

## **METODOLOGIE GEOFISICHE INTEGRATE PER INDAGINI ARCHEOLOGICHE NELLA ZONA DI FLAMBRUZZO (UDINE)**

*Alessandro PRIZZON, Tiziana CIVIDINI, Emanuele FORTE,  
Paola MAGGI, Chiara MAGRINI*

### **INTRODUZIONE**

Oggi giorno, le ricerche archeologiche integrano diversi tipi di informazioni, l'origine delle quali può non essere direttamente archeologica. Infatti, vengono sempre più spesso presi in esame i dati riguardanti le trasformazioni delle condizioni ambientali e paesaggistiche e le informazioni sulla presenza umana nei luoghi nei periodi più recenti. Le indagini geofisiche appaiono come un valido mezzo per ottenere importanti informazioni su vaste aree di possibile interesse archeologico.

Tra le metodologie geofisiche che sfruttano proprietà fisiche del terreno come la resistività elettrica, la polarizzazione indotta, la gravimetria, il magnetismo ed altre ancora, il *Ground Penetrating Radar (GPR)* o *Georadar* occupa una posizione particolare per lo studio dei livelli più superficiali del terreno (profondità in media non superiore ai 10 metri). Le sue caratteristiche di non invasività, versatilità di impiego e costi abbastanza contenuti lo rendono particolarmente indicato per le indagini archeologiche anche in ambienti caratterizzati da forte attenuazione del segnale ed elevati livelli di rumore, grazie a strumenti tecnologicamente avanzati e a particolari tecniche di elaborazione del segnale. L'indagine geofisica *GPR* a Flambruzzo, nel comune di Rivignano in provincia di Udine, è stata effettuata in un'area caratterizzata da condizioni non favorevoli per

la presenza di un terreno con matrice prevalentemente argillosa. Per questo motivo sono state utilizzate e confrontate la tecnica *GPR* e quella magnetometrica. Quest'ultima metodologia sta raccogliendo un numero sempre maggiore di estimatori grazie allo sviluppo di strumenti precisi e sofisticati.

La parte centrale dell'area archeologica indagata è occupata da un vigneto (fig. 1) il cui recente impianto ha comportato una modificazione del terreno con interventi di livellamento e riporto. In quasi tutta l'area sono presenti in superficie chiare tracce di possibili strutture archeologiche riferibili alla presenza di una o più fornaci. L'indagine geofisica è stata condotta nell'area di massima concentrazione dei materiali in superficie. Poiché l'obiettivo delle indagini era la localizzazione preliminare di strutture di interesse archeologico, poste nei primi metri di profondità, l'utilizzo integrato delle due tecniche geofisiche ha permesso di individuare chiaramente anomalie sia a piccola scala, sia con dettaglio maggiore, discriminando di volta in volta i reali "target" presenti da strutture prive di interesse. L'esito è stato determinante per l'avvio di una campagna di scavo nell'estate 2003, i cui primi risultati sono esposti nel paragrafo 4.

### *Il sito archeologico di Flambruzzo (Rivignano)*

L'area archeologica<sup>1</sup> è ubicata sulla riva destra della Roggia Cusana, non lontano dal corso

del Fiume Stella ed è compresa nell'ambito di una zona boschiva caratterizzata da continui dossi e da avvallamenti in banchi argillosi. I primi rinvenimenti risalgono all'inizio degli anni Ottanta, quando le ricognizioni effettuate da due ricercatori locali, Carlo Viola e Diego Cencig, portarono al riconoscimento di consistenti tracce di antiche strutture e alla scoperta di numerosi reperti - per lo più parti di tegole e mattoni bollati, frammenti ceramici e anforacei<sup>2</sup> -, che affioravano in superficie in seguito ai lavori agricoli. Successivamente, furono promosse ripetute e sistematiche prospezioni da parte dell'Università di Trieste dapprima nell'ambito di una capillare indagine sul territorio del Bacino dello Stella<sup>3</sup> e in un secondo tempo ai fini della stesura della Carta Archeologica del Friuli Venezia Giulia per il Piano Territoriale Regionale Generale<sup>4</sup>.

Queste ricerche permisero di acquisire importanti dati sulle caratteristiche dell'evidenza archeologica: fu infatti possibile accertare la presenza di materiale su un'area estesa complessivamente per ben 15.000 mq, indizio di un impianto strutturale di notevoli dimensioni, e delimitare al suo interno tre distinti nuclei, che segnalavano l'esistenza di edifici di diversa natura. Una vasta area, posta in corrispondenza di un rialzo del terreno e di una fascia in cui il suolo presentava un colore rossastro e affioravano frammenti di laterizi mal cotti o stracotti, indicava chiaramente come le strutture sepolte si riferissero ad uno o più forni; altre due aree, situate dove recentemente è stato impiantato un vigneto, sembravano invece da riferire rispettivamente ad una struttura di servizio per la fornace e ad una villa rustica. In quest'ultimo caso l'identificazione era suggerita dal ritrovamento di alcuni reperti - come *tubuli* in terracotta, tessere musive e lastre in marmo per rivestimento parietale o pavimentale - che si potevano chiaramente ricondurre al decoro di ambienti a carattere residenziale.

Più di recente, incisivi lavori di riqualificazione fondiaria intrapresi nel 2002 dal proprie-

tario sull'intera superficie degli appezzamenti hanno fornito l'occasione di riprendere le ricerche nel sito mediante alcuni sondaggi, che sono stati promossi dalla Soprintendenza con lo scopo di verificare gli effetti degli interventi e l'eventuale sussistenza di strutture ancora *in situ*.

Nelle zone risparmiate dall'impianto del vigneto si è proceduto ad aprire sette trincee di scavo, larghe 60 cm e lunghe oltre 30 m: cinque nel terreno posto ad ovest (p.c. 143), orientate est-ovest, e due in senso nord-sud nell'area orientale contraddistinta dalla rubefazione del suolo (p.c. 137), dove poi è stato condotto lo scavo nel 2003 (fig. 1). I risultati più interessanti sono venuti alla luce proprio in quest'ultima zona; nella parte più settentrionale del saggio è stato infatti possibile porre in evidenza, alla profondità di 45 cm e per un tratto di circa 1,55 m, una struttura muraria orientata N-O/S-E e composta da almeno due filari di mattoni quadrati del lato di 20 cm e dello spessore di 8 cm (fig. 2). Il muretto è stato individuato ai margini un'ampia fascia (lung. 13 m) contraddistinta da argilla concotta di colore rossastro e ricca di inclusi carboniosi e di piccoli frammenti fittili, chiaramente riconducibile all'attività di un forno. In più punti di entrambi i sondaggi è stata inoltre riscontrata la presenza di evidenti concentrazioni di frammenti laterizi e frustoli carboniosi.

Lo studio dei materiali rinvenuti durante le prospezioni<sup>5</sup> indica che il sito fu frequentato in un arco temporale piuttosto lungo, dall'età repubblicana (I sec. a.C.) a quella tardoimperiale (IV-V sec. d.C.). La fase di attività delle fornaci sembra tuttavia da attribuire ad un periodo più circoscritto, collocabile tra la metà del I secolo a.C. e gli ultimi decenni del I secolo d.C.

