



CONSORZIO FUTURO IN RICERCA
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA

Via G. Saragat, 1 – 44122 FERRARA

AREA IMPIANTI S.p.A.

DISCARICA DI “CRISPA” VIA GRAN LINEA 12, 44037,
JOLANDA DI SAVOIA (FE)

MONITORAGGIO GEOELETTRICO
DEI MANTI IN HDPE E TOMOGRAFIA DELLA RESISTIVITÀ ELETTRICA
PER LA CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

LOTTO VI, STRALCIO 2

MONITORAGGIO INTEGRATIVO N. **18_1bis**

Giugno 2018

Università degli studi di Ferrara
Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra
Dr. Nasser Abu Zeid

Libero Professionista:
Dott. Geol. Marco Condotta

sommario

1. PREMESSA.....	3
2. RISULTATI	5
2.1. Test elettrico del sistema GMS (nella sabbia).....	6
2.2. Telo inferiore	6
2.3. Doppio telo superiore-inferiore.....	9
2.4. Tomografia Elettrica in 3D	9
3. CONCLUSIONI.....	11

1. PREMESSA

In data 06 giugno 2018 è stato eseguito il ripristino dei cavi danneggiati dalle opere di movimentazione terra durante i lavori di costruzione dell'argine settentrionale del I Nuovo Lotto. Il danno ha interessato alcuni cavi di collegamento pannello di controllo - piastre collocate nello strato di sabbia sotto il telo superiore. I lavori di ripristino effettuati sono consistiti (1) nella saldatura e (2) nell'isolamento permanente dei cavi risultati interrotti. Successivamente è stato effettuato un monitoraggio di controllo per verificare il corretto funzionamento del sistema di monitoraggio GMS (Geoelectrical Monitoring System). Il sistema di monitoraggio elettrico è composto da 72 elettrodi installati nello strato di sabbia sotto il telo superiore. Inoltre, è stato effettuato anche il monitoraggio elettrico degli elettrodi installati nel manto di argilla sotto il telo inferiore. Il sistema GMS, dopo le verifiche effettuate ha confermato il corretto funzionamento del sistema GSM.

La distribuzione degli elettrodi è riportata in Fig. 1. La configurazione del sistema GMS installato ha permesso di effettuare le seguenti operazioni:

- verifica del corretto funzionamento del sistema GMS dopo il ripristino;
- verifica della tenuta elettrica dei sistemi di impermeabilizzazione in HDPE (ubicazione possibili zone di lacerazione);
- misure di tomografia elettrica del terreno sottostante la discarica (ubicazione delle piume di contaminazione).

Il controllo ha previsto una prima fase di acquisizione in campo, dei dati geoelettrici, ed una seconda fase di post-elaborazione mediante appositi software dedicati.

Y:8,2 m elettrodi in argilla. distanza media tra elettrodi

X:3,6 m <=== distanza media tra i profili

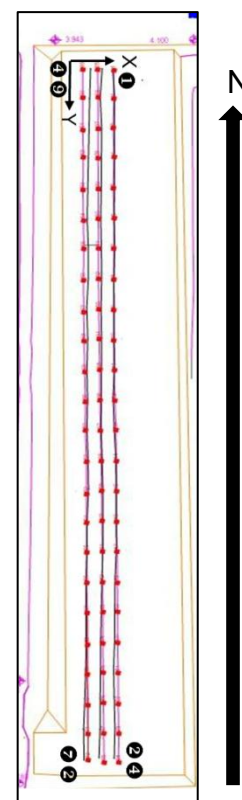


Figura 1: posizione degli elettrodi nel manto di argilla sotto il telo inferiore in HDPE.

Il metodo di verifica si basa sull'elevato contrasto di resistività elettrica della geomembrana in HDPE ($10^{13} \div 10^{16}$ Ohm.m) rispetto ai rifiuti saturi di percolato ($1 \div 5$ Ohm.m) ed al terreno di posa (resistività variabile, generalmente superiore a $8/10$ Ohm.m). In condizioni di integrità fisica della geomembrana, la massa dei rifiuti risulta elettricamente isolata dall'ambiente circostante la discarica mentre, in presenza di una lacerazione, l'andamento della resistività elettrica si modifica in corrispondenza della zona di rottura della geomembrana.

