

Dalla conoscenza alla conservazione: il Pianoro della Civita di Tarquinia

Giovanna Bagnasco Gianni (*), Susanna Bortolotto (**), Nelly Cattaneo (***),
Piero Favino (****), Andrea Garzulino (**), Franco Guzzetti (***), Matilde Marzullo (*),
Raffaella Simonelli (**)

(*) Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze dell'Antichità, 20122 Milano, Via Festa del Perdono 7
0250312323, Fax 0250312521, giovanna.bagnasco@unimi.it, matilde@infinito.it

(**) Politecnico di Milano, Dipartimento di Progettazione dell'Architettura, Laboratorio di Diagnostica per la
Conservazione e il Riuso del Costruito, 20158 Milano, Via Durando 10, Tel. 0223995825, Fax 0223995836
susanna.bortolotto@polimi.it, raffaella.simonelli@polimi.it, andreagarzulino@hotmail.com

(***) Politecnico di Milano, Dipartimento BEST (Building Environment Science and Technology), 20133 Milano
Via Bonardi 3, Tel.0223996531, Fax 0223996550, franco.guzzetti@polimi.it, nelly.cattaneo@yahoo.it

(****) Politecnico di Milano, Dipartimento di Progettazione dell'Architettura, Laboratorio di Macroubanistica,
Paesaggio e Cartografia tematica, 20158 Milano, Via Durando 10, Tel. 0223995823, Fax 0223995836,
piero.favino@polimi.it

Abstract

Il presente contributo è volto a illustrare il metodo interdisciplinare di lettura del territorio dell'antica Tarquinia sul Pianoro della Civita, nelle sue connessioni con il contesto circostante, che si sta mettendo a punto grazie alla collaborazione fra l'Università degli Studi di Milano e il Politecnico di Milano nell'ambito del progetto "Mura tarquiniesi" (PRIN 2008, responsabile Giovanna Bagnasco Gianni).

Da tale collaborazione sta emergendo un sistema di "consultazione/comunicazione" informatizzata, in grado di mettere in relazione fra di loro i dati archeologici, i manufatti architettonici e la relativa documentazione cartografica e fotografica, i contenuti scientifici scaturiti da ricerche pregresse e realizzate nel corso del progetto.

In particolare il *database* cartografico, messo a punto attraverso un GIS dal Politecnico, andrà a sistematizzare e catalogare la cartografia storica, moderna e contemporanea, la documentazione esistente relativa ai vincoli di tutela del sito, nonché tutti i materiali che si sono elaborati *ad hoc* per la ricerca, al fine di creare un "fondo documentario" unitario che potrà essere implementato e aggiornato costantemente. Novità dell'indagine è la lettura integrata delle aerofotogrammetrie storiche e il rilievo LiDAR realizzato nel 2010.

Il territorio della Civita è particolarmente congeniale alla sperimentazione di un *database* cartografico che permetta di sviluppare da un lato la conoscenza del sito archeologico e dall'altro strumenti per l'individuazione di "buone pratiche" finalizzate alla tutela e alla valorizzazione. Tali acquisizioni saranno eventualmente disponibili per implementare il *Master Plan* UNESCO (2004). La banca dati cartografica, consentendo la localizzazione georeferenziata di ogni informazione sul territorio, offrirà la possibilità di interfacciare i dati pervenuti dagli enti pubblici coinvolti nella ricerca e permetterà di attuare letture sistemiche complesse in grado di fare scaturire nuove intuizioni e percorsi di indagine per la conoscenza dei caratteri territoriali del sito.

Abstract

The aim of our contribution is to present an interdisciplinary approach in reading the territory of the ancient Etruscan city of Tarquinia, in connection with its surroundings, held in cooperation between the Università degli Studi di Milano and the Politecnico di Milano within the project "Mura tarquiniesi" (PRIN 2008, coordinated by Giovanna Bagnasco Gianni).

Such a cooperation is producing a system of "consultation/communication" able to integrate archaeological data, artifacts and architectural buildings, cartographic and photographic documentation, and scientific contents achieved in the past and implemented during the project.

In the case in point the cartographic *database*, developed through a GIS by the Politecnico di Milano, will systematize and catalog the historical, modern and contemporary maps; existing documentation relating to the constraints of the protection of the site and all materials that are drafted specifically for research in order to create a "documentary fund" unit that can be implemented and constantly updated. A new goal of the research is the integration between the historical aerial photography and LiDAR (Light Detection And Ranging) survey, conducted in 2010. The territory of the ancient Tarquinia (Civita) is particularly suitable to test a cartographic *database* to implement both our knowledge of the archaeological site and valuable tools to identify "best practices" to protect and promote the area. This bulk of documentation is going to be ready to implement the UNESCO *Master Plan* (2004). The cartographic *database*, allowing the location of each geo-referenced information on land, will offer the opportunity to interface the data received by the public bodies involved in research and implement complex systems of reading leading to new insights and routes to assess the territorial features of the site.

