



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento dei Beni Culturali:
Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e della Musica

Corso di laurea in Scienze Archeologiche

Tesi di laurea magistrale

Metodi Geofisici multiscala applicati all'archeologia:
il caso studio del sito preromano di San Basilio di Ariano nel Polesine.

Relatore

Prof.ssa Rita Deiana

Laureanda: Rosa Marcato

Matricola: 2018796

Anno Accademico 2021/2022

Sommario

1. Introduzione all'uso dei metodi geofisici in archeologia e la loro selezione per l'applicazione al sito di San Basilio di Ariano nel Polesine	4
1.1 Principali fattori per la scelta dei metodi di indagine geofisica in un contesto archeologico	9
1.2 L'elaborazione e l'interpretazione dei dati	15
2. Le prospezioni geofisiche per l'archeologia selezionate per il caso studio di San Basilio di Ariano nel Polesine	18
2.1 Il metodo magnetico	19
2.1.1 Basi teoriche e strumentazione	19
2.1.2 Modalità di rilevamento	23
2.1.3 Contesti di applicazione	25
2.2 I metodi elettromagnetici	26
2.2.1 Basi teoriche e strumentazione	28
2.2.2 Contesti di applicazione	30
2.2.3 Modalità di rilevamento	31
2.3 La tomografia resistività elettrica di resistività (Electrical Resistivity Tomography - ERT) ..	34
2.3.1 Basi teoriche, strumentazione, modalità di rilevamento	34
2.3.2 Elaborazione dei dati	39
3. Le indagini geoarcheologiche e le campagne di scavo nel sito di San Basilio di Ariano nel Polesine	42
3.1 Il sito: il contesto ambientale e geomorfologico e la storia delle ricerche	42
3.2 La documentazione storica da fotografia aerea e le immagini satellitari a corredo del dato geofisico	55
3.3 La ricognizione 2018	63
3.4 I carotaggi 2018, 2019, 2021	66
3.5 La campagna di scavo 2019	71
3.6 La campagna di scavo 2021	75

4 Le campagne di prospezioni geofisiche nel sito di San Basilio di Ariano nel Polesine	82
4.1 La campagna di prospezioni FDEM del 2019	83
4.2 La campagna di prospezioni magnetiche del 2020.....	89
4.3 La campagna di prospezioni geoelettriche del 2022	97
5 Analisi critica dei risultati	102
5.1 La fotografia storica e le prospezioni del 2019 e 2021	103
5.2 I carotaggi e le prospezioni 2019, 2021, 2022	104
5.3 La ricognizione di superficie 2018 e le prospezioni magnetiche 2020.....	105
5.4 Le prospezioni FDEM del 2019 e le prospezioni magnetiche del 2020.....	107
5.5 Le prospezioni FDEM del 2019 e le prospezioni ERT del 2022	110
Dalla scala di campo al dettaglio dello scavo: considerazioni sulla strategia di indagine utilizzata nel sito di San Basilio e proposte per futuri sviluppi della ricerca nell'area.....	112
Bibliografia.....	115

1. Introduzione all'uso dei metodi geofisici in archeologia e la loro selezione per l'applicazione al sito di San Basilio di Ariano nel Polesine

È ormai accertato che il futuro dell'indagine archeologica, sia per questioni economiche che di sostenibilità e tutela del bene archeologico dopo lo scavo, non possa basarsi più soltanto sullo scavo in estensione. È infatti indubbio che lo scavo è il momento di massima distruzione dell'informazione stratigrafica e che pertanto lo stesso debba essere riservato solo ad aree circoscritte e specifiche, laddove invece su grandi aree, tecniche di indagine geofisica, non invasive, possono fornire, in alternativa, preziose informazioni circa l'estensione e la distribuzione di eventuali strutture sepolte senza dover necessariamente prevedere uno scavo. Nell'ambito delle indagini in campo archeologico, negli ultimi dieci anni di ricerca, anche in contesti in cui questo non fosse possibile, per diverse ragioni.

Nel caso studio oggetto di questa tesi, l'utilizzo di differenti metodi geofisici, a diversa scala, si inserisce come esempio di utilizzo della geofisica per lo studio di un sito archeologico non solo preliminarmente allo scavo, ma anche durante e dopo lo stesso, ad integrazione dell'attività archeologica. In questo modo, oltre allo studio preliminare dell'area, l'uso della geofisica va di pari passo con lo studio stratigrafico del sito, a completamento e ausilio dell'interpretazione archeologica¹. In particolare, date le caratteristiche del sito in oggetto di studio e i vari quesiti che hanno accompagnato le fasi dello studio preliminari e poi contestuali allo scavo, nel sito di San Basilio sono stati utilizzati il metodo elettromagnetico a bassa frequenza (FDEM) e il metodo magnetico con uso di gradiometro per lo studio in estensione dell'area di cui si forniranno successivamente i dettagli. Solo in una fase successiva, a seguito dell'apertura di un'area di scavo ritenuta di interesse, dopo una prima campagna che ha consentito l'analisi e lo studio dei materiali così riemersi, è stata applicata in campo la tomografia elettrica di resistività (ERT) per valutare con adeguato dettaglio la possibile estensione delle strutture antropiche rinvenute.

Questa forma di metodologia è assolutamente innovativa, poiché l'ordine con cui è avvenuta la ricerca sul campo non ha rispettato l'ordine "convenzionale" di indagine, ovvero la ricerca geofisica non si è limitata ad essere, come nella grande maggioranza dei casi, limitata al momento

¹ EL-QADY *et alii* 2019, pp.1-2.

preliminare all'apertura del saggio di scavo, ma ha costituito un continuo confronto e riproposizione anche dopo le campagne di scavo, con lo scopo di essere di supporto costante alla ricerca di campo.

Di sicuro, la possibilità di individuare evidenze archeologiche senza prevedere necessariamente un'attività di scavo è stata oggetto di esperienze pionieristiche già dalla fine dell'Ottocento². Nel campo dell'archeologia aerea si possono annoverare le esperienze di Giacomo Boni e di Osbert Guy Stanhope Crawford, mentre, per l'analisi non invasiva del sottosuolo, tra il 1893 e il 1895 si assiste al primissimo utilizzo del fenomeno della riflessione sonora (bosing) per l'individuazione delle strutture sepolte nel sito di Handley Down sotto la guida di Pitt River³. Qualche anno più tardi, si ebbero esperienze in ambito geochimico in Egitto nel 1911 a opera di Hughes, poi riprese in Scandinavia negli anni '20 da Arrhenius.

La Grande Guerra diede impulso allo sviluppo di nuove tecniche e strumenti per le indagini non invasive nel sottosuolo che ebbero ripercussioni nel dopoguerra anche su settori molto diversi tra cui appunto le indagini per scopi archeologici. Nel 1946, Richard Atkinson fu il primo studioso a sperimentare l'uso della tecnica della resistività elettrica nel sito neolitico di Dorchester: Bisogna invece aspettare gli anni '50 per vedere le prime applicazioni delle tecniche che sfruttavano la magnetizzazione residua dei manufatti antichi per una loro localizzazione nel sottosuolo. Dopo la realizzazione del magnetometro a protoni nel 1954 a cura di Packard e Varian, già nel 1958 questa tecnica fu usata in ambito archeologico da Aitken e Hall della Oxford University. Nello stesso anno presso il Politecnico di Milano venne fondata la sezione "Prospezioni archeologiche diretta da Richard Linington all'interno della già esistente Fondazione Lerici, operante in diversi campi delle prospezioni geofisiche. La Fondazione Lerici pubblicò, dal 1966 al 1986, la rivista "Prospezioni archeologiche", riferimento per tutti gli accademici italiani interessati a questo ambito di ricerca.

Negli anni Sessanta, le applicazioni geomagnetiche trovarono fortuna in varie università europee e americane: in questo contesto Irwin Scollar, dell'Università di Colonia, cominciò ad usare il calcolatore elettronico per il trattamento dei dati e sperimentò il magnetometro in diversi casi di

² CAMPANA 2008; BOSCHI 2009.

³ CAMPANA 2008

studio. La tecnica si diffuse molto anche grazie ai magnetometri *Maxbleep*, cui si aggiunsero il magnetometro a pompaggio ottico e il gradiometro *fluxgate*.

Tra gli anni Sessanta e Settanta del secolo scorso si perfezionò la tecnica della resistività elettrica, da cui scaturirono le prime applicazioni della tomografia elettrica di resistività, affiancate dallo sviluppo del Ground Penetrating Radar.

Oggi giorno, l'utilizzo delle tecniche geofisiche si inserisce di fatto come parte integrante delle pratiche archeologiche eseguibili sul campo, come, per esempio, la ricognizione di superficie. L'apertura dello scavo, in generale, rappresenta la fase più importante per il lavoro archeologico, ma non può prescindere da uno studio approfondito del suolo e del sottosuolo, sia prima, che durante, nonché dopo l'apertura dello scavo stesso, laddove questo sia previsto. L'utilizzo della ricognizione sul terreno, delle tecniche di remote sensing, delle prospezioni geofisiche sono per questo fondamentali per la ricostruzione e comprensione di tutti gli elementi che derivano dall'apertura di uno scavo⁴.

Il *remote sensing*⁵, consente l'acquisizione di informazioni a distanza tramite l'utilizzo di sensori di diversa natura (ottici, radar, termici, ecc..) e attraverso il supporto di velivoli, satelliti in orbita, sino ai più recenti droni. L'osservazione da remoto è, solitamente, molto utilizzata come primo approccio preliminare alle indagini da terra. Le tracce residue di un palinsesto ambientale, come quelle prodotte dai paleoalvei, o i resti sepolti di tracciati viari, di sistemi di coltivazione, nonché i resti di strutture, generano spesso delle differenze nel livello di crescita della vegetazione (*cropmarks*) che possono essere altamente informativi e aiutare a capire in quale area la ricerca (Fig.1). Il confronto possibile grazie alla documentazione fotografica aerea acquisita nella medesima zona permette di mettere in evidenza *pattern* costanti su larga scala, evitando che questi possano essere interpretati in modo scorretto. Poter analizzare come sia cambiato un determinato territorio nel tempo permette di individuare le differenze ed evidenziare gli elementi antropici più recenti che potrebbero aver lasciato nel terreno un *mark* difficilmente distinguibile da quelli di interesse archeologico solo con una *survey* di superficie.

⁴ Per l'approccio preliminare alle prospezioni geofisiche utilizzate a scopo archeologico si rimanda ai lavori di CARINI 2014; CONOLLY-LAKE 2006; DAVID *et alii* 2008; DEIANA *et alii* 2020, 2018; DEIANA 2019; MOZZI *et alii* 2016; WALACH *et alii* 2011.

⁵ EL-QADY *et alii* 2019, p. 2.

Con il termine “prospezione archeologica” oggi è implicito indicare quel complesso di indagini non invasive di tipo geofisico che consente l’identificazione di un record archeologico sepolto. Il principio generale che sottende a questa serie di indagini è l’individuazione di un contrasto misurabile delle proprietà fisiche (ad esempio elettriche, elettromagnetiche magnetiche, ecc..) tra i materiali archeologici e il suolo che li ospita. Questo contrasto genera quella che in gergo viene definita anomalia, che consente l’individuazione di corpi sepolti.



Figura 1 Crop-marks che rivelano la presenza di evidenze antropiche (da NISHIMURA 2002, p. 6).

Va precisato, tuttavia, che qualsiasi contrasto misurabile da una specifica proprietà fisica genera anomalie e che pertanto l’attribuzione delle stesse a strutture di reale interesse archeologico, piuttosto che a strutture geologiche o anche antropiche recenti, o ancora a disturbi che possono andare a sommarsi ai dati utili, avviene solo a posteriori attraverso il processing dei dati e la loro interpretazione con l’uso di informazioni a priori sull’area di interesse o di dati complementari (ad esempio, *remote sensing*). Sebbene la profondità di indagine ottenibile dalle misure geofisiche possa essere per scopi geologici e ingegneristici anche molto elevata, per le

prospezioni archeologiche mediamente le profondità di interesse si attesta intorno a 5 metri rispetto al piano di campagna e le indagini, a seconda del metodo scelto e dello schema di acquisizione adottato possono fornire informazioni sulla distribuzione delle anomalie in 2D o in 3D.

Il primo scopo delle prospezioni in campo archeologico è indubbiamente quello di ricavare informazioni a priori (distribuzione, profondità e dimensioni) sulle possibili evidenze nel sottosuolo prima dell'apertura dello scavo in estensione. Questo aspetto, come si può facilmente intuire, risulta essenziale nella corretta pianificazione dello scavo e nella raccolta di informazioni che, seppure indirette, possono risultare utili anche nelle fasi di analisi e studio a posteriori dell'area, anche dopo l'apertura e successiva chiusura dello scavo. Lo scavo, una volta compiuto, non si può più ripetere: motivo per cui ogni fattore che contribuisca a limitare l'errore sul campo, è sicuramente molto importante.

Tuttavia, l'utilizzo corretto geofisica nel contesto archeologico, laddove sia realmente previsto uno scavo non dovrebbe mai limitarsi alle indagini preliminari allo scavo, ma, se possibile, quest'ultimo dovrebbe servire a calibrare la risposta del metodo usato in campo. In questo modo, in un processo virtuoso di mutua interazione tra indagini geofisiche e scavo il dato diretto dovrebbe aiutare nell'interpretazione dei dati raccolti nella fase preliminare alla media scala ed al contempo supportare la pianificazione e scelta dei metodi per le possibili indagini di dettaglio utili a definire, per esempio, l'estensione laterale e in profondità di determinate strutture emerse con lo scavo. sia la tecnica più opportuna per seguire tale evidenza oltre i limiti di scavo e impostare la risoluzione della strumentazione sulla base delle caratteristiche che già si conoscono. In questo modo il livello di comprensione e attendibilità del dato geofisico aumenterebbe notevolmente, aiutando peraltro a definire anche i limiti reali della zona di potenziale interesse archeologico.

Infine, non si deve dare per scontato che ogni contesto archeologico abbia possibilità di essere scavato in estensione, sia per motivi logistici, di vincoli legati alla proprietà o per valutazioni sfavorevoli di tipo costo/beneficio. In questo senso, l'indagine non invasiva di tipo geofisico rimane l'unica possibilità di poter ottenere informazioni sul sottosuolo in una determinata area di interesse, fornendo elementi comunque importanti per la ricerca e la conoscenza.

1.1 Principali fattori per la scelta dei metodi di indagine geofisica in un contesto archeologico

Se da un lato le prospezioni geofisiche possono contribuire alla conoscenza di un'area archeologica di interesse in termini generali o di dettaglio, risulta però fondamentale, per poter ottenere un risultato ottimale, la scelta del metodo più adatto, ovvero conoscere a priori le caratteristiche dei reperti/strutture sepolti di interesse, così come quelle del suolo che le ospita. La buona riuscita di un'indagine geofisica si basa infatti sulla capacità di rilevare un buon contrasto di una determinata proprietà fisica tra struttura sepolta e sistema ospitante. La misura di questo contrasto è data anche in una certa percentuale dalla presenza di disturbi/rumore e per questo è fondamentale conoscere il sistema in cui verranno fatte le indagini e prevedere a priori quali problemi potranno essere riscontrati sia in fase di acquisizione che in fase di elaborazione del dato sulla base delle condizioni del sistema. La buona riuscita passa quindi attraverso le decisioni nella programmazione del lavoro di campo e non può prescindere dalle condizioni del sistema e dalle scelte fatte in fase di pianificazione delle misure⁶. Il quesito archeologico in prima istanza guida la scelta del metodo di indagine geofisica.

Ad esempio, dato un contesto archeologico, in cui sia necessario individuare una fornace romana di ceramica, a seconda della scelta del metodo si potranno fornire diverse informazioni con le indagini, come per esempio la posizione del target archeologico e la natura dei materiali di cui è costituito, per esempio magnetici, con l'indagine magnetica, laddove, piuttosto, metodi come il GPR o la resistività elettrica fornirebbero solo indicazioni complementari circa la posizione della fornace. La strategia migliore indubbiamente porta all'utilizzo combinato di più tecniche, necessarie per evidenziare determinate variazioni di proprietà fisiche nel sistema complesso in analisi, infatti, variazioni di caratteristiche del suolo, di grado di umidità, presenza di fattori di potenziale disturbo, ecc., possono limitare o impedire del tutto l'uso di determinate tecniche e complessivamente possono influire sulla buona riuscita delle indagini e sull'interpretazione dei dati geofisici⁷.

Date queste premesse, il primo fattore di cui tener conto nella progettazione delle indagini geofisiche è rappresentato dal suolo. Per sua natura questo è eterogeneo, ovvero è sempre

⁶ NISHUMIRA 2002, p. 5.

⁷ SALA *et alii* 2012, p. 12.

composto da diversi elementi, in percentuale variabile, che incidono sulla penetrazione del segnale geofisico. La variazione laterale e verticale delle caratteristiche del suolo, in genere, viene rilevata dall'indagine geofisica se siamo in presenza di eterogeneità che producono contrasti apprezzabili della specifica proprietà fisica che stiamo misurando. In questo senso indubbiamente le eterogeneità del suolo e le anomalie prodotte a corredo vanno ad influenzare le risposte dei target archeologici e potrebbero complicarne la chiara individuabilità. La pedologia/ litologia del luogo è sempre fondamentale nel momento in cui si deve decidere la scelta e i parametri di acquisizione della strumentazione da utilizzare⁸, come, d'altro canto, le acquisizioni sono legate all'estensione dell'area da indagare e non ultimo la necessità di una risoluzione più elevata potrebbe aumentare di molto il tempo e il costo dell'indagine. Il concetto di risoluzione necessaria è legato alla dimensione minima delle strutture di interesse: questo determina per esempio la scelta della frequenza delle antenne nel GPR, laddove invece per la geoelettrica la risoluzione è legata alla distanza tra gli elettrodi.

⁸ SALA *et alii* 2012, p. 13.

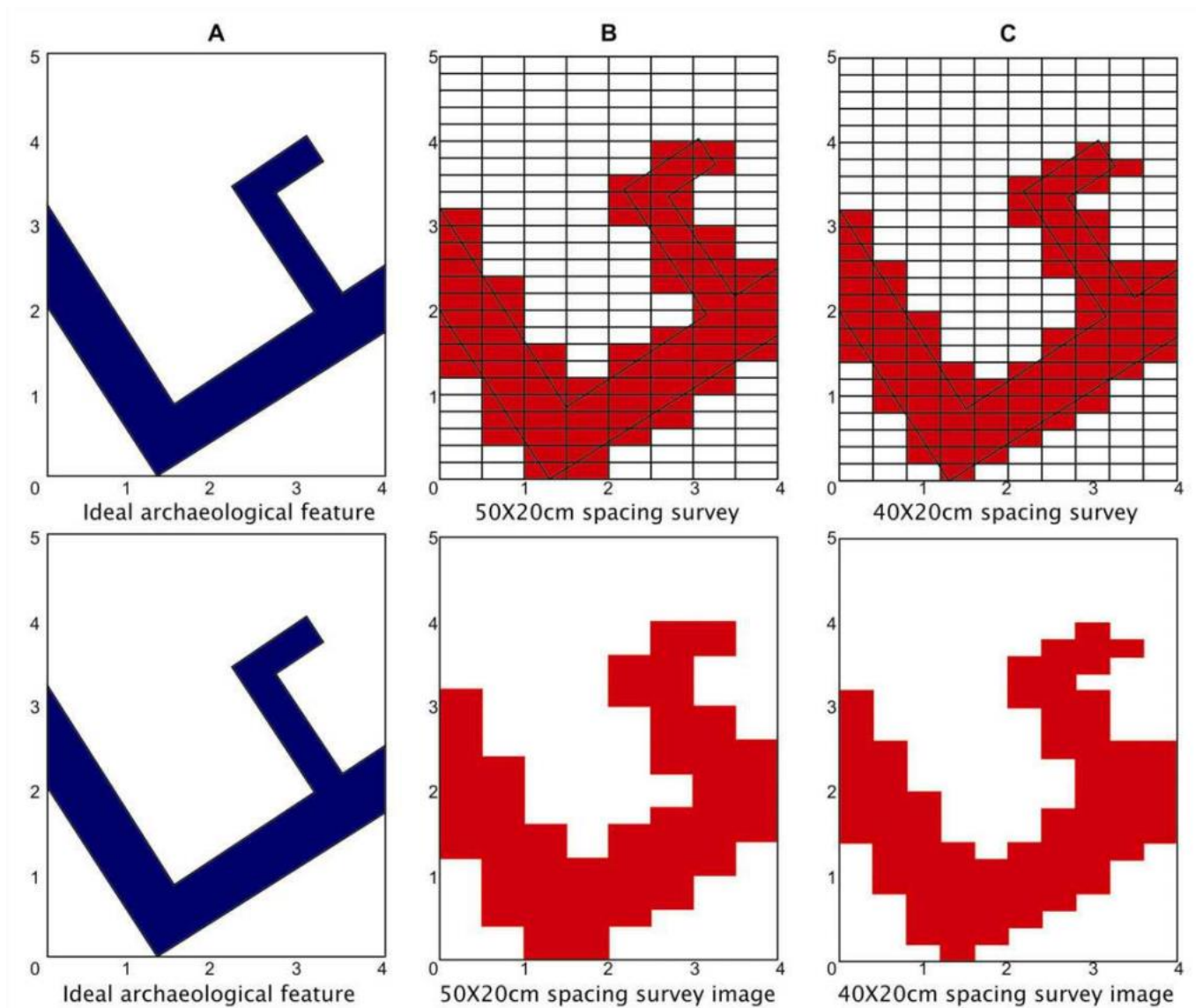


Figura 2 Ipotesi di target archeologico e possibile risultato della misura geofisica al variare della spaziatura (risoluzione) utilizzata in campo (da SALA et alii 2012, p. 14).

Le prospezioni geofisiche applicate alla ricerca archeologica, rientrano nel più grande insieme delle indagini a bassa profondità possibili grazie alla geofisica applicata⁹. Scopo di queste misure, qualunque sia il settore di applicazione, è quello di indagare la parte più superficiale del sottosuolo, con l'obiettivo di riconoscere la posizione, la natura e l'estensione di corpi sepolti. Per far ciò, vengono sfruttate le variazioni di determinati parametri fisici, caratteristici delle diverse strutture di interesse, registrando e interpretando le anomalie che vengono generate

⁹ SCHMIDT 2001, pp. 6-7.

dall'alterazione (variazione/contrasto) di questi parametri rispetto a quelli relativi al sistema che li ospita (Fig.2)¹⁰.

I metodi geofisici possono essere classificati sulla base del parametro fisico che ciascuno strumento è in grado di misurare¹¹.

Vengono definiti *attivi* quei metodi che prevedono la misurazione a seguito della sollecitazione di un sistema da indagare con l'immissione forzata e controllabile di un segnale, ovvero esiste un trasmettitore controllato dall'operatore geofisico. Sono invece classificati come *passivi* i metodi che rilevano le variazioni di un determinato parametro fisico nel sistema di misura senza aver la possibilità di immettere un segnale attivo nel sistema, ma registrando solo le risposte dello stesso sistema.

Vengono definiti *speditivi* quei metodi che consentono una misurazione, seppure qualitativa, in breve tempo, laddove invece si definiscono metodi *di dettaglio*, quei metodi che richiedono un tempo di acquisizione più lungo, ma che offrono, soprattutto attraverso la possibilità di un'elaborazione del dato, un risultato più affidabile e preciso.

Infine, proprio sulla base dell'elaborazione del dato, i metodi di indagine geofisica possono essere definiti *quantitativi*, se è possibile un processo di elaborazione o di inversione del dato, laddove come *qualitativi*, invece, sono quei metodi che restituiscono un'informazione finale meno dettagliata e per questo meno attendibile, per esempio in termini di risoluzione. Il recente sviluppo di sensori e strumenti sempre più precisi consente oggi di effettuare misure anche su aree molto estese, georeferenziando le acquisizioni con l'uso di un GPS, con una qualità, risoluzione, e in generale con una velocità decisamente impensabili solo una decina di anni fa. A seconda del metodo della strumentazione utilizzata, il dato geofisico può essere monodimensionale (1D), bidimensionale (2D), ma non ultimo, a seconda dello schema di acquisizione adottato o dell'interpolazione possibile può essere tridimensionale (3D)¹². Nel caso del dato 2D si può parlare genericamente di sezione o mappa a seconda del piano di riferimento, rispettivamente verticale o orizzontale, su cui vengono restituiti i valori misurati. A seconda del metodo utilizzato, inoltre, la sezione 2D verticale viene definita, per esempio, tomografia per la

¹⁰ GAFFNEY-GATER 2010, p. 25.

¹¹ PIRO 2009, p. 29.

¹² SALA *et alii* 2012, p. 3.

resistività o radargramma per il GPR. Nelle visualizzazione 3D le anomalie vengono restituite graficamente nello spazio (x, y, z) come riportato, per esempio, nella figura 5, dove si può notare come dall'acquisizione del dato su diverse sezioni 2D e successiva interpolazione in 3D possano ottenersi nuove informazioni relative a differenti direzioni (ad esempio mappe) rispetto a quelle fornite dalle singole sezioni di partenza o si possano estrapolare determinati valori di interesse visualizzando la distribuzione degli stessi nello spazio, come si può vedere nell'esempio in Fig.3:

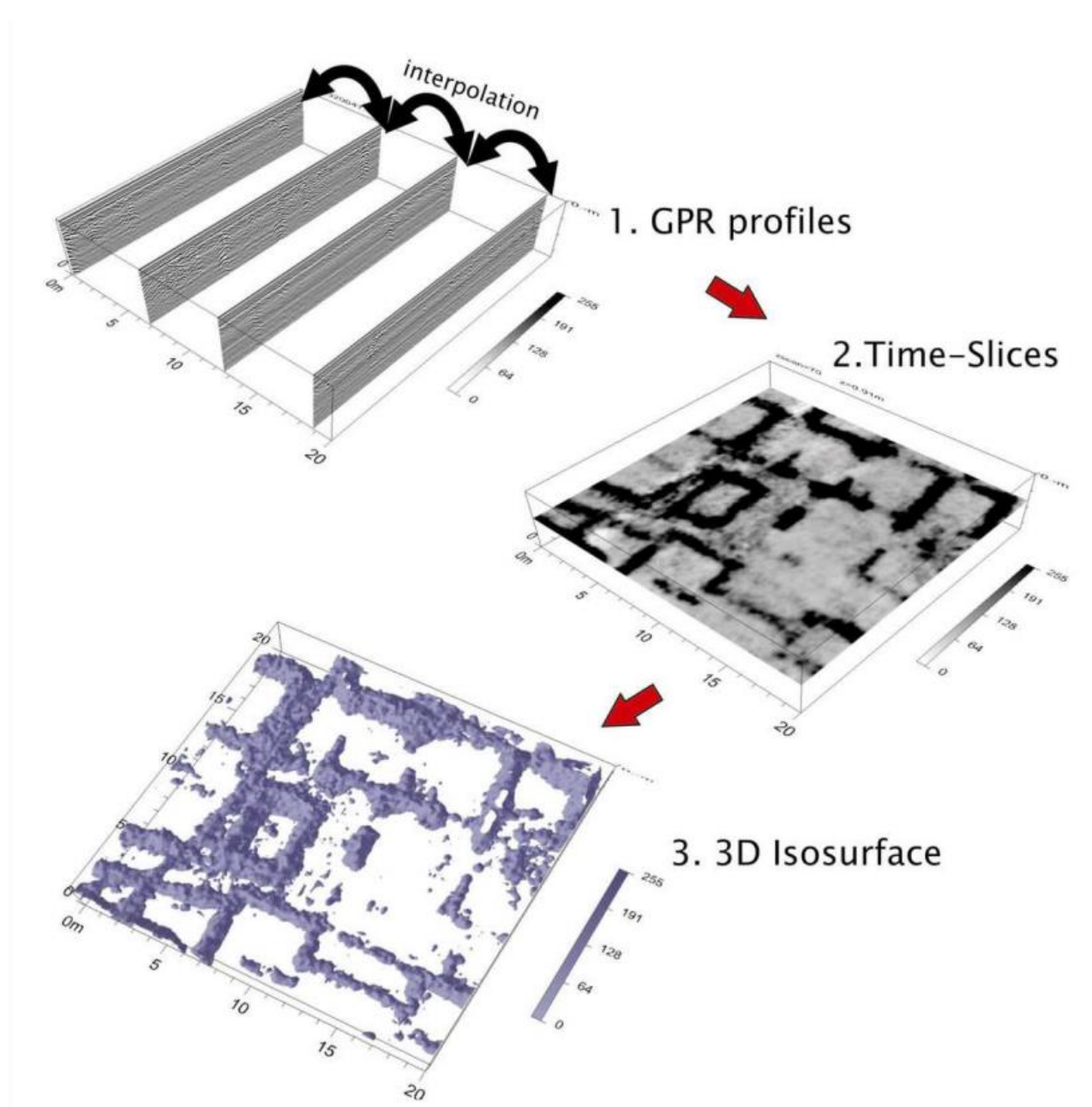


Figura 3 Sito romano di Empùries, le sezioni GPR 2D possono essere interpolate per ottenere un 3D. 1- Schema di acquisizione secondo singole sezioni GPR parallele. 2- Estrapolazione di mappe

(time-slices) dall'interpolazione delle sezioni di partenza in 3D. 3- Estrapolazione di isosuperfici con valori comuni visualizzate in 3D (da SALA et alii 2012).

Sulla base del parametro fisico scelto, il metodo corrispondente e la specifica strumentazione di campo consentiranno di individuare eventuali contrasti (anomalie) tra l'oggetto di interesse (*target*) e il terreno che lo ospita (*background*)¹³. Partendo dal presupposto necessario che esista il contrasto tra *target* e suolo, è indispensabile che la sensibilità della strumentazione sia sufficiente a rilevarlo e la profondità di penetrazione del segnale, nel caso dei metodi attivi, sia adeguata al contesto in esame.

Logistica, conseguenti disturbi, ostacoli, la definizione dei parametri di misura e di quelli di acquisizione, definiranno infine la buona riuscita della misura, garantendo il necessario buon rapporto segnale/rumore e la risoluzione necessari per ottenere un buon *dataset*.

Una corretta pianificazione dell'indagine geofisica dovrebbe passare attraverso la raccolta delle informazioni a priori sul suolo del sito di indagine, quindi: trasformazioni avvenute nel tempo e nell'area, sezioni stratigrafiche di precedenti lavori archeologici, analisi geologiche, ecc...

Si riporta di seguito un esempio di *to-do-list* proposta per pianificare le acquisizioni dei dati geofisici.

- Raccogliere tutte le informazioni disponibili su un determinato sito: *report* di scavi precedenti, immagini dell'area, delimitazione preliminare del sito.
- Qual è l'estensione del sito?
- Qual è il contesto geologico del sito (es. argilla, sabbia, roccia, limo)
- Quale tipo di *feature* archeologica si deve localizzare/mappare?
- Che tipo di materiali sono previsti?
- Qual è la massima profondità di interesse?
- Il sito potrebbe avere più fasi di costruzione o di bonifica?
- Il suolo è prevalentemente umido o asciutto?
- Il sito si trova in prossimità di zone urbane, antenne, ripetitori, aeroporti?
- Ci sono oggetti/ elementi metallici nelle vicinanze?
- Ci sono edifici nell'area interessata?

¹³ PIRO 2009, p. 25.

- Com'è la copertura della vegetazione nell'area? Quanto è alta la vegetazione? Ci sono coltivazioni?
- È un'area pianeggiante o ci sono dei dislivelli?
- Sono presenti ostacoli? Il sito è facilmente raggiungibile con i veicoli?
- I risultati delle indagini possono essere inseriti in una piattaforma GIS?

1.2 L'elaborazione e l'interpretazione dei dati

A valle dell'acquisizione del dato geofisico in campo è sempre prevista un'elaborazione dello stesso, necessaria per consentire di interpretare i risultati. L'elaborazione del dato varia a seconda del metodo usato in campo e può essere condotta attraverso l'uso di *software* commerciali o attraverso programmi di elaborazione sviluppati *ad hoc* dai ricercatori di geofisica applicata (Fig.4). Lo scopo dell'elaborazione è indubbiamente quello di "ripulire" il dato da eventuale rumore migliorando il rapporto segnale/ rumore, talvolta utilizzando dei filtri che consentono di amplificare il segnale rispetto al *background*.¹⁴.

¹⁴ SALA *et alii* 2012, p. 15.

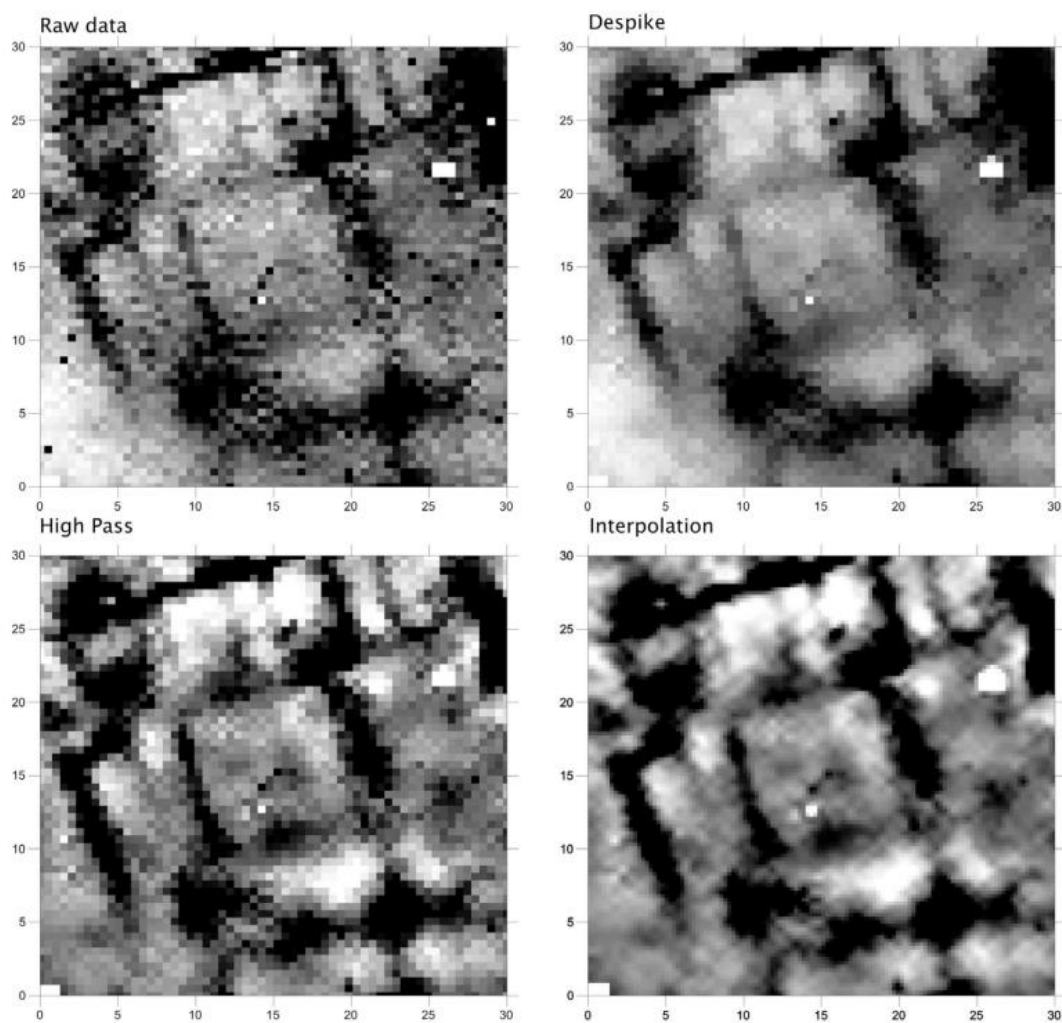


Figura 4 Esempio dell'esito di un'elaborazione di un dataset, partendo dal dato grezzo (raw data) con eliminazione dei valori fuori scala (despiking), filtraggio (in questo caso con filtro passa alto) e interpolazione finale dei dati processati. (da SALA et alii 2012, p. 16).

La visualizzazione finale del dato dipende dalle modalità con cui è stato acquisito.

In particolare, si possono ottenere per esempio singole sezioni 2D (x, y), come quelle prodotte dall'acquisizione di una tomografia elettrica di resistività (ERT), laddove invece l'acquisizione di una serie di tomografie tra loro parallele ed equispaziate può produrre, attraverso l'interpolazione dei dati, in fase di post-elaborazione, di ottenere un volume (3D) ed estrarre da questo singole mappe (2D) a diverse profondità. La visualizzazione in 2D o 3D del dato geofisico è data da una prima interpolazione dei reali singoli punti in cui il dato viene misurato. La visualizzazione del dato avviene in genere attribuendo una scala cromatica all'intervallo di valori del parametro fisico misurato. In questo modo risulta più immediato individuare zone che

corrispondono a valori simili e conseguentemente valutare in modo veloce l'entità e la distribuzione delle anomalie nel sistema investigato.