Il valore di resistività apparente che si ottiene è dato dal rapporto tra il voltaggio(V) e l'intensità (I) misurata:

$$\rho_a = K * \frac{V}{I} \quad (1)$$

dove,

ρ_a : resistività apparente (Ohm.m)

k : fattore geometrico che dipende dal tipo di dispositivo elettrodico utilizzato per l'acquisizione dei dati della resistenza unitaria,

V : d.d.p. (in mV)

I : intensità di corrente che circola nel sottosuolo (in mA)

Secondo la legge di Archie (1942), equazione 2, in prima approssimazione la resistività del terreno è funzione dei seguenti parametri:

$$\rho_f = a S^{-n} \varphi^{-m} \rho_w \quad (2)$$

dove,

ρ_f : resistività di formazione (terreno)

ρ_w : resistività del fluido

a : costante di litologia (0,5-1,5)

m : tortuosità dei pori (1,5-3,0)

n : costante (~2)

S : saturazione

φ : porosità efficace



Essendo il percolato fortemente conduttivo, per la legge di Archie, una sua eventuale infiltrazione nel terreno genererà una netta diminuzione, localizzata, nella resistività elettrica della zona e per questo motivo, con la misura della resistività elettrica del livello di rifiuto e dello strato di posa del telone è possibile mettere in evidenza le zone umide, ovvero, nei casi di fuoriuscita del percolato dalle lesioni nel telone in HDPE, le “plume di contaminazione”.

La tomografia della resistività elettrica in 3D è stata quindi impiegata per la verifica delle condizioni elettriche dello strato di posa sotto il Lotto VI-2 della discarica “CRISPA”. A tale fine è stato utilizzato il dispositivo elettrodoico “Wenner -Schlumberger”.

2. RISULTATI

Il monitoraggio geoelettrico eseguito in data **11 giugno 2018** presso il **Lotto VI- 2** del polo CRISPA, Jolanda di Savoia (FE) è consistito nella:

- test elettrico del sistema GMS inerente gli elettrodi installati nello strato di sabbia;
- test elettrico mediante l'energizzazione di un elettrodo tra quelli presenti nel livello sabbioso sovrastante il telo e la misura del potenziale elettrico negli elettrodi in argilla;
- test elettrico di due teli in HDPE mediante l'energizzazione di un elettrodo posto sui rifiuti e la misura del potenziale elettrico negli elettrodi in argilla;
- test elettrico per la stima della resistività elettrica dello strato argilloso sottostante il telo inferiore, utilizzando le linee di elettrodi presenti nel livello argilloso.

In questo caso, la misura della resistenza unitaria è stata eseguita utilizzando un georesistivimetro multi elettrodo modello ABEM SAS 1000 (Svezia). I valori ottenuti evidenziano principalmente le condizioni di umidità dell'argilla e quindi possono essere utilizzati, nei limiti della tecnica geoelettrica impiegata, come livello di riferimento per l'individuazione di eventuali pennacchi di contaminazione. Questo tipo di misure rappresenta un controllo importante per la verifica dei risultati del monitoraggio elettrico dei teli superiore ed inferiore. La stima dei valori di resistività reale è stata ottenuta mediante processo di inversione dei dati di resistività apparenti utilizzando il codice Res3dinv (Geotomo, 2015).



Successivamente, si riportano i grafici relativi alla distribuzione della differenza di potenziale misurata sperimentalmente tra gli elettrodi posti al di sotto del **Lotto VI-2** della discarica CRISPA.

2.1. Test elettrico del sistema GMS (nella sabbia)

Il test è consistito nella misura della resistenza tra i cavi interrotti ed il pannello di controllo per l'identificazione del numero della piastra al quale appartengono i cavi danneggiati. Individuata la corrispondenza corretta, è stato effettuato un secondo test per verificare la presenza di eventuali corto circuiti. Gli esiti sono stati negativi ovvero il ripristino dei collegamenti è stato effettuato correttamente.

Su richiesta del responsabile degli impianti, si è proceduto al controllo del sistema di monitoraggio GMS effettuando misure per il controllo dell'integrità dei teli di impermeabilizzazione e delle condizioni elettriche del manto di argilla mediante indagini di tomografia della resistività elettrica.

