



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



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

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 espansione 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 significano 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.

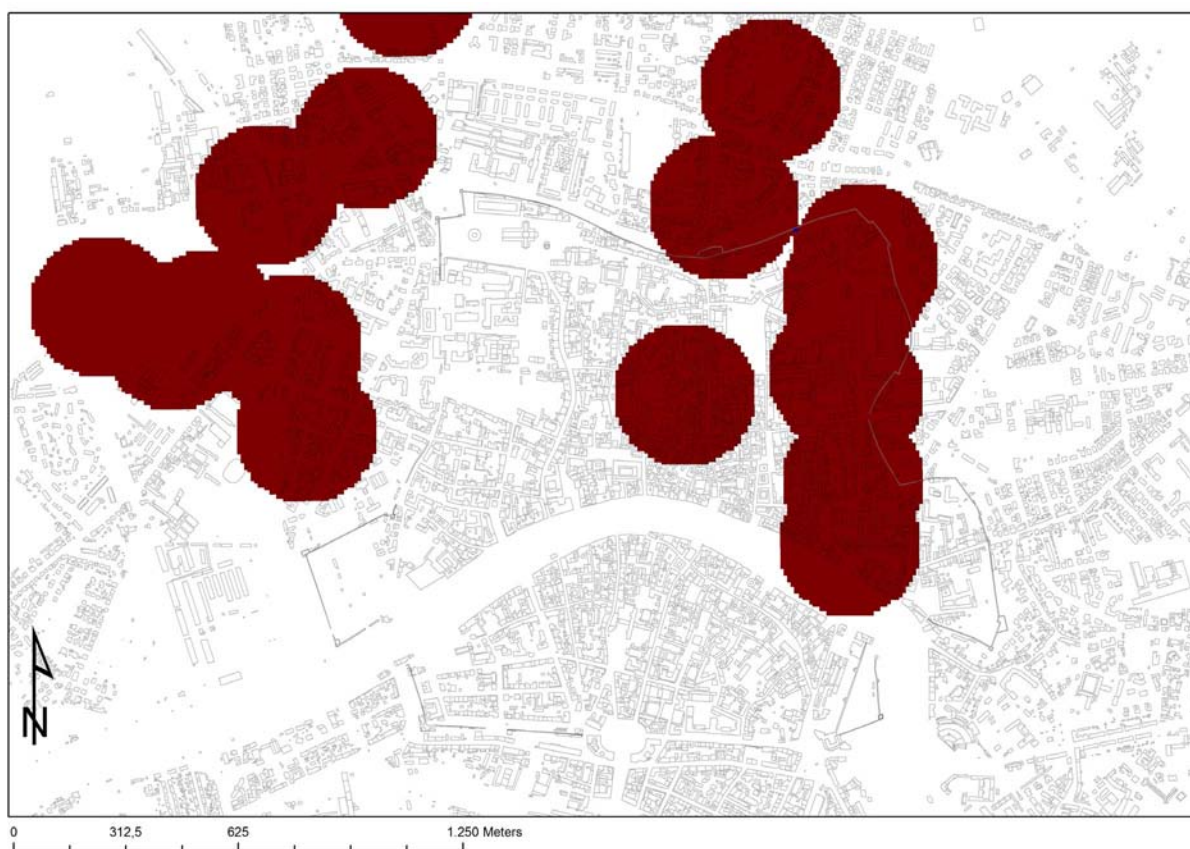


Fig. 4.1 Le aree funzionali relative all'età protostorica: abitato/frequentazione (in bruno)

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 paleoalvei 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

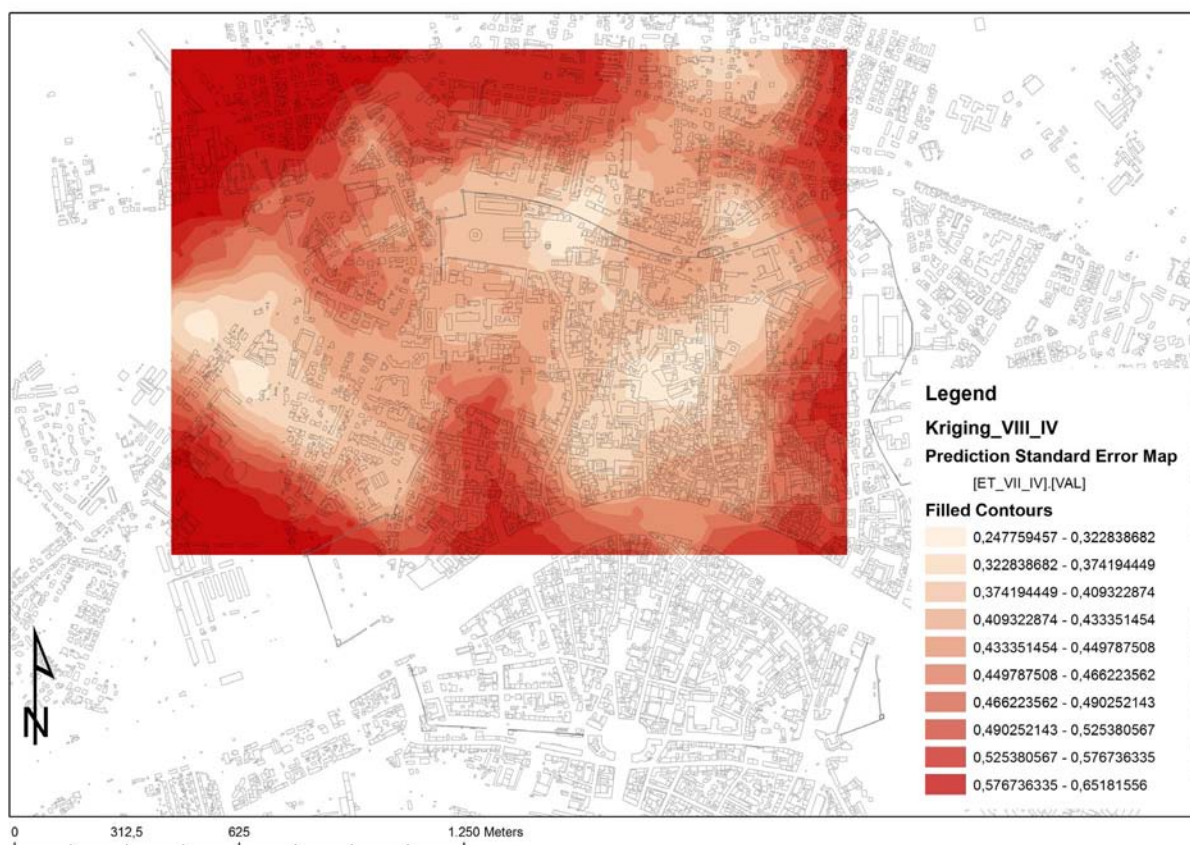


Fig. 4.4 Validation map del kriging di età arcaica e classica (fine VIII-IV secolo a.C.); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

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*.

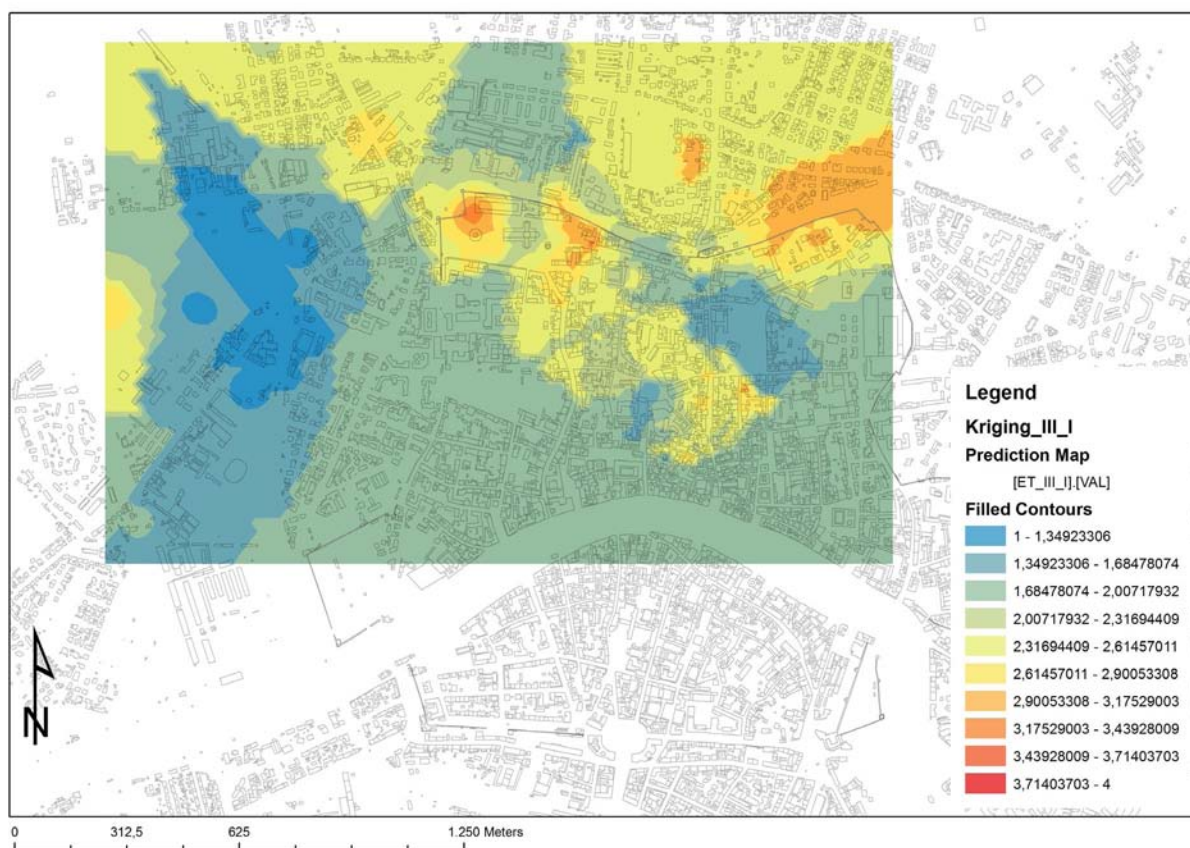


Fig. 4.6 Kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in età ellenistica (fine IV-inizio I secolo a.C.); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

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.