Una volta individuata una evidenza particolarmente interessante e interpretata come tale, altre metodologie/dati di supporto possono essere utilizzati in modo complementare al dato geofisico per riconoscere dettagli particolari o anche semplicemente per avvalorare l'interpretazione fornita tramite una *cross validation*.

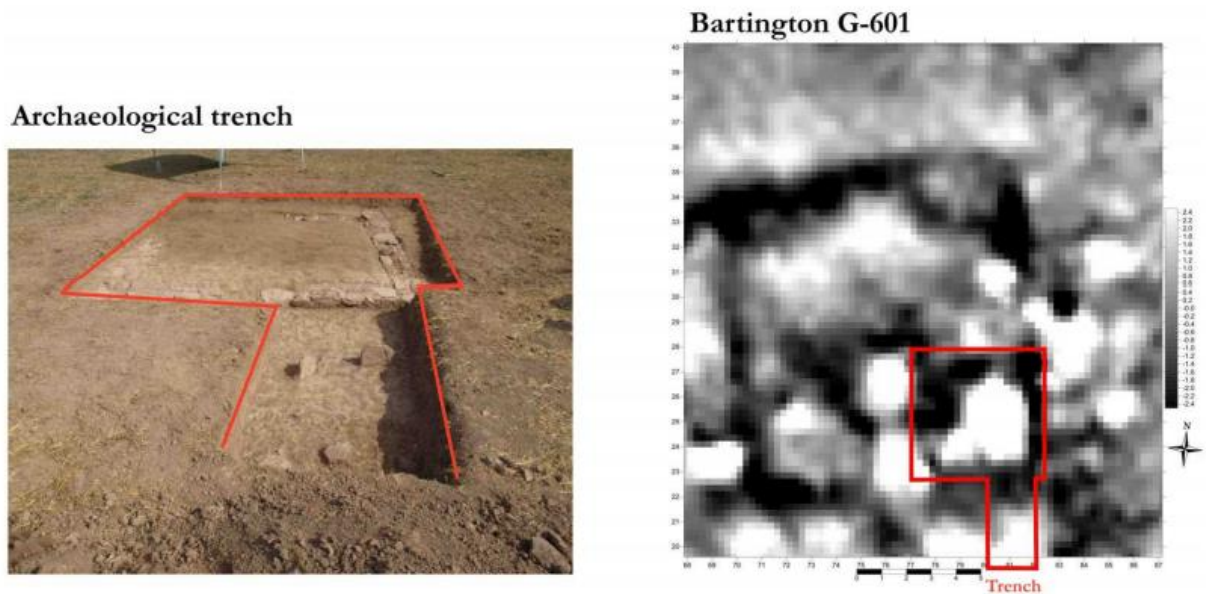


Figura 5 Città romana di Puig Ciutat (Barcellona). Esito dell'indagine magnetica che permette di distinguere chiaramente il perimetro della struttura archeologica (nero) mostrata in parte nello scavo dell'immagine fotografica, evidenziando anche una serie di anomalie positive (bianche) che indicano zone a probabile contatto con il fuoco (da SALA et alii 2012, p. 21).

2. Le prospezioni geofisiche per l'archeologia selezionate per il caso studio di San Basilio di Ariano nel Polesine

Come si è visto, esiste una grande possibilità di scelta tra le indagini geofisiche, che dipende dal tipo di suolo, dalla logistica del contesto in esame, dal tipo di risoluzione che si vuole ottenere. Per il caso studio di San Basilio la scelta è ricaduta su modalità diverse di rilevazione tramite metodo geofisico, proprio perché di volta in volta cambiava il *target* o il tipo di risoluzione necessario a chiarire il dubbio archeologico posto.

I metodi ad alta risoluzione selezionati hanno insistito sullo stesso areale di ricerca, mentre il metodo di dettaglio su una porzione più piccola della stessa area interessata dalla locazione del saggio di scavo. La prima campagna di prospezioni del 2019 (cfr. *infra* cap. 4.1) ha utilizzato il metodo elettromagnetico per lo studio di un grande areale. La scelta è ricaduta su questo metodo per coprire una vasta porzione di terreno con una scala di definizione relativamente alta. L'obiettivo era, infatti, identificare la transizione tra due macro-matrici presenti nel suolo.

La prospezione 2020 (cfr. *infra*, cap. 4.2) ha, invece, sfruttato il metodo magnetico, che si differenzia da quello elettromagnetico principalmente perché è un metodo passivo. La scelta è ricaduta su tale modalità di rilevazione per la possibilità di studiare in modo più approfondito la natura di un'anomalia visibile da *remote sensing* (cfr. *infra*, cap. 3.1 e cap. 4.2) e identificarne la natura litologica/sedimentaria.

Infine, la prospezione geofisica nel contesto in esame ha sperimentato anche una rilevazione di dettaglio tramite l'applicazione del metodo geoelettrico di resistività elettrica. Esso, infatti, ha reso possibile indagare in modo dettagliato e a risoluzione molto alta una porzione di terreno corrispondente alla zona di apertura dello scavo. In questo modo, la metodologia di indagine geofisica, solitamente a supporto dell'apertura dello scavo, diventa elemento essenziale per allargare la conoscenza delle evidenze rinvenute (cfr. *infra*, cap. 4.3).

Il contesto ambientale di San Basilio (cfr. *infra*, cap. 3.1) è ottimale per l'applicazione di queste tecniche di prospezione. La struttura pedologica del suolo, che vede la sovrapposizione di strati di diversa matrice uno sull'altro, aiuta a identificare in modo chiaro e netto le transizioni di sedimento, e, pertanto, anche i depositi di interesse antropico ed archeologico.

Vediamo ora nel dettaglio il principio fisico che sottende al funzionamento di questi metodi, come è composta la strumentazione e come essa funziona e, infine, come vengono resi e interpretati i dati ottenuti dalla prospezione.

2.1 Il metodo magnetico

Il metodo magnetico ancora oggi resta una delle tecniche geofisiche più note e, in alcuni contesti, più utilizzate a livello archeologico. In generale, questa tecnica sfrutta la possibilità di misurare localmente variazioni dell'intensità del campo magnetico terrestre, di sue componenti o delle proprietà magnetiche di alcuni corpi, per identificare delle anomalie nel terreno. Alla base della tecnica esiste il principio che diversi materiali naturali o di origine antropica presentano una diversa suscettibilità magnetica, ovvero esposti ad un campo magnetico esterno, detto inducente, hanno la capacità di magnetizzarsi in modo differente a seconda della loro natura¹⁵. Alcuni materiali contengono particelle ferrose che determinano un comportamento magnetico estremamente differente¹⁶. In particolare, in natura le rocce di origine vulcanica risultano ricche di ferro, così come gli oggetti che contengono argilla, come mattoni, ceramica, tegole, dopo la cottura, a causa del loro elevato contenuto di ferro, assumono anch'essi una forma di magnetizzazione permanente che li rende facilmente riconoscibili se sepolti in luoghi non magnetici. Da un punto di vista operativo, la tecnica di prospezione magnetica si può definire speditiva e qualitativa, caratteristiche che, nel caso in cui questa risulti applicabile con buone potenzialità di riuscita, la rendono preferibile in contesti in cui sia necessario indagare una grande estensione in poco tempo¹⁷.

2.1.1 Basi teoriche e strumentazione

Il magnetismo è un fenomeno, noto fin dall'antichità, che descrive la creazione di un campo magnetico laddove siano presenti delle cariche elettriche in moto. La Terra, considerando il suo nucleo fluido e ricco di particelle di ferro, si comporta come un gigantesco magnete (Fig.6), in cui,

¹⁵ EL- QADY *et alii* 2019, p. 15.

¹⁶ SALA *et alii* 2012 p. 7.

¹⁷ Per l'approfondimento sulla prospezione magnetica si rimanda a KNODEL 2008.

come per tutti i magneti, esistono i poli nord e sud magnetici che identificano la distribuzione delle linee di forza del campo magnetico terrestre (CMT).

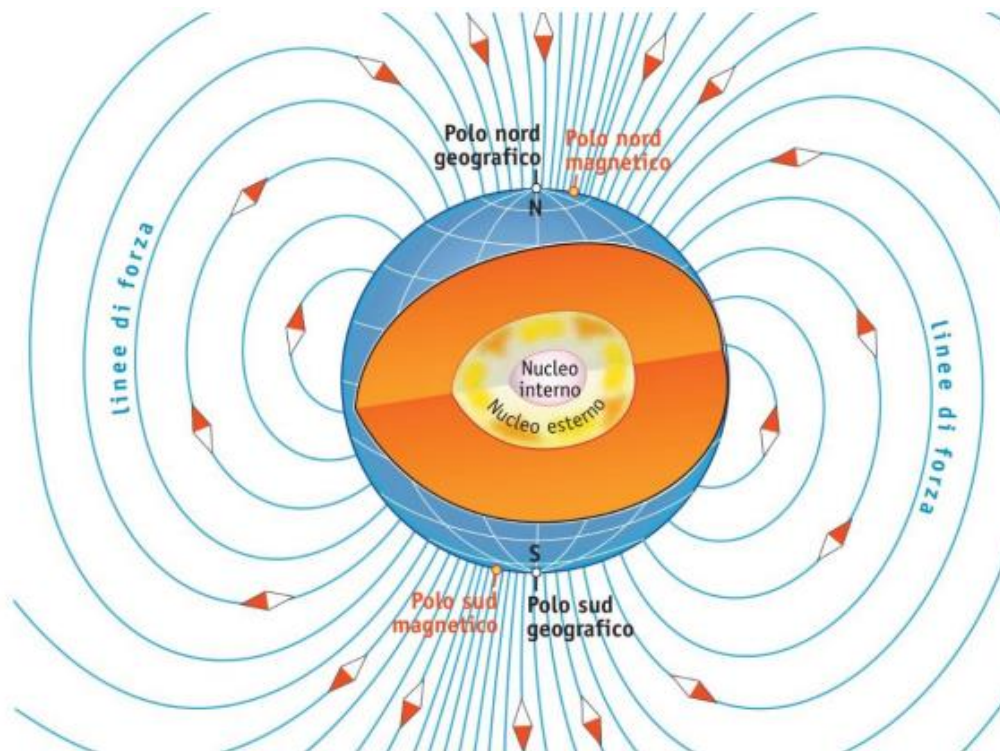


Figura 6 Schematizzazione del Campo Magnetico Terrestre e della distribuzione delle linee di forza uscenti ed entranti con diverse direzioni e verso sulla superficie terrestre. (da Slide del corso di Prospezioni Geofisiche per l'archeologia, prof.ssa Rita Deiana, Università degli Studi di Padova, A.A. 2021-2022).

Il CMT principale, che è generato nel nucleo interno fluido della Terra, rappresenta il contributo fondamentale al campo magnetico terrestre solo in prossimità della superficie del pianeta, laddove più esternamente, allontanandosi dalla superficie terrestre, il contributo secondario arriva dalla magnetosfera. In prossimità della superficie terrestre, invece, il campo principale ha un'influenza molto più marcata e questo aspetto consente di spiegare il concetto dell'induzione magnetica: un campo magnetico esterno ha la capacità di magnetizzare la materia in base alla sua *suscettività magnetica* k . Questa grandezza è una costante, adimensionale, che descrive quanto un materiale ha la possibilità di magnetizzarsi se esposto ad un CM. In natura, i materiali ferromagnetici, hanno un comportamento simile a quello del ferro: essi si magnetizzano in modo particolarmente intenso e, una volta cessata l'azione del CM, mantengono la magnetizzazione assunta. Ad esempio, alcune rocce, in proporzione variabile, conservano una magnetizzazione naturale rimanente (NRM), che si misura quando non agisce nessun campo magnetico esterno e

che è dovuta alla presenza, anche in quantità molto piccola, di minerali magnetici (come la magnetite).

La magnetizzazione naturale rimanente è il risultato di varie magnetizzazioni avvenute durante la vita geologica della roccia, anche se quella principale, la magnetizzazione primaria, viene acquisita nel momento della formazione del materiale geologico.

Per quanto riguarda i terreni, essi presentano una concentrazione di ossidi di ferro, ad esempio la magnetite (Fe_3O_4), l'ematite (Fe_2O_3) e la maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) con percentuali che possono variare dall'1% al 10%. I suoli coltivati e in minor misura anche quelli incolti, presentano nel loro strato più superficiale (circa 30 cm) una suscettività magnetica più alta rispetto a quella riscontrabile negli strati più profondi, dovuta al processo di fermentazione dei rifiuti organici o alla combustione avvenuta in superficie di arbusti, sterpaglie, erba secca.

Dal punto di vista delle anomalie rilevabili tramite le misure magnetiche, queste possono risultare positive o negative: le positive sono quelle corrispondenti a strutture o corpi che presentano una magnetizzazione decisamente più elevata rispetto a quella della matrice in un cui sono immersi, come, ad esempio, materiali ricchi di ferro esposti a calore o cotti (laterizi, mattoni, tegole), oppure terreni ricchi di materiale organico, come si può verificare per buche, fosse, tombe, scoli, scarichi. Le anomalie negative, invece, sono quelle corrispondenti a strutture o corpi che presentano una magnetizzazione minore rispetto a quella della matrice in cui sono immerse, come i blocchi di arenaria o di altre rocce che non hanno grandi concentrazioni di materiali ferromagnetici (Fig.7).

Dati questi elementi, chiaramente esistono alcune tipologie di evidenze archeologiche che sono potenzialmente individuabili tramite la prospezione magnetica: muri, strade, fondazioni, materiale da costruzione, fornaci e altro materiale cotto o bruciato. Inoltre, anche materiali di origine organica come depositi di spazzatura, ad esempio, le "terre nere" medievali o sepolture, risultano ben identificabili grazie allo stesso principio¹⁸.

¹⁸ EL-QADY *et alii* 2019, p. 16.

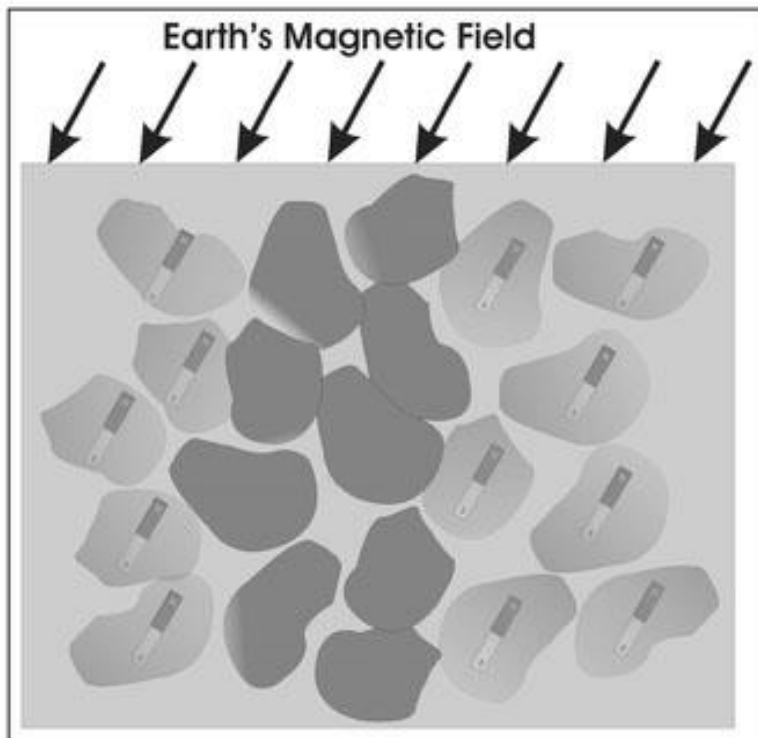


Figura 7 Schematizzazione dell'azione di un campo magnetico esterno inducente su materiali magnetici e non magnetici (da WITTEN 2006, fig. 4.23 p. 316).

Da un punto di vista operativo, le acquisizioni del dato magnetico, in generale, avvengono attraverso due categorie di strumenti: magnetometri e gradiometri magnetometrici. I primi utilizzano un sensore singolo laddove i gradiometri utilizzano, invece, due o più sensori. In generale, si predilige quest'ultimo tipo di acquisizione, che richiede meno impegno dal punto di vista dell'elaborazione dopo l'acquisizione.

L'unità di misura per il dato magnetometrico è il nanoTesla, laddove per le misure del gradiente magnetico il dato rilevato è misurato in nanoTesla su metro (nT/m).

La profondità a cui sono riferite le mappe ottenute da misure magnetiche dipenderà dalla distanza tra i sensori e il terreno e, per i gradiometri, anche dalla ΔZ tra i sensori stessi¹⁹. I sensori montati sui magnetometri e gradiometri possono essere di diverso tipo (ad es. *fluxgate*²⁰, sensori al Potassio, Overhauser, ai vapori di Cesio), in generale i gradiometri rispetto ai magnetometri

¹⁹ SALA *et alii* 2012 p. 7.

²⁰ ASPINALL *et alii* 2008, pp. 34-41.

garantiscono una migliore risoluzione e una correzione istantanea di alcune variabili che influenzano le misure in campo²¹.

2.1.2 Modalità di rilevamento

Data un'area da rilevare, rispetto ad altre tipologie di indagine geofisica, la tecnica magnetica richiede che l'operatore si muova secondo linee isorientate e parallele, progettando a priori il numero dei profili (*lines*) da eseguire e la spaziatura tra i profili stessi (*line spacing*), in base alle dimensioni della superficie da indagare e la risoluzione laterale ritenuta necessaria per la ricostruzione delle potenziali anomalie di interesse, in generale con una spaziatura pari a 50 cm e 1 m, cercando di mantenere il più possibile la velocità di acquisizione costante, in modo da non alterare la ricezione del segnale magnetico.

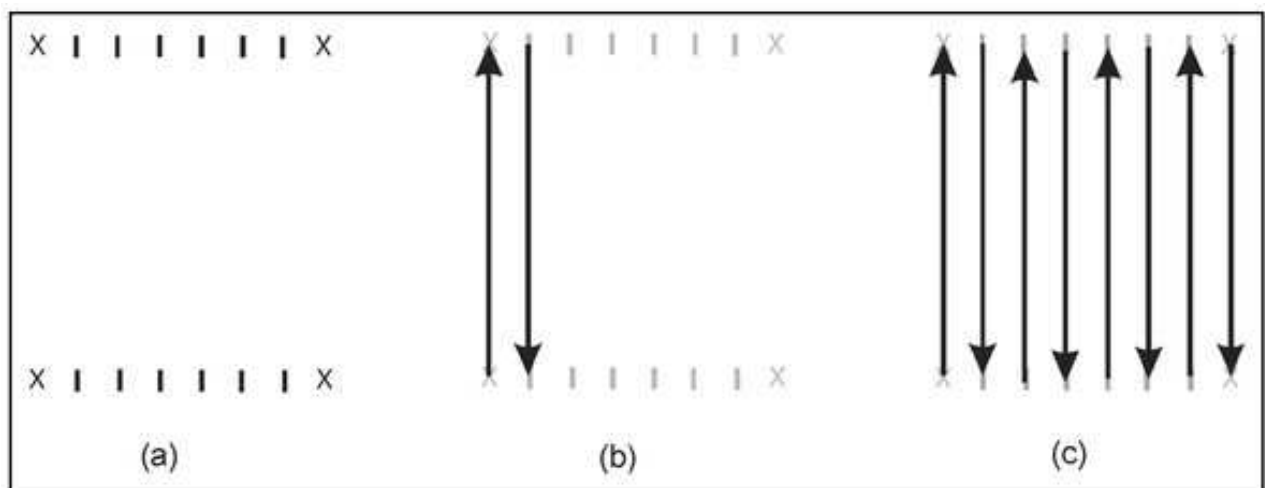


Figura 8 Modalità di acquisizione con il metodo magnetico/ gradiometrico per linee parallele: il simbolo X indica gli estremi delle singole linee(a). Le acquisizioni possono avvenire secondo versi opposti mantenendo la stessa direzione (b). L'intera area viene così coperta secondo profili paralleli isorientati (c) (da WITTEN 2006, fig. 4.14 p. 288).

I magnetometri e gradiometri digitali possono essere utilizzate in diverse modalità di acquisizione grazie all'uso di sistemi GPS che consentono di ricostruire agevolmente la geometria delle linee percorse in campo (Fig. 8). Per le indagini nel sito di San Basilio (cfr. *infra* cap. 4.2) le acquisizioni sono state realizzate con un sistema gradiometrico in modalità continua con GPS (*walkgrad*

²¹ ASPINALL et alii 2008, pp. 34-36.

mode). Questa modalità permette di eseguire il rilievo senza dover necessariamente definire una griglia rettangolare regolare a priori, grazie, appunto, al collegamento dello strumento con un GPS. Successivamente, tramite un *software* di elaborazione e interpolazione, vengono definiti i limiti della griglia realmente acquisita ed interpolati i vari punti di misura.

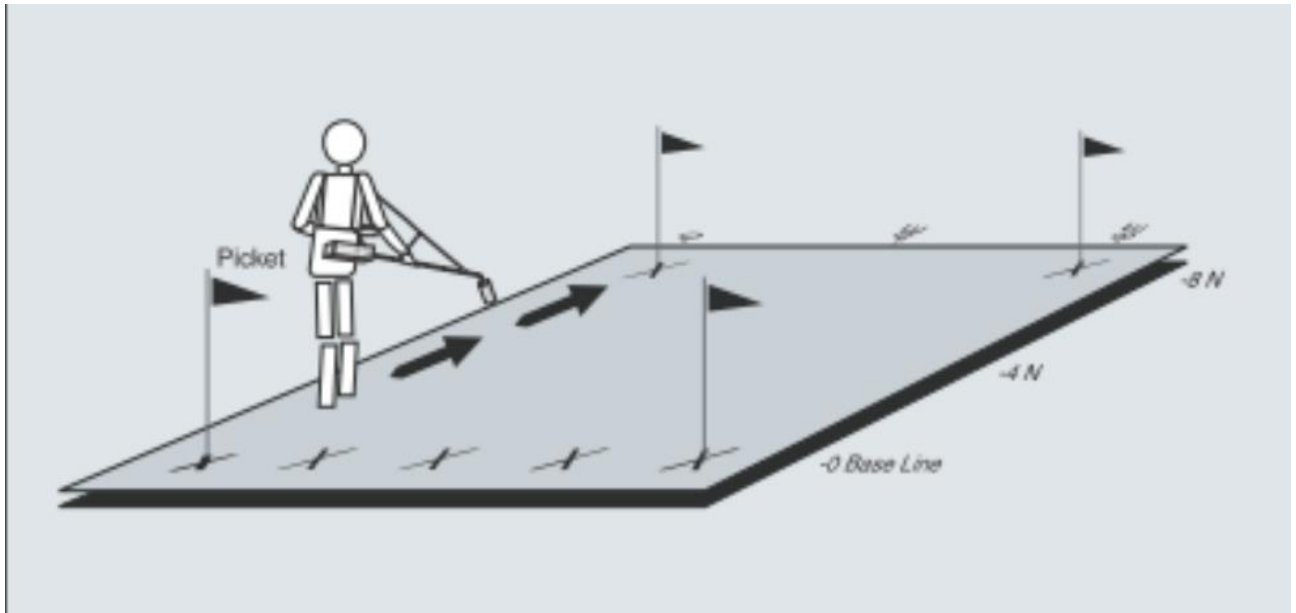


Figura 9 Illustrazione della modalità di acquisizione walkmag (da Slide del corso di Prospezioni Geofisiche per l'archeologia, prof.ssa Rita Deiana, Università degli Studi di Padova, A.A. 2021-2022).

L'interpolazione dei dati acquisiti in campo consentirà, a seconda della tipologia di strumento utilizzato, di ottenere una mappa che descriverà la distribuzione delle variazioni dell'intensità del campo magnetico o del suo gradiente²². L'immagine potrà essere restituita, ad esempio, in scala di grigi, dove i colori scuri indicheranno forti anomalie magnetiche, mentre i colori chiari scarse anomalie magnetiche. Prima dell'interpolazione e restituzione finale del dato, il dataset di campo viene analizzato applicando filtri per eliminare punti fuori scala (*despiking*), aumentare il contrasto tra campo base e anomalie (*enhancing*). Si può ben capire, quindi, che il dato ottenuto dalla prospezione magnetica sia un dato qualitativo. Sebbene sia possibile operare un'inversione che consenta di vincolare il più possibile il risultato su questo tipo di dato, di norma si utilizza la prospezione magnetica come dato qualitativo, sfruttando la sua velocità di acquisizione e la conseguente immediata visualizzazione delle anomalie presenti nell'area di indagine.

²² EL-QADY et alii 2019, p. 16.

2.1.3 Contesti di applicazione

La corretta applicazione e il conseguente buon esito delle prospezioni con il metodo magnetico dipendono indubbiamente dalle caratteristiche del sito di misura e dall'assenza di potenziali sorgenti di rumore magnetico che possano alterare o addirittura coprire in modo irreversibile e non filtrabile il segnale utile all'individuazione di target archeologici. In questo senso, dovrà essere sempre valutata a priori la possibile presenza di materiale metallico sparso sulla superficie (Fig. 10), così come una elevata concentrazione di materiale ceramico o laterizi nell'area di indagine, che dovrà essere preventivamente rimosso prima dell'acquisizione del dato in estensione.



Figura 10 Cfr. infra, fig. 61. Esempio di dato magnetico affetto da disturbi legati alla presenza di materiale ferroso legato all'utilizzo recente del suolo: mappa del gradiente magnetico tratta dalla relazione di C. Meyer relativa alle prospezioni magnetiche in un'area del sito di San Basilio affetta da disturbo ferromagnetico molto elevato (da MEYER 2021, mappa 2012-101 modificata).

In generale, per ottenere da questo tipo di prospezione un risultato che sia il più possibile pulito e quindi facilmente interpretabile dal punto di vista archeologico, bisognerebbe assicurarsi che il terreno da analizzare, privo di disturbi superficiali come quelli già elencati sopra, non presenti grosse irregolarità superficiali e sia costituito da materiali fini con una moderata suscettività magnetica. Nel caso di San Basilio, tale condizione sembra essere, in genere, rispettata, trattandosi di un contesto isoplanare e composto da diversi sedimenti (sabbie, limi, argille) stratificati uno sull'altro. Altre sorgenti di rumore magnetico possono essere rappresentate dalla presenza di tubature metalliche sepolte, auto parcheggiate in prossimità della zona da rilevare, transito di autoveicoli, linee dell'alta tensione, anche in sospensione, sopra l'area da indagare²³. È, quindi, sconsigliato utilizzare tale tecnica in contesti di prossimità di centri urbani e su siti fortemente antropizzati.

Non ultimo, in un contesto agricolo come quello di San Basilio, in cui i disturbi antropici sono limitati alla presenza di ferro residuale legato all'attività agricola (ad es. espianco di frutteti), il periodo da preferire per la prospezione magnetica è quello che evita la presenza di coltivazioni, ovvero quello che segue la mietitura e l'aratura, quando i campi sono liberi e il suolo è stato regolarizzato, anche per non avere difficoltà di accesso al terreno, oltre al fatto che le colture, come nel caso di tutte le indagini geofisiche, potrebbero subire danni dovuti al passaggio degli operatori nei campi con la strumentazione durante le acquisizioni.

2.2 I metodi elettromagnetici

I metodi elettromagnetici del dominio della frequenza (FDEM) fanno parte delle tecniche di prospezione geofisica che consentono di rilevare in modo speditivo la presenza di anomalie di interesse, anche di tipo archeologico, misurando le variazioni della conducibilità elettrica (cioè l'inverso della resistività) nel sottosuolo. Oltre alle informazioni sulla variazione della conducibilità elettrica, grazie a questo metodo è possibile avere anche informazioni riguardanti il comportamento magnetico dei conduttori identificati nel sottosuolo²⁴.

²³ SALA *et alii* 2012, p. 7.

²⁴ Per l'approfondimento sul metodo elettromagnetico a livello archeologico di rimanda a GIANNINO-LEUCCI 2022.

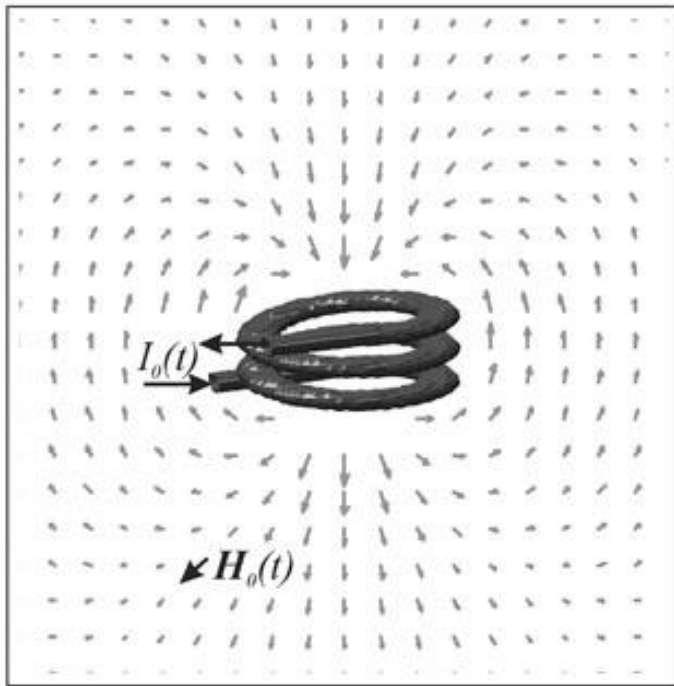


Figura 11 Linee del campo magnetico H_0 prodotto da una corrente I_0 che fluisce in una bobina (spira) metallica. (da WITTEN 2006 fig. 7.3 p. 471.)

Considerato che la conducibilità elettrica è l'inverso della resistività, le misure FDEM consentono di ottenere in modo veloce, seppure qualitativamente, indicazioni sulla distribuzione di eventuali strutture/reperti nel sottosuolo, che in un secondo momento possono essere indagate in dettaglio attraverso poche e mirate tomografie elettriche (ERT).

I metodi FDEM fanno parte della categoria di metodi di prospezione attivi, qualitativi, speditivi in quanto non necessitano di contatto diretto con il terreno²⁵.

La teoria alla base di questi metodi fa riferimento alle leggi del campo elettromagnetico formulate da James Clerk Maxwell a metà dell'Ottocento, (Legge di Faraday, Legge di Ampere o di Biot-Savart, Equazione di continuità per il campo elettrico, Equazione di continuità per il campo magnetico)²⁶. In generale, per descrivere il funzionamento della strumentazione che fa capo a questa tecnica bisogna riferirsi al comportamento di conduttori elettrici che generano un campo magnetico attorno a sé quando attraversati da corrente. La strumentazione utilizzata per queste indagini è chiamata conduttivimetro o elettromagnetometro Slingram e consente di rilevare

²⁵GAFFNEY-GATER 2010, pp. 42-46.

²⁶TABBAGH 2009, p. 217.

variazioni di conducibilità nel terreno, che possono essere anche indice di strutture sepolte di interesse archeologico.

2.2.1 Basi teoriche e strumentazione

Il funzionamento della strumentazione per le indagini FDEM, si basa sul principio dell'induzione elettromagnetica, scoperta da Faraday nel 1831. Questo principio definisce il rapporto tra campo elettrico (CE) e campo magnetico (CM) ed in particolare la loro mutua interazione. Il campo dall'interazione suddetta tra CE e CM è un campo elettromagnetico, che è un campo complesso costituito da una componente elettrica e da una componente magnetica, come illustrato in Fig. 12.

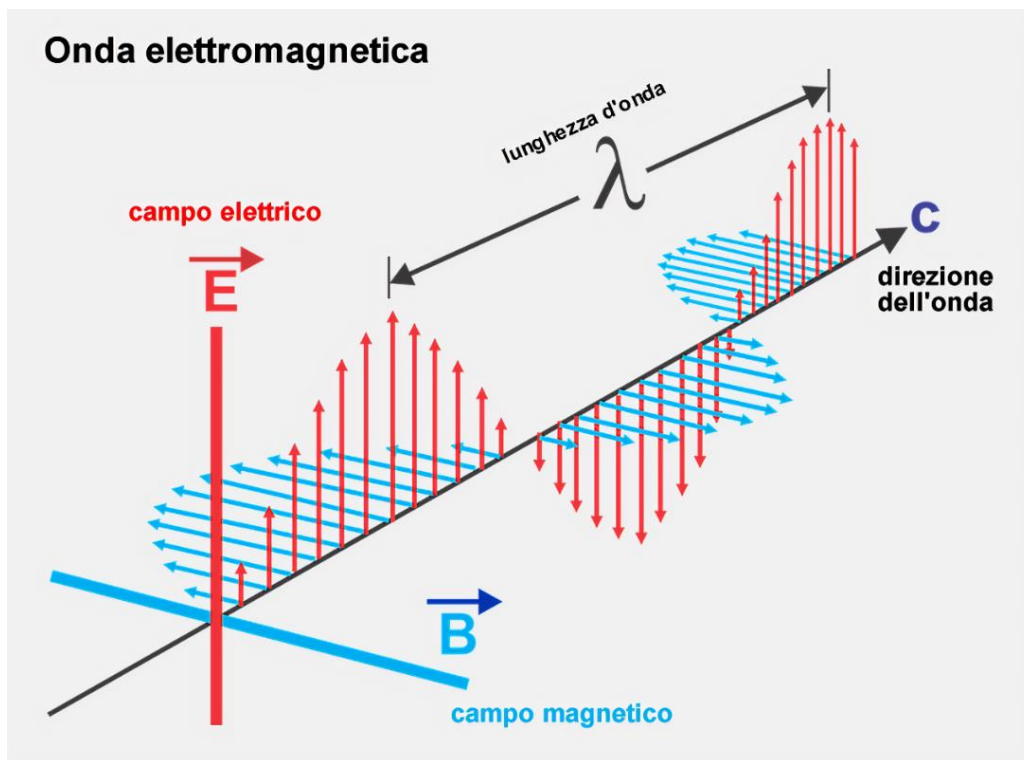


Figura 12 Visualizzazione della propagazione di un'onda elettromagnetica (da <https://www.andreaminini.org/fisica/elettromagnetismo/onde-elettromagnetiche>).

La strumentazione per le misure FDEM è costituita da due bobine, una trasmittente e una ricevente. La prima (trasmittente), attraversata da corrente, genera un campo magnetico primario (H_p), che si propaga nel suolo, per induzione secondo la Legge di Faraday. I conduttori presenti nel sottosuolo, sollecitati dal campo magnetico H_p , generano correnti indotte (forze elettromotrici indotte) che a loro volta genereranno un nuovo campo magnetico, detto

secondario (H_s) che differisce dal primario per ampiezza, intensità, direzione e fase, indicando in questo modo, attraverso la differenza tra primario e secondario, la presenza di conduttori nel sottosuolo²⁷. Questa variazione o differenza (campo risultante), viene misurata dalla seconda bobina (ricevente). In generale, se il campo secondario risulta sfasato di -180° , il corpo è un ottimo conduttore, mentre se tenderà a -90° il corpo non è un buon conduttore.

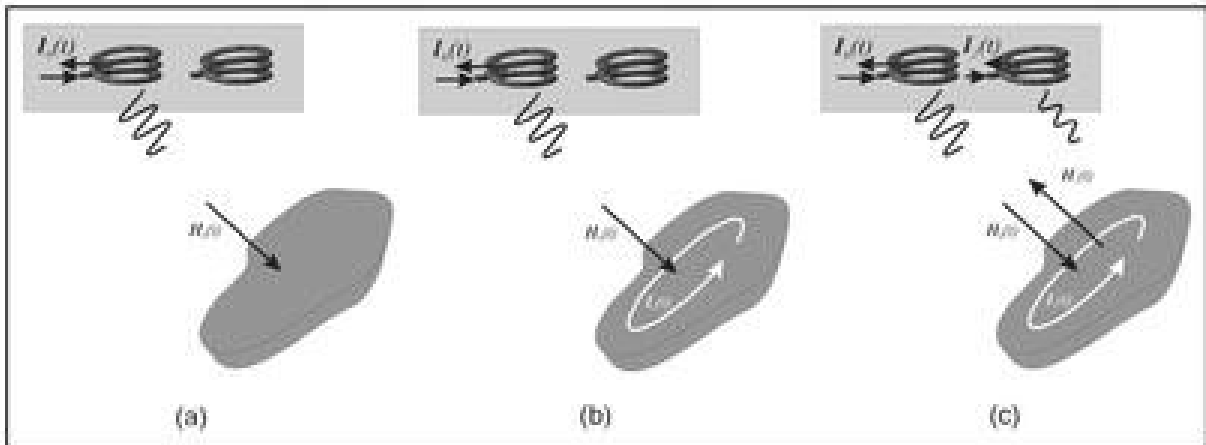


Figura 13 Rappresentazione schematica del funzionamento delle bobine (trasmittente e ricevente) e dei campi magnetici ed elettrici mutuamente indotti (da WITTEN 2006 fig. 7.13, p. 491).

La misura delle relazioni di fase tra i vari campi sarebbe estremamente complessa; pertanto, si ritiene sufficiente la registrazione di due sole componenti: la componente in fase e la componente in quadratura (sfasata di 90°) del campo magnetico secondario rispetto a quello primario.

