

COMUNE DI MONTERIGGIONI

**PIANO ATTUATIVO DELL'AREA DI TRASFORMAZIONE URBANISTICA
TU20 IN LOCALITÀ SAN MARTINO (ART.31 NTA VARIANTE RU
VIGENTE CON APPROVAZIONE DEL C.C. N.32 DEL 9 MAGGIO 2018)**

**A5- RELAZIONE GEOLOGICA
A6- MODELLAZIONE SISMICA
A15 -MODELLAZIONE GEOTECNICA
ALLEGATI**

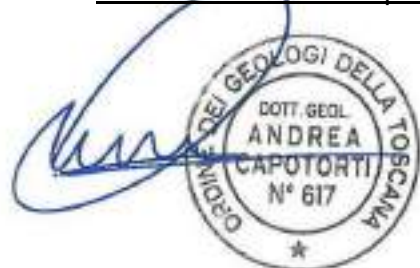
D. M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"

Richiedente:

**MASSINI & GORI SRL
VIA FRATELLI ALINARI N. 1
52025 MONTEVARCHI (AR)**

Siena, luglio 2023

GEOSOL s.r.l.
Dott. Geol. Andrea Capotorti



GEOSOL s.r.l.

Viale Europa 31
53100 Siena
Tel. 0577.44470
e-mail: studio@geosol.it
Partita IVA IT 00707530523
CCIAA Siena n. 85428
Isc. Trib. Siena n.6345 Vol.8133

numero archivio:
7330b

RELAZIONE GEOLOGICA (A5)

PREMESSA

I seguenti elaborati sono redatti al fine di accertare la natura e la consistenza dei terreni su cui è prevista la realizzazione delle opere comprese nel piano di lottizzazione dell'area di trasformazione TU20, ai sensi dell'Art.31 di cui alle NTA della Variante al RU vigente con approvazione del C.C. n.32 del 9 maggio 2018: l'area oggetto dei lavori è situata in località San Martino nel territorio comunale di Monteriggioni (si veda l'ubicazione nei sottostanti estratti).



Estratto carta tecnica regionale (scala 1:5.000).

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata effettuata secondo quanto previsto dalle seguenti normative:

- **PS, variante al PS e RU** del Comune di Monteriggioni;
 - ✓ **Legge Regionale 10 novembre 2014, n.65 e s.m.i.** – *Norme per il governo del territorio.*
 - ✓ **L.R. 24 luglio 2018, n.41** - *Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014.*
 - ✓ **D.P.G.R. 30 gennaio 2020, n.5/R** – *Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche.*
 - ✓ **D.P.G.R. 03 aprile 2020, n.4961** – *Approvazione modulistica ai sensi del comma 2 dell'art. 16 del DPGR 30.01.2020, n.5/R;*
- **Decreto Ministeriale 17.01.2018:** Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018);
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008 - Circolare del 2 febbraio 2009;
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale – Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007;
- **D.P.G.R. 9 gennaio 2011, n. 1/R** “Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico;
- **Allegato 1 – art.5 Regolamento 1R/2022** - Linee guida sulle tipologie e classi di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da allegare ai progetti da presentare ai sensi dell'art. 3 del Reg.1R/2022.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici il documento si attiene al D.G.R.T. n°431 del 19 giugno 2006 in attuazione al D.M. del 14 settembre 2005 e O.P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006 ed alla **Del. GRT n° 878 del 8/10/2012** (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n.136); in base a tale normativa tutto il territorio regionale viene considerato sismico e distinto in differenti zone sulla base del differente grado di pericolosità di base.

2. VINCOLISTICA

L'area in studio **non ricade** all'interno delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. n.3267 del 30/12/1923 e successive modifiche, come visibile dal seguente estratto della carta dei vincoli da Geoscopio della Regione Toscana.

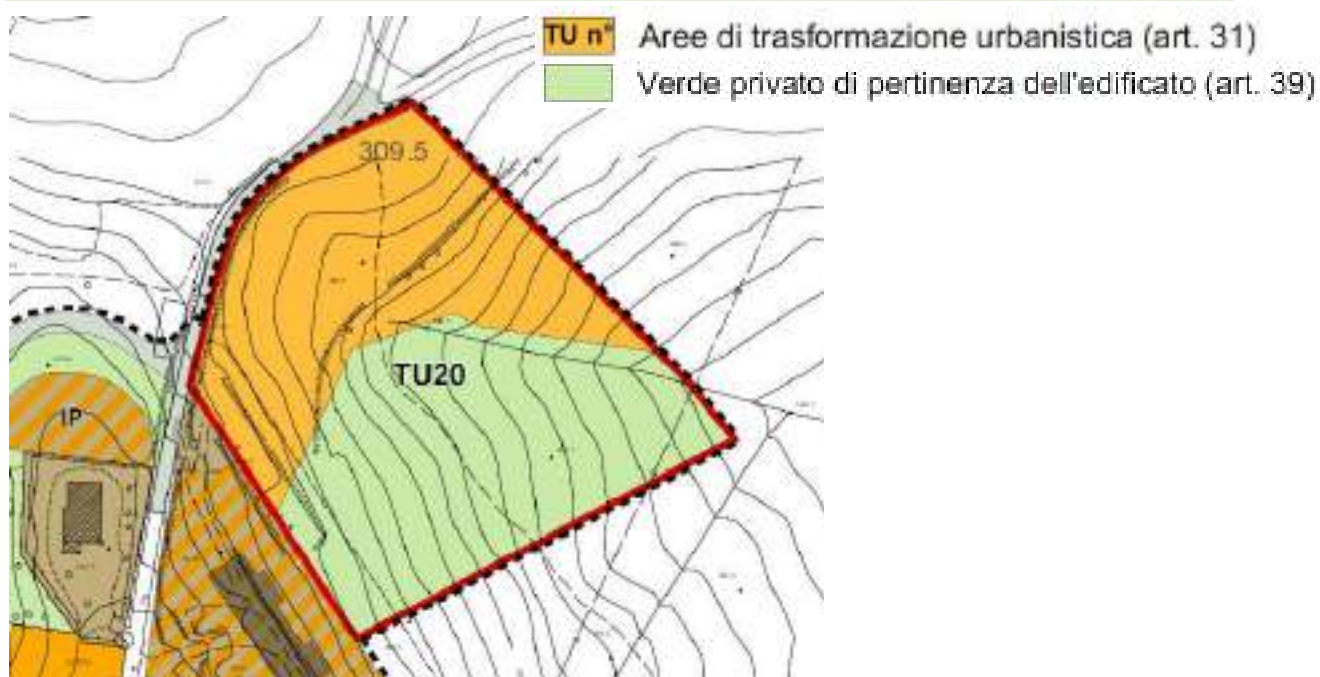


Estratto carta vincolo idrogeologico da GEOSCOPIO - Regione Toscana (non in scala).

3. INTERVENTO IN PROGETTO

L'intervento consiste nell'attuazione del piano di lottizzazione per l'area TU 20: si riporta qui di seguito quanto definito nelle NTA del RU vigente, relativamente all'area TU20 in oggetto.

Area TU 20 Località San Martino



DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE. L'area in oggetto si trova al margine nord della frazione di San Martino, in adiacenza ad un tessuto edilizio di recente formazione ed in posizione più valliva rispetto ad esso. Il terreno si presenta libero da piantumazioni e con una pendenza in direzione nordest inizialmente più accentuata e poi più lieve.

INVARIANTI. Mantenimento della percettibilità degli elementi caratterizzanti la maglia agraria (filari alberati esistenti, emergenze poderali esistenti).

OBIETTIVI. In coerenza con l'art. 55 di P.S. l'obiettivo è quello di prevedere una moderata espansione dell'edificato della frazione che consenta uno sviluppo abitativo funzionale al mantenimento dei servizi essenziali per una buona qualità della vita. L'intervento, a basso impatto paesaggistico, dovrà architettonicamente riconfigurare il fronte costruito esistente che risulta in contrasto con il resto della frazione.

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO ED INDICAZIONI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO. Edificazione periurbana: il comparto si pone in continuità con il PEEP di San Martino a cui la nuova edificazione dovrà relazionarsi. In tal senso la progettazione dovrà essere rispettosa degli allineamenti con il tessuto esistente il tracciato stradale.

STRUMENTO DI ATTUAZIONE. Intervento mediante Piano Attuativo, con le prescrizioni di cui all'elaborato di coerenza con il PTCP di Siena, secondo i contenuti richiamati dall'art. 13.14, comma 6, della disciplina del PTCP.

FUNZIONI. Quelle di cui all'art. 29 (Tessuti consolidati omogenei/eterogenei).

PARAMETRI URBANISTICI. Tipologia abitazioni in linea o a schiera; SUN 2.800 mq; SUL 3.220 mq, Vm mc 9.660, n° dei piani massimo 3 fuori terra oltre garage interrati.

PRESCRIZIONI PARTICOLARI. L'intervento, a carico dei lottizzanti, è subordinato alla progettazione di massima della strada a doppio senso di marcia di collegamento con Fornacelle e alla progettazione e realizzazione della strada a senso unico di circonvallazione delle scuole con collegamento a Via delle Nazioni Unite.

Il progetto prevede la realizzazione di nuovi fabbricati disposti secondo il piano di lottizzazione nell'appezzamento incolto a varie quote e su più livelli.

I fabbricati, destinati ciascuno a più unità abitative, avranno forma circa rettangolare in pianta: le nuove volumetrie saranno fuori terra e semi interrate e nei resedi dei fabbricati saranno realizzate aree a parcheggio ed aree a verde privato.

Ai fine della costruzione di quanto in progetto, sono previsti sbancamenti raggiungenti un'altezza massima di 7.00 m ed operazioni di riporto aventi altezza massima di 4.80 m.

○ CLASSE D'INDAGINE

L'intervento in progetto ricade nella seguente classe di indagine, in relazione alle tipologie e classi di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche definite dall'Allegato 1 delle Linee guida del Regolamento 1R/2022:

→ **Classe di indagine 4**, riferita ad opere di volume totale superiore a 6000 metri cubi o, in ogni caso, sempre per opere di volume, se l'altezza in gronda è superiore a venti metri. Nell'ambito di tale classe, sono effettuate le seguenti indagini:

a) per la determinazione dell'azione sismica, una campagna d'indagine sismica di superficie, ai sensi di quanto definito al paragrafo 2, punto 2, lettera b) e la realizzazione di una prova geofisica nel foro di sondaggio o, alternativamente, una prova penetrometrica statica con cono sismico (ad esempio SCPTU), per terreni scarsamente consistenti;

b) per la parametrizzazione del volume geotecnico significativo, ai sensi di quanto definito al paragrafo 2, punto 2, lettere a) e c), almeno 3 verticali di indagine di cui una è rappresentata da un sondaggio geognostico a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati su cui realizzare idonee prove sulle terre e sulle rocce presso laboratori compresi nell'elenco di cui al servizio tecnico centrale del Consiglio superiore dei lavori pubblici. Nel caso in cui la litologia non permetta di prelevare campioni indisturbati, sono eseguite almeno prove penetrometriche in foro di tipo SPT. In presenza di problematiche di versante sono altresì prodotte verifiche di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio. Sono da prevedere

anche misure piezometriche della falda. All'interno del foro di sondaggio, è eseguita una prova geofisica in foro per la caratterizzazione di almeno 30 metri di profondità o comunque di una profondità di indagine idonea a caratterizzare i terreni posti al di sopra del bedrock sismico se posto ad una profondità inferiore a m 30, o alternativamente, prova penetrometrica statica con cono sismico (ad esempio SCPTU), per terreni scarsamente consistenti, per la caratterizzazione di almeno 30 metri di profondità.

Per interventi ricadenti nella presente classe d'indagine, salvo che essi ricadano in comuni classificati in zona sismica 4, e per le aree classificate dallo strumento urbanistico in classe di pericolosità sismica medio-elevata (S3) per motivi connessi all'elevata amplificazione sismica, la valutazione dell'azione sismica è supportata da specifiche analisi di risposta sismica locale (ai sensi della normativa tecnica emanata in attuazione dell'articolo 83 del d.p.r.380/2001). In tali casi è necessaria una adeguata ricostruzione sismostratigrafica del sito per uno spessore compreso dal piano di posa delle fondazioni fino al substrato sismico. L'analisi di risposta sismica locale è effettuata in assetto monodimensionale o bidimensionale, a seconda dell'assetto sepolto e morfologico del sito, come meglio descritto dalla normativa tecnica di riferimento emanata in attuazione dell'articolo 83 del d.p.r.380/2001. In alternativa, tali analisi possono condurre, mediante confronto, ad una cautelativa identificazione dello spettro di categoria di sottosuolo, purché esso comprenda interamente lo spettro ricavato dall'analisi di risposta sismica locale, nell'ambito dei periodi di interesse della struttura. Modalità di realizzazione e rappresentazione delle analisi di risposta sismica locale sono consultabili nel documento "Indicazioni sulla realizzazione e rappresentazione delle analisi di risposta sismica locale per la progettazione in Regione Toscana" redatto dal Settore Sismica della Regione Toscana e reperibile sul portale WEB regionale dedicato. Per interventi che ricadono in comuni classificati in zona sismica 4 non è obbligatoria la realizzazione della prova geofisica in foro e può essere sufficiente una campagna d'indagine sismica di superficie ai sensi del punto 1.4 lett. a).

