

Regione EMILIA ROMAGNA

Provincia di MODENA

Comune di Carpi

DISCARICA D'APPOGGIO ALL'IMPIANTO
DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO DI FOSSOLI NEL
COMUNE DI CARPI (MO)

REALIZZAZIONE DEL 4° LOTTO DELLA DISCARICA DI FOSSOLI NEL COMUNE DI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO

Committente:



Via Maestri del Lavoro, 38 - 41037 Mirandola (MO)
Tel: 0535 28111 - Fax: 0535 28217
C.F. e P.I.00664670361 - E mail: info@aimag.it

DIRIGENTE TECNICO IMPIANTI:

Dott. Paolo Ganassi

Progettista:



Studio T.En.

Via E. Petrolini, 14 - 42122 Reggio Emilia
Tel: 0522 337096 - Fax: 0522 337592
E-mail: info@studioten.it

Dott. Ing. Stefano Teneggi

Data: *Maggio 2015*

Scala:

Note:

Oggetto:

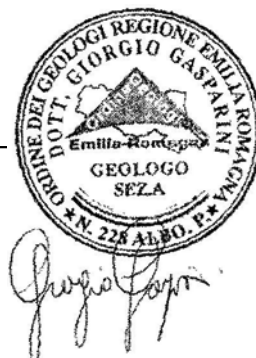
**STUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO,
SISMICO E GEOGNOSTICO**

EMISSIONE:	DATA:

SOSTITUISCE IL

SOSTITUITO DA

Descrizione



INDICE RELAZIONE

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	2
3. RELAZIONE GEOLOGICA.....	4
3.1. <i>Inquadramento geologico generale</i>	4
3.1.1. <i>Litostratigrafia</i>	7
3.1.2. <i>Litologia superficiale</i>	10
3.2. <i>Inquadramento idrogeologico generale</i>	13
3.2.1. <i>Idrografia superficiale</i>	15
3.2.2. <i>Acquiferi superficiali distinti</i>	16
3.2.3. <i>Acquifero profondo</i>	17
3.3. <i>Geomorfologia</i>	17
4. RELAZIONE SULLA SISMICITA' DELL'AREA E ANALISI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE	20
5. RELAZIONE GEOTECNICA.....	25
5.1. <i>Analisi e sintesi con i dati esistenti della campagna geognostica</i>	25
5.2. <i>Indagini pregresse</i>	25
5.2.1. <i>Prove penetrometriche</i>	25
5.2.2. <i>Sondaggi meccanici e piezometri</i>	27
5.2.3. <i>Sondaggi con escavatore</i>	27
5.2.4. <i>Prove Lefranc</i>	28
5.2.5. <i>Prove di laboratorio geotecnico</i>	28
5.2.6. <i>Indagini geofisiche</i>	28
5.2.6.1. <i>Indagini del 2009</i>	28
5.2.6.2. <i>Indagini del 2010</i>	29
5.3. <i>Nuove indagini (2015)</i>	31
5.3.1. <i>Introduzione</i>	31
5.3.2. <i>Sondaggi a carotaggio continuo (2015)</i>	32
5.3.3. <i>Prove di laboratorio geotecnico</i>	34
5.3.3.1. <i>Prove classificatorie</i>	34
5.3.3.2. <i>Prove di consolidazione edometrica</i>	35
5.3.3.3. <i>Permeabilità orizzontale</i>	36
5.3.3.4. <i>Prove di compattazione PROCTOR</i>	36
5.3.4. <i>Prove penetrometriche e Cono sismico (2015)</i>	37
5.3.5. <i>Indagini geofisiche (2015)</i>	40
5.4. <i>Modellazione geotecnica</i>	41
5.4.1. <i>Modello geologico-geotecnico</i>	41
5.4.2. <i>Sezioni geomeccaniche</i>	44
5.4.3. <i>Modello idrogeologico</i>	46

6. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (D.M. 14/01/2008)	47
6.1. Premessa	47
6.2. Stati limite	48
6.3. Parametri di calcolo dell'azione sismica di riferimento	50
6.4. Risposta sismica locale con approccio semplificato	51
6.5. Risposta sismica locale con approccio non semplificato (specifiche analisi)	53
6.6. Frequenza di risonanza dei terreni presenti fra il bedrock e la superficie	63
6.7. Liquefazione	64
7. MODELLAZIONE GEOTECNICA – STABILITA' E CEDIMENTI	68
7.1. Parametri geotecnici caratteristici	68
7.2. Parametri geotecnici di progetto	68
7.3. Capacità Portante	69
7.3.1. SLU	69
7.3.2. Azioni	70
7.3.3. Calcoli capacità portante e cedimenti	71
7.3.3.1. Verifica cedimenti con Plaxis	74
7.3.4. Verifiche geotecniche di stabilità delle scarpate in terra	76
8. CONCLUSIONI	82

ELENCO ALLEGATI

- ALLEGATO N. 1 – Certificati analisi di laboratorio geotecnico
- ALLEGATO N. 2 – Certificati sondaggi a carotaggio continuo
- ALLEGATO N. 3 – Certificati prove CPTU e SCPTU
- ALLEGATO N. 4 – Elaborazione prove CPTU e SCPTU e relative prove di Dissipazione
- ALLEGATO N. 4 BIS – Diagramma cono sismico
- ALLEGATO N. 5 – Indagine sismica attiva in onde di superficie (MASW) e Indagine sismica passiva (ESAC)
- ALLEGATO N. 6 – Sezioni litostratigrafiche ubicate come da Fig. 26
- ALLEGATO N. 7 – Sezione geotecnica ubicata come da Fig. 26
- ALLEGATO N. 8 – Sezioni idrogeologiche ubicate come da Fig. 26
- ALLEGATO N. 9 – Parametri e coefficienti sismici

Studio geologico-tecnico a supporto del progetto definitivo per la realizzazione del 4° lotto della Discarica di Fossoli nel Comune di Carpi (MO).

1. PREMESSA

Su incarico dello STUDIO T.EN. – TECHNOLOGY & ENVIROMENT, STUDIO ASSOCIATO DI INGEGNERIA e di AIMAG SPA, d'intesa rispettivamente con l'Ing. Michele Rosi e con il dott. Alberto Bimbatti, è stato eseguito il presente studio in merito all'indagine geologica-tecnica-sismica e geognostica a supporto del progetto definitivo di ampliamento (4° lotto) della discarica di Fossoli di Carpi (MO).

Scopo dell'indagine è di approfondire gli aspetti sismici e geologico-tecnici relativi all'area dell'impianto e di un suo intorno significativo.

Sono stati utilizzati dati e informazioni da bibliografia e da archivio, nonché eseguite indagini geognostiche originali, sopralluoghi e rilievi, di natura esplorativa, geotecnica e geofisica, nonché prove di laboratorio.

A tale scopo si è eseguita nel mese di maggio 2015 una campagna geognostica in situ per la caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica e geofisica dei terreni in esame, durante la quale sono stati anche prelevati dei campioni indisturbati di terreno sui quali si sono effettuate le analisi di laboratorio.

Complessivamente sono state eseguite:

- n. 2 prove penetrometriche CPTU, spinte fino alla profondità di 20 m dal p.c., durante le quali sono state effettuate complessivamente due prove di dissipazione (una per ciascuna indagine penetrometrica);

- n. 1 prova penetrometrica SCPTU, spinta fino alla profondità di 30 m dal p.c., durante la quale sono state effettuate anche due prove di dissipazione e il rilievo della velocità delle onde sismiche di taglio per mezzo del cono sismico;
- n. 2 sondaggi a rotazione, a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 20 e 30 m dal p.c., strumentati come piezometri al fine di essere successivamente utilizzati ad implementazione della già esistente rete di monitoraggio delle acque sotterranee;
- sui campioni prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo sono state eseguite indagini di laboratorio finalizzate alla classificazione dei materiali e alla definizione delle principali caratteristiche geotecniche;
- un rilievo sismico attivo in onde di superficie (MASW) accoppiato ad un rilievo passivo in onde di superficie mediante antenna sismica bidimensionale (ESAC);
- n. 1 HVSR.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area esaminata si colloca nella porzione ovest della medio-bassa pianura modenese, e più precisamente a nord della Frazione di Fossoli di Carpi tra l'abitato di Fossoli e quello di Novi di Modena (Fig. 1).

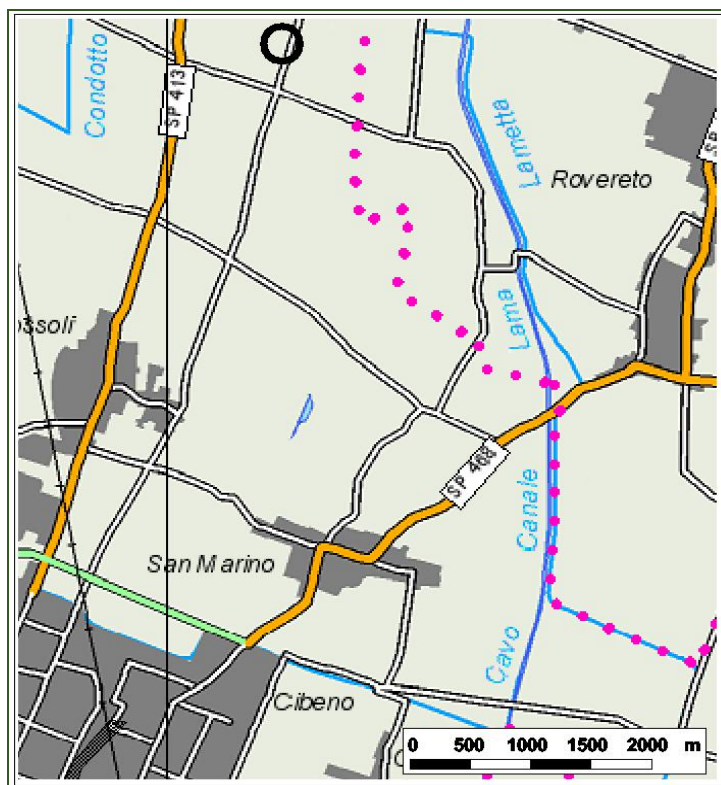


Fig. 1 – Inquadramento regionale dell'area in studio (cerchio in nero). (Base topografica: Estratto da Provincia di Modena Carta stradale alla scala 1:100.000).

L'area in oggetto presenta un'estensione di circa 180.000 mq, è limitata ad est da Via Remesina, a sud da Via Valle ed a ovest dal Cavo Gavasseto. Da un punto di vista cartografico è compresa nella tavola in scala 1:25.000 della C.T.R. n°183SE denominata "Novi di Modena" (Fig. 2) e nell'Elemento, sempre della C.T.R. a scala 1:5.000 n°183151 denominato "Casa del Vento" (Fig. 3).

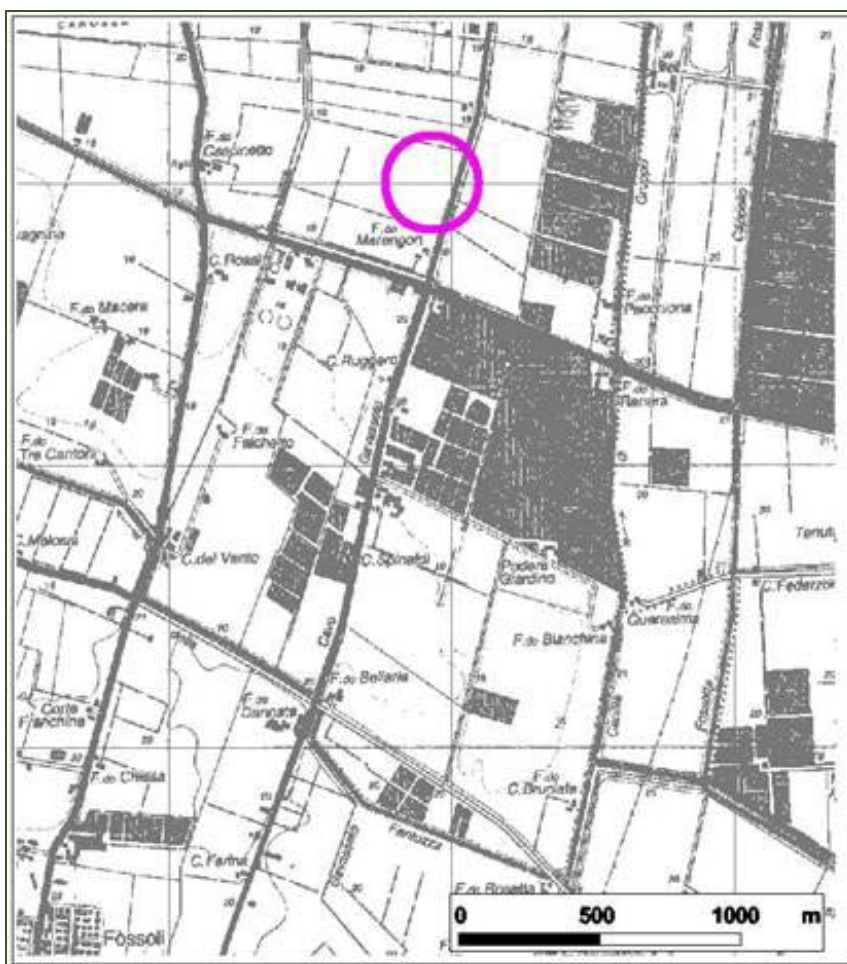


Fig. 2 – Inquadramento topografico dell'area in studio (cerchio color magenta). (Base topografica: estratto da Carta Topografica Regionale alla scala 1:25.000 - Tavola 183SE - Novi di Modena).

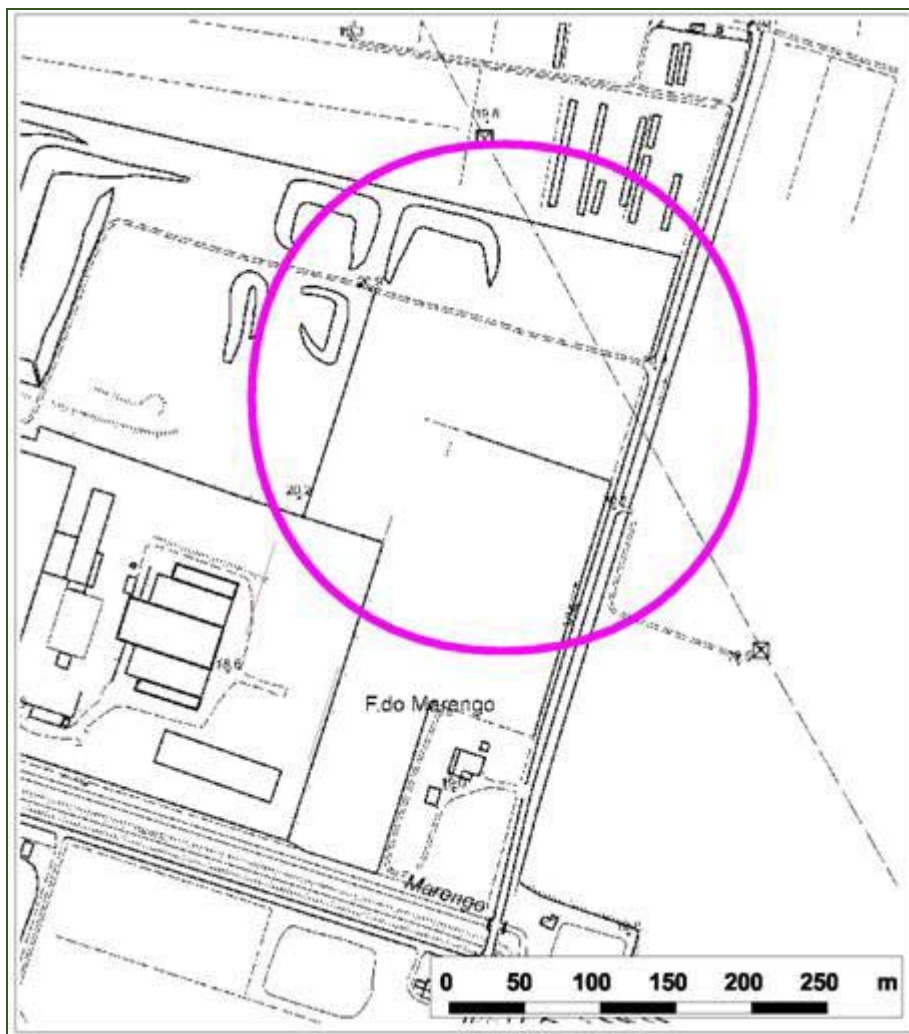


Fig. 3 - Inquadramento di dettaglio dell'area in studio (cerchio color magenta). (Base topografica: estratto da Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000 - Elemento 183151 - Casa del Vento).

3. RELAZIONE GEOLOGICA

3.1. Inquadramento geologico generale

Il Comune di Carpi si colloca nella parte centro-meridionale del bacino subsidente Plio-quadernario Padano, e più in particolare nel settore Appenninico in diretta influenza del Po e dei suoi affluenti di destra, nel quale l'attività tettonica ha controllato e controlla la sedimentazione per lo meno da alcuni milioni di anni (Pliocene-Pleistocene e attuale).

I terreni Olocenici, di origine alluvionale, poggiano sul sottostante Pleistocene continentale e/o marino, strutturalmente caratterizzato da elementi sufficientemente definiti.

In termini generali ed in modo schematico possiamo individuare 3 zone (Fig. 4):

- “Zona delle pieghe pedeappenniniche”, dal margine collinare alla Via Emilia, costituita da una successione di sinclinali e anticlinali, a vergenza appenninica, spesso fagliate e sovrascorse sul fianco nord;
- “Zona della Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia”, dove i depositi quaternari raggiungono il loro massimo spessore per tutta la pianura Padana (compresa tra il sistema delle pieghe emiliane e quello della Dorsale Ferrarese);
- “Zona della Dorsale Ferrarese”, alto strutturale costituito da una serie di pieghe associate a faglie dove, in talune culminazioni, lo spessore del Quaternario si riduce a meno di cento metri.



Fig. 4 - Principali strutture sepolte della Pianura Emiliano-Romagnola. (Estratto con modifiche e inserti grafici da Regione Emilia Romagna, Eni-Agip, 1998 - Risorse idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna, S.EL.CA, Firenze, 120 pagg.).

L'andamento della “Dorsale Ferrarese” è complessivamente ESE-WNW ma in corrispondenza di Novi e Correggio subisce una decisa inflessione verso sud assumendo un orientamento NE-SW (Fig. 4). Si tratta di un complesso sistema strutturale arcuato formato principalmente da strutture di accavallamento sepolte e che rappresenta la porzione più avanzata (e non emergente) della catena appenninica settentrionale e, probabilmente, uno dei più importanti sistemi strutturali attivi nella regione, come confermato sia dalle recenti sequenze sismiche del 2012, che hanno interessato con i loro effetti anche il territorio di Carpi che da altri eventi, anche forti e con magnitudo che ha raggiunto e/o superato il valore 5, avvenuti negli ultimi 30-40 anni.

Tali grandi strutturazioni hanno condizionato la sedimentazione degli ultimi milioni di anni tanto che la base dei terreni Pliocenici si trova nella parte sud del territorio comunale a circa 5-6.000 m mentre in quella a nord, a confine con Novi, a soli 400-500 m (Fig. 5); la base del Quaternario è invece ad una profondità di circa 100 m a nord e 2.000-2.500 m a sud.

Per quanto riguarda il passaggio tra i terreni continentali (Olocenici) e marini (Pleistocenici), pur rimarcando la sua variabilissima gradualità, lo si può individuare a circa 400-500 m dal piano di campagna tendente a diminuire man mano che si procede verso nord.

L'andamento della superficie di separazione fra le acque "dolci" e quelle "salate" è paragonabile all'andamento del tetto del Pliocene con profondità pari a circa 500 m in corrispondenza di Carpi, 600 m Soliera ed in netta risalita verso nord fino a 50 m in corrispondenza di Novi, dove tali acque risalgono a volte sino ai pozzi superficiali.

Il complesso idrogeologico riferibile soprattutto a terreni quaternari, è confinato alla base del "Pliocene" e terreni Pre-pleistocenici impermeabili.

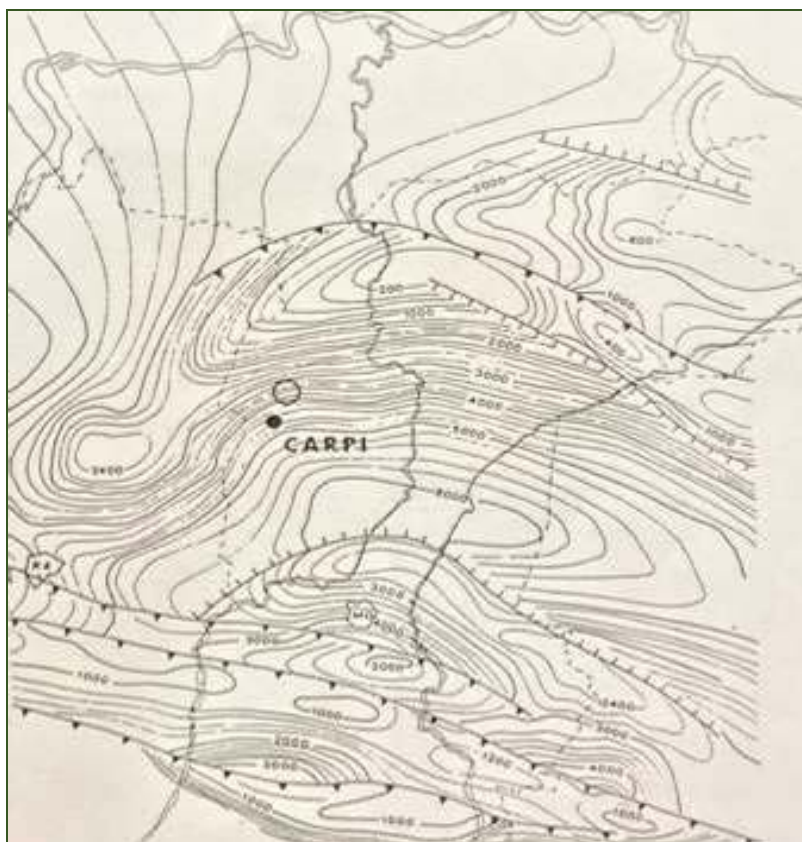


Fig. 5 - Carta delle isobate della base del Pliocene.

3.1.1. Litostratigrafia

Da un punto di vista stratigrafico la litologia dei depositi alluvionali presenti è molto variabile ma complessivamente limo-argillosa, argillosa con intercalazioni sabbiose.

Sono distinguibili due zone di dominio deposizionale e cioè: la media pianura, unità idrogeologica dei corsi Appenninici, a sud della linea corrispondente all'incirca al limite amministrativo Carpi-Novati; la bassa pianura, unità idrogeologica del Po, a nord di tale linea.

Il dominio dei corsi d'acqua appenninici si caratterizza per la prevalenza di limi argillosi ed argille prevalenti con intercalazioni di livelli e lenti sabbiose discontinue, poco spesse, rappresentanti circa il 3-5% del totale.

Il dominio del Po, invece, è caratterizzato da potenti livelli sabbiosi intercalati ad argille e limi argillosi.

Più in particolare la situazione litostratigrafica-idrogeologica tipica dei due domini può essere la seguente:

1) DOMINIO DEL PO

Ap – Complesso a litologia variabile caratterizzato da un'alternanza di livelli lentiformi formati da argille, limi e sabbie medio-fini in percentuali variabili. Ai cambiamenti laterali e verticali conseguono valori di permeabilità oscillanti tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $2 \cdot 10^{-3}$ cm/sec. Data la struttura fortemente lenticolare non è mai possibile una netta separazione tra il piano di campagna e gli strati permeabili. Questo insieme costituisce l'acquifero freatico inteso come unità direttamente interessata dalla ricarica per infiltrazione superficiale e fortemente suscettibile all'inquinamento. Lo spessore dei terreni coinvolto è di 10-15 metri. Indicativamente tale unità litologica corrisponde all'unità AES8 della Carta Geologica regionale.

Bp – Orizzonte sostanzialmente impermeabile formato prevalentemente da argille e limi. Presenta spessori estremamente variabili, da 1 a 30 m ed una forte struttura lentiforme; si riscontra mediamente tra 10 e 40 m dal piano campagna. Questo livello separa l'acquifero freatico dal primo orizzonte idrogeologico confinato. Detta suddivisione non è sempre continua. Infatti si rilevano settori dove corpi di paleoalveo prevalentemente sabbiosi sostituiscono i terreni argillosi riducendo ed, a volte, annullando il livello di separazione tra l'acquifero artesianesimo e quello freatico. Indicativamente tale unità litologica è compresa assieme alla seguente all'interno dell'unità AES7 della Carta Geologica regionale.

Cp – Complesso continuo formato da materiali sabbiosi in netta prevalenza. Presenta spessori variabili sia in senso laterale che verticale, compresi mediamente tra i 10 e 30 metri. Si tratta quindi di un acquifero di rilevante potenzialità. (Unità compresa entro AES7: Gruppo acquifero A1 secondo la nomenclatura regionale).

Dp – Unità impermeabile. Formata da litotipi prevalentemente argillosi-limosi con locali intercalazioni di lenti più sabbiose; ha uno spessore di 10-50 m e compare tra -40 e -70 m dal piano campagna. Indicativamente tale unità è compresa, assieme alla successiva, nell'unità AES6 della Carta Geologica regionale.

Ep – Complesso formato da sabbie fini e grosse con intercalazioni sabbiose ciottolose. La potenza va da 10 a 25 m e lo si rileva da -75 a -110 m dal piano di campagna. (Unità compresa entro AES6: Gruppo acquifero A2 secondo la nomenclatura regionale).

Fp – Orizzonte essenzialmente impermeabile con intercalati livelli sabbiosi. Questo acquifero presenta un'inclinazione prevalente in senso EW e si riscontra con l'allontanamento della Dorsale Ferrarese e quindi procedendo da Noci verso Fabbrico. (Unità AES1-5 indifferenziate e localmente AEI secondo la nomenclatura stratigrafica regionale)

Gp – Formazioni permeate da acque salmastre e/o salate. Costituiscono l'orizzonte di separazione tra gli acquiferi sfruttabili dal punto di vista idropotabile e quelli non utilizzabili. Si rinvencono tra -40 e -350 m procedendo verso E-W. (Unità AES1-5 indifferenziate e localmente AEI secondo la nomenclatura stratigrafica regionale)

2) DOMINIO DEI CORSI D'ACQUA APPENNINICI

Am – Complesso a litologia variabile costituito da un'alternanza di livelli lentiformi formati da argille, limi, torbe e sabbie medio fini talvolta affioranti. Si tratta dell'acquifero freatico e quindi interessato da ricarica superficiale. Lo spessore dei terreni coinvolti è di 15-20 m e presenta caratteri analoghi a quello precedentemente descritto nell'unità del Po. Indicativamente tale orizzonte stratigrafico corrisponde all'unità AES8 della Carta Geologica regionale.

Bm – Unità sostanzialmente impermeabile formata prevalentemente da limi ed argille; lo spessore varia da 15 a 30 m e si rinviene mediamente tra -20 e -40 m dal p.d.c. procedendo da sud verso nord. Indicativamente tale unità litologica è compresa assieme alla seguente all'interno dell'unità AES7 della Carta Geologica regionale.

Cm – Orizzonte permeabile e discretamente continuo formato da materiali prevalentemente sabbiosi-sabbiosi fini. Presenta uno spessore mediamente variabile tra 3 e 6 m e si riscontra tra -35 e -45 dal piano di campagna. E' il primo acquifero artesianico ed è permeato da acque di qualità scadente. (Unità compresa entro AES7: Gruppo acquifero A1 secondo la nomenclatura regionale).

Dm – Complesso sostanzialmente impermeabile formato da argille limose con locali intercalazioni sabbioso-fini limose. Ha spessore di 20-40 m e si rinviene mediamente tra 35 e 70 m dal piano di campagna. Indicativamente tale unità è compresa, assieme alla successiva, nell'unità AES6 della Carta Geologica regionale.

Em – Livello sostanzialmente sabbioso permeato da acque dolci rinvenibili mediamente tra 60 e 80 m dal piano di campagna e con spessore di 3-6 metri. (Unità compresa entro AES6: Gruppo acquifero A2 secondo la nomenclatura regionale).

Gli orizzonti che seguono trovano collocazione all'interno delle così dette Unità AES1-5 indifferenziate, ma, soprattutto per quelli più profondi si potrebbe ipotizzare un loro inquadramento in AEI (secondo le sigle della nomenclatura stratigrafica regionale).

Fm – Orizzonte impermeabile che ingloba locali lenti sabbioso fini. E' riscontrabile mediamente tra -60 e -100 m dal piano di campagna ed ha uno spessore di 25-35 metri.

Gm – Complesso di sabbie medie fini con locali inclusioni prevalentemente limose. Ha uno spessore medio di 5-10 m e lo si rinviene tra -95 e -120 m dal piano di campagna.

Hm – Insieme sostanzialmente argilloso limoso contenente locali lenti sabbioso ghiaiose. Si rileva generalmente tra -120 e -160 m dal piano campagna.

Im – Livello permeabile probabilmente continuo con spessore medio di 5 metri. Compare generalmente tra -160 e -190 m dal piano di campagna.

Lm – Assise impermeabile prevalentemente argilloso-limosa. Ha spessore di 10-40 m e si riscontra tra -170 e -210 metri.

Mm – Insieme di litotipi prevalentemente sabbiosi che formano un acquifero di spessore da 3 a 8 metri. Si rinviene di solito tra 190 e 220 m dal piano di campagna.

Di seguito si riportano le ubicazioni e le litostratigrafie dei pozzi per acqua per la zona in esame.



Fig. 6 - Ubicazione dei pozzi di Fossoli.

Tabella 1 - Stratigrafie pozzi 3, 6, 19 e 22

STRATIGRAFIA POZZO N° 3	
PROFONDITA' (m)	LITOLOGIA
0/16	Argilla
16/39	Sabbia
39/47	Argilla
47/48	Sabbia
48/58	Argilla
58/65	Sabbia
STRATIGRAFIA POZZO N° 6	
0/1	Terreno agrario
1/14	Argilla gialla
14/16	Argilla con torba
16/26	Argilla grigia compatta
26/29	Sabbia media
29/30,5	Sabbia e limo
30,5/41	Sabbia grossa con limo
41/44	Argilla con strati di sabbia

STRATIGRAFIA POZZO N° 19	
0/2	Avampo
2/44	Argilla con poca sabbia
44/60	Sabbia
STRATIGRAFIA POZZO del C.S.R. N° 22	
0/16	Terreno agrario
16/20	Limo
20/36	Argilla
36/41	Sabbia fine
41/48	Sabbia media

3.1.2. Litologia superficiale

La litologia superficiale dell'area in esame viene rappresentata dalla Carta Litologica (Fig. 7).

La carta in questione rappresenta l'elaborato estratto dallo studio geologico a supporto del P.R.G. di Carpi.

I vari litotipi presenti sono stati raggruppati secondo la loro classe granulometrica prevalente in 5 tipi:

- argille;
- limi argillosi;
- limi;
- limi sabbiosi;
- sabbie limose.

Tale carta dà una distribuzione areale dei vari litotipi ma non dà alcuna indicazione sugli spessori; ciascuno strato, però nell'area considerata, ha uno spessore di almeno 1 metro.

La distribuzione in superficie dei terreni appartenenti alle varie classi granulometriche identificate è testimonianza delle principali fasi deposizionali recenti succedutesi nel territorio in esame; si osserva così che i materiali più grossolani (sabbie limose) sono concentrati in corrispondenza dei paleoalvei dei corsi d'acqua principali, in relazione all'elevata energia di trasporto del fiume, e formano delle digitazioni allungate che penetrano in profondità nelle aree costituite dai sedimenti più fini.

I depositi limo-argillosi, ampiamente diffusi in zona, sono da ricollegarsi ad acque bassa energia e, pur avendo una distribuzione discontinua, la loro collocazione risulta prevalente nelle zone circostanti i corsi d'acqua minori e nelle fasce più esterne agli alvei di quelli principali; le argille rappresentano i depositi delle zone topograficamente più basse, in seguito all'esaurimento dell'energia di trasporto delle acque di esondazione.

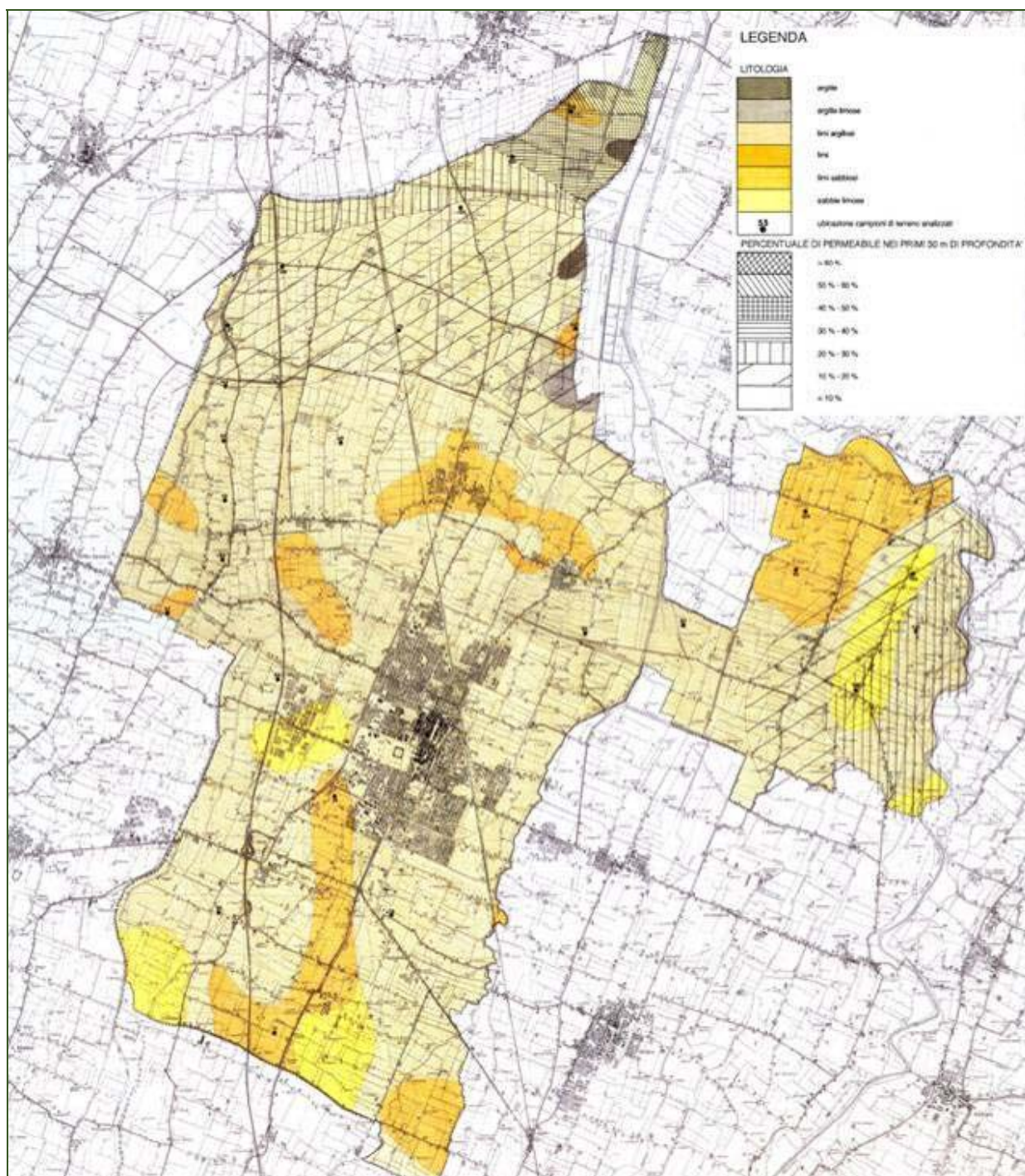


Fig. 7 – Estratto da Carta Litologica A4.2 del PRG 2000 del Comune di Carpi. Elaborazione e stesura a cura del Settore Pianificazione Urbanistica ed Edilizia Privata.

Si evidenzia come nell'area in esame risultino essere presenti litotipi limo-argillosi, fatto questo confermato anche dai sondaggi eseguiti.

In Fig. 8 si riporta un estratto della “Carta dei Suoli” della Pianura Modenese, nella quale si presenta la distribuzione geografica dei suoli: la conoscenza delle relazioni suolo-paesaggio risulta determinante per la verifica delle previsioni dell'evoluzione dei suoli stessi.

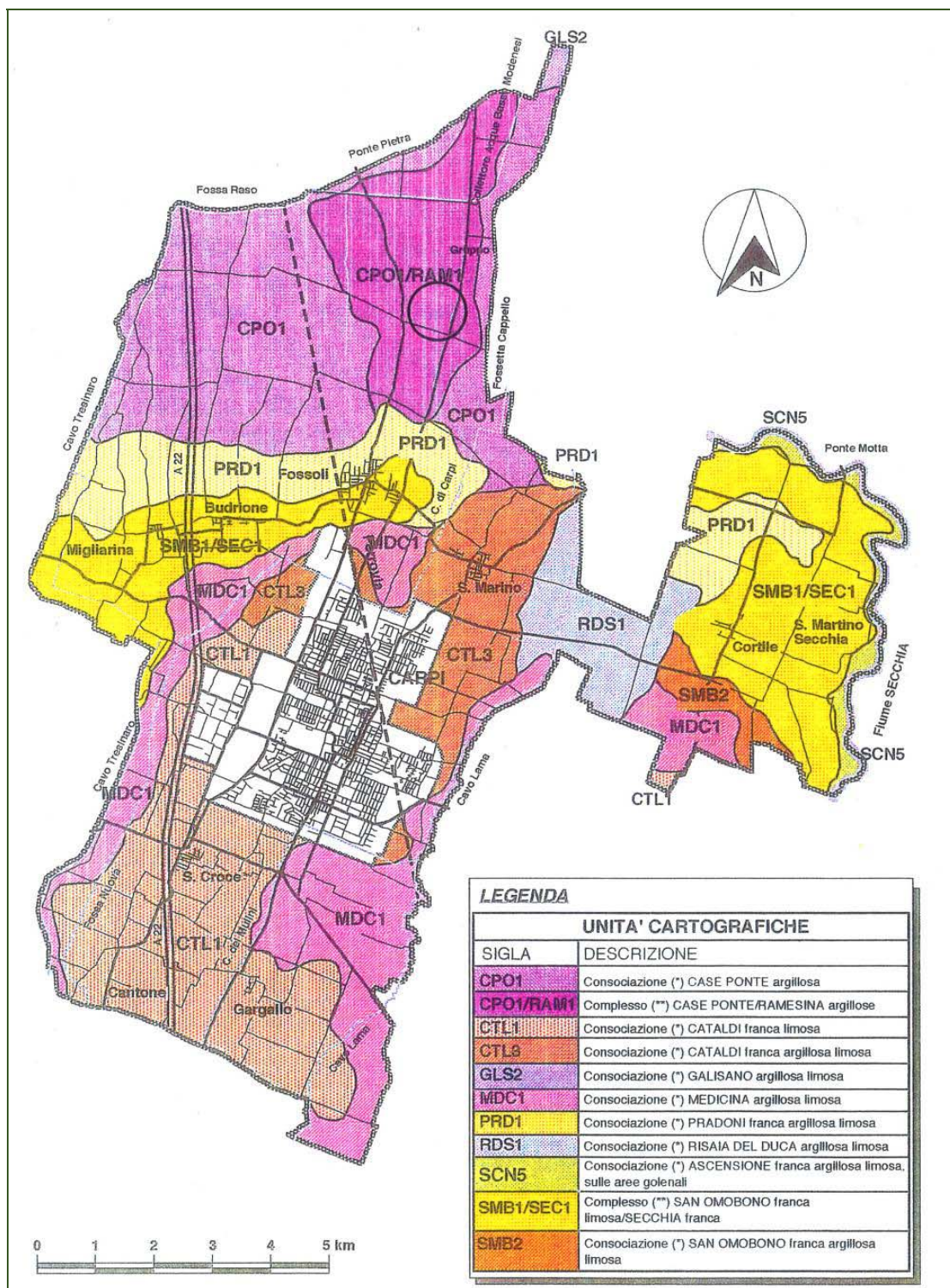


Fig. 8 – Carta dei Suoli della Pianura Modenese.

I suoli modenesi si sono formati in sedimenti alluvionali a composizione carbonatica, prevalentemente di origine appenninica, distinti nei due ambienti principali della “piana a copertura alluvionale” e della “pianura pedemontana”.

Nella zona in esame sono presenti suoli a tessitura fine con scarsa disponibilità di ossigeno moderatamente alcalini, non salini in superficie tendente ad aumentare con la profondità.

In relazione alla litologia dei terreni risulta differente il grado di infiltrazione; facendo riferimento alla carta del “Grado di infiltrazione” estratta dagli elaborati a corredo dello studio geologico ambientale del P.R.G., si sono fornite indicazioni sull'infiltrabilità dei terreni presenti.

Nell'area in esame risultano presenti terreni appartenenti all'Unità di infiltrabilità denominata “depositi di valle” caratterizzate da valori estremamente bassi del coefficiente di permeabilità K, dell'ordine di 10^{-9} cm/sec, e della velocità di infiltrazione del 10^{-7} cm/sec.

3.2. Inquadramento idrogeologico generale

Da un punto di vista idrogeologico l'area si colloca all'interno della piana alluvionale con intersezione di domini riferibili ai fiumi Po e Secchia; si assiste ad una netta prevalenza di depositi fini argillosi, a cui si intercalano alle diverse profondità strati più grossolani, probabilmente non intercomunicanti, che rappresentano corpi acquiferi, sedi di falde idriche di potenzialità diverse.

Si può ragionevolmente indicare con il valore di 6% la percentuale di terreni permeabili con riferimento ai primi 200 m di alluvioni.

Per quanto riguarda l'andamento della superficie di separazione fra le acque “dolci” e quelle “salate”, la si può paragonare all'andamento della base del Pliocene con profondità pari a circa 500 m in corrispondenza di Carpi, 600 m, Soliera ed in netta risalita verso nord fino a m 50 in corrispondenza di Novi poco a nord dell'area.

Il complesso idrogeologico, riferibile soprattutto a terreni quaternari, è confinato alla base del “Pliocene” e da terreni prepleistocenici impermeabili.

La litologia è molto variabile ma complessivamente limo-argillosa con intercalazioni sabbiose.

Sono distinguibili due settori: la media pianura, Unità idrogeologica dei corsi Appenninici, a sud della linea corrispondente all'incirca al limite amministrativo Carpi-Novati; la bassa pianura, Unità idrogeologica del Po, a nord di tale linea.

Il dominio dei corsi d'acqua appenninici si caratterizza per la prevalenza di limi argillosi ed argille prevalenti con intercalazioni di livelli e lenti sabbiose discontinue, poco spesse, rappresentanti circa il 3/5% del totale.

Il dominio del Po, invece, è caratterizzato da potenti livelli sabbiosi intercalati ad argille e limi argillosi; l'area in esame si colloca quindi in quella parte di transizione con la bassa pianura.

L'idrogeologia specifica del primo sottosuolo dell'area in esame è caratterizzata dalla presenza di tre tipi di falde: una falda superficiale impostata nei livelli limo sabbiosi posti a -4 / -7 m alimentata direttamente per infiltrazione superficiale; una falda intermedia da circa 14 a 16 m, sempre contenuta nei livelli limo-sabbiosi e che ancora risente in modo significativo delle infiltrazioni superficiali, ed infine una profonda, intercettata anche dai sondaggi eseguiti in loco nel Maggio del 1997 e Maggio del 2015, costituita da depositi sabbiosi, che rappresenta il primo acquifero di una certa importanza.

Quest'ultima, impostata nei livelli sabbiosi posti ad oltre 27÷30 m di profondità, ha un'alimentazione, come anche per gli acquiferi più profondi, di origine remota e cioè, direttamente dagli acquiferi del conoide del fiume Secchia di cui rappresentano la prosecuzione, o con maggior probabilità dalla falda del fiume Po.

Tali falde sono infatti tra loro isolate e protette dall'infiltrazione da potenti strati a permeabilità bassissima e aventi una discontinuità laterale e verticale che rende gli acquiferi indipendenti tra loro.

Tale analisi del sottosuolo porta alla conclusione che gli acquiferi profondi rappresentanti l'area, non sono direttamente comunicanti con la superficie, ma da questa separati da "acquitardi" (strati di sedimenti a tessitura fine e a permeabilità modesta) di potenza spesso considerevole.

Pertanto, anche se comunicazioni tra freatico e falde profonde non si possono escludere in assoluto, esse non sono dirette ma richiedono tempi di "transito" o percorsi assai complessi e lunghi.

La falda superficiale è ospitata all'interno di acquiferi a geometria lenticolare, a scarsa permeabilità e trasmissività, discontinui sia arealmente che verticalmente.

Da ciò ne viene che la permeabilità verticale è molto superiore a quella orizzontale e quindi gli scambi idrici sono prevalentemente legati a fenomeni di infiltrazione dalla superficie.

L'andamento dei livelli della falda superficiale è strettamente connesso con la rete di drenaggio e con fenomeni di infiltrazione ed evotraspirazione dalla superficie.

Le pendenze della falda superficiale sono comunque molto basse con valori che oscillano tra il 5 e lo 0,5 per mille.

Tali valori sono talmente bassi che, data la scarsa permeabilità dei terreni che ospitano la falda, sono incompatibili con percorsi di filtrazione prolungati; per poter giustificare ciò occorre considerare che la falda superficiale in esame abbia un'alimentazione attribuibile alle acque meteoriche e superficiali ed i suoi livelli siano collegati di conseguenza al loro regime.

Questi ultimi si estrinsecano poi in modo differenziato nei confronti dell'infiltrazione, in funzione della morfologia e litologia.

Essendo pertanto i tempi di infiltrazione dalla superficie decisamente più brevi, in questo caso, rispetto quelli di permeazione, le aree più importanti di ricarica formeranno "rigonfiamenti" nella falda.

La caratterizzazione specifica del sistema idrogeologico dell'area in esame è stata dedotta da una campagna piezometrica del Marzo 1997 eseguita per un'area di almeno 2 Km di raggio a valle e 1 Km a monte, attraverso il censimento dei pozzi presenti, ed implementata con una campagna piezometrica di Maggio/Giugno 2015.

La campagna piezometrica del '97 ha permesso la ricostruzione della "Carta delle isopieze" e la "Carta della soggiacenza" per l'area di studio riferita in modo distinto alla falda superficiale intermedia e profonda.

Si può quindi notare come le zone di maggiore infiltrazione siano coincidenti con zone litologicamente più sabbiose, probabilmente appartenenti a paleoalvei. Le zone depresse della falda coincidono invece con le zone depresse topograficamente ed aventi litotipi affioranti più argillosi e privi di canali importanti.

3.2.1. Idrografia superficiale

L'area in esame appartiene ad un settore a nord del capoluogo il quale risulta interessato con frequenza non elevata da notevoli esondazioni del Collettore delle acque basse Modenesi, connesse all'esigenza di salvaguardare le arginature del cavo Tresinaro in caso di piene pericolose per quest'ultimo.

Entrando nel dettaglio l'area di scarica risulta circondata a sud e ad ovest dal "Canale di Marengo" (canale di irrigazione), e sulla parte ovest dalla "Fossetta di Mezzo" (Cavo di scolo acque basse).

Focalizzando l'attenzione sull'area in esame, si nota che non appartiene ad aree agricole inondabili; i collettori "Cavo Gavasseto" e "Canale di Marengo"

presentano un tempo di ritorno per quanto riguarda il rischio di evento alluvionale rispettivamente tra i 50 e i 100 anni per il primo e tra i 10 e 50 anni per il secondo.

Questi dati sono stati desunti dallo “Studio per la tutela dell'integrità fisica del territorio carpigiano a supporto della variante generale al P.R.G. del Comune di Carpi”.

3.2.2. *Acquiferi superficiali distinti*

Vengono ora riportati i dati di soggiacenza dei due acquiferi superficiali distinti dal 2004 al 2012 derivanti dai rapporti annuali relativi al monitoraggio idrogeologico al contorno della discarica di Fossoli.

I valori riportati sono delle medie dei dati rilevati tra i mesi di Gennaio e Dicembre di ogni anno.

Tabella 2 – Dati di soggiacenza dei due acquiferi superficiali distinti dal 2004 al 2012

Anno	Liv.	Soggiacenza (mm)
2004	1°	2,40 ± 0,50
	2°	4,10 ± 0,51
2005	1°	2,49 ± 0,65
	2°	4,21 ± 0,51
2006	1°	2,44 ± 0,58
	2°	4,08 ± 0,41
2007	1°	1,96 ± 0,33
	2°	3,52 ± 0,49
2008	1°	2,42 ± 0,79
	2°	3,48 ± 0,52
2009	1°	2,16 ± 0,86
	2°	3,34 ± 0,62
2010	1°	2,13 ± 0,86
	2°	3,43 ± 0,53
2011	1°	2,10 ± 0,24
	2°	3,16 ± 0,26
2012	1°	2,12 ± 0,37
	2°	2,50 ± 0,45

Come si può notare l'acquifero più superficiale presenta una soggiacenza di 2,0÷2,5 m dal pdc mentre quello intermedio di 2,5÷4,0 m dal pdc.

3.2.3. Acquifero profondo

Vengono ora riportati i dati di soggiacenza dell'acquifero profondo graficati, a partire dal 1999 fino ad arrivare al 2013 (Fig. 9).

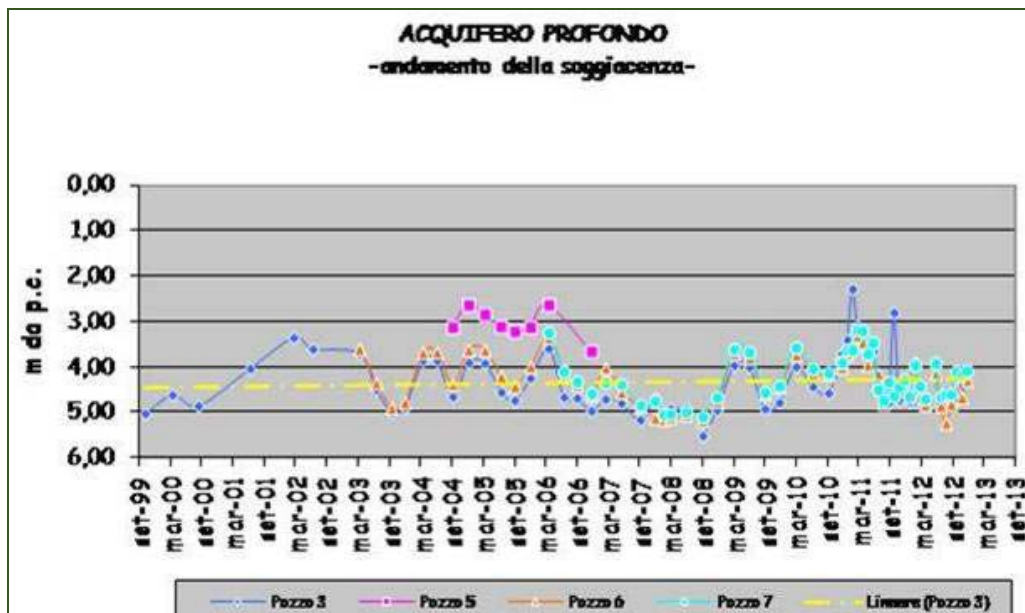


Fig. 9 – Grafico riportante i livelli di soggiacenza dell'acquifero profondo nell'area della discarica di Fossoli.

Tale acquifero, idrogeologicamente importante, è sfruttato in area e per questo presenta soggiacenze che mediamente si attestano fra i 4÷5 m dal pdc, con minimi a $\cong -2,20$ m e massimi a $\cong -5,5$ metri.

3.3. Geomorfologia

L'area studiata si colloca nella fascia di media e bassa pianura alluvionale, dove attualmente risulta dominante l'azione morfogenetica dell'uomo.

In passato l'evoluzione morfologica della pianura, tralasciando gli episodi più antichi legati alle oscillazioni del livello marino, risulta essenzialmente imputabile alle vicende paleoidrografiche che hanno coinvolto i corsi d'acqua sia principali che minori.

In queste aree, caratterizzate da pendenze molto basse, i corsi d'acqua hanno bassa energia di trasporto, esplicando principalmente un'azione di deposito, selezionando granulometricamente i sedimenti in funzione delle modeste ma presenti differenze di energia di trasporto tra l'ambiente di "canale" e quello di "valle" con acque stagnanti.

L'azione di deposito ha provocato nell'area in esame la prevalente sedimentazione dei depositi più fini a cui si intercalano livelli più grossolani, corrispondenti a periodi di maggiore energia.

Il soggetto principale che crea una morfologia di questo tipo risulta il canale e nello specifico il materiale trasportato da esso. Il deposito di tale materiale provoca un graduale accrescimento dell'area con un innalzamento del canale rispetto alle zone circostanti dove invece arrivano acque di esondazione a carico solido già ridotto sia nelle dimensioni che nelle quantità dei clasti.

In seguito si verifica che inevitabilmente, per svariati motivi, prima o poi il corso d'acqua abbandona l'alveo stesso per preferire tracciati impostati su linee più depresse, per poi ricominciare l'innalzamento del proprio alveo.

Visto nel tempo si avrà un continuo avvicendamento delle situazioni descritte con un sovrapporsi quindi di depositi a diversa granulometria, in lenti e livelli orientati prevalentemente nel senso di scorrimento delle correnti.

Morfologicamente potranno, in qualunque momento del ciclo deposizionale, distinguersi "dossi", con alvei pensili, ed aree intermedie più basse fino alle valli vere e proprie.

La morfologia carpigiana risulta così caratterizzata da blande ondulazioni allungate generalmente verso SW-NE, cui corrispondono affioramenti di litotipi sostanzialmente sabbioso-limosi, che indicano la presenza di un sistema di paleoalvei che identificano il paleoreticolo idrografico più recente (allineamento Campogalliano-Carpi-San Marino).

Ci troviamo più a margine del dominio del fiume Po che in epoche storiche ha influenzato aree ben più a sud delle attuali disegnando un paleoreticolo più antico del precedente: Possiamo infatti notare, proprio nella nostra area di interesse, le prime depressioni del modenese a direzione E-W.

Esse passano a nord di Migliarina e San Marino e procedono a est oltre il fiume Secchia per proseguire a nord del "dosso" di Finale Emilia.

Oltre ai paleoalvei e dossi suddetti si notano poi le imponenti zone di "valle", all'interno delle quali si colloca l'area di studio, poste fra Fossoli e Novi di Modena a est di San Marino nell'area denominata "Prati di Cortile".

Queste ultime sono caratterizzate da zone depresse con drenaggio difficoltoso o inesistente, sedi naturali di paludi ed acquitrini prima dell'intervento di bonifica.

Si segnala che durante i lavori di scavo del primo lotto della discarica in oggetto, fu ritrovato alla profondità di circa 4 m dal p.d.c. la parte superiore di un vecchio pozzo romano; questo si collocava esattamente in corrispondenza dei terreni limo-sabbiosi e sabbiosi sottostanti le argille di valle dimostrando la presenza a tale livello di un paleosuolo di epoca romana.

Tale elemento geomorfologico (ora sepolto) è attribuibile al Torrente Crostolo e potrebbe essere la continuazione verso E-NE del dosso che attraversa Fossoli di Carpi.

La zona studiata si colloca in una fascia di passaggio tra il dominio dei corsi d'acqua appenninici ed il dominio del fiume Po, caratterizzata da quote medie del piano campagna comprese tra 18 e 19 m s.l.m. con pendenze estremamente basse dirette verso i quadranti settentrionali- nell'ordine dello 0,5-1‰.

Vi è quindi un passaggio da una media pianura, dove predominano ondulazioni, ad andamento SO-NE con modificazioni delle direttrici deposizionali in senso W-E.

Dall'esame della situazione idrogeomorfologica del territorio considerato si evince che l'area in esame si colloca in una porzione di territorio a drenaggio difficoltoso.

