

Tecniche di fotomodellazione 3d e impiego dei SAPR. Il caso della media valle del Sinni (Basilicata meridionale)

Valentino Vitale

Riassunto: Le attività di ricerca e l'impiego di nuove e recenti tecnologie, in qualità di metodologia innovativa per la ricerca archeologica sul campo, sono tutte sperimentazioni effettuate nel triennio 2015-2017 nella media valle del Sinni in Basilicata (Italia Meridionale). Obiettivo di tali nuove indagini è stato lo studio del sistema insediativo e dell'organizzazione del paesaggio medievale della vallata in cui ancora si conservano significative tracce di insediamenti e strutture; i suoi limiti cronologici prendono in considerazione i secoli centrali del medioevo, dalla fine del IX al XV sec. d.C. Le procedure di documentazione sviluppate durante questa ricerca seguono alcune soluzioni per ottimizzare le tecniche di rilievo dei dati. A questi problemi hanno ovviato recentemente tutti i *software* di fotomodellazione tridimensionale, i quali, oltre a realizzare modelli 3d forniscono ortofotopiani dell'area da indagare. I modelli tridimensionali costituiscono un documento unico dello stato attuale dei singoli beni caratterizzato da informazioni metriche, geometriche e materiche, utili alla ricostruzione e alla documentazione stratigrafica archeologica e architettonica. Le procedure di modellazione 3d sono da annoverare tra i metodi recentemente applicabili allo studio conoscitivo di un sito. Le possibilità recenti di impiego di sistemi APR (droni), inoltre, permettono di ottenere aerofotogrammi di qualsiasi aerea in tempi ridotti ed economicamente vantaggiosi.

Parole chiave: Fotogrammetria, insediamento medievale, veicoli aerei a pilotaggio remoto, modellazione 3d, fotomodellazione.

Abstract: Research activities and the use of new and recent technologies, in quality of innovative methodology for archaeological research, they are all experiments carried out in the three years 2015-2017 in the middle valley of Sinni in Basilicata (Southern Italy). The aim of these new investigations was the study of the settlement system and the organization of the medieval landscape of the valley where yet significant traces of settlements and structures are preserved; its chronological limits take into consideration the central centuries of the Middle Ages, from the end of the ninth to the fifteenth century. A.D. The documentation procedures developed during this research follow some solutions to optimize data survey techniques. To these problems they have recently solved all three-dimensional photo-modeling software, which, in addition to creating 3D models, provide orthophotopians of the area to be investigated. The three-dimensional models constitute a unique document of the current state of individual goods characterized by metric, geometric and material information, useful for reconstruction and for the archaeological and architectural stratigraphic documentation. The 3D modeling procedures are to be counted among the methods recently applied to the cognitive study of a site. The recent possibilities of using RPA systems (drones), moreover, allow to obtain



aerofotograms of any aerial in reduced times and economically advantageous.

Keywords: Fotogrammetry, Medieval Settlement, Remotely Piloted Aerial Vehicles, 3d Modelling, Photo Modelling.

INTRODUZIONE

Le attività di ricerca e l'impiego di nuove e recenti tecnologie, in qualità di metodologia innovativa per la ricerca archeologica sul campo, sono tutte sperimentazioni effettuate nel triennio 2015-2017¹. Obiettivo di tali nuove indagini è stato lo studio del sistema insediativo e dell'organizzazione del paesaggio medievale della media valle del Sinni in cui si conservano significative tracce di insediamenti e strutture; i suoi limiti cronologici prendono in considerazione i secoli centrali del medioevo, dalla fine del IX al XV sec. d.C.² L'area, localizzata nel meridione della Basilicata, si estende dalle coste ioniche, ad oriente, fino alle pendici del Monte Sirino, ad occidente; al suo interno comprendeva il territorio del *Mercourion* e del *Latiniamon*, particolarmente coinvolti nello sviluppo di insediamenti religiosi sia di rito greco sia latino³, oltre ad essere interessata dal fenomeno parallelo dell'incastellamento qui iniziato a partire dal X-XI sec. d.C. Il campione analizzato è costituito da siti a continuità di vita, quali Chiaromonte, Senise, Episcopia, Teana, Roccanova, Calvera, Noepoli, Latronico, Valsinni, Colobraro (Fig. 1), e da centri scomparsi e abbandonati tra XIV e XV sec. d.C. e non più ripopolati come i centri in loc. "Catarozzo", compresa nel territorio del comune di Francavilla in Sinni (PZ), in loc. "Castello di Seluci" nel comune di Lauria (PZ), in loc. "Il Pizzo" (Valsinni, MT) e in loc. "Cozzo Madonne della Rocca" nei pressi del centro di Colobraro (MT).