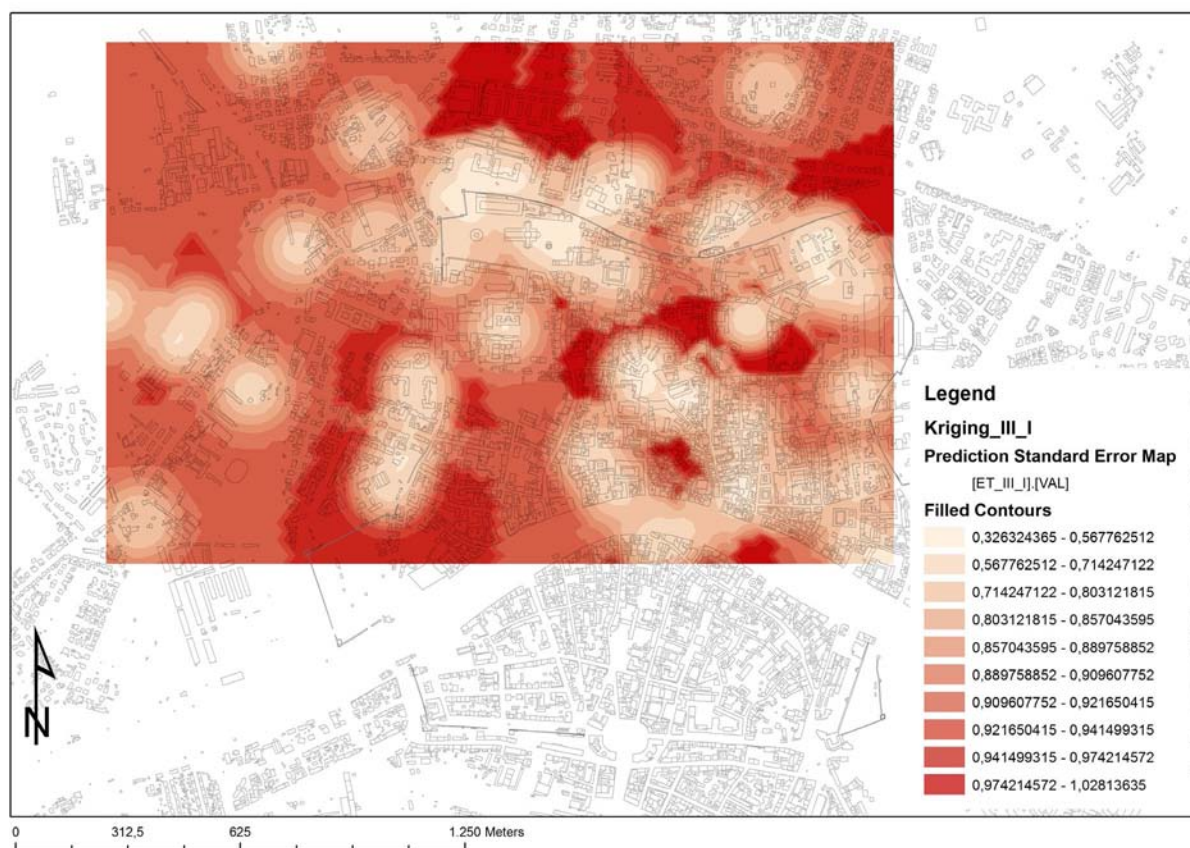


Fig. 4.7 Validation map del kriging di età ellenistica (fine IV-inizio I secolo a.C.); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

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

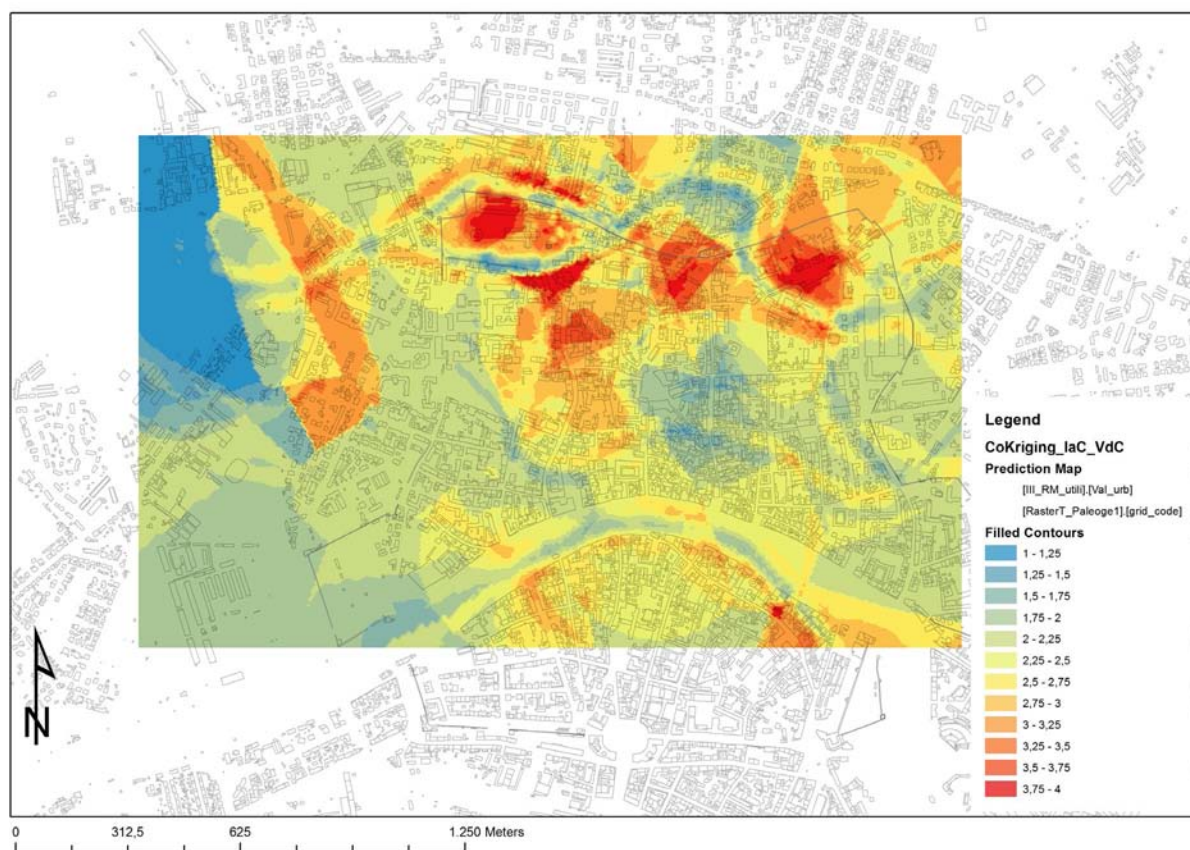


Fig. 4.10 Co-kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in rapporto ai dati paleogeografici in età romana (I secolo a.C.-V secolo d.C.); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