Nella carta delle "Unità geomorfologiche" (Fig. 10) si rileva l'appartenenza della zona in studio alle Unità delle valli, con presenza, da un punto di vista stratigrafico, di terreni appartenenti all'Unità Case Secchia, la cui deposizione risale al periodo che va dal medioevo all'età moderna in perfetta coerenza alla presenza del pozzo romano prima segnalato inserito nei terreni posti alla base di tale unità.

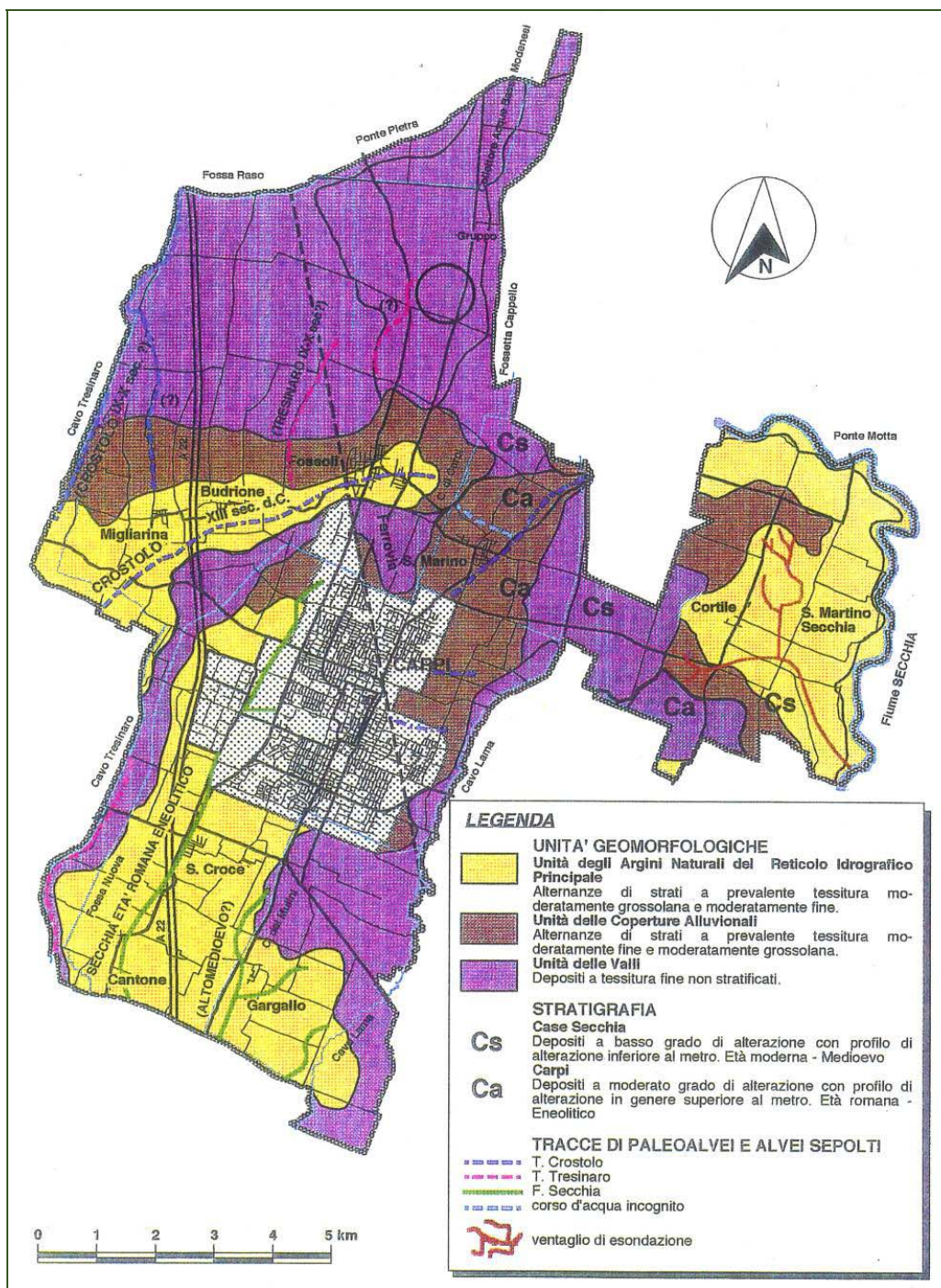


Fig. 10 – Carta delle unità geomorfologiche.

4. RELAZIONE SULLA SISMICITA' DELL'AREA E ANALISI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

L'area di scarica ricade nel Comune di Carpi che è compreso nell'elenco dei comuni classificati in zona 3 dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 (s.m.i) del 20 Marzo 2003 (*Primi elementi in materia di criteri generali per la*

classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica).

A seguito dell'entrata in vigore del DM 14.09.2005 (*Norme tecniche per le costruzioni*), ora sostituito dal DM 14.01.2008 (*Norme tecniche per le costruzioni*), la validità di tale ordinanza è cessata; come tuttavia indicato nella Del. Di GR 1677/2005, la classificazione sismica dei comuni italiani riportata nella citata OPCM 3274/2003 resta comunque valida.

Nell'Aprile del 2006 è stata emanata l'Ordinanza PCM 3519/2006 dove sono indicati i *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*.

A detta ordinanza è allegata la Mappa di Pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale (Fig. 11) nella quale è possibile verificare che il territorio del Comune di Carpi ricade in 2 distinte aree per le quali sono indicati valori dell'accelerazione massima al suolo (a_{max}) compresi tra $0,150g \div 0,17g$ (parte centrale sud) e $0,125g \div 0,150g$ (parte settentrionale), ascritta ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($Vs30 > 800$ m/s; cat. A di cui al DM 14.01.2008).

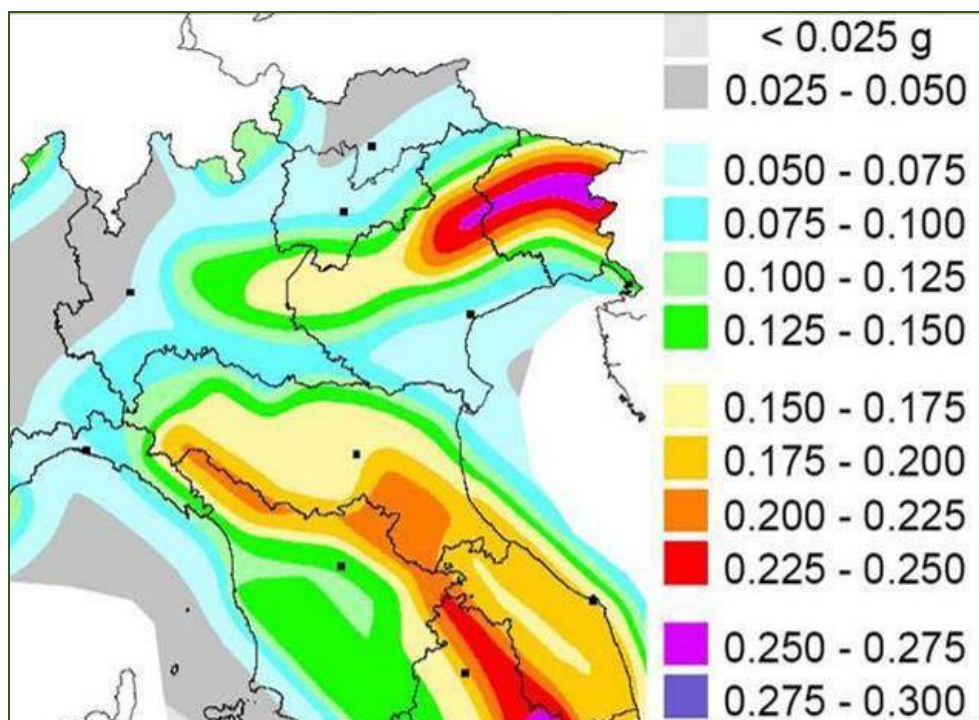


Fig. 11 - Mappa di pericolosità sismica di riferimento (Ordinanza PCM del 20 Marzo 2003 n. 2374 All. 1) espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($Vs30 > 800$ m/s; cat. A, All. 2, 3.1) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 Aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione Emilia Romagna).

Occorre segnalare al riguardo che le mappe di pericolosità sismica sopra descritte prevedono un calo delle PGA da sud verso nord che è l'esatto opposto di quanto è stato rilevato in area con la sequenza sismica del Maggio 2012 per il terremoto emiliano.

Più in particolare, dai dati derivanti dalle stazioni accelerometriche in occasione di tale episodio (Fig. 12), i valori di legge sono stati superati più volte nel corso della crisi sismica.

Sigla	Nome stazione	Comune	PGA _{max} (PGA/g)	Evento (M _L)	D
CAS0	Castelmassa	Castelmassa (RG)	130.000 (0.133)	29/5/2012 07.00.03 (5.8)	26.3
CRP	Carpi	Carpi	140.000 (0.143)	29/5/2012 10.55.57 (5.3)	16.0
FIN0	Finale Emilia	Finale Emilia	122.322 (0.125)	23/5/2012 21.41.18 (4.3)	5.1
MOG0	Moglia	Moglia (MN)	240.000 (0.245)	29/5/2012 07.00.03 (5.8)	16.4
			216.634 (0.221)	29/5/2012 10.55.57 (5.3)	9.0
MRN	Mirandola	Mirandola	303.300 (0.309)	20/5/2012 02.03.52 (5.9)	13.2
			205.155 (0.209)	20/5/2012 03.02.50 (4.9)	3.3
			900.000 (0.917)	29/5/2012 07.00.03 (5.8)	3.6
			155.342 (0.158)	29/5/2012 08.27.23 (4.7)	4.4
			197.267 (0.201)	29/5/2012 10.55.57 (5.3)	4.4
			250.960 (0.256)	29/5/2012 11.00.25 (5.2)	9.1
NVL	Novellara	Novellara	134.292 (0.137)	29/5/2012 10.55.57 (5.3)	22.4

Tab. 6.1.2. Stazioni accelerometriche che hanno registrato PGA superiori a 100 cm s⁻² nel corso della crisi sismica del Maggio 2012 (dal Bollettino della Rete Accelerometrica Nazionale a cura del Dipartimento della Protezione Civile. PGA_{max} = massima accelerazione del terreno registrata (in cm s⁻² e, tra parentesi, rispetto all'accelerazione di gravità, g = 981 cm s⁻²), M_L = magnitudo del terremoto che ha prodotto la PGA_{max}, D = distanza della stazione dall'epicentro (km). La data dell'evento è seguita dal tempo origine della scossa (ora, minuti e secondi).

Fig. 12 – Stazioni accelerometriche che hanno registrato PGA superiori a 100 cm s⁻² durante la crisi sismica del Maggio 2012 (da Mantovani et alii).

Con la Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112/2007 la Regione Emilia-Romagna ha approvato la "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"; tra i vari documenti allegati alla citata deliberazione regionale vi è anche l'elenco dei valori di a_{max} (PGA) per ciascun Comune della Regione che per Carpi corrisponde a **0,154g**. Come si evince dalla comparazione con i dati precedentemente disponibili si tratta di un valore che rientra nel range della Zona 3, parte centrale e meridionale di Carpi (0,15 ÷ 0,175 Ag/g), ma inferiore al massimo indicato nella cartografia di cui all'Ordinanza PCM del 20 Marzo 2003 n. 2374 da usare come ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

Le attuali Norme Tecniche per le costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008), hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva solo ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva infatti fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 Luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.

Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Per quanto riguarda la classificazione sismica del Comune di Carpi, in riferimento agli effetti macrosismici osservati (Scala Mercalli, Cacani, Sieberg) si riporta la carta, per l'Emilia Romagna, delle massime intensità attese dove si può notare che per il Comune di Carpi l' I_{max} raggiunge il 7° grado (Fig. 13).

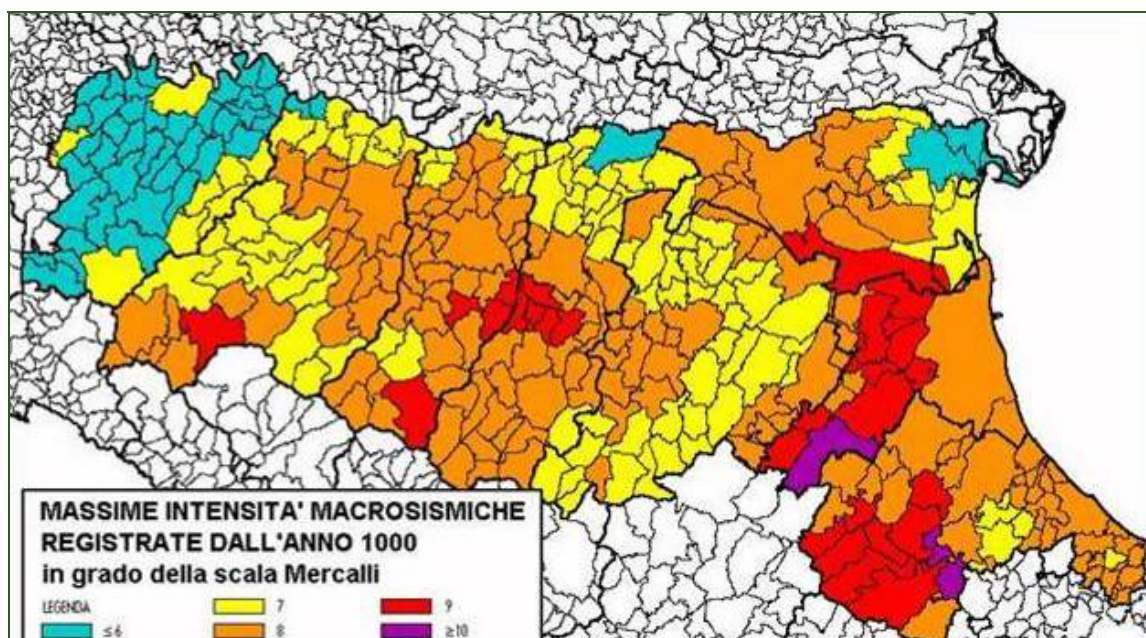


Fig. 13 – Massime intensità macrosismiche.

Per la valutazione della pericolosità di base e cioè di quella componente della pericolosità sismica che non dipende dalle caratteristiche locali del sito in studio, ma principalmente dalla sismicità regionale, occorre fare riferimento alle sorgenti sismiche (le faglie attive) rappresentate attraverso parametri che ne riassumono il comportamento areale, suddividendo distinguendo le così dette zone sismiche.

A tal riguardo si riportano qui di seguito:

- l'estratto, dal "Geoportale Nazionale" del Ministero dell'Ambiente, della mappa delle zone sismiche (Fig. 14) (tratta da "Rapporto Conclusivo della zonazione sismogenetica ZS9 - Appendice 2" (Marzo 2004) del Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa di Pericolosità Sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) dalla quale si deduce che il Comune di Carpi è compreso entro la zona sismogenetica n. 912, per la quale si hanno i seguenti valori massimi della magnitudo momento (M_w max):

912 "Dorsale Ferrarese" $M_w = 6,14$

- un estratto, della mappa delle "Sorgenti sismogenetiche" (Fig. 15) tratto dal "Database of Individual Seismogenetic Sources - 3" dal quale si possono segnalare, per l'area di interesse, le seguenti sorgenti: ITS049 "Reggio Emilia" e ITCS051 "Novi – Poggio Renatico".

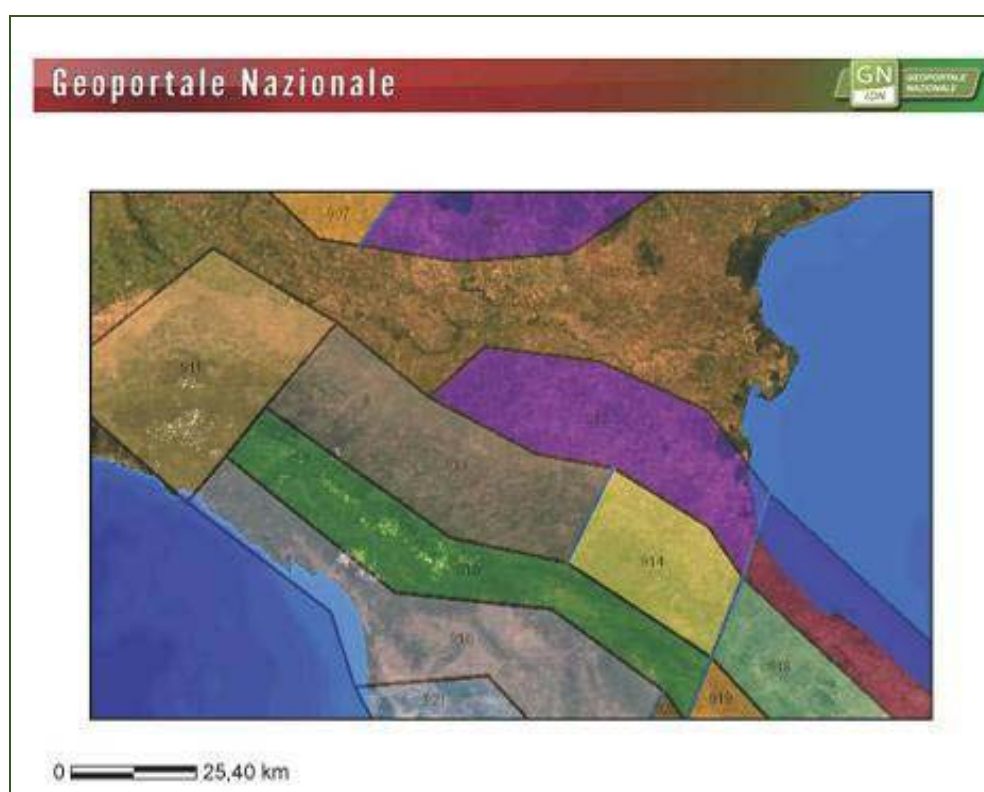


Fig. 14 - Mappa delle Zone sismo genetiche.



Fig. 15 - Estratto dalla mappa delle "Sorgenti sismo genetiche".

5. RELAZIONE GEOTECNICA

5.1. *Analisi e sintesi con i dati esistenti della campagna geognostica*

La progettazione esecutiva di una discarica richiede la qualificazione e quantificazione di numerosi parametri di natura litostratigrafica, geotecnica ed idrogeologica, acquisibili attraverso un'opportuna campagna geognostica.

5.2. *Indagini pregresse*

Numerose indagini furono fatte al momento della progettazione iniziale della discarica nel Maggio del 1997 e nella seconda fase nel Giugno del 1999.

5.2.1. *Prove penetrometriche*

Nella prima indagine geologica-geotecnica e idrogeologica inerente il progetto della discarica d'appoggio all'impianto di selezione e compostaggio di Fossoli di Carpi risalente al Maggio 1997, furono eseguite n. 6 prove penetrometriche statiche (n. 2 CPTU e n. 4 CPT) con ubicazione riportata in Fig. 16.

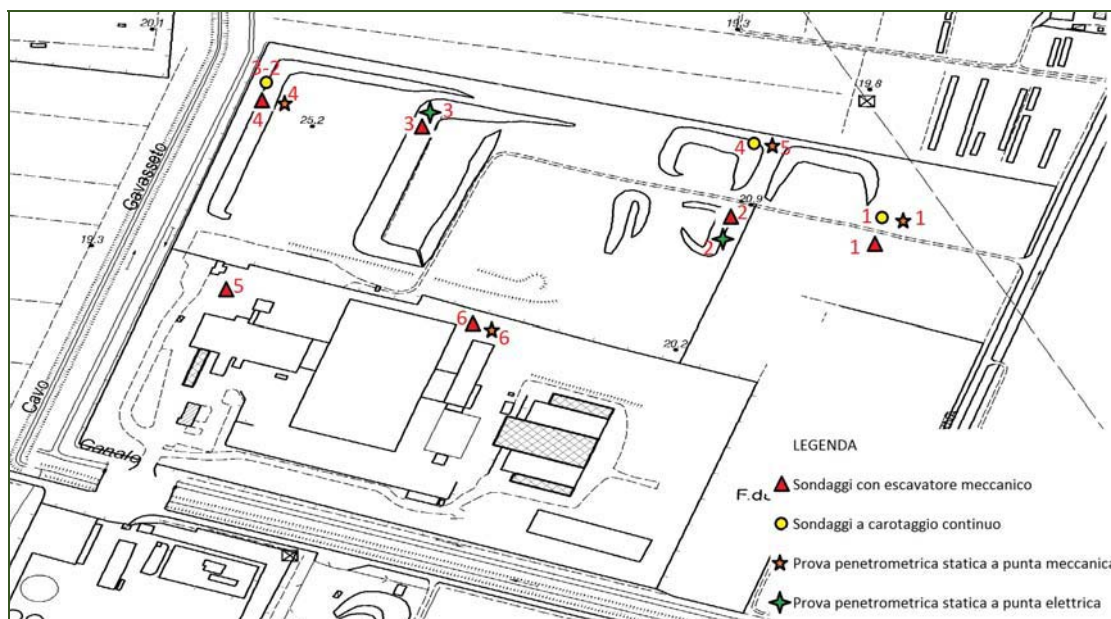


Fig. 16 - Ubicazione delle prove del 1997.

Furono elaborati i dati ottenuti suddividendo il terreno in strati geotecnicamente e litologicamente omogenei per ciascuno dei quali si determinò il valore medio dei principali parametri geotecnici ed in particolare dei seguenti:

- ϕ = angolo di resistenza al taglio
- γ = peso di volume (secco, saturo, normale)
- D_r = densità relativa
- E_d = modulo edometrico
- C_u = coesione non drenata
- OCR = grado di sovraconsolidazione
- G = modulo dinamico di taglio
- *Natura litologica*

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche con punta elettrica a piezocono furono eseguite n. 6 prove di dissipazione.

Durante l'esecuzione dei sondaggi furono eseguite n. 2 prove penetrometriche S.P.T. interpretate attraverso la correlazione di De Mello (1971), la quale consente la valutazione dell'angolo di attrito ϕ , in termini efficaci, in base al valore di N_{SPT} e dalla pressione verticale efficace σ'_{v0} valida per litotipi sabbiosi ottenendo i seguenti risultati:

Tabella 3 – Risultati ottenuti dalle 2 prove penetrometriche S.P.T. del Maggio 1997

SONDAGGIO (n°)	PROVA (n°)	PROFONDITA' (m)	N _{SPT} (n° colpi)	ANGOLO Ø (°)
4	1	6.8	4-6-7	30.42
4	2	14.9	5-6-8	31

5.2.2. Sondaggi meccanici e piezometri

Allo scopo di caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico i terreni interessati dalla realizzazione della discarica, nel Maggio 1997 furono eseguiti n.4 sondaggi a carotaggio continuo ubicati come da Fig. 16.

Tabella 4 – Sondaggi a carotaggio continuo del Maggio 1997

S1	m 8.50
S2	m 20.00
S3	m 7.00
S4	m 30.60

Riassumendo i dati passati, si può evidenziare la natura continua dei depositi che si alternano in livelli di estensione variabile sia in senso areale che verticale; si evidenzia principalmente una sequenza monotona di depositi prevalentemente fini, argille e limi e loro terreni intermedi, con intercalati banchi (oltre i 3 m) più grossolani limo-sabbiosi o più francamente sabbiosi, che tendono ad aumentare di spessore e consistenza man mano che si procede in profondità.

Nella zona studiata i livelli più grossolani furono trovati a circa 4-6 m di profondità, quello più superficiale, tra 14-16 m quello intermedio a 30 m il più profondo, caratterizzato anche da terreni più grossolani francamente sabbiosi.

5.2.3. Sondaggi con escavatore

Ai fini di caratterizzare meglio i livelli incontrati nei primi metri, nel Maggio del 1997, furono eseguiti n. 6 sondaggi con escavatore meccanico spinti ad una profondità di 5 m.

I sondaggi confermarono la situazione litologica del primo sottosuolo, con un primo strato di terreni argillosi e argillo-limosi fino a 4 m di profondità, per poi rilevare uno strato più grossolano limo-sabbioso, sede della prima falda superficiale, estremamente modesta sia arealmente che verticalmente.

5.2.4. Prove Lefranc

Durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio del Maggio 1997, furono eseguite delle prove di permeabilità per immissione del tipo a carico variabile (tipo Lefranc), per la determinazione del coefficiente di permeabilità K, al di sotto del livello di falda, vengono di seguito riportati i dati ottenuti da queste prove:

Tabella 5 – Tabella riassuntiva prove *Lefranc*

TABELLA RIASSUNTIVA PROVE LEFRANC			
PROVA	SONDAGGIO	PROFONDITA' (m)	COEFF. DI PERMEABILITA' K (cm/sec)
1	2	6	$1,2 \cdot 10^{-6}$
2	4	5,4	$2,9 \cdot 10^{-6}$
3	4	15,1	$2,8 \cdot 10^{-6}$

5.2.5. Prove di laboratorio geotecnico

Per avere un quadro sinottico più completo, i risultati delle prove di laboratorio pregresse vengono presentati, in un capitolo più avanti, assieme a quelli delle prove eseguite sul campione prelevato durante la campagna di indagini del maggio 2015.

5.2.6. Indagini geofisiche

5.2.6.1. Indagini del 2009

Durante la realizzazione di una sezione di pretrattamento del rifiuto organico attraverso digestione anaerobica nell'anno 2009 furono eseguiti n. 2 stendimenti sismici, spinti ad una profondità di 30 m ubicati in una zona limitrofa all'area interessata all'ampliamento della discarica di Fossoli del 2015 (Fig. 17).

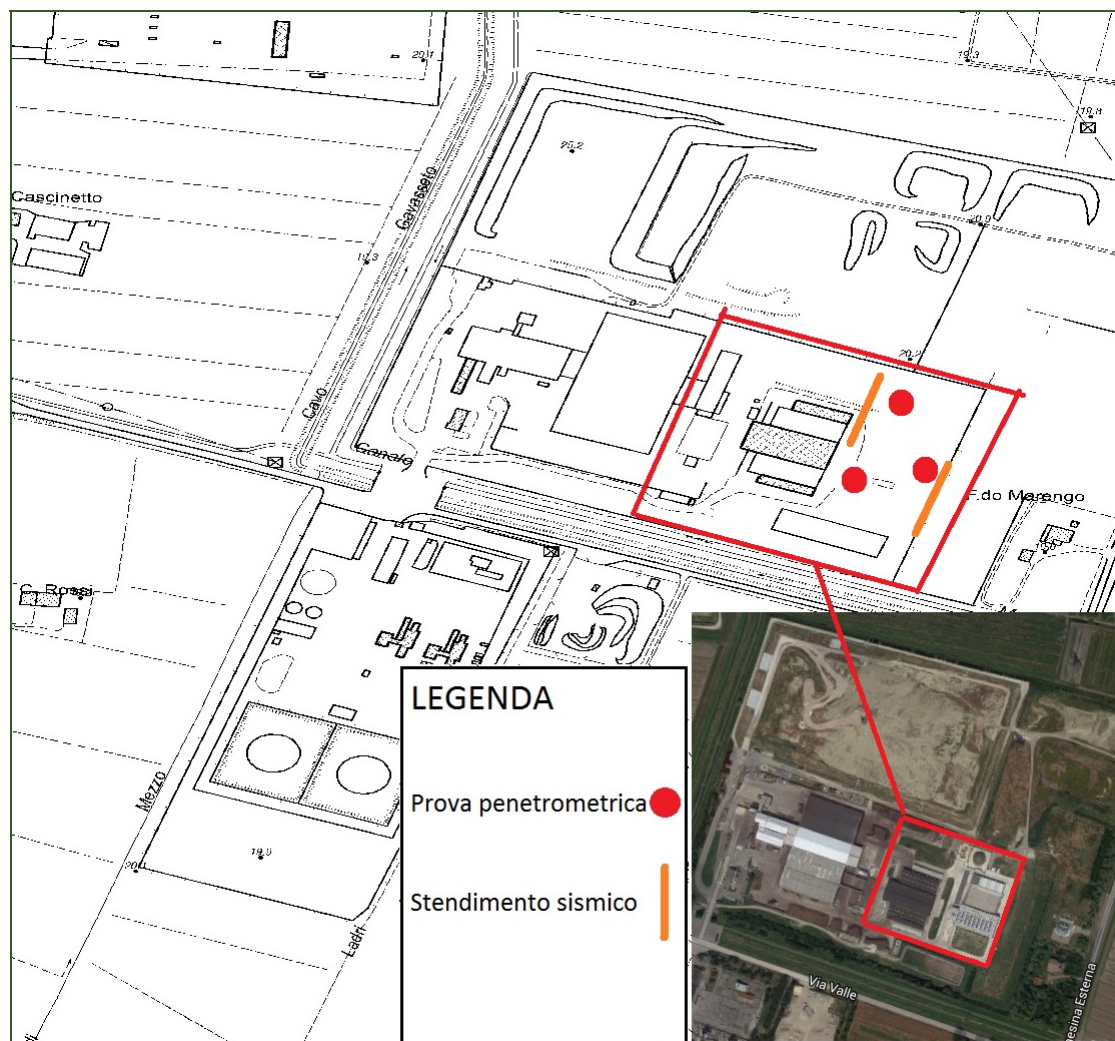


Fig. 17 - Ubicazione stendimenti sismici e penetrometrie del 2009.

Gli stendimenti con tecnica MASW, a onde superficiali (R) permisero di misurare la velocità equivalente delle onde "S" nei primi 30 m di stratigrafia (VS30) che risultò pari a 242 (MASW1) ÷ 261 (MASW 2) m/s.

5.2.6.2. Indagini del 2010

Durante l'elaborazione della relazione geologico-geotecnica e sismica inerente alla costruzione del "Centro servizi del parco eco-tecnologico e didattico" durante l'anno 2010, fu svolto, nel giorno 22/02/2010, n. 1 stendimento sismico, spinto ad una profondità di 30 m dpc, ricadente nell'area di ampliamento della discarica di Fossoli (Fig. 18).

Per poter effettuare una correlazione con i dati sismici ottenuti con un dato stratigrafico fu effettuata anche una prova penetrometrica (P1).

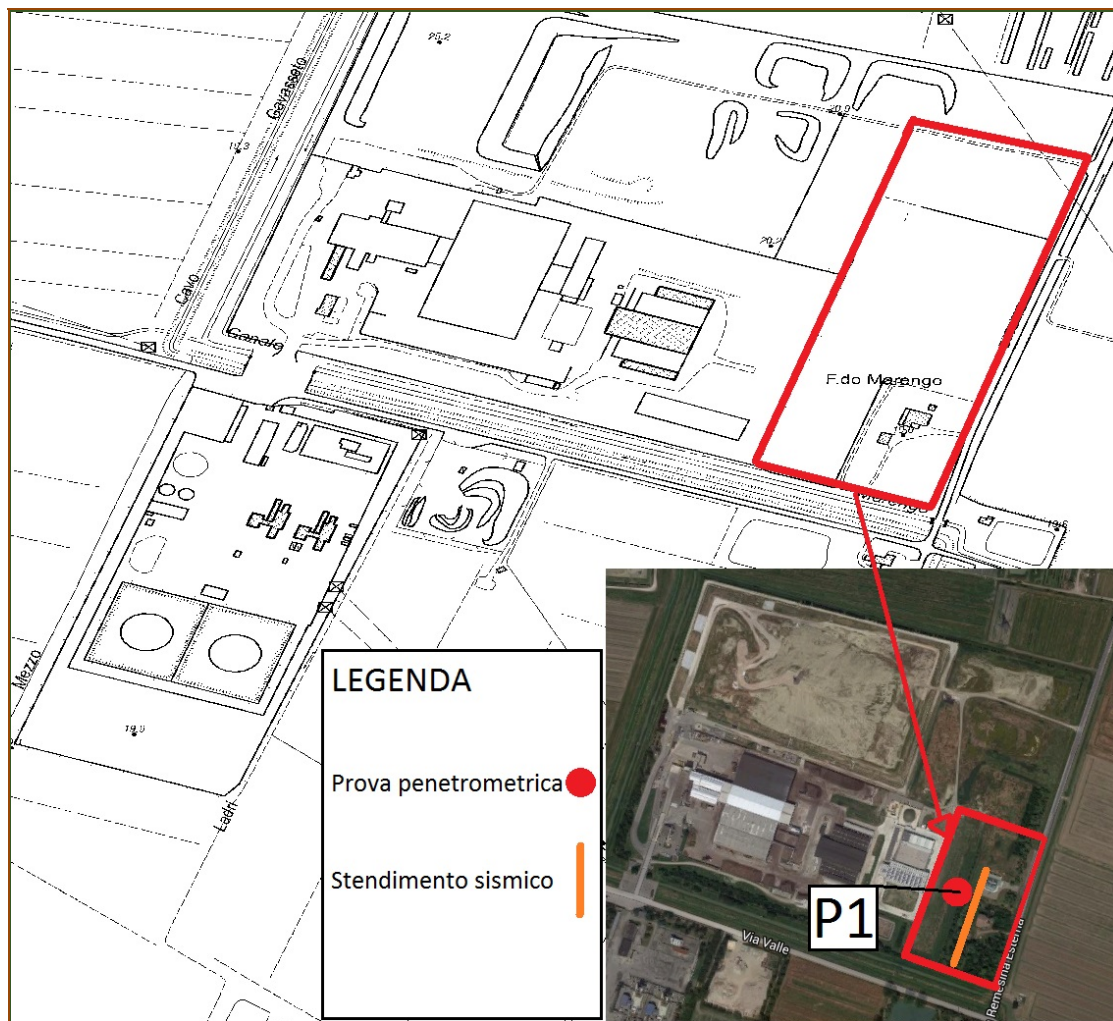


Fig. 18 - Ubicazione dello stendimento sismico e della prova penetrometrica del 2010.

Lo stendimento, con tecnica MASW, a onde superficiali (R) permise di misurare la velocità equivalente delle onde "S" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{S30}) che risultò pari a 232 m/s.

Correlando i dati sismici ottenuti con quelli litologici provenienti dalla prova penetrometrica P1 fu possibile classificare il sottosuolo come Classe C ovvero: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

5.3. Nuove indagini (2015)

5.3.1. Introduzione

La campagna geognostica del 2015 si propone di implementare, mediante le indagini specifiche, le conoscenze già acquisite e disponibili per l'areale d'indagine.

Essendo presente e regolarmente monitorata una rete di controllo idrogeologico, relativa sia alla discarica che al centro di compostaggio esistenti, si è proceduto ad implementarla allo scopo di ricomprendere l'ampliamento del progetto. Sugerendo di mantenere le stesse caratteristiche della rete di monitoraggio esistente si sono eseguiti n. 2 piezometri uno di Ø 4" e uno di Ø 3" di tipo Norton monofalda (Fig. 19).

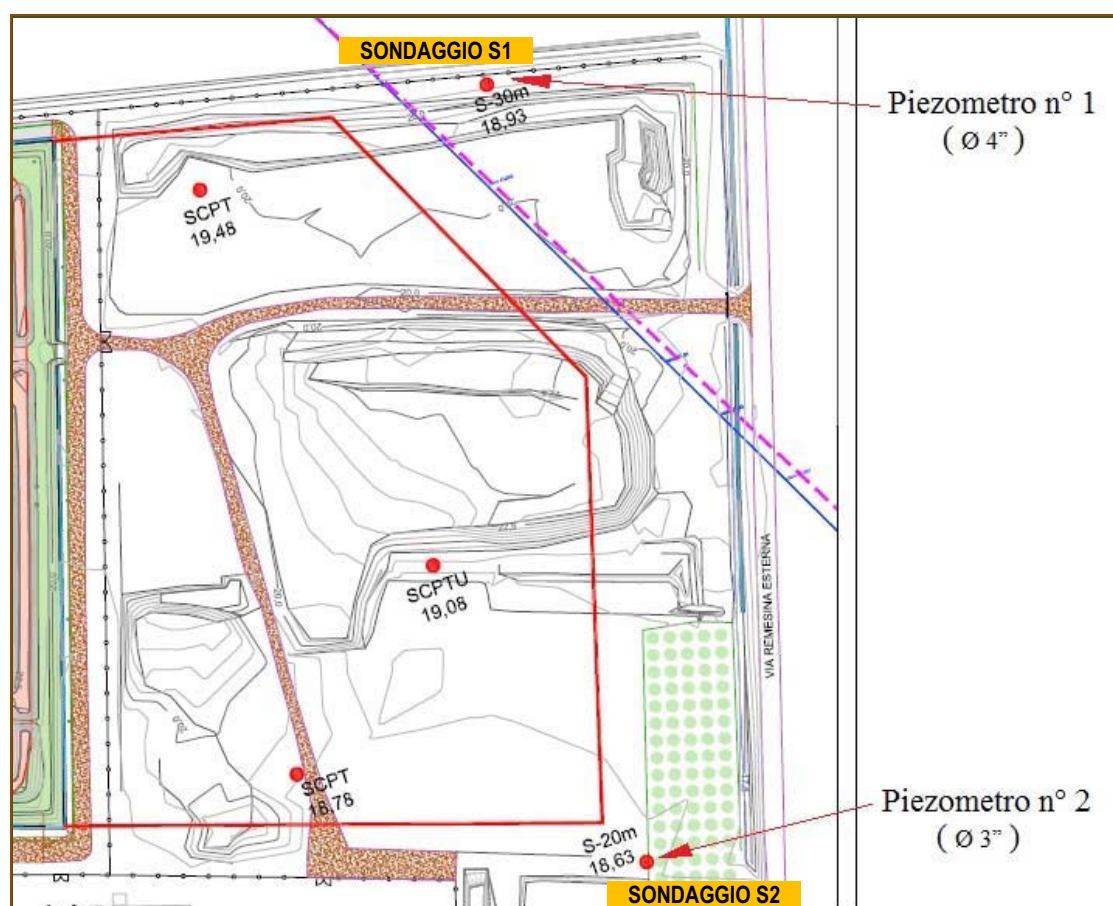


Fig. 19 - Ubicazione n. 3 prove penetrometriche (n. 2 SCPT e n. 1 SCPTU), n. 2 sondaggi (S1 ed S2) e relativi piezometri tipo Norton (n° 1 e n° 2).

Per la realizzazione di tali piezometri e la precisa ricostruzione litostratigrafica, quale supporto per la definizione fisica dei modelli geologico, geotecnico ed

idrogeologico, sono stati eseguiti n. 2 sondaggi meccanici a rotazione a carotaggio continuo dei quali uno ha raggiunto la profondità di 20 m e l'altro di 30 m (Fig. 19).

Durante la perforazione sono stati prelevati campioni indisturbati sui quali sono state eseguite le seguenti prove geotecniche di laboratorio (All. n. 1):

- prove descrittive: umidità naturale, peso di volume naturale, peso specifico dei granuli, limiti di Atterberg, granulometria completa;
- prove meccaniche: taglio CD, ELL e prova edometrica con restituzione della permeabilità.

La campagna geognostica, finalizzata all'approfondimento geotecnico e sismico e alla caratterizzazione litotecnica del volume significativo, sono state eseguite anche:

- n. 1 prova SCPTU, spinta alla profondità di 30 m dal pdc;
- n. 2 prove SCPT spinte a 20 m;
- n. 1 indagine sismica attiva in onde di superficie (MASW) abbinata ad un'indagine sismica passiva in onde di superficie con antenna sismica bidimensionale (ESAC);
- n. 1 prova HVSr.

5.3.2. Sondaggi a carotaggio continuo (2015)

La campagna geognostica del Maggio 2015 ha visto l'esecuzione di due sondaggi a carotaggio continuo il primo, "S1", spinto alla profondità di 30 m e il secondo, "S2", spinto alla profondità di 20 m. Di seguito ne viene schematizzata la stratigrafia, riportata per esteso nell'Allegato n. 2.

Tabella 6 – Stratigrafia Sondaggio S1

PROFONDITA' (m)	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
0/2,30	Terreno di riporto costituito da limo argilloso o argilla limosa
2,30/5,20	Argilla limosa di colore grigio
5,20/6	Limo sabbioso al tetto e alla base, centralmente sabbia medio fine limosa
6/7	Argilla con limo
7/7,40	Sabbia medio fine con limo
7,40/16	Argilla limosa, argilla con limo
16/17	Sabbia limosa e/o limo sabbioso
17/24,50	Argilla a tratti debolmente limosa, argilla grigia consistente
24,50/26,40	Limo con sabbia medio fine
26,40/30	Sabbia medio fine debolmente limosa

Tabella 7 – Stratigrafia Sondaggio S2

PROFONDITA' (m)	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
0/1	Terreno di riporto costituito da limo argilloso
1/11,50	Argilla debolmente limosa o limosa
11,50/12	Argilla debolmente limosa con componente debolmente sabbiosa
12/15,40	Argilla a tratti debolmente limosa
15,40/16,90	Limo argilloso debolmente sabbioso alternato a livelli decimetrici di sabbia
16,90/20	Argilla a tratti debolmente limosa



Fig. 20 - Particolare dei sondaggi S1 e S2 del 2015.

5.3.3. Prove di laboratorio geotecnico

5.3.3.1. Prove classificatorie

Durante le perforazione dei sondaggi del Maggio 1997, furono raccolti n. 9 campioni indisturbati sui quali furono eseguite analisi di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche e geotecniche. Viene di seguito riportata la tabella riassuntiva con i risultati ottenuti allora, insieme a quelli delle prove di laboratorio effettuate sul campione prelevato durante i sondaggi di Maggio 2015.

Tabella 8 – Riassunto dei dati risultanti dalle prove di laboratorio del 1997

TABELLA RIASSUNTIVA ANALISI DI LABORATORIO 1997										
CAMPIONE	PROF.	W (%)	γ (t/mc)	γ (t/mc)	γ (t/mc)	e	n (%)	Sr (%)	WI (%)	Wp (%)
1	2	30,871	1,836	1,416	2,71	0,93	48,23	89,79	63,69	26,69
2	2	33,23	1,906	1,43	2,679				61,56	14,73
3	4,9-5,3	28,092	1,977	1,558	2,723	0,76	43,31	100	32,11	19,16
4	6,20-6,6	26,163	1,888	1,509	2,693	0,79	44,43	88,11	35,77	25,55
5	7,6-8,1	30,19	1,879	1,457	2,666	0,84	45,86	95	54,14	26,74
6	10,2-10,7	21,15	2,038	1,528	2,674	0,58	37,09	95,92	32,23	20,11
7	15,6-16	28,5	1,968	1,441	2,713	0,77	43,54	100	47,99	26,7
8	17,8-18,30	32,016	2,011	1,536	2,69	0,76	43,37	100	43,86	22,47
9	20,8-21,4	43,183	2,191	1,647	2,623	0,6	37,74	100	62,82	29,19

Tabella 9 – Riassunto dei dati risultanti dalle prove di laboratorio del 1997

TABELLA RIASSUNTIVA ANALISI DI LABORATORIO 1997												
Ip (%)	Ic	S (%)	L (%)	A (%)	Classe UNI	σf (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	C' (Kg/cm ²)	Φ (°)	K (cm/sec)	Pocket pen. (Kg/cm ²)	Vane Test (Kg/cm ²)
36,99	0,89		33	67	A7-5	1,52	0,76	0,21	23	4,7x10 ⁻⁷	1,8	0,8
46,84	0,61		34	66	A7-5						1,8	0,9
12,44	0,31	28	50	22	A6	1,1	0,55	0,41	21	6,5x10 ⁻⁷	1	0,3
10,22	0,94	12	62	26	A6						2	4
27,4	0,87		38	62	A7-6	1,9	0,95	0,06	22,13	8,81x10 ⁻⁸	2	0,9
12,12	0,91		61	39	A6	3,16	1,58	0,59	22		3,6	4
21,29	0,92		79	21	A7-6			0,38	22	1,07x10 ⁻⁷	2	0,6
21,39	0,57		65	35	A7-6						1,7	0,9
33,63	0,85		34	66	A7-5	1,66	0,83	0,15	21		1,8	0,8

Tabella 10 – Riassunto dei dati risultanti dalle prove di laboratorio del 2015

TABELLA RIASSUNTIVA PROVA DI LABORATORIO (2015)															
N°	Prof. (m)	W %	Peso unità di volume	Cu (kg/cmq)	Ed (kg/cmq)	LL %	LP %	IP %	IC %	G %	S %	L %	A %	C' (Kg/cmq)	Φ °
S1	10,5/1 1	29	1,950	0,46	76,64	54	21	33	0,77	0	5	6 0	35	0,51	22

5.3.3.2. Prove di consolidazione edometrica

Nel Maggio 1997 furono eseguite n. 8 prove edometriche su campioni indisturbati con misurazione dei cedimenti in diversi intervalli di carico applicato e con esecuzione anche di uno “scarico” e “ricarico” in relazione al carico litostatico gravante sul campione alla profondità di prelievo.

Tabella 11 – Riassunto dei dati risultanti dalle prove edometriche del 1997

TABELLA RIASSUNTIVA PROVE EDOMETRICHE									
1 9 9 7	Δσ	N°	0,125-0,25	0,25-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0			
	PROF.		mv (cmq/Kg)	mv (cmq/Kg)	mv (cmq/Kg)	mv (cmq/Kg)	cv (cmq/Kg)	CR	K (cm/s)
	2	C12	0,0303	0,0234	0,0061	0,0105	1,7*10-3	0,039	2,07*10-8
	4,9-5,3	3A	0,0222	0,0265	0,0021	0,0129	9,32*10-3	0,048	1,35*10-7
	6,2-6,6	2A	0,0678	0,043	0,0095	0,0163	1,75*10-3	0,076	4,01*10-8
	7,6-8,1	4A	0,0181	0,0192	0,003	0,007	1,04*10-3	0,041	1,3*10-8
	10,2-10,7	2B	0,0344	0,256	0,0082	0,0109	9,12*10-3	0,059	1,64*10-7
	15,6-16	2C	0,0418	0,0232	0,0204	0,0025	1,01*10-2	0,065	2,07*10-7
	17,8-18,3	2D	0,0298	0,0326	0,0249	0,0045	7,46*10-4	0,079	1,64*10-8
	20,8-21,4	4B	0,0466	0,0277	0,0188	0,049	1,21*10-3	0,06	2,67*10-8

Tabella 12 – Riassunto dei dati risultanti dalle prove edometriche del 1997

TABELLA RIASSUNTIVA PROVE EDOMETRICHE								
1 9 9 7	2,0-4,0				4,0-8,0		RR	OCR
	mv (cmq/Kg)	cv (cmq/Kg)	CR	K (cm/s)	mv (cmq/Kg)	CR		
	0,0077	6,46*10-3	0,066	6,46*10-8	0,0072	0,094	0,009	3
	0,0075	1,29*10-2	0,081	1,58*10-7	0,005	0,091	0,006	4,3
	0,094	2,31*10-3	0,098	3,41*10-8	0,0071	0,109	0,012	2,5
	0,0062	2,27*10-3	0,045	1,54*10-8	0,005	0,078	0,016	3,35
	0,0071	7,33*10-3	0,068	7,52*10-8	0,0046	0,086	0,011	1,31
	0,0071	9,45*10-3	0,061	8,53*10-8	0,0045	0,086	0,01	1,51
	0,0089	5,13*10-3	0,078	6,03*10-8	0,0053	0,108	0,015	1
	0,009	9,53*10-4	0,078	1,12*10-8	0,0067	0,108	0,02	1,2

5.3.3.3. Permeabilità orizzontale

Nel Maggio 1997, mediante la cella edometrica usata come permeametro, fu determinata la permeabilità su 4 campioni; nella tabella seguente vengono riportati i dati ottenuti riassunti:

Tabella 13 – Tabella riassuntiva dei risultati delle prove per la determinazione della Permeabilità Orizzontale

TABELLA RIASSUNTIVA VALORI "K" DA LABORATORIO			
CAMPIONE	PROF. (m)	PROVA	COEFF. DI PERMEABILITA' (cm/sec)
C1/2	2	Permeametro	$4,73 \cdot 10^{-7}$
S4/A	7,6-8,1	Permeametro	$8,81 \cdot 10^{-8}$
S3/A	4,9-5,3	Permeametro	$6,5 \cdot 10^{-7}$
S2/C	15,6-16	Permeametro	$1,07 \cdot 10^{-7}$
S2/D	17,8-18,3	Edometrica	$1,64 \cdot 10^{-8}$
S2/B	10,2-10,7	Edometrica	$1,64 \cdot 10^{-7}$
S2/A	6,2-6,6	Edometrica	$4,01 \cdot 10^{-8}$
S4/B	20,8-21,4	Edometrica	$1,12 \cdot 10^{-8}$
S4/A	7,6_8,1	Edometrica	$1,3 \cdot 10^{-8}$
C1/2	2	Edometrica	$2,07 \cdot 10^{-8}$
S2/C	15,6-16	Edometrica	$2,07 \cdot 10^{-7}$
S3/A	4,9-5,3	Edometrica	$1,25 \cdot 10^{-7}$

5.3.3.4. Prove di compattazione PROCTOR

Per simulare le differenti tecniche riguardanti la realizzazione in situ di un determinato grado di compattazione, nel Maggio 1997 furono eseguite su n. 4 campioni una prova di compattazione PROCTOR. Tramite questa prova si è potuto determinare il contenuto d'acqua "optimum" e la densità secca "maxima" in relazione ai diversi gradi di compattazione.

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva dei valori ottenuti da tale prova.

Tabella 14 – Tabella riassuntiva dei risultati delle prove di compattazione *Proctor*

TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI DI RESISTENZA								
N°	Campione	Cu (Kg/cmq)	C' (Kg/cmq)	Φ' (°)	C _r (Kg/cmq)	C' _r (Kg/cmq)	Φ' _r (Kg/cmq)	Prof. (m)
1	C1/2	0,76	0,21	23°	1,84	1,35	24°	2
2	C1/4				1,64	1,25	26°	2
3	S3/A	0,55	0,41	21°	1,21	0,95	30°	4,9-5,3
4	S4/A	0,95						7,6-8,1
5	S2/B	1,58	0,59	22°				10,2-10,7
6	S2/C		0,38	22°				15,6-16
7	S4/B	0,83	0,15	21°				20,8-21,4

5.3.4. Prove penetrometriche e Cono sismico (2015)

Allo scopo di caratterizzare litologicamente e geotecnicamente i terreni interessati dall'ampliamento della discarica sono state eseguite n. 2 CPTU spinte a 20 m dal pdc e n. 1 SCPTU spinta alla profondità di 30 m dal pdc (All. nn. 3 e 4 Bis) con ubicazione mostrata in Fig. 19.

L'elaborazione in continuo ha permesso mediante l'analisi del rapporto Rp/RI, la definizione della litologia dei terreni attraversati (*Begemann*).

In Allegato n. 4 si riporta l'elaborazione per ogni singola prova.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche con punta elettrica e piezocono sono state eseguite n. 4 prove di dissipazione (All. n. 3) i cui risultati sono graficamente riportati nelle Figg. 21, 22, 23 e 24 e numericamente sintetizzati nella tabella seguente.

Tabella 15 – Tabella riassuntiva dei risultati delle prove di *Dissipazione*

Prova n°	r (cm)	t (s)	T	C _h (cm ² /s)	C _v (cm ² /s)	R _p (kg/cm ²)	a	m _v	K _v (cm/s)	K _h (cm/s)
CPTU1	1,8	1260	6,5	0,01671	0,00334	14,4	5	0,013889	4,64E-08	2,32E-07
CPTU2	1,8	3780	27	0,02314	0,00463	24,476	3,106	0,013154	6,09E-08	3,04E-07
SCPTU1_1	1,8	3900	27	0,02243	0,00449	23,802	3,24	0,012967	5,82E-08	2,91E-07
SCPTU1_2	1,8	1290	6,5	0,01633	0,00327	28,106	2,4	0,014825	4,84E-08	2,42E-07

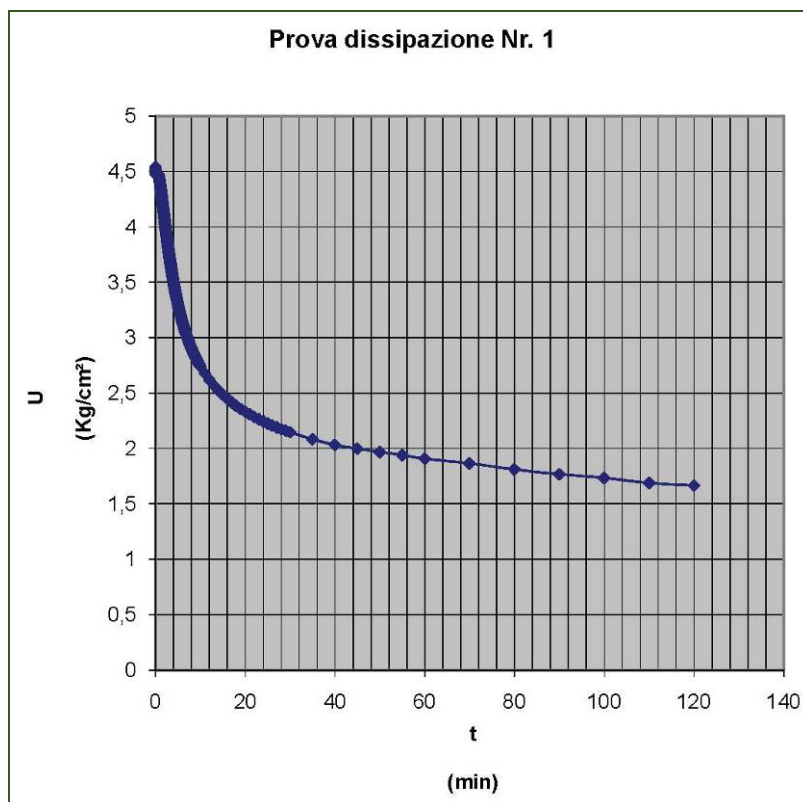


Fig. 21 – Prova di Dissipazione CPTU1: profondità di prova -10,05; soggiacenza di falda -1,90 m.

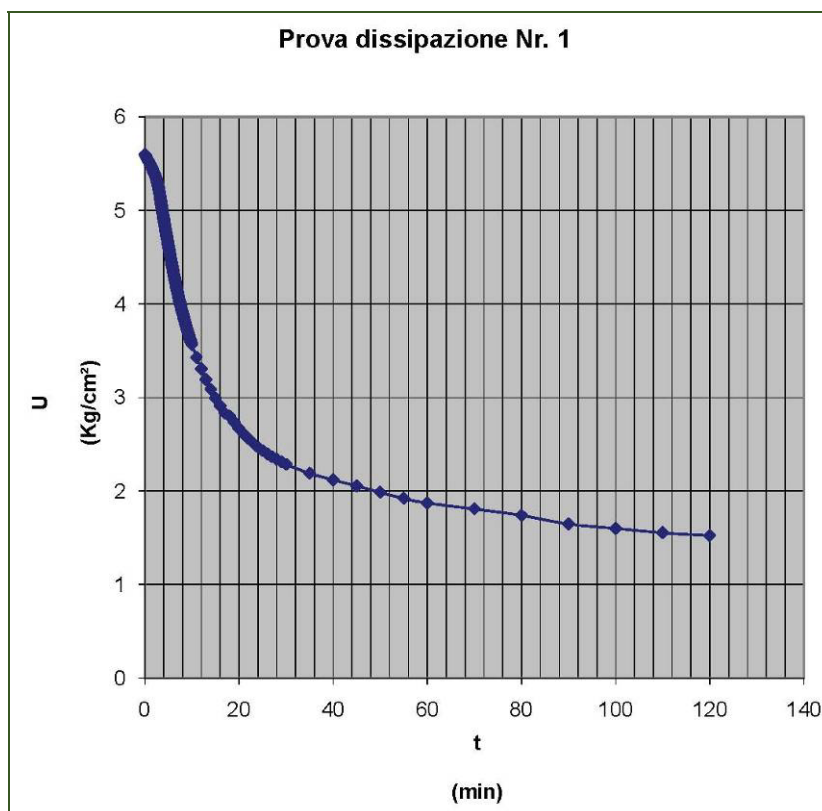


Fig. 22 – Prova di Dissipazione CPTU2: profondità di prova -10,49; soggiacenza di falda -1,40 m.

