

5 - DICEMBRE - 2022

TRIGEO snc

di Andrea Nencetti e Benedetto
Burchini
Via Mazzini, 18
52011 Soci (AR)
P.IVA 02024110518
info@trigeo.it

RELAZIONE TECNICA

**“RELAZIONE STORIOGRAFICA ED INDAGINI GEOFISICHE
DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE,
MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR
STREAM C CON SISTEMA MULTI ARRAY DA 600 MHz,
PRESSO UN'AREA DOVE È PREVISTA LA COSTRUZIONE
DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA
ELETTRICA.”**

FIRENZE

Via Nino Bixio, 9
50131 Firenze
firenze@trigeo.it
T/F 055 400619
M 328 7213928

AREZZO

Via Petrarca, 33
52100 Arezzo
arezzo@trigeo.it
T/F 0575 294500
M 339 2288117

VIA PILADE DEL BUONO - PORTOFERRAIO (LI)

COMMITTENTE:



CERTIFICATO
ISO N°14PA00028P06

ADDETTO ALLE PROVE
NON DISTRUTTIVE E
SEMIDISTRUTTIVE
NEL SETTORE CIVILE

TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax: 0575 294500 - 055 9062212
Cell: 339 2288117 - 328 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it



WWW.TRIGEO.IT

INDICE

INTRODUZIONE	3
1.0 CENNI NORMATIVI	5
2.0 ANALISI STORICA	6
2.1 QUADRO GENERALE	6
2.2 ISOLA D'ELBA	8
3.0 ANALISI DOCUMENTALE SU INTERVENTI ANTROPICI	19
4.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI DELLE INDAGINI STRUMENTALI	20
<i>TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D</i>	21
5.0 METODOLOGIA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	21
6.0 ARRAY DI TIPO DIPOLO-DIPOLO	24
7.0 MISURE D POLARIZZAZIONE INDOTTA (I.P.)	25
8.0 "PROCESSING" DEI DATI 3D	27
9.0 ANALISI DEI RISULTATI - TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D	30
<i>INDAGINI GEORADAR STREAM C</i>	37
10.0 SCHEMA OPERATIVO E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	37
11.0 METODOLOGIA GEORADAR – CENNI TEORICI	39
12.0 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI	40
13.0 CONSIDERAZIONI GENERALI – INTERPRETAZIONE SEZIONI	42
14.0 RISULTATI DELLE INDAGINI GEORADAR	43
15.0 VALUTAZIONE DEL GRADO DI RISCHIO RESIDUALE	46
16.0 CONCLUSIONI	47
ALLEGATI	48

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sull' analisi storiografica e sui risultati delle indagini geofisiche eseguite nel mese di **NOVEMBRE 2022** a supporto della valutazione di rischio bellico residuo all'interno di un'area ubicata presso **VIA PILADE DEL BUONO - PORTOFERRAIO (LI)** (**Fig.1**), dove è prevista la realizzazione di cabine per la fornitura di energia elettrica.



Figura 1: Area d'intervento – Via Pilade del Buono – Portoferraio (LI).

Dopo aver redatto un'analisi storica per la VRB ed aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche convenute con il tecnico incaricato, condotte nella medesima porzione di area, al fine di verificare la presenza di eventuali anomalie associate ad elementi ferromagnetici “sensibili” interrati.

“RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN'AREA DOVE E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA.”

Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)

L'indagine geoelettrica, effettuata mediante tomografia elettrica 3D, uno dei più attuali ed innovativi sviluppi del tradizionale metodo elettrico in corrente continua, ha permesso di indagare l'intero volume di terreno sottostante l'area prevista per l'installazione della cabina elettrica, attraverso misure contestuali di resistività e polarizzazione indotta (I.P.), che in condizioni di alta conduttività ed alti valori di I.P., potrebbero essere riconducibili a materiali ferromagnetici sensibili sepolti.

Successivamente, al fine di acquisire informazioni sulla presenza di anomalie più superficiali quali discontinuità, disomogeneità, sottoservizi ed opere annesse, è stato programmato un rilievo Georadar di dettaglio attraverso il sistema multiarray Stream C da 600 Mhz.

Di seguito viene riportata l'analisi storica, lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

1.0 CENNI NORMATIVI

La presente relazione si pone come obbiettivo una corretta valutazione preliminare del rischio bellico residuale specifica all'area di progetto, proponendo un eventuale fase di messa in sicurezza come previsto dalla normativa vigente. A tal proposito è utile riportare un breve richiamo ai vincoli normativi.

Il Testo Unico Sicurezza (**D. Lgs 81/2008**) prevede in sede di progettazione che il progettista incaricato dall'ente committente, esegua la valutazione di tutti i rischi residuali del sito di progetto. L'obbligo legislativo associato ad una responsabilità diretta vige a carico dell'ente proprietario o concessionario di un'area di pubblico godimento e consiste nella corretta valutazione del rischio bellico residuale. La scelta progettuale finale sulla tipologia di attività o procedure da attuare, spetta alle figure responsabili preposte in nome e per conto dell'ente proprietario o concessionario delle aree in oggetto.

Il **1° ottobre 2012** è stato convertito in legge il disegno approvato dalle camere relativo alle "modifiche ed integrazioni del **D. Lgs 81/2008** in materia di ordigni residuali bellici" rinvenibili in territorio nazionale.

Le modifiche apportate riguardano alcuni punti:

- Obbligo diretto a carico del Coordinamento per la Sicurezza in fase di Progettazione (C.S.P) di eseguire la valutazione preliminare del rischio bellico residuo di una determinata area progettuale;
- Facoltà di previsione del C.S.P della bonifica bellica;
- Definizione univoca del Ministero della Difesa di direttive tecniche per la messa in sicurezza dell'area;
- Predisposizione da parte del Ministero della Difesa di un nuovo sistema di qualificazione per imprese specializzate nella bonifica bellica.

Nel merito della bonifica bellica si afferma che già una preliminare analisi storiografica, da cui possa escludersi che il sito oggetto ai lavori sia stato interessato da eventi bellici, rappresenta di per sé motivo valido di deresponsabilizzazione del committente. Al contrario l'Autorità precisa che non altrettanto può dirsi per quei territori che sono stati interessati da azioni militari terrestri o aeree, pe i quali in assenza di efficaci interventi di antropizzazione, non poteva escludersi la presenza di ordigni inesplosi.

2.0 ANALISI STORICA

L'analisi storica si pone come obiettivi quelli di ricercare informazioni e documenti su bombardamenti aerei strategici (produzione bellica/sistema trasporti), bombardamenti aereo-tattici (supporto fuoco ravvicinato), combattimenti aerei, campi minati a ridosso di posizioni difensive o vie di facilitazione, depositi occultati di munizioni ed esplosivi e aree di smaltimento veloce di munizionamento (corpi d'acqua).

2.1 QUADRO GENERALE

L'operazione Diadem si concluse con il successo alleato e la liberazione di Roma il 4 giugno 1944, ma non raggiunse risultati decisivi dal punto di vista strategico, i tedeschi persero circa 10.000 uomini ed ebbero 20.000 prigionieri ma anche le forze di Alexander subirono perdite elevate (18.000 americani, 14.000 britannici e 10.000 francesi), senza riuscire a distruggere le due armate del feldmaresciallo Kesselring che ripiegarono con ordine a nord di Roma rimanendo coese. Inoltre, a causa delle scelte strategiche fondamentali della dirigenza politico-militare alleata, Alexander dovette rinunciare ai suoi piani per sfruttare la vittoria con un'ambiziosa marcia verso l'Italia nord-orientale e l'Austria: i capi americani si opposero a questo progetto e imposero l'esecuzione entro il 15 agosto 1944 della già programmata operazione Anvil che prevedeva uno sbarco in Francia meridionale con truppe che sarebbero state sottratte a Clark. I generali Truscott e Juin lasciarono il fronte italiano e tre divisioni americane e quattro francesi vennero ritirate per preparare lo sbarco in Provenza; Alexander dovette rinunciare anche a buona parte delle forze aeree di appoggio tattico.

Il generale britannico poté quindi riprendere l'avanzata a nord di Roma fin dal 5 giugno 1944, ma le sue forze si indebolirono progressivamente a causa della partenza delle divisioni franco-americane; inoltre l'offensiva alleata venne condotta con insufficiente determinazione e diede modo all'alto comando tedesco di riorganizzare le sue forze con l'afflusso di quattro nuove divisioni prevenienti da altri fronti. Kesselring riuscì ancora una volta a controllare la situazione ed evitare una disfatta irreversibile, conducendo con notevole abilità la ritirata combattuta delle sue truppe attraverso l'Italia centrale grazie

all'elevato spirito combattivo dei suoi soldati e ad alcuni errori alleati: in particolare nelle sue memorie il feldmaresciallo ha evidenziato come gli anglo-statunitensi non impegnarono a fondo l'aviazione, non effettuarono sbarchi per aggirare le sue forze e non coordinarono l'avanzata con le attività dei partigiani italiani nelle retrovie del fronte tedesco. Kesselring ripiegò con ordine prima verso il lago di Bolsena e poi sulla nuova linea del lago Trasimeno, la cosiddetta linea Albert; il feldmaresciallo riuscì a convincere Hitler a rinunciare a una resistenza a oltranza per evitare nuove perdite e a continuare una difesa elastica per guadagnare tempo.

Mentre Kesselring conduceva le battaglie di retroguardia sulla linea del Trasimeno contemporaneamente controllava lo sviluppo dei lavori di costruzione e rafforzamento della Linea Gotica, la nuova linea difensiva principale sulla quale intendeva bloccare prima dell'inverno l'avanzata alleata. Il comandante tedesco riteneva di aver bisogno di ulteriore tempo per completare le opere difensive, e decise quindi di cercare di frenare gli Alleati sulla linea Albert. La 29. Panzergrenadier-Division difese Orvieto, mentre più a est gli Alleati dell'8° Armata raggiunsero Spoleto e Perugia solo dopo tre settimane; la 5° Armata, che marciava verso Livorno, Pisa e Lucca, venne rallentata temporaneamente sul fiume Ombrone e i polacchi furono bloccati sul fiume Chienti. Dopo il superamento della linea Albert le truppe tedesche opposero ancora resistenza a Siena, che venne liberata dai francesi di Juin poco prima che fossero ritirati dal fronte, e ad Arezzo; entro il 15 luglio si stabilirono su un'ampia testa di ponte a sud dell'Arno che comprendeva Pisa e Firenze.

La provincia di Livorno e tutto il territorio limitrofo si trovarono proprio al centro delle linee difensive Tedesche dislocate sul fiume Cecina e sulle alture di Rosignano che avevano il compito di fermare o rallentare il più possibile l'avanzata degli Alleati angloamericani verso nord ed il porto di Livorno.

2.2 ISOLA D'ELBA

Ricordiamo nei fatti essenziali quel che accadde dopo l'armistizio dell'8 Settembre 1943.

La strenua difesa dagli attacchi proditori dei mezzi anfibi tedeschi sulle coste dell'Elba, susseguenti l'armistizio, non lasciavano dubbi su quello che sarebbe successo nell'incontro del giorno 15 successivo a quella data, fra il Comando dell'Elba e quello Germanico, che aveva più volte intimato l'ultimatum alla città e dell'isola con lanci di migliaia di volantini da parte d'improvvisi raid aerei a bassa quota.

L'incontro, per parlamentare, non avvenne né a Portoferraio, né a largo dello Scoglietto, come si è sempre supposto, ma nei pressi dell'isolotto di Palmaiola, in acque considerate "neutrali".

Il comandante delle truppe dell'Elba Generale Achille Gilardi respinse, insieme ad un ristretto gruppo di ufficiali subalterni, quelle che lui ritenne infamanti e disonorevoli richieste del Comando germanico, sottovalutando a nostro giudizio, con superficialità, e tradito dall'orgoglio personale, le conseguenze a cui sarebbero potuti andare incontro i suoi soldati e soprattutto tutta la popolazione.

Oltre a questo comportamento, come abbiamo detto e ripetuto più volte, la causa che aggravò ulteriormente quel che accadde di lì a poche ore fu l'assurda decisione di tenere segreto l'ultimatum tedesco, cioè la minaccia di bombardare la città.

Il mattino del 16 settembre 1943: *"L'orologio sulla Porta a mare di Portoferraio segnava le 11,15 quando Giuseppe Leonelli, marinaio dell'Elbano Gasperi, raggiungeva il porticciolo di San Giovanni. Era partito a piedi da Marina di Campo che albeggiava. Era arrivato al moletto ed aveva trovato ad attenderlo il collega Galliano Donnini. Ricorda Leonelli: "Salimmo a bordo della lancia e Galliano si mise ai remi indirizzando la prua verso il Gasperi". Improvvisamente si fermò. Mi sembra di udire un rumore" – disse.*



Con una certa apprensione rimanemmo all'ascolto. La lancia continuava a scivolare lentamente. Portato dal vento il rumore andava e veniva. Fummo scossi dal volo di alcuni gabbiani che si sollevarono battendo violentemente le ali. Ci guardammo in silenzio. Poi, Galliano disse: "Mi sembra una formazione...". Il rumore stava diventando un rombo. Ci voltammo e guardammo verso le colline in direzione di Capoliveri. Rimanemmo ancora immobili, per un istante. Improvvisamente fummo investiti da un fragore assordante e vedemmo apparire sulle Grotte, a bassa quota e in formazione compatta, alcuni aerei. "Sono stukas! – gridò Galliano. Ci buttammo bocconi sul "carabottino", in tempo per udire la prima esplosione. Rimanemmo incollati a quel legno, poi Galliano sollevò lo sguardo verso le navi: il Gasperi e lo Sgarallino, ormeggiati nella piccola baia, non correvano apparentemente alcun pericolo".

In quella circostanza le navi gemelle non erano fra gli obbiettivi dei sette Junkers Ju 87, tedeschi, che al contrario scaricarono le loro potenti bombe da 500 kg sul Comando Marina, i palazzi e le case del centro storico e la chiesa del S.S Sacramento. L'ora e l'area ristretta dell'attacco violento aveva il chiaro scopo di distruggere, uccidere, e terrorizzare la popolazione, a significare: o vi arrendete subito o vi sterminiamo.

Il raid fu disastroso. Il centro storico letteralmente squarciato dai potenti ordigni. Le vittime sparse ovunque, dopo i mitragliamenti degli Stuka in Piazza Cavour, via Guerrazzi ecc. I feriti furono più del doppio dei morti. La difesa dell'isola su cui il Comando Divisione Costiera del Generale A. Gilardi si rivelò inesistente. La sentinella avanzata dell'impero, come l'aveva

ribattezzata con una delle sue celebri frasi Mussolini, era lacerata e aveva ricevuto la dura lezione.

La resa dell'isola arrivò in quelle stesse ore. I portoferraiesi lasciarono immediatamente la città per le campagne limitrofe; e il giorno dopo venerdì 17 (non a caso) un battaglione della II° divisione paracadutisti aviotrasportato da una squadriglia di Junkers Ju 52 proveniente dall'aeroporto di Roma Ciampino venne paracadutato sulla costa ovest nella campagna di Portoferraio tra la piana San Giovanni e le Saline. Il comando tedesco prese possesso di Portoferraio e del resto dell'Elba. Iniziava così il periodo dell'occupazione che sarebbe durato fino al giugno del 1944.

Il bombardamento di San Giuseppe. Fu eseguito da 36 apparecchi bombardieri alleati, seguiti da 8 caccia. Le zone colpite furono il Porto la Calata, Porta a Terra, il palazzo dell'APE, il Cinema Moderno, le prime di palazzine di Via Ninci, lo scalo di alaggio, il garage del Lorenzi, San Rocco, il quartiere degli Altesi nuovi, gli Altiforni e per finire il cimitero dei Bianchi. Quel giorno le vittime furono 56, con 60 feriti. Una delle pagine di storia più tristi per l'Elba.



“RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN'AREA DOVE E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA.”

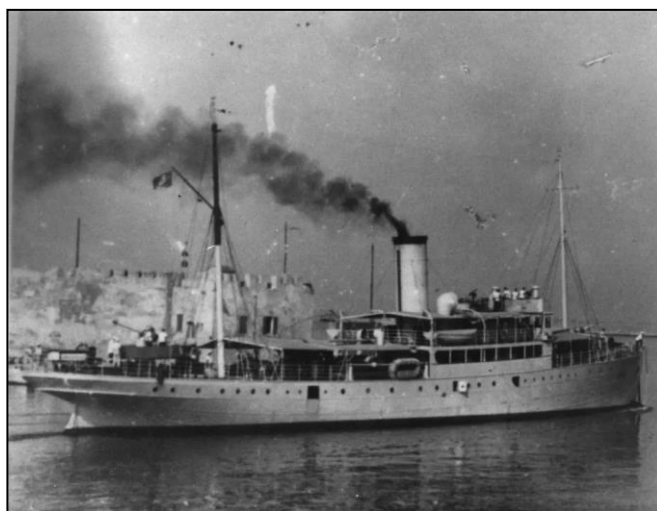
Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)

TRAGEDIA DEL PIROSCAFO ANDREA SGARALLINO

Dopo il rovinoso bombardamento aereo tedesco che causò la distruzione dello stabilimento siderurgico dell'Ilva', delle installazioni portuali e anche di una considerevole parte del centro storico. Il 20 settembre lo Sgarallino fu nuovamente adibito al trasporto passeggeri senza però che gli venisse tolta la livrea militare. Con l'occupazione militare tedesca dell'Isola d'Elba (18 settembre 1943), alla nave venne fatta battere la bandiera nazista, e questo fatto, assieme al suo aspetto di nave da guerra, contribuì alla tragedia di due giorni dopo.

La mattina del 22 Settembre lo Sgarallino stava compiendo la sua terza traversata proveniente da Piombino: era carico di militari italiani smobilitati che tornavano a casa e di civili residenti che erano stati a Piombino a cercare di rifornirsi di vettovaglie. Alle ore 9,30 il piroscafo si trovava ormai in prossimità del porto di Portoferraio e attaccò a costeggiare di fronte alle località di Nisporto e Nisportino. Nelle acque circostanti stava incrociando il sommergibile britannico HMS Uproar al comando del capitano Herrik. Vedendo la nave con livrea militare e battente bandiera tedesca, il capitano del sommergibile non ebbe dubbi e ordinò il siluramento immediato. Alle 9.49 due siluri esplosero spezzando il piroscafo in due tronconi e causandone l'affondamento immediato. Perirono circa trecento persone (forse trecentotrenta) a poche centinaia di metri dall'attracco.

È stato ripetutamente affermato in seguito che quel giorno praticamente ogni famiglia elbana ebbe almeno un morto a bordo dello Sgarallino. I passeggeri sopravvissuti furono solamente quattro.



“RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN'AREA DOVE E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA.”

Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)

OPERAZIONE BRASSARD

Il 12 Giugno 1944 il comandante in capo tedesco in Italia, feldmaresciallo Albert Kesserling, ricevette l'ordine secondo cui «l'Elba doveva essere difesa fino all'ultimo uomo e l'ultima cartuccia». Il 14 giugno rinforzi tedeschi furono trasportati all'Elba da Pianosa, una mossa che sfuggì ai servizi d'informazione degli Alleati i quali ritennero che i movimenti navali nemici tra le isole e la terraferma fossero in realtà il prologo di una evacuazione.

Responsabile navale dell'operazione Brassard fu designato il viceammiraglio della Royal Navy Thomas Hope Troubridge, la cui "Force N" avrebbe appoggiato lo sbarco della divisione francese designata per l'assalto anfibio, ovvero la 9ª divisione delle fanterie coloniale comprendente il 4º e 13º Reggimento dei Tirailleurs senegalais, un battaglione di comando francese, un battaglione di goumier marocchini e 200 muli per i servizi logistici; a causa dei bassi fondali, non potevano essere impiegate grosse unità navali da guerra o da trasporto, e l'unico supporto di fuoco navale sarebbe arrivato da alcuni mezzi da sbarco equipaggiati con lanciarazzi e dalle cannoniere classe HMS. Le forze navali furono divise in tre gruppi:

- Il Group 1 comprendeva alcune motosiluranti britanniche (Motor Torpedo Boat) e statunitensi (PT Boat), le quali avrebbero condotto un'azione diversiva e sbarcato i commando francesi sul lato nord dell'isola, dove avrebbero neutralizzato le batterie d'artiglieria qui appostate;
- Il Group 2 doveva comprendere cinque Landing Craft Infantry (LCI) e otto motolance ciascuna delle quali rimorchiava un Landing Craft Assault (LCA) carichi di truppe; il loro obiettivo erano quattro spiagge situate lungo la costa meridionale dell'isola;
- Il Group 3 comprendeva il nucleo centrale della forza, con quattro (LST) e tre motolance che rimorchiavano altrettanti Landin Craft Support; questo contingente avrebbe sbarcato le truppe su due spiagge denominate Kodak Amber e Kodak Green alle 04:00, per poi essere seguiti alle 04:30 da un secondo contingente a bordo di 28 LCI e, dopo l'alba, da una terza forza su 40 LCT con a bordo l'equipaggiamento pesante.

Nella riunione tenuta immediatamente prima degli sbarchi, Troubridge disse di aspettarsi che le postazioni di artiglieria costiera dei tedeschi sarebbero state neutralizzate dagli attacchi aerei e dei commando, e che inoltre la guarnigione dell'isola si componeva di

soli 800 uomini in maggioranza appartenenti a etnie non tedesche, e che quindi non avrebbero offerto molta resistenza.

L'azione degli Alleati fu in parte agevolata dalla collaborazione informativa di alcuni partigiani elbani come Dino Barsalini di Sant'Andrea e Riccardo Spinetti di San Piero.

