

pca

postclassicalarchaeologies

volume 2/2012

SAP Società Archeologica s.r.l.

Mantova 2012



EDITORS

Gian Pietro Brogiolo (chief editor)
Università degli Studi di Padova
gpbrogio@unipd.it

Alexandra Chavarria (executive editor)
Università degli Studi di Padova
chavarria@unipd.it

ADVISORY BOARD

Giuliano Volpe (Università degli Studi di Foggia)

Marco Valenti (Università degli Studi di Siena)

ASSISTANT EDITOR

Francesca Benetti (Università degli Studi di Padova)

EDITORIAL BOARD

Andrea Breda (Soprintendenza BB.AA. della Lombardia)

Alessandro Canci (Università degli Studi di Padova)

Jose M. Martin Civantos (Universidad de Granada)

Girolamo Fiorentino (Università del Salento)

Caterina Giostra (Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano)

Susanne Hakenbeck (University of Southampton)

Vasco La Salvia (Università degli Studi G. D'Annunzio di Chieti e Pescara)

Bastien Lefebvre (Université de Toulouse II Le Mirail)

Alberto León (Universidad de Córdoba)

Tamara Lewit (Trinity College - University of Melbourne)

Federico Marazzi (Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli)

Dieter Quast (Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz)

Andrew Reynolds (University College London)

Mauro Rottoli (Laboratorio di archeobiologia dei Musei Civici di Como)

Post-Classical Archaeologies (PCA) is an independent, international, peer-reviewed journal devoted to the communication of post-classical research. PCA publishes a variety of manuscript types, including original research, discussions and review articles. Topics of interest include all subjects that relate to the science and practice of archaeology, particularly multidisciplinary research which use specialist methodologies, such as zooarchaeology, paleobotanics, archeometallurgy, archeometry, spatial analysis, as well as other experimental methodologies applied to the archaeology of post-classical Europe.

Submission of a manuscript implies that the work has not been published before, that it is not under consideration for publication elsewhere and that it has been approved by all co-authors. Each author must clear reproduction rights for any photos or illustration, credited to a third party that he wishes to use (including content found on the Internet). Post-Classical Archaeologies is published once a year in May, starting in 2011. Manuscripts should be submitted to editor@postclassical.it accordance to the guidelines for contributors in the webpage <http://www.postclassical.it>

For subscription and all other information visit the web site <http://www.postclassical.it>

DESIGN

Paolo Vedovetto (Università degli Studi di Padova)

PUBLISHER

SAP Società Archeologica s.r.l.
Viale Risorgimento 14 - 46100 Mantova
www.archeologica.it

PRINTED BY

La Serenissima, Contrà Santa Corona 5, Vicenza

Authorised by Mantua court no. 4/2011 of April 8, 2011

		CONTENTS	PAGES
EDITORIAL			5
RESEARCH			
G. Dean	GIS, archaeology and neighbourhood assemblages in Medieval York		7
É. Jean-Curret	SIG, morphologie et archives foncières médiévales: dynamiques spatiales d'un quartier de Bordeaux aux XIV ^e et XV ^e s.		31
B. Lefebvre	The study of urban fabric dynamics in long time spans. Modelling, analysis and representation of spatio-temporal transformations		65
T. Bisschops	It is all about location: GIS, property records and the role of space in shaping late medieval urban life. The case of Antwerp around 1400		83
A. Nardini	Siena: un 'prototipo' di GIS di fine millennio a dieci anni dalla creazione		107
V. Valente	Space syntax and urban form: the case of late medieval Padua		147
C. Citter	Townscape-Landscape. The shaping of the medieval town of Grosseto and its territory (AD 600-1400)		167
K.D. Lilley	Mapping truth? Spatial technologies and the medieval city: a critical cartography		201
BEYOND THE THEME			
V. Caracuta, G. Fiorentino, M. Turchiano, G. Volpe	Processi di formazione di due discariche altomedievali del sito di Faragola: il contributo dell'analisi archeobotanica		225
P. Forlin	Airborne LiDAR Data analysis of Trentino Alpine landscapes: a methodological approach		247

DOSSIER - PUBLIC ARCHAEOLOGY IN EUROPE

- G.P. Brogiolo** Archeologia pubblica in Italia: quale futuro? 269
- J. Flatman** The past, present and future of rescue archaeology in England 279
- F. Iversen** The land of milk and honey? Rescue archaeology in Norway 299
- I. Catteddu, M.A. Baillieu, P. Depaepae, A. Roffignon** L'archéologie préventive en France: un service public original 319
- A. León** Public administration of archaeology in Spain. Notes on the current situation and future prospects 337

RETROSPECT

- A. Buko** Early Medieval archaeology in Poland: the beginnings and development stages 361

PROJECT

- P. Chevalier** *Le Corpus architecturae religiosae europaeae, saec. IV-X, en France et la base de données Wikibridge CARE* 379

REVIEWS

- G. Bertelli, G. Lepore, *Masseria Seppannibale Grande in agro di Fasano (BR). Indagini in un sito rurale (aa. 2003-2006)* - by **M. Valenti** 385
- E. Vaccaro, *Sites and Pots. Settlement and Economy in Southern Tuscany (AD 300-900)* - by **M. Valenti**
- S. Hakenbeck, *Local, Regional and Ethnic Identities in Early Medieval Cemeteries in Bavaria* - by **F. Benetti**
- J. Buckberry, A. Cherryson, *Burial in Later Anglo-Saxon England c.650-1100 AD* - by **A. Chavarria Arnau**
- N. Christie, P. Stamper (eds), *Medieval Rural Settlement. Britain and Ireland, AD 800-1600* - by **C. Citter**
- A.J. Boas, *Domestic Settings. Sources on Domestic Architecture and Day-to-day Activities in the Crusader States* - by **F. Benetti**
- A. Plata Montero, *Génesis de una villa medieval. Arqueología, paisaje y arquitectura del valle salado de Añana (Alava)* - by **J. Sarabia**
- J.D. Bodenhamer, J. Corrigan, T.M. Harris (eds), *The Spatial Humanities. GIS and the future of humanities scholarship* - by **P. Marcato**
- F. Cambi, *Manuale di archeologia dei paesaggi. Metodologie, fonti, contesti* - by **M. Valenti**
- N. Marquez Grant, L. Fibiger (eds), *The Routledge Handbook of Archaeological Human Remains and Legislation* - by **M. Marinato**
- V. Pace (ed), *L'VIII secolo: un secolo inquieto* - by **M. Camerin**
- G. Pantò (ed), *Archeologia a Chieri. Da Carreum Potentia al Comune basso-medievale* - by **M. Smanio**
- I. Ahumada Silva, *La collina di San Mauro a Cividale del Friuli. Dalla necropoli longobarda alla chiesetta bassomedievale* - by **M. Valenti**

Siena: un 'prototipo' di GIS di fine millennio a dieci anni dalla creazione

ALESSANDRA NARDINI

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti, via Roma 56, Siena, nardini@unisi.it

Il contributo si propone di fare un bilancio dell'esperienza decennale mirata alla costruzione di una piattaforma GIS dedicata alla città di Siena. Vengono ripercorse le tappe principali della sua progettazione, focalizzati principi e finalità e descritti alcuni affondi sperimentali sviluppati nell'ottica di una gestione integrata e multidisciplinare dei dati relativi allo spazio urbano.

Parole chiave: archeologia urbana, multidisciplinarietà, gestione, analisi GIS

This paper presents the construction of a urban GIS focused on Siena within a decade. The early stages and the principles are outlined and urban archaeological data are integrated with many other kind of sources.

Keywords: urban archaeology, multidisciplinarity, management, GIS analysis

Colgo l'occasione di questo contributo, a più di dieci anni dalla prima presentazione della banca dati GIS dedicata alla città di Siena, per fare il bilancio di un'esperienza, ripercorrendo le tappe principali della progettazione e realizzazione di un prodotto, che per onestà intellettuale e forse in maniera anche un po' provocatoria, ritengo opportuno definire ancora 'prototipo'.

Il motivo per cui mi pare corretto usare questo termine, ancora dopo così tanti anni, risiede nel fatto che il progetto "GIS urbano", nato all'interno del LIAAM (Laboratorio di Informatica Applicata all'Archeologia presso Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena) durante la fase più spinta della sperimentazione delle potenzialità del computer nella gestione del dato grezzo, è sempre rimasto *a latere* degli interessi di ricerca prettamente archeologici del gruppo di lavoro; e, in quanto ricercatori che non vogliono impegnarsi in virtuosismi tecnici

ma che cercano risposte dal mezzo informatico, è avvenuto in modo del tutto naturale che la soluzione realizzata non sia stata sfruttata al massimo delle sue potenzialità.

Questo ha determinato quindi una situazione per cui capacità tecniche e problematiche archeologiche di carattere metodologico hanno consentito di produrre nel corso degli anni uno strumento tecnicamente potente, flessibile e capace di supportare ricerche ed analisi complesse; l'assenza di linee di ricerca precise incentrate sul contesto urbano ha però impedito un vero e proprio decollo del "progetto Siena" in prospettiva analitica, nel quale una serie di affondi sperimentali, pur validi e riusciti, non hanno avuto la necessaria sistematizzazione in un processo di produzione di Informazione e Conoscenza, secondo gli standard più consolidati del LIAAM¹. La piattaforma di Siena ha comunque sempre funzionato come grande archivio *in progress* e in continua implementazione; ha supportato i lavori che, in maniera episodica, si sono incentrati sulla città nel corso di questo decennio; ha garantito la disponibilità di un buon strumento di consultazione e confronto con la pubblica amministrazione, che d'altra parte non ha ancora mostrato l'attenzione necessaria verso le potenzialità di questo prodotto. È poi diventato modello per alcune carte archeologiche di città e piccoli centri urbani toscani che, mentre ne hanno confermato la sua efficacia come strumento di archiviazione e tutela, non hanno però creato *case study* per un percorso analitico e storiografico autonomo².

Per ulteriore onestà, non nego che dietro questo tipo di affermazioni ci sia un progetto ambizioso di lettura della città, complessivo ed integrato a tutto il potenziale di fonti disponibili registrate e trattate in maniera capillare, verso il quale la definizione stessa della banca dati ha sempre mirato: proprio in questa convinzione, non siamo mai stati del tutto soddisfatti del nostro elaborato anche di fronte a consensi rispetto alla metodologia di registrazione e qualità e quantità del dato immesso.

La conseguenza è stata un'attenzione diversa per il GIS Spazio Urbano rispetto ad altre tematiche sicuramente sviscerate e definite in tutte le loro parti³: ecco perché la necessità di mettere un punto fermo, ini-

¹ Per un affondo complessivo sull'esperienza maturata nell'ambito del LIAAM si veda FRONZA, NARDINI, VALENTI 2009.

² Ci riferiamo ad alcuni progetti di tesi incentrati sulle città di Lucca, Pisa, Massa M.ma (Grosseto) e Chiusi, discussi o in corso presso la nostra Università nell'ambito dell'Insegnamenti di Archeologia Medievale e Informatica Applicata all'Archeologia a partire dal 2004.

³ Ci riferiamo alla sperimentazione relativa ai contesti di scavo che, a partire dalla prima piattaforma nel 1995, è stata continuamente portata avanti e sviluppata in relazione alle diverse esigenze poste dalla ricerca archeologica stessa. Lo scavo di Poggio Imperiale a Poggibonsi e quello di Miranduolo nel comune di Chiusdino sono stati in maniera continuativa oggetto di indagine e di conseguenza hanno spronato ad individuare nel prodotto informatico un supporto costante alla ricerca di criteri di archiviazione e sistemi di processamento funzionali a migliorare e potenziare i tradizionali metodi di lettura e analisi del dato archeologico. In merito, fra gli altri, rimandiamo ai più recenti contributi, NARDINI 2008, 2009a, 2009c.

ziando il contributo con la breve cronaca di un decennio di attività, ripercorrendo alcuni degli step sperimentali mai stati oggetto di pubblicazione, sottolineandone con onestà pregi e limiti; per uno sguardo in avanti, la conclusione vedrà focalizzate alcune potenzialità dello strumento, identificando alcuni possibili percorsi di lettura.

1. Standard e modello: obiettivi in evoluzione

A partire dalla metà degli anni '90 il LIAAM avviò la sperimentazione del potenziale dei sistemi GIS per la gestione della documentazione archeologica: in quella fase, le linee di ricerca del gruppo si indirizzavano in maniera netta sul tentativo di gettare le basi per la redazione di uno "standard" capace di unificare un metodo di registrazione del dato grezzo, rendendo così possibile creare una reale circolarità delle informazioni attraverso una condivisione totale dei sistemi di documentazione. Il "momento storico" giustificava tale obiettivo: l'informatica applicata all'archeologia si stava imponendo come disciplina a se stante, le attrezzature digitali non erano ancora molto diffuse e così il loro uso, di conseguenza quanti, come noi, iniziavano a lavorare in questo campo si sentivano e venivano intesi un po' come pionieri: non a caso, nell'introdurre la sezione metodologica del convegno SAMI nel settembre 2000, Brogiolo paragonò questa fase a quella in cui alcuni decenni prima si erano gettate le basi per un nuovo modo di registrare l'archeologia e che avrebbe portato alla creazione delle schedature US e USM⁴.

Nel LIAAM si è iniziato a lavorare con determinazione in tal senso, finalizzando molta della nostra attività proprio nella definizione di standard e nella valutazione della loro validità ed adattabilità a contesti diversi; questo fino alla metà degli anni 2000 quando, anche per noi, cadde l'aspirazione verso uno standard inteso come "soluzione pacchettizzata ed adottata da tutti": rimase però netta la consapevolezza della necessità di acquisire modelli concettuali rispetto ai quali dichiarare caratteristiche e proprietà delle banche dati prodotte. Non più quindi soluzioni univoche, sicuramente non possibili e neppure auspicabili (lo impediscono l'evoluzione tecnologica in senso "social", il web 2.0, la rete per tutti ecc.) ma prodotti diversi che devono comunque rifarsi a modelli comuni: questo serve a poter confrontare dati e risultati e assegnare un reale valore aggiunto alla propria ricerca.