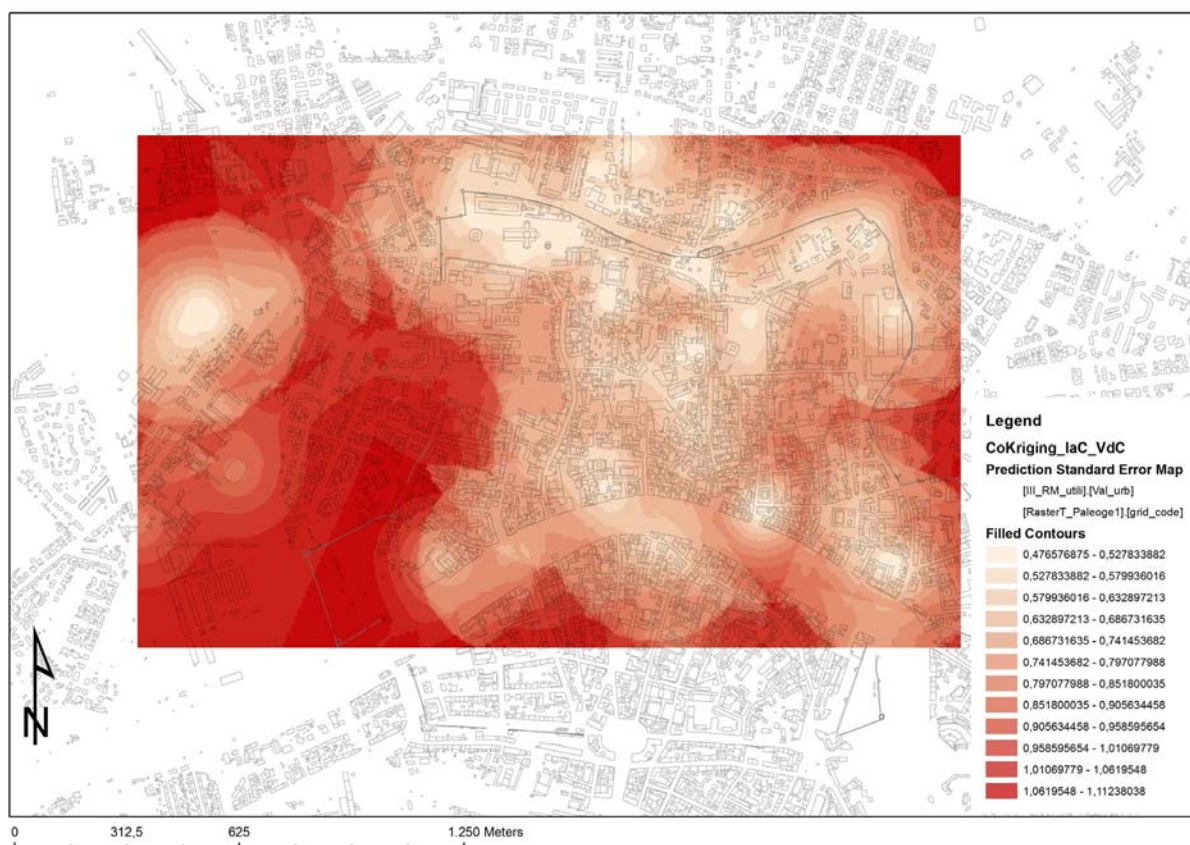


Fig. 4.11 Validation map del co-kriging di età romana e tardoantica (I secolo a.C.-V secolo d.C.); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

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-

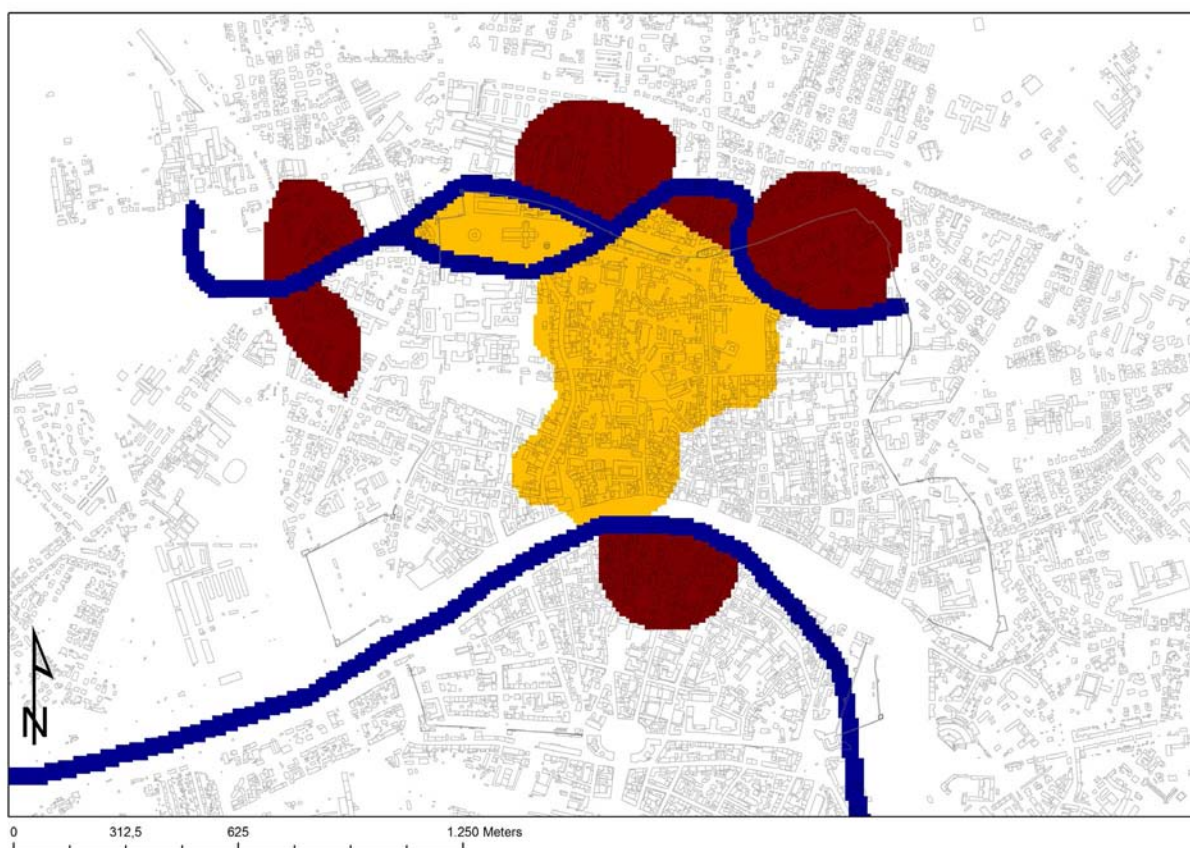


Fig. 4.12 Le aree funzionali relative all'età romana (I secolo a.C.-V secolo d.C.), elaborate dal modello matematico (algoritmo MAPPA): l'area urbana (in giallo), l'area suburbana (in marrone), i fiumi (in blu)

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.

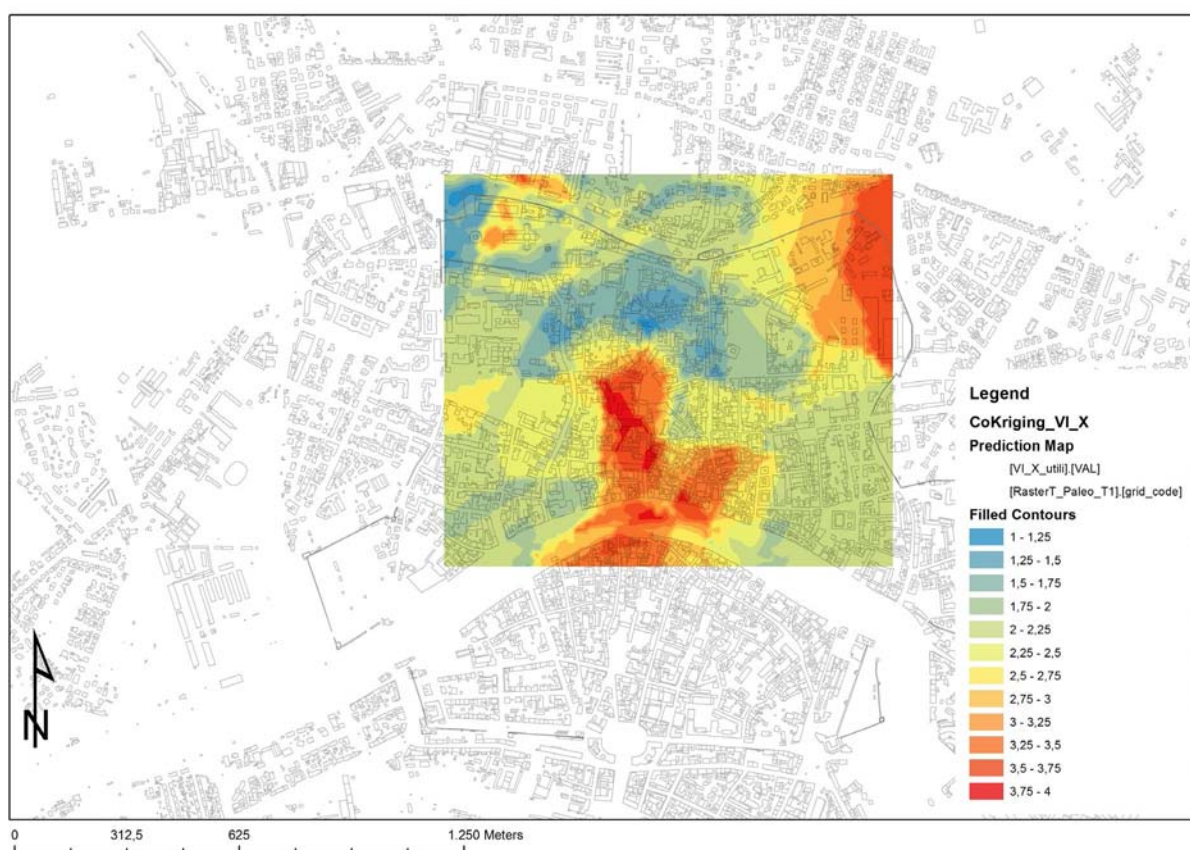


Fig. 4.15 Co-kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in rapporto ai dati paleogeografici in età altomedievale (VI-X secolo); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

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.