2.2. Telo inferiore

Nei limiti della tecnica GMS, l'andamento del potenziale elettrico normalizzato è simile a quanto riscontrato nel collaudo precedente (gennaio 2018). I risultati ottenuti sono riportati nella Fig. 2.

il test elettrico per la verifica dell'integrità del telo inferiore del Lotto VI-2 non evidenzia variazioni di tenuta elettrica riconducibili a potenziali zone di lacerazione, quindi in accordo con i risultati del monitoraggio della resistività elettrica del manto di argilla (ved. Sezione 2.3 più avanti). Tuttavia, si fa presente che il monitoraggio ha riscontrato la presenza di anomalia (indicata con cerchio nero in fig. 2) dovuta al possibile assottigliamento, localizzata tra gli elettrodi nn. 9 e 10 dei profili n. 1 e 2.

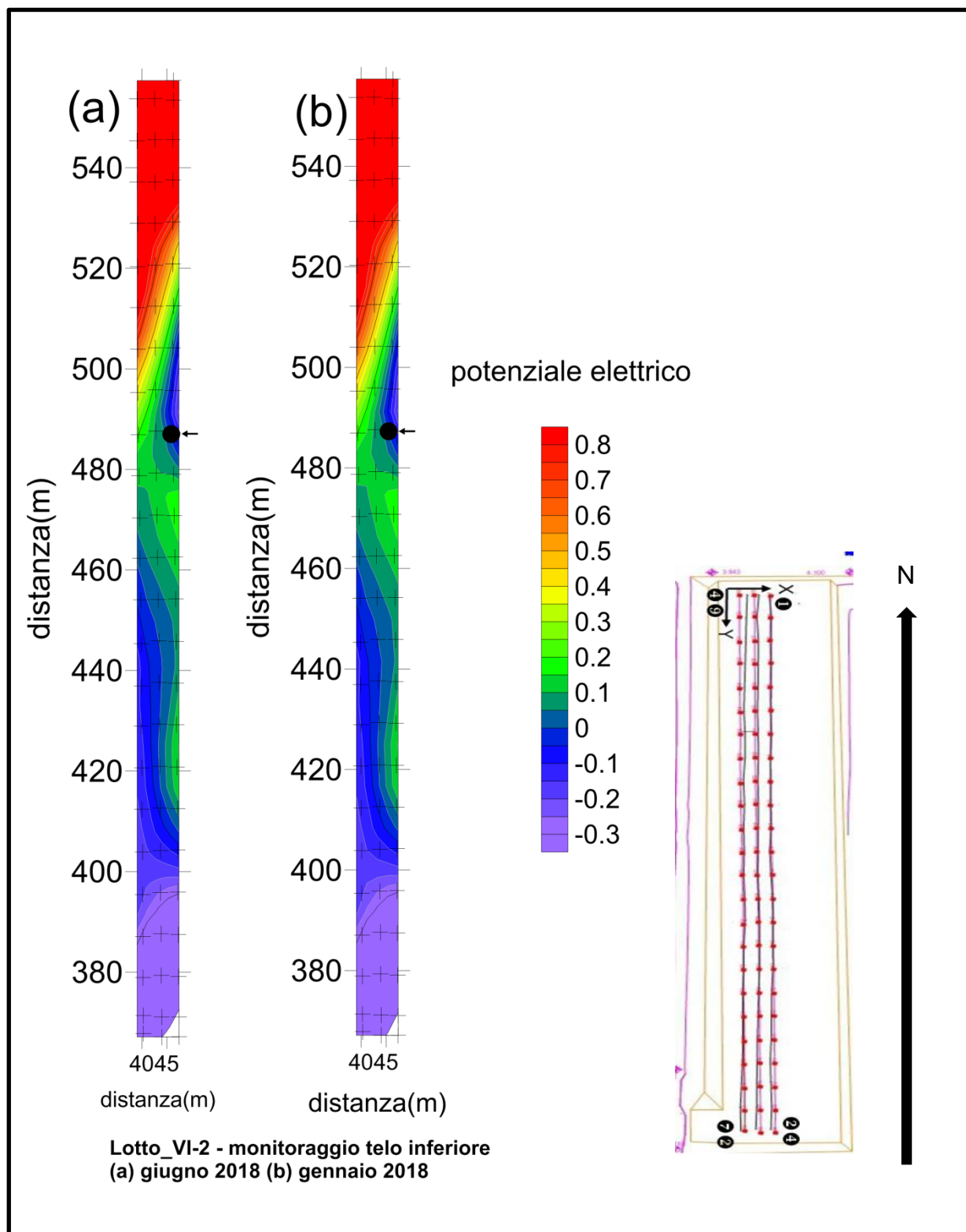


Figura 2: distribuzione della differenza del potenziale elettrico – Telo Inferiore Lotto VI-2, polo scarica "CRISPA", [giugno 2018]

