

- Ancyra project 2008- Rilievo e rappresentazione dell'area archeologica del tempio di Augusto ad Ankara

Paula Botteri (*), Filiberto Chiabrando (**), Gabriele Fangi (***)

(*) Università degli Studi di Trieste Facoltà di Lettere e Filosofia, Dipartimento di Scienze dell'Antichità "Leonardo Ferrero", via del Lazzaretto Vecchio 6, 34123 Trieste 0405582840, botteri@units.it

(**) Politecnico di Torino Facoltà di Architettura II, DINSE, Viale Mattioli 39, 10125 Torino, 0115644380, filiberto.chiabrando@polito.it

(***) Università Politecnica delle Marche Facoltà di Ingegneria, DARDUS, Polo Montedago, 60121 Ancona, 071224742, g.fangi@univpm.it

Riassunto

Una recente campagna di scavo, intrapresa ad Ankara dai colleghi del Museo delle Civiltà Anatoliche, nel recinto del famoso tempio romano dedicato ad Augusto e alla dea Roma, ha reso possibile compiere un rilievo dell'area archeologica, mai come ora sgombra da detriti e arbusti selvaggi si inserisce all'interno del Progetto Ancyra.

Due sono stati gli obiettivi principali della missione del 2008: la georeferenziazione nel sistema cartografico Turco dei rilievi già eseguiti nel corso degli anni sulla cella, e la documentazione delle nuove aree di scavo portate alla luce dagli archeologi, coordinati dal responsabile del Museo delle Civiltà Anatoliche.

Per la corretta georeferenziazione dei rilievi già esistenti, e per quelli realizzati durante la campagna 2008 sull'area del tempio di Augusto, abbiamo realizzato una rete di inquadramento in modalità statica, con strumentazione GPS.

Successivamente, abbiamo focalizzato le operazioni di rilievo sulla parte in cui si stava eseguendo l'indagine archeologica. La parte analizzata durante la campagna 2008, esemplarmente studiata negli anni '30 da D. Krencker e M. Schede, è stata rilevata grazie all'integrazione tra operazioni di misura GPS in modalità RTK e rilievi celerimetrici con stazione totale, e grazie ad un rilievo fotogrammetrico, eseguito sfruttando una piattaforma aerea, che ha consentito l'acquisizione di fotogrammi a bassa quota, necessari per una corretta esecuzione delle operazioni di rilievo.

Nel presente contributo sono riportati nel dettaglio i risultati delle operazioni di misura eseguite e le metodologie impiegate per la realizzazione dei primi elaborati grafici.

Abstract

The survey of the area analyzed during the archaeological diggings during the mission in 2008 is a part of the Ancyra project. The University of Trieste began the so-called Ancyra Project for the survey and the safeguard of the monument (well-known as Monument Ancyranum), in 1997.

The objective of the last mission in 2008 looked at carrying out a GPS network that allows to join all the previous total station networks, realizing an accurate survey and one graphic representation of the archaeological part in front of the cella. The second part of the work has been carried out with non-conventional photogrammetric technology using a lifting platform.

The paper describes the methodologies and technics used during the survey and shows the necessities of branches of engineering for the archaeology.

Alcuni cenni storici del Tempio di Augusto e Roma ad Ankara

Intorno al 25 a. C., la regione galata dell'Asia Minore venne annessa a Roma da Cesare Ottaviano Augusto. Uno dei segni monumentali a ricordare l'egemonia dei Romani nella Galazia, fu la costruzione di un tempio ad Ancyra, l'odierna Ankara, in onore di Cesare Ottaviano Augusto e della dea Roma, personificazione divina dell'Urbe. Alla morte di Augusto, nel 14 d. C., sul marmo chiaro del santuario, offerto dalla comunità dei Galati, vennero incise le sue *res gestae*, con lettere riempite di colore rosso. Il testo, reso fortemente visibile dal contrasto vivace della tinta, celebrava le imprese militari, gli onori ricevuti e gli oneri assunti per giungere al potere, ed era una copia bilingue dell'originale latino, che stava a Roma, scolpito, per clausola testamentaria, su due pilastri di bronzo all'ingresso del mausoleo del primo imperatore, del *Princeps*.

