

Un Iseion a Gravisca? Fotogrammetria, telerilevamento multispettrale da APR e dati archeologici per una possibile identificazione

Lucio Fiorini - Filippo Materazzi

In recent years drones have become an innovative and powerful tool for the documentation of archaeological sites and for the identification of buried remains. In this study, firstly, the Greek-Etruscan sanctuary of Gravisca (Tarquinia, Italy) was documented using drone aerial photogrammetry. Secondly, it has been possible to accurately identify around the site the marks of buried structures analysing the health status of vegetation through the multispectral remote sensing and applying vegetation indexes. The identified marks may allow to hypothesize the presence of an Isis sanctuary in Gravisca, already attested by epigraphic sources.

1. Introduzione

L'attuale crescita esponenziale nell'utilizzo degli APR (Aeromobile a Pilotaggio Remoto)¹ in moltissimi campi è perfettamente spiegabile se si pensa agli enormi vantaggi che essi forniscono. Negli ultimi anni si sono diffusi nell'industria cinematografica, nelle riprese televisive di qualsiasi genere, nelle ispezioni, nelle analisi ambientali, in moltissime attività sperimentali, nell'agricoltura di precisione e in parte anche in archeologia. Questo successo è dovuto in primo luogo alla loro sempre maggiore semplicità d'uso in rapporto alla qualità del dato che è possibile ottenere e ai costi di utilizzo mediamente bassi. L'organizzazione e la realizzazione di acquisizioni con i mezzi aerei tradizionali necessitano di molto più tempo rispetto a quello richiesto da un APR, che può essere trasportato nell'area di interesse e decollare in breve tempo e in pochissimo spazio per poi acquisire immagini ad altissima risoluzione.

Negli ultimi anni, anche come risultato della sempre persistente mancanza di finanziamenti per la ricerca e della conseguente diminuzione dei fondi per le indagini su campo, l'aerofotogrammetria e il telerilevamento da APR stanno dando un nuovo impulso agli studi topografici², dimostrandosi per di più oramai ineludibili nel campo della diagnostica archeologica. Un drone consente infatti di effettuare rilievi fotogrammetrici per la documentazione cartografica dei siti, ma anche di sorvolare ampi spazi per individuare le tracce archeologiche, raccogliendo dati per la realizzazione di mappe tematiche prima di intraprendere un'operazione di scavo, o a fini di tutela e salvaguardia del patrimonio.

¹ Secondo la definizione della normativa ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) entrata in vigore il 30 aprile 2014, un APR è un "mezzo aereo a pilotaggio remoto senza persone a bordo, non utilizzato per fini ricreativi e sportivi". Questo genere di velivoli sono spesso noti come droni, ma anche con numerosi altri nomi fra cui UAV (Unmanned Aerial Vehicle), UAS (Unmanned Aerial System), RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) e altri. Si distinguono per essere controllati a distanza ma sono in grado di volare come un normale aereo od elicottero e possono avere dimensioni molto diverse. In Italia vengono suddivisi in due classi in base alla massa massima al decollo, minore di 25Kg e uguale o maggiore a 25Kg. Il regolamento italiano ENAC "Mezzi aerei a pilotaggio remoto" è disponibile al sito: www.enac.gov.it.

² SCHLANGER *et al.* 2010.

Congiuntamente allo sviluppo degli APR, costantemente in rapida evoluzione, vengono migliorati anche i sensori trasportabili. Ne esistono di realizzati appositamente per questo genere di velivoli sia per la fotogrammetria aerea, sia multibanda³, che consentono di ottenere risoluzioni a terra (GSD) finora impensabili con le immagini satellitari o da aeroplano. Infatti i sensori multispettrali o termici, che possiedono una risoluzione piuttosto bassa, una volta installati sui droni possono essere utilizzati a bassa quota con un notevole miglioramento dei risultati, permettendo analisi sempre più sofisticate e dettagliate.

Trattandosi di tecnologia recente, sono ancora pochi gli studi dove vengono impiegati gli APR per l'individuazione delle tracce archeologiche⁴ e ancor meno quelli in cui viene utilizzato l'infrarosso vicino⁵ o il termico⁶, mentre quelli relativi al loro utilizzo per la documentazione dei siti stanno iniziando a diffondersi⁷. Come base di partenza per questa ricerca sono stati perciò utilizzati i numerosi e incoraggianti risultati prodotti dagli studi sul telerilevamento da satellite e da aereo, oramai presenti da molti anni e in particolare quelli più recenti dedicati all'utilizzo e al confronto degli Indici di Vegetazione (VI)⁸, formule matematiche utilizzate in agronomia per determinare la condizione fisiologica della vegetazione sulla base delle loro caratteristiche di riflessione e assorbimento di varie bande dello spettro elettromagnetico. Molto utile è stato infine il telerilevamento sperimentale⁹, che ha fornito dei dati molto affidabili grazie ai test sull'efficacia dei VI in un contesto controllato, e si auspica in futuro una crescita del numero di questo genere di studi.

In questo studio, oltre a riconfermare l'efficacia degli APR in campo archeologico per la documentazione dei siti, si intende contribuire ad ampliare le conoscenze sul telerilevamento multispettrale a bassa quota, unitamente all'utilizzo degli indici di vegetazione per l'individuazione delle tracce archeologiche. A questo proposito sono stati effettuati dei voli con un drone multirotores nel contesto della colonia romana di *Graviscae* (Tarquinia) fondata nel 181 a.C., la cui identificazione, rimasta incerta per lungo tempo, è avvenuta grazie agli scavi condotti nel 1969 da Mario Torelli¹⁰.

2. Materiali e metodi

Per lo studio della piccola area selezionata è stato utilizzato un prototipo di un APR esarotore della Sky-Robotic¹¹. Si tratta di un velivolo professionale con motori elettrici disposti su un telaio a stella che consente una massima autonomia di volo di circa 35 minuti, variabile a seconda del carico trasportato e delle condizioni atmosferiche. Il peso complessivo al decollo supera di poco i 4 Kg. La camera in dotazione per effettuare i rilievi aerofotogrammetrici è stata una Canon IXUS 130 14,1 Mpx con un peso di circa 133 g e una lunghezza focale di 5-20 mm. Per il telerilevamento, invece, è stato usato un sensore multispettrale Tetracam ADC Micro (fig. 1) realizzato appositamente per i mezzi aerei a pilotaggio remoto. La camera ha lunghezza focale di 8,43 mm e un peso di 90 g ed è in grado di catturare la luce visibile con lunghezza d'onda maggiore di 520 nm (verde e rosso) e l'infrarosso con lunghezza d'onda fino a 920 nm (NIR).

Le onde elettromagnetiche che l'occhio umano percepisce sono comprese all'incirca tra 380 nm e 750 nm, mentre l'infrarosso vicino (NIR) ha una lunghezza d'onda compresa fra 750 nm e 1400 nm. Tutti gli oggetti riflettono e assorbono differenti lunghezze d'onda di energia elettromagnetica e le piante, in particolare, riflettono questa energia in parte nell'area del verde, ma soprattutto nell'area dell'infrarosso, che non siamo in grado di vedere, mentre assorbono energia nelle aree del rosso e del blu. Proprio per questo motivo percepiamo le foglie verdi, ma perdiamo molte informazioni sulle loro reali condizioni fisiologiche, poiché queste sono evidenziate dall'infrarosso, che ne esalta i minimi cambiamenti nella riflettanza causati dalle più piccole anomalie. Grazie alle immagini all'infrarosso e agli indici di vegetazione, che mettono in relazione più bande

³ Riguardo ai primi esperimenti nel 2006 sulle micro multispettrali per APR: ANNEN, NEBIKER, OESCH, SCHERRER 2008.

⁴ Per esempio: AGAPIOU *et al.* 2015; HOLNESS, MATTHEWS, SATCHELL, SWINDELL 2016; STEK 2016.

⁵ LEHMANN, PRINZ, SMITHSON 2015; ANGÁS *et al.* 2015.

⁶ AGAPIOU *et al.* 2014; BAUMANN, CHEN, JENSEN 2008; BARETH, BENDIG, BOLTEN 2012; CALASTRENC, HAUTEFEUILLE, POIRIER 2013; CASANA, COTHREN, KANTNER, WIEWEL 2014.

⁷ BARAZZETTI 2011; JULITTA *et al.* 2011; CHIABRANDO *et al.* 2012; BALSÌ 2013; PIANI 2013; FERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, GONZÁLEZ-AGUILERA, MANCERA-TABOADA, RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ 2015; BOZZI, CONATI BARBARO, MALINVERNI, PIERDICCA, TASSETTI 2016.

⁸ TRAVIGLIA 2006; COTTICA, TRAVIGLIA 2011; BENNETT *et al.* 2012; ORLANDO, VILLA 2011; BENNETT *et al.* 2013; AGAPIOU *et al.* 2013a; AGAPIOU *et al.* 2013b; AGAPIOU 2016.

⁹ AGAPIOU *et al.* 2012; AGAPIOU *et al.* 2012b; AGAPIOU *et al.* 2012c; AGAPIOU *et al.* 2012d; AGAPIOU *et al.* 2013c.

¹⁰ Cfr. TORELLI 1971.

¹¹ Per una descrizione dettagliata dell'ultima versione del multirotores SkyRobotic si veda: VENTURI *et al.* 2016: 6-7.

spettrali, è quindi possibile rintracciare con grande precisione e con la massima efficienza lo stress della vegetazione. I *crop-marks*, o tracce da vegetazione, sono dovute appunto a diverse tipologie di stress delle piante causate dal mutamento delle condizioni e delle caratteristiche del suolo prodotto da resti antropici sepolti. Il VI più utilizzato e più citato per descrivere le condizioni di salute delle piante è il NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)¹², che mette in relazione l'assorbimento spettrale della clorofilla nel rosso, con il fenomeno della riflessione nell'infrarosso vicino. Si basa sulla differenza normalizzata dei valori di riflettanza nell'infrarosso vicino e nel rosso: più la vegetazione è rigogliosa e in salute e maggiore è l'energia riflessa nell'infrarosso vicino e minore quella riflessa nel rosso. In realtà il NDVI è solamente uno dei moltissimi indici esistenti e anche se particolarmente utilizzato, non è risultato sempre il più efficace. Poiché ogni indice ha un utilizzo e un esito differente, che varia anche a seconda della specie, della fase fenologica, delle condizioni climatiche e microclimatiche e delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno, è necessario un utilizzo simultaneo di più indici per visualizzare un maggior numero di tracce ed avere un riscontro sull'affidabilità del dato ottenuto¹³.

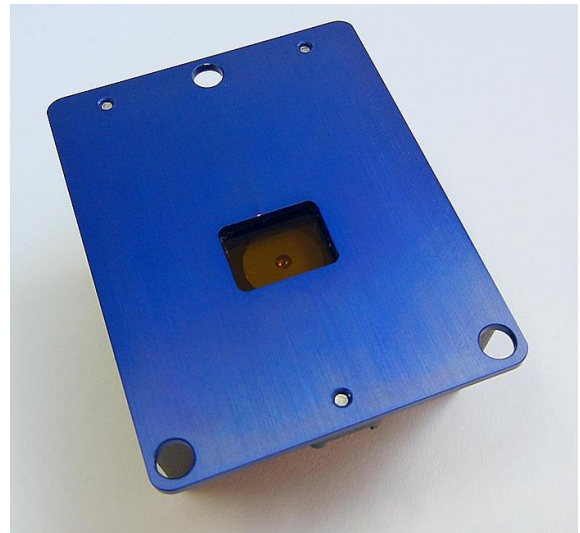


Fig. 1. Tetracam ADC Micro (90g).

Piuttosto che testare indifferentemente molti dei numerosissimi VI trovati in letteratura, sulla linea degli studi sul telerilevamento per l'agricoltura di precisione, si è preferita una scelta sulla base dell'efficacia che essi potessero avere nella comprensione di determinate anomalie della vegetazione che potevano essere presenti nel contesto in esame. Secondo questo principio, con l'analisi della fisiologia delle piante e la scelta mirata degli indici più adatti a descriverla, è possibile identificare i minimi cambiamenti dovuti a determinate evidenze antropiche sepolte e intuirne la tipologia. In aggiunta, sono stati considerati anche gli studi in campo archeologico sui dati da satellite, da aereo e da spettroradiometro, che oltre a testare l'efficacia dei VI, hanno studiato la sua variazione a seconda della fase fenologica delle piante e in base all'uniformità e alla densità della vegetazione¹⁴. In realtà, è logico pensare che, a causa della bassa risoluzione del dato satellitare, e in parte da aereo, e alla conseguente commistione in un pixel di dati riferiti sia alla vegetazione, sia al terreno e a causa dei problemi dovuti ai disturbi dati dall'atmosfera, vi sia una certa differenza nell'utilizzo e nell'efficacia dei VI, rispetto a quando vengono applicati ai dati ad altissima risoluzione, spesso sovrabbondanti, prodotti dai sistemi aerei a pilotaggio remoto. Verificare questa differenza è stato uno dei principali obiettivi che ci si era prefissati con questo lavoro.

Tenendo conto di tutto quanto descritto sopra e nonostante le limitazioni imposte dallo spettro di acquisizione del sensore a disposizione, caratterizzato dalle sole bande del rosso, verde e infrarosso vicino, sono stati scelti e testati 9 VI broadband, elencati in dettaglio nella tabella 1.