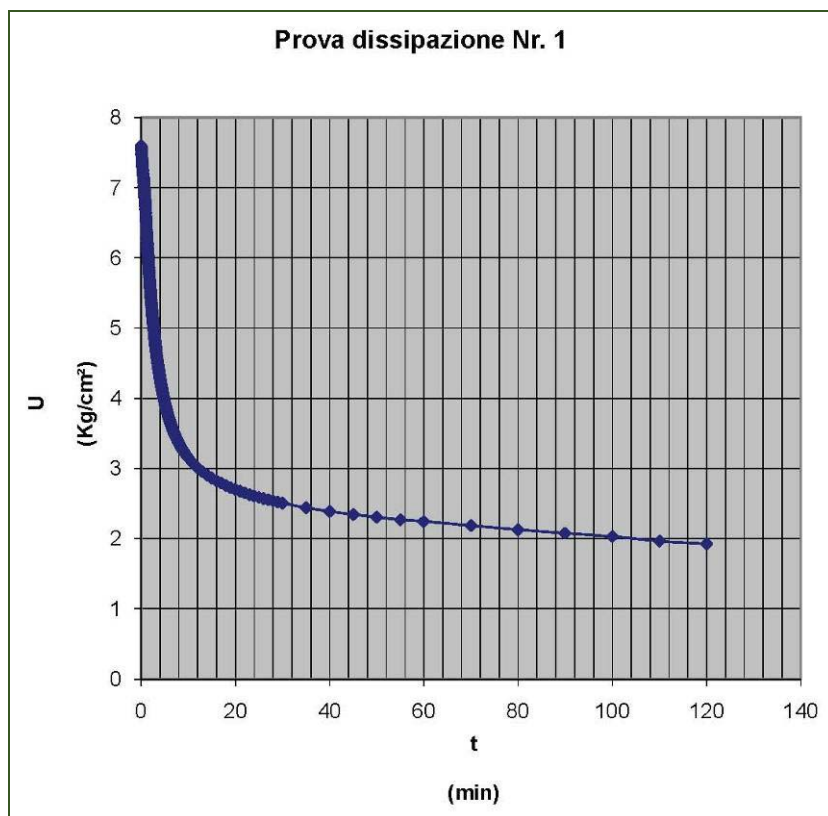


Fig. 23 – Prova di Dissipazione SCPTU 1_1: profondità di prova -10,10; soggiacenza di falda -1,50 m.

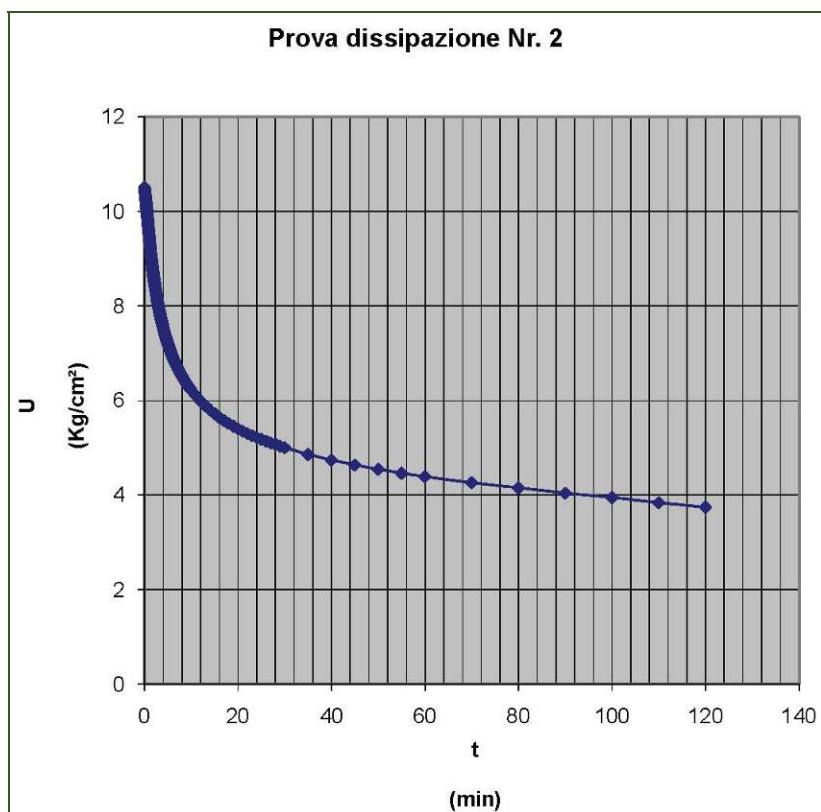


Fig. 24 – Prova di Dissipazione SCPTU 1_2: profondità di prova -20,18; soggiacenza di falda -1,50 m.

5.3.5. Indagini geofisiche (2015)

È stata eseguita un'indagine sismica in onde di superficie (All. n. 5), combinando un'acquisizione attiva (MASW) con un'acquisizione passiva mediante antenna sismica bidimensionale (ESAC), con lo scopo di prolungare in profondità il profilo verticale di velocità ricavato (fino alla profondità di 30 m) per mezzo dell'indagine effettuata col cono sismico durante l'esecuzione della prova penetrometrica (SCPTU1) (All. n. 4 Bis).

Attraverso la modellazione diretta della curva di dispersione effettiva, ottenuta combinando la curva dell'acquisizione attiva con quella dell'acquisizione passiva, condizionata dai dati stratigrafici e geofisici disponibili, è stato possibile definire un modello di profilo verticale di velocità fino ad una profondità di circa 80 m (Fig. 25) da utilizzare per la valutazione della risposta sismica locale.

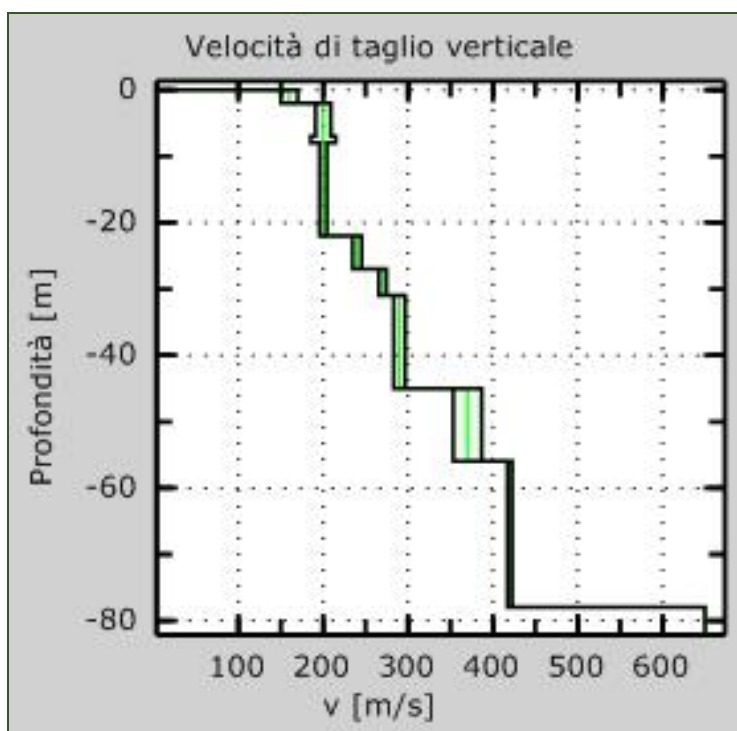


Fig. 25 – Modello di profilo verticale di velocità Vs.

Il modello così ricavato indica la presenza di terreni lenti, con Vs entro i 200 m/s fino alla profondità di circa 22 m dal p.c., Vs comprese tra 200 e 300 m/s tra 22 e 45 m da p.c., Vs comprese tra 300 e poco più di 400 m/s tra 45 e 78 m da p.c. Il modello indicherebbe pertanto a tale profondità, la presenza di un'interfaccia che marcherebbe un passaggio significativo di velocità (da 420 m/s si passerebbe a oltre 600 m/s) che, secondo l'interpretazione stratigrafica potrebbe coincidere con la parte

basale dell'unità AES6 (cfr. nomenclatura stratigrafica regionale per la pianura padana) sovrapposta alle unità indifferenziate AES1-AES5 costituenti la parte inferiore del così detto Sintema emiliano-romagnolo superiore (All. n. 5 e Fig. 25).

5.4. Modellazione geotecnica

5.4.1. Modello geologico-geotecnico

Tramite le correlazioni eseguite tra i dati litostratigrafici ottenuti dai sondaggi S1 e S2 del Maggio 2015 e i dati provenienti dai sondaggi eseguiti nel 1997 è stato possibile definire un modello geologico definito da n. 6 + 1 strati distinti, dal piano di campagna, fino alla profondità di $\cong 80$ m.

Ad ognuno di questi strati è stata assegnata una litologia ben precisa e dei parametri geotecnici ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite sul campione prelevato dal sondaggio S1 nel Maggio 2015 insieme ai dati geotecnici ottenuti dalle prove di laboratorio del 1997.

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva nella quale è possibile osservare la suddivisione degli strati in base alla litologia ed i parametri geotecnici ad essi assegnati.

Tabella 16 – Litologia e parametri geotecnici nominali dei 6 + 1 strati

Strato (m)	Litologia	φ' (°)	Cu (kg/cmq)	C' (kg/cmq)	Ed (kg/cmq)	Peso di volume naturale (t/mc)	Peso di volume saturo (t/mc)
N1 (0/4)	Argille	23	0,76	0,21	42,2	1,836	1,898
N2 (4/7)	Limi e limi sabbiosi	21	0,55	0,41	69,25	1,888	1,953
N3 (7/15,2)	Limi argillosi e argille limose	25	1,58	0,51	72,64	1,950	1,950
N4 (15,2/16)	Limi e limi sabbiosi	22		0,38	93,1	1,968	1,968
N5 (16/26,5)	Argille limose e limi argillosi	21	0,83	0,15	72,16	2,011	2,011
N6 (26,5/54)	Sabbie e sabbie limose	26,19			295,95	2,148	2,148
N7 (54/79,5)	Argille molto compatte	23	1,5	0,21	150	2,200	2,200

Grazie alla campagna geognostica del 2015 è stato possibile confermare il modello geologico che era emerso nelle campagne precedenti; complessivamente si evidenzia una serie di alluvioni prevalentemente fini, caratterizzate da alternanze di sedimenti limo-argillosi con intercalazioni più grossolane limo-sabbiose, fino a circa 30 m dove si rileva la presenza di uno strato più grossolano costituito da sabbie e sabbie limose.

In particolare è stato possibile rilevare un primo strato argilloso e argillo-limoso superficiale fino a 4 m.

Al di sotto di tale strato si incontra un livello granulometricamente più grossolano, caratterizzato da depositi limosi e limo-sabbiosi, compreso mediamente tra i 4 e i 7 m di profondità, corrispondente ad un ambiente di maggiore energia ma sempre nell'ambito di pianura.

Come già accennato in precedenza questo strato rappresenta anche il primo corpo acquifero, che contiene la falda superficiale, il cui livello si attesta mediamente sui 2 m di profondità dal piano di campagna.

Proseguendo in profondità si susseguono depositi fini argillosi-limosi fino a circa 15 m di profondità dove si incontra un livello più grossolano limo-sabbioso, dello spessore di circa 1 m, che rappresenta il secondo corpo acquifero, con all'interno la presenza di una falda intermedia.

Successivamente fino ad arrivare alla profondità di 26,50 m dal p.d.c. tornano ad essere predominanti i depositi fini argillosi, a cui facilmente si intercalano livelletti più grossolani francamente limosi.

A circa 26,50 m di profondità dal p.d.c. si riscontra lo strato più grossolano, costituito da sabbie e sabbie limose, che rappresenta un terzo corpo acquifero, sede di una falda profonda indubbiamente più rilevante rispetto alla precedenti.

Tale strato sabbioso risulta avere un consistente spessore ed essere caratterizzato nella parte apicale da sabbia fine, che diventa via via più grossolano verso la base dello strato stesso.

Una particolarità non evidenziata nelle campagne precedenti a quella del 2015 è una risalita verso Est di tale strato sabbioso.

Al di sotto di tale profondità, non indagate direttamente, si è fatto riferimento ai dati bibliografici reperiti, alle litostratigrafie di pozzi d'acqua e alle indagini geofisiche eseguite nel Maggio 2015.

Oltre i 30 m lo strato più grossolano sabbioso si estende fino a una profondità di circa 54 m dal p.d.c. oltre la quale troviamo argille molto compatte fino a una profondità di 79,5 m dal p.d.c.

Dall'analisi delle sezioni litostratigrafiche (All. n. 6), posizionate come da Fig. 26, si evince una disposizione dei depositi prevalentemente continua, con livelli che tendono ad assottigliarsi e variare di spessore.

Si assiste prevalentemente al passaggio da limi ad argille, con interposti i livelli più grossolani limo-sabbiosi e sabbiosi .

Nelle sezioni si individuano bene gli strati più grossolani, nonché lo strato sabbioso alla base, presente in modo continuo sia nei sondaggi che nelle prove penetrometriche.

All'interno dei 30 m i sedimenti argillosi più profondi, presentano caratteristiche differenti da quelli superficiali più recenti, sia come composizione granulometrica che come caratteristiche fisiche.

Va sottolineato che i dati geotecnici riportati per i 6 + 1 strati individuati sono valori medi nominali.

La granulometria dei depositi superficiali è generalmente molto fine, con prevalenza delle frazioni argillose e limo-argillose (60-90%); procedendo in profondità si rilevano degli strati più grossolani, in cui aumenta la frazione sabbiosa a scapito di quella argillosa.

Il peso di volume tende ad aumentare con la profondità.

La coesione non drenata C_u mostra complessivamente un andamento regolare con un progressivo aumento con la profondità.

Si rilevano valori abbastanza elevati come per lo strato N 3 compreso tra i 7 e i 15 m di profondità, con un valore di 1,58 Kg/cm² (tipici per argille ben consolidate) e valori minimi pari a 0,55 Kg/cm² in corrispondenza del livello N 2 più grossolano tra i 4 e i 7 m di profondità dove risulta maggiore la componente sabbiosa.

Lo strato N 3 (evidenziato in giallo in tabella 15) è stato definito tramite le prove di laboratorio eseguite sul campione prelevato a Maggio 2015, gli altri 5 strati sono stati definiti tramite i dati provenienti dalle indagini eseguite nel 1997 nell'area di studio attuale.

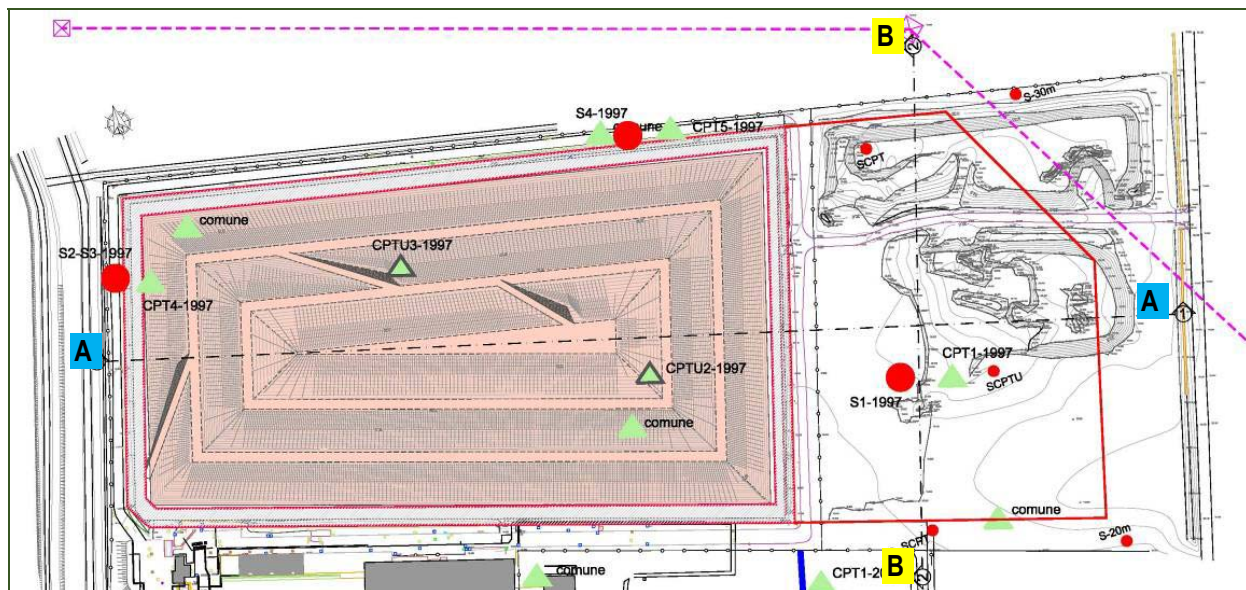


Fig. 26 – Ubicazione sezioni A-A e B-B.

Va evidenziato il fatto che la coesione non drenata (C_u) dello strato N 3 riportata in tabella 15 non è quella trovata per il campione del 2015 (All. n. 1) ma è stata sostituita a quella trovata tramite le prove di laboratorio del 1997 eseguite su un campione di allora prelevato ad una profondità simile, a causa di una discordanza anomala con la coesione efficace sempre del campione del 2015.

I parametri di resistenza al taglio C' e ϕ' variano relativamente poco con la profondità, la coesione C' tende ad aumentare leggermente tra gli strati N 2 e N 3 ad una profondità compresa tra i 4 e i 15 m, l'angolo d'attrito si mantiene pressoché costante, escludendo un valore alto nello strato N 3 di 25° .

Tramite le indagini eseguite incrociate con quelle delle campagne geognostiche precedenti che i parametri fisici e i valori geotecnici migliorano progressivamente all'aumentare della profondità.

5.4.2. Sezioni geomeccaniche

Dall'esame comparato tra le sezioni litostratigrafiche costruite con i parametri ottenuti dalle prove penetrometriche, sondaggi meccanici ed analisi in laboratorio si è elaborato una sezione geomeccanica (All. n. 7) per i terreni interessati dall'ampliamento della discarica.

Nello specifico i parametri riportati sono:

- Parametri di resistenza al taglio C' e ϕ
- Coesione non drenata C_u
- Modulo edometrico
- Peso di volume naturale
- Peso di volume saturo.

Tutti i suddetti parametri possono essere meglio analizzati nella Tabella n 16.

Si sono svolte le considerazioni seguenti:

I depositi argillosi superficiali che interessano la costruzione dell'opera in progetto sono costituiti prevalentemente da argille e argille limose, leggermente sovraconsolidate, fino a una profondità di circa -4 m dal p.d.c., caratterizzate da discreti valori di R_p , resistenza alla punta mediamente sui 10 Kg/cm²; i parametri di resistenza al taglio risultano buoni, con elevati valori di coesione non drenata C_u (0,76 Kg/cm²), una coesione efficace più bassa $C' = 0,21$ Kg e angolo di attrito interno ϕ medio di 23°, per tale strato è stato anche riportato il modulo edometrico E_d di 42,2 Kg/cm².

Al di sotto delle argille, alla profondità compresa tra -4 e -7 m dal p.d.c. e quindi ancora interessati dall'ampliamento della discarica, ritroviamo uno strato limo-sabbioso.

Si assiste ad un aumento dei valori di R_p , resistenza alla punta, con medie di circa 16 Kg/cm², la coesione non drenata diminuisce in relazione all'aumento della frazione grossolana (0,55 Kg/cm²), con angoli ϕ di 21°. I valori in termini efficaci di C' mostrano un leggero rialzo della coesione (0,41 Kg/cm²).

Il modulo edometrico di tale strato vale 69,25 Kg/cm².

Segue poi da 7 m fino ai 15 m un'alternanza di argille limose e limi, in questo caso la coesione non drenata cresce fino a un massimo di 1,58 Kg/cm², ϕ cresce fino a 25° con una C' di 0,51 Kg/cm².

Al di sotto di quest'ultimo pacco di terreni, si rileva uno strato granulometricamente più grossolano, si tratta di un livello limo-sabbioso posto tra i 15 m ed i 16 m di profondità. In corrispondenza di tale strato aumentano i valori di R_p fino a valori medi di 40 Kg/cm².

L'angolo di attrito interno ϕ si attesta intorno ai 22°, la coesione efficace C' segna una netta diminuzione arrivando a 0,38 Kg/cm², il modulo edometrico E_d invece segna 93,1 Kg/cm².

Seguono poi da 16 a 26,5 m dal p.d.c. una prevalente alternanza di argille limose fino al primo livello sabbioso di una certa importanza.

Tale strato riporta una resistenza alla punta R_p intorno ai 15 Kg/cm^q, l'angolo di attrito ϕ scende a 21°, viene riportata una crescita della coesione non drenata C_u intorno ai 0,83 Kg/cm^q e una netta diminuzione della coesione efficace C' (0,15 Kg/cm^q).

Al di sotto dei 29-30 m di profondità si rileva uno strato sabbioso e sabbioso-limoso.

In corrispondenza di tale strato i valori di R_p aumentano bruscamente fino oltre 100 Kg/cm^q evidenziando per tali sabbie un buono/elevato stato di addensamento, l'angolo d'attrito cresce significativamente (26,19°), con un modulo edometrico molto elevato di 295,95 Kg/cm^q.

5.4.3. Modello idrogeologico

I dati di base per l'approfondimento litostratigrafico, al fine di ricostruire la situazione idrogeologica dell'area di discarica, sono rappresentati da stratigrafie di pozzi per acqua, raccolti da bibliografia e presenti in zona, integrati da dati prodotti direttamente durante l'esecuzione del presente studio e di quelli antecedenti.

Attraverso l'esame delle litostratigrafie dei sondaggi e prove eseguite, unitamente all'analisi delle sezioni ricostruite si è cercato di interpretare la struttura fisica della zona in esame con particolare riferimento all'aspetto idrogeologico.

Fino alla profondità indagata direttamente (30 m) si possono individuare su tutta l'area, interessata dall'ampliamento della discarica, tre orizzonti principali, rappresentati corpi acquiferi, sedi di falda variamente produttive, ma in qualche misura utilizzate:

- una falda superficiale, solitamente in pressione, posta circa a 4-6 m di profondità, il cui livello statico si attesta a circa 1.7-1,8 m di profondità dal piano di campagna;
- una falda che per nostra comodità definiamo intermedia, che si colloca alla profondità di circa 15 m, con spessore variabile da 1-2 m e livelli statici che si attestano a circa 1.8 m di profondità dal piano di campagna.
- infine una falda profonda, almeno per quello che riguarda lo spessore investigato direttamente, che si colloca a circa 30 m di profondità, in pressione con livelli statici che si attestano mediamente sui 3 m dal p.d.c., risulta essere la falda più produttiva, contenuta anche da un punto di vista litologico nelle sabbie migliori, più sfruttata in zona, definendo pertanto tale livello come il primo acquifero di una certa importanza, anche per quanto riguarda la sua protezione.

Le prime due falde invece sono contenute in corpi acquiferi semipermeabili, costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose con notevoli variazioni sia in senso verticale sia in orizzontale, si tratta comunque di falde poco produttive a bassa trasmissività.

La presenza di questi corpi acquiferi, intercalati a depositi prevalentemente fini impermeabili, rappresenta delle variazioni del ciclo sedimentario, in cui si alternano periodi caratterizzati da bassissima energia deposizionale e quindi, con depositi prevalentemente fini argillosi, ad altri di rottura fluviale, con deposizione di materiale granulometricamente più grossolano; quest'ultimo rappresenta sempre percentualmente la componente minore.

Da un punto di vista idrogeologico i primi livelli risultano costituiti da terreni caratterizzati da permeabilità più ridotte rispetto a quello più profondo, e alimentati prevalentemente da infiltrazione superficiale.

I livelli acquiferi sopra descritti sono tutti intercalati da potenti strati, con spessori anche di diverse decine di metri, di terreni prevalentemente fini-argillosi, caratterizzati da valori del coefficiente di permeabilità K molto bassi, che complessivamente creano e garantiscono sufficienti condizioni di protezione delle acque sotterranee.

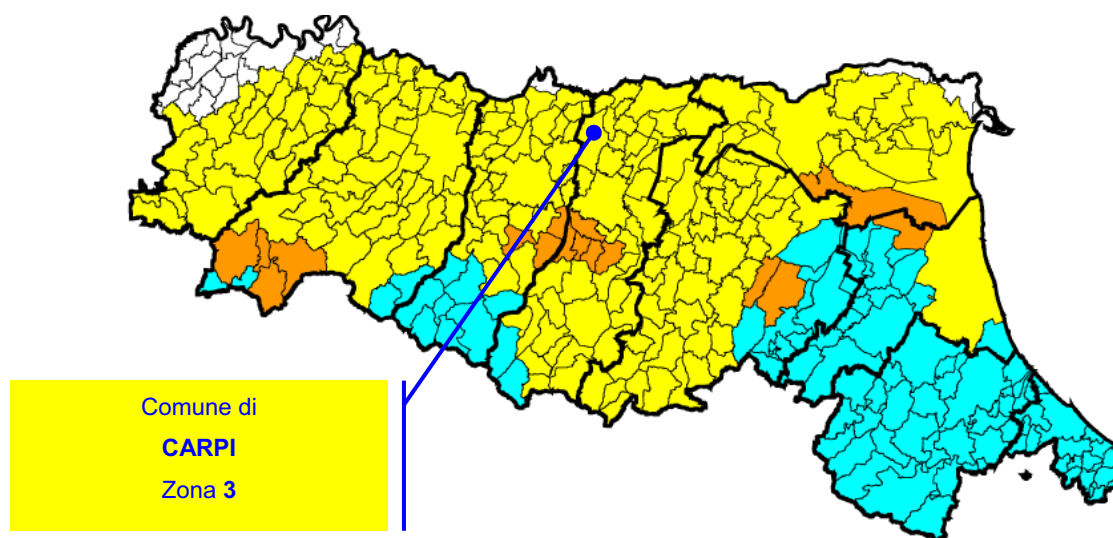
Una volta definita la struttura fisica da un punto di vista idrogeologico avendo distinto l'andamento dei vari strati permeabili e impermeabili con la profondità, facendo riferimento alle sezioni litostratigrafiche elaborate sulla base dei sondaggi e prove penetrometriche si sono realizzate n. 2 sezioni idrogeologiche (All. n. 8) con l'individuazione dei vari livelli acquiferi e acquitardi

6. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (D.M. 14/01/2008)

6.1. Premessa

In campo geotecnico la normativa italiana di riferimento è rappresentata, per gli aspetti legati alla riclassificazione sismica del territorio nazionale, dalla OPCM n. 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche ed integrazioni e, per gli aspetti progettuali, dal Testo Unico «Norme Tecniche per le costruzioni», approvato con Decreto Ministeriale del 14/01/2008 (Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 – Supplemento Ordinario n. 30) ed entrato definitivamente in vigore il 1° Luglio 2009 in seguito all'approvazione, il 23/06/2009, della legge di conversione del Decreto Legge Abruzzo 39/2009.

Tali testi rappresentano l'allineamento della normativa italiana agli Eurocodici.



LEGENDA

zona 2	89	precedente riclassificazione (1983 - 1984)
	16	
zona 3	214	
zona 4	22	

n. Comuni coinvolti

**Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003
(Allegato 1, punto 3 "prima applicazione")**

6.2. *Stati limite*

Una delle novità più importanti in campo geotecnico è rappresentata dall'abbandono del concetto di carico ammissibile, per approdare all'approccio degli stati limite come di seguito specificato.

6.2.3.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (6.2.1)$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad (6.2.2)$$

e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]. \quad (6.2.3)$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri geotecnici di progetto X_k / γ_M e della geometria di progetto a_d . Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Fondazioni superficiali

La verifica della condizione (6.2.1) può essere effettuata, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

– Combinazione 1: (A1+M1+R1)

– Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

(A1+M1+R3)

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 1, devono essere prese in considerazione entrambe le combinazioni.

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

6.3. Parametri di calcolo dell'azione sismica di riferimento

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “**pericolosità sismica di base**” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R (V_N vita nominale $\times C_U$ coefficiente d'uso).

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Ai fini delle NTC 2008 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In Allegato n. 9 si riportano i parametri sismici calcolati (Software "Geostru PS Parametri Sismici") per il sito in esame considerando una Vita Nominale ≥ 50 anni ed la classe d'uso III ed i coefficienti sismici che vengono calcolati per un sottosuolo di categoria C ed una categoria topografica T1.

6.4. *Risposta sismica locale con approccio semplificato*

Per definire l'azione sismica di progetto è necessario valutare la "Risposta Sismica Locale" e cioè quelle modifiche che un segnale sismico subisce rispetto a quello di base di un sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale.

$$a_{\max} = a_g \times S_t \times S_s$$

S_s = Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica dipende dalla caratterizzazione geotecnica del materiale che costituisce i primi 30 m di profondità (calcolati dal piano di imposta della fondazione della struttura di sostegno) nella località di realizzazione dell'opera (F_o e a_g tabulati).

Categoria sottosuolo	S_s
A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1,00
B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 (F_0 (a_g / g)) < 1,20$
C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 (F_0 (a_g / g)) < 1,50$
D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 (F_0 (a_g / g)) < 1,80$
E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 (F_0 (a_g / g)) < 1,60$

Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.V – Norme Tecniche 2008

Nel caso di terreni di fondazione delle categorie S1 ed S2 la norma prescrive di realizzare specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 3.2.III - Norme Tecniche 2008

S_t = **Coefficiente di Amplificazione Topografica** si applica per dislivelli topografici maggiori di 30m e con pendenza i maggiore di 15° ; dipende dalla condizione topografica dell'opera e varia in funzione della pendenza del pendio e della localizzazione dell'opera su di esso da 1 alla base al valore S_t riportato in tabella alla sommità.

Categoria	Caratteristiche della superfici topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$		1
T2 e T3	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ o rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tab. 3.2.IV e Tab. 3.2.VI - Norme Tecniche 2008

In questo caso, tenendo conto di quanto sopra esposto e dell'Allegato n. 9 otterremo i seguenti dati di RSL ad approccio semplificato:

- **Comune:** Carpi (MO)
- **Vita nominale V_N** = 50 anni
- **Coefficiente d'uso C_u** = 1,5
- **Categoria sottosuolo** = C
- **Categoria topografica** = T1
- **Accelerazione orizzontale a_g** = 0,176
- **Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica S_s** = 1,43
- **Coefficiente di Amplificazione Topografica S_t** = 1,00
- **Accelerazione orizzontale massima a_{max}** = $a_g \times S_t \times S_s$ = 0,25168

6.5. **Risposta sismica locale con approccio non semplificato (specifiche analisi)**

Nel nostro caso procederemo anche mediante **specifiche analisi** per la definizione dell'azione sismica di progetto e per questo sono state eseguite apposite prove in campo.

Dall'esame congiunto delle informazioni di cui ai precedenti capitoli 5.3.5 e 5.4.1 sopra citate si sono assegnati agli strati litologici del modello geologico i seguenti valori delle velocità delle onde di volume di taglio "Vs" e del peso di volume (si noti il non superamento della velocità di 800 m/sec di Vs a 79 m di profondità) e quindi attribuiremo a tali terreni il ruolo di **Bed Rock Sismico** ma in categoria B.

Tabella 17 – Profilo velocità (Vs) da bedrock a superficie

N° Strato	Base (m)	Spessore (m)	Litologia	Vs (m/s)	γ_n (kN/m ³)
1	4	4	Argille valle	132	19
2	7	3	Limi con sabbia	172	20
3	15,20	8,2	Limi argillosi	198	20,5
4	16	0,8	Limi con sabbia	211	20
5	26,50	10,50	Limi argillosi	217	20,5
6	30	3,50	sabbia	262	20
7	45	15	sabbia	290	20
8	54	9	sabbia	370	20
9	79	25	Argille compatte	420	21
Bedrock			Argille molto compatte	620	22

Dopo tale premessa, per la valutazione del moto sismico in superficie, si procederà implementando il **codice di calcolo 1D** (ricorrendone nel nostro caso le condizioni di validità) **STRATA** (was written da Albert Kottke working with Professor Ellen Rathie at Teh University of Texas at Austin – Version alpha, revision 381).

A tale proposito occorre anche definire, strato per strato, le funzioni che “legano” alla massima deformazione a taglio “ γ ” l’andamento del fattore di smorzamento “D” e il rapporto dei moduli di rigidezza “G/G0”; ci si è avvalsi in proposito di dati bibliografici significativi e rappresentativi delle litologie presenti.

Per quanto riguarda i segnali sismici di riferimento non potremo utilizzare quelli allegati alla DAL 112/2007 della RER in quanto riferiti ad un tempo di ritorno di 475 anni.

Nel nostro caso, essendo la struttura in progetto in classe d’uso III, dovremo riferirci ad un tempo di ritorno superiore e pari a 712 anni.

In tale situazione, per determinare il moto sismico di input, ricercheremo delle combinazioni di accelerogrammi naturali (compatibili con le NTC) mediante il software *Rexel* utilizzando le banche dati europee riportando di seguito le referenze del sopracitato strumento (*Iervolino, I., Galasso, C., Cosenza, E. REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362, 2010 DOI 10.1007/s10518-009-9146-1; Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. and Margaris, B. Internet-Site for European Strong-Motion Data, European Commission, Research-Directorate General, Environment and Climate Programme (2002) - <http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/ESD/>).*

Considerando solo l’azione sismica orizzontale otteniamo lo spettro da NTC di Fig. 27 e sulla base di 45 eventi per 2x69 records, lo spettro medio (confrontato con lo spettro delle NTC) della Fig. 28.

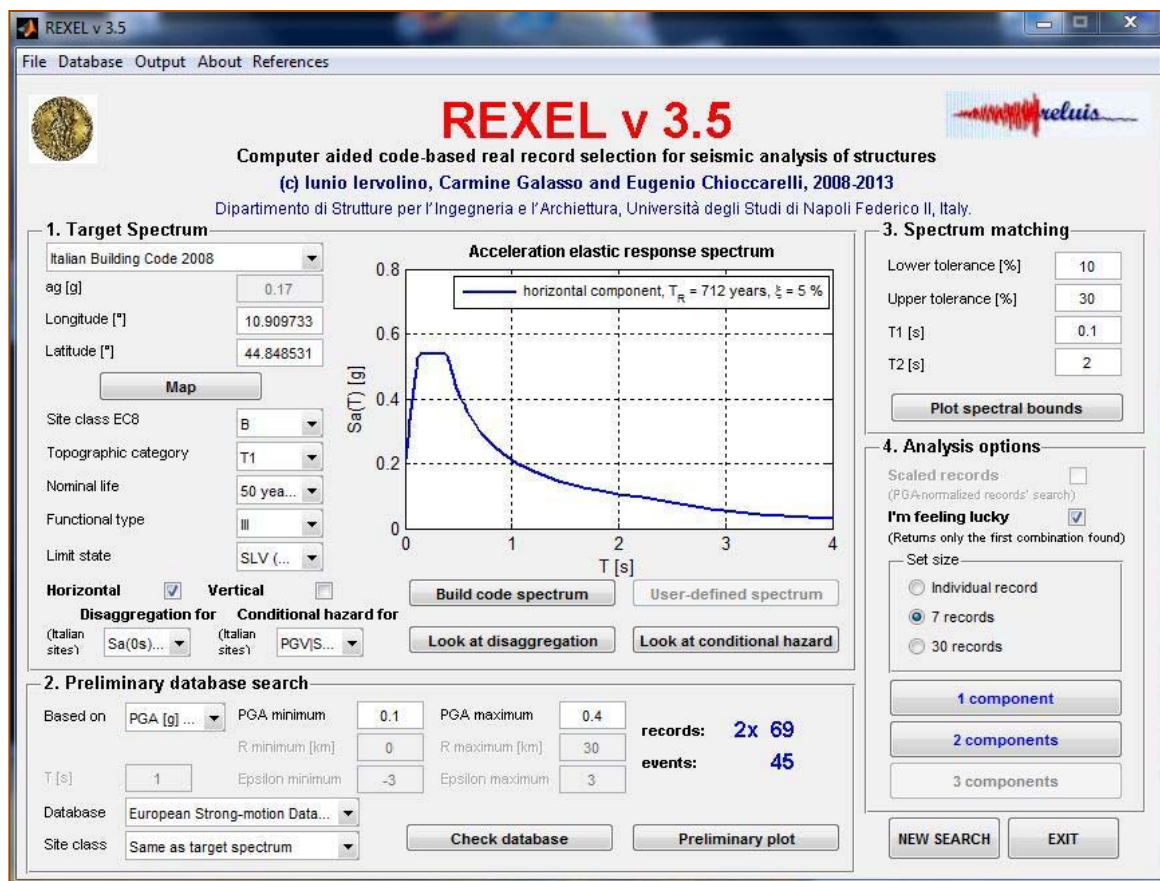


Fig. 27 – Spettro NTC.

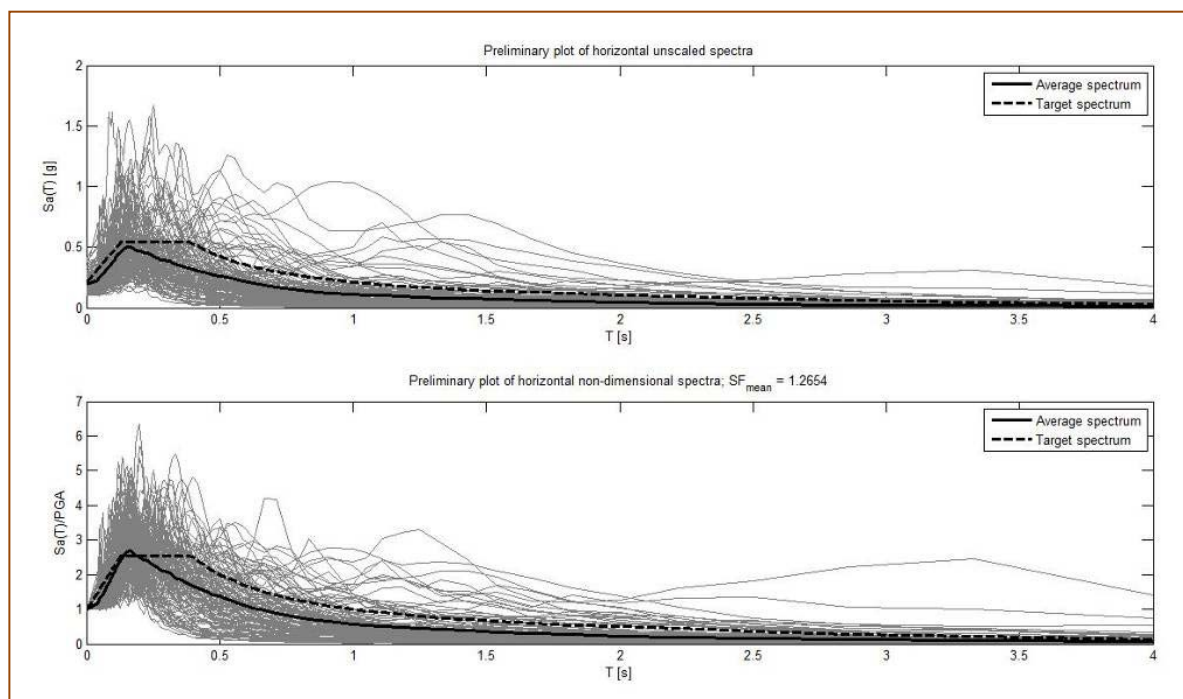


Fig. 28 – Grafico con spettri considerati, loro media e spettro di NTC.

Scegliendo le due componenti orizzontali di moto ed un set di 7 records, per la ricerca di quelli normocompatibili e scalati (Fig. 29), otteniamo i 2x7 spettri di Fig. 30; tutti i 13 spettri, su 14, verranno utilizzati per determinare la verifica PGA in superficie e quindi mediati per ottenere il valore unico di riferimento, tale esclusione si è resa necessaria per i valori notevolmente diversi dalle medie degli altri spettri.

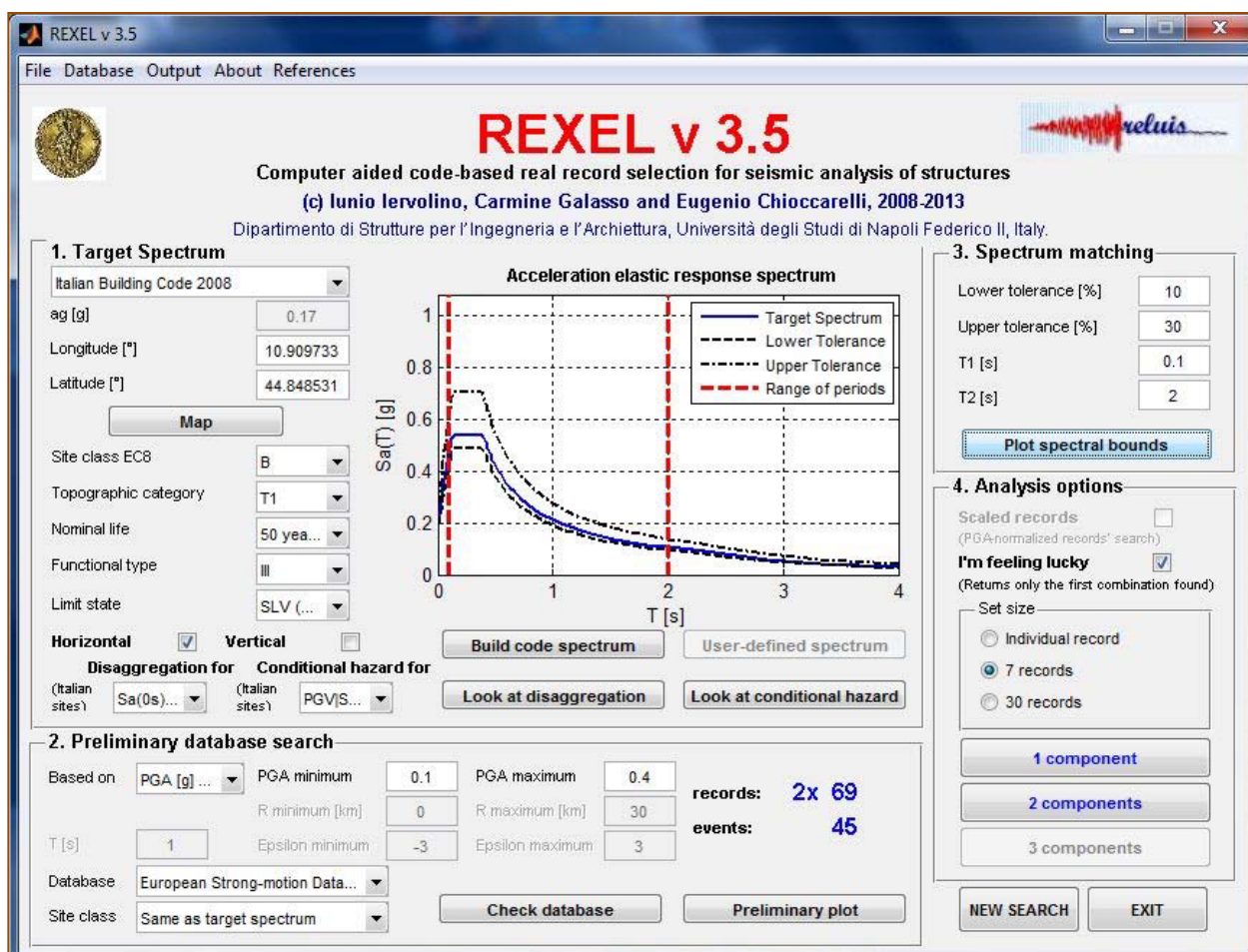


Fig. 29 – Limiti spettrali di ricerca.

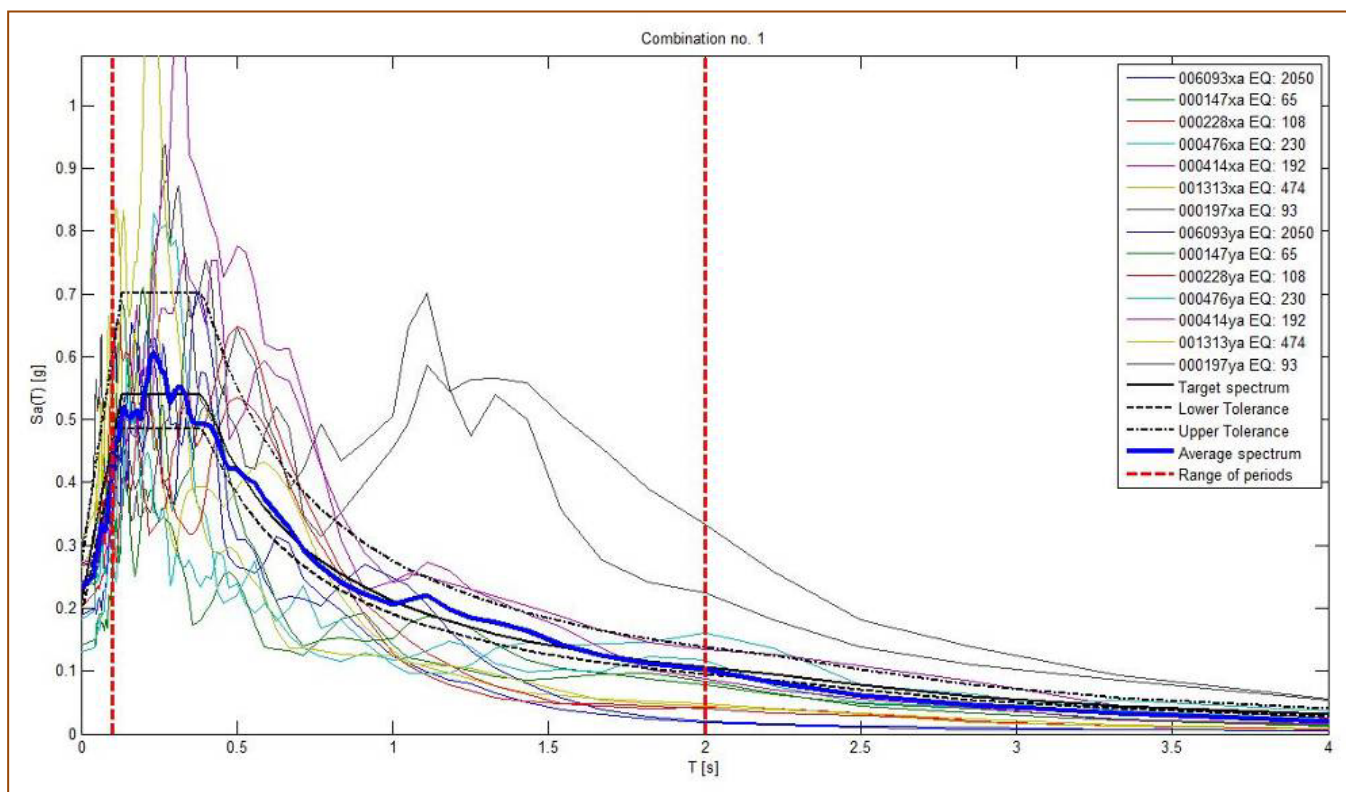


Fig. 30 – Spettro medio di riferimento, norma compatibile e scalato.

Riportiamo di seguito per i 13 moti di input sopra descritti: il segnale di riferimento (Fig. 31); lo spettro in accelerazione, al Bed Rock (Fig. 32) ed in superficie (Fig. 33); lo spettro del fattore di amplificazione della massima accelerazione in superficie rispetto quella al Bed Rock (Fig. 34).

Fig. 31-1 Strata \ 000147xa superficie

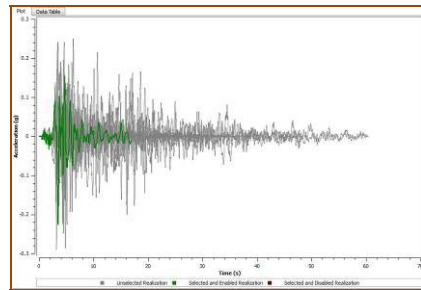


Fig. 31-2 Strata \ 000147xa bedrock

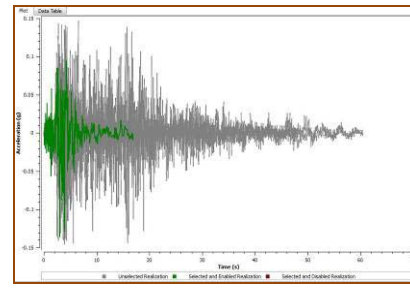


Fig. 31-3 Strata \ 000147ya superficie

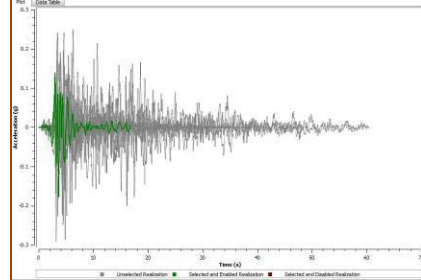


Fig. 31-4 Strata \ 000147ya bedrock

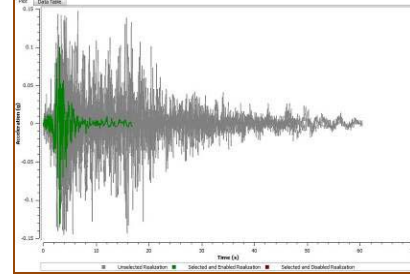


Fig. 31-5 Strata \ 000197xa superficie

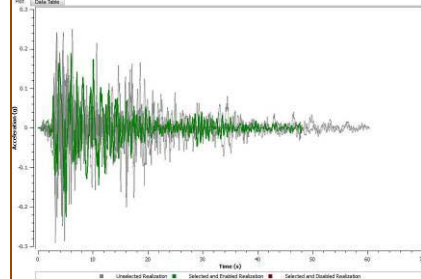


Fig. 31-6 Strata \ 000197xa bedrock

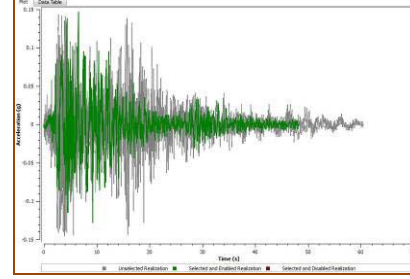


Fig. 31-7 Strata \ 000197ya superficie

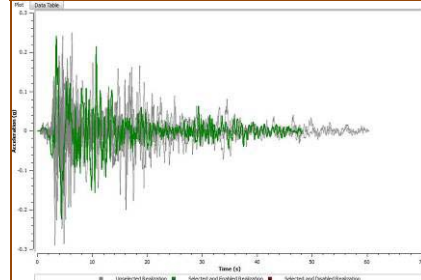
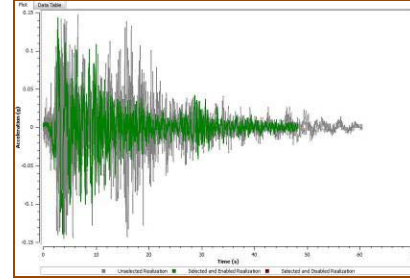
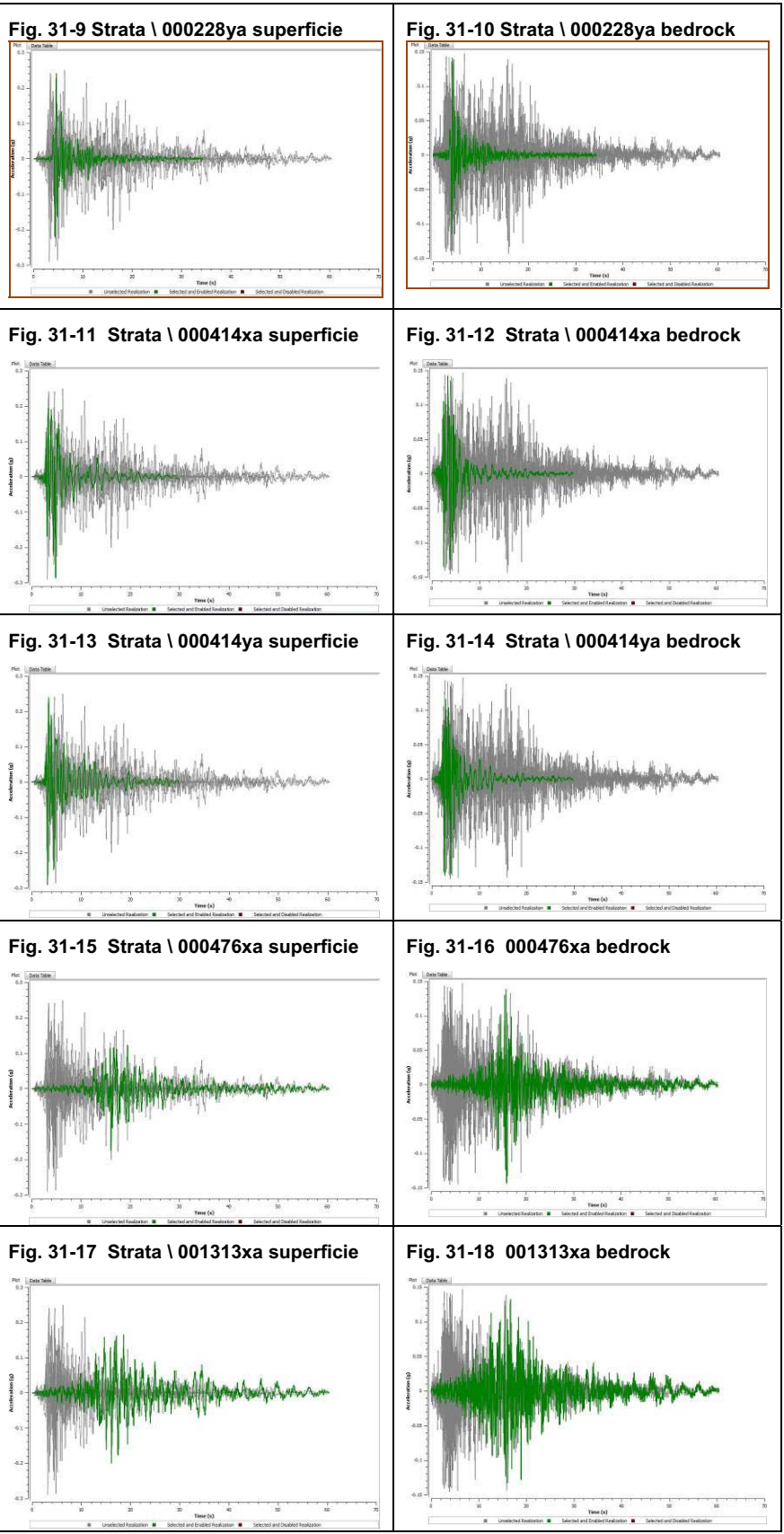


Fig. 31-8 Strata \ 000197ya bedrock





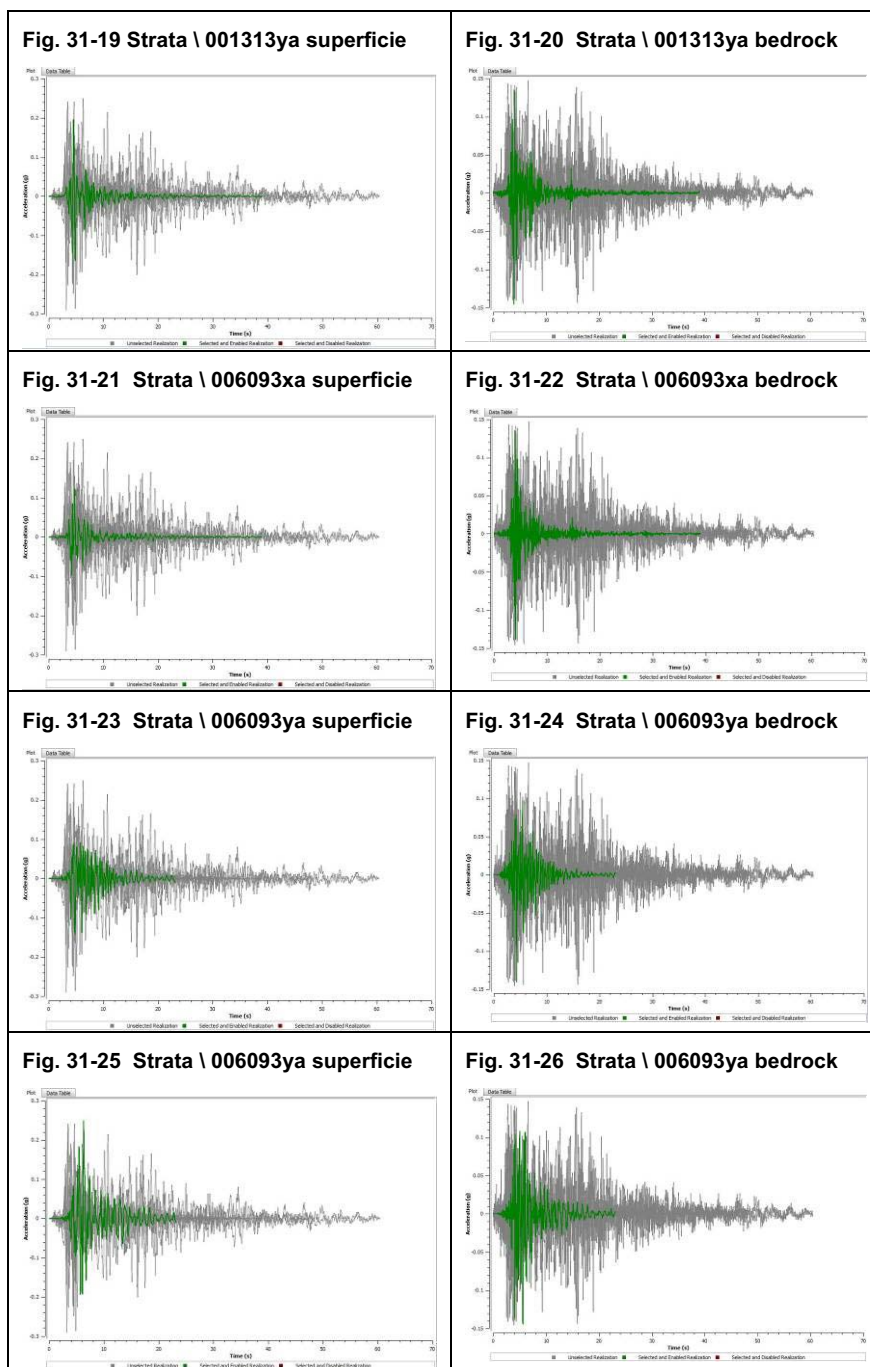


Fig. 31 – Segnali di riferimento.