1. La ricerca integrata per la Civita etrusca

Il pianoro della Civita di Tarquinia (Viterbo) è stato oggetto di scavi sistematici fin dal XIX secolo, ma solo nella prima metà del secolo scorso l'archeologo Pietro Romanelli ne ha messo in luce il profilo di città etrusca, scoprendo le mura, con alzata fino a tre metri, la porta monumentale, i resti di edifici dell'abitato e l'imponente tempio dell'Ara della Regina.

Il tempio con le sue grandiosi proporzioni (della decorazione del suo frontone restano pochi frammenti in terracotta tra cui la famosa lastra dei Cavalli Alati) dà la misura dell'importanza di Tarquinia e del suo santuario sul pianoro della Civita nell'Etruria intera. A tal proposito fanno eco le fonti letterarie che raccontano di Tarconte, il fondatore della città: arando una zolla di terra tarquiniese egli ne vede scaturire Tagete, il fanciullo nato vecchio, dal quale riceve i fondamenti della religione etrusca. È così che la città assume un ruolo di primo piano per la cultura del popolo etrusco, definito da Tito Livio "il più religioso degli uomini".

Operare a Tarquinia significa, dunque, trovarsi nel vivo della vicenda etrusca e in un territorio ancora pressoché intatto, dove si eleva il pianoro della Civita, che punta verso il mare, visibile fra due quinte collinari. Su quella verso la costa si estende la necropoli dei Monterozzi, con le sue straordinarie tombe dipinte, divenuta sito UNESCO nel 2004. Al suo estremo più settentrionale sorse nel Medioevo la città di Corneto, che ha assunto in epoca moderna il nome di Tarquinia, sottraendolo alla città etrusca lasciata disabitata sul pianoro della Civita.

L'Università degli Studi di Milano è presente dal 1982 con scavi e ricerche iniziate da Maria Bonghi Jovino (fino al 2005) e attualmente dirette da Giovanna Bagnasco Gianni¹.

Il "complesso monumentale" sul pianoro occidentale della Civita, il santuario dell'Ara della Regina e il "cantiere pilota" della cinta muraria sono i capisaldi di un'indagine a tutto campo su cui convergono molteplici settori disciplinari applicati all'archeologia, quali le scienze geologiche e naturalistiche, le archeometriche, le architettoniche e quelle informatiche. Grazie a ciò, le acquisizioni sulla storia di Tarquinia, e nel campo degli studi di carattere etruscologico in genere, sono considerevoli e riconosciuti a livello internazionale.

Il "complesso monumentale" si configura come la più antica area sacra finora individuata in Etruria, dalle fasi di costruzione in negativo nella roccia e in materiale deperibile (terra cruda), fino alla costruzione di strutture in pietra, che richiamano le esperienze architettoniche del vicino oriente.

Per ciò che attiene alle mura, la collaborazione in atto con il Politecnico di Milano è volta a completare il quadro dell'estensione della città antica sul Pianoro della Civita in rapporto alle sue altimetrie e al suo contesto, rinvenendone l'infrastrutturazione, il palinsesto dei segni in chiave storica e il rapporto con le fasi insediative successive.

Lo studio si svolge attraverso metodi tradizionali coniugati con moderne strategie di indagine territoriale che hanno l'obiettivo di recuperare i dati acquisiti nelle ricerche pregresse ed elaborarli alla luce di tutte le attuali conoscenze sullo sviluppo della città antica, valorizzandone tutti gli aspetti.