Nell'aerofotogrammetria a bassa quota con APR si utilizzano metodologie in parte differenti rispetto a quelle consuete nella fotogrammetria aerea tradizionale, a causa delle differenze fra un aeromobile con pilota a bordo ed un drone, nella massa, nella resistenza al vento, nella quota di volo e nella precisione nell'esecuzione delle missioni, diversa a seconda del sistema che si utilizza. Per essere sicuri di avere dati sufficienti per una corretta elaborazione, viene impostata una sovrapposizione frontale del 70-80% circa (overlap) e laterale (sidelap, sovrapposizione delle strisciate) del 60-70%, molto più elevata che nella fotogrammetria aerea tradizionale dove l'overlap è solitamente del 60% e il sidelap del 30%. Per la georeferenziazione, invece, si possono usare i dati di scatto forniti dal GPS del velivolo. L'accuratezza può variare molto a seconda delle performance del drone, della qualità del GPS installato e della situazione meteorologica. Di base l'accuratezza è nell'ordine di alcuni metri tranne nel caso in cui si abbia un GPS RTK a bordo dei velivoli, che garantisce una

¹² DEERING *et al.* 1974.

¹³ AGAPIOU *et al.* 2012b.

¹⁴ TRAVIGLIA 2006; COTTICA, TRAVIGLIA 2011; AGAPIOU *et al.* 2012b; BENNETT *et al.* 2012; AGAPIOU *et al.* 2013a; AGAPIOU *et al.* 2013b; AGAPIOU *et al.* 2017.

NUMERO	INDICE DI VEGETAZIONE	EQUAZIONE
1	NDGI (Normalized Difference Greenness Index)	$(\text{green} - \text{red}) / (\text{green} + \text{red})$
2	GEMI (Global Environment Monitoring Index)	$n \times (1 - 0.25n) \times (\text{red} - 0.125) / (1 - \text{red})$ $n = [2 \times (\text{nir}^2 - \text{red}^2) + 1.5 \text{nir} + 0.5 \text{red}] / (\text{nir} + \text{red} + 0.5)$
3	NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$(\text{nir} - \text{red}) / (\text{nir} + \text{red})$
4	NAVI (Normalized Area Vegetation Index)	$1 - (\text{red} / \text{nir})$
5	MSAVI2 (2nd Modified Soil Adjusted Vegetation Index)	$(2 \times (\text{nir} + 1) - \sqrt{(2 \times \text{nir} + 1)^2 - 8 \times (\text{nir} - \text{red})}) / 2$
6	DVI (Difference Vegetation Index)	$\text{nir} - \text{red}$
7	SR (Simple Ratio)	nir / red
8	Chlgreen (Chlorophyll Green)	$(\text{nir} / \text{green}) - 1$
9	BAI (Burned Area Index)	$1 / (0.1 - \text{red})^2 + (0.06 - \text{nir})^2$

Tab. 1. Indici di vegetazione utilizzati in ordine di efficacia.

precisione fino ad un massimo di 3 cm¹⁵. L'alternativa tradizionale alla correzione dell'errore GPS è calibrare il lavoro con diversi GCP (Ground Control Points) posizionati sul terreno da rilevare, costituiti solitamente da un pannello con un punto o una croce disegnata, e georeferenziati con un dispositivo GPS ad alta precisione.

L'area selezionata per lo studio comprende il santuario emporio di Gravisca ed una zona, distante una trentina di metri a nord-ovest, situata tra l'area sacra e la colonia romana (fig. 5). Obiettivo iniziale dell'intervento è

consistito nell'elaborazione di una metodologia di lavoro da adottare nella zona da indagare. Prima di effettuare i voli, è stata condotta un'analisi sia su base cartografica, sia autoptica, della morfologia del terreno, dei dislivelli, delle strutture e degli impedimenti eventualmente presenti, dei confini naturali e delle divisioni delle proprietà e infine delle caratteristiche del terreno, la tipologia, lo stato attuale e il tipo di vegetazione e la relativa fase vegetativa. Un'ulteriore analisi sul campo prima del volo ha permesso, poi, di definire tutte le condizioni a frequente e rapida variabilità, come ad esempio l'umidità del terreno, le condizioni meteorologiche e la situazione di ombre e luci. Tramite il software di gestione del volo è stata tracciata l'area da sorvolare, la sovrapposizione frontale e laterale e la quota del percorso "a strisciate"¹⁶. Per la georeferenziazione delle immagini sono stati scelti dei pannelli bianchi 35x35 cm di mdf con un quadrato nero al centro 5x5 cm. Una volta collocati, sono stati georiferiti tramite un GPS RTK. I software utilizzati sono stati Photoscan Pro¹⁷ per l'elaborazione delle foto RGB e Pix4D per le immagini multibanda ottenute con la Tetracam ADC Micro. Ulteriori elaborazioni, comprese le fasi di fotolettura e fotointerpretazione, sono state effettuate in QGIS. Per documentare topograficamente il sito, è stato eseguito un primo volo attorno alle ore 12 con la camera IXUS 130 per fotografare tutta l'area del santuario emporio, includendo sia il santuario meridionale, sia quello settentrionale in corso di scavo. Il volo è stato eseguito ad una quota di 60 m e impiegando delle sovrapposizioni non troppo elevate, per testare le potenzialità del software, nel dettaglio un overlap del 75% e un sidelap del 60%. Per aumentare l'accuratezza del lavoro sono stati piazzati e georiferiti 13 GCP. Nello stesso giorno, dopo pochi minuti, con l'obiettivo di incrementare la risoluzione delle foto, è stata pianificata una nuova missione a 30 m di quota per coprire la sola area del santuario settentrionale, impostando l'80% di overlap e il 60% di sidelap. Come GCP sono stati utilizzati una parte di quelli del volo precedente.

Alcuni giorni dopo, in condizioni ambientali invariate, è stato eseguito il volo con il sensore multispettrale nel terreno a nord-ovest del santuario settentrionale. Il piano di volo è stato impostato ad una quota di 70 m per minimizzare l'effetto di deformazione del lento *rolling shutter* della ADC Micro, che spesso crea degli errori nel processo di mosaicatura delle foto. La sovrapposizione dei fotogrammi è stata impostata al 80% in overlap e 60% in sidelap. Il volo si è svolto alle ore 14.00 circa in totale assenza di nuvole e variazioni di luminosità. Immediatamente prima del volo è stato fotografato a terra il quadrato di teflon fornito con la camera, per la

¹⁵ Il GPS RTK, ad esempio, è già presente in alcuni velivoli prodotti da Sensefly, Aibotix, MAVinci, DJI.

¹⁶ Per una descrizione della pianificazione del volo di un APR: JULITTA *et al.* 2011: 1935-1936.

¹⁷ Per una descrizione dettagliata dell'utilizzo di questo software in archeologia si veda: KJELLMAN 2012; VERHOEVEN 2011.

successiva calibrazione radiometrica delle foto. Questa è stata effettuata insieme alla correzione della vignettatura nel software Tetracam PixelWrench2.

In questo caso, per il processamento delle immagini, si è preferito il software Pix4D, poichè molto efficace ed agevole nella applicazione e gestione degli indici di vegetazione. Le mappe risultanti sono state importate in QGIS per la fotolettura e misurazione delle tracce e per confrontare i vari indici utilizzati.

3. Risultati

La prima fase dell'intervento, relativo specificatamente all'area del santuario emporico di Gravisca, ha implicato la realizzazione di un primo sorvolo, per un totale di quasi un ettaro, finalizzato alla realizzazione di un'ortofoto con massima risoluzione a terra (AGSD) di 16mm/pixel (fig. 2). Inoltre, per testare le capacità del software utilizzando solamente immagini nadirali, è stato elaborato il DEM (Digital Elevation Model) e il modello 3D. Vista la mancanza di dati causata dall'assenza di immagini oblique e da una sovrapposizione fra le foto non ottimale, la geometria ha riportato qualche piccola imprecisione e i fianchi delle strutture murarie non



Fig. 2. Ortofoto del santuario emporico di Gravisca (GSD 16mm/pixel).

hanno ricevuto una texture adeguata a caratterizzarli graficamente con precisione. Per ottenere un lavoro geometricamente più accurato è necessario, infatti, incrementare la densità e la precisione della nuvola di punti, aggiungendo alle foto nadirali, quelle oblique, aumentando la sovrapposizione delle foto fino all'80% sia in overlap che in sidelap e posizionando un maggior numero di GCP in funzione della complessità della geometria da rilevare. La creazione dell'ortofoto, che in questo caso era l'obiettivo primario dell'acquisizione, ha comunque dato ottimi risultati, sebbene le ombre prodotte dai muri, inevitabilmente presenti in un contesto simile e in una giornata estiva di forte sole, abbiano provocato la perdita di alcuni dettagli.



Fig. 3. Dettaglio dell'ortofoto del santuario settentrionale (GSD 8mm/pixel).

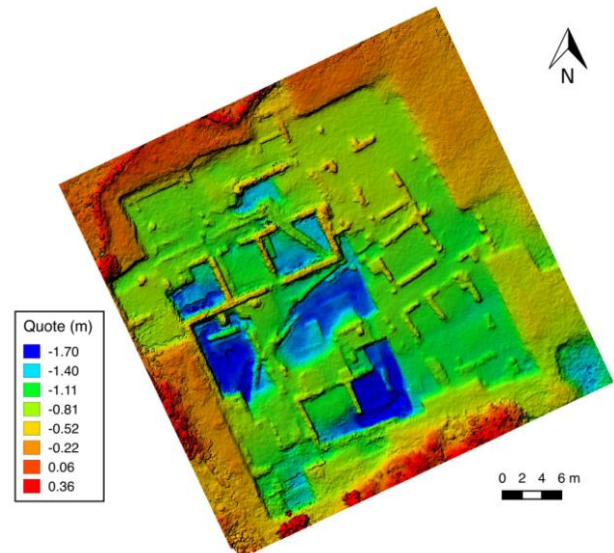


Fig. 4. DEM del santuario settentrionale.

Obiettivo della seconda acquisizione è stato invece quello di verificare la capacità del sistema di documentare in modo rapido e preciso le fasi dello scavo, incrementando il numero di foto, la risoluzione e la sovrapposizione dei fotogrammi. Il risultato è un'ortofoto con una AGSD di 8mm/pixel (fig. 3), migliore della precedente e un DEM ad alta risoluzione (fig. 4), che sono in grado rispettivamente di analizzare i dettagli dello scavo con grande accuratezza, fornendo inoltre una prospettiva particolarmente utile e innovativa, e di rispecchiarne con precisione le caratteristiche altimetriche. L'APR ha confermato ancora una volta di essere un sistema particolarmente efficace per la documentazione puntuale di uno scavo archeologico. La rapidità e semplicità di acquisizione, i costi relativamente bassi e la capacità di restituire un gran numero di dati e più tipologie di mappe, per di più di elevatissimo dettaglio, sono senza dubbio dei grandi vantaggi per il futuro della documentazione archeologica, compresa quella giornaliera delle campagne di scavi, come dimostrato anche dai risultati ottenuti dal Politecnico di Torino¹⁸.

Risultati molto interessanti derivano inoltre dall'impiego di questa tecnologia per l'individuazione delle tracce archeologiche. Il terreno rilevato è di tipo sabbioso e presenta una vegetazione erbacea spontanea varia e non uniforme. Parte dell'anno viene utilizzato per il pascolo dei cavalli e non ha probabilmente mai avuto un uso agricolo in epoca recente. Al momento del sorvolo, era particolarmente arido con varie specie di piante che si differenziavano per essere senescenti o presentare stress idrico a differenti livelli, da forte a moderato, data la prolungata siccità estiva che aveva contraddistinto il periodo. Nonostante qualche leggero problema di deformazione delle foto causato dal *rolling shutter* della ADC Micro, impercettibile ad occhio nudo, Pix4D ha prodotto con sufficiente precisione le mappe di riflettanza nelle tre bande, rosso, verde e NIR e le mappe degli indici. A circa 30 m a nord-ovest del santuario settentrionale sono stati individuati dei *crop-marks* (fig. 5) che è possibile dividere in positivi e negativi, essendo dovuti alla vegetazione rispettivamente in condizioni di moderato e di forte stress, ma che in alcuni casi sono di tipo misto, evidenziando i resti sepolti

¹⁸ CHIABRANDO *et al.* 2012.

