

COMUNE DI CASTELPAGANO

Provincia di Benevento

P.O.R. Campania FESR 2007/2013

Obiettivo operativo 1.2

Migliorare la salubrità dell'ambiente - Programmazione attività a) e b)

COMMITTENTE:

Comune di Castelpagano

PROGETTO :

Piano Operativo ed Attività di Bonifica della
discarica comunale in località Campo della Corte

PROGETTO DEFINITIVO

TAV. N.

18

Scala

Relazione geologica

Visti ed approvazioni

Il Sindaco
Dott. Ing. Michelino ZEOLI

Il RUP
Geom. Raffaele DE LEUCIO

Il Progettista

Arch. Rosanna FIORE

Dott. Geol. Sabatino CIARCIA

1. PREMESSA	
2. INTRODUZIONE E PRECEDENTI CONOSCENZE	
3. UBICAZIONE DEL SITO	
4. MODELLO GEOLOGICO	
4.1. QUADRO GEOLOGICO REGIONALE	
4.2. MODELLO STRATIGRAFICO DELL'AREA	
4.3. STRATIGRAFIA DEL SITO	
5. GEOMORFOLOGIA ED IDROLOGIA	
6. IDROGEOLOGIA	
7. SISMICA.....	
7.1. SISMICITA' REGIONALE	
7.2. RISPOSTA SISMICA LOCALE	
8. CARATTERI TECNICI DEI TERRENI	
9. CONCLUSIONI	

1. PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Geol. Sabatino Ciarcia, iscritto all'Albo Professionale dei Geologi della Regione Campania N. 879, ha ricevuto formale incarico dall'Amministrazione Comunale di Castelpagano (BN) per la redazione dello studio geologico inerente il Piano operativo ed attività di bonifica della discarica comunale in località Campo della Corte", secondo le direttive P.O.R. Campania FESR 2007-2013 - Obiettivo Operativo 1.2 "Migliorare la salubrità dell'ambiente" – Programmazione attività a) e b)".

L'incarico prevede la definizione dei caratteri geologici e geomorfologici dell'area ospitante il sito in esame, anche in relazione alle attività pianificate, le quali prevedono la messa in sicurezza definitiva della discarica mediante l'adozione di opere ingegneristiche di stabilizzazione e regimazione idrica.

2. INTRODUZIONE E PRECEDENTI CONOSCENZE

Nella redazione degli elaborati geologici è stato tenuto presente quanto riportato nel Piano Regionale di Bonifica dei siti inquinati della Regione Campania e s.m., elaborato dall' A.R.P.A.C., sulla base delle "Linee Guida" redatte dal Gruppo Tecnico nominato con le Ordinanze Commissariali n.248/03, n. 328/03, n.226/04 e n.006/05. Tale documento prevede, tra l'altro, che il progetto definitivo di bonifica deve comprendere, in particolare la descrizione del sito e dell'ambiente circostante, l'inquadramento geologico, idrogeologico ed idrologico, i risultati delle indagini geologiche, idrogeologiche ed idrologiche.

Per la caratterizzazione del sito viene suggerita e sostanzialmente rispettata, in merito all'assetto geologico e idrogeologico, la procedura che prevede di descrivere la stratigrafia dei terreni dall'alto verso il basso con indicazione della profondità, dello spessore, della granulometria e della loro permeabilità; descrivere, ancora, l'assetto idrogeologico con riferimento alla presenza o meno di una o più falde, con riferimento a quanto descritto per i terreni; riportare, inoltre, la profondità della/e falda/e con indicazione della soggiacenza, della direzione di flusso e dello spessore dell'acquifero e dei terreni che lo sostengono; riportare, infine, le fonti delle informazioni (bibliografia, stratigrafie di sondaggi interni o esterni al sito, in quest'ultimo caso allegare le colonne stratigrafiche, se disponibili).

Nelle operazioni di bonifica del sito non verranno realizzati scavi all'interno della discarica al fine di impedire l'intercettazione di RSU e, in ogni caso, non sono previste opere che alterano o modificano in alcun modo le condizioni statiche del cumulo originario. Infine, le stesse opere non dovranno alterare l'assetto morfologico dell'area né potranno comprometterne la stabilità, considerato che non sono previsti ulteriori interventi antropici, come sbancamenti o tagli nei versanti; potranno essere effettuati soltanto scavi, a sezione obbligata, progressivamente colmati con strutture di protezione profonde, debitamente armate. Il modellamento finale del capping non altererà le condizioni morfologiche locali.

Per lo studio dell'area in esame è stata effettuata un'analisi delle precedenti conoscenze mediante una preliminare raccolta di dati bibliografici, cartografici e aerofotogrammetrici, svolta anche con l'ausilio di data-base disponibili nella letteratura scientifica, corrente e pregressa; essa è stata mirata, prevalentemente, alla definizione dei caratteri stratigrafici e delle tipologie morfodinamiche e geomeccaniche dei terreni coinvolti. Nei capitoli successivi vengono riportate tutte le informazioni derivanti non solo dalla letteratura geologica disponibile ma anche da indagini tecniche pregresse ritenute significative ai fini dello studio dell'area in esame.

3. UBICAZIONE DEL SITO

L'opera in oggetto si trova nel territorio amministrativo del Comune di Castelpagano (BN), posizionato presso l'estremità settentrionale della Provincia di Benevento (Fig. 1).

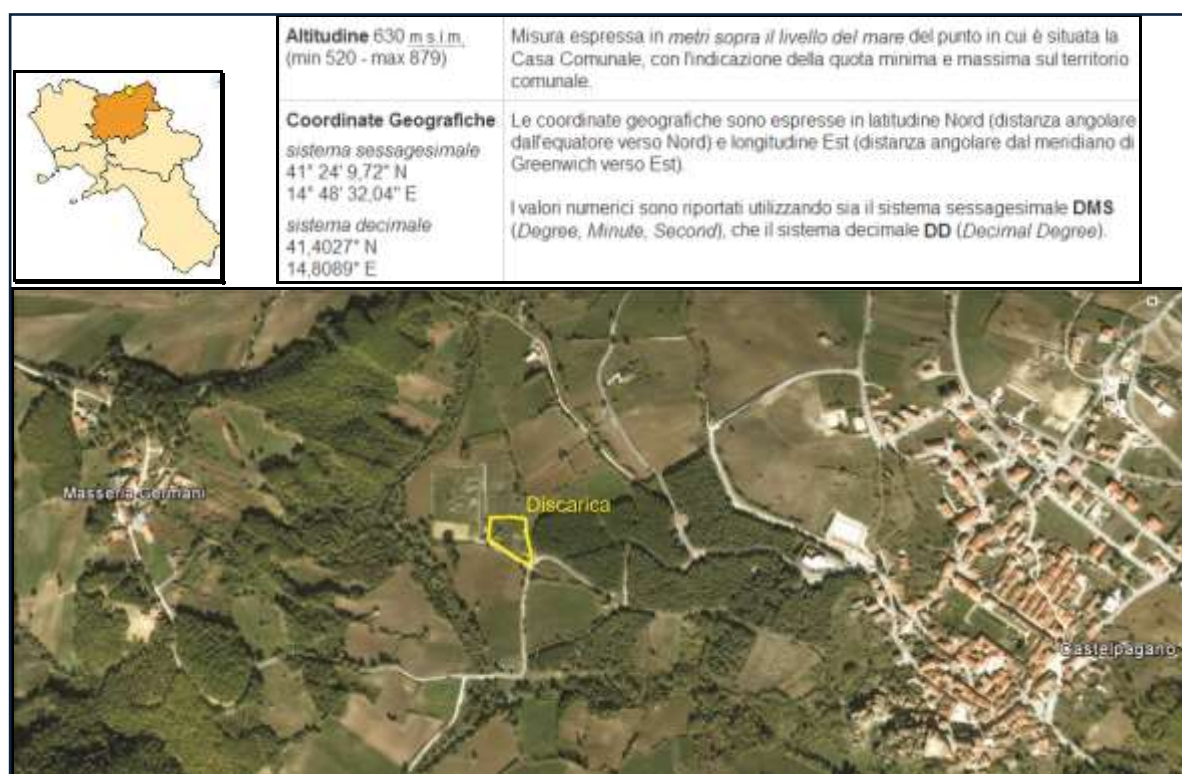


Fig. 1 - Il territorio di Castelpagano e l'ubicazione del sito (dati da Google.it e Tuttitalia.it)

Nel quadro cartografico nazionale, l'area in esame è posizionata nell'estremo settore centro-meridionale del Foglio 406 - "Riccia" della Carta d'Italia – Scala 1:50.000 (Fig. 2).

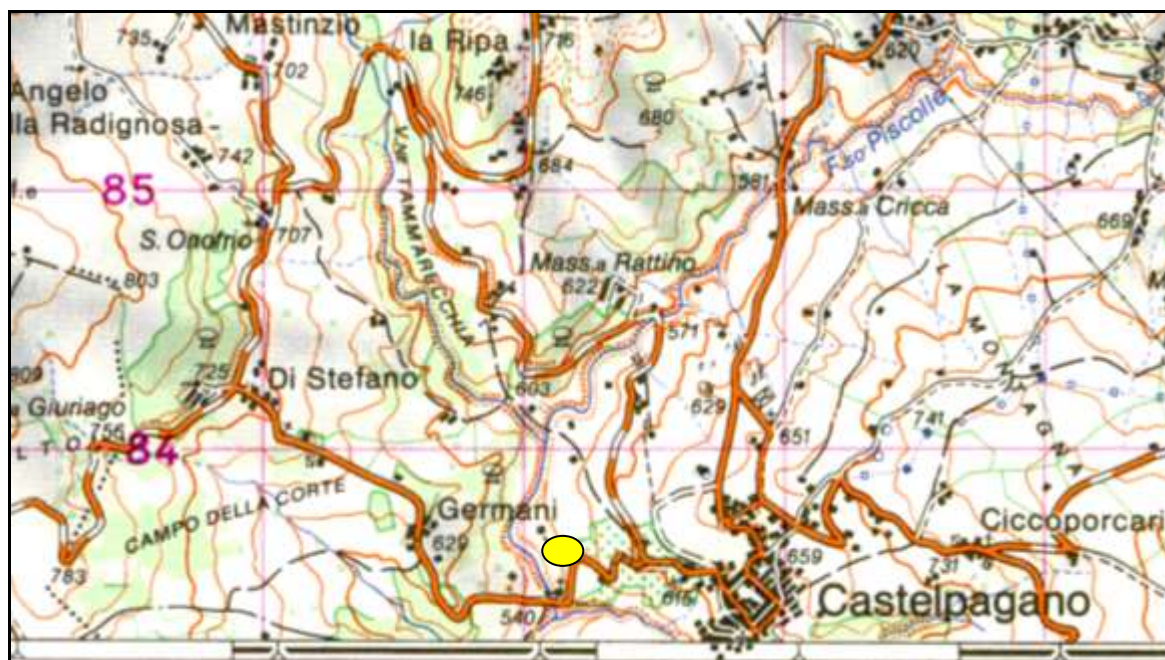


Fig. 2 - Stralcio della del Foglio 406 - "Riccia" della Carta d'Italia – Scala 1:50.000

In riferimento alla cartografia dell'IGMI, alla scala 1:25.000, la porzione di territorio in esame è riferibile al alla tavoletta II SO Castelpagano del Foglio 162 Campobasso (Fig. 3).



Fig. 3 - Stralcio della tavoletta II SO Castelpagano del Foglio 162 Campobasso

La discarica di RSU ormai dismessa è sita alla località Campo della Corte ed è ubicata alla quota di 545 m s.l.m. ed è costituita da una vasca artificiale con una forma rettangolare in prossimità dell'ansa di un torrente.

4. MODELLO GEOLOGICO

Nel territorio esaminato, ai fini della ricostruzione di un modello geologico affidabile sono state esaminate e schematizzate le seguenti caratteristiche:

I lineamenti geomorfologici	Le forme in cui si articola il modello geomorfologico dell'area in studio
I processi geomorfologici ed i dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva.	I processi morfoevolutivi che hanno determinato le forme dell'area in studio e gli eventuali processi di neoformazione che possono interessare l'area.
La successione litostratigrafica locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità.	Le litologie affioranti ed i rapporti geometrici degli stessi, tali da giustificare l'attuale stato dei luoghi (modello geologico litostratigrafico ovvero distribuzione in superficie ed in profondità dei litotipi presenti). In particolare si farà riferimento alle associazioni litologiche legate ai processi morfoevolutivi in atto e potenziali.
I caratteri geostutturali generali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità.	La definizione delle geometrie e dello stato di attività delle discontinuità nei terreni a prevalente componente litoide. La determinazione delle strutture che possono condizionare il modello sismostratigrafico.
Lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea .	La definizione delle caratteristiche di circolazione idrica subsuperficiale quale fattore di condizionamento dei processi morfoevolutivi in atto e potenziali oltre che delle condizioni fisico meccaniche dei litotipi affioranti.

4.1. QUADRO GEOLOGICO REGIONALE

Il sistema Arco Calabro-Appennino meridionale è il risultato della convergenza, avvenuta tra il Cretacico superiore e il Quaternario, tra il blocco sardo-corso-calabro, di origine europea, e quello apulo-adriatico, ad affinità africana (e.g Dewey et al., 1989; Mazzoli e Helman, 1994, cum biblio). La convergenza ha prodotto la subduzione della litosfera oceanica della Neotetide (Oceano Liguride, Michard et al., 2002), originariamente interposta tra i due paleomargini continentali (africano ed europeo) con la formazione di un cuneo d'accrezione tettonico inizialmente formato da successioni oceaniche e bacinali di origine interna, denominato Complesso d'Accrezione Liguride (Ogniben, 1969; Knott, 1987; Bonardi et al., 1988a) che successivamente ha inglobato successioni sedimentarie, poste in domini paleogeografici progressivamente più esterni, depositate sul margine continentale apulo. Queste successioni consistono di rocce sedimentarie deposte in ambienti di piattaforma-rampa carbonatica e bacinali, stratigraficamente ricoperte, in concordanza, da sedimenti di avanfossa e, in discordanza, da rocce di bacini intracatena (wedge-top basin). L'Appennino meridionale è formato da diverse unità tettoniche separate da sovrascorrimenti a basso angolo; in posizione tettonica più

elevata troviamo le unità riferibili al Complesso d'Accrezione Liguride che sovrascorrono le successioni carbonatiche di piattaforma/rampa della cosiddetta Piattaforma Appenninica (Mostardini e Merlini, 1986) che a loro volta ricoprono tettonicamente le successioni pelagiche lagonegresi (Scandone, 1967, 1972). Infine queste ultime si accavallano sulla successione di piattaforma carbonatica apula.

L'Appennino meridionale è una catena a pieghe e sovrascorrimenti (fold and thrust belt) con vergenza verso NE, con il promontorio apulo che rappresenta l'avampaese orogenico.

La geologia superficiale, accoppiata con numerosi dati di sottosuolo, evidenzia che il cuneo d'accrezione appenninico forma un corpo alloctono traslato sulle successioni carbonatiche di avampaese, attualmente sepolte a diversi chilometri di profondità sotto la catena, che sono continue con quelle esposte nel promontorio apulo a NE (e.g., Mostardini e Merlini, 1986; Shiner et al., 2004).

Nell'orogene sud-appenninico sono state riconosciute delle unità - tradizionalmente denominate unità stratigrafico-strutturali (D'Argenio et al., 1973) - delimitate alla base da sovrascorrimenti di rilevanza regionale, talvolta troncate da ulteriori superfici tettoniche in grado di smembrarle in più unità tettoniche di rango inferiore, su cui si sviluppano, in discordanza angolare, successioni sedimentarie dovute al colmamento dei bacini intracatena neogenici. Recentemente, Bonardi et al. (2009) e Vitale & Ciarcia (2013) hanno suddiviso la Catena sud-appenninica in Unità cinematiche, comprendenti una o più unità stratigrafico-strutturali, che sono state deformate e coinvolte nel trasporto orogenico nello stesso intervallo cronologico.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica dei caratteri stratigrafici e dei rapporti tettonici delle successioni pre-orogeniche, di avanfossa e di bacino intracatena, affioranti nel settore esaminato dell'Appennino meridionale (Figg. 4, 5 e 6).

ubiquitario in questo settore del Mediterraneo, con spessori variabili fino ad almeno 500 m, formati da quarzoruditi, quarzosiltiti ma, soprattutto, quarzareniti di colore grigio o arancione scuro, a cemento siliceo, con clasti di quarzo arrotondato e smerigliato, localmente con intercalazioni marnoso-argillose.

Secondo Bonardi et alii (2009) in Irpinia i terreni lagonegresi sono sovrastati, in discordanza angolare, dai terreni della Formazione del Ponticello (Ciarcia et al., 2009) del Tortoniano superiore seguiti, in particolare nel Sannio, dal Flysch di Castelvetro (Pescatore et al., 1970) e dal Flysch di San Bartolomeo (Crosta e Vezzani, 1964), di età Tortoniano superiore-Messiniano inferiore, rappresentanti la successiva generazione di depositi discordanti, costituiti da areniti con frequenti intercalazioni argilloso-marnose, localmente conglomeratiche, con olistostromi di argille varicolori ed olistoliti carbonatici (Critelli e Le Pera, 1995; Patacca e Scandone, 1989; Sgroso, 1998). I depositi quaternari di copertura, generalmente, sono rappresentati da prodotti dell'alterazione ed erosione del substrato, accumulatosi in delimitate depressioni e lungo i versanti con spessori variabili localmente. Si tratta di sedimenti alluvionali, talvolta organizzati in sequenze di potenza limitata, e di più o meno modeste coltri eluvio-colluviali sviluppatesi nelle aree meno acclivi, generalmente pedogenizzate.

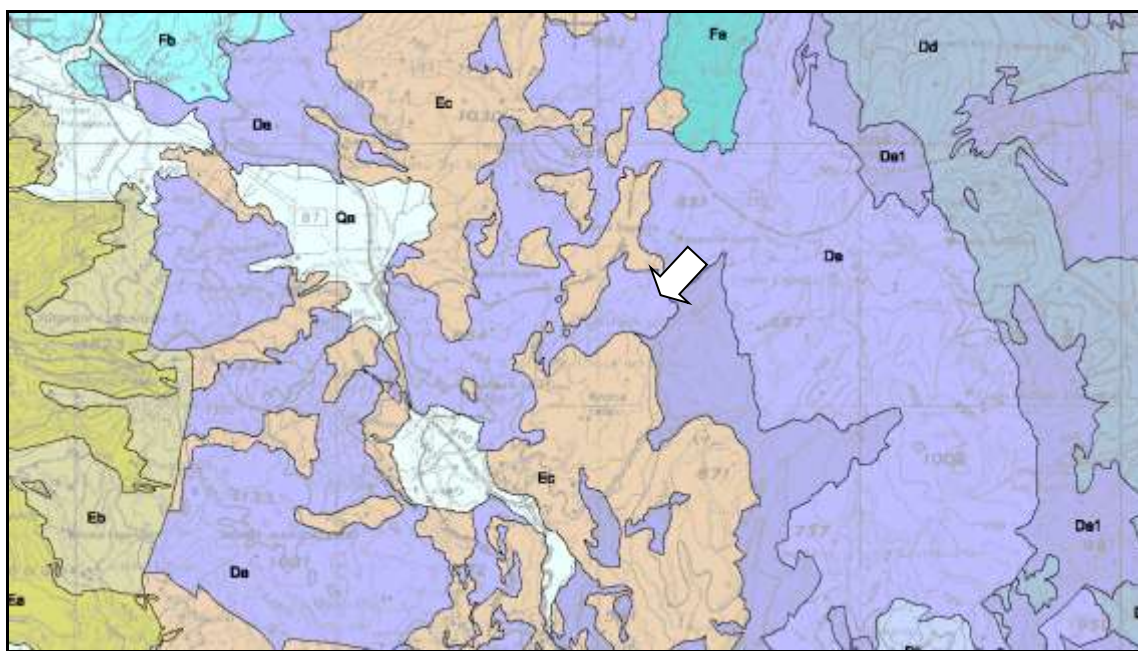


Fig. 5 – Stralcio della Carta delle principali unità cinematiche dell'Appennino Meridionale alla scala 1:250.000, (Bonardi et al., 2009)

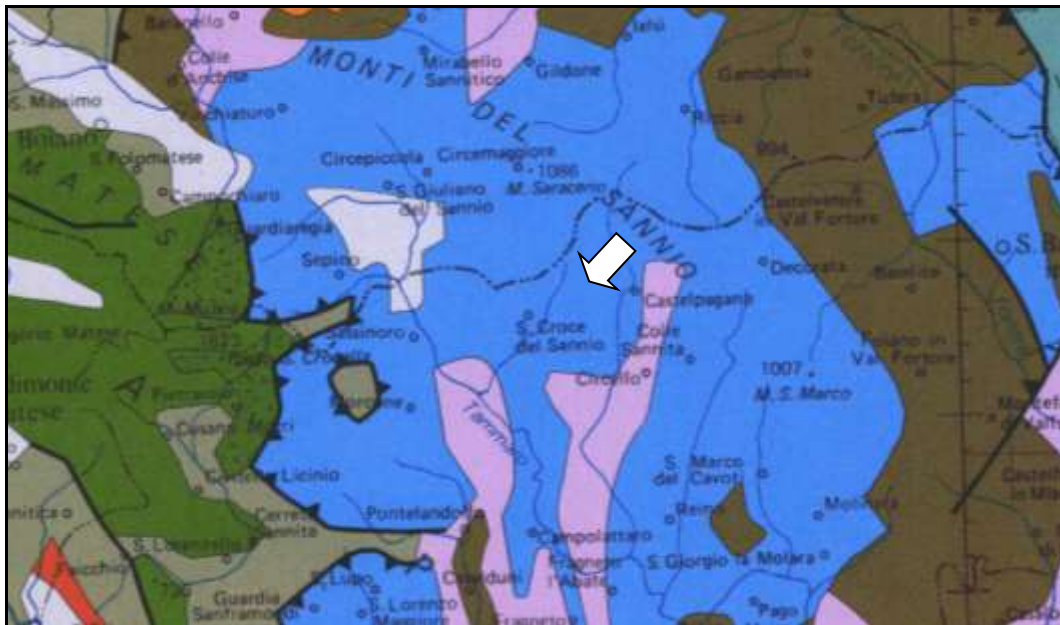


Fig. 6 – Stralcio della Carta Geologica dell’Appennino centro-meridionale alla scala 1:250.000, (Patacca & Scandone, 2007)

4.2. MODELLO STRATIGRAFICO DELL’AREA

La cartografia geologica ufficiale attualmente disponibile, per l’area esaminata, è quella alla scala 1: 100.000 del Foglio 162 “Campobasso” (Fig. 7), considerato che il Foglio 406 - “Riccia” della nuova Cartografia Geologica alla scala 1:50.000 (Progetto CARG) non è stato ancora realizzato; tuttavia, il sottostante Foglio 419 – “S. Giorgio la Molarra” in fase di allestimento per la stampa, ma fruibile sul sito istituzionale dell’ISPRA, fornisce una serie di informazioni molto utili essendo la sua estremità settentrionale praticamente attigua al territorio da noi indagato (Figg. 8 e 9).