Attualmente ad Ankara, dell'edificio originario rimangono solo il pronao e le pareti laterali della cella e dell'opistodomo, di cui una presenta uno squarcio di notevoli dimensioni, causato dall'asporto di blocchi di marmo, impiegati altrove come materiale edilizio. Accanto ai resti ancora imponenti del tempio, che si ergono in altezza per quasi 12 metri e per 32,50 di lungo, si trovano un minareto ed una moschea del XV secolo, Hacı Bayram Camii, il più importante centro di culto della capitale turca e di tutta l'ortodossia islamica.

Un'indagine di scavo è stata finalmente iniziata, ma la lettura del contesto rimane ancora molto difficile. Sappiamo che l'edificio è stato ampliato durante il II secolo d.C., e rimaneggiato ancora in epoca più tarda.

Se le rovine di questo tempio (Figura 1), per quanto suggestive ed ancora ammirevoli, come ad esempio il magnifico portale e la vasta cella, ornata di ghirlande, palmette e fiori d'acanto, non conservassero l'eccezionale documento di Augusto, forse l'imperativo di salvarle non sarebbe così urgente e drammatico.

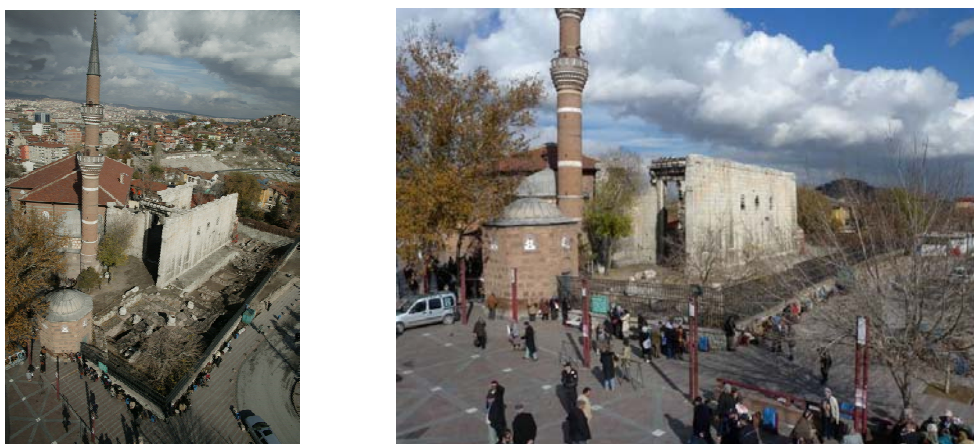


Figura 1 Due viste del Tempio di Augusto ad Ankara

Perfino l'UNESCO, tramite il *World Monuments Watch*, ha dichiarato a più riprese il tempio uno dei cento monumenti mondiali da salvare. La sua grande epigrafe marmorea bilingue, che ricopre una superficie totale di quasi 40 metri quadri, costituisce una delle testimonianze storiche più importanti del mondo romano. Anno dopo anno, le condizioni del testo epigrafico augusteo diventano sempre più precarie, come noi stessi abbiamo avuto l'opportunità di verificare con la fotogrammetria, mettendo a confronto i rilievi compiuti dal 1997 ad oggi.

Lo stato presente del testo monumentale manifesta i sintomi di un malato all'ultimo stadio. Speriamo vivamente che non sia inutile ricordare che la memoria scritta delle *res gestae* di Augusto sta scomparendo. E forse non tutti ricordano che questa epigrafe, nota come la regina di tutte le

iscrizioni del mondo antico, costituisce un esempio straordinario di storia del pensiero politico, un pezzo di elegante bravura che denota una consumata abilità nel dire e nel tacere, tra verità e menzogna. In poche parole, attraverso un potente mezzo di comunicazione visiva, quale l'iscrizione bilingue sul tempio a lui dedicato, Augusto ha spiegato al mondo come si conquista un impero.

Introduzione al rilievo metrico dell'area archeologica

Le operazioni svolte durante la campagna 2009 hanno avuto un duplice obiettivo: da una parte si voleva realizzare un unico sistema di riferimento, utile all'unione delle varie operazioni di rilievo eseguite nel corso degli anni sull'area del tempio e, in secondo luogo, era necessario rilevare e rappresentare l'area di scavo già studiata a partire dagli anni '30 (Krencker, Schede, 1931), e parzialmente riaperta nel 2008, dagli archeologi del Museo delle Civiltà Anatoliche di Ankara. Per il primo obiettivo abbiamo utilizzato la tecnica GPS, mentre per il rilievo di dettaglio sono state integrate differenti metodologie, tra le quali rilievi RTK, i rilievi celerimetrici con stazione totale e un rilievo fotogrammetrico con riprese non convenzionali.

