paleoisipse. con equidistanza 2 m (quota max +4, min 0 slm attuale)

In un generale contesto di piana drenata si evidenziano entro il tessuto urbano aree rilevate e depresse. L'area rilevata più prominente, già delineatasi nel periodo precedente, si sviluppa in corrispondenza del tratto in cui i due corsi d'acqua sono più vicini tra loro. I dati di sottosuolo suggeriscono che, grossomodo lungo l'attuale asse viario di via San Frediano, i depositi di esondazione abbiano creato un dosso trasversale alla direzione di deflusso; tale rilievo è stato sicuramente preservato ed enfatizzato a partire dall'alto Medioevo dalle opere antropiche connesse con lo sviluppo dell'insediamento. A est e a ovest di questo alto morfologico, due bassi relativi in corrispondenza rispettivamente di Piazza Santa Caterina e dell'Orto Botanico rappresentano la traccia morfologica delle due aree palustri descritte nel periodo precedente e ben rappresentate dai dati stratigrafici.

La riduzione areale della zona umida occidentale consente la creazione di un tratto ben delineato dell'alveo dell'*Auser* lungo l'attuale percorso della ferrovia Pisa-Genova, che favorisce la canalizzazione dei deflussi a nord e a ovest del nucleo urbano. Sulla base delle evidenze morfologiche e stratigrafiche sembrerebbe che in questa fase che i bacini dei due fiumi siano totalmente indipendenti, il che è in certa misura in contraddizione con le notizie delle fonti storiche. Il corso dell'Arno a est della città si attesta in una posizione più settentrionale rispetto alle fasi precedenti, con un tracciato abbastanza simile a quello attuale. A tergo della sponda convessa dell'ampia ansa che il fiume disegna in corrispondenza del nucleo urbano, si delineano morfologie positive riferibili a lembi di barre intrameandro. Verso mare permane il meandro presso l'attuale quartiere di Barbaricina mentre l'area umida, che

era presente alla stessa altezza in sponda sinistra, è totalmente scomparsa, confinata nella porzione meridionale della pianura.

2.7 Periodo Moderno (XVI-XVIII secolo)

All'inizio del periodo moderno (1500) la situazione paleogeografica dell'area di studio è abbastanza chiara: i carotaggi restituiscono infatti *facies* di pianura drenata, fatti salvi i punti nei quali è stata individuata la *facies* di canale. Data la disposizione e la densità di punti è stato possibile ricostruire integralmente la topografia dell'area all'interno delle mura (fig. 2.7). È stato individuato un alto morfologico ben definito tra i due principali corsi d'acqua, che proprio nell'area urbana di Pisa formano due meandri con concavità opposte, separati da un alto topografico centrato sull'area di piazza dei Cavalieri, dove si raggiungono le quote più elevate (6 m slm). Anche a sud dell'Arno, in

prossimità di ponte di Mezzo, si osserva un alto morfologico di estensione limitata, ma di quota analoga a quello precedentemente descritto.

Riguardo alla ricostruzione della rete idrografica, l'Arno corre praticamente nella posizione attuale, fatta eccezione per il meandro di Barbaricina, a valle della città che sarà tagliato nel 1771-1774, mentre l'*Auser* si attesta in prossimità del tratto settentrionale delle mura fino alla metà del XVI secolo, come attestano le fonti e la cartografia storica.

2.8 Periodo Contemporaneo (XIX- inizio XX secolo)

La ricostruzione topografica per il periodo contemporaneo è basata sui punti quotati disponibili per i livelli del XIX-inizio XX secolo. In questo periodo non si ha più riscontro geomorfologico della presenza dell'*Auser* nei pressi del tratto settentrionale delle mura della città e il drenaggio della

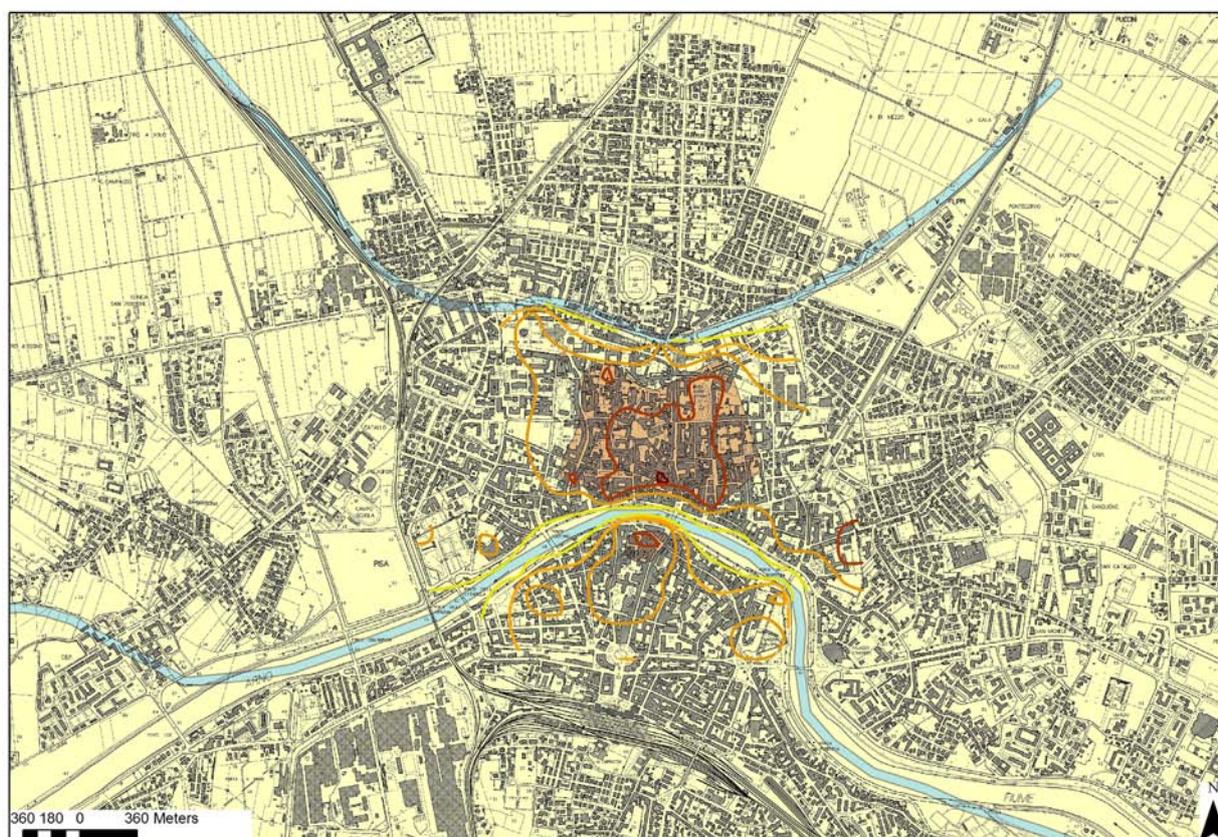


Fig. 2.7 Paleogeografia dell'area urbana ed extraurbana di Pisa nel periodo moderno. In azzurro: corsi d'acqua; in giallo: pianura alluvionale prevalentemente drenata; in marrone: alto morfologico; linee paleoisipse con equidistanza 2 m (quota max 6m, min 0 m slm attuale)

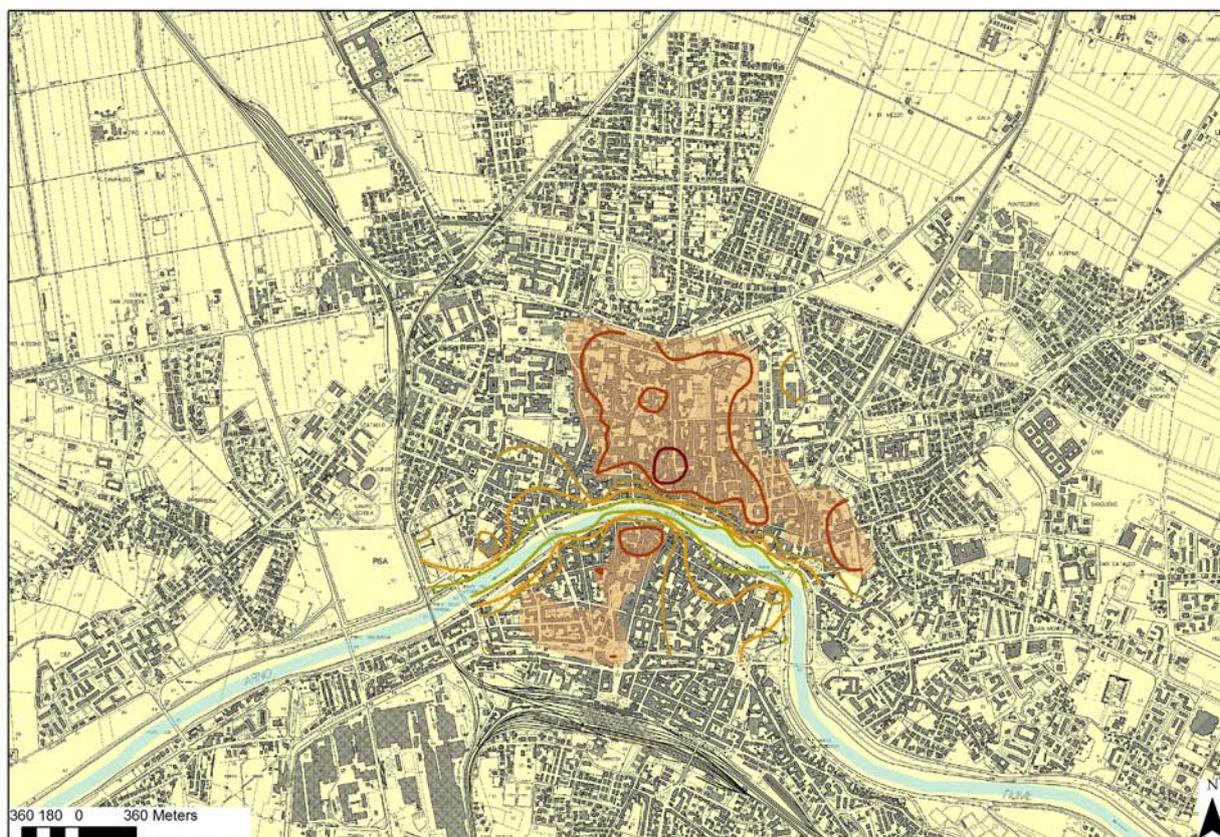


Fig. 2.8 Paleogeografia dell'area urbana ed extraurbana di Pisa nel periodo contemporaneo. In azzurro: corso dell'Arno; in giallo: pianura alluvionale prevalentemente drenata; in marrone: alto morfologico; linee paleoisopse con equidistanza 2 m (quota max +6m, min 0 slm attuale)

pianura a nord di Pisa è garantito dal basso corso del Serchio e dal fiume Morto. L'Arno scorre nella posizione attuale, essendo ormai stato tagliato anche il meandro di Barbaricina (BINI *et alii* 2012c). Le *facies* riscontrate nei carotaggi evidenziano sempre più la presenza di pianura drenata, mentre un alto morfologico, topograficamente più elevato e morfologicamente più ampio che in passato, si sviluppa nell'area urbana. In questo periodo le quote topografiche più elevate si registrano nell'area immediatamente a nord di ponte di Mezzo.

L'assetto della pianura sembra aver raggiunto una buona stabilità sia per quanto riguarda la rete idrografica sia per quello che riguarda la morfologia. In particolare sul drenaggio della pianura ha indubbiamente agito in tempi recenti l'azione dell'uomo, con imponenti ed efficienti opere di bonifica e con una gestione strategica dell'assetto idraulico.

2.9 Conclusioni

Gli scenari paleogeografici tratteggiati in questo lavoro, pur non essendo esaustivi per nessuno dei periodi esaminati, rappresentano un caposaldo di conoscenze sui caratteri ambientali del territorio urbano e suburbano di Pisa durante i quasi tre millenni nei quali esso è stato oggetto di frequentazione non sporadica da parte dell'uomo. L'analisi stratigrafica di sottosuolo ha evidenziato inoltre che durante tutto il lasso di tempo che comprende le fasi insediative di maggiore interesse (romana, alto e bassomedievale, moderna e contemporanea) la maggior parte del territorio esaminato è stato caratterizzato da una sola tipologia di associazione di *facies* sedimentaria, ovvero quella di pianura alluvionale. Questo ha reso molto più difficile, rispetto ai casi di studio presenti nella letteratura, rendere graficamente in modo efficace i diversi scenari paleogeografici previsti, tanto più che questi hanno una scansione cronologica mol-

to fitta (tra uno scenario e l'altro intercorrono per lo più pochi secoli).

I risultati ottenuti sono più che sufficienti per fornire un attendibile vincolo quantitativo che concorra alla determinazione del parametro del potenziale archeologico, ma ai fini di una rappresentazione completa e dettagliata degli scenari paleogeografici delle epoche passate è necessario un

approfondimento delle indagini in alcuni precisi punti nodali. La ricerca condotta ha dunque un duplice valore: aver fissato in modo ineccepibile alcuni punti chiave nella ricostruzione dell'evoluzione diacronica del paesaggio del territorio urbano di Pisa, e aver circoscritto spazialmente e temporalmente i *gap* conoscitivi sui quali concentrare le ricerche future.

3. Il contributo dell'archeologia dell'architettura alla definizione delle trasformazioni urbanistiche di una città

Mara Febbraro, Fabiana Susini (DOI: 10.4458/0917-03)

3.1 Introduzione

Costruiti per durare nel tempo, gli edifici hanno una vita che talvolta può spaziare per molti secoli, durante la quale si succedono innumerevoli restauri, modifiche, ampliamenti, demolizioni, cambi di destinazioni d'uso che portano a tamponamenti e apertura di nuovi punti di passaggio, a tramezzi che dividono gli ambienti e a muri rasati per ampliare gli spazi di fruizione, a crescite in orizzontale e in verticale e all'adozione di materiali differenti. Ognuno di questi interventi lascia inevitabilmente qualche traccia nelle murature, la cui individuazione e la messa in sequenza cronologica da parte degli archeologi dell'architettura permette di ripercorrere la storia di un edificio – o anche soltanto di ciò che ne resta – dal momento in cui è stato costruito fino ad oggi. L'approccio metodologico è lo stesso – la scomposizione della stratificazione e la sua analisi, ovvero la “lettura stratigrafica” – che gli archeologi *tout court* applicano in qualsiasi scavo archeologico, quando individuano nel terreno le tracce delle azioni umane o naturali che si sono prodotte nel luogo della loro indagine. Nel caso degli edifici conservati in elevato però la stratificazione anziché essere “orizzontale”, come quella che si produce nel terreno, è prevalentemente “verticale” e la sua identificazione non si accompagna ad una distruzione, rendendo quindi possibile una reiterazione e un perfezionamento dell'analisi stessa.

Una prima novità dell'analisi stratigrafica degli elevati degli edifici nel centro storico di Pisa, effettuata nell'ambito del Progetto MAPPA, è rappresentata dall'uso del webGIS per schedare le evidenze, che ha consentito non solo di mettere a confronto e incrociare i dati su una scala terri-

toriale più ampia rispetto a quella di una ricerca di tipo più tradizionale, ma anche di ottenere nuovi elementi sulle modalità di crescita della città, utili per definire il potenziale archeologico delle varie zone.

Oggetto dello studio è stato il tessuto urbano del centro storico di Pisa, a partire dalla realtà di oggi e risalendo via via indietro nel tempo. Sono state schedate strutture militari, civili e religiose, a prescindere dalla loro cronologia, dalla funzione, dal materiale e dalle tecniche edilizie con cui erano state fabbricate. Come già sottolineato (FEBBRARO, SUSINI 2012), per la ristrettezza dei tempi della ricerca, l'analisi ha privilegiato lo studio di ciò che a oggi è ancora facilmente visibile e fruibile dall'esterno, mentre per quanto riguarda gli interni soltanto in situazioni già note e di facile accesso si è provveduto alla schedatura.

Per raccogliere le informazioni provenienti dall'analisi delle evidenze della città è stato creato un database in cui ogni record è stato definito in base all'*Unità Architettonica Urbana* (UAU e in breve U) di appartenenza, intendendo con questo termine un elemento che presenta nella città attuale una sua identità e una sua funzione propria. Ogni Unità ha un numero che la identifica e diversi tipi di attributi che la contraddistinguono, quali le caratteristiche cronologiche e i rapporti con le altre Unità. Gli edifici sono stati identificati attraverso il loro nome (nel caso in cui ne abbiano uno, come nel caso degli edifici storici), con la loro destinazione funzionale (ad esempio “ospedale”, “tribunale”, “scuola” ecc.) oppure semplicemente attraverso l'indirizzo.

La ricerca è partita da un censimento completo dell'edilizia del centro storico, effettuata utilizzando

do schede che hanno restituito le caratteristiche dell'abitato in tutti i periodi storici attestati fuori terra, dall'età romana a quella contemporanea, permettendo di verificare la leggibilità del centro e le varie trasformazioni dell'assetto edilizio¹. Sono rientrati nell'indagine tutti i tipi di emergenza in elevato, dall'intero complesso monumentale alla ridotta evidenza muraria, ognuna delle quali ha avuto un'identificazione e una descrizione il cui livello di approfondimento varia a seconda dell'attendibilità del riconoscimento del dato stesso.

A un anno dall'inizio dei lavori vengono qui proposte una serie di riflessioni sui dati raccolti e sull'utilizzo che se ne può fare, con la consapevolezza che l'aggiornamento della banca dati e l'avanzamento della ricerca potranno completare, mutare o confermare determinate conclusioni. Prova dell'evolversi della ricerca sono del resto le precisazioni e/o le correzioni proposte nel periodo trascorso dalla prima pubblicazione dei dati nel webGis ad oggi, rese necessarie dagli ulteriori approfondimenti realizzati nel frattempo e dai controlli puntuali sul materiale analizzato.

Il lavoro effettuato nell'ambito del progetto MAPPA presenta un secondo elemento di novità per il momento in fase iniziale: l'archeologia degli elevati può fornire infatti ulteriori dati utili alla definizione del sepolto e, in particolare, alla ricostruzione almeno a partire dal periodo bassomedievale, delle quote d'uso originarie degli edifici e delle strade su cui questi si affacciavano, ovvero dell'altezza dell'interro che si è prodotto dai secoli dopo il Mille fino ad oggi a causa del continuo crescere della città su se stessa.

(M.F., F.S.)

3.2 L'analisi degli elevati

La ricostruzione dei modi e dei tempi di sviluppo della città di Pisa, così come l'individuazione dei principali assi insediativi, sono argomenti con i quali archeologi, storici e storici dell'architettura e dell'urbanistica si misurano continuamente, anche grazie al costante aumento delle informazioni for-

nite da sempre nuovi scavi nel terreno. Tuttavia ad oggi manca uno sguardo diacronico che consideri e metta a confronto l'evoluzione urbanistica e le scelte costruttive nelle varie epoche e questo è in parte dovuto alle tradizionali barriere che separano un ambito disciplinare dall'altro: i periodi storici a partire dalla fine del Medioevo, ad esempio, sono generalmente oggetto di studio degli storici dell'arte e dell'architettura, che tendono a concentrare la propria attenzione su tematiche specifiche, quali l'edilizia religiosa o quella più monumentale. Il carattere transdisciplinare dell'intero progetto MAPPA cerca di superare questo ostacolo: le informazioni raccolte con l'analisi degli elevati vogliono infatti essere un primo contributo offerto agli archeologi e, più in generale, agli studiosi dei periodi più antichi della storia di Pisa affinché possano confrontarsi con le realtà urbanistiche più tarde, le quali hanno avuto conseguenze significative sulla conservazione, la modifica e anche la distruzione dei resti del passato, di fatto determinando ciò che è sopravvissuto fino ad oggi.

Il lavoro prende le mosse dall'esame degli edifici bassomedievali: prima di quel periodo, infatti, sono troppo poche le testimonianze edilizie conservate in elevato per poter avanzare una proposta di ricostruzione degli aspetti architettonico-urbanistici di Pisa. A partire dal basso Medioevo, la storia edilizia della città è stata divisa in cinque macroperiodi, che si è cercato di definire in base alle principali direttrici di sviluppo dell'abitato, alle tipologie edilizie che li contraddistinguono e ai materiali impiegati nelle costruzioni.

Poiché l'analisi degli elevati è stata condotta a partire da ciò che si vede oggi, se una struttura è attestata in un determinato momento da fonti storico-letterarie, ma di essa non è possibile trovare traccia nelle murature leggibili oggi, questa fase "fantasma" non è stata presa in considerazione. L'informazione è però recuperata all'interno della scheda di ogni singolo Corpo di Fabbrica (CF) o Complesso Architettonico (CA), dove compaiono

¹ Per le metodologie di elaborazione delle schede, cfr. FEBBRARO, SUSINI 2012.

tutti i dati disponibili, compresi quelli che fanno riferimento a fasi edilizie di cui non rimane traccia nelle murature. Un esempio è la chiesa di S. Vito che, pur attestata dalle fonti nel 1051, è stata completamente ricostruita nel dopoguerra: a livello di analisi degli elevati, pertanto, di essa è presente una sola fase, quella relativa all'intervento più recente, mentre nella scheda CF sono riportate anche le notizie relative alla sua prima edificazione. Lo stesso vale per tutti quegli edifici che, pur comparso nelle descrizioni catastali di fine Settecento e di inizio Ottocento, oggi presentano una facciata attribuibile a un periodo più recente.

Una scelta metodologica di questo tipo, che fornisce un quadro fondato solo su testimonianze visibili e, quindi, oggettive, non vengano evidenziate alcune strutture, citate invece come esistenti dalle fonti archivistiche-documentarie.

Il prossimo passo sarà quindi quello di rendere graficamente visibili queste fasi "fantasma", delle quali, in effetti, a seguito di una stonatura o di uno scavo si potrebbe trovare conferma, o un'ulteriore precisazione grazie alla possibilità di analizzare un campione più rappresentativo. L'obiettivo è, infatti, mettere in grado chiunque lo desideri di acquisire con facilità informazioni sugli edifici di Pisa, distinguendo fra ciò che è conservato, anche solo in minima parte, e ciò che è attestato solo da fonti scritte o iconografiche.

Un'ultima precisazione metodologica. Nel caso in cui all'interno di un Complesso Architettonico o di un Corpo di Fabbrica siano individuabili lacerti murari decontestualizzati dei quali non è possibile stabilire la cronologia, lo sviluppo orizzontale e verticale e la tipologia edilizia, si è preferito astenersi dal compilare una scheda CF/CA, limitandosi a una generica scheda di Fase, che segnala l'esistenza di tali elementi. Essendo il database facilmente implementabile e la nomenclatura univoca per ogni Unità (FEBBRARO, SUSINI 2012), nel caso in cui queste testimonianze acquisiscano un

grado maggiore di definizione, basterà aggiungere una scheda CF o CA nel database e il poligono corrispondente nel webGIS. Del resto la presenza della scheda di Fase è sufficiente a garantire che, nel caso in cui si voglia visualizzare nel webGIS la città in un determinato momento storico, compaiano tutti gli interventi edilizi oggi conservati, sia pure in minima parte, riferibili ad essa. Le schede CF e CA consentono invece di effettuare ricerche sulla tipologia degli interventi realizzati nel corso dei secoli e sulla loro distribuzione nello spazio del centro storico.

3.2.1 La città bassomedievale (secoli XI-XIV)

All'interno delle mura comunali gli edifici più antichi conservati in elevato sono strutture ecclesiastiche, quali le chiese di S. Cristina, di S. Matteo e di S. Zeno, con resti che possono essere datati entro il primo trentennio dell'XI secolo². A partire dalla seconda metà del secolo e poi per tutto quello successivo, la comparsa e il graduale consolidarsi della tipologia edilizia delle casetorri, i più antichi resti delle quali sono stati identificati grazie al confronto con resti analoghi rinvenuti in scavo³, determinarono una radicale trasformazione dell'aspetto urbanistico di Pisa. A nord dell'Arno, i nuovi edifici si dispongono ancora all'interno dello spazio delimitato dalla cinta tardoantica, in piena continuità con il nucleo insediativo più antico; elementi di rottura rispetto a tale situazione sono gli edifici ecclesiastici che sembrano i primi a travalicare tali confini, come dimostrano gli esempi sopracitati di S. Matteo e di S. Zeno. A sud del fiume, invece, è il principale asse viario, la Carrara maggiore – ovvero l'antica via romana *Aemilia Scauri* che giungeva in città da sud-est – a indirizzare lo sviluppo edilizio del quartiere, anche in questo caso con una certa continuità rispetto al passato, testimoniata dalla chiesa di S. Cristina, attestata per la prima volta nell'VIII secolo e orientata proprio lungo questo asse stradale.

² Per una descrizione delle testimonianze architettoniche precedenti provenienti da scavo vedi FEBBRARO 2011.

³ Cito solo ad esempio FEBBRARO, MEO 2009 e ANICHINI, GATTIGLIA 2008 con bibliografia ivi citata.

Quando Pisa, città in piena crescita, nel corso del XII secolo avverte la necessità di oltrepassare i vecchi confini urbani, comincia a estendersi verso est su entrambe le sponde dell'Arno e poi verso sud oltre il fiume. Ad ovest infatti la natura palustre del territorio provoca uno sviluppo più lento e successivo, mentre a nord l'infittirsi della trama insediativa appare ancora condizionata dal ramo dell'*Auser* che scorre a ridosso della zona di piazza del Duomo e che, da un punto di vista di progetto urbanistico, viene valicato assai meno di frequente rispetto all'Arno. Le stesse mura costruite a partire dal 1154 si arrestano proprio sulla sponda del fiume, senza oltrepassarlo, a differenza di quanto accade invece sul lato opposto della città dove, scavalcando l'Arno, inglobano l'area di Chinzica che da questo momento diventa parte integrante della città. Se dunque l'Arno non è più un elemento divisorio ma piuttosto di unione fra i quartieri cittadini, l'*Auser* continua a separare la città vera e propria dalla fascia periurbana e i tentativi di insediamento, noti fin dalla fine dell'XI secolo, che portano alla fondazione della chiesa di S. Stefano, non evitano che la zona dell'Oltrozzeri rimanga *extra moenia*, sia fisicamente che concettualmente. La costruzione di nuove chiese è un elemento di grande importanza per individuare le linee guida dello sviluppo urbanistico, in quanto la maggior parte di esse si colloca in zone dove si riscontra ben presto una veloce crescita edilizia. A nord dell'Arno, il limite occidentale per lo sviluppo dell'abitato è costituito dall'asse stradale corrispondente all'attuale via S. Maria che, a partire dal XII secolo, appare fiancheggiata da abitazioni su entrambi i lati. I primi tentativi di oltrepassare questo limite in direzione ovest sono rappresentati dalla costruzione della chiesa di S. Lucia dei Ricucchi e subito dopo di quella di S. Leonardo in Pratuscello, allineate grossomodo lungo lo stesso asse viario nord-sud, rappresentato dalla moderna via Roma; sulla sponda dell'Arno sorgono la chiesa e il monastero di S. Vito. Alla costruzione di questi complessi religiosi non sembra però seguire immediatamente un'espansione degli edi-

fici residenziali, come avverrà invece a partire dal Duecento, quando si può parlare di un vero e proprio sviluppo urbanistico dell'intera zona.

A est – come abbiamo accennato – la città aveva cominciato a espandersi fin dall'XI secolo. A dimostrarlo è la costruzione delle chiese di S. Pietro in Vincoli (edificata in continuità con un altro edificio di VIII secolo) e di S. Matteo (che fino alla fondazione della chiesa di S. Silvestro, all'inizio del XII secolo, e alla realizzazione dell'asse stradale di via S. Marta costituisce una sorta di nuovo limite orientale della città), seguita ben presto da numerosi esempi di edilizia civile di pregio, che si possono leggere lungo via delle Belle Torri e le strade perpendicolari ad essa a nord.

A sud dell'Arno lo sviluppo urbano è pressoché speculare: le direttrici principali sono rappresentate dai Lungarni e dalla Carraia maggiore (corrispondente all'incirca all'attuale via San Martino), intorno alle quali si dispongono chiese e abitazioni. Il limite orientale dell'Oltarno lo individuiamo in corrispondenza della chiesa di S. Andrea in Chinzica, sorta sulla sponda di un'importante ansa del fiume (FEBBRARO *et alii* 2006); a ovest invece, costruzioni di XII secolo sono attestate nell'area sul fiume di fronte al complesso di S. Vito, mentre, ancora più a ovest, l'imponente chiesa di S. Paolo a Ripa d'Arno costituisce anch'essa un ulteriore polo aggregativo.

L'ampliamento bassomedievale della città si accompagna a cambiamenti anche nelle scelte costruttive (FEBBRARO 2011): al reimpiego di materiali prelevati da edifici più antichi si associa e a volte si sostituisce l'uso di pietra cavata e lavorata in forme ben definite, che denunciano una completa padronanza delle litotecniche e dei modi di costruire: il verrucano e il calcare, tagliati in bozze o in conci squadrati e messi in opera per filari orizzontali, sono i materiali per eccellenza dell'edilizia civile, accompagnati, anche se in quantità minore, dalla panchina livornese.

Quanto alla tipologia edilizia che si associa a tali cambiamenti, le cosiddette casetorri, bisogna dire che, per motivi e con modi ancora oggi da defini-

re, fin dalle prime attestazioni si presentano come strutture dai caratteri precisi, privi di incertezze e, sembra, di sperimentazioni. Una conferma di ciò viene sia dall'osservazione di quanto è conservato in elevato, sia da ciò che è emerso dagli scavi, dove i pochi edifici riferibili con sicurezza all'XI secolo si connotano per piante quadrangolari più o meno ampie, regolarmente scandite da solai, con spesse cortine murarie che suggeriscono un alzata notevole e un uso consapevole e attento della pietra sbozzata e di quella squadrata. Tale considerazione riguarda soprattutto le strutture a pilastri in facciata (liberi o meno) che, facendo la loro apparizione sicuramente dall'inizio del 1100 ma forse anche in precedenza, affiancano la tipologia a muratura continua (che tutto sommato può trovare confronti nell'edilizia militare), rappresentando il vero punto di rottura rispetto al passato (figg. 3.1 e 3.2).

La costruzione della cinta muraria nel corso del XII secolo riconosce i nuovi limiti della città e, andando a circoscrivere un'area molto più ampia di quella già edificata, anticipa la crescita significativa che nel corso del Duecento porta all'occupazione non solo della maggior parte degli spazi lasciati liberi fra le precedenti costruzioni, ma anche di nuove zone, con casetorri che si distribuiscono, ad esempio, lungo l'attuale via Garibaldi, ben più ad est rispetto al limite rappresentato nel secolo precedente dalla chiesa di S. Matteo. Tale espansione si accompagna alla diffusione di nuovi modi di abitare (REDI 1991), per cui accanto alle casetorri a pilastri liberi si diffondono esempi con pilastri inizialmente uniti solo in basso e poi anche nelle parti superiori. Cresce lo sviluppo orizzontale degli edifici nel senso della larghezza, ma non a discapito delle altre due dimensioni, le cui maggiori estensioni hanno caratterizzato da sempre questi edifici fin dalle loro prime attestazioni⁴.



Fig. 3.1 U1725, palazzo Battaglia sul Lungarno Pacinotti, prospetto sud: l'articolazione del complesso architettonico (CAI), composto da almeno 3 corpi di fabbrica (CF1, CF2, CF3)



Fig. 3.2 U1725, palazzo Battaglia sul Lungarno Pacinotti, prospetto sud: le varie fasi costruttive

Si consolida l'uso della panchina livornese e della breccia poligenica dei Monti Pisani e in molti casi la pietra si affianca o viene sostituita dal laterizio che, in quanto materiale più leggero, meno costoso e con minor necessità di manodopera specializzata per il sollevamento e la posa in opera, trova un largo impiego nelle costruzioni di ogni classe sociale e nella realizzazione delle varie tipologie edilizie. Il panorama architettonico si arricchisce oltre che numericamente anche per la presenza di strutture con caratteri diversificati che, in alcuni casi, sostituiscono alcune forme del passato: non vengono costruiti più Edifici a muratura conti-

⁴ Come nel caso di una delle casetorri indagate in via degli Uffizi, immediatamente ad est dell'attuale palazzo Gambacorti, costruita nella seconda metà dell'XI secolo e caratterizzata da una profondità di 11 m circa (FEBBRARO 2008: 141).

nua, interrotta da aperture di modesta ampiezza, dalla pianta quadrangolare contenuta e sviluppata su numerosi piani, ma edifici a più campate, con ampie aperture allineate fra loro, soprattutto nella facciata principale, e con una planimetria articolata. È proprio nel corso del Duecento che accanto ai più antichi termini *domus* e *turris* compare sempre più spesso il termine *palatium* a indicare abitazioni di un certo pregio in mano ad importanti esponenti dell'*élite* urbana, caratterizzate da un notevole impegno costruttivo e da una certa estensione.

La crescita urbana non subisce alcun arresto nel secolo successivo, anche se in realtà è più contenuta rispetto al passato e sembra concentrarsi soprattutto nel quartiere di Chinzica, dove lo spazio disponibile all'interno della cinta muraria è maggiore e dove si è ormai consolidato il ruolo dell'asse stradale inquadrato dalla chiesa di S. Gilio e dalla porta omonima (localizzate fra la parte sud di Corso Italia e piazza Vittorio Emanuele): a dimostrare l'importanza acquisita dal quartiere in questo periodo vi è del resto la scelta da parte della potente famiglia Gambacorti di edificare qui i propri palazzi. Nel complesso, le costruzioni realizzate *ex novo* in città sono meno numerose rispetto ai secoli precedenti, mentre assistiamo a numerose operazioni di restauro, ricostruzione e accorpamento. Non sembrano comparire nuove tipologie edilizie, ma verso la fine del Trecento (REDI 1998) si assiste ad una novità per quanto riguarda i materiali edilizi: proprio i Gambacorti anticipano un diverso impiego dell'arenaria – la pietra che caratterizzerà l'edilizia postmedievale – rispetto al tardo Medioevo. Da questo momento in poi, infatti, l'arenaria comincia ad essere usata nel prospetto degli edifici per la realizzazione sia delle murature (come nel caso della chiesa di S. Domenico), sia dei particolari architettonici come i profili di portali o finestre. In seguito invece l'uso dell'arenaria nel paramento è saltuario, funzionale a legare meglio la muratura "alla moderna" o relegato alle aperture e alle parti decorative.

(M.F.)

3.2.2 La città medicea (secoli XV-XVII)

In seguito alla conquista fiorentina del 1406 la città di Pisa subisce una traumatica crisi economica e demografica, nel corso della quale il tessuto abitativo è oggetto di numerosi abbandoni e conseguenti situazioni di grave degrado, che in alcuni casi portarono a vere e proprie demolizioni (REDI 1983). Il ceto sociale dominante pisano è sostituito da un'aristocrazia di origine fiorentina, permeata di una propria cultura urbana, legata in maniera inscindibile al Rinascimento fiorentino ed estranea alla tradizione pisana. Gli interventi del nuovo governo sulla città si riscontrano in molte opere pubbliche realizzate in funzione della rappresentanza del nuovo potere e situate prevalentemente a nord dell'Arno – Arsenali Medicei, palazzo Reale, Collegio della Sapienza, piazza dei Cavalieri – mentre a sud del fiume, si concentrano nei pressi del palazzo comunale, dove vengono costruite le Logge dei Mercati (BIAGIOLI 2003).

In particolare, tre furono i filoni d'intervento che determinano rinnovamenti circoscritti, ma importanti nella struttura urbanistica della città medicea (CIUTI 2003):

- la creazione della nuova sede della Corte sul Lungarno e di quella dell'Ordine di Santo Stefano in piazza dei Cavalieri, cuore dell'antico potere comunale della città;
- lo sviluppo dello Studio Pisano, con il completamento del Collegio della Sapienza e la creazione del Giardino dei Semplici;
- la progettazione di spazi adeguati allo sviluppo delle attività commerciali, con la realizzazione delle piazze delle Vettovaglie e dei Cavoli (oggi piazza Cairoli) a nord dell'Arno, e delle Logge dei Banchi sulla riva opposta.

Contemporaneamente si assiste alla costruzione di dimore più prestigiose per la residenza della nuova aristocrazia e dei *boni* cittadini e a un rinnovamento dell'edilizia ecclesiastica, in seguito alle nuove disposizioni sugli apparati liturgici dettate dal Concilio di Trento. La trasformazione dell'antica piazza delle Sette Vie, cuore del potere civico della Repub-

blica pisana, nel centro del potere dell'Ordine dei Cavalieri di Santo Stefano, costituisce l'intervento urbanistico più rappresentativo del Granducato mediceo ed è insieme azione architettonica, urbanistica e politico-istituzionale. L'attribuzione di un nuovo ruolo alla città antica rivale di Firenze è infatti la principale operazione avviata da Cosimo I e sviluppata poi dai suoi successori. Centrale, in questo quadro, è l'istituzione, il 9 gennaio 1562, dell'Ordine dei Cavalieri di Santo Stefano e il suo insediamento nell'antica piazza delle Sette Vie, con un'operazione di ristrutturazione edilizia e urbanistica progettata dall'architetto Giorgio Vasari, che si svilupperà nel corso dei successivi quarant'anni. Tutti gli edifici preesistenti sulla piazza vengono ora rimodellati e destinati alle nuove esigenze.

Il webGIS elaborato nell'ambito del progetto MAPPA consente di rendere visibili graficamente le varie fasi edilizie, funzionali e urbanistiche che si sono susseguite sulla piazza e negli edifici che vi si affacciano. Il palazzo della Carovana viene realizzato unificando una serie di ben undici edifici e casetorri di epoca bassomedievale, tra cui anche l'antico palazzo degli Anziani, ricordato dai documenti per la prima volta nel 1273, frutto a sua volta dell'accorpamento di numerose abitazioni private⁵. Dopo il restauro vasariano, l'edificio diventa sede del collegio in cui si formano i Cavalieri dell'Ordine di S. Stefano, un'istituzione militare e monastica fondata dal Granduca per raccogliere la gloriosa eredità marinara dell'antica Repubblica pisana e combattere le scorrerie piratesche sul Mediterraneo⁶.

Numerose tracce della tradizione architettonica fiorentina permangono anche nelle nuove dimo-

re signorili costruite soprattutto sui Lungarni, ai lati di via Santa Maria e nella zona compresa tra piazza dei Cavalieri e piazza Santa Caterina, nuovi prestigiosi luoghi di rappresentanza nella parte di città a nord dell'Arno, mentre a sud le proprietà nobiliari si concentrano soprattutto lungo via San Martino e dietro palazzo Gambacorti, attuale sede comunale (CACIAGLI 1995: 43-55). Le dimore della nuova aristocrazia sono di dimensioni maggiori rispetto a quelle dell'aristocrazia pisana, che soltanto a partire dalla seconda metà del XIV secolo aveva cominciato a organizzarsi in residenze familiari, le quali però erano pur sempre contenute rispetto a quella che nello stesso periodo venivano realizzate a Firenze. Alcuni palazzi nobiliari vengono costruiti *ex novo*, mentre altri sono il risultato di interventi di accorpamento e ristrutturazione di preesistenze del periodo medievale: tali edifici sono caratterizzati da una sobria eleganza compositiva, il cui modello, con poche varianti, si basa sulla presenza di tre piani, ognuno con quattro aperture in facciata, disposte a coppie ai lati di un asse centrale, sottolineato da un portale sormontato da un terrazzo con porta finestra al piano nobile e stemma gentilizio. Tra i materiali da costruzione che fanno ora la loro comparsa, o quanto meno si diffondono ampiamente nell'edilizia cittadina, è da segnalare l'arenaria, impiegata per la decorazione di portali, finestre (alcune delle quali "inginocchiate", secondo la moda fiorentina) e cornici (DRINGOLI *et alii* 1997: 33; CIUTI 2003). Tra gli esempi più significativi di un'architettura residenziale riconducibile a stilemi di epoca medicea, realizzati per opera di architetti quali il Pugliani, l'Ammannati,

⁵ Prima del 1327 sono attestati lavori di ristrutturazione e ampliamento di una struttura complessa costituita in parte da un palazzo con torre (denominata del Nicchio) e in parte da semplici elementi più bassi. Si data forse ai restauri successivi all'incendio del 1355 l'ultimo intervento architettonico sulla struttura medievale testimoniato dall'apertura di ampie finestre al terzo solaio, ancora visibili sotto la linea del tetto nel lato destro della torre d'angolo (REDI 1991).

⁶ Il nome del palazzo deriva dai tre anni di noviziato dei nuovi adepti, durante i quali essi seguivano un corso di addestramento al maneggio delle armi per far parte delle "carovane" che avrebbero battuto il Mediterraneo e contrastato le scorrerie dei pirati: da qui appunto il termine della Carovana. Il palazzo della Carovana è oggi sede degli uffici della Direzione, degli studi dei docenti e dei ricercatori, oltre che dell'Archivio Storico della Scuola Normale Superiore a cui fu concesso in uso gratuito fin dal 1934.

U1078_PROSPETTO OVEST



Fig. 3.3 U1078, palazzo Vaglianti Alliata in Piazza Martiri della Libertà, prospetto ovest: un esempio di architettura residenziale di epoca medicea

Raffaello di Pagno, o scultori come Pietro Francavilla, vi sono i palazzi Lanfreducci, Roncioni, Lanfranchi e Giuli Rosselmini Gualandi (attuale palazzo Blu), situati sui Lungarni, i palazzi Salviati e dei Fiumi e Fossi in via San Martino, i palazzi Quaratesi e Boileau in via Santa Maria, e palazzo Vaglianti (poi Alliata) in piazza Santa Caterina (fig. 3.3).

La più evidente delle trasformazioni urbane ad ampio respiro apportate dal “gusto fiorentino” è però il passaggio, tra XV e XVI secolo, da una città di “pietra e mattoni” a una città caratterizzata dai morbidi colori degli intonaci, che permette una minore attenzione verso le tecniche costruttive (DRINGOLI *et alii* 1997: 33-34).

Nell’ultimo decennio del Cinquecento, ai tempi dell’Arcivescovo Carlo Antonio dal Pozzo e del Granduca Ferdinando I, la città va incontro anche a un vasto processo di rinnovamento dell’edilizia ecclesiastica, che interessa soprattutto gli interni delle chiese, allo scopo di adeguarle alle

nuove disposizioni dettate dal Concilio di Trento. Si provvede perciò al rifacimento di altari e cappelle, con conseguente perdita degli arredi e delle decorazioni medievali. In molti casi le modifiche interne rendono necessario il rifacimento delle facciate: è il caso delle chiese di San Francesco, la cui nuova facciata è ridisegnata nel 1603, e di San Matteo, terminata nel 1610 per mano di Gino di Stoldo Lorenzi, entrambe realizzate in conci di calcare del monte di San Giuliano. Gli edifici religiosi costruiti *ex novo* si adeguano, oltre che ai dettami della chiesa postridentina, alle esigenze formali di equilibrio, sobrietà e nitidezza dettate dal governo fiorentino, prevedendo un uso diffuso di un materiale nobile come il marmo bianco di Carrara: tra queste si ricordano le chiese di Santo Stefano dei Cavalieri, San Giovanni de Fieri (1614), San Bernardo (1617) e San Benedetto (1642).

3.2.3 La città mediceo-lorenese (secoli XVIII-XIX)

Nel corso dei secoli XVI e XVII, corrispondenti a un lungo periodo di stagnazione demografica, si assiste a una serie numerosa di riadattamenti e ristrutturazioni del tessuto edilizio, che progressivamente soffocano il volto medievale della città, fino ad arrivare a cancellarlo quasi completamente al termine del XVIII secolo. Già modificata nell’assetto urbanistico sotto la dominazione medicea, Pisa conosce nell’età dei Lorena, e soprattutto durante il governo illuminato di Pietro Leopoldo, nuove trasformazioni che ne incentivano il carattere cosmopolita. “Igiene, ordine e viabilità” sono i grandi temi alla base dei progetti urbanistici granducali, ereditati dai governi postunitari. La volontà di miglioramento delle condizioni igieniche e dei servizi si traduce nella costruzione di edifici per l’utile comune e in interventi di manutenzione, pulizia e decoro di strade e mura urbane: lo scopo è non solo il benessere dei cittadini, ma anche lo sviluppo dell’economia locale attraverso l’afflusso di forestieri.

Così com’era avvenuto durante il periodo mediceo, gli interventi nel centro, pur nella mutata

concezione dello spazio urbano, seguono la stessa logica dell'abbellimento in funzione della rappresentanza. Innanzitutto si razionalizza l'impianto medievale della città a partire dai Lungarni, che vengono scelti come centro nevralgico e luogo simbolo del potere. Per accogliere cittadini e forestieri in un contesto più civile e ordinato, vengono smantellate le fortificazioni⁷ e riaperti i ponti, che fin dalla conquista fiorentina erano stati presidati e militarizzati dalle forze occupanti, e si procede alla realizzazione di opere di risanamento dei Lungarni e alla riqualificazione delle strade adiacenti ad essi, volte a scongiurare il pericolo di inondazioni e a regolarizzare i prospetti sul fiume. Dietro il palazzo Granducaale sorge il teatro Nuovo (1772), poi intitolato all'attore e commediografo livornese Ernesto Rossi. Gli interventi più importanti si concentrano nell'area intorno al ponte di Mezzo, che era rimasta priva di definizione fin dai tempi della ricostruzione medicea del ponte. Sulla sponda nord del fiume si completa l'abbattimento di case e botteghe affacciate disordinatamente sul Lungarno e sull'antica via dei Setaioli, per far posto all'attuale piazza Garibaldi. Su di essa si affaccia il palazzo che i Padri di Nicosia edificano nel 1745, il cosiddetto Casino dei Nobili, luogo destinato allo svago di dame e cavalieri. Sulla sponda opposta dell'Arno, il prospetto delle medicee Logge dei Banchi viene arricchito da Ignazio Pellegrini⁸ con un frontone a volute – ben presto sostituito con uno di gusto neoclassico – al quale si affianca nel 1785 la torre civica con l'orologio, innestata nel palazzo pretorio, a sua volta rimodernato da Alessandro della Gherardesca nel 1815⁹.

Anche l'edilizia religiosa rimane in questo periodo molto attiva con la ristrutturazione o la costruzione *ex novo* di molte chiese e conventi: a nord dell'Arno sorgono nel 1783 il monastero di San Silvestro, con il fronte di impronta neoclassica, e nel 1789 il seminario di Santa Caterina; la necessità di rettificare il Lungarno Simonelli impone invece il rifacimento, nel 1787, del convento e della chiesa di san Vito. L'atteggiamento di tolleranza da parte dei granduchi verso tutte le religioni favorisce l'iniziativa di rinnovare la Sinagoga, che nel 1785 assume le forme attuali per mano dell'architetto Treves (FRATTARELLI FISHER 1989).

3.2.4 La città contemporanea (XIX-prima metà del XX secolo)

L'Ottocento rappresenta per Pisa, come per molte altre città italiane, l'epoca del passaggio dalla città aristocratica, che aveva caratterizzato i tre secoli di governo granducaale, alla città borghese, promossa e sostenuta dal nuovo Stato unitario. Con l'avanzare del secolo, s'inizia a ripensare la struttura urbana della città e dei suoi confini e a riprogettarne l'assetto e l'articolazione interna, con tentativi non sempre felici di razionalizzare gli spazi. Ciò comporta la demolizione di molti edifici, con l'obiettivo primario di realizzare una maglia viaria ampia e razionale, pensata in un'ottica di sviluppo delle comunicazioni e incoraggiata anche dal nuovo impulso alla crescita della città dato dall'arrivo della ferrovia. In questo processo evolutivo hanno un ruolo anche alcune catastrofi naturali, quali il devastante terremoto del 1846 e le ripetute esondazioni dell'Arno.

⁷ "Per Pisa il momento di rottura con la città medicea può essere rappresentato dalla demilitarizzazione della città voluta da Pietro Leopoldo di Lorena: nel 1781 fu venduta la cittadella Nuova ... a privati (famiglia Scotti) che la trasformarono nel 1798 in giardino; nel 1787 l'abbattimento dei terrapieni bastionati che rafforzarono le mura, reintroduce un rapporto diretto tra città murata e territorio", FRATTARELLI FISHER 1989.

⁸ L'architetto veronese fu il maggiore diffusore del gusto lorenese in città: a lui si deve la riqualificazione di edifici signorili già esistenti, come palazzo Franceschi (1775) in via San Francesco, palazzo Rossellini in via Santa Maria, palazzo Ruschi in piazza d'Ancona e la riconfigurazione di edifici religiosi come la chiesa di S. Tommaso (1756-58) e la chiesa dei Galletti (1757).

⁹ Gli abbellimenti al palazzo pretorio, l'aggiunta della torre con orologio, la costruzione del Casino dei Nobili sulla piazza del ponte dalla parte di Tramontana come edificio speculare alle Logge dei Banchi, furono iniziative granducali che giovarono ad abbellire l'estetica del centro urbano. La politica di decoro, tenacemente perseguita dalle amministrazioni sette-ottocentesche, trovò qui la sua completa attuazione, cfr. CIUTI 2010.

I due maggiori interventi urbanistici di epoca ottocentesca all'interno della cerchia muraria sono da una parte la demolizione dell'antico complesso di San Lorenzo per la creazione del grande invasato di piazza Santa Caterina (1810-15); dall'altra il risanamento del quartiere di San Francesco, operato dall'ingegner Bellini a partire dal 1856. In questo caso, dopo aver demolito alcuni isolati d'impianto medievale tra le chiese di S. Pietro in Vincoli e di S. Paolo all'Orto, vengono creati i "contenitori edilizi delle nuove funzioni urbane" (CIUTI 2010), con costruzioni nuove specificatamente dedicate quali la Caserma dei Carabinieri, il Regio Liceo, il Teatro Verdi (1867) e la Corte d'Assise (1872).

Nel 1862, all'estremità meridionale della città viene aperta la stazione ferroviaria centrale. Ampii tratti delle mura medievali vengono abbattuti per realizzare la vasta piazza Vittorio Emanuele II, che fa da collegamento tra il centro urbano e la stazione: divisa in due parti uguali dalla barriera daziaria, la piazza è collegata alla stazione da un ampio viale ad imbuto, lungo il quale si insediano alberghi, ristoranti, caffè.

Dal punto di vista del linguaggio architettonico, nella prima metà del XIX secolo convivono diversi riferimenti formali che assumono di volta in volta accenti politici e ideali differenti. Tra questi prevalgono gli "elementi di cultura neoclassica e neorinascimentale [che] si integrano con la poetica del *Gothic Revival*" (TOLAINI 1992a; TOLAINI 1992b)¹⁰. Quella ottocentesca non è l'ultima importante stagione di trasformazione urbana: agli inizi del XX secolo sono soprattutto le crescenti necessità dell'amministrazione pubblica a influire sullo sviluppo architettonico della città: nel 1906 vengono costruiti i Macelli alla periferia ovest della città, presso la torre di S. Agnese¹¹; nel 1909 viene ampliato l'Ospedale di Santa Chiara, demolendo un altro ampio tratto delle mura, nel 1929 viene costruito il Palazzo delle Poste centrali e

più tardi, nel 1935, vengono innalzati il tribunale e il Palazzo della Provincia (FRATTARELLI FISCHER, NUCARA DANI 1989). All'esterno del tratto ovest della cerchia muraria si sviluppa inoltre l'Università con la costruzione della Scuola Reale di Ingegneria a cura degli Ingegneri Architetti Luigi Pera e Federigo Severini (1930-36) e la facoltà di Chimica.

La necessità di ampliare i quartieri residenziali e allo stesso tempo quelli industriali provoca una vera e propria aggressione di alcune aree a ridosso delle mura, sia all'interno, come nel caso della fabbrica Marzotto (oggi sede universitaria), costruita nel quartiere nord-orientale della città, sia all'esterno: è infatti in questo periodo che inizia a svilupparsi un esteso quartiere signorile, caratterizzato da ville con giardini, a nord delle mura, fuori di Porta a Lucca, e a sud, nella zona della nuova piazza Vittorio Emanuele.

Per quanto riguarda il linguaggio architettonico, il periodo fascista riprende a Pisa il filone revivalistico neo-medievale del periodo precedente, accentuandone i caratteri ed estendendone gli stili anche a edifici di servizio come la stazione delle Ferrovie Elettriche Toscane (1929-32), le Poste Centrali e il palazzo Mediceo, oggi sede della Prefettura (1929). A fianco di questo, si sviluppa un filone più razionalista, rappresentato per lo più dall'edilizia pubblica e universitaria: fanno capo a questo filone la fabbrica Marzotto, le nuove cliniche dell'Ospedale di Santa Chiara e la Scuola Reale di Ingegneria.

Per quanto riguarda l'architettura residenziale, accanto alla rapida diffusione di un'edilizia di tipo popolare (ricordiamo fra tutti, l'esempio delle case INCIS in via Risorgimento, MARTINELLI 1993: 50), si assiste allo sviluppo di abitazioni più esclusive, di gusto *liberty*. Si tratta prevalentemente di ville unifamiliari che si diffondono soprattutto nelle aree limitrofe alle mura della città, andando ad occupa-

¹⁰ Portatore e diffusore di questo linguaggio eclettico fu Alessandro della Gherardesca, autore del rifacimento del palazzo pretorio, della facciata di palazzo Toscanelli, del palazzo Prini Aulla sul Lungarno.

¹¹ Attualmente il complesso è stato trasformato nel Museo del Calcolo.

re precedenti spazi vuoti: nell'area nordest della città (tra via san Zeno, via G. di Simone, via Sighieri) e nell'area Sudovest, tra la chiesa di S. Paolo a Ripa d'Arno e Sant'Antonio.

3.2.5 Le distruzioni belliche e la ricostruzione (metà XX-XXI secolo)

I devastanti effetti dei bombardamenti alleati del 1943-45 e la ritirata tedesca causano l'abbattimento di gran parte della città, dei ponti sull'Arno e di un ampio tratto della cinta muraria meridionale. Le distruzioni più pesanti riguardano la zona della stazione ferroviaria, dove bombardamenti a tappeto non risparmiano quasi nulla in un'area assai estesa, che va da piazza Guerrazzi, a est, ai quartieri tra le chiese di Sant'Antonio e di San Paolo a Ripa d'Arno, a ovest, fino alla zona di porta a Mare. Anche i Lungarni subiscono pesanti devastazioni, soprattutto in prossimità dei ponti, che vengono fatti saltare dalle truppe tedesche in ritirata, mentre a nord dell'Arno le bombe cancellano un'ampia porzione del tessuto urbano tra Borgo Stretto e le vie adiacenti (oggi Largo Ciro Menotti) (fig. 3.4).

Neppure le strutture religiose e conventuali sono risparmiate dalla devastazione: tra queste si ricordano le chiese di San Benedetto, San Paolo a Ripa d'Arno, San Michele in Borgo e perfino il Camposanto monumentale, dove le bombe sfondano il tetto e incendiano le travature lignee, provocando la fusione delle lastre di piombo della copertura, che colano lungo le pareti coperte di affreschi.

Se gli edifici storici vengono ripristinati secondo la formula del "com'era, dov'era", l'edilizia residenziale conosce con la ricostruzione un forte incremento di densità abitativa: nascono condomini multipiano con struttura in cemento armato e scarsa attenzione all'estetica. In particolare manca, nell'edilizia di nuova costruzione realizzata nei quartieri storici, qualsiasi preoccupazione di un rapporto con l'esistente, né in termini di tipologia architettonica né di materiali impiegati: basta osservare i Lungarni, dove la costruzione di palazzi di modesta qualità progettuale e soprattutto

sovradimensionati in larghezza e in altezza altera completamente l'equilibrato profilo originario. Le punte di maggiore stravolgimento spaziale sono connesse con interventi pubblici di edilizia sociale: si vedano, su tutte, la costruzione della scuola elementare Zerboglio, che comporta la demolizione dell'antico convento di San Bernardo, quella della scuola elementare Gambini e della media Toniolo nell'area compresa tra via Niosi, via Qualquonia e via San Paolo.

Nel clima di sviluppo degli anni Sessanta-Settanta prosegue, fino a saturazione, la tendenza all'edificazione nei residui spazi liberi immediatamente entro e fuori il circuito murario medievale: sono realizzati in questi anni l'istituto magistrale Carducci in via San Zeno, l'istituto provinciale di Igiene e Profilassi e la nuova sede della Nettezza urbana; ai privati è concessa la realizzazione di enormi complessi residenziali, come il condominio Le Gondole ed altri edifici analoghi vicino alla Questura. Negli stessi anni, l'Università in piena espansione acquista o affitta immobili e antichi pa-

U1402_PROSPETTO OVEST



Fig. 3.4 U1402, largo Ciro Menotti: un esempio di ricostruzione post-bellica in pieno centro storico, su un tessuto edilizio di epoca bassomedievale

lazzi, tra i quali palazzo Boileau, in via Santa Marta, e palazzo Vitelli sul Lungarno e, per adeguarli alle esigenze didattiche, non esita in molti casi a stravolgerne completamente gli spazi interni.

(F.S.)

3.3 Analisi dell'interro e definizione del potenziale archeologico

Lo studio degli elevati e delle parti di essi tutt'oggi conservate e visibili – effettuato come abbiamo detto a partire dal basso Medioevo fino ad oggi – ha permesso di raccogliere numerosi elementi utili anche per la definizione del potenziale archeologico di alcuni punti della città. In particolare in certe zone del centro storico è stato possibile ricostruire la quota degli antichi livelli d'uso di molti complessi e, di conseguenza, valutare la profondità dell'interro attuale. Incrociando questi dati con quelli riguardanti il modo in cui i piani di vita sono cresciuti nel corso del tempo e le motivazioni che stanno dietro tale crescita, è stato possibile ricostruire un quadro dello sviluppo in “verticale” di Pisa, funzionale alla valutazione del potenziale archeologico del sottosuolo. Ogni dato ha ovviamente un grado di attendibilità diverso, a seconda dei fattori che concorrono a determinarlo. Occorre infatti non dimenticare mai che ciò che si conserva oggi – e che possiamo misurare – non è il prodotto di una crescita lineare,

ma il risultato di dinamiche assai più complesse, in cui giocano un ruolo anche le azioni di demolizione e asporto di materiali succedutesi nel tempo, prodotte da fattori naturali ma soprattutto dall'intervento dell'uomo.

Nel caso dell'analisi architettonica degli edifici bassomedievali – i più antichi che è stato possibile indagare – occorre ad esempio tener presente che non sappiamo se tutte le abitazioni si attenessero a uno standard preciso per l'altezza dei solai, soprattutto a livello del pianterreno: è anzi probabile che così non fosse, viste le differenze negli spessori murari e nella distribuzione delle aperture, anche in edifici limitrofi e cronologicamente ravvicinati. Allo stesso tempo, non ci sono molti esempi di strutture indagate con scavi archeologici che abbiano restituito livelli pavimentali in associazione con elevati interamente conservati, così da poter creare una casistica di riferimento entro la quale muoversi. La maggior parte degli scavi inoltre non ha finora riguardato le casetorri trecentesche che paradossalmente, pur essendo quelle meglio conservate, di fatto non trovano confronti utili a definire il modo e i tempi di crescita dei loro piani d'uso.

A causa di tali difficoltà, tenendo conto anche del fatto che gli studi dai quali è possibile raccogliere questo tipo di informazioni non sono molti e che le strutture ancora in uso, dove si possa effettuare questo tipo di misurazioni, sono estremamente scarse, si è deciso di optare per un *range* di confronto massimo e minimo, all'interno del quale inserire i nostri dati. Gli edifici presi in considerazione come riferimento sono:

- a sud dell'Arno, le casetorri di palazzo Alliata (REDI 1982) (fig. 3.5) e il complesso in via Toselli, scavato nel 2001 (BALDASSARRI C.S.);
- a nord del fiume, la casatorre settentrionale di palazzo Agonigi-da Scorno, in via S. Maria/via Galvani e la casatorre a est della chiesa di S. Maria dei Galletti, in via della Sapienza.

Per calcolare l'altezza del piano terreno è stata misurata la distanza, nella facciata principale, fra il piano di calpestio originario e l'intradosso del-



Fig. 3.5 U73, palazzo Vaglianti Alliata sul Lunagarno Gambacorti, prospetto sud: un complesso ben studiato, composto da undici casetorri bassomedievali

la chiave di volta degli archi che sorreggono (o sorreggevano) il solaio del primo piano oppure, come nel caso della casatorre in via della Sapienza, la distanza fra la soglia della porta d'ingresso dell'edificio e l'imposta dell'arco. Quest'ultimo esempio è servito come parametro di confronto per tutti i casi in cui non si conserva l'elemento orizzontale superiore (o quantomeno non è possibile vederne lo sviluppo), ma solo l'inizio delle strutture che lo sostenevano. Nel caso della casatorre di via S. Maria/via Galvani è stato possibile misurare la distanza fra la base su cui poggia una delle colonne del pianoterra (che, tuttavia, potrebbe anche non fondarsi direttamente sul piano di calpestio antico, ma su un gradino al momento non visibile) e il soprastante architrave. Inoltre si è effettuata una seconda misurazione anche in relazione all'apertura secondaria dell'edificio, posta sul lato meridionale: confrontando questi due dati, si è ricavato un valore di riferimento per il calcolo dell'interro, che è possibile utilizzare per gli edifici di cui conosciamo solo gli ingressi laterali o alcuni elementi architettonici, ma non i fornicati o gli architravi fra i pilastri. In questo caso però la casistica è risultata estremamente ampia - nella ricostruzione dell'altezza di un arco, ad esempio, anche il fattore larghezza è determinante e le varianti possibili sono numerose - e per questo motivo, al momento delle considerazioni finali, per il momento si è scelto di non tenerne conto.

Vengono qui presentati alcuni dei casi più significativi di ricostruzione dell'interro riferiti alle strutture bassomedievali, i cui dati vanno ad aggiungersi a quelli desunti da scavi e da prospezioni geologiche: la scelta è caduta su assi viari lungo i quali si affacciano edifici e complessi monumentali con un alto grado di leggibilità e attribuibili a cronologie diverse, in modo da avanzare ipotesi su tempi e modi della crescita urbana¹².

3.3.1 A nord dell'Arno

- *Via S. Maria*. La strada, una delle più lunghe del centro storico (750 m), corre da sud a nord collegando il Lungarno con piazza Duomo. Le misurazioni effettuate hanno riguardato soprattutto strutture le cui datazioni sono comprese fra la fine dell'XI e tutto il XII secolo. Gli edifici più antichi si collocano nella parte centromeridionale della via e si caratterizzano per una crescita delle quote, rispetto al piano originario, di 2,20-2,50 m circa. Nel caso degli edifici pienamente attribuibili al XII secolo e distribuiti lungo l'intera estensione della via, i dati a disposizione sono molto più eterogenei, in quanto oscillano fra 1,20 e 2,50 m, con un esempio, posto grossomodo nella parte centrale della strada, in cui l'altezza fuori terra degli architravi sembra presupporre un interro di appena 0,50 m circa. Queste misure così disparate, relative a fabbricati che si collocano in un lasso cronologico abbastanza ridotto, consentono di ipotizzare che fra la fine dell'XI e il XII secolo via Santa Maria avesse un'altimetria fortemente irregolare, caratterizzata dall'alternanza di avvallamenti e di emergenze (ad esempio nella parte centrale della strada), e che tali differenze si siano mantenute a lungo nel tempo. Tale ipotesi sembra trovare conferma nelle osservazioni paleogeografiche che ipotizzano per i secoli più recenti una maggiore sopraelevazione del terreno all'incirca all'altezza di piazza dei Cavalieri (posta in linea d'aria 250 m ad est della parte centrale di via S. Maria), rispetto a due depressioni a nord e a sud di essa (cfr. § 2.).

- *Via P. Paoli*. La strada corre a est di via Santa Maria, con lo stesso orientamento sud-nord, ma con una lunghezza assai inferiore (220 m, che raddoppiano se si aggiunge il tratto settentrionale della via, che prende il nome di via Ugucione della Faggiola). In questo caso, le misurazioni hanno riguardato edifici distribuiti entro un lasso cro-

¹² Le misurazioni presentate costituiscono delle medie calcolate rispetto alle misure minime e massime di riferimento, per cui è possibile un'oscillazione nei valori di $\pm 0,25$ cm.



Fig. 3.6 U1598, ex Pia Casa della Carità in via P. Paoli, prospetto est: un esempio di strutture bassomedievali di varia cronologia affiancate e del loro considerevole interro

nologico più ampio, compreso fra la fine dell'XI e la metà del XIV secolo (fig. 3.6). Le strutture più antiche, databili entro la prima metà del XII secolo, presentano un interro di 2,50-2,70 m circa, che sembra ridursi di poco nei decenni immediatamente successivi. Maggiormente articolata è la situazione nel tardo Medioevo: se in alcune delle strutture di metà XIII- inizio XIV secolo la crescita delle quote dei piani d'uso è molto simile a quella del periodo precedente, in altri casi contemporanei o forse di poco successivi, ubicati nella parte meridionale della via, all'angolo con piazza Dante, l'interro si riduce intorno al metro. Il dato deve far riflettere: il poco scarto, anche nel caso di una cronologia piuttosto ampia, potrebbe infatti essere una conferma della mancanza di standardizzazione nell'altezza delle abitazioni; tuttavia, come abbiamo accennato, questo è un aspetto che necessita di ulteriori approfondimenti, da tenere però in considerazione in sede di analisi.

3.3.2 A sud dell'Arno

- Via S. Martino/via P. Toselli. Questo asse stradale, che corre da est a ovest immediatamente a sud dell'Arno, ricalcando il tracciato della Carraia maggiore, che a sua volta si sovrapponeva all'antica via romana *Aemilia Scauri*, è piuttosto lungo (650 m circa), per cui la probabilità che in passato

ci siano state variazioni altimetriche è molto alta. Nel caso degli edifici più antichi, riconducibili al XII secolo, l'interro sembra aggirarsi sui 2-2,30 m. I piani di vita databili nel Duecento e nel Trecento invece si trovano – come in via Paoli – a quote molto diversificate: alcuni punti quotati in via Toselli presentano un interro di appena 0,50 m, mentre più a est, in via S. Martino, si oscilla fra 0,80 e 1,60 m circa.

(F. M.)

3.4 Conclusioni

Come abbiamo accennato in apertura di questo lavoro, l'insieme dei dati raccolti nell'ambito del progetto MAPPA, consultabili su MappaGIS¹³, costituisce un punto di partenza per definire le trasformazioni del tessuto urbano di Pisa dal basso Medioevo ad oggi, in fatto di sistemi costruttivi, tipologie edilizie e scelte urbanistiche. La condivisione del lavoro di ricerca da parte di un'archeologa e di una storica dell'arte ha permesso il confronto di diverse metodologie di approccio e l'incrocio di competenze diverse, che si sono rivelate fondamentali per elaborare un linguaggio che fosse comprensibile anche per coloro che non hanno esperienza di ricostruzioni storiche condotte dal punto di vista della stratigrafia degli elevati. Non esiste infatti un destinatario privilegiato per questo lavoro, che è diretto a tutti: dal semplice curioso allo specialista (archeologo, restauratore, architetto, ingegnere...), passando attraverso le figure dei "tecnici" che devono decidere in merito alle scelte urbanistiche e a quelle inerenti la tutela del patrimonio, tutti possono utilizzare il portale e decidere se fermarsi alle informazioni di partenza oppure approfondire lo studio di un singolo elevato o, ancora visualizzare lo sviluppo diacronico della città. La piattaforma GIS consente infatti di produrre, a partire dai dati noti, nuove informazioni sulle caratteristiche di uno specifico contesto urbano in fatto di sistemi costruttivi, aggregazioni edilizie e caratteri stilistici e in futuro

¹³ www.mappaproject.org/webgis Mancano ad oggi i dati sugli interri poiché, come abbiamo detto, lo studio è nelle fasi iniziali.

potrebbe rivelarsi utile per una ricostruzione 3D del centro storico nelle sue varie vasi edificative. L'apparato fotografico (in corso di elaborazione al momento della stesura di questo contributo), oltre a documentare quanto riportato nelle schede (ovvero i CF/CA riconosciuti all'interno di una Unità Architettonica Urbanistica e, per gli edifici affac-

ciati sui Lungarni, anche le Fasi costruttive che li riguardano), è un archivio di testimonianze atte alla registrazione dello stato di conservazione degli elevati e del loro eventuale tipo di degrado, un ulteriore strumento finalizzato alla conoscenza e alla salvaguardia del patrimonio architettonico.

(M.F., F.S.)

4. Analisi spaziali e ricostruzioni storiche

Fabio Fabiani, Gabriele Gattiglia, Francesco Ghizzani Marcà,
Francesca Grassini, Maria Letizia Gualandi, Luca Parodi (DOI: 10.4458/0917-04)

4.1 Modelli statistici e modelli matematici

La ricerca archeologica deve continuamente confrontarsi con due principali categorie di variabili: quelle legate alla sfera della campionatura e quelle inerenti la complessità. La campionatura dipende dall'impossibilità di raccogliere ogni singola traccia del passato sia per la natura del record archeologico, sia per la casualità della sua conservazione e del suo rinvenimento: il dato archeologico di per se stesso è parte di un tutto che non avremo mai la possibilità di conoscere nella sua completezza, ma che possiamo cercare di capire nella sua generalità. La complessità, invece, è relativa all'origine della fonte archeologica e alla metodologia di raccolta e documentazione del record archeologico, quest'ultima influenzata dall'evoluzione nel tempo della disciplina, dalla carenza di standardizzazione, dall'aumento della produzione complessiva dei dati archeologici e del numero di operatori che producono i dati (ANICHINI 2012a).

Elemento unificatore dei dati archeologici è la componente spaziale, che è precisa e univoca per tutti. L'archeologia deve, quindi, iniziare a fare i conti con una grande mole di dati spaziali, complessi, eterogenei e casuali e deve imparare a processarli in via automatica per produrre nuova conoscenza, se vuole cogliere le opportunità di ricerca offerte dai *Big Data*. Agli archeologi non basterà più selezionare i modelli statistici e/o matematici più utili tra quelli a disposizione, ma dovranno imparare a integrarli con nuovi modelli pensati *da e per* l'archeologia.

È in quest'ottica che abbiamo compiuto il percorso che presentiamo nelle prossime pagine, un percorso che utilizza modelli di analisi spaziale già collau-

dati e propone strumenti nuovi. Punto di partenza sono stati – sempre e comunque – i dati archeologici grezzi, rivisti e categorizzati (FABIANI, GATTIGLIA 2012), e i dati geomorfologici (cfr. § 2.), consultabili sul MAPPAGis (www.mappaproject.org/webgis) in modo da produrre una lettura complessiva delle trasformazioni urbane, che tenesse conto della paleogeografia urbana. I dati sono stati sottoposti a tre differenti tipologie di analisi spaziale, le prime due presenti nella maggior parte dei software GIS (*kernel density estimation* e *kriging*), la terza realizzata *ad hoc* e basata sul modello matematico predittivo sviluppato nel corso del Progetto MAPPA.

4.1.1 Modelli statistici: *kernel density estimation*, *kriging* e *co-kriging*

La *kernel density estimation* (KDE) è un metodo non parametrico di stima della densità di una variabile aleatoria e si colloca all'interno della famiglia delle *point pattern analysis*¹, che sono tecniche di analisi spaziale realizzate a partire da dati vettoriali puntiformi. È un modello deterministico nel quale una funzione bidimensionale della probabilità della densità (*kernel*) agisce tra valori osservati per creare un'approssimazione continua della sua distribuzione dal centro verso l'esterno, pesando gli eventi a seconda della loro distanza dal punto dal quale viene stimata l'intensità. Nell'elaborare i dati è possibile decidere la forma² e l'ampiezza di banda (o *radius*) del *kernel*. La funzione è influenzata direttamente dal *radius* entro il quale la densità del punto viene calcolata: più il *radius* è elevato, più il risultato si avvicina fino a coincidere con una superficie troppo omogenea e continua, più è piccolo, più il risultato tenderà a catturare solo i singoli eventi di parten-

¹Sulla *point pattern analysis* si veda HODDER, ORTON 1976: 30.

²Non in tutti i software GIS.

za. Il valore della densità di ogni cella in cui viene suddiviso lo spazio è calcolato sommando i valori della densità di distribuzione che si sovrappongono in quella cella, producendo un superficie continua più facilmente interpretabile, rispetto a quella ottenuta con la densità semplice, e nella quale sono maggiormente evidenti le concentrazioni. Nel nostro caso, più ritrovamenti archeologici ricadono all'interno del *radius*, maggiore è la densità rilevata in quell'area. Il *radius* va, quindi, valutato sulla base del fenomeno ed eventualmente determinato per aggiustamenti successivi (CONOLLY, LAKE 2006: 186; BEARDAH, BAXTER 1996). Poiché il valore dei singoli dati non può essere pesato, il risultato ottenuto rappresenta un'idea approssimata della struttura spaziale dei dati³, che nel nostro caso descrive il variare della presenza dei ritrovamenti, la loro maggiore o minore concentrazione. La rappresentatività periodo, per periodo, è maggiore nelle aree dove sono stati effettuati molti interventi archeologici, anche in assenza di dati relativi a un determinato periodo. Poiché le analisi effettuate nell'ambito del progetto MAPPA erano mirate alla comprensione dello sviluppo urbano di Pisa nel tempo, si è tenuto conto solo delle tipologie di ritrovamenti relativi all'*area urbanizzata*, escludendo quelli relativi alle *aree agricole/ortive* o ai *contesti naturali*. L'elaborazione è stata fatta con una forma circolare, un *radius* di 150 m, poiché si è ritenuto che all'interno di tale distanza fosse logico supporre la continuità dell'insediamento urbano, e celle di 20 m di lato.

Un modello deterministico non permette di descrivere le variazioni spaziali e predire valori nelle aree nelle quali non esistano dati. Per far questo occorre utilizzare un approccio probabilistico che, considerando i valori da calcolare come risultato di un processo casuale, consenta di gestire l'incertezza dovuta alla mancanza di conoscenza. Utilizzare un modello probabilistico non significa ritenere che

il fenomeno da analizzare abbia o abbia avuto realmente un comportamento casuale, quanto piuttosto affermare la nostra ignoranza rispetto a ciò (ISAACS, SRIVASTAVA 1989). La geostatistica permette di descrivere le variazioni spaziali come il prodotto di due componenti, come espresso dalla *Regionalized variable theory* (MATHERON 1971): una deterministica (un *trend*) e una stocastica, composta da un elemento casuale, correlato con la disposizione globale dei dati, e da un rumore di fondo, anch'esso casuale e altamente localizzato, causato da un errore di misurazione o da processi su piccola scala (LLOYD, ATKINSON 2004). La geostatistica si basa, inoltre, sul principio della dipendenza o autocorrelazione spaziale⁴, cioè sul fatto che i valori osservati sono in relazione fra loro: ciò significa che essi tendono ad essere simili quando sono spazialmente vicini e invece ad avere comportamenti differenti, o perlomeno a differire dai valori medi, quando sono lontani per arrivare – oltre una certa misura – a non avere più alcuna relazione fra loro. Ne consegue che la correlazione fra i valori della variabile tende a diminuire con l'aumentare della distanza.

L'archeologia, pur essendo una disciplina fortemente legata alla componente geografico/spaziale, non ha fatto finora un elevato utilizzo di strumenti geostatistici, come ci si potrebbe aspettare⁵, anche se negli ultimi anni si nota una certa propensione all'utilizzo di interpolazioni *kriging*⁶, ovvero interpolazioni geostatistiche pesate, basate sull'autocorrelazione, che trovano applicazione nei casi in cui tanto la distribuzione, quanto la densità dei punti siano irregolari. Il peso dato ai valori dipende dalla loro disposizione nello spazio e dal grado di autocorrelazione spaziale nella distribuzione: per questo si usa un semivariogramma⁷, cioè un grafico che evidenzia, in maniera sia qualitativa sia quantitativa, il grado di dipendenza spaziale – ovvero l'autocorrelazione

³ Si veda anche CITTER 2012.

⁴ Si veda HODDER, ORTON 1976: 174 ss., con una serie di applicazioni archeologiche.

⁵ Si veda LLOYD, ATKINSON 2004, per una breve rassegna.

⁶ PECCI 2009 per i fosfati, CITTER 2012 per analisi urbane, GATTIGLIA 2012 per la costruzione di modelli DEM storici.

⁷ <http://en.wikipedia.org/wiki/Variogram> (ultimo accesso 07/06/2013).

– e che, mettendo in relazione la distanza tra due punti e il valore di semivarianza tra le misure effettuate in questi due punti, interpola la varianza dei valori osservati in gruppi di coppie di punti a distanze fissate. Il grafico del semivariogramma evidenzia tre parametri fondamentali:

- il *range*, la distanza massima all'interno della quale si manifesta l'autocorrelazione,
- il *sill*, il valore massimo raggiunto dalla semivarianza,
- il *nugget*, parte non spiegabile della semivarianza, che è imputabile a errori di misura, errori strumentali e alla variabilità spaziale presente a distanze inferiori a quella minima di campionamento.

Per ottenere una funzione continua, il semivariogramma dev'essere associato a un modello matematico, necessario a descrivere l'andamento generale della variazione spaziale. I modelli più usati sono quelli circolari, sferici ed esponenziali. I primi due mostrano un decremento dell'autocorrelazione, fino a che questa diviene uguale a 0 ad una distanza determinata (*range*). I modelli esponenziali si applicano in presenza di una decrescita esponenziale dell'autocorrelazione con l'aumentare della distanza, per scomparire a distanza infinita. La scelta del modello matematico rappresenta un passaggio difficile, in quanto ogni modello produce differenti valori per il *range* e per il *nugget* e quindi influenza in modo differente l'interpolazione.

Il *kriging* offre la possibilità di definire i principali orientamenti nella diffusione dei valori (*kriging* anisotropico) o di non definirli (*kriging* isotropico). L'anisotropia è la proprietà per la quale un determinato set di dati ha caratteristiche che dipendono dalla direzione lungo la quale sono considerati: ad esempio una direzione dei venti prevalenti o, nel caso dell'archeologia, la disposizione dei rinvenimenti lungo un asse viario. Prima di procedere all'interpolazione è necessario analizzare i dati per verificare se siano trattabili con il *kriging*: i presupposti fondamentali sono che il fenomeno da studiare sia in qualche

modo continuo (questo modello non apprezza brusche interruzioni), che i dati siano numericamente e topograficamente rilevanti, che si distribuiscano secondo una curva gaussiana e che, da una certa distanza spaziale in poi, non ci sia più correlazione, ovvero che la curva del semivariogramma si disponga come una parabola per poi appiattirsi oltre una certa soglia, cioè quando raggiunge il *sill*. Al termine della procedura, il *kriging* produce una carta dell'errore standard, che può essere usata per identificare le aree dove l'interpolazione è meno accurata e quindi meno attendibile.

Ha senso applicare questo tipo di analisi ai dati archeologici e, nel caso specifico, a quelli urbani? In termini più concreti, è lecito ipotizzare, ad esempio, che accanto a un ritrovamento archeologico a carattere urbano, come una casa-torre, possa esserci un altro elemento a carattere urbano? La risposta è probabilmente sì, ma non sempre il tessuto di una città si sviluppa come un *continuum*: esistono infatti interruzioni repentine determinate, ad esempio, dalla presenza di mura urbane o di una barriera geografica come un fiume. Per ovviare al primo problema, tutti i dati archeologici sono stati pesati, mentre per superare il secondo si è scelto di unire al/ai dataset archeologici il dataset geomorfologico, utilizzando il *co-kriging*. Questo approccio, definito anche *stratified kriging*, consente di aggiungere ulteriori informazioni spaziali, allo scopo di migliorare l'interpolazione. In pratica, il *co-kriging* usa tanto l'autocorrelazione della variabile in oggetto, quanto la correlazione tra questa e una (o più) variabili quantitative per fare una migliore predizione del valore pesato usato nell'interpolazione. La parametrizzazione dei dati è stata fatta attribuendo un coefficiente di sviluppo urbano variabile da 1 a 4. Più il valore è alto, più risulta esplosione del tessuto urbano: ad esempio una casa-torre bassomedievale ha un coefficiente 4, mentre un terreno agricolo ha un coefficiente 1, un terreno ortivo 2, una chiesa 3; lo stesso vale per le forme geomorfologiche, dove il fiume ha coefficiente 1

e l'alto morfologico coefficiente 3 o 4, a seconda dei periodi storici⁸.

Un'avvertenza, sperando di non eccedere in pedanteria, è quella di non utilizzare il *tool* presente in molti software GIS con le impostazioni di *default*: come per altri strumenti informatici, il rischio di utilizzare la modalità *next-next-finish* è molto elevato e i risultati, per quanto esteticamente piacevoli, sono poco informativi o addirittura fuorvianti.

4.1.2 Il modello matematico di mappa

Per poter avere il più possibile il controllo delle procedure⁹, è auspicabile che gli archeologi pensino a soluzioni maggiormente idonee ai loro set di dati. Il modello approntato durante il progetto MAPPA (cfr. § 6.) è un modello matematico pensato espressamente per il calcolo predittivo del potenziale archeologico di un'area urbana ed elaborato direttamente *da e per* gli archeologi, che si è rivelato estremamente utile come strumento di ricerca per la sua capacità di predire l'organizzazione degli spazi urbani. La differenza tra un modello statistico e un modello matematico è che il primo si limita a valutare le probabilità di distribuzione di un evento, il secondo ricrea le regole di base che governano un determinato evento. Il modello matematico di MAPPA si basa su una modifica dell'algoritmo PageRank, partendo dall'assunto che i criteri utilizzati per l'attribuzione del potenziale archeologico siano molto simili a quelli adoperati dai motori di ricerca per l'assegnazione di importanza alle pagine web, in quanto entrambi fondati sulle relazioni reciproche.

Per consentire all'algoritmo di funzionare, i dati archeologici sono stati categorizzati e parametrati in base al loro potenziale informativo, con una griglia di calcolo più sofisticata della pre-

cedente, in cui però, ancora una volta, a valori maggiori corrisponde un maggiore grado di consistenza urbana (cfr. § 5.). Per consentire al modello matematico di processare i dati in modo da ricreare la realtà urbana, si è proceduto alla creazione algoritmica di "aree funzionali", vale a dire dei livelli di base dell'organizzazione spaziale e funzionale cittadina in base alla tipologia dei dati archeologici: area urbana, suburbana, rurale. Ogni dato archeologico, in questo modo, risulta correlato all'area funzionale in cui si trova e diffonde il proprio potenziale informativo in maniera non uniforme, bensì ponderata tenendo conto del dato geomorfologico: quest'ultimo costituisce infatti una sorta di "condizione di base" per lo sviluppo urbano (ad esempio, dove c'è il letto del fiume non può esserci abitato), secondo il principio che dati archeologici presenti in una determinata area funzionale abbiano nei dintorni dati simili.