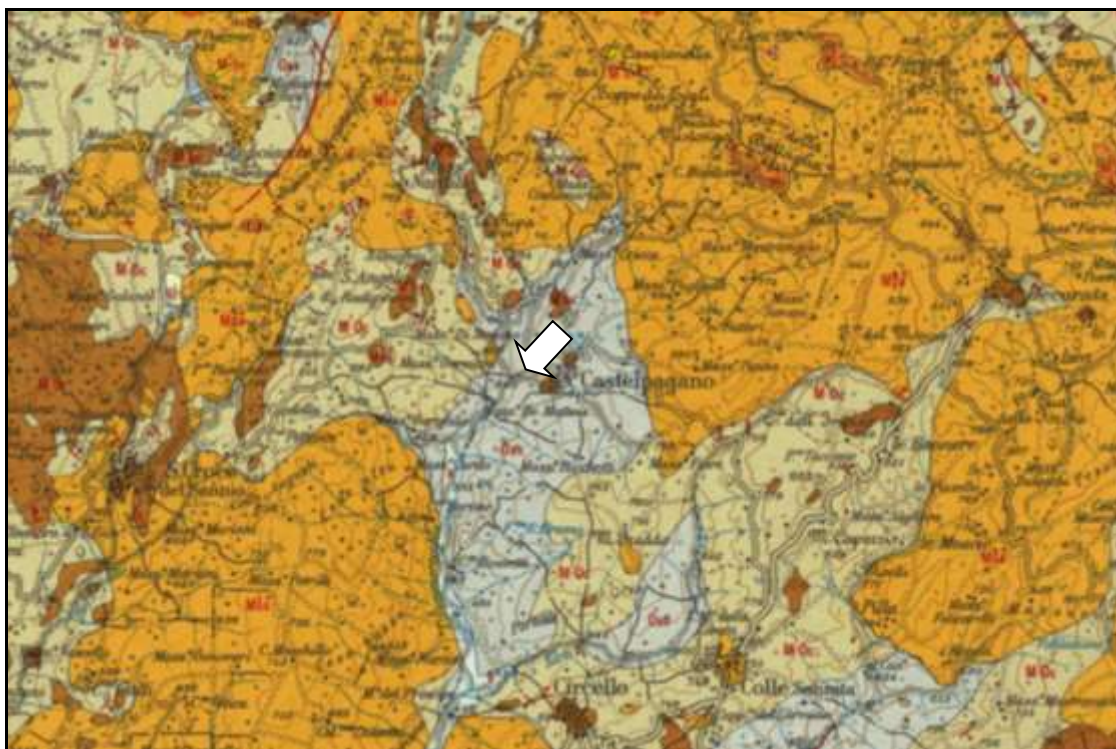


Fig. 7 – Stralcio della Cartografia Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 162 – “Campobasso” (Servizio Geologico d'Italia, 1970)

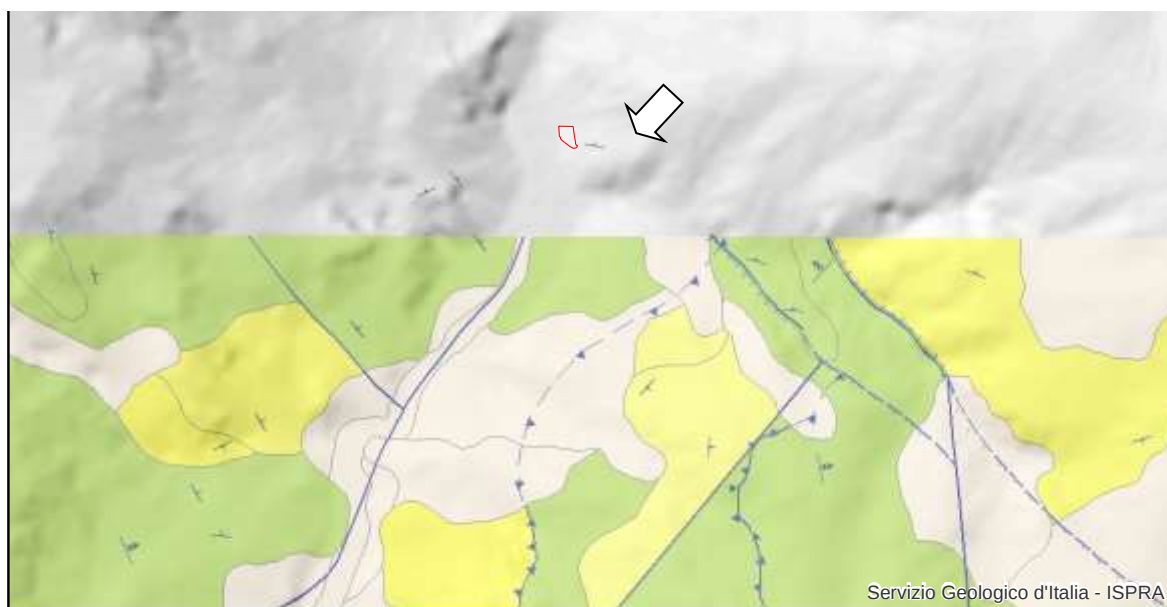


Fig. 8 – Il sito della discarica (perimetro rosso) e la cartografia geologica del Foglio 419 – “S. Giorgio la Molara” alla scala 1:50.000 sul sito web dell’ISPRA (<http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html>)

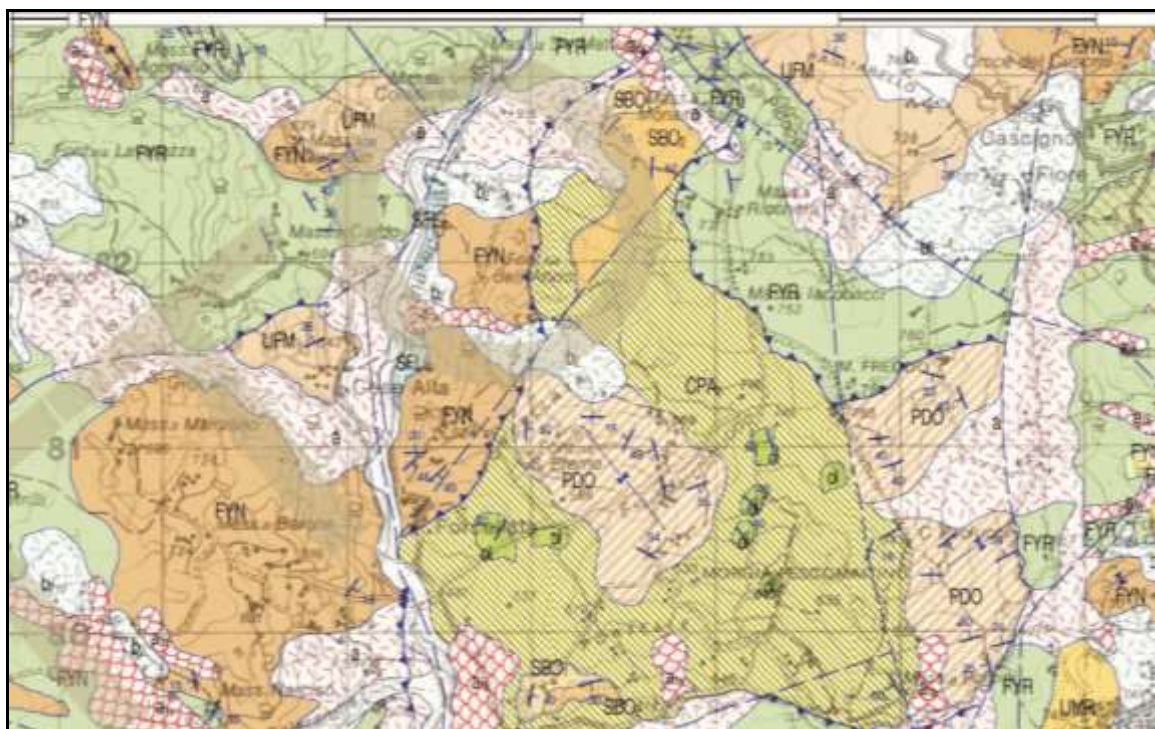


Fig. 9 – La Carta geologica del Foglio 419 – “S. Giorgio la Molara” alla scala 1:50.000 sul sito web dell’ISPRA (http://www.isprambiente.it/Media/carg/419_SANGIORGIO_LAMOLARA/Foglio.html)

I terreni presenti nell’area in esame, pertanto, sono riportati con l’attribuzione vigente nella cartografia geologica del Foglio 162 “Campobasso” alla scala 1:100.000:

- **Argille varicolori (Oav):** “le argille varicolori sono costituite da argilliti e marne variegata, in prevalenza di colore rosso vinato e verdastro, talora grigie e nere, con sottili intercalazioni di calcari micritici verdastri o avana, di calcareniti, di calcari selciferi, di arenarie quarzose; frequenti le patine limonitiche e manganesifere. A tetto delle argille varicolori si osserva talora un orizzonte di diaspri di colore nero, arancione, rosso cupo con intercalazioni di argilliti fissili a luoghi bituminose, spesso silicizzate, dello spessore di alcune decine di metri”.

- **«Complesso calcareo marnoso» (M¹-Oc):** “questo complesso è formato da una vasta gamma di litotipi a facies clastiche (calciruditi, calcareniti, calcilutiti) e facies marnoso-argilloso-calcaree che si alternano in vario modo o passano lateralmente a facies eteropiche.” Nell’ambito di questo complesso si rinviene l’associazione litologica:

“Calciruditi e calcareniti (M¹br) stratificate o massiformi particolarmente sviluppate nella parte alta del complesso con potenze anche di alcune decine di metri. Come le precedenti, anche queste contengono microfaune rimaneggiate del Cretaceo, del Paleocene e dell’Eocene”.

Unità sabbioso-arenacea (M⁵⁻⁴sa): “arenarie gialle, massive con intercalazioni, anche lentiformi, di livelli arenaceo-calcarenitici ben stratificati, contenenti Ostree e Pecten; a volte le bancate arenacee raggiungono 4-5 m di potenza e sono divisi da livelletti di sabbie argillose di colore grigio-scuro, oppure contengono marne o argille marnose

nocciola con strati di brecciole; nell'unità sono presenti arenarie gialle, talora ferrettizzate, costituite quasi esclusivamente da ciottolini e granuli di quarzo arrotondati”.

Per le unità descritte si è cercato il riferimento aggiornato secondo la letteratura geologica corrente e, nonostante la sostanziale disomogeneità dei contenitori utilizzati nella distinzione dei terreni affioranti, si possono ipotizzare le seguenti equivalenze:

- **Oav** > **Flysch Rosso**, a dominante argillosa (Cretacico sup.-Miocene inf.)
- **M¹- Oc** > **Flysch Rosso**, a dominante calcareo-marnosa (Cretacico sup.-Miocene inf.)
- **M¹br** > **Flysch Rosso**, membro calcareo (Cretacico sup.- Burdigaliano sup.)
- **M⁵⁻⁴sa** > **Flysch Numidico** (Burdigaliano sup.-Langhiano) e **successioni post-numidiche** (Serravalliano), talvolta compreso la **F. di S. Bartolomeo** (Tortoniano sup.-Messiniano inf.)

4.3. STRATIGRAFIA DEL SITO

Il sito esaminato è stato interessato da 3 sondaggi geognostici che hanno evidenziato una stratigrafia sostanzialmente correlabile tra loro (Fig. 10).

Si rileva, dopo i primi decimetri di materiale pedogenizzato o di riporto, affiorano dapprima argille di colore dal giallo al bruno (fino a circa 6 m dal p.c.) e poi argille di colore grigio azzurro, talvolta con inclusioni di materiale lapideo prevalentemente calcareo, fino a fondo foro (15 m).

Le argille giallo-brune, con scadenti caratteristiche meccaniche, probabilmente rappresentano il prodotto di movimenti di versante succedutisi durante i processi legati all'evoluzione morfotettonica dell'area. Le argille grigio-azzurre sono riferibili alla formazione **Oav** o **Flysch Rosso**, a dominante argillosa (Cretacico sup.-Miocene inf.), innanzi descritta.

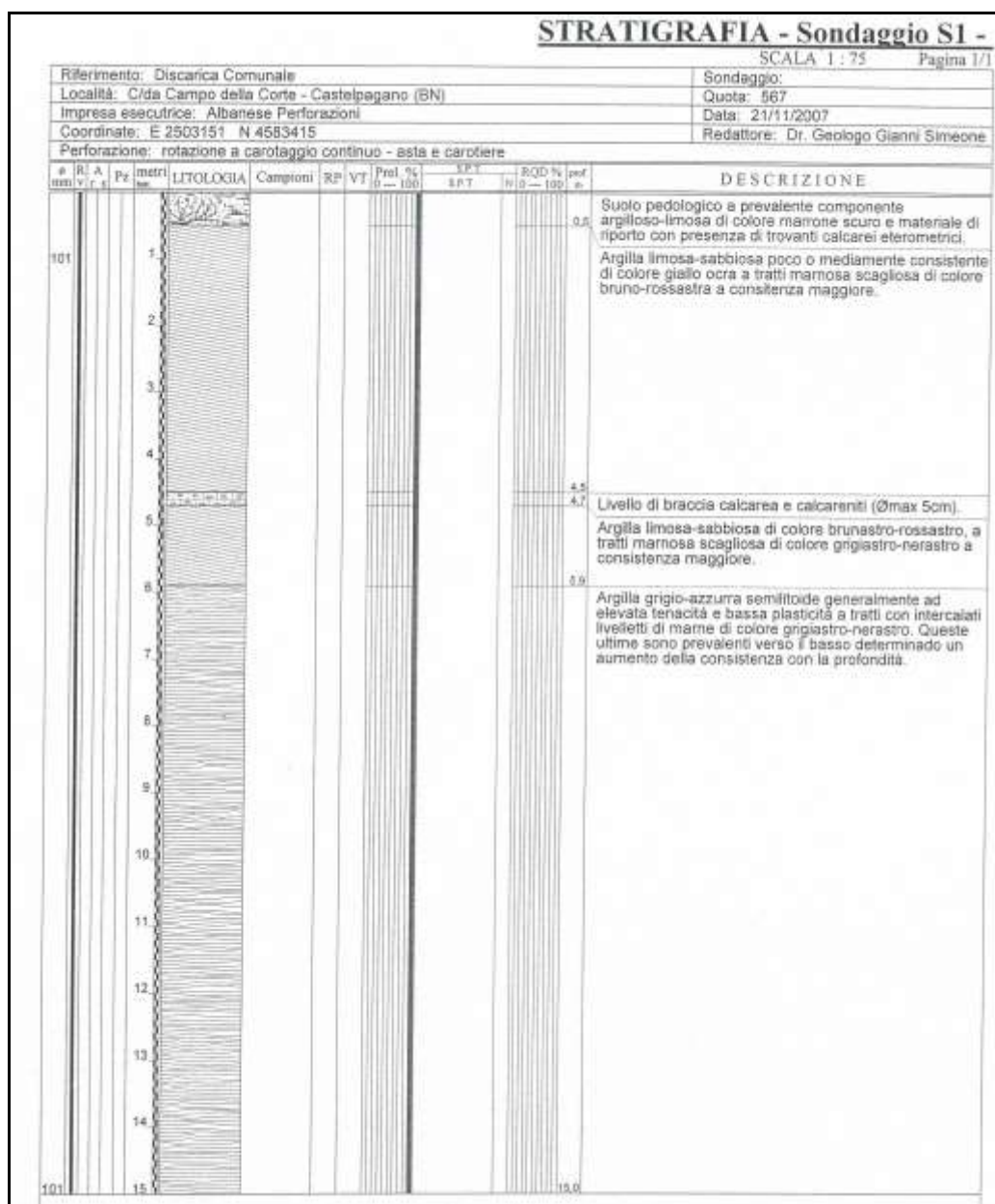


Fig. 10 – Colonna stratigrafica di riferimento relativa ad una campagna di sondaggi esplorativi nell'area in oggetto

5. GEOMORFOLOGIA ED IDROLOGIA

Il territorio in esame si colloca alla base del versante che si sviluppa ad ovest dell'abitato di Castelpagano verso il T. Tammarecchia (Fig. 11). La distribuzione delle pendenze, generalmente con valori medi entro i 15°, che raramente raggiungono e superano i 30° (Fig. 12) è molto articolata e si osservano, inoltre, tipici adattamenti geomorfologici caratterizzanti un versante costituito da litotipi con alto grado di plasticità, coinvolti in significativi fenomeni gravitativi.

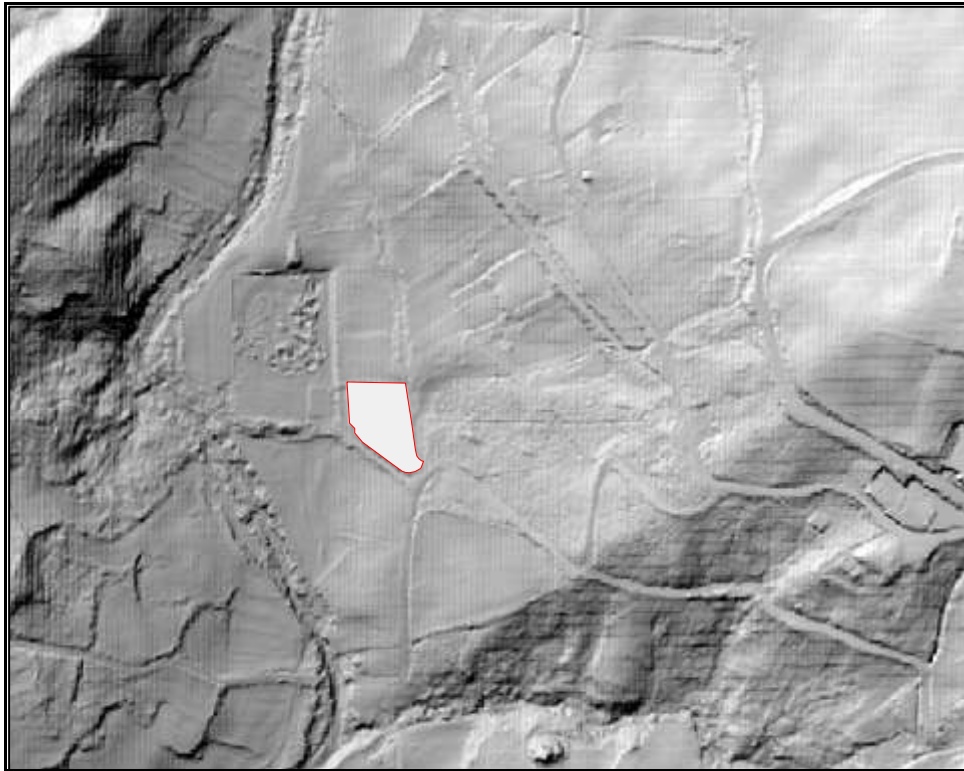


Fig. 11 – Immagine LIDAR dell'area esaminata (<http://www.pcn.minambiente.it>)



Fig. 12 – Carta delle inclinazioni dei versanti nell'area esaminata

Per la definizione del modello morfoevolutivo è necessario definire quali sono i processi attivi che condizionano le trasformazioni del paesaggio nell'area in studio. Tra i processi attivi si escludono quelli che, non inducendo effetti rilevanti nel periodo di riferimento VR, così come definito dalle N.T.C. 2008, non sono significativi per caratterizzare l'evoluzione dell'area in studio.