Le testimonianze dimostrano che il complesso produttivo era destinato alla fabbricazione per la massima parte di materiale da costruzione in laterizio, ma anche di vasellame ceramico. Lo attesta il ritrovamento di un serie di tegole e mattoni stracotti o deformati e di due scarti di

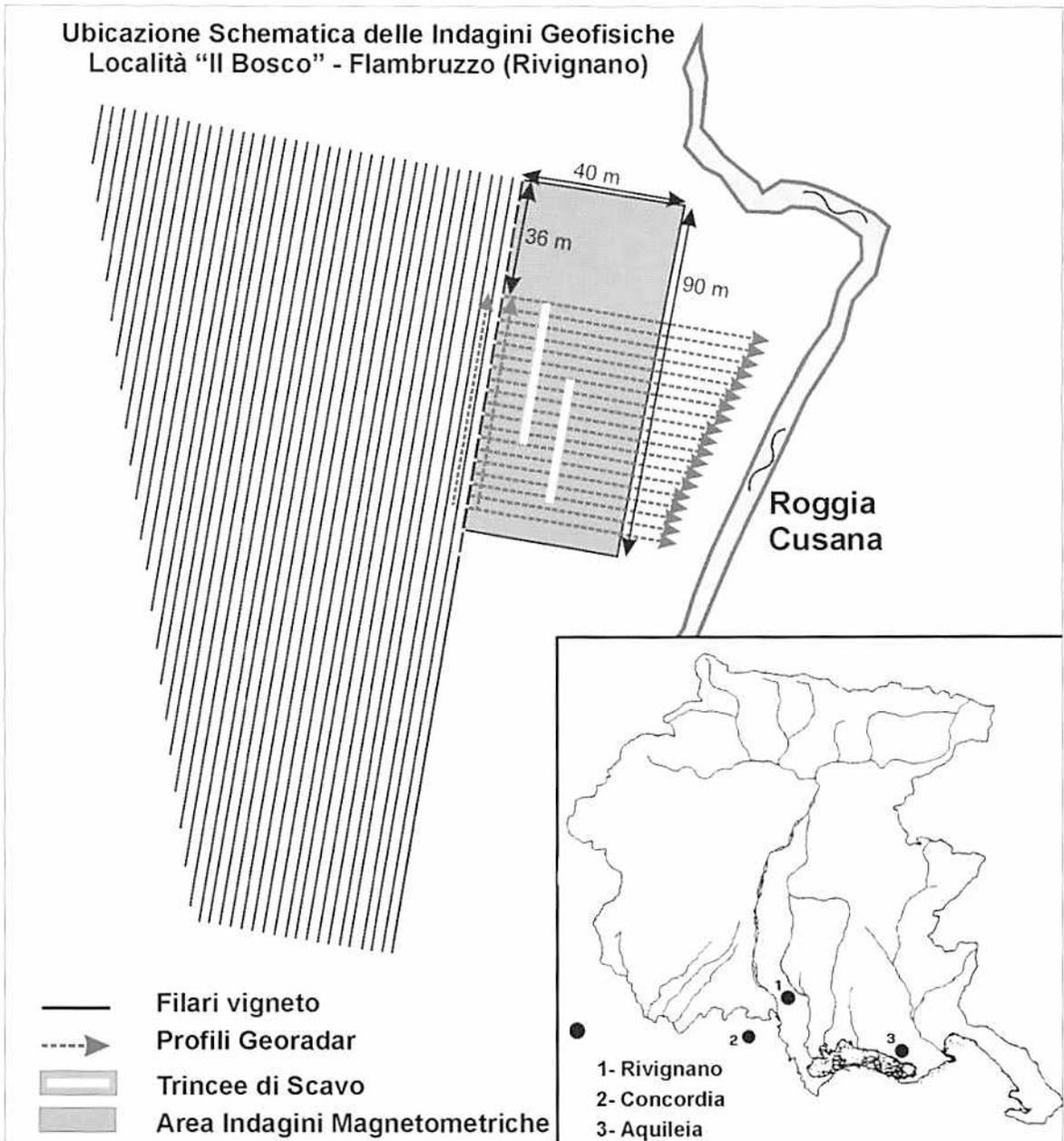


Fig. 1. Mappa schematica delle indagini geofisiche svolte a Flambruzzo, in località "Il Bosco".



Fig. 2. Il muretto in mattoni quadrati.

lavorazione in ceramica comune<sup>6</sup>. Un considerevole numero di marchi di fabbrica impressi sulle tegole (complessivamente ne sono noti una cinquantina) dimostra come nell'impianto operassero diversi produttori. La produzione ceramica comprendeva molto probabilmente anche olle di tipo Auerberg, come suggeriscono recenti analisi archeometriche effettuate su due campioni ritrovati nel sito, che hanno permesso di rilevare componenti riferibili ad ambito locale<sup>7</sup>.

In età romana le condizioni favorevoli per l'insediamento e per l'impianto di attività artigianali nell'area erano date, oltre che dalle caratteristiche ambientali (particolare abbondanza di acqua e di legname), dalla vicinanza di una comoda rete viaria. Questa era costituita innanzitutto da due vie terrestri che, provenienti da Rivignano, qui si diramavano verso l'importante asse stradale ora ricalcato dalla Stradalta (antica via Postumia ?) permettendo un diretto collegamento tra la bassa e l'alta pianura<sup>8</sup>. Un ruolo non marginale doveva avere anche la via fluviale dell'*Anaxum* (Fiume Stella), che sicuramente era sfruttata per i trasporti commerciali, come dimostrato dal ritrovamento nel suo tratto meridionale di un relitto di imbarcazione dotato di carico di tegole e coppi<sup>9</sup>.

### Metodologie geofisiche: georadar e magnetometria

Il termine *Ground Penetrating Radar* (*GPR* o *Georadar*) viene utilizzato per un'ampia gamma di tecniche elettromagnetiche finalizzate all'individuazione di oggetti o superfici di discontinuità sepolte a profondità di norma non superiore ai 10 metri (per indagini in terreni). Il principio su cui si fonda la metodologia *GPR* è simile a quello della sismica a riflessione; lo strumento, attraverso un'antenna trasmittente, che funge da sorgente, produce un transiente elettromagnetico con picco di massima ampiezza compreso tra i 10 MHz ed 1 GHz, in funzione delle caratteristiche dell'antenna utilizzata. L'impulso è inviato nel terreno e gli eventuali contrasti di proprietà elettromagnetiche presenti nel sottosuolo determinano la parziale o totale riflessione del segnale che viene rilevato attraverso un'antenna ricevente. Data l'alta velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche (300.000 km/s nell'aria), il tempo di percorso dall'istante di trasmissione a quello del successivo ritorno all'antenna ricevente è compreso tra qualche decimo e diverse centinaia di nanosecondi ( $ns=10^{-9}s$ ). Di conseguenza sono necessari una misurazione molto accurata dell'istante di emissione e un campionamento preciso e adeguato dei segnali ricevuti. La quantità di energia che ritorna riflessa in superficie sarà in funzione della grossa attenuazione dovuta al terreno che si comporta come un filtro, eliminando le componenti di alta frequenza dal segnale. Si dovrà tener conto del "clutter", cioè di tutti quegli oggetti in superficie o posti al disopra di essa, che producono degli echi spuri. Altro fattore che controlla la buona riuscita di una prospezione *GPR* è l'omogeneità dei mezzi geologici indagati. Diversità di composizione ed in particolare la presenza d'acqua provocano variazioni consistenti delle caratteristiche dielettriche del terreno. La prospezione *GPR* è una metodologia di indagine assolutamente non distruttiva e può quindi essere applicata su qualunque tipo di terreno (con le sole limitazioni introdotte dalle

Fig. 3. Schema di funzionamento del sistema *Georadar*.

