

# Comune di Colle Sannita

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 Colle Sannita                                                                        |
| Progetto           | Piano Operativo ed Attività di Bonifica della discarica comunale in località Acqua Solfatarata |
| PROGETTO ESECUTIVO |                                                                                                |

## Relazione geologica

|         |     |       |  |
|---------|-----|-------|--|
| TAV. N° | E.3 | Scala |  |
|---------|-----|-------|--|

|                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>I progettisti</i>                                                                                                                                                                                  | <i>Visti ed approvazioni</i>                                                                                                                                                                                               |
| <p>Dott. Ing. Angelo FINELLA</p> <p>Dott. Ing. Christian BELMONTE</p> <p>Dott. Agr. Giuseppe ZEOLL</p> <p>Dott. Geol. Giuseppe PIACQUADRI</p> <p>L'impresa esecutrice</p> <p><b>ITAL BUILDING</b></p> | <p>Firmato digitalmente da</p> <p><b>ANGELO FINELLA</b></p> <p>CN = FINELLA<br/>ANGELO<br/>O = non presente<br/>C = IT</p> <p>Il Sindaco</p> <p>Dott. Giorgio Carlo Nista</p> <p>Il RUP</p> <p>Ing. Giuseppe MARTUCCIO</p> |

## Sommario

|     |                                                   |    |
|-----|---------------------------------------------------|----|
| 1.  | PREMESSE E FINALITÀ .....                         | 2  |
| 2.  | METODOLOGIA.....                                  | 2  |
| 3.  | UBICAZIONE GEOGRAFICA.....                        | 2  |
| 4.  | INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....            | 3  |
| 5.  | INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO ..... | 6  |
| 6.  | GEOMORFOLOGIA.....                                | 6  |
| 7.  | IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA.....                     | 8  |
| 8.  | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO .....       | 10 |
| 9.  | SISMICITA' STORICA DELL'AREA.....                 | 11 |
| 10. | CONCLUSIONI E PROPOSTE OPERATIVE .....            | 17 |

ALLEGATI in coda al testo

- COROGRAFIA
- PLANIMETRIA AEROFOTOGRAMMETRICA
- CARTA RISCHIO FRANE AdB LIRI GARIGLIANO E VOLTURNO
- CARTA LITOLOGICA
- CARTA DELL'USO DEL SUOLO
- CARTA IDROGEOLOGICA
- CARTA CLIVOMETRICA
- CARTA ALTIAMETRICA
- PLANIMETRIA AEROFOTOGRAMMETRICA
- PALANIMETRIA CATASTALE
- PLANIMETRIA UBICAZIONE SONDAGGI
- STRATIGRAFIE
- ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO
- TOMOGRAFIA GEOELETRICA

---

## 1. PREMESSE E FINALITÀ

---

L'Amministrazione Comunale di Colle Sannita ha conferito con N.R.G. 356 del 23/06/2014, al sottoscritto Dott. Geol. Giuseppe Piacquadio, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania N. AP 2121, l'incarico per la redazione dello studio geologico, idrogeologico e idraulico relativo al *Piano operativo ed attività di bonifica/messa in sicurezza della discarica comunale in località "Acqua Solfatarà"*, inerente le direttive P.O.R. Campania FESR 2007-2013 - Obiettivo Operativo 1.2 "Migliorare la salubrità dell'ambiente" - Programmazione attività a) e b)". La finalità del seguente studio è quello di definire le caratteristiche geologiche e geomorfologiche in funzione delle opere in progetto, le quali prevedono la messa in sicurezza definitiva della discarica comunale mediante opere ingegneristiche di stabilizzazione e regimazione idrica e capping di copertura finale. Non verranno realizzati scavi all'interno della discarica al fine di impedire l'intercettazione di RSU. Non sono previste opere che alterano o modificano in alcun modo le condizioni statiche del cumulo originario.

---

## 2. METODOLOGIA

---

Il lavoro svolto per la redazione del seguente studio si articola in tre fasi:

**FASE DI ANALISI** (preparatoria e conoscitiva), consistente nella raccolta dei dati disponibili nella letteratura geologica esistente, nella raccolta di materiale cartografico ed aerofotografico esistente, atto alla ricerca storica delle modificazioni territoriali significative, nonché nella rivisitazione critica e nella omogeneizzazione delle informazioni acquisite.

**FASE DI RILIEVO ED ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI** caratterizzata dalla raccolta dei dati di campagna che hanno permesso la redazione della cartografia geologica dell'area interessata, nonché la raccolta dei dati geomeccanici esistenti.

**FASE DI SINTESI** consiste nella definizione dei rischi geomorfologici e idrogeologici che interessano l'area in esame e la conseguente scelta delle potenziali opere in funzione del progetto di bonifica proposto.

---

## 3. UBICAZIONE GEOGRAFICA

---

Il comune di Colle Sannita è collocato nella propaggine nord orientale della provincia di Benevento. In riferimento alla cartografia in scala 1:100.000, l'area ricade nel foglio n.162 "Campobasso", mentre in riferimento dell'IGMI scala 1:25.000 ricade nella tavoletta Riccia "162 IINE." e Colle Sannita "162 II S.E".



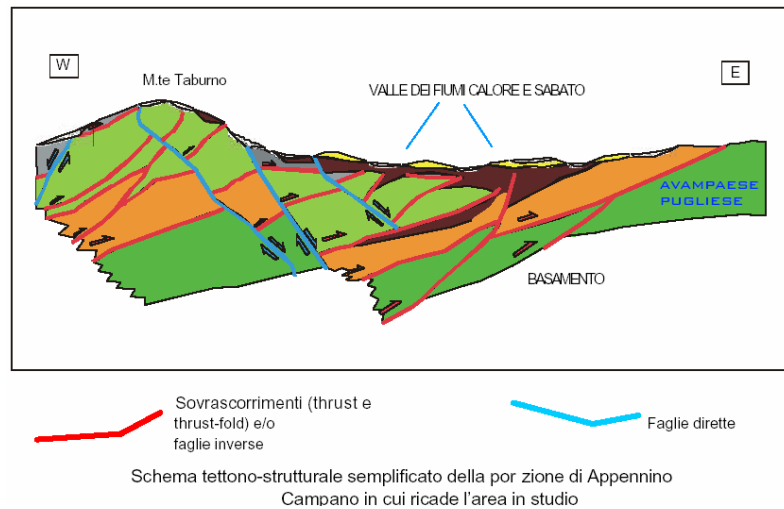
---

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

---

L'area esaminata si inserisce in un complesso quadro geologico-strutturale che vede nelle aree circostanti argomentazioni geologiche ancora oggi contrastanti. Infatti, gli stessi affioramenti presenti nell'area, tutto oggi non sono ancora collocati da un punto di vista paleogeografico. L'area Sannitica e del Fortore pur essendo di limitata estensione presenta una molteplicità di litologie ed una elevata complessità strutturale. Infatti, osservando lo schema geologico dell'area sannitica si distinguono un dominio caratterizzato da rocce carbonatiche deposte in facies di piattaforma carbonatica e di scarpata di età Meso-Cenozoica, corrispondenti ai rilievi che caratterizzano l'area del Monte Taburno-Camposauro. Un dominio caratterizzato da sequenze deposizionali di bacino di età compresa tra il Miocene inferiore e il Cretacico superiore, che corrispondono ai rilievi e alle zone alto collinari dei monti del Sannio che si estendono fino in Molise. Un dominio caratterizzato da depositi Plio-Pliostocenici che occupano alcuni settori della piana di Benevento, della Valle Caudina e parte dell'Irpinia. Infine, sono presenti bacini di intracatena di età quaternaria configuratesi durante l'attività sismica del Pleistocene medio (piane di Benevento, Morcone e Bojano). La messa in posto delle successioni carbonatiche, ha inizio dal Trias medio ed avviene su un tratto di crosta continentale in forte subsidenza (Bosellini, 1989). Una fase tettonica occorsa nel Giurassico inferiore, smembra la originaria piattaforma dando vita ad una serie di piattaforme epioceaniche, mentre le altre passano ad ambienti di tipo bacinali o pelagici. In una ipotetica sezione orientata in direzione antiappenninica si osserva un passaggio dai domini di piattaforma carbonatica verso quelli scarpata bacino (Taburno-Camposauro, M. Picentini) fino ad arrivare a depositi di bacino più distale (unità Molisana e Sannitica), ai depositi flyschiodi del Miocene, e ai depositi di avanfossa Plio-Pleistocenici.





| COLORE | UNITA'                                                                         | ETA'                                                              | SPESORE                               | LITOLOGIA                                                                                                                                                                |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | Unità carbonatiche dei monti Taburno-Campesano (BN) e dei Monti Ficentini (AV) | Trias sup.-Cretaceo inf.                                          | Circa 1500 m                          | Dolomie e calcari biogenici di scogliera e retroscogliera; calciruditi e calcareniti di scarpata.                                                                        |
|        | Unità lagonegresi (flysch rosso, flysch nudi)                                  | Cretaceo sup.-Oligocene<br>Langhiano                              | 30-40 m<br>200 m<br>80 m<br>100 m     | Membro inf. Diapigno<br>Membro med. Calcareo<br>Membro sup. Calcareo-marnoso<br>Quarzerenti                                                                              |
|        | Unità sicilidi                                                                 | Cretaceo sup. - Eocene<br>Oligocene sup.<br>Aquitano-Burdigaliano | 150 m<br>400 m<br>50 m                | Argille scagliose varicolori;<br>Formazione di Corleto Perticara: marne e calcari marnosi;<br>Tufiti di Tusa: arenarie tuffiche                                          |
|        | Unità tirine (flysch di Castelvetere)                                          | Langhiano-Messiniano inf.                                         | 300 m<br>200 m<br>200 m               | Membro inf. Arenaceo-conglomeratico con olistoliti ed olistostromi<br>Membro med. Arenaceo-conglomeratico<br>Membro sup. Arenaceo-pellico con olistoliti ed olistostromi |
|        | Formazione gessoso-solfifera                                                   | Messiniano                                                        | ?                                     | Gessi, concentrazioni solforose, arenarie poco cementate, calcari fendi, scisti bituminosi                                                                               |
|        | Unità di Ariano                                                                | Pliocene inf.                                                     | 400 m<br>250 m<br>350 m               | Membro argilloso-siltoso (argille grigio-azzurre)<br>Membro sabbioso<br>Membro conglomeratico                                                                            |
|        | Unità argillosa                                                                | Pliocene med.                                                     | 30 m                                  | Argille e argille siltose grigio-verdi                                                                                                                                   |
|        | Unità conglomeratico-arenosa                                                   | Pliocene med.                                                     | 20 (esiguo)                           | Conglomerati rossastri e arenarie poco cementate                                                                                                                         |
|        | Depositi continentali antichi e sub-attuali                                    | Pliocene sup.-Olocene                                             | Fortemente variabile da luogo a luogo | Lacustri, antichi di versante, alluvionali terrazzati, detrito di versante, cumuli di frane, cliviali e coluviali, conche cariche, tufi e piroclastici                   |

Altri autori (Mostardini & Merlini, 1986) affermano che la piattaforma appenninica è distinta in due domini, quello campano-lucano e quello campano-abruzzese, divisi dal bacino lagonegrese a sud, e indistinta a nord per la chiusura dello stesso bacino. A nord dell'area in esame le coltri sannitiche o unità sannitiche (Patacca et alii, 1989, 1990, 1992a,b, Scrocca & Tozzi, Di Luzio, 1999), composte generalmente da poche centinaia di metri di successioni bacinali, costituite da litofacies pelitico-calcaree e arenitiche, di età compreso tra il Cretaceo superiore ed il Miocene, ricoprono tettonicamente i depositi del bacino Molisano.

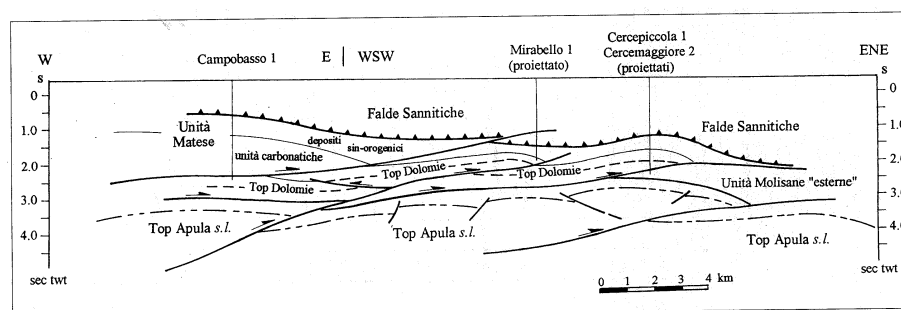


Fig.4.1 - Sezione geologica su base sismica dell'Appennino molisano (Scrocca & Tozzi, 1999)

L'assetto strutturale di questo settore di catena, è rappresentato da un sistema di scaglie tettoniche embricate, che si accavallano sulle aree di avanfossa e sul margine sepolto dell'avampaese Apulo indeformato. Le unità

tettoniche coinvolte nell'orogene dell'Appennino sannita, testimoniano una sequenza di deformazioni che procede dalle unità più interne a quelle più esterne (Patacca et al., 1990, 1991, 1992a,b) a partire dalla fine del Cretacico (Bally et alii, 1986; Mostardini e Merlini, 1986; Bigi et alii, 1992). La deformazione orogenetica è documentata dalla geometria dei fronti di thrust e dal ringiovanimento dei depositi di avanfossa man mano che ci si sposta sull'esterno della catena (Patacca et alii, 1990, Cipollati et alii, 1995). Da una sezione passante per l'Appennino Sannita-Molisano (fig. 4.1) si osserva che i depositi della piattaforma carbonatica appenninica si trovano in sovrascorrimento sui depositi del bacino Molisano, a loro volta si trovano al di sopra dei carbonati della piattaforma Apula, il tutto è sovrastato dai depositi della falda Sannitica. Nel corso del Tortoniano superiore hanno inizio le fasi deformative sin-orogenetiche; l'arretramento flessurale della litosfera apulo-adriatica determina la formazione di un bacino di avanfossa in un settore che comprendeva i Monti Simbruini e i Monti del Matese (Patacca et alii, 1990; 1992a, Cipollari, 1995). La sedimentazione all'interno del bacino Molisano trae alimentazione sia dai depositi della Piattaforma del Matese che dai settori apuli (sepolti nel corso del Pliocene dalle unità Molisane). Le prime macrostrutture plicative hanno interessato l'area del Matese, dando origine una ampia fascia di pieghe, propagatesi per foglia (*fault-propagation folding*) (Scrocca & Tozzi, 1999). La presenza di indicatori cinematici nelle strutture del Matese suggeriscono un unico evento deformativi o più eventi coassiali (Scrocca & Tozzi, 1999). Procedendo verso i settori adriatici l'unità dei Monti del Matese sovrascorre l'unità della Montagnola di Frosolone, la deformazione interessa i depositi delle Argille varicolori molisane (*sensu* Patacca et alii, 1990), permettendo la messa in posto dei flysch appartenenti alle unità della Tufillo e della Daunia. La posizione paleogeografica dell'Unità del Sannio è ancora oggi oggetto di diverse interpretazioni, in quanto l'età del flysch di San Bartolomeo suggerisce un coinvolgimento tettonico avvenuto precedentemente alla fasi di messa in posto delle unità del Matese e della Montagnola di Frosolone (Patacca et alii, 1992a). Dal Pliocene superiore si osserva una non coassialità della sedimentazione terrigena e silicoclastica dei depositi di avanfossa, dovuta ad un avanzamento differenziale verso NE dell'asse di flessurazione della litosfera apulo-garganica (Patacca & Scandone, 1989, Patacca et alii, 1990, Patacca et alii, 1992a). In particolare durante il Pliocene superiore si sviluppano nel dominio abruzzese una serie di bacino di avanfossa profondi con la relativa migrazione dei depocentri; nel dominio molisano, le falde sovrascorrono sui depositi terrigini, poste in continuità sulle successioni più esterne carbonatiche. Durante il Pliocene superiore, si imposta un regime deformativi di tipo trascorrente, il quale agisce secondo due direzioni preferenziali e a diverso cinematismo, uno orientato N-S con cinematica destra l'altro orientato WSW-ENE con cinematica sinistra (Di Bucci et alii, 1999). L'arretramento dell'asse di flessurazione provoca, nei settori abruzzesi e dell'alto Molise, una rotazione oraria dei piani di accavallamento da NO-SE a N-S e un conseguente avanzamento differenziale rispetto alle unità del substrato molisano. Nelle zone più esterne della catena, le Argille Varicolori subiscono una nuova fase deformativa occorsa nel Pleistocene inferiore caratterizzata da uno stile deformativo di tipo compressivo. I depositi bacinali a predominanza argillosa sono caratterizzati da *thrust sheet*, al disotto dei quali il dominio dell'avampaese apulo sepolto si compone in una serie di horse secondo uno stile di tipo duplex (Patacca & Scandone, 1989). Secondo alcuni autori, in studi di modellazione analogica, (Corrado et alii, 1998b) la marcata differenza di stile, presenti in questo settore dell'Appennino, può essere imputato alla presenza delle Argille varicolori; le quali favoriscono una rapida propagazione della deformazione nelle unità

tettoniche di cui costituiscono il livello di scollamento, evitando la formazione di un cuneo orogenico. A partire dal Pliocene medio, si instaura un regime deformativo distensivo che determina lo sviluppo di sistemi di faglie generalmente ad alto angolo e direzione NW-SE, e la riattivazione delle strutture trascorrenti della tettonica pliocenica. L'assetto geologico finale si raggiunge con le ultime fasi tettoniche del Pleistocene che danno origine ad una serie di strutture a carattere regionale come le piane intermontane di Benevento, Caudina, Telesina, Morcone, Volturno.

---

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO

---

L'area di studio rilevata anche se di modesta estensione presenta una elevata complessità geologica dovuta essenzialmente ai rapporti tettonici presenti tra le varie unità tettoniche. L'esistenza di un sufficiente numero di affioramenti, insieme all'analisi dei dati stratigrafici dedotti dai sondaggi effettuati per la messa in sicurezza della discarica e i dati relativi al PRG, hanno permesso di definire e cartografare i vari litotipi affioranti. Relativamente alla sola area d'interesse affiorano con continuità depositati costituiti da una successione argillosa e marnosa in strati centimetrici di colore rosso, verde e grigio. Sottoposti ad una successione calcareo marnosa affiorante nelle aree a monte dell'area in esame. Nella zona subito dopo l'impluvio del Fosso Acqua Sauta affiorano i rilievi costituiti da arenarie tenere e/o pseudo cementate in strati e banchi alternati a livelli pelitici.

---

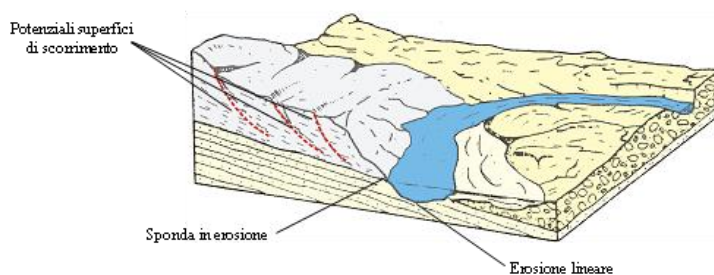
## 6. GEOMORFOLOGIA

---

L'area in esame è confinata tra il Fosso Acqua Sauta affluente in sinistra del Torrente Reinello e la località Restazio. L'andamento morfologico si presenta molto articolato per l'ampia varietà litologica e strutturale delle rocce affioranti. Sinteticamente si tratta di terreni argillosi, flyschiodi, arenaci e calcarei caratterizzati da un complesso rapporto tettonico-strutturale dovute a più fasi tettoniche plicative e disgiuntive. Sia la litologia che l'assetto strutturale dell'area si riflettono in modo marcato sull'organizzazione del reticolo idrografico, conferendogli un pattern d'erosione subdendritico. Facilmente si osservano delle aste fluviali secondarie che s'innestano su quelle principali con un angolo retto, secondo la direttrice Appenninica ed anti-Appenninica, questo motivo è dominante in tutta l'area e quasi per la totalità del bacino del fiume Tammaro di cui buona parte dell'area fa parte. Si osserva inoltre che le aste di ordine gerarchico maggiore sono disposte secondo l'orientazione anti-Appenninica, quindi disposte secondo i fronti sovrascorimenti e gli assi delle pieghe, questi sono bruscamente interrotti da lineamenti Appenninici. Altra caratteristica costante in tutta l'area è il tracciato quasi meandriforme assunto dai corsi d'acqua, soprattutto quello del torrente Reinello e del Torrente I Torti, caratteristica tipica dei corsi d'acqua deviati per frane. L'inclinazione dei versanti si distribuisce in modo abbastanza uniforme su buona parte dell'area tranne dove s'individuano i corpi lapidei, queste rocce sono spesso interessate da lineamenti tettonici che provocano brusche variazioni di pendenza anche molte accentuate, come si ritrovano in località Monte di Colle, I Monti, Monte Capozzi e Il Castelletto, che si trovano allineati secondo una retta con direzione Appenninica e fra di loro scorrono, incassati in una stretta valle assimilabile

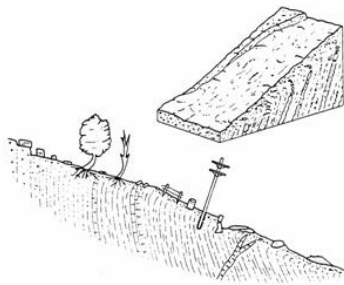
ad una forra, dei corsi d'acqua paralleli tra loro. Essi sono il torrente I Torti, Vallone Acqua Sauta, Fosso Vernavale e il torrente Reinello, che sono diretti tutti lungo la direzione Anti-Appenninica, probabilmente tale assetto strutturale è attribuibile ad un'associazione di faglie inverse che hanno dislocato le formazioni mioceniche. Dove invece prevalgono le litologie flyschiodi e argillose, si hanno dei caratteristici profili concavi-convessi, determinati da fenomeni di dissesto, distribuiti in modo omogeneo sulle litologie citate in precedenza. L'intero territorio comunale di Colle Sannita è idealmente suddiviso in due unità morfologiche principali ben definite:

- aree sub pianeggianti sommitali (Piana della Battaglia, Calacarella, Area di Decorata,), localizzate nelle zone altimetricamente più elevate,
- aree medio-acclivi, caratterizzate da una propria dinamica morfoevolutiva, poste generalmente nella vallata del torrente Reinello e del Torrente dei Torti che isolano una dorsale orientata circa N-S dove è ubicato l'abitato di Colle Sannita



- Rappresentazione schematica di erosione fluviale ed evoluzione dei versanti.

Le aree sommitali pianeggianti generalmente non presentano forme di squilibrio statico, solo in alcuni casi, dove le aree sub pianeggianti vengono a contatto con torrenti in erosione, si manifestano fenomeni gravitativi dovuti all'azione erosiva dei torrenti alla base dei versanti. Le aree più acclivi che si concentrano nella parte sud occidentale del territorio comunale, sono caratterizzate da versanti in continua evoluzione morfodinamica. Pertanto in queste aree si ritrovano frane per colamento o movimenti complessi (scorrimenti rototraslazioni passanti a colate). Tali movimenti si impostano nei litotipi argillosi marnosi e localmente anche in formazioni più specificatamente sabbiose. L'insorgere di tali fenomenologie è da attribuire alle condizioni geosturali dei litotipi e alla condizioni morfologiche in cui destano i versanti. Generalmente si ritrovano in modo diffuso sul territorio anche forme di soliflusso e/o soil creep, soprattutto nelle formazioni argillose marnose dotate di una coltre superficiale alterata e poste in zone a media acclività che in casi sporadici evolvono in piccoli smottamenti (slump).

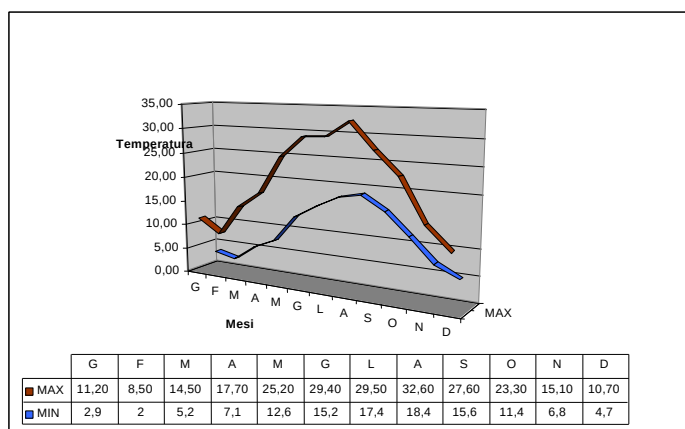


*Da Civita 1982, ridisegnato*

Nelle aree limitrofe all'area di studio ed in particolare quella posta a sud è presente una zona caratterizzata da un movimento lento di versante attivo. Relativamente alla sola area di studio non si notano fenomeni e/o potenziali forme di instabilità pregressa ed attuale. Come si evince anche dalla cartografia redatta dall'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno la quale colloca tale area in una zona "C1".