Il principio di funzionamento di tale metodo si basa sulla variazione e rapporto tra due grandezze fisiche: la frequenza dello strumento e la distanza tra le due bobine (Figg. 13-14). La profondità di indagine dipenderà, quindi, dalla variazione della frequenza dello strumento (strumenti FDEM multifrequenza) o, nel qual caso essa sia fissa, dal distanziamento tra le due bobine (strumenti a frequenza fissa con singola bobina ricevente o con bobine riceventi multiple)²⁸.

²⁷ WITTEN 2006, pp. 157-159.

²⁸ LANGE-SEIDEL 2007, pp. 239-243.

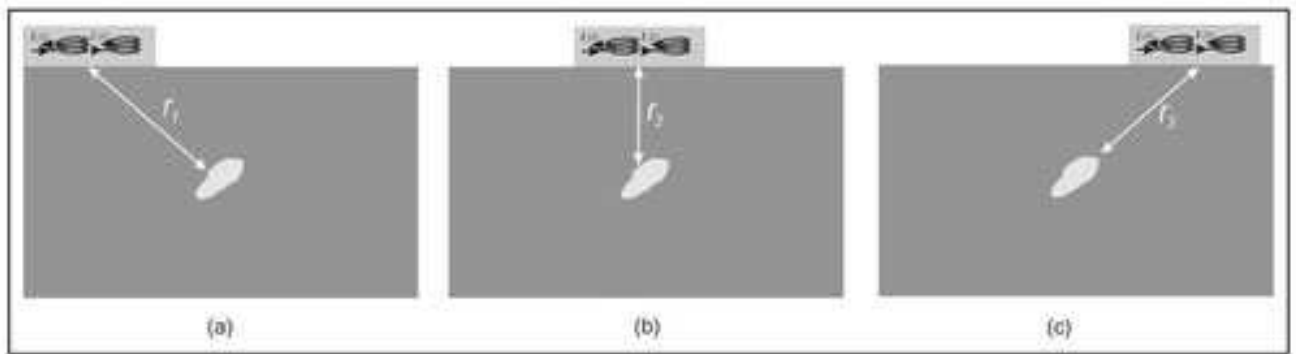


Figura 14 L'intensità del segnale rilevato dalla strumentazione FDEM sarà maggiore quanto più lo strumento si avvicina all'oggetto conduttivo sepolto (da WITTEN 2006, fig. 7.14, p. 492).

Durante le acquisizioni, il metodo di indagine prevede lo spostamento del dispositivo di misura (sonda), senza contatto con il terreno, lungo linee parallele o la griglia prestabilita. La frequenza operativa degli strumenti definiti FDEM è compresa tra circa 300 Hz e 10 KHz, classificando questi metodi di indagine come metodi EM a bassa frequenza, in rapporto ai metodi GPR (georadar) ad alta frequenza. La misurazione del campo magnetico risultante, attraverso le indagini FDEM, descrive la distribuzione della conducibilità elettrica apparente, da cui, si ottiene la profondità cui questa è riferita, attraverso questa formula:

$$\sigma = \text{Im} \left(\frac{H_s}{H_p} \right) \frac{4}{\mu \omega s^2}$$

Tale profondità necessita di una correzione, poiché riferita ad un mezzo omogeneo²⁹.

2.2.2 Contesti di applicazione

Uno dei principali vantaggi del metodo FDEM è dato dal fatto che questa tecnica non necessita di contatto con il suolo: pertanto, sia attraverso l'acquisizione manuale con un singolo operatore, che in casi in cui la morfologia del terreno oggetto di indagine consenta l'accesso ad un mezzo motorizzato, questo tipo di prospezione geofisica può fornire velocemente dati preliminari che in un secondo tempo possono dare spazio a indagini più approfondite. Per evitare che le misure vengano alterate, si deve prestare attenzione alla presenza di recinzioni metalliche, linee di corrente elettrica, tubature e altre strutture metalliche aeree o sepolte nell'area di indagine³⁰,

²⁹ DEIANA 2020, pp. 2-3.

³⁰ LINFORD 2006, pp. 2231-2232.

che creerebbero un rumore di fondo di tipo elettromagnetico difficilmente eliminabile e che potenzialmente potrebbe coprire eventuali anomalie di interesse archeologico.

I metodi FDEM sono indicati per contesti ambientali che presentino bassa resistività, come ad esempio zone umide, che non presentino strati di roccia a bassa profondità o terreni non ghiacciati. Per il principio di induzione, i metodi FDEM sono i più adatti all'individuazione di strutture e corpi altamente conduttivi immersi in un ambiente a bassa conduttività (ad esempio, strati di argilla in materiale sabbioso, oggetti metallici)³¹.

2.2.3 Modalità di rilevamento

I metodi FDEM più utilizzati nella ricerca ambientale e archeologica sono detti SLINGRAM e utilizzano bobine (trasmettente e ricevente) collegate attraverso un tubo (sonda) che trasporta il segnale in fase dalla trasmittente alla ricevente (Figg. 15-16).

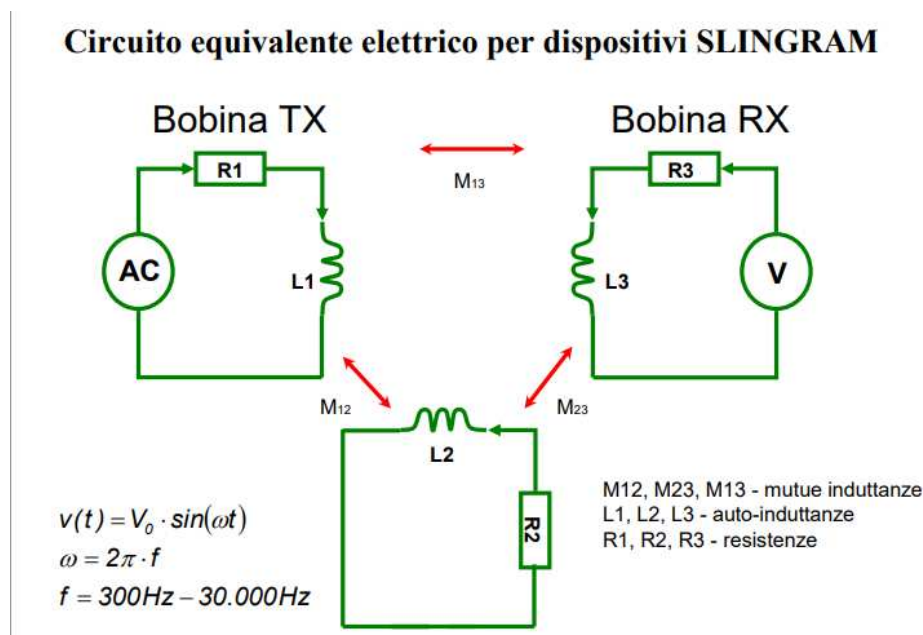


Figura 15 Schema della configurazione di un circuito SLINGRAM (da Slide del corso di Prospezioni Geofisiche per l'archeologia, prof.ssa Rita Deiana, Università degli Studi di Padova, A.A. 2021-2022).

La corrente indotta non si diffonderà in modo uniforme nel sottosuolo, ma verrà veicolata dai corpi maggiormente conduttivi, mentre quelli resistivi saranno visibili in modo indiretto

³¹ LANGE-SEIDEL 2008, p. 241.

Le configurazioni di acquisizione possono essere diverse, a seconda della profondità di investigazione che si desidera raggiungere. Una volta individuata la profondità che, presumibilmente, contenga target di interesse per la ricerca, viene individuata la strumentazione più idonea (scelta multifrequenza o monofrequenza). In generale, per gli strumenti EM di tipo Slingram esiste una relazione che lega la massima profondità raggiungibile dallo strumento, il numero delle spire nelle bobine e la distanza tra le bobine.

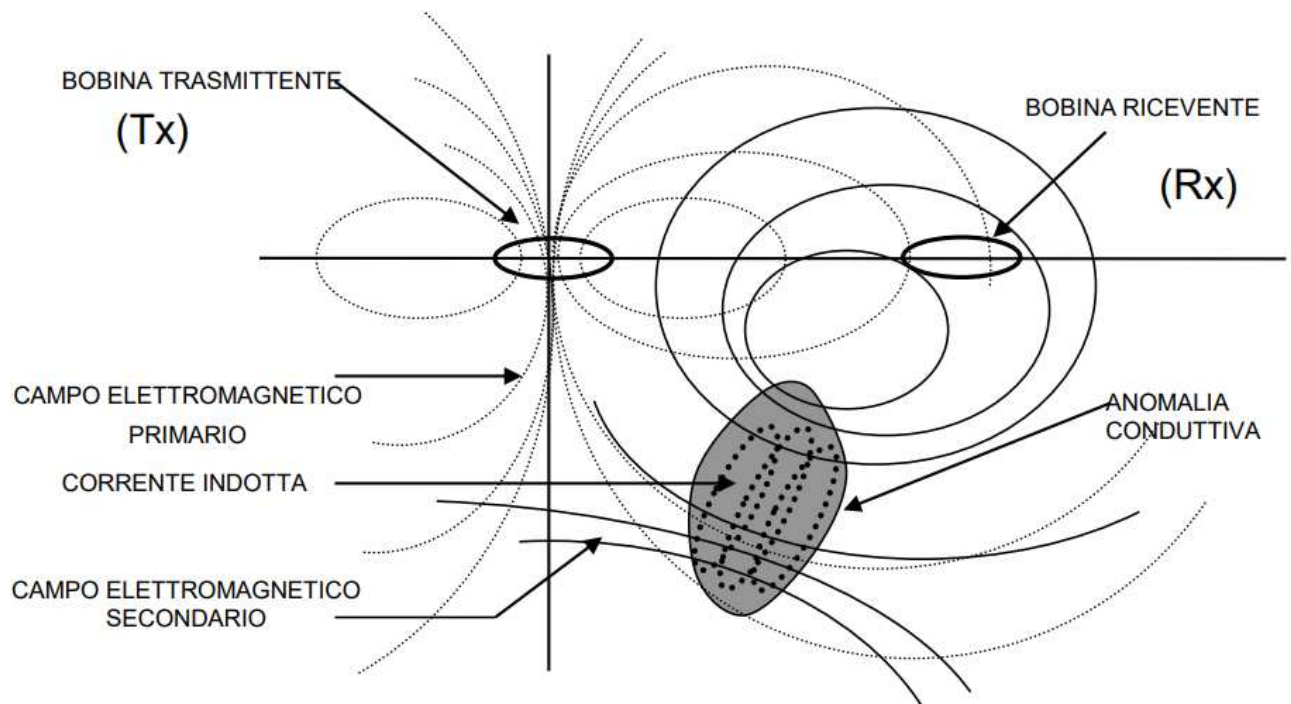


Figura 16 Schema di funzionamento della strumentazione FDEM di tipo SLINGRAM (da Slide del corso di Prospezioni Geofisiche per l'archeologia, prof.ssa Rita Deiana, Università degli Studi di Padova, A.A. 2021-2022).

La distanza tra le bobine e il numero delle spire sono definiti a priori come dato di fabbrica dello strumento, quindi, per aumentare la profondità di investigazione, si dovrà modificare la frequenza dello strumento e l'orientamento delle bobine. A parità di distanza tra le bobine, la profondità di investigazione è maggiore se l'orientamento delle linee di campo attraverso le bobine è verticale (loop orizzontali).

Lo strumento utilizzato per la prospezione FDEM nel sito di San Basilio di tipo SLINGRAM presenta una distanza tra le bobine fissa, una frequenza operativa di 10 kHz ed è stato utilizzato con orientamento dei loop orizzontali, garantendo per la specifica sonda una profondità di investigazione massima di 1,5 m.

I dati ricavati dalla prospezione FDEM vengono interpolati e visualizzati su una mappa tramite il rilevamento delle coordinate di ciascun punto tramite GPS (Fig. 17). I dati di conducibilità vengono resi pertanto leggibili con l'uso di una scala di colori (generalmente rainbow da blu a rosso, dove il blu è poco conduttivo e rosso molto conduttivo) che consente l'immediata individuazione di eventuali anomalie e del loro valore di conducibilità rispetto al suolo ospitante.

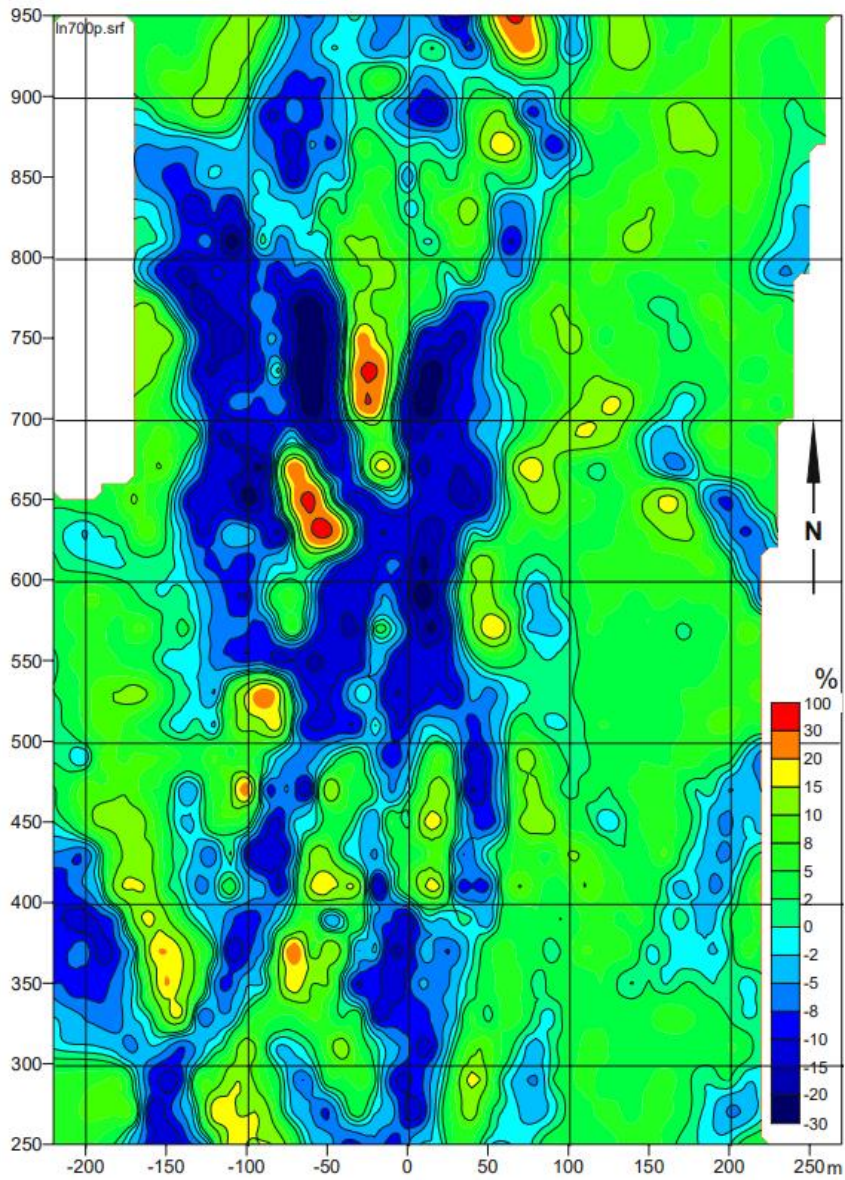


Figura 17 Luederitz, Namibia. Esempio di mappa ottenuta con misure FDEM multifrequenza (dato per la frequenza 7040 Hz) (da LANGE-SEIDEL 2008, p. 275).

2.3 La tomografia resistività elettrica di resistività (Electrical Resistivity Tomography - ERT)

La misura della resistività elettrica si basa sulla possibilità di rilevare nel sottosuolo le variazioni di questo parametro fisico che risulta proporzionale alla resistenza che un dato materiale oppone al passaggio di una corrente elettrica che venga iniettata nel sistema di indagine e che risulti rilevabile attraverso la misura della differenza di potenziale generata dalla circolazione della corrente su menzionata. Ovviamente considerato il sottosuolo come sistema di indagine e il reperto archeologico come un'anomalia sepolta in questo sistema, la possibilità di individuare anche un reperto si basa sulla capacità di misurare il contrasto di resistività elettrica esistente tra il suolo e gli elementi archeologici sepolti, ad esempio muri, strutture, pavimenti e strade³². La tomografia elettrica di resistività si basa su questo principio e di fatto si identifica come un metodo attivo, quantitativo, di alto dettaglio³³, attraverso il quale può essere individuata la presenza di reperti di interesse archeologico sepolti nel sottosuolo, iniettando dalla superficie una corrente di intensità nota³⁴. La misura della resistività elettrica si basa sulla prima e sulla seconda legge di Ohm, ed è trasponibile nel suolo con l'uso di quattro elettrodi (dispositivo o quadripolo di base). L'uso simultaneo di un sistema di elettrodi, multiplo del quadripolo di base (ad es. 12, 24, 48 elettrodi), consente di realizzare tomografie elettriche di resistività.

2.3.1 Basi teoriche, strumentazione, modalità di rilevamento

Alla base della misura della resistività elettrica si trovano le due Leggi di Ohm³⁵, formulate nella prima metà dell'Ottocento dal fisico e matematico Georg Simon Ohm. La prima legge descrive la proporzionalità tra l'intensità di corrente I che attraversa un conduttore metallico di lunghezza finita e la differenza di potenziale misurata ai capi dello stesso conduttore (ΔV): la resistenza del conduttore R è data dal rapporto $\Delta V/I$, ovvero:

$$\Delta V = RI$$

³² ERNENWEIN-HARGRAVE 2007, pp. 13-14.

³³ TAMBURRINO 2015, p. 41.

³⁴ SCHMIDT 2009, pp. 67-69.

³⁵ ERNENWEIN-HARGRAVE 2007, p. 13.

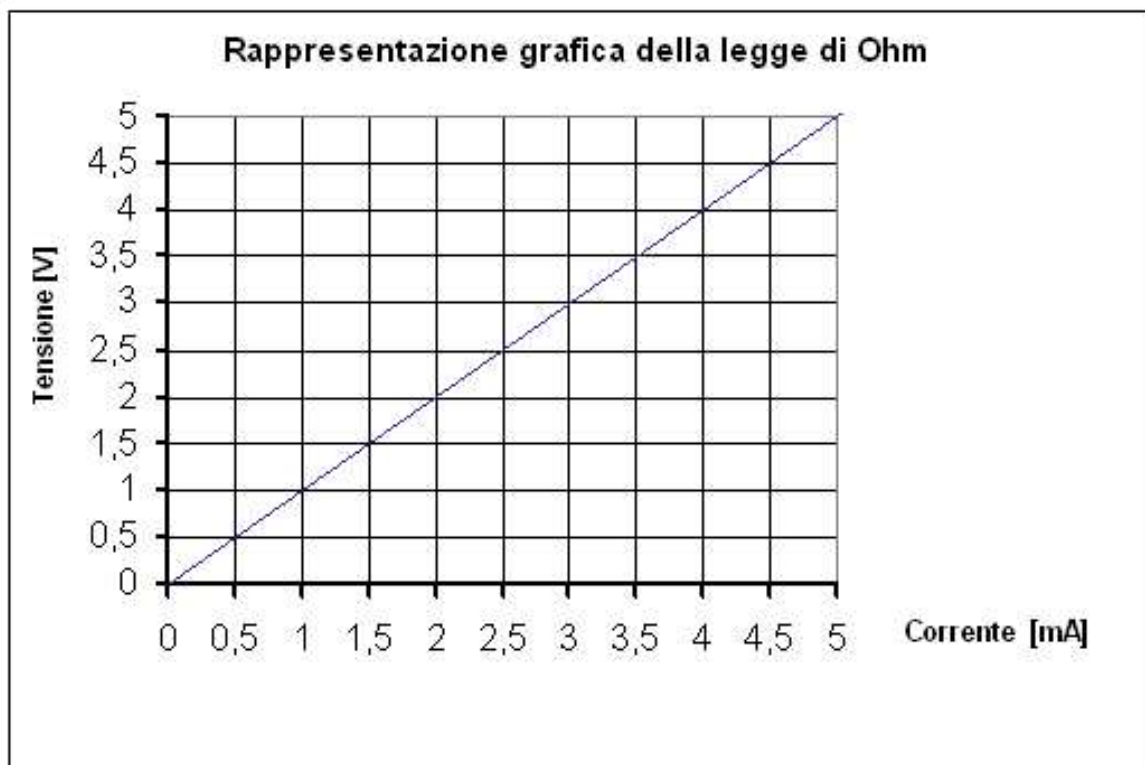


Figura 18 Rappresentazione grafica della prima legge di Ohm (da image007.gif (526x351) (infotub.com)).

La seconda Legge di Ohm³⁶ mette relazione la resistenza (R), la resistività (ρ), la lunghezza (l) e la sezione del conduttore (s). La resistività è una proprietà intrinseca al materiale che descrive la sua attitudine ad opporsi al passaggio di una corrente elettrica. Viene misurata in ohm/metro. La seconda Legge di Ohm, pertanto, pone in relazione tali grandezze:

$$R = \rho * \frac{l}{s}$$

Il rapporto l/s è definito coefficiente geometrico (k). Trasponendo le misure sul suolo, utilizzando un quadripolo di base o multipli di questo, il coefficiente geometrico varierà a seconda della disposizione degli elettrodi (dispositivo o *array*) che si deciderà di assumere per l'indagine³⁷.

Come per tutti i metodi geofisici, per poter registrare un'anomalia nel sottosuolo è necessario avere un sufficiente (e quindi misurabile) contrasto tra il parametro di interesse (in questo caso

³⁶ TAMBURRINO 2015, p. 42.

³⁷ TAMBURRINO 2015, p. 43.

la resistività) del suolo ospitante e quello dell'evidenza archeologica. Come detto, la resistività è il parametro che condiziona il passaggio e la distribuzione della corrente e in natura è vincolata dalla presenza di acqua, che presenta il valore minimo di resistività elettrica, e, all'opposto, l'aria, che presenta, invece, il valore massimo misurabile tendente ad infinito, dal momento che in aria non può circolare nessuna corrente elettrica.

In generale, quindi, l'esito dell'indagine è fortemente influenzato dalla pedologia del suolo e dalla granulometria dei sedimenti che lo compongono (Fig. 19). I sedimenti grossolani, quali ghiaia e sabbia, drenano efficacemente l'acqua, ma al contempo ospitano tanta aria tra i grani, e sono, perciò, molto resistivi. I sedimenti a granulometria fine, invece, trattengono molto l'acqua, diventando buoni conduttori³⁸. Fattore imprescindibile per le misurazioni della resistività nel suolo è la necessità di contatto con il terreno attraverso gli elettrodi che, di norma, vengono infissi nella parte più superficiale.

Litotipo	($\Omega \cdot m$)	Φ (%)
acqua	10 - 100	-
acqua di mare	2 - 3	-
arenarie	200 - 5000	7 - 30
argille	1 - 50	40 - 70
calcari	300 - 10000	2 - 30
detrito alluv.	50 - 1000	15 - 60
dolomie	500 - 10000	2 - 20
ghiaia e sabbia	70 - 700	30 - 60
graniti	1000 - 20000	0.2 - 0.8
marne	100 - 500	8 - 15
piroclastiti	50 - 600	15 - 60
rocce ignee	100 - 10000	3 - 10
suolo di copertura	10 - 200	60 - 90
tufi	150 - 900	10 - 40

Figura 19 Tabella riassuntiva delle resistività in rapporto alla porosità dei principali materiali naturali (da CARRARA et alii 1992, p. 24).

Le rocce, in generale, avranno un valore di resistività elevato se porose ed asciutte, mentre i sedimenti, se umidi risulteranno più conduttivi elettricamente.

³⁸ ERNENWEIN-HARGRAVE 2007, pp. 13-14.

Le evidenze archeologiche per le quali ci si attende una risposta con bassa resistività sono tutte quelle che sono colmate da sedimenti fini e organici, come fosse e fossati, fognature, tombe violate, cisterne riempite. Per contro, quelle per le quali ci si attende un'elevata resistività sono le evidenze costruite in pietra, come i muri, le strade, i battuti pavimentali.

Lo strumento utilizzato per la misurazione della resistività sul campo in configurazione tomografica è il georesistivimetro, composto da due parti, un trasmettitore che inietta la corrente nel sottosuolo (l'intensità della corrente è controllata da un amperometro) e un ricevitore che misura la differenza di potenziale (la misura è gestita da un voltmetro), il set di misura è completato da una serie di elettrodi metallici che devono essere infissi nel terreno per consentire il passaggio della corrente nel suolo e il rilevamento della differenza di potenziale, uno o più cavi multiconduttore che connettono con uscite multiple lo strumento agli elettrodi tramite dei morsetti con doppia pinza (Fig. 22). L'acquisizione di una tomografia elettrica prevede la disposizione degli elettrodi equispaziati lungo una linea che potrà poi essere georeferenziata sia per gli estremi (localizzazione) che per eventuali dislivelli (quote). In generale, il centro della sezione ERT sarà il punto più informativo.

Prima dell'avvio della misura, l'operatore seleziona i parametri di acquisizione (ad es. intensità di corrente o minima differenza di potenziale), sulla base della presunta resistenza del sistema che si dovrà indagare (Fig. 20).

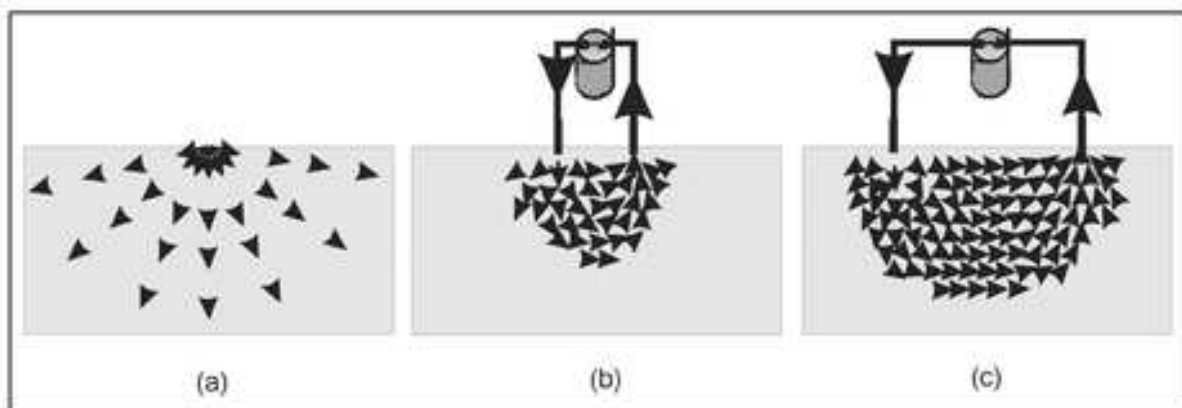


Figura 20 Diffusione delle linee di corrente da una sorgente puntiforme in un sistema omogeneo (a), circolazione della corrente tra due elettrodi ravvicinati (b) e tra due elettrodi più distanti. (da WITTEN 2006, fig.13.4, p. 953).

In un mezzo stratificato, le linee di corrente nel suolo vengono distorte alle interfacce fra mezzi con diversa resistività (Fig. 21).

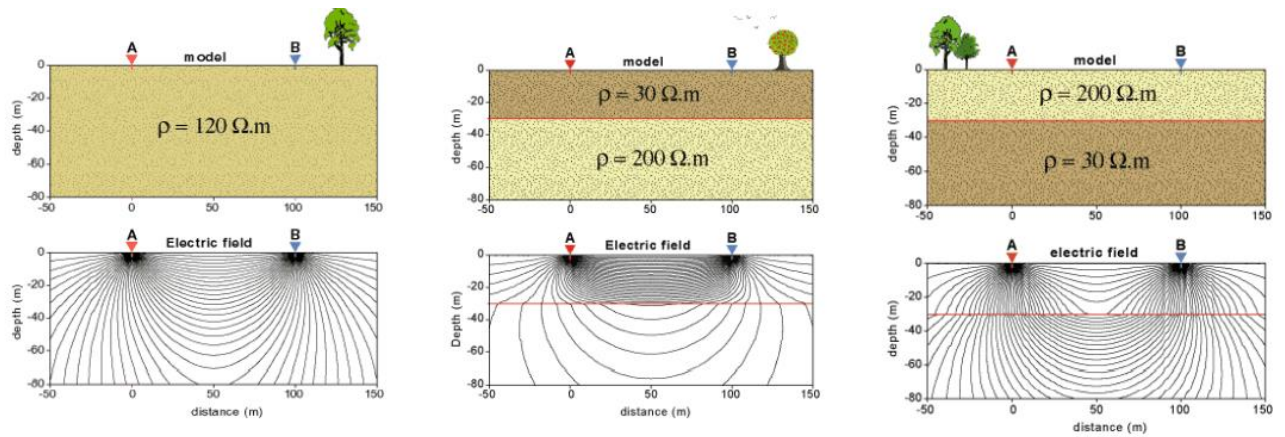


Figura 21 Diffusione della corrente in un mezzo omogeneo (1), in un mezzo stratificato in cui il secondo strato è più resistivo del primo (2) e in un mezzo stratificato in cui il primo strato è più resistivo del secondo più profondo (da Slide del corso di Prospezioni Geofisiche per l'archeologia, prof.ssa Rita Deiana, Università degli Studi di Padova, A.A. 2021-2022).

Le configurazioni possibili dei quadripoli di base vengono definite e scelte di volta in volta in base alla profondità d'indagine necessaria e alle caratteristiche generali del sistema che si deve indagare.



Figura 22 Esempio di una linea ERT durante un'acquisizione realizzata ad Ovest del Partenone (da TSOKAS 2009, p. 97).

2.3.2 Elaborazione dei dati

L'esito di una tomografia è una distribuzione di punti di resistività (singoli e separati) che descrivono la variazione di questo parametro nel sistema investigato, identificando la presenza di anomalie di interesse. Per ottenere una sezione che descriva la variazione della resistività reale nel sistema eterogeneo studiato, è necessario ricorrere a un processo di inversione del dato grezzo.

I dati grezzi vengono visualizzati tramite una pseudosezione di resistività, o sezione di resistività apparente, in cui, appunto, il valore che si legge non è quello della resistività reale, ma consente di visualizzare le variazioni del parametro misurato e le eventuali anomalie nel sistema (Fig. 23).

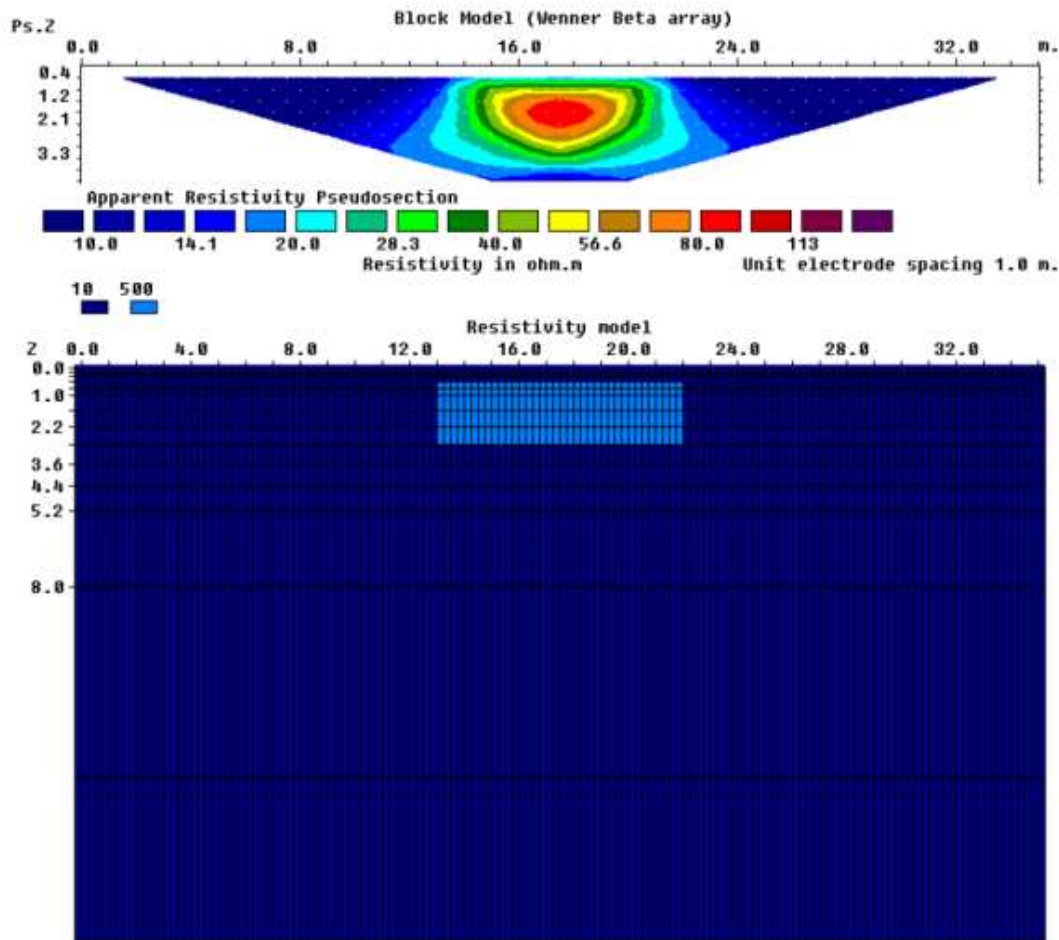


Figura 23 Esempio di visualizzazione di una pseudosezione di resistività (in alto) e del modello di resistività del sottosuolo che riproduce in modo sintetico il terreno omogeneo e l'anomalia ospitata in posizione centrale (dal manuale operativo del software di inversione Res2Dinv).

Per ottenere la sezione di valori di resistività reale misurata è necessario ricorrere al processo di inversione del dato, ovvero quel procedimento matematico via software che consente di valutare attraverso un modello diretto del sottosuolo l'attendibilità del dato rilevato in campo. I nuovi valori così ottenuti di resistività possono essere resi graficamente attraverso l'uso di software di interpolazione e visualizzazione che associano ai valori misurati ad una scala cromatica per l'individuazione più agevole delle anomalie (Fig. 24). Ovviamente, l'interpretazione finale e l'identificazione di un'anomalia come archeologica viene fatta da un archeologo e da un geofisico, in modo da avere un confronto diretto sui dati ottenuti e sul contesto oggetto d'esame.

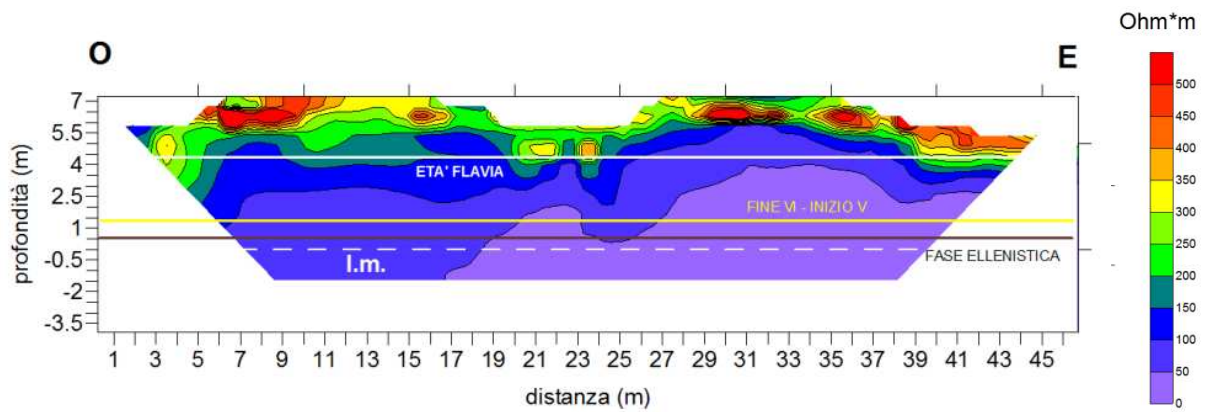


Figura 24 Esempio di risultato di sezione ERT invertita (da Slide del corso di Prospezioni Geofisiche per l'archeologia, prof.ssa Rita Deiana, Università degli Studi di Padova, A.A. 2021-2022).

Esiste, infine, la possibilità di interpolare più linee ERT 2D acquisite parallelamente tra loro, in modo tale da ottenere una visualizzazione 3D del sistema investigato. La possibilità di acquisire, invece, un dato 3D di resistività elettrica, è data attraverso l'uso di strumentazione specifica che immetta attraverso due elettrodi di corrente l'energia necessaria per investire tutto il sistema e consenta simultaneamente di rilevare la differenza di potenziale tra un elettrodo di riferimento e tutti gli altri numerosi elettrodi di potenziale sistemati a terra.