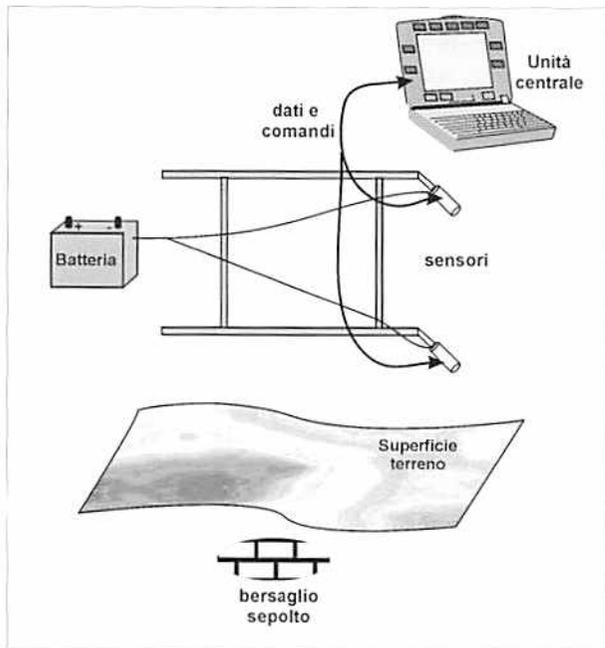
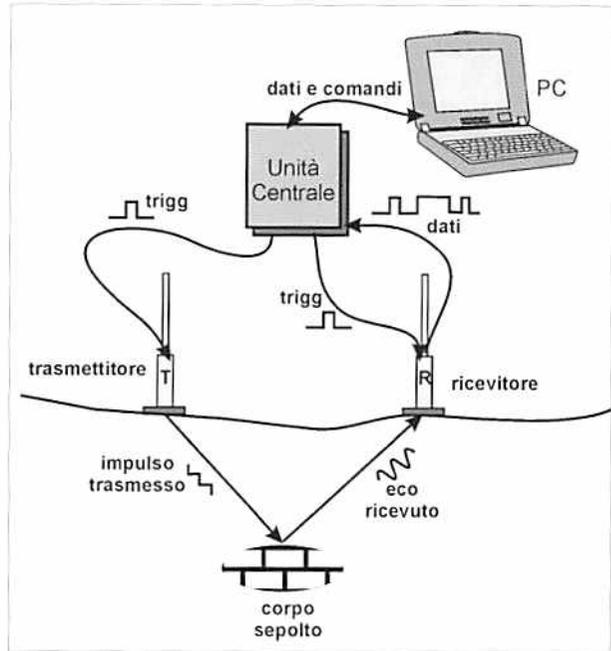


Fig. 4. Schema di funzionamento del gradiometro.

caratteristiche dielettriche dello stesso), con modalità di acquisizione e tempi di realizzo che variano in funzione degli obiettivi della ricerca. L'equipaggiamento per eseguire una prospezione *GPR*, in generale, consta di quattro unità principali (fig. 4): 1) un'unità centrale con funzione di sorgente impulsiva, controllo, raccolta e organizzazione dei dati; 2) una coppia di antenne con funzione di trasmettitore e di ricevitore; 3) un dispositivo di campionamento e di conversione numerica dei segnali analogici; 4) un PC che comprende un sistema di memorizzazione su supporto magnetico dei segnali numerici, dispositivi di elaborazione dei segnali e di interfaccia grafica per la rappresentazione su schermo dei segnali acquisiti.

L'unità centrale gestisce la sincronizzazione fra l'unità trasmittente e quella ricevente. È importante puntualizzare che, essendo le onde elettromagnetiche estremamente veloci (30 cm/ns in aria e 6-7 cm/ns mediamente nei terreni), il tempo che intercorre dall'emissione dell'impulso alla sua ricezione sarà dell'ordine dei nanosecondi. Ciò impone che l'unità centrale sia un'apparecchiatura molto sofisticata e precisa. Il sistema *GPR* fornisce, in tempo reale, la sezione radar ovvero un diagramma dell'ampiezza del segnale radar in funzione del tempo di viaggio dell'impulso elettromagnetico e della posizione in cui esso è stato inviato e ricevuto. Questo segnale dovrà poi essere adeguatamente elaborato per poter ricavare il massimo numero di informazioni sul sottosuolo. Esistono due configurazioni diverse per quanto riguarda le antenne: quella *monostatica* e quella *bistatica*. La configurazione *monostatica* si ha quando la stessa antenna viene utilizzata sia come trasmettitore sia come ricevitore, mentre la configurazione *bistatica* si ha quando vengono utilizzate due antenne distinte. Il trasmettitore genera una variazione di voltaggio impulsiva, cioè di durata molto breve, che viene convertita in onde elettromagnetiche a frequenze determinate dalle caratteristiche dell'antenna usata: man mano che l'antenna è mossa sul terreno i segnali, rice-

vuti dalla seconda antenna che funge da ricevitore, vengono visualizzati su uno schermo in funzione dei loro tempi di arrivo nella forma di un radargramma.

Il metodo *magnetometrico* è una delle metodologie geofisiche più utilizzate per indagini archeologiche negli ultimi decenni. I maggiori vantaggi nell'utilizzo di questa metodologia sono dati dal costo contenuto, dalla sua semplicità di utilizzo e dalla rapidità di indagine su vaste aree se paragonata ad altre tecniche geofisiche. La prospezione magnetica è basata sul fatto che il campo magnetico terrestre non è omogeneo e che i singoli effetti legati alle disomogeneità possono essere identificati e separati da misure effettuate in superficie. Un'anomalia magnetica indica una variazione locale del campo magnetico terrestre ed è da imputarsi ad un'irregolarità, a scala più o meno grande, delle caratteristiche magnetiche dei materiali presenti in quel luogo. Lo studio delle anomalie magnetiche si rivela molto importante, sia nel campo geologico sia geofisico, perché permette di rilevare la presenza di discontinuità nel sottosuolo, come faglie e sovrascorrimenti, come pure la presenza di giacimenti minerali in profondità o di duomi salini, importanti per la prospezione di giacimenti di idrocarburi. Per cercare di definire il tipo di struttura presente nel sottosuolo, in base alle anomalie da questa generate e rilevate in superficie, si sono costruiti dei semplici modelli geometrici. Si è provato ad ipotizzare la presenza nel terreno di una determinata struttura (modello) e di questa si è calcolato l'effetto in superficie e quindi l'anomalia rispetto al terreno circostante. In definitiva, quando viene rilevata un'anomalia magnetica nel terreno, la si confronta con quella prodotta dai modelli studiati, che rappresentano però delle semplificazioni, e si cerca di dare un'interpretazione delle possibili strutture presenti. La soluzione, infatti, non è univoca, in quanto l'anomalia riscontrata potrebbe essere dovuta alla somma di più sorgenti, i cui effetti si sommano per formare un'unica anomalia. Per questo motivo l'interpreta-