I processi significativi in termini di morfoevoluzione sono condizionati dall'erosione lungo i versanti, prevalentemente flyschoidi, controllati dalla circolazione idrica sub superficiale e legati all'evoluzione del reticolo idrografico (Fig. 13).

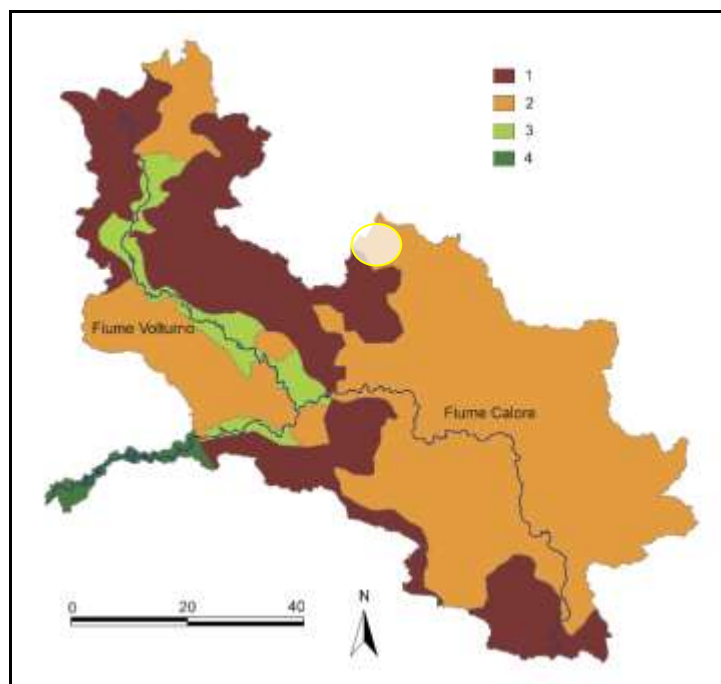


Fig. 13 - Unità fisiografiche del bacino del Fiume Volturno. (1) Unità montuosa; (2) Unità collinare; (3) Unità di pianura intermontana; (4) Unità di pianura bassa (da Rinaldi et al., 2011, ISPRA). L'area esaminata ricade nel cerchio giallo.

Gli elaborati cartografici consultati, integrati da osservazioni aerofotogrammetriche e sopralluoghi sul terreno, hanno consentito l'individuazione di una condizione di dissesto diffusa, escludendo comunque la presenza, nel sito dell'opera in oggetto, la presenza di fenomeni gravitativi in atto. Inoltre, il sito in esame non rientra in categorie di attenzione o di rischio di frana nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico effettuato dall'Autorità di Bacino dei fiumi Liri, Garigliano e Volturno (Fig. 14). Tuttavia, da un'analisi cartografica di dettaglio è evidente un'area di dissesto, localizzata a monte dell'opera, che sulla scorta della natura dei terreni coinvolti, si riferisce, verosimilmente, a processi di tipo colamento (Fig. 15), confermato dalla modellizzazione mediante Flow Accumulation (Fig. 16). In corrispondenza di tale area, il versante è stato rimboschito e sono state effettuate opere di drenaggio superficiale (Fig. 17) per contrastare la fenomenologia gravitativa. Lo stato di dissesto generalizzato nel settore della provincia esaminata si può relazionare al fatto che questa parte di territorio è interessata da precipitazioni medie annue che si attestano su valori di circa 997 mm di pioggia annui, relativi al periodo 1966-1998, monitorate presso la stazione pluviometrica di Colle Sannita ubicata a 719 s.l.m. e concentrate, prevalentemente, durante il periodo ottobre-maggio (Servizio Idrografico dello Stato).

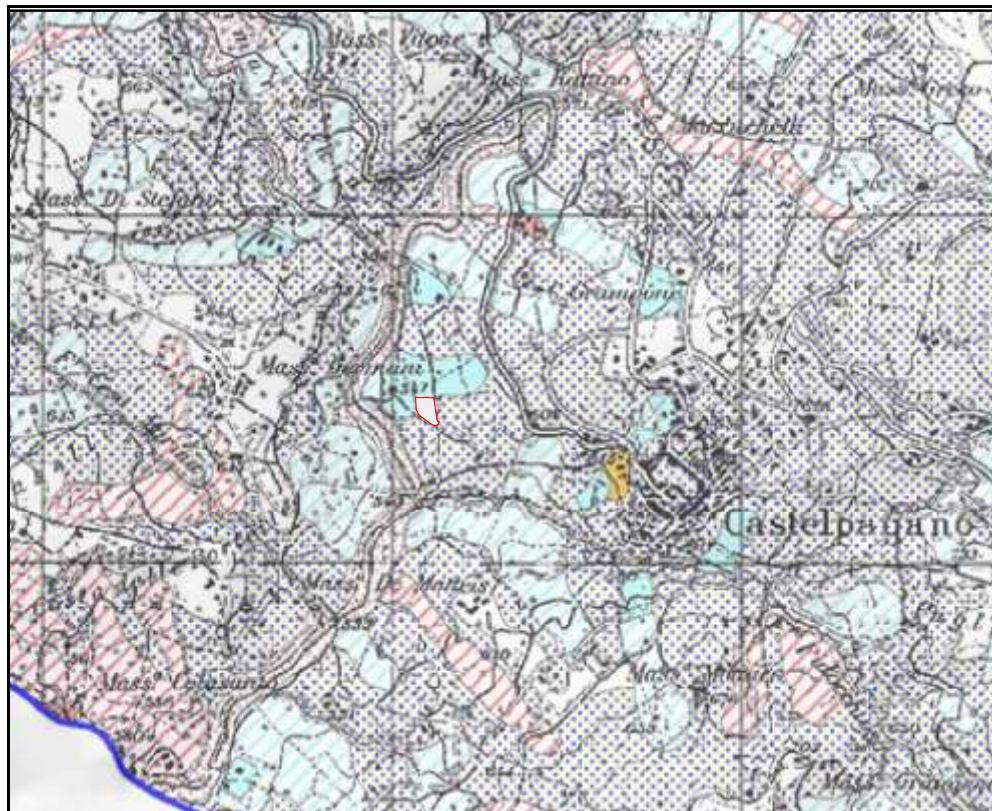


Fig. 14 - Stralcio della Carta delle aree a rischio di frana, effettuata dall'Autorità di Bacino dei fiumi Liri, Garigliano e Volturno, nell'ambito del Piano per l'Assetto Idrogeologico.

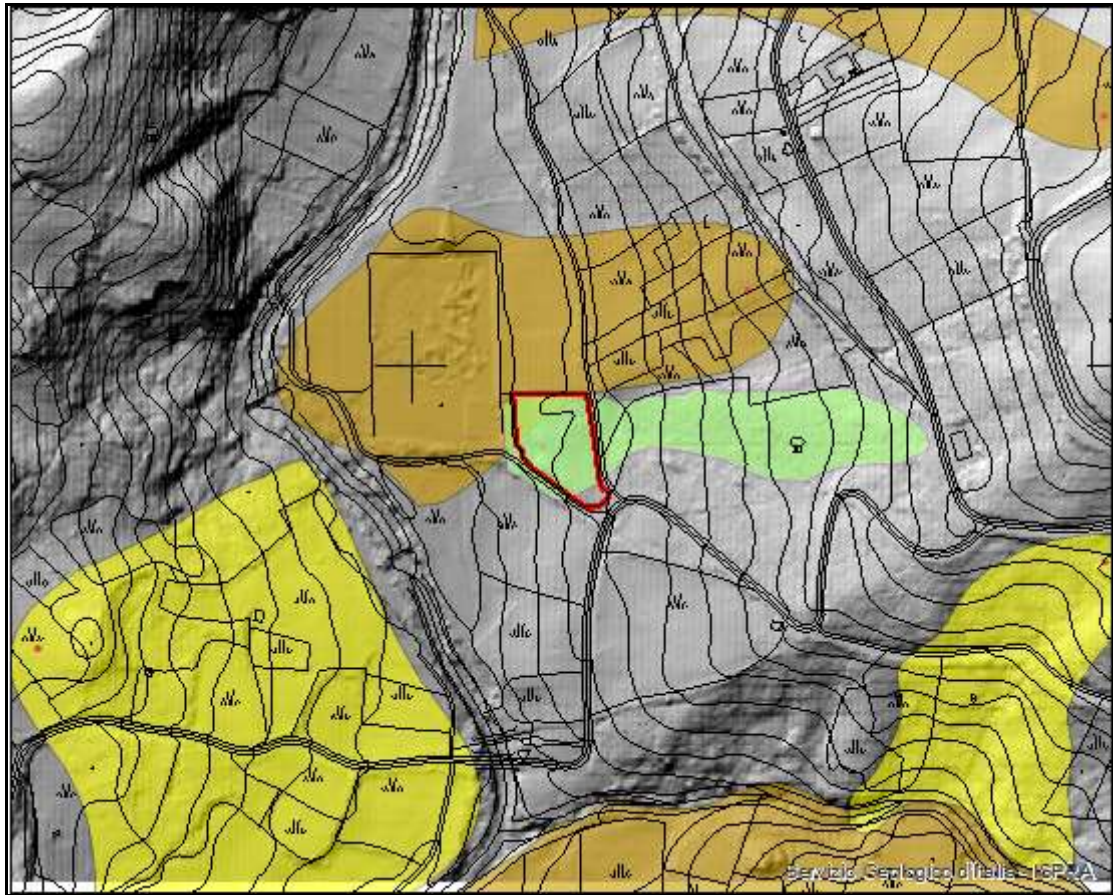


Fig. 15 – Cartografia dei fenomeni franosi per l'area esaminata secondo l' IFFI (mod. da <http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html>).



Figura 16 - Idrologia del sito (in mq) con definizione dell'area contribuyente (da elaborazione FLOW ACCUMULATION)



Fig. 17 – Opere di drenaggio superficiale sul versante, nel bosco immediatamente ad est del sito esaminato.

Si suggerisce, comunque, una ponderata e razionale valutazione degli effetti nel caso di eventuali modifiche dell'originario assetto morfologico.

-DATI AEROFOTOGRAMMETRICI

Dall'analisi delle aerofoto dello scorso quarto di secolo si evince una sostanziale condizione di stabilità del territorio esaminato (Figg. 18, 19, 20, 21 e 22). Tuttavia, considerato gli ampi tempi di ritorno di alcuni eventi estremi e, nonostante la scarsa ricorrenza di altri cosiddetti iperpicnali, per i motivi innanzi esposti, non si possono escludere importanti fenomeni di mobilitazione. In particolare, nella porzione mediana del versante ad oriente del manufatto in oggetto, le diradazioni del bosco evidenziano processi gravitativi avvenuti nel periodo tra il 2006 e il 2012 (Fig. 23).



Fig. 18 – Ortofoto dell'area esaminata relativa al 1988-1989 (<http://www.pcn.minambiente.it>)



Fig. 19 – Ortofoto dell'area esaminata relativa al 1994-1998 (<http://www.pcn.minambiente.it>)



Fig. 20 – Ortofoto dell'area esaminata relativa al 2000 (<http://www.pcn.minambiente.it>)

----- Ph.D. Dr. Ciarcia Sabatino -----
Geologo
A.P. 879 - Campania



Fig. 21 – Ortofoto dell'area esaminata relativa al 2006 (<http://www.pcn.minambiente.it>)



Fig. 22 – Ortofoto dell'area esaminata relativa al 2012 (<http://www.pcn.minambiente.it>)



Fig. 23 – Il settore mediano del versante boscato a monte dell'opera con evidenze di alberi travolti dai fenomeni gravitativi.

6. IDROGEOLOGIA

L'area su cui è ubicata l'opera evidenzia un carattere tipico del piede di un versante con moderata acclività che si raccorda con una modesta piana alluvionale. La rete idrografica si presenta discretamente sviluppata ma con aste allo stadio embrionale del tipo torrentizio (impluvi di 1° ordine) entro la confluenza del Fosso Pidocchioso nel Torrente Tammarecchia. La direzione di deflusso dominante è, comunque, verso i quadranti meridionali, in sinistra orografica del Torrente Tammarecchia, tributario di sinistra del Fiume Tammaro che defluisce più a valle nel suo tratto medio e che rappresenta, in quest'area, l'elemento drenante principale.

Il deflusso idrico sotterraneo risulta spesso sporadico e casuale entro i primi decimetri di profondità con presenza di modeste falde superficiali influenzate dagli atmosferici; più in basso, la circolazione in falda (rilevata nella campagna esplorativa con condizionamento dei sondaggi a piezometri), orientata prevalentemente verso i quadranti occidentali, si presenta fortemente condizionata dall'assetto stratigrafico dei terreni coinvolti ed in particolare si attesta al top delle argille grigio-azzurre impermeabili. Nel territorio circostante ne conseguono forti condizionamenti nella circolazione idrica sotterranea connessi all'irregolare andamento di depressioni e culminazioni del substrato tamponante cui si aggiunge talvolta il differente grado di permeabilità dei litotipi implicati (basso per la componente argillosa e medio-alto in corrispondenza dei livelli calcarei e calcareo-marnosi).

Nel territorio amministrativo di Castelpagano, inoltre, sono state censite 19 sorgenti principali (Esposito et al., 2007; Fig. 24), con portate che non superano un litro al secondo ($Q < 1$ l/s).

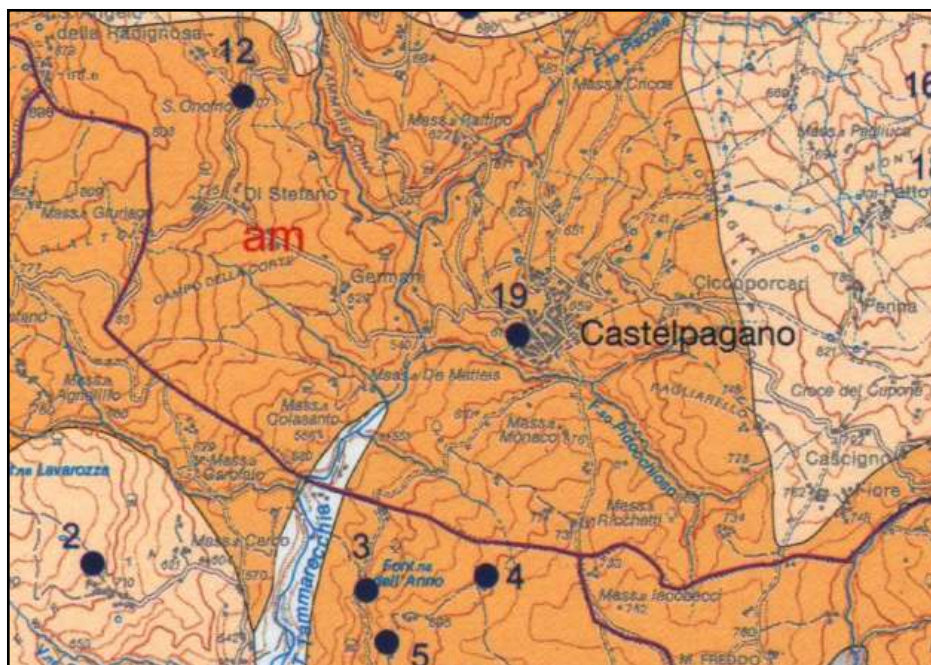


Fig. 24 - Stralcio della Carta Idrogeologica della Provincia di Benevento (Esposito et al., 2007).

Nel sito della discarica, nel 2007, la TECNOGEO Srl effettua una prospezione geoelettrica associata alla misura della polarizzazione indotta con lo scopo 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. (Fig. 25).

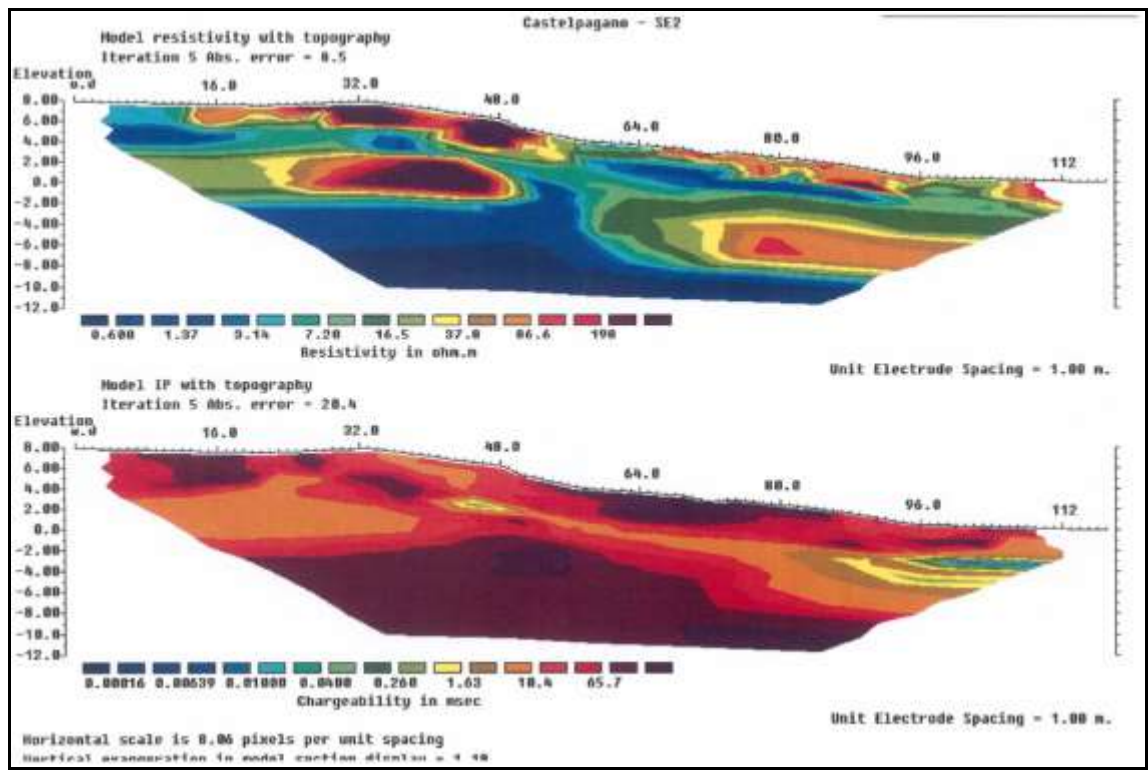


Fig. 25 – Tomografia elettrica orientata circa Est (sx)- Ovest (dx) attraverso il corpo della discarica.

7. SISMICA

7.1. SISMICITA' REGIONALE

La regione in oggetto ricade in una parte del territorio nazionale sensibilmente colpita da attività tellurica (Fig. 26). Il territorio comunale di Castelpagano, in seguito all'Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Campania (Delibera di Giunta regionale n° 5447 del 07/11/2002) è stato confermato di I Categoria (Fig. 27), con grado di sismicità $S = 12$ ed un coefficiente sismico $C = 0.10$ che esprime numericamente la massima accelerazione (espressa in termini di accelerazione di gravità "g") alla quale i manufatti rispondono elasticamente. Con l'Ordinanza P.C.M. n. 3274/2003 e, successivamente, richiamato nelle NTC 2008, il predetto Comune è stato classificato in zona 1, con accelerazione di picco orizzontale del suolo $a_g = 0,35g$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. L'elevata pericolosità sismica (Fig. 28) del territorio comunale citato deriva dall'essere stato interessato, in epoca storica, almeno una volta da un terremoto di elevata intensità macrosismica.

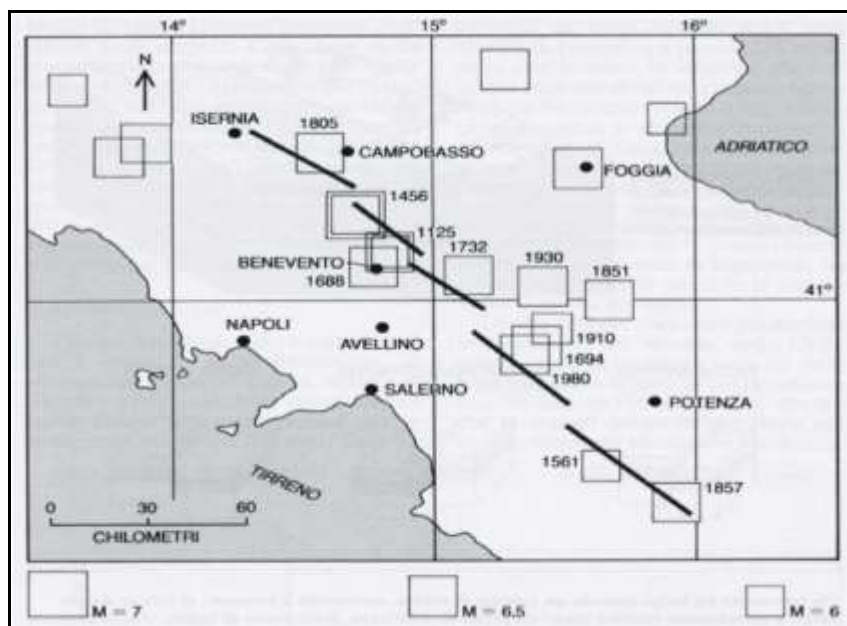


Fig. 26 – Magnitudo dei principali eventi sismici registrati nel periodo 1000-1980 (Catalogo dei terremoti italiani, Prog. Final. Geodinamica).