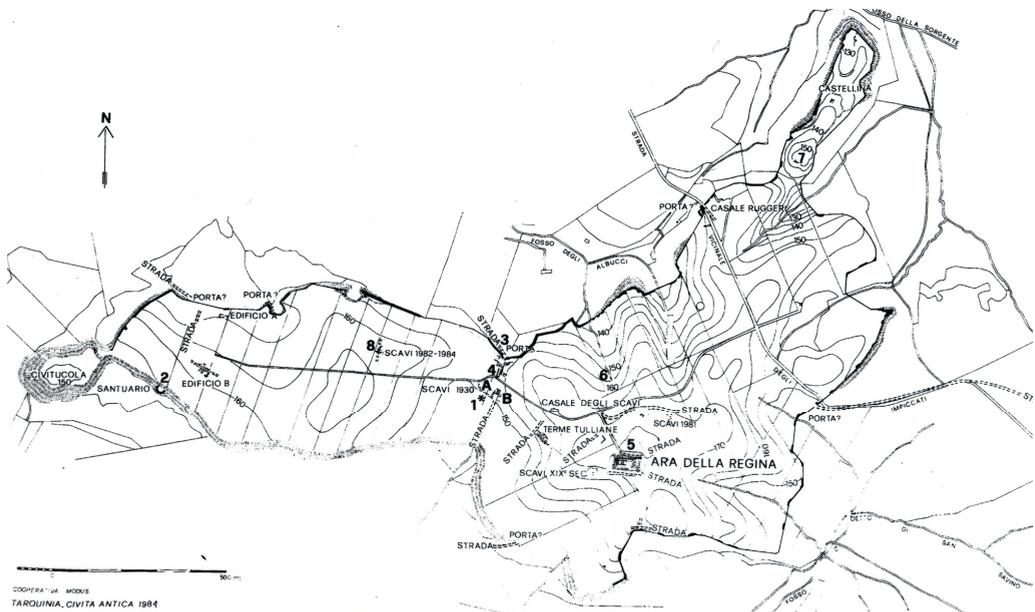


Figura 1 – Localizzazione e datazione degli scavi effettuati nell'area della Civita e ricostruzione del perimetro della cinta muraria secondo P. Romanelli (prima metà del XX secolo)- Rilievo Società Cooperativa MODUS².

2. Il sistema informativo territoriale: il metodo

L'area dell'antica città etrusca di Tarquinia (Pian di Civita e Pian della Regina) è zona sottoposta a vincolo sia archeologico, sia ambientale e costituisce riserva naturale (SIC) destinata alla preservazione e al ripopolamento di diverse specie animali (in particolare uccelli) e vegetali. Inoltre le tombe dipinte della necropoli dei Monterozzi costituiscono sito UNESCO dal 2004.

Le numerose evidenze monumentali (“complesso monumentale”, santuario dell'Ara della Regina, Porta Romanelli, Mura, Necropoli delle Morre con monumento funerario) si trovano su terreni di proprietà collettiva della cittadinanza e sono gestiti dall'Università Agraria di Tarquinia, organo elettivo competente per quanto riguarda lo sfruttamento e gli aspetti economici e giuridici. L'area quindi si presenta con un enorme potenziale dal punto di vista della ricchezza di interessi e gode di uno statuto vantaggioso (proprietà collettiva e tutela ambientale e culturale).

Sul pianoro parallelo, tra la Civita e il mare, si estende la necropoli dei Monterozzi; all'estremità del pianoro sorge il centro storico della moderna Tarquinia, corrispondente all'antica Corneto medievale. Riunificare il centro storico medievale e le tombe dipinte con le aree archeologiche e naturalistiche del pianoro della Civita è ormai di interesse prioritario nell'ambito del *Master Plan* del sito UNESCO (nell'ambito di un progetto di gestione di siti complessi, interazioni urbanistiche e di tutela). Il territorio oggetto di studio è storicamente contraddistinto da un'orografia ad andamento irregolare che presenta parti pianeggianti verso il mare e in rilievo ad est verso il comune di Monte Romano. La formazione della pianura è legata alla presenza dei fiumi che sfociano nel Tirreno e collegata all'entroterra da pianori e poggi. Tra questi emerge il rilevato che ospitava il nucleo di antica formazione della città di Tarquinia, la Civita, “propaggine” di un sistema che si estende ancor più verso l'interno, andandosi a collegare ai rilievi dei monti della

Tolfa. L'intero territorio è caratterizzato dalla presenza di acque sotto forma di torrenti e fiumi (Arrone, Marta e Mignone), fossi (Valfrigida, Gesso, Pantanaccio, degli Albucci, della Vignaccia, Legno, del Cazzatella, delle Cavalline, dei Due Ponti, dei Bufalini, ecc.), fontanili e sorgenti (del Buligname, della Pagnotta, della Torre, ecc.); si segnala inoltre la presenza di saline nella zona costiera e di aree sottoposte a bonifica. La ricerca si pone l'obiettivo di creare un Sistema Informativo Territoriale (GIS) che andrà a sistematizzare e a catalogare le fonti cartografiche, iconografiche e la documentazione esistente sul sito, nonché i materiali che si elaboreranno *ad hoc* per la ricerca stessa, al fine di creare un "fondo documentario" che implementi il *Master Plan* del sito UNESCO. Tale strumento accoglierà al suo interno anche tutte le "informazioni" pervenute dagli enti pubblici coinvolti nel progetto (Soprintendenze, Regione Lazio, Provincia di Viterbo, Consorzi di Bonifica, Enti Parco, Amministrazioni Comunali, Fondazioni), nonché il materiale fornito dagli enti di ricerca quali Università e Centri culturali locali. La disponibilità offerta da programmi informatici che rendono possibile associare banche dati, testi e immagini ad una base cartografica, permette soluzioni adeguate alla creazione di un archivio informatizzato che, oltre alla documentazione catalogata, può essere implementato e aggiornato costantemente.

Il *database* cartografico, consentendo la localizzazione georeferenziata di ogni "dato" sul territorio, offre la possibilità di interfacciare le informazioni inserite in altri analoghi sistemi (Sistema Informativo Territoriale della Regione Lazio, Sistema Informativo Beni Ambientali della Regione Lazio, Sistema Informativo per la Bonifica, ecc.), facendoli dialogare su una piattaforma comune.