Proprio in quest'ottica, cito l'esempio della piattaforma GIS dedicata alla città di Padova (Valente 2011): impostata con finalità di ricerca più

⁴ Citiamo in merito alcune delle prime pubblicazioni sull'argomento: VALENTI 2000; NARDINI 2000; FRANCOVICH, NARDINI, VALENTI 2000; BIANCHI, NARDINI 2000; NARDINI, SALVADORI, 2000; NARDINI 2001; NARDINI, VALENTI, 2004. Per la successiva fase, un unico rimando a FRONZA, NARDINI, VALENTI 2009.

specificamente incentrate sull'archeologia dell'architettura e più lontane dalle tematiche peculiari per Siena, elaborata su un *software* diverso dal nostro e quindi con una struttura informatica distinta, mostra un'impostazione per molti tratti simile. L'importanza di questo elemento è che, condividendo i principi dell'organizzazione logica e della classificazione topologica del prodotto informatico, i risultati ottenuti sono confrontabili e condivisibili in un'ottica di confronto e scambio e si realizza quella interoperabilità tipica dei più recenti approcci informatici generali.

Questo ritengo sia importante: il modello non deve essere visto come strumento coercitivo e di appiattimento delle differenze, bensì come mezzo di comparazione attraverso il quale sottolineare similitudine e diversità, avviare processi di falsificazione e validazione, grazie ai quali la qualità dei dati analitici aumenta in maniera significativa.

La confrontabilità dei dati e la riconoscibilità del percorso analitico sono elementi imprescindibili per un uso corretto del mezzo informatico; riconoscere la legittimità del progettare sistemi e strumenti autonomi non significa creare soluzioni chiuse, criptiche e funzionali solamente a singoli segmenti di ricerche più complesse o utili a tirar fuori dai GIS risultati spettacolari proprio come un mago dal cilindro.

La commercializzazione e la diffusione capillare dei GIS, e ancora l'uscita di questa tecnologia dalle tendenze più attuali, consente ora di usarla "solo" per lavorare e non più per stupire; così ormai si può scegliere di usare una soluzione GIS per l'alto potenziale che esprime e non più per rincorrere una moda.

Non bisogna neppure più spingere sempre oltre la sperimentazione anche rischiando obiettivi tanto azzardati quanto impossibili o sbilanciati in un rapporto di costo/beneficio nei tempi della ricerca. È il caso del GIS tridimensionale. Intorno alla metà degli anni 2000, la tridimensionalità divenne di moda e questo di conseguenza sembrò rendere di vitale importanza individuare un sistema in grado di gestirla in maniera efficace, tanto in relazione al deposito orizzontale quanto quello verticale. Senza capire in molti casi il reale potenziale di un'archiviazione GIS, si iniziò a sostenere che lavorare con questa tecnologia fosse riduttivo in quanto questa non consentiva di gestire la terza dimensione e non di rado ciò determinò un ritorno al CAD. Si arrivò, a mio parere, al paradosso di rinunciare ad uno strumento risolutivo nell'ordinare e conservare la grande quantità di documentazione che quotidianamente la ricerca produce in ragione dei limiti di questo stesso strumento nel trattarne altra che ancora non si era in grado di raccogliere in maniera ordinaria. Il problema reale non era infatti trattare la terza dimensione, ma rilevarla con tempi e costi coerenti con la ricerca stessa; alcune sperimentazioni concluse con risultati positivi (fra queste anche l'esperienza maturata all'in-

terno del LIAAM: Peripimeno 2009), che peraltro proseguono, confermavano già le difficoltà di rilevare la terza dimensione sia per costi delle dotazione *hardware* e periferiche necessarie sia per tempi di rilievo, incompatibili con quelli normali della ricerca.

In conclusione, il grande boom dei GIS ha avuto conseguenze di tipo diverso. Da una parte ha spronato esperienze innovative, che hanno continuato ad essere implementate e tarate sugli sviluppi della tecnologia stessa e del mercato; dall'altro ha provocato dissertazioni teoriche e la comparsa di prodotti *ad hoc* per qualche uscita al pubblico.

Oggi esperienze contestualizzate in percorsi di ricerca inseriscono a tutto diritto il GIS nel metodo di analisi e indagine archeologica e verificano quello che si era pensato più di dieci anni fa, anche se in maniera forse meno diffusa e capillare di quanto potevamo auspicare.

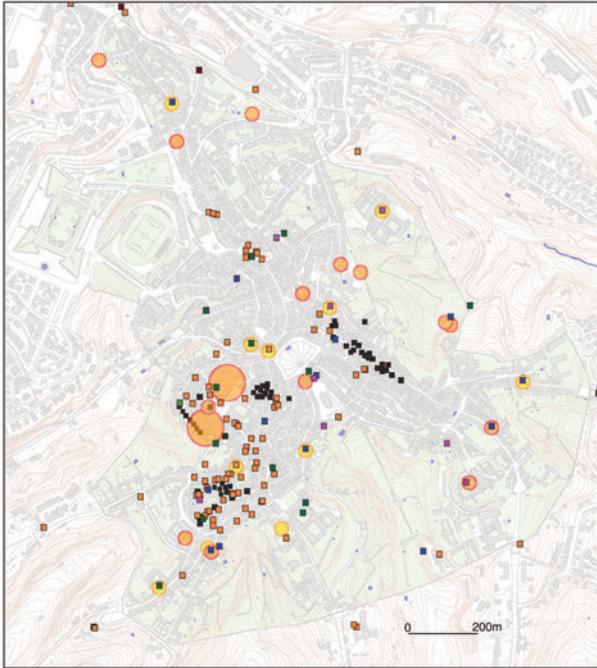
2. Il progetto GIS Urbano: gli step di progettazione

2.1. Un primo GIS archeologico della città

La prima piattaforma nasce intorno alla fine degli anni '90, a poca distanza dalla progettazione del sistema di registrazione dei dati di scavo su base GIS. L'obiettivo era realizzare un archivio della conoscenza archeologica relativa alla città di Siena dall'edito alle stratigrafie relative agli scavi condotti quasi esclusivamente nell'ambito dell'Insegnamento di Archeologia Medievale del nostro Dipartimento, dei quali quindi si disponeva di documentazione di prima mano (fig. 1).

La struttura informatica in questa fase prevedeva un modello dati essenziale, articolato in tipologie specificamente archeologiche (le stesse già elaborate per la stratigrafia di scavo ed altre per le informazioni non perimetrabili o non georeferenziabili con esattezza) e categorie destinate all'organizzazione della topografia attuale, secondo schemi ancora non troppo definiti e raffinati: il valore reale di questo primo prodotto risiedeva non tanto nell'architettura informatica quanto nella scelta dei contenuti e nella modalità di immissione degli stessi.

Presentata in forma embrionale nel 1999 nel convegno di Cesena come complemento del contributo di Marco Valenti (Gelichi 2001), la piattaforma subisce negli anni seguenti un progressivo affinamento della struttura logica e un'implementazione sostanziale a livello di contenuti. La successiva presentazione è nel 2002 nell'ambito della mostra "C'era una Volta", occasione nella quale si presentava l'eccezionale rinvenimento di ceramiche nelle volte del convento di Carmine a Siena (Francovich, Valenti 2002) (fig. 2). In quella circostanza, la base GIS, arricchita di infor-



a

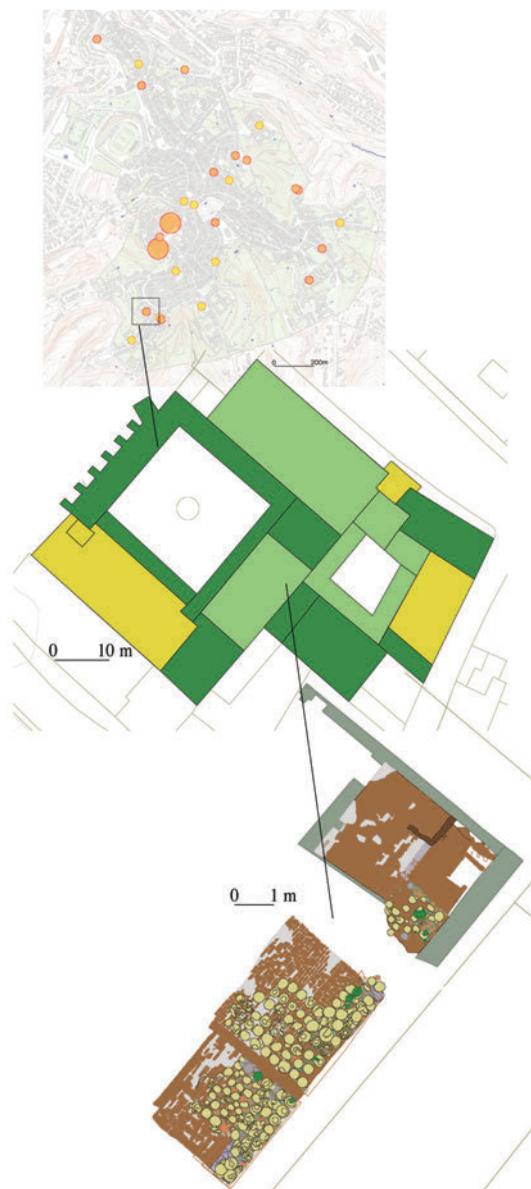


b

Fig. 1. Dati archeologici. a) Cantieri di scavo (areali arancio), scassi (quadrato nero), rinvenimenti edili distinti per fase (in marrone, il periodo etrusco; in arancio, il periodo romano; in verde il medioevo; in blu, il rinascimento; in viola, l'età moderna). b) Oratorio di S. Giovannino e ambienti sottostanti il Duomo. Esempio di registrazione della stratigrafia archeologica.

mazioni dedotte da fonti storiche già edite, girava su un computer e, grazie a funzioni preimpostate di ricerca, poteva essere facilmente interrogata dal pubblico: l'interesse verso questa postazione, fra le più frequentate di quelle disponibili, era sicuramente la possibilità di ricercare la storia della città con un semplice clic sugli spazi più familiari o significativi per coloro che accedevano alla base.

Fig. 2. Convento del Carmine. Al centro, i risultati della lettura degli elevati con le fasi costruttive del complesso (in verde chiaro, le parti riferibili al XIV secolo; in verde scuro, quelle databili al XVI secolo; in giallo, gli ampliamenti di XVII secolo). In basso, il deposito scavato all'interno di uno degli ambienti con la riproduzione integrale della stratigrafia e la georeferenziazione dei reperti.



Nella sua semplicità, questo aspetto si è rivelato rilevante per gli sviluppi successivi della piattaforma: il veicolo di trasmissione della conoscenza della storia cittadina era proprio la città stessa nel suo aspetto attuale, senza la necessità di alcuna presentazione o guida alla consultazione. Una piattaforma ricca, connotata dal maggior numero di informazioni possibili poteva rappresentare quindi una fonte importante di cono-

scenza per qualsiasi tipo di utente, indipendentemente dalla natura e dallo scopo del suo interesse e dai diversi tempi di attenzione di ciascuno: di fatto, garantiva un accesso semplice e non mediato al “dato grezzo” con un ritorno, se vogliamo, anche in termini di archeologia pubblica.

In questa fase si è definita in maniera sempre più netta la necessità di pensare al GIS urbano come contenitore di tutte le informazioni relative alla città, spazio plurifrequentato per eccellenza nel quale in maniera incessante nel corso dei secoli si sono succeduti eventi che ne hanno condizionato e determinato la conformazione topografica: è diventato quindi fondamentale stabilire il carattere interdisciplinare della ricerca delle fonti e sancire la necessità di creare un archivio capace di uniformare la loro estrema eterogeneità.

Costruire una banca dati esauriente rispetto alla complessità della definizione del tessuto urbano costituiva nella nostra idea l'unica risposta efficace per creare uno strumento in grado di supportare processi di analisi dei dati e di produzione di nuova informazione capace di far progredire la ricerca archeologica da un lato e dall'altro di garantire il trasferimento della conoscenza acquisita alle amministrazioni pubbliche ai fini di una effettiva tutela del patrimonio urbano.

Di fatto, si riconosceva la necessità di applicare allo spazio urbano un processo di ricerca e decodifica delle fonti già consolidato per l'indagine territoriale in cui fonti archeologiche e fonti storiche ed archivistiche vengono vagliate e tradotte in informazioni georeferenziate; a queste, si devono aggiungere per la città tutte le informazioni relative ad interventi edilizi e occasionali, alla presenza di infrastrutture, ad eventi che possono aver interessato la città provocandone una trasformazione. Le fonti quindi devono spaziare dai dati materiali e scritti alle documentazioni fotografiche, cartografiche storiche e non, alle documentazioni tecniche. Lo spazio urbano va trattato poi nel suo complesso, senza impostare campionature: la città è già per sua natura un campione e, seppur studiata in maniera attenta e capillare, può essere difficilmente ricostruita nel suo complesso ma spesso solo tratteggiata nelle sue tendenze principali. Lavorando in contesti urbanizzati, disporremo sempre di un tipo di documentazione “a macchie” dove il livello di dettaglio e accuratezza dell'informazione non sarà necessariamente proporzionale al suo valore storico o al suo grado di spendibilità in senso ricostruttivo: interventi di scavo, fortuiti o intenzionali, potranno descrivere in maniera dettagliata una piccola area scarsamente indicativa anche solo di una tendenza mentre porzioni significative del tessuto urbano potranno altresì essere solo georeferenziate grazie ad indicazioni generiche.

È innegabile che lavorare sulla città in un'ottica ricostruttiva e con

l'obiettivo di raggiungere una certa attendibilità non è semplice; è per questo che si deve essere molto critici, con un approccio multidisciplinare e lontani da tagli interpretativi, che possono compromettere la necessaria completezza dell'archivio che sarà poi alla base della ricerca stessa. È altrettanto chiaro che questo lavoro, sicuramente dispendioso in fatto di tempi ed energie ma necessario per costruire una carta archeologica della città, possa essere sovradimensionato nel caso in cui l'obiettivo della ricerca non sia l'intera città bensì alcune porzioni di essa in quanto contesto di specifiche indagini.

2.2. La costituzione del "progetto GIS Spazio Urbano"

Questo tipo di valutazioni ha aperto la strada per l'avvio di un vero e proprio progetto, che abbiamo definito "Spazio Urbano", abbastanza complesso sia rispetto alla progettazione della struttura informatica dei sistemi (archivi cartografici e alfanumerici) sia per quanto riguarda specialismi e tempistiche necessarie in fase di compilazione delle banche dati.