G. G.

4.2 Dalle analisi spaziali alla storia

Per delineare le principali linee evolutive dell'insediamento pisano nei tremila anni di storia della città, utilizzando i modelli statistici e matematici appena descritti, i dati archeologici censiti nel MappaGIS, unitamente a quelli relativi alla geomorfologia e all'idrografia dell'area oggetto di studio, sono stati suddivisi in sette grandi periodi storici:

- età protostorica e villanoviana, II millennio - VIII secolo a.C.,
- età etrusca, VII-I secolo a.C.,
- età romana e tardoantica, I secolo a.C.-V secolo d.C.,
- età altomedievale, VI-X secolo d.C.,
- età bassomedievale, XI-XV secolo,
- età moderna, XVI-XVIII secolo,

⁸ Per gli interventi per i quali è stata autorizzata dagli autori la pubblicazione, i dataset con i valori pesati sono disponibili sul MOD (www.mappaproject.org/mod).

⁹ Ringrazio Nevio Dubbini, il matematico con cui ho lavorato negli ultimi due anni al progetto MAPPA, per avermi spiegato in parole semplici cosa significhino le numerose formule matematiche racchiuse nel *kriging*.

- età contemporanea XIX-prima metà del XX secolo.

Tuttavia non per tutti i periodi storici individuati è stato possibile procedere alle analisi spaziali *kernel density*, *kriging* e *co-kriging* e all'interpolazione con il modello matematico elaborato nell'ambito del progetto MAPPA, a causa della scarsità e/o della disomogeneità dei dati disponibili. Per l'epoca protostorica, ad esempio, non è stato possibile effettuare alcun tipo di interpolazione, mentre per il periodo etrusco è stato effettuato il *kriging* e non il *co-kriging*, per l'impossibilità di disporre di dati archeologici e di dati paleogeografici sovrapponibili.

I risultati delle analisi effettuate sono illustrati, periodo per periodo, nei paragrafi che seguono. Prima di passare all'esame dei dati, tuttavia, occorre fare ancora due precisazioni in merito alla distribuzione dei rinvenimenti archeologici, allo scopo di non avere un'immagine distorta delle informazioni che da essi si ricavano. La prima precisazione riguarda la "distribuzione cronologica" dei ritrovamenti: com'è logico aspettarsi, il loro numero è maggiore per le epoche più recenti e tende progressivamente a diminuire man mano che si risale indietro nel tempo. A Pisa, tuttavia, questo fenomeno è particolarmente accentuato e dipende solo in parte dalla minore densità d'insediamento dei periodi più antichi. Su di esso influisce infatti anche la peculiare geomorfologia e idrografia del territorio sul quale sorge la città, caratterizzato da una falda acquifera particolarmente alta: in molti punti l'acqua affiora a meno di un metro di profondità dal piano attuale, rendendo di fatto impossibile scavare in profondità senza l'installazione di opportuni sistemi di drenaggio del terreno. Il costo elevato di questi impianti fa sì che in moltissimi casi lo scavo s'interrompa ai primi affioramenti d'acqua (corrispondenti generalmente ai livelli d'uso della città medievale), senza spingersi in profondità fino alle quote dell'insediamento romano e, a maggior ragione, di quello etrusco e

protostorico, che pure sappiamo essere anch'essi attestati a Pisa.

La disomogeneità nella distribuzione dei dati archeologici non è però solo cronologica, ma anche "geografica". In tutte le epoche storiche, infatti, i rinvenimenti si concentrano in misura massiccia nella porzione di città a nord dell'Arno, mentre a sud del fiume sono sempre estremamente scarsi. Se è vero che – com'è ormai ampiamente dimostrato – fin dalle origini Pisa si è sviluppata nella fascia di territorio compresa fra l'Arno a sud e l'Arno a nord, gravitando prevalentemente su quest'ultimo fiume (almeno fino al Medioevo avanzato), questo non basta a rendere ragione della povertà di rinvenimenti nei quartieri meridionali della città moderna. C'è infatti un altro aspetto sul quale occorre riflettere. Proprio a causa del maggior numero di resti archeologici tornati in luce, la parte nord-occidentale di Pisa è stata coperta dalle due declaratorie emanate nel 1986 e nel 1993 dalla Soprintendenza per i Beni archeologici della Toscana a tutela del patrimonio sepolto. Grazie ad esse, nei quartieri nord-occidentali della città la sorveglianza sugli interventi edilizi e sulla realizzazione d'infrastrutture si è fatta più accurata nell'ultimo ventennio, favorendo una quantità di nuove scoperte. Così, invece, non è stato in gran parte dei quartieri meridionali e orientali della città, con l'ovvia conseguenza che la porzione di territorio meno conosciuta, e per questo meno tutelata, ha continuato e continua tuttora a rimanere pressoché sconosciuta e meno tutelata¹⁰. Questa realtà, che emerge con estrema chiarezza dalle ricerche condotte nell'ambito del progetto MAPPA, deve pertanto far riflettere sul sistema di tutela del patrimonio archeologico di Pisa e auspicabilmente portare gli organi del MiBAC a pensare a nuovi strumenti, più adeguati a proteggere un territorio di grande ricchezza archeologica e paesaggistica qual è quello di Pisa nel corso dei secoli.

M.L.G.

¹⁰ GUALANDI 2012, p. 15.

4.2.1 Età protostorica e villanoviana

In questo lunghissimo arco di tempo sono compresi i dati relativi al periodo Eneolitico, all'età del Bronzo e all'età del Ferro¹¹, tutti troppo pochi per tentarne letture differenziate. Si fa riferimento ad un totale di 51 ritrovamenti, collocati soprattutto a nord dell'attuale percorso dell'Arno. Tipologicamente il 23% dei ritrovamenti è relativo a *Contesti naturali*, mentre i ritrovamenti riferibili a stratificazioni più propriamente antropizzate sono così ripartiti:

- *aree ad uso privato* 27% riferiti nella quasi totalità a capanne;
- *frequentazione* 24%, si tratta di soli reperti mobili;
- *aree funerarie* 3%;
- *aree ad uso pubblico, aree produttive e aree agricolo/ortive* tutte attestate al 2% con un solo ritrovamento.

Dal punto di vista della ricostruzione paleogeografica (cfr. § 2), è invece possibile distinguere tra l'Eneolitico e le età del Bronzo e del Ferro. Nel primo caso, la zona dove sarebbe sorta Pisa appare caratterizzata da un'estesa area palustre, attraversata da almeno tre paleocorsi fluviali: l'Arno e due bracci dell'*Auser*. Del primo non è stato possibile individuare con precisione il paleoalveo nella miriade di tracce visibili a sud del corso attuale, a partire dalla zona di piazza Vittorio Emanuele II. Quanto all'*Auser*, un ramo costeggia la porzione settentrionale dell'attuale centro storico di Pisa, mentre un secondo braccio, dopo un'ampia curva a ovest dell'area di porta a Lucca-Arena Garibaldi, prosegue verso sud lungo via della Faggiola e, nell'ultimo tratto, via Nicola Pisano, per poi immettersi nell'Arno circa 250 metri ad ovest del ponte di Mezzo. Nell'età Bronzo-Ferro l'Arno appare in progressiva migrazione verso nord, fino a raggiungere un corso non molto dissimile da quello attuale. Quanto all'*Auser*, il ramo

settentrionale rimane all'incirca nella stessa posizione, mentre quello confluyente in Arno si sposta più a ovest, all'altezza dell'attuale ponte della Cittadella, dove arriva con un percorso lungo via Bonanno Pisano, ben individuato a partire dal Polo di Ingegneria dell'Università. Per quanto riguarda l'assetto topografico, per tutto il periodo dall'Eneolitico alle età del Bronzo e del Ferro permane un'area soggetta a frequenti episodi di esondazione fluviale nella zona compresa tra i due percorsi del braccio dell'*Auser* confluyente in Arno, ovvero tra le vie Nicola e Bonanno Pisano, mentre le aree palustri cominciano lentamente ad asciugarsi.

Come abbiamo accennato, la scarsità di dati ha impedito per il periodo più antico della storia di Pisa di effettuare analisi spaziali. Si è però provato ad applicare il modello matematico (fig.4.1), ottenendo il risultato che qui proponiamo, senza però azzardare alcuna ipotesi in merito alle dinamiche insediative. Visto la tipologia e la quantità dei dati a disposizione, i ritrovamenti alla base della definizione delle aree funzionali determinate dal modello matematico sono caratterizzati da una limitata differenziazione tipologica e da una elevata variabilità cronologica. Questa scelta è legata alla necessità di delimitare almeno delle aree di generica frequentazione, senza la pretesa di collegarle ad un carattere funzionale prevalente. I ritrovamenti relativi a frequentazioni di età eneolitica sono tutti disposti lungo un asse nord-sud, che segue il percorso di via Buonarroti¹², nella parte est dell'odierna città, tra porta San Zeno e il corso dell'Arno. Per quanto riguarda l'area di piazza dei Cavalieri la presenza dell'area funzionale è legata a ritrovamenti relativi all'età del Bronzo, provenienti da carotaggi¹³. Invece più a nord, nell'area di Porta a Lucca sono presenti due nuclei apparentemente contigui, ma in realtà molto differenziati: il nucleo più a nord, in via

¹¹ ZANINI 1997.

¹² SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 97*, in MappaGIS; ANICHINI F. 2012, *Scheda di intervento n. 319*, in MappaGIS.

¹³ GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 623*, in MappaGIS.

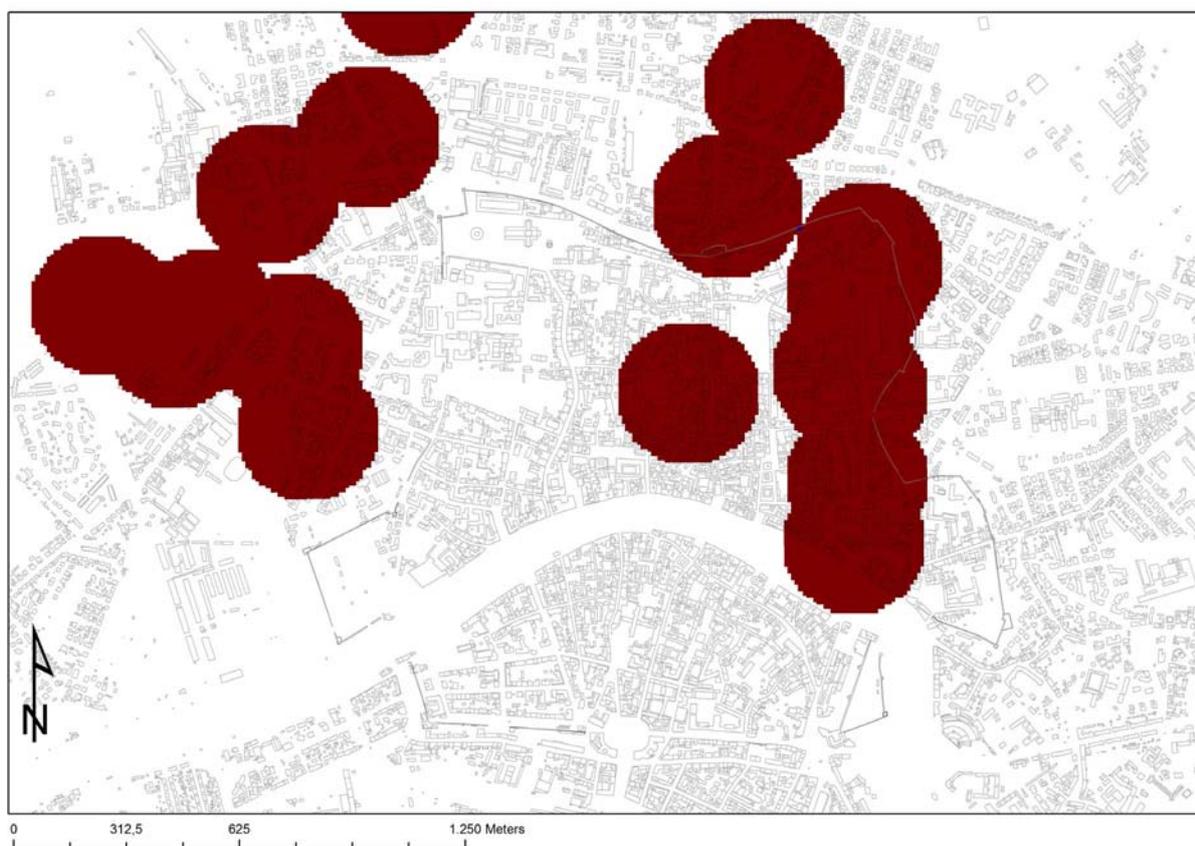


Fig. 4.1 Le aree funzionali relative all'età protostorica: abitato/frequentazione (in bruno)

di Gello, è relativo all'età del Bronzo finale¹⁴, mentre quello più a sud, corrispondente alla necropoli di via Marche¹⁵, è più tardo e risale all'età del Ferro. Altri ritrovamenti riferiti a necropoli si trovano a nord ovest nell'area del viale delle Cascine e si datano all'inizio dell'età del Ferro¹⁶. Frequentazioni dell'età dal Ferro sono inoltre attestate nell'area ex-Scheibler, a ovest della città moderna, dove sono emersi anche sporadici ritrovamenti riferibili all'età del Bronzo¹⁷. Dal modello matematico non può emergere un ritrovamento avvenuto all'interno di un contesto naturale a sud dell'Arno, in piazza Vittorio Emanuele II, relativo a reperti lignei lavorati dell'età del Bronzo

finale-primo Ferro poiché si tratta di materiali non *in situ*, trasportati verso sud dalla corrente di uno dei paleovalvei dell'*Auser* che attraversavano in direzione nord-sud l'area della città¹⁸.

4.2.2 Età etrusca (fine VIII-inizi I secolo a.c.)

I ritrovamenti archeologici relativi all'età etrusca, che va dall'ultimo quarto dell'VIII secolo agli inizi del I secolo a.C., sono complessivamente 246¹⁹. Topograficamente si collocano per lo più a nord dell'Arno, mentre dal punto di vista della tipologia, la categoria di ritrovamenti maggiormente attestata è quella definita come

¹⁴ CAMPUS A. 2012, *Scheda di intervento n. 142*, in MappaGIS.

¹⁵ LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 421*, in MappaGIS.

¹⁶ LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 295*, in MappaGIS; CAMPUS A. 2012, *Scheda di intervento n. 237*, in MappaGIS.

¹⁷ LA ROSA L. 2012, *Schede di intervento nn. 48, 51, 184, 262*, in MappaGIS.

¹⁸ SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 686*, in MappaGIS.

¹⁹ Cfr. MappaGIS: <http://mappaproject.arch.unipi.it>.

- *frequentazione* (45%), pari a 110 ritrovamenti, di cui 101 classificati sulla base della presenza di reperti mobili, 8 tracce d'uso e uno non determinato.

I rimanenti 136 ritrovamenti si ripartiscono nelle seguenti categorie:

- *area ad uso privato* (20%),
- *area funeraria* (10%),
- *contesti naturali* (7%),
- *area ad uso pubblico* (5%),
- *area agricola-ortiva* (4%),
- *infrastrutture* (4%),
- *non luogo* (3%),
- *area produttiva* (2%).

Per mostrare più compiutamente le variazioni nel tempo del tessuto urbano e, in particolare, il passaggio da una città in formazione ed espansione a una città che, in epoca ellenistica sembra subire una contrazione, i ritrovamenti sono stati ulteriormente distinti in due gruppi: nel primo sono stati compre-

si i rinvenimenti databili dall'età orientalizzante all'età classica, ovvero fra la fine dell'VIII e il terzo quarto del IV secolo a.C. (pari a 120), nel secondo quelli di età ellenistica, collocabili tra la fine del IV e gli inizi del I secolo a.C. (57 in tutto). Entrambi i gruppi sono stati sottoposti a *kernel density estimation* e *kriging*, ma non a *co-kriging* perché la natura dei dati geologici e geomorfologici che è stato possibile raccogliere non ha permesso di elaborare una ricostruzione paleogeografica che valesse per tutto il periodo etrusco, ma solo per la fase più antica: di conseguenza, l'estensione di quella ricostruzione ad epoche assai più tarde avrebbe creato forti disturbi nelle interpolazioni. Come per altri periodi storici (*infra*), il modello matematico è stato elaborato invece sulla totalità dei dati, per la necessità di disporre di un campione numericamente e topograficamente significativo.

La ricostruzione paleogeografica mostra nel periodo etrusco un complesso reticolo idrografico, sog-



Fig. 4.2 Kernel density estimation dei ritrovamenti di età arcaica e classica (fine VIII-IV secolo a.C.); più scure le aree con maggiore concentrazione di rinvenimenti

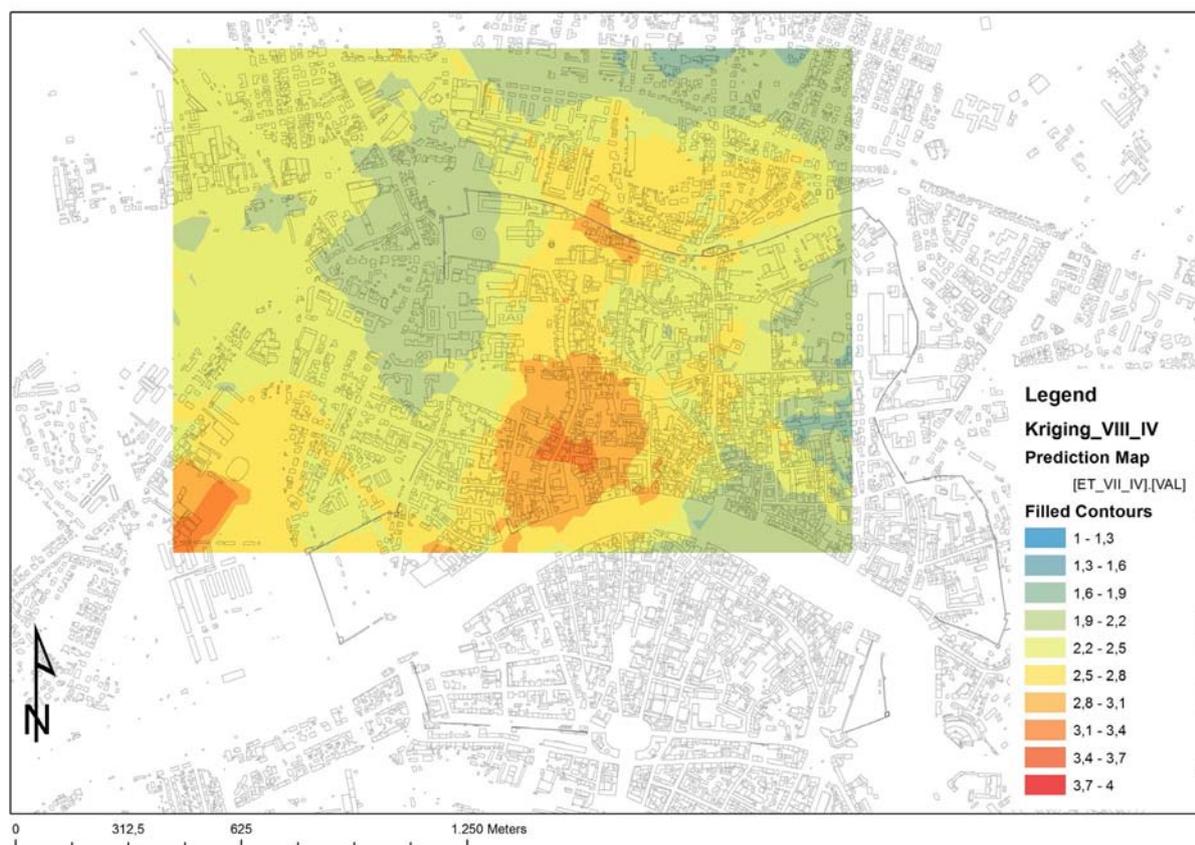


Fig. 4.3 Kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in età arcaica-classica (fine VIII-IV secolo a.C.); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

getto a frequenti divagazioni proprio in corrispondenza di Pisa: se l'Arno scorre in maniera lineare, circa 100-150 m a sud dell'attuale corso, più a nord l'*Auser* si divide in un intrico di rami, non necessariamente tutti attivi contemporaneamente. Il ramo principale si snoda con un percorso serpeggiante nell'area nord-orientale della città odierna, formando una grande ansa a sud-est del quartiere di porta a Lucca, in progressiva migrazione verso piazza Santa Caterina, che rende tutta questa zona soggetta a frequenti inondazioni. Nell'area di piazza del Duomo sono stati individuati ben due paleoalvei, rispettivamente a nord e a sud della piazza, di cui però non è possibile asserire con certezza se siano stati attivi nello stesso momento, facendo di questa zona un'isola fluviale, almeno per un certo periodo. Un ramo dell'*Auser* confluyente in Arno è attestato, infine, dal geografo Strabone, che scrive fra I secolo a.C. e I d.C., rifacendosi però a testi più antichi: tuttavia i rinvenimenti e le inda-

gini geofisiche effettuate finora non consentono di collocarne con precisione il tracciato, a differenza di quanto è stato possibile fare per le precedenti epoche pre- e protostorica. Intorno ai corsi fluviali si estendono aree palustri a carattere effimero come quella, assai ampia, compresa fra le vie Santa Maria e Bonanno Pisano.

Per quanto riguarda i rinvenimenti databili dall'età orientalizzante all'età classica, la *kernel density estimation* (fig. 4.2) mette in evidenza la presenza, a nord dell'Arno, di tre nuclei di maggiore concentrazione, indicati dal colore marrone di maggiore intensità. Il più esteso si concentra in un'area quadrangolare, compresa fra via dei Mille e piazza dei Cavalieri a nord, Borgo Stretto a est, piazza Dante e via l'Arancio a sud, via Santa Maria a ovest. All'interno di quest'area, la maggiore densità dei ritrovamenti si registra intorno a piazza dei Cavalieri e, in misura leggermente inferiore, intorno a piazza Dante, mentre si legge

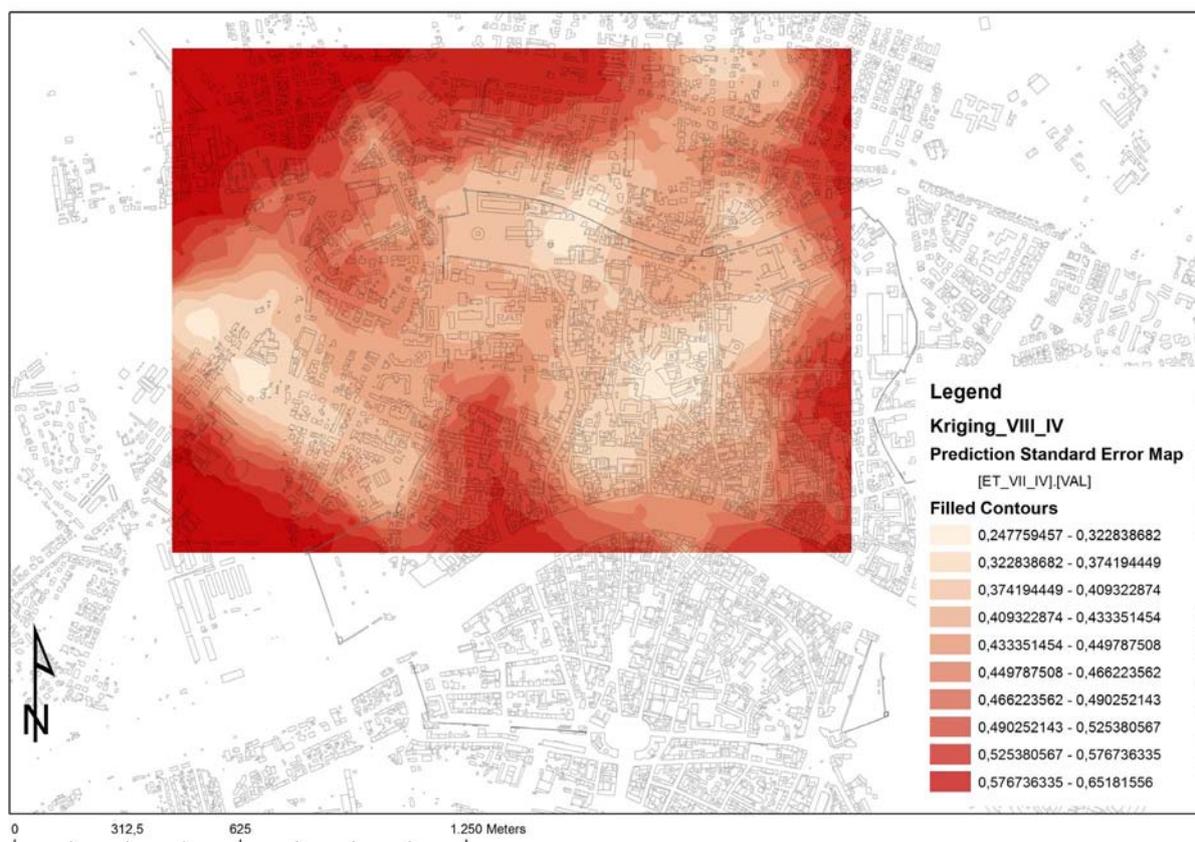


Fig. 4.4 Validation map del kriging di età arcaica e classica (fine VIII-IV secolo a.C.); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

attraverso una traccia più tenue l'estensione verso nord ovest, nell'area di piazza Santa Caterina e porta San Zeno.

Il secondo nucleo, di dimensioni più contenute, si trova più a nord, tra la porzione orientale di piazza del Duomo e la porta San Ranierino, con una punta che si spinge oltre via Contessa Matilde e quindi oltre l'antico corso dell'*Auser*, che in quel punto piegava verso sud dopo un'ampia curva nei pressi di via Marche. Proprio qui è stato rinvenuto un lungo muro la cui posizione estremamente prossima al paleoalveo dell'*Auser* ha portato ad interpretarlo come un'infrastruttura funzionale al corso fluviale²⁰.

Il terzo nucleo, infine, è ubicato nella zona occidentale della città moderna, tra il polo di Ingegneria dell'Università, la stazione ferroviaria di San Rossore e la via Aurelia. Mentre tra i primi due nuclei vi è

una sostanziale continuità territoriale, il terzo appare separato dagli altri, specie nella zona più prossima all'Arno, tra lungarno Simonelli e via Savi, dove rimane a lungo un'estesa area di palude.

L'analisi spaziale *kriging* (fig. 4.3) che evidenzia le aree in cui maggiore è la possibilità che si estenda il tessuto urbano e suburbano, ridimensiona le informazioni che emergono dalla *kernel density*. Aree indicate in arancio più o meno scuro, a seconda della maggiore o minore probabilità, si trovano solo nell'area compresa tra via Santa Maria, via l'Arancio e parte di Piazza Dante e, più a nord, fra la zona orientale di piazza del Duomo, la porta di San Ranierino e via Contessa Matilde. Scompare tutta la zona tra il polo di Ingegneria dell'Università, la stazione ferroviaria di San Rossore e la via Aurelia e, per converso, fa la sua comparsa una

²⁰ GRASSINI 2011.



Fig. 4.5 Kernel density estimation dei ritrovamenti di età ellenistica (fine IV-inizio I secolo a.C.); più scure le aree con maggiore concentrazione di rinvenimenti

zona in arancio scuro in Barbaricina, tra il palazzetto dello sport e la via Aurelia. In questi ultimi due casi, tuttavia, siamo in presenza di dati che la carta di validazione dell'analisi (fig. 4.4) indica con forti margini di errore: le cause di questa inattendibilità sono varie, prima fra tutte la marginalità di quelle zone rispetto all'area di indagine, che talvolta può alterare il funzionamento del *kriging*. Per concludere, l'indicazione che sembra venire dalla combinazione delle analisi spaziali è che la città²¹ si distribuiva in prossimità della riva sinistra dell'*Auser* e, almeno in un punto (fuori della porta di San Ranierino), anche sulla riva destra del fiume²². I rinvenimenti più a nord di quest'area sono relativi a estese aree di necropoli²³.

Dalle analisi non emerge un solo nucleo compatto, connotabile come centro urbano, mentre se ne possono individuare almeno due: quello incentrato intorno a piazza Dante-piazza dei Cavalieri e quello nei pressi della porta di San Ranierino-piazza del Duomo. Questa particolarità può essere spiegata soltanto in parte con la mancanza di dati e con la casualità dei rinvenimenti. La paleogeografia (cfr. § 2) evidenzia infatti una situazione estremamente disomogenea del territorio, con aree umide e talvolta anche acquitrinose alternate ad altre asciutte, che sembrano dare ragione della frammentazione dell'abitato, in un territorio di difficile pianificazione. Se la presenza di un alto morfologico nell'area

²¹ Sulla formazione della città nell'Italia preromana, cfr. *Convegno di Studi Etruschi e Italici* 2005.

²² Per i paleoalvei, cfr. § 2. Per precedenti tentativi di descrizione della città, BRUNI 1998: 99-105, fig. 7; 116-139, fig. 9.

²³ Ad esempio LA ROSA L. 2012, *Scheda d'intervento n. 296*; CAMPUS A. 2012, *Scheda d'intervento n. 310*, TARANTINO G. 2012, *scheda d'intervento n. 583*, in *MappaGIS*.

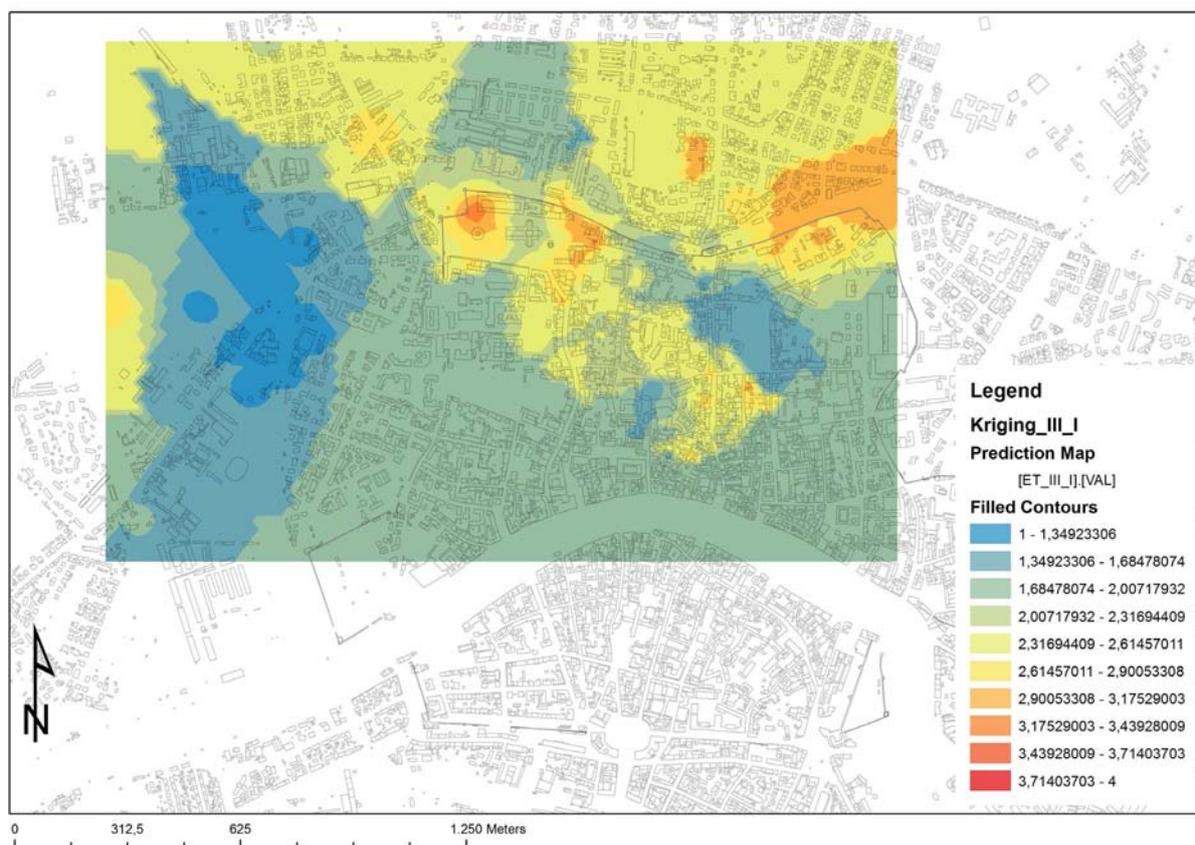


Fig. 4.6 Kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in età ellenistica (fine IV-inizio I secolo a.C.); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

di piazza del Duomo giustifica l'esistenza prolungata nel tempo di strutture a carattere sacro e abitativo²⁴, al contrario la presenza di un'area acquitrinosa nella zona fra via Santa Maria e via Bonanno Pisano è presumibilmente la causa della separazione dei due nuclei insediativi appena ricordati da quello più occidentale²⁵, anche se non si può escludere un'organizzazione degli spazi della città che individua in quella porzione di territorio un'area maggiormente legata ai commerci e alla produzione²⁶, distante dalle zone a prevalente vocazione residenziale. Scendendo in epoca ellenistica, l'analisi spaziale *kernel density* (fig. 4.5) mostra alcune modifiche

sostanziali rispetto al periodo precedente, nonostante si confermi una maggiore concentrazione dei rinvenimenti a nord dell'Arno. Scompare del tutto l'area di forte densità nella zona occidentale dell'odierna città, vicino al polo universitario di Ingegneria, mentre sembrano persistere i due nuclei tra piazza dei Cavalieri e le vie limitrofe e, più a nord, quello fra la porta di San Ranierino, via Contessa Matilde e piazza del Duomo, che ora appare interessata nella sua totalità e, sia pure in maniera più attenuata, fino all'area della stazione di San Rossore. Il nucleo di Piazza dei Cavalieri mostra in questo periodo un'estensione più limitata rispetto a prima, che lo porta a

²⁴ TARANTINO G. 2012, *Schede d'intervento nn. 34 e 336* in MappaGIS.

²⁵ LA ROSA L. 2012, *Scheda d'intervento n. 262*, SCIUTO C. 2012, *Scheda d'intervento n. 376*, CAMPUS A. 2012, *Scheda d'intervento n. 451* in MappaGIS.

²⁶ BRUNI 1998: 121.

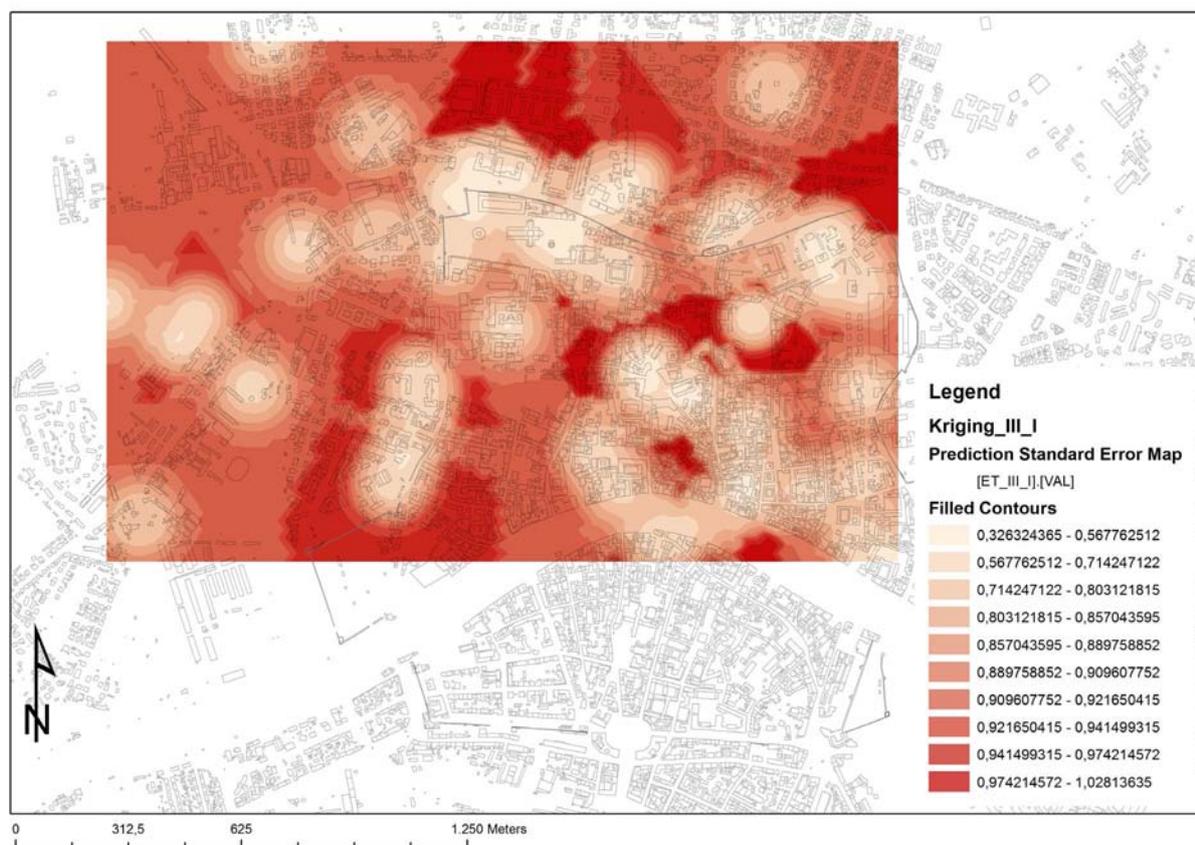


Fig. 4.7 Validation map del kriging di età ellenistica (fine IV-inizio I secolo a.C.); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

distaccarsi dall'area di piazza Santa Caterina e porta San Zeno, che comunque persiste, sia pure con minore intensità, lungo la sponda destra dell'*Auser*.

Il *kriging* (fig. 4.6) mostra un'unica fascia in cui è alta la probabilità che vi sia un nucleo insediativo urbano o suburbano ed è quella compresa tra l'estremità ovest di piazza del Duomo e la porta San Ranierino, con un'interruzione al centro di piazza del Duomo che forse si può spiegare con la mancanza di rinvenimenti (dovuta alla presenza della cattedrale romanica di Santa Maria) posti a una distanza tale da consentire al *kriging* di unire le due aree. L'estensione verso sud, nel primo tratto di via Santa Maria, invece, non è da prendere in considerazione poiché si trova in una zona che la carta di validazione del *kriging* ritiene non attendibile. L'area di San Zeno risulta avere un'alta probabilità di presenza di insediamento urbano o

suburbano dall'analisi *kriging*, sia pure in misura ridotta rispetto a quanto appare nell'immagine: mentre infatti l'ampia zona arancione fuori di porta San Zeno non può essere considerata, perché non affidabile, il piccolo nucleo di forma esagonale, ubicato a ridosso delle mura medievali, risulta pienamente attendibile, fig. 4.7.

Il possibile insediamento urbano e suburbano sembra scendere verso sud, anche se in modo assai meno marcato, fino all'altezza di piazza dei Cavalieri, che però appare ora soltanto lambita sui lati nord ed est, fino all'asse di Borgo Stretto. Sembra invece completamente esclusa l'area di piazza Dante e la zona ancora più a sud, prossima all'Arno.

Nonostante che la relativa povertà di dati per questo periodo suggerisca una certa cautela nel formulare ipotesi, possiamo rilevare una tendenza della città a compattarsi, spostandosi

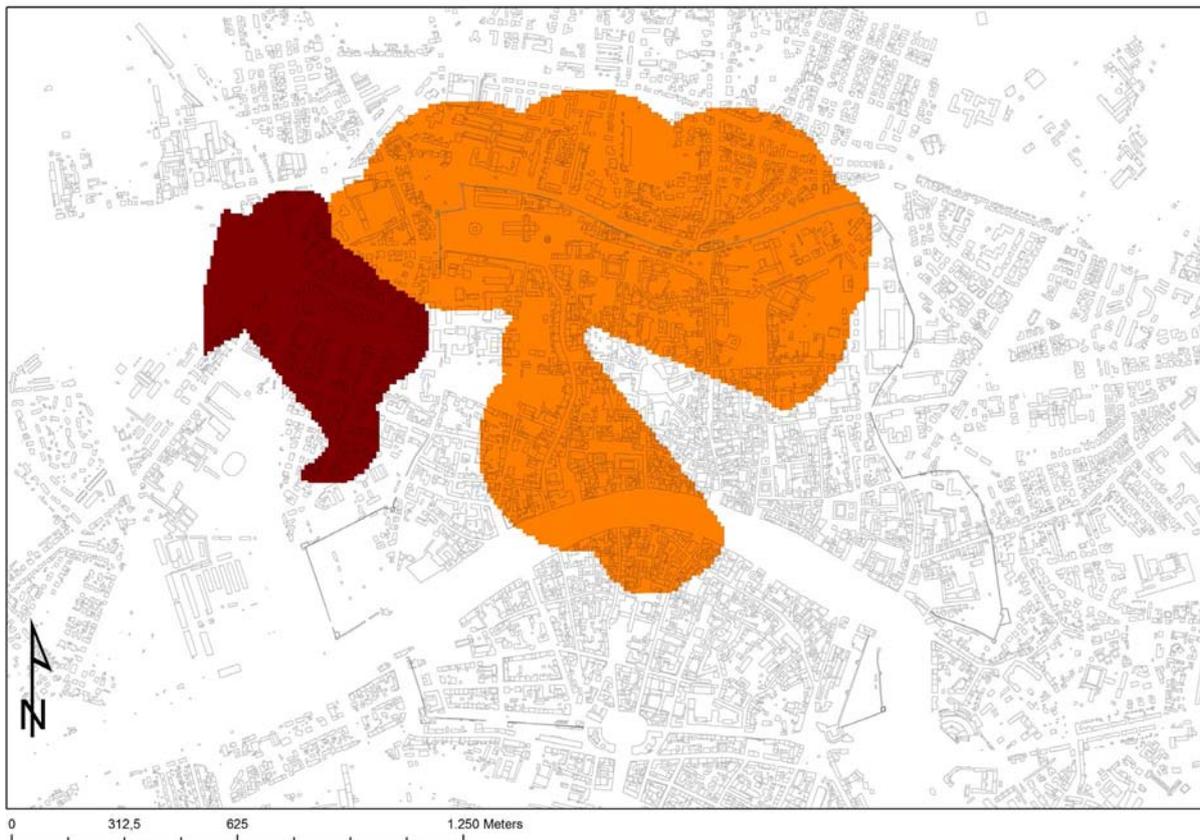


Fig. 4.8 Le aree funzionali relative all'età etrusca (fine VIII-inizio I secolo a.C.): l'area urbana (in arancione), le aree produttive (in marrone)

verso nord²⁷, sulle due sponde dell'*Auser*, per poi gradatamente ritirarsi sulla riva meridionale del fiume, come suggerisce l'avvicinarsi delle necropoli settentrionali all'area di piazza del Duomo²⁸.

A differenza delle analisi geospaziali, il modello matematico di sviluppo della città è stato elaborato tenendo conto dei dati dell'intero periodo etrusco, dall'età arcaica a quella ellenistica, in modo da poter disporre di una quantità di elementi sufficientemente ampia (fig.4.8). Il modello matematico conferma l'esistenza di un'area produttiva (in rosso) concentrata nella parte occidentale della città e di una vasta zona di abitato (in arancione) estesa a nord oltre la riva destra dell'*Auser* e, a sud del fiume, nei quartieri di piazza Santa Caterina,

a est, e della Stazione di San Rossore, a ovest. Ancora più a sud, l'insediamento sembra allungarsi verso l'Arno seguendo per intero via Santa Maria, senza però superare via Savi a ovest e piazza dei Cavalieri a est. Quest'ultimo dato è quello meno coerente con le precedenti letture delle analisi spaziali, che tendevano invece a concentrare proprio in piazza dei Cavalieri una parte dell'insediamento in entrambe le fasi del periodo etrusco. Certamente la genericità e la scarsità di dati relativi a quest'epoca, e in particolare all'area di piazza dei Cavalieri, non hanno aiutato nella costruzione del modello matematico di sviluppo dell'insediamento, ma è anche probabile che i parametri che sono stati presi in considerazione non siano del tutto adeguati a descrivere una realtà urbana con una

²⁷ TARANTINO G. 2012, *Scheda d'intervento n. 724*, LA ROSA L. 2012, *Scheda d'intervento n. 258* in MappaGIS.

²⁸ LA ROSA L. 2012, *Scheda d'intervento n. 281* in MappaGIS.

complessa situazione topografica ed idrografica, qual era quella di Pisa tra la fine dell'VIII e l'inizio del I secolo a.C. (cfr. § 2).

F.G.

4.2.3 Età romana e tardoantica (I secolo a.C.-V secolo d.C.)

I ritrovamenti archeologici di età romana e tardoantica che è stato possibile schedare (e che figurano nel MappaGIS) sono complessivamente 208 e corrispondono a circa il 10% del totale dei ritrovamenti di tutte le epoche. Le informazioni su di essi si ricavano da 164 diversi interventi di scavo, di cui però solo una minima parte (26, pari al 16% del totale) è corredata da una documentazione che consente di georeferenziare con precisione i resti. Inoltre molti degli interventi che ricadono nel centro storico si caratterizzano purtroppo come recuperi di carattere occasionale e pertanto i dati che se ne ricavano sono fortemente decontestualizzati. Gli interventi in grado di fornire informazioni più circostanziate, rappresentati da scavi programmati o di emergenza, si collocano infatti in aree esterne al circuito murario medievale²⁹, salvo poche eccezioni: gli scavi in piazza del Duomo, nella vicina area dell'Arcivescovado, in via Sant'Apollonia e in piazza Dante, ai quali si aggiunge qualche altro intervento di minore entità.

Dal punto di vista della tipologia, visto il carattere occasionale e limitato della maggior parte degli scavi, le categorie di ritrovamenti maggiormente attestate sono quelle definite come

- *frequentazione/presenza* (30,7%), che consiste quasi sempre nel ritrovamento di reperti mobili (per lo più cocci),
- *strutture non determinate* (16,8 %), ovvero resti murari per i quali, data l'assenza di elementi utili ad un'interpretazione puntuale, anche quando appariva plausibile l'appartenenza a strutture abitative è parso preferibile adottare un princi-

pio di prudenza e limitarsi ad una definizione generica.

Per le altre categorie di ritrovamenti, sono state elaborate le seguenti definizioni di carattere generale, accompagnate da ulteriori specificazioni:

- *sistemazione agraria/centuriazione* (12,9%), 'terreno agricolo', 'fosso', 'canale';
- *edificio abitativo* (8,1%), 'domus';
- *infrastrutture idrauliche* (3,8%) 'sistema acque scure', 'sistema acque chiare', 'pozzo', 'vasche di raccolta', 'acquedotto';
- *area defunzionalizzata* (3,8%), 'abbandono', 'obliterazione', 'spoliazione';
- *complesso agricolo/villa* (3,8%), 'ambienti vani';
- *edificio igienico/sanitario* (3,3%) 'terme';
- *area cimiteriale* (3,3%), 'a inumazione', 'a incinerazione';
- *aree produttive per la lavorazione dell'argilla* (2,8%), 'produzione di ceramica', 'produzione di ceramica e laterizi';
- *orto* (2,8%), 'terreno ortivo';
- *ambiente fluviale* (2,8%), 'area di tracimazione', 'piana inondabile', 'canale';
- *infrastruttura viaria* (1,4%), 'strada', 'ponte';
- *infrastruttura portuale/navigazione* (1,4%), 'area di relitti';
- *edificio ludico* (0,4%), 'anfiteatro';
- *struttura celebrativa* (0,4%), 'monumento';
- *infrastruttura di smaltimento* (0,4%), 'discarica organizzata'.

La ricostruzione paleogeografica mostra per l'età romana e tardoantica un forte cambiamento dell'assetto idrografico della pianura, dovuto in parte alla naturale tendenza della piana costiera ad avanzare verso il mare, allontanando progressivamente la linea di costa, dall'altro al massiccio intervento antropico realizzato con la centuriazione, che consente la bonifica pressoché completa del territorio (cfr. § 2.4). L'area nella quale si sviluppa il centro urbano appare caratterizzata da un alto morfologico abbastan-

²⁹ ANICHINI 2012a: 124-125.



Fig. 4.9 Kernel density estimation dei ritrovamenti di età romana (I secolo a.C.-V secolo d.C.); più scure le aree con maggiore concentrazione di rinvenimenti

za esteso, che si sviluppa tra i fiumi Arno, a sud, e *Auser*, a nord, attestandosi alle quote più elevate nella zona di piazza del Duomo, per poi decrescere in modo repentino verso ovest. L'Arno segue un percorso assai simile a quello attuale, solo spostato un po' più a sud nel tratto orientale. L'*Auser* presenta un tracciato assai più tortuoso, che è possibile ricostruire dall'entrata in città, nella zona dell'attuale piazza Santa Caterina, fino quasi al Cantiere delle navi di San Rossore, con quella biforcazione (già individuata in età etrusca) che forse, almeno per un certo tempo, fa dell'area di piazza del Duomo un'isola fluviale. Ancora non definito rimane invece il tracciato del braccio dell'*Auser* confluyente in Arno, ricordato dalle fonti antiche, che comunque sembra

di poter ragionevolmente collocare nella fascia tra via Santa Maria e l'Orto botanico³⁰. Dal punto di vista della distribuzione spaziale, come emerge dalla *kernel density estimation*, la maggior parte dei ritrovamenti di epoca romana si colloca fra l'Arno e l'*Auser* e anche oltre, in una zona che a quel tempo si sviluppava sulla riva destra di quest'ultimo fiume. Più a ovest si localizzano i relitti di navi rinvenuti nell'area del Cantiere di San Rossore e i ritrovamenti di tipo rurale della vicina area ex Scheibler. Del tutto diversa appare la situazione a sud dell'attuale corso dell'Arno, dove i ritrovamenti di epoca romana sono pochi e isolati: nella maggior parte dei casi si tratta di generiche frequentazioni, attestate dal recupero di materiali decontestualizzati (fig. 4.9).

³⁰ BRUNI, COSCI 2003. Labili indizi di *facies* di argine, emersi in un carotaggio effettuato nel cortile di palazzo Boileau, a est dell'orto botanico (SCIUTO C. 2013, *Scheda di intervento n. 947* in MappaGIS) fanno pensare in effetti all'esistenza di un tracciato fluviale nelle vicinanze.

L'analisi spaziale *co-kriging* mostra che le aree dove maggiore è la probabilità che si estenda il tessuto urbano e suburbano (in colore rosso-arancione) della città romana sono quelle poste sulle due sponde dell'*Auser*, lungo una fascia disposta est-ovest, che va dall'area di San Zeno a tutta la zona di piazza del Duomo. A questa si aggiunge una seconda fascia quasi ortogonale, in corrispondenza di via Santa Maria e degli isolati a est di essa, fino all'incirca alla zona di piazza Dante, con due picchi localizzati nel tratto fra piazza del Duomo e piazza Cavallotti. Altre zone di minore estensione si collocano sulle due rive dell'Arno. Con due sfumature di giallo sono indicate invece le aree in cui l'eventuale tessuto insediativo ha probabilmente un carattere meno strutturato, ovvero a maglie più larghe. L'azzurro, infine, indica le aree in cui è assai probabile che non vi sia tessuto insediativo, ad esempio perché occupate dagli alvei fluviali (fig. 4.10).

Come si può vedere, nell'immagine compaiono altre aree di colore arancione-giallo, sia a ovest della città moderna (una lunga fascia che si estende a sud e a nord del polo universitario di Ingegneria), sia a nord-est, al di fuori di porta San Zeno. Di esse tuttavia non si può tenere conto nella ricostruzione della topografia antica, poiché in quelle zone il grado di affidabilità del *co-kriging* è, per vari motivi, assai scarso, come mostra la carta di validazione dell'analisi (fig. 4.11).

L'elaborazione dei dati archeologici e paleogeografici secondo il modello matematico messo a punto nell'ambito del progetto MAPPA permette infine di distinguere un'area propriamente urbana, localizzata nella zona fra Arno e *Auser*, che corrisponde alla fascia centrale dell'attuale centro storico, con un'estensione decisamente superiore in prossimità del fiume settentrionale. Zone di insediamento a carattere suburbano, ovvero spazi di

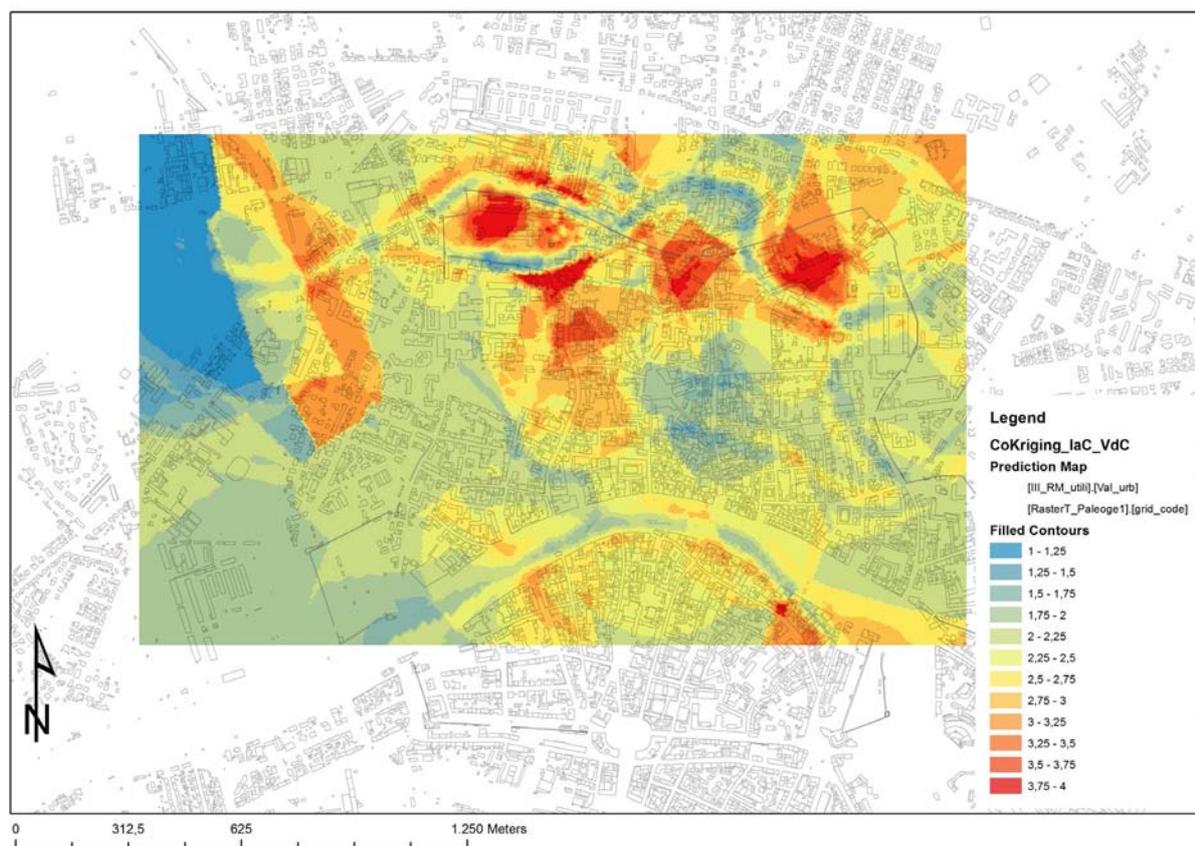


Fig. 4.10 Co-kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in rapporto ai dati paleogeografici in età romana (I secolo a.C.-V secolo d.C.); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

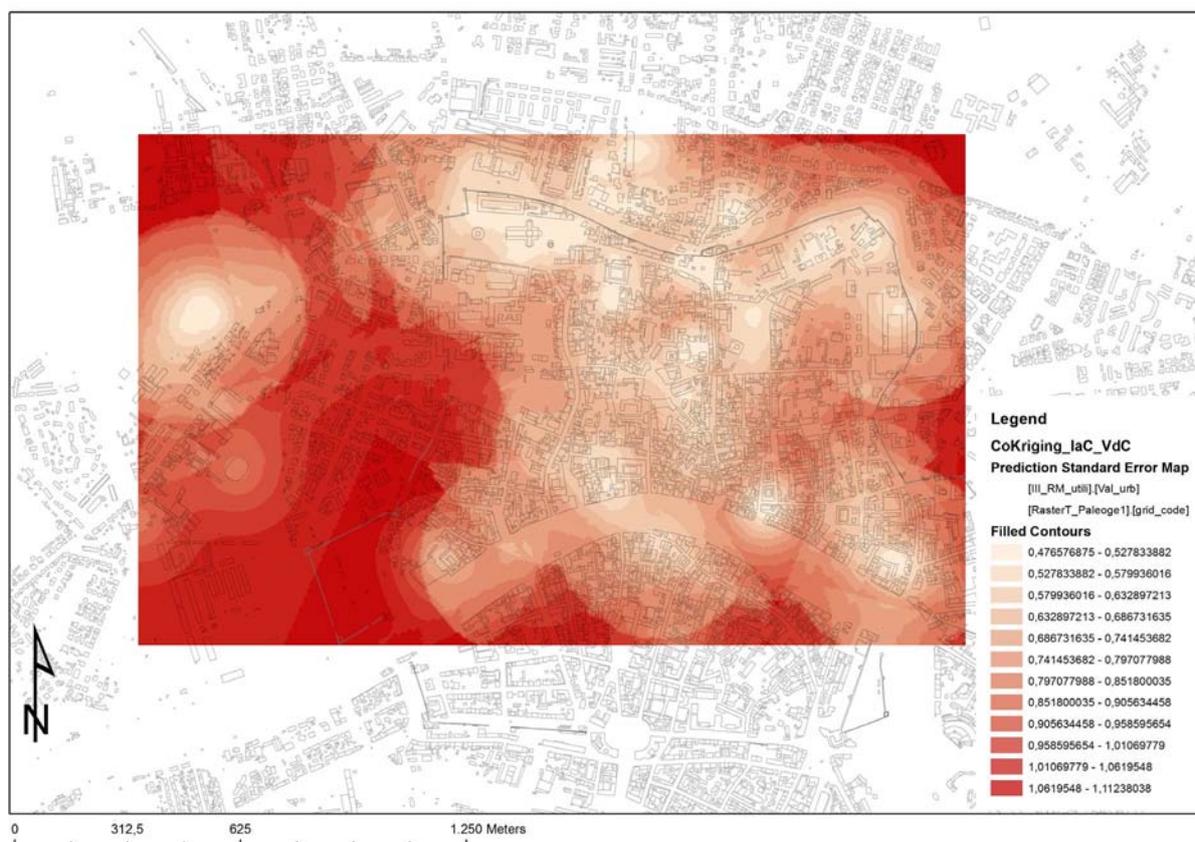


Fig. 4.11 Validation map del co-kriging di età romana e tardoantica (I secolo a.C.-V secolo d.C.); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

transizione graduale tra città e campagna, in cui coesistono differenti tipi di realtà antropiche (strade e acquedotti, abitazioni extramurane e ville con parco, orti, giardini e proprietà fondiarie legate alla produzione agricola, attività artigianali, discariche e aree cimiteriali) si individuano prevalentemente sulla riva destra dell'*Auser*, tra la zona di San Zeno e l'arena Garibaldi e, in un'area più limitata anche a sud dell'Arno, all'interno della grande ansa formata dal fiume (fig. 4.12).

Il confronto fra le analisi spaziali e il modello matematico mostra dunque chiaramente che in età romana Pisa continua a svilupparsi secondo le direttrici già delineate nella precedente età ellenistica. La città si distribuisce infatti in maniera compatta prevalentemente lungo il corso dell'*Auser*, concentrandosi tra piazza del Duomo e l'area delle terme di Nerone a nord e spingendosi a sud nell'area compresa tra via Santa Maria e l'asse via Ober-

dan-Borgo Stretto, fino a toccare, sia pure in modo più rarefatto, aree periferiche tra piazza Dante e piazza Cairoli, fino alla sponda dell'Arno. La mancanza di evidenze archeologiche non fornisce alcuna risposta alla domanda se in età romana la città sia dotata o meno di mura. Probabilmente lo è in epoca tardoantica, quando viene costruita, forse nel corso del V secolo, una cinta muraria ampiamente ricordata dalle fonti medievali, ma di cui non sono state riconosciute finora porzioni sicure. Stando alle fonti documentarie, le mura sembrano racchiudere proprio gran parte di quell'area, allungata in senso nord-sud, in cui il modello matematico colloca l'abitato romano, escludendo la zona di piazza del Duomo (GATTIGLIA 2011, GATTIGLIA 2013). L'*Auser* sembra sostanzialmente segnare il confine fra l'abitato e il suburbio settentrionale; dalla parte opposta, il piccolo nucleo di suburbio meridionale, posto a sud dell'Arno, verosimilmente si trova in corri-

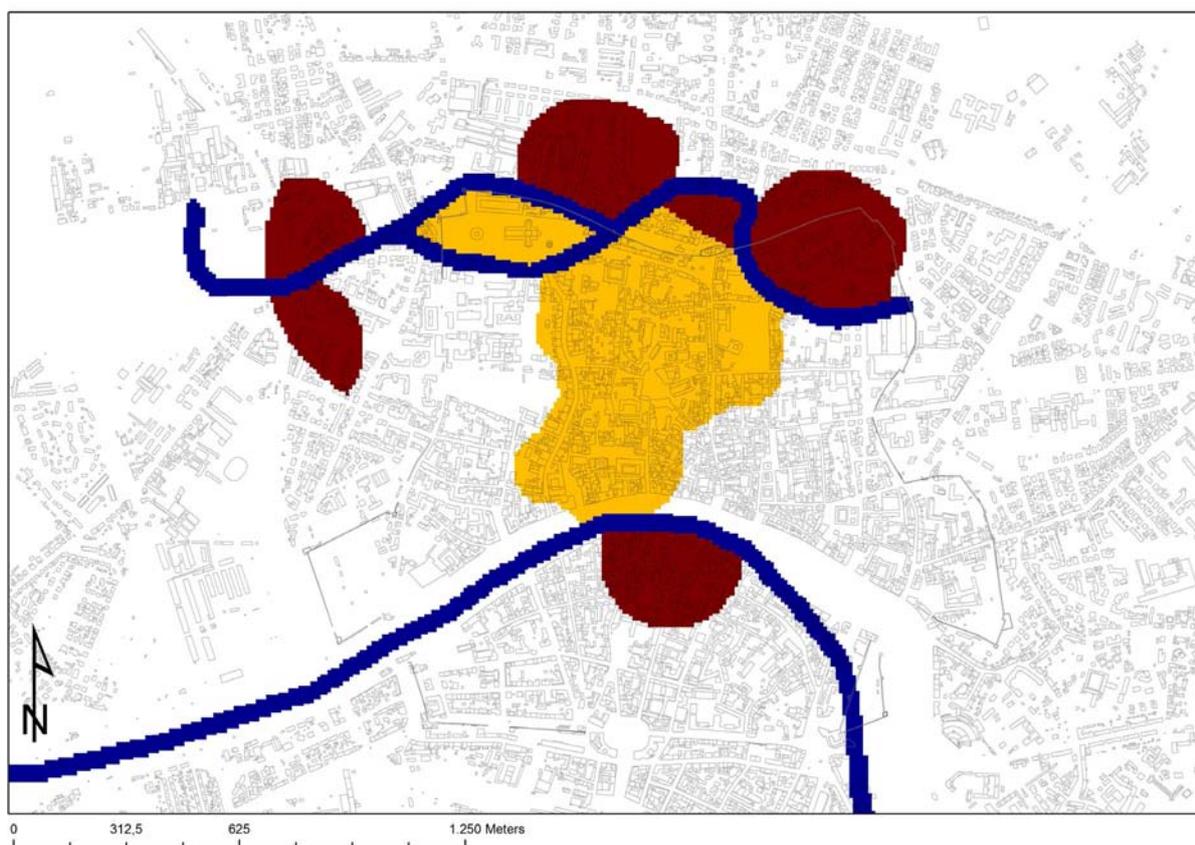


Fig. 4.12 Le aree funzionali relative all'età romana (I secolo a.C.-V secolo d.C.), elaborate dal modello matematico (algoritmo MAPPA): l'area urbana (in giallo), l'area suburbana (in marrone), i fiumi (in blu)

spondenza del ponte attraverso il quale entrano in città le due strade provenienti da sud, l'Aurelia e l'*Aemilia Scauri*, e quella proveniente da est, lungo la riva sinistra dell'Arno.

Senza entrare nel dettaglio dei singoli rinvenimenti, giacché alla descrizione della topografia e dell'urbanistica della Pisa romana e tardoantica è dedicato in questo volume un apposito capitolo (cfr. § 10.), vi è un elemento che va segnalato fin d'ora. Nel IV-V secolo gran parte delle aree artigianali dislocate nel suburbio settentrionale appaiono abbandonate e occupate da estese necropoli. Tuttavia, poiché gli indicatori di produzione non sembrano segnalare paralleli cali significativi della vitalità manifatturiera e commerciale della città, la spiegazione più plausibile è che, per qualche motivo, quei quartieri produttivi in epoca tardoantica si spostino da qualche altra parte, che per il momento non è possibile individuare. Osservando però il successivo svilup-

po della città altomedievale verso l'Arno e la diffusione di opifici, come quelli metallurgici, nella zona dell'attuale piazza dei Cavalieri (cfr. § 4.2.4), è possibile avanzare l'ipotesi che almeno alcune attività artigianali comincino a migrare verso sud già in età tardoantica, dando inizio a quel progressivo spostarsi della città, finora prevalentemente gravitante sull'*Auser*, verso l'Arno, in un rapporto che si farà via via più forte nel corso del Medioevo.

F.F., F.G.M., M.L.G.

4.2.4 Alto Medioevo (secoli VI-X)

I ritrovamenti archeologici relativi al periodo compreso tra VI e X secolo sono complessivamente 147, pari al 6,8% di tutti i ritrovamenti censiti. Topograficamente si collocano nel settore centro settentrionale dell'area oggetto d'indagine, con una maggiore concentrazione all'interno dell'attuale centro storico di Pisa: in particolare nella zona di piazza del Duo-



Fig. 4.13 Kernel density estimation dei ritrovamenti di età altomedievale (VI-VII secolo); più scure le aree con maggiore concentrazione di rinvenimenti

mo, nella porzione centrale della città murata a nord dell'Arno e, a ovest di essa, presso l'area ex Scheibler. Dal punto di vista della tipologia, le categorie di ritrovamenti maggiormente attestate sono quelle definite come:

- *non luogo* (21%), corrispondenti a contesti relativi a obliterazioni, abbandoni e spoliazioni;
- *contesti naturali* (17%), cui fanno capo soprattutto le aree impaludate;
- *aree ad uso privato* (14%), riferite nella quasi totalità ad edifici abitativi;
- *aree funerarie* (14%);
- *frequentazioni generiche* (13%), costituite da reperti mobili, tracce d'uso e ritrovamenti non determinabili.

Percentuali di ritrovamenti più limitate sono relative a:

- *infrastrutture* (5%);
- *aree ad uso pubblico* (4%);
- *aree ad uso agricolo/ortivo* (3%);

- *aree produttive* (3%), rappresentate nella loro totalità da strutture per la lavorazione dei metalli.
- Per mostrare più compiutamente le variazioni nel tempo del tessuto urbano, i ritrovamenti sono stati ulteriormente distinti in due categorie – quelli databili tra VI e VII secolo (83) e quelli tra VIII e X secolo (69) – ciascuna delle quali è stata analizzata attraverso la *kernel density estimation* (figg. 4.13; 4.14).

Al contrario, l'interpolazione *co-kriging* e il modello matematico sono stati applicati solo alla totalità dei dati, per la necessità di disporre per le elaborazioni di un campione numericamente e topograficamente significativo.

La paleogeografia urbana di età tardoantica e alto-medievale (cfr. § 2.5) appare caratterizzata da un microrilievo articolato, contrassegnato da una fitta giustapposizione di aree rilevate e aree depresse. Vaste aree palustri si estendono a nord e a est della città e s'insinuano all'interno dello stesso tessuto



Fig. 4.14 Kernel density estimation dei ritrovamenti di età altomedievale (VIII-X secolo); più scure le aree con maggiore concentrazione di rinvenimenti

urbano, ad esempio nell'area di S. Caterina, dove una zona umida viene a formarsi con il modificarsi del percorso orientale dell'*Auser* che qui sembra formare una vasta ansa.

L'evoluzione dell'insediamento tra tarda antichità e altomedioevo è intuibile dalla lettura dei risultati della *kernel density* basata sui ritrovamenti archeologici datati tra VI e VII secolo. Rispetto alla Pisa di età romana e tardoantica, sembra possibile evidenziare un generale ridimensionamento della città, soprattutto dell'estensione delle aree suburbane, con il centro urbano che tende a concentrarsi sostanzialmente all'interno delle mura tardoantiche. Questo significa che aree un tempo urbane diventano ora suburbane, come il quartiere delle antiche terme, e al contrario zone un tempo suburbane entrano a far parte della città, come la porzione meridionale della città murata, fra piazza dei Cavalieri e l'Arno, dove eviden-

temente nel corso dell'età tardoantica si era andato sviluppando l'insediamento, tanto da essere inclusa nel circuito murario. Il modificato quadro ambientale e le trasformazioni politico-economiche seguite alla fine dell'Antichità determinano un fenomeno di destrutturazione dell'area urbana, i cui segni sono costituiti dalla fine delle *domus*, molto evidente nella zona di piazza del Duomo (ALBERTI *et alii* 2011c), e dalla nascita di una nuova topografia cristiana. Fuori delle mura, sembrano conservare una certa continuità di frequentazione il settore sud-orientale della città (area del Tribunale/S. Matteo) e, sulla riva opposta dell'Arno, l'area presso la chiesa di Santa Cristina, ubicata nei pressi del punto di attraversamento del fiume, dove si può presupporre una continuità tra la frequentazione di V/VI secolo attestata da materiali residui in via Toselli³¹, e la prima attestazione della chiesa alla metà dell'VIII secolo. Un cospicuo

³¹ GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 589*, in MappaGIS.

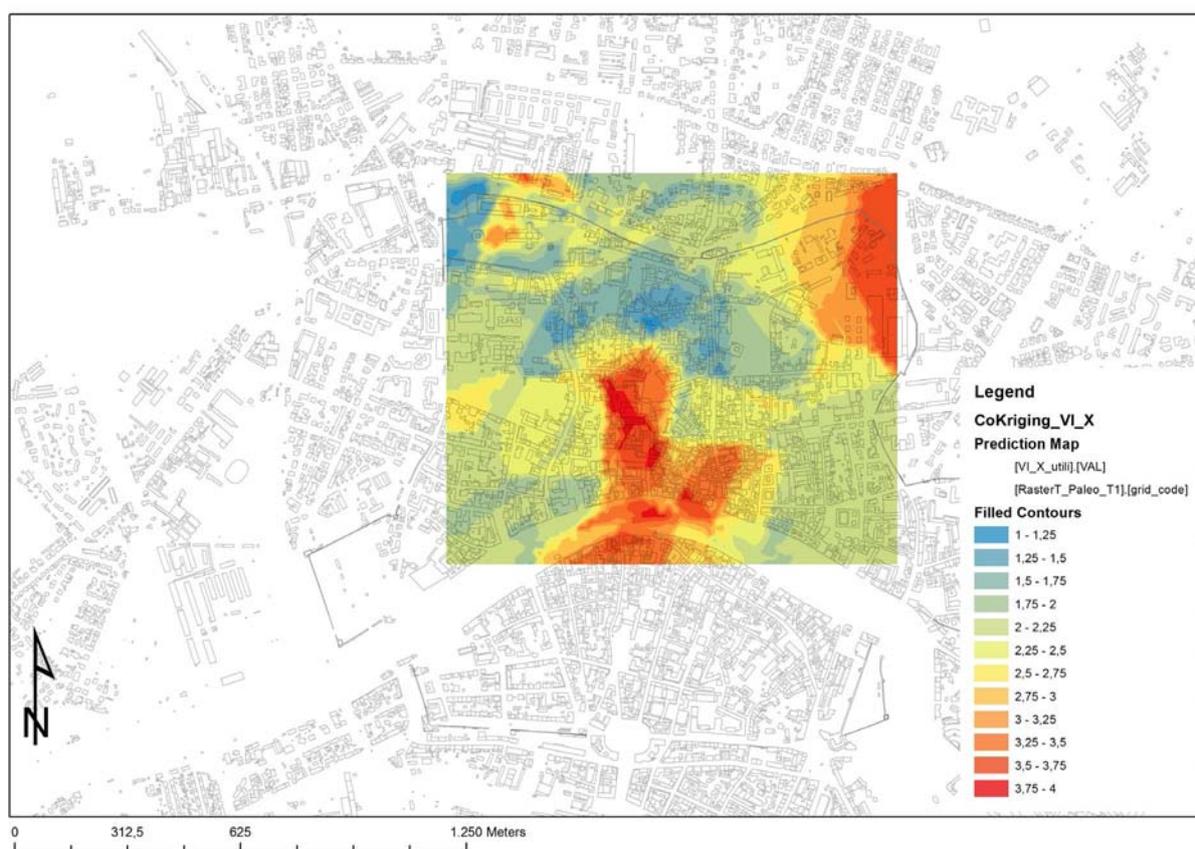


Fig. 4.15 Co-kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in rapporto ai dati paleogeografici in età altomedievale (VI-X secolo); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

numero di ritrovamenti è attestato anche a ovest della città, nella zona compresa tra le aree ex Scheibler e la stazione di San Rossore, dove la presenza di un sepolcro assieme a labili indizi³² di attività siderurgiche permettono di congetturare la presenza, almeno fino alla seconda metà del VII secolo, di un piccolo insediamento posto lungo la riva sinistra dell'*Auser*, presso il quale probabilmente si svolgevano attività metallurgiche. Più a est, sulla sponda destra dell'*Auser*, le necropoli, sorte sulle precedenti aree produttive del suburbio di età romana, utilizzate fino al V, vengono parzialmente rifequentate nel corso del VII secolo; una stessa sorte è ipotizzabile per il sepolcro presso l'area ex Scheibler³³. Per quanto riguarda le necropoli, la tendenza generale sembra essere

infatti quella di un lento esaurirsi delle aree sepolcrali suburbane, in concomitanza con lo sviluppo del cimitero sorto in piazza del Duomo, intorno alla primitiva cattedrale (ALBERTI *et alii* 2011a), mentre la dismissione dei settori produttivi non deve essere interpretata come indizio della cessazione delle attività produttive. Aree periferiche che avevano avuto in precedenza una connotazione urbana, in un periodo in cui si fa gradatamente meno netta la separazione tra le tipologie insediative urbane e suburbane vengono riconvertite o subiscono una trasformazione funzionale, così, a nord-est, l'area di S. Zeno, nella quale più a lungo si sono conservate indicazioni toponomastiche riferite all'insediamento romano - *civitate vetera*, a *le grotte, petricio* (GARZELLA 1990: 1-12)

³² LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 196*, in MappaGIS.

³³ La presenza di due gruppi di sepolture con orientamenti e caratteristiche strutturali differenti (in fossa terragna il primo, più numeroso, in cassa litica il secondo) fa supporre una dinamica di rioccupazione della necropoli, purtroppo non sufficientemente suffragabile con i dati a disposizione.

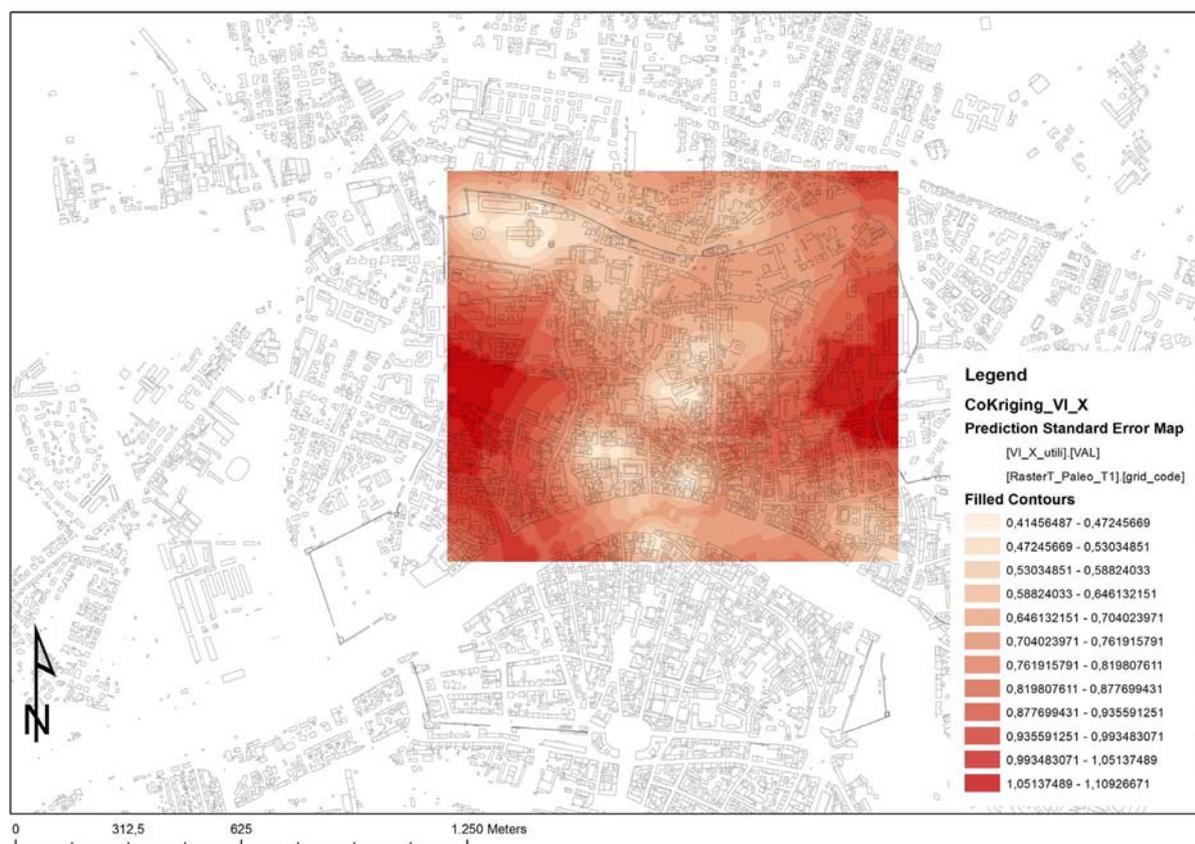


Fig. 4.16 Validation map del co-kriging di età altomedievale (VI-X secolo); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

– rappresenta probabilmente un settore che, con la contrazione dell'abitato, rimane marginale e disabitato e dove i ruderi emergenti, conservatisi più a lungo proprio a seguito di queste condizioni di semiabbandono, potevano appartenere tanto a edifici urbani, quanto a complessi suburbani, ma sono tutti genericamente percepiti come parte della città antica.

Passando ai rinvenimenti di VIII-X secolo, la *kernel density estimation*, pur nel trend di lungo periodo, evidenzia il crescente spostamento della città verso sud e verso l'Arno, confermato anche dal *kriging* e dal modello matematico (figg. 4.15; 4.16; 4.17). Sovrapponendo le analisi spaziali alla carta paleogeografica, si nota come l'insediamento tenda a

raccogliersi sulle porzioni maggiormente rilevate della città, prova della difficile situazione idrogeologica che circonda l'abitato, con la vasta deviazione orientale dell'*Auser* e la presenza di ampie zone impaludate che lo lambiscono a ovest e a nord, rendendo inospitale una buona parte delle aree occupate in età romana e ora abbandonate.

L'area urbana si disloca in maniera sempre più netta verso l'Arno, concentrandosi nella parte centro-meridionale della città murata tardoantica. Se sovrapponiamo ai risultati delle analisi spaziali l'ubicazione delle chiese attestata entro l'VIII secolo – oltre all'area episcopale, le chiese di S. Maria Vergine³⁴, S. Pietro ai Sette Pini³⁵, S. Margherita³⁶, S. Eufrasia e, al di là dell'Arno, S. Cristina (GARZELLA

³⁴ Identificata da GARZELLA 1990: 18 con l'edificio trecentesco ancora esistente all'angolo tra via Serafini e via della Sapienza e attualmente trasformato in un bar.

³⁵ Per la sua ubicazione nell'area su cui più tardi sorse la chiesa di S. Pietro *in Vinculis* si veda GARZELLA 1990: 16ss.

³⁶ Doveva sorgere all'angolo tra via Cavalca e vicolo del Tidi (GARZELLA 1990: 14).

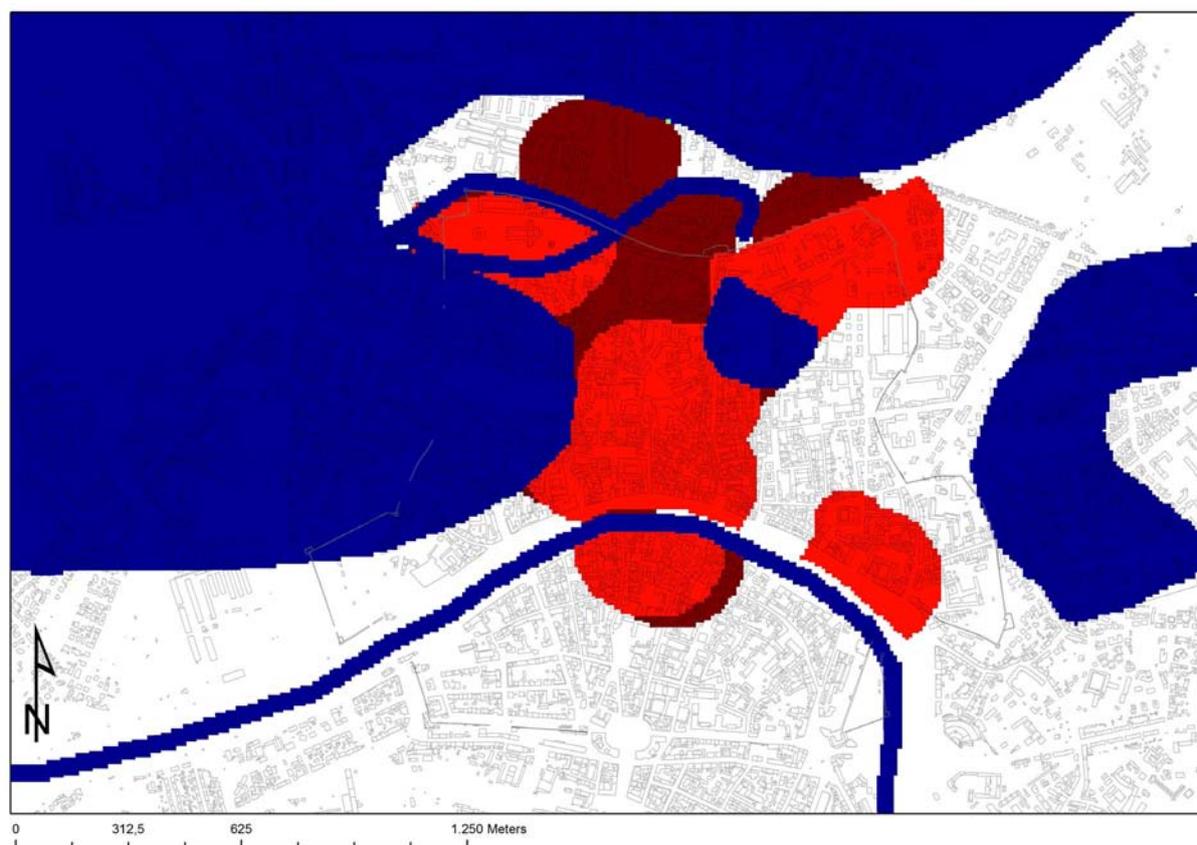


Fig. 4.17 Le aree funzionali relative all'età altomedievale (VI-X secolo), elaborate dal modello matematico (algoritmo MAPPA): l'area urbana (in rosso), l'area suburbana (in marrone), i fiumi e le zone di palude (in blu)

1990: 14ss) – vediamo una sostanziale coincidenza tra l'ubicazione di questi complessi e le aree a maggiore vocazione urbana³⁷: gli edifici religiosi confermano pertanto la loro propensione ad essere centri di insediamento demico. Attorno alle chiese urbane di S. Maria Vergine, di S. Margherita e S. Eufrasia sembra così venirsi a formare il cuore del nucleo urbano che poi si svilupperà nei secoli successivi, il luogo dove ha la sua sede anche il potere politico. L'esistenza in questa zona del centro amministrativo longobardo è attestata infatti, ol-

tre che da un tardo toponimo *Cortevecchia*³⁸, anche dalla presenza di una vasta area siderurgica attiva a partire dal VII-VIII secolo tra piazza dei Cavalieri e via S. Apollonia³⁹, giacché di norma il potere centrale esercitava su quel tipo di manifatture uno stretto controllo. La porzione settentrionale dell'area cinta dalle mura risulta invece scarsamente insediata e probabilmente assume il carattere di un paesaggio suburbano fortemente ruralizzato, come pare di leggere nelle poche informazioni provenienti da via della Faggiola⁴⁰.