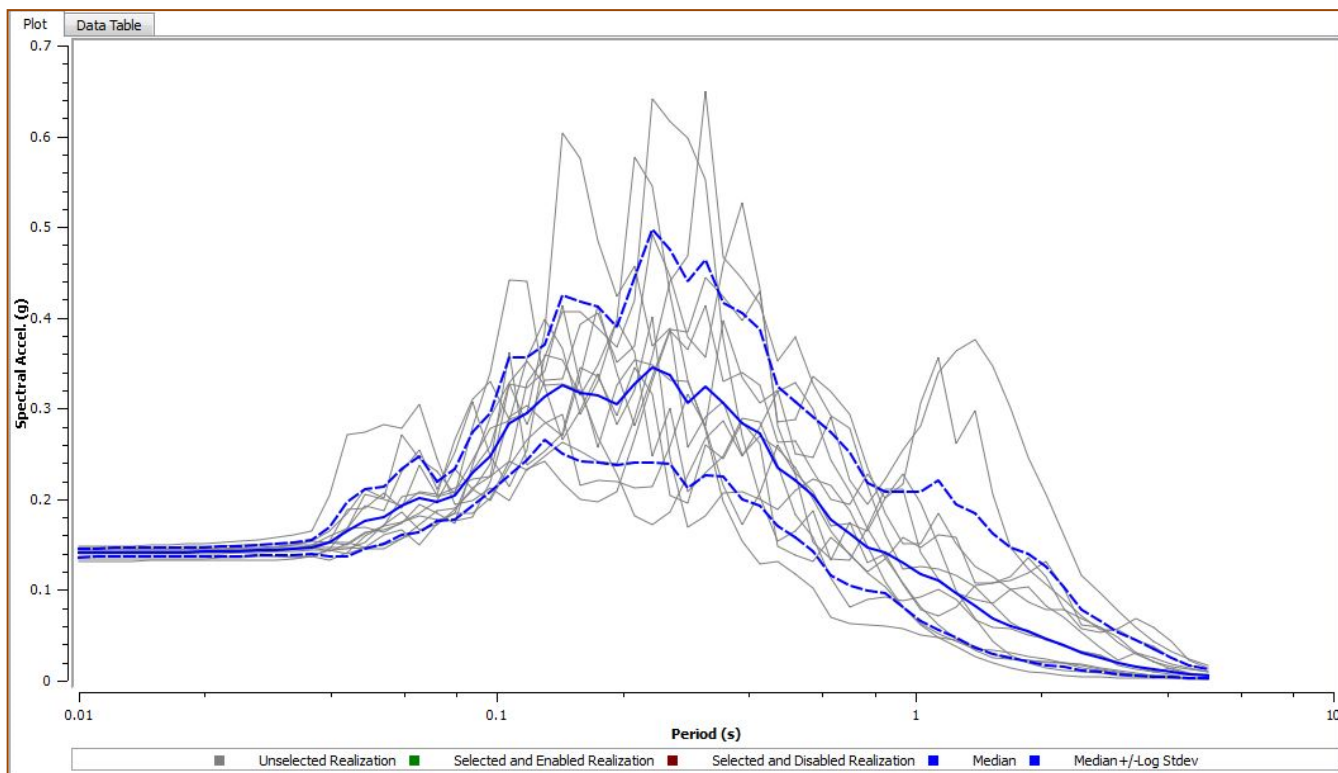


Fig. 32 – Spettro in accelerazione al Bed Rock.

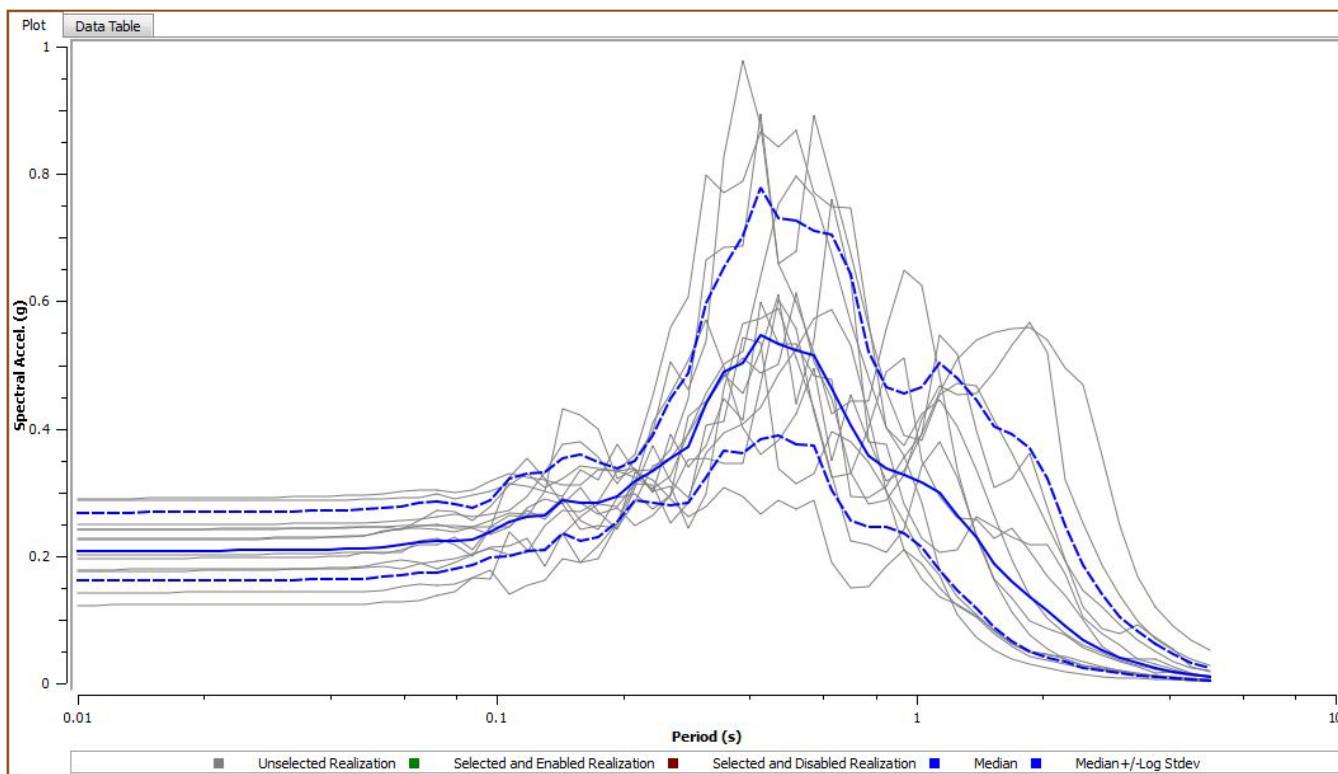


Fig. 33 – Spettro in accelerazione in superficie.

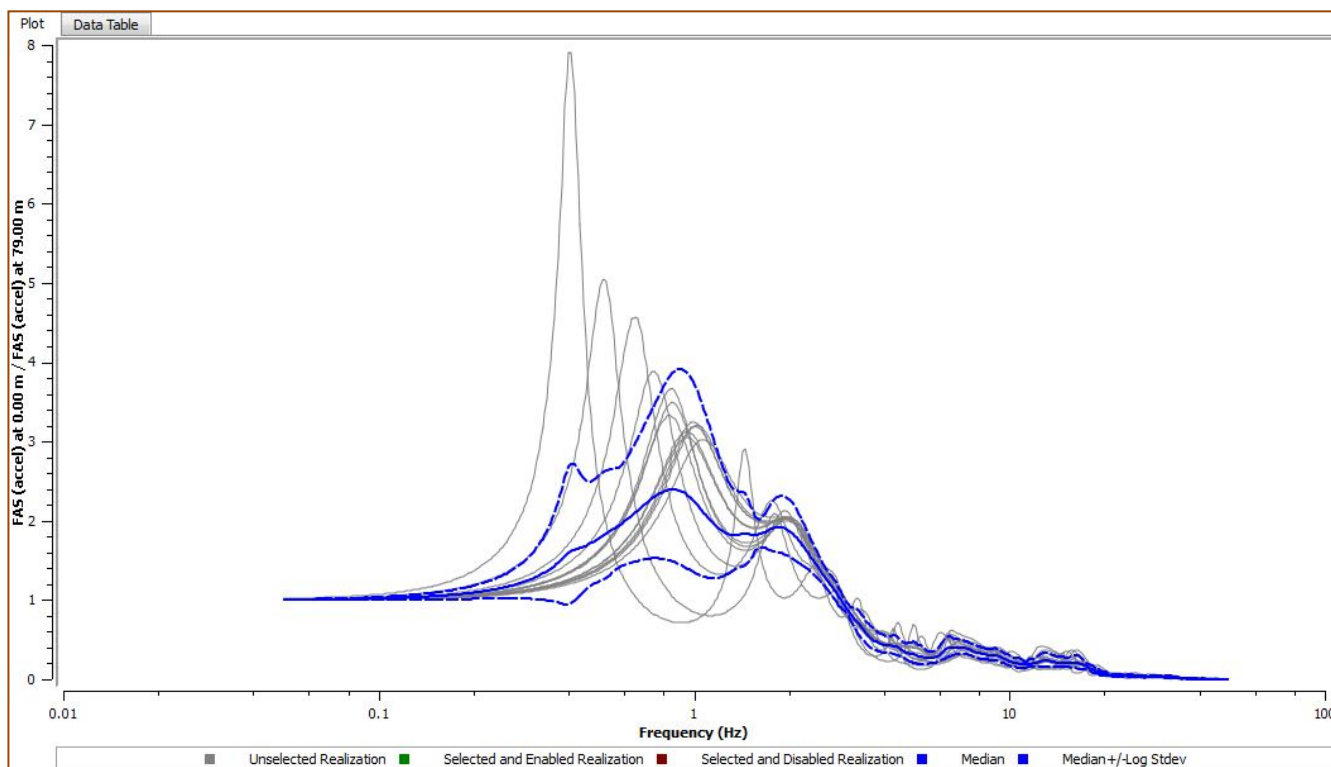


Fig. 34 – Rapporto di amplificazione spettrale.

Si riporta infine di seguito la tabella riepilogativa del confronto dei fattori di amplificazione calcolati con software *STRATA* con quelli calcolati con gli *ABACHI* delle *NTC* significativi per l'area in esame.

Approccio semplificato	
Vs30	200 m/sec
Categoria sottosuolo	"C"
a (g)	0,176
S	1,43
a _{max} (g)	0,176 x 1,43 = 0,25168 (g)

Approccio specifico	
FA PGA	1,412
a _{max} (g) PGA	0,176 x 1,412 = 0,2485 (g)

In termini di *PGA* i 2 approcci (normativo e specifico approfondito) conducono ad esiti praticamente coincidenti evidenziando comunque una maggiore severità, anche se lieve, nei risultati dell'analisi semplificata, che verrà, per questo, adottata.

6.6. *Frequenza di risonanza dei terreni presenti fra il bedrock e la superficie*

Per quantificare il valore della frequenza di risonanza (o periodo proprio) dei terreni visco-elastici su substrato "rigido" (bedrock) è stata eseguita n. 1 prova HVSR i cui risultati vengono riportati in Fig. 34 Bis.

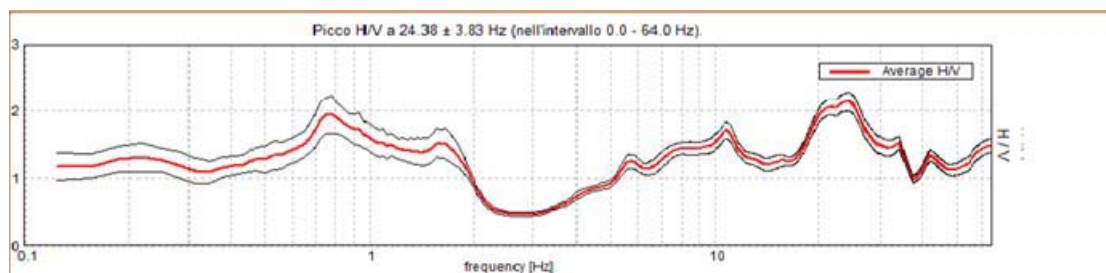


Fig. 34 Bis – Spettro tromometrico del rapporto H/V

Come si può notare le frequenze principali del deposito sono 2: la 1°, riferita ad uno spessore minore, con frequenza pari a circa 1,7 Hz e la 2°, riferita al deposito con spessore maggiore, pari a circa 0,7÷0,8 Hz.

Tali frequenze saranno da considerare nella progettazione dell'opera di discarica per evitare che il suo "periodo proprio" vi coincida.

Segnaliamo infine che dalla Fig. 35, che confronta i grafici della prova HVSR con gli spettri di risposta ottenuti con la modellazione numerica (STRATA), si rileva una sostanziale concordanza tra i picchi principali di risonanza dell'HVSR con quelli maggiori della modellazione lineare elastica in superficie.

Questa convergenza di risultati costituisce una validazione oggettiva del modello numerico e suggerisce che le assunzioni di geometrie e caratterizzazione dei sismostrati sono realistiche.

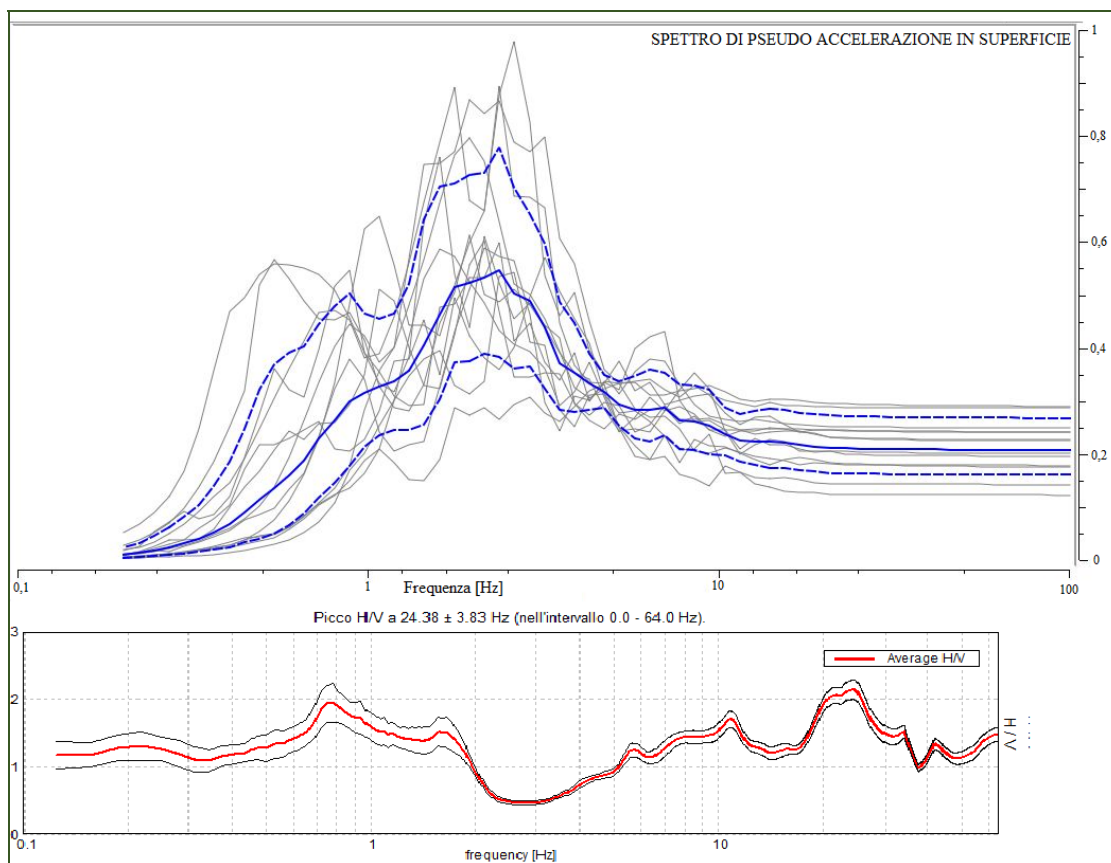


Fig. 35 – Spettro di pseudo accelerazione in superficie.

6.7. Liquefazione

Per le analisi saranno adottati metodi di analisi semplificata (Capitolo 7.11.3.4.3 del DM 14.01.2008).

Per la definizione dello sforzo di taglio indotto da terremoto (CSR) si farà riferimento ad una accelerazione massima attesa in superficie pari a $a_{gmax}(a_g, s_s, s_t) = 0,25168(g)$, risultante dall'elaborazione delle risposte sismiche locali, mediante approccio semplificato e specifiche analisi, esposte ai precedenti capitoli 6.4 e 6.5.

Per quanto riguarda invece il calcolo della resistenza al taglio nel terreno (CRR) si utilizzerà la metodologia di *Idriss & Boulanger 2008* applicando il fattore di scala della magnitudo MSF riferita alla magnitudo del Comune di Carpi (MO) ($M_{wmax} = 6,14$) in quanto appartenente alla zona sismogenetica (ZS) n. 912 "Dorsale ferrarese" (www.zonesismiche.mi.ingv.it).

Lo sviluppo del calcolo è stato condotto con il codice *LIQUITER2015* della *GeoStru* il cui risultato si riporta nelle Figg. 36, 37 e 38.

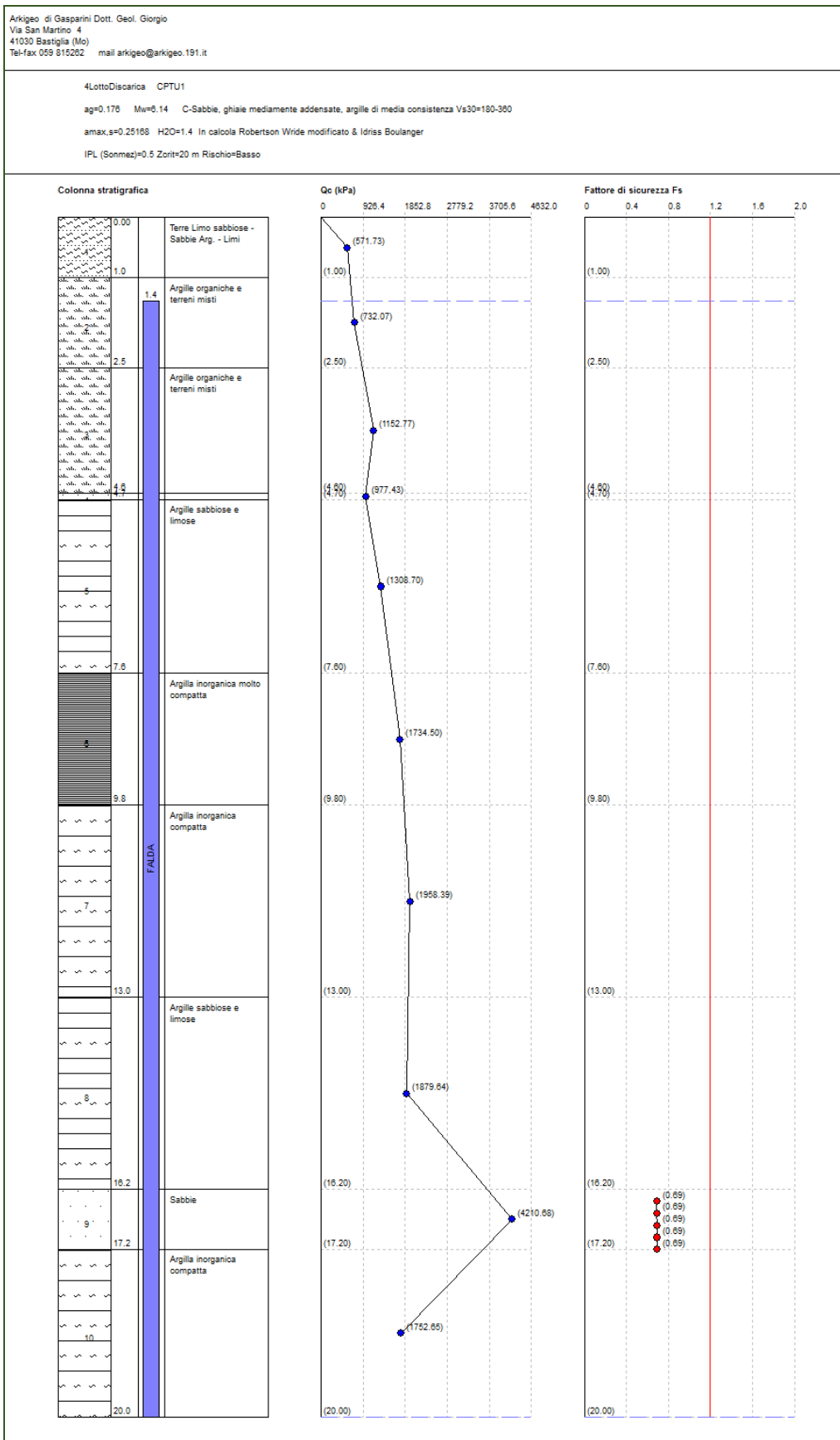


Fig. 36 – Grafico di stima del rischio di liquefazione CPTU1.

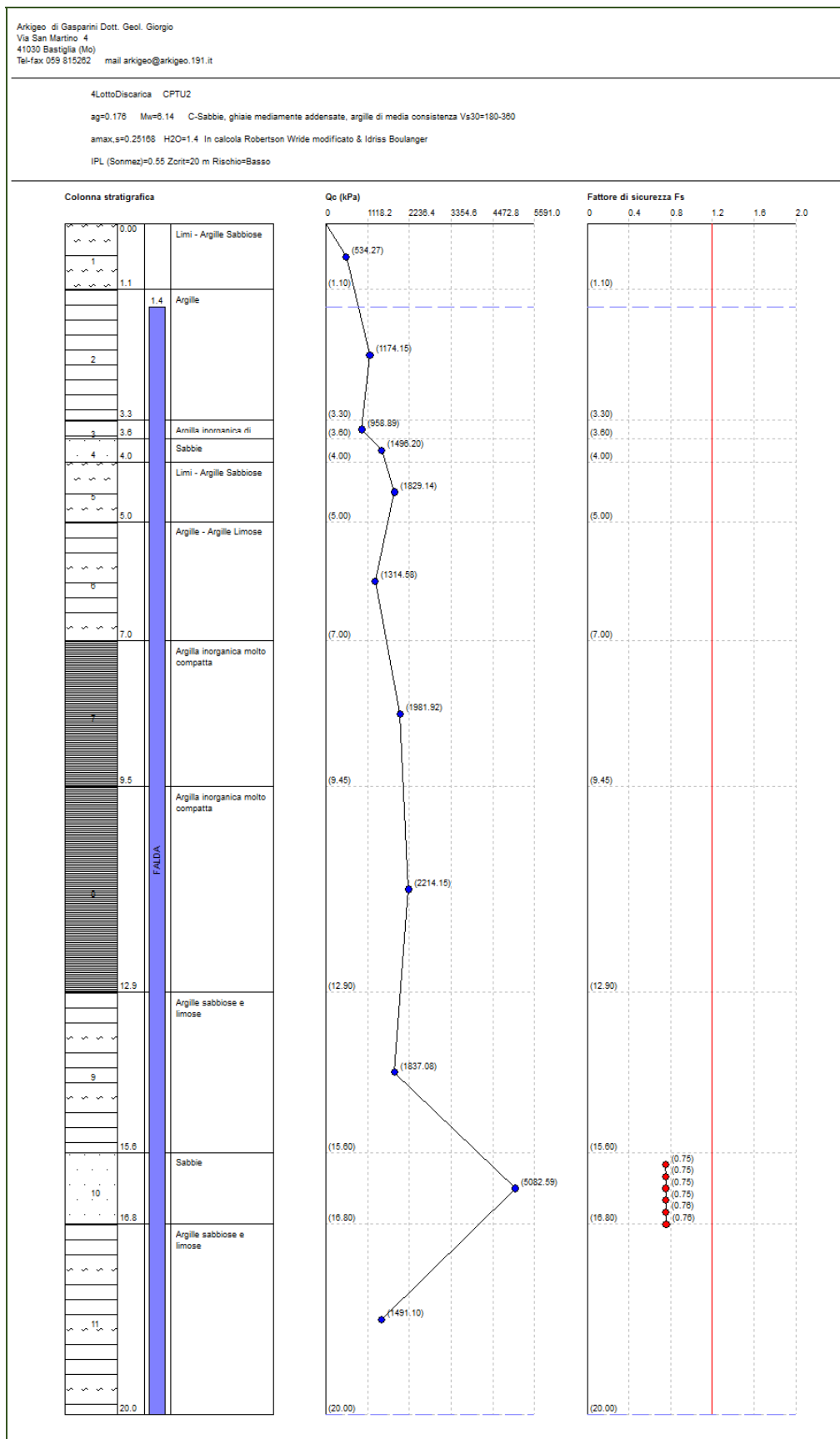


Fig. 37 – Grafico di stima del rischio di liquefazione CPTU2.

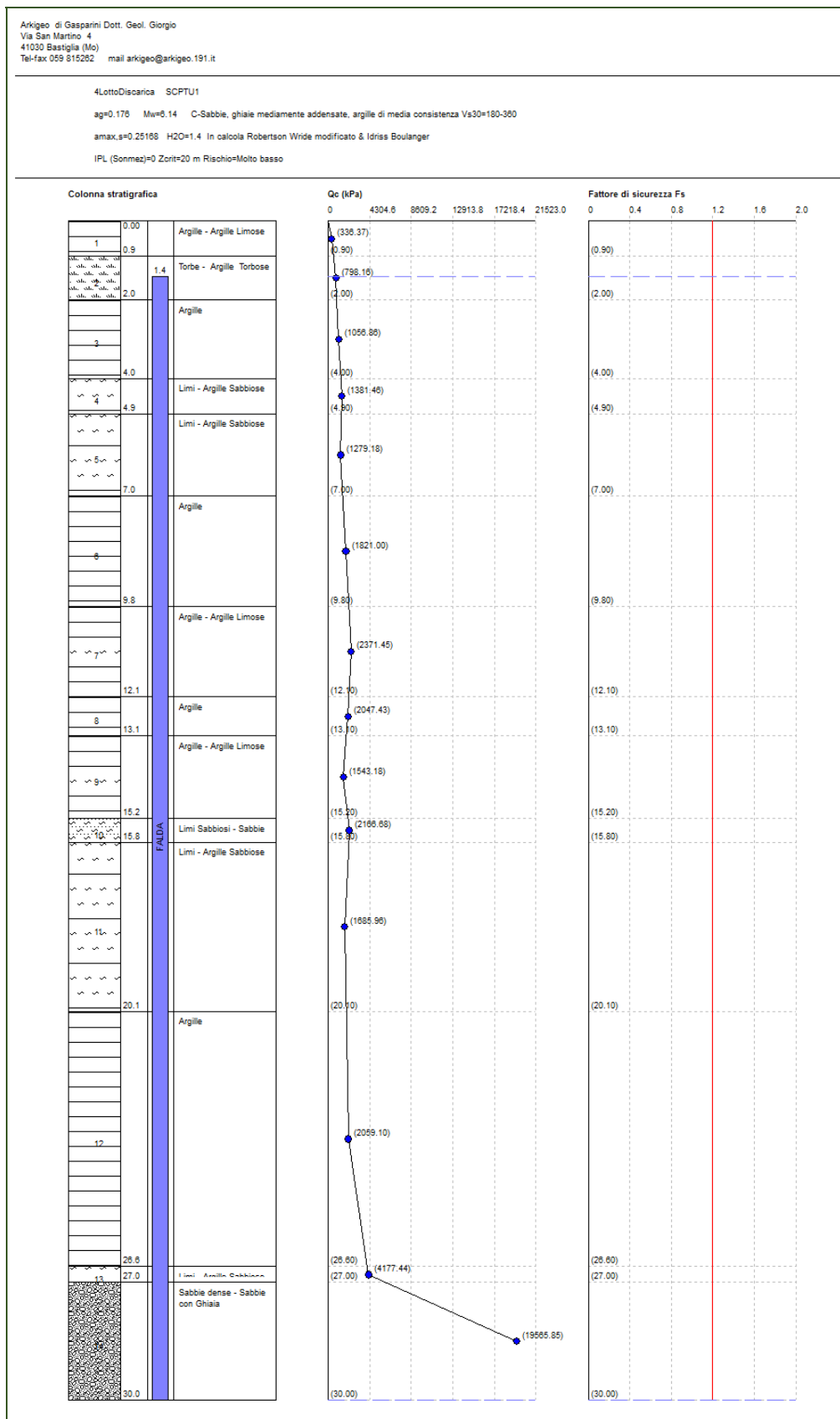


Fig. 38 – Grafico di stima del rischio di liquefazione SCPTU1.

Come si può notare i coefficienti di sicurezza alla liquefazione risultano, per il livello sabbioso posto fra 15,20 e 16,00 m di profondità, inferiori all'unità per la prova CPTU1 e CPTU2 si colloca tra 1 e 1,2 per i livelli sabbiosi, determinando comunque un indice del potenziale di liquefazione (IPL) pari rispettivamente a 0,50 e 0,55 e pertanto escludendo la possibilità di effetti significativi legati a tale fenomeno.

7. MODELLAZIONE GEOTECNICA – STABILITA' E CEDIMENTI

7.1. Parametri geotecnici caratteristici

Nel precedente capitolo 5.4.1, Tabella 16, è stato presentato il modello geotecnico che rappresenta, fino alla profondità di 79,5 m dal pdc, la suddivisione del terreno di fondazione dell'opera in strati omogenei dal punto di vista litologico e geomeccanico.

Ogni strato è caratterizzato da valori nominali, considerati rappresentativi e medi dei principali parametri geotecnici: ϕ' , C_u , C' , E_d , Peso di volume naturale e peso di volume saturo.

In considerazione della significativa estensione delle fondazioni superficiali della discarica in progetto, e quindi dell'elevatissimo volume di terreni che questa coinvolge, possiamo osservare che le resistenze meccaniche proprie del terreno sono sicuramente di tipo compensato fra le diverse parti dello stesso.

In tali condizioni le "istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sulle NTC" indicano che i valori geotecnici caratteristici sono circa uguali ai valori medi $V_k \cong V_m$ e pertanto questi ultimi saranno adottati nel proseguo per le verifiche di sicurezza e prestazionali.

7.2. Parametri geotecnici di progetto

Assumiamo, in base alle indicazioni del progettista strutturale, che per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) venga adottato l'approccio 1, combinazione 2 (A2 + M2 + R2) e pertanto la verifica (6.2.1) $R_d \geq E_d$ sarà effettuata tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali che riportiamo nelle tabelle seguenti:

Fondazioni superficiali

SLU (GEO) → Approccio 1 → Combinazione 2 (A2+M2+R2)

(DA1-2) → dimensionamento geotecnico (GEO)

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qk}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ψ	1,0	1,25
Coazione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_f	1,0	1,0

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

7.3. Capacità Portante

7.3.1. SLU

Nel modello che considereremo di seguito verranno introdotte alcune semplificazioni geometriche, rispetto il progetto, adottando però condizioni più severe rispetto quelle reali.

Tali semplificazioni consistono in:

- 1) adozione di una unica e costante profondità di appoggio dell'ammasso di rifiuti, pari ad almeno 5 m dal pdc;
- 2) le scarpate di scavo sono verticali;
- 3) la geometria della base della discarica è considerata rettangolare con lati pari a: 153,89 x 182,70 m;
- 4) non è stata considerata la presenza, da un punto di vista geotecnico, dell'attuale discarica;
- 5) i carichi sono stati considerati uniformemente distribuiti con valore però pari al massimo valore reale;

- 6) si precisa che il momento determinato dalla componente sismica orizzontale, data la imponente dimensione planimetrica rispetto a quella altimetrica, è trascurabile ai fini delle verifiche agli SLU;
- 7) il modello, pur spinto a profondità ragguardevoli (-79,5 m dal pdc), non contiene pienamente né il cuneo teorico di rottura fondale né il bulbo delle tensioni significative; ciò non sarà comunque nel nostro caso significativo in quanto, come abbiamo segnalato e discusso al capitolo 5.3.5, tale profondità (-79,5 m dal pdc) corrisponde al *bedrock light* che per definizione è “insensibile” alle sollecitazioni residue, sia di taglio che di pressione, provenienti dal progettato 4° lotto della discarica.

7.3.2. Azioni

Verranno adottate ipotesi semplificative ma, proprio per questo, cautelative; i dati base di riferimento saranno i seguenti:

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| ➤ Base platea | 153,98m x 182,70m = 28.115,703 mq |
| ➤ Profondità fondo discarica dal pdc naturale | - 5 m |
| ➤ Soggiacenza falda freatica dal pdc naturale | -1,40 m |
| ➤ Peso di volume e rifiuti assestati (compresi coperture e <i>capping</i>) | = 1.000 kg/mc |
| ➤ Peso di volume dei terreni naturali saturi | = 1.000 kg/mc |
| ➤ Peso di volume dei terreni naturali | = 2.000 kg/mc |

SLU

La discarica prevede una altezza variabile, con il massimo al centro ed il minimo sul perimetro esterno; per questa verifica adotteremo un carico distribuito costante e corrispondente alla massima altezza dell'accumulo.

$$153,89m \times 182,70m \times 21.500kg/mq = 604.487.614,5 \text{ kg}$$

SLE

Corrisponde al carico SLU “alleggerito” dello sbancamento previsto.

Con tale ipotesi si tiene conto del ciclo di “scarico” (fase di scavo del fondo invaso) e “ricarico” (fase di conferimento dei rifiuti) subito dal terreno.

In termini deformativi tale “storia tensionale” fa sì che il terreno alla quota di fondo invaso risenta solo del carico eccedente quello presente in precedenza (terreno rimosso), condizione appunto simulata nello stato limite in oggetto.

- Peso materiale da asportare

$$((1,40 \times 2.000) + (3,60 \times 1.000)) \times 28.115,703 = 179.940.499,2 \text{ kg}$$

- Azione quasi permanente

$$604.487.614,5 - 179.940.499,2 = 424.547.115,3 \text{ kg}$$

SLV_{sisma}

$$604.487.614,5 \times 1,03 = 622.622.242,9 \text{ kg}$$

SLD_{sisma}

$$424.547.115,3 \times 1,009 = 428.368.039,34 \text{ kg}$$

7.3.3. Calcoli capacità portante e cedimenti

Per tali analisi ci si avvarrà del codice di calcolo *Loadcap ver. 2015.24.2.769* della *GeoStru Software* cui risultati sono riportati di seguito:

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	153,89 m
Lunghezza fondazione	182,7 m
Profondità piano di posa	5,0 m
Altezza di incastro	5,0 m
Profondità falda	1,4

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,252
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0,25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0,0606
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0,2145

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	75,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45,0	0,47	2,53	0,26
S.L.D.	75,0	0,6	2,49	0,28
S.L.V.	712,0	1,73	2,55	0,27
S.L.C.	1462,0	2,3	2,49	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,705	0,2	0,0144	0,0072
S.L.D.	0,9	0,2	0,0184	0,0092
S.L.V.	2,474	0,24	0,0606	0,0303
S.L.C.	3,104	0,28	0,0886	0,0443

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm²]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]	Poisson	Coeff. consolidaz. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidaz. secondaria	Descriz.
2.0	1836.0	1898.0	23.0	0.21	0.76	0.0	42.2	0.0	0.0	0.0	
2.0	1836.0	1898.0	23.0	0.21	0.76	0.0	42.2	0.0	0.0	0.0	
3.0	1890.0	1953.0	21.0	0.41	0.55	0.0	69.25	0.0	0.0	0.0	
4.0	1950.0	1950.0	25.0	0.51	0.95	0.0	72.64	0.0	0.0	0.0	
4.2	1950.0	1950.0	25.0	0.51	0.95	0.0	72.64	0.0	0.0	0.0	
0.8	1968.0	1968.0	22.0	0.38	0.0	0.0	93.1	0.0	0.0	0.0	
5.0	2011.0	2011.0	21.0	0.15	0.83	0.0	72.16	0.0	0.0	0.0	
5.5	2011.0	2011.0	21.0	0.15	0.83	0.0	72.16	0.0	0.0	0.0	
5.0	2148.0	2148.0	26.19	0.0	0.0	0.0	200.0	0.0	0.0	0.0	
5.0	2148.0	2148.0	26.19	0.0	0.0	0.0	200.0	0.0	0.0	0.0	
5.0	2148.0	2148.0	26.19	0.0	0.0	0.0	200.0	0.0	0.0	0.0	
5.0	2148.0	2148.0	26.19	0.0	0.0	0.0	200.0	0.0	0.0	0.0	
7.5	2148.0	2148.0	26.19	0.0	0.0	0.0	200.0	0.0	0.0	0.0	
5.0	2200.0	2200.0	23.0	0.21	1.5	0.0	150.0	0.0	0.0	0.0	
5.0	2200.0	2200.0	23.0	0.21	1.5	0.0	150.0	0.0	0.0	0.0	
5.0	2200.0	2200.0	23.0	0.21	1.5	0.0	150.0	0.0	0.0	0.0	
5.0	2200.0	2200.0	23.0	0.21	1.5	0.0	150.0	0.0	0.0	0.0	
5.5	2200.0	2200.0	23.0	0.21	1.5	0.0	150.0	0.0	0.0	0.0	

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto (Kg/cm²)	N (Kg)	Mx (Kg·m)	My (Kg·m)	Hx (Kg)	Hy (Kg)	Tipo	ID
1	A1+M1+R1	0	7.858339E+08	0	0	0	0	Progetto	0
2	A2+M2+R2	0	6.044876E+08	0	0	0	0	Progetto	0
3	Sisma	0	6.226223E+08	0	0	0	0	Progetto	0
4	S.L.E.	1.51	4.245471E+08	0	0	0	0	Servizio	1
5	S.L.D.	1.52	4.283681E+08	0	0	0	0	Servizio	1

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica (NTC 2008 (C7.11.5.3.1))	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coeff. Rid. Capacità portante verticale	Coeff. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	1	1
2	No	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
3	yes	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
4	No	1	1	1	1	1	1	1
5	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE più cautelativa COMBINAZIONE...A2+M2+R2
Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult] 5.02 Kg/cm²
Resistenza di progetto [Rd] 2.79 Kg/cm²
Tensione [Ed] 2.15 Kg/cm²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 2.34
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)
Costante di Winkler 2.01 Kg/cm³

Carico limite verticale

Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (Kg/cm²)	Resistenza di progetto [Rd] (Kg/cm²)	Tensione [Ed] (Kg/cm²)	Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	Condizione di verifica [Ed<Rd]	Tipo rottura	Costante sottofondo (Kg/cm³)
-------------------	--------	-------------------------------	--------------------------------------	------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------	------------------------------

A1+M1+R1
(Condizione non drenata)

	HANSEN (1970)	7.02	7.02	2.80	2.51	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.81
	TERZAGHI (1955)	6.65	6.65	2.80	2.38	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.66
	MEYERHOF (1963)	7.00	7.00	2.80	2.5	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.80
	VESIC (1975)	7.02	7.02	2.80	2.51	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.81

	Brinch - Hansen 1970	6.96	6.96	2.80	2.49	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.78
--	-------------------------	------	------	------	------	------------	---------------------------------------------	------

A2+M2+R2
(Condizione non
drenata)

	HANSEN (1970)	5.29	2.94	2.15	2.46	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.11
*	TERZAGHI (1955)	5.02	2.79	2.15	2.34	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.01
	MEYERHOF (1963)	5.27	2.93	2.15	2.45	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.11
	VESIC (1975)	5.29	2.94	2.15	2.46	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.11
	Brinch - Hansen 1970	5.24	2.91	2.15	2.44	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.10

Sisma
(Condizione non
drenata)

	HANSEN (1970)	5.29	2.94	2.21	2.39	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.11
	TERZAGHI (1955)	5.02	2.79	2.21	2.27	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.01
	MEYERHOF (1963)	5.27	2.93	2.21	2.38	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.11
	VESIC (1975)	5.29	2.94	2.21	2.39	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.11
	Brinch - Hansen 1970	5.24	2.91	2.21	2.37	Verificata	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=0.0	2.10

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto 1.52 Kg/cm²
Cedimento totale 46.08 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
3	6	0.681	0.928	Edometrico	2.68	--	2.68
4	9	0.966	0.911	Edometrico	5.02	--	5.02
5	13.1	1.356	0.887	Edometrico	5.13	--	5.13
6	15.6	1.594	0.872	Edometrico	0.75	--	0.75
7	18.5	1.886	0.856	Edometrico	5.93	--	5.93
8	23.75	2.416	0.826	Edometrico	6.29	--	6.29
9	29	2.981	0.796	Edometrico	1.99	--	1.99
10	34	3.555	0.768	Edometrico	1.92	--	1.92
11	39	4.129	0.74	Edometrico	1.85	--	1.85
12	44	4.703	0.713	Edometrico	1.78	--	1.78
13	50.25	5.421	0.681	Edometrico	2.55	--	2.55
14	56.5	6.151	0.649	Edometrico	2.16	--	2.16
15	61.5	6.751	0.624	Edometrico	2.08	--	2.08
16	66.5	7.351	0.6	Edometrico	2	--	2
17	71.5	7.951	0.577	Edometrico	1.92	--	1.92
18	76.75	8.581	0.553	Edometrico	2.03	--	2.03

Come si può notare le verifiche di sicurezza risultano positive, nonostante le ipotesi di carico molto cautelative, sia in condizioni statiche che sismiche, sia con parametri drenati e non drenati (i primi non sono stati esposti essendo i più favorevoli).

Per quanto riguarda le verifiche prestazionali (cedimenti per compattazione a lungo termine) i cedimenti risultano di entità decimetrica (massimo 46 cm al centro del carico e 23÷25 cm in corrispondenza del perimetro esterno della discarica.

I cedimenti reali saranno molto probabilmente minori in riferimento all'ipotesi di carico fatta molto gravosa.

Nel complesso il cedimento si può giudicare “modesto” essendo la discarica in esame “parzialmente a fossa” e quindi geotecnicamente in presenza di uno scavo di “alleggerimento” della pressione efficace.

7.3.3.1. Verifica cedimenti con Plaxis

Al fine di calcolare i cedimenti per compattazione, diminuendo le semplificazioni descritte per il modello utilizzato con il programma *Loadcap*, è stato implementato il codice di calcolo tridimensionale agli elementi finiti “*Plaxis 3D Foundation*” .

Questo ha consentito di impostare la geometria di base come coincidente con quella reale e modulare il carico in modo più aderente alle reali e variabili condizioni di carico della discarica.

Il modello geotecnico (stratigrafia e parametri geotecnici di resistenza a taglio e compressibilità) è lo stesso descritto al capitolo 5.4.1. nella Tabella 16 e la struttura del modello (rappresentazione stratigrafica con differenti colori e numerazione delle diverse unità discrete in cui è stato suddiviso il modello stesso) è rappresentata mediante l'assonometria di Fig. 39.

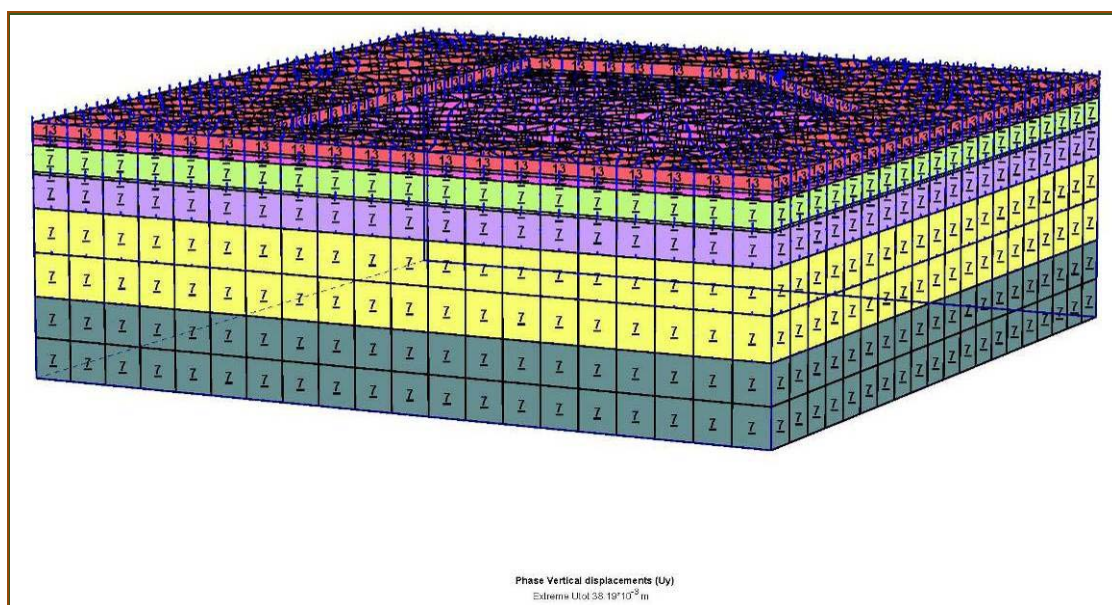


Fig. 39 – Assonometria della struttura del modello.

Per quanto riguarda i cedimenti totali verticali a lungo termine, previsti alla base di appoggio della discarica, possiamo apprezzarli osservando la rappresentazione cromatica della assonometria del modello di Fig. 40 congiuntamente alle 2 sezioni (E-W Fig. 41 e N-S Fig. 42) dove si leggono cedimenti massimi pari a 45 cm.

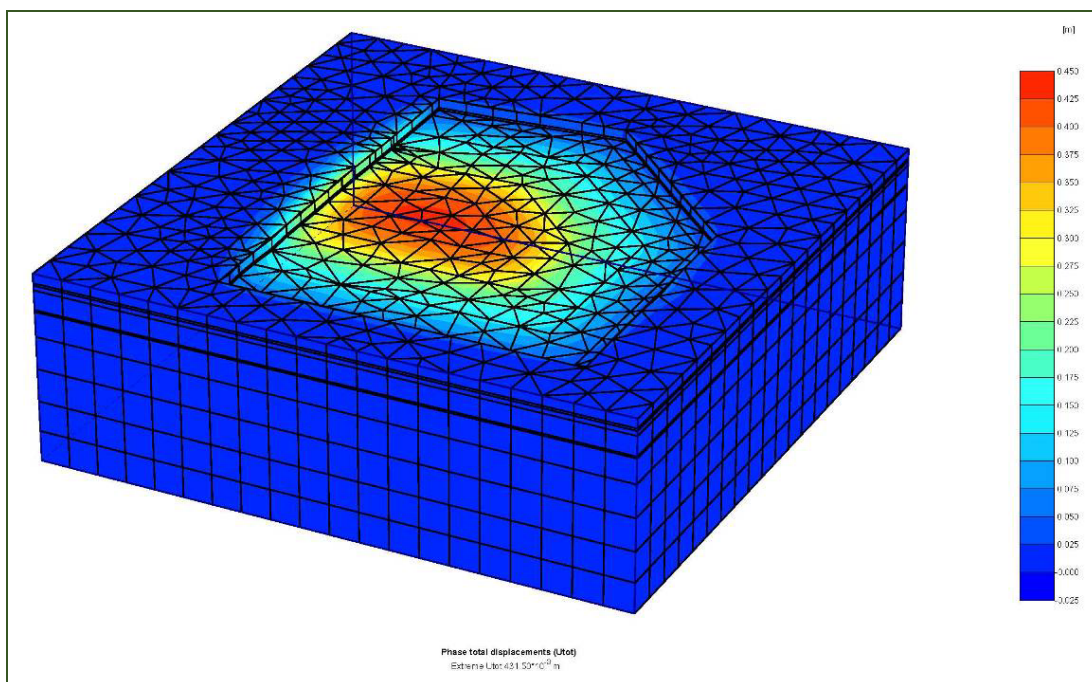


Fig. 40 – Base modello 4° lotto discarica con indicati, a variazioni cromatiche, i cedimenti verticali totali in m.

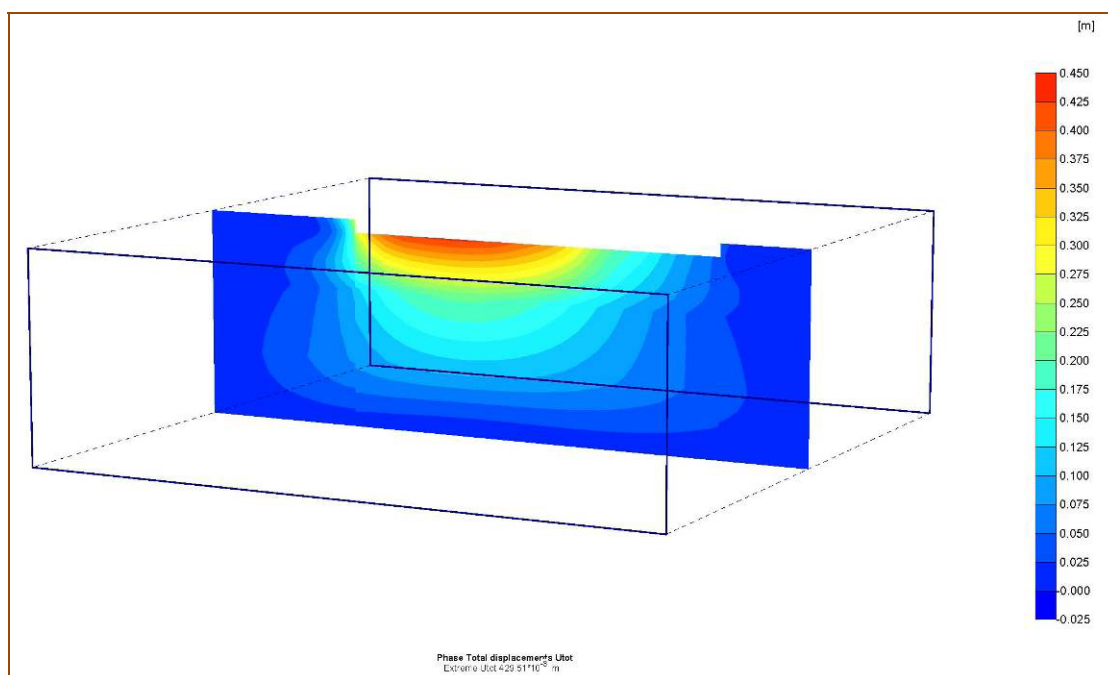


Fig. 41 – Sezione E-W modello 4° lotto discarica con indicati, a variazioni cromatiche, i cedimenti verticali totali in m.

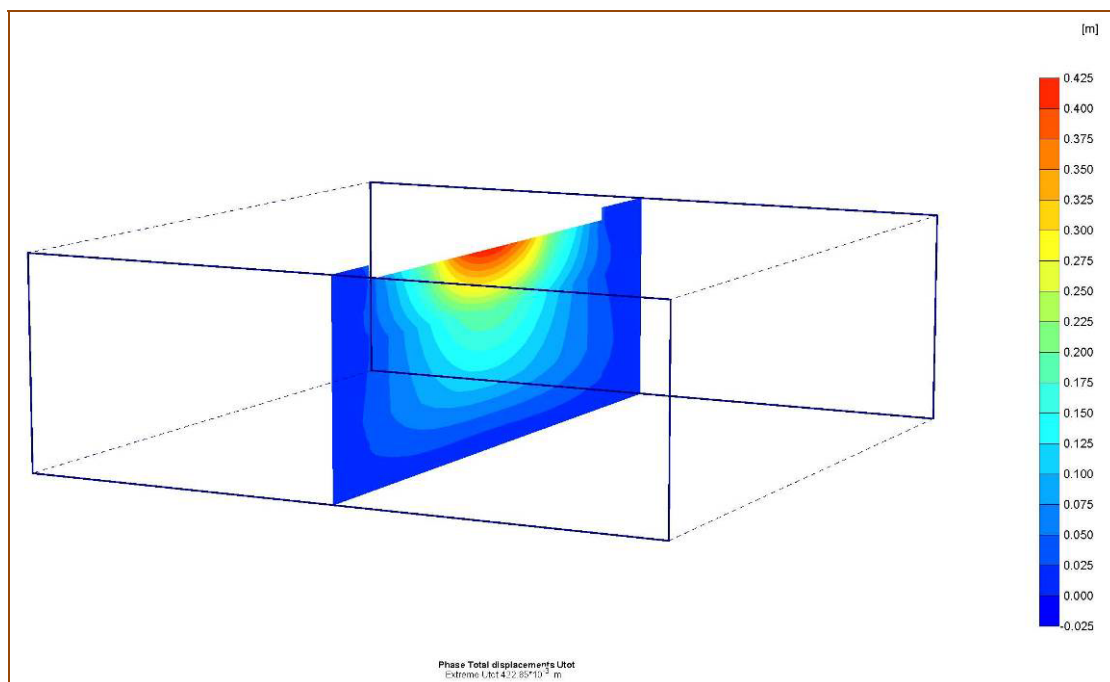


Fig. 42 – Sezione S-N modello 4° lotto discarica con indicati, a variazioni cromatiche, i cedimenti verticali totali in m.

Tali dati confermano quindi quanto trovato con il precedente modello analitico con modeste differenze da imputarsi ad una diversa e più cautelativa distribuzione dei carichi del modello analitico stesso rispetto quello ad elementi finiti.

7.3.4. Verifiche geotecniche di stabilità delle scarpate in terra

Tali scarpate, in parte in scavo e parte di riporto, sono quelle presenti al perimetro della discarica e costituiscono il collegamento tra il fondo della discarica, parzialmente in trincea, e la superficie del pdc naturale, ricomprendendo pure l'arginello di contenimento perimetrale.

Il paramento esterno della scarpata, come pure il fondo discarica e l'arginello sommitale, sono costruiti con uno strato di argilla ricomponendo i materiali selezionati di risulta dagli scavi.

Alcune prove di laboratorio geotecniche, eseguite in precedenza di cui alla relazione (*Valutazioni geotecniche integrative alla "Indagine geologica-geotecnica e idrogeologica definitiva inerente il progetto di una discarica d'appoggio all'impianto di selezione e compostaggio di Fossoli di Carpi (MO)" (Giugno 1999) in seguito ad una proposta di variante alla sagomatura interna della struttura arginale del 29.10.2001*), hanno caratterizzato geotecnicamente tale materiale attribuendogli **valori minimi** di

coesione efficace pari a $C' = 0,10 \text{ kg/cmq}$ e angolo di attrito interno $\varphi' = 17^\circ$ e come tali considerati caratteristici.