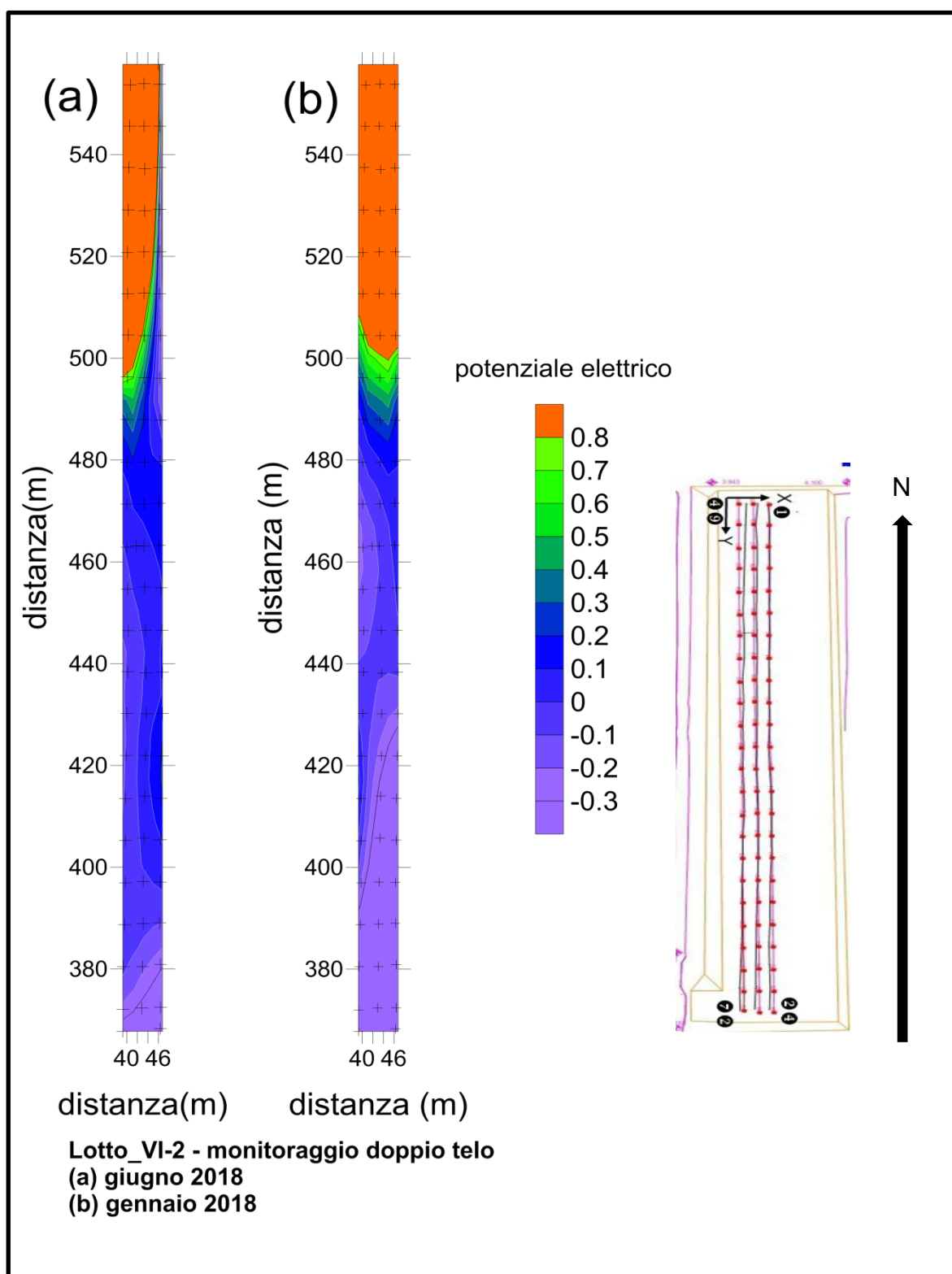


Figura 3: distribuzione della differenza del potenziale elettrico –Telo Superiore-doppio Telo Lotto VI-2, [giugno 2018].



2.3. Doppio telo superiore-inferiore

I risultati della verifica del buon funzionamento del sistema di monitoraggio elettrico installato nello strato di sabbia interessato dal danneggiamento di alcuni cavi poi ripristinati tempestivamente sono riportati nella Fig. 3. Le mappe ottenute hanno confermato l'esito positivo del ripristino dei collegamenti. La mappa ottenuta è simile a quella del precedente collaudo (gennaio 2018) quindi non ha evidenziato anomalie elettriche riconducibili a potenziali zone di lacerazione.

2.4. Tomografia Elettrica in 3D

La disposizione degli elettrodi nello strato di posa del telone impermeabilizzante ha permesso di acquisire i dati geoelettrici per realizzare la tomografia 2D e 3D dei primi metri di terreno al fine di verificare l'eventuale infiltrazione di percolato rispetto alle condizioni esistenti prima dell'inizio della coltivazione della discarica. I risultati delle condizioni di resistività nello strato di argilla sono riportati in Fig. 4 (Sezioni orizzontali-profondità 0–4 m).

