



Fondo Europeo Sviluppo Regionale
P.O.R. CAMPANIA 2007-2013

La tua
Campania
cresce in
Europa



COMUNE DI SAN LUPO

Provincia di Benevento



POR CAMPANIA FESR 2007/2013 - Asse 1 - Obiettivo Operativo 1.2

"Migliorare la salubrità dell'ambiente" - D.R.G. n°601 del 20/12/2013

"Bonifica e messa in sicurezza dell'ex discarica di rifiuti solidi urbani ubicata in località Defensola (o Via Cantone)" San Lupo (BN)

PROGETTO ESECUTIVO

CODICE PE	DATA	REV.
A.03	OTTOBRE 2017	A
TITOLO ELABORATO: Studio Geologico		SCALA : VARIE
<u>L'IMPRESA:</u>	<u>IL PROGETTISTA:</u>	<u>IL GEOLOGO:</u>

ELENCO ALLEGATI

ELABORATO 1	Studio geologico, geotecnico, geomeccanico, sismico, geomorfologico, idrografico, idrologico ed idrogeologico, analisi ambientale,
ELABORATO 2	Corografia. Scala 1:12.000 Stralcio catastale. Scala 1:2.000 Cartografia dei vincoli territoriali. Scala 1:5.000 Ortofoto PSAl di Bacino dei Fiumi Liri-Volturno e Garigliano. Scala 1:10.000
ELABORATO 3	Carta geolitologica. Scala 1:2.000
ELABORATO 4	Carta idrogeologica. Scala 1:2.000
ELABORATO 5	Carta geomorfologica. Scala 1:2.000
ELABORATO 6	Dati meteorologici
ELABORATO 7	Verifiche di back analysis. Scala 1:300
ELABORATO 8	Sezione A-A' geologica. Scala 1:300 Sezione A-A' geotopografica. Scala 1:300
ELABORATO 9	Planimetria generale progetto. Scala 1:200
ELABORATO 10	Sezione A-A' stato di progetto. Scala 1:300
ELABORATO 11	<i>CAMPAGNA DI INDAGINI</i> Ubicazione indagini. Scala 1:2.000 Indagine geognostica Stratigrafia. Scala 1:100 Indagine di sismica passiva MASW

ELABORATO 1

Studio geologico, geotecnico, geomeccanico,
sismico, geomorfologico, idrografico, idrologico
ed idrogeologico, analisi ambientale,

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	Riferimenti legislativi e iter amministrativo.....	3
1.2	Elaborati.....	8
1.3	Sintesi campagna indagine geognostica.....	9
2	RACCOLTA E SISTEMATIZZAZIONE DEI DATI	10
2.1	Inquadramento territoriale e descrizione dei luoghi.....	10
2.2	Storia del sito.....	10
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	13
4	ASSETTO GEOLOGICO	13
5	GEOMORFOLOGIA.....	15
5.1	Area d'intervento	16
6	METODOLOGIA DI INDAGINE	20
7	GEOLITOLOGIA E STRATIGRAFIA LOCALE.....	21
7.1	Geolitoologia	21
7.2	Stratigrafia locale.....	22
7.2.1	Riepilogo campioni indisturbati prelevati	23
7.2.2	Caratterizzazione geotecnica.	23
7.3	Liquefacibilità da sismica a rifrazione – metodo di Andrus e Stokoe(1997).	26
7.4	Coefficiente di amplificazione topografica.....	31
7.4.1	Definizione e calcolo della pendenza topografica	31
7.4.2	Calcolare la pendenza di un versante operando direttamente sulle carte topografiche utilizzando le curve di livello.	31
8	IDROGEOLOGIA E CLIMATOLOGIA.....	33
8.1	Idrogeologia	33
9	STABILITA'	36
9.1	Verifiche di back analysis	36
9.1.1	Verifica di back analysis in presenza di falda (stato di fatto).....	38
9.1.2	Verifica di back analysis in presenza di falda con opere di stabilizzazione (Progetto).	38
10	INDAGINE DI SISMICA PASSIVA MASW	38
10.1	Introduzione	38
10.2	Acquisizione dei dati	39
10.2.1	Metodologia interpretativa	39

10.2.2	Procedura di inversione.....	40
10.2.3	Conclusioni.....	42
11	IL PROGETTO E L'ESECUZIONE.....	44
11.1	Demolizioni e rimozioni.....	44
11.2	Movimentazioni e trasporti	44
11.3	Diaframma drenante e diaframma impermeabile.....	44
11.4	Trincee drenanti	45
11.5	Opere di sostegno	45
11.6	Capping discarica.....	45
11.7	Captazione biogas	46
11.8	Opere regimazione e raccolta acque	46
11.9	Edificio servizi.....	47
11.10	Impianto antincendio.....	47
11.11	Impianti idrici.....	47
11.12	Strade e piazzali	47
11.13	Recinzione	47
11.14	Impianti	48
11.14.1	Impianto elettrico	48
11.14.2	Impianto illuminazione esterna.....	48
11.14.3	Impianto fotovoltaico	49
11.14.4	Integrazione dell'impianto fotovoltaico	50
11.14.5	Impianto di videosorveglianza	51
11.14.6	Impianto di controllo automatico del livello di riempimento delle cisterne	51
11.14.7	Impianto concentrazione delle acque	51
11.15	Stazione meteo climatica	52
11.16	Progetto paesaggistico	52
11.16.1	quadro di riferimento dell'area	53
11.16.2	Il verde ornamentale e schermante	53
11.16.3	Aree verdi interne	54
11.16.4	Messa a dimora delle piante arboree ed arbustive	54
11.16.5	Manutenzione	55
11.16.6	Impianto di irrigazione	55
11.16.7	tempi e modalità di esecuzione del recupero e della sistemazione ambientale	56
12	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	57

1 PREMESSA

Il presente Studio geologico-tecnico e sismico si inserisce nell'ambito dello sviluppo del Progetto Esecutivo redatto a cura dell'Impresa Sicurbau Srl, appaltatrice dei lavori per la bonifica e la messa in sicurezza permanente dell'area discarica RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN). Foglio di mappa n° 15 Particella N° 215 - Codice SITO 2063C001 redatto in osservanza della Procedura d'infrazione n. 2003/2077 – POR Campania FESR 2007/2013 DGR N. 175 del 03/06/2013 (BURC N. 49 DEL 09/09/2013) – Programmazione interventi a valere sull' Obiettivo Operativo 1.2 - ATTIVITA' A) E B). PROPOSTA ATTUAZIONE PIANO REGIONALE DI BONIFICA (ANAGRAFE DEI SITI INQUINATI).

Lo studio, a partire dalla documentazione geologica redatta nella fase di progettazione Definitiva, prevede l'approfondimento dell'analisi geologica, geotecnica, geomeccanica, sismica, geomorfologica, idrografica, idrologica ed idrogeologica, analisi ambientale riguardante l'area in cui è ubicata la discarica del Comune di San Lupo (BN) in località "Defensola" Via Cantone – Codice SITO 2063C001.

Il presente documento è stato redatto in conformità all'Allegato 2 - parte IV - titolo V del D.Lgs. 152/06.

La discarica in esame rientra tra i siti risultati contaminati a seguito delle indagini di caratterizzazione, e pertanto deve essere sottoposta ad interventi di messa in sicurezza e bonifica ambientale ai sensi:

- ✚ POR CAMPANIA 2007/2013 – Attuazione regionale Piano di bonifica.
- ✚ D.D. n. 911 del 07/11/2006 – Attività di caratterizzazione delle discariche comunali e/o consortili.
- ✚ D.Lgs. 152/06 – Art. 242 comma 7 – Progetto operativo di bonifica o di messa in sicurezza.

1.1 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E ITER AMMINISTRATIVO

Per maggiore chiarezza, nel seguito si riporta una breve sintesi dell'iter amministrativo regionale che ha permesso l'attuazione del progetto di bonifica della discarica in parola.

- Con la D.G.R. n. 400 del 28.03.2006 e il D. D. n. 208 del 03.04.2006, la Regione Campania disponeva la realizzazione di attività di indagini preliminari da condurre su discariche comunali e consortili inserite nel Censimento Siti Potenzialmente Inquinanti (CSPI) del Piano Regionale di Bonifica, pubblicato sul BURC n. speciale del 09.09.2005, con fondi destinati al POR Campania 2000/2006 - Misura 1.8.
- La suddetta Delibera di Giunta Regionale approvava i criteri e gli indirizzi per la definizione del "*Piano delle Investigazioni Preliminari*" redatto dal Gruppo Tecnico nominato con Ordinanze Commissariali numeri 248/03 e 328/03.
- Tali investigazioni preliminari rilevavano la presenza di n. 151 siti contaminati, ai sensi della normativa vigente, per i quali si rende ora necessario procedere alla successiva fase di caratterizzazione.

- Al fine di procedere all'avvio di dette attività, da svolgersi ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006, la Regione Campania - AGC 05 Settore Tutela Ambientale, con D.D. n. 911 del 07/11/2006, ha decretato l'assegnazione ai rispettivi enti comunali (riportati nell'Allegato A al medesimo decreto dirigenziale) un finanziamento pari a Euro 20.000,00 per ogni ettaro di discarica indagata.
- Nel contempo l'ARPAC, in qualità di Ente Strumentale della Regione con esperienza specifica nel settore dei siti inquinati, viene incaricato per l'attività di coordinamento degli interventi di caratterizzazione, successiva validazione dei risultati e conseguente aggiornamento dell'Anagrafe dei Siti Inquinati.
- Il suddetto decreto prevede altresì alcune disposizioni, di seguito riportate, alle quali i comuni riportati in allegato al decreto devono attenersi:
 - a) nel termine perentorio del 20/11/2006, comunicare all'AGC 05-Settore Tutela Ambiente e all'ARPAC l'avvio delle procedure per la realizzazione delle attività di caratterizzazione;
 - b) procedere all'affidamento del servizio entro il termine perentorio del 20/12/2006;
 - c) rispettare quanto previsto dal Disciplinare regionale per l'acquisizione di beni e servizi;
 - d) trasmettere i risultati delle attività di caratterizzazione all'AGC 05 - Settore Tutela Ambiente e all'ARPAC entro il 30/06/2007, con annessa relazione sulle attività svolte (amministrative e tecniche) e sui risultati ottenuti;
 - e) trasmettere, ai fini della liquidazione del rimborso delle spese sostenute, entro il 30/06/2007, all'AGC 05 - Settore Tutela Ambiente, il quadro economico con annessa documentazione contabile di riferimento (art. 12 del citato disciplinare regionale), il cui importo complessivo non potrà superare euro 20.000,00 per ettaro di superficie di discarica indagata e comunque non oltre complessivi euro 100.000,00;
 - f) conferenza dei servizi e relativa approvazione con D.D. N° 70 del 15/06/2007;
 - g) con comunicazione Prot. 2007.0474135 del 25/05/2007 Il Responsabile di Misura 1.8 Dr. Aurelio Scotto di Perta comunicava ulteriori adempimenti; si riportano i più significativi ai fini della seguente pianificazione:
 - ✓ il limite temporale di cui al punto e) è stato chiarito si riferisce al termine perentorio di 180 gg dalla data di approvazione del presente piano di caratterizzazione e precisamente entro il 22 Dicembre 2007
 - ✓ il cronoprogramma deve essere coerente con la tempistica di chiusura del POR, ovvero al 30/10/2008 (si rimanda al punto precedente) l'intervento deve essere ultimato, con certificato di collaudo e/o regolare esecuzione e connessa rendicontazione delle spese sostenute.
- Alla luce di quanto esposto, il Comune di San Lupo (BN) ha eseguito quanto previsto dal D.D. 911/06, punto 1) e ha proceduto all'affidamento dei servizi di caratterizzazione della discarica comunale in Località Defensola –Via Cantone (Cod. 2063C001 Allegato A al D. D. 911/06) al geologo Antonio Casaretti, tecnico incaricato.
- In data 14/05/2008 è stato trasmesso al Settore Ecologia della Regione Campania il Piano della caratterizzazione e l'Analisi di rischio della ex discarica pubblica del Comune di San Lupo (BN) ubicata in località Defensola, inserito nell'elenco dell'allegato "A" del Decreto Dirigenziale n. 911 del 7/11/06 dell'A.G.C. Ecologia, Tutela dell'Ambiente, Disinquinamento e Protezione Civile con il cod.

Sito 2063C001, a firma del responsabile del procedimento Geom. Antonio Lupo Vaccarella, con supporto dell'Azienda C.E.A. Snc;

- La Conferenza di Servizi conclusiva, tenutasi in data 23.09.2009, ha espresso parere favorevole sul documento di analisi di rischio e del succitato Piano di caratterizzazione;
- Con Decreto Dirigenziale n. 141 del 13.11.2009 l'ex STAP di Benevento ha approvato con prescrizioni, le risultanze del succitato Piano di caratterizzazione e del documento di Analisi rischio così come proposto dal Comune di San Lupo (BN), disponendo la presentazione del progetto operativo di bonifica e degli interventi di messa in sicurezza permanente per il sito de quo;
- il Comune di San Lupo (BN) ha trasmesso in data 14/07/2010 il progetto di bonifica e messa in sicurezza permanente della discarica sita in Località Defensola;
- La Conferenza dei servizi svoltasi in data 13/10/2010 ha richiesto integrazioni e chiarimenti al Comune di San Lupo.
- Il Comune in data 12/09/2011 con nota n. 2188, ha trasmesso le integrazioni richieste;
- In data 06/10/2011 si è svolta la Conferenza dei Servizi nella quale sono state rilevate numerose incongruenze e non sono state soddisfatte la maggior parte delle richieste tecniche formulate dall'ARPAC;
- Il Comune di San Lupo con nota n. 2084 del 09/10/2013 ha fatto pervenire le integrazioni e i chiarimenti richiesti;
- In data 07/11/2013 si è svolta la Conferenza dei servizi e l'ARPAC ha trasmesso parere favorevole con richiesta di chiarimenti sulle scelte tecniche da adottarsi;
- L'Autorità di Bacino Liri – Garigliano Volturno, con nota prot. 8990 del 05/12/2013, ha trasmesso parere favorevole, ritenendo tuttavia necessario, ai fini di un'esaustiva verifica della compatibilità idrogeologica, condotta in ottemperanza con quanto disposto dalle norme del PsAI- Rf, che il progetto esecutivo contenesse i seguenti approfondimenti:
 - a. Un'integrazione delle indagini geognostiche da eseguirsi in prossimità delle opere di sostegno e dei diaframmi in progetto, da attestare ad adeguata profondità e soprattutto, da condizionare con inclinometri;
 - b. Un piano di monitoraggio per il controllo dell'efficacia degli interventi, corredato da un programma di misure sperimentali che contenga anche misure inclinometriche derivanti dall'integrazione geognostica di cui al punto precedente;
 - c. Una valutazione analitica inerente la tipologia, la geometria ed eventualmente anche l'ubicazione degli interventi di sostegno in progetto, finalizzata ad un obiettivo miglioramento della stabilità globale del versante, in termini di confronto del coefficiente di sicurezza nelle condizioni "ante" e "post operam", atteso che da quanto riportato nell'incartamento pervenuto non si evidenzia un incremento delle condizioni di sicurezza nelle condizioni "post operam";
 - d. Una verifica della compatibilità dell'edificio dei servizi con le fenomenologie franose riconosciute nel sito in cui insiste la discarica.
- La UOD Autorizzazioni ambientali e rifiuti Benevento, con nota prot. n. 2014.0069854 del 31/01/2014, ha riassegnato il procedimento amministrativo e, con nota 2014.0069862 del 31/01/2014, ha convocato una nuova Conferenza dei Servizi per le valutazioni finali sul progetto;
- In data 25/03/2014 si è svolta la Conferenza dei Servizi decisoria con la conferma del parere negativo sul progetto da parte di ARPAC, dell'ASL e del responsabile del procedimento di che trattasi, il quale evidenziava l'ingente quantitativo di rifiuti da asportare (3.013,5 mc) in netto contrasto con le tecnologie di bonifica applicabili alle discariche di cui al punto 7.1 dell'Appendice 2 del Piano

Regionale di Bonifica pubblicato sul BURC n. 30 del 05/06/2013;

- La UOD Autorizzazioni ambientali e rifiuti Benevento con nota prot. 0250954 del 09/04/2014 notificava il verbale della Conferenza dei Servizi svoltasi in data 25/03/2014 e contestualmente comunicava l'avvio delle procedure di cui all'art. 10 Bis (Comunicazione dei motivi ostativi all'accoglimento) della legge 241/90 e smi;
- Il Comune di San Lupo con nota 631 del 03/04/2014, acquista al ns. prot. n. 0239563 del 04/04/2014, ha comunicato l'avvio di una ulteriore campagna di indagini;
- La UOD Autorizzazioni ambientali e rifiuti Benevento ha riscontrato, con prot. 2014.0277496 del 18/04/2014, la nota di cui sopra, sottolineando che le attività di campo, non richieste e non dovute, erano già state definite ed approvate con Decreto Dirigenziale n. 141 del 13.11.2009 relativo alle risultanze della caratterizzazione e dell'analisi di rischio;
- Il Comune di San Lupo, in data 28/04/2014 prot. 0289350, tenuto conto dei motivi ostativi notificati con il procedimento di cui all'art. 10 Bis della L. 241/90, trasmetteva un nuovo progetto riformulato comprensivo delle integrazioni richieste;
- La UOD Autorizzazioni ambientali e rifiuti Benevento con da con nota n. 2014.0312447 del 07/05/2014, ha convocato la Conferenza dei servizi per il giorno 22/05/2014;
- L'Autorità di Bacino Liri – Garigliano Volturno con nota prot. 4239 del 22/05/2014, ha trasmesso parere definitivo con le seguenti osservazioni:
 - a. La documentazione prodotta risulta esaustiva di quanto richiesto con il succitato parere;
 - b. lo Studio di Compatibilità Idrogeologica, redatto ai sensi dell'art. 17 delle Norme di Attuazione del PsAI-Rf, contiene informazioni e valutazioni che, commisurate alla importanza degli interventi da realizzare ed alla tipologia del rischio e di fenomeno, possono considerarsi esaustive in termini di verifica della compatibilità idrogeologica degli interventi a farsi.
- l'ARPAC – Dipartimento Provinciale di Benevento ha trasmesso nota prot. 029603 del 21/05/2014, richiedendo integrazioni e precisando che:
 - o La stessa si esprime in merito agli interventi per la salvaguardia delle matrici ambientali, non valutando la congruità economica delle scelte tecnico – progettuali;
 - o La valutazione in merito alla necessità di realizzare, per la discarica chiusa da molti anni e in semplice fase gestionale post operativa, opere accessorie quale edificio servizi, impianti antincendio, impianti idrici, impianto fotovoltaico, impianto video sorveglianza, stazione meteorologica, impianto illuminazione esterna, strutture e arredo per disabili e altro, non attiene alle opere di bonifica e pertanto non è di competenza ARPAC;
 - o Il Comune di San Lupo intende variare da Zona Agricola a Zona Industriale la destinazione urbanistica dell'area esterna a valle dell'impianto di discarica, per la quale sono stati riscontrati, per quanto riguarda la matrice suolo, superamenti, dei parametri Cadmio e Cloruro di vinile, delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) fissate dal D. Lgs. 152/06 nella Tabella 1 A "Terreni – siti ad uso verde pubblico, privato residenziale" dell'Allegato 5 della parte quarta – titolo V "Bonifica siti contaminati" del D. Lgs. 152/06 ritenendo che per poter esprimere il parere sia necessario richiedere ulteriori integrazioni e chiarimenti;
- Il Comune di San Lupo con nota 1022 del 05.06.2014, ha trasmesso alla UOD Autorizzazioni ambientali e rifiuti Benevento le ulteriori integrazioni e chiarimenti.
- In data 12/06/2014 si è svolta la Conferenza dei Servizi Decisoria nella quale erano presenti Regione Campania, Comune e tecnici incaricati. Nella seduta è stato acquisito il parere favorevole

dell'ARPAC – Dipartimento Provinciale di Benevento, assente alla stessa, con le seguenti indicazioni:

- o Le acque sotterranee captate dai diaframmi drenanti, nel caso in cui rispettano i limiti della tabella 3 dell'all. 5 alla parte III del D. Lgs. 152/06;
- o Effettuare il Piano di Monitoraggio e controllo con le modalità previste dall'Allegato 2 punto 5 del D. Lgs. 36/03 per la fase di gestione post-operativa e per un tempo non inferiore a 30 anni dalla data di chiusura della discarica (art. 8 comma 1 lettera m del D.Lgs. n. 36/03);
- o Comunicare preventivamente ad ARPAC ed agli altri Enti interessati la data dei campionamenti e degli autocontrolli nell'ambito del Piano di Monitoraggio e Controllo;
- o Per il controllo delle acque meteoriche fare riferimento ai valori della tabella 3 alla Parte Terza del D. Lgs. 152/06, per il percolato definirne la qualità con classificazione ed attribuzione del codice CER ai fini del corretto smaltimento; per le acque sotterranee attenersi alle CSC fissate dalla tabella 2 dell'Allegato del Titolo V "bonifica siti contaminati" della parte quarta del D. Lgs. 152/06;
- o Relativamente alla valutazione sul gas di discarica si ritiene quanto segue:
 - Si prende atto di quanto riportato relativamente al sistema di captazione e del suo ridimensionamento (da n. 8 pozzi e 4 torce a n. 4 pozzi e 1 torcia), considerando che esso è legato soprattutto alle esigenze di sicurezza della discarica;
- o Relativamente al PMC prevedere di valutare la qualità dell'aria con cadenza semestrale mediante campionatori passivi presso i più vicini ricettori relativamente alla diffusione dei composti inorganici Ammoniaca (NH₃) ed Acido Solfidrico (H₂S), nonché dei Composti Organici Volatili (COV), in considerazione dei venti predominanti;
- o Si precisa che il Piano di monitoraggio e controllo sarà rivalutato in fase di attuazione dell'intervento di bonifica, in quanto i dati attualmente in possesso sono previsionali;

Il parere favorevole dell'ARPAC contiene le seguenti raccomandazioni:

- Che le trincee o barriere drenanti e/o impermeabili vengano attestate ad una idonea profondità in funzione delle caratteristiche idrolitostratigrafiche del sito, tale da garantirne l'efficacia;
- Che per le barriere idrauliche e per i sistemi drenanti le acque sotterranee sia garantita la costante efficienza di captazione – stoccaggio e allontanamento delle acque al fine di evitare ristagni di fondo e travasi sotterranei;
- Che gli interventi di bonifica vengano realizzati da ditte regolarmente iscritte all'Albo Nazionale gestori Ambientali come previsto dall'art. 212 comma 5 del D. Lgs. 152/06;
- Effettuare una corretta gestione di tutti i rifiuti e/o sottoprodotti, comprese le rocce e terre da scavo, derivanti dalle operazioni stabilite dal progetto, secondo la normativa vigente, tenendo conto anche le risultanze analitiche riscontrate durante le indagini preliminari e di caratterizzazione da cui si sono evinti superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione CSC.

Sulla base del progetto operativo di bonifica (progetto definitivo) e del DD n. 1588 del 10/11/2014 e del DD n. 1119 del 24/07/2014 viene redatto il presente Studio Geologico parte del Progetto Esecutivo della Impresa Sicurbau Srl aggiudicataria dell'appalto integrato per i lavori di "bonifica e messa in sicurezza dell'ex discarica di rifiuti solidi urbani ubicata in località "DEFENSOLA" (o Via Cantone) nel Comune di San Lupo. Codice sito: 2063C001"

1.2 ELABORATI

Il presente studio geologico si compone dei seguenti elaborati

- ELABORATO 1 Studio geologico, geotecnico, geomeccanico, sismico, geomorfologico, idrografico, idrologico ed idrogeologico, analisi ambientale,
- ELABORATO 2 Corografia. Scala 1:12.000
Stralcio catastale. Scala 1:2.000
Cartografia dei vincoli territoriali. Scala 1:5.000
Ortofoto PSAl di Bacino dei Fiumi Liri-Volturno e Garigliano. Scala 1:10.000
- ELABORATO 3 Carta geolitologica. Scala 1:2.000
- ELABORATO 4 Carta idrogeologica. Scala 1:2.000
- ELABORATO 5 Carta geomorfologica. Scala 1:2.000
- ELABORATO 6 Dati meteoroclimatici
- ELABORATO 7 Verifiche di back analysis. Scala 1:300
- ELABORATO 8 Sezione A-A' geologica. Scala 1:300
Sezione A-A' geotopografica. Scala 1:300
- ELABORATO 9 Planimetria generale progetto. Scala 1:200
- ELABORATO 10 Sezione A-A' stato di progetto. Scala 1:300
- ELABORATO 11 *CAMPAGNA DI INDAGINI*
Ubicazione indagini. Scala 1:2.000
Indagine geognostica
Stratigrafia. Scala 1:100
Indagine di sismica passiva MASW

1.3 SINTESI CAMPAGNA INDAGINE GEOGNOSTICA

Nella presente fase di progettazione sono state utilizzate le indagini geognostiche, eseguite in data 9/04/2014 dai progettisti incaricati dal Comune di San Lupo per la redazione del progetto operativo di bonifica della discarica (ATI: Ing. M. Sauchella, Ing. A. Papa, Geo. G. Cipriano). L'esecuzione delle indagini del 9/04/2014 è stata comunicata agli Enti coinvolti nella CdS (Regione Campania – Ufficio Ecologia, ARPAC, Provincia di Benevento, Autorità di Bacino) con note nn. 594 del 26/03/2014, 610 del 01/04/2014 e 631 del 03.04.2014 del Comune di San Lupo. Dette indagini sono richiamate nella Relazione Tecnica Illustrativa del progetto definitivo a base d'asta e sono state rese disponibili all'Impresa nella presente fase di progettazione. Tali indagini consistono in n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto alla profondità massima di 30 m dal p.c., che è stato utilizzato per il campionamento geotecnico. Il sondaggio denominato S1 è stato condizionato da piezometri e sono stati utilizzati per consentire il monitoraggio delle acque di falda ed effettuare il campionamento chimico sulle acque di falda.

Sono stati prelevati n° 3 campioni geotecnici che sono stati sottoposti anche ad ulteriori prove meccaniche, quali:

- prova di taglio diretto CD;
- prova triassiale CU (Consolidata-non drenata).

Le indagini geognostiche disponibili sono state integrate in questa fase di progettazione con ulteriori indagini geofisiche (MASW)

Sia le indagini geognostiche già disponibili che le indagini geofisiche sono state effettuate dalla GEOCONSULTLAB s.r.l. Sede Legale: 5S 7 bis - Area PIP - 83030 Manocalzati (AV); le analisi di laboratorio sono state effettuate da GEO ECO TEST, Laboratorio con aut. Min. conc. N° 10324 del 29/10/2012

Le attività di indagine eseguite sono riassunte nella tabella 1 ed illustrate nella planimetria allegata (Vedi Elaborato 11 – Campagna di indagini):

Tabella 1 - Scheda riepilogativa attività di indagini eseguite presso il sito in esame

Indagini indirette	
N. MASW	01
Profondità max di indagine	38 m
Indagini dirette	
N. sondaggi geognostici condizionati a piezometri	01
Profondità perforazione	30m
Indagini dirette	
N. totale piezometri	01
Profondità piezometro	30,00 m
Determinazioni laboratorio	
N° 03 analisi laboratorio	

2 RACCOLTA E SISTEMATIZZAZIONE DEI DATI

2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E DESCRIZIONE DEI LUOGHI

La discarica comunale di San Lupo (BN) è sita in agro del comune, su un versante posto in destra orografica del Vallone Defensola affluente del Fiume Calore.

Essa è ubicata a sud est dell'abitato di San Lupo, in una zona sufficientemente appartata, a cui si arriva percorrendo la strada comunale Cantone. All'imbocco della strada di servizio è posto un cancello divelto senza alcuna funzionalità. circa 2500 m del centro abitato, in direzione della Strada Comunale.

L'area di discarica, di proprietà comunale, è posta ad una quota di circa 240 m s.l.m., ha un'estensione di circa 2.500 mq ed è ben individuabile negli stralci aerofotogrammetrici.

In catasto il sito della discarica ricade nel Foglio di mappa n° 15 Particella n° 215 e secondo il vigente strumento urbanistico queste ricadono in zona "E" Agricola.

Relativamente alla cartografia ufficiale il sito rientra nel Foglio 173 Benevento della Carta d'Italia I.G.M. - Scala 1:100.000, e sotto gli aspetti di Pianificazione di Bacino esso è compreso nei territori di competenza dell' Autorità di Bacino dei Fiumi Liri, Garigliano e Volturno.

2.2 STORIA DEL SITO

Per avviare lo studio del sito di discarica presente nel territorio comunale di San Lupo sono stati ricercati gli eventuali dati e informazioni inerenti l'area in studio presso l'ufficio tecnico del Comune interessato.

Sono stati ricercati dati concernenti:

-  Cartografia esistente in comune
-  Localizzazione dell' area oggetto di studio
-  Tipologia del sito
-  Uso del sito attuale e destinazione prevista dagli strumenti urbanistici vigenti
-  Atti amministrativi prodotti nei vari anni e riguardanti il sito

Sulla base della documentazione fornita dal Comune suddetto e sulla base della documentazione prodotta precedentemente in fase preliminare, si è ricostruita la storia degli eventi che hanno interessato l'area di discarica. L'area, di proprietà comunale, è ubicata in località C.da Defensola - Via Cantone, abbastanza distante dal centro abitato di San Lupo.

Tale area è stata utilizzata dal Comune di San Lupo come area di discarica sin dall'anno 1975: per dette attività veniva utilizzata un'area di proprietà privata detenuta in fitto e catastalmente individuata al foglio di mappa n° 15, porzione di particella n° 275, per una superficie stimata in circa 1.500 m².

La gestione del sito avveniva con il classico metodo della "colmata sanitaria", sversando i rifiuti prodotti in ambito comunale direttamente sul versante, all'interno di un 'area sommariamente recintata e non dotata di alcun sistema di protezione della matrici ambientali, e ricoprendo sporadicamente gli stessi con terreno vegetale.

Nell'anno 1987 il Comune predispose un progetto per l'adeguamento della discarica ai sensi della Legge n° 441/87, da realizzarsi in corrispondenza della stessa area sino ad allora utilizzata in modo non controllato per lo smaltimento dei rifiuti: detto progetto prevedeva la costruzione di una vasca di stoccaggio dei rifiuti realizzata in calcestruzzo armato (spessore circa 0.20 m), sfalsata su due livelli

ed impermeabilizzata con manto sintetico bitume-polimero, per una cubatura utile complessiva dell'intero invaso pari a circa 3.500 m³ il periodo di esercizio previsto era pari a 5 anni.

I due livelli della vasca di stoccaggio dei RR.SS.UU. risultavano sfalsati di alcuni metri e dissecati da un setto, anch'esso realizzato in calcestruzzo armato e pietrame a secco, deputato alla captazione ed allo smaltimento del biogas prodotto dalla fermentazione, in condizioni anaerobiche, dei rifiuti stoccati.

Il percolato prodotto all'interno dell'invaso veniva drenato a mezzo di tubazioni in PVC e convogliato verso un pozzo realizzato mediante anelli in c.a. vibro compresso ed ubicato nella zona più depressa dell'invaso.

Completava il progetto la realizzazione di un muro di sostegno a valle dell'invaso, una pista di servizio e la recinzione dell'intera area.

Il progetto così come innanzi descritto fu approvato dalla Regione Campania con Delibera di G.R. n° 3191 del 29.07.1988 e regolarmente finanziato; I lavori vennero appaltati ed affidati alla Ditta "Guerrera Angelo Giuseppe" con sede in San Lupo in data 29.01.1990; gli stessi lavori ebbero inizio in data 12.03.1990.

Ai fini della realizzazione dell'opera, l'Amministrazione Comunale acquistò con atto stipulato in data 26.08.1991, parte della particella catastale n° 215 (Foglio di Mappa n. 15, Partita 459), già in passato parzialmente utilizzata per lo sversamento di rifiuti, per una superficie complessiva pari a 2.500 m² ad oggi non è stato ancora eseguito il relativo frazionamento, né il successivo accatastamento.

Nel corso dei lavori risultò necessario redigere una perizia di variante al progetto originario senza variazione di spesa, approvata dal Comune di San Lupo con propria delibera di G.M. n° 98 del 03.04.1990 e successivamente dalla Regione Campania ai sensi dell'art. della Legge n. 441/87 con Delibera di G.R. n. 534 del 12.02. 1991.

I lavori risultarono completamente ultimati in data 12.10.1991 e la discarica venne posta in esercizio nel mese di gennaio dell'anno 1992.

Successivamente, con la dichiarazione dello stato di emergenza nello smaltimento dei rifiuti solidi urbani in Regione Campania (O.P.C.M. 11.02.1994 e successive), il Gruppo Tecnico a supporto del Sub Commissario Delegato per la Provincia di Benevento rilevò, nel corso di un sopralluogo esperito in data 18.04.1994, la necessità, ai fini del rilascio dell'autorizzazione all'esercizio definitiva, di eseguire alcune opere di adeguamento, tra le quali il completamento della recinzione dell' impianto.

Nel corso di detto sopralluogo, inoltre, i tecnici stimarono in circa 2.100 m³ la volumetria residua dell'invaso.

L'amministrazione Comunale, con propria nota prot. n° 806 del 24.05.1994, comunicò l'ultimazione dei lavori richiesti, attestati anche dall'Amministrazione Provinciale di Benevento con nota prot. n° 14793 del 08.06. 1994.

L'impianto di discarica, quindi, venne definitivamente autorizzato all'esercizio - ai sensi dell'art. 6, lett. D) e art. 10 del D.P.R. n. 915/82 - con Ordinanza del Commissario di Governo Delegato n° 1527/D/S del 16.06.1994, valida fino ad esaurimento dell'invaso. Ulteriori interventi di manutenzione straordinaria della discarica vennero eseguiti anche nell'anno 1998, giusta comunicazione del Sindaco di San Lupo al SubCommissario Delegato per la Provincia di Benevento con nota prot. n° 1158 del 14.08.1998.

Da evidenziare, ancora, che nell'anno 1999 l'Amministrazione Comunale trasmise al Sub Commissario Delegato per la Provincia di Benevento un progetto per il risanamento ed il consolidamento della discarica comunale, interessata da fenomeni di dissesto che avevano determinato il parziale crollo della parete di valle in calcestruzzo con interessamento del sistema di raccolta del

percolato; detto progetto venne ritenuto non meritevole di approvazione sia per motivi strettamente tecnici (inadeguatezza dell'intervento proposto) che per gli elevati costi stimati dell'intervento stesso (€ 465.000.000) in relazione alla teoriche volumetrie utili ancora utilizzabili.

A seguito, infine, dell'entrata in esercizio dell'impianto di produzione CDR di Casalduni (BN) a servizio dei Comuni della Provincia di Benevento e dell'obbligo per gli stessi Comuni di conferire presso detto impianto i rifiuti solidi urbani indifferenziati, la discarica venne definitivamente dismessa giusta ordinanza n° 01 emessa in data 26.02.2002 dal Commissario Prefettizio del Comune di San Lupo.

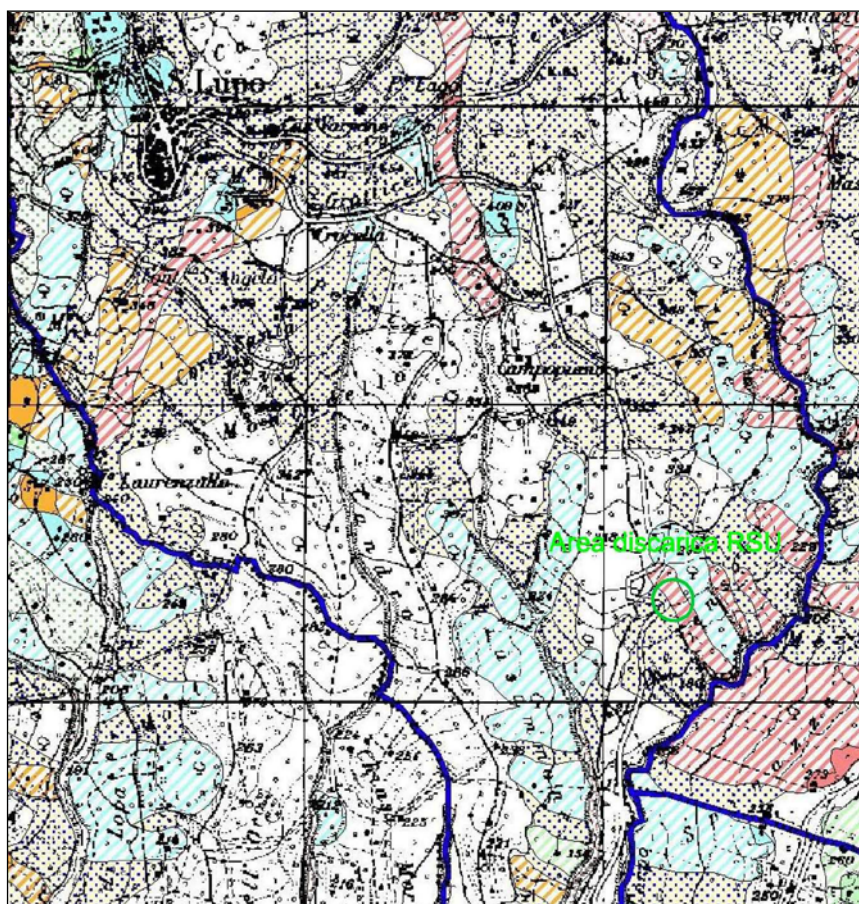
Una piccola area prospiciente la zona d'ingresso della discarica, tuttavia, è stata sporadicamente utilizzata nel corso di questi ultimi anni come area di stoccaggio provvisorio di rifiuti - comunque confinati in cassoni scarrabili a tenuta - in occasione delle ricorrenti situazioni di emergenza: nel merito nel corso dell'anno 2006 detta area è stata sistemata con la realizzazione di una piazzola in calcestruzzo per il parcheggio del cassone scarrabile e di una zona di scarico dei rifiuti direttamente dal mezzo adibito alla raccolta allo stesso cassone senza deposito sul suolo.

Nello studio geologico allegato al Progetto definitivo (PD) viene richiamata la seguente documentazione:

- 1) Attestazione rilasciata dal Comune di San Lupo sullo status pubblico della discarica;
- 2) Attestazione rilasciata dal Comune di San Lupo in ordine alla proprietà del sito di discarica, con allegato atto di vendita;
- 3) Ordinanza prot. n° 01527/D/S del 16.06.1994 di autorizzazione all'esercizio della discarica;
- 4) Ordinanza n° 01 del 26.02.2002 di chiusura della discarica;
- 5) Verbale di sopralluogo presso la discarica redatto da tecnici ENEA - ANPA in data 14.03.2002;
- 6) Certificato di destinazione urbanistica e d'uso del sito.

Dalla documentazione allegata e/o richiamata nel PD si è accertato che, durante il periodo di attività della discarica, lo stesso ha creato problemi di inquinamento ambientale.

E' evidente che l'impatto ambientale della discarica di RSU presente sul territorio comunale di San Lupo è notevole, soprattutto con riferimento alla componente inquinante del corso d'acqua e dei terreni



AREA DI ALTA ATTENZIONE - A4

Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta.

limitrofi.

Dal certificato di destinazione urbanistica rilasciato dal Comune di San Lupo, si evince che l'area di interesse ricade nel Foglio di mappa n° 15 Particella N° 215 e la relativa destinazione urbanistica è "Zona Agricola".

Essa risulta perimetrata nell'ambito dello PSAI ed è sottoposta a vincolo rischio frana nell'ambito dello PSAI come Area di Alta Attenzione – A4.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area della discarica oggetto del presente studio è ubicata a mezza costa su un versante posto in destra orografica del Vallone Defensola, ad una quota media di circa 260,00 m s.l.m.

La discarica in senso stretto si compone di due vasche di forma pressoché rettangolare, di dimensioni globali di circa 35 m per 40 m, profonda in media circa 8,00 metri; le pareti della discarica sono dotate di un angolo di scarpa di circa 45°.

L'intera superficie dell'invaso è rivestito con membrana impermeabilizzante; allo stato attuale nella stessa si denotano vistose lacerazioni sul lato sud est a causa di uno scivolamento rotazionale che coinvolge l'intera area di discarica R.S.U..

Il fondo della vasca è parzialmente visibile in quanto ricoperto da uno strato di terreno; i rifiuti sono abbancati all'interno delle due vasche, dove raggiungono anche il bordo superiore dell'invaso (Vedasi foto). L'area di competenza della discarica è perimetrata da una recinzione metallica che in alcuni punti risulta essere mancante. A nord dell'invaso è presente un piazzale per la sosta dei cassoni scarrabili, per la raccolta di RSU e alcuni rifiuti ingombranti.

A valle della discarica sono presenti il pozzo di rilancio e di raccolta del percolato.

Nell'area della discarica non sono presenti opere per la regimentazione delle acque superficiali; è stato realizzato, invece, un setto di drenaggio del biogas in cls e pietrame a secco.

I terreni circostanti l'area dell'invaso sono incolti con presenza di vegetazione erbacea spontanea e, a luoghi, di bosco ceduo. A sud est è presente un'area coltivata a vigneto.

Nell'immediato intorno della discarica non sono state individuate strutture ed impianti per uso pubblico o residenziale; sono presenti due corpi idrici superficiali ad est e ad ovest (Vallone del Corpo), affluenti del sottostante Vallone Defensola. Il corpo idrico di maggior rilevanza presente nell'area, e potenzialmente influenzabile dalla presenza della discarica, è rappresentato dal vallone Defensola che scorre alla base del versante e dista dal sito di interesse circa 300 ml. Esso rappresenta un affluente in dx idrografica del Fiume Calore;

4 ASSETTO GEOLOGICO

L'area oggetto delle indagini ricade, con riferimento alla cartografia I.G.M., nel foglio n° 173 (Benevento scala 1: 100.000). L'area in esame è posta nella parte sud-est del territorio comunale di San Lupo. In riferimento al bacino idrografico di appartenenza, l'area ricade nel Autorità di bacino Liri, Garigliano e Volturno.

La morfologia dell'area in cui si inquadra il sito in studio, è caratterizzata da dolci rilievi collinari, i cui versanti mostrano di aver subito un'azione di modellamento morfologico originata per lo più da deformazioni a carattere gravitativo. Come gran parte dell'Appennino, caratterizzato idrograficamente dalla presenza di numerosi fiumi e corsi d'acqua, anche nell'area in parola si rileva un'idrografia significativa che, in prossimità del sito di discarica, si individua nel corso del Vallone Defensola, affluente del F. Calore. L'area di indagine è infatti ubicata su di un versante a notevole acclività che comincia in

corrispondenza della strada comunale, che funge da spartiacque morfologico. La rete idrografica superficiale è costituita da solchi di erosione che vergono, per maggior parte, verso la porzione appenninica interna e di cui il F. Calore rappresenta il principale linea di impluvio della zona. I fossi e canali presenti nel territorio in oggetto sono per lo più caratterizzati da un regime saltuario, con attività solo in occasione di eventi pluviometrici importanti.

La catena appenninica deriva dalla deformazione di settori paleogeografici posti nella parte meridionale della Tetide, in prossimità del margine continentale nord-africano [D'Argenio, 1980, Channel *et alii*, 1979]. L'apertura del tirreno determina un regime compressivo che si propaga verso oriente, provocando la deformazione dei domini della Piattaforma Appenninica. Il primo edificio a falde di ricoprimento è stato notevolmente disarticolato, soprattutto nei settori assiali ed interni della catena, da faglie a basso angolo (Oldow *et alii*, 1993, Ferranti *et alii*, 1996) e da faglie normali e trascorrenti ad alto angolo durante il Quaternario (Cinque *et alii*, 1993; Hyppolite *et alii*, 1994). Alcuni autori in vari lavori a scala regionale (Malinverno & Ryan, 1986; Patacca & Scandone, 1989; Patacca *et alii*, 1990, 1992; Cinque *et alii*, 1992; Hippolyte *et alii*, 1994), individuano due fasi tettoniche che hanno interessato l'Appennino. In una prima fase, che va dal Cretacico medio al Tortoniano superiore, caratterizzata dalla convergenza tra la placca Africana e quella Europea che causa la collisione tra il blocco Corso-Sardo ed il margine continentale Apulo, il quale causa la deformazione dei domini interni Calabride, Liguride e Sicilide. Tra l'Oligocene ed il Miocene inferiore si verifica l'apertura del bacino Provenzale, [Kastens *et alii*, 1988; Sartori *et alii*, 1989) considerato come bacino di retroarco, che ha causato in seguito la rotazione del blocco Corso-Sardo, inteso come un arco vulcanico. Una seconda fase evolutiva, occorsa dal Tortoniano superiore, determina la distensione tra l'arco vulcanico (blocco Corso-Sardo) e la *root-zone* dell'Appennino, con la conseguente apertura del bacino Tirrenico. Questo cambiamento del regime tettonico determina il trasporto dei lembi più interni della catena sul margine occidentale del Tirreno, mentre parte dei lembi del blocco Corso-Sardo "Cristallino Calabro" migrano sul margine orientale dello stesso. In questa seconda fase si instaura un regime tettonico distensivo, sul margine occidentale, e un regime compressivo, su quello orientale (Malinverno & Ryan, 1986; Patacca & Scandone, 1989; Patacca *et alii*, 1990, 1992). Situazione non definibile secondo gli autori (Malinverno & Ryan, 1986; Patacca & Scandone, 1989; Patacca *et alii*, 1990, 1992) con i meccanismi classici della tettonica a zolle, perché le direzioni di convergenza tra la placca Africana ed Europea sono orientati all'incirca N-S, invece la tettonogenesi si sposta verso i settori orientali. Il meccanismo proposto dagli autori per risolvere la controversa situazione tettonica invoca ad un modello di movimento di *roll-back* and *retreat* della placca Adriatica messo in atto dal passivo affondamento della placca Africana in subduzione. Pertanto gli Autori considerano la catena Appenninica composta da due grandi strutture ad arco separate da una discontinuità crostale denominata linea Ortona-Roccamonfina, una settentrionale e l'altra meridionale, sviluppatesi con differenti stili tettonici e diverse entità di raccorciamento e rotazione. Il diverso stile tettonico che caratterizza i due archi Appenninici è confermato dal fatto che il settore meridionale del bacino tirrenico ha subito una estensione di gran lunga maggiore rispetto al settore settentrionale. Nel lavoro di Patacca *et alii* (1990) l'autore definisce un arco appenninico settentrionale, caratterizzato da una deformazione che è avvenuta, in una prima fase da occidente verso oriente in un periodo compreso tra il Tortoniano e lo Zancleano e successivamente da una seconda fase, esplicitasi da SO verso NE, definita da sovrascorrimenti disposti in imbricate-fans che ha determinato la formazione di bacini di *piggy-back*.

L'arco appenninico meridionale, dal Pliocene superiore fino al Pleistocene inferiore, ha subito prima una deformazione da Ovest verso Est ed in seguito da NO verso SE, con uno stile tettonico tipo duplex dove le unità interne sono avanzate e sovrascorse al tetto delle unità più esterne. In tale contesto

geologico strutturale s'inserisce anche il territorio comunale di Pietrelcina, in cui affiorano con predominanza litotipi argillosi e marno-argillosi, talora interrotti da depositi calcarei. Più precisamente i depositi affioranti nell'area di studio ed in quelle limitrofe possono essere ricondotti ai depositi del *Flysch Rosso Auctorum* facenti parte delle unità *Lagonegresi*. Il *Flysch Rosso* come descritto in letteratura è composto da due membri *uno* inferiore a componente calcareo-marnosa e uno superiore a componente argillosa-marnosa, (*Oligocene-Cretacico Superiore*).

5 GEOMORFOLOGIA

L'area esaminata è ubicata in destra idrografica del "*Vallone del Corpo*", affluente in destra del *Fiume Calore*. La morfologia del territorio circostante l'area in esame denota una chiara maturità morfologica confermata dalla presenza di zone con bassa acclività e zone pianeggianti, dovute all'azione esercitata dagli agenti esogeni sui complessi argillosi-siltosi che affiorano con predominanza nell'area esaminata. A valle dell'area della si nota una ripresa dell'erosione lineare e di sponda esercitata dal torrente *Del Corpo* che provoca, nel versante della discarica e nel versante opposto alla stessa, costituito da coltri argillose alterate, fenomeni di dissesto.

1. il versante su cui è ubicata la discarica è caratterizzato da tipologie di frana per colamento e scorrimento traslativo. Mentre le aree circostanti sono caratterizzate da forme rotazionali nella parte di distacco della frana evolventi a colate nella parte di canale e di piede del corpo di frana. Talora questi eventi sono concentrati lungo le aste torrentizie ed assumono caratteri di tipo rotazionale e traslativo. Le cause dell'insorgere di tali fenomenologie sono da ricondurre all'azione erosiva delle aste torrentizie associate a terreni aventi scarse resistenze a taglio. Le aste torrentizie esplicano un'azione erosiva alla base dei versanti, sia lineare che di sponda, particolarmente attiva; tra le due tipologie di erosione fluviale prevale quella lineare che comporta una incisione dell'alveo fluviale. Tale azione è lo risultante di due fattori:

a. uno cinematico, dovuto alle pendenze dei corsi d'acqua (*alta energia di rilievo*),

b. ed una litologica legata alla geologia dei versanti, composti prevalentemente da argille e limi sabbiosi in successione stratigrafica con strati di coltri piroclastiche presenti in tutto il territorio campano. Inoltre, la stessa discarica è ubicata su un corpo di frana come il cumulo è stato sepolto dai rifiuti della discarica stessa. Il movimento presenta una attività intermittente che coincide con i periodi di pioggia più prolungati. Inoltre all'interno dell'area di discarica nel lato a monte sono presenti gabbioni e muri di sostegno che in parte hanno rallentato il movimento del corpo di frana.

L'azione di scalzamento al piede del versante, esercitata dal *Vallone Defensola*, provoca fenomeni di retrogradazione, ciò produce una evoluzione del profilo stesso del versante.



In particolare nella foto sovrastante si nota lo scorrimento rotazionale del fronte del cumulo della discarica.

Nelle aree circostanti e nella stessa area della discarica sono presenti fenomeni più lenti e superficiali. In particolare l'area è interessata da movimenti di versante superficiali e lenti che interessano le coltri di copertura, derivanti dall'alterazione dei depositi argillosi marnosi (*Flysch Rosso*) che sotto l'azione del regime meteorico ed in rapporto alle pendenze presenti sul versante provocano un movimento lento dell'intera coltre di alterazione superficiale.

Più di rado si osservano fenomeni di erosione lineare (*gully erosion*) o areale (*scheet erosion*), localizzati sporadicamente nei versanti costituiti da terreni di natura flyschoida a prevalente composizione argillosa siltosa e privi di copertura vegetale e dotati di acclività medio elevate.

5.1 AREA D'INTERVENTO

Sulla base del rilevamento, delle indagini geognostiche e delle prospezioni geofisiche di riferimento, il dissesto presenta le seguenti caratteristiche planoaltimetriche:

- sviluppo longitudinale massimo del dissesto 140 m circa;
- sezione trasversale nel punto di massima larghezza 20,00 m;
- massimo dislivello nicchia di distacco - accumulo della frana 45,00 m
- profondità superficie di scivolamento: 4,00 ÷ 6,00 m dal p.c..

La genesi del dissesto è attribuibile sia alla variazione delle pressioni neutre, con relativa perdita di coesione apparente conseguente agli apporti idrici provenienti da monte, lungo le vie di corrivazione naturali o le incisioni legate alle modificazioni antropiche, sia all'azione di erosione ai lati ed al piede del pendio su cui è ubicato il corpo RSU.

L'intervento ricade in prossimità di area perimetrata nell'ambito dello PSAI ed è sottoposta a vincolo rischio frana nell'ambito dello PSAI come Area di Alta Attenzione – A4. Ai sensi dell' art. 3 delle Norme di Attuazione – P.S.A.I. – Rischio di frana nelle aree R4 ed A4 si intende perseguire i seguenti obiettivi: incolumità delle persone, sicurezza delle strutture, delle infrastrutture e del patrimonio ambientale.

Al fine del raggiungimento degli obiettivi di cui al comma 1 è vietato:

- a) realizzare nuove infrastrutture di trasporto e di servizi (strade, ferrovie, acquedotti, elettrodotti, metanodotti, oleodotti, cavi elettrici di telefonia, ecc.);
- b) impiantare nuove attività di escavazione e/o di prelievo, in qualunque forma e quantità, di materiale sciolto o litoide;
- c) impiantare qualunque deposito e/o discarica di materiali, rifiuti o simili;
- d) realizzare opere private di canalizzazione delle acque reflue;
- e) qualsiasi tipo di intervento agro-forestale non compatibile con la fenomenologia in atto;
- f) in generale, qualunque trasformazione dello stato dei luoghi, sotto l'aspetto morfologico, infrastrutturale ed edilizio tranne che non si tratti di:

A) interventi di demolizione senza ricostruzione;

B) interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo, così come definiti dalle normative vigenti, sugli edifici, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti senza aumento del carico urbanistico o incremento dell'attuale livello di rischio;

C) interventi strettamente necessari a ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità e che non siano lesivi delle strutture ed infrastrutture adiacenti, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico urbanistico;

D) interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico, nonché di realizzazione di infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferite a servizi essenziali non delocalizzabili, purché l'opera sia progettata ed eseguita in misura adeguata al rischio dell'area e la realizzazione non concorra ad incrementare il carico insediativo e non precluda la possibilità di attenuare e/o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio;

E) interventi atti all'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale e che incrementano le condizioni di stabilità dell'area in frana;

F) opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi.

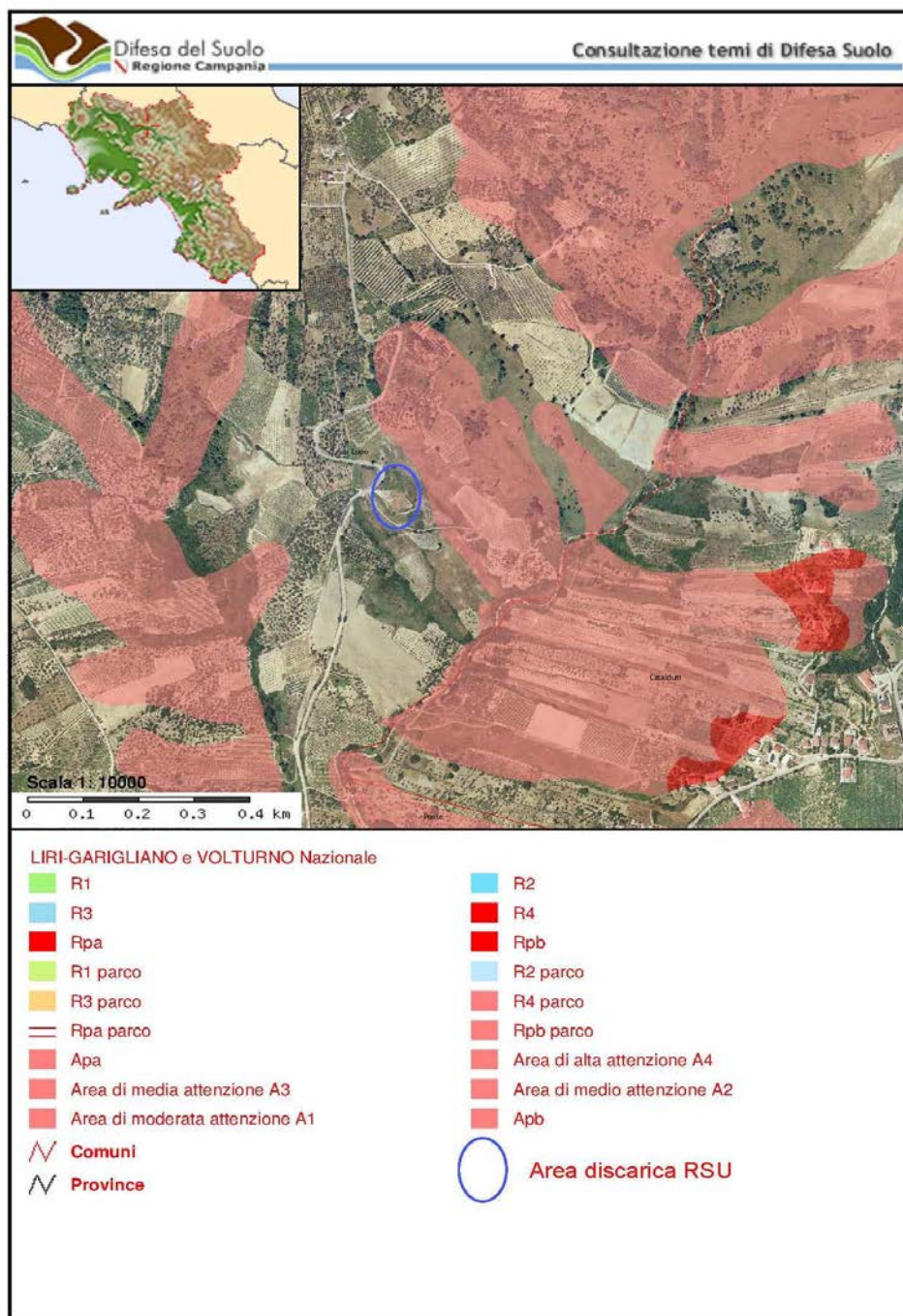
La discarica e l'area strettamente contermina oggetto dell'intervento di bonifica, come già esplicitato nel citato parere, ricadono in aree perimetrata come Area di alta attenzione-A4 ed Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco-C1, nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Rischio di frana [PSAI-Rf], approvato con DPCM del 12/12/2006 (G.U. del 28/05/07 n. 122).

Gli interventi proposti nelle suddette aree A4 (v. art. 4), rientrano tra quelli consentiti dalle Norme di Attuazione del PSAI-Rf, le quali prescrivono a corredo del progetto uno studio di compatibilità Idrogeologica (v. art. 17), commisurato all'importanza e dimensione degli interventi ed alla tipologia di rischio e di fenomeno.

Per gli interventi ricadenti nelle aree C1, in base alle stesse norme, la sola prescrizione da rispettare è quella di subordinare la realizzazione alla corretta applicazione della normativa vigente in materia, con particolare riguardo alle disposizioni contenute nel D.M. LL.PP. 11 marzo 1988, nella circolare LL.PP. 24/9/88 n. 3483 e successive norme e istruzioni.

Gli interventi ricadono in parte in aree A4 non urbanizzate, per le quali si applicano i divieti di cui all'articolo 3 delle Norme di attuazione del PSAI-Rf con le medesime eccezioni. In tali aree sono previsti:

- ✓ interventi atti all'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale e che incrementano le condizioni di stabilità dell'area in frana;
- ✓ opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi;
- ✓ opere con fondazioni indirette (opere di sostegno e edificio servizi) adeguatamente progettate e da eseguire in misura adeguata al rischio dell'area; la loro realizzazione concorre ad attenuare e/o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio.



BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).

CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO

L'Autorità di Bacino Liri – Garigliano Volturno, con nota prot. 8990 del 05/12/2013, ha trasmesso parere favorevole al progetto definitivo, ritenendo tuttavia necessario, ai fini di un'esauritiva verifica della compatibilità idrogeologica, condotta in ottemperanza con quanto disposto dalle norme del PsAI- Rf, che il progetto esecutivo contenesse i seguenti approfondimenti:

- a. Un'integrazione delle indagini geognostiche da eseguirsi in prossimità delle opere di sostegno e dei diaframmi in progetto, da attestare ad adeguata profondità e soprattutto, da condizionare con inclinometri;
- b. Un piano di monitoraggio per il controllo dell'efficacia degli interventi, corredato da un programma di misure sperimentali che contenga anche misure inclinometriche derivanti dall'integrazione geognostica di cui al punto precedente;
- c. Una valutazione analitica inerente la tipologia, la geometria ed eventualmente anche l'ubicazione degli interventi di sostegno in progetto, finalizzata ad un obiettivo miglioramento della stabilità globale del versante, in termini di confronto del coefficiente di sicurezza nelle condizioni "ante" e "post operam", atteso che da quanto riportato nell'incartamento pervenuto non si evidenzia un incremento delle condizioni di sicurezza nelle condizioni "post operam";
- d. Una verifica della compatibilità dell'edificio dei servizi con le fenomenologie franose riconosciute nel sito in cui insiste la discarica.

In ottemperanza alle richieste dell'AdB Liri – Garigliano e Volturno, in questa fase progettuale le indagini geognostiche sono state integrate con le indagini brevemente richiamate al paragrafo 1.3 e meglio descritte nei paragrafi seguenti cui si rimanda.

È stato predisposto un piano di monitoraggio per il controllo dell'efficacia degli interventi, corredato da un programma di misure sperimentali che contiene anche misure inclinometriche; in particolare è previsto che nella fase esecutiva e per la durata di un anno si effettui il monitoraggio dei tre seguenti inclinometri:

- S1-Pz1 da ubicare in corrispondenza dell'edificio servizi (per verificare la compatibilità del blocco servizi con le fenomenologie franose nell'area ex discarica RSU)
- S2-Pz2 da ubicare in corrispondenza delle terre armate su pali
- S3-Pz3 da ubicare in corrispondenza del diaframma drenante a valle.

Il monitoraggio inclinometrico e strumentale a mezzo di installazione di capisaldi topografici interni ed esterni alla zona instabile per la misura, rispettivamente, degli spostamenti superficiali e profondi saranno estesi ad un intero anno.

(Cfr. Elaborato B.08.1 - Ubicazione piezometri e inclinometri - fase esecutiva)

Gli esiti saranno comunicati tempestivamente all'AdB dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno.