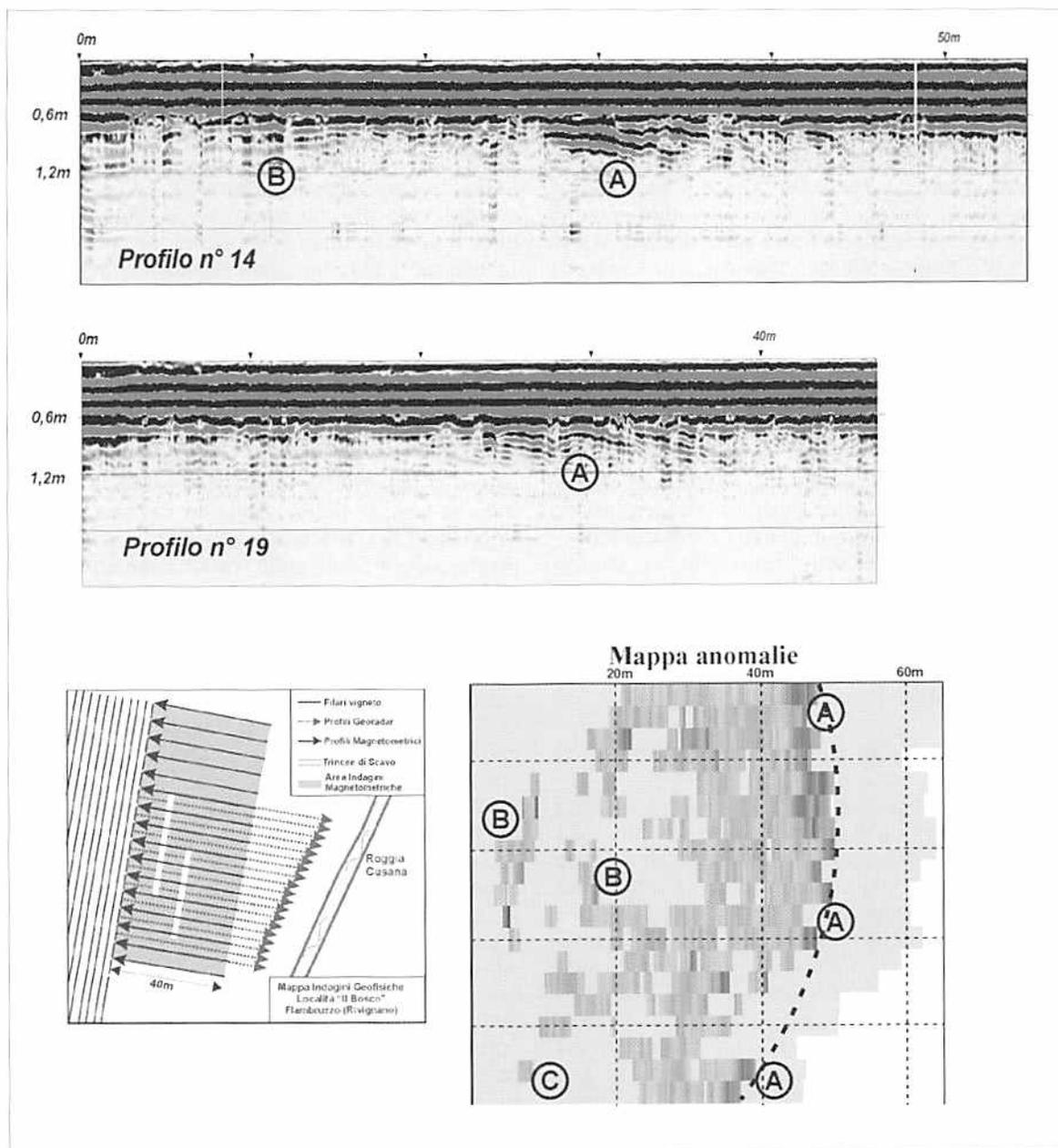


Fig. 5. Esempi di profili *Georadar* acquisiti a Flambruzzo (profili n° 14 e 19) e mappa delle principali anomalie evidenziate.

zione dei dati magnetici richiede una notevole esperienza.

Per l'indagine magnetometrica è stato utilizzato un gradiometro SCINTREX. Questo strumento utilizza due sensori e fornisce la differenza tra due valori del campo magnetico terrestre a diversa altezza per ogni punto di misura. La prospezione viene condotta con i due sensori fissati su una apposita staffa verticale (fig. 4). Il sensore inferiore viene a trovarsi ad un'altezza di circa 30-40 cm dal piano di campagna, mentre quello superiore a circa 1 metro. La differenza di intensità divisa per la distanza tra i sensori è considerata una buona approssimazione del gradiente magnetico verticale. La misura del gradiente verticale permette di filtrare le anomalie magnetiche regionali, di definire meglio le anomalie più superficiali e di rimuovere efficacemente le variazioni magnetiche temporali. L'intervallo di campionamento risulta determinante in sede di interpretazione in quanto influenza la risoluzione laterale massima raggiungibile. Nel nostro caso le misure sono state condotte ogni 0.1s con una sensibilità massima di 0.01 nanotesla (nT), pertanto ogni misura è distanziata dalla precedente di circa 10 cm.

#### *Acquisizione, elaborazione ed interpretazione dei dati geofisici*

L'area archeologica, situata sulla riva destra della Roggia Cusana, non lontano dal corso del Fiume Stella è caratterizzata in superficie da un'alta concentrazione di frammenti di materiali di epoca romana (tegole e mattoni). Poiché la parte centrale della zona archeologica è occupata da un vigneto, l'indagine geofisica è stata svolta nella parte più orientale dell'area, eseguendo alcuni profili georadar paralleli (con distanza tra i profili di 3 m) e alcuni profili magnetometrici (con distanza tra i profili di 2 m su una superficie complessiva di 3600 mq), nella zona di maggior concentrazione dei reperti superficiali (fig. 1). L'alta percentuale di acqua presente nel terreno e la sua matrice prettamente argillosa hanno richiesto una accurata elabo-

razione dei profili *GPR* mediante l'utilizzo di "software" appositamente realizzati per ottenere un significativo miglioramento dei dati originali. Nella figura 5 vengono riportati alcuni esempi di sezioni georadar elaborate, selezionate tra quelle più significative raccolte nell'area (profilo 14 e profilo 19). Le immagini allegate sono sezioni verticali che riportano la risposta radar al di sotto della linea di acquisizione sul terreno. In origine i dati vengono quindi acquisiti con coordinate spazio (in orizzontale [cm]) e tempo (in verticale [ns]), dove il tempo indica il ritardo con cui l'energia raggiunge il ricevitore a partire dall'istante iniziale dell'immissione dell'onda nel terreno. Nel caso dei segnali riflessi da discontinuità di impedenza elettromagnetica nel terreno, l'ordinata segna pertanto il tempo di percorso sorgente-riflettore-ricevitore. È possibile, in fase di elaborazione, convertire i tempi in profondità (cm), una volta note le velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica nel terreno.