Il carattere interdisciplinare ha imposto la strutturazione di un modello dati che consentisse di gestire la eterogeneità delle fonti trattate uniformandole nel rispetto delle peculiarità di ciascuna di esse attraverso la definizione di un linguaggio comune all'interno di DBMS e GIS. L'unità di base di questo linguaggio è stata individuata nel singolo elemento topografico e nelle relazioni semantiche che fra questi intercorrono all'interno del tessuto urbano: l'elemento topografico costituisce cioè la più piccola entità concettuale in cui può scomporsi la città (un edificio, una strada, una piazza ma anche un singolo muro, una fontana ecc.) che può essere messo in relazione con altri elementi (un edificio si affaccia su una strada, una fontana sta in uno spazio aperto o piazza, ecc.). Le informazioni estratte dalle diverse fonti divengono attributi, registrati secondo un sistema univoco. L'elemento topografico è di fatto un'astrazione che in alcuni casi può sovrapporsi ed identificarsi con la fonte stessa (un edificio = un elemento topografico) in altri casi può rappresentare il risultato di un processo cognitivo sulla fonte stessa (dieci unità stratigrafiche = un edificio = un elemento topografico) (fig. 3). Questo consente di proporre una lettura cognitiva dello spazio urbano nel suo complesso, aperta a qualsiasi istanza analitica e semplice da consultare.

In linea con i principi della tecnologia GIS, la progettazione si è attenuta al rispetto di coerenza logica e topologica dei dati nel definire sistemi di classificazione tipologica e geometrica delle informazioni in modo da garantirne una corretta consultazione ed un valido processamento. L'annotazione può sembrare scontata, ma in realtà non lo è. La classificazio-

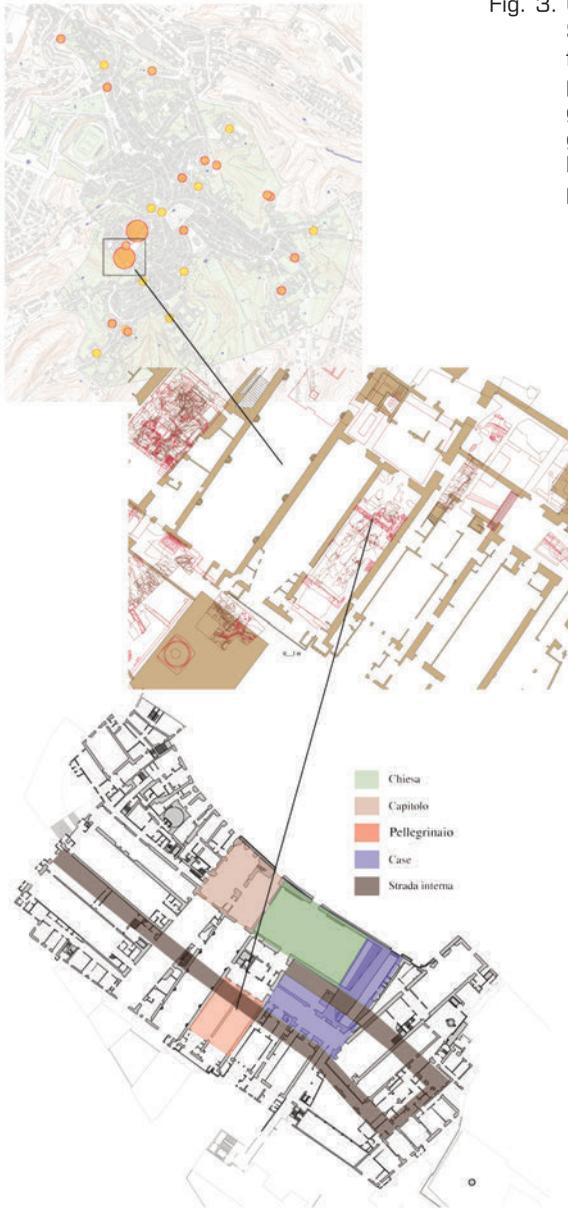


Fig. 3. Ospedale Santa Maria della Scala. Esempio di percorso da fonte materiale a elemento topografico. Al centro, le stratigrafie riferite ad uno dei pellegrinai interni all'Ospedale; in basso, la perimetrazione del pellegrinaio.

ne topologica dei dati, cardine nella tecnologia GIS, non è sempre considerata tale; la mancanza di regole in realtà compromette in maniera determinante la validità della banca dati non solo ai fini del processamento analitico dei dati ma anche della sola consultazione): in questa sede, tralascio comunque ogni aspetto più prettamente tecnico, rimandandone

una trattazione più estesa nei recenti contributi, presentati al convegno SAMI nel 2009 (Nardini 2009c) e all'interno del volume di sintesi dell'esperienza senese (Fronza, Nardini 2009).

Sottolineo soltanto, come aspetto strategico per le potenzialità di questo strumento, il fatto che il sistema, basandosi su un modello concettuale, risulta del tutto svincolato non solo dal tipo di *software* prescelto, ma anche dal tipo di applicazione: la struttura è infatti valida tanto nel caso di archiviazioni alfanumeriche e cartografiche quanto ad esempio per quelle fotografiche quindi consente un'applicabilità a tutto tondo, alla base di un'effettiva condivisione delle banche dati create.

Dal punto di vista dei contenuti, nella compilazione della banca dati, niente deve essere trascurato: così il dato oggettivo (quello cioè estrapolato direttamente dalla fonte) come il dato soggettivo (risultato cioè da un processo esegetico sulla fonte stessa), in modo da far confluire nell'archivio tutto quanto riguarda la città; ovviamente sarà necessario stabilire un sistema di codici che mantenga memoria della diversa affidabilità dei dati e consenta di assegnare il giusto peso alle varie informazioni immesse.

Scomporre poi il tessuto urbano in tutte le componenti, individuate da fonti materiali, storiche e cartografiche e dagli studi incentrati su di esse, consente di accedere al bagaglio completo delle conoscenze secondo diversi livelli di consultazione in relazione al tipo di lettura che se ne vuole fare: di fatto, nell'elemento topografico confluiscono dato e informazione che, registrati in questa forma, possono essere trattati singolarmente oppure, combinati in maniera coerente ai vari temi di ricerca, possono essere inseriti in una narrazione più estesa rivolta alla ricostruzione dell'aspetto urbano in prospettiva sincronica o diacronica oppure in relazione a specifici approfondimenti.

Questa struttura realizza un sistema flessibile di archiviazione e consultazione e, come tale, costituisce uno strumento funzionale all'integrazione dei dati e alla loro analisi; la scelta di attuare un processo sistematico di georeferenziazione di informazioni di carattere interdisciplinare costituisce l'elemento essenziale della nostra sperimentazione.

2.3. Archeologi e storici: un tentativo di collaborazione

In fase di test del sistema Spazio Urbano, ci siamo riferiti a competenze specialistiche allo scopo di aumentare la compatibilità degli strumenti elaborati ed implementare i contenuti di archivio e piattaforma.

Nell'ambito della collaborazione con storici dell'arte, si sono sviluppati moduli del DBMS dedicati alla schedatura dei rinvenimenti contenuti nel

Corpus dei Manufatti Funerari Senesi⁵ (fig. 4b); il lavoro, ovviamente non esaustivo della reale consistenza del patrimonio storico artistico presente in città, ha segnato un'occasione per implementare i sistemi informatici e ha evidenziato la compatibilità delle due discipline in un lavoro congiunto.

Parallelamente, si è tentato di creare una sinergia con gli storici del nostro Dipartimento con l'obiettivo di definire un vero e proprio progetto di ricerca mirato ad una compilazione sistematica di un archivio in cui registrare i riferimenti topografici, diretti o indiretti, contenuti nelle fonti scritte e alla successiva georeferenziazione delle stesse nella piattaforma.

L'avvio della collaborazione è stato propositivo, anche se non privo di difficoltà determinate sostanzialmente dalla diversità di approccio da parte dei due gruppi di specialisti. Per gli archeologi, abituati in maniera automatica a relazionare informazione a dato materiale e viceversa, la compilazione di un archivio strutturato sulla singola entità era naturale; agli storici, formati verso una valutazione complessiva della fonte, questo metodo di lavoro destava non pochi problemi e perplessità.

Dopo vari tentativi di sincronizzare il metodo, nel rispetto dei reciproci obiettivi e tempi di ricerca, si è ritenuto opportuno non dare seguito a questo progetto; questo, in un'assoluta trasparenza, è stato un primo reale stop al decollo del GIS urbano nella forma che ci eravamo prefissati. L'inserimento delle informazioni storiche tornava in mano a noi archeologi che, non avendo al momento specifici obiettivi di ricerca legati all'ambito urbano, non eravamo motivati a sufficienza nell'intraprendere un lavoro così impegnativo e gravoso in tempi ed energia.

La compilazione dei dati contenuti nelle fonti storiche ed archivistiche si è così fermato alle notizie edite, limitandone l'implementazione ad una trascrizione secondo il sistema più aggiornato e perfezionandone la rappresentazione grafica (fig. 5). Questo costituisce a nostro parere una lacuna significativa, che speriamo di riuscire a colmare a breve: non si può prescindere da una valutazione attenta e critica delle fonti scritte nel definire i contenuti di una piattaforma che dovrà supportare un processo analitico mirato alla ricostruzione del tessuto urbano.

In una valutazione complessiva, il carattere interdisciplinare presenta il suo limite più grande nel trovare una combinazione giusta fra condivisione di obiettivi e tempi di lavoro; d'altro canto questo sarebbe sicuramente auspicabile, in quanto determinerebbe un miglioramento sostanziale a livello di conoscenza e approfondimento nelle tematiche affrontate.

⁵ Il progetto di schedatura e georeferenziazione di questi manufatti si è sviluppato nell'ambito del Progetto Archeologia dei Paesaggi Medievali (attivo dal 2000 al 2009 su finanziamento della Fondazione Monte dei Paschi) ed è stato curato dall'Insegnamento di Storia dell'Arte Medievale del nostro Dipartimento, nella persona della Dott.ssa Silvia Coluccia.

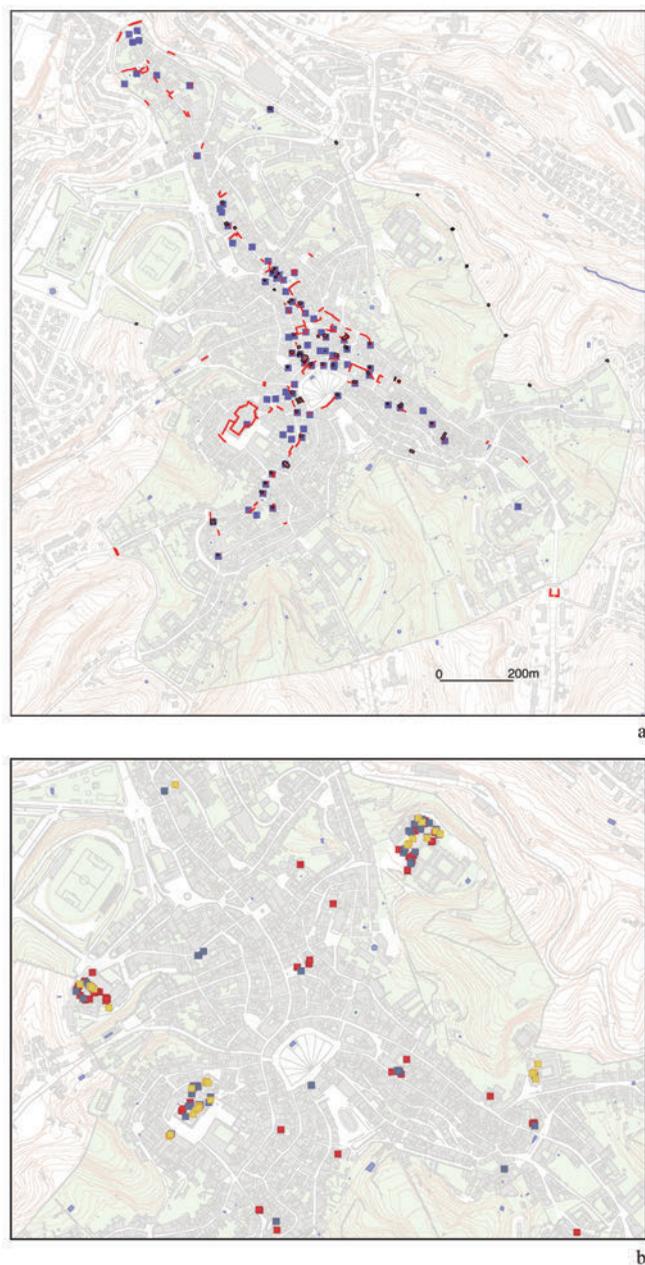


Fig. 4. a) Mappatura dei risultati condotti sugli elevati. In rosso, le facciate medievali e rinascimentale (in Quast 2006); in blu, le torri e le architetture in pietra databili fra XI e XV secolo. b) Mappatura del Corpus dei Manufatti Funerari Senesi. In rosso e blu, le evidenze riferibili al medioevo e tardomedioevo; in verde, quelle ascrivibili al rinascimento.