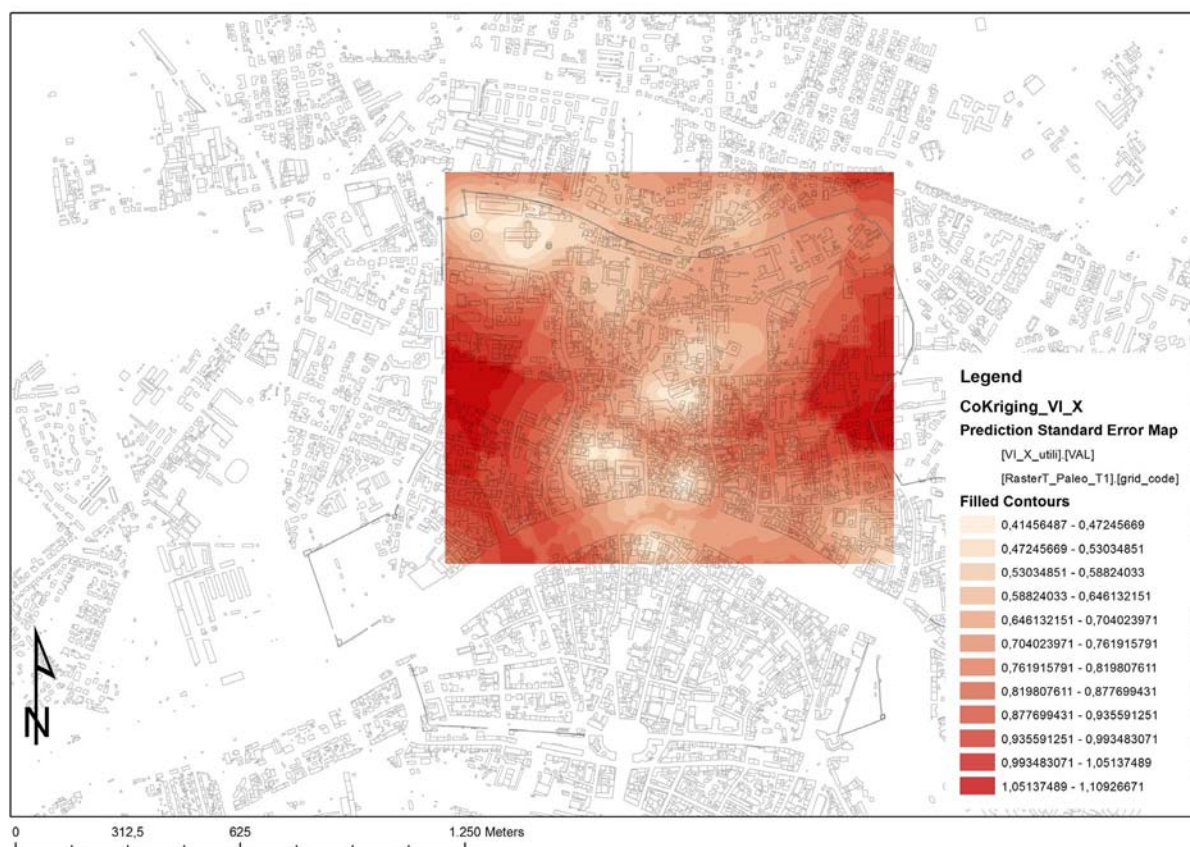


Fig. 4.16 Validation map del co-kriging di età altomedievale (VI-X secolo); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

– 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).

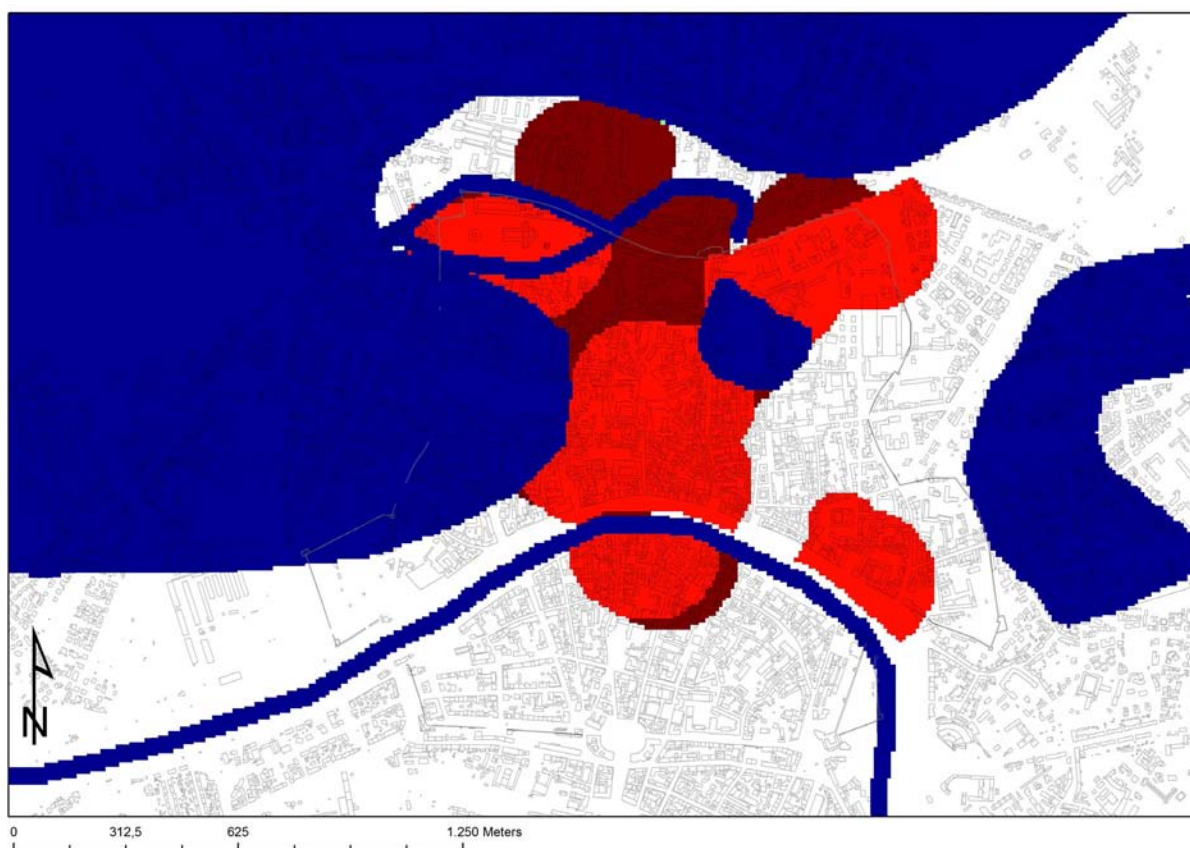


Fig. 4.17 Le aree funzionali relative all'età altomedievale (VI-X secolo), elaborate dal modello matematico (algoritmo MAPPA): l'area urbana (in rosso), l'area suburbana (in marrone), i fiumi e le zone di palude (in blu)

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 *Cortevicchia*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).