L'IMPIEGO DEI SAPR IN ARCHEOLOGIA E TOPOGRAFIA

Fino a qualche decennio fa era necessario acquisire le immagini aeree esclusivamente da aeroplani o elicotteri, oppure da palloni aerostatici; ormai da qualche anno si è affermata prepotentemente la possibilità di gestire scatti dall'alto, dove la normativa e i luoghi lo consentono, per mezzo dell'impiego di SAPR⁴; ed è proprio in ambito del rilievo fotogrammetrico di aree di interesse archeologico che risulta essenziale la disponibilità di immagini fotografiche a grande scala e in momenti precisi. Il termine fotogrammetria, come

¹ VITALE 2018. Il lavoro è parte della tesi di dottorato dello scrivente dal titolo: 'Sistemi insediativi, organizzazione ed evoluzione del paesaggio medievale nella Basilicata Meridionale: la media valle del Sinni. Le forme del potere laico ed ecclesiastico tra X e XV secolo d.C.', PhD in 'Cities and Landscapes: Architecture, Archaeology, Cultural Heritage, History and Resources', Ciclo XXX, Tutor Prof.ssa F. Sogliani, DiCEM, Università degli Studi della Basilicata. Le attrezzature impiegate durante le fasi di rilievo (GNSS e Drone) sono state fornite dalla Scuola di Specializzazione in Beni Archeologici di Matera - SSBA - nell'ambito del progetto CHORA.

² BUBBICO *et alii* 1996; VITALE, BRUNO 2012: 373; VITALE, LISTA 2015.

³ VON FALKENHAUSEN 1996: 27-36.

⁴ Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto.

ormai è ben noto, è propriamente indicato per definire «l'insieme dei processi di utilizzazione delle immagini fotografiche per la formazione di carte topografiche e per l'esecuzione di rilievi architettonici»⁵, consentendo di determinare metricamente forma e posizione di oggetti. Questa tecnica, per quanto originariamente nata per essere utilizzata nel rilievo architettonico è attualmente utilizzata in massima parte per il rilevamento topografico del territorio, sviluppandosi principalmente nella forma della fotogrammetria aerea tramite APR. In archeologia, nonostante le potenzialità tecnologiche offerte dal mezzo tridimensionale, è spesso impiegata una particolare applicazione della fotogrammetria: il 'fotopiano'⁶. Questa metodologia permette di eseguire restituzioni grafiche di notevole precisione metrica, e su areali dall'estensione considerevole, servendosi di fotogrammi (Fig. 2).

Una volta liberati dalla vegetazione e dagli accumuli di abbandono, anche i ruderi di complessi quali la certosa di San Nicola in Valle (Francavilla in Sinni, pz), loc. Cozzo Madonne della Rocca (Colobraro, MT), castello di Seluci (Lauria, PZ) ed altri, si sono prestati ad un'operazione di rilievo tridimensionale mirato alla sperimentazione e alla creazione di un modello digitale quanto più preciso e fotorealistico, su cui in futuro progettare e ragionare (Fig. 3). Alla luce di queste considerazioni risulta importante la disponibilità di fotografie aeree che costituiscono, con la loro ricchezza di informazioni descrittive e metriche, uno strumento di indagine e documentazione dalle grandi potenzialità. Le procedure di modellazione 3d sono da annoverare tra i metodi recentemente applicabili allo studio conoscitivo di un sito, suggerite dai cambiamenti imposti dal progresso tecnologico alla stessa metodologia archeologica⁷.

Le possibilità di impiego di sistemi APR (droni), multicottero o ad ala fissa, permettono di ottenere aerofotogrammi di qualsiasi aerea in tempi ridotti ed economicamente vantaggiosi⁸. Il termine "droni" si riferisce a mezzi aerei a pilotaggio remoto, ovvero senza pilota a bordo, impiegati prevalentemente per uso militare ma che possono anche avere una funzione civile. Dal momento in cui hanno cominciato a svilupparsi gli impieghi civili di queste macchine, si è diffuso il termine *unmanned air vehicle* (UAV), cioè veicolo senza pilota. I droni nel campo dell'archeologia sono utilissimi per il monitoraggio dei beni e per la loro rappresentabilità fotografica e tridimensionale (Fig. 4). L'Unione Europea e gli Stati Uniti, consci dell'enorme potenziale di mercato di questi aerei per usi civili, hanno regolamentato il loro utilizzo con una serie di norme specifiche, che riguardano principalmente gli *standard* di sicurezza rispetto al loro impiego in ambienti diversi⁹.

⁵ JAFF 2005: 9.

⁶ FIORANI 1996.

⁷ FIORINI, ARCHETTI 2011; FIORINI *et alii* 2011; FIORINI 2008.