Il 16 giugno, giorno prima dell'invasione, aerei da ricognizione tedeschi avvistarono due dei gruppi da sbarco in navigazione nel mar tirreno, ma li scambiaron per normali convogli alleati in servizio sulla rotta Napoli - Bastia; per mantenere la sorpresa, gli Alleati non lanciarono alcun attacco aereo preventivo fino alla notte tra il 16 e il 17 giugno, quando 26 Vickers Wellington bombardarono Portoferraio e Porto Longon. Partite dalla Corsica alle 23.20 del 16 giugno, le prime imbarcazioni delle 270 unità della flotta d'invasione arrivarono al largo delle coste dell'Elba alla mezzanotte del 17 giugno, quando le unità del Group 1 sbarcarono 87 uomini del Bataillon de Choc francese su dei gommoni 800 metri al largo del promontorio dell'Enfola; le motosiluranti iniziarono quindi a stendere una cortina fumogena che doveva servire a distrarre i difensori tedeschi. Alle 03:15, altre tre imbarcazioni iniziarono a stendere una cortina fumogena a nord di Portoferraio; mentre le batterie tedesche aprivano il fuoco su una PT Boat intenta a ritirarsi, quattro altre motosiluranti diressero sulla rada di Portoferraio per simulare uno sbarco di truppe nel porto, lanciando salve di razzi e gettando fuori bordo dei pupazzi in modo da dare l'impressione che dei soldati stessero guadagnando la riva nell'acqua alta.

L'attacco francese contro le difese di Marina di Campo iniziò con il lancio simultaneo di centinaia di razzi sparati da bordo delle navi. Tuttavia le batterie costiere italo tedesche e particolarmente quelle del G.M. Cavallo di Monte Paglicce e San Piero in Campo, reagirono con efficacia e precisione colpendo subito due mezzi da sbarco LCA e incendiandone altri due. La prima ondata venne accolta dal tiro di armi automatiche e mortai che bloccarono sulla spiaggia i senegalesi trovatisi subito in gravi difficoltà.



La zona prescelta, come altre dell'isola che si prestavano a sbarchi, era stata da mesi organizzata a difesa con campi minati, reticolati, postazioni per armi automatiche, ricoveri: un buon lavoro compiuto da un battaglione lavoratori che aveva in precedenza fortificato l'Elba. L'11e RTS, sbarcato fra Punta di Mete e Punta di Nercio, venne ben presto a trovarsi in una drammatica situazione, bloccato in avanti dalle difese e colpito alle spalle dalle artiglierie piazzate a Galenzana, Monte Tambone e Lentisco. Fu necessario sbarcare i commandos del Bataillon de choc a Cala del Fico per alleggerire la pressione esercitata fra Capo di Poro e Capo di Fonza, zona questa interessata alle operazioni da sbarco.

La nuova zona prescelta per i commandos era situata nel golfo di Lacona, che minacciava pericolosamente alle spalle il presidio e le batterie di Monte Tambone. Lungo la costa meridionale dell'isola, la forza principale stava approcciando le spiagge dello sbarco quando, alle 03:38, un razzo di segnalazione fu sparato dalla riva e le truppe tedesche aprirono il fuoco sulle imbarcazioni. I Royal Naval Commandos delle unità Able 1 e Oboe 3, con il commando Able 2 in riserva, presero terra alle 03:50 e diressero alla volta del loro obiettivo,

la nave contraerea tedesca Köln che, attraccata davanti Marina di Campo, teneva sotto tiro entrambe le spiagge dello sbarco con il suo potente armamento e la cui neutralizzazione era quindi un obiettivo vitale per la riuscita dell'operazione; il commando Able 1 diresse per catturare la nave mentre il commando Oboe 3 doveva prendere il molo e respingere qualunque contrattacco tedesco. Una volta entrate nella rada di Marina di Campo le due imbarcazioni che trasportavano i commando si ritrovarono sotto un pesante fuoco tedesco e una di esse, colpita, finì con l'arenarsi; gli uomini riuscirono comunque a portarsi a riva e a portare a termine la cattura della Köln rapidamente, ma dovettero fermarsi ad aspettare i rinforzi francesi prima di poter mettere in sicurezza l'abitato di Marina di Campo.

Gli LCVP Higgins boat con a bordo i reparti francesi sbarcarono all'orario previsto, ma si ritrovarono sotto un pesante fuoco di mitragliatrici e di cannoni 8,8 Flak tedeschi; per le 07:00 i difensori tedeschi appostati sulle colline dietro la spiaggia Kodak Amber avevano forzato le truppe da sbarco a ritirarsi protette da una cortina fumogena[10], mentre l'intenso fuoco difensivo spingeva le ondate successive a dirigere sulla spiaggia Kodak Green ingorgando la ridotta testa di ponte. Ritardi vari e il fuoco tedesco non consentirono di completare le operazioni di sbarco fino alle 14:00.

Ignari della situazione sulle altre spiagge dello sbarco, i Royal Naval Commandos a Marina di Campo dovettero attendere diverse ore prima che le unità francesi arrivassero per ricongiungersi a essi e mettere in sicurezza tutta l'area, e fu in questo frangente che i britannici soffrirono il grosso delle perdite: i commando si ritrovarono sotto un continuo fuoco d'artiglieria e di armi leggere il quale si crede causò l'esplosione di due cariche da demolizione piazzate lungo il molo, la cui detonazione aprì un buco di 9 metri nel cemento e uccise quasi tutti i commando e i loro prigionieri; l'esplosione appiccò il fuoco alla Köln, e fece saltare le riserve di munizioni stivate a bordo.

A due ore dallo sbarco, i commando francesi avevano raggiunto la cresta del Tambone, una cima dell'Elba da cui si dominavano le spiagge dello sbarco liberando in tal modo i senegalesi dalla critica situazione e permettendo una più rapida avanzata rispettivamente del 2° e 1° Groupestactiques sino alla strada provinciale Marina di Campo-Lacona.

Il generale Gall ritirava dalla zona ovest il grosso delle forze qui dislocate, trasferendole nella parte centrale dell'isola, a ridosso del capoluogo, per tentare di fronteggiare la

minaccia che si dimostrava sempre più concreta nel settore centrale, aggravata dalla presenza di una formazione navale apparsa davanti al capoluogo dell'isola come deterrente psicologico, ma bersagliata dal tiro delle batterie costiere di Monte Strega comandate dal S.T.V. Leoncini della Marina da Guerra Repubblicana.

I primi reparti francesi entrarono a Portoferraio già il 18 giugno, e l'isola fu messa in sicurezza entro il giorno seguente; i combattimenti sulle colline tra tedeschi e senegalesi si svolsero a distanza ravvicinata, e gli Alleati fecero largo uso di lanciafiamme per avere ragione dei nemici trincerati.

Il 19 giugno il comandante tedesco, generale Franz Gall, ottenne il permesso dal comando supremo di evacuare quanto rimaneva delle sue truppe; entro il pomeriggio del 20 giugno, circa 400 tedeschi riuscirono quindi a lasciare l'isola e raggiungere la terraferma.

La notte del 30 giugno 1944 due Mas tentarono di affondare le navi al porto della Darsena ma intervennero le P.T. US americane che colpirono il Mas 562 provocando perdite tra l'equipaggio mentre il Mas 531 riuscì a sfuggire alla manovra statunitense e a rientrare a Livorno. Il Mas 531 venne catturato assieme al capitano C. Biffignardi.

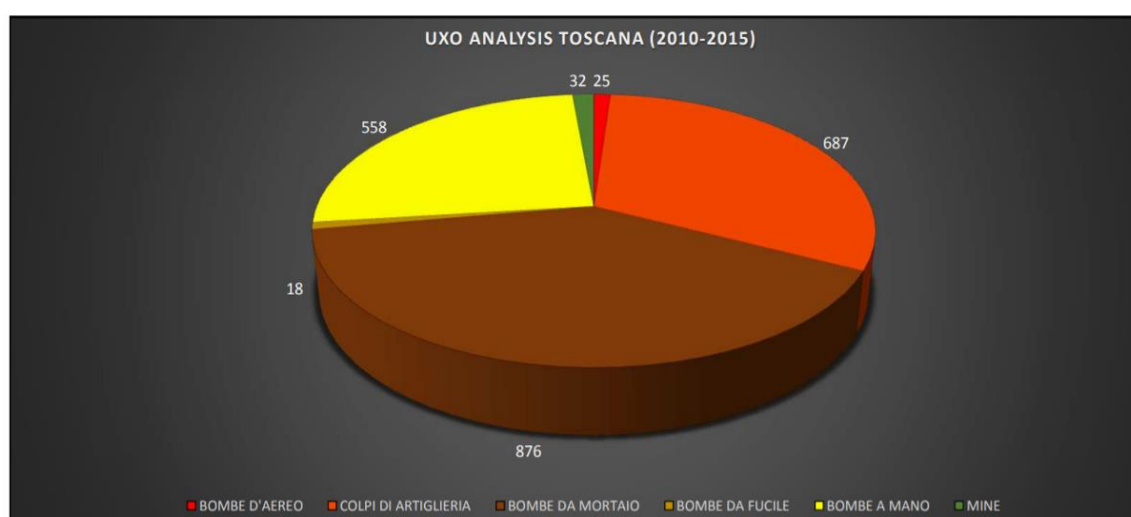


Concludendo, durante la Seconda Guerra Mondiale il territorio dell'isola d'Elba e Portoferraio in particolare, pagò un notevole prezzo a livello di vite umane e distruzioni; fu teatro di bombardamenti aerei e teatro di cruenti scontri tra truppe alleate e tedesche con numerose azioni di sabotaggio da parte delle formazioni partigiane e successive rappresaglie dei nazisti.

Il passaggio della guerra anche nel territorio elbano ha lasciato molti strascichi, fra cui quello degli ordigni esplosivi inesplosi.

Nel territorio comunale e nei Comuni limitrofi sono stati rinvenuti, negli anni, numerosi ordigni esplosivi residuati bellici inesplosi che sono stati disattivati o fatti brillare dalle Autorità Militari.

TOSCANA - UXO ANALYSIS (2010 - 2015)							
	BOMBE D'AEREO						TOT (2010-2015)
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
GROSSETO	0	0	2	3	1	1	7
LIVORNO	0	0	0	4	0	0	4
LUCCA	0	0	0	0	0	0	0
MASSA CARRARA	0	0	0	1	1	2	4
PISA	0	0	0	0	0	2	2
PISTOIA	0	0	0	0	0	0	0
SIENA	0	0	2	0	0	0	2
AREZZO	0	0	0	0	1	0	1
FIRENZE	1	0	1	3	0	0	5
PRATO	0	0	0	0	0	0	0
TOTALE UXO	1	0	5	11	3	5	25



“RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN'AREA DOVE E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA.”

Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)

Prospetto riepilogativo del ritrovamento di ordigni residuali bellici inesplosi dal 2010 al 2015, Regione Toscana redatta dal Ministero della Difesa, Direzione dei lavori e del Demanio (uxo analysis) con grafico relativo.

LIVORNO	
TOT UXO 2010	55
TOT UXO 2011	0
TOT UXO 2012	22
TOT UXO 2013	87
TOT UXO 2014	18
TOT UXO 2015	22

Prospetto riepilogativo del ritrovamento di ordigni bellici residuali inesplosi della provincia della città di Livorno dal 2010 al 2015 (uxo analysis). Ministero della Difesa, Direzione dei lavori e del Demanio.



3.0 ANALISI DOCUMENTALE SU INTERVENTI ANTROPICI

Le aree interessate alla realizzazione della cabina elettrica risultano essere state interessate a modesti lavori superficiali di scavo per la sistemazione del terreno del campo sportivo e dell'adiacente parcheggio asfaltato possiamo quindi ritenere che la quota del piano di campagna originario 1940/45 sia più o meno la stessa dell'attuale.

Analizzando un'area più vasta ed entrando nello specifico relativo alla preventiva Bonifica da Ordigni esplosivi Residuati Bellici ci risultano essere state eseguite indagini preventive propedeutiche a lavori principali:

- Nuove urbanizzazioni e viabilità comunali.
- Manutenzione e sistemazione moli e banchine.
- Aree industriali ed artigianali comunali propedeutiche alla realizzazione.
- Nuovi capannoni area industriale e portuale.

4.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI DELLE INDAGINI STRUMENTALI

Nella **Tavola 01** è stato riportato un inquadramento generale corografico in scala 1:1000.

Nella **Tavola 02** è stato riportato un inquadramento di dettaglio corografico dell'indagine geoelettrica in scala 1:200 con l'ubicazione degli elettrodi.

Nelle **Tavole 03 e 04**, in scala 1:250, sono riportate le Mappe (slice) di resistività a diverse quote rispetto il piano campagna.

Nella **Tavola 05**, in scala 1:250, sono riportate le sezioni di resistività 2D di maggiore interesse, estrapolate dall'elaborazione 3D.

Nelle **Tavole 06 e 07**, in scala 1:250, sono riportate le Mappe (slice) di caricabilità (IP) a diverse quote rispetto il piano campagna.

Nella **Tavola 08**, in scala 1:250, sono riportate le sezioni di caricabilità 2D di maggiore interesse, estrapolate dall'elaborazione 3D.

Nella **Tavola 09**, in scala 1:250, sono riportate alcune visioni prospettiche di interesse delle misure di caricabilità e resistività.

Nella **Tavola 10**, in scala 1:1000, viene evidenziata l'intera area d'indagine con inserite le strisciate "swath" eseguite con il Georadar.

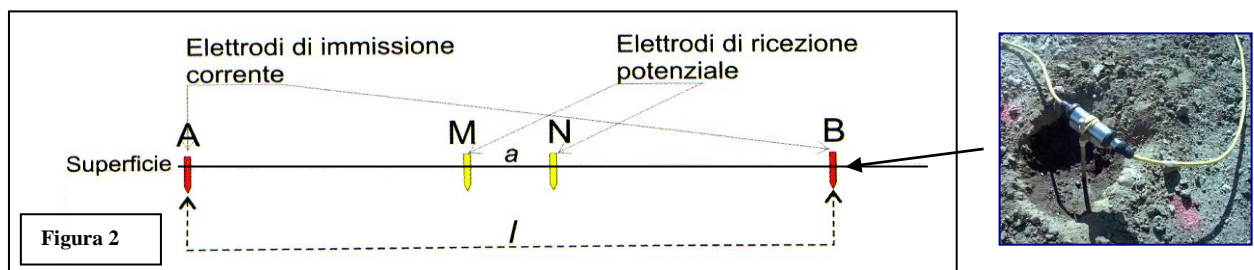
Nella **Tavola 11**, in scala 1:200, è stata riportata la planimetria interpretativa di dettaglio del rilievo georadar.

TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D

5.0 METODOLOGIA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

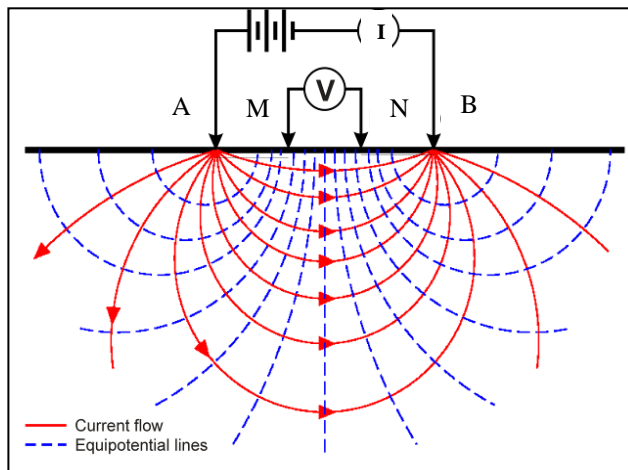
Il metodo geoelettrico nelle indagini geofisiche sfrutta le proprietà di rocce, sedimenti (terre) di condurre in modo diverso la corrente elettrica. Il parametro che viene misurato è la resistività elettrica che dipende dalla porosità, dalla permeabilità e dal contenuto ionico dei fluidi di ritenzione.

La tomografia elettrica rappresenta un'evoluzione recente dei sondaggi elettrici verticali (S.E.V.), ed è funzionale grazie ai notevoli progressi dell'elettronica digitale e della modellistica geofisica. A seconda della distanza reciproca tra gli elettrodi che immettono la corrente e gli altri che la misurano, si possono investigare profondità sempre maggiori di terreno. Vengono usati array diversi a seconda della problematica da indagare, in generale i più utilizzati sono: Schlumberger, Wenner, dipolo-dipolo. L'esecuzione di un profilo tomografico prevede l'installazione di una serie di picchetti metallici (elettrodi), che vengono utilizzati tanto come elettrodi di corrente che di potenziale (**Fig. 2**).

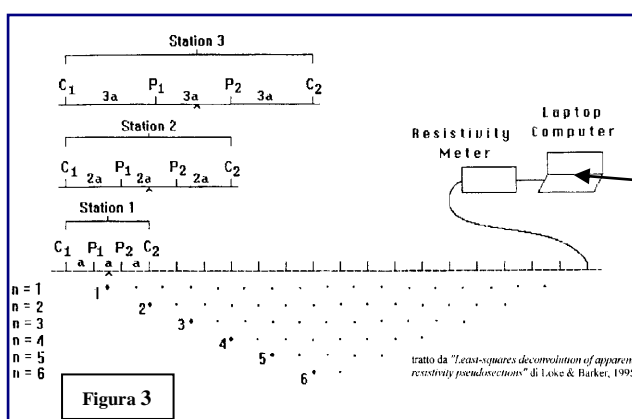


Tramite gli elettrodi **A - B** si immette nel terreno una corrente continua I_c , mentre tramite gli elettrodi **M-N** viene rilevata la differenza di potenziale V che si instaura. Conoscendo I_c e misurando V si calcola la resistività elettrica relativa alla configurazione elettrodica utilizzata, usando la formula:

$$\rho_a = \frac{\pi(l_{(A,B)} / 2)^2 - (a_{(M,N)} / 2)^2}{a_{(M,N)}} \cdot \frac{V}{I_c}$$



Spostando lateralmente il dispositivo elettronico (M-N) si rilevano le variazioni orizzontali della resistività e con il progressivo incremento della distanza che intercorre tra le due coppie di elettrodi (A-B) si esplorano strati via via più profondi, il risultato è una sezione bidimensionale in profondità (Fig. 3).



Dato che il caso di un sottosuolo omogeneo può ritenersi solo teorico, i valori di resistività rilevati sono valori di resistività “apparente” (ρ_a), influenzati e mediati sull'intero spessore indagato. La resistività apparente si misura in $\Omega \cdot m$ (Ohm per metro lineare) ed esprime il valore della resistività calcolato con una certa configurazione geometrica, dipendente dai valori di resistività dei singoli strati interessati dalla corrente immessa.

Per quanto riguarda la strumentazione utilizzata, nel caso specifico si è trattato di un georesistivimetro SYSCAL Pro con 96 elettrodi e 10 canali le cui caratteristiche tecniche vengono qui riportate (Fig. 4).



SYSCAL Pro SPECIFICATIONS		
TRANSMITTER <ul style="list-style-type: none"> - Max voltage: 800V in switch mode - Max voltage: 1 000V in manual mode - Max current: 2.5A, typ. accuracy 0.2% - Max power : 250W with internal DC/DC converter and 12V external battery; 1200W with external AC/DC and Motor Gene. - Option 25mA max for readings on samples - Pulse duration: 0.2s, 0.5s, 1s, 2s, 4s, 8s - Internal 12V, 7Ah battery, plug for ext. batt. 	RECEIVER <ul style="list-style-type: none"> - Automatic ranging, 10 input channels - Input impedance: 100 Mohm - Max voltage channel 1: 15V - Max voltage sum of channel 2 to 10: 15V - Protection up to 1 000V - Typ accuracy: 0.2%, resolution: 1 microV - Digital rejection better than 120 db at power lines 50 and 60 Hz - Stacking process, SP linear drift correction - Reading of current, voltage, standard dev., 20 IP windows (preset or selectable), 	GENERAL <ul style="list-style-type: none"> - Memory: 40 000 readings - USB & SD card link - GPS input for coordinates - Fiber glass casing, weather proof - Temperature range: -20 to +70°C - SYSCAL Pro Switch 48: 31x23x36cm, - Weight: 13kg, Cable w/ 24 take-out: 23kg

Figura 4: Syscal Pro – 96 Elettrodi 10 Canali.

6.0 ARRAY DI TIPO DIPOLO-DIPOLO

L'array utilizzato per l'elaborazione 3D nel presente lavoro è stato il "Dipolo Dipolo" uno dei più usati nella tomografia elettrica, avendo un'alta sensibilità intorno agli elettrodi di potenziale M-N ed anche una buona accuratezza di indagine rispetto a strutture sepolte sia con una geometria verticale che orizzontale (**Fig. 5**).

La configurazione geometrica di questo array prevede di lasciare i due elettrodi di potenziale M e N ed i due di corrente A e B ad una distanza fissa (a) e di traslarli lungo lo stendimento elettrodico. Via via che l'indagine vuole esplorare sezioni di terreno a profondità maggiore si allarga la distanza L . In questo caso si introduce il fattore L , ovvero il rapporto tra $AB/2$ e $MN/2$.