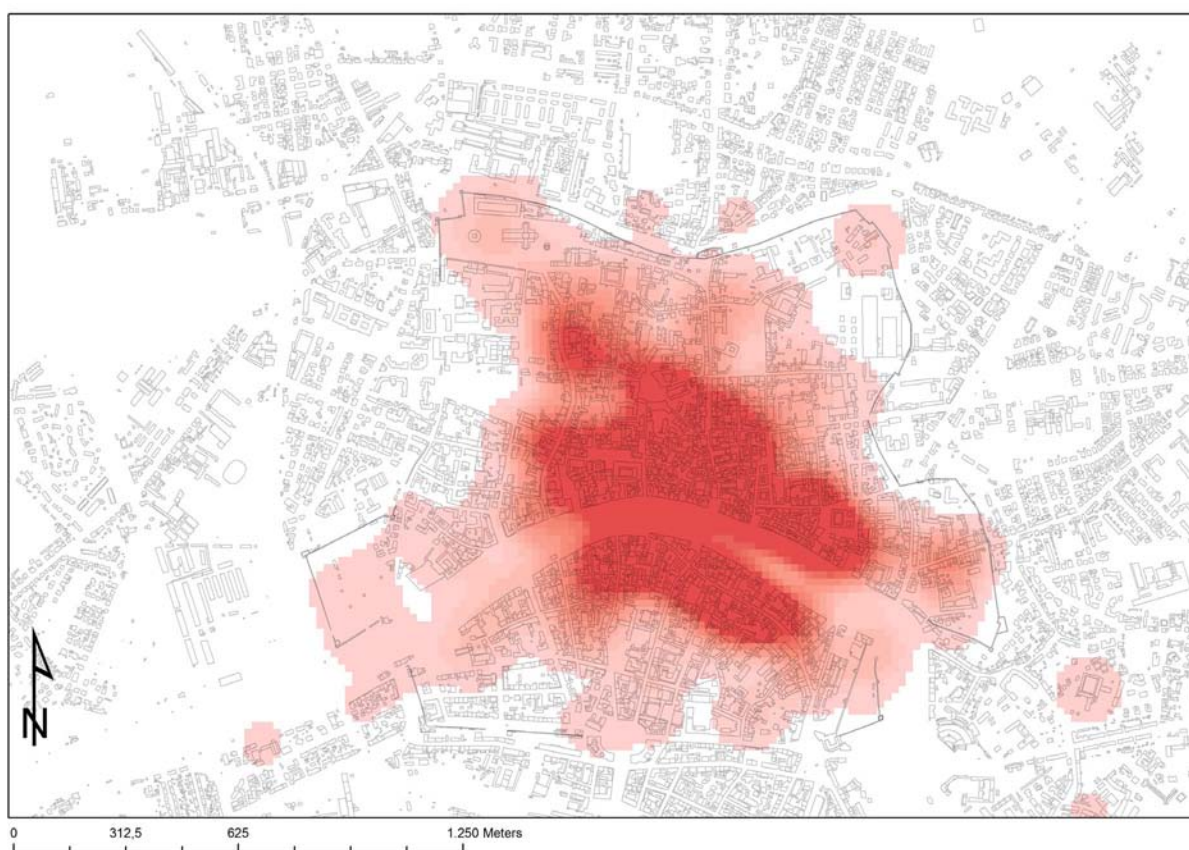


Fig. 4.18 Kernel density estimation dei ritrovamenti di età bassomedievale (XI-XV secolo); più scura l'area con maggiore concentrazione di rinvenimenti

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

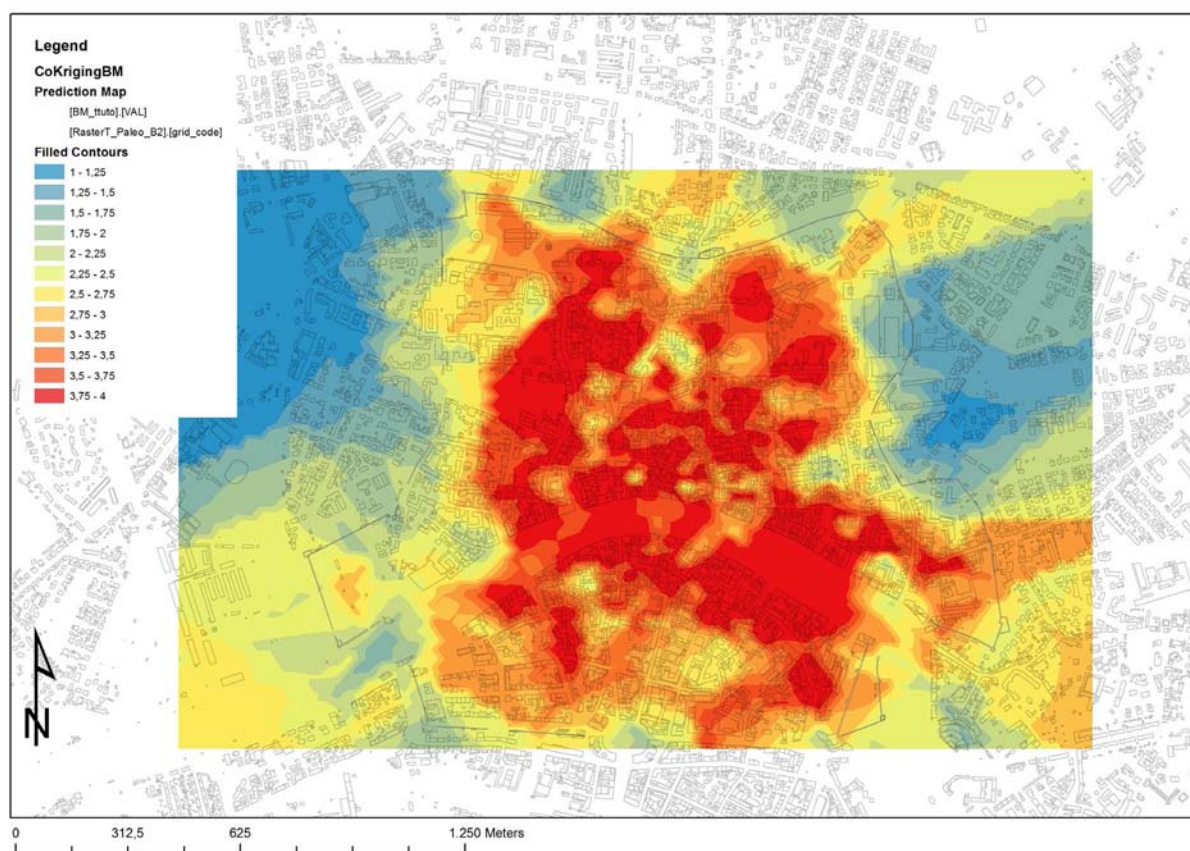


Fig. 4.19 Co-kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in rapporto ai dati paleogeografici in età bassomedievale (XI-XV secolo); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

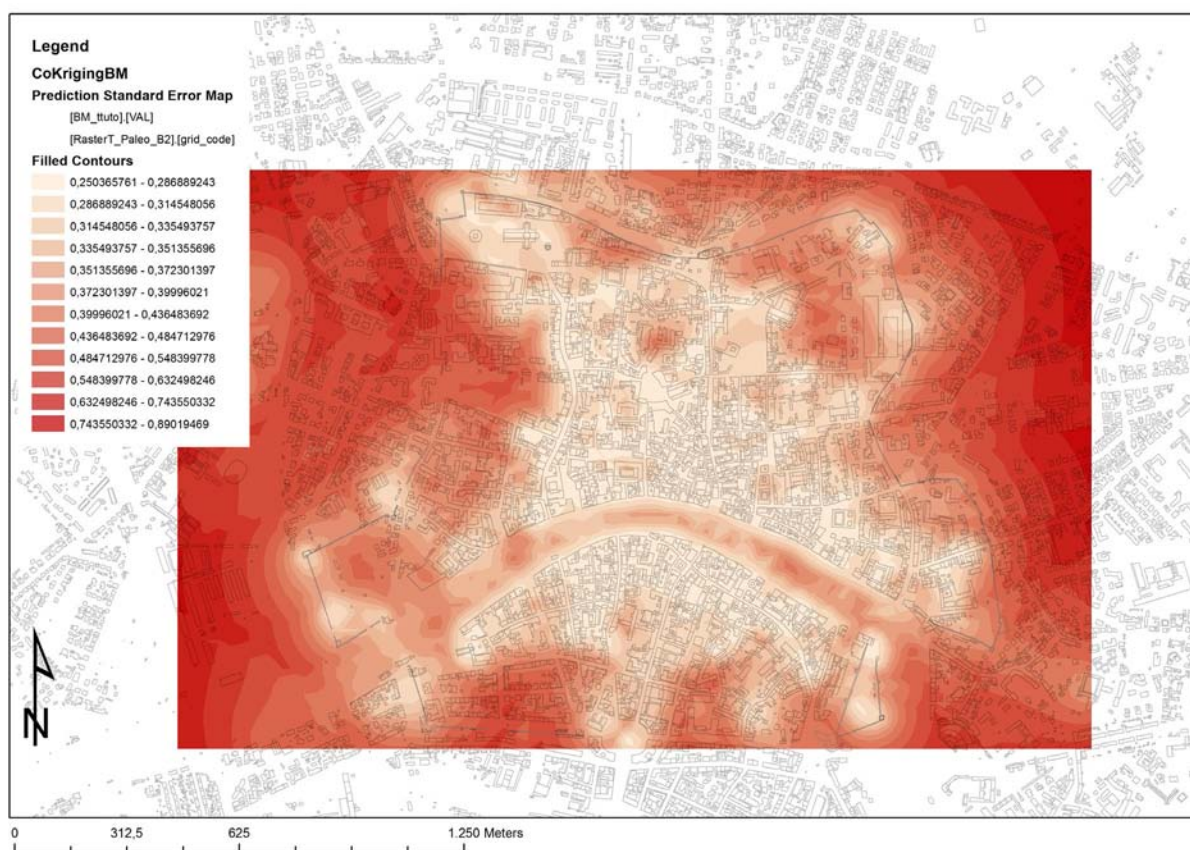


Fig. 4.20 Validation map del co-kriging di età bassomedievale (XI-XV secolo); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

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.

