

Indagini georadar a Villa Maruffi (Ciampino, RM)

Pier Matteo Barone

Questo contributo si propone di delineare le potenzialità che possono derivare dall'impiego di una metodologia geofisica, quale il georadar, nello studio, nel recupero e nella valorizzazione di un sito di prestigio come Villa Maruffi a Ciampino (RM).

The aim of this article is to highlight the potential of a specific geophysical method, the GPR (Ground Penetrating Radar), to study, restore, and value a relevant site as Villa Maruffi in Ciampino (RM).

Prendersi cura del patrimonio culturale, con particolare riguardo alle strutture archeologiche sepolte, richiede interventi atti a non alterare o danneggiare la struttura e la zona circostante, sia visibile che ancora sepolta. L'interesse principale, nel campo degli studi combinati geofisica/archeologia, si è rivolto, in particolare, alla metodologia geofisica nota come georadar (o, con il termine anglofono, *Ground Penetrating/Probing Radar* – GPR. Questa tecnologia si è ormai affermata come una delle migliori e più versatili applicazioni geofisiche non solo in campo archeologico, ma anche di diagnostica dei beni culturali. Infatti, il georadar è particolarmente adatto per fornire dati ad alta risoluzione, individuare elementi non ancora riportati alla luce, gestire e sviluppare eventuali restauri. Ciò è particolarmente vero quando si lavora con edifici o in siti di notevole importanza storica¹.

La tecnica georadar o GPR (*Ground Penetrating Radar*) è una metodica geofisica non distruttiva che investiga il sottosuolo per mezzo di impulsi elettromagnetici di breve durata temporale (tipicamente dell'ordine di alcuni nanosecondi), allo scopo di individuare le strutture sepolte a piccola profondità (solitamente alcuni metri). Ogni oggetto a geometria finita che abbia proprietà dielettriche diverse da quelle del materiale circostante ovvero ogni interfaccia tra materiali diversi, produce la parziale o totale riflessione degli impulsi elettromagnetici².

Gli impulsi sono inviati nel sottosuolo o nel materiale oggetto d'indagine da un'antenna trasmittente posta in contatto con

L'autore desidera ringraziare per la collaborazione il Laboratorio di Fisica Applicata alla Terra ed ai Pianeti del Dipartimento di Matematica e Fisica-Università degli Studi Roma Tre.

¹ BARONE *et al.* 2010(a), pp. 407-413; BARONE *et al.* 2010(b), pp. 1-4; BARONE *et al.* 2011, pp. 187-194; BARONE *et al.*, 2012, pp. e3; STODDART *et al.* 2012, pp. 257-294; BARONE *et al.* 2013(a), pp. 30-31; BARONE *et al.* 2013(b), pp. 267-273; BARONE *et al.* 2013(c), pp. 26-30; BARONE *et al.* 2013(d), pp. 380-383; BARONE, PETTINELLI 2013, pp. 45-53; e riferimenti ivi citati.

² JOL 2009, pp. 30-56.

la superficie, mentre gli echi di ritorno dalle strutture sepolte vengono acquisiti da un'antenna ricevente che li invia al computer per un'immediata visualizzazione (*real-time*). L'immagine che si ottiene è una rappresentazione in termini temporali della distribuzione geometrica dei riflettori sub-superficiali. I tempi vengono poi trasformati in profondità una volta nota la velocità media di propagazione degli impulsi nel materiale³. I dati acquisiti possono essere visualizzati secondo tre modalità: i) i radar-grammi, ovvero sezioni o stratigrafie elettromagnetiche della zona sottostante il profilo acquisito, ove gli oggetti investigati producono anomalie di forma iperbolica e/o rettilinea; ii) mappe a varie profondità, ovvero planimetrie ottenute interpolando i risultati ottenuti acquisendo diversi profili paralleli equidistanziati (multi-profilo), che permettono non solo di localizzare meglio le anomalie, ma di capirne anche la loro geometria fino alla massima profondità di penetrazione dei segnali georadar nel terreno investigato; iii) ricostruzioni pseudo-tridimensionali (3D), in cui viene creato un modello di falsa sezione prospettica (o iso-superficie, *isosurface*), in cui viene stabilito un valore di soglia sulla base dell'algoritmo di involuppo medio⁴.

Di seguito, si illustreranno le potenzialità di tale tecnica nel caso specifico di Villa Maruffi (Fig. 1).