Già nelle successive fasi di integrazione del progetto definitivo sono state effettuate le verifiche di stabilità in termini di confronto del coefficiente di sicurezza nelle condizioni "ante" e "post operam" riscontrando l'incremento delle condizioni di sicurezza nelle condizioni "post operam". Nella presente fase progettuale le verifiche di stabilità globale del pendio "ante" e "post operam" sono state rielaborate alla luce dei rilievi topografici e delle indagini integrative disponibili, confermando le conclusioni dell'analogo studio effettuato in fase di progettazione definitiva (cfr. allegato n. 7 alla presente relazione).

Il sondaggio/inclinometro S1-Pz1 da ubicare in corrispondenza dell'edificio servizi (per verificare la compatibilità del blocco servizi con le fenomenologie franose nell'area ex discarica RSU) consentirà di effettuare una verifica della compatibilità dell'edificio dei servizi con le fenomenologie franose riconosciute nel sito in cui insiste la discarica.

6 METODOLOGIA DI INDAGINE

Alla luce delle considerazioni acquisite durante la fase di rilevamento geologico, è stata eseguita un'approfondita serie di indagini dirette (in situ ed in laboratorio) e un accurato rilevamento piezometrico, finalizzati a definire l'assetto litostratigrafico e giaciturale, a determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei sedimenti e a caratterizzare la geometria dei terreni.

Le indagini, anche in virtù della normativa vigente, sono state così articolate:

- ✓ N° 01 SONDAGGIO GEOGNOSTICO. Del tipo a carotaggio continuo e realizzato con la seguente attrezzatura di perforazione: n.1 perforatrice idraulica marca CMV modello MK420D, attrezzata con carotiere semplice e doppio ed attrezzatura per il rivestimento del foro di perforazione. I sondaggi geognostici, spinto alla profondità di 30,00 metri, sono stati effettuati con l'utilizzo della tecnica di avanzamento a rotazione, a secco. I carotaggi continui, con carotiere semplice, del terreno hanno permesso di ricostruire la successione stratigrafica incontrata in ogni sito.
- ✓ N° 03 PRELIEVI DI CAMPIONI. Effettuati nel corso dell'esecuzione dei sondaggi a rotazione con campionatore a pressione tipo Shelby. I campioni prelevati sono tutti di tipo indisturbato.
- ✓ N° 03 ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO. Eseguite su campioni di terreno indisturbati. In dettaglio sono state eseguite le seguenti prove:

I campioni sono stati sottoposti a prove di laboratorio per determinare le principali caratteristiche fisiche generali:

- peso di volume naturale (γ);
- peso di volume secco (γ_d); e peso di volume saturo (γ_{sat});
- peso specifico dei granuli (γ_s);
- contenuto d'acqua allo stato naturale;
- indice dei vuoti (e);
- porosità (%);
- grado di saturazione;
- angolo di attrito interno ϕ);
- coesione drenata (c');
- analisi granulometriche con vagli ASTM e Densimetria;

I campioni sono stati sottoposti anche ad ulteriori prove meccaniche, quali:

- prova di taglio diretto CD;
- prova triassiale CU (Consolidata-non drenata).

Infine, il foro di sondaggio è stato attrezzato con tubo piezometrico aperto in PVC di diametro 80 mm.

E' stata eseguita la determinazione della permeabilità diretta in cella edometrica su ogni campione.

La stratigrafia con i relativi campioni prelevati e le descrizioni litologiche sono riportate su opportuni moduli allegati, così come tutti i dati risultati dall'analisi di laboratorio (Vedi Elaborato 11)

7 GEOLITOLOGIA E STRATIGRAFIA LOCALE

7.1 GEOLITOLOGIA

Il territorio comunale di San Lupo (250 m.s.l.m) è posto in destra orografica del Vallone Corpo che lo delimita nella sua parte sud occidentale. La geologia dell'area è tipica delle zone appenniniche, costituita da falde di sovrascorrimento e da faglie con direzione appenninica e antiappenninica le quali hanno complicato il già complesso schema strutturale delle successioni affioranti. Per definire la geologia locale è stato eseguito un rilevamento geologico di campagna suffragato dai dati dei sondaggi eseguiti per la realizzazione del P.R.G. della Variante al PRG del nuovo PRG e dati relativi ai sondaggi eseguiti per il seguente lavoro che hanno permesso il riconoscimento delle seguenti successioni litologiche :

✚ **LITOFACIES ARGILLOSA** - Costituita da argille e argille marnose scagliose di colore grigio-azzurre intercalate con rari interstrati calcarei di colori grigiastro. *Oligocene-Cretacico Sup.* La formazione si presenta con giacitura caotica dovuta agli intensi sforzi di stress subiti durante l'orogenesi appenninica che ne hanno complicato ed alterato in modo profondo l'originaria giacitura. Inoltre, presenta bassa permeabilità essendo composta in prevalenza da materiali di natura argillosa;

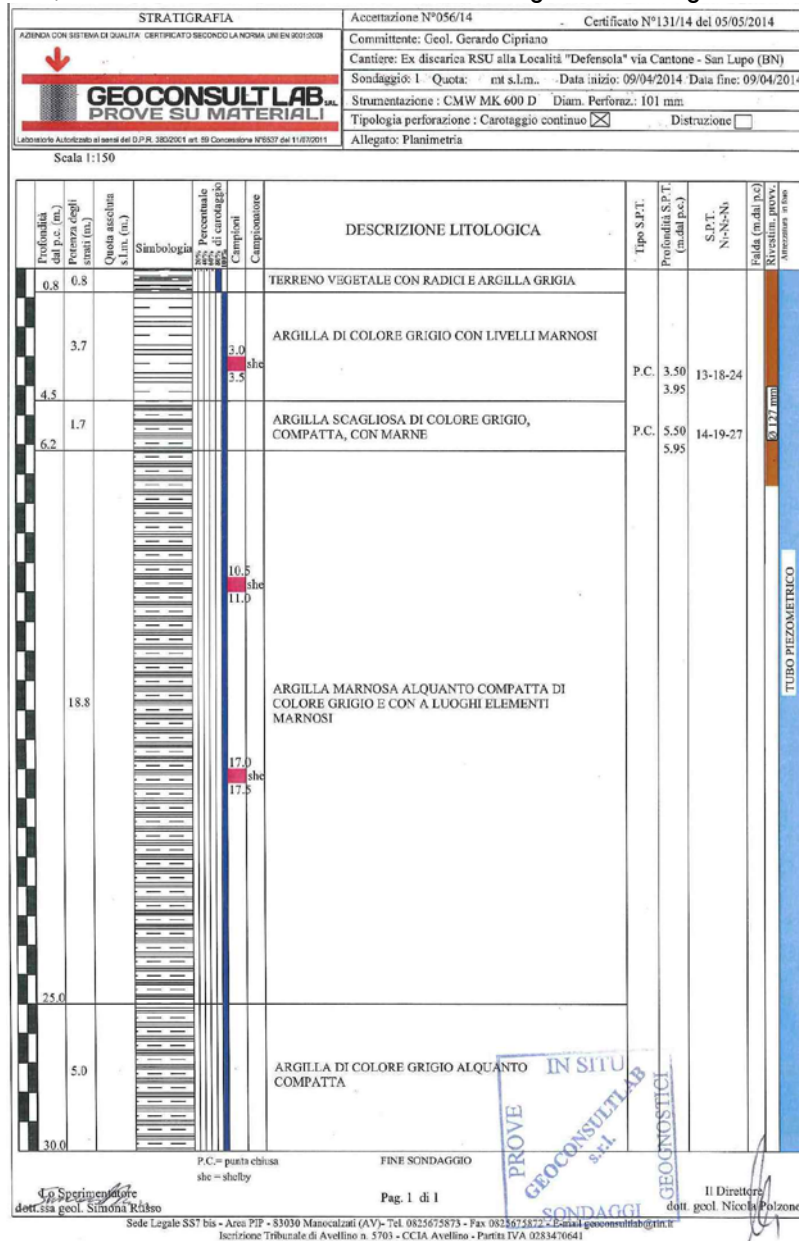
✚ **LITOFACIES ARGILLOSA MARNOSA CALCAREA** - Costituita da Marne, marne argillose di colore variabile tra il verde e il giallastro alternate a strati calcareo-marnosi. *Oligocene-Cretacico Sup.* la successione si presenta spesso caratterizzata da mesopieghie, nella parte alta della successione si passa gradualmente ad un aumento della frazione calcarea fino a diventare predominante. Le argille quanto non alterate si presentano con tipica colorazione rossastra e spesso sono intercalate da livelli calcarenitici biancastri e strati centimetrici di selce. La successione presenta una permeabilità molto variabile in funzione della presenza delle argille, del grado di alterazione e di tettonizzazione. Generalmente la parte superficiale della successione si presenta alterata e contiene nei periodi più piovosi dell'anno una falda episuperficiale la quale può indurre ad una plasticizzazione del substrato argilloso provocando movimenti franosi.

✚ **DEPOSITI ELUVIALI E COLLUVIALI** - Costituiti principalmente da limi ed argille a consistenza medio-bassa e da detriti poligenici a spigoli vivi con matrice limosa. Affiorano ad est dell'area studiata in zone pianeggianti dove maggiormente si accumulano le acque meteoriche. I depositi colluviali sono localizzati in depressioni morfologiche e alla base dei versanti. (*Pleistocene*)

✚ **DEPOSITI FLUVIALI** - Costituiti prevalentemente da ciottoli calcarei e marnosi immersi in matrice limo sabbiosa. Si ritrovano in modo continuo lungo il torrente Lenga e Vallone del Corpo. I sondaggi S1 ed S3 hanno intercettato l'orizzonte della litofacies argillosa, mentre il sondaggio S2 ha attraversato l'intera coltre di rifiuti spessa circa 7,50 m costituiti prevalentemente da inerti di lavorazione edile, (cementi, sabbie, laterizi, etc.), materiali plastici, ferrosi ed organici di origine vegetale, materiali di riporto limo-sabbiosi di colore scuro.

7.2 STRATIGRAFIA LOCALE

La campagna di indagini dirette eseguita in loco nel 2014 (n° 01 sondaggio a rotazione a carotaggio continuo), insieme con gli esiti del rilevamento particolareggiato condotto in situ ed alla presa d'atto delle risultanze contenute nel supporto geologico - geognostico allegato al P.R.G. del Comune di San Lupo approvato e vigente, hanno consentito di individuare la seguente stratigrafia:



BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).

CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO

7.2.1 RIEPILOGO CAMPIONI INDISTURBATI PRELEVATI

Campione	Profondità	Descrizione visiva
S1-C1	3.00-3.50 mt	Argilla limosa di colore grigio
S1-C2	10.50-11.00 mt	Argilla marnosa di colore grigio
S1-C3	17.00-17.50 mt	Argilla marnosa di colore grigio

7.2.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.

Si riporta qui di seguito il quadro riassuntivo generale delle caratteristiche geotecniche riscontrate. I risultati ottenuti vengono riportati in dettaglio negli allegati del presente lavoro (Elaborato 11 – Indagini geognostiche):

Riepilogo esiti prove e determinazioni	Sondaggio S1-C1 3,00÷3,50m	Sondaggio S1-C2 10,50÷11,00m	Sondaggio S1-C3 17,00÷17,50m
Densità	$\gamma_n = 19,83 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_n = 20,33 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_n = 20,58 \text{ kN/m}^3$
Densità secca	$\gamma_d = 15,71 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_d = 16,46 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_d = 16,78 \text{ kN/m}^3$
Densità immersa	$\gamma_t = 9,91 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_t = 10,41 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_t = 10,62 \text{ kN/m}^3$
Peso specifico dei granuli	$\gamma_t = 27,09 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_t = 27,23 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_t = 27,24 \text{ kN/m}^3$
Contenuto naturale d'acqua	$w_n = 26,20\%$	$w_n = 23,52\%$	$w_n = 22,64\%$
Indice dei vuoti	$e^0 = 0,724$	$e^0 = 0,655$	$e^0 = 0,623$
Porosità	$n = 42,00\%$	$n = 39,56\%$	$n = 38,40\%$
Grado di saturazione	$S_r = 98,00\%$	$S_r = 97,85\%$	$S_r = 98,92\%$
Angolo di attrito interno	$\phi' = 24^\circ 00'$	$\phi' = 23^\circ 00'$	$\phi' = 23^\circ 00'$
Coesione drenata	$c' = 30 \text{ kPa}$	$c' = 38 \text{ kPa}$	$c' = 56 \text{ kPa}$

**SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE**

N° D'ORDINE: 33/14
COMMITTENTE: Dott. Geol. Gerardo Cipriano
LOCALITA': Discarica RSU "Defensola" San Lupo (BN)
SONDAGGIO: 1
CAMPIONE: 1
PROFONDITA': 3,0-3,5
DATA INIZIO: 11-04-2014
DATA FINE: 22-04-2014

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
DENSITA'	γ	19,83	kN/m ³
DENSITA' SECCA	γ_d	15,71	kN/m ³
DENSITA' SATURA	γ_{sat}	19,91	
DENSITA' IMMERSA	γ_i	9,91	kN/m ³
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	27,09	kN/m ³
INDICE DEI VUOTI	e	0,724	
POROSITA'	n	42,00	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	98,00	%
UMIDITA' NATURALE	w	26,20	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL		%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP		%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
QUALITA' DEL CAMPIONE		Q5	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	ϕ'	24	°
COESIONE DRENATA	c'	30,0	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	ϕ_{res}	-	°
COESIONE NON DRENATA	Cu	-	kPa
ANALISI GRANULOMETRICA			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
(% trattenuta al setaccio n°200)	0,00	2,03	97,97
PARTE FINA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
(% passante al setaccio n°200)	0,85	47,94	51,21
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA	SABBIA	LIMO
	0,00	2,86	46,97
			ARGILLA
			50,17
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

DESCRIZIONE: Argilla limosa di colore grigio

BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).

CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO

**SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE**

N° D'ORDINE: 33/14
COMMITTENTE: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

LOCALITA': Discarica RSU "Defensola" San Lupo (BN)

SONDAGGIO: 1
CAMPIONE: 2
PROFONDITA': 10,5-11,0
DATA INIZIO: 11-04-2014
DATA FINE: 28-04-2014

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
DENSITA'	γ	20,33	kN/m ³
DENSITA' SECCA	γ_d	16,46	kN/m ³
DENSITA' SATURA	γ_{sat}	20,41	
DENSITA' IMMERSA	γ_i	10,41	kN/m ³
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	27,23	kN/m ³
INDICE DEI VUOTI	e	0,655	
POROSITA'	n	39,56	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	S_r	97,85	%
UMIDITA' NATURALE	w	23,52	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL		%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP		%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
QUALITA' DEL CAMPIONE		Q5	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	ϕ'	23	°
COESIONE DRENATA	c'	38,0	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	ϕ_{res}	-	°
COESIONE NON DRENATA	c_u	-	kPa
ANALISI GRANULOMETRICA			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
(% trattenuta al setaccio n°200)	0,57	2,1	97,33
PARTE FINA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
(% passante al setaccio n°200)	2,14	47,43	50,43
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA	SABBIA	LIMO
	0,57	4,18	46,16
			49,08
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

DESCRIZIONE: Argilla marnosa di colore grigio

BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).

CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO

**SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE**

N° D'ORDINE: 33/14
COMMITTENTE: Dott. Geol. Gerardo Cipriano
LOCALITA': Discarica RSU "Defensola" San Lupo (BN)
SONDAGGIO: 1
CAMPIONE: 3
PROFONDITA': 17,0-17,5
DATA INIZIO: 11-04-2014
DATA FINE: 7-06-2014

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
DENSITA'	γ	20,58	kN/m ³
DENSITA' SECCA	γ_d	16,78	kN/m ³
DENSITA' SATURA	γ_{sat}	20,62	
DENSITA' IMMERSA	γ_i	10,62	kN/m ³
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	27,24	kN/m ³
INDICE DEI VUOTI	e	0,623	
POROSITA'	n	38,40	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	S_r	98,92	%
UMIDITA' NATURALE	w	22,64	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL		%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP		%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
QUALITA' DEL CAMPIONE		Q5	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	ϕ'	23	°
COESIONE DRENATA	c'	56,0	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	ϕ_{res}	-	°
COESIONE NON DRENATA	c_u	-	kPa
ANALISI GRANULOMETRICA			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
(% trattenuta al setaccio n°200)	1,22	3,19	95,59
PARTE FINA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
(% passante al setaccio n°200)	1,37	48,64	49,99
GRANULOMETRIA CUMULATIVA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
1,22	4,50	46,49	47,79
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

DESCRIZIONE: Argilla marnosa di colore grigio

7.3 LIQUEFACIBILITÀ DA SISMICA A RIFRAZIONE – METODO DI ANDRUS E STOKOE(1997).

La resistenza alla liquefazione di un deposito sabbioso può essere valutata anche attraverso la stima delle velocità delle onde S, partendo dai risultati ottenuti attraverso stendimenti di sismica a rifrazione. La relazione è la seguente:

$$R = 0.03 \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{0.9}{V_{s1c} - V_{s1}} - \frac{0.9}{V_{s1}}$$

BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).

CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO

dove:

$$V_{s1}(\text{m/s}) = \text{velocità delle onde S nello strato corretta} = V_s \left(\frac{1}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.25},$$

dove V_s è la velocità misurata e σ'_{v0} (kg/cmq) è la pressione verticale efficace a metà strato;

V_{s1c} (m/s) = valore critico delle onde S nel deposito, ricavabile attraverso il seguente schema:

V_{s1c} (m/s) = 220 se la percentuale di fine (FC) < 5%;

V_{s1c} (m/s) = 210 se FC = 20%;

V_{s1c} (m/s) = 200 se FC > 35%;

interpolando per valori intermedi di FC.

Viene considerato non liquefacibile un deposito in cui sia $F_s > 1$.

Questa procedura è raccomandata dal National Center for Earthquake Research (NCEER).



Software **Liquefaction of Soil** 2014 - versione excel 2003 -2007
 allegato al volume "LIQUEFAZIONE dei TERRENI" EPC srl
 Dott. Geologo Sebastiano Giovanni Monaco cell. 3486041122
 Via Olimpia, 9 - 98168 MESSINA (ME) - e-mail: sg.monaco@libero.it

L'utilizzo dei risultati derivanti del presente programma sono a totale onere e responsabilità dell'utente.

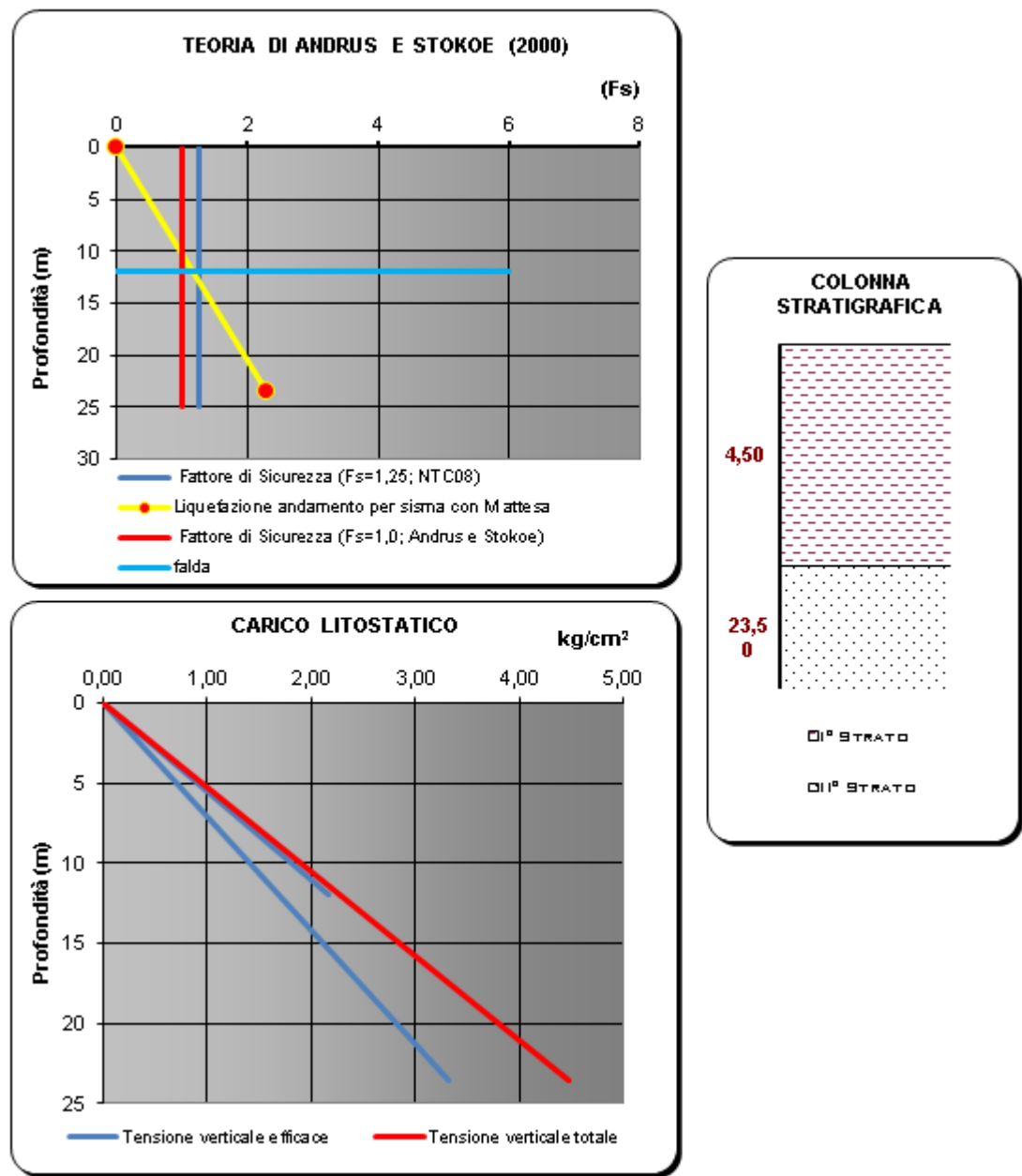
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE																																																															
DATI INSERITI					TEORIE DI CALCOLO																																																										
$H_{falsa} = 12$ $a_{max}/g = 0,33$ $R = 8,5$ $Mw = 7$					ANDRUS E STOKOE (2000) 																																																										
STRATIGRAFIA TERRENO																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">PRIMO STRATO</th> <th>$H_1 = 6,5$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Parametri</td> </tr> <tr> <td>H_1</td> <td>= Errore</td> <td></td> </tr> <tr> <td>γ</td> <td>= 1,8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V_s</td> <td>= 633</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V_{s1c}</td> <td>= 200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S_1</td> <td>= 4,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FC</td> <td>= 30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V_{s1}</td> <td>= #####</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">SECONDO STRATO</th> <th>$H_2 = 23,5$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Parametri</td> </tr> <tr> <td>H_2</td> <td>= 23,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>γ</td> <td>= 1,9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V_s</td> <td>= 642</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V_{s1c}</td> <td>= 200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S_2</td> <td>= 23,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FC</td> <td>= 30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V_{s1}</td> <td>= 475,79</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										PRIMO STRATO		$H_1 = 6,5$	Parametri			H_1	= Errore		γ	= 1,8		V_s	= 633		V_{s1c}	= 200		S_1	= 4,5		FC	= 30		V_{s1}	= #####		SECONDO STRATO		$H_2 = 23,5$	Parametri			H_2	= 23,5		γ	= 1,9		V_s	= 642		V_{s1c}	= 200		S_2	= 23,5		FC	= 30		V_{s1}	= 475,79	
PRIMO STRATO		$H_1 = 6,5$																																																													
Parametri																																																															
H_1	= Errore																																																														
γ	= 1,8																																																														
V_s	= 633																																																														
V_{s1c}	= 200																																																														
S_1	= 4,5																																																														
FC	= 30																																																														
V_{s1}	= #####																																																														
SECONDO STRATO		$H_2 = 23,5$																																																													
Parametri																																																															
H_2	= 23,5																																																														
γ	= 1,9																																																														
V_s	= 642																																																														
V_{s1c}	= 200																																																														
S_2	= 23,5																																																														
FC	= 30																																																														
V_{s1}	= 475,79																																																														
Parametri calcolati $\gamma_{H2O} = 1,00$ $\sigma_{vo} = #####$ $\sigma_{vo'} = #####$ $P_{neutra} = #####$ $r_d = #####$ $K_o = 0,80$ Parametri calcolati $\gamma_{H2O} = 1,00$ $\sigma_{vo} = 4,47$ $\sigma_{vo'} = 3,32$ $P_{neutra} = 1,15$ $r_d = 0,55$ $K_o = 0,80$																																																															
Committente: COMUNE DI SAN LUPO					Riferimento: DISCARICA RSU DEFENSOLA																																																										
Località: SAN LUPO (BN)					Prov.: BN																																																										
Oggetto: STUDIO GEOLOGICO-TECNICO E SISMICO																																																															
MENU PRINCIPALE					ANALISI METODO																																																										

Committente: COMUNE DI SAN LUPO Riferimento: DISCARICA RSU DEFENSOLA Località: SAN LUPO (BN) Prov.: BN Oggetto: STUDIO GEOLOGICO-TECNICO E SISMICO					
ANALISI					
Metodi che utilizzano	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento	Indice del Potenziale di Liquefazione (PL)	Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978)
Prove Sismiche (Vs)	Fs (Autore)	NTC08	(Mw)		
Andrus e Stokoe (2000)	> 1,0	>1,25	7	0,000	#VALORE!
STRATIGRAFIA 2					

BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).

CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO

BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).
CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO



7.4 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

7.4.1 DEFINIZIONE E CALCOLO DELLA PENDENZA TOPOGRAFICA

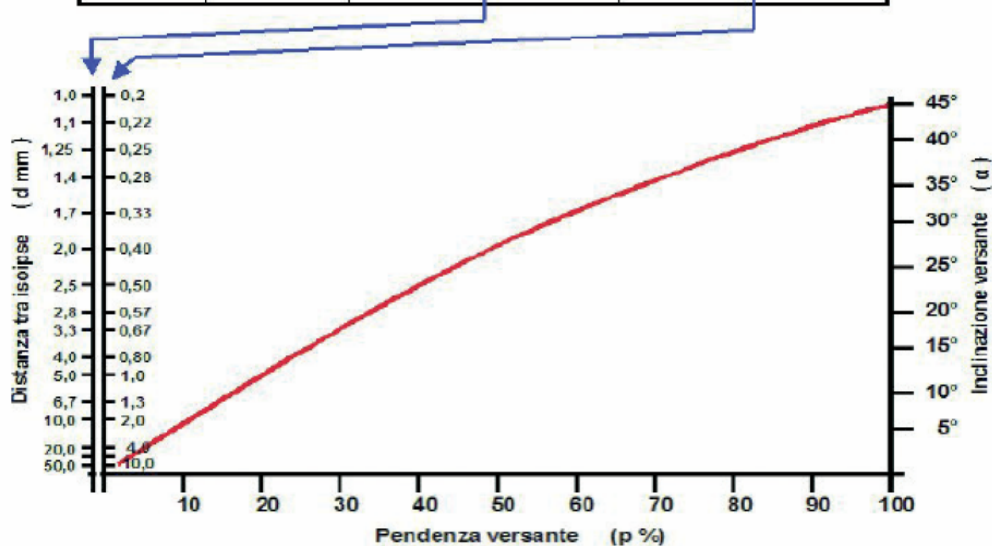
Considerati due punti A e B sul terreno: pendenza (P) = rapporto tra il dislivello (h) e la distanza orizzontale (d) (proiezione dei punti A e B sul piano) tra i due punti espressi con la medesima unità di misura (ad esempio in metri) da cui:

- p (pendenza assoluta) = h/d che viene espressa > p % (pendenza percentuale) = d *100
- inclinazione (α) del tratto di terreno compreso tra i punti considerati, l'angolo compreso tra il piano orizzontale ed il profilo del terreno; conoscendo l'inclinazione della superficie topografica (α) e sapendo che in un triangolo rettangolo la tangente trigonometrica di un angolo è uguale al rapporto tra il cateto (h) opposto all'angolo stesso e l'altro cateto (d) si otterrà direttamente il valore della pendenza assoluta o percentuale: $\text{tg } \alpha = h/d = p$
oppure $\text{tg } \alpha = h/d *100 = p\%$.

7.4.2 CALCOLARE LA PENDENZA DI UN VERSANTE OPERANDO DIRETTAMENTE SULLE CARTE TOPOGRAFICHE UTILIZZANDO LE CURVE DI LIVELLO.

h corrisponde al dislivello di quota tra un 'isoipsa e la successiva (tale valore detto anche "equidistanza" è costante in ogni carta topografica e varia generalmente in funzione della scala) e d rappresenta la distanza orizzontale misurata lungo la "linea di massima pendenza" (minima distanza tra due isoipse contigue).

Pendenza (p)	Inclinazione (α)	Scala	Equidistanza	Scala	Equidistanza
		1:25.000 1:10.000 1:5.000 1:1.000	25 metri 10 metri 5 metri 1 metro	1:25.000 1:10.000 1:5.000	5 metri 2 metri 1 metro
%	gradi e primi	distanza tra isoipse (d) mm		distanza tra isoipse (d) mm	
100	45°	1,0		0,2	
90	42°	1,1		0,22	
80	38° 40'	1,25		0,25	
70	35°	1,4		0,28	
60	31°	1,7		0,33	
50	26° 30'	2,0		0,40	
45	24° 15'	2,2		0,44	
40	22°	2,5		0,50	
35	19° 30'	2,8		0,57	
30	16° 30'	3,3		0,67	
25	14°	4,0		0,80	
20	11° 30'	5,0		1,0	
15	8° 30'	6,7		1,3	
10	5° 30'	10,0		2,0	
5	3°	20,0		4,0	
4	2° 30'	25,0		5,0	
3	2°	33,3		6,7	
2	1°	50,0		10,0	
1	0° 35'	100,0		20,0	
0,5	0° 17'	200,0		40,0	
0,2	0° 7'	500,0		100,0	



Nel caso in esame:

$$\operatorname{tg} \alpha = h/d * 100 = p\%.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = p\% = h/d * 100 = 50\text{m}/324\text{ m} = 0,154 * 100 = 15,40\%$$

$$\alpha = \operatorname{invtagp} = 8^{\circ}68'$$

Il fattore di amplificazione topografica, con il D.M.14/01/2008, S_t si ottiene dal seguente schema:

- $S_t \geq 1.2$ per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;
- $S_t \geq 1.4$ per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media $>30^{\circ}$;
- $S_t \geq 1.2$ per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media $\leq 30^{\circ}$.

Con il D.M.14/01/2008 S_t si ricava dalla seguente tabella

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

Pertanto nel caso in esame per $\alpha = 8^\circ 68'$ si avrà:

<i>Categoria topografica</i>	<i>Caratteristiche della superficie topografica</i>	<i>Ubicazione dell'opera</i>	<i>S_t</i>
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00

8 IDROGEOLOGIA E CLIMATOLOGIA

8.1 IDROGEOLOGIA

Data la varietà litologica dei materiali affioranti nell'Appennino, le caratteristiche di permeabilità molto diverse tra un litotipo e l'altro, nonché le complicazioni derivanti da alternanze di litologie a permeabilità differente, a cui si aggiunge l'intenso stato di tettonizzazione dei materiali, nell'area in esame la situazione idrogeologica risulta molto complessa. La circolazione idrica sotterranea è essenzialmente circoscritta alle formazioni flisciodi e ai livelli clastici. Nelle formazioni flisciodi si istaura una modesta circolazione idrica sotterranea esplicantesi attraverso diversi livelli acquiferi aventi sede nelle bancate calcaree ed arenacee, fratturate e sostenute alla base dagli orizzonti e/o livelli pelitici. Gli acquiferi più cospicui sono rappresentati dalle rocce carbonatiche ed in particolare dai livelli più francamente calcarei del Flysch, ove essi risultano intensamente tettonizzati. In genere, lo stato di intensa fratturazione di tali livelli conferisce alla formazione una permeabilità secondaria che si spinge a profondità non superiori ai 100 m dalla superficie. Con specifico riferimento all'area di indagine, in questa non sono mai state riconosciute falde con capacità significativa. In corrispondenza delle aree di affioramento dei complessi argillosi, si istaurano, in occasione di eventi pluviometrici importanti, piccole emergenze che si

esauriscono velocemente in alcuni giorni. Nella parte alta del paese, all'interno della Formazione della Daunia, sono segnalate alcune manifestazioni sorgentizie di modesta capacità. Sia l'osservazione dei pozzi esistenti, sia i risultati di sondaggi geognostici fatti eseguire dallo scrivente sul sito e condizionati con piezometri, hanno messo in evidenza che la falda idrica è episuperficiale e di esigua portata, la quale viene alimentata dalle acque di ruscellamento e/o di precipitazione e si insediano al di sotto alla coltre di alterazione esistente a tetto degli strati argillosi presenti nel sito oggetto di indagine. Quindi il grado di permeabilità relativo a queste coltri pur variabile da medio a basso, come dimostrano le prove Lefranc eseguite, è complessivamente tale da rendere gli affioramenti di scarso interesse idrogeologico ma di rilevanza notevole per quanto riguarda le acque di percolato e per l'innescò di dissesti idrogeologici diffusi in tutta l'area in esame.

Da ciò si deduce che le acque possono percolare attraverso i termini alterati con granulometria che consentono una permeabilità per porosità e fermandosi al contatto con la sottostante formazione argillosa, determinando locali accumuli o falde la cui piezometrica è strettamente legata alle temporanee acque di precipitazione giornaliere e la direzione di scorrimento è influenzata dall'andamento dei piani di contatto e dalla morfologia. Quindi la profondità a cui sono state rinvenute presenze idriche all'interno dei piezometri installati ed attraversanti litologie argillose non devono essere confuse con livelli piezometrici della falda ma solo come profondità di raccolta d'acqua che viene convogliata all'interno per differenza di gradiente idraulico e di coefficiente di permeabilità.

In particolare le falde acquifere rilevate nell'area esaminata sono:

- falde superficiali, a carattere stagionale o semistagionale, localizzate alla base di coltri alterate.

Nella carta idrogeologica allegata sono stati indicati complessi idrogeologici così elencati a differente permeabilità:

- complesso della coltre alterata di media permeabilità;
- complesso argilloso impermeabile.

8.2 Idrogeologia

Per lo svolgimento dello studio climatologico dell'area ricadente nel territorio del comune di San Lupo, si è fatto riferimento ad un studio a più ampia scala che era stato svolto per il territorio provinciale. Nei dettagli sono stati esaminati i dati relativi alla temperatura dell'aria, alle precipitazioni atmosferiche (pioggia e neve) ed alla ventosità.

Temperatura

Con riferimento alle temperature, lo studio dell'andamento termometrico nel corso dell'anno, riveste un ruolo importante ai fini delle considerazioni di carattere idrogeologico in quanto, regolando l'evapotraspirazione, influenza in parte l'alimentazione delle falde. I valori di temperatura considerati provengono dai dati raccolti negli Annali Idrologici editi dal Ministero dei Lavori Pubblici e registrati nella stazione termometrica esistente nel comune di Benevento. I dati termometrici utilizzati si riferiscono ad un periodo di osservazione superiore ad un trentennio (1958-1992). Dall'analisi di tali dati si osserva che le temperature medie annuali, calcolate come media delle temperature medie mensili, risultano comprese tra i 15,5 °C ed i 24,4°C; l'escursione termica tra il semestre aprile-settembre e il semestre ottobre-marzo è molto elevata ed è pari a 48,4°C. Nella stazione limitrofa al suddetto comune la temperatura massima assoluta è stata registrata a Luglio (36,0°C) mentre nel periodo Giugno-Settembre le temperature assolute sono risultate comprese fra i 30-35 °C. La temperatura minima assoluta è di -9 °C nel mese di

Novembre, mentre i valori minimi assoluti al disotto dei 0°C si sono registrati nel periodo compreso tra Ottobre e Maggio.

Piovosità

Fra le diverse componenti climatiche, le precipitazioni piovose rappresentano un fattore quanto mai importante, anche se spesso variabile nel tempo e nello spazio a causa dei vari aspetti che ne determinano l'insorgenza. Da ciò deriva la necessità di considerare serie storiche significative, in termini di lunghezza del periodo temporale, per meglio caratterizzare tale parametro ambientale. I dati di piovosità elaborati provengono dalle rilevazioni raccolte negli Annali Idrologici editi dal Ministero dei Lavori Pubblici (Servizio Idrografico Napoli) a seguito delle rilevazioni strumentali effettuate nella stazione pluviometrica di Ponte. I dati pluviometrici esaminati ed elaborati abbracciano il periodo pregresso che va dal 1957 al 2002; in questo arco temporale le analisi dei regimi pluviometrici mostrano come i valori minimi di pioggia medi mensili si registrino nel mese di luglio; i massimi dati di pioggia media mensile si distribuiscono tra i mesi di novembre e dicembre. Per quanto riguarda le altezze medie mensili di pioggia si rileva un valore medio annuo pari a 792 mm e un numero medio di giorni piovosi pari a 98.

Nevosità

Fra le varie componenti climatiche, le precipitazioni nevose assumono un grado di importanza ambientale trascurabile soprattutto tenuto conto che il comune di San Lupo è posto a quota 300 m mentre il sito risulta essere a quota 240 m. Sotto l'aspetto bioclimatologico, inoltre, la valutazione della quantità di neve che si accumula al suolo mediamente nel corso dell'anno, la durata delle nevicate ed il tempo di permanenza del manto nevoso al suolo nonché l'estensione stagionale del periodo in cui possono verificarsi precipitazioni nevose, risultano essere parametri quanto mai rilevanti per comprendere alcuni importanti ritmi ecologici del territorio oggetto di indagine. Non meno importante risulta, inoltre, la valutazione del contributo fornito dalle precipitazioni nevose, sotto il profilo idrologico ed idrogeologico, che si attiva a seguito dello scioglimento del manto nevoso [in media 1 cm neve = 1 mm di pioggia] e che si evidenzia in termini di aumenti di portata nell'ambito dei reticoli idrografici sottiacenti con conseguente influenza sui fenomeni di modellamento ed erosione del territorio.

Ventosità

L'analisi eolica è stata condotta analizzando una serie trentennale di dati (1960-1991) rilevati dal servizio meteorologico dell'aeroporto militare ed elaborati dall'ENEL.

La scelta di utilizzare tale stazione deriva dal lungo intervallo di tempo, 30 anni, che lo stessa consentiva di analizzare, e che non era possibile utilizzare con altre stazioni di rilievo.

I parametri presi in considerazione sono stati: persistenza dei venti, provenienza e velocità dei venti più frequenti, provenienza e velocità dei venti di notevole intensità.

L'analisi condotta ha evidenziato che per quanto riguarda i venti persistenti, i più frequenti sono quelli di provenienza dai quadranti di Nord-Ovest, che possono raggiungere persistenze medie anche di 117 ore con velocità di 12 nodi; Ovest con persistenza di 96 ore e velocità di 8 nodi ed Est con persistenza media di 78 ore e velocità di 10 nodi. I venti provenienti da Nord sono meno frequenti, ed anche se non meno persistenti (63 ore), hanno una velocità media notevole, pari a 18 nodi. Il vento di Bora determina sensibili abbassamenti della temperatura e in genere porta abbondanti precipitazioni, anche nevose, sul versante esposto a nord del promontorio garganico, in quanto si arricchisce di umidità percorrendo longitudinalmente il mare Adriatico.

Per quanto invece riguarda le frequenze annuali, le classi più ricorrenti, 23% dei casi, sono quelle dei venti provenienti da Nord-Est, Nord-Ovest e Sud-Ovest con velocità media fra gli 8 e i 12 nodi, mentre i venti di direzione variabile, con velocità da 0 a 1 nodo, raggiungono il 25% delle frequenze. Infine, l'analisi dei venti con velocità superiori ai 24 nodi, quindi intorno ai 45 Km/h, ha messo in evidenza come durante l'anno i venti forti provengano dai quadranti Nord e Nord-Ovest con velocità variabili fra i 34 e gli 98 nodi. Tali venti sono sporadicamente presenti nel periodo estivo, mentre sono ricorrenti nel resto dell'anno.

9 STABILITA'

Il Sannio comprende un territorio notoriamente affetto da intensi dissesti idrogeologici, sia connessi ad erosione lineare ed areale, che a frane s.s. Tali fenomenologie presenti anche nell'area di discarica sono per lo più caratterizzate da periodiche riattivazioni in occasione dei principali eventi meteorici durante le stagioni piovose. Le frane attive consistono infatti di parziali rimobilizzazioni nell'ambito di più ampi bacini di frana, che talora giungono a coinvolgere l'intero versante. L'area in studio si inquadra tra quelle a maggiore diffusione di dissesti e per di più è area sottoposta a vincolo idrogeologico. Praticamente, infatti, quasi tutti i centri abitati del territorio suddetto sono più o meno severamente interessati dallo sviluppo e dall'attività di fenomeni franosi che talora giungono ad intaccare le porzioni marginali degli abitati stessi. Le aree di frana sono frequentemente di ampie dimensioni, con fenomeni attivi spesso circondati da aree quiescenti, dove sono ancora riconoscibili evidenze morfologiche connesse a frane più antiche. Il carattere stagionale che molte frane mostrano, indica che l'attività è principalmente connessa alle più intense e prolungate precipitazioni meteoriche.

9.1 VERIFICHE DI BACK ANALYSIS

La stabilità dell'area su larga scala è stata verificata, come abbiamo visto con uno studio geomorfologico, mentre le aree specifiche d'intervento, sono state verificate analiticamente ai sensi di:

✚ 22, L.R. 13/87, ... *che dispone uno studio accurato delle condizioni di stabilità attuali nonché potenziali dei terreni in prospettiva sismica tenuto conto del sovraccarico da imporre ai terreni stessi con le opere a costruirsi* ;

✚ D.M. Decreto del Ministero dei lavori pubblici 11 marzo 1988 (G.U. 1-6-1988, n. 127 suppl.) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle fondazioni"

✚ Circolare Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre 1988, n. 30483 (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale) "Istruzioni relative alla norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle fondazioni" e s.m.i.

✚ Deliberazione n. 5447 – Area Generale di Coordinamento Ecologia, Tutela dell'Ambiente, CIA e Protezione Civile della Regione Campania – Seduta del 7/11/2002 - Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania (B.U.R.C. n° 56 del 18/11/2002);

✚ OPCM n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 20 marzo 2003 e pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 08/05/2003;

Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008).

La sezione presa in considerazione è stata scelta tenendo conto delle risultanze delle prospezioni geognostiche eseguite per il presente lavoro e delle indagini pregresse, della morfologia e della geologia. L'accertamento della stabilità (ELABORATO 7 - Verifiche di back analysis. Scala 1:1.000) è stato eseguito tenendo conto delle seguenti ipotesi:

- i litotipi che costituiscono la pendice si considerano omogenei;
- i parametri geotecnici riportati nel calcolo sono quelli indicati nel capitolo specifico.

Le verifiche di back analysis, sono state eseguite per determinare il grado di sicurezza del pendio nelle seguenti condizioni:

- a) **in fase di sollecitazione dinamica [D.M. 14/01/2008 – Appr. I Comb. 2];**
- b) con carico reale permanente uniformemente distribuito (10,0 MPa) in condizioni a);
- c) con falda acquifera presente nelle condizioni peggiori compatibilmente con la realtà idrogeologica del sito in condizioni a) e b).

Per la comparazione dei coefficienti di sicurezza dell'equilibrio limite sono stati applicati:

- Metodo di Fellenius
- METODO DI RISOLUZIONE DI BISHOP (SEMPLIFICATO)
- METODO DI RISOLUZIONE DI JANBU (SEMPLIFICATO)
- METODO DI RISOLUZIONE DI SARMA
- METODO DI RISOLUZIONE DI SPENCER

Tutti i metodi presuppongono generalmente che:

- la legge tensioni - deformazioni del terreno sia del tipo rigido - plastico;
- il pendio e la stratigrafia siano semplificati;
- il fenomeno sia riconducibile ad uno schema piano;
- la superficie di rottura sia ammissibile ad un cerchio o a una mistilinea;
- il movimento interessi contemporaneamente l'intera superficie.

In questo modo si considera solo l'equilibrio globale dell'intera massa scivolante. La suddivisione in conci viene utilizzata unicamente per comodità di calcolo e per determinare con maggior precisione, mediante sommatorie, le forze in gioco. Il coefficiente di sicurezza si ottiene dall'equazione dei momenti intorno al punto, di intersezione fra il piano di scivolamento e la pendice lato - valle, del peso massa della massa franante e della resistenza lungo la superficie di scorrimento. L'utilizzazione di questo metodo, necessita dell'uso di un elaboratore elettronico, per il gran numero di superfici da analizzare. Per le elaborazioni si è utilizzato il programma di calcolo SLOPE della GEOSTRU. Per ciascuna sezione sono state analizzate 100 superfici di scivolamento potenziale per le condizioni imposte (di maggiore penalizzazione). I risultati relativi sono riportati nelle schede allegate, dove sono specificati, inoltre, i parametri del profilo del pendio, i parametri della superficie di scorrimento, le caratteristiche geotecniche dei terreni, i parametri della maglia di centri con coefficienti di sicurezza, i risultati delle analisi, lo spaccato topografico con le diverse superfici di scivolamento e i relativi valori del coefficiente di stabilità.

Per le elaborazioni si è utilizzato il programma di calcolo GEOSTRU, basato sul metodo dell'equilibrio limite.

Per le sezioni individuate sono state analizzate 100 superfici di scivolamento potenziale per le condizioni imposte (di minore e maggiore penalizzazione). I risultati relativi sono riportati in allegato al presente lavoro, dove sono specificati, inoltre, i parametri del profilo del versante e degli strati, le caratteristiche geotecniche dei terreni indagati, i parametri della superficie di scorrimento, le caratteristiche geotecniche degli strati indagati, i sovraccarichi nastriformi e/o concentrati, i parametri geometrici e geotecnici della superficie critica, le forze e i momenti agenti sulla superficie critica e le relative caratteristiche, lo spaccato topografico con la superficie di scivolamento, la rappresentazione grafica dei conci esaminati (20) e il relativo valore del coefficiente di stabilità F_s .

9.1.1 VERIFICA DI BACK ANALYSIS IN PRESENZA DI FALDA (STATO DI FATTO)

Nella verifica il versante è stato verificato in presenza di falda. I risultati sono i seguenti:

	Sezione	Fsic	Metodo
Verifica 1	A-A'	1,18	Sarma

I terreni in studio, secondo i risultati suindicati, in fase di oscillazione sismica e con i carichi suindicati, hanno fatto registrare un coefficiente di sicurezza minimo pari a 1,18: il pendio si trova in condizioni di instabilità globale.

Per Legge (D.M. 1988 e s.m.i.) e per consuetudine pratica la stabilità può dirsi raggiunta solo nel caso in cui Fsic sia maggiore di 1,3.

9.1.2 VERIFICA DI BACK ANALYSIS IN PRESENZA DI FALDA CON OPERE DI STABILIZZAZIONE (PROGETTO).

Nella verifica il versante è stato gravato con carichi (peso proprio e permanente) e con opere di stabilizzazione (opere di sostegno fondate su pali e trincea drenante).

I risultati così ottenuti sono i seguenti:

	Sezione	Fsic	Metodo
Verifica 1	A – A'	1,65	Sarma

Si fa presente che la verifica di stabilità, relativa allo stato di progetto, è stata effettuata considerando le seguenti opere strutturali:

- Sistemi di opere di sostegno su pali
- Trincea drenante

Le caratteristiche costruttive sono meglio riscontrabili sugli elaborati del progetto esecutivo redatti dai progettisti.

L'area in studio, in seguito agli interventi post operam, secondo i risultati suindicati, ha fatto registrare buoni valori dei fattori di sicurezza (fattore di sicurezza minimo pari a 1,65 e quindi superiore a quanto prescritto dalla normativa vigente [D.M. 21/1/81; D.M. 1988 e s.m.i.]: il pendio si trova in condizioni di stabilità globale.

10 INDAGINE DI SISMICA PASSIVA MASW

10.1 INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto di indagini sono state eseguite delle misure sismiche per la stima della velocità delle onde di taglio dall'analisi ed inversione della dispersione delle onde di Rayleigh e Love.

Le onde di superficie possono essere utilizzate per determinare la velocità delle onde di taglio dei suoli non consolidati e dei materiali più rigidi come le rocce. Queste onde in genere si propagano con velocità tipiche dei materiali superficiali e ultimamente sono sempre più utilizzate nella definizione delle proprietà elastiche ed anelastiche dei terreni e per determinare la rigidità dei materiali.

I metodi che utilizzano le onde di superficie hanno il vantaggio di considerare un'area del sito abbastanza vasta e soggetta a livelli di deformazione, principalmente dovuti alle onde sismiche che si propagano nel mezzo, molto bassi. La rigidità del terreno dipende essenzialmente dal livello di deformazione. Nelle prove di laboratorio (i.e. prove triassiali) i livelli di deformazione utilizzati per stimare la rigidità dei

campioni sono molto più alti di quelli normalmente presenti nel terreno quando si propagano onde sismiche.

Si è anche osservato che la rigidità aumenta al decrescere del livello di deformazione ed è ormai generalmente accettato il fatto che le deformazioni del terreno associate con la maggior parte dei problemi connessi all'interazione suolo-struttura hanno bassi valori percentuali (0.1%). Per questo motivo la classificazione dei suoli sulla base dei metodi che utilizzano le onde di superficie rappresenta oramai lo stato dell'arte.

10.2 ACQUISIZIONE DEI DATI

Per la misura della velocità delle onde S, la tecnica utilizzata in questo studio impiega l'analisi delle onde di superficie su registrazioni effettuate lungo uno stendimento di 24 stazioni sismiche ad ampia dinamica (24 bit) collegate da canali di trasmissione dati. Per ogni stazione sismica sono utilizzati sensori a 4.5 Hz. I sensori sono posti a distanze di 2 m l'uno dall'altro. I punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 5,0 e 7,0 m dal geofono n° 1. La scelta dei due scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

10.2.1 METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software winMASW consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio). Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (search space) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.

Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.

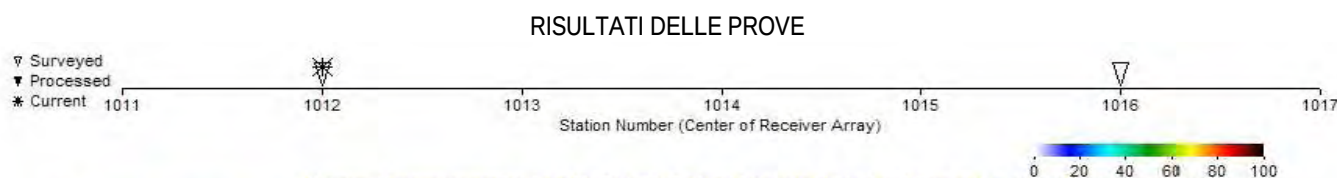
Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

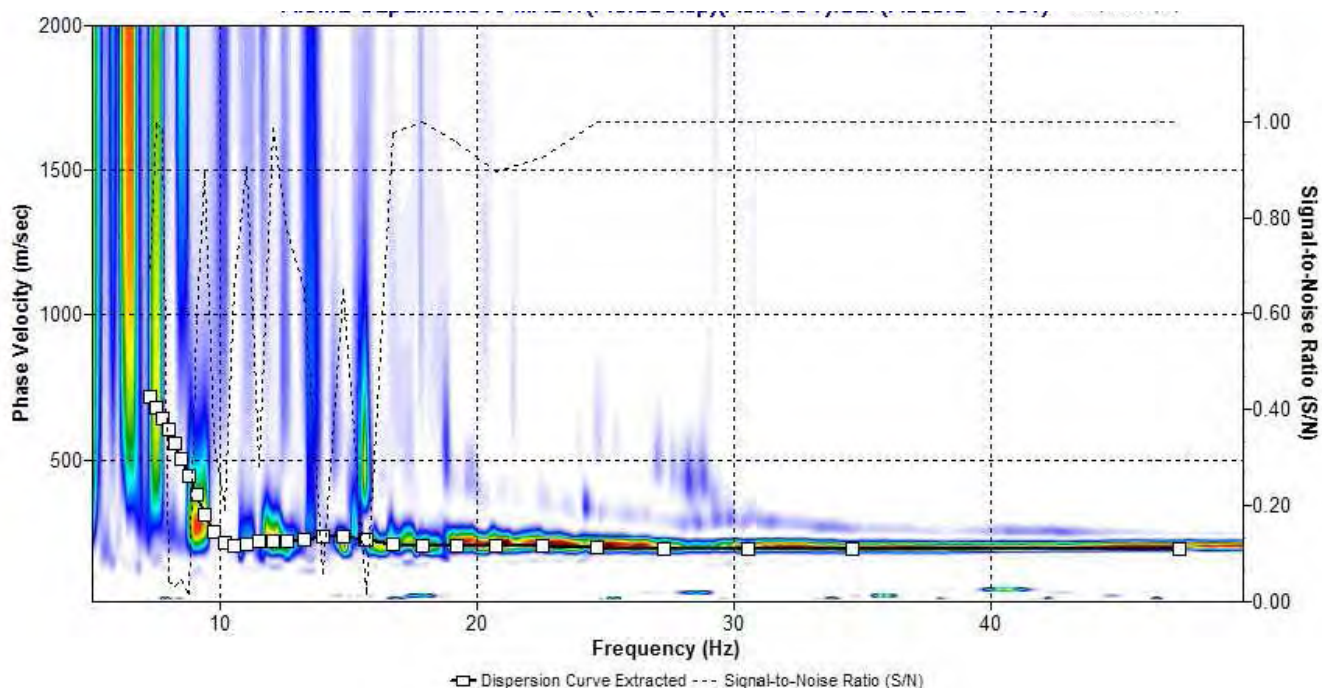
10.2.2 PROCEDURA DI INVERSIONE

Per il sito considerato abbiamo invertito simultaneamente la velocità di fase del modo fondamentale delle onde di Rayleigh e di Love utilizzando una tecnica derivata da Nolet, (1981) e Herrmann (2002).

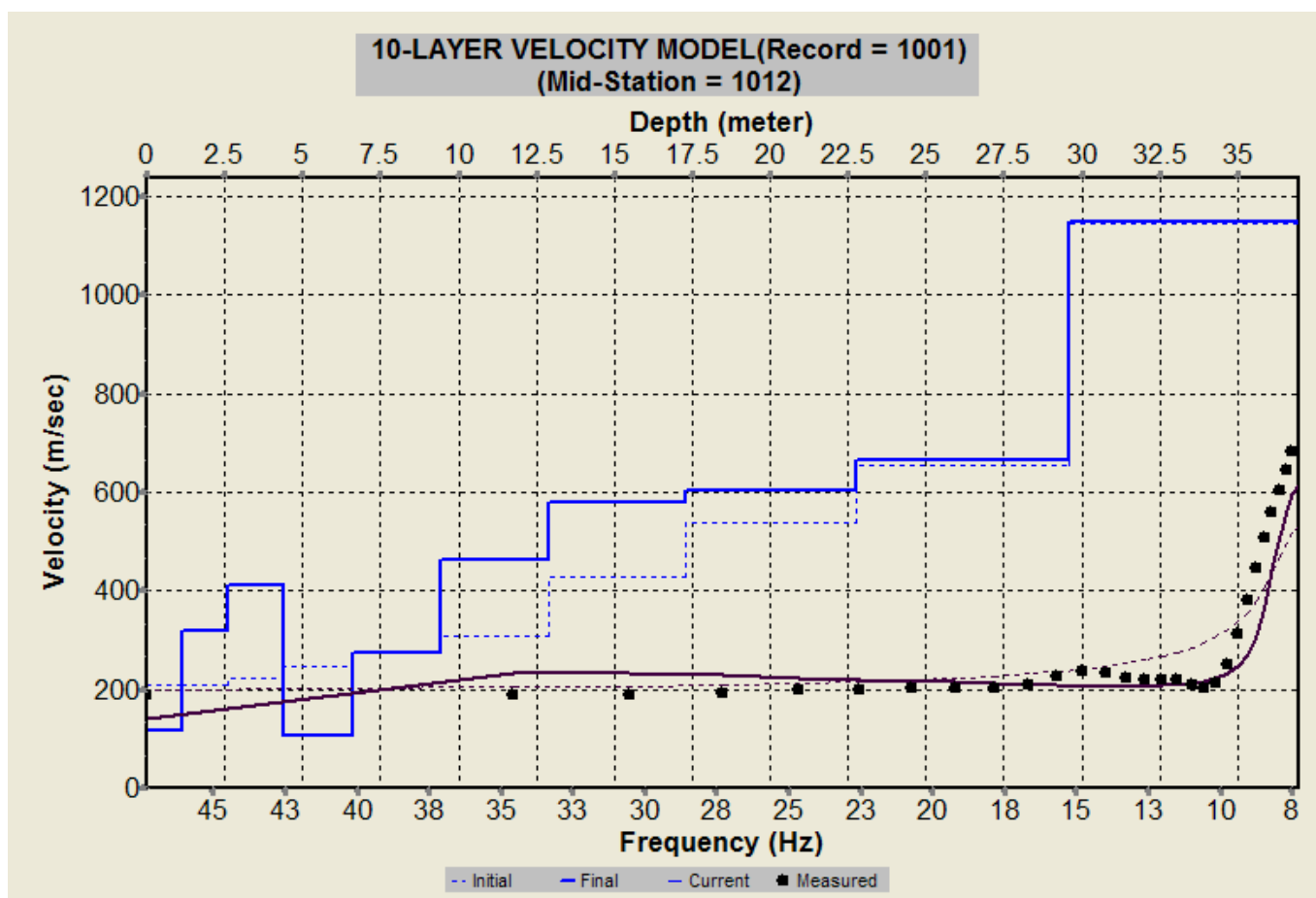
Come modello di partenza nell'inversione abbiamo usato i dati relativi all'analisi semplificata di sismica a rifrazione S effettuata sulla componente trasversale del moto. Abbiamo utilizzato una tecnica lineare di inversione generando però con diverse parametrizzazioni della struttura di partenza diverse soluzioni (profili di velocità S) in grado di produrre curve di dispersione molto simili a quelle osservate. E' importante sottolineare che l'inversione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love non restituisce un unico modello di velocità. I metodi come quello qui utilizzato hanno lo svantaggio di convergere verso un unico minimo relativo (metodo ai minimi quadrati). Per ovviare a questo in genere si utilizzano diversi modelli di partenza e si scelgono solitamente i modelli finali più semplici, dove esiste in genere un aumento della velocità con la profondità. Esiste comunque una certa ambiguità perché le soluzioni possono essere molteplici e diverse tra loro.

Per scegliere quindi i modelli finali che di seguito saranno presentati abbiamo scartato tutti i modelli che non erano in grado di generare le frequenze di risonanza osservate nei rapporti spettrali H/V del rumore ambientale. Nel nostro studio i profili di velocità S ottenuti dall'inversione delle proprietà di dispersione delle onde di Rayleigh e Love sono in accordo con i dati con i rapporti spettrali H/V misurati nel sito interessato. Questo rende più attendibile la soluzione ottenuta attraverso il processo di inversione in quanto si riesce ad eliminare ogni ambiguità relativa ai problemi di "tradeoff" tra profondità e velocità che sono ben conosciuti quando si utilizzano solamente le onde di superficie. Utilizzando i tempi di arrivo S e la frequenza di risonanza fondamentale si riesce in questo modo a vincolare la profondità dove esista un contrasto di velocità.





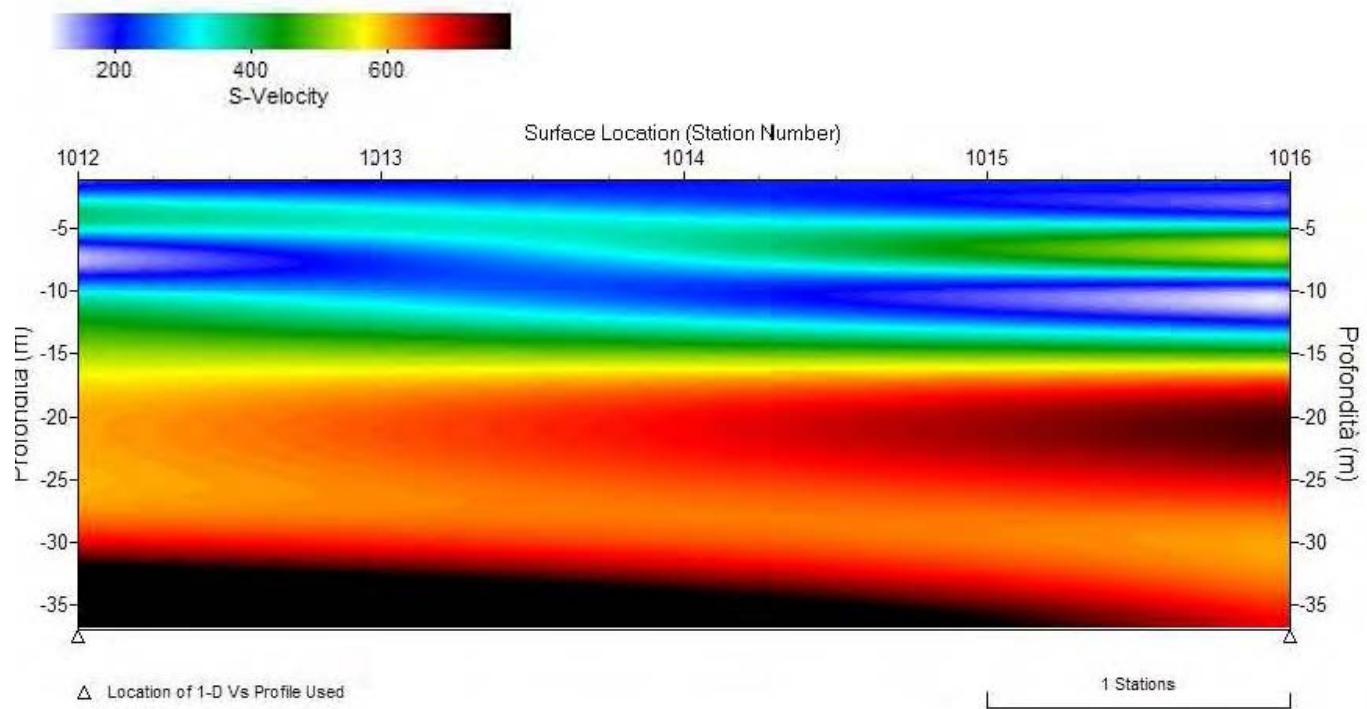
Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica



BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).

CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO

Profilo verticale 1D delle Vs ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 -



Modello sismostratigrafico 2D delle Vs ottenuto dall'indagine Sismica MASW n. 1.

Vs (m/sec)	140	360	400	700
Spessore (m)	1.30	3.5	8.2	SEMISPAZIO

Massima Profondità di Penetrazione in Approssimazione "Steady State Rayleigh Method":
38 m

10.2.3 CONCLUSIONI

Copertura dello spessore di almeno 5 metri costituita da argillosi, oltre si ha un aumento progressivo della velocità (argille marnose e argille di colore grigio alquanto compatte).

DIAGNOSTICA

S1

Strato	Spessore mt	Vp m/sec	Vs m/sec	Y Densità KN/mc	Coeffic. di Poisson	Modulo Taglio Go Mpa	Frequenza Strato f	Periodo Strato s
1,00	1,00	140,000	175,166	17,00	0,35	53,17	43,8	0,02
2,00	11,00	400,000	633,410	18,00	0,30	736,16	14,4	0,07
3,00	18,00	700,000	642,096	19,00	0,25	798,52	8,9	0,11

Strato	Spessore m	RIGIDITA' Vs*Y
1	1,00	0,30
2	11,00	1,14
3	18,00	1,22

RIGIDITA' SISMICA RIFERITA ALLO SPESSORE DI TERRENO CONSIDERATO

R= 1,07

Metodi di calcolo delle V_{S30}	Valori in metri al secondo	Categoria suolo di fondazione
V_{S30} (misurato in sito con indagini dirette)	586,99	B

Categorie suolo di fondazione**A** >800 m/s**B** >360 m/s**C** >180 m/s**D** <180 m/s**S₁** <100 m/s**S₂** Terreni liquefacibili o non ascrivibili alle altre categorie**E** Contiene alluvioni tra 5 e 20 metri su substrato rigido (V_{S30} >800m/s)➤ Vs30 del modello medio: **Vs30 = 586 m/sec**• Categoria di suolo " B " **800 < V_{S30} > 360 m /**

11 IL PROGETTO E L'ESECUZIONE

Queste in sintesi le lavorazioni previste nel progetto esecutivo

11.1 DEMOLIZIONI E RIMOZIONI

Demolizione parziale totale dei muri di sostegno lato valle e laterali esistenti in calcestruzzo armato e dei muri, del muretto di recinzione in conglomerato cementizio; rimozione delle opere in ferro; trasporto a rifiuto.

11.2 MOVIMENTAZIONI E TRASPORTI

Trattandosi di abbancamento rifiuti avvenuto da una quota di -3,50 m circa dal p.c. fino al riempimento delle vasche occorrerà in generale movimentare nell'area di cantiere i materiali 1 sola volta per la realizzazione del capping sommitale.

11.3 DIAFRAMMA DRENANTE E DIAFRAMMA IMPERMEABILE

Realizzazione di diaframma drenante, costituito da pali secanti Ø 800 mm, riempiti di inerti opportuni, spinti alla profondità di m 8,00 dalla quota del capping di fondo, con l'impiego di tubi metallici di rivestimento provvisorio (tubo gobbo) in grado di garantire la continuità del diaframma drenante, riempimento con inerti (pietrame calcareo misto 4/7 pulito da ogni impurità compreso la pulizia dello strato di base dei cumuli a contatto con il terreno), posa di un telo in tessuto non tessuto da 250 g/m² di separazione fra il terreno e gli inerti.

Esecuzione di diaframma impermeabile spinto alla profondità di m 8,50 dalla quota del capping di fondo, spessore 50 cm: diaframma plastico da eseguirsi con l'impiego di benne oleodinamiche autopenetranti, compreso il riempimento con miscele autoindurenti, costituite da 40-70 kg/m³ di bentonite e da 250-300 kg/m³ di cemento, in quantità fino a 1,33 volte il volume teorico del diaframma, posa in opera di teli impermeabili all'interno dello scavo prima che la miscela "plastica" indurisca, secondo l'indicazione della D.L.

Costruzione di pozzo rivestito per recapito acqua diaframma drenante, con diametro pari a 1.000 mm e profondo 10,00 m.

I diaframmi drenanti e impermeabili saranno ammorsati nelle *argille marnose grigie alquanto compatte di colore grigio e con a luoghi elementi marnosi*. Per queste litologie il coefficiente di permeabilità orizzontale in metri/sec è $>10e-9$ m/s. Al fine di garantire un ammorsamento di almeno 1,0 ÷ 1,50 m nello strato delle *argille marnose grigie alquanto compatte di colore grigio e con a luoghi elementi marnosi*, si prevede una profondità dei diaframmi drenanti pari a 8,0 m e una profondità dei diaframmi impermeabili di 8,50 m.

11.4 TRINCEE DRENANTI

Trincea drenante a monte

Trincea drenante da realizzare a monte della vasca di raccolta degli RSU avente sezione di larghezza media m 1,0 x m 3,50 di profondità dall'attuale piano di campagna, strato anticontaminante e con funzione di filtrante fra il terreno di base ed il riempimento composto da geotessile non tessuto, tubazione sfinestrata di profondità per la raccolta acqua diametro 200 mm, strato impermeabilizzante in HDPE da porre sul lato di valle della trincea

La trincea drenante a monte della discarica, finalizzata a ridurre il flusso delle acque al di sotto del corpo dei rifiuti e a contenere i volumi idrici da sottoporre a trattamento o smaltimento, potrà essere attestata ad una profondità pari a 3.50 m dal p.c. nello strato di argilla di colore grigio con livelli marnosi

Trincee drenanti a valle

Nell'area contaminata a valle dell'impianto di discarica si prevede la realizzazione di un sistema di trincee drenanti a lisca di pesce con impiego di pannelli drenanti tipo gabbiodren T100-30 16, ad alte prestazioni idraulico-meccaniche, costituiti da struttura di contenimento in rete metallica a doppia torsione (dimensioni 2x1x0,30), nucleo drenante in polistirolo imputrescibile, con tubo pre-assemblato corrugato di raccolta diametro esterno 160mm. Sulla base per rendere impermeabile il fondo, viene posta una guaina sintetica di rivestimento. I pannelli vengono posizionati alla profondità di 4,00 m e abbinati a pannelli drenanti di dimensione 2x1x0,30, disposti in verticale, con un interasse di circa 10 m.

Le trincee drenanti realizzate a valle saranno attestate alla profondità > 3,50 m nelle argille di colore grigio con livelli marnosi, litologie con caratteristiche litostratigrafiche idonee da garantirne l'efficacia. Infatti, nei terreni argillosi il coefficiente di permeabilità orizzontale in metri/sec è pari a $10e-9$.

11.5 OPERE DI SOSTEGNO

Terre rinforzate Tipologia 1(A), di altezza $h = 4,00$ m posizionate a valle della vasca RSU con fondazione su n° 3 file sfalsate di pali trivellati $\phi = 0,80$ m $L = 15,00$ m interasse 2,00 m con piastra di fondazione in c.a. spessore = 0,70 m con dente esterno

Terre rinforzate Tipologia 1(B), di altezza $h = 4,00$ m posizionate a sud della vasca RSU con fondazione su n° 3 file sfalsate di pali trivellati $\phi = 0,80$ m $L = 15,00$ m interasse 2,00 m con piastra di fondazione in c.a. spessore = 0,70 m con dente esterno

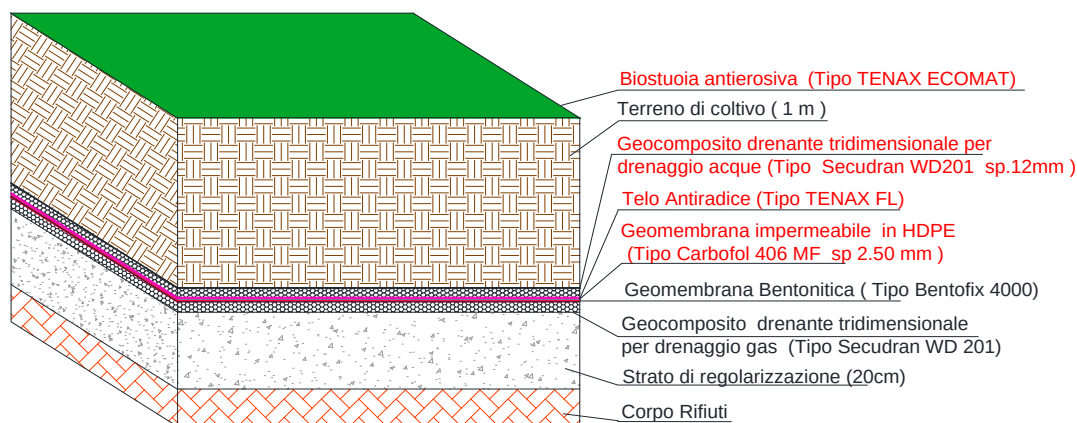
Terre rinforzate Tipologia 2, di altezza $h = 4,00$ m posizionate a monte della vasca RSU con fondazione su piastra in c.a. spessore = 0,70 m e dente esterno

11.6 CAPPING DISCARICA

Fornitura e posa in opera di:

- Strato di regolarizzazione in misto granulare $h = 20$ cm
- Strato drenante di rottura capillare realizzato con geocomposito drenante;

- Strato impermeabilizzante realizzato con geocomposito bentonitico, con conducibilità idraulica ultima $K < 2 \cdot 10^{-11}$ m/s, tipo Betonfix4000
- Geomembrana impermeabilizzante in HDPE dello spessore di 2,5 mm
- Telo antiradice
- Strato drenante di rottura capillare realizzato con geocomposito drenante;
- di terreno agrario sistemato e lavorato di spessore finito cm 100 all'interno dell'area discarica, pronto per l'inerbimento
- biostuoia antierosiva



Dettaglio stratificazione capping

11.7 CAPTAZIONE BIOGAS

Realizzazione di impianto di captazione biogas costituito da:

- trivellazione per i pozzi di estrazione biogas profondità mt 3,50÷5,00
- formazione di pozzo di captazione biogas
- fornitura e posa in opera di testa di pozzo in HDPE PN6 De110 gruppo di regolazione in HDPE

per totali n. 4 pozzi

Fornitura in opera di torcia statica a fiamma apparente per combustione biogas di discarica, costituita da:

- valvola di intercettazione del tipo a farfalla DN 50, con comando a leva
- rompi fiamma con maglia in acciaio inox inserito tra la valvola e l'ugello di combustione
- ugello di combustione in acciaio inossidabile opportunamente dimensionato per garantire le condizioni di operatività della torcia
- camera di combustione
- supporto di montaggio per il fissaggio al terreno o su supporto idoneamente dimensionato;
- bocchello per l'inserimento del sistema manuale di accensione

e comprensiva di assemblaggi finali, collegamenti meccanici, elettrici, avviamenti e collaudi, istruzione del personale, compreso infine pannello fotovoltaico di alimentazione, batteria, collegamenti alla torcia per totali n. 1 torce

11.8 OPERE REGIMAZIONE E RACCOLTA ACQUE

Canale di guardia in conglomerato cementizio vibro compresso e vasca di accumulo per l'Impianto Antincendio. Lavori conseguenti di tubazioni, allacci alle pluviali del fabbricato tecnico, etc.

11.9 EDIFICIO SERVIZI

Costruzione di un fabbricato da destinare a servizi (tecnici), struttura intelaiata in c.a. e fondazione monopalo con plintino sotto ciascuno dei 9 pilastri, dim. in m 8,0 x 6,0 per H=2,6/4,0 (Hmin/Hmax), completo di rifiniture ed impianti per civile; sul tetto impianto fotovoltaico; lo stabile avrà un serbatoio idrico in vetroresina per la conservazione dell'acqua dei servizi igienici ed un gruppo di sollevamento, una fossa biologica semplice o ad anelli a campana in calcestruzzo prefabbricato completa di bacino chiarificatore, vasca di raccolta e dispositivo espurgo fanghi, capacità di circa 1800 l per 11 utenti; il servizio igienico per diversamente abili.

11.10 IMPIANTO ANTINCENDIO

Costituito da: tubazione in polietilene (rete per collegamento idranti, raccordi, stacchi, pezzi speciali etc, per gruppo pressurizzatore); N. 3 estintori carrellati nel locale tecnico; n° 02 gruppo attacco per motopompa con valvola di intercettazione con attacco VV.F.

11.11 IMPIANTI IDRICI

Allacci e forniture degli apparecchi igienici, di arredo completo per bagno per persone disabili; realizzazione:

- degli scarichi e di fossa biologica semplice o ad anelli a campana in calcestruzzo prefabbricato completa di bacino chiarificatore, vasca di raccolta e dispositivo espurgo fanghi;
- di un serbatoio idrico in vetroresina per la conservazione dell'acqua munito di coperchio a tenuta con relativo gruppo di sollevamento acqua

11.12 STRADE E PIAZZALI

Formazione di rilevato: 0,50 m circa per strada e per piazzale; rinterro o riempimento di cavi eseguito con materiali selezionati di idonea granulometria, scevri da sostanze organiche, proveniente dalla cave, strato di fondazione in misto granulare stabilizzato con legante naturale per strada e piazzale; strato anticontaminante e come funzione di filtrante fra il terreno di base ed il riempimento con il rilevato composto da geotessile non tessuto sulla strada; calcestruzzo non strutturale per ancoraggio capping.

Il progetto prevede la sistemazione della stradina esistente, per una larghezza di 4,00 m con uno strato di fondazione in misto stabilizzato dello spessore di 30 cm su uno strato separatore/ripartitore in tessuto non tessuto di grammatura minima 300 g/mq, e strato superficiale in asfalto bianco dello spessore di 4 cm.

11.13 RECINZIONE

Cancello carraio e pedonale costituito da pannello grigliato elettrosaldato in acciaio e recinzione realizzata con filo di acciaio armonico plastificato, di colore verde, di altezza pari a 2,00 m per tutto il perimetro della discarica. Si prevede altresì il mascheramento della recinzione mediante piantumazione lungo il perimetro della stessa di specie rampicanti (edera o lonicea caprifolium) resistenti anche per esposizione alla siccità prolungata e alle basse temperature.

Oltre al cancello di monte, su Via Cantone, si prevedono due ulteriori cancelli all'altezza delle vasche di raccolta delle acque potenzialmente inquinate, al fine di consentire l'accesso all'area di scarica per mezzo della stradina perimetrale.

11.14 IMPIANTI

11.14.1 IMPIANTO ELETTRICO

L'impianto elettrico realizzato in conformità alle leggi e normativa vigente nel momento della realizzazione dell'opera, sarà composto da:

- Quadro elettrico generale di comando e controllo utenze cablate, realizzato in carpenteria metallica, di caratteristiche idonee al locale in cui è prevista l'installazione. Posizionamento a parete, dimensioni maggiorate del 40% rispetto a quelle necessarie per l'alloggio di tutti i componenti elettrici ed elettronici necessari (interruttore generale, interruttore automatico magnetotermico, interruttori differenziali di sezionamento utenze, etc..)
- Rete di distribuzione con eventuali opere in tracce su muratura; conduttori del tipo H07V-K o N07V-K di sezione minima di fase e di terra pari a 2.5 mmq, scatola di derivazione a vista da 100x100x50 mm a vista da 66x82 mm; supporto 1 posto con viti vincolanti per scatola 3 posti; frutto, serie commerciale; placca in materiale plastico o metallo 1 posto per scatola 3 posti; morsetti a mantello o con caratteristiche analoghe; conforme alle norme CEI e progettato ed eseguito in conformità delle norme tecniche vigenti, incluse le opere murarie per l'apertura delle tracce, fori e quant'altro per il posizionamento e fissaggio dei pezzi, e ogni altro onere e magistero per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte. Sono da installare e quindi rete di distribuzione a servizio di:
 - N. 10 prese 16/A
 - N 10 punto luce a interruttore 16 A
 - N.1 gruppo di sollevamento acqua per i servizi igienici
 - N.1 gruppo di pressione antincendio con proprio sottoquadro di gestione per l'avviamento in cascata delle pompe e la loro termo protezione.
 - N.3 pompe multistadio sommergibili, da installare nei pozzi drenaggio incluso monitoraggio con sonde di livello dei pozzi con allarme visivo e sonoro sulla scatola quadro generale
 - N. 1 allacciamento tra gruppo elettrogeno, inverter dell'impianto fotovoltaico e quadro generale con adeguati componenti per l'alimentazione del quadro, in modo alternato dai due sistemi di produzione, in funzione dello stato di carica del pacco batteria.
 - Scaldacqua elettrico da installare nel locale servizi.
 - N. 4 lampada e portalampada tipo a sospensione per l'illuminazione dei locali

L'impianto sarà fornito in opera completo di ogni altro onere e magistero per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

11.14.2 IMPIANTO ILLUMINAZIONE ESTERNA

L'illuminazione dell'area di impianto, assimilabile ad un rettangolo di lati circa 40x100mt ciascuno, si effettua con n. 6 lampioni posizionati sul perimetro dell'area, in corrispondenza dei vertici e del centro dei due lati maggiori. A causa dell'assenza di rete elettrica in zona si sceglie di installare n. 6 lampioni fotovoltaici, ognuno composto dai seguenti componenti:

- Pannello Fotovoltaico da 250Wp, con celle di Silicio Monocristallino

- **Regolatore di Carica e Crepuscolare** per il controllo e la regolazione in modo continuo della carica della batteria da parte del pannello fotovoltaico, per evitare eccessiva carica e quindi surriscaldamento degli elementi e dell'elettrolita, inoltre il regolatore ha la funzione di blocco della carica, qualora la tensione del pannello non sia in grado di caricare la batteria, evitando così il percorso inverso di scarica della batteria. Una seconda importante funzione di questa elettronica è la funzione di crepuscolare di precisione, utilizzando la soglia minima di produzione del pannello fotovoltaico per l'accensione e lo spegnimento automatico della lampada.

L'elettronica ha anche la funzione di controllore della carica minima della batteria, che in caso raggiungimento del valore impostato, distacca il carico, mantenendo attiva in stand-by tutta l'elettronica.

- **Lampada a Led** da 84W in apposita armatura carenata.
- **Batteria di Accumulo e Stoccaggio** posizionato in box metallico sulla cima del palo.

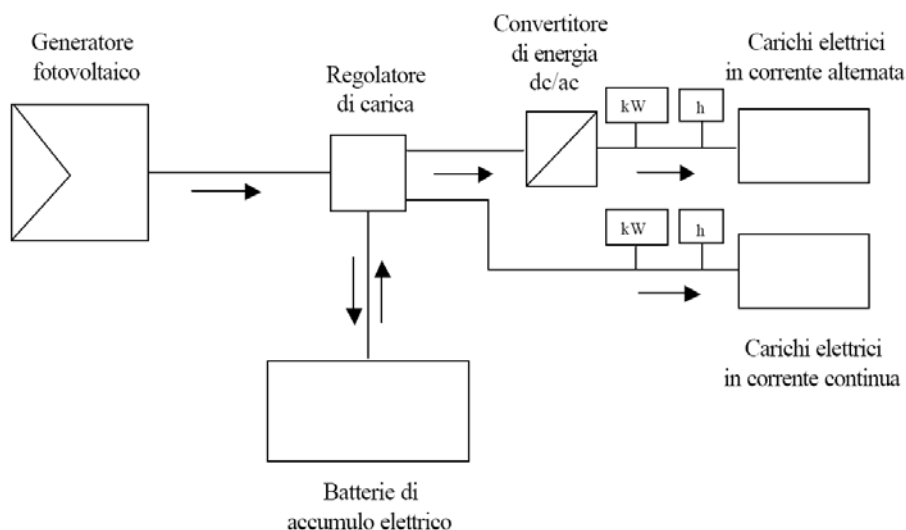
La batteria utilizzata è del tipo compatto a elettrolita in Gel sigillato con elementi integrati e doppio polo elettrico. Non necessita di manutenzione e/o rabbocchi di elettrolita.

La batteria sarà surdimensionata, in quanto alimenterà in continuo una telecamera wireless di videosorveglianza dell'area, collocata sullo stesso palo del lampione.

- **Palo di Sostegno** ancorato a terra in una base in CLS (calcestruzzo) e realizzato in acciaio zincato.

11.14.3 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'"impianto fotovoltaico a isola" (Stand Alone system) assicura la disponibilità di energia elettrica in zone prive di rete di distribuzione, dove è importante avere disponibilità di energia elettrica per le utenze in sito. Tali impianti prevedono l'utilizzo di 'batterie di accumulatori' per la fornitura di energia nelle ore di assenza di radiazione solare. I componenti essenziali del sistema fotovoltaico a isola si possono riassumere nel sistema a blocchi di seguito riportato:



Il "Campo Fotovoltaico" (o generatore fotovoltaico) è il sistema dedicato alla raccolta dell'energia solare mediante moduli fotovoltaici (o pannelli fotovoltaici). In genere esso è formato da una connessione serie-parallelo di moduli fotovoltaici esposti al sole che generano energia elettrica sotto forma di corrente e tensione continua. In prossimità del campo, si ha la "Scatola di giunzione elettrica" (o quadro di campo), in cui vengono effettuate le connessioni in parallelo delle stringhe di moduli e vengono installati i dispositivi di sezionamento e protezione delle stringhe.

Si ha poi il “**Controllore di Carica**” (o regolatore di carica), che è un dispositivo elettronico che regola la ricarica e la scarica degli accumulatori in modo costante. Con esso l'energia elettrica prodotta viene gestita e stabilizzata ad una tensione di 11 o 24 Volts. Il regolatore di carica supervisiona inoltre l'utilizzo delle batterie - ottimizzandone quindi la durata ovvero caricando al meglio le batterie ed evitandone la completa scarica.

Il regolatore di carica ha quindi tra le sue funzionalità più tipiche quelle di:

- Stacco del campo fotovoltaico dalla batteria in caso di bassa tensione e cioè tensione inferiore a quella utile a quest'ultima come può avvenire dopo il tramonto;
- Stacco del campo fotovoltaico dalla batteria in caso di avvenuta ricarica totale di quest'ultima;
- Stacco dei carichi elettrici dalla batteria in caso di scarica profonda di quest'ultima (batteria ormai esaurita) al fine di non andare incontro a fenomeni di solfatazione che compromettono irrimediabilmente la funzionalità della batteria;
- Stacco del campo fotovoltaico dalla batteria in caso di ritorni di tensione dalla batteria al pannello;

La “**Batteria di Accumulo**”, che ha il compito di accumulare l'energia elettrica proveniente dai moduli solari. La batteria di accumulo, costituita da una o più batterie, immagazzina l'energia non utilizzata durante la giornata e la cede nel momento in cui i pannelli fotovoltaici, non generano sufficiente corrente e cioè quando essi non sono in grado di soddisfare la richiesta di energia.

L’“**Inverter**” (o convertitore DC/AC) è un dispositivo elettronico che converte l'energia in ‘corrente continua’ generata dai pannelli fotovoltaici e accumulata nelle batterie in energia in ‘corrente alternata’ che è utilizzabile dalle più comuni utenze.

Il calcolo per il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico, con il quale si determina il numero e le caratteristiche dei pannelli Fv, viene in genere eseguito sulla base del bilancio tra l'energia solare incidente sui moduli e da essi convertita in energia elettrica e gli assorbimenti legati ai carichi ed alle efficienze dei vari componenti dell'impianto. L'impianto dovrà essere realizzato secondo la normativa e le leggi di riferimento del settore di riferimento, in vigore al momento dell'esecuzione dell'opera.

La progettazione dell'impianto deve passare attraverso lo sviluppo delle seguenti fasi:

- determinazione del carico elettrico;
- calcolo della radiazione solare annuale;
- scelte progettuali sulla configurazione dell'impianto fotovoltaico
- l'impianto FV per l'alimentazione delle utenze in campo.

Il carico elettrico è il consumo medio annuo delle utenze (illuminazione locali, scaldacqua, pompe sommerse, gruppo di sollevamento, alimentazione strumentazione di registrazione).

La scelta ricade su un impianto fotovoltaico ad isola con capacità del pacco batterie di 810 Ah a 12V in grado di fornire 4500 Wh/giorno o 1500 Wh/giorno per 3 giorni di autonomia, e configurato con n. 18 pannelli fotovoltaici da 250 Wp (n. 2 stringhe da 9 pannelli), da installare sulla copertura del fabbricato su apposita struttura di ancoraggio realizzata in profilato commerciale zincato.

Al fine di preservare le batterie, un relè ha la funzione di disconnettere l'alimentazione al quadro generale utenze, che sarà alimentato dal gruppo elettrogeno predisposto.

11.14.4 INTEGRAZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico da installare sulla copertura del locale servizi pari a 4,50 kWp viene integrato con ulteriori pannelli da posizionare al suolo nell'area adiacente il locale servizi e a monte del corpo discarica al fine di disporre di un impianto di potenza complessiva pari a 40 kWp, sufficiente per l'alimentazione dell'impianto di illuminazione, delle pompe, dell'impianto di videosorveglianza e dell'impianto di evaporazione/concentrazione nelle condizioni operative medie stimabili.

11.14.5 IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA

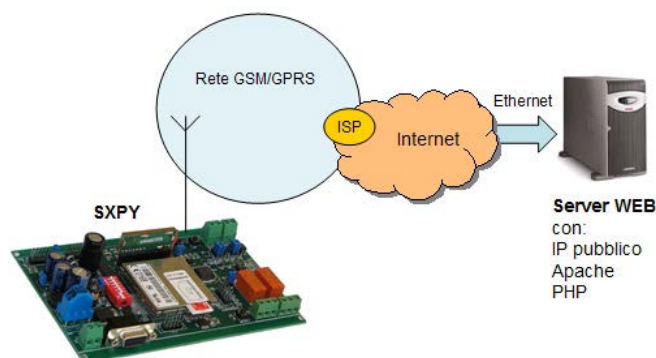
Il sistema di videosorveglianza prevedere i seguenti componenti:

- N. 10 Telecamere fisse tipo wireless H264, DDNS free, infrarosso automatico, visione notturna fino a 30 metri, installate sui lampioni in sito ed alimentate dalle batterie a carica fotovoltaica dei lampioni stessi;
- N. 1 DVR 8 Canali video e 4 canali audio, tecnologia H264, con connessione UMTS 3G o WiFi Lan, per la registrazione in tempo reale, supporto per chiavette Huawei compatibili per sorveglianza da remoto in tempo reale;
- N.1 Monitor LCD 22" Full HD collegato al DVR per la visualizzazione in tempo reale ed in differita delle immagini trasmesse dalle telecamere-

Il sistema avrà la possibilità di monitoraggio real-time ed in differita, memorizzazione dei dati su DVR con possibilità di registrazione e visualizzazione anche da remoto tramite rete 3G - UMTS, al fine di consentire il reperimento delle immagini anche in caso di atti vandalici compiuti direttamente sul posto.

11.14.6 IMPIANTO DI CONTROLLO AUTOMATICO DEL LIVELLO DI RIEMPIMENTO DELLE CISTERNE

Nell'ambito della implementazione della offerta tecnica di gara, il presente progetto esecutivo prevede un sistema di monitoraggio finalizzato a ridurre i rischi di sversamenti, rotture, ecc., relativi alla rete di gestione del percolato e delle acque di falda drenate.



SCHEMA DI FUNZIONAMENTO TELECONTROLLO

Il sistema di telecontrollo e telerilevamento previsto, tramite apposite centraline e sensori installati presso ciascun serbatoio di stoccaggio temporaneo, riesce a valutare e segnalare (anche via sms) il livello di riempimento dei serbatoi, oltre ad altri eventuali parametri relativi al funzionamento del sistema stesso. In questo modo è possibile effettuare un monitoraggio pressoché in continuo del "sistema percolato" garantendo un tempestivo intervento qualora si verificassero guasti, malfunzionamenti, rotture o altri eventi accidentali che potrebbero causare lo sversamento di percolato.

11.14.7 IMPIANTO CONCENTRAZIONE DELLE ACQUE

Il progetto definitivo evidenzia che in fase di caratterizzazione della discarica è stata riscontrata nella falda al di sotto del corpo rifiuti, la presenza di Mn e Solfati (dato parte) e da Mn, Al, Ni e solfati (dato ARPAC). Il progetto definitivo indica l'estensione della falda contaminata pari a 2.439 m², per un volume presunto di 16.260m³ = 16.260.000l.

Per quanto riguarda la bonifica della falda contaminata il progetto definitivo prevede di applicare la metodologia on site del PUMP AND TREAT: l'acqua di falda contaminata è estratta dal sottosuolo attraverso un diaframma

drenante. Le acque emunte sono poi inviate ad una vasca di stoccaggio per poi essere avviate al più vicino impianto di trattamento.

In questa fase progettuale, al fine di implementare la proposta tecnica formulata dall'Impresa in ede di gara, si prevede la installazione presso l'edificio servizi, di un impianto di evaporazione/concentrazione delle acque in grado di ridurre i volumi di liquido da trasportare al più vicino impianto di trattamento.

L'impianto è costituito da un evaporatore/concentratore sottovuoto con scambiatore di calore immerso nel liquido da trattare con le seguenti caratteristiche:

- ✓ funzionamento automatico;
- ✓ scarico del concentrato tramite pompa automatica con frequenza impostabile a PLC o mediante il consenso ricevuto dal densimetro di cui può essere dotato l'evaporatore, senza fermare l'operazione di evaporazione e senza perdere il vuoto
- ✓ possibilità di funzionamento con riciclo del liquido di processo;
- ✓ sistema antischiuma automatico
- ✓ specula (con sistema di pulizia) per il controllo visivo del contenuto della caldaia;
- ✓ possibilità di prelevare campioni di distillato e concentrato senza fermare l'evaporatore.

Le acque sotterranee captate dai diaframmi drenanti, addotte nell'adiacente pozzo di diametro cm 100 della profondità di 10,00 m previsto in progetto, saranno emunte e convogliate in una cisterna interrata di stoccaggio prima del prelievo definitivo. Nel caso in cui rispettano i limiti della tabella 3 dell'art. 5 alla parte III del D.Lgs 152/06 le acque, previa autorizzazione del Comune di San Lupo, saranno immesse nell'adiacente Vallone Defensola, così come previsto dall'art.41 c.4 del D.L 69/2013 convertito dalla L. 98/2013; esse in tal caso sono assimilate alle acque reflue industriali e sono soggette al regime autorizzativo di cui alla parte III del D.Lgs.152/06. Ove non sia possibile procedere all'immissione delle acque emunte nei corpi idrici superficiali (caso in cui i suddetti limiti siano superati) le acque di falda immagazzinate saranno pompate nella vasca adiacente il locale servizi e quindi sottoposte al processo di concentrazione per mezzo dell'evaporatore con una riduzione del volume di oltre il 95%. La parte residuale, invece, sarà avviata a trattamento depurativo da effettuare presso un apposito impianto di trattamento delle acque industriali tecnicamente idonei.

11.15 STAZIONE METEO CLIMATICA

Stazione meteo climatica tipo Vantage Pro 2, costituita sinteticamente dagli elementi seguenti:

- Vantage Pro2 Plus wireless con sensori radiazione solare e UV & schermo solare ventilato 24 h
- Consolle/ricevitore per Vantage Pro2 wireless
- WeatherLink IP (con datalogger per invio dati su internet, senza PC)
- WeatherLink per Emergenze con streaming datalogger (per Windows, porta seriale)
- Licenza d'uso aggiuntiva (per tutti i modelli, versione Windows)
- Modulo software allarmi email/telefonici (richiede WeatherLink)

11.16 PROGETTO PAESAGGISTICO

Il piano di ripristino ambientale è articolato nei seguenti punti:

- quadro di riferimento dell'area
- tempi e modalità di esecuzione del recupero e della sistemazione ambientale

11.16.1 QUADRO DI RIFERIMENTO DELL'AREA

La proposta progettuale prevede una copertura vegetale permanente delle scarpate stesse, la creazione di piste agibili per gli interventi di manutenzione, la prevenzione dei dissesti superficiali per erosione e scorrimento del terreno di ricoprimento interessati dall'aggressione degli agenti atmosferici.

L'intervento prevede i seguenti lavori (limitatamente al confinamento dei rifiuti):

- A. Asportazione sulle scarpate della coltre di terreno interessato da fenomeni superficiali di dissesto (erosione diffusa, denudazione, scorrimenti del terreno vegetale di ricoprimento e della coltre superficiale delle scarpate esterne degli argini perimetrali e dei cigli delle banche intermedie, accumulo sulle banche e al piede della discarica di materiale terroso originato da erosione e dissesti gravitativi a monte), senza intaccare la massa dei rifiuti abbancati in pendenza.
- B. Ripristino della pendice esterna, mediante costruzione di opere di contenimento su pali di fondazione con riprofilatura del versante in terreno argilloso compattato, ai quali viene assicurata la pendenza delle scarpate esterne. Al contatto fra rifiuti e argini esterni di contenimento (lato monte), vengono disposte trincee drenanti per il drenaggio delle acque meteoriche e un sistema di gabbionate rinverdite (Vedasi B.11.1 – Sezioni Longitudinale).
- C. Creazione di una protezione vegetale delle scarpate: ripristinata la sezione trasversale della copertura esterna dei rifiuti, tale da rendere agevole l'accesso e la operatività dei mezzi meccanici in uso per la manutenzione ordinaria delle scarpate, si richiede di ricostruire una efficiente copertura vegetale, necessaria per contenere i processi erosivi e per prevenire dissesti della coltre superficiale. E' previsto l'utilizzo di una biostuoia inerbita, addizionata con terreno sciolto e compost, che costituisce il supporto per la crescita di rampicanti (glicine, caprifoglio, edera, gelsomino o altri, scelti in relazione alla resistenza offerta durante l'accrescimento alle particolari condizioni ambientali del sito); la modesta pendenza a seguito delle operazioni di riprofilatura del versante consente la piantumazione di specie arbustive ad integrazione della protezione diffusa delle scarpate con rampicanti.

Tali modalità di isolamento superiore e laterale dei rifiuti, rispettano per intero le prescrizioni del D.Lgs.36/2003, soprattutto per quanto concerne la successione degli strati di copertura finale; i requisiti richiesti per le coperture (isolamento dei rifiuti dall'ambiente esterno, minimizzazione delle infiltrazioni d'acqua, riduzione al minimo della necessità di manutenzione, minimizzazione dei fenomeni di erosione, resistenza agli assestamenti ed a fenomeni di subsidenza localizzata).

La destinazione d'uso finale dell'area di discarica è ad uso naturalistico-ecologico.

Il Piano di ripristino ambientale ha previsto, pertanto, le modalità di intervento descritte a seguire.

11.16.2 IL VERDE ORNAMENTALE E SCHERMANTE

Sarà realizzato Roverella (*Quercus pubescens*), Cerro (*Quercus cerris*), Aceri (*Acer spp.*), Orniello (*Fraxinus ornus*) posti in filare e alternati a Carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) con sesto d'impianto che varia dai 3 metri per il genere quercus ai 4/6 per i i cerri, gli aceri e l'orniello.

Gli impianti sono stati realizzati con specie, sia arboree che arbustive, quasi esclusivamente autoctone e con l'intento di garantire un migliore inserimento paesaggistico dell'impianto e della discarica nel contesto territoriale.

Saranno piantumate tutte le aree interne libere e saranno realizzate barriere verdi perimetrali con funzione schermante.

La qualità del suolo (argilloso, tendenzialmente ben strutturato) permetterà la crescita vigorosa delle piante e l'attecchimento delle stesse. Tale situazione sarà garantita con laute concimazioni organiche, utilizzando il compost aziendale, con lavorazioni del terreno e con abbondanti irrigazioni.

Particolare attenzione sarà dedicata ad assicurare una corretta manutenzione di questi filari arborei, effettuata mediante concimazioni e pacciamature organiche, potatura di allevamento e, soprattutto, mediante il mantenimento di una linea di microirrigazione fissa.

La funzione schermante di questi filari sarà incrementata, lungo il bordo perimetrale della discarica mediante la realizzazione di una siepe arbustiva da impiantarsi all'interno della recinzione. La siepe sarà costituita da un unico allineamento di arbusti di taglia media posti a dimora con un sesto d'impianto di 50 cm ed a gruppi monospecifici di 3/5 piantine. Le piante saranno lasciate liberamente sviluppare, così da realizzare una fitta e spessa barriera alta 2,5/3,5 m.

Le specie utilizzate nella realizzazione della siepe saranno le seguenti:

- a) Rovo, Caprifoglio, Biancospino 25%
- b) Pungitopo 20%
- c) Sanguinella (*Rhamnus _atartica*) 5%
- d) Mirto, Lentisco 25%

11.16.3 AREE VERDI INTERNE

Per quanto riguarda, poi, la fascia di terreno a verde a monte dell'area di discarica RSU è prevista la piantumazione di filari su due file di alberi espansi alternati a elementi arbustivi.

Le specie erbacee da utilizzare sono state scelte fra le piante tipiche dei suoli argilloso – sabbiosi, principalmente in base alla loro capacità consolidante del terreno, che presentano una pendenza relativamente notevole e necessitano di specie con radici particolarmente resistenti e profonde, ed alla loro rapidità di accrescimento, al fine di creare una copertura vegetale nel più breve tempo possibile; inoltre sono state preferite specie già utilizzate in interventi di consolidamento di scarpate franose e di riqualificazione paesaggistica di terreni degradati, specie azotofissatrici che, per l'appunto, fissano nel terreno l'azoto, importante per tutte le funzioni di crescita della pianta e specie poliennali che assicurano una maggiore stabilità alla comunità.

La scelta di cinque diverse specie per la miscela deriva dall'evidenza sperimentale che comunità ricche di specie sono più stabili di comunità povere, per lo meno nelle prime fasi della successione.

In base a questi criteri, le miscele saranno così composte:

1. *Bromus inermis*: pianta tipica dei suoli argillosi, presenta una crescita rapida assicurando una veloce copertura del terreno in oggetto. 20%;
2. *Festuca arundinacea*: predilige terreni ricchi di argilla ed è dotata di un apparato radicale profondo e resistente che la rende un'ottima consolidante del terreno; inoltre cresce molto rapidamente. 25%;
3. *Lolium perenne*: caratteristica di suoli particolarmente argillosi, mostra una crescita rapidissima; ha radici abbastanza profonde e grande resistenza all'aridità. 25%;
4. *Hedysarum coronarium*: oltre alla predilezione per suoli argillosi, questa pianta è anche azotofissatrice, quindi migliora la qualità del terreno; è inoltre in grado di crescere su suoli molto degradati. 15%;
5. *Trifolium repens*: pianta azotofissatrice, cresce su suoli ricchi di argilla e possiede radici molto resistenti allo strappo. 15%.

11.16.4 MESSA A DIMORA DELLE PIANTE ARBOREE ED ARBUSTIVE

Questa operazione merita un paragrafo a se stante data l'importanza della sua corretta esecuzione, infatti, un cattivo riguardo nella messa a dimora rende ancora più difficoltosa la ripresa vegetativa della piantina. Il periodo

ideale è ottobre-novembre, prima delle gelate invernali, con il terreno in tempera. Le buche, aperte con trivella meccanica (se il terreno non è bagnato) avranno dimensioni idonee, in relazione al pane di terra della piantina: in generale, buche di 0.3 x 0.4 m dovrebbero essere sufficienti. Le piantine saranno fornite in fitocelle la cui asportazione dovrà avvenire solo al momento della messa a dimora, avendo cura nel preservare l'integrità della zolla e dell'apparato radicale. Prima della piantagione sarà eventualmente necessario riempire parzialmente le buche con terreno sminuzzato, in modo che le piante possano essere collocate su uno strato di fondo di spessore adeguato alle dimensioni della zolla delle diverse specie vegetali.

La messa a dimora degli alberi e degli arbusti avverrà in relazione alle quote finite, avendo cura che le piante non presentino radici scoperte oppure risultino, una volta assestatosi il terreno, interrate oltre il livello del colletto. La zolla dovrà essere integra, sufficientemente umida, aderente alle radici; se si presenta troppo asciutta sarà immersa temporaneamente in acqua. Le buche, prima della messa a dimora delle piantine, saranno arricchite con torba e concime onde ottenere un favorevole sito di accrescimento. Dopo la messa a dimora delle piantine si procederà al riempimento definitivo delle buche con la terra smossa, eliminando eventuali detriti o quant'altro possa ostacolare l'accrescimento, avendo cura di sminuzzare eventuali zolle grossolane. La terra verrà costipata con cura in modo che non rimangano vuoti attorno alla zolla. A riempimento ultimato, attorno alle piante sarà formata una piccola conca per la ritenzione dell'acqua da addurre subito dopo in quantità abbondante, per favorire la ripresa della pianta e facilitare il costipamento e l'assestamento della terra attorno alle radici e alla zolla. Per ogni pianta dovrà essere collocata una canna di segnalazione alta almeno 150 cm fuori terra e una protezione contro il morso di ungulati e roditori (shelter).

11.16.5 MANUTENZIONE

Le condizioni particolarmente avverse nelle quali si troveranno a vegetare le piantine, anche se si tratta di specie ad elevato grado di rusticità, rischiano di compromettere il successo dell'intervento di riqualificazione. Per ridurre il più possibile questo rischio, è opportuno provvedere con alcuni accorgimenti manutentivi. Studi sulla vegetazione accresciuta in discarica hanno evidenziato come, nei primi due anni dalla messa a dimora, si verificano alte percentuali di mortalità (anche dell'80%) e ciò conferma la necessità di accudire scrupolosamente le piante.

Il brusco cambiamento di ambiente, dal vivaio alla discarica, rischia di vanificare il lavoro fatto.

La manutenzione è dunque una spesa fondamentale per ridurre il più possibile i costi di risarcimento.

Per i primi 5 anni dall'impianto sono previsti i seguenti interventi:

- almeno due annaffiature di soccorso sia per gli alberi che per gli arbusti;
- una sarchiatura manuale nelle macchie alberate l'anno successivo l'impianto; tale lavorazione andrà eseguita manualmente. Lo scopo è quello di distruggere meccanicamente le erbe infestanti, favorire la circolazione dell'aria ed assicurare una migliore conservazione dell'umidità;
- risarcimento delle fallanze calcolato sul 30% degli alberi e degli arbusti;
- concimazione del prato con concimi a rapida e a lenta cessione l'anno successivo la semina;
- risemina a spaglio calcolata sul 15% del prato

11.16.6 IMPIANTO DI IRRIGAZIONE

Le opere in progetto sono integrate da un impianto del genere "a rete" interrato, inclusivo di elettrovalvole, condotti, tubazioni e irrigatori di tipo dinamico ("a turbina"), a maggiore raggio di azione.

L'erogazione dell'acqua potrà essere costante o avvenire ad intermittenza attraverso una centralina di controllo regolata in funzione delle diverse necessità stagionali.

Il progetto prevede anche la posa di una vasca di raccolta delle acque piovane che, invece di defluire direttamente presso il vicino torrente, saranno trattenute per poter essere impiegate ai fini dell'irrigazione.

Il progetto paesaggistico collegherà nuovamente l'area della ex discarica al contesto ambientale circostante.

11.16.7 TEMPI E MODALITÀ DI ESECUZIONE DEL RECUPERO E DELLA SISTEMAZIONE AMBIENTALE

Con le opere previste, il cumulo dei rifiuti raggiungerà la sua configurazione finale, senza possibilità di ulteriori, successive modifiche.

Gli interventi progettuali che interesseranno l'innalzamento della copertura sarà apprezzabile, ma difficilmente percettibile, riferendosi ad un modesto incremento di altezza (3%) su un fronte visivo piuttosto allungato (60 ml), affacciato verso sud, ove sono praticamente assenti punti di visuale facilmente accessibili.

Riguardo ai criteri scelti per la sistemazione morfologica dei versanti, si precisa che saranno mantenute le scarpate con inclinazione finale 1/2; i rifiuti sono di fatto contenuti all'interno di argini perimetrali costituiti da terra limoso-argillosa sottoposta a compattazione spinta; sul fondo discarica è presente un drenaggio diffuso che trasferisce il percolato al fondo del settore di discarica per prevenire la formazione di falde sospese, responsabili di eventuali fughe di percolato e di spinte idrauliche contro gli argini pericolose per la loro stabilità.

Per le coperture definitive, si confermano le modalità di intervento, conformi al D.Lgs. 36/2003, già esaminate nella Relazione tecnica illustrativa.

12 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

A conclusione di questa analisi sulle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e geotecniche dell'area in studio si evidenziano i seguenti punti essenziali.

- I terreni affioranti sono ascrivibili alla *LITOFACIES ARGILLOSA* - Costituita da argille e argille marnose scagliose di colore grigio-azzurre intercalate con rari interstrati calcarei di colori grigiastro. *Oligocene-Cretacico Sup.* La formazione si presenta con giacitura caotica dovuta agli intensi sforzi di stress subiti durante l'orogenesi appenninica che ne hanno complicato ed alterato in modo profondo l'originaria giacitura. Inoltre, presenta bassa permeabilità essendo composta in prevalenza da materiali di natura argillosa.
- Il rilevamento dei livelli piezometrici ha dato i seguenti risultati:
 - o Sondaggio S1: H₂O -12,00 m
- Le caratteristiche geotecniche riscontrate sono le seguenti:

Riepilogo esiti prove e determinazioni	Sondaggio S1-C1 3,00÷3,50m	Sondaggio S1-C2 10,50÷11,00m	Sondaggio S1-C3 17,00÷17,50m
Densità	$\gamma_n = 19,83 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_n = 20,33 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_n = 20,58 \text{ kN/m}^3$
Densità secca	$\gamma_d = 15,71 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_d = 16,46 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_d = 16,78 \text{ kN/m}^3$
Densità immersa	$\gamma_t = 9,91 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_t = 10,41 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_t = 10,62 \text{ kN/m}^3$
Peso specifico dei granuli	$\gamma_t = 27,09 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_t = 27,23 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_t = 27,24 \text{ kN/m}^3$
Contenuto naturale d'acqua	$w_n = 26,20\%$	$w_n = 23,52\%$	$w_n = 22,64\%$
Indice dei vuoti	$e^0 = 0,724$	$e^0 = 0,655$	$e^0 = 0,623$
Porosità	$n = 42,00\%$	$n = 39,56\%$	$n = 38,40\%$
Grado di saturazione	$S_r = 98,00\%$	$S_r = 97,85\%$	$S_r = 98,92\%$
Angolo di attrito interno	$\phi' = 24^\circ 00'$	$\phi' = 23^\circ 00'$	$\phi' = 23^\circ 00'$
Coesione drenata	$c' = 30 \text{ kPa}$	$c' = 38 \text{ kPa}$	$c' = 56 \text{ kPa}$

- Nella verifica il versante è stato verificato in presenza di falda. I risultati sono i seguenti:

	Sezione	Fsic	Metodo
Verifica 1	A-A'	1,18	Sarma

I terreni in studio, secondo i risultati suindicati, in fase di oscillazione sismica e con i carichi suindicati, hanno fatto registrare un coefficiente di sicurezza minimo pari a 1,18: il pendio si trova in condizioni di instabilità globale.

Per Legge (D.M. 1988 e s.m.i.) e per consuetudine pratica la stabilità può dirsi raggiunta solo nel caso in cui F_{sic} sia maggiore di 1,3.

Nella verifica il versante è stato gravato con carichi (peso proprio e permanente) e con opere di stabilizzazione (opere di sostegno su pali e trincea drenante).

I risultati così ottenuti sono i seguenti:

	Sezione	Fsic	Metodo
Verifica 1	A - A'	1,65	Sarma

La verifica di stabilità, relativa allo stato di progetto, è stata effettuata considerando le seguenti opere strutturali:

- Opere di sostegno a gravità su pali
- Trincea drenante

Le caratteristiche costruttive sono meglio riscontrabili sugli elaborati del progetto esecutivo redatti dai progettisti.

L'area in studio, in seguito agli interventi post operam, secondo i risultati suindicati, ha fatto registrare buoni valori dei fattori di sicurezza (fattore di sicurezza minimo pari a 1,65 e quindi superiore a quanto prescritto dalla normativa vigente [D.M. 21/1/81; D.M. 1988 e s.m.i.]: il pendio si trova in condizioni di stabilità globale.

- La discarica e l'area strettamente contermina oggetto dell'intervento di bonifica, come già esplicitato nel citato parere, ricadono in aree perimetrate come Area di alta alluvione-A4 ed Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco-C1, nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Rischio di frana [PsAI-Rf], approvato con DPCM del 12/12/2006 (G.U. del 28/05/07 n. 122).
Gli interventi proposti nelle suddette aree A4 (v. art. 4), rientrano tra quelli consentiti dalle Norme di Attuazione del PsAI-Rf, le quali prescrivono a corredo del progetto uno studio di compatibilità Idrogeologica (v. art. 17), commisurato all'importanza e dimensione degli interventi ed alla tipologia di rischio e di fenomeno.
- Per quanto riguarda l'influenza degli scavi sui manufatti limitrofi occorre tener conto che gli stessi debbono essere effettuati ad una distanza $d >> 1,5 h$ ove h è la quota relativa del piano di posa delle fondazioni, rispetto al piano di campagna.
- Debbono essere evitati sovraccarichi nelle vicinanze degli scavi, trasportando a rifiuto il terreno scavato e sostituito con altro a granulometria più adatta. Gli scavi superiori a 1,50 metri e effettuati in prossimità dei manufatti o opere infrastrutturali saranno opportunamente armati.
- Le strutture fondali indirette saranno attestare ad una quota $>12,00$ m rispetto alla quota più depressa dall'attuale p.c..
- La liquefacibilità è stata calcolata da sismica a rifrazione attraverso il metodo di Andrus e Stokoe (1997). Poiché $F_s > 1,00$ *il deposito in esame non è liquefacibile*.
- Sulla base degli esiti delle indagini, coerentemente con il disposto della normativa di cui all'OPCM n. 3274 del 20/03/2006, essendo $V_{s30} = 586,00$ m/s, compreso nell'intervallo $360 \div 800$ m/s, il sottosuolo del sito in esame appartiene alla *Microzona caratterizzata in media da suoli di cui alla Categoria B: fattore di incremento 1.25. Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità*.
- Per $\alpha = 8^\circ 68'$ si avrà:

<i>Categoria topografica</i>	<i>Caratteristiche della superficie topografica</i>	<i>Ubicazione dell'opera</i>	<i>St</i>
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00

In riferimento alle prescrizioni e alle raccomandazioni espresse in sede di CdS dagli Enti preposti si precisa quanto segue.

L'Autorità di Bacino Liri – Garigliano Volturno, con nota prot. 8990 del 05/12/2013, ha trasmesso parere favorevole al progetto definitivo, ritenendo tuttavia necessario, ai fini di un'esauritiva verifica della compatibilità idrogeologica, condotta in ottemperanza con quanto disposto dalle norme del PsAI- Rf, che il progetto esecutivo contenesse i seguenti approfondimenti:

- Un'integrazione delle indagini geognostiche da eseguirsi in prossimità delle opere di sostegno e dei diaframmi in progetto, da attestare ad adeguata profondità e soprattutto, da condizionare con inclinometri;
- Un piano di monitoraggio per il controllo dell'efficacia degli interventi, corredato da un programma di misure sperimentali che contenga anche misure inclinometriche derivanti dall'integrazione geognostica di cui al punto precedente;
- Una valutazione analitica inerente la tipologia, la geometria ed eventualmente anche l'ubicazione degli interventi di sostegno in progetto, finalizzata ad un obiettivo miglioramento della stabilità globale del versante, in termini di confronto del coefficiente di sicurezza nelle condizioni "ante" e "post operam", atteso che da quanto riportato nell'incartamento pervenuto non si evidenzia un incremento delle condizioni di sicurezza nelle condizioni "post operam";
- Una verifica della compatibilità dell'edificio dei servizi con le fenomenologie franose riconosciute nel sito in cui insiste la discarica.

In ottemperanza alle richieste dell'AdB Liri – Garigliano e Volturno, in questa fase progettuale le indagini geognostiche sono state integrate con le seguenti indagini

- ✓ N° 01 SONDAGGIO GEOGNOSTICO. Del tipo a carotaggio continuo e realizzato con la seguente attrezzatura di perforazione: n.1 perforatrice idraulica marca CMV modello MK420D, attrezzata con carotiere semplice e doppio ed attrezzatura per il rivestimento del foro di perforazione. I sondaggi geognostici, spinti alla profondità di 30,00 metri, sono stati effettuati con l'utilizzo della tecnica di avanzamento a rotazione, a secco. I carotaggi continui, con carotiere semplice, del terreno hanno permesso di ricostruire la successione stratigrafica incontrata in ogni sito.
- ✓ N° 03 PRELIEVI DI CAMPIONI. Effettuati nel corso dell'esecuzione dei sondaggi a rotazione con campionatore a pressione tipo Shelby. I campioni prelevati sono tutti di tipo indisturbato.
- ✓ N° 03 ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO. Eseguite su campioni di terreno indisturbati.
- ✓ N° 01 INDAGINI GEOFISICHE (MASW)

Le attività di indagine eseguite sono riassunte nella tabella 1 ed illustrate nella planimetria allegata (Vedi Elaborato 11 – Campagna di indagini):

Tabella 1 - Scheda riepilogativa attività di indagini eseguite presso il sito in esame

Indagini indirette	
N. MASW	01
Profondità max di indagine	38 m
Indagini dirette	
N. sondaggi geognostici condizionati a piezometri	01
Profondità perforazione	30m
Indagini dirette	
N. totale piezometri	01
Profondità piezometro	30,00 m
Determinazioni laboratorio	
N° 03 analisi laboratorio	

È stato predisposto un piano di monitoraggio per il controllo dell'efficacia degli interventi, corredato da un programma di misure sperimentali che contiene anche misure inclinometriche; in particolare è previsto che nella fase esecutiva e per la durata di un anno si effettui il monitoraggio dei tre seguenti inclinometri:

- S1-Pz1 da ubicare in corrispondenza dell'edificio servizi (per verificare la compatibilità del blocco servizi con le fenomenologie franose nell'area ex discarica RSU)
- S2-Pz2 da ubicare in corrispondenza delle terre armate su pali
- S3-Pz3 da ubicare in corrispondenza del diaframma drenante a valle.

Il sondaggio/inclinometro S1-Pz1 da ubicare in corrispondenza dell'edificio servizi consentirà di verificare la compatibilità del blocco servizi con le fenomenologie franose nell'area ex discarica RSU a conforto delle verifiche di stabilità già effettuate e della soluzione progettuale che vede il fabbricato dotato di fondazioni indirette.

Il monitoraggio inclinometrico e strumentale a mezzo di installazione di capisaldi topografici interni ed esterni alla zona instabile per la misura, rispettivamente, degli spostamenti superficiali e profondi saranno estesi ad un intero anno.

Gli esiti saranno comunicati tempestivamente all'AdB dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno.

Cfr. Elaborato B.08.1- Ubicazione piezometri e inclinometri - fase esecutiva

Nella presente fase progettuale le verifiche di stabilità globale del pendio “ante” e “post operam” sono state rielaborate alla luce dei rilievi topografici e delle indagini integrative disponibili, confermando le conclusioni dell'analogo studio effettuato in fase di progettazione definitiva (cfr. Elaborato n. 7 - *Verifiche di back analysis*. allegato alla presente relazione).

Il parere favorevole dell'ARPAC contiene le seguenti raccomandazioni:

- Che le trincee o barriere drenanti e/o impermeabili vengano attestate ad una idonea profondità in funzione delle caratteristiche idrolitostratigrafiche del sito, tale da garantirne l'efficacia;

- Che per le barriere idrauliche e per i sistemi drenanti le acque sotterranee sia garantita la costante efficienza di captazione – stoccaggio e allontanamento delle acque al fine di evitare ristagni di fondo e travasi sotterranei;
- Che gli interventi di bonifica vengano realizzati da ditte regolarmente iscritte all'Albo Nazionale gestori Ambientali come previsto dall'art. 212 comma 5 del D. Lgs.. 152/06;
- Effettuare una corretta gestione di tutti i rifiuti e/o sottoprodotti, comprese le rocce e terre da scavo, derivanti dalle operazioni stabilite dal progetto, secondo la normativa vigente, tenendo conto anche le risultanze analitiche riscontrate durante le indagini preliminari e di caratterizzazione da cui si sono evinti superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione CSC.

In riferimento alla profondità delle trincee o barriere drenanti e/o impermeabili in funzione delle caratteristiche *idrolitostratigrafiche* del sito, alla luce delle indagini geognostiche integrative utilizzate in questa fase progettuale, è possibile precisare quanto segue:

- La trincea drenante a monte della discarica, finalizzata a ridurre il flusso delle acque episuperficiali al di sotto del corpo dei rifiuti e a contenere i volumi idrici da sottoporre a trattamento o smaltimento, potrà essere attestata ad una profondità pari a 3.50 m dal p.c.,
- Le trincee drenanti realizzate a valle saranno attestate ad una profondità media di 4,00 m nelle argille di colore grigio con livelli marnosi, litologie con caratteristiche litostratigrafiche idonee da garantirne l'efficacia. Tali trincee infatti, hanno lo scopo di diminuire la lisciviazione di composti contaminati verso la falda sottostante e consente di diminuire il volume di falda drenata dal diaframma drenante realizzato a valle.
- I diaframmi drenanti e impermeabili saranno ammorsati nelle *argille marnose grigie alquanto compatte di colore grigio e con a luoghi elementi marnosi* che si attestano ad una profondità > di 6,00 m fino a oltre i 30 m investigati. Per queste litologie il coefficiente di permeabilità orizzontale in metri/sec è $>10e-9$ m/s, salvo valori maggiori che potrebbero essere dovuti dalla presenza degli elementi marnosi. Al fine di garantire un ammorsamento di almeno 1,0 m nello strato delle *argille marnose grigie alquanto compatte di colore grigio e con a luoghi elementi marnosi*, si ritiene idonea una profondità dei diaframmi drenanti pari a 8,0 m e una profondità dei diaframmi impermeabili di 8,50 m.