Il Sistema Informativo Territoriale, inteso come un atlante di lettura diacronico, sarà costruito pensando ad una struttura di facile accesso e consultazione, attraverso l'identificazione e l'organizzazione dei vari tematismi in sezioni:

- *Area di Studio*: inquadramento del territorio.
- *Basi cartografiche*: cartografia in serie storica³.
- *Iconografie storiche della Civita e foto aeree*⁴.
- *Geologia*: principali elementi della lettura geomorfologica (paleovalvei, argini, scarpate, ecc.) del terreno e delle trasformazioni legate agli interventi di bonifica⁵.
- *Idrografia*: delimitazione dei comparti di scolo e dei relativi bacini idrici, dei reticoli irrigui di apporto e drenaggio e dei principali corsi d'acqua naturali ed artificiali, individuati attraverso la lettura della cartografia consorziale⁶.
- *Altimetria*: andamento altimetrico del terreno attraverso la definizione delle isoipse e la costruzione di un *Digital Elevation Model* dell'intera area.
- *Toponomastica*: rilievo dei toponimi presenti sulla Carta Tecnica Regionale (2002) e verifica della loro preesistenza alle varie soglie storiche con collegamento a schede di dettaglio⁷.
- *Archeologia*: raccolta e sistematizzazione delle informazioni relative ai ritrovamenti effettuati e alle ricognizioni, attraverso schede di *survey* (con descrizione, datazione, localizzazione e georeferenziazione) relative a ciascun sito "areale" e "puntuale"⁸.
- *Vincoli*: la sezione individua le aree sottoposte a vincolo a livello regionale, provinciale e locale, a cui si aggiunge il *Master Plan* del sito UNESCO di Cerveteri e Tarquinia⁹.
- *Analisi cartografica - Lettura delle permanenze*: palinsesto dei segni infrastrutturali (viabilità storica) e dell'urbanizzato alle soglie storiche utilizzate (IGM XIX e XX secolo, CTR 2002).
- *Edifici di culto*: catalogazione dei manufatti di matrice medievale¹⁰.
- *Destinazione d'uso del suolo*: ricostruzione storica dell'utilizzo del suolo in rapporto allo sviluppo del reticolo idrografico, attuata mediante la "lettura" delle soglie storiche analizzate (IGM XIX e XX secolo, CTR 2002) e valutazione delle trasformazioni culturali del paesaggio agrario.
- *Censimento dei beni culturali*: beni architettonici e paesistici vincolati dalle vigenti leggi di tutela.
- *Light Detection And Ranging (LiDAR)*: nel 2010 nell'area della Civita è stata realizzata una lettura con *laser scanner* aereo. Il rilievo LiDAR è una tecnologia innovativa che si sta consolidando anche in ambito archeologico. Tale tecnica si avvale di sistemi di misurazione montati su velivoli che durante la ricognizione scansano il territorio sorvolato. I dati grezzi - primo prodotto di *output* del rilievo aereo - si presentano come una ricostruzione dell'andamento del terreno e degli elementi in

esso presenti (vegetazione, edifici, ecc.) attraverso una “nuvola” di punti disposti secondo lo *scanning pattern* dello strumento; di questi punti sono note le coordinate planimetriche, la quota e l’intensità di riflessione. La successiva elaborazione produce le seguenti rappresentazioni digitali: il *Digital Elevation Model* (DEM), l’ortofoto e la lettura all’infrarosso. Il primo, in particolare, è utile per la descrizione tridimensionale delle superfici, trattandosi di una immagine *raster* in cui ad ogni *pixel* è associato il valore di quota effettivo che ne permette la visualizzazione tridimensionale. Specifiche esplorazioni della nuvola di punti verranno svolte per meglio avvalorare tridimensionalmente i caratteri peculiari della Civita e dei suoi “segni” di permanenza.

- *Mappatura rilievi architettonici*: durante la campagna archeologica condotta nei mesi di settembre-ottobre 2010 è stata avviata un’attività di rilevamento con stazione totale *laser* delle mura poste a nord della Civita; anche questa documentazione, con le letture delle tecniche murarie, è stata inserita nel GIS¹¹.

La visualizzazione incrociata di tutti questi tematismi permetterà di attuare letture sistemiche complesse in grado di fare scaturire nuove intuizioni e percorsi di indagine per la conoscenza dei caratteri territoriali.

La sperimentazione di una metodologia di studio e di analisi che raccolga e gestisca una pluralità di dati e materiali eterogenei (relativi ai vari settori che concorrono a definire il territorio in esame) - attraverso letture “verticali ed orizzontali”, diacroniche e sincroniche, anche grazie ad interfacce ed aggiornamenti con altre discipline - è da considerarsi necessaria per la conoscenza e la comprensione del territorio quale palinsesto/ sommatoria di stratificazioni di segni, di assenze e di presenze, al fine di una consapevole attività di tutela, valorizzazione e gestione.

Gli strumenti di pianificazione comunale e sovracomunale potranno recepire i risultati dello studio ed utilizzarli per prevedere progetti di conservazione e valorizzazione paesistica.