³⁷ Il risultato ottenuto è particolarmente significativo, perché per nessuna delle chiese attestate entro l'VIII secolo esistono dati archeologici, fatta eccezione per i dati archeologici indiretti relativi all'area episcopale.

³⁸ Ubicabile nell'area dell'attuale piazza dei Cavalieri (REDI 1991: 81). Il toponimo attestato dall'XI secolo sembrerebbe da ricondurre alla presenza della *curtis* del gastaldo longobardo (GARZELLA 1990: 60)

³⁹ SCIUTO C. 2012, *Schede di intervento n. 94, 95*, in MappaGIS; CORRETTI, VAGGIOLI 2003. Questa doveva essere a ridosso dell'ansa dell'*Auser* e soggetta alle sue esondazioni.

⁴⁰ LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 4*, in MappaGIS.

Al di fuori delle mura, l'area di piazza del Duomo, sede dell'*insula episcopalis*, rappresenta invece il centro del potere ecclesiastico e, proprio dall'VIII secolo, si connota sempre più come area di culto e sempre meno residenziale, assumendo quelle caratteristiche suburbane che manterrà per tutto il medioevo. A est della *civitas*, lungo il tratto iniziale della via Calcesana, un piccolo insediamento gravita probabilmente attorno alla chiesa di S. Pietro ai Sette Pini, mentre a sud della città, sulla sponda sinistra dell'Arno, possiamo presumere che l'insediamento di V-VI secolo⁴¹ abbia una continuità di vita fino all'VIII secolo, epoca alla quale risale la prima menzione della chiesa di S. Cristina. Infine, labili dati permettono di congetturare la presenza, almeno fino al VII-VIII (?) secolo, di un piccolo insediamento a ovest della città, nell'area ex Scheibler⁴²: ubicato lungo la riva sinistra di un ramo dell'*Auser* e probabilmente sede di attività siderurgiche, sembrerebbe essere abbandonato a seguito del mutare delle condizioni idrogeologiche e alla formazione della vasta palude pisana. Osservando la posizione delle aree siderurgiche rispetto ai percorsi fluviali, è possibile immaginare un percorso che portasse via fiume le materie prime necessarie alla lavorazione del ferro sia all'insediamento presso l'area ex Scheibler, sia alle manifatture ubicate all'interno della città.

Dal punto di vista cronologico, è probabile che la situazione descritta abbia iniziato a formarsi dalla seconda metà del VII secolo, quando Pisa, come attestano gli scambi commerciali documentati dai manufatti rinvenuti negli scavi di piazza del Duomo (COSTANTINI 2011), esce dall'orbita bizantina ed entra in quella longo-

barda. Dal punto di vista topografico, questi nuclei insediativi frazionati suggeriscono una dimensione policentrica della città, nella quale i concetti di centro e di suburbio si mescolano, qualificando i differenti spazi indipendentemente dal limite costituito dalle mura, e coincidono con la divisione topografica percepita all'epoca: la *civitas*, ovvero l'area cinta dalle mura, e i luoghi esterni, *Foriporta*, *Borgo* e la *villa di Chinzica*: quest'ultima, forse per la sua collocazione al di là del fiume, in una zona piuttosto lontana dal centro, era considerata un vero e proprio villaggio a sé, esterno alla città stessa⁴³.

Tra il IX e il X secolo, Pisa va incontro a un nuovo periodo di espansione urbana alla quale concorrono, non sappiamo con quale rapporto di causa ed effetto, l'incremento della popolazione e il miglioramento delle condizioni ambientali: le aree palustri iniziano infatti a ritirarsi grazie a una serie di interventi antropici di drenaggio delle acque, come lo scavo o il ripristino di fossi e canali di scolo, di cui sono esempi le "carbonaie" poste lungo i lati occidentale ed orientale della città. La sovrapposizione all'analisi *kernel density* delle chiese attestata in questo periodo mostra una situazione in lenta trasformazione. La prima vera novità è data dalla costruzione della chiesa di San Zeno tra VIII e IX secolo che, per la sua posizione defilata rispetto al nucleo insediativo centrale, dev'essere messa in relazione con la presenza di un nuovo gruppo demico e con le migliorate condizioni ambientali della zona, prima impaludata. Il secondo cambiamento è dato dall'inurbamento, a partire probabilmente dall'inizio del X secolo, della parte nordoccidentale della *civitas*, determinato dalla presenza della chiesa di S. Giorgio *ad Curte Piscopi*⁴⁴ e soprattutto

⁴¹ GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 589*, in MappaGIS; DUCCI *et alii* 2008.

⁴² LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 196*, in MappaGIS.

⁴³ Questa netta separazione tra villaggio aperto e area fortificata creata dalla separazione fisica dovuta all'Arno potrebbe essere indizio anche del venir meno del ponte che collegava le due sponde. La presenza di una comunicazione via barca tra le due sponde del fiume avrebbe potuto accentuare la percezione di separazione tra le due entità: la città vera e propria e il villaggio.

⁴⁴ Attestata nelle fonti scritte dal 934 (GARZELLA 1990: 20).

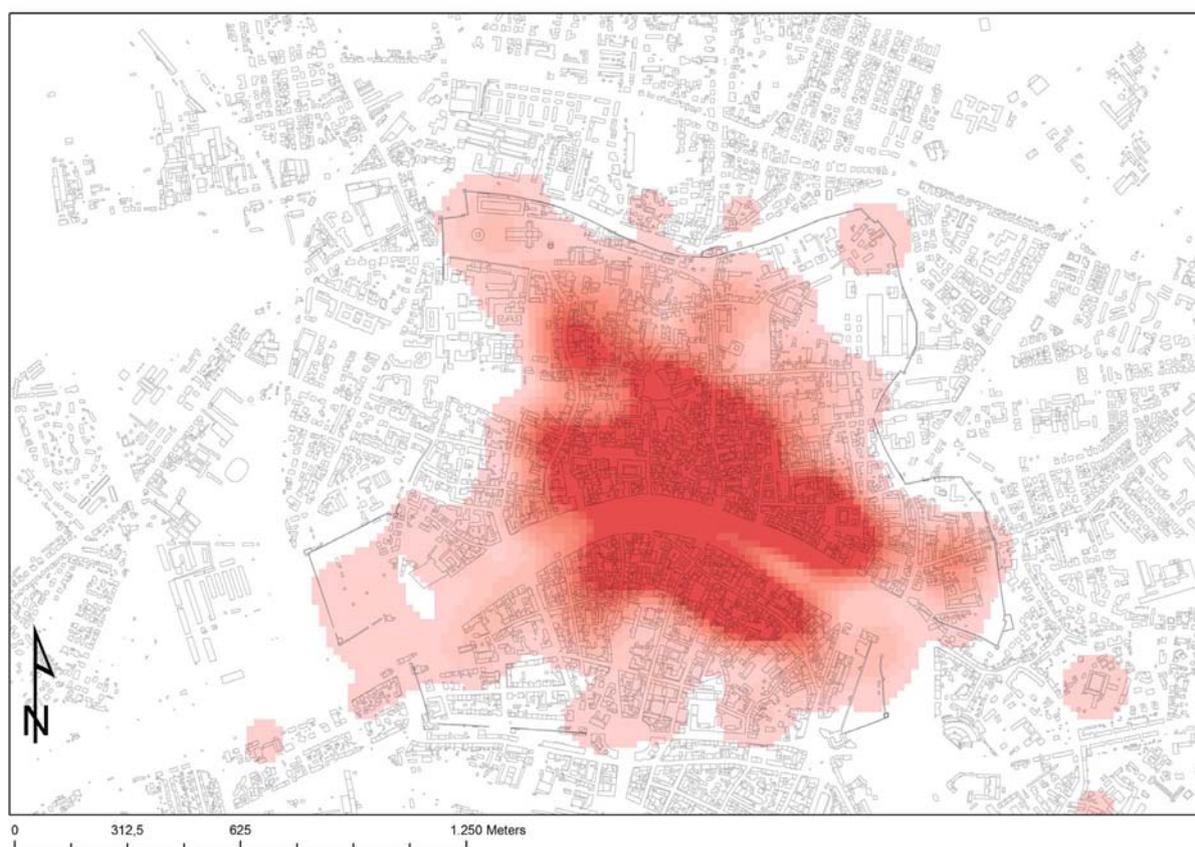


Fig. 4.18 Kernel density estimation dei ritrovamenti di età bassomedievale (XI-XV secolo); più scura l'area con maggiore concentrazione di rinvenimenti

della *curtis dominicata*, centro dell'amministrazione fondiaria vescovile, che proprio dagli anni '30 del X secolo viene trasferita in questa zona⁴⁵ dalla precedente sede presso la chiesa vescovile di Santa Maria (GARZELLA 1990:20). Non sappiamo quanto i due fatti possano essere legati, ma la fonte archeologica documenta, proprio tra la seconda metà del X e l'inizio dell'XI secolo, la costruzione della nuova cattedrale (ALBERTI *et alii* 2011d).

G.G.

4.2.5 Basso medioevo (secoli XI-XV)

Per ricostruire la fisionomia della città tra gli inizi dell'XI e la metà del XIV secolo disponiamo di una quantità di dati maggiore rispetto ai secoli precedenti, visto che quasi tutte le indagini stratigrafiche hanno raggiunto depositi riconducibili al basso-

medioevo. I ritrovamenti archeologici relativi al periodo, censiti nel MappaGIS, sono complessivamente 519, pari al 24% del totale. Topograficamente si collocano nel settore centro settentrionale dell'area oggetto d'indagine, con un'elevata concentrazione all'interno dell'attuale centro storico, dove risultano dislocati con una certa omogeneità, ad eccezione che nei settori occidentale e sud-orientale. Dal punto di vista della tipologia dei ritrovamenti, le categorie maggiormente attestate sono:

- *aree ad uso privato* (23%), attribuite nella quasi totalità ad edifici abitativi, in maggioranza case-torri,
- *frequentazioni e strutture non determinate* (insieme 21%), ovvero contesti non meglio interpretabili;
- *infrastrutture* (16%), soprattutto strade, piazze e vicoli;

⁴⁵ L'area è ancora oggi occupata dall'Arcivescovado, mentre le strutture bassomedievali della chiesa di S. Giorgio sono state identificate da REDI 2001, presso l'angolo sudorientale dello stesso edificio arcivescovile.

- *aree ad uso pubblico* (10%), nella quasi totalità luoghi di culto;
- *aree produttive* (9%), rappresentate soprattutto dalle lavorazioni dei metalli;
- *contesti naturali* (7%), in massima parte aree di impaludamento e aree di tracimazione;
- *non luoghi* (5%), corrispondenti a contesti relativi a obliterazioni, abbandoni e spoliazioni.

Percentuali di ritrovamenti più limitate sono relative a:

- *aree con funzione militare* (4%), riferite soprattutto al sistema difensivo urbano;
- *aree ad uso agricolo/ortivo* (2%), corrispondenti soprattutto ad orti;
- *aree funerarie* (2%).

Lo scenario paleogeografico (cfr. § 2.6) evidenzia, in un generale contesto di piana drenata, zone rilevate alternate a zone depresse. L'area rilevata più prominente si sviluppa in corrispondenza del trat-

to in cui i due corsi d'acqua, l'*Auser* a nord e l'*Arno* a sud, sono più vicini tra loro. Rispettivamente a est e a ovest di questo alto morfologico, due bassi relativi, posti in corrispondenza dell'Orto Botanico e di piazza S. Caterina, rappresentano la traccia morfologica delle due aree palustri descritte nel periodo precedente. La bonifica delle zone umide si conclude tra l'XI e la prima metà del XII secolo, quando lo spazio della *civitas* altomedievale, ormai angusto per un insediamento in costante espansione, necessita di nuovi terreni edificabili o coltivabili, che vengono conquistati a scapito di terreni in precedenza acquitrinosi, attraverso la realizzazione di vaste opere di drenaggio.

L'analisi *kernel density* individua una maggiore densità dell'abitato nell'area del centro storico a nord dell'Arno, in un triangolo i cui vertici sono definiti dall'area di S. Matteo a est, di S. Nicola a ovest, e di S. Giovanni dei Tedeschi a nord. A sud

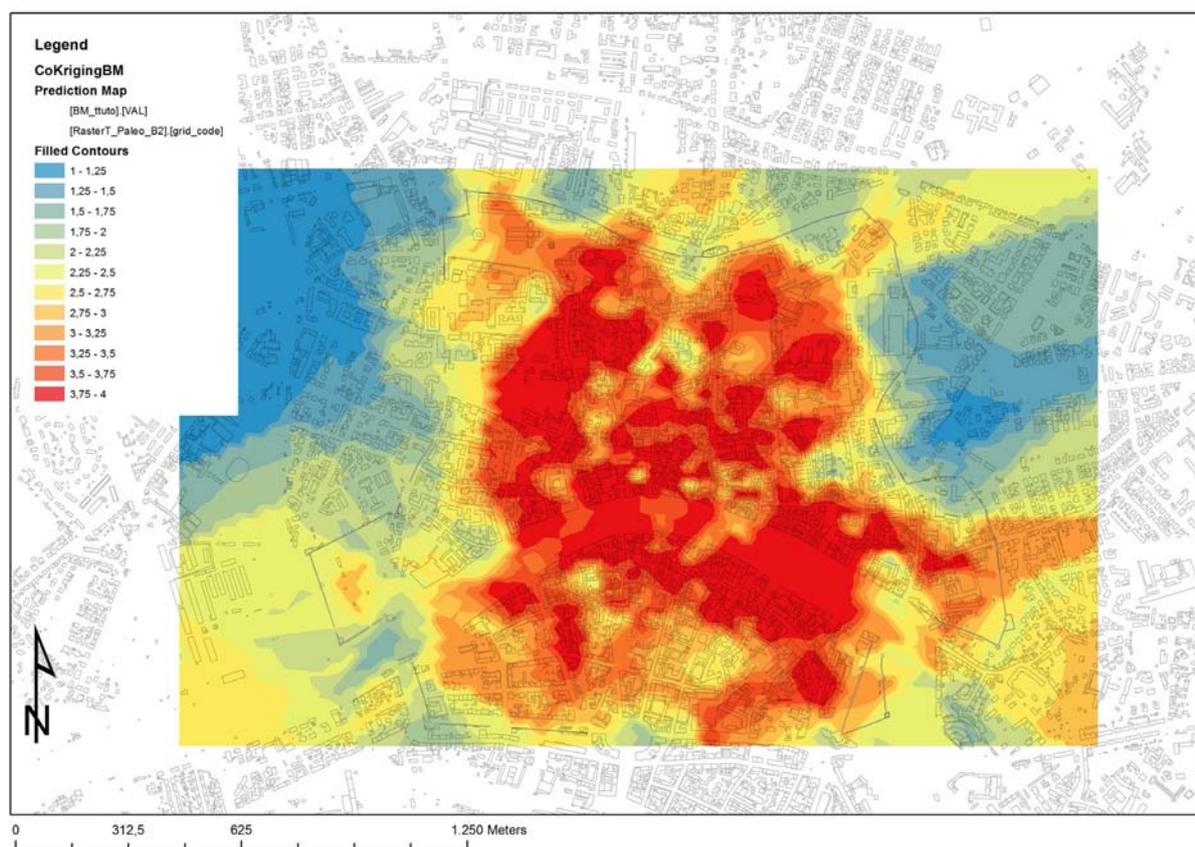


Fig. 4.19 Co-kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in rapporto ai dati paleogeografici in età bassomedievale (XI-XV secolo); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

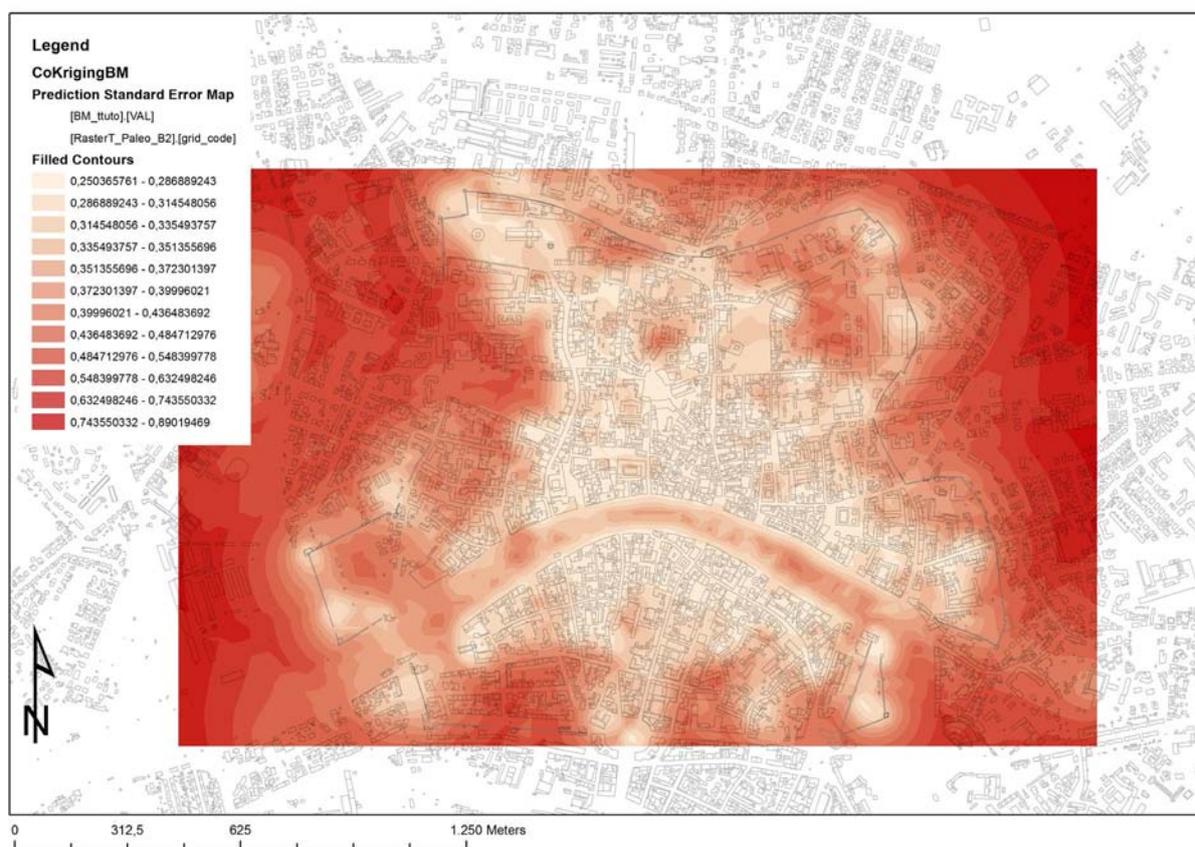


Fig. 4.20 Validation map del co-kriging di età bassomedievale (XI-XV secolo); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

dell'Arno, invece, l'area di maggiore densità abitativa si concentra tra il fiume, l'asse costituito dalle vie S. Bernardo, della Nunziatina e A. Mario a sud, via la Tinta a est e via S. Antonio a ovest. Al di fuori di questo perimetro, l'insediamento si riduce di densità fino a scomparire in più punti presso le mura, dove però il dato è probabilmente condizionato dalla mancanza di scavi (fig. 4.18).

L'analisi geospaziale del *co-kriging* permette, però, di interpolare i dati anche per i luoghi in cui non ci sono ritrovamenti. Il valore assegnato alle diverse tipologie di ritrovamenti in base alla loro maggiore o minore pertinenza urbana, distingue con toni di rosso più accentuati le aree urbane da quelle suburbane, in giallo/arancio, e da quelle extraurbane/agricole, in blu (fig. 4.19).

La carta che si ricava da questo tipo d'interpolazione dei dati mostra una buona affidabilità della predizione nell'area all'interno delle mura e in alcune aree extraurbane, soprattutto occidentali,

ma una minore attendibilità nell'estrema porzione orientale dell'area oggetto di studio (fig. 4.20).

Risultati analoghi emergono anche dal modello matematico (fig. 4.21).

A nord dell'Arno, la zona entro le mura si connota come fortemente urbana. Ha caratteristiche suburbane l'area di piazza del Duomo, per via della sua specifica vocazione culturale e per la sua posizione defilata, mentre poco più a est l'area dell'arcivescovado risulta più urbanizzata. Ugualmente suburbana è la parte sud-occidentale della città, affacciata sulla riva dell'Arno tra il complesso di S. Vito e la Tersana, visti i suoi requisiti di area legata alla cantieristica navale, in gran parte esterna al circuito murario fino alla metà del XIII secolo. Fuori dalle mura si profilano come aree suburbane, con prevalenti caratteristiche agricole/ortive, il tratto iniziale della via Calcesana e l'area di Fossabanda a est, l'area di S. Stefano oltre *Auser* a nord della città.

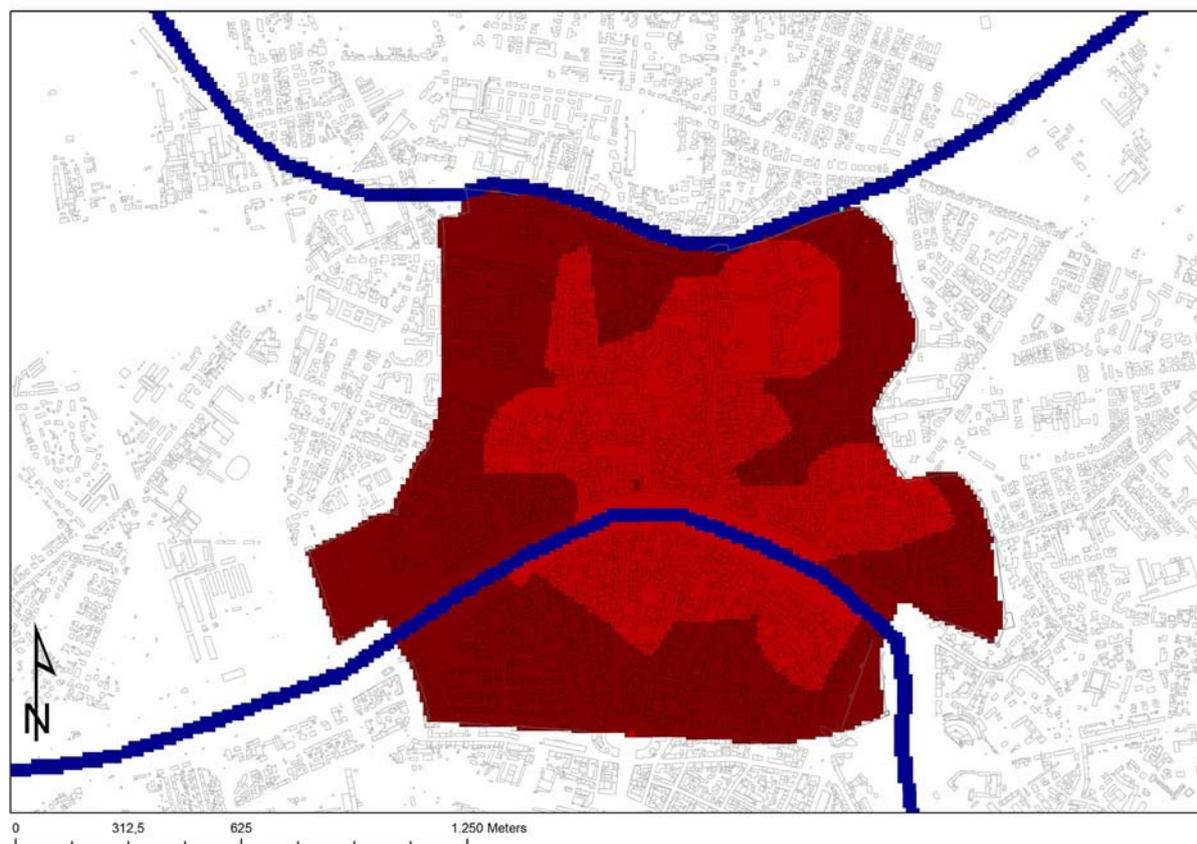


Fig. 4.21 Le aree funzionali relative all'età bassomedievale (XI-XV secolo), elaborate dal modello matematico (algoritmo MAP-PA): l'area urbana (in rosso), l'area suburbana (in rosso scuro); i fiumi (in blu)

A sud dell'Arno, il quartiere di Chinzica mostra una fascia urbana lungo il fiume, a cavallo di Via S. Martino-via Toselli, mentre la restante parte risulta suburbana, con opifici come quelli rinvenuti nell'area di Palazzo Scotto⁴⁶ e di via S. Antonio⁴⁷, e complessi monastici come quello di S. Paolo a Ripa d'Arno. L'ampiezza di questa fascia conferma il lungo permanere di Chinzica come *villa* e il tardo completamento della cinta muraria. Le aree *extra moenia*, ad eccezione di poche aree suburbane limitrofe alle mura, sono definite da una chiara vocazione agricola.

Le analisi spaziali descrivono la conclusione, nel tardo Medioevo, di un processo di espansione urbana costante e più lineare rispetto a quello che abbiamo visto per l'altomedioevo e che porta, tra

XI e XII secolo, a un progressivo moltiplicarsi delle costruzioni religiose (è ora che viene innalzata l'attuale cattedrale di Pisa) e alla costruzione di una nuova cinta muraria, iniziata sul versante nord alla metà del XII secolo e completata nel pieno XIII secolo con la costruzione, a ovest, della Terzana, la nuova area di arsenali (REDI 1991: 337 ss), e a sud con l'inglobamento dei quartieri al di là dell'Arno. La realizzazione delle mura segna il punto di arrivo, nell'idea di città degli stessi pisani, di un percorso che era iniziato nell'XI secolo, quando la città aveva cominciato ad espandersi ben oltre gli ormai stretti – e in parte non più materialmente visibili – confini della città murata tardo-antica, ma appare già consolidato nella prima metà dell'XI secolo quando, nel trattato di amicizia stipulato

⁴⁶ GATTIGLIA G. 2012, *Schede di intervento n. 264, 367*, in MappaGIS.

⁴⁷ CAMPUS A. 2012, *Schede di intervento n. 744, 783*, in MappaGIS.

con Amalfi nel 1126, i tre principali nuclei urbani sono designati collettivamente come *populus Pisanus et Kinthicanus et Foriportensis et de burgi eorum* (GARZELLA 1990:152).

Parallelamente, si assiste all'esplosione edilizia urbana, che produce l'infittirsi degli edifici residenziali nel centro della città. Questo fenomeno si manterrà costante per tutto il XIV secolo, per poi rallentare nel secolo successivo. Confrontando la città di IX-X secolo con le chiese esistenti nell'XI, si nota come l'area urbana si espanda in maniera precipua verso est. A nord dell'Arno si assiste non solo alla quasi completa occupazione degli spazi compresi⁴⁸ entro le mura tardoantiche – la *civitas* delle fonti scritte – ma anche a una prima consistente espansione a oriente di esse, favorita dalla progressiva bonifica di vaste porzioni di terreni abbandonati nell'altomedioevo, come testimonia il toponimo *Segio*, nel suo significato di “terreno edificabile”. Nella fascia più prossima alla *civitas* nasce ben presto un insediamento dai connotati tipicamente urbani, che infatti dall'inizio del XI secolo viene citato come *Borgo* (GARZELLA 1990: 68), il borgo per eccellenza.

A sud dell'Arno, l'area di Chinzica rappresenta il secondo polo di espansione urbana: la fondazione della chiesa di S. Andrea nel 1095⁴⁹, all'estremità orientale del quartiere, mostra come alla fine dell'XI secolo tutta la sponda sinistra dell'Arno a est della chiesa di S. Cristina sia ormai urbanizzata⁵⁰. I resti di edifici rinvenuti nell'area di via Toselli⁵¹, via Facchini⁵² e via degli Uffizi⁵³ sono la dimostrazione archeologica di questo processo di urbanizzazione.

Con la prima metà del XII secolo, il fenomeno di occupazione degli antichi spazi urbani altomedievali può dirsi praticamente concluso e la costruzione della cinta muraria, che pure unifica i vari nuclei della comunità cittadina, in qualche modo ne arresta anche l'espansione. Le mura chiudono uno spazio più ampio rispetto a quello necessario alla città, uno spazio di espansione che non sarà mai sfruttato, ma anche una sorta di *lebensraum* con una parte di terreni ancora non edificati e tenuti ad area ortiva, che costituiscono una sorta di fascia minima di sopravvivenza forse necessaria alla sopravvivenza delle *élites* del XII secolo. Questo dato risulta molto evidente nelle elaborazioni del *co-kriging* e del modello matematico, che evidenziano (in rosso) un insediamento urbano estremamente fitto, che si realizza con l'occupazione di nuove aree insediative da parte di case-torri. Si tratta di uno sviluppo non completamente governato, indizio di un vero e proprio *boom* economico, che si riflette in un *boom* edilizio con la conquista di nuovi spazi e l'affastellarsi di edifici in aree già occupate. Nella parte settentrionale della città, il riordino degli spazi urbani sembra arrivare prima che altrove: lo testimoniano le trasformazioni di metà XII secolo nei pressi dell'odierna piazza S. Omobono⁵⁴, dove si avvia un vasto intervento che porta alla distruzione di edifici ritenuti inadeguati, o la trasformazione di un'area centrale come quella di piazza dei Cavalieri, dove proprio nel XII secolo cessano le produzioni siderurgiche, che vengono trasferite in aree suburbane, mentre le meno invasive produzioni di oggettistica in bronzo rimangono in aree urbane, ma più defilate.

⁴⁸ In sequenza cronologica, sulla base della loro prima attestazione: S. Pietro in Cortevicchia (1027), S. Filippo dei Visconti (1030), S. Simone al Parlascio (1039), S. Martino alla Pietra del Pesce (1066), SS. Felice e Regolo (1070), SS. Giusto e Clemente al Parlascio (1071), S. Sebastiano alle Fabbriche Maggiori (1074), S. Bartolomeo degli Erizi (1079), S. Clemente (1085), S. Sisto in Cortevicchia (1087) (GARZELLA 1990: 59-68).

⁴⁹ GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 367*, in MappaGIS.

⁵⁰ Nel secolo successivo si aggiungono le chiese di S. Sebastiano (1111), S. Lorenzo (1127), S. Sepolcro (1138) e gli ospedali di S. Sepolcro, S. Martino e S. Andrea (GARZELLA 1990: 155ss).

⁵¹ GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 589*, in MappaGIS.

⁵² LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 61*, in MappaGIS.

⁵³ CAMPUS A. 2012, *Schede di intervento n. 489, 602*, in MappaGIS.

⁵⁴ SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 488*, in MappaGIS.

Nell'area di Chinzica, questo processo di riordino arriva con un po' di ritardo, ma in compenso le trasformazioni sono maggiori e, da *villa*, l'intero quartiere diventa un po' alla volta un luogo della *civitas* a tutti gli effetti. Se fino all'inizio del XII secolo si assiste al crescere disordinato di costruzioni che riducono sempre più gli spazi aperti, nel corso del secolo successivo inizia a profilarsi un'urbanizzazione secondo linee di lottizzazione che sembrano preordinate o comunque seguire alcuni allineamenti e regole progettuali. Vengono creati veri e propri lotti, edificati con edifici di prestigio affacciati sulla *Carraia maggiore*, intercalati alternativamente da chiassi e vicoli di scorrimento. Nell'area di Chinzica, lo sviluppo ordinato è senz'altro favorito dalla minore urbanizzazione e dall'abbondanza di spazi vuoti, che lascia maggior spazio alla programmazione. È forse questo a rendere appetibile quest'area per le classi aristocratiche, che attorno alla chiesa di S. Cristina cominciano a dar vita ad un quartiere residenziale di pregio. Più a ovest, inizia il suo processo di urbanizzazione anche l'area di via S. Antonio, a partire dalla fine del XII-inizio XIII secolo (Ducci *et alii* 2010).

La ricerca di nuovi spazi residenziali in aree periferiche, che un po' alla volta diventano intensamente urbanizzate, è visibile a nord dell'Arno nel settore orientale della città, dietro il monastero di S. Matteo: in via Gereschi⁵⁵, ad esempio, nel XII secolo, per poter avere un'abitazione in un'area cittadina di pregio i committenti si vedono costretti a costruire in aderenza negli spazi lasciati liberi dagli edifici preesistenti. Si assiste, proprio a partire dalla fine del XII-inizio del XIII secolo ad un processo di *gentrification* del centro cittadino, con il conseguente spostamento delle aree produttive, soprattutto di quelle maggiormente invasive ed inquinanti, nelle aree periferiche, meno urbanizzate: lo provano le produzioni

metallurgiche che, dopo secoli, sembrano cessare nel centro città con l'inizio del XIV secolo, e le manifatture ceramiche, disposte d'ora in poi in aree periferiche e, in alcuni casi, addirittura all'esterno delle mura urbane.

Con l'avanzare dell'abitato, le aree a vocazione agricola/ortiva, ancora presenti all'interno delle mura, vengono sempre più sospinte verso i margini e in molti punti al paesaggio ancora semicampagnolo di XI secolo se ne sostituisce uno sempre più urbanizzato, pur continuando a sopravvivere aree a verde e ad orto nel retro delle case-torri, in alcuni casi ingentilite come corti chiuse. Sintomatico di questa pressione edilizia è la vicenda del toponimo *Orto*, che nell'XI secolo designa un'area rurale a est del centro cittadino, che però dal XII secolo diventa sempre più fittamente edificata.

A partire dalla fine del XII-inizi XIII secolo l'architettura si caratterizza per l'uso del laterizio, che dapprima è impiegato in costruzioni di un certo rilievo, ma si diffonde rapidamente fino a diventare il materiale edile più diffuso in qualunque tipo di costruzione, come testimoniano gli edifici di via Toselli⁵⁶, di via Facchini⁵⁷ e di via S. Apollonia⁵⁸, nonché la costruzione, nella seconda metà del XIII secolo, di sette case-torri nell'area di Palazzo Giulii⁵⁹, lungo una viabilità secondaria che si allontana sempre più dalle vie principali. L'impiego di materiali edilizi meno costosi e con caratteristiche di reperibilità, trasportabilità, leggerezza statica e messa in opera ben diverse rispetto alla pietra – che fino a quel momento era stata, insieme al legno, il materiale principale dell'edilizia cittadina – risponde perfettamente alla crescente domanda di edifici e, al tempo stesso, è elemento propulsore della domanda, in quello che si può leggere come un *boom* del mattone *ante litteram*.

G.G.

⁵⁵TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 603*, in MappaGIS.

⁵⁶GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 589*, in MappaGIS.

⁵⁷LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 61*, in MappaGIS.

⁵⁸SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 92*, in MappaGIS.

⁵⁹GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 843*, in MappaGIS.

4.2.6 Età moderna (secoli XV-XVIII)

Nella ricostruzione del paesaggio antropico di Pisa in età moderna le informazioni ricavate dai rinvenimenti archeologici e archiviate nel Mappa-GIS sono state integrate con le indicazioni provenienti dallo studio dell'edilizia storica (cfr. § 3)⁶⁰ e di altre tipologie di fonti documentarie, prima fra tutte la cartografia storica, utile soprattutto per la ricostruzione delle strutture difensive della città (mura, bastioni, fossati, Fortezza Nuova, «piaggione» del grano). La fotointerpretazione archeologica, infine, ha permesso di meglio precisare localizzazione e andamento dei fossati e dei bastioni seicenteschi nelle aree suburbane a nord e a est delle mura comunali (BINI *et alii* 2012c: 138). I rinvenimenti archeologici di età moderna documentati risultano complessivamente 359 e corrispondono al 17,5% del totale dei recuperi censiti per le diverse epoche storiche nell'area indagata. Sono riferibili a 203 interventi di scavo (pari a circa il 28,5% del totale degli interventi registrati), concentrati in prevalenza nel centro urbano a nord dell'Arno, principalmente tra le direttrici di via Buonarroti a est e via Roma a ovest, e in misura minore nei quartieri d'Oltrarno, con limite meridionale indicato da piazza Vittorio Emanuele II. Nell'area esterna al circuito murario medievale, gli scavi risultano in numero assai minore, con distribuzione preminente a nord del centro storico, nelle zone di Porta a Lucca e dell'Arena Garibaldi, e nel settore periurbano occidentale. Nella prevalenza dei casi (circa il 67% del totale degli interventi con evidenze di età moderna), la documentazione disponibile, sufficientemente dettagliata, ha permesso di georeferenziare con precisione l'area dei recuperi, mentre per i restanti interventi la localizzazione si è basata esclusivamente su generiche informazioni topografi-

che (riferimento a un determinato quartiere, alla viabilità, a uno specifico edificio etc.) che hanno impedito di circoscrivere puntualmente i settori d'indagine (ANICHINI 2012a: 109)⁶¹. La prevalenza delle attestazioni proviene da scavi preventivi e da assistenze in corso d'opera – attività condotte in anni relativamente recenti – e in misura minore da indagini programmate e da scavi di emergenza; marginale è l'incidenza complessiva delle evidenze restituite da altre forme d'intervento (ANICHINI 2012a: 112-113, 126). I ritrovamenti di età moderna attestati sono di 50 diverse tipologie, riconducibili complessivamente a 24 categorie principali:

- *strutture non determinate* (13,9%), ovvero strutture murarie e tracce di cantiere di incerta interpretazione, sebbene ascrivibili ad età moderna sulla base della tecnica muraria o dei reperti mobili individuati nei depositi in associazione,
- *area defunzionalizzata* (13,4%), comprendente le voci 'distruzione', 'spoliazione', 'obliterazione' e 'abbandono';
- *edificio abitativo* (12,8%), comprendente – in quantità decrescente – le tipologie 'abitazione', 'casa-torre', 'palazzo', 'domus', 'corte', 'cantiere';
- *frequentazione/presenza* (10,3%), con particolare riferimento alla voce 'reperti mobili', comprendente rinvenimenti di carattere occasionale, oppure tracce di occupazione antropica non meglio precisabili;
- *infrastruttura idraulica* (9,7%), con le voci 'sistema acque scure', 'vasche di raccolta', 'sistema acque chiare', 'pozzo';
- *luogo di culto* (9,7%), con le voci 'chiesa', 'monastero', 'cappella', 'cantiere';
- *infrastruttura viaria* (7,5%), con le voci 'strada', 'piazza', 'vicolo', 'ponte', 'cantiere';

⁶⁰ Lo studio degli elevati ha permesso di riconoscere i corpi di fabbrica del centro urbano con fasi costruttive di età moderna, riconducendoli alle specifiche tipologie di strutture comprese nella categoria "edificio abitativo" (cfr. *infra*).

⁶¹ Rientrano in quest'ultima categoria anche le notizie di rinvenimenti effettuati in tempi molto lontani e i recuperi di carattere occasionale, segnalati da brevi resoconti privi di documentazione.

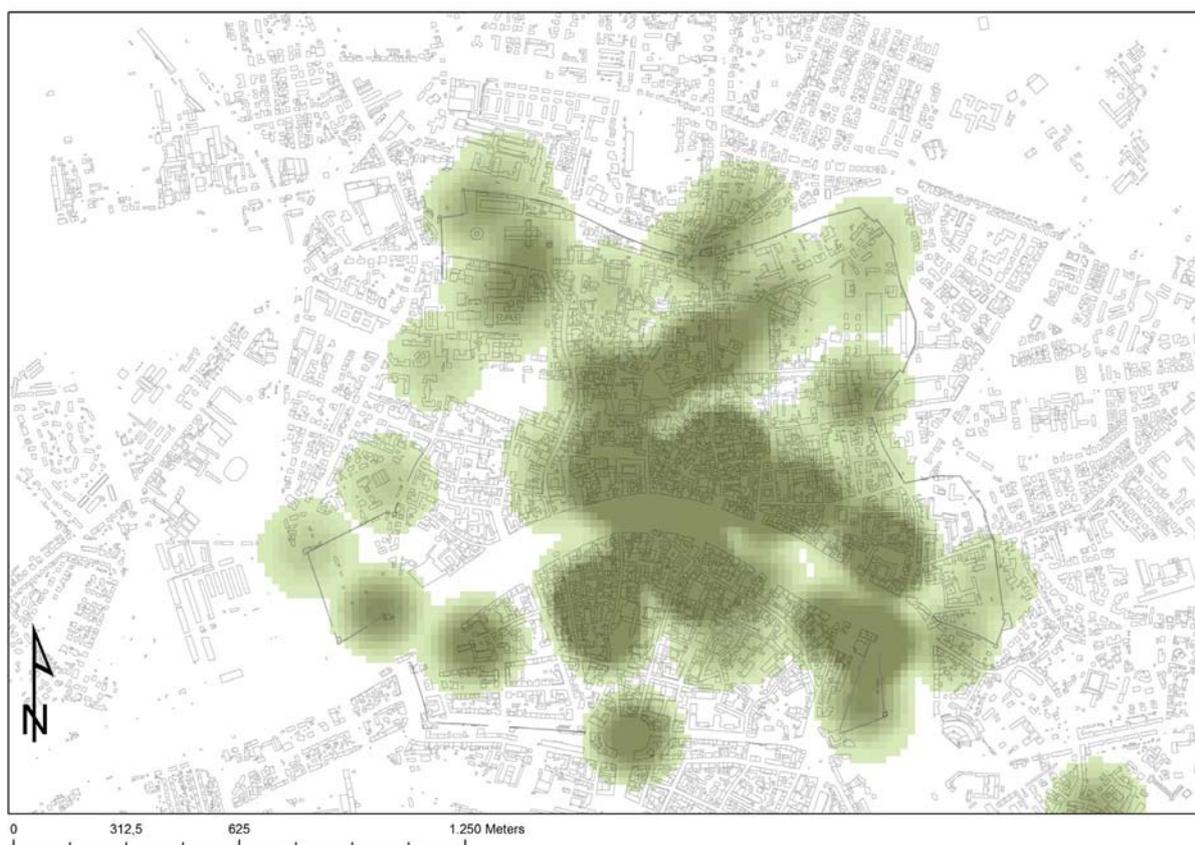


Fig. 4.22 Kernel density estimation dei ritrovamenti di età moderna (XV-XVIII secolo); più scure le aree con maggiore concentrazione di rinvenimenti

- *aree non edificate* (3,9%), con le voci 'giardino privato', 'spiazzo', 'spiazzo ad uso pubblico', 'giardino/parco pubblico';
- *struttura difensiva* (3,9%), con le voci 'fortezza', 'mura', 'torre', 'cantiere';
- *sistemazione agraria/centuriazione* (3,6%), con le voci 'terreno agricolo', 'fosso';
- *orto* (2,2%), 'terreno ortivo';
- *infrastruttura d'immagazzinamento* (2,2%), 'magazzino sotterraneo';
- *ambiente fluviale* (1,4%), con le voci 'area di impaludamento', 'area di tracimazione', 'piana inondabile';
- *infrastruttura di smaltimento* (1,1%), 'discarica organizzata';
- *lavorazione dell'argilla* (0,55%), 'strutture per la produzione di ceramica';
- *lavorazione del vetro* (0,55%), 'vetreria';
- *struttura di vendita* (0,55%), con le voci 'mercato', 'bottega/taberna';
- *area cimiteriale* (0,55%), 'a inumazione';
- *edificio ludico* (0,55%), 'teatro';
- *edificio scolastico/didattico* (0,55%), con le voci 'università', 'cantiere';
- *tomba/e* (0,27%), 'ad inumazione';
- *lavorazione non identificata* (0,27%), 'strutture legate a un'attività manifatturiera non identificata';
- *edificio igienico/sanitario* (0,27%), 'ospedale'.

La distribuzione topografica dei ritrovamenti pone in evidenza, nel complesso, come il recupero di 'reperti mobili', quindi di materiali decontestualizzati o provenienti da contesti con limitata affidabilità stratigrafica, non incida in misura apprezzabile nella ricostruzione dell'insediamento di età moderna entro il circuito murario, dove prevalgono categorie di rinvenimenti attribuibili a una frequentazione antropica certa e chiaramente interpretabile. L'incidenza dei recuperi riferibili alla categoria "frequentazione/presenza" appare invece lievemente superiore nelle zone più peri-

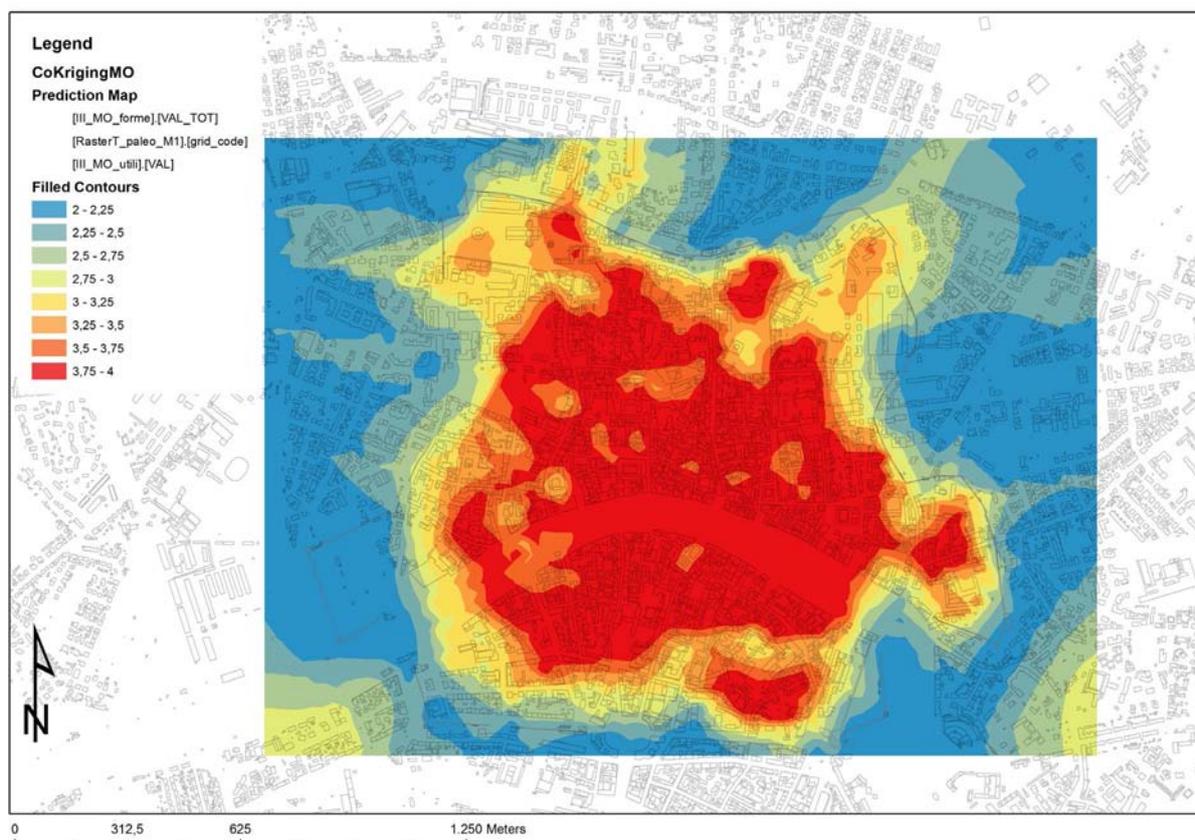


Fig. 4.23 Co-kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in rapporto ai dati paleogeografici in età moderna (XV-XVIII secolo); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

feriche dell'area di studio, dove la presenza sporadica di 'reperti mobili' è generalmente associabile alle pratiche agricole.

La *kernel density estimation*, che mostra i luoghi con maggiore densità di rinvenimenti (fig. 4.22), rivela come le concentrazioni prevalenti, indicate da una colorazione più intensa, si estendano con continuità nella zona centrale dell'abitato e in areali più circoscritti, variamente dislocati all'interno del perimetro murato o nella fascia suburbana più prossima⁶². A nord dell'Arno, i recuperi si distribuiscono principalmente tra il corso del fiume e gli isolati che gravitano attorno a piazza dei Cavalie-

ri e lungo via Carducci, sino a raggiungere, in direzione nord-est, la zona di S. Caterina. Verso ovest, l'area con densità più elevata si estende fino alla direttrice di via S. Maria, mentre a est si registra una distribuzione più irregolare dei rinvenimenti, con concentrazioni maggiori tra Borgo Stretto e l'asse di via Fucini/via Verdi e negli isolati distribuiti attorno al Teatro Verdi e a via delle Belle Torri. Altri settori urbani con elevata densità di recuperi corrispondono alle aree del monastero di S. Matteo⁶³, del convento di S. Francesco⁶⁴, di Porta a Lucca (con sviluppo anche nella fascia suburbana compresa

⁶² Appare evidente come, in numerosi casi, alla base degli areali con elevata densità di ritrovamenti vi siano indagini programmate ed estensive o accurate assistenze in corso d'opera condotte in anni recenti, che hanno permesso il recupero di una maggiore quantità d'informazioni rispetto ad altre tipologie di interventi.

⁶³ SCIUTO C. 2012, *Schede di intervento nn. 364, 379, 609, 610*, in MappaGIS; BALDASSARRI 2006.

⁶⁴ LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 72*, in MappaGIS; REDI 1991: 38.

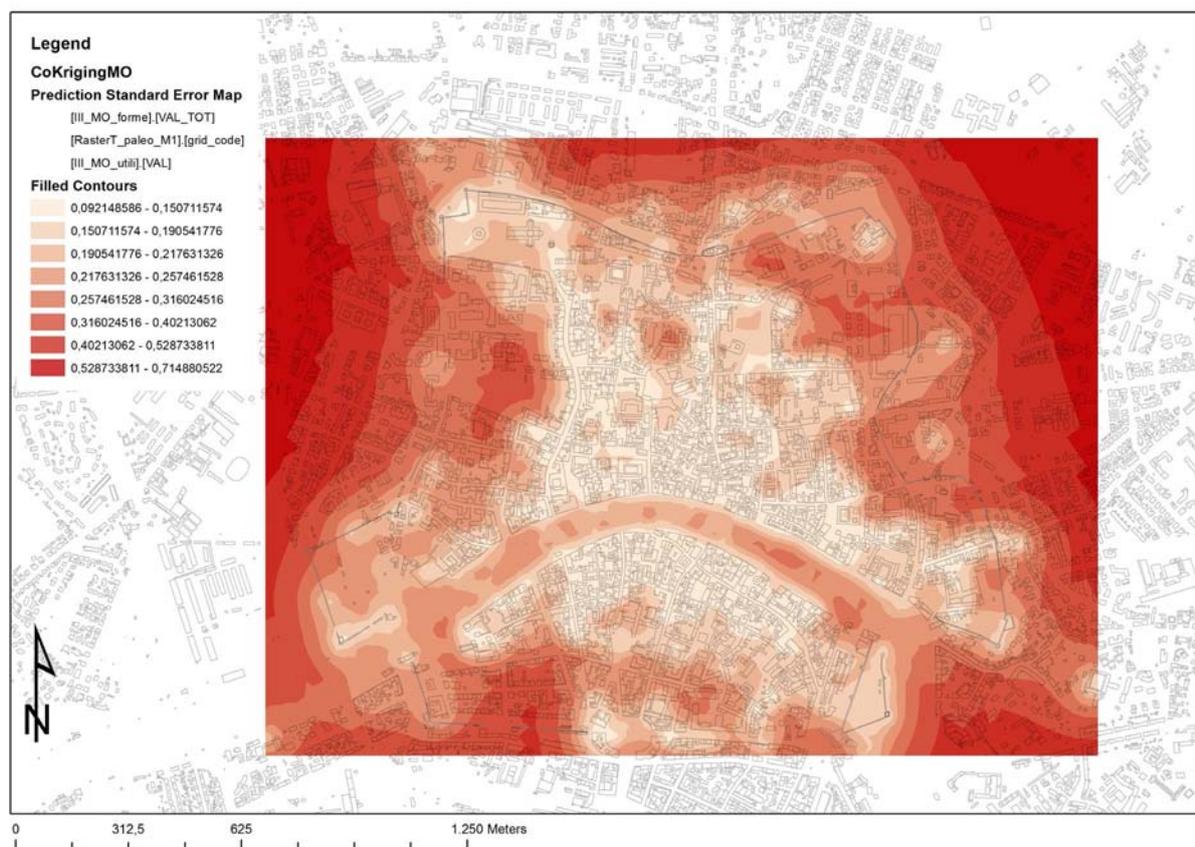


Fig. 4.24 Validation map del co-kriging di età moderna (XV-XVIII secolo); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

tra via Luigi Bianchi e via Marche)⁶⁵, di piazza del Duomo⁶⁶, dell'Ospedale di S. Chiara⁶⁷ e della Cittadella⁶⁸. A sud dell'Arno, gli areali di massima concentrazione appaiono più limitati e circoscritti, coerentemente con la minore percentuale d'interventi che hanno restituito evidenze di età moderna. La fascia maggiormente estesa si sviluppa tra il corso del fiume a nord, via Crispi a ovest, via Pascoli a sud e la chiesa del Santo Sepolcro a est. A questa si aggiungono l'area di Palazzo Scotto, con le evidenze riferibili alla fortezza cinquecentesca⁶⁹, fino all'isolato occu-

pato da Palazzo Lanfranchi, e inoltre le zone di piazza Vittorio Emanuele II e di S. Paolo a Ripa d'Arno.

Al di fuori di questi areali, la densità dei ritrovamenti di età moderna tende complessivamente a diminuire: pur mantenendosi in alcuni contesti ancora relativamente elevata, si rilevano settori della città contraddistinti dalla pressoché totale assenza di rinvenimenti. Le aree più estese prive di recuperi s'individuano, a nord dell'Arno, nella zona compresa tra via Roma e il tratto occidentale delle mura e, a sud del fiume, nella fascia

⁶⁵ LA ROSA L. 2012, *Schede di intervento nn. 421, 474*, in MappaGIS; PARIBENI *et alii* 2006: 209-213; TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento nn. 47, 812*, in MappaGIS; ALBERTI *et alii* 2007; GIORGIO 2012.

⁶⁶ GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 361*, SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 677*, TARANTINO G. 2012, *Schede di intervento nn. 34, 370, 373, 865*, in MappaGIS; ALBERTI *et alii* 2011b: 307-313.

⁶⁷ TARANTINO G. 2012, *Schede di intervento nn. 596, 598*, in MappaGIS.

⁶⁸ TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 46*, in MappaGIS.

⁶⁹ GATTIGLIA G. 2012, *Schede di intervento nn. 264, 357*, in MappaGIS; GATTIGLIA, MILANESE 2006.

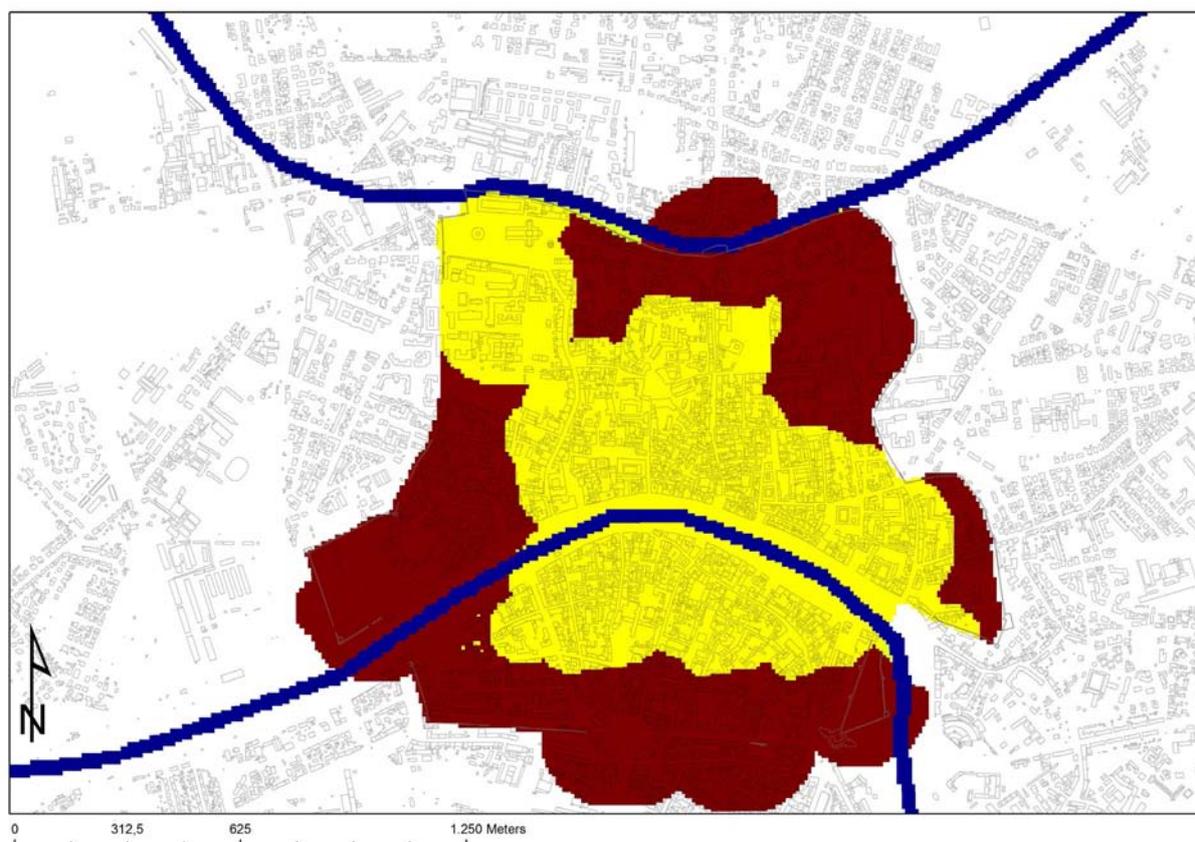


Fig. 4.25 Le aree funzionali relative all'età moderna (XV-XVIII secolo), elaborate dal modello matematico (algoritmo MAPPA): l'area urbana (in giallo), l'area suburbana (in marrone), i fiumi (in blu)

prossima al percorso meridionale del circuito difensivo, ad esclusione dell'area di piazza Vittorio Emanuele II. Le ragioni di tale vuoto d'informazioni vanno ricercate nella quasi totale assenza di scavi che hanno interessato questi settori urbani, anche se la situazione documentata sembra comunque riflettere, almeno in una certa misura, l'utilizzo del suolo attestato dalla cartografia storica, che indica la presenza in questa parte della città di vaste aree sostanzialmente non edificate e ad uso ortivo proprio in prossimità della cinta muraria⁷⁰.

Una simile forma di organizzazione urbana emerge anche dal modello elaborato con interpolazione spaziale *co-kriging*, basata sui dati forniti dai rin-

venimenti e dall'analisi dell'edilizia storica, e dal modello matematico (figg. 4.23; 4.24; 4.25).

Tale elaborazione, se confrontata con l'analogo modello definito per l'età bassomedievale (cfr. § 4.2.5), pone in evidenza come Pisa sia proiettata nel post-medioevo verso una generale tendenza alla crescita urbana, con un apprezzabile incremento delle aree connotate da un'elevata densità insediativa, anche se non in misura tale da modificare radicalmente l'aspetto della città rispetto alla precedente fase storica. L'esteso areale che rappresenta i settori urbani con prevalente concentrazione di edifici appare in questo periodo distribuito in maniera più uniforme e continua rispetto al basso Medioevo, riflettendo una più

⁷⁰ Tale assetto, rappresentato dalla cartografia settecentesca, appare ancora sostanzialmente invariato nei primi decenni del XIX secolo, come illustrato dal *Catasto Leopoldino* (cfr. TOLAINI 1992A: tavv. XXVIII-XXIX, XXXIX-LXIII; GRAVA 2012).

capillare occupazione del suolo, anche se non mancano al suo interno zone di limitata estensione, variamente ripartite, contraddistinte da una minore densità insediativa⁷¹.

In età moderna appare inoltre evidente un accrescimento del nucleo urbano in direzione del circuito murario, con un marcato incremento insediativo dei settori periferici: fa eccezione quello settentrionale, dove l'espansione sembra verificarsi soltanto marginalmente rispetto all'occupazione documentata nel basso Medioevo (cfr. § 4.2.5), e i limiti della zona più densamente abitata si attestano tra l'asse Arcivescovado/via della Faggiola, via Carducci e l'isolato a nord di via S. Lorenzo, e inoltre a nord di piazza S. Caterina. A ovest si registra una significativa crescita edilizia nella zona immediatamente a nord del convento di S. Vito, interessando una parte dell'area attraversata dalle odierne via Volturno e via Fermi, mentre in direzione di piazza del Duomo l'areale di massima densità insediativa mantiene sostanzialmente gli stessi limiti attestati in età basomedievale, lambendo la direttrice di via Roma e comprendendo parte del settore che in seguito sarà occupato dall'Orto Botanico. In direzione est, l'espansione più consistente s'individua nello spazio compreso tra S. Paolo all'Orto e la cinta muraria, interessando gli isolati delimitati da via S. Andrea e via Sighieri, mentre poco più a nord il complesso conventuale di S. Francesco si mantiene ai margini dell'area più fittamente insediata.

L'incremento urbano più marcato si registra, tuttavia, nel settore sud-occidentale della città, dov'è possibile rilevare una consistente crescita del valore di densità in direzione sud, sino a toccare le odierne via Pascoli e via del Carmine. Risalendo l'abitato verso nord-est, fino alla sponda sinistra dell'Arno, si riscontra invece un assetto insediativo non dissimile da quello bas-

somedievale, con l'area di massima densità estesa agli isolati che prospettano su via S. Martino e sul Lungarno.

Un segno ulteriore della crescita urbanistica di età moderna sembra cogliersi nella comparsa di un nuovo areale periferico con elevata densità insediativa nella porzione sud-orientale dell'area compresa entro le mura, a ovest dell'attuale via Bovio, e nell'espansione del settore urbano a nord del monastero di S. Silvestro, lungo il tratto occidentale dell'odierna via Garibaldi.

Al di fuori degli areali descritti e connotati dalla massima concentrazione insediativa si osserva, infine, come la densità di occupazione del suolo tenda gradualmente a diminuire man mano che si procede in direzione del circuito difensivo, per raggiungere il valore minimo proprio in corrispondenza delle mura⁷² (comprendendo anche la fortezza cinquecentesca nell'area del Giardino Scotto) e nella fascia suburbana immediatamente esterna, occupata in questa fase da bastioni e fossati e quindi non pianificata per ospitare un insediamento stabile.

L.P.

4.2.7 Età contemporanea (secoli XIX-XX)

La ricostruzione del paesaggio di Pisa in età contemporanea, con particolare riferimento al secolo XIX, si è fondata in prima istanza sulle indicazioni fornite dal *Catasto Toscano* preunitario, redatto nel periodo 1820-1834 e comunemente noto come *Catasto Leopoldino* (CASTIGLIA 1994; GRAVA 2012), che ha costituito anche la base principale per la vettorializzazione dell'edilizia urbana e rurale coeva. I rinvenimenti archeologici hanno permesso, quindi, di ampliare il quadro offerto dalla fonte cartografica, sia in riferimento a tipologie di evidenze non registrate nella documentazione catastale (è il caso, ad esempio, delle infrastrutture idrauliche

⁷¹ Tra queste s'individuano i settori urbani pertinenti ad istituti monastici o conventuali (S. Caterina, S. Paolo all'Orto, S. Nicola) e le aree ad uso pubblico, come piazza dei Cavalieri.

⁷² Un'eccezione è rappresentata dalla porzione orientale dell'area di piazza del Duomo, dove insistono gli edifici dell'Opera della Primaziale.

sotterranee o dei reperti mobili), sia per quanto riguarda edifici e strutture realizzate posteriormente alla sua compilazione⁷³.

I ritrovamenti databili all'età contemporanea archiviati nel MappaGIS sono complessivamente 472 (pari al 23% del totale dei ritrovamenti documentati), 286 dei quali sono riferibili al XIX secolo⁷⁴. Le informazioni sono state raccolte in occasione di 265 interventi, equivalenti a circa il 37% dell'insieme degli interventi registrati, costituiti in prevalenza da scavi preventivi, assistenze in corso d'opera e ricerche programmate, con una minore incidenza delle rimanenti tipologie d'indagini (ANICHINI 2012a: 112-113, 126)⁷⁵.

Le evidenze ascrivibili al XIX secolo sono riconducibili a 29 differenti categorie:

- *infrastruttura idraulica* (20%), associata in netta prevalenza al rinvenimento di 'sistemi acque scure' e, secondariamente, di 'sistemi acque chiare', 'vasche di raccolta', 'pozzi' e 'argini';
- *edificio abitativo* (14,7%), con le voci 'abitazione', 'palazzo', 'casa-torre', 'magazzino';
- *luogo di culto* (9%), con le tipologie 'chiesa', 'monastero', 'cappella';
- *area non edificata* (8,4%), con le voci 'giardino/parco pubblico', 'spiazzo ad uso pubblico';
- *infrastruttura viaria* (7%), con le voci 'piazza', 'strada', 'ferrovia';
- *sistemazione agraria/centuriazione* (6,3%), 'terreno agricolo';
- *aree non edificate* (5,6%), con le voci 'spiazzo', 'giardino privato';
- *strutture non determinate* (4,9%), ovvero strutture e tracce di cantiere non chiaramente interpretabili;

- *frequentazione/presenza* (4,9%), consistente nel semplice recupero di 'reperti mobili'.
- Le ultime due categorie assumono per l'età contemporanea un'incidenza assai inferiore rispetto a quanto documentato per i ritrovamenti delle epoche precedenti (*supra*), rappresentati in misura prevalente proprio dalla categoria che comprende le evidenze 'non determinate'.

Le tracce archeologiche attestate con minore frequenza sono riferibili, infine, alle categorie:

- *area defunzionalizzata* (3,1%), con le voci 'distruzione', 'obliterazione', 'spoliazione', 'abbandono';
- *orto* (2,8%), 'terreno ortivo';
- *struttura difensiva* (2,4%), con le voci 'mura', 'torre';
- *lavorazione del vetro* (1,7%), 'vetreria';
- *edificio scolastico/didattico* (1,4%), 'scuola', 'università', 'asilo';
- *ambiente fluviale* (1%), 'area di tracimazione', 'piana inondabile';
- *infrastruttura di smaltimento* (0,7%), 'discarica organizzata';
- *struttura di vendita* (0,7%), 'mercato';
- *edificio ludico* (0,7%), 'teatro';
- *infrastruttura d'immagazzinamento* (0,35%), 'magazzino sotterraneo';
- *area cimiteriale* (0,35%), 'ad inumazione';
- *tomba/e* (0,35%), 'ad inumazione';
- *lavorazione industriale* (0,35%), 'industria farmaceutica';
- *edificio igienico/sanitario* (0,35%), 'ospedale';
- *struttura di acquartieramento* (0,35%), 'caserma';
- *infrastruttura portuale/navigazione* (0,35%), 'scalo/approdo';

⁷³ Sotto questo profilo, hanno giocato un ruolo di rilievo anche i dati forniti dalle indagini di archeologia dell'architettura condotte sull'edilizia del centro urbano (cfr. § 3) e il contributo delle fonti cartografiche posteriori al *Catasto Leopoldino*.

⁷⁴ Questi ultimi comprendono, com'è lecito attendersi, anche evidenze che presentano una cronologia iniziale anteriore all'età contemporanea, ma che risultano ancora in uso nel corso del XIX secolo. È il caso, ad esempio, degli edifici ecclesiastici e di numerose strutture ad uso abitativo.

⁷⁵ Nella prevalenza dei casi la documentazione disponibile, associata a interventi condotti in tempi relativamente recenti, ha permesso di localizzare con precisione l'area d'indagine, consentendo talvolta di georeferenziare esattamente anche i singoli rinvenimenti.



Fig. 4.26 Kernel density estimation dei ritrovamenti di età contemporanea (XIX-inizio XX secolo); più scure le aree con maggiore concentrazione di rinvenimenti

- *edificio politico/amministrativo* (0,35%), 'carcere';
- *lavorazione alimentare* (0,35%), 'macello';
- *ambiente antropico* (0,35%), 'riporto'.

L'analisi spaziale *kernel density* (fig. 4.26) pone in evidenza una maggiore diffusione degli areali con elevata densità, che in questa fase appaiono distribuiti su una superficie complessiva assai più ampia rispetto a quanto attestato per l'epoca moderna.

Se da un lato si continua a registrare la presenza di un'area connotata dalla massima concentrazione di recuperi nei settori urbani dislocati al centro dell'abitato - compresi approssimativamente tra via Pascoli a sud, via S. Maria a ovest, le aree di piazza dei Cavalieri/via Carducci a nord e Borgo Stretto a est - dall'altro si rileva un

accrescimento quantitativo dei ritrovamenti nelle zone più periferiche, sebbene ancora comprese entro il circuito murario, e nelle aree suburbane. Nella porzione sud-occidentale della città, accanto al quartiere di S. Paolo a Ripa d'Arno, il settore con più elevata densità di rinvenimenti corrisponde all'area di largo Degazia, dove sono state individuate le strutture di magazzini e edifici relativi alla darsena ottocentesca⁷⁶. Proseguendo in direzione est, i settori urbani con maggiore concentrazione di recuperi continuano a essere rappresentati da piazza Vittorio Emanuele II e dalle aree di via La Tinta e del Giardino Scotto, quest'ultima parzialmente occupata da Palazzo Scotto Corsini tra la fine del XVIII secolo e gli anni Trenta del secolo successi-

⁷⁶ CAMPUS A. 2012, *Schede di intervento nn. 225, 226, 227*, in MappaGIS; MILANESE 2004: 11-13.

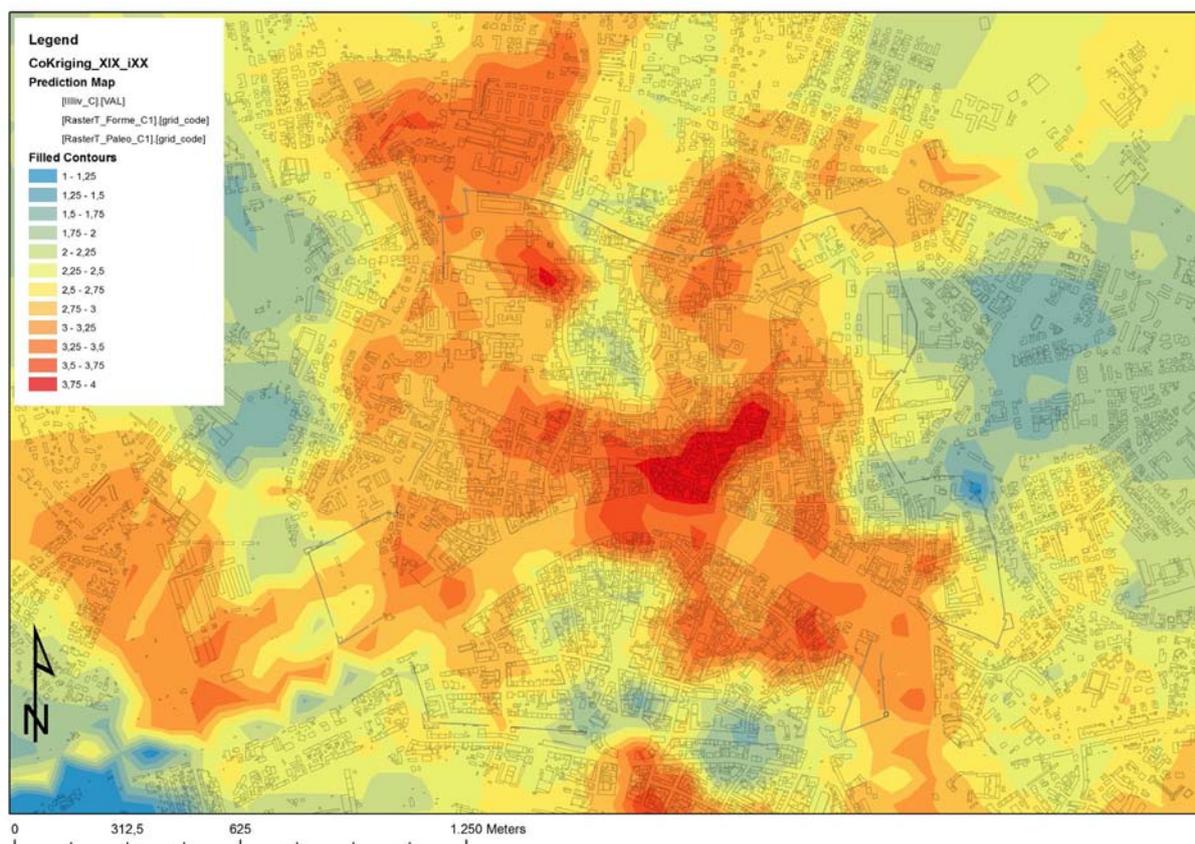


Fig. 4.27 Co-kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in rapporto ai dati paleogeografici in età contemporanea (XIX-inizio XX secolo); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

vo, quando la residenza signorile viene trasformata in Regia Questura⁷⁷. A nord dell'Arno, insieme al complesso monastico di S. Matteo, sede di un istituto penitenziario tra la seconda metà dell'Ottocento e gli anni Quaranta del XX secolo⁷⁸, e all'area delle ex manifatture Forest⁷⁹, sembra acquisire maggiore rilevanza, sotto il profilo delle restituzioni di età contemporanea, la zona di S. Silvestro (nei pressi di porta Garibaldi), parzialmente interessata dalla costruzione di strutture ottocentesche⁸⁰. Procedendo verso

nord, nella porzione orientale della città s'individua un nuovo settore con concentrazione di recuperi relativamente elevata nell'area dell'ex manifattura Marzotto⁸¹, mentre per il resto della superficie compresa entro il circuito murario la distribuzione degli areali con densità prevalente non sembra troppo dissimile da quella riscontrata per le evidenze di età moderna⁸². È possibile rilevare, al contrario, un'elevata frequenza di rinvenimenti ascrivibili all'età contemporanea in alcuni settori suburbani: a ovest della cinta

⁷⁷ GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 264*, in MappaGIS; GATTIGLIA, MILANESE 2006.

⁷⁸ SCIUTO C. 2012, *Schede di intervento nn. 364, 379*, in MappaGIS; BALDASSARRI 2006.

⁷⁹ CAMPUS A. 2012, *Schede di intervento nn. 207, 208, 209, 210, 831*, in MappaGIS.

⁸⁰ LA ROSA L. 2012, *Schede di intervento nn. 63, 343*, in MappaGIS.

⁸¹ CAMPUS A. 2012, *Schede di intervento nn. 222, 223, 224*, in MappaGIS.

⁸² Occorre osservare, tuttavia, come nel caso dell'età contemporanea la superficie delle aree pressoché prive di ritrovamenti, individuabili principalmente nelle fasce prossime ai tratti occidentale e meridionale delle mura, tendano lievemente a ridursi, richiamando una distribuzione più diffusa delle evidenze riferibili agli ultimi due secoli rispetto a quelle databili ad epoca moderna.

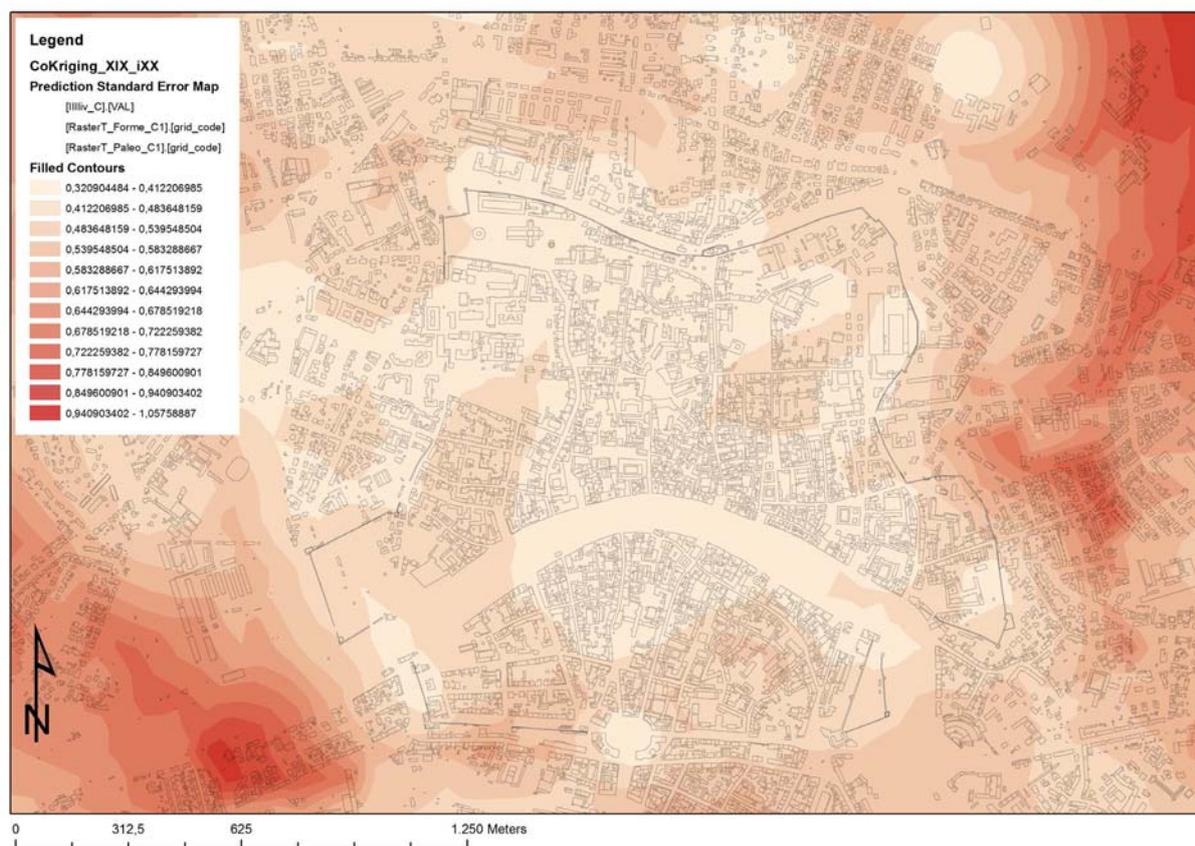


Fig. 4.28 Validation map del co-kriging di età contemporanea (XIX-inizio XX secolo); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

muraria si riconoscono l'area ex Scheibler⁸³ e il complesso delle ex cristallerie Genovali⁸⁴, lungo via Andrea Pisano, mentre a nord si colloca l'area di via Galluppi, occupata fino alla metà del Novecento dagli edifici dell'Istituto Opoterapico Pisano⁸⁵.

Al contempo si registra un considerevole incremento numerico degli areali con densità di ritrovamenti meno elevata, segnalata da una colorazione più tenue, soprattutto nelle zone esterne al perimetro murario e talvolta anche in settori marginali dell'area di studio, a indicare una distribuzione complessiva delle evidenze di età

contemporanea su una superficie assai più ampia rispetto a quanto attestato per la precedente fase storica. Sebbene una parte dei rinvenimenti provenga da aree agricole, nella prevalenza dei casi si tratta di recuperi che riflettono il crescente sviluppo insediativo della città all'esterno delle mura medievali, secondo le direttrici dei principali percorsi suburbani ed extraurbani e talvolta in rapporto all'impianto di nuovi complessi industriali, come si verifica, ad esempio, per il quartiere di S. Michele degli Scalzi⁸⁶.

Le caratteristiche dell'assetto urbano ottocentesco emergono con una certa chiarezza anche

⁸³ LA ROSA L. 2012, *Schede di intervento nn. 48, 50, 51, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 193, 195, 195, 196, 707*, in MappaGIS.

⁸⁴ CAMPUS A. 2012, *Schede di intervento nn. 62, 218, 219, 450, 451, 840*, in MappaGIS.

⁸⁵ TARANTINO G. 2012, *Schede di intervento nn. 723, 724, 868*, in MappaGIS; ANICHINI, BERTELLI 2009: 336-338.

