

PROGETTO CAERE: DALLO SCAVO AL TERRITORIO UNA SOLUZIONE PER LA DISTRIBUZIONE DEI DATI TRAMITE UN GIS ON-LINE

1. INTRODUZIONE

Il Progetto Caere (MOSCATI 1998), sin dalla sua formulazione, ha previsto, fra le varie componenti, anche l'applicazione di un sistema informativo territoriale e la creazione di soluzioni multimediali per l'informatizzazione della documentazione prodotta dagli studi e dagli scavi sul pianoro urbano della città etrusca di Caere, condotti dall'Istituto per l'archeologia etrusco-italica del CNR. Scopo del sistema è, infatti, la raccolta, la gestione, la consultazione e, soprattutto, la diffusione dei dati, dopo averli collocati nel loro contesto storico e geografico (MOSCATI 2001, 364).

Il progetto si focalizza su due obiettivi principali: da un lato la costruzione di un sistema complesso per uno studio innovativo dello scavo della Vigna Parrocchiale e del suo contesto territoriale; dall'altro lato la creazione e lo sviluppo di un sistema multimediale per distribuire agli studiosi sia le informazioni raccolte sia i risultati della ricerca.

Il caso preso in esame offre molti spunti per sviluppare un modello di gestione ed analisi dei dati nella loro componente sia spaziale che descrittiva. Lo scavo della Vigna Parrocchiale ha non solo restituito notevoli informazioni archeologiche (CRISTOFANI 1986; 1988; 1992; 1993; 1996), ma è stato anche documentato con una metodologia che ha meritato uno studio a sé stante: infatti oltre alle tradizionali schede sintetiche, si è compilato sul campo un diario con approfondite descrizioni in linguaggio naturale, corredate da un ricco apparato grafico e fotografico.

In fase di elaborazione dei dati, per l'acquisizione informatizzata dei testi dei diari si è costruito un modello di codifica della documentazione mediante l'uso dello SGML (MOSCATI, MARIOTTI, LIMATA 1999 e BONINCONTRO, in questo volume). Parallelamente all'informatizzazione di una componente fondamentale dei dati di scavo, cioè quella testuale, l'interesse si è rivolto alla componente cartografica e geografica. È sorta pertanto la necessità di una contestualizzazione dei dati archeologici nella loro dimensione spaziale, nell'ottica di uno studio del sito per ricostruire la diacronicità delle strutture e le loro interrelazioni spazio-temporali. Su scala spaziale un punto importante è stato considerato lo studio del territorio stesso, inteso nella sua dimensione cognitiva: si è cercato, infatti, di interpretare, alla luce dei dati acquisiti, la scelta della posizione dell'area a carattere sacro e pubblico emersa dagli scavi

della Vigna Parrocchiale (CRISTOFANI 1988), anche nelle sue relazioni visive con l'intero pianoro e con i pianori circostanti.

Lo scopo del presente contributo è, quindi, di descrivere le modalità di realizzazione della piattaforma GIS all'interno del Progetto Caere e di offrire una panoramica sulle analisi spaziali condotte e su quali principi teorici esse si sono basate. Poiché, come precedentemente affermato, l'obiettivo finale del progetto è quello di rendere disponibili i dati ed i risultati ad un ampio numero di utenti, si presenta in questa sede anche una soluzione per la distribuzione dei dati in Internet basata sulla tecnologia GIS.

2. L'ARCHITETTURA DEL SISTEMA GIS

Il Geographical Information System è divenuto ormai una consolidata applicazione in campo archeologico, poiché offre la possibilità sia di far interagire dati spaziali e logici o alfanumerici sia di compiere analisi spaziali. Riguardo alla specifica applicazione al sito di Cerveteri, si è creata un'architettura che tenesse conto della tipologia dei dati, per rispondere alle interrogazioni specifiche che possono essere rivolte al sistema nella fase di interpretazione dei dati stessi. L'intento perseguito è stato quindi quello di realizzare un'applicazione, focalizzata sul sito specifico, che fosse anche uno strumento flessibile ed aperto agli spunti offerti dal dibattito, peraltro estremamente attuale, sulle applicazioni di metodi computazionali in archeologia (D'ANDREA, NICCOLUCCI 2000; MOSCATI c.s.).

Nell'ottica degli obiettivi da raggiungere, si è deciso di costruire un unico archivio geografico-alfanumerico che fosse gestibile sia da un'applicazione GIS interna al gruppo di ricerca, sia da un'applicazione Internet GIS.

Per l'applicazione interna, si è utilizzato come sistema di gestione dati il software ArcView 3.2, perché si tratta di un programma dotato di una serie di strumenti che permettono di eseguire interrogazioni complesse e di produrre carte tematiche di alta qualità, associando vari livelli di informazioni dei dati vettoriali e raster. La priorità della scelta di questo sistema è stata dettata anche dall'esigenza di compiere sui dati analisi spaziali.

Il sistema è stato impostato secondo la struttura tradizionale di un GIS con una componente geografica ed una alfanumerica; i dati relativi ai materiali archeologici rinvenuti negli scavi sono stati infatti inseriti in un database Access, sfruttando un modello logico di tipo relazionale.

Per quanto riguarda i diari di scavo in formato elettronico, si è stabilito di conservare tutte le informazioni presenti nei documenti ed i loro legami con l'apparato fotografico ed iconografico, attraverso una connessione multimediale ai dati cartografici. D'altro canto, sarebbe stato riduttivo trasformare in database, se pur relazionale, la complessa struttura dei testi codificati in SGML, perché il processo di standardizzazione e di normalizzazione avrebbe comportato una perdita di informazioni.