In relazione a tale classe d'indagine ed alle caratteristiche delle opere in progetto, in base a quanto definito dall'Allegato 1 delle Linee guida del Regolamento 1R/2022, in relazione all'interazione terreno-struttura e in base alla conoscenza geologica dell'area, si è ritenuto idoneo, per l'area in esame, usufruire delle indagini pregresse (sondaggi geognostici a carotaggio continuo indagine 2010, prove penetrometriche dinamiche DPSH indagine 2010, indagine sismica in foro down-hole indagine 2010) ed integrarle con ulteriori indagini geognostiche (prove penetrometriche dinamiche DPSH) e nuove indagini sismiche (indagine sisma rifrazione in onde P, MASW e tromometrie).

4. CLASSE D'USO E COEFFICIENTE D'USO

L'intervento in progetto ricade nella seguente classe d'uso definita dal Decreto Ministeriale 17.01.2018:

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

A ciascuna classe d'uso è affidato un valore del coefficiente d'uso C_u che varia in funzione della classe d'uso, in base alla tab. 2.4.II:

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 |

Pertanto all'intervento in progetto si assegna il seguente coefficiente d'uso C_u :

- **Coefficiente d'uso C_u** : 1,0.

5. TIPO DI COSTRUZIONE E PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

L'intervento in progetto ricade nel seguente tipo di costruzione definita dal Decreto Ministeriale 17.01.2018 Tab. 2.4.I:

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

| TIPI DI COSTRUZIONI | | Valori minimi di V_N (anni) |
|---------------------|---|-------------------------------|
| 1 | Costruzioni temporanee e provvisorie | 10 |
| 2 | Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari | 50 |
| 3 | Costruzioni con livelli di prestazioni elevati | 100 |

- **Tipo di costruzione 2**: Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari (Valore minimo di Vita Nominale $V_N=50$ anni).

Per valutare le azioni sismiche sulle costruzioni in relazione ad un periodo di riferimento V_R , per ciascun tipo di costruzione, si moltiplica la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_u :

$$\text{Periodo di riferimento per l'azione sismica } V_R = V_N \times C_u.$$

Pertanto, per l'intervento in progetto, si ottiene il seguente valore di V_R :

- **Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R** : 50 anni.

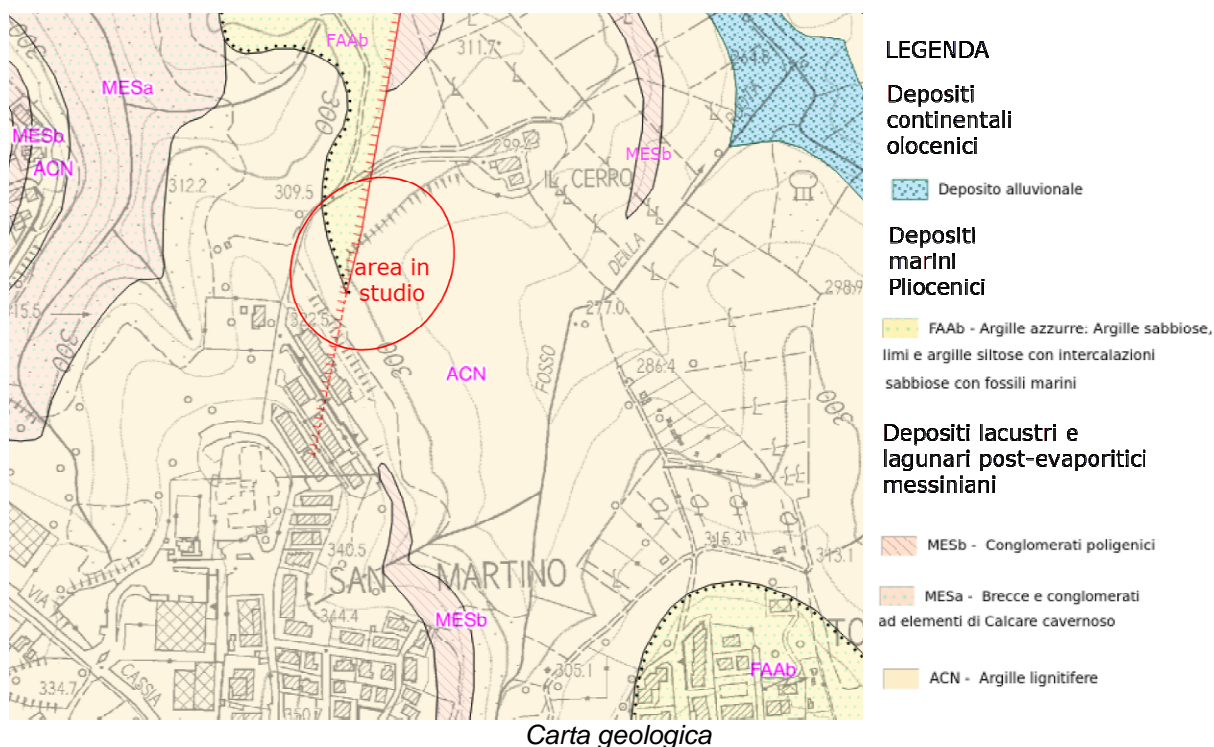
6. QUADRO SINOTTICO RIASSUNTIVO

Per l'intervento in progetto si riporta il seguente quadro sinottico riassuntivo:

| Classe di uso edificio e periodo di riferimento per azione sismica | |
|--|---------|
| Tipo di costruzione | 2 |
| Vita nominale V_N | 50 anni |
| Classe d'uso dell'edificio | II |
| Coefficiente d'uso C_u | 1,0 |
| Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R | 50 anni |

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Allo scopo di evidenziare le caratteristiche geologiche, è stato eseguito un rilevamento di dettaglio che ha interessato il sito in studio ed una zona circostante.



Come indicato nella precedente carta geologica, l'area in studio è interessata per lo più dai sedimenti appartenenti ai depositi lacustri e lagunari post-evaporitici messiniani che rappresentano la formazione delle Argille lignitifere (ACN) all'interno della quale si rinvencono lenti e livelli di altre formazioni sempre appartenenti allo stesso dominio (Conglomerati poligenici MESb e Breccie e conglomerati ad elementi di Calcare cavernoso MESa); inoltre, nella zona più a monte, si trovano i sedimenti marini pliocenici formati da argille sabbiose, limi e argille siltose (FAAb).

In successione geometrica, a partire dall'alto verso il basso, si incontrano le seguenti unità litostratigrafiche:

COMPLESSO NEOAUTOCTONO

Tale complesso è costituito da depositi marini del Pliocene inferiore che rappresentano il prodotto di una ripresa di sedimentazione dopo la fine dei movimenti traslativi che caratterizzarono l'ultima fase tettonogenetica (Fase Tortoniana) nel versante tirrenico dell'Appennino settentrionale e giacciono in discordanza sul Complesso delle formazioni di facies Toscana.

Ciclo Marino Pliocenico

Argille sabbiose, limi e argille siltose con intercalazioni sabbiose con fossili marini (FAAb)

La porzione basale dei depositi marini pliocenici è costituita da sedimenti più o meno fini in assetto stratificato o lentiforme come nel caso di facies più grossolane, che testimoniano la progressiva diminuzione della profondità marina. In tal senso si trova la Formazione delle argille sabbiose, limi e argille siltose con intercalazioni sabbiose, di colore variabile da nocciola a grigio, localmente fossilifere con malacofauna costituita da lamellibranchi, gasteropodi e ostreidi (età Pliocene inf.).

Ciclo Continentale Miocenico

I depositi appartenenti a questo ciclo stratigrafico, conosciuto come Lacustre Superiore, giacciono in netta discordanza angolare su quelli del ciclo sottostante e non sono interessati da alcun corrugamento. I sedimenti sono stati attribuiti al Messiniano superiore.

Conglomerati poligenici (MESb)

Si tratta di conglomerati e paraconglomerati fluvio-lacustri costituiti da elementi eterometrici, da subangolosi a subarrotondati, immersi in matrice argilloso-sabbiosa. La composizione litologica molto eterogenea è strettamente legata a quella delle formazioni affioranti in corrispondenza dei rilievi posti ai margini del bacino di sedimentazione (età Turoliano sup.).

Brecce e conglomerati ad elementi di Calcare cavernoso (MESa)

Nella precedente letteratura questa formazione faceva parte della “Breccia di Grotti”. Si tratta di un deposito dovuto ad un processo d'alterazione e rielaborazione della sottostante Formazione del Calcare Cavernoso. E' costituito da una breccia poco cementata formata da clasti a spigoli vivi e mal classati di calcare cavernoso e di dolomie tipo grezzone. Subordinatamente possono essere presenti ciottoli di anageniti e quarziti del Verrucano e, più raramente, elementi rocce verdi provenienti dalle Liguridi (Gabbro). La matrice, talvolta abbondante, è di natura sabbioso-limosa prevalentemente calcarea; sono presenti, intercalati alla breccia, tasche limo-argillose residuali. In essa sono comuni concrezioni calcaree, calcinelli, ecc. (età Miocene sup.).

Argille lignitifere (ACN)

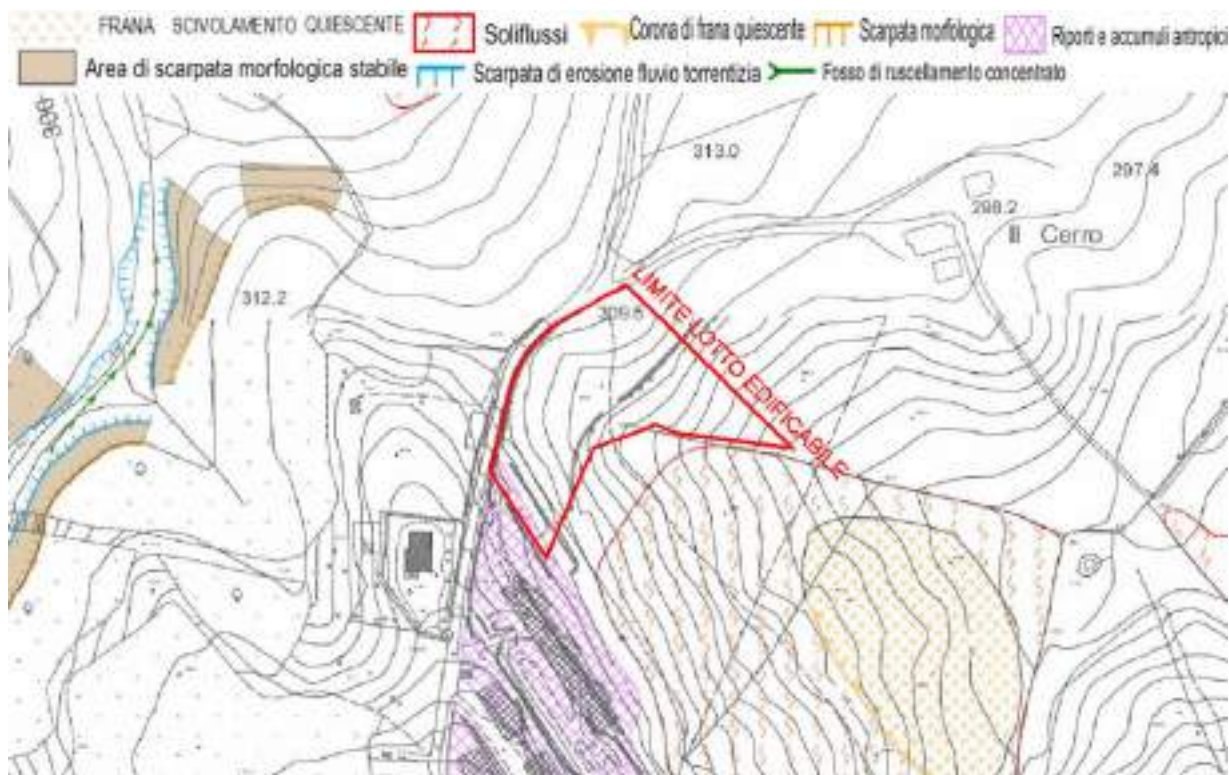
Nella precedente letteratura questa formazione faceva parte delle “Argille del Casino”. Si tratta di un sedimento di origine lacustre, costituito da argille grigie a cui si intercalano lenti o livelli marnosi suddivisi in lamine millimetriche. In questo sedimento argilloso marnoso sono contenuti banchi di lignite, in forma di lenti di lenti più o meno estese, di potenza normalmente non superiore ai 2 - 3 metri (età Miocene sup.).

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Dal punto di vista morfologico il sito di futura edificazione è posto a quote comprese tra 317 e 287 m s.l.m.: il profilo morfologico degrada dal crinale su cui si trova la viabilità che porta da San Martino a Podere Il Cerro, verso il Fosso della Ruota a sud est, con pendenze dell'ordine del 12-16%.

Le osservazioni di campagna effettuate nell'area in studio non hanno evidenziato tracce d'erosione anomala da parte delle acque superficiali: nell'area oggetto dei lavori non sono presenti movimenti gravitativi di versante in atto, quiescenti e/o paleofrane.

Più a sud dell'area di edificazione, nella porzione opposta del versante, la carta geomorfologica della variante al PS vigente, di cui se ne riporta un estratto qui di seguito, indica la presenza di soliflussi e di un'area in frana quiescente per scivolamento: si fa presente che le nuove volumetrie previste dal piano di lottizzazione non interesseranno tale zona.



Estratto carta geomorfologica (PS vigente).