## 7. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

Il territorio in esame presenta un classico clima Appenninico, caratterizzato da inverni rigidi ed estati calde. I dati relativi alle precipitazioni e temperature provengono dalle stazioni della rete pluviometrica del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale. In particolare sono stati consultati i dati relativi alle stazioni di comuni limitrofi "Morcone, Colle Sannita, S. Croce del Sannio", si è stimata una precipitazione media annua di circa 884 mm di pioggia in (84 - 94 gg.) (dati del servizio per un periodo di 20 anni). Precipitazione che avviene principalmente nel periodo di Ottobre-Maggio (ovvero l'80% delle quantità e dei giorni). Mentre da Giugno a Settembre vi è una relativa mancanza di eventi; pertanto l'indice di pluviosità è pari a 1,0. I massimi valori della temperatura si registrano nei mesi di Luglio e Agosto, con punte medie che sfiorano i 25 °C; mentre le temperature minime si osservano in Dicembre, Gennaio e Febbraio, con valori medi compresi tra 4,50 e 6,0 °C.



Il bilancio idrico risulta, dunque, negativo nei mesi di Luglio e Agosto, che sono da considerarsi relativamente "secchi", mentre i restanti mesi dell'anno sono classificabili come "umidi", anche se in diversa misura. Il rendimento idrologico, variabile in funzione della natura dei terreni affioranti, può stimarsi approssimativamente pari a 0,75 per i terreni del

complesso delle Argille Varicolori, 0,65 per i terreni del complesso calcareo-mamoso e 0,70 per i terreni del complesso arenaceo. Laddove prevalgono i terreni a prevalente componente argillosa, le acque scorrono in superficie senza essere, se non in minima parte, assorbite dal suolo. Tale azione di erosione e di trasporto delle acque è facilitata dalla forte erodibilità dei terreni. Tutto ciò provoca una diminuzione della coesione dovuta alla imbibizione ed una diminuzione del peso di volume che portano alla formazione di dissesti soprattutto superficiali. Le caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti nel territorio sono state ricavate attraverso un'analisi della circolazione idrica sotterranea, dedotta dai dati allegati al PRG. La maggior parte dei pozzi esaminati ha evidenziato falde con le caratteristiche della "non, perennità"; solo per annate particolarmente piovose il livello freatico ha mostrato maggiore omogeneità. 1 dati acquisiti hanno permesso di formulare una prima ipotesi circa la circolazione delle acque sotterranee, sull'alimentazione delle stesse e sulle caratteristiche di permeabilità relativa dei vari terreni costituenti le formazioni litologiche prima descritte. Si fa rilevare che è risultato impossibile realizzare una carta delle isofretiche, data l'estrema irregolarità della circolazione idrica sotterranea, a volte addirittura assente. Caratteristica, tipica dei terreni flysciodi contraddistinta da una marcata caoticità dei litotipi e dalle frequenti eteropie lateralo-verticali di facies. A quanto fin qui esposto fanno eccezione le successioni prevalentemente calcaree, che mostrano una circolazione idrica più regolare. Sulla scorta dei dati raccolti sono stati individuati tre complessi idrogeologici di seguito così descritti.

**COMPLESSO A MEDIA PERMEABILITÀ** - In tale complesso sono rappresentati i sedimenti miocenici sabbiosi e arenacei. Caratterizzato da una permeabilità per porosità e, moderatamente, per fratturazione. Vista la limitata estensione degli affioramenti, tale complesso costituisce un acquifero di scarsa importanza e, quando presente, la falda idrica è generalmente posta a profondità maggiore di 30 metri dal piano campagna.

**COMPLESSO A PERMEABILITÀ MEDIO-SCARSA** - Costituito da brecce, calcareniti ed arenarie ben cementate, con alla base strati argillosi. La permeabilità risulta media, per fessurazione, laddove predominano i termini litoidi, e scarsa, per porosità, laddove sono presenti elementi a prevalente componente argillosa. L'infiltrazione efficace è nell'insieme modesta. Tale complesso, anche in attinenza alla bassa estensione areale, mostra scarso interesse idrogeologico.

**COMPLESSO A SCARSA PERMEABILITÀ** - Tale complesso affiora estesamente nell'area in esame ed è costituito da argille e Marne siltose (grigie e varicolori) con strati calcarei o calcareo-mamosi, brecciole calcaree, di età infra-miocenica. È permeabile per porosità e, subordinatamente, per fessurazione. Il primo tipo, limitato principalmente alla coltre alterata superficiale, è quello prevalente. Il secondo, invece, è riferito alla sola parte di acquifero litoide (caratterizzato da una permeabilità secondaria dovuta alla presenza di faglie e fratture). Il grado di permeabilità relativa del complesso può essere considerata praticamente nullo. È da ritenere un vero e proprio impermeabile che tampona la circolazione idrica sotterranea degli altri complessi. È evidente che l'infiltrazione efficace è molto limitata, tanto da poter essere considerata nulla; infatti, esistono degli emungimenti idrici, ma sono tutti di portata irrilevante ed insediati



alla profondità di pochi metri dal piano campagna. Se si esclude la circostanza di una limitatissima circolazione nella coltre alterata che si attesta a profondità di circa metri 3 dal p.c., non esiste una versa falda acquifera di base.

## 8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

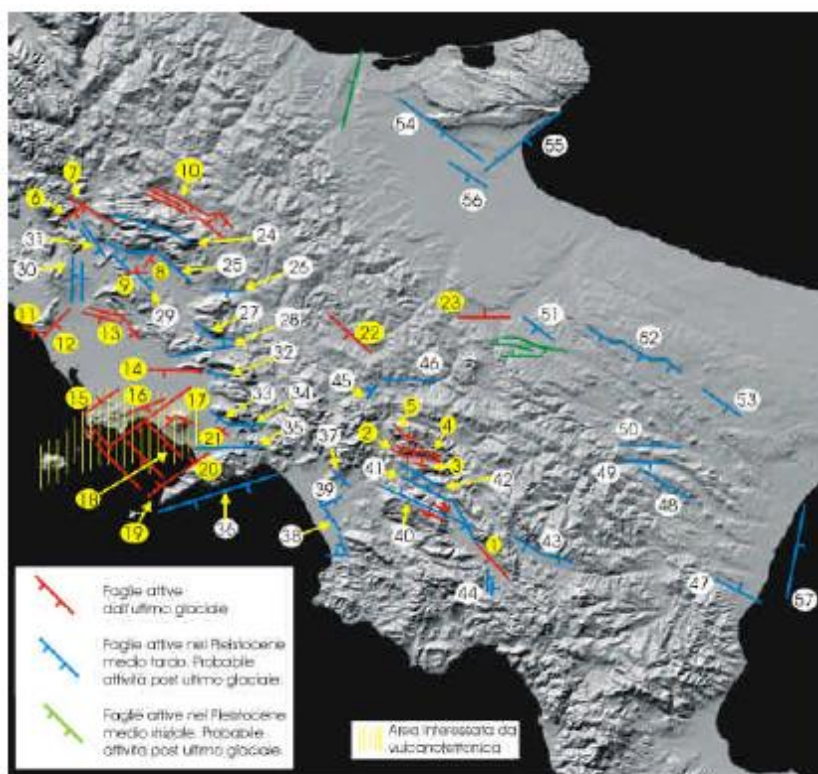
Nell'area in esame, sono stati realizzati, nelle fasi di Indagini Preliminari e di Caratterizzazione Sito-Specifica della discarica, una serie di sondaggi orientati alla definizione degli assetti stratigrafici locali. Nello specifico, l'interpretazione delle stratigrafie è stata fatta in funzione dello spirito delle indagini orientate al prelievo di numerosi campioni di suolo che sono stati poi oggetto di analisi chimico fisiche di laboratorio per determinare eventuali superamento dei limiti CSC degli analiti indagati. Sulla scorta dei risultati emersi dalle indagini geognostiche e geotecniche pregresse, specificamente eseguite sull'area nella fase di progettazione della discarica oggetto del seguente studio, si è potuto evincere che la formazione argillosa presente nell'area risulta caratterizzata dalla plasticizzazione degli strati più superficiali. Al fine di caratterizzare geotecnicamente i sedimenti interessati dalle opere in progetto, si fa riferimento alle risultanze di prove e determinazioni di laboratorio eseguite sul campione C1-S3. La profondità di prelievo è riferita alla quota dal p.c. epurata del materiale di discarica. Tali risultanze sono sinteticamente riassunte nella successiva Tabella I.

| Caratteristiche fisiche | Caratteristiche meccaniche |       |                     |                     |       | Caratteristiche di consistenza |                            |                             |                                |                     |
|-------------------------|----------------------------|-------|---------------------|---------------------|-------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Litologia               | Profondità campione        | Sigla | $\gamma_n$<br>Kg/mc | $\gamma_s$<br>Kg/mc | $e$   | $\phi'$                        | $C'$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | $C_u$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | $E_{ed}$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | $K$<br>m/s          |
| Argilla limosa          | 2,00 - 2,50                | C1-S3 | 1990                | 1991                | 0,685 | 29,41                          | 0,26                       | 1,97                        | 103,6                          | $2,7 \cdot 10^{-9}$ |

Oltre alle indagini dirette, è stata effettuata nella fase di Caratterizzazione, una indagine indiretta volta alla individuazione del fondo della discarica ed alla localizzazione di eventuali aree di concentrazione di percolato. Nello specifico sono stati realizzati n°3 stendimenti geoelettrici con restituzione tomografica e si è potuta accertare con buona approssimazione la geometria del fondo discarica. I risultati di dette indagini è riportato integralmente in allegato.

La caratteristica principale della catena appenninica rispetto ad altri orogeni è quella di essere interessata da faglie plio-quadernarie ad alto angolo, con differenti cinematiche ed orientazioni, che hanno scomposto la struttura derivante dalla tetto-genesi neogenica (Ortolani et al., 1992). I terremoti di maggiore intensità sono infatti ubicati lungo le faglie ad alto angolo con andamento appenninico ed anti appenninico. In Appennino meridionale, i maggiori eventi sismici si concentrano lungo l'asse della catena con una magnitudo da moderata a forte (Gasparini et alii, 1985; Amato e Montone, 1997). Nella raccolta dei dati effettuata dall'UR UNI-Napoli (A. Cinque, 1999) "Carta delle faglie tardo-quadernarie dell'Appennino meridionale" e "Faglie attive in Italia meridionale" a cura di A. Ascione e A. Cinque) si sono poste le basi per una sintesi delle faglie quadernarie e tardo quadernarie presenti nel settore dell'Appennino meridionale. Nella porzione settentrionale della carta sono riportate le strutture del Matese, alcune con chiari indizi di attività nel Pleistocene superiore-Olocene (es. settore della piana di Boiano; Russo e Terribile, 1995; Cucci et al., 1996; Basili et al., 1999; Corrado et al., 2000) altre con indizi meno evidenti (è il caso, ad esempio, del bordo sud-occidentale del massiccio montuoso; Brancaccio et al., 1997). Verso il settore tirrenico le faglie si concentrano nell'area della Piana Campana bordata in più punti da faglie del Pleistocene superiore che i depositi dell'ignimbrite campana (Cinque et al., 2000; sull'attività di faglie nel Golfo di Napoli si veda Milia e Torrente, 2000 e bibliografia riportata). Le faglie in oggetto sono riportate in rosso, sebbene non sia affatto risolto il problema dell'attivazione di queste strutture in connessione con eventi sismici distruttivi. Altre faglie della zona costiera tirrenica dell'Appennino meridionale presentano evidenze di attività nel corso del Quaternario, senza che tuttavia siano disponibili dati in grado di correlare l'ipotesi di attivazione nel corso del Pleistocene superiore-Olocene (es. Piana del Sele). Faglie con il colore rosso interessano la dorsale Appenninica (nn. 62, 68, 78, 86). Va comunque sottolineato che per queste strutture, a parte la faglia responsabile del terremoto del 1980 (Pantosti et al., 1993), mancano dati derivati da analisi paleosismologiche. Nella parte più meridionale dell'area, alcune faglie sono state riportate con il colore giallo. Le differenti vedute in questo settore riguardano sia gli aspetti geometrici che cinematici. Nel caso della Val d'Agri (n.90) non è risolto il problema dell'individuazione dell'espressione superficiale della faglia principale, sebbene pubblicazioni recenti testimonino evidenze della tettonica attiva (ad esempio Di Niro e Giano, 1995; Benedetti et al., 1998; Giano et al., 2000). In sostanza non è ancora chiaro se l'emergenza della struttura sia da porre in relazione con il bordo SW della valle o con quello NE e di conseguenza non è noto se la struttura principale che interessa l'area sia da porre in relazione con una faglia immergente verso NE o verso SW. I dati sismici relativi ai terremoti avvenuti nella regione Molise testimoniano una elevata attività sismica, tale da essere considerata una delle zone della catena Appenninica a più elevato rischio sismico. Dai dati storici raccolti si evidenziano all'interno della regione Molise due settori: uno orientale, interessato da rari eventi sismici sia recenti che storici, ed uno occidentale caratterizzato da un elevato numero di eventi sismici con magnitudo relativamente bassa e sequenze sismiche caratterizzate da periodi di intensa attività e lunghi periodi di quiescenza. In questa fascia gli epicentri sono localizzati lungo le principali strutture tettoniche della catena Appenninica, dunque connessi all'attività orogenetica. Le faglie

attive più prossime all'area sono quelle del M. Taburno (identificata con il numero 27 in figura) e la faglia n. 26 relativa alla valle del fiume Calore, entrambe le faglie sono del Pleistocene medio.



*Fig. 1 - In rosso sono rappresentate le faglie la cui attività nel corso dell'intervallo Ultimo Glaciale-Attuale (ultimi 50 ka circa) è ritenuta "certa" in quanto testimoniata dalla dislocazione di forme e/o depositi datati. Date le finalità della ricerca, sono state mappate anche faglie che hanno avuto attività certa nel Pleistocene medio e/o superiore e che manifestano indizi geomorfologici di attività tardoquaternaria ("freschezza" di scarpate in rocce tenere; dislocazioni e basculamenti di superfici deposizionali probabilmente non più antiche di 50 ka circa; etc.). Le strutture mappate corrispondono o a singole faglie o a sciami di faglie subparallele che, per motivi di scala, non potevano essere rappresentate singolarmente: nei casi del secondo tipo è stata indicata la faglia che, all'interno dello sciame, ha prodotto i rigetti maggiori e/o che presenta maggiore continuità e lunghezza. Infine, sono rappresentate con identico simbolo sia faglie che hanno prodotto rigetti di una o alcune centinaia di metri, sia faglie con rigetti tra il metrico ed il decametrico: dettagli circa*

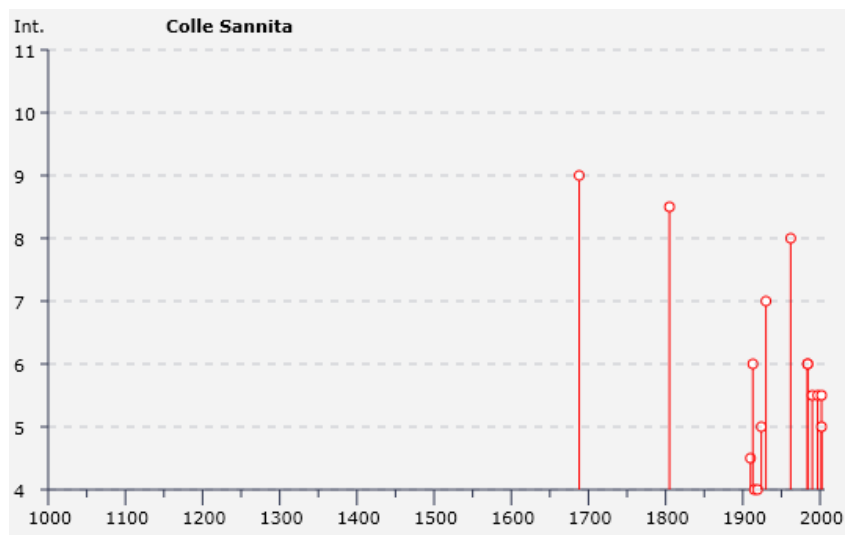
Il territorio comunale di Colle Sannita, come anche l'intera provincia di Benevento, fa parte di una vasta area mesosismica Appenninica, tettonicamente attiva. Da studi e ricerche svolte sulla distribuzione spaziale degli epicentri dei terremoti e sui meccanismi focali che li generano, avvenuti nella penisola italiana, si è messo in evidenza come essi si distribuiscono in modo semiellittico con asse maggiore orientato in direzione Appenninica ed abbiano tutti una profondità compresa nella crosta terrestre. Pertanto, l'origine dei sismi è da collegare principalmente alle faglie attive con orientazione appenninica che si concentrano nelle aree intere dell'Appennino meridionale. Il comune di Colle Sannita in epoche storiche è stato più volte colpito da eventi sismici di notevole importanza, come si può dedurre da una raccolta di dati effettuati dallo scrivente in merito alla sismicità storica dell'area in esame e delle aree limitrofe. L'importanza di tali evidenze storiche sono state espone in vari studi svolti da enti, come il servizio sismico nazionale e l'istituto di geofisica e vulcanologia, i quali hanno elaborato in varie riprese carte e metodi che potessero definire nel modo più reale possibile lo stato di

pericolosità sismica di un'area. Nelle pagine seguenti sono stati raccolti i dati relativi ai terremoti storici avvenuti in area sismicamente limitrofe.

**Storia sismica di Colle Sannita**  
**[41.364, 14.833]**

Numero di eventi: 24

| Effetti | In occasione del terremoto del: |                         |      |                |
|---------|---------------------------------|-------------------------|------|----------------|
| I[MCS]  | Data                            | Ax                      | Np   | Io Mw          |
| 9       | 1688 06 05 15:30                | Sannio                  | 216  | 11 6.98 ±0.12  |
| 8-9     | 1805 07 26 21:00                | Molise                  | 223  | 10 6.62 ±0.11  |
| 3-4     | 1905 11 26 06:48                | Irpinia                 | 136  | 7-8 5.21 ±0.13 |
| 4-5     | 1910 06 07 02:04                | Irpinia-Basilicata      | 376  | 8 5.73 ±0.09   |
| 6       | 1913 10 04 18:26                | Matese                  | 205  | 7-8 5.37 ±0.11 |
| 4       | 1915 01 13 06:52                | Avezzano                | 1041 | 11 7.00 ±0.09  |
| 4       | 1919 10 21 00:24                | Gargano                 | 28   | 5-6 5.09 ±0.26 |
| 5       | 1924 03 26 20:50                | SANNIO                  | 12   | 5 4.60 ±0.29   |
| 7       | 1930 07 23 00:08                | Irpinia                 | 547  | 10 6.62 ±0.09  |
| 8       | 1962 08 21 18:19                | Irpinia                 | 262  | 9 6.13 ±0.10   |
| NF      | 1977 07 24 09:55                | Grottaminarda           | 84   | 5-6 4.43 ±0.13 |
| 3       | 1978 02 06 05:10                | Apice                   | 90   | 5 4.39 ±0.18   |
| 6       | 1984 05 07 17:49                | Appennino abruzzese     | 912  | 8 5.89 ±0.09   |
| 6       | 1984 05 11 10:41                | Appennino abruzzese     | 342  | 5.50 ±0.09     |
| 5-6     | 1990 05 05 07:21                | Potentino               | 1374 | 5.80 ±0.09     |
| NF      | 1991 05 26 12:26                | Potentino               | 597  | 7 5.11 ±0.09   |
| NF      | 1996 04 03 13:04                | Irpinia                 | 557  | 6 4.93 ±0.09   |
| 5-6     | 1997 03 19 23:10                | Matese                  | 284  | 6 4.55 ±0.09   |
| 5-6     | 2002 11 01 15:09                | Subapp. Dauno           | 645  | 5.72 ±0.09     |
| 5       | 2002 11 12 09:27                | Subapp. Dauno           | 177  | 5-6 4.64 ±0.09 |
| NF      | 2003 06 01 15:45                | Molise                  | 516  | 5 4.50 ±0.09   |
| NF      | 2005 03 01 05:41                | Monti dei Frentani      | 137  | 5 3.97 ±0.18   |
| NF      | 2005 05 21 19:55                | Irpinia                 | 276  | 5-6 4.40 ±0.11 |
| NF      | 2006 05 29 02:20                | Promontorio del Gargano | 384  | 5-6 4.63 ±0.09 |



La regione Campania ha approvato con delibera n° 5447 del 7/11/2002 la nuova mappa del rischio sismico in cui vengono riclassificati, in chiave sismica, i vari comuni appartenenti alla regione. Il comune di Colle Sannita si trova nella ex categoria S=12, ovvero nella fascia dei comuni a medio rischio sismico. Le nuove norme tecniche hanno definito un nuovo grado di sismicità con riferimento ai valori delle accelerazioni al suolo. Alla luce della seguente Normativa sismica per gli edifici in zona sismica (NTC 2008) il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone, definite dai valori delle accelerazioni di picco del suolo, con probabilità di superamento del 10% in un tempo di ritorno di 50 anni (vedi schema sotto)

| zona | accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni<br>[a <sub>g</sub> /g] | accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)<br>[a <sub>g</sub> /g] |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | > 0,25                                                                                                  | 0,35                                                                                                               |
| 2    | 0,15-0,25                                                                                               | 0,25                                                                                                               |
| 3    | 0,05-0,15                                                                                               | 0,15                                                                                                               |
| 4    | <0,05                                                                                                   | 0,05                                                                                                               |

Il comune di Colle Sannita è classificato come Zona I (ex I° categoria). La nuova normativa, regola anche l'aspetto legato ad una eventuale amplificazione sismica dei terreni tramite la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico sulla scorta delle onde di taglio mediate nei primi 30m [ $V_{s30}=30/\sum(h_i/V_{si})$ ] o anche correlazioni con  $N_{spt}$  e  $C_u$  (Ohta e Goto, 1978). Nella tabella sotto illustrata i suoli di fondazione vengono classificati nelle seguenti categorie:

| SUOLO DI FONDAZIONE                                                                                                                                                                                                   | V <sub>S30</sub>      | N <sub>SPT</sub> - c <sub>u</sub>                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>A</b><br><i>Formazioni litoidi o suoli omogenei, molto rigidi con copertura alterata non superiore a m 5</i>                                                                                                       | > 800 m/s             | =                                                           |
| <b>B</b><br><b>Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate</b><br><i>o argille molto consistenti con spessori di diverse decine di metri e progressivo miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità</i> | > 360 m/s - < 800 m/s | N <sub>SPT</sub> > 50<br>c <sub>u</sub> > 250 kPa           |
| <b>C</b><br><b>Depositi mediamente addensati di sabbie e ghiaie</b><br><i>o argille di media consistenza</i>                                                                                                          | > 180 m/s - < 360 m/s | 15 < N <sub>SPT</sub> < 50<br>10 < c <sub>u</sub> < 250 kPa |
| <b>D</b><br><b>Depositi poco addensati o sciolti di sabbie e ghiaie</b><br><i>o argille da scarsa a media consistenza</i>                                                                                             | < 180 m/s             | N <sub>SPT</sub> < 15<br>c <sub>u</sub> < 70 kPa            |
| <b>E</b><br><i>Depositi alluvionali superficiali simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m</i>                                                                                                  | < 360 m/s             | =                                                           |
| <b>S1</b><br><i>Depositi con strato di argille/silt, di almeno m 10, a bassa consistenza ed indice Plastico elevato</i><br><b>(IP &gt; 40)</b>                                                                        | < 100 m/s             | 10 < c <sub>u</sub> < 20 kPa                                |
| <b>S2</b><br><i>Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altro terreno non classificabile tra i precedenti</i>                                                                   | =                     | =                                                           |

La sismicità di base è stata così definita:

latitudine: 41,297754 [°]

longitudine: 15,086954 [°]

Classe d'uso: III. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento

|        | ID    | Latitudine<br>[°] | Longitudine<br>[°] | Distanza<br>[m] |
|--------|-------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Sito 1 | 30767 | 41,377250         | 14,822810          | 2403,4          |
| Sito 2 | 30768 | 41,376450         | 14,889490          | 3200,2          |
| Sito 3 | 30990 | 41,326450         | 14,888410          | 6125,7          |
| Sito 4 | 30989 | 41,327260         | 14,821780          | 5747,9          |