⁸⁶ L'area esterna alle mura maggiormente interessata dal rinvenimento di evidenze post-moderne s'individua nel settore nord-occidentale compreso tra le attuali vie Bonanno Pisano, Andrea Pisano, Pietrasantina e Giovanni Pisano. Tra le principali attività industriali in costante crescita nel corso del XIX secolo si segnalano quella tessile, con

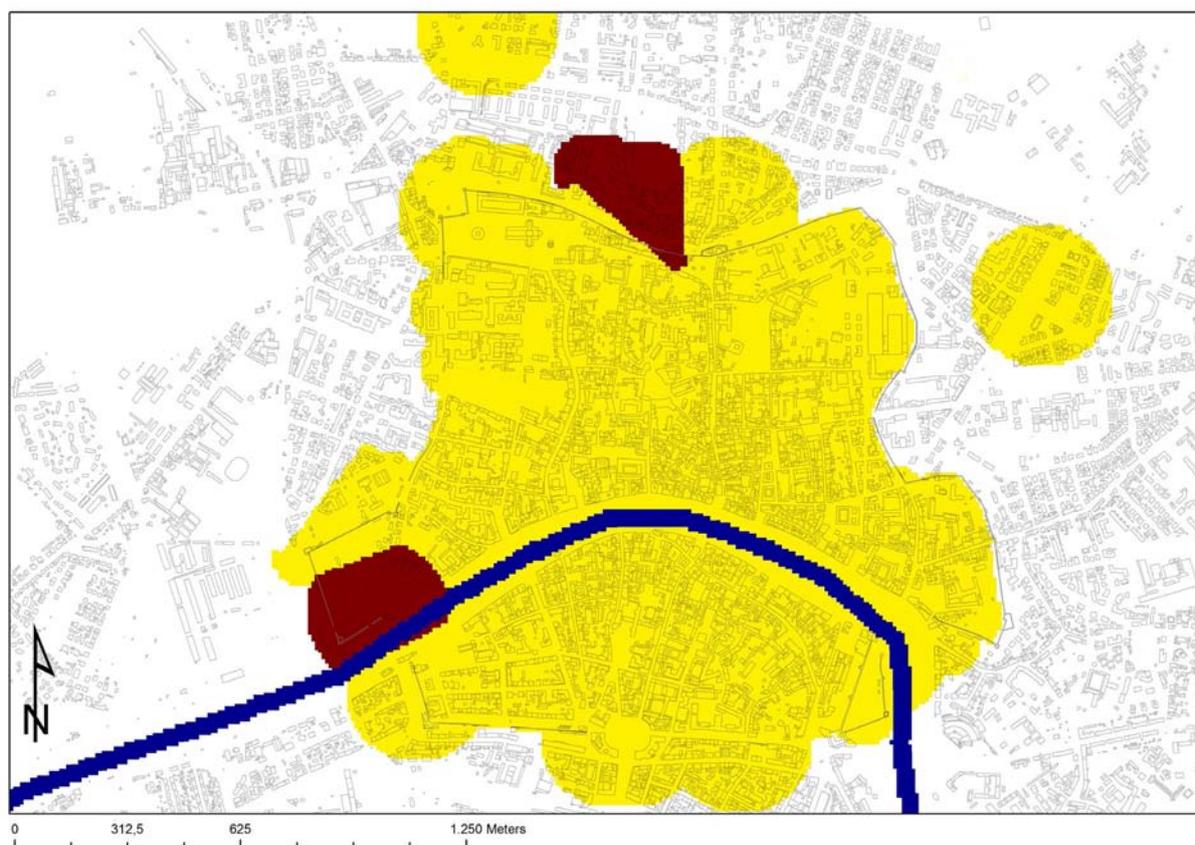


Fig. 4.29 Le aree funzionali relative all'età contemporanea (XIX-inizio XX secolo), elaborate dal modello matematico (algoritmo MAPPA): l'area urbana (in giallo), l'area suburbana (in marrone), l'Arno (in blu)

dall'elaborazione spaziale *co-kriging*, basata sulle indicazioni del *Catasto Leopoldino* integrate con i ritrovamenti archeologici databili anteriormente al XX secolo⁸⁷ e dal modello matematico (figg. 4.27; 4.28; 4.29).

Rispetto al modello elaborato per l'età moderna (cfr. § 4.2.6), lo spazio compreso entro le mura urbane e contraddistinto da un'elevata densità di occupazione del suolo appare esteso con continuità, senza che si evidenzino al suo interno settori urbani caratterizzati da una minore concentrazione in-

sediativa, e su un areale più vasto, integrando anche zone ad alta densità di popolazione, che nella precedente fase storica risultavano ancora isolate o marginali. Allo stesso modo, l'elaborazione pone in evidenza un'accresciuta proiezione dell'insediamento urbano in direzione del circuito difensivo anche se, coerentemente con le indicazioni fornite dal *Catasto Leopoldino* (GRAVA 2012: 229-230), continuano a persistere fasce non insediate o connotate da una bassa densità di occupazione in aderenza alle mura. Si tratta di lotti di terreno ancora desti-

la nascita di numerosi opifici ubicati soprattutto lungo il Canale Macinante (nell'area di S. Silvestro/via S. Marta), la produzione di stoviglie, che caratterizza in particolare il quartiere di S. Michele degli Scalzi e di Porta a Piagge, e l'industria del vetro, profondamente connotata dalla presenza della Saint Gobain a partire dalla fine dell'Ottocento (CIUTI, LEONI 2010: 34-63).

⁸⁷ L'impiego del *Catasto Leopoldino* quale base essenziale dell'elaborazione rende il modello particolarmente rappresentativo della situazione urbanistica di Pisa entro la metà dell'Ottocento, sebbene non manchino anche indicazioni circa l'assetto insediativo di alcuni settori urbani e suburbani negli ultimi decenni del secolo, grazie ai dati forniti dalle fonti materiali.

nati in prevalenza ad uso ortivo⁸⁸, che saranno interessati da una crescente urbanizzazione soltanto a partire dagli ultimi decenni del XIX secolo⁸⁹.

Per quanto riguarda l'area suburbana, il modello richiama l'attenzione sull'accresciuta occupazione del suolo all'interno di zone relativamente estese, con una densità insediativa non dissimile da quella registrata nel centro urbano. A nord delle mura, un areale con elevata concentrazione insediativa è segnalato nella zona compresa tra l'Arena Garibaldi e gli isolati che si distribuiscono attorno all'attuale via Giovanni Pisano⁹⁰, mentre un secondo settore s'individua in corrispondenza dell'angolo nord-ovest della cinta muraria, con sviluppo in direzione di via Pietrasantina e della stazione di S. Rossore. A sud-ovest di quest'area, invece, si registra una sensibile diminuzione della densità di occupazione, in accordo con la graduale urbanizzazione che si verifica in questa zona soltanto nella seconda metà dell'Ottocento⁹¹. Qui infatti rimangono a lungo anche settori pressoché privi di abitato, come la fascia a ridosso delle mura attraversata da via Bonanno Pisano – che viene tracciata nel 1878, ma comincia ad essere fonte di attrazione per l'insediamento soltanto a partire dal XX secolo (CIUTI, LEONI 2010: 127) – e i terreni in seguito occupati dall'area ex Scheibler e dalle cristallerie Genovali.

Nel resto del territorio compreso all'interno dell'area di studio, le zone indicate come sedi di una più elevata concentrazione insediativa sembrano coincidere sostanzialmente con gli aggregati e i borghi già rappresentati nel *Catasto Leopoldino* e sorti in corrispondenza dei principali assi viari suburbani ed extraurbani: il nucleo di Barbaricina, in corrispondenza delle attuali vie Rook e delle Lenze, e l'aggregato lungo la direttrice dell'odierna via Aldo Moro/via Livornese, rispettivamente a ovest e sud-ovest; i borghi sorti lungo le vie S. Agostino, Elvezio Cerboni, dell'Omodarme e Carlo Cattaneo, a sud; gli aggregati facenti capo a via S. Michele degli Scalzi e via del Borghetto, a est, e i nuclei di S. Ermete, Putignano e Riglione, a sud-est di Pisa. Un ulteriore dato che emerge dall'osservazione del modello riguarda, infine, la presenza di areali suburbani, anche mediamente estesi, contraddistinti da assenza di abitato oppure da una densità insediativa particolarmente bassa, come rivela la campitura più tenue: si tratta, in genere, di zone rurali occupate da terreni agricoli e che hanno mantenuto talvolta la loro connotazione originaria fino ai giorni nostri, come nel caso dell'area di S. Giusto, a sud del centro urbano, oppure dell'estesa sistemazione agraria a nord-est di Porta a Lucca.

L.P.

⁸⁸ Si registrano anche terreni lavorativi vitati (soprattutto in aderenza alle mura), sodivi, giardini e in qualche caso anche persistenze lacustri (GRAVA 2012: 230).

⁸⁹ È significativo ricordare, ad esempio, l'importanza svolta dalla costruzione di ponte Solferino, realizzato tra il 1871 e il 1875, nel fornire l'impulso definitivo all'urbanizzazione dei terreni posti nella fascia prossima al tratto occidentale delle mura, sia a sud (zona di S. Paolo a Ripa d'Arno), sia a nord dell'Arno (CIUTI, LEONI 2010: 130-131).

⁹⁰ L'elevata densità insediativa indicata per questa zona dal modello *kriging* costituisce evidentemente il riflesso dei rinvenimenti archeologici cronologicamente posteriori all'epoca di redazione del *Catasto Leopoldino*, dato che la mappa catastale non indica in quest'area una presenza significativa di strutture se non nella fascia più prossima alle mura urbane.

5. Questione di pesi: valori, parametri, relazioni per il calcolo del potenziale archeologico

Francesca Anichini, Fabio Fabiani,
Gabriele Gattiglia, Francesco Ghizzani Marcia (DOI: 10.4458/0917-05)

Applicare un modello matematico anziché uno statistico vuol dire, semplificando, che si cerca di ricreare le regole di base di un determinato evento piuttosto che valutarne le probabilità statistiche. Nel concetto di relazione abbiamo individuato la regola di fondo del processo di elaborazione del potenziale archeologico: le relazioni tra diversi elementi sono infatti alla base del tessuto urbano (ad esempio accanto ad una chiesa spesso c'è un campanile, di fronte ad una *domus* passa una strada); le relazioni sono alla base del lavoro interpretativo dell'archeologo, sotto forma di relazioni spaziali (una serie di buche di palo con accanto un focolare ci fanno pensare di aver individuato una capanna), cronologiche (ci permettono di datare la capanna) e tipologiche (ci permettono di ricondurla ad una etnia o ad un preciso contesto sociale); le relazioni governano anche determinati cambiamenti transperiodali (tra tarda Antichità e alto Medioevo una *domus* può trasformarsi in un edificio in materiale deperibile, magari all'interno di un contesto ruralizzato); le relazioni sono sottese al rapporto tra uomo ambiente e descrivono gli aspetti sociali, culturali, cultuali; le relazioni guidano, infine, il processo interpretativo che permette all'archeologo di elaborare una carta di potenziale archeologico (ad esempio, il ritrovamento dei resti di una capanna su un rilievo fa presumere la presenza di un piccolo insediamento e porta ad alzare il livello di potenziale oppure, al contrario, la relazione tra un deposito e un vuoto stratigrafico porta ad abbassare il potenziale).

È stato, quindi, naturale per i matematici del progetto MAPPA pensare di utilizzare una versione modificata dell'algoritmo PageRank, partendo dall'assunto che i criteri utilizzati per l'attribuzione del potenziale archeologico sono molto simili a quelli adoperati dai motori di ricerca per l'assegnazione d'importanza alle pagine web. Se le pagine web si pesano in maniera automatica, in base al loro utilizzo, per consentire all'algoritmo MAPPA di funzionare è stato necessario che gli archeologi pesassero i dati categorizzati¹ in base al loro potenziale informativo e formalizzassero le relazioni (i link) tra le categorie di ritrovamenti. Se per gli aspetti matematici legati all'elaborazione delle carte e all'individuazione dell'algoritmo per il calcolo automatico del potenziale archeologico si rimanda al § 6, qui si presenta il processo seguito per organizzare i dati archeologici, per pesarli, per individuarne le relazioni, per formalizzare i parametri necessari alla definizione delle aree funzionali (fig. 5.1).

5.1 Attribuzione del valore di potenziale

Punto di partenza del passaggio dal record archeologico al valore numerico sono stati i ritrovamenti organizzati al III livello di sintesi interpretativa all'interno del database. Si tratta di ritrovamenti con localizzazione certa e incerta: i primi sono quelli corredati da una documentazione sufficientemente precisa da consentire la georeferenziazione di alcuni dei loro elementi costitutivi, organizzati nei IV livelli; degli incerti è stato in-

¹ La redazione della carta di potenziale archeologico ha comportato la trasformazione dei record archeologici, delle tracce della fotointerpretazione, delle informazioni tratte dalla documentazione archivistica, sistematizzati nella struttura del database, in dati misurabili e confrontabili.

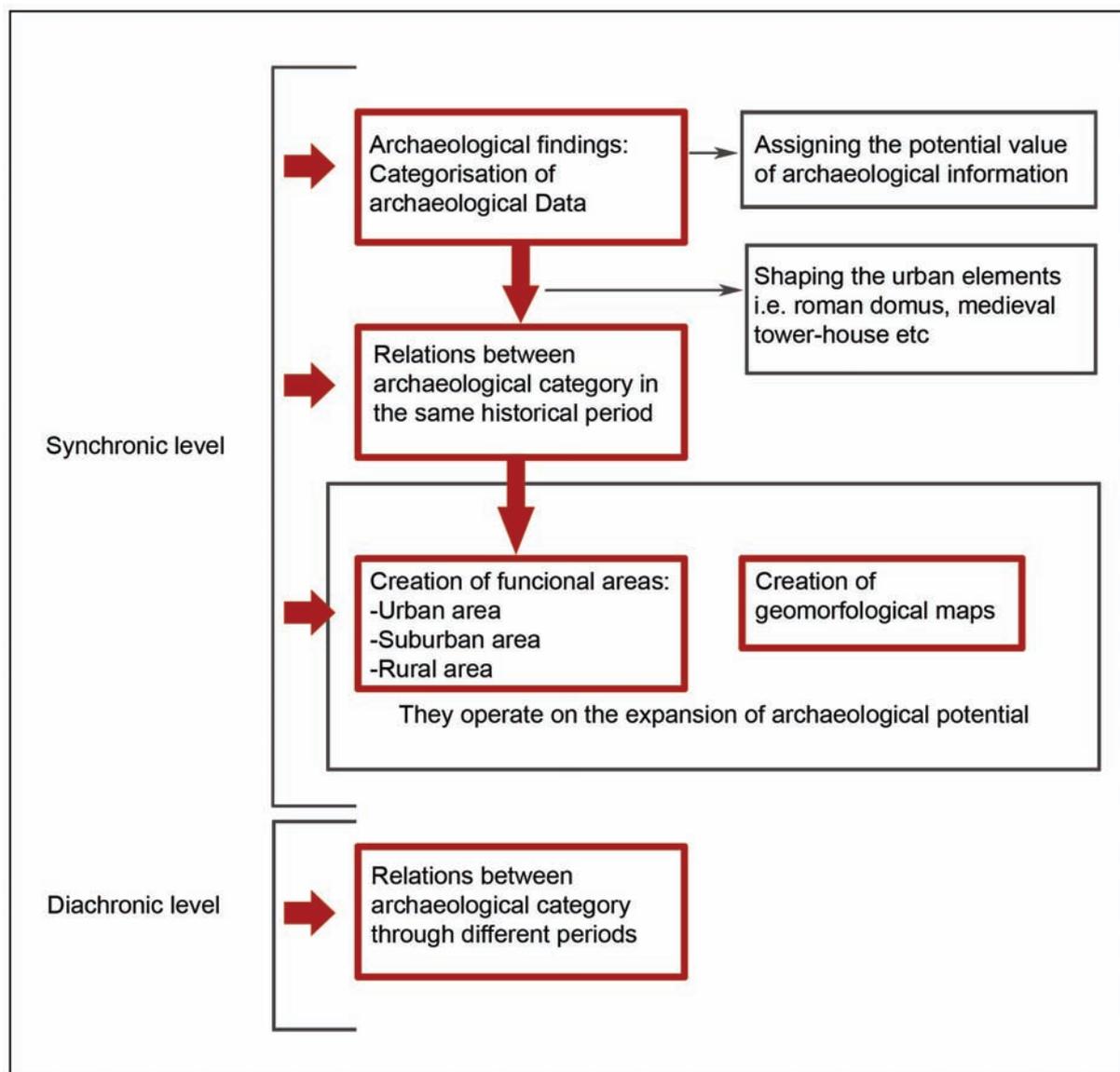


Fig. 5.1 Diagramma delle fasi di lavoro

vece sintetizzato un generico centroide all'interno dell'area dell'intervento². A ciascuno dei ritrovamenti (III livello) è stato assegnato un valore di potenziale ("VAL_TOT"), inteso come valore del potenziale informativo, a seconda della loro tipologia. Il valore di potenziale di ciascun ritro-

vamento deriva dalla somma di due valori: uno "generale", comune a tutti i periodi storici e connesso alla capacità informativa di ciascun III livello, e uno "di periodo", prevalentemente connesso alla frequenza/rarità di attestazione di ciascun III livello nei diversi periodi storici nel territorio di

² Per la struttura informatica di archiviazione, FABIANI, GATTIGLIA 2012; per i livelli di categorizzazione, Anichini *et alii* 2012: 157-161. Nel calcolo del potenziale i ritrovamenti a localizzazione certa hanno un peso pari al loro valore di potenziale, quelli a localizzazione incerta hanno un peso pari al valore di potenziale diviso il numero di celle che compongono la superficie dell'intervento. L'intera area su cui agisce il potenziale è divisa in celle regolari la cui dimensione ottimale è calcolata sul numero totale di ritrovamenti in base alla superficie totale dell'area oggetto di studio (cfr. § 6.).

Pisa. Vediamo di spiegare ulteriormente tali concetti anche con l'ausilio di alcuni esempi.

5.1.1 Il valore di potenziale "generale"

Il valore di potenziale "generale" è il risultato della somma di due parametri: la tipologia d'informazione e la mobilità/amovibilità del ritrovamento.

5.1.1.1 La tipologia di informazione

Per calcolare il valore di questo parametro è stato preliminarmente stilato un elenco di 19 categorie, corrispondenti ai principali ambiti informativi sui quali i singoli ritrovamenti archeologici possono fornire indicazioni. Sono stati presi in considerazione sia ambiti d'informazione materiali, come quelli connessi alle 'attività e alle tecniche produttive' o alle 'tecniche costruttive', sia ambiti d'informazione immateriali, come quelli connessi a 'culto/pratiche funerarie', alla gestione del 'tempo libero' o gli 'indicatori sociali e di genere'.

Gli ambiti informativi individuati sono:

1. *Organizzazione del territorio*: è la categoria che riguarda l'organizzazione degli spazi urbani, suburbani e rurali. Informa sulla gestione del territorio da parte di una comunità e perciò è strettamente connessa alle dinamiche politiche, economiche e insediative. Per tale motivo vi rientrano una moltitudine di ritrovamenti connessi all'organizzazione delle campagne ('area agricola ortiva'), all'impianto delle attività produttive ('area produttiva'), alla localizzazione delle aree cimiteriali ('area funeraria'), all'organizzazione urbana nelle sue componenti pubbliche e private ('area ad uso privato', 'area ad uso pubblico', 'area commerciale', 'area con funzione militare') e alle 'infrastrutture' in genere.
2. *Attività e tecniche produttive*: è la categoria legata agli aspetti e alle fasi dei cicli produttivi. Possono fornire informazioni su quest'ambito ritrovamenti come le 'strutture per la produzione di ceramica', dove si svolgeva fisicamente il processo produttivo, ma anche i semplici 'reperti mobili', come esito di un processo di produzione.
3. *Tecniche costruttive*: è l'ambito informativo connesso alla pratica del costruire, alle conoscenze tecniche e alle consuetudini edilizie, siano esse relative sia a strutture in pietra e/o laterizi sia a strutture in materiali deperibili. Tra i tipi di ritrovamento associati vi sono, oltre all'edificato, anche tutte le realtà che richiedono specifiche competenze e procedure operative di realizzazione, come le 'strade', le 'recinzioni', i 'fossi' e i III livelli connessi ad 'aree cimiteriali'.
4. *Strategie e tecniche militari*: quest'ambito informativo si riferisce ai record archeologici da cui è possibile trarre informazioni in merito alle attività belliche messe in atto da una comunità, in tempo sia di pace, sia di guerra. Sono dunque compresi i presidi di attacco e di difesa (ossia tutti i record compresi nella categoria 'area con funzione militare', come 'fortezza', 'mura', 'torre', 'accampamento militare', 'caserma' ecc.), le 'strutture per la produzione del ferro', 'del piombo', 'del rame' e 'l'industria litica', per l'evidente possibilità che vi si producessero armi, i 'ponti', le 'strade' e i 'porti' per l'alto valore strategico che rivestivano nel permettere le comunicazioni. Sono stati inoltre associati i record connessi alle aree sepolcrali per la possibile presenza di armi all'interno dei corredi funebri, almeno nelle epoche antiche.
5. *Igienico-sanitario*: quest'ambito è associato ai ritrovamenti che forniscono dati in merito alle pratiche igienico-sanitarie di una comunità, adottate sia a livello generale per il benessere della comunità stessa, sia in ambito più strettamente medico per evitare malattie e contagi ed eventualmente per curarli. Oltre ai record più direttamente connessi a quest'ambito, come 'industria farmaceutica', 'ospedale', 'acquedotto', 'lavatoio', 'discarica organizzata' ecc., sono stati collegati a tale ambito anche ritrovamenti come 'domus', 'abitazione', 'palazzo', 'cinema', 'scuola', 'bagni', 'terme', 'latrina', 'bar', 'locanda' ecc., accomunati dalla presenza di dispositivi che assicuravano il deflusso

- dei liquami e la disponibilità di acqua pulita, in modo da garantire migliori standard igienici; vi sono inoltre *'pars rustica'* e *'casa colonica'*, poiché in questo tipo di ambienti, dove l'uomo era spesso a contatto con gli animali, sono ben riconoscibili le soluzioni adottate per la salubrità dei vani.
6. *Sistemi idrici*: questa categoria riguarda tutte le infrastrutture legate all'approvvigionamento idrico. Vi sono collegati ritrovamenti connessi alle *'infrastrutture idrauliche'* come *'acquedotto'*, *'lavatoio'*, *'pozzo'*, *'vasche di raccolta'*, ma anche tutti quegli edifici che necessitano di rifornimento idrico, compresi nelle *'aree ad uso privato'* e nelle *'aree ad uso pubblico'*, dai *'complessi abitativi'* a quelli *'igienico/sanitari'*.
 7. *Viabilità/trasporti*: a quest'ambito informativo sono associati i temi connessi allo studio della viabilità. Vi rientrano aspetti come l'uso dei materiali, le tecniche costruttive di strade, ponti e altre infrastrutture a servizio della viabilità e dei viaggiatori, i veicoli, ma anche la ricostruzione dei tracciati viari e lo studio dei percorsi, compresi quelli che si snodavano su fiumi e canali. Tra i ritrovamenti associati a tale ambito, pertanto, oltre a quelli che fanno parte della *'infrastruttura viaria'* e *'infrastruttura portuale/navigazione'*, vi sono quelli da cui si possono indirettamente trarre indicazioni sulla viabilità (*'confine'*, *'quartiere'*, *'anfiteatro'*, *'stadio'*, *'foro'*, *'arco'*, *'caserma'*, *'infrastrutture di immagazzinamento'*, *'mura'*, *'albergo'*, *'locanda'*).
 8. *Commerci*: comprende le pratiche di scambio e compravendita dei prodotti. A questa categoria si associano tutti i ritrovamenti connessi alle infrastrutture dedicate al commercio e comprese nelle *'strutture di vendita'* (*'bar'*, *'bottega/taberna'*, *'macellum'*, *'mercato'*, *'osteria'*, *'postribolo'*, *'termopolium/caupona'*, *'albergo'*, *'locanda'*), oltre ai semplici *'reperti mobili'* attraverso i quali è spesso possibile ricostruire fenomeni commerciali di maggiore o minore ampiezza.
 9. *Coltivazione/allevamento*: tale categoria riguarda le pratiche connesse alla coltivazione e allo sfruttamento delle piante e all'allevamento degli animali. Fornisce un'ampia gamma d'informazioni (conoscenze tecniche, strumenti impiegati, specie allevate ecc.) che è possibile trarre da ritrovamenti direttamente connessi a tali attività (come tutti i III livelli compresi in *'sistemazione agraria/centuriazione'*, *'orto'* e *'complesso agricolo/villa rustica'*) e da più generiche realtà insediative (come *'monasteri'*, *'fortezze'*, *'insulae'* ma anche *'accampamenti'*) in cui tali attività sono documentate in maniera diretta (perché svolte in specifici settori) o indiretta (considerata l'abbondanza di dati materiali recuperati in tali contesti).
 10. *Alimentazione*: è la categoria legata all'alimentazione umana e alle sue esigenze. Coinvolge tutti i ritrovamenti connessi alla produzione di alimenti e bevande (come *'frantoi'*, *'stalle'*, ma anche *'terreni agricoli'* ecc.), alla loro conservazione (*'magazzini'*, *'pozzi'* ecc.) e a tutti quei complessi architettonici che accoglievano anche ambienti per la preparazione e la consumazione dei pasti (come *'casa torre'*, *'domus'*, *'insula'* ecc.).
 11. *Gestione dei rifiuti*: è la categoria connessa alle procedure di raccolta, trasporto e smaltimento di rifiuti e scarti, sia liquidi che solidi, sia di piccola entità (come i resti di un pasto), sia di maggior impatto (come un'intera discarica). Tra i ritrovamenti associati a quest'ambito informativo vi sono quasi tutti gli edifici provvisti di sistemi per lo smaltimento delle acque scure e luoghi dove si accumulano rifiuti; gran parte degli impianti di lavorazione compresi nei II livelli - *'lavorazione dei metalli'*, *'lavorazione dell'argilla'*, *'lavorazione delle pelli/tessuti'*, *'lavorazione della pietra'*, *'lavorazione alimentare'*, *'lavorazione del vetro'*, *'lavorazione del legno'*, *'lavorazione industriale'* - per la frequente presenza di apprestamenti necessari allo smaltimento dei prodotti di scarto, e inoltre le strutture comprese nel secondo

livello 'infrastruttura viaria', poiché spesso associate a canalizzazioni o reti fognarie, e quelle connesse al II livello 'infrastruttura portuale/navigazione', presso le quali si accumulavano grandi quantità di scarti e rifiuti connessi al carico/scarico delle merci e dei contenitori da trasporto.

12. *Antropologia*: la voce è legata al recupero e allo studio di resti umani, che offrono informazioni utili allo studio della biologia e dello stile di vita delle società antiche, consentendo di ricostruire malattie, dieta, attività ecc... Tra i ritrovamenti associati a quest'ambito informativo vi sono le 'aree cimiteriali' e tutti gli edifici o i complessi edilizi che possono ospitare sepolcreti (come 'cappella', 'monastero', 'chiesa', 'ospitale', 'fortezza' ecc.).
13. *Culto/pratiche funerarie*: è l'ambito informativo entro cui ricadono tutti i fenomeni connessi alla sfera della religione e del sacro in generale, compresi i riti, le cerimonie e le consuetudini legate a forme di superstizione e naturalmente le pratiche connesse al culto dei morti. I tipi di ritrovamento da cui è possibile trarre informazioni in merito a questi aspetti sono assai vari e comprendono gli edifici espressamente dedicati a tali pratiche (ad esempio 'tempio', 'chiesa', 'cappella', 'edicola votiva', 'altare' ecc.), quelli in cui tali pratiche si svolgevano in forma privata o semi-privata (ad esempio 'domus', 'carcere', 'ospedale' ecc.), quelli connessi a produzioni strettamente legate ai rituali di una religione (come le 'strutture per la produzione di campane') e ovviamente tutti i tipi di 'tombe' e 'aree cimiteriali'. A ciò si aggiungono le più ampie realtà insediative che potevano includere le categorie precedenti (come 'fortezza', 'quartiere', 'monastero', 'foro' ecc.).
14. *Aspetti politico-istituzionali*: quest'ambito si riferisce ad aspetti connessi alla struttura e alle attività delle istituzioni e delle organizzazioni pubbliche della città, che hanno come fine l'organizzazione e l'amministrazione della vita politica e l'esercizio del potere. Oltre agli edifici espressamente dedicati ad attività politico-amministrative (ad esempio 'basilica', 'comizio', 'curia' ecc.), in quest'ambito sono stati considerati anche edifici dalla forte valenza pubblica (ad esempio, 'chiesa', 'santuario', 'area cimiteriale') o celebrativa ('arco', 'monumento').
15. *Indicatori sociali e di genere*: questa categoria coinvolge i record archeologici che consentono di effettuare osservazioni in merito alla struttura e alle dinamiche interne di una società, ai gruppi sociali che la compongono e alle norme e alle consuetudini che ne scandiscono la vita. Tra i ritrovamenti associati a quest'ambito vi sono tutti gli edifici o le parti di edificio in cui agivano gruppi sociali ben distinti (clero, schiavi, operai, nobili ecc.): si tratta ad esempio di tutti i III livelli legati alle 'aree produttive', ai 'complessi/edifici abitativi', ma anche di molte aree ad uso pubblico caratterizzate da marcate differenziazioni sociali ('anfiteatro', 'palestra', 'terme', 'scuola', 'ospitale' ecc.) e naturalmente le 'aree cimiteriali', per la presenza di molteplici indicatori sociali come il rito funebre, la posizione topografica delle sepolture, gli oggetti di corredo, eventuali dati epigrafici ecc.
16. *Tempo libero*: una pluralità di strutture informa sulle varie modalità di trascorrere il tempo libero. Vi rientrano ovviamente i luoghi deputati per definizione a tale scopo, come gli 'edifici ludici' ('anfiteatro', 'campo sportivo', 'cinema', 'circo', 'ippodromo', 'palestra', 'stadio', 'teatro'), ma possono esservi compresi anche luoghi diversi, come 'strutture di vendita' ('bar', 'osteria', 'postribolo', 'thermopolium/caupona'), 'aree non edificate' ('giardino/parco pubblico'), 'edifici abitativi' ('domus', 'palazzo') e 'edifici igienico/sanitari' ('terme').
17. *Costume*: si tratta della categoria che informa su tutti gli aspetti legati alla moda, all'arte, all'architettura, ai fenomeni di gusto nel senso più ampio del termine. Poiché tali aspetti si riflettono in quasi tutte le attività umane, a

questa categoria si lega una vastissima gamma di ritrovamenti, compresi in quasi tutti i I livelli: dai ritrovamenti in cui il gusto si esprime in modo più manifesto, come nelle partizioni architettoniche e decorative di 'templi', 'chiese', 'palazzi' e 'aree cimiteriali', fino a quelli in cui il gusto si lega più strettamente agli aspetti funzionali, come nella realizzazione di 'ponti' o 'fortezze'.

18. *Fauna/flora*: questa categoria, che comprende i resti animali o vegetali recuperati in scavi archeologici, non va confusa con *Coltivazione/allevamento (supra)*, che fa riferimento alle corrispondenti attività umane. Dai dati sulla flora e sulla fauna è possibile ottenere informazioni utili allo studio dei contesti ambientali antichi e soprattutto delle relazioni tra uomo e ambiente in termini di condizionamenti reciproci e di sfruttamento del territorio, allargando così il quadro delle conoscenze agli aspetti economici e sociali. Vi sono compresi tutti i ritrovamenti appartenenti al I livello 'contesto naturale' e quei ritrovamenti, come 'capanna', 'casa rurale', 'palafitta' ecc., in cui il legno impiegato come materiale da costruzione può offrire informazioni sui manti boschivi estesi intorno alla città. A tali ritrovamenti si aggiungono quelli legati agli impianti produttivi, specie quelli che prevedevano l'uso del fuoco nel processo di produzione (come le strutture per la 'lavorazione dei metalli' o per la 'lavorazione dell'argilla', ma anche quelle per alcune 'lavorazioni alimentari' o i più semplici 'focolari'), per la possibilità di rinvenire resti di carbone. Alla categoria *fauna/flora* si legano anche i ritrovamenti connessi alle 'infrastrutture portuali/navigazione', che prevedono un abbondante uso del legno e si localizzano in contesti umidi, favorevoli alla conservazione dei reperti organici. Tra questi, però, non è

stato inserito il record 'area di relitti' (peraltro presente a Pisa), poiché i legni degli scafi affondati non sono necessariamente riconducibili al contesto ambientale limitrofo all'area in cui sono stati rinvenuti.

19. *Ambiente (geomorfologia)*: questa categoria è legata ai ritrovamenti che offrono dati sul contesto geomorfologico in cui si sviluppava l'insediamento. Tra essi rientrano anche i ritrovamenti connessi alla 'lavorazione dell'argilla' e alla 'lavorazione della pietra', che indicano la natura delle formazioni naturali delle aree in cui si localizzavano, 'frantoio' e 'cantina vinicola', poiché la loro presenza suggerisce la prossimità di coltivazioni di olivi e viti, che crescono solo in determinati contesti geomorfologici, 'mulino', che indica la vicinanza di un corso d'acqua necessario al suo funzionamento, e 'palafitta' che rivela la presenza di un ambiente paludoso.

Dopo aver definito le categorie corrispondenti ai principali ambiti informativi, sono stati passati in rassegna tutti i ritrovamenti archeologici (III livelli), verificando su quante e quali categorie ciascuno di essi potesse fornire informazioni. Per ogni categoria coinvolta, al ritrovamento di III livello è stato assegnato un valore binario (1 per la presenza, 0 per l'assenza)³: ad esempio, il III livello 'domus' assume valore 12, poiché il ritrovamento di una *domus* romana può fornire informazioni in merito ad altrettante categorie ('attività e tecniche produttive', 'tecniche costruttive', 'commerci', 'alimentazione', 'culto/pratiche funerarie', 'gestione dei rifiuti', 'indicatori sociali e di genere', 'igienico-sanitari', 'organizzazione del territorio', 'tempo libero', 'costume', 'sistemi idrici'); il III livello 'area sacra' ha valore 5 poiché fornisce indicazioni su altrettanti ambiti informativi ('tecniche costruttive', 'commerci', 'culto/pratiche funerarie', 'indicatori sociali e di genere'); il III livello 'fosso' ha infine

³ Siamo consapevoli che tale sistema è semplicistico e che può essere migliorato consentendo di attribuire valori compresi tra 0 e 1. In questa prima fase, anche per non incorrere eccessivamente in attribuzioni soggettive, si è deciso di attestare solo presenza e assenza e non i gradi della presenza.

valore 2 poiché fornisce informazioni solo su 2 categorie (“tecniche costruttive” e “organizzazione del territorio”).

5.1.1.2 *La mobilità/amovibilità del ritrovamento*

Questo parametro si lega alla consistenza/labilità delle tracce connesse a ciascun tipo di ritrovamento: si ipotizza che a ritrovamenti più strutturati corrisponda un potenziale informativo più alto, poiché vi è una maggiore possibilità di individuare i resti nel deposito archeologico. I valori attribuiti a questo parametro sono 1 nel caso di III livelli realizzati in muratura (ad esempio ‘*insula*’, ‘*casa torre*’, ‘*domus*’, ‘*palazzo*’, ‘*teatro*’, ‘*basilica*’, ‘*carcere*’, ‘*foro*’, ‘*chiesa*’); 0,5 nel caso di III livelli che prevedono una muratura, ma che possono essere anche meno strutturati (ad esempio ‘*argine fluviale*’, ‘*recinzione*’, ‘*pollaio*’, ‘*porcile*’, ‘*stalla*’ o ‘*focolare*’); 0 nel caso di III livelli realizzati generalmente con apprestamenti non murati (ad esempio ‘*canale*’, ‘*colmata*’, ‘*fosso*’, ‘*terreno agricolo*’, ‘*spiazzo*’, ‘*accampamento*’, ‘*discarica organizzata*’, ‘*reperti mobili*’).

Al peso che ogni ritrovamento ha ottenuto sulla base delle informazioni che è in grado di fornire sulle 19 categorie corrispondenti ai principali ambiti informativi, va dunque sommato il valore attribuitogli sulla base del parametro mobilità/amovibilità. In tal modo, riprendendo gli esempi precedentemente presentati, al valore 12 attribuito a ‘*domus*’ va aggiunto il valore 1 perché questo III livello è realizzato in muratura, per un totale di 13 punti; al valore 5 attribuito all’“area sacra” va aggiunto il valore 0,5 perché questo III livello può essere realizzato in muratura o meno, per un totale di 5,5 punti; al valore 2 attribuito a ‘*fosso*’ non va invece aggiunto alcun altro valore perché si tratta di un III livello realizzato senza l’apprestamento di opere murate.

5.1.2 *Il valore di potenziale “di periodo”*

Come abbiamo visto, sulla base del tipo d’informazione e del parametro mobilità/amovibilità, è possibile calcolare per i III livelli un valore di po-

tenziale “generale”, valido per qualunque periodo storico. Tuttavia siamo consapevoli che un medesimo tipo di ritrovamento può assumere anche un valore di potenziale specifico per i diversi periodi, sulla base della maggiore o minore frequenza con cui può essere rinvenuto. Il valore di potenziale di periodo, basato sul parametro frequenza/rarità, può così essere sommato al potenziale generale, consentendo di modulare il potenziale di ogni tipo di ritrovamento nelle diverse epoche storiche.

La frequenza/rarità di una determinata tipologia di ritrovamento non è certo valutabile per qualunque luogo; per questo motivo si è deciso di limitare tale parametro alla realtà archeologica di Pisa.

La scala di valori adottata per questo parametro è 0 quando un tipo di ritrovamenti è assente, 1 quando è frequente (ossia ricorrente con una frequenza superiore al 15% del totale dei rinvenimenti a Pisa in un dato periodo), 3 quando è raro (ossia ricorrente con una frequenza inferiore al 15% del totale dei rinvenimenti a Pisa in un dato periodo), 6 quando è unico. Ad esempio, un ritrovamento come ‘*anfiteatro*’, che assume il valore massimo 6 per l’età romana, ha valore 0 per tutte le altre epoche che non prevedono tale tipo di edificio; l’*argine fluviale*, assente in età protostorica (valore 0) è frequente (valore 1) in tutte le altre epoche; il III livello ‘*canale*’ infine appare raro (valore 3) in tutte le epoche storiche.

5.1.3 *Il valore di potenziale delle tracce aeree*

Il valore di potenziale attribuito alle tracce aeree, per loro natura di affidabilità incerta, corrisponde al 50% del valore del corrispondente ritrovamento “reale”: la traccia aerea di un tumulo etrusco assume così valore 6,25 perché il tumulo ha valore 12,5; la traccia di un ‘*asse centuriale*’ assume valore 4,25 perché l’*asse centuriale* ha valore 8,5; la traccia di un ‘*canale*’, infine, assume valore 2,5 perché il canale ha valore 5. Quando è possibile stabilire la cronologia della traccia, il suo valore è attribuito ad un periodo specifico, come avviene per il tumulo o per l’*asse centuriale*, inequivocabilmente attribuibili rispettivamente all’età etrusca e a quella

romana. Invece nel caso in cui non sia possibile attribuire una traccia a un'epoca precisa, il suo valore viene "spalmato" su tutti i periodi, come avviene, ad esempio, nel caso di un generico 'canale'⁴.

5.2 Dai ritrovamenti alle forme

All'interno dell'algoritmo assumono importanza anche quei processi analitico-interpretativi che l'archeologo mette in atto per ricostruire forma ed estensione degli elementi del tessuto urbano (una strada, un edificio ecc.). Nei casi in cui i dati disponibili consentivano un'ipotesi di ricostruzione, ai ritrovamenti - generalmente relativi solo a una porzione di un edificio o di un complesso urbano - è stata sovrapposta una "forma" corrispondente alla probabile planimetria nella sua interezza. La ricostruzione della forma si basa sui resti indagati o su altri indicatori come le tracce aeree e l'analisi degli elevati, o sulla documentazione d'archivio, limitatamente ai periodi moderno e contemporaneo. In mancanza di dati sufficienti, è stata disegnata una forma "generica", che trae spunto da analoghe tipologie di rinvenimenti indagati estesamente in contesti cronologicamente analoghi.

A seconda di quanto la forma disegnata si avvicina alla forma reale, viene assegnato un valore al parametro "PrForma" (Precisione Forma). Il grado di precisione della forma tiene conto sia del profilo, sia delle dimensioni della planimetria. I valori adottati per questo parametro sono 1, quando il grado di precisione è maggiore dell'80%; 2 quando è compreso tra 50 e 80%; 3 quando è inferiore al 50%. Inoltre, a seconda di quanto l'orientamento della forma disegnata si avvicina a quello originale è assegnato un diverso valore al parametro "PrOrient" (Precisione Orientamento): 1 se entrambi gli assi di orientamento sono corretti; 2 se uno di essi è corretto, ma la forma può essere ribaltata su uno dei suoi assi; 3 se nessuno degli assi di

orientamento della forma è noto. Alle forme così ottenute sono stati attribuiti i valori di potenziale archeologico divisi sulla base del combinato della precisione di dimensione e orientamento, in una scala compresa tra un mezzo e un sesto del valore del ritrovamento (per il calcolo dell'incertezza della forma e dei valori attribuiti alle celle cfr. § 6.).

5.3 Le aree funzionali

Ogni centro urbano, nell'antichità come ancora nell'età contemporanea, è circondato da una fascia suburbana e, ancora più all'esterno, dalla campagna⁵. Il riconoscimento di queste tre aree funzionali si basa su una pluralità di elementi che comprendono, ad esempio, le diverse tipologie insediative, il loro reciproco rapporto, la relazione con il contesto ambientale. Per svincolare il riconoscimento e la delimitazione delle aree funzionali dalla soggettività di chi "impressionisticamente" analizza tali componenti, si è ritenuto opportuno enucleare alcuni parametri che consentano ai matematici di definire in modo neutro le aree funzionali per i diversi periodi (cfr. § 6.). Le aree funzionali servono al corretto funzionamento dell'algoritmo e non rappresentano una ricostruzione archeologica degli spazi urbani ed extraurbani: in base al peso a loro assegnato, definiscono infatti solo l'ampiezza della propagazione dell'algoritmo, ponderata sulla base del valore della sottostante forma geomorfologica.

Innanzitutto è stata definita l'appartenenza di ogni rinvenimento a una o a più di una delle aree funzionali e al contempo la sua non-appartenenza a una o a tutte e due le altre. Così, ad esempio, l'area urbana' in età romana è connotata dalla presenza di 'domus', 'insula' e 'foro', mentre il 'terreno agricolo' o la 'mansio' la escludono; in età basso-medievale, invece, la città è caratterizzata da 'casa-torre' o 'quartiere', mentre 'conceria' e 'arsena-

⁴ Tale criterio non è applicato all'età protostorica alla quale non sembra ragionevolmente riconducibile alcuna delle tracce rilevate.

⁵ La suddivisione in 'area urbana', 'area suburbana' e 'campagna' è stata utilizzata per tutti i periodi ad eccezione della protostoria per la quale è stata adottata una suddivisione in 'abitato/frequentazione' e 'territorio'.

le' non vi compaiono. L'area suburbana' romana è caratterizzata dalla presenza di 'aree artigianali' e 'necropoli', mentre non sono presenti 'domus', 'macellum' e 'insula'; in età bassomedievale è tipico delle 'aree suburbane' 'terreno ortivo', ma non è presente 'palazzo', 'quartiere' o 'zecca'. La 'campagna', infine, in età romana è caratterizzata dalla presenza di 'canale', 'confine', 'terreno agricolo', 'pars fructuaria', 'pars rustica' e 'pars urbana' della 'villa', mentre non vi compaiono 'domus', 'insula', 'palestra' e 'foro'; in età bassomedievale sono presenti in 'campagna' 'casa colonica' e 'frantoio', ma non vi compaiono 'casa-torre' e 'piazza'. Come abbiamo detto, alcuni tipi di rinvenimenti possono appartenere, per loro natura, a più di una categoria e quindi non escludere le altre: ad esempio, in età romana, una 'strada' lastricata può essere nel centro abitato come nel primo suburbio, un 'orto/giardino' può trovarsi anch'esso sia in città sia nel suburbio.

Sulla base dei ritrovamenti caratterizzanti, sono stati fissati ulteriori criteri per la definizione delle aree funzionali, validi per tutte le epoche o solo per alcune di esse:

si definiscono dei buffer di 200 m di raggio (300 m per l'epoca etrusca) per ciascuna delle tipologie caratterizzanti una determinata area funzionale (dati certi e incerti); tutti i ritrovamenti non caratterizzanti un'area funzionale che rientrano all'interno di uno dei buffer vengono inglobati nella stessa area funzionale;

con ulteriori passaggi, gli elementi non caratterizzanti inclusi nei buffer degli elementi caratterizzanti, generano nuovi buffer di raggio progressivamente minore del 50%, ampliando l'area funzionale di appartenenza;

l'espansione all'interno di ogni area funzionale procede finché i buffer non incontrano (o vengono a sovrapporsi) i buffer delle altre aree funzionali, determinando così un confine tra le aree funzionali. Per un periodo come l'alto Medioevo - in cui risulta meno netta la separazione tra aree funzionali - l'area suburbana' è creata unendo le due aree funzionali urbana e suburbana del periodo roma-

no e sottraendovi l'area urbana' di questo periodo e le zone che risultano sovrapposte agli elementi geomorfologici denominati 'fiume', 'palude' e 'area soggetta ad allagamenti';

per il periodo romano e altomedievale l'espansione dell'area funzionale termina in concomitanza con un fiume o con la palude; per il basso medioevo l'espansione delle aree funzionali termina in concomitanza con un fiume o con le mura urbane; tutti i ritrovamenti non caratterizzanti creano intorno a loro un buffer di 100 m di raggio; se all'interno del buffer ricadono almeno 5 ritrovamenti e questi sono ad una distanza minore di 100 m dal buffer del più vicino ritrovamento caratterizzante l'area urbana' ('abitato/frequentazione' per la protostoria), allora anch'essi vengono inglobati nell'area urbana';

dopo che tutte le aree funzionali sono state generate, le aree non occupate da alcuna area funzionale diventano 'campagna' ('territorio' per l'età protostorica), a eccezione delle zone 'fiume', 'palude', 'area umida';

per l'età romana, i ritrovamenti di III livello compresi in 'area agricola/ortiva' e 'area funeraria', che si attestano a una distanza inferiore a 450 m dai ritrovamenti caratterizzanti l'area urbana', sono caratterizzanti l'area suburbana' ed escludono 'campagna';

per l'alto Medioevo, ritrovamenti che darebbero luogo ad un'area funzionale urbana, se sono inseriti in un'area di palude, danno origine all'area funzionale suburbana;

per il basso Medioevo, se un ritrovamento 'chiesa' non appartiene all'area urbana' e si trova entro un raggio di 450 m da un ritrovamento caratterizzante l'area urbana', diventa esso stesso caratterizzante l'area funzionale suburbana.

Per poter utilizzare le aree funzionali come maschere, all'interno delle quali consentire l'espansione del potenziale archeologico, è stato necessario attribuire loro un peso. Anche in questo caso, allo scopo di evitare valutazioni soggettive, per ciascuna di esse sono stati elencati i tipi di ritrovamento possibili e sono stati sommati i valori di

potenziale di ciascuno di essi. La cifra ottenuta è stata quindi fornita ai matematici, che hanno provveduto a utilizzarla nell'implementazione dell'algoritmo assieme ai valori delle forme geomorfologiche (cfr. § 5.4), delle associazioni sincroniche (cfr. § 5.5) e delle associazioni diacroniche (cfr. § 5.6). Sulla base di questi valori, sono stati quindi definiti i parametri per espandere il potenziale dei ritrovamenti presenti all'interno di quell'area funzionale (sul trattamento dei dati cfr. § 6.).

5.4 Le forme geomorfologiche

Il valore di potenziale delle forme geomorfologiche (cfr. § 2.) è strettamente connesso alla probabilità che esse hanno di attrarre i vari tipi d'insediamento: di conseguenza, per stabilire il valore del potenziale delle forme geomorfologiche, per ciascuna di esse sono stati elencati i tipi di ritrovamento possibili e sommati i singoli valori.

Il valore di una stessa forma geomorfologica in periodi diversi può mutare, giacché il condizionamento dell'elemento geomorfologico sull'insediamento umano muta a seconda dell'epoca storica: se, ad esempio, l'area umida non appare generalmente favorevole all'impianto di un abitato, ciò non si riscontra per l'età etrusca, quando le testimonianze materiali mostrano la presenza di insediamenti in contesti di palude e acquitrinio.

5.5 Associazioni sincroniche

Nella complessa rete di relazioni funzionali che legano le attività umane, ogni tipo di ritrovamento appare inevitabilmente collegato ad altri, con i quali ha convissuto almeno per un certo periodo all'interno di ogni singola area funzionale (piano sincronico): una strada, che per definizione serve a mettere in comunicazione, è legata a tutte le strutture o ai luoghi verso i quali conduce e appare così in relazione, ad esempio, con *'domus'*, *'area funeraria'* o *'area agricola'*. Riconoscere le

relazioni tra i III livelli consente di valorizzare il loro potenziale informativo, attraverso la pluralità dei loro richiami: ma per valorizzare quelli che agiscono all'interno delle aree funzionali è opportuno esplicitare le relazioni che intercorrono al loro interno⁶. Tornando all'esempio *'strada'*, i collegamenti ricordati per l'età romana andranno dunque organizzati all'interno di tre aree funzionali distinte: *'strada'* e *'domus'* nell'*'area urbana'*; *'strada'* e *'necropoli'* all'interno dell'*'area suburbana'*; *'strada'* e *'area agricola'* all'interno della area funzionale *'campagna'*.

Come dicevamo, tali relazioni agiscono su un piano sincronico: per l'età etrusca, *'santuario'*, ad esempio, richiama *'area sacra'* e *'tempio'*; *'abitazione'* richiama altre *'abitazioni'*, *'focolare'*, *'strada'* e *'pozzo'*. Per l'età romana, *'fosso'* ha relazione con *'terreno agricolo'*; *'orto'* con *'recinzione'*; *'domus'* con altre *'domus'*, *'strada'*, *'taberna'*, *'pozzo'*, *'sistema acque chiare'* e *'sistema acque scure'*. Per l'età bassomedievale, infine, *'monastero'* richiama *'chiesa'*, *'strada'*, *'campanile'*, *'ad inumazione'*; *'casa-torre'* richiama invece altre *'case-torre'*, *'strada'*, *'bottega'*, *'corte'* e *'vicolo'*.

In questo modo per ciascun III livello sono stati elencati tutti gli altri III livelli che ad esso si associano. Criteri fondamentali per stabilire tali connessioni sono stati la distanza tra le tipologie di ritrovamenti (intorno ai 50 m) e una ricorrenza di tale connessione superiore al 75% delle attestazioni.

5.6 Associazioni diacroniche

Le relazioni tra le tipologie di ritrovamenti s'instaurano non solo sul piano sincronico, ma anche su quello diacronico: tra un periodo e l'altro, infatti, alcune realtà insediative si perpetuano con la stessa funzione o danno origine ad altre, secondo una ricorrenza ampiamente rilevata e che consente di formulare ipotesi anche nel caso di Pisa. La

⁶ In assenza di studi statistici sulle relazioni tra le varie tipologie di ritrovamento sia sul piano sincronico che su quello diacronico, ci si basa sulle conoscenze empiriche degli esperti sui vari periodi storici.

probabilità che un tipo di ritrovamento possa condizionare lo sviluppo di un altro nel periodo successivo è stata espressa secondo 4 gradi:

I : probabilità compresa tra 0 - 25 %

II : probabilità compresa tra 26 - 50 %

III : probabilità compresa tra 51 - 75 %

IV : probabilità compresa tra 76 - 100 %

Per mostrare con alcuni esempi l'applicazione di questa scala di valori, possiamo ricordare che vi è una possibilità di III grado che su 'un'area funeraria' etrusca si formi in età romana un 'terreno agricolo' e una possibilità di II grado che una 'strada' di età etrusca continui a mantenere la stessa funzione anche in età romana. Ancora, con una

possibilità di II grado una 'domus' di età romana dà origine in età altomedievale a un 'abbandono' o a una 'capanna'. La realtà tuttavia è assai più complessa e non è detto che la dinamica di trasformazione possa essere letta con lo stesso grado di possibilità nei due sensi di marcia. Osservando la dinamica degli eventi dal punto di vista della 'capanna' altomedievale, infatti, possiamo riconoscere che non tutte le capanne sono realizzate sul sito di una precedente 'domus', ma anche su strutture di altro genere o possono sorgere senza alcun condizionamento: vi è dunque solo una possibilità di I grado che una capanna altomedievale derivi da una 'domus' romana.

6. L'algoritmo MAPPA

Nevio Dubbini (DOI: 10.4458/0917-06)

6.1 Introduzione

Questo capitolo definisce in termini formali il problema del calcolo del potenziale archeologico, gli assunti fatti per risolverlo, il modello matematico utilizzato, l'implementazione software, l'interpretazione della soluzione fornita e il test dell'algoritmo nell'ambito del *case study*, ossia l'area urbana di Pisa. Il modello matematico utilizzato per stimare il potenziale archeologico è basato sull'algoritmo di PageRank. I motivi di tale scelta sono da ricercare nell'analogia tra i criteri usati per attribuire il potenziale archeologico e quelli utilizzati per assegnare l'importanza delle pagine web negli algoritmi dei motori di ricerca. Tale analogia si basa sul fatto che, da un punto di vista concettuale, l'elemento chiave per stimare il potenziale archeologico è l'identificazione delle relazioni che intercorrono tra i ritrovamenti archeologici: la presenza di un determinato ritrovamento nelle vicinanze di un altro può rafforzare o indebolire la probabilità che questi formino una struttura di livello organizzativo più complesso e, dunque, può incrementare o abbassare il potenziale archeologico dell'area in cui si trovano. Gli algoritmi di *page ranking* si basano su principi molto simili, secondo i quali ogni pagina web attribuisce importanza alle pagine che puntano a quella (mediante un link) e, viceversa, riceve importanza dalle pagine alle quali punta. Il lettore può fare riferimento a BINI *et alii* 2011 per ulteriori considerazioni circa la scelta del modello matematico, e a LANGVILLE, MEYER 2006 per una trattazione dal punto di vista matematico dei modelli PageRank.

Sia nella descrizione del problema, che in quella dell'algoritmo di stima del potenziale archeologico, daremo per acquisito che tutti i dati archeologici disponibili siano stati categorizzati assegnando ogni ritrovamento ad una categoria che ne caratterizzasse le proprietà salienti secondo un opportuno livello di

generalità. Questo lavoro preliminare, svolto secondo quanto descritto in FABIANI, GATTIGLIA 2012, è necessario per un'efficiente implementazione dell'algoritmo e per renderlo abbastanza generale da poter essere applicato anche in differenti contesti. Nel resto del capitolo, quindi, useremo indifferentemente le parole "ritrovamento" o "categoria di ritrovamenti".

6.2 Il problema:

La stima del potenziale archeologico

L'algoritmo MAPPA non è inteso semplicemente per fornire una stima del potenziale archeologico "totale", ma soprattutto per dare una stima di tale potenziale per ogni singolo periodo archeologico. Per questo motivo il sottosuolo dell'area di studio è stato diviso in celle tridimensionali che formano dei *layer* che coprono ognuno l'intera superficie dell'area di lavoro. Il numero dei *layer* è uguale al numero dei periodi archeologici considerati, perché in questa maniera risultava una naturale distinzione tra le relazioni intercorrenti all'interno dello stesso periodo archeologico e quelle che intercorrono tra due diversi periodi. I 7 periodi che il team archeologico ha identificato sono: Protostoria, Periodo Etrusco, Periodo Romano e tardoantico, Alto Medioevo, Basso Medioevo, Età Moderna, Età Contemporanea. Dunque il sottosuolo dell'area di lavoro è stato suddiviso in $n = n1 \times n2$ celle per ognuno dei 7 periodi archeologici. Il primo problema che si è posto è stato quello di "rappresentare" la conoscenza pregressa, ovvero di assegnare ad ognuna di queste $7n$ celle un valore iniziale di potenziale archeologico sulla base dei dati disponibili.

Il potenziale archeologico rappresenta la possibilità che nel sottosuolo sia preservata una stratificazione archeologica di maggiore o minore importanza. Per stimarlo, quindi, sono stati identificati i seguenti parametri: la tipologia dell'insediamento, la densità dell'insediamento, la pluristratificazione del

deposito, la mobilità/inamovibilità del deposito, il grado di conservazione del deposito (ANICHINI *et alii* 2011) e la quantità di informazioni (a periodi archeologici con un minor numero di informazioni disponibili è stato attribuito un peso maggiore). Per gli scopi di questo capitolo dobbiamo però distinguere tra quello che indicheremo con *potenziale archeologico assoluto* e quello che indicheremo con *potenziale archeologico stimato*. Il potenziale archeologico assoluto è stato definito per assegnare un valore di potenziale alle celle per le quali vi erano dei dati disponibili, mentre il potenziale archeologico stimato è una valutazione del valore informativo della stratificazione archeologica espressa dall'algoritmo, ed è diviso in cinque livelli, dal minimo valore 1 (limitato valore informativo), al massimo valore 5 (elevato valore informativo).

Il valore del potenziale archeologico assoluto delle categorie di ritrovamenti è stato ottenuto sommando due diverse componenti: la tipologia di informazione archeologica e la mobilità/inamovibilità del ritrovamento archeologico.

La tipologia di informazione archeologica

Per calcolare il valore di questo parametro è stata stilata una lista di 19 ambiti informativi per i quali ogni ritrovamento può fornire indicazioni: *organizzazione del territorio, attività e tecniche produttive, tecniche costruttive, strategie e tecniche militari, igienico-sanitario, sistemi idrici, viabilità/trasporti, commerci, coltivazione/allevamento, alimentazione, gestione dei rifiuti, antropologia, culto/pratiche funerarie, aspetti politico-istituzionali, indicatori sociali e di genere, tempo libero, costume, fauna/flora, ambiente (geomorfologia)*. Definiti questi ambiti, ad ogni categoria di ritrovamenti è stato assegnato un valore di potenziale assoluto, ottenuto sommando il valore 1 ogni volta che la categoria forniva informazioni su quell'ambito informativo, altrimenti 0. Per esempio, alla categoria *domus* è stato assegnato il valore 12 perché una *domus* può fornire informazioni circa i 12 seguenti ambiti informativi: *attività e tecniche produttive, tecniche costruttive, commerci, alimentazione, culto/pratiche funerarie, gestione dei rifiuti, indicatori sociali e*

di genere, igienico-sanitario, organizzazione del territorio, tempo libero, sistemi idrici (cfr. § 5.1.1).

La mobilità/inamovibilità dei ritrovamenti

Questo parametro è connesso alla consistenza/labilità delle diverse tracce archeologiche. L'assunto è che resti archeologici più consistenti (ad esempio un edificio in muratura) corrispondano a valori di potenziale più alti, perché esiste una maggiore possibilità di identificare i resti stessi. I valori assegnati a questo parametro (vedi § 5.1.1.2) sono:

- 1, nel caso di ritrovamenti archeologici realizzati in muratura (ad esempio 'insula', 'casa torre', 'domus', 'palazzo', 'teatro', 'basilica', 'carcere', 'foro', 'chiesa');
- 0.5 nel caso di ritrovamenti archeologici che prevedono una muratura, ma che possono essere anche meno strutturati (ad esempio 'argine fluviale', 'recinzione', 'pollaio', 'porcile', 'stalla' o 'focolare');
- 0 nel caso di ritrovamenti con una natura labile, come una capanna (ad esempio 'canale', 'colmata', 'fosso', 'terreno agricolo', 'spiazzo', 'accampamento', 'discarica organizzata').

A seconda della natura dei dati disponibili, i valori del potenziale assoluto sono stati suddivisi in diversi file di input per poter essere processati dall'algoritmo. Di seguito descriviamo i dataset di input, che sono stati creati per ogni singolo periodo archeologico.

- *Dati con geolocalizzazione certa*: sono quelli con coordinate spaziali conosciute. Da notare il fatto che abbiamo considerato in questa classe anche quei dati di incerta datazione ed attribuzione, come ad esempio le tracce da fotointerpretazione aerea. In altre parole, ciò che identifica questa classe di dati è la conoscenza delle coordinate spaziali *bidimensionali*. I dati con geolocalizzazione certa sono stati organizzati in una matrice $n1 \times n2$, nella quale l'elemento i,j rappresenta il potenziale assoluto della cella dovuto ai dati di

geolocalizzazione certa collocati dentro alla cella stessa;

- *Dati di incerta geolocalizzazione*: questa classe comprende i dati con coordinate spaziali non note con precisione, per i quali conosciamo soltanto la localizzazione generica entro una determinata regione dello spazio. Consideriamo in questa classe sia i dati provenienti da scavi con coordinate spaziali bidimensionali incerte, sia i dati derivati, ad esempio, dalle fonti scritte medievali. I dati con geolocalizzazione incerta sono stati organizzati in una matrice $n1 \times n2$, nella quale l'elemento i,j rappresenta il potenziale assoluto della cella dovuto ai dati di geolocalizzazione incerta collocati dentro alla cella stessa;
- *Forme*: nel caso dei dati con geolocalizzazione certa, il team archeologico ha provato a dare, dove possibile, un profilo ai ritrovamenti, ad esempio ricostruendo il contorno di una casa a partire da una serie di lacerti murari o la continuazione di una strada prolungandone il tracciato. Ad ogni forma è stato assegnato un valore numerico, empirico, compreso tra 1 e 6 (1 è il valore di precisione massima), che esprime il grado di precisione con il quale le dimensioni e l'orientamento della forma possono essere dedotti dai ritrovamenti nelle vicinanze o dal dato geomorfologico. Il valore del potenziale assoluto delle forme è stato calcolato dividendo il potenziale assoluto della categoria corrispondente alla forma per il valore di precisione della forma stessa. I dati delle forme sono stati organizzati in una matrice $n1 \times n2$, nella quale l'elemento i,j rappresenta il potenziale assoluto della cella dato dalle forme;
- *Dati geomorfologici*: questi dati, prodotti per ogni periodo archeologico dal team di geologi e geomorfologi (cfr. § 2.), sono relativi alle diverse *facies* geomorfologiche. Ai fini dell'algoritmo sono state distinte in: fiume, area umida, pianura, alto morfologico, area soggetta a impaludamento. Al dato geomorfologico è stato assegnato un valore di potenziale assoluto, sommando i valori dei potenziali assoluti del-

le categorie di ritrovamenti che possono essere presenti nelle diverse *facies*. Quando questo dato non era disponibile, è stato sostituito dalla media dei valori delle *facies* geomorfologiche. Nel caso di paleotracce riferibili a paleovalvei di datazione incerta, il valore geomorfologico è stato ridotto di $3/4$ rispetto al corrispondente valore del fiume, visto che l'incertezza sulla collocazione cronologica è da dividere tra 4 diversi periodi archeologici (Protostorico, Etrusco, Romano e tardoantico, Alto Medioevo). I dati geomorfologici sono stati organizzati in una matrice $n1 \times n2$, nella quale l'elemento i,j rappresenta il potenziale assoluto della cella determinato dai dati geomorfologici relativi alla cella stessa;

L'uso dei diversi file di input descritti sopra e dei loro valori di potenziale assoluto verrà spiegato in seguito, nella sezione che descrive il funzionamento dell'algoritmo. Oltre a questi dati di input, tuttavia, l'algoritmo MAPPA definisce e utilizza anche le *aree funzionali*, ovvero i livelli di organizzazione spaziale e funzionale nei quali lo spazio urbano era organizzato, e i valori di potenziale assoluto di queste. In ogni periodo storico, infatti, ogni centro urbano è circondato da un'area suburbana e, ancora più esternamente, da un'area rurale. A parte le differenti denominazioni e le particolari funzioni che queste tre aree possono assumere nei singoli periodi storici, si è rivelata possibile e molto utile una definizione di carattere generale di queste tre aree funzionali. La loro identificazione si basa su una molteplicità di elementi, poiché dipende dai diversi tipi di insediamento, dalle relazioni tra essi e dal contesto ambientale. Infine, per limitare la soggettività dell'identificazione, è stata utilizzata una procedura automatica, il cui metodo e i parametri utilizzati sono descritti nel dettaglio in § 5.3. Gli ultimi due file di input che descriviamo sono stati creati e utilizzati per quantificare le relazioni sincroniche (relative allo stesso periodo) e diacroniche (relative a diversi periodi) tra i ritrovamenti. Queste relazioni sono state usate nell'algoritmo per aumentare il potere diffusivo del potenziale

archeologico, sulla base di una presenza probabile di ulteriori ritrovamenti nelle vicinanze di alcune determinate (ma ancora circoscritte) categorie di ritrovamenti.

- *Relazioni sincroniche*: ad ogni categoria di ritrovamenti, tenendo in considerazione l'area funzionale nella quale questa si trova, è stato associato l'insieme delle categorie di ritrovamenti che più probabilmente si trovano ad una distanza minore di 50 metri da questa. Con l'espressione "più probabilmente" intendiamo relative almeno al 75% delle attestazioni. Questo file di input, per ogni cella, contiene la somma dei potenziali assoluti delle categorie associate ai ritrovamenti in quella cella;
- *Relazioni diacroniche*: ad ogni categoria di ritrovamenti, tenendo conto della dipendenza dall'area funzionale nella quale questa si trova, è stato associato l'insieme delle categorie di ritrovamenti che più probabilmente si collocano ad una distanza minore di 50 metri (nelle coordinate spaziali bidimensionali), nel periodo cronologicamente precedente o successivo. Questo file di input, per ogni cella, contiene la somma dei valori di potenziale assoluto delle categorie associate ai ritrovamenti localizzati nella cella stessa.

Le dimensioni di ogni cella (quadrata) sono state fissate in $10 \times 10 \text{ m}^2$. Questa scelta è derivata da diversi fattori presi in considerazione: da una parte, se i dati archeologici sono localizzati con precisione (ovviamente quando la loro geolocalizzazione è certa), i dati geomorfologici non possono essere forniti con una precisione maggiore di $10 \times 10 \text{ m}^2$, a causa del numero di punti quotati disponibili per la realizzazione di ciascun DEM di periodo; d'altra parte c'è un *trade-off* tra la dimensione delle celle e il numero totale delle celle che coprono l'area di lavoro, in modo tale che più piccola è la dimensione delle celle, più grande è il numero totale delle celle che coprono l'area di lavoro e dunque più grande il numero delle celle per le quali il potenziale archeologico deve essere stimato. Per esempio, nel caso limite in cui vo-

lessimo stimare il potenziale archeologico di ogni punto dell'area di lavoro con precisione arbitraria, avremmo un numero finito di dati di input, ma dovremmo stimare il potenziale di un numero infinito di punti. Per risolvere questo problema abbiamo cercato (numericamente) il massimo di una funzione che rappresenta la differenza tra la quantità di informazione che fornisce la sola presenza dei dati, non la natura di questi, e l'area delle celle divisa per il numero totale delle celle. Il contenuto informativo dei dati disponibili è stato calcolato usando l'entropia di Shannon della matrice binaria ottenuta assegnando ad ogni cella contenente dati il valore 1 e alle altre celle il valore 0. Quindi la formula risultante è

$$\max_{l \in \mathbb{N}} w[-p_1 \log(p_1) - p_0 \log(p_0)] - (1-w) \left[\frac{l^2}{n} \right].$$

Nella formula p_1 e p_0 sono definiti, rispettivamente, come le frequenze relative delle celle con dati e delle celle senza dati nell'area di lavoro; l è il lato della cella; w è un parametro che pesa le due componenti. La massimizzazione, per valori del parametro w intorno a $1/2$, portava ad una dimensione "ottimale" delle celle con lato tra 10 e 14 metri. Abbiamo quindi scelto il valore 10, anche per ragioni pratiche, visto che i dati per le prime simulazioni erano stati costruiti per celle di 10 metri di lato, e dunque nessuna procedura di smoothing è stata necessaria per adattare questi dati a celle di altre dimensioni.

Al fine di effettuare calcoli sul potenziale archeologico "per unità di area", il valore del potenziale assoluto delle celle è stato diviso per la loro area, rendendo in questa maniera indipendenti quanto più possibile i calcoli dalla dimensione delle celle. Il problema è quello di stimare il potenziale archeologico di ogni cella.

6.3 Il modello matematico

Matematicamente parlando, per stimare il potenziale archeologico è stato applicato un modello basato sul PageRank ai dati di input descritti nella precedente sezione. Nel nostro caso il modello

ha bisogno di una matrice dei pesi e di un vettore dei valori di potenziale assoluto, che rappresenta l'informazione disponibile pregressa. È importante notare che l'algoritmo è stato applicato a ogni periodo separatamente, in maniera tale da avere una mappa di potenziale archeologico per ognuno di essi. Tali mappe possono essere poi "sommate", per ottenere una visione unica. L'implementazione pratica del modello è stata eseguita mediante il software Matlab®.

Prima di descrivere come funziona il modello, precisiamo come sono stati costruiti il vettore D , che rappresenta i dati disponibili, e la matrice S dei pesi. Il vettore D è una matrice di dimensioni $n1 \times n2$, messa nella forma (*reshape* in Matlab) di un vettore di lunghezza n , ed è ottenuta dalla somma delle matrici dei potenziali assoluti relativi ai dati di localizzazione certa, incerta e delle forme. La matrice dei pesi S è una matrice $n \times n$ di cui l'elemento i,j rappresenta il peso (il valore) del link tra la cella j e la cella i . Più precisamente, la matrice S è calcolata nella seguente maniera:

- Ogni cella recante almeno un ritrovamento distribuisce la sua importanza entro una maschera quadrata di celle, centrata nella cella stessa. Il lato di questo quadrato è proporzionale (di costante $1/5$) al valore del potenziale assoluto dell'area funzionale alla quale la cella appartiene. Abbiamo usato il valore dell'area funzionale in questa maniera, perché il potenziale assoluto delle aree funzionali è stato espresso proprio in funzione dei possibili ritrovamenti che possono esserci in quella determinata area: quindi, in aree funzionali di maggior valore, è giustificato aumentare la forza di diffusione del potenziale, e viceversa;
- Una volta costruita la maschera nel precedente step, il peso totale (ovvero la somma dei pesi distribuiti da ogni cella) dentro alla maschera è dato dal valore dell'area funzionale più un valore proporzionale alla somma delle relazioni sincroniche e diacroniche. Abbiamo usato questo valore per definire il

peso totale, perché la "quantità di potenziale" che una cella diffonde è influenzata dalla probabilità di avere ritrovamenti di alto o basso valore potenziale nelle vicinanze: i valori di potenziale assoluto delle aree funzionali e delle relazioni sincroniche e diacroniche esprimono proprio questa possibilità;

- La distribuzione dei pesi dentro alla maschera attorno ad ogni cella è data dalla distribuzione uniforme, pesata (in parti eguali) per i valori geomorfologici e per i valori delle aree funzionali nella maschera. Questo perché il dato geomorfologico costituisce una sorta di influenza "di base" sulla diffusione del potenziale archeologico e perché i valori delle aree funzionali - in quanto proporzionali al potenziale dei ritrovamenti possibili in quell'area - possono essere usati per pesare la diffusione del potenziale.

Per stimare il potenziale archeologico, il modello PageRank implementato fa uso dei dati descritti sopra. L'algoritmo consiste nell'applicazione di una procedura base, applicata ripetutamente:

Il vettore D che rappresenta i dati disponibili e la matrice S dei pesi sono generati come descritto sopra; Sono eseguite le seguenti iterazioni

for $i = 1, \dots, 1000$

$$A = S \cdot x + \begin{bmatrix} 1/n & \dots & 1/n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/n & \dots & 1/n \end{bmatrix} \cdot x;$$

$$A = (1 - \text{yield}) \cdot A + \text{yield} \cdot x;$$

$$u = [1 \ 1 \ \dots \ 1];$$

$$y = \text{rel} \cdot (A) + (1 - \text{rel}) \cdot [D \cdot (u^T x)];$$

$$y = \frac{y}{\sum_{i=1}^n y_i}$$

$$x = y;$$

end

$$D = \text{speed_up} \cdot x + (1 - \text{speed_up}) \cdot D;$$

In queste formule x è un vettore colonna stocastico (cioè la somma delle sue componenti è

uguale a 1) di dimensione n , usato come condizione iniziale per l'applicazione delle iterazioni descritte dal ciclo "for" (il risultato di queste iterazioni è indipendente alla condizione iniziale).

I parametri utilizzati nell'algoritmo sono:

- $maxit \in N$ è il numero di volte in cui i passi 1. e 2. sono eseguiti. Ogni volta che i passi 1. e 2. sono eseguiti, l'algoritmo fa uno step di predizione del potenziale archeologico. Dopo ogni step il risultato è preso come il nuovo punto di partenza per lo step successivo. Più $maxit$ è grande, più la stima del potenziale archeologico "si distacca" dai dati originali;
- $speed_up \in [0,1]$ è il peso che esprime la parte del nuovo potenziale dato dall'applicazione dei passi 1. e 2., e la parte data dal potenziale del precedente step. Più $speed_up$ si avvicina a 1, e meno il risultato ad ogni passo è legato ai dati del precedente step;
- $rel \in [0,1]$ è il parametro che regola quanto teniamo in considerazione il potenziale dato dalle relazioni (ovvero dalla matrice dei pesi S), rispetto a quanto teniamo in considerazione il potenziale dato dai valori del potenziale assoluto. Più rel si avvicina a 1, meno il valore del potenziale assoluto è tenuto in considerazione, e più la matrice dei pesi S (i.e. le relazioni) è preminente nella stima del potenziale archeologico;
- $yield \in [0,1]$ è la quantità di potenziale che ogni cella tiene per sé, rispetto al resto, che viene distribuito alle altre celle sulla base della matrice dei pesi S . Più $yield$ è vicino a 1, e più ogni cella mantiene il potenziale per se stessa, non diffondendolo.

6.4 Il test

Il modello è stato applicato all'area urbana di Pisa ed è stato ottenuto dopo la calibrazione dei parametri dell'algoritmo, effettuata anche sulla

base di 14 nuovi carotaggi, mediante i quali l'algoritmo è stato testato, al fine di ottimizzare l'aderenza del modello proposto. I nuovi carotaggi sono stati eseguiti nelle celle identificate dalle coordinate (Gauss Boaga) della seguente lista

V1	1615949,323	4839553,933
V2	1616075,662	4839500,355
V3	1613622,696	4839094,774
V4	1612270,018	4839084,766
V5	1613507,696	4841737,042
V6	1613500,508	4841726,018
V7	1613149,328	4842085,415
V8	1613193,465	4841997,189
V9	1613194,700	4841990,480
V10	1613407,183	4840864,885
V11	1613400,304	4840824,139
V12	1611973,376	4841113,678
V13	1611986,606	4841150,059
V14	1612541,350	4841744,557

I dati ottenuti dai nuovi carotaggi, per la natura stessa di tale metodo di investigazione, non hanno potuto essere inclusi in periodi specifici, a parte alcune eccezioni, che sono più precisamente descritte in CAPITANI *et alii* 2013¹. Ne consegue che la validazione dei risultati forniti dall'algoritmo è stata effettuata sul potenziale archeologico "totale", vale a dire sul potenziale archeologico dato dalla somma dei potenziali dei singoli periodi. Per alcuni ritrovamenti si è potuto procedere ad una datazione che li collocasse in un particolare periodo, tuttavia questi possono essere usati per un'indicazione del potenziale di quel particolare periodo, ma non per un test quantitativo basato sui singoli periodi, in quanto l'incertezza della datazione renderebbe tale procedura completamente fuorviante per un approccio di questo tipo.

¹ <http://mappaproject.arch.unipi.it/mod/Archive.php?pk=51b073cf5f6db9.60010038>

Un altro punto importante a proposito della metodologia del test riguarda il modo in cui pesiamo i diversi periodi nel calcolo del potenziale "totale". Come si può vedere nel passo 2. di implementazione dell'algoritmo MAPPa, al potenziale archeologico viene imposto che abbia somma 1 per motivi tecnici: quindi il potenziale complessivo di ogni periodo risulta essere lo stesso. Questo significa che nei periodi per i quali sono disponibili meno dati, abbiamo valori della stima del potenziale più alti, perché il potenziale "si concentra" in un numero minore di celle e ha comunque somma 1. Per compensare questo, abbiamo moltiplicato la matrice dei valori di stima del potenziale archeologico di ogni periodo per un peso uguale al massimo valore assoluto diviso per il massimo valore di stima del potenziale archeologico del periodo stesso. In questa maniera, il potenziale archeologico di ogni periodo ha un range che va da 0 al valore del suo massimo potenziale assoluto, in modo tale che possiamo sommare i valori della stima del potenziale archeologico nella stessa maniera in cui sommiamo i valori del potenziale assoluto dei nuovi carotaggi. Notiamo che in questa maniera il contributo alla somma totale dei periodi con meno dati disponibili è più grande, perché abbiamo agito principalmente sul range di ogni periodo archeologico, senza intaccare la concentrazione del potenziale nei periodi con meno dati. Questo è in accordo con la nostra opinione, secondo cui i periodi con meno informazioni disponibili devono avere un peso maggiore.

In dettaglio, il test è stato così eseguito:

- la matrice del potenziale assoluto totale è stata calcolata sommando i potenziali assoluti di ogni periodo, senza pesarli. Per il potenziale assoluto totale questa era l'unica possibilità, visto che la somma dei potenziali assoluti dei dati disponibili deve essere comparabile con la somma dei potenziali assoluti dei nuovi carotaggi;
- la stima del potenziale archeologico totale è stata calcolata mediante una somma pesata: il

valore di stima del potenziale di ogni periodo archeologico è stato diviso per il suo massimo e moltiplicato per il massimo potenziale assoluto del periodo stesso. In questa maniera, ogni periodo archeologico ha un range di valori che va da 0 al valore del suo massimo potenziale assoluto e la somma dei vari periodi è così comparabile con quella dei potenziali assoluti dei nuovi carotaggi;

- il potenziale assoluto delle celle, nelle quali i carotaggi sono stati effettuati, è stato calcolato aggiungendo al potenziale assoluto di queste celle l'informazione addizionale data dai carotaggi. Vista l'incerta datazione di molti dei ritrovamenti, i carotaggi hanno un minimo e un massimo di potenziale assoluto: infatti un ritrovamento di incerta datazione potrebbe essere presente in uno o più periodi, creando di conseguenza valori massimi e minimi di potenziale assoluto nel totale. Per il test abbiamo considerato la media di questi due valori;
- la stima del potenziale archeologico totale è stata divisa in 5 livelli, che vanno dal minimo valore 1 (limitato valore informativo), al massimo valore 5 (elevato valore informativo), in accordo con il seguente criterio di suddivisione: il primo livello va da 0 al minimo valore della stima del potenziale archeologico totale, il restante intervallo è diviso in 4 parti uguali. Abbiamo scelto questa particolare scansione per distinguere le celle dove la stima del potenziale archeologico eguaglia il minimo valore (che sarebbe lo "zero" della stima) dalle altre;
- il potenziale assoluto totale è stato diviso anch'esso in 5 livelli, con le stesse modalità della stima del potenziale archeologico;
- il confronto è stato eseguito calcolando la differenza tra il livello del potenziale archeologico stimato e il livello del potenziale assoluto totale.

I risultati ottenuti sono mostrati nella seguente tabella

CAROTAGGIO	POTENZIALE STIMATO	LIVELLO DEL POTENZIALE STIMATO	POTENZIALE ASSOLUTO	LIVELLO DI POTENZIALE ASSOLUTO	CONFRONTO
V1	0,000468	1	0,249423	1	0
V2	0,000467	1	0,249423	1	0
V3	0,000525	1	0,302870	1	0
V4	0,000507	1	0,249423	1	0
V5	2,534638	4	2,351700	3	1
V6	2,589417	4	2,057738	3	1
V7	2,987109	4	1,413396	3	1
V9	2,943188	4	2,675356	4	0
V10	2,196394	3	1,416365	3	0
V11	2,121690	3	2,129001	3	0
V12	1,111461	2	0,605741	2	0
V13	1,195012	2	0,463214	2	0
V14	3,5171420	4	2,0042900	3	1

La proporzione dei livelli di potenziale esattamente stimati è $9/13 = 69.2\%$, mentre il massimo errore è 1, con un errore medio di 0.3077. Se non facciamo riferimento ai livelli di potenziale, il massimo errore è 1.5737 (sul carotaggio V7), mentre l'errore medio è 0.5495, e la varianza dell'errore è 0.2421. È utile notare, inoltre, che quando la stima è in disaccordo con il potenziale assoluto dei nuovi carotaggi, questa è sempre più grande. Questo è in accordo con il fatto che l'area del carotaggio è di circa 35 cm^2 , mentre la stima del potenziale riguarda una cella di 100 m^2 : un carotaggio è meno informativo, perché non occupa l'intera cella. Infine, riportiamo che il carotaggio V8 non è stato usato per il test perché è stato bloccato da strutture non identificate e non ha potuto fornire l'intera stratificazione.

6.5 Risultati

L'output finale dell'algoritmo MAPPA è una mappa del potenziale archeologico per ogni periodo. Tuttavia, altri prodotti sono stati ottenuti *in itinere*, quali ad esempio le mappe che mostrano i potenziali assoluti, i dati geomorfologici e le aree funzionali. Mostriamo di seguito, per ogni periodo, tutte queste mappe insieme a quella del potenziale archeologico stimato, al fine di fare alcune considerazioni tecniche, lasciando i commenti di natura più squisitamente archeologica e geologica rispettivamente ai capitoli 2 e 4. Per ogni periodo abbiamo posto $maxit = 3$, ovvero l'algoritmo è stato iterato 3 volte. In verità valori minori di $maxit$ potrebbero essere "com-

pensati" da valori più alti di $speed_up$, ma nei periodi con pochi dati abbiamo avuto bisogno di almeno 3 iterazioni (con un valore alto di $speed_up$) per far sì che il potenziale archeologico si "diffondesse". Abbiamo, quindi, scelto di tenere fisso questo valore di $maxit$ per ogni periodo. Nella stessa maniera, rel e $yield$ assumono, per tutti i periodi, valori intorno a 0.5, con qualche oscillazione dovuta alla quantità di dati disponibili, in maniera tale che "metà" del potenziale sia dato dalle relazioni e "metà" dai valori di potenziale assoluto. Il valore di $speed_up$ in generale, invece, è inversamente proporzionale alla quantità di dati disponibili nei diversi periodi archeologici.

Il periodo Protostorico (fig. 6.1) è caratterizzato da una quantità di dati molto scarsa, perché da una parte ci sono pochi ritrovamenti, dall'altra il dato geomorfologico non è conosciuto per la maggior parte delle celle. Il lettore può osservare come le aree funzionali e il potenziale archeologico stimato siano influenzati da questa scarsità di dati e come nessun reale meccanismo basato sulle relazioni entri in gioco: la predizione risulta, infatti, basata principalmente sulle aree funzionali e sul dato geomorfologico. Anche il periodo Etrusco (fig. 6.2) è caratterizzato da una relativa mancanza di dati, ma al contrario dell'età protostorica i dati disponibili sembrano sufficienti ad identificare un "nucleo": sia le aree funzionali, sia la stima del potenziale archeologico si sviluppano attorno ad un "centro", dove le relazioni tra il dato geomorfologico, le aree funzio-

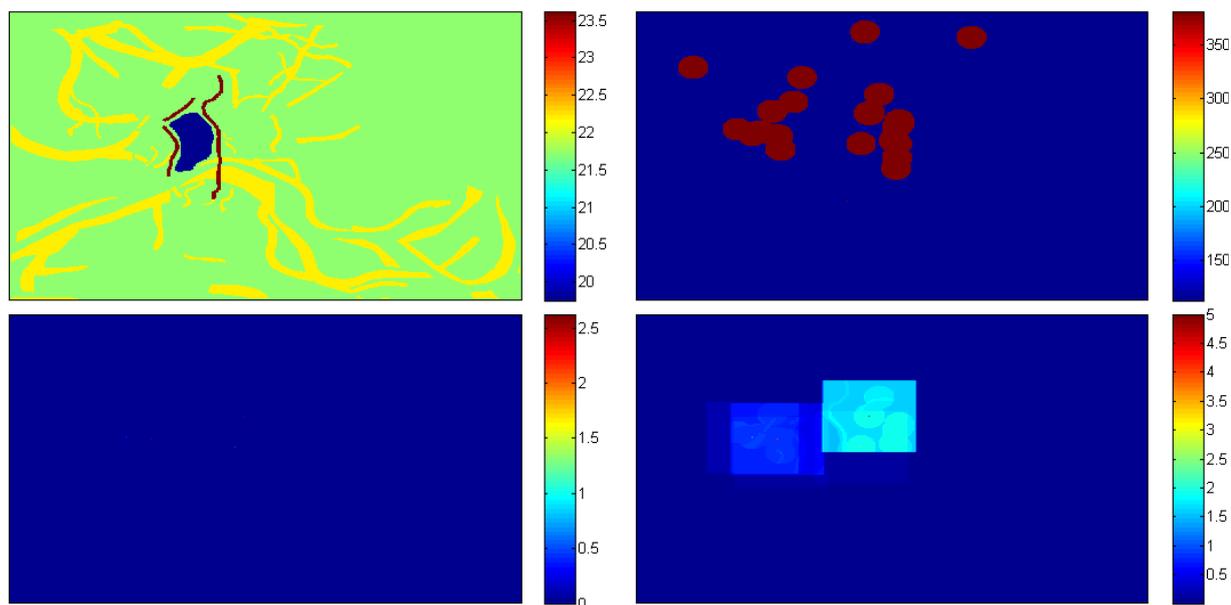


Fig. 6.1 Protostoria.