L'interpretazione è stata eseguita su ogni singolo profilo e sull'intero "dataset" utilizzando il metodo delle "timeslices". Questa procedura permette di organizzare l'intero "set" di dati per ottenere delle sezioni orizzontali in profondità che si dimostrano particolarmente utili per seguire la continuità laterale delle strutture evidenziate. Su tutti i profili *GPR* risulta evidente un riflettore debolmente inclinato (situato ad una profondità di circa un metro) presente nella zona tra i 30 e 50 metri dall'inizio di ogni profilo. Le caratteristiche di questo orizzonte (che si presenta in maniera simile su tutti i profili, ma ad una distanza decrescente dall'inizio della linea) portano a supporre una sua origine non antropica e ciò è supportato dal suo degradare verso est, in direzione della roggia (punti A sui profili e nella mappa delle anomalie in figura 5). In alcuni profili tale orizzonte presenta delle interruzioni o delle discontinuità di difficile interpretazione. Il limite di questo orizzonte può essere interpretato come un paleoalveo di un corso d'acqua o della roggia citata. Le anomalie

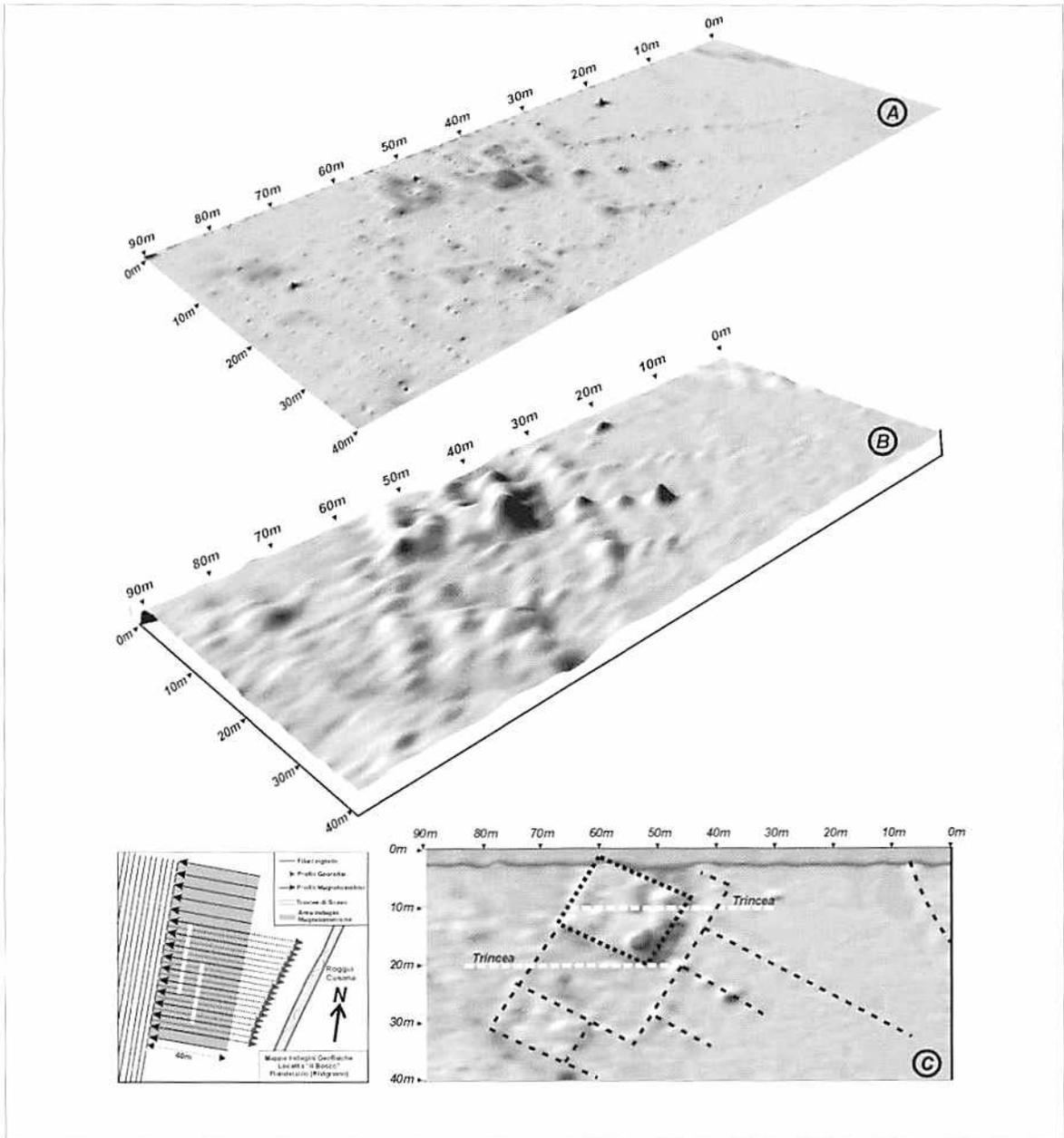


Fig. 6. Mappa delle principali anomalie magnetiche prima (A) e dopo l'applicazione di un filtro 2D passa bassa (B) ed interpretazione dei dati (C).

presenti nella parte iniziale dei profili si possono interpretare come le tracce dei sondaggi eseguiti nella primavera del 2002 dagli archeologi (punti B in figura 5). Sono presenti poi delle anomalie di piccole dimensioni (punto C in figura 5) localizzate solo nell'area di maggior concentrazione dei reperti superficiali, che hanno scarsa continuità spaziale.

L'indagine magnetometrica ha interessato l'area caratterizzata dalla massima concentrazione superficiali di reperti, con lo scopo di localizzare eventuali resti delle fornaci o strutture ad esse collegate. Tale rilievo costituisce un'integrazione della metodologia *GPR* per evidenziare la presenza di strutture o anomalie del terreno di piccole dimensioni. I 49 profili magnetometrici, lunghi 40 metri, sono stati acquisiti ortogonalmente alla linea dei filari del vigneto, con una spaziatura di due metri e utilizzando il gradiometro SMARTAG SM-4G della SCINTREX. I valori delle anomalie magnetiche, calcolati dalle differenze tra i due valori rilevati dai sensori del gradiometro, sono stati posti ai nodi di un grigliato. La presenza dei cavi in acciaio e dei pali del vigneto ha causato un "disturbo" per i dati magnetici. Infatti, in prossimità del vigneto, sono stati rilevati i valori massimi dell'anomalia (fino a  $-4500$  nT). Dopo un rapido esame dell'intero "dataset" è stato deciso di eseguire un'operazione di filtraggio dei dati, restringendo il "range" dei valori per evidenziare solo le piccole anomalie prodotte da possibili "target" archeologici. L'intervallo migliore è risultato quello compreso tra  $+40$  nT ed  $-40$  nT. Operazioni di filtraggio mono e bidimensionale enfatizzate dalla rappresentazione con diverse scale cromatiche hanno permesso di evidenziare le strutture presenti e di seguire la localizzazione spaziale. In figura 6 viene riportato il confronto tra i dati originali (A) rappresentati con una scala  $-200$   $+200$  nT e i dati dopo l'applicazione di un filtraggio passa bassa 2D e riduzione della scala tra  $-40$  e  $+40$  nT (B). In quest'ultima immagine sono chiaramente distinguibili alcune aree con anomalie maggiori che seguono,

in certi casi, dei precisi allineamenti. L'interpretazione (fig. 6-C) ha evidenziato come le anomalie maggiori si concentrino in un'area di circa  $400$  mq situata al centro della zona indagata. Altre anomalie seguono dei precisi allineamenti NO-SE e SO-NÈ. In figura 7 (mappa A) un'elaborazione grafica ha permesso di porre in risalto le anomalie magnetiche permettendo una interpretazione di dettaglio (mappa B) dei dati in termini di strutture lineari (B) e zone con valori elevati dell'anomalia magnetica (A). Il risultato porterebbe ad ipotizzare la presenza di strutture legate all'attività di una o più fornaci [forse situate proprio nell'area (A)]. Il fatto di non aver riscontrato anomalie magnetiche in prossimità della roggia (dove i dati *GPR* evidenziavano l'interruzione del riflettore citato in precedenza), permette di confermare che in tempi antichi questo corso d'acqua seguiva un corso spostato verso ovest di circa  $20$  metri rispetto all'andamento attuale.