Fig. 5. Posizionamento su mappa satellitare dell'ortofoto e delle tracce identificate con gli indici di vegetazione.

grazie ad una commistione di entrambe le tipologie di tracce. Da un primo confronto è interessante notare che la maggior parte delle evidenze archeologiche sono discretamente identificabili con tutti gli indici testati ad esclusione del BAI, mentre non sono visibili con la fotografia tradizionale e nemmeno con il NIR (fig. 7) e il CIR (Color Infra Red), solitamente promettenti, ad eccezione della grande traccia positiva semicircolare (fig. 6b, a). Questa è formata da un semicerchio dai margini non ben definiti di circa 23 m di diametro, non completa perché ta-

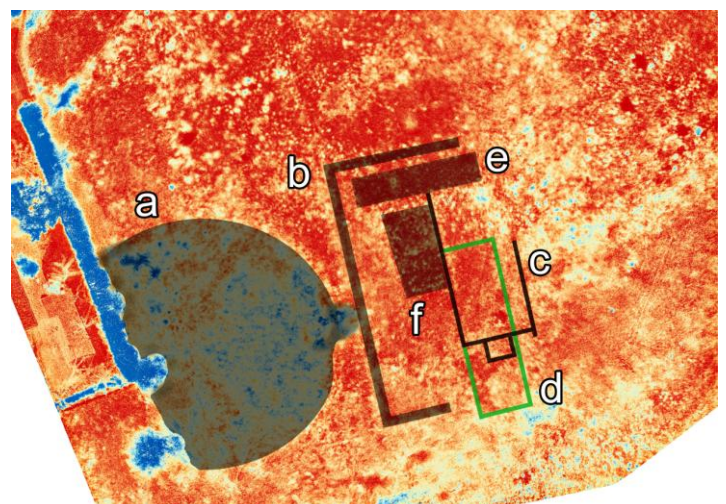
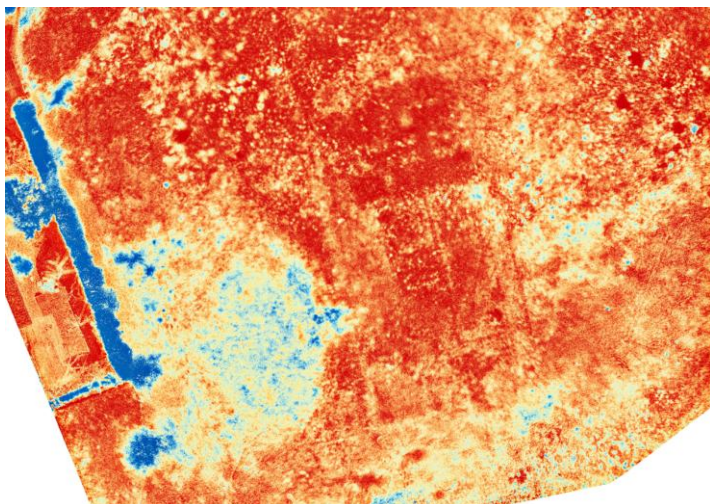


Fig. 6a-b. Mappa NDGI classificata. Dettaglio della zona dove sono state evidenziate le tracce (a sinistra) e identificazione e restituzione delle tracce (a destra).

gliata ad ovest dalla recinzione di una proprietà immediatamente a ridosso. Le sue caratteristiche variano a seconda dell'indice utilizzato. Il Chlgreen¹⁹, creato per stimare la clorofilla nelle foglie che non contengono antociani e adattato in questo caso alle bande della Tetracam, la identifica come relativamente omogenea, pur presentando molto rumore e uno scarso contrasto. Il NAVI, recentemente proposto per stimare il contenuto di clorofilla²⁰ e allo stesso modo il MSAVI2, hanno prodotto risultati simili al Chlgreen ma con rumore ridotto ed un contrasto migliore. La misurazione della clorofilla è importante per il suo ruolo diretto nella fotosintesi ed è perciò indicativa di vari tipi di stress. Si nota come in questo caso gli indici che la misurano siano adatti in particolar modo ad enfatizzare le tracce positive, mentre perdano dettaglio nelle zone in cui la vegetazione ha livelli di clorofilla probabilmente molto bassi, non riuscendo a creare il contrasto necessario per una chiara

¹⁹ GITELSON, KEYDAN, MERZLYAK 2006.

²⁰ CARMONA, FONNEGRA, RIVAS 2015.

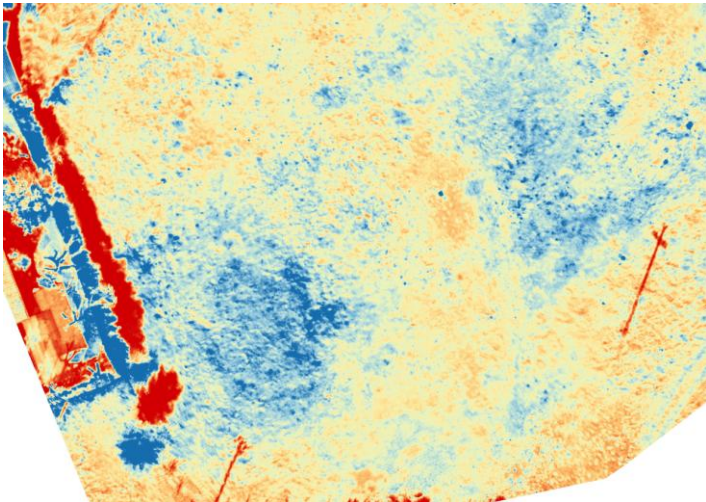


Fig. 7. Immagine NIR classificata. Dettaglio della zona dove sono state evidenziate le tracce. Con il solo NIR le tracce risultano visibili in minima parte.

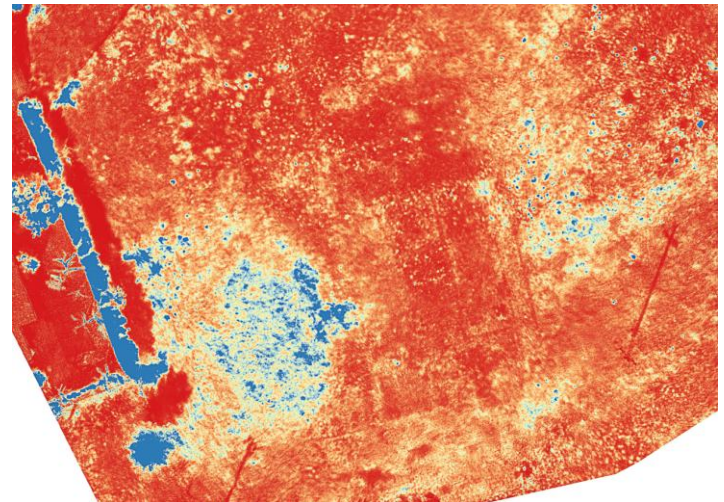


Fig. 8. Mappa GEMI classificata. Questo indice è risultato il migliore per individuare alcune tracce, come i vertici delle linee a sud.

individuazione delle tracce negative. Altri indici, soprattutto il DVI e il GEMI, non definiscono con precisione i contorni del semicerchio (a), ma identificano al suo interno delle differenze marcate, probabilmente non utili alla caratterizzazione della traccia e dovute alla saturazione dell'indice.

L'altra grande traccia (fig. 6b, b) è costituita da una linea lunga circa 27 m, orientata approssimativamente nord-sud e che prosegue ambo i lati con angoli retti verso est. Gli indici che la individuano con maggiore chiarezza sono il NDGI, proposto recentemente per stimare lo stato idrico delle piante visualizzando l'aumento della riflettanza nel verde²¹ e in parte il GEMI. Questi stessi VI individuano entrambi con precisione, sebbene con risultati differenti, le tracce negative c e d in fig. 6b, identificate con due spazi sovrapposti rispettivamente di 15 x 7 m e 17 x 5 m e allineati alla traccia b. La traccia c sembra individuare inoltre una piccola costruzione adiacente al lato sud di metri 1,8 x 2,3. In realtà c e in parte anche d, sono abbastanza definiti in tutti gli indici, tranne il BAI. La traccia negativa e misura approssimativamente 3 x 12 m e si presenta come piuttosto uniforme e omogenea ma non ben definita nei contorni, lasciando dubbi riguardo la sua corretta identificazione e la sua possibile estensione verso nord oltre la linea b. Il NDVI e il NDGI sono stati i più adatti a visualizzarla. Infine la lettera f indica una traccia negativa mediamente omogenea di circa 8,5 x 4,7m adiacente al lato ovest di c.

Molto interessante e in parte inaspettato è il fatto che tutti gli indici ad eccezione del BAI, sebbene fossero già stati selezionati, sono risultati di buona efficacia, probabilmente grazie anche alla elevatissima risoluzione garantita dall'acquisizione a bassa quota e alla tipologia delle tracce prese in esame. Inoltre, anche l'assenza di problemi legati all'atmosfera e all'influenza della riflettanza del terreno, che caratterizzano il telerilevamento da APR, hanno certamente contribuito ad ottenere questo risultato. I VI impiegati si sono dimostrati, infine, molto superiori al visibile, al NIR e al CIR, gli strumenti di indagine tradizionali.

Lo studio sulla differenza di efficacia degli indici ha evidenziato che ognuno di essi ha delle peculiarità che lo rendono adatto a descrivere un certo tipo di tracce in determinate condizioni. Ne consegue che per un'analisi completa ed esaustiva non ci si può limitare ad utilizzare un unico VI, ma è necessario applicarne diversi, non solo a seconda della situazione ambientale e della fase fenologica della vegetazione, ma anche in base alla tipologia di piante e alla loro condizione fisiologica, poiché sono molte e complesse le variabili in gioco nella formazione delle tracce e di conseguenza servono più metodi adatti ad analizzarle. È stato comunque possibile stilare una classifica dei migliori indici valida nel contesto analizzato. Si è osservato che il più efficace è stato certamente il NDGI (fig. 6a), che ha permesso di visualizzare bene molti dettagli sia delle tracce positive, sia di quelle negative e in misura differente il GEMI (fig. 8), che ha il vantaggio di ridurre il rumore delle immagini e di semplificare la distinzione dei vari elementi, a discapito, in alcuni casi, della perdita di alcuni dettagli e nonostante sia influenzato dalle ombre, che potrebbero creare delle false tracce, ma anche

²¹ COSTA *et al.* 2015.

evidenziare le differenze di altezza delle piante. In realtà anche il classico NDVI, la cui efficacia è stata ultimamente rivalutata in senso negativo in alcuni studi da satellite²², con un utilizzo a bassa quota e nel caso in esame si è dimostrato un valido strumento, superiore al DVI, anche perché non influenzato dalle ombre. Un numero minore di dettagli nelle tracce negative e maggiore nelle positive sono stati evidenziati con il MSAVI2 e il NAVI, così come con il Chlgreen, ma in maniera assai meno efficace. La buona prestazione del SR nel telerilevamento da satellite²³ non trova corrispondenza in questa indagine ed è forse dovuta alla sua capacità di riduzione elevata del rumore, che nel caso in esame, con tracce anche molto piccole e non sempre di facile lettura, è stata controproducente per una notevole perdita di contrasto. Per quanto riguarda il BAI, che in studi recenti aveva dato i migliori risultati²⁴, in questo caso non ha permesso l'identificazione della maggior parte delle tracce. Probabilmente essendo molto influenzato dalle ombre, è particolarmente adatto ad evidenziare rilievi e microrilievi e quindi le differenze di altezza fra colture erbacee uniformi, ma non è efficace quando le tracce vengono evidenziate per delle minime differenze di stress di una vegetazione non omogenea.

In conclusione questi risultati dimostrano chiaramente l'efficacia del telerilevamento da APR e l'importante innovativo contributo che una simile metodologia possa dare alla archeologia aerea al fine di individuare tracce anche molto piccole, che sono solitamente ignorate dagli altri sistemi aerei proprio per le dimensioni e che invece spesso caratterizzano il maggior numero delle evidenze archeologiche.

[F. M.]

4. Nuovi dati per l'identificazione dell'*Iseion* di Gravisca

I sorprendenti risultati ottenuti da Filippo Materazzi si inquadrano nell'ambito di una serie di indagini archeologiche che, comprendenti oltre al *survey* anche la realizzazione di prospezioni geofisiche eseguite con la collaborazione del Centro d'Eccelesenza SMAArt (*Scientific Methodologies applied to Archaeology and Art*) dell'Università degli Studi di Perugia²⁵, aggiungono ogni anno nuovi dati a quelli derivanti dagli scavi sistematici condotti nell'area del santuario di Gravisca. Infatti se da un lato queste ultime ricerche ci permettono oggi di tracciare in maniera sempre più dettagliata il quadro delle trasformazioni avvenute nell'area sacra nel corso del tempo, dalla sua fondazione nel 580 a.C. fino alla distruzione ad opera dei romani del 281 a.C.²⁶, le nuove ricerche condotte all'esterno della recinzione moderna delimitante l'area del santuario emporio, restituiscono informazioni molto interessanti per ricostruire il contesto ambientale, illuminandoci inoltre sull'esistenza di presenze monumentali ascrivibili verosimilmente sia alla fase preromana che a quella della colonia romana di *Graviscae* (fig. 9).

Concordemente con quanto noto a livello geologico relativamente alla creazione della laguna delle Saline di Tarquinia, originata dalla presenza di un cordone litoraneo allineato ad una certa distanza dalla fronte alluvionale olocenica che ha portato alla creazione di stagni allungati e stretti²⁷, così anche le indagini geofisiche condotte in questi ultimi anni nell'area a Sud e ad Ovest del santuario di Gravisca hanno mostrato l'esistenza di un ambiente endolagunare non troppo dissimile da quanto ancora oggi sopravvive in sparuti tratti del litorale e che doveva presentarsi in antico come l'estrema propaggine dell'area delle Saline²⁸. Dalle immagini realizzate

²² AGAPIOU *et al.* 2013b, COTTICA *et al.* 2011: 2047.

²³ Per esempio: AGAPIOU 2012b.

²⁴ AGAPIOU 2017: 6.

²⁵ Le prospezioni geofisiche sono state condotte con tre differenti metodologie di indagine (Magnometria, ERT e Ground Penetrating Radar), la cui integrazione ha consentito di creare precise mappe di anomalie geofisiche. Per la loro realizzazione ci si è avvalsi dell'importante ausilio dei dottori A. Di Miceli e T. Mattioli della società ArcheoRes.