Il tecnico incaricato

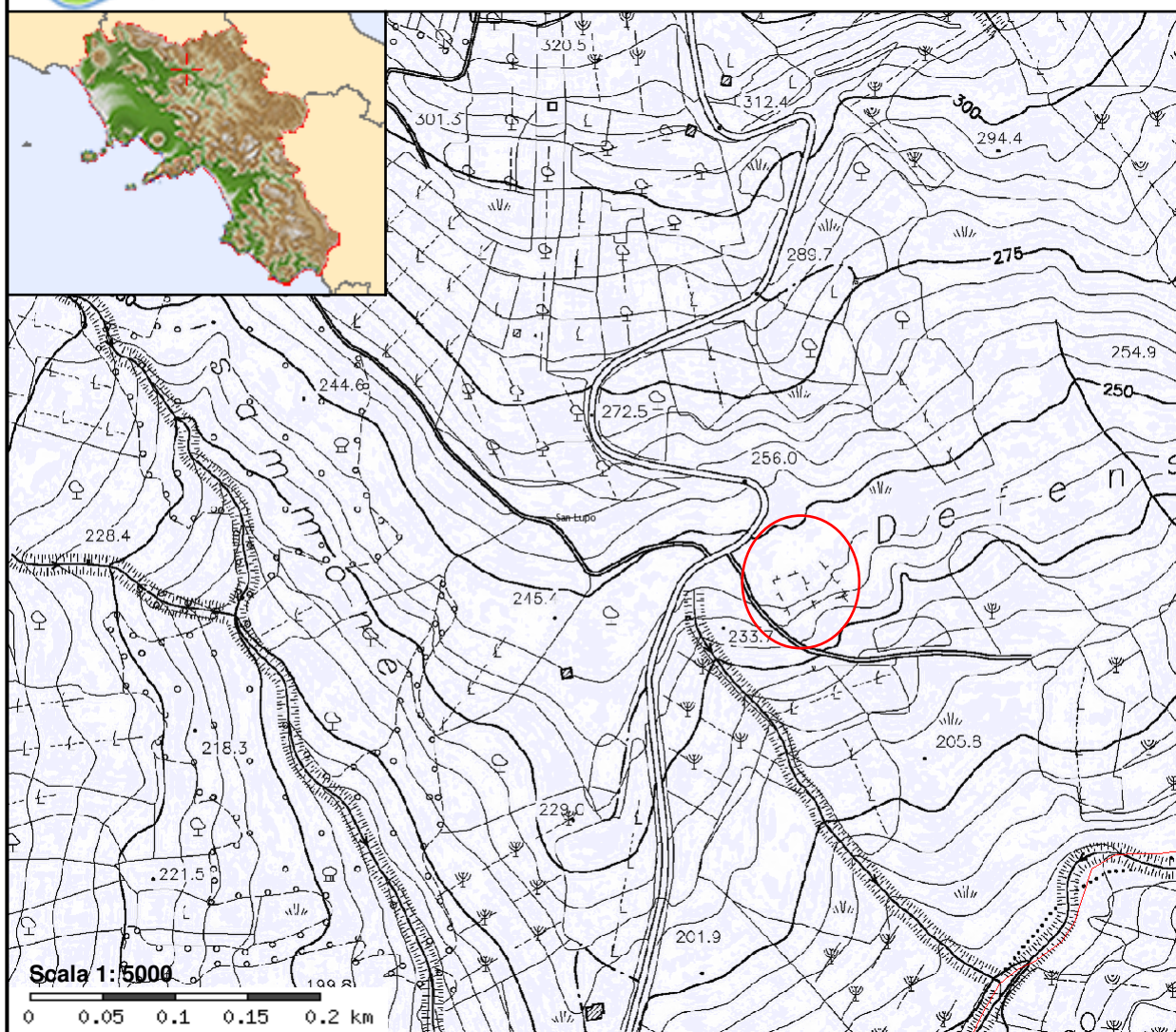
ELABORATO 2

Corografia. Scala 1:12.000

Stralcio catastale. Scala 1:2.000

Cartografia dei vincoli territoriali. Scala 1:5.000

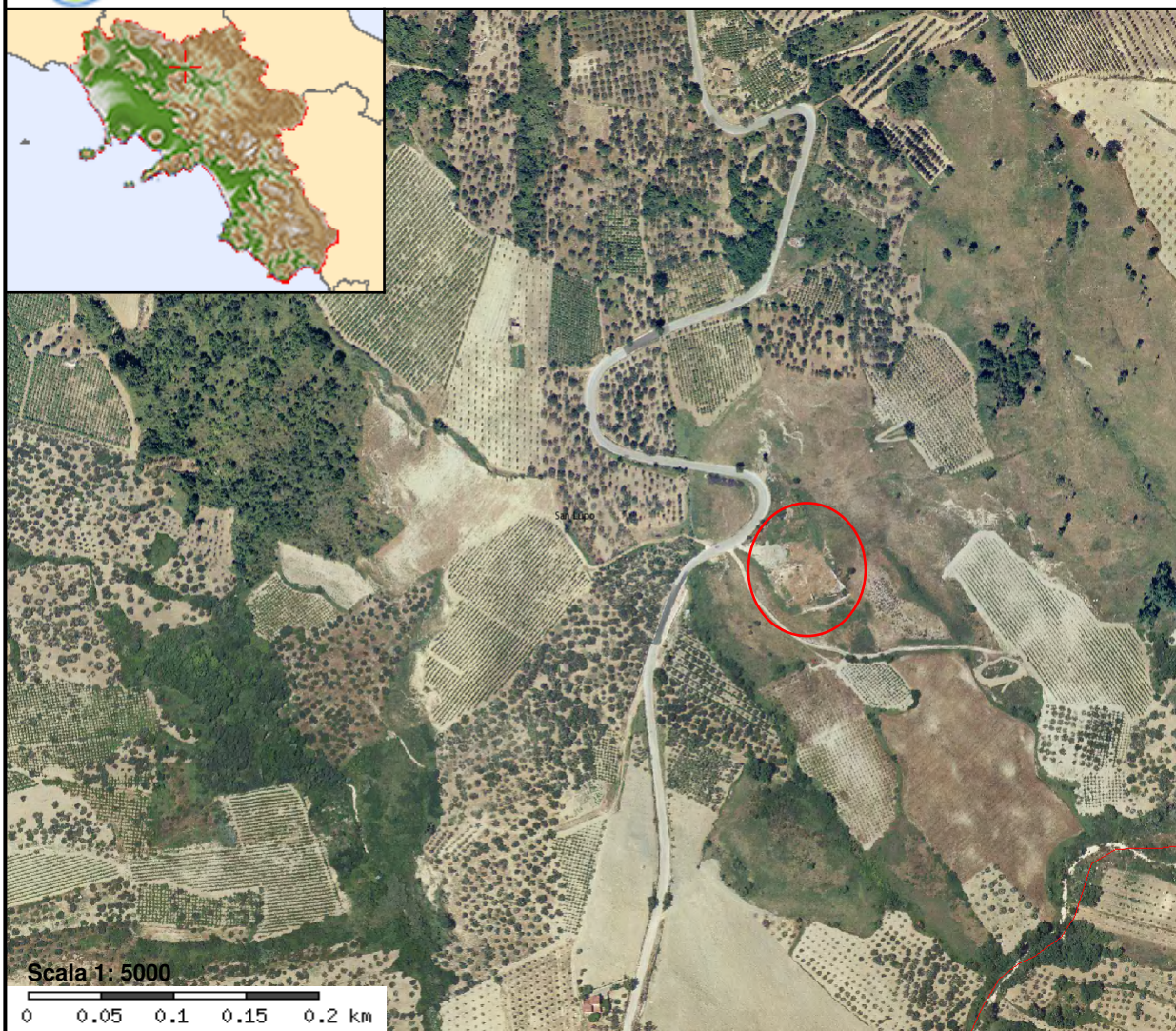
Ortofoto PSAI di Bacino dei Fiumi Liri-Volturno e
Garigliano. Scala 1:10.000



 **Comuni**

 **Province**

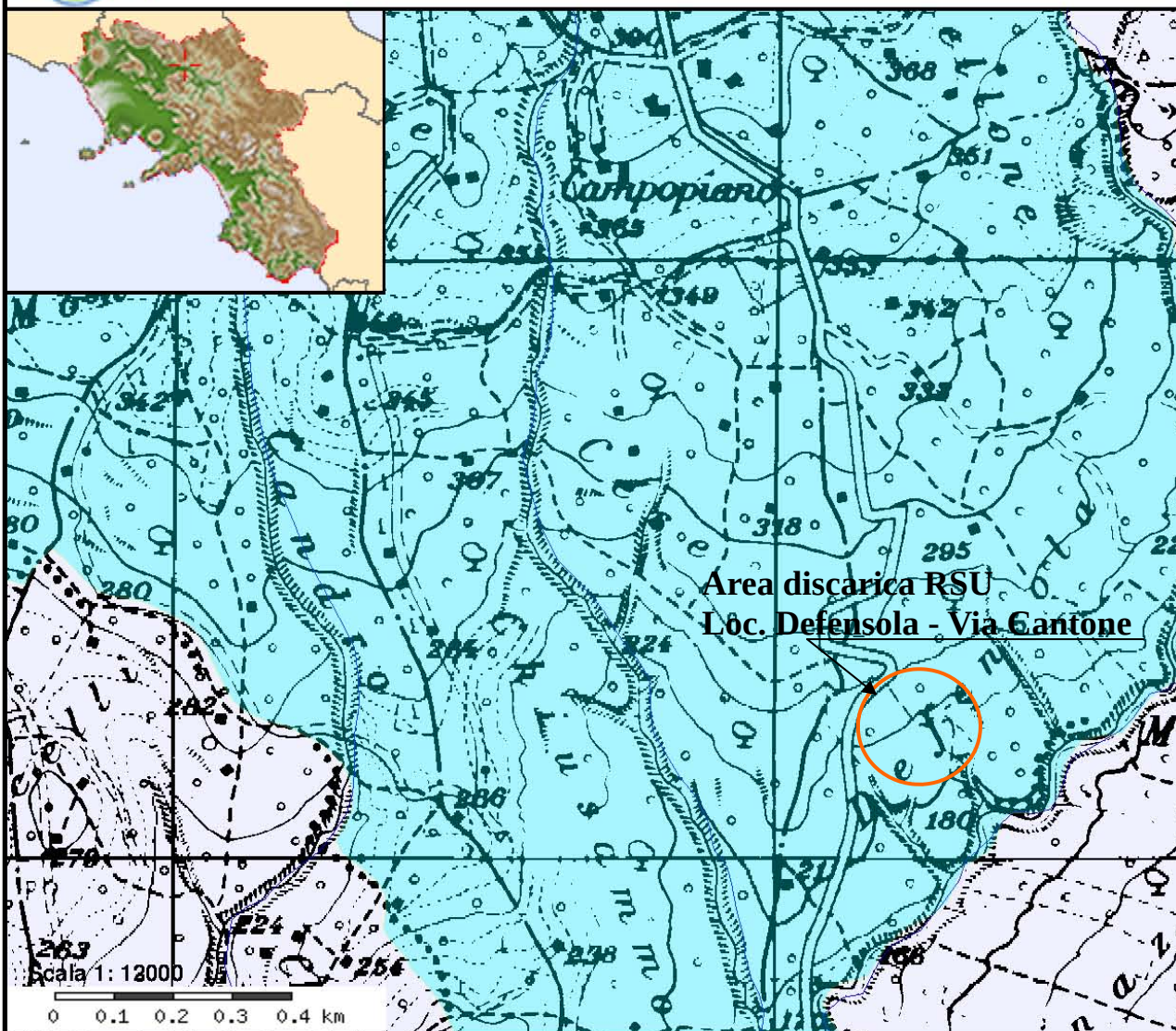
 **Area di studio**



 **Comuni**

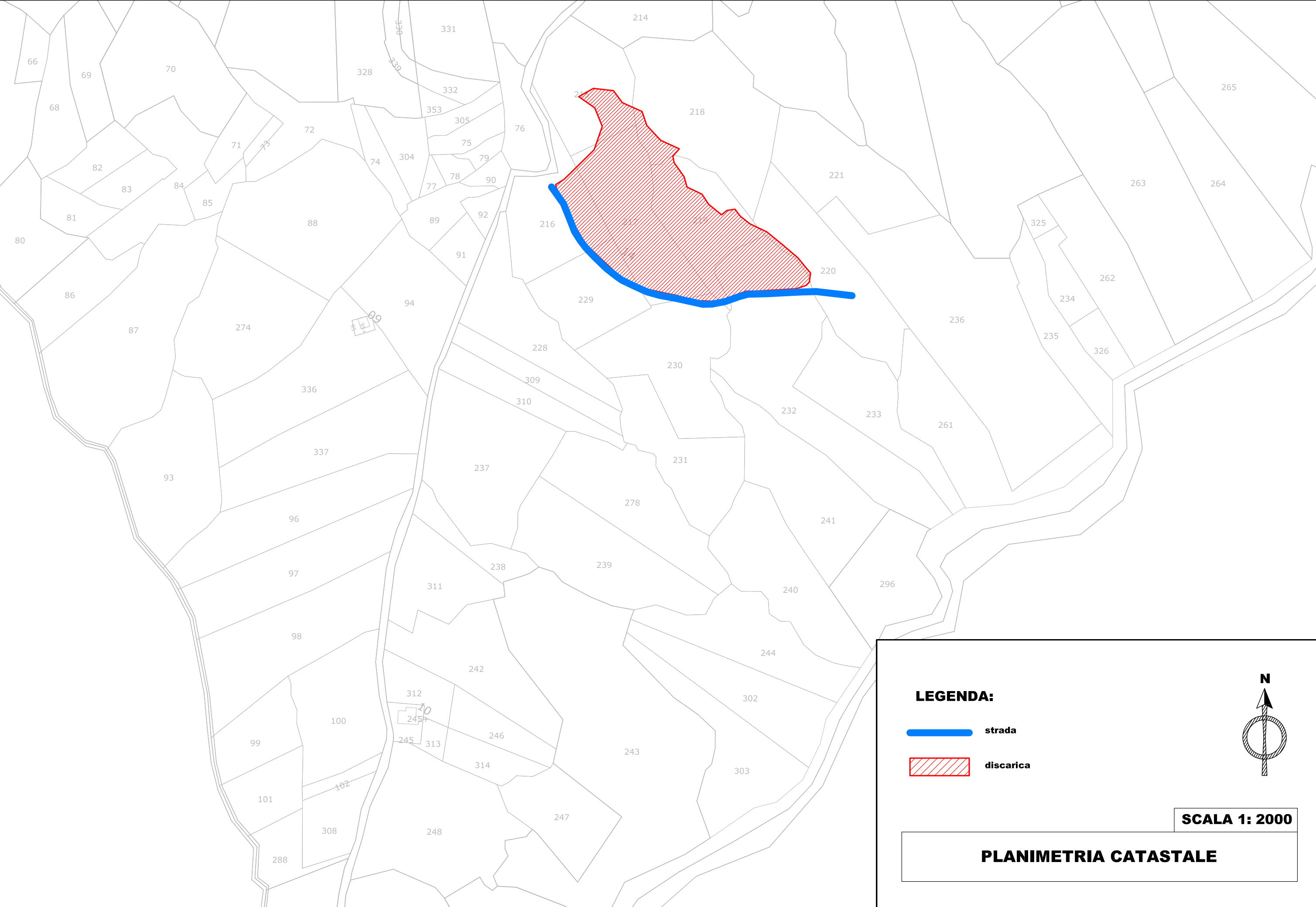
 **Province**

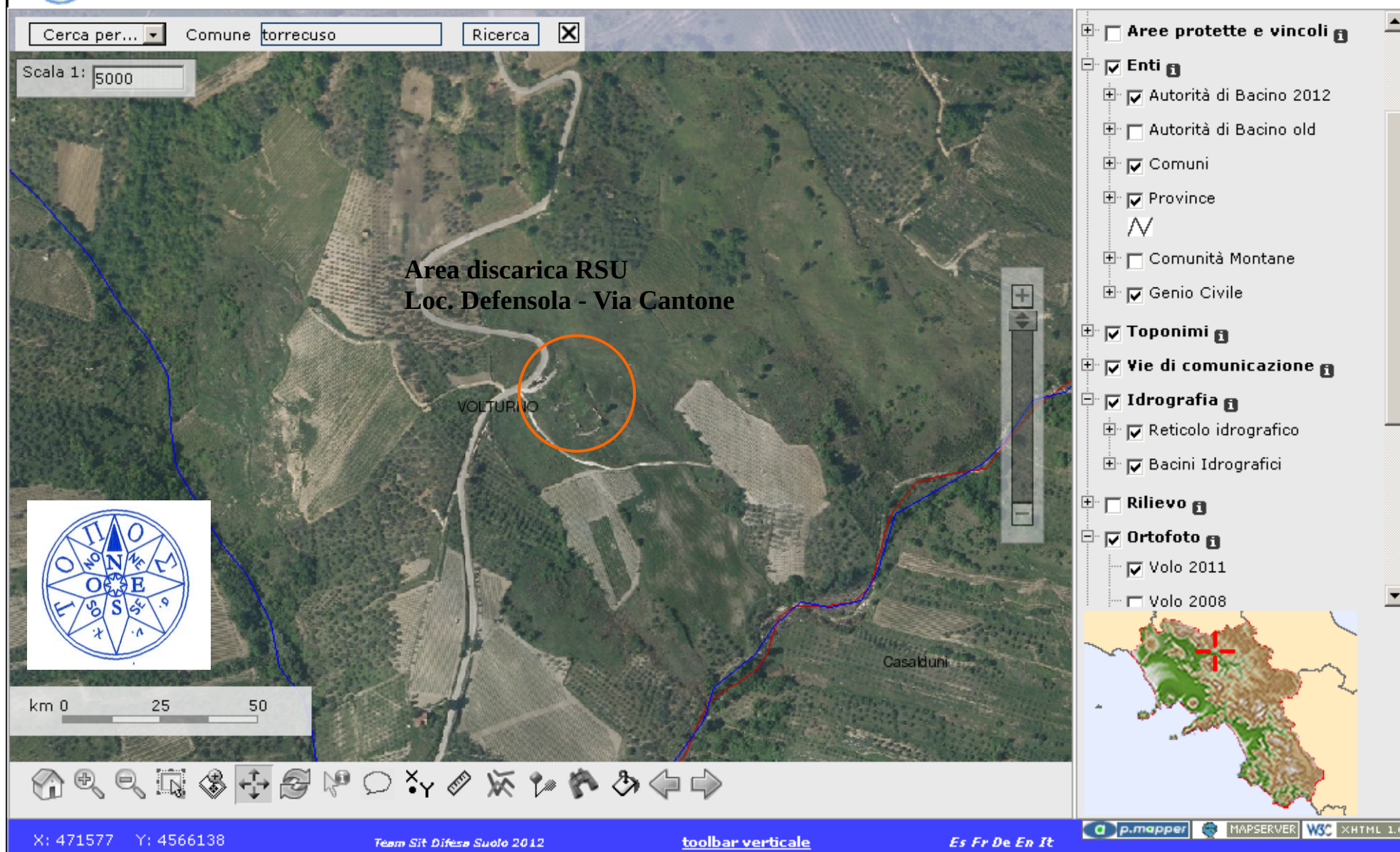
 **Area di studio**

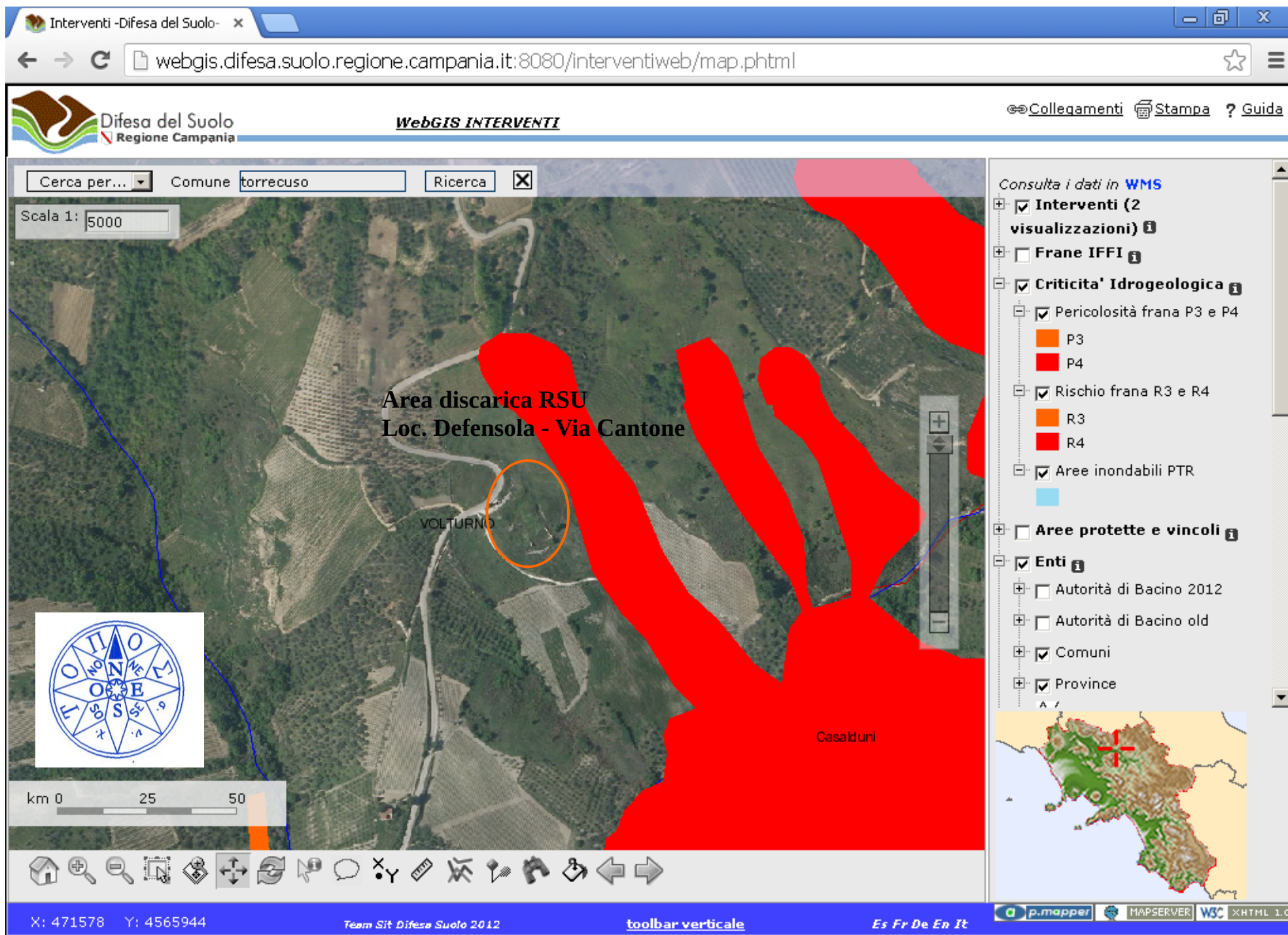


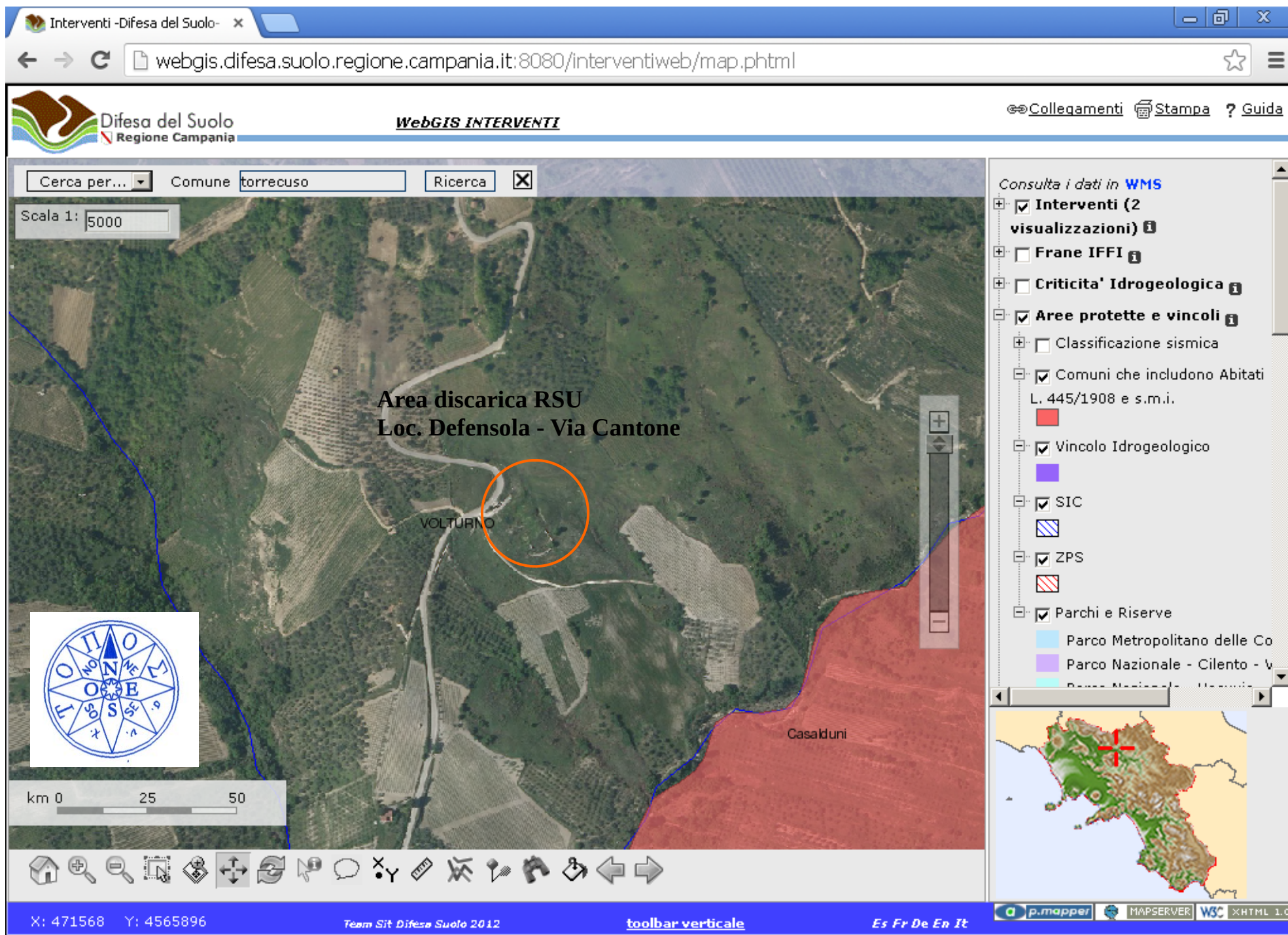
 Reticolo idrografico
 Province

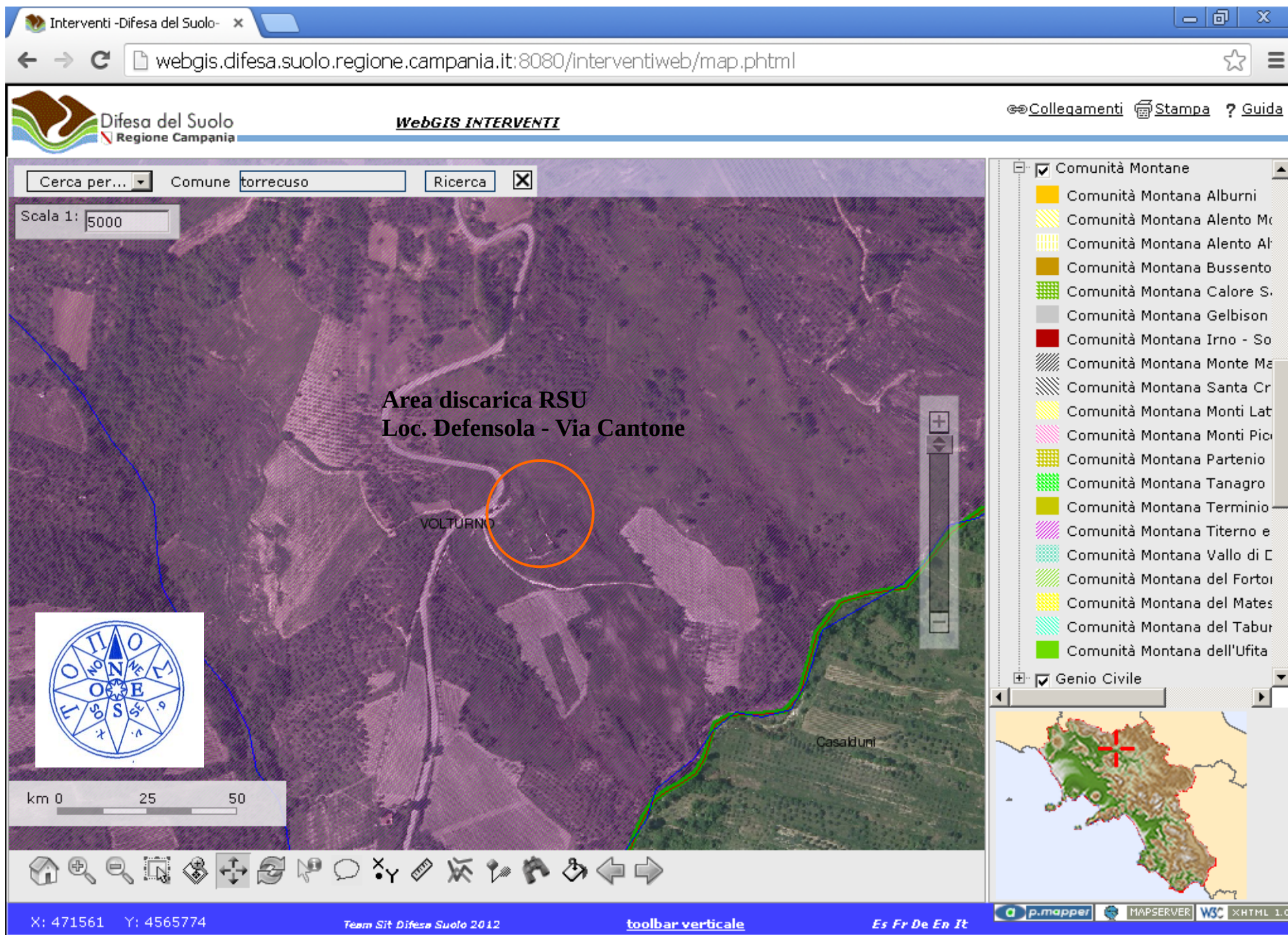


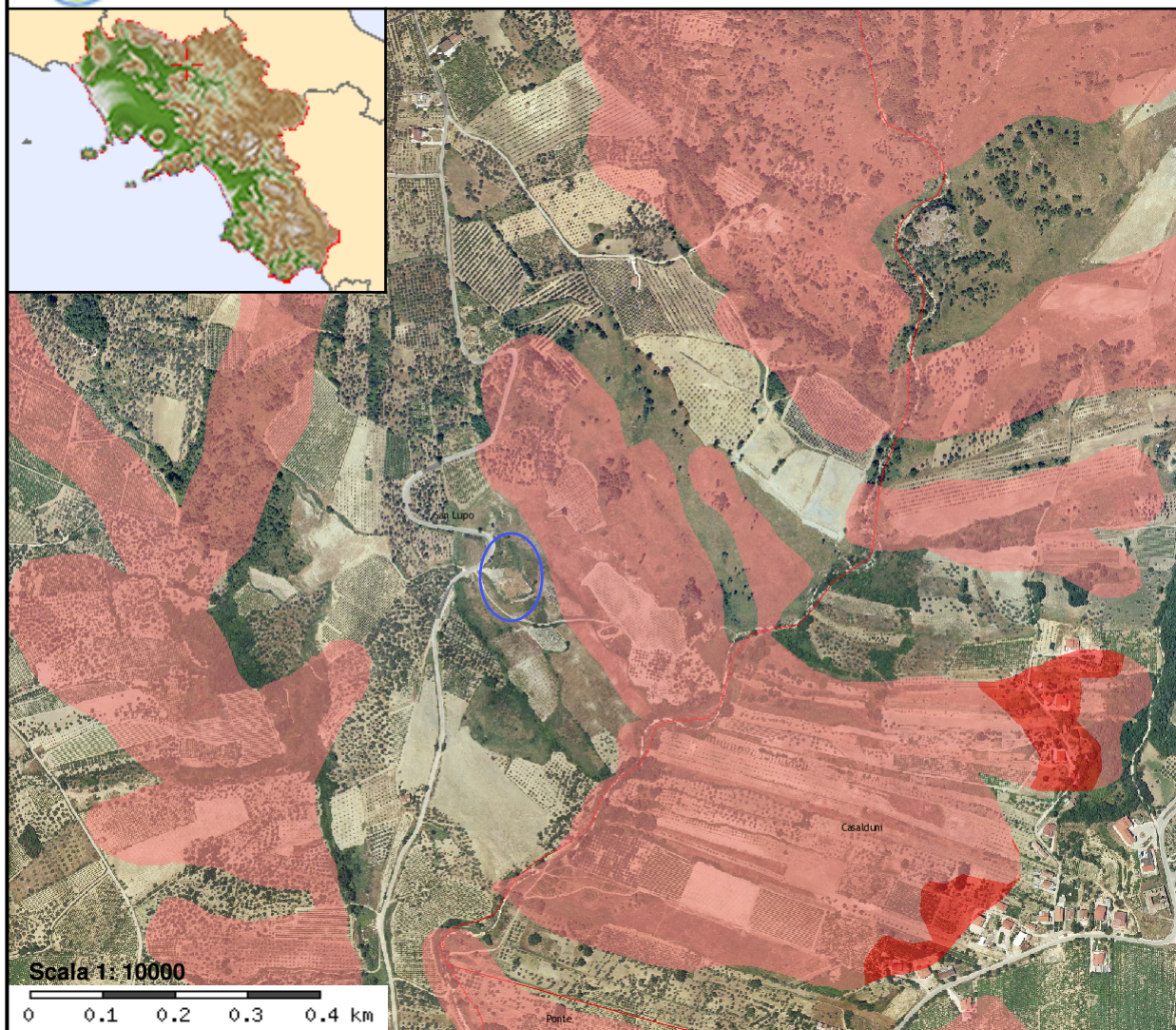












LIRI-GARIGLIANO e VOLTURNO Nazionale

R1

R3

Rpa

R1 parco

R3 parco

Rpa parco

Apa

Area di media attenzione A3

Area di moderata attenzione A1

Comuni

Province

R2

R4

Rpb

R2 parco

R4 parco

Rpb parco

Area di alta attenzione A4

Area di medio attenzione A2

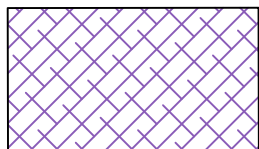
Apb

Area discarica RSU

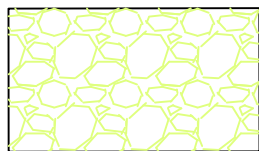
ELABORATO 3

Carta geolitologica. Scala 1:2.000

Legenda

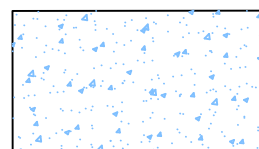


Riporto antropico eterogeneo (RSU)



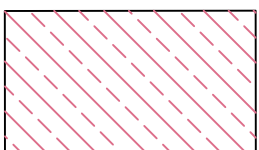
Depositi alluvionali recenti ed attuali.

Alternanze di lenti di: ghiaie e ciottolami a elementi litologici diversi (poligenici) e di diverse dimensioni (eterometrici); sabbie e limi a struttura sciolta; limi, argille sabbiose, sabbie, con intercalazioni di torbe, ciottoli e ghiaie. In alcune zone sono presenti i materiali piroclastici, presenti in percentuale variabile in tutti i livelli. I depositi fluviali recenti sono costituiti da materiali a grana media o anche grossolana specialmente nella parte bassa, mentre i depositi alluvionali sottostanti sembrano essere composti quasi esclusivamente da materiali a grana fine e finissima (limi, argille). **OLOCENE - ATTUALE**



Detriti di falda e frana .

Depositi caotici costituenti accumuli di fenomeni franosi sia antichi che recenti; prodotti di disaggregazione meccanico-fisica dei sedimenti flyschoidi oligo-miocenici e pliocenici costituiti da frammenti calcarenitico-marnosi sciolti o poco cementati, puddinghe poligeniche e sabbie, inglobati in una matrice a prevalente composizione limo-sabbiosa. **OLOCENE - ATTUALE.**

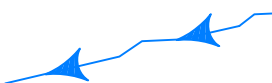


Flysch Rosso.

Alternanza di diaspri straterellati di colore rosso, verde, nero, marne ed argille silicizzate, calcareniti straterellate; calciruditi gradate, calcareniti pseudo-cristalline e marne rosse; marne, calcareniti gradate, argille e argilliti di colore rosso e verde. (Depositi marini). **OLIGOCENE - MIOCENE.**



Limite geologico



Alveo con tendenza all'approfondimento.



Lineamenti strutturali attivi o attivabili dall'azione sismica (Faglie/Faglie presunte)

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



Sondaggio geognostico a rotazione (20/08/2013)
Standard Penetration Test - SPT (3,50-3,95 m; 15,00-15,50 m dal p.c.)



Indagine di sismica passiva - MASW (20/08/2013)

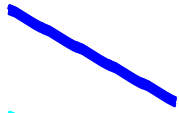


Traccia della sezione geolitologica e verifica di back analysis

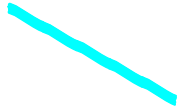
LEGENDA

P3●-1,30

Pozzi con indicazione della quota della superficie piezometrica libera, in metri, riferita al piano di campagna.



Reticolo Idrografico - corpo idrico superficiale perenne



Reticolo Idrografico - corpo idrico superficiale temporaneo

Pz1●

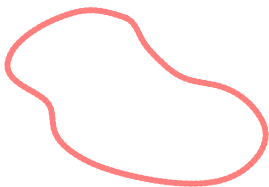
Sondaggi attrezzati a piezometri Fase delle indagini preliminari

Pz2●

Sondaggi attrezzati a piezometri Fase di caratterizzazione



Pozzo recapito percolato

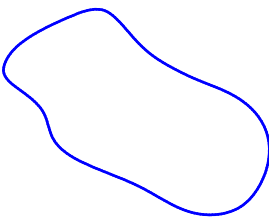


Estensione indicativa suolo superficiale contaminato da Cadmio
2009 mq

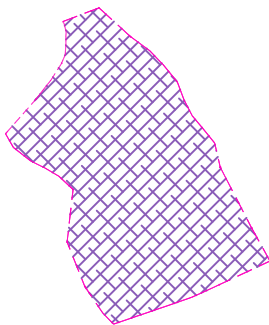
Potenziale volume contaminato 3014 mc

Estensione indicativa suolo superficiale contaminato da Cloruro di
Vinile 378 mq

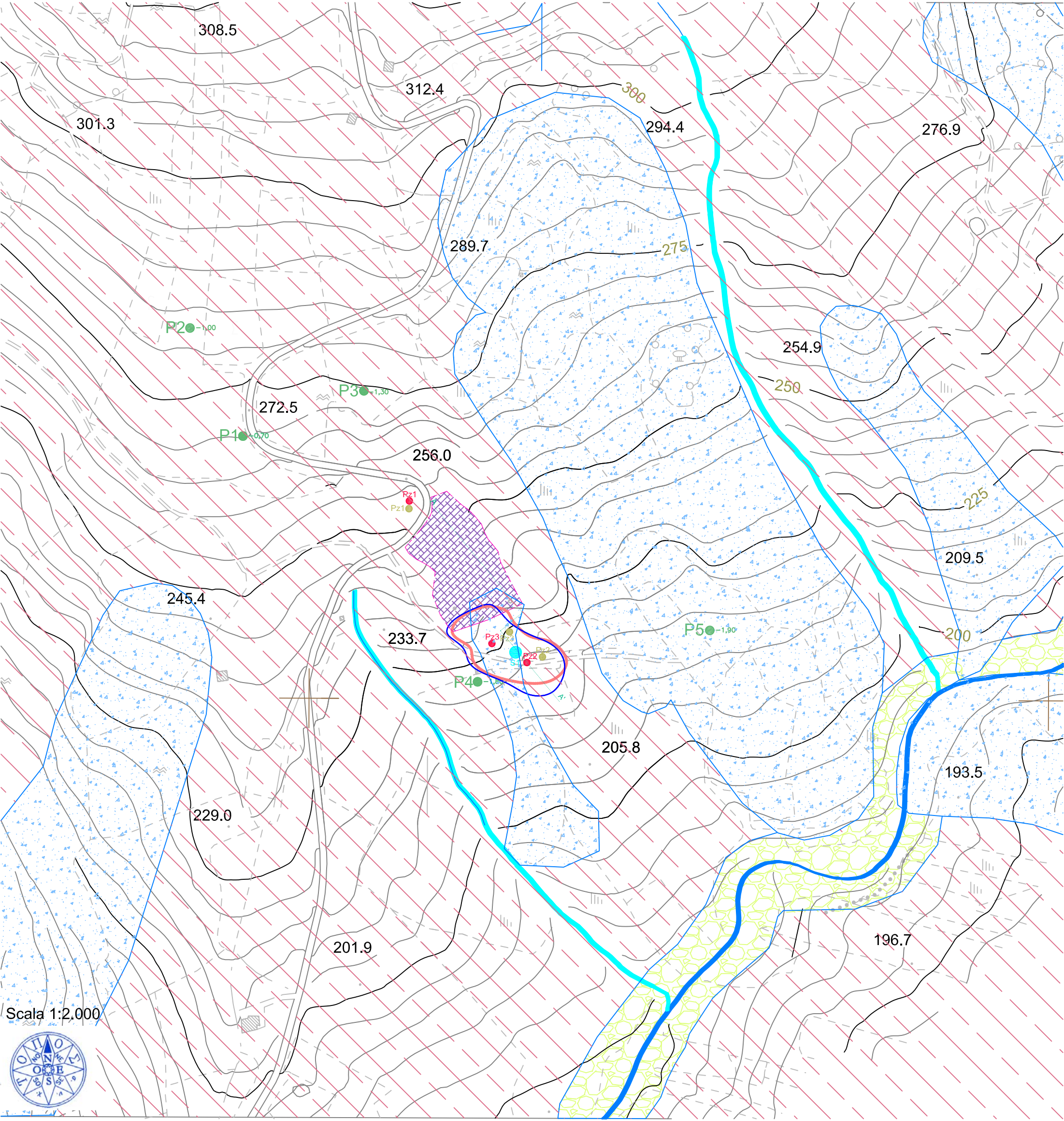
Potenziale volume contaminato 756 mc



Estensione indicativa falda contaminata 2439 mq



Area ex discarica RSU



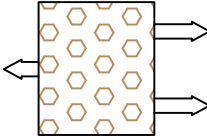
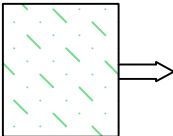
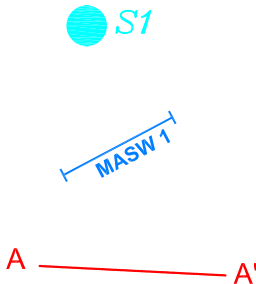
Scala 1:2,000



ELABORATO 4

Carta idrogeologica. Scala 1:2.000

LEGENDA

ETA'	GRADO DI PERMEABILITA' RELATIVO AP - MP - SP - IM	DESCRIZIONE COMPLESSI IDROGEOLOGICI
Olocene-Attuale		QUATERNARIO DETRITICO - ALLUVIONALE Il complesso alluvionale è composto in prevalenza da limi, argille sabbiose, sabbie, con intercalazioni di torbe, ciottoli e ghiaie; materiali eluviali o eluvio-colluviali; materiali piroclastici, presenti in percentuale variabile in diversi livelli; detriti di frana e falda, prodotti di disaggregazione meccanico-fisica dei sedimenti flyschoidi costituiti da frammenti calcarenitico-marnosi sciolti o poco cementati, inglobati in una matrice a composizione limo-sabbiosa. Mediamente permeabile ($10^{-4} \leq K \leq 10^{-2}$ cm/s). Non mancano, però, in molte zone alternanze di materiali grossolani acquiferi i quali, con i livelli ghiaiosi e/o detritici altamente permeabili dinanzi elencati, ospitano una falda irregolare e suddivisa in verticale in una serie di corpi idrici sovrapposti i quali mostrano a luoghi la stessa quota piezometrica, mentre in altri acquistano carichi diversi, rendendo difficoltosa l'interpretazione areale delle curve isopiezometriche.
Oligocene-Miocene		MARNOSO - CALCAREO - ARGILLOSO Tale complesso è costituito da argille, argilliti e marne, con interstrati di marne calcaree rosate, calcilutiti e calcareniti avana in strati di spessore variabile da pochi dm a qualche metro; calcareniti straterellate; calciruditi gradate, calcareniti pseudo-cristalline e marne rosse. Le caratteristiche di permeabilità relativa del complesso sono molto variabili da strato a strato e da zona a zona: le marne, le calcilutiti e le calcareniti mostrano una discreta permeabilità per fratturazione che si esplica nell'alimentazione di un esiguo numero di punti d'acqua stagionali e raramente perenni, la cui portata, molto limitata, è funzione prevalentemente della limitazione degli affioramenti dei suddetti litotipi, i quali inglobati e/o alternati a terreni a permeabilità relativa più bassa, riescono ad ospitare delle effimere falde sospese. Scarsamente permeabile ($10^{-7} \leq K \leq 10^{-4}$ cm/s).
		INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE Sondaggio geognostico a rotazione (20/08/2013) Standard Penetration Test - SPT (3,50-3,95 m; 15,00-15,50 m dal p.c.) Indagine di sismica passiva - MASW (20/08/2013) Traccia della sezione geolitologica e verifica di back analysis
Nota		
AP	Alta permeabilità ($K > 10^{-2}$ m/s)	
MP	Media permeabilità ($10^{-2} > K > 10^{-4}$ m/s)	
SP	Scarsa permeabilità ($10^{-4} > K > 10^{-9}$ m/s)	
IM	Impermeabilità ($K < 10^{-9}$ m/s)	
K= coefficiente di permeabilità (cm* sec ⁻¹)		

LEGENDA

P3●-1,30

Pozzi con indicazione della quota della superficie piezometrica libera, in metri, riferita al piano di campagna.

Pz1

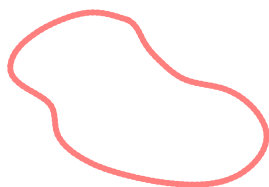

Sondaggi attrezzati a piezometri Fase delle indagini preliminari

Pz2


Sondaggi attrezzati a piezometri Fase di caratterizzazione



Pozzo recapito percolato

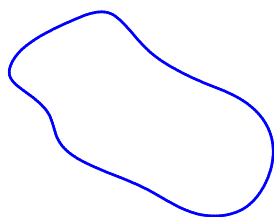


Estensione indicativa suolo superficiale contaminato da Cadmio
2009 mq

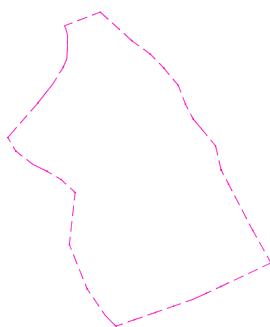
Potenziale volume contaminato 3014 mc

Estensione indicativa suolo superficiale contaminato da Cloruro di
Vinile 378 mq

Potenziale volume contaminato 756 mc



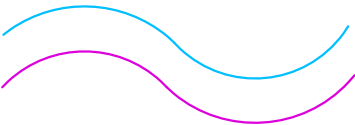
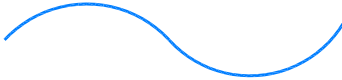
Estensione indicativa falda contaminata 2439 mq



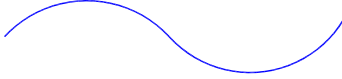
Area ex discarica RSU

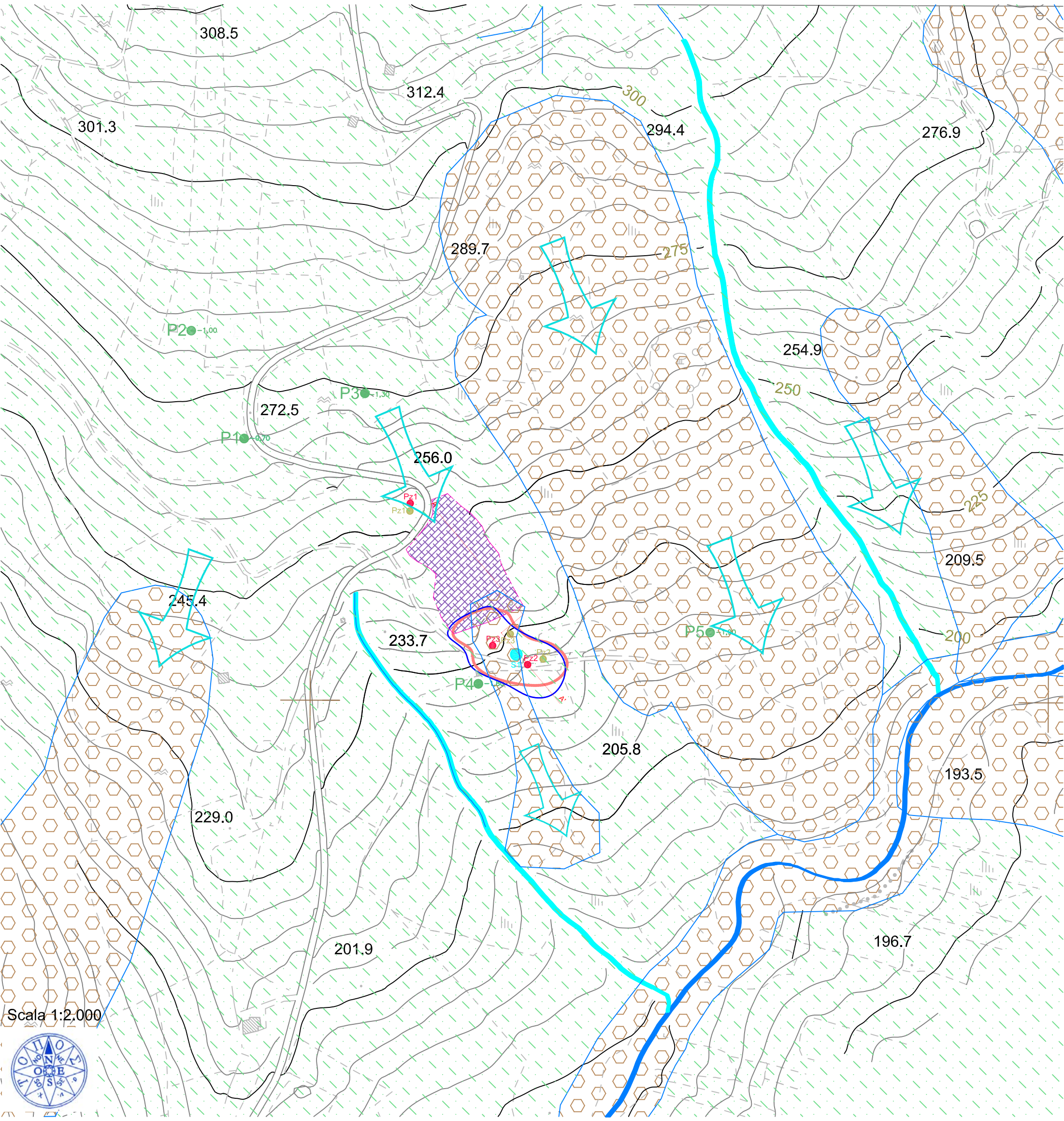
SIMBOLOGIA

IDROLOGIA SUPERFICIALE

	Spartiacque superficiali principali. Spartiacque superficiali secondari.
	Corso d'acqua

IDROLOGIA SOTTERRANEA

	Pozzi.
	Sorgenti perenni e relativa zona di rispetto. D.P.R. 24/5/1988, n. 236, art. 6. Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano (art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183.
	Sorgenti perenni e relativa zona di protezione. D.P.R. 24/5/1988, n. 236, art. 7. Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano (art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183.
	Limite tra complessi idrogeologici.
	Direzione di deflusso preferenziale delle acque sotterranee, ove note.



Scala 1:2.000

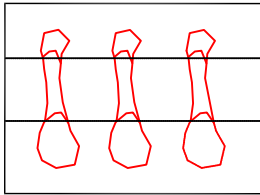


ELABORATO 5

Carta geomorfologica. Scala 1:2.000

Legenda

Stato di attività		
Attivo	Quiescente	Inattivo



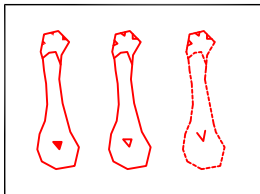
Frane di flusso rapido

Zona di alimentazione

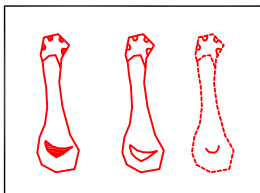
Nicchia di distacco

Zona di flusso o transito

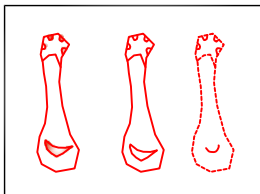
Zona di accumulo e invasione



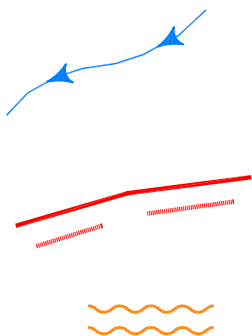
Frana di scorrimento rotazionale



Frana di colata lenta - colamento



DGPV



Fenomeni di erosione concentrata attiva, interessanti i tratti torrentizi e spesso associati a deformazioni gravitazionali lungo i cigli delle sponde

Lineamenti strutturali attivi o attivabili dall'azione sismica (Faglie/Faglie supposte)

Lesioni opere antropiche

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



Sondaggio geognostico a rotazione (20/08/2013)
Standard Penetration Test - SPT (3,50-3,95 m; 15,00-15,50 m dal p.c.)



Indagine di sismica passiva - MASW (20/08/2013)

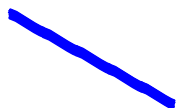


Traccia della sezione geolitologica e verifica di back analysis

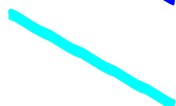
LEGENDA

P3●-1,30

Pozzi con indicazione della quota della superficie piezometrica libera, in metri, riferita al piano di campagna.



Reticolo Idrografico - corpo idrico superficiale perenne



Reticolo Idrografico - corpo idrico superficiale temporaneo

Pz1●

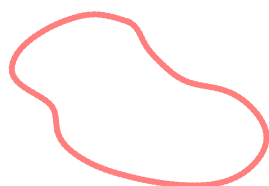
Sondaggi attrezzati a piezometri Fase delle indagini preliminari

Pz2●

Sondaggi attrezzati a piezometri Fase di caratterizzazione



Pozzo recapito percolato

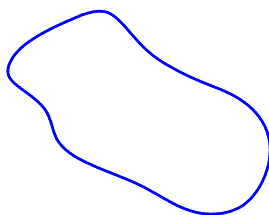


Estensione indicativa suolo superficiale contaminato da Cadmio
2009 mq

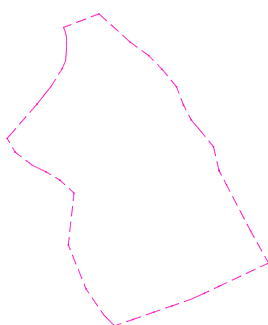
Potenziale volume contaminato 3014 mc

Estensione indicativa suolo superficiale contaminato da Cloruro di
Vinile 378 mq

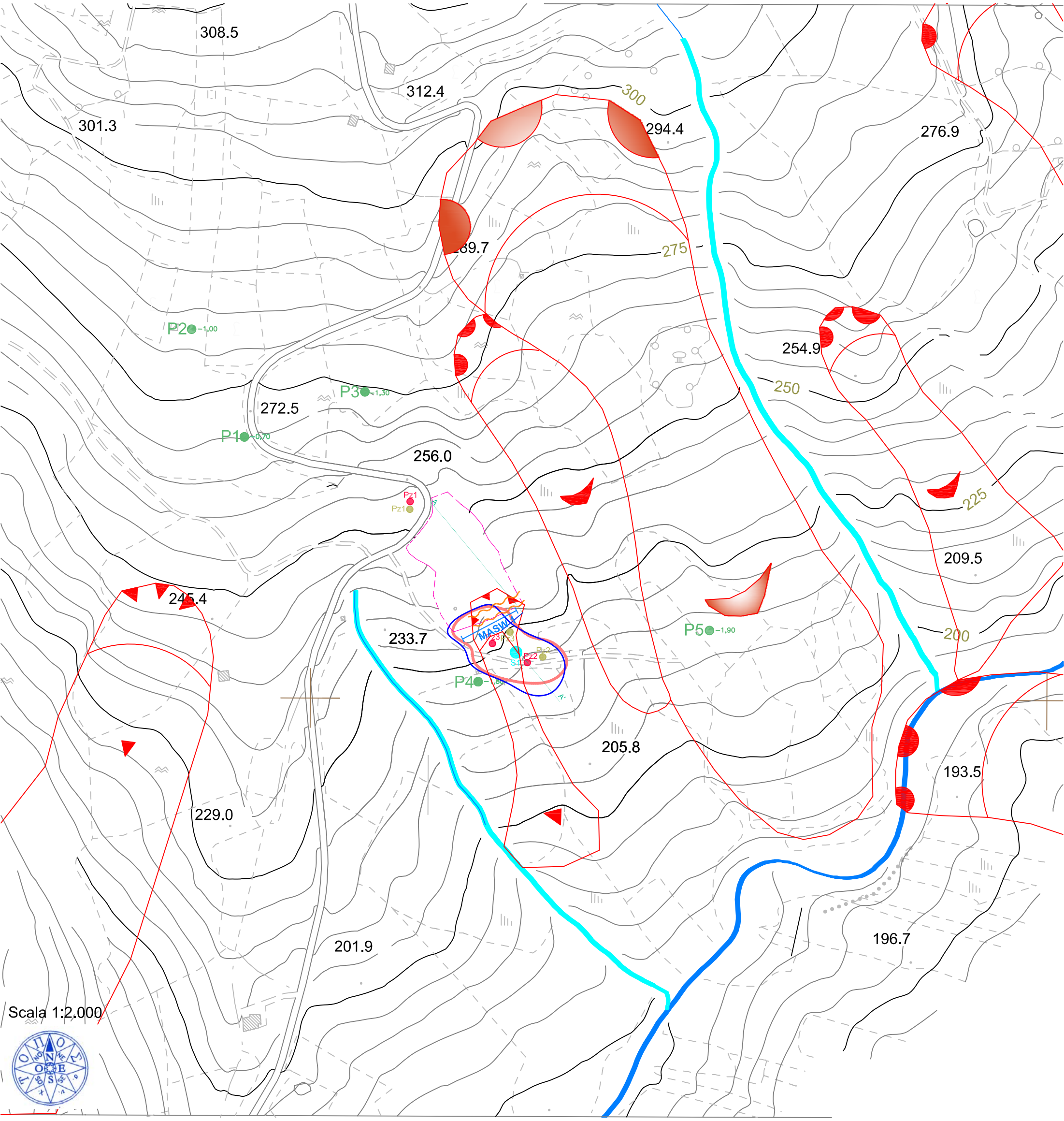
Potenziale volume contaminato 756 mc



Estensione indicativa falda contaminata 2439 mq



Area ex discarica RSU



ELABORATO 6

Dati meteoclimatici

DATI METEOCLIMATICI PERIODO 1999/2013

FONTE <http://www.agricoltura.regione.campania.it/meteo/agrometeo.htm>

Il Clima

È caratterizzato da una grande variabilità tra le diverse aree della provincia. Infatti, mentre ai piedi del Massiccio del Matese si registrano i massimi della piovosità regionale, nella zona del Fortore si toccano i minimi assoluti.

Il regime pluviometrico della provincia di Benevento risente molto della presenza delle catene montuose che la caratterizzano (Matese, Taburno-Camposauro, Partenio).

L'analisi della distribuzione spaziale delle precipitazioni nel periodo 1920/1951 (cfr. par. Idrologia) riflette sia la lontananza dal Mar Tirreno -direzione da cui proviene il cosiddetto *flusso zonale* in base al quale si registrano le piogge più copiose- sia l'esposizione dei versanti orografici, evidenziando che la zona orientale della provincia in un anno riceve mediamente circa la metà di piogge di quella occidentale.

L'andamento stagionale delle precipitazioni presenta massimi autunno-invernali e minimi primaverili-estivi, tipico del clima sub-mediterraneo. La maggior parte delle precipitazioni è dovuta, quindi, a depressioni che attraversano il mediterraneo nel periodo ottobre-aprile.

I dati forniti da alcune stazioni meteorologiche nel periodo seguente al 1951 evidenziano che le precipitazioni tendono ad una diminuzione. A Benevento nel periodo 1951/1988 si è avuta una diminuzione media di 57 mm annui di pioggia; a Montevergine nello stesso periodo si è registrata una diminuzione di ben 501 mm annui di pioggia; nella stazione pluviometrica di Cassano Irpino, nel decennio 1981/1990, si è registrata una diminuzione di 150 mm annui di pioggia rispetto al trentennio precedente. Tale fenomeno, in costante aumento su tutto il territorio nazionale e su buona parte dell'emisfero Nord del pianeta, è da correlare all'incremento della temperatura media globale.

Le condizioni meteorologiche, in linea generale, sono principalmente condizionate dagli effetti di masse d'aria fredda provenienti da Nord-Est e che abbassano la temperatura invernale, e da masse di aria calda-umida Occidentali che, invece, innalzano la temperatura primaverile ed estiva.

La temperatura presenta delle medie annue comprese tra 15 e 16°C; il mese più freddo è in genere quello di Gennaio, mentre il più caldo è Agosto. Le medie mensili variano tra i 2-3°C minimi del periodo invernale e i 30-35°C massimi del periodo estivo. L'escursione annua (differenza tra la temperatura media del mese più caldo e quella del mese più freddo) oscilla intorno ai 18°C.

Nelle zone medio -alte si manifestano anche gelate invernali e brinate primaverili.

Il fenomeno della nebbia, localizzato soprattutto nella città Capoluogo e nei fondo valle, si verifica prevalentemente nel periodo Ottobre-Marzo.

Le precipitazioni nevose riguardano essenzialmente le zone di montagna e si limitano a pochi giorni all'anno, mentre nelle zone di collina sono di entità trascurabile.

Per quanto concerne la direzione e l'intensità dei venti, siccome mancano stazioni di rilevamento omogeneamente ripartiti nel territorio provinciale, non si hanno dati sufficientemente validi. In linea generale si può comunque affermare che la direzione prevalente dei venti dominanti è quella di Ovest (Ponente) e Sud-Ovest (Libeccio). Per la città di Benevento e zone limitrofe i venti dominanti sono, oltre quello di Sud-Ovest (Libeccio), anche quello di Nord-Est (Grecale) e di Nord (Tramontana).

Dati metoclimatici

E' posta a Sud della precedente e comprende un'area pari a circa 74.000 Ha. In essa si registra una piovosità medio alta e, ad eccezione del territorio di Telesse, si hanno mediamente durante tutto l'anno circa 1.133 mm di pioggia, con una temperatura media di 12°C.

La notevole concentrazione delle piogge è da relazionare alla presenza del Massiccio Taburno-Camposauro che, come già descritto in precedenza, determina una condensazione dell'aria caldo-umida con relativa pioggia.

I terreni impermeabili o semipermeabili, occupano 11.000 Ha corrispondenti al 14,86% dell'intera superficie.

In questa zona cadono mediamente ogni anno circa 838.400.000 mc di acqua, di cui il 52,5% si perde per evapotraspirazione, ossia ben 440.300.000 mc. Dei restanti 398.120.000 mc il 14,86% (59.160.000 mc) cadono su terreni impermeabili e vanno quindi ad alimentare i corsi di acqua superficiali, l'altra considerevole quantità di circa 338.960.000 mc si distribuisce nel sottosuolo rinnovando gli orizzonti acquiferi.

Idrografia

I principali corsi d'acqua che interessano il territorio provinciale sono i seguenti:

a) Fiume VOLTURNO, che delimita il confine tra la provincia di Benevento e la provincia di Caserta ed a cui afferisce il bacino idrografico più grande della regione Campania con una superficie di 459.800 Ha. Tutti i fiumi che attraversano la provincia di Benevento -ad eccezione del Fortore che riversa le sue acque nell'Adriatico, al di là dello spartiacque appenninico- convogliano direttamente o indirettamente le acque nel Volturno.

