

Comune di Poggiardo
Provincia di Lecce

INDAGINI ELETTRICHE TOMOGRAFICHE

OGGETTO:

Servizi per l'attuazione del Piano di Caratterizzazione Ambientale ai sensi dell'art. 242 del D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. della "Vora Farminica" loc. Turi.

COMMITTENTE:

Comune di Poggiardo

IMPRESA:

Elle Lavori srl

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
arch. Lucio RICCIARDI

INDICE

PREMESSA.....	2
SONDAGGI ELETTRICI CON RICOSTRUZIONE TOMOGRAFICA	3
<i>Resistività</i>	4
<i>Il metodo della resistività</i>	6
<i>La strumentazione</i>	9
<i>Il georesistivimetro Syscal Pro</i>	9
INDAGINE ESEGUITA E RISULTATI OTTENUTI	13
PROFILO A-A'	14
PROFILO B-B'	15
PROFILO C-C'	16
PROFILO D-D'	17

PREMESSA

Con determinazione n. 313 del 31.08.2021 il Comune di Poggiardo, preso atto dell'esito di gara indetta dalla Spett.le S.A, ha affidato all'Impresa ELLE LAVORI s.r.l. di Ruffano l'esecuzione di indagini ex art. 242 del d.lgs. 152/2006 nell'ambito dei lavori di "***Caratterizzazione Ambientale della Vora Farminica***", nel comune di Poggiardo (LE).

Questo elaborato ha titolo "Relazione sulle indagini tomografiche svolte" e fornisce informazioni circa:

- Le attività svolte ed i mezzi utilizzati
- I risultati e le restituzioni grafiche;
- L'ubicazione degli stendimenti;
- La documentazione fotografica.

Nella presente, si relaziona sulle indagini di tomografia elettrica eseguite con lo scopo di ricostruire la stratigrafia nel sito, nonché per riscontrare eventuali anomalie stratigrafiche (*es. presenza di materiale/rifiuto in cumuli e/o sacche di liquidi/percolato*). La configurazione degli elettrodi è stata di tipo dipolo-dipolo assiale e Wenner.

SONDAGGI ELETTRICI CON RICOSTRUZIONE TOMOGRAFICA

L'indagine elettrica prevede sempre una fase preliminare al fine di comprendere al meglio le problematiche da affrontare e le peculiarità del sito. Il metodo scelto permette di stimare la resistività del sottosuolo in esame; tale parametro è fondamentale per l'individuazione dei passaggi stratigrafici, cavità ed eventuali sottoservizi presenti.

I valori di resistività vengono rilevati introducendo nel sottosuolo una corrente attraverso due elettrodi di corrente e misurando la differenza di potenziale attraverso altri due elettrodi, detti appunto di misura. L'invio della corrente nel sottosuolo, utilizzando delle sorgenti puntiformi in superficie, determina l'irraggiamento delle linee di corrente attraverso superfici di forma emisferica. In generale il terreno non è elettricamente omogeneo né isotropo, perciò quando viene immessa corrente in esso, una qualsiasi causa di variazione di conducibilità, ne altera il flusso, provocando un'anomala distribuzione del potenziale.

La misura di questo valore prende il nome di "resistività apparente", in quanto dipende dalla disposizione degli elettrodi nel terreno. La raccolta di queste informazioni avviene lungo tutto il tratto percorso dai filetti elettrici e, di conseguenza, da tutta la emisfera prodotta dall'immissione di corrente nel sottosuolo.

La tomografia elettrica di superficie (TES) si basa su un elevato numero di misure elettriche che sono disposti sul terreno lungo i profili scelti. La restituzione dei risultati (ricostruzione tomografica) viene realizzata approssimando il terreno (sottosuolo) in maglie o celle ("elementi finiti") e

riportando in un'apposita sezione gli elementi finiti con resistività omogenea.

I tipi di configurazione scelta per la presente campagna d'indagine sono il metodo Dipolo-dipolo ed il Wenner per avere una chiara visione dei cambiamenti di resistività in orizzontale ed in profondità.

Nel caso in esame è stata utilizzata una strumentazione multielettrodo della IRIS (il Syscal Pro).

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software RES 2D della Geotomo Software.

Resistività

Lo scopo di un'indagine geoelettrica in una certa area è quello di determinare la distribuzione del parametro fisico resistività elettrica nel sottosuolo.

La resistività di un materiale è una misura di quanto esso si oppone al passaggio di corrente elettrica, ed è l'inverso della conducibilità (o conduttività). Essa dipende dai fattori chimico-fisici che hanno influenzato la struttura delle rocce e da quelli che ne determinano le modifiche nel tempo.

Le modalità di trasmissione dell'energia elettrica possono essere:

- *Elettronica*: gli atomi dei materiali hanno elettroni liberi di muoversi con facilità ed oppongono quindi bassa resistenza al passaggio della corrente elettrica. Appartengono a questa categoria tutti i metalli.

- *Dielettrica*: i materiali sono cattivi conduttori, opponendo notevole resistenza al passaggio della corrente. La maggior parte dei terreni e delle rocce in condizioni anidre appartiene a questa categoria.

• *Elettrolitica*: in presenza di un fluido gli ioni (particelle cariche elettricamente) possono muoversi con facilità trasportando la corrente elettrica. Questa modalità di trasmissione diventa importante per terreni saturi di acqua.