I parametri degli altri strati presenti, non coinvolti però direttamente dalla superficie di potenziale rottura critica, sono stati dedotti dalla stessa relazione citata in precedenza, essendo maggiormente cautelativi a quelli esposti nel modello geotecnico di cui al capitolo 5.4.1., Tabella 16.

Si precisa inoltre che i parametri geotecnici in condizioni non drenate sono molto meno cautelativi rispetto a quelli drenati e quindi verranno esposte di seguito solamente le verifiche nelle condizioni drenate.

La sezione esaminata è quella tipica perimetrale e le verifiche sono condotte secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2) con R2 pari a 1,1 e riguardano **le situazioni precedente e durante il sisma.**

Per quanto riguarda la verifica post-sisma gli effetti di degradazione sulla resistenza vengono ritenuti improbabili (*Silver, 1987*) e pertanto tale verifica risulta superflua.

Tali verifiche sono state condotte con apposito codice di calcolo (*SLOPE 2015.25.6.1217* della *GeoStru Software*) i cui risultati vengono riportati di seguito distinguendo la versione in condizioni statiche (Fig.43 e relativo rapporto di Analisi Stabilità dei Pendii) da quella in condizioni sismiche (Fig. 44 e relativo rapporto di Analisi Stabilità dei Pendii).

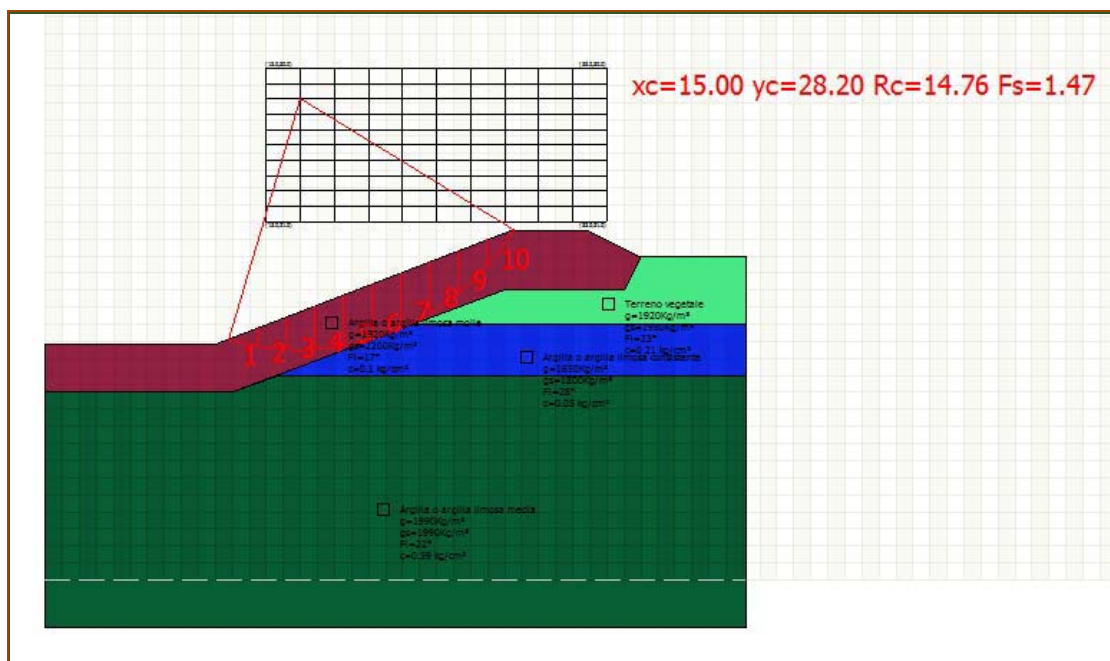


Fig. 43 – Calcolo stabilità scarpata perimetrale in condizioni statiche.

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	44.847597/10.908724
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	13.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	21.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	33.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	30.0 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	75.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.47	2.53	0.26
S.L.D.	75.0	0.6	2.49	0.28
S.L.V.	712.0	1.73	2.55	0.27
S.L.C.	1462.0	2.3	2.49	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.705	0.2	0.0144	0.0072
S.L.D.	0.9	0.2	0.0184	0.0092
S.L.V.	2.474	0.24	0.0606	0.0303
S.L.C.	3.104	0.28	0.0886	0.0443

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	13.78
2	10.0	13.78
3	27.37	20.5
4	31.88	20.5
5	34.89	19.0
6	41.17	19.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	11.0
2	11.0	11.0
3	27.0	17.0
4	34.0	17.0
5	35.0	19.0
6	41.17	19.0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	11.0
2	11.0	11.0
3	21.67	15.0
4	41.17	15.0

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	11.0
2	11.0	11.0
3	13.67	12.0
4	41.17	12.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.1		17	1920	2200	Argilla o argilla limosa molle
2	0.21		23	1920	1980	Terreno vegetale
3	0.05		28	1650	1800	Argilla o argilla limosa consistente
4	0.59		22	1990	1990	Argilla o argilla limosa media

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.47
Ascissa centro superficie	15.0 m
Ordinata centro superficie	28.2 m
Raggio superficie	14.76 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 15.00 yc = 28.20 Rc = 14.756 Fs=1.468
 Lambda = 0.301

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1.68	-13.38	1.73	1785.24
2	1.68	-6.73	1.7	4855.22
3	1.68	-0.16	1.68	7288.67
4	1.68	6.4	1.69	9098.77
5	1.68	13.05	1.73	10273.63
6	1.68	19.89	1.79	10747.11
7	1.68	27.04	1.89	10522.47
8	1.68	34.69	2.05	9385.04
9	1.68	43.16	2.31	7115.05
10	1.68	53.09	2.8	3202.17

Sforzi sui concii

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	606.79	2016.86	0.0	0.0	679.63	1056.26	0.0
2	1384.07	4600.37	606.79	2016.86	3747.25	1547.98	0.0
3	2066.66	6869.21	1384.07	4600.37	6599.63	2016.75	0.0
4	2494.06	8289.79	2066.66	6869.21	8775.69	2384.96	0.0
5	2578.42	8570.2	2494.06	8289.79	9989.43	2605.7	0.0
6	2510.2	8343.43	2578.42	8570.2	10093.27	3411.71	0.0
7	1887.16	6272.56	2510.2	8343.43	8985.99	2526.81	0.0
8	1042.34	3464.55	1887.16	6272.56	6813.29	2250.67	0.0
9	227.01	754.53	1042.34	3464.55	3931.64	1912.52	0.0
10	0.0	0.0	227.01	754.53	1455.92	1770.29	0.0

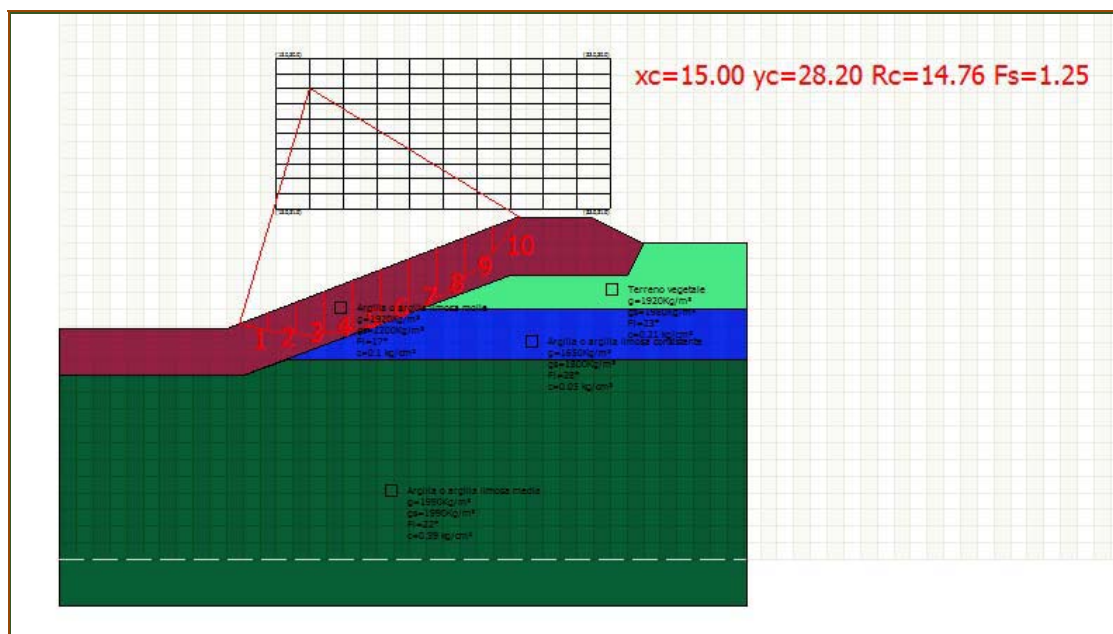


Fig. 44 – Calcolo stabilità scarpata perimetrale in condizioni sismiche.

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	44.847597/10.908724
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	13.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	21.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	33.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	30.0 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	75.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.47	2.53	0.26
S.L.D.	75.0	0.6	2.49	0.28
S.L.V.	712.0	1.73	2.55	0.27
S.L.C.	1462.0	2.3	2.49	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.705	0.2	0.0144	0.0072
S.L.D.	0.9	0.2	0.0184	0.0092
S.L.V.	2.474	0.24	0.0606	0.0303
S.L.C.	3.104	0.28	0.0886	0.0443

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.0606

Coefficiente azione sismica verticale

0.0303

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	13.78
2	10.0	13.78
3	27.37	20.5
4	31.88	20.5
5	34.89	19.0
6	41.17	19.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	11.0
2	11.0	11.0
3	27.0	17.0
4	34.0	17.0
5	35.0	19.0
6	41.17	19.0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	11.0
2	11.0	11.0
3	21.67	15.0
4	41.17	15.0

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	11.0
2	11.0	11.0
3	13.67	12.0
4	41.17	12.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.1		17	1920	2200	Argilla o argilla limosa molle
2	0.21		23	1920	1980	Terreno vegetale
3	0.05		28	1650	1800	Argilla o argilla limosa consistente
4	0.59		22	1990	1990	Argilla o argilla limosa media

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.25
Ascissa centro superficie	15.0 m
Ordinata centro superficie	28.2 m
Raggio superficie	14.76 m

xc = 15.00 yc = 28.20 Rc = 14.756 Fs=1.246
Lambda = 0.358

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1.68	-13.38	1.73	1785.24
2	1.68	-6.73	1.7	4855.22
3	1.68	-0.16	1.68	7288.67
4	1.68	6.4	1.69	9098.77
5	1.68	13.05	1.73	10273.63
6	1.68	19.89	1.79	10747.11
7	1.68	27.04	1.89	10522.47
8	1.68	34.69	2.05	9385.04
9	1.68	43.16	2.31	7115.05
10	1.68	53.09	2.8	3202.17

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	824.02	2302.85	0.0	0.0	479.77	1205.25	0.0
2	1809.33	5056.45	824.02	2302.85	3701.29	1814.79	0.0
3	2632.17	7355.99	1809.33	5056.45	6681.4	2392.15	0.0
4	3108.03	8685.85	2632.17	7355.99	8929.92	2840.2	0.0
5	3145.89	8791.65	3108.03	8685.85	10157.98	3103.08	0.0
6	3036.21	8485.14	3145.89	8791.65	10189.81	4052.58	0.0
7	2226.33	6221.81	3036.21	8485.14	9059.04	2991.39	0.0
8	1179.39	3295.98	2226.33	6221.81	6822.56	2653.53	0.0
9	213.06	595.42	1179.39	3295.98	3910.62	2249.18	0.0
10	0.0	0.0	213.06	595.42	1477.87	2090.04	0.0

Come si può notare, nelle condizioni e geometrie esposte, le scarpate di progetto sono stabili sia in condizioni statiche ($F_s = 1,47$) che dinamiche ($F_s = 1,25$).

8. CONCLUSIONI

Gli approfondimenti geotecnici effettuati per la progettazione del 4° lotto della discarica in oggetto hanno confermato il modello geologico-stratigrafico già conosciuto; l'unico elemento innovativo riscontrato è la locale "risalita" delle sabbie di Po nella zona Est dell'area in esame, dove vengono ritrovate a circa 27 m dal pdc rispetto ai 30 m desunti dalle precedenti indagini.

Tale aspetto è comunque di modesto rilievo, e non modifica, nei confronti della discarica, le caratteristiche complessive del sottosuolo dai punti di vista geotecnico, sismico e idrogeologico.

Le suddette caratteristiche sono, strato per strato, nel complesso omogenee per tutta l'area, e sono quindi rappresentabili da un unico modello geotecnico, di seguito riportato.

Strato (m)	Litologia	φ' (°)	Cu (kg/cmq)	C' (kg/cmq)	Ed (kg/cmq)	Peso di volume naturale (t/mc)	Peso di volume saturo (t/mc)
N1 (0/4)	Argille	23	0,76	0,21	42,2	1,836	1,898
N2 (4/7)	Limi e limi sabbiosi	21	0,55	0,41	69,25	1,888	1,953
N3 (7/15,2)	Limi argillosi e argille limose	25	1,58	0,51	72,64	1,950	1,950
N4 (15,2/16)	Limi e limi sabbiosi	22		0,38	93,1	1,968	1,968
N5 (16/26,5)	Argille limose e limi argillosi	21	0,83	0,15	72,16	2,011	2,011
N6 (26,5/54)	Sabbie e sabbie limose	26,19			295,95	2,148	2,148
N7 (54/79,5)	Argille molto compatte	23	1,5	0,21	150	2,200	2,200

Le caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei livelli posti fra la massima profondità di indagine geognostica (-30 m dal pdc) ed il *bedrock* sismico (assunto anche come limite delle possibili modifiche geotecniche indotte dal progetto in esame) sono state definite per confronto litologico con numerose stratigrafie di pozzi presenti in area.

L'individuazione del *bedrock* sismico è stata fatta combinando i risultati di una prova sismica tipo ESAC con una sezione geologica bibliografica¹.

Va evidenziato che si tratta di un *bedrock* "leggero" essendo caratterizzato da velocità delle onde di taglio < 800 m/s (620 m/s per esattezza).

I risultati della Risposta Sismica Locale (RSL), condotta sia con approccio semplificato che con specifiche analisi, ha portato a risultati simili ($a_{max}(g)=0,25168$ -Appr. Semplif. e $a_{max}(g)=0,2485$ -Appr. con specifiche analisi); come si può notare è più cautelativo il risultato dell'approccio semplificato e per questo motivo lo si è adottato.

Per quanto riguarda il rischio di liquefazione si sono riscontrati, nelle 3 verticali penetrometriche dove è stato verificato, valori dell'Indice del Potenziale di Liquefazione (IPL) sempre inferiore all'unità e quindi a rischio basso, di fatto nullo.

¹ Sezione geologica profonda (passante circa 4 Km ad ovest del sito di indagine) con inserito il modello di profilo verticale di velocità. (a sx SW a dx NE; estratto con inserti grafici da : Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP-1998 – Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna. A cura di G Di Dio. SEL.CA, Firenze, pagine 120.

Il progetto della discarica prevede l'adozione, in continuità con quella esistente già sperimentata positivamente da anni, della tipologia parzialmente in trincea.

Si è condotta un'analisi dei cedimenti indotti dalla discarica sul terreno di fondazione, sia con modello analitico (considerando ipotesi particolarmente cautelative) che con modello agli elementi finiti.

In tali condizioni è stato stimato un cedimento assoluto massimo pari a $\cong 45$ cm che, se riferito all'estensione dell'intervento ed alle caratteristiche della fondazione in oggetto, determinano effetti distorsivi non rilevanti.

La capacità portante fondale è stata verificata positivamente, nelle condizioni più cautelative non drenate, oltre ad aver adottato un carico distribuito di "rifiuti" costante su tutto il lotto e pari a quello massimo di colmo.

Le scarpate ed arginelli perimetrali verranno sagomati utilizzando materiali argillosi scelti da quelli di risulta degli sbancamenti, opportunamente ricompattati.

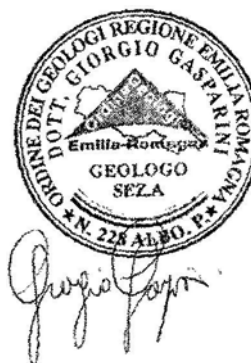
Le verifiche di stabilità condotte hanno dato su queste esiti positivi sia in condizioni statiche che sismiche.

La presente relazione risulta conforme alle prescrizioni di cui ai:

- OPCM 3274/2003 e ss.mm.ii;
- D.M. 14 Gennaio 2008.

Bastiglia, 31.07.2015

Dott. Geol. Giorgio Gasparini



ALLEGATI

Certificati
Analisi di laboratorio geotecnico

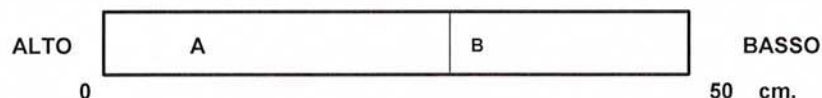
LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815881 - www.mucchilab.it <i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i>	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

SCHEDA APERTURA CAMPIONE (Norma A.S.T.M. D 2488 - AGI 1977)

COMMITTENTE: AIMAG Spa
CANTIERE: Ampliamento discarica - Fossoli di Carpi (MO)
DATA APERTURA : 13/05/2015

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: sh1 PROF. 10.5-11.0 m.

TIPO DI CONTENITORE: fustella sacchetto cassetta



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		Prove di laboratorio eseguite (*)									
Livello	Descrizione litologica	P.P.	V.T.	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	TrUU
A	argilla grigia limosa a tratti limosa argillosa	130	60	*	*	*	*	*	*	*	
B	argilla organica torbosa	180	110								

QUALITA' DEL CAMPIONE : SCADENTE DISCRETA BUONA ECCELLENTE

LEGENDA PROVE:

Pocket penetrometrico	P.P. (kPa)	Peso di volume	Y	Limiti di Atterberg	LA
Vane test	V.T. (kPa)	Peso specifico	G.S	Edometria	Ed
Contenuto d'acqua	W	Granulometria	G	Prova di taglio	PT
Compressione E.L.L.	C	Permeabilità	K	Triassiale	TR

pagina 1 di 1

Sperimentatore
Dr. Malaguti D.

Il Direttore
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Rapporto di prova :
Data emissione : 21/05/2015



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it <i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i>	<i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------

Committente :	AIMAG Spa	Sondaggio N°:	S1
Cantiere :	Ampliamento discarica Fossoli di Carpi (MO)	Campione:	sh1
Data inizio prova :	13/05/2015	Prof. mt:	10.5-11.0

CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)

Massa terreno umido + tara (g)	283.72
Massa terreno secco + Tara (g)	221.26
Massa tara (g)	5.89
Contenuto d'acqua - W (%)	29.0

PESO DELL' UNITA' DI VOLUME (BS 1377 Part. 15)

Volume (cm ³)	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	243.01
Massa tara (g)	73.71
Peso dell' unità di volume (γ) (g/cm ³)	1.950
	(kN/m ³) 19.121

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Rapporto di prova Data emissione : 21/05/2015
-----------------------------------	------------------------------------------	--------------------------------------------------



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi
 Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare
 prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

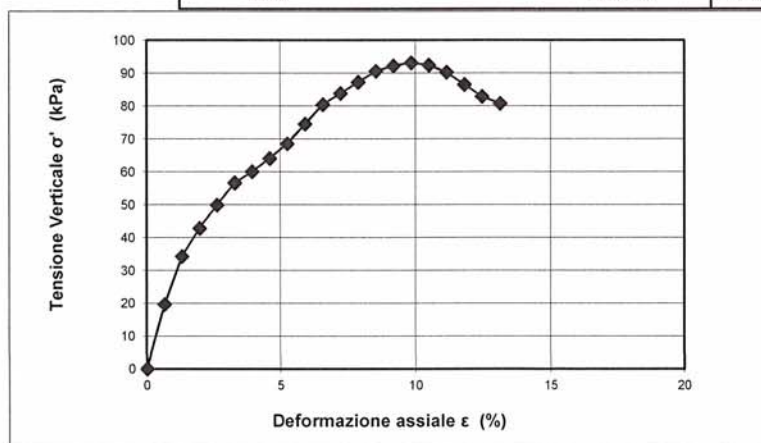
Azienda con sistema di
 gestione per la qualità
 certificato da KIWA
 =UNI EN ISO 9001=

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (A.S.T.M. D 2166)

Committente : AIMAG Spa
 Cantiere : Ampliamento discarica - Fossoli di Carpi (MO)
 Sondaggio : S1
 Campione : sh1
 Profondità (mt): 10.5-11.0
 Velocità : 0.5 mm/min
 Data inizio prova : 20/05/2015

Carico di rottura q_u (kPa) : 93
Coazione C_u (kPa) : 46.5

Deformazione assiale ϵ (%)	Tensione verticale σ' (kPa)	
0	0	
0.7	19.66	
1.3	34.20	
2.0	42.77	
2.6	49.84	
3.3	56.58	
3.9	60.00	
4.6	64.02	
5.2	68.47	
5.9	74.47	
6.6	80.38	
7.2	83.81	
7.9	87.18	
8.5	90.49	
9.2	92.19	
9.8	93.07	
10.5	92.39	
11.2	90.19	
11.8	86.49	
12.5	82.83	
13.1	80.72	
		Peso unità di volume $kN/m^3 = 19.12$
		Contenuto d'acqua $\% = 29.00$



Provino n° 1

schema di rottura

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Rapporto di prova Data emissione : 21/05/2015	Pagina n°1 di 1
-----------------------------------	------------------------------------------	--------------------------------------------------	-----------------



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it <i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i>	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

**DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
CON IL METODO DEL PICNOMETRO (ASTM D 854)**

Committente :	AIMAG Spa
Cantiere :	Ampliamento discarica Fossoli di Carpi (MO)
Sondaggio :	1
Campione:	sh1
Prof. m:	10.5-11.0
Data inizio prova :	20/05/2015

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	154.500	g
	Temperatura dell'acqua	19.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	148.590	g
Mt =	Massa della terra secca	9.710	g
ρ_a =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99843	g/cm ³

(Peso Specifico) = $\rho_s = Mt/(Ma+Mt-Mat)*\rho_a$	2.551	g/cm ³
	25.020	kN/m ³

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Rapporto di prova Data emissione : 21/05/2015
-----------------------------------	------------------------------------------	--------------------------------------------------



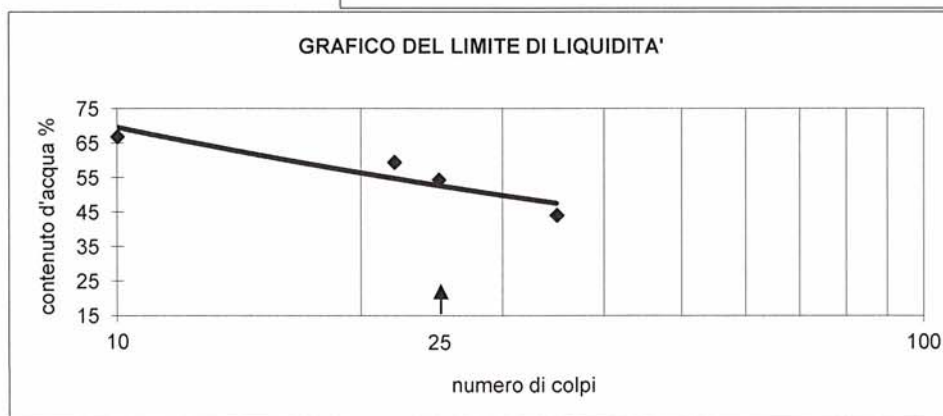
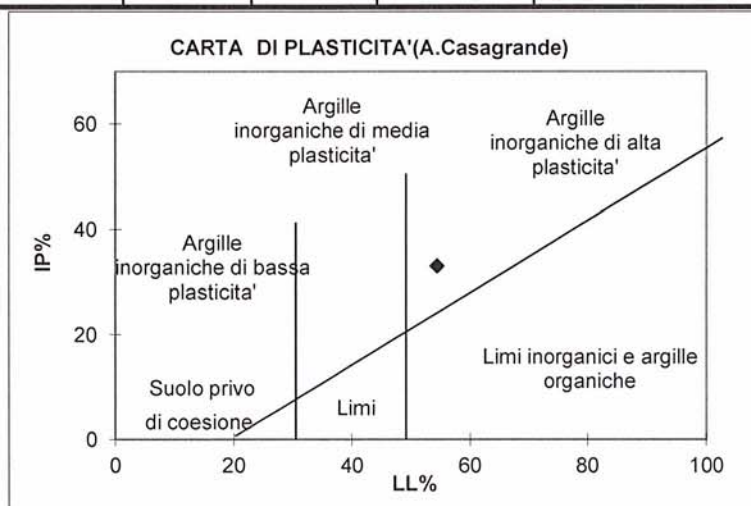
LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it <i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i>	<i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------

LIMITI DI ATTERBERG (Norma CNR - UNI 10014)

Committente : AIMAG Spa	Sondaggio N°: S1	
Cantiere : Ampliamento discarica Fossoli di Carpi (MO)	Campione: sh1	
Data inizio prova : 20/05/2015	Prof. mt:	10.5-11.0

N° CONTENITORE	Limite liquido			Lim.plastico media 2 det.	Umidita' Naturale
	1	2	3		4
N° COLPI	35	22	10		
Massa terreno umido + tara (g)	50.80	47.11	48.37	12.67	283.72
Massa terreno secco + tara (g)	39.55	34.64	34.26	12.13	221.26
Massa acqua contenuta (g)	11.25	12.47	14.11	0.55	62.46
Massa tara (g)	14.01	13.66	13.15	9.57	5.89
Massa terreno secco (g)	25.54	20.98	21.11	2.56	215.37
Contenuto d'acqua %	44.0	59.4	66.8	21.3	29.0

Limite liquido %	54
Limite Plastico %	21
Umidita' naturale%	29.0
Indice Plastico %	33
Indice di consistenza :	0.77



Pagina 1 di 1

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Rapporto di prova Data emissione : 22/05/2015
-----------------------------------	------------------------------------------	--------------------------------------------------



<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it</p> <p>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------

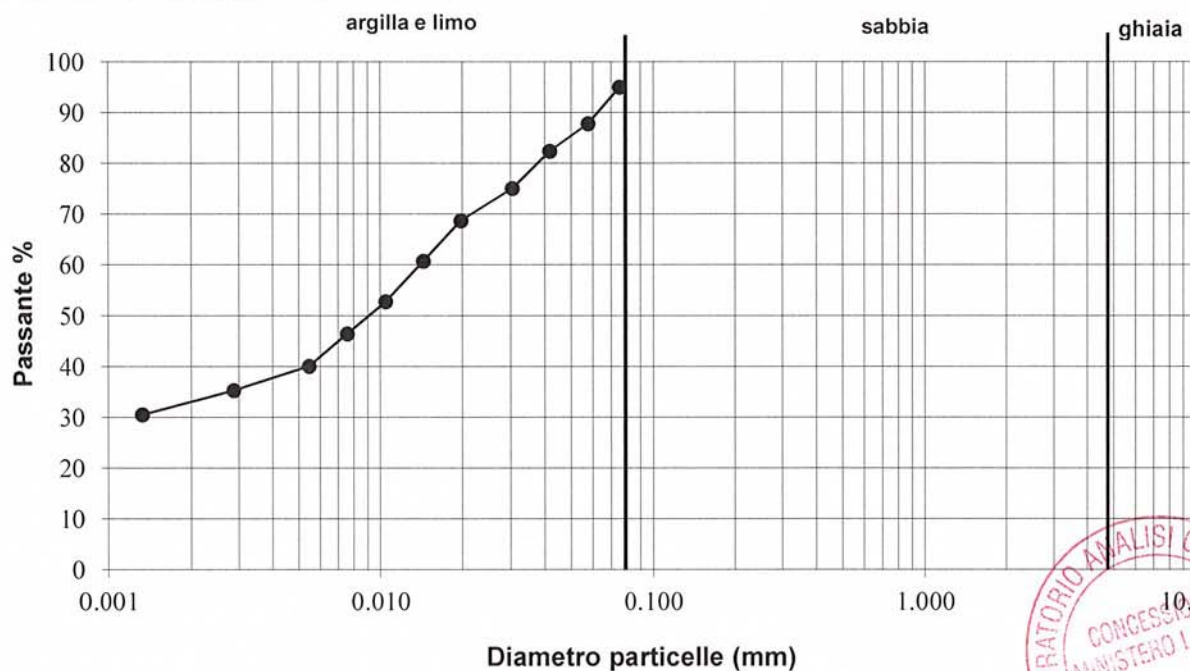
ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
norma ASTM D 422 - AGI 1994

Committente :	AIMAG Spa	Sondaggio N°:	S1
Cantiere :	Ampliamento discarica Fossoli di Carpi	Campione:	sh1
Data inizio prova :	21/05/2015	Prof. mt:	10.5-11.0

Diametro (mm)	Passante (%)
0.075	95.00
0.0576	87.81
0.0417	82.38
0.0304	75.05
0.0197	68.68
0.0144	60.72
0.0105	52.76
0.0076	46.39
0.0055	40.03
0.0029	35.26
0.0013	30.48

Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84		
Ghiaia	(>4.75mm)	: 0%
Sabbia	(4.76-0.075mm)	: 5%
Limo e Argilla	(< 0.075mm)	: 95%

trattenuto allo 0.075 mm : 5%



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Rapporto di prova del 25/05/15
-----------------------------------	------------------------------------------	--------------------------------



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi
 Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e
 certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

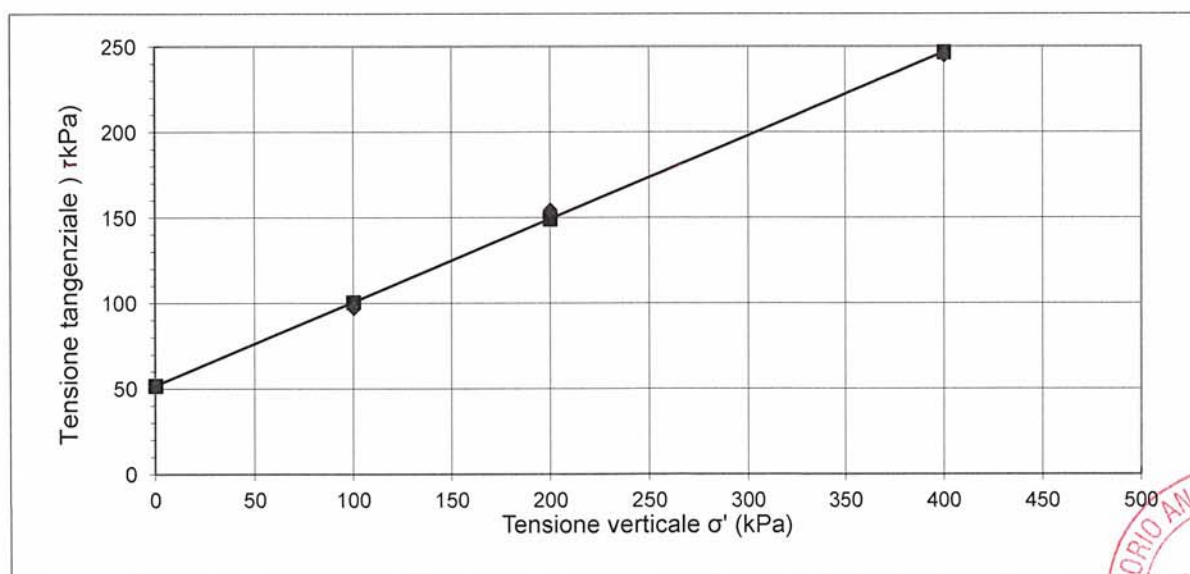
Azienda con sistema di
 gestione per la qualità
 certificato da KIWA
 =UNI EN ISO 9001=

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: AIMAG Spa
 Cantiere : Discarica Fossoli di Carpi
 Campione: S1Sh1
 Prof. (mt) : 10.5-11.0
 Data inizio prova : 19/05/2015

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Provino (n°)	Tensione verticale σ' (kPa)	Tensione tangenziale τ (kPa)
1	100	97.089
2	200	154.264
3	400	244.881

COESIONE DRENATA (kPa):	51.78
ANGOLO D'ATTRITO (° sess):	25



<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it</p> <p><i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i></p>	<p><i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994

Committente: AIMAG Spa
Cantiere : Discarica Fossoli di Carpi
Campione: S1Sh1
Prof. (mt) : 10.5-11.0
Data inizio prova : 19/05/2015

Descrizione litologica del provino : argilla limosa

Caratteristiche dei provini

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito su passante ai 2 mm :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm ²)	36	36	36
Peso dell'unità di volume allo stato naturale (kN/m ³)	19.537	19.445	19.596
Peso dell'unità di volume allo stato secco (kN/m ³)	15.145	15.062	15.185
Contenuto d'acqua : (W%)	29.00	29.10	29.05

Modalità di consolidazione e rottura			
Tensione verticale (kPa)	100	200	400
Velocità di deformazione (mm/min)	0.0052	0.0052	0.0052

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Rapporto di prova Data emissione :25/05/15	pagina 1 di 2
-----------------------------------	------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e
 certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di
 gestione per la qualità
 certificato da KIWA
 =UNI EN ISO 9001=

Committente: AIMAG Spa

Cantiere : Discarica Fossoli di Carpi

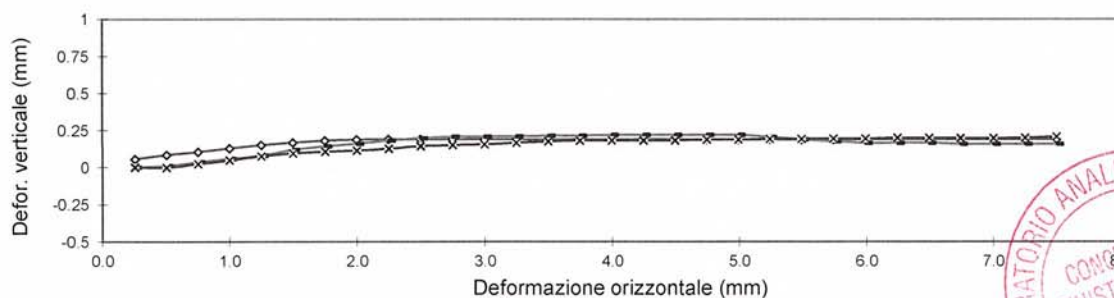
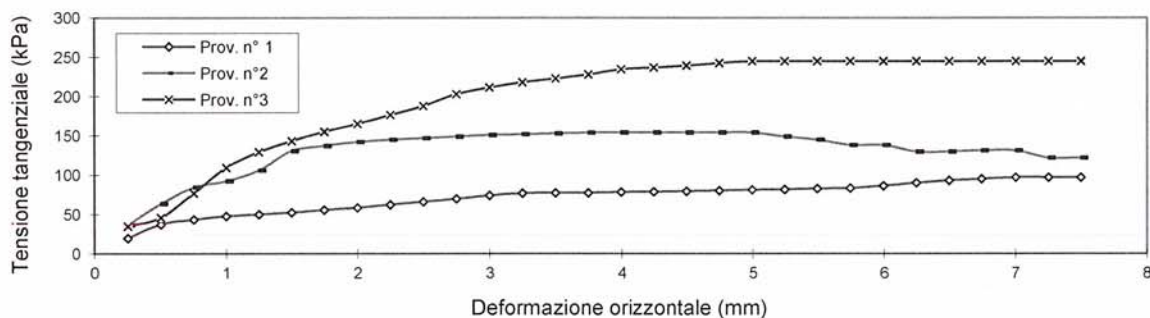
Campione S1Sh1

Prof. (mt) : 10.5-11.0

Data inizio prova :

19/05/2015

def. Orizzontale (mm)	PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994					
	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3
0.25	19.81	36.78	34.91	0.056	0.002	0.002
0.50	37.27	63.65	45.80	0.085	0.012	0
0.75	43.45	84.44	76.89	0.105	0.037	0.024
1.00	47.66	92.48	109.45	0.129	0.059	0.049
1.25	50.02	106.11	129.26	0.151	0.081	0.076
1.50	52.37	130.73	143.38	0.168	0.12	0.095
1.75	55.70	137.30	155.24	0.181	0.144	0.107
2.00	58.55	142.20	165.15	0.188	0.161	0.115
2.25	62.27	145.14	176.43	0.19	0.183	0.127
2.50	66.10	147.11	187.80	0.19	0.198	0.144
2.75	69.83	149.07	202.91	0.19	0.208	0.151
3.00	74.04	151.03	211.34	0.19	0.208	0.156
3.24	76.89	152.01	218.01	0.19	0.21	0.166
3.49	77.38	152.99	222.72	0.188	0.215	0.176
3.74	77.38	153.97	227.91	0.19	0.215	0.181
3.99	78.36	154.26	234.49	0.188	0.22	0.183
4.24	78.75	154.26	236.84	0.19	0.22	0.183
4.49	79.44	154.26	239.19	0.19	0.22	0.183
4.74	80.22	154.26	242.53	0.188	0.22	0.188
4.99	81.20	154.26	244.88	0.188	0.22	0.188
5.24	81.59	149.07	244.88	0.19	0.205	0.193
5.49	82.87	145.14	244.88	0.188	0.19	0.193
5.74	83.36	138.28	244.88	0.188	0.176	0.195
5.99	86.30	138.18	244.88	0.19	0.166	0.195
6.24	90.22	129.94	244.88	0.19	0.166	0.2
6.49	93.17	129.94	244.88	0.19	0.166	0.2
6.74	95.13	131.32	244.88	0.19	0.159	0.198
7.00	97.09	131.32	244.88	0.19	0.159	0.198
7.25	97.09	122.00	244.88	0.19	0.159	0.2
7.50	97.09	122.00	244.88	0.19	0.159	0.208



Sperimentatore
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore
 Dr. Geol. Mucchi Antonio

pagina 2 di 2

LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi
 Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e
 certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione
 per la qualità certificato da KIWA
 =UNI EN ISO 9001=

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

Committente : AIMAG Spa

Cantierte : Discarica Fossoli di Carpi

Data inizio prova : 13/05/2015

Sondaggio: S1

Campione: sh1

Prof. (m):

10.5-11.0

Natura del campione :

Peso dell'unità di volume : (kN/m³)

Peso dell'unità di volume del terreno secco : (kN/m³)

Contenuto d'acqua naturale : (%)

Peso specifico dei granuli : (kN/m³)

Indice dei vuoti inizio prova : (e°)

argilla limosa grigia

18.51

14.35

29.0

25.02

.743

σ'_v (kPa)	ΔH (mm)	ϵ %	e°	M_o (kPa)
11.768	.03	.15	.740	
24.518	.12	.60	.732	2833
49.035	.24	1.20	.722	4086
98.070	.44	2.20	.705	4904
196.140	.71	3.55	.681	7264
392.280	1.10	5.50	.647	10058
784.560	1.73	8.65	.592	12453
1569.120	2.61	13.05	.515	17831
392.280	2.35	11.75	.538	
98.070	2.00	10.00	.569	
49.035	1.85	9.25	.582	

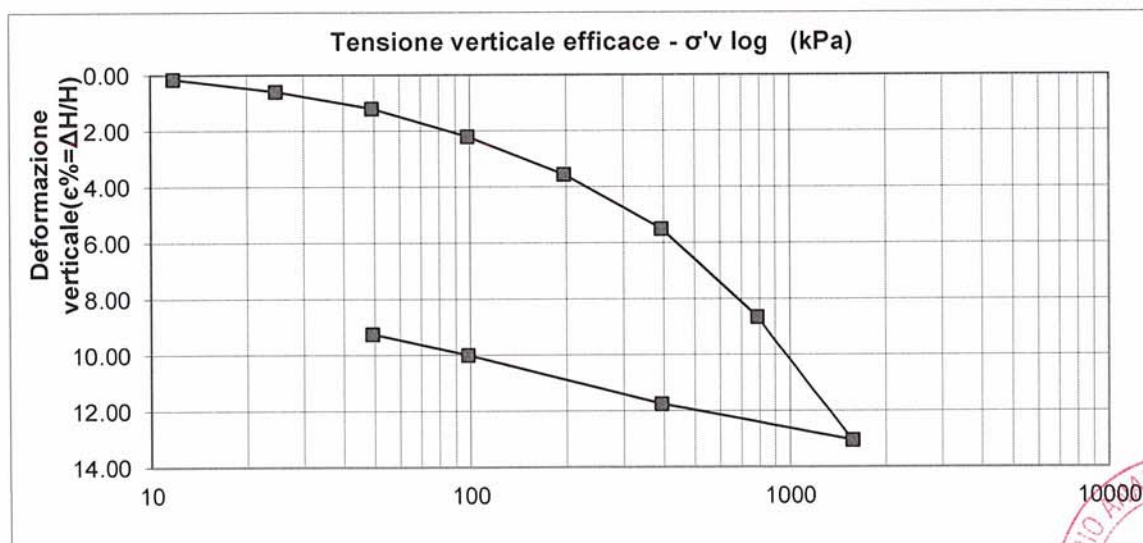
ΔH = cedimento

$\epsilon = \Delta H/H$ = def. verticale

e° = indice dei vuoti

M_o = modulo edometrico

σ'_v = tensione verticale efficace



Sperimentatore
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Rapporto di prova del 25/05/2015

LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi
 Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e
 certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema
 di gestione per la
 qualità certificato da
 KIWA
 =UNI EN ISO 9001=

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE: AIMAG Spa
 CANTIERE: Discarica Fossoli di Carpi
 DATA: 13/05/2015

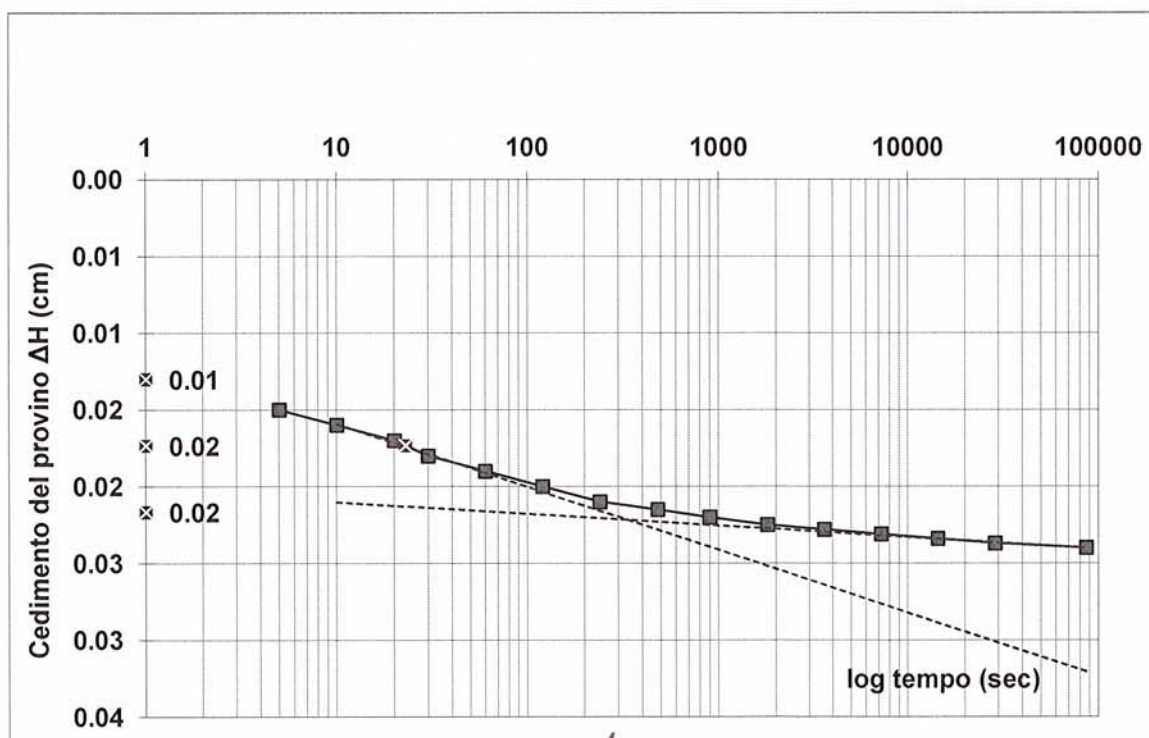
Sondaggio: S1
 Campione: sh1
 Prof(m): 10.5-11.0

NATURA DEL CAMPIONE: argilla limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 49.035
 Cv (cmq/sec): 8.61E-03
 C alfa 3.79E-06
 t50 (sec) 23
 Permeabilità (cm/sec) 2.43E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.016
5	0.016
10	0.015
20	0.016
30	0.017
60	0.018
120	0.019
240	0.020
480	0.021
900	0.022
1800	0.022
3600	0.023
7200	0.023
14400	0.023
28800	0.023
86400	0.024

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

pagina 2 di 7



LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi via Alberto
 Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e
 certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema
 di gestione per la
 qualità certificato da
 KIWA
 =UNI EN ISO 9001=

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE: AIMAG Spa
 CANTIERE: Discarica Fossoli di Carpi
 DATA: 13/05/2015

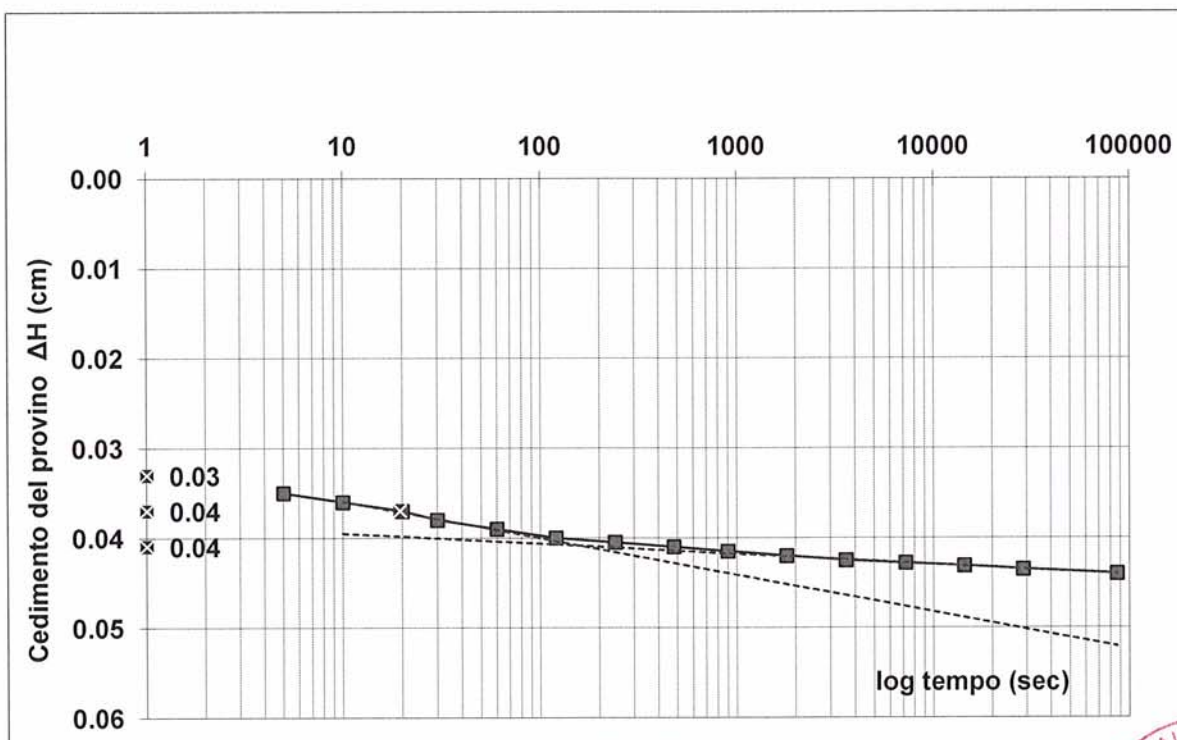
Sondaggio: S1
 Campione: sh1
 Prof(m): 10.5-11.0

NATURA DEL CAMPIONE: argilla limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 98.07
 Cv (cmq/sec): 1.01E-02
 C alfa 5.73E-06
 t50 (sec) 19
 Permeabilità (cm/sec) 2.02865E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.035
5	0.035
10	0.036
20	0.037
30	0.038
60	0.039
120	0.040
240	0.041
480	0.041
900	0.042
1800	0.042
3600	0.043
7200	0.043
14400	0.043
28800	0.044
86400	0.044

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

pagina 3 di 7



LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it <i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i>	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE: AIMAG Spa
CANTIERE: Discarica Fossoli di Carpi
DATA: 13/05/2015

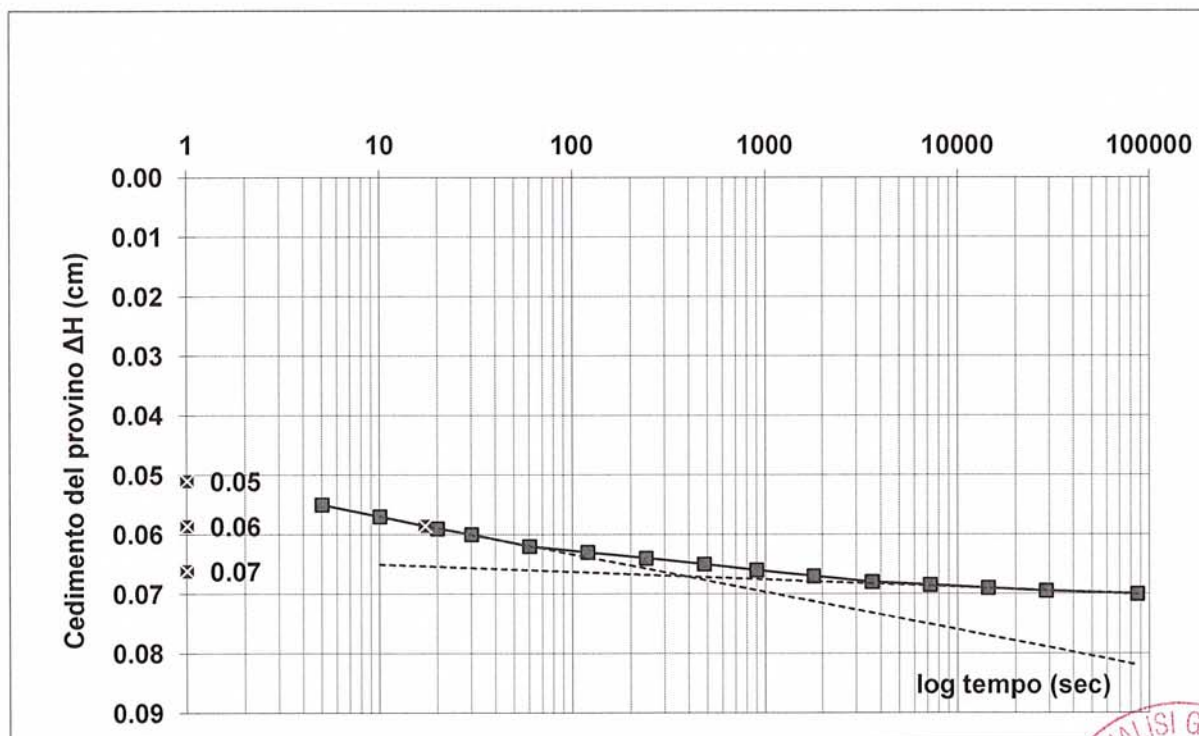
Sondaggio: S1
Campione: sh1
Prof(m): 10.5-11.0

NATURA DEL CAMPIONE: argilla limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 196.14
 Cv (cmq/sec): 1.14E-02
 C alfa 6.32E-06
 t50 (sec) 17
 Permeabilità (cm/sec) 1.48456E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.053
5	0.055
10	0.057
20	0.059
30	0.060
60	0.062
120	0.063
240	0.064
480	0.065
900	0.066
1800	0.067
3600	0.068
7200	0.069
14400	0.069
28800	0.070
86400	0.070

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore
Dr. Malaguti D.