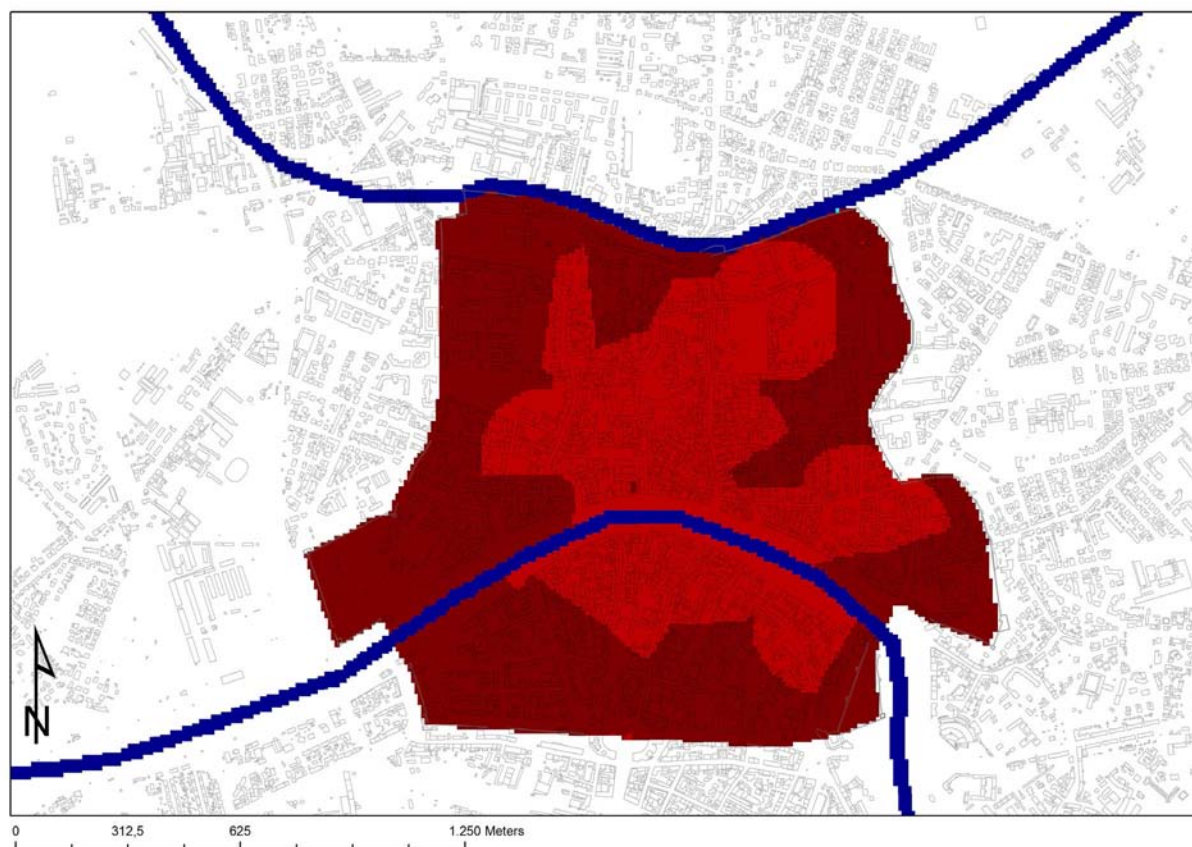


Fig. 4.21 Le aree funzionali relative all'età bassomedievale (XI-XV secolo), elaborate dal modello matematico (algoritmo MAP-PA): l'area urbana (in rosso), l'area suburbana (in rosso scuro); i fiumi (in blu)

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.

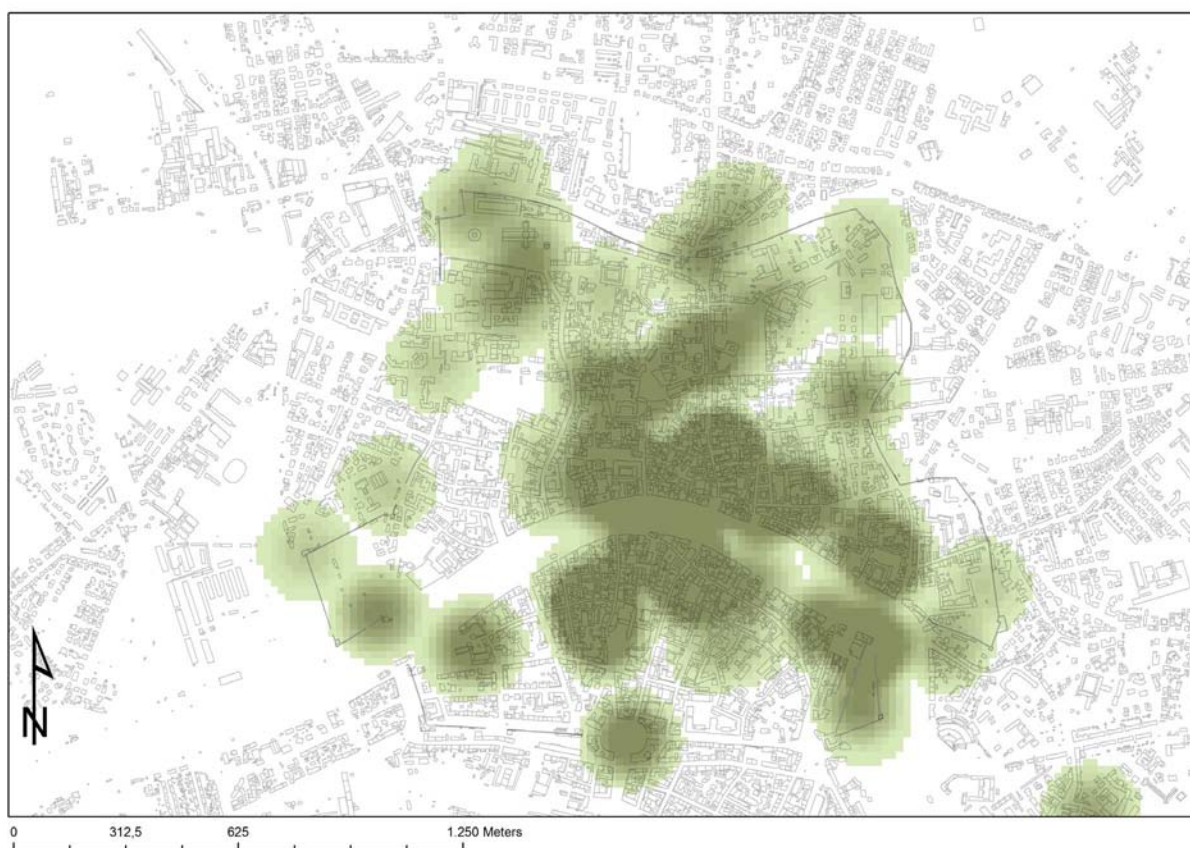


Fig. 4.22 Kernel density estimation dei ritrovamenti di età moderna (XV-XVIII secolo); più scure le aree con maggiore concentrazione di rinvenimenti

- *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-

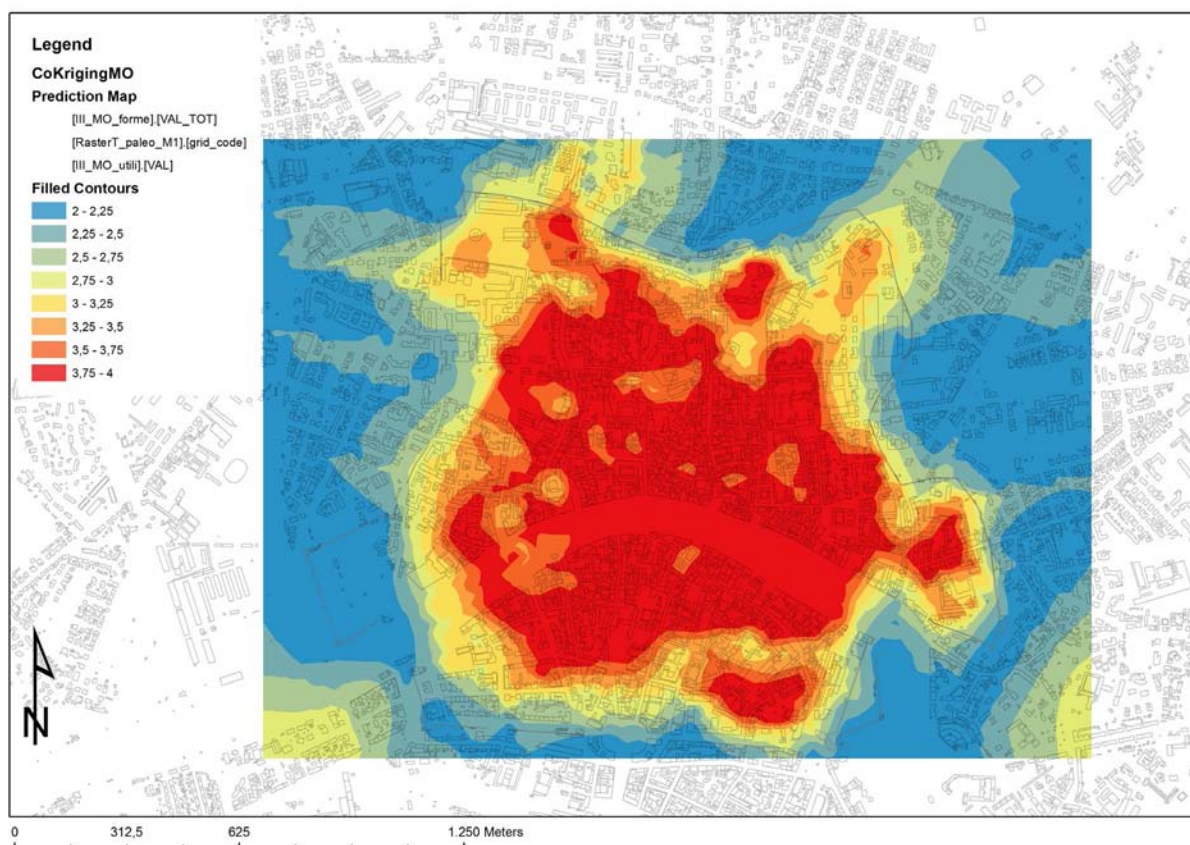


Fig. 4.23 Co-kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in rapporto ai dati paleogeografici in età moderna (XV-XVIII secolo); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

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; REDDI 1991: 38.