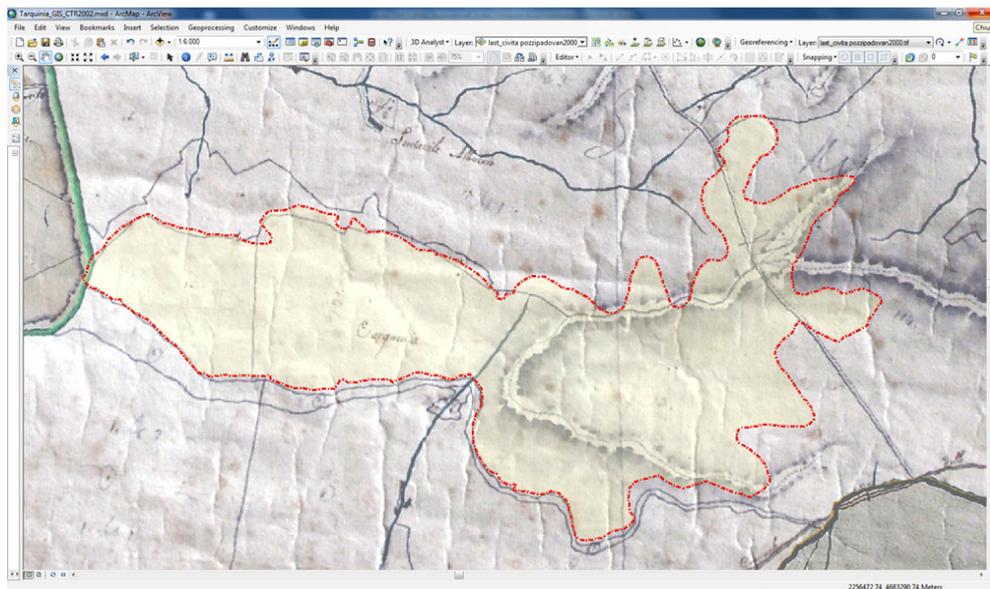


Figura 2 – Un esempio di utilizzo della cartografia storica nel GIS: perimetrazione del Pian della Civita sulla base del Catasto Gregoriano, 1816.

3. Aspetti e problematiche dell’applicazione pratica di una tecnologia innovativa: LiDAR

L’applicazione in ambito archeologico del *laser scanner* terrestre e della tecnologia LiDAR si è consolidata rapidamente all’estero e si sta affermando anche in Italia. In breve, il *laser scanner* terrestre, usato per rilievi di oggetti e manufatti, è costituito da uno *scanner* che aziona, dirige e

registra in modo automatico gli impulsi del telemetro *laser* annesso; questo telemetro determina la distanza tra il punto di emissione dell'impulso e il punto di riflessione, che appartiene alla superficie dell'oggetto intercettato. Essendo nota la posizione dell'origine dell'impulso, ed essendone registrati l'angolo di direzione e la distanza percorsa, l'insieme dei punti intercettati (nell'ordine di oltre 100.000 al secondo) è una nuvola di punti che ricostruisce una sorta di "calco digitale" delle superfici scansate. Per rilievi di ampie porzioni di territorio si ricorre all'uso della tecnologia LiDAR, in cui un *laser scanner* con particolari caratteristiche è installato su un velivolo. In questo caso, per conoscere la posizione del punto di emissione dell'impulso *laser*, è necessario integrare un sistema GPS che ne ricostruisca la traiettoria; inoltre bisogna disporre di un sistema inerziale che permetta di ricostruire in ogni istante l'orientamento del *laser scanner* e pertanto la direzione nello spazio del raggio da esso emesso. Essendo i tre strumenti sincronizzati è possibile collocare in uno spazio georeferenziato il punto intercettato dall'impulso *laser* in ogni istante poiché sono noti: le coordinate nel sistema UTM-WGS84 del punto sorgente, l'orientamento nello spazio del raggio da esso emesso e la sua lunghezza in termini di distanza percorsa.

A tale strumentazione si abbina, qualora non sia già integrata nello strumento, una camera fotogrammetrica digitale. Un volo con tecnologia LiDAR offre il vantaggio di acquisire molto velocemente una gran quantità di punti quotati a terra. Questo vantaggio è accentuato dal fatto che la presenza di vegetazione ostacola solo in parte il percorso verso terra dell'impulso: la sua traccia a terra infatti ha un diametro non trascurabile (ad esempio, se la divergenza del raggio è pari a 0,22 mrad e il volo avviene a quota relativa 1000 metri, l'impronta a terra risulta di 22 cm), e questo aumenta la probabilità che almeno una porzione dell'impulso trovi un varco attraverso la vegetazione e intercetti il terreno.