Il Direttore
Dr. Geol. Antonio Mucchi

pagina 4 di 7



LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi
 Via Alberto Ascarei, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e
 certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema
 di gestione per la
 qualità certificato da
 KIWA
 =UNI EN ISO 9001=

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE: AIMAG Spa
 CANTIERE: Discarica Fossoli di Carpi
 DATA: 13/05/2015

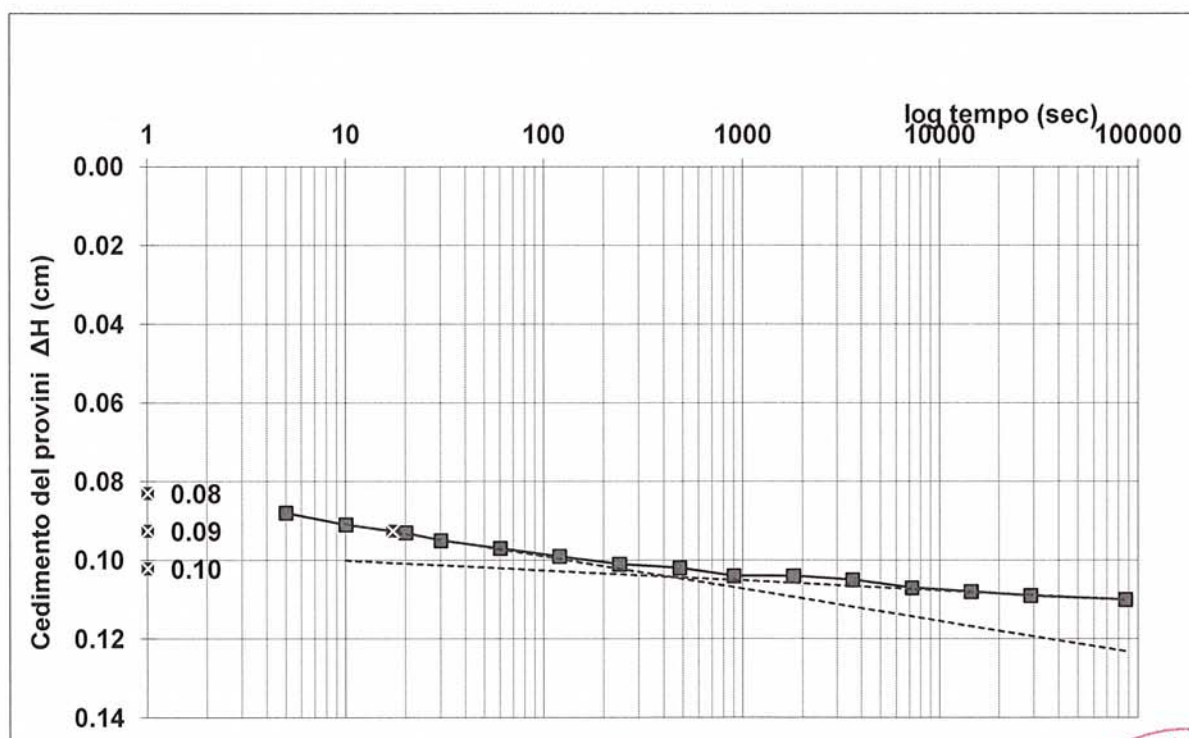
Sondaggio: S1
 Campione: sh1
 Prof(m): 10.5-11.0

NATURA DEL CAMPIONE: argilla limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28
 Cv (cmq/sec): 1.14E-02
 C alfa 1.26E-05
 t50 (sec) 17
 Permeabilità (cm/sec) 1.14461E-07

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.085
5	0.088
10	0.091
20	0.093
30	0.095
60	0.097
120	0.099
240	0.101
480	0.102
900	0.104
1800	0.104
3600	0.105
7200	0.107
14400	0.108
28800	0.109
86400	0.110

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

pagina 5 di 7



LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi
 Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare
 prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di
 gestione per la qualità
 certificato da KIWA
 =UNI EN ISO 9001=

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE: AIMAG Spa
 CANTIERE: Discarica Fossoli di Carpi
 DATA: 13/05/2015

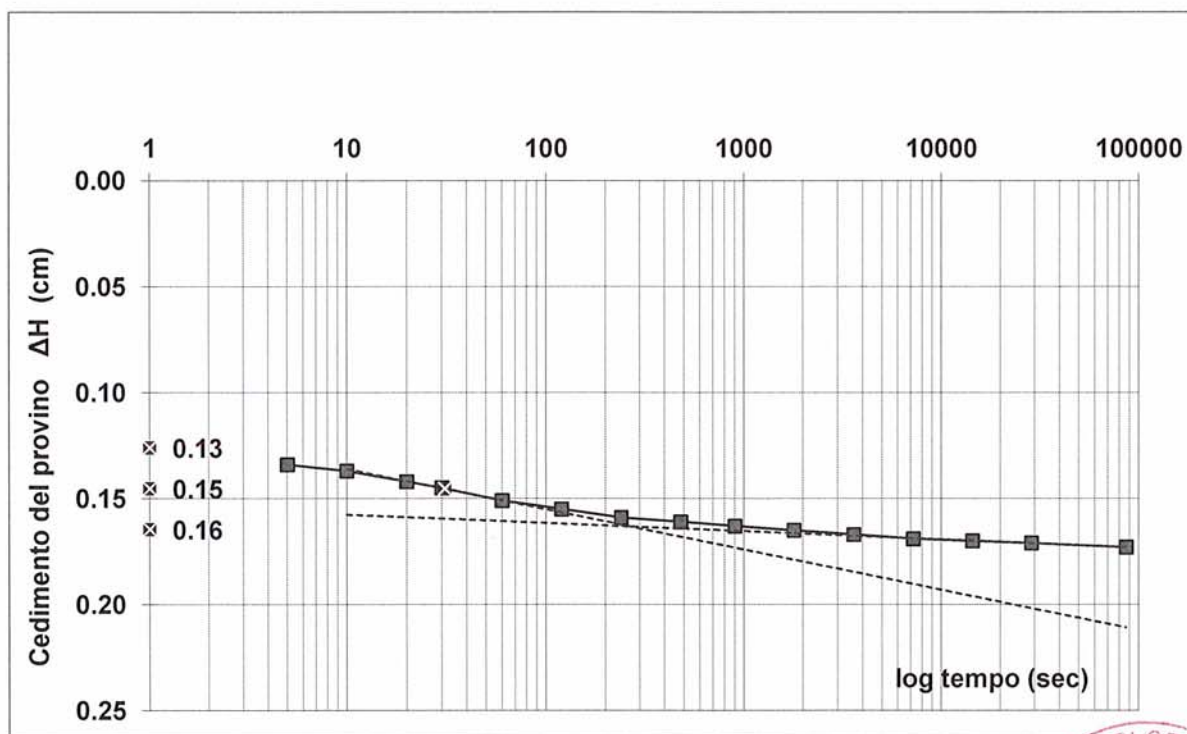
Sondaggio: S1
 Campione: sh1
 Prof(m): 10.5-11.0

NATURA DEL CAMPIONE: argilla limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 784.56
 Cv (cmq/sec): 6.35E-03
 C alfa 1.94E-05
 t50 (sec) 31
 Permeabilità (cm/sec) 5.001E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.129
5	0.134
10	0.137
20	0.142
30	0.145
60	0.151
120	0.155
240	0.159
480	0.161
900	0.163
1800	0.165
3600	0.167
7200	0.169
14400	0.170
28800	0.171
86400	0.173

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

pagina 6 di 7



Certificati
Sondaggi a carotaggio continuo

SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)

tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - ww.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality

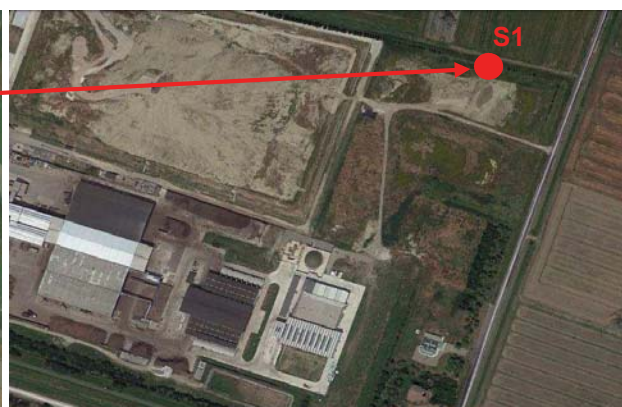
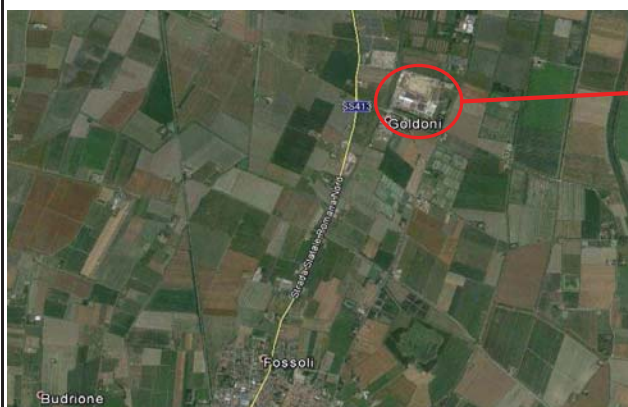


CERTIFICATO DI PROVA

CERTIFICATO N°	52/15	data	15/05/2015	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	data	11/05/2015
COMMITTENTE:	AIMAG s.p.a						
LOCALITA':	Fossoli (MO)						
CANTIERE:	Discarica di Fossoli (MO)						
Sondaggio N°:	1						
Specifiche di prova:	ASTM D 2488-90; AGI 1977						
Attrezzatura:	Hydra Joy 4						
Metodo perforazione:	Carotaggio Continuo; PRO E01; PRO E02; PRO E03; PRO E06; PRO E08; PRO E12						
Attrezzi:	Carotiere semplice Ø 101 mm rivestimenti metallici Ø 152 mm						
QUOTA INIZIO	p.c.						
PROFONDITA' DEL SONDAGGIO	30,00 m						
PROFONDITA' DELLA FALDA							

ANNOTAZIONI:

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 Pagine

Sperimentatore


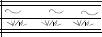
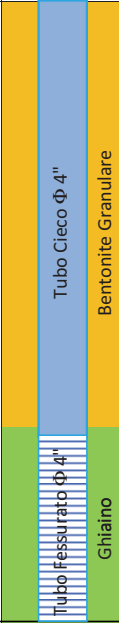
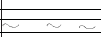
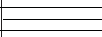
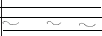

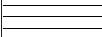
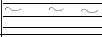



MB



Direttore



SONGEO SRL			DATA ESECUZIONE		METODO PERFOR.		SONDAGGIO		pag. 1 di 3	
Via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE) tel. 0532 773136 - 0532 815683 fax 0532 776455 E mail info@songeo.it Sito www.songeo.it Laboratorio autorizzato con decreto N° 56718 del 17/09/07 per indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001 e Circ. Min. 7619/STC			DAL 11/05/15 AL 12/05/15		Carotaggio continuo		N. S1			
COMMITTENTE AIMAG s.p.a			QUOTA		ATTREZZI:				SONDA IDRAULICA	
LOCALITA' Discarica di Fossoli (MO)			p.c.		Carotiere semplice diam. 101 mm. Rivestimento diam. 152 mm				Hydra Joy 4	
NOTE			CAMPIONI		LIVELLO ACQUA		PROF. FORO		PROF. RIVEST.	
			● SPT ○ CAMPIONI RIMANEGGIATI ■ CAMPIONI INDISTURBATI		DATA MT. dal P.C.		30,0 m		30,0 m	
									ASSISTENTI M. Rolfini, M. Braiato	
									OPERATORI R. Sacchetti, G. Rossi	
mt.	QUOTA da P.C.	SIMBO LOGIA	TIPO	NUM.	PROF.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET kg/cm ²	TORVANE kg/cm ²	PIEZOMETRO	
1	2,30					Terreno di riporto costituito da limo argilloso o argilla limosa di colore grigio bruno con presenti rare concrezioni calcaree e frammenti di laterizio millimetrici			Tubo Cieco Φ 4" Bentonite Granulare	
2						Argilla e/o argilla debolmente limosa di colore grigio con velature oca, rare puntature nerastre. Presenti concrezioni calcaree millimetriche	2,9 4,0 3,2	1,0 1,2 1,2		
3	3,00					Argilla limosa grigia con valature oca alla base	1,8 0,8	0,6 0,4		
4	3,50					Argilla limosa e/o limo argilloso di colore grigio con velature oca e bande e puntature nerastre. Presenti concrezioni calcaree	3,1 3,7	1,0 1,1		
5	5,20					Limo sabbioso alla base e al tetto dello strato, mentre nella parte centrale sabbia medio fine limosa, variegato grigio nocciola	4,0	1,2		
6	6,00					Argilla con limo grigia, con velature oca e frustoli carboniosi millimetrici	3,1	1,0		
7	7,00					Sabbia medio fine con limo e/o limosa di colore variegato grigio nocciola con rari inclusi torbosi millimetrici	2,8	0,6		
8	7,40					Limo argilloso debolmente sabbioso di colore variegato grigio nocciola. Presenti rari inclusi torbosi millimetrici	2,4	0,8		
9	7,60					Argilla debolmente limosa con livelli millimetrici sabbiosi di colore variegato grigio nocciola	1,4 2,1 4,2	0,4 0,8 1,3		
10	8,00					Argilla consistente di colore graduato da grigio al tetto a nerastro bruno e variegato grigio nocciola alla base. Presenti concrezioni calcaree millimetriche e subcentimetriche Presenti inoltre bande nerastre e nocciola	5,6 4,5 3,3	1,4 1,2 1,4		
11	8,50					Argilla a tratti debolmente limosa variegata grigio azzurra e nocciola	3,8 f.s. 3,3	0,6 1,9 0,8		
12	10,50					SH1	f.s.	2,0		
13	11,00			SH1	10,50 11,00	Limo argilloso e/o argilla limosa nerastra con frustoli carboniosi neri centimetrici. Da 11,30 m limo argilloso debolmente sabbioso nerastro	2,5 2,0	0,2 0,6		
14	11,20					Argilla debolmente limosa di colore grigio scuro con bande nerastre e oca e frustoli carboniosi millimetrici	5,5	1,8		
15	11,70					Argilla consistente grigia con velature nocciola e puntature nerastre. A 12,50 m livello debolmente limoso	4,4 5,9	1,7 1,7		
16	12,80					Argilla con limo di colore variegato grigio scuro e grigio chiaro con bande grigio azzurro e nere. Al tetto livello centimetrico di limo argilloso nerastro. Rari inclusi sabbiosi millimetrici	4,0	1,0		
17	13,40					Argilla debolmente limosa di colore grigio azzurro con velature nocciola	5,7 2,4	1,1 0,7		
18	14,70					Limo debolmente argilloso con sabbia medio fine variegato grigio nocciola con concrezioni calcaree millimetriche. Da 14,30 m passaggio a sabbia medio fine con limo e/o debolmente limosa	1,9 1,4 1,0	0,6 0,4 0,6		
19	15,30					Argilla con limo e/o limo con argilla di colore grigio nocciola alternato a livelli centimetrici nerastri con bande grigie e puntature nere	0,5	-		
20	16,00					Argilla e/o argilla debolmente limosa variegata grigio nocciola con livelletti centimetrici di sabbia medio fine	2,2 2,4 2,5	0,8 1,0 0,9		
21	17,00					Sabbia limosa e/o limo sabbioso di colore nocciola bruno. Al tetto limo argilloso con sabbia medio fine	3,0	1,0		
22	17,50					Argilla consistente di colore variegato grigio nocciola con livelletti centimetrici debolmente limosi e bande nere	2,2 2,4 2,5	0,8 1,0 0,9		
23	20,00					Argilla grigia con livelli centimetrici limosi. Presenza di bande grigio azzurro e nerastre. Tra 19,40 e 19,60 m limo debolmente argilloso e debolmente sabbioso nerastro	3,0 5,1 2,0 2,3	1,2 1,4 0,4 0,5		

Certificato n°	52/15	data	15/05/15	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	DATA	11/05/2015
Procedure di riferimento ASTM D 2488-90; AGI 1977							
responsabili		revisione		inizio lavori		fine lavori	
Dott. Mirko Braiato		0		11 maggio 2015		13 maggio 2015	
elaborazione		verifica		responsabile cantiere		direzione lavori	
Dott. Renato Sacchetti		Dott. Renato Sacchetti		Dott. Geol. Sacchetti Renato		Dott. Geol. Giorgio Sacchetti	
SPERIMENTATORE		DIRETTORE					
MB							

 Via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE) tel. 0532 773136 - 0532 815683 fax 0532 776455 E mail info@songeo.it Sito www.songeo.it Laboratorio autorizzato con decreto N° 56718 del 17/09/07 per indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001 e Circ. Min. 7619/STC			DATA ESECUZIONE DAL 11/05/15 AL 12/05/15	METODO PERFOR. Carotaggio continuo	SONDAGGIO N. S1	pag. 2 di 3			
QUOTA p.c.			ATTREZZI: Carotiere semplice diam. 101 mm. Rivestimento diam. 152 mm		SONDA IDRAULICA Hydra Joy 4				
COMMITTENTE AIMAG s.p.a. LOCALITA' Discarica di Fossoli (MO)			PIEZOMETRO Φ 4" profondità 30,0 m. Fessurato da -30,0 a -27,0 m e cieco da -27,0 a P.C.						
NOTE			CAMPIONI <ul style="list-style-type: none"> ● SPT ○ CAMPIONI RIMANEGGIATI ■ CAMPIONI INDISTURBATI 		LIVELLO ACQUA DATA MT. dal P.C. 30,0 m	PROF. FORO 30,0 m	PROF. RIVEST. 30,0 m	ASSISTENTI M. Rolfini, M. Braiato OPERATORI R. Sacchetti, G. Rossi	
mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET kg/cm ²	TORVANE kg/cm ²	PIEZOMETRO
			TIPO	NUM.	PROF.				
21	20,50					Argilla a tratti debolmente limosa intercalata a livelli di argilla organica e livelli torbosi	2,3 2,9 3,6 3,7 3,1 3,5 3,6 3,1 4,0 1,6 2,1	0,8 0,9 1,0 1,2 0,9 1,1 1,2 1,0 1,3 0,6 0,7	
22						Argilla grigia consistente con velature e bande nerastre e ocra. Presenza di livelletti subcentimetrici limosi (di colore beige a 23,60 m). Presenti inoltre concrezioni calcaree millimetriche, maggiormente presenti alla base dello strato			
23									
24	24,50								
25						Limo con sabbia medio fine e/o sabbia medio fine con limo di colore grigio. Al tetto maggiormente limosa			
26	26,40								
27									
28						Sabbia medio fine debolmente limosa di colore grigio con intercalazioni di materiale organico e/o torboso			
29									
30	30,00								
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									

Certificato n°	52/15	data	15/05/15	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	DATA	11/05/2015
Procedure di riferimento ASTM D 2488-90; AGI 1977							
elaborazione	responsabili		revisione	inizio lavori	11 maggio 2015	fine lavori	13 maggio 2015
verifica	Dott. Mirko Braiato		0	responsabile cantiere	Dott. Geol. Sacchetti Renato		
SPERIMENTATORE				direzione lavori	Dott. Geol. Giorgio Gasparini		
DIRETTORE							

SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)

tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - ww.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality

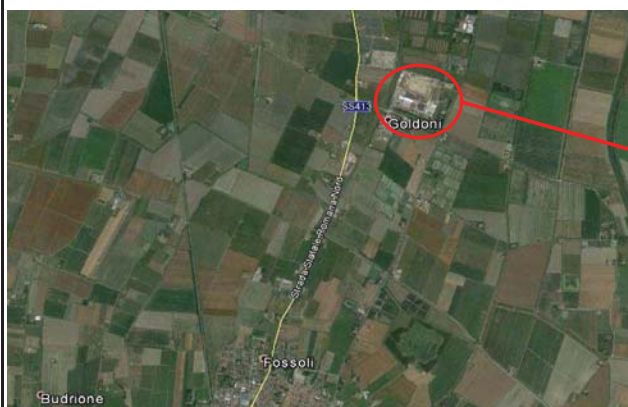


CERTIFICATO DI PROVA

CERTIFICATO N°	53/15	data	15/05/2015	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	data	11/05/2015
COMMITTENTE:	AIMAG s.p.a						
LOCALITA':	Fossoli (MO)						
CANTIERE:	Discarica di Fossoli (MO)						
Sondaggio N°:	2						
Specifiche di prova:	ASTM D 2488-90; AGI 1977						
Attrezzatura:	Hydra Joy 4						
Metodo perforazione:	Carotaggio Continuo; PRO E01; PRO E02; PRO E03; PRO E06; PRO E08; PRO E12						
Attrezzi:	Carotiere semplice Ø 101 mm rivestimenti metallici Ø 127 mm						
QUOTA INIZIO	p.c.						
PROFONDITA' DEL SONDAGGIO	20,00 m						
PROFONDITA' DELLA FALDA							

ANNOTAZIONI:

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

2 Pagine


Sperimentatore

MB

Direttore



SONGEO SRL			DATA ESECUZIONE		METODO PERFOR.		SONDAGGIO		pag. 2 di 2	
Via A. Ascarei 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE) tel. 0532 773136 - 0532 815683 fax 0532 776455 E mail info@songeo.it Sito www.songeo.it Laboratorio autorizzato con decreto N° 56718 del 17/09/07 per indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001 e Circ. Min. 7619/STC			DAL 13/05/15 AL 13/05/15		Carotaggio continuo		N. S2			
COMMITTENTE AIMAG s.p.a			QUOTA		ATTREZZI:				SONDA IDRAULICA	
LOCALITA' Discarica di Fossoli (MO)			p.c.		Carotiere semplice diam. 101 mm. Rivestimento diam. 127 mm				Hydra Joy 4	
NOTE			CAMPIONI		LIVELLO ACQUA		PROF. FORO		PROF. RIVEST.	
			● SPT ○ CAMPIONI RIMANEGGIATI ■ CAMPIONI INDISTURBATI		DATA MT. dal P.C.		20,0 m		18,0 m	
									ASSISTENTI M. Rolfini	
									OPERATORI G. Rossi	
mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET kg/cm ²	TORVANE kg/cm ²	PIEZOMETRO	
			TIPO	NUM.	PROF.					
1	1,00					Terreno di riporto costituito da limo argilloso o argilla limosa di colore grigio bruno con rare concrezioni calcaree e frammenti di laterizio millimetrici	3,4 4,2 3,0 3,7 3,0 2,5 f.s	1,0 1,1 1,2 1,0 1,2 1,1 f.s		
2						Argille e/o argilla debolmente limosa di colore grigio con velature ocra. Presenti frustoli carboniosi, concrezioni calcaree e inclusi noduli nocciola millimetrici. Alla base argilla di colore nerastro.	4,0 3,8 1,3	1,2 1,2 0,7		
3										
4	4,00									
5						Argilla limosa di colore grigio con velature ocra nocciola. Presenza di concrezioni calcaree millimetriche. Livello debolmente sabbioso (sabbia medio fine) tra 4,40 e 4,60 m e tra 5,00 e 5,20 m. Tra 6,20 e 6,50 m livello di sabbia medio fine nocciola	1,6 1,6 1,4	0,8 0,8 0,4		
6										
7	7,00						2,1	1,0		
8						Argilla grigia a tratti debolmente limosa e/o con limo di colore grigio velata di ocra/nocciola. Presenza di noduli e concrezioni calcaree	1,4	0,4		
9	8,00					Argilla consistente di colore graduato da grigio al tetto a nerastro bruno e variegato grigio nocciola alla base. Presenti concrezioni calcaree millimetriche e subcentimetriche. Presenti inoltre bande nerastre e	5,1 3,0 3,8 4,1 2,6 3,0 1,8 2,0	1,4 1,0 1,2 1,0 1,0 0,3 0,4 0,6		
10										
11						Argilla debolmente limosa, a tratti livellati centimetrici con limo di colore grigio con velature nocciola e bande nerastre. Presenti concrezioni calcaree millimetriche	1,5 4,8 2,5	0,2 1,6 1,0		
12	11,50					Argilla, debolmente limosa al tetto con componente debolmente sabbiosa, di colore che varia dal grigio scuro/nerastro al grigio	1,0	1,0		
13										
14						Argilla a tratti debolmente limosa e/o con limo di colore grigio con velature ocra/nocciola e bande nerastre. Presenti concrezioni calcaree millimetriche	f.s 1,6 1,6 1,0 2,2 2,2 3,6 f.s	f.s 0,4 0,4 0,5 0,6 0,6 1,0 2,0		
15	15,40									
16						Limo argilloso debolmente sabbioso grigio alternato a livelli decimetrici di sabbia medio fine con limo e/o limosa	2,0	0,6		
17	16,90									
18						Argilla a tratti debolmente limosa e/o con limo di colore grigio con velature ocra/nocciola e bande nerastre. Presenti concrezioni calcaree millimetriche	2,2 1,6 1,8 3,2 4,1 3,8	0,6 0,4 0,5 1,1 1,2 1,2		
19	18,80									
20	20,00					Argilla a tratti debolmente limosa di colore grigio con velature nocciola al tetto. Da 19,50 m argilla organica con resti torbosi				

Certificato n°	53/15	data	15/05/15	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	DATA	11/05/2015
Procedure di riferimento	ASTM D 2488-90; AGI 1977						
elaborazione	responsabili		revisione	inizio lavori	13 maggio 2015	fine lavori	13 maggio 2015
verifica	Dott. Mirko Braiato		0	responsabile cantiere	Dott. Geol. Sacchetti Renato		
	Dott. Renato Sacchetti			direzione lavori	Dott. Geol. Giorgio Gasperini		
SPERIMENTATORE	MB			DIRETTORE			

Certificati
Prove CPTU, SCPTU e relative
Prove di Dissipazione

SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)
tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - www.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality



CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	54/15	data	15/05/2015	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	data	11/05/2015
-----------------------	-------	-------------	------------	--------------------------------	-------	-------------	------------

COMMITTENTE:	AIMAG Spa
LOCALITA':	Fossoli (MO)
CANTIERE:	Discarica
CPTU N°	1
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200
Procedure:	PRO E05
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono
DATA ESECUZIONE PROVA	12/05/2015
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.
PROFONDITA' DELLA PROVA	20,00 m
PROFONDITA' DELLA FALDA	1,90 m da p.c.

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore

MB

Direttore



SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)
tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - www.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality

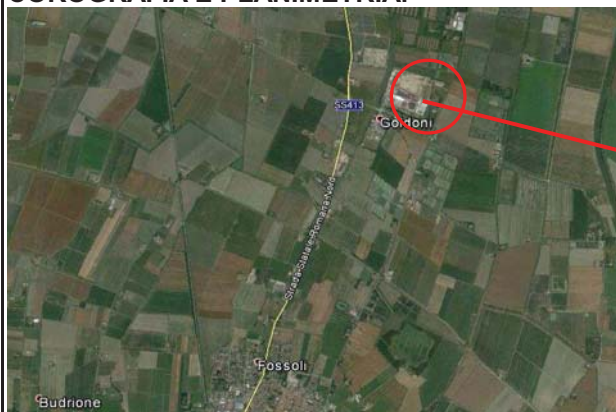


CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	56/15	data	15/05/2015	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	data	11/05/2015
-----------------------	-------	-------------	------------	--------------------------------	-------	-------------	------------

COMMITTENTE:	AIMAG Spa
LOCALITA':	Fossoli (MO)
CANTIERE:	Discarica
CPTU N°	2
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200
Procedure:	PRO E05
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono
DATA ESECUZIONE PROVA	13/05/2015
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.
PROFONDITA' DELLA PROVA	20,00 m
PROFONDITA' DELLA FALDA	1,40 m da p.c.

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore

MB

Direttore



SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)
tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - www.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality



CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	58/15	data	15/05/2015	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	data	11/05/2015
-----------------------	-------	-------------	------------	--------------------------------	-------	-------------	------------

COMMITTENTE:	AIMAG Spa
LOCALITA':	Fossoli (MO)
CANTIERE:	Discarica
SCPTU N°	1
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200
Procedure:	PRO E05
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono sismico
DATA ESECUZIONE PROVA	13/05/2015
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.
PROFONDITA' DELLA PROVA	30,00 m
PROFONDITA' DELLA FALDA	1,50 m da p.c.

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore

MB

Direttore



SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)
tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - ww.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality



CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	59/15	data	15/05/2015	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	data	11/05/2015
-----------------------	-------	-------------	------------	--------------------------------	-------	-------------	------------

COMMITTENTE:	AIMAG Spa		
LOCALITA':	Fossoli (MO)		
CANTIERE:	Discarica		
SCPTU N°	1		
PROVA DISSIPAZIONE N°	1		
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977		
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200		
Procedure:	PRO E05		
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono sismico		
DATA ESECUZIONE PROVA	13/05/2015		
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.		
PROFONDITA' DELLA PROVA	10,10 m		
PROFONDITA' DELLA FALDA	1,50 m da p.c.		

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

2 PAGINE

Sperimentatore

MB

Direttore



SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)
tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - www.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality

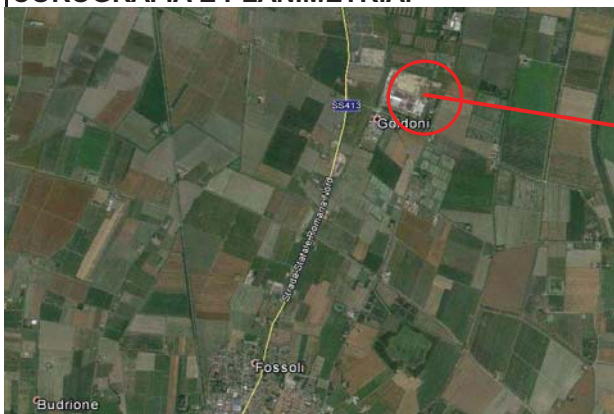


CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	60/15	data	15/05/2015	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	data	11/05/2015
-----------------------	-------	-------------	------------	--------------------------------	-------	-------------	------------

COMMITTENTE:	AIMAG Spa		
LOCALITA':	Fossoli (MO)		
CANTIERE:	Discarica		
SCPTU N°	1		
PROVA DISSIPAZIONE N°	2		
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977		
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200		
Procedure:	PRO E05		
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono sismico		
DATA ESECUZIONE PROVA	13/05/2015		
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.		
PROFONDITA' DELLA PROVA	20,18 m		
PROFONDITA' DELLA FALDA	1,50 m da p.c.		

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

2 PAGINE

Sperimentatore

MB

Direttore



SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)
tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - www.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality

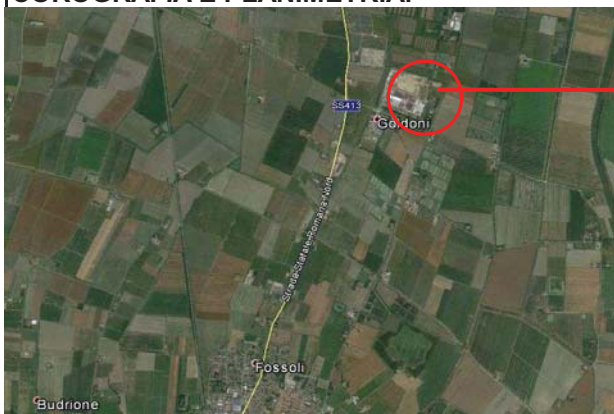


CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	55/15	data	15/05/2015	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	data	11/05/2015
-----------------------	-------	-------------	------------	--------------------------------	-------	-------------	------------

COMMITTENTE:	AIMAG Spa		
LOCALITA':	Fossoli (MO)		
CANTIERE:	Discarica		
CPTU N°	1		
PROVA DISSIPAZIONE N°	1		
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977		
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200		
Procedure:	PRO E05		
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono		
DATA ESECUZIONE PROVA	12/05/2015		
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.		
PROFONDITA' DELLA PROVA	10,05 m		
PROFONDITA' DELLA FALDA	1,90 m da p.c.		

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

2 PAGINE

Sperimentatore

MB

Direttore



SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)
tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - ww.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality



CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	57/15	data	15/05/2015	N° VERBALE ACCETTAZIONE	27/15	data	11/05/2015
-----------------------	-------	-------------	------------	--------------------------------	-------	-------------	------------

COMMITTENTE:	AIMAG Spa		
LOCALITA':	Fossoli (MO)		
CANTIERE:	Discarica		
CPTU N°	2		
PROVA DISSIPAZIONE N°	1		
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977		
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200		
Procedure:	PRO E05		
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono		
DATA ESECUZIONE PROVA	13/05/2015		
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.		
PROFONDITA' DELLA PROVA	10,49 m		
PROFONDITA' DELLA FALDA	1,40 m da p.c.		

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

2 PAGINE

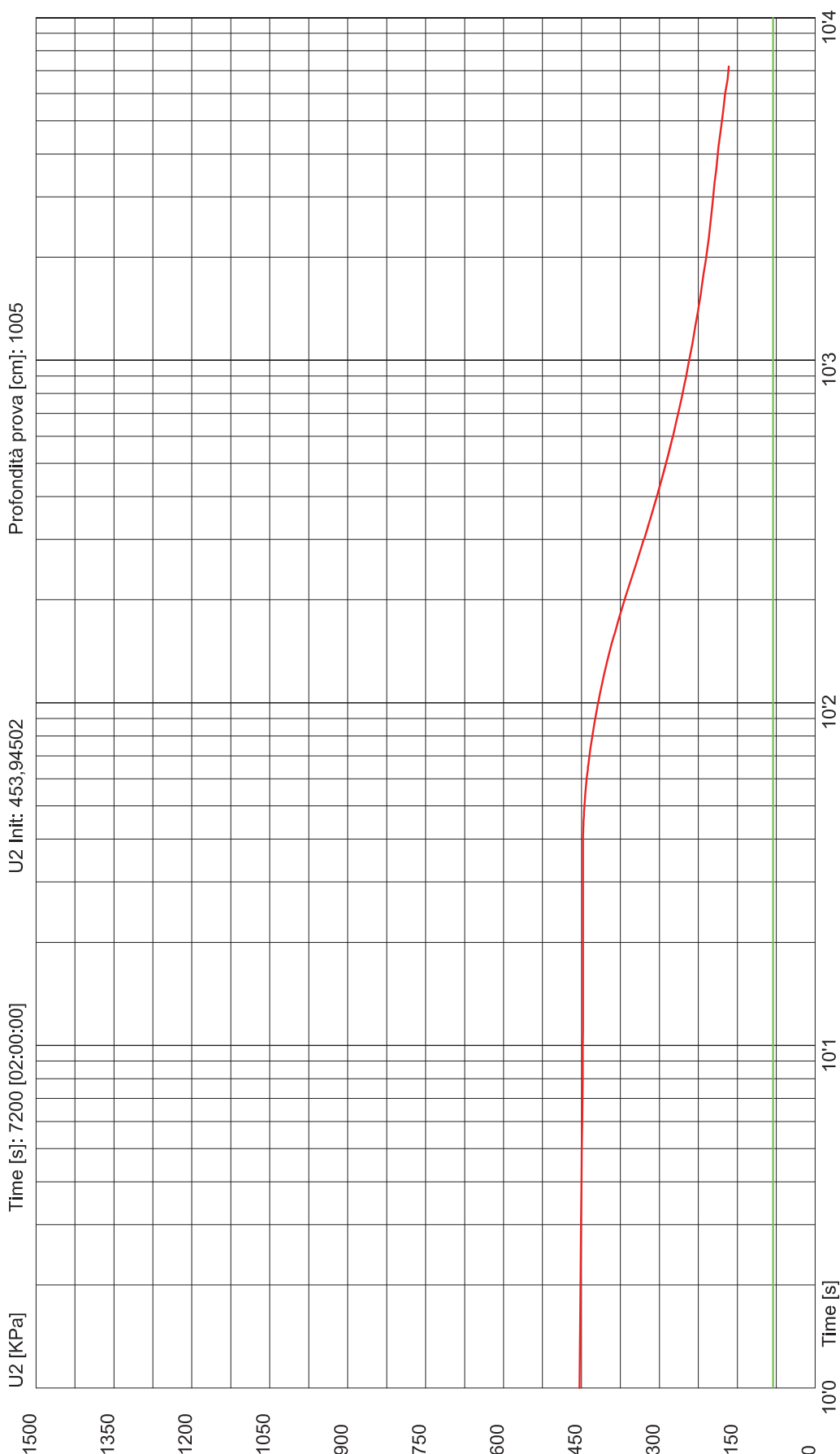
Sperimentatore

MB

Direttore



SONGEO S.R.L. CERTIFICATO N° 55/15 DATA 15/05/15
Data: 12/05/2015 VERBALE ACCETTAZIONE N° 27/15 DATA 11/05/15
Sito: Fossoli (MO) discarica AIMAG - Test: Cptu 1 - Prova dissipazione n° 1 U₂ U₂ - U₀



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

JB

Sperimentatore

Direttore



Page: 2/2

SONGEO S.R.L.

CERTIFICATO N° 54/15 DATA 15/05/15

Cone Penetration Test (CPTU) - Data: 12/05/2015

VERBALE ACCETTAZIONE N° 27/15 DATA 11/05/15

Sito: Fossoli (MO) discarica AIMAG - Test: Cptu 1 Profondità falda: -1,90 m da p.c.

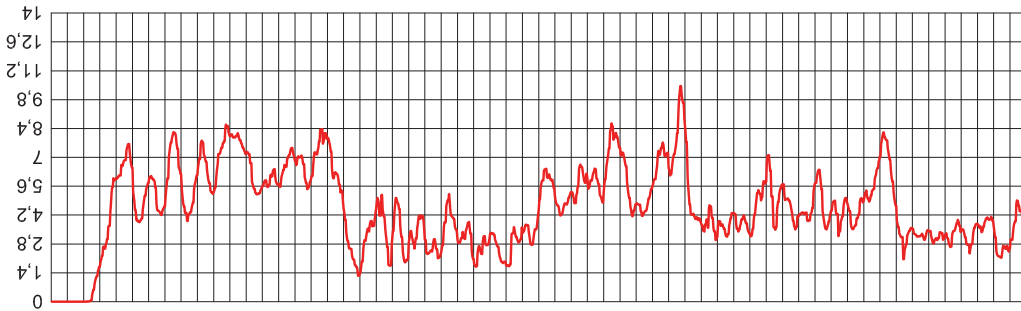
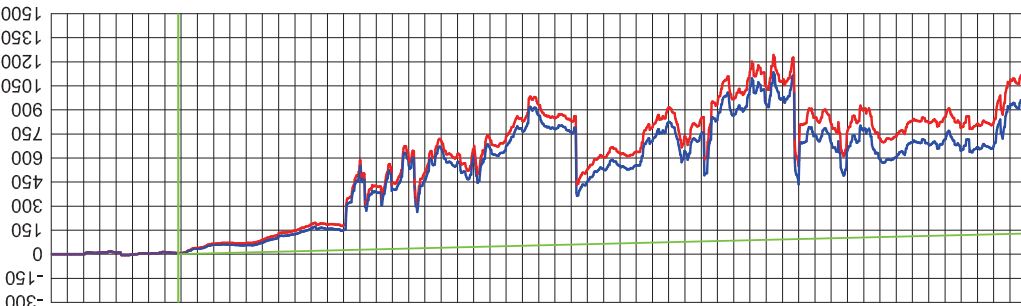
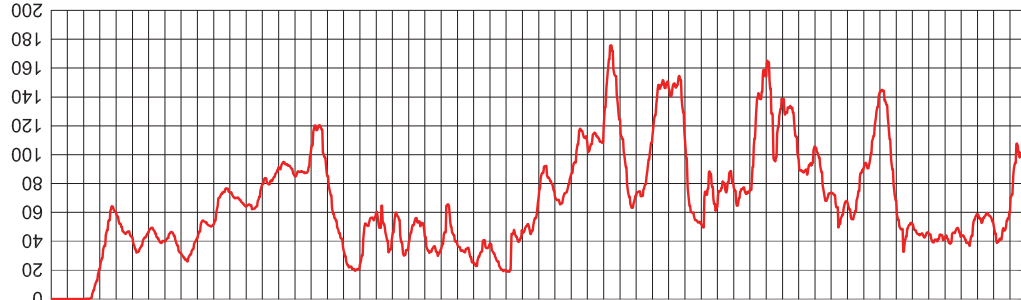
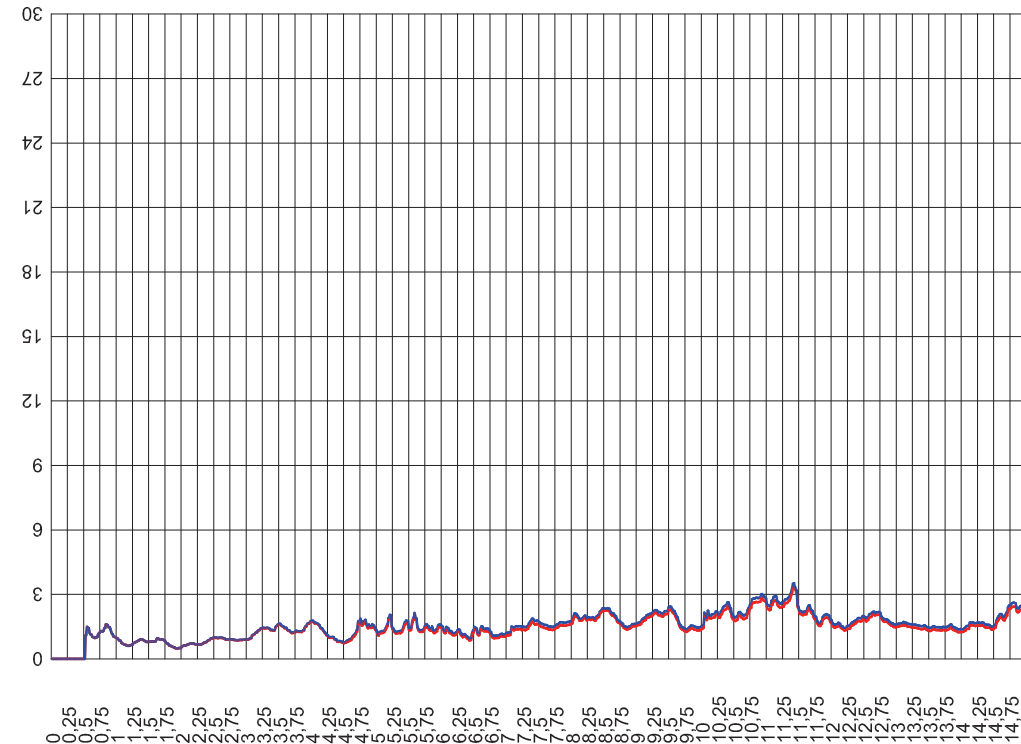
Qc [MPa] U2 [KPa] Fs [KPa] Qc Qt U0 U2 U2 - U0

Qc [MPa]

Fs [KPa]

U2 [KPa]

Rf [%]



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

MB

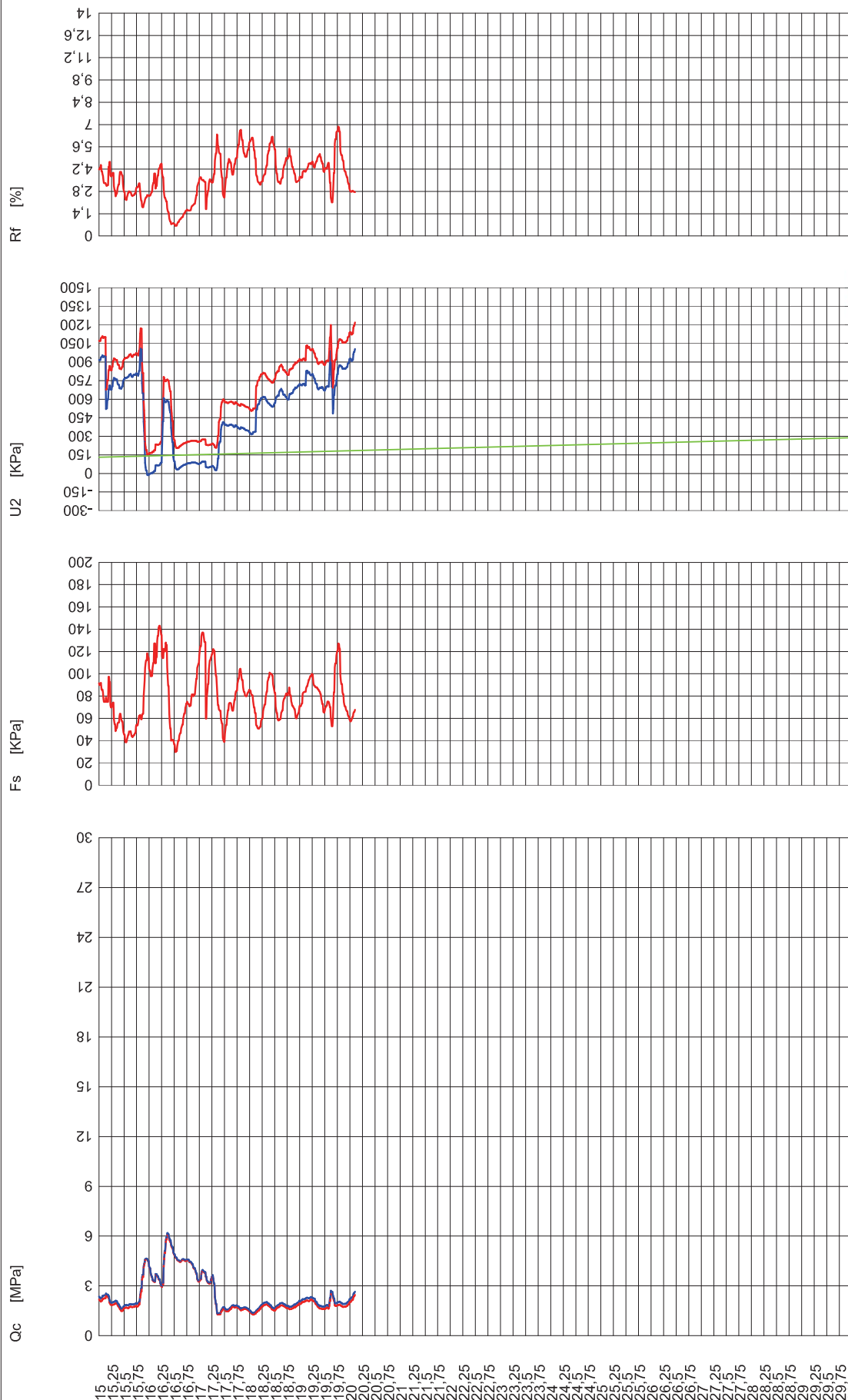
Direttore



SONGEO S.R.L.

Cone Penetration Test (CPTU) - Data: 12/05/2015

Sito: Fossoli (MO) discarica AIMAG - Test: Cptu 1



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

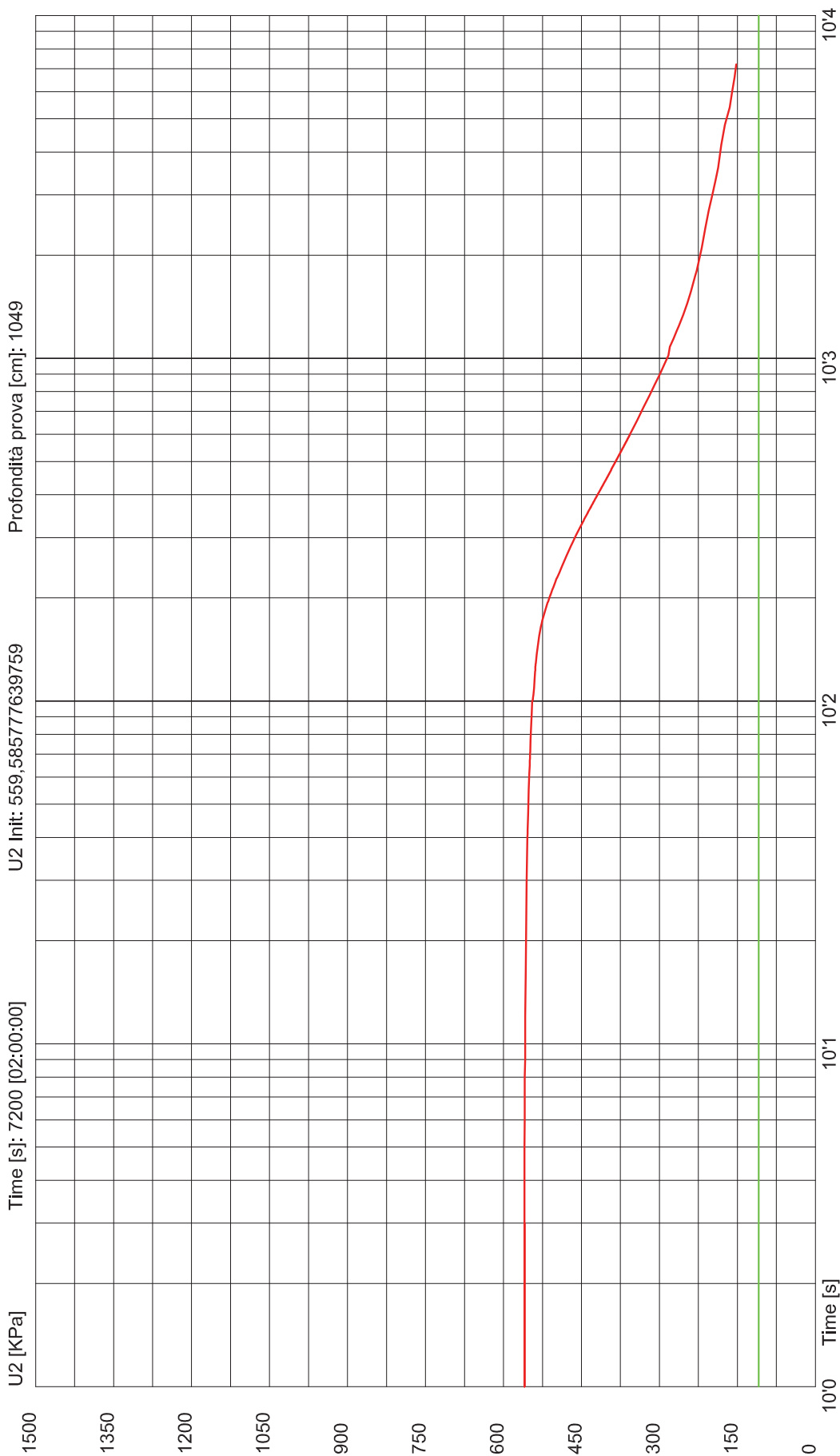
MB

Direttore



Page: 3/3

SONGEO S.R.L. CERTIFICATO N° 57/15 DATA 15/05/15
VERBALE ACCETTAZIONE N° 27/15 DATA 11/05/15
Cone Penetration Test (CPTU) - Data: 13/05/2015
Site: AIMAG Fossoli - Test: Cptu 2 - prova dissipazione n° 1



CPTU-ACC for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

MB

Sperimentatore



Direttore

Page: 2/2

SONGEO S.R.L.

CERTIFICATO N° 56/15 DATA 15/05/15

Cone Penetration Test (CPTU) - Data: 13/05/2015

VERBALE ACCETTAZIONE N° 27/15 DATA 11/05/15

Sito: Fossoli (MO) discarica AIMAG - Test: Cptu 2 Profondità falda: -1,40 m da p.c.

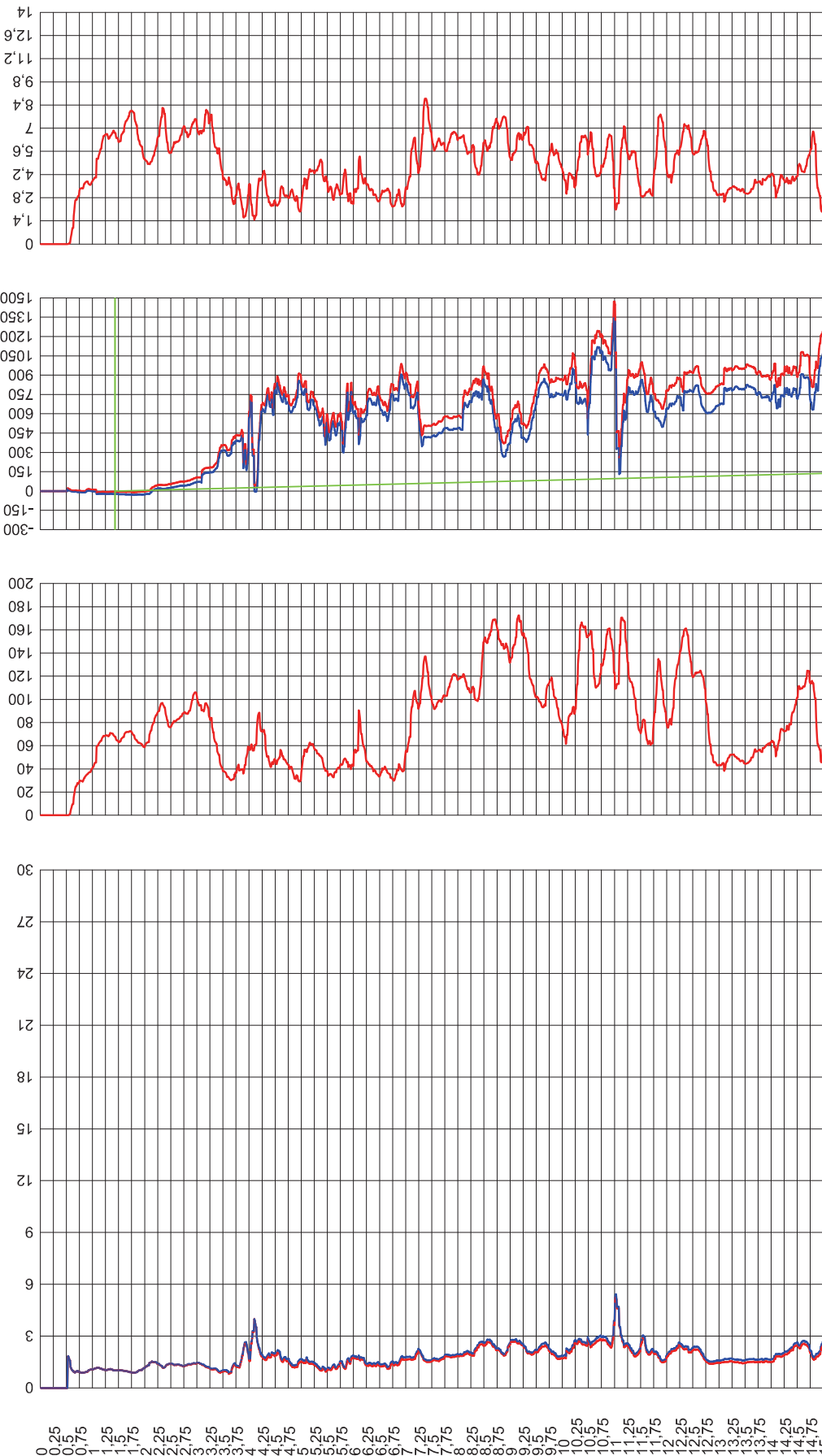
Qc [MPa]

Fs [KPa]

U2 [KPa]

Rf [%]

Qc — Qt — U2 — U0 — U2 - U0



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

Direttore



Page: 2/3

SONGEO S.R.L.

Cone Penetration Test (CPTU) - Data: 13/05/2015

Sito: Fossoli (MO) discarica AIMAG - Test: Cptu 2

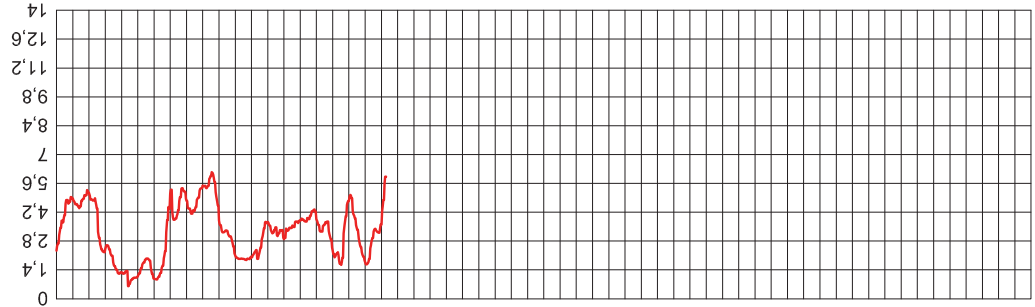
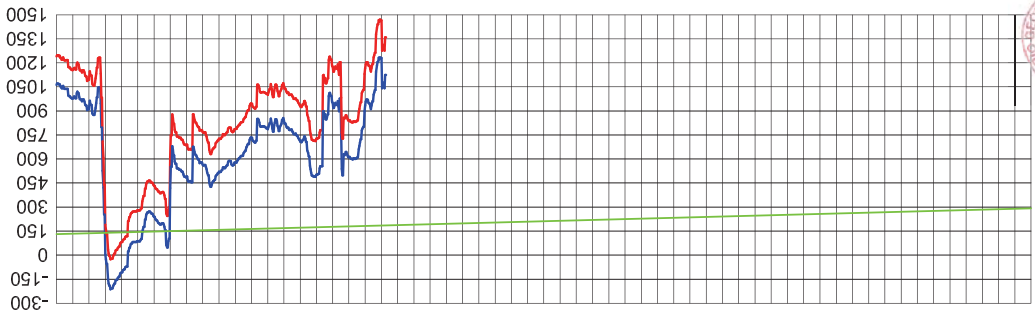
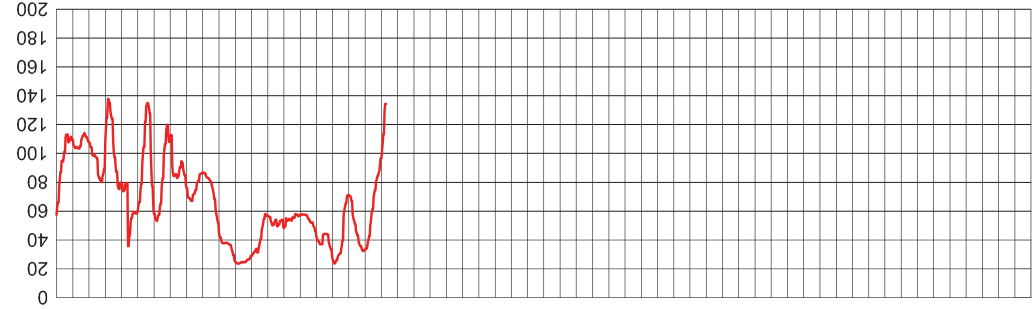
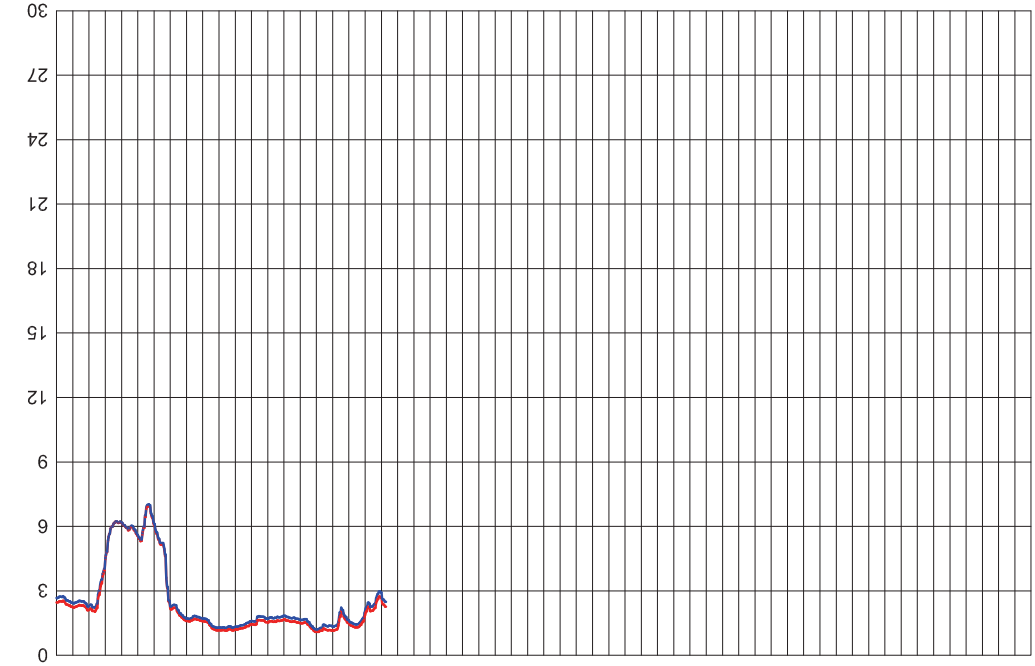
Qc [MPa]

Fs [KPa]

U2 [KPa]

Rf [%]

15,25
15,5
15,75
16,0
16,25
16,5
16,75
17,0
17,25
17,5
17,75
18,0
18,25
18,5
18,75
19,0
19,25
19,5
19,75
20,0
20,25
20,5
20,75
21,0
21,25
21,5
21,75
22,0
22,25
22,5
22,75
23,0
23,25
23,5
23,75
24,0
24,25
24,5
24,75
25,0
25,25
25,5
25,75
26,0
26,25
26,5
26,75
27,0
27,25
27,5
28,0
28,25
28,5
28,75
29,0
29,25
29,5
29,75
30



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

MB

Direttore

Page: 3/3

SONGEO S.R.L.