Le rocce possono essere considerate, nella maggioranza dei casi, degli elettroliti solidi. In essi la conduzione avviene per processi che interessano gli ioni legati a formare le strutture cristalline; in generale la forza esercitata sugli ioni da parte di un campo elettrico, è minore delle forze che legano tali ioni e pertanto gli elettroliti solidi possono considerarsi *isolanti*.

Le rocce naturali, però, sono in genere permeate da una certa quantità di acqua interstiziale ricca in sali e pertanto acquistano una conduttività ionica che dipende dalla quantità di spazi nella roccia (pori, microfessure, fratture) che sono saturati dall'acqua. In generale si ha dunque che quanto più porosa e fessurata è una roccia, tanto più è elevato il suo contenuto in acqua e tanto più, quindi, è alta la sua conduttività (e ovviamente bassa la sua resistività).

In generale, la *resistività* delle rocce porose, sottosature di acqua, si può ottenere dalla *relazione empirica di Archie*:

$$\rho = \rho_w a \Phi^{-m} S^{-n}$$

dove ρ_w è la resistività dell'acqua di imbibizione; Φ è la porosità (rapporto tra il volume dei pori e quello della roccia); S è il grado di saturazione (o imbibizione - rapporto tra il volume dei pori riempiti d'acqua e quello complessivo dei pori) della roccia (variabile tra 0.1 e 1); a , m , n , sono fattori numerici ed in particolare: m è il fattore di cementazione (varia da 1.3 a 2.5) ed a è il coefficiente di tessitura. Per quanto riguarda n ,

tale parametro assume generalmente un valore pari a 2 (Carrara, Roberti, Rapolla, 1992). La *tessitura* esprime la disposizione, forma e dimensione dei granuli che compongono la roccia, nonché la rete di canalicoli irregolari e tortuosi riempiti di elettrolita (Norinelli, 1982).

Un altro fattore che influenza la resistività è la *temperatura*: un aumento di quest'ultima, infatti, causa un incremento della mobilità degli ioni presenti nella soluzione elettrolitica e quindi della conduttività.

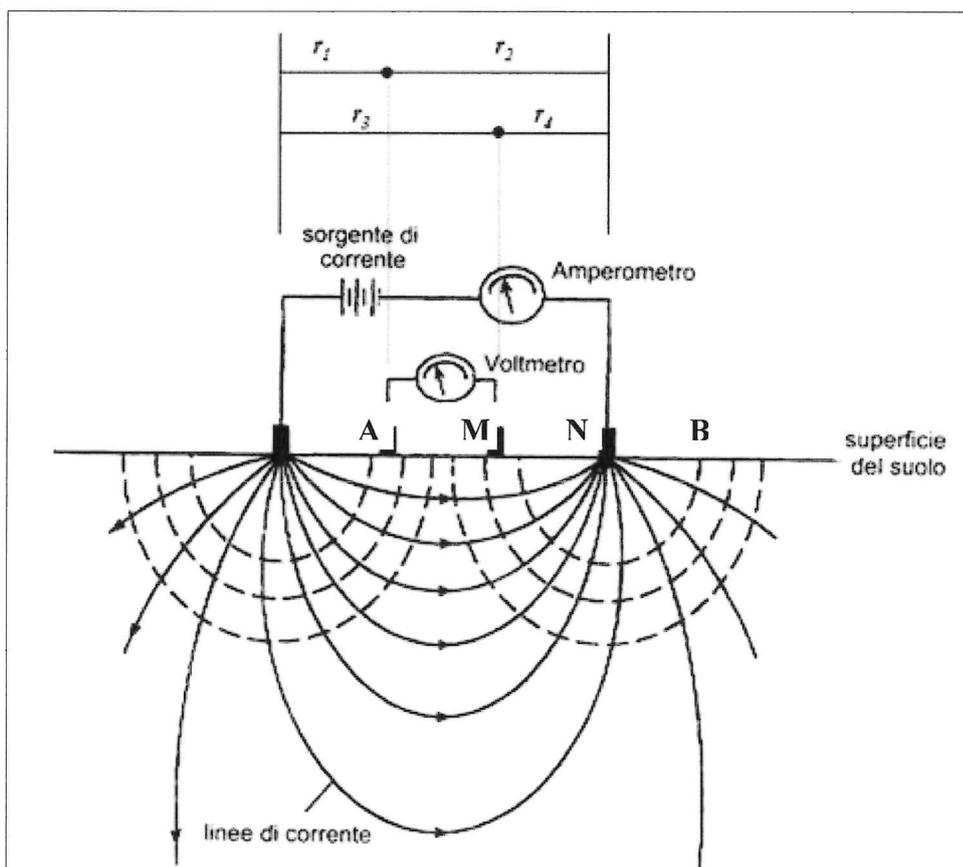
Il metodo della resistività

Con il metodo di *resistività* in corrente continua *D.C. Resistivity* viene immessa nel sottosuolo, mediante due elettrodi di corrente (A e B), una corrente elettrica che determina una differenza di potenziale misurata mediante altri due elettrodi di potenziale (M ed N).

In realtà la tecnica attuale utilizza corrente in frequenza capace sia di escludere i notevoli disturbi della corrente di rete di 50 Hz, sia di prevenire effetti di *saturazione elettrica* del terreno che ne impediscono l'esplorazione in profondità.

Condizione fondamentale perché il metodo risulti efficace è che esista e sia elevato il contrasto di *resistività* tra gli oggetti dell'indagine.

