

Georesistivimetro LGM 4-Plunkt light hp: tomografie elettriche in campo ambientale

di Braccesi Guglielmo, Cardinali Alessio e Caselli Diletta



L'indagine geoelettrica nello studio delle problematiche ambientali può fornire, in determinati casi, ottimi risultati, fornendo dati e rilevando caratteristiche del terreno difficilmente rilevabili con altre strumentazioni.

La strumentazione utilizzata è un georesistivimetro LGM 4 Punkt ligh hp della Lippmann Geophysikalische Messgeräte. La strumentazione di origine tedesca, nata per i Sondaggi Elettrici Verticali, è stata poi convertita con apposito software, per lo svolgimento di tomografie elettriche. Caratteristica fondamentale di questa strumentazione è quella di avere l'elettronica direttamente sugli elettrodi (elettrodi attivi), la possibilità di implementare la configurazione degli elettrodi fino ad un numero massimo di 255, la possibilità di lavorare su frequenze caratteristiche, la possibilità di lavorare in roll on e la possibilità di avere un software di gestione della strumentazione estremamente versatile, che permette la diretta visualizzazione in pseudosezione dei dati di resistività e di IP.

Il software GeoTest, sviluppato dal Dr. Armin Rauen, serve al controllo dello strumento in combinazione con molti elettrodi.

Il "4point" è uno strumento ad alta precisione per la determinazione della resistività del suolo; esso produce costanti emissioni di corrente elettrica, indipendente dalle resistenze di contatto tra gli elettrodi. Ovviamente, questo è possibile solamente entro il limite massimo di voltaggio dello strumento che è di circa 380 V.

Ad esempio, una produzione di corrente di 15mA sarà possibile solamente se la resistenza nel circuito A-B è meno di 190/0.015 o di circa 12 kOhms. Quando la regolazione di corrente non può essere stabilita, nessuna misurazione sarà possibile e lo strumento emetterà un segnale di allarme.

Lo strumento misuratore è uno strumento in cui l'emissione di corrente è emessa dal polo positivo al polo negativo con frequenze selezionabili comprese tra 0.26 e 30 Hz. Per applicazioni che non richiedono la determinazione dell'effetto frequenza, l'utilizzo di 4.16 Hz (in Europa) o di 5 Hz (in USA e Giappone) è raccomandato.