⁸ EISENBEISS, SAUERBIER 2010: 526-531; FALLAVOLLITA *et alii* 2013: 131-135; NEX, REMONDINO 2014: 1-15.

⁹ In Italia la normativa che regola il volo dei droni è garantita dal "Regolamento Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto", Edizione 2, Emendamento 4 del 21 maggio marzo 2018. In questo documento si stabilisce inoltre che l'operatore e il drone che volano per motivi professionali devono essere, il primo, provvisto di regolare

L'opportunità di sviluppare una esperienza di ricognizione area si è presentata nel corso del 2017 ammortizzando notevolmente i costi della ricerca¹⁰. Ovviamente le aree soggette ad attività di *survey* sono di dimensioni esigue rispetto all'estensione della media valle del Sinni. È stato comunque avviato un programma regolare di ricognizioni aeree puntuali concentrando le attività nei periodi di maggiore visibilità delle tracce archeologiche, tra fine maggio e inizi giugno¹¹ (Fig. 5a, b). La disponibilità del mezzo di volo ha consentito allo stesso tempo di effettuare riprese aeree anche in altri periodi e ogni volta che se ne presentasse l'occasione e la necessità, in modo da ottenere un campionario di voli e di immagini diverse durante tutto l'anno. L'altezza consentita raggiungibile con questo sistema, disciplinata anch'essa per legge, può essere al massimo di m 150 in aree definite "non critiche", ma ai fini della fotogrammetria un buon compromesso tra l'area coperta dal fotogramma e la scala dello stesso, si ottiene in un *range* che va da m 50 a m 100 di altitudine. Il lavoro di mappatura dei siti indagati ha portato alla realizzazione di oltre 10.000 scatti, acquisiti da una quota di volo di *ca.* m 50. Fattore condizionante delle riprese è stato il vento; in località quali Cozzo Madonne della Rocca (Colobrarò, mt) e Loc. Il Pizzo (Valsinni, mt), poste entrambe in una strettoia fluviale, questo agente atmosferico ha reso particolarmente complicata l'intera fase di acquisizione, con l'obbligo di più sopralluoghi in orari differenti della giornata e in diverse stagioni dell'anno.

Al fine di inserire i rilievi in un sistema di riferimento assoluto sono stati condotti posizionamenti gps che hanno permesso il collegamento ai vertici di controllo fotogrammetrici predisposti prima di ogni volo sulla superficie da rilevare, con accuratezza del posizionamento assoluto a livello millimetrico. Il posizionamento di questi capisaldi è stato rilevato con sistema gnss Leica gs 80, con precisione millimetrica in modalità *start and go* (Fig. 6). La procedura di documentazione, come nel caso di scatti da terra, è sviluppata come applicazione di tecniche di fotomodellazione facenti riferimento alla possibilità di ottenere una ricostruzione tridimensionale del soggetto analizzato partendo esclusivamente da un *set* di fotogrammi digitali. Sulla base di queste premesse si è deciso di approfondire, presso ogni singolo sito individuato nella media valle del Sinni, le possibilità di impiego della fotomodellazione 3d sia come strumento ricostruttivo per la creazione di modelli tridimensionali, sia come strumento d'indagine per la creazione di ortofotopiani, permettendo inoltre di ottenere l'enfatizzazione delle tracce archeologiche visibili a terra.

Nei casi sistematici di scavo archeologico condotti tra il 2015-16, come per il caso della grancia di Ventrile presso Chiaromonte (PZ) e per il castello Isabella Morra presso Valsinni (MT), la possibilità di poter utilizzare, in seguito, modelli digitali di stratigrafie già documentate e rimosse, permette di ottenere una banca dati non solo visiva, ma può fornire

permesso di volo ottenuto tramite scuole abilitate e, il secondo, ottenere la dichiarazione di mezzo certificato presso ENAC.

¹⁰ L'operatore autorizzato al volo è lo scrivente in qualità di Operatore SAPR con abilitazione alle operazioni specializzate riferimento ENAC n. 9981.

¹¹ VITALE 2018.