La rete di inquadramento GPS

Sull'area del tempio di Augusto, nel corso delle diverse campagne di studio e rilievo del Progetto Ancyra, dell'Università degli Studi di Trieste, a partire dal 1997, sono state realizzate differenti reti di inquadramento con l'utilizzo della stazione totale; sia per il rilievo e la rappresentazione della cella che per le parti circostanti il tempio. L'obiettivo della campagna 2008 è stato quello di realizzare un unico sistema di riferimento, che consentisse di far dialogare tra loro i differenti rilievi già eseguiti ed inoltre quello di ottenere un sistema di riferimento utile a georiferire correttamente l'intero sito nel sistema utilizzato dalla cartografia tecnica ufficiale turca. Le operazioni sopra citate sono state eseguite grazie alla corretta georeferenziazione dei vertici già materializzati sul terreno, attraverso la progettazione e realizzazione di una rete GPS, in modalità statica, sull'intera area del Tempio di Augusto (Figura 2).

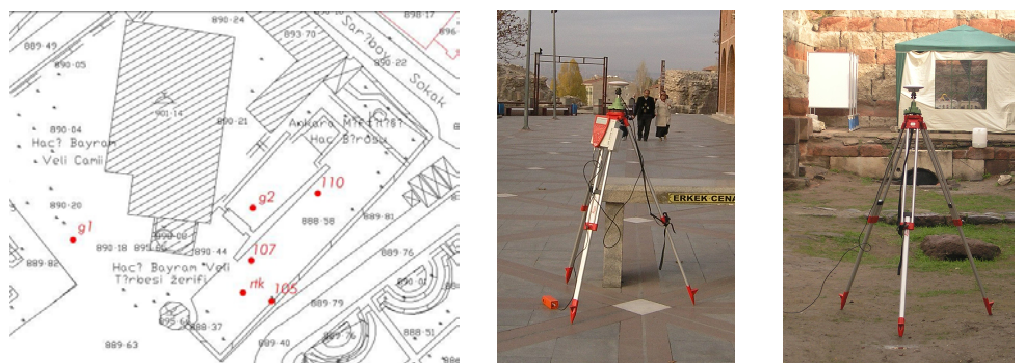


Figura 2 Cartografia di riferimento e punti GPS utilizzati per la misura della rete di inquadramento, acquisizione di dati GPS su due vertici della rete.

Per la realizzazione della rete abbiamo utilizzato due GPS doppia frequenza Leica System 500, con tempi di stazionamento pari a 45 minuti, per ogni singola base (*sample rate* 5 secondi).

Per la corretta georeferenziazione della rete è stata poi impiegata la stazione GPS permanente di Ankara (che fa parte della rete fondamentale Turca), grazie alla quale è stato possibile calcolare le coordinate dei punti misurati, sia nel sistema UTM, che in quello cartografico turco (*Gauss-Krueger*). Alla fine del processo di calcolo (per la compensazione ai minimi quadrati è stato utilizzato il software *Starnet* della *Starplus technologies*), le quote sono poi state convertite da

ellissoidiche ad ortometriche, utilizzando l'ondulazione del geoide, che per l'area relativa al Tempio di Augusto è pari a -37.474.

La seguente tabella 1 riporta le precisioni ottenute sui vertici della rete di inquadramento realizzata.

<i>Punto</i>	σ_x [m]	σ_y [m]	σ_z [m]
ANKR (stazione permanente)	0.000	0.000	0.000
g1	0.008	0.007	0.0011
g2	0.006	0.008	0.009
106	0.003	0.007	0.012
107	0.004	0.005	0.008
105	0.006	0.004	0.007
rtk	0.005	0.006	0.008

Tabella 1 Scarti sui punti della rete di inquadramento realizzata per il Tempio di Augusto

Grazie a tali coordinate è stato possibile calcolare i parametri di rototraslazione che hanno consentito di georeferire correttamente le precedenti reti realizzate con stazione totale sull'area del tempio di Augusto.