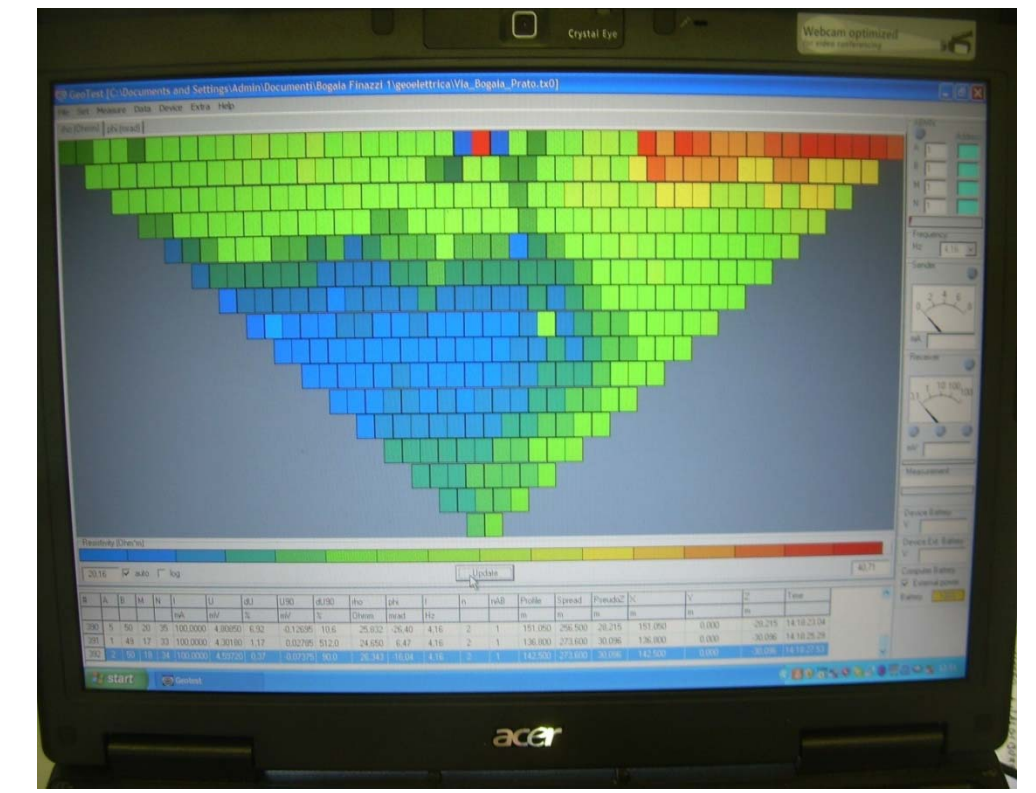
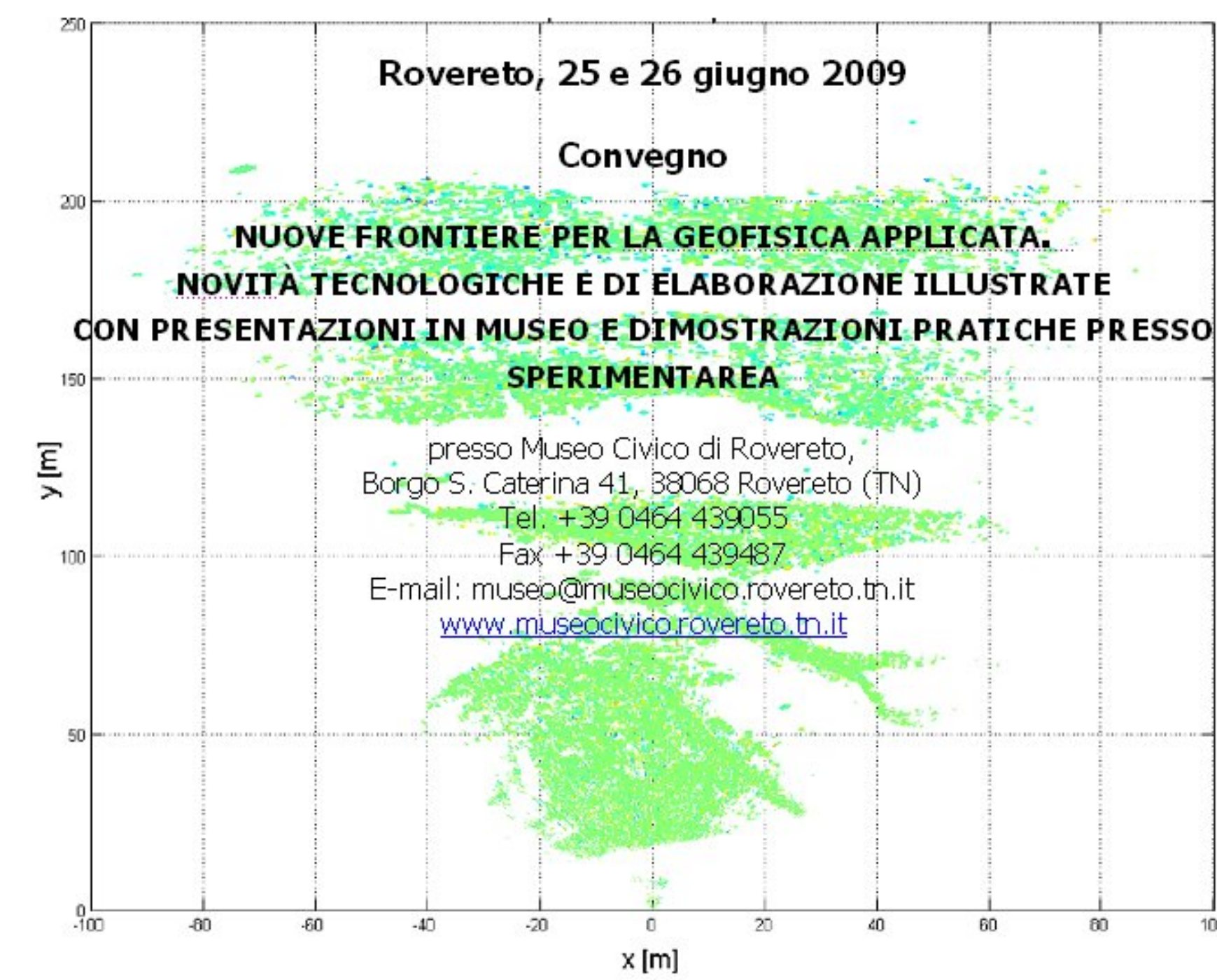