Bacini del Volturno; superficie in Ha; valori in migliaia di mc/anno (dati 1957-70)

Bacino	Superficie Ha	Afflusso mc (x 1.000)	Deflusso mc (x 1.000)	Perdite apparenti mc (x 1.000)	Sorgenti mc (x 1.000)	Ruscaldamento Superficiale mc (x 1.000)
Tammaro a Paduli	53.800	533.696	18.023	353.466	7.048	173.182
Calore Irpino ad Apice	53.300	596.427	395.166	201.261	68.007	327.159
Ufita	47.400	378.726	151.490	227.236	1.690	149.800
Sabato	48.200	849.284	424.642	424.642	54.711	369.931
Miscano	21.300	194.256	77.702	116.554	0	77.702
Isclero	21.200	263.516	131.758	131.758	14.192	117.566
Minori di Benevento	14.200	123.540	49.416	7.412	0	49.416
Caloretra Benevento ed Amorosi	58.000	724.420	362.210	362.210	19.123	170.976

b) Fiume CALORE. E' il maggiore della Provincia e con i suoi affluenti "drena" oltre l'80% dell'intero territorio provinciale. Nasce dal versante orientale del Massiccio del Terminio e confluisce nell'agro beneventano dopo aver lasciato il territorio di Castel del Lago, ultimo comune della Provincia Irpina, dove termina lo stadio giovanile ed entra nello stadio di maturità. Nei pressi del capoluogo riceve le acque dei suoi più importanti affluenti, ovvero il Sabato, l'Ufita ed il Tammaro, quindi entra nello stadio di senilità e scorre lento, creando anse e meandri, nella valle Telesina.

Esso taglia in due la Provincia Sannita in direzione Est-Ovest per una lunghezza complessiva di circa 108 Km con un bacino di 11.300 Ha. Durante il suo percorso, e nei periodi di più intensa piovosità, esso riceve milioni di metri cubi di acqua da molti torrenti ed affluenti, divenendo addirittura pericoloso sia per i territori agricoli che urbanizzati. Esso termina il suo corso nel Comune di Amorosi ove riversa le sue acque nel fiume Volturno.

Fra gli affluenti minori in destra idrografica del fiume troviamo i torrenti Reventa, Lente, Ianare, Raitello, Seneta e Portella ed i valloni Fornace e Corpo. Tra gli affluenti minori in sinistra si annoverano i torrenti Mele, San Nicola, Serretelle e lenga.

c) Fiume SABATO. E' indubbiamente, assieme al Tammaro, il più importante affluente del Calore, con un bacino idrografico di 48.200 Ha. Esso prende origine dal versante occidentale dello stesso massiccio montuoso del fiume Calore a circa 690 metri s.l.m. e si estende per complessivi 49 Km. Attraversa il territorio di Benevento per circa 12 Km fino a riversarsi nel fiume Calore in località Pantano.

d) Fiume TAMMARO. Nasce dal versante orientale del massiccio del Matese, a Sud-ovest di San Giuliano del Sannio in territorio molisano, e percorre circa 68 Km (di cui circa 50 nel territorio della provincia di Benevento) prima di riversare le sue acque nel fiume Calore a ridosso della stazione ferroviaria del comune di Paduli. Il bacino che forma, di 53.800 Ha, è considerato montano, visto il territorio dell'alto Sannio che attraversa per lungo tratto.

Tale fiume alimenterà l'invaso di Campolattaro nel momento in cui sarà attivata la diga realizzata e ciò comporterà inevitabilmente dei mutamenti nelle condizioni ambientali nei dintorni della diga e la quasi scomparsa del fiume nel tratto a valle dell'opera.

Durante il suo percorso si riversano in esso le acque dei torrenti Sassinoro, Reinello e Tammarecchia (il maggiore dei suoi affluenti) e dei valloni Spinazzi, Le Vigne, Olivella, Lagno, San Pietro, Bosco, San Leonardo, San Nicola, Cierro, Panno, San Giuseppe e Fetente.

e) Fiume UFITA. Nasce in alta Baronia (AV) ed entra nella Provincia di Benevento nei pressi del comune di Apice ove si congiunge con il fiume Miscano. L'Ufita presenta un bacino idrografico di 47.400 Ha e dopo aver percorso circa 1,5 Km riversa le sue acque nel fiume Calore, vicino alla stazione ferroviaria di Apice.

f) Fiume MISCANO. Si origina tra i comuni di Castelfranco in Miscano (BN) e Faeto (FG) e presenta un bacino idrografico di 21.300 Ha. Inizialmente è suddiviso in due rami che poi si congiungono in territorio beneventano. Presso la stazione ferroviaria di Castelfranco riceve le acque dei valloni Cupido e Canale Morto quindi, dopo aver attraversato le province di Avellino e Benevento, si immette nell'Ufita a circa 171 metri s.l.m.

g) Fiume FORTORE. Anche questo fiume è inizialmente suddiviso in due rami e scorre per un breve tratto nel territorio provinciale limitato ai comuni di San Bartolomeo in G., Castelvetro V.F., Baselice, Montefalcone V.F. e Colle Sannita. Complessivamente esso percorre il territorio sannita per soli 20 Km circa prima di entrare nella Provincia di Foggia ove sfocia nel mare Adriatico a nord del Lago di Lesina. Rappresenta l'unico corso fluviale "sannita" che riversa le sue acque direttamente nel mare Adriatico. E' un tipico fiume a regime torrentizio con numerosi piccoli affluenti che lo alimentano soprattutto nei mesi piovosi.

h) Torrente della GINESTRA. Nasce dai rilievi a Sud-Ovest di Montefalcone V.F. e percorre il territorio provinciale nella parte più orientale per un breve tratto di circa 10 Km.

i) Fiume TITERNO. Nasce dal Monte Monaco ad est di Civitella Licinia, scorre lungo il territorio comunale di Morcone giungendo nei pressi di Cerreto Sannita ove confluiscono le acque del Torrente Tullio, che determinano nel territorio di San Lorenzello un'ampia vallata. Infine, dopo aver attraversato il territorio di Faicchio, riversa le sue acque nel fiume Volturno.

Vegetazione

La vegetazione è costituita in netta prevalenza dalle coltivazioni. Le attuali cenosi boschive, infatti, rappresentano il relitto di formazioni un tempo assai più estese poi sempre più asservite all'agricoltura, mentre i prati permanenti ed i pascoli sono quasi scomparsi.

Gli spazi residuali lasciati alla vegetazione naturale corrispondono alle aree a maggiore pendenza o comunque impraticabili con i mezzi meccanici, che nel paesaggio collinare e/o di montagna coincidono con ripide zone di impluvio e con ristrette fasce lungo i corsi di acqua, dove si trovano distribuite comunità arboreo-arbustivo.

La vegetazione del territorio provinciale è caratterizzata da una notevole eterogeneità dovuta alle brusche variazioni altimetriche, alla diversa esposizione dei versanti, alla moltitudine di situazioni microclimatiche ed alla natura dei terreni dipendente dalla propria matrice litologica.

Le cenosi boschive (incluse pioppete e castagneti da frutto) occupano 24.259,54 Ha, e ricadono nelle prime tre zone fitoclimatiche: zona del *Lauretum*, zona del *Castanetum* e zona del *Fagetum*.

Ognuna di queste zone è caratterizzata da specifici valori di temperatura e piovosità, cui corrispondono determinate associazioni forestali.

Il paesaggio agrario presenta delle soluzioni di continuità rappresentate da formazioni boschive costituite essenzialmente da querceti, resinose da rimboschimenti, faggete, castagneti e pascoli. La quercia predomina nettamente con la presenza primaria di Roverella (*Quercus pubescens*) accompagnata, o addirittura sostituita, dal Cerro (*Quercus cerris*), e sul Monte Acero (m 736) è presente anche una lecceta (*Quercus ilex*).

Nei boschi misti le querce, spesso, sono consociate ad altre latifoglie come gli aceri (*Acer spp.*), l'Orniello (*Fraxinus ornus*), il Carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) ecc. Nelle zone più aride e sulle rocce calcaree è presente la Quercia spinosa (*Quercus coccifera*).

Le formazioni di querce occupano l'altopiano del Fortore e del Taburno e si spingono nella zona sub-montana fino agli 800 metri del Matese beneventano.

Analoga composizione mostrano le colline beneventane.

Le faggete (*Fagus sylvatica*) sono presenti in due areali ad altitudini superiori agli 800 m s.l.m., sui crinali del M. Mutria e sul Taburno.

Sulle quote più basse di quest'ultimo Massiccio dominano boschi misti con presenza di Cerro, Carpino bianco (*Carpinus betulus*), Carpino nero, aceri, frassini, Tiglio (*Tilia cordata*), e non mancano conifere quali i pini (*Pinus spp.*), cipressi (*Cupressus spp.*), il Cedro (*Cedrus atlantica*), ecc.

I castagneti da frutto (*Castanea Sativa*) occupano appena 436,81 Ha e sono presenti in pochi areali sparsi sul territorio dei comuni di Cusano Mutri, Durazzano, Vitulano e S. Angelo a Cupolo.

Le essenze resinose sono state introdotte con i rimboschimenti e rappresentano 1.891,20 Ha. I boschi misti di conifere e latifoglie sono pari a 997,03 Ha.

Il sottobosco, che accompagna le formazioni riferibili al querceto, è vario e diversificato a seconda della esposizione, pendenza e delle condizioni pedoclimatiche in generale. Tra le specie più comuni si incontrano: Rovo, Caprifoglio, Biancospino, Ginestra, Prugnolo, Sanguinella, Edera, Asparago, Pungitopo, Rosa canina, Mirto, Lentisco e piante officinali.

Molte di queste piante partecipano alla ricolonizzazione dei rari campi abbandonati e delle zone disboscate. Il Mirto ed il Lentisco, tipiche essenze della macchia mediterranea, sono presenti limitatamente alle zone del telesino-Colle Pugliano.

I boschi, nel complesso, sono governati a ceduo ed appaiono piuttosto lontani dall'equilibrio sia a causa dell'esiguità delle loro superfici che per l'eccessiva pressione antropica.

Lungo alcune strade interpoderali o vecchie mulattiere si trovano ancora Roverelle secolari disposte in filari o come maestosi individui solitari nei pressi di vecchi insediamenti rurali.

Questi elementi erano tipici del paesaggio agrario tradizionale caratterizzato dall'estrema parcellizzazione degli appezzamenti coltivati, i cui confini, insieme alle vie di collegamento, erano segnati da siepi e filari con arbusti e/o alberi che assolvevano ad importanti funzioni nell'ecosistema agrario, non solo per l'uomo e le sue attività (ombra, riparo dal vento, consolidamento di sponde), ma anche per la fauna selvatica a cui offrivano rifugio ed alimentazione.

Le faggete costituenti le foreste demaniali sono governate ad alto fusto e costituiscono una fitocenosi di particolare interesse forestale. Sono caratterizzate da un buon portamento e da ottime condizioni vegetative. Inoltre evidenziano una elevata importanza da un punto di vista ecologico ed ambientale per la loro localizzazione altimetrica che assicura una continuità delle specie forestali.

I rimboschimenti eseguiti dall'ultimo dopoguerra ad oggi si presentano generalmente monospecie o comunque costituiti da poche specie, in particolare resinose. La loro utilizzazione è giustificata soprattutto per il loro carattere di piante pioniere ma non sempre la scelta ha riguardato le specie in cui tale carattere era più spiccato, trascurando tra l'altro importanti essenze di latifoglie autoctone il cui utilizzo è dettato altresì dalle più moderne tecniche di selvicoltura naturalistica.

Le rive dei fiumi e dei torrenti che solcano il territorio provinciale sono popolate da pioppi, salici ed ontani ed in misura minore da canneti. Il territorio occupato dalla vegetazione lungo le sponde si presenta alquanto ridotto a causa di una duplice azione che ha interessato i territori appartenenti al demanio fluviale. Infatti, i fiumi ed i torrenti sono stati in molti tratti cementati ed il loro percorso ingabbiato in tracciati prestabiliti. Il letto è stato impoverito a causa dell'azione estrattiva ed inoltre l'aggressione condotta con l'espansione delle colture lungo le fasce adiacenti alle sponde ha ridotto al minimo la vegetazione riparia.

In molti casi la rete idrografica ha perso la propria naturalità. Si segnala un'area fluviale interessante lungo il fiume Calore in località Serretelle.

I boschi, nel loro complesso, sono presenti sul territorio a macchia di leopardo e si estendono prevalentemente nella zona di montagna con 18.621,18 Ha. La restante parte in collina.

Le unità boschive hanno sviluppo limitato e solo alcuni di essi superano i 100 Ha. In tutto il territorio provinciale i Comuni con una superficie boschiva totale superiore ai 1000 Ha sono solo 5 (Castelpagano, Cusano Mutri, Faicchio, Sant'Agata dei Goti e Vitulano); 6 hanno una superficie compresa tra 500 e 1000 Ha (Solopaca, Pietraroja, Morcone, Frasso Telesino, Cautano e Benevento); tutti gli altri Comuni hanno una superficie boschiva inferiore ai 500 Ha. Le formazioni boschive di maggiore pregio naturalistico e di maggiori estensioni ricadono quasi tutte nei Parchi istituiti in provincia.

Riparto della superficie boschiva, pioppete e castagneti tra zone di montagna e collina (in Ha)

Essenze	Montagna	Collina	Totale
Boschi	18.203,15	5.534,41	23.737,56
Fustaie	6.425,28	1.176,75	7.602,03
Conifere	1.831,64	59,56	1.891,20
Latifoglie	3.807,65	906,15	4.713,80
Misto Conifere-Latifoglie	785,99	211,04	997,03
Cedui	11.777,87	4.357,66	16.135,53
Pioppete	43,14	42,03	85,17
Castagneti da frutto	374,89	61,92	436,81

Nel complesso la superficie boschiva, in relazione alla orografia del territorio, risulta ridotta ad appena il 15,03% della S.A.T. (Superficie Agricola Totale). Ancora meno rilevante è la superficie destinata a pascoli che con 14.189 Ha rappresenta solo l' 8,77% del territorio agricolo.

Il territorio provinciale, inoltre, è interessato da istituti che vincolano e limitano l'attività umana ed in particolar modo la caccia, con lo scopo di salvaguardare, recuperare e migliorare i beni naturali (flora e fauna) ed indirizzare ad uno sviluppo socio-economico compatibile con la tutela del territorio. Questi sono: parchi regionali, oasi di protezione, zone di ripopolamento e cattura e fondi chiusi.

I parchi regionali sono stati istituiti con la legge regionale n. 33/93 e la loro perimetrazione è ancora provvisoria. Quelli che interessano la provincia di Benevento sono 3 ed occupano una superficie complessiva di 18.070 Ha:

- Il Parco Regionale del Taburno-Camposauro (Ha 12.370), dall'omonimo Massiccio Montuoso, interessa 14 comuni e ricade interamente in provincia di Benevento (Bonea, Bucciano, Cautano, Frasso T., Moiano, S.Agata dei G., Solopaca, Tocco c., Vitulano, Melizzano, Montesarchio, Foglianise, Paupisi e Torrecuso);
- Il Parco Regionale del Partenio (Ha 700), che tocca marginalmente la Provincia di Benevento ed interessa 4 comuni situati ai confini con la Provincia di Napoli, Caserta e Avellino (Arpaia, Forchia, Pannarano e Paolisi);
- Parco del Matese (Ha 5.000) che interessa i comuni di Cerreto S., Cusano M., Faicchio, Pietraroja e S.Lorenzello).

Anno 1999

STAZIONE di CASTELVENERE								
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.								
Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	17,4	12	9	3				
Febbraio	32	7	1	5	1			
Marzo	94,4	11	5	4	1		1	
Aprile	104,2	17	7	7	2		1	
Maggio	17	11	7	4				
Giugno	31,2	7	2	4	1			
Luglio	3,4	8	8					
Agosto	1,8	7	7					
Settembre	2,6	5	4	1				
Ottobre	15,4	18	14	4				
Novembre	80,4	18	5	11	2			
Dicembre	56,2	13	7	4	1	1		
Totali	456,0	134	76	47	8	1	2	0

Anno 2001

STAZIONE di CASTELVENERE								
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.								
Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	102,2	19	9	7	1	2	0	0
Febbraio	4,8	9	8	1	0	0	0	0
Marzo	46	6	3	2	1	0	0	0
Aprile	94,4	17	7	9	1	0	0	0
Maggio	18,4	11	4	5	1	1	0	0
Giugno	20,6	5	2	2	1	0	0	0
Luglio	16,4	6	4	1	1	0	0	0
Agosto	0,6	3	3	0	0	0	0	0
Settembre	10,6	5	3	2	0	0	0	0
Ottobre	27,8	3	0	2	0	1	0	0
Novembre	131,5	14	4	5	3	1	1	0
Dicembre	52,8	16	5	9	2	0	0	0
Totali	473,3	114	52	45	11	5	1	0

Anno 2002

STAZIONE di CASTELVENERE								
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.								
Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	23,0	9	6	2	1	0	0	0
Febbraio	36	13	5	8	0	0	0	0
Marzo	12	7	5	2	0	0	0	0
Aprile	62,8	21	12	7	2	0	0	0
Maggio	58,4	16	8	6	2	0	0	0
Giugno	44,4	8	4	3	0	1	0	0
Luglio	25,4	10	5	4	1	0	0	0
Agosto	36,6	12	6	4	2	0	0	0
Settembre	114,2	12	6	2	2	1	1	0
Ottobre	63	14	9	2	2	1	0	0
Novembre	60,4	18	11	5	1	1	0	0
Dicembre	40,4	24	17	6	1	0	0	0
Totali	576,6	164	94	51	14	4	1	0

Anno 2003

STAZIONE di CASTELVENERE

Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.

Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	198,2	23	10	7	1	5	0	0
Febbraio	21,6	6	4	1	1	0	0	0
Marzo	5,6	5	3	2	0	0	0	0
Aprile	14	10	7	3	0	0	0	0
Maggio	12,6	5	2	3	0	0	0	0
Giugno	3,6	5	4	1	0	0	0	0
Luglio	10,4	5	3	2	0	0	0	0
Agosto	4,7	8	7	1	0	0	0	0
Settembre	1,2	6	6	0	0	0	0	0
Ottobre	35,8	15	9	6	0	0	0	0
Novembre	56,2	18	11	6	0	1	0	0
Dicembre	31,2	19	12	7	0	0	0	0
Totali	395,1	125	78	39	2	6	0	0
		%	62,4	31,2	1,6	4,8	0	0

Anno 2004

STAZIONE di CASTELVENERE								
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.								
Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	38,2	17	10	6	1	0	0	0
Febbraio	56,6	14	6	7	1	0	0	0
Marzo	47,1	10	5	3	2	0	0	0
Aprile	124,0	21	8	9	2	2	0	0
Maggio	90,2	14	2	9	2	1	0	0
Giugno	73,6	8	1	5	1	1	0	0
Luglio	40,4	5	1	2	2	0	0	0
Agosto	59,6	5	4	0	0	0	1	0
Settembre	19,2	10	7	3	0	0	0	0
Ottobre	17,4	13	9	4	0	0	0	0
Novembre	71,0	16	6	6	4	0	0	0
Dicembre	132,6	22	8	9	2	3	0	0
Totali	769,9	155	67	63	17	7	1	0
		%	43,2	40,6	11,0	4,5	0,6	0,0

STAZIONE di CASTELVENERE								
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.								
Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	56,1	10	4	3	2	1	0	0
Febbraio	64	15	7	6	2	0	0	0
Marzo	128,5	16	9	5	1	0	0	1
Aprile	57,6	13	4	6	3	0	0	0
Maggio	12,8	4	2	2	0	0	0	0
Giugno	24	6	2	3	1	0	0	0
Luglio	4,8	3	2	1	0	0	0	0
Agosto	8	9	7	2	0	0	0	0
Settembre	45	20	9	11	0	0	0	0
Ottobre	56,4	17	9	6	2	0	0	0
Novembre	167,2	22	7	10	3	2	0	0
Dicembre	199,4	21	7	6	4	3	1	0
Totali	823,8	156	69	61	18	6	1	1

Anno 2006

STAZIONE di CASTELVENERE
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.

Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	69,8	11	7	2	1	0	1	0
Febbraio	82	16	4	9	3	0	0	0
Marzo	104,2	29	18	7	4	0	0	0
Aprile	44,8	16	11	3	2	0	0	0
Maggio	17,8	8	6	2	0	0	0	0
Giugno	32,4	11	6	5	0	0	0	0
Luglio	4	7	6	1	0	0	0	0
Agosto	11,2	11	9	2	0	0	0	0
Settembre	91,9	7	0	3	2	0	1	1
Ottobre	6,4	7	6	1	0	0	0	0
Novembre	35,4	12	7	5	0	0	0	0
Dicembre	55,2	9	3	4	1	1	0	0
Totali	555,1	144	83	44	13	1	2	1
		%	57,6	30,6	9,0	0,7	1,4	0,7

Anno 2007

STAZIONE di CASTELVENERE
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.

Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	1,0	4	4	0	0	0	0	0
Febbraio	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	45,8	9	2	6	1	0	0	0
Aprile	13,2	7	4	3	0	0	0	0
Maggio	100,4	13	4	5	2	2	0	0
Giugno	58,6	6	1	3	0	2	0	0
Luglio	1,8	1	0	1	0	0	0	0
Agosto	1,4	2	2	0	0	0	0	0
Settembre	46	9	3	5	0	1	0	0
Ottobre	24,6	11	6	5	0	0	0	0
Novembre	55,4	11	6	2	3	0	0	0
Dicembre	42,6	12	4	6	2	0	0	0
Totali	390,8	85	36	36	8	5	0	0
		%	42,4	42,4	9,4	5,9	0,0	0,0

Anno 2008

STAZIONE di CASTELVENERE
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.

Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	73,4	11	2	5	4	0	0	0
Febbraio	15,2	8	4	4	0	0	0	0
Marzo	110,4	18	3	11	4	0	0	0
Aprile	117,5	17	8	2	6	1	0	0
Maggio	83,4	8	3	3	0	2	0	0
Giugno	22,6	8	4	3	1	0	0	0
Luglio	1,6	3	3	0	0	0	0	0
Agosto	5,2	3	1	2	0	0	0	0
Settembre	30,8	9	2	7	0	0	0	0
Ottobre	61,8	11	6	2	2	1	0	0
Novembre	155,6	19	7	4	5	3	0	0
Dicembre	158	18	4	9	4	0	1	0
Totali	835,5	133	47	52	26	7	1	0
		%	35,3	39,1	19,5	5,3	0,8	0,0

Anno 2009

STAZIONE di CASTELVENERE
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.

Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	248,2	19	0	9	5	4	1	0
Febbraio	53,2	13	3	9	1	0	0	0
Marzo	205,6	17	3	6	5	2	1	0
Aprile	80,8	19	6	12	1	0	0	0
Maggio	22,8	4	0	3	1	0	0	0
Giugno	145,2	11	2	6	1	1	1	0
Luglio	42,4	11	8	1	2	0	0	0
Agosto	23,2	2	1	0	0	1	0	0
Settembre	29,6	10	4	6	0	0	0	0
Ottobre	49,6	8	3	3	2	0	0	0
Novembre	74,6	13	4	8	0	1	0	0
Dicembre	94,8	20	8	8	4	0	0	0
Totali	1070,0	147	42	71	22	9	3	0
		%	28,6	48,3	15,0	6,1	2,0	0,0

Anno 2010

STAZIONE di CASTELVENERE
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.

Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	155,8	19	7	7	3	1	1	0
Febbraio	107,2	14	2	7	5	0	0	0
Marzo	83	11	3	5	2	1	0	0
Aprile	87,6	15	5	6	4	0	0	0
Maggio	83,4	10	6	2	0	1	1	0
Giugno	111	10	3	2	2	3	0	0
Luglio	132,6	4	0	2	0	1	0	1
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0
Settembre	64,4	8	0	6	1	1	0	0
Ottobre	79,2	13	6	3	2	2	0	0
Novembre	310,9	23	3	9	4	6	1	0
Dicembre	106,2	14	5	5	2	2	0	0
Totali	1321,3	141	40	54	25	18	3	1
		%	28,4	38,3	17,7	12,8	2,1	0,7

Anno 2011

STAZIONE di CASTELVENERE
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.

Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	52,6	11	4	5	2	0	0	0
Febbraio	3,4	4	3	1	0	0	0	0
Marzo	186,4	15	2	5	4	3	1	0
Aprile	36,4	7	3	3	0	1	0	0
Maggio	92,8	7	0	2	3	2	0	0
Giugno	34,4	9	4	4	1	0	0	0
Luglio	45	6	1	3	1	1	0	0
Agosto	0,4	2	2	0	0	0	0	0
Settembre	14,8	7	5	1	1	0	0	0
Ottobre	59,6	7	2	1	3	1	0	0
Novembre	71,6	7	4	1	1	0	1	0
Dicembre	153,9	18	7	7	2	1	0	1
Totali	751,3	100	37	33	18	9	2	1
		%	37,0	33,0	18,0	9,0	2,0	1,0

Anno 2012

STAZIONE di CASTELVENERE
Lat. N. 411415 Long. E. 143316 Alt. 140 m s.l.m.

Riepilogo mensile delle precipitazioni								
Mese	Pioggia Totale mm.	N.° Totale giorni con pioggia	N.° giorni con pioggia fino ad 1 mm	N.° giorni con pioggia da 1,1 a 10 mm	N.°giorni con pioggia da 10,1 a 20 mm	N.° giorni con pioggia da 20,1, a 40 mm	N.° giorni con pioggia da 40,1 a 60 mm	N.° giorni con pioggia maggiore di 60mm
Gennaio	11,2	8	4	4	0	0	0	0
Febbraio	56,1	8	1	5	2	0	0	0
Marzo	15,4	4	2	1	1	0	0	0
Aprile	123,8	19	7	7	3	2	0	0
Maggio	69,2	12	5	3	3	1	0	0
Giugno	18,6	2	0	1	1	0	0	0
Luglio	23,8	3	0	2	1	0	0	0
Agosto	0,2	1	1	0	0	0	0	0
Settembre	42	10	5	3	2	0	0	0
Ottobre	68,2	17	9	6	2	0	0	0
Novembre	82,6	16	5	8	2	1	0	0
Dicembre	107,2	15	0	11	3	1	0	0
Totali	618,3	115	39	51	20	5	0	0
		%	33,9	44,3	17,4	4,3	0,0	0,0

Il tecnico

ELABORATO 7

Verifiche di back analysis. Scala 1:300

Relazione di calcolo

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

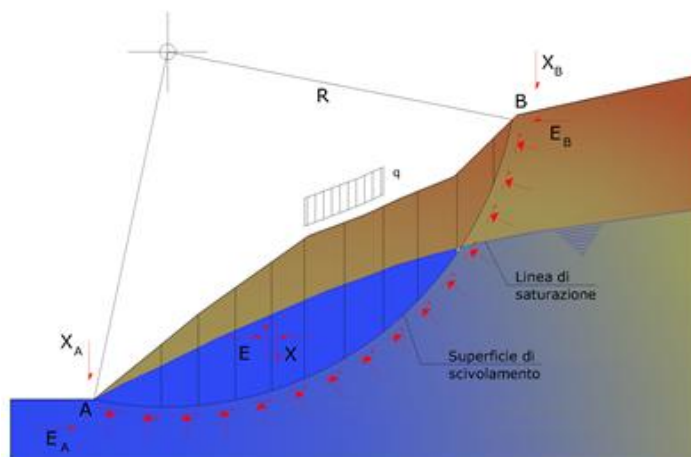
Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

Metodo dei concii

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concii. Se il numero dei concii è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite. I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di Fellenius (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

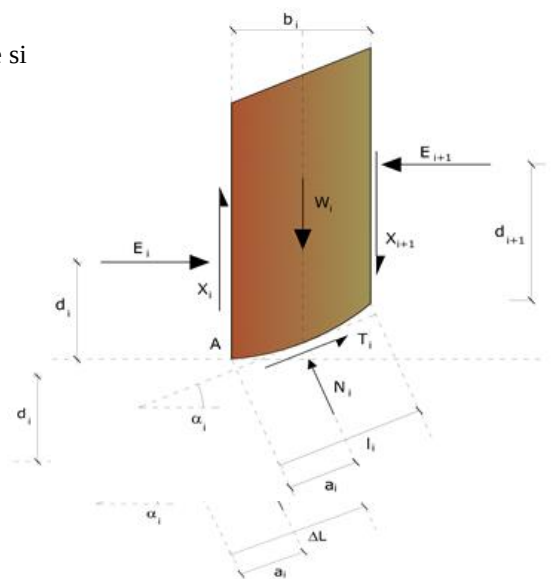
- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

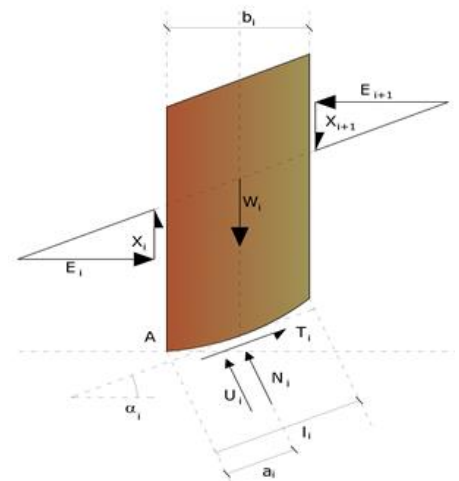
Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

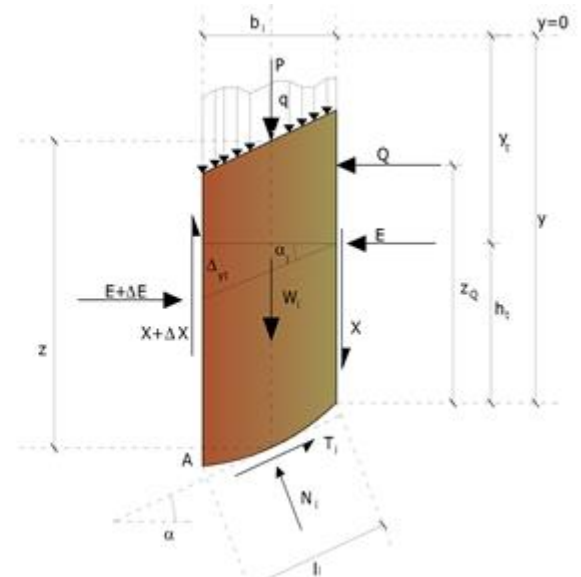
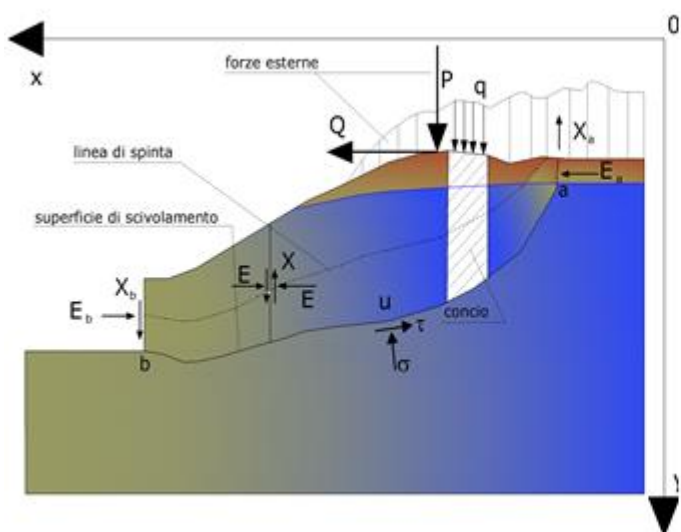
I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

**Metodo di Janbu (1967)**

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$



Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

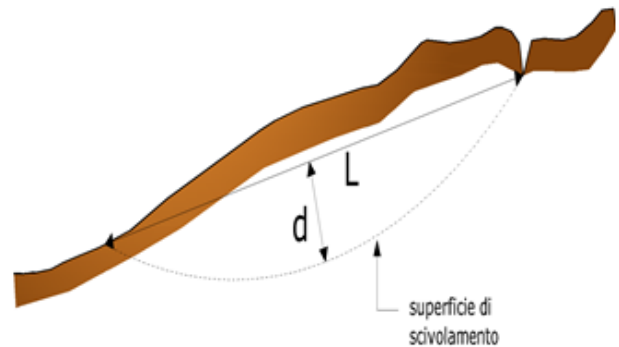
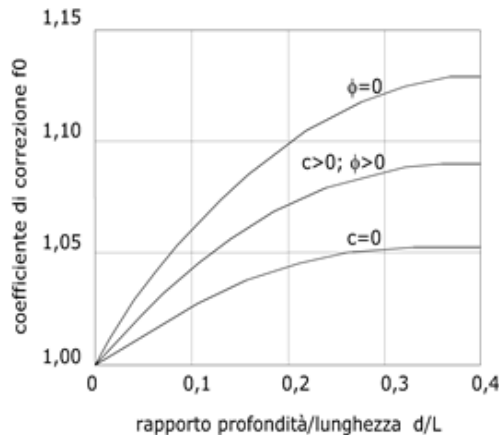
Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento. Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \Phi_i}{F}$$

in cui:

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

Φ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

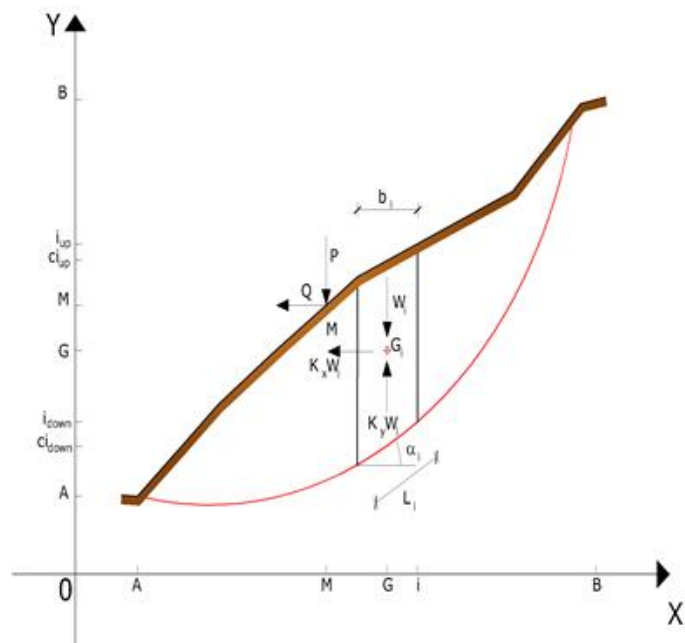
L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$



COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$$W_i \cos \alpha_i / L_i = \text{valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei concii}$$

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno K_z g può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 . Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_C) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisca nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$\begin{aligned} N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i &= W_i - \Delta X_i \\ T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i &= K W_i + \Delta E_i \end{aligned}$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

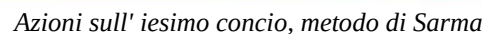
$$\begin{aligned} \sum \Delta E_i &= 0 \\ \sum \Delta X_i &= 0 \end{aligned}$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i-esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**



$$\sum \Delta X_i \cdot \left[(y_{mi} - y_G) \cdot \text{tg}(\psi_i' - \alpha') + (x_i' - x_G) \right] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Si ha pertanto:

$K=K_c$ **Accelerazione critica** se $F=1$
 $F=F_s$ **Fattore di sicurezza in condizioni statiche** se $K=0$

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_C , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Il metodo è basato sull'assunzione:

1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con $i=1 \dots n$.

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$. Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$1) \quad \sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h \sec \alpha) \frac{\tan \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \tan \phi \tan(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\begin{aligned} \sum (Q_i \cos \theta) &= 0 \\ \sum (Q_i \sin \theta) &= 0 \end{aligned}$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$2) \quad \sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm} = F_{sf}$$

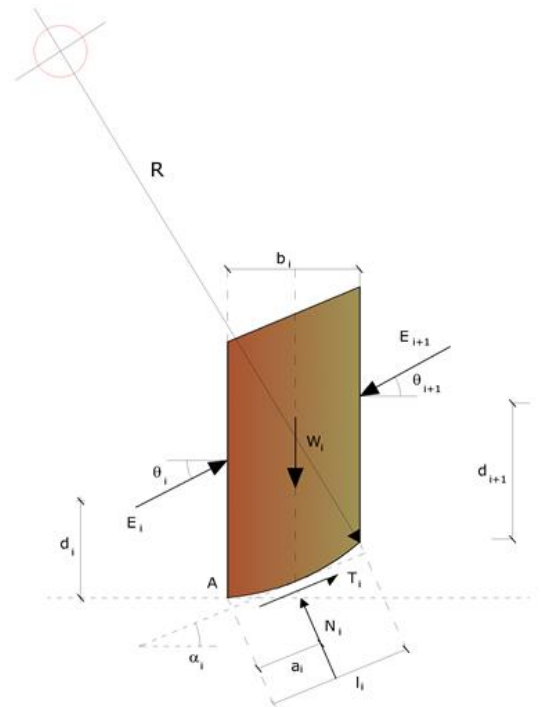
Metodo di Morgenstern e Price (1965)

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, senoide, semisenoide, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

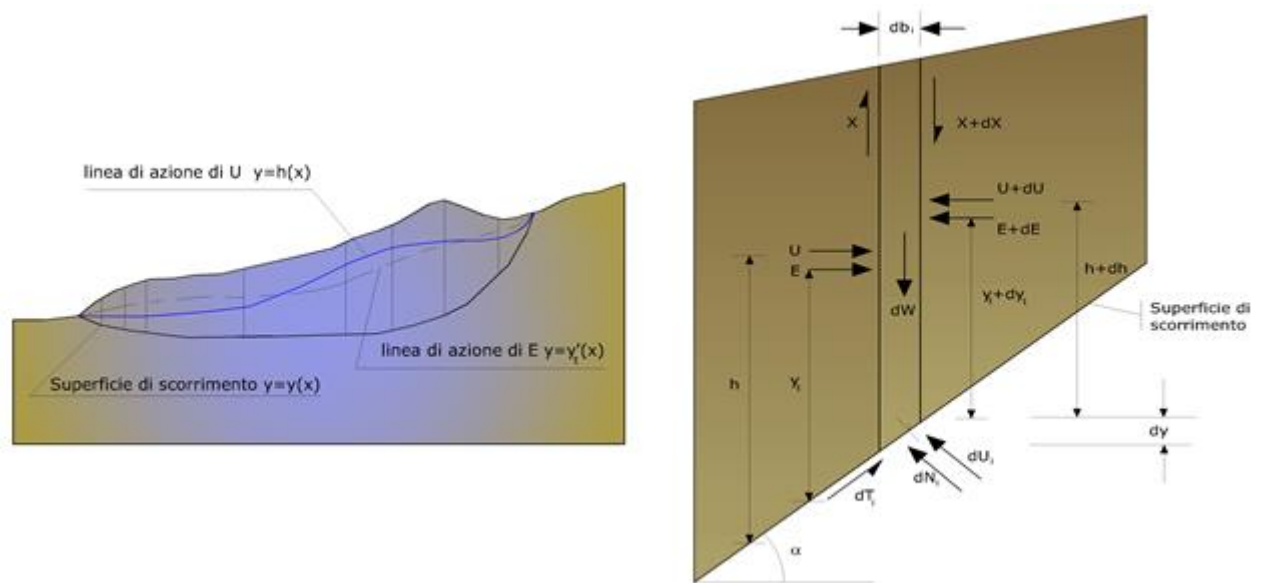
Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$\begin{aligned} c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \tan \phi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \tan \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) = \\ = \frac{dE}{dx} - \tan \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right) \end{aligned}$$



COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**



Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Una seconda equazione, detta “**equazione dei momenti**”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

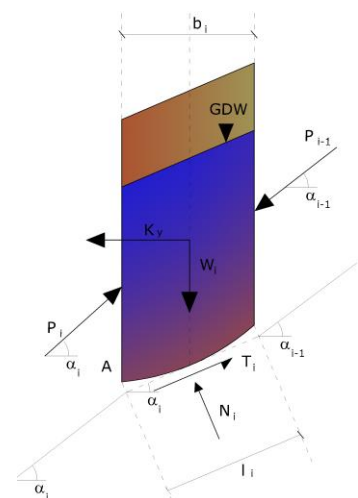
Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

Metodo di Zeng e Liang (2002)

Zeng e Liang hanno effettuato una serie di analisi parametriche su un modello bidimensionale sviluppato con codice agli elementi finiti, che riproduce il caso di pali immersi in un terreno in movimento (drilled shafts). Il modello bidimensionale riproduce una striscia di terreno di spessore unitario e ipotizza che il fenomeno avvenga in condizioni di deformazione piana nella direzione parallela all'asse dei pali. Il modello è stato utilizzato per indagare l'influenza sulla formazione dell'effetto arco di alcuni parametri come l'interasse fra i pali, il diametro e la forma dei pali, e le proprietà meccaniche del terreno. Gli autori individuano nel rapporto tra l'interasse e il diametro dei i pali (s/d) il parametro adimensionale determinante per la formazione dell'effetto arco. Il problema risulta essere staticamente indeterminato, con grado di indeterminazione pari a (8n-4), ma nonostante ciò è possibile ottenere una soluzione riducendo il numero delle incognite e assumendo quindi delle ipotesi semplificative, in modo da rendere determinato il problema.

Le assunzioni che rendono il problema determinato sono:

- Ky sono assunte orizzontali per ridurre il numero totale delle incognite da (n-1) a (7n-3);
- Le forze normali alla base della striscia agiscono nel punto medio, riducendo le incognite da n a (6n-3);
- La posizione delle spinte laterali è ad un terzo dell'altezza media dell'inter-striscia e riduce le incognite da (n-1) a (5n-2);
- Le forze (Pi-1) e Pi si assumono parallele all'inclinazione della base della striscia (αi), riducendo il numero di incognite da (n-1) a (4n-1);
- Si assume un'unica costante di snervamento per tutte le strisce, riducendo le incognite da (n) a (3n-1);



COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ “DEFENSOLA” VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

Il numero totale di incognite quindi è ridotto a (3n), da calcolare utilizzando il fattore di trasferimento di carico. Inoltre si deve tener presente che la forza di stabilizzazione trasmessa sul terreno a valle dei pali risulta ridotta di una quantità R, chiamato fattore di riduzione, calcolabile come:

$$R = \frac{1}{s/d} + \left(1 - \frac{1}{s/d}\right) \cdot R_p$$

Il fattore R dipende quindi dal rapporto fra l'interasse presente fra i pali e il diametro dei pali stessi e dal fattore R_p che tiene conto dell'effetto arco.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- **F_H** e **F_V** rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- **W** peso concio;
- **K_x** coefficiente sismico orizzontale;
- **K_y** coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminare un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativi nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra “sbarramento” e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo–terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ “DEFENSOLA” VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALISYS RELAZIONE**

Pagina 10

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H , è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $c = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \cdot H^2 / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \cdot e^{k_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\phi = 0$ e $C \neq 0$, si ha:

$$P(z) = C \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + \gamma \cdot Z(D_1 - D_2)$$
$$P = \int_0^H P(z) dz$$
$$P = C \cdot H \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P , influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0 \rightarrow P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1 \rightarrow P \rightarrow$ valore minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;
- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;
- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

Terra Rinforzata

Verifiche Interne

Sono finalizzate ad analizzare i possibili meccanismi di collasso che coinvolgono parzialmente o integralmente la porzione di terreno rinforzato.

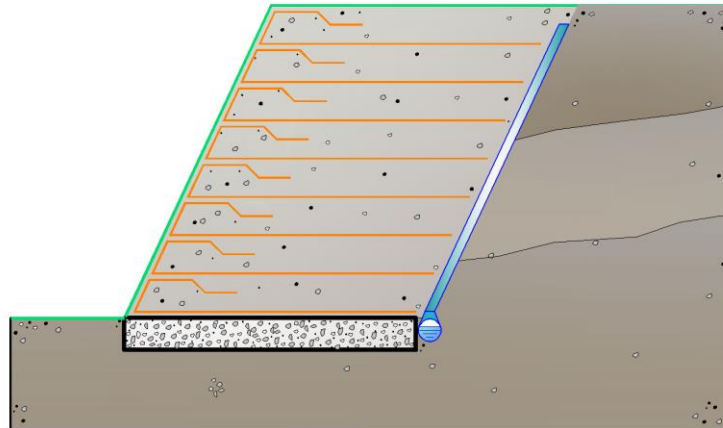
Hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, a fronte dell'introduzione di possibili cinematismi di rottura che tendono a pregiudicare la funzionalità e la sicurezza del manufatto.

Le verifiche effettuate comprendono:

1. Verifica di resistenza dei rinforzi (Rottura);
2. Verifica allo sfilamento (Pullout).

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**



Verifica a rottura

Si valuta l'entità della resistenza mobilitata dal rinforzo per garantire il raggiungimento di una condizione stabile dell'opera.

La sollecitazione instabilizzante è rappresentata dalla spinta a cui è sottoposto il manufatto da parte dei sistemi di carichi applicati (terreno a tergo, eventuale sovraccarico esterno ed azione del sisma).

La resistenza disponibile nel rinforzo si calcola a partire dalla sua resistenza nominale, applicando opportuni fattori di sicurezza:

$$T_{allow} = \frac{T_{nom}}{\prod_{i=1}^n FS_i}$$

E' necessario che per ogni livello z_i , profondità a cui è collocato il rinforzo rispetto alla sommità dell'opera, venga soddisfatta la relazione:

$$\frac{T_{allow}}{T_{zi}} \geq FS_{rottura}$$

Avendo indicato con T_{zi} la resistenza richiesta, alla quota z_i , per garantire la stabilità del manufatto.

Verifica a sfilamento

La verifica a rottura, definisce l'entità della resistenza a trazione che il rinforzo deve essere in grado di mobilitare per stabilizzare l'opera.

Il trasferimento della resistenza a trazione dal rinforzo al terreno può avvenire grazie all'interazione che si sviluppa all'interno del rinforzo in corrispondenza del tratto ancorato nella parte stabile del pendio.

In funzione della lunghezza di ancoraggio del telo, infatti, per effetto della spinta generata dalle sollecitazioni a tergo del tratto di terreno rinforzato, si sviluppa internamente al rinforzo, una resistenza che tende, per reazione, ad opporsi al movimento verso l'esterno del sistema composito.

Tale resistenza viene chiamata resistenza allo sfilamento (Pullout).

La resistenza allo sfilamento può essere determinata dalla seguente relazione:

$$T_{pullout} = 2 \cdot (L_e \cdot f_b \cdot \tan \varphi) \cdot \sigma'_v$$

dove:

$T_{pullout}$ Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;

f_b Coefficiente di Pullout;

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

σ'_v Tensioni normali applicate sulla parte del rinforzo ancorato nella zona resistente, alla quota z_i ; in tale valore è incluso il contributo del sovraccarico, se presente.

La verifica a sfilamento risulta soddisfatta se:

$$\frac{T_{pullout}}{T_{zi}} \geq FS_{rottura}$$

Dove T_{zi} è la resistenza richiesta, alla quota z_i , per garantire la stabilità del manufatto.

Terra Armata

Il progetto di una terra rinforzata si articola secondo le seguenti fasi

Spaziatura delle strisce

Si valuta la spaziatura delle strisce di rinforzo in verticale e in orizzontale, come in Figura 1. Ciò non vale se il rinforzo è realizzato con reti metalliche o con fogli di geotessile, la cui spaziatura orizzontale è fissa. La spaziatura verticale può variare orientativamente da 0.2 a 1 m e quella orizzontale è compresa approssimativamente tra 0.8 e 1 m. Nell'analisi si fa riferimento a un tratto di larghezza unitaria, a cui si associa il diagramma delle pressioni orizzontali.

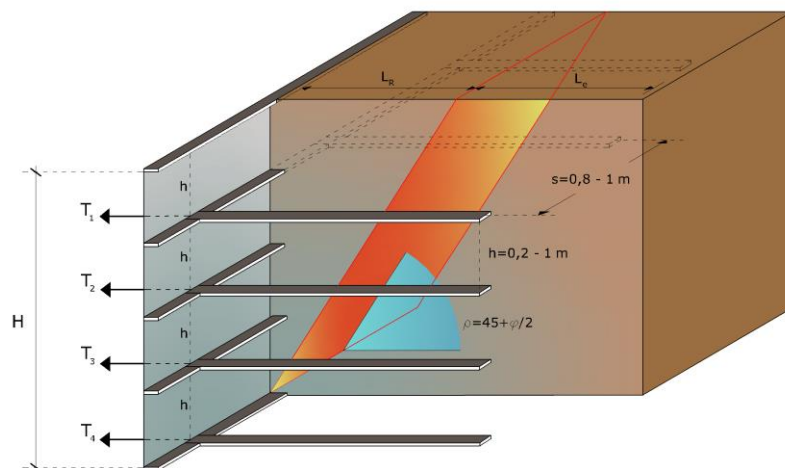


Fig. 1

Forze di trazione nei rinforzi

Si determinano le forze di trazione nei vari rinforzi, date dall'area del diagramma delle pressioni relative a ogni striscia. Per il diagramma triangolare relativo al terrapieno, la forza nella striscia è data dall'area dell'elemento trapezio $ab'd'e$ e viene trasformata nella pressione media q_i alla profondità della striscia Z_i mediante la relazione:

$$q_i = \gamma \cdot Z_i \cdot K_a$$

La pressione q_i agisce su una area definita dalla spaziatura delle armature $h \times s$ e corrisponde a una forza di trazione nel rinforzo pari a:

$$T_i = q_i \cdot A = \gamma \cdot z_i \cdot K_a \cdot (h \cdot s)$$

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

Per l'equilibrio la somma delle forze di trazione deve essere pari alla componente orizzontale delle forze agenti.

$$\sum T_i = P_{ah}$$

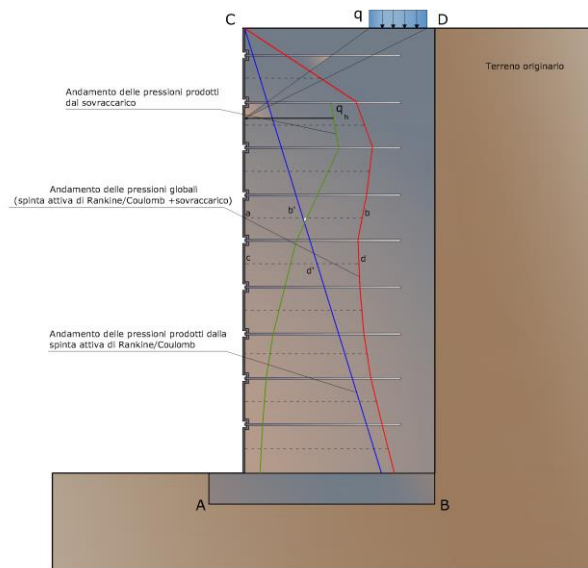


Fig. 2

Calcolo delle lunghezze efficaci L_e

Si calcolano le lunghezze delle strisce L_e che compaiono in Figura 3, necessarie affinché si sviluppi una forza d'attrito $F_r = T_i$. Sulla base di tali lunghezze e delle dimensioni del cuneo di Rankine, si può determinare la lunghezza globale L_o delle strisce da utilizzare. In generale, per tutta l'altezza del muro si usano strisce della stessa lunghezza. La lunghezza di ancoraggio dipende dal coefficiente d'attrito $f = \tan \delta$ tra suolo e rinforzo, essendo δ un'opportuna frazione dell'angolo d'attrito interno del terreno ϕ . Se la striscia è sufficientemente scabra $\delta = \phi$, mentre per metalli lisci δ è compreso orientativamente tra 20° e 25° .

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

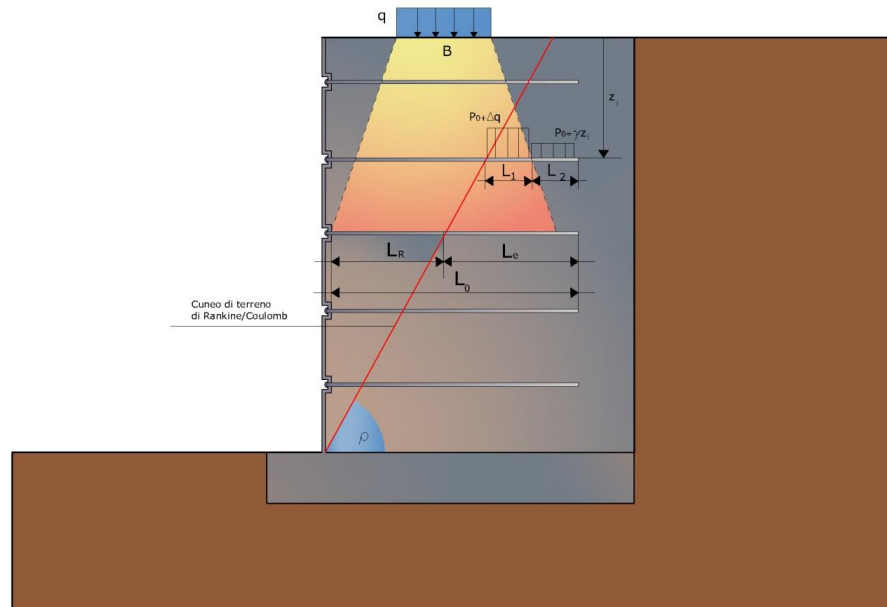


Fig. 3

Per strisce di dimensioni $b \times L_e$ o per fogli di geotessile di larghezza unitaria e lunghezza L_e , entrambe le facce sviluppano attrito; per barre circolari, l'attrito resistente è sviluppato lungo il perimetro. In ogni caso, l'attrito è dato dal prodotto di f per la pressione normale al rinforzo calcolata come $p_o = \gamma z_i$ dove z_i è la distanza *media* dalla superficie del terreno al rinforzo. Si ha quindi:

Per strisce:

$$F_i = 2 \cdot (\gamma \cdot z_i) \cdot \tan \delta \cdot (b \cdot L_e) \geq T_i$$

Per barre:

$$F_i = \pi \cdot D \cdot (\gamma \cdot z_i) \cdot \tan \delta \cdot (L_e) \geq T_i$$

Per fogli:

$$F_i = 2 \cdot (\gamma \cdot z_i) \cdot \tan \delta \cdot (1 \cdot L_e) \geq T_i$$

Se nelle precedenti formule il segno $\geq$ è sostituito col segno di uguale, il coefficiente di sicurezza FS è pari a 1. Se si assume $FS > 1$, il valore di L_e risulta necessariamente maggiore di quello dato da queste formule.

Si determina quindi la sezione delle armature $b \times t$. Per barre o strisce in metallo avente sforzo ammissibile pari a $f_a = f_y/FS$ si ha:

$$b \cdot t \cdot f_a > T_i \quad oppure \quad \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot f_a > T_i$$

Nel caso di geotessili si ha il problema che la resistenza del tessuto varia a seconda del produttore; tra quelli possibili si sceglie un tessuto che:

$$Larghezza \text{ striscia } b \times resistenza \text{ per unità di larghezza } \geq T_i$$

Metodo del carico limite di Broms

Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

esercitata dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (*Momento di plasticizzazione*).

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento .

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.

[illegible]

Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (*Pullout*). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow} , si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.

L'altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{\text{Pullout}} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma_v' \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\varphi)}$$

dove:

δ Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;

T_{pullout} Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;

L_p Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;

f_h	Coefficiente di <i>Pullout</i> ;
-------	----------------------------------

σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e $T_{Pullout}$, la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T' .

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

Ancoraggi

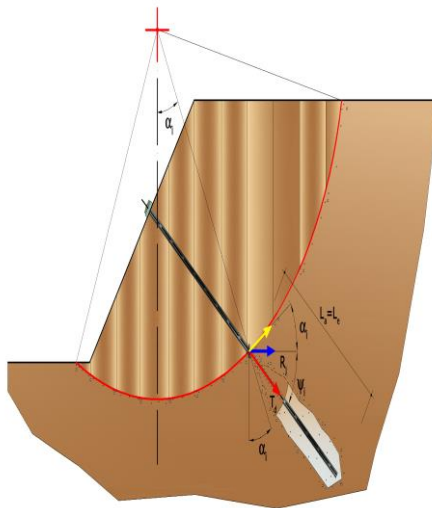
Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

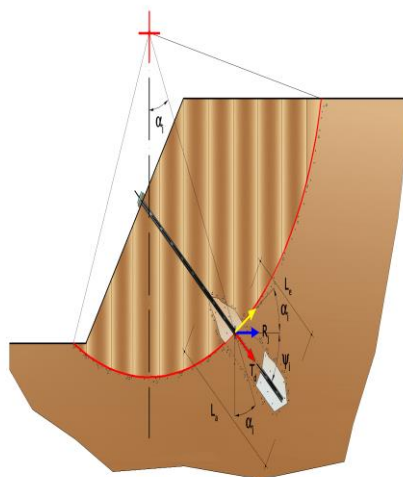
- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- **fondazione:** indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo* e per *i chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

T_d tiro esercizio;

Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;

i interasse;

L_e lunghezza efficace;

L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l' i -esimo concio e il j -esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell' i -esimo concio.