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c<sub>u</sub>: 1

| Stato Limite               | Tr [anni] | $a_g$<br>[g] | Fo    | Tc* [s] |
|----------------------------|-----------|--------------|-------|---------|
| Operatività (SLO)          | 30        | 0,057        | 2,416 | 0,285   |
| Danno (SLD)                | 50        | 0,074        | 2,393 | 0,315   |
| Salvaguardia vita (SLV)    | 475       | 0,216        | 2,355 | 0,410   |
| Prevenzione collasso (SLC) | 975       | 0,295        | 2,345 | 0,430   |

|                                             | SLO  | SLD  | SLV  | SLC  |
|---------------------------------------------|------|------|------|------|
| <b>Ss *</b><br>Amplificazione stratigrafica | 1,50 | 1,50 | 1,40 | 1,29 |
| <b>Cc *</b><br>Coeff. funz categoria        | 1,59 | 1,54 | 1,41 | 1,39 |
| <b>St *</b><br>Amplificazione topografica   | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Coefficienti Sismici

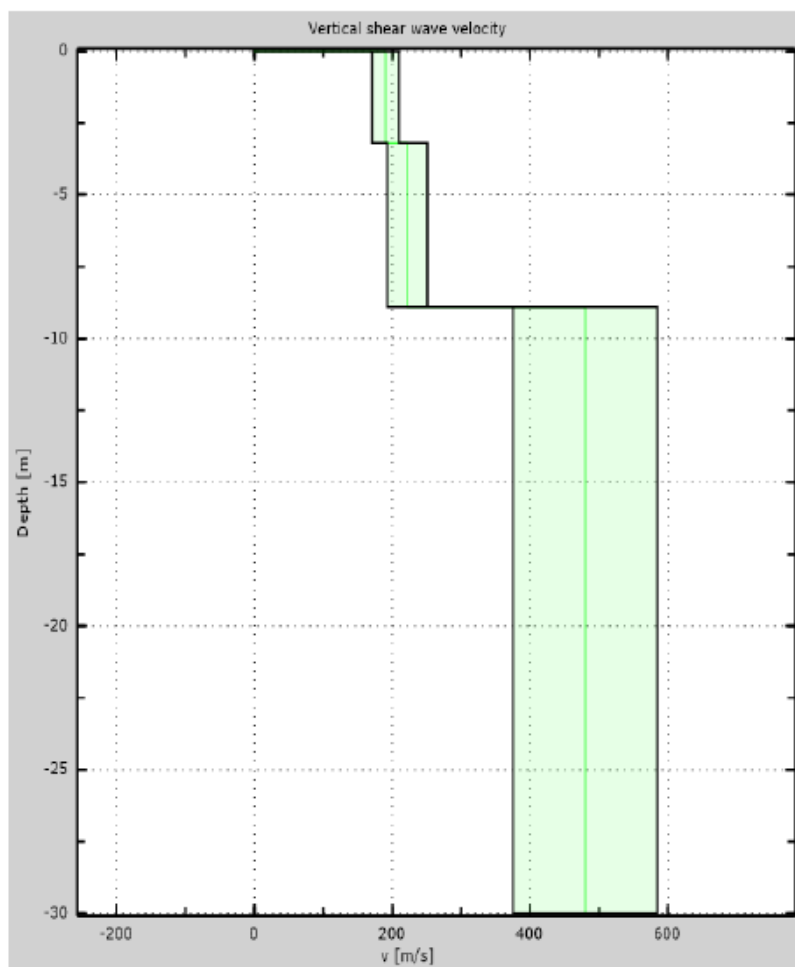
| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0,017 | 0,022 | 0,085 | 0,106 |
| kv                       | 0,009 | 0,011 | 0,042 | 0,053 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0,841 | 1,086 | 2,961 | 3,728 |
| Beta                     | 0,200 | 0,200 | 0,280 | 0,280 |

## 10. MODELLO SISMICO DI SITO

Per la stima delle caratteristiche sismiche dell'area si metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Reyleigh, che viaggiano ad una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Reyleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D, Aki, K and Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase o di gruppo apparente delle onde di Reyleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta



frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi forniscono informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Dalla prova sismica si sono ottenuti i seguenti risultati:



Valori riferiti al Piano Campagna

$$VS_{30} = 346 \text{ m/s} \pm 14 \text{ m/s}$$

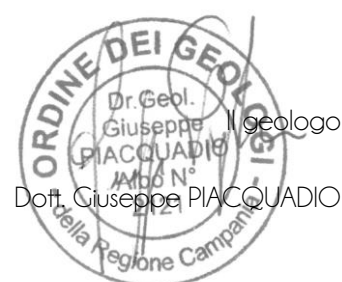
**Suolo di tipo C:** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

## 11. CONCLUSIONI E PROPOSTE OPERATIVE

Scopo della seguente relazione è stato quello di definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area d'intervento e definirne la fattibilità delle opere in progetto (pozzi drenanti, capping, muro di cinta, ed altre opere come da progetto). Nella successiva fase di progettualità esecutiva dovranno

predisporsi le dovute indagini geologiche come da § 6.2.2 delle NTC 2008, ai fini del rilascio dell'autorizzazione sismica. In particolare dall'analisi geomorfologica effettuata sul sito in esame e sulla scorta dei dati inerenti i precedenti studi si deduce che la zona di scarica è posta su un versante non interessato da movimenti franosi come confermato dalla cartografia della competente A.d.B. Liri-Garigliano e Volturno che classifica tale area in classe (C1). Alla luce degli interventi proposti nel progetto definitivo essi risultano compatibili con le caratteristiche geologiche, geotecniche, idrogeologiche del sito in esame, tenendo in ovvia considerazione le modalità innanzi esposte e la normativa sismica vigente.

Tanto dovevasi in esito al mandato



Pietrelcina, Agosto 2015

# ALLEGATI

COROGRAFIA

PLANIMETRIA AEROFOTOGRAMMETRICA

CARTA RISCHIO FRANE AdB LIRI GARIGLIANO E VOLTURNO

CARTA LITOLOGICA

CARTA DELL'USO DEL SUOLO

CARTA IDROGEOLOGICA

CARTA CLIVOMETRICA

CARTA ALTIMETRICA

PLANIMETRIA AEROFOTOGRAMMETRICA

PALANIMETRIA CATASTALE

PLANIMETRIA UBICAZIONE SONDAGGI

STRATIGRAFIE

ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO

TOMOGRFIA GEOELETTRICA

PROVA SISMICA MASW





# 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° 3

Certificato N° 1  
Profondità mt. 2,00-2,50

## CARATTERISTICHE GENERALI

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

**Località:** Colle Sannita - Località Solfatara (BN)

**Lavoro:** Attività di Caratterizzazione della discarica Comunale nel Comune di Colle Sannita

**Descrizione Visiva:** Argilla limosa

**Colore:** Marrone-beige

**Consistenza:** Ottima

**Annotazioni:** Presenza di venature bianche dovute ad alterazione

| Pocket Penetrometer: | Diametro Punta<br>cm | Lettura n°1<br>Kg | Lettura n°2<br>Kg | Lettura n°3<br>Kg | Media<br>Kg | Coesione non drenata<br>Cu (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|--------------------------------------------------|
|                      | 0,60                 | 4,20              | 4,20              | 4,00              | 4,13        | 1,97                                             |



### 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)  | 21,99 % |
| Frazione Limosa     | ( $0,002$ mm $< \Phi < 0,020$ mm)  | 37,02 % |
| Frazione Argillosa  | ( $\Phi < 0,002$ mm)               | 40,99 % |

**Descrizione Granulometrica:** Argilla con limo sabbioso

|                                                              |                        |                                        |           |
|--------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|-----------|
| Contenuto H <sub>2</sub> O Naturale (W)                      | 25,68 %                | Sostanze Organiche (S <sub>org</sub> ) | n.d. %    |
| Peso di Volume Naturale ( $\gamma_n$ )                       | 1,99 g/cm <sup>3</sup> | Limite Liquido (LL)                    | 52,77 %   |
| Peso di Volume Secco ( $\gamma_s$ )                          | 1,58 g/cm <sup>3</sup> | Limite Plastico (LP)                   | 24,70 %   |
| Peso Specifico Reale ( $\gamma_r$ )                          | 2,67 g/cm <sup>3</sup> | Indice di Plasticità (IP)              | 28,07 %   |
| Indice dei Vuoti (e)                                         | 0,685                  | Limite di Ritiro (LR)                  | 15,78 %   |
| Porosità (n)                                                 | 40,65 %                | Indice di Consistenza (IC)             | 0,965     |
| Grado di Saturazione (G <sub>s</sub> )                       | 99,92 %                | Attività Colloidale (A)                | 0,685     |
| Contenuto H <sub>2</sub> O Mater. Saturo (W <sub>sat</sub> ) | 25,70 %                | Classificazione AASHO o UNI 10008      | A7        |
| Peso di Volume Mater. Saturo ( $\gamma_{sat}$ )              | 1,99 g/cm <sup>3</sup> | Indice di Gruppo                       | $\leq 20$ |
| Carbonati (C <sub>a</sub> )                                  | n.d. %                 | Classificazione USBR                   | CH        |

**Il Direttore di Laboratorio**  
Dott. Antonio BRUNO

Caratteristiche Generali

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 - Categoria OS21 - Classifica III<sup>a</sup> - 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

Data: 12 dicembre 2007  
Campione N° 1

Sondaggio N° 3

Certificato N° 1  
Profondità mt. 2,00-2,50

## PROVE FISICHE

| determinazione peso specifico reale              |        |        |                   |
|--------------------------------------------------|--------|--------|-------------------|
| Temperatura                                      | 20     | 20     | °C                |
| Picnometro                                       | 21     | 84     | N°                |
| Peso Picnometro                                  | 81,18  | 82,72  | g                 |
| Peso Picnometro + Terra Secca                    | 92,48  | 92,46  | g                 |
| Peso Picnometro + Terra Secca + H <sub>2</sub> O | 187,41 | 188,01 | g                 |
| Peso Picnometro + H <sub>2</sub> O               | 180,32 | 181,95 | g                 |
| Peso Specifico Reale                             | 2,68   | 2,65   | g/cm <sup>3</sup> |

| determinazione pesi volume e contenuto d'acqua naturale |       |       |       |       |                   |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| Temperatura                                             | 20    | 20    | 20    | 20    | °C                |
| Recipiente                                              | 13    | 17    | 33    | 132   | N°                |
| Peso Recipiente                                         | 2,22  | 2,13  | 2,26  | 2,78  | g.                |
| Peso Recipiente + Campione Umido                        | 32,03 | 31,00 | 35,05 | 40,91 | g.                |
| Peso Recipiente + Campione Secco                        | 25,89 | 24,98 | 28,43 | 33,25 | g.                |
| Volume Campione                                         | 15,10 | 14,60 | 16,45 | 19,00 | cm <sup>3</sup>   |
| Peso Volume Naturale                                    | 1,97  | 1,98  | 1,99  | 2,01  | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso Volume Secco                                       | 1,57  | 1,57  | 1,59  | 1,60  | g/cm <sup>3</sup> |
| Contenuto H <sub>2</sub> O Naturale                     | 25,94 | 26,35 | 25,30 | 25,14 | %                 |

| 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                | $\gamma_r =$       | 2,67  | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso di Volume Naturale             | $\gamma_n =$       | 1,99  | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso di Volume Secco                | $\gamma_d =$       | 1,58  | g/cm <sup>3</sup> |
| Contenuto H <sub>2</sub> O Naturale | W =                | 25,68 | %                 |
| Indice dei Vuoti                    | e =                | 0,685 |                   |
| Porosità                            | n =                | 40,65 | %                 |
| Grado di Saturazione                | G <sub>s</sub> =   | 99,92 | %                 |
| Carbonati                           | C <sub>a</sub> =   | n.d.  | %                 |
| Sostanze Organiche                  | S <sub>org</sub> = | n.d.  | %                 |

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Antonio BRUNO

Prove Fisiche

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 - Categoria OS21 - Classifica III<sup>a</sup> - 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

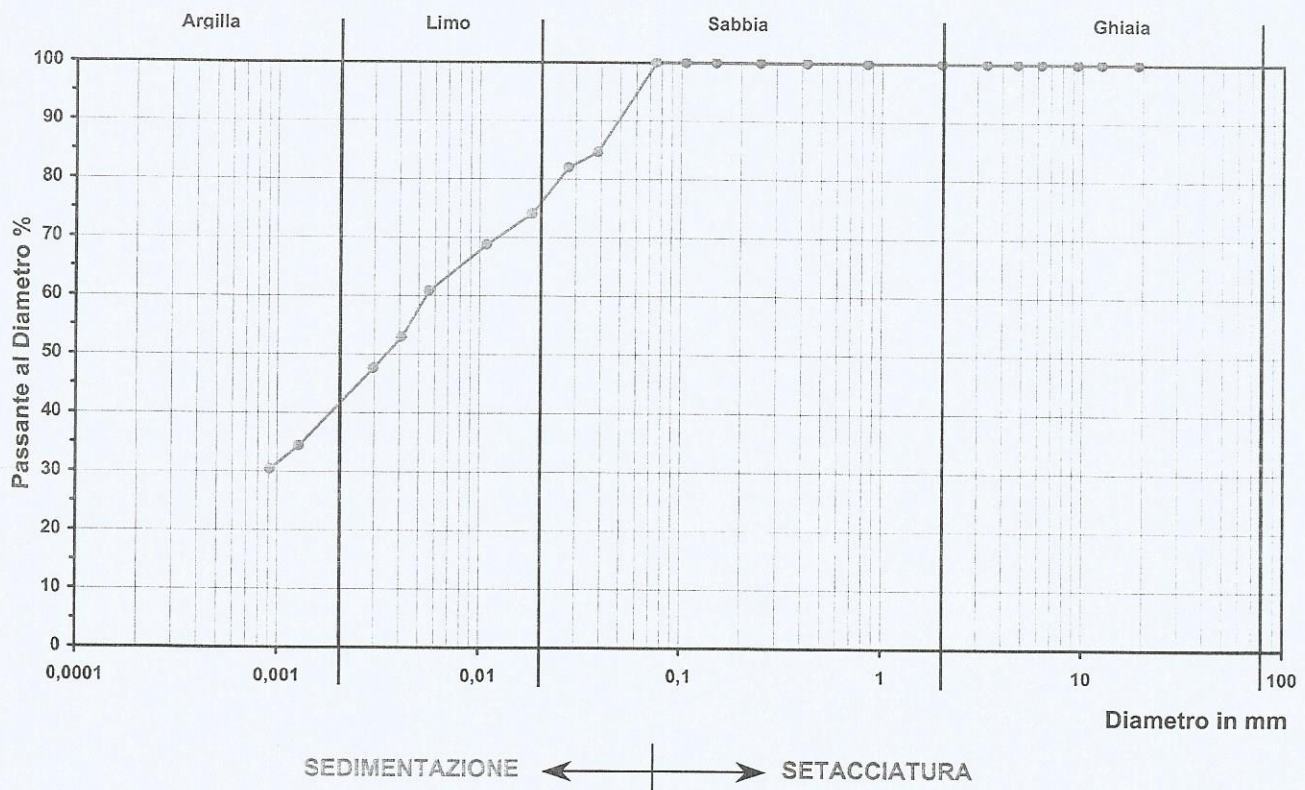
Data: 12 dicembre 2007  
Campione N° 1 Sondaggio N° 3

Certificato N° 1  
Profondità mt. 2,00-2,50

## 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     | 1,0320                | 0,0383   | 51,21                        | 84,62    | 84,62    |
| 1/2                                     | 12,500   | /                 | /                 | 100,00   | 20                                                                                                                    | 2     | 1,0310                | 0,0275   | 49,61                        | 81,98    | 81,98    |
| 3/8                                     | 9,500    | /                 | /                 | 100,00   | 20                                                                                                                    | 5     | 1,0280                | 0,0181   | 44,81                        | 74,05    | 74,05    |
| 1/4                                     | 6,300    | /                 | /                 | 100,00   | 20                                                                                                                    | 15    | 1,0260                | 0,0108   | 41,61                        | 68,76    | 68,76    |
| 4                                       | 4,750    | /                 | /                 | 100,00   | 20                                                                                                                    | 60    | 1,0230                | 0,0056   | 36,81                        | 60,82    | 60,82    |
| 6                                       | 3,350    | /                 | /                 | 100,00   | 20                                                                                                                    | 120   | 1,0200                | 0,0041   | 32,01                        | 52,89    | 52,89    |
| 10                                      | 2,000    | /                 | /                 | 100,00   | 20                                                                                                                    | 240   | 1,0180                | 0,0030   | 28,81                        | 47,60    | 47,60    |
| 20                                      | 0,850    | /                 | /                 | 100,00   | 20                                                                                                                    | 1440  | 1,0130                | 0,0013   | 20,81                        | 34,38    | 34,38    |
| 40                                      | 0,425    | /                 | /                 | 100,00   | 20                                                                                                                    | 2880  | 1,0115                | 0,0009   | 18,41                        | 30,41    | 30,41    |
| 60                                      | 0,250    | /                 | /                 | 100,00   | Peso Campione Secco g. 60,52                                                                                          |       |                       |          |                              |          |          |
| 100                                     | 0,150    | /                 | /                 | 100,00   | Passante al Setaccio N°10 = 100,00 %<br>Passante al Setaccio N°40 = 100,00 %<br>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 = 21,99 %  |          |          |
| P                                       | 0,000    | 60,52             | 100,00            | 0,00     |                                                                                                                       |       |                       |          | Frazione Limosa = 37,02 %    |          |          |
| Peso Campione Secco Totale g. 60,52     |          |                   |                   |          |                                                                                                                       |       |                       |          | Frazione Argillosa = 40,99 % |          |          |

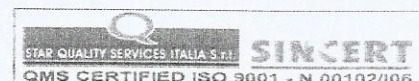
## DIAGRAMMA GRANULOMETRICO



Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Antonio BRUNO

Analisi Granulometrica

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 - Categoria OS21 - Classifica III<sup>a</sup> - 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

Data: 12 dicembre 2007  
Campione N° 1

Sondaggio N° 3

Certificato N° 1  
Profondità mt. 2,00-2,50

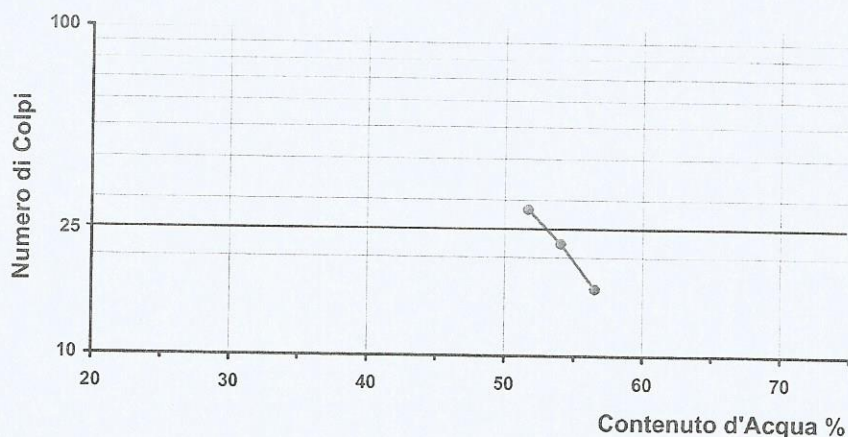
## LIMITI DI CONSISTENZA

| limite liquido |                              |          | limite plastico |                              | limite di ritiro |                                       |       |
|----------------|------------------------------|----------|-----------------|------------------------------|------------------|---------------------------------------|-------|
| Provino N°     | Contenuto H <sub>2</sub> O % | Colpi N° | Provino N°      | Contenuto H <sub>2</sub> O % | Provino N°       | Contenuto H <sub>2</sub> O % di prova | % LR  |
| 1              | 51,70                        | 28       | 1               | 24,55                        | 1                | 53,91                                 | 15,27 |
| 2              | 54,05                        | 22       | 2               | 24,86                        | 2                | 53,61                                 | 16,29 |
| 3              | 56,54                        | 16       |                 |                              |                  |                                       |       |

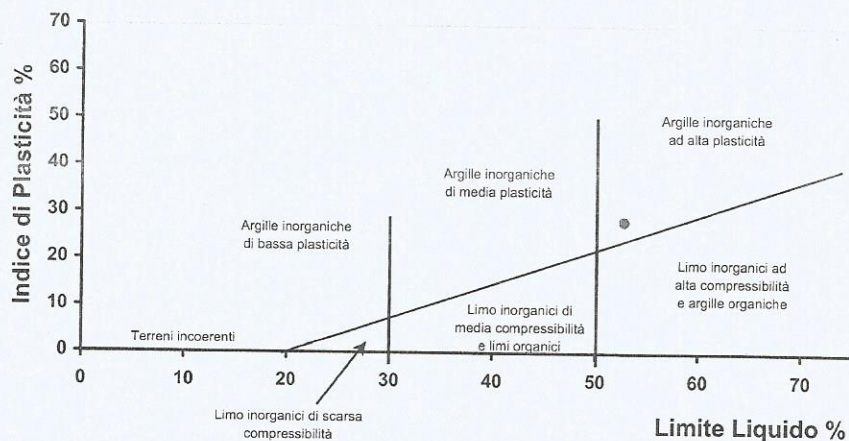
coefficiente correlazione retta = -0,99796

|                                |                              |                            |
|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| limite liquido = % 52,77       | limite plastico = % 24,70    | limite di ritiro = % 15,78 |
| indice di plasticità = % 28,07 | indice consistenza = % 0,965 | attività = % 0,685         |

## LIMITE LIQUIDO



## CARTA DI PLASTICITA'



Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Antonio BRUNO

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

Limiti di Consistenza



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

Data: 12 dicembre 2007  
Campione N° 1

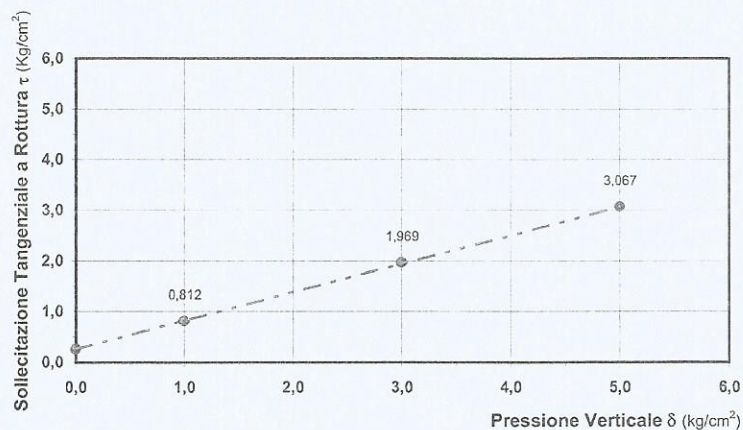
Sondaggio N° 3

Certificato N° 1  
Profondità mt. 2,00-2,50

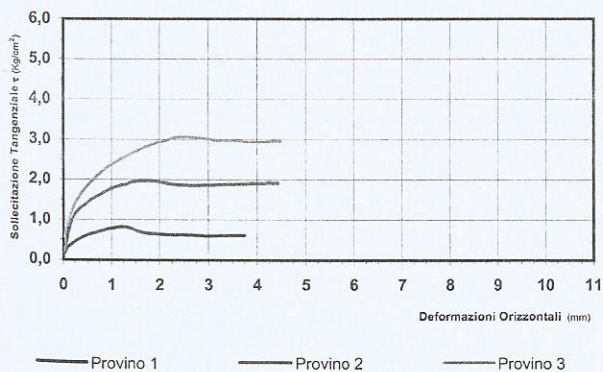
## TAGLIO DIRETTO CD

|                                        |               |                                      |                              |                                                           | CONDIZIONI A ROTTURA               |                                  |                 |                                                                |
|----------------------------------------|---------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------|
| Provino<br>N°                          | Altezza<br>cm | Sezione<br>Taglio<br>cm <sup>2</sup> | Velocità<br>Taglio<br>mm/min | Pressione<br>Verticale<br>( $\delta$ ) Kg/cm <sup>2</sup> | Tempo<br>h                         | Spostamento<br>Orizzontale<br>mm | Cedimento<br>mm | Sollecitazione<br>Tangenziale<br>( $\tau$ ) Kg/cm <sup>2</sup> |
| 1                                      | 2,00          | 36,00                                | 0,010                        | 1,000                                                     | 2,33                               | 1,230                            | 0,010           | 0,812                                                          |
| 2                                      | 2,00          | 36,00                                | 0,010                        | 3,000                                                     | 3,50                               | 1,780                            | -0,050          | 1,969                                                          |
| 3                                      | 2,00          | 36,00                                | 0,010                        | 5,000                                                     | 4,67                               | 2,540                            | -0,170          | 3,067                                                          |
| Angolo d'attrito interno = 29,41 gradi |               |                                      |                              |                                                           | Coesione = 0,26 Kg/cm <sup>2</sup> |                                  |                 |                                                                |

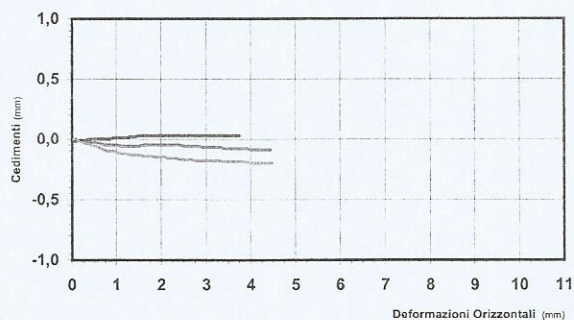
### Sollecitazione Tangenziale a Rottura - Pressione Verticale