²⁶ Sul santuario di Gravisca si vedano: relativamente al santuario meridionale TORELLI 1971; TORELLI 1977, TORELLI 1982, TORELLI 1988, BOITANI 1994, TORELLI 1997; FIORINI 2005, dove è raccolta tutta la bibliografia fino al 2005; cfr. inoltre FIORINI, TORELLI 2007; FIORINI 2008; FIORINI, TORELLI 2010; i vari contributi in FIORINI, MERCURI 2014; FIORINI 2015 A; FIORINI 2015 B; FIORINI 2016, TORELLI 2016; FIORINI 2017; FIORINI, TORELLI 2017. Sui nuovi scavi nell'area del "santuario settentrionale" si vedano inoltre FORTUNELLI 2007; FIORINI, FORTUNELLI 2009; FIORINI, FORTUNELLI 2011.

²⁷ BALDACCI 1956.

²⁸ Per gli aspetti naturalistici dell'area delle saline cfr.: COLLETTI 2014.



Fig. 9. Ortofoto con la localizzazione dell'area sacra e della colonia romana di Gravisca.

Fig. 10. Ortofoto con la localizzazione delle varie emergenze archeologiche.



dalla RAF durante la Seconda Guerra mondiale è possibile individuare due vaste depressioni di suolo scuro ed umido, la prima collocata oltre la colonia romana di Gravisca verso nord-ovest, la seconda a ridosso della spiaggia a Sud di Porto Clementino e dell'area sacra²⁹: in quest'ultima zona è verosimile localizzare il varco che dal mare aperto doveva permettere l'accesso ad un'area interna dal basso fondale, ideale riparo per le necessità di una navigazione a piccolo cabotaggio, in cui oltre ad un comodo approdo era possibile accedere a facili rifornimenti di acqua potabile. Una serie di indizi ci inducono a posizionare nell'area SO del santuario lo spazio portuale: in primo luogo, come si è detto, quanto ricavabile dalle indagini geofisiche e da alcuni microcarotaggi realizzati lungo la fascia esterna ad ovest dell'area sacra che hanno rivelato l'esistenza di strati limosi ricchi di vegetazione palustre; in secondo luogo i depositi stratigrafici portati alla luce a poca profondità durante le indagini degli edifici più meridionali dell'area sacra (edifici β ed ε), costituiti da strati di sabbia marina, solo in età arcaica e classica ricoperti da livellamenti di terra (fig. 10). Un'importante conferma per l'identificazione della presenza di un porto a Gravisca sembra venire inoltre dalla recente scoperta effettuata ad ovest del cd. "santuario settentrionale" di due opere murarie distanti tra loro qualche decina di metri e allungate in senso est-ovest. Le due costruzioni sono state portate alla luce solo parzialmente in quanto la loro lunghezza si prolunga oltre l'area demaniale oggetto di scavo: quella più a nord per 7,30 m (fig. 11), quella a sud per 10,45 m (fig. 12); le larghezze sono reciprocamente di m. 2,10 e 3,35. Entrambi gli impianti, che dovevano trovarsi all'interno di due complessi edilizi separati, per il momento solo parzialmente indagati, erano delimitati all'estremità orientale da grossi blocchi di macco, vagamente stonati, e ai lati da due muretti con fondazioni in pietre a secco; la cronologia assegna la loro costruzione ai livelli di IV secolo a.C. Il confronto con altri contesti simili (quali ad esempio le rampe di terra dei più complessi *neoria* di Kition, Corcira, Naxos o Siracusa)³⁰, rimanda ad impianti portuali, scivoli finalizzati a contenere la chiglia di navi tirate a secco, per proteggere le imbarcazioni nei periodi di inattività o per realizzare piccoli interventi di manutenzione, come mostrerebbero a Gravisca i rinvenimenti

getazione palustre; in secondo luogo i depositi stratigrafici portati alla luce a poca profondità durante le indagini degli edifici più meridionali dell'area sacra (edifici β ed ε), costituiti da strati di sabbia marina, solo in età arcaica e classica ricoperti da livellamenti di terra (fig. 10). Un'importante conferma per l'identificazione della presenza di un porto a Gravisca sembra venire inoltre dalla recente scoperta effettuata ad ovest del cd. "santuario settentrionale" di due opere murarie distanti tra loro qualche decina di metri e allungate in senso est-ovest. Le due costruzioni sono state portate alla luce solo parzialmente in quanto la loro lunghezza si prolunga oltre l'area demaniale oggetto di scavo: quella più a nord per 7,30 m (fig. 11), quella a sud per 10,45 m (fig. 12); le larghezze sono reciprocamente di m. 2,10 e 3,35. Entrambi gli impianti, che dovevano trovarsi all'interno di due complessi edilizi separati, per il momento solo parzialmente indagati, erano delimitati all'estremità orientale da grossi blocchi di macco, vagamente stonati, e ai lati da due muretti con fondazioni in pietre a secco; la cronologia assegna la loro costruzione ai livelli di IV secolo a.C. Il confronto con altri contesti simili (quali ad esempio le rampe di terra dei più complessi *neoria* di Kition, Corcira, Naxos o Siracusa)³⁰, rimanda ad impianti portuali, scivoli finalizzati a contenere la chiglia di navi tirate a secco, per proteggere le imbarcazioni nei periodi di inattività o per realizzare piccoli interventi di manutenzione, come mostrerebbero a Gravisca i rinvenimenti

²⁹ HARARI 1997: 15, nt. 102.

³⁰ Per Kition cfr: HADJISAVVAS 2000: 682-683; YON 2000: 98, fig. 3; 106 ss.; YON, SOURISSEAU 2010: 62 ss. Per Corcira cfr.: BAIKA 2003: 60-74. Per Naxos cfr.: LENTINI, BLACKMAN 1988: 13-24. Per Siracusa (Ortigia) cfr.: BASILE 2002: 150-157.



Fig. 11. Rampa per tirare a secco le imbarcazioni, rinvenuta ad Ovest del cd. "Santuario settentrionale".



Fig. 12. Seconda rampa per tirare a secco le imbarcazioni, rinvenuta ad Ovest del cd. "Santuario settentrionale".

di pigmenti rossi di ematite e di blu cobalto, utili alla dipintura dello scafo. Alla medesima destinazione è probabile che fosse adibita un'ulteriore costruzione, meno conservata, stretta e allungata, situata ad un centinaio di metri a S dell'oikos sacro a Demetra (l'edificio β), in proprietà Rotatori, costruita alla fine del V secolo a.C., che veniva a trovarsi nel punto di arrivo della strada proveniente da Tarquinia che, realizzata all'inizio del V secolo a.C. e in uso ancora in età imperiale, doveva collegare l'entroterra tarquiniese con l'area portuale.

Le altre indagini diagnostiche sono state condotte invece nei campi immediatamente a nord del santuario emporico, a sud dell'area della colonia romana di Gravisca indagata alla fine degli anni sessanta del secolo scorso da Mario Torelli³¹ (fig. 13). Dedotta nel 181 a.C. da C. Calpurnius Piso, P. Claudius Pulcher e C. Teren-



Fig. 13. Posizionamento su mappa satellitare dell'ortofoto del santuario di Gravisca, con indicate le tracce ottenute dalle indagini geofisiche e con APR.

³¹ TORELLI 1971; TORELLI 2006.

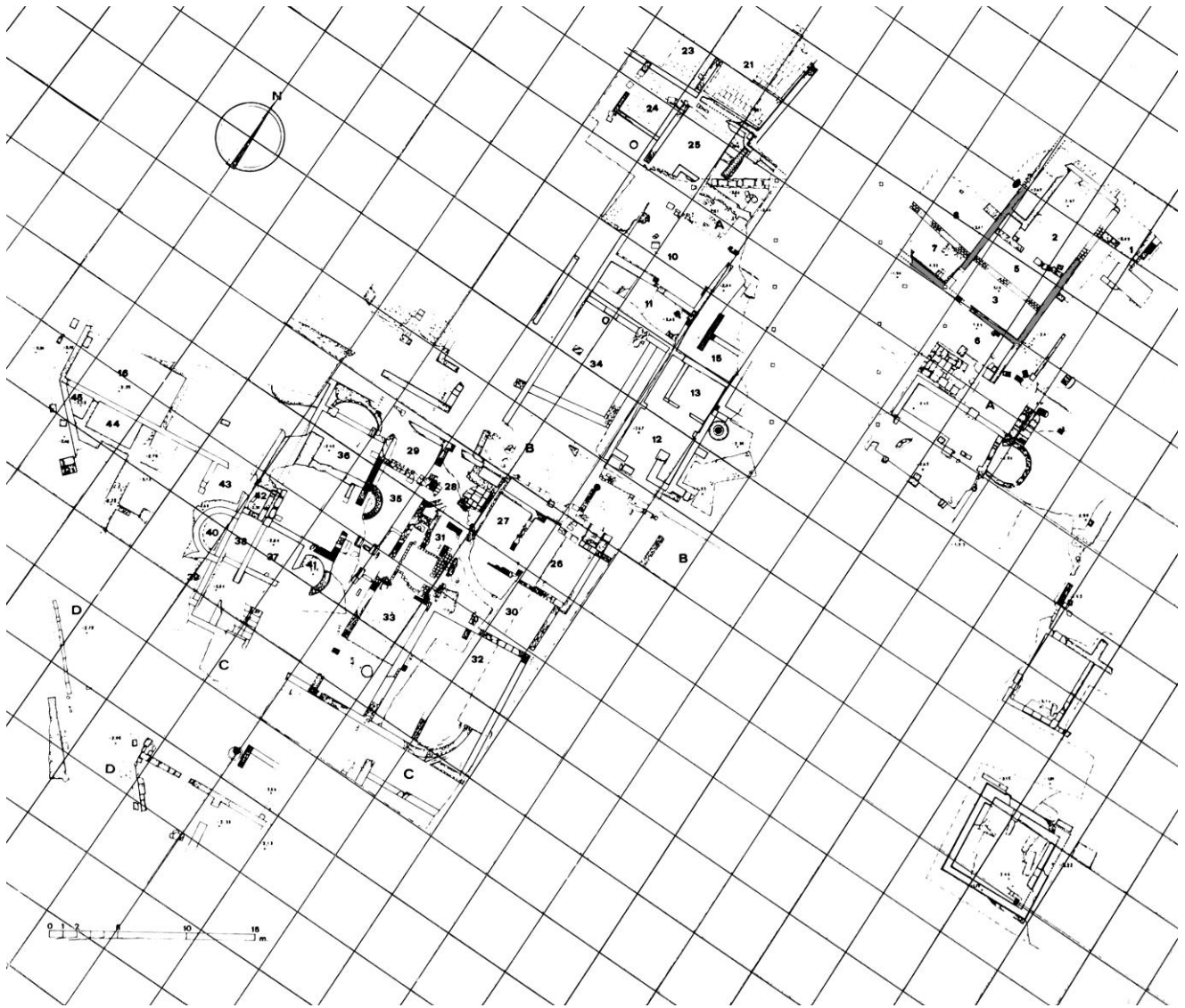


Fig. 14. Pianta degli edifici della colonia romana di Gravisca (da TORELLI 1971, fig. 5).

tus Istra, la colonia romana di *Graviscae* sorse nell'area dell'abitato etrusco, probabilmente oramai abbandonato dopo la conquista del territorio di Tarquinia del 281 a.C. da parte di Q. Marcius Philippus (fig. 14). Le campagne di scavo hanno riportato alla luce soltanto una minima parte della superficie del *castrum*, il cui impianto doveva svilupparsi probabilmente verso il mare, nella zona oggi occupata dalla moderna urbanizzazione. In particolare è stato identificato solo l'angolo sud-orientale del muro di cinta della colonia, identificabile secondo M. Torelli con due murature in *opus reticulatum*, poggiate su due filari basali di blocchi di macco con sottofondazione a sacco, che rappresentano il rifacimento, verosimilmente augusteo³², di una precedente muratura in *opus incertum*, da far risalire verosimilmente alla deduzione della colonia del 181 a.C.³³ (figg. 15, 16, 17). Al di fuori della cinta muraria le emergenze monumentali si dispongono sulla base di una rete viaria delimitante *insulae* piuttosto anomale di mezzo *actus* di larghezza, in cui il *cardo* non ortogonale, ma con andamento NO/SE, appare la continuazione in questa zona del già ricordato asse viario etrusco che dal porto, attraversando il santuario, doveva condurre verso l'entroterra tarquiniese. A SE della colonia si dispiegava un'area di necropoli con sepolture a fossa e alla cappuccina, oltre a due sepolcri in laterizio con arcosoli, secondo il modello dei mauso-

³² Periodo in cui, secondo il *Liber Colonialium* (*Lib. Col.* I 220 Lachmann), la colonia sarebbe stata di nuovo ripopolata.

³³ TORELLI 2006: 356.