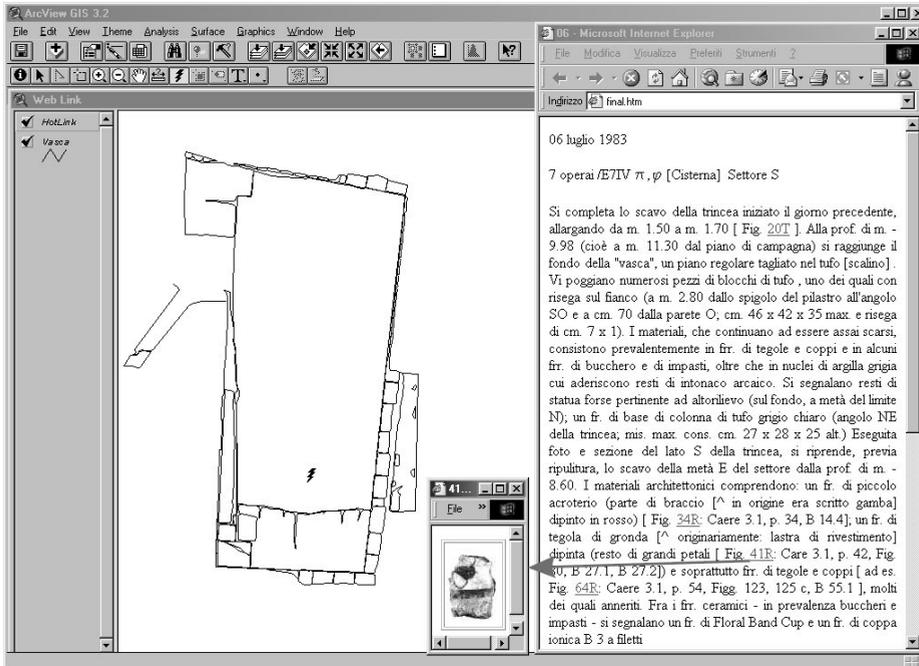


Fig. 1 – Esempio di *HotLink* per l'interrogazione dei dati relativi alla cosiddetta vasca.

Per raggiungere l'integrazione dei dati testuali con i dati geografici nella piattaforma GIS, si è proceduto alla trasformazione dei documenti codificati in SGML in pagine HTML statiche. In questo modo è stato possibile, attraverso un browser, collegare agli elementi geografici le relative informazioni presenti nei diari di scavo, mediante l'utilizzo della funzione *HotLink*, associando un oggetto con un URL. Nella Fig. 1 si può osservare l'applicazione di tale metodo ad una struttura rinvenuta nel corso dello scavo – la cosiddetta vasca – che consente di richiamare tutte le informazioni alfanumeriche e grafiche ad essa relative. Tale procedura di collegamento di pagine web a dati vettoriali non è prevista fra le funzioni di base del software; essa è stata pertanto realizzata tramite una personalizzazione delle funzioni di ArcView con la compilazione di uno script in Avenue, il linguaggio proprietario di programmazione.

Questo tipo di collegamento mediante *HotLink* risulta statico, perché la connessione fra gli oggetti ed il browser avviene tramite un URL che invia una pagina già predefinita e non consente di personalizzare le richieste¹. Per supe-

¹ Proprio in questa fase è nata l'esigenza di creare un programma dedicato all'interrogazione dinamica dei dati: cfr. BARCHESI in questo volume.

rare questo limite e rendere possibile l'accesso ai dati a un numero più ampio di utenti, si è pertanto deciso di creare una soluzione GIS on-line, utilizzando come software MapGuide 5, la cui architettura verrà discussa più avanti (§ 4).

Questa duplice applicazione della tecnologia GIS ha quindi permesso di integrare le funzionalità dei vari software, ottenendo una soluzione ottimale per il contesto in esame. Un applicativo è stato deputato a svolgere tutte le funzioni proprie di un sistema informativo territoriale, mentre l'altro è stato utilizzato per integrare, in modo interattivo, dati cartografici e descrittivi, permettendo così l'interrogazione e la divulgazione via Internet con un modello client-server.

Il vantaggio dell'utilizzo di software commerciali ampiamente diffusi come ArcView e AutoCAD ha comportato la produzione di un archivio di dati geografici (.SHP, .DWG) e tabellari (.MDB), che hanno la possibilità di migrare facilmente dall'uno all'altro sistema senza ricorrere a formati di interscambio o a trasformazioni. Al tempo stesso, l'utilizzo di un sistema CAD della stessa casa produttrice del software GIS on-line, ha facilitato il trasporto dei dati da un sistema all'altro. Lo stesso concetto di portabilità è stato applicato nella scelta del formato delle immagini raster TIFF georeferenziate (.TWF), che può essere utilizzato su entrambe le piattaforme GIS.

L'intento ultimo di questa architettura GIS, che utilizza differenti software e soprattutto differenti fonti informative, è quello dell'archiviazione, della sintesi e della diffusione dei dati in modo tale che i risultati siano "cumulativi" (ORLANDI 1999), ovvero che possano essere integrati con quelli precedenti, dando vita ad un confronto fra i vari studiosi che operano nel contesto di Cerveteri.

2.1 *La cartografia numerica*

Nella strutturazione di un archivio digitale dei dati in ambito archeologico, uno dei problemi da affrontare è senza dubbio la qualità della base cartografica. Nel Progetto Caere si è impiegata, come base di riferimento, una restituzione aerofotogrammetrica in formato vettoriale, generata da un volo realizzato appositamente nel 1997 ad una quota di circa 1200 m. Essa ha permesso l'acquisizione di vari tematismi, quali gli edifici e i percorsi stradali moderni, gli elementi archeologici ancora oggi visibili sul territorio, ma soprattutto ha permesso l'acquisizione delle altimetrie del pianoro, in forma sia di curve di livello che di punti quotati. Si è anche utilizzata una mappa a scala 1:2000 in formato raster, vettorializzata a schermo. Le informazioni presenti su questa cartografia sono state integrate e corrette in modo geometrico sulla base dell'aerofotogrammetrico, per ovviare alle distorsioni prodotte dal processo di acquisizione dei dati da fonte cartacea. Le foto aeree verticali, una volta georeferenziate e mosaicate, sono state inoltre utilizzate per estrarre ulteriori informazioni riguardo alle strutture archeologiche visibili sul pianoro urbano e su quello occupato dalla necropoli della Banditaccia.