### 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<sup>a</sup> - Scadenza 25/09/2008



Azienda con Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:01



**Data** 12 dicembre 2007  
**Campione N°** 1

### Sondaggio N° 3

**Certificato N° 1**  
**Profondita' mt. 2,00-2,50**

## ESPANSIONE LATERALE LIBERA

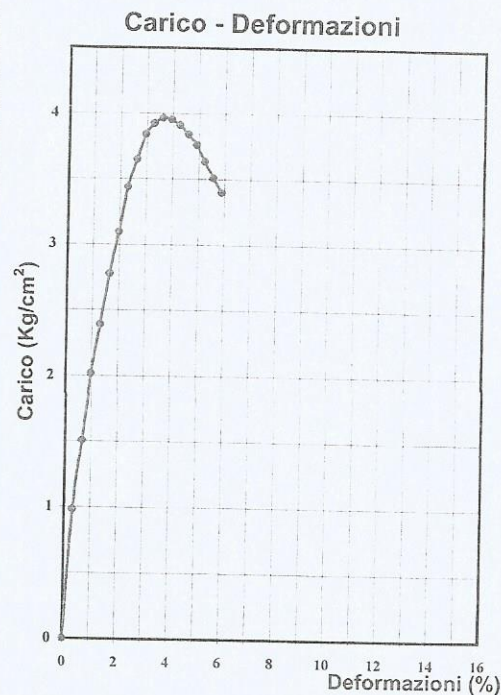
Velocità di Prova (mm/min) 0,285

**Peso Fustella (g.) 140,43**

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

P. Fust. + Camp. Umido (g.) 313,12

**Superficie di Carico (cm<sup>2</sup>) = 11,40**

[illegible]

|                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| Carico a Rottura | 3,97 Kg/cm <sup>2</sup> |
|------------------|-------------------------|

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| Deformaz. Assiale a Rottura | 3,61 % |
|-----------------------------|--------|

**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° 3

Certificato N° 1  
Profondità mt. 2,00-2,50

**PROVA EDOMETRICA**

Altezza Iniziale: 20,00 mm.  
Contenuto d'acqua: 25,68 %  
Peso di Volume: 1,99 g/cm<sup>3</sup>  
Peso Specifico reale: 2,67 g/cm<sup>3</sup>  
Peso Contenitore: 55,38 g  
Peso Contenitore + Campione Umido: 135,02 g  
Peso Vetrino: 2,83 g  
Peso Vetrino + Campione Secco: 66,23 g  
Indice dei Vuoti Iniziale: 0,685  
Grado di Saturazione: 99,91 %

| Pressione<br>Kg/cm <sup>2</sup> | Tempi<br>h | Cedimenti<br>mm | Indice dei<br>Vuoti<br>e | Compressibilità<br>Volumetrica<br>m <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /Kg | Modulo<br>Edometrico<br>M Kg/cm <sup>2</sup> | Indice<br>Compressib<br>ilità<br>Cc | Indice<br>Rigonfiame<br>nto<br>Cs |
|---------------------------------|------------|-----------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 0,125                           | 24         | -0,270          | 0,707                    |                                                                      |                                              |                                     |                                   |
| 0,250                           | 24         | -0,250          | 0,706                    | 0,00789                                                              | 126,69                                       | 0,0056                              |                                   |
| 0,375                           | 24         | -0,220          | 0,703                    | 0,01185                                                              | 84,37                                        | 0,0143                              |                                   |
| 0,750                           | 24         | -0,070          | 0,690                    | 0,01978                                                              | 50,55                                        | 0,0420                              |                                   |
| 1,500                           | 24         | 0,220           | 0,666                    | 0,01927                                                              | 51,91                                        | 0,0811                              |                                   |
| 3,000                           | 24         | 0,650           | 0,630                    | 0,01449                                                              | 69,00                                        | 0,1203                              |                                   |
| 6,000                           | 24         | 1,210           | 0,583                    | 0,00965                                                              | 103,66                                       | 0,1567                              |                                   |
| 12,500                          | 24         | 2,090           | 0,509                    | 0,00721                                                              | 138,79                                       | 0,2325                              |                                   |
| 25,000                          | 24         | 3,080           | 0,425                    | 0,00442                                                              | 226,14                                       | 0,2770                              |                                   |
| 12,500                          | 24         | 2,990           | 0,433                    |                                                                      |                                              |                                     | 0,0252                            |
| 6,000                           | 24         | 2,910           | 0,439                    |                                                                      |                                              |                                     | 0,0211                            |
| 3,000                           | 24         | 2,820           | 0,447                    |                                                                      |                                              |                                     | 0,0252                            |
| 1,500                           | 24         | 2,730           | 0,455                    |                                                                      |                                              |                                     | 0,0252                            |
| 0,750                           | 24         | 2,640           | 0,462                    |                                                                      |                                              |                                     | 0,0252                            |

Cc calcolato tra 1,500 e 25.000 Kg/cm<sup>2</sup> 0,1972

| Campo<br>Pressione<br>Kg/cm <sup>2</sup> | Coefficiente<br>Consolidazione<br>C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /sec | Coefficiente<br>Permeabilità<br>K cm/sec |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 0,75-1,50                                | 7,19E-05                                                              | 2,76E-09                                 |
| 1,50-3,00                                | 1,16E-04                                                              | 3,36E-09                                 |
| 3,00-6,00                                | 7,35E-05                                                              | 1,41E-09                                 |
| 6,00-12,50                               | 1,69E-04                                                              | 2,42E-09                                 |
| 12,50-25,00                              | 2,16E-04                                                              | 1,90E-09                                 |

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Antonio BRUNO

Prova Edometrica

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 - Categoria 0821 - Classifica III<sup>a</sup> - Scadenza 25/09/2009



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

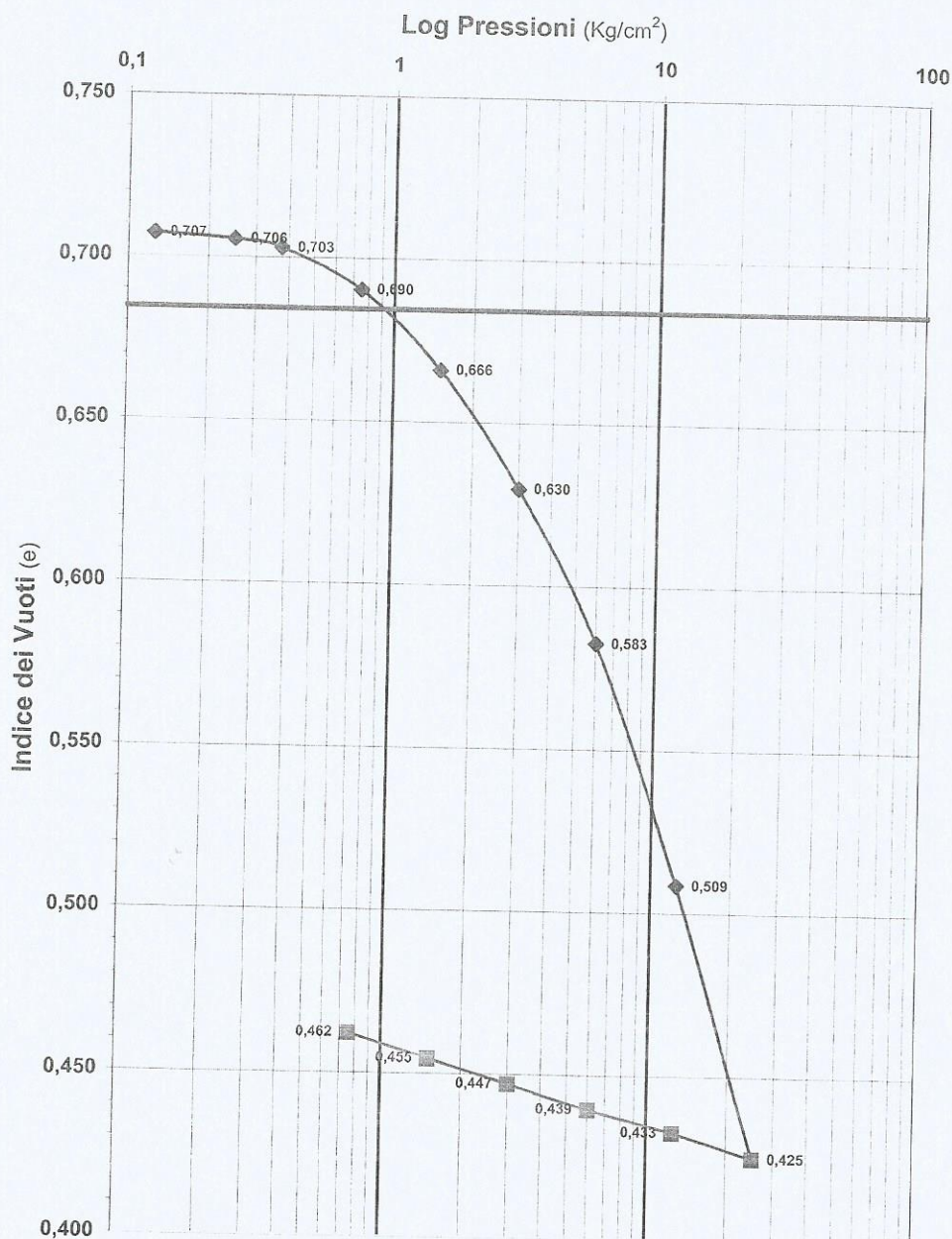
Data: 12 dicembre 2007  
Campione N° 1

Sondaggio N° 3

Certificato N° 1  
Profondità mt. 2,00-2,50

**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

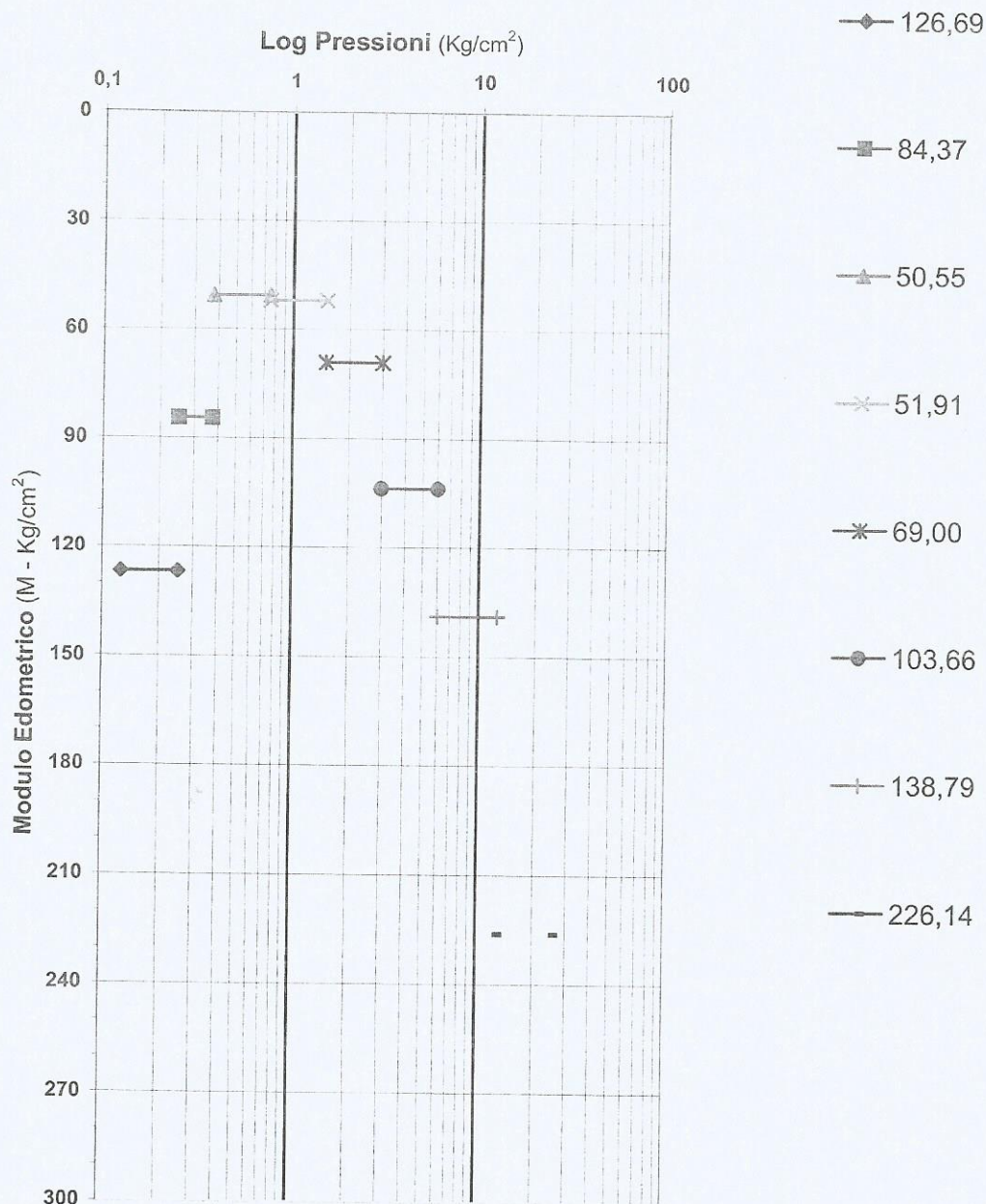
Data: 12 dicembre 2007  
Campione N° 1

Sondaggio N° 3

Certificato N° 1  
Profondità mt. 2,00-2,50

**PROVA EDOMETRICA**

**Modulo Edometrico - Log Pressioni**



Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Antonio BRUNO

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 - Categoria OS21 - Classifica III<sup>a</sup> - Scadenza 25/09/2009



Azienda con Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:00

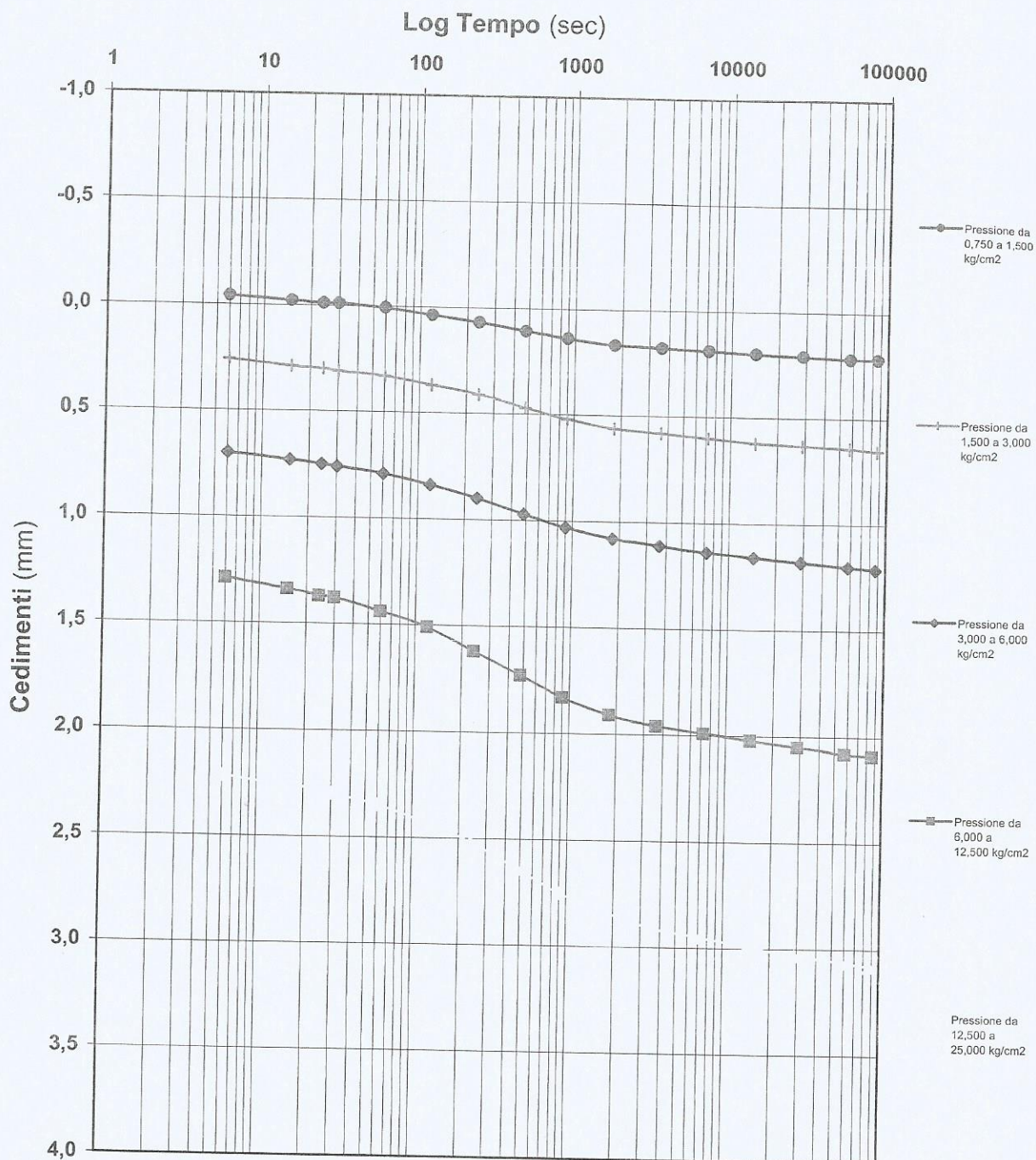




**LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE  
BRUNO S.r.L.**

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

**Cedimento - Log Tempo**



Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Antonio BRUNO

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 - Categoria OS21 - Classifica III<sup>a</sup> - Scadenza 25/09/2009

Prova Edometrica



Azienda con Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:00

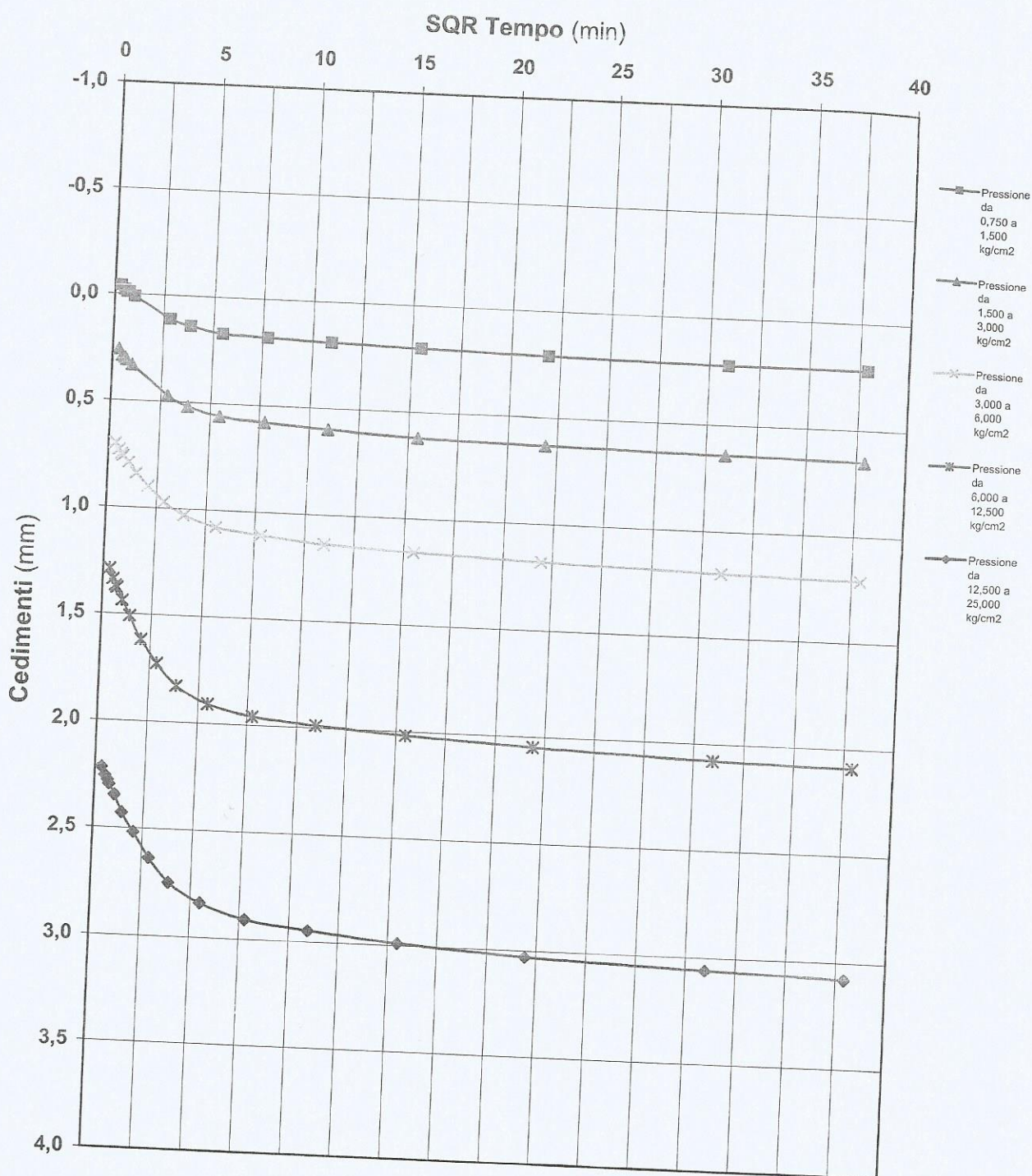




# LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE BRUNO S.r.L.

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

## Cedimento - SQR Tempo



Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Antonio BRUNO

Attestazione S.O.A. n.572/62/01 - Categoria OS21 - Classifica III<sup>a</sup> - Scadenza 25/09/2009

Prova Edometrica



Azienda con Sistema Qualità Certificato





## SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN)

cell: 346 8554913 - 340 6867752 - 347 1324351

email: [info@soilprojectsas.it](mailto:info@soilprojectsas.it)

P.I.:01515280624

**INDAGINE SISMICA**  
**TIPO:**

**Multichannel Analysis of Surfaces Waves**  
**MASW**

**OGGETTO:**

**Piano operativo ed attività di bonifica/messa in sicurezza della discarica comunale in località "Acqua Solfatara", inerente le direttive P.O.R. Campania FESR 2007-2013 - Obiettivo Operativo 1.2 "Migliorare la salubrità dell' ambiente" – Programmazione attività a) e b)".**

**PROVA:**

**MASW-1**

**LOCALITA':**

Comune di Colle Sannita  
(Bn)  
Loc. Acqua Solfatara

**COMMITTENTE:**

Comune di Colle Sannita

**DITTA:**

Comune di Colle Sannita

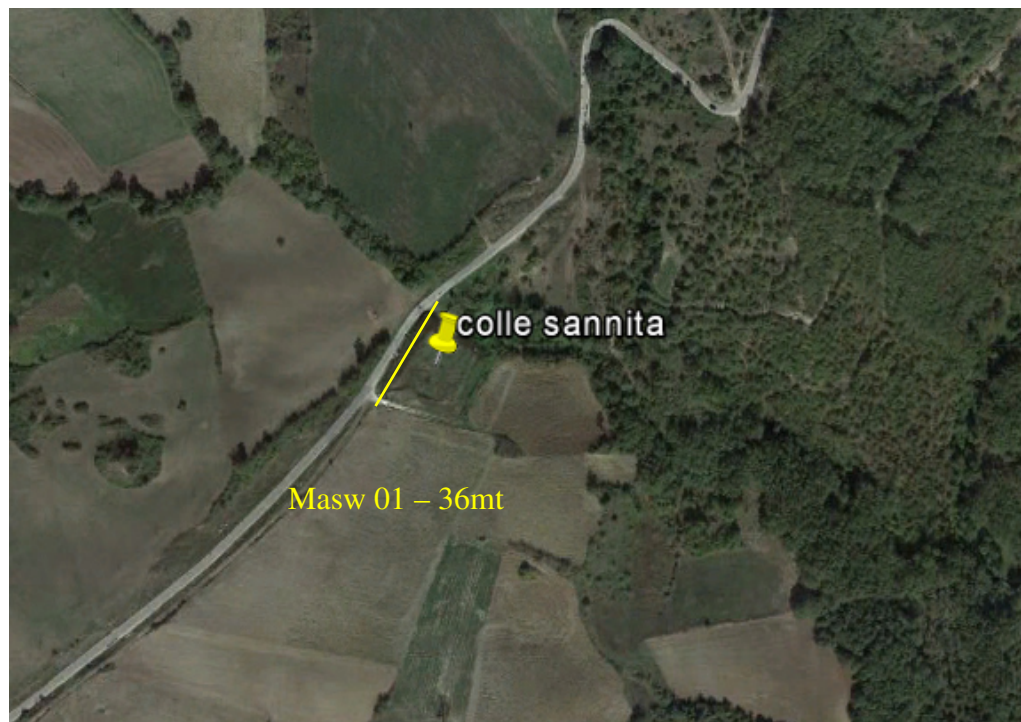
**DATA:**

06 Agosto 2014

**DIRETTORE LAVORI**  
**D'INDAGINE**

Geol. Piacquadio Giuseppe

**MAPPA**  
**UBICAZIONE**  
**INDAGINE:**



**Il Tecnico Progettista:**

**Il Direttore dei Lavori d'Indagine:**

-----

-----

## INTRODUZIONE

Le indagini geofisiche basate su misure di propagazione delle onde elastiche hanno lo scopo di definire, tramite differenti metodiche e metodologie di analisi, modelli stratigrafici del sottosuolo ad una o più dimensioni spaziali. Nello specifico le sequenze stratigrafiche così prodotte sono caratterizzate dalla variazione dei parametri geo-dinamici (sismostratigrafie) che, data la loro corrispondenza con le proprietà litologiche e litotecniche dei terreni, attribuiscono alle indagini geofisiche un efficace mezzo esplorativo del sottosuolo. Inoltre, la determinazione di sequenze sismo-stratigrafiche basate sulla velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) ottempera a quanto previsto dall'attuale normativa nazionale riguardante le costruzioni in zona sismica (OPCM 3274 e succ., NTC 2005 e succ. e DM 14 gennaio 2008).