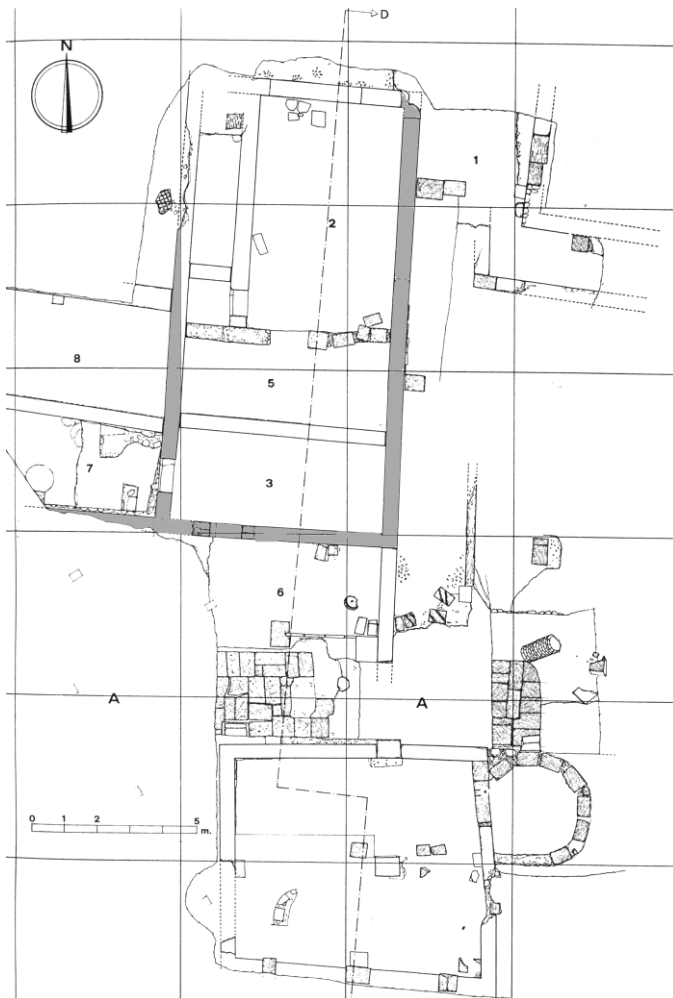


Fig. 15. In grigio il tratto delle mura pertinente alla colonia romana di Gravisca secondo la ricostruzione di M. Torelli (da TORELLI 2006).



Fig. 16. Gravisca, colonia romana: tratto delle mura in opus reticulatum (da TORELLI 2006).

lei familiari di II/III secolo d.C.³⁴. Procedendo verso S e SO sono state inoltre portate alla luce le vestigia di alcune *domus*, tra cui una piccola casa di II secolo d.C. e una sontuosa dimora tardoantica, mentre più ad O si trovava una ricca villa extra-urbana esplorata a più riprese, in età recente coperta dalla c.d. "Villa del Colonnello", oggi di proprietà Daga, edificata nel 1960 nei pressi del limite sudoccidentale dell'ampio spazio investito dalla lottizzazione del 1969³⁵ (fig. 10). I saggi in profondità, realizzati nel 1999 al momento della

messa a dimora dei rinnovati impianti dell'abitazione voluti dal nuovo proprietario sig. Luigi Daga³⁶, hanno permesso di portare alla luce le strutture pertinenti ad una villa d'*otium* aperta sul litorale, realizzata con murature in *opus reticulatum* e pavimenti a mosaico, databile tra la fine dell'età repubblicana e la primissima età imperiale (fig. 18). Da questa sontuosa residenza provengono peraltro due notevoli ritratti di filosofo greci, editi recentemente da M. Torelli³⁷, oltre ad una statua di togato con aquila ai piedi riconosciuta da P. Liverani come l'immagine di un imperatore divinizzato³⁸ (fig. 19). Alla distanza di qualche decina di metri da queste emergenze, le indagini geofisiche hanno permesso di individuare due ordini di anomalie magnetiche dovute probabilmente alla presenza di strutture archeologiche sepolte³⁹: le prime, in colore rosso (figg. 13 e 20, b, c, d), sono probabilmente da riferirsi a strutture murarie in laterizi, con malte o materiale di origine vulcanica, componenti che, insieme all'orientamento delle strutture, sembrano collegare queste evidenze (forse appartenenti – almeno

³⁴ Tombe alla cappuccina sono state rinvenute nel 2010 anche lungo la strada che delimita ad est l'area demaniale della colonia (Via del Mandrione delle Saline), durante lavori per la messa in opera di infrastrutture; nella medesima occasione probabilmente sono stato individuati anche i resti di un terzo mausoleo, anche se le necessità del cantiere non hanno permesso ulteriori approfondimenti che permettessero di individuare un'area più larga dell'angolo dell'edificio.

³⁵ TORELLI 2006: 349.

³⁶ Relazione di scavo di O. Tortolini, in data 3-11-1999, prot. Tarquinia n.594/ass., oggetto "Gravisca, F. 85 p. 67, lavori di ristrutturazione in zona vincolata, sig. Luigi Daga", citata in TORELLI 2006: 349.

³⁷ TORELLI 2006: 353-354.

³⁸ LIVERANI 1999: 268-269, figg. 2-3.

³⁹ Per il primo ordine di strutture i valori massimi sono compresi tra i 10/20 nT (in colore rosso in carta) a cui è collegata una anomalia negativa isorientata con valori compresi tra i -7/-15 nT (in colore blu chiaro in carta); il secondo ordine di strutture presenta valori massimi compresi tra i 6/14 nT (in colore nero in carta).



Fig. 17. Gravisca, colonia romana: tratto delle mura in opus incertum, impostata su due filari basali di blocchi di macco con sottofondazione a sacco, da riferire alla fase di deduzione della colonia (da TORELLI 2006).

quelle più a nord – ad una *domus*) all’impianto della colonia romana; da esse si diparte una traccia in negativo riempita da materiale a bassa suscettività magnetica (come ad es. calcare, ghiaie, etc.), da interpretare probabilmente come un canaletta (fig. 20, f), che con il suo andamento intercetta un secondo ordine di anomalie, in figura in colore nero (fig. 20, a), che sembrerebbe da riferire a costruzioni di natura differente, il cui orientamento mostra affinità con le strutture dell’area santuariale.

Immediatamente a SO dell’area appena descritta si collocano le tracce chiaramente individuate da Filippo Materazzi grazie alle immagini multispettrali con APR. Le più ampie ed esterne di esse individuano un’area di forma rettangolare (fig. 6 b, b) con orientamento N/S, di cui è possibile leggere con chiarezza per tutta la sua estensione il lato occidentale di circa 100 piedi di lunghezza, mentre dei lati minori si conservano quello settentrionale per più di metà della sua estensione, il meridionale per circa un terzo. Allineati all’interno di questo spazio, che si può immaginare di circa 100 x 100 piedi, si collocano nella parte centrale le tracce negative c e d di fig. 6b tra loro sovrapposte, due spazi rettangolari verosimilmente di fasi differenti. Al centro del lato meridionale della traccia c e ad esso adiacente è inoltre possibile distinguere una piccola costruzione di forma quasi quadrangolare. Ugualmente ben definita è la traccia negativa di forma rettangolare indicata con la lettera f in fig. 6b, allineata al lato occidentale della traccia c, mentre di più difficile interpretazione è la traccia e di forma rettangolare. Pur con tutta la prudenza possibile, l’identificazione complessiva di tutte queste evidenze appare facilmente indirizzare l’interpretazione verso il riconoscimento di nuovo



Fig. 18. Gravisca, colonia romana: resti della pavimentazione musiva della domus individuata al di sotto della cd. "Villa del Colonnello", oggi proprietà Daga.



Fig. 19. Statua di togato con aquila (Tarquinia Museo Archeologico Nazionale).

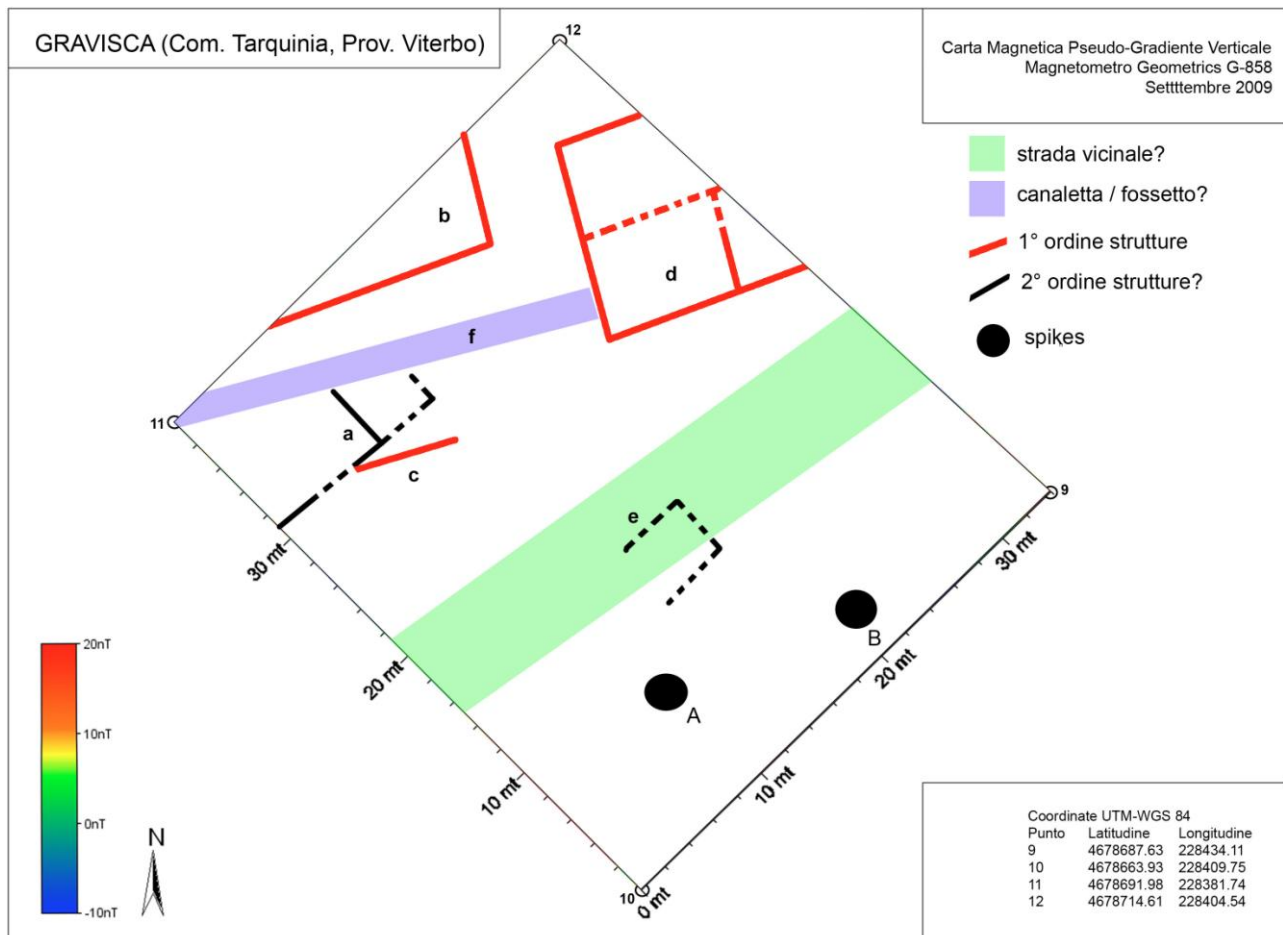


Fig. 20. Tracce individuate con le indagini geofisiche.

complesso santuarioale, in cui le tracce indicate con la lettera *b* rappresenterebbero il muro di *temenos*, a delimitazione di uno spazio sacro centrato su un complesso templare (*c*), forse sorto su uno precedente (*d*), preceduto a sud probabilmente da una rampa di accesso. Tutto il complesso avrebbe un orientamento coerente con quello ricavabile dagli edifici della colonia romana. Data per verosimile questa interpretazione, è possibile probabilmente anche proporre la titolarità del culto in questione: durante lo scavo della colonia infatti furono rinvenute, a circa una cinquantina di metri da questa zona, nel settore I dell'area indagata, «accuratamente deposte l'una sull'altra, quattro grandi lastre di bronzo di dimensioni uguali (m 0,82 x m 0,64; spessore mm 5), con cornice delimitante un ampio campo centrale; nel campo di due di esse si può leggere, identica, l'iscrizione (lettere di cm 4,5 alla prima riga; cm 4 nelle altre):

Isi et Serapi
Caesennia L. f. Prisca
Vitellia Sp. f. Ingenua
Caesennii Prisci
*S(ua) p(ecunia) p(osuerunt)*⁴⁰

L'altare bronzeo, che doveva essere applicato tramite chiodi ad un'anima lignea, era stato dedicato a Iside e a Serapide da una Vitellia Ingenua, moglie di Cesennio Prisco, e dalla loro figlia, Cesennia Prisca, una famiglia, come sottolinea l'editore, probabilmente di liberti originata dai potenti Caesennii di Tarquinia⁴¹ (fig. 21). Sulla base dei dati stratigrafici è probabile che le lastre bronzee siano state staccate e seppellite a una certa distanza

⁴⁰ TORELLI 1971: 209-210.

⁴¹ TORELLI 1969: 312 ss. Cfr. anche PAPI 2001: 66.