³ ANNAN 2004, pp. 76-85.

⁴ CONYERS E GOODMAN 1997, pp. 120-135; CONYERS 2004, pp. 167-180; LECKEBUSCH 2003, pp. 223-240.



Fig. 1 – Esempio di sistema georadar (FINDAR – Sensors & Software, Inc.) durante le misure a Villa Maruffi

Il GPR a Villa Maruffi

Villa Maruffi si trova 18 km a sud di Roma, nel comune di Ciampino e si estende sulla collina del Sassone, al confine tra l'Agro Romano e il comune di Marino (Fig. 2).



Fig. 2 – Una veduta di Villa Maruffi (Ciampino, RM)

Villa Maruffi rappresenta un felice esempio di conservazione del paesaggio antropizzato al confine tra quella che era una volta la Campagna Romana e i Castelli. I primi esponenti della famiglia Maruffi di cui si ha notizia in territorio laziale, erano legati con contratto di enfiteusi ai Colonna, per questa proprietà. Dagli anni della II Guerra Mondiale Villa Maruffi è diventata residenza stabile per la famiglia e l'immagine che abbiamo oggi del complesso è frutto degli ampliamenti e dei restauri che da allora hanno trasformato il vecchio casale fortificato in una confortevole abitazione di campagna.

Resti consistenti di mura di terrazzamento in opera reticolata e un tratto di criptoportico, messo in vista da uno sprofondamento del terreno, testimoniano che già dall'età repubblicana era stata data a questo luogo l'impronta di un'agiata residenza agricola suburbana che ancora oggi lo caratterizza⁵.

A Villa Maruffi il georadar è stato utilizzato per investigare una determinata area circostante la villa, a seguito di uno studio più ampio dei luoghi sia tramite immagini satellitari in differenti anni e stagioni, sia tramite un'analisi autoptica (nota anche come *field-walking*) allo scopo di evidenziare la presenza di eventuali

⁵ CALCANI 2014, pp. 13-60.

anomalie nel terreno (come, per esempio, i cosiddetti *crop-marks*) e di evidenze archeologiche (come, per esempio, resti fittili).

Sulla base delle acquisizioni mediante grigliato x, y ed in base alla stima della velocità media attraverso il metodo di calibrazione dell'iperbole (0.140 m/ns), sono state costruite mappe bidimensionali relative alle diverse profondità, utilizzando uno specifico algoritmo matematico (*average envelope amplitude*), che permette di ricostruire in pianta, a grandi linee, la forma geometrica delle strutture identificate, come precedentemente osservato.

Allo scopo di evidenziare le reali dimensioni degli elementi iperbolici prodotti dalle anomalie sepolte nel terreno, è stato utilizzato un ulteriore tipo di elaborazione dei dati noto come migrazione. Tale processo, attraverso l'utilizzo di un altro specifico algoritmo matematico, permette di 'concentrare' l'energia riflessa dalle strutture a geometria finita, e, quindi, di ottenere anomalie di dimensioni simili agli oggetti che le producono.

Le indagini sono state effettuate utilizzando il georadar bistatico, equipaggiato con antenne da 500 MHz, montate su una struttura (*Smart Cart*) provvista di odometro. Il sistema è stato spinto a mano e sono stati acquisiti dati di posizionamento attraverso un GPS (*Global Positioning System*) commerciale.

Le misure sono state acquisite per punti, utilizzando la tecnica *step-mode* in modo da ottenere un passo di campionamento costante di 2.5 cm, con localizzazione GPS ogni 50 tracce registrate. Tale tecnica permette di posizionare lungo il profilo, con precisione, le anomalie eventualmente individuate dal radar. Infine, in tutte le sezioni radar è stato utilizzato uno *stacking* (media delle tracce) pari a 4.

Tutti i dati hanno subito in tempo reale alcune fasi di *processing* a partire dall'utilizzo di guadagni e filtri, al fine di ottimizzare al meglio l'immagine elettromagnetica. Nel caso specifico si è utilizzato di base un filtro *Dewow* (ovvero la correzione della saturazione del segnale) ed un guadagno SEC (*Spreading and Exponential Compensation*).