In generale, nella sismica attiva le onde sono prodotte tramite una massa battente o scoppio in un punto sorgente (shot) e registrate da un sismografo, in punti lontani dalla sorgente, tramite rilevatori del moto al suolo (geofoni); la disposizione geometrica dei geofoni e dei punti di shot è definita come linea sismica o array lineare. La sismica passiva, invece, si differenzia per la non generazione diretta di onde ma si avvale del moto vibratorio del terreno comunque presente a causa di sorgenti naturali (moto ondoso, vento ecc.) e prodotte dall'attività antropica.

Le modalità di acquisizione variano a seconda della metodologia utilizzata e in funzione della successiva elaborazione dei dati. Tali metodologie sono caratterizzate da specifiche disposizioni della linea sismica (sia superficiale che in foro), dalla durata dell'acquisizione (finestra temporale). e dal passo di campionamento impiegato.

## STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

**Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale “ECHO 24/2010” a 24 canali** dotato di incremento automatico del segnale con algoritmo di sommatoria e consente la visione in simultanea delle tracce sismiche sullo schermo del computer. Si può, inoltre, manipolare il segnale con appositi filtri sia in ingresso che a posteriori, verificare il livello di rumori generati da sorgenti estranee

(vento, rumori naturali, mezzi meccanici, ecc.) e scegliere l'amplificazione più idonea del segnale in maniera differenziata per ogni canale.



La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario installato su laptop, tramite il quale è possibile gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtraggi delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione in tempo reale del segnale su tutti i geofoni attivi;
- visualizzazione del accelerogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma di ulteriori accelerogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è utilizzata una mazza del peso di 8 kg ed una piastra di battuta di alluminio.

**Il geofoni verticali** rivelano la variazione di velocità di oscillazione al suolo (nel caso specifico in direzione verticale) prodotta dal passaggio delle onde sismiche tramite lo spostamento relativo smorzato di una massa inerziale rispetto all'involucro esterno solidale con il terreno. Tale spostamento induce una variazione del campo elettro-magnetico che si traduce in variazione del potenziale elettrico che è la grandezza effettivamente rilevata. Il rapporto tra l'oscillazione reale del suolo e quella della massa inerziale in funzione delle frequenze del moto è definita dalla curva caratteristica del geofono; in tale curva, la frequenza caratteristica definisce il limite inferiore al di sopra del quale il rapporto di oscillazione tra il suolo e la massa inerziale è pari ad 1.

Sono stati utilizzati geofoni (GEO SPACE LT) verticali con frequenza caratteristica di 4.5 Hz e di 10 Hz.



## METODOLOGIA

### *Metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)*

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo



predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Reyleigh, che viaggiano ad una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Reyleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D, Aki, K and Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase o di gruppo apparente delle onde di Reyleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi forniscono informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo consente generalmente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenza compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW elaborato con software MASW 2007 consiste in tre fasi (Roma, 2002):

- calcolo della velocità di fase, o curva di dispersione, apparente sperimentale;
- calcolo della velocità di fase apparente numerica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di compressione  $V_p$ , la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale e la velocità di fase numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o automatica o con una combinazione delle due.

Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson  $\nu$ , la densità di massa  $\rho$  e vengono fatti variare lo spessore  $h$  e la velocità  $V_s$  degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità  $V_s$  e degli spessori  $h$ , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica (Roma, 2002; Roma, 2001; Joh, 1998) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

In genere, quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compreso tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresenta una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Sperimentatore  
SOIL PROJECT s.a.s.  
**Dott. Daniele Pipicelli**  
  
DANIELE PIPICELLI



**SOIL PROJECT s.a.s**

Viale Europa snc - Loc. Cubante  
82018 - CALVI (BN)

P.IVA: 01515280624

SETTORE GEOFISICA  
**GF**

Località:

**Comune di Colle Sannita**

Zona:

**Acqua Solfatarata**

Committente:

**Comune di Colle Sannita**

Proprietario:

**Comune di Colle Sannita**

**N. Accettazione**

Data di elaborazione:

**05/08/2015**

Data di acquisizione:

**03/08/2015**

**068/15**

## **PROSPEZIONE SISMICA - MASW - LINEA SISMICA MASW 1**

### MASW1

#### **MODALITA' DI ACQUISIZIONE**

|                              |                           |                  |
|------------------------------|---------------------------|------------------|
| Acquisitore tipo:            | Punti di camp. per canale | Ritardo (ms)     |
| <b>ECO 24 CH "AMBROGEO"</b>  | <b>13616</b>              | <b>0,00</b>      |
| Canali impiegati             | Punti di camp. Totali     | Energizzatore    |
| <b>24</b>                    | <b>326787</b>             | <b>MECCANICO</b> |
| Intervallo acquisizione (ms) | Amplificazione            | Starter          |
| <b>0,128</b>                 | <b>DIFFER. PER CANALE</b> | <b>MECCANICO</b> |
| Tempo di campionamento (ms)  | Filtro PB in acq. (Hz)    | Sommatorie       |
| <b>1000</b>                  | <b>NESSUNO</b>            | <b>NESSUNA</b>   |

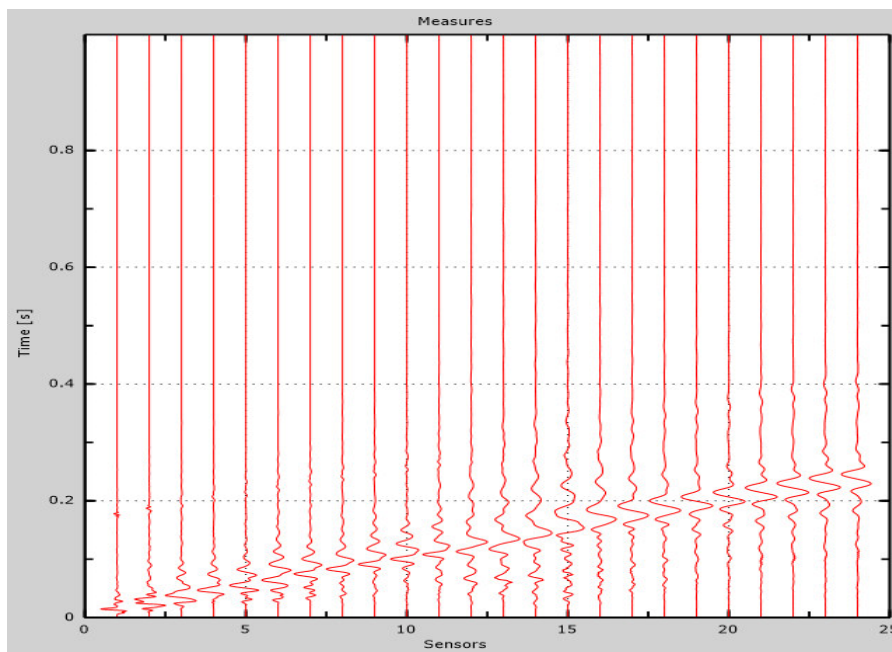
#### **CARATTERISTICHE DELLO STENDIMENTO**

|                          |
|--------------------------|
| N° Geofoni               |
| <b>24</b>                |
| Punti di energizzazione  |
| <b>2</b>                 |
| Distanza intergeof. (m)  |
| <b>1,50</b>              |
| Lungh.stendim. (m)       |
| <b>36,00</b>             |
| Lungh. linea sismica (m) |
| <b>36,00</b>             |



MASW1

## TRACCE SISMICHE RILEVATE



Intervallo di analisi      2000      ms

N. geofoni utilizzati      22

## CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE

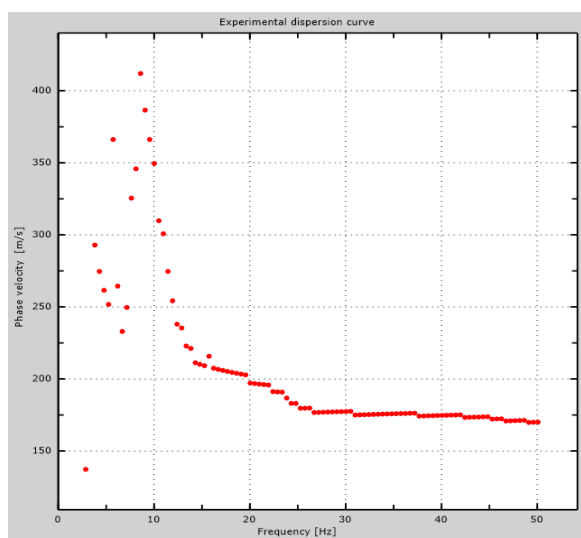
### Intervallo di frequenza considerato

Frequenza iniziale

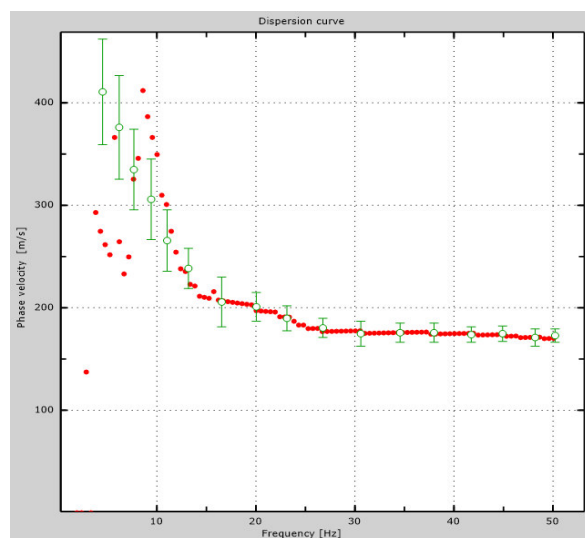
**2 Hz**

Frequenza finale

**50 Hz**



DISPERSIONE



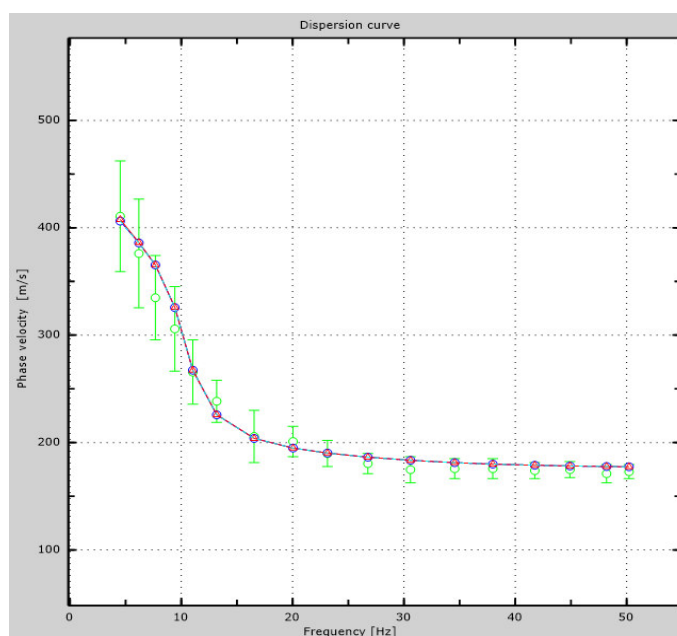
PICKING



VALORI DELLA CURVA DI DISTRIBUZIONE CONSIDERATI

| Freq. [Hz] | V. fase<br>[m/s] | V. fase min<br>[m/s] | V. fase<br>Max [m/s] | Freq. [Hz] | V. fase<br>[m/s] | V. fase min<br>[m/s] | V. fase<br>Max [m/s] |
|------------|------------------|----------------------|----------------------|------------|------------------|----------------------|----------------------|
| 4.51231    | 410.686          | 359.189              | 462.183              | 50.2138    | 172.866          | 166.311              | 179.42               |
| 6.19251    | 376.043          | 325.483              | 426.603              |            |                  |                      |                      |
| 7.67109    | 334.846          | 295.521              | 374.17               |            |                  |                      |                      |
| 9.4185     | 305.82           | 266.496              | 345.145              |            |                  |                      |                      |
| 11.0315    | 265.559          | 235.598              | 295.521              |            |                  |                      |                      |
| 13.1821    | 238.407          | 218.744              | 258.069              |            |                  |                      |                      |
| 16.5425    | 205.636          | 181.292              | 229.98               |            |                  |                      |                      |
| 20.0374    | 200.955          | 186.91               | 214.999              |            |                  |                      |                      |
| 23.1289    | 189.719          | 177.547              | 201.891              |            |                  |                      |                      |
| 26.7582    | 180.356          | 170.993              | 189.719              |            |                  |                      |                      |
| 30.589     | 174.738          | 162.566              | 186.91               |            |                  |                      |                      |
| 34.5543    | 175.674          | 166.311              | 185.037              |            |                  |                      |                      |
| 37.9819    | 175.674          | 166.311              | 185.037              |            |                  |                      |                      |
| 41.7455    | 173.802          | 166.311              | 181.292              |            |                  |                      |                      |
| 44.9043    | 174.738          | 167.248              | 182.229              |            |                  |                      |                      |
| 48.1975    | 170.993          | 162.566              | 179.42               |            |                  |                      |                      |

CONFRONTO TRA LE CURVE TEORICA E SPERIMENTALE



PROCEDURA UTILIZZATA: ☐ Automatica ☒ Semiautomatica ☐ Manuale

## MASW1

### MODELLO TEORICO

| Strati*<br>N. | Ricevitori<br>N. | Dist. Ricev.<br>(m) | Modi consid.<br>N. | Modi impiegati<br>N. | Iterazioni<br>N. | Errore<br>(%) |
|---------------|------------------|---------------------|--------------------|----------------------|------------------|---------------|
| 3             | 24               | 1,5                 | 1,00               | 1,00                 | 20               | 4             |

\* compreso il semispazio rigido

#### STRATO 1

| Spessore<br>(m) | Profondità<br>(m) | Densità<br>(Kg/m <sup>3</sup> ) | Modulo<br>Poisson | Presenza<br>falda | Valori di Ricerca<br>Vs min Vs max<br>(m/s) (m/s) |        | Vs<br>(m/s) | Vp<br>(m/s) |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------|--------|-------------|-------------|
| 3.2             | -3.2              | 1700                            | 0,30              | no                | 96,00                                             | 285,00 | 212         | 397         |

#### STRATO 2

| Spessore<br>(m) | Profondità<br>(m) | Densità<br>(Kg/m <sup>3</sup> ) | Modulo<br>Poisson | Presenza<br>falda | Valori di Ricerca<br>Vs min Vs max<br>(m/s) (m/s) |        | Vs<br>(m/s) | Vp<br>(m/s) |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------|--------|-------------|-------------|
| 5.7             | -8.9              | 1800                            | 0,30              | no                | 105,00                                            | 333,00 | 222         | 415         |

#### STRATO 3

| Spessore<br>(m) | Profondità<br>(m) | Densità<br>(Kg/m <sup>3</sup> ) | Modulo<br>Poisson | Presenza<br>falda | Valori di Ricerca<br>Vs min Vs max<br>(m/s) (m/s) |        | Vs<br>(m/s) | Vp<br>(m/s) |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------|--------|-------------|-------------|
| 0,00            | -oo               | 1950                            | 0,35              | no                | 228,00                                            | 720,00 | 480         | 999         |

#### STRATO 4

| Spessore<br>(m) | Profondità<br>(m) | Densità<br>(Kg/m <sup>3</sup> ) | Modulo<br>Poisson | Presenza<br>falda | Valori di Ricerca<br>Vs min Vs max<br>(m/s) (m/s) |  | Vs<br>(m/s) | Vp<br>(m/s) |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------|--|-------------|-------------|
|                 |                   |                                 |                   |                   |                                                   |  |             |             |

#### STRATO 5

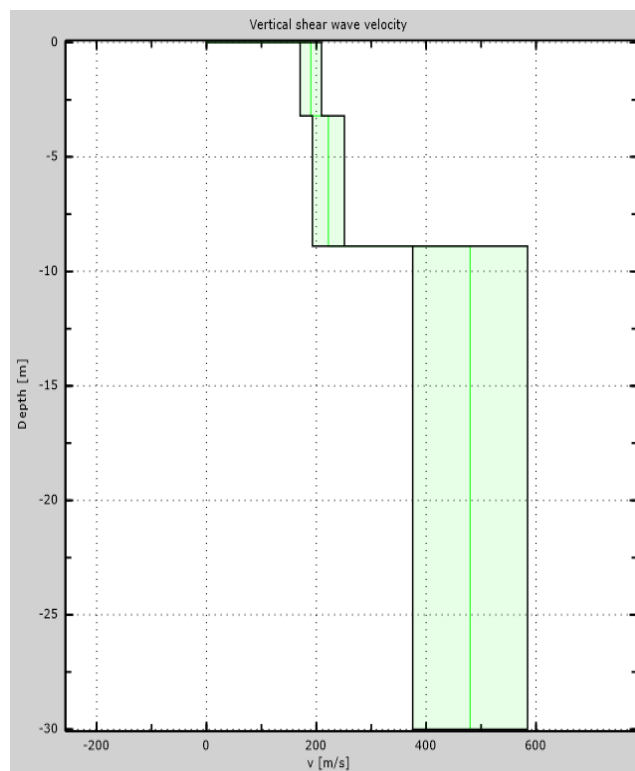
| Spessore<br>(m) | Profondità<br>(m) | Densità<br>(Kg/m <sup>3</sup> ) | Modulo<br>Poisson | Presenza<br>falda | Valori di Ricerca<br>Vs min Vs max<br>(m/s) (m/s) |  | Vs<br>(m/s) | Vp<br>(m/s) |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------|--|-------------|-------------|
|                 |                   |                                 |                   |                   |                                                   |  |             |             |

#### STRATO 6

| Spessore<br>(m) | Profondità<br>(m) | Densità<br>(Kg/m <sup>3</sup> ) | Modulo<br>Poisson | Presenza<br>falda | Valori di Ricerca<br>Vs min Vs max<br>(m/s) (m/s) |  | Vs<br>(m/s) | Vp<br>(m/s) |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------|--|-------------|-------------|
|                 |                   |                                 |                   |                   |                                                   |  |             |             |

#### STRATO 7

| Spessore<br>(m) | Profondità<br>(m) | Densità<br>(Kg/m <sup>3</sup> ) | Modulo<br>Poisson | Presenza<br>falda | Valori di Ricerca<br>Vs min Vs max<br>(m/s) (m/s) |  | Vs<br>(m/s) | Vp<br>(m/s) |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------|--|-------------|-------------|
|                 |                   |                                 |                   |                   |                                                   |  |             |             |



Valori riferiti al Piano Campagna

**VS30 = 346 m/s** +/- 14 m/s

**SOTTOSUOLO TIPO: C**

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Sperimentatore

SOIL PROJECT s.a.s.

**Dott. Daniele Pipicelli**

DANIELE PIPICELLI



## STRATIGRAFIA - Sondaggio S1

SCALA 1 : 50

---

Pagina 1/1

|                                                                  |                                        |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento: Discarica Comunale                                  | Sondaggio: N° 1                        |
| Località: C/da Acqua Solfatarata - Colle Sannita (BN)            | Quota: 727                             |
| Impresa esecutrice: Albanese Perforazioni                        | Data: 09/06/2006                       |
| Coordinate: N 4580165 E 2507458                                  | Redattore: Dr. Geologo Carmelo Cerrone |
| Perforazione: Rotazione a carotaggio continuo - aste e carotiere |                                        |

|     | ø<br>mm | R<br>v | A<br>r<br>s | Pz | metri<br>batt. | LITOLOGIA | Campioni | RP | VT | Prel. %<br>0 --- 100 | S.P.T. |        | N | RQD %<br>0 --- 100 | prof.<br>m | DESCRIZIONE |                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |
|-----|---------|--------|-------------|----|----------------|-----------|----------|----|----|----------------------|--------|--------|---|--------------------|------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|
|     |         |        |             |    |                |           |          |    |    |                      | S.P.T. | S.P.T. |   |                    |            |             |                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |
| 101 |         |        |             |    |                |           |          |    |    |                      |        |        |   |                    |            | 0.4         | Terreno di riporto e/o di copertura a prevalente componente argilloso-siltosa di colore marrone - giallastro. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |
|     |         |        |             |    |                |           |          |    |    |                      |        |        |   |                    |            |             |                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | </ |

## STRATIGRAFIA - Sondaggio S2

SCALA 1 : 50

Pagina 1/1

|                                                                  |                                        |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento: Discarica Comunale                                  | Sondaggio: N° 2                        |
| Località: C/da Acqua Solfatarà - Colle Sannita (BN)              | Quota: 709                             |
| Impresa esecutrice: Albanese Perforazioni                        | Data: 09/06/2006                       |
| Coordinate: N 4580170 E 2507522                                  | Redattore: Dr. Geologo Carmelo Cerrone |
| Perforazione: Rotazione a carotaggio continuo - Aste e carotiere |                                        |

[illegible]

## STRATIGRAFIA - Sondaggio S3

SCALA 1 : 50

---

Pagina 1/1

|                                                                  |                                        |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento: Discarica Comunale                                  | Sondaggio: N° 3                        |
| Località: C/da Acqua Solfatarata - Colle Sannita (BN)            | Quota: 720                             |
| Impresa esecutrice: Albanese Perforazioni                        | Data: 09/06/2006                       |
| Coordinate: N 4580203 E 2507505                                  | Redattore: Dr. Geologo Carmelo Cerrone |
| Perforazione: Rotazione a carotaggio continuo - aste e carotiere |                                        |

[illegible]



**Località “Acqua Solfatarà”  
Comune di COLLE SANNITA (BN)**

**INDAGINE GEOELETTRICA**

---

**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 Colle Sannita**

**DATA**

---

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

## **1. PREMESSA**

A seguito di incarico ricevuto dalla società Agrifuturo scs si è proceduto, in data 31 luglio 2007, si è proceduto ad eseguire specifiche indagini geoelettriche nel territorio comunale di COLLE SANNITA (BN) in località “Contrada Acqua Solfatara”. Il tipo di indagine scelto è stato 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                | 32               | 3.0                | 93                        | 15.4                  | 155             |
| SE2                | 40               | 3.0                | 117                       | 15.4                  | 235             |

## 2. LA STRUTTURA DI INDAGINE

Le misure geoelettriche sono state effettuate ai lati di una discarica di RSU ormai dismessa nel Comune di Colle Sannita. I due stendimenti si incrociano alla progressiva 48 m sullo stendimento SE1 e alla progressiva 81 m sullo stendimento SE2. Tale discarica, alla località Acqua Solfatara, a quota 716 s.l.m., ha una forma quadrangolare ed è costituita da una vasca artificiale realizzata ai bordi della valle di un torrente.

Nell'area di indagine affiorano argille siltose che inglobano spesso litoidi calcarei ed arenacei.

## 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 ( $\rho_a$ ):

$$\rho_a = k V / I$$

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.



