

LE “TERME DI ELAGABALO” SUL PALATINO: SPERIMENTAZIONE DI UN METODO FOTOGRAMMETRICO 3D APPLICATO ALLO SCAVO ARCHEOLOGICO

1. IL SITO, LO SCAVO E LA DOCUMENTAZIONE GRAFICA

Lo scavo che dirigo dal 2001 sulla pendice nord-orientale del Palatino ha riportato alla luce in questi anni una serie straordinaria di edifici e monumenti che accompagnano l'intera vicenda insediativa di uno dei settori più centrali della città antica. La zona di indagine, che si estende dall'Arco di Costantino all'Arco di Tito, è suddivisa in quattro aree di intervento per un'estensione complessiva di circa m² 2.000. Le stratigrafie indagate si distribuiscono tra la tarda età del Ferro e l'età contemporanea. In particolare lo scavo dell'Area IV, coordinato sul campo da Lucia Saguì, interessa un “edificio a cortile” secondo la definizione utilizzata da Ricardo MAR (2005), laddove nella tradizione degli studi esso è noto con il nome di “Terme di Elagabalo” (PANELLA 2006; SAGUÌ 2009, con bibliografia precedente).

In realtà un impianto termale si inserisce solo in età tardoantica in alcuni vani di un blocco edilizio di età severiana, caratterizzato da un ampio cortile centrale e identificato come un *horreum* (Fig. 1). Esso occupa l'intero isolato che si estende ai piedi del colle, tra le sostruzioni anch'esse severiane della terrazza nota con il nome moderno di Vigna Barberini, l'attuale via Sacra e due diverticoli ortogonali a questa strada. Il cortile, agganciato a S tramite pilastri alla facciata monumentale della Vigna Barberini, è circondato da due file di vani che prospettano a N sulla via Sacra e da una sola fila di ambienti più grandi, che si affacciano a E e a O sui diverticoli già citati.

Le murature, nei punti in cui sono state risparmiate dalle spoliazioni medievali e moderne, sono in laterizio su fondazioni in cementizio armate in cassaforma e raggiungono i 3/4 m di altezza. Ma al di sotto di esse si trovano altri complessi, rasati e distrutti dall'uso millenario del sito: cisterne di età arcaica, resti di una *domus* repubblicana e soprattutto un precedente impianto in opera mista, anch'esso forse un *horreum*, ma di età adrianea, abbattuto per far posto all'edificio severiano. Le trasformazioni del IV secolo si inseriscono, come si è già detto, nei vani preesistenti, determinando probabilmente una modifica della destinazione d'uso dell'intero contesto. Ne danno conto il *balneum* già citato, ricavato negli ambienti occidentali e settentrionali della costruzione severiana e i ninfei, le vasche e le aiuole realizzati nel cortile. La tecnica edilizia è ora in opera vittata. Su questo *parterre*, già così tormentato, si inserisce l'apertura di grandi fosse e cunicoli post-antichi, volti al recupero di materiale edilizio e architettonico da reimpiegare nelle costruzioni medievali e moderne.

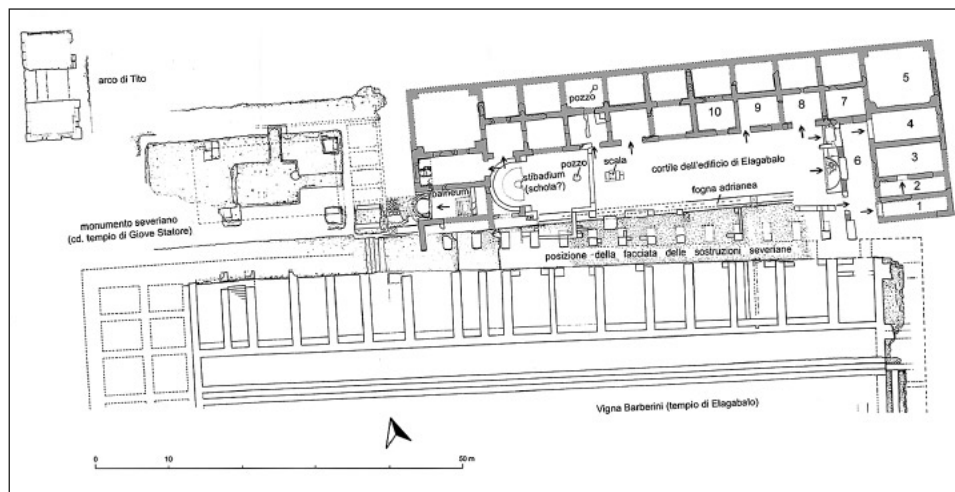


Fig. 1 – Roma, pendici N-E del Palatino. Complesso di Elagabalo (grigio) e sostruzioni settentrionali del Palatino. I numeri indicano gli ambienti in corso di scavo, le frecce i passaggi originari ancora visibili. Il *balneum* e le due strutture absidate alle estremità del cortile si riferiscono ad epoche successive. I pozzi sono di età arcaica (da SAGUI 2009).

È inutile sottolineare l'importanza del disegno e del rilievo (planimetrie, sezioni, prospetti, assonometrie) nell'indagine archeologica, sia nel momento dello scavo, sia nella fase di rielaborazione dei dati, di interpretazione delle sequenze stratigrafiche, di predisposizione dei piani di tutela e di valorizzazione dell'esistente, di archiviazione – a futura memoria – delle evidenze scavate o risepellite. Se è legittimo riconoscere alla documentazione grafica questo suo ruolo centrale nel corso delle operazioni di scavo, è anche vero che la sua realizzazione comporta, con gli strumenti tradizionali, tempi lunghi di esecuzione, che spesso rallentano le attività delle indagini. Non sempre poi i risultati sono pienamente affidabili.