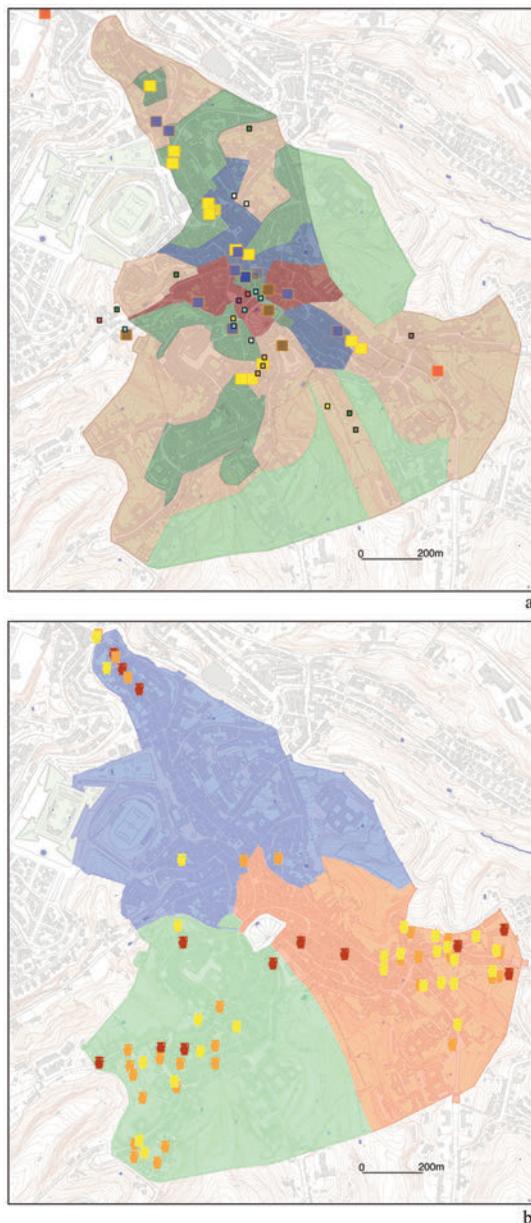


Fig. 5. Fonti storiche. a) Tavola delle Possessioni del 1318. In campitura, l'ipotesi della diversa distribuzione delle botteghe fra i vari Popoli (verde scuro, 0-5 botteghe; blu, 6-10; rosso, 10); con quadrato piccolo, le diverse produzioni e vendite attestate (giallo, pizzicagnoli; in viola, mercanti e banchieri; in rosso, cuoiai; in verde, lanai; in celeste, calzolai; con quadrato grande, fiere (in rosso), mercati (in marrone), fondaci (in blu), alberghi (in giallo). b) Distribuzione delle botteghe di ceramisti fra XIV e XV secolo; in campitura, i Terzi.

3. Il progetto GIS Urbano: gli affondi sperimentali

3.1. Il patrimonio archeologico in elevato: la sperimentazione di un GIS bidimensionale

Il patrimonio archeologico conservato in elevato rappresenta una delle fonti materiali più determinanti nello studio della città; fonte che, per specifiche peculiarità rispetto a caratteristiche del deposito, metodi di lettura e sistemi di documentazione, deve essere trattata all'interno della piattaforma GIS secondo schemi di immissione e gestione specifici.

In questo settore di ricerca, per Siena si disponeva di studi di carattere estensivo mirati a riconoscere le architetture di epoca medievale, con la localizzazione su pianta delle diverse evidenze riconosciute⁶; i dati sono stati quindi semplicemente georeferenziati su GIS sottoforma di grafi puntiformi che, grazie al dettaglio degli attributi, sono stati organizzati in tematismi diacronici e sincronici descrittivi (fig. 4a).

L'immissione di questi dati, per le caratteristiche stesse della loro registrazione, non proponeva le difficoltà tipiche dei depositi verticali; a partire dal 2000, invece, l'indagine avviata sulla Cattedrale e sugli ambienti ad essa sottostanti, affidati alla direzione di Riccardo Francovich e Marco Valenti⁷, hanno fornito un contesto ottimale per affrontare le problematiche connesse all'archiviazione dei dati prodotti in uno studio sistematico di lettura degli elevati e di sperimentare percorsi interpretativi di tipo analitico⁸.

Il punto di partenza è stata la soluzione GIS bidimensionale per la gestione degli elevati applicata al centro storico di Campiglia M.ma (Livorno) e presentata nel 2000 al II convegno SAMI (Bianchi, Nardini 2000). Il principio alla base di questo lavoro era ampliare il modello dati di scavo con tipologie idonee alla vettorializzazione di vari tipi di elaborati grafici prodotti durante l'analisi sugli elevati (prospetti, eidotipi ecc.) in modo tale da consentirne un'archiviazione funzionale ad una consultazione e trattamento delle informazioni inserite; la visualizzazione dei rilievi, caratterizzati in

⁶ Per i riferimenti si veda BONUCCI, CASTELLI 2005; CATALDO 2004; PARENTI 1996.

⁷ Per un inquadramento del cantiere e dei risultati emersi rimandiamo a CAUSARANO, FRANCOVICH, VALENTI 2003.

⁸ Ci riferiamo al valido lavoro di tesi discusso da Veronica Semeraro nell'anno accademico 2004-2005 dal titolo "La gestione GIS delle murature del Duomo di Siena" (relatore Prof. Marco Valenti). La laureanda, accogliendo molte delle suggestioni proposte da chi scrive in qualità di correlatore, ha saputo realizzare un ottimo esempio di sperimentazione delle potenzialità d'uso dello strumento GIS collaborando in maniera fattiva e concreta con Marie Ange Causarano, dottoranda su un progetto incentrato sulla lettura stratigrafica del monumento (un breve estratto in CAUSARANO 2009). In questo contributo proponiamo una sintesi delle principali tematiche affrontate nella tesi a cui rimandiamo in maniera generale per eventuali approfondimenti.

base ai tematismi di ricerca, avveniva tramite collegamento alle planimetrie (di scavo e non) quasi come dei "poligoni esplosi".

Il potenziale di questo primo esempio risiedeva nel consentire la registrazione di tutta la documentazione disponibile, la catastazione integrata al dato di scavo, la lettura combinata di evidenze orizzontali e verticali e la traduzione in tempo reale dei risultati delle varie elaborazioni in tematismi; non erano invece state approfondite le capacità di calcolo e analisi e la reale efficacia di questo strumento nella creazione di nuova informazione.

Il complesso lavoro intrapreso sul Duomo (dal 2000 al 2004), articolato fra l'indagine sui depositi orizzontali e l'analisi degli elevati nell'ottica di una comprensione globale del monumento, offriva la possibilità di sviluppare lo strumento informatico all'interno di problematiche pulsanti di ricerca in una situazione perfetta per valutarne il reale valore e ritorno in termini di efficacia e di miglioramento qualitativo dei risultati stessi. Potendo contare sulla sinergia di competenze specifiche, è stata avviata una nuova fase di sperimentazione mirata ad approfondire aspetti quali il perfezionamento del modello dati, una valutazione dell'affidabilità dei dati da processare, un primo censimento delle analisi possibili e una loro verifica ed infine la ricerca di una soluzione idonea alla visualizzazione tridimensionale delle informazioni.

a) Il modello dati – L'unità di base dell'architettura della nuova piattaforma è stata individuata nel singolo materiale (quindi il singolo laterizio, la singola pietra, ...) che diventa così oggetto di interrogazione e processamento, garantendo totale libertà di consultazione dei dati ed aumentando così in maniera significativa le possibilità di analisi; attraverso una struttura gerarchica, l'"Elemento Costruttivo" viene poi a confluire nell'"USM" e successivamente nella "Tipologia". L'archiviazione di ciascuna entità indipendente dall'USM a cui appartiene aumenta il potenziale informativo, in quanto permette di dettagliare le caratteristiche interne di ciascuna azione costruttiva; di conseguenza, consente di registrare molte più variabili che, inserite in un percorso analitico, rappresentano un valore aggiunto importante ai fini della comprensione dell'evidenza.

È stata poi prevista una categoria destinata a rappresentare parti nascoste, non rilevabili o rilevabili con un dettaglio non affidabile che possono così essere distinte nella visualizzazione, escluse o anche solo considerate nei processi di analisi quantitativa.

Ogni dato mantiene, grazie ad identificatori univoci, la relazione con la rappresentazione planimetrica dell'evidenza a cui appartiene; questo consente un'immediata localizzazione delle informazioni relative ai depositi verticali, ne garantisce la lettura combinata con le stratigrafie orizzontali e offre un'agile fruizione dei risultati.

b) Verso un percorso automatizzato di lettura analitica: valutazioni preliminari – La filosofia alla base della sperimentazione preludeva l'impostazione concretizzata successivamente nelle analisi *intra-site* applicate ai contesti di scavo, alcuni esempi delle quali sono stati pubblicati di recente⁹. La nostra convinzione era già al tempo quella che l'uso del GIS non dovesse indurre aspettative di risultati eccezionali rispetto a quanto si poteva ottenere con i metodi di indagine tradizionali bensì quelle di aumentare le possibilità di lettura dei dati, potendo sveltire la valutazione qualitativa e quantitativa di un numero altissimo di elementi ed integrare informazioni anche eterogenee in un numero potenzialmente illimitato. Il valore aggiunto messo a disposizione dal GIS alla ricerca non può essere la capacità di porsi domande o dare interpretazioni, le quali rimangono ovviamente a carico del ricercatore, ma quello di mettere in atto combinazioni di dati, operarvi calcoli in tempi rapidi meglio compatibili quindi le tempistiche della ricerca e fornire elementi ulteriori da vagliare in maniera critica per poi arrivare all'interpretazione.

Lo strumento però, per diventare realmente utile, deve essere anche accessibile al maggior numero di persone possibile: di qui, l'idea di impostare percorsi esegetici automatizzati che consentano a chiunque di accedere all'analisi e di operare in maniera autonoma, senza la necessità di specifiche competenze matematico-statistiche.

L'obiettivo di automatizzare le operazioni di calcolo richiede un'attenta valutazione preliminare circa l'affidabilità dei dati da sottoporre a procesamiento e l'individuazione di eventuali fattori di disturbo da inserire come variabili nella procedura matematica.

Per questo motivo, si è ritenuto opportuno un approfondimento preliminare per capire se i metodi di rilievo e le tecniche di digitalizzazione più comuni consentivano di ottenere dati sufficientemente attendibili dal punto di vista metrico e, una volta individuati eventuali errori e stimati i margini di tolleranza, di "indicizzare" questi valori ed inserirli come variabili nel sistema di lettura.

Il lavoro di verifica è stato impostato su campionature relative a murature caratterizzate da materiali diversi, rilevate sia tramite rilievi grafici tradizionali sia tramite fotoraddrizzamenti a varie risoluzioni e riversate su piattaforma GIS attraverso digitalizzazione in scala 1/1; successivamente sono stati fatti riscontri metrici elemento per elemento sulla base di misurazioni autoptiche e, di seguito, effettuate operazioni statistiche mirate a valutare lo scarto medio di errore.

⁹ In merito all'utilizzo di risultati dei processi analitici nella ricerca archeologica, rimandiamo a NARDINI 2008, 2009a.

È emerso che sul grado di affidabilità delle diverse metodologie incidono vari fattori di condizionamento che determinano una casistica molto variabile rispetto alla quale non è semplice riuscire a stimare un valore standard di disturbo; la stessa variabilità impedisce d'altro canto anche una valutazione preliminare ed aprioristica dei sistemi grazie ai quali si può riuscire a ridurre al minimo l'errore, sul quale vanno a gravare fattori contingenti alle diverse situazioni.

La constatazione più certa, anche se ovvia, è che l'attendibilità del rilievo e quindi dei dati aumenta in maniera proporzionale alla dimensione dell'oggetto rilevato così come la tolleranza dell'errore aumenta in modo inversamente proporzionale: per cui, ad esempio, il margine di errore è inferiore nel rilievo di muratura in pietra rispetto a quello di una in laterizi ma, al tempo stesso, nel primo caso è ben maggiore il livello di tolleranza rispetto a quanto è accettabile per il secondo.

Quindi, qualora l'analisi richieda una precisione assoluta di calcolo (cito ad esempio la mensiocronologia dei laterizi), si ritiene opportuno non affidare le misurazioni al GIS, ma di assegnare sottoforma di attributi a ciascun elemento rappresentato misurazioni autoptiche; qualora si voglia escludere questo passaggio, bisogna intervenire in fase di documentazione sul campo e di digitalizzazione per individuare e contrastare i fattori di disturbo e non acquisire dati errati.

c) La sperimentazione analitica: esempi di lavoro - Tale sperimentazione ha prodotto numerosi esempi, talvolta anche molto complessi dal punto di vista delle procedure matematiche-statistiche; in questa sede, per motivi di opportunità, gli aspetti tecnici saranno solamente accennati per focalizzare l'attenzione sugli obiettivi di ricerca che hanno spinto alla codifica di questi processi interpretativi. Le analisi infatti sono nate da domande emerse in un lavoro congiunto con chi si stava occupando dell'analisi degli elevati e della lettura del monumento ed i percorsi esegetici sono poi confluiti in maniera attiva nell'elaborazione archeologica, fornendo *in progress* elementi utili per sviluppare l'interpretazione del monumento: purtroppo in questo contributo non è possibile riportare i risultati e le letture da essi scaturiti, ma ci preme sottolineare il loro ritorno effettivo sullo studio, confermando alla piattaforma il ruolo di strumento efficace d'uso e di supporto al ricercatore, capace di garantire affidabilità di risultati e tempi ragionevoli per conseguirli.

c.1. Calcolo mensiocronologico - La procedura tecnica ha previsto l'impostazione di una serie di elaborazioni matematiche finalizzate al calcolo delle medie ponderate, allo scopo di aumentare il grado di precisione del metodo e ridurre l'intervallo di approssimazione dei valori; sono stati quindi definiti una serie di parametri di calcolo, basati sull'individuazione per ciascuna fase della media, della moda, della mediana e della devianza stan-

dard, per determinare il coefficiente in base al quale questi si allontanano dal valore più rappresentativo che è la mediana. Per salvaguardare l'integrità del campione, tutti gli elementi, assenti nel rilievo ma misurati sul campo, sono stati inseriti nel GIS sottoforma di grafo puntiforme, corredati delle informazioni metriche necessarie e quindi considerati nel calcolo.

Questo tipo di analisi è stata affrontata con un duplice obiettivo. In primo luogo, l'incrocio dei parametri ottenuti con la distinzione in fasi delle murature analizzate: valori analoghi avrebbero confermato l'attribuzione dei materiali ad una stessa fase mentre l'evidenza contraria avrebbe portato a dividere le fasi in sottoperiodi oppure a considerare il materiale preso in esame come esempio di riutilizzo. In secondo luogo, la combinazione fra dimensioni dei materiali e loro posizione nella muratura per cogliere eventuali indizi di un criterio nella disposizione dei litotipi all'interno dell'apparecchiatura muraria.