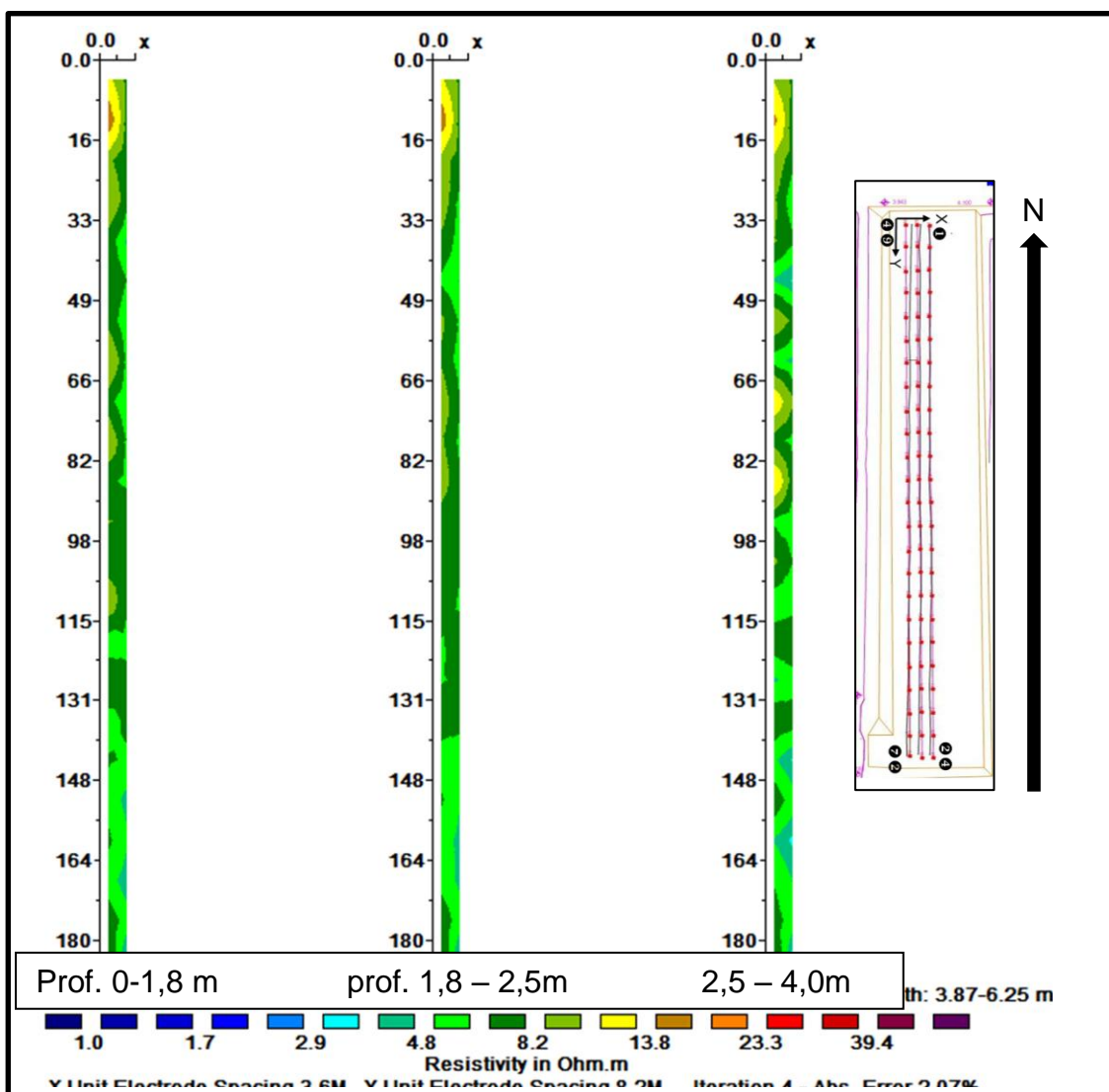


Figura 4: Tomografia elettrica – Sezioni orizzontali a tre profondità: 0 – 1,8 m, 1,8 – 2,5 e 2,5 – 4,0 m dal p.c. [11 giugno 2018]

In Fig. 5 si riportano due sezioni verticali della resistività elettrica dell'area