#### *L'risultati della recente campagna di scavo*

Gli ottimi risultati conseguiti con l'applicazione delle tecniche geomagnetiche hanno stimolato la prosecuzione delle indagini archeologiche mediante uno scavo mirato, che si è svolto dal 16 giugno al 15 luglio 2003 sotto il coordinamento della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia. L'area interessata (fig. 8) è stata scelta con l'obiettivo di verificare l'interpretazione dei dati proposta dai geofisici e di chiarire la consistenza sia delle anomalie più concentrate, che si riteneva potessero corrispondere ai forni, sia di quelle più rarefatte, che rivelavano allineamenti da collegare forse con la presenza di strutture annesse.

Lo scavo ha in effetti dimostrato che la presenza più cospicua di resti archeologici, individuati ad una profondità di circa  $30-40$  cm dal piano di campagna, era ubicata nel settore A, in cui si erano riscontrate le maggiori anomalie. Nella parte meridionale del saggio sono venuti infatti alla luce un esteso strato di argilla fortemente rubefatta, mista a frammenti di laterizi di

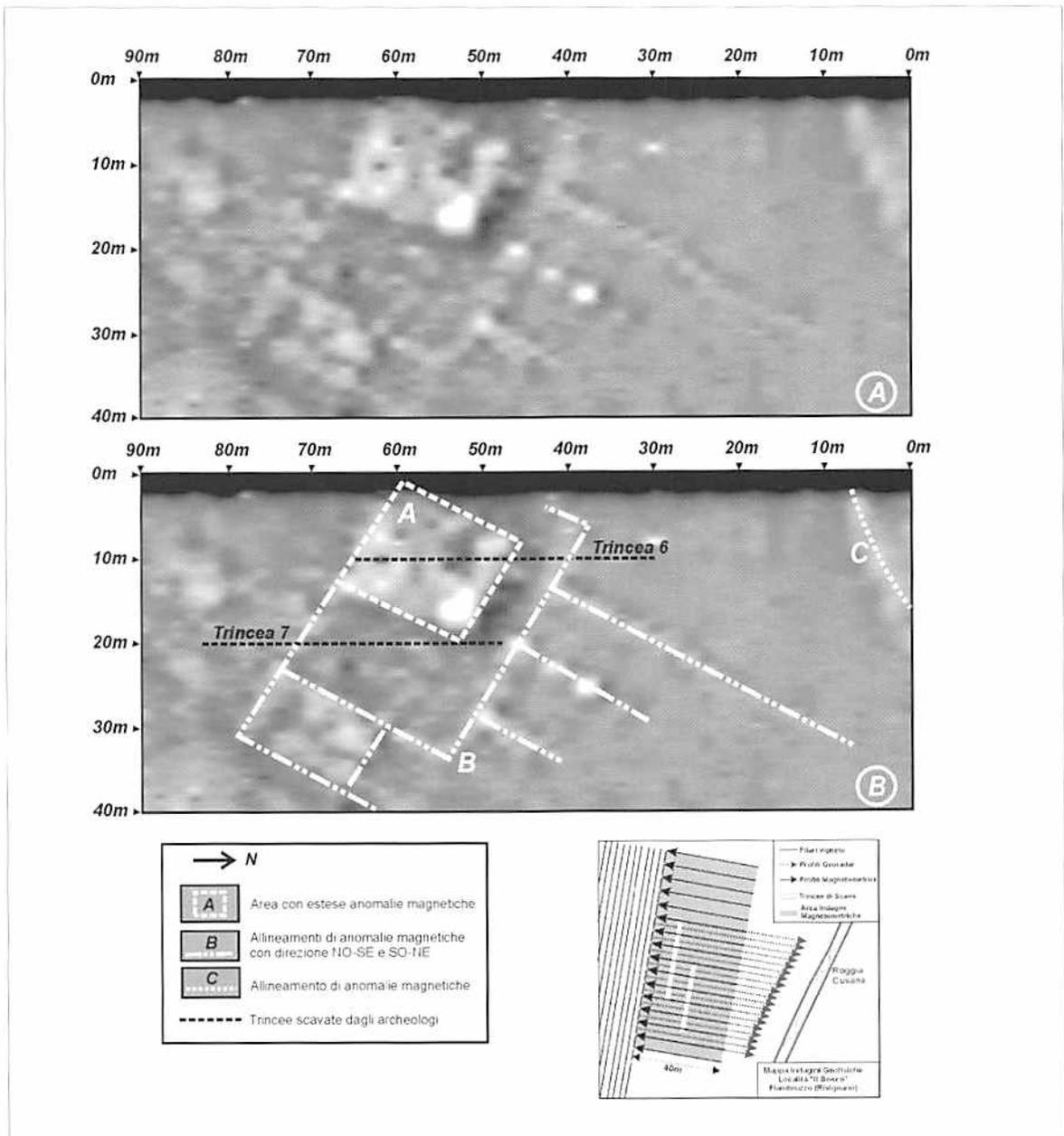


Fig. 7. Mappa delle principali anomalie magnetiche dopo l'elaborazione finale: A) senza interpretazione, B) con interpretazione.