informazioni metriche e strutturali di ciò che si esamina¹². Questi siti possiedono una documentazione digitale tridimensionale che può essere impiegata quale testimonianza di momenti edificatori oggi non più visibili. Sono anche gli stessi restauri, seppur filologicamente corretti e precisi che apportano cambiamenti dovuti a strutture attualmente non più del tutto simili al momento della scoperta¹³ (Fig. 7). La produzione di modelli digitali ha consentito lo sviluppo di planimetrie di dettaglio e la possibilità di realizzare infinite sezioni passanti per infiniti piani delle stratigrafie rimosse. Lo stesso sviluppo di modelli 3d di grandi aree ha consentito di generare altri supporti cartografici utili alla ricerca. Il riferimento va alla generazione di DEM e DTM delle aree oggetto d'indagine. Questi portano con se, come nel caso degli stessi ortofotopiani, le informazioni cartografiche fornite loro dall'antenna GPS del drone. Come tali possiedono lo stesso sistema di coordinate preimpostato al progetto e possono essere inseriti con semplicità nella cartografia GIS di partenza. Di ogni singolo sito individuato, pertanto, è stato realizzato un modello digitale del terreno con precisione 10-20 cm in ausilio alla documentazione che solitamente si produce nello studio archeologico di un'area. Il dato è integrabile, proprio in ambiente GIS, con tutta una serie di altre informazioni. Passando dalle informazioni prettamente cartografiche e tridimensionali si è potuto implementare in un sistema omogeneo, in cui sono stati raccolti dati quali schede e fotografie, anche informazioni topografiche e di rilievo strutturale quali prospetti, campionature murarie e distribuzione dei materiali. La possibilità di utilizzare i modelli tridimensionali anche per scopi diversi dalla semplice documentazione e rappresentazione, come ad esempio per valutazioni di tipo strutturale o legate alla diagnostica dei materiali e allo stato di degrado, apre un'importante scenario sull'adozione futura di tali metodi. Interessante è, per esempio, la possibilità recente di interpolazione dei formati tridimensionali con motori grafici che ne permettono la navigabilità in modalità interattiva e intelligente, per non parlare delle possibilità offerte dalla stampa degli stessi modelli grazie a stampanti 3d. Queste ultime permettono di ottenere modelli fruibili da pubblici diversi con abilità diverse, garantendo una comprensione tattile e visiva di luoghi difficilmente visitabili e comunque non sempre accessibili a tutti.

CONCLUSIONI

I dati ottenuti risultano esemplari in quanto l'insieme della documentazione fotografica, di per sé già esplicativa e conservativa dell'analisi prettamente archeologica, risulta essere anche uno strumento in grado di produrre modelli utili per monitorare interamente un sito; a tutto ciò fa seguito la realizzazione di un modello tridimensionale, divenendo valore aggiunto grazie alla stessa sensazione di tridimensionalità e al notevole livello conoscitivo di un'area. La possibilità di utilizzare modelli ottenuti per mappare topograficamente nella sua interezza evidenze archeologiche diverse, di qualsiasi estensione esso siano, aggiunge un notevole

¹² VITALE 2014; VITALE 2018.

¹³ VITALE 2018.

livello di utilità alle fotografie aeree. In questo caso è fondamentale per ottenere risultati di altissima qualità, sia in termini di precisione geometrica, sia tramite accurata georeferenziazione, una posizione precisa. Gli scatti ottenuti portano con sé il dato geografico grazie al posizionamento garantito dalla stessa antenna gps del drone, accuratezza assicurata ulteriormente a terra in seguito all'ancoraggio di punti fissi di controllo tramite sistema gnss. L'intero sistema insediativo della media valle del Sinni nella diacronia, e i dati ottenuti da questa ricerca, sono stati integrati all'interno di una piattaforma GIS grazie alla quale sono stati generati tutta una serie di modelli predittivi, quali analisi di visibilità (viewshed analysis) e poligoni di Thiessen. Il dato ottenuto ha permesso di ragionare sulle dinamiche di distribuzione e su alcune delle ragioni ad esse sottese, tentando una ricostruzione dei paesaggi antichi quanto più fedele e rispondente l'originale.

VALENTINO VITALE

Università della Basilicata

SoGEArch S.r.l.s.

vitale.valentino@libero.it

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BUBBICO *et alii* 1996: L. Bubbico, F. Caputo, A. Maurano (eds.), *Monasteri italogreci e benedettini in Basilicata*, La Tipografica, Potenza 1996.
- EISENBEISS, SAUERBIER 2010: H. Eisenbeiss, M. Sauerbier, *UAVs for the documentation of archaeological excavations*, «The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences» XXXVIII, 2010, pp. 526-531.
- VON FALKENHAUSEN 1996: V. von Falkenhausen, *La diocesi di Tursi-Anglona in epoca normanna-sveva: terra d'incontro tra greci e latini*, in C.D. Fonseca, V. Pace (eds.), *Santa Maria di Anglona*, Atti del Convegno internazionale di studio promosso dall'Università degli Studi della Basilicata in occasione del decennale della sua istituzione (Potenza-Anglona 1991), Congerdo Editore, Galatina 1996, pp. 27-36.
- FALLAVOLLITA *et alii* 2013: P. Fallavollita, M. Balsi, S. Esposito, M.G. Melis, M. Milanese, L. Zappino, *UAS for archaeology. New perspectives on aerial documentation*, «The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences» XL, 2013, pp. 131-135.
- FIORANI 1996: D. Fiorani, *Tecniche costruttive murarie medievali. Il Lazio meridionale*, L'Erma di Bretschneider, Roma 1996.