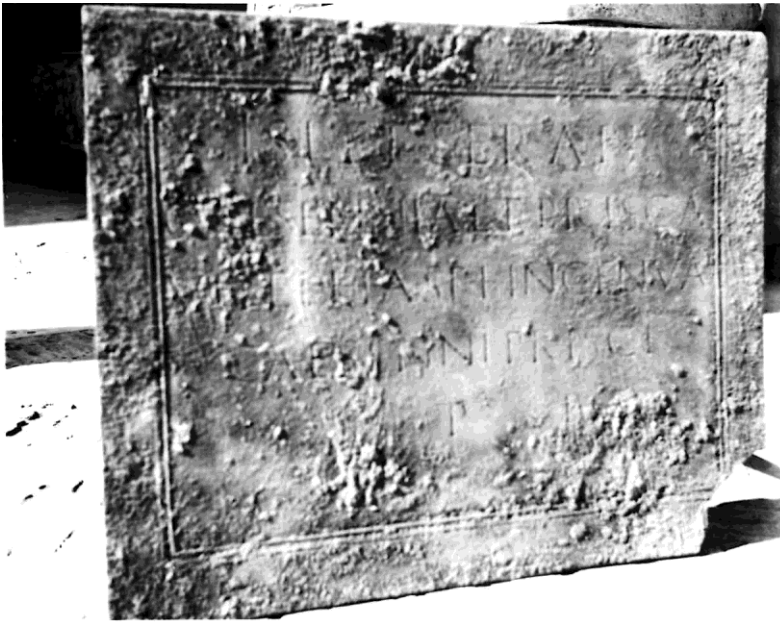


Fig. 21. Altare bronzeo di Iside e Serapide (da TORELLI 1971).



Fig. 22. Pompei il cd. Purgatorium (da GASPARINI 2013: 204, fig. 9).

vivarium, finalizzato all'allevamento di pesci, secondo una tipologia ben nota archeologicamente in relazione a ville rustiche⁴⁵. Per quanto attiene invece alla presenza di simili impianti in contesti sacri, un apprestamento connesso all'allevamento di pesci di acqua dolce è archeologicamente ed epigraficamente attestato nell'area

dalla loro iniziale destinazione all'inizio del V secolo d.C. in occasione del sacco gotico, allorquando sono documentate a Gravisca altre repentine azioni di questo genere, prima fra tutte il seppellimento del tesoretto di 174 solidi aurei di IV secolo d.C. rinvenuto all'interno di una delle *domus* poco distanti⁴². Qualora l'identificazione del culto si rivelasse esatta, il confronto con altri contesti santuariali isiaci conosciuti, primo fra tutti quello di Pompei⁴³, ci potrebbe essere d'aiuto anche per l'interpretazione della seconda importante traccia, la *f*, che le analisi multispettrali restituiscono come uno spazio rettangolare in negativo di ca. 30 x 15 piedi: l'area infatti potrebbe aver svolto la funzione del cd. *Purgatorium*, ben conosciuto nell'*Iseion* pompeiano, un edificio a forma di tempio a cielo aperto al cui interno, tramite una scala, si accedeva ad un bacino lustrale che si immaginava alimentato direttamente dall'acqua del Nilo⁴⁴ (fig. 22). Si avrebbe così un complesso santuariale, delimitato da un muro di *temenos* (*b*), con un tempio preceduto da una rampa (*c*), a cui si addossava alla parete occidentale il recinto del cd. *Purgatorium*. Più difficile rimane invece l'interpretazione della traccia *e*, pur non essendo da escludere la possibilità che possa trattarsi di una cisterna, sul modello di altri contesti santuariali romani.

In una siffatta prospettiva potrebbe rientrare anche l'altra grande traccia individuata dalla fotografia multispettrale (fig. 6b, a), ovvero quella dalla forma circolare di circa 23 m di diametro (è individuabile solo la metà, sviluppandosi la parte restante oltre i margini dell'area non lottizzata), che si può ricostruire come uno spazio scavato in profondità, sicuramente frutto di un'azione antropica vista la regolarità dei suoi margini: in base alla sua conformazione, circolare e cava, questa traccia potrebbe essere identificata come quella di un grande bacino di acqua, una sorta di *piscina/*

⁴² GAMBACORTA 2008.

⁴³ DE CARO 1997; DE ANGELIS 2009; GASPARINI 2011.

⁴⁴ WILD 1981, 44-47, 76-85, 136, 180; PESANDO, GUIDOBALDI 2006: 71.

⁴⁵ Cfr. Plin. NH 8, 115; 8, 211.

sacra di S. Venera a Paestum⁴⁶, così come ad Egnazia, dove una vasca con simile funzione è stata portata alla luce ai margini del grande santuario delle Divinità Orientali e in connessione alla dea Syria⁴⁷. Tale collegamento tra la vasca per l'allevamento di pesci sacri e la dea Syria era peraltro anche documentato a Delos⁴⁸ e ricordato da Luciano di Samosata a Bambyke-Hierapolis relativamente al grande santuario di Atargatis⁴⁹. Se il culto della dea Syria, titolo assunto nel mondo greco-romano da Atargatis-Derketo, viene di norma assimilato ad Afrodite-Astarte e ad altre dee-madri della fertilità dell'Asia Minore, come Rea-Cibebe o Bellona, con cui condivide molti aspetti cultuali, già in età repubblicana⁵⁰, nel II secolo d.C. Apuleio nelle sue *Metamorfosi* attesta invece l'avvenuta *reductio ad unum* di queste varie divinità nella figura di Iside, per questo definita già nell'antichità come *polymorphos, polyonymos*⁵¹. Questo culto, riabilitato dall'imperatore Caligola che, inserendo gli *Iseia* nei *sacra publica* di Roma e nel calendario romano, li aveva di fatto ufficializzati⁵², a Gravisca deve aver goduto di un particolare favore, forse anche sulla scia di una tradizione religiosa che, nella celebrazione della dea egizia e in quella del suo pater Osiride, antico dio della natura, della vegetazione morente e risorgente, doveva richiamare, almeno a livello delle aspettative più dirette, prerogative proprie del culto di Afrodite e del suo pater Adone, le cui feste erano state celebrate nel santuario greco-orientale di Gravisca almeno a partire dalla metà del VI secolo a.C. e da allora fino al 281 a.C., anno della distruzione del santuario da parte dei romani, se non fino ad età augustea, come sembra attestare il rinvenimento della dedica *Adon* rinvenuta su una coppetta in ceramica aretina⁵³. Se è vero infatti che l'assimilazione del culto di Afrodite a quello Iside è un processo che, come è stato sottolineato in passato, non avviene in maniera meccanica ma è comunque frutto di profonde esigenze religiose e può essere, talvolta, determinato da particolari circostanze storiche e politico-religiose⁵⁴, la relazione tra i due culti rappresenta un fatto non inusuale ma al contrario è nota in diversi contesti: basti pensare all'*Iseion* ateniese costruito nel II secolo d.C. sulle pendici meridionali dell'Acropoli presso il *temenos* del santuario di Afrodite ἐπὶ Ἰππολύτῳ⁵⁵, al santuario di IV secolo a.C. dell'Acropoli di Kyme, dedicato a una divinità femminile epicoria identificata con Afrodite, a cui nel corso dell'età ellenistica subentrò un culto di Iside, o alla storia culturale del santuario dell'Acropoli di Cirene⁵⁶.

Altre testimonianze ci parlano del culto di Iside a Gravisca: in primo luogo una seconda epigrafe, reimpiegata all'interno di una delle *domus* dell'*insula* III di età tardo imperiale, recante nell'ultima e unica riga conservata l'iscrizione *Panthea*⁵⁷, probabilmente da interpretare come una dedica ad *Iside Panthea*. Forse non è un caso che insieme a questo cippo ne sia stato rinvenuto un secondo⁵⁸, di carattere funerario, ricordante un Publius Octavius Albanus, il medesimo personaggio ricordato da un'altra epigrafe rinvenuta nel 1969 all'interno del vano 9 di una *domus*,⁵⁹ situata poco lontano dal luogo di rinvenimento del già ricordato altare di Iside e Serapide, a sua volta del tutto identica ad un'altra più integra rinvenuta nei primi dell'800 a Porto Clementino⁶⁰:

⁴⁶ M. TORELLI in PEDLEY, TORELLI 1993: 195-221.

⁴⁷ SILVESTRINI 1989: 7; TORELLI 2005: 360-361.

⁴⁸ ROUSSEL 1916: 260.

⁴⁹ Sul tempio di Hierapolis e sui riti ivi praticati cfr. Luciano, Περὶ τῆς Συρίας θεοῦ (*de Dea Syria*) 45-47. Cfr. a riguardo DRIVER 1997.

⁵⁰ Sul culto si vedano VAN DEN BERG 1972; DRIJVERS 1981; HOERIG 1984.

⁵¹ Così nelle *Metamorfosi* di Apuleio: "Eccomi a te, o Lucio. Commossa dalle tue preghiere, io, madre della natura, signora di tutti gli elementi, origine prima di tutti i secoli, somma tra gli dei, regina dei morti, signora dei celesti, sono accorsa. Io di tutti gli dei e le dee in me riassumo gli aspetti e col mio cenno governo i culmini radiosi del cielo, i salutariferi venti del mare, i desolati silenzi dell'Averno: e il nume mio, unico pur sotto multiformi aspetti, con vari riti e sotto diversi nomi, il mondo tutto adora. Ond'è che i Frigi, primi nati nel mondo, mi chiamano Pessinunzia, madre degli dei; e gli Attici autoctoni Minerva Cecropia; e i Ciprioti, gente di mare, Venere Pafia; e i Cretesi, gente armata di saette, Diana Dictinna; e i Siculi trilingui Proserpina Stigia; e i vetusti abitatori d'Eleusi Cerere Attica; ed altri Giunone, altri Bellona, altri Ecate, altri Ramnusia. Ma entrambi i popoli degli Etiopi, che sono illuminati dai raggi sorgenti al mattino, e gli Egizi, cui dà lustro l'antica sapienza, mi onorano con i riti più appropriati e mi chiamano col mio vero nome, Iside regina" (Apuleio *Met.*, XI, 5. Traduzione di G. Augello).

⁵² Cfr. GRIMM 1997. Vedi anche VIDMAN 1969; MALAISE 1972; TURCAN 1989; TAKÁCS 1995: 98 ss.; ENSOLI 1998; BRICAULT 2001; BRICAULT 2005; MALAISE 2005; VERGINEO 2011.

⁵³ Cfr.: TORELLI 1997; FIORINI 2017.

⁵⁴ ENSOLI 2004-2005: 152, nt. 27.

⁵⁵ WALKER 1979; BRICAULT 2001: 2, 4.

⁵⁶ Per entrambi i contesti cfr. ENSOLI 2004-2005: 152, nt. 27.

⁵⁷ Il cippo marmoreo, rinvenuto presso l'angolo NE dell'ambiente 35 della ricca *domus*, misura cm 48 x 42 ed è spessa 27 cm; le lettere sono alte cm 3,2: cfr. TORELLI 1971: 222-223.

⁵⁸ L'epigrafe (cm 56 x 34; spessore cm 34) riporta la seguente iscrizione: *Dis Manibus/ P. Octavi P.I./ Albani et/ Octaviae P. I./ Thaidi/ Acte et Phillis lib(ertae)*. TORELLI 1971: 223.

⁵⁹ TORELLI 1971: 223, nota 3.

⁶⁰ *P(ublius) Octavius/ Albanus / q(aestor) (tertium)/ s(ua) p(ecunia) columnas*. CIL XI, 3378.

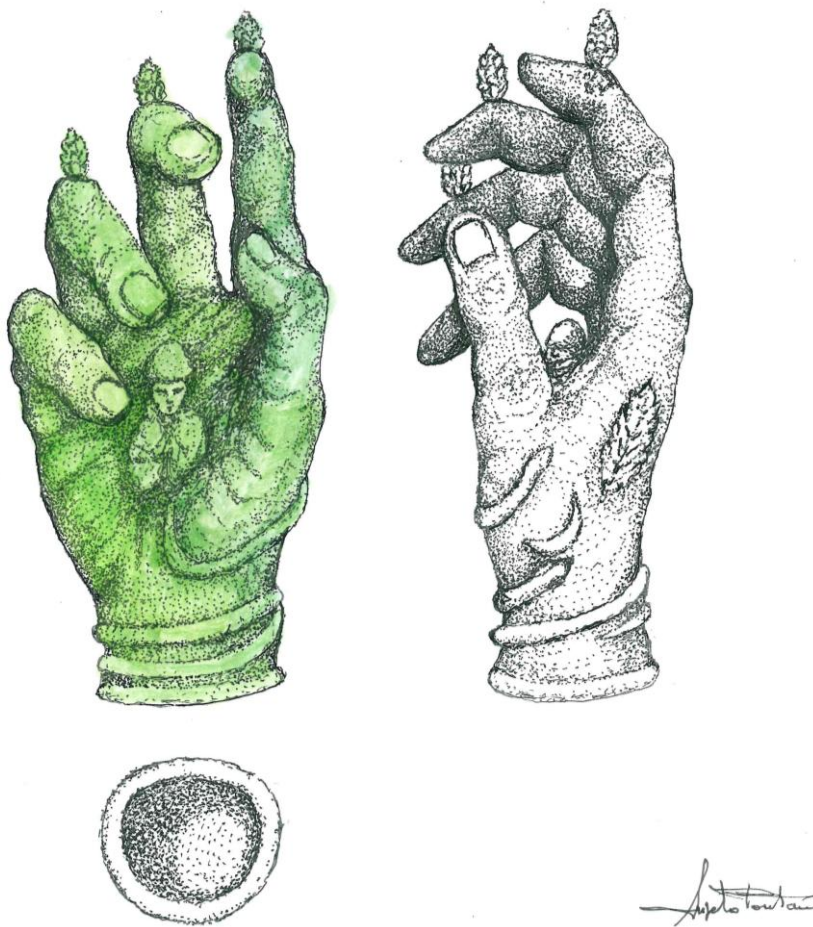


Fig. 23. Mano di Giove Sabazio disegnata dal Sig. Angelo Pontani (per gentile concessione dell'autore).

fatto dal sig. Angelo Pontani, da sempre colto annotatore delle antichità tarquiniesi (fig. 23). Appare comunque significativo che sia l'altare di Iside e Serapide, sia le altre due iscrizioni siano state rinvenute non lontane le une dalle altre, nella stessa zona della colonia romana.