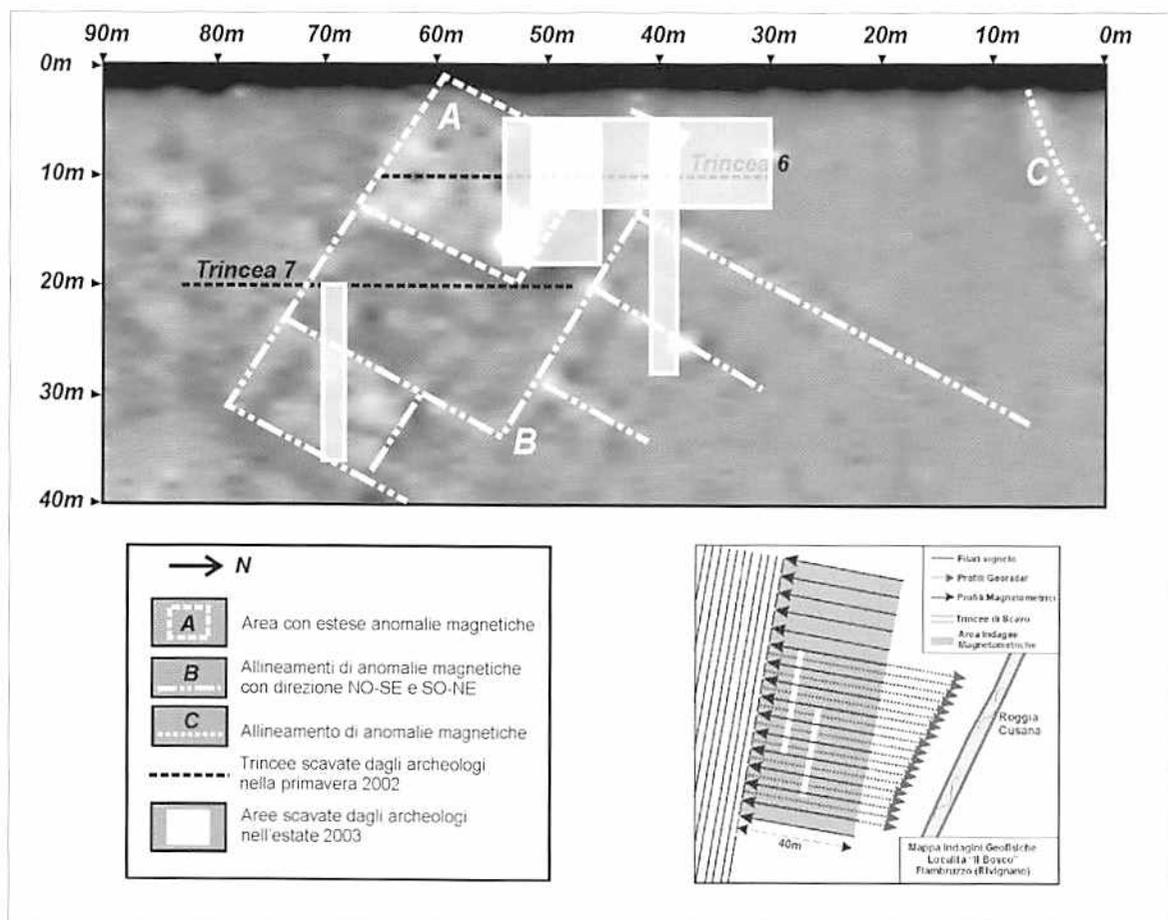


Fig. 8. Posizionamento dell'area di scavo sul rilievo delle anomalie geomagnetiche.

piccole dimensioni, e una concentrazione di forma subcircolare costituita in prevalenza da tegole, ma anche da coppi disposti di taglio. Questa risultava circondata da una fascia di argilla di colore grigio mista a cenere, al di

sotto della quale è stato parzialmente messo in luce un probabile livello di calpestio caratterizzato da una preparazione in malta friabile e da un rivestimento con laterizi sistemati orizzontalmente.

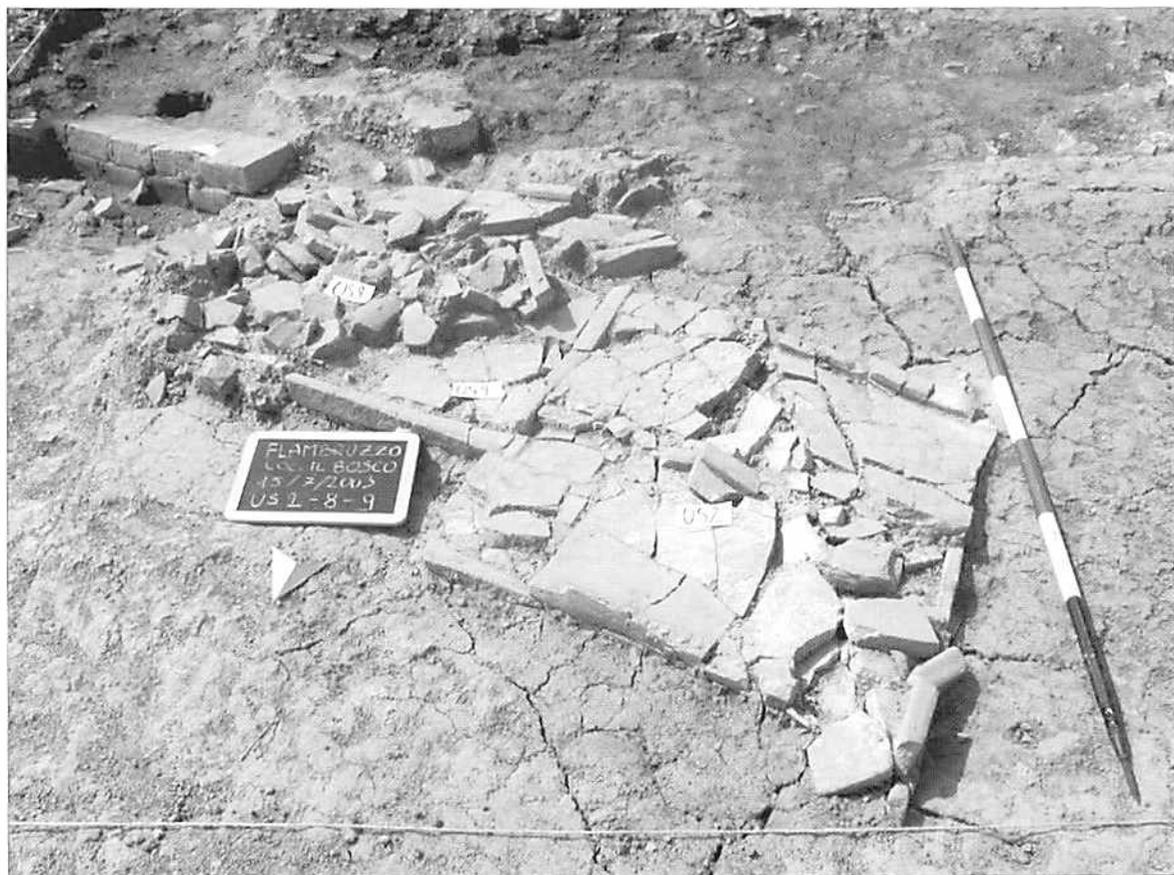


Fig. 9. Le due strutture quadrate e il muretto in mattoni.

Tali evidenze corrispondono molto probabilmente ai livelli di distruzione di una fornace. Con queste tracce vanno messe in relazione due strutture di forma quadrata individuate in prossimità del muretto in mattoni già posto in luce nei

sondaggi del 2002; esse risultano realizzate con frammenti di tegole disposte di taglio con le alette laterali a costituire il bordo e il contenimento della struttura stessa (fig. 9). L'interpretazione più probabile è che si tratti di

basi per pilastri che dovevano sostenere tettoie a protezione dell'impianto produttivo; in particolare potrebbero essere messe in rapporto con la copertura del forno, come riscontrato in altri impianti produttivi<sup>10</sup>.

Connessi probabilmente con il crollo di un'altra o più strutture sembrano inoltre due ulteriori concentrazioni di laterizi e grumi di argilla concotta che sono stati messi in evidenza nella zona più meridionale.

Non si sono potute invece confermare con lo scavo le anomalie evidenziate con il magnetometro nel settore nord-orientale dell'area indagata. Ad eccezione di una piccola concentrazione di laterizi, riferibile al riempimento di una probabile fossa di scarico di materiali, tale zona si è rivelata sostanzialmente priva di evidenze archeologiche. L'apertura di due trincee con andamento est-ovest, che hanno raggiunto la profondità di 0,80 m, ha permesso di accertare la presenza unicamente di argilla sterile. Diversi risultati ha dato, in rapporto allo stesso tipo di anomalie (B) un sondaggio di verifica eseguito a sud-est della principale area di scavo: qui si è individuato un livello composto da frammenti di laterizi, in prevalenza coppi, di dimensioni gradualmente maggiori da est verso ovest, misti a grumi di argilla concotta e a frustoli di malta; la scoperta, che richiede però ulteriori approfondimenti, induce a supporre l'estensione dell'impianto produttivo anche in questa zona.

Per quanto riguarda i reperti, va detto che essi provengono esclusivamente dalla pulizia dei livelli superficiali e avvalorano l'ipotesi di datazione del complesso artigianale, avanzata sulla base delle ricognizioni di superficie<sup>11</sup>, al periodo compreso tra la metà del I sec. a.C. e la fine del I sec. d.C.