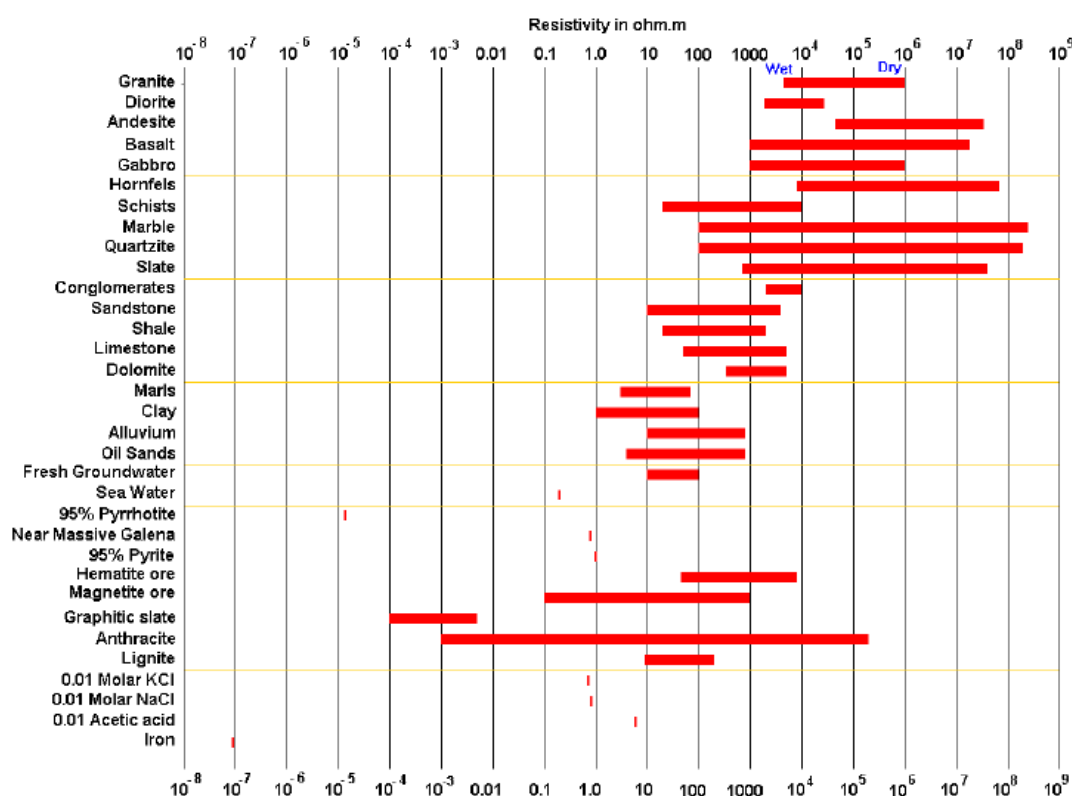


Figure 1.5. The resistivity of rocks, soils and minerals.

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.

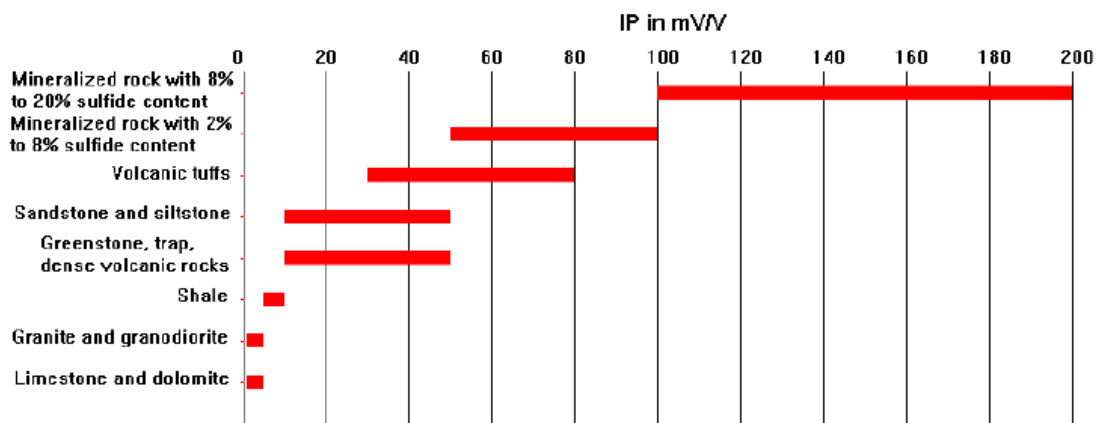


Figure 5.1. The IP values for some rocks and minerals.

#### 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  $\rho_a$  ( $\Omega \cdot m$ ) 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                | 32               | 3.0                | 93                        | 15.4                  | 155             |
| 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 3.0 m nel primo sondaggio e 1.5 nell'ultimo) 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 minimima.** 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<br>stendimento | Numero di dati<br>utilizzati per il<br>modello della<br>resistività | Numero di<br>dati utilizzati<br>per il<br>modello<br>della P.I. | Numero di<br>iterazioni | RMS (%)<br>Del mdello di<br>resistività | RMS (%)<br>Del mdello di<br>P.I | Massimo<br>spessore (m) |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| SE1                   | 136                                                                 | 136                                                             | 5                       | 4.7                                     | 3.7                             | 15.4                    |
| SE2                   | 211                                                                 | 211                                                             | 5                       | 5.3                                     | 10.8                            | 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 25%.

Dal sondaggio SE1 sono stati eliminati 19 dati e dal sondaggio SE2 44

Dall'analisi delle Tomografie Elettriche

- sono visibili 3 strati con caratteristiche fisiche diverse.
- Il primo strato con profondità variabile fra 7 e 3 m ha una distribuzione dei valori di resistività molto eterogenea e mediamente tali valori sono alti. I valori di caricabilità sono nella sezione SE1 superiori a 50 msec solo in alcune zone circoscritte, mentre nella sezione SE2 i valori superiori a 50 msec sono diffusi in tutto lo strato. I valori di caricabilità superiori a 50 msec sono un indice sicuro della presenza di materiale antropico o percolato. (in natura si trovano solo in particolari corpi geologici mineralizzati, ad esempio a solfuri complessi)
- Il secondo strato fino a 12 m di profondità ha una distribuzione dei valori di resistività abbastanza omogenea e mediamente tali valori sono bassi. I valori di caricabilità sono bassi tranne nel sondaggio SE2 dove si osservano dei pennacchi che partono dal primo strato e che sono, probabilmente, infiltrazioni di percolato.
- Il terzo strato oltre i 12 m di profondità ha una distribuzione dei valori di resistività omogenea e mediamente tali valori sono alti. Tale strato nella parte centrale ha una forma concava abbastanza pronunciata. I valori di caricabilità sono bassi tranne in una zona al centro del sondaggio SE2 che è la prosecuzione di una infiltrazione proveniente dal primo strato.

**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, all'esterno dei cavi di stoccaggio, della presenza di percolato.
- Le indagini hanno individuato un primo strato costituito da materiali grossolani e probabilmente di riporto, un secondo da argille siltose alterate e fratturate ed un terzo da terreni litoidi o argille integre sovraconsolidate. Poiché siamo all'esterno della discarica, valori alti della caricabilità possono essere attribuiti alla presenza di percolato. Nel sondaggio SE1 valori alti di caricabilità non corrispondono a valori bassi di resistività per cui il percolato è assorbito dalla matrice limosa dei materiali più grossolani. Nel sondaggio SE2, invece, valori alti di caricabilità corrispondono a valori bassi di resistività per cui siamo in presenza di percolato che filtra dalla discarica nello strato più superficiale e, da questo, attraverso delle fratture giunge in profondità.
- 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 (per i terreni in esame > 50 msec). Queste sono osservabili soprattutto nel sondaggio SE2 a valle della discarica.
- I rifiuti producono ancora percolato che filtrano all'esterno della discarica dal lato del sondaggio SE2.
- Non si è rilevata la presenza di una falda al di sotto della discarica (zona a bassa resistività) almeno fino alla profondità indagata.

Paolisi., li 26/09/2007

**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 –Modello di resistività e P.I. con correzione topografica

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

## **ALLEGATO 1**

---

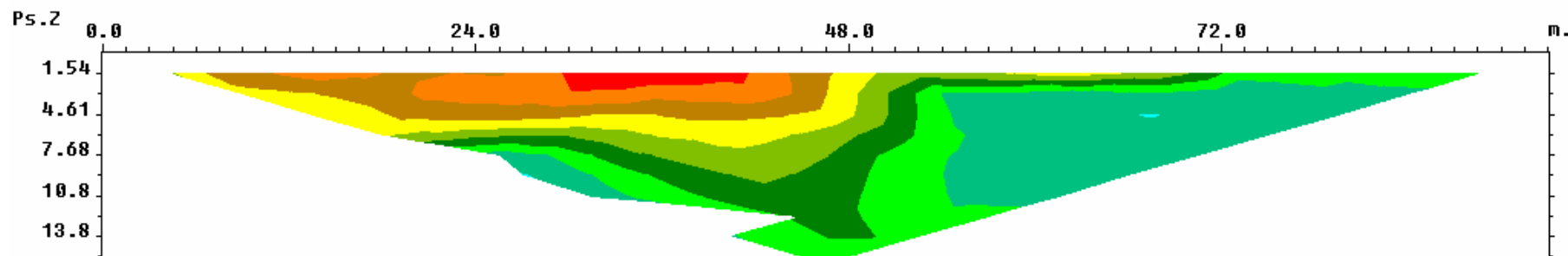
### **PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI**

## **ALLEGATO 2**

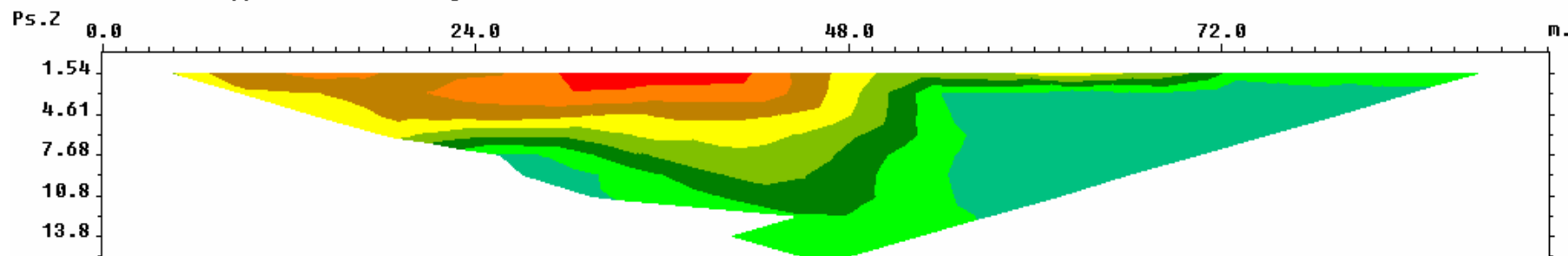
---

### **RESTITUZIONE GRAFICA DATI SPERIMENTALI, TEORICI E MODELLO RESISTIVITA'**

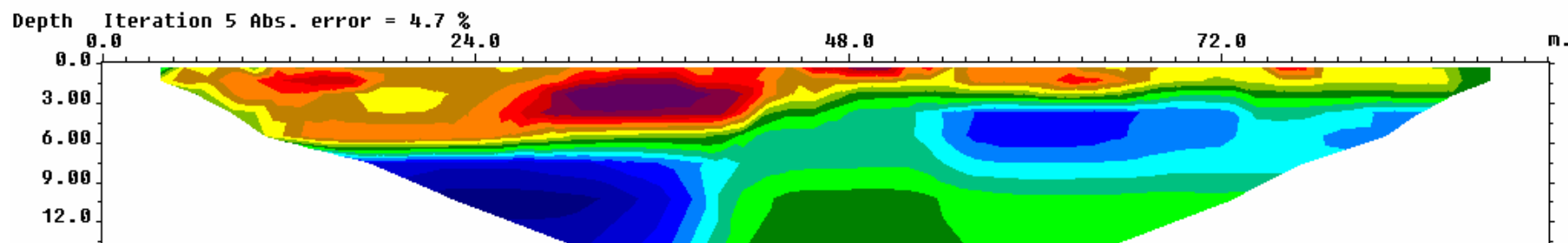
Colle Sannita - SE 01



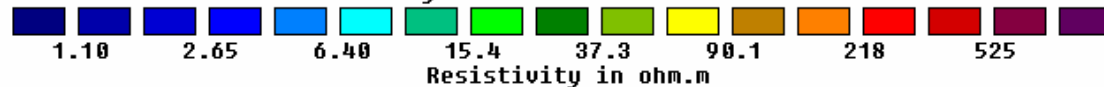
Measured Apparent Resistivity Pseudosection



Calculated Apparent Resistivity Pseudosection



Inverse Model Resistivity Section



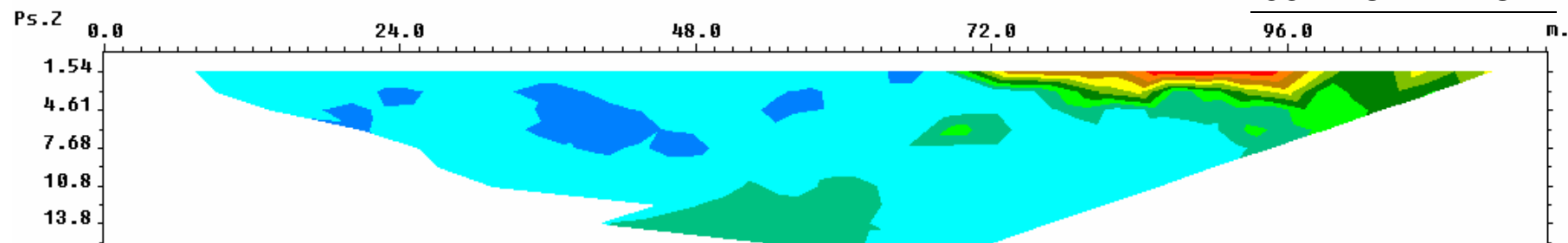
Unit electrode spacing 1.50 m.



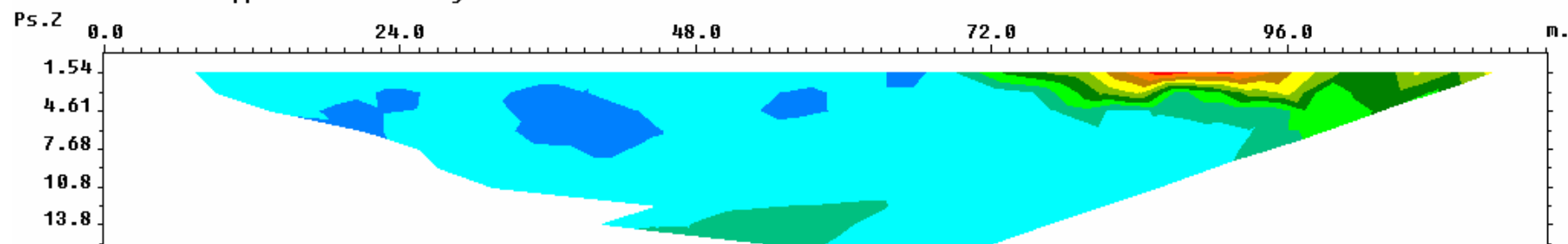


Colle Sannita - SE 02

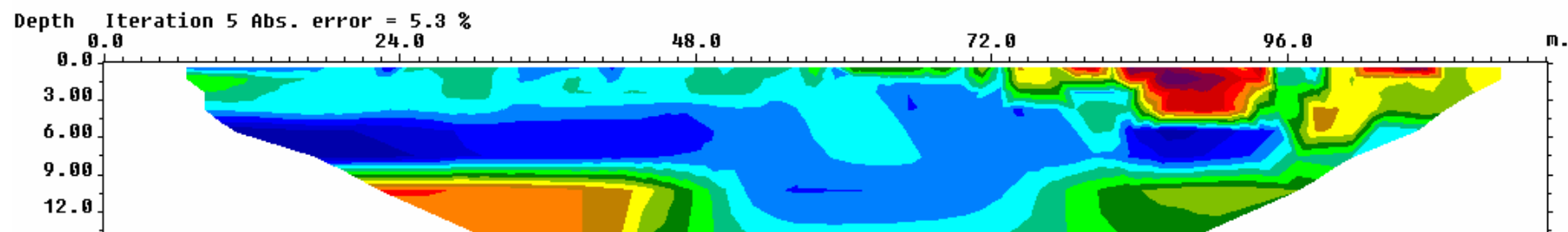
**COLLE SANNITA SE2**



Measured Apparent Resistivity Pseudosection



Calculated Apparent Resistivity Pseudosection



Inverse Model Resistivity Section



Resistivity in ohm.m

Unit electrode spacing 1.50 m.



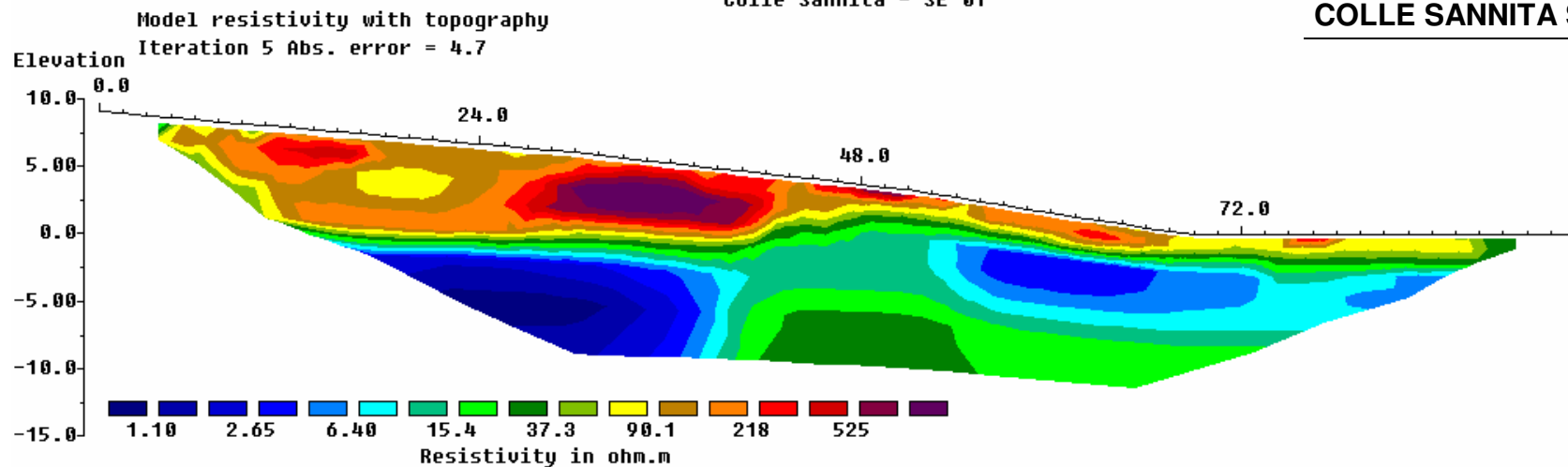
## **ALLEGATO 3**

---

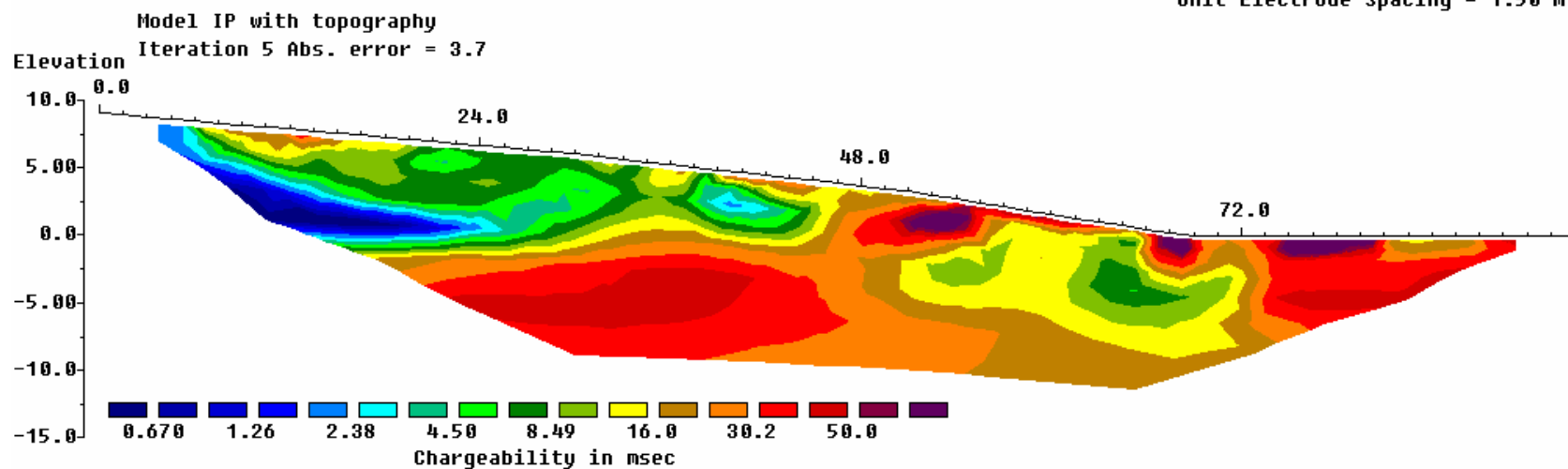
### **MODELLO DI RESISTIVITA' E P.I CON CORREZIONE TOPOGRAFICA.**

Colle Sannita - SE 01

**COLLE SANNITA SE1**



Unit Electrode Spacing = 1.50 m.

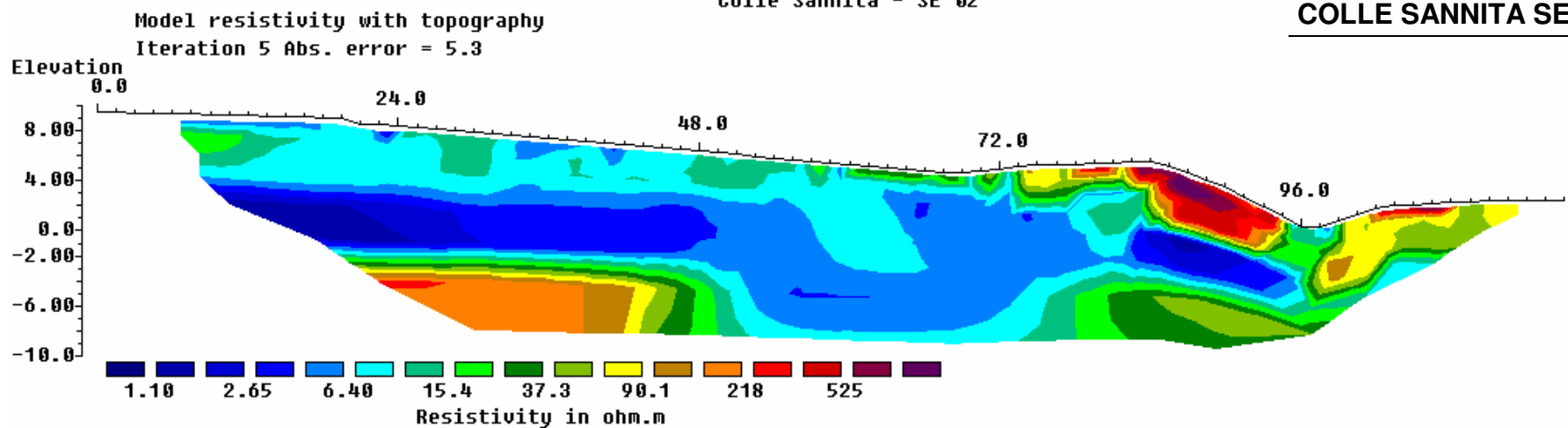


Unit Electrode Spacing = 1.50 m.

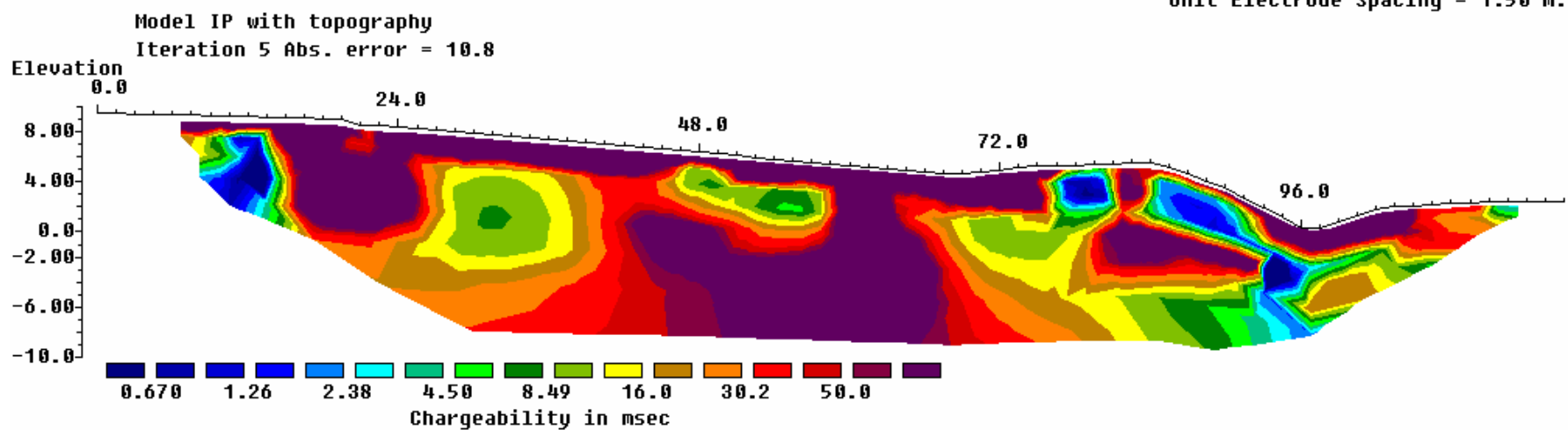
Horizontal scale is 15.21 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 0.85  
First electrode is located at 0.0 m.

