

INQUADRAMENTO DEL SITO

ASSETTO GEOLOGICO

L'area di intervento riportata nel Piano è caratterizzata da una modesta pendenza, essendo stimata nell'ordine del 10-15% e presenta una definita rete idrografica superficiale..

Tuttavia la morfologia dell'area corrisponde alle pendici superiori di un rilievo collinare che degrada in maniera uniforme verso il torrente vallone Grande.

I raccordi, lungo tale incisione presentano fenomeni di terrazzamento, corrispondenti, verso valle, ad una serie di ondulazioni superficiali, mentre a monte sono riconducibili alle tipiche conformazioni delle alterazioni che ricoprono formazioni argilloso-siltose.

I salti di pendenza non sono notevoli, in quanto possono raggiungere circa 5.0 metri, nel caso di sabbie, molto meno nei terreni argillosi.

D'altronde, a partire dall'area della discarica, fino a raggiungere la Strada comunale Cerri Maturese di valle, l'area esaminata presenta una certa complessità, manifestando episodi di piccoli tagli perimetrali.

Dal punto di vista geolitologico i terreni affioranti sono riconducibili ad un'unica formazione nota come complesso calcareo-marnoso-arenaceo (formazione di Frigento). Trattasi di depositi argillosi e argillo-siltosi, in facies di Flysch, intercalati da calcari marnosi e arenarie frequentemente alterate.

Nella parte più a valle rinveniamo accumuli di varia origine messi in posto per accumulo gravitativi, trasporto in massa, distacchi e scollamenti con relativa deposizione da erosione incanalata.

Prevale la frazione limosa, spesso mixata a materiale detritico a grana fine.

In particolare, dall'analisi dei sondaggi eseguiti nell'area di riferimento, si rileva una stratigrafia composta, in media, da:

spessore	Litologia
1.80-2.00	Terreno vegetale e/o di riporto
1.50-1.90	Limo argilloso sabbioso marrone con presenza di percolato nerastro
0.70-1.50	Argilla azzurra con venature giallastre

1.00-3.00	Livello calcarenitico litoide di colore grigiastro
7.60-9.50	Argilla giallastra con venature celesti
4.00-6.00	Argilla azzurra scagliosa compatta

La copertura superficiale presenta forte alterazione a causa degli agenti esogeni, per cui spesso è possibile rinvenire piccoli depositi idrici, o piccole sorgenti di interstrato causa di scollamenti e scorrimenti; la giacitura originaria di tali materiali, non è più rilevabile in quanto gli agenti esogeni hanno completamente alterato e, conseguentemente, dilavato e rimaneggiato tali terreni, ridepositandoli in valloni basali e/o formando contropendenze nelle zone argillose maggiormente plastiche.

Si sono così determinate sequenze molto potenti di materiali a nuova giacitura sub-orizzontale.

Sismicamente l'area è considerata in generale (come dagli studi geologici del PRG) come "Area a medio rischio sismico" con incremento sismico locale $n > 2,00$ e la classificazione secondo la Delibera 5447/02 della Regione Campania indica $S=12$.

Nella fase esecutiva dei lavori di bonifica si determinerà l'amplificazione sismica locale secondo l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri 3274/03 e successive modifiche.

ASSETTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni delle aree interessate, limitatamente all'area di intervento, presentano una permeabilità variabile di strato in strato e si riduce con il crescere della profondità e per la presenza a volte prevalente della frazione argillosa.

La falda freatica è spesso insediata nella frazione marcatamente sabbiosa e calcareo detritica, limitata da livelli impermeabili a profondità variabili dovuti alla presenza di livelli argillosi.

Si rinvencono modesti adunamenti idrici nella coltre superficiale più alterata ed esposta agli agenti climatici e può essere sede di percolazione con formazione di falde sospese. Frequenti sono gli affioramenti di sorgenti.

Inoltre, le sorgenti e pozzi esistenti in tale zona, sembrano essere la testimonianza dell'affioramento di una piezometrica che si instaura negli interstrati subsuperficiali, il cui flusso idrico si origina a partire dalla zona della dorsale collinare della località Scheda di Celio.

Infine, si è rilevato che, in corrispondenza della vasca percolato della discarica, si osserva fuoriuscita di percolato nerastro per mancanza di svuotamento, venendo meno alla funzione essenziale di contenimento.

Pertanto, nella fase progettuale successiva, riguardo il tratto di interesse, dovrà essere verificata la portata di massima piena e, quindi, gli interventi più idonei.

Gli accumuli colluviali, sovente argillificati, generalmente plastici, sono molto sensibili alle piogge, per cui, in relazione alle precipitazioni ed alle pendenze, tendono a mobilitarsi. Soprattutto lungo i tagli delle scarpate ove spesso si rinvenivano masse detritiche e colate di fango che ostruiscono il libero deflusso, riducono la sezione scolante e allagano intere aree.

La falda, non sempre presente e mai in continuità, si evidenzia già a partire da 1.0 mt, corrispondente alla frazione maggiormente sabbiosa o calcarenitica della copertura ed in relazione alla profondità del substrato argilloso.

Sondaggio	Profondità falda dal p.c. (mt)
S1	2.00 e 5.00
S2	1.20 e 4.60
S3	1.00 e 4.40

Le misure di profondità della falda sono state eseguite durante la perforazione e nei successivi 5 giorni.

Sondaggio	Permeabilità terreni K (cm/s)	Profondità di Prova (mt)
S1	3.00×10^{-6}	7.0-10.0
S2	2.50×10^{-7}	6.0-9.0
S3	2.90×10^{-7}	10.0-14.0

Una semplice triangolazione indica che la direttrice del deflusso verso il sondaggio S3 di valle cui corrisponde un impermeabile a circa 7.40 mt di profondità dal p.c..

ASSETTO IDROLOGICO

L'idrologia superficiale: l'area, situata a monte del Vallone Grande è a forma quadrata irregolare troncata dalle isoipse poste tra le quote 650,00 e 665,00 m s.l.m. formando un semi pianoro, mentre perimetralmente a partire dalla quota di m 655 è circondata da una strada comunale asfaltata. L'area non è attraversata né a monte né a valle da alcun torrente, per cui le acque di pioggia per la natura dei terreni, che nella parte superiore hanno limi argillosi di medio-bassa permeabilità, non formano aree allagate, sebbene a monte della discarica è individuabile un alto morfologico a quota 668 che funge da spartiacque superficiale.

Una indagine idrologica indica che la Precipitazione Media Annua è di circa 830 mm, l'Evapotraspirazione di 542 mm e la Infiltrazione Potenziale di circa 288 mm. Tali dati sono stati elaborati a partire dagli annali ideologici della Campania per il periodo 1921-1999.

CARTA DEGLI SCENARI DI RISCHIO

La zona di discarica è stata indicata dall'Autorità di Bacino Liri – Garigliano – Volturno come area di media attenzione A2; trattasi di area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana quiescente, a massima intensità attesa media, come può evincersi dalla Cartografia tematica dell'Autorità di Bacino allegata.

Infatti che sia un'area in frana quiescente è rilevabile dalle irregolarità delle isoipse che hanno andamento tipico dei terreni in frana quiescente, come dalla Cartografia tematica dell'Autorità di Bacino.

Dal punto di vista della stabilità, tuttavia, in relazione a quanto esplicitato in precedenza, circa la stratigrafia, si ritiene che la zona possa rientrare in zona mediamente instabile, anche a causa dell'effetto di forte erosione delle acque dilavanti che hanno generato una serie di punti critici lungo le scarpate e dalla stessa presenza del vallone Grande che corre parallelo all'area della discarica, lungo via Cerri.

In effetti, in considerazione del bacino retrostante di alimentazione, l'area di discarica spesso funge da vero e proprio spartiacque locale, sede di piccoli smottamenti, determinando fenomeni in rapida evoluzione.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I dati del rilevamento di dettaglio e delle indagini geognostiche analizzate indicano che nel sito di progetto in titolo si incontrano dal piano campagna, come dalla visualizzazione del profilo stratigrafico e geotecnico allegato, terreni sabbiosi e limi sabbiosi piroclastici, poggiati sulle sabbie dense e sabbie cementate.

I dati delle indagini geotecniche con il profilo stratigrafico e geotecnico schematico saranno riportati nel livello progettuale definitivo.

POZZI DI MONITORAGGIO DELLA FALDA

Allo scopo di verificare nel tempo il livello di inquinamento è stato previsto di realizzare dei pozzi di monitoraggio della falda.

I piezometri avranno una profondità di 10-15 m dal p.c..

ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Il rischio idrogeologico è di norma ottenuto dalla sovrapposizione delle aree a rischio idraulico e a rischio geomorfologico, secondo il criterio della prevalenza, in ogni punto del bacino, del rischio più elevato tra i due forniti dalle due analisi.

Nel bacino del vallone Grande, nel tratto interessato dalla discarica di "Scheda di Celio" si è riscontrato che, come in genere ci si aspetta, le aree a maggiore rischio idraulico sono distinte da quelle ad alto rischio geomorfologico: cioè le prime sono concentrate prevalentemente nelle zone fondo valle e in strisce di territorio site in fregio all'alveo, le seconde sui versanti..

L'analisi mette in luce come le problematiche relative al rischio idraulico siano maggiori soprattutto nella zona che contiene la discarica e costeggia l'alveo del vallone.

Le criticità principali si sviluppano lungo le sponde del torrente, mentre rispetto al confronto con la carta della suscettività al dissesto di versante le situazioni a rischio hanno uno sviluppo areale molto più limitato.

Dal punto di vista geomorfologico, gli elementi che concorrono a produrre le situazioni di rischio più evidenti e significativi con la sovrapposizione della pericolosità e con l'uso del suolo sono:

- Perdita di suolo: i fenomeni erosivi sono causa della degradazione dei suoli e della relativa perdita di fertilità.
- Degrado dei terrazzamenti: l'abbandono delle campagne è accompagnato da un progressivo degrado dei terrazzamenti che rappresentano un valido esempio di ingegneria naturalistica.

- Geologia del territorio: la geologia del territorio (in particolare in argille) rappresenta una condizione di rischio soprattutto in occasione di eventi piovosi.
- Frane attive: Il rischio è associato al verificarsi del fenomeno franoso e all'area che è potenzialmente interessata. Questo fattore di rischio interagisce con altri fattori quali la degradazione dei suoli, della vegetazione e del trasporto solido negli alvei e la relativa ostruzione.
- Frane quiescenti e paleofrane riattivate.
- Presenza di cave e relative discariche nella parte medio alta del bacino.