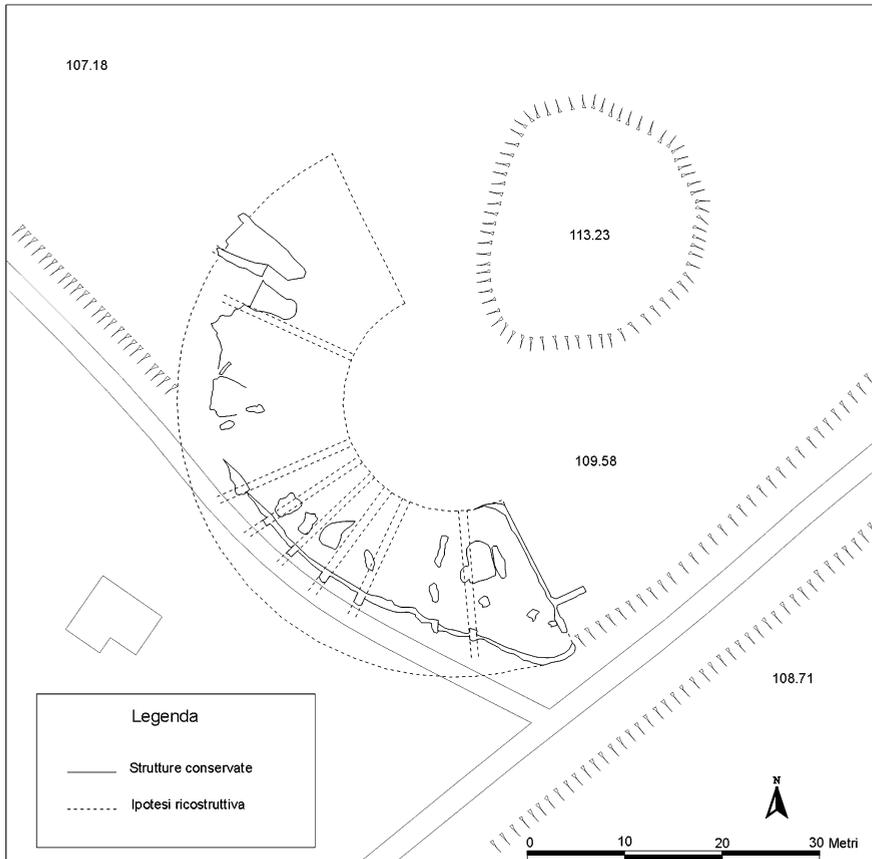


Fig. 2 – Planimetria del teatro romano, georeferenziata all'interno dell'area della Vigna Parrocchiale.

Come riferimento geografico è stato scelto il sistema Gauss-Boaga, fuso est, per integrare i dati con la cartografia catastale e quella regionale in scala 1:10.000 (Carta Tecnica Regionale), già georeferenziata in questo sistema di coordinate.

A livello di sito, le planimetrie redatte annualmente durante gli scavi hanno rappresentato uno degli aspetti più interessanti per la ricostruzione delle fasi dello scavo. Le piante, disponibili in scala 1:50, una volta acquisite tramite scanner, sono state vettorializzate a schermo. La georeferenziazione delle planimetrie è stata operata sulla base della restituzione aerofotogrammetrica, in quanto buona parte delle strutture è tuttora visibile.

I dati relativi ad altri monumenti presenti nell'area della Vigna Parrocchiale, oggi non più visibili, sono stati acquisiti da planimetrie cartacee e

cartografati: si tratta delle strutture connesse con il cosiddetto Tempio di Hera, scavate agli inizi del '900 da R. Mengarelli (MENGARELLI 1936; MARIOTTI, in questo volume) e localizzate nuovamente dalle indagini di superficie degli anni '80 (NARDI 1986, 19), e del teatro romano (Fig. 2), scavato fra il 1840 ed il 1846 e poi nuovamente oggetto di scavi da parte dell'Istituto per l'archeologia etrusco-italica (SANTORO 1989).

2.2 Dal GIS di scavo al GIS territoriale

L'applicazione GIS a livello di sito si è focalizzata sulla contestualizzazione della componente spaziale e topologica delle strutture, combinata con la loro interpretazione in forma di attributi, desunta dai diari di scavo. Come già indicato, il collegamento con il testo integrale dei diari è stato mantenuto attraverso l'uso della funzione *HotLink*.

Per analizzare i reciproci rapporti spazio-temporali fra le strutture stesse e fra le strutture ed i ritrovamenti, sono state create piante di fase sulla base dei quadrati di scavo di 10×10 m, suddivisi a loro volta in quadrati di 2×2 m. Ad ogni singolo quadrato della griglia di scavo, individuato con un identificativo, è in corso il collegamento con il database esterno di Access contenente i dati sui materiali, nell'ottica di uno studio della distribuzione del materiale ceramico all'interno dello scavo. Infatti, una delle domande a cui il sistema deve rispondere è la localizzazione e la distribuzione del materiale ceramico, e ciò anche al fine dell'interpretazione delle strutture. Purtroppo non è stato sempre possibile fare una lettura stratigrafica dei diversi settori dello scavo, perché il terreno è risultato sconvolto da attività agricole intensive e da interventi clandestini (MOSCATI 2001).

Le Figg. 3 e 4 mostrano alcune delle principali fasi del sito. La Fig. 3 riguarda la fase arcaica, con una serie di edifici costruiti in opera quadrata di tufo, a carattere prevalentemente residenziale, anche se sono state rinvenute attestazioni della presenza di botteghe artigiane (BELLELLI 2000). L'impianto edilizio di tali strutture è organizzato intorno ad uno spazio di forma quasi triangolare in cui si apre un largo canale di raccolta e deflusso delle acque, che si immetteva in una grande cava in disuso, sfruttata come cisterna (CRISTOFANI 1993; MAGGIANI 2001).

Nella Fig. 4 è evidenziata la fase della monumentalizzazione relativa agli inizi del V secolo a.C., periodo in cui vengono spianate le strutture precedenti e viene attribuito all'area un carattere sacro con la costruzione di un tempio di tipo tuscanico di cui sono conservate le sostruzioni e sul cui orientamento ritorneremo nel § 3.1. Le terrecotte architettoniche rinvenute hanno mostrato un periodo di vita della struttura di alcuni secoli, con vari rifacimenti della copertura fittile dell'edificio, l'ultimo dei quali datato fra la fine del IV e gli inizi del III secolo a.C. (MAGGIANI 2001, 122).