Il ricevitore dello strumento è altamente selettivo e registra solo voltaggi in un set di frequenze. Tuttavia, il rumore sulle frequenze di misurazione generato da interferenze principali, da magnetismo o vento e pioggia, faranno diminuire la qualità delle misurazioni. Per meglio sopprimere il rumore, lo strumento 4point light hp registra diversi campioni e determina una media di essi; calcolando l'errore sulla base di misurazioni multiple, c'è una buona misura della qualità della registrazione. Il ricevitore registra anche la differenza di fase tra la corrente uscente in AB e il voltaggio nei terminali MN.

Le misurazioni possono essere eseguite in due differenti orientazioni e GeoTest le supporta entrambe:

- Profilo: misurazioni in cui gli elettrodi vengono distribuiti lungo un profilo lineare sul suolo; il profilo di misurazione è monodimensionale (nella direzione X) ed il risultato sarà una sezione di profondità bidimensionale, ossia un piano nelle direzioni X e Z;
- Mappa: gli elettrodi vengono disposti lungo una griglia bidimensionale sul suolo e le misurazioni vengono fatte in un piano bidimensionale (nelle direzioni X ed Y); il risultato sarà, in questo caso, un blocco tridimensionale contenente le coordinate X, Y e Z.

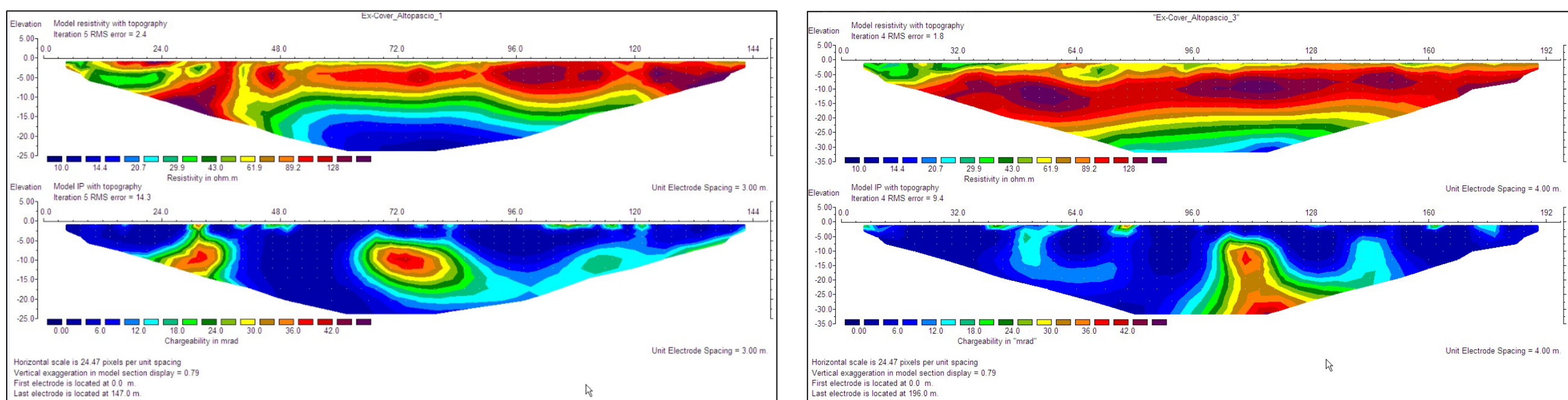
Lo sviluppo grafico di tutte le resistività misurate durante l'acquisizione è chiamata Pseudo-Sezione, cioè una sezione che ancora non corrisponde ad una reale sezione di profondità. Quest'ultima, invece, è il risultato di un programma di inversione geoelettrica bidimensionale con l'applicazione dell'inversione numerica (RES2DINV della GEOTOMO SOFTWARE Malaysia). In questo lavoro si è voluto descrivere come la metodologia di indagine geoelettrica può essere applicata nel settore ambientale; l'utilizzo di questa tipologia di indagine è finalizzato, ad esempio, all'individuazione di superfici stratigrafiche orizzontali del sottosuolo per ricerche idriche ed ambientali, all'individuazione di superfici stratigrafiche orizzontali del sottosuolo per ricerche idriche e ambientali, all'individuazione della profondità dell'acquifero, degli spessori di depositi alluvionali acquiferi, del bed-rock, delimitazione di strutture artificiali (discariche, orizzonti antropizzati), alla ricostruzione dei limiti e delle variazioni laterali di grandi strutture sepolte (discariche, accumuli sepolti), all'individuazione di perdite da discariche, traccia di percolati e contaminanti in falda, al monitoraggio dello stato di avanzamento di processi di bonifica in situ.