Alla luce di questa documentazione relativa ad un culto di Iside a Gravisca, acquistano dunque particolarmente importanza le tracce dell'edificio individuate da Filippo Materazzi: alle future ricerche sul campo il compito di verificare queste ipotesi.

[L. F.]

le due iscrizioni, fatte incidere nella parte superiore di colonne marmoree, ricordano che Publius Octavius Albanus aveva fatto erigere a sue spese le colonne di un vicino tempio della colonia (quello di Iside?), come *questor tertium*, una carica che, come è stato sottolineato in passato, difficilmente sembra riferibile ad una magistratura locale, viste le origini libertine del personaggio, rimandando piuttosto all'ambito di un qualche collegio⁶¹. Tenuto conto, allora, del luogo di rinvenimento dell'epigrafe, l'iscrizione potrebbe far pensare alla presenza di un *collegium Isidis* a Gravisca, in cui il nostro personaggio avrebbe svolto il ruolo di *quaestor*, ovvero sia di tesoriere, carica già documentata epigraficamente⁶².

Al ricordo delle cerimonie in onore del culto egizio, le stesse a cui assiste Rutilio Namaziano sulle coste toscane durante il suo viaggio marittimo⁶³, rimanderebbe infine una mano di Giove Sabazio, una di quelle portate in processione nelle feste di Iside⁶⁴, ritrovata all'inizio degli anni sessanta poco lontano da Gravisca alle Saline di Tarquinia, vista e disegnata prima della scomparsa del manufatto dal sig. Angelo Pontani, da sempre colto annotatore delle antichità tarquiniesi (fig. 23).

⁶¹ TORELLI 1990: 173.

⁶² Cfr. Da Potaissa: cfr. *CIL* III 882, riportata in TAKÁCS S. A. 1995: 201. Cfr. anche DE GRUYTER 1970: 88.

⁶³ Rut. I 372 ss.

⁶⁴ Apuleio *Met.*, XI, 10.

BIBLIOGRAFIA

- AGAPIOU A. *et al.*, 2012a, "Towards an Archaeological Index: Identification of the Spectral Regions of Stress Vegetation due to Buried Archaeological Remains", in *Progress in Cultural Heritage Preservation*, 4th International Conference, EuroMed 2012 (Limassol 29 ottobre-3 novembre 2012): 129-138.
- AGAPIOU A. *et al.*, 2012b, "Evaluation of Broadband and Narrowband Vegetation Indices for the Identification of Archaeological Crop Marks", in *Remote Sensing* 4: 3892-3919.
- AGAPIOU A. *et al.*, 2012c, "Examining the Phenological Cycle of Barley (*Hordeum vulgare*) Using Satellite and in situ Spectroradiometer Measurements for the Detection of Buried Archaeological Remains", in *GIScience & Remote Sensing* 49: 854-872.
- AGAPIOU A. *et al.*, 2012d, "Development of a Low Altitude Airborne Remote Sensing System for Supporting the Processing of Satellite Remotely Sensed Data Intended for Archaeological Investigations", in *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications III*, Proceedings of the SPIE 8538 (Edimburgo 24-27 settembre 2012), Edimburgo (https://www.researchgate.net/publication/258721495_Development_of_a_low_altitude_airborne_remote_sensing_system_for_supporting_the_processing_of_satellite_remotely_sensed_data_intended_for_archaeological_investigations agosto 2017).
- AGAPIOU A. *et al.*, 2013a, "Integration of Geophysical Surveys, Ground Hyperspectral Measurements, Aerial and Satellite Imagery for Archaeological Prospection of Prehistoric Sites: the Case Study of Vésztő-Mágor Tell, Hungary", in *Journal of Archaeological Science* 40: 1454-1470.
- AGAPIOU A. *et al.*, 2013b, "Prospects and Limitations of Vegetation Indices in Archeological Research: The Neolithic Thessaly Case Study", in *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* 8893 (https://www.researchgate.net/publication/260669152_Prospects_and_Limitations_of_Vegetation_Indices_in_Archeological_Research_The_Neolithic_Thessaly_Case_Study agosto 2017).
- AGAPIOU A. *et al.*, 2013c, "Optimum Temporal and Spectral Window for Monitoring Crop Marks Over Archaeological Remains in the Mediterranean Region", in *Journal of Archaeological Science* 40: 1479-1492.
- AGAPIOU A. *et al.*, 2014, "More Than a Flight: The Extensive Contributions of UAV Flights to Archaeological Research - The Case Study of Curium Site in Cyprus", in *Progress in Cultural Heritage Preservation*, 5th International Conference, EuroMed 2014 (Limassol 3-8 novembre 2014): 396-409.
- AGAPIOU A. *et al.*, 2015, "Unmanned Aerial Systems and Spectroscopy for Remote Sensing Applications in Archaeology", in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XL-7/W3, 36th International Symposium on Remote Sensing of Environment (Berlino 11-15 maggio 2015): 1419-1423.
- AGAPIOU A. *et al.*, 2016, "Study of the Variations of Archaeological Marks at Neolithic Site of Lucera, Italy Using High-Resolution Multispectral Datasets", in *Remote Sensing* 8: 723 (<http://www.mdpi.com/2072-4292/8/9/723>: agosto 2017).
- AGAPIOU A. *et al.*, 2017, "Assessment of Hyperspectral Indicators for the Detection of Buried Archaeological Remains": 1-16. (https://www.researchgate.net/publication/312281107_Assessment_of_Hyperspectral_Indicators_for_the_Detection_of_Buried_Archaeological_Remains agosto 2017).
- ANGÁS J. *et al.*, 2015, "Aerial Mapping and Multi-Sensors Approaches from Remote Sensing Applied to the Roman Archaeological Heritage", in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XL-5/W4, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures (Avila 25-27 febbraio 2015): 461-467.
- ANNEN A., NEBIKER S., OESCH D., SCHERRER M., 2008, "A Light-weight Multispectral Sensor for Micro UAV-Opportunities for Very High Resolution Airborne Remote Sensing", in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XXXVII, B1: 1193-1200.
- BAIKA K., 2003, *Neosoikoi. Installations navales en Méditerranée. Les neoria de Corcyre*, Paris.
- BALDACCIO O., 1956, "La salina di Tarquinia", in *Bollettino della Società Geografica Italiana* 93: 264-299.
- BALSI M., 2013, "Uas for Archaeology. New Perspectives on Aerial Documentation", in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XL-1/W2, UAV-g 2013 (Rostock 4-6 settembre 2013): 131-135.

- BARAZZETTI L. *et al.*, 2011, "Introducing a Low-cost Mini-UAV for Thermal and Multispectral-Imaging", in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVIII-1/C22*, UAV-g 2011 (Zurigo 14-16 settembre 2011): 25-31.
- BARETH G., BENDIG J., BOLTEN A., 2012, "Introducing a Low-cost Mini-UAV for Thermal and Multispectral-Imaging", in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXIX-B1*, XXII ISPRS Congress (Melbourne 25 agosto-1 settembre 2012): 345-349.
- BASILE B., 2002, "I Neosoikoi di Siracusa", in V. Li VIGNI, S. TUSA (a cura di), *Strumenti per la protezione del patrimonio culturale marino: aspetti archeologici*, Atti del Convegno (Palermo-Siracusa 2001), Milano: 147-175.
- BAUMANN M., CHEN Y., JENSEN A.M., 2008, "Low-cost Multispectral Aerial Imaging Using Autonomous Runway-free Small Flying Wing Vehicles" in *2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Geoscience and Remote Sensing Symposium (Boston 7-11 luglio 2008): 506-509.
- BENNETT R. *et al.*, 2012, "The Application of Vegetation Indices for the Prospection of Archaeological Features in Grass-dominated Environments", in *Archaeological Prospection* 19, 3: 209-218.
- BENNETT R. *et al.*, 2013, Airborne Spectral Imagery for Archaeological Prospection in Grassland Environments- an Evaluation of Performance, in *Antiquity* 87 335: 220-236.
- BOITANI F., 1994, s.v. "Gravisca", in *Enciclopedia dell'Arte Antica*, II Suppl.: 835-839.
- BOZZI C.A., CONATI BARBARO C., MALINVERNI E.S., PIERDICCA R., TASSETTI A.N., 2016, "UAV Surveying for a Complete Mapping and Documentation of Archaeological Findings. The Early Neolithic Site of Portonovo", in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLI-B1*, XXIII ISPRS Congress (Praga 12-19 luglio 2016): 1149-1155.
- BRICAULT L., 2001, *Atlas de la diffusion des cultes isiaques (IV^e siècle av. J.-C. - IV^e siècle apr. J.-C)*, Paris.
- BRICAULT L., 2005, *Recueil des inscriptions concernant les cultes Isiaques (= RICIS)*, Paris.
- CALASTRENC C., HAUTEFEUILLE F., POIRIER N., 2013, "Low Altitude Thermal Survey by Means of an Automated Unmanned Aerial Vehicle for the Detection of Archaeological Buried Structures", in *Archaeological Prospection* 20, 4: 303-307.
- CARMONA F., FONNEGRA D.C., RIVAS R., 2015, "Vegetation Index to Estimate Chlorophyll Content from Multispectral Remote Sensing Data", in *European Journal of Remote Sensing* 48, 1: 319-326.
- CASANA J., COTHREN J., KANTNER J., WIEWEL A., 2014, "Archaeological Aerial Thermography: a Case Study at the Chaco-era Blue J Community, New Mexico", in *Journal of Archaeological Science* 45: 207-219.
- CHIABRANDO F. *et al.*, 2012, "Archaeological Site Monitoring: UAV Photogrammetry Can be an Answer", in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXIX-B5*, 22nd International Symposium on Remote Sensing of Environment (Melbourne 25 agosto-1 settembre 2012): 583-588.
- COLLETTI L. (a cura di), 2014, *La Riserva naturale statale. Saline di Tarquinia*, Roma.
- COSTA P.M. *et al.*, 2015, "Predicting Grapevine Water Status Based on Hyperspectral Reflectance Vegetation Indices", in *Remote Sensing* 7: 16460-16479.
- COTTICA D., TRAVIGLIA A., 2011, "Remote Sensing Applications and Archaeological Research in the Northern Lagoon of Venice: the Case of the Lost Settlement of Constanciacus" in *Journal of Archaeological Science* 38: 2040-2050.
- DE ANGELIS F., 2009, "Il Santuario di Iside a Pompei", in F. COARELLI, *Divus Vespasianus. Il bimillenario dei Flavi*, Catalogo della mostra (Roma 27 marzo 2009-10 gennaio 2010), Milano: 653-655.
- DE CARO S., 1997, "L'Isseo di Pompei", in E.A. ARSLAN (a cura di), *Iside. Il mito, il mistero, la magia*, Catalogo della mostra (Milano, 22 febbraio – 1 giugno 1997), Milano: 338-343.
- DEERING D.W. *et al.*, 1974, "Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS", in *Third ERTS Symposium 1A*, NASA Goddard Space Flight Center (Greenbelt 1 gennaio 1974): 309–317.
- DE GRUYTER W., 1970, *Isis und Sarapis bei den Griechen und Römern: Epigraphische Studie zur Verbreitung und zu den Trägern des ägyptischen Kultes*, Berlin.
- DRIVER L., 1997, "The Author of the *De dea Syria* and his Cultural Heritage", in *Numen* 44: 153-179.
- DRIJVERS H.J.W., 1981, "Die Dea Syria und andere syrische Gottheiten im Imperium Romanum", in M.J. VERMASEREN (a cura di), *Die orientalische Religionen im Römerreich*, Leiden: 241-263.