Mi sono perciò adoperata in questi anni, anche a causa delle finalità didattiche, oltre che scientifiche, dello scavo del Palatino, di aggiornare metodi e procedure in questo campo, puntando sulla sperimentazione di tecnologie avanzate, coinvolgendo a tal fine l'Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali del CNR e incoraggiando gli studenti ad inserire nella loro formazione i nuovi percorsi che la rivoluzione tecnologica e informatica ha aperto per l'acquisizione, l'integrazione, il trattamento, l'analisi, l'archiviazione e la distribuzione dei dati spaziali. Inoltre l'area di indagine, caratterizzata sia da forti variazioni altimetriche che dalla sovrapposizione di complesse stratigrafie, impone in maniera determinante il ricorso alla rappresentazione tridimensionale. L'approccio tradizionale si affidava fino a poco tempo fa ad una sequenza di

piante ai vari livelli, e a sezioni e facciate piane, che, solo a fatica e a rischio di qualche imprecisione interpretativa, restituivano una ricostruzione spaziale dell’insieme. Ma già da qualche anno ci siamo abituati ad utilizzare la progettazione 3D in ambiente CAD, con l’immediata verifica dei volumi e degli spazi.

Nel caso del rilievo delle “Terme di Elagabalo”, si è deciso di scegliere, a causa della situazione del sito particolarmente complessa sia sul piano logistico, sia a causa della presenza in uno spazio assai ristretto di una successione ininterrotta di interventi edilizi, un’innovativa tecnica di fotogrammetria automatica con restituzione di nuvole di punti 3D, che sembrava rispondere a determinate esigenze: l’abbattimento dei tempi del rilievo tradizionale, restituzioni di qualità elevata, l’uno e le altre ottenuti con una strumentazione agile e flessibile. Le metodiche utilizzate sono presentate qui di seguito da Cecilia Giorgi che le ha sperimentate per la sua tesi magistrale con risultati di indubbio interesse.

Disponiamo oggi di una documentazione dell’edificio in esame che, pur non possedendo la materialità dell’esistente, conserva la posizione nello spazio di ogni punto di cui sono composti strutture e terreni, “copie” esatte del reale, essenziali nel corso dello studio, ma indispensabili nel momento in cui, concluse le indagini, molti degli elementi riportati in luce saranno reinterrati e mai più visibili, e quando si dovrà studiare una sistemazione del monumento, risarcendo le murature e riproponendo, per la sua ultima fase di vita, quote e piani d’uso. Non secondaria è inoltre la possibilità offerta dai laser-scanner 3D di ultima generazione di creare a tavolino, oggi o domani, sulla base delle nuvole di punti tridimensionali, infinite planimetrie a qualsiasi quota si decida di proiettare sul piano orizzontale le superfici esposte, e infinite sezioni in qualsiasi punto si decida di proiettare sul piano verticale lo spessore della stratigrafia. Precisione e rapidità sostituiscono i sistemi manuali che hanno caratterizzato per decenni le nostre attività sul campo, consentendo di ricomporre in tempo reale situazioni che si presentano spesso nella forma del frammento, di inseguire e istituire collegamenti con ciò che è già noto, magari in altro sito, ridando *forma* alla *forma* della città antica.

C.P.

2. IL RILIEVO FOTOGRAMMETRICO TRIDIMENSIONALE

Il rilievo dell’area archeologica delle “Terme di Elagabalo” nasce da una collaborazione concordata tra il Dipartimento di Scienze dell’Antichità dell’Università degli Studi di Roma “La Sapienza” e l’Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC) del CNR di Roma. Tale collaborazione si è avviata nell’autunno del 2008, nell’ambito di una tesi specialistica in Archeologia condotta da C. GIORGI (2009; relatore prof.ssa Clementina Panella,



Fig. 2 – “Terme di Elagabalo”: vista dall’alto del modello 3D a nuvola di punti dell’area indagata nel 2008, ricavato dal rilievo fotogrammetrico.



Fig. 3 – “Terme di Elagabalo”: vista prospettica da S-E del modello 3D a nuvola di punti dell’area indagata nel 2008, ricavato dal rilievo fotogrammetrico.

correlatore dott.ssa Lucia Sagù, correlatore esterno dott. Roberto Gabrielli), che si proponeva di studiare il monumento di età severiana predisponendo per il suo rilievo metodologie innovative e speditive.

In quest’ambito il progetto di ricerca svolto con l’ITABC ha avuto l’obiettivo di sperimentare la tecnica della fotogrammetria tridimensionale a nuvola di punti, utilizzandola per la prima volta su uno scavo archeologico. Tale metodo avrebbe fornito una documentazione scientificamente valida per l’analisi e l’interpretazione storico-archeologica del monumento e procurato maggiori conoscenze nell’ambito del rilievo strumentale.

Per la parte archeologica si dovevano produrre i rilievi sia delle strutture murarie oggetto della ricerca, alcune di notevole estensione disposte lungo il pendio della collina, per comprenderne meglio le fasi e le modalità costruttive, sia di quelle di epoca precedente emerse dallo scavo, per approfondire la relazione esistente fra queste ultime e il complesso delle “Terme”.