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

L'idrologia dell'area non presenta problematiche degne di particolare rilievo: poiché la zona è situata in aperta campagna, le acque meteoriche sono raccolte ed allontanate tramite fossetti di regimazione idraulica superficiale verso valle senza generare forme d'erosione accentuate o zone di ristagno, negli impluvi minori confluenti nel Fosso della Ruota che scorre più a est.

Per quanto concerne le caratteristiche idrogeologiche i terreni presenti sono caratterizzati da permeabilità variabile da nulla a media in corrispondenza dei livelli aventi maggiore granulometria, pertanto influenzata sia dalla quantità di matrice limo-argillosa del deposito che dalla presenza di lenti conglomeratiche, ghiaiose e sabbiose.

L'assetto idrogeologico sopra descritto può favorire la circolazione idrica confinata dagli orizzonti a composizione argillosa, nei livelli più permeabili (sabbioso ghiaiosi e conglomeratici) con formazione di stillicidi sospesi e posti a quote diverse, generalmente poco produttivi e strettamente correlati alla continuità e spessore degli strati permeabili.

Durante la campagna geognostica sono stati installati nei fori delle penetrometrie, dei piezometri a tubo aperto nei quali è stata verificata l'eventuale presenza di acqua; inoltre, è presente il piezometro disposto in corrispondenza del sondaggio pregresso S3: i risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella.

| Piezometro | Quota livello acqua (m dal piano di campagna) |
|------------|---|
| | 17/05/2022 |
| DPSH1 | Non rilevata |
| DPSH2 | Non rilevata |
| DPSH3 | -9.90m |
| DPSH4 | Non rilevata |
| DPSH5 | Non rilevata |

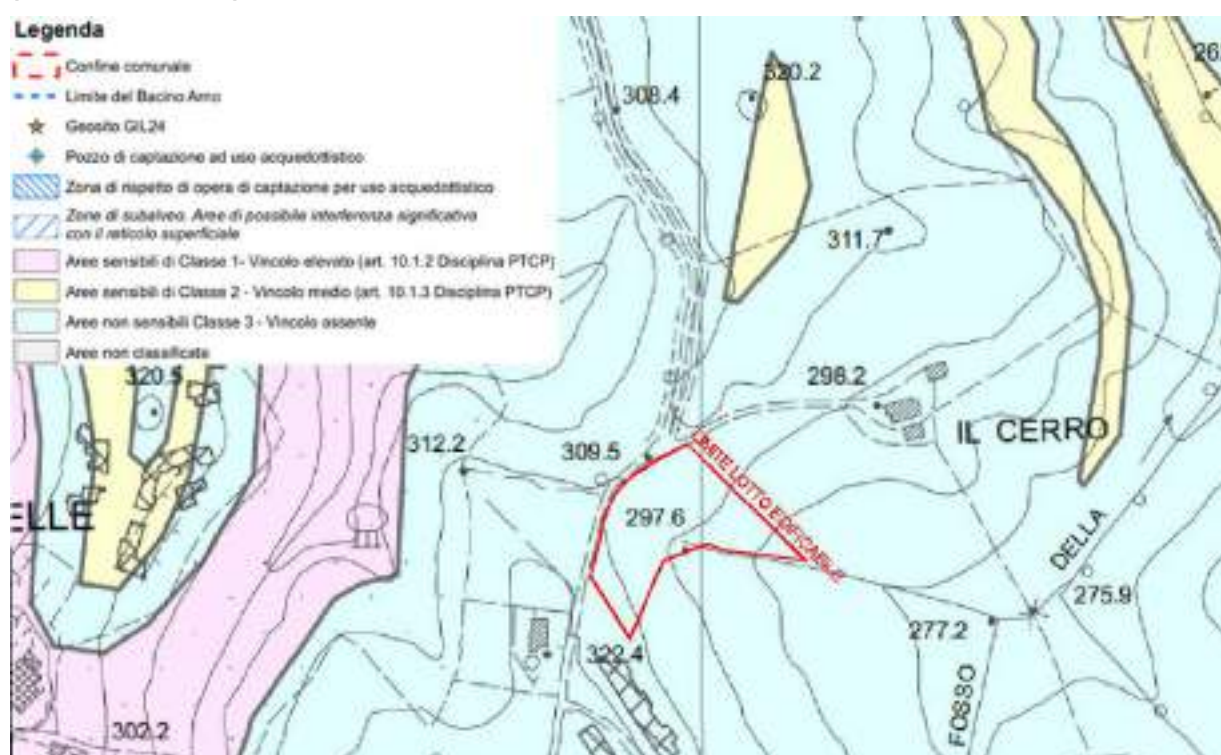
| Piezometro | Quota livello acqua (m dal piano di campagna) |
|------------|---|
| | 17/05/2022 |
| DPSH6 | -9.20m (fondo foro) |
| DPSH7 | Non rilevata |
| DPSH8 | Non rilevata |
| S3 | -9.00m |

1. COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA CON LE FALDE ACQUIFERE

Per quanto concerne la compatibilità idrogeologica dell'intervento previsto con le falde acquifere profonde, è stata valutata anche la compatibilità con gli strumenti urbanistici esistenti (Piano Strutturale e PTC 2010).

➤ PIANO STRUTTURALE

Si riporta qui di seguito l'estratto della carta delle aree sensibili del PS vigente, dalla quale si evince che l'area in studio **non è interessata da sensibilità di Classe 1 o 2 (nessun vincolo)**.



Estratto carta delle aree sensibili (variante PS).

➤ PTC 2010 APPROVATO CON D.C.P. N. 124 DEL 14/12/2011

Si riporta un estratto della Carta della Sensibilità degli acquiferi ST IG1, da cui si evince che l'area in studio **non rientra nelle aree a vincolo con Grado di Sensibilità 1 o 2 (nessun vincolo)**.



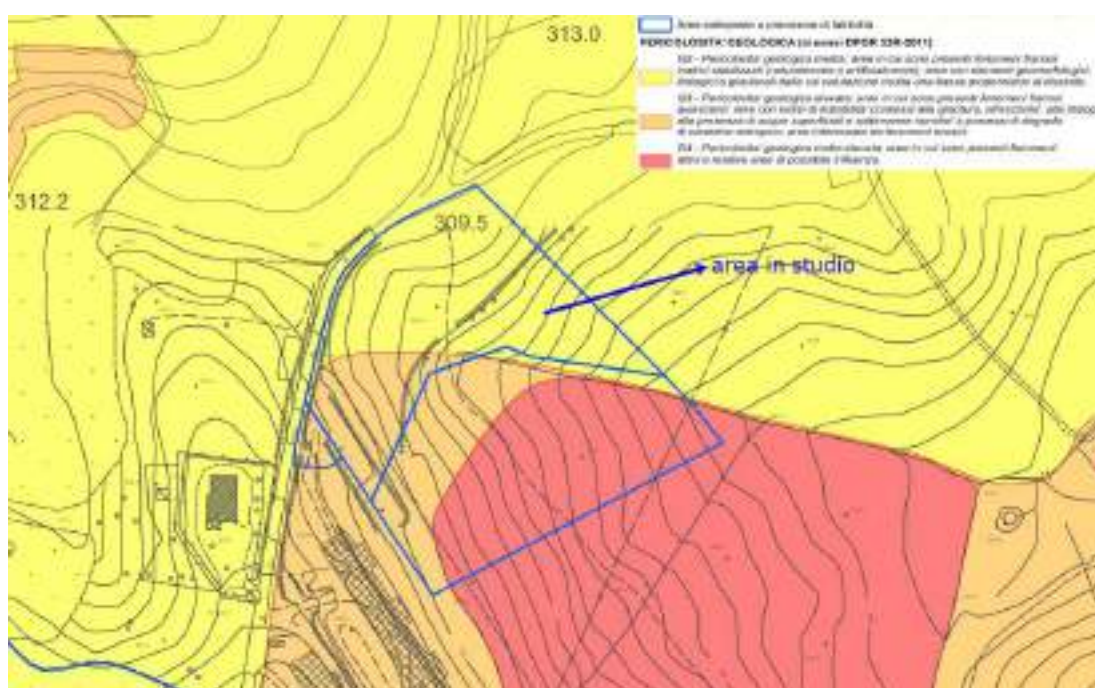
Estratto carta della sensibilità degli acquiferi del PTCP (non in scala).

Pertanto, si ritiene che la realizzazione delle opere in progetto, sia compatibile con quanto previsto dalle NTA comunali e con la disciplina del PTCP 2010.

CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITA' DELL'AREA E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

○ PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Si riporta qui di seguito l'estratto della carta della pericolosità geologica della variante al PS vigente.



Carta della pericolosità geologica (estratto variante PS vigente)

Dalla cartografia si evince che l'area in cui verranno realizzate gli edifici è interessata dalle seguenti classi di pericolosità geologica:

• CLASSE G.2 - PERICOLOSITÀ GEOLOGICA MEDIA

Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati naturalmente o artificialmente; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.

• CLASSE G.3 - PERICOLOSITÀ GEOLOGICA ELEVATA

Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.

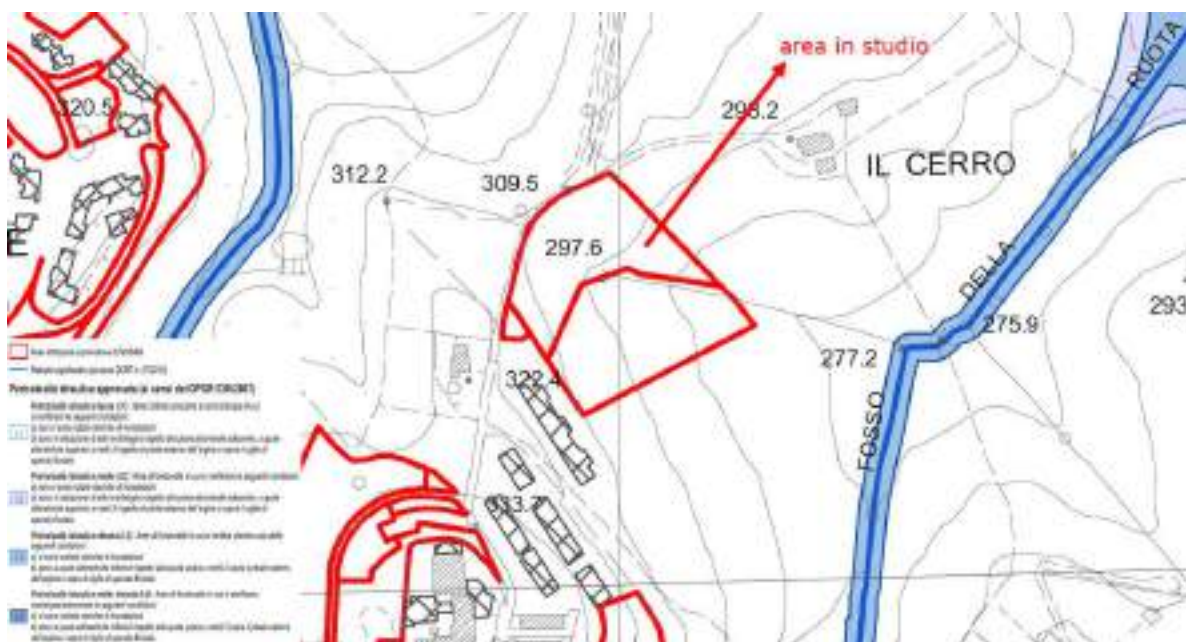
○ PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Si riporta qui di seguito l'estratto della carta della pericolosità idraulica della variante al PS vigente, dalla quale si evince che l'area in studio è interessata dalla seguente classe di pericolosità:

• CLASSE I.1 - PERICOLOSITÀ IDRAULICA BASSA

Aree collinari prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;
- b) sono in situazioni favorevole di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a 2.00 m rispetto il piede esterno dell'argine o del ciglio di sponda del corso d'acqua più vicino.



Carta della pericolosità idraulica (estratto variante PS vigente)

○ PERICOLOSITÀ SISMICA

Si riporta qui di seguito un estratto della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica della variante al PS vigente, dalla quale si evince che nella zona oggetto dei lavori è presente una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (zona 7) e una zona suscettibile di instabilità per cedimenti differenziali:



- Si riporta qui di seguito l'estratto della carta della pericolosità sismica della variante al PS vigente, dalla quale si evince che l'area in studio è interessata dalla seguente classe di pericolosità:

Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.



○ PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA AI SENSI DEI PIANI DI BACINO PAI

Si riporta la valutazione sulla compatibilità di quanto in progetto con le indicazioni del Piano per l'Assetto Idrogeologico: si allega l'estratto della carta della pericolosità per dissesti geomorfologici ai sensi del PAI redatto dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale – Bacino Fiume Arno, dalla quale si evince che nella zona oggetto dei lavori non sono presenti le classi di pericolosità geomorfologica P2, P3a, P3b e P4.



Estratto carta della pericolosità geomorfologica del PAI

○ PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

Nella zona in studio, per l'analisi del rischio e la pericolosità idraulica, è vigente Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) ai sensi della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni, recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49.

Le aree con pericolosità da alluvione fluviale sono rappresentate su tre classi (art.6 della disciplina di piano del PGRA):

- pericolosità da alluvione elevata (P3): corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni;
- pericolosità da alluvione media (P2): corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;
- pericolosità da alluvione bassa (P1): corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

Dalla sottostante carta (da geoscopio Regione Toscana, direttiva alluvioni), si evidenzia che l'area in studio non è interessata da pericolosità da alluvione P1, P2 o P3.