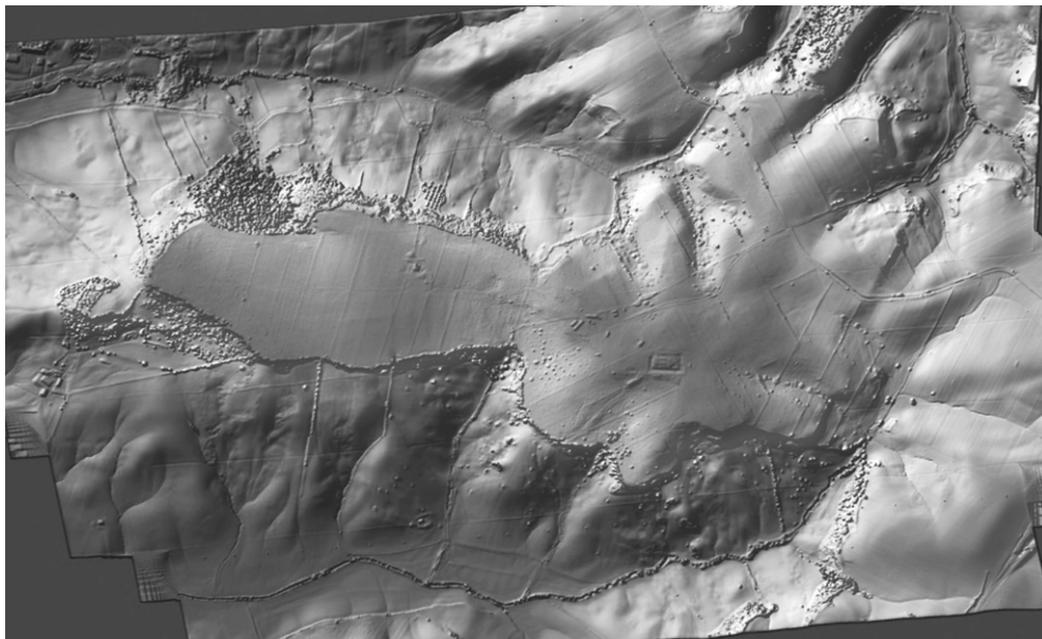


Figura 3 – Rilievo LiDAR 2010: ricostruzione del DEM, Digital Elevation Model.

In questo caso verranno riflessi e registrati due ritorni, o eco, dell'impulso: il primo individuerà la posizione in quota della vegetazione, il secondo quella del terreno.

Tramite appositi algoritmi e opportuni criteri di selezione, basati su parametri geometrici quali pendenza massima ammissibile e/o scarti in quota accettabili, è possibile estrarre dalla nuvola di

punti solo le informazioni appartenenti alla superficie del terreno: tutti i punti che appartengono a tale superficie genereranno il DTM (*Digital Terrain Model*), gli altri verranno scartati.

Con una grande densità di punti a terra è possibile avere un DTM di alta precisione, e proprio questo tipo di prodotto si è rivelato estremamente proficuo nell'ambito del censimento delle emergenze archeologiche su aree vaste. È importante precisare subito che il DTM utile a questo tipo di lavoro ha alcune peculiarità che lo distinguono dagli altri: è infatti necessario che l'algoritmo utilizzato per scartare i punti non appartenenti al terreno non sia troppo selettivo, dal momento che l'emergenza archeologica e i piccoli manufatti d'interesse il più delle volte presentano proprio le caratteristiche geometriche che porterebbero a scartarli. La modalità di lavoro consolidata prevede quindi il mantenimento di tutte le rugosità del terreno (al netto ovviamente dei manufatti di grandi dimensioni che sono già visibili nel *Digital Elevation Model* e della bassa vegetazione), che verranno poi analizzate e interpretate caso per caso da un operatore, avvalendosi se necessario dell'esplorazione diretta della nuvola di punti. La definizione geometrica di queste rugosità del DTM aumenta, ovviamente, all'aumentare della densità di punti a terra.

Il rilievo del sito dell'antica Tarquinia etrusca è stato eseguito dalla società Geotechnos srl utilizzando un aereo bimotore su cui è stato montato l'Airborne Laser Scanner "LEICA ALS 60"¹² ed una camera metrica digitale "RCD105" 39MP.



Figura 4 – Rilievo LiDAR 2010: lettura del terreno attraverso la "nuvola di punti" (particolare dell'area degli scavi).

Per un caso di lavoro come quello in oggetto si può considerare ottimale una densità di 8-10 punti a metro quadro. La densità nelle aree di interesse è intorno ai 5 punti a metro quadro per quanto riguarda la piana, ma aumenta lungo la fascia perimetrale dove si concentra l'interesse del progetto. Tuttavia neanche qui si raggiunge la densità ottimale in modo omogeneo a causa del limite fisico-naturale costituito dalla presenza di macchia mediterranea: se infatti la vegetazione arbustiva e arborea sono ostacoli facilmente "superabili" e riconoscibili, la vegetazione tipica della macchia mediterranea si presenta particolarmente fitta, o troppo vicina ai punti terreno e quindi non distinguibile dal rumore di fondo o addirittura dalle rugosità.