- FIORINI, ARCHETTI 2011: A. Fiorini, V. Archetti, *Fotomodellazione e stereofotogrammetria per la creazione di modelli stratigrafici in archeologia dell'architettura*, «Archeologia e Calcolatori» 22, 2011, pp. 199-216.
- FIORINI *et alii* 2011: A. Fiorini, A. Urcia, V. Archetti, *The digital 3D survey as standard documentation of the archaeological stratigraphy*, in M. Dellepiane, F. Niccolucci, S. Pena Serna, H. Rushmeier, L. Van Gool (eds.), VAST 2011. *The 12th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage, (Prato, Italy, October 18-21, 2011)*, Eurographics Association, Goslar (Germany) 2011, pp. 145-152.
- FIORINI 2008: A. Fiorini, *Esperienze di fotomodellazione e stereofotogrammetria archeologica*, in G. Volpe, G. De Felice, M.G. Sibilano (eds.), *L'informatica e il metodo della stratigrafia. Atti del Workshop (Foggia 2008)*, Edipuglia, Bari 2008, pp. 175-186.
- JAFF 2005: M. Jaff, *Rilievo fotogrammetrico dell'architettura*, Alinea, Firenze 2005.
- NEX, REMONDINO 2014: F. Nex, F. Remondino, *UAV for 3D mapping applications: a review*, «Applied Geomatics» 6, 2014, pp. 1-15.
- VITALE, BRUNO 2012: V. Vitale, B. Bruno, *La valle del Sinni in età medievale. Il monastero di San Nicola del Ventrile (Francavilla in Sinni - PZ): primi dati*, in F. Redi, A. Forgiione (eds.), *VI Congresso Nazionale di Archeologia Medievale, (L'Aquila, 12-15 settembre 2012)*, All'insegna del Giglio, Firenze 2012, pp. 371-376.
- VITALE, LISTA 2015: V. Vitale, M. Lista (eds.), *La Contea di Chiaromonte. Ceti sociali ed istituzioni ecclesiastiche tra XIV e XVIII secolo d.C.*, Grafiche Zaccara, Lagonegro 2015.
- VITALE 2014: V. Vitale, *La Contea di Chiaromonte (Basilicata): fonti documentarie e persistenze archeologiche. Materiali per la ricostruzione storico-insediativa dall'età normanna al basso medioevo*, in F. Meo, G. Zuchtriegel (eds.), *Siris Herakleia Polichoron. Città e campagna tra antichità e medioevo*, Atti del Convegno (Policoro, 12 luglio 2013), «Siris» 14, 2014, pp. 215-233.
- VITALE 2018: V. Vitale, *Sistemi insediativi, organizzazione ed evoluzione del paesaggio medievale nella Basilicata Meridionale: la Media Valle del Sinni. Le forme del potere laico ed ecclesiastico tra X e XV secolo d.C.*, Tesi di dottorato, Università degli Studi della Basilicata, Dipartimento DiCEM, Matera 2018.