Da sinistra in alto, in senso orario a) il dato geomorfologico: i fiumi sono in rosso, la palude in blu, il dato geomorfologico medio (dove i dati non sono disponibili) in verde, e i paleovalvei incerti in giallo; b) le aree funzionali: in rosso l'area dell'insediamento/frequentazione, in blu l'area rurale; c) il potenziale archeologico stimato; d) il potenziale assoluto. I valori dei parametri sono: speed_up = 0.95, rel = 0.3, yield = 0.4: l'alto valore di speed_up e il basso valore di rel sono dovuti alla scarsa quantità di dati

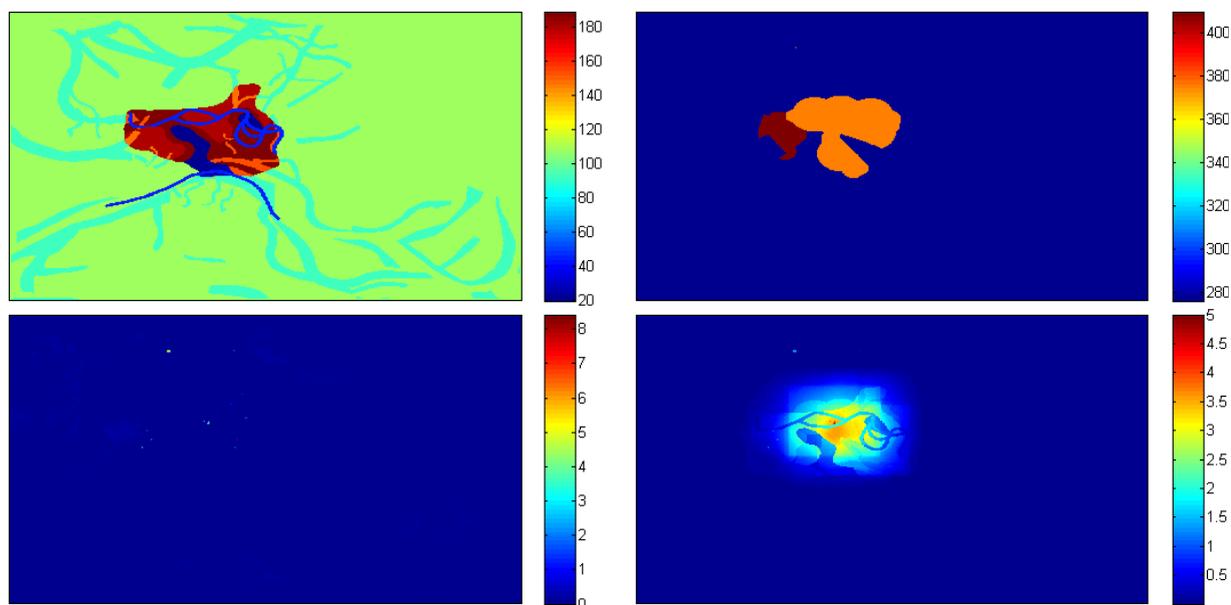


Fig. 6.2 Periodo Etrusco.

Da sinistra in alto, in senso orario a) il dato geomorfologico: fiumi e area umida sono in blu, pianura e alto morfologico in rosso, il dato geomorfologico medio (dove i dati non sono disponibili) in verde, e i paleovalvei incerti in celeste dentro al verde, in arancione dentro al rosso; b) le aree funzionali: in arancione l'area urbana, in rosso l'area suburbana, in blu l'area rurale; c) il potenziale archeologico stimato; d) il potenziale assoluto. I valori dei parametri sono: speed_up = 0.8, rel = 0.5, yield = 0.5

nali e i link interagiscono chiaramente. Il lettore può notare che i ritrovamenti al di fuori dell'area centrale riescono a diffondere limitatamente il potenziale nelle vicinanze, perché sono isolati, all'interno dell'area funzionale rurale e in una situazione geomorfologica "svantaggiosa". Il periodo Romano e tardoantico (fig. 6.3) è caratterizzato da una certa strutturazione del dato archeologico e da una relativa scarsità del dato geomorfologico. Il dato archeologico è sufficiente ad identificare le diverse aree funzionali e a "disegnare" l'insediamento. Si può inoltre notare la differenza tra il potenziale archeologico stimato e le aree funzionali: le aree suburbane in basso e sulla sinistra del riquadro non corrispondono immediatamente alle stesse aree nella stima del potenziale archeologico. Questo avviene perché la definizione di area funzionale è "statica" e non prende in considerazione l'interazione tra i ritrovamenti e la geomorfologia.

L'Alto Medioevo (fig. 6.4) è caratterizzato da pochi dati archeologici, mentre il dato geomorfologico è quasi completo. Anche in questo caso, come nel

periodo Romano, i dati sono sufficienti ad identificare un "centro" e si nota una differenza tra i valori delle aree funzionali e le aree dove la stima del potenziale archeologico si concentra.

Dal Basso Medioevo (fig. 6.5) in poi il dato geomorfologico è completo su tutta l'area di lavoro. Questo periodo è caratterizzato da un ruolo chiaro delle mura nel racchiudere l'area urbana e nel fungere da confine. Si può comunque notare, sia nella definizione delle aree funzionali, sia nella stima del potenziale archeologico, la presenza di un'area suburbana al di fuori delle mura.

Le età Moderna (fig. 6.6) e Contemporanea (fig. 6.7) sono caratterizzate da un'abbondanza relativa di dati e da uno sviluppo della città che riflette la struttura attuale.

6.5 Considerazioni e possibili sviluppi

Crediamo che i risultati più importanti del progetto MAPPA siano i seguenti:

1. dataset di natura molto diversa (archeologica, geomorfologica, storica ecc.) e facenti riferimento all'intera cronologia stratigrafica

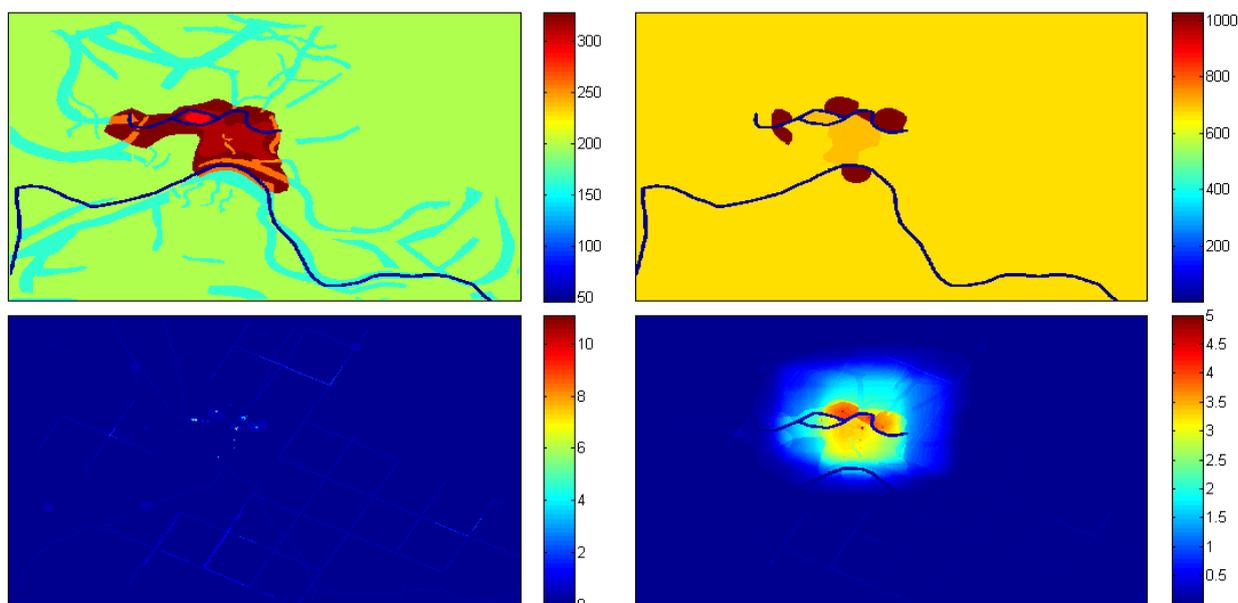


Fig. 6.3 Età Romana.

Da sinistra in alto, in senso orario a) il dato geomorfologico: fiumi in blu, pianura e alto morfologico in rosso, il dato geomorfologico medio (dove i dati non sono disponibili) in verde, e i paleoalvei incerti in celeste dentro al verde, in arancione dentro al rosso; b) le aree funzionali: in giallo scuro l'area urbana, in rosso l'area suburbana, in giallo l'area rurale; c) il potenziale archeologico stimato; d) il potenziale assoluto. I valori dei parametri sono: speed_up = 0.75, rel = 0.5, yield = 0.5

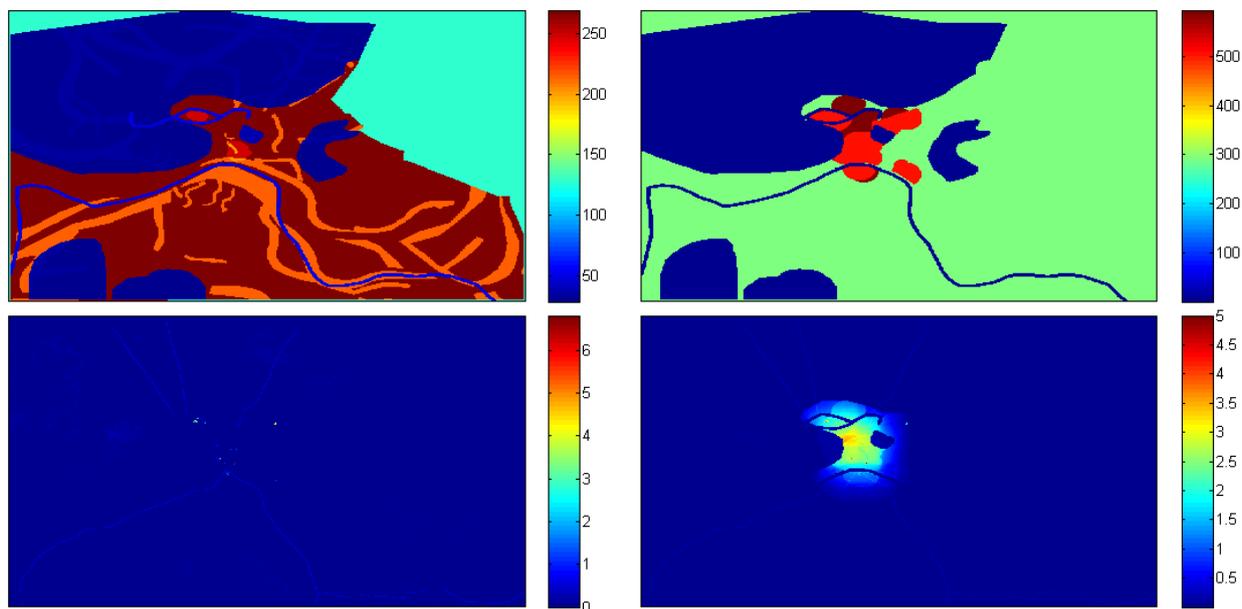


Fig. 6.4 Alto Medioevo.

Da sinistra in alto, in senso orario a) il dato geomorfologico: fiumi e area umida sono in blu, pianura e alto morfologico in rosso, il dato geomorfologico medio (dove i dati non sono disponibili) in verde, e i paleovalle incerti in celeste dentro al verde, in arancione dentro al rosso; b) le aree funzionali: in arancione l'area urbana, in rosso l'area suburbana, in verde l'area rurale; c) il potenziale archeologico stimato; d) il potenziale assoluto. I valori dei parametri sono: speed_up = 0.7, rel = 0.5, yield = 0.5

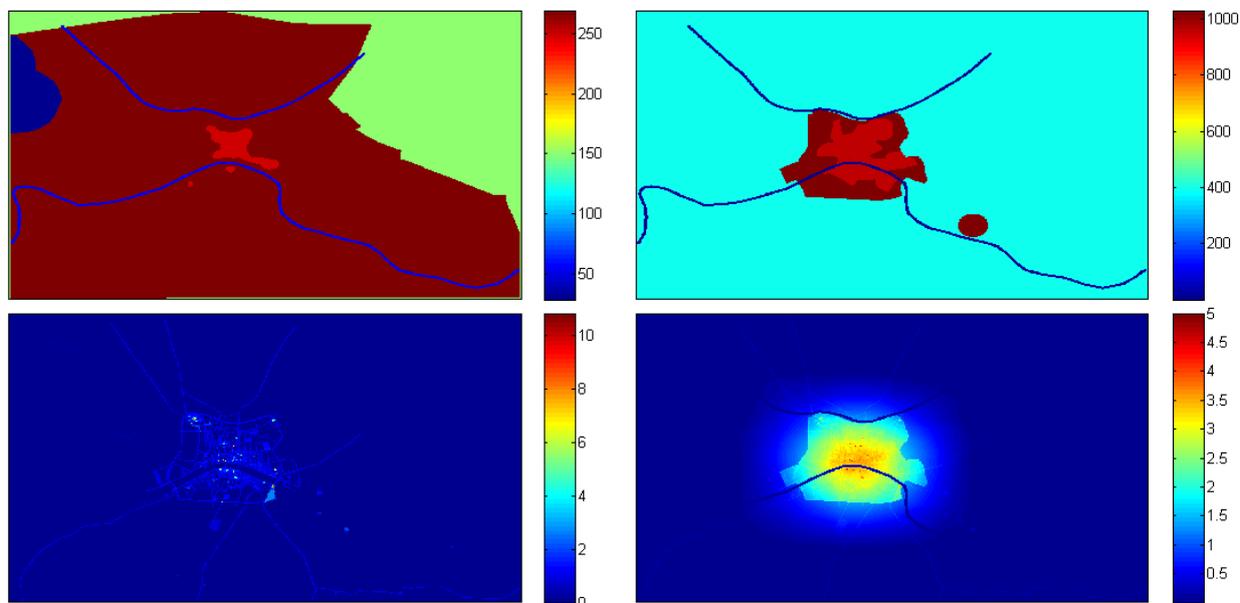


Fig. 6.5 Basso Medioevo.

Da sinistra in alto, in senso orario a) il dato geomorfologico: fiumi e area umida sono in blu, pianura e alto morfologico in rosso, il dato geomorfologico medio (dove i dati non sono disponibili) in verde, e le celle al di fuori dell'area di lavoro sono in verde; b) le aree funzionali: in rosso chiaro l'area urbana, in rosso scuro l'area suburbana, in celeste l'area rurale; c) il potenziale archeologico stimato; d) il potenziale assoluto. I valori dei parametri sono: speed_up = 0.7, rel = 0.5, yield = 0.5

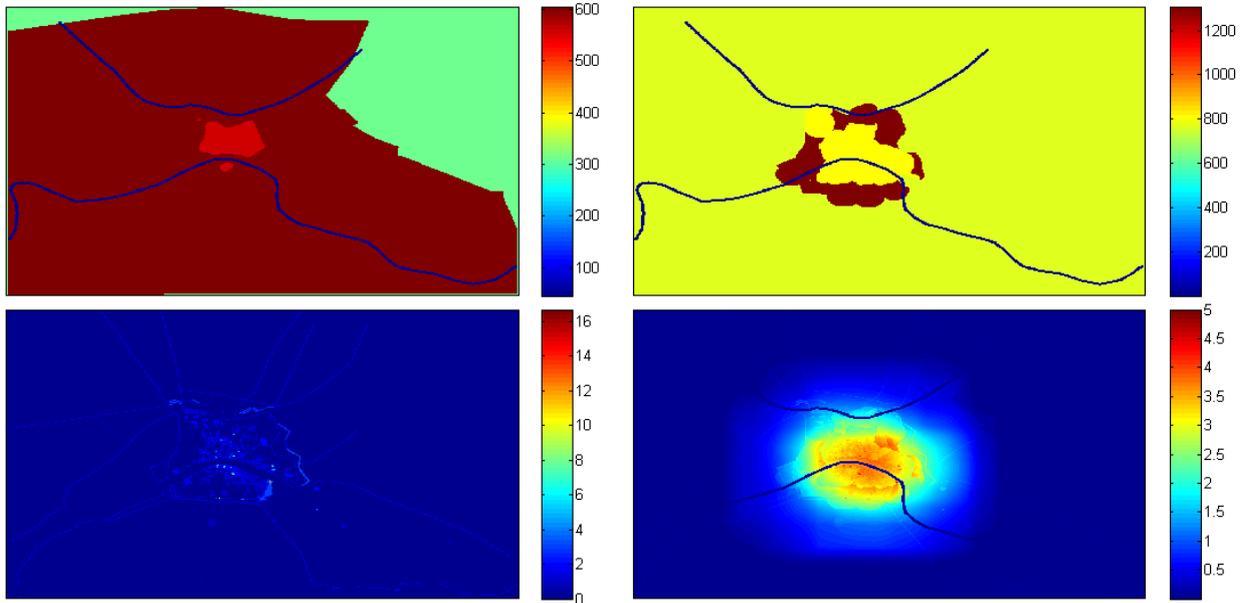


Fig. 6.6 Età Moderna.

Da sinistra in alto, in senso orario a) il dato geomorfologico: fiumi e area umida sono in blu, pianura e alto morfologico in rosso, e le celle al di fuori dell'area di lavoro sono in verde; b) le aree funzionali: in giallo chiaro l'area urbana, in rosso l'area suburbana, in giallo scuro l'area rurale; c) il potenziale archeologico stimato; d) il potenziale assoluto. I valori dei parametri sono: speed_up = 0.75, rel = 0.5, yield = 0.5

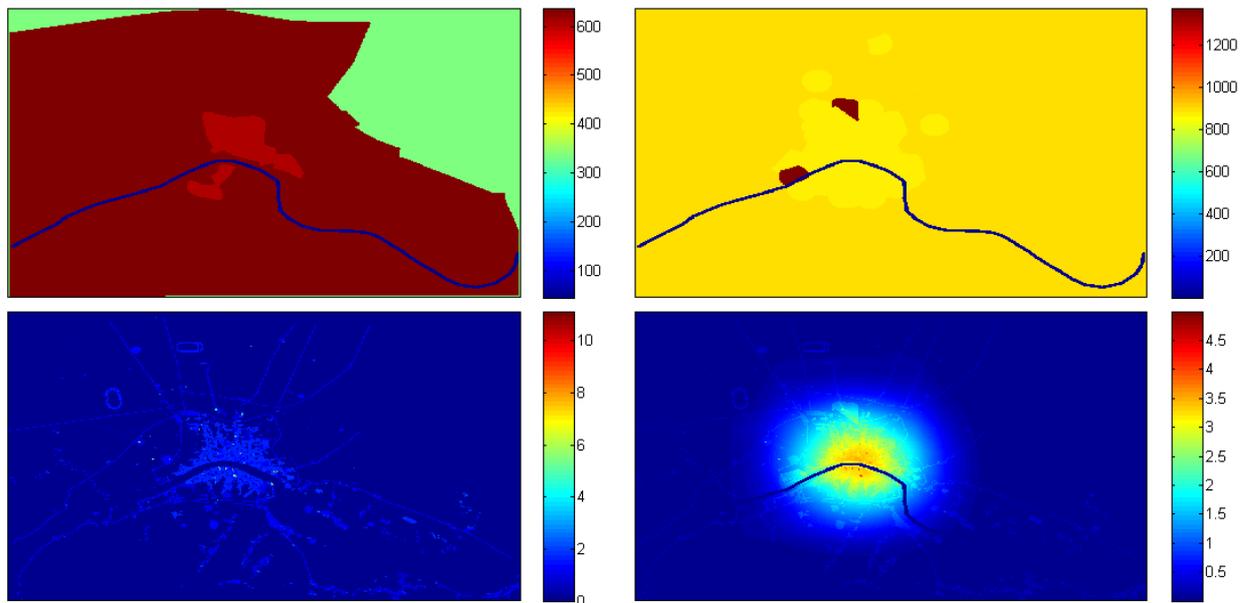


Fig. 6.7 Età Contemporanea.

Da sinistra in alto, in senso orario a) il dato geomorfologico: fiumi e area umida sono in blu, pianura e alto morfologico in rosso, e le celle al di fuori dell'area di lavoro sono in verde; b) le aree funzionali: in rosso chiaro l'area urbana, in rosso scuro l'area suburbana, in celeste l'area rurale; c) il potenziale archeologico stimato; d) il potenziale assoluto. I valori dei parametri sono: speed_up = 0.65, rel = 0.5, yield = 0.5

sono stati utilizzati congiuntamente per produrre un unico output: la stima del potenziale archeologico;

2. l'intero processo di stima del potenziale archeologico è algoritmico e formalmente definito. Il processo interpretativo di natura archeologica entra in gioco, ma in un modo secondo il quale, una volta cambiati i parametri in accordo con le diverse interpretazioni, la procedura algoritmica funziona esattamente nella stessa maniera;
3. tutti i dati sono stati trattati come se fossero in una rete complessa. Il potenziale archeologico, anzi, nasce proprio dalle interazioni tra i ritrovamenti, le aree funzionali, la geomorfologia.

Il PageRank è un modello matematico rivelatosi capace di assegnare il potenziale archeologico alle celle, classificandole sulla base delle loro interazioni, ed è risultato essere una buona scelta. Facciamo tuttavia notare alcuni possibili miglioramenti per gli studi futuri:

- il modello PageRank sembra lavorare meglio con quei dati che si concentrano in un'area piuttosto che con dati di tipo "policentrico". Questo è dovuto anche al modo in cui sono definite le aree funzionali. Infatti, nel caso "monocentrico" bisogna tracciare i confini delle aree funzionali, mentre nel caso "policentrico" bisogna *predire* dove queste aree siano situate. Non abbiamo provato a fare tale inferenza: non è detto che il modello PageRank sia il metodo adatto per individuare la posizione di nuove aree che siano "indipendenti" dalle altre e che, quindi, non debba essere integrato con soluzioni differenti, anche per poter esportare il modello su situazioni territoriali di maggiore ampiezza;
- è necessario valutare la bontà della stima fornita dal modello PageRank. Nel progetto MAPPA abbiamo basato il test sui risultati di 14 nuovi carotaggi, ma non abbiamo ancora

studiato un metodo generale - per esempio che identifichi un valore minimo per la quantità di dati o di relazioni che siano rappresentativi delle situazioni di ogni periodo - che permetta di decidere quando e se un modello PageRank possa essere appropriato;

- abbiamo lavorato soltanto su dati "positivi", nel senso che nessun dato è stato fornito, nei diversi periodi, su luoghi in cui la stratificazione era assente. La conoscenza delle aree dove non vi è dato stratigrafico è importante tanto quanto la conoscenza di quelle dove tale stratificazione è presente, perché queste due componenti contribuiscono a fissare i valori iniziali di potenziale archeologico alla stessa maniera. Per i futuri studi sarebbe importante avere anche i dati di tipo "negativo" e probabilmente sviluppare un modello per "diffondere gli zeri" del potenziale, che si possa usare per completare il modello che "diffonde il potenziale";
- in BINI *et alii* 2012 abbiamo discusso sul modo in cui la teoria delle forme potesse contribuire alla costruzione della matrice dei pesi, relativamente alle forme degli oggetti identificati dai ritrovamenti. Non abbiamo poi proseguito con questo approccio, perché era inteso che avesse un'utilità "di secondo livello", nel senso che, nel caso in cui nuovi ritrovamenti fossero stati scoperti e l'intera forma (possibile) dell'oggetto fosse stata presa in considerazione, tale forma poteva essere "ridisegnata" sulla base dei nuovi dati. Dopo i primi approcci con i dati, invece, abbiamo realizzato che, da una parte, la quantità delle forme sarebbe stata enorme e, dall'altra, il costo computazionale di tale operazione sarebbe stato molto alto. Inoltre, l'applicazione della teoria non avrebbe avuto effetto fino alla possibile aggiunta di nuovi dati che potessero influenzare le forme.

7. La carta di potenziale archeologico

Francesca Anichini, Nevio Dubbini, Fabio Fabiani, Gabriele Gattiglia, Francesco Ghizzani Marcia, Maria Letizia Gualandi (DOI: 10.4458/0917-07)

La carta predittiva del potenziale archeologico per l'area urbana e periurbana di Pisa, realizzata nell'ambito del progetto MAPPA, si basa su un modello matematico appositamente elaborato, l'algoritmo MAPPA (cfr. § 6.). Si tratta della rappresentazione della probabilità più o meno alta che in determinate aree si conservi una stratificazione archeologica di minore o maggiore rilevanza; ben diverso è il calcolo del rischio archeologico, per valutare il quale deve essere attentamente considerata la tipologia dell'opera da realizzare e il suo impatto nei depositi sepolti e nel contesto paesaggistico.

La definizione del potenziale archeologico ha comportato l'elaborazione algoritmica di una molteplicità di variabili, che vanno dalla tipologia dei ritrovamenti archeologici, al loro potenziale informativo, alle relazioni funzionali e topografiche che ciascuno di essi è in grado di sviluppare in senso sincronico e diacronico e in relazione al contesto urbanistico e ambientale in cui si collocano (cfr. § 5.). L'elaborazione della *carta del potenziale archeologico totale* emerge dalla somma pesata delle singole *carte di potenziale archeologico di periodo* (cfr. § 6.). È importante rimarcare che la carta predittiva del potenziale riporta il *potenziale archeologico stimato*, calcolato sulla base del *potenziale archeologico assoluto*, inteso come valore verificato e derivante da contesti indagati e dunque asportati.

Siamo consapevoli che per ricostruire in modo qualitativo, ovvero nella caratterizzazione tipologica dei resti archeologici, l'organizzazione di una città e le sue trasformazioni nei secoli è necessario indagare e comprendere a fondo le dinamiche naturali che stanno alla base delle trasformazioni ambientali di un territorio – compito assai arduo – ma siamo altrettanto consapevoli che è indispensabile confrontarsi anche con le dinamiche sot-

te al comportamento umano e questo è senz'altro un compito ancor più arduo. L'agire dell'uomo, il suo modo di adattarsi al contesto ambientale o di modificarlo, le risposte date ai condizionamenti sociali, economici e culturali risultano spesso insondabili e le scienze umane, con la riflessione letteraria, filosofica o psicanalitica, lo dimostrano ampiamente. Del resto la stessa disciplina archeologica, dopo gli anni fiduciosi della *New Archaeology*, ha rinunciato da tempo a trattare il fattore umano come uno qualsiasi degli elementi da cui trarre regole di comportamento standard.

Ciò che vogliamo proporre non è dunque una ricostruzione qualitativa e deterministica della storia urbana di Pisa. Per questo occorrerebbe forse un numero decisamente maggiore di dati e assai più ampia dovrebbe essere la casistica delle variabili da prendere in considerazione. Il nostro obiettivo è semplicemente quello di predire il potenziale informativo dei depositi stratigrafici nelle varie parti della città e del suo suburbio. Se qualcuno ci chiedesse se saremmo stati in grado di prevedere il rinvenimento di un formidabile numero di relitti di navi antiche nell'area della stazione di San Rossore, la nostra risposta sarebbe senz'altro no. Certamente, però, avremmo potuto segnalare che, sulla base della ricostruzione della rete idrografica di età romana e delle conoscenze sull'intensità dei traffici fluviali in quel periodo, tutti i paleoalvei – e tra questi anche quello che si orienta proprio nell'area di San Rossore – possono recare tracce più o meno consistenti di quei traffici e questa possibilità sarebbe stata espressa con uno specifico grado di potenziale archeologico.

La carta del potenziale totale è tale solo metaforicamente: si tratta infatti di un prodotto digitale ed è evidente che, per ricavarne le informazioni nel modo più completo ed esauriente possibile, la

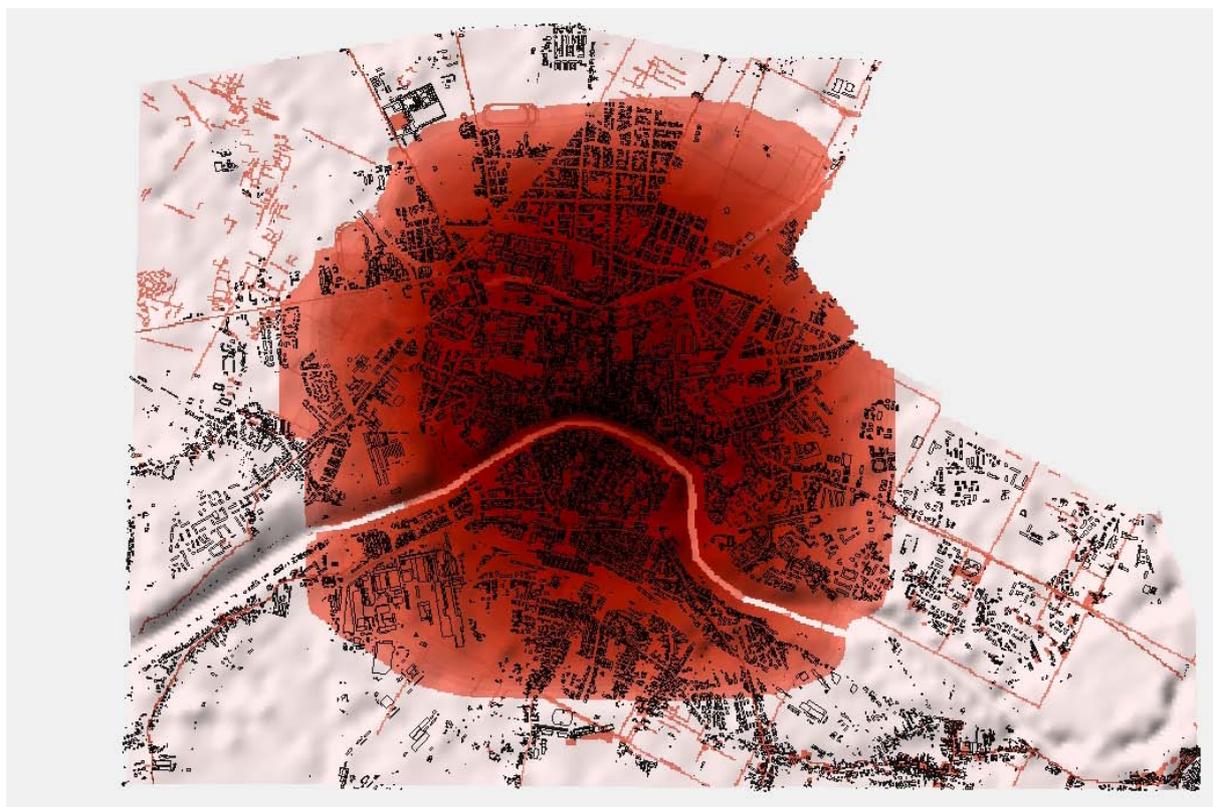


Fig. 7.1 Carta di potenziale archeologico totale dell'area urbana e suburbana di Pisa: al colore più scuro corrisponde un potenziale più alto

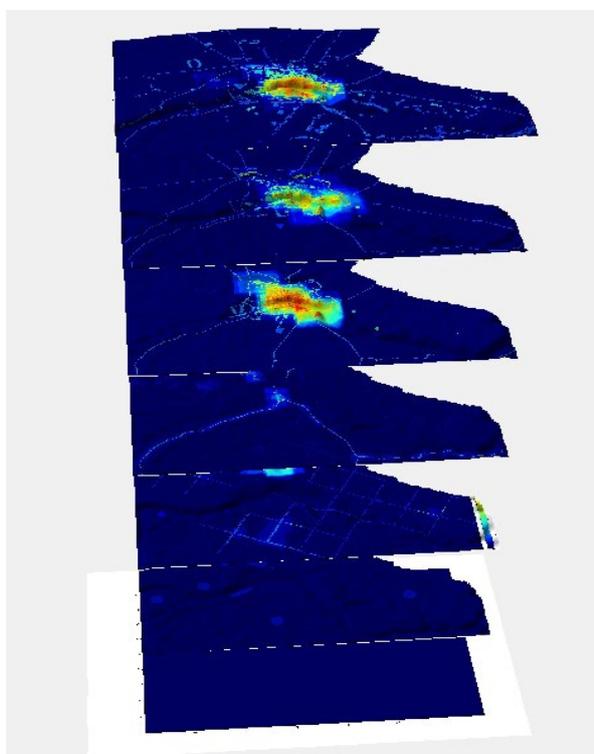


Fig. 7.2 Carte di potenziale archeologico dei singoli periodi storici dell'area urbana e suburbana di Pisa

consultazione più idonea è quella interattiva, con interrogazioni puntuali di ogni singolo punto. Ciò nonostante, ne è stata realizzata anche una versione più tradizionale, elaborata per una consultazione semplificata non interattiva, con una più canonica visualizzazione del potenziale suddiviso in fasce di diversa intensità.

La Carta di Potenziale pubblicata su MappaGIS si compone:

- della *carta di potenziale archeologico totale* (fig. 7.1),
- delle *carte di potenziale archeologico di periodo* (fig.7.2),
- della *carta dei gradi di potenziale archeologico*, ovvero della visualizzazione sintetica della *carta del potenziale totale* suddivisa in 5 livelli (fig. 7.3).

Nella consultazione interattiva, ognuna delle celle di 10 x 10 m di lato, in cui è stato suddiviso il territorio oggetto d'indagine, può essere considerata alla stregua del singolo pixel di un'immagine: possiede cioè un proprio specifico valore – in questo caso di potenziale archeologico stimato – che può essere inter-

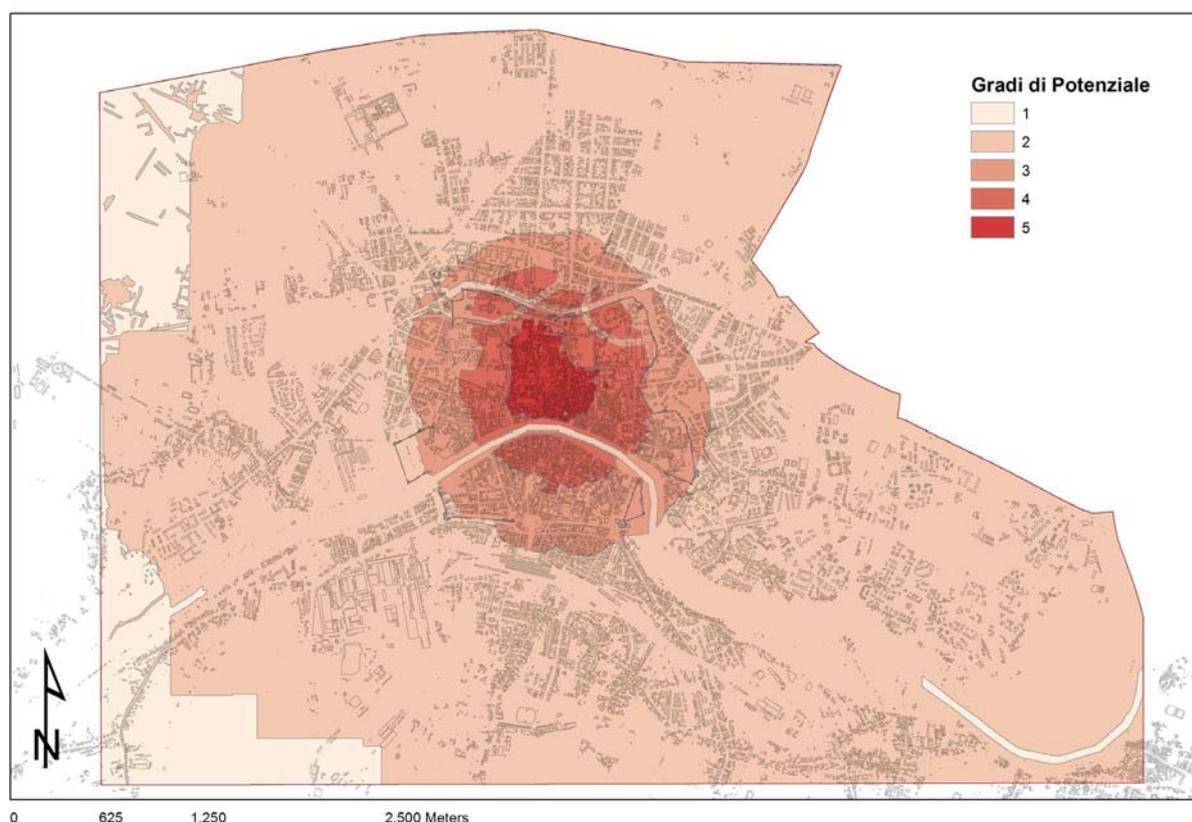


Fig. 7.3 Carta dei gradi di potenziale archeologico dell'area urbana e suburbana di Pisa espressi dal valore minimo (1) al valore massimo (5)

rogato. Tale valore di potenziale si riferisce pertanto a un'area della superficie di 100 m², in cui si espandono i valori dei potenziali archeologici delle celle limitrofe. Ne consegue che un intervento archeologico effettuato su un'area più circoscritta all'interno di una cella non potrà mai avere un potenziale superiore a quello della cella nel suo complesso, ma semmai inferiore: e questa è una garanzia cautelativa che va incontro alle esigenze di tutela e pianificazione.

I valori del potenziale sono compresi in una scala tra 1 e 5 ed espressi come valori continui: ogni cella, dunque, contiene uno degli infiniti valori frazionali di questa scala. Questo modo di disseminare i valori appare particolarmente adatto a tutti coloro – addetti alla tutela, ricercatori, professionisti – che siano interessati al variare dettagliato del potenziale, per poter effettuare analisi personalizzate e di volta in volta finalizzate ad uno scopo specifico:

- gli addetti alla tutela, ad esempio, possono verificare come si compone il potenziale tota-

le nella sua diacronia e orientare in modo più mirato la loro azione;

- i ricercatori, oltre a valersi della *carta del potenziale archeologico totale*, possono trarre informazioni utili alla propria ricerca confrontando questa con le singole *carte di potenziale archeologico di periodo*;
- i professionisti incaricati di effettuare una ViARCH hanno infine la possibilità di modulare la propria analisi sui valori di celle contigue, suggerendo scale di potenziale o di rischio archeologico specifiche in relazione all'opera da effettuare e, di conseguenza, eventuali modifiche del progetto con una scansione topografica di dettaglio.

Come abbiamo accennato, oltre alla consultazione interattiva, è parso utile proporre anche una lettura semplificata della *carta del potenziale archeologico totale*, in cui il potenziale appare suddiviso in fasce: questo tipo di visualizzazione – *carta dei gradi*

di potenziale archeologico – permette infatti di avere una prima e più immediata nozione delle aree a maggiore o minore potenziale, particolarmente idonea alla pianificazione urbanistica e territoriale su ampia scala.

Per la realizzazione di quest'ultimo tipo di carta, la scala dei valori di potenziale è stata suddivisa in 5 fasce:

- *potenziale di grado 1*, comprende i valori da 0 al valore minimo del potenziale stimato (0,000464);
- *potenziale di grado 2*, da 0,000465 a 1,25;
- *potenziale di grado 3*, da 1,25001 a 2,25;
- *potenziale di grado 4*, da 2,25001 a 3,75;
- *potenziale di grado 5*, da 3,75001 a 5.

Con *potenziale di grado 1* intendiamo quelle aree, soprattutto extraurbane, in cui esistono stratificazioni prevalentemente naturali o rielaborate dall'uomo (come una piana drenata interessata da lavorazioni agricole), portatrici di un potenziale informativo basso.

Con *potenziale di grado 2* intendiamo un contesto analogo al precedente, in cui tuttavia indizi come quelli forniti dalla fotointerpretazione suggeriscono un più marcato intervento antropico: si tratta, ad esempio, delle tracce delle partizioni agrarie o della viabilità. Possono essere presenti in questa fascia anche strutture rurali, aree di necropoli e altri depositi ad elevato potenziale informativo, ma di limitata diacronia: ne sono un esempio i ritrovamenti relativi ad un abitato etrusco nell'area ex-Scheibler¹ e il complesso agricolo individuato attraverso la ricognizione presso i Passi². Le aree caratterizzate da *potenziale di grado 2* si intercalano a quelle dell'area a *potenziale di grado 1* e, in particolare, descrivono un'ampia fascia nella zona periurbana.

Con *potenziale di grado 3* intendiamo un'area caratterizzata da una potenzialità informativa variabi-

le, solitamente limitata ad alcuni periodi storici. Tale variabilità può essere rappresentata, ad esempio, dai ritrovamenti legati alle attività metallurgiche di epoca etrusca presso la ex-concessionaria Etruria di via Diotalvi³ e dalle strutture relative al monastero medievale nell'area di S. Matteo⁴: in entrambi i casi, ad un buon potenziale informativo dei ritrovamenti è associata una stratificazione mediamente sviluppata in senso diacronico. Le aree caratterizzate da *potenziale di grado 3* si distribuiscono in una fascia piuttosto ristretta, ai margini del centro storico.

Con *potenziale di grado 4* intendiamo aree interessate da depositi stratigrafici complessi e caratterizzati da un'alta potenzialità informativa, mediamente sviluppata in senso diacronico. È il caso ad esempio dell'area di piazza del Duomo, dove all'estrema importanza dei rinvenimenti fa riscontro un deposito stratigrafico che sostanzialmente non supera il bassomedioevo; appartiene a questa fascia anche l'area di via Marche⁵ che, pur evidenziando una diacronia non completa, determinata in parte dall'erosione fluviale del deposito stratigrafico, fornisce però informazioni su periodi archeologicamente poco attestati. Il *potenziale di grado 4* si estende a tutto il centro storico, eccetto un nucleo centrale a *potenziale di grado 5*.

Per *potenziale di grado 5* si intende infine un'area interessata dal massimo valore informativo e da un'elevata diacronia del deposito archeologico, come ad esempio l'area di S. Apollonia⁶, contraddistinta da stratificazioni ben conservate relative a strutture abitative e attività produttive databili dall'età etrusca all'età contemporanea, in un luogo che restituisce informazioni anche sulle variazioni del paesaggio naturale.

La carta del potenziale archeologico è la premessa per un modo nuovo di interagire con il patrimonio

¹ LA ROSA L. 2012, *Schede di intervento nn. 185-195*, in MappaGIS

² CAMPUS A. 2012, *Schede di intervento n. 456*, in MappaGIS

³ ANICHINI F. 2012, *Schede di intervento n. 332*, in MappaGIS

⁴ SCIUTO C. 2012, *Schede di intervento nn. 609, 610*, in MappaGIS

⁵ LA ROSA L. 2012, *Schede di intervento nn. 421, 474*, in MappaGIS

⁶ SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 95*, in MappaGIS

archeologico ancora sepolto e non conosciuto. Se le recenti disposizioni di legge (D.Lgs. 263/2006 artt. 95, 96 e conseguente C.M. 10/2012) normano, nel caso delle opere pubbliche, le procedure per la valutazione dell'impatto archeologico dalla fase di progettazione preliminare fino alla fase esecutiva, la carta del potenziale archeologico offre un supporto nelle scelte di pianificazione urbanistica e territoriale già in un momento precedente. Appare infatti evidente che, una volta decisa la localizzazione e l'articolazione dell'opera, la carta di potenziale agevola le procedure di valutazione di impatto archeologico, consentendo di passare da un *generico grado di potenziale archeologico* ad uno *specifico grado di rischio* connesso alla natura del progetto da realizzare. In previsione che la normativa vigente sia estesa anche all'ambito delle opere private – com'è già nel resto d'Europa – la carta di potenziale archeologico è uno strumento in grado

di favorire la cooperazione tra Soprintendenze e Amministrazioni locali al momento del rilascio delle licenze di edificazione, innescando un circolo virtuoso che da un lato amplifica e rafforza l'azione di tutela, dall'altro facilita lo sviluppo dell'insediamento moderno, rendendo fin dall'inizio tutti consapevoli del potenziale e dunque del probabile rischio archeologico, nonché dell'entità – in termini di costi e tempi – delle indagini archeologiche che potranno essere richieste (da semplici carotaggi o prospezioni geofisiche ad assistenze archeologiche e veri e propri scavi).

In questo modo il Ministero, gli Enti locali, i committenti pubblici e privati e i professionisti incaricati dei progetti sono messi in condizione di operare con maggiore cognizione di causa, con una significativa semplificazione delle procedure burocratiche e un potenziamento dell'azione di tutela.

8. MAPPA survey: gli Open Data nell'archeologia italiana

Francesca Anichini (DOI: 10.4458/0917-08)

L'idea di realizzare un sondaggio on-line sugli open data e l'archeologia italiana è nata dalla necessità, riscontrata dal gruppo di lavoro MAPPA, di verificare se l'esigenza di apertura dei dati grezzi delle indagini archeologiche fosse realmente diffusa e condivisa o rispondesse solo alle esigenze di un numero ristretto di persone. Allo stesso tempo si è pensato che, per migliorare le caratteristiche del MOD (MAPPA Open Data archive – cfr. § 9.), era assolutamente necessario avere un quadro delle idee e delle posizioni rispetto alle problematiche open data: idee e posizioni che stanno consolidandosi tra coloro che lavorano in ambito archeologico. Solo in questo modo, con una visione ampia, sarebbe stato possibile creare un prodotto realmente utile e utilizzato da tutti.

Il sondaggio ha così cercato di verificare quanto la comunità archeologica italiana fosse informata in merito agli open data, in senso generale e nello specifico della propria disciplina. Mediante pubblicità sui social network, newsletter e messaggi e-mail, sono state invitate a rispondere tutte le categorie di operatori che, almeno periodicamente, sono chiamate a confrontarsi con le tematiche archeologiche e, in particolar modo, con l'utilizzo dei dati che scaturiscono dalle indagini archeologiche. Il questionario, rimasto on-line per circa due mesi, ha ricevuto complessivamente 650 risposte valide¹, di cui 358 da

parte di archeologi. Considerando che ad oggi non esiste una stima ufficiale di quanti siano gli archeologi in Italia (stima che comprenda tutte le categorie: dipendenti statali, liberi professionisti, dipendenti di ditte private e di enti locali, docenti e ricercatori universitari ecc...) è necessario prendere in considerazione alcune informazioni di riferimento per verificare l'attendibilità del campione del sondaggio. Nel 2013², con riferimento a dati del 2012, il MiBAC (Ministero per i Beni e le Attività Culturali) indica in 343 gli archeologi dipendenti del Ministero; sappiamo dalla Gazzetta Ufficiale del 18/07/2008 che gli archeologi iscritti all'ultimo concorso nazionale per i 30 posti da funzionario archeologo, banditi dal MiBAC (requisito minimo titolo post laurea: diploma di specializzazione o dottorato di ricerca), erano 5551, ma questo dato risale al 2008 cioè prima dell'inizio della crisi economica che negli ultimi cinque anni ha ridotto notevolmente il numero degli archeologi non strutturati nel pubblico impiego, secondo quanto dichiarato dalle due maggiori associazioni di categoria (Associazione Nazionale Archeologi e Confederazione Italiana Archeologi); un altro dato MiBAC del 2010³ indica in 1534 gli "archeologi professionisti esterni (al ministero) attivi sui cantieri". I dati del MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca) indicano in 457 i docenti di archeologia in Italia⁴.

¹La validazione delle risposte è stata eseguita nella fase di pre-processazione dei dati, eliminando i casi che avevano un uguale l'indirizzo IP di provenienza e identiche risposte, supponendo quindi che si trattasse di un'unica persona che per errore aveva effettuato un doppio invio del questionario e, in alcuni casi (meno di 5), come tentativi di spam pubblicitario rintracciato per i link presenti nella sezione "commenti". Le risposte complessive erano 665, di cui 15 sono risultate non valide.

²MIBAC 2013: 30.

³MIBAC s.d.:11.

⁴<http://hubmiur.pubblica.istruzione.it/web/universita/home> (ultimo accesso maggio 2013)

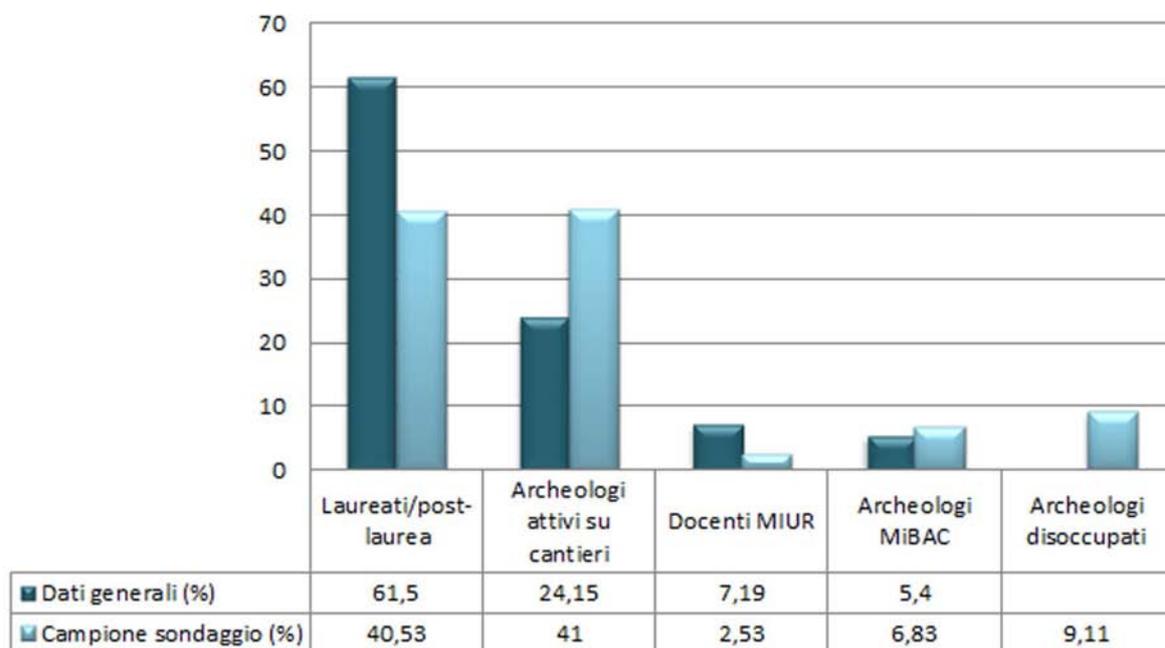


Fig. 8.1 Le diverse posizioni lavorative in campo archeologico. A raffronto la ripartizione dei dati su scala nazionale e quella interna al campione degli intervistati

Sulla base di questi numeri – che necessariamente dobbiamo prendere con cautela perché formulati in tempi e condizioni diverse – il quadro degli archeologi italiani sembra essere il seguente:

- una maggioranza (61,5%) di laureati e/o specializzati-dottorati in archeologia, che non hanno un impiego nel settore (in parte probabilmente disoccupati);
- un 24,15% di archeologi esterni al MiBAC e attivi su cantieri di lavoro;
- un 7,19% di docenti e ricercatori universitari;
- un 5,40% di dipendenti del MiBAC.

Proporzionalmente, il campione che ha risposto al sondaggio risulta solo parzialmente fedele a tale ripartizione. Complessivamente gli intervistati sono pari al 6,21% degli archeologi, se consideriamo come totale quel 6531 ricavato dalla

somma dei dipendenti MiBAC, dei docenti MIUR e degli iscritti al concorso 2008⁵. Di questo 6,21%, i dipendenti MIUR sono il 6,83%, i docenti universitari il 2,53%, gli archeologi lavoratori (che comprendono liberi professionisti, dipendenti/collaboratori o titolari di ditte private, collaboratori esterni di soprintendenze o università ecc...) sono il 41%, il 9,11% i disoccupati (fig.8.1).

Le 61 domande del questionario sono state articolate in sette sezioni. Le prime tre cercavano di definire il campione degli intervistati: dati “anagrafici” (sesso, età, titolo di studio ecc...), modalità e utilizzo dell’informatica nel proprio lavoro, conoscenza e uso dei programmi open source. Le successive tre sezioni erano dedicate nello specifico agli open data in ambito archeologico: definizioni, atteggiamenti e opinioni verso l’apertura

⁵ E’ comunque credibile pensare che questo numero (6531) sia fortemente diminuito. La crisi economica, che a partire dal 2008 ha investito progressivamente il paese, nell’ultimo quinquennio ha colpito duramente il settore. Le associazioni di categoria, con dati non ufficiali, stimano una riduzione di oltre il 50% degli impiegati del settore; numerose sono le ditte private che hanno ridotto drasticamente l’organico o hanno dichiarato fallimento. Non avendo

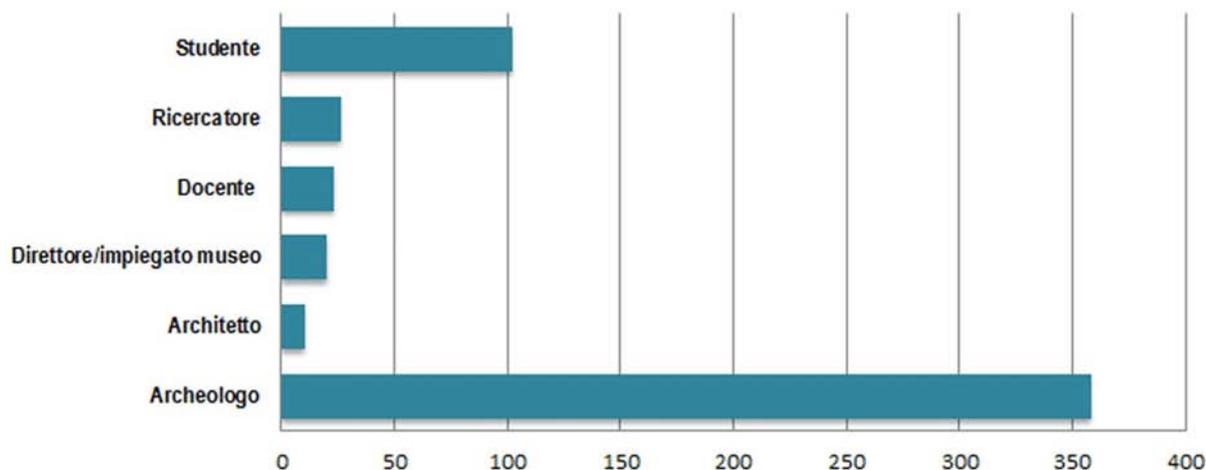


Fig. 8.5 Le professioni rappresentate nel campione degli intervistati

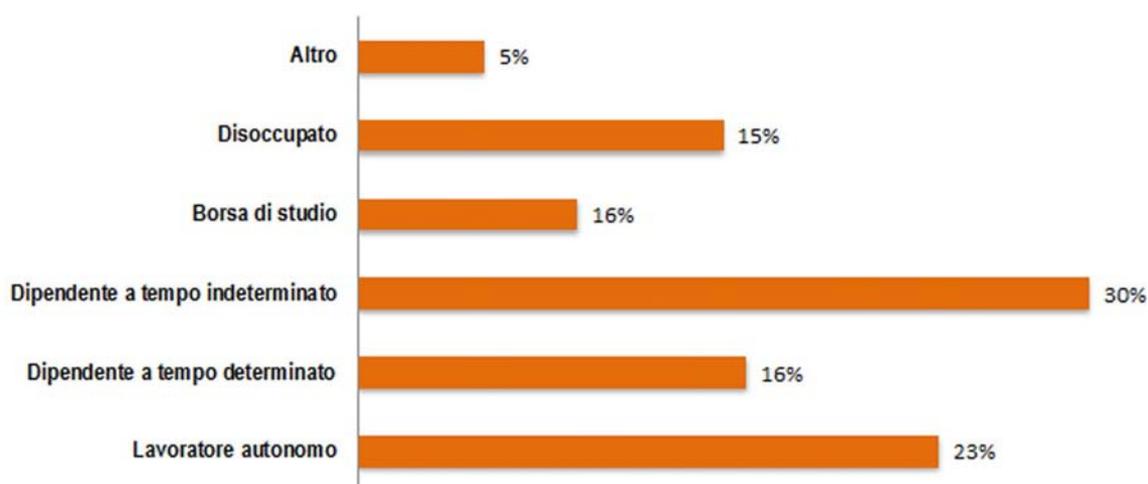


Fig. 8.6 Le condizioni lavorative del campione degli intervistati (dal grafico sono stati esclusi gli "studenti")

20% degli intervistati ha un diploma post-laurea⁹ e l'11% il diploma di scuola media superiore; la maggioranza (47%) è laureato. La rappresentatività geografica appare equamente distribuita (fig. 8.4), con due picchi che si registrano in Toscana (22%) e in Lazio (17%)¹⁰.

Alla domanda "Qual è il tuo lavoro?", il 55% degli intervistati ha risposto di essere "archeologo", il 16% "studente", il 4% ricercatore, il 3% "direttore/impiegato museo" o "docente", il 2% "architetto"; le restanti categorie rientrano o sono inferiori nell'1% del campione (fig.8.5). Escludendo dall'a-

⁹Di cui il 20% diploma di specializzazione e il 22% dottorato di ricerca.

¹⁰Emilia Romagna 8%; Sardegna 7%; Campania e Sicilia 6%; Lombardia e Veneto 5%; Piemonte e Puglia 4%; Liguria 3%; Abruzzo e Marche 2%; Basilicata, Calabria, Friuli Venezia Giulia, Molise, Trentino Alto Adige, Umbria e Valle d'Aosta 1%.

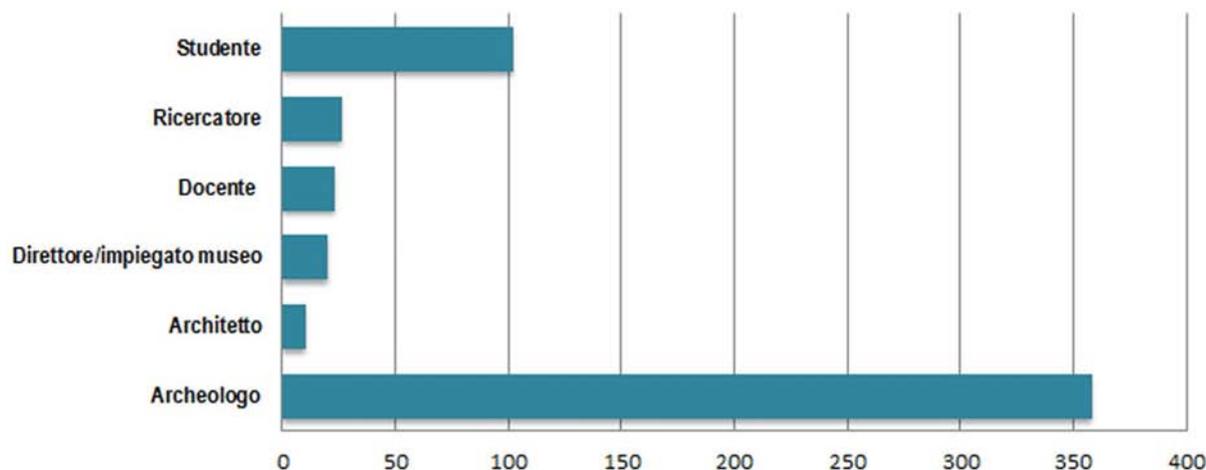


Fig. 8.7 Grado di conoscenze informatiche dichiarato dagli intervistati

nalisi gli studenti, si evidenzia come la condizione lavorativa del campione sia costituita per il 30% da dipendenti a tempo indeterminato, il 23% da lavoratori autonomi con partita iva, il 16% da dipendenti a tempo determinato (si comprendono in questa categoria i contratti di collaborazione coordinata e continuativa, i contratti a termine, i contratti a progetto) e il 15% da disoccupati (fig.8.6). Il dato si fa più chiaro se si analizza la posizione lavorativa. Il 33% degli intervistati lavora come libero professionista e il 9% come collaboratore in ditte private; solo il 7% è dipendente di una ditta privata; l'11% comprende i dipendenti statali (5%) e quelli MiBAC (6%); il 5% lavora negli enti locali; il 19% è dipendente universitario. Se prendiamo i disoccupati, è preoccupante constatare che il 25% è costituito da lavoratori autonomi e il 21% da collaboratori e dipendenti di ditte private. Lo stesso dato, calibrato esclusivamente sugli archeologi (358 degli intervi-

stati), mostra come i dipendenti a tempo indeterminato si riducano al 21% e aumentino al 29% i lavoratori autonomi e al 19% i disoccupati.

Il livello di alfabetizzazione informatica appare mediamente buono (fig. 8.7). Il campione è costituito da persone che utilizzano quotidianamente il pc (il 37% dichiara un uso tra 21 e 40 ore settimanali)¹¹ e ritiene Internet uno strumento molto importante per il proprio lavoro (il 44% lo definisce "indispensabile", il 34% "molto utile")¹². I programmi maggiormente utilizzati sono quelli di scrittura (26%), seguiti dai visualizzatori d'immagini (19%) e dai programmi di grafica (18%)¹³. L'uso di programmi GIS è limitato all'11% e forse possiamo ricondurre questo dato alla lentezza con cui le discipline umanistiche stanno prendendo confidenza con determinati strumenti, stentando ancora a considerarli come mezzi utili al proprio lavoro¹⁴. Il 54% degli intervistati dichiara di avere

¹¹ Le altre risposte vedono il 4% per meno di 5 ore settimanali, il 12% tra 5 e 10 ore; il 21% tra 11 e 20 ore; il 25% oltre 40 ore settimanali; non risponde alla domanda l'1%.

¹² Poco utile 2%; abbastanza utile 19%; non risponde alla domanda 1%.

¹³ I restanti: 16% per creare presentazioni; 11% GIS; 9% programmi di calcolo; 1% altro.

¹⁴ Nel caso dei sistemi GIS, per quanto ormai consolidati anche nella pratica archeologica, è ancora comune sentirne parlare come un prodotto ("il GIS del tal territorio...") e non come lo strumento cartografico, di catalogazione, di analisi ecc... da impiegare per raggiungere un determinato risultato (ad es. "la carta dell'analisi dell'insediamento tardo-antico del tal territorio...").

un buon livello di conoscenze informatiche, contro un 15% che sostiene d averne un "ottimo" livello. La ripartizione di questo dato sulle diverse fasce d'età dimostra come tra i 26 e i 40 anni si concentrino le maggiori competenze, che si affermano anche tra i 41 e i 50. La categoria più giovane, compresa tra 18 e 25 anni, non si distingue per una particolare attitudine in tal senso¹⁵. Le percentuali sembrano sottolineare come sia la generazione che non è nata con il computer, ma al suo utilizzo vi si è avvicinata in età già adulta, probabilmente per esigenze lavorative, ad aver sviluppato le maggiori competenze. Il cambiamento repentino che questa generazione si è trovata ad affrontare tra i metodi e le tecniche imparati in età scolare e quelle richieste dalla ricerca scientifica e dal mercato del lavoro forse hanno incentivato l'apprendimento delle tecniche informatiche.

Con percentuali molto simili per fasce d'età, individuiamo gli utilizzatori di programmi open source, che sono il 66% del totale degli intervistati, con una prevalenza di utenti tra i 26 e i 40 anni (64%) e una scelta di programmi coerente con l'uso dichiarato in precedenza¹⁶. Oltre il 60% afferma di produrre dati aperti con una prevalenza di formati .jpeg e .odt¹⁷; il 35% che invece non li produce,

sembra essere frenato da un'abitudine ormai consolidata verso l'utilizzo di programmi proprietari e dall'ignoranza rispetto all'esistenza e alla tipologia dei formati aperti¹⁸; una parte, infine, pensa che produrre dati in formato aperto comporti un maggiore dispendio di tempo¹⁹.

Per meglio comprendere quanto il campione intervistato potesse confrontarsi con la tematica degli open data applicata nello specifico ambito archeologico, sono state inserite due domande di carattere generale: si è chiesto di scegliere una definizione approssimativa di "open data" fra diverse opzioni fornite e di definire le caratteristiche che contraddistinguono un "dato aperto". Nel primo caso, il 47% ha scelto la definizione "i dati reperibili in rete che consentono di essere riutilizzati da utenti diversi rispetto a chi li ha prodotti", dimostrando quindi di conoscere le caratteristiche salienti del dato aperto che ha, successivamente, indicato come "accessibile" (21%), "condivisibile" (18%) e "open source" (12%)²⁰. Poiché un'ampia porzione della comunità "open" reputa inscindibile la produzione del dato aperto dall'uso di programmi open source, appare credibile che tale caratteristica appaia tra le prime tre indicate dal campione degli intervistati. Tuttavia la comparazione tra le percentuali

¹⁵ Nel 54% che hanno dichiarato un livello "buono" di conoscenze informatiche: il 10% è tra 18-25 anni; 63% tra 26 e 40 anni; 16% tra 41 e 50 anni; 10% tra 51 e 65 anni; 1% con età maggiore di 65anni. Nel 15% che hanno dichiarato un livello "ottimo": il 10% è tra 18-25 anni; 67% tra 26 e 40 anni; 17% tra 41 e 50 anni; 5% tra 51 e 65 anni; 1% con età maggiore di 65anni. Nella fascia di età tra i 26 e i 40 anni si riscontrano i seguenti livelli: 2% scarso; 22% sufficiente; 59% buono; 17% ottimo. Tra i 18 e i 25 anni il livello ottimo cala al 12% e quello buono al 46%; aumentano rispettivamente al 35% e al 7% i livelli sufficiente e scarso. Due sono le riflessioni che possono stare a corredo di questi dati: la prima è che la maggioranza dei più giovani, non ancora inserita nel mondo del lavoro, non abbia ancora avuto la necessità di aumentare le proprie conoscenze informatiche e che la scuola, così come l'università, non abbiano formato sufficientemente in questo settore. La seconda è legata alla percezione delle proprie competenze e allo sforzo sostenuto per acquisirle; se il livello di conoscenze di partenza risulta già sufficiente e lo sforzo è stato minimo per aumentarle, forse potremo essere portati a non attribuire grande valore a ciò che sappiamo fare.

¹⁶ Programmi open source utilizzati: 25% di scrittura; 19% di grafica; 17% visualizzatori di immagini; 16% programmi GIS; 11% programmi per creare presentazioni; 10% di calcolo, 2% altro.

¹⁷ Txt 14%, csv 6%, Xhtml 5%, Altro 11%.

¹⁸ Il 29% ha risposto che non conosce i formati aperti; il 16% che non ha i programmi adatti o che si trova meglio con i programmi proprietari che ha già; rispettivamente il 12% e l'11% riceve solo dati in formati proprietari e che le persone con le quali lavora leggono solo dati in formati proprietari; il 10% non conosce programmi open source e il 3% non li sa scaricare/istallare.

¹⁹ Dell'11% il 42% indica 1 ora, il 37% 4 ore, il 7% 8 ore e il 6% più di 8 ore.

²⁰ Per l'8% "trasparente" e "riproducibile"; per il 5% "primario", "produttivo" e "senza licenza"; per il 4% "non protetto"; per il 3% "tempestivo"; per l'1% "completo" e "machine readable".

delle diverse risposte mostra una certa confusione tra le definizioni di “open source” e di “open data”: il 9%, infatti, considera “dato aperto” solo quello prodotto con programmi open source e il 12% ritiene tale condizione necessaria alla sua definizione. Quasi un quarto degli intervistati (22%), inoltre, indica gli open data come “non tutelati da licenze d’uso”, nonostante che solo il 5% indichi l’assenza di licenza come una caratteristica saliente. Anche in questo caso viene da chiedersi se non ci sia ancora una diffusa ignoranza sul termine “licenza” – intesa come l’insieme delle condizioni con cui si rilasciano/pubblicano i dati sul web – e non la si confonda, invece, con la proprietà/marchio/brevetto. La mancanza di una corretta informazione sembra essere uno degli elementi che concorrono a creare diffidenza verso l’apertura dei dati, generando l’errata idea che il dato aperto sia un dato “indifeso”, alla mercé di qualunque tipo di manipolazione: dalle risposte non emerge una consapevolezza da parte degli intervistati di quanto proprio la “licenza” (con le sue numerose declinazioni) rappresenti i confini posti alla tutela del dato pubblicato.

8.2 Open Data e archeologia

Parlare di open data in campo archeologico vuol dire necessariamente parlare di standard di documentazione. Non è chiaro ciò a cui ci riferiamo con la parola “data” se non sappiamo quali sono i documenti che la pratica archeologica produce.

La tematica è annosa e relativamente complessa; sappiamo che il MiBAC sta elaborando una definizione dei criteri di produzione (in termini tipologici e di formati) della documentazione che deve essere generata durante e dopo un’indagine archeologica; confidiamo che a breve tali criteri siano resi pubblici e si possano mettere a punto, attraverso un confronto fra tutti gli operatori del settore, almeno delle regole di base riconosciute a livello nazionale. Ovviamente per tutta la produzione di dati pregressi e per quella attualmente in corso di elaborazione, rimane la domanda: a cosa ci riferiamo quando parliamo di “dati grezzi” di un intervento archeologico? La disomogeneità delle risposte ricevute a questa domanda sembra indurre a credere che si consideri “grezzo” tutto ciò che non è stato rielaborato in fase di post-processamento dei dati²¹; altrettanto disomogenea è la posizione sulla definizione di “letteratura grigia”, che si ripartisce in tutte le opzioni proposte, anche in quelle volutamente errate e già considerate tra i dati grezzi, come le schede e le fotografie²².

In generale, l’uso degli open data in archeologia riscontra un atteggiamento positivo (57%)²³ e analoga sembra essere la posizione nei confronti della creazione di un archivio di dati archeologici aperti, ritenuta vantaggiosa per l’intera comunità archeologica e per la cittadinanza dal 91% degli interpellati e credibile dal 63%²⁴ (fig. 8.8). Ponendo l’accento sull’importanza più come strumento di

²¹ 13% Schede, 10% documentazione fotografica, 9% planimetrie ed elenchi, 7% posizionamento topografico e prospetti, 6% documentazione fotografica dei reperti mobili e diagramma stratigrafico, 5% quantificazione dei reperti mobili, 4% relazioni scritte e piante di fase/periodo.

²² 11% tesi di laurea e relazioni di scavo, 10% diari/giornali di scavo, 9% schede e dispense universitarie, 7% tesi di dottorato, 6% report, progetti di ricerca e pre-atti di convegni, 5% database di immagini, 4% linee guida per tematiche specifiche, 3% corrispondenza, 2% atti di convegni e contratti/incarichi, 1% pubblicazioni scientifiche

²³ Alla domanda “Quanto sei d’accordo con l’affermazione: *Gli Open Data sono il futuro della ricerca archeologica?*” le risposte sono: 33% Abbastanza, 29% Molto, 28% Completamente d’accordo, 5% Poco, 1% Per niente, 4% non risponde. Il dato del 57% si riferisce alla somma delle voci Molto e Completamente d’accordo che definiscono sicuramente una posizione di assenso.

²⁴ Questa considerazione è deducibile dalla domanda “Quanto sei d’accordo con l’affermazione: *Creare un archivio italiano di dati archeologici aperti è impensabile per i tempi e i costi necessari alla sua realizzazione?*” le risposte sono: 39% Poco, 24% Per niente, 16% Abbastanza, 10% Molto, 7% Completamente d’accordo, 4% non risponde. Il dato del 63% si riferisce alla somma delle voci Poco e Per niente che definiscono una posizione di chiaro contrasto con l’affermazione.

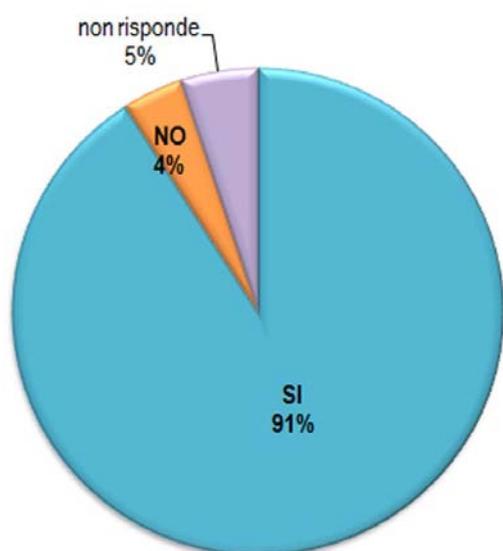


Fig. 8.8 La risposta, in percentuale, alla domanda: "Ritieni che per la comunità archeologica italiana e per la cittadinanza tutta sia vantaggioso avere un archivio open di dati archeologici italiani"?

lavoro che di gestione, la maggioranza degli intervistati ritiene che un archivio open sia utile a facilitare e ampliare l'azione di tutela verso il patrimonio sepolto (74%)²⁵, ad agevolare il lavoro dei ricercatori (83%)²⁶, degli archeologi professionisti (78%)²⁷, dei funzionari MiBAC²⁸ e pertanto a ottimizzare i costi di gestione (64%)²⁹, a facilitare la redazione delle pratiche di archeologia preventiva (76%)³⁰, a incentivare una produzione di dati qualitativamente più elevata (61%)³¹.

Un elemento sostanziale è l'emergere generalizzato della mancanza di abitudine a condividere i propri dati e a utilizzare dati in formato aperto³². Il 63% degli intervistati non conosce dati archeologici aperti e solo il 32% ha utilizzato dati disponibili in rete. La sensazione che se ne ricava è che non si conoscano appieno le potenzialità di questa modalità di lavoro: i dati disponibili,

²⁵ Alla domanda "Quanto sei d'accordo con l'affermazione: *Disporre di un archivio di dati archeologici aperti e condivisibili facilita e amplia l'azione di tutela e valorizzazione?*" le risposte sono: 49% Completamente d'accordo, 29% Molto, 17% Abbastanza, 4% Poco, 5% non risponde. Il dato del 74% si riferisce alla somma delle voci Molto e Completamente d'accordo che definiscono sicuramente una posizione di assenso.

²⁶ Alla domanda "Quanto sei d'accordo con l'affermazione: *Disporre di un archivio di dati archeologici aperti agevola il lavoro dei ricercatori?*" le risposte sono: 50% Completamente d'accordo, 33% Molto, 11% Abbastanza, 2% Poco, 4% non risponde. Il dato del 83% si riferisce alla somma delle voci Molto e Completamente d'accordo che definiscono sicuramente una posizione di assenso.

²⁷ Alla domanda "Quanto sei d'accordo con l'affermazione: *Disporre di un archivio di dati archeologici aperti agevola il lavoro degli archeologi professionisti?*" le risposte sono: 46% Completamente d'accordo, 32% Molto, 15% Abbastanza, 3% Poco, 4% non risponde. Il dato del 78% si riferisce alla somma delle voci Molto e Completamente d'accordo che definiscono sicuramente una posizione di assenso.

²⁸ Alla domanda "Quanto sei d'accordo con l'affermazione: *Disporre di un archivio di dati archeologici aperti agevola il lavoro dei funzionari archeologi MiBAC?*" le risposte sono: 29% Completamente d'accordo, 35% Molto, 26% Abbastanza, 4% Poco, 1% Per niente, 5% non risponde. Il dato del 64% si riferisce alla somma delle voci Molto e Completamente d'accordo che definiscono sicuramente una posizione di assenso.

²⁹ Alla domanda "Quanto sei d'accordo con l'affermazione: *Disporre di un archivio di dati archeologici aperti comporta un'ottimizzazione dei costi di gestione per il MiBAC?*" le risposte sono: 39% Completamente d'accordo, 25% Molto, 23% Abbastanza, 7% Poco, 1% per niente, 5% non risponde. Il dato del 64% si riferisce alla somma delle voci Molto e Completamente d'accordo che definiscono sicuramente una posizione di assenso.

³⁰ Alla domanda "Quanto sei d'accordo con l'affermazione: *Disporre di un archivio di dati archeologici aperti agevola la redazione delle pratiche legate all'archeologia preventiva?*" le risposte sono: 46% Completamente d'accordo, 30% Molto, 16% Abbastanza, 3% Poco, 5% non risponde. Il dato del 76% si riferisce alla somma delle voci Molto e Completamente d'accordo che definiscono sicuramente una posizione di assenso.

³¹ Alla domanda "Quanto sei d'accordo con l'affermazione: *Creare un archivio di dati archeologici aperti incentiva una produzione di dati archeologici qualitativamente più elevata?*" le risposte sono: 34% Completamente d'accordo, 27% Molto, 23% Abbastanza, 10% Poco, 2% Per niente, 4% non risponde. Il dato del 64% si riferisce alla somma delle voci Molto e Completamente d'accordo che definiscono sicuramente una posizione di assenso.

³² Solo il 9% (rispettivamente 6 e 3) "produce dati aperti molto spesso" o "produce solo dati aperti". Il 38% produce open data solo "raramente", il 26% "spesso", e il 22% "mai". Alla domanda "Condividi in rete i dati che produci" solo il 2% ha risposto "sempre", il 6% "molto spesso", il 24% "spesso"; più consistenti le percentuali delle risposte "raramente" e "mai", rispettivamente 38 e 26.

infatti, sono stati utilizzati principalmente per confronti tra "materiali" (27%) o tra "tracce/strutture" (13%) e per analisi "storiche" (18%) o "territoriali" (15%); in prevalenza sono stati utilizzati relazioni (15%), posizionamenti topografici (15%), quantificazioni di reperti mobili (10%), schedature e documentazione fotografica di reperti mobili (9%)³³. Le risposte sottolineano come vi sia un uso ancora poco consapevole delle potenzialità dei dati aperti. Chi già riutilizza i dati, sembra farlo per lo più in modo "tradizionale", nell'accezione più "open access" che open data, con la stessa modalità con la quale si utilizza una qualsiasi altra fonte bibliografica e non sfruttando la ri-processabilità dei dati.

Nonostante questo scarso riuso dei dati, l'80% del campione intervistato ritiene insufficiente per il progredire della disciplina archeologica la pubblicazione esclusiva di un set minimo di informazioni³⁴, comprese le pubblicazioni scientifiche se non sono accompagnate dalla divulgazione dei dati grezzi³⁵. Questo dato è interessante per riflettere su come la comunità archeologica sembri essere "più esigente" di quanto non lo siano gli organi

centrali, esprimendo una posizione che sembra andare contro tendenza rispetto a quelli che sono gli attuali progetti di apertura di dati, posti in essere dal MiBAC³⁶.

Nella sezione del sondaggio dedicata alle modalità di pubblicazione dei dati archeologici, la maggioranza degli intervistati (75%) ritiene necessario che sia riconosciuta una paternità intellettuale dei dati a chi li ha prodotti³⁷ e che questo riconoscimento sia equiparato a tutti gli effetti ad una pubblicazione; il 77% concorda inoltre con la modalità, proposta nel MOD, di attestare tale riconoscimento con l'attribuzione di un codice DOI (Digital Object Identifier) che identifica in modo univoco e perenne l'autore (o gli autori) del lavoro pubblicato. I contrari a questa posizione (20%) lo sono in quanto fondamentalmente non concordano con l'equiparazione del dato archeografico con quello archeologico³⁸.

Come è stato già detto, la netta maggioranza degli intervistati si schiera a favore della creazione di un archivio di dati aperti (93%)³⁹, pensando che sia necessario aprire tutte le categorie di dati⁴⁰, compresa la documentazione fotografica,

³³ Oltre alle categorie già citate, i dati utilizzati sono tipologicamente così ripartiti: 8% planimetrie, 4% per sezioni, piante di Fase/Periodo, elenchi, documentazione fotografica, 3% per diagrammi stratigrafici e prospetti. Il 5% ha indicato tutte le categorie proposte.

³⁴ Alla domanda "Quanto sei d'accordo con l'affermazione: *Per far evolvere l'archeologia italiana non è necessario avere a disposizione tutti i dati grezzi delle indagini archeologiche, basta avere un set minimo di informazioni che definiscano la tipologia generale del bene archeologico, la sua cronologia e localizzazione?*" le risposte sono: 35% Per niente, 46% Poco, 11% Abbastanza, 3% Molto, 1% Completamente d'accordo, 4% non risponde. Il dato del 81% si riferisce alla somma delle voci Per niente e Poco d'accordo.

³⁵ Alla domanda "Quanto sei d'accordo con l'affermazione: *Per far evolvere l'archeologia italiana non è necessario avere a disposizione tutti i dati grezzi delle indagini archeologiche, bastano le pubblicazioni scientifiche degli scavi?*" le risposte sono: 34% Per niente, 46% Poco, 12% Abbastanza, 3% Molto, 1% Completamente d'accordo, 4% non risponde. Il dato del 80% si riferisce alla somma delle voci Per niente e Poco d'accordo.

³⁶ Si veda Cultura Italia (<http://www.culturaitalia.it/>) o la stessa pagina Open Data del Ministero (<http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/MenuPrincipale/Trasparenza/Open-Data/index.html>).

³⁷ Il 51% ritiene Indispensabile tale riconoscimento, il 24% Molto necessario, il 17% Abbastanza, il 4% Poco e l'1% Per niente necessario.

³⁸ Il 44% considera che "dataset e relazioni sono lavori preliminari che possono essere rivisti in fase di rianalisi e quindi non devono essere valutati come pubblicazioni"; il 30% che "il lavoro che richiede la produzione dei dati grezzi di un'indagine non può essere considerato quantitativamente e qualitativamente come quello di una pubblicazione"; il 20% considera che "pubblicare vuol dire fare ricerca; produrre solo dati non vuol dire fare ricerca"; il 4% crede che "il riconoscimento della pubblicazione non debba attribuito a chi produce i dati direttamente, ma solo a chi ne cura la rielaborazione"; per l'1% "una pubblicazione è solo ciò che va in stampa".

³⁹ Contrari 2%, 5% non risponde.