Nella [figura 3](#) è possibile notare come le mappe georadar, ricavate alla stessa profondità di circa 0.70 m, mettano in evidenza in rosso le anomalie più significative intorno alla villa (lati occidentale e meridionale). Il rosso, ovvero un livello di ampiezza del segnale molto alto, denota la presenza nel sottosuolo di elementi solidi a geometria finita. In particolare, alcune anomalie



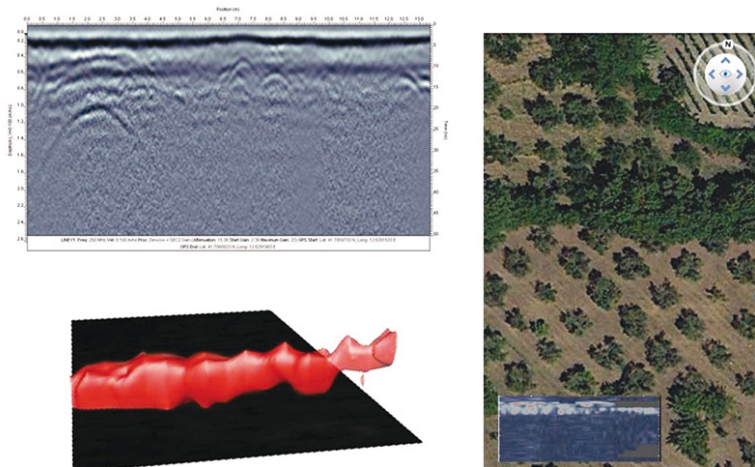
Fig. 3 – In questa figura sono evidenziate le mappe georadar alla profondità di circa 1m. In rosso si notano le anomalie più significative intorno alla villa. In particolare, alcune anomalie allungate in prossimità dell'ingresso principale insieme con una forte anomalia quadrangolare sul lato sud della villa sono relative probabilmente a strutture murarie. Inoltre, nel campo coltivato ad est della villa, si nota l'anomalia georadar connessa al criptoportico parzialmente conservato

allungate in prossimità dell'ingresso principale sono relative probabilmente a strutture murarie, così come la forte anomalia quadrangolare sul lato sud della villa.

Inoltre, nel campo coltivato ad est della villa, si nota la mappa georadar connessa all'anomalia che individua la geometria di un criptoportico. Non solo tale struttura è totalmente sotterranea (vi è solo una parziale apertura in superficie), ma, in base all'analisi georadar, è possibile stabilire come tale struttura si sia parzialmente conservata nel corso dei secoli, probabilmente collassando ed interrompendosi dopo una trentina di metri, senza non raggiungendo la villa (cosa che ci si sarebbe aspettati in condizioni normali).

La [figura 4](#) mostra, in particolare, le tre tipiche rappresentazioni dell'anomalia georadar connessa al criptoportico. Infatti, tali elaborazioni eseguite su un unico target mettono in luce come esse non siano puramente estetiche, ma che aiutino a comprendere meglio il manufatto sepolto. In questo caso, il radargramma mostra la geometria della copertura, mentre la mappa evidenzia l'andamento e la direzione del criptoportico. La ricostruzione 3D, invece, permette di capire la pendenza graduale del criptoportico stesso (da destra verso sinistra), a mano a mano che si approfondisce nel sottosuolo.

Fig. 4 – La figura mostra le tre tipiche rappresentazioni dei dati georadar acquisite su un unico target a Villa Maruffi: il criptoportico. In alto a sinistra, il radargramma evidenzia la sezione della forte anomalia a circa 1m di profondità legata al criptoportico; a destra la mappa, alla medesima profondità e georeferenziata, mostra la geometria del criptoportico sepolto. Si nota, infine, come la ricostruzione 3D (in basso a sinistra) permetta di capire la pendenza graduale del criptoportico stesso (da destra verso sinistra) a mano a mano che si approfondisce nel sottosuolo.



Conclusioni

Le indagini georadar, quando vengono impiegate nella tutela dei beni archeologici, forniscono informazioni fondamentali non solo per incrementare la conoscenza del passato, ma anche per agevolare e pianificare correttamente eventuali interventi di scavo e/o conservazione. I risultati possono essere interpretati e rappresentati in 3D permettendo una ricostruzione accurata dell'evoluzione di un sito storico e rispondendo a domande cruciali per la ricerca archeologica.