3. Le indagini geoarcheologiche e le campagne di scavo nel sito di San Basilio di Ariano nel Polesine

3.1 Il sito: il contesto ambientale e geomorfologico e la storia delle ricerche³⁹

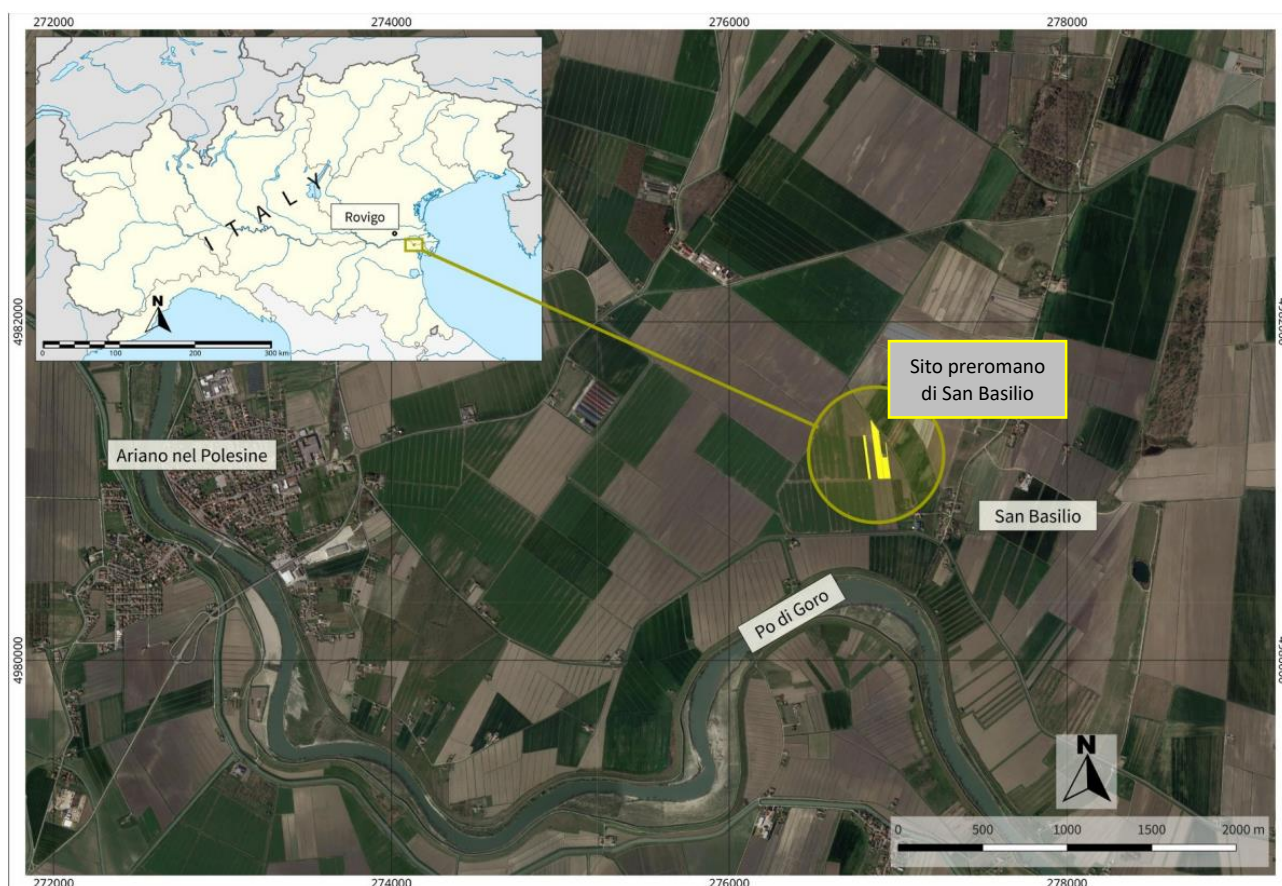


Figura 25 Sito preromano di San Basilio e la sua collocazione geografica nel Delta del Po (da Google Maps).

Il sito di San Basilio presso Ariano nel Polesine, comune all'interno del Parco Regionale del Delta del Po, è collocato al limite sud del Delta stesso, all'interno della cosiddetta "Isola di Ariano", delimitata a nord dal Po di Venezia (o Po Grande) e a sud dal ramo del Po di Goro, confine

³⁹ Per lo studio della protostoria generale dell'Italia del nord e del Veneto si rimanda a *Il Veneto nell'antichità* 1984; CAPUIS 1993; CAPUIS-GAMBACURTA 2015; FOGOLARI-PROSDOCIMI 1988; PERONI 1994.

Tra le pubblicazioni che riguardano il comprensorio di Adria, il Polesine e l'area deltizia si citano *Atria* 1989; COLONNA 2003; DE BON 1939; GAMBACURTA 2013; LODO 1993; GAUCCI 2016; *Gli Etruschi a nord del Po* 1989; HARARI 2010-2008; *Mondo etrusco mondo italico* 2016; PALTINERI-ROBINO 2016 PALTINERI et alii 2018; RONDINA 1981.

amministrativo tra Veneto ed Emilia-Romagna. La geomorfologia del territorio in esame è estremamente mutevole, poiché rientra all'interno del sistema deltizio padano che ha visto, nei secoli, trasformazioni continue a causa della complessità dell'ambiente e dell'ecosistema (Fig. 25). Gli studi paleoambientali⁴⁰ che per anni hanno interessato il delicato ecosistema del Delta del Po, hanno permesso di definire, attraverso contributi sempre più aggiornati, la continua evoluzione del territorio. Tale approccio, moderno e scientifico, ha sempre preso avvio dallo studio delle fonti storiche, in particolare greche e latine, che parlano del fiume Po, identificato, da diversi autori, con il mitico Eridano, il fiume dell'ambra⁴¹. Questa sovrapposizione mitica tra i due corsi d'acqua ha, per noi, valore in un'ottica storica e archeologica, sembra riferirsi ad una situazione paleoidrografica del Bronzo recente e finale, ovvero il momento in cui la zona del Polesine assume il ruolo di *terminal* meridionale del commercio mediterraneo dell'ambra⁴². In questo periodo, in particolare nel Bronzo Recente, il comparto deltizio padano godeva di una stabilità idrogeologica data dal fatto che le acque defluivano in due rami principali: il Po di Adria 1 e il Po di Spina 1, che avevano a loro volta diramazioni secondarie, come l'importantissimo ramo settentrionale di Saline-Cona che lo collegava al corso del fiume Adige, anch'esso con grande rilevanza a livello commerciale⁴³.

Un primo cambiamento avvenne tra Bronzo Recente e Finale, con una serie di trasformazioni ambientali e climatiche che attivarono un ramo meridionale alternativo al Po di Spina 1, che sfocerà nella diramazione del Po di Rusco-Dragoncello-Sermide che a sua volta confluirà nel ramo di Adria 1, dando vita al Po di Adria 1-2 che concentrò l'intera portata padana, aumentata anche dalla disattivazione del ramo di Saline-Cona (Fig. 26)⁴⁴.

⁴⁰ Per gli aspetti paleoambientali e geomorfologici sul Delta del Po si rimanda a BALISTA 1986, 2013; BONDESAN 1990; BOSIO 1967, 1981; CIABATTI 1966-1968; PERETTO 1986- 1990- 1999- 2001; PERETTO *et alii* 2002; PIOVAN *et alii* 2012; VEGGIANI 1972- 1974- 1976; ZERBINATI 1990.

⁴¹ Per una trattazione più approfondita sul tema della sovrapposizione tra queste due entità fluviali si rimanda allo studio di GARATTI 2021, con bibliografia precedente.

⁴² GARATTI 2021, p. 6. Per un approfondimento sulle connessioni a livello commerciale tra la pianura padana e il bacino del Mediterraneo, con particolare riguardo ai siti di Frattesina, Campestrin e Fondo Paviani, si rimanda, tra gli altri, a CUPITÒ *et alii* 2015; CUPITÒ-LEONARDI 2018; CUPITÒ *et alii* 2020; CUPITÒ 2011; BETTELLI *et alii* 2015; BELLINTANI-GONZATO 2017.

⁴³ GARATTI 2021, p. 6.

⁴⁴ GARATTI 2021, p. 6-7.

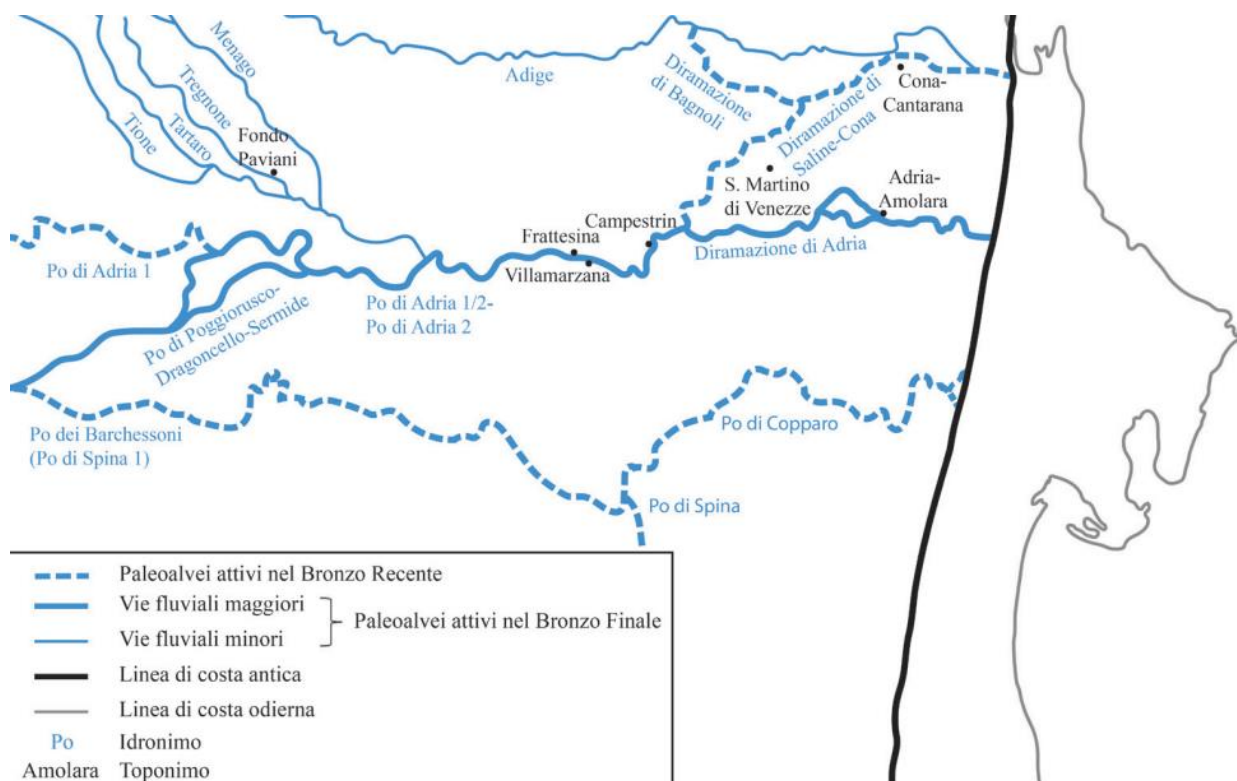


Figura 26 Paleoidrografia del delta del Po tra Bronzo Recente e Bronzo Finale, con indicazione dei siti attivi (da GARATTI-PALTINERI 2021, p. 57).

La situazione cambiò ancora una volta nell'età del Ferro, in particolare tra X e IX sec a.C., quando un periodo di forte instabilità si risolse nell'attivazione del Po di Adria 2, che venne però sconvolto, ancora una volta, dalla Rotta di Sermide (IX-VIII sec a.C.). Questo evento portò all'attivazione del Po di Spina 2, che a sua volta si diramò in vari rami del delta che facevano capo a due diramazioni principali: a sud il Po di Spina, che presso tale località sfociava. A nord, invece, il Po di Codigoro, che sfociava in due punti, presso Codigoro e presso San Basilio. A questo periodo risale una scarsa frequentazione dell'area deltizia, con conseguente disattivazione dell'intenso scambio commerciale fino ad allora florido⁴⁵.

⁴⁵ GARATTI 2021, p. 8.

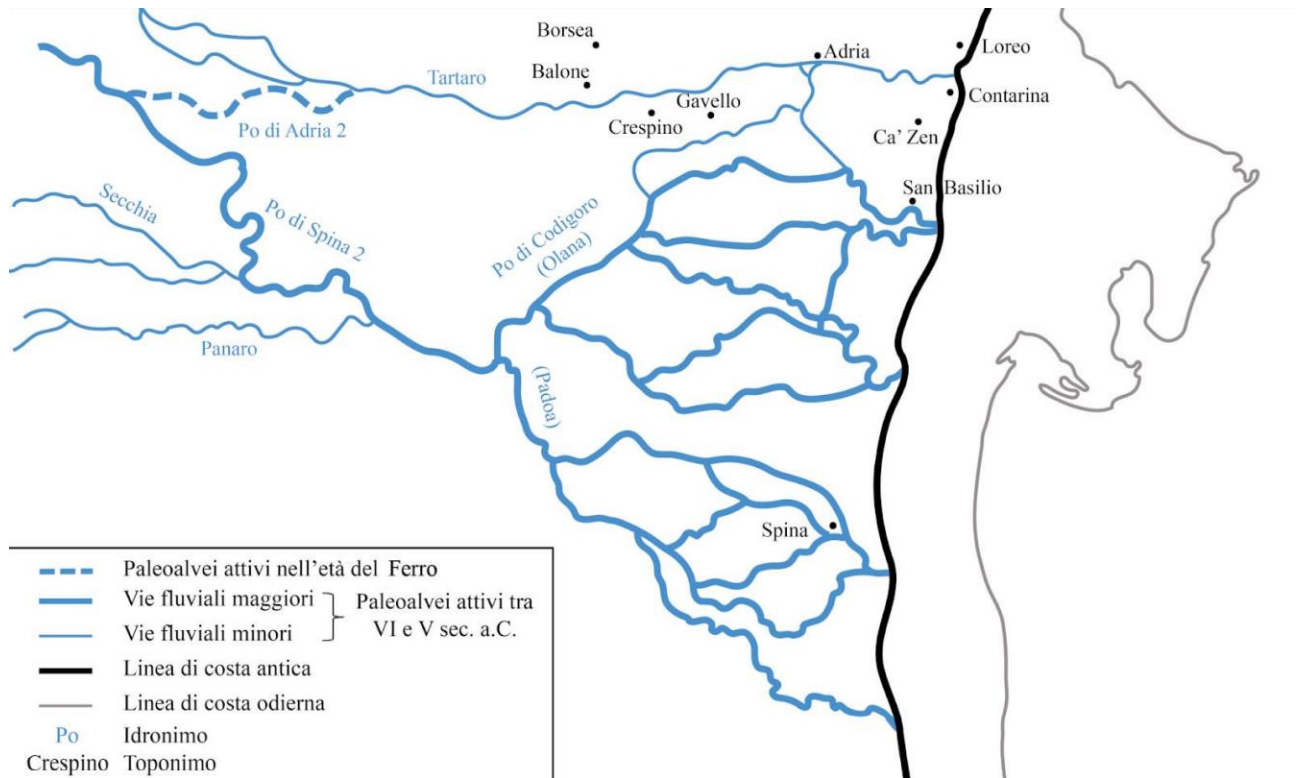


Figura 27 Paleoidrografia del delta del Po durante la media età del Ferro, con indicazione dei siti attivi (da GARATTI-PALTINERI 2021, p. 59).

Con i secoli centrali dell'età del Ferro si assiste ad una nuova espansione insediativa, probabilmente collegata al fatto che il paleoalveo del Po di Adria 2 viene occupato dalle acque del fiume Tartaro, evento che permise una parziale bonifica del comprensorio polesano (Fig. 27). È in questo periodo che si attivano alcuni dei centri più importanti della zona, come Adria, San Basilio e Spina, grazie anche alle rinnovate relazioni commerciali a livello mediterraneo⁴⁶.

Avendo accertato che la linea di costa lambiva San Basilio fino almeno al V sec a.C., il contesto in esame è stato oggetto di una serie di indagini tra gli anni '70 e '80 del secolo scorso. Questi studi, corredati da altre ricerche paleoidrologiche e paleoambientali⁴⁷, hanno permesso di riconoscere evidenze archeologiche di età preromana e romana, oltre che una sequenza stratigrafica estremamente complessa che evidenzia come l'area abbia subito un marcato dissesto

⁴⁶ GARATTI 2021, p. 9.

⁴⁷ CIABATTI 1966- 1968; PERETTO 1986-1990-1999- 2001; BONDESAN 1990; PERETTO *et alii* 2002; VEGGIANI 1972- 1974- 1976; ZERBINATI 1990.

idrogeologico le fasi di occupazione. Nell'età del Ferro, San Basilio si trovava dietro la linea di costa alle spalle di un cordone dunale⁴⁸. Il territorio ha subito molte modificazioni antropiche dal momento del primo insediamento ad oggi, poiché è stata sconvolta completamente la morfologia del paesaggio. Esso risulta, oggi, isoplanare, a causa del continuo sfruttamento agricolo e delle livellazioni operate nel tempo, e risulta difficile immaginare un contesto fatto di alti morfologici e di bassi infradunali. L'area contermina al sito è emersa dal mare circa nel X sec a.C. e rimase asciutta fino all'epoca tardo romana⁴⁹, presentando una conformazione a dune sabbiose tipiche della linea di costa in area deltizia. Si deve, pertanto, immaginare che le strutture abitative preromane si dovessero adattare a repentini salti di quota, pendenze e impaludamenti nelle zone basse infradunali. Il cordone dunale è difficile oggi da individuare osservando semplicemente il territorio, ma se ne possono vedere le tracce dalle foto aeree di metà secolo scorso, come il volo della RAF (*Royal Air Force*) del 1944 (Fig. 29) o in zone che non hanno subito intacchi da parte delle attività agricole perché già edificate, come testimonia il lembo di duna su cui sorge l'attuale chiesetta medievale di San Basilio (Fig. 28).



Figura 28 Chiesa medievale di San Basilio. Si noti come la morfologia residua del cordone dunale sia ancora visibile, poiché risparmiata dai livellamenti agricoli avvenuti nel corso dei secoli.

⁴⁸ GARATTI *et alii*, in corso di stampa.

⁴⁹ GARATTI *et alii*, in corso di stampa.



Figura 29 Foto area volo RAF 1944 dell'area del Delta del Po⁵⁰. Sono visibili le tracce residuali del cordone dunale che caratterizza il territorio.

Il Delta, in tempi più recenti, è stato oggetto di una serie di interventi mirati e studiati in base alla sua complessità idrogeologica e geomorfologica. Il più importante è stato sicuramente il taglio del Po di Viro ad opera della Serenissima Repubblica di Venezia tra il 1599 e il 1604, che aveva come scopo quello di evitare l'interramento delle foci dell'Adige, del Brenta e della laguna sud

⁵⁰ La documentazione digitale è reperibile nell'Aerofototeca della Regione del Veneto – L.R. n. 28/76 – Formazione della Carta Tecnica Regionale.

da parte del Po di Tramontana. La confluenza della maggior parte delle acque nel Po di Venezia, o Po Grande, diede vita alla forma deltizia protesa verso lo sbocco a mare attualmente esistente. Si ricordi, tra gli altri, lo studio, per certi versi ancora insuperato, di Mario Ciabatti, che distinse sette delta padani e otto cordoni litoranei⁵¹. San Basilio si inserirebbe, secondo tale ricostruzione, tra il cordone II Ciabatti e il cordone III Ciabatti (Fig. 30).

⁵¹ CIABATTI 1966-1968.

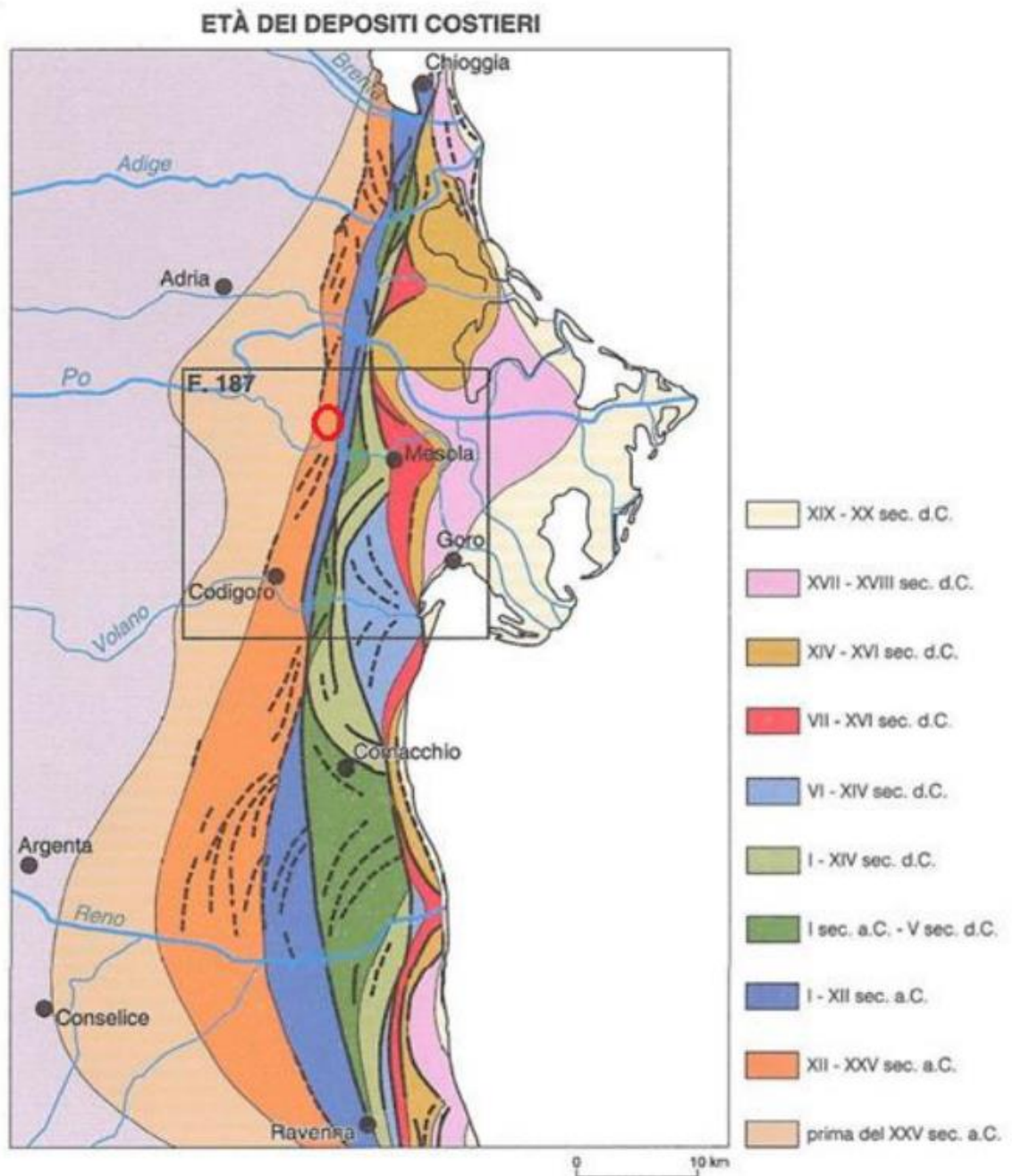


Figura 30 Successione linee di costa e dei delta relitti. In rosso la locazione di San Basilio (da CARG 2009).

Il sito di San Basilio è stato oggetto di interesse archeologico scientifico fin dalla fine del secolo scorso, incentivato dalle scoperte e dalle ricerche che riguardavano il vicino centro di Adria e che

risvegliarono l'interesse anche per i territori limitrofi⁵². I ritrovamenti sporadici, però, sono documentati sin dalla seconda metà dell'800, a seguito di una serie di lavori di bonifica e di infrastrutturazione della zona. Nel 1878, durante lo spianamento della duna antistante alla chiesa medievale della frazione, si rinvenne un sarcofago in pietra con coperchio, frammenti di trachite, delle anfore, una lucerna e delle ossa umane⁵³. Sempre a fine '800, durante alcuni lavori di ristrutturazione nella tenuta Forzello, furono rinvenuti uno scheletro e un'anfora probabilmente afferenti all'epoca romana⁵⁴. Un ritrovamento tanto fortuito quanto eccezionale permise di mettere in luce dei materiali ceramici riferibili ad un contesto riferito come sepoltura dell'Età del Ferro⁵⁵. Tale ipotesi però, non è risultata in altro modo verificabile. In ogni caso, tra i pezzi più importanti di questi materiali figurano una tazza a decorazione zoomorfa⁵⁶, un bicchiere decorato a stralucido, un'olla bicchiere zonata e una *kotyle* etrusco-corinzia⁵⁷.

⁵² Sull'interesse archeologico di San Basilio si citano BIASSONI 2021; DE BELLIS-DE BELLIS 1979; GAMBACURTA 2014; NEGRELLI *et alii* 2013; PEPE 2014; TONIOLO 1987.

⁵³ CAV 1989, pp. 133-134, n. 8.2.

⁵⁴ CAV 1989, p. 133, n. 7.4.

⁵⁵ Tale ipotesi è presentata da DE MIN 1984, ma non è altrimenti verificabile.

⁵⁶ Sull'argomento, si rimanda a GAMBACURTA 2018. La studiosa, oltre a dare una lettura della teoria di animali raffigurata, la interpreta come ibridazione tra ceramica zonata tra registri figurati veneti e atestini (ceramica zonata, arte delle situle). Inoltre, avanza l'ipotesi che non si tratti di un oggetto afferente all'ambito prettamente funerario, ma da riferirsi a quello sacrale/culturale, per iconografia e per tipologia di tazza (documentata, in area veneta, esclusivamente in ambito culturale, come nel santuario di San Pietro in Montagnon).

⁵⁷ BRUNI 1994.

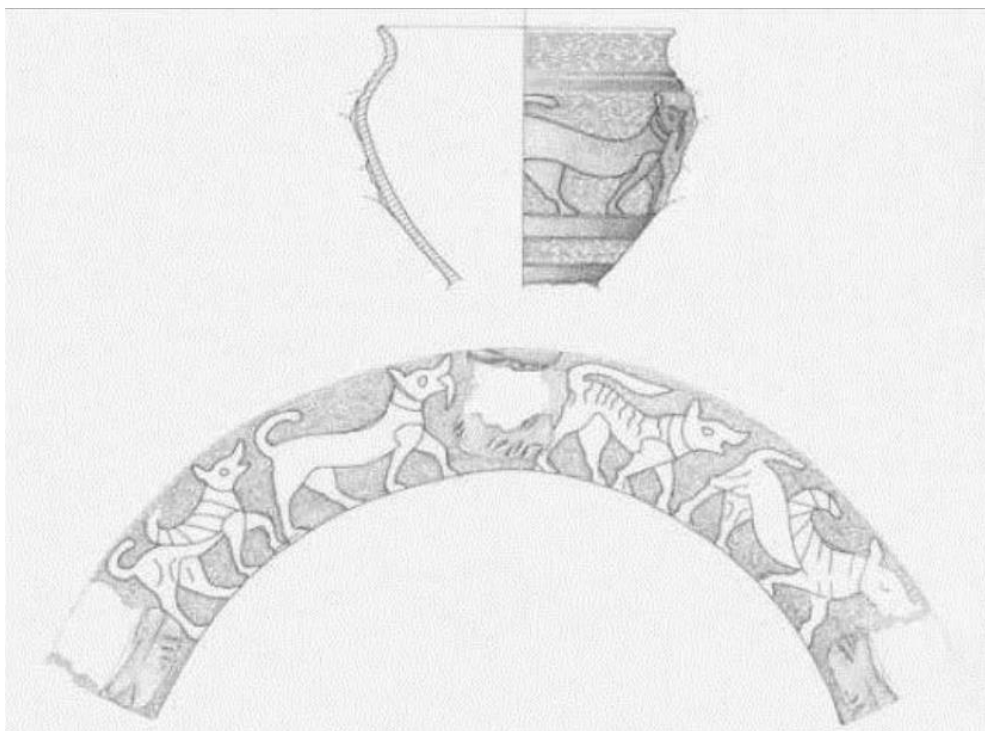


Figura 31 La tazza biansata da San Basilio con teoria teriomorfa (da GAMBACURTA 2018, p. 49, fig. 2).

Per tutto il resto del '900, i lavori agricoli nella zona hanno permesso il rinvenimento di molto altro materiale, di varia natura, che ha fatto in modo di sollevare l'interesse degli studiosi nell'area limitrofa ad Adria⁵⁸. Bisognerà aspettare, però, gli anni Settanta del secolo scorso per avere le prime campagne sistematiche di studio e ricerca nella zona. L'incentivo venne, nel 1976, da una serie di rinvenimenti di epoca romana durante dei lavori agricoli nella tenuta Forzello. I primi scavi nel sito furono realizzati nel 1977-1978, da Umberto Dallemulle, per continuare poi nel 1979 da Elisabetta Mangani e nel 1980 da Maurizia De Min. Venne coperta un'area di circa 600 mq, che restituì molte strutture murarie di epoca romana, riferibili a un complesso edilizio interpretato come villa-mansio⁵⁹. Più tardi, nel 1983, la soprintendente Maurizia De Min decise di intraprendere l'apertura di due piccoli saggi a circa cento metri a nord del sito della villa-mansio, per approfondire e documentare le evidenze di epoca preromana messe in luce dai lavori agricoli. L'attuale equipe di ricerca non è riuscita a collocare il punto esatto di questi interventi di scavo, poiché si presero come riferimento, per la documentazione, le partizioni agrarie

⁵⁸ Per una trattazione più esaustiva si rimanda a GARATTI 2021, pp. 16-18.

⁵⁹ Per l'identificazione della struttura con la villa-mansio di *Radriani* citata dalla *Tabula Peutingeriana* e la questione della viabilità adriatica si rimanda a DALLEMULLE 1976- 1977 e DALLEMULLE *et alii* 1986.

dell'epoca, che non coincidono con quelle attuali. Si sono individuate due fasi distinte di vita dell'abitato⁶⁰. La frequentazione più recente è afferente a lacerti di pavimentazione in argilla indurita, pali lignei carbonizzati e frammenti di incannucciato. Le case presentavano una preparazione in grumi di concotto e l'alzato in materiale deperibile, integrato da blocchetti fittili, rinvenuti in grade quantità. La fase più antica è da riferirsi a numerose strutture lignee individuate sotto uno strato di riporto, sia in pali infissi verticalmente che tavolati orizzontali, in associazione a bucchero databile alla fine del VI sec. a.C. Le campagne archeologiche proseguirono nel 1987 e nel 1989 sotto la direzione di Luciano Salzani e Daniele Vitali, accanto al saggio De Min. Le ricerche confermarono la stratigrafia già individuata, anche se con un leggero abbassamento di quota. Si è individuato, inoltre, un livello di erosione tardoantica che mescola i materiali di epoca romana e di epoca preromana. Si sono identificati circa duecento pali in legno, a funzione di fondazione, struttura portante e consolidamento delle sponde dell'abitato. Inoltre, si sono identificati dei canali larghi 1,50 metri e profondi 0,70 metri a fungere da limite tra le abitazioni, forse coperti da tavolati lignei⁶¹. I materiali, molto abbondanti, sono stati datati tutti al VI-V sec a.C., e, fin dal momento più precoce di frequentazione, sono presenti materiali di importazione. Questo fatto ha permesso di ipotizzare una dipendenza dell'insediamento di San Basilio rispetto al sito più importante della zona, ovvero Adria, probabilmente come suo avamposto marittimo e scalo commerciale⁶². Il momento di disattivazione del sito, secondo i risultati di questa fase della ricerca sull'insediamento di epoca preromana, sarebbe da ricondursi alla fine del V o all'inizio del IV sec a.C. a seguito di un progressivo impaludamento dell'area, causato dall'innalzamento delle falde idriche⁶³.

Per quanto riguarda il modello abitativo, molto stretta è la somiglianza con le evidenze testimoniate ad Adria, dove gli scavi del Bocchi nel Giardino Pubblico hanno restituito, al livello più profondo, grosse strutture lignee poggianti direttamente sul terreno vergine e associati a ossa animali e frammenti di bucchero⁶⁴. Anche in questo contesto, in piena analogia con quello

⁶⁰ DE MIN-IACOPOZZI 1986; DE MIN 1987.

⁶¹ SALZANI-VITALI 1988, 1991, 2002.

⁶² SACCHETTI 2011, p. 133. Da ricordare l'ipotesi alternativa di SASSATELLI 2008, pp. 82-83 che ritiene San Basilio non in rapporto di dipendenza con Adria, ma, al pari del grande centro, un esperimento compiuto dai Greci nel momento in cui si affacciano sul Mediterraneo.

⁶³ GARATTI 2021, p. 34.

⁶⁴ DONATI-PARRINI 1999, pp. 575-576.

che accade nel sito di San Basilio, il livello più profondo *Adria 1* è separato dalla frequentazione più recente da un livello deposizionale. Analoga situazione stratigrafica è stata, inoltre, riscontrata anche presso i più recenti scavi condotti in via Ex Riformati⁶⁵. L'ipotesi più accreditata sembrerebbe individuare un importante evento alluvionale, avvenuto nell'ultimo trentennio del VI secolo a.C., che segna la cesura tra le due fasi degli abitati sia di San Basilio che di Adria. Pertanto, i siti non sarebbero stati solamente ricostruiti ma rifondati secondo il modello urbanistico regolare che si diffonde in tutta l'Etruria padana attorno al VI sec. a.C.⁶⁶

La ricerca nel sito di San Basilio conosce una brusca interruzione, in quanto, dal 1989, non ci saranno più campagne di ricerca archeologica fino al 2003, quando la ditta P.ET.R.A. viene incaricata di verificare la natura di alcune anomalie individuate da prospezioni geofisiche precedenti. I risultati delle campagne che si sono susseguite fino al 2005, hanno permesso di individuare un grande edificio di epoca romana, interpretato come horreum, datato al II-III sec d.C. Al IV sec d.C. risale la spoliatura dell'edificio per la costruzione di un complesso paleocristiano (di cui si è individuato un'abside e un battistero ottagonale) con all'interno una vasta area cimiteriale⁶⁷.

Il lavoro di ricerca è ripreso nel 2018 con una ricognizione di superficie e dal 2019 con lo scavo dell'Università degli Studi di Padova⁶⁸. La trincea di apertura si colloca circa a 100m verso N-E di quella che si presume sia la collocazione della trincea dello scavo degli anni '80. Le indagini compiute da questa nuova *équipe* di studio e tutt'ora in fase di svolgimento hanno come *focus* d'interesse le evidenze di epoca preromana, in un'ottica di ricerca che riprende gli scavi fatti in loco precedentemente, ma anche quelli del sito di Adria, con l'obiettivo di ottenere informazioni a più ampio raggio sul territorio, sulle dinamiche di popolamento e di scambio per questo periodo storico.

⁶⁵ BONOMI-GAMBACURTA 2017, pp. 70-72.

⁶⁶ BONOMI-GAMBACURTA 2017, p. 69; BONOMI *et alii* 2020, p. 195

⁶⁷ MARCASSA-PAGANOTTO 2009.

⁶⁸ La ricognizione di superficie e lo scavo sono stati diretti dalla professoressa Silvia Paltineri dell'Università di Padova.



Figura 32 Collocazione del saggio di scavo aperto nel 2019, immagine satellitare del 2019 (da Google Earth).

3.2 La documentazione storica da fotografia aerea e le immagini satellitari a corredo del dato geofisico

In una fase preliminare alla ricerca sul campo, il sito di San Basilio è stato oggetto di uno studio basato sulla documentazione storica anche da fotografia aerea⁶⁹. Le fonti fotografiche disponibili per l'area interessata, infatti, coprono un arco temporale che va dal 1933 ad oggi, con le immagini satellitari, garantendo una continuità di informazioni che coprono in modo quasi continuativo 90 anni di storia. I cambiamenti del paesaggio e spesso dell'ambiente locale possono incidere infatti in modo importante sia sull'interpretazione della stratigrafia (rimestamenti agricoli, riconoscimento di espanto di vegetazione, ecc..) sia sulla risposta dei metodi di indagine non invasiva.

In secondo luogo, la fotografia aerea, soprattutto quella storica, aiuta nell'interpretazione delle tracce visibili dalla cartografia, fornendo ulteriori elementi al riconoscimento di contesti archeologici, aiutano anche nell'esclusione di determinate tracce qualora queste fossero confermate dall'origine recente dovuta ad attività agricola sul sito. In questo modo, ovviamente, si può definire meglio a priori la programmazione del lavoro, ovvero dove vale la pena concentrare le risorse e dove, invece, si deve escludere a priori l'attività sul campo.

Il lavoro agricolo nel contesto di San Basilio ha notevolmente modificato la morfologia di questo contesto ambientale (cfr. *supra* cap. 3.1), rendendolo isoplanare e modificando le parcelle agrarie che, attualmente, non rispettano più la stessa divisione che avevano circa 70 anni fa.