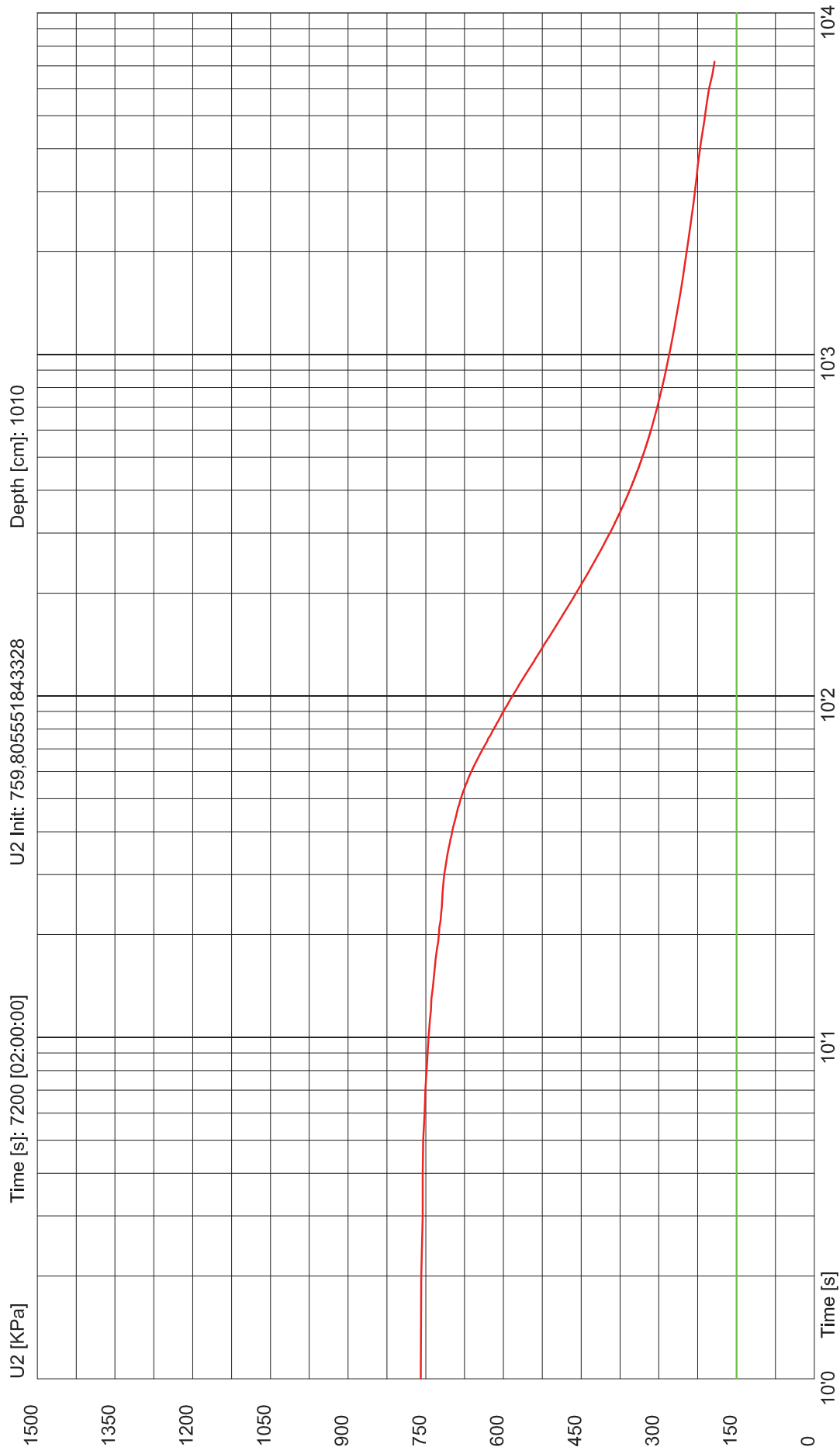
CERTIFICATO N° 59/15 DATA 15/05/15

Cone Penetration Test (CPTU) - Data: 13/05/2015

VERBALE ACCETTAZIONE N° 27/15 DATA 11/05/15

Site: AIMAG Fossoli - Test: Scptu 1 - prova dissipazione n° 1

— U₂ — U₂ - U₀



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

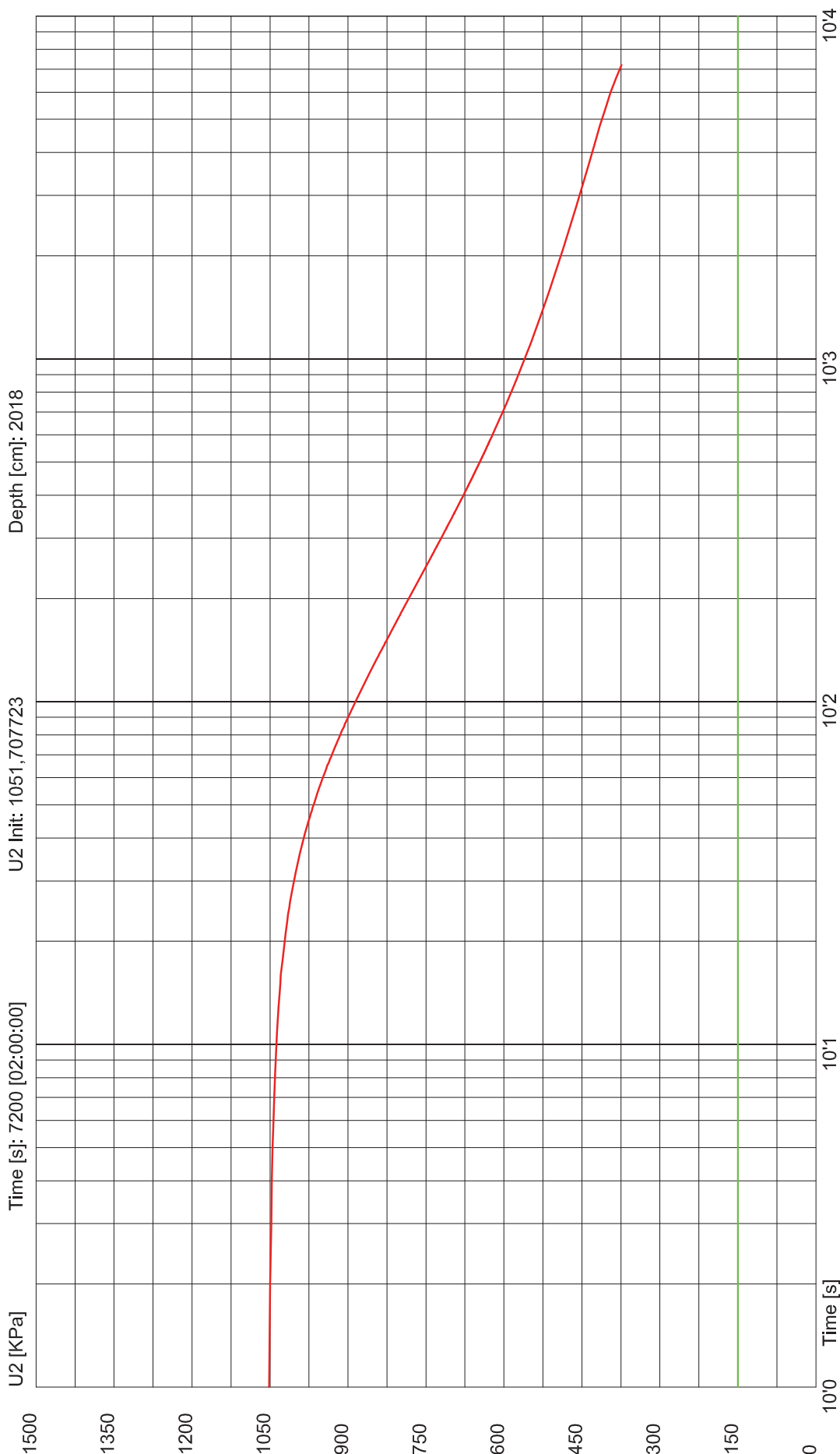
Sperimentatore

Direttore



SONGEO S.R.L. CERTIFICATO N° 60/15 DATA 15/05/15
VERBALE ACCETTAZIONE N° 27/15 DATA 11/05/15
Cone Penetration Test (CPTU) - Data: 13/05/2015
Site: AIMAG Fossoli - Test: Scptu 1 - prova dissipazione n° 2

— U₂ — U₂ - U₀



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

MB

Sperimentatore

Direttore

SONGEO S.R.L.

CERTIFICATO N° 58/15 DATA 15/05/15

Cone Penetration Test (CPTU) - Data: 13/05/2015

VERBALE ACCETTAZIONE N° 27/15 DATA 11/05/15

Sito: Fossoli (MO) discarica AIMAG - Test: Sptu 1 Profondità falda: -1,50 m da p.c.

U₂ - U₀

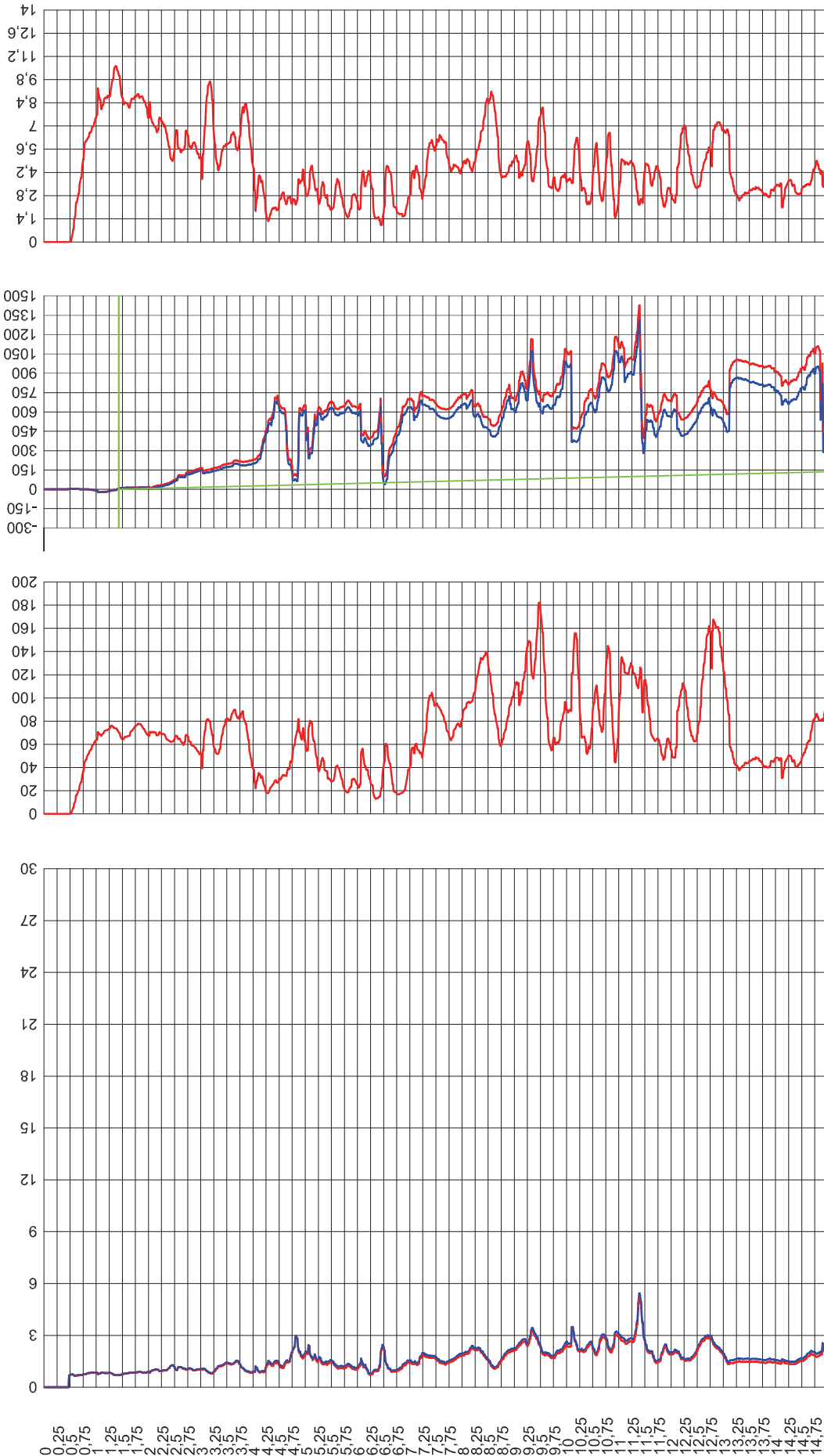
Qc [MPa]

Fs [kPa]

U2 [kPa]

Rf [%]

Qc — U₂ — Qt — U₀ — U₂ — U₀



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

Direttore



SONGEO S.R.L.

CERTIFICATO N° 58/15 DATA 15/05/15

Cone Penetration Test (CPTU) - Data: 13/05/2015

VERBALE ACCETTAZIONE N° 27/15 DATA 11/05/15

Sito: Fossoli (MO) discarica AIMAG - Test: Scptu 1 Profondità falda: -1,50 m da p.c.

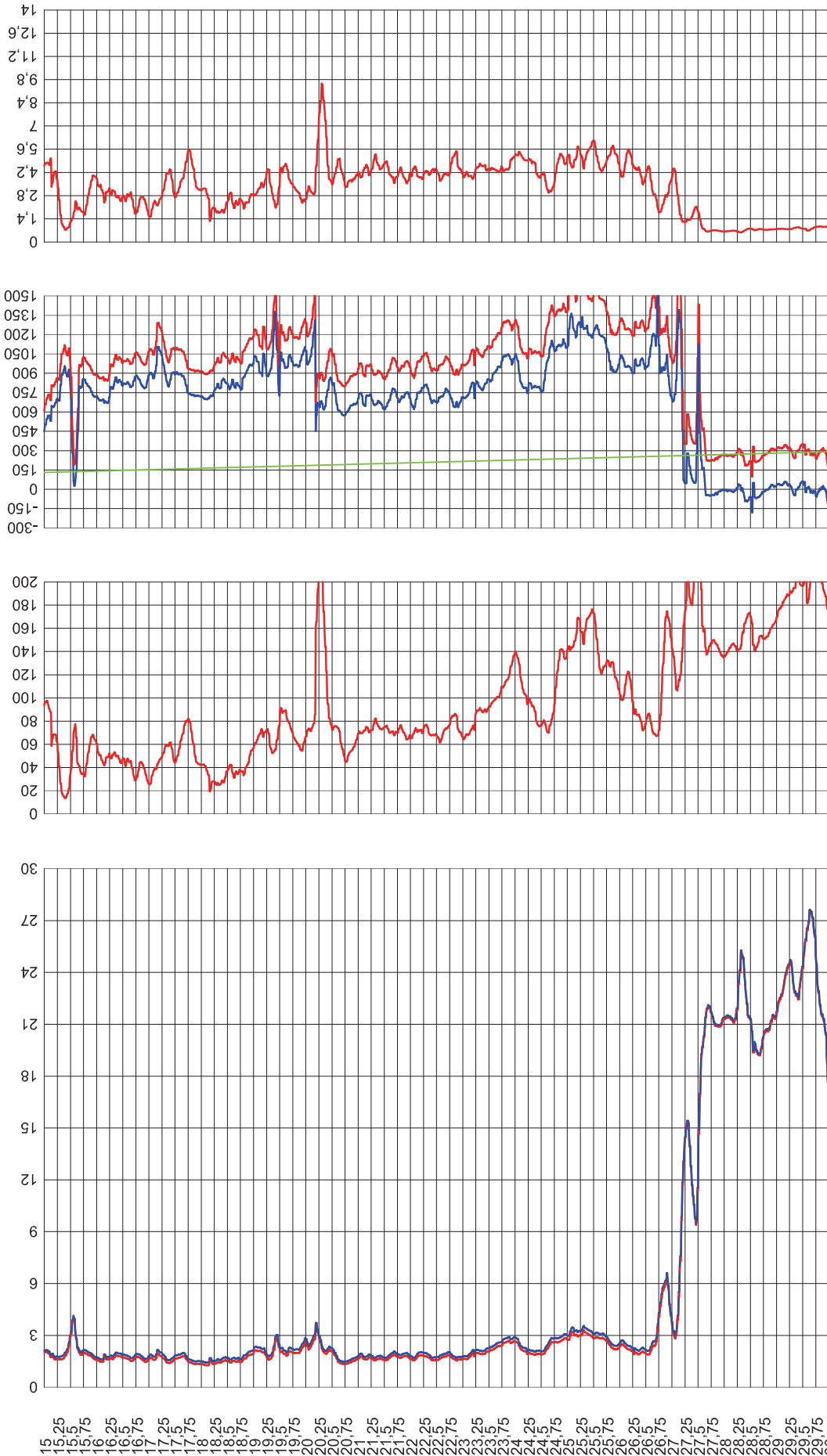
Qc U2 Fs [KPa] Rf [%] U0 U2 U2 - U0

Qc [MPa]

Fs [KPa]

U2 [KPa]

Rf [%]



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

Direttore

Page: 3/3



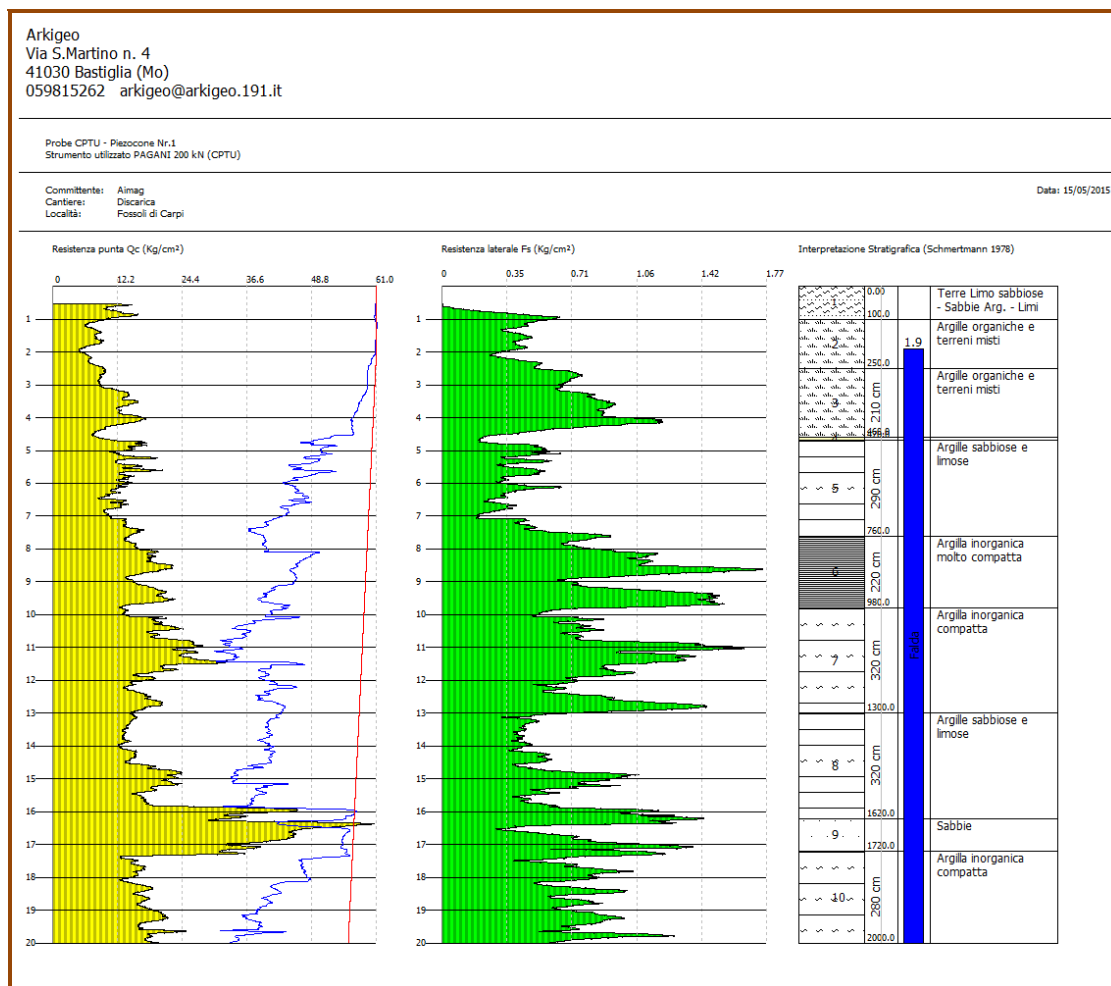
MB

**Elaborazione
Prove CPTU e SCPTU**



Giorgio Gasparini

PROVA CPTU1



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Terzaghi	0.29
Strato 2	2.50	7.465	0.425	0.22	0.22	Terzaghi	0.37
Strato 3	4.60	11.755	0.771	0.55	0.39	Terzaghi	0.59
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Terzaghi	0.67
Strato 6	9.80	17.687	1.092	1.53	0.85	Terzaghi	0.88
Strato 7	13.00	19.97	0.925	2.05	1.10	Terzaghi	1.00
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Terzaghi	0.96
Strato 10	20.00	17.872	0.791	3.46	1.79	Terzaghi	0.89

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Metodo generale del modulo Edometrico	30.87
Strato 2	2.50	7.465	0.425	0.22	0.22	Metodo generale del modulo Edometrico	36.77
Strato 3	4.60	11.755	0.771	0.55	0.39	Metodo generale del modulo Edometrico	46.53
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Metodo generale del modulo Edometrico	48.04

Strato 6	9.80	17.687	1.092	1.53	0.85	Metodo generale del modulo Edometrico	46.35
Strato 7	13.00	19.97	0.925	2.05	1.10	Metodo generale del modulo Edometrico	42.05
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Metodo generale del modulo Edometrico	43.83
Strato 10	20.00	17.872	0.791	3.46	1.79	Metodo generale del modulo Edometrico	46.09

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Cancelli 1980	216.99
Strato 2	2.50	7.465	0.425	0.22	0.22	Cancelli 1980	271.61
Strato 3	4.60	11.755	0.771	0.55	0.39	Cancelli 1980	426.25
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Cancelli 1980	477.36
Strato 6	9.80	17.687	1.092	1.53	0.85	Cancelli 1980	631.52
Strato 7	13.00	19.97	0.925	2.05	1.10	Cancelli 1980	707.50
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Cancelli 1980	665.98
Strato 10	20.00	17.872	0.791	3.46	1.79	Cancelli 1980	603.26

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Imai & Tomauchi	82.22
Strato 2	2.50	7.465	0.425	0.22	0.22	Imai & Tomauchi	95.63
Strato 3	4.60	11.755	0.771	0.55	0.39	Imai & Tomauchi	126.20
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Imai & Tomauchi	136.37
Strato 6	9.80	17.687	1.092	1.53	0.85	Imai & Tomauchi	161.99
Strato 7	13.00	19.97	0.925	2.05	1.10	Imai & Tomauchi	174.46
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Imai & Tomauchi	170.14
Strato 10	20.00	17.872	0.791	3.46	1.79	Imai & Tomauchi	163.02

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	2.50	7.465	0.425	0.22	0.22	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	4.60	11.755	0.771	0.55	0.39	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Piacentini Righi 1978	4.88
Strato 6	9.80	17.687	1.092	1.53	0.85	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 7	13.00	19.97	0.925	2.05	1.10	Piacentini Righi 1978	5.91
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Piacentini Righi 1978	3.03
Strato 10	20.00	17.872	0.791	3.46	1.79	Piacentini Righi 1978	3.08

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Meyerhof	1.76
Strato 2	2.50	7.465	0.425	0.22	0.22	Meyerhof	1.80
Strato 3	4.60	11.755	0.771	0.55	0.39	Meyerhof	1.88
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Meyerhof	1.90
Strato 6	9.80	17.687	1.092	1.53	0.85	Meyerhof	1.94
Strato 7	13.00	19.97	0.925	2.05	1.10	Meyerhof	1.96
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Meyerhof	1.95
Strato 10	20.00	17.872	0.791	3.46	1.79	Meyerhof	1.94

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	0.29513	0.03837
Strato 2	2.50	7.465	0.425	0.22	0.22	0.24516	0.03187
Strato 3	4.60	11.755	0.771	0.55	0.39	0.18014	0.02342

Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	0.16666	0.02167
Strato 6	9.80	17.687	1.092	1.53	0.85	0.1422	0.01849
Strato 7	13.00	19.97	0.925	2.05	1.10	0.1336	0.01737
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	0.13639	0.01773
Strato 10	20.00	17.872	0.791	3.46	1.79	0.14142	0.01838

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Meyerhof	1.84
Strato 2	2.50	7.465	0.425	0.22	0.22	Meyerhof	1.88
Strato 3	4.60	11.755	0.771	0.55	0.39	Meyerhof	1.96
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Meyerhof	1.98
Strato 6	9.80	17.687	1.092	1.53	0.85	Meyerhof	2.02
Strato 7	13.00	19.97	0.925	2.05	1.10	Meyerhof	2.04
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Meyerhof	2.03
Strato 10	20.00	17.872	0.791	3.46	1.79	Meyerhof	2.02

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Jamiolkowski et al 1985	188.96
Strato 2	2.50	7.465	0.425	0.22	0.22	Jamiolkowski et al 1985	198.49
Strato 3	4.60	11.755	0.771	0.55	0.39	Jamiolkowski et al 1985	217.26
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Jamiolkowski et al 1985	222.82
Strato 6	9.80	17.687	1.092	1.53	0.85	Jamiolkowski et al 1985	235.66
Strato 7	13.00	19.97	0.925	2.05	1.10	Jamiolkowski et al 1985	241.42
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Jamiolkowski et al 1985	239.46
Strato 10	20.00	17.872	0.791	3.46	1.79	Jamiolkowski et al 1985	236.15

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Harman	49.75
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Harman	10.24
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Harman	14.48
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Harman	7.02
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Harman	31.56

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Herminier	28.64
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Herminier	22.36
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Herminier	22.47
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Herminier	21.98
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Herminier	22.95

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Schmertmann	14.58
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Schmertmann	24.92
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Schmertmann	33.36
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Schmertmann	47.92
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Schmertmann	107.34

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Buisman - Sanglerat	46.64
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Buisman - Sanglerat	79.74
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Buisman - Sanglerat	66.72

Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Buisman - Sanglerat	95.83
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Buisman - Sanglerat	128.81

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Rix & Stokoe (1991)	139.35
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Rix & Stokoe (1991)	393.21
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Rix & Stokoe (1991)	462.93
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Rix & Stokoe (1991)	691.11
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Rix & Stokoe (1991)	888.47

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Larsson 1991 S.G.I.	1.23
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Kulhawy & Mayne (1990)	0.73
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Kulhawy & Mayne (1990)	0.22
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Kulhawy & Mayne (1990)	0.26

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	0.29513	0.03837
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	0.20044	0.02606
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	0.16666	0.02167
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	0.13639	0.01773
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	0.10975	0.01427

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Meyerhof	1.80
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Meyerhof	1.80
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Meyerhof	1.80
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Meyerhof	1.80
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Meyerhof	1.80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Meyerhof	2.10
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Meyerhof	2.10
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Meyerhof	2.10
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Meyerhof	2.10
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Meyerhof	2.10

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Jamiolkowski et al 1985	211.33
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Jamiolkowski et al 1985	239.71
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Jamiolkowski et al 1985	256.73
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Jamiolkowski et al 1985	279.53
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Jamiolkowski et al 1985	337.86

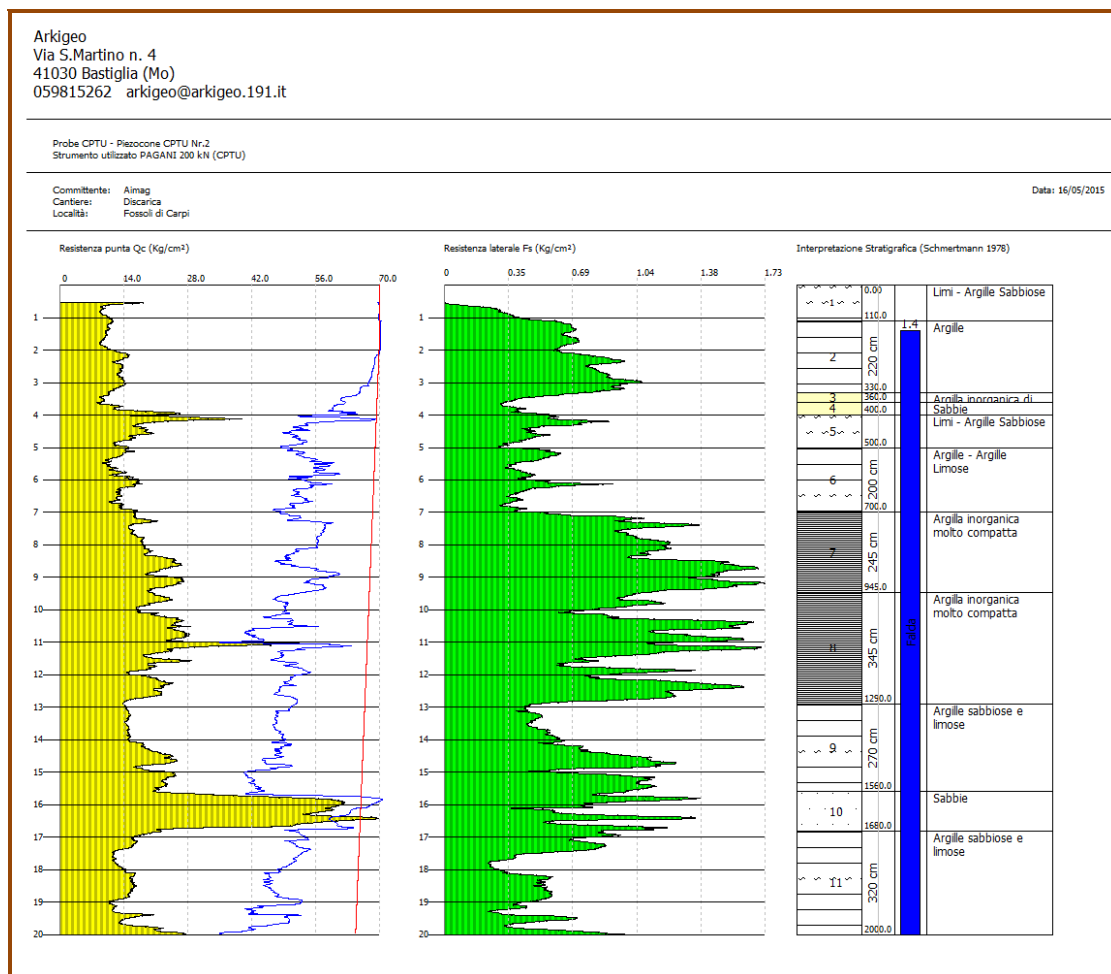
Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Piacentini-Righi 1988	1.77E-04
Strato 2	2.50	7.465	0.425	0.22	0.22	Piacentini-Righi 1988	1.20E-10
Strato 3	4.60	11.755	0.771	0.55	0.39	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Piacentini-Righi 1988	3.18E-04
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Piacentini-Righi 1988	4.74E-06
Strato 6	9.80	17.687	1.092	1.53	0.85	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 7	13.00	19.97	0.925	2.05	1.10	Piacentini-Righi 1988	4.72E-09
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Piacentini-Righi 1988	3.65E-06
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Piacentini-Righi 1988	4.97E-04
Strato 10	20.00	17.872	0.791	3.46	1.79	Piacentini-Righi 1988	1.50E-08

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1.00	5.83	0.132	0.04	0.04	Piacentini-Righi 1988	3.09492
Strato 2	2.50	7.465	0.425	0.22	0.22	Piacentini-Righi 1988	2.694066E-06
Strato 3	4.60	11.755	0.771	0.55	0.39	Piacentini-Righi 1988	3.5265E-07
Strato 4	4.70	9.967	0.21	0.76	0.48	Piacentini-Righi 1988	9.496478
Strato 5	7.60	13.345	0.421	1.04	0.62	Piacentini-Righi 1988	0.1896912
Strato 6	9.80	17.687	1.092	1.53	0.85	Piacentini-Righi 1988	5.3061E-07
Strato 7	13.00	19.97	0.925	2.05	1.10	Piacentini-Righi 1988	2.827424E-04
Strato 8	16.20	19.167	0.611	2.68	1.41	Piacentini-Righi 1988	0.2101281
Strato 9	17.20	42.937	0.841	3.09	1.61	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 10	20.00	17.872	0.791	3.46	1.79	Piacentini-Righi 1988	8.034703E-04

PROVA CPTU2



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Terzaghi	0.27
Strato 2	3.30	11.973	0.783	0.31	0.23	Terzaghi	0.60
Strato 3	3.60	9.778	0.495	0.55	0.34	Terzaghi	0.49
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Terzaghi	0.93
Strato 6	7.00	13.405	0.455	1.03	0.57	Terzaghi	0.67
Strato 7	9.45	20.21	1.23	1.46	0.78	Terzaghi	1.01
Strato 8	12.90	22.578	1.126	2.04	1.07	Terzaghi	1.13
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Terzaghi	0.94
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Terzaghi	0.76

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Metodo generale del modulo Edometrico	29.32
Strato 2	3.30	11.973	0.783	0.31	0.23	Metodo generale del modulo Edometrico	46.81

Strato 3	3.60	9.778	0.495	0.55	0.34	Metodo generale del modulo Edometrico	43.07
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Metodo generale del modulo Edometrico	44.82
Strato 6	7.00	13.405	0.455	1.03	0.57	Metodo generale del modulo Edometrico	48.08
Strato 7	9.45	20.21	1.23	1.46	0.78	Metodo generale del modulo Edometrico	41.46
Strato 8	12.90	22.578	1.126	2.04	1.07	Metodo generale del modulo Edometrico	45.16
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Metodo generale del modulo Edometrico	44.67
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Metodo generale del modulo Edometrico	48.36

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Cancelli 1980	202.34
Strato 2	3.30	11.973	0.783	0.31	0.23	Cancelli 1980	440.31
Strato 3	3.60	9.778	0.495	0.55	0.34	Cancelli 1980	353.90
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Cancelli 1980	683.14
Strato 6	7.00	13.405	0.455	1.03	0.57	Cancelli 1980	481.26
Strato 7	9.45	20.21	1.23	1.46	0.78	Cancelli 1980	728.66
Strato 8	12.90	22.578	1.126	2.04	1.07	Cancelli 1980	806.71
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Cancelli 1980	651.42
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Cancelli 1980	504.75

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Imai & Tomauchi	78.89
Strato 2	3.30	11.973	0.783	0.31	0.23	Imai & Tomauchi	127.63
Strato 3	3.60	9.778	0.495	0.55	0.34	Imai & Tomauchi	112.77
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Imai & Tomauchi	167.33
Strato 6	7.00	13.405	0.455	1.03	0.57	Imai & Tomauchi	136.75
Strato 7	9.45	20.21	1.23	1.46	0.78	Imai & Tomauchi	175.74
Strato 8	12.90	22.578	1.126	2.04	1.07	Imai & Tomauchi	188.04
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Imai & Tomauchi	167.77
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Imai & Tomauchi	147.69

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	3.30	11.973	0.783	0.31	0.23	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	3.60	9.778	0.495	0.55	0.34	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Piacentini Righi 1978	8.52
Strato 6	7.00	13.405	0.455	1.03	0.57	Piacentini Righi 1978	5.7
Strato 7	9.45	20.21	1.23	1.46	0.78	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 8	12.90	22.578	1.126	2.04	1.07	Piacentini Righi 1978	7.44
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Piacentini Righi 1978	3.86
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Piacentini Righi 1978	2.09

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Meyerhof	1.75
Strato 2	3.30	11.973	0.783	0.31	0.23	Meyerhof	1.88
Strato 3	3.60	9.778	0.495	0.55	0.34	Meyerhof	1.85
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Meyerhof	1.96

Strato 6	7.00	13.405	0.455	1.03	0.57	Meyerhof	1.90
Strato 7	9.45	20.21	1.23	1.46	0.78	Meyerhof	1.97
Strato 8	12.90	22.578	1.126	2.04	1.07	Meyerhof	1.99
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Meyerhof	1.95
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Meyerhof	1.91

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	0.31113	0.04045
Strato 2	3.30	11.973	0.783	0.31	0.23	0.17808	0.02315
Strato 3	3.60	9.778	0.495	0.55	0.34	0.20302	0.02639
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	0.13831	0.01798
Strato 6	7.00	13.405	0.455	1.03	0.57	0.16622	0.02161
Strato 7	9.45	20.21	1.23	1.46	0.78	0.13281	0.01727
Strato 8	12.90	22.578	1.126	2.04	1.07	0.12591	0.01637
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	0.138	0.01794
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	0.15447	0.02008

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Meyerhof	1.83
Strato 2	3.30	11.973	0.783	0.31	0.23	Meyerhof	1.96
Strato 3	3.60	9.778	0.495	0.55	0.34	Meyerhof	1.93
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Meyerhof	2.04
Strato 6	7.00	13.405	0.455	1.03	0.57	Meyerhof	1.98
Strato 7	9.45	20.21	1.23	1.46	0.78	Meyerhof	2.05
Strato 8	12.90	22.578	1.126	2.04	1.07	Meyerhof	2.07
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Meyerhof	2.03
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Meyerhof	1.99

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Jamiolkowski et al 1985	186.43
Strato 2	3.30	11.973	0.783	0.31	0.23	Jamiolkowski et al 1985	218.06
Strato 3	3.60	9.778	0.495	0.55	0.34	Jamiolkowski et al 1985	209.44
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Jamiolkowski et al 1985	238.17
Strato 6	7.00	13.405	0.455	1.03	0.57	Jamiolkowski et al 1985	223.01
Strato 7	9.45	20.21	1.23	1.46	0.78	Jamiolkowski et al 1985	242.00
Strato 8	12.90	22.578	1.126	2.04	1.07	Jamiolkowski et al 1985	247.39
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Jamiolkowski et al 1985	238.37
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Jamiolkowski et al 1985	228.68

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Harman	43.01
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Harman	31.26
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Harman	34.33
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Harman	7.03
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Harman	38.95
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Harman	5.00

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Herminier	27.02
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Herminier	23.75
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Herminier	23.91
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Herminier	21.99
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Herminier	23.44
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Herminier	21.63

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Schmertmann	13.62
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Schmertmann	38.14
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Schmertmann	46.63
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Schmertmann	46.83
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Schmertmann	129.57
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Schmertmann	38.01

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Buisman - Sanglerat	43.58
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Buisman - Sanglerat	76.29
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Buisman - Sanglerat	93.26
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Buisman - Sanglerat	93.67
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Buisman - Sanglerat	77.74
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Buisman - Sanglerat	76.03

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Rix & Stokoe (1991)	146.76
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Rix & Stokoe (1991)	395.90
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Rix & Stokoe (1991)	441.94
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Rix & Stokoe (1991)	678.71
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Rix & Stokoe (1991)	917.92
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Rix & Stokoe (1991)	707.00

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Larsson 1991 S.G.I.	1.47
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Kulhawy & Mayne (1990)	0.62
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Kulhawy & Mayne (1990)	0.34
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Kulhawy & Mayne (1990)	0.35
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Kulhawy & Mayne (1990)	0.30
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	0.31113	0.04045
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	0.15417	0.02004
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	0.13831	0.01798
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	0.138	0.01794
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	0.10481	0.01363
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	0.15447	0.02008

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Meyerhof	1.80
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Meyerhof	1.80
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Meyerhof	1.80
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Meyerhof	1.80
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Meyerhof	1.80
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Meyerhof	1.80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Meyerhof	2.10
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Meyerhof	2.10
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Meyerhof	2.10
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Meyerhof	2.10
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Meyerhof	2.10
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Meyerhof	2.10

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Jamiolkowski et al 1985	207.99
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Jamiolkowski et al 1985	264.94
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Jamiolkowski et al 1985	277.74
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Jamiolkowski et al 1985	278.03
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Jamiolkowski et al 1985	353.14
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Jamiolkowski et al 1985	264.72

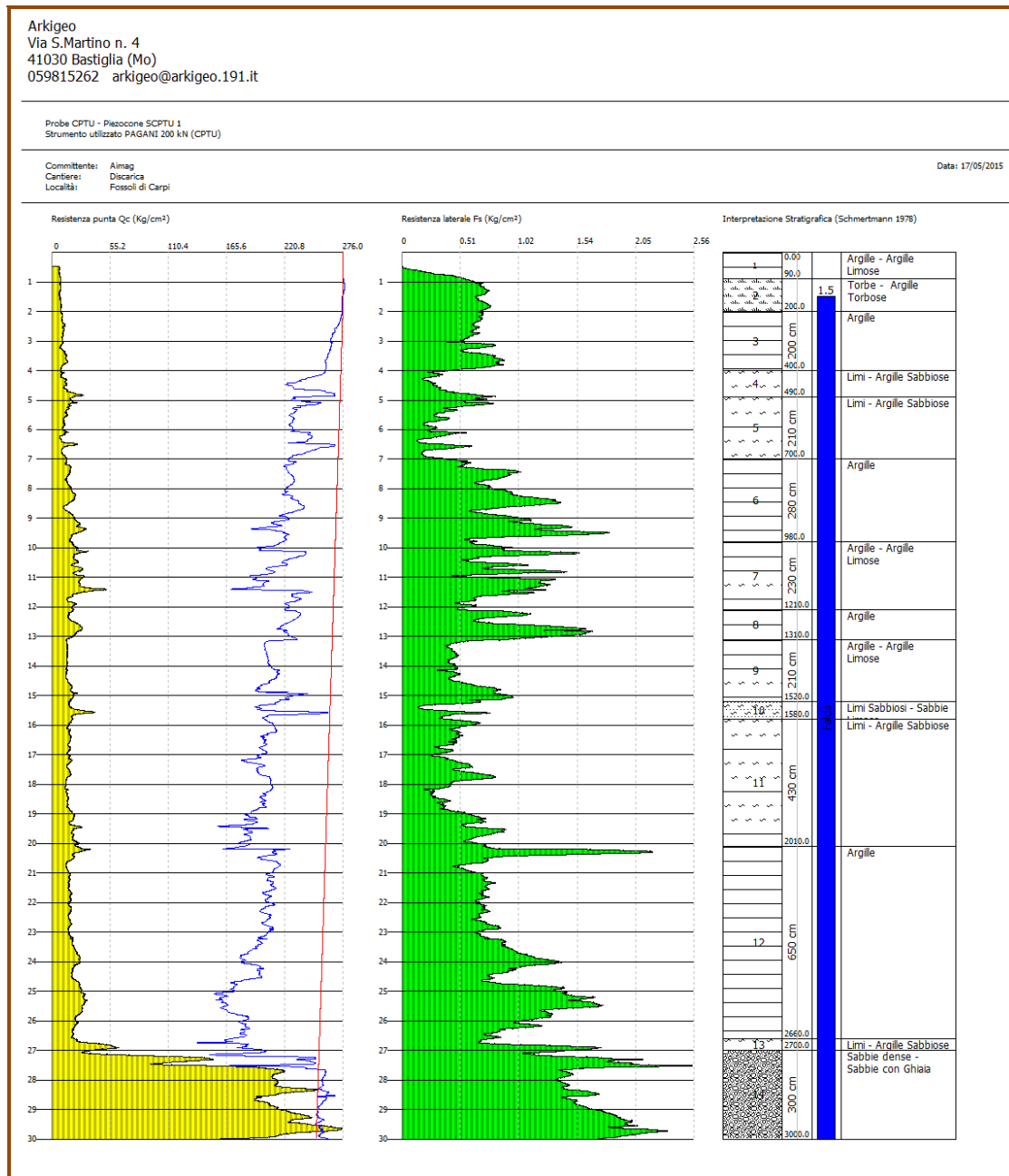
Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Piacentini-Righi 1988	3.31E-05
Strato 2	3.30	11.973	0.783	0.31	0.23	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	3.60	9.778	0.495	0.55	0.34	Piacentini-Righi 1988	1.55E-09
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Piacentini-Righi 1988	5.21E-05
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Piacentini-Righi 1988	2.19E-05
Strato 6	7.00	13.405	0.455	1.03	0.57	Piacentini-Righi 1988	1.76E-06
Strato 7	9.45	20.21	1.23	1.46	0.78	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 8	12.90	22.578	1.126	2.04	1.07	Piacentini-Righi 1988	5.90E-10
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Piacentini-Righi 1988	1.05E-07
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Piacentini-Righi 1988	1.42E-03
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Piacentini-Righi 1988	1.17E-06

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1.10	5.448	0.147	0.05	0.05	Piacentini-Righi 1988	0.5409262
Strato 2	3.30	11.973	0.783	0.31	0.23	Piacentini-Righi 1988	3.5919E-07
Strato 3	3.60	9.778	0.495	0.55	0.34	Piacentini-Righi 1988	4.547309E-05
Strato 4	4.00	15.257	0.39	0.61	0.37	Piacentini-Righi 1988	2.385973
Strato 5	5.00	18.652	0.515	0.75	0.44	Piacentini-Righi 1988	1.223634
Strato 6	7.00	13.405	0.455	1.03	0.57	Piacentini-Righi 1988	7.068749E-02
Strato 7	9.45	20.21	1.23	1.46	0.78	Piacentini-Righi 1988	6.063E-07
Strato 8	12.90	22.578	1.126	2.04	1.07	Piacentini-Righi 1988	3.993276E-05
Strato 9	15.60	18.733	0.749	2.65	1.36	Piacentini-Righi 1988	5.881235E-03
Strato 10	16.80	51.828	0.878	3.03	1.55	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 11	20.00	15.205	0.529	3.45	1.75	Piacentini-Righi 1988	5.339091E-02

PROVA SCPTU1



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	0.90	3.43	0.121	0.04	0.04	Terzaghi	0.17
Strato 2	2.00	8.139	0.702	0.18	0.18	Terzaghi	0.41
Strato 3	4.00	10.777	0.679	0.46	0.31	Terzaghi	0.54
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Terzaghi	0.70
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Terzaghi	0.65
Strato 6	9.80	18.569	0.952	1.49	0.80	Terzaghi	0.93
Strato 7	12.10	24.182	0.894	1.99	1.05	Terzaghi	1.21

Strato 8	13.10	20.878	1.134	2.32	1.21	Terzaghi	1.04
Strato 9	15.20	15.736	0.557	2.62	1.35	Terzaghi	0.79
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Terzaghi	0.86
Strato 12	26.60	20.997	0.966	4.40	2.22	Terzaghi	1.05
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Terzaghi	2.13

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.90	3.43	0.121	0.04	0.04	Metodo generale del modulo Edometrico	20.02
Strato 2	2.00	8.139	0.702	0.18	0.18	Metodo generale del modulo Edometrico	38.86
Strato 3	4.00	10.777	0.679	0.46	0.31	Metodo generale del modulo Edometrico	45.04
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Metodo generale del modulo Edometrico	48.35
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Metodo generale del modulo Edometrico	47.84
Strato 6	9.80	18.569	0.952	1.49	0.80	Metodo generale del modulo Edometrico	44.97
Strato 7	12.10	24.182	0.894	1.99	1.05	Metodo generale del modulo Edometrico	48.36
Strato 8	13.10	20.878	1.134	2.32	1.21	Metodo generale del modulo Edometrico	41.76
Strato 9	15.20	15.736	0.557	2.62	1.35	Metodo generale del modulo Edometrico	48.16
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Metodo generale del modulo Edometrico	46.97
Strato 12	26.60	20.997	0.966	4.40	2.22	Metodo generale del modulo Edometrico	41.99
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Metodo generale del modulo Edometrico	85.19

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.90	3.43	0.121	0.04	0.04	Cancelli 1980	127.21
Strato 2	2.00	8.139	0.702	0.18	0.18	Cancelli 1980	298.62
Strato 3	4.00	10.777	0.679	0.46	0.31	Cancelli 1980	392.44
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Cancelli 1980	511.83
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Cancelli 1980	467.69
Strato 6	9.80	18.569	0.952	1.49	0.80	Cancelli 1980	666.39
Strato 7	12.10	24.182	0.894	1.99	1.05	Cancelli 1980	867.62
Strato 8	13.10	20.878	1.134	2.32	1.21	Cancelli 1980	737.65
Strato 9	15.20	15.736	0.557	2.62	1.35	Cancelli 1980	539.44
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Cancelli 1980	580.78
Strato 12	26.60	20.997	0.966	4.40	2.22	Cancelli 1980	704.26
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Cancelli 1980	1501.79

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0.90	3.43	0.121	0.04	0.04	Imai & Tomauchi	59.46
Strato 2	2.00	8.139	0.702	0.18	0.18	Imai & Tomauchi	100.81
Strato 3	4.00	10.777	0.679	0.46	0.31	Imai & Tomauchi	119.68
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Imai & Tomauchi	140.96
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Imai & Tomauchi	134.49
Strato 6	9.80	18.569	0.952	1.49	0.80	Imai & Tomauchi	166.87
Strato 7	12.10	24.182	0.894	1.99	1.05	Imai & Tomauchi	196.10
Strato 8	13.10	20.878	1.134	2.32	1.21	Imai & Tomauchi	179.26
Strato 9	15.20	15.736	0.557	2.62	1.35	Imai & Tomauchi	150.82
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Imai & Tomauchi	159.20
Strato 12	26.60	20.997	0.966	4.40	2.22	Imai & Tomauchi	179.89
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Imai & Tomauchi	277.15

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.90	3.43	0.121	0.04	0.04	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	2.00	8.139	0.702	0.18	0.18	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	4.00	10.777	0.679	0.46	0.31	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Piacentini Righi 1978	5.87
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Piacentini Righi 1978	4.5
Strato 6	9.80	18.569	0.952	1.49	0.80	Piacentini Righi 1978	8.46
Strato 7	12.10	24.182	0.894	1.99	1.05	Piacentini Righi 1978	6.04
Strato 8	13.10	20.878	1.134	2.32	1.21	Piacentini Righi 1978	6.6
Strato 9	15.20	15.736	0.557	2.62	1.35	Piacentini Righi 1978	2.88
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Piacentini Righi 1978	2.08
Strato 12	26.60	20.997	0.966	4.40	2.22	Piacentini Righi 1978	3
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Piacentini Righi 1978	3.06

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.90	3.43	0.121	0.04	0.04	Meyerhof	1.67
Strato 2	2.00	8.139	0.702	0.18	0.18	Meyerhof	1.82
Strato 3	4.00	10.777	0.679	0.46	0.31	Meyerhof	1.86
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Meyerhof	1.91
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Meyerhof	1.89
Strato 6	9.80	18.569	0.952	1.49	0.80	Meyerhof	1.95
Strato 7	12.10	24.182	0.894	1.99	1.05	Meyerhof	2.00
Strato 8	13.10	20.878	1.134	2.32	1.21	Meyerhof	1.97
Strato 9	15.20	15.736	0.557	2.62	1.35	Meyerhof	1.92
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Meyerhof	1.93
Strato 12	26.60	20.997	0.966	4.40	2.22	Meyerhof	1.96
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Meyerhof	2.09

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0.90	3.43	0.121	0.04	0.04	0.45476	0.05912
Strato 2	2.00	8.139	0.702	0.18	0.18	0.23041	0.02995
Strato 3	4.00	10.777	0.679	0.46	0.31	0.19041	0.02475
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	0.16141	0.02098
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	0.16896	0.02197
Strato 6	9.80	18.569	0.952	1.49	0.80	0.13862	0.01802
Strato 7	12.10	24.182	0.894	1.99	1.05	0.122	0.01586
Strato 8	13.10	20.878	1.134	2.32	1.21	0.1307	0.01699
Strato 9	15.20	15.736	0.557	2.62	1.35	0.15152	0.0197
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	0.14436	0.01877
Strato 12	26.60	20.997	0.966	4.40	2.22	0.13034	0.01694
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	0.10998	0.0143

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.90	3.43	0.121	0.04	0.04	Meyerhof	1.75
Strato 2	2.00	8.139	0.702	0.18	0.18	Meyerhof	1.90
Strato 3	4.00	10.777	0.679	0.46	0.31	Meyerhof	1.94
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Meyerhof	1.99
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Meyerhof	1.97
Strato 6	9.80	18.569	0.952	1.49	0.80	Meyerhof	2.03
Strato 7	12.10	24.182	0.894	1.99	1.05	Meyerhof	2.08
Strato 8	13.10	20.878	1.134	2.32	1.21	Meyerhof	2.05
Strato 9	15.20	15.736	0.557	2.62	1.35	Meyerhof	2.00
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Meyerhof	2.01
Strato 12	26.60	20.997	0.966	4.40	2.22	Meyerhof	2.04
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Meyerhof	2.17

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0.90	3.43	0.121	0.04	0.04	Jamiolkowski et al 1985	170.03
Strato 2	2.00	8.139	0.702	0.18	0.18	Jamiolkowski et al 1985	201.93
Strato 3	4.00	10.777	0.679	0.46	0.31	Jamiolkowski et al 1985	213.54
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Jamiolkowski et al 1985	225.23
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Jamiolkowski et al 1985	221.81
Strato 6	9.80	18.569	0.952	1.49	0.80	Jamiolkowski et al 1985	237.96
Strato 7	12.10	24.182	0.894	1.99	1.05	Jamiolkowski et al 1985	250.80
Strato 8	13.10	20.878	1.134	2.32	1.21	Jamiolkowski et al 1985	243.57
Strato 9	15.20	15.736	0.557	2.62	1.35	Jamiolkowski et al 1985	230.24
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Jamiolkowski et al 1985	234.33
Strato 12	26.60	20.997	0.966	4.40	2.22	Jamiolkowski et al 1985	243.85
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Jamiolkowski et al 1985	280.71

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Harman	24.50
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Harman	15.44
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Harman	10.77
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Harman	5.00
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Harman	20.17
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Harman	71.21

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Herminier	23.15
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Herminier	22.53
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Herminier	22.08
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Herminier	21.73
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Herminier	22.25
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Herminier	26.12

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Schmertmann	35.22
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Schmertmann	32.61
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Schmertmann	55.24
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Schmertmann	42.98
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Schmertmann	106.50
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Schmertmann	498.79

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Buisman - Sanglerat	70.43
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Buisman - Sanglerat	65.22
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Buisman - Sanglerat	110.47
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Buisman - Sanglerat	85.96
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Buisman - Sanglerat	127.79
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Buisman - Sanglerat	299.27

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Rix & Stokoe (1991)	413.16
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Rix & Stokoe (1991)	447.92
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Rix & Stokoe (1991)	728.93
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Rix & Stokoe (1991)	722.68
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Rix & Stokoe (1991)	1054.54
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Rix & Stokoe (1991)	1600.81

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Larsson 1991 S.G.I.	1.65

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Kulhawy & Mayne (1990)	0.29
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Kulhawy & Mayne (1990)	0.23
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Kulhawy & Mayne (1990)	0.49