Rifiuti interrati in area industriale

Un primo caso di studio in cui è stato applicato questo tipo di indagine, è relativo a delle indagini preliminari al progetto di bonifica di un'area inquinata, in località Altospascio (LU).

Nel complesso sono state eseguite 5 linee tomografiche nell'area in esame, con misurazione dei parametri di resistività del terreno e di polarizzazione indotta. La geometria di lettura è stata la Wenner, con 50 elettrodi di misura. Sono state rappresentate delle sezioni dettagliate relative ai primi 10 metri di spessore di terreno, e delle sezioni generali che hanno raggiunto la profondità di 25-35 metri dal piano di campagna.



Sezioni di tomografia elettrica nei parametri resistività e polarizzazione indotta

Sono stati inoltre registrati i valori della Polarizzazione Indotta, dove si rileva corrispondenza tra i picchi di resistività ed i picchi di polarizzazione, caratteristica spesso riscontrata anche nei fenomeni di contaminazione da solventi o idrocarburi, sostanze che generalmente aumentano la resistività naturale del terreno e dalle geometrie di tali anomalie, spesso riconducibili a geometrie somiglianti a plumes da contaminazione.

Quanto sopra espresso è in accordo con i risultati di Ramirez et al. (1996) i quali riscontrano alti valori di PI nelle zone dove il contaminante è in contatto con strati argillosi.

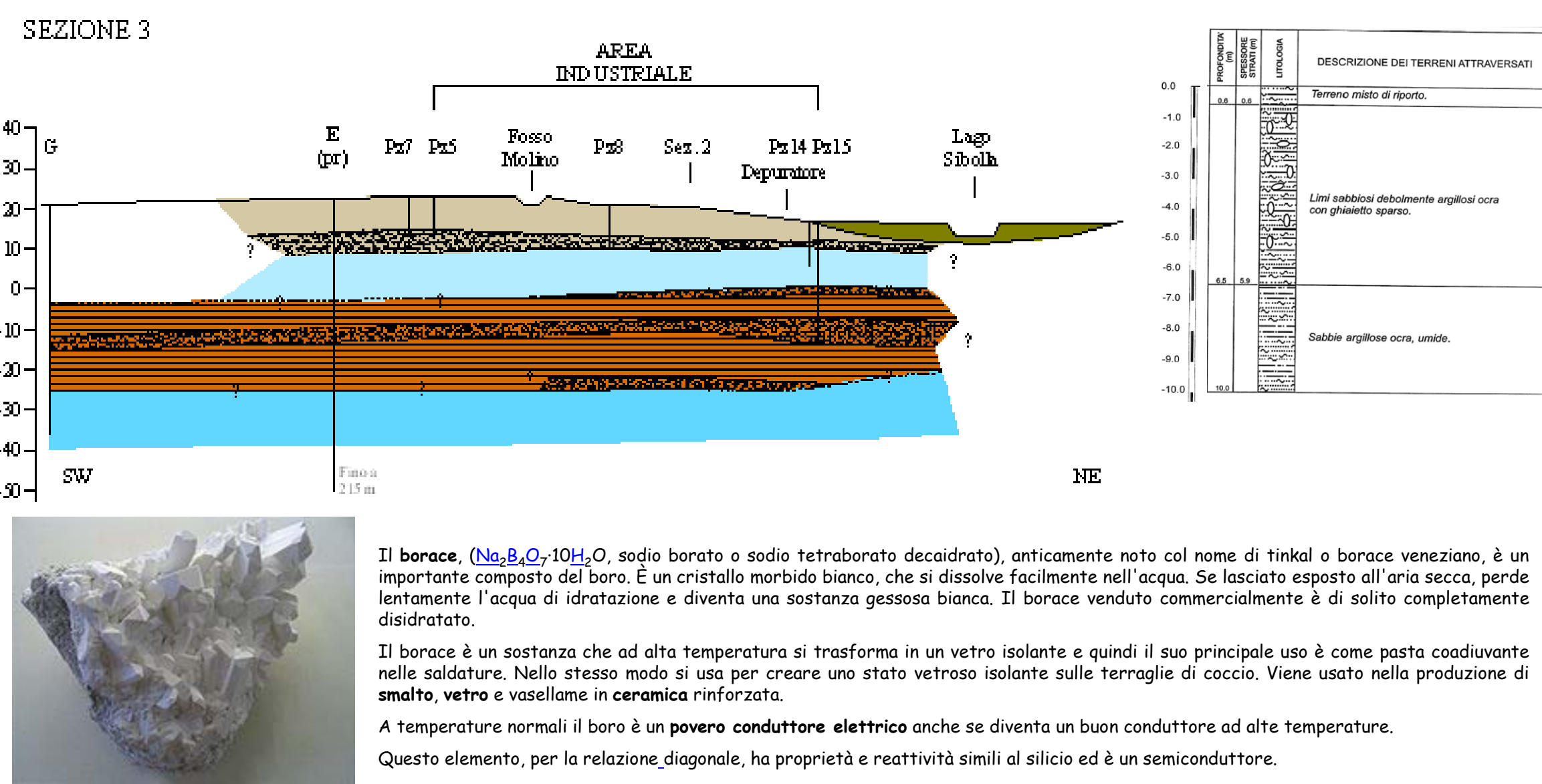
Al di sotto di tale livello, alla profondità di circa 20-25 metri da piano di campagna è presente un livello decisamente più conduttivo e caratteristico delle argille lacustri presenti in zona.