La scelta della tecnica della fotogrammetria tridimensionale come metodologia di rilievo da applicare sul sito è avvenuta a seguito della valutazione delle caratteristiche proprie dei vari metodi di rilievo fino ad oggi utilizzati, dal rilievo diretto agli ortofotopiani, fino al laser-scanner. La precisione e l’affidabilità scientifica del rilievo fotogrammetrico, la velocità di acquisizione sul campo e di elaborazione dei dati, la maneggevolezza e le piccole dimensioni dello strumento sono gli elementi che hanno determinato tale scelta.

Dal rilievo fotogrammetrico è stato generato un modello numerico tridimensionale che rappresenta l’area scavata nel 2008, che occupava allora circa la metà dell’edificio (Figg. 2-3). Il modello, essendo georiferito nello spazio e misurabile in tutte le sue parti, ha offerto la possibilità di effettuare misurazioni e fornire informazioni sulle quote di qualsiasi elemento architettonico presente nell’area indagata.

2.1 Cenni introduttivi e storici

La fotogrammetria è un metodo di rilievo indiretto che utilizza immagini fotografiche, analogiche e digitali, di oggetti tridimensionali per ricavarne informazioni metriche che ne descrivano la forma, la posizione e le dimensioni, fornendo un supporto geometricamente oggettivo e rappresentando uno strumento di acquisizione dei dati metrici e tematici tra i più affidabili e immediati.

Nata e sviluppatasi prevalentemente per la misurazione del terreno allo scopo di realizzare cartografie e mappe topografiche, la fotogrammetria ha trovato in seguito applicazione anche in altri campi, quali l’ingegneria meccanica e civile, le costruzioni navali e aeronautiche, l’architettura. Fino al secolo scorso ha avuto un notevole sviluppo grazie all’utilizzo delle immagini della superficie terrestre trasmesse dai satelliti, applicata soprattutto come fotogrammetria aerea (PICCARRETA 2002, con bibliografia precedente).

Recentemente viene sempre più utilizzata nell'ambito del rilievo archeologico perché in grado di riprodurre fedelmente, in tempi brevi, la geometria e i singoli elementi delle strutture antiche.

La storia della fotogrammetria è legata, per i principi teorici, alla storia della geometria descrittiva e in particolare alla formulazione della teoria della prospettiva, dato che la fotografia è una vista prospettica della realtà, mentre per l'applicazione è legata alla storia dell'ottica e della fotografia. Il padre fondatore della fotogrammetria è il colonnello francese Aimé Laussedat, che trovò il modo per sostituire le prospettive disegnate a mano con le fotografie e a tale scopo realizzò nel 1858 il primo fototeodolite, composto da una fotocamera abbinata ad un cannocchiale collimatore. Laussedat fu il primo che utilizzò le immagini fotografiche per il rilievo architettonico e per la realizzazione di una mappa topografica della città di Parigi. Il termine fotogrammetria fu utilizzato però per la prima volta nel 1893 dall'architetto tedesco Albrecht Meydenbauer, fondatore e direttore fino al 1909 dell'Istituto Prussiano di Fotogrammetria, che applicò sistematicamente l'uso della fotografia per il rilievo.

Fino agli anni '60 la ricostruzione del modello tridimensionale avveniva in modo analogico, per cui era l'azione fisica di componenti ottici, meccanici ed elettronici a ricostruire le corrispondenze geometriche. Dagli anni '80 dello scorso secolo si è giunti alla soluzione analitica, tramite l'elaborazione digitale, grazie all'evoluzione degli elaboratori e delle immagini digitali. Con lo sviluppo della tecnica fotogrammetrica si ha oggi la possibilità di raggiungere la completa automazione dell'intero processo di rilevamento.

2.2 Note metodologiche

La fotogrammetria sviluppata con il software Menci rappresenta un'innovativa tecnica di fotogrammetria tridimensionale che permette di ottenere un modello numerico a nuvola di punti, attraverso tre riprese fotografiche dell'area da rilevare. La nuvola contiene in ogni suo punto le coordinate spaziali x , y e z , ed è quindi possibile ottenere informazioni metriche affidabili con una precisione nell'ordine di un centimetro. La particolarità del modello numerico consiste nel mantenere le caratteristiche colorimetriche del pixel appartenente alle riprese fotogrammetriche eseguite, consentendo in tal modo una migliore leggibilità della nuvola e la conseguente possibilità di individuare tutti gli elementi che formano l'oggetto rilevato, favorendone l'analisi e la comprensione.

Il dispositivo di ripresa fotogrammetrica si basa sull'acquisizione da tre punti di vista diversi di una stessa immagine che, in ciascuna terna di fotografie, dovrà sovrapporsi per circa l'80% dell'area inquadrata, così da permettere al software di eseguire operazioni di *pattern recognition*, ossia elaborazioni di riconoscimento automatico di forme, direttamente sulle riprese fotografi-

che. Per eseguire correttamente tale procedimento, i tre punti di ripresa della terna di fotogrammi devono essere rappresentati come appartenenti ad una stessa retta nello spazio e devono essere equidistanti tra loro in maniera direttamente proporzionale alla distanza di ripresa (Fig. 4). Il calcolo di questa mutua distanza deve tener conto sia della sovrapposizione dell'immagine, sia dell'angolo di ripresa per uno stesso punto generico “P”, il più grande possibile poiché maggiore è l'angolo più alta sarà la precisione dell'elaborazione, come è noto dal principio di trilaterazione (Fig. 5-6).