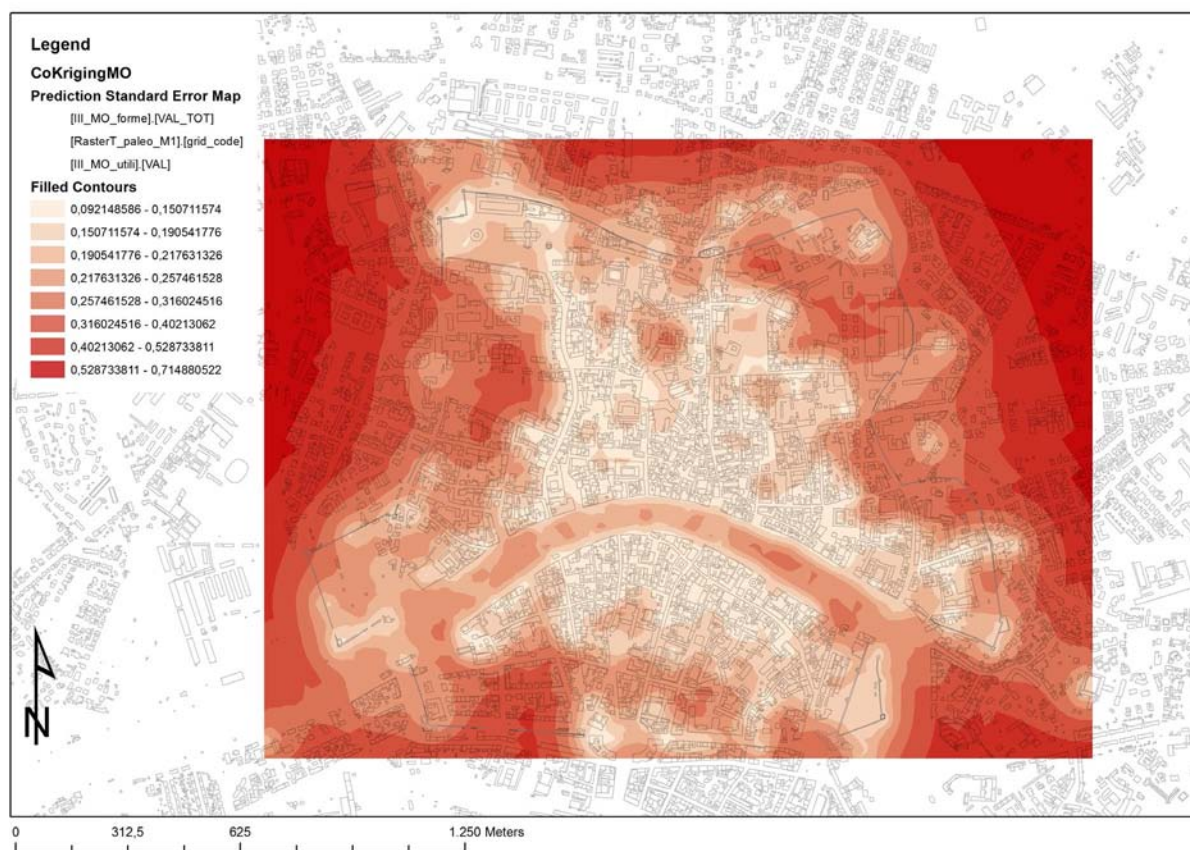


Fig. 4.24 Validation map del co-kriging di età moderna (XV-XVIII secolo); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

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.

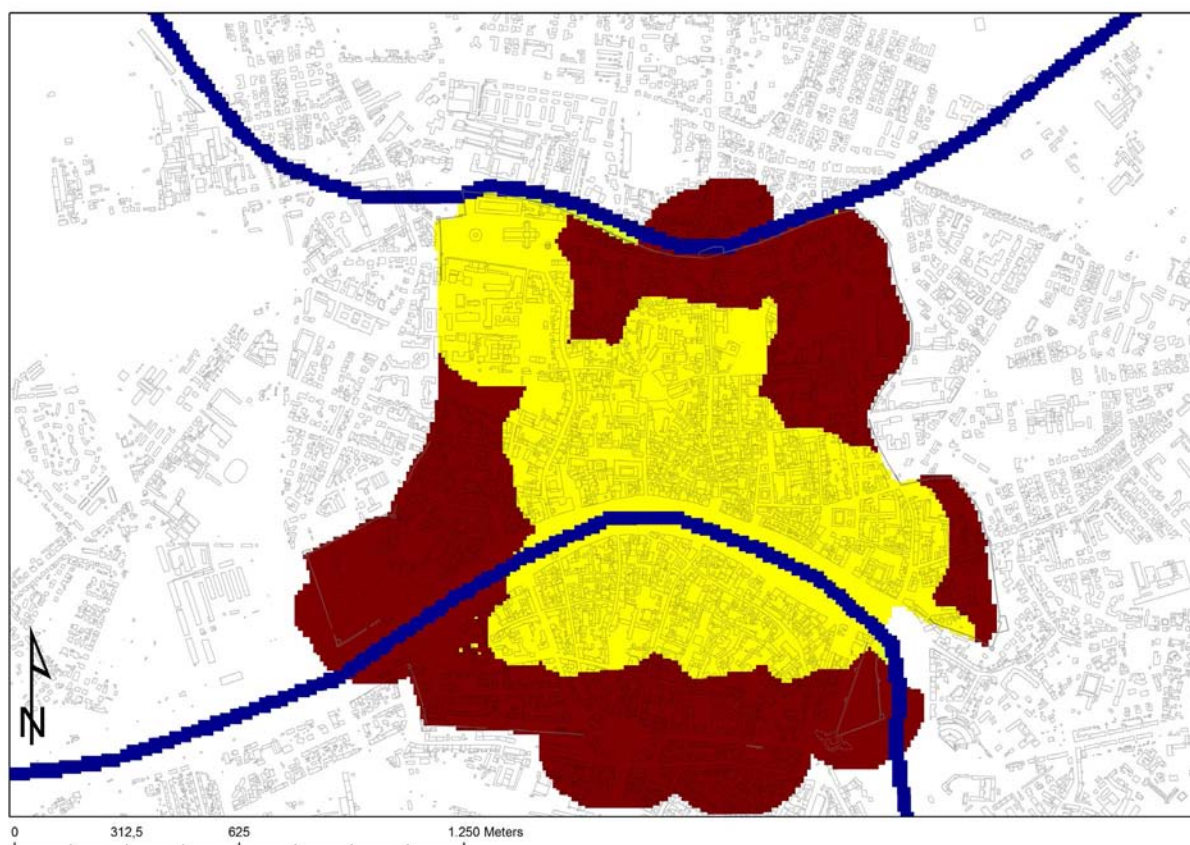


Fig. 4.25 Le aree funzionali relative all'età moderna (XV-XVIII secolo), elaborate dal modello matematico (algoritmo MAPPA): l'area urbana (in giallo), l'area suburbana (in marrone), i fiumi (in blu)

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 successivo.