Il rilievo di dettaglio

Per una corretta conoscenza e rappresentazione dell'area di scavo del tempio è stato necessario realizzare un rilievo di dettaglio integrato, utilizzando sia tradizionali operazioni celerimetriche che rilievi RTK. Tale operazione si è resa indispensabile in quanto in alcune aree dell'edificio la ricezione del segnale GPS non consentiva di raggiungere le precisioni utili ad una rappresentazione a scala 1:100-1:50. In particolare, tale rilievo ha riguardato sia le principali discontinuità presenti sull'area di scavo, grazie alle quali è stato possibile realizzare una prima rappresentazione che fornisse esclusivamente la geometria dell'intero scavo, sia alcuni particolari non facilmente rappresentabili e rilevabili con altre metodologie. I punti "naturali" rilevati sono anche serviti come GCP (*Ground Control Points*) e CP (*Check Points*) durante il processo fotogrammetrico, che successivamente verrà analizzato nei particolari.

Tale rilievo è stato inoltre integrato da tradizionali operazioni longimetriche di dettaglio, per meglio comprendere le geometrie e le forme delle antiche rovine, prospicienti l'area della cella del Tempio di Augusto.

Il Rilievo Fotogrammetrico

Come noto, soprattutto per zone dove non è possibile ripetere con facilità le operazioni di misura, la metodologia migliore per la realizzazione di un rilievo a grande-grandissima scala è quella fotogrammetrica. Tale sistema consente di ottenere sia elaborati grafici tradizionali (piante, prospetti ecc.) sia, grazie all'utilizzo di modelli digitali del terreno, ortofoto "classiche", di precisione e solide, tutte decisamente apprezzate nel campo archeologico in quanto consentono di associare all'informazione metrica quella radiometrica (tipica delle fotografie), che permette, in alcuni casi, di comprendere con maggiore facilità l'area rilevata.

A livello nazionale ed internazionale si stanno sperimentando ormai da alcuni anni sistemi di ripresa aerea non convenzionali a basso costo (UAV, palloni frenati ecc), che consentano di riprendere l'area di scavo a bassa quota (Chiabrando et al., 2009).

Tali sistemi permettono, grazie al processo fotogrammetrico e soprattutto ai sempre più evoluti algoritmi utilizzati nei software di fotogrammetria digitale, di ottenere prodotti grafici a grandissima scala; rappresentazioni tipiche e necessarie per la documentazione ed il rilievo archeologico (Stylianidis, Patias, 2006).

Sull'area del Tempio di Augusto per l'esecuzione delle riprese a bassa quota è stata utilizzata una piattaforma aerea messa a disposizione dai Vigili del Fuoco del comune di Ankara (Figura 3).



Figura 3 Alcune fasi di acquisizione dei fotogrammi grazie all'utilizzo della piattaforma aerea e fotogramma riprendente una porzione dello scavo

Per le riprese è stata utilizzata una camera digitale Canon Eos 1Ds, dotata di obiettivo 24 mm. Le riprese sono state eseguite da due differenti posizioni della piattaforma e, non essendo stato possibile progettare a priori un corretto piano di volo, le immagini acquisite sono esuberanti rispetto a quelle strettamente necessarie per la copertura fotogrammetrica dell'area.

Dopo un'attenta analisi dei fotogrammi acquisiti, per le operazioni fotogrammetriche sono state utilizzate 6 immagini con quota media relativa, pari a circa 18 metri.

Per il processo fotogrammetrico abbiamo usato il software Leica Photogrammetric Suite, che consente durante il processo di triangolazione aerea (*bundle-block adjustment*), avendo a disposizione un numero esuberante di punti di controllo a terra (GCP) e (CP) di stimare, oltre ai parametri di orientamento esterno, anche le caratteristiche geometriche della camera (distanza principale, posizione punto principale e distorsioni).

Oltre ai punti naturali misurati durante il rilievo celerimetrico (impiegati soprattutto come *Check Points*), sono stati appositamente posizionati e misurati sul terreno una serie di Target (Figure 4-5).



Figure 4-5 Fase di misura eseguita con stazione totale e posizione sul terreno di alcuni Target

Tali punti sono stati utilizzati all'interno del software come *Ground Control Points*.

I risultati ottenuti al termine del *Bundle Block Adjustment*, riportati nella seguente Tabella 2, confermano la buona riuscita delle operazioni di orientamento fotogrammetrico ed hanno consentito di poter procedere alla operazioni di restituzione utili per ottenere gli elaborati grafici richiesti dagli archeologi.