La prima documentazione fotografica a disposizione per l'area in oggetto è la foto aerea del 1933 (Fig. 33)⁷⁰, che, messa a confronto con un'immagine satellitare recente, mostra come la divisione dei campi mantiene lo stesso orientamento di quello odierno così come l'idrografia agricola principale rimane invariata. Le anomalie visibili nell'immagine satellitare attuale non sembrano essere visibili dalla fotografia aerea storica.

⁶⁹ Per un focus sull'aerofotografia dell'area in esame si rimanda a PERETTO-BEDETTI 2013.

⁷⁰ La foto aerea è stata scattata in occasione del volo IGM datato al 1929-1938. La documentazione digitale è reperibile nell'Aerofototeca della Regione del Veneto – L.R. n. 28/76 – Formazione della Carta Tecnica Regionale



Figura 33 Immagine satellitare recente (sinistra) e storica del 1933 (destra). In rosso è evidenziato l'ingombro delle campagne di prospezioni 2019-2020, in blu il saggio di scavo.

La documentazione successiva disponibile per l'area è datata al 1944, e si tratta di una foto aerea scattata in occasione del volo della RAF durante la Seconda guerra mondiale (Fig. 34)⁷¹. Ha una definizione molto bassa, a tal punto che risulta difficile visualizzare in modo netto addirittura i limiti della parcellizzazione agraria. L'unico elemento di continuità che sia individuabile in maniera univoca è la presenza della scolina agraria ad Est.

⁷¹ La documentazione digitale è reperibile nell'Aerofototeca della Regione del Veneto – L.R. n. 28/76 – Formazione della Carta Tecnica Regionale



Figura 34 Immagine satellitare recente (sinistra) e storica del 1944 (destra). In rosso è evidenziato l'ingombro delle campagne di prospezioni 2019-2020, in blu il saggio di scavo.

Negli anni '50 l'area fu oggetto di un ulteriore volo (Fig. 35)⁷². La definizione di questa fonte permette di identificare qualche elemento ulteriore rispetto la documentazione RAF. Infatti, sembra essere identificabile una macchia scura a nord dell'area del saggio di scavo, forse dovuta alla copertura della vegetazione del periodo dell'anno in cui la foto è stata scattata. Sembrerebbe, inoltre, riconoscibile anche un andamento obliquo, simile a quello che vediamo nella cartografia attuale, che attraversa i due campi: tale orientamento si identifica come una linea più scura nel mezzo di una chiazza più chiara, appena a sud dell'area di scavo attuale.

⁷² La documentazione fotografica si riferisce al volo GAI (Gruppo Aeronautico Italiano) del 1954-1955. La documentazione digitale è reperibile nell'Aerofototeca della Regione del Veneto – L.R. n. 28/76 – Formazione della Carta Tecnica Regionale.



Figura 35 Immagine satellitare recente (sinistra) e storica del 1955 (destra). In rosso è evidenziato l'ingombro delle campagne di prospezioni 2019-2020, in blu il saggio di scavo.

La documentazione fotografica successiva risale al 1977 (Fig. 36)⁷³, e, grazie al confronto con l'immagine satellitare più recente, si vede per la prima volta, in modo netto e definito, traccia diagonale che taglia il campo est e il campo ovest.

⁷³ Il volo in questione è stato svolto dalla CGRA (Compagnia Generale Riprese Aeree) di Parma. La documentazione digitale è reperibile nell'Aerofototeca della Regione del Veneto – L.R. n. 28/76 – Formazione della Carta Tecnica Regionale.



Figura 36 Immagine satellitare recente (sinistra) e storica del 1977 (destra). In rosso è evidenziato l'ingombro delle campagne di prospezioni 2019-2020, in blu il saggio di scavo.

In una foto più recente, quella del 1983 (Fig. 37)⁷⁴, la traccia del presunto paleoalveo diventa ancora più netta e chiara rispetto a quanto già rilevato nella foto del 1977.

⁷⁴ I fotogrammi sono stati scattati in occasione del volo REVEN 1983. La documentazione digitale è reperibile nell'Aerofototeca della Regione del Veneto – L.R. n. 28/76 – Formazione della Carta Tecnica Regionale.



Figura 37 Immagine satellitare recente (sinistra) e storica del 1983 (destra). In rosso è evidenziato l'ingombro delle campagne di prospezioni 2019-2020, in blu il saggio di scavo.

Le fotografie aeree più recenti, risalenti al 1990 e al 2008 (Figg. 38-39)⁷⁵, testimoniano la persistenza dell'impianto a frutteto degli anni '80 a nord del campo di indagine posto più a Est. La prima foto aerea tra le due risulta poco informativa, in quanto la copertura delle coltivazioni (forse mais) non lascia intravedere alcun tipo di anomalia sul suolo. La situazione fotografata nel 2008 rispecchia invece quella vista dall'immagine satellitare: la traccia obliqua è visibile e definita, anche nella zona più a nord del campo ovest, dove, peraltro diventano leggibili due tracce parallele tra loro.

⁷⁵ I due voli sono stati effettuati, rispettivamente, dalla CGRA di Parma e dalla Hansa Luftbild. La documentazione digitale è reperibile nell'Aerofototeca della Regione del Veneto – L.R. n. 28/76 – Formazione della Carta Tecnica Regionale.



Figura 38 Immagine satellitare recente (sinistra) e storica del 1990 (destra). In rosso è evidenziato l'ingombro delle campagne di prospezioni 2019-2020, in blu il saggio di scavo.



Figura 39 Immagine satellitare recente (sinistra) e storica del 2008 (destra). In rosso è evidenziato l'ingombro delle campagne di prospezioni 2019-2020, in blu il saggio di scavo.

Indubbiamente, nel caso di San Basilio, il contributo delle fotografie aeree storiche e più recenti, insieme alle immagini satellitari, si è rivelato fondamentale non solo per la lettura delle trasformazioni dell'area in quasi 90 anni, ma anche e soprattutto per l'interpretazione e migliore lettura delle anomalie rilevate sui suoli grazie ai dati geofisici FDEM e magnetici acquisiti tra il 2019 e il 2020 alla scala di campo (cfr. *infra*, cap. 5)

3.3 La ricognizione 2018

Nel momento in cui è ripresa la ricerca archeologica nel sito di San Basilio, con il fine di comprendere l'esatta locazione dell'abitato preromano, il suo rapporto con il paleoambiente e il suo inquadramento cronologico, si è intrapresa una ricognizione intensiva di superficie, che ha coinvolto, oltre all'Università di Padova, anche l'Università Ca' Foscari di Venezia e la Soprintendenza territoriale.

Durante una ricognizione preliminare estensiva, si sono riconosciute le aree che presentavano un'elevata concentrazione di materiali in superficie, confrontando il dato con le tracce visibili dalle foto aeree e riscontrando una coincidenza tra la concentrazione di materiale e la traccia di colore chiaro riferibile a una delle dune sabbiose presenti⁷⁶. Si è deciso, pertanto, di elaborare una quadrettatura dell'area usando il *software* QGIS che avrebbe definito i quadrati di *survey*. La quadrettatura, divisa in "quadrettatura nord" e "quadrettatura sud", è stata proiettata nel campo con una maglia di dimensione 5 x 5 m. I materiali raccolti sono stati suddivisi in "notevoli" e "non notevoli", in base alla loro possibilità di essere datanti nel modo più puntuale possibile o alla presenza di decorazione vascolare o di elementi diagnostici⁷⁷. Inoltre, durante la raccolta sul campo sono state compilate delle apposite "schede-quadrato", con lo scopo di localizzare tutti i reperti identificati. I dati ottenuti sono stati digitalizzati nel *database FileMaker Pro Advanced 17*. Ad ogni singolo materiale rinvenuto è stato associato il punto di rinvenimento, vettorializzato e inserito in QGIS. L'analisi ha permesso di creare due carte, una per il VI-V sec a.C., ovvero per l'età preromana, e una per l'età romana.

Sia durante la fase di raccolta dei materiali che durante l'elaborazione dei dati, si è cercato di mantenere ben chiara l'associazione tra materiali e il contesto di rinvenimento, ponendo attenzione ai sedimenti in cui sono stati rinvenuti. I fattori ricavabili dall'osservazione del terreno durante la ricognizione, come la natura del sedimento e la presenza o meno di *cluster* di materiali in esso, hanno permesso di riconoscere cinque matrici diverse (da limo-sabbiosa verso sud a completamente sabbiosa a nord-est)⁷⁸.

⁷⁶ GARATTI *et alii*, in corso di stampa; IADICICCO *et alii* 2022, pp. 58-62.

⁷⁷ GARATTI *et alii*, in corso di stampa. IADICICCO *et alii* 2022, pp. 58-62.

⁷⁸ GARATTI *et alii*, in corso di stampa. IADICICCO *et alii* 2022, pp. 58-62.

La maggior parte dei rinvenimenti di epoca preromana, datati al VI- V sec a.C.⁷⁹, si trovano in corrispondenza della “quadrettatura nord”. Per quanto riguarda la fase romana, la distribuzione è molto più diffusa, ma insiste sempre nella stessa porzione di quadrettatura: sembra verosimile affermare che tutta l’area occupata in epoca preromana sia stata oggetto di frequentazione anche in epoca successiva.

Si noti come i materiali edilizi (blocchetti fittili) sono, sia per l’epoca preromana che per l’epoca romana, concentrati sulla fila AM della quadrettatura, che taglierebbe la traccia rettilinea visibile nella fotografia aerea. Per quanto riguarda i materiali ceramici datati all’epoca preromana, risultano esigui in questa porzione di quadrettatura (soltanto due frammenti ceramici e qualche blocchetto fittile). Per l’epoca romana, invece, notiamo come, in corrispondenza del canale, ci sia una grande quantità di laterizi che, immediatamente a est della traccia, diminuiscono drasticamente⁸⁰. La “quadrettatura sud”, invece, non ha restituito una grande quantità di materiale e, quello rinvenuto, è quasi tutto datato all’epoca romana (Fig. 40).

⁷⁹ IADICICCO 2020.

⁸⁰ GARATTI *et alii*, *in corso di stampa*.



Figura 40 “Quadrettatura nord” e “quadrettatura sud” con il posizionamento dei materiali di epoca preromana (a) e quelli di epoca romana (b) (da GARATTI et alii, in corso di stampa).

I materiali preromani si concentrano quasi esclusivamente su matrici sabbiose, probabilmente perché le strutture abitative si impostavano sull’alto morfologico del cordone dunale. Il deposito archeologico, quindi, sarebbe già stato ampiamente intaccato dal livellamento agrario dell’area, come potrebbe confermare la presenza di molto materiale edilizio sparso riconducibile alla prima fase dell’insediamento. I quadrati più orientali della fila AM, con grande concentrazione di materiale, corrisponderebbero all’abbassamento morfologico della pendice della duna. In questo caso, il deposito archeologico si troverebbe a una profondità maggiore e confermerebbe la presenza dell’abitato preromano anche nella zona intradunale⁸¹.

Per quanto riguarda la “quadrettatura sud”, si può ipotizzare che l’area intercettata sia poco o per nulla antropizzata, dato che i materiali rinvenuti sono molto meno numerosi in confronto all’area immediatamente più a nord. Di certo non si può escludere, però, che sia stato intaccato

⁸¹ SALZANI - VITALI 1988; SALZANI - VITALI 2002; IADICICCO et alii 2022, pp. 72-73.

dalle attività agricole soltanto il deposito di epoca romana, lasciando quello preromano intatto e conservato ad una profondità maggiore⁸².

Infine, il canale, rilevato tramite foto aeree, individuato con i carotaggi e identificato tramite prospezioni geofisiche, potrebbe, plausibilmente, essere stato colmato in epoca romana, anche attraverso l'utilizzo di butti di materiale edilizio⁸³, ma sono ipotesi che aspettano di trovare conferma attraverso le future ricerche sul campo.

3.4 I carotaggi 2018, 2019, 2021

Le attività di ricerca sul campo, ovvero sia la ricognizione che lo scavo del 2019 e del 2021, sono state corredate da una serie di indagini geoarcheologiche (una decina di sondaggi per ogni annata di ricerca) che avevano il fine di indagare in modo più approfondito la stratigrafia del contesto.

I punti in cui si è deciso di effettuare i sondaggi sono stati scelti strategicamente tramite un confronto con le tracce visibili dalla fotografia aerea (Fig. 41).

⁸² GARATTI *et alii*, *in corso di stampa*.

⁸³ GARATTI *et alii*, *in corso di stampa*.

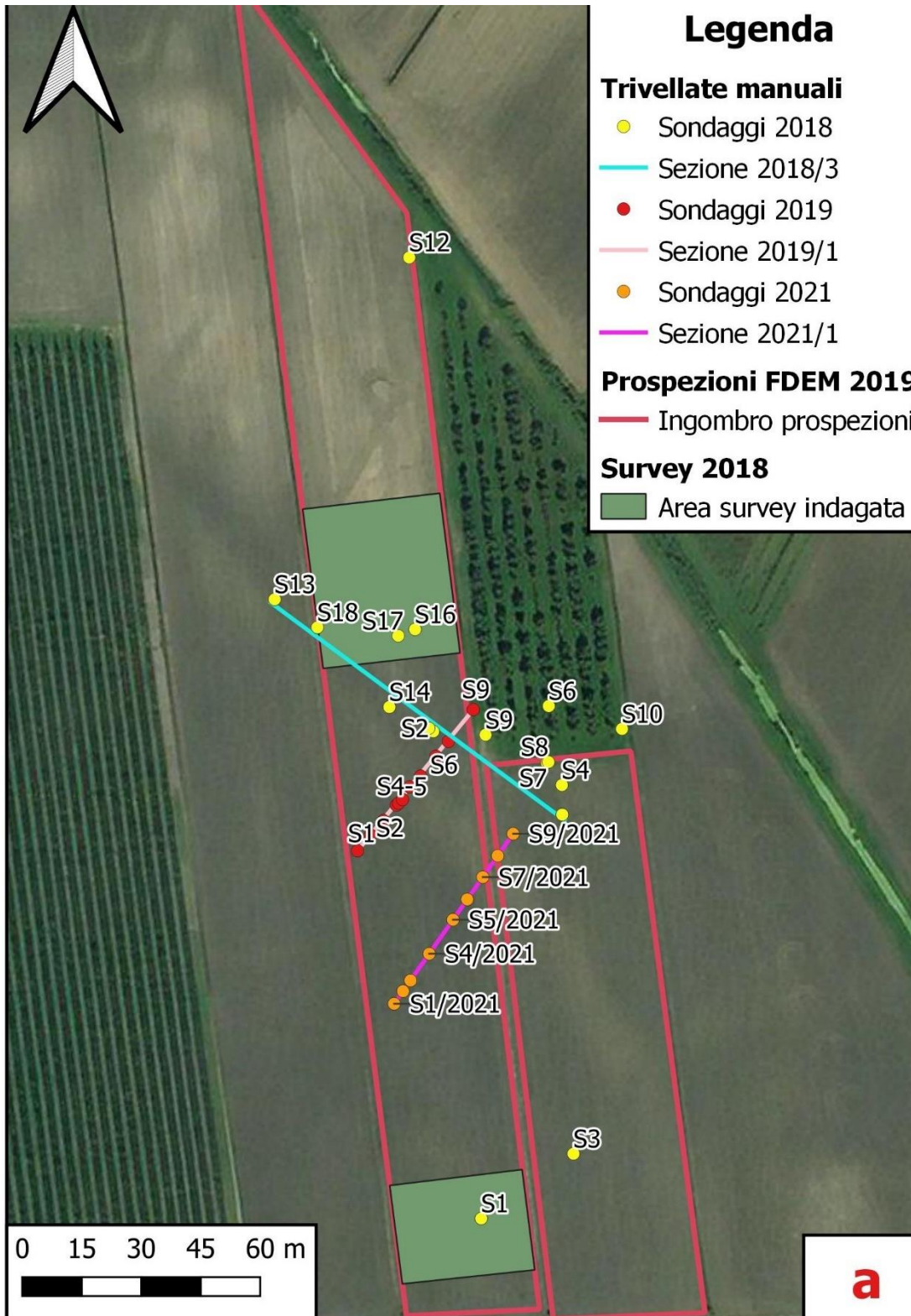


Figura 41 Linee di carotaggi effettuate nel 2018 (giallo) 2019 (rosso) 2021 (arancio) (da GARATTI et alii in corso di stampa).

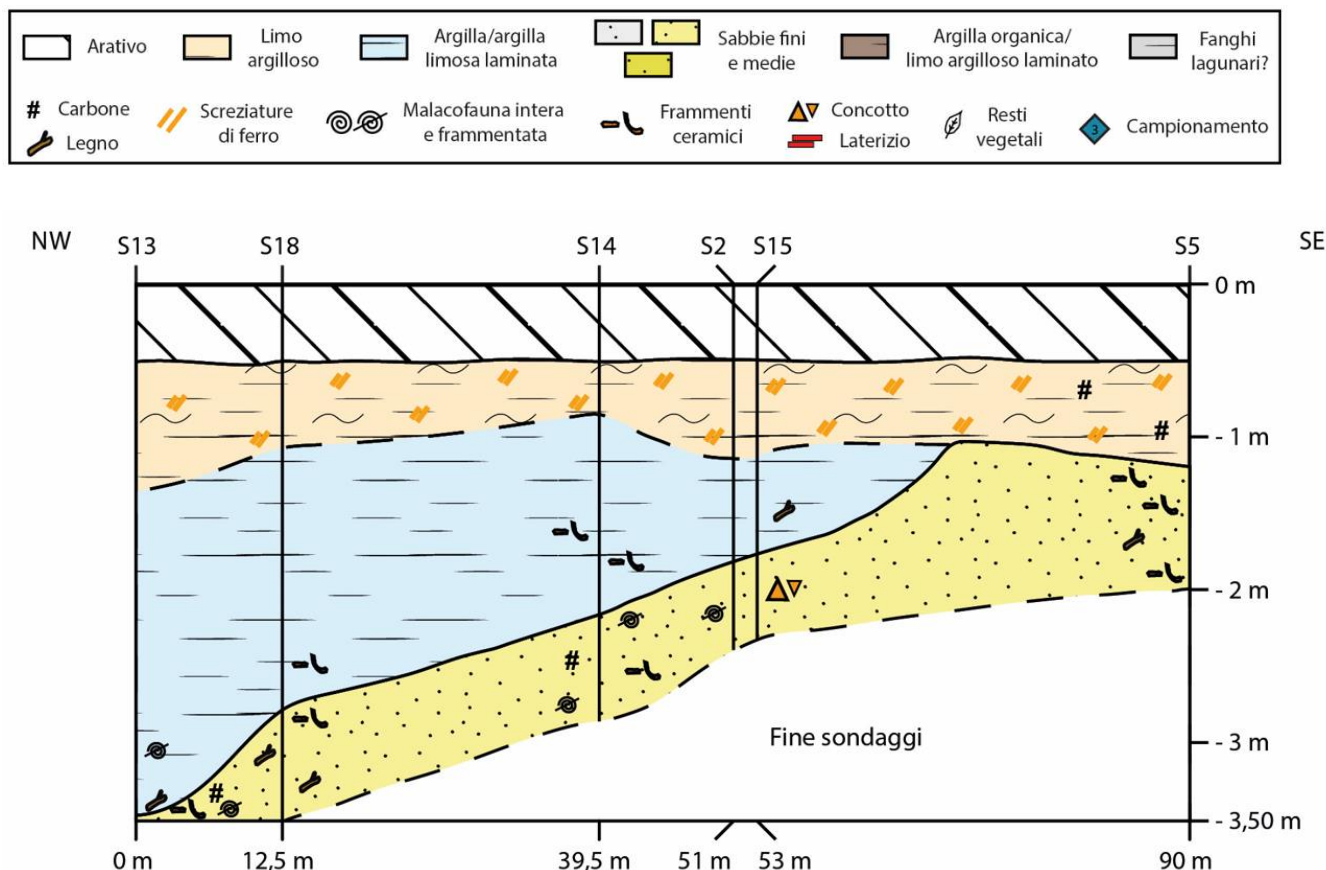


Figura 42 Sezione 2018/3 ottenuta dai carotaggi 2018 (da GARATTI et alii in corso di stampa).

Nel 2018 furono effettuate 19 trivellate manuali nell'area interessata dalla survey e nel campo a est subito adiacente. I sondaggi effettuati hanno raggiunto una profondità di 3,70 m ed avevano l'obiettivo di individuare dei livelli di natura antropica in vista della futura apertura del saggio di scavo 2019. I risultati dei log dei sondaggi S6-2018, Sb7-2018, S8-2018, S4-2018 hanno dimostrato la presenza di uno strato di origine antropica a profondità di circa 0,30 - 0,40 m. Da sei sondaggi si è riusciti a ricavare una sezione ricostruttiva (2018/3 in Fig. 41) che intercetta in obliquo la traccia rettilinea visibile da satellitare. Al di sotto dell'arativo si presenta uno stato limo-argilloso con screziature ferrose che a sua volta copre dei sedimenti molto fini (limi e argille)

che colmano un taglio negativo (probabilmente da interpretare come un canale). Infine, si presenta un deposito sabbioso, da considerarsi come riempimento spondale del canale, non costituente di duna, che non viene intercettata da questa linea di sondaggi.

Nel 2019 sono stati effettuati 11 carotaggi, ad integrazione dei dati raccolti con le prospezioni elettromagnetiche e l'apertura del saggio di scavo (cfr. cap. 5). La profondità qui raggiunta è stata di 5,50m. Le carote sono state disposte lungo una linea ortogonale alla traccia rettilinea individuata l'anno precedente e, anche in questo caso, è stata ricostruita una sezione con orientamento SO-NE (2019/1 in Fig. 43).

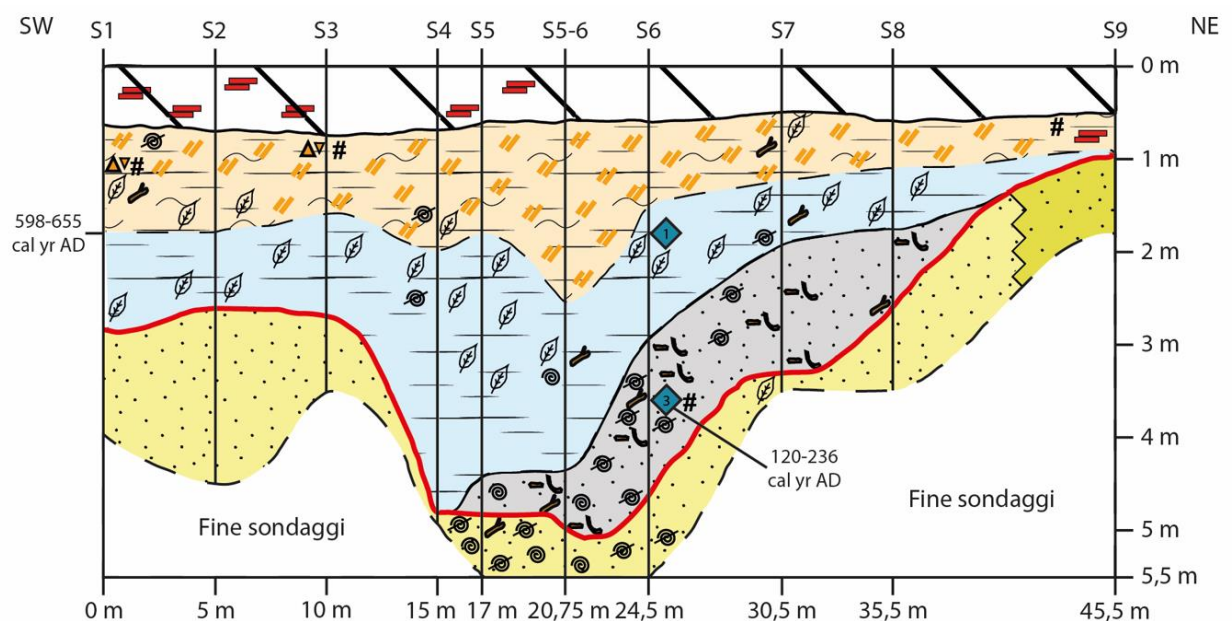


Figura 43 Sezione 2019/1 ottenuta dai carotaggi 2019 (da GARATTI et alii, in corso di stampa).

Sotto il livello di arativo, come nella sezione 2018/3, si è riconosciuto il livello limo-argilloso con screziature ferrose in copertura ai sedimenti fini. Tali sedimenti coprono a loro volta un livello sabbioso contenente materiale archeologico, interpretato come deposito spondale del canale e assimilabile al medesimo sedimento che si era visto nella sezione 2018/3. La traccia negativa del canale (in rosso nell'immagine) ha una larghezza di 25-30 m e una profondità minima di 2 m. All'interno del sondaggio S6-2019 è stato rinvenuto un frammento ligneo (- 1,80/ 1,85 m) e un frustolo carbonioso (- 3, 50 m) hanno permesso di ricavare delle datazioni radiocarboniche riferibili, rispettivamente, alla prima metà del VII sec d.C. (598-655 cal yr AD) e a un range compreso tra la prima metà del II e la prima metà del III sec d.C. (120-236 cal yr AD). Il canale

sarebbe stato, verosimilmente, attivo in età imperiale romana e sarebbe rimasto attivo fino al periodo tardo-antico.

Nel 2021, in base ai dati riferibili alla campagna di magnetometrie effettuata nel 2020 e la ripresa della ricerca su campo dopo l'interruzione a causa dell'emergenza sanitaria dovuta al COVID-19, si decide di proseguire l'indagine geoarcheologica con l'impostazione di una linea di 9 trivellate manuali parallela a quella del 2019, ma spostata più a sud, ad intercettare le anomalie magnetiche della prospezione 2020 (cfr. infra cap. 4 e cap 5.2). La sezione ricavata (2021/1 in Fig. 44) mostra la sequenza stratigrafica già precedentemente riconosciuta: strato limo-argilloso con screziature in copertura di sedimenti fini, che riempiono due tracce negative. Queste tracce sono riconducibili al canale di cui si erano misurate le dimensioni nel 2019 e di un altro canale più piccolo, delle dimensioni di 15 m, più incisa della precedente, con una profondità di ca 2/2,5 m. Lo strato sabbioso è da correlare a un momento di deposizione del sistema di alimentazione dei canali e al loro innesto nel sistema deltizio.

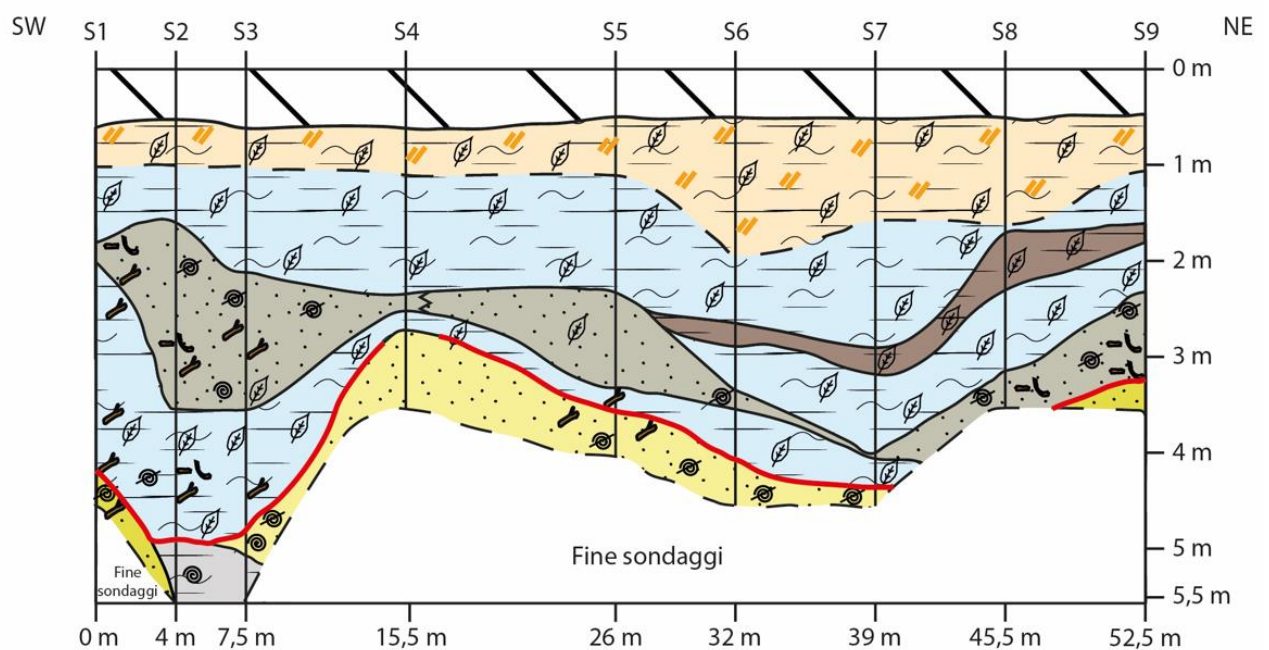


Figura 44 Sezione 2021/1 ottenuta dai carotaggi 2021 (da GARATTI et alii in corso di stampa).

3.5 La campagna di scavo 2019⁸⁴

Dopo le indagini preliminari sul campo, si è deciso di aprire una trincea di scavo -1000 delle dimensioni di 12x10 m con quadrettatura 1x1m. All'interno di tale trincea, si sono individuate due diverse zone di approfondimento in cui posizionare i saggi di scavo. Il primo è denominato "saggio alpha" e si colloca tra i picchetti dei quadrati M54-M59-S54-S59. Sotto la copertura erbosa e l'arativo, si identifica uno strato antropico, chiamata US 1104 dalla composizione argillo-limosa compatto e ricco di frammenti ceramici, laterizi e malte, con andamento digradante verso S e corrisponde a un livello di bonifica romana⁸⁵.



Figura 45 Saggio alpha con l'evidenza dell'US 1103 nell'angolo in basso a destra (foto di scavo – Università degli Studi di Padova).

⁸⁴ L'attività di ricerca archeologica è affidata alla prof.ssa Silvia Paltineri dell'Università degli Studi di Padova.

⁸⁵ PALTINERI 2019, p. 7.

Nel quadrato O54 è stato individuato un elemento ligneo molto ben conservato, prelevato per la datazione.



Figura 46 Palo ligneo ritrovato nel quadrato O54 (foto di scavo – Università degli Studi di Padova).

La rimozione dello strato antropico 1104 permette di riconoscere, nella parte meridionale del saggio, uno strato di battuto composto da una sorta di cocciopesto friabile, dal colore marcatamente rossastro, chiamato US 1103, che verrà, verso la fine della campagna, interpretato come piano di battuto pavimentale (Fig. 45). L'allargamento successivo del "saggio alpha" permette, infatti, di verificare la presenza di una serie di canalette che tagliano tale piano, con orientamento che sembra essere omogeneo. La potenza di tale strato continua al di sotto della sezione est, ma sembra diminuire di potenza fino a mescolarsi con le altre matrici a ovest. Nella parte nord del saggio, si identifica un taglio regolare lineare con pareti ben definite e fondo piatto, con andamento SE-NO. Il riempimento, asportato durante la campagna, è ricco di inclusi organici e artificiali, tra cui frammenti di argilla cotta volontariamente, conglomerati di malta, un

laterizio e una moneta di bronzo di età repubblicana⁸⁶. Si è ritenuto probabile che tale taglio facesse riferimento ad una canaletta agraria di epoca romana.



Figura 47 Taglio lineare con riempimento omogeneo a nord del saggio alpha, identificato come canaletta di età romana, datazione data dal rinvenimento di una moneta di età imperiale (foto di scavo – Università degli Studi di Padova).

Il taglio, identificato come una canaletta di età romana, intercetta uno strato non ancora scavato, di nome US 1139 di matrice sabbiosa grigio scura con affioranti del materiale edilizio infilato di taglio (Fig. 47). Al fine di identificare l'estensione di queste evidenze e la possibilità di averne un deposito, si apre un piccolo saggio esplorativo di nome "saggio beta", corrispondente al quadrato T58 (Fig. 48). Qui si è identificata la presenza di uno strato sabbioso che sigillava una stesura di questi blocchetti di argilla cotta, non si sa se a scopo di bonifica o di preparazione di alzata.

⁸⁶ PALTINERI 2019, pp. 9-10.



Figura 48 Saggio beta e il fitto riempimento di materiale edilizio (foto di scavo – Università degli Studi di Padova).

Le conclusioni tratte alla fine della prima campagna sono del tutto preliminari; la presenza di un piano pavimentale (US 1103) che si rivela precedente ad un episodio di alluvione, viene confermata ma senza conoscerne i limiti fissi. La presenza di un ammasso di materiali da costruzione nella parte nord del saggio indicherebbe una fase di occupazione ancora più antica rispetto a quella del battuto pavimentale. Infine, la presenza di una canaletta di epoca romana sarebbe da inserirsi in un quadro di riconversione agricola dell'area, anche se manterrebbe l'orientamento delle evidenze preromane presenti (tagli di US 1103)⁸⁷.

⁸⁷ PALTINERI 2019, p. 13.

3.6 La campagna di scavo 2021

La campagna di scavo 2021⁸⁸, ha previsto l'apertura di due trincee di scavo, -2000 nella stessa area occupata dalla trincea -1000 del 2019, e -3000 spostata leggermente più a nord, in punto inagibile nel 2019 a causa della presenza di un frutteto, ora espantato (Fig. 49). Inoltre, grazie alla pulizia fatta per scopi agricoli alla scolina che attraversa in senso N-S l'area della concessione, è stato possibile individuare una sequenza stratigrafica del tutto assimilabile a quella individuata dalle evidenze di scavo.

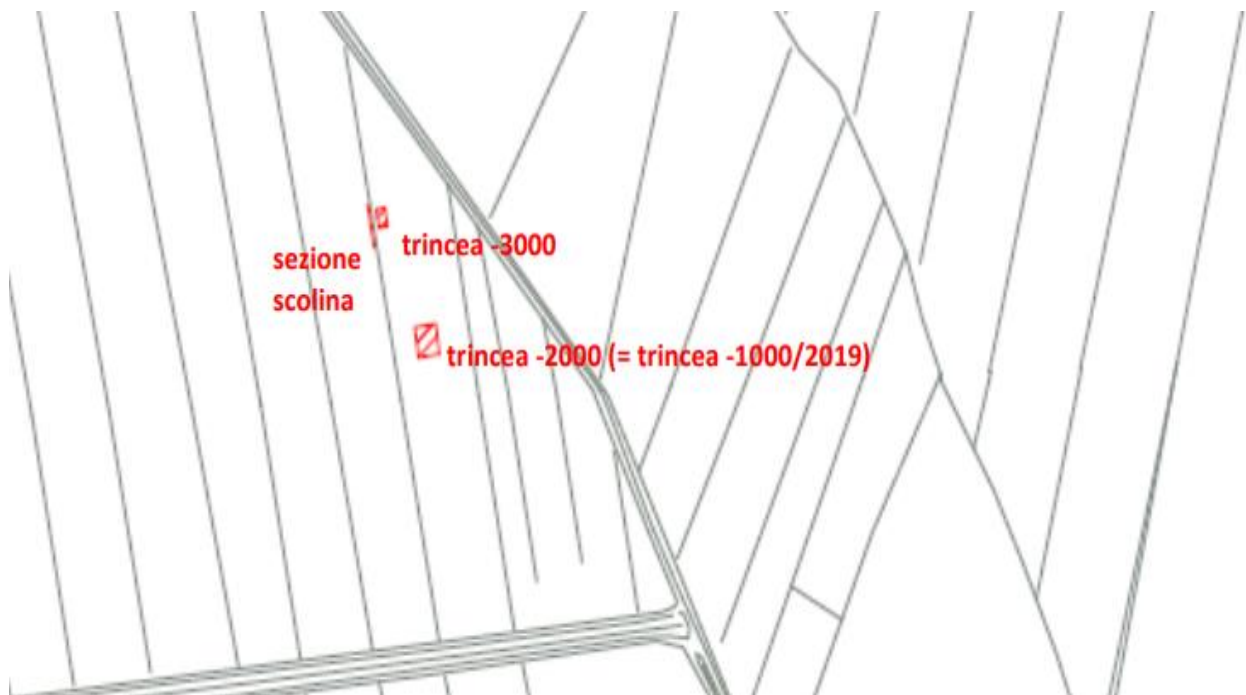


Figura 49 Collocazione saggi di scavo della campagna 2021 (da PALTINERI 2021, p. 3).

⁸⁸ La direzione dello scavo è affidata alla professoressa Silvia Paltineri dell'Università di Padova.



Figura 50 Ortofoto a risoluzione 5m dell'intera trincea -2000 della campagna 2021 (ortofoto J. Turchetto - Università degli Studi di Padova).