Fig. 3-4 – Scavo della Vigna Parrocchiale. A. Fase arcaica; B. Fase monumentale.

Naturalmente non ci si è limitati a realizzare piante di fase, utilizzando il GIS soltanto come una piattaforma di gestione di dati, ma si è cercato di sfruttare le sue caratteristiche a livello spaziale per effettuare più approfondite analisi del territorio.

Lo sviluppo di Caere, fin dall'età del Ferro e nel periodo del suo *floruit* fra il VII ed il VI secolo a.C. (CRISTOFANI 1986), si è articolato sul cosiddetto pianoro urbano, pertanto un punto focale della nostra indagine è stata la contestualizzazione dello scavo nel territorio circostante, che ha comportato l'ampliamento dell'area di interesse a tutto il pianoro. Ad esempio, una volta localizzato lo scavo sul pianoro, si sono potute analizzare le relazioni con le coeve strutture scavate dal Mengarelli ed interrogare il sistema anche sui dati relativi a tale scavo (MARIOTTI, in questo volume).

Sempre su scala territoriale, si sono sfruttate le funzioni del GIS di compiere analisi spaziali per ricostruire l'antico assetto del territorio, attraverso lo studio della visibilità (*viewshed analysis*). Ai fini di questa indagine si è preso in considerazione anche il pianoro a nord-ovest di quello urbano, ove sorge la necropoli della Banditaccia (RICCI 1955; CRISTOFANI 1988), in quanto esso era strettamente legato al contesto urbano. Per la localizzazione dei tumuli si sono utilizzati i dati della foto aerea combinati con la planimetria pubblicata da CRISTOFANI (1988) e i tumuli stessi sono stati quotati sulla base delle informazioni presenti nelle fonti precedentemente menzionate. Si tratta di tumuli monumentali, datati a partire dagli inizi del VII secolo a.C., il cui uso si è protratto fino agli inizi del VI secolo a.C., con cadenza generazionale (NASO 1996). Un caso esemplare è il Tumulo II, con diametro di 40 m, la cui prima tomba, la *Tomba della Capanna*, risale al VII secolo a.C., mentre l'ultima in senso cronologico, la *Tomba dei Vasi Greci*, è datata alla seconda metà del VI secolo a.C. In questo periodo assistiamo ad una riorganizzazione e ad una sistemazione della necropoli con l'introduzione del sistema stradale, fenomeno che riflette un cambiamento della società verso una maggiore uguaglianza (CRISTOFANI 1988).

3. ANALISI SPAZIALI

In funzione dello studio del territorio urbano ceretano si è sfruttata la caratteristica del GIS di creare modelli del terreno, anche tridimensionali, che costituiscono la base per le analisi di visibilità. Il GIS, infatti, è un ambiente in grado di produrre nuove metafore dello spazio grazie alla sua possibilità di creare variabili, prima difficilmente deducibili con i sistemi tradizionali: esso ha dunque la capacità di compiere analisi spaziali.

A partire da un piano quotato, di circa 2000 punti, è stato realizzato un modello TIN (Triangular Irregular Network) che abbraccia l'area dei due pianori, coprendo una superficie di 2.5 km per 3 km. Il modello nella Fig. 5 mostra il pianoro urbano, che si presenta a forma quasi triangolare allungata,

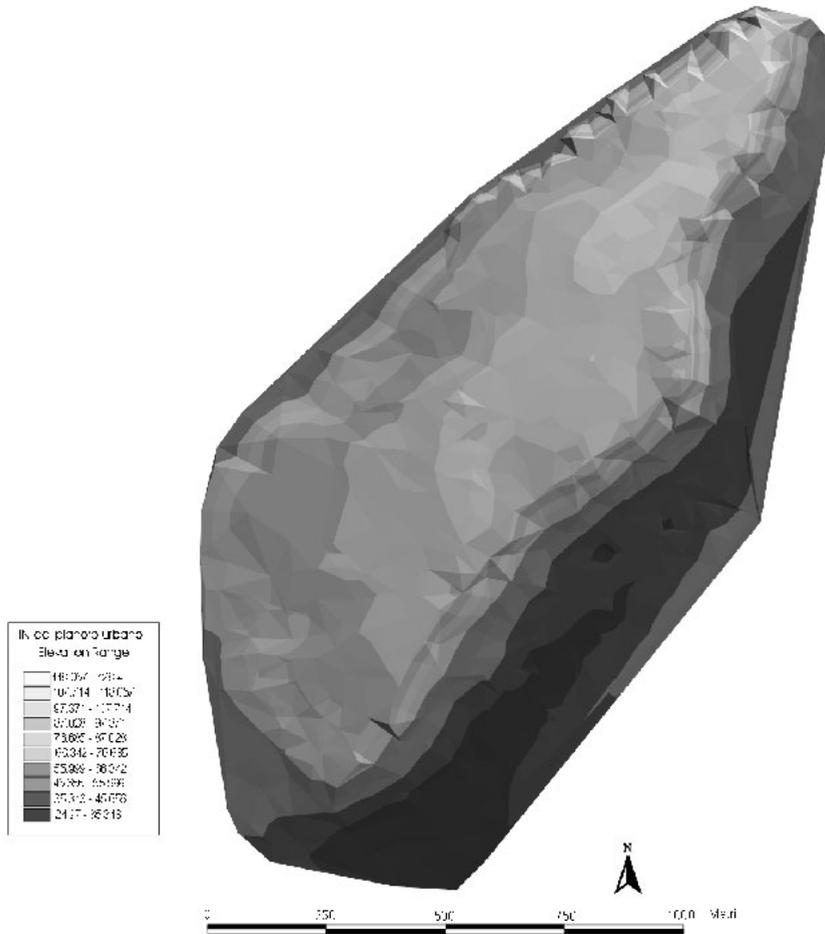


Fig. 5 – Modello del terreno (TIN) dell'area del pianoro urbano.

orientato nord-est sud-ovest, delimitato ad est dal Fosso della Mola e separato dal pianoro della necropoli della Banditaccia dal Fosso del Manganello.