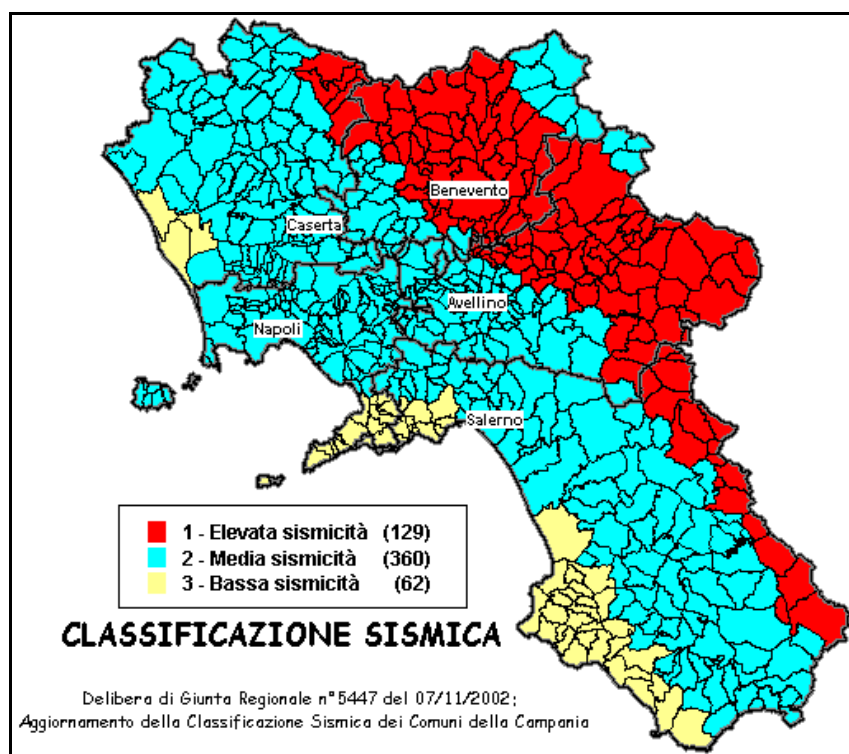


Fig. 27 – Classificazione sismica regionale.

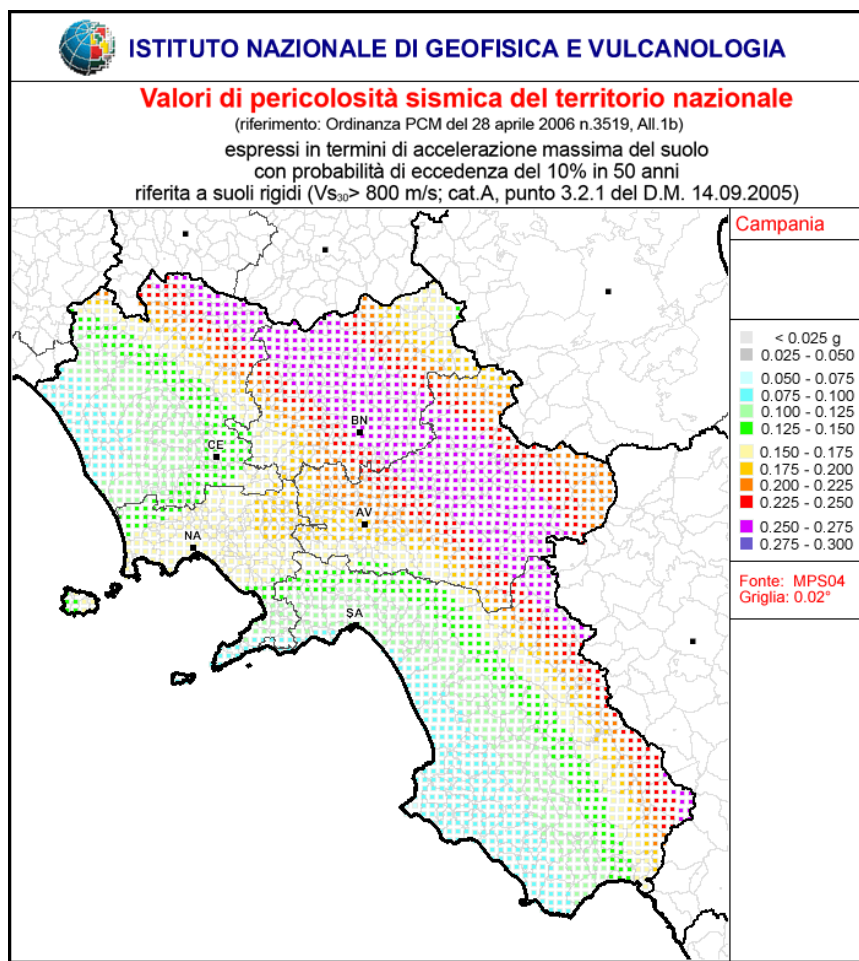


Fig. 28 – Classificazione della pericolosità sismica regionale.

7.2. RISPOSTA SISMICA LOCALE

La variabilità delle caratteristiche geologiche di un territorio possono provocare fenomeni di amplificazione sismica locale, per cui il coefficiente di accelerazione sismico andrà rimodulato in funzione del valore degli incrementi accertati (Fig. 29).

Per una attendibile discriminazione nell'ambito di un territorio è opportuno disporre di una microzonazione sismica che rappresenta la valutazione della pericolosità sismica locale (Fig. 30) attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. In sostanza la microzonazione sismica individua e caratterizza le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità. La pericolosità sismica può essere condizionata da effetti locali come amplificazioni stratigrafiche e/o topografiche, instabilità di versante, liquefazione dei terreni, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali, ecc.

Zona Sismica	Classe	Comuni classificati nella precedente Classificazione L. 219/81 e successive modifiche	Aggiornamento (D.G.R.C. 5447/02)	Coefficiente sismico (S)	Amplificazione Sismica (S-2)/100	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (NTC) ag/g
Elevata sismicità	1	30	129	12	0.10	0.35
Media sismicità	2	351	360	9	0.07	0.25
Bassa sismicità	3	89	62	6	0.04	0.15
Non classificato		81	0	0	0	0.05
Totale		551	551			

Fig. 29 – Schema della classificazione in relazione all'amplificazione sismica.

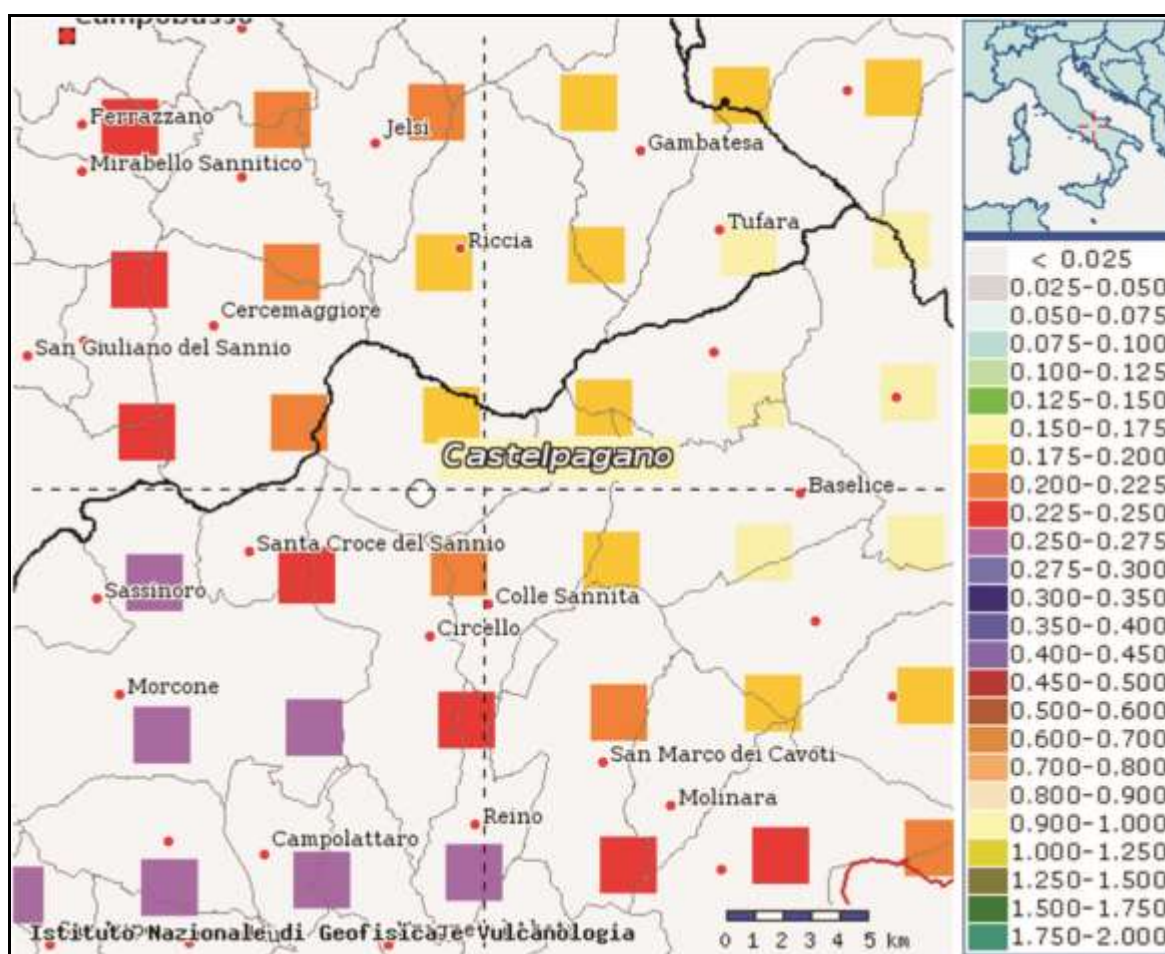


Fig. 30 – Carta della pericolosità sismica per il territorio esaminato.

8. CARATTERI TECNICI DEI TERRENI

Il territorio esaminato è stato interessato da una fase di indagini preliminari e di caratterizzazione del sito della discarica mediante una campagna geognostica con

osservazioni dirette ed indirette. Durante le operazioni di campagna sono stati prelevati numerosi campioni di suolo per analisi chimico-fisiche di laboratorio al fine di determinare eventuali superamenti dei limiti CSC degli analiti indagati. Sono stati, comunque, realizzati n° 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15 metri dal p.c. e, nell'intervallo mediano è stato prelevato un campione di terreno indisturbato per la caratterizzazione geotecnica.

Il modello geotecnico del sito, considerato i tre principali intervalli di litotipi riconosciuti dalle indagini dirette di sottosuolo, è verosimilmente il seguente:

(A) –coltre alterata costituita da argilla limo-sabbiosa avana poco consistente con abbondanti inclusi calcarei eterometrici. Spessore di metri 0,80;

(B) - Argilla limosa di colore marrone chiaro, a tratti con venature grigio-nero, passante verso il basso ad argilla, debolmente sabbiosa, mediamente litoide e media plasticità. Spessore di circa 5,0 m;

(C) - Argilla grigio-azzurra, semilitoide, ad elevata tenacità, con livelli di marne grigiastre. Spessore (fino a f.f.) di circa 9 metri.

Identificazione campioni					Caratteristiche fisiche			Caratteristiche meccaniche			
Livello	Litologia	Profondità dal p.c.(m)	Campione	Profondità di prelievo	P_n g/cmc	P_s Kg/mc	e	P'	C' Kg/cm ^q	E_{ed} Kg/cm ^q	C_c
A	Suolo	0,00- 0,80	Da letteratura	-	1,60	1,70		16°	0	-	-
B	Argilla limosa	0,80 – 6,00	C1 / S2	4,00 - 4,50	2,06	1,71	0,557	20,91	0,28	250,14	0,186
C	Argilla grigio- azzurra	6,00 – 15,00	Da letteratura	-	1,92	2,64	0,719	21,32	2,07	129,07	0,186

Tale assetto stratigrafico ha trovato conferma dai risultati di un'indagine indiretta, di tipo geoelettrico con restituzione tomografica, realizzata nella fase di

Caratterizzazione, una indagine indiretta volta alla individuazione del fondo della discarica ed alla localizzazione di eventuali aree di concentrazione di percolato.

La disponibilità dei parametri geotecnici e dell'assetto geometrico-strutturale della discarica ha permesso di effettuare uno studio orientato alla verifica di stabilità dei versanti di discarica a seguito della realizzazione del capping di copertura.

Inoltre, che la nuova Normativa Sismica Nazionale, adottata con Ord. P.C.M. 3274 del 20/03/2003, richiamata nelle NTC 2008, prevede la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, definendo cinque tipologie di suoli da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui 30 m di terreno (V_{s30}) sono state definite le seguenti categorie di suolo:

Classe	Descrizione
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt} > 50$ o coesione non drenata > 250 kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{sp} < 15$, $cu < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di V_{s30} simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

Il parametro V_{s30} viene calcolato utilizzando una media ponderata dei primi 30 m di profondità, mediante la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

9. CONCLUSIONI

Nell'area di progetto, dall'analisi delle componenti geologiche, geomorfologiche e sismiche non emergono incompatibilità di natura geologica in riferimento alle opere da realizzarsi, considerando anche che si tratta, sostanzialmente, di opere di regimazione delle acque, sia superficiali che sotterranee. Inoltre, dette opere non modificano lo stato tensionale dei terreni caratterizzanti il sito nè dei luoghi a contorno. I lavori

dovranno essere eseguiti avendo cura di realizzare scavi a sezione obbligata, per brevi fronti di avanzamento, senza provocare interferenze con lo stato tensionale dei suoli profondi ed evitando, quindi, cedimenti delle pareti; si raccomanda assoluta prudenza durante tali operazioni che potrebbero rappresentare un rischio per l'incolumità degli operatori e compromettere la corretta posa in opera degli di materiali e manufatti.

Si suggerisce, inoltre, ai fini di un'integrazione dei dati di carattere geologico tre indagini di prospezione sismica del tipo MASW, almeno una a monte e preferibilmente anche due a valle della discarica, per ricavare il parametro Vs30; sarebbe vantaggioso effettuare almeno un sondaggio a carotaggio continuo, a monte della discarica, da spingere alla profondità di 30 metri, eventualmente con prove SPT a 3,00/6,00/9,00 metri dal p.c. Per un'integrazione dei dati idrogeologici e per garantire un monitoraggio piezometrico sarebbe opportuno installare almeno un piezometro a monte e due a valle dell'opera. Nel progetto di bonifica si dovrà tenere conto di una serie di aspetti morfoevolutivi riguardanti il versante ad est dell'opera che potrebbero inficiare la messa in sicurezza della discarica. Un miglioramento del drenaggio delle acque superficiali sicuramente potrebbe giovare alla stabilità dei pendii, riducendo la potenzialità del rischio a franare soprattutto del versante orientale. Per quanto riguarda gli interventi di drenaggio delle acque superficiali esse dovranno avere lo scopo di allontanare le acque di ruscellamento e convogliarle in una rete di canali ininterrotti fino ad un recapito del fondovalle. Attualmente esiste una doppia rete di canalizzazione, a differente altezza sul versante, ma non vi è raccordo tra i due sistemi drenanti anzi, quello posto più in alto, convoglia le acque di ruscellamento in corrispondenza di una zona del versante esposta al dissesto.

Concludendo, lo scrivente afferma che sotto l'aspetto puramente geologico, idrogeologico, geomorfologico e sismico i lavori in oggetto sono fattibili tenendo presente le modalità innanzi esposte e la normativa geologico-sismica vigente.

Tanto dovevasi per incarico ricevuto

Il geologo
Dott. Sabatino CIARCIA

STRATIGRAFIA - Sondaggio S1 -

SCALA 1 : 75

Pagina 1/1

Riferimento: Discarica Comunale

Sondaggio:

Località: C/da Campo della Corte - Castelpagano (BN)

Quota: 567

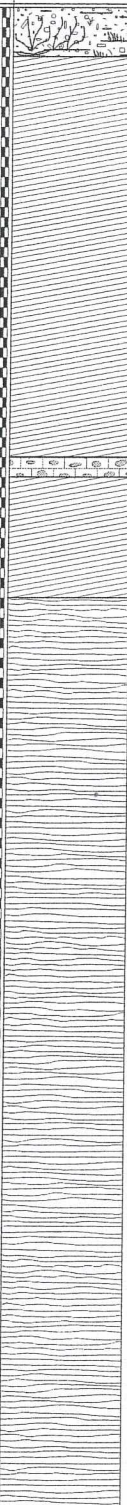
Impresa esecutrice: Albanese Perforazioni

Data: 21/11/2007

Coordinate: E 2503151 N 4583415

Redattore: Dr. Geologo Gianni Simeone

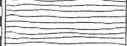
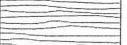
Perforazione: rotazione a carotaggio continuo - asta e carotiere

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
101					1									0.5	Suolo pedologico a prevalente componente argilloso-limosa di colore marrone scuro e materiale di riporto con presenza di trovanti calcarei eterometrici.
					2										
					3										
					4										
					5									4.5	
					6									4.7	Livello di braccia calcarea e calcareniti (Ømax 5cm).
					7										
					8										
					9										
					10										
					11										
					12										
					13										
					14										
101					15									15.0	Argilla grigio-azzurra semilitoide generalmente ad elevata tenacità e bassa plasticità a tratti con intercalati livelletti di marne di colore grigiastro-nerastro. Queste ultime sono prevalenti verso il basso determinando un aumento della consistenza con la profondità.

STRATIGRAFIA - Sondaggio S2 -

SCALA 1 : 75 Pagina 1/1

Riferimento: Discarica Comunale	Sondaggio:
Località: C/da Campo della Corte - Castelpagano (BN)	Quota: 555
Impresa esecutrice: Albanese Perforazioni	Data: 22/11/2007
Coordinate: E 2503070 N 4583472	Redattore: Dr. Geologo Gianni Simeone
Perforazione: rotazione a carotaggio continuo - asta e carotiere	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
101				1									0,9	Suolo pedologico a prevalente componente argillosa-limosa di colore marrone-brunastro.
				2										Argilla limosa-sabbiosa poco o mediamente consistente di colore giallo ocra a tratti marnosa-scagliosa di colore bruno-rossastro a consistenza maggiore.
				3										
				4										
				5										
				6									6,0	Argille grigio-azzurre semilitoidi generalmente ad elevata tenacità e bassa plasticità atratti con intercalati livelletti di marne-scagliose di colore grigiastro-nerastro a consistenza maggiore.
				7										
				8										
				9										
				10										
				11										
				12										
				13										
				14										
101				15									15,0	

1) Ind < 4,00
4,50

STRATIGRAFIA - Sondaggio S3 -

SCALA 1 : 75

Pagina 1/1

Riferimento: Discarica Comunale	Sondaggio:
Località: C/da Campo della Corte - Castelpagano (BN)	Quota: 548
Impresa esecutrice: Albanese Perforazioni	Data: 22/11/2007
Coordinate: E 2503046 N 4583445	Redattore: Dr. Geologo Gianni Simeone
Perforazione: rotazione a carotaggio continuo - asta e carotiere	

ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
101														Suolo pedologico a prevalente componente argillosa-limosa di colore marrone-brunastro alternato a materiale di copertura riportato e/o rimaneggiato con presenza di ciottoli eterometrici (Ømax 6cm).
				1										
				2										
				3										
				4										
				5									4.5	Argille grigio-azzurre caratterizzate da una bassa plasticità e mediamente consistenti a tratti marnosa-scagliosa semilitoide di colore grigiastro-nerastro. Queste ultime sono prevalenti verso il basso determinando un aumento della consistenza con la profondità.
				6										
				7										
				8										
				9										
				10										
				11										
				12										
				13										
				14										
			15											
101													15.0	

COPIA CONFORME
ALL' ORIGINALE

REGIONE CAMPANIA

COMUNE DI CASTELPAGANO (BN)

ATTIVITA' DI CARATTERIZZAZIONE DELLA
DISCARICA NEL COMUNE DI CASTELPAGANO
LOCALITA' CAMPO DELLA CORTE

ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

COMMITTENTE



ALBANESE PERFORAZIONI
INDAGINI GEOGNOSTICHE - CONSOLIDAMENTI
Tel. 0074.57070 - Fax 0074.319156 - CAMPOBASSO

IMPRESA ALBANESE PERFORAZIONI S.r.l.

PER CONTO DELL'IMPRESA AGRIFUTURO Soc. Coop. S.le Onlus



LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE BRUNO S.r.l.

Azienda con Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:00

Via Casalnuovo, n°50 - 75100 MATERA - Tel. +39(0)835.310092 - Fax +39(0)835.314882

Part.I.V.A. n° 00571680776

e-mail: geobrunosrl@tin.it

IL DIRETTORE DI LABORATORIO

LABORATORIO BRUNO
ANALISI
GEOTECNICHE
Via Casalnuovo, n°50 - 75100 MATERA
Tel. +39(0)835.310092/312381
Part. IVA 00571680776

DICEMBRE 2007



LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE BRUNO S.r.L.