Con i dati raccolti dalle tomografie è stato inoltre possibile ricostruire dei modelli planimetrici a varie profondità, rispettivamente pari a 2, 4 ed 8,5 metri da piano di campagna. I dati di resistività (Ωm) sono stati poi trasformati in dati di conducibilità (mS/m), per essere confrontati con i dati rilevati dall'elettromagnetometro.

La differenza riscontrata fra le planimetrie ricavate dalle due metodologie è naturalmente da imputarsi ad una diversa mole di dati raccolti (l'elettromagnetometro ha circa 15 volte il numero di dati rilevati), ma anche dall'influenzabilità dei dati raccolti, relativamente alla presenza di materiali metallici superficiali (reti di recinzione, rottami, ecc.). Rimane inoltre da considerare che la distanza fra le linee tomografiche (seppur relativamente breve), ha costretto ad operazioni di interpolazione che, naturalmente, non rispecchiano la reale distribuzione dei valori di conducibilità. La differenza maggiore fra le due misurazioni consiste comunque in una discordanza di circa 20-25 mS/m dovuta essenzialmente a diverse strumentazioni utilizzate ed a periodi diversi di acquisizione dati.

Attraverso lo studio dettagliato delle sezioni è stato possibile individuare un primo livello costituito da terreni con resistività comprese tra 25 e 35 Ωm , che potrebbe costituire la zona dei riempimenti antropici, oggetto della bonifica.

Al di sotto di tale livello sono presenti terreni con resistività spiccatamente più marcate, pari a circa 95-120 Ωm . Tali terreni, sulla base dei dati stratigrafici messi a disposizione, sono costituiti generalmente da limi sabbiosi argillosi, terreni dalle caratteristiche generalmente più conduttive. La maggiore resistività di tale livello, può essere dovuta ad una presenza maggiore della frazione sabbiosa, rispetto ai dati rilevati nei sondaggi, relativamente distanti dalla zona in esame, oppure dalla presenza di sostanze in falda, che possono aumentare la resistività del livello in esame. Tale supposizione è stata successivamente avvalorata dai risultati delle analisi chimiche che hanno riscontrato una forte presenza di boro, utilizzato in attività industriale per la produzione di smalto, vetro e vasellame in ceramica rinforzata, con caratteristiche di debole conduttore elettrico e quindi causa dell'aumento dei valori di resistività.