Il modello TIN è il migliore per rappresentare la variabilità morfologica del terreno e ben si presta alle analisi di visibilità: si tratta, infatti, di un modello derivato da punti quotati, le cui coordinate x, y e z sono contenute in dati tabellari. Nel modello i punti sono uniti fra loro in una serie di triangoli non sovrapposti, costruiti con l'algoritmo di triangolazione di Delauney (BURROUGH, McDONNELL 1998, 64). Nel caso ceretano, il modello permette di evidenziare meglio le differenze altimetriche presenti sul pianoro, certe asperità del terreno, nonché i limiti ed i fossi.

3.1 Analisi di visibilità

La definizione di visibilità può variare in maniera sostanziale a seconda del contesto in cui è utilizzata. Nel presente studio è stata condotta un'analisi sulla visibilità, intesa come variabile cognitiva cioè come percezione del territorio. Occorre sottolineare che questo tipo di analisi non è affatto nuovo a livello concettuale, ma i mezzi informatici lo rendono più facile da calcolare.

L'analisi di visibilità può essere applicata per studiare ed analizzare lo spazio visivo fra siti o, come nel nostro caso, fra monumenti diversi collocati in una porzione di territorio prescelta. Lo scopo dell'analisi è stato di esplorare le potenziali implicazioni simboliche e religiose relative al tempio della Vigna Parrocchiale nel suo contesto territoriale, secondo un concetto di "will to visibility" (WHEATLEY 1995; WHEATLEY, GILLINGS 2000). Inoltre, nel caso ceretano il contatto visivo tra abitato e necropoli sembra essere un fattore dominante, soprattutto a partire dal VII secolo a.C., con l'introduzione dei tumuli monumentali, utilizzati come luoghi per riti funebri e per il culto dei morti (PRAYON 2000).

Partendo dall'idea che il territorio può essere considerato come un simbolo dell'identità di un gruppo sociale, poiché una popolazione riconosce, realizza e conserva certi luoghi collettivi come luoghi simbolici, religiosi e cerimoniali, si può arrivare ad enfatizzare il concetto di territorio come fenomeno creato da una cultura e dagli individui (TILLEY 1994; WHEATLEY, GILLINGS 2000). Il tempio della Vigna Parrocchiale ne è un esempio calzante: l'ubicazione appare pianificata e scelta appositamente, in quanto la struttura sacra si colloca su un'area residenziale, con un processo di sacralizzazione di un luogo prima destinato ad uso diverso². Un altro aspetto interessante del tempio è certamente l'orientamento; infatti CRISTOFANI (c.s.) ritiene che la struttura sia orientata a nord-ovest, il che per il momento appare un *unicum*.

In aggiunta, la scoperta nell'area dello scavo di un'olla con iscrizione *vei*, rinvenuta in un vano ipogeo con funzione di cantina in epoca arcaica, poi utilizzato come riserva d'acqua dal V secolo a.C. fino all'età imperiale, ha aperto nuovi scenari. Tale graffito si riferisce infatti ad una divinità ctonia associata, sia a Veio che a Gravisca, a Demetra, il cui culto è documentato anche a Roselle e a Vulci. Tale divinità ha però anche caratteri inferi, dal momento che è attestata in contesti funerari come ad Orvieto e a Norchia (MAGGIANI 2001, 140). Secondo quanto afferma Maggiani, l'attestazione del culto di tale divinità potrebbe avvalorare l'ipotesi dell'orientamento anomalo del tempio, che tuttavia dovrà essere confermata da futuri scavi.

² CRISTOFANI (1996) ritiene che esso rispecchi il profondo cambiamento sociale avvenuto nella seconda metà del VI secolo a.C., con una sacralizzazione della distruzione della residenza aristocratica.

Dal momento che la disciplina etrusca poneva le divinità infere nel settore nord-occidentale del cosmo e che l'orientamento ipotizzato per la struttura templare si rivolgerebbe verso la necropoli della Banditaccia, si è pertanto pensato che l'analisi della visibilità avrebbe potuto fornire ulteriori spunti per il dibattito. L'obiettivo ultimo di questo studio è, comunque, quello di analizzare la posizione del tempio in relazione alla sua ubicazione all'interno del pianoro urbano, oggi non più percepibile per la presenza di edifici moderni.

Per compiere le analisi di visibilità occorre considerare diversi fattori, primo fra tutti la natura morfologica del terreno e la vegetazione; si è così cercato di ricostruire la paleovegetazione. Il sito, come la necropoli, sorgono su un pianoro tufaceo, con l'aspetto morfologico di speroni di roccia vulcanica, in cui corsi d'acqua, se pur modesti, hanno scavato profonde forre, fino al livello dei sedimenti marini pliocenici, come viene evidenziato tra l'altro anche dal modello digitale del terreno. La vegetazione tipica è la macchia mediterranea, con vari tipi di querce di media taglia ed anche con noccioli e castagni³. Data la natura della vegetazione, siamo partiti dal presupposto che, nel contesto urbano, non fosse impedita la visibilità fra i monumenti. Un altro fattore considerato è stato quello dell'altezza dei tumuli: non si è ritenuta attendibile per questo studio l'altezza totale dei monumenti, in quanto i cumuli di copertura sono stati arbitrariamente ricostruiti nei restauri dei primi del '900 (RICCI 1955), ma si è scelta l'altezza del tamburo.

Il primo passaggio è stato l'inserimento delle altezze dei tamburi dei tumuli in forma di punti nel file contenente i dati del piano quotato dell'area presa in esame; quindi è stato creato un TIN che considerasse le tombe come punti topografici del territorio. Tale passaggio è stato necessario perché la funzione di ArcView *Calculate Viewshed* permette di calcolare la visibilità di un solo oggetto, in questo caso il tempio, in relazione al modello del terreno. Il passaggio successivo, nel calcolo della *viewshed analysis* in ArcView, è consistito nella creazione di una griglia codificata a partire dal modello del terreno vettoriale. I dati, una volta trasformati in formato raster, vengono riportati su una griglia regolare, ciascuna cella della quale è caratterizzata da un codice che corrisponde a quello dell'elemento vettoriale cui essa si sovrappone. Nella procedura di rasterizzazione la dimensione delle celle è stata determinata a 5 m.