Analisi di stabilità ANTE OPERAM

Analisi di stabilità dei pendii con SARMA

Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,18

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	190,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	310,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	290,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	350,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	40,89
Longitudine:	15,09
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,57	2,38	0,28
S.L.D.	50,0	0,76	2,34	0,3
S.L.V.	475,0	2,38	2,31	0,38
S.L.C.	975,0	3,27	2,29	0,41

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii
--------	----------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,57	0,2	0,0116	0,0058
S.L.D.	0,76	0,2	0,0155	0,0078
S.L.V.	2,38	0,3	0,0728	0,0364
S.L.C.	3,27	0,3	0,1	0,05
Coefficiente azione sismica orizzontale		0,0116		
Coefficiente azione sismica verticale		0,0058		

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	421,97
2	2,26	421,37
3	10,60	419,20
4	19,10	416,85
5	27,60	416,19
6	37,60	414,04
7	45,00	412,06
8	59,00	408,93
9	67,00	406,31
10	89,00	398,53
11	109,00	387,93
12	120,00	383,00
13	145,00	377,00
14	176,00	368,00

Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	416,97
2	2,26	416,37
3	10,60	414,20
4	19,10	411,85
5	27,60	411,19
6	37,60	409,04
7	45,00	407,06
8	59,00	403,93
9	67,00	401,31
10	89,00	393,53
11	109,00	382,93
12	120,00	378,00
13	145,00	372,00
14	176,00	363,00

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0,0	417,47
2	2,26	416,87
3	10,60	414,70
4	19,10	412,35
5	27,60	411,69
6	37,60	409,54
7	45,00	407,56
8	59,00	404,43
9	67,00	401,81
10	89,00	394,03

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALISYS RELAZIONE**

11	109,00	383,43
12	120,00	378,50
13	145,00	372,50
14	176,00	363,50

Vertici strato2

N	X m	y m
1	0,0	411,27
2	2,26	410,67
3	10,60	408,50
4	19,10	406,15
5	27,60	405,49
6	37,60	403,34
7	45,00	401,36
8	59,00	398,23
9	67,00	395,61
10	89,00	387,83
11	109,00	377,23
12	120,00	372,30
13	145,00	366,30
14	176,00	357,30

Vertici strato3

N	X m	y m
1	0,0	421,97
2	2,26	421,37
3	10,60	419,20
4	19,10	416,85
5	27,60	416,19
6	37,60	414,04
7	45,00	412,06
8	59,00	408,93
9	67,00	406,31
10	89,00	398,53
11	109,00	387,93
12	120,00	383,00
13	145,00	377,00
14	176,00	368,00

Vertici strato4

N	X m	y m
1	0,0	386,27
2	2,26	385,67
3	10,60	383,50
4	19,10	381,15
5	27,60	380,49
6	37,60	378,34
7	45,00	376,36
8	59,00	373,23
9	67,00	370,61
10	89,00	362,83

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALISYS RELAZIONE**

11	109,00	352,23
12	120,00	347,30
13	145,00	341,30
14	176,00	332,30

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0.30	26	1983	1191	0,00		Argilla grigia con livelli marnosi
2	0.23	25	2033	2041	0,00		Argilla scagliosa di colore grigio
3	0.56	23	2058	2062	0,00		Argilla di colore grigio compatta
4	0.56	23	2058	2062	0,00		Argilla di colore grigio alquanto compatta

Risultati analisi pendio

=====

Fs minimo individuato 1,18

Ascissa centro superficie 225,0 m

Ordinata centro superficie 345,0 m

Raggio superficie 110,52 m

=====

Analisi dei conci. Superficie...xc = 225,00 yc = 345,00 Rc = 110,52 Fs=1,18

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	12,6	-30,52	14,62	111957,1
2	18,92	-22,21	20,44	546090,6
3	21,08	-12,24	21,57	1025400,0
4	10,44	-4,64	10,48	608138,1
5	15,76	1,58	15,77	981780,1
6	15,76	9,1	15,96	989510,3
7	8,04	14,86	8,31	481111,0
8	23,48	22,88	25,49	1229197,0
9	15,76	33,4	18,88	546109,6
10	15,76	42,99	21,55	207900,7

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	-10799,0	102831,2	0,0	0,0	158627,4	27351,24	0,0
2	-53062,82	419633,9	-10799,0	102831,2	666831,4	76771,2	0,0
3	-100559,6	758536,2	-53062,82	419633,9	1122872,0	115248,7	0,0
4	-114203,1	865022,9	-100559,6	758536,2	628928,8	62803,23	0,0
5	-109034,5	923587,8	-114203,1	865022,9	974314,2	96783,82	0,0
6	-89933,44	854387,6	-109034,5	923587,8	967333,8	96426,44	0,0
7	-70493,59	775071,3	-89933,44	854387,6	465151,8	47064,42	0,0

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

8	-44978,16	394182,8	-70493,59	775071,3	1251563,0	130040,4	0,0
9	-17322,99	127061,1	-44978,16	394182,8	576403,2	67682,31	0,0
10	0,0	-0,13	-17322,99	127061,1	224404,8	38767,75	0,0

Il Tecnico

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALISYS RELAZIONE**

VERIFICA STABILITA' ANTE OPERAM Sezione A-A'
Scala 1:100

LEGENDA



Argilla di colore grigio con livelli marnosi
g=1983 Kg/m3
gsat=1191 Kg/m3
c=0,30 kg/cm2
Fi=30°



Argilla scagliosa di colore grigio
g=2033 Kg/m3
gsat=2041 Kg/m3
c=0,23 kg/cm2
Fi=38°



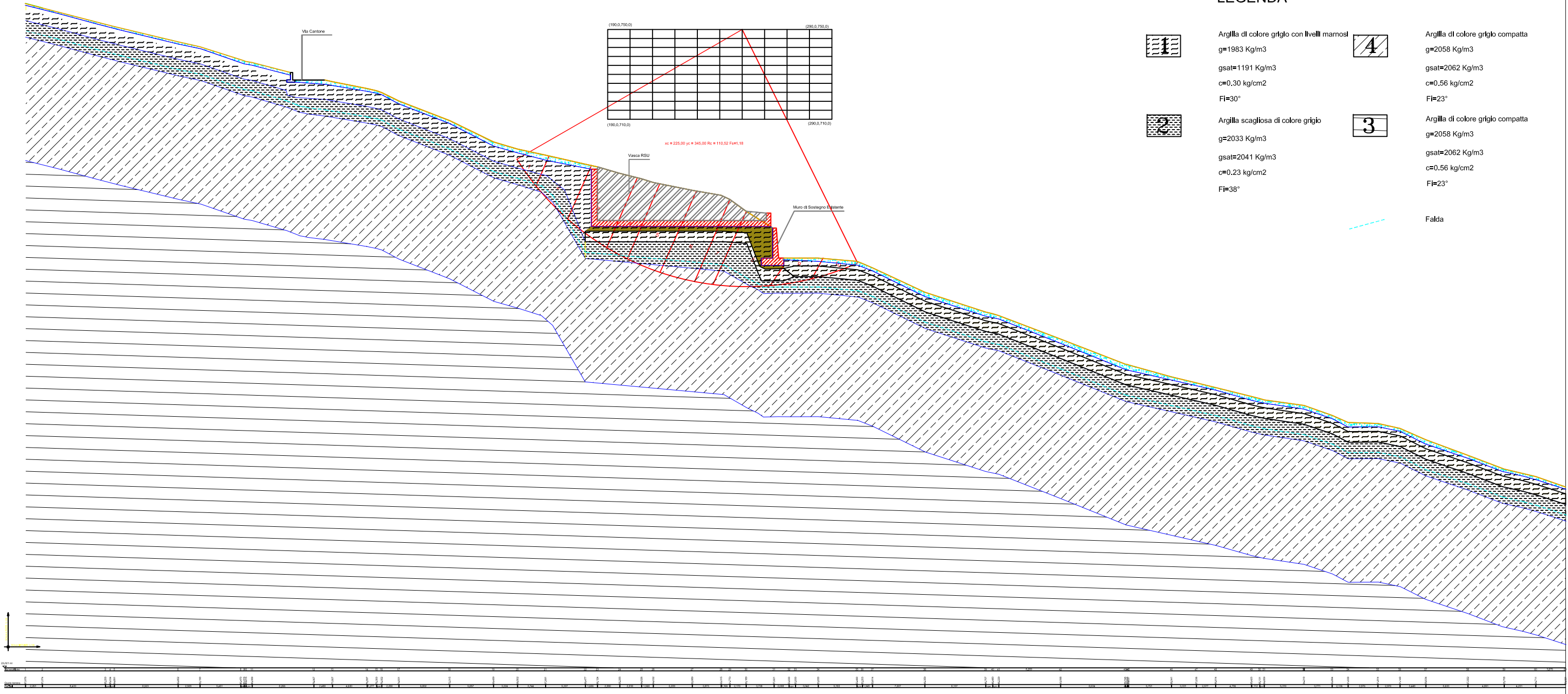
Argilla di colore grigio compatta
g=2058 Kg/m3
gsat=2062 Kg/m3
c=0,56 kg/cm2
Fi=23°



Argilla di colore grigio compatta
g=2058 Kg/m3
gsat=2062 Kg/m3
c=0,56 kg/cm2
Fi=23°



Falda



Analisi di stabilità POST OPERAM

Analisi di stabilità dei pendii con SARMA

Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,65
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	180,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	390,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	300,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	340,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	421,97
2	2,26	421,37
3	10,60	419,20
4	19,10	416,85
5	27,60	416,19
6	37,60	414,04
7	45,00	412,06
8	59,00	408,93
9	67,00	406,31
10	89,00	398,53
11	109,00	387,93
12	120,00	383,00
13	145,00	377,00
14	176,00	368,00

Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	416,97
2	2,26	416,37
3	10,60	414,20
4	19,10	411,85
5	27,60	411,19
6	37,60	409,04
7	45,00	407,06
8	59,00	403,93
9	67,00	401,31
10	89,00	393,53
11	109,00	382,93

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

12	120,00	378,00
13	145,00	372,00
14	176,00	363,00

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0,0	417,47
2	2,26	416,87
3	10,60	414,70
4	19,10	412,35
5	27,60	411,69
6	37,60	409,54
7	45,00	407,56
8	59,00	404,43
9	67,00	401,81
10	89,00	394,03
11	109,00	383,43
12	120,00	378,50
13	145,00	372,50
14	176,00	363,50

Vertici strato2

N	X m	y m
1	0,0	411,27
2	2,26	410,67
3	10,60	408,50
4	19,10	406,15
5	27,60	405,49
6	37,60	403,34
7	45,00	401,36
8	59,00	398,23
9	67,00	395,61
10	89,00	387,83
11	109,00	377,23
12	120,00	372,30
13	145,00	366,30
14	176,00	357,30

Vertici strato3

N	X m	y m
1	0,0	421,97
2	2,26	421,37
3	10,60	419,20
4	19,10	416,85
5	27,60	416,19
6	37,60	414,04
7	45,00	412,06

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALISYS RELAZIONE**

SLOPE

8	59,00	408,93
9	67,00	406,31
10	89,00	398,53
11	109,00	387,93
12	120,00	383,00
13	145,00	377,00
14	176,00	368,00

Vertici strato4

N	X m	y m
1	0,0	386,27
2	2,26	385,67
3	10,60	383,50
4	19,10	381,15
5	27,60	380,49
6	37,60	378,34
7	45,00	376,36
8	59,00	373,23
9	67,00	370,61
10	89,00	362,83
11	109,00	352,23
12	120,00	347,30
13	145,00	341,30
14	176,00	332,30

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0.30	26	1983	1191	0,00		Argilla grigia con livelli marnosi
2	0.23	25	2033	2041	0,00		Argilla scagliosa di colore grigio
3	0.56	23	2058	2062	0,00		Argilla di colore grigio compatta
4	0.56	23	2058	2062	0,00		Argilla di colore grigio alquanto compatta

Terre armate

Descrizione

Geometria

Nr.	X (m)	Y (m)
1	0,0	0,0
2	1,46	4,0
3	7,46	4,0
4	0,09	0,0

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

Peso unità di volume	1900,0 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	0,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza a taglio	34,0 °
Coesione	0,0 kg/cm ²
Angolo attrito terreno rinforzo	24,0 °

Terreno riempimento

Peso unità di volume	1922,0 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	0,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza a taglio	34,0 °
Coesione	0,0 kg/cm ²
Angolo di attrito terra muro	0,0 °

Terreno fondazione

Peso unità di volume	1900,0 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	0,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza a taglio	34,0 °
Coesione	1,0 kg/cm ²

Posizione rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghe zza ripiegat ura (Lrip) (m)	Lunghe zza facciata (Lf) (m)	Lunghe zza non efficace (Lr) (m)	Lunghe zza efficace (Le) (m)	Lunghe zza totale (Lt) (m)	Interass e (m)	Fattore sicurezz a sfilame nto	Tension e rinforzo (kg/cm ²)	Fattore sicurezz a rottura
1	0,36	0,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0	4	4	1	10,37	--	9544,65
2	0,73	1,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0	4	4	1	0,16	3952,88	0,95
3	1,0	2,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0,06	3,94	4	0	0,15	2635,26	1,43
4	1,36	3,0	(4) SHEET 401	1	0	0,24	3,76	4	0	9,76	--	--

Elenco rinforzi

Tipo	Descrizione	Struttura (mm)	Resistenza
1	STRIP 15x5	Strisce Larghezza, Spessore=15/5	370 N/mm ²
2	BAR Ø20	Barre Diametro=20	370 N/mm ²
3	SHEET 330	Geosintetici	330 kN/m
4	SHEET 401	Geosintetici	401 kN/m
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	Geosintetici	23,55 kN/m
6	XGrid PET PVC 60/30 IT	Geosintetici	35,33 kN/m
7	XGrid PET PVC 80/30 IT	Geosintetici	47,11 kN/m
8	XGrid PET PVC 110/30 IT	Geosintetici	64,77 kN/m

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)**OGGETTO:** BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

9	XGrid PET PVC 150/30 IT	Geosintetici	88,32 kN/m
---	-------------------------	--------------	------------

Combinazione 1 (A1+M1)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Spinta falda	1,30
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione	1
3	Coesione non drenata	1
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

Combinazione 2 (A2+M2)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Spinta falda	1,00
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione	1,25
3	Coesione non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

Combinazione 3 (EQU+M2)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Spinta falda	1,10
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione	1,25
3	Coesione non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

Combinazione 4 (Sisma)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Spinta falda	1,00
4	Spinta sismica in x	1,00
5	Spinta sismica in y	1,00

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione	1
3	Coesione non drenata	1
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

Combinazione 1 (A1+M1)

Posizione rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghe zza ripiegat ura (Lrip) (m)	Lunghe zza facciata (Lf) (m)	Lunghe zza non efficace (Lr) (m)	Lunghe zza efficace (Le) (m)	Lunghe zza totale (Lt) (m)	Interass e (m)	Fattore sicurezz a sfilame nto	Tension e rinforzo (kg/cm ²)	Fattore sicurezz a rottura
1	0,36	0,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0	4	4	1	10,37	--	9544,65
2	0,73	1,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0	4	4	1	0,16	3952,88	0,95
3	1,0	2,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0,06	3,94	4	0	0,15	2635,26	1,43
4	1,36	3,0	(4) SHEET 401	1	0	0,24	3,76	4	0	9,76	--	--

VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (7,5/0,0) m

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (7,5/4,0) m

Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0) m

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
P.U.V.	Peso unità di volume (Kg/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kg/cm ²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	β
4,0	0,0	1922,0	25,0	34,0	0,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)**OGGETTO:** BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

μ	Ka	Kd	Dk
90,0	0,4	0,4	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx	Forza in direzione x (Kg);
Fy	Forza in direzione y (Kg);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	7997,31	0,0	7,46	1,33
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	7,46	2,0
Spinta incremento sismico	0,0	0,0	7,46	1,33
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	7,46	1,33
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	7,46	2,0
Peso muro	0,0	23142,0	2,97	2,65

Momento stabilizzante	68652,7 Kg
Momento ribaltante	13862,0 Kg

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	7997,31 Kg
Sommatoria forze verticali	23142,0 Kg
Coefficiente di attrito	0,67
Adesione	1,0 kg/cm ²
Angolo piano di scorrimento	360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	23142,0 Kg
Forze parall. al piano di scorrimento	7997,31 Kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd	2,06

Traslazione verificata Csd>1**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante	68652,7 Kg
Momento ribaltante	13862,0 Kg
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	4,95

Muro verificato a ribaltamento Csv>1**Carico limite: TERZAGHI**

Somma forze in direzione x	7997,31 Kg
Somma forze in direzione y (Fy)	23142,0 Kg
Somma momenti	-54790,71 Kg
Larghezza fondazione	0,09 m
Eccentricità su B	0,0 m
Peso unità di volume	1900,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	34,0 °
Coesione	1,0 kg/cm ²
Terreno sulla fondazione	0,0 m
Peso terreno sul piano di posa	1900,0 Kg/m ³
Nq	36,5
Nc	52,64
Ng	36,96
sq	1,0
sc	1,0
sg	1,0
iq	1,0
ic	1,0

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

SLOPE

ig 1,0
 Carico limite verticale (Qlim) 47658,07 Kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy) 2,06
Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione 2,37 m
 Larghezza della fondazione 0,09 m

x = 6,92 Tensione... 0,0 kg/cm²
 x = 0,09 Tensione... -0,68 kg/cm²

Combinazione 2 (A2+M2)

Posizione rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza non efficace (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza a sfilamento	Tensione rinforzo (kg/cm ²)	Fattore sicurezza a rottura
1	0,36	0,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0	4	4	1	7,7	--	8849,91
2	0,73	1,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0	4	4	1	0,12	4263,2	0,88
3	1,0	2,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0,19	3,81	4	0	0,11	2842,13	1,33
4	1,36	3,0	(4) SHEET 401	1	0	0,43	3,57	4	0	6,87	--	--

VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (7,5/0,0) m
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (7,5/4,0) m
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0) m

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato;
 Qf Quota finale strato
 P.U.V. Peso unità di volume (Kg/m³);
 Eps Inclinazione dello strato (°);
 Fi Angolo di resistenza a taglio;
 Delta Angolo di attrito terra muro (°);
 c Coesione (kg/cm²);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	β
4,0	0,0	1922,0	25,0	28,35	0,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

μ	Angolo di direzione della spinta
K_a	Coefficiente di spinta attiva,
K_d	Coefficiente di spinta dinamica,
D_k	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	K_a	K_d	D_k
90,0	0,56	0,56	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

F_x	Forza in direzione x (Kg);
F_y	Forza in direzione y (Kg);
$Z(R_{py})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	F_x	F_y	$Z(R_{px})$	$Z(R_{py})$
Spinta attiva	8625,12	0,0	7,46	1,33
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	7,46	2,0
Spinta incremento sismico	0,0	0,0	7,46	1,33
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	7,46	1,33
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	7,46	2,0
Peso muro	0,0	23142,0	2,97	2,65

Momento stabilizzante	68652,7 Kgm
Momento ribaltante	11500,16 Kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	8625,12 Kg
Sommatoria forze verticali	23142,0 Kg
Coefficiente di attrito	0,54
Adesione	0,8 kg/cm ²
Angolo piano di scorrimento	360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	23142,0 Kg
Forze parall. al piano di scorrimento	8625,13 Kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,53

Traslazione verificata Csd>1**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante	68652,7 Kgm
Momento ribaltante	11500,16 Kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	5,97

Muro verificato a ribaltamento Csv>1**Carico limite: TERZAGHI**

Somma forze in direzione x	8625,12 Kg
Somma forze in direzione y (F_y)	23142,0 Kg
Somma momenti	-57152,54 Kgm
Larghezza fondazione	0,09 m
Eccentricità su B	0,0 m
Peso unità di volume	1900,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	28,35 °
Coesione	0,8 kg/cm ²
Terreno sulla fondazione	0,0 m
Peso terreno sul piano di posa	1900,0 Kg/m ³
N_q	18,54
N_c	32,51
N_g	15,89

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)**OGGETTO:** BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

SLOPE

sq	1,0
sc	1,0
sg	1,0
iq	1,0
ic	1,0
ig	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	23526,6 Kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,02
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	2,47 m
Larghezza della fondazione	0,09 m

x = 7,23	Tensione... 0,0 kg/cm ²
x = 0,09	Tensione... -0,65 kg/cm ²

Combinazione 3 (EQU+M2)

Posizione rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghe zza ripiegat ura (Lrip) (m)	Lunghe zza facciata (Lf) (m)	Lunghe zza non efficace (Lr) (m)	Lunghe zza efficace (Le) (m)	Lunghe zza totale (Lt) (m)	Interass e (m)	Fattore sicurezz a sfilame nto	Tension e rinforzo (kg/cm ²)	Fattore sicurezz a rottura
1	0,36	0,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0	4	4	1	7	--	8045,37
2	0,73	1,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0	4	4	1	0,1	4689,52	0,8
3	1,0	2,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0,19	3,81	4	0	0,1	3126,35	1,21
4	1,36	3,0	(4) SHEET 401	1	0	0,43	3,57	4	0	6,24	--	--

VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (7,5/0,0) m

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (7,5/4,0) m

Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0) m

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
P.U.V.	Peso unità di volume (Kg/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kg/cm ²);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	β
4,0	0,0	1922,0	25,0	28,35	0,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
90,0	0,56	0,56	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx	Forza in direzione x (Kg);
Fy	Forza in direzione y (Kg);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	9487,63	0,0	7,46	1,33
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	7,46	2,0
Spinta incremento sismico	0,0	0,0	7,46	1,33
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	7,46	1,33
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	7,46	2,0
Peso muro	0,0	20827,8	2,97	2,65

Momento stabilizzante	55608,69 Kgm
Momento ribaltante	13915,2 Kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	9487,63 Kg
Sommatoria forze verticali	20827,8 Kg
Coefficiente di attrito	0,54
Adesione	0,8 kg/cm ²
Angolo piano di scorrimento	360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	20827,8 Kg
Forze parall. al piano di scorrimento	9487,64 Kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,26
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	55608,69 Kgm
Momento ribaltante	13915,2 Kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	4,0
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite: TERZAGHI

Somma forze in direzione x	9487,63 Kg
Somma forze in direzione y (Fy)	20827,8 Kg
Somma momenti	-41693,49 Kgm
Larghezza fondazione	0,09 m
Eccentricità su B	0,0 m
Peso unità di volume	1900,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	28,35 °
Coesione	0,8 kg/cm ²

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)**OGGETTO:** BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

SLOPE

Terreno sulla fondazione	0,0 m
Peso terreno sul piano di posa	1900,0 Kg/m ³
Nq	18,54
Nc	32,51
Ng	15,89
sq	1,0
sc	1,0
sg	1,0
iq	1,0
ic	1,0
ig	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	23526,6 Kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,13
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	2,0 m
Larghezza della fondazione	0,09 m

x = 5,83
x = 0,09

Tensione... 0,0 kg/cm²
Tensione... -0,73 kg/cm²

Combinazione 4 (Sisma)

Posizione rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza non efficace (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza a sfilamento	Tensione e rinforzo (kg/cm ²)	Fattore sicurezza a rottura
1	0,36	0,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0	4	4	1	13,49	--	12408,05
2	0,73	1,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0	4	4	1	0,2	3040,68	1,24
3	1,0	2,0	(1) STRIP 15x5	---	---	0,06	3,94	4	0	0,2	2027,12	1,86
4	1,36	3,0	(4) SHEET 401	1	0	0,24	3,76	4	0	12,69	--	--

VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (7,5/0,0) m
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (7,5/4,0) m
Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0) m

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
P.U.V.	Peso unità di volume (Kg/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato (°);

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	β
4,0	0,0	1922,0	25,0	34,0	0,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
90,0	0,4	0,4	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx	Forza in direzione x (Kg);
Fy	Forza in direzione y (Kg);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	6151,77	0,0	7,46	1,33
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	7,46	2,0
Spinta incremento sismico	0,0	0,0	7,46	1,33
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	7,46	1,33
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	7,46	2,0
Peso muro	0,0	23142,0	2,97	2,65

Momento stabilizzante 68652,7 Kgm

Momento ribaltante 8202,37 Kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	6151,77 Kg
Sommatoria forze verticali	23142,0 Kg
Coefficiente di attrito	0,67
Adesione	1,0 kg/cm²
Angolo piano di scorrimento	360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	23142,0 Kg
Forze parall. al piano di scorrimento	6151,78 Kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd	2,68

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	68652,7 Kgm
Momento ribaltante	8202,37 Kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	8,37

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite: TERZAGHI

Somma forze in direzione x	6151,77 Kg
Somma forze in direzione y (Fy)	23142,0 Kg
Somma momenti	-60450,33 Kgm

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

SLOPE

Larghezza fondazione	0,09 m
Eccentricità su B	0,0 m
Peso unità di volume	1900,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	34,0 °
Coesione	1,0 kg/cm ²
Terreno sulla fondazione	0,0 m
Peso terreno sul piano di posa	1900,0 Kg/m ³
Nq	36,5
Nc	52,64
Ng	36,96
sq	1,0
sc	1,0
sg	1,0
iq	1,0
ic	1,0
ig	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	47658,07 Kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	2,06
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	2,61 m
Larghezza della fondazione	0,09 m

x = 7,66	Tensione... 0,0 kg/cm ²
x = 0,09	Tensione... -0,61 kg/cm ²

Pali...

N°	x m	y m	Diametro m	Lunghezza m	Inclinazione (°)	Interasse m
1	60	639,5385	0,8	15	90	1,5
2	60	639,5385	0,8	15	90	1,5
3	60	639,5385	0,8	15	90	1,5

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALISYS RELAZIONE**

OGGETTO: BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ “DEFENSOLA” VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALYSIS RELAZIONE**

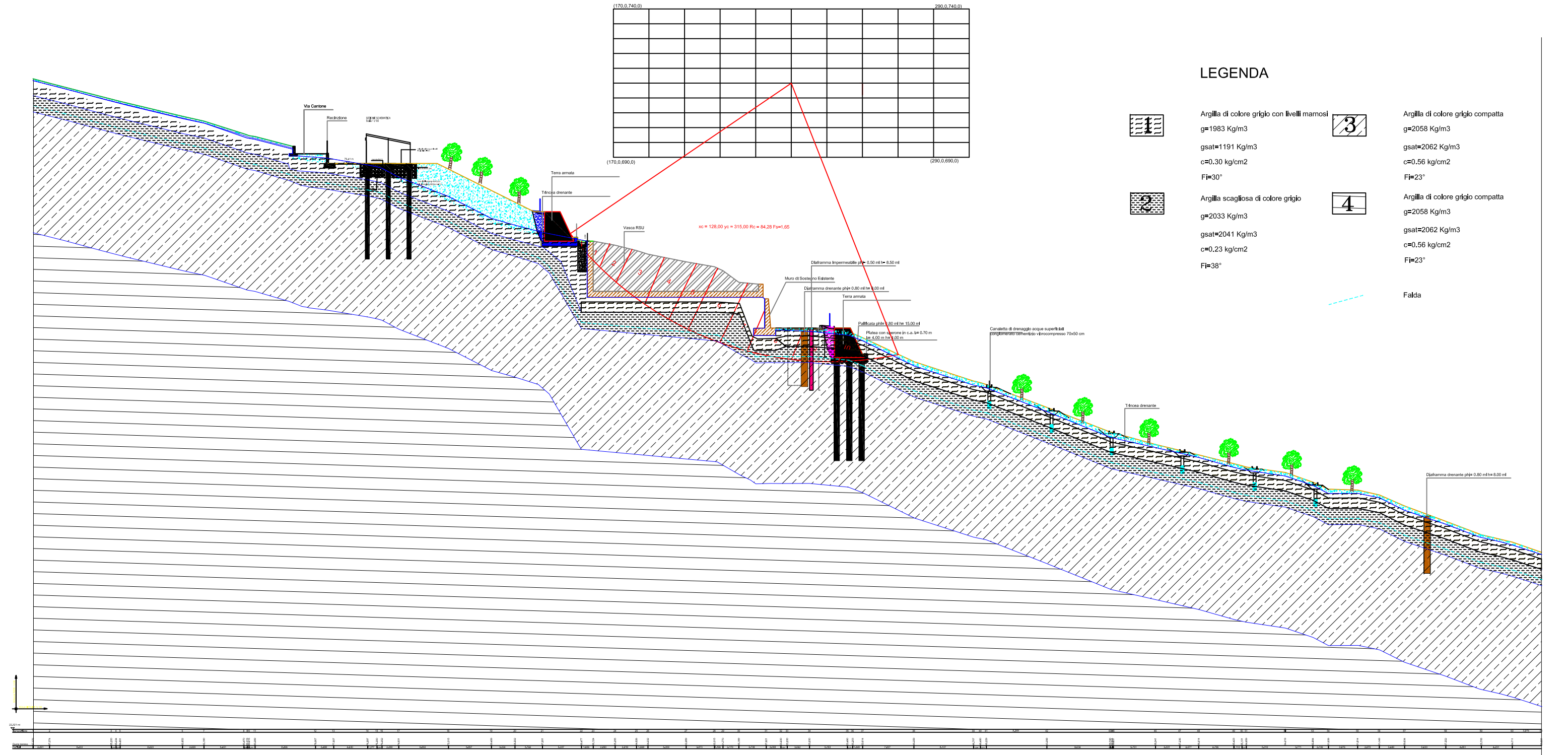
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	-3199,13	52052,87	0,0	0,0	77584,0	16699,82	0,0
2	-10503,4	124897,7	-3199,13	52052,87	145448,7	20888,36	0,0
3	-26157,27	269766,0	-10503,4	124897,7	412702,1	48757,54	0,0
4	-29433,75	344441,5	-26157,27	269766,0	374270,8	42302,34	0,0
5	-27630,02	369036,4	-29433,75	344441,5	298931,3	33408,9	0,0
6	-23092,22	344125,0	-27630,02	369036,4	487382,2	54447,93	0,0
7	-16308,96	269426,4	-23092,22	344125,0	374542,4	42847,41	0,0
8	-9896,32	161053,8	-16308,96	269426,4	326934,8	39563,54	0,0
9	-5183,71	53261,46	-9896,32	161053,8	236220,0	33382,05	0,0
10	0,0	0,01	-5183,71	53261,46	96544,55	20842,23	0,0

Il Tecnico

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN LUPO (BN)**OGGETTO:** BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX DISCARICA DI RSU ALLA LOCALITÀ "DEFENSOLA" VIA CANTONE. SAN LUPO (BN). FOGLIO DI MAPPA N° 15 PARTICELLA N° 215 - CODICE SITO 2063C001 - **VERIFICA DI BACK ANALISYS RELAZIONE**

VERIFICA STABILITA' POST OPERAM Sezione A-A'
Scala 1:100



ELABORATO 8

Sezione A-A' geologica. Scala 1:300

Sezione A-A' geotopografica. Scala 1:300

SEZIONE GEOLITOLOGICA A-A'
Scala 1:100

LEGENDA



Argilla di colore grigio con livelli marnosi
g=1983 Kg/m3
gsat=1191 Kg/m3
c=0,30 kg/cm2
Fi=30°



Argilla scagliosa di colore grigio
g=2033 Kg/m3
gsat=2041 Kg/m3
c=0,23 kg/cm2
Fi=38°

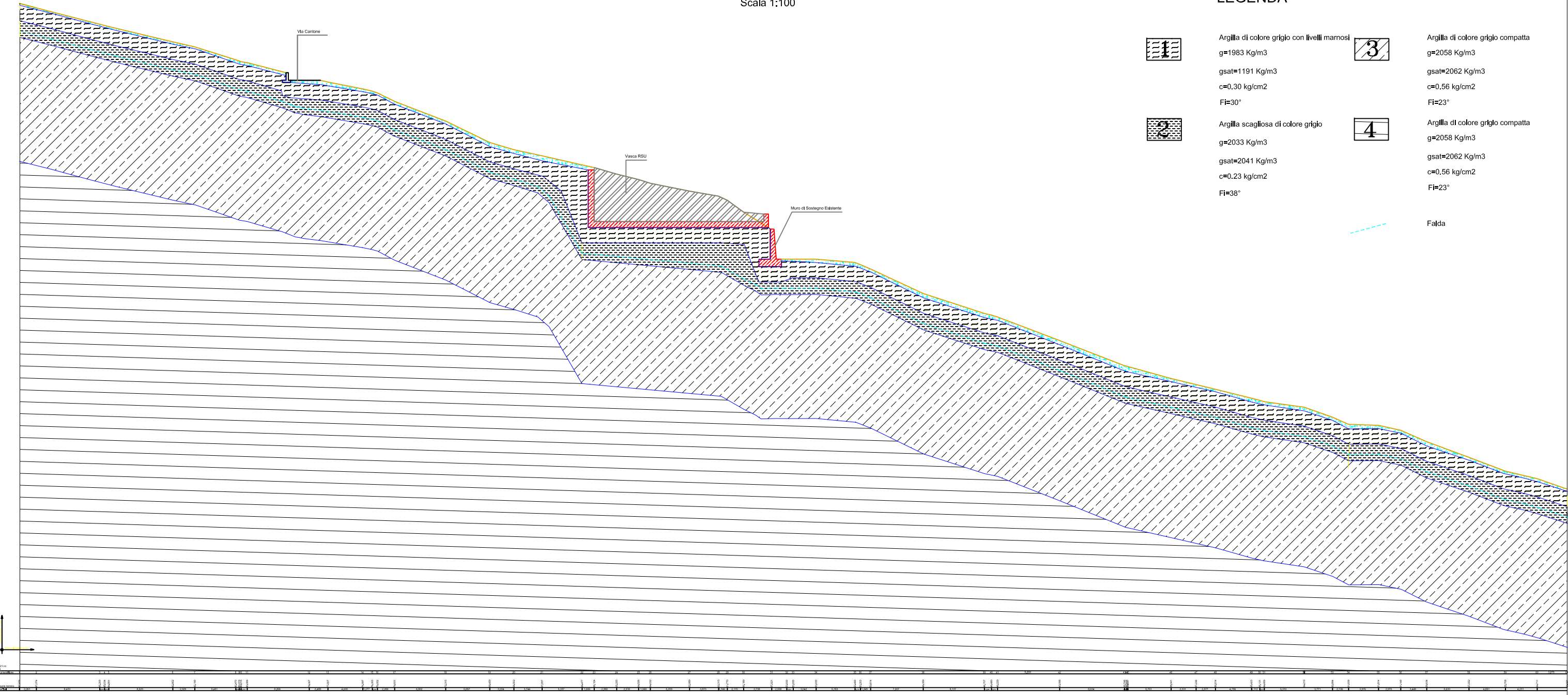


Argilla di colore grigio compatta
g=2058 Kg/m3
gsat=2062 Kg/m3
c=0,56 kg/cm2
Fi=23°



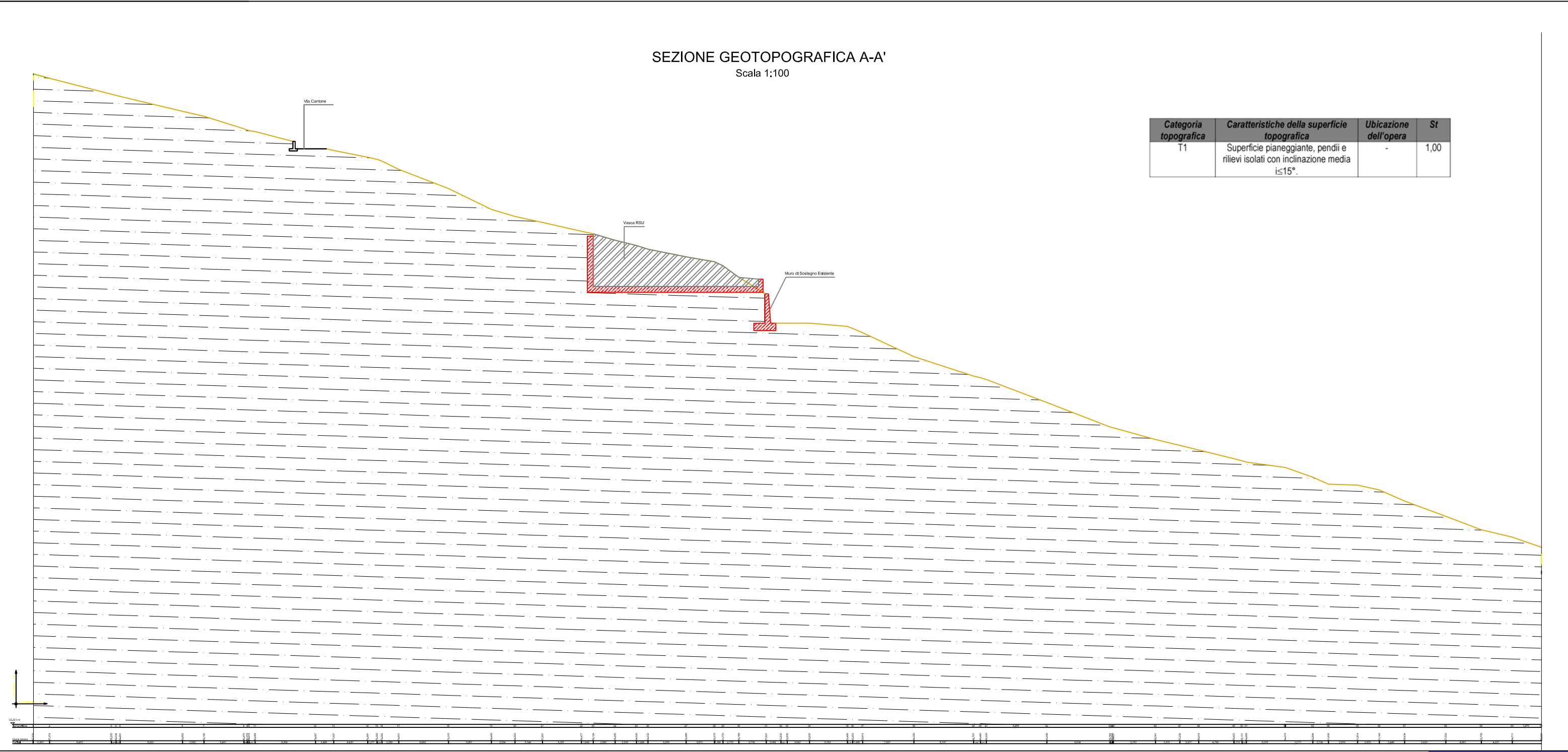
Argilla di colore grigio compatta
g=2058 Kg/m3
gsat=2062 Kg/m3
c=0,56 kg/cm2
Fi=23°

Falda



SEZIONE GEOTOPOGRAFICA A-A'
Scala 1:100

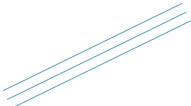
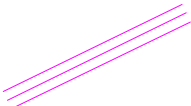
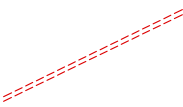
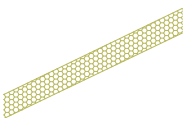
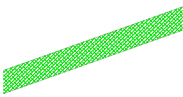
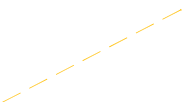
Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	St
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$.	-	1,00



ELABORATO 9

Planimetria generale progetto. Scala 1:200

LEGENDA: DATI GENERALI

	Recinzione metallica h = 1,80 m
	Linea di sezione A - A'
	Fosso di guardia: b= 1.50 m h= 0.50 m
	Fosso di guardia: b= 1.50 m h= 0.50 m Sottostante trincea drenante: b= 1.20 m h= 3.50 m
	Cordolo in c.a. 0.70 x 0.70 cm di fissaggio delle geomembrane di copertura discarica
	Sistema Terra rinforzata h= 4 m su platea in c.a.
	Sistema Terra rinforzata h=4.00 m su platea di fondazione con palificata phi= 0,80 m h= 15,00 m
	Diaframma impermeabile acqua cemento e bentonite s= 0,50 m h= 8,50 m
	Diaframma drenante s= 0,80 m h= 8,00 m
	Vasca di raccolta acque superficiali e acque non inquinate 5,20 x 2,50 x 2,50 m
	Pozzetto di controllo acque meteoriche di drenaggio
	Pozzo raccolta percolato Esistente
	Pozzo estrazione acqua diaframma drenante prima del prelievo D=1,00 ml h= 10,00 ml
	Viabilità interna discarica in misto stabilizzato

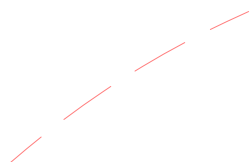


Nuovo cancello in ferro h= 2,40 m l= 4.00 m
cancello pedonale h=2.40 m l= 1.40 m

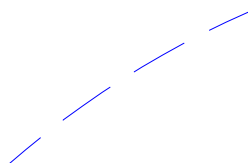


Impianto di illuminazione e videosorveglianza

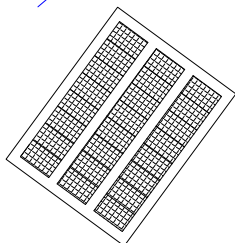
Armatura I.P. lampada da 150 W r.e.
Palo acciaio zincato h= 8 ml
Speed dome



Estensione indicativa suolo superficiale contaminato da Cadmio 2009 mq
Potenziale volume contaminato 3014 mc
Estensione indicativa suolo superficiale contaminato da Cloruro di Vinile 378
Potenziale volume contaminato 567 mc



Estensione indicativa falda contaminata 2439 mq



Locale servizi con centrale fotovoltaica da 4,50 kWp



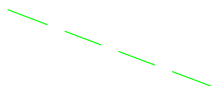
Fossa IMHOFF



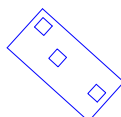
Estintore carrellato n°3



Idrante n°2



Deflusso acque phi= 0.30 m



Vasca per la raccolta dell'acqua di falda (diaframma drenante)
5,20x 2,50 x 2,50 m



Canaletta di drenaggio acque superficiali conglomerato
cementizio vibrocompresso 120 x 40 x 100 cm



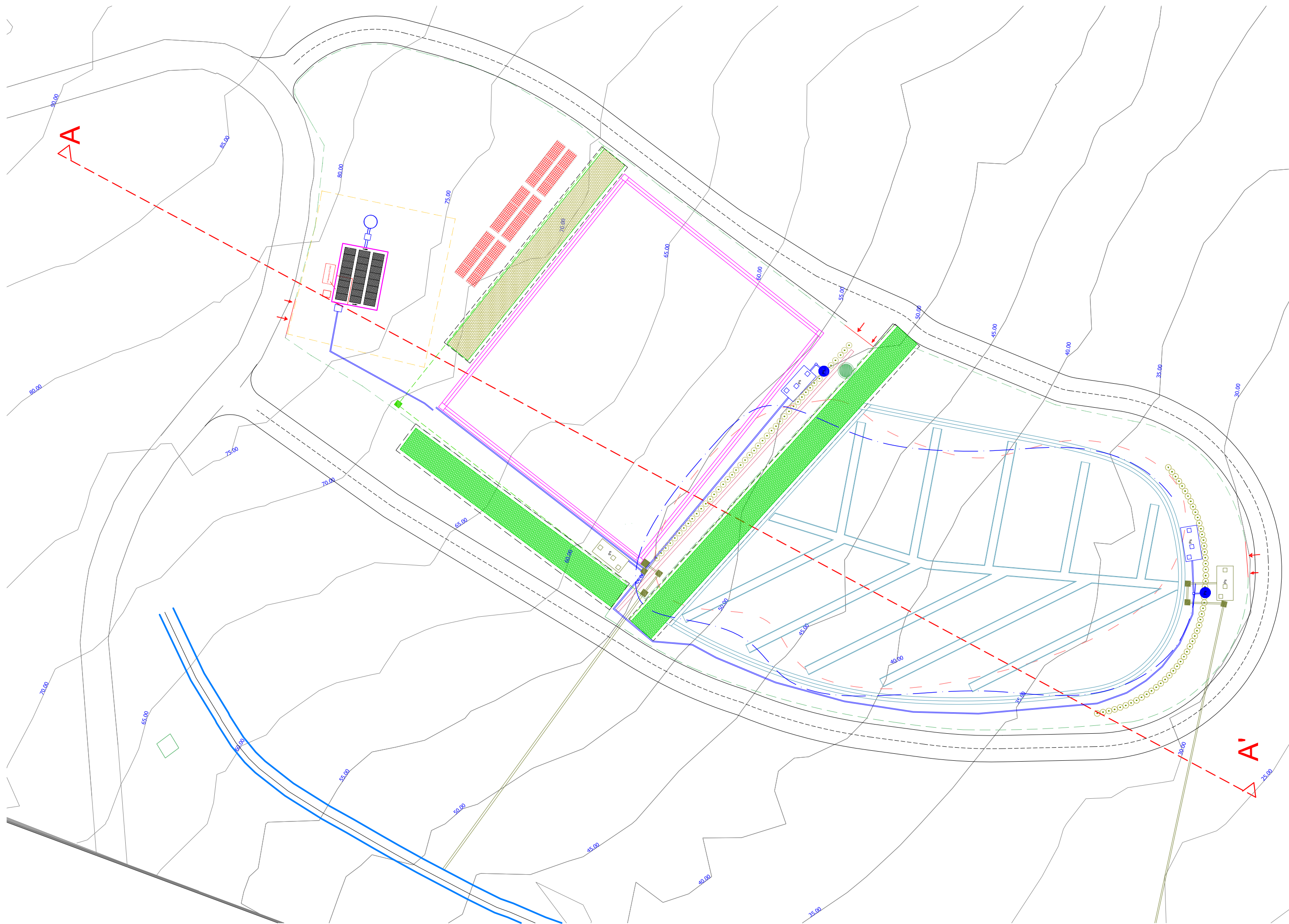
Pannello fotovoltaici integrativi



Condotta adduzione acque DE 63 mm



Accessi alla discarica



ELABORATO 10

Sezione A-A' stato di progetto. Scala 1:300

SEZIONE GEOLITOLOGICA A-A'

LEGENDA



Argilla di colore grigio con livelli massivi
g=1983 Kg/m³
gest=1101 Kg/m³
c=0.30 kg/cm²
Fi=90°



Argilla scagliosa di colore grigio
g=2033 Kg/m³
gest=2041 Kg/m³
c=0.23 kg/cm²
Fi=38°



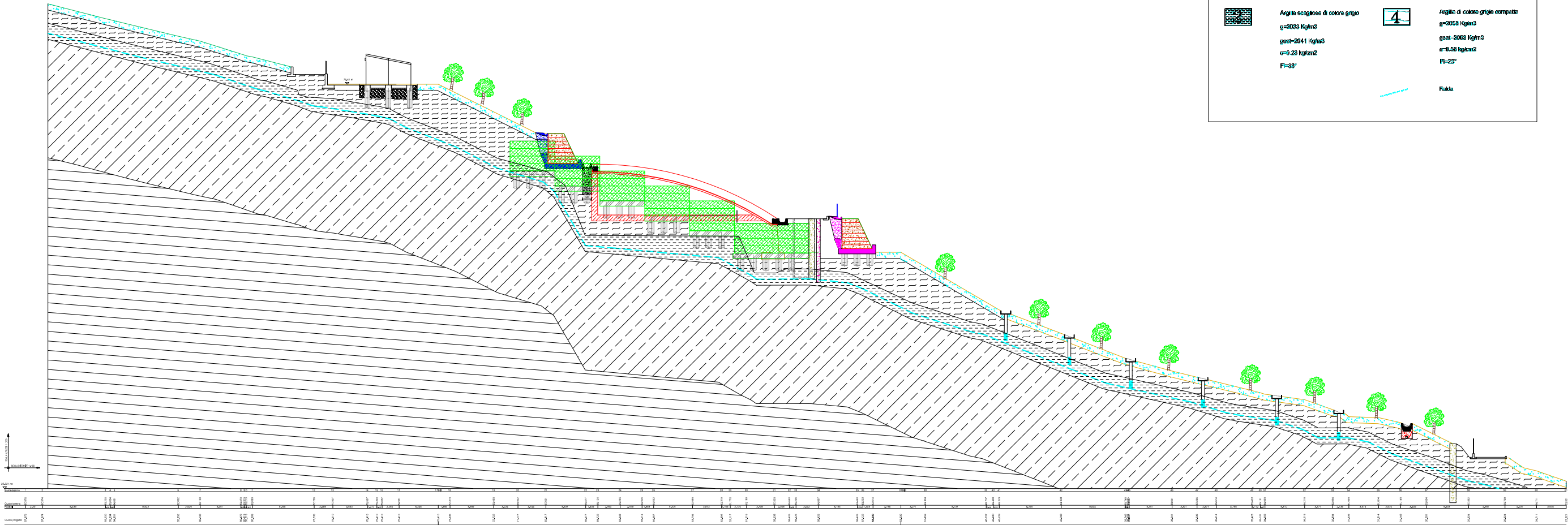
Argilla di colore grigio compatta
g=2068 Kg/m³
gest=2062 Kg/m³
c=0.58 kg/cm²
Fi=33°



Argilla di colore grigio compatta
g=2058 Kg/m³
gest=2062 Kg/m³
c=0.56 kg/cm²
Fi=23°



Fakka



ELABORATO 11

CAMPAGNA DI INDAGINI

Ubicazione indagini. Scala 1:2.000

Indagine geognostica

Stratigrafia. Scala 1:100

Indagine di sismica passiva MASW



COMMITTENTE :

Geol. Gerardo Cipriano

**RELAZIONE SULLE
INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU
PER IL PROGETTO DI BONIFICA E MIS PERMANENTE
DELLA EX DISCARICA RSU ALLA LOCALITA'
"DEFENSOLA" VIA CANTONE –
SAN LUPO (BN)**

Accettazione 056/14

 Allegati

- Stratigrafia del sondaggio geognostico eseguito;
- Allegati Prove Geotecniche di Laboratorio GEO.ECO.TEST.;

Manocalzati, Maggio 2014

GEOCONSULTLAB S.r.l.

Lo Sperimentatore
dott.ssa geol. Simona Russo

Il Direttore
dott. geol. Nicola Polzone





**RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU
PER IL PROGETTO DI BONIFICA E MIS PERMANENTE
DELLA EX DISCARICA RSU ALLA LOCALITA'
"DEFENSOLA" VIA CANTONE – SAN LUPO (BN)**

Su incarico del Geologo Gerardo Cipriano abbiamo eseguito UN sondaggio geognostico (S.1) per le INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU PER IL PROGETTO DI BONIFICA E MIS PERMANENTE DELLA EX DISCARICA RSU ALLA LOCALITA' "DEFENSOLA" VIA CANTONE – SAN LUPO (BN).

Le indagini effettuate sono state di tipo diretto.

Per indagini dirette intendiamo l'esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo, i quali sono stati realizzati con una sonda a rotazione di tipo CMW MK 600 D, con circolazione di fluidi. L'acqua utilizzata è stata di quantità minima appunto per il raffreddamento del carotiere di diametro 101 mm.

Tutte le indagini sono state eseguite dal personale specializzato del laboratorio Geo-Consultlab S.r.l..

La perforazione del sondaggio è stata eseguita con recupero totale del materiale, in modo da disporre delle informazioni stratigrafiche lungo l'intera verticale esplorata. Le carote sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici.

Il carotaggio effettuato è stato circa dell'90% e sono stati riscontrati terreni argillosi e argille marnose.

La perforazione del sondaggio è stata spinta fino alla profondità di 30.00 metri. Durante la fase di perforazione, all'interno del foro di sondaggio, non è stata rilevata la presenza di falda idrica.

All'interno del sondaggio sono stati prelevati TRE campioni indisturbati, mediante campionatore a parete sottile di tipo Shelby, che sono stati successivamente inviati ed analizzati presso il laboratorio geotecnico certificato GEO.ECO.TEST S.r.l..

I campioni sono stati sottoposti a prove di laboratorio per determinare le seguenti principali caratteristiche fisiche generali:

- peso di volume naturale (γ);





LABORATORIO PROVE IN SITU

- peso di volume secco (γ_d); e peso di volume saturo (γ_{sat});
- peso specifico dei granuli (γ_s);
- contenuto d'acqua allo stato naturale;
- indice dei vuoti (e);
- porosità (%);
- grado di saturazione;
- angolo di attrito interno (ϕ');
- coesione drenata (c');
- analisi granulometriche con vagli ASTM e Densimetria;

I campioni sono stati sottoposti anche ad ulteriori prove meccaniche, quali:

- prova di taglio diretto CD;
- Prova triassiale CU (Consolidata-non drenata).

Infine, il foro di sondaggio è stato attrezzato con tubo piezometrico aperto in PVC di diametro 80 mm.

E' stata eseguita la determinazione della permeabilità diretta in cella edometrica su ogni campione.

La stratigrafia con i relativi campioni prelevati e le descrizioni litologiche sono riportate su opportuni moduli allegati, così come tutti i dati risultati dall'analisi di laboratorio.

RIEPILOGO CAMPIONI INDISTURBATI PRELEVATI

Campione	Profondità	Descrizione visiva
S1-C1	3.00-3.50 mt	Argilla limosa di colore grigio
S1-C2	10.50-11.00 mt	Argilla marnosa di colore grigio
S1-C3	17.00-17.50 mt	Argilla marnosa di colore grigio

Geo-Consultlab S.r.l.



UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

LEGENDA

Campagna indagini geognostiche 9 Aprile 2014



Sondaggio attrezzato a piezometro

MASW 1

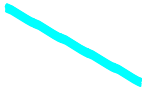
MASW 1 - Indagine sismica passiva



Traccia di sezione geolitologica/geotopografica
Sezione verifica di back analysis



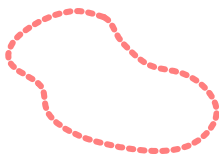
Reticolo Idrografico - corpo idrico superficiale perenne



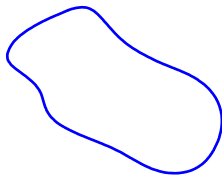
Reticolo Idrografico - corpo idrico superficiale temporaneo



Pozzo recapito percolato



Estensione indicativa suolo superficiale contaminato da Cadmio
2009 mq
Potenziale volume contaminato 4018 mc
Estensione indicativa suolo superficiale contaminato da Cloruro di
Vinile 378 mq
Potenziale volume contaminato 756 mc



Estensione indicativa falda contaminata 2439 mq



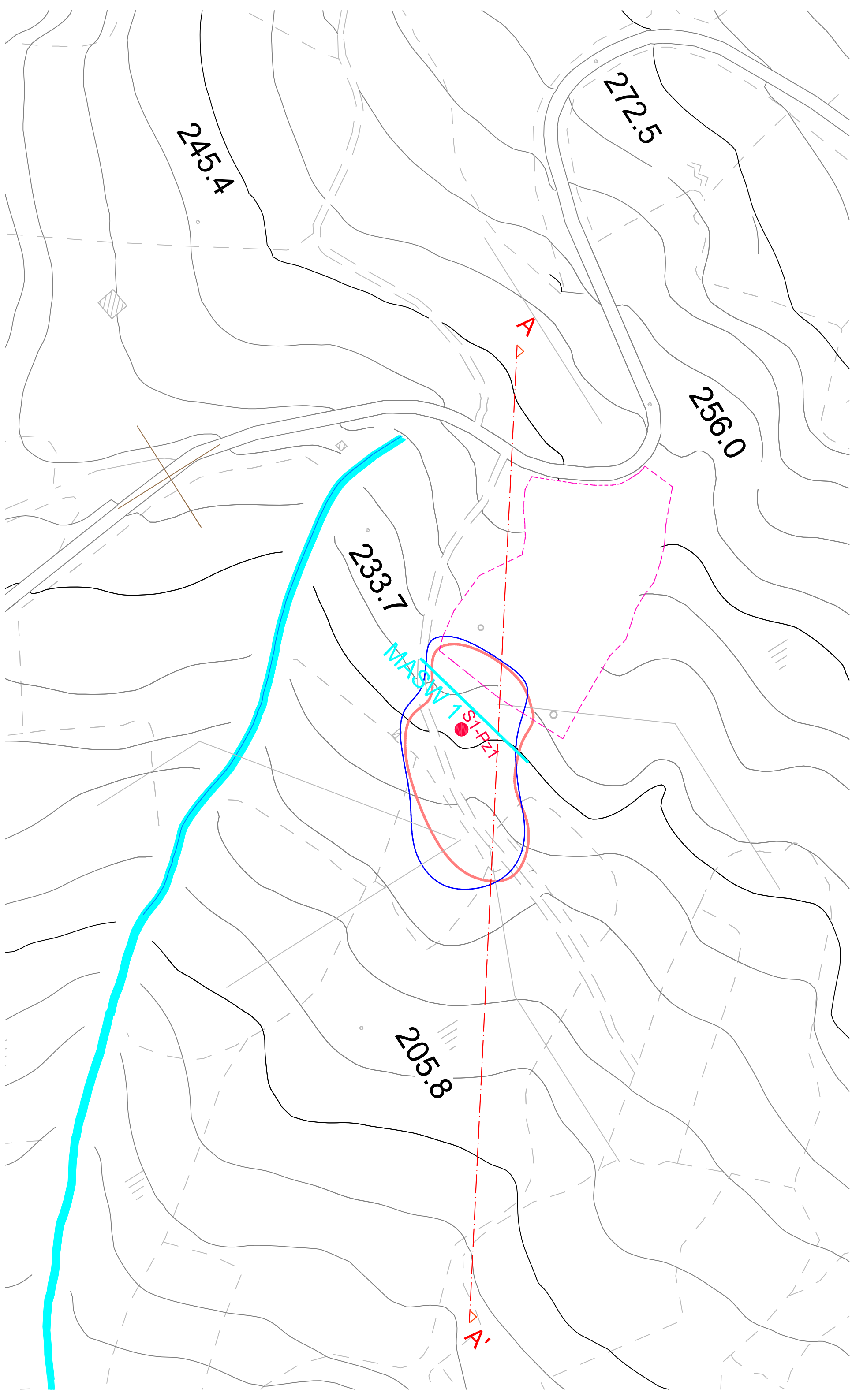
Punti campionamento falda Fase di caratterizzazione



Punti campionamento corpo idrico superficiale/ ristagno idrico
Fase indagini preliminari



Area ex discarica RSU



STRATIGRAFIA		Accettazione N°056/14	Certificato N°131/14 del 05/05/2014
AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008		Committente: Geol. Gerardo Cipriano	
 GEOCONSULT LAB SRL PROVE SU MATERIALI Laboratorio Autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 art. 59 Concessione N°6537 del 11/07/2011		Cantiere: Ex discarica RSU alla Località "Defensola" via Cantone - San Lupo (BN)	
		Sondaggio: 1 Quota: mt s.l.m. Data inizio: 09/04/2014 Data fine: 09/04/2014	
		Strumentazione: CMW MK 600 D Diam. Perforaz.: 101 mm	
		Tipologia perforazione: Carotaggio continuo ☒ Distruzione ☐	
		Allegato: Planimetria	

Scala 1:150

Profondità dal p.c. (m.)	Potenza degli strati (m.)	Quota assoluta s.l.m. (m.)	Simbologia	Percentuale di carotaggio	Campioni	Campionatore	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Tipo S.P.T.	Profondità S.P.T. (m dal p.c.)	S.P.T. N _{1-N₂-N₃}	Falda (m dal p.c.)	Rivestim. provv.	Altezzatura in foro
0.8	0.8						TERRENO VEGETALE CON RADICI E ARGILLA GRIGIA						
	3.7				3.0 3.5	she	ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON LIVELLI MARNOSI	P.C.	3.50 3.95	13-18-24			
4.5	1.7						ARGILLA SCAGLIOSA DI COLORE GRIGIO, COMPATTA, CON MARNE	P.C.	5.50 5.95	14-19-27			
6.2					10.5 11.0	she							
	18.8						ARGILLA MARNOSA ALQUANTO COMPATTA DI COLORE GRIGIO E CON A LUOGHI ELEMENTI MARNOSI						
					17.0 17.5	she							
25.0													
	5.0						ARGILLA DI COLORE GRIGIO ALQUANTO COMPATTA						
30.0													

P.C. = punta chiusa
she = shelby

FINE SONDAGGIO

Pag. 1 di 1

Co-Sperimentatore
dott.ssa geol. Simona Russo

Il Direttore
dott. geol. Nicola Polzone



SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

N° D'ORDINE: 33/14
COMMITTENTE: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

LOCALITA': Discarica RSU "Defensola" San Lupo (BN)

SONDAGGIO: 1
CAMPIONE: 1
PROFONDITA': 3,0-3,5
DATA INIZIO: 11-04-2014
DATA FINE: 22-04-2014

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
DENSITA'	γ	19,83	kN/m ³
DENSITA' SECCA	γ_d	15,71	kN/m ³
DENSITA' SATURA	γ_{sat}	19,91	
DENSITA' IMMERSA	γ_i	9,91	kN/m ³
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	27,09	kN/m ³
INDICE DEI VUOTI	e	0,724	
POROSITA'	n	42,00	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	98,00	%
UMIDITA' NATURALE	w	26,20	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL		%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP		%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
QUALITA' DEL CAMPIONE		Q5	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	ϕ'	24	°
COESIONE DRENATA	c'	30,0	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	ϕ_{res}	-	°
COESIONE NON DRENATA	Cu	-	kPa
ANALISI GRANULOMETRICA			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
(% trattenuta al setaccio n°200)	0,00	2,03	97,97
PARTE FINA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
(% passante al setaccio n°200)	0,85	47,94	51,21
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA	SABBIA	LIMO
	0,00	2,86	46,97
			ARGILLA
			50,17
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

DESCRIZIONE: Argilla limosa di colore grigio

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 335/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 3,0-3,5

Ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 11-04-2014

Descrizione del campione : Argilla limosa di colore grigio

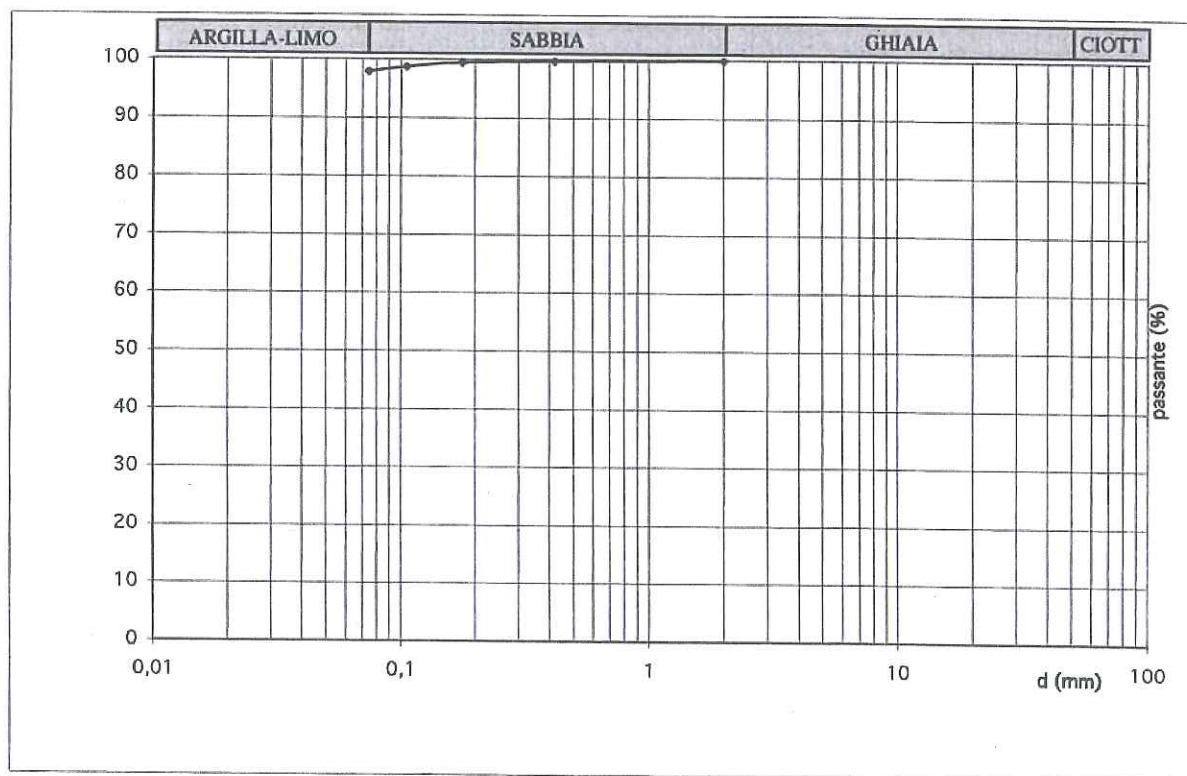
Tipo di prova: per via umida

Umidità (%) : 26,2

Peso totale del campione (g): 498

Peso secco (g) : 395

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
N10	2,00	0	0,00	100,00
N40	0,42	1	0,25	99,75
N80	0,177	2	0,51	99,49
N140	0,105	5	1,27	98,73
N200	0,074	8	2,03	97,97



L'esperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1

Procedura UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005

PO-12a

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 336/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 3,0-3,5

Data ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 15-04-2014

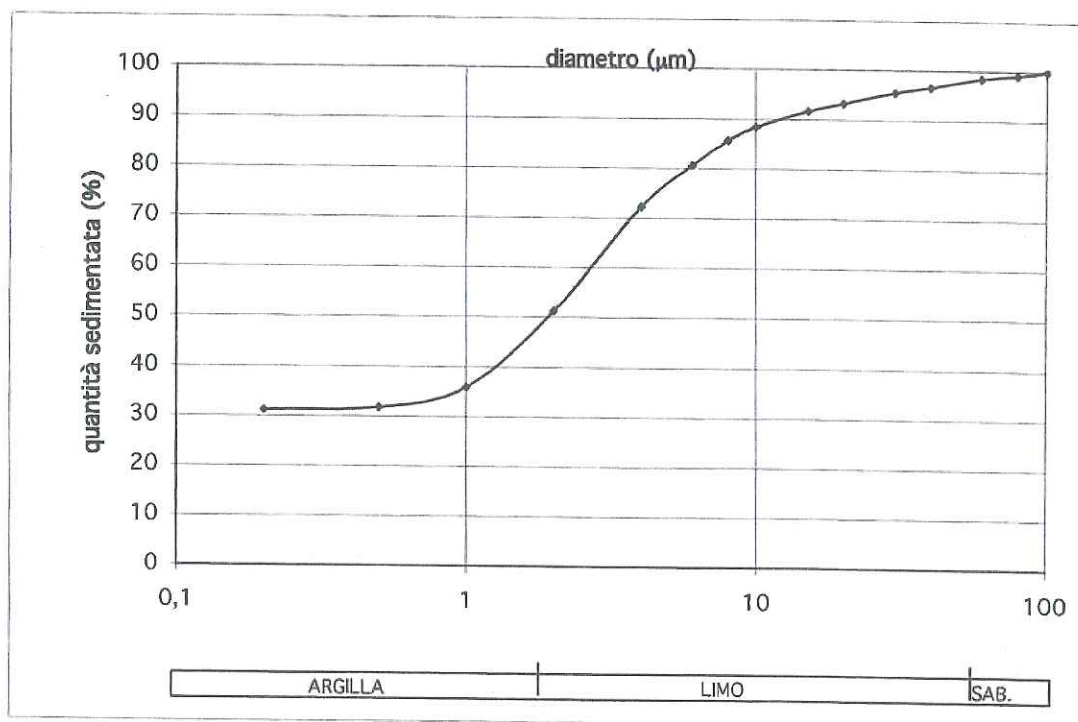
Descrizione del campione : Argilla limosa di colore grigio

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 21°

Peso specifico dei granuli (kN/m³): 27,09

DIAMETRO (μ m)		QUANTITA' %
0,2	Argilla	31,17
0,5		31,72
1		35,86
2		51,21
4	Limo	72,34
6		80,58
8		85,73
10		88,42
15		91,66
20		93,24
30		95,59
40	Sabbia	96,62
60		98,40
80		99,15
100		100,00



Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio
 Ing. Fabio Bonizzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1

GEO ECO TEST S.R.L.