RELAZIONE SULLE INDAGINI TOMOGRAFICHE ELETTRICHE



Schema operativo indagine geoelettrica

Dai valori noti di corrente erogata, dalla configurazione geometrica degli elettrodi e dalla differenza di potenziale misurata si calcola analiticamente la *resistività apparente* dei terreni indagati.

In particolare, la resistività di un terreno omogeneo e isotropo è data dalla seguente relazione:

$$\rho = (\Delta V/I) * K$$

dove K è il coefficiente geometrico che dipende dalla disposizione degli elettrodi sulla superficie, ΔV è la differenza di potenziale misurata e I l'intensità di corrente.

RELAZIONE SULLE INDAGINI TOMOGRAFICHE ELETTRICHE

Tuttavia, il sottosuolo non è elettricamente omogeneo e isotropo pertanto, quando in esso si immette corrente, una qualsiasi causa di variazione di conducibilità, ne altera il flusso provocando, di conseguenza, una anomala distribuzione del potenziale rispetto a quella che si avrebbe per un sottosuolo omogeneo.

In conclusione, il valore di resistività che si misura in realtà è una *resistività apparente* e va considerata come un'anomalia rispetto a quella misurabile per una distribuzione teorica del potenziale in un sottosuolo omogeneo ed isotropo di resistività pari a quella propria dell'elettrostatato più superficiale.

La strumentazione

La strumentazione usata, nelle indagini di tipo geoelettrico 2D, è costituita da:

- Un georesistivimetro Syscal Pro della Iris Instruments; le sue caratteristiche verranno descritte nel paragrafo seguente;
- elettrodi, da collegare ai due canali del georesistivimetro, più un elettrodo remoto per il dispositivo polo-dipolo; gli elettrodi sono dei picchetti di acciaio inox, della lunghezza di 50cm circa, con diametro di 2cm ed estremità appuntita;
- 2 cavi multicanale per collegare gli elettrodi al georesistivimetro;
- cavetti per collegare gli elettrodi alle boccole dei cavi;
- 2 batterie da 12V per alimentare il georesistivimetro;

Il georesistivimetro Syscal Pro

Il Syscal Pro è totalmente automatico ed è stato progettato per l'esplorazione del terreno con i metodi in corrente continua; permette di misurare i valori di resistività apparente e di caricabilità (o polarizzazione indotta) nel sottosuolo in studio.

Lo strumento può selezionare diverse possibilità operative. E' dotato di due batterie interne: una per l'alimentazione dell'elettronica interna (RX) e l'altra per la generazione della corrente da immettere nel terreno (TX). Quest'ultima batteria può anche essere sostituita da una batteria esterna da 12V.

Il Syscal ha due memorie interne: una per caricare le sequenze delle misure da eseguire e l'altra per immagazzinare i dati misurati e i valori dei parametri usati nella misura. Le sequenze vengono preparate per mezzo di un programma fornito con lo strumento (Electre II) e caricate sullo

strumento attraverso una connessione seriale; esse contengono l'elenco delle coordinate degli elettrodi e delle coppie di elettrodi usate per ogni misura, oltre ai valori di alcuni parametri.



Syscal Pro con cavi multicanale, picchetti e batteria esterna.

Quando si devono eseguire le misure, si seleziona la sequenza desiderata e si settano i parametri di acquisizione per mezzo di un pannello di controllo posto sulla parte frontale dello strumento.

I principali parametri di acquisizione sono:

- Stack minimo e stack massimo (compresi fra 3 e 10), ovvero il minimo e il massimo numero di misure che lo strumento deve eseguire per ogni quadripolo; una buona scelta dei valori di questi parametri ci permette di migliorare il rapporto segnale-rumore.

- Q_{max} (compreso fra 0 e 235), ovvero il valore massimo che la deviazione standard percentuale può raggiungere.
- Durata dell'impulso di corrente immesso nel terreno; può essere pari a 250, 500, 1000 o 2000 ms; per la durata di 250 ms non si possono effettuare misure di polarizzazione indotta.
- Modalità di acquisizione: può essere *Rho mode* (se si vuole misurare solo la resistività) o *Rho and IP mode* (se si vuole misurare anche la caricabilità).

Le misure vengono attuate nel seguente modo: preliminarmente lo strumento misura i potenziali spontanei e automaticamente li corregge immettendo la giusta quantità di corrente che li annulli; per ogni quadripolo vengono poi effettuate un numero di misure pari allo stack minimo e si calcola la loro deviazione standard percentuale. Se questa risulta minore o uguale al valore di soglia scelto lo strumento non esegue altre misure sul quadripolo in studio e dà in uscita un valore di resistività o polarizzazione indotta pari alla media dei valori misurati e il valore della deviazione standard percentuale calcolato. Se la deviazione standard percentuale dopo il minimo stack è maggiore di Q_{max} lo strumento procede con le misure finché il valore di Q non diventa minore di Q_{max} ; se dopo un numero di misure pari allo stack massimo lo strumento trova ancora una Q superiore a Q_{max} esso non effettua più misure e il risultato finale sarà comunque la media delle misure con la loro deviazione standard percentuale.

Lo strumento dà la possibilità di controllare le resistenze di contatto fra gli elettrodi e il terreno prima di iniziare le misure. È buona norma eseguire questo check in quanto alte resistenze di contatto ($>2k\Omega$), a parità di tensione in uscita, causano un notevole abbassamento della corrente immessa nel terreno, e ciò può dare origine a dati rumorosi. È per questo

che, nella pratica, in caso di alte resistenze di contatto si usa bagnare il terreno vicino alla posizione dell'elettrodo, anche semplicemente con acqua, in modo da far aumentare la conducibilità nelle strette vicinanze dell'elettrodo.