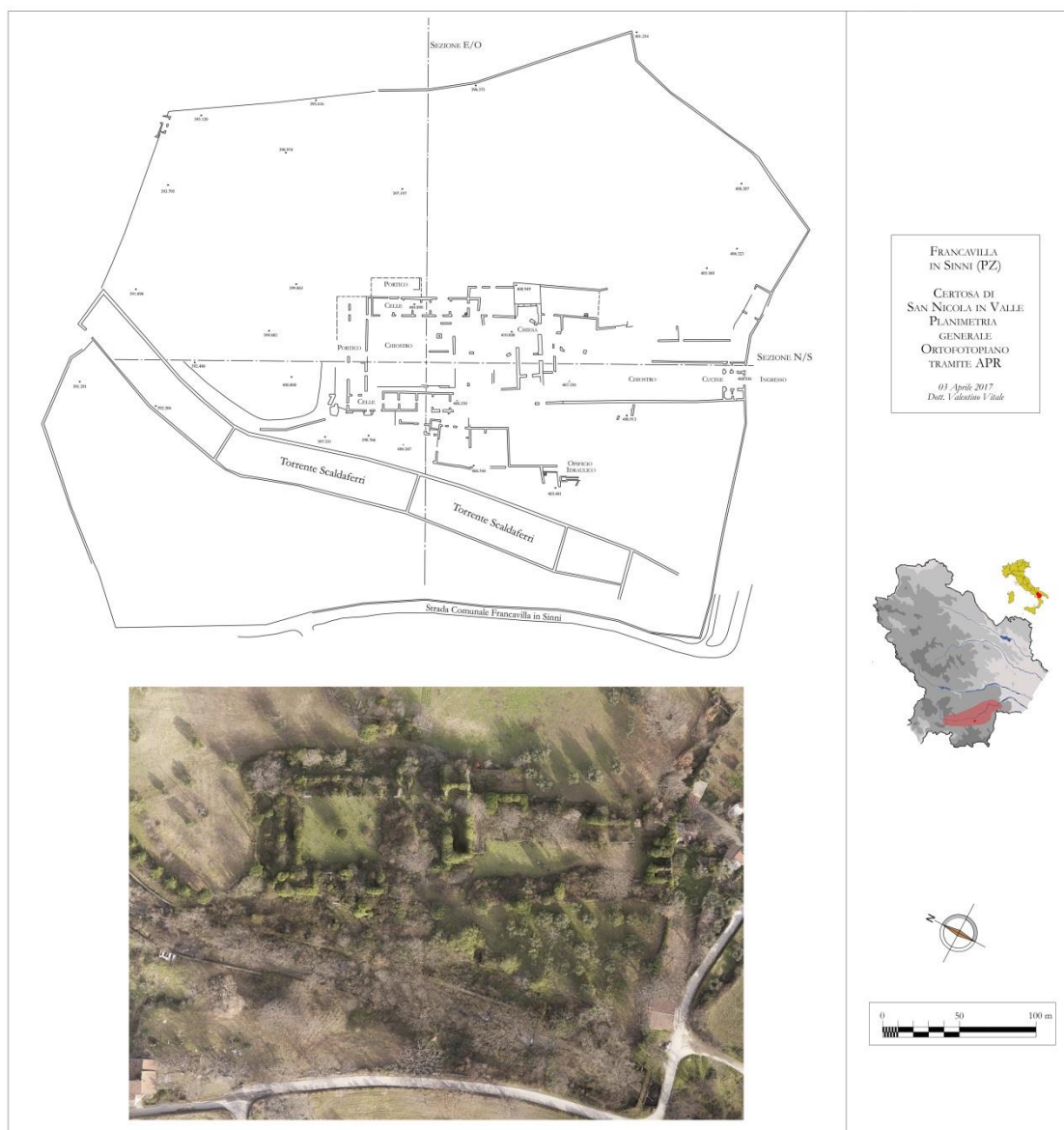


Fig. 2: FRANCAVILLA IN SINNI – Certosa di San Nicola in Valle: planimetria e ortofotopiano realizzato tramite SAPR (elaborazione grafica V. Vitale).