Grazie alla sua velocità di acquisizione dei dati, alla sua alta sensibilità all'umidità ed ad un costo ormai relativamente contenuto, il georadar è una delle migliori tecniche non distruttive per investigare siti archeologici sia noti che non ancora riportati alla luce, consentendo lo sviluppo di un preciso protocollo multidisciplinare di intervento per la tutela, risanamento e valorizzazione di luoghi di grande valore culturale come Villa Maruffi a Marino.

Bibliografia

- A.P. ANNAN, *Ground Penetrating Radar: principles, procedures & applications*, in «Sensors & Software, Inc, Technical paper», 2004, pp. 1-278.
- P.M. BARONE, A. DI MATTEO, F. GRAZIANO, E. MATTEI, E. PETTINELLI (a), *GPR application to historical buildings structural control*, in «Near Surface Geophysics», 8, 5, 2010, pp. 407-413.
- P.M. BARONE, S.E. LAURO, E. MATTEI, E. PETTINELLI (b), *Non-destructive technique to investigate an archaeological structure: a GPR survey in the Domus Aurea (Rome, Italy)*, in *Proceedings of the 13th International Conference on Ground Penetrating Radar*, Lecce 2010, pp. 1-4.
- P.M. BARONE, T. BELLOMO, E. MATTEI, S.E. LAURO, E. PETTINELLI, *Ground-penetrating Radar in the Regio III (Pompeii, Italy): Archaeological Evidence*, in «Archaeological Prospection», 18, 3, 2011, pp. 187-194.
- P.M. BARONE, C. FERRARA, E. PETTINELLI, *How could Archeo-Geophysics help garbage disposal? A fortuitous discovery in Central Italy*, in «Antiqua», 2, 1, e3, 2012, pp. 16-19.
- P.M. BARONE, C. FERRARA, E. PETTINELLI (a), *Advanced ground penetrating radar applied to landscape archaeology and cultural heritage*, in *Non-destructive approaches to complex archaeological sites in Europe: a round-up*, a cura di F. Vermeulen, C. Corsi, Ghent University 2013, pp. 30-31.
- P.M. BARONE, E. MATTEI, E. PETTINELLI (b), *Non-invasive archaeological exploration in stratigraphically complex rural settings: an example from Ferento (Viterbo, Italy)*, in «Archaeological and Anthropological Sciences», 5, 3, 2013, pp. 267-273.
- P.M. BARONE, C. FERRARA, E. PETTINELLI (c), *La localizzazione del caposaldo B con la tecnica georadar*, in *La scoperta del caposaldo B della base geodetica di A. Secchi lungo la via Appia Antica*, a cura di T. Aebischer, Roma 2013, pp. 26-30.
- P.M. BARONE, C. FERRARA, E. PETTINELLI (d), *Prospezioni georadar in località Colle Rotondo (Anzio - Roma)*, in G. CIFANI *et al.*, *Colle Rotondo (Anzio, Roma): le campagne di scavo del 2010 e del 2011*, in *Lazio e Sabina 9*, Atti dell'Incontro di Studio, Roma 2012, a cura di G. Ghini, Z. Mari, Roma 2013, p. 383.
- P.M. BARONE, E. PETTINELLI, *Non-destructive techniques in archaeology: recent GPR investigations in Crustumerium*, in *Crustumerium*.

- Ricerche internazionali in un centro latino. Archaeology and identity of a Latin settlement near Rome*, a cura di P.A.J. Attema, F. Di Gennaro, E. Jarva, vol. 1, Groningen 2013, pp. 45-53.
- G. CALCANI, *Coltivare la storia: la famiglia Maruffi tra gestione fondiaria, raccolta di antichità e memorie*, in *Terre Antichità Memorie. La raccolta numismatica Maruffi*, a cura di G. Calcani, M.C. Molinari, Roma 2014, pp. 13-60.
- L.B. CONYERS, *Ground-penetrating Radar for Archaeology*, Walnut Creek (California) 2004.
- L.B. CONYERS, D. GOODMAN, *Ground Penetrating Radar: An introduction for archaeologist*, Londra 1997.
- H. JOL, *Ground Penetrating Radar Theory and Applications*, Elsevier 2009.
- J. LECKEBUSCH, *Ground-penetrating radar: A modern three-dimensional prospection method*, in «Archaeological Prospection», 10, 2003, pp. 213–240.
- S. STODDART, P.M. BARONE *et al.*, *Opening the frontier: the Gubbio–Perugia frontier in the course of history*, in «Papers of the British School at Rome», 80, 2012, pp. 257-294.