Colle Sannita - SE 02

**COLLE SANNITA SE2**



Unit Electrode Spacing = 1.50 m.



Unit Electrode Spacing = 1.50 m.

Horizontal scale is 12.09 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 117.0 m.

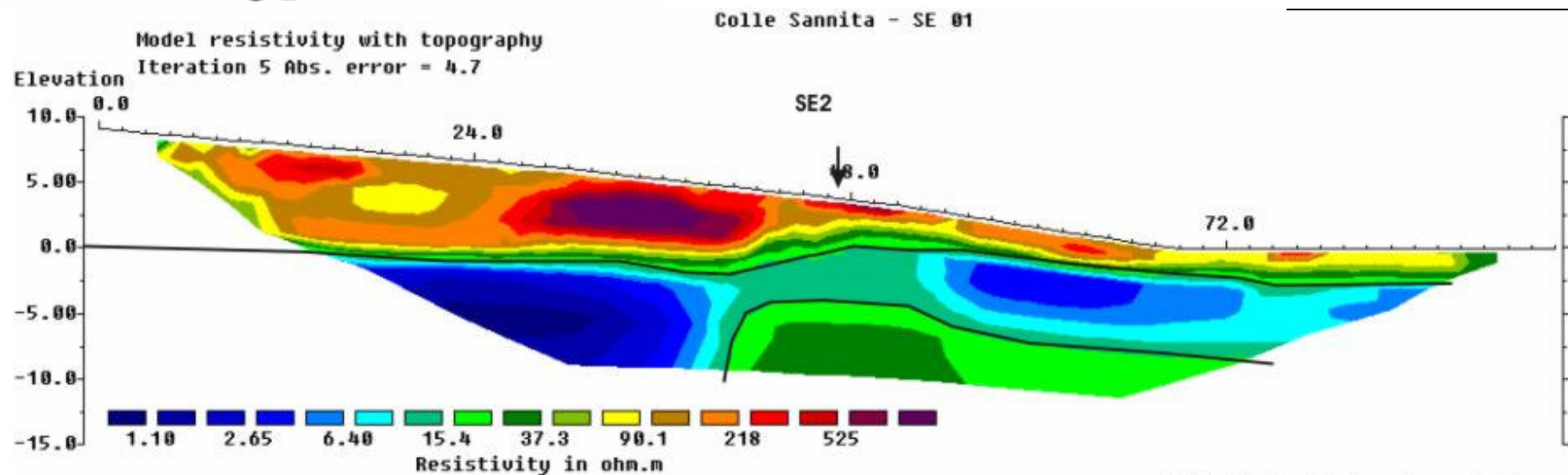




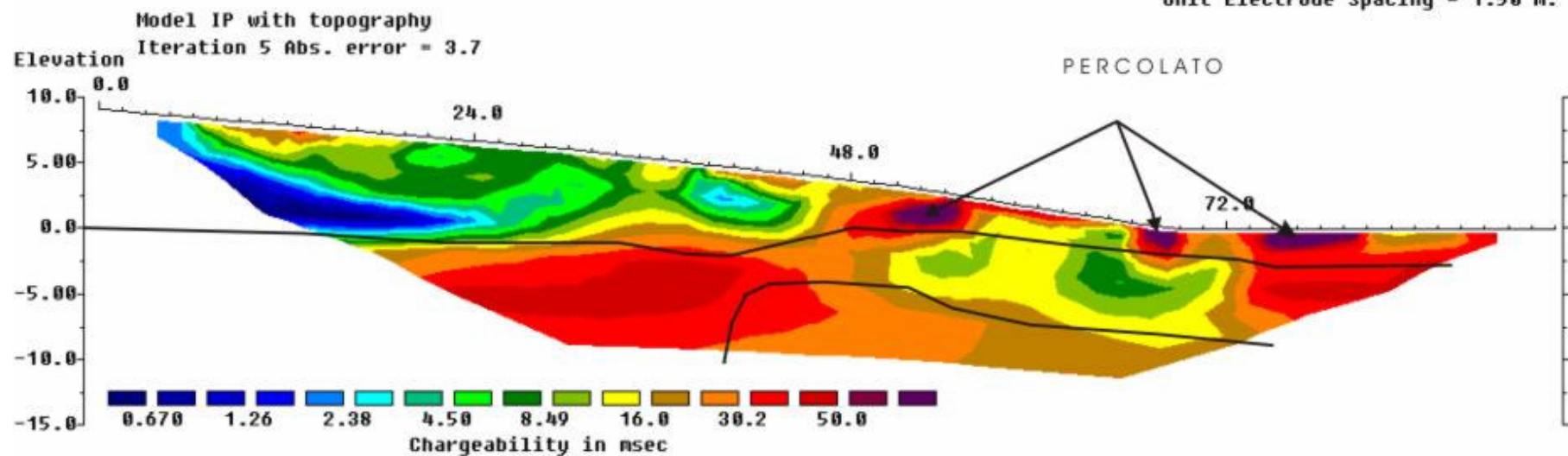
## **ALLEGATO 4**

---

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

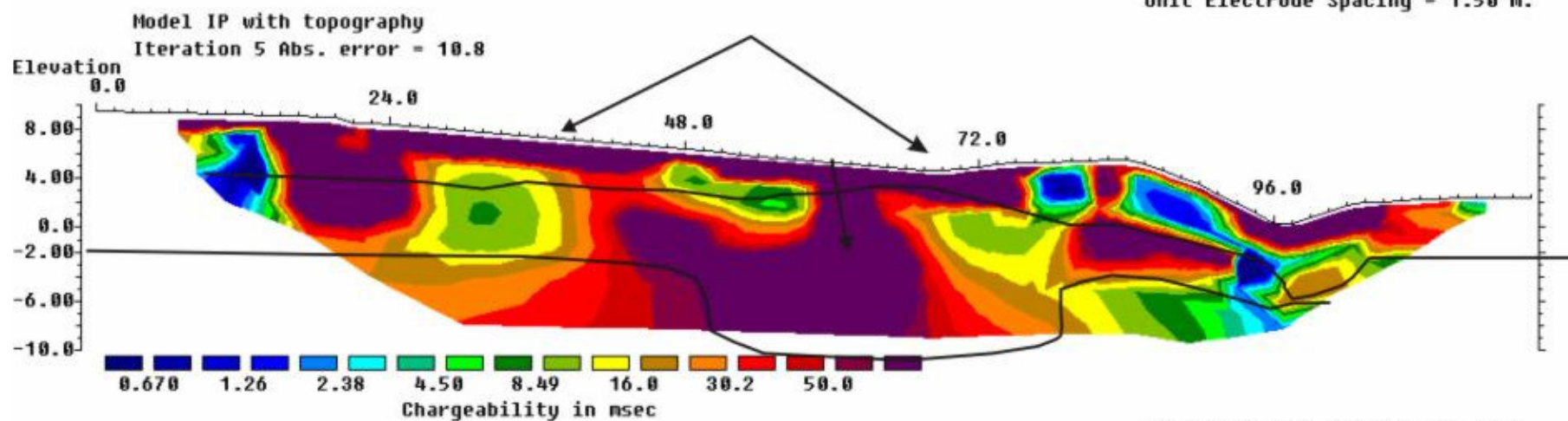
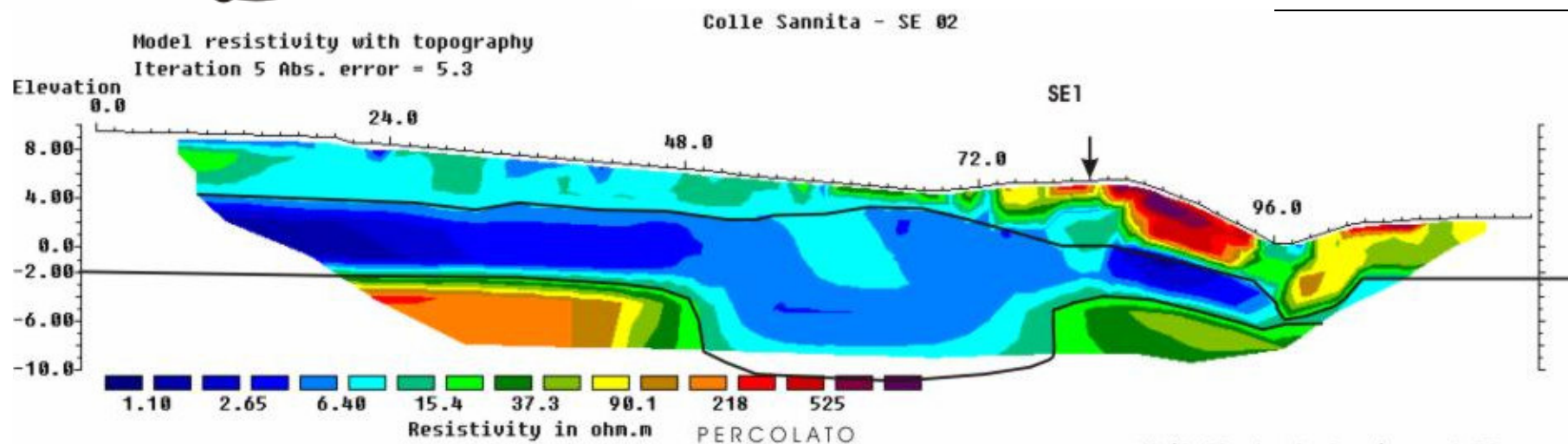


Unit Electrode Spacing = 1.50 m.



Unit Electrode Spacing = 1.50 m.

Horizontal scale is 15.21 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 0.85  
First electrode is located at 0.0 m.



Horizontal scale is 12.09 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 117.0 m.



Carta topografica d'Italia dell' Istituto Geografico  
Militare Italiano

Foglio N°162 II SE

Stralcio cartografico  
Scala 1:25.000

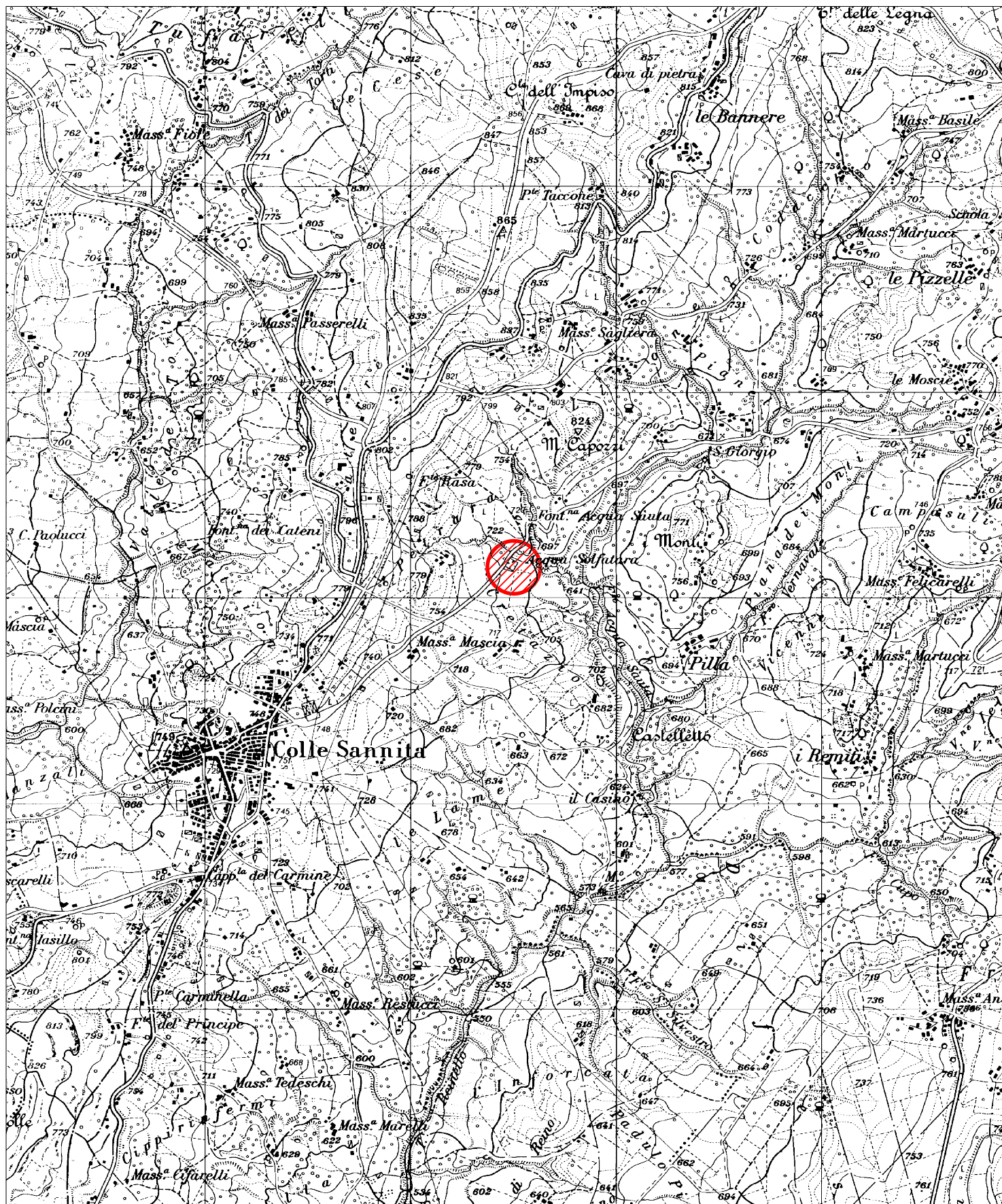


COMUNE DI COLLE SANNITA (BN)

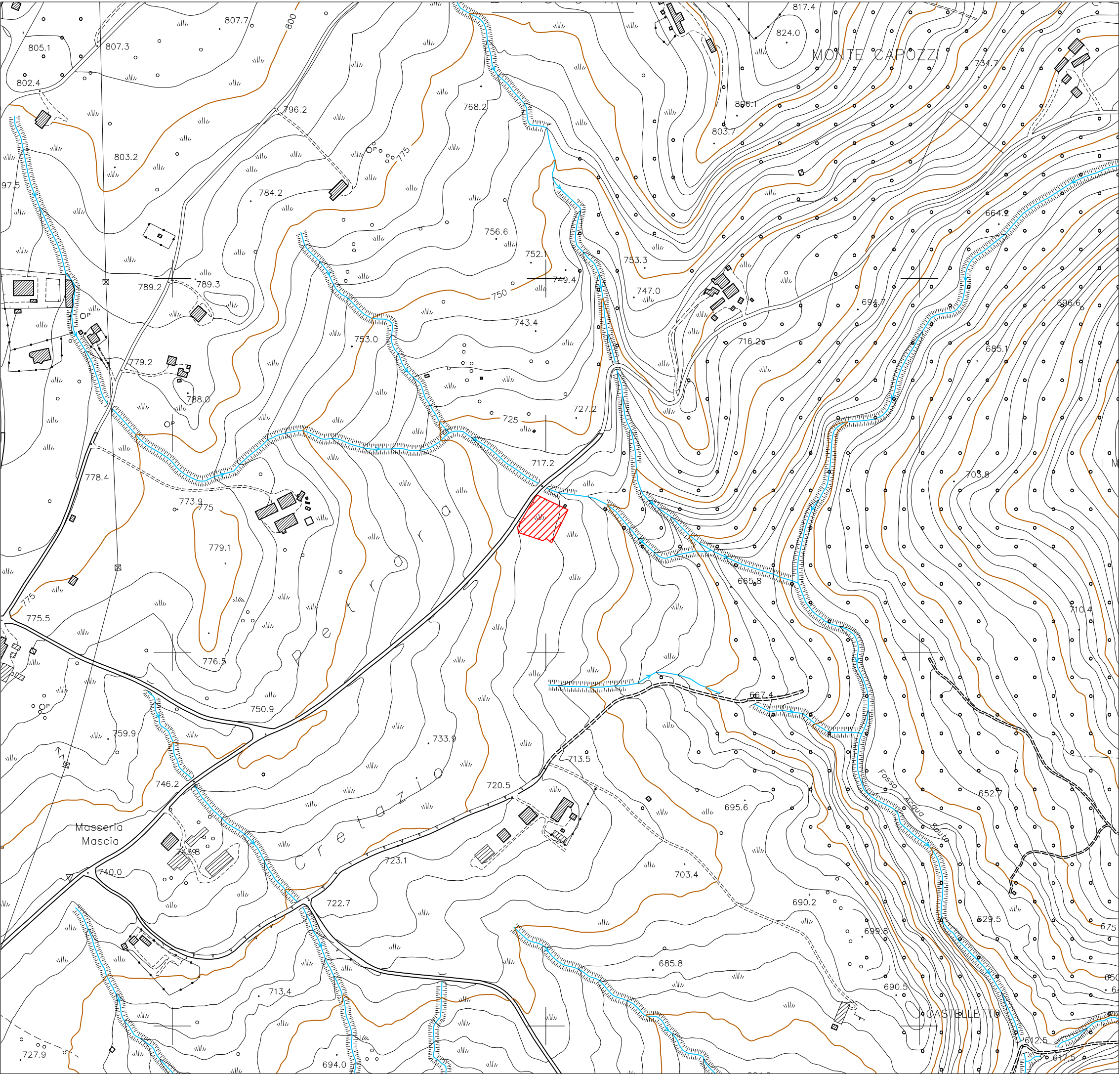
P.O.R. Campania 2007-2013 - Misura 3.1



Ubicazione dell' area di intervento





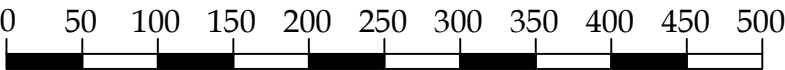


LEGENDA

Ubicazione della Discarica  
Codice: 2025C001



Scala 1:5.000





# LEGENDA

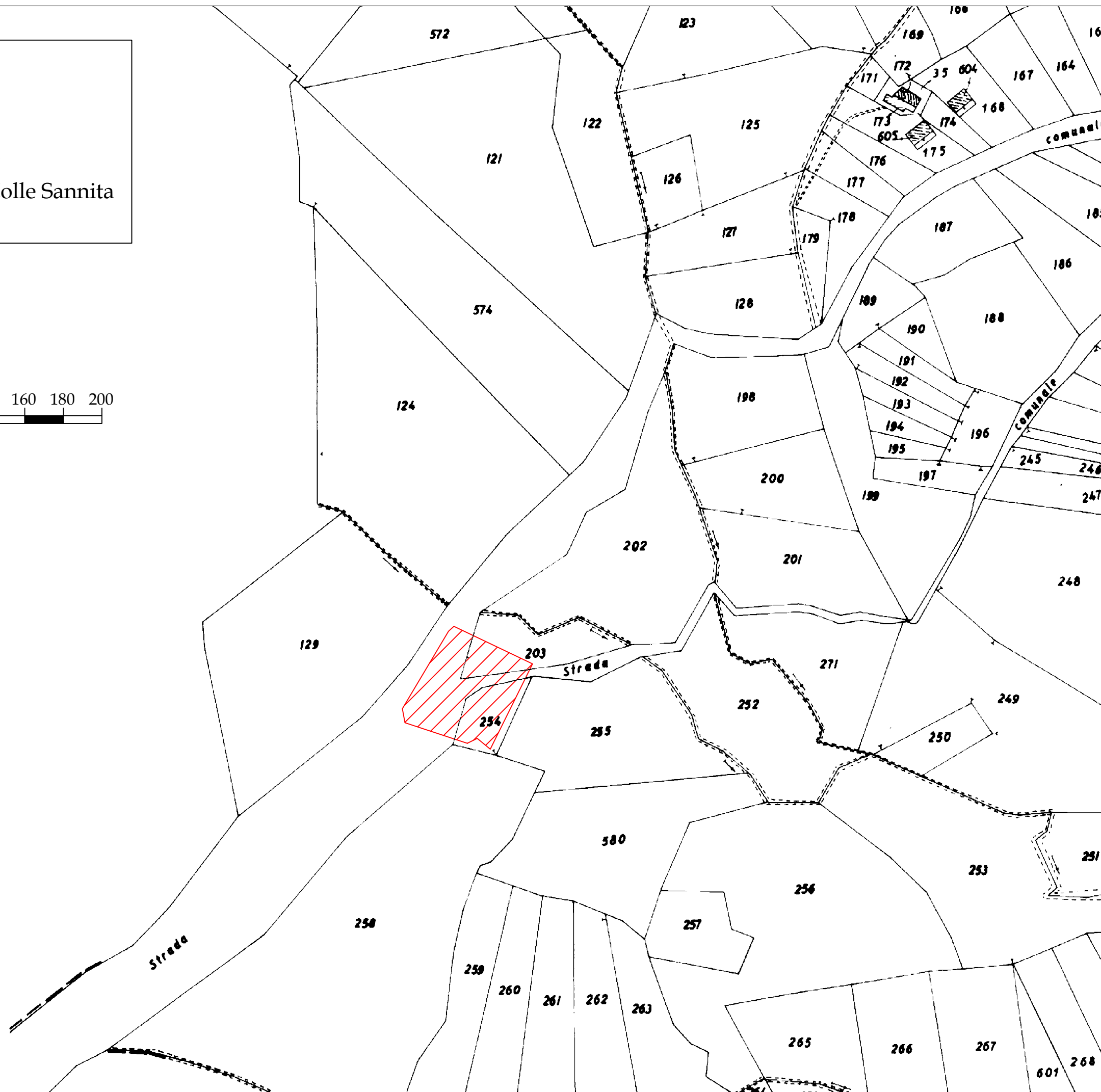
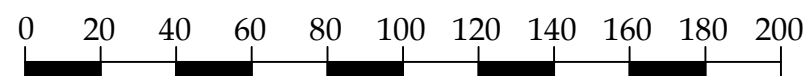


Ubicazione della Discarica

Foglio n°27 - Comune di Colle Sannita



Scala 1:2.000





Carta topografica d'Italia dell' Istituto Geografico  
Militare Italiano

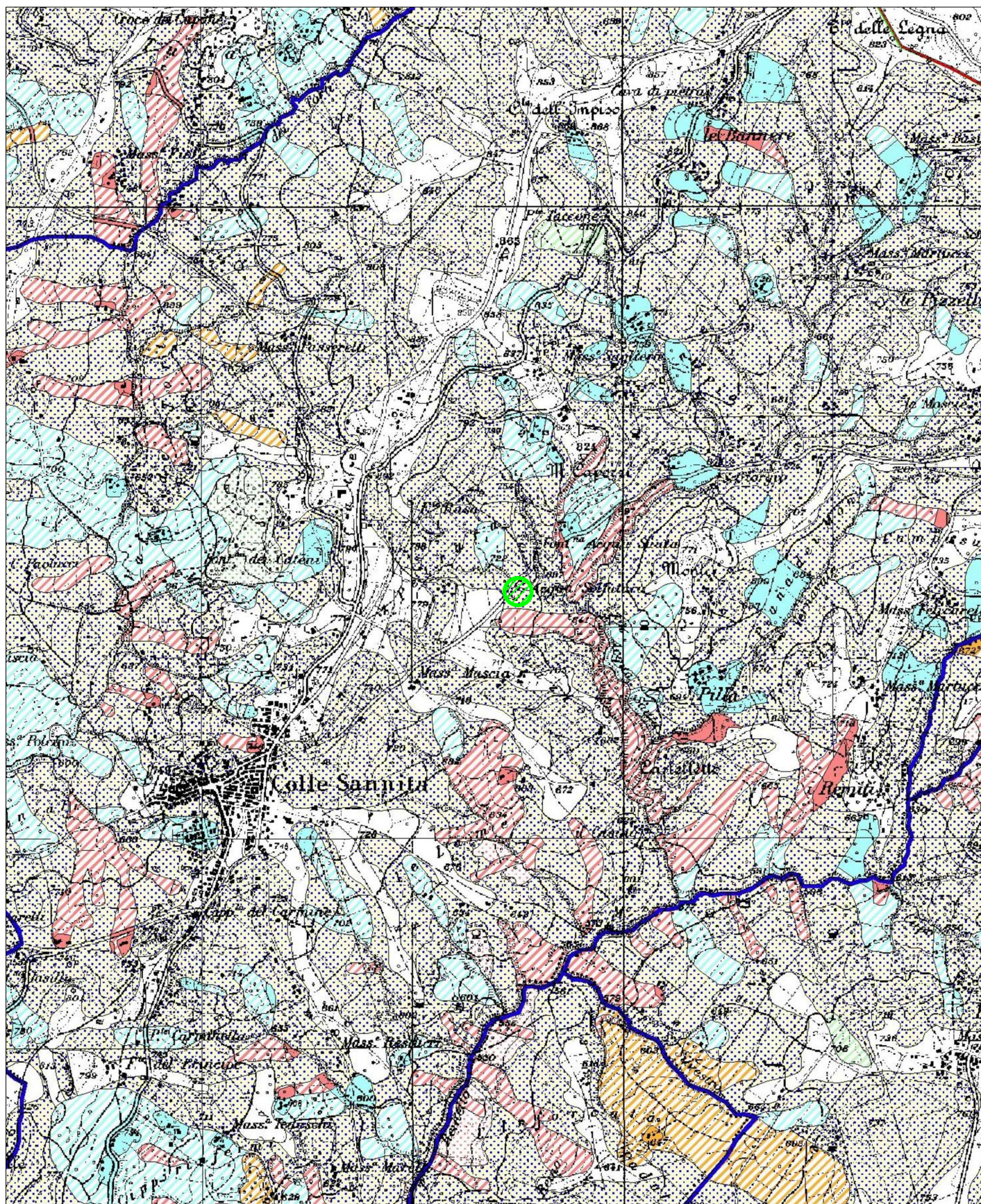
Foglio N°162 II S.E.