In questa fase del lavoro si sta cercando di recuperare il maggior numero di punti lungo la fascia di interesse, in modo da migliorare il più possibile la ricchezza di dettaglio del DTM. Questo è fondamentale per il passaggio successivo, che consiste nell'interpretazione del DTM stesso avvalendosi delle funzioni di analisi delle superfici note come *shading* o *hillshading*, disponibili nei software GIS, oppure dell'aspezzatura della terza dimensione, o utilizzando il parametro noto come *Sky View Factor* (SVF). Tutte queste modalità servono a raggiungere lo scopo di rendere chiaramente leggibile l'andamento del terreno, evidenziare la morfologia dei piccoli e grandi rilievi e mettere in luce le forme da esso assunte.

Il parametro SVF, applicabile utilizzando il software GIS *open source* SAGA, si è dimostrato essere lo strumento più idoneo per raggiungere questo obiettivo. Esso applica un principio semplice, ma di grande efficacia, che consiste nell'attribuire a ciascuna cella del *raster* DTM una gradazione di grigio proporzionale alla percentuale di cielo che l'andamento dell'intorno gli permette di vedere (per intenderci il nero corrisponderebbe ad una percentuale pari a zero). Il vantaggio rispetto alle tecniche di visualizzazione in *shading* consiste nell'evidenziare le geometrie complete delle concavità e delle convessità del terreno, come se si prendesse il meglio dalle ombre provenienti simultaneamente da tutte le direzioni.



Figura 5 – Rilievo LiDAR 2010: aerofotogrammetria del sito dell'Ara della Regina.
Si noti il livello di dettaglio dell'immagine.

Un'applicazione diffusa del DTM, utilissima anche nel caso in oggetto, consiste nell'ortorettifica dei fotogrammi aerei. L'ortofoto generata è di alta qualità, poichè si basa su un DTM di elevata precisione e garantisce un GSD (*Ground Sample Distance*) inferiore ai 10 cm. La scala nominale dell'ortofoto è quindi 1:1000, utile ad una prima mappatura e all'inquadratura dei rilievi di dettaglio. Si ricorda inoltre la possibilità di gestire l'immagine dell'ortofoto all'infrarosso falso colore, in modo da riuscire a vedere anche informazioni che l'occhio umano non percepisce nel campo del visibile.

La nuvola di punti in sé continua ad essere un riferimento nell'interpretazione ogni volta che si rende necessario superare delle ambiguità o approfondire l'analisi del DTM. La società Geotechnos srl, consapevole della scarsa "maneggevolezza" dei dati LiDAR, invece di fornire solo il dato, ha reso

disponibile anche uno strumento di uso molto semplice per interagire con la nuvola di punti in remoto, tramite un normale collegamento internet. Questo applicativo si chiama *Laserweb* © e per la sua efficienza e velocità rende agevoli sopralluoghi e percorsi virtuali che occorre effettuare in alcune fasi del lavoro. All'interno dello stesso applicativo sono presenti degli strumenti che permettono di estrarre in formato vettoriale *dxf* i profili lungo le linee di sezione tracciate sul DTM o sul DEM, anch'essi visualizzabili attraverso *Laserweb*©. Queste sezioni e le letture in 3D si rivelano particolarmente utili nello studio di dettaglio del rapporto tra la piana della Civita, le mura con i rilevati, le diverse altimetrie nella fascia perimetrale/contestuale e nell'interpretazione dei rapporti di causa/effetto delle soluzioni insediative e costruttive rispetto alla morfologia naturale dei luoghi¹³.



Figura 6 – Localizzazione di un tratto delle mura sul Pian della Civita durante la ricognizione del maggio 2011 e individuazione su foto aerea.

4. Risultati ed azioni future

La ricerca ha messo a punto uno strumento utile all'analisi e al riconoscimento del palinsesto insediativo della Civita etrusca e delle sue mura. Il *database* cartografico GIS, grazie a tutte le sue interfacce (geologiche, storiche archeologiche), alla lettura della permanenza dei segni delle cartografie storiche, all'analisi dell'uso del suolo, unitamente all'utilizzo di tecnologie innovative (LiDAR) per le interpretazione dei segni con DTM ha permesso di "strutturare" successive ricognizioni *in situ* mirate alla riconoscibilità delle evidenze e alla valutazione della loro permanenza sul territorio. Le elaborazioni dei dati hanno permesso di prevedere sia futuri ambiti di ricerca, sia di indirizzare interventi di conservazione/riqualificazione delle aree archeologiche e naturalistiche del Pianoro della Civita, al fine di renderne effettiva la loro tutela, valorizzazione e fruibilità e di consentire così una pianificazione consapevole dei prossimi cantieri di ricerca archeologica sul sito. Tali acquisizioni potranno contribuire alla stesura di "linee guida" per la riqualificazione delle aree interessate dal *Master Plan* del sito UNESCO.