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	0.16141	0.02098
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	0.16896	0.02197
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	0.1272	0.01654
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	0.14436	0.01877
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	0.10998	0.0143
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	0.11345	0.01475

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Meyerhof	1.80
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Meyerhof	1.80
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Meyerhof	1.80
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Meyerhof	1.80
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Meyerhof	1.80
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Meyerhof	1.90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Meyerhof	2.10
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Meyerhof	2.10
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Meyerhof	2.10
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Meyerhof	2.10
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Meyerhof	2.10
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Meyerhof	2.20

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Jamiolkowski et al 1985	260.01
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Jamiolkowski et al 1985	255.36
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Jamiolkowski et al 1985	289.02
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Jamiolkowski et al 1985	272.47
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Jamiolkowski et al 1985	337.23
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Jamiolkowski et al 1985	484.75

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.90	3.43	0.121	0.04	0.04	Piacentini-Righi 1988	1.36E-06
Strato 2	2.00	8.139	0.702	0.18	0.18	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	4.00	10.777	0.679	0.46	0.31	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Piacentini-Righi 1988	5.59E-05
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Piacentini-Righi 1988	2.29E-05
Strato 6	9.80	18.569	0.952	1.49	0.80	Piacentini-Righi 1988	4.31E-10
Strato 7	12.10	24.182	0.894	1.99	1.05	Piacentini-Righi 1988	3.34E-07
Strato 8	13.10	20.878	1.134	2.32	1.21	Piacentini-Righi 1988	6.17E-11
Strato 9	15.20	15.736	0.557	2.62	1.35	Piacentini-Righi 1988	8.90E-07
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Piacentini-Righi 1988	1.13E-03
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Piacentini-Righi 1988	8.71E-06
Strato 12	26.60	20.997	0.966	4.40	2.22	Piacentini-Righi 1988	5.10E-09
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Piacentini-Righi 1988	2.42E-05
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Piacentini-Righi 1988	1.00E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.90	3.43	0.121	0.04	0.04	Piacentini-Righi 1988	1.401085E-02
Strato 2	2.00	8.139	0.702	0.18	0.18	Piacentini-Righi 1988	2.4417E-07
Strato 3	4.00	10.777	0.679	0.46	0.31	Piacentini-Righi 1988	3.2331E-07
Strato 4	4.90	14.087	0.358	0.73	0.44	Piacentini-Righi 1988	2.364488
Strato 5	7.00	13.044	0.361	1.02	0.57	Piacentini-Righi 1988	0.8963259
Strato 6	9.80	18.569	0.952	1.49	0.80	Piacentini-Righi 1988	2.399545E-05
Strato 7	12.10	24.182	0.894	1.99	1.05	Piacentini-Righi 1988	2.425064E-02
Strato 8	13.10	20.878	1.134	2.32	1.21	Piacentini-Righi 1988	3.865785E-06
Strato 9	15.20	15.736	0.557	2.62	1.35	Piacentini-Righi 1988	4.202523E-02
Strato 10	15.80	22.094	0.391	2.88	1.48	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 11	20.10	17.192	0.514	3.35	1.70	Piacentini-Righi 1988	0.4489839
Strato 12	26.60	20.997	0.966	4.40	2.22	Piacentini-Righi 1988	3.209975E-04
Strato 13	27.00	42.598	1.137	5.08	2.55	Piacentini-Righi 1988	3.095193
Strato 14	30.00	199.516	1.695	5.47	2.77	Piacentini-Righi 1988	0

**Diagramma
Cono sismico**



Via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)
tel. 0532 773136 - 0532 815683 fax 0532 776455
E mail info@songeo.it Sito www.songeo.it

PROVA N°: SCPTU 1

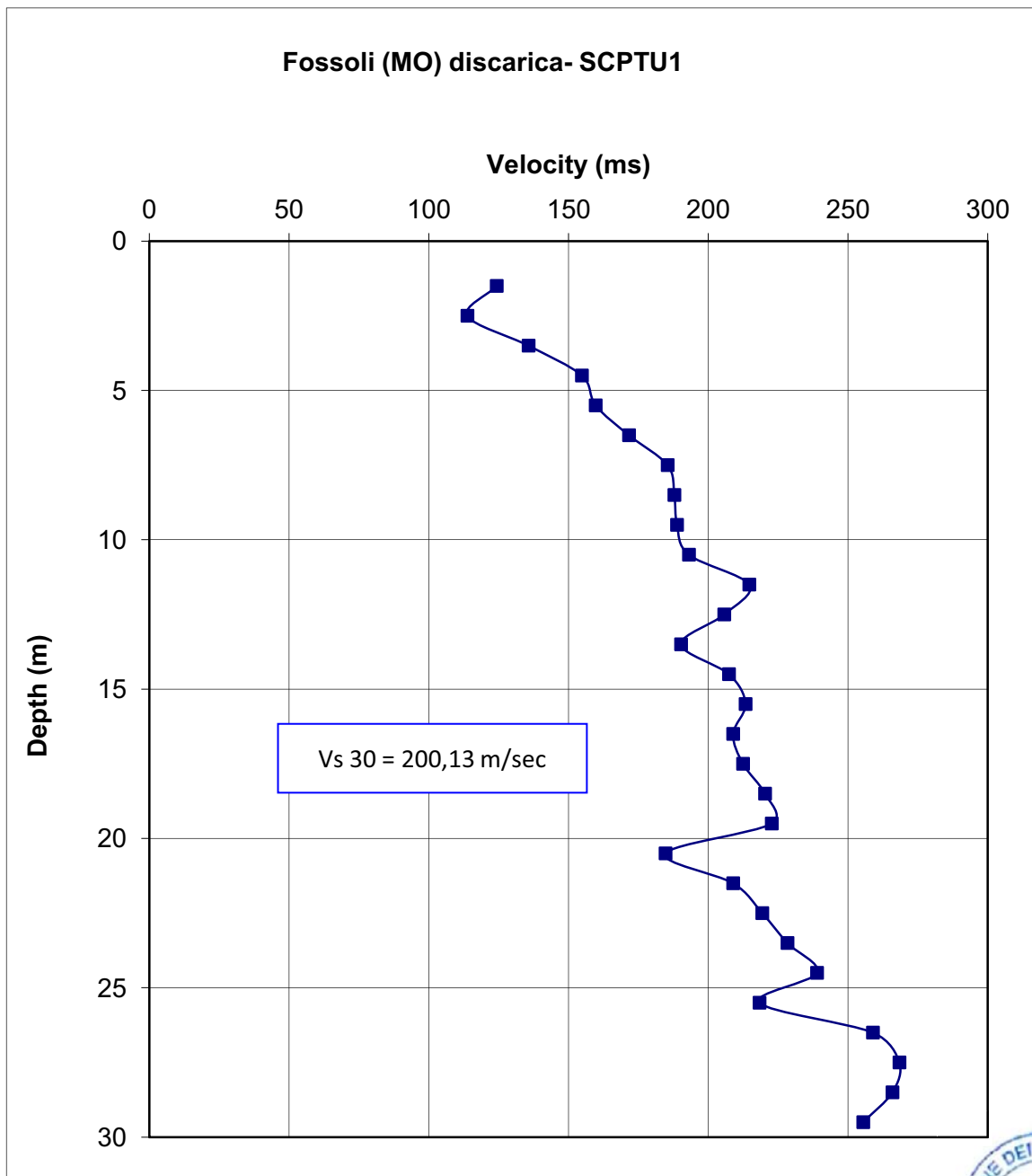
DATA: 13/05/15



COMMITTENTE: AIMAG S.p.a

LOCALITA': Fossoli (MO) discarica

GRAFICO ONDE S



**Indagine sismica attiva in onde di superficie - MASW
e
Indagine sismica passiva - ESAC**

Indagine Sismica MASW-ESAC (MAG2015)	Discarica AIMAG di Fossoli Comune di Carpi (MO)	Dott. Geol. Marco Capitani
-----------------------------------------	----------------------------------------------------	----------------------------

Indagine Sismica MASW-ESAC a Carpi presso l'Impianto Discarica per rifiuti AIMAG di Fossoli (Comune di Carpi, Provincia di Modena)

Premessa

Su incarico della ditta AIMAG s.p.a, e d'intesa col Dott. Geol. Giorgio Gasparini, è stata eseguita (in data 18 maggio 2015) un'indagine sismica in onde di superficie, consistente in un'acquisizione attiva (MASW-*Multichannell Analysis of Surface Waves*) e in un'acquisizione passiva mediante antenna sismica 2D (ESAC-*Extended Spatial Autocorrelation*), nel Comune di Carpi (MO), circa 2 km a nord della frazione Fossoli, nei pressi dell'impianto Discarica AIMAG (Figura 1).

Acquisizione di sismica attiva (MASW)

Strumentazione, geometria e parametri di acquisizione

È stato utilizzato un sismografo digitale Dolang, modello DBS280, a 24 canali, munito di cavi di 60 metri (lunghezza massima) e di geofoni da 4,5 Hz, per una lunghezza complessiva di 34,5 m di stendimento (1,5 m di distanza intergeofonica). Come sistema di energizzazione è stata impiegata una mazza da 10 Kg, battente su piastra, con chiusura del circuito (*trigger*) a contatto. Sono state eseguite più acquisizioni con *offset* minimo (distanza tra il punto di energizzazione e primo geofono) pari a 3x e 5x (essendo x la distanza intergeofonica: 1,5 m), acquisendo 4096 campioni per ciascuna registrazione, con un passo di campionamento di 0,6 ms. Per verifica, è stata eseguita anche la battuta di ritorno con *offset* minimo pari a 3x.

Considerate le condizioni logistiche favorevoli, è stato anche possibile eseguire alcune acquisizioni spostando la piastra di battuta di una distanza pari al numero dei geofoni moltiplicata per lo spazio tra due geofoni consecutivi ($24 \times 1,5 \text{ m} = 36 \text{ m}$) potendo combinare tali registrazioni con le prime e simulare un'acquisizione con numero di geofoni e lunghezza dello stendimento raddoppiati.

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software MASW (di "Roma e associati"). Nelle Figure 2 e 3 sono riportate le tracce dei sismogrammi, lo spettro FK e la curva di dispersione effettiva sperimentale.

P.IVA: 02445490366	Via Milano 286 - 41058 Vignola (MO)	Pag 1
C.F.: CPTMRC65L18F257C	E-mail: marco.capitani@email.it	



Figura 1. A sinistra: Estratto da CTR con ubicazione dell'area d'intervento (cerchio in magenta), dello stendimento MASW (linea in magenta), dell'antenna sismica bidimensionale (linea blu). A destra: stendimento sismico MASW (coincidente con il ramo più lungo dell'array bidimensionale passivo) eseguito presso l'impianto Discarica AIMAG di Fossoli di Carpi (MO).

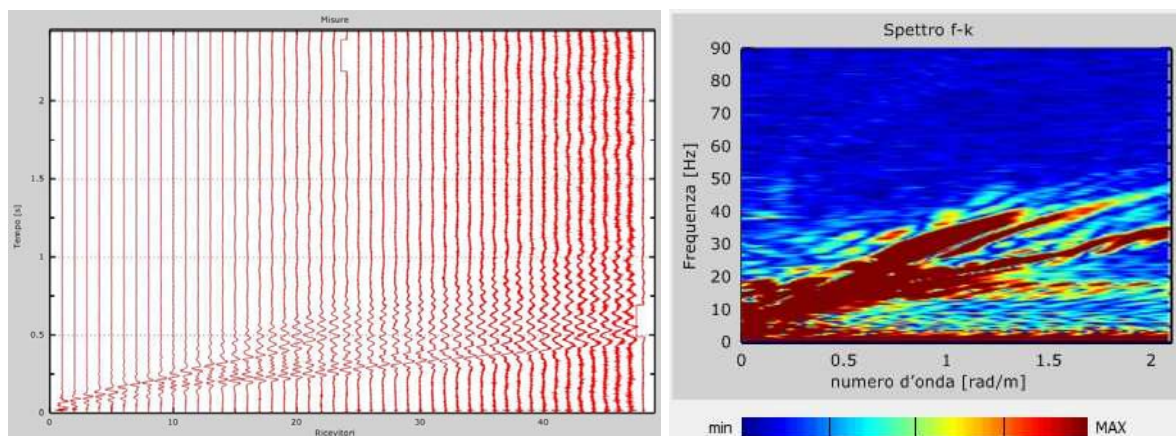


Figura 2. A destra: spettro f-k relativo ai sismogrammi (dell'acquisizione attiva MASW) riportati sulla sinistra. È stata eseguita una doppia acquisizione (spostando la sorgente di una distanza pari al prodotto del numero dei geofoni per la distanza intergeofonica) onde simulare un'acquisizione di lunghezza e numero di sensori doppi. Le tracce relative ai geofoni più lontani (dal 36 al 48) mostrano l'effetto del rumore ambientale. Elaborazioni di prova effettuate eliminando tali tracce non hanno evidenziato miglioramenti nel risultato, pertanto sono state tutte incluse nell'elaborazione finale eccetto la traccia 48, marcatamente anomala.

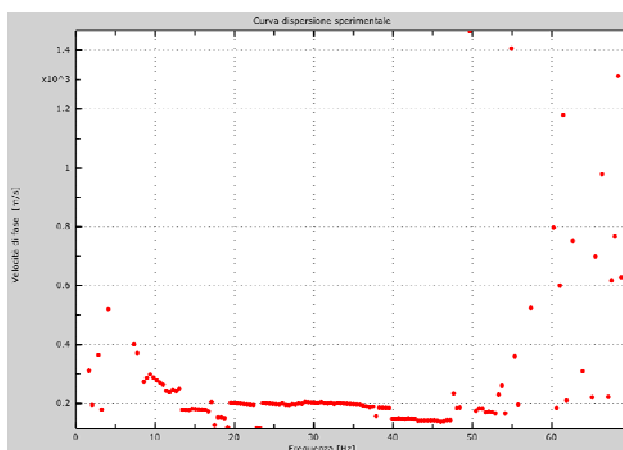


Figura 3. Curva di dispersione effettiva sperimentale relativa all'acquisizione di sismica attiva in onde di superficie).

Acquisizione di sismica passiva con array bidimensionale (ESAC)

Strumentazione, geometria e parametri di acquisizione

È stata utilizzata la medesima strumentazione dell'acquisizione attiva, disposta secondo uno stendimento a geometria bidimensionale, al fine di coprire un'area la più estesa possibile. Più in particolare, i sensori sono stati disposti secondo una geometria a forma di "L" (Figura 4) caratterizzata da un lato maggiore (sud-nord) lungo circa 85 m e da un lato minore (est-ovest) lungo circa 35 m, con i geofoni non equidistanti ma posizionati all'incirca a 5 m l'uno dall'altro.

Le acquisizioni passive sono state effettuate secondo passo di campionamento di circa 2.4 ms (pari ad una frequenza di campionamento di circa 415 Hz), registrando il numero massimo di campioni consentito dalla strumentazione utilizzata (10982). In tutto, sono state acquisite 55 tracce da circa 26 secondi ciascuna.

Data la presenza di una strada adiacente al sito di indagine, in fase di pre-elaborazione dei dati, sono state eliminate molte delle registrazioni che risultavano palesemente contaminate da segnali transitori, correlati al passaggio di automezzi, onde ottenere una curva di dispersione apparente possibilmente meno condizionata da tali sorgenti transitorie "prossime" (posizionate a una distanza sensibilmente inferiore all'apertura massima dell'antenna sismica).

Indagine Sismica MASW-ESAC
(MAG2015)Discarica AIMAG di Fossoli
Comune di Carpi (MO)

Dott. Geol. Marco Capitani

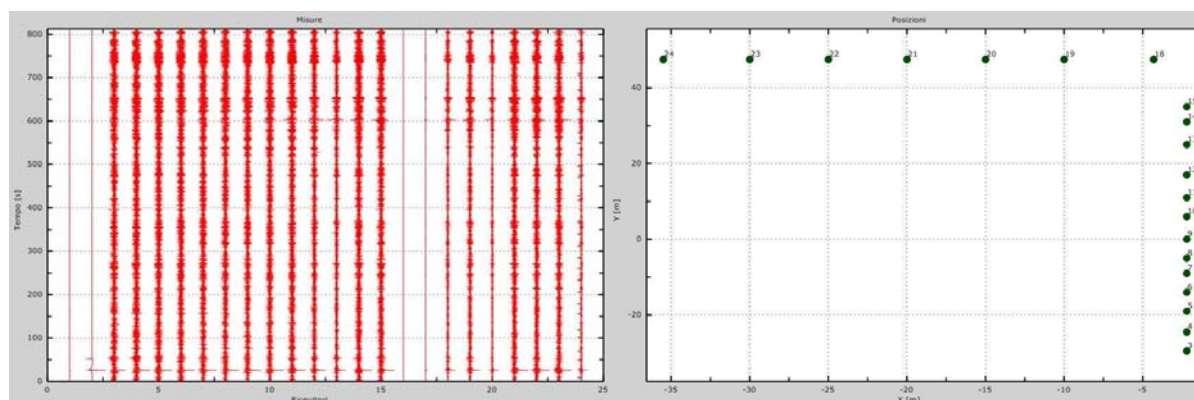


Figura 4. A sinistra, tracce dell'acquisizione di sismica passiva in array bidimensionale. A destra: disposizione geometrica dello stendimento in array bidimensionale (figura orientata col nord in alto).

Interpretazione combinata MASW-ESAC

A supporto dell'interpretazione dei dati (eseguita per modellazione diretta) ci si è avvalsi delle informazioni geologico-stratigrafiche reperibili in bibliografia (consultabili sul sito web cartografico del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna) e soprattutto delle numerose informazioni fornite dalla committenza consistenti in indagini geognostiche pregresse eseguite in aree adiacenti (prove penetrometriche, stratigrafie di pozzi e sondaggi, indagini geofisiche e analisi di laboratorio), nonché di indagini geognostiche di nuova esecuzione (tre prove penetrometriche, una stratigrafia di carotaggio continuo e una indagine sismica tipo "down-hole" eseguita durante l'esecuzione di una delle prove penetrometriche mediante cono sismico).

Il dato di cui alla figura 4 indica che nel sottosuolo non vi sarebbero inversioni di velocità, come invece suggerirebbe il grafico della curva di dispersione effettiva (scheda sintetica a pagina 7), per la presenza di un tratto, compreso all'incirca tra 8 e 13 Hz, dove si osserverebbero valori della velocità di fase più alti rispetto le frequenze immediatamente inferiori e superiori. Per ragioni di coerenza con il dato da cono sismico, considerato in generale più preciso rispetto le metodologie geofisiche di superficie, nella selezione dei punti della curva effettiva si è deliberatamente omissa il dato compreso tra 8 e 13 Hz, onde pervenire a un modello di profilo di velocità coerente con il risultato da foro, essendo lo scopo principale della presente indagine, quello di prolungare il modello di profilo di velocità da cono sismico ad una maggiore profondità.

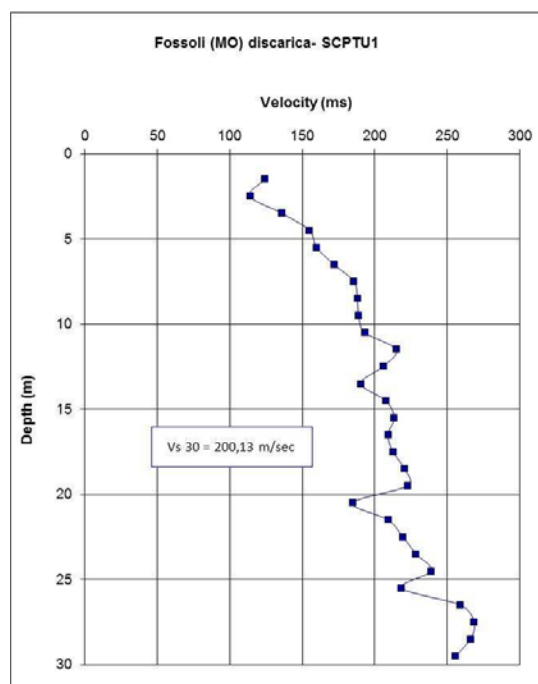


Figura 5. Profilo verticale di velocità ottenuto nel sito di indagine attraverso prova tipo “down-hole” eseguita con cono sismico in concomitanza coll’esecuzione della prova penetrometrica SCPTU. (La prova è stata eseguita all’incirca in corrispondenza dell’estremità ovest del ramo “corto” dello stendimento ESAC (Figure 1 e 4).

Nella scheda sintetica di cui alla pagina 7 sono riportati:

- la curva di dispersione effettiva sperimentale (con la selezione dei punti per la modellazione diretta);
- il modello di profilo verticale di velocità, ottenuto attraverso la modellazione diretta (calibrata sulle conoscenze stratigrafiche disponibili);
- il confronto tra curve di dispersione sintetiche (effettiva e apparente), riferite al modello, con i punti selezionati dalla curva di dispersione effettiva sperimentale.

La tabella di cui alla Figura 6 riassume i parametri relativi al modello del profilo verticale di velocità, mentre in figura 7 si riporta uno stralcio di una sezione geologica (da . Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP-1998 – *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di G Di Dio. SEL.CA, Firenze, pagine 120) sulla quale è sovrapposto lo schema del modello di profilo verticale di velocità di cui alla scheda sintetica a pagina 7.

* * *

I dati stratigrafici disponibili permettono di ricostruire la stratigrafia locale fino alla profondità di circa 30-35 m. (Occorre evidenziare, tuttavia, che scostamenti da tale

Indagine Sismica MASW-ESAC (MAG2015)	Discarica AIMAG di Fossoli Comune di Carpi (MO)	Dott. Geol. Marco Capitani
-----------------------------------------	----------------------------------------------------	----------------------------

modello geologico sono localmente correlati, all'incirca fino a circa a circa 5 m di profondità, alla frequente presenza di ampi riempimenti di laghetti, numerosi in passato (come evidenziato anche nelle prime edizioni delle cartografie CTR).

In linea generale, si distinguono tre orizzonti pelitici plurimetrici alternati a banchi sabbioso-limosi:

- all'incirca da p.c. fino a 4 m di profondità, argille, argille limose e limi argillosi;
- tra 4 e 7 m da p.c.: limi, limi sabbiosi e sabbie limose;
- tra 7 e 14-15 m da p.c.: argille e limi;
- tra 14-15 e 17 m da p.c.: banco limo-sabbioso;
- tra 17 e 27 m da p.c.: orizzonte prevalentemente pelitico;
- tra 27 e oltre 30 m da p.c.: sabbie prevalenti.

* * *

L'andamento della curva di dispersione effettiva sperimentale (scheda a pagina 7) suggerisce che il primo sottosuolo dell'area in esame è formato da terreni relativamente lenti. Le velocità di fase si mantengono su valori dell'ordine di 200 m/s o inferiori, a frequenze superiori ai 13 Hz. Per le ragioni esposte in precedenza non sono stati selezionati punti nel grafico frequenza/velocità di fase all'incirca tra 8 e 13 Hz, mentre a partire da circa 8 Hz si verifica un progressivo aumento dei valori della velocità di fase con il diminuire della frequenza, ad indicare valori di velocità V_s crescenti con la profondità.

* * *

La modellazione diretta della curva di dispersione effettiva sperimentale ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità che si è cercato di rendere il più coerente possibile coi dati geofisici e geologico-stratigrafici disponibili (Figura 7) caratterizzato da valori di V_s crescenti con la profondità (Figura 7) e così riassumibile:

- V_s relativamente basse (160-200 m/s) fino a circa 22 m dal p.c.;
- $220 < V_s < 290$ m/s, tra 22 e 45 m dal p.c.;
- V_s pari a circa 370 m/s tra 45 e 56 m da p.c.;
- V_s pari a circa 420 m/s tra 56 e 78 m da p.c.;
- V_s di circa 650 m/s oltre i 78 m di profondità.

P.IVA: 02445490366	Via Milano 286 - 41058 Vignola (MO)	Pag 6
C.F.: CPTMRC65L18F257C	E-mail: marco.capitani@email.it	

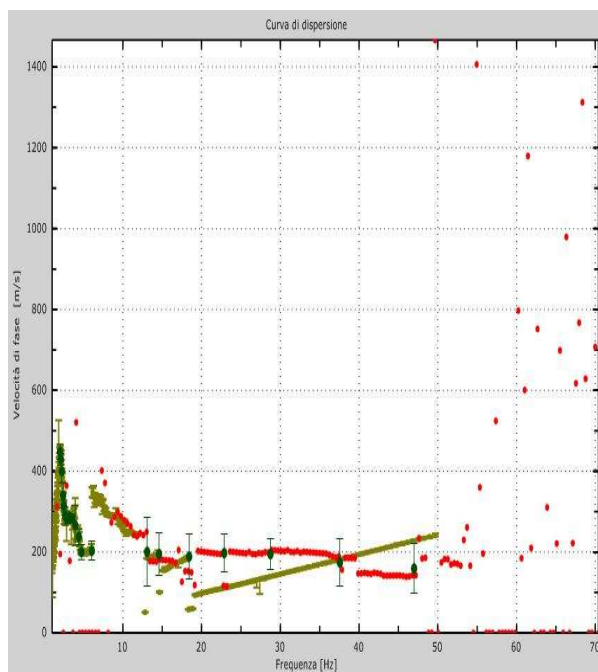
Indagine Sismica MASW-ESAC
(MAG2015)Discarica AIMAG di Fossoli
Comune di Carpi (MO)

Dott. Geol. Marco Capitani

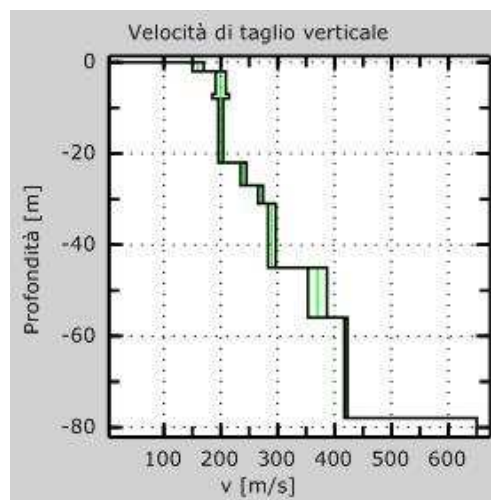
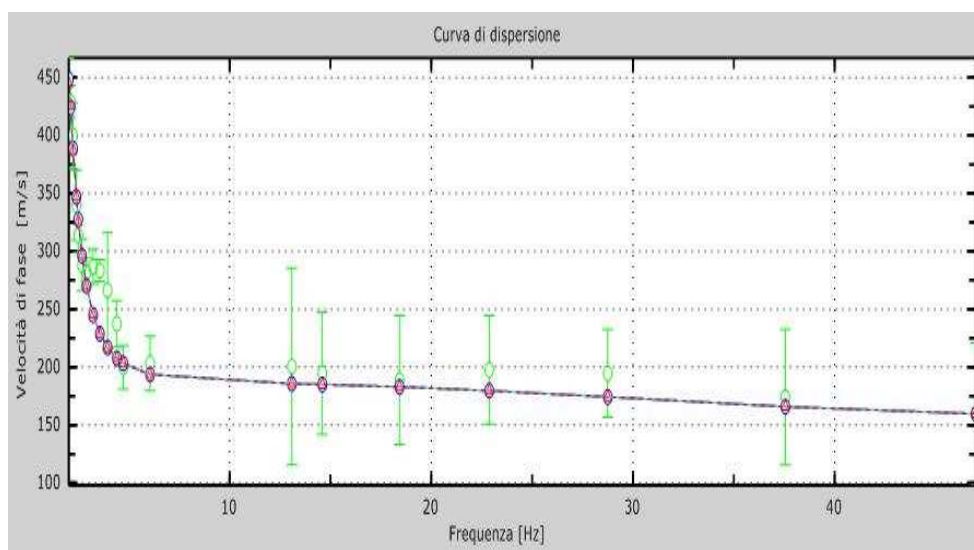
Indagine sismica MASW

Fossoli di Carpi-Impianto Discarica AIMAG

MAG2015



Curva di dispersione sperimentale (rosso) e picking (verde)

Modello di profilo di velocità (incertezza $0,1\sigma$)

Disallineamento tra curva di dispersione sperimentale e modello (curve effettiva e apparente): 8% e 8%
 In verde-Punti picking (curva sperimentale); in rosso-curve effettiva (modello); in blu-curve apparente (modello); in celeste (modi di Rayleigh per il modello)

VS30 a partire da p.c.: 207 m/s
VS30 a partire da -1 m da p.c.: 211 m/s
VS30 a partire da -2 m da p.c.: 215 m/s

Indagine Sismica MASW-ESAC (MAG2015)	Discarica AIMAG di Fossoli Comune di Carpi (MO)	Dott. Geol. Marco Capitani
-----------------------------------------	----------------------------------------------------	----------------------------

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m ³)	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Argille e limi (AES8)	2	-2	1800	0,48	190	816
Peliti con intercalati banchi sabbiosi (AES8-AES7?)	20	-22	1800	0,48	200	1020
Argille e limi (AES7)	5	-27	1800	0,48	240	1224
Sabbie prevalenti (AES7)	4	-31	1800	0,48	270	1377
Terreni prevalentemente pelitici (AES7)	14	-45	1800	0,48	290	1479
Banco sabbioso plurimetrico intercalato a peliti (parte inferiore e basale unità AES7)	11	-56	1900	0,48	370	1887
Unità AES6 (peliti prevalenti con intercalazioni di banchi sabbiosi)	22	-78	2000	0,48	420	2142
Unità AES1-AES5 indifferenziate, terreni pelitici prevalenti	-	-	2200	0,48	650	3314

Figura 7 - Dati riassuntivi del modello di profilo verticale di velocità. Le sigle AESx sono riferite alle sigle delle unità stratigrafiche della pianura emiliano-romagnola secondo la codifica messa a punto dai geologi del Servizio Geologico Sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna.

L'interpretazione dei risultati, comparata con i dati stratigrafici profondi (carta geologica di pianura della Regione Emilia-Romagna e studi sugli acquiferi emiliano-romagnoli condotti dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli regionale assieme con ENI-AGIP-Figura 8- e dall'ARPA regionale) suggerirebbe che il primo contrasto di velocità del modello, non particolarmente marcato ($V_s=290\text{ms}^{-1}/V_s=370\text{ms}^{-1}$) posto a circa 45 m di profondità risulterebbe interno all'unità AES7 (eventualmente coincidendo col passaggio tra le unità AES7b/AES7a) secondo la nomenclatura geologica della Regione Emilia-Romagna; il contrasto di velocità, più evidente ($V_s=420\text{ms}^{-1}/V_s=650\text{ms}^{-1}$), posto a circa 78 m dal p.c., potrebbe essere ricondotto al passaggio tra le unità stratigrafiche AES6 (o Gruppo Acquifero A2) e le sottostanti AES1-AES5 indifferenziate (Gruppi Acquiferi A3-A4).

Indagine Sismica MASW-ESAC
(MAG2015)Discarica AIMAG di Fossoli
Comune di Carpi (MO)

Dott. Geol. Marco Capitani

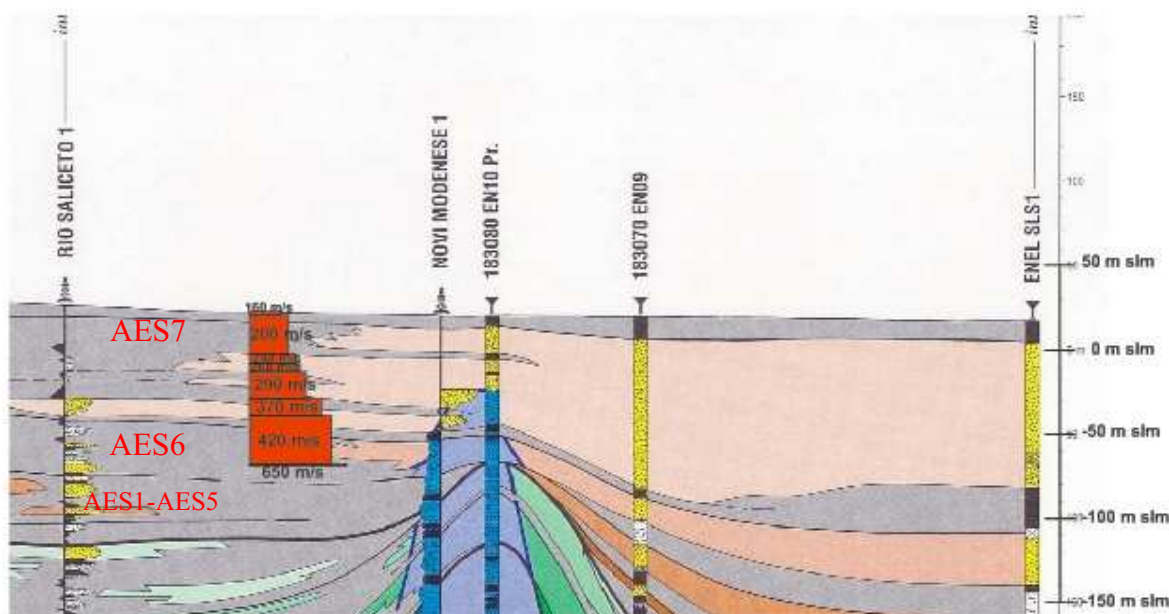


Figura 8 – Sezione geologica profonda (passante circa 4 Km ad ovest del sito di indagine) con inserito il modello di profilo verticale di velocità. (a sx SW a dx NE; estratto con inserti grafici da : Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP-1998 – Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna. A cura di G Di Dio. SEL.CA, Firenze, pagine 120).

Per quanto riguarda il parametro Vs30 (classificazione di cui al punto 3.2.2 del DM 14 gennaio 2008) dal modello di profilo verticale di velocità si ricava quanto segue:

Vs30 a partire da p.c.: 207 m/s

Vs30 a partire da -1m da p.c.: 211 m/s

Vs30 a partire da -2 m da pc.: 215 m/s

Tali valori sono sostanzialmente in linea con quanto ricavato dal rilievo effettuato in foro per mezzo del cono sismico (Figura 5) dove il parametro Vs30 è risultato poco superiore ai 200 m/s.

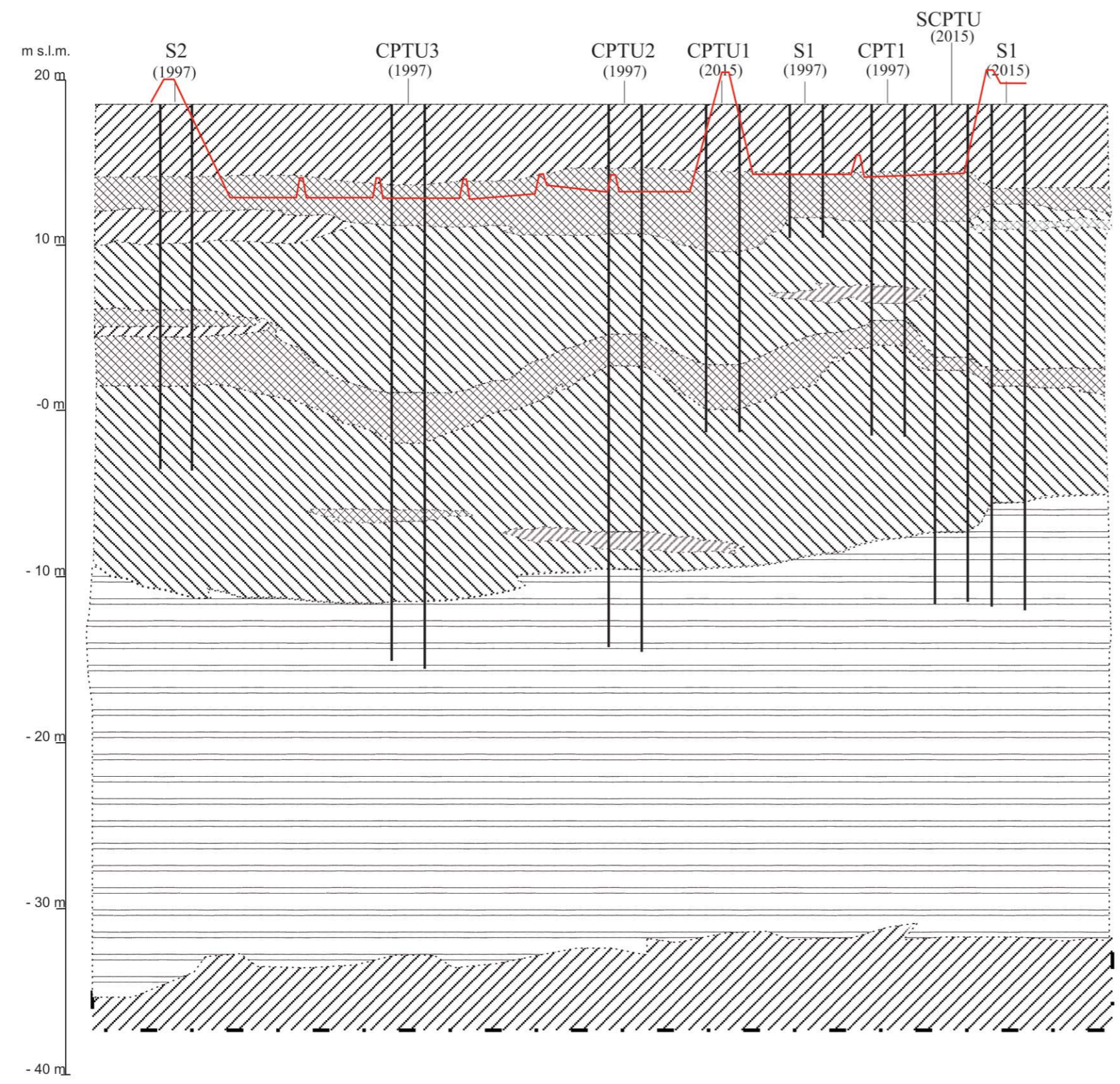
Vignola, 25-05-2015

Il tecnico
Dott. Geol. Marco Capitani

Emilia-Romagna
GEOLOGO
SEZ.
N. 879 ALBO.

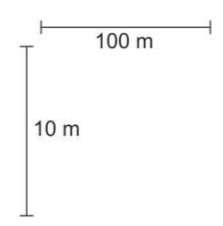
**Sezioni
Litostratigrafiche**

SEZIONE A - A

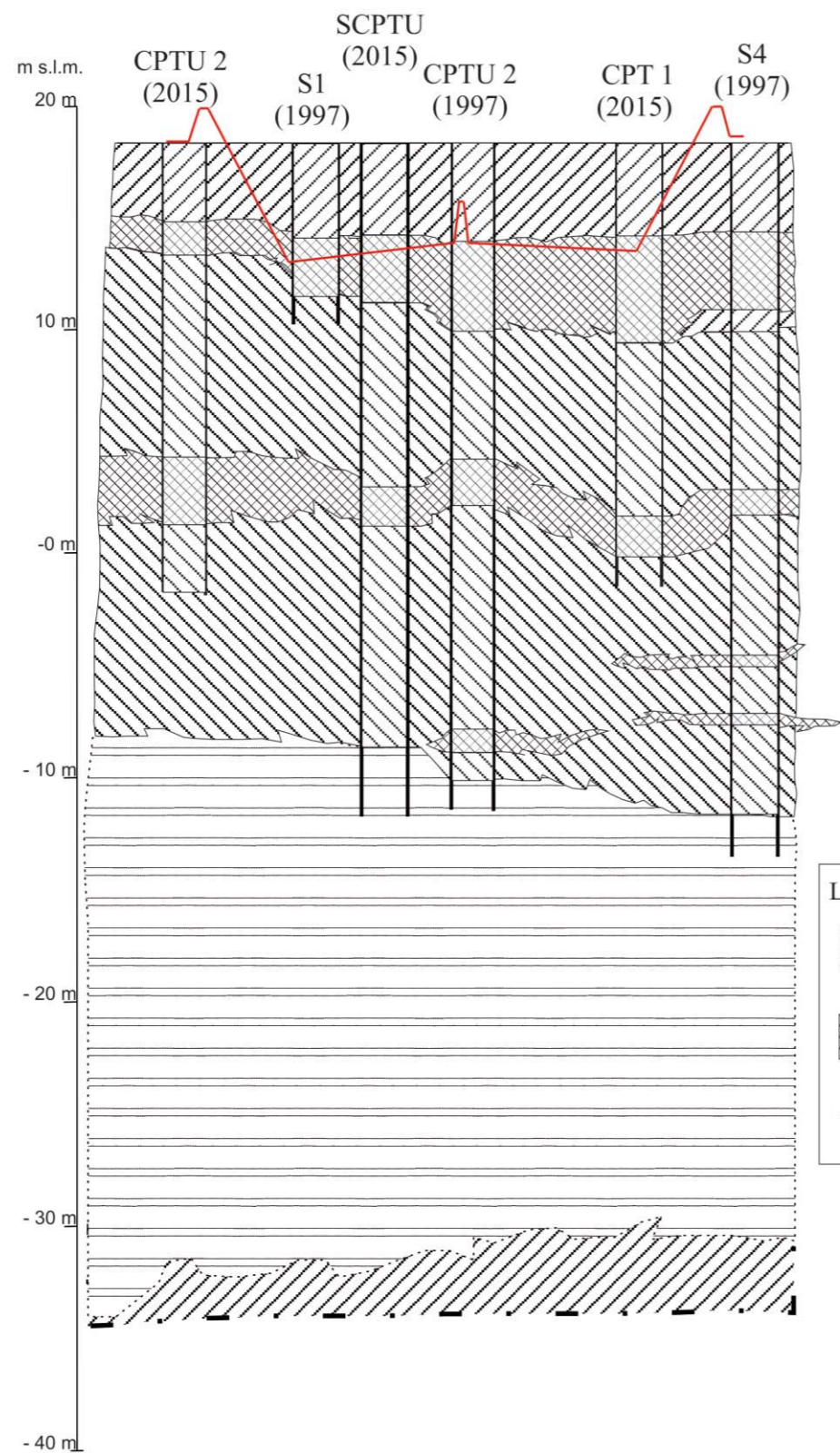


LEGENDA

ARGILLE	ARGILLE LIMOSE E LIMI ARGILLOSI
LIMI E LIMI SABBIOSI	SABBIE E SABBIE LIMOSE
LIMI	PROFILO SCAVO DISCARICA

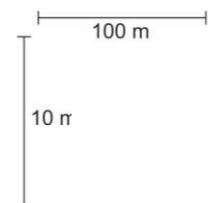


SEZIONE B - B



LEGENDA

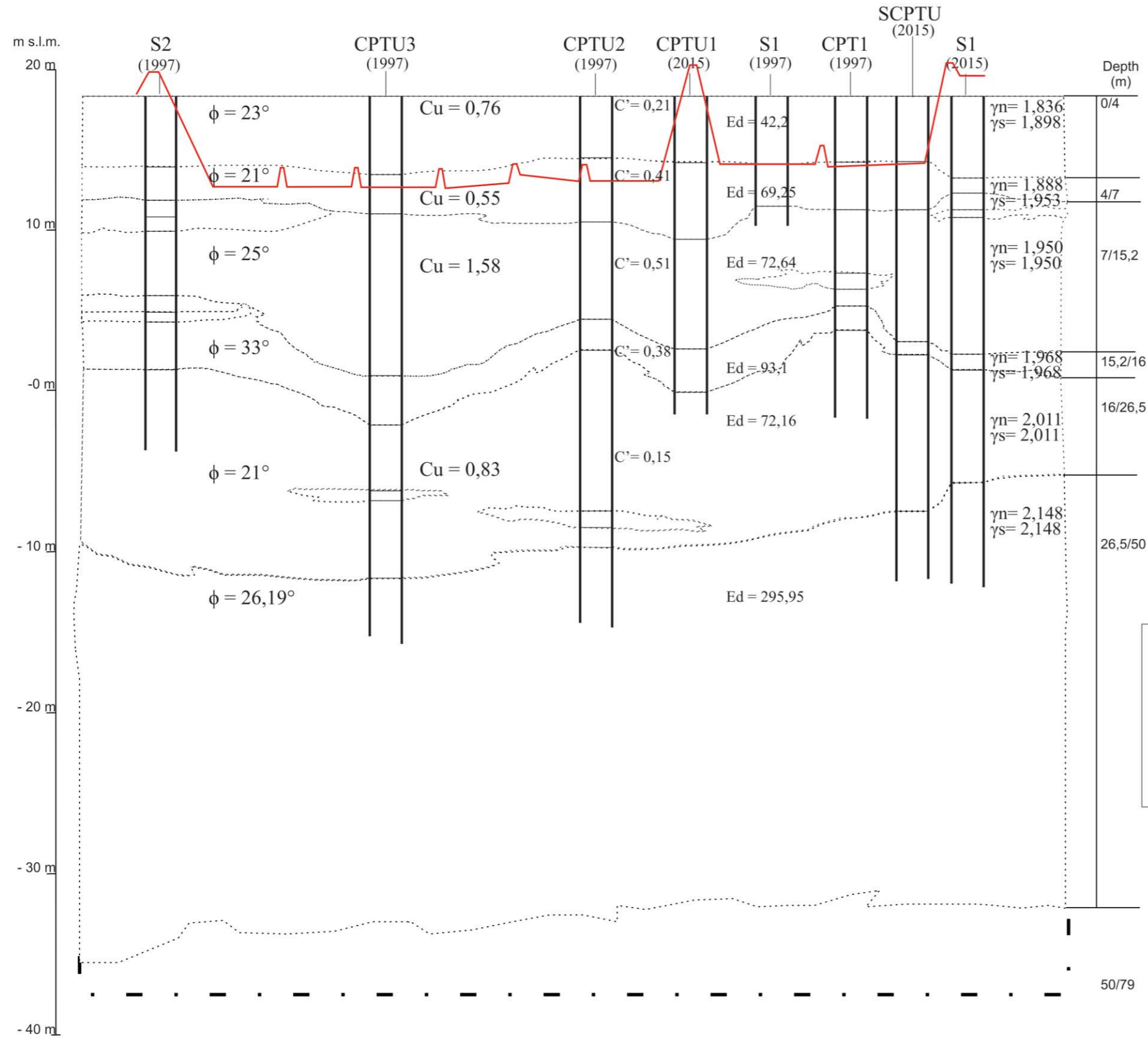
 ARGILLE	 ARGILLE LIMOSE E LIMI ARGILLOSI
 LIMI E LIMI SABBIOSI	 SABBIE E SABBIE LIMOSE
 PROFILO SCAVO DISCARICA	



Giorgio Gasparini

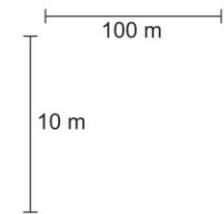
SEZIONE A - A (Sezione Geotecnica)

ALLEGATO N. 7
Sezione Geotecnica A-A
ubicata come da Fig. 26



LEGENDA

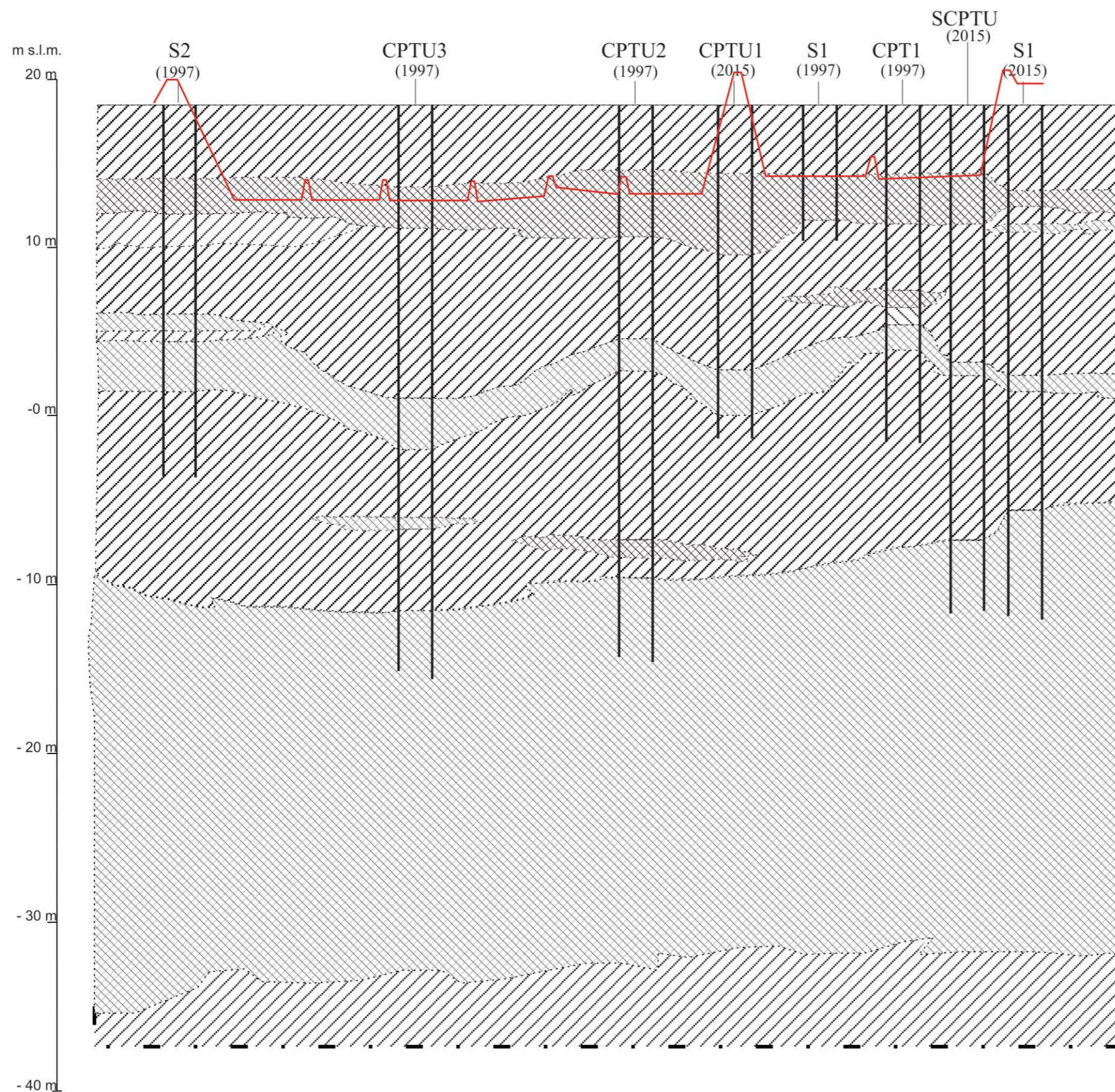
- ϕ ATTRITO INTERNO ($^\circ$)
- C' COESIONE EFFICACE (kg/cm²)
- C_u COESIONE NON DRENATA (kg/cm²)
- E_d MODULO EDOMETRICO (kg/cm²)
- γ_n PESO DI VOLUME NATURALE (t/m³)
- γ_s PESO DI VOLUME SATURO (t/m³)



50/79

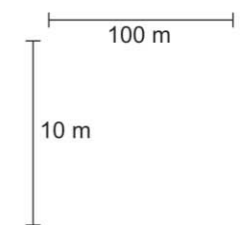
**Sezioni
Idrogeologiche**

SEZIONE A - A

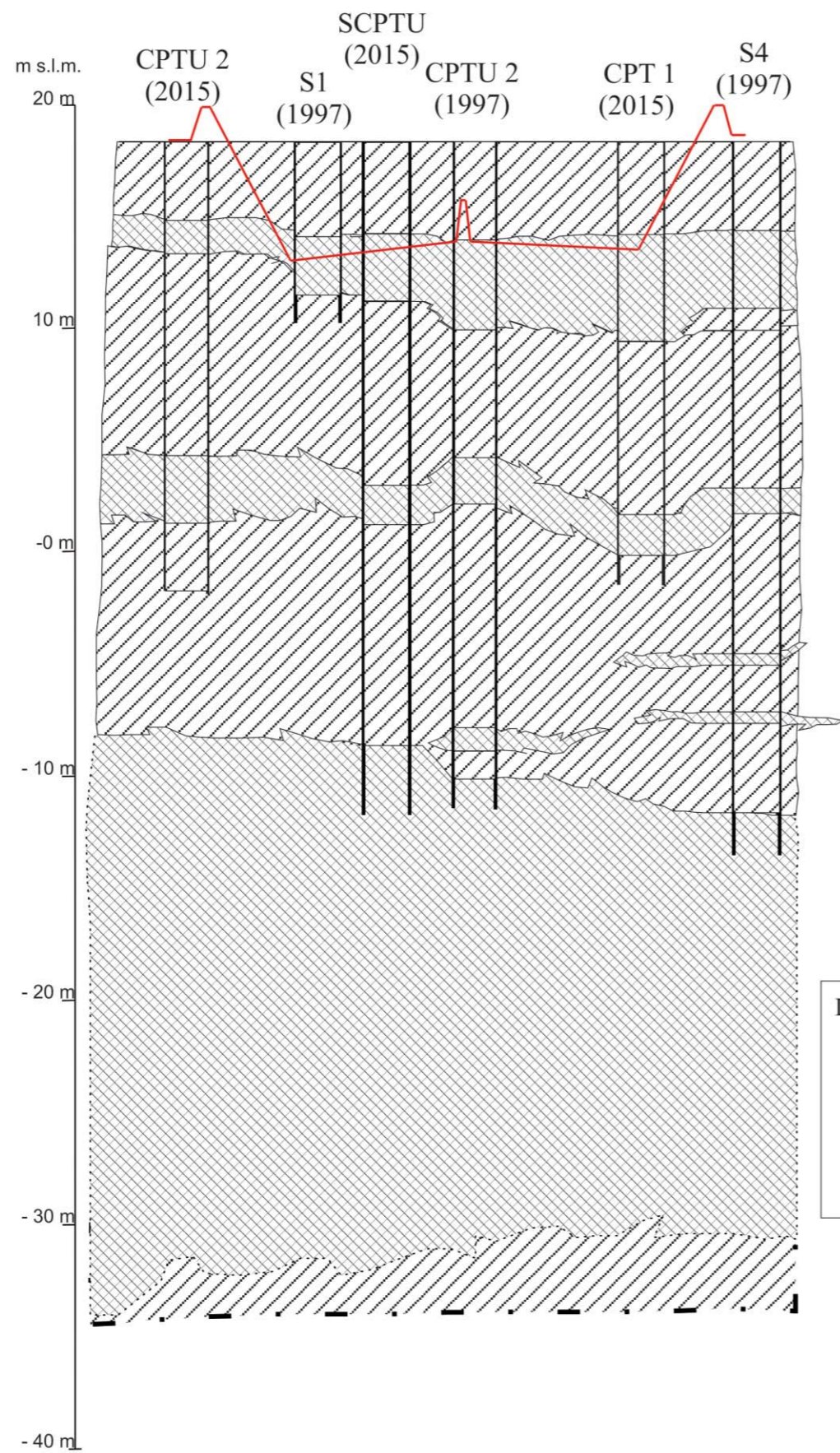


LEGENDA


-  LIVELLI ACQUITARDI (IMPERMEABILI)
-  LIVELLI ACQUIFERI (PERMEABILI)



SEZIONE B - B



LEGENDA

-  LIVELLI ACQUITARDI (IMPERMEABILI)
-  LIVELLI ACQUIFERI (PERMEABILI)



**Parametri e coefficienti
sismici**

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS** <http://www.geostru.com/geoapp>

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,848531 [°]

longitudine: 10,909733 [°]

Classe d'uso: III. Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	15170	44,856400	10,882180	2341,6
Sito 2	15171	44,857910	10,952610	3537,1
Sito 3	15393	44,807930	10,954720	5741,8
Sito 4	15392	44,806420	10,884320	5093,4

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente cu: 1,5

	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,048	2,527	0,262
Danno	63	75	0,061	2,485	0,275

(SLD)					
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,176	2,553	0,273
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,235	2,490	0,281

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,630	1,000	0,014	0,007	0,704	0,200
SLD	1,500	1,610	1,000	0,018	0,009	0,902	0,200
SLV	1,430	1,610	1,000	0,060	0,030	2,467	0,240
SLC	1,350	1,600	1,000	0,089	0,044	3,106	0,280

Geostru software - www.geostru.com