Dai diari di scavo (CRISTOFANI c.s.) emerge che l'assisa di fondazione del tempio è visibile solo in uno dei quattro muri, denominato muro B, ed è conservata per 5 blocchi che presentano da un lato una profilatura che presuppone la loro posizione a vista. Tali blocchi avevano un interro di circa 0.80 m rispetto al piano di campagna (107.3 m s.l.m.); se a questa altezza si

³ <http://www.provincia.vt.it/gis/unituscia/html/Ambiente.htm>

aggiunge quella di un osservatore – circa 1.60 m – si ottiene la quota assoluta del punto di osservazione nell'area del tempio di 108.1 m s.l.m.

Una volta quotato e localizzato sul DEM il sito da cui si calcola il punto di vista, cioè il tempio, la funzione *Calculate Viewshed* traccia delle linee da questo punto a tutti gli altri punti del modello, considerando la loro altezza. I punti o celle che sono risultati non coperti da altre celle vengono codificati come “visibili”. Il risultato, quindi, è binario: 0 = non visibile, 1 = visibile (BURROUGH, MCDONNEL 1998).

Nel corso dell'analisi sono state prese in considerazione le critiche recentemente mosse alle mappe di visibilità binarie e in particolare il fatto che esse non considerano tutti gli aspetti della visibilità, quali la diminuzione di nitidezza degli oggetti all'aumentare della distanza (WHEATLEY, GILLINGS 2000, 10-11). Prima di compiere l'analisi, pertanto, si è stabilito di restringere a 1.5 chilometri il raggio entro cui calcolare la visibilità, distanza che in condizioni meteorologiche normali non riduce la chiarezza dei particolari.

La Tav. IIIa mostra come dal tempio, se si considera l'ingresso a nord-ovest, fosse visibile gran parte del pianoro della Banditaccia e dei tumuli maggiori, i quali però in parte coprono la vista di quelli minori. Su un totale di 84 tumuli ne sono visibili 47. Nell'analisi è stata presa in considerazione la totalità dei tumuli in quanto essi, pur utilizzati in periodi differenti, erano comunque presenti sul pianoro al momento della costruzione del tempio.

Secondo il concetto che nel paesaggio viene creata e rafforzata l'identità socio-culturale di un popolo, che è essenziale all'esistenza stessa dei gruppi sociali (TILLEY 1994; ASHMORE, KNAPP 1999), non si può escludere il fatto che un luogo di culto come il tempio della Vigna Parrocchiale sia stato costruito in posizione così visivamente dominante, tanto da sembrare il punto centrale del pianoro urbano.

4. LA SOLUZIONE GIS INTERNET

Ritornando alla problematica, precedentemente affrontata, della possibilità di diffondere i risultati di una ricerca archeologica, tra le direzioni oggi più promettenti è, certamente, il cosiddetto webGIS, che consente di sfruttare le tipiche funzionalità del GIS nella rete. Utilizzando tale tecnologia, è possibile usare un PC dotato di un browser che comunica con un server, in cui risiede il software che elabora i dati e li restituisce sotto forma di output all'utente.

Circa l'applicazione GIS on-line dei dati dello scavo della Vigna Parrocchiale, il sistema ha, come già detto, un'architettura client-server ed utilizza anche un cosiddetto *middleware*, ovvero un software che invia i dati processati dal server al client, su cui non ricadono quindi i processi di elaborazione dati (Fig. 6).

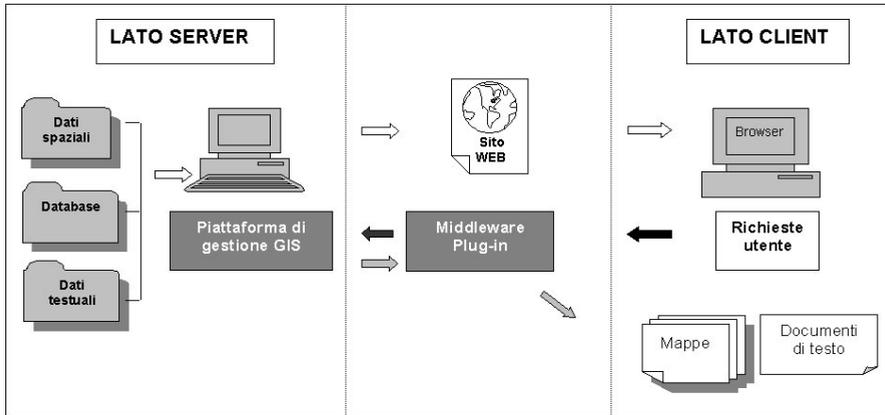


Fig. 6 – Architettura del sistema GIS on-line.

Analizzando nello specifico l'architettura del sistema GIS on-line, essa prevede l'utilizzazione del software MapGuide 5. Esso è composto di tre parti: Server, Author, Viewer. MapGuide Server è il programma che, attraverso il protocollo ODBC, permette l'accesso dinamico a dati geografici ed alfanumerici sia a MapGuide Author, quando si creano le mappe, sia a MapGuide Viewer, quando gli utenti visualizzano le mappe sul sito web; esso gestisce anche le restrizioni di sicurezza impostate. Author consente di creare mappe utilizzando dati spaziali, immagini raster e attributi attraverso un database SQL, in un file di visualizzazione della mappa (Map Window File). La creazione dei file MWF avviene tramite la definizione del sistema di coordinate, in questo caso Gauss-Boaga, e la conversione nel formato proprietario di MapGuide SDF (Spatial Data Files) dei dati spaziali DWG di AutoCAD e SHP di ArcView, i cui dati tabellari vengono automaticamente inseriti nei file SIF (Spatial Index Files) e KIF (Key Index Files) e possono essere editati.

La visualizzazione e consultazione delle mappe avviene tramite pagine web immerse sul sito del progetto, dove risiede anche l'applicazione di *Information Retrieval* dei diari scavo. Tali pagine contengono sia i parametri di visualizzazione, sia i pulsanti ed i controlli necessari all'utente per consultare ed interrogare la cartografia. Nel momento in cui l'utente apre la pagina, visualizza la mappa caricando automaticamente il Viewer, che permette non solo di visionare i dati, ma anche di personalizzare i contenuti delle mappe stesse. Può apparire un limite del sistema il fatto che sia necessario per la visualizzazione un *plug-in*, ma le sue dimensioni, circa 2MB, non creano problemi di caricamento nemmeno per i modem meno recenti.