⁴⁰ La domanda del sondaggio proponeva una serie di categorie di dati, dando la possibilità di indicare più di una categoria che l'intervistato vorrebbe come dato aperto in rete. Nell'ordine le preferenze indicate: 10% documen-

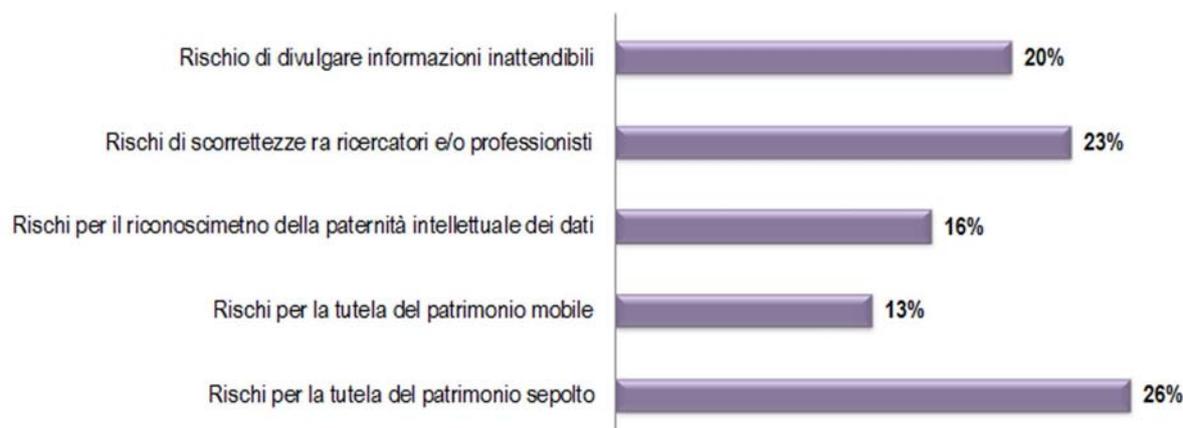


Fig. 8.9 Percentuale dei rischi che si corrono ad aprire i dati archeologici italiani, riscontrati dal 39% degli intervistati

che viene ritenuta “molto utile” (43%) o “indispensabile” (32%) anche avendo già a disposizione la restante documentazione. Questo dato è interessante, considerando che maggiori sono le restrizioni legate alla pubblicazione e alla riproduzione fotografica dei beni culturali, imposte dalle norme vigenti (cfr. § 9.5).

In merito all’organizzazione e alla realizzazione concreta di un archivio che ospiti la pubblicazione dei dati aperti italiani, il 41% dei votanti auspica che si crei un unico contenitore nazionale, mentre il 26% crede necessario che ogni soprintendenza ne organizzi e gestisca uno per il proprio territorio di competenza; per il 19%, il compito di gestione di tale archivio dovrebbe essere delegato alle regioni⁴¹.

Nonostante vi sia una posizione favorevole così chiara nei confronti dell’apertura dei dati, è interessante notare come il 39% degli intervistati sia

però convinto che si corrano dei rischi ad aprire i dati archeologici italiani, innanzitutto per la tutela del patrimonio (39%⁴²), ma anche per la possibilità di scorrettezze tra ricercatori e/o professionisti (39%⁴³) e per il pericolo di divulgare informazioni inattendibili (20%) (fig.8.9). Alle obiezioni sui rischi per la tutela dei beni archeologici, derivanti dal renderne pubblica la localizzazione, si può rispondere richiamando proprio una delle componenti intrinseche alla filosofia open, l’esteso controllo sociale che si viene a creare ogni volta che si porta a conoscenza della collettività un dato importante per tutti e che tutti possono concorrere a tutelare. Per il resto, il quadro che se ne ricava è quello di una comunità archeologica che, almeno in parte, diffida dei propri colleghi e della propria capacità di valutare l’affidabilità della fonte che interpella. In realtà qualunque dato può essere più o meno affidabile, indipendentemente

tazione fotografica; 9% planimetrie; 8% relazioni scritte, posizionamento topografico dell’intervento e documentazione fotografica reperti mobili, 7% schede; 6% piante di Fase/Periodo, 5% sezioni e prospetti, 4% diagrammi stratigrafici, elenchi e quantificazioni reperti mobili; il 15% ha indicato tutte le categorie.

⁴¹ L’8% crede necessario che ogni scavo abbia il proprio archivio on-line separato e il 3% che ciò avvenga per ogni gruppo di ricerca. Il 3% non ha risposto alla domanda.

⁴² Il dato si riferisce alla somma tra il 26% della risposta “rischi per la tutela del patrimonio sepolto” e il 13% della risposta “rischi per la tutela del patrimonio mobile (reperti)”

⁴³ Il dato si riferisce alla somma tra il 23% della risposta “rischi di scorrettezze tra ricercatori e/o professionisti” e il 16% della risposta “rischi per il riconoscimento della proprietà intellettuale dei dati”

dalle modalità di pubblicazione e dalla rapidità con cui viene pubblicato. Solitamente un dato archeologico (di carattere propriamente interpretativo) assume un certo grado di affidabilità a seconda della credibilità del suo autore; con l'apertura dei dati grezzi, invece, un dato archeologico dovrebbe assumere maggiore credibilità quando è permesso di verificarne l'origine, ripercorrendo a ritroso il processo interpretativo fino a giungere al dato primario (ANICHINI 2012b: 13).

Il rischio legato all'usurpazione da parte di terzi di un diritto di pubblicazione che sembra acquisito con la produzione dei dati, è rimarcato dalla dichiarata necessità di porre un diritto di prelazione sulla pubblicazione integrale dei dati (SI per il 79%, NO per il 16%; il 5% non risponde). Il tempo auspicato è compreso tra i tre e i cinque anni (rispettivamente il 28% e il 26%), con un 13% che indica un anno e un 12% tra dieci e vent'anni⁴⁴. Il diritto di pubblicazione di cui parliamo si riferisce – come richiesto nel sondaggio – alla pubblicazione “integrale” dei dati di un'indagine e più credibilmente può essere inteso come la pubblicazione di quegli stessi dati interpretati – comunemente coincidente con la definizione di “pubblicazione scientifica”; s'intende quindi un diritto di priorità sulla prima interpretazione di quei dati nella loro forma integrale, ma non si preclude la possibilità di pubblicazione dei dati grezzi, né il loro riutilizzo e interpretazione in forma parziale, prima dello scadere di tale diritto. Per la licenza di pubblicazione dei dati grezzi come open data, il campione intervistato non ha una posizione nettamente prevalente. È interessante notare come a questa domanda il 36% non abbia risposto e come molte delle persone che hanno allegato un commento finale alla compilazione del sondaggio abbiano specificato di non esse-

re a conoscenza dell'esistenza e della differenziazione delle licenze Creative Commons. Tra il 64% di coloro che hanno risposto, prevalgono pariteticamente un atteggiamento più cautelativo, con l'indicazione della licenza CC BY NC SA (17%)⁴⁵ – che limita l'uso commerciale e impone il rilascio di opere derivate con la medesima licenza – e uno nettamente più aperto che ritiene di preferire la licenza CC BY (16%)⁴⁶, che richiede la sola l'attribuzione di paternità. Le restanti percentuali sono equamente distribuite tra le varie opzioni (comprese tra l'1 e l'11%)⁴⁷. La sensazione che si percepisce è che sia necessario informare gli operatori dei beni culturali – e in particolare gli archeologi, che rappresentano la maggioranza del campione – su come la rete non sia un luogo privo di tutele, sui diritti che le licenze, una volta applicate, garantiscono agli autori che pubblicano dati aperti sul web, su come una comunità informata e partecipe diventa essa stessa garante di un controllo nell'uso dei dati, accreditando chi da quell'uso riesce a trarne risultati innovativi, che arricchiscono la disciplina archeologica, e screditando chi, invece, vuole approfittarne scorrettamente: esattamente come avviene negli altri ambiti disciplinari.

Il mondo archeologico italiano è ancora abbastanza piccolo perché questo controllo sia capillare, ma è già abbastanza ampio da non rendere più possibile una trasmissione di tutti i dati che non sfrutti al massimo le potenzialità e l'economicità del web. I risultati del sondaggio sembrano sposare questa visione e spingere nella direzione della condivisione, per quanto ancora timorosa e manifestando alcuni dubbi. Forse solo la pratica sperimentale potrà aiutare a trovare le soluzioni migliori, dissipando le paure ed evitando che l'Italia, detentrici di un così ampio patrimonio, rimanga indietro

⁴⁴ Interessante è notare che un quinto (21%) non ha fornito alcuna risposta.

⁴⁵ Creative Commons Attribution Non Commercial Share Alike: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

⁴⁶ Creative Commons Attribution: <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>

⁴⁷ 1% per la CC-BY-ND; 9% per CC-BY-NC-ND; 11% per CC-BY-NC; 10% per CC-BY-SA

mentre il resto del mondo corre già in direzione dei Linked Open Data. Le ultime posizioni assunte dal MiBAC⁴⁸ fanno sperare che gli stessi organi centrali stiano approntando soluzioni propositive per andare in questa direzione; bisogna evitare il rischio di auto-rallentarci nell'attesa di trovare, formalmente, la soluzione perfetta, quando sappiamo che la tecnologia e il web hanno tempi di reazione, aggiornamento, inserimento di nuove modalità estremamente veloci.

⁴⁸ <http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/MenuPrincipale/Trasparenza/Open-Data/> (ultimo accesso 8/06/2013)

9. Il MOD: l'archivio Open Data dell'archeologia italiana

Francesca Anichini, Marco Ciurcina, Valerio Noti (DOI: 10.4458/0917-09)

9.1 Aprire i dati archeologici italiani: un problema culturale

“Nel mondo dell'informazione, l'infrastruttura sostanziale sono i dati e le informazioni” (R. Pollock – Open Knowledge Foundation). Nel mondo dell'archeologia, nella ricostruzione delle realtà storiche, l'infrastruttura sostanziale sono i dati e la loro possibilità di circolazione e trasmissione. Parte delle informazioni (interpretative) che sottendono ai dati sono variabili spesso connesse al *know how* del singolo ricercatore. I dati, invece, sono punti certi. Da questo presupposto, dalla certezza cioè che i dati sono la struttura sulla quale si basano le interpretazioni storico-archeologiche e sull'indispensabile necessità che tali dati circolino nella comunità archeologica quanto più liberamente e velocemente possibile, nasce l'idea del MOD: MAPPA Open Data archaeological archive. L'obiettivo è creare un luogo virtuale, ma quanto più reale possibile, che sia tanto un *repository* quanto un nuovo strumento di lavoro. La filosofia guida è quella tipicamente open data, legata al ciclo ecologico dei dati che quotidianamente vengono prodotti a prescindere dal loro utilizzo ultimo. Stiamo parlando della grande quantità di dati “grezzi” che costituiscono la documentazione di ogni intervento archeologico: schede, cataloghi, planimetrie, fotografie, inventari, relazioni, ecc... che vengono prodotti e depositati negli archivi ministeriali, a prescindere dal fatto che l'indagine sia successivamente oggetto o meno di un lavoro di pubblicazione. Molti di questi dati, pertanto, rimangono spesso inediti e non riutilizzati in altre ricerche; nel ciclo ecologico dei dati diventa invece buona norma farli fruttare quanto più sia possibile. Accanto alla pubblicazione “scientifica”, dove si riportano i risultati interpretati dell'indagine,

possono essere create molte e nuove applicazioni, spesso imprevedibili, utilizzando gli stessi dati con finalità diverse o utilizzando gli stessi dati per giungere a ipotesi interpretative diverse. Si pensi, ad esempio, a lavori di sintesi geografica o storica, dalla micro alla macro scala, a ricerche sulla diffusione di determinate classi di manufatti, tecniche e materiali edilizi, oppure di elementi iconografici e architettonici, ecc...; si pensi alla possibilità di formulare ipotesi di carattere locale lavorando però su basi statistiche attendibili perché prodotte utilizzando basi di dati molto ampie.

In linea con le politiche europee e anticipando il Decreto Crescita 2.0 dell'ottobre 2012, la piattaforma MOD, attraverso una prima versione Beta licenziata nel giugno 2012, ha permesso di testare le potenzialità di un archivio di dati aperti, non riconducibile a un solo sito, ma comprendente più interventi archeologici eterogenei per ubicazione, cronologia di esecuzione, modalità di documentazione e autori. Allo stesso tempo la versione Beta del MOD, rimasta on-line per circa un anno, ha consentito di raccogliere *feedback* da parte di numerosi esponenti della comunità archeologica (funzionari MiBAC, docenti universitari e professionisti) e ha stimolato la riflessione e la discussione sulle problematiche e le prospettive che inevitabilmente sono collegate con l'apertura dei dati nel campo archeologico italiano. La svolta, infatti, è essenzialmente di carattere culturale prima che tecnologica. È necessario comprendere come la condivisione dei dati sia una delle poche strade oggi percorribili per far progredire le conoscenze senza dover sostenere costi proibitivi, ma al contrario ottimizzando l'utilizzo di quella mole di dati che quotidianamente vengono prodotti e rimangono sottoimpiegati. La necessità di usare

correttamente le poche risorse economiche a disposizione ci impone di trovare soluzioni nuove; non è più possibile pensare ad un'archeologia organizzata per ricerche piccole o anche di ampio respiro, ma pur sempre puntiformi; per ottimizzare le risorse diventa indispensabile razionalizzare la gestione e l'uso dei dati, la cui produzione avviene ormai quotidianamente nell'archeologia preventiva, in concomitanza con la realizzazione di opere pubbliche, con i tanti interventi nei centri urbani, con gli scavi di ricerca universitari e ministeriali. Se i moderni sistemi di documentazione e conservazione dei dati permettono una migliore tutela del bene rinvenuto e dei beni che si preservano sepolti, allo stesso modo i medesimi dati dovrebbero essere utilizzati per creare analisi più ampie e quadri di sintesi che permettano il progredire delle conoscenze storiche e territoriali e, contestualmente, si pongano essi stessi come strumenti per facilitare nel futuro l'azione di tutela. Ovviamente questa riflessione non esclude la necessità d'indagini mirate su contesti nodali per sciogliere alcuni interrogativi storici, ma pone i ricercatori di fronte alla responsabilità di trarre il massimo potenziale informativo dai dati che, nella maggior parte dei casi, sono stati pagati dalla collettività.

È su questi presupposti che si basa l'idea che la pubblicazione on-line e il libero riutilizzo dei dati primari delle indagini sia, oggi più che mai, uno strumento indispensabile per la ricerca e per la tutela e contemporaneamente costituisca l'occasione per un'operazione di organizzazione e conservazione digitale delle informazioni che appare indispensabile per garantire il massimo grado di protezione dell'informazione, ottimizzando così il lavoro dei funzionari preposti alla tutela. Sono infatti ancora molti, purtroppo, i casi in cui l'assenza di piani strategici, collegata alla carenza di risorse economiche e/o di personale, hanno impedito di compiere idonee azioni di archiviazione informatizzata che potessero sopperire alla perdita parziale o totale del dato cartaceo in eventi catastrofici (si pensi ad esempio al terremoto de L'Aquila o all'allagamento di alcuni archivi du-

rante le più recenti alluvioni) o, più banalmente, alle perdite accidentali o ai furti. "Aprire" vuol dire anche "proteggere", perché l'ampia condivisione, in una comunità proiettata verso l'idea di patrimonio storico archeologico come bene comune, diventa progressivamente garanzia di controllo, di qualità, di conservazione. Perché ciò avvenga è necessario un altro sostanziale passaggio culturale: è necessario riconoscere la paternità intellettuale e i connessi diritti d'autore a chi ha prodotto quei dati. Allo stesso tempo, però, è indispensabile superare il concetto di proprietà, giacché il dato archeologico non appartiene, come proprietà privata, all'archeologo che lo produce, ma è parte del patrimonio collettivo: attenzione, parliamo del dato grezzo, non dell'interpretazione soggettiva di quel dato, che ovviamente appartiene a chi ne è l'autore.

Senza questa presa di coscienza, appare molto difficile superare la diffidenza e la paura che gli archeologi hanno di essere privati del risultato del loro lavoro. L'atteggiamento comunemente diffuso (cfr. § 8) è quello di non rendere noti i dati, se non in forma molto generica e sommaria, fino al momento della pubblicazione integrale dei risultati della ricerca, lavoro che può richiedere molto tempo, spesso anni. Credere che i dati abbiano valore solo nel momento in cui vengono interpretati dall'autore dello scavo è sbagliato e riduttivo, poiché non tiene conto della possibilità che quei dati possano essere utilizzati nell'ambito di ricerche di tipo completamente diverso (ad esempio analisi distributive, geospaziali ecc.) oppure per creare applicazioni differenti (ad esempio percorsi turistici, materiali didattici ecc.), a volte imprevedibili, senza per questo togliere valore al lavoro originale, anzi accrescendone il potenziale informativo. Il lungo processo di elaborazione della pubblicazione con l'interpretazione del dato, se da un lato indubbiamente lo valorizza, dall'altro ne limita le potenzialità informative per lunghi periodi di tempo, aumentando di fatto l'incidenza del costo delle ricerche archeologiche: è infatti evidente che il costo di produzione della documentazione sarà

sempre meno riconosciuto se, a fronte di quella spesa, non si riesce a offrire alla committenza un "prodotto" che, nel breve-medio termine, permetta un utilizzo e un riutilizzo con modalità e in contesti diversi. Un unico dato racconta la storia del sito da cui proviene, tanti dati messi a confronto aiutano la comprensione di problemi cronologicamente, territorialmente e tematicamente più vasti. Per portare avanti l'idea di un'archeologia realmente sostenibile, è indispensabile che gli archeologi responsabili delle attività di tutela e di ricerca si confrontino quotidianamente e responsabilmente con ciò che chiedono alla collettività, in termini d'impegno economico e sociale. In questo senso, il cambio di mentalità nei confronti della "proprietà" dei dati può essere un forte moltiplicatore per un cambio di mentalità in termini più ampi. Un atteggiamento di apertura alla condivisione e al riuso dei dati è un passo importante che, con uno sforzo iniziale limitato, può dare grandi risultati in tempi relativamente brevi, gettando basi concrete per aprire, anche in archeologia, la strada del *crowdsourcing*, sia come modello di *business*, laddove può essere adottato come modalità di gestione di servizi, sia, e soprattutto, come nuova mentalità di lavoro nell'attività della pubblica amministrazione, con particolare riguardo agli ambiti legati alla ricerca. La condivisione aperta dei dati può garantire risultati di altissimo livello con un'ottimizzazione pressochè immediata di tempi e costi. Come in altri settori della ricerca, anche in archeologia la buona collaborazione passa dal riconoscimento del contributo di ciascuno, riconoscendo ogni fase del lavoro propria di un'indagine archeologica.

9.2 Scelte di base

Per iniziare a parlare di un archivio archeologico open data italiano è apparso da subito necessario cercare di convogliare il maggior numero possibile di interventi all'interno del MOD, convinti che la valenza e l'utilità di uno strumento di questo tipo fosse tanto più evidente quanto maggiore era il numero di dati depositati. Per far ciò, si è progettata da un lato una struttura informatica in grado

di ospitare grandi quantità di dataset, e dall'altro si è scelto di essere "un po' meno open" di quanto avremmo voluto inizialmente. Non ci sono molte sfumature per definire un dato aperto a livello globale: le sue imprescindibili caratteristiche sono infatti codificate nelle "cinque stelle" di Tim Berners Lee e nelle indicazioni fornite dall'Open Knowledge Foundation. Il dato open deve essere

- **completo**, in modo da essere esportabile e utilizzabile online e offline, riportando le specifiche adottate;

- **primario**, ovvero allo stato grezzo della lavorazione, in modo da essere integrabile e aggregabile con altre risorse digitali;

- **tempestivo e accessibile**, perché gli utenti siano messi in grado di accedervi in maniera rapida e immediata, utilizzando protocolli internet senza alcuna sottoscrizione di contratti, pagamenti o registrazioni, ma permettendo la trasmissibilità e l'interscambio direttamente via web;

- **machine-readable**, ovvero processabile in automatico da computer, in modo che gli utenti non siano costretti ad utilizzare programmi, applicazioni o interfacce proprietarie per poter compiere tali operazioni;

- **ricercabile** e interamente **riutilizzabile** e **integrabile** per creare nuove risorse, applicazioni, programmi e servizi, anche per scopi commerciali. Tutte queste caratteristiche devono inoltre essere **permanenti** per l'intero ciclo di vita sul web (ANICHINI, GATTIGLIA 2012: 51). I dati inoltre devono essere rilasciati con licenze che rispecchino le caratteristiche appena descritte e non ne limitino il ciclo di riuso in nessun modo; possono essere associati a licenze che chiedono il riconoscimento della paternità del dato, ma ciò deve avvenire a titolo non oneroso.

Un'analisi preliminare ha mostrato come molti dei dati archeologici presenti negli archivi della Soprintendenza – e raccolti nel database che è servito per realizzare il webGIS di MAPPA – non avrebbero di per sé risposto a tutti i requisiti appena elencati, anche solo perché prodotti in anni lontani. È stato necessario pertanto scegliere se percorrere

la strada del dato aperto “perfetto”, facendo un enorme lavoro di trasformazione dei dati già acquisiti e chiedendo il medesimo lavoro agli autori che avessero voluto pubblicare sul MOD, o partire caricando nell’archivio la documentazione nel formato in cui si presentava e poteva essere messa velocemente in rete. A indirizzare la scelta verso la seconda ipotesi è stata la constatazione, emersa da subito in tutta la sua evidenza, che la vera battaglia da combattere in Italia era quella per cambiare la mentalità degli archeologi, generalmente restii alla condivisione, e cominciare a mettere in circolazione i dati primari il più presto possibile, indipendentemente dalla loro tipologia. Si è quindi scelto di predisporre l’archivio per qualunque formato di dati, purché integralmente scaricabile, senza imporre una guide-line di standard di pubblicazione all’interno del MOD, ma al contrario, lasciando ai singoli autori la libertà di scegliere cosa pubblicare e in che modo: tanto, poco, tutto, in formato più o meno aperto. A ogni archeologo è lasciata pertanto la facoltà di decidere come partecipare a questo che crediamo essere un profondo processo di trasformazione verso l’Archeologia 2.0. Sono state invece fornite indicazioni puntuali circa le modalità di citazione, le tipologie di licenze impiegate, le specifiche di carattere legale nel rispetto delle leggi sulla *privacy* e sul diritto d’autore (cfr. § 9.5). Un’attenzione particolare è stata dedicata a rendere quanto più chiaro possibile l’accesso e l’utilizzo dell’archivio, costruendo un’interfaccia semplice e minimale che, pur rimanendo sempre implementabile, permettesse di comprendere immediatamente l’organizzazione dei dati, fare operazioni elementari e avanzate di ricerca e, non ultimo, dare il giusto risalto agli autori dei vari documenti.

Considerando che la documentazione di uno scavo archeologico rappresenta l’unica traccia di un’operazione che, per sua natura, distrugge la stratificazione che sta indagando, il MOD garantisce a quei documenti, e dunque ai dati in essi contenuti, un ciclo di vita digitale potenzialmente infinito, qual è quello della rete.

Come primo esperimento in Italia di un archivio open di dati archeologici, il MOD pur migliorabile in tutti i suoi aspetti, intende offrirsi come punto di partenza per una discussione sui temi dell’apertura degli archivi degli Enti di tutela e di ricerca, che adegui finalmente l’Italia agli standard europei. Siamo infatti fermamente convinti che solo in presenza di una prima mole di dati open sia possibile avviare un dibattito costruttivo, senza rischiare che le dissertazioni di principio, così come le “finezze” metodologiche, costringano l’archeologia italiana a rimanere ancora per anni legata alle parole invece che ai fatti.

9.3 Dentro il MOD

L’archivio è stato strutturato prendendo ad esempio l’*Archaeological Data Service* dell’Università di York che, dopo oltre 15 anni, è ormai un modello consolidato, di cui è stata dimostrata l’efficacia e l’efficienza nelle modalità di archiviazione e di servizio offerto alla comunità internazionale. Partendo da quella struttura, è stata scelta un’interfaccia utente molto semplificata che, con facilità, consente di ricercare, visionare e scaricare la documentazione presente.

Per testare la valenza e l’utilità dello strumento, sono stati utilizzati, in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, la Soprintendenza per i Beni Architettonici, Paesaggistici, Artistici ed Etnoantropologici per le Province di Pisa e Livorno e la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana, i dati degli interventi archeologici realizzati a Pisa, già archiviati per le altre finalità del progetto. Contestualmente è stata predisposta una modalità di inserimento e di ricerca avanzata, che permetta il caricamento di dati provenienti dal restante territorio nazionale.

L’immissione dei dati all’interno del MOD avviene esclusivamente su base volontaria. Attualmente sono visibili gli interventi condotti da personale della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana (ad eccezione di quelli in corso di studio), la cui pubblicazione è stata autorizzata dal Soprin-

tendente in quanto si trattava di attività svolte nell'esercizio delle funzioni istituzionali dell'Ente, e quelli svolti da quei docenti universitari e da quegli archeologi professionisti che hanno acconsentito, in quanto autori, alla pubblicazione dei dati, cogliendo la grande opportunità offerta da questa modalità innovativa di diffusione dei risultati del proprio lavoro.

F.A.

9.3.1 La struttura informatica

L'applicazione, ospitata su server GNU/Linux del Centro Interdipartimentale di Servizi Informatici per l'area Umanistica (CISIAU) dell'Università di Pisa, è stata progettata su piattaforma tecnologica Open Source LAMP con utilizzo di Apache HTTP Server, del linguaggio di scripting PHP 5.x e del database relazionale MySQL Open Source. Tale piattaforma, ampiamente collaudata a livello mondiale per la realizzazione di archivi informatici, garantisce stabilità, sicurezza e performance adeguate agli scopi del progetto.

La struttura di database è concentrata sulla singola indagine archeologica, definita da una serie di informazioni (titolo, autore, DOI, regione, località, anno, contatto primario, introduzione, overview) e dal collegamento con fonti dati eterogenee come documenti testuali, immagini, oggetti multimediali, files di database, dati geografici, ecc. È infatti associato all'archivio un repository di files, scaricabili dagli utenti, che gli operatori abilitati possono inserire attraverso funzioni di upload.

Il sistema è caratterizzato dalla gestione standardizzata dei metadati riferiti al singolo archivio con un set minimo di definizioni, in modo da garantire una corretta usabilità del dato. A ogni intervento di scavo sono associate tutte le informazioni inerenti lo scavo stesso, la produzione archeografica, la struttura e il formato dei dati digitali, secondo uno schema che descrive la storia dell'indagine, le fonti utilizzate, il metodo e le relazioni con i dati fisici.

Dal punto di vista operativo l'applicazione, consultabile attraverso qualunque browser compatibile con gli standard W3C, è composta da due

segmenti distinti: una sezione amministrativa con accesso riservato ed una sezione pubblica. Il segmento amministrativo consente l'inserimento e la modifica dei contenuti del database da parte degli operatori, con la possibilità di gestire categorie (es. Cronologia) e sottocategorie (es. Medioevale, Romano, ecc.) personalizzabili, di utilizzare un editor HTML evoluto per l'editing delle sezioni di Introduzione e Overview e di eseguire l'upload di files nel repository. Il segmento pubblico, direttamente accessibile dal sito del progetto MAPPA (<http://www.mappaproject.org/mod>), permette la consultazione dell'archivio, la visualizzazione della scheda del singolo dataset, la realizzazione di ricerche libere full-text o categorizzate e il download dei files dal repository. È inoltre presente una sezione di query avanzata, nella quale l'utente ha la possibilità di interrogare diversi campi del database (cronologia, temi, anno, autore, titolo, tipo di file presente nel repository) e di eseguire una ricerca per zona geografica (al momento su base regionale). L'interfaccia utente, tableless e basata su CSS, è stata pensata per garantire accessibilità e usabilità con requisiti minimi necessari per il suo utilizzo.

Particolare importanza è stata attribuita alla scalabilità dell'applicazione in previsione della crescita dimensionale e alle problematiche riguardanti il ciclo di vita digitale dell'archivio. MOD è stato infatti progettato per garantire un'agevole migrazione su altre piattaforme hardware o software, cercando di ridurre al massimo le future attività di adeguamento tecnologico.

Per i dati riguardanti la città di Pisa presenti nel MOD, l'informazione geografica e la georeferenziazione sono componenti fondamentali. La presenza dello strumento webGIS nell'ambito del Progetto Mappa (MAPPAGIS, <http://www.mappaproject.org/webgis>) ha dato la possibilità di realizzare un collegamento bidirezionale tra le due applicazioni. Tale collegamento, realizzato via http attraverso chiavi incrociate di database, può essere sperimentato a partire dal singolo archivio MOD cliccando sul pulsante "Vai al webGIS";

quest'ultimo apre l'applicazione geografica in una nuova sessione del browser con coordinate impostate sull'intervento archeologico collegato. Viceversa, nel webGIS è linkato (se disponibile) l'archivio MOD all'interno della scheda informativa dell'intervento.

Il MOD si propone come primo archivio archeologico open data italiano ed è stato pensato in previsione di un progressivo e sostanziale incremento dei dataset presenti al suo interno. Per questo motivo gli sviluppi tecnologici prevedono l'implementazione di un sistema di accounting, in cui gli utenti potranno accedere alla piattaforma attraverso parametri riservati ed eseguire direttamente l'upload degli archivi. Questo sviluppo conferirà all'applicazione un approccio maggiormente partecipativo, in linea con i portali open data già presenti in altri settori dell'informazione scientifica e tecnica e, nelle previsioni dell'*équipe* del Laboratorio MAPPA, condurrà a un'importante accelerazione nella quantità degli archivi archeologici presenti e nell'interesse generale verso il MOD.

Dal punto di vista della sicurezza, la gestione multiutente, con relativa area riservata, porterà ovviamente a una modifica sostanziale dell'architettura generale del MOD, con necessità di validazioni sui dataset oggetto di upload e il rafforzamento delle strategie di anti intrusione e disaster recovery.

V.N.

9.3.2 Dalla parte dell'utente...

L'approccio con le interfacce utente avviene attraverso la pagina dedicata nel sito web del progetto MAPPA¹ dove non è richiesta alcuna autenticazione, ma l'accettazione, preventiva all'accesso all'archivio, delle condizioni di utilizzo espresse nelle

"**Condizioni**" con cui viene rilasciato il Servizio² e delle indicazioni del "**Disclaimer**"³. Entrambi questi documenti sono frutto di un intenso lavoro di studio e analisi delle normative vigenti, effettuato per inquadrare al meglio le problematiche connesse all'apertura dei dati archeologici, al riconoscimento della paternità e dei diritti d'autore dei produttori di dati, ai diritti e doveri dei diversi soggetti che operano a livello archeologico (CIURCINA 2013). Lasciando completamente aperto l'accesso all'archivio, si chiede però di rispettarne le regole e le condizioni di funzionamento, si definisce con esattezza la tipologia dei contenuti, specificando gli impegni assunti dall'Università di Pisa come fornitore del servizio, gli impegni richiesti agli utenti in qualità di autori degli archivi conservati e gli impegni richiesti agli utenti in qualità di semplici fruitori del servizio. Nel Disclaimer si chiariscono le leggi e gli accordi sulla base dei quali sono state strutturate giuridicamente le scelte per la pubblicazione degli archivi⁴; si indicano inoltre le tipologie di licenze utilizzate dalla piattaforma per rilasciare i singoli archivi, che spaziano, a scelta dell'autore, dalla licenza CC BY alla licenza CC BY-SA (cfr. § 9.5.6).

La messa on-line della versione Beta del MOD, con un primo set di 13 interventi, ha fatto emergere alcune criticità che sono state riviste e corrette nella versione 1.0 (giugno 2013). Oltre ad allineare i contenuti già pubblicati con i corretti criteri giuridici di diritti e attribuzioni, l'interfaccia utente è stata integrata con alcuni elementi che facilitano l'utilizzo del sistema.

Una volta effettuato l'accesso, l'home page del MOD corrisponde alla pagina "Archivi" (fig. 9.1) dove, sulla destra, è immediatamente visibile la

¹http://mappaproject.arch.unipi.it/?page_id=454

²http://mappaproject.arch.unipi.it/mod/docs/Condizioni_Servizio.pdf

³http://mappaproject.arch.unipi.it/mod/docs/disclaimer_mod.pdf

⁴Per gli interventi realizzati a Pisa, si richiama in particolare l'accordo stipulato tra il Ministero per i Beni e le Attività Culturali (nelle sue articolazioni periferiche Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana, Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Soprintendenza per i Beni Architettonici, Paesaggistici, Artistici, Storici e Etnoantropologici per la provincia di Pisa e Livorno), il Comune di Pisa e il Dipartimento di Scienze Archeologiche dell'Università di Pisa datato 29 luglio 2011 (ANICHINI *et alii* (a cura di) 2012: 165-170).

mappa
metodologie applicate alla predittività del potenziale archeologico

mod
beta mappapendat

ARCHIVI RICERCA AVANZATA METADATI TERMINI DI UTILIZZO COME PUBBLICARE NEL MOD CREDITI HELP

MAPPA PROJECT

KEYWORD SEARCH

Trovati 109 archivi

Archivio	Anno
Pisa, Carotaggi di verifica del potenziale archeologico-Pisa Capitani M., Fabiani F., Sciuto C., Tarantino G. (MAPPAProject)	2013
Villa Quercioli - PIVQ 11 - Assistenza archeologica Ducci S., Giorgio M., Clemente G.	2011
Pisa, Via Cardinale Maffi-PI CMF 11 - Assistenza archeologica Giorgio M.	2011
Pisa, Via Pietrasantina 99-PI VP - Assistenza archeologica Giorgio M.	2011
Pisa, Via Rizzo-Sondaggi stratigrafici per la valutazione del potenziale archeologico F. Anichini, G. Gattiglia	2011
Progetto People Mover - PiSAT 10 - VIARCH Ducci S., Anichini F., Gattiglia G.	2010
Via Galluppi - PiGAL 09 - Assistenza e scavo preventivo Ducci S., Anichini F., Bertelli E., Costantini A., Del Freo A., Giorgio M., Giannotti S., Menchini M.	2009
Via Consoli del Mare - PiCM 08 - Carotaggi Paribeni E., Anichini F., Gattiglia G., Bertelli E.,	2008
Via Consoli del Mare - PiCM 07 - Scavo preventivo Paribeni E., Anichini F., Bertelli E., Corrado L., Gattiglia G., Giannotti S., Giorgio M., Martinuzzi C., Sobrero A., Tarantino G.	2007
Via degli Uffizi - PIVU 07 - Scavo preventivo Paribeni E., Anichini F., Bertelli E., Febbraro M., Giorgio M., Gattiglia G.	2007
Ospedale Santa Chiara - Carotaggi Paribeni E., Cerato I., Ghizzani Marcia F., Rizzitelli C.	2007
Via Galli Tassi - PiGAT 07 - Scavo preventivo Gualandi M.L., Anichini F., Bertelli E., Gasperi N.	2007
Gavorrano (GR), Castello di Pietra: campagne di scavo 1997-2007 Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti – Università di Siena	2007
Pisa, Via Aurelia, Località Barbaricina-Assistenza archeologica Anichini F., Gattiglia G.	2007
Studio della viabilità tirrenica di età romana Citter C.	2007
Pisa, Via Gereschi - Rilievo planimetrico e analisi stratigrafica degli elevati Anichini F., Febbraro M.	2007
Via degli Uffizi - PIVU 06 - Scavo preventivo Paribeni E., Anichini F., Sacco S., Gattiglia G., Bisio E., Febbraro M., Malfitano O.	2006
Pisa, Viabilità Pisa Nord-Est - Lettura archeologica dei carotaggi S. Sacco	2006
Pisa, Via Piero Consani – Saggio di scavo stratigrafico Anichini F., Bertelli E.	2006

1 2 3 4 5 6

REGIONE TOSCANA
FAS Fondo Arco Settimanale 2007-2013

© 2012 - MAPPA Project, Università di I

Fig.9.1 Gli archivi presenti nel MOD, elencati per anno, titolo, nome degli autori. Si accede ad ogni archivio semplicemente cliccando sul titolo. A sinistra il campo di ricerca per parole chiave e, in rosso, l'accesso attraverso l'archiviazione cronologica e tematica pre-impostata

mappa
metodologie applicate alla predittività
del potenziale archeologico

mod
beta

mappaopendata

ARCHIVI RICERCA AVANZATA METADATI TERMINI DI UTILIZZO COME PUBBLICARE NEL MOD CREDITI HELP MAPPA PROJECT

Pisa, Via Rizzo-Sondaggi stratigrafici per la valutazione del potenziale archeologico
F. Anichini, G. Gattiglia, 2011

Introduzione ←
Relazione
Dataset

Contatto principale
Francesca Anichini
Studio Associato InArcheo
f.anichini@inarcheo.com

Identificatori
ID:
00047
DOI RELAZIONE:
10.4456/MAPPA.2012.28
DOI DATASET:
10.4456/MAPPA.2012.29

Introduzione
Esecutore: Studio Associato InArcheo;
Direzione Scientifica: S. Ducci (SBAT)
In data 22 marzo 2011 si sono svolti i sondaggi stratigrafici per la valutazione del potenziale archeologico nell'area di Via Rizzo, che sarà destinata alla costruzione di un edificio con piano interrato. Sono stati effettuati tre saggi stratigrafici delle dimensioni di 5x5 m disposti agli estremi e al centro dell'area in oggetto di scavo, secondo le prescrizioni della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana.
I saggi hanno mostrato un'identica successione stratigrafica e hanno permesso di raccogliere reperti di epoca etrusca e contemporanea.

Questo archivio è rilasciato con licenza CC BY

→

↓
Vai al WebGIS: [Saggio 1](#) [Saggio 2](#) [Saggio 3](#)

REGIONE TOSCANA
FAS Fondo Aree Sottoutilizzate 2007-2013

© 2012 - MAPPA Project, Università' di Pisa

Fig.9.2 Ogni archivio si apre con una pagina introduttiva con le informazioni essenziali, il tipo di licenza con la quale è rilasciato l'archivio (a destra), l'eventuale collegamento al webGIS della città di Pisa o altro link esterno (in basso)

lista degli interventi pubblicati in ordine cronologico rispetto alla data di esecuzione e identificati attraverso un titolo che rimanda alla località e alla tipologia d'intervento, corredata dai nomi degli autori dell'archivio. Gli archivi sono organizzati in pagine; all'inserimento di un nuovo archivio, il sistema si aggiorna automaticamente secondo la cronologia dell'intervento e non tenendo conto della data di inserimento. Sulla parte destra della pagina è possibile visualizzare una prima sommaria classificazione degli interventi, scegliendo alcuni tematismi pre-impostati, suddivisi per cronologia (macro-periodi⁵) e per temi, utili a rendere facilmente individuabili i principali caratteri informativi dei dati conservati nell'archivio con riferimento alla tipologia dei ritrovamenti (Antropologia, Edifici,

Fortificazioni, Infrastrutture, Navigazione, Produzione, Reperti), all'eventuale presenza di analisi specialistiche (Analisi), di dati utili alla ricostruzione del paesaggio (Ambiente/paesaggio), cui si aggiunge un più generico "Altro". Tale classificazione è proposta ancora in forma embrionale e prevede la possibilità di implementare le varie voci, una volta che l'utilizzo intensivo del MOD ne risconterà l'esigenza. Un campo "Keyword" permette una ricerca di base nei testi della pagina Archivi.

Dai singoli titoli si accede direttamente agli archivi che sono organizzati in tre sezioni: **introduzione, relazione, dataset**. Rimangono costantemente visibili in tutte le pagine il numero identificativo (ID) e i codici DOI (Digital Object Identifier) attribuiti alle varie sezioni (**identificatori**), il **contatto**

⁵ Preistoria, Protostoria, Età etrusca, Età romana, Età tardo-antica, Altomedioevo, Bassomedioevo, Età moderna, Età contemporanea. La scansione cronologica è la stessa utilizzata per la catalogazione dei ritrovamenti nel MAPPA-GIS. Per entrare maggiormente nelle scelte di scansione cronologica (FABIANI, GATTIGLIA 2012: 46-47).

The screenshot shows the MOD interface for the project 'Pisa, Via Gereschi - Rilievo planimetrico e analisi stratigrafica degli elevati' by Anichini F., Febraro M., 2007. The page layout includes a top navigation bar with links like 'ARCHIVI', 'RICERCA AVANZATA', and 'MAPPAPROJECT'. A sidebar on the left contains sections for 'Introduzione', 'Relazione', 'Dataset', 'Contatto principale', and 'Identificatori'. The main content area features a 'Relazione' section with a citation and a 'Scarica la Relazione' link. Red arrows highlight the 'Relazione' link in the sidebar, the citation text, and the 'Scarica la Relazione' link.

Fig.9.3 Nella pagina Relazione è indicata la modalità di citazione, è possibile visualizzare e scaricare il documento e, come nelle altre pagine, vedere i codici DOI di riferimento (a sinistra)

principale al quale chiedere informazioni aggiuntive (solitamente corrispondente al nome di uno degli autori o all'Ente di riferimento - campo facoltativo), il titolo, l'anno di esecuzione e il nominativo dell'autore (uno o più).

La pagina di **introduzione** (fig. 9.2) presenta una sintesi descrittiva dell'indagine e riporta, in forma opzionale, il/i nome/i dell'esecutore/i e la Direzione scientifica (persona o Ente). Per gli interventi realizzati nella città di Pisa e già catalogati nel MAPPAGis⁶, da questa pagina è possibile collegarsi con la piattaforma webGIS visualizzando la collocazione geografica dell'area di intervento; tale accesso è possibile anche in senso opposto, dalla scheda di intervento del MAPPAGis alla pagina corrispondente dell'archivio MOD (tale opzione è ovviamente valida solo per gli interventi i

cui autori hanno acconsentito alla pubblicazione dell'archivio nel MOD). Questa possibilità permette agli utenti del MAPPAGis di approfondire le conoscenze in senso specialistico (verificando anche le fonti delle schede sintetiche del webGIS) e allo stesso tempo garantisce una completezza d'informazione geografica agli utenti del MOD. Per gli interventi "esterni" a Pisa, è ugualmente possibile attivare un collegamento qualora sia presente un webGIS o un sito web dedicato all'intervento.

Nella sezione della letteratura grigia (**Relazione**) si articolano uno o più link che permettono di scaricare i file (solitamente in formato .pdf) delle relazioni preliminari delle indagini, report, tesi, testi di vario tipo; accompagna il link la corretta modalità di citazione del documento, che viene at-

⁶ http://mappaproject.arch.unipi.it/?page_id=452

mappa
metodologie applicate alla predittività del potenziale archeologico

mod
beta

mappaopendata

ARCHIVI RICERCA AVANZATA METADATI TERMINI DI UTILIZZO COME PUBBLICARE NEL MOD CREDITI HELP MAPPA PROJECT

Pisa, Via Gereschi - Rilievo planimetrico e analisi stratigrafica degli elevati
Anichini F., Febbraro M., 2007

Introduzione
Relazione
Dataset

Contatto principale
Francesca Anichini
Studio Associato InArcheo
f.anichini@inarcheo.com

Identificatori
ID:
00089
DOI RELAZIONE:
10.4456/MAPPA.2013.71
DOI DATASET:
10.4456/MAPPA.2013.72

Dataset
Il seguente Dataset deve essere citato:
Anichini F., Febbraro M., 2013, *Pisa, Via Gereschi-Rilievo planimetrico e analisi stratigrafica degli elevati (Dataset)*, Viareggio: Studio Associato InArcheo (doi: 10.4456/MAPPA.2013.72)
Il Dataset contiene l'elenco delle USM individuate, il rilievo planimetrico e il rilievo periodizzato degli alzati.
"L'autorizzazione alla pubblicazione delle foto contenute in questo dataset è stata concessa dal MIBAC all'Università di Pisa esclusivamente per le finalità del progetto MAPPA, ai sensi dell'ACCORDO PER LA DISCIPLINA DEI RAPPORTI, stipulato il 29 luglio 2011. Ogni altro uso dovrà essere espressamente autorizzato dal MiBAC".

Documentazione compilativa

Nome file	Descrizione	Tipo	Dim.
id00089_doc_elenco_usm.pdf	Elenco delle USM individuate	PDF	0.02 Mb

Documentazione fotografica

Nome file	Descrizione	Tipo	Dim.
id00089_casatorre_a.zip	Fotografie della casatorre A	ZIP	2.62 Mb
id00089_casatorre_b.zip	Fotografie della casatorre B	ZIP	5.39 Mb
id00089_edificio_seicentesco.zip	Fotografie dell'edificio seicentesco	ZIP	2.02 Mb
id00089_generali.zip	Fotografie dell'edificio seicentesco	ZIP	14.36 Mb

Documentazione grafica

Nome file	Descrizione	Tipo	Dim.
id00089_tav_rilievo.pdf	Rilievo planimetrico delle strutture	PDF	0.87 Mb
id00089_tav_settore_200_interno_periodizzazione.jpg	Periodizzazione delle USM dell'interno del settore 200	JPG	0.19 Mb
id00089_tav_settore_300_interno_periodizzazione.jpg	Periodizzazione delle USM dell'interno del settore 300	JPG	0.19 Mb

REGIONE TOSCANA
FAS Fondo Aree Sottoutilizzate 2007-2013

© 2012 - MAPPA Project, Università di Pisa

Fig.9.4 I dati all'interno del Dataset sono articolati per categorie di documentazione: compilativa, fotografica e grafica. In alto è specificata la modalità di citazione del Dataset con relativo codice DOI; sotto, la descrizione del contenuto del Dataset e il riferimento ad eventuali accordi che disciplinano la pubblicazione di alcune sezioni particolari

tribuito a colui che lo ha scritto e/o firmato e può esserne considerato autore (fig. 9.3). La citazione, così come quella per il dataset, riporta il nome degli autori, l'anno di edizione sul MOD, il titolo della relazione, il codice DOI attribuito.

Infine nella pagina **Dataset** sono raccolti i documenti disponibili per l'intervento (fig.9.4), suddivisi per tipologia: documentazione grafica, fotografica, compilativa. I file sono archiviati per nome, associati a una sintetica descrizione, al formato di file e alle sue dimensioni; possono essere organizzati in car-

telle e sottocartelle zippate (ciò avviene soprattutto per la documentazione fotografica ed eventualmente per quella grafica). Molto spesso l'autore/gli autori della relazione e del dataset non coincidono, soprattutto quando - come accade nella maggior parte dei casi - la documentazione è il risultato di un lavoro di *équipe*, mentre la relazione rappresenta la sintesi del lavoro, scritta dal coordinatore o da uno o più responsabile/i dell'indagine. Il dataset viene quindi registrato con un DOI dedicato ed ha una sua modalità di citazione articolata con il nome

dell'autore (uno o più), l'anno di pubblicazione sul portale MOD, il titolo dell'intervento seguito dalla dicitura "(dataset)", il luogo "digitale" di edizione indicato con "Pisa: MOD", il codice DOI. Tutto il materiale è interamente scaricabile cliccando su uno qualunque dei campi che identificano il file.

La barra in alto, che rimane presente in ogni pagina, rimanda ad alcune informazioni di carattere specifico, alla home page del MOD, a quella di MAPPAPROJECT e a una pagina di Ricerca avanzata. Archiviare interi dataset archeografici e archeologici e renderli facilmente reperibili in rete rappresenta un'operazione nuova per l'archeologia italiana, che fino ad oggi si è confrontata quasi esclusivamente con la metadattazione di dati archeologici di sintesi (vedi ad esempio gli archivi di CulturaItalia o di SigecWeb). Nella sezione **Metadati** è inserita una proposta preliminare di metadattazione, consistente in un semplice schema di metadati da applicare a ogni dataset archeologico, definendo un set minimo di informazioni che garantiscano una corretta usabilità del dato. L'idea è quella di associare a ogni intervento tutti i dati inerenti lo scavo stesso, la produzione archeografica, la struttura e il formato dei dati digitali, secondo uno schema che descriva la storia dell'indagine, le fonti utilizzate per la creazione dei dati, il metodo e la struttura dei dati e le relazioni con i dati fisici. L'attuale versione del MOD propone uno schema che comprende:

Storia dell'indagine:

- titolo del dataset / Dataset title (M) (titolo dell'indagine/dataset, testo libero),
 - scopo dell'indagine (breve descrizione dello scopo e dei principali risultati dell'indagine),
 - metodologia (thesaurus di MAPPAPROJECT tipologia),
 - tipologia della documentazione: grafica, fotografica, compilativa, video, multimediale,
 - localizzazione geografica:
 - Regione (PVCR),
 - Provincia (PVCP),
 - Comune (PVCC),
 - Indirizzo (PVCI),
 - Localizzazione geografica del dataset (quattro coordinate o identificatore geografico) / Geographic location of the dataset (by four coordinates or by geographic identifier) (C),
 - Altre informazioni sull'estensione (verticale o temporale) del dataset / Additional extent information for the dataset (vertical and temporal) (O) (Arco cronologico, thesaurus MAPPAPROJECT per tutte le cronologie individuate),
 - Responsabile del dataset,
 - Anno (intervallo o anno singolo dell'indagine).
- Fonti utilizzate per la creazione dei dati:
- Archivi interrogati,
 - Cartografia utilizzata per la georeferenziazione (IGM, CTR, OFC, IMM + Anno, +denominatore scala),
 - Precedenti indagine nell'area indagata.
 - Metodo e struttura dei dati:
 - Data di riferimento del dataset / Dataset reference date (M) (Data creazione del dataset),
 - Tema / Dataset topic category (M),
 - Georeferenziazione dei dati (nessuna georeferenziazione, + vocabolario ICCD GAT S.I. p. 29):
 - Localizzazione geografica del dataset (quattro coordinate o identificatore geografico) / Geographic location of the dataset (by four coordinates or by geographic identifier) (C),
 - Risoluzione spaziale del dataset / Spatial resolution of the dataset (O)
 - Sistema di riferimento / Reference system (O)
 - Descrizione del dataset / Abstract describing the dataset (M)
 - Lista dei file presenti e loro contenuto (nome del file con estensione, Formato di distribuzione / Distribution format (O), software usato per la creazione del file, versione, descrizione, relazioni
 - Lista degli identificativi assegnati (nome scavo e numero ad es. in MAPPAGIS)
 - Lista dei codici utilizzati
 - Thesauri
 - Descrizione di eventuale conversione ad altri formati

Publicare nel MOD

- Il MOD può ospitare interventi archeologici di qualunque entità.
- Ogni intervento può essere articolato in un "Dataset" (che contiene tutta la documentazione: schede, diagrammi, elenchi, piante, quantificazioni, fotografie ecc...) e una "Relazione" (dove si inserisce la relazione scritta inerente l'intervento). Non è necessario che entrambe le sezioni siano complete. Perché un intervento venga pubblicato, non è necessario che sia completo di tutta la documentazione: ogni autore può decidere ciò che vuole pubblicare.
- E' necessario fornire alcuni dati per consentire la registrazione dei codici DOI per il Dataset e la Relazione e formulare la loro corretta citazione. - Per consentire la pubblicazione, ogni autore deve firmare la liberatoria alla pubblicazione dei dati (**ALLEGATO N.1**). La liberatoria deve essere anticipata con scansione via e-mail a: info@mappaproject.org e inviata successivamente in originale a:
Laboratorio MAPPa, Università di Pisa
Via Trieste 38, 56126 PISA.

Come preparare il materiale da pubblicare

- Al momento il MOD non prevede una standardizzazione di formati. Possono essere caricati tutti i formati in cui si ritiene di voler pubblicare la documentazione che si è prodotta.
- I documenti non possono contenere dati personali di persone fisiche: qualora fossero presenti, l'gli autore/i ha due possibilità: 1) acquisire apposita liberatoria (**ALLEGATO N.2**) dalle persone di cui compaiono i dati nel documento; OPPURE 2) cancellare in modo permanente (sostituendo con omissis) dai file i dati personali (su richiesta questa operazione può essere effettuata dallo staff di MAPPa)
- Per le fotografie: la pubblicazione di riproduzioni di beni culturali sono vincolate all'autorizzazione da parte del MIBAC. Qualora l'gli autore/i voglia pubblicare anche la documentazione fotografica, sarà necessario allegare alla liberatoria (**ALLEGATO N.1**) copia dell'autorizzazione rilasciata dal MIBAC. Le immagini dovranno essere inviate delle dimensioni massime di 1024 dpi sul lato lungo.
- Nella compilazione della Liberatoria (**ALLEGATO N.1**) ogni autore deve scegliere la licenza da attribuire al proprio materiale (si può scegliere tra licenza CCBY e CCBYSA; fuso di altre licenze dovrà essere concordato direttamente con lo staff di MAPPa).
- Per permettere di formulare la modalità di citazione sia del Dataset che della Relazione e l'attribuzione e la registrazione dei codici DOI (sono previsti codici distinti per il Dataset e per la Relazione) è **obbligatorio** allegare al materiale che verrà inviato, un file di testo contenente le seguenti indicazioni:
 1. Il titolo dell'intervento (es: "Pisa. Via degli Uffici 2007. Scavo preventivo")
 2. Nome dell'gli autore/i dell'intervento (solitamente comprendono gli autori del Dataset e quelli della Relazione)
 3. Anno di intervento
 4. Nome dell'esecutore dell'intervento, sia esso uno o più liberi professionisti, una ditta o un ente
 5. Nome del Direttore scientifico dell'intervento
 6. Nome dell'gli autore/i del Dataset (autori che verranno registrati nell'attribuzione del **codice DOI** del Dataset)
 7. Nome dell'gli autore/i della Relazione (autori che verranno registrati nell'attribuzione del **codice DOI** della Relazione)
 8. Nel caso fossero previste più di una relazione con autori e titoli diversi che non possono essere accorpate in un unico elaborato, è necessario specificare titolo e autore di ciascuna relazione, perché a ciascuna verrà attribuito un codice DOI differente.
 9. E' possibile mettere un **contatto** che figuri in tutte le pagine dedicate all'intervento. Il contatto può prevedere nome e cognome di una persona, o il nome di un ente o quello di una ditta che possano essere da riferimento per gli utenti. In aggiunta può essere indicato un indirizzo e-mail
- Per permettere la compilazione della pagina "Introduzione" è **obbligatorio**: inviare una breve descrizione che sintetizzi le caratteristiche salienti dell'intervento (massimo 1500 caratteri spazi inclusi) e un'immagine di riferimento (risoluzione 72 dpi).
- Tutto il materiale del dataset deve essere organizzato in cartelle secondo l'ordine scelto dall'gli autore/i
- Il materiale organizzato deve essere inviato via mail o tramite piattaforme di trasferimento dati on-line a: info@mappaproject.org OPPURE, può essere mandata su Cd a:
Laboratorio MAPPa, Dipartimento di Civiltà e forme del sapere - Università di Pisa
Via Trieste 38, 56126 PISA

[ALLEGATO N.1](#) (PDF, 380 KB)
[ALLEGATO N.2](#) (PDF, 362 KB)
[Cos'è il DOI](#) (PDF, 132 KB)

© 2012 - MAPPa Project, Università di Pisa

Fig.9.5 La pagina con tutte le indicazioni e i documenti scaricabili per pubblicare nuovi dati nel MOD

- Staff (tutti i componenti dello staff con i loro compiti nella produzione del dataset cartaceo o informatico)
 - Paternità del dataset (= curatela del DOI)
 - Licenza
 - Responsabile del dataset / Dataset responsible party (O)
 - Lingua del dataset / Dataset language (M)
- Relazioni:
- Bibliografia

- Da
- A
- Luogo di conservazione della documentazione archeografica (secondo vocabolario ICCD S+ numero regione; C+ numero comune)
- Luogo di conservazione dei reperti (secondo vocabolario ICCD S+ numero regione; C+ numero comune)
- Risorsa on-line / On-line resource (O) (URL Dataset)
- Metadati:
- Lingua del metadato / Metadata language (C)
- Set di caratteri del metadato / Metadata character set (C)
- Punto di contatto del metadato / Metadata point of contact (M)
- Data del metadato / Metadata date stamp (M)⁷

Sul tema dei metadati auspichiamo che si apra un tavolo di discussione, che coinvolga tutta la comunità archeologica in una più ampia riflessione su quali siano le informazioni veramente necessarie per la corretta metadattazione di dataset di materiale archeografico, all'interno dei quali vi sono dati estremamente eterogenei perché prodotti in tempi diversi, con diverse sensibilità e background culturali⁸.

Tornando alle sezioni disponibili, ancora dalla barra in alto è possibile accedere al "Disclaimer" e alle "Condizioni di servizio", già descritte attraverso il tasto **Termini di utilizzo**, verificare i **Crediti** del portale e avere una guida sintetica (pagina **Help**) di com'è strutturato il MOD, di come vi si accede e cosa vi si può trovare pubblicato. Agli utenti che intendono diventare autori di contenuti è dedicata la pagina **Come pubblicare sul MOD** (cfr. § 9.4).

Un ulteriore servizio di consultazione è attivo grazie alla pagina **Ricerca avanzata**: in questa sezione è possibile selezionare, secondo le proprie esigenze, campi tematici e cronologici, l'anno di intervento, le parole note all'interno del titolo, il nome dell'autore e il formato del file da ricercare. Come per le ricerche pre-impostate, anche i campi della ricerca avanzata potranno essere aggiornati e modificati in base alle esigenze che emergeranno dall'utilizzo massivo del MOD.

9.4 Pubblicare nel MOD

Il principio fondamentale che regola l'immissione dei dati nel MOD è che tutti gli interventi archeologici, di qualsiasi tipologia o dimensione, abbiano la stessa visibilità. La pubblicazione nel MOD è gratuita e aperta a tutti coloro che, in veste di autori, vogliono pubblicare dati di ricerche, lavori, interventi in campo archeologico. La preferenza è per i dati archeografici, ma ciò non esclude che all'interno degli archivi possano essere presenti anche lavori di sintesi, possano trovare spazio gli apparati archeografici che non sono stati pubblicati in un'edizione a stampa (si veda ad esempio lo scavo di Castel di Pietra, già edito, ma integrato con la piattaforma GIS e il database delle schede US⁹) e gli archivi completi della documentazione grafica, fotografica, compilativa.

La sezione **Come pubblicare nel MOD** (fig. 9.5) contiene una guida dettagliata in cui si spiega l'articolazione degli archivi e le modalità con le quali devono essere preparati e forniti i materiali da pubblicare. Come abbiamo già detto, al momento il MOD non prevede una standardizzazione di formati: possono essere caricati tutti i formati in cui si ritiene di voler pubblicare la documentazione che si è prodotta.

⁷<http://mappaproject.arch.unipi.it/mod/metadati.php> (ultimo accesso: 24/05/2013)

⁸Su queste tematiche, ancorché forse più negli aspetti sintetici di pubblicazione dei dati archeologici, lavorerà nei prossimi anni il progetto europeo ARIADNE (project funded by the European Commission under the Community's Seventh Framework Programme) che vede il coordinamento italiano (F.Niccolucci - PIN) e coinvolti numerosi paesi europei.

⁹Si ringrazia Carlo Citter per aver manifestato, da subito, entusiasmo e disponibilità a collaborare all'implementazione del MOD.

Coerentemente con il rispetto delle leggi sulla privacy (cfr. § 9.5.4), non è previsto che i documenti pubblicati contengano dati personali di persone fisiche che non abbiano rilasciato preventivamente il loro consenso alla pubblicazione, siano essi autori o soggetti terzi citati all'interno degli elaborati. Apposite liberatorie sono state predisposte e rese scaricabili nella medesima pagina per agevolare il lavoro degli autori nella corretta raccolta delle autorizzazioni necessarie alla messa on-line del materiale¹⁰. Si prevede che, laddove non sia pervenuta l'apposita liberatoria, nei documenti siano introdotti degli "omissis" al posto dei dati personali presenti negli originali.

Se la decisione di pubblicare schede, relazioni, piante, matrix, tabelle quantitative dei reperti ecc... spetta all'autore/i dell'intervento, per pubblicare le fotografie di scavi e monumenti è necessario, secondo gli attuali termini di legge, avere l'autorizzazione del MiBAC o dell'Ente che ha in consegna il bene culturale fotografato e/o riprodotto (cfr. § 9.5.2.5). Solo per le foto degli interventi effettuati a Pisa, nell'area d'interesse del progetto MAPPA, tale autorizzazione è stata concessa dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana in virtù dell'Accordo di collaborazione nel progetto. Seguendo le indicazioni fornite dalla Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana e dalla Soprintendenza, è stato convenuto di pubblicare le fotografie con dimensioni massime di 1024 pixel per il lato lungo; tale formato garantisce una corretta visibilità e permette una stampa leggibile in

medie dimensioni, rispettando le condizioni di riutilizzo definite dalle licenze applicate (CC BY o CC BY SA). Per le immagini di proprietà del Ministero è stato concordato di apporre in sovrapposizione il marchio del MiBAC.

Uno degli aspetti più delicati è l'indicazione dei nomi degli autori ai quali devono essere attribuiti gli elaborati contenuti nella pagina **Relazione** e quelli immessi nel **Dataset**. Seguendo scrupolosamente le normative vigenti (cfr. § 9.5), in linea generale si può definire "autore" colui che ha prodotto materialmente l'elaborato. Tale attribuzione, collegata con la registrazione di codici DOI, va di pari passo con il concetto di "maternità" intellettuale, che sancisce il riconoscimento della documentazione archeografica come effettiva pubblicazione scientifica (ANICHINI, GATTIGLIA 2012: 53). La responsabilità scientifica dell'archeologo che redige la relazione di fine scavo, infatti, è sottolineata nelle "Valutazioni di interesse Archeologico preventivo" ed esplicitata, in generale, nel DPR 207/2010, che sancisce il processo creativo proprio dell'interpretazione archeologica; allo stesso tempo la pubblicazione dell'apparato archeografico di riferimento (dataset), oltre ad essere supporto imprescindibile all'interpretazione, ne aumenta immediatamente la verificabilità (ANICHINI *et alii* c.s.).

F.A.

9.5 Profili giuridici

Il MOD è stato realizzato in attuazione degli obiettivi¹¹ e delle attività¹² previsti al WP n. 12 (Open Digital Archaeological Archive) e degli

¹⁰ Un liberatoria è stata definita per i dati personali degli autori http://mappaproject.arch.unipi.it/mod/docs/ALLEGATO_1.pdf (ultimo accesso 20/05/2013) una per la richiesta agli altri soggetti http://mappaproject.arch.unipi.it/mod/docs/ALLEGATO_2.pdf (ultimo accesso 20/05/2013).

¹¹ Che individua i seguenti "obiettivi

- (omissis) creazione di un archivio digitale, come modello esportabile, condivisibile e ripetibile per l'archiviazione di tutta la documentazione stratigrafica e alla definizione di parametri di riferimento per la condivisione della documentazione digitale. Ha inoltre come obiettivo la redazione di norme puntuali come linee guide all'utilizzo e compilazione dell'archivio informatico

- Arrivare a considerare la pratica archeografia come attività di ricerca.

- Formale parificazione della pubblicazione del dato archeografico/grezzo a quella del dato archeologico/interpretato."

¹² In particolare, nel quadro del WP 12 sono previsti i seguenti tasks:

obiettivi¹³ e delle attività¹⁴ previsti al WP n. 13 (Disseminazione e formazione) del "Formulario di Progetto" – Allegato B del progetto MAPPA. Nel MOD vengono pubblicate diverse tipologie di elaborati che si riferiscono agli interventi archeologici: relazioni preliminari, report, elenchi di unità stratigrafiche (US), schede US, elenchi reperti, schede di quantificazione reperti, tabelle di periodizzazione, diagrammi stratigrafici, elenchi di attività, elenchi di unità stratigrafiche murarie (USM), schede USM, schede di archiviazione veloce (SAV), diari di scavo, lettere e comunicazioni, planimetrie, sezioni, rappresentazioni grafiche e fotografie.

Il Dipartimento di Civiltà e forme del sapere dell'Università di Pisa ha concluso con il Ministero per i Beni e le attività Culturali (MiBAC), nelle sue articolazioni periferiche Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana, Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Soprintendenza per i Beni Architettonici, Paesaggistici, Artistici, Storici e Etnoantropologici per la province di Pisa e Livorno, e con il Comune di Pisa l'Accordo per la Disciplina dei rapporti datato 29 luglio 2011 in forza del quale le parti "convengono di stabilire un rapporto di

collaborazione volto alla realizzazione del progetto di ricerca denominato MAPPA. Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico: la carta dell'area urbana di Pisa" (ANICHINI et alii (a cura di) 2012: 165-170).

Nel quadro del suddetto accordo, l'Università di Pisa "si impegna a verificare tutte le situazioni inerenti la proprietà e il diritto d'uso di tutti i dati (testi e immagini) utilizzati per la realizzazione delle banche dati destinati alla pubblicazione on-line". Si è quindi proceduto a valutare la legittimità delle attività svolte nel MOD con gli elaborati (caricamento e conseguente diffusione al pubblico via Internet) alla luce dei seguenti set normativi:

- a) Legge 22 aprile 1941, n. 633, "Protezione del diritto d'autore e di altri diritti connessi al suo esercizio" (LdA);
- b) Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137" (CBC);
- c) Decreto Legislativo 30 giugno 2003, n. 196, "Codice in materia di protezione dei dati personali" (Codice Privacy);
- d) Decreto Legislativo 10 febbraio 2005, n. 30, "Codice della proprietà industriale, a norma dell'articolo 15 della legge 12 dicembre 2002, n. 273" (CPI).

"Task 12.5. Licenze

A seguito della verifica del quadro normativo (task 12.1) verranno definite le licenze (copyright/copyleft), come ad esempio Creative Commons Share Alike, per la diffusione dei dati archeologici grezzi (archeografici). La pubblicazione dei dati archeografici deve, infatti, essere garantita come la pubblicazione dei dati interpretati (archeologici) e dovrebbe essere citata come curatela divisa tra la Direzione Scientifica e chi ha raccolto e prodotto il dato archeografico, mantenendo un diritto di prelazione per un periodo limitato di tempo per la pubblicazione interpretativa (archeologica), ma lasciando liberi i dati archeografici per differenti analisi attraverso l'uso di apposite licenze. (omissis).

Task 12.6. Archivio digitale archeologico aperto (open digital archeological archive)

(omissis) archivio dei dati stratigrafici disponibili su Pisa. In questo task l'archivio sarà realizzato contenendo la documentazione dettagliata: elenchi US, schede US, piante di US, matrix, relazioni preliminari, schede di quantificazione, immagini degli scavi disponibili. L'archivio verrà reso accessibile on-line). Questo task viene svolto dal Dsa, in collaborazione con la SBAT."

¹³ Il WP n. 13 ha i seguenti "obiettivi

- Condivisione della ricerca: utilizzare la rete come veicolo privilegiato e democratico di trasferimento dei risultati per aprire la consultazione del patrimonio e del dato storico-archeologico ad una vasta utenza sia scientifica, sia civile.

- Disseminazione costante e trasparenza: dare massima visibilità al progetto e a tutte le sue fasi in corso d'opera attraverso un programma globale di disseminazione dei risultati conseguiti, dei prodotti realizzati e delle metodologie sviluppate.

- Preservazione del dato archeologico: la creazione di archivi digitali on-line consente di preservare i dati. (omissis)".

¹⁴ In particolare, nel quadro del WP 13 è previsto il seguente task:

"Task 13.5. Messa in rete archivio digitale:

9.5.1 MOD ed open data

Nell'ultimo periodo sono state adottate diverse modifiche normative volte a favorire la diffusione al pubblico dei dati della Pubblica Amministrazione.

In particolare, l'art. 9 del Decreto Legge 18 ottobre 2012, n. 179 "Ulteriori misure urgenti per la crescita del paese" ha modificato gli artt. 52 e 68 del Decreto Legislativo 7 marzo 2005, n. 82 "Codice dell'Amministrazione Digitale" (C.A.D.) stabilendo che le pubbliche amministrazioni pubblichino nel proprio sito web, all'interno della sezione "Trasparenza, valutazione e merito", il catalogo dei dati, dei metadati e delle relative banche dati in loro possesso ed i regolamenti che disciplinano l'esercizio della facoltà di accesso telematico a questi e il loro riutilizzo e stabilendo che i dati e documenti pubblicati online senza una esplicita licenza d'uso sono da intendersi come dati aperti (che quindi chiunque può acquisire e riutilizzare, anche per fini commerciali). La stessa norma ha previsto che le attività volte a garantire l'accesso telematico ed il riutilizzo dei dati rientrano tra i parametri di valutazione della performance dirigenziale ai sensi dell'art. 11, comma 9, del D.Lgs. 27 ottobre 2009, n. 150 ed incarica l'Agenzia per l'Italia Digitale di definire le linee guida per l'apertura dei dati trattati dalle pubbliche amministrazioni.

Le suddette norme incidono sul quadro normativo già delineato dal Decreto Legislativo 24 gennaio 2006, n. 36 "Attuazione della direttiva 2003/98/CE relativa al riutilizzo di documenti nel settore pubblico" che detta le regole secondo le quali i

privati possono domandare di accedere ai dati della pubblica amministrazione. Pare ragionevole ritenere che questo quadro normativo potrà avere l'effetto di rendere più trasparente (e forse ridurre a termini di marginalità) l'esercizio di eventuali eccezioni alla libertà d'accesso ai dati, come per esempio la prassi della cd. "riserva di pubblicazione"¹⁵.

Inoltre, il Decreto Legislativo 14 marzo 2013, n. 33 "Riordino della disciplina riguardante gli obblighi di pubblicità, trasparenza e diffusione di informazioni da parte delle pubbliche amministrazioni" offre un quadro normativo che le amministrazioni competenti dovranno valutare al fine di individuare i termini entro i quali è divenuto obbligatorio diffondere come "dati pubblici" parte dei dati che si riferiscono ai beni culturali.

9.5.2 Diritto d'autore e diritti connessi

Nel MOD sono presenti elaborati di diversi tipi e quindi il quadro delle norme previste dalla LdA che possono astrattamente limitarne l'uso e la diffusione è articolato.

Si rende quindi utile differenziare l'analisi per le diverse categorie di elaborati.

9.5.2.1 Letteratura grigia

Per letteratura grigia si intendono le relazioni preliminari e i report: elaborati che si differenziano rispetto agli altri per la presenza d'un contenuto elaborato, frutto dell'ingegno dell'autore.

La LdA tutela le "opere dell'ingegno di carattere creativo"¹⁶ riservando all'autore, tra l'altro, il di-

L'archivio digitale open digital archeological archive sarà messo in rete e reso disponibile sia alla comunità scientifica, sia ad una più vasta utenza permettendo il download dei dati in esso contenuti. Questo ruolo è svolto dal Dsa."

¹⁵ Per giustificare questa prassi si usa richiamare il testo della circolare n. 90 del 5 agosto 1954 del Ministero della Pubblica Istruzione che, peraltro, pur indicando che ai funzionari competenti spetta di diritto la pubblicazione, espressamente dispone: "Ragioni di utilità scientifica e di prestigio nazionale impongono la sollecita pubblicazione di scavi e ritrovamenti da parte dei funzionari competenti" e che "in nessun caso la comunicazione dei reperti dovrà tardare oltre il limite massimo di dieci anni dallo scavo o dalla scoperta."

¹⁶ Vedi articolo 1 della LdA:

"1. Sono protette ai sensi di questa legge le opere dell'ingegno di carattere creativo che appartengono alla letteratura, alla musica, alle arti figurative, all'architettura, al teatro ed alla cinematografia, qualunque ne sia il modo o la forma di espressione.

ritto esclusivo di autorizzarne la riproduzione¹⁷ e la diffusione via Internet¹⁸. Tra le opere tutelate, come previsto dall'art. 2 della stessa LdA, sono espressamente ricomprese le opere scientifiche. Problema dall'incerta risposta è quello dell'individuazione di un confine netto tra opera dell'ingegno tutelata dal diritto d'autore ed opera dell'ingegno che non lo è.

La dottrina e la giurisprudenza hanno nel tempo individuato diversi "metodi" per stabilire se e quando si è di fronte ad un'opera tutelata dal diritto d'autore.

Una prudente impostazione dei termini del problema della natura di opera tutelata della letteratura grigia porta a dire che non si può escludere con certezza che un giudice chiamato a valutare la natura di opera tutelata di specifici esemplari di letteratura grigia possa riconoscerne la natura di opera tutelata dal diritto d'autore.

Infatti, in via generale, è difficile escludere con certezza che le relazioni preliminari ed i report costituiscano, almeno a volte, "opere dell'ingegno di carattere creativo" tutelate ai sensi della LdA.

Normalmente il titolare dei diritti d'autore è il creatore dell'opera e quindi, salvo che si configuri il trasferimento di tali diritti a terzi in forza di legge o di contratto, per procedere alla riproduzione e diffusione attraverso il MOD¹⁹ della c.d. "letteratura grigia" è opportuno acquisire licenza dall'autore degli stessi.

Si precisa che l'individuazione dell'autore, e cioè del creatore dell'opera, si realizza valutando chi sia il soggetto che ha portata ad esistenza con il proprio lavoro intellettuale la specifica opera (testo, foto, od altro), come si evince dall'art. 6 della LdA²⁰.

Ci si potrebbe domandare se il direttore scientifico dell'intervento archeologico in relazione al quale vengono realizzati gli elaborati, possa rivestire un ruolo autoriale rispetto agli elaborati stessi.

Anche a ritenere che l'insieme degli elaborati che vengono prodotti in relazione ad uno specifico intervento archeologico costituisca un'opera collettiva ai sensi dell'art. 7 LdA²¹, il direttore scientifico non dovrebbe esserne considerato autore: pare ragionevole escludere questa ipotesi quando (come accade normalmente) il direttore scientifico non

2. Sono altresì protetti i programmi per elaboratore come opere letterarie ai sensi della convenzione di Berna sulla protezione delle opere letterarie ed artistiche ratificata e resa esecutiva con legge 20 giugno 1978, n. 399, nonché le banche di dati che per la scelta o la disposizione del materiale costituiscono una creazione intellettuale dell'autore."

¹⁷ L'articolo 13 della LdA dispone che:

"Il diritto esclusivo di riprodurre ha per oggetto la moltiplicazione in copie diretta o indiretta, temporanea o permanente, in tutto o in parte dell'opera, in qualunque modo o forma, come la copiatura a mano, la stampa, la litografia, l'incisione, la fotografia, la fonografia, la cinematografia ed ogni altro procedimento di riproduzione."

¹⁸ L'articolo 17 comma 1 della LdA dispone che:

"Il diritto esclusivo di comunicazione al pubblico su filo o senza filo dell'opera ha per oggetto l'impiego di uno dei mezzi di diffusione a distanza, quali il telegrafo, il telefono, la radiodiffusione, la televisione ed altri mezzi analoghi, e comprende la comunicazione al pubblico via satellite e la ritrasmissione via cavo, nonché quella codificata con condizioni di accesso particolari; comprende altresì la messa disposizione del pubblico dell'opera in maniera che ciascuno possa avervi accesso dal luogo e nel momento scelti individualmente."

¹⁹ Si dà atto che una recente modifica ha introdotto all'art. 70 della legge 633/41 il comma 1-bis che stabilisce: "È consentita la libera pubblicazione attraverso la rete internet, a titolo gratuito, di immagini e musiche a bassa risoluzione o degradate, per uso didattico o scientifico e solo nel caso in cui tale utilizzo non sia a scopo di lucro. Con decreto del Ministro per i beni e le attività culturali, sentiti il Ministro della pubblica istruzione e il Ministro dell'università e della ricerca, previo parere delle Commissioni parlamentari competenti, sono definiti i limiti all'uso didattico o scientifico di cui al presente comma." Allo stato, però, in mancanza del previsto decreto che indichi i limiti all'uso didattico o scientifico, è difficile utilizzare questa norma per legittimare la pubblicazione delle eventuali immagini "degradate" di beni culturali.

²⁰ Che dispone:

"Il titolo originario dell'acquisto del diritto di autore è costituito dalla creazione dell'opera, quale particolare espressione del lavoro intellettuale."

²¹ Che dispone:

"È considerato autore dell'opera collettiva chi organizza e dirige la creazione dell'opera stessa."

svolge un ruolo di “organizzatore” o “direttore” nella realizzazione degli elaborati²².

9.5.2.2 Documentazione compilativa

Si considerano documentazione compilativa: elenchi di unità di stratigrafiche (US), schede US, elenchi di reperti, schede di quantificazione dei reperti, tabelle di periodizzazione, diagrammi stratigrafici, elenchi di attività, elenchi di unità stratigrafiche murarie (USM), schede USM, schede di archiviazione veloce (SAV).

Si tratta di moduli che vengono compilati inserendo dati ed informazioni (escluse dall’ambito di tutela del diritto d’autore) e, a volte, elaborazioni interpretative di dati ed informazioni.

L’art. 2 n. 9 della LdA²³ ricomprende le banche di dati che hanno carattere creativo tra le opere tutelate dalla LdA.

Anche se le banche di dati non hanno carattere creativo, sono tutelate dalla LdA con un diritto *sui generis* previsto all’art. 102-bis a favore di “*chi effettua investimenti rilevanti per la costituzione di una banca di dati o per la sua verifica o la sua presentazione, impegnando, a tal fine, mezzi finanziari, tempo o lavoro*”.

Quindi, sotto certe condizioni, anche al costituire di banche di dati che non costituiscono opera dell’ingegno di carattere creativo spetta un diritto di durata limitata (15 anni) in base al quale lo stesso costituente ha il diritto esclusivo di autorizzare operazioni di estrazione ovvero reimpiego della totalità o di una parte sostanziale della banca di dati. Si potrebbe ritenere che la documentazione compilativa consiste in una “banca di dati” che è difficile

escludere sempre e con certezza che costituisca il risultato d’un investimento “rilevante”.

In via generale è quindi difficile escludere con certezza che la documentazione compilativa o le informazioni in essa contenute che consistono in una “elaborazione interpretativa” di dati e di informazioni siano, almeno a volte, tutelate ai sensi della LdA.

Si ritiene quindi prudente acquisire dall’autore della documentazione compilativa licenza a procedere alla loro riproduzione e diffusione attraverso il MOD.

Valgono infatti anche per l’autore della documentazione compilativa le considerazioni fatte sopra per l’autore della letteratura grigia secondo cui, normalmente, il titolare dei diritti è il creatore della documentazione compilativa, salvo che si configuri il trasferimento di tali diritti a terzi in forza di legge o di contratto, e quindi è opportuno acquisire licenza dall’autore della documentazione compilativa.

9.5.2.3 Documentazione compilativa: documenti minori

Sono tali i diari di scavo, le lettere e le comunicazioni. Si tratta di documenti che è difficile escludere con certezza che siano, almeno a volte, tutelati ai sensi della LdA e che non c’è ragione per trattare in modo diverso rispetto agli altri elaborati.

Si puntualizza che sulle lettere e comunicazioni che sono redatte e provengono dalla Pubblica Amministrazione, non si costituisce un diritto d’autore in capo al soggetto che realizza gli altri elaborati.

²² Si da atto che ai sensi dell’art. 88, comma 1, del CBC “*Le ricerche archeologiche e, in genere, le opere per il ritrovamento delle cose indicate all’articolo 10 in qualunque parte del territorio nazionale sono riservate al Ministero*”. Ma è difficile argomentare con certezza che da questa norma discenda un ruolo autoriale del direttore scientifico rispetto agli Elaborati prodotti in esito all’intervento di indagine archeologica, specialmente considerando che generalmente gli Elaborati sono realizzati da soggetti incaricati e pagati dal committente (il che porta ad escludere anche che si applichi il disposto dell’art. 11, comma 1, della LdA ai sensi del quale “*Alle amministrazioni dello stato, alle provincie ed ai comuni spetta il diritto di autore sulle opere create e pubblicate sotto il loro nome ed a loro conto e spese*”).

²³ Che dispone:

“*In particolare sono comprese nella protezione:*

(omissis)

Nel caso di lettere e comunicazioni che si riferiscono ad interventi compresi nell'area di Pisa, tenendo conto della partecipazione del MiBAC al progetto, si può ragionevolmente assumere che ne sia stata autorizzata la diffusione attraverso il MOD; nel caso di lettere e comunicazioni che si riferiscono ad interventi realizzati in altre aree, potrebbe essere opportuno valutare se acquisire tale autorizzazione: anche aderendo alla dottrina secondo la quale gli atti assunti dai funzionari nell'esercizio delle loro funzioni rientrano tra gli atti previsti dall'art. 5 LdA²⁴, resta da verificare se tutte le lettere e comunicazioni hanno un contenuto di questo genere.

9.5.2.4 Documentazione grafica

Sono comprese in questo insieme planimetrie, sezioni e rappresentazioni grafiche di vario tipo che è difficile escludere con certezza ed in ogni caso che possano costituire disegni d'arte (tutelati ai sensi dell'art. 2 n. 4 della LdA), disegni dell'architettura (tutelati ai sensi dell'art. 2 n. 5 della LdA) e/o carte geografiche (tutelate dal diritto d'autore secondo la giurisprudenza e la dottrina²⁵).

Si ritiene quindi prudente acquisire dall'autore della documentazione grafica licenza a procedere alla loro riproduzione e diffusione attraverso il MOD.

9.5.2.5 Documentazione fotografica

Nel MOD sono anche presenti le fotografie relative all'intervento archeologico: foto delle singole unità stratigrafiche ed eventuali foto generali e dei reperti mobili rinvenuti.

L'art. 2 n. 7 della LdA ricomprende tra le opere dell'ingegno di carattere creativo le fotografie.

Le fotografie, se anche non hanno carattere creativo (e quindi non sono tutelate dal diritto d'autore), possono essere tutelate con il diritto connesso previsto al Titolo II (Disposizioni sui diritti connessi all'esercizio del diritto di autore), Capo V (Diritti relativi alle fotografie) della LdA (articoli 87-92).

Il comma 1 dell'art. 87 dispone che *"Sono considerate fotografie ai fini dell'applicazione delle disposizioni di questo capo le immagini di persone o di aspetti, elementi o fatti della vita naturale e sociale, ottenute col processo fotografico o con processo analogo, comprese le riproduzioni di opere dell'arte figurativa e i fotogrammi delle pellicole cinematografiche."*

Ma è importante sottolineare il disposto del comma 2 dello stesso articolo 87, ai sensi del quale *"Non sono comprese le fotografie di scritti, documenti, carte di affari, oggetti materiali, disegni tecnici e prodotti simili."*

Quindi, non tutti gli elaborati che consistono in fotografie sono tutelati dal diritto connesso previsto dalle norme del Capo V della LdA.

Ad ogni modo, in via generale è difficile escludere con certezza che le fotografie utilizzate nel MOD siano, almeno a volte, tutelate ai sensi della LdA.

Si ritiene quindi prudente acquisire dall'autore delle fotografie licenza a procedere alla loro riproduzione e diffusione attraverso il MOD.

9.5.2.6 In sintesi

Il MOD è stato organizzato in modo da prevedere che, prima di procedere alla pubblicazione, l'autore degli elaborati sottoscriva una liberatoria, predisposta allo scopo, con la quale autorizza la loro diffusione attraverso il MOD ed il loro uso e riuso (secondo i termini di licenza indicati) da parte degli

9) *le banche di dati di cui al secondo comma dell'articolo 1, intese come raccolte di opere, dati o altri elementi indipendenti sistematicamente o metodicamente disposti ed individualmente accessibili mediante mezzi elettronici o in altro modo. La tutela delle banche di dati non si estende al loro contenuto e lascia impregiudicati diritti esistenti su tale contenuto."*

²⁴ Dispone l'art. 5 LdA: *"Le disposizioni di questa legge non si applicano ai testi degli atti ufficiali dello stato e delle amministrazioni pubbliche, sia italiane che straniere"*. Nel senso che la nozione di atti ufficiali di cui all'art. 5 LdA comprende gli atti assunti dai funzionari nell'esercizio delle proprie funzioni vedi Piola Caselli 1943.