Nella trincea -2000 si decide di proseguire con la messa in luce dell'evidenza già individuata nel 2019, ovvero un piano di battuto pavimentale (US 1103) orientato NO-SE, che era stato messo in luce dopo aver rimosso il deposito che lo copriva, probabilmente originatosi per deposizione di sedimenti a causa dell'idrologia molto instabile del territorio circostante. L'estensione di questo piano di battuto viene chiarita nel corso della campagna 2021, in cui si individua l'interruzione dell'ambiente a ovest e la presenza di una seconda struttura all'angolo SO della trincea di scavo. L'orientamento di queste evidenze è analogo, e si può ipotizzare che l'alzato fosse costruito con la medesima tecnica, ovvero da canalette (UUSS -2104; -2105; -2121) che ospitavano travi e si incrociavano con travetti (Fig. 51). In ogni caso, la cronologia del battuto pavimentale è difficile da ipotizzare, anche per la scarsa presenza di materiale datante rinvenuto in fase di ricerca⁸⁹.



Figura 51 Piano di battuto pavimentale individuato nel "saggio alpha" ed evidenze di canalette isorientate (dettaglio ortofoto J. Turchetto – Università degli Studi di Padova).

Non si può escludere che la cronologia sia da riferirsi all'epoca romana, non solo per il fatto che, come già detto, nell'area la presenza romana è ben documentata, come dimostra la canaletta che conteneva frammenti di ceramica romana, di frammenti di vetri e un asse del II sec. a.C. Infine, i paletti che sono stati trovati in ottimo stato di conservazione nel 2019 sono stati datati al C14 e hanno restituito una datazione all'età imperiale (Fig. 46).

⁸⁹ PALTINERI 2021, pp. 3-7.

Il battuto risulta, stratigraficamente, posteriore a un deposito di sabbie di probabile origine alluvionale (UUSS 2106; 2301; 2204) sotto cui si individua un livello di occupazione precedente. L'allargamento del "saggio beta" di 1x1 m del 2019 ha consentito di individuare la stesura di una serie di blocchetti di argilla cotti di dimensione dai 5 ai 20 cm di larghezza e con spessore tra 1 e 2 cm in un andamento regolare NE-SO isorientata rispetto al battuto pavimentale (Fig. 52). La cronologia di questa serie di blocchetti è inquadrabile nel corso del V sec a.C., come dimostrano i frammenti di ceramica etrusca di produzione padana rinvenuti nel "saggio beta"⁹⁰.



Figura 52 "Saggio beta" e la stesura di blocchetti. In basso è visibile la canaletta romana che attraversa tutta la trincea (dettaglio ortofoto J. Turchetto – Università degli Studi di Padova).

Negli ultimi giorni della campagna, si è deciso di indagare un'area più a nord della trincea -2000, in un punto che nel 2019 era inagibile poiché occupato da un frutteto improduttivo. Si apre, pertanto, una seconda trincea, chiamata -3000, di dimensioni 4x8 m. Alla profondità di 30 cm, ovvero la stessa in cui si trova il piano in battuto nella trincea -2000, si riconosce la stessa

⁹⁰ PALTINERI 2021, pp. 3-7.

evidenza, pur molto compromessa dagli apparati radicali residui del frutteto. Nella parte nord della trincea, si decide di approfondirsi in un piccolo "saggio gamma" di 2x2 m, dove si individua una piccola buca di circa 1 metro e mezzo riferibile all'asportazione di un albero da frutta. All'interno del suo riempimento sono emersi 14 frammenti di bronzo, due dei quali riconoscibili come applique dalla forma di felino. Questi materiali sono ancora in fase di studio: solo una volta completato il restauro e con il proseguimento delle indagini nell'area si potranno dare ulteriori interpretazioni (Fig. 53).



Figura 53 Applique in bronzo dalla forma felina rinvenuti nel “saggio gamma”, ora oggetto di restauro (foto di laboratorio – Università degli Studi di Padova).

Infine, la pulizia della scolina ha permesso di studiare la sequenza stratigrafica ora visibile in parete, che conferma la sequenza individuata nei saggi della trincea -2000 (Fig. 54). È visibile un battuto simile a quello individuato in estensione, poggiante su uno strato sabbioso, che a sua volta copre una fase di occupazione più antica, da cui si estrae un frammento di ceramica corinzia del VI sec⁹¹.



Figura 54 Sezione della scolina agricola. Si possono riconoscere le medesime evidenze stratigrafiche individuate nella trincea -2000 (foto di scavo – Università degli Studi di Padova).

⁹¹ PALTINERI 2021, pp. 5-7.

4 Le campagne di prospezioni geofisiche nel sito di San Basilio di Ariano nel Polesine

Il progresso scientifico sta portando a un continuo miglioramento della strumentazione, per fare in modo di coprire un areale sempre più vasto con una risoluzione di maggior dettaglio. Per esempio, l'introduzione su vasta scala del magnetometro Fluxgate, utilizzato nella campagna Meyer 2020 (cfr. *infra*), ha rappresentato un'innovazione importante nel campo della geofisica, poiché la forma compatta e di facile manovrabilità consente di coprire un vasto areale in relativamente poco tempo, con una precisione molto soddisfacente. L'introduzione della strumentazione multisensoriale, oltre alla possibilità di trascinare la strumentazione con un mezzo motorizzato⁹², ha permesso di coprire un areale sempre più vasto; qualora ciò non fosse possibile, per logistica del terreno o per altri motivi, si possono posizionare i sensori in carrelli con le ruote trasportabili a mano, che riescano a lavorare anche in un terreno non perfettamente piatto⁹³. L'installazione di un GPS del carrello di lavoro consente una georeferenziazione più immediata e più precisa delle misurazioni, oltre che facilitare la creazione di un database GIS comprensivo dell'estensione della *survey*.

Con il progresso delle nuove tecnologie per implementare la sensibilità dei sensori, essi potranno risultare sempre più informativi anche in contesti in cui il contrasto, generalmente, non sarebbe sufficiente a rivelare un'anomalia.

Vediamo ora in seguito come si è operato sul campo per ogni singola prospezione geofisica, in termini di accesso al luogo di indagine, di tempistica necessaria al rilevamento e di evenemenzialità di imprevisti cui far fronte una volta sul campo.

Infine, alla fase di raccolta dei dati e di *processing* è seguita la parte più importante di interpretazione e studio incrociato delle conoscenze acquisite tramite metodo geofisico (cfr. *infra*, cap. 5), che rappresenta la parte più innovativa ed avanzata del lavoro sul caso studio di San Basilio.

⁹² DEIANA 2020.

⁹³ ASPINALL *et alii* 2009, p. 182.

4.1 La campagna di prospezioni FDEM del 2019

La prima campagna di prospezioni geofisiche è stata condotta nel 2019 dall'Università degli Studi di Padova⁹⁴, con l'obiettivo di verificare, attraverso un'indagine preliminare, a livello macroscopico, l'estensione e la distribuzione delle diverse tipologie di suolo in corrispondenza dell'area di interesse archeologico in cui ci si proponeva di approfondire la ricerca tramite l'apertura di uno scavo in estensione. Trattandosi di un'area interessata nel corso dei millenni da continue trasformazioni geomorfologiche, soprattutto in termini di rapporto terraferma/laguna, con conseguente variazione della linea di costa, sfruttando le potenziali diversità di comportamento elettrico dei suoli in sistemi di questo genere, si è deciso di utilizzare per le indagini. La tecnica FDEM, che, come già detto (cfr. *supra* cap. 2.2) consente appunto di rilevare variazioni di conducibilità elettrica nei sottosuoli oggetto di indagine. Per le indagini, data l'estensione del campo, si è deciso di procedere con acquisizione in modalità continua con GPS attraverso un supporto motorizzato della GF Instruments con sonda CMD 1, operante alla frequenza di 1 kHz, sistemato in posizione "high", consentendo di misurare le variazioni di conducibilità elettrica entro il primo metro e mezzo rispetto alla posizione della sonda in superficie.

Le acquisizioni sono state realizzate in modalità continua, posizionando la sonda su una slitta trainata da un trattore della John Deere (Fig. 55), dotato di GPS differenziale, che si è mosso sul campo secondo profili paralleli spazati tra loro 2 m, in direzione N-S, in modo da consentire la mappatura georeferenziata delle aree di interesse e l'esatto posizionamento di eventuali anomalie.

⁹⁴ La campagna di prospezioni elettromagnetiche del 2019 è stata diretta dalla professoressa Rita Deiana dell'Università di Padova.



Figura 55 Immagine del sistema di acquisizione dei dati FDEM con slitta durante una fase di lavoro.

L'area di indagine, costituita da due diversi campi attigui, separati da una canaletta agraria di drenaggio, è stata suddivisa in due parti, sia per la presenza del canale longitudinale che per la presenza, nel campo più a Ovest, di un saggio di scavo dell'Università di Venezia, risparmiato dalle misure.

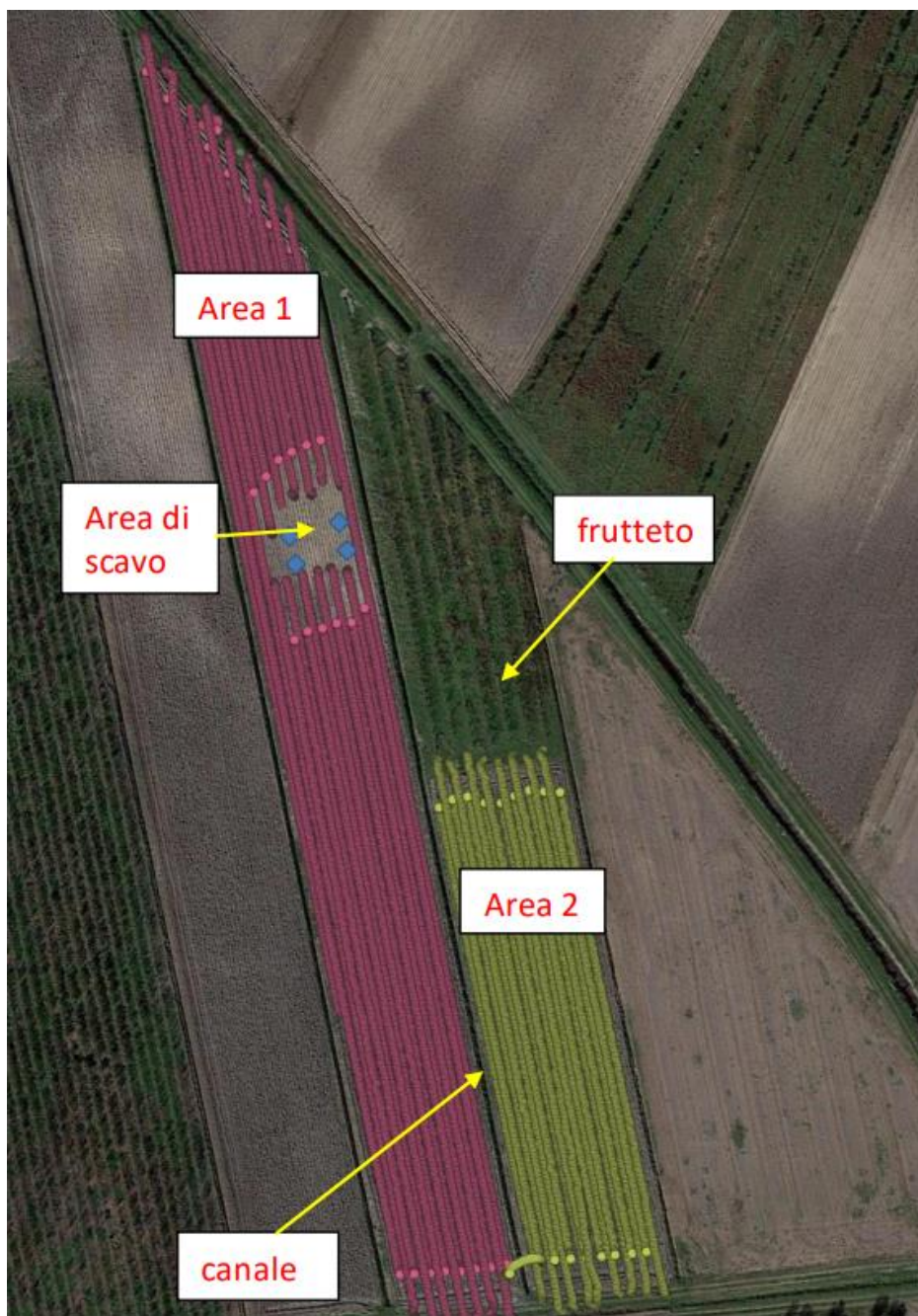


Figura 56 Aree interessate dall'indagine FDEM del 2019 (da DEIANA 2020, p. 5).

I dati acquisiti in campo, secondo lo schema riportato nell'immagine di Fig. 56, sono stati successivamente elaborati ed interpolati per ottenere la distribuzione della conducibilità elettrica di cui sono riportati gli esiti nelle immagini delle Figg. 57, 58, 59.

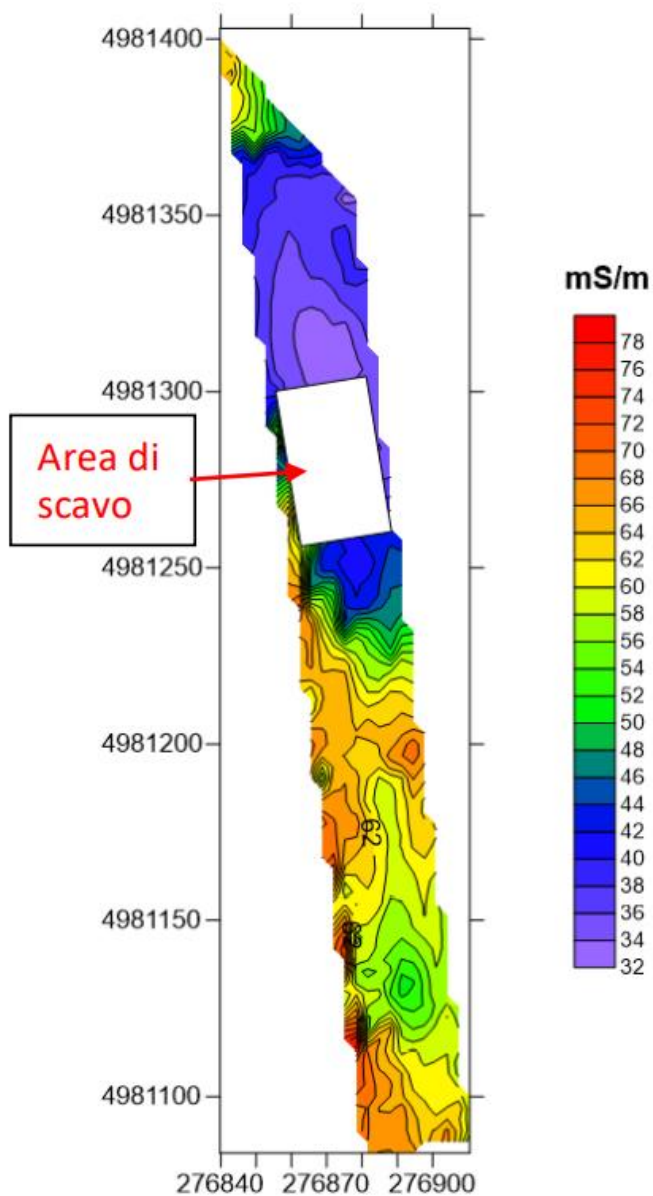


Figura 57 Mappa della conducibilità elettrica relativa al primo metro e mezzo di profondità nell'Area 1 (da DEIANA 2020, p. 6).

Nell'Area 1, la misura FDEM ha restituito un articolato *pattern* di distribuzione della conducibilità elettrica entro il primo metro e mezzo di profondità. In particolare, la parte nord del campo è risultata molto meno conduttiva elettricamente e più omogenea rispetto alla parte sud, coerentemente con quanto atteso, confermando la possibile presenza delle sabbie delle paleodune nella parte più settentrionale del campo.

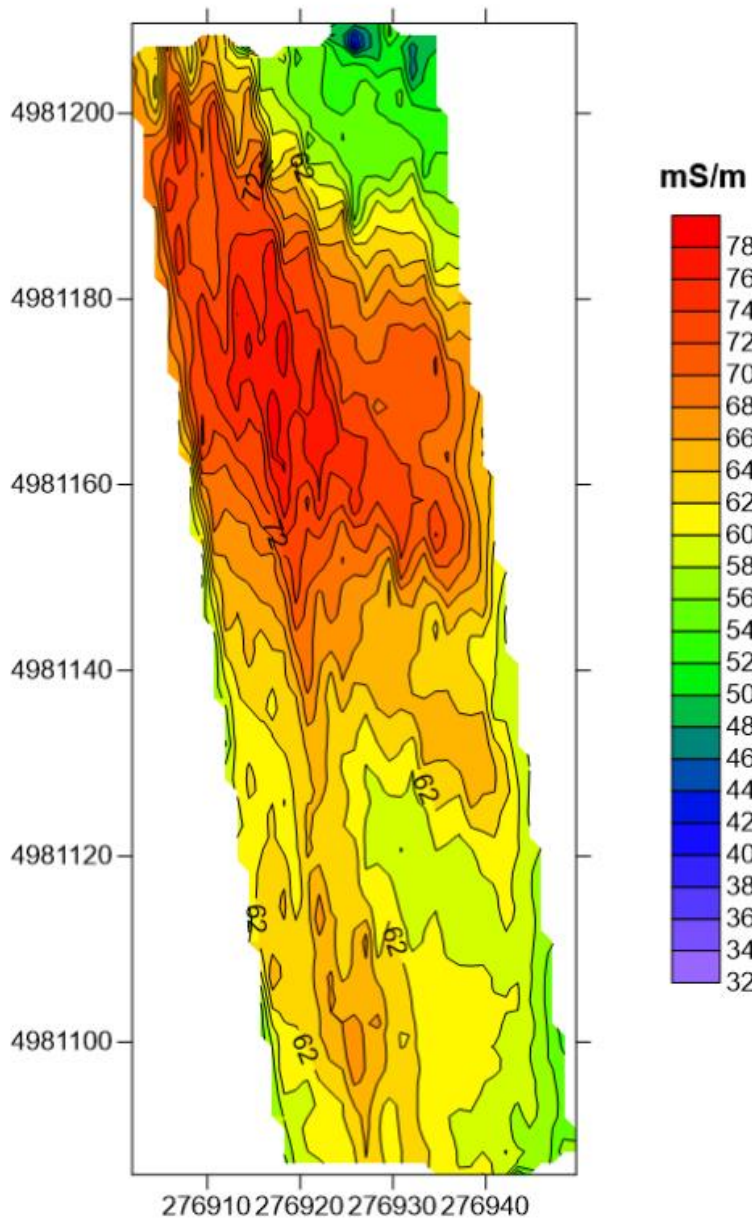


Figura 58 Mappa della conducibilità elettrica relativa al primo metro e mezzo di profondità nell'Area 2 (da DEIANA 2020, p. 7).

Per quanto riguarda la seconda area, posta ad Est dell'Area 1, la distribuzione di conducibilità elettrica e il conseguente pattern rilevato (Fig. 58), risultano coerenti con la parte più a Sud dell'Area 1, con la quale risultano in continuità nonostante la separazione fisica dei due campi dovuta alla presenza del canale di drenaggio, come meglio rappresentato nell'immagine di Fig. 59.

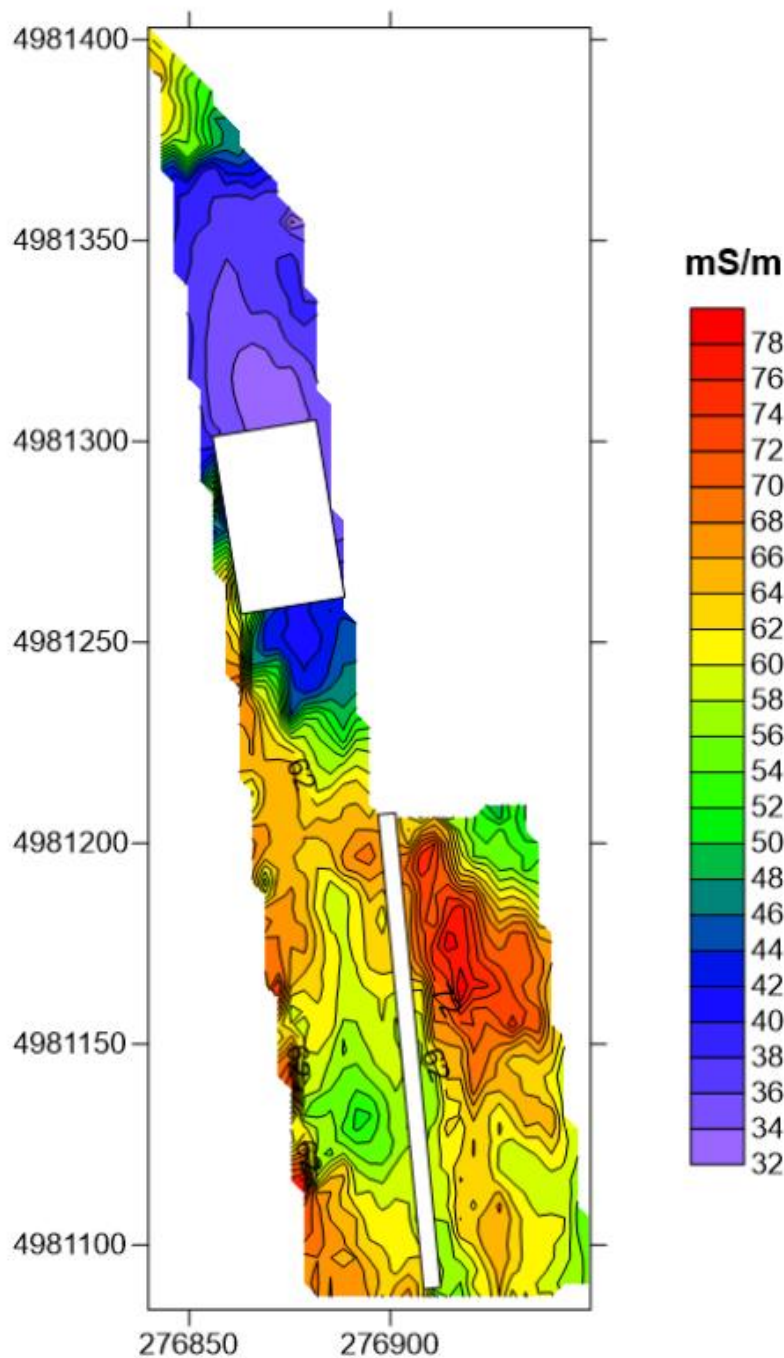


Figura 59 Mappa della conducibilità elettrica nelle Aree 1 e 2 relativa al primo metro e mezzo di profondità (da DEIANA 2020, p. 8).

L'indagine FDEM condotta preliminarmente nel sito di San Basilio nel 2019 ha evidenziato e confermato l'esistenza di una marcata eterogeneità del sottosuolo tra il settore nord e il settore sud dell'area d'indagine. Date le caratteristiche geomorfologiche di quest'area, storicamente nota come sede di un sistema di paleodune, le anomalie/eterogeneità rilevate, pertanto, potrebbero essere riconducibili a variazioni di morfologie dei suoli su vasta scala. Non si può

escludere, tuttavia, che, in parte, siano ricomprese in queste anomalie anche evidenze archeologiche. A questo proposito, in particolare, le zone archeologiche più interessanti potrebbero essere quelle di transizione di conducibilità elettrica (zone verdi nelle mappe delle due aree) o la zona con più alta conducibilità (zona rossa nord nell'Area 2).

A seguito di queste indagini è stato quindi aperto un saggio di scavo nella zona più a nord nell'Area 2 con l'obiettivo di individuare possibili strutture antropiche realizzate a cavallo di una probabile zona di limite delle paleodune, laddove queste strutture, dato il segnale rilevato, sarebbero state costruite con l'apporto di materiali molto conduttivi elettricamente rispetto all'ambiente circostante.

4.2 La campagna di prospezioni magnetiche del 2020

Nell'ottobre 2020, ad integrazione delle prospezioni FDEM 2019, è stata realizzata una nuova campagna di prospezioni, in questo caso di tipo magnetico, ad opera della *Cornelius Meyer Prospection (cmp)* sotto il coordinamento dell'Università degli Studi di Padova⁹⁵. Al momento di rilievo di queste nuove prospezioni, era già stato aperto il saggio di scavo 2019, utile per tarare il segnale ed eventuali nuove anomalie. Il metodo magnetico (cfr. *supra*, cap. 2.1) rileva le variazioni delle proprietà magnetiche del suolo, correlabili in alcuni casi alle attività antropiche ed eventuali strutture di interesse archeologico presenti nel sottosuolo.

L'area di indagine ha interessato le aree già indagate nel 2019, oltre ad un'ulteriore porzione di terreno circa 50 m più a Ovest. Le indagini in questa nuova porzione di terreno sono state complicate dalla presenza di un terreno dissestato dall'espianto di alberi da frutta, motivo che ha portato ad abbandonare questo nuovo settore dopo un breve test.

Per le misure magnetiche, è stato utilizzato un sistema gradiometrico costituito da sensori di tipo fluxgate della Foerëster, posizionate ad una interdistanza di 40 cm su di un carrello pieghevole molto leggero movimentato a mano da due operatori (Fig. 60). Il posizionamento del rilievo è stato fatto utilizzando un GPS con un'accuratezza di 2 cm, sul sistema di coordinate WGS84 Zona

⁹⁵ La campagna di indagini magnetiche è stata coordinata dalla professoressa Silvia Paltineri dell'Università di Padova.

UTM 33N. La tecnologia fluxgate registra il gradiente della componente verticale del campo magnetico, senza essere influenzato dalle variazioni del campo magnetico terrestre, identificate invece da altri tipi di gradiometri, misurando in questo modo solo la magnetizzazione degli oggetti nella superficie locale⁹⁶.



Figura 60 Immagine di una fase di lavoro durante le acquisizioni con il sistema gradiometrico fluxgate con 7 sensori di Cornelius Meyer (da MEYER 2021, p. 8).

⁹⁶ MEYER 2021, p. 8.

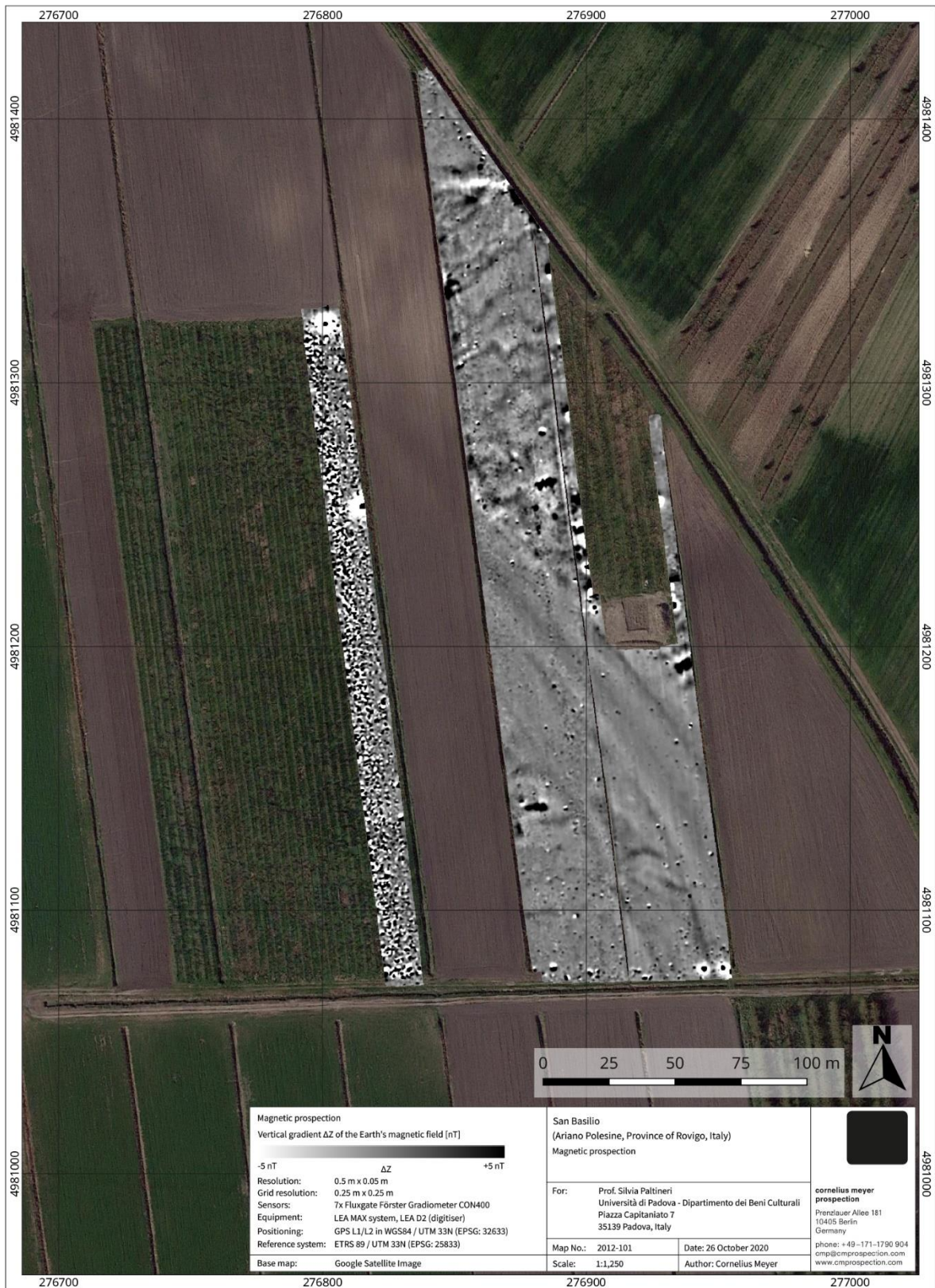









Figura 61 Mappa del gradiente magnetico verticale rilevato nelle aree di indagine (da MEYER 2021, mappa 2012-101).

L'interpretazione fornita delle anomalie magnetiche è basata su intensità, polarizzazione e forma delle stesse anomalie. Utilizzando colori diversi, le anomalie sono state così suddivise: in blu le anomalie ferromagnetiche, di origine recente o ambigua, in azzurro le strutture correlabili allo sfruttamento agrario moderno del terreno. Le restanti anomalie possono invece essere inserite in uno sfondo archeologico. Di seguito si riporta la legenda utilizzata per l'interpretazione:

Colore	Tipo di anomalia magnetica	Tipo di magnetizzazione	Interpretazione
	Anomalie circolari e ovali	Residua e indotta	Riempimenti di buchi e pozzetti, strati antropici, riempimenti che contengono materiali bruciati
	Anomalie lineari	Residua e indotta	Riempimenti di trincee ricchi di materiale organico
	Anomalie da valori bassi a molto alti	Principalmente residua	Resti di materiali bruciati e residui di focolari
	Zone irregolari di anomalie negative	Diamagnetica	Sabbia e strati calcarei a basso contenuto organico
	Grandi aree con poche anomalie negative e positive	Indotta e residua	Strutture geomorfologiche, corsi d'acqua sabbiosi
	Anomalie lineari positive e negative	Effetto topografico	Strutture agricole, tagli d'aratura

	Anomali molto ben definite	Indotta	Disturbo causato da ferraglia o altri metalli sparsi
---	----------------------------	---------	--

La mappa del gradiente magnetico consente di individuare due zone chiaramente distinguibili nell'area di indagine (Figg. 61-62-63). La parte sud dell'area presenta una risposta riconducibile a una presenza di materiale sabbioso, ed è stata interpretata come traccia di un possibile paleo-canale, con poche anomalie interpretabili come archeologiche. La parte nord, invece, risulterebbe ricca di anomalie magnetiche correlabili a materiali di origine archeologica⁹⁷.

⁹⁷ MEYER 2021, pp. 10-14.

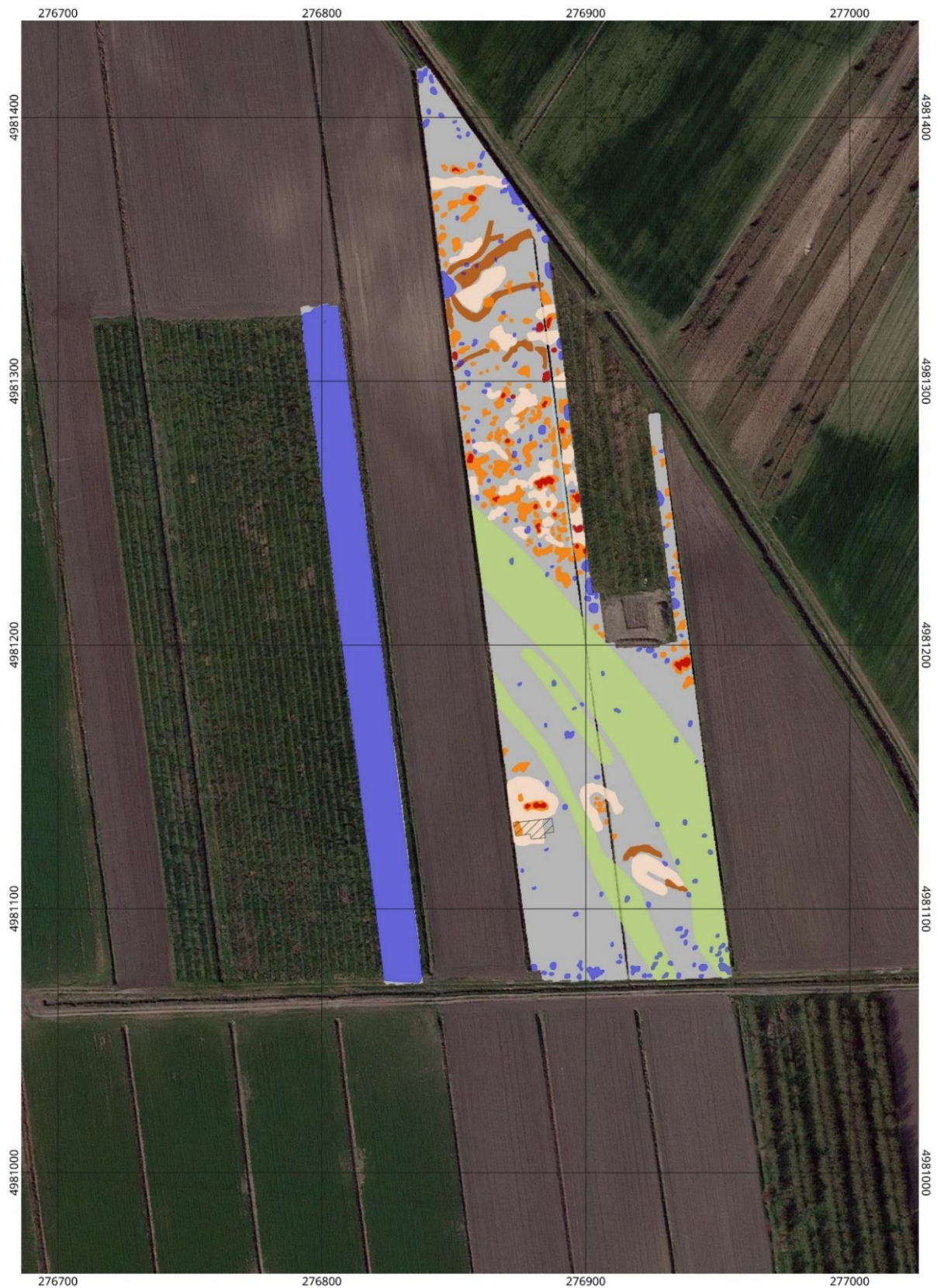


Figura 62 Mappa con le interpretazioni delle anomalie magnetiche secondo la scala di colori descritta nell'apposita tabella (evidenziate in blu le zone con rumore) (da MEYER 2021, mappa 2012-201).