Sviluppo del progetto, pertanto, sarà istituire un programma organico di riqualificazione del Pianoro della Civita affinché diventi un "bene" integrato nei percorsi turistici e culturali attualmente limitati al circuito della necropoli delle tombe dipinte e del Museo Nazionale di Tarquinia.

Si prevedranno azioni concrete quali: progettazione di un accesso e di un'area accoglienza/parcheggio con *Info Point* al Pian di Civita, unitamente ad una sistemazione e manutenzione continua delle strade bianche da adibire al passaggio di escursionisti a piedi, a cavallo o in bicicletta; conservazione programmata dei monumenti archeologici con la predisposizione di un sistema di informazione tramite pannelli esplicativi integrati con le nuove tecnologie ICT (*Information Communication Technology*); pianificazione di interventi continui di manutenzione, pulizia ed eliminazione della vegetazione infestante; sistemazione dei luoghi di interesse naturalistico, paesaggistico e dei geositi, con indicazione dei possibili itinerari contestuali alle aree archeologiche¹⁴.

¹ Si veda la *Collana Tarchna* fondata da M. Bonghi Jovino, diretta da M. Bonghi Jovino e G. Bagnasco Gianni (L'Erma di Bretschneider).

² Bonghi Jovino M., Chiamonte Trerè C. (1997), *Tarquini. Testimonianze archeologiche e ricostruzione storica. Scavi sistematici nell'abitato (campagne 1982-1988)*, L'Erma di Bretschneider, Roma.

³ Riferimenti cartografici utilizzati:

- Catasto Gregoriano, 1816;
- Catasto Rustico 1873 (e aggiornamenti successivi);
- Catasto anni '50;
- Catasto attuale;
- IGM serie 25V (foglio 142-I° NO) 1879;
- IGM serie 25V (foglio 142-I° NO) 1951;
- IGM serie 25V (foglio 142-I° NO) 1970;
- IGM serie 25V (foglio 350-III°) 2001 (produzione e volo del 1994);
- IGM serie 50.000 (foglio 354, 1971 produzione);
- CTR 2002 Regione Lazio (base raster scala 1:5000).

⁴ Riferimenti aerofotogrammetrici utilizzati:

- Foto aerea (bn): F.lli Nistri 1938;
- Foto aeree (bn): RAF 1943, 1944, 1945;
- Regione Lazio, foto aeree (bn.) 1998-2000;
- Foto Infrarosso (col) AGEA Roma 2008.

Rilievi:

- Rilievo A. Mandolesi, 1990;
- Rilievo Cavità e pozzi G. Padovan, 2000;
- Rilievo MODUS, 2005;
- Rilievo LiDAR, 2010.

⁵ Sezione a cura del prof. M. Cremaschi e del dott. A. Zerboni, Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze della Terra "Ardito Desio".

⁶ Sistema Informativo Territoriale del Consorzio di Bonifica della Maremma Etrusca.

⁷ Perego L.G. (2005), *Il territorio tarquiniese. Ricerche di topografia storica*, Ed. LED, Milano.

⁸ Bagnasco Gianni G. (2008), "The T.Arc.H.N.A. project: aspects of the research", *Bridging Archaeological and Information Technology Culture for community accessibility* (Milan, July, 10-11, 2007), Roma, 29-36.

⁹ Riferimento agli strumenti urbanistici e gestionali vigenti:

- PTPR 2007 Regione Lazio tavola A (base raster CTR scala 1:10000);
- PTCP 2006 Provincia di Viterbo;
- PRG 1976 Comune di Tarquinia, tavv. 9, 9B, 9C, 10, 10B, 10C;
- Piano di Gestione sito UNESCO di Cerveteri e Tarquinia, 2004.

¹⁰ Sezione a cura della dott.ssa B. Casocavallo.

¹¹ La campagna di rilievo è stata condotta sul campo dal Politecnico di Milano, Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione e il Riuso del Costruito, prof. S. Bortolotto, arch.tti F. Bariani, A. Caligaris, A. Garzulino.

¹² Il Laser Scanner "LEICA ALS 60" registra fino a 4 ritorni dell'impulso (primo, secondo, terzo e ultimo).

¹³ KOKALJ Z., ZAKŠEK K., OŠTIR K. (2010), *Archaeological Application of an Advanced Visualisation Technique Based on Diffuse Illumination*, EARSeL Symposium, Parigi

SHAN J., TOTH C.K. (2009), *Topographic Laser Ranging and Scanning*, CRC Press, Boca Raton (USA)

FORTE M. (2002), *I Sistemi Informativi Geografici in archeologia*, I Quaderni di MondoGIS, Roma.

¹⁴ Responsabile della sezione archeologica: Giovanna Bagnasco Gianni, insieme a Matilde Marzullo; responsabile sezione LiDAR, Franco Guzzetti, insieme a Nelly Cattaneo; responsabile formazione Sistema Informativo Territoriale: Piero Favino, con Andrea Garzulino; responsabile coordinamento rilievi e restituzione/interpretazione dati: Susanna Bortolotto con Raffaella Simonelli.