Stralcio cartografico  
Scala 1:25.000

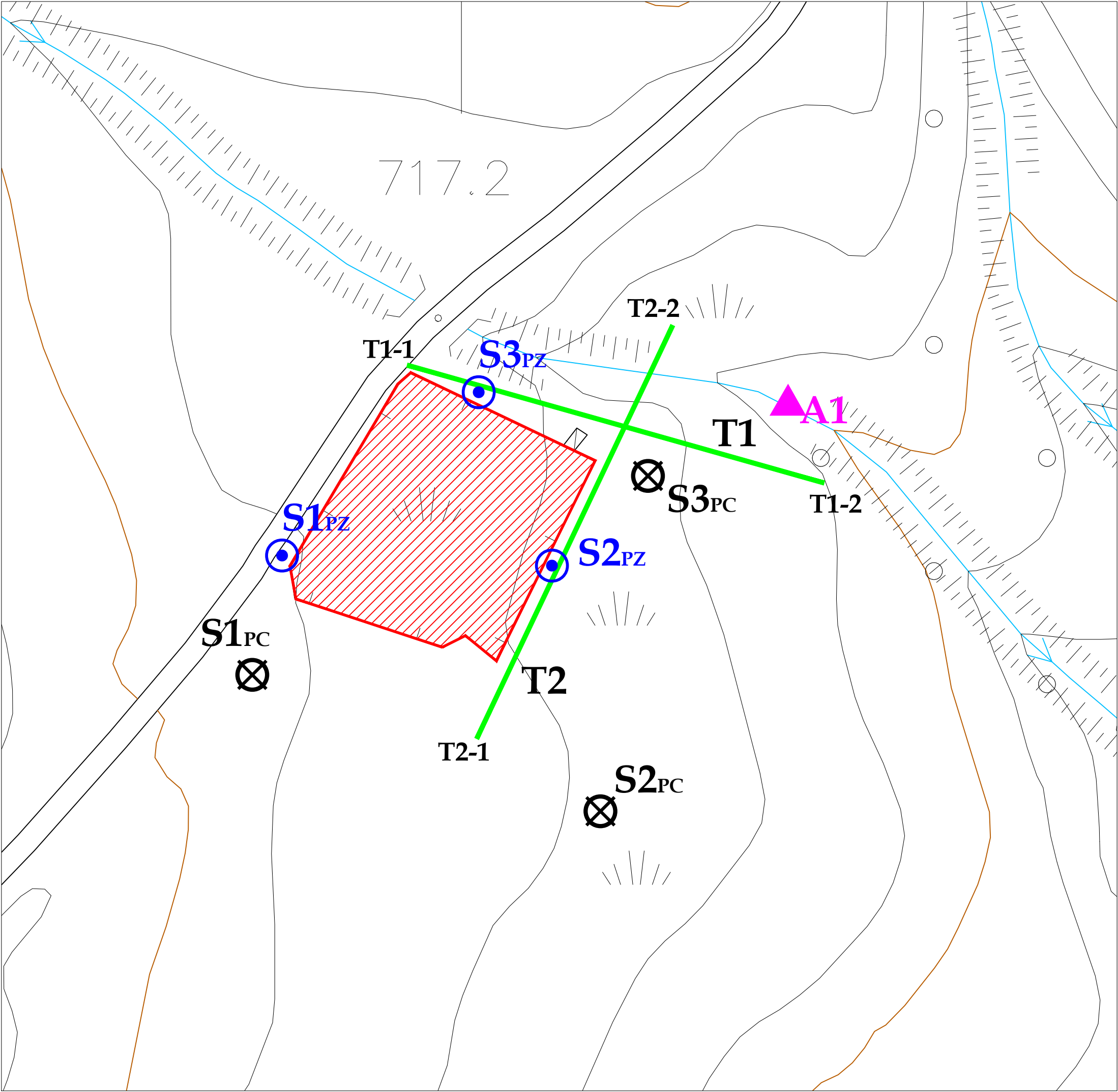
## Comune di Colle Sannita (BN)



Ubicazione dell' area di intervento







Planimetria dei punti di indagi  
relativi alla fase di investigazi  
preliminare  
e di carratterizzazione  
sito-specifica

|                                   |                          |           |           |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
| Sondaggi:                         | <b>S1<sub>PZ</sub></b> : | E 2507458 | N 4580165 |
|                                   | <b>S2<sub>PZ</sub></b> : | E 2507522 | N 4580170 |
|                                   | <b>S3<sub>PZ</sub></b> : | E 2507505 | N 4580203 |
|                                   | <b>S1<sub>PC</sub></b> : | E 2507451 | N 4580152 |
|                                   | <b>S2<sub>PC</sub></b> : | E 2507529 | N 4580138 |
|                                   | <b>S3<sub>PC</sub></b> : | E 2507544 | N 4580190 |
| Campionamento acque superficiali: |                          |           |           |
|                                   | <b>A1</b> :              | E 2507572 | N 4580203 |

- Ubicazione della Discarica  
Codice: 2025C001  
Località Solfatara
- S n° PZ
- S n° PC
- A n°
- T n°
- Sondaggio geognostico realizzato per le indagini preliminari.
- Sondaggio geognostico realizzato per le indagini di caratterizzazione.
- Punto di campionamento delle acque superficiali effettuato per le indagini di caratterizzazione
- Stendimento per tomografia geoelettrica







Foto D



Foto E





Foto F



Foto G



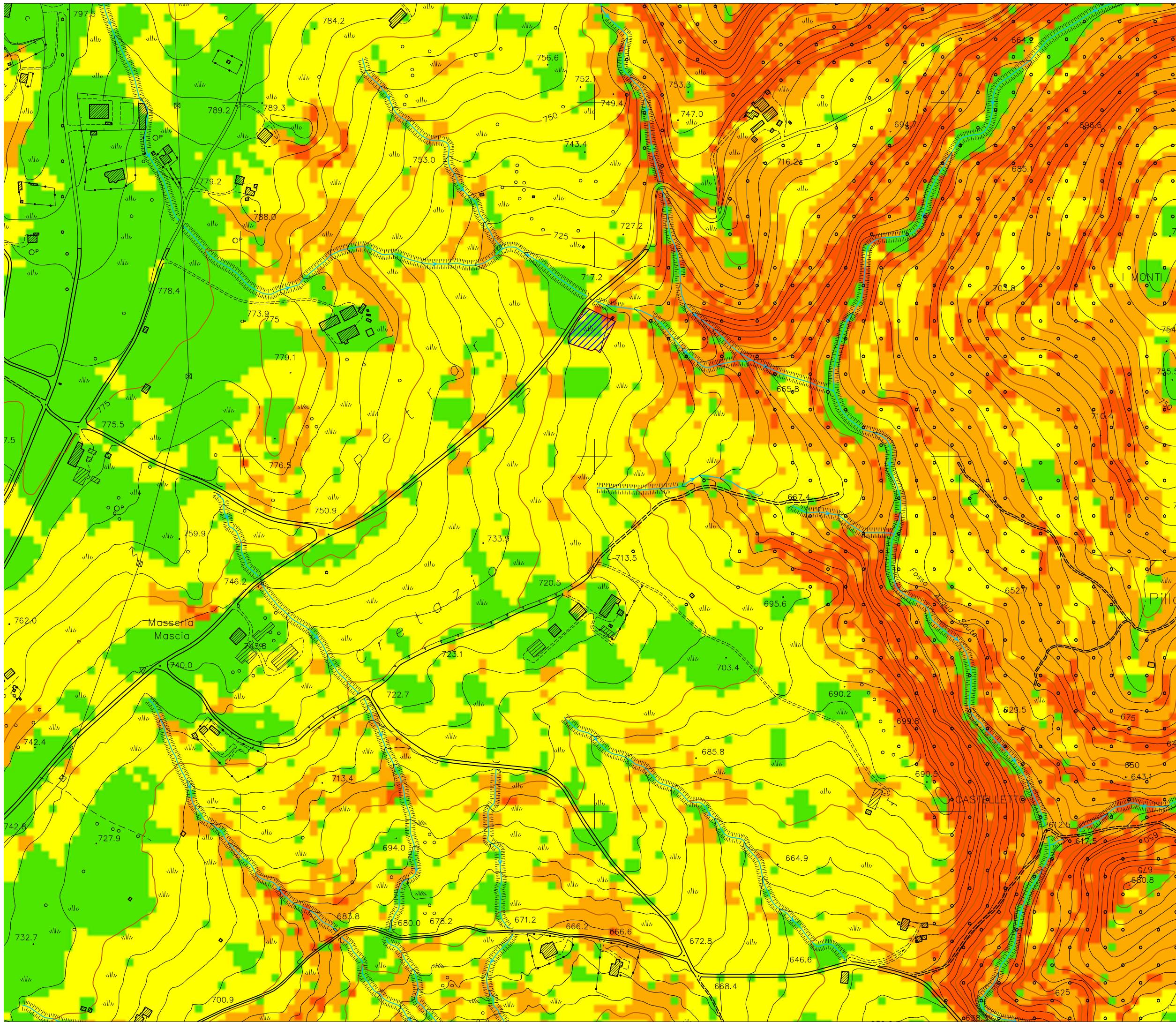
Foto H











**LEGENDA**

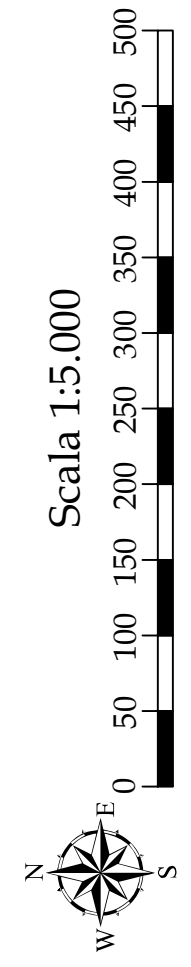
Ubicazione della Discarica

Codice: 2025C001

Classi di acclività

|  |  |           |
|--|--|-----------|
|  |  | 0° - 5°   |
|  |  | 5° - 25°  |
|  |  | 25° - 60° |
|  |  | 60° - 90° |

**CARTA CLIVOMETRICA**





CARTA GEOMORFOLOGICA

Ubicazione della Discarica

Area in frana

Direzione del movimento gravitativo

Impluvi

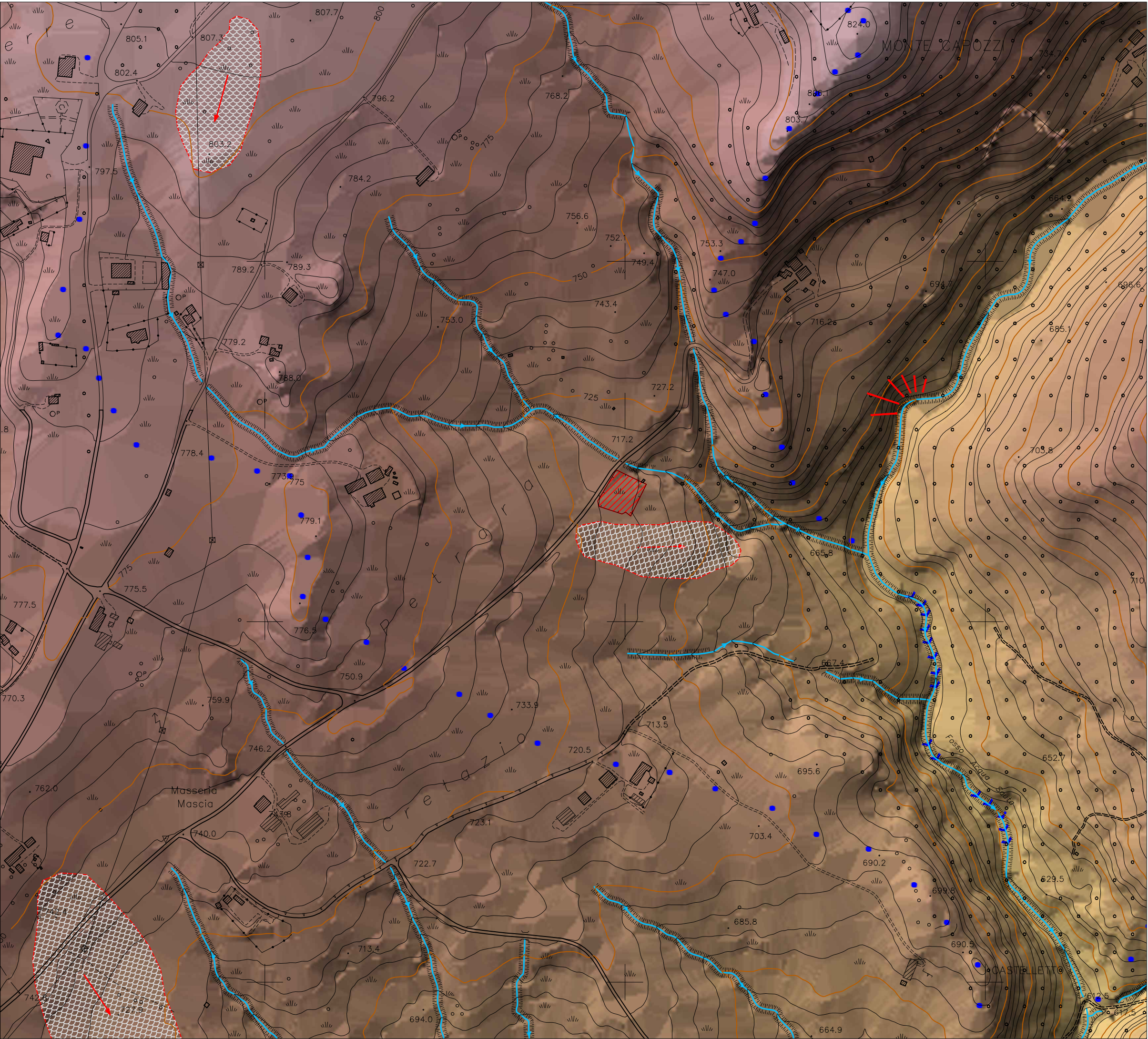
LEGENDA

Erosione concentrata in alveo

Spartiacque superficiale

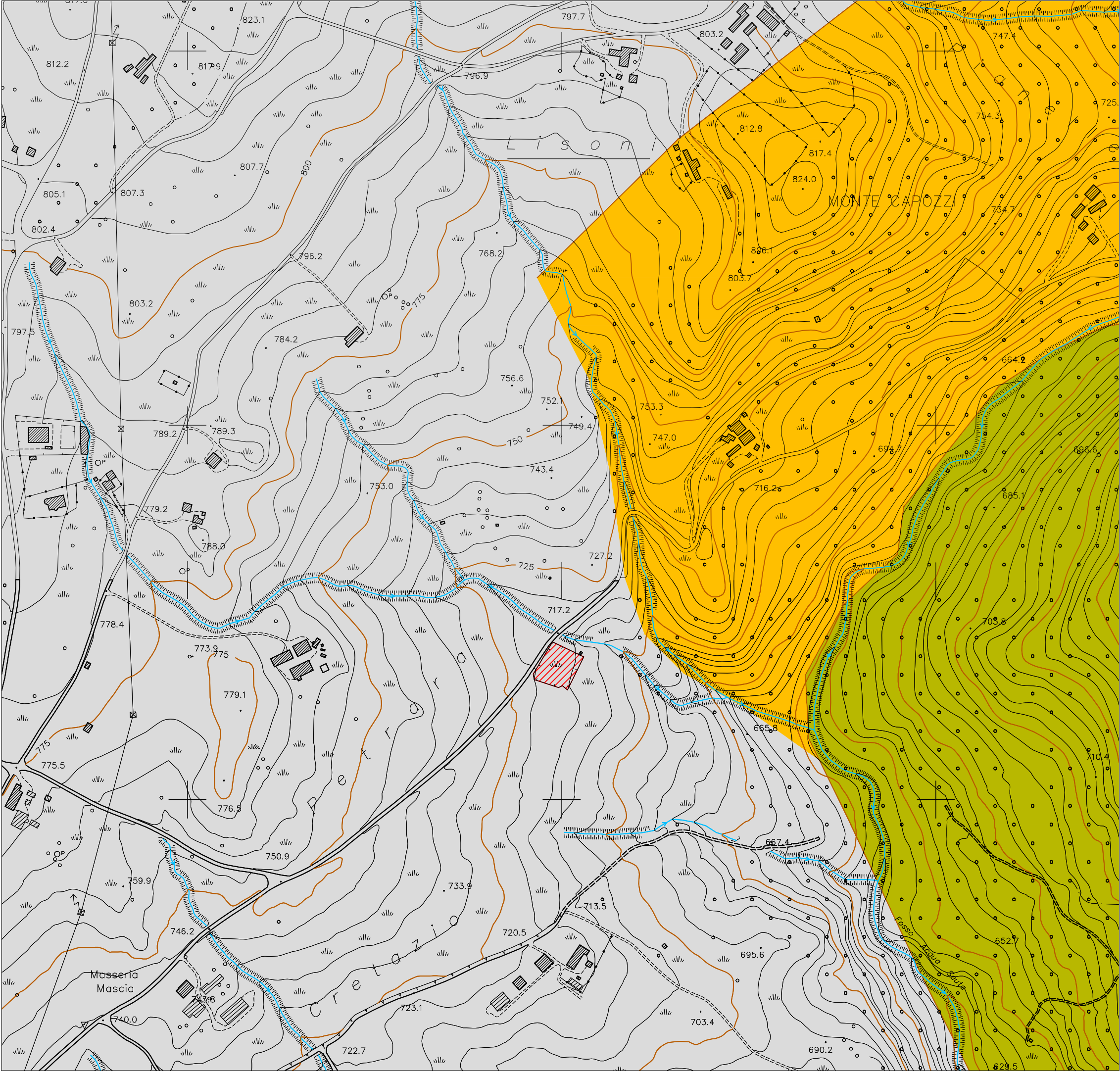
Settori di alveo con erosione spondale

Scala 1:5.000



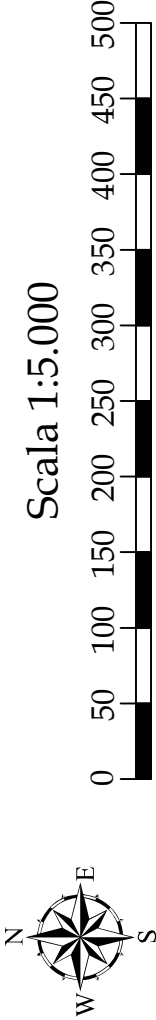


CARTA GEOLITOLOGICA

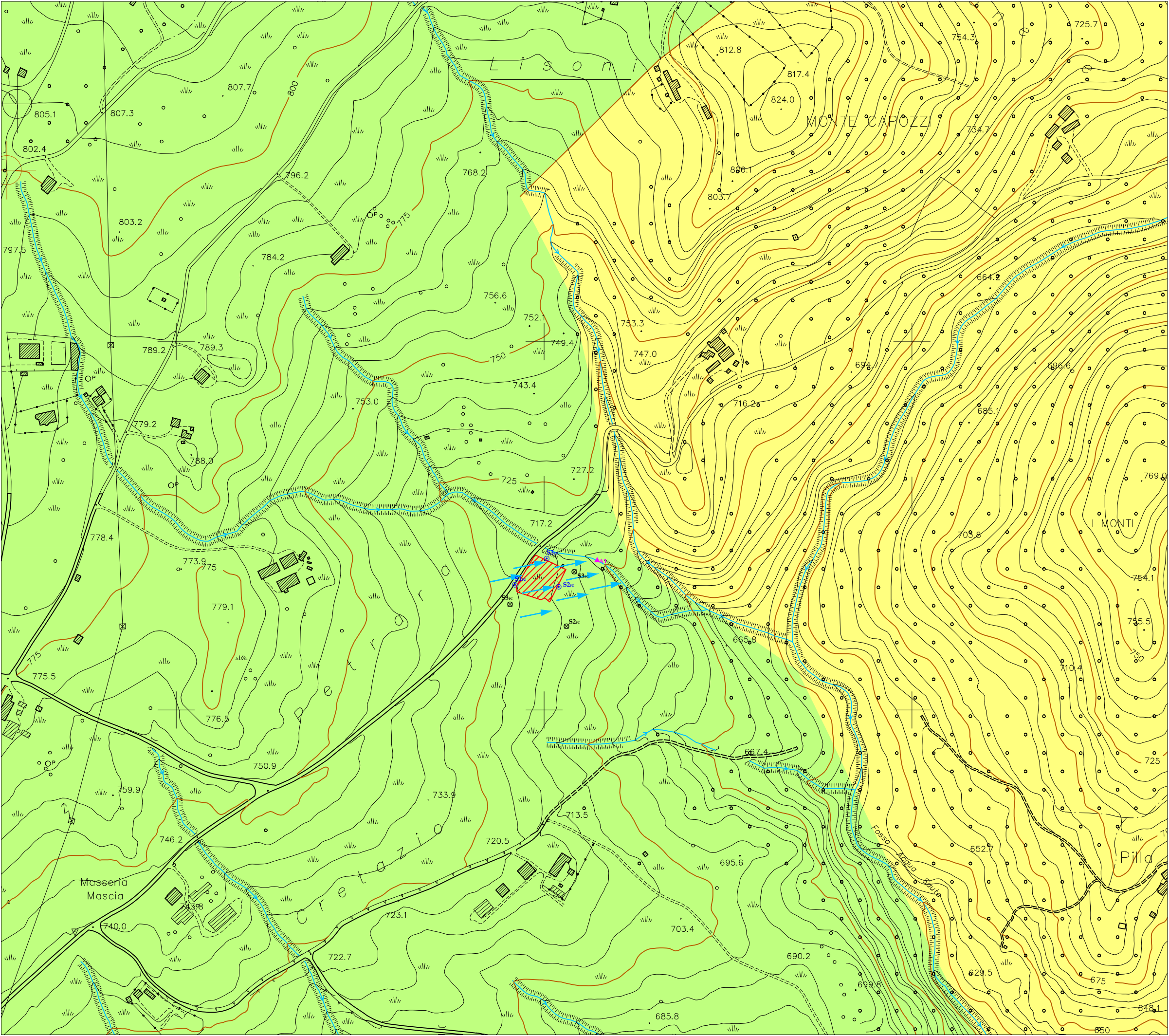


LEGENDA

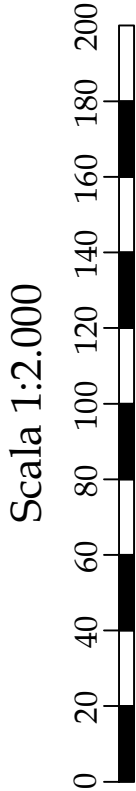
- Arenarie tenere o cementate, giallastre, in grossi banchi, talora fossiliferi con livelli conglomeratico-marnosi o cementati costituenti cornici e sferoidi
- Breccie e brecciole calcaree monogeniche rupestri; calcari bianchi subcristallini: nella facies di transizione si hanno breccie poligamiche ad elementi subarrotondati, calcareniti e brecciole biancastre e grigio verdastre con arnioni di selce scura e intercalazioni lenticolari di marne grigio-avanna
- Argille, argilloscisti e marnoscisti rossi, verdi, grigi talora con calcari varicolori, calcari rosati manganesiferi e breccie calcaree.
- Ubicazione della Discarica







CARTA IDROGEOLOGICA



LEGENDA

Permeabilità medio-alta per fratturazione e per porosità nei domini prevalentemente arenacei



Permeabilità bassa o nulla



Direzioni preferenziali del flusso idrico sotterraneo



Ubicazione della Discarica  
Codice: 2025C001  
Località Solfatara