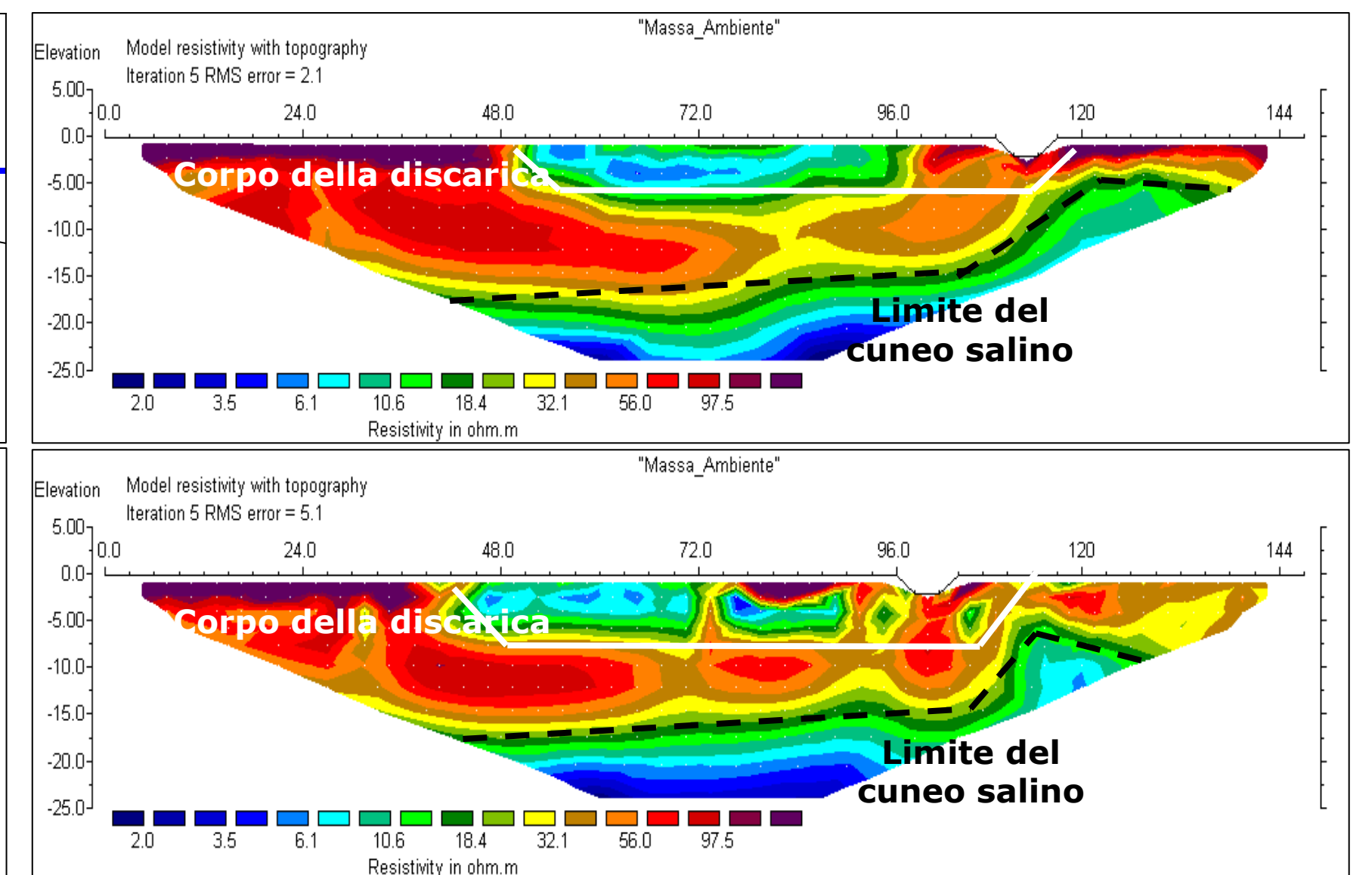
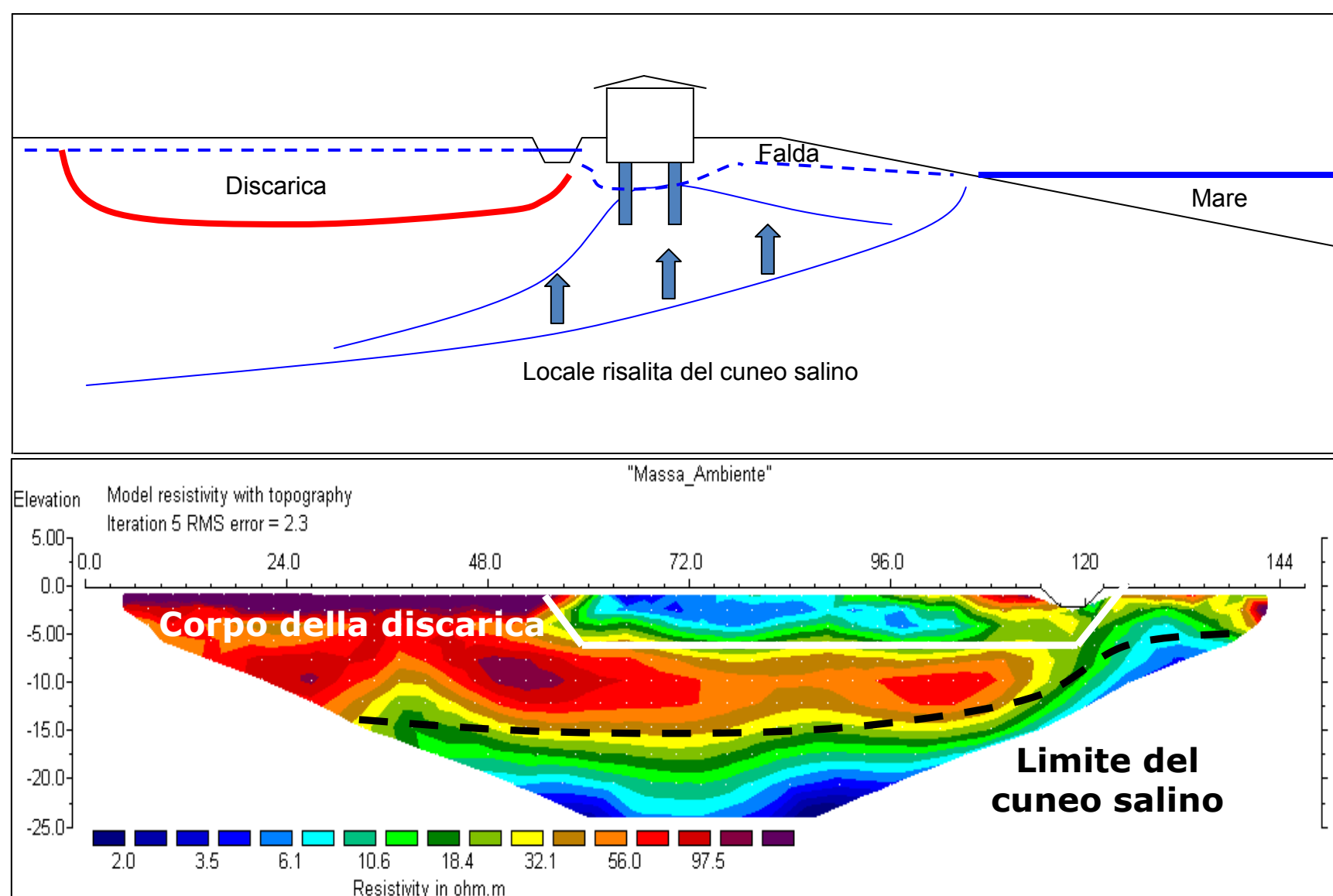