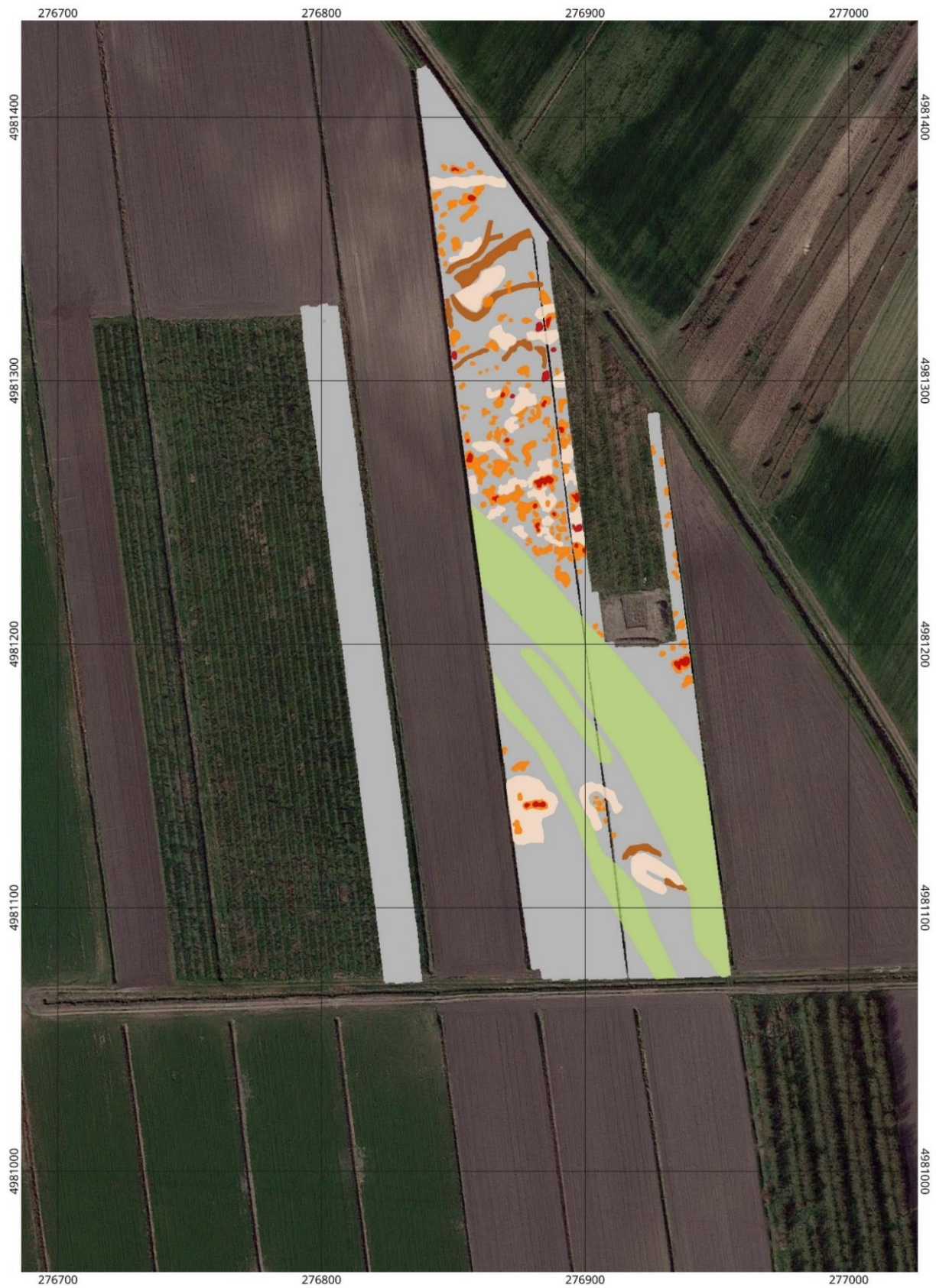


Figura 63 Mappa con le interpretazioni prospezioni delle anomalie magnetiche secondo la scala di colori descritta nell'apposita tabella (non sono evidenziate le zone con rumore) (da MEYER 2021, mappa 2012-202).

Il presunto paleoalveo è individuabile per la presenza di una banda sabbiosa avente un'estensione di circa 30 metri, con linee positive e negative parallele tra loro che indicano accrescimento. A sud-ovest della sponda si riscontrano una serie di anomalie, sia di valore negativo che positivo. Quelle negative, che si estendono per alcune centinaia di metri, sono da riferirsi ad un accumulo di sabbie, naturali o antropiche. Le anomalie positive sono state interpretate come riempimenti di fossati o trincee o resti di focolari domestici. La parte più ad Ovest di queste tracce dovrebbe corrispondere all'estensione della trincea di scavo della missione degli anni '80.

A nord del paleo-canale sono state individuate le anomalie che si ritengono più interessanti a livello archeologico: l'alta densità di anomalie magnetiche, di dimensione tra gli 8 e il 15 metri, sono state interpretate come canalette allungate e riempite con sedimento sabbioso. I punti che presentano anomalie magnetiche ancora più marcate sono stati interpretati come anomalie termoresidue, probabilmente dei resti di focolari o dei forni.

Ancora più a nord di quest'area d'insediamento, sono evidenti altri allineamenti di anomalie positive di circa 30 m di lunghezza, verosimilmente da ricondursi a canali riempiti con leggera elevazione, probabilmente resti di abitazione. Limitandosi all'area di indagine, non si riesce a delimitare l'estensione dell'intero abitato, mentre la profondità delle evidenze viene dedotta dallo studio degli scavi precedenti. Generalmente, gli strati antropici si trovano tra i 40 e i 60 cm sotto il piano di aratura⁹⁸.

Le misure effettuate nel campo più ad Ovest, come già accennato, invece, non si sono rivelate utili ai fini della ricerca, a causa dell'elevato rumore che le rende non facilmente interpretabili, al contrario delle zone più ad Est appena descritte. Questa differenza di risposta in due contesti così vicini può spiegarsi con un riporto di terreno dalle proprietà ferromagnetiche oppure in suolo ricco di materiali ferromagnetici. In ogni caso, ogni tentativo di riconoscere strutture archeologiche presenti nel sottosuolo di aree così disturbate o anche soltanto di aggiungere qualche nuovo elemento all'estensione delle evidenze precedentemente descritte, non può definirsi scientificamente affidabile⁹⁹.

⁹⁸ MEYER 2021, pp. 10-14.

⁹⁹ MEYER 2021, p. 14.

4.3 La campagna di prospezioni geoelettriche del 2022

Nella primavera 2022, a valle delle indagini FDEM 2019 e delle indagini magnetiche del 2020, che hanno consentito di avere una visione “a grande scala” dell’eterogeneità presenti nel sito in esame, di interesse geoarcheologico e potenzialmente di interesse anche più strettamente archeologico, e dopo aver raccolto nuovi dati diretti di estremo interesse con la campagna di scavo 2021, è stata pianificata una nuova campagna di indagini geofisiche a scala di dettaglio. In particolare, sfruttando le capacità offerte dalla tomografia elettrica di resistività ERT (cfr. *supra*, cap. 2.3) di ricostruire la geometria anche di singole strutture, laddove esistano differenze legate al comportamento elettrico dei materiali, con il supporto dell’Università degli Studi di Padova¹⁰⁰, sono state acquisite due tomografie elettriche ad alta risoluzione, tra loro perpendicolari, a cavallo del saggio di scavo del 2021. Il terreno in questione, molto umido da un lato del saggio e più drenante e compatto dall’altro, ben si presta a un’indagine di questo tipo, poiché la differenza di resistività elettrica tra i suddetti suoli sarà ben marcata e, pertanto, individuabile. Va precisato che il contesto di scavo ancora non completamente ricoperto e la conseguente presenza di accumuli consistenti di suolo ai bordi del saggio, soprattutto sui lati Ovest e Nord, ha rappresentato un impedimento alla chiara definizione delle anomalie in corrispondenza di queste specifiche aree di accumulo a causa dell’evidente differente massa di suolo da investigare rispetto a quella presente al centro del saggio.

Nella strategia complessiva di indagine, di norma l’utilizzo di questa tecnica è funzionale alla definizione quantitativa delle anomalie individuate con indagini preliminari di tipo qualitativo, realizzate su grandi estensioni con l’impiego di altre tecniche (ad es. FDEM, misure magnetiche) prima dello scavo. Nel presente caso di studio, la tomografia elettrica, consequenziale alle indagini FDEM e magnetiche realizzate a grande scala, viene pianificata invece sulla base delle evidenze di un saggio di scavo già eseguito, sfruttando, quindi, il dato diretto fornito dallo scavo per definire i parametri di acquisizione e la logistica migliori per rispondere ai quesiti sollevati dallo scavo. Secondo uno schema differente da quello normalmente adottato, quindi, le prospezioni geofisiche non forniscono solo un dato a priori, ma definiscono in prima battuta le eterogeneità e zone di potenziale interesse archeologico alla scala di campo, per poi andare a

¹⁰⁰ La campagna di prospezioni geoelettrica è stata diretta dalla professoressa Rita Deiana dell’Università di Padova.

valutare in dettaglio l'estensione verticale e laterale delle strutture identificate nel saggio di scavo.

In particolare, il saggio di scavo è stato "sezionato" circa a metà con due linee di ERT una con orientamento N-S, l'altra con orientamento E-O. Per entrambe le linee sono stati utilizzati 48 elettrodi, distanziati 50 cm per un totale di 23,5 m di lunghezza e circa 4,5 m di profondità di investigazione. Le linee sono state georeferenziate con l'uso di un GPS. Dato il dislivello tra gli elettrodi lungo ciascuna linea ERT per la presenza dell'accumulo di terreno ai bordi dello scavo (Fig. 64), si è anche provveduto a rilevare la quota di ciascun elettrodo lungo ogni linea in modo da poter dare una esatta informazione circa le reali profondità investigate e la posizione relativa delle anomalie nel sottosuolo per ciascuna tomografia. Per le acquisizioni è stato utilizzato un georesistivimetro IRIS SYSCAL PRO a 72 canali, collegato ad una batteria esterna a 12 V (Fig. 65) ed è stato impostato un dispositivo di acquisizione dipolo-dipolo skip 4, ideale in contesti di indagine poco profondi e sui quali ci si attende un buon rapporto segnale/ rumore, per i quali questo dispositivo fornisce un'ottima risoluzione laterale a discapito di una grande profondità di investigazione fornita invece da altri dispositivi di misura non ritenuti necessari in questo specifico caso.



Figura 64 Immagine della linea ERT a cavallo del saggio di scavo 2021. Da notare la difficoltà di rilevamento dovuta alla presenza delle masse di terra ai lati del saggio di scavo.

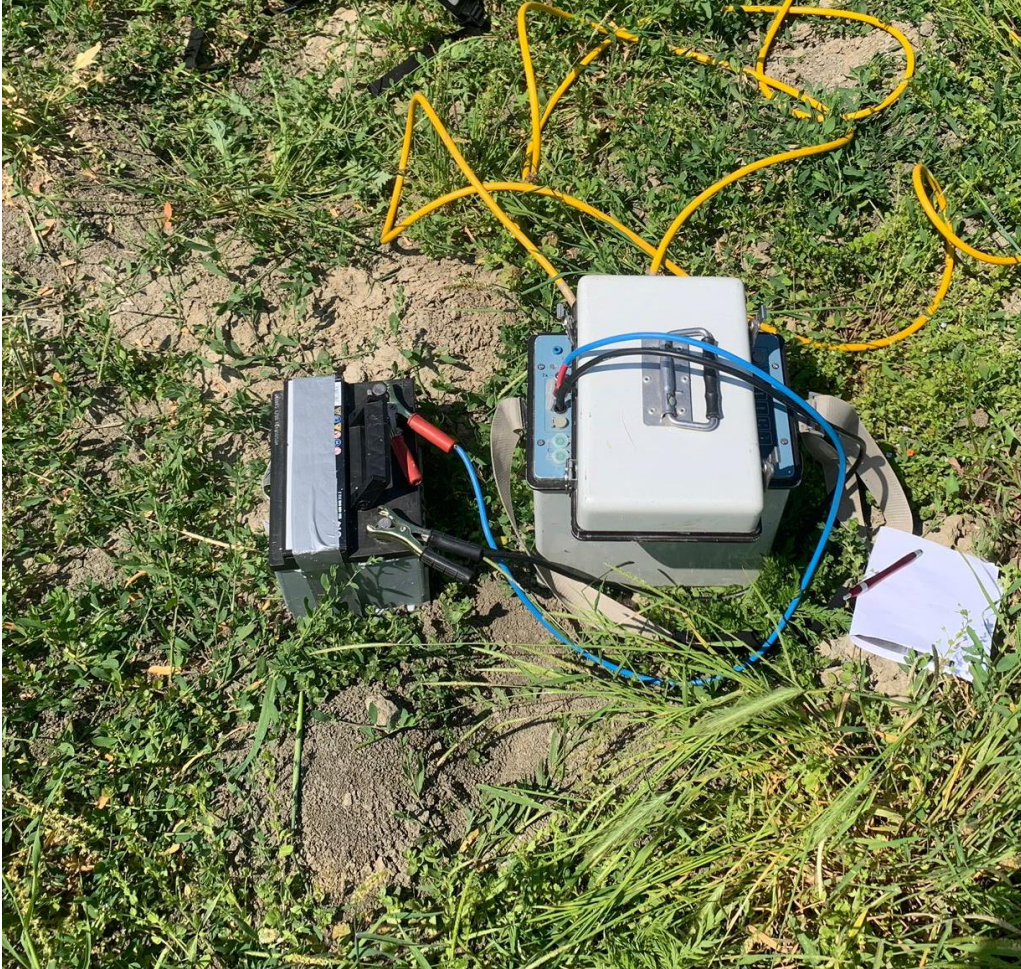


Figura 65 Immagine della strumentazione utilizzata per le misure ERT durante una fase di acquisizione.

L'elettrodo 24 della linea ERT N-S coincide con l'elettrodo 16 della linea ERT E-O.

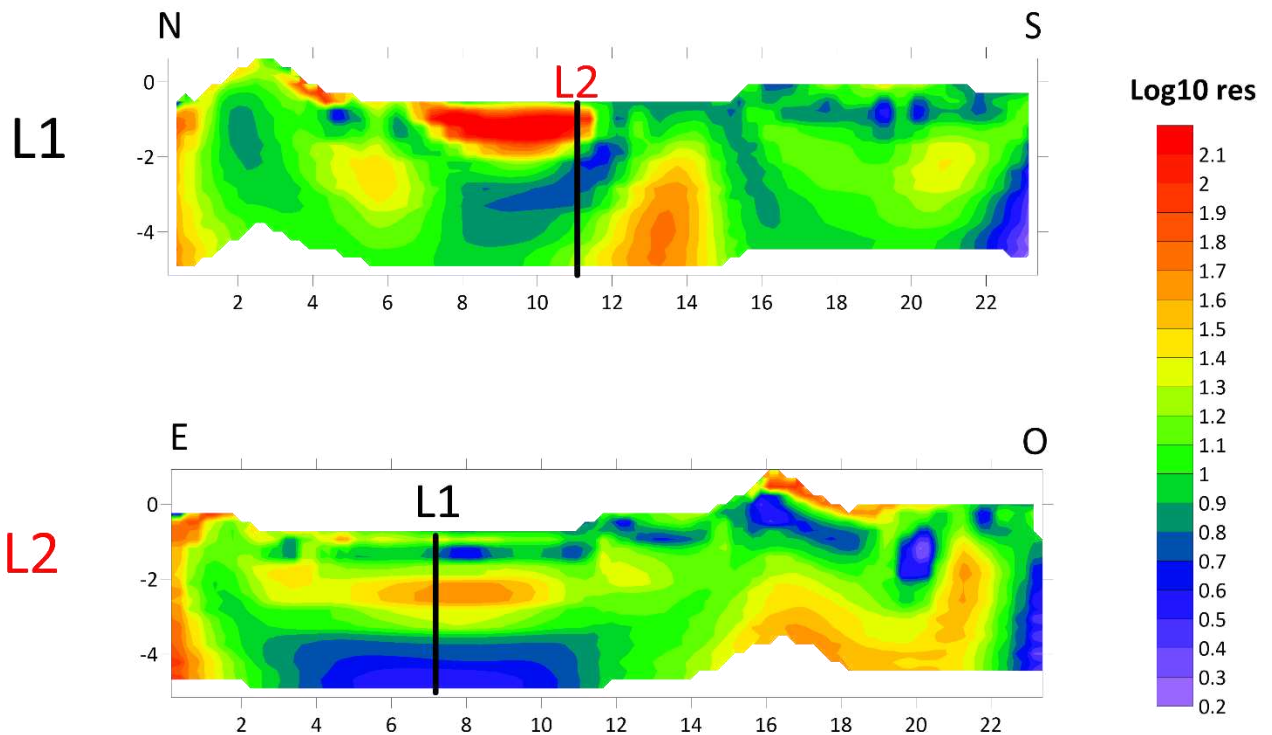


Figura 66 Esito delle tomografie elettriche di resistività realizzate a cavallo del saggio di scavo del 2021.

In Fig. 66 sono riportati gli esiti dell'inversione delle due linee ERT acquisite a cavallo del saggio di scavo realizzato nel 2021, con indicati i punti di rispettiva intersezione. Dato l'ampio intervallo di valori di resistività registrati nelle due sezioni, con variazioni piccolissime, per poter rappresentare al meglio l'eterogeneità del sistema è stata utilizzata una scala di valori/ colori logaritmica in base 10 della resistività. Il dato geoelettrico ben descrive infatti la complessità di questa zona in cui è confermata la presenza di un livello a potenza variabile, dell'ordine di circa 1 m di spessore, di materiale più resistivo (rosso) in corrispondenza della sezione di scavo. Secondo la distribuzione della resistività questa sorta di piano si estenderebbe lateralmente per circa 5-6 m in direzione N-S e in totale circa 10 m in direzione E-O, sebbene apparentemente in quest'ultima direzione siano leggibili delle transizioni di valori che porterebbero ad immaginare un nucleo centrale di circa 6-7 m di estensione ad elementi laterali esterni leggermente più alti topograficamente rispetto alla parte centrale continua. Interessante nella sezione E-O la definizione di un corpo altamente conduttivo confinato sotto il piano resistivo a circa 2,5-3 m di profondità.

5 Analisi critica dei risultati

Il lavoro svolto tra gli anni 2019 e 2022, seppur frutto di dati acquisiti in momenti diversi, è stato continuativo negli anni di indagine: i risultati delle campagne di prospezione, di scavo, di sondaggi e lo studio della cartografia storica hanno permesso di approfondire la conoscenza del territorio in esame sotto vari aspetti, dalla geomorfologia, al dato puramente archeologico. Le domande poste di volta in volta sono cambiate e sono state riformulate, con l'obiettivo principale di conoscere sempre meglio il contesto di indagine. L'approccio è stato, pertanto, dinamico: i risultati di un certo tipo di indagine, anche una volta interpretati, non sono stati considerati fine a sé stessi, ma si è cercato di riportarli sempre alle informazioni ottenute con gli altri studi effettuati nello stesso periodo nell'area, valutando i punti in comune utili per risolvere alcuni quesiti, e analizzando di volta in volta quali aspetti, invece, rimanessero di difficile interpretazione.

Per questo motivo, alcune delle conclusioni cui si era giunti in un determinato momento, sono state riprese in considerazione e riformulate alla luce dei nuovi elementi che man mano sono emersi con l'avanzamento delle ricerche.

L'approccio adottato in questo studio, che cerca di mettere a sistema le informazioni da *remote sensing* e i dati indiretti e diretti raccolti sul terreno, rispettivamente con la geofisica e con lo scavo archeologico, consentirà indubbiamente di acquisire nuovi elementi per la comprensione e rilettura, su larga scala, del paesaggio rurale nell'area presa in esame, analizzando le connessioni tra le varie evidenze anche di interesse archeologico. I dati forniti dalla fotografia aerea, storica e recente, o da un LIDAR, potranno così avere un riscontro con i risultati di indagini a terra anche su vasta scala, consentendo di identificare le anomalie in modo più accurato, e aiutando nella corretta interpretazione anche di evidenze non prettamente archeologiche.

5.1 La fotografia storica e le prospezioni del 2019 e 2021

Il confronto tra il dettaglio della foto aerea storica del 1955 focalizzata sull'area di indagine e la mappa della variazione della conducibilità elettrica ottenuta dalle prospezioni FDEM realizzate nell'area nel 2019 consente una prima analisi delle anomalie rilevate a grande scala. A questo proposito, si noti come nel campo più ad Ovest, l'andamento obliquo della traccia scura visibile da foto aerea corrisponda nella mappa di conducibilità elettrica ad una zona di transizione tra i materiali verosimilmente differenti.

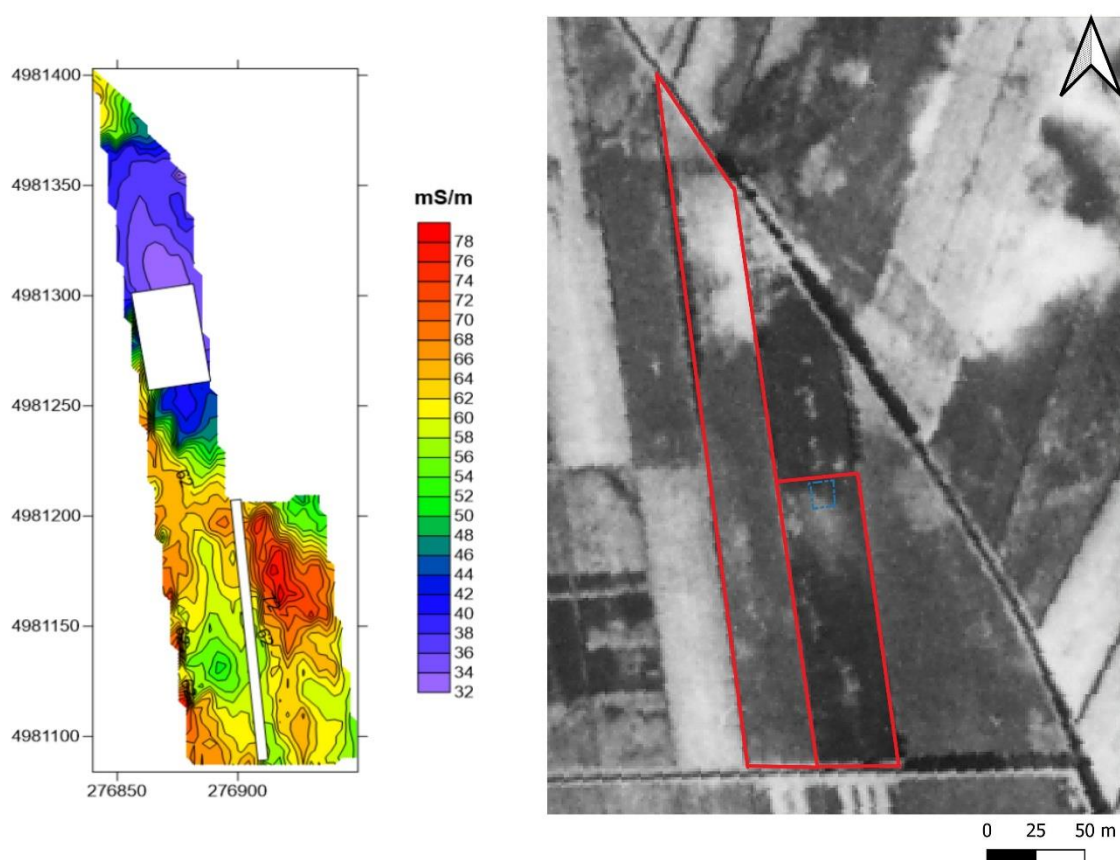


Figura 67 Dettaglio da foto aerea del 1955 e mappa della conducibilità elettrica ottenuta dalle misure FDEM realizzate nel 2019.

La foto aerea del 1955 e il pattern obliquo appena discusso in relazione alle misure FDEM, trova riscontro anche nel risultato delle indagini magnetiche del 2020, dove l'andamento obliquo appena descritto risulta molto ben distinguibile e viene identificato come la possibile traccia di un paleocanale (cfr. *supra*, cap. 4.2). In ogni caso, se ci si focalizza sul campo più ad Est nelle

mappe della conducibilità ottenute da misure FDEM nel 2019, dal confronto con la foto degli anni '50 si vede come il pattern di variazione di conducibilità elettrica possa essere facilmente leggibile anche nella foto con buona corrispondenza (Fig. 67).

Inoltre, la messa a confronto dell'immagine satellitare recente con i risultati delle indagini magnetiche del 2020 permette di verificare la corrispondenza di variazioni magnetiche laddove risultano presenti anomalie visibili da satellitare (Fig. 68).



Figura 68 Dettaglio dell'immagine satellitare dell'area di indagine e risultato delle misure del gradiente magnetico effettuate nel 2020.

5.2 I carotaggi e le prospezioni 2019, 2021, 2022

Le indagini di ricognizione, di scavo, di prospezione geofisica sul terreno e di studio anche attraverso immagini aeree e satellitari dell'area di San Basilio sono state accompagnate, negli anni 2018, 2019 e 2021, da una serie di carotaggi fatti manualmente (cfr. *supra*, cap. 3.4). I sondaggi sono stati posizionati oculatamente nei punti in cui erano state individuate transizioni

ritenute significative a livello geoarcheologico e di *survey*, con l'obiettivo di indagare la stratigrafia in modo sistematico e mirato. Innanzitutto, con la linea di sondaggi 2018 (Fig. 41) si è intercettata trasversalmente la traccia obliqua individuabile da satellite. Nel 2019, invece, si è deciso di posizionare la sezione dei carotaggi ortogonalmente alla sezione 2018, in modo tale da riuscire a "tagliare" perpendicolarmente la traccia del paleocanale. La sezione ricostruttiva 2019 (Fig. 43) ha infatti permesso di individuare una traccia negativa con deposito spondale sabbioso contenente materiale archeologico. La traccia avrebbe profondità minima di 2 m e larghezza 25/30m e sarebbe riconducibile, pertanto, ad una canalizzazione agricola antropica risalente all'età romana (la datazione al radiocarbonio di un frammento ligneo rinvenuto nella carota ben si adatta a questa interpretazione). La sezione 2021 (Fig. 44), parallela ma leggermente più a sud della sezione 2019, invece, ha restituito un risultato molto interessante ai fini della ricerca più recente: oltre alla traccia di canale già individuata, è stata identificata una seconda traccia, ridotta rispetto alla precedente ma più incisa, a distanza ravvicinata rispetto alla prima¹⁰¹.

5.3 La ricognizione di superficie 2018 e le prospezioni magnetiche 2020

Un primo utile confronto è indubbiamente possibile tra i dati della *survey* 2018 e i dati delle prospezioni magnetiche del 2020. La raccolta del materiale di superficie, come si è detto (cfr. *supra*, cap. 3.3) ha interessato due diversi areali, uno chiamato quadrettatura "nord" e uno chiamato quadrettatura "sud". Lo stesso areale è stato interessato quasi integralmente dalle prospezioni elettromagnetiche e magnetiche. Si è pensato, pertanto, di valutare eventuali corrispondenze tra alcune anomalie visibili nelle mappe del gradiente magnetico e la variazione di concentrazione del materiale presente in superficie, così come riportato nelle immagini in Fig. 69.

¹⁰¹ GARATTI *et alii*, in corso di stampa.

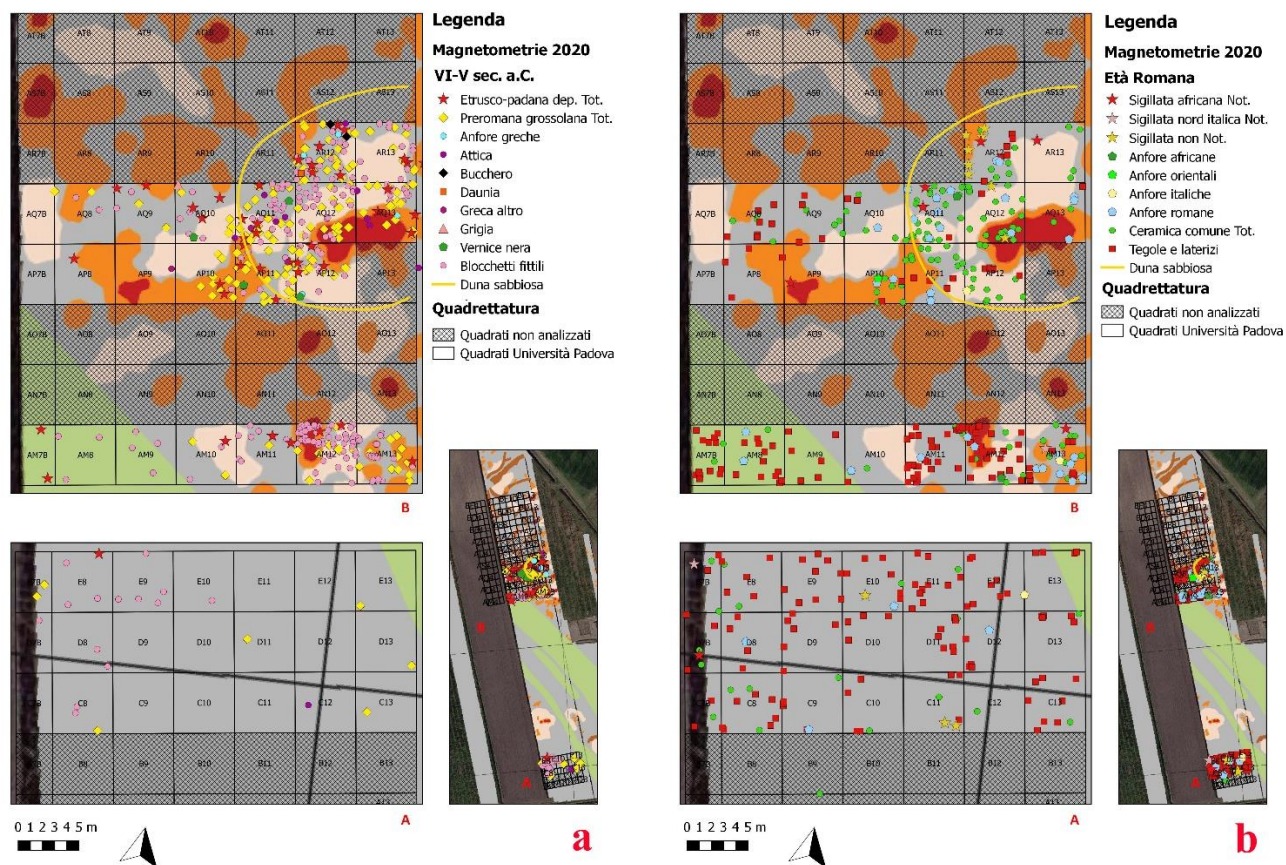


Figura 69 Mappe di corrispondenza tra i dati della survey 2018 e i risultati delle misure magnetiche effettuate nel 2020 (da GARATTI et alii, in corso di stampa).

Si può notare, dunque, come sia possibile rileggere la distribuzione delle produzioni ceramiche rilevate sul suolo alla luce delle anomalie magnetiche individuate con le prospezioni. La maggiore concentrazione di ceramica di epoca preromana si trova in corrispondenza della “quadrettatura nord”, in corrispondenza con le anomalie interpretate nel dato magnetico come depositi antropici, piani scottati e sabbie (vedi *supra*, cap. 4.2). Tale elemento sarebbe in linea con l’ipotesi fatta durante lo studio della *survey*, ovvero che l’abitato di epoca preromana possa trovarsi su un alto morfologico come quello dovuto alla presenza della paleoduna. I materiali relativi a questa fase dell’insediamento si troverebbero sparsi anche in superficie come conseguenza dei livellamenti agrari succedutisi nei secoli. Per quanto riguarda i materiali di epoca romana, essi sono molto diffusi, ma insistono sempre nella stessa porzione di quadrettatura. In particolare, la concentrazione di materiale romano si vede insistere nella fila AM della quadrettatura, sovrapponibile con alla traccia interpretata nel dato magnetico come paleocanale (traccia verde). Alla luce di questo elemento, considerato anche il fatto che in questa porzione di quadrettatura

i materiali preromani scarseggiano, l'ipotesi di un riempimento del canale in epoca romana, anche attraverso il butto di materiali fittili, assume più valore. Questo fatto spiegherebbe anche la drastica diminuzione di materiale romano appena ad Est della fine della traccia del paleocanale. La quadrettatura sud, non interessata da un grande numero di rinvenimenti (gli unici pezzi diagnostici sono databili all'epoca romana) non ha restituito tracce riconducibili ad anomalie magnetiche particolari. La probabile scarsa antropizzazione dell'area assume, pertanto, un contorno più certo. Per quanto riguarda l'ipotesi di un eventuale deposito di epoca preromana conservatosi a una profondità maggiore, nessun dato è desumibile dall'indagine magnetica.

5.4 Le prospezioni FDEM del 2019 e le prospezioni magnetiche del 2020

Come visto precedentemente (cfr. *supra*, cap. 4.1), la campagna di prospezioni FDEM del 2019 aveva come obiettivo principale l'individuazione su una grande estensione di terreno, della zona di transizione tra la duna e il suolo, funzionale alla collocazione del futuro saggio di scavo. Il discrimine perché il risultato fosse indicativo era riconoscere materiali conduttivi e non conduttivi, in modo da trovare un limite di variabilità che indicasse dove avveniva il passaggio. Le zone di transazione della conducibilità elettrica (rappresentate dal colore verde nella Fig. 59) sono state definite come quelle di maggior interesse archeologico, in quanto potenzialmente ospitanti evidenze antropiche.

La campagna di misure magnetiche del 2020, invece, ha avuto come risultato principale l'identificazione della probabile traccia di un paleocanale, peraltro visibile anche parzialmente da foto aerea e immagini satellitari, in un tratto apparentemente rettilineo.



Figura 70 Immagine satellitare dell'area interessata dalle indagini dell'anno 2019 e 2020. Si noti come la traccia rettilinea del paleocanale sia chiaramente identificabile (da Google Earth).

L'esito delle indagini FDEM del 2019 trova quindi una chiara corrispondenza, almeno per *pattern*, nel risultato dell'indagine magnetica realizzata nel 2020.

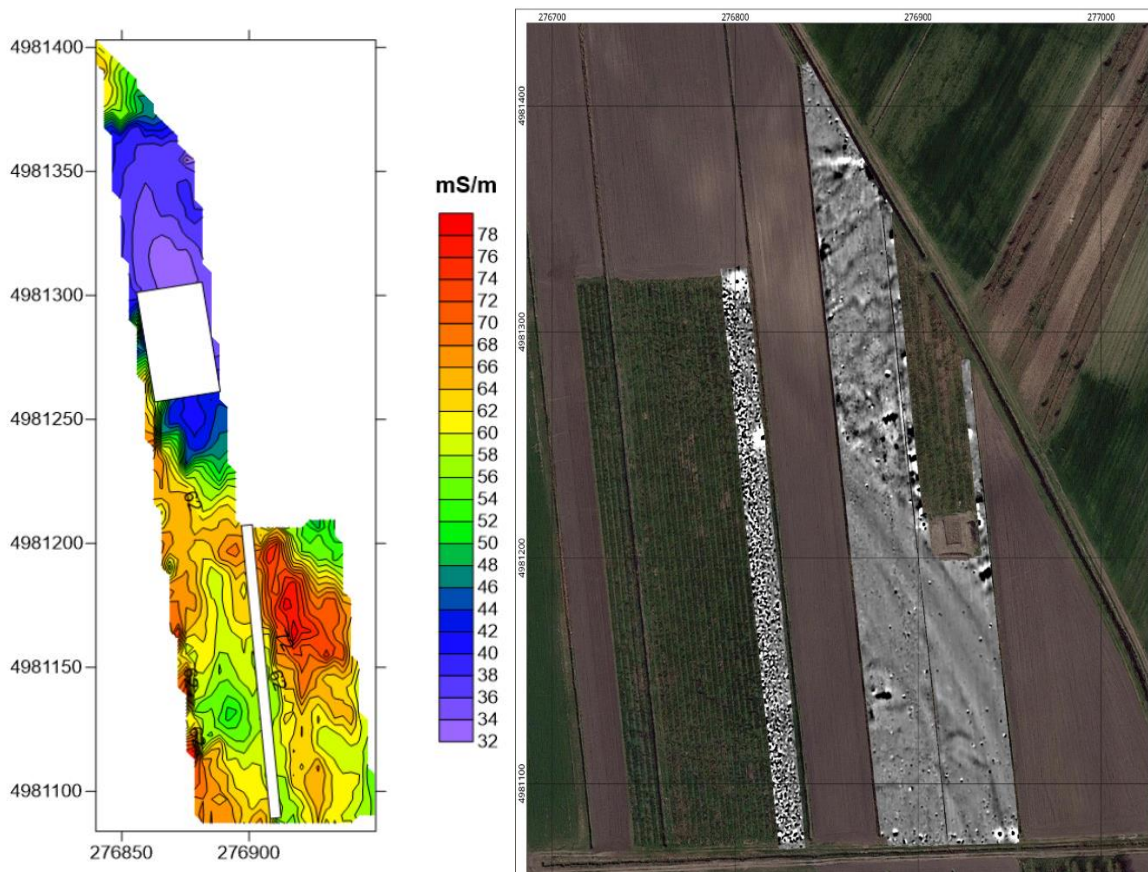


Figura 71 Confronto tra le mappe ottenute nella campagna di prospezioni FDEM del 2019 (sinistra) e di prospezioni magnetiche del 2020.

Secondo il dato FDEM del 2019, la parte nord, ad esclusione di un piccolo settore triangolare in mappa¹⁰² risulterebbe costituita entro il primo metro e mezzo di profondità da materiali scarsamente conduttivi (colore blu), come ad esempio sedimenti grossolani (come le sabbie), mentre a sud si registrano variazioni di conducibilità riconducibili alla presenza di materiali da mediamente a molto conduttivi (rispettivamente verde e rosso), identificabili come limi e argille. Per contro la prospezione magnetica del 2020 interpreta la zona nord come molto antropizzata (cfr. *supra*, Fig. 63), con matrice sempre molto drenante (scarso conduttiva). Questo elemento concorda pienamente con il cambio di matrice notato durante la *survey* 2018 (cfr. *supra*, cap. 5.3): il fatto che la maggior parte degli elementi ritrovati si trovava nella “quadrettatura nord” ben si spiegherebbe alla luce di un livellamento della duna, che avrebbe disperso molto materiale sulle sue pendici, mescolando i materiali di epoca romana e preromana. I carotaggi 2019, inoltre, attraverso la sezione ricostruttiva 2019/1 (cfr. *supra*, cap. 3.4, Fig. 43) avrebbero intercettato una traccia negativa incisa su sabbie spondali e a sua volta riempita di sedimenti fini, interpretata a

¹⁰² Anche in questo caso, entrambe le prospezioni riportano il medesimo stacco.

sua volta come canale. La presenza di elementi vegetali residui nel sondaggio ha permesso di datare il riempimento di tale canale all'epoca tardo-antica. È possibile collegare a questo elemento anche il risultato della *survey* 2018: la linea AM della quadrettatura, che intercetta, nei quadrati più a est, una porzione di canale, ha restituito grandi quantità di materiale romano, probabilmente usato come tamponamento, assieme ad altro sedimento, nel momento in cui si è deciso di defunzionalizzare il corso d'acqua.