Via S. Angelo, 48
84032 Toros (Pa)
Tel. 081/2811777
081/2811778
www.geotest.it

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 337/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 3,0-3,5

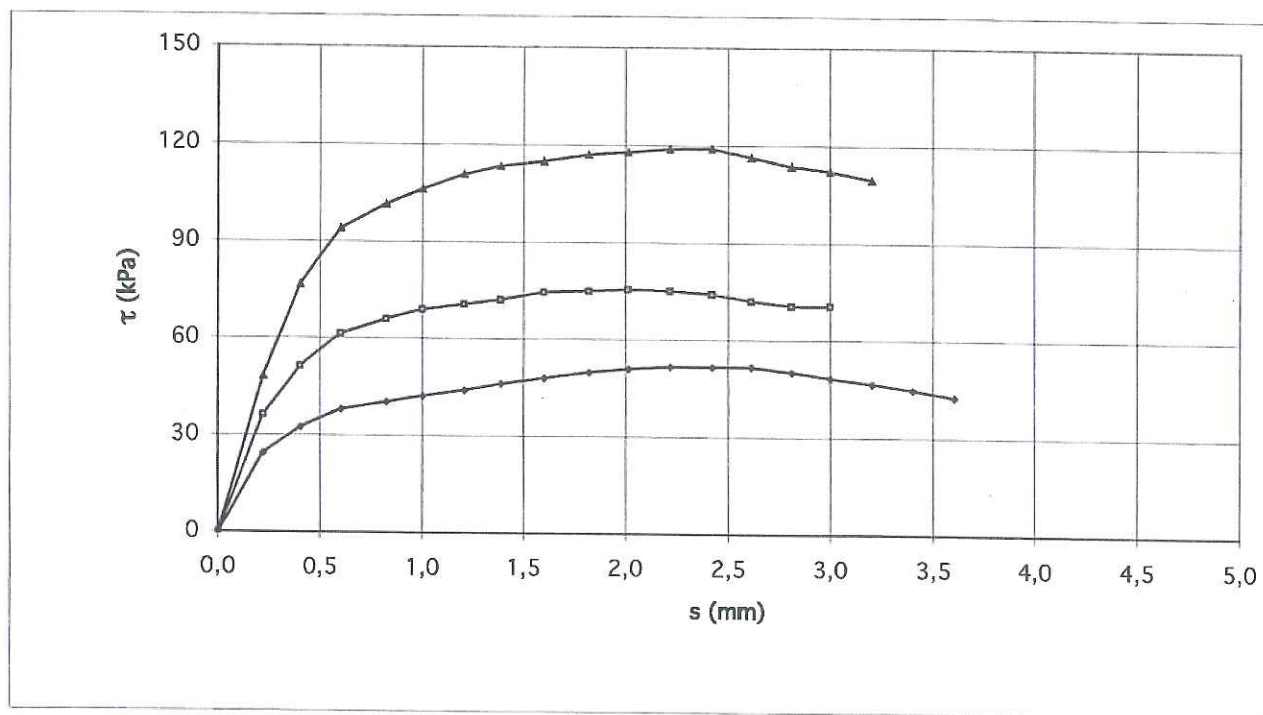
Data ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 11-04-2014

Descrizione del campione : Argilla limosa di colore grigio

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m ³)	19,82	19,91	19,80
Contenuto naturale d'acqua (%)	26,20	26,20	26,20
Pressione verticale (kPa)	50	100	200
CARATTERISTICHE DELLA PROVA			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,0010		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 1/2



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 338/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n° 1

Profondità (m): 3,0-3,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data inizio prova: 11-04-2014

Descrizione campione: Argilla limosa di colore grigio

Tipo prova: consolidata non drenata

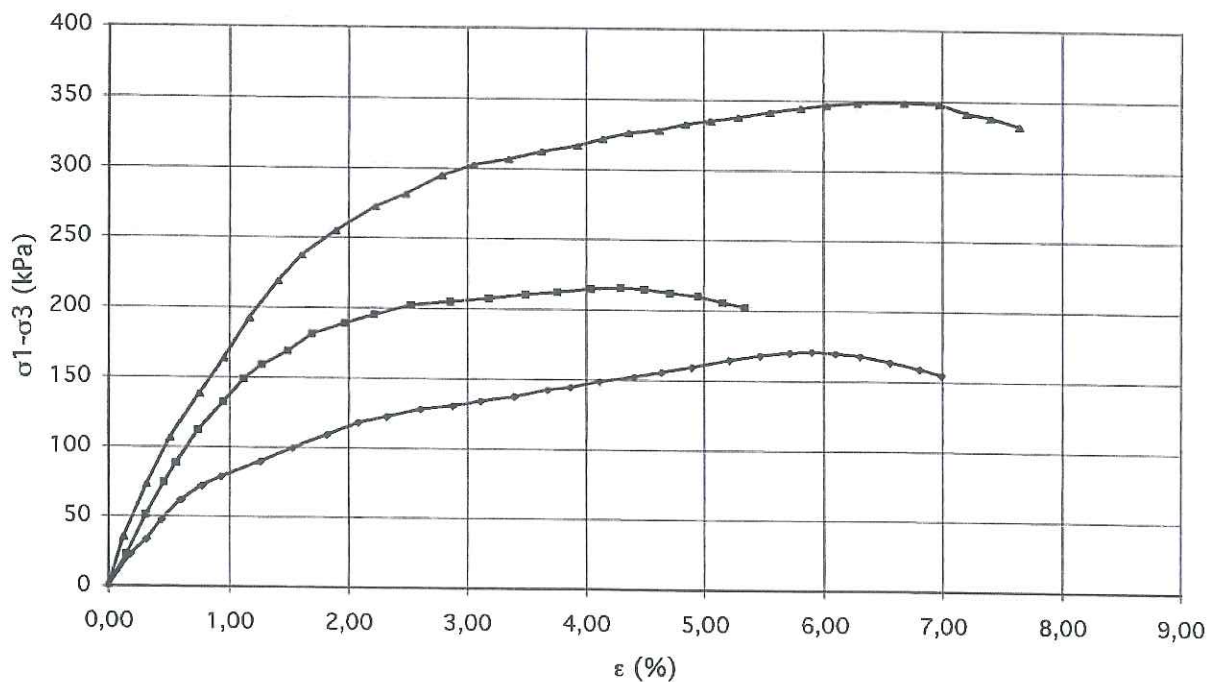
Velocità di prova: 0,01 mm/min

Dati provino

	H in (mm)	A in (cm ²)	γ in (kN/m ³)	γ_d in (kN/cm ³)	W in (%)	W fin (%)	Sr in (%)	Sr fin (%)
Provino 1	76,2	11,4	19,82	15,63	26,76	23,06	98,94	86,45
Provino 2	76,2	11,4	19,77	15,54	27,21	24,32	99,24	90,29
Provino 3	76,2	11,4	19,76	15,59	26,73	22,64	98,16	84,80

Dati rottura

	σ_{1c} (kPa)	σ_{3c} (kPa)	δU (kPa)	ϵ (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	$(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ (kPa)	A (cm ²)
Provino 1	270,70	100,00	6,21	5,89	170,70	129,14	85,35	12,11
Provino 2	365,50	150,00	22,67	4,29	215,50	185,08	107,75	11,91
Provino 3	598,70	250,00	32,70	6,67	348,70	341,65	174,35	12,21



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severin

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 1/7



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 338/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Profondità (m): 3,0-3,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data inizio prova: 11-04-2014

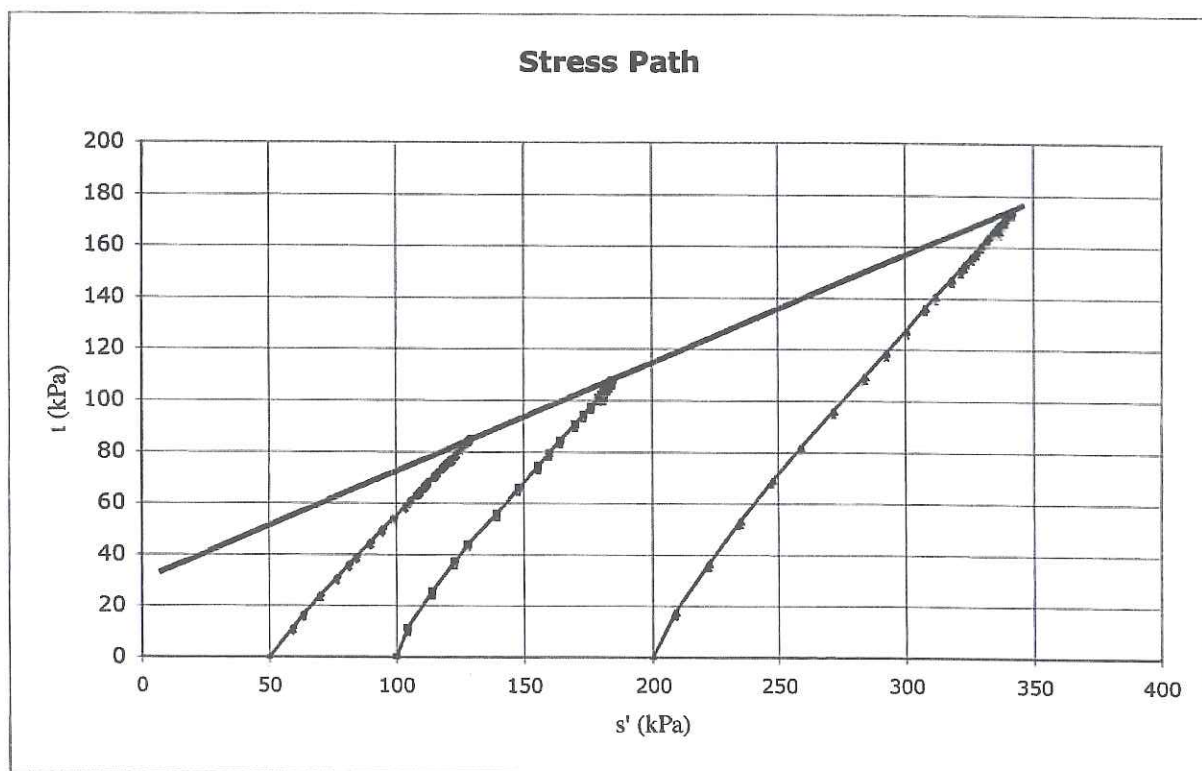
Descrizione campione: Argilla limosa di colore grigio

Tipo prova: consolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

Parametro A di Skempton

	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	δU (kPa)	A
Provino 1	170,70	6,21	0,04
Provino 2	215,50	22,67	0,11
Provino 3	348,70	32,70	0,09



ϕ'	c'
24	34

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

pagina 2/7



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 338/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Profondità (m): 3,0-3,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

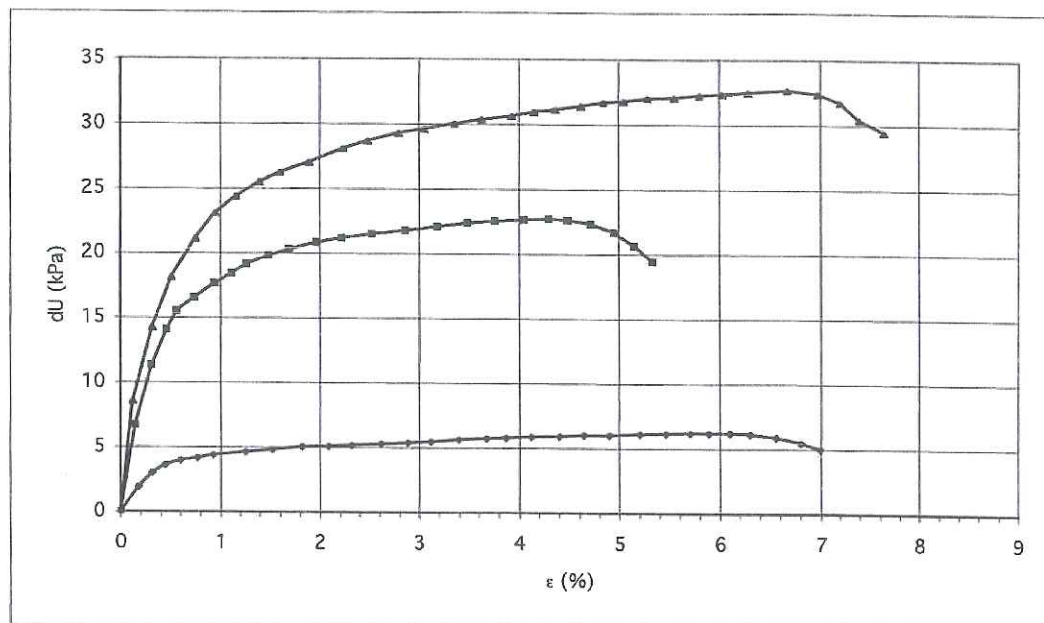
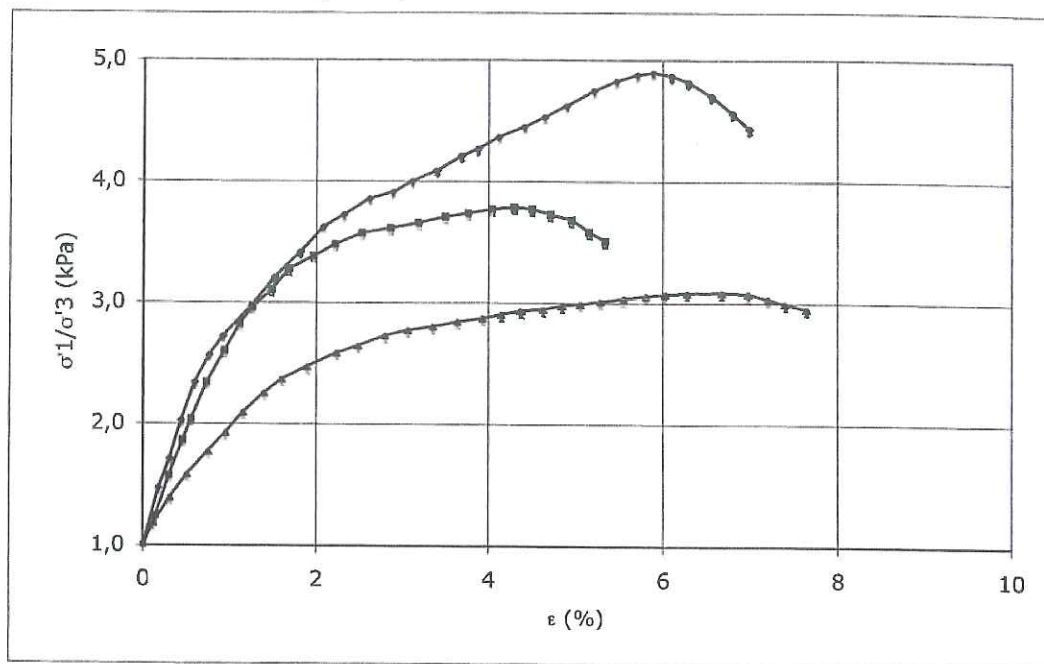
Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 11-04-2014

Descrizione campione: Argilla limosa di colore grigio

Tipo prova: consolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min



Il Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 338/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n°: 1

Profondità (m): 3,0-3,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data inizio prova: 11-04-2014

Descrizione campione: Argilla limosa di colore grigio

Tipo prova: consolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

PROVINO 1								
Pressione di cella (kPa):			100		Back Pressure (kPa):		50	
n°lettura	δU (kPa)	ε (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	σ_1 (kPa)	σ_3 (kPa)	σ_1 / σ_3	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	1,00	0,00	50,00
2	1,94	0,18	22,50	70,56	48,06	1,47	11,25	59,31
3	3,03	0,31	33,40	80,37	46,97	1,71	16,70	63,67
4	3,61	0,44	47,60	93,99	46,39	2,03	23,80	70,19
5	3,97	0,60	61,80	107,83	46,03	2,34	30,90	76,93
6	4,15	0,77	71,80	117,65	45,85	2,57	35,90	81,75
7	4,38	0,93	78,50	124,12	45,62	2,72	39,25	84,87
8	4,61	1,26	89,40	134,79	45,39	2,97	44,70	90,09
9	4,83	1,53	99,40	144,57	45,17	3,20	49,70	94,87
10	5,06	1,82	108,60	153,54	44,94	3,42	54,30	99,24
11	5,10	2,08	117,70	162,60	44,90	3,62	58,85	103,75
12	5,19	2,32	121,90	166,71	44,81	3,72	60,95	105,76
13	5,28	2,61	127,80	172,52	44,72	3,86	63,90	108,62
14	5,37	2,88	130,00	174,63	44,63	3,91	65,00	109,63
15	5,46	3,11	133,60	178,14	44,54	4,00	66,80	111,34
16	5,65	3,40	137,00	181,35	44,35	4,09	68,50	112,85
17	5,74	3,68	142,00	186,26	44,26	4,21	71,00	115,26
18	5,78	3,87	144,50	188,72	44,22	4,27	72,25	116,47
19	5,87	4,11	148,60	192,73	44,13	4,37	74,30	118,43
20	5,92	4,41	152,00	196,08	44,08	4,45	76,00	120,08
21	6,00	4,64	155,30	199,30	44,00	4,53	77,65	121,65
22	6,00	4,89	159,50	203,50	44,00	4,63	79,75	123,75
23	6,10	5,20	164,50	208,40	43,90	4,75	82,25	126,15
24	6,14	5,46	167,80	211,66	43,86	4,83	83,90	127,76
25	6,19	5,71	170,00	213,81	43,81	4,88	85,00	128,81
26	6,21	5,89	170,70	214,49	43,79	4,90	85,35	129,14
27	6,19	6,10	169,50	213,31	43,81	4,87	84,75	128,56
28	6,10	6,29	167,80	211,70	43,90	4,82	83,90	127,80
29	5,87	6,55	163,70	207,83	44,13	4,71	81,85	125,98
30	5,46	6,80	158,70	203,24	44,54	4,56	79,35	123,89
31	5,00	6,99	154,50	199,50	45,00	4,43	77,25	122,25
32								
33								
34								
35								
36								

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n° 10324 del 29/10/2012

pagina 4/7



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 338/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n°: 1

Profondità (m): 3,0-3,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 11-04-2014

Descrizione campione: Argilla limosa di colore grigio

Tipo prova: consolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

PROVINO 2								
Pressione di cella (kPa):			150				Back Pressure (kPa):	
							50	
n° lettura	δU (kPa)	ϵ (%)	σ'_{1-3} (kPa)	σ'_1 (kPa)	σ'_3 (kPa)	σ'_1/σ'_3	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	1,00	0,00	100,00
2	6,73	0,15	22,50	115,77	93,27	1,24	11,25	104,52
3	11,29	0,30	50,90	139,61	88,71	1,57	25,45	114,16
4	14,09	0,46	74,30	160,21	85,91	1,86	37,15	123,06
5	15,49	0,56	87,70	172,21	84,51	2,04	43,85	128,36
6	16,53	0,74	111,90	195,37	83,47	2,34	55,95	139,42
7	17,66	0,94	131,90	214,24	82,34	2,60	65,95	148,29
8	18,43	1,12	148,60	230,17	81,57	2,82	74,30	155,87
9	19,10	1,27	158,70	239,60	80,90	2,96	79,35	160,25
10	19,83	1,49	168,70	248,87	80,17	3,10	84,35	164,52
11	20,28	1,69	181,20	260,92	79,72	3,27	90,60	170,32
12	20,82	1,97	188,70	267,88	79,18	3,38	94,35	173,53
13	21,18	2,22	195,40	274,22	78,82	3,48	97,70	176,52
14	21,50	2,53	202,10	280,60	78,50	3,57	101,05	179,55
15	21,77	2,86	204,60	282,83	78,23	3,62	102,30	180,53
16	22,08	3,18	207,10	285,02	77,92	3,66	103,55	181,47
17	22,35	3,49	210,40	288,05	77,65	3,71	105,20	182,85
18	22,49	3,76	212,10	289,61	77,51	3,74	106,05	183,56
19	22,63	4,04	214,60	291,97	77,37	3,77	107,30	184,67
20	22,67	4,29	215,50	292,83	77,33	3,79	107,75	185,08
21	22,58	4,49	214,60	292,02	77,42	3,77	107,30	184,72
22	22,31	4,71	212,10	289,79	77,69	3,73	106,05	183,74
23	21,68	4,95	210,00	288,32	78,32	3,68	105,00	183,32
24	20,59	5,15	205,40	284,81	79,41	3,59	102,70	182,11
25	19,46	5,34	202,10	282,64	80,54	3,51	101,05	181,59
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								

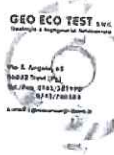
Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n° 10324 del 29/10/2012

pagina 5/7

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE



N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 338/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Profondità (m): 3,0-3,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 11-04-2014

Descrizione campione: Argilla limosa di colore grigio

Tipo prova: consolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

PROVINO 3								
Pressione di cella (kPa):			250				Back Pressure (kPa):	
n° lettura	δU (kPa)	ϵ (%)	50				t (kPa)	s' (kPa)
			σ'_{1-3} (kPa)	σ'_1 (kPa)	σ'_3 (kPa)	σ'_1/σ'_3		
1	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	1,00	0,00	200,00
2	8,58	0,12	35,20	226,62	191,42	1,18	17,60	209,02
3	14,27	0,31	72,70	258,43	185,73	1,39	36,35	222,08
4	18,15	0,51	106,10	287,95	181,85	1,58	53,05	234,90
5	21,09	0,75	137,80	316,71	178,91	1,77	68,90	247,81
6	23,12	0,95	163,70	340,58	176,88	1,93	81,85	258,73
7	24,39	1,16	192,10	367,71	175,61	2,09	96,05	271,66
8	25,52	1,40	218,80	393,28	174,48	2,25	109,40	283,88
9	26,24	1,60	237,20	410,96	173,76	2,37	118,60	292,36
10	27,05	1,89	254,70	427,65	172,95	2,47	127,35	300,30
11	28,09	2,23	272,20	444,11	171,91	2,58	136,10	308,01
12	28,72	2,48	281,40	452,68	171,28	2,64	140,70	311,98
13	29,31	2,79	294,80	465,49	170,69	2,73	147,40	318,09
14	29,63	3,05	302,30	472,67	170,37	2,77	151,15	321,52
15	30,03	3,35	306,50	476,47	169,97	2,80	153,25	323,22
16	30,35	3,63	312,30	481,95	169,65	2,84	156,15	325,80
17	30,66	3,93	316,50	485,84	169,34	2,87	158,25	327,59
18	30,97	4,15	321,50	490,53	169,03	2,90	160,75	329,78
19	31,17	4,36	325,70	494,53	168,83	2,93	162,85	331,68
20	31,43	4,62	328,20	496,77	168,57	2,95	164,10	332,67
21	31,69	4,84	332,40	500,71	168,31	2,97	166,20	334,51
22	31,79	5,05	334,90	503,11	168,21	2,99	167,45	335,66
23	32,05	5,28	337,40	505,35	167,95	3,01	168,70	336,65
24	32,10	5,55	341,50	509,40	167,90	3,03	170,75	338,65
25	32,26	5,80	344,50	512,24	167,74	3,05	172,25	339,99
26	32,36	6,03	346,60	514,24	167,64	3,07	173,30	340,94
27	32,52	6,28	348,20	515,68	167,48	3,08	174,10	341,58
28	32,70	6,67	348,70	516,00	167,30	3,08	174,35	341,65
29	32,41	6,97	347,80	515,39	167,59	3,08	173,90	341,49
30	31,74	7,20	341,50	509,76	168,26	3,03	170,75	339,01
31	30,40	7,40	338,20	507,80	169,60	2,99	169,10	338,70
32	29,47	7,64	332,40	502,93	170,53	2,95	166,20	336,73
33								
34								
35								
36								

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 6/7

Procedura ASTM D2850

Mod.0901-04a

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE



N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 338/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Profondità (m): 3,0-3,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 11-04-2014

Tipo prova: consolidata non drenata

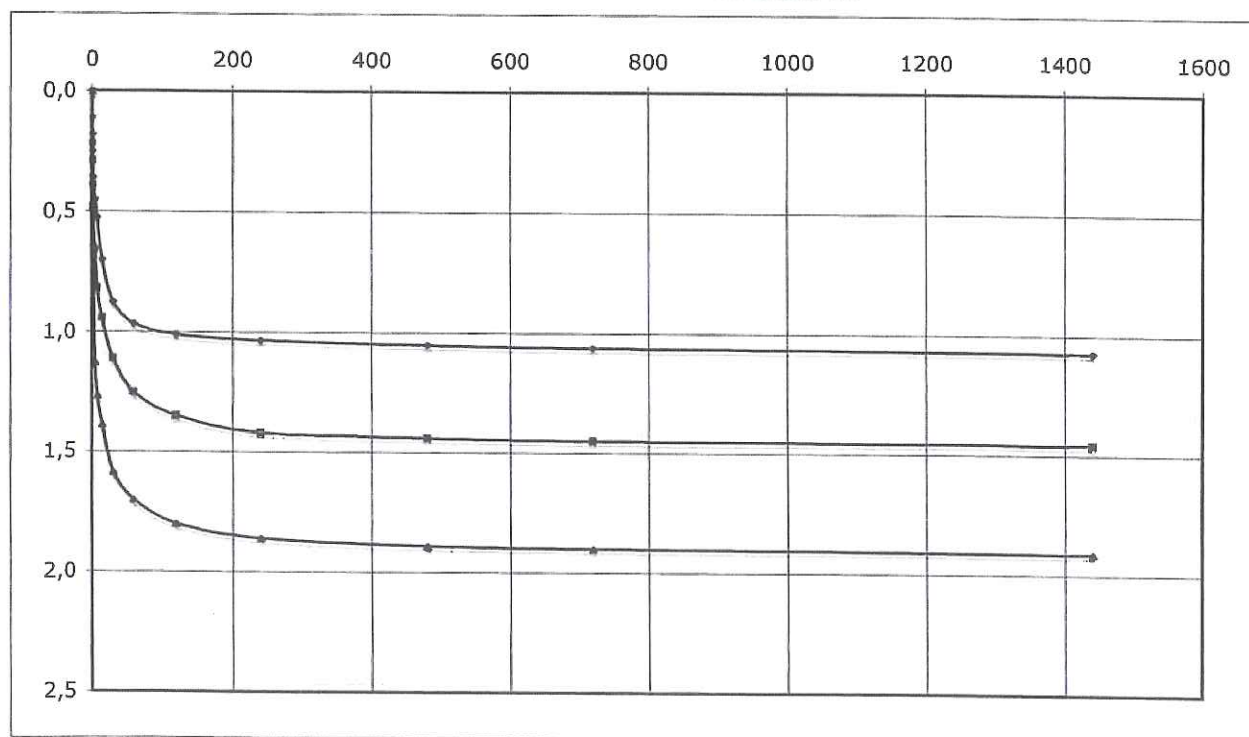
Descrizione campione: Argilla limosa di colore grigio

Velocità di prova: 0,01 mm/min

Fase di saturazione Prova Triassiale CU

Pressione di cella (kPa)	Back Pression (kPa)	PROVINO 1		PROVINO 2		PROVINO 3	
		ΔU (kPa)	B	ΔU (kPa)	B	ΔU (kPa)	B
20	-	2,1	0,11	2,5	0,13	2,6	0,13
	20	2,5		3,1		3,5	
30	20	2,6	0,26	4,2	0,42	4,2	0,42
	30	2,9		5,8		5,2	
40	30	3,3	0,33	6,5	0,65	6,3	0,63
	40	3,6		7,1		6,9	
50	40	4,0	0,40	7,4	0,74	7,6	0,76
	50	6,4		7,7		8,3	
60	50	7,1	0,71	8,3	0,83	8,7	0,87

Fase di consolidazione Prova Triassiale CU



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 7/7

Procedura ASTM D2850

Mod.0901-04a

PROVA DI PERMEABILITA' DIRETTA DA EDOMETRICA

GEO ECO TEST S.R.L.

Via S. Angelo, 11
84032 Tredici (BN)
Tel./Fax 0773-281119
0773-281111
e-mail: geoecotest@libero.it

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 339/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 3,0-3,5

Data ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 14-04-2014

Descrizione del campione : Argilla limosa di colore grigio

Altezza iniziale del provino	H ₀ (cm)	20
Sezione della buretta graduata	ab (cm ²)	1,13
Sezione del provino	As (cm ²)	20

Carico	Cedimento	Lettura iniziale	Lettura finale	Tempo finale	Permeabilità
kPa	dH (cm)	L ₀ (cm)	L ₁ (cm)	t ₁ (sec)	k (cm/sec)
12,5	0,038	25	24,5	2202	1,03E-05
25	0,068	25	24,5	1908	1,19E-05
50	0,107	25	24,5	1926	1,18E-05
100	0,182	25	24,5	1966	1,15E-05
200	0,292	25	24,5	1917	1,17E-05
400	0,512	25	24,5	2007	1,11E-05
800	0,939	25	24,5	1964	1,11E-05
1600	1,724	25	24,5	1988	1,05E-05

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 1/1



SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

N° D'ORDINE: 33/14

COMMITTENTE: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

LOCALITA': Discarica RSU "Defensola" San Lupo (BN)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': 10,5-11,0

DATA INIZIO: 11-04-2014

DATA FINE: 28-04-2014

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
DENSITA'	γ	20,33	kN/m ³
DENSITA' SECCA	γ_d	16,46	kN/m ³
DENSITA' SATURA	γ_{sat}	20,41	
DENSITA' IMMERSA	γ_i	10,41	kN/m ³
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	27,23	kN/m ³
INDICE DEI VUOTI	e	0,655	
POROSITA'	n	39,56	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	97,85	%
UMIDITA' NATURALE	w	23,52	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL		%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP		%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
QUALITA' DEL CAMPIONE		Q5	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	ϕ'	23	°
COESIONE DRENATA	c'	38,0	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	ϕ_{res}	-	°
COESIONE NON DRENATA	Cu	-	kPa
ANALISI GRANULOMETRICA			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
(% trattenuta al setaccio n°200)	0,57	2,1	97,33
PARTE FINA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
(% passante al setaccio n°200)	2,14	47,43	50,43
GRANULOMETRIA CUMULATIVA	GHIAIA	SABBIA	LIMO
	0,57	4,18	46,16
			ARGILLA
			49,08
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

DESCRIZIONE: Argilla marnosa di colore grigio

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 340/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n° : 2

Profondità di prelievo (m) : 10,5-11,0

Ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 12-04-2014

Descrizione del campione : Argilla marnosa di colore grigio

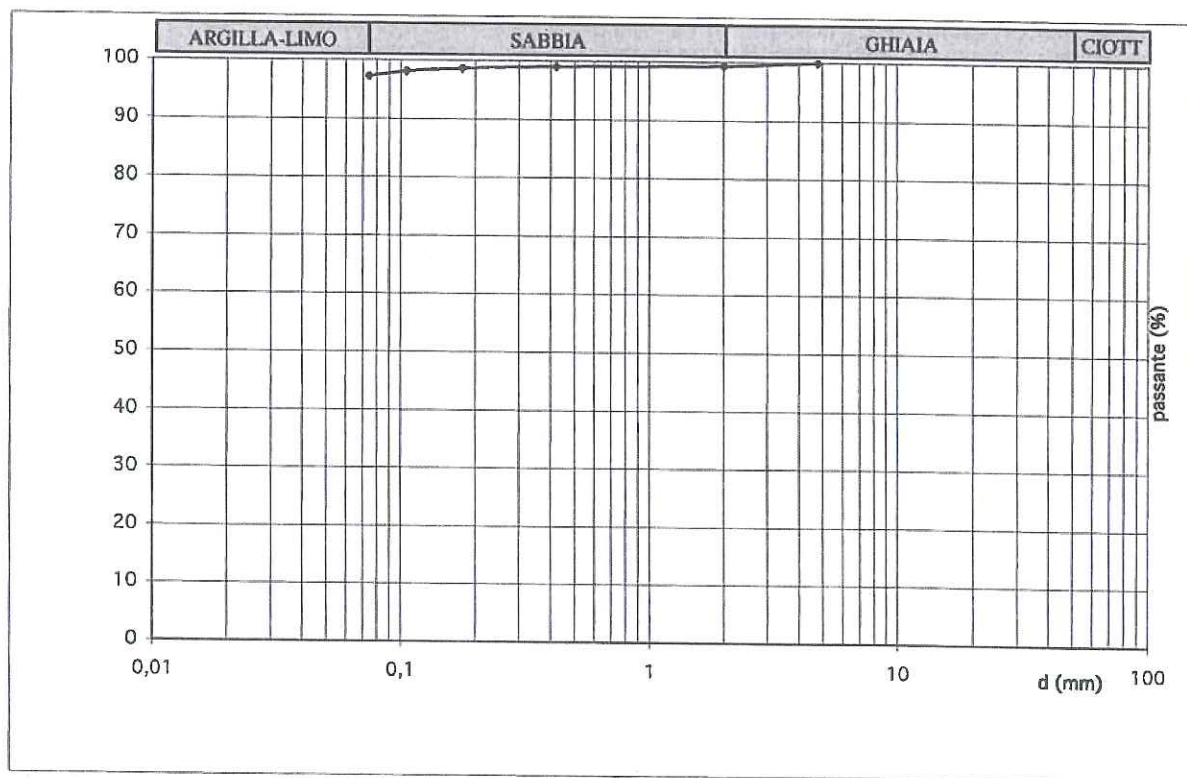
Tipo di prova: per via umida

Umidità (%) : 23,5

Peso totale del campione (g): 647

Peso secco (g) : 524

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
N4	4,76	0	0,00	100,00
N10	2,00	3	0,57	99,43
N40	0,42	5	0,95	99,05
N80	0,177	7	1,34	98,66
N140	0,105	10	1,91	98,09
N200	0,074	14	2,67	97,33



Lo sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1

Procedura UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005

PO-12a

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 341/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n° : 2

Profondità di prelievo (m) : 10,5-11,0

Data ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 15-04-2014

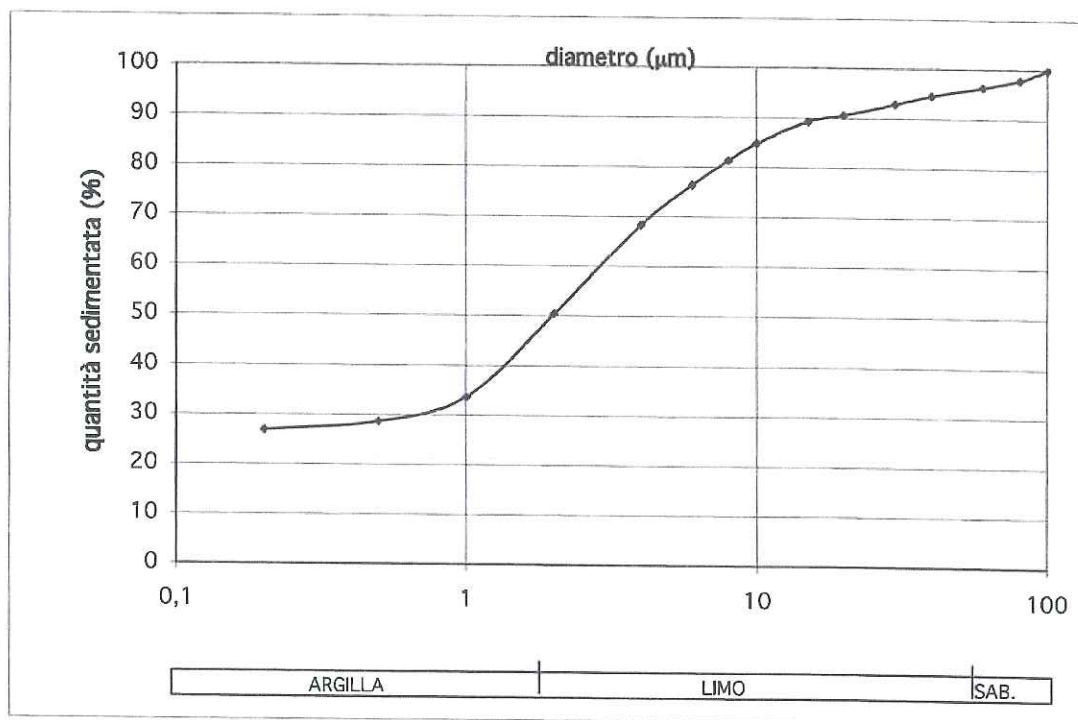
Descrizione del campione : Argilla marnosa di colore grigio

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 21°

Peso specifico dei granuli (kN/m³): 27,23

DIAMETRO (μ m)		QUANTITA' %
0,2	Argilla	26,82
0,5		28,61
1		33,57
2		50,43
4	Limo	68,32
6		76,36
8		81,39
10		84,82
15		89,35
20		90,61
30		92,90
40		94,62
60	Sabbia	96,42
80		97,86
100		100,00



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Pagina 1/1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 342/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 2

Profondità di prelievo (m) : 10,5-11,0

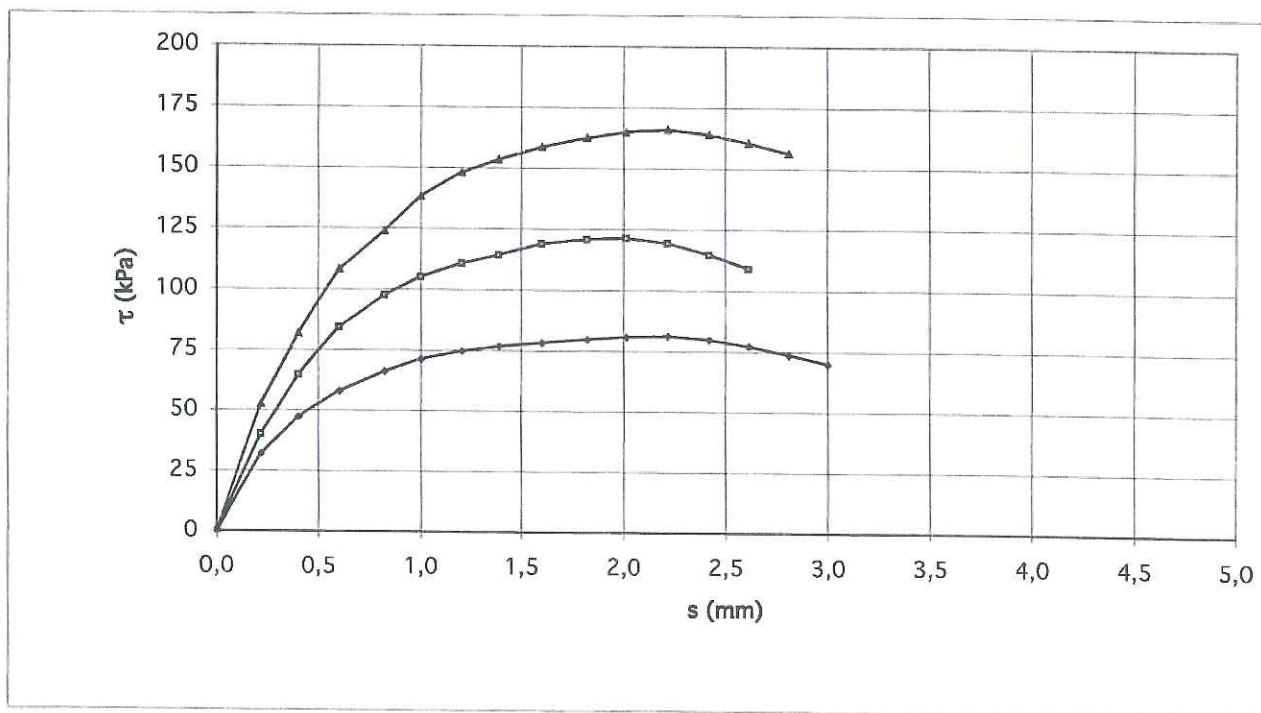
Data ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 11-04-2014

Descrizione del campione : Argilla marnosa di colore grigio

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m ³)	20,24	20,33	20,22
Contenuto naturale d'acqua (%)	23,52	23,52	23,52
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
CARATTERISTICHE DELLA PROVA			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,0010		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		


 Il Sperimentatore
 Dott. Geol. David Severini

 Il Direttore del Laboratorio
 Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 342/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 2

Profondità di prelievo (m) : 10,5-11,0

Data ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 11-04-2014

Descrizione del campione : Argilla marnosa di colore grigio

VALORI DEGLI SFORZI DI TAGLIO

Spostamento s (mm)	Provino 1 τ (kPa)	Provino 2 τ (kPa)	Provino 3 τ (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	32,0	40,0	52,3
0,4	47,2	64,5	81,7
0,6	57,9	84,3	108,1
0,8	66,0	97,5	123,9
1,0	71,1	105,0	138,1
1,2	74,6	110,7	148,2
1,4	76,6	114,2	153,3
1,6	78,2	118,8	158,4
1,8	79,7	120,8	162,4
2,0	80,7	121,4	165,0
2,2	81,1	119,3	165,8
2,4	79,7	114,7	164,0
2,6	77,2	109,1	160,4
2,8	73,6		156,3
3,0	70,0		
3,2			
3,4			
3,6			
3,8			
4,0			
4,2			
4,4			
4,6			
4,8			
5,0			

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David SeveriniIl Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 2/2



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 343/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n° 2

Profondità (m): 10,5-11,0

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data inizio prova: 22-04-2014

Descrizione campione: Argilla marnosa di colore grigio

Tipo prova: Caonsolidata non drenata

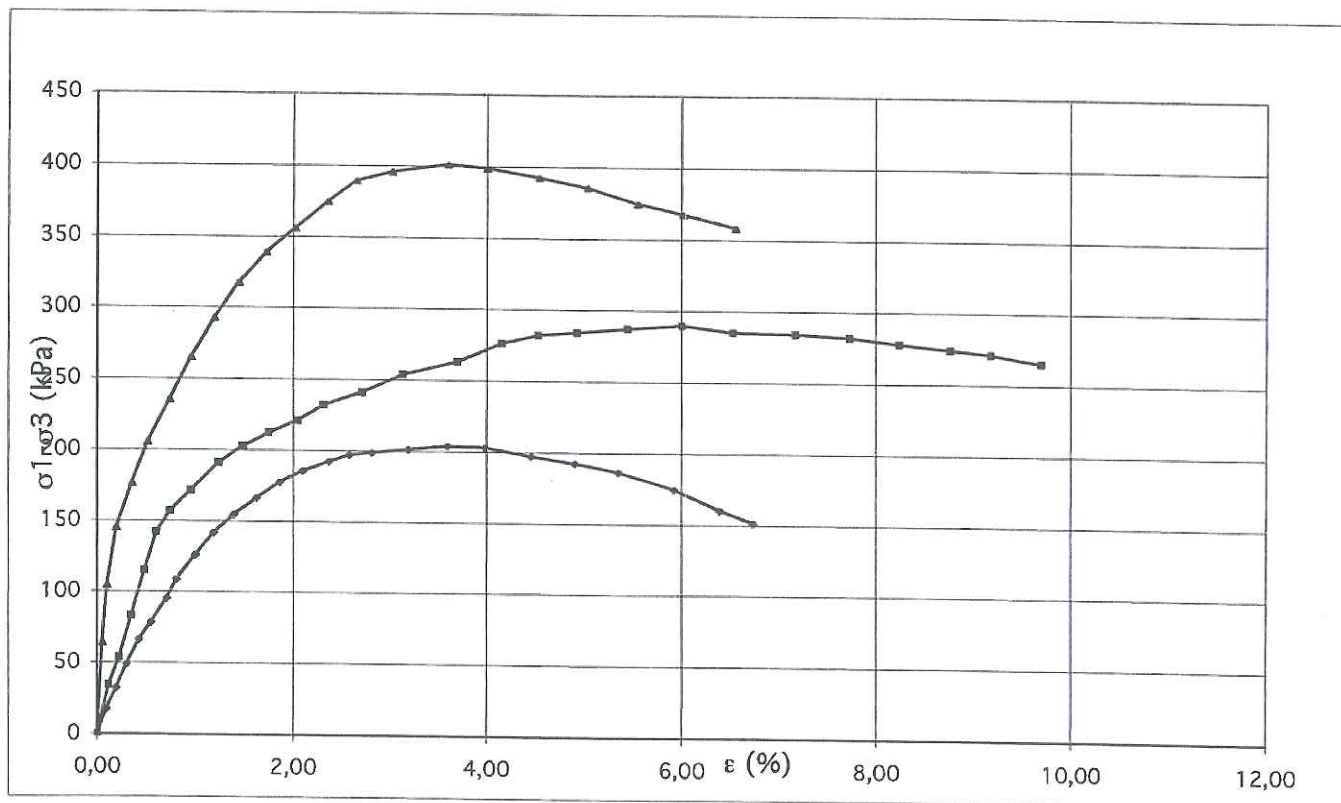
Velocità di prova: 0,01 mm/min

Dati provino

	H in (mm)	A in (cm ²)	γ in (kN/m ³)	γ_d in (kN/cm ³)	W in (%)	W fin (%)	Sr in (%)	Sr fin (%)
Provino 1	76,2	11,4	20,32	16,44	23,60	21,35	97,92	97,38
Provino 2	76,2	11,4	20,29	16,44	23,41	20,11	97,18	98,34
Provino 3	76,2	11,4	20,28	16,44	23,34	21,84	96,87	99,66

Dati rottura

	σ_{1c} (kPa)	σ_{3c} (kPa)	BP (kPa)	ϵ (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	$(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ (kPa)	A (cm ²)
Provino 1	503,60	300,0	41,00	3,59	203,60	160,80	101,80	11,824
Provino 2	689,80	400,0	70,30	6,01	289,80	274,60	144,90	12,128
Provino 3	901,20	500,0	86,40	3,60	401,20	414,20	200,60	11,826



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n° 10324 del 29/10/2012

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

pagina 1/7



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 343/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 2

Profondità (m): 10,5-11,0

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data inizio prova: 22-04-2014

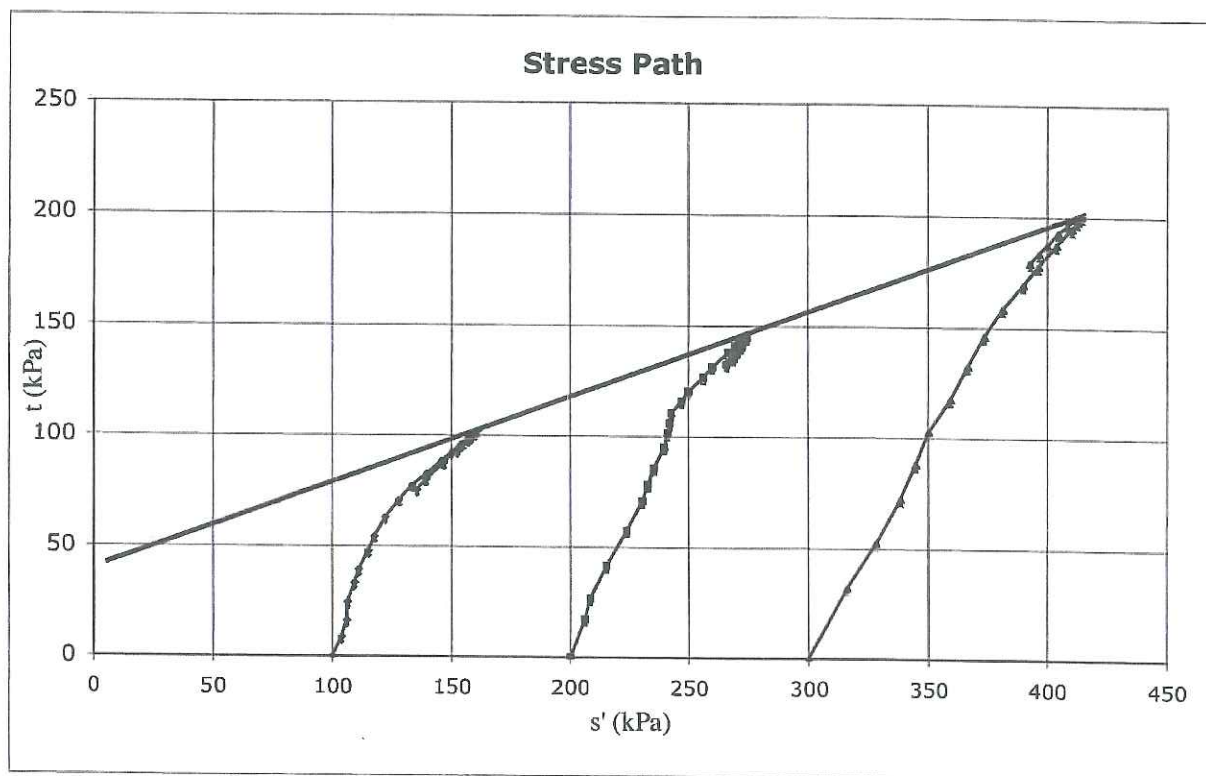
Descrizione campione: Argilla marnosa di colore grigio

Tipo prova: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

Parametro A di Skempton

	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	BP (kPa)	A
Provino 1	203,60	41,00	0,20
Provino 2	289,80	70,30	0,24
Provino 3	401,20	86,40	0,22



ϕ'	c'
23	38

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n° 10324 del 29/10/2012

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

pagina 2/7



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 343/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 2

Profondità (m): 10,5-11,0

Data ricezione campione: 11-04-2014

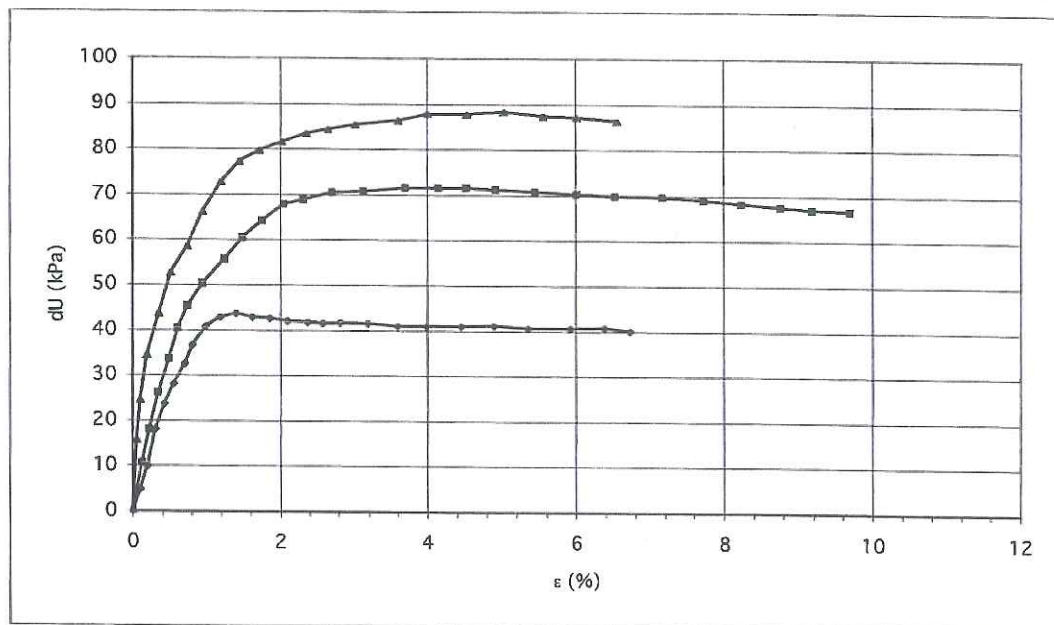
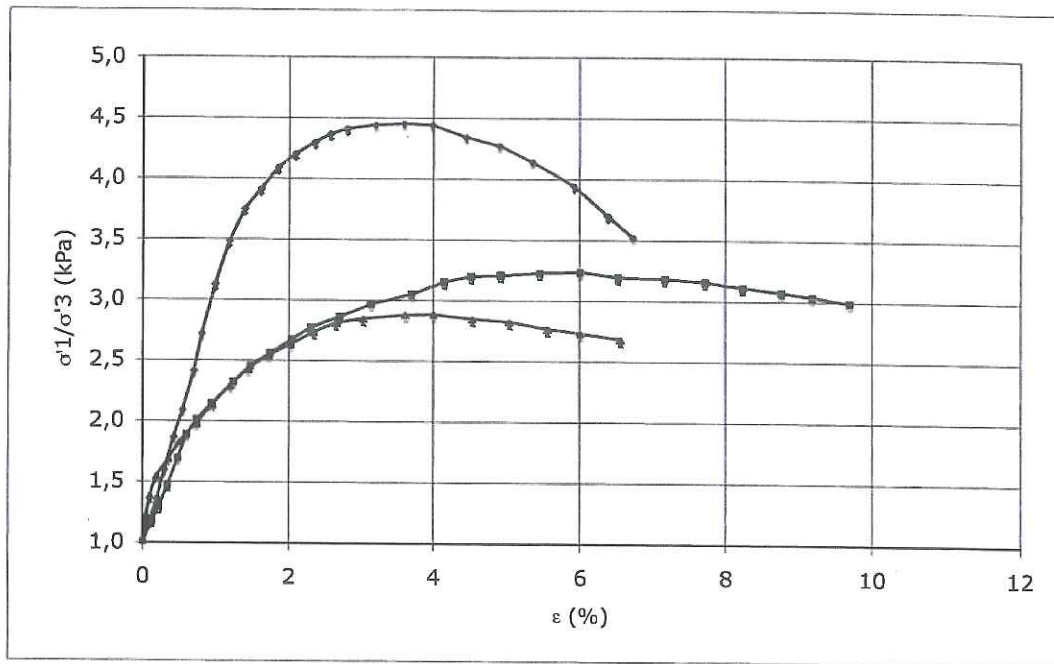
Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 22-04-2014

Tipo prova: Argilla marnosa di colore grigio

Descrizione campione: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 3/7

Procedura ASTM D2850

Mod.0901-04a



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 343/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n°: 2

Profondità (m): 10,5-11,0

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data inizio prova: 22-04-2014

Descrizione campione: Argilla marnosa di colore grigio

Tipo prova: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

PROVINO 1								
Pressione di cella (kPa):			300	Back Pressure (kPa):			200	
n° lettura	δU (kPa)	ϵ (%)	$\sigma'1-\sigma'3$ (kPa)	$\sigma'1$ (kPa)	$\sigma'3$ (kPa)	$\sigma'1/\sigma'3$	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	1,00	0,00	100,00
2	4,70	0,10	17,20	112,50	95,30	1,18	8,60	103,90
3	9,90	0,19	32,00	122,10	90,10	1,36	16,00	106,10
4	18,00	0,30	48,80	130,80	82,00	1,60	24,40	106,40
5	23,70	0,42	66,00	142,30	76,30	1,87	33,00	109,30
6	28,00	0,55	78,40	150,40	72,00	2,09	39,20	111,20
7	32,50	0,71	95,20	162,70	67,50	2,41	47,60	115,10
8	36,70	0,81	108,70	172,00	63,30	2,72	54,35	117,65
9	40,70	0,99	125,90	185,20	59,30	3,12	62,95	122,25
10	42,90	1,19	141,50	198,60	57,10	3,48	70,75	127,85
11	43,70	1,40	154,60	210,90	56,30	3,75	77,30	133,60
12	42,90	1,62	166,10	223,20	57,10	3,91	83,05	140,15
13	42,60	1,86	177,20	234,60	57,40	4,09	88,60	146,00
14	42,10	2,09	185,40	243,30	57,90	4,20	92,70	150,60
15	41,80	2,36	192,00	250,20	58,20	4,30	96,00	154,20
16	41,50	2,58	196,90	255,40	58,50	4,37	98,45	156,95
17	41,70	2,81	198,90	257,20	58,30	4,41	99,45	157,75
18	41,50	3,19	201,40	259,90	58,50	4,44	100,70	159,20
19	41,00	3,59	203,60	262,60	59,00	4,45	101,80	160,80
20	41,00	3,98	203,00	262,00	59,00	4,44	101,50	160,50
21	41,00	4,45	197,20	256,20	59,00	4,34	98,60	157,60
22	41,20	4,90	192,30	251,10	58,80	4,27	96,15	154,95
23	40,60	5,35	186,50	245,90	59,40	4,14	93,25	152,65
24	40,60	5,92	174,90	234,30	59,40	3,94	87,45	146,85
25	40,70	6,38	160,00	219,30	59,30	3,70	80,00	139,30
26	40,10	6,73	151,00	210,90	59,90	3,52	75,50	135,40
27	40,10							
28	40,40							
29	39,80							
30	39,80							
31	39,30							
32	39,30							
33	39,00							
34	39,00							
35	38,70							
36	38,20							

L. Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n° 10324 del 29/10/2012

pagina 4/7



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 343/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n°: 2

Profondità (m): 10,5-11,0

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 22-04-2014

Descrizione campione: Argilla marnosa di colore grigio

Tipo prova: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

PROVINO 2								
Pressione di cella (kPa):			Back Pressure (kPa):					
400			200					
n° lettura	δU (kPa)	ε (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	σ'_1 (kPa)	σ'_3 (kPa)	σ'_1 / σ'_3	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	1,00	0,00	200,00
2	10,70	0,12	34,20	223,50	189,30	1,18	17,10	206,40
3	18,00	0,22	53,40	235,40	182,00	1,29	26,70	208,70
4	26,00	0,34	82,90	256,90	174,00	1,48	41,45	215,45
5	33,60	0,48	115,10	281,50	166,40	1,69	57,55	223,95
6	40,30	0,61	141,80	301,50	159,70	1,89	70,90	230,60
7	45,40	0,74	156,50	311,10	154,60	2,01	78,25	232,85
8	50,30	0,95	171,30	321,00	149,70	2,14	85,65	235,35
9	55,70	1,24	190,60	334,90	144,30	2,32	95,30	239,60
10	60,50	1,48	203,00	342,50	139,50	2,46	101,50	241,00
11	64,10	1,75	212,00	347,90	135,90	2,56	106,00	241,90
12	67,80	2,04	221,00	353,20	132,20	2,67	110,50	242,70
13	68,90	2,31	232,00	363,10	131,10	2,77	116,00	247,10
14	70,50	2,71	241,00	370,50	129,50	2,86	120,50	250,00
15	70,80	3,13	254,00	383,20	129,20	2,97	127,00	256,20
16	71,50	3,70	263,00	391,50	128,50	3,05	131,50	260,00
17	71,50	4,15	276,00	404,50	128,50	3,15	138,00	266,50
18	71,50	4,53	282,00	410,50	128,50	3,19	141,00	269,50
19	71,10	4,92	284,00	412,90	128,90	3,20	142,00	270,90
20	70,80	5,45	287,00	416,20	129,20	3,22	143,50	272,70
21	70,30	6,01	289,80	419,50	129,70	3,23	144,90	274,60
22	69,80	6,53	285,00	415,20	130,20	3,19	142,50	272,70
23	69,70	7,17	284,00	414,30	130,30	3,18	142,00	272,30
24	69,10	7,73	282,00	412,90	130,90	3,15	141,00	271,90
25	68,30	8,24	278,00	409,70	131,70	3,11	139,00	270,70
26	67,50	8,77	274,00	406,50	132,50	3,07	137,00	269,50
27	66,90	9,18	271,00	404,10	133,10	3,04	135,50	268,60
28	66,70	9,70	265,00	398,30	133,30	2,99	132,50	265,80
29	67,00							
30	67,00							
31	66,80							
32	66,70							
33	66,30							
34	65,80							
35	65,50							
36	65,00							

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n° 10324 del 29/10/2012

pagina 5/7

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE



N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 343/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 2

Profondità (m): 10,5-11,0

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 22-04-2014

Tipo prova: Argilla marnosa di colore grigio

Descrizione campione: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

PROVINO 3								
Pressione di cella (kPa):			500		Back Pressure (kPa):		200	
n° lettura	δU (kPa)	ε (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	σ'_1 (kPa)	σ'_3 (kPa)	σ'_1 / σ'_3	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	0,00	0,00	300,00	300,00	1,00	0,00	300,00
2	15,80	0,05	63,80	348,00	284,20	1,22	31,90	316,10
3	24,50	0,10	104,40	379,90	275,50	1,38	52,20	327,70
4	34,40	0,19	145,00	410,60	265,60	1,55	72,50	338,10
5	43,70	0,35	176,50	432,80	256,30	1,69	88,25	344,55
6	52,60	0,51	205,50	452,90	247,40	1,83	102,75	350,15
7	58,40	0,74	235,40	477,00	241,60	1,97	117,70	359,30
8	66,10	0,95	265,20	499,10	233,90	2,13	132,60	366,50
9	72,80	1,19	292,50	519,70	227,20	2,29	146,25	373,45
10	77,40	1,44	317,40	540,00	222,60	2,43	158,70	381,30
11	79,70	1,72	339,00	559,30	220,30	2,54	169,50	389,80
12	81,60	2,02	355,50	573,90	218,40	2,63	177,75	396,15
13	83,50	2,35	374,60	591,10	216,50	2,73	187,30	403,80
14	84,40	2,65	389,50	605,10	215,60	2,81	194,75	410,35
15	85,50	3,02	395,90	610,40	214,50	2,85	197,95	412,45
16	86,40	3,60	401,20	614,80	213,60	2,88	200,60	414,20
17	87,80	4,00	398,70	610,90	212,20	2,88	199,35	411,55
18	87,80	4,53	392,30	604,50	212,20	2,85	196,15	408,35
19	88,30	5,03	385,80	597,50	211,70	2,82	192,90	404,60
20	87,50	5,55	374,80	587,30	212,50	2,76	187,40	399,90
21	87,20	6,01	367,40	580,20	212,80	2,73	183,70	396,50
22	86,40	6,55	358,20	571,80	213,60	2,68	179,10	392,70
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n° 10324 del 29/10/2012

pagina 6/7

Procedura ASTM D2850

Mod.0901-04a

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE



N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 343/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 2