Estratto della pericolosità da frana ai sensi del PAI Arno

○ FATTIBILITÀ

In relazione alle classi di pericolosità geologica, idraulica e sismica degli strumenti urbanistici, per l'area di lottizzazione TU20, è stata prodotta la carta della fattibilità in cui sono state assegnate le seguenti classi di fattibilità (si veda seguente estratto):

- *fattibilità geologica: FG3 fattibilità geologica condizionata; FG1 fattibilità geologica senza particolari limitazioni;*
- *fattibilità idraulica: FI1 fattibilità idraulica senza particolari limitazioni;*
- *fattibilità sismica: FS3 fattibilità sismica condizionata; FS1 fattibilità sismica senza particolari limitazioni.*

Area TU 20 Località San Martino

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO. Edificazione in area di frangia.

STRUMENTO DI ATTUAZIONE. Intervento diretto.

FUNZIONI. Quelle di cui all'art. 29 delle NTA.

PARAMETRI URBANISTICI. Tipologia abitazioni in linea o a schiera, SUN mq 2800 Vm mc 9660, n° dei piani massimo 3 fuori terra oltre garage interrati.

CONDIZIONI DI PERICOLOSITA'. Pericolosità geologica G.2/G.3, pericolosità idraulica I.1, pericolosità sismica S.3.

PERIMETRAZIONI PAI ARNO. Nessuna.

TUTELA ACQUIFERI. Non sensibile.

FATTIBILITA'. Fattibilità geologica FG3, fattibilità idraulica FI1, fattibilità sismica FS3.

PRESCRIZIONI: Nell'area è presente una scarpata di origine antropica, e poco a valle, fuori dall'area edificatoria, sono individuati fenomeni di soliflusso; sono prescritte indagini geognostiche dirette a livello di area complessiva, si dovrà valutare la stabilità del versante, sulla scorta di dati provenienti da indagini geotecniche di laboratorio. Le indagini geofisiche dovranno definire spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra coperture e bedrock sismico.

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO. VPR destinazione a Verde privato.

CONDIZIONI DI PERICOLOSITA'. Pericolosità geologica G.4, pericolosità idraulica I.1, pericolosità sismica S.3.

PERIMETRAZIONI PAI ARNO. PF3.

TUTELA ACQUIFERI. Non sensibile.

FATTIBILITA': Fattibilità geologica FG1, fattibilità idraulica FI1, fattibilità sismica FS1.

PRESCRIZIONI: Gli interventi sono ammessi senza particolari limitazioni, ma le acque superficiali dovranno essere regimate e canalizzate entro il reticolo naturale presente nel versante.



Carta della fattibilità RU vigente

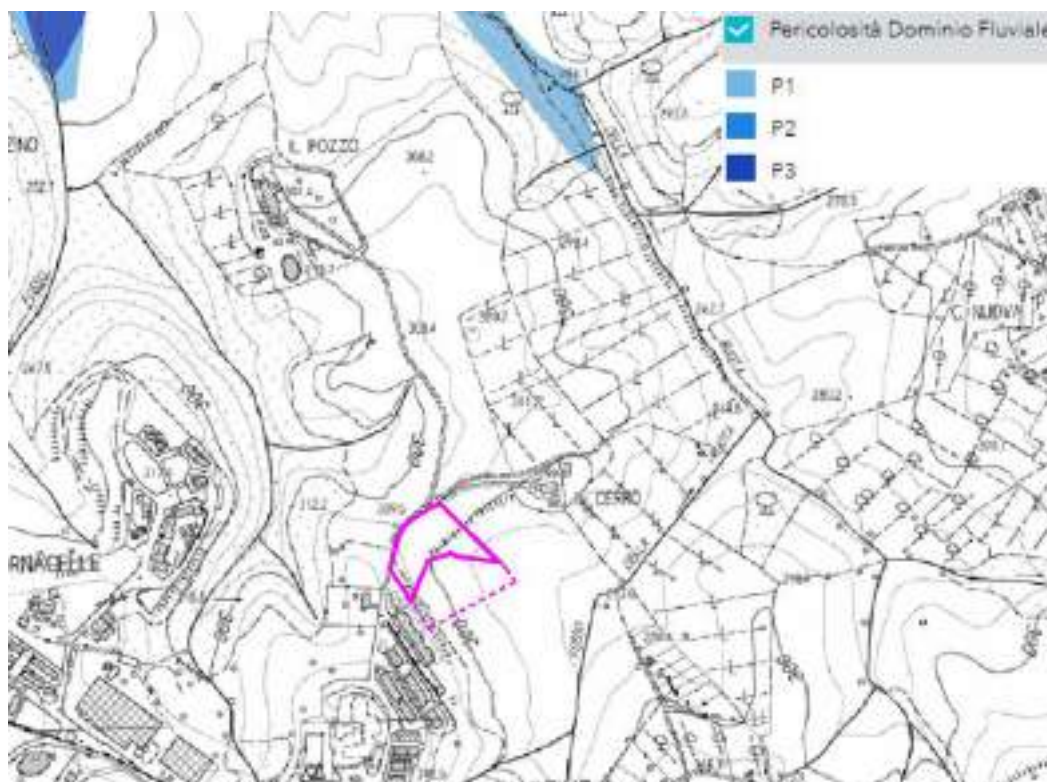
VERIFICA DELLA COERENZA DELLE NUOVE PREVISIONI URBANISTICHE CON I PIANI DI BACINO

Si riporta qui di seguito la verifica della coerenza delle nuove previsioni urbanistiche con i Piani di Bacino per la Tutela Idraulica, Geomorfologica e Tutela delle Acque in particolare per la classificazione del comparto TU20 in area a pericolosità da frana media PF2 del PAI.

○ PIANI DI BACINO PER LA TUTELA IDRAULICA

→ Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) previsto dalla direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. 'Direttiva Alluvioni')

L'area in oggetto non ricade tra le aree a pericolosità da alluvione (si veda il seguente estratto, verificato al link: https://www.appenninosettentrionale.it/itc/?page_id=5262).



Estratto cartografia PGRA – Pericolosità Dominio Fluviale

- Piano Stralcio per la riduzione del Rischio Idraulico del fiume Arno, approvato con D.P.C.M. 5 novembre 1999 (G.U. n. 226 del 22 dicembre 1999), per l'individuazione delle strategie di intervento per la mitigazione del rischio sull'asta dell'Arno e principali affluenti

Lo stralcio "Riduzione del Rischio Idraulico" dell'Appennino settentrionale, è lo strumento del Piano di Bacino per la valutazione del rischio alluvionale sull'asta dell'Arno e dei principali affluenti, e per la individuazione delle strategie di intervento per la sua mitigazione: nella fattispecie, nell'area in studio non sono presenti interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico del Bacino dell'Arno e pertanto si omette la cartografia.

○ **PIANI DI BACINO PER LA TUTELA GEOMORFOLOGICA**

- Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Arno, approvato con DPCM 6 maggio 2005 (GU n. 230 del 3/10/2005)

È lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione e alla difesa del suolo da rischi geomorfologici; con deliberazione della Conferenza Istituzionale Permanente n. 20 del 20 dicembre 2019 è stato adottato il "Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" (Progetto "PAI Dissesti geomorfologici").

Si è proceduto a consultare i suddetti piani di bacino relativamente all'area in studio, al fine di verificarne la compatibilità con le condizioni di pericolosità del suddetto piano, per l'area in esame:

- http://www.appenninosettentrionale.it/itc/?page_id=5734 (Progetto PAI Dissesti)
- https://www.appenninosettentrionale.it/itc/?page_id=3487 (PAI Arno)

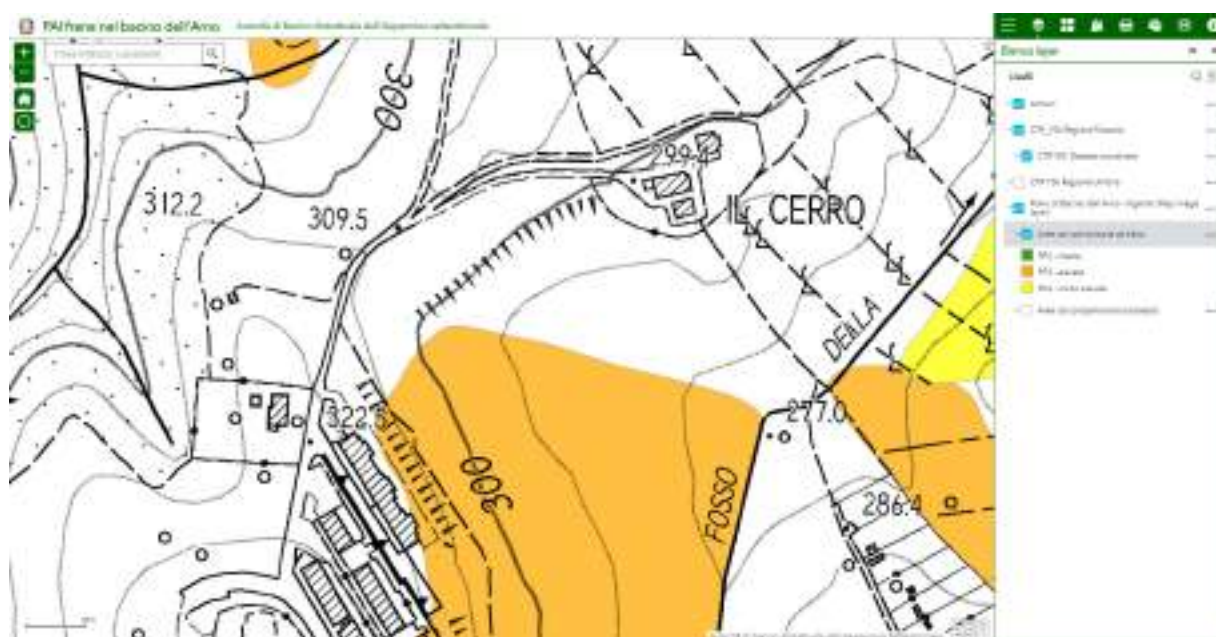
- <https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=72f02517284e4c5ba2f8a5310eff44e1> (consultazione mappe pericolosità geomorfologiche)

Come si evince dal seguente estratto della banca dati geomorfologici del PAI, è presente a valle dell'area di edificazione dei fabbricati, un'area classificata FD2 (area potenzialmente instabile per deformazioni superficiali) all'interno della quale, tuttavia, non ricadono le opere previste.



Estratto cartografia "Progetto PAI Dissesti Geomorfologici" – Banca dati geomorfologica

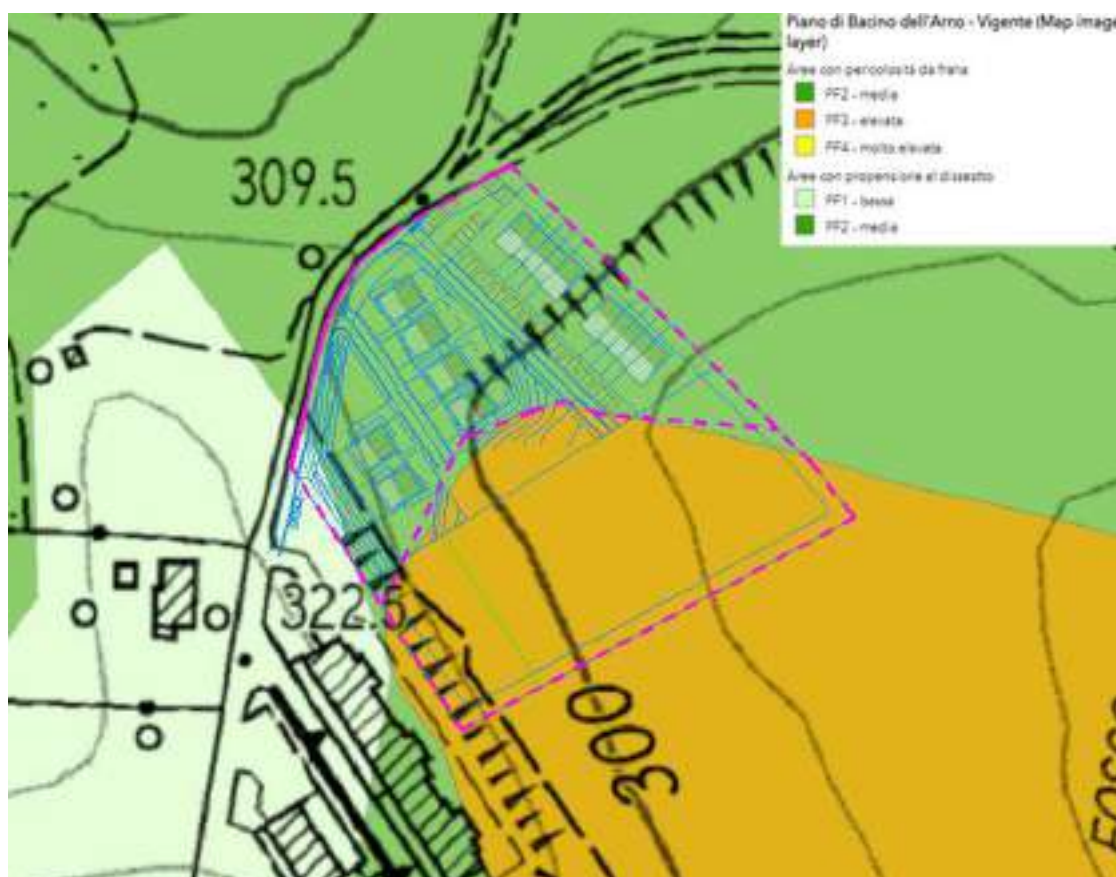
Dalla cartografia sopra riportata, ne derivano le classificazioni di pericolosità dell'Autorità di Bacino Settentrionale qui di seguito riportate.