Tutti questi elementi, nel caso di Frigento, sono stati attentamente valutati ed inquadrati nel contesto geoambientale di riferimento, generando le seguenti considerazioni:

- 1) L'area di discarica è dislocata a circa 10 metri di dislivello rispetto alla quota di alveo del vallone Grande, che corre a valle;
- 2) La delimitazione del bacino idrografico locale che sottende la discarica indica dimensioni esigue di raccolta delle acque di pioggia che possono potenzialmente infiltrarsi in discarica;
- 3) La natura argillosa, a bassa permeabilità, del sottofondo della discarica, assicura e protegge eventuali falde profonde, limitando la circolazione nel solo strato superficiale;
- 4) Il contenimento di fondo della vasca di discarica deve essere ulteriormente indagato per la definitiva verifica del contenimento del percolato e della filtrazione verso il torrente sottostante, stante il livello impermeabile a quote differenziate e che genera una direttrice di deflusso verso valle;
- 5) Il sito di discarica è potenzialmente interessato da aree in frana o in pericolo di alluvioni, come documentato dalla carta degli scenari di rischio e dalle rilevazioni in sito;
- 6) La falda presente in discarica deve essere ulteriormente indagata e monitorata.

**Località “SCHEMA DI CELLO”
Comune di FRIGENTO (AV)**

INDAGINE GEOELETTICA

**Misure di resistività e di P.I. con restituzione di un modello 2D
nell’ambito delle indagini per la caratterizzazione del sito
destinato a discarica comunale del Comune di FRIGENTO**

DATA

IL RESPONSABILE DELL'INDAGINE
Geol. Domenico FERRARO
Tecnico Responsabile dell'Indagine

1. PREMESSA

A seguito di incarico ricevuto dalla società GEOIN Srl in data 7 dicembre 2007, si è proceduto ad eseguire specifiche indagini geoelettriche nel territorio comunale di FRIGENTO (AV) in località "SCHEDA DI CELLO". Il tipo di indagine eseguita è la prospezione geoelettrica associata alla misura della polarizzazione indotta. Lo scopo è quello di localizzare, definire e caratterizzare nel dettaglio le sorgenti di inquinamento, riconducibili alla presenza di percolato e biogas non captati all'interno dei siti a discarica, ovvero per la ricerca di falde freatiche sotterranee e per la quantificazione degli spessori non conosciuti di R.S.U.

Si sono acquisiti dati non solo sulla conducibilità ma anche sulla "caricabilità" (attitudine ad accumulare cariche elettriche durante l'invio e a rilasciarle negli istanti successivi) evidenziando, nell'interfaccia di contatto tra terreni molto conduttivi e altri resistivi, un accumulo di carica elettrica che non riesce a fluire. Tale situazione è particolarmente evidente nelle discariche dove i liquami percolati nella massa di rifiuti sono molto conduttivi ma permeano gli interstizi tra elementi di materiale eterogeneo (plastica, vetro, pietrame) generalmente molto resistivi se non isolanti.

Lo studio ha permesso di conoscere nel dettaglio la situazione dell'area con la puntuale ricostruzione dei cavi di stoccaggio, della presenza di percolato e del reale stato di avanzamento dei processi di mineralizzazione dei rifiuti. Si sono inoltre ottenute informazioni sulla stratigrafia e idrogeologia del sito indagato.

Sono stati eseguiti n. 2 sondaggi di Tomografia Geoelettrica, associando ad ognuna di esse le misure di polarizzazione indotta, con le seguenti caratteristiche;

Numero stendimento	Numero picchetti	Distanza elettrodi	Lunghezza stendimento (m)	Spessore indagato (m)	Punti di misura
SE1	24	3.0	69.0	11.6	84
SE2	24	3.0	69.0	11.6	84

2. LA STRUTTURA DI INDAGINE

Le misure geoelettriche sono state effettuate su una discarica di RSU ormai dismessa nel Comune di Frigento (AV). Tale discarica, alla località "SCHEMA DI CELLO", alla quota di circa 650 m s.l.m., ha una forma rettangolare ed è costituita da una vasca in parte in rilevato realizzata in depositi di natura argillosa.

3. ASPETTI TEORICI DEL METODO

Il vantaggio delle prospezioni elettriche multielettrodo è quello di acquisire, in tempi ridotti e mediante misure effettuate in superficie, un'elevata quantità di dati di resistività apparente e caricabilità e successivamente di ricostruire delle sezioni tomografiche dettagliate (in cui vengono rappresentate variazioni laterali e verticali di resistività e caricabilità). Si possono così riconoscere i vari litotipi e all'interno di questi individuare quelli che si presentano maggiormente alterati, eventuali circolazioni idriche sotterranee nonché i terreni e gli acquiferi inquinati da fluidi organici, percolati e/o sostanze tossiche.

Metodo della resistività

Le misure vengono eseguite immettendo corrente nel sottosuolo attraverso due elettrodi e misurando la differenza di potenziale ad altri due elettrodi. Utilizzando

questi due parametri (I e V) e la geometria dei 4 elettrodi, si calcola la resistività apparente (ρ_a):

$$\rho_a = k V / I$$

che è una funzione della resistività del mezzo indagato dalla superficie alla profondità a cui si è spinta la misura. Per determinare il valore reale di resistività, si opera una operazione detta di INVERSIONE con l'ausilio di un programma di calcolo automatico.

Dai sondaggi elettrici 2-D si ricava una tomografia elettrica che sostanzialmente è una sezione di resistività nella quale si rilevano i cambiamenti di resistività oltre che in direzione verticale anche in quella orizzontale lungo un allineamento.

La resistività elettrica (l'inverso della conducibilità) esprime la maggiore o minore predisposizione di un materiale a farsi attraversare dalla corrente e dipende da molti fattori, i più importanti dei quali sono la presenza di acque ionizzate e/o di particelle minerali metalliche nella struttura dei pori, la porosità, l'alterazione delle rocce, ecc.. Entrambi i fattori, infatti, possono dar luogo a traiettorie interne particolarmente conduttive, in contrasto con situazioni resistive caratterizzate da strutture compatte e/o pori anidri.

Per convertire i dati relativi alla distribuzione di resistività in informazioni geologiche è importante conoscere i valori tipici di resistività per i differenti tipi di materiali ed avere informazioni circa la geologia dell'area indagata.

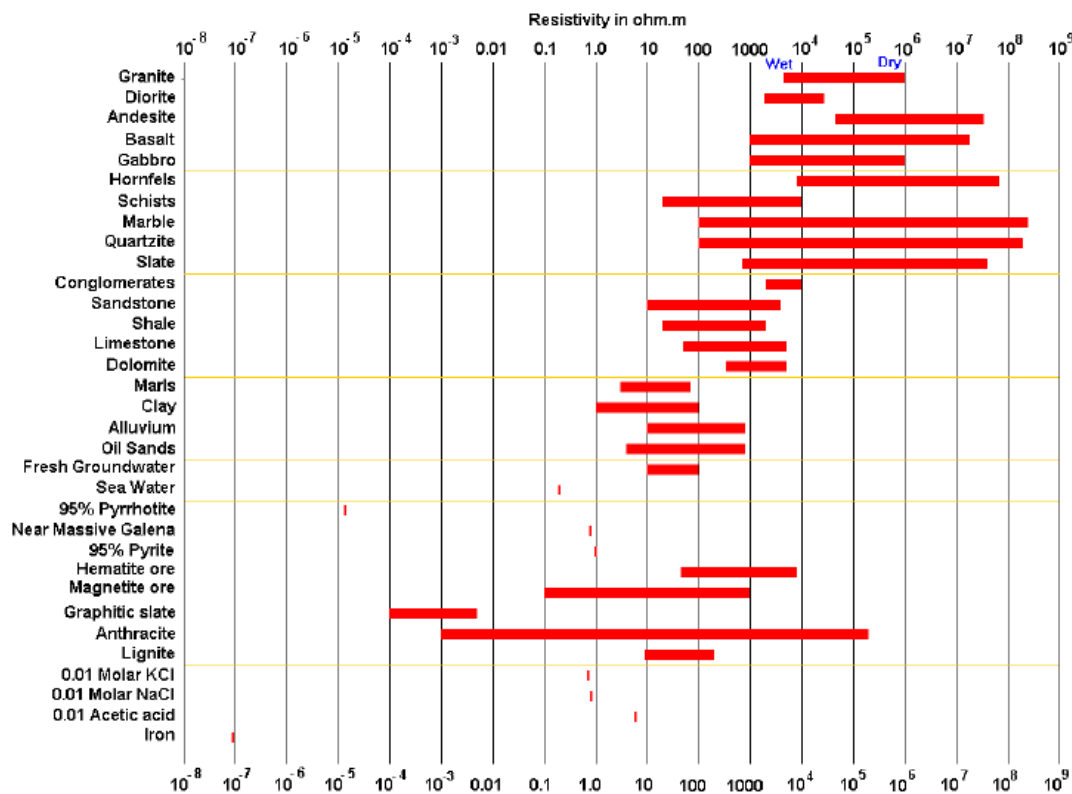


Figure 1.5. The resistivity of rocks, soils and minerals.

In particolare, nello studio di una discarica questo tipo di tecnica è molto efficace nella definizione dei limiti del bacino di discarica, in virtù degli elevati contrasti di resistività tra i rifiuti e la barriera impermeabile (naturale o artificiale), e soprattutto nell'individuazione di eventuali lacerazioni delle geomembrane e della conseguente migrazione di percolato (se presente) all'esterno dell'invaso controllato. L'importanza di queste informazioni è evidente: infatti, la conoscenza della configurazione geometrica del corpo di discarica e dei percorsi idrici al suo interno può sia aiutare a individuare la presenza di sacche di percolato e/o di biogas, sia a meglio valutare le eventuali modifiche delle proprietà fisiche dei terreni limitrofi in seguito all'interazione con fluidi inquinanti.

Metodo della P.I.

Il metodo della polarizzazione indotta (PI) è stato ed è ancora largamente utilizzato nell'esplorazione mineraria per rilevare principalmente la presenza di depositi ricchi in solfuri.

Recenti applicazioni del metodo includono studi ambientali e geotecnici, identificazione di contaminanti e definizione dell'interfaccia acqua dolce/acqua salata (Ward et al., 1995). La polarizzazione indotta è un fenomeno stimolato dall'invio di corrente elettrica nella roccia attraverso impulsi di varia natura. Esso 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 della roccia, sintetizzata nel ben noto parametro caricabilità.

Pertanto, la ricerca di oggetti metallici sepolti e/o di zone contaminate (altamente conduttive) appare essere un naturale campo di applicazione del metodo della PI, soprattutto se integrato con il metodo geoelettrico.

In particolare informazioni non solo sulla conducibilità ma anche sulla "caricabilità" (attitudine ad accumulare cariche elettriche durante l'invio e a rilasciarle negli istanti successivi) evidenziano, nell'interfaccia di contatto tra terreni molto conduttivi e altri resistivi, un accumulo di carica elettrica che non riesce a fluire. Tale situazione è particolarmente evidente nelle discariche dove i liquami percolati nella massa di rifiuti sono molto conduttivi ma permeano gli interstizi tra elementi di materiale eterogeneo (plastica, vetro, pietrame) generalmente molto resistivi se non isolanti.