Via Casalnuovo, n.50 - 75100 MATERA - Tel. 0835.310092 - Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.00571680776 e-mail: geobrunosrl@tin.it

COPIA CONFORME
ALL'ORIGINALE

Data: 12 dicembre 2007
Campione N° 1

Sondaggio N° 2

Certificato N° 1
Profondità mt. 4,00-4,50

CARATTERISTICHE GENERALI

Committente: Albanese Perforazioni per conto dell'impresa AGRIFUTURO Soc. Coop. S.le Onlus

Località: Castelpagano - Località Campo della Corte (BN)

Lavoro: Attività di Caratterizzazione della discarica Comunale nel Comune di Campo della Corte

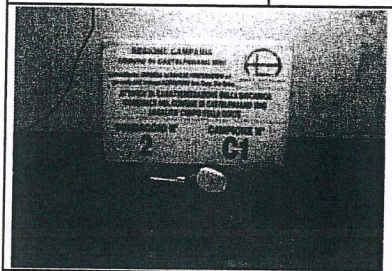
Descrizione Visiva: Argilla limosa

Colore: Beige con venature di colore grigio-nero

Consistenza: Ottima

Annotazioni:

Pocket Penetrometer:	Diametro Punta cm	Lettura n°1 Kg	Lettura n°2 Kg	Lettura n°3 Kg	Media Kg	Coesione non drenata Cu (Kg/cm ²)
	0,60	4,60	4,50	4,40	4,50	2,15



CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

Frazione Ciottolosa	($\Phi > 80,000$ mm)	0,00 %
Frazione Ghiaiosa	($2,000$ mm $< \Phi < 80,000$ mm)	0,00 %
Frazione Sabbiosa	($0,020$ mm $< \Phi < 2,000$ mm)	16,01 %
Frazione Limosa	($0,002$ mm $< \Phi < 0,020$ mm)	40,50 %
Frazione Argillosa	($\Phi < 0,002$ mm)	43,50 %

Descrizione Granulometrica: Argilla con limo sabbioso

Contenuto H ₂ O Naturale (W)	20,46 %	Sostanze Organiche (S _{org})	n.d. %
Peso di Volume Naturale (γ_n)	2,06 g/cm ³	Limite Liquido (LL)	48,08 %
Peso di Volume Secco (γ_s)	1,71 g/cm ³	Limite Plastico (LP)	23,62 %
Peso Specifico Reale (γ_r)	2,66 g/cm ³	Indice di Plasticità (IP)	24,46 %
Indice dei Vuoti (e)	0,557	Limite di Ritiro (LR)	17,53 %
Porosità (n)	35,78 %	Indice di Consistenza (IC)	1,129
Grado di Saturazione (G _s)	97,69 %	Attività Colloidale (A)	0,562
Contenuto H ₂ O Mater. Saturo (W _{sat})	20,94 %	Classificazione AASHO o UNI 10008	A7
Peso di Volume Mater. Saturo (γ_{sat})	2,08 g/cm ³	Indice di Gruppo	≤ 20
Carbonati (C _a)	n.d. %	Classificazione USBR	CI

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Antonio BRUNO

Caratteristiche Generali

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 - Categoria OS21 - Classifica III^a - Scadenza 25/09/2008



Azienda con Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:01



LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE BRUNO S.r.L.

Via Casalnuovo, n.50 – 75100 MATERA – Tel. 0835.310092 – Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.00571680776 e-mail: geobrunosrl@tin.it

COPIA CONFORME
ALL' ORIGINALE

Data: 12 dicembre 2007
Campione N° 1

Sondaggio N° 2

Certificato N° 1
Profondità mt. 4,00-4,50

PROVE FISICHE

determinazione peso specifico reale			
Temperatura	20	20	°C
Picnometro	24	48	N°
Peso Picnometro	82,72	70,44	g
Peso Picnometro + Terra Secca	90,05	77,85	g
Peso Picnometro + Terra Secca + H ₂ O	186,26	174,16	g
Peso Picnometro + H ₂ O	181,69	169,53	g
Peso Specifico Reale	2,66	2,67	g/cm ³

determinazione pesi volume e contenuto d'acqua naturale					
Temperatura	20	20	20	20	°C
Recipiente	16	21	31	33	N°
Peso Recipiente	2,85	2,89	2,82	2,84	g.
Peso Recipiente + Campione Umido	31,95	34,65	26,55	27,64	g.
Peso Recipiente + Campione Secco	26,98	29,19	22,60	23,42	g.
Volume Campione	14,10	15,45	11,50	12,10	cm ³
Peso Volume Naturale	2,06	2,06	2,06	2,05	g/cm ³
Peso Volume Secco	1,71	1,70	1,72	1,70	g/cm ³
Contenuto H ₂ O Naturale	20,60	20,76	19,97	20,51	%

determinazione carbonati e sostanze organiche					
	carbonati		sostanze organiche		
Temperatura	20	20	20	20	°C
Recipiente	0	0	0	0	N°
Peso Recipiente	0,00	0,00	0,00	0,00	g
Peso Recipiente + Campione Secco	0,00	0,00	0,00	0,00	g
Peso Filtro Secco	0,00	0,00	0,00	0,00	g
Peso Recipiente + Residuo + filtro	0,00	0,00	0,00	0,00	g
Peso Residuo Secco	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	g
Peso Carbonati/Sostanze Organiche disciolti	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	g
Carbonati/Sostanze Organiche	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	%

caratteristiche fisiche			
Peso Specifico Reale	$\gamma_r =$	2,66	g/cm ³
Peso di Volume Naturale	$\gamma_n =$	2,06	g/cm ³
Peso di Volume Secco	$\gamma_d =$	1,71	g/cm ³
Contenuto H ₂ O Naturale	W =	20,46	%
Indice dei Vuoti	e =	0,557	
Porosità	n =	35,78	%
Grado di Saturazione	G _s =	97,69	%
Carbonati	C _a =	n.d.	%
Sostanze Organiche	S _{org} =	n.d.	%

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Antonio BRUNO





LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE BRUNO S.r.L.

Via Casalnuovo, n.50 - 75100 MATERA - Tel. 0835.310092 - Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.00571680776 e-mail: geobrunosrl@tin.it

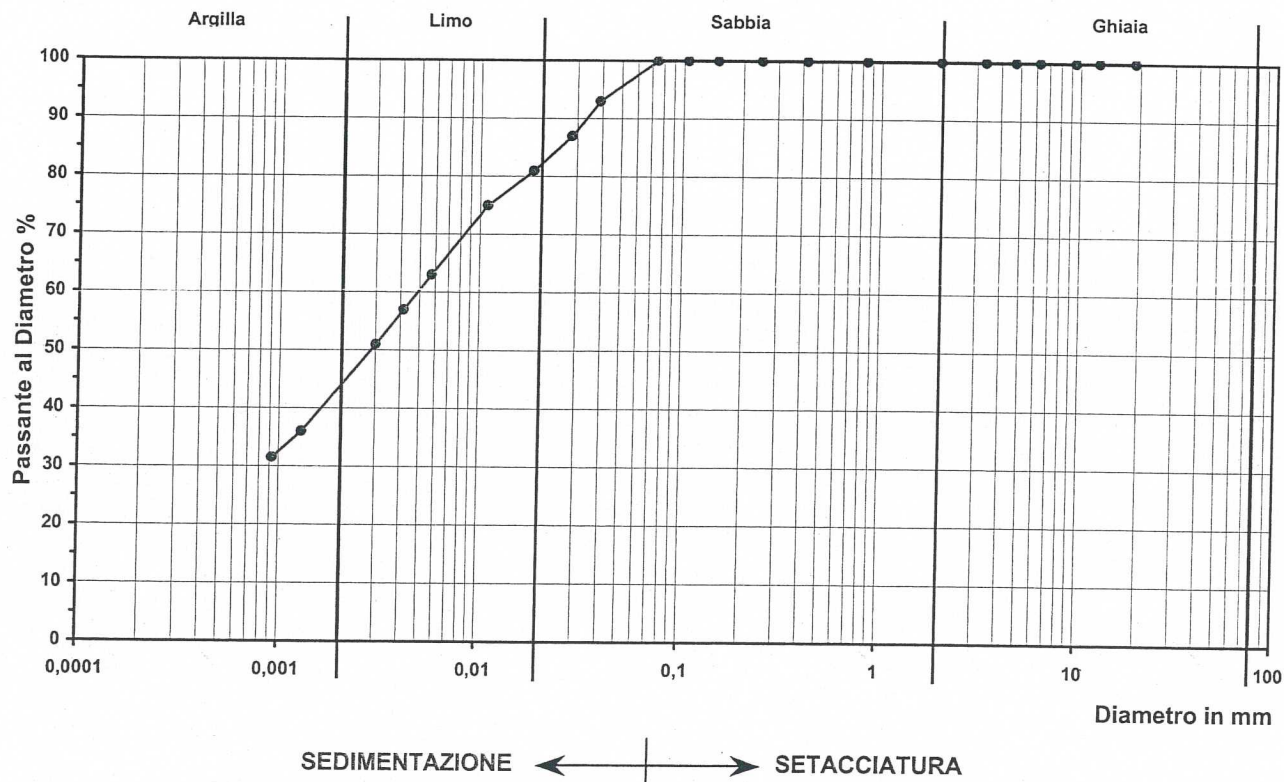
Data: 12 dicembre 2007
Campione N° 1 Sondaggio N° 2

Certificato N° 1
Profondità mt. 4,00-4,50

ANALISI GRANULOMETRICA

analisi granulometrica per setacciatura					analisi granulometrica per sedimentazione							
Setaccio	Diametro	Trattenuto Totale	Trattenuto Totale	Passante	Temperat.	Tempo	Lettura al Densimetro	Diametro	Passante	Passante	Passante	
N°	mm.	g.	%	%	°C	min.	g/cm³	mm.	g.	%	Totale %	
3/4	19,000	/	/	100,00	20	1	1,0310	0,0389	49,67	92,99	92,99	
1/2	12,500	/	/	100,00	20	2	1,0290	0,0283	46,46	86,99	86,99	
3/8	9,500	/	/	100,00	20	5	1,0270	0,0184	43,26	80,99	80,99	
1/4	6,300	/	/	100,00	20	15	1,0250	0,0109	40,05	74,99	74,99	
4	4,750	/	/	100,00	20	60	1,0210	0,0057	33,65	63,00	63,00	
6	3,350	/	/	100,00	20	120	1,0190	0,0041	30,44	57,00	57,00	
10	2,000	/	/	100,00	20	240	1,0170	0,0030	27,24	51,00	51,00	
20	0,850	/	/	100,00	20	1440	1,0120	0,0013	19,23	36,00	36,00	
40	0,425	/	/	100,00	20	2880	1,0105	0,0009	16,82	31,50	31,50	
60	0,250	/	/	100,00	Peso Campione Secco g. 53,41							
100	0,150	/	/	100,00	Passante al Setaccio N°10 = 100,00 % Passante al Setaccio N°40 = 100,00 % Passante al Setaccio N°200 = 100,00 %				Frazione Ciottolosa = 0,00 %			
140	0,106	/	/	100,00					Frazione Ghaiosa = 0,00 %			
200	0,075	/	/	100,00					Frazione Sabbiosa = 16,01 %			
P	0,000	53,41	100,00	0,00					Frazione Limosa = 40,50 %			
Peso Campione Secco Totale g. 53,41					Frazione Argillosa = 43,50 %							

DIAGRAMMA GRANULOMETRICO



Il Direttore di Laboratorio
Dott. Antonio BRUNO

Analisi Granulometrica

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 - Categoria OS21 - Classifica III^a - Scadenza 25/09/2008



Azienda con Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:01



LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE BRUNO S.r.L.

Via Casalnuovo, n.50 – 75100 MATERA – Tel. 0835.310092 – Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.00571680776 e-mail: geobrunosrl@tin.it

COPIA CONFORME
ALL'ORIGINALE

Data: 12 dicembre 2007
Campione N° 1

Sondaggio N° 2

Certificato N° 1
Profondità mt. 4,00-4,50

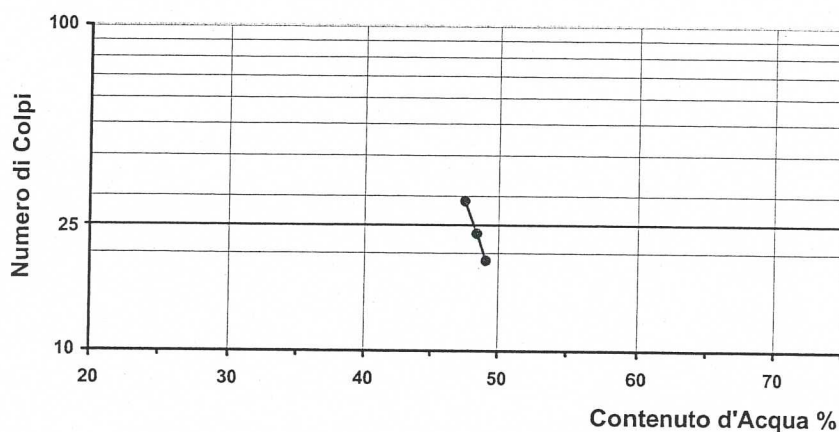
LIMITI DI CONSISTENZA

limite liquido			limite plastico		limite di ritiro		
Provino N°	Contenuto H ₂ O %	Colpi N°	Provino N°	Contenuto H ₂ O %	Provino N°	Contenuto H ₂ O	
						% di prova	% LR
1	47,51	29	1	24,45	1	48,09	18,15
2	48,43	23	2	22,78	2	48,15	16,91
3	49,08	19					

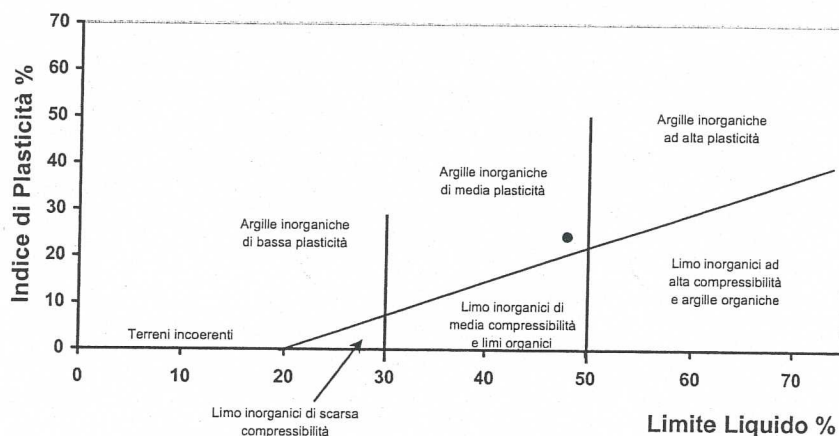
coefficiente correlazione retta = -0,99904

limite liquido = % 48,08	limite plastico = % 23,62	limite di ritiro = % 17,53
indice di plasticità = % 24,46	indice consistenza = % 1,129	attività = % 0,562

LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA'



Il Direttore di Laboratorio
Dott. Antonio BRUNO

Limiti di Consistenza

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 – Categoria OS21 – Classifica III^a – Scadenza 25/09/2008



Azienda con Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:01



LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE BRUNO S.r.L.

Via Casalnuovo, n.50 - 75100 MATERA - Tel. 0835.310092 - Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.00571680776 e-mail: geobrunosrl@tin.it

COPIA CONFORME
ALL'ORIGINALE

Data: 12 dicembre 2007
Campione N° 1

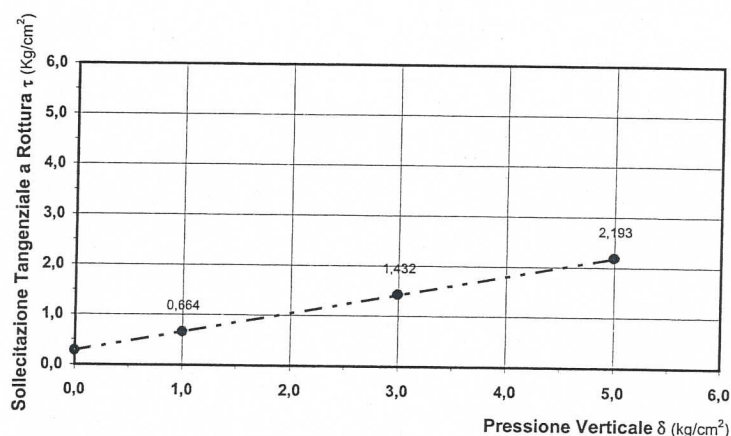
Sondaggio N° 2

Certificato N° 1
Profondità mt. 4,00-4,50

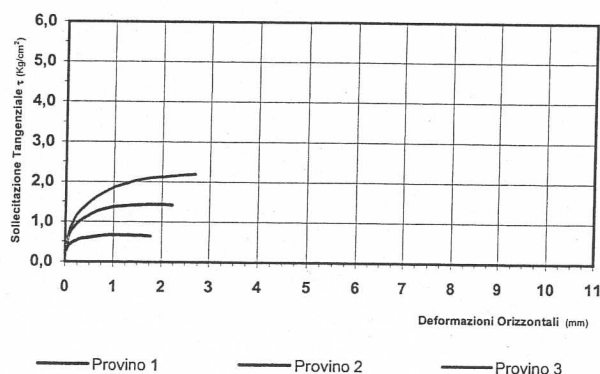
TAGLIO DIRETTO CD

Provino N°	Altezza cm	Sezione Taglio cm ²	Velocità Taglio mm/min	Pressione Verticale (δ) Kg/cm ²	CONDIZIONI A ROTTURA			
					Tempo h	Spostamento Orizzontale mm	Cedimento mm	Sollecitazione Tangenziale (τ) Kg/cm ²
1	2,00	36,00	0,010	1,000	2,00	0,960	0,030	0,664
2	2,00	36,00	0,010	3,000	3,33	1,820	0,000	1,432
3	2,00	36,00	0,010	5,000	4,83	2,680	-0,210	2,193
Angolo d'attrito interno = 20,91 gradi					Coesione = 0,28 Kg/cm ²			

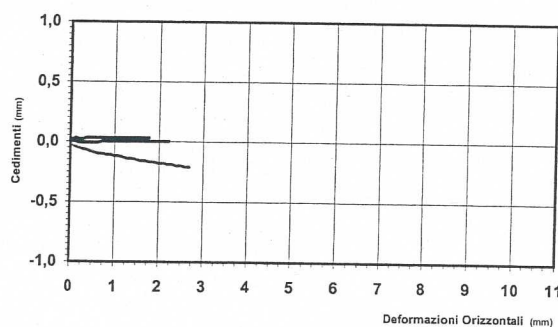
Sollecitazione Tangenziale a Rottura- Pressione Verticale



Sollecitazione Tangenziale - Deformazione Orizzontale



Cedimenti - Deformazione Orizzontale



Il Direttore di Laboratorio
Dott. Antonio BRUNO

Taglio Diretto

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 - Categoria OS21 - Classifica III^a - Scadenza 25/09/2008



Azienda con Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:01

Data 12 dicembre 2007
Campione N° 1

Sondaggio N° 2

Certificato N° 1
Profondita' mt. 4,00-4,50

ESPANSIONE LATERALE LIBERA

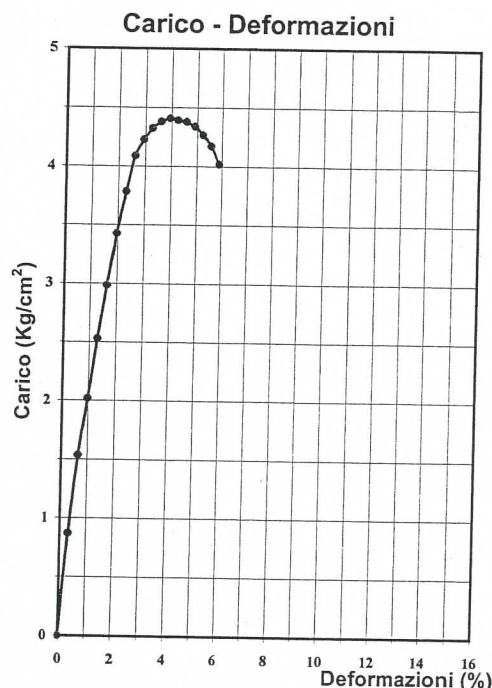
Velocità di Prova (mm/min) 0,285

Peso Fustella (g.) 138,67

Dimensioni Provino F = 3,81 cm. H = 7,62 cm.

P. Fust. + Camp. Umido (q.) 317,46

Superficie di Carico (cm²)=11,40

[illegible]

Carico a Rottura	4,41 Kg/cm ²
------------------	-------------------------

Deformaz. Assiale a Rottura	3,94 %
-----------------------------	--------

Il Direttore di Laboratorio

Dott. Antonio BRUNO

E.L.L.

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 - Categoria OS21 - Classifica III^a - Scadenza 25/09/2008



Azienda con Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:00



LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE BRUNO S.r.L.