Il collegamento fra gli elementi spaziali e i diari di scavo codificati in formato elettronico è stato uno degli obiettivi principali da raggiungere. Si è pertanto deciso di sfruttare la tecnologia ASP, già impiegata per l'interroga-

zione dei testi (vedi BARCHESI, in questo volume). Ad ogni entità informativa contenuta nel GIS (strutture o quadrati di scavo) viene associato, nei dati tabellari, un URL contenente dei codici creati con ASP che si collegano direttamente al programma di interrogazione dei diari di scavo. L'utente, quando interroga la cartografia, ottiene le informazioni testuali richieste visualizzate in documenti HTML.

L'unico limite di questa impostazione di GIS dinamico è l'assenza di funzioni di analisi spaziali, che invece sono presenti nel GIS tradizionale. Risulta infatti impossibile distribuire in rete i risultati delle analisi spaziali come i TIN, a due dimensioni, e le *viewshed analyses* se non come immagini raster. È in ogni caso possibile fornire in Internet i modelli tridimensionali del terreno, esportando i 3D TIN generati da ArcView in formato VRML (.WRL) che possono essere visualizzati da parte dell'utente direttamente nel browser. Il metodo che proponiamo è un programma viewer freeware plug-in da scaricare dalla rete, chiamato "cortona" prodotto da Parallelgraphics⁴.

Il software MapGuide, in generale, offre una soluzione semplice ed affidabile e non richiede complesse operazioni nell'importante fase di aggiornamento dei dati che può avvenire in modo automatico. L'applicazione GIS in rete ha un duplice aspetto: per prima cosa reintroduce i dati nel dibattito scientifico, permettendone il riutilizzo per altre ricerche, quindi consente di integrare dati provenienti da fonti diverse per quanto riguarda il software. Il GIS on-line è un passo avanti verso la standardizzazione di un metalinguaggio che permetta una effettiva multimedialità (GUERMANDI 1999) ed uno scambio di dati diversi.

Il Progetto Caere ha inoltre come obiettivo programmatico futuro la creazione di metadata in formato XML (BONINCONTRO, in questo volume), che è l'indirizzo verso cui la distribuzione di dati nella rete si sta orientando (cfr. da ultimo CRESCIOLI, D'ANDREA, NICCOLUCCI 2001; RYAN, in questo volume).

La condivisione dei dati nella rete rimane, tuttavia, uno degli aspetti più critici di questa tecnologia. Senza contare le implicazioni teoriche e concettuali, certamente uno dei problemi maggiori della distribuzione di informazioni in Internet è appunto la protezione dei dati archeologici. Il problema della salvaguardia, dal punto di vista tecnico, può essere facilmente risolto ricorrendo ad una password. Ad esempio, ogni utente che si collega all'applicativo deve riempire una form, realizzata in HTML, nella quale possono essere immessi i dati personali, per poi ricevere una password.

5. CONCLUSIONI

Nel contesto dello scavo della Vigna Parrocchiale si è utilizzato lo strumento GIS sotto due differenti aspetti. Da una parte si è tentato di esplorare

⁴ <http://www.parallelgraphics.com/cortona/>

la dimensione cognitiva del territorio, cercando un equilibrio fra la natura stessa del sistema e l'approccio teorico e sensoriale legato alla percezione (cfr. da ultimo WHEATLEY, GILLINGS 2000, 3). Pur nella consapevolezza dei limiti della natura spaziale-quantitativa del GIS, che si basa su una cartografia che è comunque un'astrazione ed un modello dello spazio, tale sistema è risultato un valido strumento con cui realizzare e testare modelli del passato che possono suggerire nuove interpretazioni e nuovi spunti alla ricerca archeologica (WITCHER 2000, 19).

Dall'altra parte il GIS è stato utilizzato come strumento per la gestione e soprattutto la distribuzione dei dati e dei risultati dello scavo della Vigna Parrocchiale, con un'impostazione basata sul dato geografico a cui si legano in modo innovativo documenti multimediali. Le soluzioni adottate si collocano, pertanto, a metà strada fra le posizioni di HODDER (1999) ed HUGGETT (2000). Il primo sostiene che uno scavo deve essere *inter-active*, cioè i dati devono essere analizzati sotto varie prospettive e *multi-vocal*, ossia i dati devono essere messi a disposizione di molti attraverso l'utilizzo dei multimedia (HODDER 1999, 125). Huggett, invece, critica il fatto che non vengono presi in considerazione i problemi collegati ad un'incontrollata diffusione di informazioni che, specialmente se fornite sotto forma di un ipertesto, rischiano di disorientare l'utente (HUGGETT 2000, 18).

In sintesi, l'orientamento seguito nel Progetto Caere è indirizzato verso la realizzazione di un sistema che permetta all'utente di esplorare sia i dati spaziali che quelli testuali, ma sempre in modo logico e consequenziale.

LETIZIA CECCARELLI

Istituto per l'archeologia etrusco-italica
CNR - Roma

BIBLIOGRAFIA

- ASHMORE W., KNAPP B.A. 1999, *Archaeological landscapes: Constructed, conceptualised, ideational*, in W. ASHMORE, B.A. KNAPP (eds.), *Archaeologies of Landscape*, Malden, Blackwell Publishers, 10-19.
- BELLELLI V. 2000, *Un disco fittile dall'area urbana dell'antica Caere*, «Rivista di Archeologia», 24, 23-32.
- BURROUGH P.A., MCDONNELL R.A. 1998, *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford, Oxford University Press.
- CRESCIOLI M., D'ANDREA A., NICCOLUCCI F. 2001, *Web access to an archaeological GIS*, in Z. STANČIĆ, T. VELJANOVSKI (eds.), *Computing Archaeology for Understanding the Past, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, CAA 2000*, BAR International Series 931, Oxford, 317-321.
- CRISTOFANI M. 1986, *Nuovi dati per la storia urbana di Caere*, «Bollettino d'Arte», 35-36, 1-24.
- CRISTOFANI M. 1988, *Cerveteri*, in M. CRISTOFANI, G. NARDI, M.A. RIZZO (edd.), *Caere 1. Il Parco archeologico*, Roma, CNR, 29-42.
- CRISTOFANI M. (ed.) 1992, *Caere 3.1 Lo scarico arcaico della Vigna Parrocchiale*, Roma, CNR.