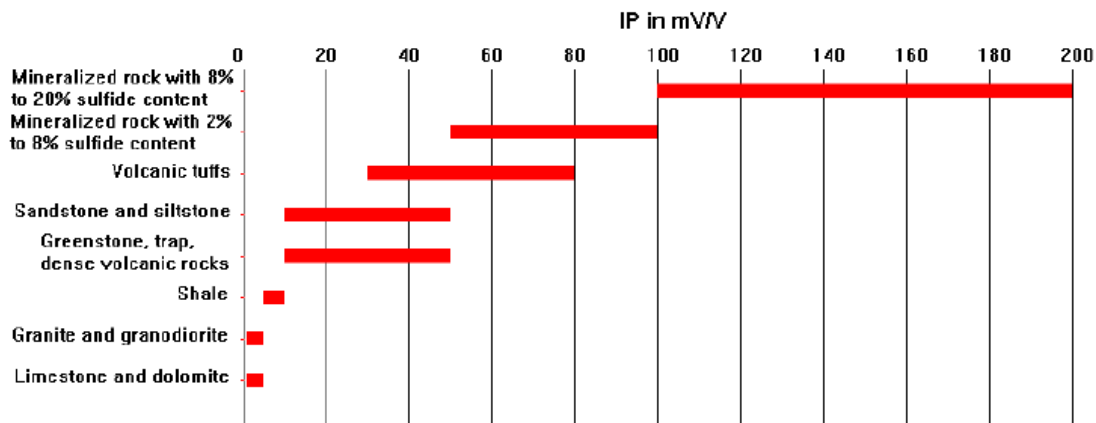


Figure 5.1. The IP values for some rocks and minerals.

4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le misure sono state effettuate utilizzando l'apparecchiatura Marca **M.A.E.** Modello **A3000-E**, progettata e realizzata appositamente per eseguire misure di resistività e caricabilità del terreno. La strumentazione è costituita da un computer centrale corredato di 8 box ad ognuno dei quali si possono collegare 8 picchetti per un totale di 64 picchetti. La macchina è dotata di un software dedicato che permette di eseguire in modo automatico una sequenza di misure impostate precedentemente dall'operatore.

5. MODALITA' DI MISURA

Gli elettrodi sono stati disposti secondo il dispositivo detto "Wenner alfa" che è molto sensibile ai cambiamenti verticali di resistività e poco al disturbo ambientale. In tale dispositivo gli elettrodi sono disposti lungo un allineamento in cui la distanza fra due adiacenti è **a** e gli elettrodi di misura sono sempre interni a quelli di energizzazione.

In un primo step si effettuano tutte le possibili misure con distanza “a” fra gli elettrodi, poi con distanza **2a**, **3a** fino a **10a**. Le misurazioni vengono effettuate inviando ad una coppia di elettrodi corrente alternata **I** (mA) con periodo noto (per evitare l'effetto di polarizzazione indotta) e contemporaneamente misurando, ad un'altra coppia di elettrodi, la differenza di potenziale **V** (mV). Nella fase di scarica dell'onda alternata, si misura il parametro caricabilità apparente. Si esegue un certo numero di iterazioni fino ad ottenere valori di varianza accettabili.

Dal potenziale misurato, a cui è sottratto il potenziale spontaneo **PS**, si ricava la resistività apparente ρ_a ($\Omega \cdot m$) che è un valore funzione delle resistività degli strati attraversati dalla corrente.

Per la P.I. 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 (inversione), e quindi alla caratterizzazione del suo stato fisico

Nella presente campagna di indagini sono stati realizzati n. 2 profili con le caratteristiche di seguito indicate.

Numero stendimento	Numero picchetti	Distanza elettrodi	Lunghezza stendimento (m)	Spessore indagato (m)	Punti di misura
SE1	24	3.0	69.0	11.6	84
SE2	24	3.0	69.0	11.6	84

6. INTERPRETAZIONE DEI DATI

I dati misurati con un sondaggio di P.I consiste di due set , la resistività apparente misurata e la caricabilità apparente.

Per la ricostruzione della Tomografia Elettrica o elettrostratigrafia di resistività e della caricabilità è stato utilizzato il programma di calcolo automatico **Res2dinv** ver. 3.4 copyright Geotomo Software. Il programma opera suddividendo il sottosuolo; lungo una verticale, in un numero di blocchi rettangolari (la lunghezza di tali blocchi è di 2 m per SE1 e 1.25 m per SE2) ed assegnando ad ognuno di essi un valore di resistività tale che la resistività apparente calcolata coincida o si discosti di poco da quella misurata in superficie. L'inversione dei dati di caricabilità usa il modello di resistività ottenuto con l'ultima iterazione.

Il modello della caricabilità, infatti, dipende dal modello di resistività e ne utilizza lo stesso jacobiano.

In fase di elaborazione dei dati si è operato nel seguente modo:

- a) sono stati eliminati i dati sperimentali palesemente errati (misure reiterate ma non stabilizzatesi, misure errate a causa di cattivo contatto fra elettrodo e terreno, ecc.);
- b) la topografia è articolata per cui si è proceduto ad effettuare la correzione topografica sulla base del rilievo di dettaglio effettuato dallo scrivente in campagna;
- c) si è operata l'Inversione dividendo il sottosuolo in tanti rettangoli ed assegnando loro dei valori di resistività per i quali si calcola la resistività apparente che si misurerebbe in superficie. Per ottenere un modello di resistività prossimo alla realtà, la somma dei quadrati degli errori tra la resistività apparente calcolata e quella misurata deve essere minima e ciò si ottiene modificando la

resistività dei blocchi con un processo iterativo. **Affinché il modello sia realistico, eseguendo iterazioni successive (almeno 3), il valore di RMS (radice quadrata media degli errori) fra la resistività apparente calcolata e quella misurata deve diventare costante o minimissima.** Si opera l'inversione dei dati di caricabilità usando il modello di resistività ottenuto con l'ultima iterazione.

- d) si è costruita la sezione di resistività e quella della caricabilità disegnando delle linee con uguale valore di resistività ad intervalli che possono seguire sia una scala logaritmica che lineare. Per una più facile leggibilità della sezione gli intervalli sono stati rappresentati con una scala di colori.

Numero stendimento	Numero di dati utilizzati per il modello della resistività	Numero di dati utilizzati per il modello della P.I.	Numero di iterazioni	RMS (%) Del mdello di resistività	RMS (%) Del mdello di P.I	Massimo spessore (m)
SE1	78	78	5	6.8	5.66	11.6
SE2	84	84	5	4.9	7.5	11.6

7. RISULTATI E CONCLUSIONI

Con l'inversione dei dati acquisiti si sono costruite le tomografie geoelettriche.

La profondità degli strati è stata incrementata del 10%.

- i rifiuti poggiano su terreni molto resistivi e la loro posizione nella tomografia della resistività è ben evidenziata.
- i liquami percolati nella massa di rifiuti sono molto conduttivi ma permeano gli interstizi tra elementi di materiale eterogeneo e determinano delle zone a bassa resistività ed elevata caricabilità all'interno della discarica. I valori di caricabilità superiori a 20 msec sono un indice sicuro della presenza di materiale antropico, percolato o inquinanti metallici (in natura si trovano solo in particolari corpi geologici mineralizzati, ad esempio a solfuri complessi. Non in tutta la discarica si osserva la presenza di percolata o perché i processi di mineralizzazione sono quasi terminati oppure perché la parte organica degli stessi è limitata solo alla parte superiore.
- Si osserva, inoltre, che gli inquinanti sono migrati all'esterno della discarica e nelle due sezioni si osservano infiltrazioni verso il basso. Nella sezione SE1 alla progressiva 27 m e nella sezione SE2 alla progressiva 33 m.

Alla luce delle considerazioni effettuate, si può concludere affermando che:

- Le indagini geoelettriche hanno permesso di conoscere la situazione dell'area con ricostruzione lungo due sezioni dei cavi di stoccaggio, della presenza di percolato e del reale stato di avanzamento dei processi di mineralizzazione dei rifiuti.
- È assente una circolazione idrica (assenza di minimi di resistività).
- Si è osservato che lo spessore dei rifiuti massimo dei rifiuti è circa 6 metri.



- nella discarica i processi di mineralizzazione sono quasi terminati e oramai limitati solo alla parte superiore della discarica dove si osservano ancora valori di caricabilità alti.
- il percolato o inquinanti metallici sono migrati nei terreni all'esterno della discarica ed inoltre si osservano infiltrazioni di percolato verso il basso.

Paolisi., li 15/12/2007

IL RESPONSABILE DELL'INDAGINE
Geol. Domenico FERRARO

Indice

1. Premessa	pag.01
2. La struttura oggetto di indagine	pag.02
3. Aspetti teorici del metodo	pag.02
4. Strumentazione utilizzata	pag.06
5. Modalità di misura	pag.06
6. Interpretazione dei dati.....	pag.08
7. Risultati e conclusioni.....	pag.10

Allegati

Allegato 1 - Planimetria con ubicazione indagini

Allegato 2 - Restituzione dati teorici, sperimentali e modello resistività

Allegato 3 - Restituzione dati teorici, sperimentali e modello caricabilità

Allegato 4 –Modello di resistività e P.I. con correzione topografica

Allegato 5 – Modello di resistività e P.I con correzione topografica e interpretazione