Via Casalnuovo, n.50 - 75100 MATERA - Tel. 0835.310092 - Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.00571680776 e-mail: geobrunosrl@tin.it

COPIA CONFORME
ALL' ORIGINALE

Data: 12 dicembre 2007
Campione N° 1

Sondaggio N° 2

Certificato N° 1
Profondità mt. 4,00-4,50

PROVA EDOMETRICA

Altezza Iniziale: 20,00 mm.
Contenuto d'acqua: 20,46 %
Peso di Volume: 2,06 g/cm³
Peso Specifico reale: 2,66 g/cm³
Peso Contenitore: 52,91 g
Peso Contenitore + Campione Umido: 135,23 g
Peso Vetrino: 2,82 g
Peso Vetrino + Campione Secco: 71,17 g
Indice dei Vuoti Iniziale: 0,557
Grado di Saturazione: 97,66 %

Pressione Kg/cm ²	Tempi h	Cedimenti mm	Indice dei Vuoti e	Compressibilità Volumetrica m _v cm ² /Kg	Modulo Edometrico M Kg/cm ²	Indice Compressibilità Cc	Indice Rigonfiamento Cs
0,125	24	-0,230	0,575				
0,250	24	-0,220	0,574	0,00395	252,87	0,0026	
0,375	24	-0,180	0,571	0,01583	63,19	0,0177	
0,750	24	0,020	0,555	0,02643	37,84	0,0517	
1,500	24	0,340	0,530	0,02135	46,83	0,0827	
3,000	24	0,860	0,490	0,01763	56,71	0,1345	
6,000	24	1,510	0,439	0,01132	88,34	0,1681	
12,500	24	2,390	0,371	0,00732	136,57	0,2149	
25,000	24	3,270	0,302	0,00400	250,14	0,2275	
12,500	24	3,150	0,312				0,0310
6,000	24	3,030	0,321				0,0293
3,000	24	2,910	0,330				0,0310
1,500	24	2,820	0,337				0,0233
0,750	24	2,720	0,345				0,0259

Cc calcolato tra 1,500 e 25.000 Kg/cm² 0,1866

Campo Pressione Kg/cm ²	Coefficiente Consolidazione C _v cm ² /sec	Coefficiente Permeabilità K cm/sec
0,75-1,50	3,88E-05	1,71E-09
1,50-3,00	5,83E-05	2,12E-09
3,00-6,00	3,68E-05	8,58E-10
6,00-12,50	8,46E-05	1,28E-09
12,50-25,00	1,08E-04	8,91E-10

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Antonio BRUNO





LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE BRUNO S.r.L.

Via Casalnuovo, n.50 - 75100 MATERA - Tel. 0835.310092 - Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.00571680776 e-mail: geobrunosrl@tin.it

COPIA CONFORME
ALL'ORIGINALE

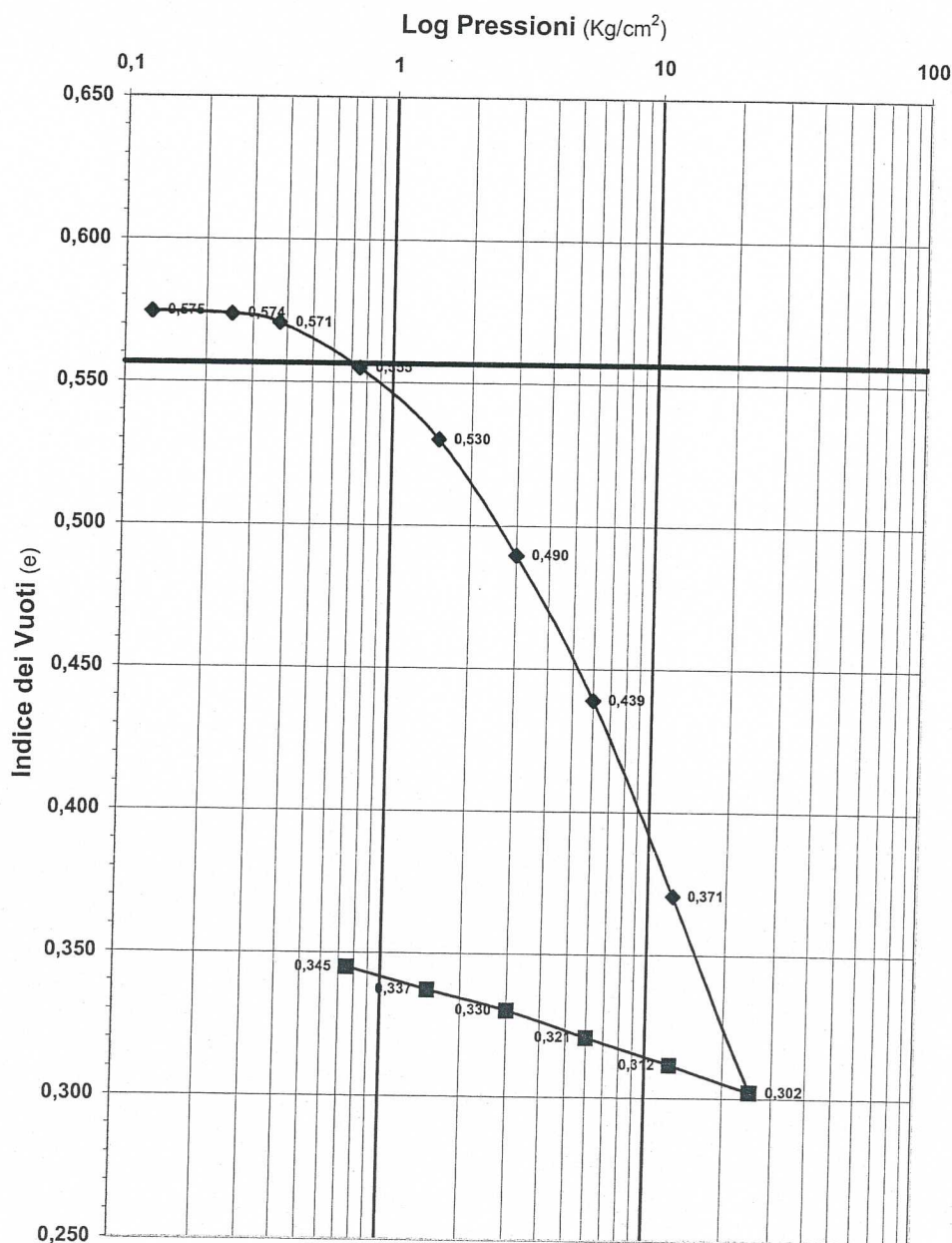
Data: 12 dicembre 2007
Campione N° 1

Sondaggio N° 2

Certificato N° 1
Profondita' mt. 4,00-4,50

PROVA EDOMETRICA

Indice dei Vuoti - Log Pressioni



Il Direttore di Laboratorio
Dott. Antonio BRUNO





**LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE
BRUNO S.r.L.**

Via Casalnuovo, n.50 - 75100 MATERA - Tel. 0835.310092 - Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.00571680776 e-mail: geobrunosrl@tin.it

COPIA CONFORME
ALL'ORIGINALE

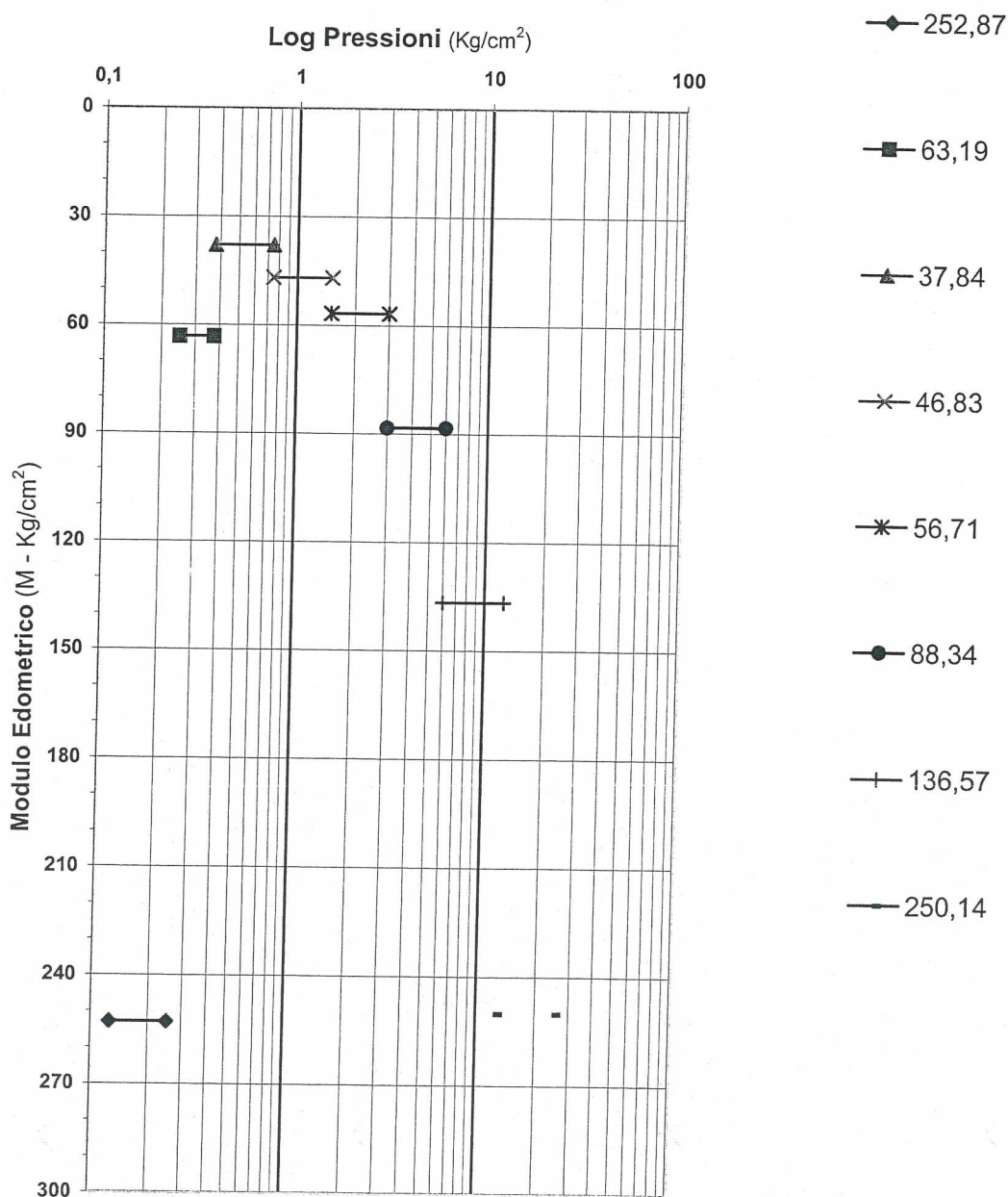
Data: 12 dicembre 2007
Campione N° 1

Sondaggio N° 2

Certificato N° 1
Profondità mt. 4,00-4,50

PROVA EDOMETRICA

Modulo Edometrico - Log Pressioni



Il Direttore di Laboratorio
Dott. Antonio BRUNO



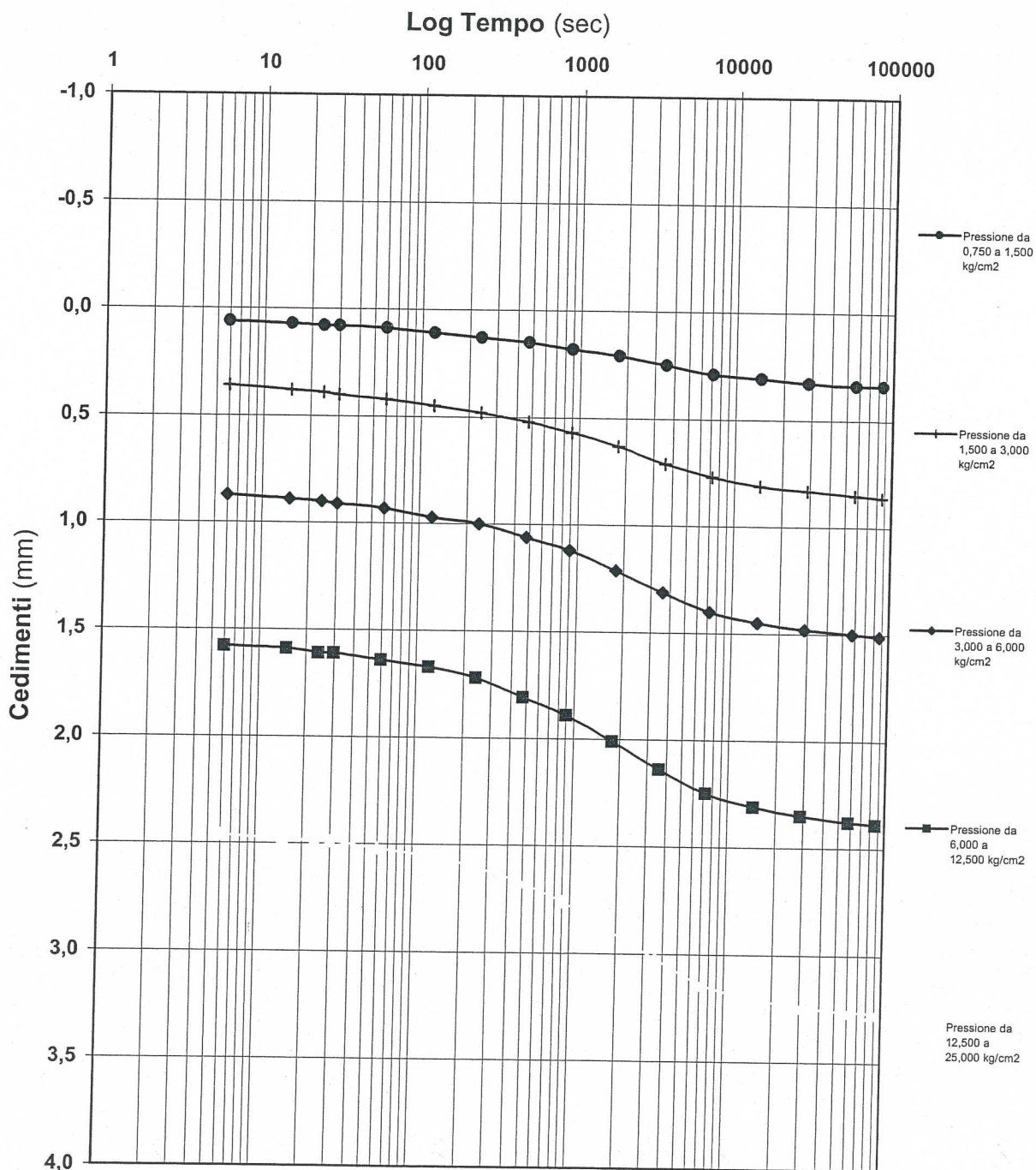


LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE BRUNO S.r.L.

Via Casalnuovo, n.50 - 75100 MATERA - Tel. 0835.310092 - Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.00571680776 e-mail: geobrunosrl@tin.it

Copia conforme
all'originale

Cedimento - Log Tempo



Il Direttore di Laboratorio
Dott. Antonio BRUNO



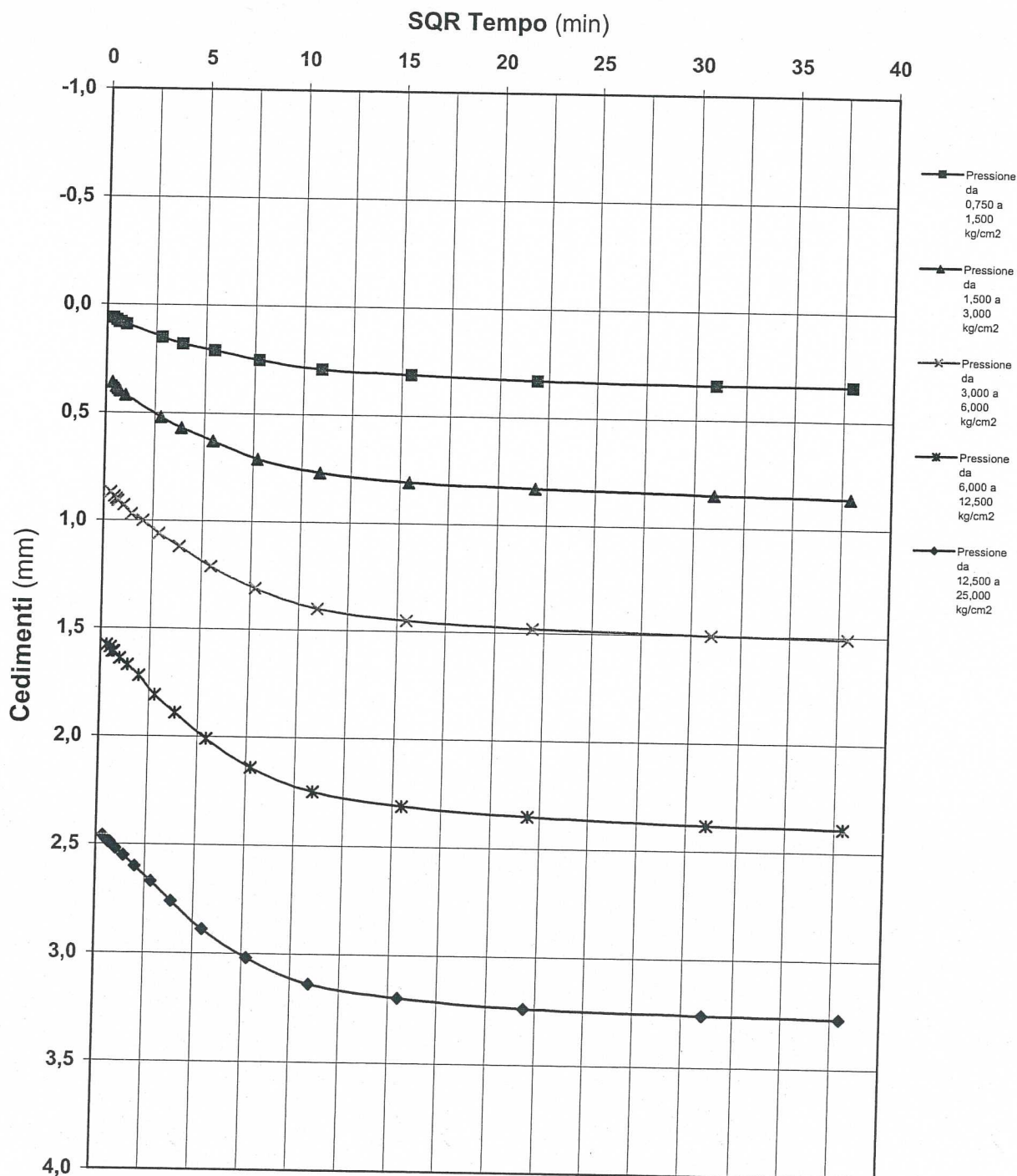
LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE BRUNO S.r.L.

Via Casalnuovo, n.50 - 75100 MATERA - Tel. 0835.310092 - Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.00571680776

e-mail: geobrunosrl@tin.it

COPIA CONFORME
ALL' ORIGINALE

Cedimento - SQR Tempo



Il Direttore di Laboratorio
Dott. Antonio BRUNO

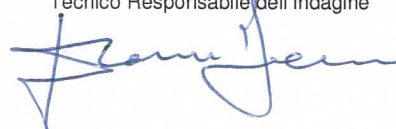
**Località "C/da Campo della Corte"
Comune di CASTELPAGANO (BN)**

INDAGINE GEOELETTRICA

**Misure di resistività e di Polarizzazione Indotta con
restituzione di un modello 2D nell'ambito delle indagini per la
caratterizzazione del sito destinato a discarica comunale del
Comune di Castelpagano**

DATA

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



1. PREMESSA

A seguito di incarico ricevuto dalla società Agrifuturo scs si è proceduto, in data 31 luglio 2007, ad eseguire specifiche indagini geoelettriche nel territorio comunale di CASTELPAGANO (BN) in località "C/da Campo della Corte". 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 ognuno di essi le misure di polarizzazione indotta. Le caratteristiche delle misurazioni eseguite sono le seguenti;

Numero stendimento	Numero picchetti	Distanza elettrodi	Lunghezza stendimento (m)	Spessore indagato (m)	Punti di misura
SE1	40	3.0	117	15.4	235
SE2	40	3.0	117	15.4	235

2. LA STRUTTURA DI INDAGINE

Le misure geoelettriche sono state effettuate su una discarica di RSU ormai dismessa sita alla località C/da Campo della Corte nel comune di Castelpagano (BN). La discarica è ubicata alla quota di 545 m s.l.m., ha una forma rettangolare ed è costituita da una vasca artificiale realizzata in prossimità dell'ansa di un torrente.

Nell'area di indagine, dopo i primi 1.5 di materiale di riporto, affiorano dapprima argille di colore dal giallo al bruno con scadenti caratteristiche meccaniche (fino a circa 6-7 m) e poi argille di colore grigio azzurro con frequenti inclusioni di materiale lapideo prevalentemente calcareo.

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.