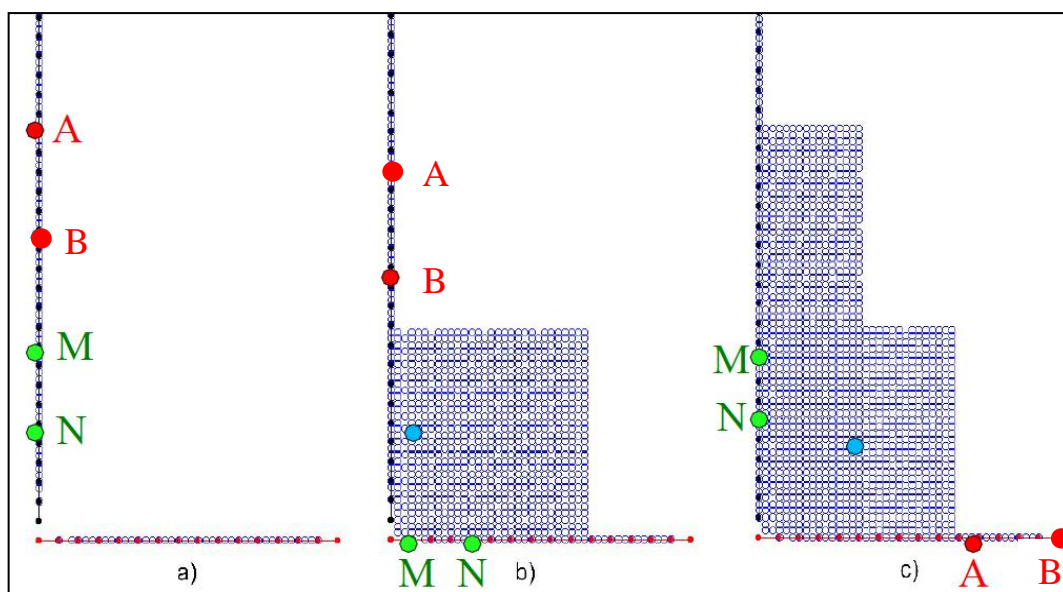


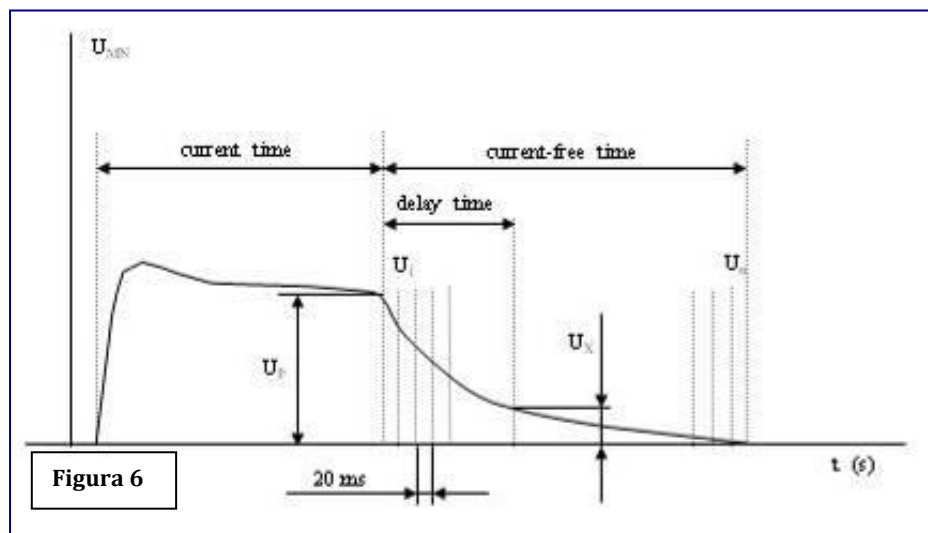
Figura 5

7.0 MISURE D POLARIZZAZIONE INDOTTA (I.P.)

Il metodo della *polarizzazione indotta* (I.P.) (*Induced Polarization*) viene applicato contemporaneamente al metodo della tomografia elettrica di resistività.

La polarizzazione indotta fu sviluppata dapprima per la prospezione di piccole concentrazioni di elementi metallici, disseminati in *layer*, nell'ambito di ricerche per l'esplorazione mineraria, le prime applicazioni in campo ambientale risalgono agli anni '70.

La *polarizzazione indotta* è un fenomeno generato per cui in alcune situazioni l'inserimento di una corrente elettrica nel sottosuolo genera (Induce) una separazione di ioni (Polarizzazione) a livello di microgranuli. Il metodo si basa sull'osservazione della curva di decadimento del potenziale, susseguente all'interruzione della corrente immessa, cioè sulla misura di "caricabilità" residua trattenuta dal mezzo d'indagine sottoposto a corrente (Fig. 6).



$$\text{Caricabilità (\%)} = (U_x/U_p) \times 100$$

U_p rappresenta la tensione MN alla fine dell'immissione di corrente agli elettrodi AB, mentre U_x rappresenta la tensione MN misurata 20 ms dopo l'interruzione della corrente AB.

Il fenomeno deve la sua origine alla presenza di particelle d'argilla e particelle metalliche, che, ostruendo i pori della roccia, danno luogo rispettivamente a meccanismi di polarizzazione di membrana e di elettrodo. Il fenomeno si manifesta nel dominio del tempo

(DT) come una tensione di rilassamento all'interruzione di un'onda quadra di corrente e in quello della frequenza (DF) come una relazione di dispersione della resistività elettrica in funzione della frequenza dell'onda energizzante.

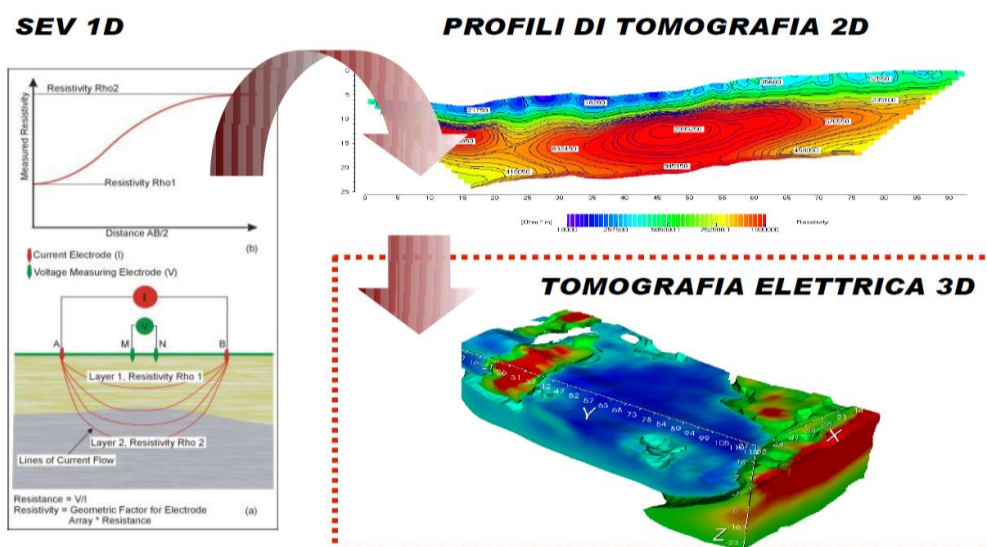
In entrambi i casi, comunque, l'informazione che forniscono è legata alla presenza diffusa e relativamente abbondante di particelle altamente conduttive nella matrice dei materiali, sintetizzata nel ben noto parametro "caricabilità".

La tecnica di misura è analoga a quella sinteticamente descritta per il metodo geoelettrico, anche se in tal caso il segnale d'ingresso è costituito da una corrente continua (DT) o alternata (DF), e si registra in uscita, rispettivamente, la tensione di depolarizzazione al variare del tempo o la tensione di polarizzazione in funzione della frequenza.

Attraverso l'uso, poi, di opportuni modelli che descrivono il comportamento generale di un qualsiasi mezzo polarizzabile, è possibile risalire dai dati sperimentali ai parametri che caratterizzano lo stato di polarizzabilità del mezzo indagato, e quindi alla caratterizzazione del suo stato fisico.

8.0 “PROCESSING” DEI DATI 3D

Nel corso degli ultimi anni lo sviluppo degli strumenti interpretativi per le indagini di tomografia di resistività elettrica ha ampliato lo spettro di possibilità fornite in fase di acquisizione.



Accanto alle consuete geometrie che utilizzano profili 2D, griglie 3D di elettrodi superficiali, sistemi di elettrodi in foro, innovative geometrie 3D trovano oggi applicazione in diversi contesti, quali l'ingegneria civile e geotecnica, le indagini a scopo ambientale, l'archeologia. Tra queste geometrie si devono menzionare in particolare le configurazioni superficiali che fanno uso di disposizioni elettrodeiche a forma di L, U o anulari (*loop* di elettrodi, **Fig. 7**).

“RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN'AREA DOVE E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA.”

Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)

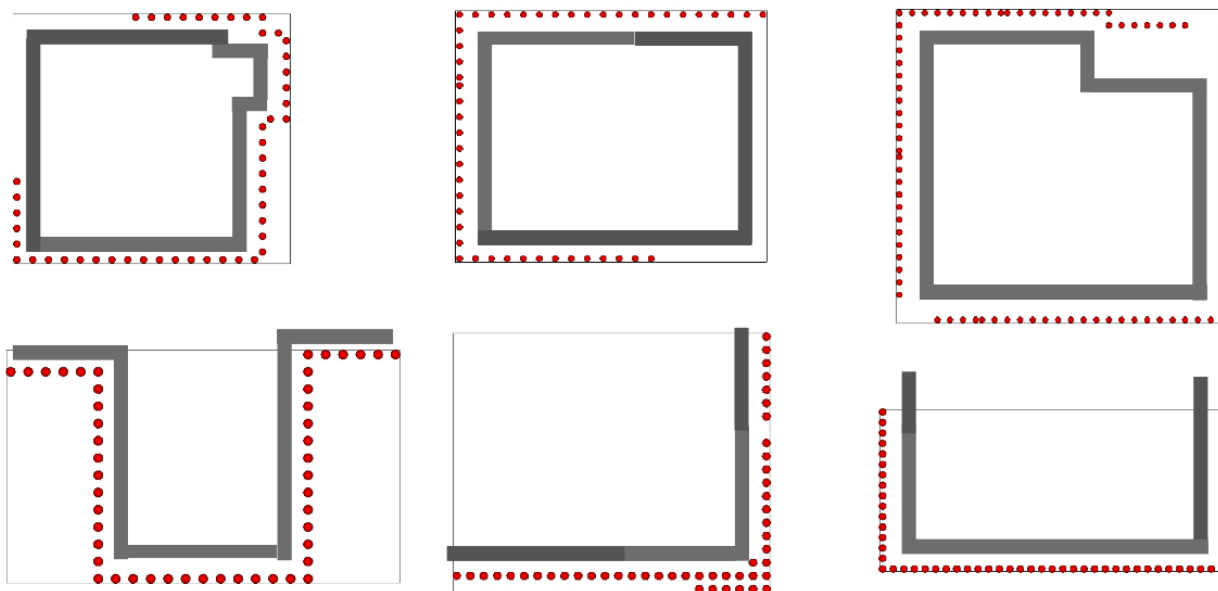
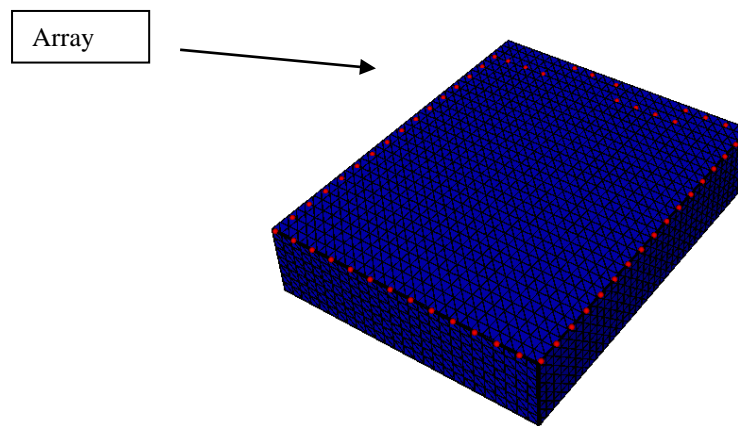
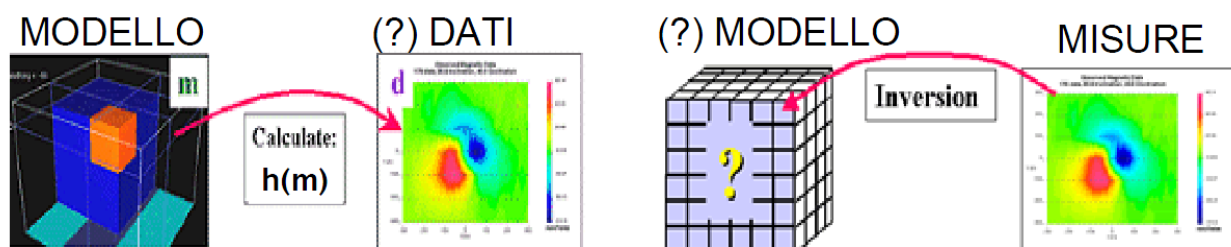


Figura 7: Esempi di geometrie elettrodeiche non regolari per indagini 3D.

Il software Ertlab, utilizzato nel nostro caso per elaborare i dati acquisiti, consente di creare e gestire array regolari ed irregolari creando sequenze quadripolari personalizzabili (configurazioni 2D e 3D, in foro, in superficie o mista) che successivamente è in grado di invertire, rappresentando uno strumento innovativo nell'interpretazione di misure geoelettriche. Grazie all'algoritmo di modellazione agli Elementi Finiti Tetraedrici, ERTLab è in grado di invertire misure acquisite in contesti con topografia e geometrie estreme. Un nucleo di routine di inversione consente l'interpretazione robusta e affidabile delle misure di campagna, anche in presenza di livelli considerevoli di rumore. Il potente ambiente grafico ERTLab Viewer permette poi di visualizzare i risultati dell'inversione mediante una completa serie di oggetti grafici (sezioni, superfici iso-resistive, volumi). L'elaborazione 3D è quindi in grado di fornire una visione tridimensionale delle varie strutture sepolte (complesso fondale, eventuali sversamenti, variazione litologiche 3D etc.) soprattutto permette di ottenere numerose informazioni in condizioni di poco spazio, altrimenti non investigabili con i classici stendimenti elettrici 2D.



ErtLab permette di creare un modello tridimensionale con una mesh che sia pari alla metà della spaziatura elettrodica. Gli “step” da tenere in considerazione per l’inversione di base dei dati sono: 1) corretto pre-processing dei dati (valutazione delle Rho negative, correnti I, Q, V, omogeneità dei dati) con rimozione delle misure inaccurate dal processo di inversione; 2) controllo della generazione della mesh (rotazione per riduzione parametri, dimensionamento celle, regione background, frazionamento del data-set in blocchi, condizioni al contorno); 3) definizione del corretto modello di partenza; 4) valutazione del rumore dei dati (stima mediante reciproci, inversione robusta per ridurre l’effetto degli outliers); 5) memory consuming (a causa delle dimensioni di data-set, jacobiano e mesh).

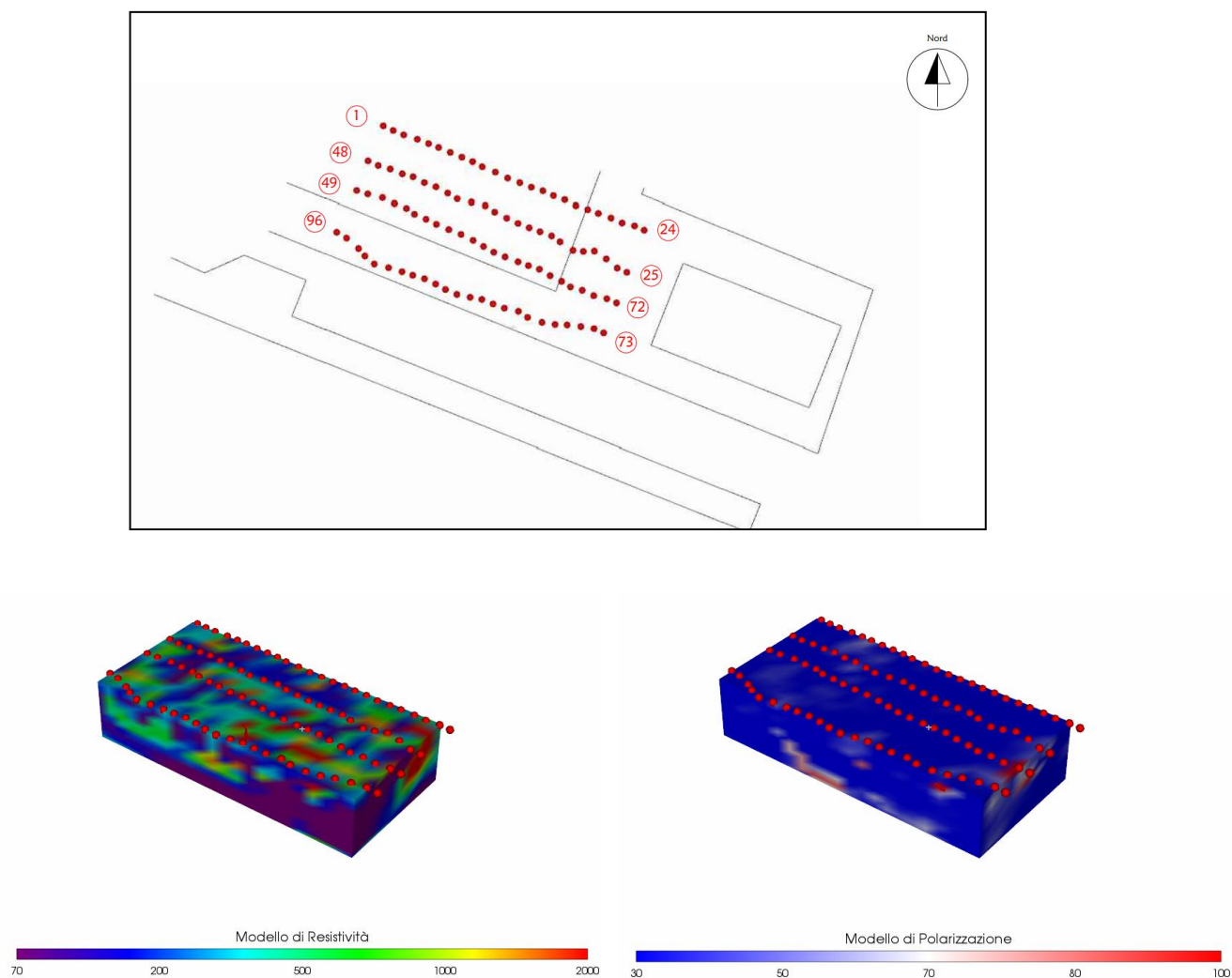


9.0 ANALISI DEI RISULTATI - TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D

In considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza inter-elettrodica di **1 m** , acquisendo 95 ml di rilievo con 96 elettrodi.

La sezione è stata acquisita tramite array **Dipolo-Dipolo**, che ha permesso di indagare le profondità prefissate e di ottenere un'ottima risoluzione nei risultati sia in senso verticale che in senso orizzontale; i dati acquisiti sono stati poi elaborati tramite Software ERTlab.

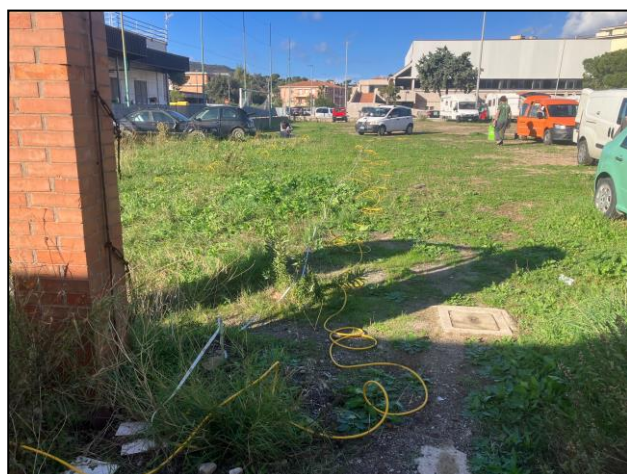
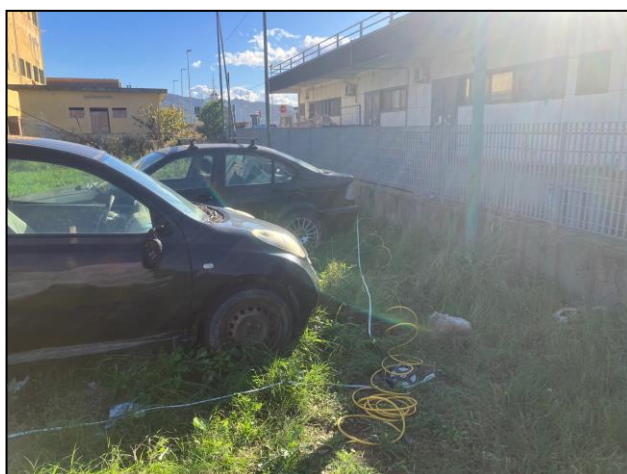
E' stato quindi acquisito ed elaborato un volume di valori di resistività disponendo i **96 elettrodi** come segue (Tav. 02):



Volume totale di resistività (sx) e I.P (dx) acquisiti

"RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN'AREA DOVE E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA."

Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)

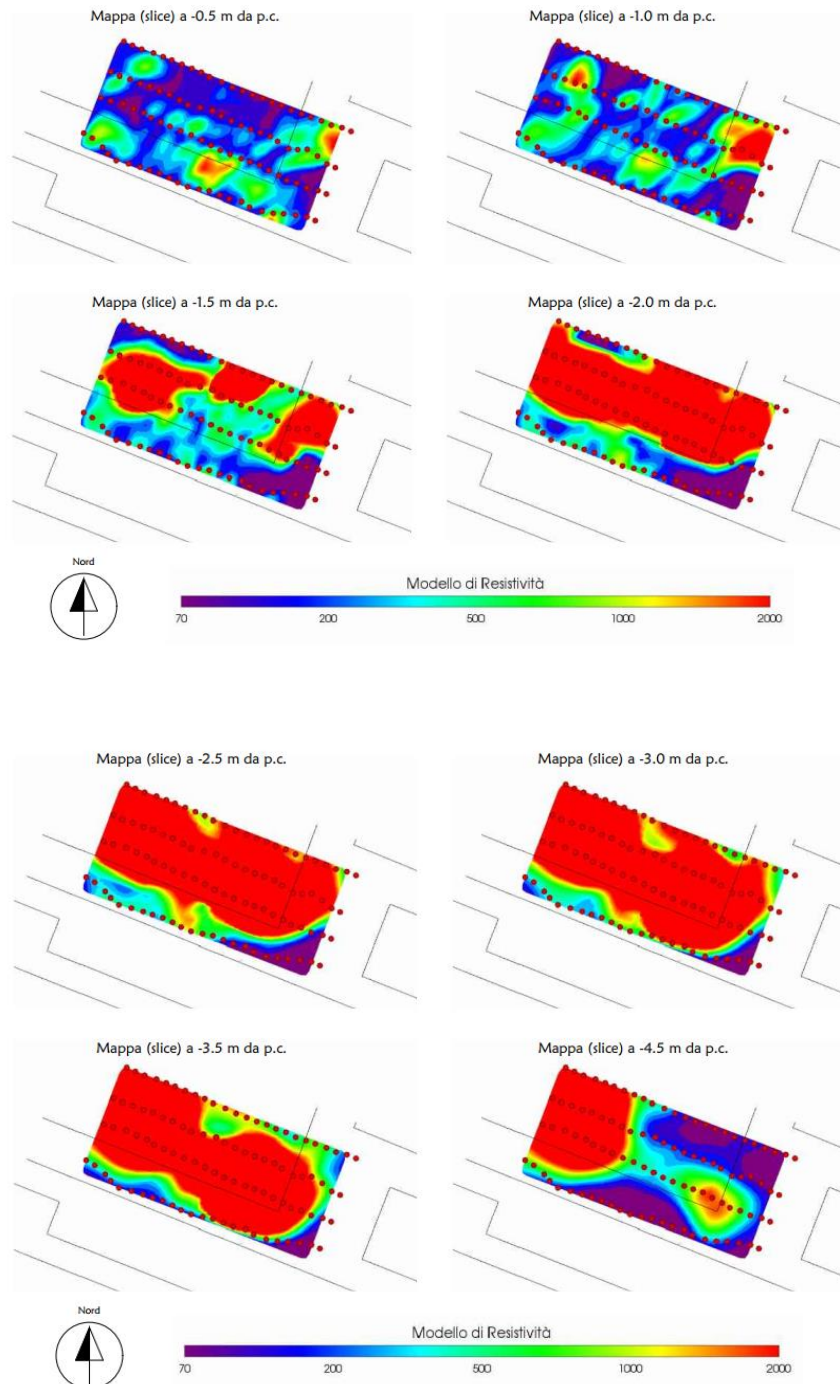


Documentazione fotografica fase di acquisizione elettrica 3D.

“RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN'AREA DOVE E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA.”

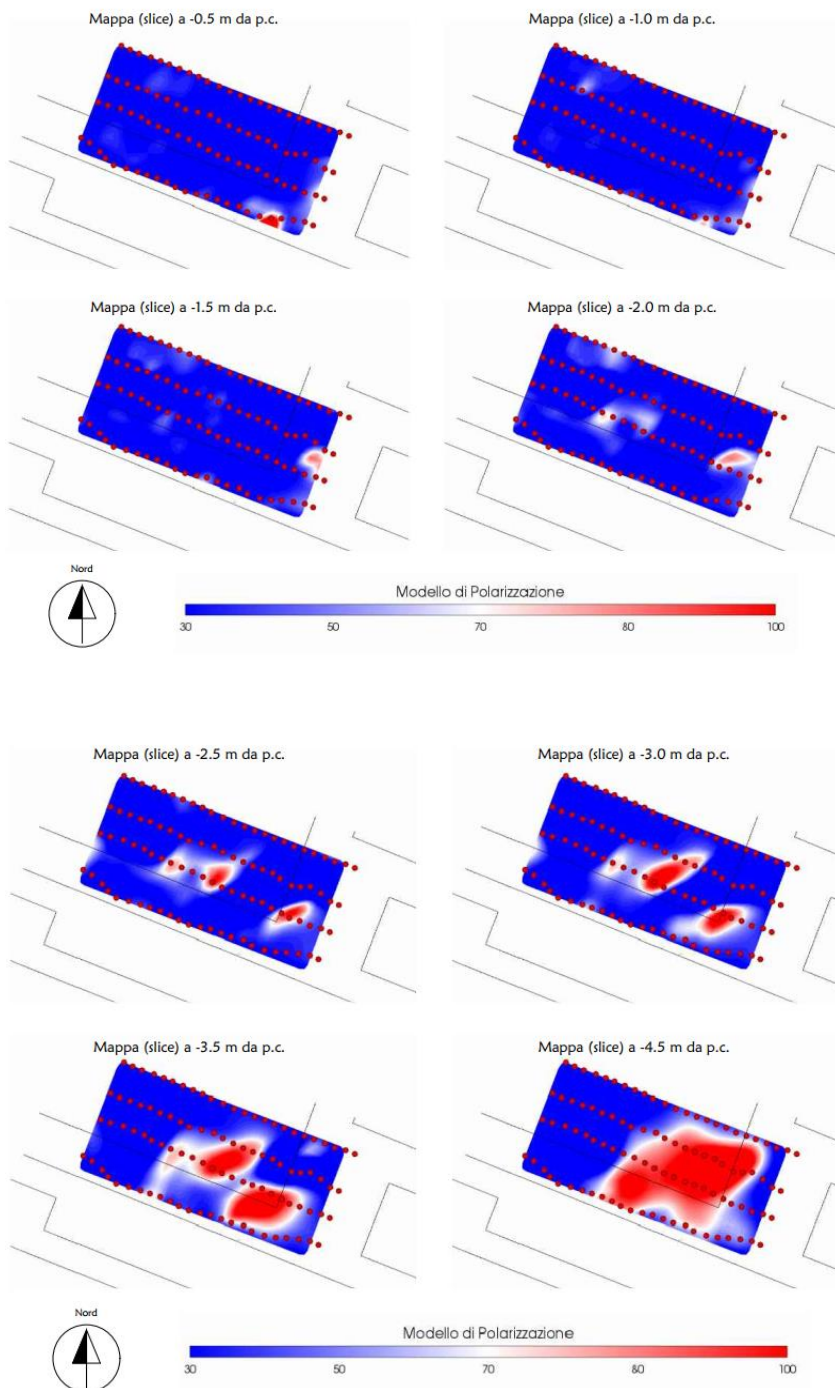
Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)

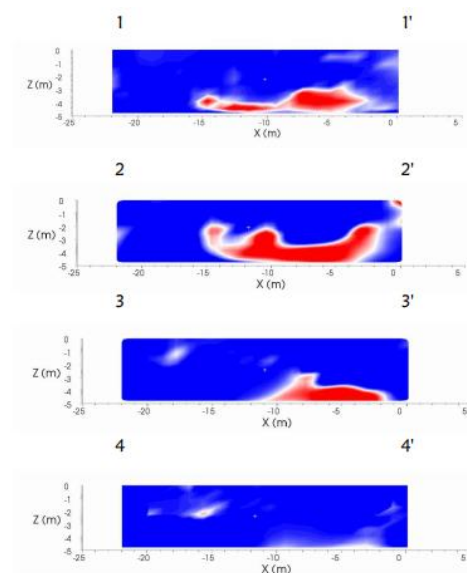
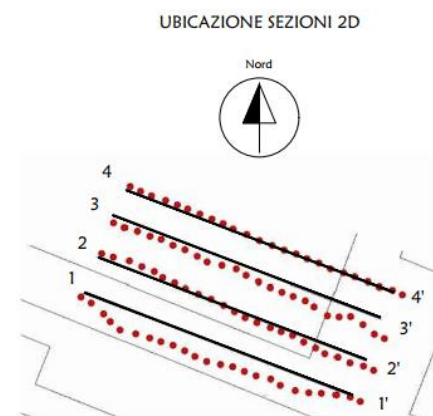
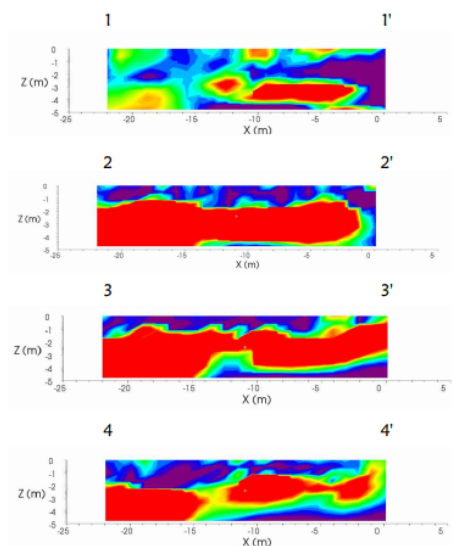
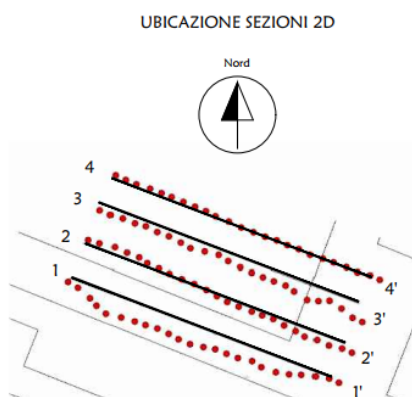
L'acquisizione 3D ha permesso in fase di processing dei dati di ottenere un volume di valori di resistività e di I.P., dal quale possono essere estratte tutte le informazioni (slice lungo l'asse Z e sezioni 2D) richieste e necessarie per una corretta interpretazione.



“RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN'AREA DOVE E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA.”

Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)





“RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN’AREA DOVE E’ PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA.”

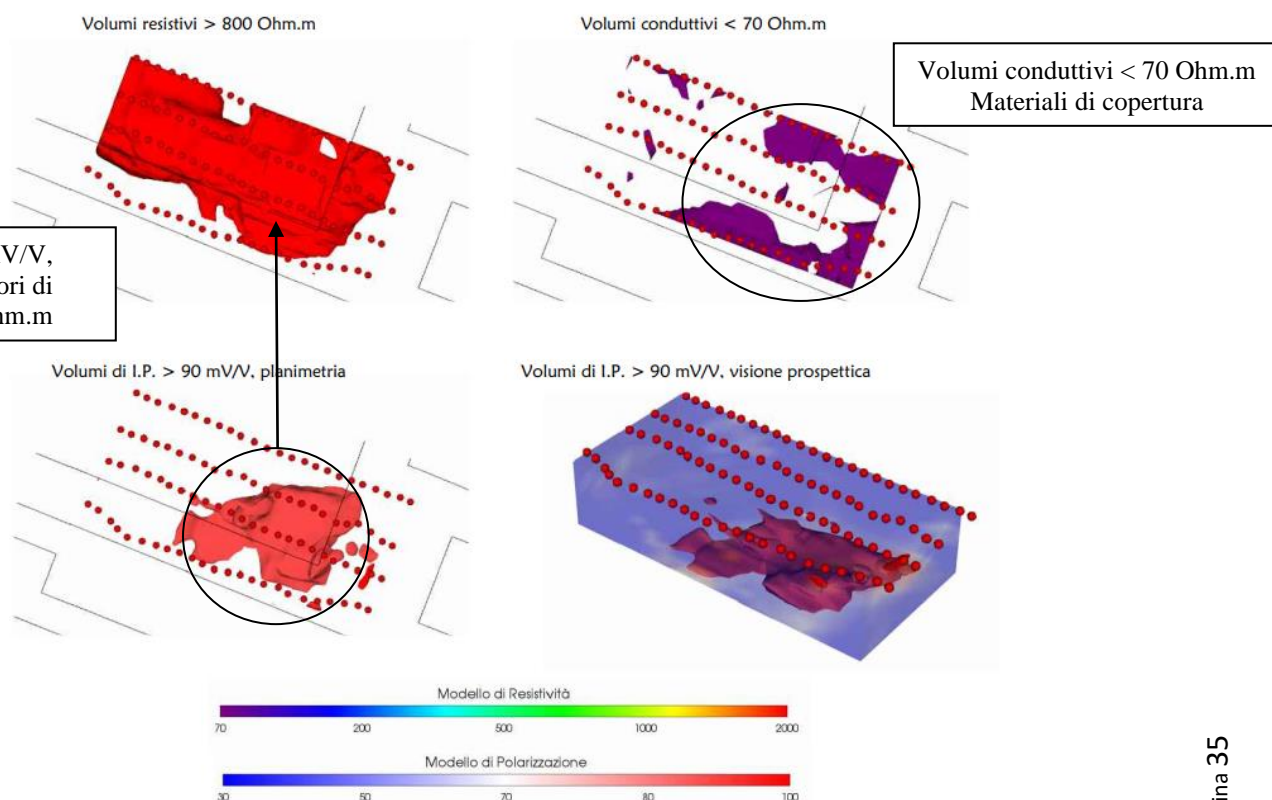
Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)

In seguito abbiamo messo in evidenza le anomalie (volumi) di **I.P. > 90 mV/v**, sia in planimetria che tramite visioni prospettiche.

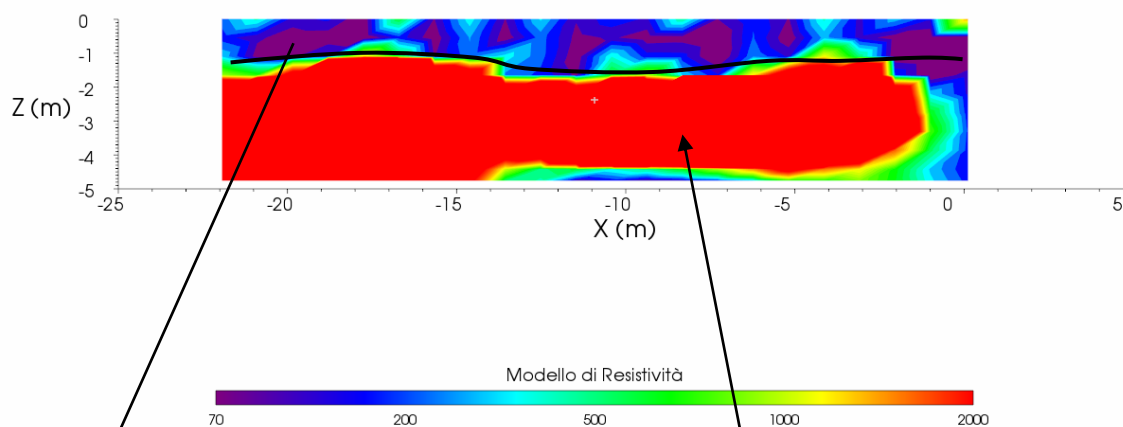
Dall'analisi delle *slice* e delle sezioni di maggiore interesse, si può notare come i valori conduttivi **< 70 Ohm.m (in blu)**, si concentrino principalmente nella porzione superficiale del sottosuolo, con spessori di ca **1 m**; tali volumi sono associati probabilmente ai materiali di copertura.

Al di sotto, gli elevati valori di resistività **> 800 Ohm.m (in rosso)**, che si estendono fino alle massime profondità di indagine raggiunte (ca.4-5 m da p.c.), vengono correlati alle scorie di lavorazione del ferro, individuate nel sito di indagine anche a seguito dei sondaggi geognostici.

Analizzando le misure di polarizzazione indotta, è evidente come i volumi di **I.P. > 90 mV/V** si localizzino nella porzione centrale dell'area di indagine (in rosa); le misure contestuali di resistività e di polarizzazione indotta, mostrano come i volumi ad alto I.P. siano associabili solamente ad alti valori di resistività, e quindi probabilmente correlati alle scorie di lavorazione del ferro e non ad oggetti ferromagnetici "sensibili".

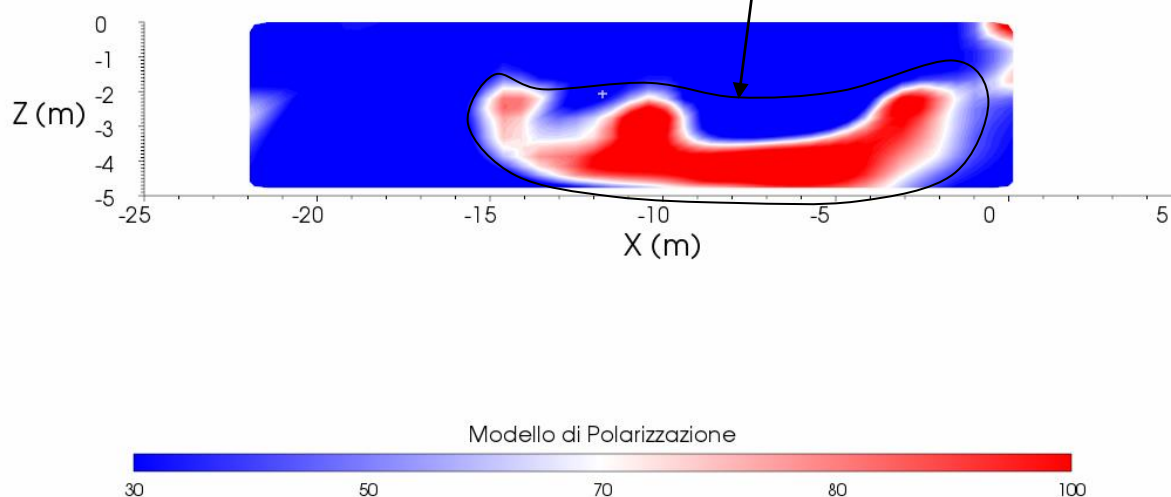


Sezione 2-2': sopra valori di resistività, sotto valori di I.P.



Volumi conduttivi < 70 Ohm.m
Materiali di copertura

Volumi I.P. > 90 mV/V,
associati ad alti valori di
resistività > 800 Ohm.m: scorie
di lavorazione del ferro(?)



“RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN'AREA DOVE E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA.”

Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)

INDAGINI GEORADAR STREAM C**10.0 SCHEMA OPERATIVO E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**

L'indagine è stata eseguita con l'impiego di una strumentazione radar innovativa che opera secondo un concetto tomografico consistente nell'acquisizione simultanea di multipli radargrammi paralleli, intervallati da distanze estremamente ridotte, variabili da 4 a 12 cm in funzione dei limiti imposti dal teorema di Nyquist-Shannon per un campionamento tridimensionale di segnali elettromagnetici che sia privo di *aliasing* spazio-temporale. Il *post-processing* dei dati è stato condotto combinando metodi d'analisi e filtraggio del segnale elettromagnetico con algoritmi di correlazione spaziale pesata sull'inverso della distanza e funzioni software di equalizzazione e bilanciamento delle immagini. Lo stesso ha portato all'elaborazione di una sequenza di mappe radar riferite a intervalli di profondità progressivamente crescente dette *GPR-time slices*, le quali mostrano l'organizzazione spaziale dei segnali e riproducono l'ubicazione e la geometria delle strutture/anomalie rilevate.

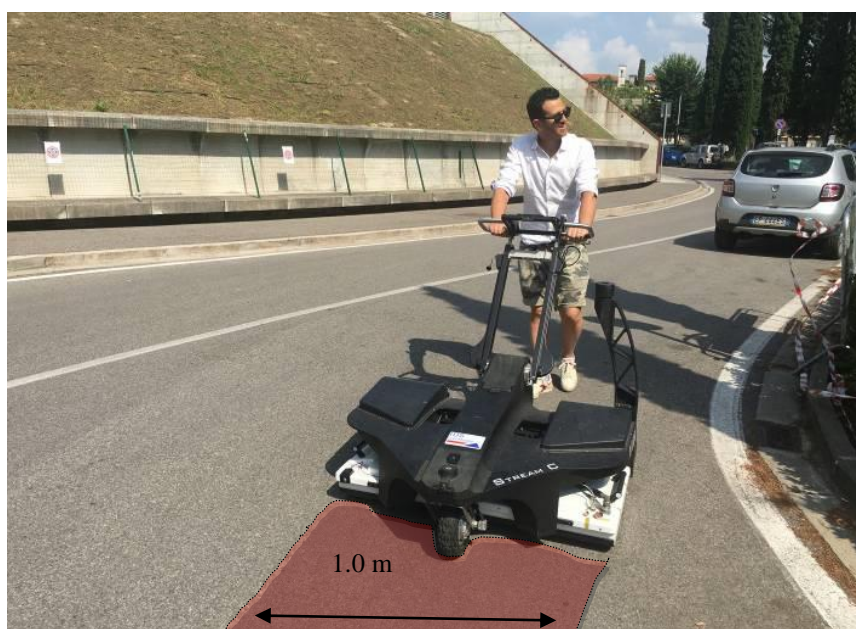
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: **STREAM C** della **IDS**, dotato di sistema multi array con 32 antenne da 600 MHz.