L'analisi è stata condotta su laterizi e litotipi ed ha consentito di individuare nei mattoni da costruzione la presenza di gruppi di valori che differivano dalle misure medie del campione, evidenziando così la possibilità di produzioni differenziate, attribuibili in alcuni casi non solo ad esempi di riutilizzo di materiali ma anche a diversità di approvvigionamento. Nel caso dei litotipi le analisi hanno confermato la presenza di materiale di reimpiego nelle murature di prima metà Trecento.

c.2. Analisi di distribuzione - La capacità propria della tecnologia GIS di relazionare in maniera diretta grafo e attributo è una delle funzioni sicuramente più utili per l'archeologia. Grazie ad esso, senza difficoltà, semplici ricerche tematiche possono tradursi in visualizzazioni distributive dove la caratterizzazione cromatica di oggetti con peculiarità uguali o simili è già in grado di contribuire ad una prima valutazione del contesto. L'impostazione del modello dati, basato sul singolo elemento costruttivo, consente di operare selezioni di dettaglio e tradurre i risultati attraverso una sorta di "prospetti tematici" oppure presentarli in maniera puntuale in planimetria; maggiore è il livello di dettaglio e l'articolazione degli attributi, maggiori sono le possibilità di combinare i dati.

Questo però non corrisponde ad un processo di analisi perché in questo modo non si produce nuova informazione ma si gestisce solo il dato precedentemente inserito.

Le sofisticate funzioni di calcolo matematico-statistico tipiche dei *software* GIS consentono però di processare i dati attraverso operazioni di varia complessità e secondo parametri di vario tipo e numero. La procedura può prevedere l'inserimento di un solo parametro e svilupparsi in un'unica serie di funzioni oppure richiedere un concatenamento di operazioni in relazione al numero dei parametri imposti. Ogni operazione prevede l'impostazione di selezioni tematiche sulle quali verranno poi ela-

borati calcoli che possono andare da una semplice valutazione matematica alle più complesse funzioni di stima statistica dei risultati ottenuti.

L'analisi distributiva si connota come uno fra gli strumenti di maggiore utilità per l'archeologo sia per quanto riguarda la formulazione di domande che per la lettura dei risultati, entrambi coerenti con il tradizionale percorso interpretativo.

c.2.1) Analisi su laterizi (fig. 6) - Una serie di analisi sul materiale laterizio ha preso avvio dal calcolo della distribuzione delle diverse tipologie di *texture* (finitura) dei laterizi in relazione alla struttura in cui erano collocati: l'obiettivo era quello di utilizzare l'incidenza delle varie tipologie di finiture per riconoscere le fasi di cantiere, capire se il tipo di lavorazione fosse legato o meno alla destinazione dell'ambiente ed eventualmente cogliere eventuali indizi di scelte estetiche proprie delle varie fasi costruttive.

I parametri ottenuti per la distribuzione delle *texture* sono stati poi combinati con le dimensioni dei materiali per verificare un'eventuale relazione fra i due. Lo scopo era quello di cogliere indicazioni relative a scelte di cantiere tali da indurre una diversificazione della produzione anche dal punto di vista dimensionale; oppure individuare una produzione *ad hoc* per specifiche parti del monumento; altrimenti riconoscere differenti periodi di fabbricazione interni alla stessa fase costruttiva o l'intervento di diverse botteghe di fornaciari.

Una parte dell'analisi è stata finalizzata ad individuare i criteri costruttivi alla base della differenziazione fra paramenti esterni caratterizzati da una finitura ruvida dei laterizi e quelli interni, dove invece i laterizi risultavano graffiati. La corrispondenza fra *texture* diverse e dimensioni diverse e il confronto con il trend mensiocronologico del periodo ha fornito un dato interessante: mentre i laterizi ruvidi risultavano coerenti con la produzione della seconda metà del XIII secolo, quelli graffiati, pur inserendosi nei parametri della prima metà del secolo, mostravano un'altezza molto superiore ai valori riconosciuti a Siena per lo stesso periodo, inducendo a pensare quindi ad una produzione *ad hoc*.

c.2.2) Analisi sui litotipi (fig. 7) - L'approfondimento sugli elementi lapidei parte da una prima valutazione del rapporto fra le caratteristiche dimensionali e stilistiche del materiale in relazione al paramento, come indizio di una sua destinazione funzionale. Il risultato di questa ricerca riporta un'evidenza atipica per una delle fasi costruttive: risulta infatti una maggiore cura formale dei litotipi presenti nei prospetti murari interni e, sebbene con un grado di finitura minore, negli alzati delle murature esterne, mentre nelle fondazioni a vista i conci sono appena sbazzati.

Il passo successivo prevede il calcolo dell'incidenza percentuale dei diversi strumenti di finitura nelle diverse fasi costruttive in relazione ai litotipi presenti e ai paramenti in cui sono collocati. I risultati sono stati utilizzati poi

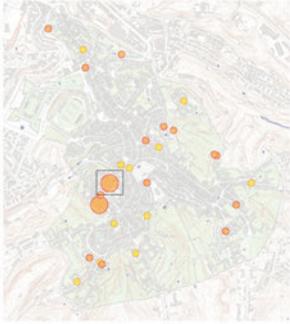
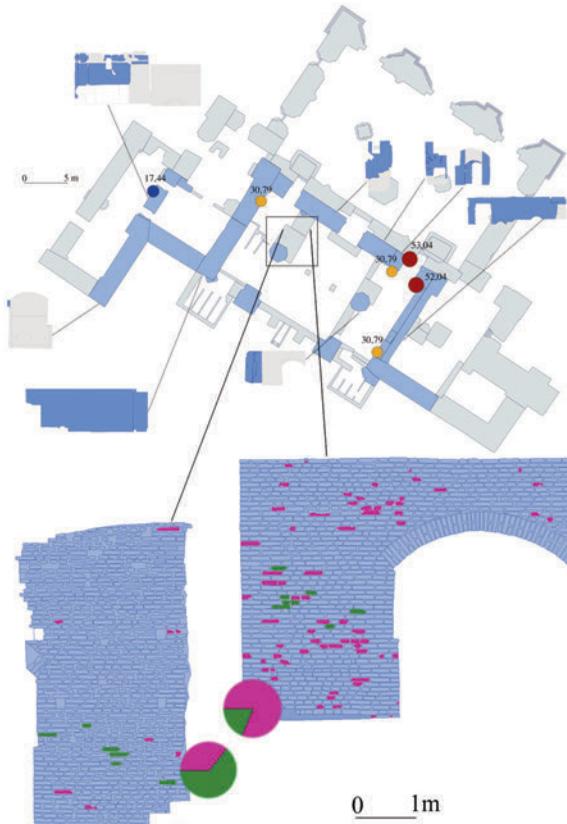


Fig. 6. Oratorio di S. Giovannino e ambienti sottostanti il Duomo. Esempio di percorso analitico sui laterizi. Al centro, calcolo incidenza per fase delle varie finiture; laterizi graffiati (in giallo), ruvidi (in blu) oppure privi di decorazione (in rosso). In basso, approfondimento su uno dei pilastri con georeferenziazione degli elementi di riuso (in viola) e di scarto (in verde).



come indicatori dell'intervento di maestranze diverse o di nuove conoscenze tecniche e della presenza di una ricerca di tipo formale nella distribuzione interna alle murature relative ai paramenti e agli elementi architettonici.

Si è poi raffinato il risultato, inserendo come ulteriori parametri le tipologie di lavorazione e le fasi costruttive. Questo calcolo può far emergere la corrispondenza fra finitura e lavorazione e destinazione così da in-

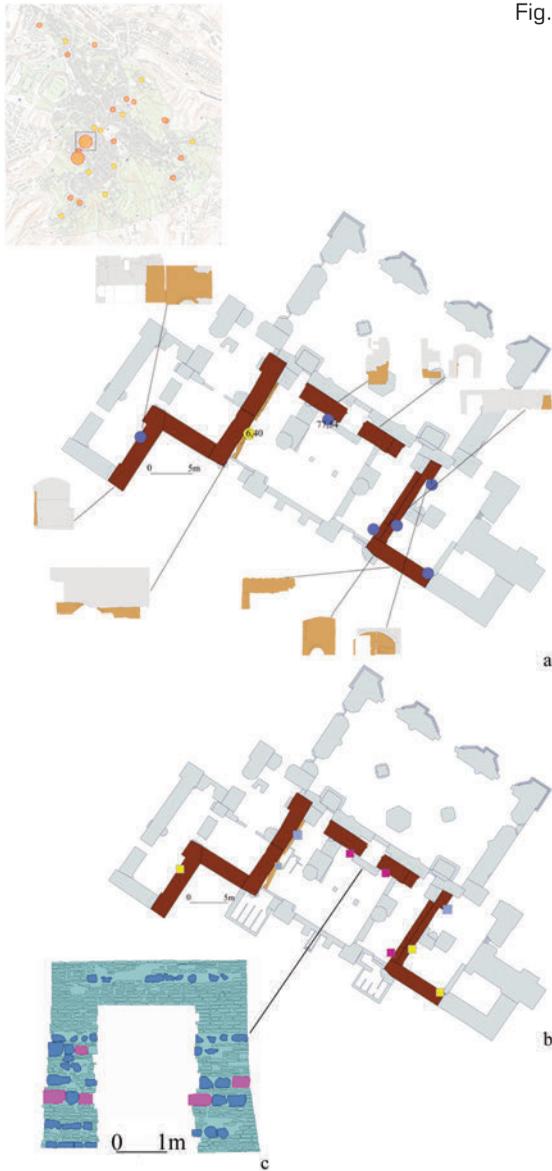


Fig. 7. Oratorio di San Giovanni e ambienti sottostanti il Duomo. Esempio di percorso analitico sui litotipi. a) calcolo incidenza percentuale per fase delle diverse lavorazioni: conci sbazzati (in giallo) e squadriati (in blu). b) distribuzione percentuale degli strumenti di lavorazione: strumenti a lama (in giallo), ascettino (in rosa), non identificabile (in blu). c) approfondimento con georeferenziazione degli elementi di riuso (in viola) e di scarto (in verde).

dicare criteri formali e rivelare il grado di perfezionamento delle tecniche; l'associazione con fase e tipologia del paramento fornisce invece indicazioni sul tipo di maestranze e sulle loro conoscenze tecniche, consentendo di operare confronti con edifici della stessa fase.

c.2.3) Analisi sui leganti - Le malte rappresentano a volte l'unico discriminante per riconoscere fasi di cantiere in presenza di apparecchiature

murarie simili. Un calcolo di distribuzione del legante in relazione a paramento e tipologia funzionale dello stesso offre indicazioni importanti da cui dedurre le capacità tecniche raggiunte dalle maestranze; relazionando i risultati ottenuti al tipo di paramento e alla funzione della struttura a cui appartiene è possibile distinguere indicatori per una classificazione delle tecniche costruttive.

c.2.4) Analisi su riusi o scarti - La valutazione dell'incidenza del materiale di riutilizzo e scarto ha come obiettivo sia quello di cogliere un eventuale cambiamento dei criteri estetico-formali sia quello di comprendere eventuali cambiamenti di funzionalità nell'uso degli ambienti; inoltre, la definizione delle caratteristiche formali e le dimensioni dei materiali riutilizzati potrebbero essere utili ad ipotizzare fase e struttura di provenienza, oppure anche la presenza di probabili strutture non più documentabili o di cui si hanno informazioni incomplete.

Nel nostro caso, l'analisi ha portato a rilevare un'alta incidenza di riusi in fase con la costruzione del battistero e del coro sovrastante, quando cioè parte degli ambienti diventano aree di cantiere e si inizia a progettare l'abbandono. L'inserimento di ulteriori parametri di calcolo, quali posa in opera e dimensioni dei giunti e letti di posa, evidenzia la concentrazione dei materiali di reimpiego in porzioni murarie destinate ad essere obliterate e indica l'assenza di un criterio nel loro posizionamento. I valori ottenuti invece non hanno fornito risposte in merito alla fase di provenienza di questi materiali o alla loro eventuale pertinenza a strutture non più visibili.

c.3. Analisi spaziali - Si sono infine progettati percorsi di analisi per automatizzare l'attribuzione ad attività delle buche pontai e delle aperture, integrando anche le funzioni di calcolo spaziale proprie della tecnologia GIS. Purtroppo non si è potuto applicare le procedure impostate, dal momento che all'interno degli ambienti indagati non esistevano né aperture in serie né un numero e una casistica sufficiente di buche su cui operare.

c.3.1) Analisi sulle buche pontai - Il procedimento prevede il calcolo delle distanze fra le diverse buche sia sul piano orizzontale che su quello verticale, prendendo l'intervallo tra le quote dei piani di appoggio. Sui valori ottenuti, viene calcolata la regolarità degli allineamenti attraverso l'impostazione intorno alla linea tracciata a rappresentare il calpestio di aree di rispetto (*buffer zone*), con un limite pari alla larghezza massima inferiore alla metà della lunghezza delle buche.

È quindi possibile operare ricerche che verifichino condizioni quali fase di appartenenza, dimensioni (impostando per ogni parametro un margine di tolleranza), distanza fra i pali di sostegno del ponteggio, distanza verticale delle buche per definire la larghezza dei piani ed infine l'inserimento o meno nella *buffer zone*.

c.3.2) Cronotipologia delle aperture - I parametri necessari a questo

tipo di analisi sono la morfologia degli stipiti, il materiale, la lavorazione (in caso di utilizzo di litotipi), le dimensioni dell'apertura (altezza, larghezza e spessore), le dimensioni medie del materiale utilizzati per gli stipiti, la descrizione dell'architrave, il numero dei cunei impiegati negli archi, il rapporto fra il raggio della circonferenza che descrive l'arco e la corda, nel caso di archi acuti il numero dei centri degli intradossi e degli estradossi e la distanza da essi, la distanza del centro del raggio della corda, il rapporto tra la distanza dei centri e la corda dell'arco, lo spessore dell'arco all'imposta e alla chiave, la presenza di mensole e eventuali elementi decorativi.