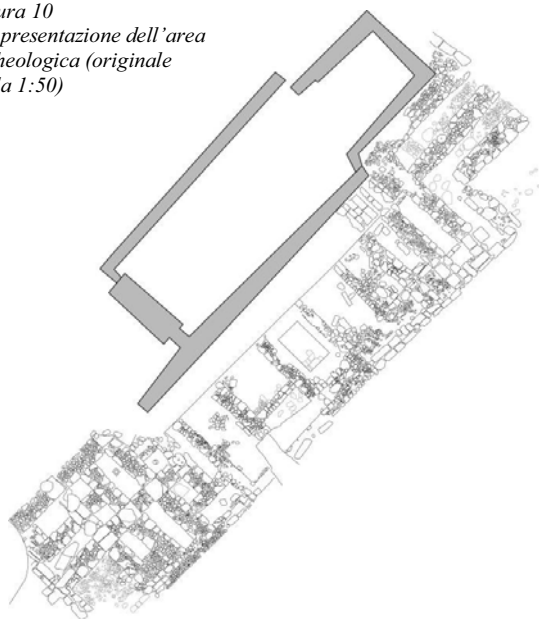
	D_x (media) [m]	D_y (media) [m]	D_z (Media) [m]
GCP (20)	0.008	0.009	0.010
CP (15)	0.012	0.009	0.015

Tabella 2 Residui sui GCP e sui CP al termine della triangolazione aerea

Restituzione e rappresentazione dell'area archeologica

Per una corretta documentazione dell'area archeologica del Tempio di Augusto è stato necessario realizzare una pianta a scala 1:50 dell'intero scavo. La metodologia seguita per l'esecuzione dell'elaborato grafico è stata quella della restituzione fotogrammetrica integrata in alcune aree con le informazioni derivanti dal rilievo di dettaglio. In fase di restituzione sono state rappresentate nei particolari le caratteristiche delle emergenze archeologiche, insieme all'archeologa Beatrice Pinna Caboni; tale processo ha consentito di ottenere un prodotto che rispetta le tolleranze tipiche di una rappresentazione in scala 1:50. Nella successiva figura 7 è riportata la pianta dell'area analizzata.

Figura 10
Rappresentazione dell'area
archeologica (originale
scala 1:50)



Conclusioni e futuri lavori

Il lavoro presentato riassume l'integrazione di differenti metodologie per la realizzazione del rilievo del Tempio di Augusto. Dalle elaborazioni eseguite e dall'esperienza del gruppo di lavoro in campo archeologico si evincono due fattori fondamentali per il rilievo e la documentazione archeologica. Come primo fattore, la necessità di realizzare sempre una rete di inquadramento generale (preferibilmente con metodologie GPS), utile sia per le operazioni di rilievo di dettaglio, sia per poter utilizzare (con le opportune trasformazioni e rototraslazioni), i supporti cartografici prodotti dai differenti enti territoriali.

Come secondo fattore, è necessario sottolineare ancora le grandi potenzialità della piattaforme non convenzionali per la realizzazione di riprese fotogrammetriche.

Con questi sistemi, sicuramente a basso costo, è possibile ottenere ottimi risultati per la realizzazione di elaborati grafici a grandissima scala. Sull'area del Tempio di Augusto, oltre alla pianta già prodotta, verranno realizzate alcune ortofoto, utilizzando per la realizzazione del modello digitale del terreno sia i punti rilevati durante la campagna di misura, sia i dati derivanti da tecniche di *image-matchig*, che si stanno sperimentando anche su questo caso "limite" di fotogrammetria aerea.

Riferimenti bibliografici

- Botteri P., Fangi G. (2003), "The Ancyra Project: the temple of Augustus and Rome in Ankara", International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, vol. XXXIV, part 5/W12.
- Botteri P. (1999), "Progetto Ancyra: la ricerca e il metodo", *Metodi e Ricerche*.
- Chiabrando F., Nex F., Marenchino D., Piatti D., Rinaudo F. (2009), "UAV systems for photogrammetric recording in archaeological areas: problems suggestions and products", in *SPIE Europe Remote Sensing Proceedings*, Berlin
- Krencker D., Schede M. (1936), *Der Tempel in Ankara*, Leipzig, Berlin
- Stylianidis S., Patias P. (2006), "Quick and accurate digital recording of archaeological findings using photogrammetry and laser scanning", in *E-volution of information communication technology in Cultural Heritage*, aa.vv., Archeolingua, Hungary