²⁵ Vedi Trib. Monza ord. 15-5-2000 in AIDA 01, 765; Trib. Milano 4-7-1955, in G. it. 55, I, 721; Pret. Reggio Emilia 17-8-1995 in AIDA 96, 403.

utenti dello stesso MOD, pur conservando in capo all'autore la titolarità dei diritti sugli elaborati.

9.5.3 Riproduzioni di beni culturali

Nel MOD possono essere presenti riproduzioni (fotografie e documentazione grafica) che hanno ad oggetto beni culturali²⁶.

Il comma 1 dell'art. 107 (*Uso strumentale e precario e riproduzione dei beni culturali*) del CBC²⁷ prevede il potere del Ministero, delle Regioni o di altri enti pubblici che abbiano comunque in consegna beni culturali di acconsentire o meno alla riproduzione degli stessi.

Il secondo comma del medesimo articolo 107 prevede che *"È di regola vietata la riproduzione di beni culturali che consista nel trarre calchi, per contatto, dagli originali di sculture e di opere a rilievo in genere, di qualunque materiale tali beni siano fatti. Tale riproduzione è consentita solo in via eccezionale e nel rispetto delle modalità stabilite con apposito decreto ministeriale. Sono invece consentiti, previa autorizzazione del soprintendente, i calchi da copie degli originali già esistenti nonché quelli ottenuti con tecniche che escludano il contatto diretto con l'originale"*²⁸.

Il comma 1 dell'art. 108 del CBC detta i principi in base ai quali deve essere quantificato il canone per la riproduzione dei beni culturali. Il comma 3 del medesimo art. 108 del CBC prevede che: *"Nessun canone è dovuto per le riproduzioni richieste da privati*

per uso personale o per motivi di studio, ovvero da soggetti pubblici per finalità di valorizzazione. I richiedenti sono comunque tenuti al rimborso delle spese sostenute dall'amministrazione concedente."

Il primo comma dell'art. 107 relativo alla riproduzione dei beni culturali non rimanda ad un regolamento attuativo (limitandosi a disporre che gli enti che abbiano in consegna beni culturali possano acconsentire alla loro riproduzione, salve le disposizioni in materia di diritto d'autore e quelle di cui al comma 2), mentre il secondo comma del medesimo art. 107 regola la riproduzione "per contatto", che è di regola "vietata" e "consentita solo in via eccezionale e nel rispetto delle modalità stabilite con apposito decreto ministeriale".

Il decreto ministeriale del 20 aprile 2005 *"Indirizzi, criteri e modalità per la riproduzione dei beni culturali, ai sensi dell'art. 107 del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42"*, però, non ha solo dato attuazione a quanto disposto dal secondo comma dell'art. 107 (che fa riferimento alla riproduzione "per contatto"), ma ha più in generale disciplinato la riproduzione *tout court* dei beni culturali con ciò regolando anche le altre modalità di riproduzione (diverse dalla riproduzione per contatto) di cui al primo comma del medesimo art. 107 (che però non prevede il rinvio ad un decreto attuativo).

²⁶ La definizione di beni culturali si ricava dall'art. 2, comma 2 del CBC secondo il quale *"Sono beni culturali le cose immobili e mobili che, ai sensi degli articoli 10 e 11, presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnoantropologico, archivistico e bibliografico e le altre cose individuate dalla legge o in base alla legge quali testimonianze aventi valore di civiltà"*. Problema di difficile soluzione è quello della natura di "bene culturale" degli strati di terra rilevati nel corso di indagini archeologiche: se, da una parte, la riproduzione di uno strato di terra afferisce senz'altro a bene immobile di interesse archeologico nel momento in cui si realizza la riproduzione fotografica, nell'ordinarietà dei casi, a seguito dell'intervento archeologico, lo strato di terra viene distrutto e, anzi, la riproduzione fotografica dello strato di terra resta l'unico artefatto di rilievo archeologico: l'immobile nel quale si realizza l'indagine archeologica, infatti, a seguito dell'indagine archeologica stessa, che altera la situazione geologica, può perdere il suo interesse archeologico.

²⁷ Che dispone: *"Il Ministero, le regioni e gli altri enti pubblici territoriali possono consentire la riproduzione nonché l'uso strumentale e precario dei beni culturali che abbiano in consegna, fatte salve le disposizioni di cui al comma 2 e quelle in materia di diritto d'autore"*.

²⁸ La riserva del diritto di riproduzione era già prevista dall'art. 4 comma 1 della legge 14 gennaio 1993, n. 4 *"Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 14 novembre 1992, n. 433, recante misure urgenti per il funzionamento dei musei statali. Disposizioni in materia di biblioteche statali e di archivi di Stato"*, cosiddetta legge Ronchey.

In particolare, l'art. 5 comma 1 del suddetto decreto prevede che prima che la riproduzione venga diffusa al pubblico, un esemplare di ogni riproduzione debba essere depositato presso l'amministrazione che ha in consegna il bene, per il rilascio di un nulla osta preventivo. All'amministrazione concedente spettano quindi tre copie di ciascuna riproduzione, oltre ai negativi ed alle matrici delle copie medesime.

Ulteriore precisazione è contenuta nel successivo comma 2 dell'art. 5, dove si legge che *"il materiale relativo ai beni culturali ed idoneo ad ulteriori riproduzioni, (stampe fotografiche, negativi, diapositive, film, nastri, dischi ottici, supporti informatici, calchi, rilievi grafici ed altro) non può essere riprodotto o duplicato con qualsiasi strumento, tecnica o procedimento, senza preventiva autorizzazione dell'amministrazione che ha in consegna il bene e previo pagamento dei relativi canoni e corrispettivi..."*, salvi gli eventuali diritti e compensi ad autori e terzi.

Qualsiasi uso delle copie ottenute diverso da quello dichiarato nella domanda deve quindi autorizzato dall'amministrazione che ha in consegna il bene.

Ai sensi dell'art. 5, comma 4 *"Ogni esemplare di riproduzione reca l'indicazione, nelle forme richieste dal caso, delle specifiche dell'opera originale (nome dell'autore, bottega o ambito culturale, titolo, dimensioni, tecniche e materiali, provenienza, data), della sua ubicazione, nonché della tecnica e del materiale usato per la riproduzione. Esso riporta altresì la dicitura che la riproduzione è avvenuta previa autorizzazione dell'amministrazione che ha in consegna il bene, nonché l'espressa avvertenza del divieto di ulteriore riproduzione o duplicazione con qualsiasi mezzo"*.

9.5.3.1 In sintesi, il CBC

Il CBC ed il decreto ministeriale 20 aprile 2005 di attuazione impongono restrizioni alla riproduzione dei beni culturali che potrebbero interferire con la facoltà

di diffondere gli elaborati che hanno ad oggetto beni culturali e di consentirne il download agli utenti.

Anche se è doveroso ricordare la dubbia legittimità di parte di tali limiti, e cioè quelli previsti nel decreto, andando oltre i limiti della delega prevista all'art. 107 co. 2 CBC (riproduzione "per contatto"), è necessario acquisire autorizzazione dagli enti che custodiscono i beni prima di pubblicarne delle riproduzioni nel MOD.

Per gli interventi relativi all'area archeologica di Pisa tale autorizzazione è stata acquisita nel quadro degli accordi che hanno portato alla realizzazione del MOD stesso. L'estensione del MOD ad interventi relativi ad altre aree impone di tenere conto della necessità di acquisire tale autorizzazione prima di procedere alla pubblicazione di elaborati che riproducono beni culturali.

9.5.4 Privacy

L'art. 4 co. 1 lett. b) del Codice Privacy stabilisce che è dato personale *"qualunque informazione relativa a persona fisica, identificata o identificabile, anche indirettamente, mediante riferimento a qualsiasi altra informazione, ivi compreso un numero di identificazione personale"*.

Nel MOD potrebbero essere presenti dati che si riferiscono a persone fisiche e che quindi sono dati personali.

In particolare:

- nome e cognome dell'autore degli elaborati,
- nome e cognome della persona fisica proprietaria dell'immobile in cui si realizza l'intervento archeologico,
- nome e cognome della persona fisica committente,
- nome e cognome del direttore scientifico dell'intervento archeologico²⁹,
- nome e cognome del funzionario della Soprintendenza (citato a titolo diverso da quello di direttore scientifico, se tale ruolo è svolto da un concessionario),

²⁹ Che può essere, in applicazione della riserva Ministeriale di cui all'art. 88 CBC, un funzionario della Soprinten-

- nome e cognome della persona fisica che esegue i lavori edili,
- fotografie o documentazione grafica di immobili di proprietà di persone fisiche e/o ad uso privato³⁰.

Ai sensi dell'art. 4 comma 1 lett. f) del Codice Privacy è titolare del trattamento dei dati "la persona fisica, la persona giuridica, la pubblica amministrazione e qualsiasi altro ente, associazione od organismo cui competono, anche unitamente ad altro titolare, le decisioni in ordine alle finalità, alle modalità del trattamento di dati personali e agli strumenti utilizzati, ivi compreso il profilo della sicurezza."

Il gestore del MOD (L'Università di Pisa), nella misura in cui tratta dati personali, è soggetto agli obblighi di cui al Codice Privacy.

Se il MOD fosse predisposto come servizio della società dell'informazione quale definito dall'art. 2³¹ del Decreto Legislativo 9 aprile 2003, n. 70 "Attuazione della direttiva 2000/31/CE relativa a taluni aspetti giuridici dei servizi della società dell'informazione, in particolare il commercio elettronico, nel mer-

cato interno", il gestore del MOD, configurando opportunamente il servizio, potrebbe evitare di qualificarsi come titolare del trattamento dei dati personali presenti negli elaborati caricati dagli utenti dei quali non abbia contezza e non faccia un uso diretto.

Infatti, l'art. 16 comma 1³² del Decreto Legislativo 9 aprile 2003, n. 70 prevede un regime d'esenzione di responsabilità che pare ragionevolmente applicabile al MOD se questo fosse predisposto come servizio della società dell'informazione che consente agli utenti di caricare gli elaborati al fine di consentirne la diffusione.

Per i dati personali trattati dal gestore del MOD, il Codice Privacy impone alcuni obblighi.

Tra questi è particolarmente rilevante l'art. 18 comma 2³³ del Codice Privacy il quale stabilisce che il trattamento di dati personali da parte di enti pubblici sia possibile per lo svolgimento delle funzioni istituzionali.

Pare ragionevole ritenere che il criterio di cui all'art. 18 comma 2 sia soddisfatto: il MOD è stato

denza o, ai sensi dell'art. 89 CBC, un terzo soggetto pubblico o privato al quale venga data in concessione lo svolgimento dell'intervento archeologico.

³⁰ Sulla legittimità della diffusione di foto riproducenti case di privata abitazione ed aree di pertinenza si veda la posizione espressa dal Garante per la Protezione dei dati personali nel Provvedimento 18 giugno 2009 "Fotografie riprese all'interno di luogo di dimora privata: divieto di affissione".

³¹ Dispone l'art. 2 del Decreto Legislativo 9 aprile 2003, n. 70:

"1. Ai fini del presente decreto si intende per:

a) "servizi della società dell'informazione": le attività economiche svolte in linea -on line-, nonché i servizi definiti dall'articolo 1, comma 1, lettera b), della legge 21 giugno 1986, n. 317, e successive modificazioni;

b) "prestatore": la persona fisica o giuridica che presta un servizio della società dell'informazione;

(omissis)

d) "destinatario del servizio": il soggetto che, a scopi professionali e non, utilizza un servizio della società dell'informazione, in particolare per ricercare o rendere accessibili informazioni;

(omissis)."

³² Dispone l'art. 16 (Responsabilità nell'attività di memorizzazione di informazioni - hosting):

"1. Nella prestazione di un servizio della società dell'informazione, consistente nella memorizzazione di informazioni fornite da un destinatario del servizio, il prestatore non è responsabile delle informazioni memorizzate a richiesta di un destinatario del servizio, a condizione che detto prestatore:

a) non sia effettivamente a conoscenza del fatto che l'attività o l'informazione è illecita e, per quanto attiene ad azioni risarcitorie, non sia al corrente di fatti o di circostanze che rendono manifesta l'illiceità dell'attività o dell'informazione;

b) non appena a conoscenza di tali fatti, su comunicazione delle autorità competenti, agisca immediatamente per rimuovere le informazioni o per disabilitarne l'accesso."

³³ Dispone il comma 2 dell'art. 18 (Principi applicabili a tutti i trattamenti effettuati da soggetti pubblici) del Codice Privacy:

"2. Qualunque trattamento di dati personali da parte di soggetti pubblici è consentito soltanto per lo svolgimento delle funzioni istituzionali."

realizzato sulla base d'un accordo³⁴ che richiama espressamente la disciplina dell'art. 118 (Promozione di attività di studio e ricerca) del CBC il quale dispone:

"1. Il Ministero, le regioni e gli altri enti pubblici territoriali, anche con il concorso delle università e di altri soggetti pubblici e privati, realizzano, promuovono e sostengono, anche congiuntamente, ricerche, studi ed altre attività conoscitive aventi ad oggetto il patrimonio culturale.

2. Al fine di garantire la raccolta e la diffusione sistematica dei risultati degli studi, delle ricerche e delle altre attività di cui al comma 1, ivi compresa la catalogazione, il Ministero e le regioni possono stipulare accordi per istituire, a livello regionale o interregionale, centri permanenti di studio e documentazione del patrimonio culturale, prevedendo il concorso delle università e di altri soggetti pubblici e privati."

Il comma 3 dell'art. 18 del Codice Privacy impone anche di considerare *"i presupposti e i limiti*

stabiliti dal presente codice, anche in relazione alla diversa natura dei dati, nonché dalla legge e dai regolamenti."

In particolare, prima di procedere al trattamento di dati personali, si dovrà procedere ad ottemperare all'obbligo d'informativa alla persona dei cui dati si tratta ai sensi dell'art. 13 del Codice Privacy³⁵.

Poi, ai sensi dell'art. 19 comma 3³⁶ del Codice Privacy la diffusione dei dati personali è consentita solo se espressamente prevista da norma di legge o regolamento.

Ma, in ogni caso, si può procedere alla diffusione di dati personali nel caso in cui gli interessati facciano espressa richiesta della menzione dei loro dati personali eventualmente presenti negli elaborati³⁷.

Anche per tutelare il diritto di paternità dell'autore degli elaborati ai sensi dell'art. 20 della LDA, si è previsto che gli stessi siano diffusi con i dati dell'autore (nome e cognome e, eventualmente,

³⁴ Dispone la premessa lettera f) dell'Accordo per la Disciplina dei rapporti datato 29 luglio 2011 concluso tra l'Università di Pisa, il Ministero per i Beni e le attività Culturali (nelle sue articolazioni periferiche Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana, Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Soprintendenza per i Beni Architettonici, Paesaggistici, Artistici, Storici e Etnoantropologici per la province di Pisa e Livorno) ed il Comune di Pisa:

"ai sensi dell'art. 118 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, il Ministero, le Regioni e gli altri enti pubblici territoriali, anche con il concorso delle Università e di altri soggetti pubblici e privati, realizzano, promuovono e sostengono, anche congiuntamente, ricerche, studi ed altre attività conoscitive aventi ad oggetto il patrimonio culturale" (ANICHINI et alii (a cura di) 2012, 165-170).

³⁵ Il quale al comma 1 dispone:

"L'interessato o la persona presso la quale sono raccolti i dati personali sono previamente informati oralmente o per iscritto circa:

- a) le finalità e le modalità del trattamento cui sono destinati i dati;*
- b) la natura obbligatoria o facoltativa del conferimento dei dati;*
- c) le conseguenze di un eventuale rifiuto di rispondere;*
- d) i soggetti o le categorie di soggetti ai quali i dati personali possono essere comunicati o che possono venirne a conoscenza in qualità di responsabili o incaricati, e l'ambito di diffusione dei dati medesimi;*
- e) i diritti di cui all'articolo 7;*
- f) gli estremi identificativi del titolare e, se designati, del rappresentante nel territorio dello Stato ai sensi dell'articolo 5 e del responsabile. Quando il titolare ha designato più responsabili è indicato almeno uno di essi, indicando il sito della rete di comunicazione o le modalità attraverso le quali è conoscibile in modo agevole l'elenco aggiornato dei responsabili. Quando è stato designato un responsabile per il riscontro all'interessato in caso di esercizio dei diritti di cui all'articolo 7, è indicato tale responsabile."*

³⁶ Dispone il comma 3 dell'art. 19 (Principi applicabili al trattamento di dati diversi da quelli sensibili e giudiziari) del Codice Privacy:

"La comunicazione da parte di un soggetto pubblico a privati o a enti pubblici economici e la diffusione da parte di un soggetto pubblico sono ammesse unicamente quando sono previste da una norma di legge o di regolamento."

³⁷ In tal senso vedi anche il punto 2.4 delle *"Linee guida in materia di trattamento di dati personali contenuti anche in atti e documenti amministrativi, effettuato da soggetti pubblici per finalità di pubblicazione e diffusione sul web"* del 2 marzo 2011 (<http://www.garanteprivacy.it/web/guest/home/docweb/-/docweb-display/docweb/1793203>) nel quale

suo indirizzo email) dei quali lo stesso richiede la diffusione con la liberatoria.

9.5.4.1 In sintesi, il Codice Privacy

Il Codice Privacy limita la possibilità che il gestore del MOD tratti dati personali al fine di diffonderli attraverso il MOD.

I dati degli autori degli elaborati sono acquisiti sulla base di richiesta di diffusione dei dati attraverso il portale. Inoltre si richiede agli stessi autori di farsi carico di acquisire richiesta di diffusione dei dati attraverso il portale da parte dai terzi i cui dati siano eventualmente presenti negli elaborati o, in alternativa, di oscurare tali dati personali di terzi.

Agli stessi autori viene anche fornita un'informativa sul trattamento dei loro dati.

9.5.5 Diritti di proprietà industriale

Alcuni dei diritti esclusivi conferiti dal CPI³⁸ possono, astrattamente, interferire con la diffusione di informazioni via Internet, in particolare il diritto su marchi ed il diritto sulle informazioni segrete. Ma, da una parte, la natura non commerciale del servizio erogato con il MOD porta ad escludere l'applicazione delle norme a tutela dei marchi, dall'altra, ordinariamente non sussistono obblighi di riservatezza rispetto ai contenuti degli elaborati.

Pertanto, fatto salvo il caso in cui sussistano obblighi di riservatezza rispetto agli elaborati (caso nel quale si potrebbe configurare la violazione del diritto su informazioni segrete previsto dall'art. 98 e seg. del CPI) non pare ragionevole assumere che la diffusione degli elaborati attraverso il MOD violi le norme previste dal CPI.

9.5.6 Scelta della licenza degli elaborati

Al fine di attuare gli obiettivi del progetto, gli elaborati sono acquisiti dagli autori con licenza che ne autorizza l'uso nel quadro del MOD e secondo i termini della licenza Creative Commons Attribuzione Condividi allo stesso modo versione 3.0 Italia o, a scelta dell'autore, secondo i termini della licenza Creative Commons Attribuzione versione 3.0 Italia. La licenza scelta dall'autore è utilizzata per licenziare gli elaborati agli utenti del MOD.

La licenza Creative Commons Attribuzione Condividi allo stesso modo consente agli utenti del MOD di utilizzare in ogni modo gli elaborati (riprodurli, distribuirli, modificarli, ecc.), anche per fini commerciali, a condizione che: (a) ne sia citata la fonte e sia menzionato l'autore, e (b) se gli utenti modificano gli elaborati, distribuiscono il risultato del loro lavoro secondo i termini della stessa licenza. È una licenza "copyleft" che

si legge: "Nell'ambito dei rapporti intercorrenti con l'amministrazione pubblica, gli interessati possono formulare specifiche richieste volte a ottenere che taluni propri dati personali siano pubblicati sul sito istituzionale dell'amministrazione. Tali richieste possono riguardare informazioni personali che sono già nella disponibilità dell'amministrazione in quanto acquisite per lo svolgimento delle proprie funzioni istituzionali, ovvero che possono essere conferite facoltativamente dall'interessato allo specifico scopo di consentirne la diffusione (art. 13, comma 1, lett. b), del Codice). E' facoltà dell'amministrazione valutare se prendere in esame tali richieste di pubblicazione, che comunque potranno essere accolte solo all'esito di un'attenta verifica con cui si accerti che tale operazione sia compatibile con lo svolgimento delle proprie funzioni istituzionali e che i dati oggetto di diffusione on line risultino pertinenti e non eccedenti rispetto alle finalità perseguite."

³⁸ Il Codice della Proprietà Industriale offre tutela a:

- marchi (artt. 7-28),
- indicazioni geografiche (artt. 29-30),
- disegni e modelli (artt. 31-44),
- invenzioni (artt. 45-81),
- invenzioni biotecnologiche (artt. 81bis-81octies),
- modelli d'utilità (artt. 82-86),
- topografie dei prodotti a semiconduttori (artt. 87-97),
- informazioni segrete (artt. 98-99)
- nuove varietà vegetali (artt. 100-116).

massimizza la libertà degli utenti di accedere agli elaborati ed alle loro modifiche³⁹.

La licenza Creative Commons Attribuzione consente agli utenti del MOD di utilizzare in ogni modo gli elaborati (riprodurli, distribuirli, modificarli, ecc.), anche per fini commerciali, a condizione che ne sia citata la fonte e che sia menzionato l'autore⁴⁰.

Vi sono ragionevoli argomenti per ritenere che le licenze Creative Commons non interferiscano con il regime autorizzatorio previsto dagli artt. 106 e seg. del CBC.

Innanzitutto, le licenze Creative Commons escludono espressamente che il licenziante garantisca la "non violazione di diritti di terzi"⁴¹: il diritto ex artt. 106 e seg. del CBC si può considerare come un diritto di terzi che quindi non costituisce l'oggetto della licenza.

Poi, la nozione di "Opera" adottata nelle licenze⁴² induce a ritenere che l'oggetto di licenza siano i diritti previsti nella LdA e non anche altri diritti.

Di ciò dà espressamente conto il MOD, che adotta una prassi di pubblicazione delle riproduzioni di beni culturali simile a quella adottata nel progetto "Wiki Loves Monuments" nel quale l'accordo con-

cluso tra il Ministero e l'APS Wikimedia Italia⁴³ prevede espressamente che:

- la pubblicazione delle foto dei beni culturali di cui è autorizzata la riproduzione venga realizzata secondo i termini della licenza Creative Commons A-SA (la licenza del progetto "Wikipedia") accompagnando la stessa foto con l'avvertimento che l'uso della foto è soggetta all'autorizzazione di cui agli artt. 106 e seg. del CBC⁴⁴;
- i fruitori delle immagini pubblicate sono autorizzati a riprodurle senza corrispettivo, ai sensi dell'art. 108, comma 3 del CBC, per uso personale e motivi di studio.

Pertanto, le riproduzioni di beni culturali sono accompagnate da apposita avvertenza della salvezza di tale diritto del seguente tenore:

"L'autorizzazione alla pubblicazione delle foto contenute in questo dataset è stata concessa dal MiBAC all'Università di Pisa esclusivamente per le finalità del progetto MAPPA, ai sensi dell'ACCORDO PER LA DISCIPLINA DEI RAPPORTI, stipulato il 29 luglio 2011. Ogni altro uso dovrà essere espressamente autorizzato dal MiBAC".

M.C.

³⁹ La versione "3.0 Italia" della licenza è disponibile all'URL <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/legalcode>.

⁴⁰ La versione "3.0 Italia" della licenza è disponibile all'URL <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>.

⁴¹ Vedi per esempio l'art. 5 (**Dichiarazioni, Garanzie ed Esonero da responsabilità**) della licenza **Creative Commons Attribuzione 3.0 Italia** (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>) e della licenza **Creative Commons Attribuzione Condividi allo stesso modo 3.0 Italia** (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/legalcode>) che dispone:

"SALVO CHE SIA ESPRESSAMENTE CONVENUTO ALTRIMENTI PER ISCRITTO FRA LE PARTI, IL LICENZIANTE OFFRE L'OPERA IN LICENZA "COSÌ COM'È" E NON FORNISCE ALCUNA DICHIARAZIONE O GARANZIA DI QUALSIASI TIPO CON RIGUARDO ALL'OPERA, SIA ESSA ESPRESSA OD IMPLICITA, DI FONTE LEGALE O DI ALTRO TIPO, ESSENDO QUINDI ESCLUSE, FRA LE ALTRE, LE GARANZIE RELATIVE AL TITOLO, ALLA COMMERCIALIZZABILITÀ, ALL'IDONEITÀ PER UN FINE SPECIFICO E ALLA NON VIOLAZIONE DI DIRITTI DI TERZI O ALLA MANCANZA DI DIFETTI LATENTI O DI ALTRO TIPO, ALL'ESATTEZZA OD ALLA PRESENZA DI ERRORI, SIANO ESSI ACCERTABILI O MENO. ALCUNE GIURISDIZIONI NON CONSENTONO L'ESCLUSIONE DI GARANZIE IMPLICITE E QUINDI TALE ESCLUSIONE PUÒ NON APPLICARSI A TE."

⁴² Definita come "l'opera dell'ingegno o, comunque, qualsiasi bene o prestazione suscettibile di protezione in forza delle leggi sul diritto d'autore (diritto d'autore, diritti connessi, diritto sui generis sulle banche dati, ecc.), la cui utilizzazione è offerta nel rispetto dei termini della presente Licenza".

⁴³ "Accordo quadro concernente la valorizzazione dei beni culturali attraverso le voci di Wikipedia" concluso in data 04.09.2012.

⁴⁴ Le foto sono pubblicate nel sito <http://commons.wikimedia.org> e nel sito del progetto Wiki Loves Monuments (<http://www.wikilovesmonuments.it>).

9.6 Dentro e fuori il MOD

In questa fase, il MOD consta di n. 112 archivi con interventi che vanno dal 1838 al 2013, in parte rilasciati da liberi professionisti, in parte pubblicati dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana (di seguito SBAT), in parte da concessionari e/o enti universitari.

Il materiale contenuto è dei più vari. La maggior parte degli archivi più "antichi", riconducibili a interventi realizzati nel XIX e nella prima metà del XX secolo, riporta esclusivamente le scansioni dei documenti conservati negli archivi della SBAT: spesso brevi notizie, carteggi o corrispondenza che danno comunque conto di ritrovamenti occasionali o interventi di scavo veri e propri. Nonostante tali documenti siano di per sé, e per il formato in cui sono pubblicati, difficilmente riutilizzabili in termini di processamento automatico, offrono comunque un'importante opportunità di fruizione di parte dell'archivio della SBAT. È credibile pensare a un futuro sviluppo del MOD nella digitalizzazione integrale di tali contenuti con formati open text, per far sì che anche dati di questo tipo possano entrare in circuiti open data destinati al riutilizzo e allo sviluppo di applicazioni dedicate. Premettendo che la pubblicazione di un archivio sul MOD non comporta necessariamente che tale archivio debba essere completo di tutta la documentazione prodotta, ma che è lasciata libertà agli autori di scegliere cosa e come ritengono più opportuno rendere fruibile, l'eterogeneità, soprattutto degli elaborati che costituiscono i dataset, è riscontrabile anche dalla presenza/assenza di alcuni apparati: per gli archivi riconducibili alla SBAT, le considerazioni sono le medesime fatte nell'analisi dei dati raccolti per la creazione del livello archeologico del MAPPAGis (FABIANI 2012: 26-30); nel caso degli archivi pubblicati da professionisti emerge palesemente come l'assenza di chiare indicazioni ministeriali in merito a standard condivisi

di redazione della documentazione di un intervento⁴⁵ produca elaborati difforni per tipologia e per formati digitali. Per questo motivo oggi troviamo all'interno del MOD file in svariati formati (.pdf, .jpeg, .dwg, .doc, .odt, .csv, .shp, .dbf, ecc...) non tutti propriamente aperti e facilmente riutilizzabili. L'obiettivo prossimo, una volta consolidata la prassi di pubblicare i raw data archeologici, è adeguare quanto più possibile i dati agli standard internazionali di dati aperti; su questo fronte, se ci sono in Italia esempi importanti di interoperabilità in termini di metadati (cfr. *infra*), non sembra altrettanto avanzata la riflessione sulla standardizzazione dei formati per i dati originari, questo perché, almeno in campo archeologico, tranne il MOD, tutti i lavori che sono stati realizzati o sono in corso di elaborazione non prevedono la pubblicazione integrale dei dati grezzi, ma solo, in forma più o meno estesa, quella di set di dati minimi interpretati. Molto lavoro sarà quindi necessario perché la comunità archeologica giunga a fornire i propri dati in formati realmente aperti.

Per facilitare questo passaggio, le funzionalità del MOD saranno progressivamente predisposte in modo da prevedere l'upload del materiale direttamente da parte dell'autore dell'intervento (cfr. § 9.3.1). Tale attività, configurando l'Università di Pisa come fornitore di servizi della società dell'informazione (cfr. § 9.5.4), renderà l'autore pienamente responsabile degli aspetti editoriali del proprio lavoro. La redazione non farà alcun tipo di revisione o validazione scientifica, né alcuna verifica della completezza dei dati archeografici o archeologici inseriti. Siamo convinti che una delle grandi rivoluzioni che l'utilizzo massivo del MOD possa apportare, è l'innalzamento degli standard qualitativi della produzione archeologica grazie alla verifica diretta, da parte degli utenti della rete, del materiale presente negli archivi pubblicati; partecipando a una sorta di open peer review, la comunità

⁴⁵ A oggi rimaniamo in attesa della pubblicazione da parte del MiBAC degli standard per la produzione della documentazione al cui studio e alla redazione di quelle che dovranno essere le linee guida, si è dedicato il gruppo SITAR della SSBAR.

scientifica archeologica contribuirà così a definire progressivamente almeno i livelli minimi di standard, determinando allo stesso tempo la credibilità o meno dei dati. Perché ciò avvenga è necessario che gli archeologi cambino il loro modo di pensare, che non temano il confronto, ma al contrario vedano nella condivisione delle informazioni il vero volano della conoscenza e dello sviluppo della ricerca, della tutela, di un nuovo e più ampio concetto di cultura del patrimonio archeologico e di un ritorno

possibile in termini economici. Questo circuito virtuoso permetterà di disporre di una grande massa di dati; l'uso dei Big Data archeologici, che di per sé inglobano anche il concetto di uso dei Linked Open Data, si prospettano infatti come il prossimo imminente canale di sviluppo dell'archeologia, rientrando così in quella più generale definizione di "archeologia sostenibile", dove la migliore gestione dei dati sarà l'elemento chiave.

F.A.

10. Dai metodi alla storia: Pisa in età romana e tardoantica

Fabio Fabiani, Francesco Ghizzani Marcia,
M. Letizia Gualandi (DOI: 10.4458/0917-10)

10.1 Premessa

In un volume interamente dedicato a illustrare le caratteristiche del MOD – il primo archivio italiano *open* di dati archeologici – e i passaggi concettuali e materiali attraverso i quali si è arrivati a definire i parametri utilizzati per le valutazioni del potenziale archeologico e a mettere a punto l’algoritmo in grado di calcolarlo, può sembrare fuori luogo un capitolo di carattere “storico”, dedicato alla descrizione della topografia e dell’urbanistica di Pisa in età romana e tardoantica. Ma così non è. Le innovazioni nel campo degli studi metodologici non devono mai essere fini a se stesse, ma al contrario devono costituire, nella pratica quotidiana della ricerca, un aiuto per il raggiungimento dell’obiettivo finale, che nel caso dell’archeologia è la ricostruzione delle vicende storiche e della vita delle comunità che ci hanno preceduto. Consapevoli di ciò, abbiamo deciso di proporre un esempio di come il poter disporre di un ricco archivio d’informazioni archeologiche e di un webGIS con la georeferenziazione di quelle informazioni e inoltre con una ricostruzione paleogeografica del contesto ambientale e con numerose altre informazioni di carattere storico, cartografico, toponomastico, archivistico ecc... consenta di per sé – anche senza l’aggiunta di nuovi dati – di leggere in una prospettiva diversa quelli già noti, aprendo la via a interpretazioni inedite delle realtà passate e quindi a nuova conoscenza. Ogni dato, infatti, ha un proprio potenziale informativo, che può essere più o meno significativo. Se però si mettono insieme tanti dati e li si incrocia con

altri dati, magari di natura diversa, abbattendo gli steccati che tradizionalmente separano i vari ambiti disciplinari, il potenziale informativo si moltiplica in maniera esponenziale. Ma non solo: i dati, presi tutti insieme, diventano *big data* e come tali si prestano a essere esaminati con metodi statistici e analisi spaziali che è impensabile applicare nel caso di informazioni generalmente poco più che puntiformi e in ogni caso lacunose, come generalmente sono quelle archeologiche.

Fra le varie fasi che hanno caratterizzato la vita plurimillennaria di Pisa, si è scelta quella corrispondente all’età romana e tardoantica perché è sembrata la più idonea per esemplificare quanto andiamo dicendo: ancora troppo scarse sono infatti le informazioni archeologiche e paleogeografiche per i periodi pre- e protostorico ed etrusco e, al contrario, sono troppo numerose le notizie sulle fasi a partire dal Medioevo per poter essere riassunte in un capitolo di libro¹. Per comodità, abbiamo deciso di far cominciare l’età romana con gli inizi del I secolo a.C., quando la città divenne un *municipium* e ottenne la cittadinanza romana a seguito della guerra sociale (90-88 a.C.). Più difficile è stato individuare un termine per la fine dell’età romana, che si è scelto di accorpate a quei secoli IV e V, fino agli inizi del VI, corrispondenti alla tarda Antichità, durante i quali l’Impero romano d’occidente, ormai in via di dissoluzione sul piano politico e istituzionale, continuò però sul piano culturale a rappresentare per le popolazioni dell’Italia un punto di riferimento dai contorni ancora ben definiti.

¹ Alla ricostruzione della Pisa medievale ha dedicato un intero volume G. Gattiglia (GATTIGLIA 2013), che su questo argomento ha discusso la tesi di Dottorato in Archeologia, presso l’Università di Pisa (GATTIGLIA 2010).

In questo periodo, lungo oltre mezzo millennio, il centro urbano e il suburbio di Pisa mutarono progressivamente aspetto ed estensione e il territorio circostante conobbe forme diverse di popolamento e di organizzazione dei campi. Come in qualunque città con una lunga storia insediativa, questi cambiamenti furono indotti da trasformazioni culturali, politiche ed economiche, ma nel caso specifico di Pisa furono anche profondamente influenzati da quell'estrema variabilità degli aspetti ambientali che ha sempre contraddistinto il territorio su cui sorge la città: i due fiumi che, fino al Medioevo, lambivano l'abitato - l'Arno a sud e l'Asse a nord - nei secoli cambiarono più volte il loro percorso, condizionando in modo determinante l'organizzazione dello spazio urbano e periurbano con il loro instabile intrico di meandri, ramificazioni e confluenze (cfr. § 2.).

La novità della rilettura della topografia e dell'urbanistica di Pisa romana e tardoantica, che qui si propone, non consiste dunque nella pubblicazione di dati inediti, giacché tutte le notizie alle quali si fa riferimento sono state già pubblicate da altri studiosi, ma nella loro riconsiderazione su una scala più ampia - quella dell'intera città e del suo suburbio - e soprattutto alla luce del complesso e mutevole quadro paleogeografico che ha fatto da scenario allo sviluppo della città.

M.L.G.

10.2 Il quadro storico

Pisa entrò nell'orbita politica di Roma fin dalla metà del III secolo a.C. quando, come città federata, fornì le basi logistiche per l'espansione romana nell'alto Tirreno e nel territorio ligure². Proprio in virtù di questo suo ruolo, la città venne a trovarsi

perfettamente inserita nelle maglie del dispositivo strategico, rappresentato dal potenziamento delle strutture portuali e del sistema viario lungo la costa dell'Etruria settentrionale, che Roma mise in atto dapprima con la realizzazione dell'*Aurelia vetus* e poi con il suo prolungamento, l'*Aurelia nova*, almeno fino al *Portus Lunae*³. Pisa ottenne protezione da parte di Roma nello scontro con i Liguri Apuani, che arrivarono ad assediare la città nel 193 a.C. (Livio, 34.56.1-2; 35.3.1-6) e, in funzione anti-ligure, nel 180 a.C. incoraggiò la fondazione della colonia latina di Lucca, in una parte del suo antico territorio. Poco tempo dopo però, nel 177 a.C., dovette subire la fondazione della colonia romana di Luni, che le costò la perdita di parte del territorio settentrionale e soprattutto il primato come centro marittimo dell'estremo Tirreno settentrionale⁴.

Come abbiamo accennato, il processo di romanizzazione di Pisa si concluse però formalmente con la fine della guerra sociale (90-88 a.C.) quando la città, diventando *municipium*, acquisì la piena cittadinanza (Festo, 155 L) e fu iscritta alla tribù *Galeria*⁵. Significativi interventi di riorganizzazione urbanistica e territoriale furono realizzati in età triumvirale o augustea, tra il 42 e il 27 a.C.⁶, a seguito della deduzione della *Colonia Opsequens Iulia Pisana*. Fra questi vi fu un esteso programma di centuriazione, accompagnato dallo sviluppo di numerosi impianti agricoli (*villae*) che si sostituirono o si sovrapposero alle strutture rurali preesistenti⁷.

Un articolato sistema portuale, che sarebbe rimasto attivo fino all'età tardoantica, garantì alla città l'apertura a mercati di scala mediterranea, prefigurando in qualche modo la vocazione marinara che avrebbe contraddistinto la Pisa medievale⁸. Numerosi scali, più o meno strutturati, si disloca-

² Sintesi in PASQUINUCCI 1993; CORRETTI 1994; PASQUINUCCI 1995; BRUNI 1998; PASQUINUCCI 2003a; PASQUINUCCI 2003b; SEGGENI 2003; PARIBENI 2011a.

³ COARELLI 1985-87; CECCARELLI LEMUT, PASQUINUCCI 1991; FABIANI 2006.

⁴ Sulla disputa con Luni per le questioni di confine, FABIANI 2006.

⁵ Sulla tribù *Galeria*, FABIANI 2007.

⁶ Sulla datazione GABBA 1977, p. 85; CIAMPOLTRINI 1981; PASQUINUCCI 1995; FOLCANDO 1996; SANGRISO 1999; GIUA 2004.

⁷ FRACCARO 1939; CIAMPOLTRINI 1981; PASQUINUCCI 1995; PASQUINUCCI 2003a.

⁸ CIAMPOLTRINI 1991; BRUNI 2003b, PASQUINUCCI 2003b; CAMILLI, GAMBONI 2004; PASQUINUCCI 2007.

vano infatti nell'ampio golfo esteso dal promontorio della Gronda dei Lupi a sud, presso Livorno, fin oltre il lago di Massaciuccoli a nord, dove sfociavano i rami del delta dell'Arno, ricordati dalle fonti (Strabone, 5.2.5), e quelli del bacino idrografico del Serchio (*Auser*). All'estremità meridionale del golfo si localizzava il porto vero e proprio, noto in età imperiale come *Portus Pisanus* (*Itinerarium Maritimum* 501; Rutilio Namaziano, 1, 527-540; 2, 11-12)⁹; due scali fluviali si trovavano rispettivamente a San Piero a Grado, alla foce di un ramo dell'Arno (il *Pisis fluvius* dell'*Itinerarium Maritimum*)¹⁰, e a Isola di Migliarino, presso la foce di uno dei rami più settentrionali del Serchio, l'*Auserculus*¹¹; altri approdi minori, infine, sono ipotizzabili lungo i numerosi bracci fluviali e canali artificiali che dal mare solcavano la pianura fino alle soglie della città e oltre.

Le vie d'acqua erano perfettamente integrate con la viabilità terrestre che innervava il territorio, facendo della città lo snodo di una complessa rete di collegamenti: all'*Aurelia* costiera, che fin dalla seconda metà del III secolo a.C. arrivava da Roma, passando per il *Portus Pisanus* e lo scalo di San Piero a Grado, si affiancò alla fine del II secolo a.C. una nuova direttrice sud-nord, che seguiva un percorso più interno, la via *Aemilia Scauri*; entrambe le vie proseguivano, a nord di Pisa, in direzione di Luni. Una strada diretta a Lucca aggirava il Monte Pisano attraverso la stretta di Ripafratta, mentre una via sulla riva sinistra dell'Arno collegava Pisa con il Valdarno inferiore e l'area fiorentina¹².

Tra la tarda età repubblicana e l'età imperiale, il motore dell'economia locale fu costituito da numerose attività agricole e manifatturiere, legate allo sfruttamento delle cospicue risorse naturali del territorio pisano e alla possibilità di un'agevole commercializzazione dei prodotti, sia lungo

le principali rotte del Mediterraneo occidentale, sia verso l'interno della penisola. Fra queste sono ampiamente attestate dalle fonti la cantieristica navale e quella edile, alimentate dal legname che giungeva in città per fluitazione sui corsi d'acqua (Strabone, 5.2.5; *CIL*, XI, 1436; Claudiano, *Guerra contro Gildone*, 483), le attività estrattive di calcare dal Monte Pisano (Strabone, 5.2.5), le manifatture ceramiche nel suburbio e nelle campagne¹³ e le produzioni agricole, tra cui erano particolarmente rinomate quelle del grano (Plinio, *N.H.*, 18.86-87; 109) e del vino (*uva Pariana*: Plinio, *N.H.*, 14.39).

F.F.

10.3 Città e ambiente naturale

Se è vero che in ogni epoca l'uomo ha condizionato l'ambiente naturale nel quale si è trovato a vivere, in età romana l'impatto della sua presenza sull'instabile equilibrio della pianura pisana fu particolarmente marcato - basti pensare alla gigantesca opera di sistemazione delle campagne, operata con la centuriazione - e tale da lasciare tracce evidenti non solo nelle stratificazioni a prevalente carattere antropico ma anche nel *record* sedimentologico e geomorfologico, determinando l'evoluzione parallela degli elementi insediativi, dei corpi deposizionali e dell'idrografia del territorio (cfr. § 2.).

A caratterizzare l'età romana rispetto alle epoche precedenti fu un forte cambiamento dell'assetto idrografico della pianura, manifestatosi nel tempo sotto la spinta concomitante di fattori naturali e antropici, che verosimilmente agirono nella stessa direzione. La naturale progradazione della piana costiera, ovvero la sua tendenza ad avanzare verso il mare allontanando progressivamente la linea di costa, e l'impatto delle attività umane sulla rete idrografica, volte alla regimazione delle

⁹ DUCCI *et alii* 2005.

¹⁰ BRUNI 2001a; BRUNI 2003d.

¹¹ PASQUINUCCI, MENCHELLI 1999; PASQUINUCCI 2003b.

¹² CECCARELLI LEMUT, PASQUINUCCI 1991.

¹³ MENCHELLI 1995; MENCHELLI 2003.

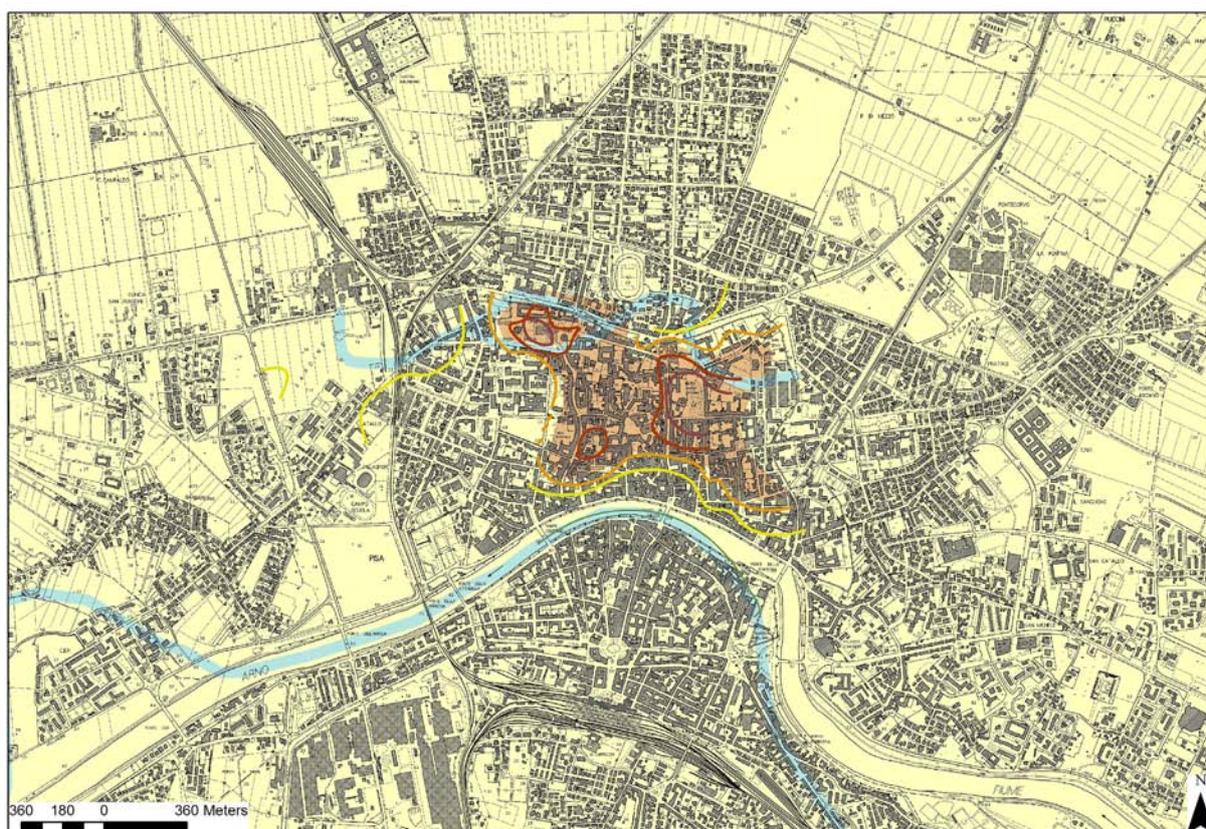


Fig. 10.1 Paleogeografia dell'area urbana ed extraurbana di Pisa nel periodo romano (cfr. § 2.). In azzurro i corsi d'acqua (non necessariamente attivi contemporaneamente); in marrone gli alti morfologici; in giallo la pianura alluvionale prevalentemente drenata. Linee paleoisipse con equidistanza di un metro (quota max+2,5, quota min+ 0,5m slm attuale); per evidenziare ulteriormente l'alto morfologico di piazza del Duomo è stata introdotta la paleoisipsa corrispondente alla quota +3 m slm attuale)

acque, svolsero infatti un ruolo determinante nel passaggio da condizioni di pianura non drenata e quindi soggetta a impaludarsi (che ancora in età etrusca aveva caratterizzato ampie porzioni di territorio), a quelle di pianura prevalentemente drenata, anche se soggetta a fenomeni alluvionali: se infatti alcuni carotaggi hanno rivelato *facies* di rotta di canale – testimoniate da sedimenti più grossolani, per il cui trasporto fu necessaria una forza trascinante qual è quella di un'esondazione – nel complesso le tracce di palude risultano estremamente ridotte. Il dato è confermato anche dalle informazioni desunte dalle analisi paleovegetazionali dei campioni prelevati con i carotaggi, effettuate proprio allo scopo di caratterizzare

il paesaggio attraverso la presenza e le variazioni di frequenza delle diverse specie vegetali. Ad esempio nel carotaggio MAPPA 4, effettuato nell'area di Cisanello¹⁴, è significativa a questo proposito la progressiva diminuzione, negli strati riferibili all'età romana, delle piante idro-igrofile, tipiche di ambienti acquatici o palustri, che per converso tornano lentamente ad aumentare negli strati tardoantichi e altomedievali, quando l'abbandono delle pratiche di regimazione delle acque determinò il ritorno di zone di palude. Al calare delle piante palustri, fa riscontro d'altra parte la presenza di specie vegetali d'interesse agrario, quali la vite (*vitis*) e l'olivo (*olea*), anche se per la verità i campioni prelevati non consen-

¹⁴ AMOROSI *et alii* 2012a.

tono di stabilire se si tratti di piante selvatiche o domestiche. Anche gli indicatori di coltivazioni cerealicole – avena, grano e orzo (*avena*, *triticum t.*, *hordeum t.*) – appaiono più frequenti in età romana, per poi ridursi durante la tarda Antichità e il Medioevo¹⁵.

L'integrazione delle evidenze paleotopografiche desumibili dall'analisi geologica e geomorfologica con quelle ricavate dalle indagini archeologiche nel territorio urbano e suburbano – e archiviate nell'imponente *dataset* realizzato nell'ambito del progetto MAPPA – ha permesso di ricostruire, anche se per un'area limitata, la paleotopografia della città e di parte del suo suburbio. Un'interpolazione delle quote delle superfici di età romana ha consentito di creare un modello digitale del terreno (fig. 10.1) in cui è evidente, nella zona tra il corso dell'Arno a sud e quello dell'*Auser* a nord, la presenza di un alto morfologico abbastanza esteso, che si attesta alle quote più elevate – intorno ai 3 m sull'attuale livello del mare¹⁶ – nella zona di piazza del Duomo, per poi decrescere in modo sensibile verso ovest.

Assai più problematico, invece, è ricostruire in dettaglio la rete idrografica attiva in questo periodo. I fiumi Arno e *Auser* scorrevano entrambi da est verso ovest, rispettivamente a sud e a nord della città. Il loro percorso è stato identificato attraverso il telerilevamento e una campagna di carotaggi e tomografie elettriche, che in qualche caso hanno confermato, in altri hanno smentito o modificato le ipotesi avanzate finora. L'Arno seguiva un percorso non dissimile da quello attuale, anche se nel tratto orientale della brusca ansa, quasi ad angolo retto, con cui tutt'oggi entra in città, scorreva un po' più a sud. Tale percorso, oltre a essere documentato dalle foto aeree, è confermato dall'esistenza di due toponimi medievali, attestati entrambi

nel quartiere di San Martino, sull'attuale sponda sinistra del fiume. Il primo è un toponimo di origine longobarda, *Chinzica*, nel suo presumibile significato di "tratto di letto fluviale abbandonato"¹⁷. Il secondo, *Guassolongo* (o *Guatho Longo*), è attestato per la prima volta nell'XI secolo e indicherebbe non tanto un guado del fiume, quanto piuttosto una lunga striscia di terreno acquitrinoso, creata evidentemente in seguito allo spostamento del corso fluviale¹⁸. A ovest della città, nell'area di Barbaricina, il fiume descriveva un'ampia ansa, che oggi non esiste più, per poi dirigersi verso il mare. Più difficile appare identificare i rami con cui l'*Auser* lambiva la città. In rapporto alla topografia attuale, possiamo riconoscere a nord-est della città una prima ansa, che lasciava sulla destra idrografica il quartiere di San Zeno. A questa seguiva una seconda ampia ansa, che toccava a nord l'area dell'arena Garibaldi, orientando nuovamente verso sud il corso del fiume. Di qui in avanti è possibile riconoscere più rami dell'*Auser*, non necessariamente tutti attivi nello stesso momento. Già da epoca etrusco-ellenistica, (cfr. § 4.2.2) due di questi fiancheggiavano la zona di piazza del Duomo, rispettivamente a nord e a sud, per poi riunificarsi e proseguire con un unico percorso verso l'area della stazione di San Rossore, dove sono stati rinvenuti i relitti delle navi romane, e di qui verso il mare.

Purtroppo rimane ancora senza una risposta certa quello che è il quesito chiave nello studio dell'idrografia di Pisa in età romana, e cioè l'individuazione di quel ramo dell'*Auser* che confluiva in Arno e che è descritto dalle fonti almeno fino ad epoca tardoantica (Strabone, 5.2.5; Plinio, *N.H.* 3.5.50; *Scolio* a Tolomeo, 3.1.4; Rutilio Namaziano, 1.566). Le indagini geofisiche e i carotaggi effettuati nell'ambito del progetto

¹⁵ ALLEVATO *et alii* 2013.

¹⁶ Tale quota non corrisponde alla quota antica, che doveva essere un po' più alta: i fenomeni di subsidenza, tipici delle aree di pianura alluvionale, hanno infatti determinato nei secoli un abbassamento generale del terreno.

¹⁷ ARCAMONE 1978.

¹⁸ GARZELLA 2006: 16.

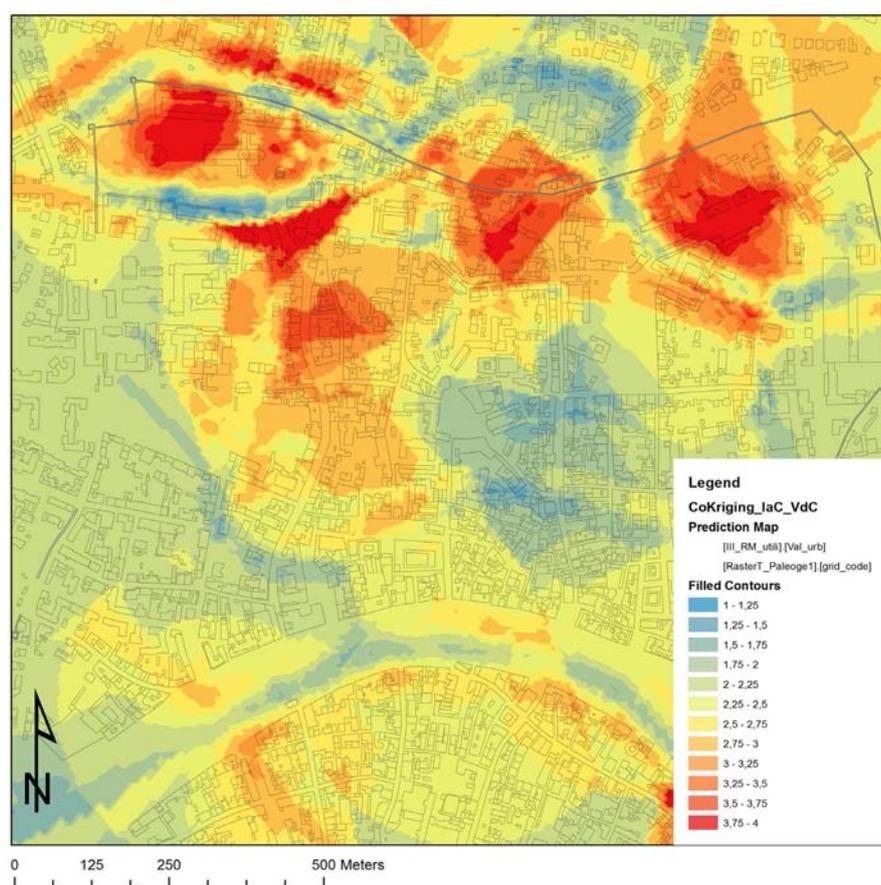


Fig. 10.2 Co-kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in rapporto ai dati paleogeografici in età romana (I secolo a.C.-V secolo d.C.); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estendesse il tessuto urbano e periurbano della città

MAPPA – purtroppo limitati per via dell'intensa urbanizzazione della zona interessata – non hanno confermato le ipotesi formulate in anni recenti sulla base della fotointerpretazione, secondo le quali quel tratto di fiume sarebbe da collocare nell'area centrale dell'attuale orto botanico¹⁹. Labili indizi di *facies* di argine compatibili con l'età romana, che sono emersi in un carotaggio effettuato nel cortile di palazzo Boileau, a est dell'orto botanico²⁰, fanno pensare in effetti all'esistenza di un tracciato fluviale nel-

le vicinanze. Tuttavia la natura puntiforme del rinvenimento non consente di stabilire se quel corso d'acqua sia da localizzare a ovest, e quindi non lontano da quello che era stato ipotizzato nell'orto botanico, oppure a est, nella zona di via Santa Maria dove, dalla seconda metà del X secolo, è attestata la presenza di una 'carbonaria', ovvero di un fossato che avrebbe fiancheggiato il lato orientale delle mura di età tardoantica (cfr. § 10.4.1)²¹. Non si può escludere infatti che questo fossato coincida con la *Fossa Flumine* ricordata

¹⁹ BRUNI, COSCI 2003.

²⁰ SCIUTO C. 2013, *Scheda di intervento n. 947*, in MappaGIS, http://mappaproject.arch.unipi.it/?page_id=452. Per comodità, d'ora innanzi le schede di intervento nel MappaGIS saranno indicate solo con il nome dell'autore e il numero d'intervento.

²¹ GARZELLA 1990: 45-53.

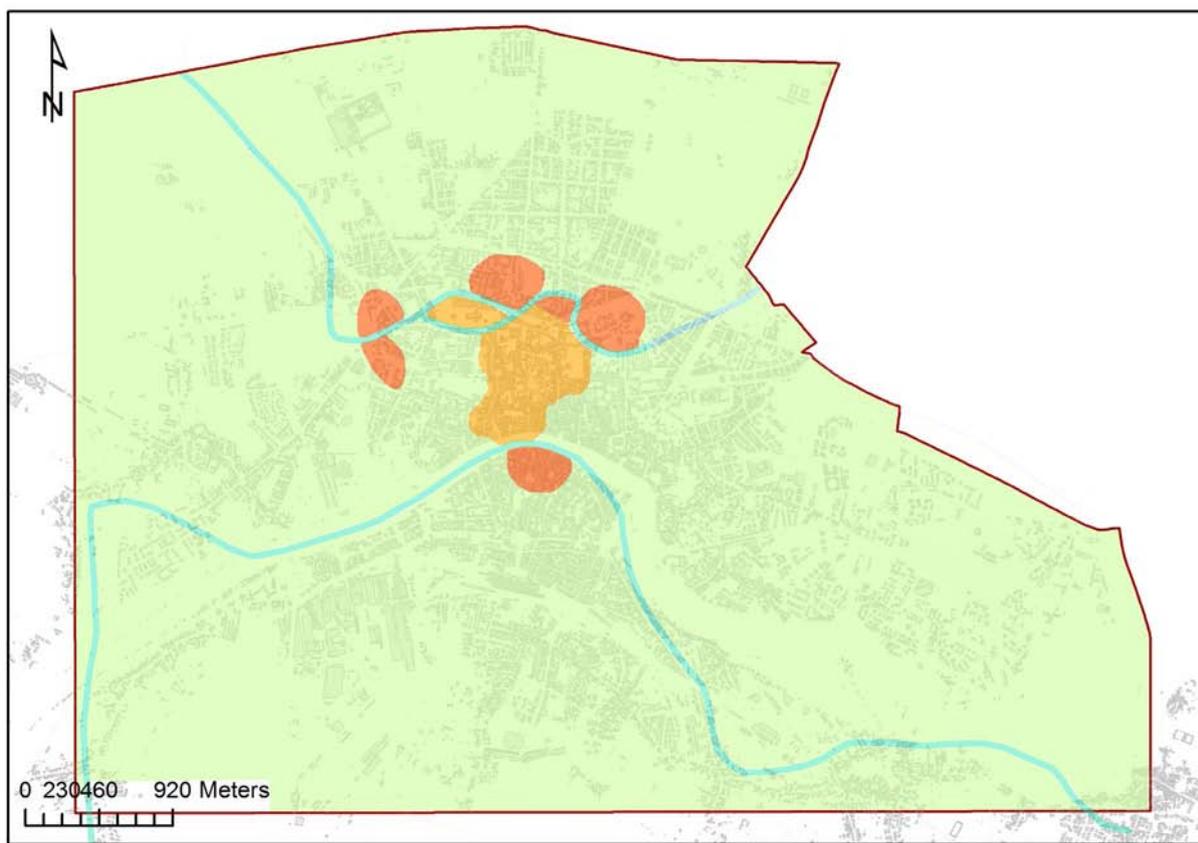


Fig. 10.3 Le aree funzionali di Pisa in età romana: area urbana (in arancione chiaro), area suburbana (in arancione scuro), campagna (in verde)

nei documenti di XI e XII secolo e che costituisca proprio il relitto dell'antico ramo dell'*Auser* confluyente in Arno²².

All'interno di questo quadro geomorfologico si organizzò la città di età romana, riprendendo sostanzialmente le linee di sviluppo già delineate in epoca ellenistica (cfr. § 4.2.2). Utilizzando strumenti di analisi geostatistica quali il *kriging* e il *co-kriging* (cfr. § 4.1.1), si sono individuate le aree di probabile edificazione urbana e suburbana, differenziandole da quelle propriamente rurali (fig. 10.2).

Partendo dall'idea che l'antico centro urbano fosse circondato – come di norma avveniva nell'antichità e avviene tuttora – da una fascia suburbana e, ancora più all'esterno, dalla campagna coltivata,

si è definita l'appartenenza (o, al contrario, la non appartenenza) di ogni rinvenimento a una o più di queste tre zone: urbe, suburbio e campagna. Successivamente i dati emersi dall'analisi delle relazioni esistenti tra i rinvenimenti, in rapporto alla loro pertinenza all'ambito propriamente urbano, a quello suburbano o rurale, sono stati interpolati con il modello matematico messo a punto nel progetto MAPPA (cfr. § 4.1.2). Frutto di questo lavoro è stata l'individuazione degli areali di sviluppo – le cosiddette "aree funzionali" – delle tre realtà insediative corrispondenti all'urbe, al suburbio e alla campagna, che poi altro non sono se non il modello predittivo dello sviluppo urbano di Pisa durante l'età romana e tardoantica (fig. 10.3).

²²GATTIGLIA 2011: 41-42; GATTIGLIA 2013.



Fig. 10.4 Area suburbana di San Zeno delimitata dall'antica ansa dell'*Auser*: zona produttiva (in rosa) e planimetria ricostruttiva dell'ipotetico anfiteatro (in verde; in nero le strutture messe in luce nel 1908)

In qualche caso, la tipologia dei rinvenimenti, la frequenza delle attestazioni e le loro associazioni consentono anche di individuare specifiche destinazioni funzionali di settori più limitati all'interno delle "aree funzionali": ad esempio, un quartiere a vocazione residenziale o pubblica nel centro urbano, oppure una zona cimiteriale o produttiva nel suburbio (fig. 10.4).

In prospettiva diacronica, è inoltre possibile apprezzare talvolta il variare tipologico e spaziale delle diverse aree funzionali, cogliendone i mutamenti nella destinazione d'uso prevalente, le espansioni o, al contrario, le contrazioni conseguenti dapprima agli interventi che dovettero accompagnare la municipalizzazione²³, poi il rimodellamento della forma urbana e del territorio seguito alla deduzione coloniale e, infine, le tra-

sformazioni economiche e sociali che caratterizzarono la storia di Pisa dall'età imperiale a quella tardoantica.

Certo, si tratta ancora di ipotesi, ma ciò che oggi possiamo affermare con sufficienti margini di sicurezza è che la Pisa di età romana era una città che gravitava prevalentemente verso il suo fiume settentrionale, l'*Auser*, e non verso l'Arno e che proprio fra la tarda Antichità e l'alto Medioevo si possono ravvisare i primi segnali di quella progressiva inversione di tendenza che un po' alla volta porterà la città a ruotare su se stessa di 180°, abbandonando l'*Auser* (destinato addirittura a scomparire dall'orizzonte urbano) per affacciarsi sulla sponda dell'Arno e poi scavalcarlo, fino a raggiungere la configurazione topografica che ha tutt'oggi.

M.L.G.

²³ Sull'urbanizzazione dei centri italici tra II e I secolo a.C., GABBA 1972; GABBA 1976.

10.4 Città, suburbio e campagna

10.4.1 L'area urbana

I rinvenimenti archeologici mostrano chiaramente che la città si sviluppò nelle aree topograficamente più rilevate, corrispondenti al cuore dell'attuale centro storico, a nord dell'Arno, e in particolare nella fascia prossima al corso dell'*Auser*. L'area dell'attuale piazza del Duomo, che in epoca romana costituiva il rilievo più accentuato (cfr. § 10.3; fig. 10.1) ed era intensamente edificata, era addirittura delimitata, a nord e a sud, da due rami dell'*Auser*, che però allo stato attuale delle conoscenze non sappiamo se furono attivi in tempi diversi oppure contemporaneamente, facendo di quella zona, almeno per un certo tempo, un'isola fluviale.

Il confronto fra le analisi spaziali (*kernel density estimation e co-kriging*) e il modello matematico mostra dunque chiaramente che in età romana Pisa continuò a svilupparsi secondo le direttrici già delineate nella precedente età ellenistica. La città si distribuì infatti in maniera compatta prevalentemente lungo il corso dell'*Auser*, concentrandosi tra piazza del Duomo e l'area delle terme di Nerone a nord e spingendosi a sud nell'area compresa tra via Santa Maria e l'asse via Oberdan-Borgo Stretto, fino a toccare, sia pure in modo più rarefatto, aree periferiche tra piazza Dante e piazza Cairolì, fino alla sponda dell'Arno.

Per la definizione dello spazio urbano, non appare significativa l'indicazione fornita dal toponimo

medievale *Civitate Vetera*, localizzato nel quadrante nord-orientale della città moderna²⁴: la sua collocazione relativamente marginale, rispetto al grosso dei rinvenimenti romani di carattere urbano, fa pensare infatti che il toponimo facesse riferimento non tanto al vero e proprio centro della città antica, quanto piuttosto a un'area che, con la contrazione dell'abitato verificatasi tra età tardoantica e alto-medievale, rimase marginale e disabitata, anche per l'estendersi delle aree acquitrinose, e dove i ruderi emergenti potevano appartenere, oltre che a edifici urbani, anche a complessi dell'immediato suburbio, ugualmente percepiti come parte della città antica²⁵.

Definire l'estensione dell'abitato vero e proprio è un problema tuttora irrisolto: del resto, stabilire dove una città finisce e comincia il suburbio è questione complessa e sfuggente al tempo stesso, poiché per sua natura la struttura urbana è mobile e mutevole, potendo ampliarsi o restringersi nel tempo per riflesso di cambiamenti politici, economici e sociali²⁶. Independentemente dall'esistenza o meno di una cinta muraria d'epoca ellenistica e romana, che è questione controversa anche per la mancanza d'informazioni archeologiche puntuali²⁷, nella massima espansione di Pisa romana devono in ogni caso essere inclusi anche i *continentia aedificia*, vale a dire tutto quel complesso di strade, edifici pubblici e privati che, con una densità tipicamente urbana, di norma si sviluppavano nel tempo oltre i limiti originari delle città²⁸. Tenen-

²⁴ GARZELLA 1990: 3-4.

²⁵ GATTIGLIA 2011: 63-65. A Bologna tra V e VII secolo d.C. le mura racchiudono i principali monumenti della città antica, lasciando all'esterno quartieri costellati di rovine che ancora nell'XI secolo d.C. sono definiti *civica antiqua desrupta* (BROGIOLO 2011: 103).

²⁶ PANCIERA 1999.

²⁷ A Pisa non sono al momento state individuate tracce di mura d'epoca romana. Sulla loro presenza, ritenuta determinante in occasione dell'assedio ligure del 193 a.C., PASQUINUCCI 2003a: 81. Per l'ipotesi di una cinta tardo-etrusca ancora in uso in età romana, almeno lungo il limite nord della città, MAGGIANI 1986. Non si può escludere tuttavia che l'articolata idrografia che circondava la città potesse rappresentare di per sé una difesa sufficiente e che pertanto si fosse fatto ricorso solo a strutture difensive discontinue e in materiali non durevoli, come l'aggre: BRUNI 1998: 228-232.

²⁸ La codificazione dei *continentia aedificia* emerge in ambito giuridico già nel corso del I secolo a.C. per definire l'area urbana di Roma, ormai espansa ben oltre le mura serviane, al fine di stabilire il campo di applicazione di alcune leggi (GOODMAN 2007: 13-18).

do conto di ciò, possiamo dunque far coincidere l'area urbana di Pisa con quella della massima espansione raggiunta dalla città tra I e II secolo d.C., quando l'economia locale raggiunse l'apice del suo sviluppo (fig. 10.3). Si tratta di un'area dai limiti irregolari e sfrangiati, che va a inserirsi all'interno di quel *conum Pyramidis* alla confluenza fra *Auser* e Arno, evocato in età tardoantica da Rutilio Namaziano (1.567).

All'età tardoantica possiamo probabilmente far risalire una cinta muraria ampiamente ricordata nella documentazione medievale²⁹, alla quale sono stati attribuiti, ma senza basi sicure, tratti di muri rinvenuti in più occasioni³⁰. Il fatto che Rutilio non ne faccia menzione potrebbe indicare che la cinta fu realizzata in un momento immediatamente posteriore alla visita a Pisa che il poeta effettuò intorno al 415 d.C., ma forse ancora nell'ambito del V secolo d.C.³¹. Le mura delimitavano un'area a pianta quadrangolare allungata in senso nord-sud: il lato meridionale assecondava la curva dell'Arno; quello ovest seguiva forse il percorso tortuoso del ramo dell'*Auser* che si gettava in Arno, di cui non siamo ancora in grado di definire con precisione il tracciato, ma che potrebbe essere localizzato nei pressi di via Santa Maria, dove si ha notizia dell'esistenza di fossati medievali (cfr. § 10.3); quello nord, più problematico, correva presumibilmente all'altezza dell'attuale via Cardinale Maffi; quello est, infine, seguiva il tracciato di Borgo Stretto e di via Santa Apollonia³². Le mura tardoantiche, che segnavano il variare dei poli di aggregazione e l'emergere di esigenze difensive tipiche dell'epoca³³, sancivano anche la contrazione dell'abitato con l'esclusione dell'area di piazza del Duomo, dove

tra V e VI secolo d.C. si andò strutturando l'area episcopale³⁴, e di quella orientale dove, come abbiamo visto, si imporrà il toponimo medievale di *Civitate Vetera*.

Se antiche aree urbane divenivano ora periferiche, al contrario zone un tempo periferiche venivano ora incluse nel circuito murario, come l'area prossima all'Arno dove evidentemente, nel corso dell'età imperiale e tardoantica, si era andato estendendo l'insediamento. È da questo periodo dunque che la città – prima prevalentemente gravitante sull'*Auser* – appare ancorarsi sempre più saldamente all'Arno, in un rapporto che si farà via via più forte nel corso del Medioevo.

Assai problematica risulta l'organizzazione interna dell'abitato nel corso della tarda età repubblicana, dell'età imperiale e tardoantica. L'eredità secolare della città etrusca e la morfologia del suolo devono aver costituito forti motivi di condizionamento per lo sviluppo urbanistico: in particolare, l'articolata e instabile idrografia deve aver imposto fin da epoca etrusca una forma di abitato "a maglie larghe", con zone costruite, alternate ad aree libere e forse coltivate, come sembrano attestare alcuni rinvenimenti, ad esempio nell'area del Polo universitario Carmignani, a ridosso di piazza dei Cavalieri³⁵.

Importanti informazioni su alcuni edifici pubblici e monumentali della Pisa di età augustea sono fornite da due documenti epigrafici, i *decreta pisana*³⁶, che furono approvati rispettivamente nel 2 e nel 4 d.C. dall'ordine dei decurioni della colonia, il "senato" locale. In essi sono contenute le disposizioni circa le onoranze funebri per Lucio e Gaio Cesari, i nipoti di Augusto, da lui adottati come figli e morti

²⁹ GARZELLA 1990: 27-58.

³⁰ LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento nn. 68, 268*; GATTIGLIA 2011: 66, nota 21.

³¹ Sulla cronologia tardoantica e non altomedievale delle mura pisane, GATTIGLIA 2011: 66-68.

³² Sulla complessa problematica delle mura tardoantiche, sulle porte che vi si aprivano e sulla loro permanenza in età medievale, GATTIGLIA 2011: 66-68; GATTIGLIA 2013.

³³ BROGIOLO 2011: 89-99.

³⁴ ALBERTI 2011a.

³⁵ TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n.16* e LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 17*, in MappaGIS.

³⁶ CIL, XI. 1420, 1421; *Inscr. It.*, VII 1, *Pisae*, 6, 7; SEGENNI 2011.

ancora giovani. Il primo decreto fu redatto all'interno dell'*Augusteum*³⁷ (il luogo del culto imperiale), affacciato sul foro, e prescrive l'individuazione di due aree in proprietà privata in cui innalzare un altare e un cippo commemorativo corredato da varie iscrizioni, compresa quella contenente il decreto stesso. Il secondo documento è più ricco d'informazioni poiché, in riferimento alle manifestazioni per la celebrazione del lutto, menziona templi, bagni pubblici, botteghe e edifici per spettacoli teatrali e circensi, per poi decretare la costruzione, nel luogo più frequentato della colonia, di un arco commemorativo delle imprese militari di Lucio e Gaio. Nessuno degli edifici ricordati nei due decreti ci è pervenuto: è ignota la localizzazione del foro³⁸, che pure all'inizio del V secolo d.C. aveva ancora dignità monumentale, come ricorda Rutilio Namaziano (1.575 sgg.), che vi si recò per rendere omaggio alla statua del padre, *consularis* di Tuscia e Umbria; non si conoscono edifici di culto³⁹, né isolati di abitazione con botteghe, né bagni riferibili all'età augustea (il complesso noto come "Bagno di Nerone" risale infatti alla seconda metà del I secolo d.C.); quanto agli edifici per spettacolo, l'identificazione del teatro pone – come vedremo – non pochi problemi, mentre è verosimile che il circo consistesse in un'area extraurbana, attrezzata con apprestamenti temporanei per le corse dei cavalli⁴⁰. Se tutto ciò manca all'appello, vediamo invece quali sono i resti che sono giunti fino a noi e

che cosa suggeriscono in merito alla destinazione funzionale di alcune parti della città.

10.4.1.1 La rete viaria

Per delineare la forma di una città è di fondamentale importanza individuarne innanzitutto i principali assi viari. Purtroppo della Pisa romana è sostanzialmente ignota la rete delle strade e privi di fondamento si sono rivelati i tentativi di leggerne la trama attraverso la maglia stradale della città medievale⁴¹. In ogni caso, le pur lievi divergenze rilevate nell'orientamento degli edifici indagati suggeriscono che la viabilità a essi correlata fosse condizionata dalla topografia del territorio oltre che dalle preesistenze etrusche, piuttosto che corrispondere a un impianto regolare preordinato⁴². Brevi tratti di strade sono stati rinvenuti nella zona di piazza del Duomo. Il principale di essi è un segmento viario tornato in luce nella porzione nord-orientale dell'area⁴³: caratterizzato da fasi di II-I secolo a.C. (e forse anche più antiche), sulle quali s'impone un piano stradale di età augustea, presenta un tracciato che in un secondo momento appare leggermente deviato, forse per adeguarlo all'orientamento delle non lontane terme di Nerone, verso le quali la via presumibilmente conduceva. È verosimile che questo segmento fosse parte di un'importante arteria urbana est-ovest, alla quale possiamo attribuire anche un tratto di strada individuato nel XIX secolo lungo via cardinale Maffi⁴⁴ e

³⁷ Sull'Augustalità a Pisa e nelle città dell'Etruria settentrionale, FABIANI 2002.

³⁸ L'idea che il foro potesse trovarsi nell'area di piazza dei Cavalieri, diffusa dagli eruditi del XVIII secolo sulla base delle cosiddette piante del Gentilesimo e di Bonanno, ma priva di alcun riscontro oggettivo, ha continuato fino al secolo scorso a trovare seguaci, fuorviati dalla topografia della città medievale. Secondo altre ipotesi, il foro sarebbe da localizzare in piazza dell'Arcivescovado, ma questa ricostruzione non ha trovato conferma nelle trincee scavate nel 1995 per la posa delle tubazioni del gas (SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 948*, in MappaGIS; PASQUINUCCI 1993: 95-96; BRUNI 2000: 8-9; BRUNI 2001b).

³⁹ Un tempio di età classica, restaurato ancora all'inizio del II secolo a.C., è stato ipotizzato presso le rive dell'Arno sulla base di materiali residui dallo scavo di piazza Dante: BRUNI 1998: 225, 240-241; PARIBENI 2011a: 78 e nota 52.

⁴⁰ Com'è noto, strutture stabili di questo genere risultano abbastanza rare in Italia e le pur numerose menzioni delle fonti letterarie non hanno avuto riscontri materiali sul terreno (GROS 2001: 391-392).

⁴¹ PASQUINUCCI 1993; BRUNI 2000: 8-9.

⁴² PASQUINUCCI 1995.

⁴³ TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 336*, in MappaGIS.

⁴⁴ TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 275*, in MappaGIS.

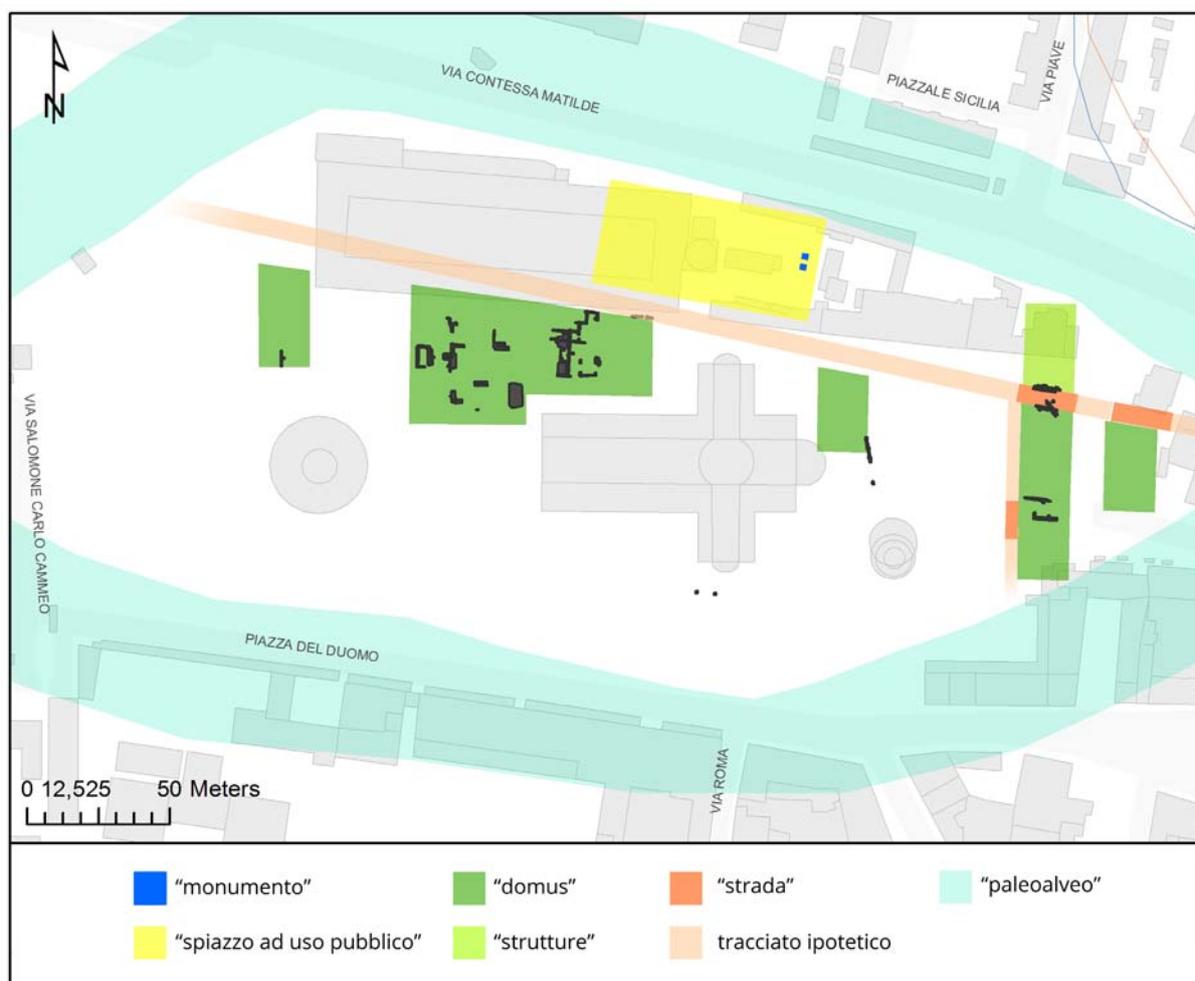


Fig. 10.5 L'area di piazza del Duomo, con ipotesi di ricostruzione della rete viaria, degli edifici residenziali e di un'area ad uso pubblico

un tracciato viario che Piero Sanpaolesi ha ipotizzato sotto il muro meridionale del Camposanto monumentale, sulla base dell'orientamento dei muri e di una soglia degli edifici rinvenuti in quell'area⁴⁵. A questo asse est-ovest è possibile che se ne raccordasse uno nord-sud, suggerito dalla grande cloaca individuata a est della torre pendente⁴⁶. Più incerta rimane la notizia di un selciato rinvenuto nel 1838 ai piedi della stessa torre⁴⁷, sull'interpretazione

del quale non tutti concordano: Stefano Bruni, ad esempio, ritenendo che possa trattarsi dello stesso selciato da lui rinvenuto in quella zona, lo interpreta come platea di un edificio che egli ritiene di culto e attribuisce all'età etrusca⁴⁸. A sud di piazza del Duomo, nei pressi di via Roma, si colloca infine la notizia del rinvenimento di un altro tratto di strada, di cui però non è possibile definire l'orientamento e neppure la cronologia⁴⁹ (fig. 10.5).

⁴⁵ TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 556*, in MappaGIS.

⁴⁶ TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 34*, in MappaGIS.

⁴⁷ TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 33*, in MappaGIS.

⁴⁸ BRUNI 2011: 39-40.

⁴⁹ ANICHINI F. 2012, *Scheda di intervento n. 311*, in MappaGIS.

10.4.1.2 Lo spazio pubblico

Nell'area di piazza del Duomo, a est del Camposanto Monumentale, due strutture murarie di dimensioni rilevanti sono state interpretate come nuclei di due grandi basi, rivestite in origine con lastre di marmo o di altri materiali lapidei, che probabilmente erano destinate all'alloggiamento di statue onorarie⁵⁰. Una tale funzione sembra indicare la presenza in quest'area di uno spazio pubblico, che verrebbe a trovarsi tra due assi di grande rilevanza urbana, entrambi caratterizzati da un analogo orientamento est-ovest: a sud, l'importante arteria stradale appena ricordata, che sembra separare questa zona da un quartiere propriamente residenziale⁵¹, e a nord il corso dell'*Auser*. La mancanza di qualunque informazione sulla dimensione e l'organizzazione planimetrica di quest'area rende purtroppo del tutto ipotetica una sua interpretazione come foro della città: allo stato attuale, l'unico elemento a favore di questa congettura è il fatto che l'ipotetico foro verrebbe a trovarsi, se non nel centro fisico della città, quanto meno in uno snodo vitale della Pisa romana, ma è veramente molto poco (fig. 10.5).

10.4.1.3 I quartieri residenziali

L'attuale piazza del Duomo si caratterizzò durante tutta l'età romana per una vocazione essenzialmente residenziale: i numerosi interventi archeologici, che fin dal XIX secolo si sono succeduti tutt'intorno alla cattedrale e ai monumenti che la circondano⁵², hanno infatti portato in luce

ampie porzioni di *domus* con fasi di vita comprese tra l'età repubblicana e l'età tardoantica⁵³.