Si affida al GIS il calcolo del raggio e la misura della corda e successivamente i rapporti fra raggio/corda e la distanza degli estradossi o degli intradossi/corda. I valori ottenuti possono quindi essere combinati con attributi relativi alle caratteristiche materiali delle aperture e contribuire ad una loro tipologizzazione.

d) *Una proposta di visualizzazione tridimensionale* - Nell'ottica di migliorare la consultazione dei rilievi e dei risultati delle indagini ad essi riferite, abbiamo pensato di integrare in maniera automatica nella soluzione GIS un *software* CAD come visualizzatore dei tematismi prodotti sul modello tridimensionale dell'evidenza a cui risultano riferiti (fig. 8).

Si è comunque continuato a proporre dati grezzi ed elaborazioni come grafi puntiformi riproducenti la localizzazione spaziale dell'informazione rappresentata; parallelamente sono state impostate altrettante carte in cui i rilievi degli elevati appaiono collegati alla struttura cui si riferiscono sotto forma di prospetti esplosi. La scelta di rappresentare i dati in maniera areale è stata motivata dal punto di vista metodologico in quanto un tematismo acquista significato non solo se letto all'interno del prospetto a cui appartiene, ma soprattutto se contestualizzato da un punto di vista spaziale.

Una visualizzazione di questo tipo, pur non essendo del tutto immediata dal punto di vista visivo, non toglie niente o non inficia la validità dell'analisi prodotta perché il problema del 3D è solo un problema legato alla visualizzazione in quanto la documentazione analizzata è di tipo bidimensionale e quindi adatta ad un tipo di lettura GIS; esiste un problema legato alle relazioni topologiche fra gli elementi inseriti, ma non quando si lavora all'interno di un singolo prospetto o di un singolo rilievo in quanto le relazioni in questo senso vengono rispettate in maniera assoluta.

In conclusione, nonostante la sperimentazione sia ferma ad almeno cinque anni fa non sembra essere superata. Il recente lavoro pubblicato su Padova mostra un sistema di gestione dei rilievi molto simile al nostro, con una differenza legata alla georeferenziazione dei prospetti: sfruttando il miglioramento tecnico dei *software*, il posizionamento su carta avviene tramite il legame alle coordinate della parete stessa (Valente 2011, pp.172-174).

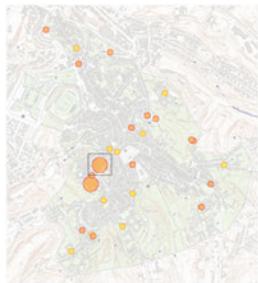
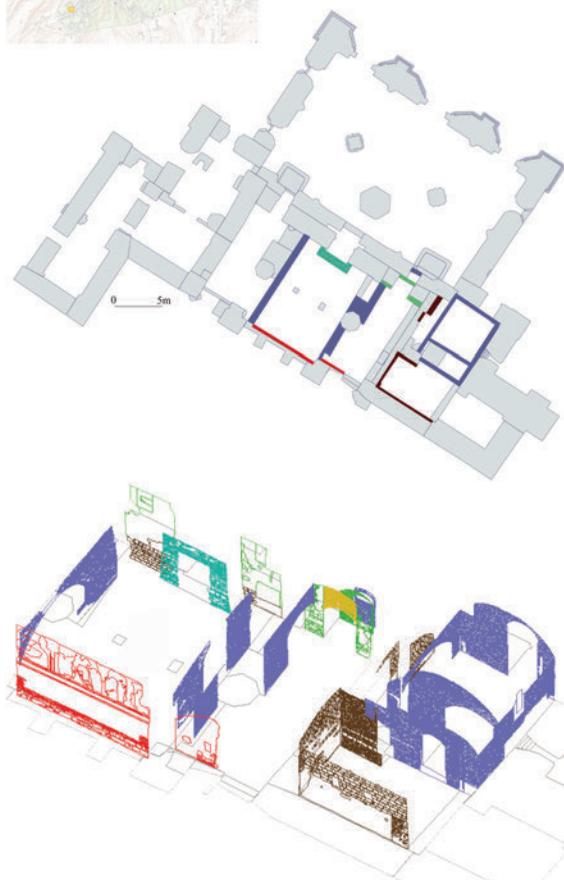


Fig. 8. Oratorio di S. Giovannino e ambienti sottostanti il Duomo. Esempio di visualizzazione planimetrica e tridimensionale.



Quanto detto dimostra che, come si è accennato nella premessa, un uso intelligente e finalizzato dello strumento GIS tende a mantenere un equilibrio fra le potenzialità reali del mezzo, le necessità specifiche della ricerca e una facilità di utilizzo capace di giustificarne l'uso; quindi, al di là delle mode, quando si deve realmente lavorare su un prodotto informatico, si adottano le soluzioni che garantiscono i migliori risultati nel rispetto delle capacità proprie della tecnologia prescelta.

3.2. La cartografia storica: metodi di georeferenziazione e raccolta di informazioni

L'iconografia e la cartografia storica senza dubbio rappresentano un altro importante patrimonio informativo: conservano di fatto la memoria materiale della città nei diversi secoli e per questo vi si possono cogliere elementi su cui tracciare le linee dello sviluppo diacronico della topografia urbana e materializzarne l'immagine stessa come anche le indicazioni materiali per ricostruirne in maniera dettagliata l'organizzazione.

L'iconografia, per la sua valenza più propriamente "narrativa", contribuirà alla ricostruzione dell'aspetto della città e potrà fornire uno strumento di confronto utile ad integrare o confutare/validare indicazioni provenienti da altri studi o da altre fonti. La cartografia storica, con una finalità di tipo più documentario, può contribuire anche a "disegnare" la città o parti di essa, riconoscendone la connotazione materiale in maniera sufficientemente precisa.

Il valore dei dati deducibili dalle piante storiche dipende dalla combinazione di una serie di fattori quali la tipologia stessa della rappresentazione (cioè se planimetrica, prospettica o a volo d'uccello), il tipo di risoluzione e/o la qualità del supporto su cui si è conservata, l'accuratezza e l'affidabilità del rilievo: una combinazione ottimale può consentire addirittura la perimetrazione degli elementi rappresentati con un margine di errore del tutto tollerabile, mentre una meno favorevole può fornire un semplice indizio di presenza oppure una descrizione puntuale priva di indicazioni georeferenziali.

Come è proprio del nostro approccio, una casistica così diversificata ha spinto verso una riflessione metodologica mirata a valutare il potenziale informativo di queste fonti e a verificarne i metodi di decodifica e criteri per un loro utilizzo funzionale.

Nel 2004, nell'ambito di un progetto di dottorato, si è iniziato a lavorare sul ricco patrimonio cartografico disponibile per la città di Siena (rappresentazioni di varie tipologie con cronologie comprese fra il XVI ed il XIX) con l'obiettivo di mettere a fuoco le problematiche connesse alla traduzione digitale delle informazioni contenute nelle piante e di stimare il reale apporto fornito da un loro uso integrato con le varie fonti presenti nella piattaforma GIS (Tixier 2004; 2009).

Uno step essenziale nella sperimentazione ha riguardato il processo di georeferenziazione, con particolare attenzione ai rilievi assonometrici più antichi; il posizionamento su carta delle evidenze attestata è stato realizzato combinando le indicazioni con i catasti ottocenteschi (georeferenziati con sufficiente precisione) e con tutti i dati di cui disponevamo rela-

tivi ad emergenze edite e da scavo allo scopo di isolare punti di riferimento su cui agganciare le piante. Si sono ottenuti più di duecento possibili "agganci", attraverso i quali le informazioni presenti nell'assonometria sono state riportate sotto forma di attributo ad edifici presenti nei catastri o di perimetrazione dell'ipotetico ingombro dell'edificio, scomparso o modificato o, in maniera più generica, dei vari complessi architettonici o porzioni edificate (fig. 9).

Una volta stabilite tali corrispondenze, per lo più rappresentate da emergenze monumentali, si è cercato di valutare nelle diverse cartografie le aree di possibili persistenze e/o trasformazioni su tutto il tessuto urbano in modo da tentare una serie di carte interpretate sull'evoluzione della città almeno fra XVI e XIX secolo; tale metodo si è dimostrato utile ad esempio per georeferenziare numerose chiese attestate nel Medioevo e oggi scomparse¹⁰.

Seguendo criteri di tipo tematico e procedure di analisi, i dati emersi sono stati letti ed interpretati in combinazione con evidenze di scavo, rinvenimenti occasionali da scassi operati per la messa in opera di nuove infrastrutture ed indicazioni contenute nelle fonti scritte o in studi recenti, documentazione fotografica¹¹: i risultati di questo lavoro sono stati poi valutati tramite verifiche autoptiche ed ulteriori vagli critici dettati dalle conoscenze e dalla sensibilità del ricercatore.

Un'operazione di questo tipo ha avuto ed ha lo scopo essenziale di isolare e mappare una carta del potenziale archeologico e del conseguente rischio archeologico, valutando le probabilità di depauperamento del deposito, in base a differenze fra il tessuto urbano post medievale e quello attuale (interventi edilizi moderni, infrastrutture importanti ecc..) o di conservazione delle evidenze nel sottosuolo e in elevato in presenza di indizi di continuità della topografia cittadina.

La sperimentazione ha dato buoni risultati che presto verranno resi disponibili nella tesi di dottorato; a livello metodologico possiamo affermare che questo tipo di lavoro offre davvero materiale valido per migliorare e perfezionare il processo di lettura e interpretazione della realtà urbana. Anche in questo caso, è difficile assegnare un valore a priori; sul grado di attendibilità dei risultati incide in maniera determinante un'ampia gamma di variabili, come ad esempio, per l'applicazione di questo processo alle fasi medievali o anche precedenti rimane decisiva la quantità e la

¹⁰ Per un approfondimento del metodo si veda TIXIER 2009.

¹¹ Dove disponibile, la documentazione fotografica può essere di notevole utilità. Nel caso di Siena, alcune fotografie scattate agli inizi del XX secolo hanno permesso di fare alcune verifiche puntuali per vedere l'aspetto di edifici oggi scomparsi o per notare le modifiche di alcune strutture (ad esempio, la realizzazione di merli per conferire un aspetto "più medievale" ad alcune strutture).

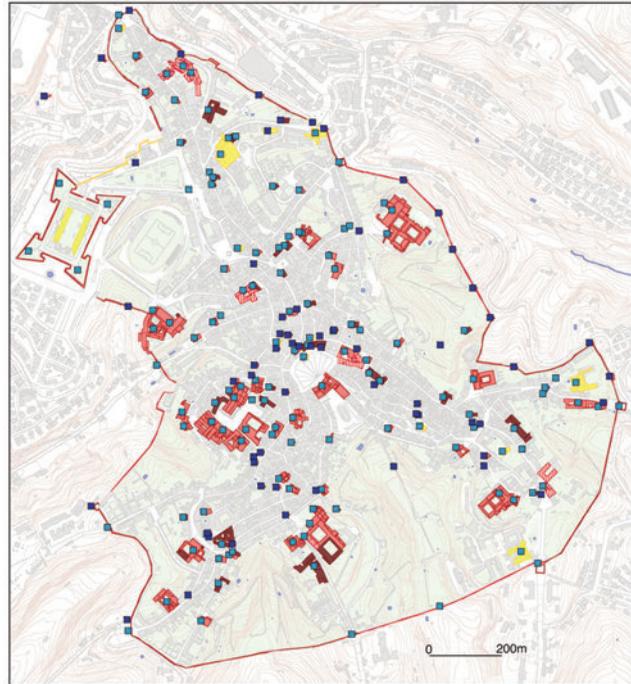


Fig. 9. Cartografia storica. In alto, mappatura dei punti di aggancio per la georeferenziazione della cartografia. In basso, casistica dei risultati; in arancio, edifici presenti nelle carte storiche ottocentesche e tuttora visibili; in giallo, le perimetrazioni di edifici oggi scomparsi; in grigio, gli edifici presenti nelle cartografie attuali.

qualità dei dati di confronto sui quali produrre ipotesi.

Questo conferma ancora una volta la necessità di accumulare nella piattaforma GIS quanti più dati possibili e quante più fonti possibili; la molteplicità, l'eterogeneità e la quantità dei dati, combinati secondo metodologie e criteri rivolti ad un loro utilizzo più corretto possibile, riesce in un

certo senso a "rettificare" i risultati quasi in un lavoro costante di compensazione fra pregi e limiti di ciascuna fonte informativa.

4. La piattaforma GIS: fonti, dati, letture, analisi e ipotesi

Al termine di questo percorso sperimentale, nel 2011 la piattaforma è arrivata a racchiudere un patrimonio informativo consistente che spazia dalla registrazione degli interventi moderni sul tessuto urbano, ai cantieri di scavo, agli approfondimenti tematici fino alle ipotesi prodotte da studiosi che a vario titolo si sono interessati della città. La vastità, qualitativa e quantitativa, della documentazione schedata non fa ovviamente della base un prodotto finito; a parte la parzialità di alcune fonti (già dichiarate sopra) per le quali però sono già disponibili strumenti di registrazione adeguati, il lavoro di schedatura e georeferenziazione per la città non può infatti dichiararsi mai concluso anche perché deve seguire *in progress* il suo sviluppo e le sue trasformazioni allo scopo di garantire l'aggiornamento e la completezza dell'informazione censita: un ulteriore elemento di complessità con il quale fare i conti qualora si voglia andare a lavorare sulla città in maniera efficace e complessiva.

In ogni caso, il pacchetto "Spazio Urbano" (riferendosi a GIS, database alfanumerico e multimediale) ha una corposità notevole e rappresenta uno strumento, la cui funzionalità e le cui potenzialità si sono manifestate sia in occasione degli affondi sperimentali a cui si è fatto rapido accenno, sia durante le principali e quotidiane operazioni di trattamento del dato ogniqualvolta è stato necessario lavorare in maniera tematica sulla città: di fatto, come anticipato, un prototipo ben progettato pronto a divenire oggetto e mezzo di indagine e analisi per la produzione di nuova informazione per ampliare la conoscenza e la tutela del patrimonio storico-archeologico della città.

La piattaforma GIS di Siena è ad oggi quantificabile in 106.038 oggetti vettoriali: questi corrispondono a 29.131 informazioni estrapolate dalle fonti e a 53.063 elementi topografici databili dalla preistoria all'età contemporanea.