di indagine del Lotto VI-2. Le sezioni sono orientate da nord a sud.

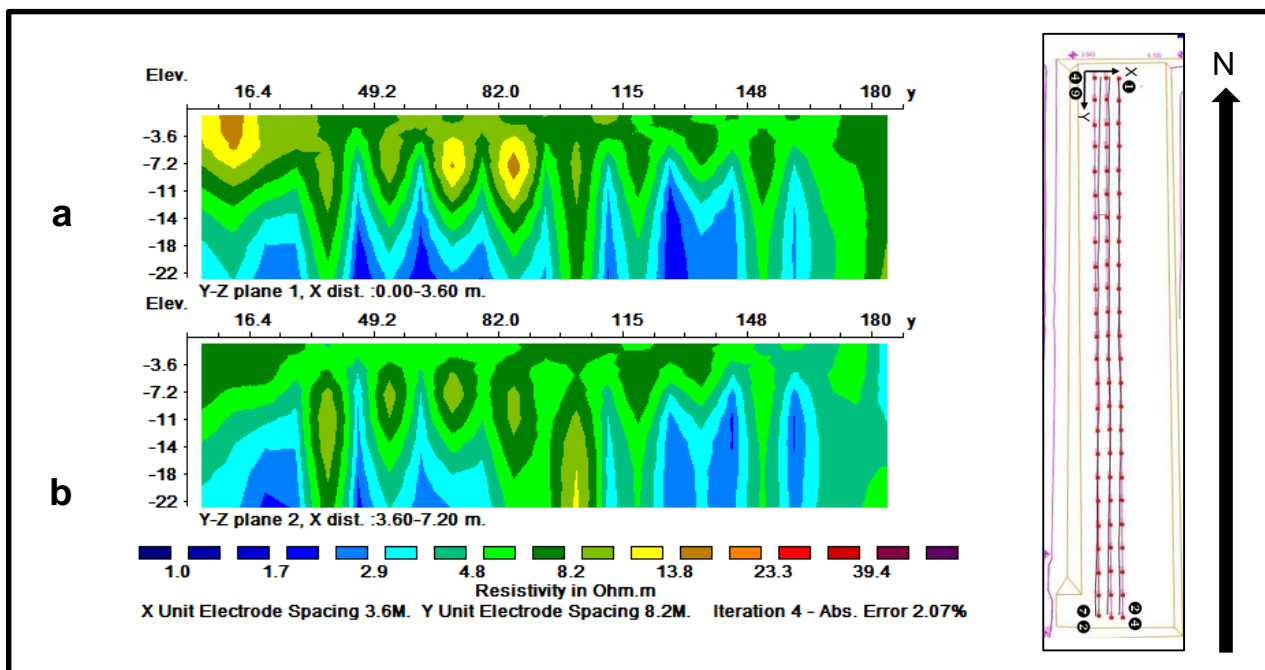


Fig. 5: Tomografia elettrica – Sezioni verticali (a e b). Le due sezioni percorrono questo lotto VI-2 in direzione N-S. [11 giugno 2018]