ALLEGATO 1

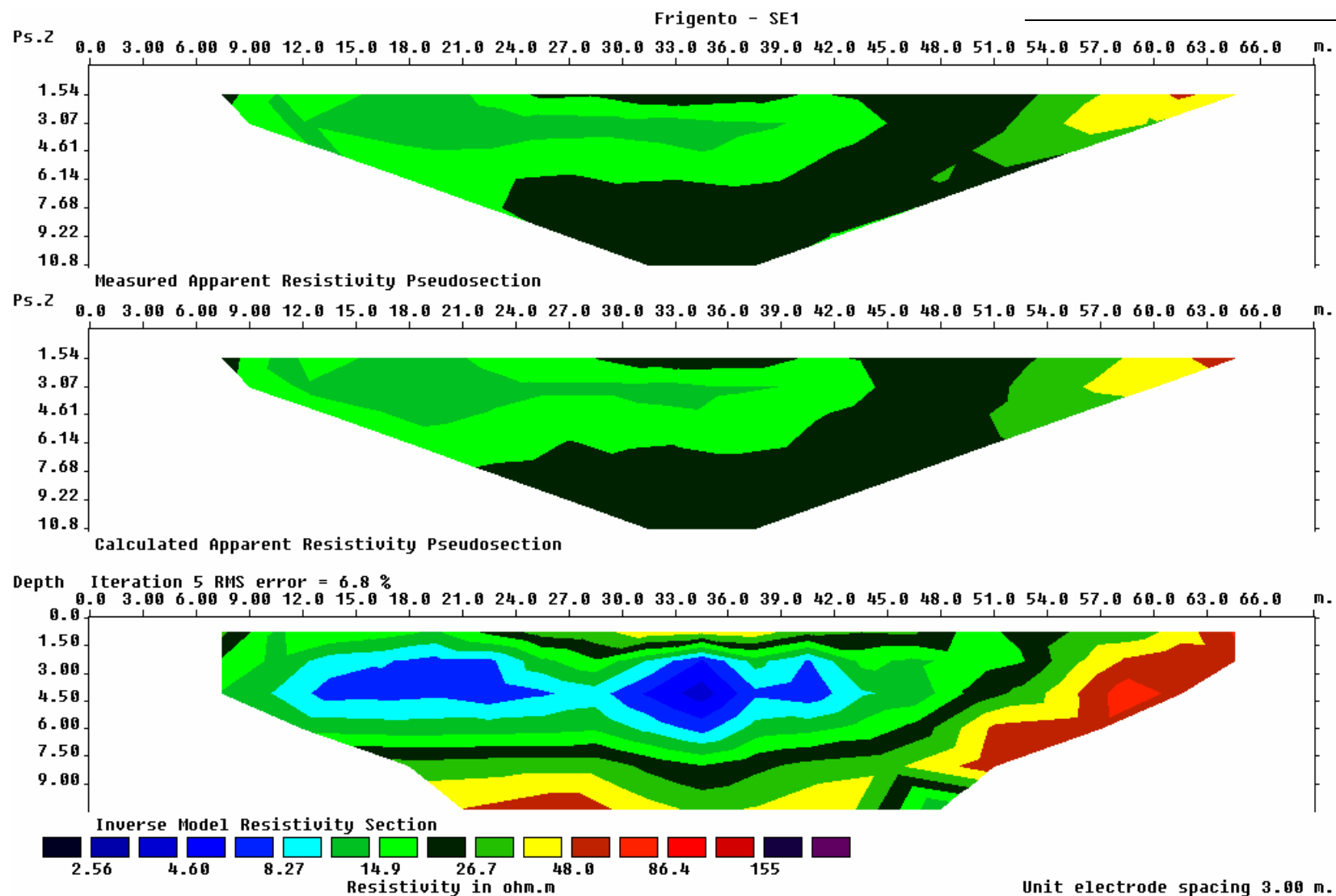
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI



ALLEGATO 2

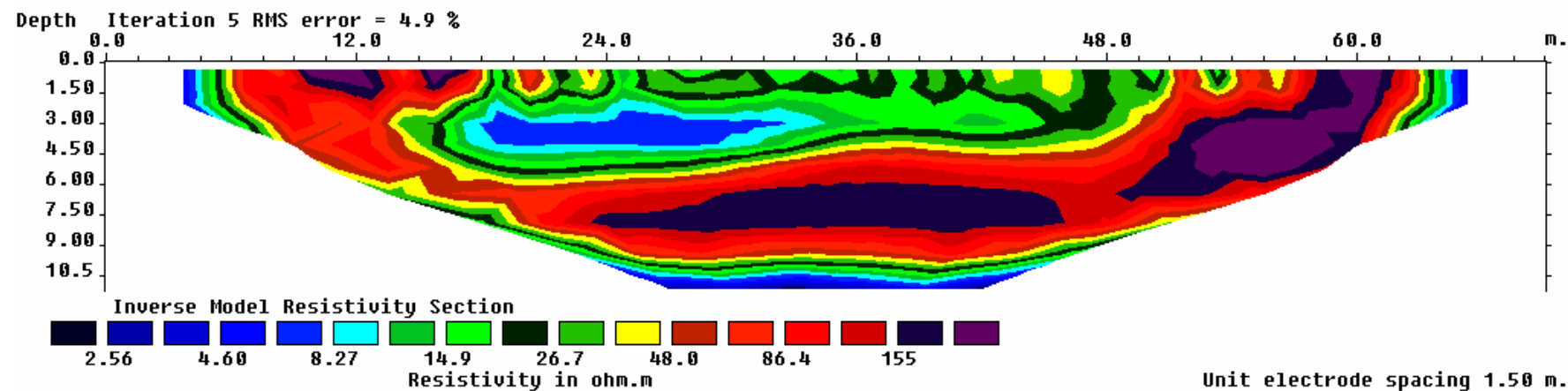
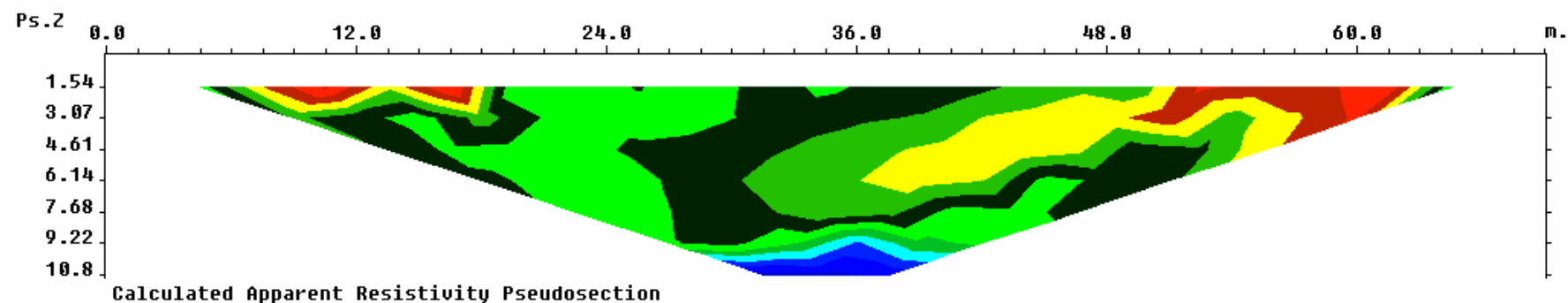
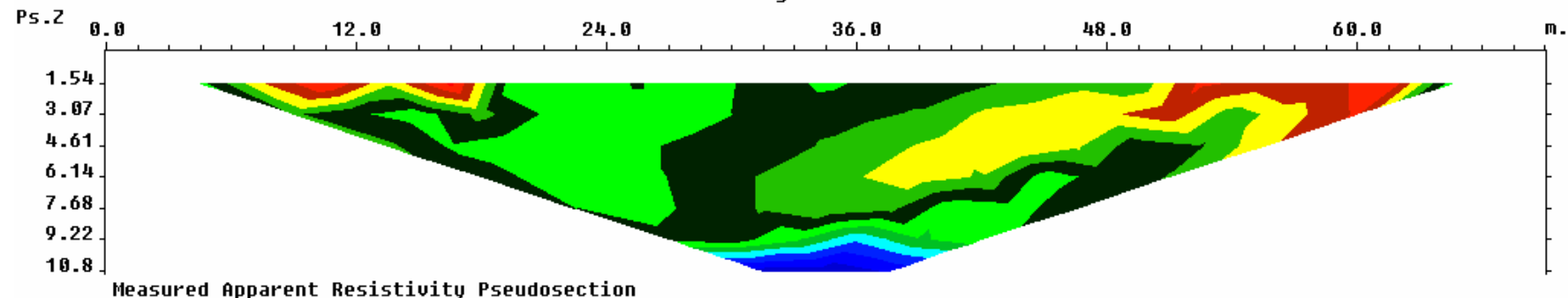


RESTITUZIONE GRAFICA DATI SPERIMENTALI, TEORICI E MODELLO RESISTIVITA'



FRIGENTO SE2

Frigento - SE 02

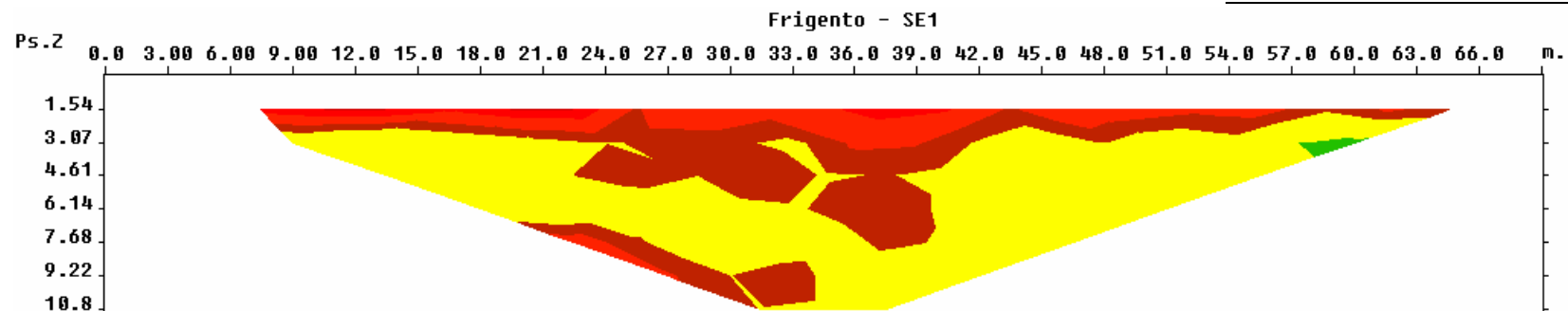




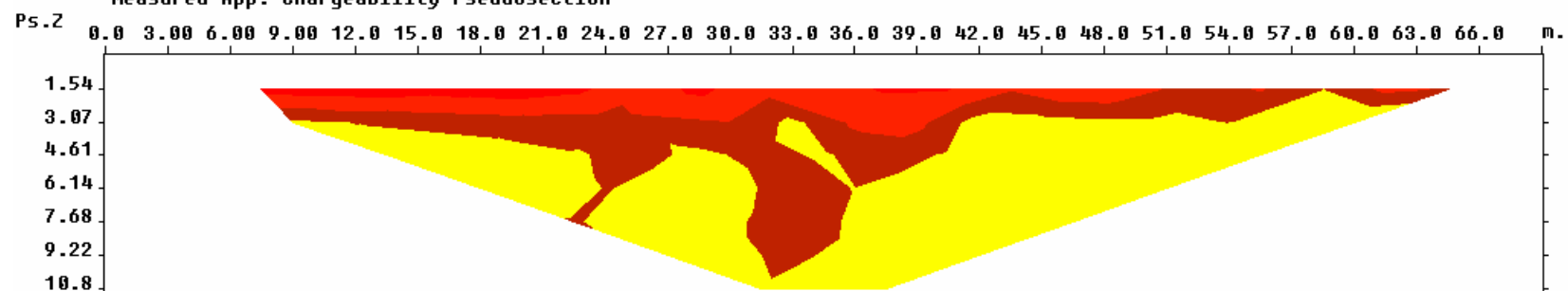
ALLEGATO 3



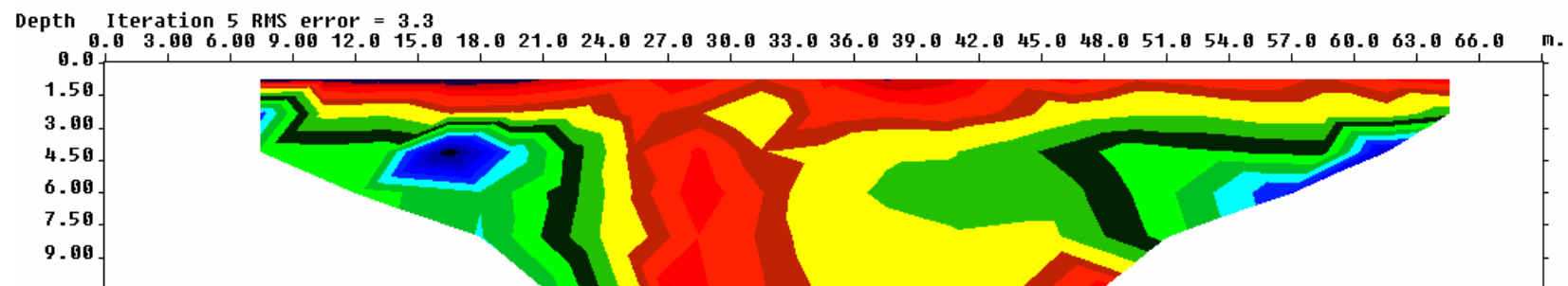
RESTITUZIONE GRAFICA DATI SPERIMENTALI, TEORICI E MODELLO CARICABILITA'