4.1. Le fonti

Le fonti censite riguardano cartografie attuali e storiche, documentazione storico artistica, storica, ed archeologica di tipo stratigrafico ed occasionale, cataloghi editi, studi monografici o tematici, interventi tecnici di tipo urbanistico e cantieri edili.

Fonti cartografiche: tecniche, storiche - Sono registrate carte tecni-

che regionali a diverse scale di dettaglio, carte catastali e carte di dettaglio prodotte *ad hoc*; tutte sono state rese consultabili in maniera integrata (verificando il grado di dettaglio ed accuratezza di ciascuna).

Il lavoro sistematico di georeferenziazione delle cartografie storiche si è focalizzato sulle rappresentazioni più accurate e affidabili: in particolare la carta *Sena Vetus Civitas Verginis* realizzata da Francesco Vanni nel 1595, la sua riedizione curata da Lazzaro Bonaiuti nel 1873 e le due redazioni del Catasto (1811-12, 1873: Civai, La Spina, Pezzo 1999). Le numerose piante storiche disponibili per Siena sono state consultate e schedate come integrazione e confronto delle informazioni georeferenziate¹².

Abbiamo poi inserito una serie di documenti tecnici forniti dall'Amministrazione Comunale: fra questi, il tracciato delle reti sotterranee, le principali infrastrutture presenti, le carte del nuovo piano regolatore e la mappatura degli edifici sottoposti a vincolo (fig. 10).

Fonti archeologiche: scavi e rinvenimenti – Sono stati consultati cataloghi, pubblicazioni e studi tematici allo scopo di censire le notizie relative a rinvenimenti occasionali di materiali o evidenze di epoca compresa fra preistoria e rinascimento¹³ (figg. 1, 12).

La documentazione prodotta durante la ventennale attività sul campo svolta dall'Insegnamento di Archeologia Medievale del nostro Dipartimento è stata riversata interamente sulla piattaforma tramite vettorializzazione in scala 1/20 (con particolari in scala 1/10) dei rilievi di scavo e su database alfanumerici e multimediali delle schede US e delle foto (fig. 11). Fra i cantieri di maggiori rilievo: quelli aperti all'interno dell'Ospedale del Santa Maria della Scala (Cantini 2004) (fig. 3), e dentro all'Oratorio di San Giovannino e ai locali sottostanti il Duomo (Causarano, Francovich, Valenti 2003) (fig. 1b), lo scavo nella piazza ad esso antistante (Boldrini, Parenti 1991), il recupero durante il restauro nell'ex convento del Carmine (Francovich, Valenti 2002) (fig. 2), l'intervento sulle Fonti di Follonica (Tronti, Valenti 2004) e gli scavi di emergenza in Via Baroncelli (Causarano, Tronti 2005), presso il Fortino delle Donne Senesi e all'interno del Chiostro di San Cristoforo ecc. A questi si aggiungono alcune notizie relative al recupero di materiali o ad alcuni cantieri, di modesta entità di cui non si disponeva documentazione che sono stati quindi riportati in forma areale senza informazioni di dettaglio¹⁴.

Fonti archeologiche: archeologia degli elevati (fig. 4a) – Sono state

¹² Ci riferiamo alle piante contenute in PELLEGRINI 1986; BORTOLOTTI 1982; GENNARI 2005.

¹³ CRISTOFANI 1979; PALLECCHI 2003; NEPI 1976; BALESTRACCI 1984.

¹⁴ Citiamo ad esempio il pozzo di butto rinvenuto nella contrada della Civetta (in BERNARDI *et alii* 1994; LUNA 1994) e lo scavo di una fornace in via delle Sperandie (BOLDRINI 1994).



Fig. 10. Cartografie tecniche, esempi. Reti interrate (a), acquedotti (b), aree di intervento inserite in piano triennale dei lavori pubblici 2007-2010 (c), edifici sottoposti a vincolo da parte del MiBAC (d).

censite le evidenze contenute in lavori specialistici condotti sulle torri d'epoca medievale tutt'ora visibili, inglobate o nascoste da palazzi più recenti, e sulle architetture in pietra databili fra XI e XV secolo¹⁵. Inoltre si è registrato in maniera puntuale e di dettaglio quanto emerso dall'analisi degli elevati pertinenti alla Cattedrale e agli ambienti ad essa sotto-

¹⁵ BONUCCI, CASTELLI 2005; CATALDO 2004; PARENTI 1996.



Fig. 11. Dati archeologici. Oratorio di San Giovannino e ambienti sottostanti il Duomo. In alto, pianta di fase delle sepolture di XVIII secolo; al centro e in basso, il dettaglio progressivo del rilievo.

stanti come anche i risultati dello studio effettuato sulle evidenze murarie emerse durante lo scavo.

È stato poi riportato uno studio effettuato sulle facciate del centro storico di Siena (Quast 2006) rappresentato da più di 700 schede contenute in una banca dati resa disponibili on line sul sito del Comune di Siena.

Fonti iconografiche e storico artistiche – Sono state georeferenziate più di 200 evidenze, censite nel *Corpus* dei Manufatti Funerari Senesi, relative a manufatti funerari senesi compresi fra la seconda metà del XIII secolo e la metà del XVI secolo (fig. 4b).

Fonti scritte – Non sono state vagliate fonti d'archivio o documenti inediti; i dati dedotti dalle fonti scritte riportano i risultati di alcuni approfondimenti condotti dagli storici su alcuni importanti documenti medievali¹⁶, concentrati sulla ricostruzione dell'assetto urbanistico sulla base di fonti scritte ed iconografiche (Balestracci, Piccini 1977) (fig. 12a) e su aspetti inerenti la valenza economica della città.

Grazie alle indicazioni fornite dalla Tavola delle Possessioni (precoce esempio di censimento delle proprietà cittadine del contado voluto dal Governo dei Nove fra 1318 e 1329: Bowsky 1976), sono stati circoscritti i limiti dei diversi Popoli, l'evoluzione del circuito murario fra alto medioevo e prima metà del XIV secolo, la distribuzione degli orti e la struttura viaria senese nel XIV secolo (fig. 5a). Inoltre sono stati individuati mercati, fiere fondaci, botteghe e forni, alberghi; le aree di produzione e vendita (Tuliani 1994, 1998). La combinazione di questi dati con quelli contenuti nel Constituto del 1290-91 (Zdekauer 1897) ha reso possibile localizzare le aree di concentrazione delle attività artigianali diversificate per tipologia e l'articolazione delle imposte sulle botteghe.

Sono stati inseriti i risultati di lavoro condotto nell'ambito di uno studio circa le produzioni ceramiche senesi dove, intrecciando fonti scritte, iconografiche ed archeologiche sono state localizzate le botteghe di ceramisti attive fra XIV e XV secolo (Berti, Cappelli, Cordellazzo 1995) (fig. 5b).

Sono stati riportati poi i risultati di un recente studio condotto sull'Ospedale del Santa Maria della Scala che alla luce delle fonti scritte, con attenzione ai dati emersi dall'indagine archeologica, ha tracciato l'evoluzione dell'imponente complesso medievale (Sordini 2010) (fig. 2a).

Cantieri edilizi moderni – Costanti sopralluoghi hanno consentito di georeferenziare tutti i cantieri aperti per la realizzazione di edilizia pubblica o privata o per la messa in opera di infrastrutture. Oltre alla perimetrazione dell'area di intervento, si è provveduto a registrare presenza o assenza di evidenza archeologica, fondamentali entrambi per lo studio della città sia in fase di ricostruzione storica che per la produzione di carte di rischio.

4.2. I dati

Le fonti sono state schedate in maniera aderente allo schema concettuale previsto dal modello. I dati oggettivi sono stati registrati in categorie specifiche organizzate nel rispetto delle caratteristiche di ciascuna fonte, nel massimo livello di dettaglio senza alcun tipo di selezione né tematica né concettuale.

Le interpretazioni, frutto della schedatura di studi o approfondimenti

¹⁶ LEONCINI 1998; POZZI 2003; ASCHERI 2003.

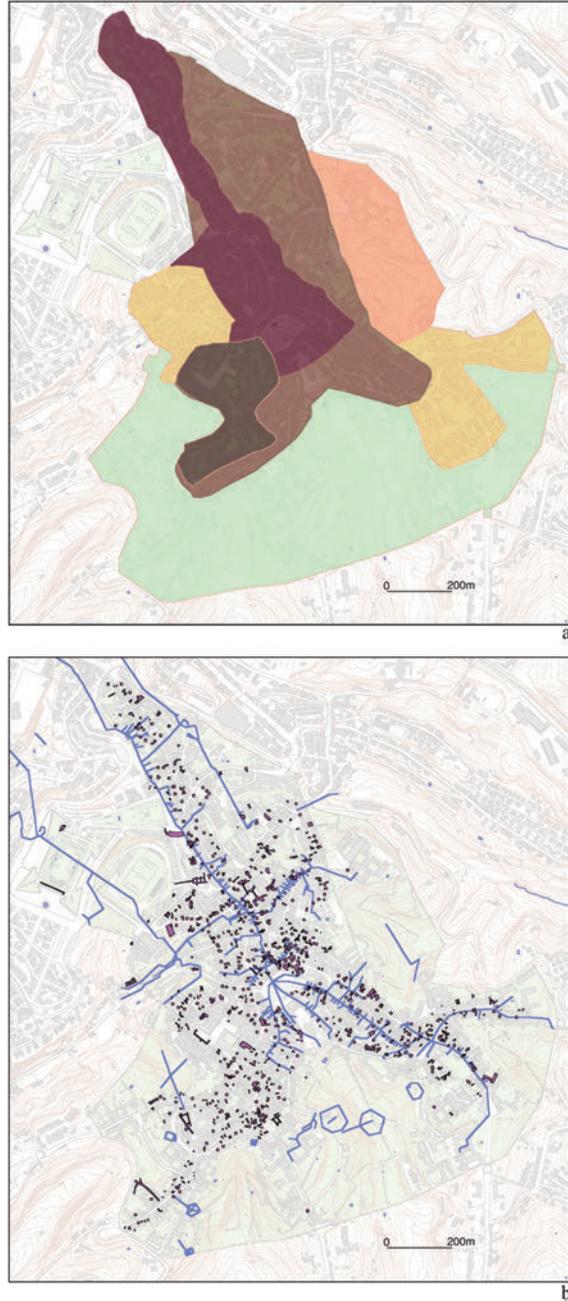


Fig. 12. Dati editi, esempi. a) L'evoluzione del circuito murario fra altomedioevo e XIV secolo (proposta in Bortolotti 1982). b) Percorso dei bottini (in azzurro) e ambienti ipogei (in viola).

analitici, sono state registrate in apposite categorie destinate specificamente ad accogliere informazioni di carattere soggettivo, contrassegnate da gradi di affidabilità diversificati secondo il valore della fonte di riferimento e una stima di attendibilità scaturita dalla consultazione integrata con le altre informazioni archiviate¹⁷.

Tutti i dati sono poi confluiti nella categoria relativa agli elementi che compongono il tessuto urbano; indipendentemente dalla fonte e dalla soggettività/oggettività, ogni informazione è così andata a completare, integrare o ampliare la città descritta dalla cartografia moderna o storica. Attraverso un processo deduttivo da "dato" a "informazione" (come descritto nel paragrafo 2), le fonti, sottoforma di elemento topografico, diventano indicative di parte della realtà urbana ed assumono un valore specifico nella ricostruzione materiale del tessuto urbano e delle sue trasformazioni in senso sincronico e diacronico.

L'elemento topografico diventa così sintesi di un percorso interpretativo, nel quale viene raccolta tutta la conoscenza della città in forma facilmente accessibile e consultabile: vi saranno schedati gli edifici moderni, privi di classificazioni ulteriori oltre a toponimo e destinazione; edifici che conservano evidenze archeologiche; emergenze monumentali conservate; edifici, tuttora presenti con destinazione simile, ma attestati in una forma modificata rispetto all'originaria, che in questo caso potrà essere perimetrata e localizzata in maniera certa o ipotetica; edifici scomparsi perimetrati o presentati sottoforma areale tramite punto qualora sia ipotizzabile o certa la loro presenza ma non più localizzazione e planimetria.

4.3. Lettura, analisi e ipotesi: nuove prospettive

La funzionalità della base nella gestione e nella presentazione delle informazioni archiviate si è resa evidente fin da subito in operazioni tanto semplici quanto quotidiane ed essenziali nei tempi e nei metodi della ricerca archeologica: attraverso funzioni di *query* ed *overlay* topologici, si ha la possibilità di accedere in maniera agile al contenuto della soluzione GIS e ottenere in tempo reale combinazioni di dati anche molto articolate capaci di presentare proposte di lettura del patrimonio conservato all'interno dello spazio cittadino.

Attraverso un lavoro di semplice sovrapposizione delle fonti scritte con i risultati di uno degli scavi di emergenza, ad esempio, si è reso pos-

¹⁷ Tale operazione investe anche le ipotesi di studio, le quali sono registrate in maniera complessiva nella categoria adeguata, poi sottoposte a vaglio critico ed analisi (primo fra questi, il semplice *overlay* topologico) ed infine la proposta emersa come più valida viene riprodotta sotto forma di "elemento topografico".

sibile attribuire i resti di un'apertura messa in luce nei pressi di un tratto di mura obliterate ad una delle porte senesi, ora scomparsa, e focalizzare il tracciato più probabile per il circuito murario di XIII secolo fra le varie ipotesi proposte¹⁸.

Semplice e altrettanto utile è poi la compilazione di carte riassuntive e tematiche di tipo diacronico e sincronico.

Le sperimentazioni avviate dimostrano poi che la soluzione "Spazio Urbano" può consentire di sviluppare anche operazioni di analisi e dunque non solo gestire il dato immesso, ma sfruttarlo per produrre nuova informazione con il supporto di funzioni destinate al trattamento matematico-statistico e spaziale del contenuto dell'archivio: questo consente da un lato analisi distributive e di calcolo delle frequenze e dall'altro analisi spaziali e predittive.

Come si è premesso, la nostra attività in questo settore è ancora di tipo sperimentale dunque più che risultati per il caso di Siena è opportuno parlare di prospettive, rispetto alle quali possiamo definire degli obiettivi credibili soprattutto alla luce dell'esperienza maturata sui contesti di scavo¹⁹.