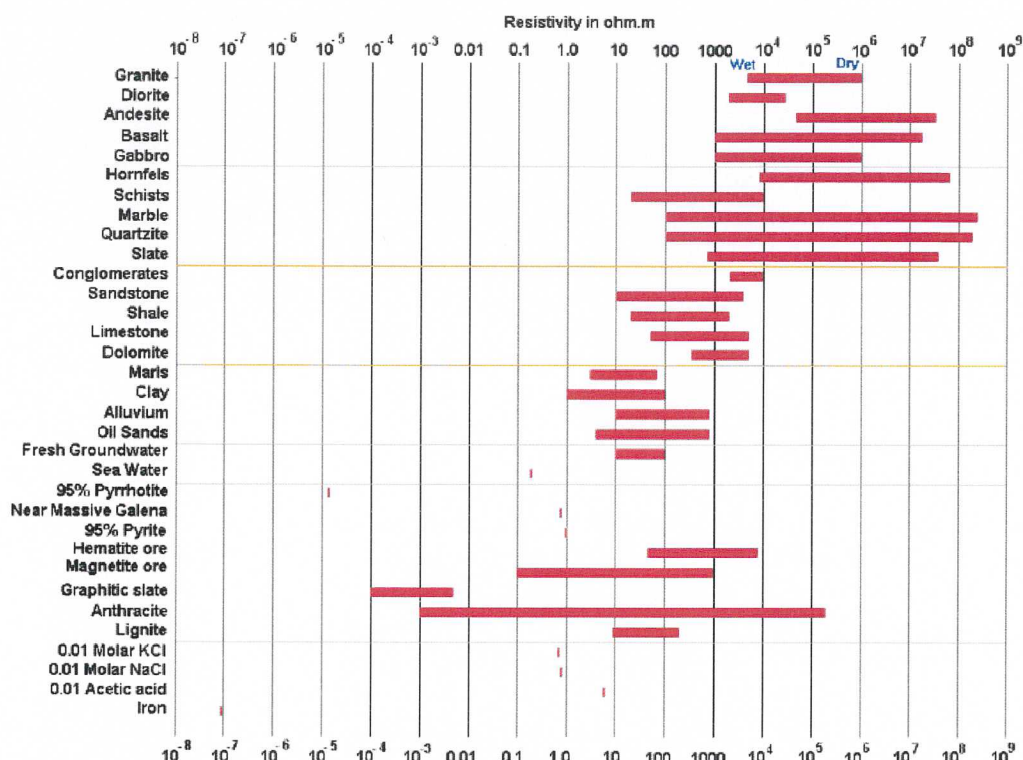


Figure 1.5. The resistivity of rocks, soils and minerals.

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.

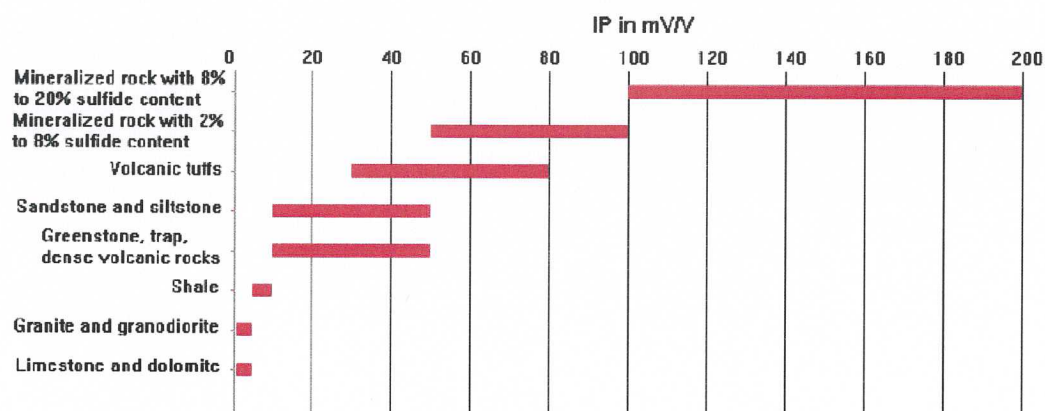


Figure 5.1. The IP values for some rocks and minerals.

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 **6a**. 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, uno all'esterno della discarica e l'altro che la attraversa. Le caratteristiche dei sondaggi sono :

Numero stendimento	Numero picchetti	Distanza elettrodi	Lunghezza stendimento (m)	Spessore indagato (m)	Punti di misura
SE1	40	3.0	117	15.4	235
SE2	40	3.0	117	15.4	235

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 1.0 m) 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 poiché il modello della caricabilità dipende dal modello di resistività e 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 modello di resistività	RMS (%) Del modello di P.I.	Massimo spessore (m)
SE1	184	184	4	5.9	21.8	15.4
SE2	183	183	5	8.5	20.4	15.4

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%.

Dal sondaggio SE1 sono stati eliminati 41 dati e dal sondaggio SE2 ne sono stati eliminati 42.

Dall'analisi della Tomografia Elettrica SE1, fatta all'esterno della discarica e parallelamente ad essa è possibile fare le seguenti considerazioni:

- sono visibili 4 strati con caratteristiche fisiche diverse.
- Il primo strato con profondità variabile fra 1 e 2 m ha una distribuzione dei valori di resistività molto eterogenea e mediamente tali valori sono alti. I valori di caricabilità sono alti e sono un indice sicuro della presenza di materiale

- antropico. (in natura si trovano solo in particolari corpi geologici mineralizzati, ad esempio a solfuri complessi)
- Il secondo strato fino a 3 - 4 m di profondità ha una distribuzione dei valori di resistività molto eterogenea e mediamente tali valori sono bassi. I valori di caricabilità sono bassi tranne in zone limitate.
 - Il terzo strato fino a 8 - 10 m di profondità ha una distribuzione dei valori di resistività molto eterogenea e mediamente tali valori sono alti. I valori di caricabilità sono bassi tranne in zone limitate.
 - L'ultimo strato fino a 15 metri di profondità ha una distribuzione dei valori di resistività omogenea e mediamente tali valori sono bassi. È probabilmente la falda. I valori di caricabilità sono alti e sono un indice sicuro della presenza di materiale antropico. (in natura si trovano solo in particolari corpi geologici mineralizzati, ad esempio a solfuri complessi)

Dall'analisi della Tomografia Elettrica SE2, fatta all'interno della discarica è possibile fare le seguenti considerazioni:

- E' visibile il corpo della discarica spesso circa 2 m e 4 strati con caratteristiche fisiche diverse.
- Non c'è un netto cambio di resistività fra i rifiuti e i terreni circostanti e non è stata rilevata una guaina di impermeabilizzazione.
- I processi di mineralizzazione sono terminati e il percolato è rimasto fra i rifiuti e ha permeato i terreni fino a 15 m di profondità. Infatti, i valori di caricabilità sono sempre alti e sono un indice sicuro della presenza di materiale antropico. (in natura si trovano solo in particolari corpi geologici mineralizzati, ad esempio a solfuri complessi)

- Si osservano delle linee preferenziali di infiltrazione del percolato e sono state indicate nell'allegato 5
- Il primo strato con spessore di circa 2 m ha una distribuzione dei valori di resistività molto eterogenea e mediamente tali valori sono alti. All'interno di questo strato è presente la discarica
- Il secondo strato fino a 4 - 5 m di profondità ha una distribuzione dei valori di resistività molto eterogenea e mediamente tali valori sono bassi.
- Il terzo strato fino a 10 m di profondità ha una distribuzione dei valori di resistività molto eterogenea e mediamente tali valori sono alti.
- L'ultimo strato fino a 15 metri di profondità ha una distribuzione dei valori di resistività omogenea e mediamente tali valori sono bassi. probabilmente indica la presenza della falda.

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

- Le indagini geoelettriche hanno permesso di conoscere la situazione dell'area con ricostruzione lungo 2 sezioni, una all'interno dei cavi di stoccaggio e l'altra all'esterno, della presenza di percolato e del reale stato di avanzamento dei processi di mineralizzazione dei rifiuti.
- I terreni investigati nel sondaggio all'esterno della discarica (SE1) sono prevalentemente argillosi (bassi valori di resistività) con elevato contenuto di materiali grossolani (alti valori di resistività) costituiti da ghiaie e blocchi calcarei. La falda è probabilmente presente nei terreni ghiaiosi a 10 m di profondità. I materiali più grossolani si concentrano prevalentemente nel 1° e 3° strato (valori mediamente alti di resistività). I valori alti di caricabilità sono presenti, invece, nel 1° e 4° strato e in quelli intermedi si osservano solo delle

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 della resistività

Allegato 3 - Restituzione dati teorici, sperimentali e modello della 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

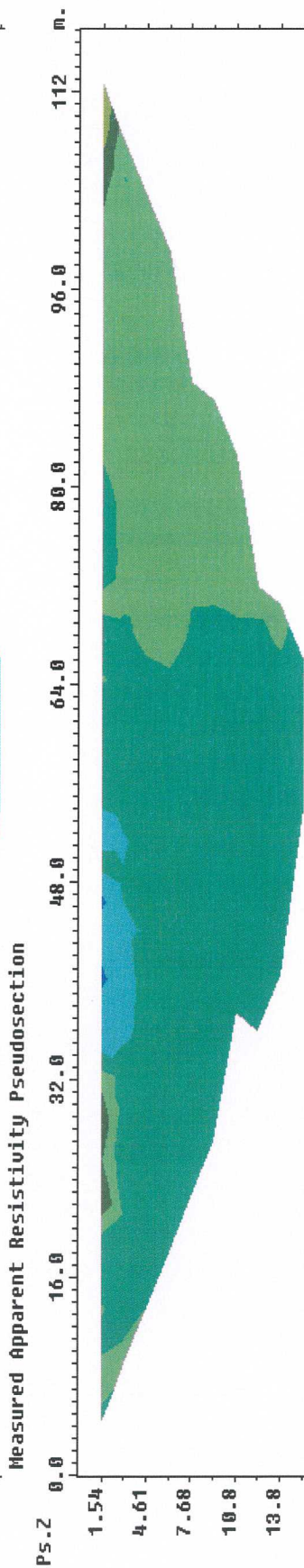
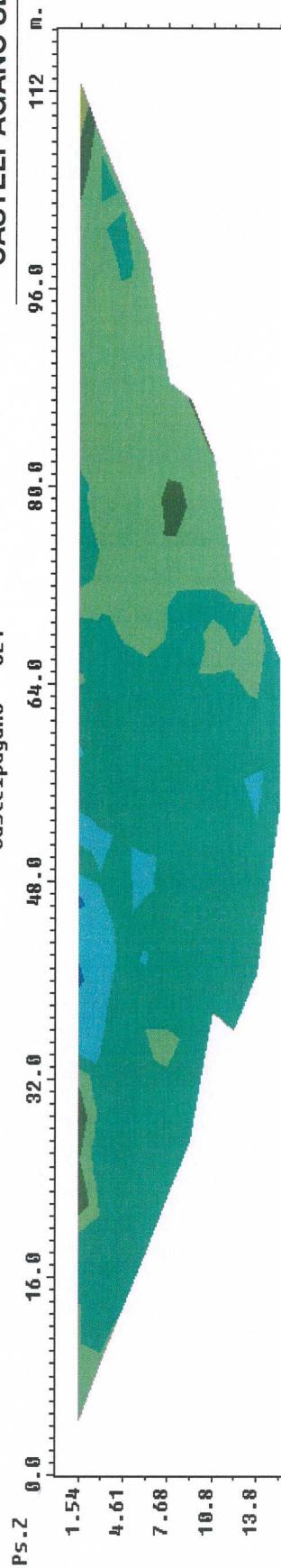
ALLEGATO 2

RESTITUZIONE GRAFICA DATI SPERIMENTALI, TEORICI E MODELLO DELLA RESISTIVITA'

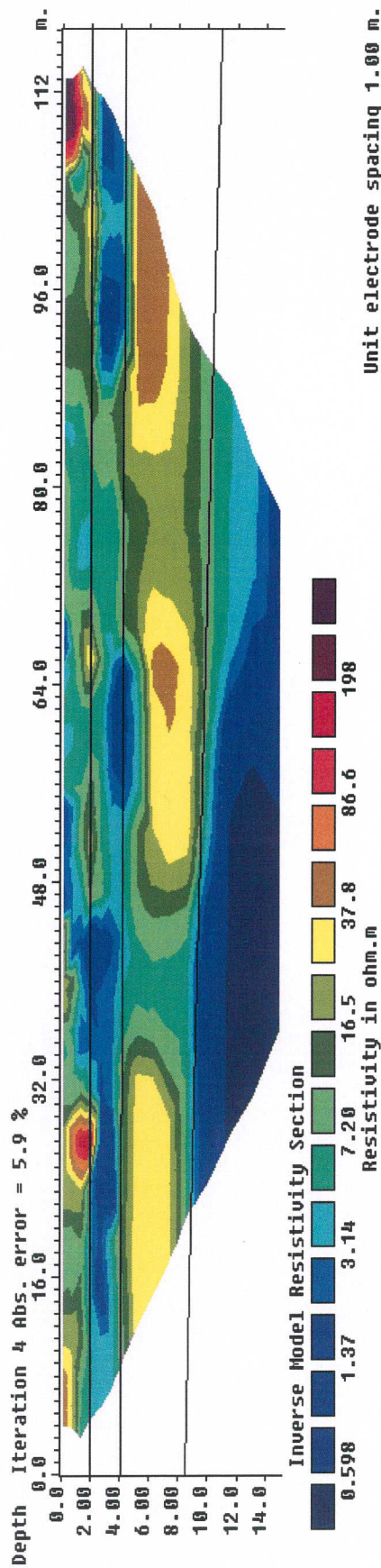


CASTELPAGANO SE1

Castelpagano - SE1



Iteration 4 Abs. error = 5.9 %

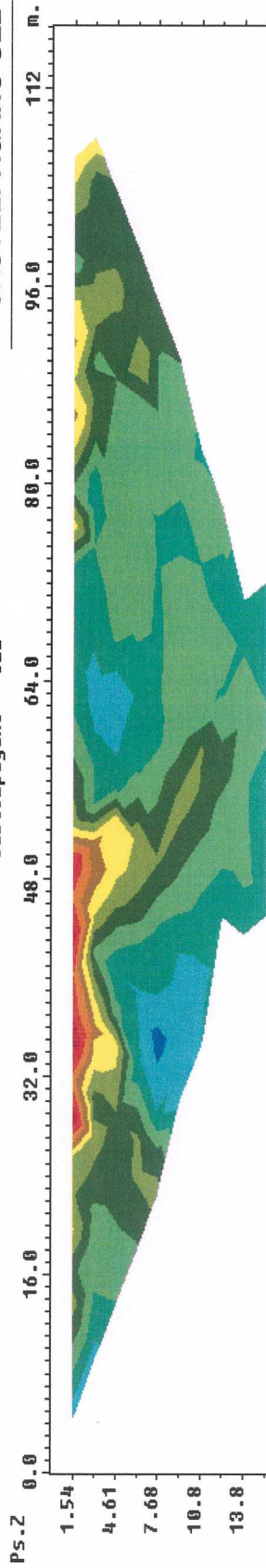


Unit electrode spacing 1.00 m.

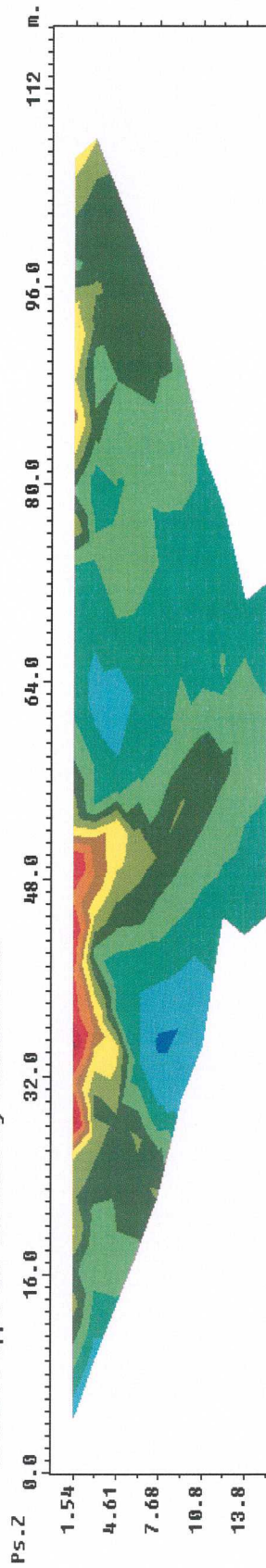


CASTELPAGANO SE2

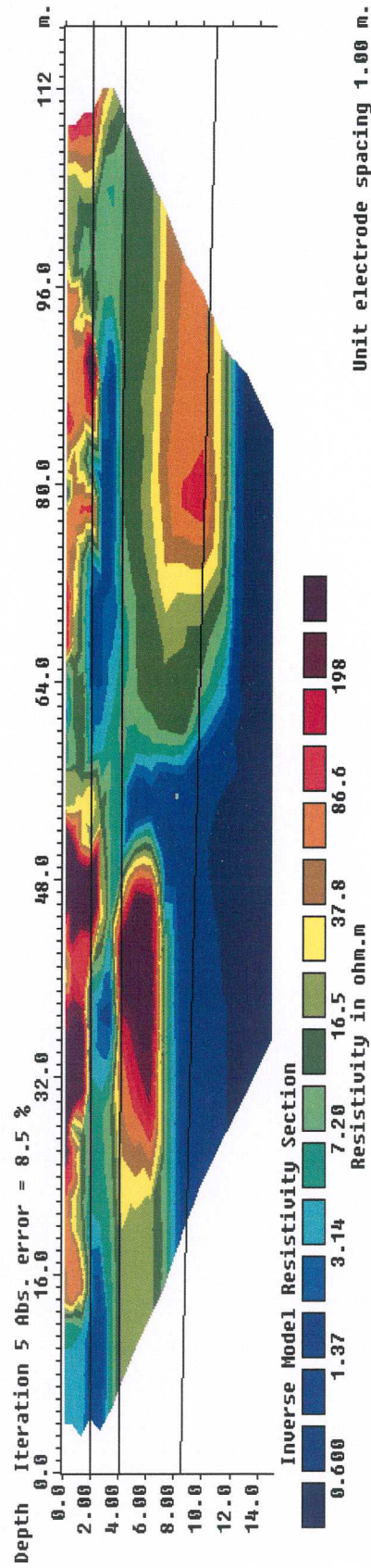
Castelpagano - SE2



Measured Apparent Resistivity Pseudosection



Calculated Apparent Resistivity Pseudosection

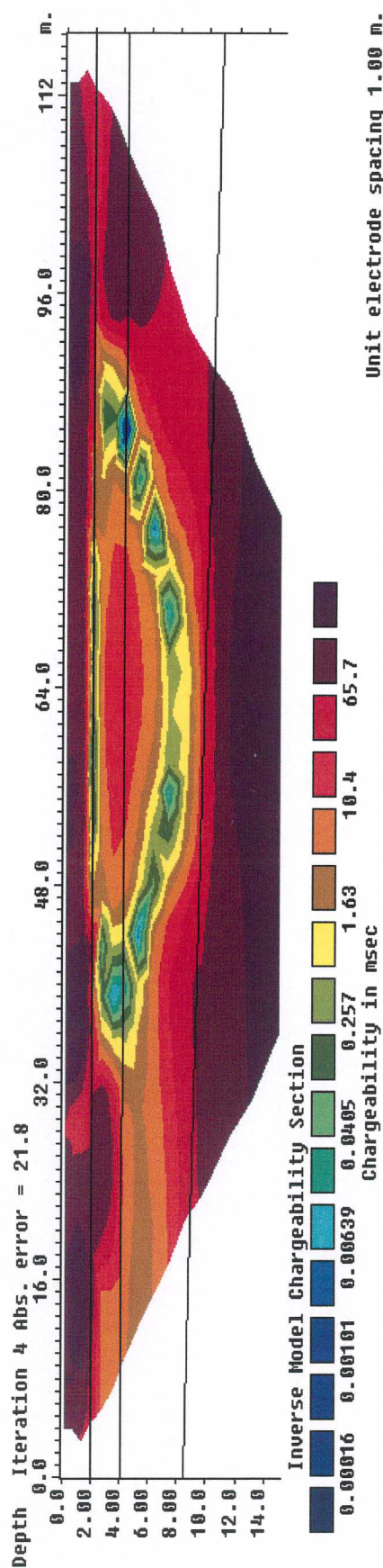
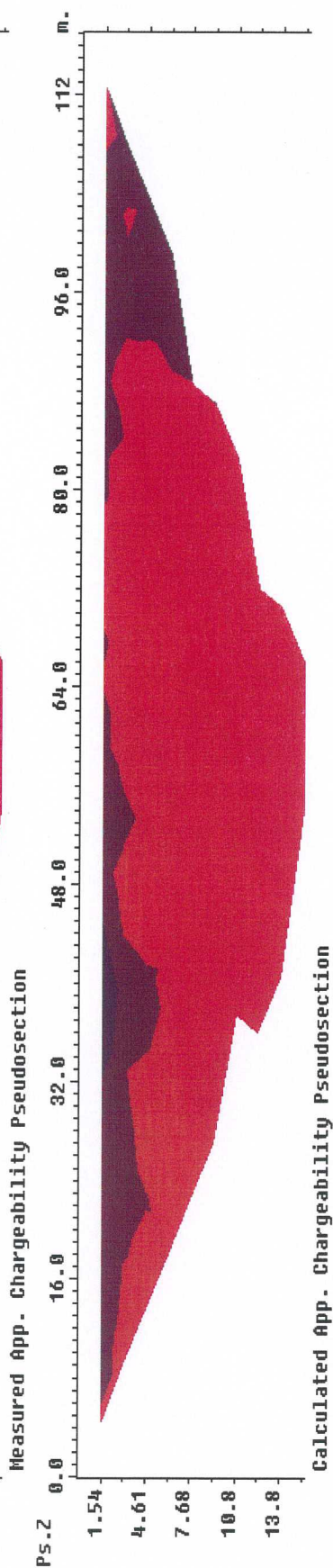