Tutti i parametri che rientrano in un set di misure sono immagazzinati nella seconda memoria e poi trasferiti, tramite una connessione seriale, ad un programma fornito con lo strumento (Prosys), che permette di visualizzare i dati raccolti; questo programma, inoltre, dà la possibilità di esportare i dati in un formato leggibile dal programma che eseguirà la loro inversione.

INDAGINE ESEGUITA E RISULTATI OTTENUTI

Sull'area oggetto di caratterizzazione sono stati eseguiti complessivamente n. 4 profili geoelettrici per la cui posizione ci si è attenuti agli elaborati progettuali.

Si tratta di 4 profili longitudinali eseguiti a ridosso della discarica per una lunghezza di 57.5 metri ciascuno (più lunghi rispetto ai 50 metri previsti), realizzando gli stendi menti con una interdistanza elettrodica di 2.5 metri.

Per l'ubicazione degli stendi menti si rimanda alla planimetria allegata.

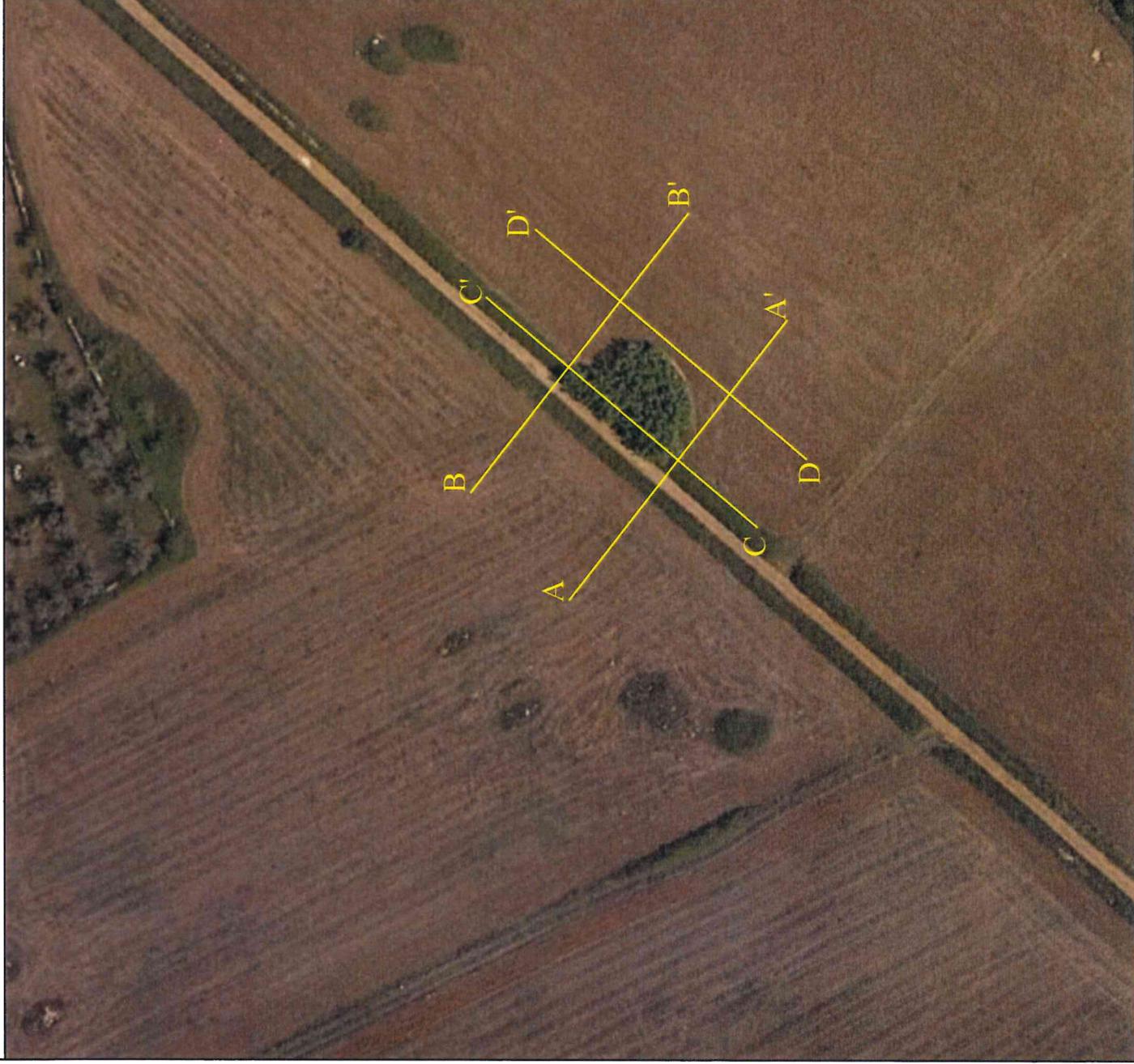
UBICAZIONE PROFILI GEOELETTRICI

LEGENDA:

 n n' Profilo geoelettrico della lunghezza di 58 mt lineari

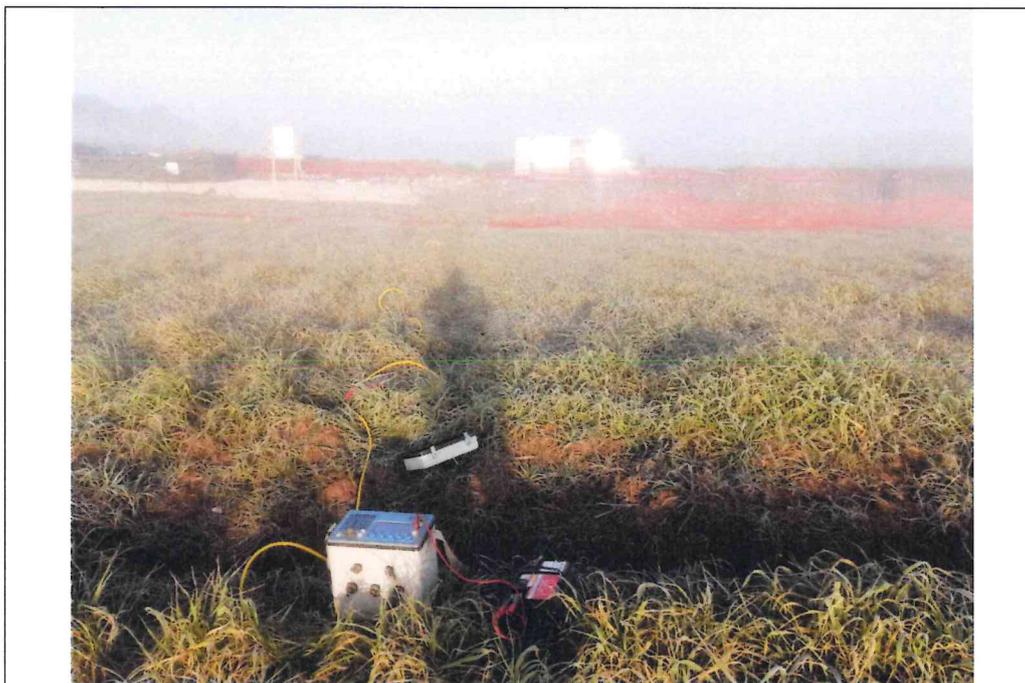
 Località Poggiardo (LE)

COORDINATE: 40°03' 53.92"N; 18°23'45.80"E
QUOTA : 121.0 mt s.l.m.



Scala 1:1000

PROFILO A-A'



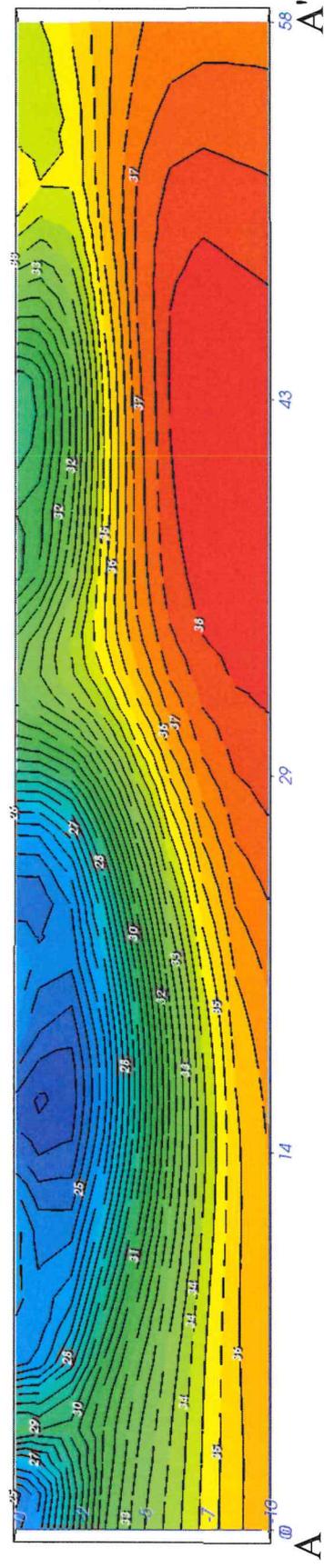
Esecuzione profilo geoelettrico A-A'

Il *profilo A-A'* è stato eseguito con lunghezza pari a 57.5 mt lineari raggiungendo una profondità di investigazione di 10.0 mt dal p.c.

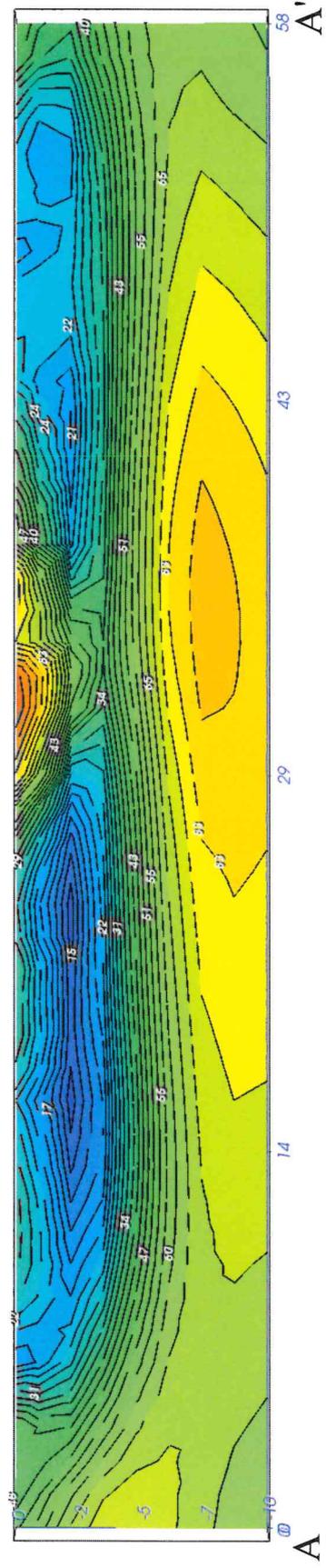
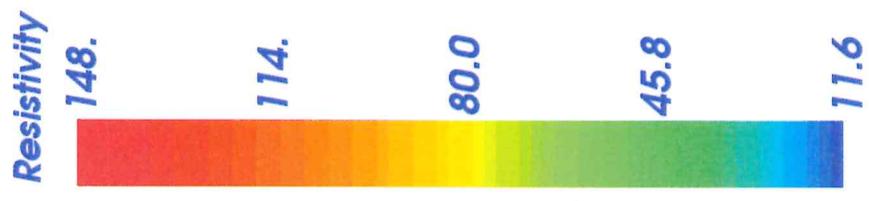
Il profilo geoelettrico con configurazione dipolo-dipolo ha restituito valori di resistività variabili da 22.7 a 39.0 $\Omega \cdot m$, la resistività registrata con il profilo Wenner è compresa in un range di 11.6-97.0 $\Omega \cdot m$.