Fra le analisi *intrasite*, le analisi distributive si sono rivelate senza dubbio le procedure più facilmente spendibili nel processo interpretativo e con maggiori garanzie di affidabilità per quanto riguarda i risultati: hanno una minore complessità concettuale e matematica, rispondono a domande che l'archeologo si pone istintivamente e dunque hanno una maggiore aderenza ai tradizionali metodi di lettura, inoltre i dati di cui disponiamo, se interrogati in maniera corretta, sono in grado di fornire informazioni attendibili.

Se immaginiamo ad esempio di esportare il percorso di lettura impostato e testato sugli ambienti sottostanti la Cattedrale ad un progetto di ricerca esteso all'intera città possiamo facilmente mettere a fuoco l'apporto di questo nuovo strumento: l'automatizzazione delle procedure e la possibilità di trattare una vasta mole di dati combinati con attributi ed incrociati con diversi parametri, proprio grazie all'ampliamento della casistica, possono verificare in maniera più raffinata i risultati e potenziarne l'affidabilità.

In relazione alle analisi spaziali e predittive la complessità aumenta: la particolarità di questo tipo di procedure applicate a contesti micro e semi micro risiede nell'amplificazione progressiva del peso delle variabili (possono infatti incidere nei processi che andiamo studiare e determinare ri-

¹⁸ La porta dei Salvani (detta anche Porta dei Provenzani) è attestata dalle fonti scritte sin dai primi anni del Duecento (Pozzi 2003) e tradizionalmente collocata quasi in cima della vallata di Follonica, in prossimità dell'attuale chiesa di Santa Maria di Provenzano. Durante l'inverno del 2002, nel corso dello scavo d'emergenza condotto dal nostro Dipartimento in via dei Baroncelli (CAUSARANO, TRONTI 2005), è stato individuato infatti un tratto di mura ed i resti di un'apertura interpretata appunto come la Porta dei Salvani.

¹⁹ Per consultare l'esperienza da noi condotta nell'ambito delle analisi *intrasite* rimandiamo a NARDINI 2008, 2009b, 2009c.

sposte anche molto diverse in condizioni simili) e nella diminuzione del margine di tolleranza di errore in relazione all'abbassamento della scala di intervento. Il rischio è quindi di forzare i dati ed arrivare a risposte che invece di accrescere la ricerca possono rischiare di fuorviarla; l'esperienza condotta sulla microscala dello scavo, ha evidenziato come si possa lavorare in maniera sufficientemente affidabile su contesti di breve estensione e con caratteristiche abbastanza omogenee; diventa già molto più rischioso lavorare su spazi più estesi, anche se indagati per buona parte, in quanto diventa difficile individuare gli eventuali fattori di disturbo e si rende quasi impossibile valutare in maniera predittiva tutti gli elementi che possono essere intervenuti nella definizione del contesto.

La predittività, né sullo scavo né tanto meno sulla città, è in grado di consentire di elaborare un modello ricostruttivo; è però uno strumento molto efficace nell'individuare il potenziale archeologico ed indirizzare la stesura di carte di rischio affidabili.

Cito un esempio di lavoro sul tracciato del circuito murario di prima metà XIII secolo e sulla posizione di alcune porte cittadine, oggi scomparsi. L'analisi è partita da una valutazione delle varie ipotesi elaborate e dalla verifica della loro corrispondenza con fonti scritte edite, dati stratigrafici e ricognizioni di superficie, trattati secondo le funzioni di calcolo proprie del GIS. Si è quindi isolata la proposta più attendibile e sul tracciato è stata impostata un'area di *buffering* allo scopo di isolare l'area con maggiore probabilità di presenza per le evidenze relative al circuito; si sono quindi condotte indagini mirate che hanno consentito di individuare resti di fondazioni relative a murature massicce, inglobate in edifici più recenti, inquadrabili per tipologia in una cronologia di inizi XIII secolo (Tixier 2009).

In questo senso, questo tipo di analisi potenzia il valore della piattaforma GIS dedicata alla città, sviluppando una delle finalità sicuramente più determinanti di questo lavoro che è quella rivolta alla definizione di un sistema efficace per la gestione, conservazione e tutela del patrimonio conservato.

Una sintetica conclusione per dire che il bilancio del lungo e complesso lavoro di creazione e implementazione della piattaforma GIS della città di Siena si chiude in maniera assolutamente positiva e con ampie prospettive aperte verso un potenziamento dell'utilizzo del prodotto con un ritorno significativo sulla ricerca.

Bibliografia

- M. ASCHERI 2003, *Siena e la città-stato del Medioevo italiano*, Siena.
- D. BALESTRACCI 1984, *I bottini. Acquedotti medievali senesi*, Siena.
- D. BALESTRACCI G., PICCINI 1977, *Siena nel Trecento. Assetto urbanistico e strutture edilizie*, Firenze.
- G. BERNARDI, L. CAPPELLI, F. CUTERI, G. MUZZI, G. PAOLUCCI 1994, *Il pozzo di butto nel Castellare degli Urgurgieri nella Contrada della Civetta, in Contrada Priora della Civetta: Le sedi storiche*, Genova, pp. 115-128.
- G. BERTI, L. CAPPELLI, M. CORTELLAZZO et alii 1995, *Vasai e botteghe nell'Italia centro settentrionale nel basso medioevo, in Actes du 5ème Colloque sur la Céramique Médiévale* (Rabat, 11-17 novembre 1991), Rabat, pp. 263-279.
- G. BIANCHI, A. NARDINI 2000, *Archeologia dell'architettura di un centro storico. Proposta di elaborazione informatica dei dati su piattaforma GIS bidimensionale*, in BROGIOLO 2000, pp. 381-388.
- E. BOLDRINI 1994, *Una fornace di ceramica a Siena*, "Archeologia Medievale", XXI, pp. 225-233.
- E. BOLDRINI, R. PARENTI (eds) 1991, *Santa Maria della Scala, Archeologia e edilizia sulla piazza dello Spedale*, Firenze.
- S. BONUCCI, V. CASTELLI 2005, *Antiche torri di Siena*, Siena.
- L. BORTOLOTTI 1982, *Siena, Le città nella storia d'Italia*, Bari.
- W. BOWSKY 1976, *Le finanze del comune di Siena*, F. CANTINI 2004, *Archeologia urbana a Siena: l'area dell'Ospedale di Santa Maria della Scala prima dell'Ospedale. Altomedioevo*, Firenze.
- G.P. BROGIOLO (ed) 2000, *Il Congresso Nazionale di Archeologia Medievale* (Brescia, 28 settembre-1 ottobre 2000), Firenze.
- C. CATALDO 2004, *L'architettura in pietra a Siena tra i secoli XI e XV: ricognizione e studio sul territorio urbano*, "Archeologia dell'Architettura", VIII, pp. 113-122.
- M.A. CAUSARANO 2009, *La Cattedrale di Siena tra seconda metà XIII e XIV secolo, trasformazione e ridefinizione dell'edificio*, in VOLPE, FAVIA 2009, pp. 773-778.
- M.A. CAUSARANO, R. FRANCOVICH, M. VALENTI 2003, *L'intervento archeologico sotto il duomo di Siena: dati e ipotesi preliminari*, in R. GUERRINI (ed), *Sotto il duomo di Siena. Scoperte archeologiche, architettoniche e figurative*, Milano, pp. 153-168.
- M.A. CAUSARANO, C. TRONTI 2005, *Lo scavo di emergenza in via Baroncelli*, in R. FRANCOVICH, M. VALENTI (eds), *Archeologia dei Paesaggi Medievali. Relazione progetto (2000-2004)*, Firenze, pp. 56-62.
- M. CIVAI, E. LA SPINA, A. PEZZO 1999, *L'immagine di Siena – Le due città. Le vedute e le piante di Siena nelle collezioni cittadine (dal XV al XVI secolo)*, Siena.
- M. CRISTOFANI (ed) 1979, *Siena: le origini. Testimonianze e miti archeologici*, Firenze.
- R. FRANCOVICH, A. NARDINI, M. VALENTI 2000, *La piattaforma GIS dello scavo nella gestione di un'area cimiteriale*, in BROGIOLO 2000, pp. 28-36.
- R. FRANCOVICH, M. VALENTI (eds) 2002, *C'era una volta. La ceramica medievale nel convento del Carmine, Siena. 1287-1355*, Firenze.
- V. FRONZA, A. NARDINI, M. VALENTI (eds) 2009, *Informatica in Archeologia Medievale. L'esperienza senese*, Firenze.
- V. FRONZA, A. NARDINI 2009, *Un sistema informatico per la gestione dello spazio urbano*, in VOLPE, FAVIA 2009, pp. 68-72.
- S. GELICHI (ed) 2001, *Dalla carta di rischio archeologico di Cesena alla tutela preventiva urbana in Europa*, Firenze.
- M. GENNAI 2005, *L'orribile scossa della vigilia di Pentecoste: Siena e il terremoto del 1798*, Monteriggioni.
- A. LEONCINI, *Siena in fasce. Topografia e immagini della Sena Vetus*, Siena.
- A. LUNA 1999, *Nuove acquisizioni sulla maiolica arcaica senese: i dati dal pozzo di "butto" della Civetta (Siena)*, "Archeologia Medievale", XXVI, pp. 411-427.
- A. NARDINI 2000, *La piattaforma GIS dello scavo di Poggio Imperiale a Poggibonsi. Dalla creazione del modelli dei dati alla loro lettura*, "Archeologia e Calcolatori", 11, pp. 111-123.

- A. NARDINI, *Il modello dei dati nell'applicazione GIS dello scavo (l'esperienza senese)*. Online in: <http://192.168.168.2/NewPages/work3.html> (ultimo accesso marzo 2011)
- A. NARDINI 2008, *La gestione informatizzata dei dati provenienti dalle indagini archeologiche condotte nel comprensorio chiusinense: scavi e indagini preliminari*, in M. VALENTI (ed), *Miranduolo in Alta Val di Merse (Chiusdino-SI)*. Archeologia su un sito di potere del Medioevo toscano, Firenze, pp. 461-476.
- A. NARDINI 2009a, *La gestione della documentazione archeologica di scavo tramite GIS*, in FRONZA, NARDINI, VALENTI 2009, pp. 89-107.
- A. NARDINI 2009b, *Il sistema "GIS urbano": una proposta di archiviazione e gestione del patrimonio storico-archeologico presente all'interno della città*, in FRONZA, NARDINI, VALENTI 2009, pp. 71-87.
- A. NARDINI 2009c, *Analisi GIS per lo studio delle frequenze distributive: un contributo alla comprensione del sito*, in VOLPE, FAVIA 2009, pp. 57-62.
- A. NARDINI, F. SALVADORI 2000, *La piattaforma GIS dello scavo ed i modelli distributivi di manufatti e reperti osteologici animali*, in BROGILOLO 2000, pp. 37-45.
- C. NEPI et alii 1976, *Per lo studio della «facies» rupestre della città di Siena*, "Archeologia Medievale", III, pp. 413-428.
- S. PALLECCHI 2003, *Archeologia urbana a Siena: per un'indagine preventiva mirata all'individuazione delle aree di maggior rischio archeologico*, Tesi di dottorato, Università di Siena.
- E. PELLEGRINI 1986, *L'iconografia di Siena nelle opere a stampa. Vedute generali della città dal XV al XIX secolo*, Siena.
- R. PARENTI 1996, *Torri e case-torri senesi: I risultati delle prime ricognizioni di superficie*, in E. DE MINICIS, E. GUIDONI (eds), *Case e torri medievali*, Atti del II Convegno di Studi (Città della Pieve, 11-12 dicembre 1992), Roma, pp. 76-88.
- M. PERIPIMENO 2009, *Rilievo di monumenti e stratigrafie: l'uso del laserscanner*, in FRONZA, NARDINI, VALENTI 2009, pp. 111-127.
- F. POZZI 2003, *Siena nel Duecento: ricerche nella struttura urbana*, Tesi di laurea, Siena.
- M. QUAST 2006, *Siena: banca dati delle facciate del centro storico*. Online in: <http://db.biblhertz.it/siena/siena.xq> (ultimo accesso marzo 2011).
- V. SEMERARO a.a. 2004-2005, *La gestione GIS delle murature del Duomo di Siena*, Tesi di laurea in Archeologia Medievale, Università degli Studi di Siena.
- B. SORDINI 2010, *Dentro l'antico Ospedale. Santa Maria della Scala, uomini, cose e spazi di vita nella Siena medievale*, Siena.
- B. TIXIER 2004, *La piattaforma GIS di Siena. Uno strumento per la valutazione del rischio archeologico della città*. Online in: http://archeologiamedievale.unisi.it/NewPages/DOTT/progetti_XX.html (ultimo accesso marzo 2011).
- B. TIXIER 2009, *La piattaforma GIS della città di Siena: un esempio di uso integrato delle fonti*, in VOLPE, FAVIA 2009, pp. 73-78.
- C. TRONTI, M. VALENTI 2004, *La Fonte di Folonica e le fonti medievali di Siena*, DVD, Firenze.
- M. TULIANI 1994, *Osti, avventori e malandrini. Alberghi, locande e taverne a Siena e nei suo contado tra Trecento e Quattrocento*, Siena.
- M. TULIANI, 1998, *Il Campo di Siena: un mercato cittadino in epoca comunale*, "Quaderni Medievali", XLVI, pp. 59-100.
- V. VALENTE 2011, *La gestione GIS del progetto ARMEP*, in A. CHAVARRÍA ARNAU (ed), *Padova: le architetture medievali*, Mantova, pp. 153-179.
- M. VALENTI 2000, *La piattaforma GIS dello scavo nella sperimentazione dell'Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena. Filosofia di lavoro e provocazioni, modello dei dati e "soluzione GIS"*, "Archeologia e Calcolatori", 11, pp. 93-104.
- M. VALENTI, A. NARDINI 2004, *Modello dei dati e trattamento del dato sul GIS di scavo*, "Archeologia e Calcolatori", XV, pp. 341-358.
- G. VOLPE, P. FAVIA (eds) 2009, *V Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Foggia-Manfredonia, 30 settembre-3 ottobre 2009)*, Firenze.
- L. ZDEKAUER (ed) 1897, *Il Costituto del Comune di Siena dell'anno 1262*, Milano.