- ENSOLI S., 1998, "L'Iseo e Serapeo del Campo Marzio con Domiziano, Adriano e i Severi: l'assetto monumentale e il culto legato con l'ideologia e la politica imperiali", in N. BONACASA *et al.*, *L'Egitto in Italia: dall'antichità al medioevo*, Atti del III Congresso internazionale Italo-Egiziano (Roma - Pompei 13-19 novembre 1995), Roma: 407-438.
- ENSOLI S., 2003, "Il Santuario di Iside e Serapide sull'Acropoli. I. La fase greca del culto isiaco a Cirene", in N. BONACASA, A.M. DONA, DONI ROVERI (a cura di), *Faraoni come dei, Tolemei come faraoni*, Atti del V Congresso Internazionale Italo-Egiziano (Torino 8-12 dicembre 2001), Torino-Palermo: 246-257.
- ENSOLI S., 2004-2005, "L'Egitto e la Libia. A proposito del culto isiaco nel Mediterraneo e del santuario di Iside e Serapide sull'acropoli di Cirene", in *Atti della Pontificia Accademia Romana di Archeologia. Rendiconti* 77: 137-162.
- FERNÁNDEZ-HERNANDEZ J., GONZÁLEZ-AGUILERA D., MANCERA-TABOADA J., RODRÍGUEZ- GONZÁLEZ P., 2015, "Image-Based Modelling from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Photogrammetry: An Effective, Low-Cost Tool for Archaeological Applications", in *Archaeometry* 57,1: 128-145.
- FIORINI L., 2005, *Scavi nel santuario greco, 1.1. Topografia generale del santuario e storia del santuario. Analisi dei contesti e delle stratigrafie*, Bari.
- FIORINI L., 2008, "Il santuario dei mercanti greci e le feste di Adone a Gravisca", in M. TORELLI, A.M. MORETTI SGUBINI (a cura di), *Etruschi. Le antiche metropoli del Lazio*, Catalogo della mostra (Roma 21 ottobre 2008 – gennaio 2009), Roma: 154-161.
- FIORINI L., 2015a, "Le áncore di Gravisca", in G. BAGNASCO (a cura di), *Un'ancora sul Pianoro della Civita di Tarquinia*, Atti Incontro di studio (Tarquinia 13 ottobre 2013), in *Aristonothos. Scritti per il Mediterraneo antico* 10: 65-90.
- FIORINI L., 2015b, "The Sacred Area of Gravisca. Ethnic Interactions and Faith Beliefs in Comparison", in E. KISTLER, B. ÖHLINGER, M. MOHR, M. HOERNES (a cura di), *Sanctuaries and the Power of Consumption, Sanctuaries and the Power of Consumption. Networking and the Formation of Elites in the Archaic Western Mediterranean World*, Proceedings of the International Conference (Innsbruck 20th–23rd March 2012), Wiesbaden: 205-219.
- FIORINI L., 2016, "Il santuario emporico di Gravisca: nuovi dati dalle recenti campagne di scavo", in A. RUSSO, F. GUERRIERI (a cura di), *Santuari mediterranei tra Oriente e Occidente. Interazioni e contatti culturali*, Roma: 23-31.
- FIORINI L., 2017, "Per "Adone tre volte amato" (Theocr. XV 86). Nuovi appunti sugli edifici di Adone a Gravisca", in C. MASSERIA, E. MARRONI (edd.), *Dialogando. Studi in onore di Mario Torelli*, Pisa: 175-188.
- FIORINI L., FORTUNELLI S., 2009, "Nuove acquisizioni dal santuario settentrionale di Gravisca", in S. FORTUNELLI, C. MASSERIA (a cura di), *Ceramica attica da santuari della Grecia, della Ionia e dell'Italia*, Atti del convegno internazionale (Perugia 14-17 marzo 2007), Venosa: 303-328.
- FIORINI L., FORTUNELLI S., 2011, "Si depongano le armi. Offerte rituali di armi dal santuario settentrionale di Gravisca", in C. MASSERIA, D. LOSCALZO (a cura di), *Miti di guerra, riti di pace. La guerra e la pace: un confronto interdisciplinare*, Atti Convegno (Torgiano, Perugia 2009), Bari: 39-50.
- FIORINI L., TORELLI M., 2007, "La fusione, Afrodite e l'emporion", in *Facta* 1: 75-106.
- FIORINI L., TORELLI M., 2010, "Quarant'anni di ricerche a Gravisca", in L.B. VAN DER MEER (a cura di), *Material Aspects of Etruscan Religion*, Proceedings Colloquium (Leiden May 29 and 30 2008), Leuven: 29-49.
- FIORINI L., TORELLI M., 2017, "L'emporion arcaico di Gravisca e la sua storia", in E. GOVI (a cura di), *La città etrusca e il sacro. Santuari e istituzioni politiche*, (Atti Convegno internazionale Bologna 21-23 gennaio 2016), Bologna: 255-299.
- FORTUNELLI S., 2007, *Gravisca. Scavi nel santuario greco, 1.2. Il deposito votivo dell'area settentrionale del santuario*, Bari.
- FIORINI L., MERCURI L. (a cura di), 2014, *Il mare che univa. Gravisca santuario mediterraneo*, Catalogo della Mostra (Civitavecchia 2014), Roma.
- GAMBACORTA F., *Ripostigli monetali in Italia. Documentazione dei complessi. Ripostiglio di Gravisca (Tarquinia-VT), 1969. Monete romane imperiali*, Grotte di Castro.
- GASPARINI V., 2011, "Cronologia ed architettura dell'Iseo di Pompei: una proposta di schema verificabile", in *Vesuviana* 3: 67-88.

- GASPARINI V., 2013, "Staging Religion. Cultic Performances in (and around) the Temple of Isis in Pompeii", in N. CUSUMANO, V. GASPARINI, A. MASTROCINQUE, J. RÜPKE (a cura di), *Memory and Religious Experience in the Greco-Roman World*, Stuttgart: 185-211.
- GITELSON A.A., KEYDAN G.P., MERZLYAK M.N., 2006, "Three-Band Model for Noninvasive Estimation of Chlorophyll Carotenoids and Anthocyanin Contents in Higher Plant Leaves", in *Geophysical Research Letters* 33, 11 (estratto in: https://www.researchgate.net/publication/228738523_Three-Band_Model_for_Non-invasive_Estimation_of_Chlorophyll_Carotenoids_and_Anthocyanin_Contents_in_Higher_Plant_Leaves agosto 2017).
- GRIMM A., 1997, "Iside imperiale. Aspetti storico-culturali del culto isiaco al tempo degli imperatori romani, in E. A. ARSLAN (a cura di), *Iside. Il mito, il mistero, la magia*. Milano: 120-133.
- HADJISAVVAS S., 2000, "Chronique des fouilles 1999. Kition-Bamboula", in *Bulletin de Correspondance Hellénique* 124: 679-683.
- HARARI M., 1997, "Tarquinia e il territorio suburbano nel rilevamento ad alta quota: una lettura topografica", in M. BONGHI JOVINO, C. CHIARAMONTE TRERÉ (a cura di), *Tarquinia. Testimonianze archeologiche e ricostruzione storica. Scavi sistematici nell'abitato. Campagne 1982-1988. Tarchna I*, Roma: 5-17.
- HOERIG M., 1984, "Dea Syria – Atargatis", in *Aufstieg und Niedergang der römischen Welt* 17,3: 1536-1581.
- HOLNESS C., MATTHEWS T., SATCHELL K., SWINDELL E.C., 2016, "Remote Sensing Archeological Sites Through Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imaging", in *2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Geoscience and Remote Sensing Symposium (Beijing 10-15 luglio 2016): 6695-6698.
- JULITTA F. et al., 2011, "Piattaforma UAV per l'acquisizione ed elaborazione fotogrammetrica di immagini di scavi archeologici e strutture architettoniche", in *Atti 15a Conferenza Nazionale ASITA* (Reggia di Colorno 15-18 novembre 2011): 1933-1942.
- KJELLMAN E., 2012, "From 2D to 3D: a Photogrammetric Revolution in Archaeology?", master's thesis in archaeology, Faculty of Humanities, Social Sciences and Education, University of Tromsø (https://www.academia.edu/1771011/From_2D_to_3D_a_photogrammetric_revolution_in_archaeology agosto 2017).
- LEHMANN J.R.K., PRINZ T., SMITHSON K.Z., 2015, "Making the Invisible Visible: Using UAS-based High-resolution Color-infrared Imagery to Identify Buried Medieval Monastery Walls", in *Journal of Unmanned Vehicle Systems* 3: 58-67.
- LENTINI, M.C., BLACKMAN D. J., 2008, "I neoria di Naxos in Sicilia", in *Archeologia Classica* 59: 1-38.
- LIVERANI, P., 1999, "Togati con aquila", in *Anales de Arqueología Cordobesa* 10: 263-275.
- MALAISE M., 1972, *Inventaire préliminaire des documents égyptiens découverts en Italie*, Leiden.
- MALAISE M., 2005, *Pour une terminologie et une analyse des cultes isiaques*, Bruxelles.
- ORLANDO P., VILLA B.D., 2011, "Remote Sensing Applications in Archaeology", in *Archeologia e Calcolatori* 22: 147-168.
- PAPI E., 2001, *L'Etruria dei romani. Opere pubbliche e donazioni private in età imperiale*, Roma.
- PEDLEY J.G., TORELLI M., 1993 (a cura di), *The Sanctuary of Santa Venera at Paestum*, Roma.
- PESANDO F., GUIDOBALDI M. P., 2006, *Pompei Oplontis Ercolano Stabiae*, Guide Archeologiche Laterza, Bari.
- PIANI P., 2013, "La strumentazione UAV nel rilievo e nella modellazione tridimensionale di un sito archeologico", in *Archeomatica* 1: 6-10.
- ROUSSEL P., 1916, *Delos colonie athénienne*, Athens and Rome.
- SCHLANGER N. et al., 2010, *Archaeology and the Global Economic Crisis. Multiple Impacts, Possible Solutions*, Bruxelles.
- SILVESTRINI M., 1989, "Cibele e la dea Siria in due iscrizioni di Egnazia e Brindisi", in *Epigraphica* 51: 67-84.
- STEK T.D., 2016, "Drones over Mediterranean Landscapes. The Potential of Small UAV's (Drones) for Site Detection and Heritage Management in Archaeological Survey Projects: A Case Study from Le Pianelle in the Tappino Valley, Molise (Italy)", in *Journal of Cultural Heritage* 22: 1066-1071.
- TAKÁCS S.A. 1995, *Isis and Sarapis in the Roman World*, Leiden, New York, Köln.
- TORELLI M., 1969, "Senatori etruschi della tarda repubblica e dell'impero", in *Dialoghi di Archeologia* 3,3: 285-363.

- TORELLI M., 1971, "Gravisca (Tarquinia). Scavi nella città etrusco-romana. Campagne 1969 e 1970", in *Notizie degli Scavi di Antichità* 25: 195-299.
- TORELLI M., 1977, "Il santuario greco di Gravisca", in *La Parola del Passato* 32: 398-458.
- TORELLI M., 1982, "Per la definizione del commercio greco orientale: il caso Gravisca", in *La Parola del Passato* 37: 304-325.
- TORELLI M., 1988, Riflessioni a margine dell'*emporion* di Gravisca, in *Pact* 20: 181-188.
- TORELLI M., 1990, s.v. "Gravisca", in *Bibliografia Topografica della colonizzazione greca in Italia e nelle isole tirreniche*, VIII, Pisa: 172-176.
- TORELLI M., 1997, "Les Adonies de Gravisca. Archéologie d'une fête", in D. BRIQUEL, F. GAULTIER (a cura di), *Les Etrusques, les plus religieux des hommes. État de la recherche sur la religion étrusque*, Actes du Colloque international (Paris 17-19 novembre 1992), Paris: 233-291.
- TORELLI M., 2005, s.v. "Vivarium", in *Thesaurus Cultus et Rituum Antiquorum* (ThesCRA). IV, Los Angeles: 360-361.
- TORELLI M., 2006, "Due ritratti greci, una villa marittima e le coste di Gravisca", in M. BONGHI JOVINO (a cura di), *Tarquinia e le civiltà del Mediterraneo*, Atti del Convegno (Milano 22-24 giugno 2004), *Quaderni di Acme* 77, Milano: 347-369.
- TORELLI M., 2016, "Anatomia di un santuario", in A. RUSSO, F. GUERNERI (a cura di), *Santuari mediterranei tra Oriente e Occidente. Interazioni e contatti culturali*, Roma: 6-22.
- TRAVIGLIA A., 2006, "Archaeological Usability of Hyperspectral Images: Successes and Failures of Image Processing Techniques". in *From Space to Place*, Proceedings of the 2nd International Conference on Remote Sensing in Archaeology (Roma 4-7 dicembre 2006), Oxford: 123-130.
- TURCAN R., 1989, *Les Cultes Orientaux dans le monde Romain*, Paris.
- VENTURI S. et al., 2016, "Unmanned Aerial Vehicles and Geographical Information System Integrated Analysis of Vegetation in Trasimeno Lake, Italy", in *Lake and Reservoirs: Research and Management* 21: 6-7.
- VERHOEVEN G., 2011, "Software Review: Taking Computer Vision Aloft-Archaeological Three-dimensional Reconstruction from Aerial Photographs with PhotoScan", in *Archaeological Prospection* 18, 1: 67-73.
- YON M., 2000, "Les hangars du port chyprophénicien de Kition. Campagnes 1996-1998", in *Syria* 77: 95-116.
- YON M., SOURISSEAU J.C., 2010, "Le port de guerre de Kition", in D.J. BLACKMAN, M.C. LENTINI (a cura di), *Ri-coveri per navi militari nei porti del Mediterraneo antico e medievale*, Atti del workshop del Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali, (Ravello 4-5 novembre 2005), Bari: 57-68.
- VAN DEN BERG P.L., 1972, *Corpus Cultus Deae Syriae*, Leiden.
- VERGINEO G., 2011, "Il tempio di Iside a Benevento: l'architettura e gli arredi, l'architettura attraverso gli arredi", in *Estrat Crític* II, 5: 62-75.
- VIDMAN L., 1969, *Sylloge inscriptionum religionis Isiacae et Sarapiacae* (= *SIRIS*), Berlin.
- WALKER S., 1979, "A Sanctuary of Isis on the South Slope of the Athenian Acropolis", in *The Annual of British School of Athen* 74: 243-258.
- WILD R.A., 1981, *Water in the Cultic Worship of Isis and Sarapis*, Leiden.