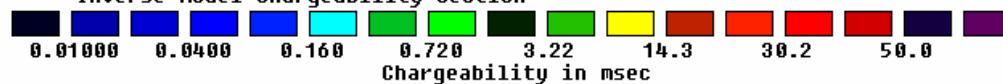
Measured App. Chargeability Pseudosection



Calculated App. Chargeability Pseudosection

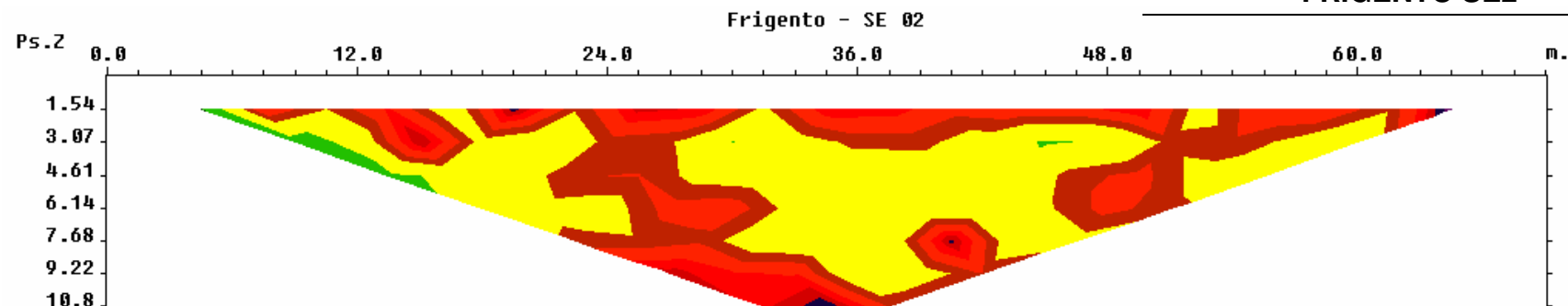


Inverse Model Chargeability Section

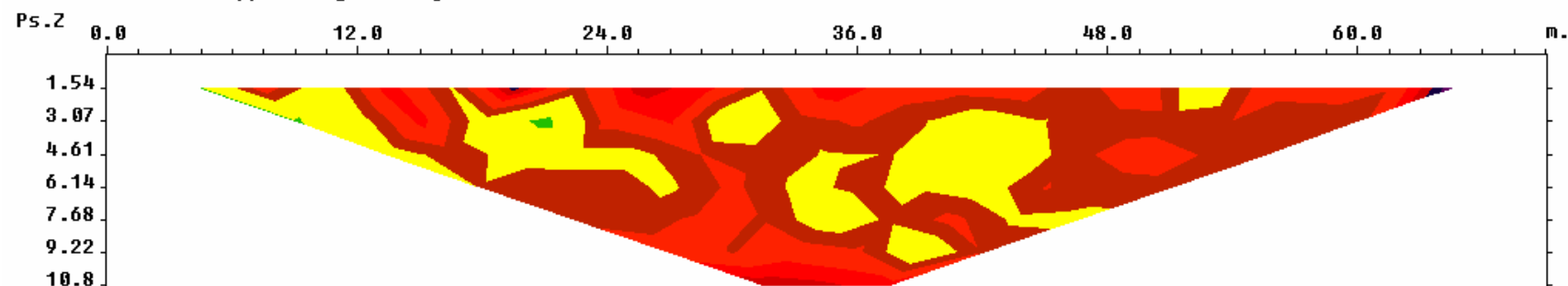


Unit electrode spacing 3.00 m.

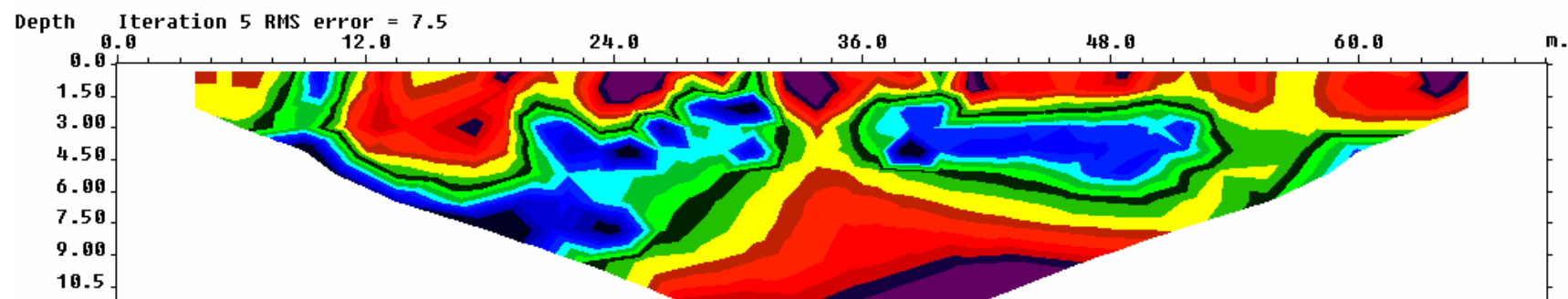
FRIGENTO SE2



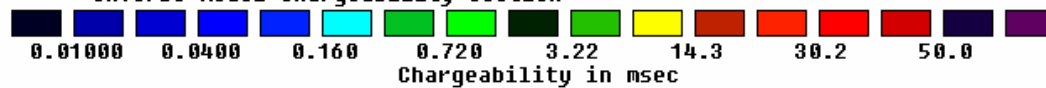
Measured App. Chargeability Pseudosection



Calculated App. Chargeability Pseudosection



Inverse Model Chargeability Section



Unit electrode spacing 1.50 m.

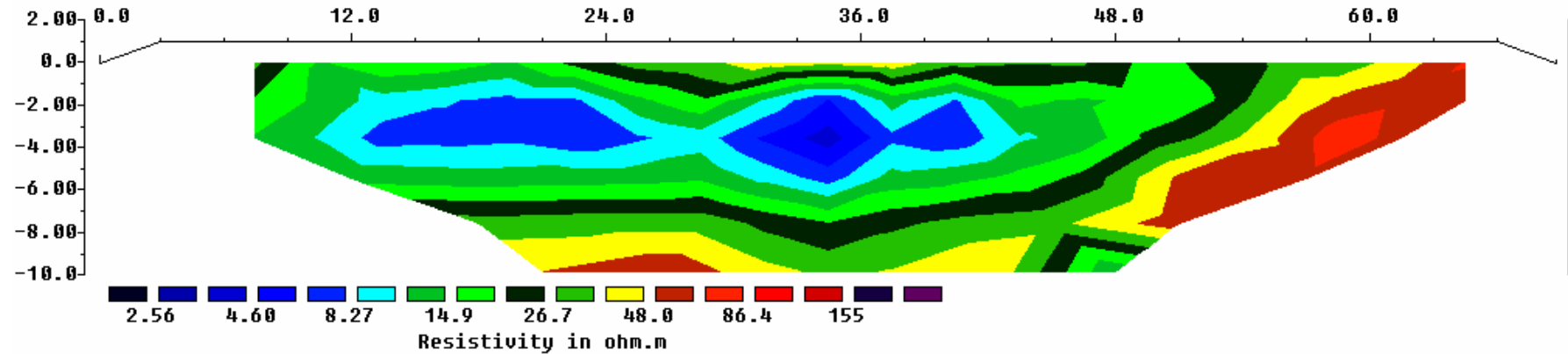


ALLEGATO 4

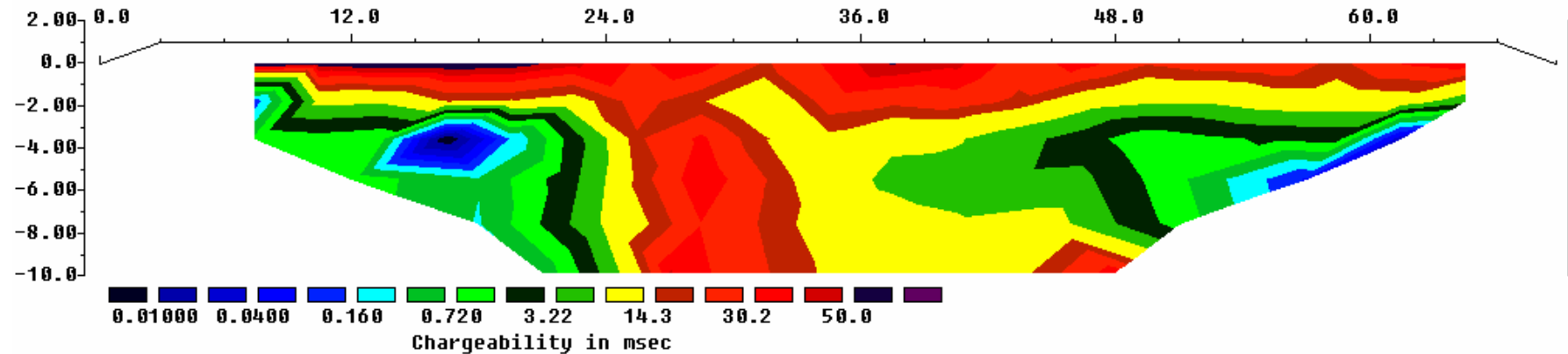
MODELLO DI RESISTIVITA' E P.I. CON CORREZIONE TOPOGRAFICA

Frigento - SE1

Model resistivity with topography
Elevation Iteration 5 RMS error = 6.8



Model IP with topography
Elevation Iteration 5 RMS error = 3.3

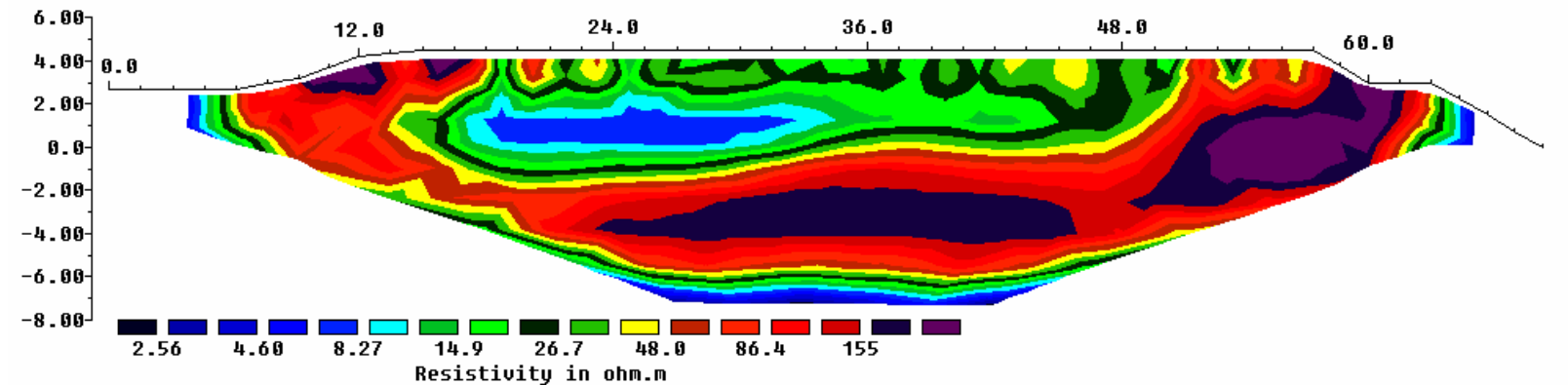


Horizontal scale is 41.00 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.00
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 69.0 m.