Il dispositivo può essere brevemente descritto nei diversi modi operativi:

- 1) il sistema a camera singola composto da una sola fotocamera posta su un'asta orizzontale, collocata su un cavalletto, dotata di un carrello che permette lo spostamento del sistema di ripresa lungo una linea retta, mantenendo il punto di ripresa sempre parallelo a se stesso;
- 2) il sistema con multicamera dove tre fotocamere vengono fissate su un'asta orizzontale, dotata di una prolunga verticale posta al centro dell'asta, da utilizzare come sostegno durante la ripresa. In questo dispositivo a forma di “T” le camere vengono collegate, tramite un cavo, alla presa dello scatto remoto permettendo in tal modo scatti simultanei delle tre fotocamere.

Al fine di posizionare le riprese è necessario integrare la tecnica fotogrammetrica con la stazione totale o con il GPS, inserendo dei punti topografici che facciano parte di un unico sistema di riferimento. All'interno di ciascuna ripresa fotografica devono essere visibili almeno tre punti, di cui sono note le coordinate spaziali, individuabili attraverso il posizionamento omogeneo di una serie di target sul terreno o sulle strutture murarie da rilevare.

3. IL RILIEVO DELLE “TERME DI ELAGABALO”

Il rilievo fotogrammetrico ha interessato gli 8 vani indagati nel 2008 delle “Terme di Elagabalo”. Le riprese sono state eseguite mediante tre fotocamere reflex digitali alternando l'obiettivo da 14 mm con quello da 28 mm, a seconda delle necessità. Ritenendo necessario organizzare la fase di acquisizione sul campo in più sessioni, data l'estensione e la complessità del sito, si è scelto di dividere il lavoro di rilievo secondo tematiche e tipologia di documentazione da ricavare. Le murature sono state le prime ad essere rilevate, effettuando riprese da terra e posizionando il dispositivo parallelamente ad esse, così da poter ottenere un adeguato dettaglio e precisione delle nuvole e, conseguentemente, anche dei rispettivi prospetti. In seguito, mediante riprese dall'alto, si è mirato a documentare l'intera area di scavo, realizzando ortofoto e planimetrie, sia generali sia di dettaglio.

Le ridotte dimensioni degli ambienti del complesso severiano (5x4 m), delimitati da muri in opera laterizia, hanno reso difficoltosa la fase di

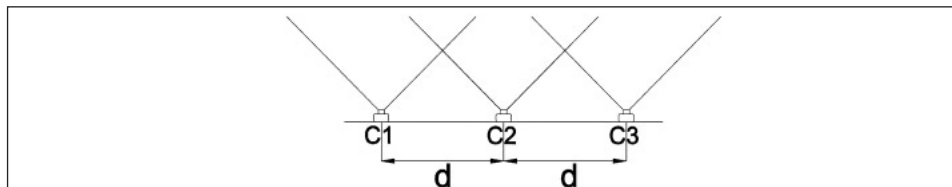


Fig. 4 – Rappresentazione schematica della retta ideale “r”; “d” rappresenta la distanza costante sulla retta tra i singoli punti di ripresa (C1, C2, C3).

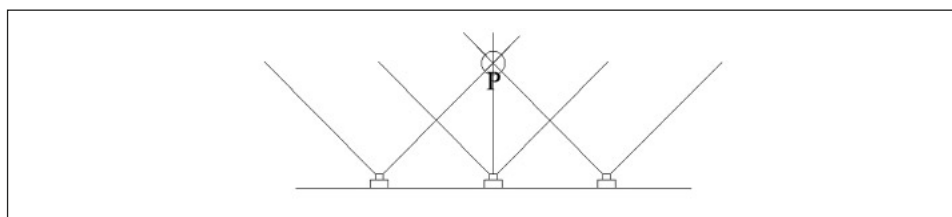


Fig. 5 – Rappresentazione schematica del sistema di ripresa.

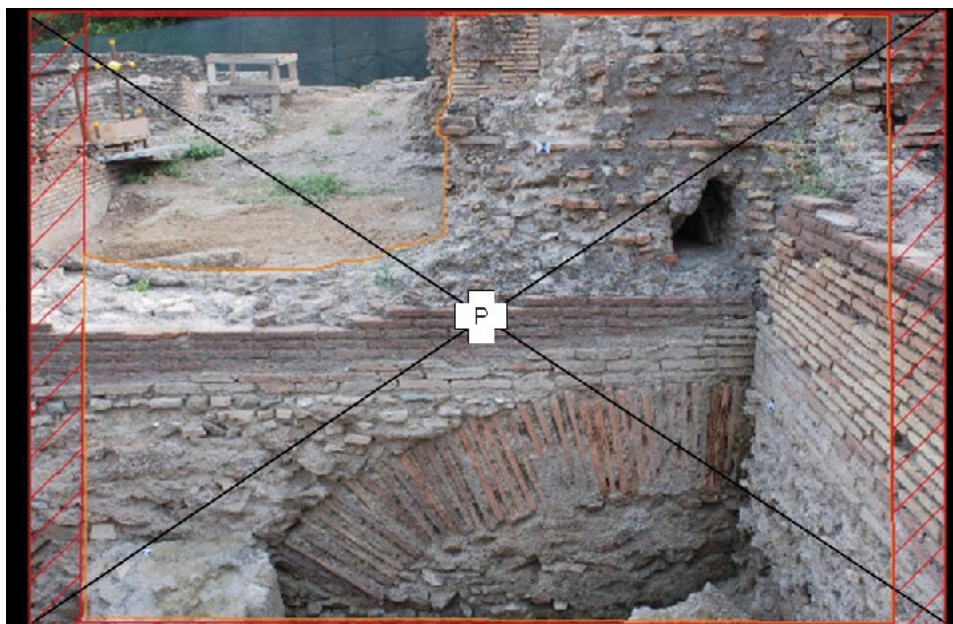


Fig. 6 – Esempio di area di sovrapposizione: la zona in tratteggio indica l'area non sovrapposta e quindi esclusa; il punto “P” il centro di scena.