Le restituzioni tomografiche hanno permesso di ricostruire un modello a due elettrostrati: in affioramento per uno spessore di 3.0-4.0 metri si rinviene il primo elettrostrato che caratterizzato da valori di resistività piuttosto bassi è da associare a dei limi sabbiosi (la terra rossa); il secondo elettrostrato è caratterizzato da valori di resistività di 35.0-40.0 $\Omega \cdot m$ (metodo dipolo-dipolo) e 90 $\Omega \cdot m$ (metodo Wenner) che sono da associare a sabbie con inclusioni calcarenitiche.

Profilo A-A' Config. Dipolo Dipolo



Profilo A-A' Config. Wenner



PROFILO B-B'



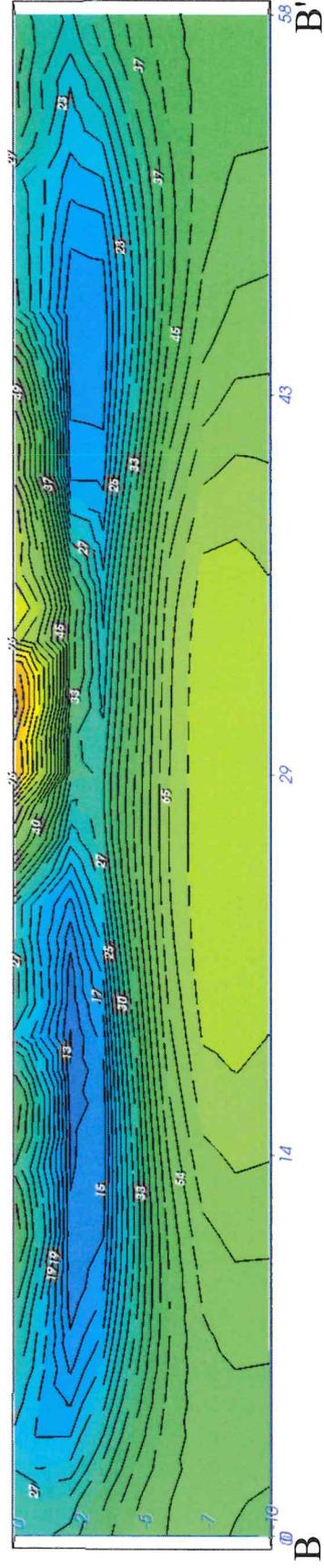
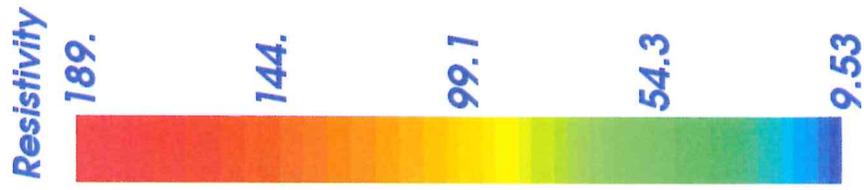
Esecuzione profilo geoelettrico B-B'

Il **profilo B-B'** è stato eseguito parallelamente al profilo A-A', stessa lunghezza, stessa profondità di investigazione di 10.0 mt dal p.c.

Il profilo geoelettrico con configurazione dipolo-dipolo ha restituito valori di resistività variabili da 8.6 a 61.0 $\Omega \cdot m$, la resistività registrata con il profilo Wenner è compresa in un range di 10.0-99.0 $\Omega \cdot m$.

Le restituzioni tomografiche hanno permesso di ricostruire un modello a due elettrostrati: in affioramento per uno spessore di 4.0-5.0 metri si rinviene il primo elettrostrato che caratterizzato da valori di resistività intorno a 20 $\Omega \cdot m$ è da associare a dei limi sabbiosi (la terra rossa); il secondo elettrostrato è caratterizzato da valori di resistività di 30.0-60.0 $\Omega \cdot m$ che sono da associare a sabbie con inclusioni calcarenitiche.