SPECIFICHE TECNICHE

MAX ACQUISITION SPEED:	6 km/h (3,7 mph)
RADAR POWER CONSUMPTION:	60 W
POSITIONING:	Integrated encoder and/or GPS / Total station
RADAR POWER SUPPLY:	SLA Battery 12VDC 24 Ah
ENVIRONMENTAL:	IP65
ANTENNA FOOTPRINT:	120x57 cm
NUMBER OF CHANNELS:	32 (23VV-9HH)
ANTENNA CENTRAL FREQUENCY:	600 MHz
ANTENNA POLARIZATION:	HH and VV
SCAN WIDTH:	96 cm
CERTIFICATION:	EC, FCC, IC

L'utilizzo dello *Stream C* permette vantaggi in termini di produttività dell'indagine e di qualità dei risultati forniti. Gestendo 32 antenne con doppia polarizzazione (23VV+9HH) permette di "coprire", con un solo passaggio sul terreno, una porzione di sottosuolo di circa 1.0 m, acquisendo scansioni adiacenti è possibile ottenere una copertura totale (GPR 3D) dell'area.



11.0 METODOLOGIA GEORADAR – CENNI TEORICI

Un'indagine georadar sfrutta l'interazione che viene a scaturire tra un'onda elettromagnetica e un oggetto (in senso lato) ubicato all'interno del mezzo indagato. Nella pratica, viene inviato un impulso EM nel semispazio esplorato tramite un'antenna trasmittente (TX); la presenza di discontinuità e strutture all'interno del mezzo aventi differenti caratteristiche elettromagnetiche (permettività dielettrica, conducibilità elettrica ecc.), e la loro interazione con l'onda incidente favorirà fenomeni di riflessione determinando il ritorno in superficie di parte dell'energia inviata, captata successivamente dall'antenna di ricezione (RX). Con lo svolgimento dell'indagine lungo una determinata direzione di acquisizione, vengono a essere registrati diversi arrivi di onde riflesse dando luogo a un profilo georadar (radargramma) in cui, lungo la coordinata X (o Easting) è rappresentata la linea di scansione mentre in Y (o Northing) viene definito il tempo di percorso dell'onda (andata e ritorno, TWT) opportunamente convertibile in asse di profondità, una volta stimata la velocità di propagazione del segnale nel mezzo indagato.

I parametri misurati dal georadar comprendono l'ampiezza del segnale (A) ricevuto in superficie e il *tempo di ritardo* (dt) che intercorre tra trasmissione e ricezione dello stesso. Il primo è una misura del contrasto rilevato all'interfaccia tra due materiali che in quanto a valore di costante dielettrica (μ_0 , permeabilità magnetica m) e conducibilità elettrica (s). Il secondo è funzione della velocità di propagazione del segnale elettromagnetico all'interno dei materiali investigati e della profondità a cui è ubicata la discontinuità. La costante dielettrica è il parametro che più condiziona la capacità del segnale radar di propagarsi del sottosuolo e rappresenta la capacità di un materiale di immagazzinare carica quando sottoposto a un campo elettromagnetico. Essa è data dal rapporto C^2/V^2 , dove C è la velocità dell'onda elettromagnetica nel vuoto e V quella all'interno del mezzo esplorato. Valori elevati di costante dielettrica implicano una ridotta velocità di propagazione del segnale. Il fattore di attenuazione è espresso in dB/m, descrive la perdita di energia che il segnale subisce mentre si propaga in profondità essendo direttamente proporzionale alla conducibilità elettrica del mezzo attraversato. Nella pratica, esiste una relazione diretta tra la granulometria del materiale investigato e la capacità di penetrazione del segnale, la quale è favorita lavorando con sedimenti grossolani quali sabbie e ghiaie mentre risulta

fortemente limitata in presenza di limi argillosi e argille. In funzione della profondità e delle dimensioni degli obiettivi che s'intende rilevare, i georadar impiegano antenne che operano a frequenze comprese tra 100 e 2000 MHz, idonee a esplorare alla massima risoluzione profondità e spessori compresi tra 4-5 m e pochi decimetri. La relazione tra profondità d'indagine e frequenza impiegata è di proporzionalità inversa, mentre quella tra frequenza e risoluzione spaziale è di relazione diretta. Tipicamente, operando a 600 MHz in contesti granulometrici medio-grossolani la profondità d'indagine si attesta attorno a 1.5/2.0 m da p.c.

I sistemi radar tradizionali impiegano antenne monocanale e forniscono un singolo profilo (radargramma) per ogni strisciata effettuata sulla superficie d'interesse. Quelli più avanzati (come lo *Stream C* IDS utilizzato nel presente lavoro) utilizzano schiere di dipoli affiancati e realizzano una scansione tomografica del sottosuolo a "copertura" totale, ovvero basata sull'acquisizione simultanea di più profili paralleli intervallati da distanze centimetriche.

12.0 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

I rilievi radar sono stati condotti con un georadar IDS *Stream-C* 600 MHz (*Subsurface Tomographic Radar Equipment for Asset Mapping*) che integra in un'unica antenna 32 dipoli a 600 MHz. Il sistema si compone di multi-antenna, unità digitale d'acquisizione (*Fast wave Digital Acquisition Device, DAD*), unità di controllo (computer portatile), cavi, batteria a 12V, carrello manuale (motorizzato) di trasporto. Attraverso un'unica strisciata sul terreno, registra simultaneamente 32 radargrammi paralleli, spazati in modo uniforme su una larghezza di 96 cm. Le posizioni d'acquisizione dei dati GPR sono state rilevate durante il rilievo mediante un'antenna GPS montata sul carrello del georadar. Compatibilmente con le specifiche condizioni d'accessibilità dei settori investigati, i rilievi sono stati eseguiti realizzando strisciate giustapposte in modo tale da "coprire" integralmente le aree d'interesse. L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante il programma OneVision di IDS spa adottando i seguenti parametri strumentali:

"RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN'AREA DOVE E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA."

Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)

- passo di campionamento nella direzione d'acquisizione (*in-line resolution*): 2 cm
- finestra temporale di campionamento (*Time-window*): 128 ns
- numero di campioni per traccia (*Samples/scan*): 512.

I dati così acquisiti sono stati sottoposti ad un *post-processing* avanzato il cui scopo è stato quello di filtrare le interferenze prodotte da sorgenti esterne, amplificare i segnali d'interesse, ed eseguirne la correlazione spaziale. Nella pratica, i radargrammi sono stati filtrati attraverso il seguente flusso di lavoro: rettificazione del segnale (*dewow*) -> correzione statica del primo arrivo -> amplificazione (*gain*) -> filtro passa banda (*band pass*) -> rimozione del fondo (*background removal*) -> trasformata di Hilbert (*Hilbert transform*). La velocità di propagazione del segnale elettromagnetico all'interno del mezzo, stimata sulla base dell'apertura dei riflettori iperbolici generati da sorgenti puntiformi (*hyperbola fitting method*), è risultata pari 0.97 m/ns. Successivamente al filtraggio, i radargrammi sono stati ricampionati e correlati spazialmente attraverso un algoritmo d'interpolazione spaziale pesata sull'inverso della distanza, in modo da colmare le lacune esistenti tra profili contigui. Il risultato del *post-processing* è stato l'elaborazione, per ciascuno dei settori investigati, di una sequenza di mappe radar riferite a profondità progressivamente crescenti (*GPR Time/ depth slices* - o *Time slices*) le quali illustrano l'organizzazione spaziale dei segnali al variare della profondità d'indagine. Il trattamento dei dati è stato eseguito con il software **GRED(HD)** di IDS.

13.0 CONSIDERAZIONI GENERALI – INTERPRETAZIONE SEZIONI

Prima di descrivere i risultati ottenuti è necessario richiamare l'attenzione su alcuni aspetti inerenti alla lettura delle sezioni stesse.

In generale è necessario notare che le sezioni georadar ottenute sono sempre delle sezioni con scala verticale in tempi. Per convertire i tempi in profondità bisogna moltiplicare questi per la velocità caratteristica del mezzo attraversato; vi sono vari metodi che permettono di ricavare tale velocità in modo indiretto, così come si hanno numerosi valori tabulati di velocità per i vari mezzi.

Nel caso, è stata utilizzata una costante dielettrica tabulata media caratteristica per i materiali presenti.

Per quanto riguarda quindi il rilievo, le informazioni qualitative sulla natura e lo stato dei materiali attraversati sono costituite e messe in evidenza dall'intensità degli eventi riflessi, dalla loro quantità, diffusione od assenza. L'intensità degli eventi riflessi è direttamente legata al contrasto di impedenza fra i diversi materiali incontrati. I livelli di riflessione marcati, nelle sezioni interpretate allegate, corrispondono a forti contrasti, mentre le riflessioni diffuse sono più caratteristiche di materiali fessurati o bagnati. L'assenza, o meglio la scarsità di echi, indica invece delle zone costituite da materiale omogeneo.

14.0 RISULTATI DELLE INDAGINI GEORADAR

Come già accennato, l'indagine georadar è stata effettuata all'interno dell'area indicata dalla committenza. Complessivamente i materiali hanno presentato una buona attitudine alla propagazione delle onde elettromagnetiche, permettendo di spingere le indagini fino alle profondità di interesse. Il lavoro si è svolto in più fasi; in primo luogo, oltre alle opportune tarature strumentali, è stato eseguito un primo rilievo di alcune parti dell'area con settaggi differenti; ciò ha permesso, dopo una prima analisi sommaria delle sezioni raccolte, di stabilire le amplificazioni più appropriate all'intervento e la miglior scala di profondità (in tempi) da usare nel corso del rilievo vero e proprio.

Con tali caratteristiche di rilievo si ha la garanzia di aver colto, con ottimo potere risolutivo, grazie anche ad una mirata ubicazione dei profili georadar, le discontinuità elettromagnetiche anomale presenti.

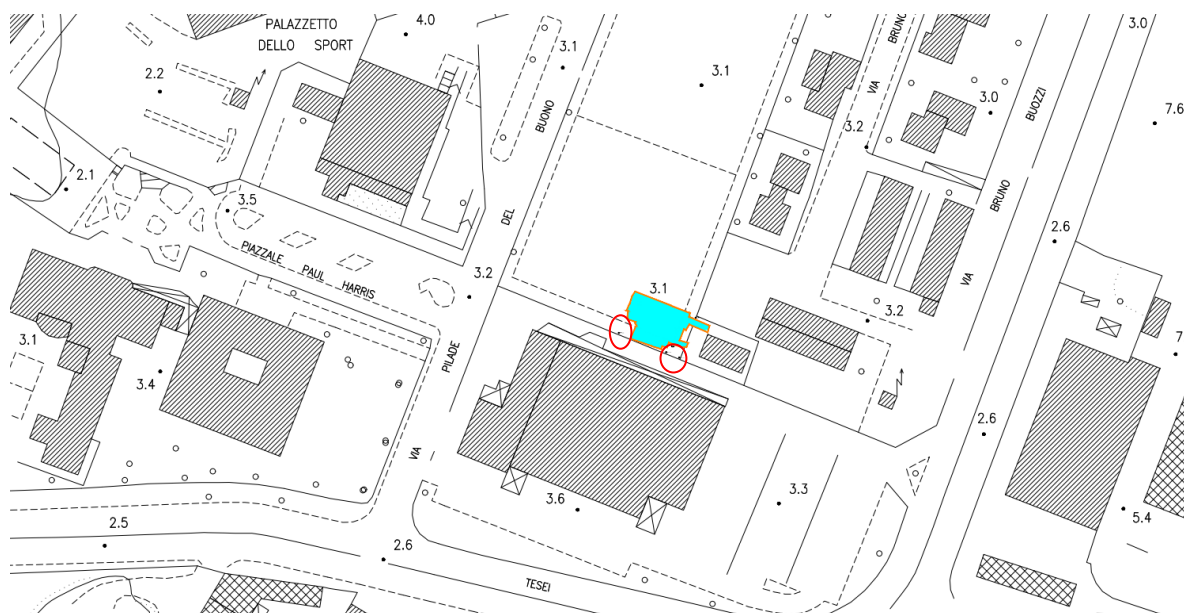
Complessivamente sono stati acquisiti **ca. 230 mq.**



Documentazione fotografica: Via Pilade del Buono – Portoferraio (LI).

Lo scopo dell'indagine georadar è stato quello di acquisire informazioni sulla presenza di anomalie più superficiali quali discontinuità, disomogeneità, sottoservizi ed opere annesse, l'immagine di seguito riportata, mostra le "swath" o scansioni eseguite (Tav. 10, color ciano).

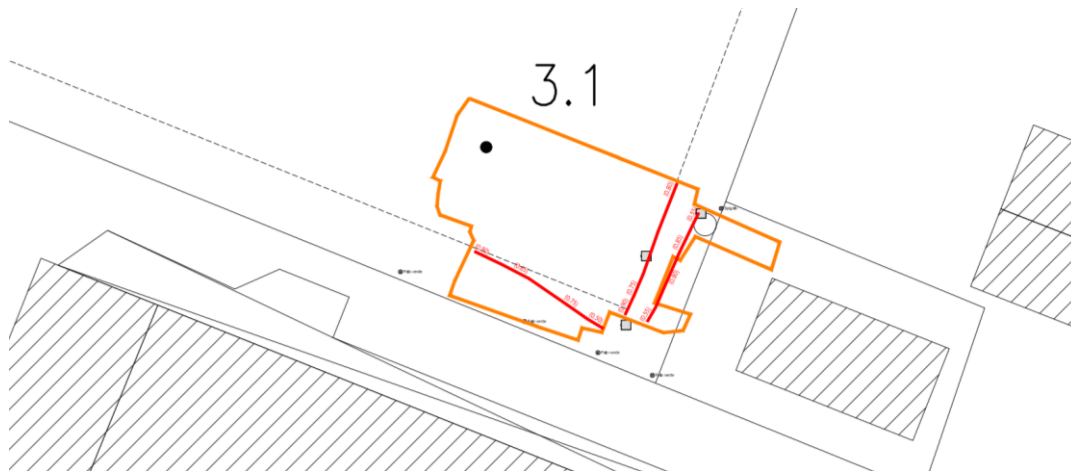
L'area di indagine è stata coperta integralmente, salvo per quelle aree (cerchiate in rosso in figura) dove erano collocate auto posteggiate e vegetazione, impedendo l'accesso con lo strumento.



Copertura dell'area oggetto di studio: Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI).

L'indagine georadar ha permesso di individuare solamente anomalie correlate probabilmente alla presenza di tubazioni (in rosso).

Per quel che concerne l'ubicazione esatta e le profondità rilevate, si rimanda tutto alla consultazione della tavola planimetrica allegata alla presente relazione (**Tav. 11**).



Planimetria interpretativa: Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI).

15.0 VALUTAZIONE DEL GRADO DI RISCHIO RESIDUALE

Presa in considerazione la vicinanza dell'area interessata da obiettivi bellici, anche in assenza di documentazione certa non è detto che i siti d'interesse non siano contaminati da ordigni bellici. In questo caso **il rischio è dato dal prodotto tra il ritrovamento dell'ordigno (equivalente alla probabilità che avvenga un determinato fenomeno) e la gravità del danno potenziale (magnitudo).**

L'attivazione involontaria dell'ordigno comporta un rischio molto alto che non è possibile ridurre e a seconda delle dimensioni dell'ordigno, sono considerati altri parametri nell'analisi di rischio (come l'incolumità di persone coinvolte nei lavori).

MAGNITUDO DEGLI EFFETTI					
TIPOLOGIA ORDIGNO	R1 Ferite mortali > 50 % casi	R2 Ferite mortali > 5 % casi	R3 Ferite mortali > 1 % casi	R4 Ferite mortali > 0,3 % casi	RLP Bassa prob. proiez. schegge
BOMBA 500 Kg.	40	110	200	300	1200
BOMBA 250 Kg.	30	80	160	270	1000
BOMBA 125 Kg.	25	50	100	170	850
BOMBA 100 lbs.	20	40	70	125	600
PROIETTO 155 mm.	10	40	100	180	800
PROIETTO 105 mm.	10	30	60	150	590
MORTAIO 81 mm.	10	30	50	70	520
PROIETTO 75 mm.	10	30	50	70	400
B.A.M. difensiva	10	20	25	60	120

M = 4

Questa la documentazione storica inerente alle attività belliche documentate nel territorio comunale di Portoferraio:

- Documentati bombardamenti aerei tedeschi ed alleati (Luftwaffe, RAF e USAAF) su obiettivi sensibili come tutta l'area portuale ed industriale di Portoferraio (praticamente tutta la cittadina).
- Attività aerea alleata propedeutica all'imminente sbarco nell'ambito dell'operazione "Brassard" per l'annientamento delle fortificazioni antisbarco e batterie costiere di difesa nella rada di Portoferraio.
- Notevole attività campale, rappresentata da una serie di scontri tra truppe alleate di sbarco e truppe tedesche con intenso fuoco di artiglieria da ambo le parti.

"RELAZIONE STORIOGRAFICA E INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE ESEGUITE CONGIUNTAMENTE MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E GEORADAR STREAM C CON SISTEMA MULTIARRAY DA 600 MHz PRESSO UN'AREA DOVE E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE DI CABINE PER LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA."

Via Pilade del Buono - Portoferraio (LI)

16.0 CONCLUSIONI

A seguito dell'analisi storica dell'attività bellica documentata, la valutazione degli scarsi interventi antropici eseguiti nel dopoguerra e la modesta profondità degli scavi previsti per la costruzione delle cabine consentono di sintetizzare le seguenti valutazioni:

- a) Definire **medio** il rischio relativo al potenziale rinvenimento occasionale di ordigni residuati bellici di piccolo o medio calibro (proietti artiglieria, colpi da mortaio, armi) in considerazione della scarsa attività campale e di artiglieria documentata in sito.
- b) Definire **medio** il rischio di rinvenimento di bombe d'aereo inesplose ed ordigni assimilabili, in considerazione dei numerosi eventi bellici documentati e del numero di rinvenimenti di bombe d'aereo inesplose degli ultimi anni.

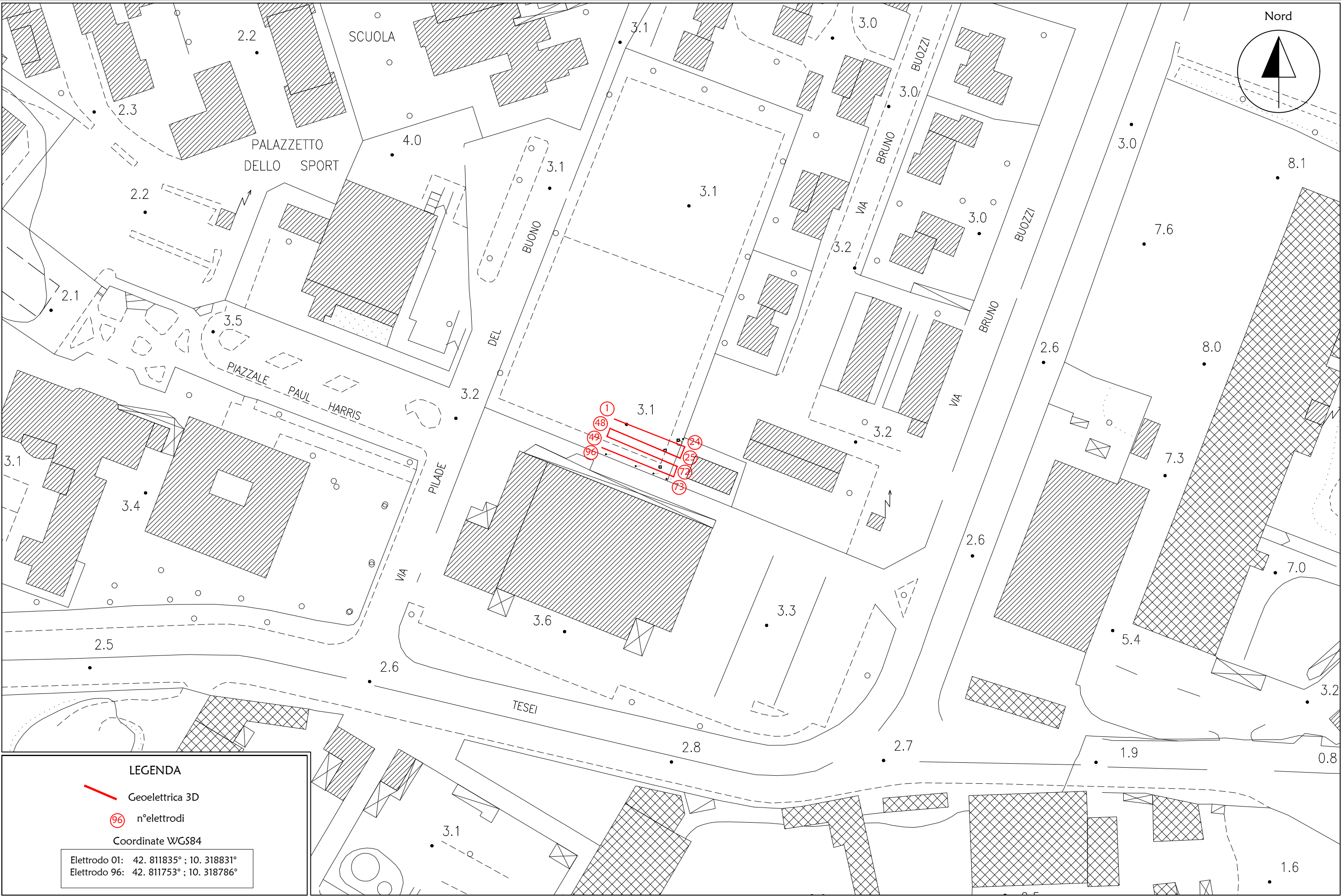
Al fine di valutare un'eventuale riduzione del rischio, è stata eseguita un'indagine strumentale mediante GEORADAR e TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D per l'intercettazione in profondità di ordigni inesplosi (UXO).