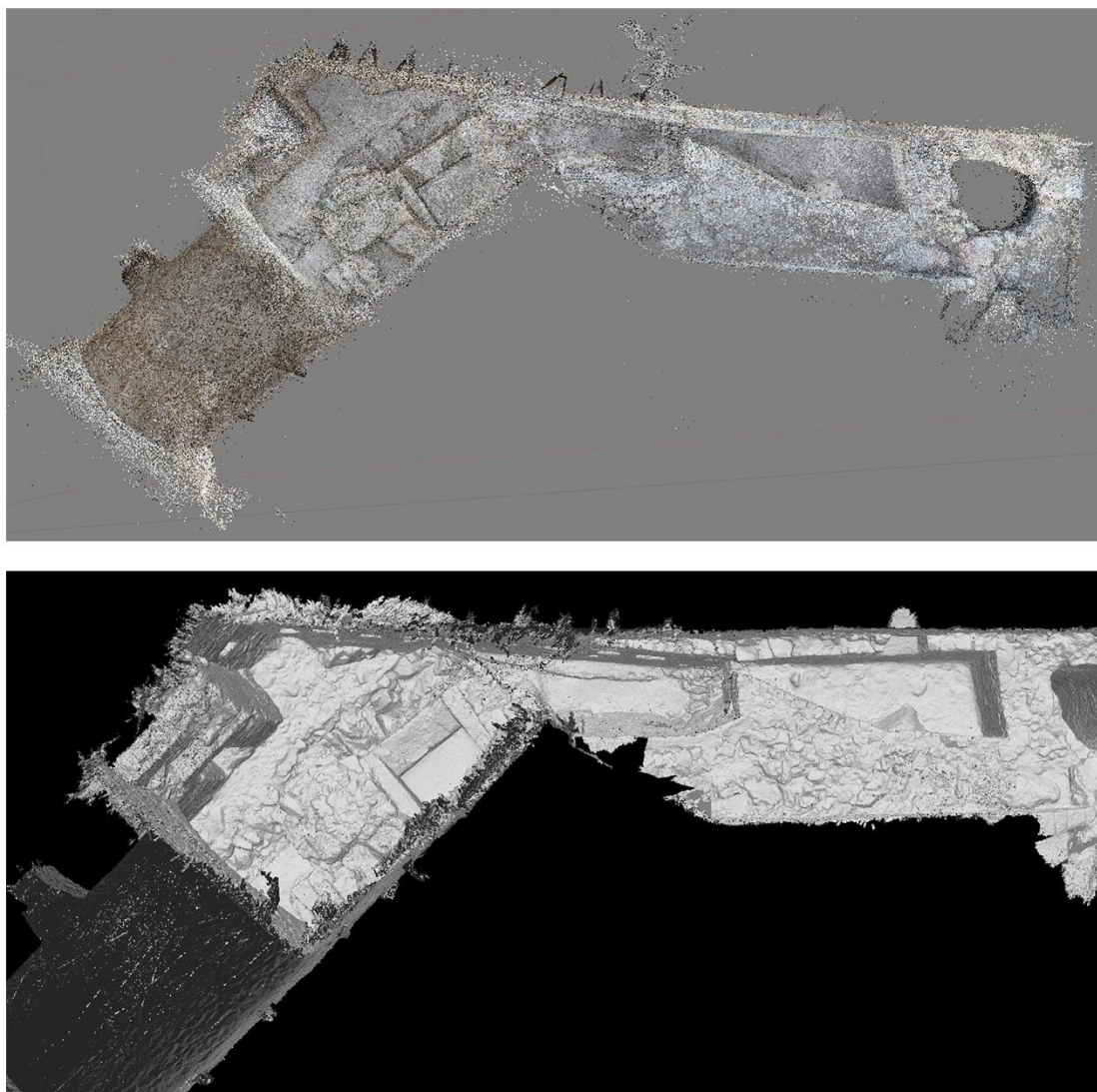


Fig. 3: VALSINNI – Castello Isabella Morra: modelli tridimensionali delle aeree di scavo realizzati tramite tecniche di fotomodellazione 3d (elaborazione grafica V. Vitale).



Fig. 4: Drone esacottero Tarot 650 e payload Sony rx 100 mark IV (foto V. Vitale).