FRIGENTO SE2

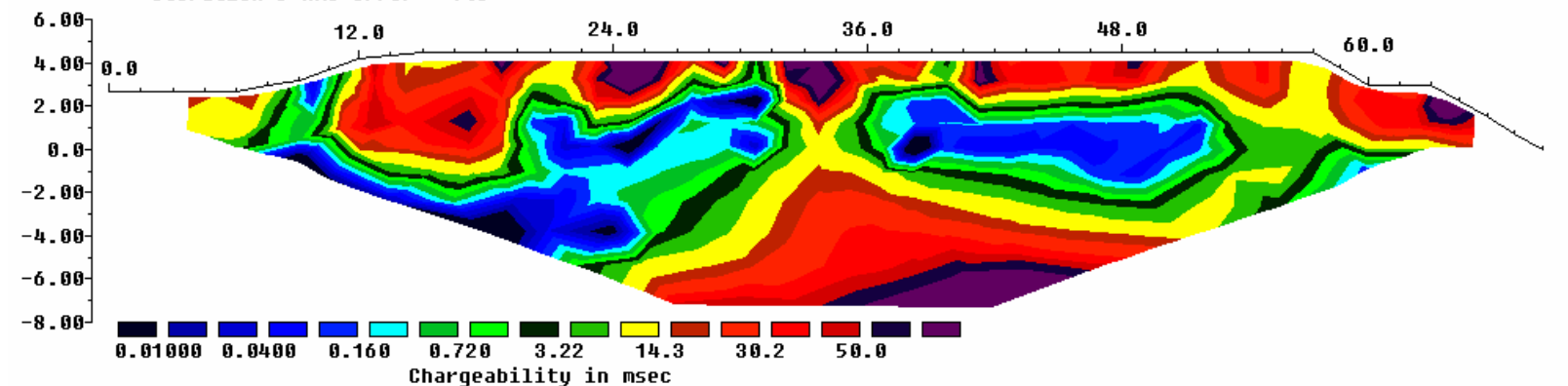
Frigento - SE 02

Model resistivity with topography
Iteration 5 RMS error = 4.9



Unit Electrode Spacing = 1.50 m.

Model IP with topography
Iteration 5 RMS error = 7.5



Unit Electrode Spacing = 1.50 m.

Horizontal scale is 20.26 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.02
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 69.0 m.



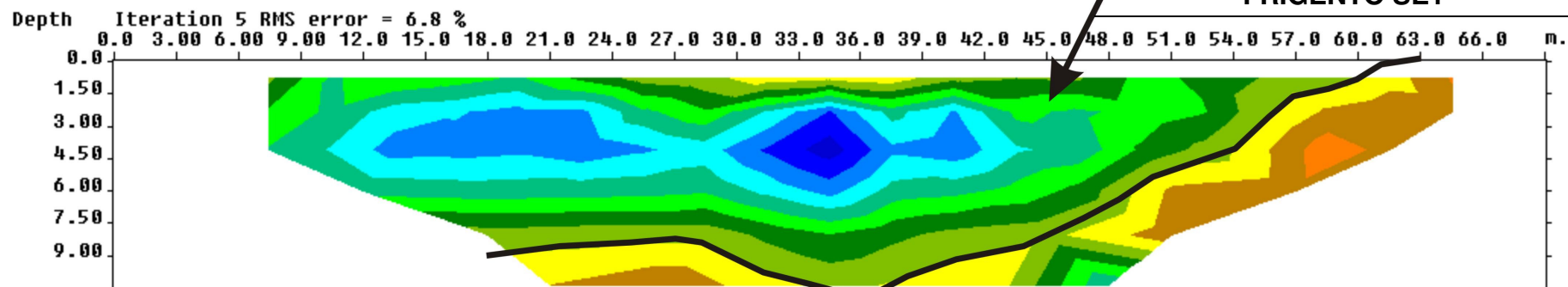
ALLEGATO 5

MODELLO DI RESISTIVITA' E P.I CON CORREZIONE TOPOGRAFICA E INTERPRETAZIONE

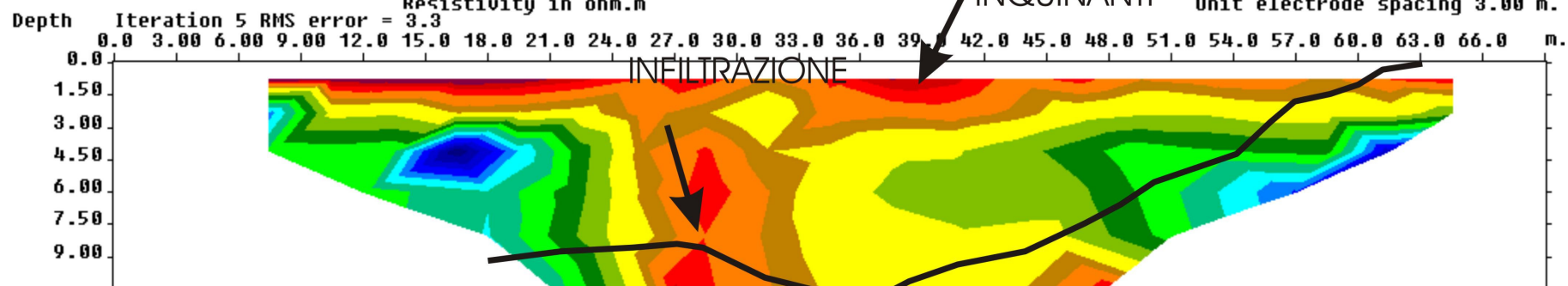
Frigento - SE1

DISCARICA

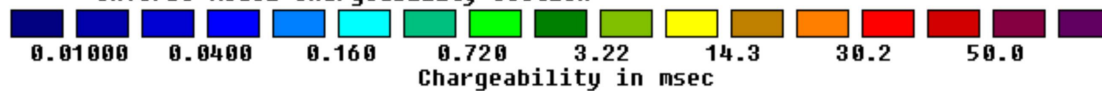
FRIGENTO SE1



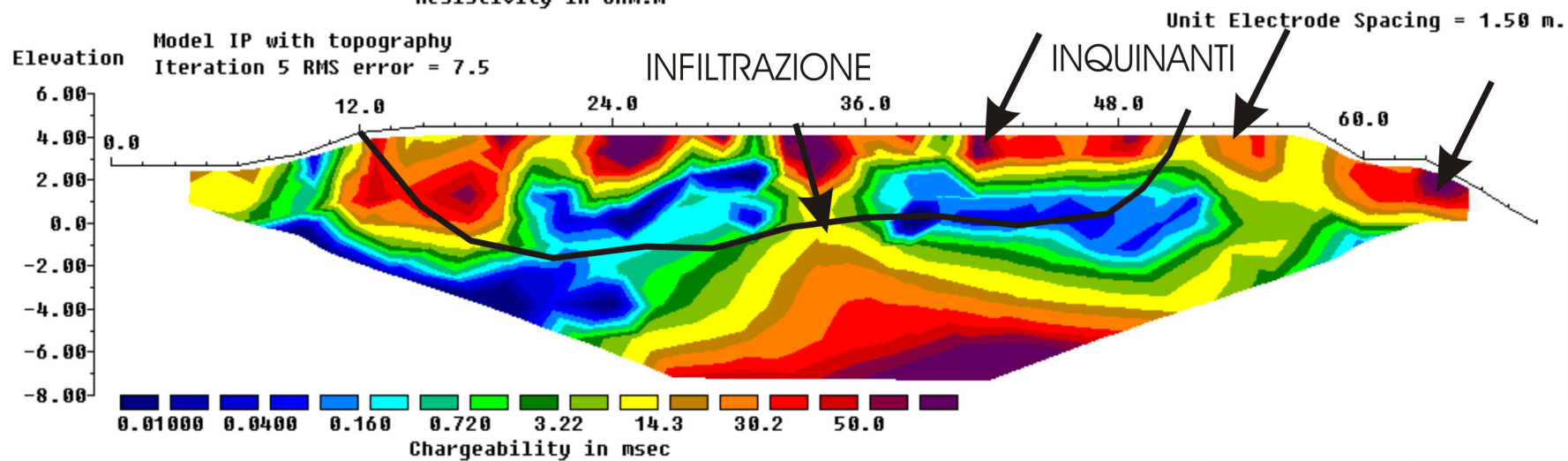
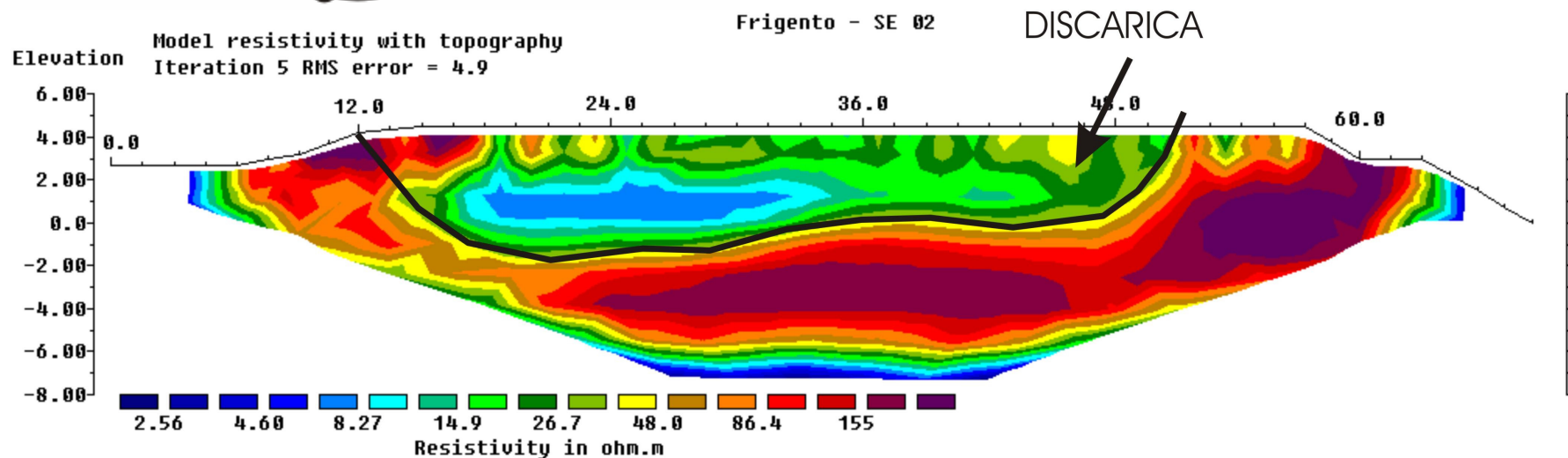
Inverse Model Resistivity Section



Inverse Model Chargeability Section



Unit electrode spacing 3.00 m.