Estratto cartografia "Progetto PAI Dissesti Geomorfologici" – Aree con pericolosità da frana



Estratto cartografia "Progetto PAI Dissesti Geomorfologici" – Aree con propensione al dissesto



Estratto cartografia "Progetto PAI Dissesti Geomorfologici"

Come si evince dalla cartografia di progetto PAI Dissesti Geomorfologici, gli interventi previsti dal Piano Attuativo ricadono all'interno delle seguenti classi:

- Classe PF1 propensione al dissesto bassa: rientra in questa classe di pericolosità una piccolissima porzione ad ovest delle opere in progetto, costituite da sistemazioni esterne;
- Classe PF2 pericolosità da frana media: rientrano in questa classe di pericolosità tutti gli edifici in progetto e la maggior parte delle sistemazioni esterne;

- Classe PF3 pericolosità da frana elevata: rientra in questa classe di pericolosità una piccola porzione finale delle sistemazioni esterne più a sud.

Le suddette aree a pericolosità per frana PF1, PF2 e PF3, sono normate dagli articoli delle NTA della disciplina del PAI:

- **Art. 11. Aree a pericolosità elevata da processi geomorfologici di versante e da frana**

Nelle aree P.F.3 sono consentiti, oltre agli interventi di cui all'articolo precedente e con le modalità ivi previste, gli ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile senza che si costituiscano nuove unità immobiliari, nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, purché corredati da un adeguato studio geotecnico da cui risulti la compatibilità con le condizioni di pericolosità che gravano sull'area.

I nuovi interventi, gli interventi di ristrutturazione urbanistica nonché gli interventi di ristrutturazione edilizia diversi da quelli di cui all'art. 10 sono consentiti a condizione che siano preventivamente realizzate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con superamento delle condizioni di instabilità, relative al sito interessato dal nuovo intervento, previo parere favorevole dell'Autorità di bacino sulla compatibilità di tali opere rispetto alle previsioni generali di sistemazione dell'area. Nel caso di frane quiescenti, qualora le opere di consolidamento e messa in sicurezza siano elemento strutturale sostanziale della nuova edificazione, è ammessa la contestualità.

- **Art. 12. Aree a pericolosità media e moderata da processi geomorfologici di versante e da frana**

Nelle aree P.F. 2 è consentita ogni tipologia di intervento prevista dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.

Nelle aree P.F.2 e P.F.1 si persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n. 225 di programmi di previsione e prevenzione.

Pertanto, in relazione alle tipologie delle opere in progetto ed ai precedenti articoli delle NTA del PAI, è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- In pericolosità PF1 e PF2 ricadono tutte le nuove volumetrie, le sistemazioni esterne dei fabbricati, i parcheggi, la viabilità di accesso e la parte più consistente delle opere a verde. I suddetti interventi, risultano compatibili con le prescrizioni di cui all'art. 12 della disciplina del PAI. Le opere così come progettate, garantiscono le condizioni di stabilità del versante e non determinano aggravii dei processi morfologici nell'area oggetto dei lavori (si vedano le verifiche di stabilità allegate).

Al fine di garantire la stabilità delle nuove volumetrie da realizzare, sono state inserite delle fondazioni profonde su pali in c.a. per gli edifici (diametro di almeno $D=0.60/0.80$ m e lunghezza di 14/16 m) e fondazioni profonde per le opere di sostegno di altezza maggiore (pali con diametro $D = 0.60/0.80$ e lunghezza stimata 14/16 m a partire dalla base del muro di sostegno): tali fondazioni profonde dovranno garantire il raggiungimento delle unità B o C maggiormente consistenti indicate nel modello geotecnico.

- All'interno dell'area a pericolosità PF3 ricade una piccola porzione di valle delle opere di sistemazione a verde. Si ritiene che le suddette opere siano congruenti con l'art.11 della disciplina del PAI, in quanto trattasi di interventi non qualificabili come nuova edificazione di volumi; inoltre, alla luce anche delle verifiche di stabilità effettuate, si ritiene che tali interventi costituiscano una sistemazione morfologica del versante a tutela delle condizioni di sicurezza (si vedano i risultati delle analisi di stabilità riportati di seguito).

○ **PIANI DI BACINO PER LA TUTELA DELLE ACQUE**

Per l'area in esame il Piano di Gestione delle Acque individua la presenza di:

- Corpo idrico superficiale "TORRENTE STAGGIA MONTE", classificato in stato ecologico SCARSO (con obiettivo del raggiungimento dello stato buono al 2027) ed in stato chimico BUONO (con obiettivo del mantenimento dello stato buono);
- Corpo idrico sotterraneo "CORPO IDRICO CARBONATICO DELLA MONTAGNOLA SENESE E PIANA DI ROSIA", classificato in stato quantitativo BUONO (con obiettivo del mantenimento dello stato buono) e stato chimico BUONO (con obiettivo del mantenimento dello stato buono).

Con riferimento al Piano di Bilancio Idrico del bacino del Fiume Arno si segnala che sull'area in esame è presente:

- Interbacino a deficit idrico superficiale elevato "C3" (ai sensi dell'art. 22 delle norme di PBI).

In relazione a ciò si fa presente che le nuove edificazioni saranno interessate da adeguate opere fognarie, con allaccio alla fognatura pubblica esistente, in modo tale da non determinare impatti negativi su corpi idrici superficiali o sotterranei; inoltre, non è previsto lo sfruttamento di risorsa idrica sotterranea.

INDAGINE GEOGNOSTICA

L'area di lottizzazione è stata oggetto di una campagna geognostica nel 2010, durante la quale furono realizzati n. 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, durante i quali furono realizzate prove SPT in foro e prelevati campioni di terreno successivamente interessati da analisi di laboratorio; nello stesso anno furono realizzate anche n. 8 prove penetrometriche dinamiche DPSH.

In maggio 2022, in relazione al nuovo posizionamento delle volumetrie edificatorie, la campagna geognostica esistente è stata implementata attraverso l'esecuzione di ulteriori n. 8 prove penetrometriche dinamiche DPSH (si veda tavola 1 allegata).

1. SONDAGGI GEOGNOSTICI

Si riportano qui di seguito le stratigrafie dei sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

Sondaggio N°1 (306.85 m s.l.m.)

| Profondità in metri | | Descrizione litologia |
|--|-------|--|
| 0.00 | 0.20 | <i>Terreno vegetale</i> |
| 0.20 | 0.40 | <i>Sabbie cementate</i> |
| 0.40 | 7.50 | <i>Limi argillosi con livelli cementati</i> |
| 7.50 | 11.50 | <i>Limi sabbiosi argillosi</i> |
| 11.50 | 13.40 | <i>Limi argillosi</i> |
| 13.40 | 14.10 | <i>Ghiaia eterometrica in matrice limosa</i> |
| 14.10 | 15.00 | <i>Limi argillosi sabbiosi</i> |
| <i>Attrezzato sondaggio con piezometro</i> | | |

Sondaggio N°2 (306.85 m s.l.m.)

| Profondità in metri | | Descrizione litologia |
|---------------------|------|-------------------------------------|
| 0.00 | 0.20 | <i>Terreno vegetale</i> |
| 0.20 | 1.85 | <i>Argilla limosa</i> |
| 1.85 | 5.00 | <i>Limi argillosi consistenti</i> |
| 5.00 | 5.90 | <i>Argilla limosa</i> |
| 5.90 | 7.10 | <i>Sabbia con livelli argillosi</i> |

| | | |
|-------------------------------------|-------|---------------------------------------|
| 7.10 | 8.45 | Ghiaia eterometrica in matrice limosa |
| 8.45 | 12.20 | Argilla limosa consistente |
| 12.20 | 13.75 | Limi sabbiosi |
| 13.75 | 15.00 | Ghiaia eterometrica in matrice limosa |
| Attrezzato sondaggio con piezometro | | |

Sondaggio N°3 (304.00 m s.l.m.)

| Profondità in metri | | Descrizione litologia |
|-------------------------------------|-------|---------------------------------------|
| 0.00 | 0.45 | Terreno vegetale |
| 0.45 | 4.00 | Limo sabbioso argilloso cementato |
| 4.00 | 6.15 | Limo argilloso compatto |
| 6.15 | 7.90 | Limo sabbioso cementato |
| 7.90 | 8.00 | Marna calcarea |
| 8.00 | 9.30 | Ghiaia eterometrica in matrice limosa |
| 9.30 | 10.90 | Limo sabbioso argilloso cementato |
| 10.90 | 15.00 | Limo argilloso |
| Attrezzato sondaggio con piezometro | | |

Sondaggio N°4 (299.80 m s.l.m.)

| Profondità in metri | | Descrizione litologia |
|--|-------|---|
| 0.00 | 0.30 | Terreno vegetale |
| 0.30 | 2.10 | Limo sabbioso argilloso litificato |
| 2.10 | 4.00 | Limo argilloso marnoso compatto |
| 4.00 | 6.35 | Ghiaia eterometrica in matrice limosa |
| 6.35 | 12.00 | Limo argilloso marnoso compatto |
| 12.00 | 13.75 | Marna argillosa variegata |
| 13.75 | 14.90 | Limo argilloso |
| 14.90 | 17.50 | Ghiaia e breccia eterometrica |
| 17.50 | 22.60 | Alternanze di ghiaia, breccia e sabbia limosa addensata |
| 22.60 | 24.50 | Argilla litificata |
| 24.50 | 27.00 | Sabbia cementata |
| 27.00 | 28.40 | Argilla litificata con inclusioni sabbiose |
| 28.40 | 29.40 | Sabbia con elementi calcarei |
| 29.40 | 30.00 | Breccia e ghiaia eterometrica |
| Attrezzato sondaggio con tubazione per Down-Hole | | |

I sondaggi geognostici effettuati hanno evidenziato la presenza di limi argillosi e limi sabbiosi aventi spessori metrici, alternati a livelli di sabbia, ghiaia e breccia aventi spessori decimetrici: in particolare, il sondaggio S1 ha individuato un livello di ghiaia eterometrica a 13.40/14.10 m, il sondaggio S2 n.2 livelli di ghiaia eterometrica a 7.10/8.45 m e 13.75/15.00 m, il sondaggio S3 un livello di ghiaia eterometrica a 8.00/9.30 m ed il sondaggio S4 n.3 livelli di ghiaia e breccia a 4.00/6.35 m, 14.90/22.60 m e 29.40/30.00 m.

2. STANDARD PENETRATION TEST

Nel corso della campagna geognostica, sono state eseguite n°4 Standard Penetration Test nella tabella sottostante è riportato il risultato delle suddette prove e la validazione delle stesse:

Validazione $0 < (N1/N3) < (N2/N3) < 1$

| Sondaggio | Profondità m | N1 | N2 | N3 | N _{SPT} | N1/N3 | N2/N3 | Validità |
|-----------|--------------|----|----|----|------------------|-------|-------|----------|
| <u>S1</u> | 4,00 | 11 | 18 | 20 | 38 | 0,55 | 0,90 | valido |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------|----|----|----|----|------|------|--------|
| | 8,00 | 16 | 20 | 23 | 43 | 0,70 | 0,87 | valido |
| | 13,00 | 14 | 17 | 21 | 38 | 0,67 | 0,81 | valido |
| <u>S2</u> | 5,50 | 14 | 19 | 30 | 49 | 0,47 | 0,63 | valido |
| | 10,50 | 12 | 16 | 24 | 40 | 0,50 | 0,67 | valido |
| | 15,00 | 9 | 15 | 28 | 43 | 0,32 | 0,54 | valido |
| <u>S3</u> | 5,50 | 12 | 15 | 22 | 37 | 0,55 | 0,68 | valido |
| | 10,50 | 15 | 21 | 24 | 45 | 0,63 | 0,88 | valido |
| | 14,50 | 13 | 19 | 25 | 44 | 0,52 | 0,76 | valido |
| <u>S4</u> | 10,30 | 14 | 19 | 27 | 46 | 0,52 | 0,70 | valido |
| | 18,00 | 19 | 25 | 34 | 59 | 0,56 | 0,74 | valido |
| | 25,40 | 23 | 28 | 34 | 62 | 0,68 | 0,82 | valido |

○ CORREZIONE VALORE DI NSPT

I valori di resistenza alla penetrazione ricavati dalla prova SPT in situ verranno normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e delle caratteristiche granulometriche generali dei terreni secondo la seguente correlazione:

$$N'(60) = N_{SPT} \times (Err/60) \times Cr \times Cd \times Cn$$

- Err/60 = rendimento energetico di riferimento = 60% = 1.08
- Cr = coefficiente dipendente dalla lunghezza della batteria delle aste

| n (m) | Cr |
|-------|------|
| 3-4 | 0.75 |
| 4-6 | 0.85 |
| 6-10 | 0.95 |
| >10 | 1 |

- Cd = coefficiente dipendente dal diametro del foro di sondaggio

| Fi (m) | Cd |
|--------|------|
| 65-115 | 1 |
| 150 | 1.05 |
| 200 | 1.15 |

- Cn = coefficiente dipendente dalla pressione litostatica (Jamiolkowski 1985)

$$Cn = [P_{ef} \text{ (kg/cm}^2\text{)}]^{-0.56}$$

La pressione efficace è data dalla seguente formula:

$$P_{ef} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = [\gamma \text{ (t/mc)} h \text{ (m)}] \times 0.1$$

γ = peso di volume e h = profondità dal p.c.