A seguito di tali indagini, il rischio residuale nell'area di studio è da considerarsi MEDIO-BASSO.



Arezzo, lì 05/12/2022

TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax: 0575 234500 - 055 9062212
Cell: 339 2288117 - 338 7238928
www.trigeo.it - info@trigeo.it

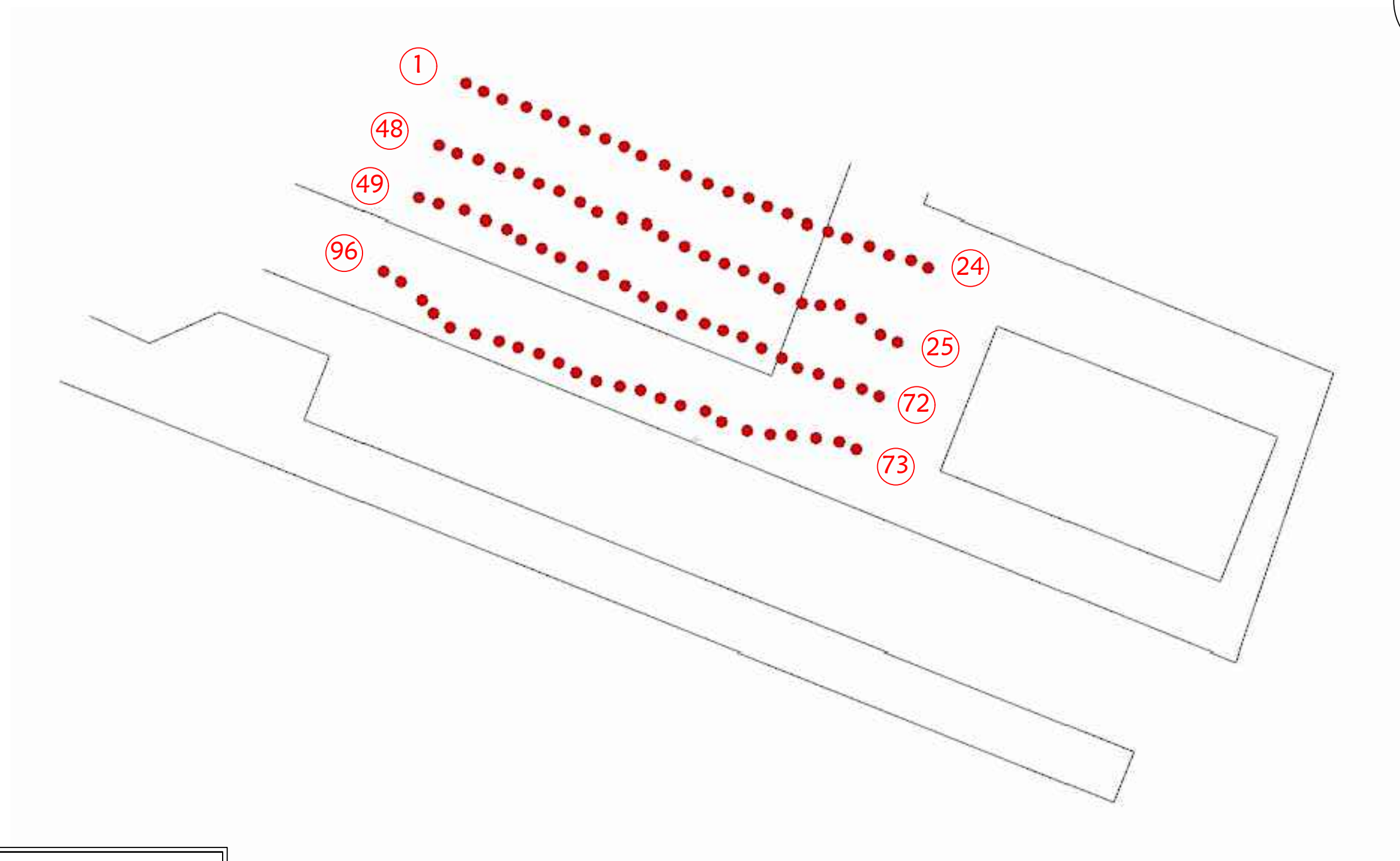
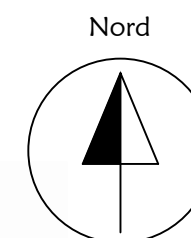
ALLEGATI



LEGENDA

-  Geoelettrica 3D
-  n°elettrodi
- Coordinate WGS84

Elettrodo 01: 42. 811835° ; 10. 318831°
Elettrodo 96: 42. 811753° ; 10. 318786°



LEGENDA



Geoelettrica 3D



n°elettrodi

Coordinate WGS84

Elettrodo 01: 42. 811835° ; 10. 318831°

Elettrodo 96: 42. 811753° ; 10. 318786°

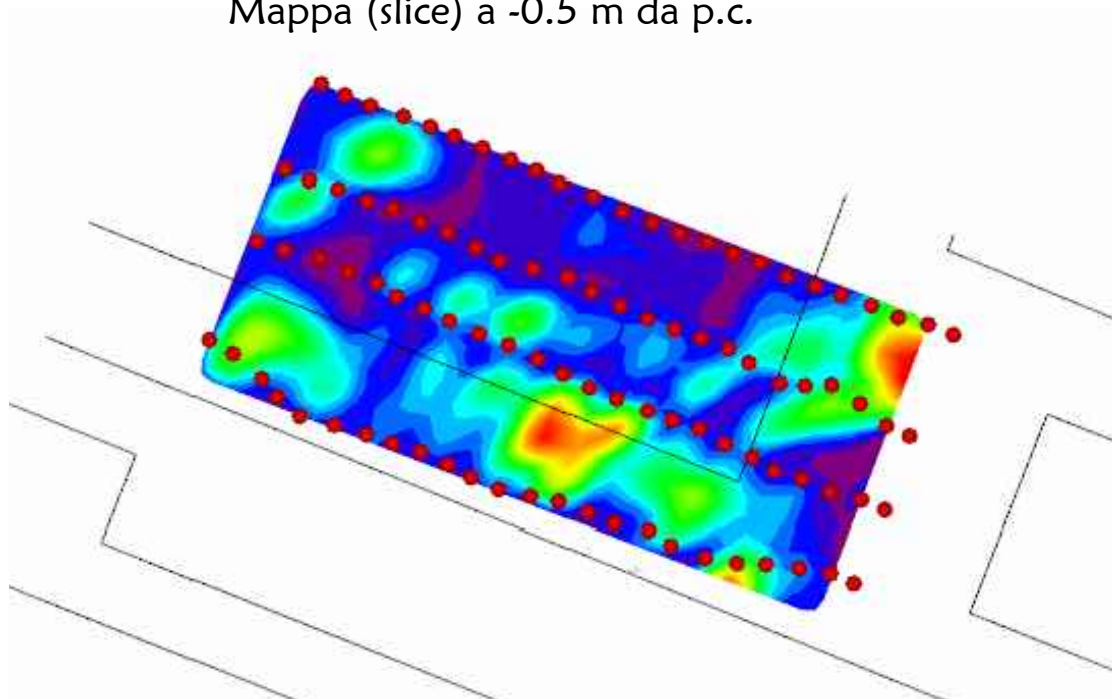
Scala 1:200

Novembre 2022

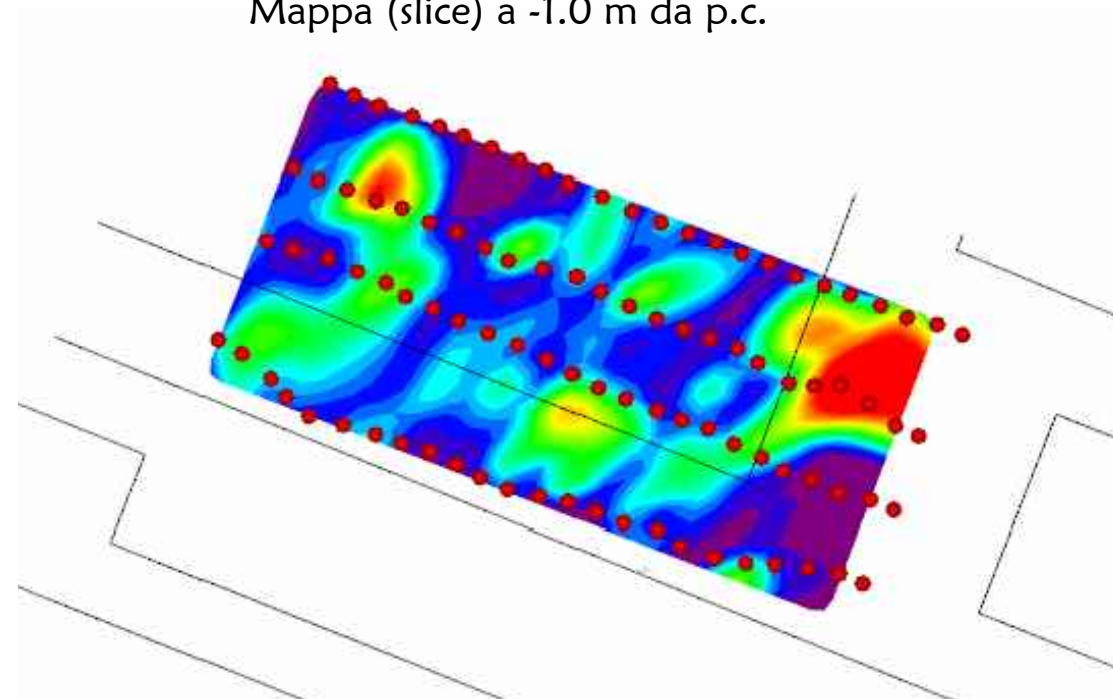
Tavola 02 - Planimetria di dettaglio geoelettrica 3D - Via Pilade del Buono, Portoferraio (LI)

TRI+GEO

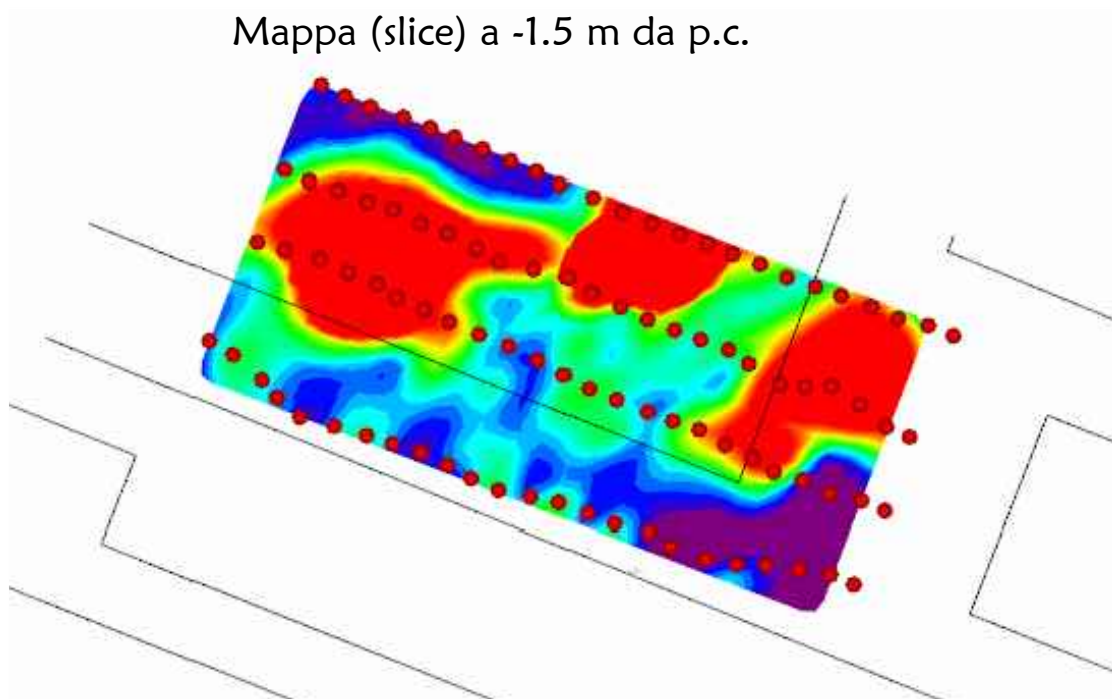
Mappa (slice) a -0.5 m da p.c.



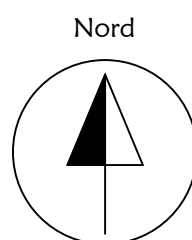
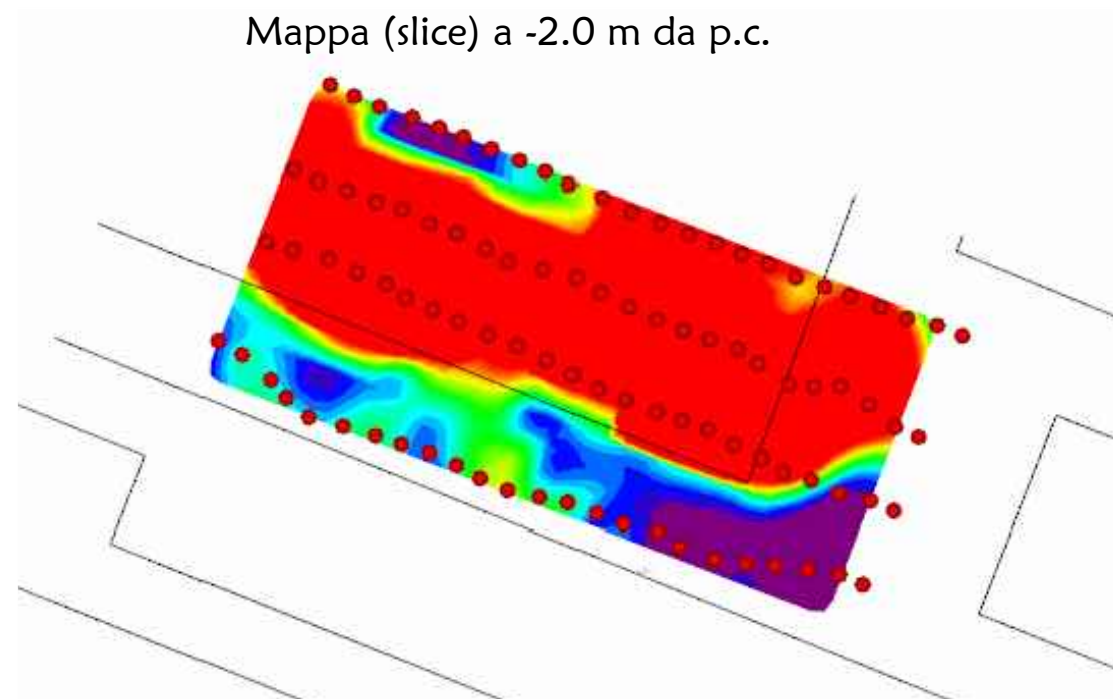
Mappa (slice) a -1.0 m da p.c.



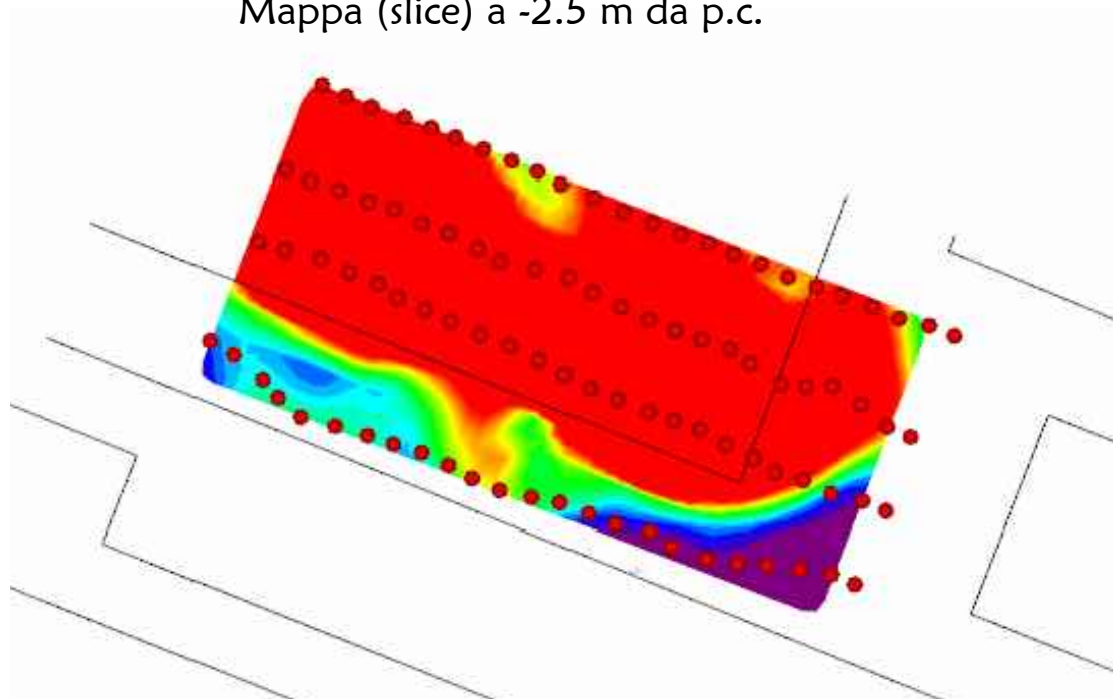
Mappa (slice) a -1.5 m da p.c.



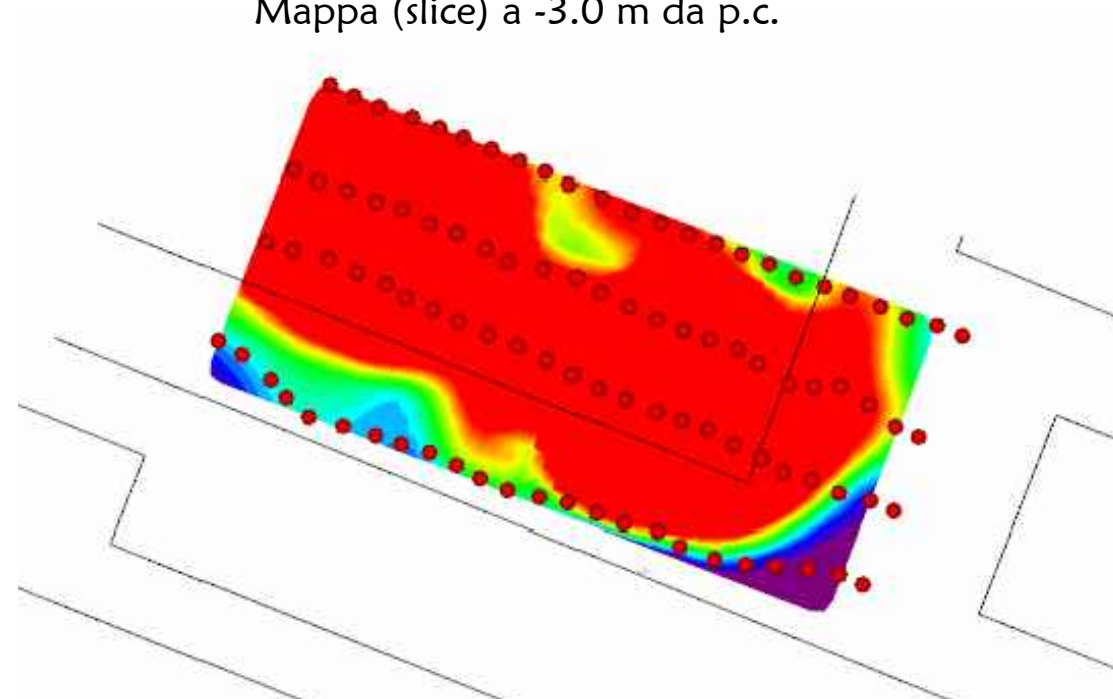
Mappa (slice) a -2.0 m da p.c.



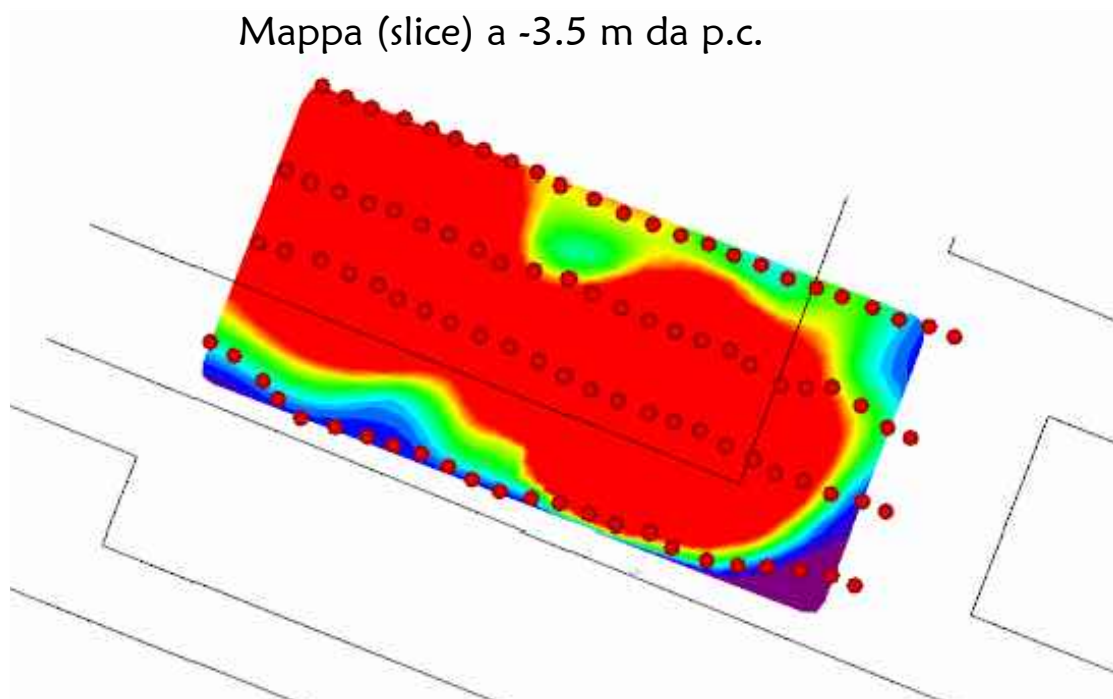
Mappa (slice) a -2.5 m da p.c.