ALLEGATO 3

RESTITUZIONE GRAFICA DATI SPERIMENTALI, TEORICI E MODELLO DELLA CARICABILITA'

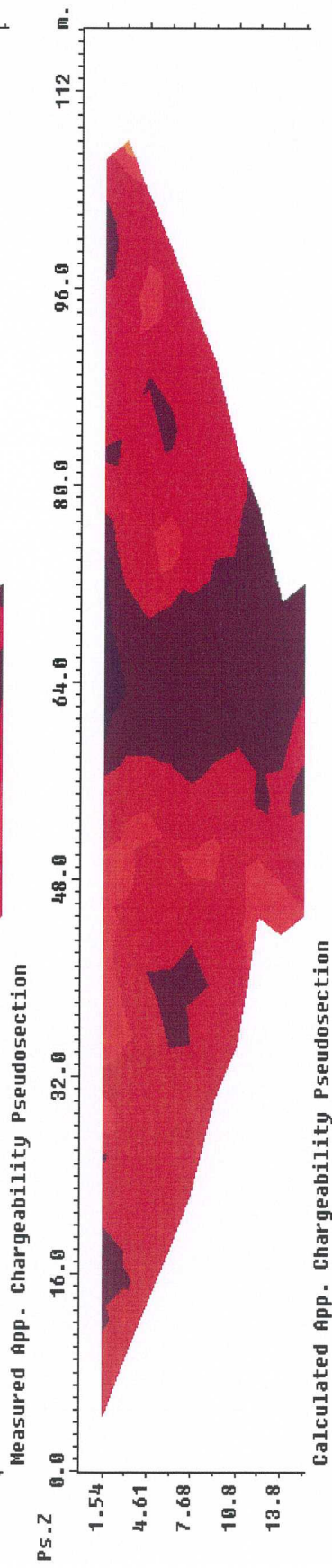


CASTELPAGANO SE1

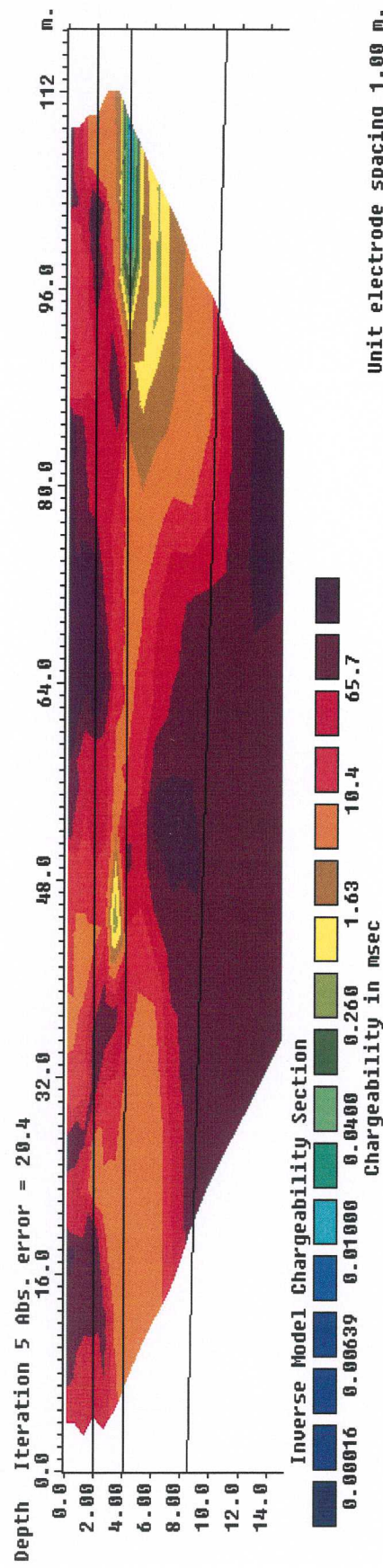




CASTELPAGANO SE2



Calculated App. Chargeability Pseudosection



Unit electrode spacing 1.00 m.

ALLEGATO 4

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

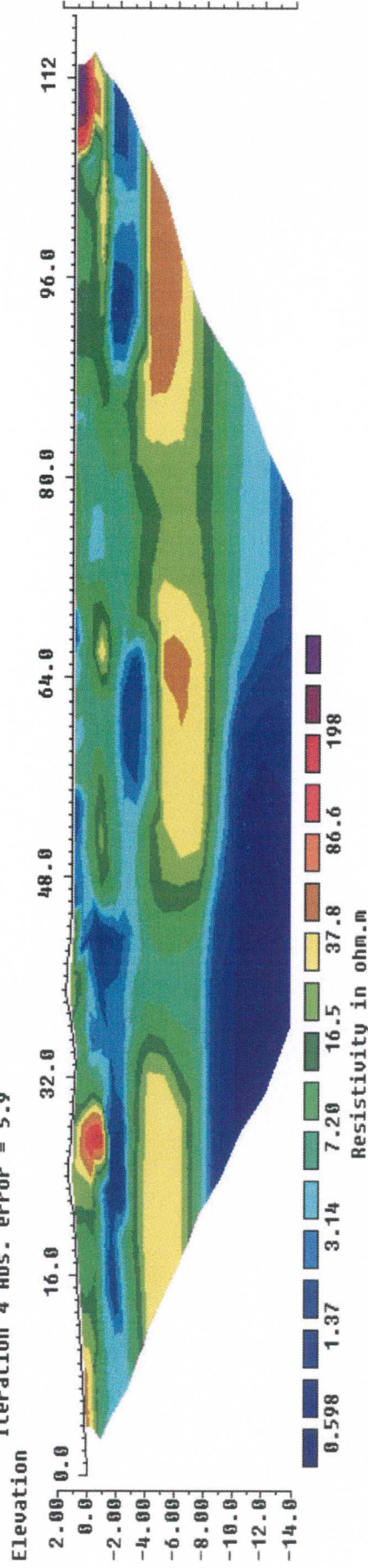


CASTELPAGANO SE1

Castelpagano - SE1

Model resistivity with topography

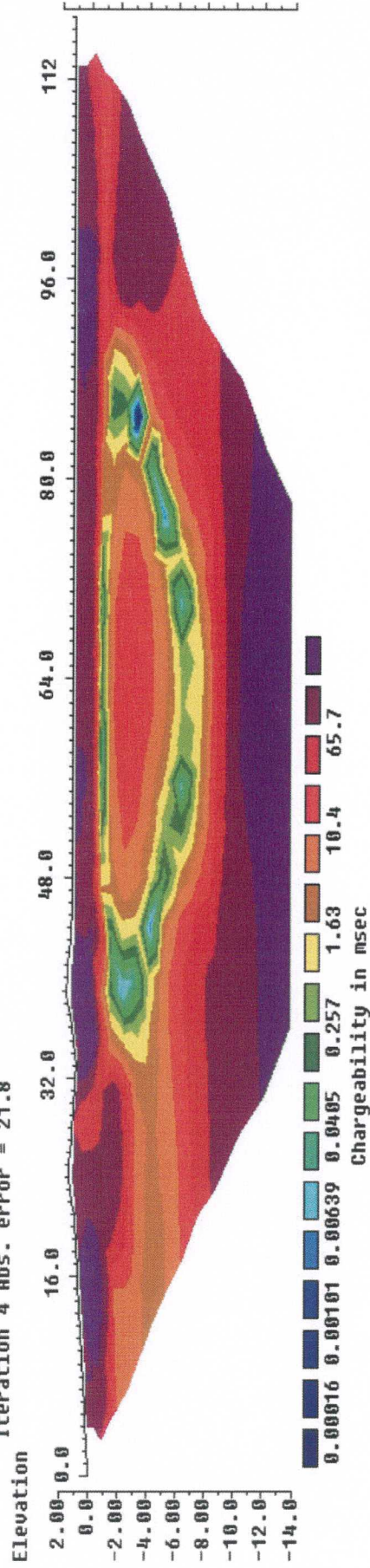
Iteration 4 Abs. error = 5.9



Unit Electrode Spacing = 1.00 m.

Model IP with topography

Iteration 4 Abs. error = 21.8



Unit Electrode Spacing = 1.00 m.

Horizontal scale is 8.06 pixels per unit spacing

Vertical exaggeration in model section display = 1.18

First electrode is located at 0.0 m.

Last electrode is located at 117.0 m.

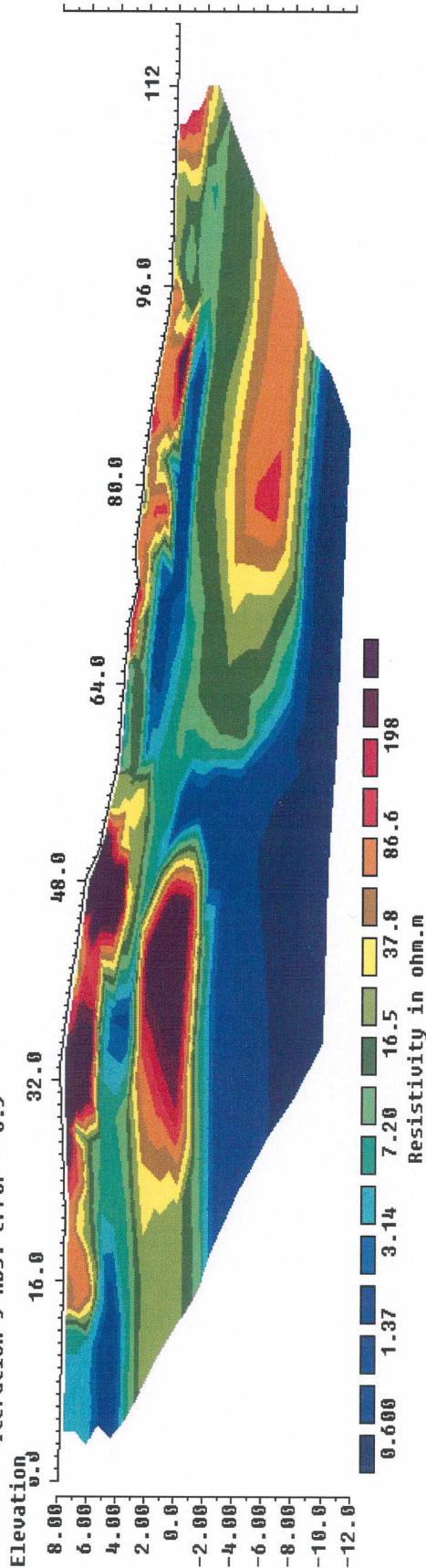


CASTELPAGANO SE2

Castelpagano - SE2

Model resistivity with topography

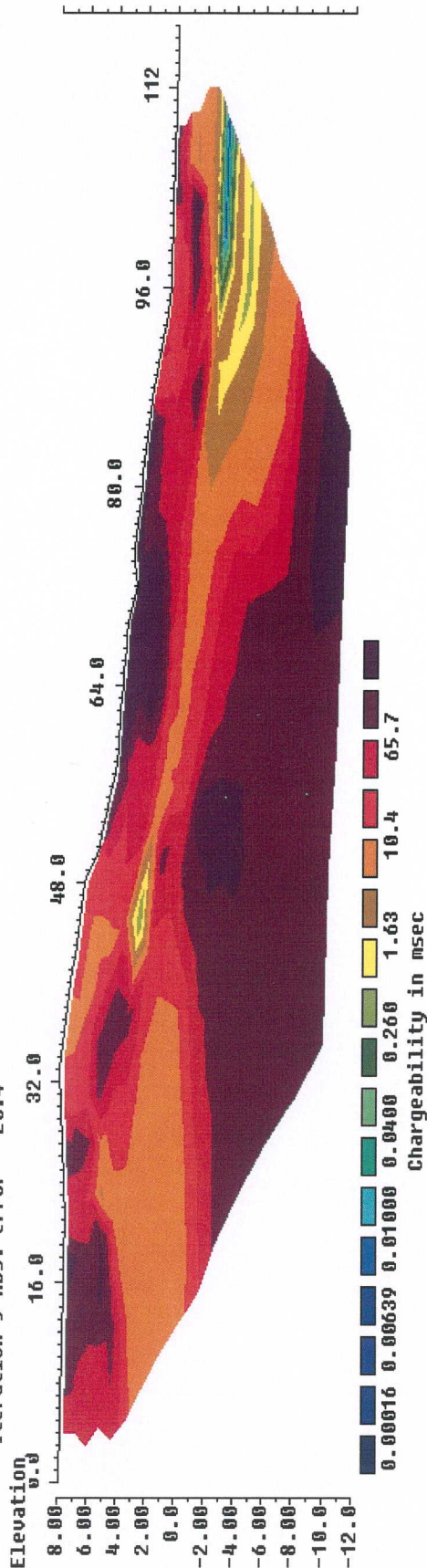
Iteration 5 Abs. error = 8.5



Unit Electrode Spacing = 1.00 m.

Model IP with topography

Iteration 5 Abs. error = 20.4



Unit Electrode Spacing = 1.00 m.

Horizontal scale is 8.06 pixels per unit spacing

Vertical exaggeration in model section diagram = 1.48



ALLEGATO 5

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



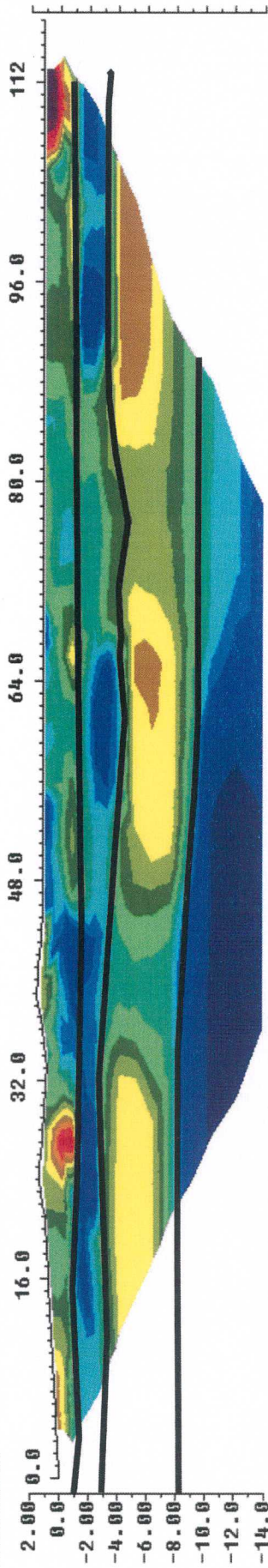
CASTELPAGANO SE1

Castelpagano - SE1

Model resistivity with topography

Iteration 4 Abs. error = 5.9

Elevation



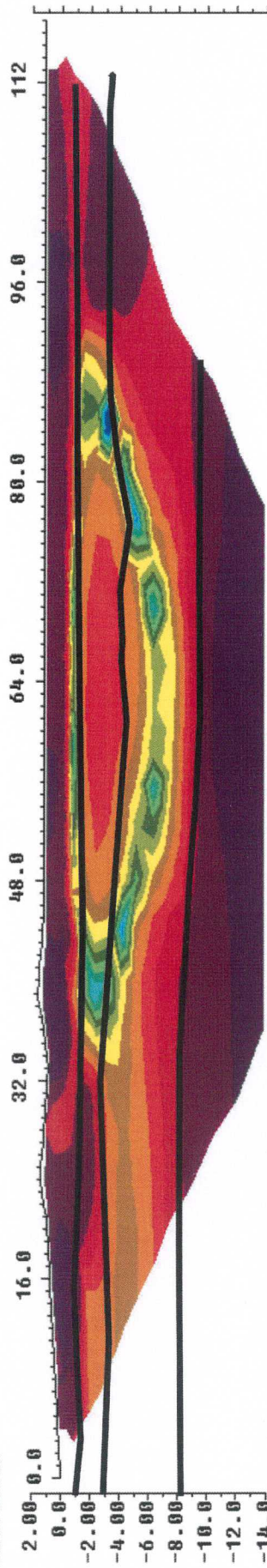
Resistivity in ohm.m

Unit Electrode Spacing = 1.00 m.

Model IP with topography

Iteration 4 Abs. error = 21.8

Elevation



Chargeability in msec

Unit Electrode Spacing = 1.00 m.

Horizontal scale is 8.06 pixels per unit spacing

Vertical exaggeration in model section display = 1.18

First electrode is located at 0.0 m.

Last electrode is located at 117.0 m.

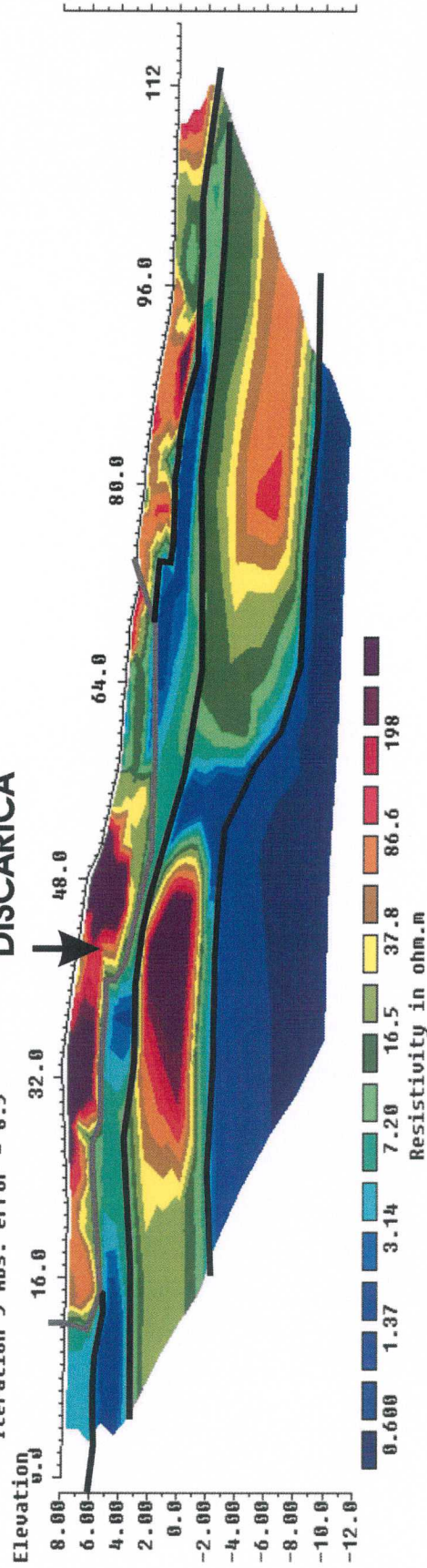
CASTELPAGANO SE2

Castelpagano - SE2

Model resistivity with topography

Iteration 5 Abs. error = 8.5

DISCARICA

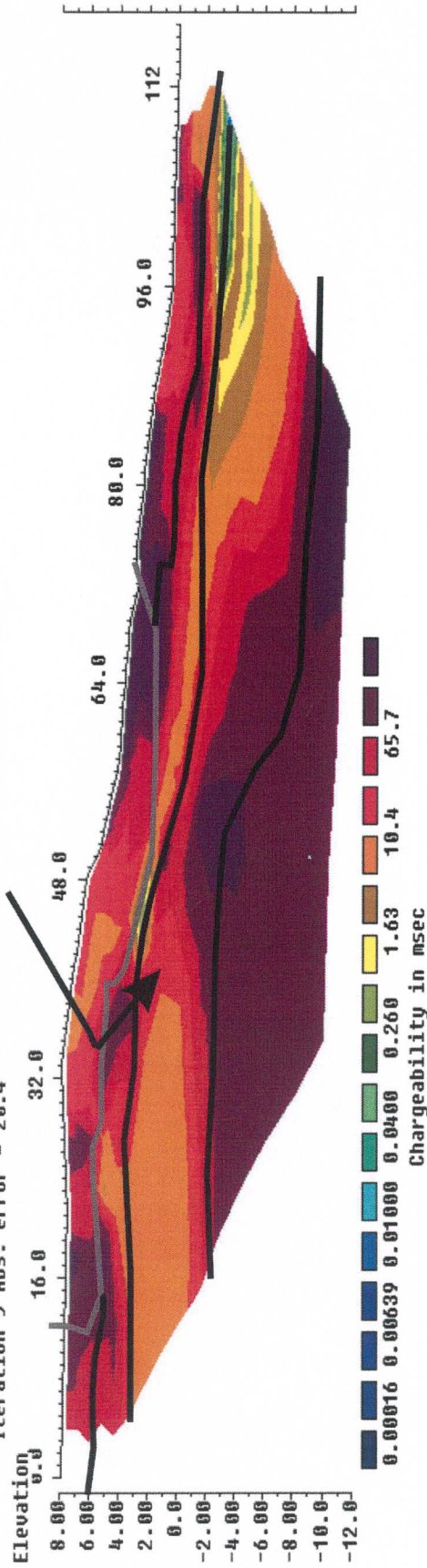


Unit Electrode Spacing = 1.00 m.

INFILTRAZIONE PERCOLATO

Model IP with topography

Iteration 5 Abs. error = 20.4



Unit Electrode Spacing = 1.00 m.

Horizontal scale is 8.06 pixels per unit spacing

Horizontal exaggeration in model section diagram = 1.10