Fig. 7 – Ripresa fotogrammetrica dell'angolo S-E dell'ambiente 7 delle "Terme di Elagabalo", caratterizzato da forti differenze altimetriche.



Fig. 8 – Ripresa fotogrammetrica dell'ambiente 9 delle "Terme di Elagabalo" effettuata mediante l'uso della giraffa, scelta per essere elaborata e inclusa nel modello 3D per la sua ortogonalità al suolo. I parametri di risoluzione della nuvola di punti relativa al fotogramma sono stati impostati con un passo di campionamento a 8 mm.

acquisizione delle riprese, imponendo una distanza massima obbligata tra lo strumento e la struttura da rilevare; inoltre la complessa morfologia del terreno, caratterizzata da fosse e forti differenze di quota, non consentiva una facile mobilità all'interno del sito (Fig. 7). Si è preferito utilizzare, dunque, il sistema multicamera più maneggevole, leggero, facilmente trasportabile da un singolo operatore e più veloce nei tempi di acquisizione, rispetto al sistema costituito da una camera singola disposta su un cavalletto. Nella maggior parte dei casi le fotocamere sono state fissate sull'asta a 35 cm l'una dall'altra; ciò rende necessaria una distanza tra 4 e 7 m tra lo strumento e l'elemento da riprendere. Nel caso di murature rinvenute in fosse molto strette, si è utilizzata un'asta di minori dimensioni con camere disposte a 25 cm l'una dall'altra, in modo da poter ridurre la distanza tra le camere e la struttura al di sotto dei 4 metri.

Una volta rilevate tutte le strutture murarie che delimitano gli ambienti delle "Terme", il lavoro è proseguito con le riprese fotogrammetriche dall'alto, a circa m 5 dal suolo, mediante l'uso di una giraffa da campagna (Fig. 8). L'asta con le tre camere è stata disposta sia ortogonalmente sia in senso obliquo rispetto all'area da rilevare così da garantirne la copertura totale. Affinché i singoli fotogrammi possano essere associati e le nuvole di punti georiferite è necessario che siano individuabili almeno tre punti omologhi all'interno di ciascuna ripresa fotografica, di cui sono note le coordinate spaziali. Sono stati quindi disposti dei target sul terreno e sulle murature poi misurati con la stazione totale. Per ottenere una corretta georeferenziazione i target sono stati distribuiti omogeneamente creando una maglia triangolare, in modo da evitare il loro allineamento su uno stesso asse (Fig. 9).

Al termine di ogni sessione di lavoro il numero delle riprese era tale da imporre una organizzazione che permettesse di facilitarne la gestione, sia dal punto di vista operativo, sia per contenere quanto più possibile le dimensioni del modello finale. Nella fase di elaborazione dei dati in studio, quindi, le terne dei fotogrammi sono state divise in file diverse a seconda dell'ambiente di appartenenza.

Una volta acquisiti i dati sul campo ci si è serviti di due software che generano ed elaborano le nuvole di punti, rispettivamente Z-Scan e Z-Map. Il software Z-Scan è in grado di riconoscere le tre fotografie corrispondenti a ciascuna parte dell'oggetto. Con l'inserimento dei GCP (Ground Control Point), identificabili nei target di cui sono note le coordinate spaziali, il software associa automaticamente i fotogrammi in modo corretto generando nuvole di punti georiferite. Tale automatismo differenzia questo tipo di tecnica dalla fotogrammetria manuale, che restituisce la geometria dell'oggetto mediante l'individuazione di punti omologhi dei fotogrammi. In quest'ultimo caso la ricostruzione tridimensionale richiede tempi molto più lunghi ed è principalmente affidata alla cura, all'attenzione e alla pre-

cisione dell'operatore, mentre l'aderenza alla realtà dipende dalla quantità dei punti inseriti.

Il software Z-Scan offre la possibilità di scegliere la densità dei punti della nuvola, e quindi la risoluzione di dettaglio, in base al tipo di analisi da eseguire sui singoli elementi del monumento, alle loro successive elaborazioni e alla loro rilevanza all'interno del progetto di ricerca. È per tale motivo che è opportuno avere ben chiari gli obiettivi da raggiungere in fase di progettazione e realizzazione del rilievo. Il metodo fotogrammetrico presenta tuttavia un vantaggio rispetto ad altre metodologie che producono nuvole di punti: la possibilità, anche a posteriori, di scegliere una risoluzione diversa e di modificare il lavoro di rilievo nel momento in cui si cambiano le finalità.

La composizione delle nuvole di punti sul software Z-Map è avvenuta per vani, inizialmente unendo le nuvole relative alle strutture murarie, delimitandone l'area e considerando ogni vano come un modello indipendente e chiuso. In un secondo momento sono state elaborate e unite le nuvole di punti derivanti dalle riprese dall'alto, che restituivano le stratigrafie archeologiche e le creste delle murature (Fig. 10). Tale organizzazione è stata ideata sia per facilitare la visualizzazione anche di una singola parte del modello tridimensionale finale, sia per studiare e analizzare il modello stesso, poiché dividendo il modello tra strutture murarie e stratigrafie archeologiche è possibile realizzare prospetti murari o planimetrie e sezioni.