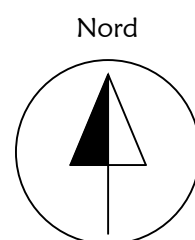
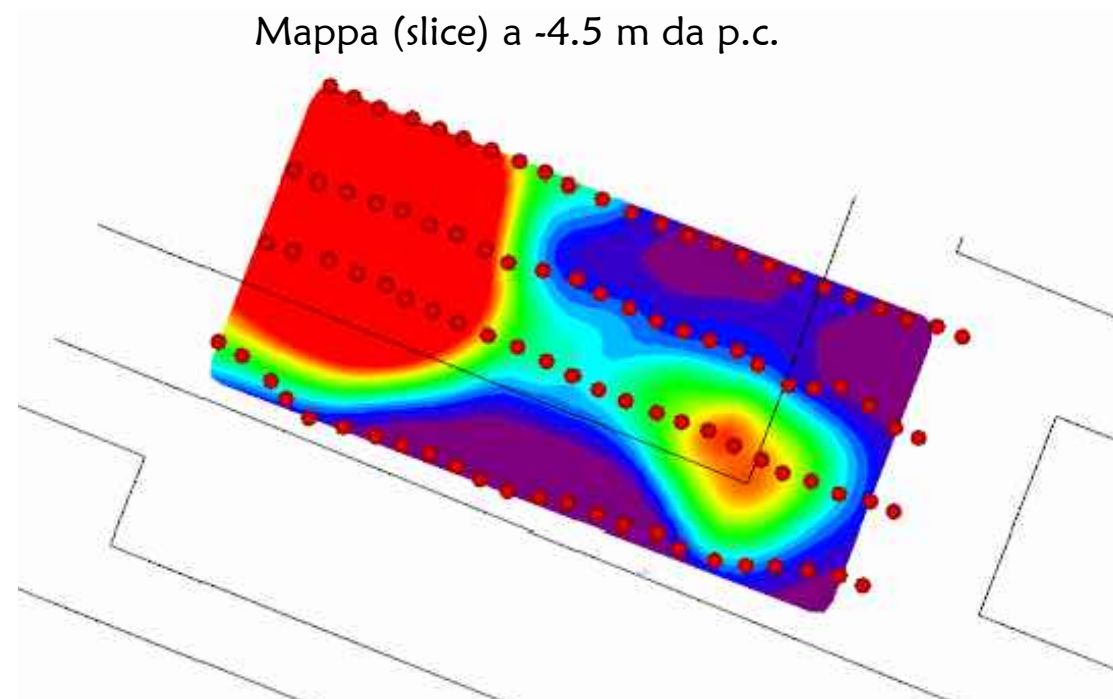
Mappa (slice) a -3.0 m da p.c.



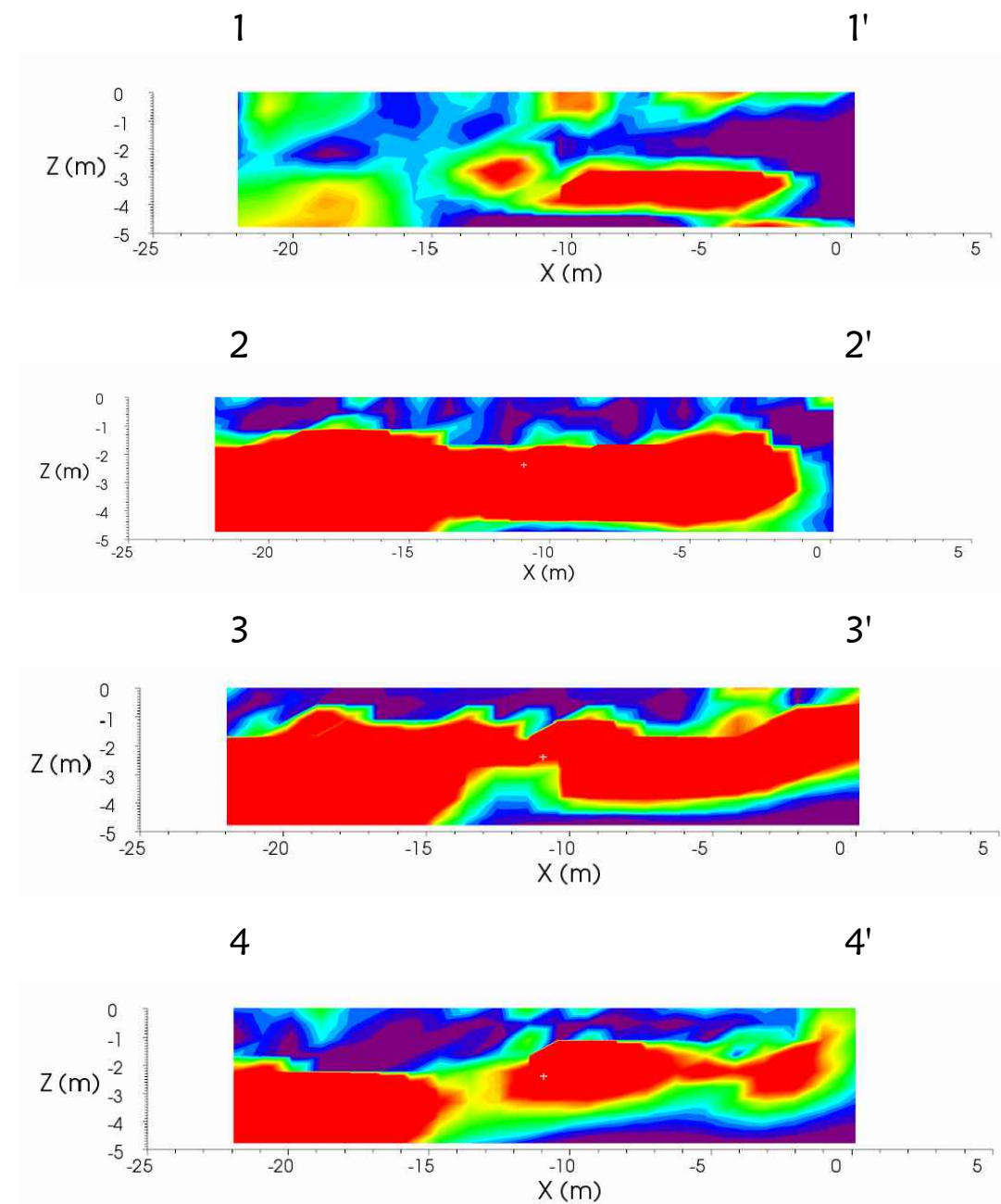
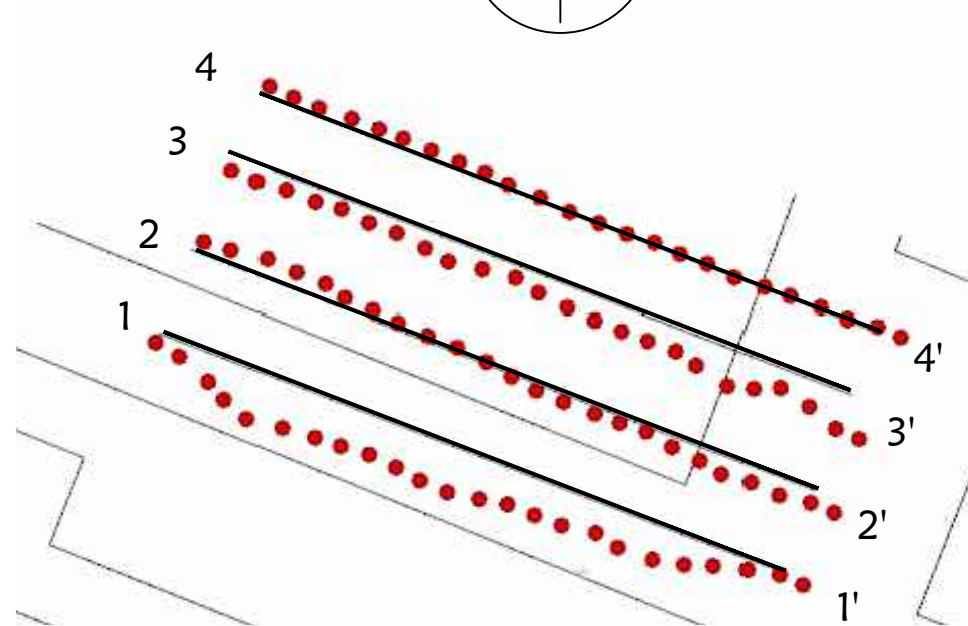
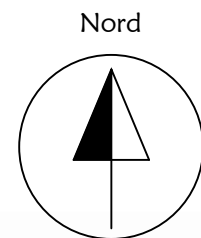
Mappa (slice) a -3.5 m da p.c.



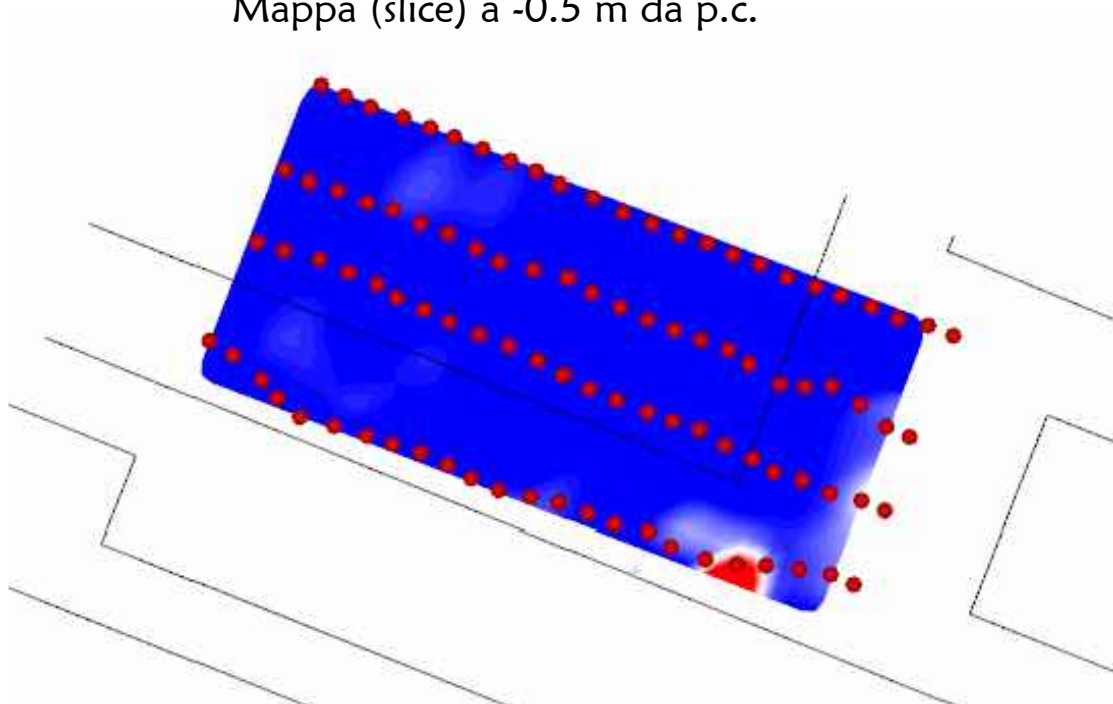
Mappa (slice) a -4.5 m da p.c.



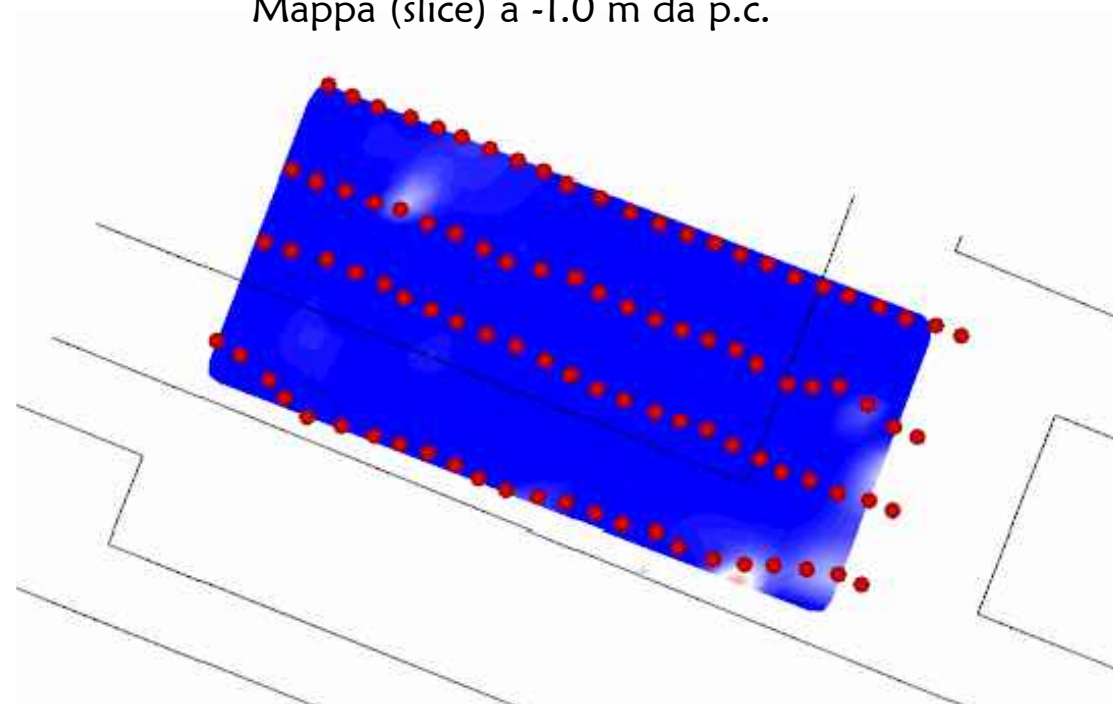
UBICAZIONE SEZIONI 2D



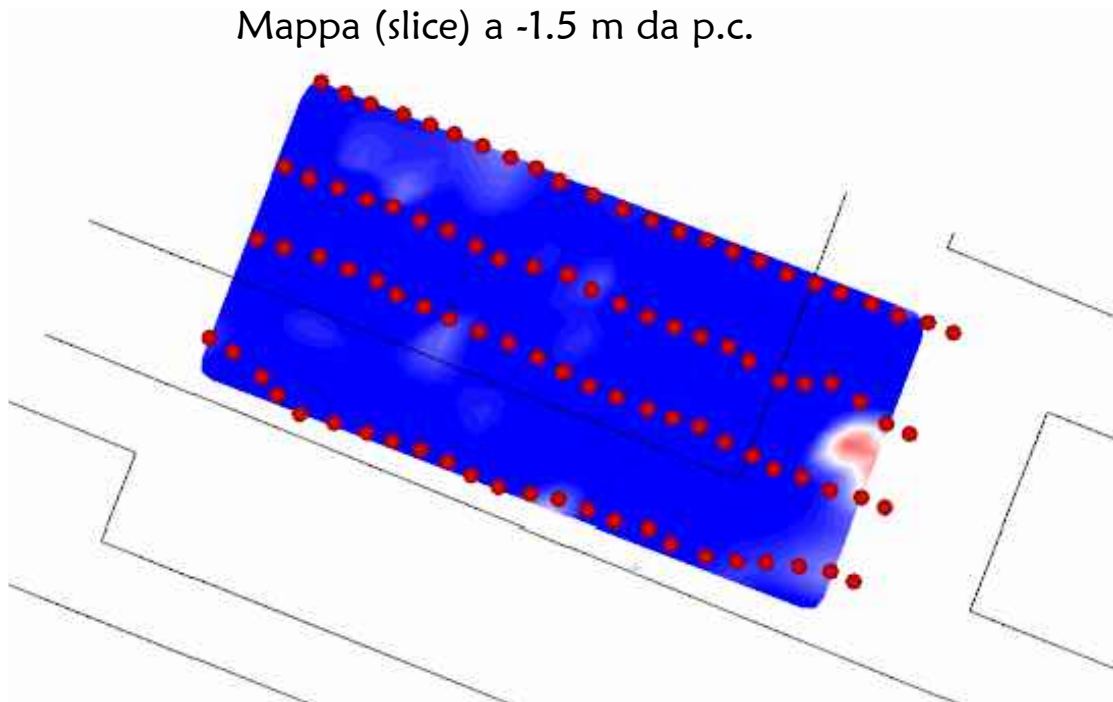
Mappa (slice) a -0.5 m da p.c.



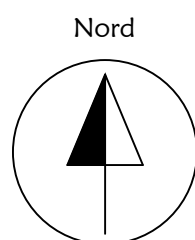
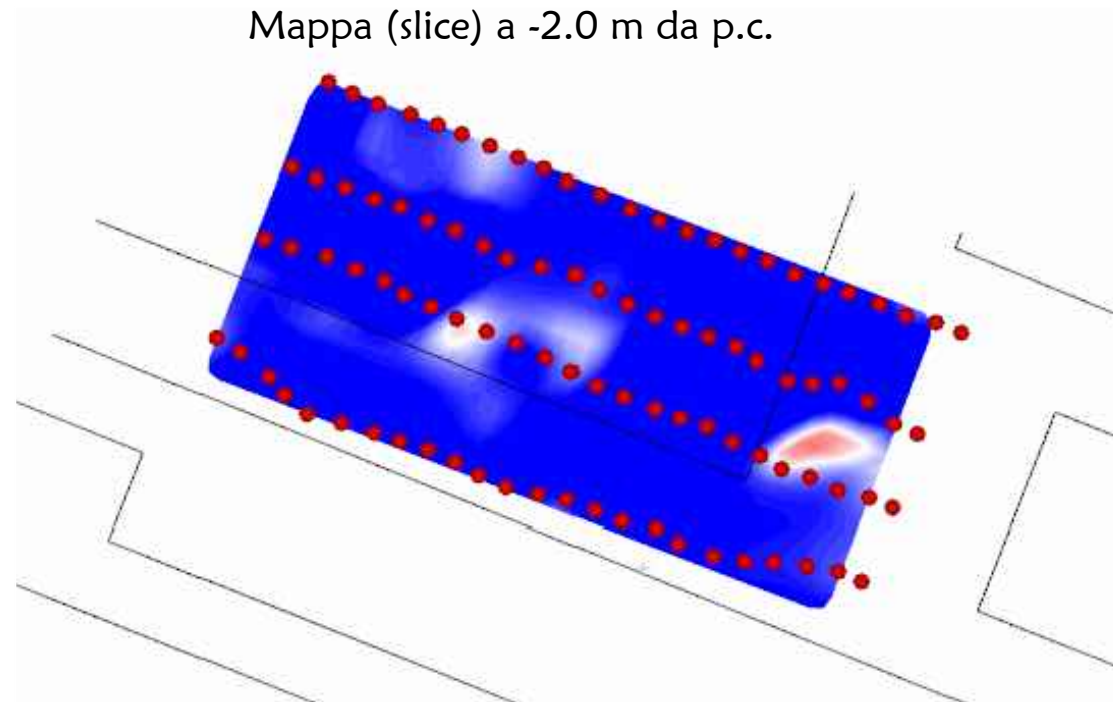
Mappa (slice) a -1.0 m da p.c.



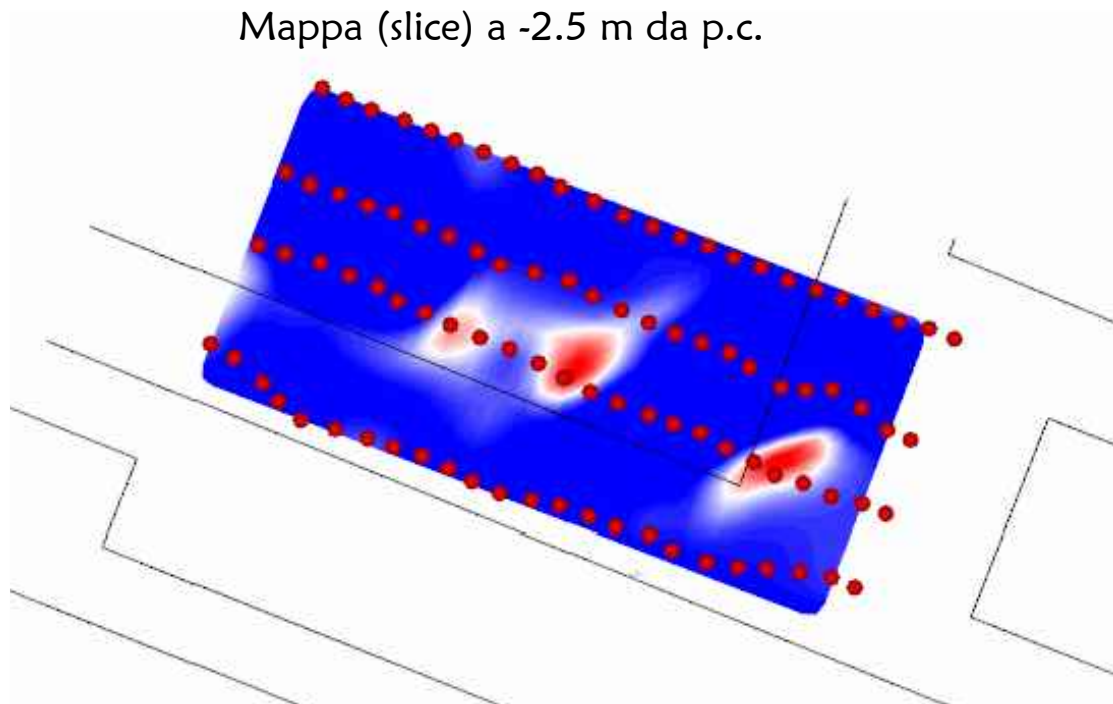
Mappa (slice) a -1.5 m da p.c.