Nel resto della città, invece, le tracce riconducibili con sicurezza ad abitazioni sono piuttosto scarse e discontinue: strutture riferite a *domus*, anch'esse con fasi dall'età tardo-repubblicana all'età tardoantica, sono state rinvenute poco più a est di piazza del Duomo, nel giardino dell'Arcivescovado⁵⁴, e a sud-est, in via Santa Apollonia, dove le strutture sono state datate dall'età augustea al II secolo d.C.⁵⁵. Si è supposto che avesse un carattere residenziale anche la zona gravitante intorno a piazza dei Cavalieri, in base al rinvenimento di alcune sculture ornamentali in via Ulisse Dini e in piazza Buonamici⁵⁶. Infine sono stati riferiti a una *domus* i resti di muri rinvenuti più a sud, in piazza Dante, e datati in età augustea⁵⁷: tuttavia la distanza di questi rinvenimenti dagli altri suggerisce che possa trattarsi di un contesto che, pur essendo ancora urbano, a quel tempo doveva essere piuttosto periferico rispetto al centro vero e proprio (fig. 10.6).

10.4.1.4 I bagni pubblici

Malgrado i *decreta pisana* facciano cenno alla presenza di bagni pubblici già in età augustea, finora non sono state rinvenute tracce di simili apprestamenti riconducibili a quell'epoca. Le prime attestazioni archeologiche di un edificio termale risalgono infatti alla seconda metà del I secolo d.C.: si tratta del complesso ubicato presso l'attuale Porta a Lucca, che una tradizione locale, basata sugli studi antiquari del XVI secolo, attribuisce a

⁵⁰ TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 374*, in MappaGIS.

⁵¹ PARODI 2011.

⁵² TARANTINO G. 2012, *Schede di intervento nn. 23, 27, 34, 275, 306, 336, 358, 866*; GATTIGLIA G. 2012, *Schede di intervento nn. 357, 363, 608*, in MappaGIS.

⁵³ PARIBENI 2011b.

⁵⁴ LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 308*, in MappaGIS; PASQUINUCCI, STORTI 1989.

⁵⁵ SCIUTO C. 2012, *Schede di intervento nn. 94, 95*, in MappaGIS; CORRETTI, VAGGIOLI 2003: 60-61.

⁵⁶ SCIUTO C. 2012, *Schede di intervento nn. 168, 931*, in MappaGIS; BRUNI 2000: 27-28; FAEDO 2000.

⁵⁷ GRASSINI F. 2012, *Scheda di intervento n. 325*, in MappaGIS.



Fig. 10.6 L'area del centro urbano con gli edifici residenziali (in verde) e il complesso termale presso l'attuale Porta a Lucca (in arancione)

Nerone⁵⁸. Le terme furono poi ampliate e ristrutturate nel corso del II secolo d.C. da *L. Venuleius Apronianus Octavius* (CIL, XI. 1433), esponente di una *gens* locale che in età imperiale svolse un ruolo di spicco nelle vicende economiche e edilizie della città e del suo territorio⁵⁹.

L'edificio sorgeva nel settore nord-orientale del centro urbano, in un'area prossima al corso dell'*Auser* (che scorreva poco più a est) e al punto d'arrivo in città dell'acquedotto (cfr. § 10.4.1.5). Nonostante fosse collegato ai quartieri residenziali di piazza del Duomo e piazza Arcivescovado dalla via est-ovest di cui abbiamo già parlato - e che, come abbiamo detto, proprio a questo scopo sem-

bra essere stata leggermente deviata - la posizione marginale del complesso suggerisce che esso fosse al servizio oltre che del centro, anche del suburbio nord-orientale della città.

10.4.1.5 L'approvvigionamento idrico

Alla fine del I secolo d.C. Pisa era rifornita dall'acqua proveniente dal Monte Pisano e condotta in città da un acquedotto, di cui si conservano otto arcate a nord della città, in località Caldaccoli (toponimo derivante da *calidae aquae*, con riferimento alle vicine sorgenti di acqua calda di San Giuliano Terme, tuttora esistenti). Poiché le arcate appaiono realizzate con la medesima tecnica edili-

⁵⁸ CAMPUS A. 2012, *Schede di intervento nn. 312, 313, 315, 316, 317, 318* e LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 404*, in MappaGIS. Forse anche TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 9*; LA ROSA L. 2012, *Schede di intervento nn. 276 e 403*; CAMPUS A. 2012, *Scheda di intervento n. 314*, in MappaGIS.

⁵⁹ PASQUINUCCI, MENCHELLI (a cura di) 1989; CIAMPOLTRINI 1993.

zia (*opus vittatum mixtum*) e con gli stessi materiali impiegati nelle cosiddette Terme di Nerone, anche l'acquedotto può essere riferito all'iniziativa dei *Venulei Aproniani*, a cui riconducono del resto anche alcuni mattoni bollati⁶⁰. È probabile che a garantire il rifornimento idrico del complesso termale vi fosse un ramo dell'acquedotto a esso dedicato, al quale sono stati attribuiti alcuni resti segnalati in passato nella fascia periferica a nord-est della città moderna, poco fuori di Porta a Lucca⁶¹. Non si può escludere che un secondo ramo si orientasse a est verso l'area compresa tra le chiese di San Matteo e di San Francesco. Qui i toponimi medievali [*suptus*] *muro vetere* e [*supra*] *castello*, proprio in virtù della loro associazione potrebbero infatti far riferimento alla presenza in questa zona dei ruderi di un ramo dell'acquedotto e del relativo *castellum aquae*. Se a questo ramo si riferiscono le strutture murarie rinvenute nel corso di scavi occasionali in via Santa Bibbiana, dietro il tribunale⁶², possiamo presumere che esso seguisse l'asse costituito dalle attuali vie Buonarroti, Di Simone e, appunto, Santa Bibbiana. Resta il problema di comprendere la funzione di un ramo dell'acquedotto in un'area che appare piuttosto periferica rispetto al centro abitato: non si può escludere che esso fosse rivolto al funzionamento di edifici di uso pubblico, che necessitavano di una grande quantità di acqua come, ad esempio, un altro complesso termale. L'ansa dell'Arno, che nel corso dell'Altomedioevo si è spostato a nord, e la costruzione dei muraglioni di contenimento del fiume e dei Lungarni, realizzati nella seconda metà del XIX secolo, hanno probabilmente cancellato le testimonianze di eventuali edifici che potevano svilupparsi nella zona sud-orientale della città antica o forse dell'immediato suburbio. Ad

oggi l'unico indizio è costituito da un pavimento in cocciopesto del notevole spessore di 60 cm circa, attribuibile a un edificio non meglio identificabile, ma in ogni caso di notevole imponenza, che fu realizzato nel corso dell'età imperiale: è stato rinvenuto nell'area di palazzo Scotto, che oggi si trova sulla riva sinistra dell'Arno, ma che in età romana, prima che il fiume si spostasse a nord, era sulla quella destra⁶³.

F.F.

10.4.2 Il suburbio

Come abbiamo accennato, nell'ambito di uno studio volto a individuare i confini della città e a indagare il rapporto di quest'ultima con il territorio circostante, si pone immediatamente il problema della definizione delle aree suburbane, ovvero di quelle aree che circondano da vicino il centro urbano e sfuggono a una netta definizione poiché variabili nel tempo e nello spazio⁶⁴. Si tratta di spazi intermedi di transizione graduale tra città e campagna, in cui coesistono differenti tipi di realtà antropiche e dove si generano tipologie architettoniche e modelli di produzione peculiari. Nella realtà eterogenea del suburbio di un qualunque centro urbano di età romana, in Italia come nelle province, s'intrecciavano strade e acquedotti, abitazioni extramurane e ville con parco, orti, giardini e proprietà fondiari legate alla produzione agricola, necropoli e santuari, attività artigianali e discariche.

La Pisa romana non fa eccezione: intorno all'area più fortemente urbanizzata si estendeva infatti una fascia di territorio che appare punteggiata da tutte le categorie di ritrovamenti tipici delle aree suburbane. Come mostrano le analisi *kernel* e *co-kriging* e il modello matematico, questi sembrano concentrarsi nell'area a nord dell'*Auser*, tra

⁶⁰ PASQUINUCCI 1990.

⁶¹ SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 392*, in MappaGIS.

⁶² LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 70*, in MappaGIS; GELICHI 1998: 81.

⁶³ GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 367*; GATTIGLIA 2006: 127.

⁶⁴ FABIANI C.S.

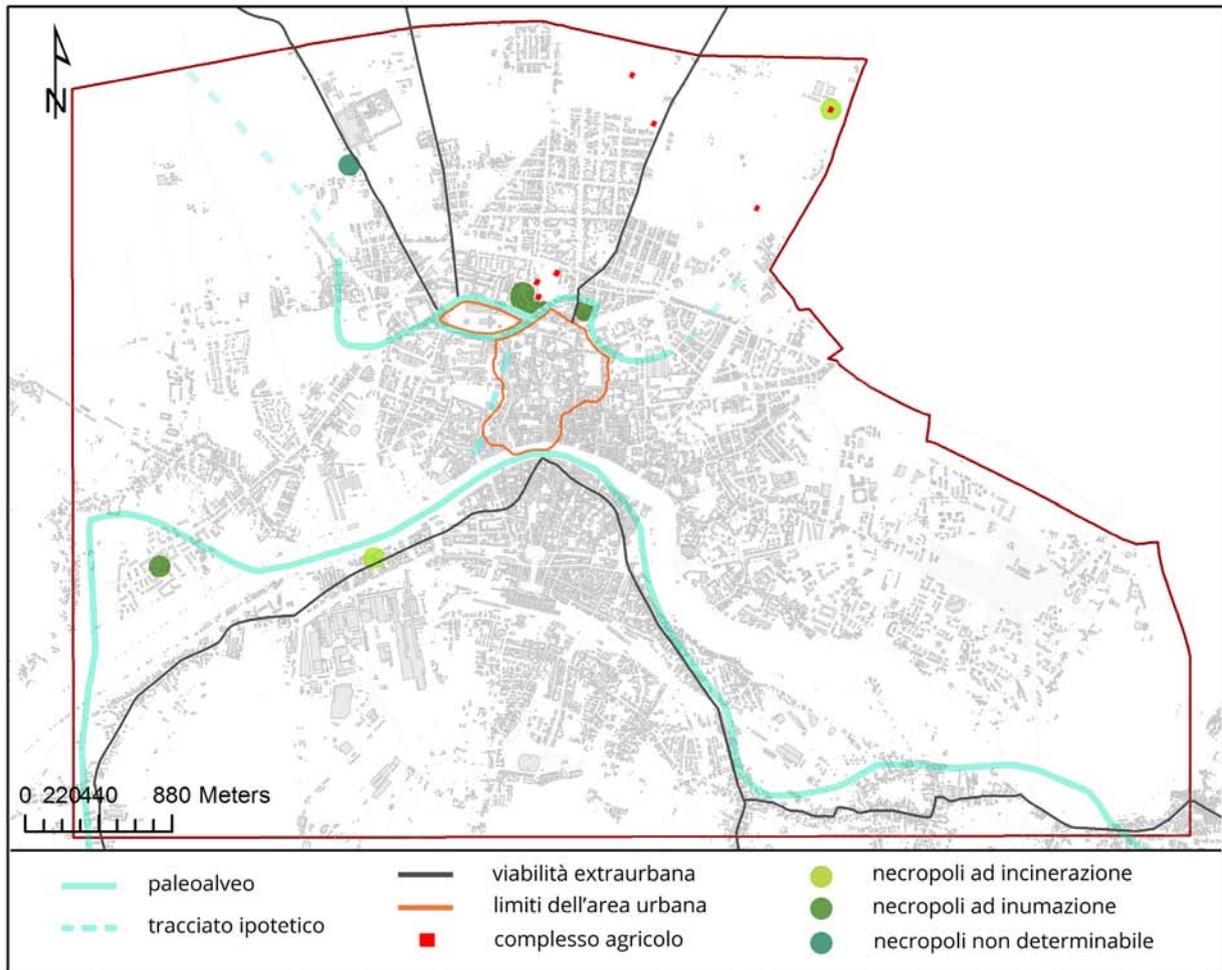


Fig. 10.7 L'area di studio con la rete fluviale, le vie extraurbane, i complessi agricoli e le necropoli

San Zeno e l'arena Garibaldi, e a sud dell'Arno, all'interno dell'ansa formata dal fiume (fig. 10.3).

10.4.2.1 Le vie di terra

La viabilità extraurbana non ha restituito evidenze materiali, ma le fonti itinerarie e le permanenze toponomastiche nella documentazione medievale consentono di ricostruire le direttrici delle principali arterie stradali: due vie sud-nord, l'*Aurelia* e l'*Aemilia Scauri*, e una ovest-est, che seguiva la riva sinistra dell'Arno, risalendo

il Valdarno inferiore fino a Firenze, alle quali si aggiungeva la via per Lucca, in direzione nord-est⁶⁵ (fig. 10.7).

L'*Aurelia* arrivava a Pisa da sud con un percorso costiero, che toccava dapprima il *Portus Pisanus* e poi lo scalo di San Piero a Grado. Di qui, seguendo la riva sinistra dell'Arno, entrava in città da sud-ovest, fiancheggiata da aree cimiteriali di cui sono stati rinvenuti i resti a San Giovanni al Gatano e nei pressi di Porta a Mare⁶⁶. Anche l'*Aemilia Scauri* proveniva da sud, ma con un tracciato più inter-

⁶⁵ CECCARELLI LEMUT, PASQUINUCCI 1991.

⁶⁶ Rispettivamente LA ROSA L. 2012, *Schede di intervento nn. 288 e 289*, in MappaGIS.

no, attraverso le valli dei torrenti Fine e Tora, a est delle Colline Livornesi. Una volta giunta a sud-est della città, nella zona di Putignano (o in quella di Fasciano, tra Putignano e Riglione) si raccordava alla via che arrivava da Firenze lungo la sponda sinistra dell'Arno e, in prossimità della città, seguiva verosimilmente il tracciato perpetuato dalla medievale "Carraia maggiore", corrispondente all'odierno asse via San Martino-via Toselli⁶⁷. L'*Aurelia*, l'*Aemilia* e la via da Firenze entravano in Pisa con un ponte sull'Arno che molto probabilmente si trovava al vertice dell'ampia ansa con la quale il fiume attraversa tutt'oggi la città. In corrispondenza di questo punto, il rinvenimento sulla riva sinistra di strutture e materiali decontestualizzati - vernice nera, sigillata tardo-italica e africana D, anforacei tipo LR5/6 - attesta infatti la presenza di un nucleo insediativo non meglio identificabile, ma suggestivamente legato alla viabilità e al servizio di appoggio ai viandanti, databile tra la tarda età repubblicana e il V/VI secolo d.C.: del resto l'importanza del luogo e della sua funzione aggregante è indicata ancora nell'VIII secolo dalla costruzione della chiesa di Santa Cristina⁶⁸. Sul lato opposto dell'Arno, il passaggio di *Aurelia* ed *Aemilia* - anch'essa chiamata *Aurelia* a partire dall'età imperiale, quando tale denominazione fu estesa a tutti i tronchi di strade che da Roma conducevano ad Arles - potrebbe aver lasciato un ricordo nel nome Porta Aurea, citato in un documento epigrafico degli inizi del XII secolo, che era stato attribuito alla porta della cinta muraria tardoantica posta all'imbocco della direttrice viaria rappresentata dalle attuali vie Curtatone e Montanara e San Frediano. Tra le varie ipotesi sull'origine del nome si ricorda quella che collega la Porta Aurea pisana a quella omonima attestata

a Roma, sempre nel XII secolo, e precedentemente denominata Porta Aurelia, dalla strada che attraverso di essa usciva dalla città⁶⁹.

A nord di Pisa, l'*Aurelia* e l'*Aemilia* riprendevano il loro percorso in direzione di Luni. L'*Aurelia* tornava a seguire un tracciato litoraneo, che nel primo tratto possiamo supporre coincidente all'incirca con quello dell'attuale via Pietrasantina, attraversando ancora una volta aree cimiteriali, come attesta la stele funeraria di Q. *Fundanius*, databile in età augustea e comunque non oltre i primi decenni del I secolo d.C.⁷⁰. L'*Aemilia* invece, forse identificabile con la strada *podium Vallis Serchii* ricordata nei documenti del XII secolo, puntava più verso l'interno, con un percorso perpetuato probabilmente dalla via di San Jacopo per Pontasserchio, Vecchiano e Massaciuccoli.

Infine la via per Lucca doveva uscire dal settore nord-est della città in direzione di San Giuliano Terme, seguendo un percorso più o meno coincidente con quello di via di Gello; giunta alla pendice del Monte Pisano, lo costeggiava in direzione nord fino alla stretta di Ripafratta, oltre la quale si immetteva nella piana lucchese.

10.4.2.2 Le vie d'acqua e gli approdi

Dai porti e dagli scali che si aprivano sulla costa, uomini e merci risalivano con le imbarcazioni i rami dell'Arno e dell'*Auser*, distribuendosi attraverso la fitta rete di corsi d'acqua naturali e di canali artificiali che solcavano la pianura ed erano costellati di approdi. Nell'area del Cantiere delle navi di San Rossore, a nord-ovest della città moderna⁷¹, il rinvenimento di numerosi relitti attesta l'intensità dei traffici lungo il ramo dell'*Auser* che lambiva tutto il lato settentrionale della città e che - come abbiamo visto - è stato possibile rintrac-

⁶⁷ GARZELLA 2006: 16.

⁶⁸ LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 61*; GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 589*, in MappaGIS; MILANESE, BALDASSARRI (a cura di) 2004; DUCCI, BALDASSARRI, GATTIGLIA 2008.

⁶⁹ GARZELLA 1990: 39-42.

⁷⁰ SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 165*, in MappaGIS; CIAMPOLTRINI 1998: 116.

⁷¹ SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 376*, in MappaGIS.

ciare con sufficienti margini di sicurezza dal quartiere di San Zeno fino a poche centinaia di metri a est del Cantiere di San Rossore, nei pressi di via Vecchia di Barbaricina. Le circa 16 imbarcazioni tornate in luce – conservate integralmente o parzialmente e in parecchi casi ancora con il carico a bordo – affondarono a causa di vari fenomeni alluvionali, databili tra l'inizio del II secolo a.C. e il V secolo d.C. Nonostante la collocazione dei rinvenimenti in un ramo dell'*Auser*, gli studiosi che hanno curato lo scavo spiegano questa stupefacente concentrazione di relitti con la ripetuta rottura degli argini di una vicina ansa dell'Arno, responsabile delle periodiche esondazioni e alluvioni che nel corso dei secoli si sarebbero riversate in quel ramo dell'*Auser*, travolgendo e trascinandovi via le imbarcazioni in sosta o in transito⁷².

In ogni caso, i rinvenimenti del Cantiere di San Rossore, ai quali possiamo aggiungere i resti di un lungo muro e di una palizzata segnalati poco lontano, in via Vecchia di Barbaricina, e interpretati da alcuni come un molo⁷³, suggeriscono che lungo il corso dell'*Auser* vi fossero approdi per l'attracco delle imbarcazioni fino alle soglie della città.

10.4.2.3 Il teatro/anfiteatro

Nel 1908, in occasione della costruzione in via San Zeno dell'allora Istituto di Fisiologia dell'Università, furono rinvenuti resti di murature in opera cementizia disposti a raggiera, che furono identificati come fondazioni di un teatro o di un anfiteatro⁷⁴. La presenza nell'area di San Zeno di un edificio per spettacoli è del resto suggerita anche dalla toponomastica medievale: il toponimo *Parlascio*, di origine longobarda, attestato per la prima volta a Pisa nel 1104 nell'area delle terme di Nerone (ovvero a 300

m di distanza in linea d'aria dalle strutture rinvenute in via San Zeno), era infatti utilizzato per indicare gli anfiteatri come luogo dove si svolgevano i combattimenti tra orsi. Potrebbero riferirsi ai ruderi di un edificio imponente, quale appunto un teatro o un anfiteatro, anche i toponimi *a le grotte e petricio*, attestati presso la chiesa di San Zeno, che sembrano far riferimento a strutture ancora in elevato, probabilmente utilizzate come cava di pietra⁷⁵.

Se dunque possiamo considerare sicura l'identificazione delle fondazioni a raggiera di via San Zeno come resti di un edificio per spettacolo, ciò che ancora rimane da chiarire è se si tratti di un teatro o di un anfiteatro. In anni recenti Giulio Ciampoltrini⁷⁶, rivedendo alcune analogie planimetriche con il teatro di Gubbio, della prima età augustea, ha interpretato i resti come teatro, ipotizzando che anche Pisa, come le altre colonie augustee dell'Etruria settentrionale, si fosse dotata precocemente di un edificio scenico in posizione canonica, ovvero al margine dell'area urbana. Le indagini geologiche e geomorfologiche effettuate nell'ambito del progetto MAPPa mostrano però che la zona di San Zeno non era al margine dell'area urbana, ma al di fuori di essa, anche se a ridosso. L'ampia ansa orientale dell'*Auser* la separava infatti dall'abitato vero e proprio, che si distribuiva sulla sponda sinistra del fiume, senza oltrepassarlo se non con quartieri periferici, quali ad esempio quelli artigianali e produttivi (*infra*). Se questa collocazione sulla riva opposta del fiume, rispetto al centro cittadino, appare periferica per un teatro, è invece del tutto idonea per un anfiteatro, giacché solitamente questi edifici erano costruiti fuori dell'abitato per problemi di sicurezza e di viabilità, oltre che per la difficoltà di integrarli nel tessuto urbano a causa della loro enorme superficie⁷⁷.

⁷² CAMILLI 2004; CAMILLI, SETARI (a cura di) 2005. La documentazione originale delle indagini non è consultabile perché ancora in corso di studio.

⁷³ LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 418*, in MappaGIS; BRUNI 2003c: 95.

⁷⁴ LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 278*, in MappaGIS; TOLAINI 1967: 47-49.

⁷⁵ GARZELLA 1990: 3-5, 10-11, 35.

⁷⁶ CIAMPOLTRINI 1992: 44.

⁷⁷ GROS, TORELLI 1988: 227.

Partendo dunque dall'ipotesi che i ruderi di via San Zeno siano i resti di un anfiteatro⁷⁸, si sono riprese in esame le ricostruzioni grafiche elaborate intorno al 1908 dall'Associazione Pisana per l'Arte, sulla base dei rilievi effettuati a suo tempo dal Genio Civile⁷⁹. In quei disegni, le strutture murarie rinvenute sono inserite entro un tracciato ellittico, secondo due ipotesi diverse: ora disponendoli in corrispondenza di una delle due curve più strette, ovvero sull'asse maggiore, ora in corrispondenza di una delle due curve più ampie, ovvero sull'asse minore. In entrambi i casi, l'anfiteatro viene a essere perfettamente orientato con gli assi centuriali: con i decumani nel primo, con i cardini nel secondo. Pur rimanendo nel campo delle ipotesi, un contributo per definire l'orientamento dell'anfiteatro viene dalla sovrapposizione delle due ricostruzioni alla carta paleogeografica di età romana, elaborata nell'ambito del progetto MAP-PA. La presenza in quest'area dell'ansa dell'*Auser*, che come abbiamo detto separava la zona di San Zeno dal resto della città, porta infatti a preferire decisamente la prima ipotesi – secondo la quale le strutture radiali sono collocate in corrispondenza dell'asse maggiore dell'ellisse – poiché in quel caso l'anfiteatro verrebbe a inserirsi perfettamente nell'ansa del fiume, che sembra quasi girargli intorno, mentre nel secondo caso si sovrapporrebbe parzialmente all'alveo fluviale (fig. 10.4).

10.4.2.4 I quartieri produttivi:

le manifatture ceramiche

Nelle aree suburbane a nord dell'*Auser* si svilupparono i quartieri artigianali volti alla produzione ceramica, che sono testimoniati dal rinvenimento di discariche con scarti di vasellame nell'area di

San Zeno e, più a ovest, in via Santo Stefano, presso l'Arena Garibaldi⁸⁰. La dislocazione delle manifatture ai margini dell'abitato era canonica nelle città antiche. Fumi, rischio d'incendi, cattivi odori, necessità di smaltimento degli scarti di lavorazione, vicinanza ai punti di approvvigionamento o ai punti di arrivo delle materie prime giustificavano infatti la tradizionale ubicazione in periferia – generalmente presso le vie d'accesso al centro abitato – delle attività produttive, soprattutto di quelle più consistenti, rivolte al mercato esterno⁸¹. Nel caso di Pisa, l'elemento di attrazione delle manifatture ceramiche nel settore settentrionale della città fu senza dubbio l'*Auser*, che forniva l'acqua necessaria per lo svolgimento del ciclo produttivo e costituiva al tempo stesso una via preferenziale per l'approvvigionamento delle materie prime (argilla e legname necessario al funzionamento delle fornaci, che fluitava sulle acque del fiume) e per il trasporto dei prodotti finiti verso i porti e gli scali della costa, in vista della loro commercializzazione su ampia scala (fig. 10.4).

L'area di San Zeno mostra una vocazione artigianale almeno dal III secolo a.C., epoca alla quale risalgono scarti di fornace che attestano una produzione di ceramica a pasta grigia⁸². A partire all'incirca dal 15 a.C., in questa stessa area di San Zeno⁸³, e inoltre nella zona di Santo Stefano, presso l'Arena Garibaldi⁸⁴, e più in generale nell'*ager Pisanus* settentrionale, fino al porto/approdo di Isola di Migliarino alla foce dell'*Auserculus* (ben al di fuori dell'area oggetto di studio del progetto MAPPA) si dislocarono le officine di sigillata italica del ceramista *Ateius*, già operante ad Arezzo. Dalla metà del I secolo d.C., alle manifatture di *Ateius* si sostituirono quelle che producevano sigillata tardo-italica, tra cui la più fa-

⁷⁸ Sull'identificazione come anfiteatro, BRUNI 1995: 177, nota 33.

⁷⁹ TOLAINI 1967: 47-49.

⁸⁰ Sintesi in MENCHELLI 2003.

⁸¹ FABIANI C.S.

⁸² LA ROSA L. 2012, *Scheda di intervento n. 259*, in MappaGIS; BRUNI 1998: 221.

⁸³ CAMPUS A. 2012, *Scheda di intervento n. 99*; LA ROSA L. 2012, *Schede di intervento nn. 258, 259*; GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 260*, in MappaGIS.

⁸⁴ TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 15*, in MappaGIS.

mosa fu quella di *Lucius Rasinius Pisanus*. Questo tipo di produzione ceramica è attestato dal rinvenimento di scarti di ceramica anche in un ulteriore sito, ubicato nella non lontana via Galluppi⁸⁵.

Di estremo interesse è il fatto che le aree produttive di via Santo Stefano e di via Galluppi a un certo momento furono dismesse e defunzionalizzate e su di esse si estesero vaste necropoli di età tardoantica (*infra*). Questo fenomeno tuttavia non deve essere interpretato come indizio di un ridimensionamento delle attività produttive, giacché la città mantenne una notevole vivacità economica per tutta l'età tardoantica: le anfore vinarie tipo Empoli, prodotte nell'*ager Pisanus* e nella valle dell'Arno e attestate a Roma e in molti siti del Mediterraneo occidentale, indicano infatti che le numerose *villae* del territorio erano ancora attive e dovevano garantire un cospicuo *surplus* agricolo da commercializzare⁸⁶.

Dobbiamo quindi supporre che, in dipendenza da fattori e circostanze che per il momento sfuggono alla nostra comprensione, le attività produttive siano state spostate in altri luoghi: aree periferiche diverse o aree che avevano avuto in precedenza una connotazione urbana, in un periodo in cui si fa gradatamente meno netta la separazione tra le tipologie insediative urbane e quelle suburbane. Osservando lo sviluppo verso l'Arno che avrà la città altomedievale e la diffusione di alcune attività artigianali, come quelle metallurgiche, nella zona di Corte Vecchia (nei pressi dell'attuale piazza dei Cavalieri), sede del Gastaldo e centro politico della città medievale⁸⁷, pur in assenza di dati archeologici è possibile avanzare l'ipotesi che il fenomeno sia anticipato in età tardoantica dallo spostamento verso sud di alcune attività artigianali, oltre che del polo insediativo.

10.4.2.5 *Villae e horti*

Nel suburbio, scandito dalla trama centuriata con cui fu organizzato il territorio in occasione della deduzione coloniale di età triumvirale-augustea (le cui tracce sono state ampiamente rilevate dalla fotointerpretazione), si dislocava verosimilmente una vasta gamma di tipologie insediative, rivolte prevalentemente alla produzione alimentare per il vasto mercato urbano. Se infatti i beni più duraturi potevano essere prodotti a maggiore distanza dalla città, il suburbio si prestava alla coltivazione di merci come ortaggi, frutta e fiori, latte, uova e pollame, la cui deperibilità imponeva la vicinanza del luogo di produzione a quello di smercio, che doveva essere raggiungibile entro una giornata di cammino.

I semplici orti, cinti da muretti o steccati, all'interno dei quali potevano trovarsi strutture in materiale deperibile (capanne) o anche in muratura, ma pur sempre di modesta entità, sfuggono alla lettura archeologica. Più riconoscibili appaiono invece le *villae*, che alla funzione residenziale potevano unire quella produttiva. È il caso, ad esempio, di alcuni edifici a nord dell'*Auser*, nella zona dell'arena Garibaldi⁸⁸, databili tra l'età repubblicana e l'età tardoantica, e forse di una serie di strutture rinvenute in via San Zeno, nell'area dell'Istituto di Biomedicina, databili dal II secolo a.C. al II d.C.⁸⁹ Infine possono probabilmente essere attribuiti a una villa suburbana anche i reperti mobili rinvenuti in via Garofani, a sud dell'Arno, di cronologia imprecisata⁹⁰.

10.4.2.6 *Le necropoli*

Di norma le necropoli delle città romane si distribuivano intorno al centro abitato, preferenzialmente lungo le direttrici stradali, in modo da poter essere raggiunte con facilità. Pisa non

⁸⁵ TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 723*, in MappaGIS.

⁸⁶ MENCHELLI 2003: 102-103.

⁸⁷ Si vedano le analisi spaziali *kernel density* relative al VI-VII secolo (cfr. § 4.2.4.).

⁸⁸ SCIUTO C. 2012, *Schede di intervento nn. 322, 432, 841*.

⁸⁹ FABIANI F. 2012, *Scheda di intervento n. 145*, in MappaGIS.

⁹⁰ SCIUTO C. 2012, *Schede di intervento nn. 918 e 413*, in MappaGIS; PASQUINUCCI 2003a: 82. Vedi anche la struttura di incerta datazione nella vicina Via degli Uffizi, CAMPUS A. 2012, *Scheda di intervento n. 489*, in MappaGIS.

fa eccezione⁹¹: lo dimostrano i sepolcreti di età ellenistica e romana di San Giovanni al Gatano, di Porta a Mare e di via Pietrasantina⁹², posti lungo la *via Aurelia*, a sud e a nord della città. A nord del centro urbano sono emersi nuclei di vaste necropoli di età tardoantica anche nei pressi dell'arena Garibaldi, e precisamente in via Santo Stefano⁹³ e in via Galluppi⁹⁴. In entrambi i casi, le sepolture insistono su aree e strutture produttive abbandonate e defunzionalizzate (*supra*), a dimostrazione del mutare nel tempo della destinazione d'uso della fascia suburbana a nord dell'*Auser* (fig. 10.7).

Un caso a sé è rappresentato da quello che è anche il nucleo cimiteriale più esteso, rinvenuto sempre in questa zona nell'area di via Marche, in prossimità dell'asse viario che collegava Pisa al pedemonte e a Lucca⁹⁵. Qui infatti la necropoli tardoantica, utilizzata dal III al V secolo d.C. (ma con tracce di frequentazioni ancora fino al VII secolo), insisteva direttamente sul sito di un sepolcreto della prima età del Ferro (VIII-inizi VII secolo a.C.): l'evidente "salto" cronologico di quasi un millennio fra la necropoli più antica e quella più recente si spiega con l'erosione di un consistente deposito stratigrafico provocata nel tempo dal vicino corso dell'*Auser*. Come le altre necropoli tardoantiche situate nei pressi dell'arena Garibaldi, anche quella di via Marche sembra essere abbandonata un po' alla volta, in concomitanza con lo sviluppo del cimitero che sorse intorno alla primitiva cattedrale della città, in piazza del Duomo⁹⁶.

Notizie meno circostanziate di sepolture, forse di età tardoantica, a nord-est dell'area dell'are-

na Garibaldi e in via San Zeno⁹⁷ sono infine riferibili con ogni probabilità a ville e edifici ormai fatiscenti, oggetto di occupazioni più o meno sporadiche.

F.F.

10.4.3 La campagna

Nel territorio che si estendeva all'esterno del suburbio, dove sono attestati ritrovamenti di ville con parti rustiche, tracce di centuriazione rilevate con la fotointerpretazione e dove, sulla base della documentazione medievale, è possibile tracciare le direttrici delle strade che si dipartivano dalla città, si estendeva la campagna. Come documentano fonti scritte e dati archeologici, nei terreni che occupavano lo spazio periurbano di Pisa trovavano sede produzioni di ampio successo, che conobbero una vasta esportazione, come i cereali (Plinio, *N.H.*, 18.86-87; 109), il vino (*uva Parriana*: Plinio, *N.H.*, 14.39) e il legname proveniente dai boschi del Monte Pisano, particolarmente rinomato per il suo impiego nella cantieristica navale ed edilizia⁹⁸.

Rinvenimenti di superfici ritenute agricole sono ricorrenti in tutta la fascia di pianura che si estendeva a nord e nord-ovest, oltre il suburbio. Tra tutti si segnalano i ritrovamenti effettuati a più riprese nei terreni dell'Area ex Scheibler⁹⁹ e nelle zone adiacenti, dove le superfici agricole datate alla prima età imperiale sono spesso associate ad opere di drenaggio e canalizzazione delle acque (fossi paralleli e canali) presumibilmente riconducibili alle attività di bonifica e parcellizzazione connesse alla sistemazione centuriale (fig. 10.3).

⁹¹ BRUNI, SEVERINI 1997.

⁹² Rispettivamente, LA ROSA L. 2012, *Schede di rinvenimento nn. 289, 288* e SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 165*, in MappaGIS.

⁹³ TARANTINO G. 2012, *Scheda di intervento n. 15*, in MappaGIS; MENCHELLI 1995: 334.

⁹⁴ TARANTINO G. 2012, *Schede di intervento nn. 723 e 724*, in MappaGIS; ANICHINI, BERTELLI 2009.

⁹⁵ LA ROSA L. 2012, *Schede di intervento nn. 421 e 474*, in MappaGIS; COSTANTINI 2007-2008.

⁹⁶ ALBERTI 2011b.

⁹⁷ Rispettivamente SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 841* e FABIANI F. 2012, *Scheda di intervento n. 145*, in MappaGIS.

⁹⁸ Strabone, V, 2, 5; MENCHELLI 1995; MENCHELLI 2003; PASQUINUCCI 2011: 37.

⁹⁹ LA ROSA L. 2012, *Schede di intervento nn. 48, 50, 186, 189, 190, 191, 192, 194, 195, 196, 262*, in MappaGIS.

10.4.3.1 La centuriazione

Com'è noto, uno dei tratti caratterizzanti la campagna coltivata di età romana è rappresentato dalla pratica della *limitatio*, la suddivisione del terreno agricolo in appezzamenti regolari (*centuriae*), di norma quadrati, con lati di 20 *actus* (circa 710 metri), disposti secondo una maglia ottenuta mediante l'incrocio di assi ortogonali (*cardines* e *decumani*). All'interno delle centurie le proprietà agricole erano in genere delimitate da strutture fortemente deperibili, dette *limites intercisivi* (viottoli, canali, muretti, siepi, filari di alberi ecc.), che mantenevano lo stesso orientamento dei limiti principali. Il reticolo così ottenuto costituiva la base catastale per le assegnazioni di terreno ai coloni. Anche nel caso di Pisa, all'indomani della deduzione della *Colonia Opsequens Iulia Pisana*, voluta da Ottaviano tra il 42 ed il 27 a.C., la campagna fu sottoposta a una capillare opera di sistemazione agraria e catastale che, risolvendo i problemi di bonifica e regimazione delle acque dovuti al precario equilibrio idrogeologico di questo territorio, contribuì senz'altro a svilupparne le potenzialità economiche. Oltre alla fertilità del suolo, infatti, anche la facilità delle comunicazioni, specie di quelle fluviali, risultò determinante nel rendere maggiormente redditizia la circolazione delle merci e nel favorire il grande sviluppo produttivo di quest'area dall'età augustea fino almeno al V sec. d.C.

Come riscontrato in molti altri territori soggetti a centuriazione in età romana, anche nella pianura di Pisa l'antica suddivisione agraria ha condizionato lo sviluppo topografico nei secoli successivi, lasciando nell'assetto attuale numerose persistenze, sotto forma di strade, canali o divisioni campestri. Oltre all'analisi delle evidenze topografico-archeologiche e della toponomastica, lo strumento che meglio aiuta a ricostruire l'antico reticolo catastale è senza dubbio l'analisi delle fotografie ae-

ree. A questo particolare tema è stato dedicato un accurato studio proprio nell'ambito del Progetto MAPPA¹⁰⁰, che ha consentito di riconoscere tracce di sopravvivenza della griglia centuriale nel sistema della viabilità moderna, nella rete idrografica e nell'aspetto della vegetazione, per un'estensione più ampia di quanto fino ad oggi noto dalla bibliografia specialistica.

Le centurie della campagna pisana presentano decumani con orientamento nord-ovest/sud-est, con un'inclinazione di 33° circa. Alcune lievi divergenze sono attribuibili ad adattamenti alla superficie topografica antica o al sovrapporsi di catastazioni risalenti a momenti diversi (ad esempio alla municipalizzazione della città, agli inizi del I secolo a.C.), ripetute nel tempo in aree che presentavano un difficile equilibrio idrogeologico.

Dell'ampia opera di centuriazione, i settori orientale e nordorientale dell'attuale territorio comunale sono quelli che conservano la maggiore quantità di tracce¹⁰¹, forse a causa di una minore variazione delle condizioni idrogeologiche, mentre si conferma assai povera di testimonianze la zona a sud dell'Arno, sia per la complessa vicenda paleoambientale di questo settore, sia per la forte espansione edilizia che l'ha investito, contrassegnata dalla presenza della stazione ferroviaria e dall'aeroporto, con le infrastrutture annesse.

Particolarmente interessanti sono le tracce di centuriazione riconosciute nella periferia settentrionale della città attuale, in via di Gello e inoltre nelle località I Passi e Podere di Mezzo, dove scavi e indagini di superficie hanno permesso di accertare la presenza di edifici rurali (*infra*), e anche la concentrazione di tracce riconosciute nell'area ex Scheibler, dove oltre a limiti centuriali – che gli scavi hanno rivelato essere canali di drenaggio (*infra*) – si segnala la presenza di due ampie anomalie da vegetazione. Una di tali anomalie, orientata nord-est/sud-ovest, è verisimilmente da

¹⁰⁰ BINI *et alii* 2012c, ai cui risultati si rimanda per maggiori approfondimenti.

¹⁰¹ PASQUINUCCI 1986: 33.

interpretare come *cardo*, mentre l'altra, ortogonale alla precedente, risulta più problematica: sebbene le dimensioni risultino perfettamente coerenti con una strada (visto l'orientamento nord-ovest/sud-est si tratterebbe di un *decumanus*), la posizione non coincide con la griglia teorica della maglia centuriale e gli interventi di scavo non ne hanno accertata la presenza¹⁰² (fig. 10.8).

10.4.3.2 Le fattorie

Nella campagna coltivata che gravitava intorno a Pisa, specie a seguito della riorganizzazione connessa alla deduzione coloniale, si distribuirono fattorie ed edifici rurali. Di tali edifici, purtroppo, conosciamo molto poco e la maggior parte delle informazioni a disposizione si basa sull'individuazione, nel corso di indagini di superficie, di aree di dispersione di reperti mobili (laterizi, ceramica, materiale da costruzione), che le moderne attività agricole fanno affiorare. Talvolta è possibile incrociare questi dati con le informazioni desunte dall'analisi delle tracce aeree, dallo studio della toponomastica e, solo in pochissimi casi, da interventi di scavo. Nonostante ciò, però, i dati al momento disponibili, pur essendo di grande importanza, non sono sufficienti per ricostruire un dettagliato quadro d'insieme circa le forme del popolamento rurale e sono anche troppo generici per definire con precisione la natura degli edifici attestati (non permettono, ad esempio, di distinguere fattorie o piccoli complessi rurali da grandi ville residenziali provviste di una parte produttiva, ecc.).

Dal punto di vista dell'insediamento rurale, il settore a nord-est della città attuale (località I Passi, La Figuretta ecc.) è quello per cui disponiamo del-

la maggiore quantità di attestazioni, confermando la chiara vocazione agricola di questa zona in età romana. Tra le vie di Gello, Falcone e Cei¹⁰³, alcune brevi campagne di scavo condotte nel 1998 e nel 1999 hanno messo in luce parte di un portico (del quale è stato lasciato in posto il crollo del tetto in tegole e coppi), ritenuto pertinente ad un settore periferico, dalla chiara connotazione rustica, di una fattoria o piuttosto (come lascia ipotizzare il recupero di elementi di arredo architettonico in marmo) di una villa sorta nel I secolo d.C., il cui nucleo principale doveva trovarsi più a sud dell'area indagata. A breve distanza, nei terreni posti immediatamente più a nord, tra via di Gello, via Falcone e il Fiume Morto¹⁰⁴, proprio in corrispondenza di consistenti tracce già identificate dall'analisi delle foto aeree¹⁰⁵, ampie aree di dispersione di materiali riconosciute nel corso di recenti indagini di superficie hanno permesso di ipotizzare la presenza di un insediamento, forse una fattoria, in uso dalla tarda età repubblicana all'età imperiale, sorta in corrispondenza della via nord-sud (*Podium Vallis Serchii*). Nella stessa zona, nei campi a est del Centro Universitario Sportivo, in località Podere di Mezzo, indagini di superficie condotte nel 2007 hanno individuato un'altra fattoria¹⁰⁶ di cui, purtroppo, non si dispone al momento di dati più precisi; vale tuttavia la pena segnalare che consistenti tracce orientate secondo gli assi della centuriazione risultano ben leggibili anche dall'esame di immagini satellitari scattate nel 2012, in un campo subito a sud dell'area oggetto di intervento¹⁰⁷.

Nel quadrante nord-orientale dell'area di studio del progetto MAPPA, anche la zona della Figuretta ha restituito interessanti testimonianze sull'in-

¹⁰² BINI *et alii* 2012c: 143.

¹⁰³ CAMPUS A. 2012, *Scheda di intervento n. 133*; SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 351*, in MappaGIS.

¹⁰⁴ CAMPUS A. 2012, *Scheda di intervento n. 456*, in MappaGIS.

¹⁰⁵ COSCI, SPATARO 2002: 13-18; BINI *et alii* 2012c: 140, nota 18.

¹⁰⁶ SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 458*, in MappaGIS.

¹⁰⁷ L'immagine è visibile nell'applicazione Google Earth di Google, alle seguenti coordinate: N 43°43'44.15"; E 10°24'56.18".

sedimento agricolo di età romana. Al km 4 della SS 12¹⁰⁸, nel 1982, nel corso dello scavo di trincee per opere di pubblico servizio, sono state messe in luce strutture murarie in ciottoli e malta orientate secondo gli assi della centuriazione e pavimentazioni di carattere rustico (in battuto, cocciopesto e pietrisco legato da malta), verisimilmente da riferire ad un insediamento rurale della prima età imperiale (fine I secolo a.C. - I/II secolo d.C.). Oltre a molteplici livelli d'uso e di distruzione dell'edificio, sono state inoltre riconosciute tracce di aree di combustione, con ossa carbonizzate, interpretate come deposizioni d'incinerati, forse da ricondurre ad una piccola necropoli di pertinenza della fattoria. All'incirca nella stessa area, alcuni scavi condotti nel 1986-1987¹⁰⁹ hanno inoltre individuato i resti di due strutture in pietre e laterizi, che si sviluppavano in lunghezza (una di esse per più di 10 m), da interpretare verisimilmente come *aggeres* connessi alle opere di sistemazione agricola, forse risalenti già all'età tardo-repubblicana; poco più a sud, alcuni saggi condotti nel 1991 hanno messo in luce due strutture - un pozzo ed una cisterna, dubitativamente datati al I-II d.C.¹¹⁰ - che potrebbero riferirsi a un edificio rustico, di cui però all'epoca dello scavo non fu possibile riconoscere i resti. Ulteriori tracce riferibili all'occupazione del territorio ai fini dello sfruttamento agricolo sono

infine riconoscibili nei materiali raccolti durante indagini di superficie in località Campaldo¹¹¹, che potrebbero documentare un insediamento (I a.C. - VI/VII d.C.) in un'area in cui anche la lettura delle tracce aeree ha rivelato la presenza di alcune anomalie ortogonali, forse *limites intercisivi*, sebbene non perfettamente orientate secondo gli assi della centuriazione romana¹¹².

10.4.3.3 Le necropoli

Gli spazi della campagna, com'è noto, potevano accogliere anche aree sepolcrali, in genere di ridotte dimensioni e funzionali ai piccoli agglomerati insediativi che punteggiavano il territorio agricolo.

In tale contesto vanno lette le notizie del ritrovamento di aree funerarie esterne alla fascia del suburbio, come le già menzionate tracce di combustione, miste ad ossa carbonizzate e laterizi, interpretate come indicatori di un piccolo sepolcreto d'incinerati pertinente ad una fattoria rinvenuta in località La Figuretta¹¹³. A ciò si aggiunge la notizia del recupero di tombe alla cappuccina della primissima età imperiale in via Tiziano Vecellio (area del C.E.P.), nel settore occidentale della città attuale, che però non si accompagna ad alcun indizio di rinvenimenti di strutture¹¹⁴ (fig. 10.7).

F.G.M.

¹⁰⁸ CAMPUS A. 2012, *Scheda di intervento n. 149*, in MappaGIS.

¹⁰⁹ CAMPUS A. 2012, *Schede di intervento nn. 246, 830*, in MappaGIS.

¹¹⁰ GATTIGLIA G. 2012, *Scheda di intervento n. 261*, in MappaGIS.

¹¹¹ SCIUTO C. 2012, *Scheda di intervento n. 791*, in MappaGIS.

¹¹² BINI *et alii* 2012c: 144.

¹¹³ CAMPUS A. 2012, *Scheda di intervento n. 149*, in MappaGIS.

¹¹⁴ BRUNI S. 1998: 151-152.

Bibliografia

- ALBERTI A. 2011a, *Il battistero ottagonale e l'organizzazione dell'insula episcopalis tra tardo antico e altomedioevo*, in ALBERTI, PARIBENI (a cura di) 2011, pp. 195-204.
- ALBERTI A. 2011b, *La necropoli tardoantica*, in ALBERTI, PARIBENI (a cura di) 2011, pp. 205-206.
- ALBERTI A., BALDASSARRI M., GATTIGLIA G. 2007, *Strade e piazze cittadine a Pisa tra medioevo ed età moderna*, in BALDASSARRI M., CIAMPOLTRINI G. (a cura di), *Tra città e contado. Viabilità e tecnologia stradale nel Valdarno medievale*, Pisa, pp. 53-70.
- ALBERTI A., BALDASSARRI M., FORNACIARI A. 2011a, *L'area episcopale e l'organizzazione della necropoli tra VI e VII secolo*, in ALBERTI, PARIBENI (a cura di) 2011, pp. 195-242.
- ALBERTI A., BOSCOLO S., GIANNOTTI S. 2011b, *Contesti basso medievali di Piazza dei Miracoli (Periodo VI)*, in ALBERTI, PARIBENI (a cura di) 2011, pp. 293-294.
- ALBERTI A., BOVI CAMPEGGI E., RIZZITELLI C. 2011c, *La trasformazione dell'area tra Tardoantico e Altomedioevo* in ALBERTI, PARIBENI (a cura di) 2011, pp. 167-194.
- ALBERTI A., PARODI L., MITCHELL J. 2011d, *La cattedrale prima di Buscheto (Periodo IV)*, in ALBERTI, PARIBENI (a cura di) 2011, pp. 243-268.
- ALBERTI A., PARIBENI E. (a cura di) 2011, *Archeologia in Piazza dei Miracoli. Gli scavi 2003-2009*, Pisa.
- ALLEVATO E., AROBBA D., DI PASQUALE G., PAPPALARDO M., RIBECAI C. 2013, *Indicazioni paleovegetazionali dei carotaggi MAPPa*, in «MapPapers», 4, pp. 107-118.
- AMOROSI A., SARTI G., ROSSI V., FONTANA V. 2008, *Anatomy and sequence stratigraphy of the late Quaternary Arno valley fill (Tuscany, Italy)*, in AMOROSI A., HAQ B.U., SABATO L. (a cura di), *Advances in Application of Sequence Stratigraphy in Italy. GeoActa, Special Publication*, Vol. 1, pp. 55-66.
- AMOROSI A., BINI M., FABIANI F., GIACOMELLI S., PAPPALARDO M., RIBECAI C., RIBOLINI A., ROSSI V., SANMARTINO I., SARTI G. 2012a, *I carotaggi MAPPa: un'integrazione interdisciplinare*, in «MapPapers», 2, pp. 96-148.
- AMOROSI A., GIACOMELLI S., RIBECAI C., ROSSI V., SANMARTINO I., SARTI G. 2012b, *Il sottosuolo dell'area urbana e periurbana di Pisa: architettura deposizionale ed evoluzione paleoambientale durante il medio-tardo olocene*, in «MapPapers», 3, pp. 247-256.
- AMOROSI A., ROSSI V., SARTI G., MATTEI R. 2013, *Coalescent valley fills from the Late Quaternary record of Tuscany (Italy)*, in «Quaternary International», 288, pp. 129-138.
- ANICHINI F. 2012a, *L'analisi dei dati: un'archeologia senza aggettivi*, in ANICHINI et alii (a cura di) 2012, pp. 105-129.
- ANICHINI F. 2012b, *Massaciuccoli romana. La campagna di scavo 2011-2012. I dati della ricerca*, Roma http://www.massaciuccoliromana.it/download/Il_cantiere_dell_area_archeologica_Massaciuccoli_OTT.pdf
- ANICHINI F., GATTIGLIA G. 2008 (a cura di), *Nuovi dati sulla topografia di Pisa tra X e XVI secolo. Le indagini archeologiche di Piazza Sant'Omobono, Via Uffizi, Via Consoli del Mare e Via Gereschi*, in «Archeologia Medievale», XXXV, pp. 121-150.
- ANICHINI F., BERTELLI E. 2009, *Pisa. Via Galluppi, via Piave: indagine archeologica 2009*, in «Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana», 5, pp. 336-338.
- ANICHINI F., BINI D., BINI M., DUBBINI N., FABIANI F., GATTIGLIA G., GIACOMELLI S., GUALANDI M.L., PAPPALARDO M., PARIBENI E., SARTI G.,

- STEFFÈ S. 2011a, *Progetto MAPPA. Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico*, in «MapPapers», 1, pp. 1-22.
- ANICHINI F., BINI M., FABIANI F., GATTIGLIA G., GIACOMELLI S., GUALANDI M.L., PAPPALARDO M., SARTI G. 2011b, *Definition of the parameters of the Archaeological Potential of an urban area*, in «MapPapers», 1, pp. 47-49.
- ANICHINI F., FABIANI F., GATTIGLIA G., GUALANDI M.L. (a cura di) 2012, *MAPPA. Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico*, vol.1, Roma.
- ANICHINI F., GATTIGLIA G. 2012, #MappaOpenData. From web to society. *Archaeological open data testing*, in GUALANDI M.L. (a cura di) *MapPapers 2*, Roma, pp. 51-56.
- ANICHINI F., GATTIGLIA G., GUALANDI M.L., NOTI V. c.s., MOD (MAPPA Open Data). *Conservare, disseminare, collaborare: un archivio open data per l'archeologia italiana*, in SERLORENZI M. (a cura di) *Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica*, *Atti del VII Workshop ArqueoFOSS (Roma 2012)*, in «Archeologia e Calcolatori», Supplemento n. 4.
- ARCAMONE M.G. 1978, *Chinzica: toponimo pisano di origine longobarda*, «*Bollettino Storico Pisano*», 48, pp. 205-246.
- ARNAUD-FASSETTA G., CARCAUD N., CASTANET C., SALVADO, P.G., 2010, *Fluviatile palaeoenvironments in archaeological context: Geographical position, methodological approach and global change – Hydrological risk issues*, in «*Quaternary International*», 216, pp. 93-117.
- BALDASSARRI M. 2006, *Le indagini archeologiche nel cortile settentrionale del Museo di San Matteo (Pisa)*, in «*Notiziario della Soprintendenza Archeologica per la Toscana*», 2, pp. 199-203.
- BALDASSARRI M. (a cura di) c.s., *Abitare una città mediterranea. Storia e ricerche archeologiche nell'area di S. Cristina in Pisa (VIII-XIX sec.)*, Pisa.
- BEARDAH C., BAXTER M. 1996, *The Archaeological Application of Kernel Density Estimates*, in «*Internet Archaeology*», 1 <http://dx.doi.org/10.11141/ia.1.1>
- BELLOTTI P., CALDERONI G., DI RITA F., D'OREFICE M., D'AMICO C., ESU D., MAGRI D., PREITE MARTINEZ M., TORTORE P., VALERI P. 2011, *The Tiber river delta plain (central Italy): coastal evolution and implications for the ancient Ostia Roman settlement*, in «*The Holocene*», 21, pp. 1105-1116.
- BIAGIOLI G. 2003, *Pisa entro la cerchia delle mura: immagini di una città (XVIII-XIX secolo)*, Venezia.
- BINI D., DUBBINI N., STEFFÈ S. 2011, *Mathematical models for the determination of archaeological potential*, in «*MapPapers*», 1, pp.77-85.
- BINI D., DUBBINI N., STEFFÈ S. 2012, *On the two main issues about the application of page rank for the determination of archaeological potential*, in «*MapPapers*», 2, pp.45-50.
- BINI M., BISSON M., CAPITANI M., NOTI V., PAPPALARDO M. 2012a, *Evidenze geomorfologiche dal MAPPA-webGIS: note esplicative*, in «*MapPapers*», 3, pp. 288-294.
- BINI M., BRÜCKNER H., CHELLI A., PAPPALARDO M., DA PRATO S., GERVASINI L. 2012b, *Palaeogeographies of the Magra Valley coastal plain to constrain the location of the Roman harbour of Luna (NW Italy)*, in «*Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*», 337-338, pp. 37-51.
- BINI M., CAPITANI M., PAPPALARDO M., POCOBELLI G.F. 2012c, *Vecchi e nuovi dati dalla fotointerpretazione aerea*, in ANICHINI et alii (a cura di) 2012, pp. 131-156.
- BINI M., KUKAVICIC M., PAPPALARDO M., 2012d, *Remote sensing study on the Pisa plain*, in «*MapPapers*», 3, pp. 201-211.
- BINTLIFF J. 2002, *Time, process and catastrophism in the study of Mediterranean alluvial history: a review*, in «*World Archaeology*», 33 (3), pp. 417-435.

- BRUGIOLIO G.P. 2011, *Le origini della città medievale*, Mantova.
- BRUNI S. 1995, *Prima dei Miracoli. Aspetti e problemi dell'insediamento antico nell'area della Piazza del Duomo*, in «Quaderni dell'Opera della Primaziale Pisana», 4, Pisa, pp. 163-196.
- BRUNI S. 1998, *Pisa etrusca. Anatomia di una città scomparsa*, Milano.
- BRUNI S. 2000, *Materiali e ipotesi per l'area di piazza dei Cavalieri nel quadro della polis etrusca e della colonia romana*, in BRUNI, ABELA, BERTI (a cura di) 2000, pp. 7-28.
- BRUNI S. 2001a, *Ad gradus arnese. Il distretto della foce del ramo settentrionale del delta dell'Arno in età antica*, in Tombolo. Territorio della Basilica di San Piero a Grado, Pisa, pp. 83-99.
- BRUNI S. 2001b, *Chimere pisane: il Palazzo di Adriano*, in *In memoria di Cinzio Violante*, in «Bollettino Storico Pisano», 70, pp. 65-78.
- BRUNI S. (a cura di) 2003a, *Il porto urbano di Pisa antica, I, Il contesto e il relitto ellenistico*, Cinesello Balsamo.
- BRUNI S. 2003b, *Il sistema portuale di Pisa etrusca e romana. Appunti*, in BRUNI (a cura di) 2003a, pp. 47-71.
- BRUNI S. 2003c, *La campagna di scavo 1998-1999: l'area dell'Ampliamento Sud*, in BRUNI (a cura di) 2003a, pp. 75-99.
- BRUNI S. 2003d, *L'area di San Piero a Grado prima della costruzione della Basilica. Ipotesi in forma di appunti sui dati archeologici*, in CECCARELLI LEMUT M.L., SODI S. (a cura di), *Nel segno di Pietro. La Basilica di San Piero a Grado da luogo della prima evangelizzazione a meta di pellegrinaggio medievale*, Pisa, pp. 81-98.
- BRUNI S. 2011, *L'area della piazza del duomo nel panorama della polis etrusca. Materiali e ipotesi*, in ALBERTI, PARIBENI (a cura di) 2011, pp. 31-41.
- BRUNI S., SEVERINI F. 1997, *Problemi sulle presenze etrusche nella Toscana nordoccidentale: i dati delle necropoli di Pisa*, in MAETZKE G., TAMAGNO PERNAL L. (a cura di), *Aspetti della cultura di Volterra Etrusca fra l'età del ferro e l'età ellenistica e contributi della ricerca antropologica alla conoscenza del popolo etrusco*, Atti XIX Convegno di Studi Etruschi ed Italici (Volterra 1995), Firenze, pp. 559-596.
- BRUNI S., ABELA E., BERTI G. (a cura di) 2000, *Ricerche di archeologia medievale a Pisa, I, Piazza dei Cavalieri, la campagna di scavo 1993*, Firenze.
- BRUNI S., COSCI M. 2003, "Alphea veterem contemplor originis urbem, quam cingunt geminis Arnus et Auser aquis". *Il paesaggio di Pisa etrusca e romana: materiali e problemi*, in BRUNI (a cura di) 2003a, pp. 29-43.
- CACIAGLI C. 1995, *Pisa. Città e architetture del Settecento*, Pisa.
- CAMILLI A. 2004, *Il cantiere delle navi antiche di Pisa. Note sull'ambiente e sulla periodizzazione del deposito*, in «Archeologia Marittima Mediterranea», 1, pp. 53-75.
- CAMILLI A., GAMBONI P. 2004, *Porti e approdi della costa toscana*, in ARCE X., CAMILLI A., HODGES R., URTEAGA M. (a cura di), *Mar Exterior. El occidente atlàntico en época romana*, Atti del Congresso internazionale (Pisa 2003), Irun, pp. 123-145.
- CAMILLI A., SETARI E. (a cura di) 2005, *Le navi antiche di Pisa. Guida archeologica*, Milano.
- CAPITANI M., FABIANI F., SCIUTO C., TARANTINO G. (MAPPAProject) 2013, *Pisa, Carotaggi di verifica del potenziale archeologico (Relazione)*, Pisa: MOD (doi: 10.4456/MAPPA.2013.21).
- CASTIGLIA R. 1994, *La città entro il circondario delle mura (1820-1834)*, in CACIAGLI C., *Pisa. Città e architetture del Settecento*, Pisa, pp. 43-55.
- CECCARELLI LEMUT M.L., PASQUINUCCI M. 1991, *Fonti antiche e medievali per la viabilità del territorio pisano*, in «Bollettino Storico Pisano», pp. 111-138.

- CIAMPOLTRINI G. 1981, *Note sulla colonizzazione augustea nell'Etruria settentrionale*, in «Studi Classici e Orientali», 31, pp. 41-55.
- CIAMPOLTRINI G. 1991, *I porti dell'Etruria augustea*, in «Athenaeum», 79, pp. 256-259.
- CIAMPOLTRINI G. 1992, «Municipali ambizioni». *La tradizione locale negli edifici per spettacolo di Lucca romana*, in «Prospettiva», 67, pp. 39-48.
- CIAMPOLTRINI G. 1993, *Le terme pubbliche nelle città dell'Etruria centro-settentrionale fra I e II secolo d.C.*, in «Studi Classici e Orientali», 43, pp. 427-446.
- CIAMPOLTRINI G. 1998, *La villa di Massaciuccoli. Una proposta di lettura*, in «Rassegna di Archeologia», 15, pp. 107-118.
- CITTE C. 2012, *Archeologia delle città Toscane nel Medioevo (V-XV secolo). Fotogrammi di una complessità*, Mantova.
- CIURCINA M. 2013, *Parere legale sul portale Mappa Open Data*, in «MapPapers», 4, pp. 87-106.
- CIUTI R. 2003, *Pisa Medicea: itinerario storico artistico tra Cinque e Seicento*, Pisa.
- CIUTI R. 2010, *Pisa nell'Ottocento: le trasformazioni della città tra Granducato e Stato Unitario*, Pisa.
- CIUTI R., LEONI B. 2010, *Pisa nell'Ottocento. Le trasformazioni della città tra Granducato e Stato unitario*, Pisa.
- COARELLI F. 1985-87, *La fondazione di Luni. Problemi storici e archeologici*, in *Studi lunensi e prospettive sull'occidente romano*, Atti del Convegno (Lerici 1985), in «Quaderni del Centro Studi Lunensi», 10-12, III, pp. 17-36.
- CONOLLY J., LAKE M. 2006, *Geographical Information Systems in Archaeology*, Cambridge.
- CONVEGNO DI STUDI ETRUSCHI ED ITALICI, *Dinamiche di sviluppo delle città nell'Etruria meridionale: Veio, Caere, Tarquinia, Vulci: atti del XXIII Convegno di studi etruschi ed italici*, Roma, Veio, Cerveteri/Pyrgi, Tarquinia, Tuscania, Vulci, Viterbo, 1-6 ottobre 2001, Pisa-Roma, 2005.
- CORRETTI A. 1994, *Pisa*, in NENCI G., VALLET G. (a cura di), *Bibliografia Topografica della Colonizzazione greca in Italia e nelle isole tirreniche*, XIII, Pisa-Roma, pp. 591-660.
- CORRETTI A., VAGGIOLI M.A. 2003, *Pisa, via Sant'Apollonia: secoli di contatti mediterranei*, in TANGHERONI (a cura di) 2003, pp. 57-63.
- COSCI M., SPATARO C. 2002, *Livio XXXV, 3, 1 e la fotografia aerea. Proposta di identificazione di castra romani nella zona di Porta a Lucca a Pisa*, in «Science and Technology for Cultural Heritage», 11 (1-2), pp. 13-18.
- COSTANTINI A. 2007-2008, *Primi dati sulla necropoli tardo antica rinvenuta nel suburbio settentrionale di Pisa (via Marche)*, in «Rassegna di Archeologia», 23 B, pp. 149-168.
- COSTANTINI A. 2011, *Le anfore*, in ALBERTI, PARIENI (a cura di) 2011, pp. 393-430.
- CURUNI S.A. 2003, *L'architettura e le trasformazioni urbane a Pisa dagli anni Venti al secondo dopoguerra*, in, FRANCHETTI PARDO V. (a cura di), *L'architettura nelle città italiane del XX secolo: dagli anni Venti agli anni Ottanta*, Milano, pp. 80-87.
- DRINGOLI M., MARTINELLI A., NUTI F. 1997, *I mestieri del costruire: l'edilizia storica a Pisa*, Pisa.
- DUCCI S., GENOVESI S., MENCHELLI S., PASQUINUCCI M. 2005, *La scoperta di Portus Pisanus*, in MARCUCCI C., MEGALE C. (a cura di) 2005, *Rete archeologica. Provincia di Livorno. Valorizzazione e ricerche*, Atti del Convegno (Livorno 2004), Pisa, pp. 29-44.
- DUCCI S., BALDASSARRI M., GATTIGLIA G. 2008, *Pisa. Via Toselli: indagini preventive ad un progetto di riedificazione (I campagna, luglio-agosto 2008)*, in «Notiziario della Soprintendenza Archeologica per la Toscana», 4, pp. 220-228.
- DUCCI S., CARRERA F., PASINI D., BONAIUTO M. 2010, *Pisa. Archeologia urbana: notizie preliminari sulle indagini presso gli ex Laboratori Gentili (scavi 2009-2010)*, in «Notiziario della Soprintendenza Archeologica per la Toscana», 6, pp.336-340.

- FABIANI F. 2002, *L'augustalità nell'Etruria nord-occidentale: i casi di Luni, Lucca e Pisa*, in «Ostraka», 11, n. 2, pp. 99-112.
- FABIANI F. 2006, "...stratam antiquam que est per paludes et boscos...". *Viabilità romana tra Pisa e Luni*, Pisa.
- FABIANI F. 2007, *Populonia e la tribù Galeria*, in L. BOTTARELLI, M. COCCOLUTO, M.C. MILETI (a cura di), *Materiali per Populonia 6*, Pisa, pp. 387-395.
- FABIANI F. 2012, *L'acquisizione della documentazione archeologica*, in ANICHINI et alii (a cura di) 2012, pp. 23-30.
- FABIANI F. c.s., *Archeologia classica. L'urbanistica: città e paesaggi*, Roma.
- FABIANI F., GATTIGLIA G. 2012, *La struttura informatica di archiviazione*, in ANICHINI et alii (a cura di) 2012, pp. 41-71.
- FAEDO L. 2000, *Sculture romane dall'area attorno a Piazza dei Cavalieri*, in BRUNI, ABELA, BERTI (a cura di) 2000, pp. 29-35.
- FEBBRARO M. 2008, *Via degli Uffizi e via L. Gerreschi. Archeologia dell'architettura e indagine topografica*, in ANICHINI, GATTIGLIA 2008, pp. 140-144.
- FEBBRARO M. 2011, *Prima della cattedrale. Un contributo alla conoscenza dell'architettura altomedievale a Pisa*, in ALBERTI, PARIBENI (a cura di) 2011, pp. 407-426.
- FEBBRARO M., GATTIGLIA G., RONZANI M. 2006, *Da Priorato dei Vittoriani a conventino dei Serviti. Cenni sulla storia della chiesa di S. Andrea fra 1095 e 1465*, in GATTIGLIA, MILANESE (a cura di) 2006, pp. 41-52.
- FEBBRARO M., MEO A. 2009, *Pisa tra alto e basso Medioevo. Primi dati dallo scavo urbano di vicolo del Porton Rosso (IX-XVI secolo)*, in VOLPE G., FAVIA P. (a cura di), V Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Foggia-Manfredonia 2009), Firenze, pp. 188-192.
- FEBBRARO M., SUSINI F. 2012, *Archeologia dell'architettura e della città. Un esempio di analisi degli elevati applicata ad un centro urbano: il caso di Pisa*, in MapPapers, 3, pp. 266-276.
- FOLCANDO E. 1996, *Una rilettura dell'elenco di colonie pliniano*, in PANI M. (a cura di), *Epigrafia e territorio. Politica e società. Temi di antichità romane*, IV, Bari, pp. 75-112.
- FRACCARO P. 1939, *La centuriazione romana dell'agro pisano*, in «Studi Etruschi», 13, pp. 221-229.
- FRATTARELLI FISCHER L. 1989, *L'idea architettonica della città borghese 1835-1870*, in «Parametro», 96/81, pp. 21-26, 61-63.
- FRATTARELLI FISCHER L., NUCARA DANI C. 1989, *Il quartiere di San Francesco. Progetti e interventi ottocenteschi su una zona medioevale di Pisa*, Pisa.
- GABBA E. 1972, *Urbanizzazione e rinnovamenti urbanistici nell'Italia centro-meridionale del I sec. a.C.*, in «Studi Classici e Orientali», 21, pp. 73-112.
- GABBA E. 1976, *Considerazioni politiche ed economiche sullo sviluppo urbano in Italia nei secoli II e I a.C.*, in ZANKER P. (a cura di), *Hellenismus in Mittelitalien*, Göttingen, pp. 315-320.
- GABBA E. 1977, *Catalogo dei sarcofagi e delle iscrizioni*, in ARIAS P.E., CRISTIANI E., GABBA E., *Camposanto monumentale di Pisa. Le antichità*, Pisa, pp. 83-96.
- GARZELLA G. 1990, *Pisa com'era: topografia e insediamento urbano. Dall'impianto tardo antico alla città murata del secolo XII*, Napoli.
- GARZELLA G. 2006, *Prope ecclesiam Sancti Andree. I caratteri dell'insediamento nel settore più orientale di Chinzica (secoli XI-XV)*, in GATTIGLIA, MILANESE (a cura di) 2006, pp. 15-24.
- GATTIGLIA G. 2006, *Dalla terra alla storia*, in GATTIGLIA, MILANESE (a cura di) 2006, pp. 125-156.
- GATTIGLIA G. 2010, *Pisa tra VII e XV secolo alla luce dell'archeologia*, Tesi di dottorato, Università di Pisa.
- GATTIGLIA G. 2011, *Pisa nel Medioevo. Produzione, società, urbanistica: una lettura archeologica*, Pisa.

- GATTIGLIA G. 2012, *GIS applications for the archaeological analysis of a medieval town: Pisa, Italy*, in GILIGNY F., COSTA L., DJINDJAN F., CIEZAR P., DESACHY B. (a cura di), *Actes des 2èmes Journées d'Informatique et Archeologia de Paris - JIP 2010 (Paris 2010)*, in «Archeologia e Calcolatori», Supplemento 3 - JIAP 2010, pp. 125-140 http://soi.cnr.it/archcalc/indice/Suppl_3/09-Gattiglia.pdf
- GATTIGLIA G. 2013, *Mappa. Pisa medievale: archeologia, analisi spaziali, modelli predittivi*, Roma.
- GATTIGLIA G., MILANESE M. (a cura di) 2006, *Palazzo Scotto Corsini. Archeologia e storia delle trasformazioni di un'area urbana a Pisa tra XI e XX secolo*, Pisa.
- GELICHI S. 1998, *Le mura inesistenti e la città dimezzata. Note di topografia pisana altomedievale*, in «Archeologia medievale», 25, pp. 75-88.
- GHILARDI M., PSOMIADIS D., CORDIER S., DELANGHE-SABATIER D., DEMORY F., HAMIDI F., PARASCHOU T., DOTSIKA E., FOUACHE E. 2012, *The impact of rapid early- to mid-Holocene palaeoenvironmental changes on Neolithic settlement at Nea Nikomideia, Thessaloniki Plain, Greece*, in «Quaternary International», 266, pp. 47-61.
- GIORGIO M. 2012, *Pisa tra Medioevo ed età moderna: primi dati dallo scavo di Villa Quercioli (PI-VQ'11)*, in REDI F., FORGIONE A. (a cura di), *Atti del VI Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*, Firenze, pp. 740-745.
- GIUA M.A. 2004, *La fides di Plinio e la colonia di Pisa. Nota a Nat. Hist. III. 50*, in Laffi U., Prontera F., Virgilio B. (a cura di), *Artissimum memoriae vinculum. Scritti di geografia storica e di antichità in ricordo di Gioia Conza*, Firenze, pp. 199-208.
- GOODMAN P.J. 2007, *The Roman City and its Periphery. From Rome to Gaul*, London - New York.
- GRASSINI F. 2011, *Materiali arcaici da via Marche*, in MILETI M.C., GHIZZANI MARCIA F. (a cura di), *Sotto la superficie. Archeologia urbana a Pisa*, Pisa.
- GRAVA M. 2012, *Un livello informativo per la cartografia storica di Pisa*, in «MapPapers», 3, pp. 223-234.
- GREGORY K.J. 2006, *The human role in changing river channels. Geomorphology* 79, 172-191
- HOOKE, R. LeB., 2000. *On the history of humans as geomorphic agents*, in «Geology», 28, pp. 843-846.
- GROS P. 2001, *L'architettura romana*, Milano.
- GROS P., TORELLI M. 1988, *Storia dell'urbanistica. Il mondo romano*, Roma-Bari.
- HUTCHINSON M.F. 1989, *A new method for gridding elevation and stream line data with automatic removal of pits*, in «Journal of Hydrology», 106, pp. 211-232.
- GUALANDI M.L. 2012, *Prima fase di un lavoro in progress*, in ANICHINI et alii (a cura di), pp. 15-21.
- HODDER I., ORTON C. 1976, *Spatial analysis in archaeology*, Cambridge.
- ISAACS E.H., SRIVASTAVA R.M. 1989, *An Introduction to Applied Geostatistics*, New York.
- KARWACKA CODINI E. 2010 (a cura di), *Architettura a Pisa nel primo periodo mediceo*, Roma.
- KRAFT J.C., BRÜCKNER H., KAYAN I., ENGELMANN H. 2007, *The geographies of ancient Ephesus and the Artemision in Anatolia*, in «Geoarchaeology», 22, pp. 121-149.
- LANGVILLE A.N., MEYER C.D. 2006, *Google's PageRank and Beyond: The Science of Search Engine Rankings*, Princeton.
- LLOYD C.D., ATKINSON P.M. 2004, *Archaeology and geostatistics*, in «Journal of Archaeological Science», 31, pp. 151-165.
- MAGGIANI A. 1986, *Localizzazione degli insediamenti etrusco-romani rispetto alle mura medievali*, in *Le mura di Pisa*, Atti della Tavola rotonda sui problemi del loro recupero e valorizzazione (Pisa 1986), Pisa, pp. non numerate, s.d.
- MAKASKE B. 2001, *Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary*

- products*, in «Earth-Science Reviews», 53, pp. 149-196.
- MARTINELLI A. 1993, *Pisa, Urbanistica e architettura tra le due guerre*, Pisa.
- MATHERON G. 1971, *The Theory of Regionalized Variables and its Applications*, Fontainebleau http://cg.ensmp.fr/bibliotheque/public/MATHERON_Ouvrage_00167.pdf
- MENCHELLI S. 1995, *Ateius e gli altri: produzioni ceramiche in Pisa e nell'ager Pisanus fra tarda Repubblica e primo Impero*, in «Annali della Scuola Normale Superiore», pp. 333-350.
- MENCHELLI S. 2003, *Pisa nelle rotte commerciali mediterranee dal III secolo a.C. all'età tardoantica*, in TANGHERONI (a cura di) 2003, pp. 99-103.
- MIBAC 2013, *Mini cifre della cultura 2012*, Roma.
- MIBAC s.d., *Valorizzazione e gestione integrata del patrimonio archeologico*, XIV Borsa Mediterranea del Turismo Archeologico (Paestum 2011), s.l.
- MILANESE M. 2004, *Archeologia urbana a Pisa nel triennio 2000-2003*, in MILANESE, BALDASSARRI (a cura di) 2004, pp. 9-24.
- MILANESE M., BALDASSARRI M. (a cura di) 2004, *Archeologia in Chinzica. Insediamento e fonti materiali (secoli XI-XIX) dagli scavi dell'area di S. Cristina*, Pisa.
- NUTI L. 1986, *Pisa. Progetto e città (1814-1865)*, Pisa.
- NUTI L. 1996, *Ritratti di città. Visione e memoria tra Medioevo e Settecento*, Venezia.
- PANCIERA S. 1999, *Dove finisce la città*, in *La forma della città e del territorio*, Atlante Tematico di Topografia Antica, suppl. V, Roma, pp. 9-15.
- PARIBENI E. 2011a, *Il quartiere nel contesto urbano*, in ALBERTI, PARIBENI (a cura di) 2011, pp. 71-78.
- PARIBENI E. 2011b, *Le domus di Piazza del Duomo*, in ALBERTI, PARIBENI (a cura di) 2011, pp. 79-86.
- PARIBENI E., CERATO I., RIZZITELLI C., MILETI M. C. 2006, *Pisa. Via Marche*, in «Notiziario della Soprintendenza Archeologica per la Toscana», 2, pp. 209-213.
- PARODI L. 2011, *Evidenze attribuibili a edifici romani (Area 7000)*, in ALBERTI, PARIBENI (a cura di) 2011, pp. 132-133.
- PASQUINUCCI M. 1986, *L'area di Cascina nell'antichità*, in PASQUINUCCI M., GARZELLA G., CECARELLI LEMUT M.L. (a cura di), *Cascina II. Dall'antichità al medioevo*, Pisa, pp. 13-59.
- PASQUINUCCI M. 1990, *L'acquedotto romano, in San Giuliano Terme. La storia, il territorio*, Pisa, pp. 165-179.
- PASQUINUCCI M. 1993, *Le strutture romane in piazza Dante: vecchie ipotesi e nuovi dati sull'urbanistica di Pisa romana*, in BRUNI S. (a cura di) 1993, *Pisa. Piazza Dante Uno spaccato della storia pisana. La campagna 1991*, Pontedera, pp. 95-104.
- PASQUINUCCI M. 1995, *Colonia Opsequens Iulia Pisana: qualche riflessione sulla città ed il suo territorio*, in «Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa», XXV, 1-2, pp. 311-317.
- PASQUINUCCI M. 2003a, *Pisa romana*, in TANGHERONI (a cura di) 2003, pp. 81-85.
- PASQUINUCCI M. 2003b, *Pisa e i suoi porti in età etrusca e romana*, in TANGHERONI (a cura di) 2003, pp. 93-97.
- PASQUINUCCI M. 2007, *I porti di Pisa e di Volterra*, in «Athenaeum», 95, pp. 677-684.
- PASQUINUCCI M. 2011, *Pisa romana*, in GHIZZANI MARCIA F., MILETI M.C. (a cura di), *Sotto la superficie. Archeologia urbana a Pisa*, Atti della Giornata di Studi (Pisa 2011), pp. 34-37.
- PASQUINUCCI M., MENCHELLI S. (a cura di) 1989, *Pisa. Le Terme di "Nerone"*, Pontedera.
- PASQUINUCCI M., STORTI S. 1989, *Pisa antica. Scavi nel giardino dell'Arcivescovado*, Pontedera.
- PASQUINUCCI M., MENCHELLI S., 1999, *Un insediamento portuale antico alla foce del Serchio*, in Tomei P.E., Riva S. (a cura di), *Indagini teorico-scientifiche sulla palude di Massaciuccoli*, in

- «Consorzio Bonifica Canali Navigabili», 5, Pisa, pp. 29-33.
- PECCI A. 2009, *Analisi chimiche delle superfici pavimentali: un contributo all'interpretazione funzionale degli spazi archeologici*, in Atti del V Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Foggia-Manfredonia 2009), Firenze, pp.105-110.
- PIOLA CASELLI E. 1943, *Codice del diritto d'autore: commentario della nuova Legge 22 aprile 1941-XIX n.633: corredato dei lavori preparatori e di un indice analitico delle leggi interessanti la materia*, Torino.
- REDI F. 1982, *Il palazzo Lanfranchi e l'edilizia medievale nel quartiere di Chinzica*, in ROSSETTI G., CARMASSI M. (a cura di), *Un palazzo, una città: il palazzo Lanfranchi in Pisa*, Pisa, pp. 79-140.
- REDI F. 1983, *Dalla torre al palazzo: forme abitative signorili e organizzazione dello spazio urbano a Pisa dall'XI al XV secolo*, in *I ceti dirigenti nella Toscana tardo comunale*, Atti del III convegno di studi sulla storia dei ceti dirigenti in Toscana (Firenze 1980), Monte Oriolo, pp. 271-296.
- REDI F. 1991, *Pisa com'era: archeologia, urbanistica e strutture materiali (secoli V-XIV)*, Napoli.
- REDI F. 1998, *Il complesso edilizio dei Gambacorti sul lungarno meridionale di Pisa nel Medioevo*, in PASQUALETTI R. (a cura di), *Il Palazzo Gambacorti a Pisa. Il restauro*, Milano, pp. 135-154.
- Redi F. 2001, *Due corti, due chiese ritrovate a Pisa: S. Pietro in Cortevicchia, S.Giorgio "ad Curte Episcopi"*, in «Bollettino Storico Pisano», LXX, pp. 221-236.
- REIMER P.J., BAILLIE M.G.L., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWEL P.G., BRONK RAMSE C., BUCK C.E., BURR G.S., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDERSON T.P., HAJDA I., HEATON T.J., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER K.F., KROMER B., MCCORMAC F.G., MANNING S.W., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SOUTHON J.R., TALAMO S., TURNEY C.S.M., VAN DER PLICHT J., WEYHENMEYER C.E. 2009, *INTCAL 09 and MARINE09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years Cal BP*, in «Radiocarbon», 51, pp. 1111-1150.
- ROSSI V., AMOROSI, A., SARTI, G., ROMAGNOLI, R. 2012, *New stratigraphic evidence for the mid-late holocene fluvial evolution of the Arno coastal plain (Tuscany, Italy)*, in «Geomorphologie: Relief, Processus, Environnement», 2, pp. 201-214.
- RUDDIMAN W.F. 2003, *The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago*, in «Climatic Change», 61, pp. 261-293.
- RUPI P.R., MARTINELLI A. 1997, *Pisa storia urbanistica*, Pisa.
- SANGRISO P. 1999, *La data delle colonie triumvirali di Luni e di Pisa. Note su C.I.L. XI, 1330*, in «Epigraphica», 59, pp. 47-50.
- SARTI G., ROSSI V., AMOROSI A. 2012, *Influence of Holocene stratigraphic architecture on ground surface settlements: a case study from the City of Pisa (Tuscany, Italy)*, in «Sedimentary Geology», 281, pp. 75-87.
- SEGENNI S. 2003, *Pisa in età romana: le fonti letterarie ed epigrafiche*, in TANGHERONI (a cura di) 2003, pp. 87-91.
- SEGENNI S. 2011, *I Decreta pisana. Autonomia cittadina e ideologia imperiale nella colonia Opsequens iulia pisana*, Bari.
- SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELLA TOSCANA, BRUNI S. 2013, *Pisa, Loc. La Figuretta - Scavo preventivo, 1991*, (Relazione), Pisa: MOD (doi: 10.4456/MAPPA.2013.80).
- 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).
- TANGHERONI M. (a cura di) 2003, *Pisa e il Mediterraneo. Uomini, merci, idee dagli Etruschi ai Medici*, Ginevra-Milano.
- TOLAINI E. 1967, *Forma Pisarum. Problemi e ricerche per una storia urbanistica della città di Pisa*, Pisa.

TOLAINI E. 1992a, Forma Pisarum. *Storia urbanistica della città di Pisa. Problemi e ricerche*, Pisa.

TOLAINI E. 1992b, Pisa, Bari.

ZANINI A. (a cura di) 1997, *Dal Bronzo al Ferro, il II millennio a.C. nella Toscana centro occidentale*, Pisa

Sitografia

<http://calib.qub.ac.uk/marine>

<http://commons.wikimedia.org>

<http://creativecommons.org>

<http://en.wikipedia.org>

[http://fennerschool.anu.edu.au/research/
software-datasets/anudem](http://fennerschool.anu.edu.au/research/software-datasets/anudem)

<http://hubmiur.pubblica.istruzione.it>

<http://www.beniculturali.it>

<http://www.culturaitalia.it>

<http://www.garanteprivacy.it>

<http://www.mappaproject.org>

<http://www.wikilovesmonuments.it>

Finito di stampare nel mese di giugno 2013
con tecnologia *print on demand*
presso il Centro Stampa “Nuova Cultura”
p.le Aldo Moro n. 5, 00185 Roma
www.nuovacultura.it
per ordini: ordini@nuovacultura.it

[Int_9788868120917_A4col_MP04]