Individuazione corpo di discarica abusiva

Un secondo caso di studio è quello relativo all'individuazione di un corpo di discarica abusiva nei pressi del lungomare di Marina di Massa (MS). Oltre ad una campagna di prospezione sismica a rifrazione in onde P, sono state condotte indagini di tomografia elettrica con l'esecuzione di 8 linee e con acquisizione dei parametri Resistività e Polarizzazione indotta.

Le indagini tomografiche, oltre ad evidenziare in maniera precisa la geometria del cono di ingressione salina, hanno ben definito le dimensioni del corpo di discarica, a differenza delle indagini sismiche che non sempre hanno consentito una sufficiente discriminazione fra materiali di discarica e terreno naturale. Il contrasto di resistività ed i valori di polarizzazione indotta hanno condotto ad una più precisa definizione delle volumetrie interessate dal corpo della discarica. In particolare sono state rilevate zone con caratteristiche geoelettriche diverse all'interno del corpo stesso della discarica. La parte centrale è costituita da materiali molto conduttivi (5-10 Ωm), mentre è presente una parte periferica più resistiva. Sono ben riconoscibili le sabbie insature e le sabbie sature del terreno naturale ed il cono di acqua salmastra in profondità.

Per quanto riguarda la polarizzazione indotta, sono presenti, all'interno della discarica, volumi con alti valori di polarizzazione, mentre sono visibili frange pseudo verticali, all'interno del volume saturo, ad alto valore di polarizzazione indotta.



Sezioni di Tomografia Elettrica nel parametro Resistività