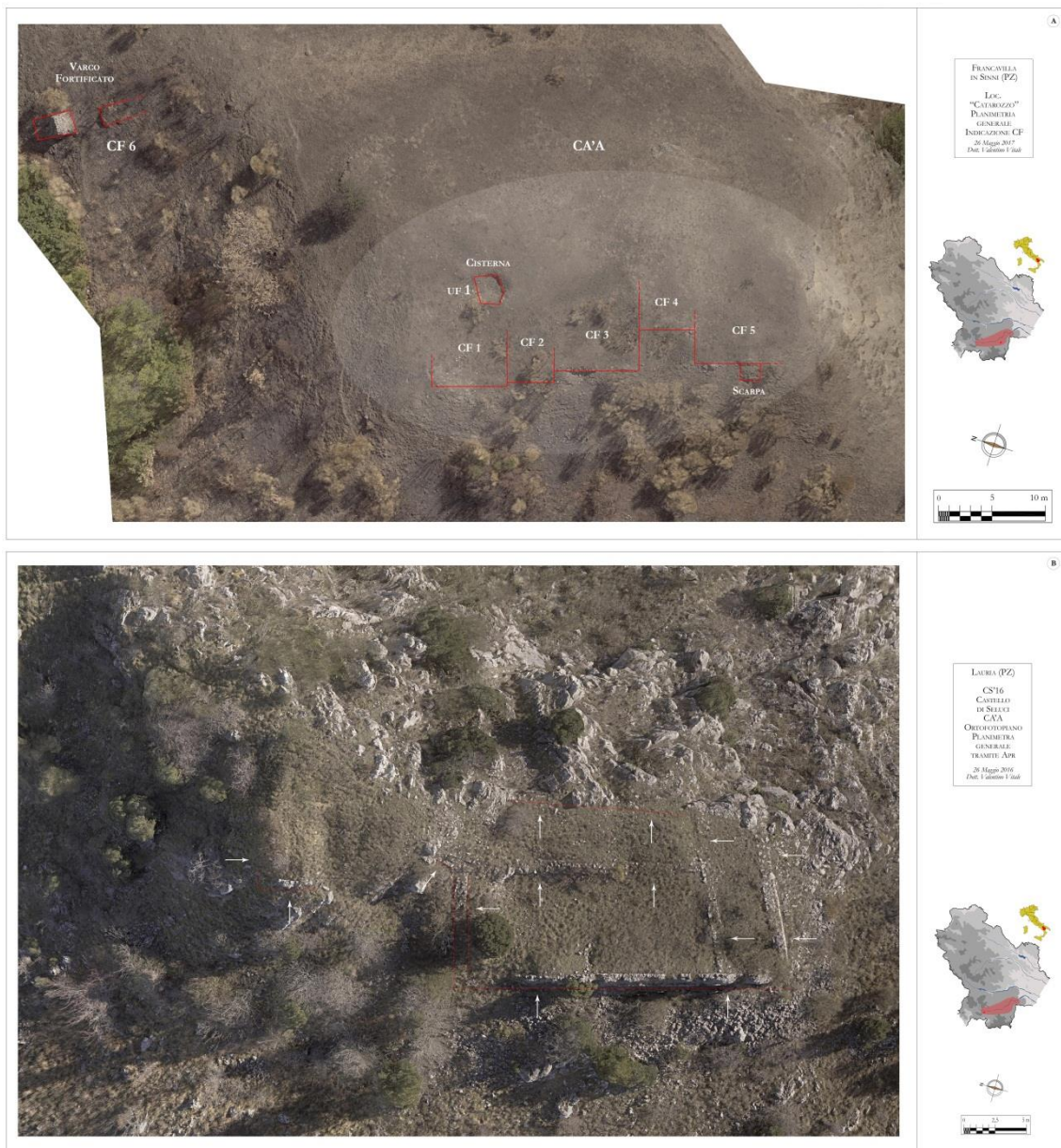


Fig. 5: a) FRANCAVILLA IN SINNI - Località "Catarozzo": ortofotopiano realizzato tramite SAPR con indicazione delle evidenze architettoniche. b) LAURIA - Località "Castello di Seluci": ortofotopiano realizzato tramite SAPR con indicazione delle evidenze architettoniche (elaborazione grafica V. Vitale).



Fig. 6: Fasi di rilievo tramite GNSS differenziale Leica GS 80. In alto località “Castello di Seluci” (Lauria, PZ); in basso località “Cozzo Madonne della Rocca” (Colobrarò, MT) (foto Agnese Ugolini).

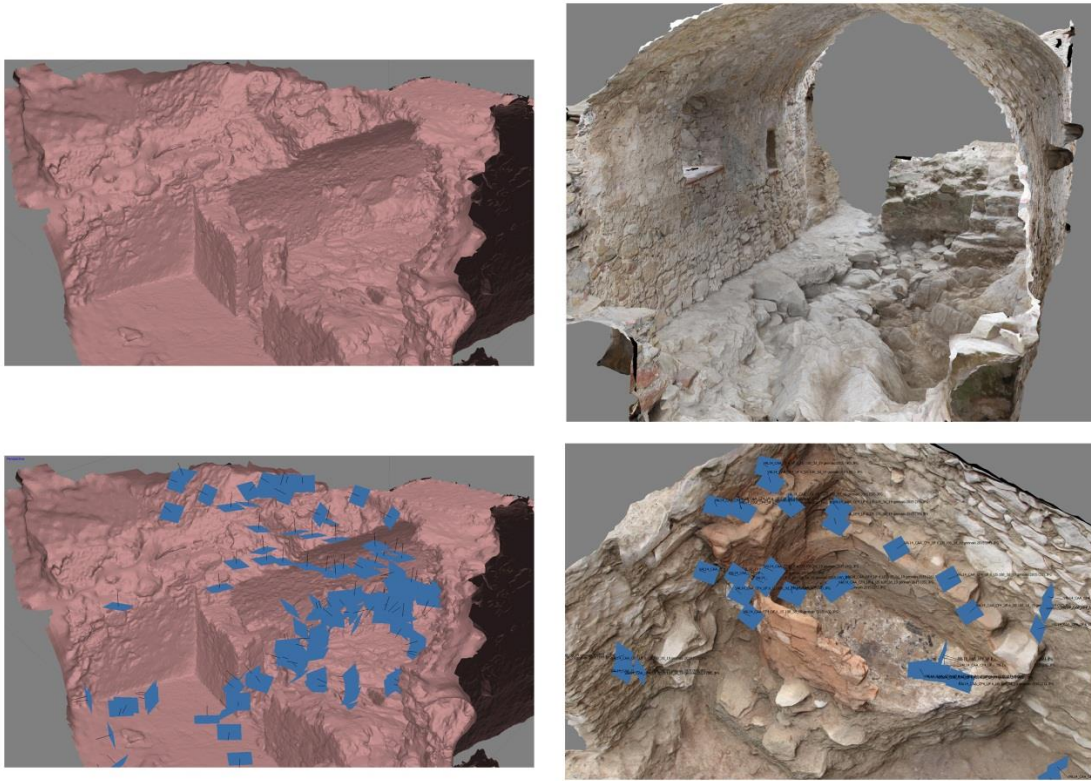


Fig. 7: Esempi modelli tridimensionali (castello Isabella Morra, Valsinni MT) (elaborazione grafica V. Vitale).