Le ortofoto generate mediante superfici tridimensionali differiscono dagli ortofotopiani tradizionali che necessitano di una superficie piana. Con la tecnica della fotogrammetria tridimensionale invece si possono realizzare delle ortofotografie di oggetti che presentano più piani, conservando allo stesso tempo le corrette caratteristiche metriche, in quanto l'immagine non viene semplicemente raddrizzata, ma proiettata su una superficie, generando un'ortofoto dalle caratteristiche geometriche molto più rigorose. La superficie di proiezione o Digital Elevation Model (DEM), è rappresentata da colori che variano a seconda della quota. Per unire le diverse proiezioni e realizzare un unico mosaico si sono identificate le linee di giunzione tra le varie ortofoto, definite Linee di Taglio, modificate manualmente per meglio adattare l'andamento di una linea ad un elemento di stacco visibile sulle ortofoto. Questo procedimento può risultare molto utile per avere una prima idea delle variazioni altimetriche presenti in un'area archeologica, per mettere in relazione elementi in quota, per conoscere l'andamento di canalizzazioni, condutture, sistemi fognari, oppure per un'analisi muraria finalizzata ad operazioni di restauro.

Nell'area delle “Terme” sono stati anche realizzati ortofotomosaici di strutture murarie, che hanno fornito un valido supporto all'elaborazione grafica dei prospetti. Queste murature, di lunghezza pari a 26 m, intervallate



Fig. 9 – Ripresa fotogrammetrica dell’ambiente 4 delle “Terme di Elagabalo”: in bianco è evidenziata la distribuzione dei target sull’area di scavo.



Fig. 10 – Nuvola di punti 3D dell’ambiente 8 delle “Terme di Elagabalo” in vista prospettica da S-E.

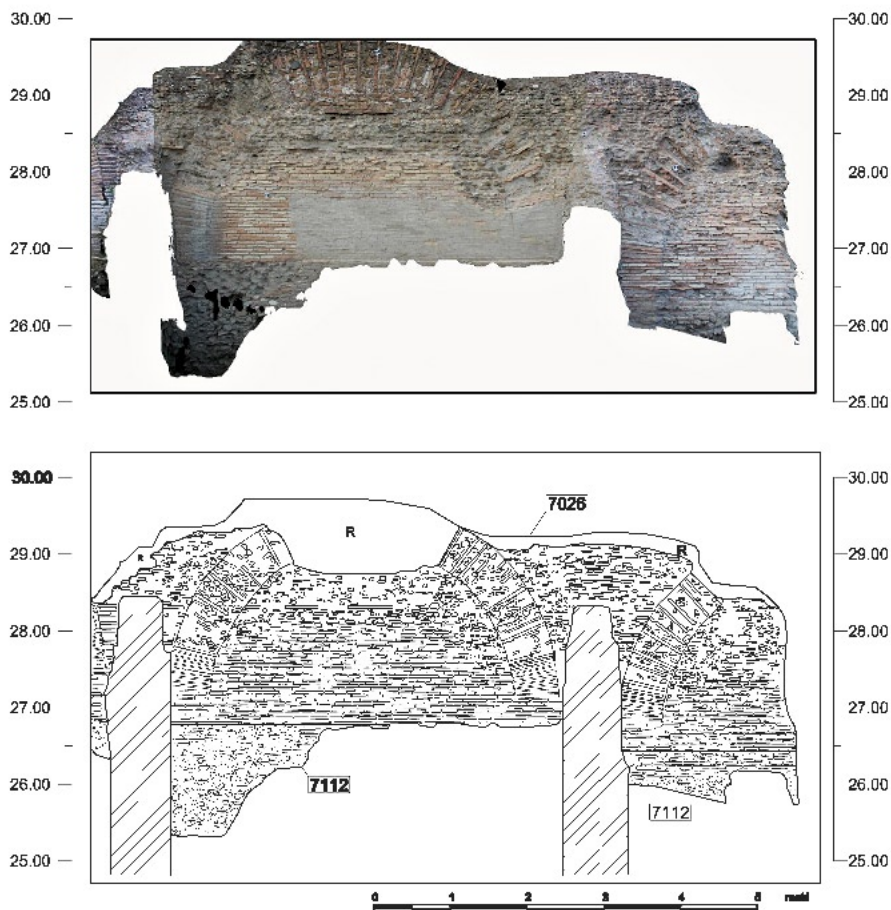


Fig. 11 – Particolare dell’ortofotomosaico realizzato dal modello 3D a nuvola di punti ed elaborazione grafica del prospetto S del muro di fondo degli ambienti settentrionali delle “Terme di Elagabalo”.

da muri divisorii e poste su vari livelli, non si sarebbero potute rilevare con l’ortofotografia bidimensionale e sicuramente non con la medesima precisione (Fig. 11-12). Inoltre il software di gestione delle nuvole di punti, essendo composto da un’interfaccia AutoCad, offre la possibilità di realizzare prospetti mediante la digitalizzazione delle ortofoto.

Dal modello tridimensionale si possono estrarre anche le sezioni con un passo di campionamento definito dall’operatore. Nell’area oggetto di studio si sono realizzate delle sezioni in un ambiente dell’edificio di età severiana, con un passo di campionamento di 50 cm (Fig. 13).