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

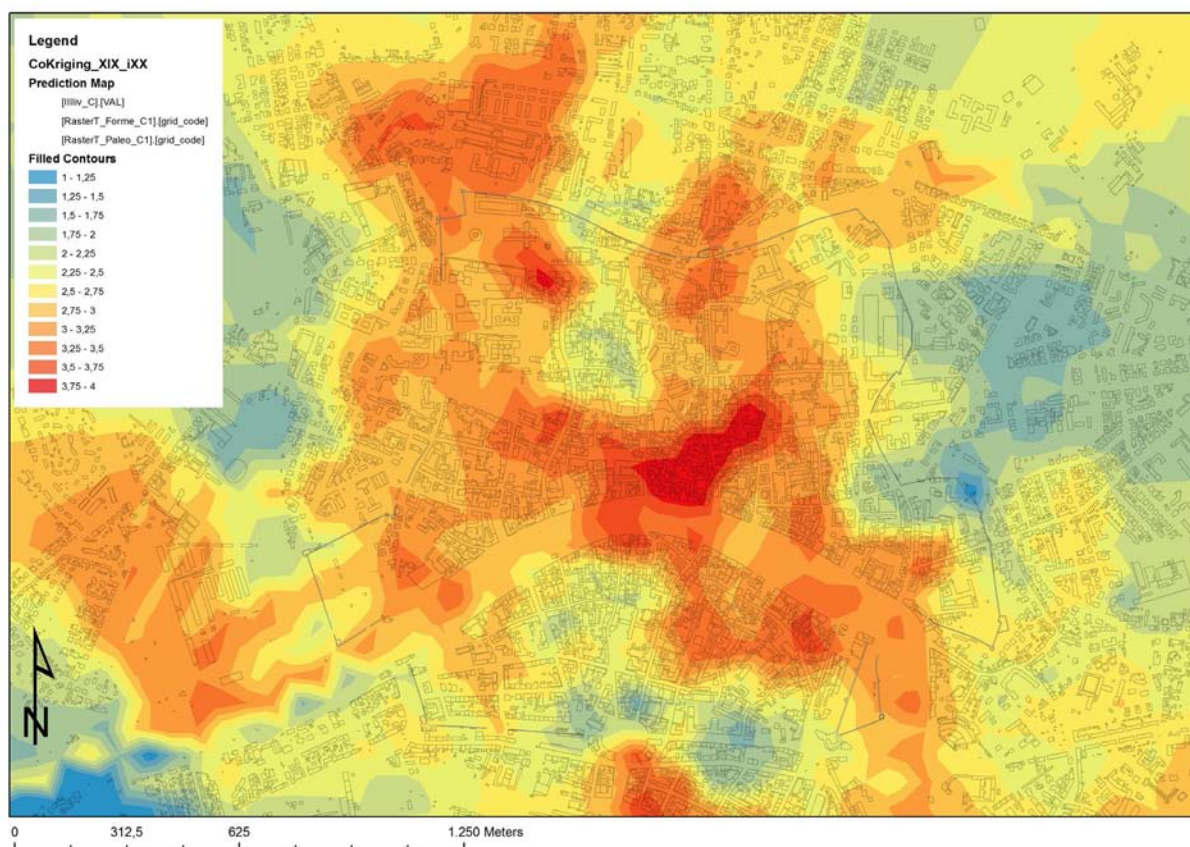


Fig. 4.27 Co-kriging dei ritrovamenti relativi all'area urbanizzata in rapporto ai dati paleogeografici in età contemporanea (XIX-inizio XX secolo); i valori più alti, in rosso/arancio, indicano le aree in cui è più probabile che si estenda il tessuto urbano e periurbano della città

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.

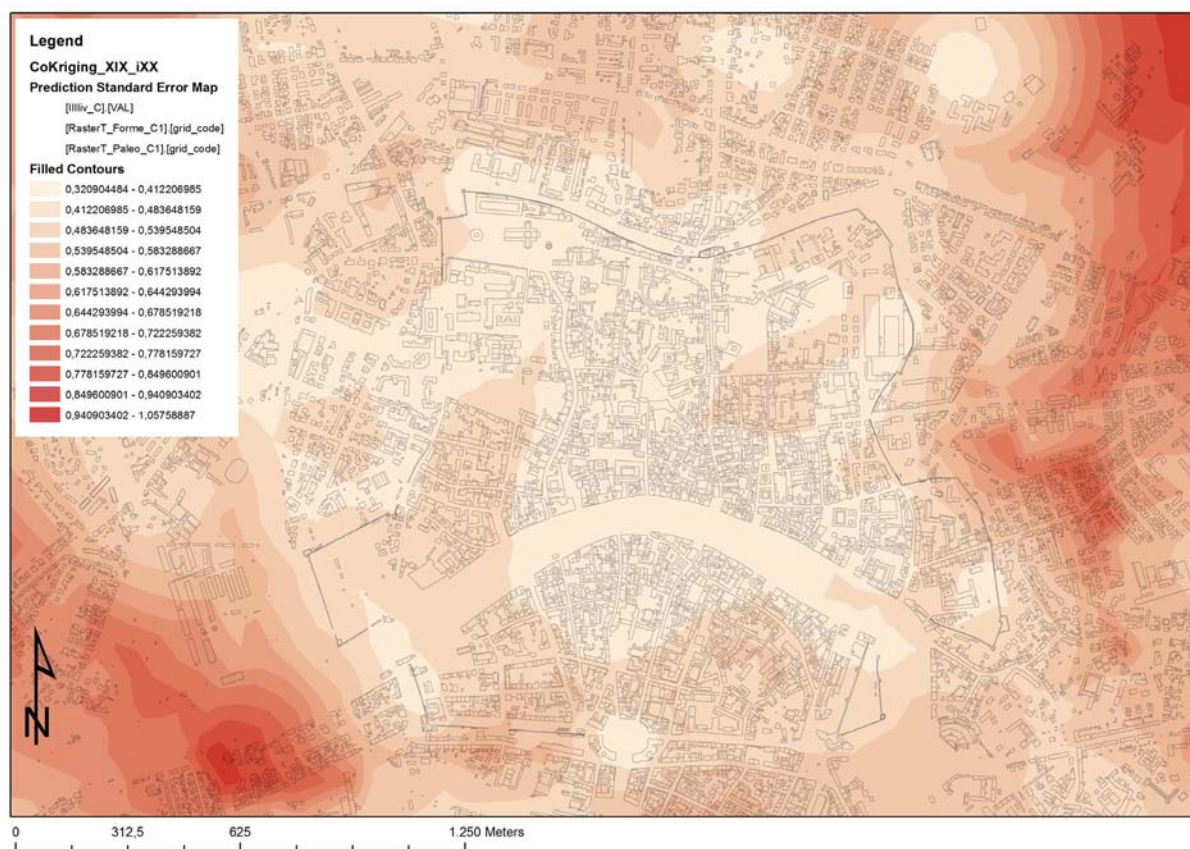


Fig. 4.28 Validation map del co-kriging di età contemporanea (XIX-inizio XX secolo); i valori più bassi, in colore più chiaro, indicano le aree dove la predizione risulta maggiormente affidabile

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

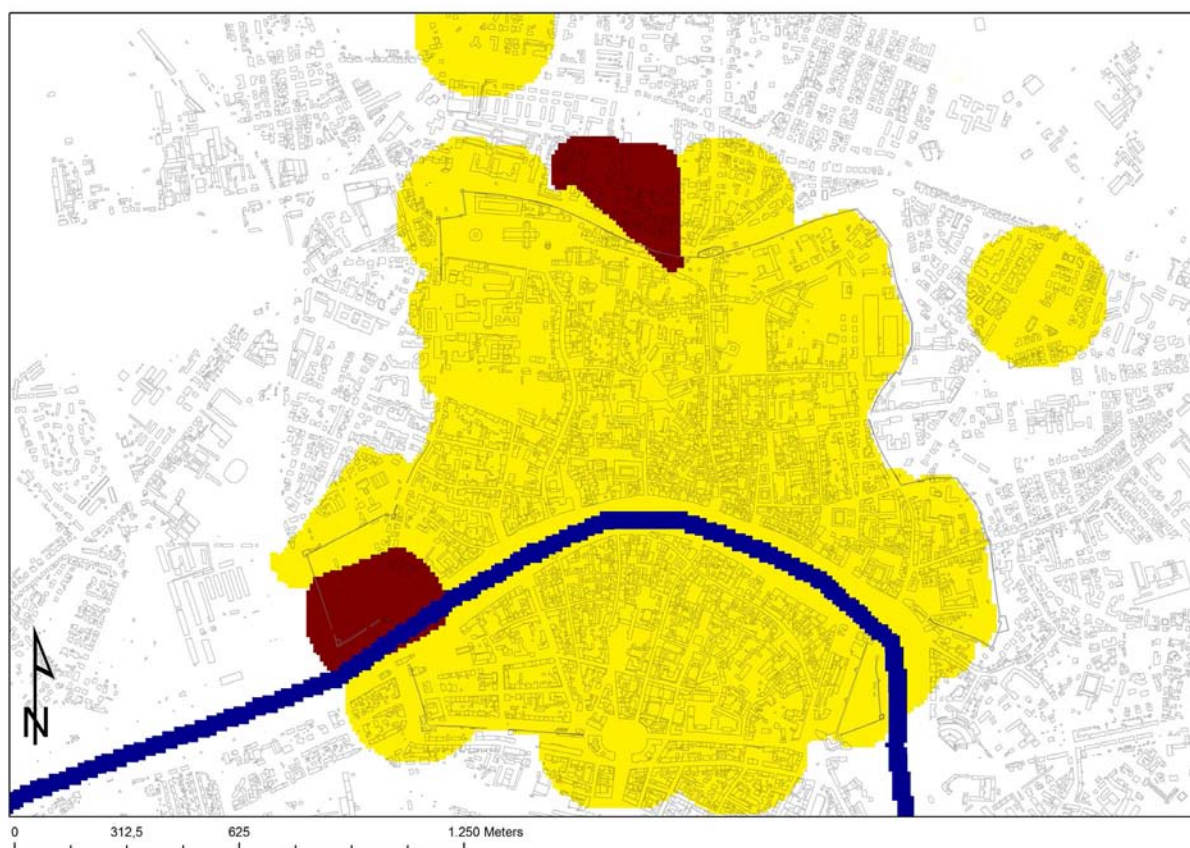


Fig. 4.29 Le aree funzionali relative all'età contemporanea (XIX-inizio XX secolo), elaborate dal modello matematico (algoritmo MAPPA): l'area urbana (in giallo), l'area suburbana (in marrone), l'Arno (in blu)

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.