Profilo B-B' Config. Wenner



PROFILO C-C'



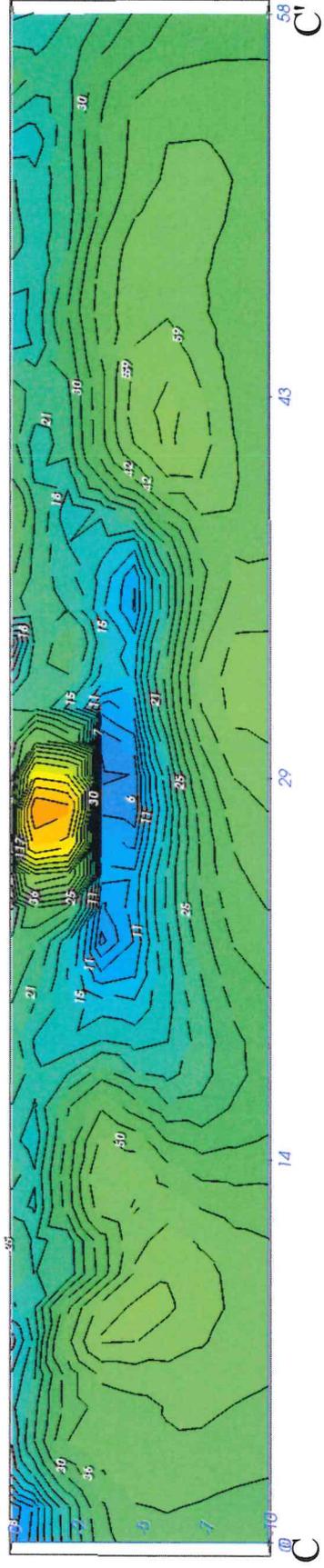
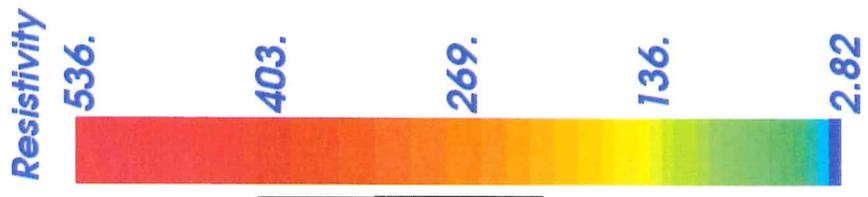
Esecuzione profilo geoelettrico C-C'

Il **profilo C-C'** è stato eseguito con lunghezza pari a 57.5 mt lineari parallelamente a via Turri.

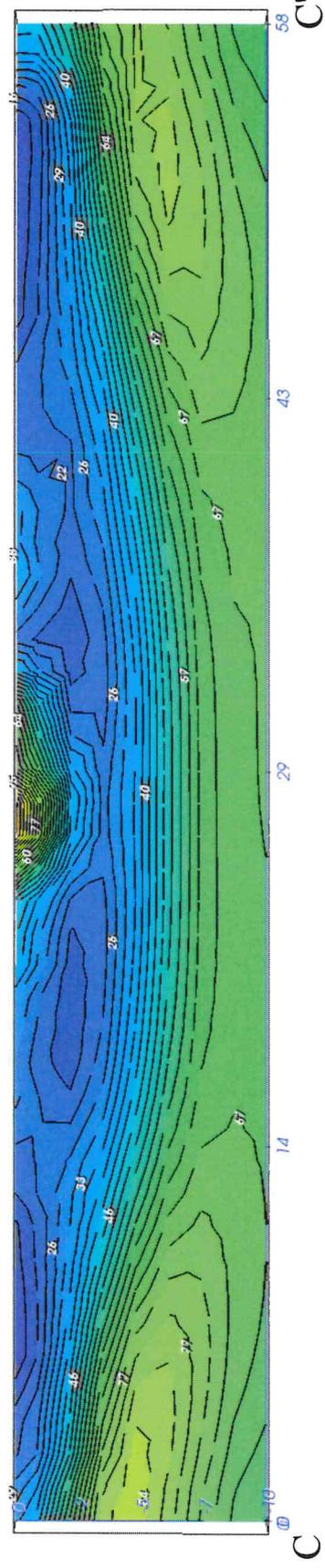
Il profilo geoelettrico con configurazione dipolo-dipolo ha restituito valori di resistività variabili da 6.0 a 60.0 $\Omega \cdot m$ con un'anomalia di resistività nella porzione centrale dello stendi mento caratterizzata da una resistività di 200 $\Omega \cdot m$ (risentendo della vicinanza della vora) , la resistività registrata con il profilo Wenner è compresa in un range di 12.0-70.0 $\Omega \cdot m$.

Le restituzioni tomografiche hanno permesso di ricostruire un modello a due elettrostrati: in affioramento fino a 4.0 metri si rinviene il primo elettrostrato che caratterizzato da valori di resistività di 18.0-26.0 $\Omega \cdot m$ è da associare a terra rossa; il secondo elettrostrato è caratterizzato da valori di resistività di 70.0 $\Omega \cdot m$ che sono da associare a sabbie e calcareniti.

