



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 **M**ETODOLOGIE **A**PPPLICATE ALLA **P**REDITTIVITÀ **D**EL **P**OTENZIALE **A**RCHEOLOGICO

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

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

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

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

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

5.1 Attribuzione del valore di potenziale

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

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

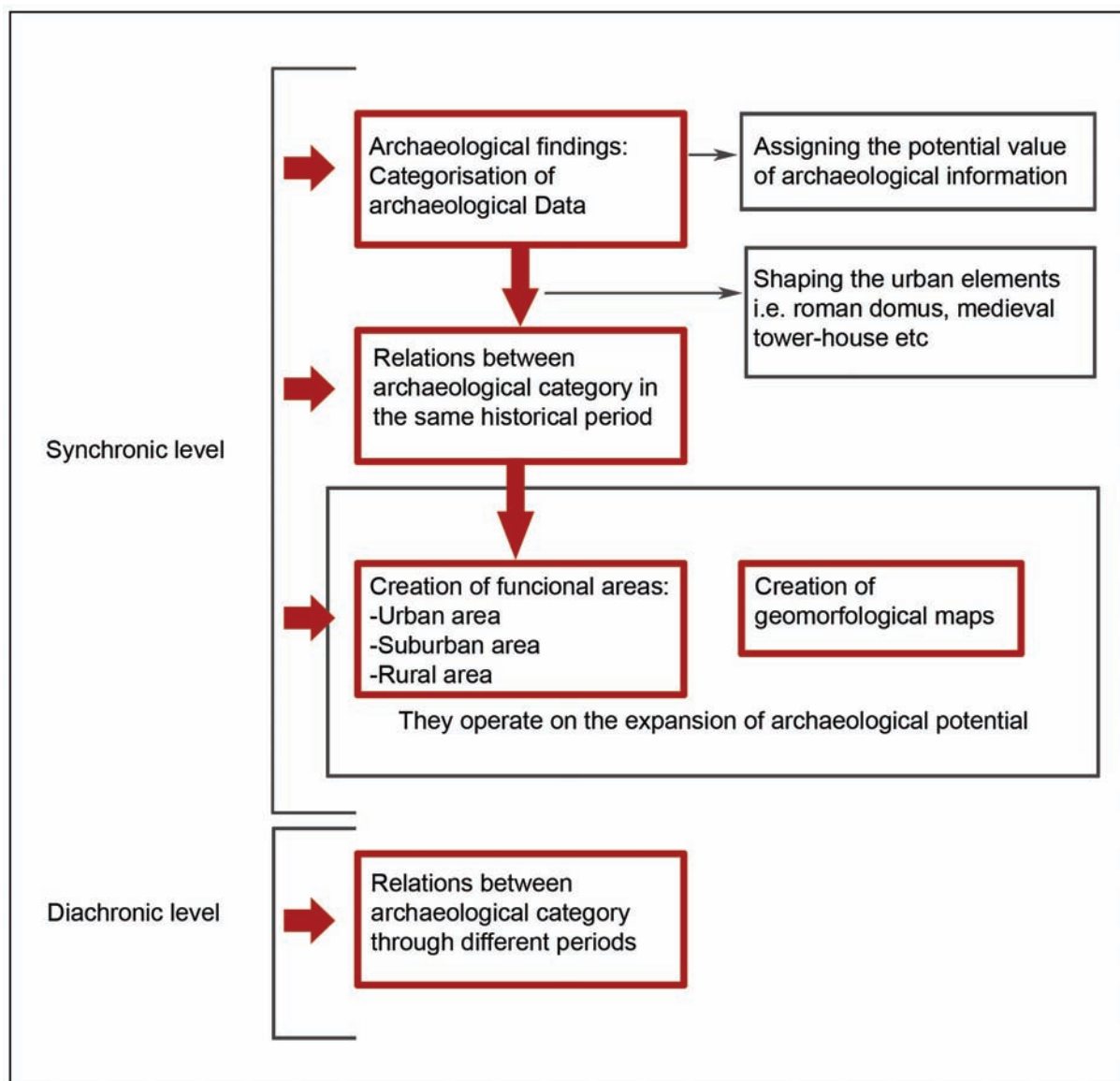


Fig. 5.1 Diagramma delle fasi di lavoro

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

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

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

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

5.1.1 Il valore di potenziale "generale"

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

5.1.1.1 La tipologia di informazione

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

Gli ambiti informativi individuati sono:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.1.1.2 *La mobilità/amovibilità del ritrovamento*

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

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

5.1.2 *Il valore di potenziale “di periodo”*

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

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

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

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

5.1.3 *Il valore di potenziale delle tracce aeree*

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

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

5.2 Dai ritrovamenti alle forme

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

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

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

5.3 Le aree funzionali

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.4 Le forme geomorfologiche

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

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

5.5 Associazioni sincroniche

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

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

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

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

5.6 Associazioni diacroniche

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

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

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

I : probabilità compresa tra 0 - 25 %

II : probabilità compresa tra 26 - 50 %

III : probabilità compresa tra 51 - 75 %

IV : probabilità compresa tra 76 - 100 %

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

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