5.5 Le prospezioni FDEM del 2019 e le prospezioni ERT del 2022

Sebbene metodi, risoluzione, scala delle prospezioni condotte nel 2019 e nel 2022 siano diversi e per questo non comparabili direttamente, le informazioni ottenute da queste indagini possono ritenersi indubbiamente complementari. *In primis*, infatti, la tecnica FDEM e quella ERT misurano variazioni di parametri inversamente confrontabili, in quanto la conducibilità elettrica misurata dalla prima tecnica è l'inverso della resistività elettrica misurata dalla seconda. Nonostante ciò, va ricordato che le misure FDEM non consentono di ottenere il dettaglio (e quindi la risoluzione) che le misure ERT, invece, sono in grado di offrire. Pertanto, indubbiamente le prime si occupano, in generale, dell'individuazione di macrostrutture, mentre alle seconde è demandato il compito di occuparsi di risolvere problemi di dettaglio. Questa distinzione di "ruoli" sta alla base dell'applicazione congiunta delle due tecniche anche nelle prospezioni a scopo archeologico, laddove le misure ERT hanno il compito di guardare in dettaglio le anomalie macroscopicamente individuate dalle misure FDEM. Nel contesto di San Basilio, tuttavia, la misura ERT è stata utilizzata non per identificare a priori le caratteristiche di una anomalia significativa, ma per definire l'estensione laterale in profondità di una struttura identificata dallo scavo, guidato dalle misure FDEM.

Lo strato di battuto riconosciuto durante lo scavo, sia nel 2019 che nel 2021, e chiamato US 1103, rappresenta, appunto, nel contesto di San Basilio, la struttura di cui si vogliono identificare non solo le caratteristiche geometriche, ma riconoscere il segnale elettrico da esso prodotto per poter andare alla ricerca di strutture e segnali simili in aree non ancora scavate. Si può ipotizzare che questo strato, assimilabile ad un piano, sia stato creato con lo scopo di bonifica, funzionale all'insediamento di altre strutture abitative, di cui rimarrebbe traccia nelle canalette UUSS -2104, -2105, -2121.



Figura 72 Foto aerea del Po di Goro presso San Basilio di Ariano nel Polesine (RO)- Volo 1983 (fonte: Regione del Veneto – L.R. n. 28/76 Formazione della Carta Tecnica Regionale).

L'impressione che si ha guardando la fotografia aerea del 1983 a larga scala è di essere di fronte ad un contesto articolato (Fig. 72). L'orientamento decisamente rettilineo della traccia del paleocanale, oggetto di interesse della *survey*, dei carotaggi e delle altre indagini geoarcheologiche, lascerebbe presupporre, invece, proprio per la sua forma estremamente regolare, un'origine antropica per il canale qui visibile. L'ipotesi presentata probabilmente avrà modo di essere confermata tramite future indagini archeologiche e geofisiche.

Dalla scala di campo al dettaglio dello scavo: considerazioni sulla strategia di indagine utilizzata nel sito di San Basilio e proposte per futuri sviluppi della ricerca nell'area.

La strategia di indagine adottata nel sito di San Basilio e alla base del presente lavoro di tesi offre spunti per riflessioni di tipo geofisico e attività di scavo. Di norma, l'attività di indagine demandata alle prospezioni geofisiche è preceduta da un lavoro di raccolta e incrocio di informazioni storiche, cartografiche e archeologiche già note sull'area che sarà oggetto di indagine. Per contro, le prospezioni, qualora sia prevista una attività di scavo nell'area di interesse, precedono lo scavo e seguono generalmente uno schema per cui, se possibile, vengono prima eseguite le indagini alla scala di campo per poi andare a vedere in dettaglio, con metodi quantitativi, le anomalie ritenute di maggior interesse. Di fatto, però, prospezioni e scavo avvengono in due momenti distinti, dove le prime forniscono elementi utili alla strategia da adottare per il secondo. Nel sito di San Basilio, effettivamente, il primo step di indagine, attraverso l'utilizzo della tecnica FDEM, ha previsto un'analisi dell'area alla scala di campo per analizzare la geomorfologia e cercare di ricondurre le evidenze indirette alle notizie storiche, finalizzando l'esito delle indagini a dati di possibile interesse archeologico riguardanti lo sviluppo paleoambientale dell'area. L'indagine alla macroscale o scala di campo, ha consentito la mappatura e lo studio di tutto l'areale oggetto di vincolo archeologico, precedenti alla raccolta di nuovi dati e informazioni di scavo recenti. La campagna di indagini FDEM del 2019 ha avuto lo scopo principale di collocare nello spazio la transizione tra la paleoduna e gli altri tipi di sedimenti. Lo studio degli interventi archeologici precedenti, in particolare gli scavi degli anni '70-'80 e l'analisi delle evidenze limitrofe del sito di Adria (cfr. *supra*, cap. 3.1), hanno portato ad ipotizzare l'esistenza di tracce di un abitato, fatto di strutture antropiche poggianti su strati limosi, argillosi e sabbiosi. Sulla base di queste ipotesi e grazie alle evidenze fornite dal dato FDEM sulla possibile zona di limite delle paleodune si è scelto di aprire lo scavo proprio laddove la differenza di conducibilità elettrica risultava più netta. Le prime evidenze dirette che confermavano l'ipotesi di una zona di insediamento si sono avute già con la prima campagna di scavo del 2019, riconfermate poi dalla campagna del 2021 e attualmente in aggiornamento. Dal punto di vista geofisico, il dato FDEM e il pattern individuato alla scala di campo è stato confermato da una seconda campagna di indagine di tipo magnetico che ha fornito nuovi dati sulla possibile

distribuzione delle tipologie di suolo e di potenziali anomalie di interesse archeologico. Ovviamente, il livello di dettaglio ottenuto dallo scavo stratigrafico e microstratigrafico, ha permesso di individuare evidenze che non potevano essere individuate dalla prospezione elettromagnetica del 2019 e magnetica del 2020, entrambe speditive e non adatte a fornire un così elevato dettaglio. La messa a sistema dei vari dati ricavati dagli studi geofisici, geoarcheologici e archeologici, con una sequenza e una combinazione non convenzionali, ha consentito, attraverso un continuo confronto e discussione delle strategie e dei risultati, di trovare un riscontro a volte puntuale di informazioni, anche a scale diverse. Il piano di battuto pavimentale rinvenuto nella campagna di scavo del 2019 e messo in luce in estensione nel 2021 è indice della presenza di un contesto abitativo, avvalorato anche dalla presenza di tracce negative che, probabilmente, avevano funzione di alloggiamento di materiali deperibili.

In questo contesto, l'uso della tomografia elettrica di resistività (ERT), alla scala di dettaglio, realizzata a seguito delle evidenze date dallo scavo, si è rivelata utile, seppure in un contesto di applicazione inconsueto, ossia a cavallo delle campagne di scavo, per fornire elementi utili a definire la reale estensione spaziale della struttura individuata nel saggio di scavo del 2019, poi esteso nel 2021. La pulizia della scolina agraria fatta nel 2021 ha permesso di individuare uno strato di concotto, assimilabile a quello che componeva il battuto pavimentale, un centinaio di metri più a nord-ovest della trincea di scavo -2000 (cfr. *supra*, cap. 3.6). La potenza dello strato, invece, non si è potuta individuare in modo univoco, poiché dallo scavo questo risultava più spesso a Sud e digradante verso Nord. Le possibili informazioni riguardanti l'estensione e la profondità del piano pavimentale individuato nel saggio di scavo hanno un'importanza non indifferente sulla progettazione delle risorse e delle energie da investire per le future campagne di scavo. L'indagine ERT ha permesso di mettere in evidenza i limiti del supposto piano orizzontale definendone anche lo spessore, verosimilmente non compatibile con un semplice piano pavimentale, quanto piuttosto con un livello di vera e propria bonifica e impermeabilizzazione della falda sottostante chiaramente identificabile dai valori di resistività misurati. L'ipotesi di un contesto paleo-lagunare ben spiegherebbe le evidenze riconducibili alla presenza di canali e barene rese strutturalmente adeguate e impermeabilizzate grazie alla realizzazione di un idoneo piano. Tale ipotesi ha suggerito a sua volta una rilettura delle foto aeree in cui tale condizione è più chiara (quelle del 1983 e ha trovato conferma anche nella stratigrafia emersa dai carotaggi manuali, che evidenziano, ad una profondità di circa 3 m rispetto all'attuale piano di campagna, la presenza di un deposito interpretato come di fango lagunare.

Nel contesto del saggio di scavo di San Basilio, in corrispondenza del piano pavimentale con le misure ERT, in futuro si potrebbe tentare l'acquisizione localizzata con GPR, per definire con ancor maggior dettaglio questa struttura attraverso un metodo ad altissima risoluzione¹⁰³, che sempre più frequentemente, negli ultimi anni si vede affiancare il metodo geoelettrico (ERT) nell'intento di identificare ancora più chiaramente le strutture di interesse e la loro geometria nel sottosuolo¹⁰⁴.

¹⁰³ BLINDOW *et alii* 2008, p. 283.

¹⁰⁴ EL QADY *et alii* 2019, p. 19.

Bibliografia

ASPINALL *et alii* 2008= A. ASPINALL, C. GAFFNEY, A. SCHMIDT, *Magnetometry for Archaeologists*, AltaMira Press, Plymouth 2008.

Atria 1989= AA. VV., *Atria: siti di interesse archeologico in territorio polesano*, Rovigo 1989.

BALISTA 2013= C. BALISTA, *Dal Po di Adria al fiume Tartaro. Trasformazioni paleoidrografiche tra l'età del Bronzo e l'età del Ferro attraverso le evidenze petrografiche dei sedimenti del sito dell'Amolara di Adria (RO)*, in *Padusa*, XLIX, 2013, pp. 159-192.

BALISTA 1986= C. BALISTA, *Lineamenti geosedimentologici e paleoinsediati di due località del delta polesano: Corte Cavanella e S. Basilio*, in *Prospezioni archeologiche*, 10, 1986, pp. 105-110.

BELLINTANI-GONZATO 2017= P. BELLITANI, F. GONZATO, *Luxury production. Amber and glass during the Recent and Final Bronze Age in North-eastern Italy*, in *ΕΣΠΕΡΟΣ / HESPEROS. The Aegean seen from the West*, atti del convegno (Ioannina, 18-21 maggio 2016), a cura di M. FOTIADIS, R. LAFFINEUR, Y. LOLOS, A. VLACHOPOULOS, Leuven-Liege 2017, pp. 173-184.

BERTIN 2020= A. BERTIN, *Prospezioni geofisiche nel Serraglio Albrizzi ad Este: un contributo allo studio multidisciplinare dell'area di Casale in epoca antica*, tesi di laurea magistrale, Università degli Studi di Padova, a.a. 2019/2020.

BETTELLI *et alii* 2015= M. BETTELLI, M. CUPITÒ, S.T. LEVI, R. JONES, G. LEONARDI, *Tempi e modi della connessione tra mondo egeo e area padano-veneta. Una riconsiderazione della problematica alla luce delle nuove ceramiche di tipo miceneo di Fondo Paviani (Legnago, Verona)*, in *Preistoria e Protostoria del Veneto*, a cura di G. LEONARDI, V. TINÈ, Firenze 2015, pp. 377-388.

BIASSONI 2021= E. BIASSENI, *La ceramica fine dell'abitato preromano di San Basilio di Ariano Polesine (RO). Scavi De Min (1983)*, tesi di laurea magistrale, Università degli Studi di Padova, a.a. 2020-2021.

BLINDOW *et alii* 2008= N. BLINDOW, D. EISENBURGER, B. ILLICH, H. PETZOLD, T. RITCHER, *Ground Penetrating Radar*, in *Environmental Geology*, XXX, 2008, pp. 157-173.

BONDESAN 1990= M. BONDESAN, *L'area deltizio padana: caratteri geografici e geomorfologici*, in *Il Parco del delta del Po. Studi ed immagini*, Ferrara 1990, pp. 9-48.

BONOMI-GAMBACURTA 2017= S. BONOMI, G. GAMBACURTA, *Adria: l'abitato etrusco, in Spina – Neue Perspektiven der archäologischen Erforschung*, atti del convegno (Zurigo, 4-5 maggio 2012), a cura di C. REUSSER, Zurigo 2017, pp. 69-74.

BONOMI *et alii* 2020= S. BONOMI, M. C. VALLICELLI, C. BALISTA, *The Etruscan Settlement of Adria (Italy, Rovigo): New Data from the Excavations in Via Ex Riformati (2015-2016)*, in *Crossing the Alps. Early Urbanism between Northern Italy and Central Europe (900-400 BC)*, a cura di L. ZAMBONI, G. FERNANDEZ, M. GOTZ, C. METZNER-NEBELSICK, Leiden 2020, pp. 193-206.

BOSCHI 2009= F. BOSCHI, *Introduzione alla geofisica per l'archeologia*, in *Groma 2. In profondità senza scavare*, a cura di E. GIORGI, pp. 291-315.

BOSIO 1981= L. BOSIO, *L'antico Delta del Po*, in *Il Delta del Po*, a cura di R. ROITER, L. BOSIO, M. ZUNICA, G.G. LORENZONI, Padova 1981, pp. 83-96.

BOSIO 1967= L. BOSIO, *I problemi portuali della frangia lagunare veneta nell'antichità*, in *Venetia. Studi miscellanei di Archeologia delle Venezie*, vol. I, Padova 1967, pp. 11-96.

BRUNI 1994= S. BRUNI, *L'Etruria tirrenica e il territorio del delta del Po. Appunto su una kotyle da San Basilio di Ariano Polesine*, in *Padusa*, XXX, 1994, pp. 187-193.

CAMPANA-PIRO 2009= S. CAMPANA, S. PIRO, *Seeing the unseen – geophysics and landscape archaeology*, CRC Press, London 2009.

CAPUIS 1993= L. CAPUIS, *I Veneti. Società e cultura di un popolo dell'Italia preromana*, Milano 1993.

CAPUIS-GAMBACURTA 2015= L. CAPUIS, G. GAMBACURTA, *Il Veneto tra IX e VI secolo a.C.: dal territorio alla città*, in *Preistoria e Protostoria del Veneto*, a cura di G. LEONARDI, V. TINÈ, Firenze 2015, pp. 449-459.

CARG 2009= *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*, foglio 187, Codigoro, a cura di U. CIBIN, M. STEFANI, Firenze 2009.

CARINI 2014= S. CARINI, *L'evoluzione del complesso della Reggia Carrarese: archeologia, fonti storiche ed indagini non invasive a confronto*, tesi di laurea magistrale, Università degli Studi di Padova, a.a. 2013/2014.

CARRARA *et alii* 1992= E. CARRARA, A. RAPOLLA, N. ROBERTI, *Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi geoelettrici e sismici*, Liguori Editore 1992.

CAV 1989= *Carta Archeologica del Veneto*, vol. IV, a cura di L. CAPUIS, G. LEONARDI, S. PESAVENTO MATTIOLI, G. ROSADA, Modena 1989.

CIABATTI 1966= M. CIABATTI, *Ricerche sull'evoluzione del delta padano*, in *Giornale di Geologia* (2), XXXIV, 1966, pp. 381-410.

CIABATTI 1968= M. CIABATTI, *Gli antichi delta del Po anteriori al 1600*, in *Atti del Convegno internazionale di studi sulle antichità di Classe*, Ravenna 1968, pp. 23-33.

COLONNA 2003= G. COLONNA, *L'Adriatico tra VIII e inizio V secolo a.C. con particolare riguardo al ruolo di Adria*, in *L'archeologia dell'Adriatico dalla Preistoria al Medioevo*, atti del convegno (Ravenna, 7-9 giugno 2001), a cura di F. Lenzi, Firenze 2003, pp. 146-175.

CONOLLY-LAKE 2006= J. CONOLLY, M. LAKE, *Geographical Information Systems in Archaeology*, Cambridge University Press, New York 2006 (<https://doi.org/10.1017/CBO9780511807459>).

CUPITÒ 2011= M. CUPITÒ, *Micenei in Italia settentrionale*, in *Le grandi vie della civiltà. Relazione e scambi fra Mediterraneo e il centro Europa dalla preistoria alla romanità*, catalogo della mostra (Trento, 1 luglio-13 novembre 2011), a cura di F. MARZATICO, R. GEBHARD, P. GLEIRSCHER, Trento 2011, pp. 193-197.

CUPITÒ et alii 2015= M. CUPITÒ, G. LEONARDI, E. DALLA LONGA, C. NICOSIA, C. BALISTA, M. DAL CORSO, W. KIRLEIS, *Fondo Paviani (Legnago, Verona): il central place della polity delle Valli Grandi Veronesi nella tarda Età del bronzo. Cronologia, aspetti culturali, evoluzione delle strutture e trasformazioni paleoambientali*, in *Preistoria e Protostoria del Veneto*, a cura di G. LEONARDI, V. TINÈ, Firenze 2015, pp. 357-376.

CUPITÒ-LEONARDI 2018= M. CUPITÒ, G. LEONARDI, *Il sito arginato di Fondo Paviani e la polity della Valli Grandi Veronesi prima e dopo il collasso delle terramare. Nuovi dati per una riconsiderazione del problema*, in *Preistoria e Protostoria dell'Emilia-Romagna II*, a cura di M. BERNABÒ BREA, Firenze 2018, pp. 175-186.

CUPITÒ et alii 2020= M. CUPITÒ, E. DALLA LONGA, C. BALISTA, *From "Valli Grandi Veronesi system" to "Frattesina system". Observations on the evolution of the exchange system models between Veneto Po Valley area and the Mediterranean world during the Late Bronze Age*, in *Rivista di Scienze Preistoriche*, LXX, 2020, pp. 293-310.

DALLEMULLE *et alii* 1986= U. DALLEMULLE, S. BONOMI, M. D'ABRUZZO, C. MENGOTTI, A. TONIOLO, *La villa rustica di S. Basilio*, in *L'Antico Polesine: testimonianze archeologiche e paleoambientali*, catalogo delle esposizioni (Adria – Rovigo, febbraio – novembre 1986), a cura di M. DE MIN, R. PERETTO, Adria 1986, pp. 185-210.

DALLEMULLE 1977= U. DALLEMULLE, *San Basilio (Ariano Polesine). Seconda campagna di scavo. Agosto 1978*, in *Padusa*, XIII, 1977, pp. 113-124.

DALLEMULLE 1976= U. DALLEMULLE, *San Basilio (Ariano Polesine). Scavo nell'area di un insediamento romano*. Luglio 1977, in *Padusa*, XII, 1976, pp. 154-160.

DAVID *et alii* 2008= A. DAVID, N. LINFORD, P. LINFORD, *Geophysical survey in Archaeological Field Evaluation*, English Heritage, London 2008.

DE BELLIS-DE BELLIS 1978= A. DE BELLIS, F. DE BELLIS, *Ritrovamenti monetali nell'agro di S. Basilio (Ariano Polesine)*, in *Padusa*, XIV, 1978, pp. 18-58.

DE BON 1939= A. DE BON, *Il Polesine ne l'Antico Impero: il municipio di Atria*, Rovigo 1939.

DE MIN 1987= M. DE MIN, *Recenti rinvenimenti paleoveneti, greci ed etruschi a San Basilio di Ariano nel Polesine*, in *Preistoria e protostoria nel bacino del basso Po*, atti del convegno (Ferrara, 30 novembre – 1 dicembre 1984), Ferrara 1987, pp. 227-242.

DE MIN-IACOPOZZI 1986= M. DE MIN, E. IACOPOZZI, *L'Abitato arcaico di San Basilio di Ariano nel Polesine*, in *L'Antico Polesine: testimonianze archeologiche e paleoambientali*, catalogo delle esposizioni (Adria – Rovigo, febbraio – novembre 1986), a cura di M. DE MIN, R. PERETTO, Adria 1986, pp. 171-184.

DE MIN 1984= M. DE MIN, *Adria antica*, in *Il Veneto nell'antichità*, II, Preistoria e Protostoria, Verona 1984, pp. 809-830.

DEIANA *et alii* 2020= R. DEIANA, D. VICENZUTTO, G.P. DEIDDA, J. BOAGA, M. CUPITÒ, *Remote sensing, archaeological and geophysical data to study the terramare settlements: The case study of Fondo Paviani (Northern Italy)*, in *Remote Sensing* 12, 2617, 2020, pp. 1-21, (<https://doi.org/10.3390/rs12162617>).

DEIANA 2019= R. DEIANA, *The contribution of geophysical prospecting to the multidisciplinary study of the Sarno Baths, Pompeii* in *Journal of Cultural Heritage* 40, 2019, pp. 274-279.

DEIANA 2020= R. DEIANA, *Indagini FDEM realizzate a scopo conoscitivo presso il sito archeologico di San Basilio (podere Forzello- Ariano Polesine)*, relazione inedita, Padova 2020.

DEIANA *et alii* 2018= R. DEIANA, J. BONETTO, A. MAZZARIOL, *Integrated Electrical Resistivity Tomography and Ground Penetrating Radar Measurements Applied to Tomb Detection in Surveys Geophysics* 39, 2018, pp. 1081-1105.

DONATI-PARRINI 1999= L. DONATI, A. PARRINI, *Resti di abitazioni di età arcaica ad Adria. Gli scavi di Francesco Antonio Bocchi nel giardino pubblico*, in *Protostoria e storia del "Venetorum angulus"*, atti del convegno (Portogruaro – Quarto d'Altino – Este – Adria, 16-18 ottobre 1996), a cura di O. PAOLETTI, Pisa – Roma 1999, pp. 567-614.

EL- QADY *et alii* 2019= G. EL-QADY, M. METWALY, *Archaeogeophysics. State of the art and case studies*, Springer, Cham 2019.

ERNENWEIN-HARGRAVE 2007= E. ERNENWEIN, M. HARGRAVE, *Archaeological Geophysics for DoD Field Use: a Guide for New and Novice Users*, University of Arkansas 2007.

FOGOLARI-PROSDOCIMI 1988= G. FOGOLARI, A.L. PROSDOCIMI, *I Veneti antichi: lingua e cultura*, Padova 1988.

GAFFNEY-GATER 2010= C. GAFFNEY, J. GATER, *Revealing the buried past – Geophysics for Archaeologists*, Stroud 2010.

GAMBACURTA 2018= G. GAMBACURTA, *Attenti al lupo. La tazza biansata da San Basilio di Ariano nel Polesine*, in *Archeologia Veneta*, XLI, 2018, pp. 48-71.

GAMBACURTA 2014= G. GAMBACURTA, *L'insediamento antico di San Basilio di Ariano nel Polesine*, in *Dalla catalogazione alla promozione dei beni archeologici: i progetti europei come occasione di valorizzazione del patrimonio culturale veneto*, Venezia 2014, pp. 305-308.

GAMBACURTA 2013= G. GAMBACURTA, *Il Museo Archeologico Nazionale di Adria. Guida tematica*, Basaldella di Campoformido (UD) 2013.

GARATTI-PALTINERI 2021= G. GARATTI, S. PALTINERI, *L'Eridano, il Po e i suoi rami. Un paesaggio culturale e le sue trasformazioni tra fonti letterarie e testimonianze archeologiche*, in *Archeologia Veneta* XLIV, Società Archeologica Veneta ODV, pp. 54-65.

GARATTI 2021= G. GARATTI, *La ceramica vascolare dall'insediamento di San Basilio di Ariano nel Polesine. I materiali delle campagne di scavo 2019 e 2021*, tesi di Diploma di Specializzazione, Università degli Studi di Padova, a.a. 2020/2021.

GARATTI *et alii*, *in corso di stampa*= G. GARATTI, A. GIUNTO, G. IADICICCO, *Indagini multiscalarari per la ricostruzione paleoambientale e insediativa nel sito preromano di San Basilio di Ariano nel Polesine (RO)*, in *Le lenti del passato. Approcci multiscalarari all'archeologia*, atti del convegno (Padova, 21-22 dicembre 2021), a cura di L. FILONI, G. GARATTI, A. GIUNTO, G. IADICICCO, N. RUBERTI, F. SPAGIARI, CS.

GARATTI 2019= G. GARATTI, *San Basilio di Ariano nel Polesine. Archeologia e storia del territorio*, tesi di laurea magistrale, Università degli Studi di Padova, a.a. 2018/2019.

GAUCCI 2016= A. GAUCCI, *La fine di Adria e Spina etrusche*, in *Il mondo etrusco e il mondo italico di ambito settentrionale prima dell'impatto con Roma (IV-II sec. a.C.)*, atti del convegno (Bologna, 28 febbraio – 1 marzo 2013), a cura di E. GOVI, Roma 2016, pp. 171-222.

GIANNINO-LEUCCI 2022= F. GIANNINO, G. LEUCCI, *Electromagnetic Methods in Geophysics Applications in GeoRadar, FDEM, TDEM, and AEM*, Wiley ed., Hoboken 2022.

Gli Etruschi a nord del Po 1989= *Gli Etruschi a nord del Po*, catalogo della mostra (Mantova, 1986-1987), a cura di R. DE MARINIS, Udine 1989.

HARARI 2010= M. HARARI, *Gli Etruschi nella valle del Po*, in *Il paesaggio agrario italiano protostorico e antico. Storia e didattica*, Atti del Convegno (Gattatico, 26-30 agosto 2009), a cura di G. BONINI, A. BRUSA, R. CERVI, Gattatico 2010, pp. 51-57.

HARARI 2008= M. HARARI, *Indizi di una presenza coloniale etrusco-tiberina nella chora di Adria*, in *Annali della fondazione per il museo "Claudio Faina"*, XX, 2008, pp. 465-476.

IADICICCO 2020= G. IADICICCO, *San Basilio di Ariano nel Polesine. Studio dei materiali della ricognizione del 2018*, tesi di laurea magistrale, Università degli Studi di Padova, a.a. 2019/2020.

IADICICCO *et alii* 2022= G. IADICICCO, D. VICENZUTTO, S. PALTINERI, *Cluster analysis, classificazione numerica e remote sensing. Metodi di analisi integrati applicati alla survey presso San Basilio di Ariano nel Polesine (RO)*, in *Archeologia e Calcolatori* 33.2, 2022, pp. 53-76.

Il Veneto nell'antichità 1984= AA. VV., *Il Veneto nell'antichità*, II, Preistoria e Protostoria, Verona 1984.

KNODEL 2008= K. KNODEL, *Magnetic Methods in Environmental Geology* 57, 2008, pp. 161-184.

LANGE-SEIDEL 2008= G. LANGE, K. SEIDEL, *Electromagnetic Methods in "Environmental Geology"* 57, 2008, pp. 239-281.

LINFORD 2006= N. LINFORD, *The application of geophysical methods to archaeology prospection*, in *"Report on progress in Physics"* 69, pp. 2205-2257.

LODO 1993= A. LODO, *Francesco Antonio Bocchi e il suo tempo. 1821-1888*, Rovigo 1993.

MARCASSA-PAGANOTTO 2009= P. MARCASSA, P. PAGANOTTO, *Relazione di scavo inedita*, Archivio del Museo Archeologico di Adria, Padova 2009.

MEYER 2020= C. MEYER, *Magnetic prospection at the protohistoric site of San Basilio (Ariano nel Polesine, Province of Rovigo, Italy)*, relazione inedita, Berlino 2020.

Mondo etrusco mondo italico 2016= *Il mondo etrusco e il mondo italico di ambito settentrionale prima dell'impatto con Roma (IV-II sec. a.C.)*, atti del convegno (Bologna, 28 febbraio – 1 marzo 2013), a cura di E. GOVI, Roma 2016.

MOZZI *et alii* 2016= P. MOZZI, A. FONTANA, F. FERRARESE, A. NINFO, S. CAMPANA, R. FRANCESE, *The Roman City of Altinum, Venice Lagoon, from Remote Sensing and Geophysical Prospection in Archaeological Prospection* 23, Wiley Online Library, 2016, pp. 27–44, wileyonlinelibrary.com DOI: 10.1002/arp.1520.

NEGRELLI *et alii*= C. NEGRELLI, T. ABBÀ, A. NINFO, P. MOZZI, *San Basilio di Ariano Polesine*, in *Archeologia e paesaggio nell'area costiera veneta: conoscenza, partecipazione e valorizzazione*, Biblos, Cittadella 2013, pp. 76-85.

NISHIMURA 2002= Y. NISHIMURA, *A Trial GPR Survey for Detecting Post Hole Buildings: Target Identification in Low Contrasted Soil Structures*, in *"Recent Work in Archaeological Geophysics"* 12, Geological Society and English Heritage, London 2002.

PALTINERI 2021= S. PALTINERI, *Relazione scientifica della campagna di scavi e ricerche 2021 a San Basilio di Ariano nel Polesine (RO)*, relazione inedita, Padova 2021.

PALTINERI 2020= S. PALTINERI, *Indagini archeologiche a San Basilio di Ariano nel Polesine (RO). Relazione scientifica della campagna di ricerche e di scavo 2019*, relazione inedita, Padova 2019.

PALTINERI-ROBINO 2016= S. PALTINERI, M.T.A. ROBINO, *Le ultime fasi del sito di San Cassiano di Crespino e le trasformazioni nell'entroterra di Adria*, in *Il mondo etrusco e il mondo italico di ambito settentrionale prima dell'impatto con Roma (IV-II sec. a.C.)*, atti del convegno (Bologna, 28 febbraio – 1 marzo 2013), a cura di E. GOVI, Roma 2016, pp. 275-301.

PALTINERI et alii 2018= S. PALTINERI, M.T.A. ROBINO, E. SMOQUINA, *Il complesso di San Cassiano di Crespino (RO): aspetti culturali e rapporti con il territorio*, in *Annali della fondazione per il museo "Claudio Faina"*, XXV, 2018, pp. 707-749.

PEPE 2014= M. PEPE, *I materiali archeologici della villa/mansio di San Basilio di Ariano Polesine*, in AA. VV., *Dalla catalogazione alla promozione dei beni archeologici: i progetti europei come occasione di valorizzazione del patrimonio culturale veneto*, Venezia, 2014, 309-318.

PERETTO-BEDETTI 2013= R. PERETTO, S. BEDETTI, *Trasparenze di paesaggi. Atlante aerofotografico del Polesine*, Tipografia Arte Stampa, Padova 2013.

PERETTO et alii 2002= R. PERETTO, M.C. VALLICELLI, F. WIEL-MARIN, *L'entroterra di Adria: conoscenze archeologiche e paleoambientali*, in *Padusa*, XXXVIII, 2002, pp. 91-114.

PERETTO 2001= R. PERETTO, ... *come il Nilo dove è chiamato Delta*, in *Terre emerse. Storia e ambiente tra due fiumi*, a cura di R. PERETTO et alii, Rovigo 2001.

PERETTO 1999= R. PERETTO, *Vie fluviali nell'antica area settentrionale del Delta padano*, in *Protostoria e storia del Venetorum angulus*, atti del XX Convegno di studi etruschi ed italici (Portogruaro-Quarto d'Altino-Este-Adria, 16-19 ottobre 1996), a cura di O. PAOLETTI, Pisa 1999, pp. 615-626.

PERETTO 1990= R. PERETTO, *Quando il Po diramava a nord. L'antica idrografia padana*, in *Padus. La lunga storia del Po*, a cura di C. MUNARI, Piazzola sul Brenta 1990, pp. 10-12.

PERETTO 1986= R. PERETTO, *Ambiente e strutture antropiche nell'antico Polesine*, in *L'Antico Polesine: testimonianze archeologiche e paleoambientali*, catalogo delle esposizioni di Adria e Rovigo (Febbraio-Novembre 1986), a cura di M. DE MIN, R. PERETTO, Adria 1986, pp. 21-100.

PERONI 1994= R. PERONI, *Introduzione alla protostoria italiana*, Bari 1994.

PIOVAN *et alii* 2012= S. PIOVAN, P. MOZZI, M. ZECCHIN, *The interplay between adjacent Adige and Po alluvial system and deltas in the late Holocene in Geomorphologie: relief, processus, environment*, 2012, pp. 427-440 (<https://doi.org/10.4000/geomorphologie.10034>).

PIRO 2009= S. PIRO, *Introduction to geophysics for archaeology*, in CAMPANA-PIRO 2009, pp. 27-66.

RONDINA 1981= A. RONDINA, *Appunti di storia adriese*, Rovigo 1981.

SALA *et alii* 2012 = R. SALA, E. GARCIA, R. TAMBA, *Archaeological Geophysics. From basics to new perspectives in Archaeology, new approaches in theory and techniques*, DR. IMMA OLLICH-CASTANYER, InTech, 2012, pp. 133–166.

SACCHETTI 2011= F. SACCHETTI, *Le anfore commerciali greche della fascia costiera e della chora di Adria*, in *Padusa*, XLVII, 2011, pp. 97-149.

SALZANI-VITALI 2002=L. SALZANI, D. VITALI, *Gli scavi archeologici nel podere Forzello a San Basilio di Ariano nel Polesine*, in *Padusa*, XXXVIII, 2002, pp. 115-138.

SALZANI-VITALI 1991= L. SALZANI, D. VITALI, *San Basilio (Comune di Ariano Polesine)*, in *Studi Etruschi*, LVII, 1991, pp. 415-419.

SALZANI-VITALI 1988= L. SALZANI, D. VITALI, *L'abitato arcaico di San Basilio di Ariano Polesine*, in *Quaderni di Archeologia del Veneto*, IV, 1988, pp. 37-40.

SASSATELLI 2008= G. SASSATELLI, *Gli Etruschi nella valle del Po. Riflessioni, problemi e prospettive di ricerca*, in *Annali della fondazione per il museo "Claudio Faina"*, XV, 2008, pp. 71-114.

SCHMIDT 2009= A. SCHMIDT, *Electrical and magnetic methods in archaeological prospection*, in CAMPANA-PIRO 2009, pp. 67-82.

SCHMIDT 2001= A. SCHMIDT, *Geophysical Data in Archaeology: a Guide to Good Practice*, Oxford 2001.

TABBAGH 2009= A. TABBAGH, *Electromagnetic methods (low frequency)* in CAMPANA, PIRO 2009, pp. 217-229.

TAMBURRINO 2015= E. TAMBURRINO, *Il Sistema idraulico di Veleia: nuove considerazioni*, tesi di laurea magistrale, Università degli Studi di Padova, a.a. 2013/2014.

TONIOLO 1987= A. TONIOLO, *L'insediamento di S. Basilio di Ariano Polesine*, in *Il Veneto nell'età romana. Note di urbanistica e di archeologia del territorio*, vol. II, a cura di G. CAVALIERI MANASSE, Verona 1987, pp. 301-308.

TSOKAS 2009= G.N. TSOKAS, P.I. TSOURLOS, N. PAPADOPOULOS, *Electrical resistivity tomography: A flexible technique in solving problems of archaeological research*, in CAMPANA-PIRO 2009, pp. 83-104.

VEGGIANI 1976= A. VEGGIANI, *Le variazioni della linea di costa del ravennate dall'età preromana al medioevo*, in *XXIII corso di cultura sull'arte ravennate e bizantina* (Ravenna, 28 marzo-10 aprile 1976), Ravenna 1976, pp. 331-344.

VEGGIANI 1974= A. VEGGIANI, *Le variazioni idrografiche del basso corso del fiume Po negli ultimi 3000 anni*, in *Padusa*, X, n. 1/2, 1974, pp. 39-62.

VEGGIANI 1972= A. VEGGIANI, *Il ramo del Po di Adria nella tarda Età del Bronzo*, in *Padusa*, VIII, n. 3/4, 1972, pp. 123-136.

WALACH *et alii* 2011= G. WALACH, R. SCHOLGER, B. CECH, *Geomagnetic and Geoelectric Prospection on a Roman Iron Production Facility in Hüttenberg, Austria (Ferrum Noricum)* in *Archaeological Prospection* 18, Wiley Online Library, 2011, pp. 149-158, (wileyonlinelibrary.com).

WITTEN 2006 = A. J. WITTEN, *Handbook of Geophysics in Archaeology*, Sheffield 2006.

ZERBINATI 1990= E. ZERBINATI, *Septem Maria. L'ambiente nella descrizione degli antichi*, in *Padus. La lunga storia del Delta*, a cura di C. MUNARI, Piazzola sul Brenta 1990, pp. 18-24.