Horizontal scale is 20.26 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.02
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 69.0 m.

GEO.IN di U. Lonardo

Corso Umberto I, 2

82010 Ceppaloni (BN)

tel. 082446564

Committente: Comune di Frigento (AV)

Località: Discarica comunale: Ingresso - zona a monte

Scala 1:100

Attrezzatura: CMV - MK 600 della GEO.IN

Lunghezza perforazione (m): 20,0

Data inizio/fine: 23/05/2006

Sigla: S1

Quota dal p.c.(m):

Legenda campioni: =rimaneggiato =S.P.T. =da vane test =a percussione =indisturbato a pressione =indisturbato rotativo							
Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE	Campione acqua	Falda	Piezo metro
2,00	2,00		 4,00	Terreno di riporto stradale.	 14,00	2.0	
1,50	3,50			Limo argilloso sabbioso marrone nerastro con presenza di percolato.			
1,50	5,00			Argilla azzurra con venature giallastre.			
1,00	6,00			Livello calcarenitico litoide di colore grigiastro.			
8,00	14,00			Argilla giallastra con venature celesti.			
6,00	20,00			Argilla azzurra scagliosa e compatta.			

1/1

Corso Umberto I, 2
82010 Ceppaloni (BN)
tel. 082446564

Lunghezza perforazione (m): 20,0

Legenda campioni:										=rimaneggiato				=S.P.T.				=da vane test				=a percussione				=indisturbato a pressione				=indisturbato rotativo			
Spessore (m)		Profondità (m)		Stratigrafia		Campioni		DESCRIZIONE																Campione acqua		Falda		Piezo metro					
2,00		2,00		K K																													

GEO.IN di U. Lonardo

Corso Umberto I, 2

82010 Ceppaloni (BN)

tel. 082446564

Committente: Comune di Frigento (AV)

Località: Discarica comunale: Ingresso - zona a valle

Scala 1:100

Attrezzatura: CMV - MK 600 della GEO.IN

Lunghezza perforazione (m): 20,0

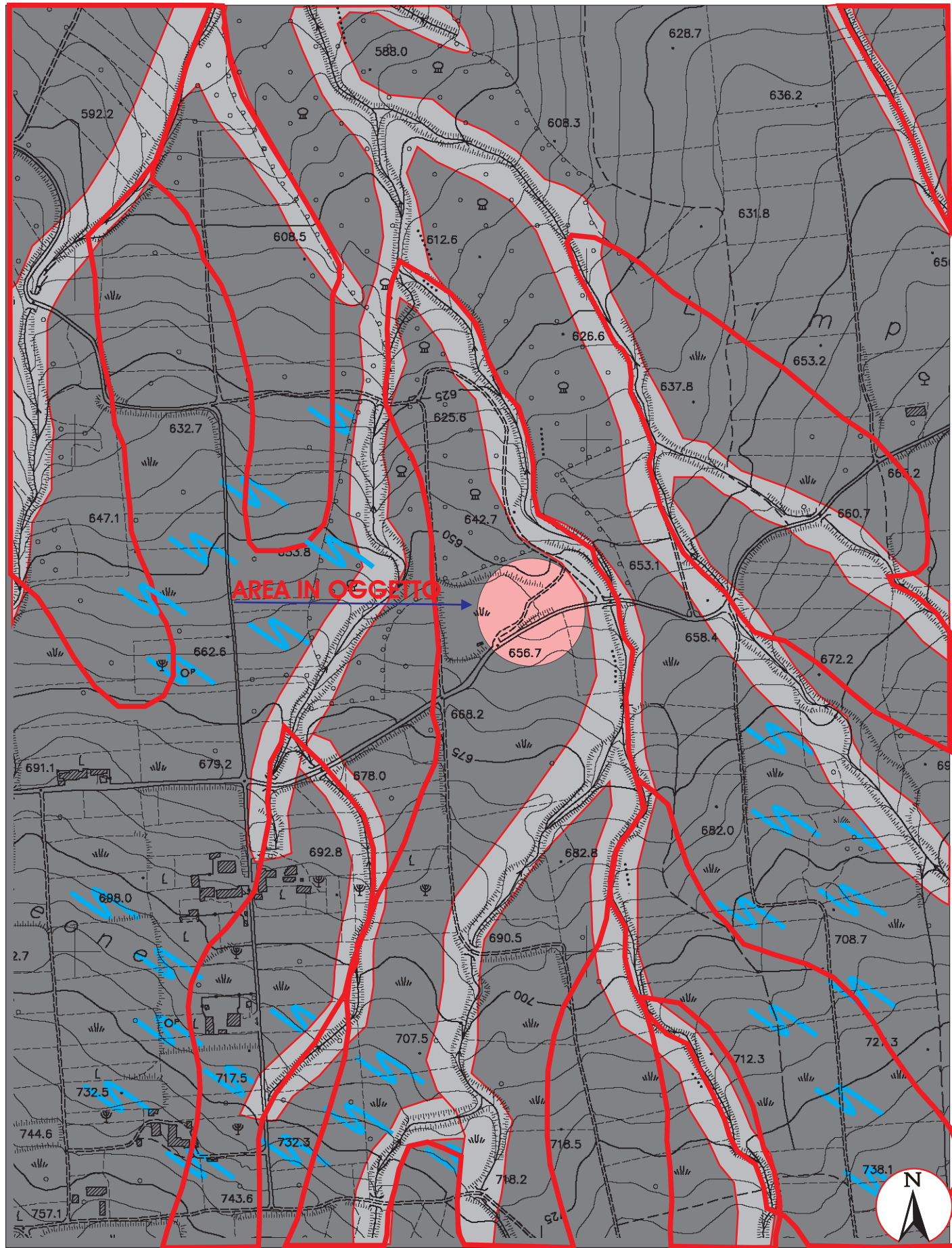
Data inizio/fine: 24/05/2006

Sigla: S3

Quota dal p.c.(m):

Legenda campioni: =rimaneggiato =S.P.T. =da vane test =a percussione =indisturbato a pressione =indisturbato rotativo									
Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campi oni	DESCRIZIONE	Campione acqua	Falda	Piezo metro		
	1,80			Terreno vegetale.					
	1,80					1			
	1,90			Limo argilloso sabbioso di colore marrone e nerastro con presenza di percolato.					
	3,70								
	0,70			Argilla grigio-azzurra con venature giallastre poco interessata da percolato.					
	4,40					4.4			
	3,00		6,00	Livello calcarenitico litoide di colore grigiastro.					
	7,40								
	7,60			Argilla giallastra con venature celesti.					
	15,00								
	5,00			Argilla azzurra scagliosa e compatta.		14,00			
	20,00								

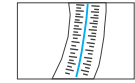
1/1



LEGENDA

- 

Alluvioni sabbiose e argillose con
inclusione di detrito calcareo e
calcarenitico in aree di canale .
- 

Depositi argillosi e argillosi siltosi in
facies di flysch, con intercalazioni di di
calcareniti e molase, plastici in
superficie per alterazione.
- 

Area in erosione incanalata
- 

Area in creep superficiale
- 

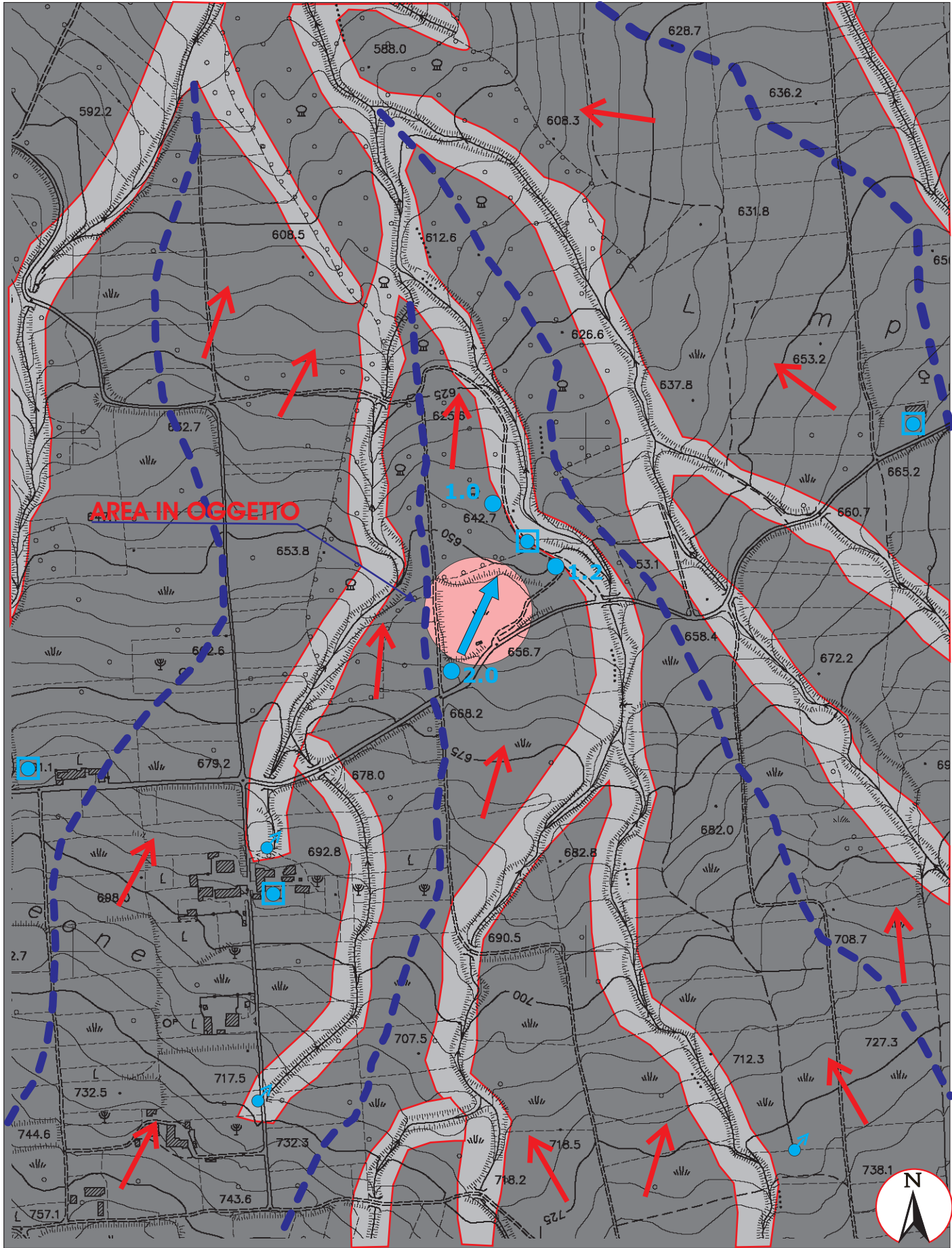
Area interessata da movimento
gravitativo