Per i valori ottenuti nel corso dei sondaggi geognostici, considerando che il diametro della perforazione dei sondaggio è pari a 115 mm, si ottengono i seguenti valori N60:

| | | N _{SPT} | Profondità | peso volume γ t/m ³ | pressione Kg/cm ² | cn | Err/60 | cr | cd | N ₆₀ |
|-----------|--------|------------------|------------|--|---------------------------------|------|--------|------|----|-----------------|
| S1 | A | 38 | 4,00 | 2,10 | 0,8 | 1,10 | 1,08 | 0,75 | 1 | 34 |
| | A | 43 | 8,00 | 2,10 | 1,7 | 0,75 | 1,08 | 0,95 | 1 | 33 |
| | B | 38 | 13,00 | 2,10 | 2,7 | 0,57 | 1,08 | 1 | 1 | 23 |
| S2 | A | 49 | 5,50 | 2,10 | 1,2 | 0,92 | 1,08 | 0,85 | 1 | 41 |
| | A | 40 | 10,50 | 2,10 | 2,2 | 0,64 | 1,08 | 1 | 1 | 28 |
| | ghiaia | 43 | 15,00 | 2,10 | 3,2 | 0,53 | 1,08 | 1 | 1 | 24 |
| S3 | A | 37 | 5,50 | 2,10 | 1,2 | 0,92 | 1,08 | 0,85 | 1 | 31 |
| | B | 45 | 10,50 | 2,10 | 2,2 | 0,64 | 1,08 | 1 | 1 | 31 |
| | B | 44 | 14,50 | 2,10 | 3,0 | 0,54 | 1,08 | 1 | 1 | 25 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|-----------|-------|------|-----|------|------|---|---|-----------|
| S4 | B | 46 | 10,30 | 2,10 | 2,2 | 0,65 | 1,08 | 1 | 1 | 32 |
| | C | 59 | 18,00 | 2,10 | 3,8 | 0,47 | 1,08 | 1 | 1 | 30 |
| | C | 62 | 25,40 | 2,10 | 5,3 | 0,39 | 1,08 | 1 | 1 | 26 |

3. ANALISI DI LABORATORIO

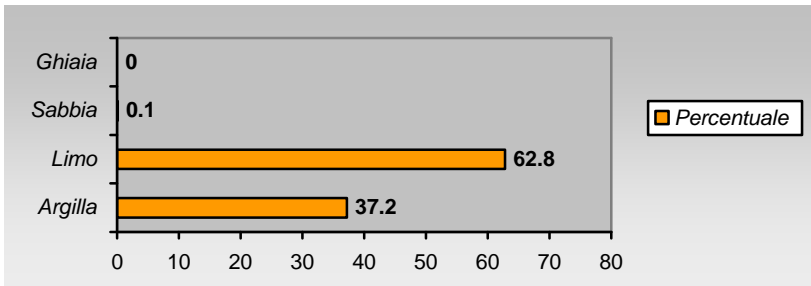
Nel corso della realizzazione dei sondaggi geognostici sono stati prelevati n.11 campioni di terreno, sottoposti ad analisi di laboratorio per la determinazione dei seguenti parametri fisico-meccanici: granulometria, peso di volume, contenuto di umidità naturale, coesione, angolo di attrito efficace e modulo edometrico.

I campioni sottoposti ad analisi di laboratorio sono stati prelevati in corrispondenza delle frazioni terrigene individuate nelle stratigrafie, dai seguenti litotipi:

| Campione | Profondità (m) | Litotipo |
|----------------|----------------|-------------------------------------|
| CAMPIONE S1/C1 | 3.50-4.00 m | Limo argilloso plastico |
| CAMPIONE S1/C2 | 7.50-8.00 m | Limo sabbioso argilloso consistente |
| CAMPIONE S1/C3 | 12.50-13.00 m | Limo argilloso |
| CAMPIONE S2/C1 | 5.00-5.50 m | Argilla limosa |
| CAMPIONE S2/C2 | 10.00-10.50 m | Argilla limosa molto consistente |
| CAMPIONE S3/C1 | 5.00-5.50 m | Limo argilloso compatto |
| CAMPIONE S3/C2 | 10.00-10.50 m | Limo sabbioso argilloso cementato |
| CAMPIONE S3/C3 | 14.00-14.50 m | Limo argilloso plastico |
| CAMPIONE S4/C1 | 10.00-10.30 m | Limo argilloso marnoso consistente |
| CAMPIONE S4/C2 | 17.50-18.00 m | Limo argilloso sabbioso litificato |
| CAMPIONE S4/C3 | 25.00-25.40 m | Argilla litificata |

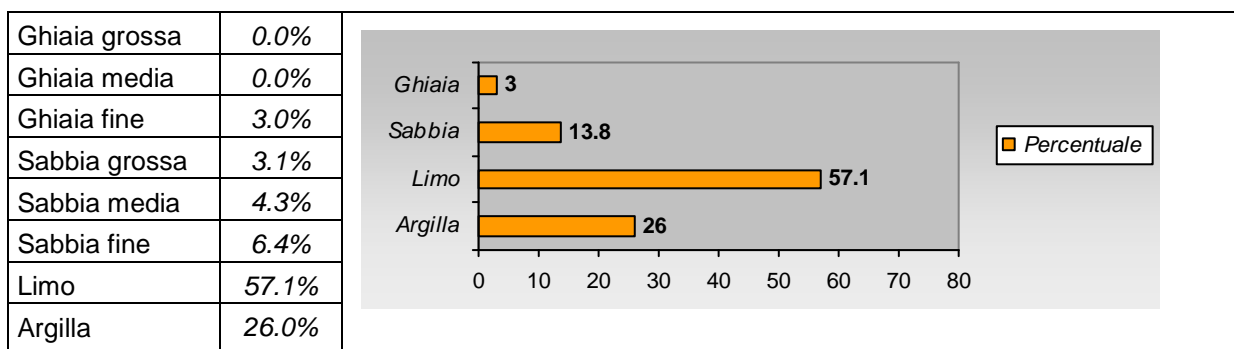
Si riportano nelle seguenti tabelle i risultati delle analisi di laboratorio ottenuti sui campioni di laboratorio prelevati.

Campione S1/C1 (profondità 3.50 m / 4.00 m)

| | | | |
|---|----------|--|-------------|
| DESCRIZIONE VISIVA: <i>Limo con argilla grigio-marrone debolmente fissile</i> | | | |
| Peso specifico | γ | 2.08 t/m ³ | |
| Contenuto naturale di acqua | Wn | 17.16% | |
| Angolo di attrito | ϕ' | 26.90° | |
| Coesione efficace | C' | 2.27 Kg/cm ² | 222.331 kPa |
| ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE IN ESAME | | | |
| Ghiaia grossa | 0.0% |  | |
| Ghiaia media | 0.0% | | |
| Ghiaia fine | 0.0% | | |
| Sabbia grossa | 0.0% | | |
| Sabbia media | 0.0% | | |
| Sabbia fine | 0.1% | | |
| Limo | 62.8% | | |
| Argilla | 37.2% | | |

Campione S1/C2 (profondità 7.50 m / 8.00 m)

| | | | |
|---|----------|-------------------------|-------------|
| DESCRIZIONE VISIVA: <i>Limo con argilla grigio debolmente sabbioso grigio scuro</i> | | | |
| Peso specifico | γ | 2.12 t/m ³ | |
| Contenuto naturale di acqua | Wn | 14.71% | |
| Angolo di attrito | ϕ' | 28.30° | |
| Coesione efficace | C' | 1.20 Kg/cm ² | 117.595 kPa |
| ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE IN ESAME | | | |

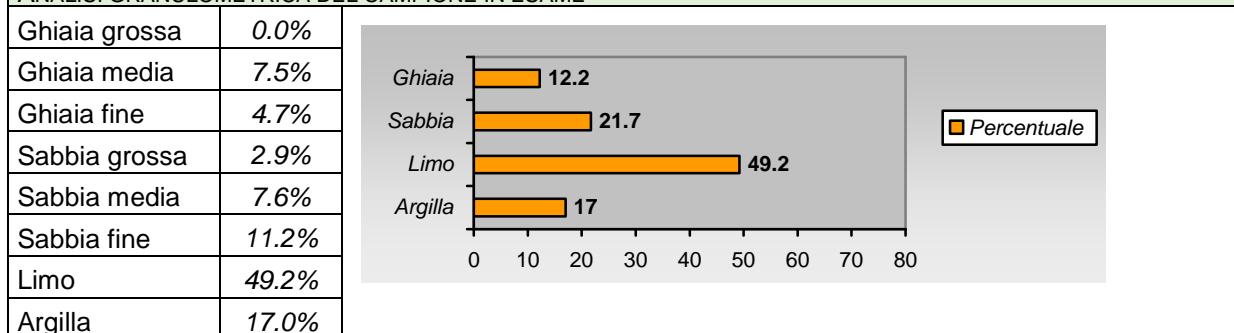


Campione S1/C3 (profondità 12.50 m / 13.00 m)

DESCRIZIONE VISIVA: *Limo sabbioso argilloso debolmente ghiaioso marrone*

| | | |
|-----------------------------|----------|-------------------------------------|
| Peso specifico | γ | 2.11 t/m ³ |
| Contenuto naturale di acqua | Wn | 15.19% |
| Angolo di attrito | ϕ' | 29.30° |
| Coesione efficace | C' | 1.04 Kg/cm ² 101.919 kPa |

ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE IN ESAME



Campione S2/C1 (profondità 5.00 m / 5.50 m)

DESCRIZIONE VISIVA: *Argilla limosa grigio verdastro*

| | | |
|-----------------------------|----------|-------------------------------------|
| Peso specifico | γ | 2.14 t/m ³ |
| Contenuto naturale di acqua | Wn | 13.65% |
| Angolo di attrito | ϕ' | 16.80° |
| Coesione efficace | C' | 2.87 Kg/cm ² 281.762 kPa |

Campione S2/C2 (profondità 10.00 m / 10.50 m)

DESCRIZIONE VISIVA: *Argilla con limo grigio verdastro*

| | | |
|-----------------------------|----------|-------------------------------------|
| Peso specifico | γ | 2.08 t/m ³ |
| Contenuto naturale di acqua | Wn | 16.65% |
| Angolo di attrito | ϕ' | 28.10° |
| Coesione efficace | C' | 1.80 Kg/cm ² 176.547 kPa |

Campione S3/C1 (profondità 5.00 m / 5.50 m)

DESCRIZIONE VISIVA: *Argilla nerastra*

| | | |
|-----------------------------|----------|-------------------------------------|
| Peso specifico | γ | 2.09 t/m ³ |
| Contenuto naturale di acqua | Wn | 16.81% |
| Angolo di attrito | ϕ' | 23.90° |
| Coesione efficace | C' | 1.54 Kg/cm ² 150.956 kPa |

Campione S3/C2 (profondità 10.00 m / 10.50 m)

DESCRIZIONE VISIVA: *Argilla con limo marrone*

| | | | |
|-----------------------------|----------|-------------------------|-------------|
| Peso specifico | γ | 2.14 t/m ³ | |
| Contenuto naturale di acqua | Wn | 15.26% | |
| Angolo di attrito | ϕ' | 22.90° | |
| Coesione efficace | C' | 1.80 Kg/cm ² | 176.425 kPa |

Campione S3/C3 (profondità 14.00 m / 14.50 m)

DESCRIZIONE VISIVA: *Argilla limosa marrone rossastro*

| | | | |
|-----------------------------|----------|-------------------------|-------------|
| Peso specifico | γ | 2.11 t/m ³ | |
| Contenuto naturale di acqua | Wn | 16.63% | |
| Angolo di attrito | ϕ' | 17.80° | |
| Coesione efficace | C' | 2.45 Kg/cm ² | 240.266 kPa |

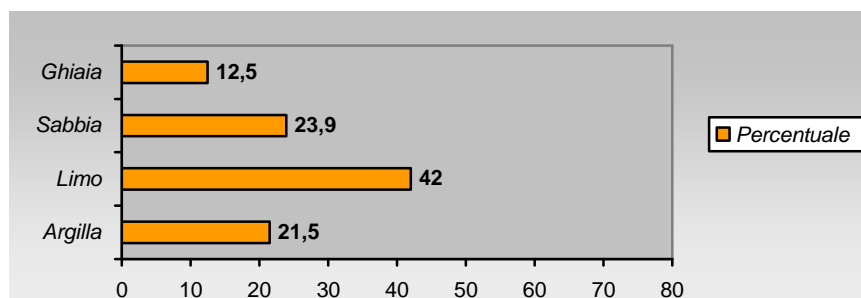
Campione S4/C1 (profondità 10.00 m / 10.30 m)

DESCRIZIONE VISIVA: *Limo sabbioso argilloso debolmente ghiaioso marrone verdastro*

| | | | |
|-----------------------------|----------|-------------------------|-------------|
| Peso specifico | γ | 2.13 t/m ³ | |
| Contenuto naturale di acqua | Wn | 13.29% | |
| Angolo di attrito | ϕ' | 28.60° | |
| Coesione efficace | C' | 2.13 Kg/cm ² | 208.635 kPa |

ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE IN ESAME

| | |
|---------------|-------|
| Ghiaia grossa | 0.0% |
| Ghiaia media | 2.9% |
| Ghiaia fine | 9.6% |
| Sabbia grossa | 9.5% |
| Sabbia media | 6.8% |
| Sabbia fine | 7.6% |
| Limo | 42.0% |
| Argilla | 21.5% |



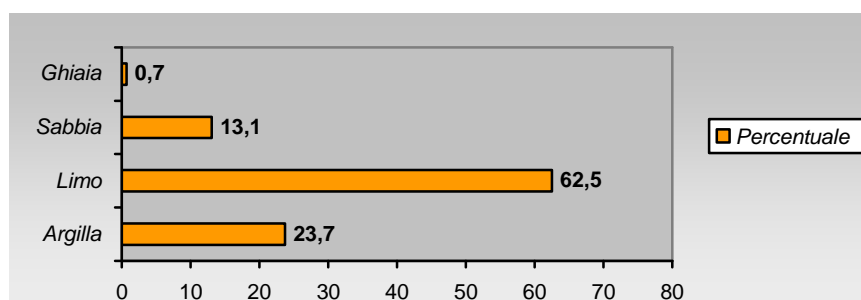
Campione S4/C2 (profondità 17.50 m / 18.00 m)

DESCRIZIONE VISIVA: *Limo argilloso debolmente sabbioso marrone*

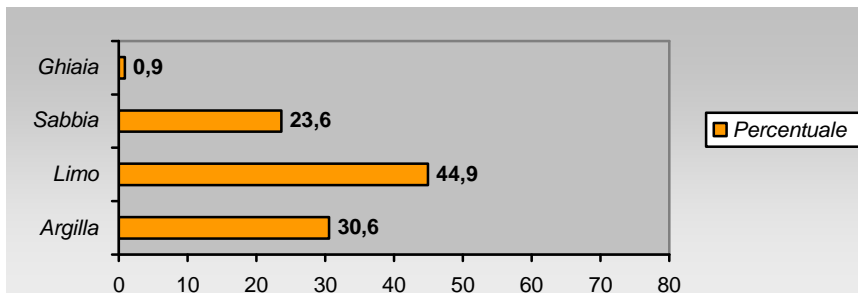
| | | | |
|-----------------------------|----------|-------------------------|-------------|
| Peso specifico | γ | 2.14 t/m ³ | |
| Contenuto naturale di acqua | Wn | 13.11% | |
| Angolo di attrito | ϕ' | 27.70° | |
| Coesione efficace | C' | 2.67 Kg/cm ² | 262.016 kPa |

ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE IN ESAME

| | |
|---------------|-------|
| Ghiaia grossa | 0.0% |
| Ghiaia media | 0.0% |
| Ghiaia fine | 0.7% |
| Sabbia grossa | 2.9% |
| Sabbia media | 3.5% |
| Sabbia fine | 6.7% |
| Limo | 62.5% |
| Argilla | 23.7% |



Campione S4/C3 (profondità 25.00 m / 25.40 m)

| DESCRIZIONE VISIVA: <i>Limo con argilla sabbioso marrone</i> | | | |
|--|----------|--|-------------|
| Peso specifico | γ | 2.19 t/m ³ | |
| Contenuto naturale di acqua | Wn | 13.12% | |
| Angolo di attrito | ϕ' | 26.70° | |
| Coesione efficace | C' | 3.10 Kg/cm ² | 303.832 kPa |
| ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE IN ESAME | | | |
| Ghiaia grossa | 0.0% |  | |
| Ghiaia media | 0.0% | | |
| Ghiaia fine | 0.9% | | |
| Sabbia grossa | 1.4% | | |
| Sabbia media | 7.3% | | |
| Sabbia fine | 14.9% | | |
| Limo | 44.9% | | |
| Argilla | 30.6% | | |

Nella seguente tabella si riassumono i dati ottenuti dalle analisi di laboratorio:

ANALISI DI LABORATORIO - RIASSUNTO DATI

| Campione | quota | Peso | Umidità | Angolo attrito | Coesione efficace | | Granulometria | | | |
|--------------|----------|---------------------------|---------|----------------|-----------------------|---------|---------------|--------|--------|---------|
| | m s.l.m. | γ t/m ³ | % | ϕ | C' Kg/cm ² | C' kPa | ghiaia | sabbia | limo | argilla |
| S1/C1 | 303,35 | 2,08 | 17,16% | 26,90° | 2,267 | 222,331 | 0,00% | 0,00% | 62,80% | 37,20% |
| S1/C2 | 299,35 | 2,12 | 14,71% | 28,30° | 1,199 | 117,595 | 3,00% | 13,90% | 57,10% | 26,00% |
| S1/C3 | 294,35 | 2,11 | 15,19% | 29,30° | 1,039 | 101,919 | 12,20% | 21,70% | 49,20% | 17,00% |
| S2/C1 | 301,98 | 2,14 | 13,65% | 16,80° | 2,873 | 281,762 | - | - | - | - |
| S2/C2 | 296,98 | 2,08 | 16,65% | 28,10° | 1,800 | 176,547 | - | - | - | - |
| S3/C1 | 299,00 | 2,09 | 16,81% | 23,90° | 1,539 | 150,956 | - | - | - | - |
| S3/C2 | 294,00 | 2,14 | 15,26% | 22,90° | 1,799 | 176,425 | - | - | - | - |
| S3/C3 | 290,00 | 2,11 | 16,63% | 17,80° | 2,450 | 240,266 | - | - | - | - |
| S4/C1 | 289,80 | 2,13 | 13,29% | 28,60° | 2,127 | 208,635 | 12,50% | 23,90% | 42,00% | 21,50% |
| S4/C2 | 282,30 | 2,14 | 13,11% | 27,70° | 2,672 | 262,016 | 0,70% | 13,10% | 62,50% | 23,70% |
| S4/C3 | 274,80 | 2,19 | 13,12% | 26,70° | 3,098 | 303,832 | 0,90% | 23,60% | 44,90% | 30,60% |

4. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

E' stato impiegato un penetrometro statico-dinamico della ditta PAGANI TG 63-200 montato su cingoli in gomma. La prova penetrometrica dinamica pesante ha le seguenti caratteristiche:

| | |
|---------------------------|-----------------------|
| Peso massa battente | 63.50 kg |
| Altezza di caduta | 0.75 m |
| Diametro punta conica | 51.00 mm |
| Area di base punta conica | 20.43 cm ² |
| Angolo apertura punta | 60° |
| Avanzamento punta | 0.20 m |

La prova dinamica consiste nel misurare il numero dei colpi necessari per far avanzare di 20 cm nel terreno la punta conica e misurare così la resistenza del terreno.

○ INDAGINE MAGGIO 2022: INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Dall'osservazione globale dei grafici riportanti i risultati delle penetrometrie è stato possibile individuare i litotipi qui di seguito indicati.

| PROVA PENETROMETRICA DPSH1 | | | | | |
|----------------------------|-------|---|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N ₂₀ | | |
| | | | N ₂₀ min | N ₂₀ max | N ₂₀ med |
| 0.00 | 1.20 | <i>Terreno pedogenetico, limo sabbioso alterato</i> | 2 | 5 | 2.5 |
| 1.20 | 8.80 | <i>Limo sabbioso mediamente addensato</i> | 7 | 24 | 10.7 |
| 8.80 | 10.00 | <i>Limo argilloso molto consistente</i> | 14 | 20 | 16.0 |

| PROVA PENETROMETRICA DPSH2 | | | | | |
|----------------------------|-------|---|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N ₂₀ | | |
| | | | N ₂₀ min | N ₂₀ max | N ₂₀ med |
| 0.00 | 1.20 | <i>Terreno pedogenetico, limo sabbioso alterato</i> | 2 | 2 | 2.0 |
| 1.20 | 9.40 | <i>Limo sabbioso mediamente addensato</i> | 5 | 14 | 9.4 |
| 9.40 | 10.00 | <i>Limo argilloso molto consistente</i> | 15 | 16 | 15.7 |

| PROVA PENETROMETRICA DPSH3 | | | | | |
|----------------------------|-------|---|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N ₂₀ | | |
| | | | N ₂₀ min | N ₂₀ max | N ₂₀ med |
| 0.00 | 2.40 | <i>Terreno pedogenetico, limo sabbioso alterato</i> | 2 | 7 | 4.8 |
| 2.40 | 9.60 | <i>Limo sabbioso mediamente addensato</i> | 7 | 16 | 10.4 |
| 9.60 | 10.00 | <i>Limo argilloso molto consistente</i> | 11 | 14 | 12.5 |

| PROVA PENETROMETRICA DPSH4 | | | | | |
|----------------------------|------|---|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N ₂₀ | | |
| | | | N ₂₀ min | N ₂₀ max | N ₂₀ med |
| 0.00 | 2.00 | <i>Terreno pedogenetico, limo sabbioso alterato</i> | 2 | 3 | 2.1 |
| 2.00 | 5.00 | <i>Limo sabbioso mediamente addensato</i> | 6 | 15 | 8.4 |
| 5.00 | 5.80 | <i>Sabbia limosa con ciottoli, conglomerato</i> | 16 | 70 | 25.7 |

| PROVA PENETROMETRICA DPSH5 | | | | | |
|----------------------------|-------|---|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N ₂₀ | | |
| | | | N ₂₀ min | N ₂₀ max | N ₂₀ med |
| 0.00 | 3.20 | <i>Terreno pedogenetico, limo sabbioso alterato</i> | 1 | 8 | 4.4 |
| 3.20 | 9.40 | <i>Limo sabbioso mediamente addensato</i> | 7 | 18 | 12.4 |
| 9.40 | 10.00 | <i>Limo argilloso molto consistente</i> | 18 | 24 | 21.3 |

| PROVA PENETROMETRICA DPSH6 | | | | | |
|----------------------------|------|---|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N ₂₀ | | |
| | | | N ₂₀ min | N ₂₀ max | N ₂₀ med |
| 0.00 | 4.20 | <i>Terreno pedogenetico, limo sabbioso alterato</i> | 1 | 7 | 3.5 |
| 4.20 | 8.40 | <i>Limo sabbioso mediamente addensato</i> | 7 | 12 | 9.0 |
| 8.40 | 9.20 | <i>Sabbia limosa con ciottoli, conglomerato</i> | 13 | 70 | 16.3 |

| PROVA PENETROMETRICA DPSH7 | | | | | |
|----------------------------|------|---|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N ₂₀ | | |
| | | | N ₂₀ min | N ₂₀ max | N ₂₀ med |
| 0.00 | 1.80 | <i>Terreno pedogenetico, limo sabbioso alterato</i> | 2 | 6 | 3.0 |
| 1.80 | 6.80 | <i>Limo sabbioso mediamente addensato</i> | 8 | 18 | 10.9 |
| 6.80 | 7.60 | <i>Sabbia limosa con ciottoli, conglomerato</i> | 16 | 70 | 17.7 |

| PROVA PENETROMETRICA DPSH8 | | | | | |
|----------------------------|------|---|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore di N ₂₀ | | |
| | | | N ₂₀ min | N ₂₀ max | N ₂₀ med |
| 0.00 | 1.40 | <i>Terreno pedogenetico, limo sabbioso alterato</i> | 2 | 5 | 2.9 |
| 1.40 | 1.80 | <i>Limo sabbioso mediamente addensato</i> | 8 | 11 | 9.5 |
| 1.80 | 3.40 | <i>Sabbia limosa con ciottoli, conglomerato</i> | 20 | 70 | 28.4 |

I risultati delle prove eseguite hanno evidenziato la presenza di un primo livello di terreno pedogenetico e di limo sabbioso alterato e caratterizzato da scadenti parametri geotecnici, avente uno spessore variabile da un minimo di 1.20 m ad un massimo di 4.20 m dal p.c., caratterizzato da bassi valori geotecnici (N₂₀ medi = 2.0/4.4).

Al di sotto è presente un secondo livello costituito da limo sabbioso mediamente addensato avente migliori caratteristiche geotecniche (N₂₀ medi = 8.40-12.4) e individuato fino alla profondità di 8.80/9.60 m dal p.c., seguito da limo argilloso molto consistente individuato fino alla massima profondità raggiunta con le prove di 10.00 m dal p.c. e caratterizzato da parametri geotecnici elevati (N₂₀ medi = 12.5/21.3).

A diverse profondità e secondo una distribuzione non uniforme e non correlabile, si evince la presenza di livelli o lenti conglomeratiche o ghiaiose caratterizzate da elevati parametri geotecnici, all'interno dei quali le prove penetrometriche si sono interrotte in relazione alla loro elevata compattezza (N₂₀ medi = 16.3-28.4).

Tutte le prove penetrometriche dinamiche sono state attrezzate con piezometro.