Profilo C-C' Config. Dipolo Dipolo



Profilo C-C' Config. Wenner



PROFILO D-D'



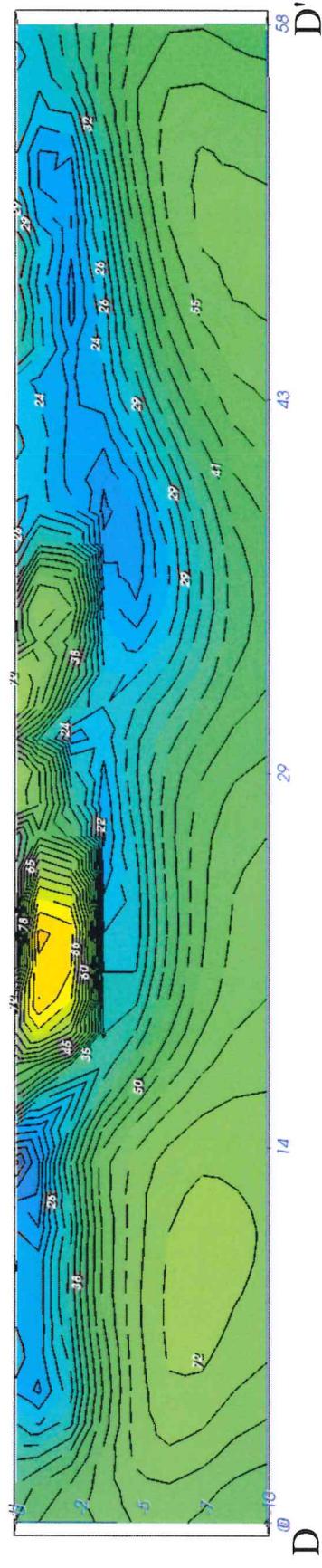
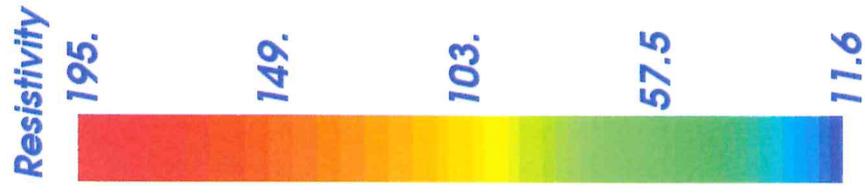
Esecuzione profilo geoelettrico D-D'

Il *profilo D-D'* è stato eseguito con lunghezza pari a 57.5 mt lineari parallelamente alla precedente, con profondità di investigazione di 10.0 mt dal p.c..

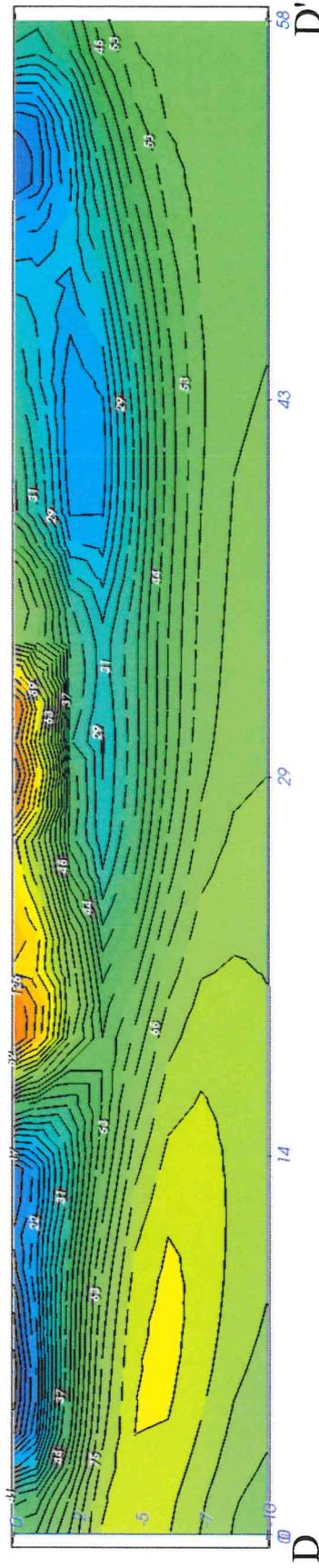
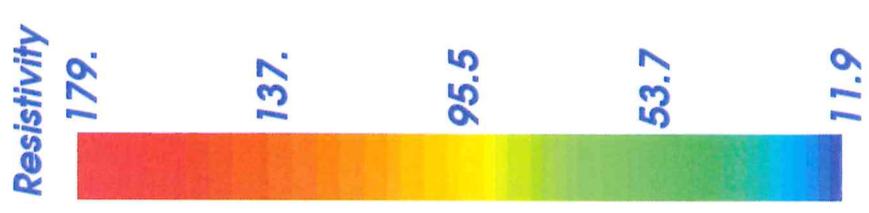
Le resistività registrate sono confrontabili con quanto registrato con i profili elettrici A, B e C.

Anche il profilo D conferma quanto rilevato in precedenza e quindi rileva un modello a due elettrostrati: in affioramento per uno spessore di 2.0-5.0 metri (con un ispessimento nella parte centrale dello stendimento) si rinviene un elettrostrato caratterizzato da basse resistività e quindi da associare alla presenza di terra rossa; segue la roccia in posto che si presenta di natura sabbioso-calcarenitica. Evidente un'anomalia di

Profilo D-D' Config. Dipolo Dipolo



Profilo D-D' Config. Wenner



resistività nella porzione centrale dello stendimento caratterizzata da una resistività di 100-150 $\Omega \cdot m$ (risentendo della vicinanza della vora).

Le informazioni ricavate dalle indagini indirette hanno permesso di osservare una certa omogeneità latero-verticale della stratigrafia dell'area e l'inesistenza di anomalie di resistività che possano far pensare a cumuli di rifiuti sepolti e/o presenza di percolato.

La presenza dei rifiuti è limitata all'area interna alla vora.