Profondità (m): 10,5-11,0

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 22-04-2014

Descrizione campione: Argilla marnosa di colore grigio

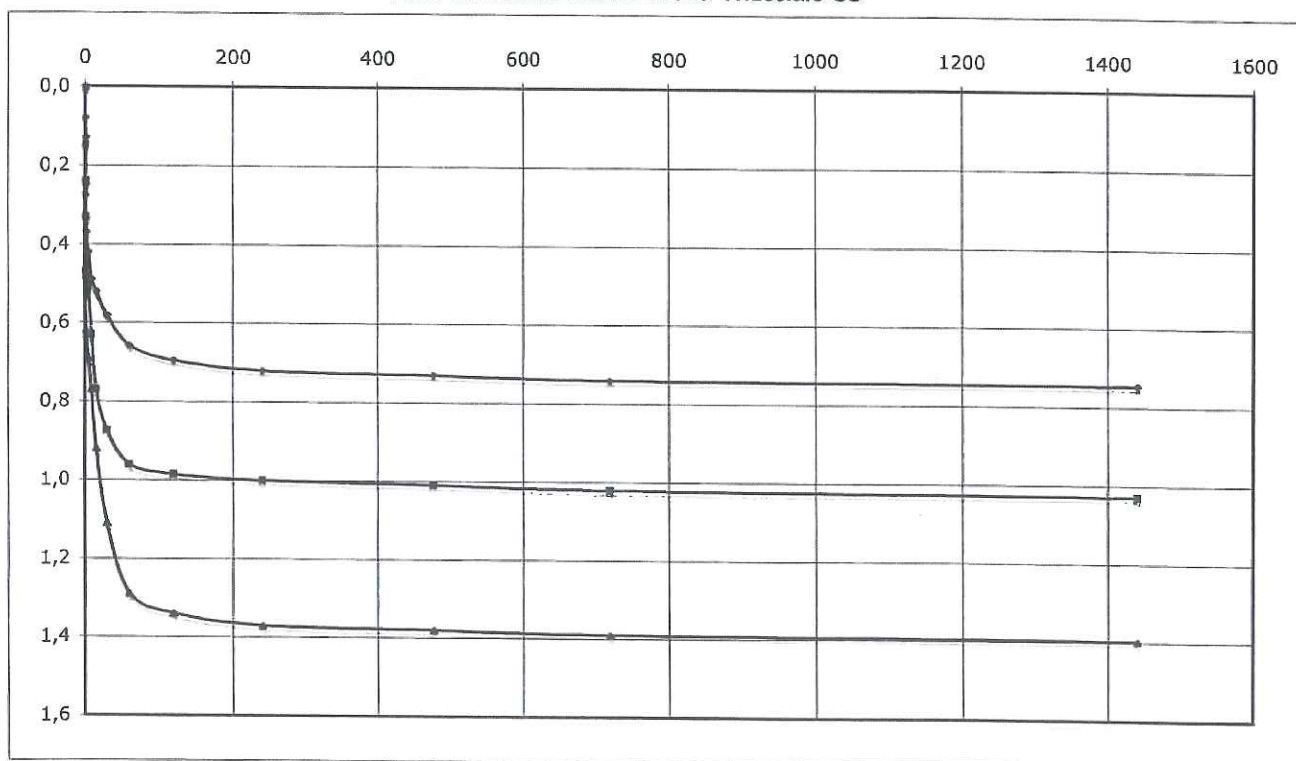
Tipo prova: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

Fase di saturazione Prova Triassiale CU

Pressione di cella	Back Pression	PROVINO 1		PROVINO 2		PROVINO 3	
		ΔU	B	ΔU	B	ΔU	B
(kPa)	(kPa)	(kPa)		(kPa)		(kPa)	
20	-	5,5	0,28	6,4	0,32	6,9	0,35
	50	15,6		18,3		20,7	
60	50	17,7	0,44	20,3	0,51	22,6	0,57
	100	22,3		25,1		27,8	
110	100	25,5	0,51	28,6	0,57	30,6	0,61
	150	31,1		32,4		34,2	
160	150	36,6	0,73	37,8	0,76	40,1	0,80
	200	40,3		42,3		43,2	
210	200	45,2	0,90	46,7	0,93	47,1	0,94

Fase di consolidazione Prova Triassiale CU



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 7/7

Procedura ASTM D2850

Mod.0901-04a

PROVA DI PERMEABILITA' DIRETTA DA EDOMETRICA



N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 344/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 2

Profondità di prelievo (m) : 10,5-11,0

Data ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 14-04-2014

Descrizione del campione : Argilla marnosa di colore grigio

Altezza iniziale del provino	H ₀ (cm)	20
Sezione della buretta graduata	ab (cm ²)	1,13
Sezione del provino	As (cm ²)	20

Carico	Cedimento	Lettura iniziale	Lettura finale	Tempo finale	Permeabilità
kPa	dH (cm)	L ₀ (cm)	L ₁ (cm)	t ₁ (sec)	k (cm/sec)
12,5	0,052	25	24,7	1963	6,93E-06
25	0,084	25	24,7	1832	7,42E-06
50	0,153	25	24,7	1852	7,31E-06
100	0,198	25	24,7	1874	7,21E-06
200	0,327	25	24,7	1829	7,34E-06
400	0,588	25	24,7	1860	7,12E-06
800	1,022	25	24,7	1806	7,17E-06
1600	1,757	25	24,7	1833	6,79E-06

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 1/1



SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

N° D'ORDINE: 33/14
COMMITTENTE: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

LOCALITA': Discarica RSU "Defensola" San Lupo (BN)

SONDAGGIO: 1
CAMPIONE: 3
PROFONDITA': 17,0-17,5
DATA INIZIO: 11-04-2014
DATA FINE: 7-06-2014

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
DENSITA'	γ	20,58	kN/m ³
DENSITA' SECCA	γ_d	16,78	kN/m ³
DENSITA' SATURA	γ_{sat}	20,62	
DENSITA' IMMERSA	γ_i	10,62	kN/m ³
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	27,24	kN/m ³
INDICE DEI VUOTI	e	0,623	
POROSITA'	n	38,40	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	98,92	%
UMIDITA' NATURALE	w	22,64	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL		%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP		%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
QUALITA' DEL CAMPIONE		Q5	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	ϕ'	23	°
COESIONE DRENATA	c'	56,0	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	ϕ_{res}	-	°
COESIONE NON DRENATA	Cu	-	kPa
ANALISI GRANULOMETRICA			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
(% trattenuta al setaccio n°200)	1,22	3,19	95,59
PARTE FINA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
(% passante al setaccio n°200)	1,37	48,64	49,99
GRANULOMETRIA CUMULATIVA			
	GHIAIA	SABBIA	LIMO
	1,22	4,50	46,49
			ARGILLA
			47,79
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

DESCRIZIONE: Argilla marnosa di colore grigio

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 345/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n° : 3

Profondità di prelievo (m) : 17,0-17,5

Ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 12-04-2014

Descrizione del campione : Argilla marnosa di colore grigio

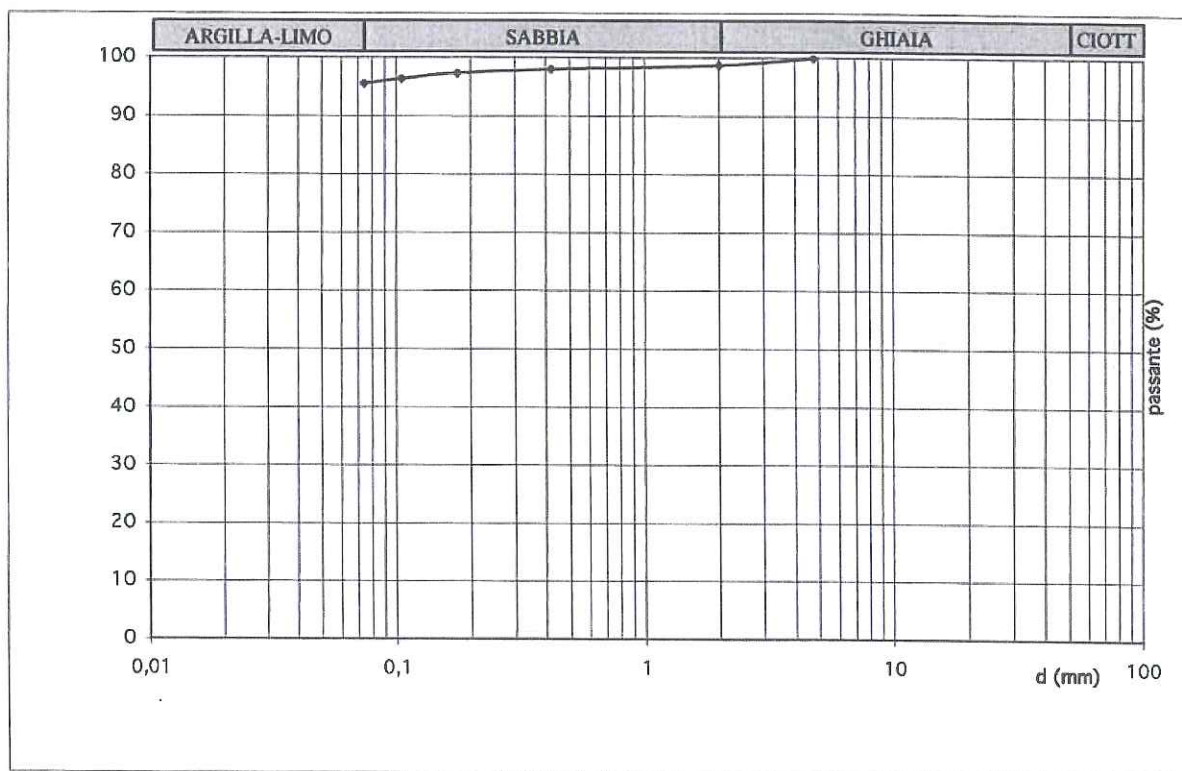
Tipo di prova: per via umida

Umidità (%) : 22,6

Peso totale del campione (g): 501

Peso secco (g) : 409

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
N4	4,76	0	0,00	100,00
N10	2,00	5	1,22	98,78
N40	0,42	8	1,96	98,04
N80	0,177	11	2,69	97,31
N140	0,105	15	3,67	96,33
N200	0,074	18	4,41	95,59



Isperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1

Procedura UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005

PO-12a

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 346/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n° : 3

Profondità di prelievo (m) : 17,0-17,5

Data ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 15-04-2014

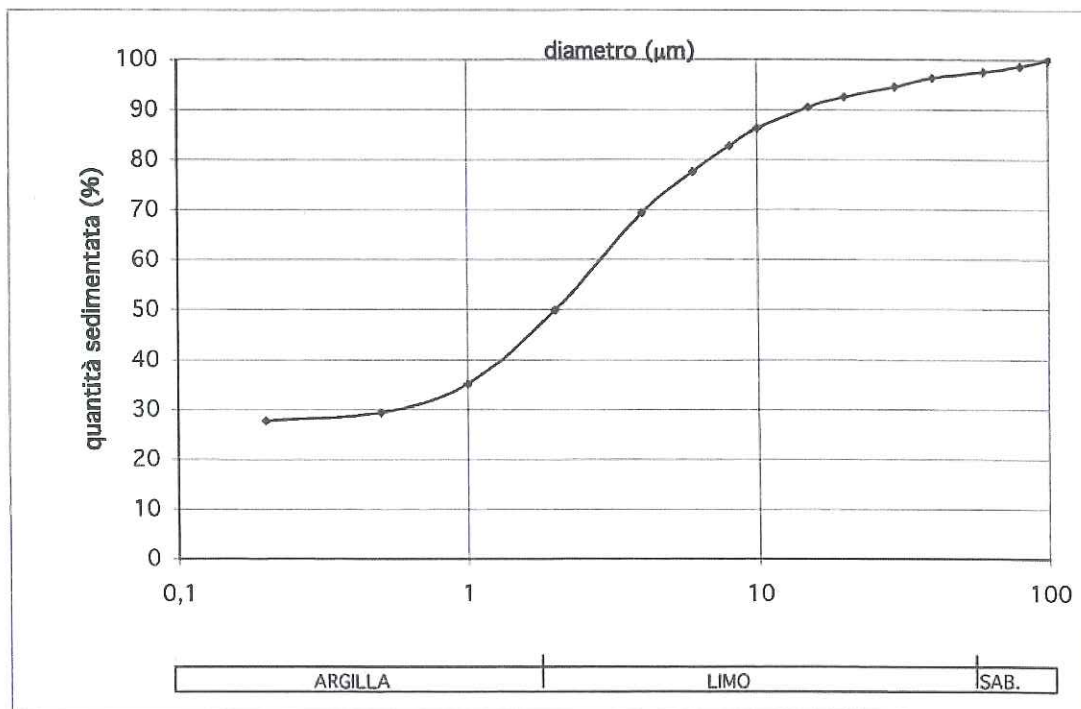
Descrizione del campione : Argilla marnosa di colore grigio

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 21°

Peso specifico dei granuli (kN/m³): 27,24

DIAMETRO (μm)		QUANTITA' %
0,2	Argilla	27,73
0,5		29,31
1		35,17
2		49,99
4	Limo	69,42
6		77,65
8		82,83
10		86,25
15		90,51
20		92,56
30		94,62
40		96,43
60	Sabbia	97,57
80		98,63
100		100,00



Il Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Pagina 1/1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 347/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 3

Profondità di prelievo (m) : 17,0-17,5

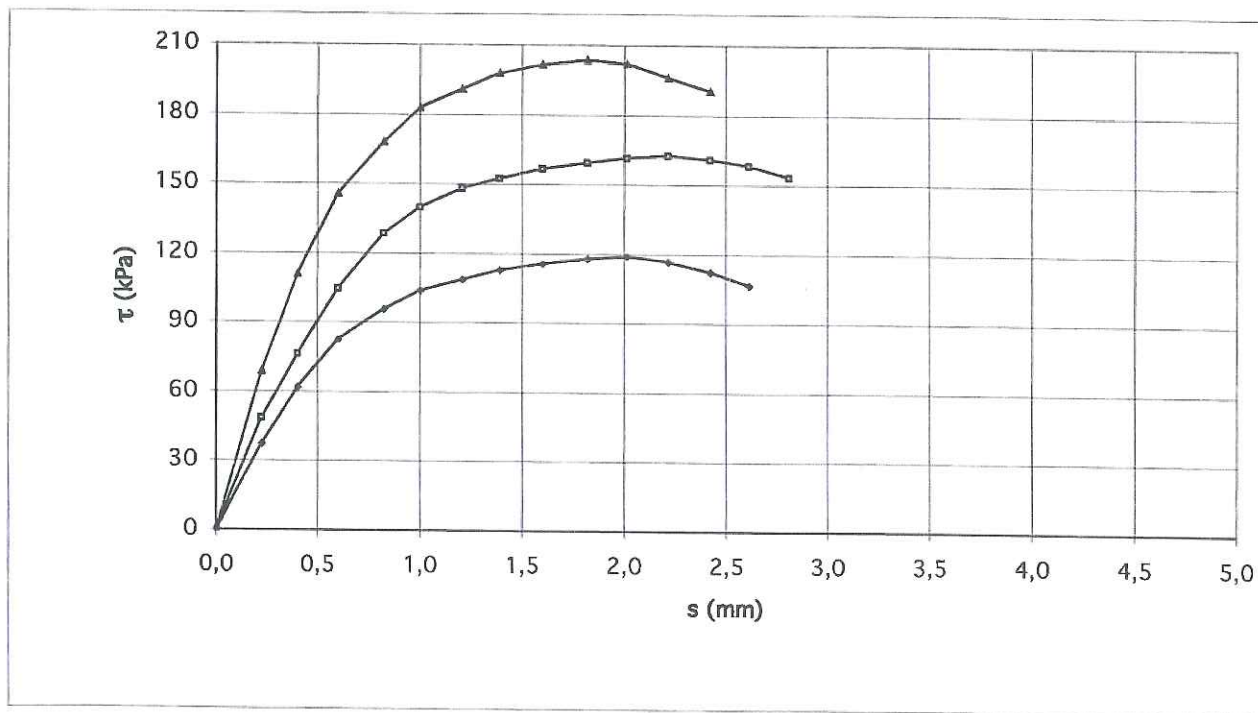
Data ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 11-04-2014

Descrizione del campione : Argilla marnosa di colore grigio

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m ³)	20,66	20,60	20,63
Contenuto naturale d'acqua (%)	22,64	22,64	22,64
Pressione verticale (kPa)	150	250	350
CARATTERISTICHE DELLA PROVA			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,0010		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		


 Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. David Severini

 Il Direttore del Laboratorio
 Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 347/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 3

Profondità di prelievo (m) : 17,0-17,5

Data ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 11-04-2014

Descrizione del campione : Argilla marnosa di colore grigio

VALORI DEGLI SFORZI DI TAGLIO

Spostamento s (mm)	Provino 1 τ (kPa)	Provino 2 τ (kPa)	Provino 3 τ (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	37,3	48,5	68,8
0,4	61,8	76,2	110,9
0,6	82,6	104,5	145,5
0,8	95,9	128,5	167,9
1,0	103,9	140,0	182,8
1,2	108,7	148,2	190,8
1,4	113,0	152,4	197,7
1,6	115,7	156,7	201,5
1,8	117,8	159,4	203,6
2,0	118,8	161,5	202,0
2,2	116,7	162,4	196,1
2,4	112,5	161,0	190,3
2,6	106,6	158,3	
2,8		153,5	
3,0			
3,2			
3,4			
3,6			
3,8			
4,0			
4,2			
4,4			
4,6			
4,8			
5,0			

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David SeveriniIl Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 2/2



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 348/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n° 3

Profondità (m): 17,0-17,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data inizio prova: 28-04-2014

Descrizione campione: Argilla marnosa di colore grigio

Tipo prova: Caonsolidata non drenata

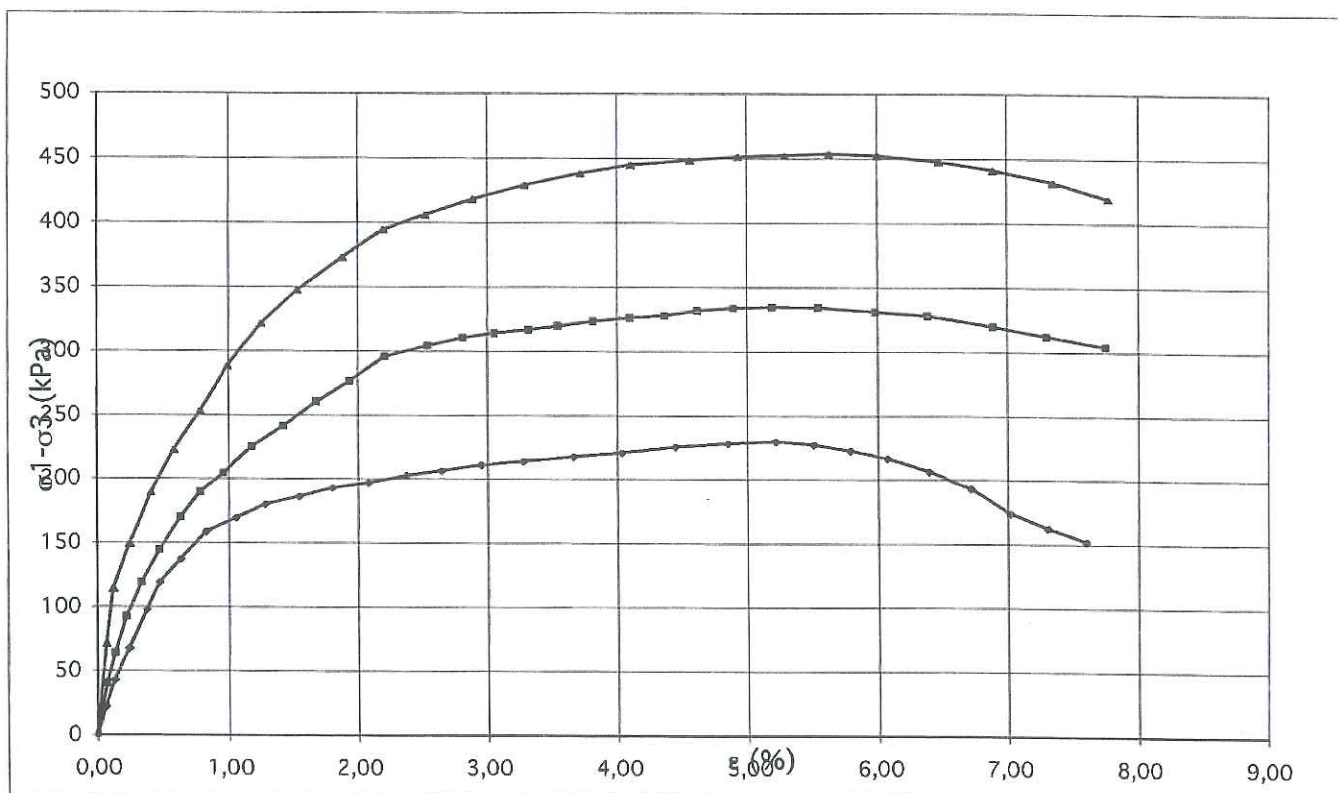
Velocità di prova: 0,01 mm/min

Dati provino

	H in (mm)	A in (cm ²)	γ in (kN/m ³)	γ_d in (kN/cm ³)	W in (%)	W fin (%)	Sr in (%)	Sr fin (%)
Provino 1	76,2	11,4	20,66	16,90	22,28	20,29	99,25	104,77
Provino 2	76,2	11,4	20,64	16,90	22,09	18,88	98,47	98,51
Provino 3	76,2	11,4	20,63	16,90	22,02	20,09	98,16	105,08

Dati rottura

	σ_{1c} (kPa)	σ_{3c} (kPa)	BP (kPa)	ε (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	$(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ (kPa)	$(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$ (kPa)	A (cm ²)
Provino 1	529,70	300,0	41,00	5,21	229,70	173,65	114,85	12,027
Provino 2	734,10	400,0	70,30	5,54	334,10	299,55	167,05	12,069
Provino 3	953,70	500,0	86,40	5,63	453,70	439,65	226,85	12,080



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 1/7



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 348/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 3

Profondità (m): 17,0-17,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data inizio prova: 28-04-2014

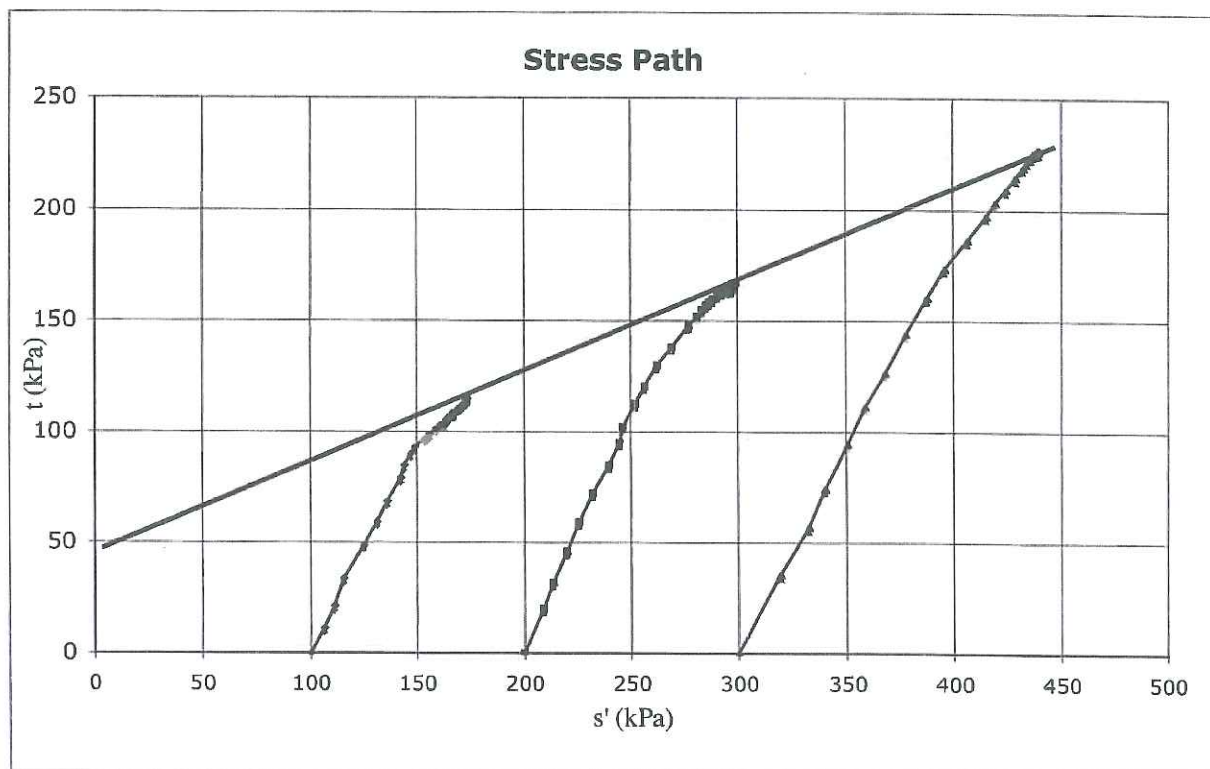
Descrizione campione: Argilla marnosa di colore grigio

Tipo prova: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

Parametro A di Skempton

	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	BP (kPa)	A
Provino 1	229,70	41,00	0,18
Provino 2	334,10	70,30	0,21
Provino 3	453,70	86,40	0,19



ϕ'	c'
23	53

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n° 10324 del 29/10/2012

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

pagina 2/7



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 348/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 3

Profondità (m): 17,0-17,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

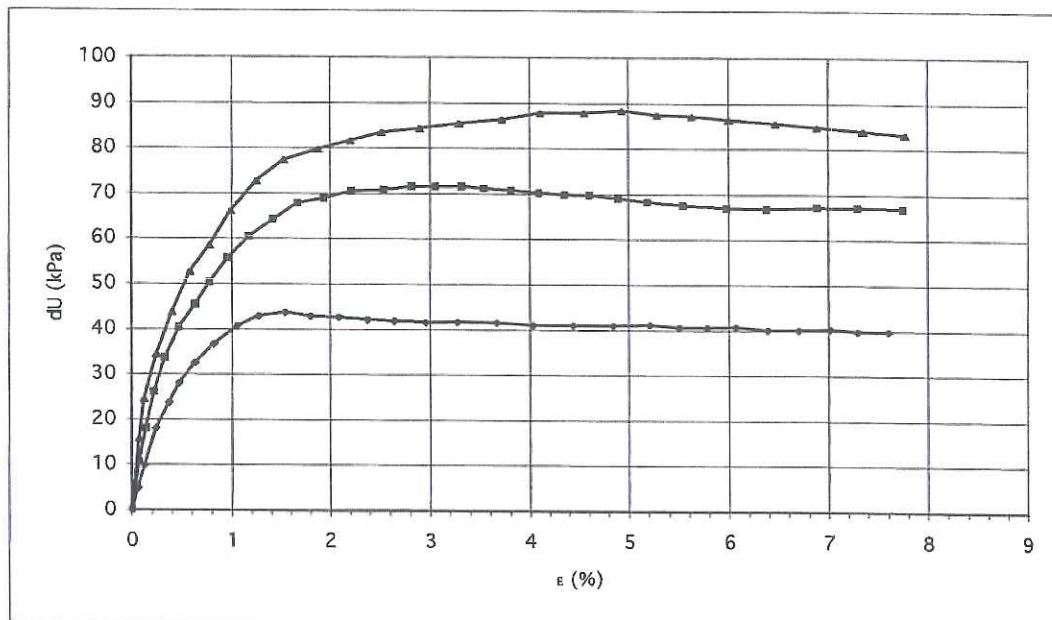
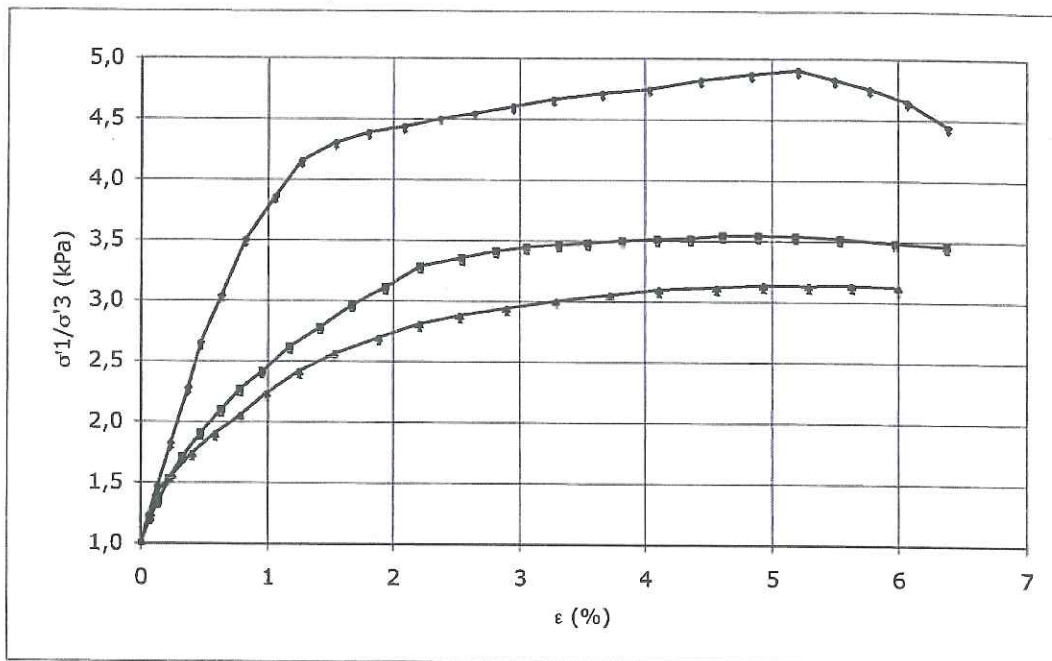
Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 28-04-2014

Tipo prova: Argilla marnosa di colore grigio

Descrizione campione: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 348/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: 1

Campione n°: 3

Profondità (m): 17,0-17,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data inizio prova: 28-04-2014

Descrizione campione: Argilla marnosa di colore grigio

Tipo prova: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

PROVINO 1								
Pressione di cella (kPa):			300		Back Pressure (kPa):		200	
n°lettura	δU (kPa)	ε (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	σ'_1 (kPa)	σ'_3 (kPa)	σ'_1 / σ'_3	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	1,00	0,00	100,00
2	4,70	0,06	22,10	117,40	95,30	1,23	11,05	106,35
3	9,90	0,13	42,40	132,50	90,10	1,47	21,20	111,30
4	18,00	0,24	67,20	149,20	82,00	1,82	33,60	115,60
5	23,70	0,37	97,60	173,90	76,30	2,28	48,80	125,10
6	28,00	0,47	118,80	190,80	72,00	2,65	59,40	131,40
7	32,50	0,63	137,20	204,70	67,50	3,03	68,60	136,10
8	36,70	0,82	158,40	221,70	63,30	3,50	79,20	142,50
9	40,70	1,06	169,40	228,70	59,30	3,86	84,70	144,00
10	42,90	1,28	180,00	237,10	57,10	4,15	90,00	147,10
11	43,70	1,54	186,00	242,30	56,30	4,30	93,00	149,30
12	42,90	1,80	193,40	250,50	57,10	4,39	96,70	153,80
13	42,60	2,08	197,10	254,50	57,40	4,43	98,55	155,95
14	42,10	2,37	202,60	260,50	57,90	4,50	101,30	159,20
15	41,80	2,64	206,30	264,50	58,20	4,54	103,15	161,35
16	41,50	2,95	210,90	269,40	58,50	4,61	105,45	163,95
17	41,70	3,27	213,60	271,90	58,30	4,66	106,80	165,10
18	41,50	3,66	217,30	275,80	58,50	4,71	108,65	167,15
19	41,00	4,03	221,00	280,00	59,00	4,75	110,50	169,50
20	41,00	4,44	225,60	284,60	59,00	4,82	112,80	171,80
21	41,00	4,84	228,40	287,40	59,00	4,87	114,20	173,20
22	41,20	5,21	229,70	288,50	58,80	4,91	114,85	173,65
23	40,60	5,50	227,40	286,80	59,40	4,83	113,70	173,10
24	40,60	5,78	222,80	282,20	59,40	4,75	111,40	170,80
25	40,70	6,07	216,40	275,70	59,30	4,65	108,20	167,50
26	40,10	6,39	206,30	266,20	59,90	4,44	103,15	163,05
27	40,10	6,70	193,40	253,30	59,90	4,23	96,70	156,60
28	40,40	7,02	174,00	233,60	59,60	3,92	87,00	146,60
29	39,80	7,30	162,10	222,30	60,20	3,69	81,05	141,25
30	39,80	7,60	151,90	212,10	60,20	3,52	75,95	136,15
31	39,30							
32	39,30							
33	39,00							
34	39,00							
35	38,70							
36	38,20							

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 4/7



PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 348/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n°: I

Campione n°: 3

Profondità (m): 17,0-17,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 28-04-2014

Descrizione campione: Argilla marnosa di colore grigio

Tipo prova: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

PROVINO 2								
Pressione di cella (kPa):			400		Back Pressure (kPa):		200	
n°lettura	δU (kPa)	ϵ (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	σ_1 (kPa)	σ_3 (kPa)	σ_1/σ_3	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	1,00	0,00	200,00
2	10,70	0,07	40,00	229,30	189,30	1,21	20,00	209,30
3	18,00	0,14	63,50	245,50	182,00	1,35	31,75	213,75
4	26,00	0,22	92,10	266,10	174,00	1,53	46,05	220,05
5	33,60	0,33	118,80	285,20	166,40	1,71	59,40	225,80
6	40,30	0,47	144,60	304,30	159,70	1,91	72,30	232,00
7	45,40	0,63	170,00	324,60	154,60	2,10	85,00	239,60
8	50,30	0,78	190,00	339,70	149,70	2,27	95,00	244,70
9	55,70	0,96	204,40	348,70	144,30	2,42	102,20	246,50
10	60,50	1,18	225,60	365,10	139,50	2,62	112,80	252,30
11	64,10	1,42	241,30	377,20	135,90	2,78	120,65	256,55
12	67,80	1,67	260,00	392,20	132,20	2,97	130,00	262,20
13	68,90	1,94	276,20	407,30	131,10	3,11	138,10	269,20
14	70,50	2,21	295,60	425,10	129,50	3,28	147,80	277,30
15	70,80	2,54	304,00	433,20	129,20	3,35	152,00	281,20
16	71,50	2,81	310,00	438,50	128,50	3,41	155,00	283,50
17	71,50	3,06	314,00	442,50	128,50	3,44	157,00	285,50
18	71,50	3,32	316,80	445,30	128,50	3,47	158,40	286,90
19	71,10	3,55	319,50	448,40	128,90	3,48	159,75	288,65
20	70,80	3,82	323,20	452,40	129,20	3,50	161,60	290,80
21	70,30	4,10	326,00	455,70	129,70	3,51	163,00	292,70
22	69,80	4,36	327,80	458,00	130,20	3,52	163,90	294,10
23	69,70	4,61	331,50	461,80	130,30	3,54	165,75	296,05
24	69,10	4,89	333,30	464,20	130,90	3,55	166,65	297,55
25	68,30	5,19	334,30	466,00	131,70	3,54	167,15	298,85
26	67,50	5,54	334,10	466,60	132,50	3,52	167,05	299,55
27	66,90	5,98	330,60	463,70	133,10	3,48	165,30	298,40
28	66,70	6,38	327,80	461,10	133,30	3,46	163,90	297,20
29	67,00	6,89	319,50	452,50	133,00	3,40	159,75	292,75
30	67,00	7,30	312,20	445,20	133,00	3,35	156,10	289,10
31	66,80	7,75	303,90	437,10	133,20	3,28	151,95	285,15
32	66,70							
33	66,30							
34	65,80							
35	65,50							
36	65,00							

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 5/7

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE



N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 348/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 3

Profondità (m): 17,0-17,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 28-04-2014

Tipo prova: Argilla marnosa di colore grigio

Descrizione campione: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

PROVINO 3								
Pressione di cella (kPa):			500		Back Pressure (kPa):		200	
n° lettura	δU (kPa)	ϵ (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	σ'_1 (kPa)	σ'_3 (kPa)	σ'_1 / σ'_3	t (kPa)	s' (kPa)
1	0,00	0,00	0,00	300,00	300,00	1,00	0,00	300,00
2	15,80	0,07	70,90	355,10	284,20	1,25	35,45	319,65
3	24,50	0,12	114,20	389,70	275,50	1,41	57,10	332,60
4	34,40	0,24	149,20	414,80	265,60	1,56	74,60	340,20
5	43,70	0,40	188,80	445,10	256,30	1,74	94,40	350,70
6	52,60	0,58	222,80	470,20	247,40	1,90	111,40	358,80
7	58,40	0,78	253,20	494,80	241,60	2,05	126,60	368,20
8	66,10	0,99	288,20	522,10	233,90	2,23	144,10	378,00
9	72,80	1,25	321,40	548,60	227,20	2,41	160,70	387,90
10	77,40	1,53	347,10	569,70	222,60	2,56	173,55	396,15
11	79,70	1,88	372,90	593,20	220,30	2,69	186,45	406,75
12	81,60	2,20	394,10	612,50	218,40	2,80	197,05	415,45
13	83,50	2,52	406,10	622,60	216,50	2,88	203,05	419,55
14	84,40	2,89	418,00	633,60	215,60	2,94	209,00	424,60
15	85,50	3,29	429,10	643,60	214,50	3,00	214,55	429,05
16	86,40	3,72	438,30	651,90	213,60	3,05	219,15	432,75
17	87,80	4,11	444,80	657,00	212,20	3,10	222,40	434,60
18	87,80	4,56	448,40	660,60	212,20	3,11	224,20	436,40
19	88,30	4,93	451,20	662,90	211,70	3,13	225,60	437,30
20	87,50	5,29	452,10	664,60	212,50	3,13	226,05	438,55
21	87,20	5,63	453,70	666,50	212,80	3,13	226,85	439,65
22	86,40	6,00	452,10	665,70	213,60	3,12	226,05	439,65
23	85,60	6,47	447,50	661,90	214,40	3,09	223,75	438,15
24	84,80	6,89	441,10	656,30	215,20	3,05	220,55	435,75
25	84,00	7,35	431,90	647,90	216,00	3,00	215,95	431,95
26	83,20	7,77	419,00	635,80	216,80	2,93	209,50	426,30
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE



N° D'ordine: 33/14

N° Certificato: 348/14

Indagine: Bonifica discarica RSU

Committente: Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località: Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° 1

Campione n° 3

Profondità (m): 17,0-17,5

Data ricezione campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-4-2014

Data inizio prova: 28-04-2014

Descrizione campione: Argilla marnosa di colore grigio

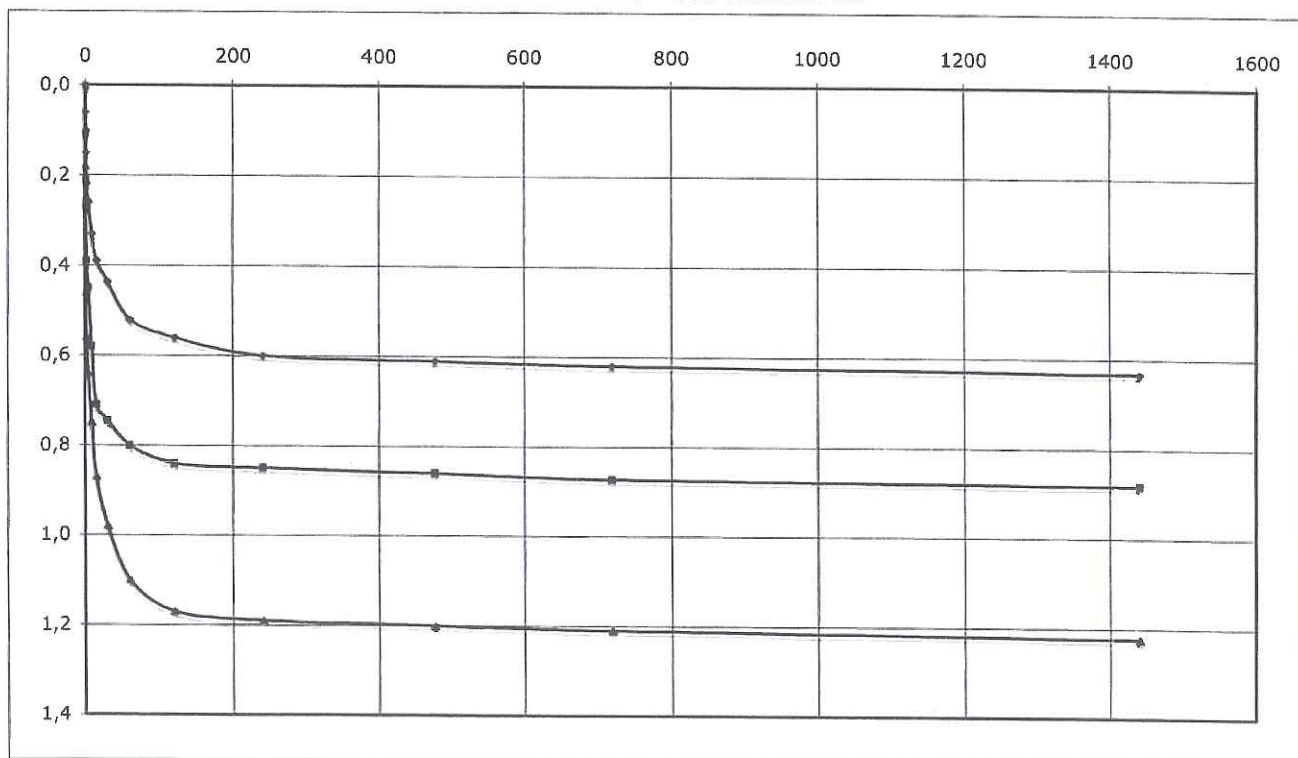
Tipo prova: Caonsolidata non drenata

Velocità di prova: 0,01 mm/min

Fase di saturazione Prova Triassiale CU

Pressione di cella	Back Pression	PROVINO 1		PROVINO 2		PROVINO 3	
(kPa)	(kPa)	ΔU	B	ΔU	B	ΔU	B
20	-	5,8	0,29	6,8	0,34	7,3	0,37
	50	15,8		18,6		21,4	
60	50	17,9	0,45	20,5	0,51	23,1	0,58
	100	22,6		25,7		28,3	
110	100	25,8	0,52	28,8	0,58	30,9	0,62
	150	31,6		32,9		34,6	
160	150	37,2	0,74	38,3	0,77	40,8	0,82
	200	40,8		42,6		43,5	
210	200	45,5	0,91	47,2	0,94	47,6	0,95

Fase di consolidazione Prova Triassiale CU



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

PROVA DI PERMEABILITA' DIRETTA DA EDOMETRICA



N. d'Ordine : 33/14

N. Certificato : 349/14

Indagine : Bonifica discarica RSU

Committente : Dott. Geol. Gerardo Cipriano

Località : Defensola - Via Cantone San Lupo (BN)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 3

Profondità di prelievo (m) : 17,0-17,5

Data ricevimento campione: 11-04-2014

Data apertura campione: 11-04-2014

Data esecuzione prova: 14-04-2014

Descrizione del campione : Argilla marnosa di colore grigio

Altezza iniziale del provino	H ₀ (cm)	20
Sezione della buretta graduata	ab (cm ²)	1,13
Sezione del provino	As (cm ²)	20

Carico	Cedimento	Lettura iniziale	Lettura finale	Tempo finale	Permeabilità
kPa	dH (cm)	L ₀ (cm)	L ₁ (cm)	t ₁ (sec)	k (cm/sec)
12,5	0,038	25	24,7	2015	6,76E-06
25	0,068	25	24,7	1713	7,94E-06
50	0,107	25	24,7	1721	7,88E-06
100	0,182	25	24,7	1755	7,70E-06
200	0,292	25	24,7	1727	7,78E-06
400	0,512	25	24,7	1786	7,44E-06
800	0,939	25	24,7	1759	7,39E-06
1600	1,724	25	24,7	1963	6,35E-06

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 1/1



INDAGINE DI SISMICA PASSIVA

DATA DI PROVA : 10/10/2016

COMMITTENTE: SICURBAU Via Rivolta s.n.c. 82030 Torrecuso (BN) P. IVA: 02477240218

CANTIERE: Studio geologico-tecnico e simico per la bonifica e la messa in sicurezza permanente dell'area discarica RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN). Foglio di mappa n° 15 Particella N° 215 - Codice SITO 2063C001
Procedura d'infrazione n. 2003/2077 – POR Campania FESR 2007/2013 DGR N. 175 del 03/06/2013 (BURC N. 49 DEL 09/09/2013) – Programmazione interventi a valere sull' Obiettivo Operativo 1.2 - ATTIVITA' A) E B). PROPOSTA ATTUAZIONE PIANO REGIONALE DI BONIFICA (ANAGRAFE DEI SITI INQUINATI)

GEOCONSULTLAB S.r.l.

Lo Sperimentatore
dott.ssa geol. Simona Russo

Il Direttore
dott. geol. Nicola Polzone





INDAGINE DI SISMICA PASSIVA

Introduzione

Nell'ambito del progetto di indagini sono state eseguite delle misure sismiche per la stima della velocità delle onde di taglio dall'analisi ed inversione della dispersione delle onde di Rayleigh e Love.

Le onde di superficie possono essere utilizzate per determinare la velocità delle onde di taglio dei suoli non consolidati e dei materiali più rigidi come le rocce. Queste onde in genere si propagano con velocità tipiche dei materiali superficiali e ultimamente sono sempre più utilizzate nella definizione delle proprietà elastiche ed anelastiche dei terreni e per determinare la rigidità dei materiali.

I metodi che utilizzano le onde di superficie hanno il vantaggio di considerare un'area del sito abbastanza vasta e soggetta a livelli di deformazione, principalmente dovuti alle onde sismiche che si propagano nel mezzo, molto bassi. La rigidità del terreno dipende essenzialmente dal livello di deformazione. Nelle prove di laboratorio (i.e. prove triassiali) i livelli di deformazione utilizzati per stimare la rigidità dei campioni sono molto più alti di quelli normalmente presenti nel terreno quando si propagano onde sismiche .

Si è anche osservato che la rigidità aumenta al decrescere del livello di deformazione ed è ormai generalmente accettato il fatto che le deformazioni del terreno associate con la maggior parte dei problemi connessi all'interazione suolo-struttura hanno bassi valori percentuali (0.1%). Per questo motivo la classificazione dei suoli sulla base dei metodi che utilizzano le onde di superficie rappresenta oramai lo stato dell'arte.



Acquisizione dei dati

Per la misura della velocità delle onde S, la tecnica utilizzata in questo studio impiega l'analisi delle onde di superficie su registrazioni effettuate lungo uno stendimento di 24 stazioni sismiche ad ampia dinamica (24 bit) collegate da canali di trasmissione dati. Per ogni stazione sismica sono utilizzati sensori a 4.5 Hz. I sensori sono posti a distanze di 2 m l'uno dall'altro. I punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 5,0 e 7,0 m dal geofono n° 1. La scelta dei due scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software winMASW consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio). Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta



necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (search space) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.

Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

Procedura di inversione

Per il sito considerato abbiamo invertito simultaneamente la velocità di fase del modo fondamentale delle onde di Rayleigh e di Love utilizzando una tecnica derivata da Nolet, (1981) e Herrmann (2002).

Come modello di partenza nell'inversione abbiamo usato i dati relativi all'analisi semplificata di sismica a rifrazione S effettuata sulla componente trasversale del moto. Abbiamo utilizzato una tecnica lineare di inversione generando però con diverse parametrizzazioni della struttura di partenza diverse soluzioni (profili di velocità S) in grado di produrre curve di dispersione molto simili a quelle osservate. E' importante sottolineare che l'inversione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love non restituisce un unico modello di velocità. I metodi come quello qui utilizzato hanno lo svantaggio di convergere verso un unico minimo relativo (metodo ai minimi quadrati). Per ovviare a questo in genere si utilizzano diversi modelli di partenza e si scelgono solitamente i modelli finali più semplici, dove esiste in genere un aumento della velocità con la profondità. Esiste

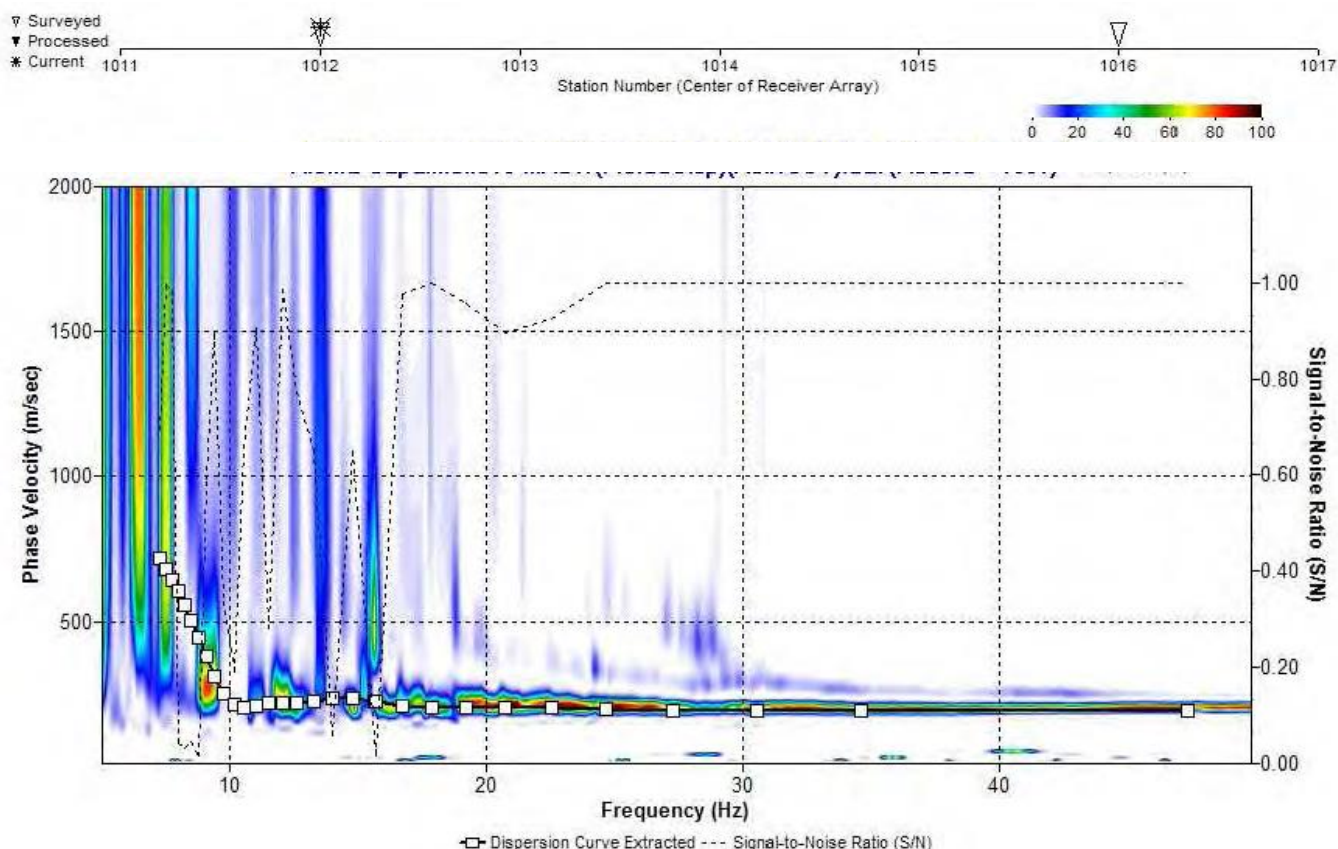


comunque una certa ambiguità perché le soluzioni possono essere molteplici e diverse tra loro.

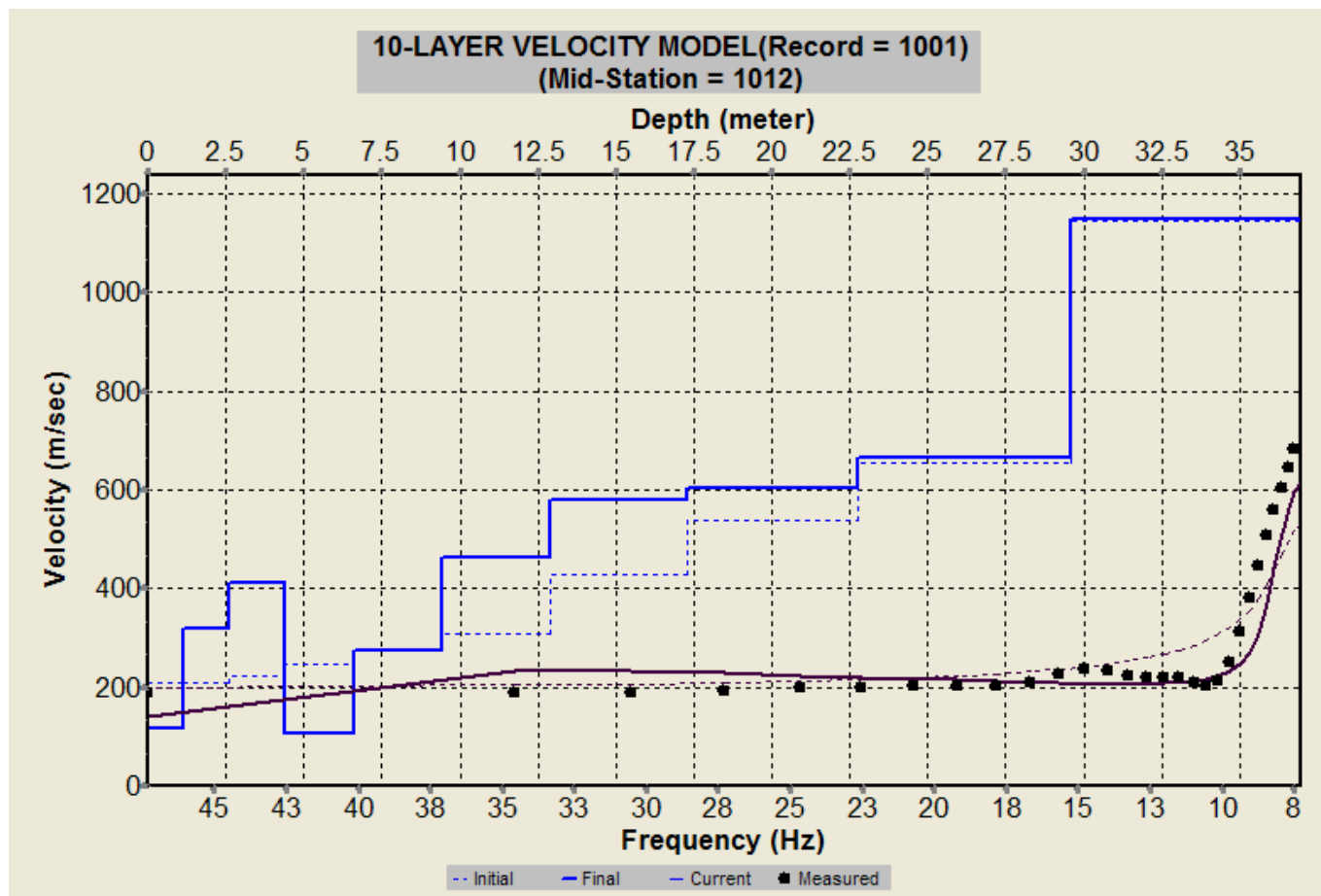
Per scegliere quindi i modelli finali che di seguito saranno presentati abbiamo scartato tutti i modelli che non erano in grado di generare le frequenze di risonanza osservate nei rapporti spettrali H/V del rumore ambientale. Nel nostro studio i profili di velocità S ottenuti dall'inversione delle proprietà di dispersione delle onde di Rayleigh e Love sono in accordo con i dati con i rapporti spettrali H/V misurati nel sito interessato. Questo rende più attendibile la soluzione ottenuta attraverso il processo di inversione in quanto si riesce ad eliminare ogni ambiguità relativa ai problemi di "tradeoff" tra profondità e velocità che sono ben conosciuti quando si utilizzano solamente le onde di superficie. Utilizzando i tempi di arrivo S e la frequenza di risonanza fondamentale si riesce in questo modo a vincolare la profondità dove esista un contrasto di velocità.



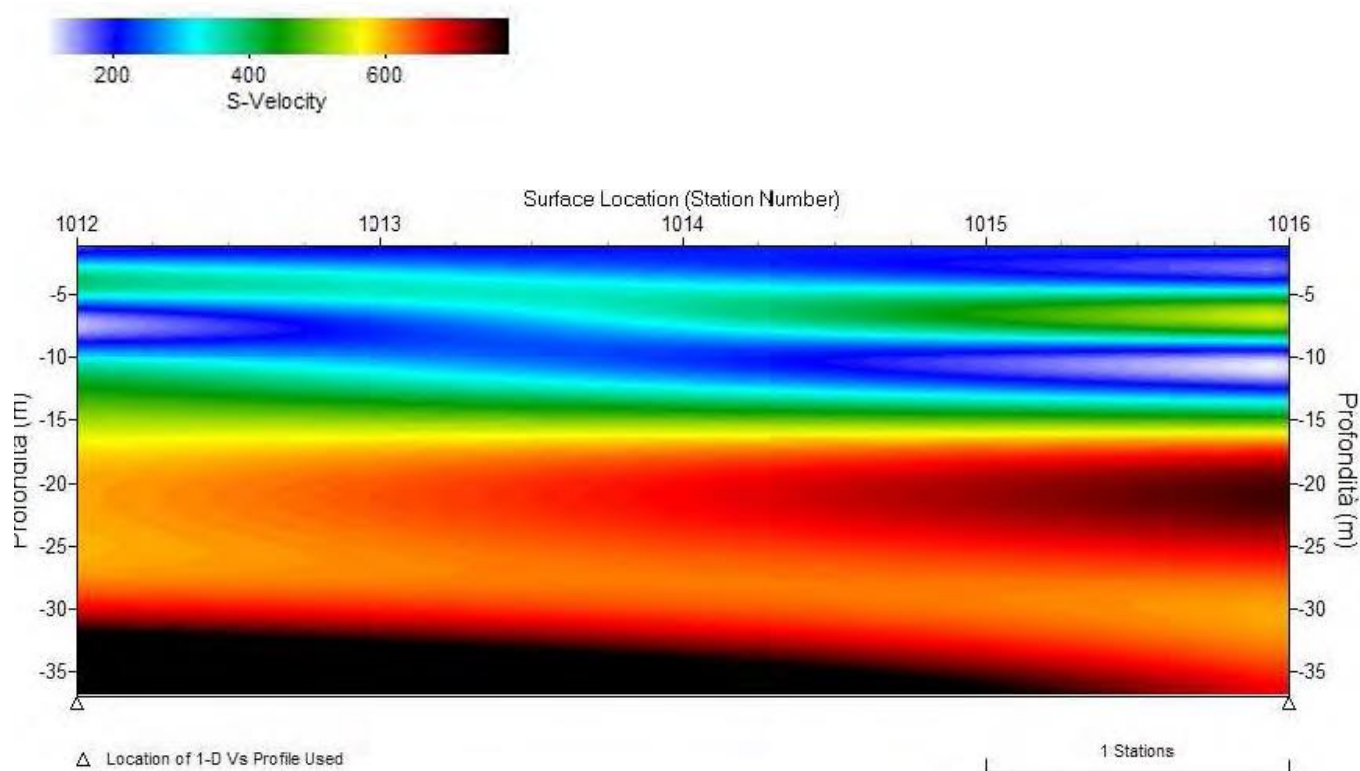
RISULTATI DELLE PROVE



Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica



Profilo verticale 1D delle Vs ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 -

**Modello sismostratigrafico 2D delle Vs ottenuto dall'indagine Sismica MASW n. 1.**

Vs (m/sec)	140	360	400	700
Spessore (m)	1.30	3.5	8.2	SEMISPAZIO

Massima Profondità di Penetrazione in Approssimazione "Steady State Rayleigh Method":
38 m

Commento

Copertura dello spessore di almeno 5 metri costituita da argillosi, oltre si ha un aumento progressivo della velocità (argille marnose e argille di colore grigio alquanto compatte).



DIAGNOSTICA

S1

Strato	Spessore mt	Vp m/sec	Vs m/sec	Y Densità KN/mc	Coeffic. di Poisson	Modulo Taglio Go Mpa	Frequenza Strato f	Periodo Strato s
1,00	1,00	140,000	175,166	17,00	0,35	53,17	43,8	0,02
2,00	11,00	400,000	633,410	18,00	0,30	736,16	14,4	0,07
3,00	18,00	700,000	642,096	19,00	0,25	798,52	8,9	0,11

Strato	Spessore m	RIGIDITA' Vs*Y
1	1,00	0,30
2	11,00	1,14
3	18,00	1,22

RIGIDITA' SISMICA RIFERITA ALLO SPESSORE DI TERRENO CONSIDERATO

R= 1,07

Metodi di calcolo delle V_{s30}	Valori in metri al secondo	Categoria suolo di fondazione
V_{s30} (misurato in sito con indagini dirette)	586,99	B

Categorie suolo di fondazione

- A >800 m/s
- B >360 m/s
- C >180 m/s
- D <180 m/s
- S_1 <100 m/s
- S_2 Terreni liquefacibili o non ascrivibili alle altre categorie
- E Contiene alluvioni tra 5 e 20 metri su substrato rigido ($V_{s30} > 800$ m/s)

➤ Vs30 del modello medio: **Vs30 = 586 m/sec**

- Categoria di suolo " B " $800 < V_{s30} < 360$ m/