A.T.Professionisti
Geologia - Ingegneria

CARTA GEOLITOLÓGICA

1:5000

- committente: Comune di Frigento (AV)
- località: Scheda di Celio
- lavoro: Indagini Preliminari inerenti la bonifica del sito della discarica comunale
- note: - data: 05/2007



 Pozzi rilevati
 Sorgenti

 Spartiacque
superficiale

 2.7
Profondità della Falda

 Linee di deflusso
sotterraneo

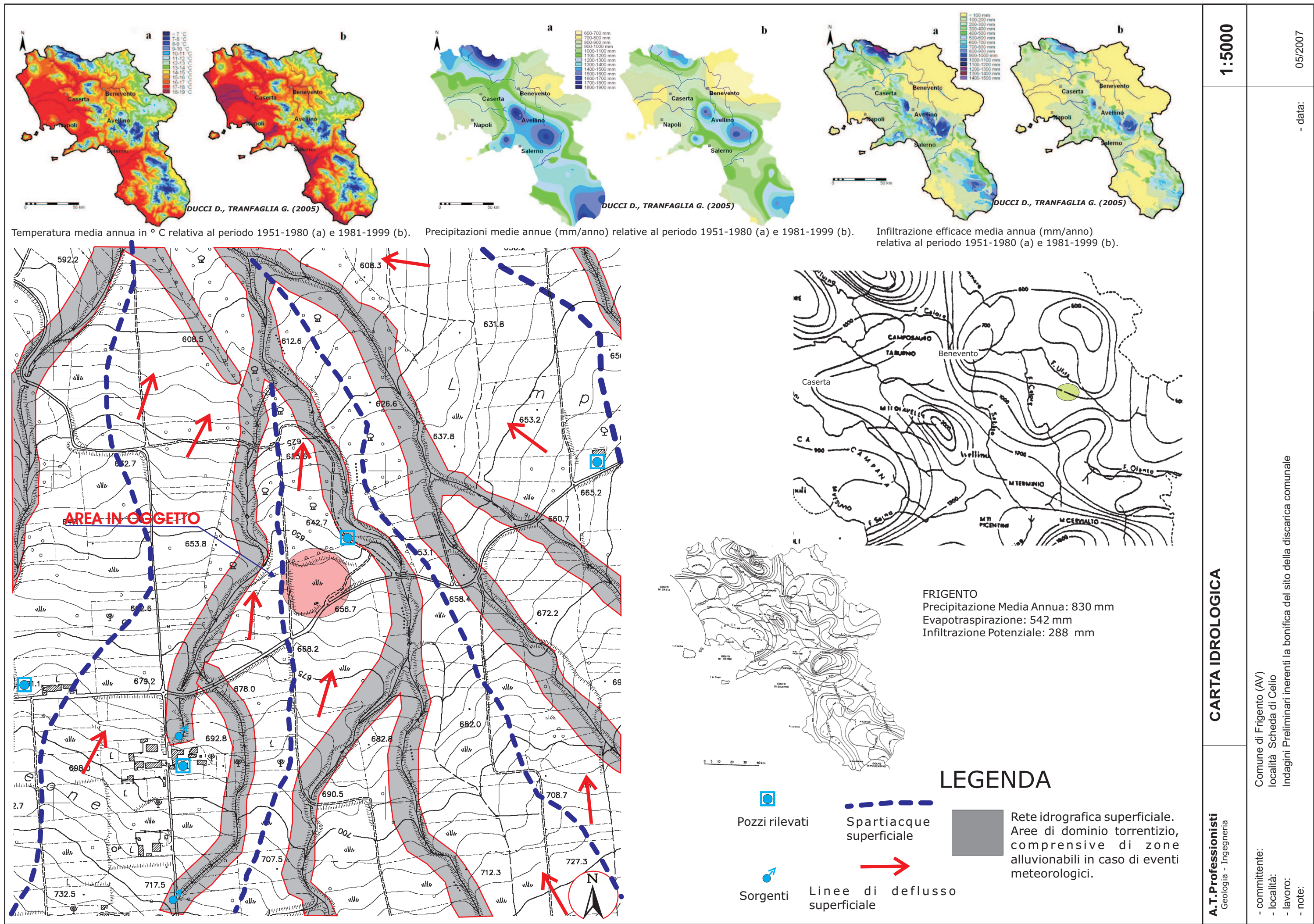
 Linee di deflusso
superficiale

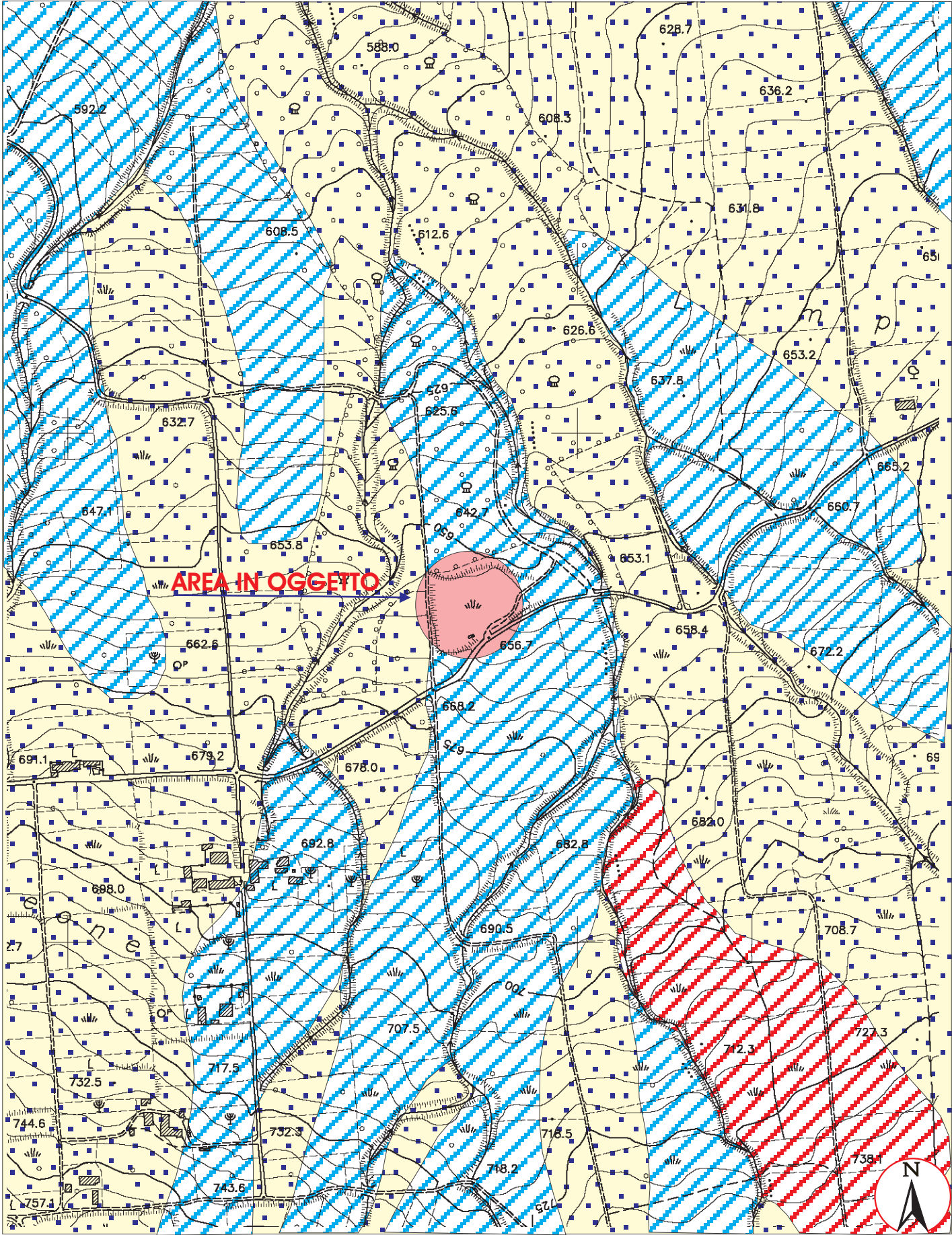
LEGENDA

 Alluvioni sabbiose e argillose con
inclusione di detrito , permeabili per
porosità.
Permeabilità MEDIA
10E-5<K < 10E-6

 Depositi argillosi e argillosi siltosi in facies di
flysch, con intercalazioni di di calcareniti,
permeabili per porosità e fratturazione .
Permeabilità BASSA - 10E-6<K < 10E-7
Livello piezometrico 1.0-5.0 dal p.c.

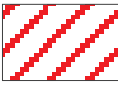
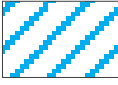
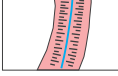
A.T.Professionisti Geologia - Ingegneria	CARTA DELLA PERMEABILITA', DIREZIONE DI FLUSSO E GRADIENTI IDRAULICI, CONDUCIBILITA' IDRAULICA, POZZI PRESENTI NEL SITO	1:5000
- committente: - località: - lavoro: - note:	Comune di Frigento (AV) località Scheda di Celio Indagini Preliminari inerenti la bonifica del sito della discarica comunale	- data: 05/2007





LEGENDA

VINCOLI IDROGEOLOGICI

-  Area di Alta Attenzione A4
-  Area di Media Attenzione A2
-  Area di Possibile ampliamento dei fenomeni franosi
-  Area interessata da fenomeni o processi erosivi in atto

A.T.Professionisti
Geologia - Ingegneria

CARTA DEGLI SCENARI

1:5000

- committente: Comune di Frigento (AV)
- località: località Schada di Celio
- lavoro: Indagini Preliminari inerenti la bonifica del sito della discarica comunale
- note: - data: 05/2007

- committente: Comune di Frigento (AV)
- località: località Scheda di Celio
- lavoro: Indagini Preliminari inerenti la bonifica del sito della discarica comunale
- note:

- data: 05/2007