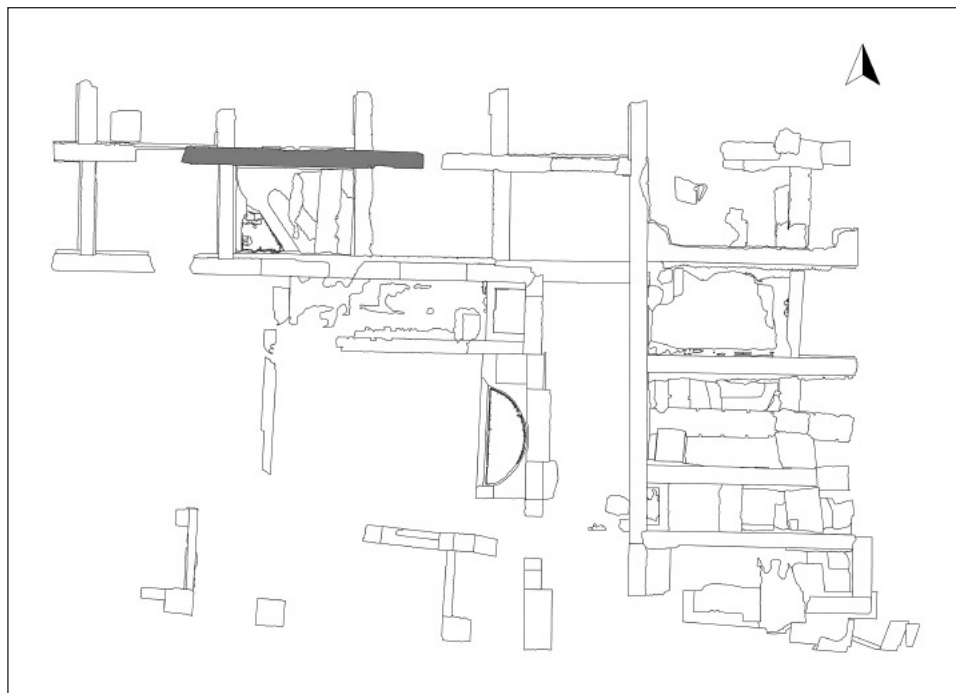


Fig. 12 – “Terme di Elagabalo”: planimetria dell’area scavata nel 2008; in grigio è evidenziata la porzione della struttura muraria di cui si fornisce l’ortofotomosaico e il prospetto in Fig. 11.

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La documentazione grafica, realizzata secondo le procedure descritte, è stata costantemente intrecciata con l’esame autoptico dei muri e delle fondazioni sulla totalità del monumento, il cui impianto risulta unitario e realizzato in una sola fase. Le fondazioni sono realizzate mediante due tecniche costruttive diverse: in cavo libero, la maggior parte, e in cassaforma lignea; i muri divisorii degli ambienti a N e a O poggiano su fondazioni lineari semplici, mentre tutte le altre strutture presentano fondazioni a pozzi e barulle con l’uso di bipedali per gli archi inglobati nel conglomerato cementizio. Tale conglomerato è composto da malta pozzolanica di colore grigio chiaro molto compatta, con frequenti bottaccioli e inclusi finemente sbriciolati di tufo rosso e giallo.

Gli elevati sono tutti in opera laterizia costituita da bessali – il conglomerato è costituito da una malta grigia con inclusi di basalto, pozzolana, tufo giallo e tufo rosso, apparentemente di primo uso – mediamente lunghi 20



Fig. 13 – Visione prospettica delle linee di sezione con passo di campionamento di 50 cm che delineano il profilo della nuvola di punti 3D dell’ambiente 2 delle “Terme di Elagabalo”.

cm e alti 2,5 cm (modulo 5×5 cm 22) e dotata di archi di scarico in bipedali impostati sulla risega di fondazione, ad eccezione degli ambienti orientali del complesso dove le cortine, parzialmente interrato, hanno archi di scarico che si impostano a 1,5 m sopra la risega (circa 27,20 m slm). Sul piano di cantiere si riscontra – relativamente alla doppia fila di ambienti disposti tra il cortile e l'attuale via Sacra – che le fondazioni del lungo muro di fondo si legano a quelle dei muri divisorii degli ambienti prospicienti la strada, mentre quelle degli ambienti che si affacciavano sul cortile vi si appoggiano. Questi ultimi risultano comunque già previsti in fase di cantiere poiché la risega di fondazione del muro di fondo si interrompe in corrispondenza dei setti murari, dimostrandone la contemporaneità di realizzazione.

I piani di calpestio degli ambienti che si affacciavano sul cortile vengono ipotizzati mediante il confronto di alcuni piani quotati ancora conservati:

a) Le riseghe di fondazione.

b) I resti di pavimentazioni in mosaico a tessere nere. Due frammenti di mosaico sono rimasti incastrati nelle strutture murarie tagliate da interventi posteriori: una fila di tessere a E del cortile a quota 27,92 m slm e una fila nel settore occidentale a 28,91 m slm; le tessere misurano 2×2 cm per un'altezza di 4 cm; un parziale piano pavimentale, costituito dalle medesime tessere, è stato inoltre rinvenuto durante lo scavo del 2008 nel settore orientale e si trovava a pochi centimetri sotto il livello/quota del primo frammento citato.

c) La soglia posta all'ingresso di un ambiente a E, che è lunga 2,20 m, larga 77 cm e spessa 36 cm e che si trova a 27,92 m slm.

Tutti gli ambienti dovevano comunque avere i piani pavimentali più o meno alla medesima quota del cortile, tranne gli ambienti a O, leggermente rialzati e collegati al cortile tramite gradini. Il livello delle pavimentazioni doveva invece variare negli ambienti che si aprivano sull'attuale via Sacra, dovendo seguire l'andamento della strada. Ciò viene dimostrato anche dalle riseghe di fondazione di tali ambienti, che si alzano di livello da E verso O, procedendo a gradoni in corrispondenza della partizione dei vani. La quota delle riseghe di fondazione varia da 25,85 m slm a E a 28,69 m slm a O, alzandosi di circa 35 cm in ciascun ambiente. Le terre e i reperti contenuti nelle fosse di fondazione, contestualmente studiati, hanno confermato la datazione dell'intervento edilizio che è da porre agli inizi del III secolo in connessione con i grandi lavori che hanno interessato il pianoro della Vigna Barberini per la realizzazione del Tempio di Elagabalo.