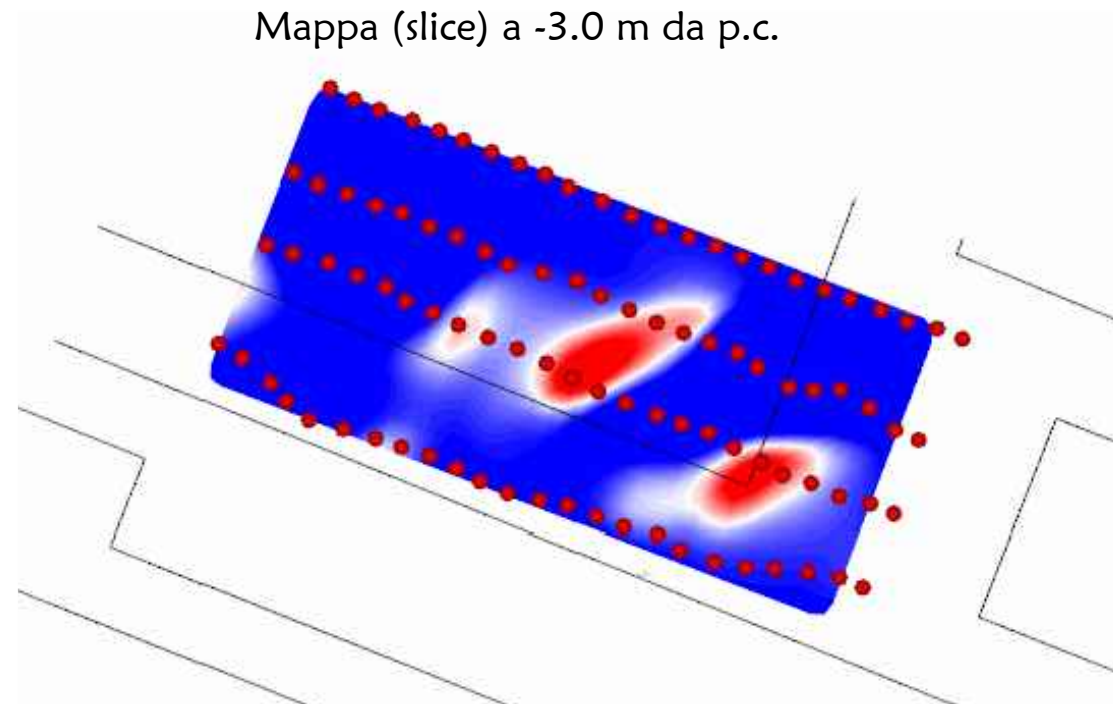
Mappa (slice) a -2.0 m da p.c.



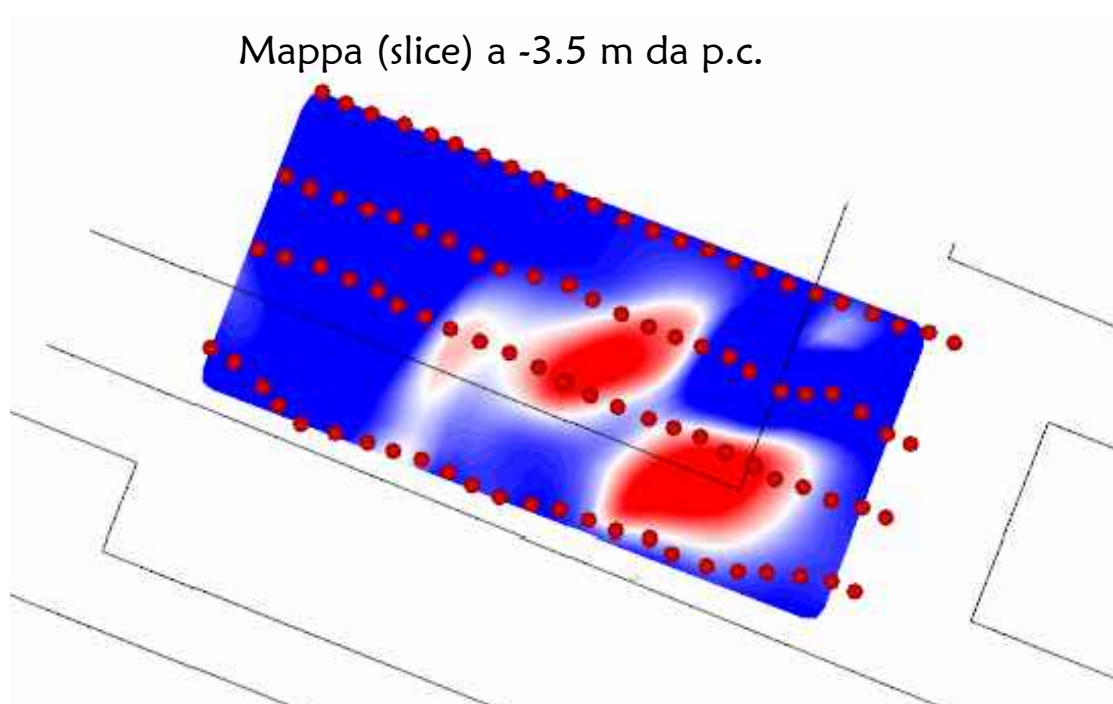
Mappa (slice) a -2.5 m da p.c.



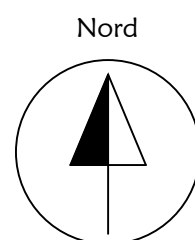
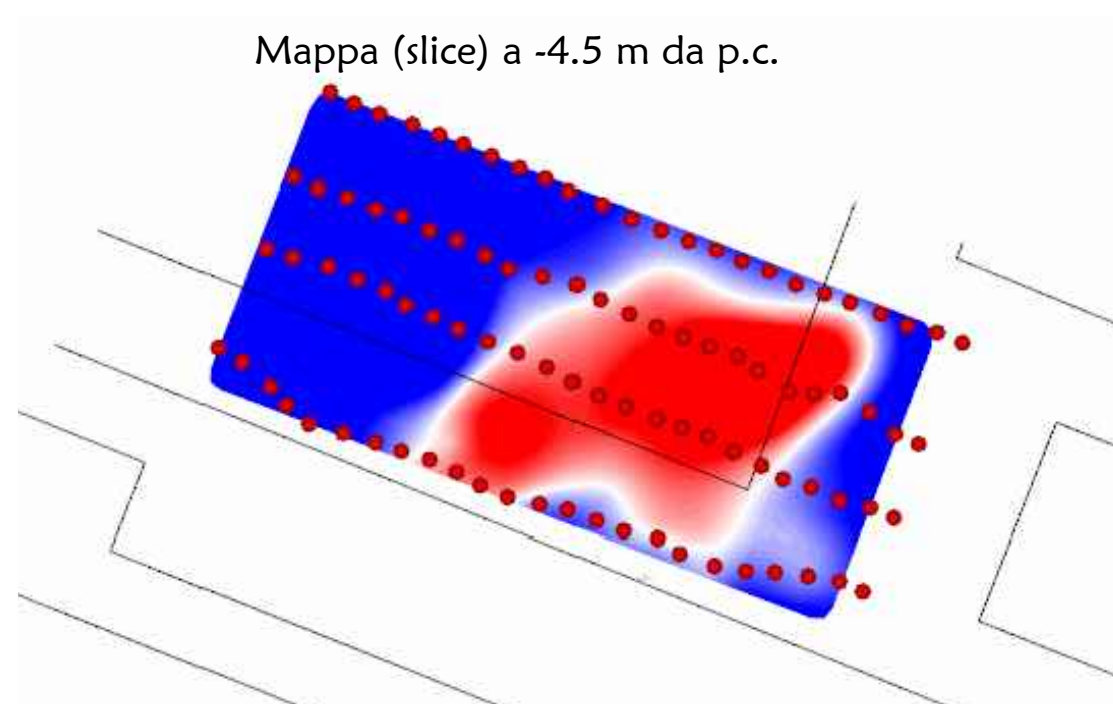
Mappa (slice) a -3.0 m da p.c.



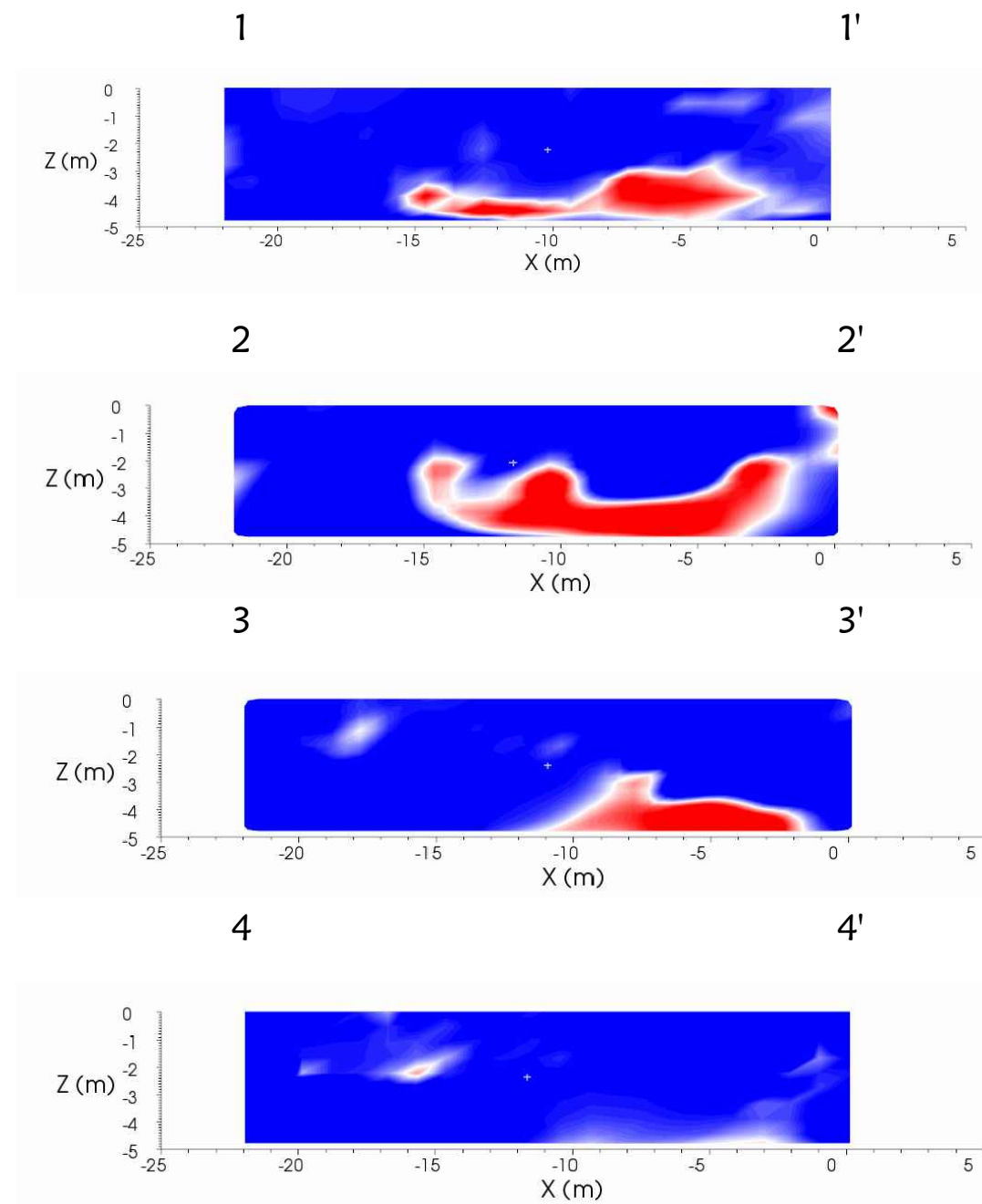
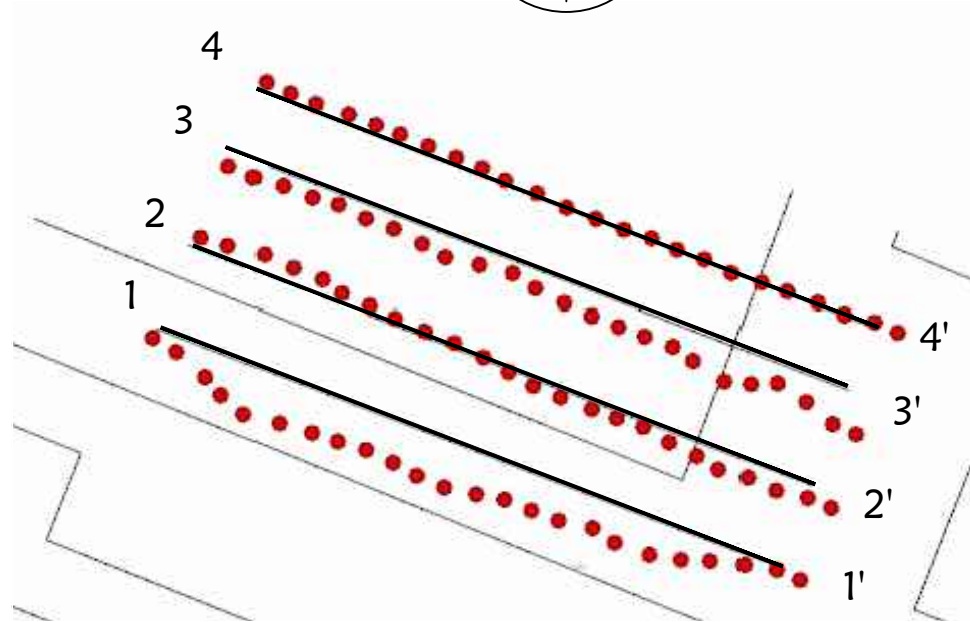
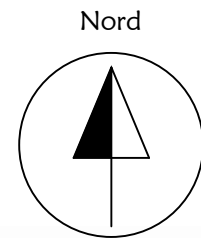
Mappa (slice) a -3.5 m da p.c.



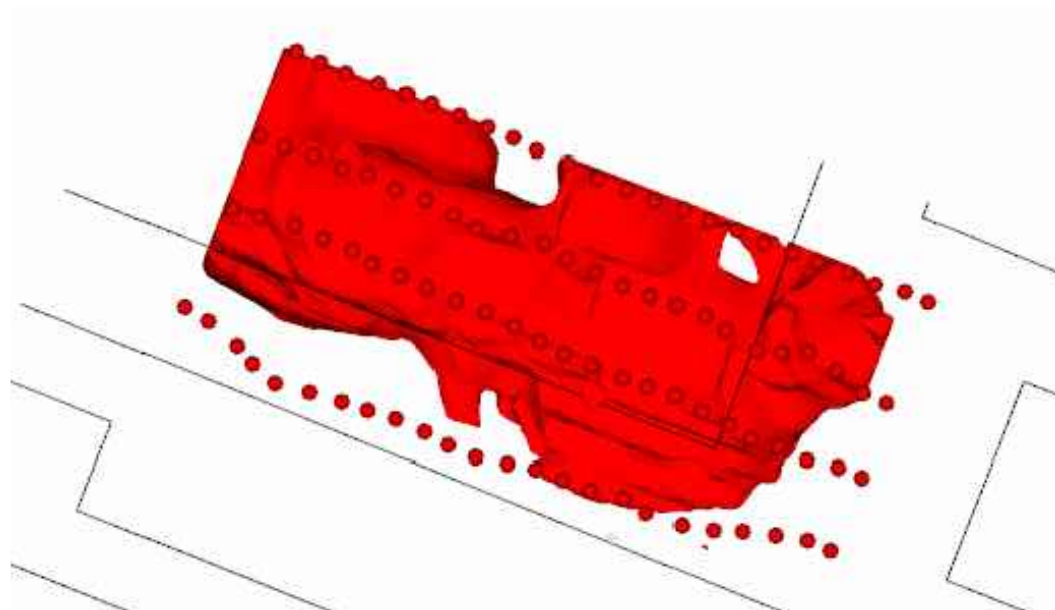
Mappa (slice) a -4.5 m da p.c.



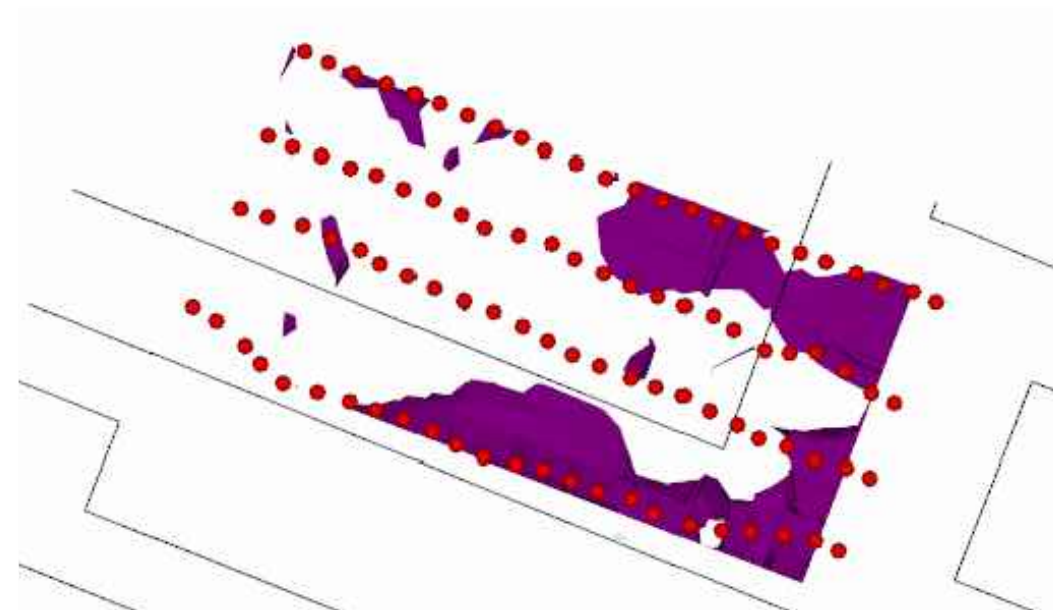
UBICAZIONE SEZIONI 2D



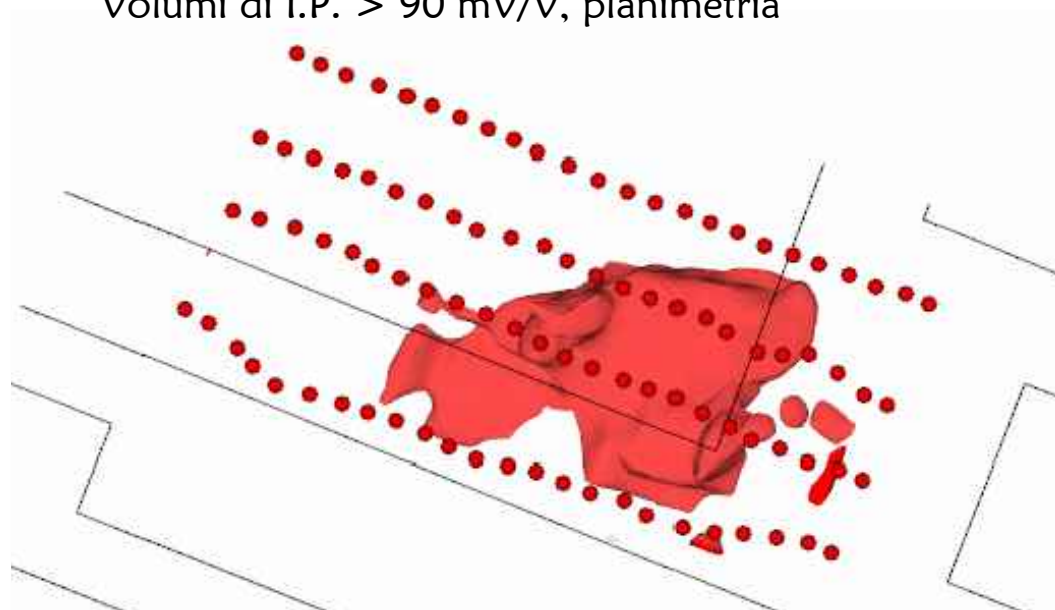
Volumi resistivi > 800 Ohm.m



Volumi conduttivi < 70 Ohm.m



Volumi di I.P. > 90 mV/V, planimetria



Volumi di I.P. > 90 mV/V, visione prospettica