L'andamento dei valori di resistività risulta essere simile a quanto riscontrato nel collaudo precedente (gennaio 2018), riconducibili ad uno strato di argilla compattato. Le differenze di resistività laterale, possono essere dovute a variazioni litologiche e/o granulometriche locali, considerando i diversi materiali utilizzati per la costruzione degli argini, rispetto ai terreni più profondi > 8 metri di profondità, individuati nella sezione orizzontale (fig. 5b).

3. CONCLUSIONI

In data **11 giugno 2018** presso il **Lotto VI – 2** della discarica per Rifiuti Solidi Urbani in Loc. "CRISPA", nel Comune di Jolanda di Savoia (FE), è stata effettuata una verifica finalizzata al controllo del buon funzionamento del sistema di monitoraggio elettrico (GMS) di questo lotto in seguito al danneggiamento di alcuni cavi di collegamento degli elettrodi installati nello strato di sabbia. La verifica è stata effettuata seguendo il protocollo di controllo indiretto di tipo elettrico attivo per tutti i lotti del polo CRISPA. In seguito al ripristino del collegamento elettrico, la verifica dell'integrità fisica dei due teli di impermeabilizzazione e la determinazione della resistività elettrica del terreno sotto di essi

è stata subito effettuata. Nei limiti della tecnica GMS, i risultati ottenuti possono essere così sintetizzati:

Telo inferiore: La misura della differenza di potenziale elettrico ha restituito valori simili all'andamento della situazione osservata nel collaudo precedente (1/2018). Tale condizione indica la possibile presenza di assottigliamento e/o lacerazione localizzata tra gli elettrodi nn. 9 e 10 dei profili n. 1 e 2. Tuttavia l'assenza di anomalie di resistività nel manto di argilla e la tenuta del telo superiore permettono di affermare che non vi siano state fughe di percolato in quanto il telo superiore risulta essere integro.

Tenuta elettrica telo superiore: La misura della differenza di potenziale elettrico ha restituito valori che rispecchiano l'andamento della situazione osservata nel collaudo iniziale. Tale condizione permette di affermare il buon funzionamento del sistema di monitoraggio installato nello strato di sabbia sotto il telo superiore. Inoltre, i dati ottenuti confermano che non vi sono state variazioni nelle condizioni di tenuta idraulica del manto impermeabilizzante, rispetto al precedente monitoraggio.

Tomografia elettrica: la resistività elettrica dei primi 4 m di terreno sottostanti la geomembrana inferiore in HDPE presenta valori riconducibili alla situazione geolitologica tipica dell'area. Non si sono riscontrati valori bassi di resistività tipici della presenza di percolato. Tuttavia occorre far notare che i valori molto bassi di resistività (1-3 Ohm.m) sono riconducibili alla presenza di sedimenti saturi di acqua salata oppure ad argilla con torba.

Tabella riassuntiva dei risultati del 23 gennaio 2018.

Lotto VI – 2: stato sistema di controllo GMS [periodo gennaio 2018]		
Pannello di controllo	Elettrodi	Potenziale elettrico
Buono stato.	Buono stato in generale.	L'analisi delle misure di differenza di potenziale non presentano anomalie riconducibili a lacerazioni nel telo superiore; tuttavia si è riscontrata un'anomalia nel telo inferiore tra gli elettrodi n. 9 e n. 10 del profilo n. 1 (lato NE del lotto VI-2: coordinate: X: 46,21; Y=487,3. La tenuta è confermata dall'assenza di anomalie nei risultati della tomografia della resistività elettrica effettuata nel livello di argilla sotto il telo inferiore.