- CRISTOFANI M. (ed.) 1993, *Caere 3.2 Lo scarico arcaico della Vigna Parrocchiale*, Roma, CNR.
- CRISTOFANI M. 1996, *Recenti scoperte nell'area urbana di Cerveteri*, «Notiziario dell'Università degli Studi di Napoli Federico II», n.s., II, 11-12, 73-78.
- CRISTOFANI M. c.s., *Caere 4*, in corso di stampa.
- D'ANDREA A., NICCOLUCCI F. 2000, *L'archeologia computazionale in Italia: orientamenti, metodi e prospettive*, in A. D'ANDREA, F. NICCOLUCCI (edd.), *Atti del I Workshop Nazionale di Archeologia Computazionale*, «Archeologia e Calcolatori», 11, 13-32.
- GUERMANDI M.P. 1999, *Dalle basi dati alla rete: l'evoluzione del trattamento dei dati archeologici*, «Archeologia e Calcolatori», 10, 89-100.
- HODDER I. 1999, *The Archaeological Process: An Introduction*, Oxford, Blackwell.
- HUGGETT J. 2000, *Computers and archaeological culture change*, in G. LOCK, K. BROWN (eds.), *On the Theory and Practice of Archaeological Computing*, Oxford, Oxbow Books, 5-22.
- MAGGIANI A. 2001, *L'area della città. La Vigna Parrocchiale*, in A.M. MORETTI SGBINI (ed.), *Veio, Cerveteri, Vulci. Città d'Etruria a confronto*, Catalogo della Mostra, Roma, L'Erma di Bretschneider, 121-142.
- MENGARELLI R. 1936, *Il luogo e i materiali del tempio di Hera a Caere*, «Studi Etruschi», 10, 67-86.
- MOSCATI P. 1998, *Mauro Cristofani, computerised archeology and the "Caere Project"*, in P. MOSCATI (ed.), *Methodological Trends and Future Perspectives in the Application of GIS in Archeology*, «Archeologia e Calcolatori», 9, 13-19.
- MOSCATI P. 2001, *Scavi archeologici e scavi clandestini: il caso ceretano*, in M.P. GUERMANDI (ed.), *Rischio archeologico: se lo conosci lo eviti. Atti del convegno di studi su cartografia archeologica e tutela del territorio (Ferrara 2000)*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 361-368.
- MOSCATI P. c.s., *Dal dato al modello: l'approccio informatico nella ricerca archeologica sul campo*, in T. ORLANDI (ed.), *Atti del Convegno "I modelli nella ricerca archeologica: il ruolo dell'informatica" (Roma 2000)*, Roma, Accademia Nazionale dei Lincei, in corso di stampa.
- MOSCATI P., MARIOTTI S., LIMATA D. 1999, *Il "Progetto Caere": un esempio di informatizzazione dei diari di scavo*, «Archeologia e Calcolatori», 10, 165-188.
- NARDI G. 1986, *Caere. Ricognizioni nell'area urbana antica*, in AA.VV., *Archeologia nella Tuscia II*, Roma, CNR, 15-20.
- NASO A. 1996, *Osservazioni sull'origine dei tumuli monumentali nell'Italia centrale*, «Opuscola Romana», 20, 69-85.
- ORLANDI T. 1999, *Multimedialità e archeologia*, «Archeologia e Calcolatori», 10, 145-158.
- PRAYON F. 2000, *L'architettura funeraria*, in M. TORELLI (ed.), *Gli Etruschi*, Catalogo della Mostra (Venezia 2000), Milano, Bompiani, 335-344.
- RICCI G. 1955, *Necropoli della Banditaccia - Zona A del Recinto, Caere. Scavi di Raniero Mengarelli*, «Monumenti Antichi dei Lincei», 42, 201-1048.
- SANTORO P. 1989, *Saggi di scavo al teatro*, in P. SANTORO (ed.), *Caere 2. Il teatro ed il ciclo statuario Giulio-Claudio*, Roma, CNR, 45-53.
- TILLEY C. 1994, *A Phenomenology of Landscape Places, Paths and Monuments*, Providence, USA, BERG.
- WHEATLEY D. 1995, *Cumulative Viewshed Analysis: A GIS-based method for investigating intervisibility, and its archaeological application*, in G. LOCK, Z. STANIĆ (eds.), *Archaeology and Geographic Information Systems: A European Perspective*, London, Taylor & Francis, 171-186.

- WHEATLEY D., GILLINGS M. 2000, *Vision, perception and GIS: Developing enriched approaches to the study of archaeological visibility*, in G. LOCK (ed.), *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*, Amsterdam, IOS Press, 1-27.
- WITCHER R.E. 1999, *GIS and landscapes of perception*, in M. GILLINGS, D. MATTINGLY, J. VAN DALEN (eds.), *Geographical Information Systems and Landscape Archaeology. The POPULUS Project*, Oxford, Oxbow Books, 13-22.

ABSTRACT

The aim of this paper is to describe the principles on which the Caere GIS has been created and to offer an overview of the spatial analyses conducted and the theoretical principles on which they are based. In order to satisfy the ultimate goal of the project, a solution is described for the dissemination of the results across the Internet through GIS technology. Indeed, at the outset of the project, the decision had been taken to create both a GIS application for internal use and a separate dynamic GIS multimedia application for data diffusion across the Internet.

Through the GIS platform, thematic maps of the site have been created, exploiting the ability of topological analysis to explore the mutual relationships between structures. The use of the GIS was not restricted solely to this application, as its full potential was exploited through the use of its analytical engine. Several spatial analysis techniques were used (in particular Viewshed analysis) both for the study of the distribution of finds at site level and for the wider analysis of the surrounding territory of Cerveteri. Finally, the on-line publication of the GIS will offer a chance to create a living document, continually reviewed and updated by the author. It will also constitute the first step towards the standardisation of a metalanguage, that will permit effective multimedia communication and the exchange of different data formats and sources.