L'analisi e la descrizione dell'edificio in esame sono oggi supportate da un modello tridimensionale a nuvola di punti georiferito, che ha consentito di rappresentare realisticamente, oggettivamente e con precisione millimetrica il manufatto architettonico, producendo centinaia di migliaia di punti che ne

descrivono perfettamente la morfologia e il colore. Ma nello stesso tempo esso ha fornito anche una visione d’insieme e da molteplici punti di vista.

Il metodo applicato ha permesso l’esecuzione di prospetti che con i metodi tradizionali sarebbe stato molto difficile realizzare, sia per l’altezza e per l’ampiezza delle superfici sia per la scarsa accessibilità delle strutture (sotto impalcature, in vicinanza di buche profonde o addirittura di precipizi); ha agevolato le misurazioni degli elementi che caratterizzano le strutture murarie e ne ha fornito una puntuale documentazione grafica; ha reso fruibile e leggibile anche a un pubblico di “non specialisti” i resti murari conservati.

La possibilità infine di visualizzare virtualmente gli oggetti rilevati e di rielaborarne i dati, anche in momenti successivi al rilievo, senza doverli acquisire nuovamente, costituisce un ulteriore elemento di interesse delle procedure messe in atto, che risultano efficaci anche e soprattutto nei casi in cui la documentazione grafica rappresenti l’unica attestazione che rimarrà di siti archeologici soggetti a degrado, restauro, o di cui sia prevista la distruzione o il reinterro.

C.G. R.G.

CLEMENTINA PANELLA

Dipartimento di Scienze dell’Antichità
Sapienza Università di Roma

ROBERTO GABRIELLI, CECILIA GIORGI

Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali
CNR – Roma

BIBLIOGRAFIA

- BIANCHINI M. 2008, *Manuale di rilievo e di documentazione digitale in archeologia*, Roma, Aracne.
- CATIZZONE S. 2007, *Fondamenti di cartografia*, Roma, Gangemi.
- FORTE M., GABRIELLI R. 2002, *Il GPS*, in M. FORTE, *I Sistemi Informativi Geografici in Archeologia*, Roma, MondoGis, 157-171.
- GABRIELLI R., ANGELINI A., VANNINI G., NUCCIOTTI M., MENCI L. 2008, *Nuovo sistema di fotogrammetria digitale da pallone aerostatico: il caso di studio del castello di Shawbak*, in *Atti della 12 Conferenza Nazionale ASITA (L’Aquila 2008)*, Milano, Asita.
- GABRIELLI R., COLOSI F., ANGELINI A., PELOSO D. 2009, *Velocità in acquisizione, complessità nell’elaborazione: da GPS alle nuvole di punti*, in G. DE FELICE, M.G. SIBILANO, G. VOLPE (eds.), *L’informatica e il metodo della stratigrafia. Atti del Workshop (Foggia 2008)*, Bari, Edipuglia, 135-147.
- GIORGI C. 2009, *Palatino, pendici nord-orientali: le “Terme di Elagabalo”. Studio del complesso archeologico e applicazione innovativa di fotogrammetria tridimensionale*, Tesi magistrale, Sapienza Università di Roma.
- MAR R. 2005, *El Palatí. La formació dels palaus imperials a Roma*, Tarragona, Institut Catalana d’Arqueologia Classica.
- PANELLA C. 2006, *Il Palatino nord-orientale: nuove conoscenze, nuove riflessioni*, «Scienze dell’Antichità», 13, 264-299.

- PICCARRETA F. 2002, *La fotogrammetria*, in *Il Mondo dell'Archeologia*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, vol. 1, 161-163.
- PICCARRETA F., CERAUDO G. 2000, *Manuale di aerofotografia archeologica. Metodologia, tecniche e applicazioni*, Bari, Edipuglia.
- SAGUÌ L. 2009, *Pendici nord-orientali del Palatino: le 'Terme di Elagabalo'*, «*Archeologia Classica*», 60, 235-274.

ABSTRACT

The mapping project of the so-called area of the “Terme di Elagabalo” on the north-eastern side of the Palatine hill is the result of a long term cooperative effort between the University of Rome “La Sapienza” and the Institute of Technologies Applied to Cultural Heritage of the CNR (ITABC). This site has been under excavation since 2007, under the scientific supervision of the Department of Methodology and Techniques for Archaeological Research of the University of Rome “La Sapienza”. As part of this project, one of the doctoral theses is addressing the subject of the compound of the Severian Age present on the site, with the purpose of identifying the history and function of the monument, by understanding and analysing the structure of the walls. Masonry mapping is an essential element for the study and analysis of archaeological monuments. In this case, a new technique was introduced which is the 3D scattergram photogrammetry, developed by the research department of ITABC. This new monitoring technique provided graphic documentation such as plans, views and sections especially where the traditional method had limitations and therefore it is extremely useful for the archaeological analysis of monuments and their contexts. Furthermore an objective 3D rendering was produced, thus providing a new form of scientific documentation for a better understanding of the current state of the monument and also for further research and monitoring. The purpose of proposing a doctoral thesis on this subject was to educate and train a new breed of professionals in the area of technology applied to cultural heritage.