I risultati ottenuti sono da considerarsi del tutto preliminari poiché gli obiettivi dell'intervento hanno portato a privilegiare l'indagine in estensione piuttosto che in profondità. Nel prosieguo delle ricerche si intende da un lato delimitare in maniera più puntuale l'estensione dei forni e verificare la natura dei resti per ora indi-

viduati solo sulla base dei loro livelli di distruzione, dall'altro lato ampliare ed approfondire il sondaggio effettuato a sud-est, al fine di comprendere la tipologia delle evidenze ivi ubicate.

## CONCLUSIONI

Il lavoro svolto ha permesso di evidenziare come il *GPR* e la magnetometria forniscano immagini subsuperficiali con una elevata risoluzione e precisione, risultando strumenti che permettono l'indagine di vaste aree in tempi contenuti. L'utilizzo integrato di più metodologie costituisce un sicuro vantaggio e offre la possibilità di effettuare interpretazioni più precise. A Flambruzzo, a causa di un terreno particolarmente umido e caratterizzato da un'alta percentuale di argilla, il *GPR* non ha fornito chiari risultati sulla localizzazione delle strutture archeologiche sepolte, ma ha evidenziato delle anomalie litologiche legate al probabile arretramento di un alveo fluviale. L'indagine magnetometrica ha fornito invece chiare evidenze di strutture archeologiche presenti nel sottosuolo e ne ha reso possibile la mappatura di dettaglio. Questa metodologia si è dimostrata rapida e risolutiva per indagini di questo tipo, grazie anche all'impiego di strumentazioni digitali avanzate estremamente sensibili e versatili. I risultati ottenuti sono stati confermati da una campagna di scavo condotta nell'estate 2003 durante la quale sono state individuate evidenze che corrispondono molto probabilmente ai livelli di distruzione di una fornace. Lo scavo archeologico verrà approfondito ed esteso in futuro anche in altre zone dove l'indagine geofisica preliminare ha rilevato la presenza di corpi sepolti di possibile interesse.

## NOTE

<sup>1</sup> Per un inquadramento del sito nel più vasto panorama insediativo di età romana del territorio rivigna-

nese si veda il recente lavoro di MAGGI 2001, pp. 68-112.

<sup>2</sup> Tali reperti, assieme a quelli recuperati nel corso delle successive ricerche, si conservano presso il Museo dello Stella (Comune di Palazzolo), dove attendono tuttora un'adeguata valorizzazione.

<sup>3</sup> Cfr. PRENC 1988; MAGGI 1992, in part. p. 202, n. 7.

<sup>4</sup> Cfr. AA.VV. 1996, in part. pp. 33-47, UA Rivignano 4.

<sup>5</sup> Per un quadro completo cfr. MAGGI 2001, pp. 70-112.

<sup>6</sup> Cfr. PRENC 1988, p. 58 e tav. 1.

<sup>7</sup> Lo studio dei campioni è stato attuato da Patrizia Donat, che si coglie l'occasione di ringraziare, nell'ambito di una più ampia ricerca condotta sul vasellame appartenente a questa tipologia; le analisi sono state affidate a Christof Flügel.

\* È presumibile che a Rivignano l'itinerario proseguisse in direzione di Palazzolo dello Stella e costituisse quindi un raccordo con la Via Annia (cfr. MAGGI 2001, p. 21). I punti di innesto nell'asse della Stradalta delle due diramazioni, i cui percorsi nel tratto finale sono segnalati dalla distribuzione allineata delle evidenze archeologiche, si pongono in corrispondenza di Flambro e di Flumignano. (cfr. CIVIDINI, MAGGI 1999, pp. 23-24). Su queste strade v. inoltre PRENC 2000, p. 49 e PRENC 2002, p. 254.

<sup>9</sup> Cfr. da ultimo VITRI, BRESSAN, MAGGI, DELL'AMICO, MARTINELLI, PIGNATELLI, ROTTOLI c.s.

<sup>10</sup> Si possono richiamare i casi di Carlino (cfr. MAGRINI, SBARRA 2000, p. 120) e di Calderara di Reno (cfr. ORTALLI 1998, pp. 76-77).

<sup>11</sup> Cfr. MAGGI 2001, p. 68.

## BIBLIOGRAFIA

AA.VV. 1996 - *Schede dei siti archeologici dei Comuni di Rivignano - Pocenia*. "Carta Archeologica Regionale", Quaderno I, Trieste.

CIVIDINI T., MAGGI P. 1999 - *Presenze romane nel territorio del Medio Friuli*, 6, Mortegliano - Talmassons, Udine.

MAGGI P. 1992 - *L'assetto insediativo di età romana nell'agro sud-occidentale di Aquileia*, in *Tipologia di insediamento e distribuzione antropica nell'area veneto-istriana dalla preistoria al medioevo*, atti del convegno (Asolo, 3-5 novembre 1989), Mariano del Friuli (GO), pp. 197-204.

MAGGI P. 2001 - *Presenze romane nel territorio del Medio Friuli*, 8, Rivignano, Udine.

MAGRINI C., SBARRA F. 2000 - *Le fornaci di Carlino: revisione dei dati acquisiti e nuove prospettive di ricerca. Primi risultati*, "Rivista di Archeologia", 24, pp. 114-125.

ORTALLI J. 1998 - *Assetto distributivo e funzionalità dei luoghi di produzione fittile nella Cispadana romana: Bononia e il suo territorio*, in *Le fornaci romane. Produzione di anfore e laterizi con marchi di fabbrica nella Cispadana orientale e nell'Alto Adriatico*, atti delle giornate di studio (Rimini 1993), a cura di V. RIGHINI, Rimini, pp. 69-87.

PRENC F. 1988 - *Una nuova fornace romana nella bassa friulana*, "Memorie Storiche Forogiuliesi", 68, pp. 57-61.

PRENC F. 2000 - *Viabilità e centuriazione nella pianura aquileiese*, in *Cammina, cammina... Dalla via dell'ambra alla via della fede*, catalogo della mostra, Aquileia, a cura di S. BLASON SCAREL, Mariano del Friuli (GO), pp. 43-58.

PRENC F. 2001 - *All'ombra dei Veneti, dei Celti e dei Romani e del loro lungo cammino lungo la Via Annia tra Ad Undecimum e Ad Pacilium: la Bassa Friulana tra IV secolo a.C. e V secolo d.C.*, in *Kurm. Ipotesi e riscontri sulla presenza dei Celti e di altre popolazioni preromane nella Bassa Friulana*, a cura di R. TIRELLI, Latisana (UD), pp. 225-310.

VITRI S., BRESSAN F., MAGGI P., DELL'AMICO P., MARTINELLI N., PIGNATELLI O. e ROTTOLI M. c.s. - *Il relitto romano del fiume Stella (UD)*, in *L'archeologia dell'Adriatico dalla Preistoria al Medioevo*, atti del Congresso Internazionale (Ravenna 7-9 giugno 2001), in corso di stampa.

Alessandro PRIZZON  
Vicolo Ospedale Militare, 2/1  
34100 TRIESTE

Paola MAGGI  
Scala dell'Erica, 7  
34100 TRIESTE

Tiziana CIVIDINI  
Via Sbaiz, 2  
33039 SEDEGLIANO (UD)

Chiara MAGRINI  
Via Duino, 42  
33100 UDINE

Emanuele FORTE  
Via Carducci, 10/14  
33033 CODROIPO (UD)