○ INDAGINE MAGGIO 2010: INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Dall'osservazione globale dei grafici riportanti i risultati delle penetrometrie realizzate durante l'indagine del 2010 è stato possibile individuare i litotipi qui di seguito indicati.

| Prova penetrometrica Dpsh 1 | | | | | |
|-----------------------------|-------|---|------------------------|-----|------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore N ₂₀ | | |
| | | | min | max | med |
| 0,00 | 2,60 | <i>Terreno alterato</i> | 2 | 7 | 3.5 |
| 2,60 | 9,20 | <i>Limi sabbiosi mediamente addensati</i> | 5 | 17 | 9.3 |
| 9,20 | 11,60 | <i>Livello conglomeratico-ghiaioso</i> | 22 | 70 | 28.8 |

| Prova penetrometrica Dpsh 2 | | | | | |
|-----------------------------|-------|---|------------------------|-----|------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore N ₂₀ | | |
| | | | min | max | med |
| 0,00 | 4,80 | <i>Terreno alterato</i> | 2 | 6 | 3.8 |
| 4,80 | 8,80 | <i>Limi sabbiosi mediamente addensati</i> | 8 | 13 | 10.2 |
| 8,80 | 10,60 | <i>Limi argillosi consistenti</i> | 13 | 31 | 21.0 |

| Prova penetrometrica Dpsh 3 | | | | | |
|-----------------------------|-------|---|------------------------|-----|------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore N ₂₀ | | |
| | | | min | max | med |
| 0,00 | 0,80 | <i>Terreno alterato</i> | 2 | 4 | 2.8 |
| 0,80 | 8,60 | <i>Limi sabbiosi mediamente addensati</i> | 7 | 14 | 9.1 |
| 8,60 | 9,60 | <i>Livello conglomeratici-ghiaioso</i> | 19 | 25 | 22.6 |
| 9,60 | 10,00 | <i>Limi sabbiosi mediamente addensati</i> | 17 | 19 | 18.0 |
| 10,00 | 11,60 | <i>Livello conglomeratici-ghiaioso</i> | 22 | 70 | 32.3 |

| Prova penetrometrica Dpsh 4 | | | | | |
|-----------------------------|------|---|------------------------|-----|-----|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore N ₂₀ | | |
| | | | min | max | med |
| 0,00 | 2,20 | <i>Terreno alterato</i> | 3 | 11 | 5.7 |
| 2,20 | 6,00 | <i>Limi sabbiosi mediamente addensati</i> | 7 | 12 | 8.5 |

| | | | | | |
|-------|-------|---|----|----|------|
| 6,00 | 7,20 | <i>Livello conglomeratico-ghiaioso</i> | 13 | 16 | 14.8 |
| 7,20 | 10,40 | <i>Limi sabbiosi mediamente addensati</i> | 4 | 13 | 9.6 |
| 10,40 | 11,60 | <i>Livello conglomeratico-ghiaioso</i> | 14 | 33 | 24.3 |

| Prova penetrometrica Dpsh 5 | | | | | |
|-----------------------------|------|---|------------------------|-----|------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore N ₂₀ | | |
| | | | min | max | med |
| 0,00 | 2,00 | <i>Terreno alterato</i> | 2 | 4 | 2.6 |
| 2,00 | 5,80 | <i>Limi sabbiosi mediamente addensati</i> | 3 | 9 | 6.4 |
| 5,80 | 6,60 | <i>Livello conglomeratici-ghiaioso</i> | 18 | 70 | 27.0 |

| Prova penetrometrica Dpsh 6 | | | | | |
|-----------------------------|------|---|------------------------|-----|------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore N ₂₀ | | |
| | | | min | max | med |
| 0,00 | 1,80 | <i>Terreno alterato</i> | 2 | 5 | 3.3 |
| 1,80 | 8,60 | <i>Limi sabbiosi mediamente addensati</i> | 7 | 17 | 11.3 |
| 8,60 | 9,80 | <i>Livello conglomeratico-ghiaioso</i> | 21 | 70 | 28.8 |

| Prova penetrometrica Dpsh 7 | | | | | |
|-----------------------------|------|---|------------------------|-----|------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore N ₂₀ | | |
| | | | min | max | med |
| 0,00 | 1,00 | <i>Terreno alterato</i> | 2 | 7 | 3.8 |
| 1,00 | 2,20 | <i>Livello conglomeratici-ghiaioso</i> | 13 | 28 | 18.3 |
| 2,20 | 5,00 | <i>Limi sabbiosi mediamente addensati</i> | 6 | 11 | 8.0 |
| 5,00 | 5,60 | <i>Livello conglomeratici-ghiaioso</i> | 13 | 18 | 15.3 |
| 5,60 | 6,60 | <i>Limi sabbiosi mediamente addensati</i> | 10 | 19 | 13.6 |
| 6,60 | 7,60 | <i>Livello conglomeratico-ghiaioso</i> | 20 | 70 | 28.0 |

| Prova penetrometrica Dpsh 8 | | | | | |
|-----------------------------|-------|---|------------------------|-----|------|
| Profondità in metri | | Litologia | Valore N ₂₀ | | |
| | | | min | max | med |
| 0,00 | 4,40 | <i>Terreno alterato</i> | 2 | 9 | 5.4 |
| 4,40 | 11,80 | <i>Limi sabbiosi mediamente addensati</i> | 8 | 17 | 12.1 |
| 11,80 | 13,20 | <i>Livello conglomeratico-ghiaioso</i> | 18 | 70 | 24.3 |

I risultati delle prove pregresse evidenziato la presenza di un primo livello di terreno pedogenetico e di limo sabbioso alterato e caratterizzato da scadenti parametri geotecnici, avente uno spessore variabile da un minimo di 1.00 m ad un massimo di 4.80 m dal p.c., caratterizzato da bassi valori geotecnici (N₂₀ medi = 2.6/5.7).

Al di sotto è presente un secondo livello costituito da limo sabbioso mediamente addensato avente migliori caratteristiche geotecniche (N₂₀ medi = 6.40-18.0), seguito da limo argilloso molto consistente individuato a partire dalla profondità di 8.80 m dal p.c., caratterizzato da parametri geotecnici elevati (N₂₀ medi = 13.0/29.0).

Si rinvenivano inoltre, a diverse profondità dal p.c., lenti conglomeratiche o ghiaiose aventi parametri geotecnici elevati (N₂₀ medi = 14.8/32.3), all'interno dei quali le prove penetrometriche si sono interrotte in relazione alla loro elevata compattezza.

Le prove penetrometriche dinamiche DPSH1, DPSH2, DPSH7 e DPSH8 sono state attrezzate con piezometro.

INDAGINE SISMICA (ANNO 2010)

Al fine di individuare la categoria sismica del sito si fa riferimento all'indagine sismica pregressa realizzata nell'area di lottizzazione nel 2010, espletata mediante l'esecuzione di n.1 indagine sismica in foro Down-Hole in corrispondenza del sondaggio S4 (si veda l'ubicazione nella planimetria della tavola 1 allegata).

○ METODOLOGIA UTILIZZATA PER L'ANALISI DEI DATI

La prova Down-Hole consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde SH). Mediante due ricevitori (geofoni) disposti nel terreno, a profondità note, viene valutato l'istante di arrivo del treno di onde P e S, rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S.

○ SORGENTI E STRUMENTAZIONI

Come sorgenti energizzanti sono stati utilizzati: per le onde P una mazza da 10 kg con piattello di battuta; per le onde SH un parallelepipedo (traversina) di legno percosso sulle estremità opposte da una mazza da 10 kg, in grado di generare onde SH di notevole contenuto energetico, uniformi sia nella direzione di propagazione sia nella polarizzazione (+ e -) e, di contro, con una generazione di onde P trascurabile.

È stato curato in modo particolare l'accoppiamento della traversina con il terreno: in particolare è stato riportato sopra la massicciata costituita da ghiaietto, uno strato di terreno limoso-sabbioso di circa 20 cm, dove è stata posta la trave.

Le sorgenti (onde P ed onde SH) sono state disposte perpendicolarmente ad un raggio uscente dai fori di sondaggio, ad una distanza di circa 3 m (per la misura precisa veder lo schema di acquisizione di ciascun sondaggio).

Il sistema di ricezione è costituito da una coppia di geofoni tridimensionali rigidamente collegati tra loro da una barra in p.v.c. (distanza intergeofonica = 1.00 m) dotata di uno smorzatore intermedio in gomma in modo da evitare qualsiasi interazione sismica tra i due sensori. L'accoppiamento del sistema con le pareti del foro è garantito da 4 stantuffi pneumatici comandati dall'esterno, con pressione regolabile fino a 10 atm.

Il sistema di acquisizione è costituito da un sismografo digitale a 24 canali modello PASI 16 GS acquisizione dati a 24 bit, cumulabilità degli impulsi a 32 bit, filtri in acquisizione ed in uscita, filtri per eliminare linee di tensione, intervallo di campionamento selezionabile, durata di registrazione selezionabile da 50 a 65000 m/sec, funzione inversione di polarità. Tutte le registrazioni sono state effettuate con metodo cross-over, ovvero facendo la differenza tra un ugual numero di battute a destra ed a sinistra (bilanciamento energetico): in tal modo viene esaltato l'istante di primo arrivo delle onde SH, mentre vengono abbattute le eventuali onde P spurie.

In particolare le tracce di ciascuna registrazione si riferiscono (dall'alto verso il basso):

canale n° 1: primo geofono – trasduttore verticale (z)
 canale n° 2: primo geofono – trasduttore orizzontale (x)
 canale n° 3: primo geofono – trasduttore orizzontale (y)
 canale n° 4: secondo geofono – trasduttore verticale (z)
 canale n° 5: secondo geofono – trasduttore orizzontale (x)
 canale n° 6: secondo geofono – trasduttore orizzontale (y)
 canale n° 7: nullo
 canale n° 8: geofono spia
 canale n° 9-10-11-12: nullo

dove per primo si intende quello più vicino alla superficie del terreno e per secondo quello posto 1.00 m più in basso.

○ INTERPRETAZIONE SISMOGRAMMI ED ESTRAPOLAZIONE DELLA DROMOCRONA

I sismogrammi di campagna sono stati visualizzati direttamente in campagna i files così ottenuti sono stati trattati tramite Winsim 10.1 e Visual Sunt della Wgeosoft, dove direttamente si è svolta la sommatoria delle tracce per avere un miglior controllo energetico

Le tracce sono state riallineate metro per metro, così, per ogni profondità si è potuto visualizzare direttamente le 4 tracce registrate (S) in due battute o le due tracce in p.

Quindi, tramite un'analisi visuale delle tracce si è proceduto a scegliere quella con le migliori doti di leggibilità e le altre sono state eliminate.

Si è ricavato quindi un sismogramma con una traccia per metro, e partendo da questo si è effettuato il picking scegliendo la finestra temporale più adeguata per ciascuna registrazione (100ms per le p, 400 ms per le S).

| profondità | tempo orizzontale | tempo orizzontale | tempo verticale | tempo verticale |
|------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | s | p | s | p |
| -1 | 21.3 | 5 | 9.5 | 2.2 |
| -2 | 21.3 | 6.5 | 15.1 | 4.6 |
| -3 | 21.3 | 7 | 17.7 | 5.8 |
| -4 | 22 | 7.5 | 19.7 | 6.7 |
| -5 | 24 | 8 | 22.3 | 7.4 |
| -6 | 24.7 | 9.1 | 23.4 | 8.6 |
| -7 | 29.5 | 9.5 | 28.4 | 9.1 |
| -8 | 23.4 | 9.5 | 22.7 | 9.2 |
| -9 | 28.1 | 10.6 | 27.4 | 10.3 |
| -10 | 30.2 | 11.1 | 29.6 | 10.9 |
| -11 | 41.1 | 12.1 | 40.4 | 11.9 |
| -12 | 37.7 | 14.1 | 37.2 | 13.9 |
| -13 | 41.8 | 14.4 | 41.3 | 14.2 |
| -14 | 41.8 | 15.7 | 41.4 | 15.5 |
| -15 | 43.2 | 15.8 | 42.8 | 15.7 |
| -16 | 41.1 | 16.5 | 40.8 | 16.4 |
| -17 | 45.2 | 16 | 44.9 | 15.9 |
| -18 | 46.6 | 15.9 | 46.3 | 15.8 |
| -19 | 52.7 | 16.3 | 52.4 | 16.2 |
| -20 | 50 | 18 | 49.8 | 17.9 |
| -21 | 55.5 | 17.5 | 55.2 | 17.4 |
| -22 | 54.8 | 18 | 54.6 | 17.9 |
| -23 | 56.6 | 18.4 | 56.6 | 18.3 |
| -24 | 54.8 | 19 | 54.6 | 18.9 |
| -25 | 59.6 | 19 | 59.4 | 18.9 |
| -26 | 60 | 19.5 | 59.8 | 19.4 |
| -27 | 61.6 | 19.7 | 61.4 | 19.6 |
| -28 | 60.3 | 19 | 60.1 | 19.0 |
| -29 | 63 | 20 | 62.9 | 20.0 |
| -30 | 63.7 | 20.5 | 63.6 | 20.5 |

○ ORIENTAZIONE DEI GEOFONI

Per orientare i geofoni si è cercato, tramite una battuta di prova, di orientare le terne (tramite una serie di aste calate in foro e solidali con il geofono) in modo tale che una coppia di geofoni S si presentasse il più possibile perpendicolare al fronte d'onda. L'orientazione delle terne non rimaneva costante ma variava da battuta a battuta.

Le registrazioni con orientazione del geofono perpendicolare al fronte d'onda sono poi quelle che si sono scelte per la ricostruzione della dromocrona.

○ CORREZIONE

Mediante un'applicazione su foglio elettronico Excel (vedi tabulati allegati), i tempi letti sono stati quindi corretti in funzione dello scarto di trigger (in più o in meno rispetto al tempo di trigger medio) ed infine corretti in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la formula:

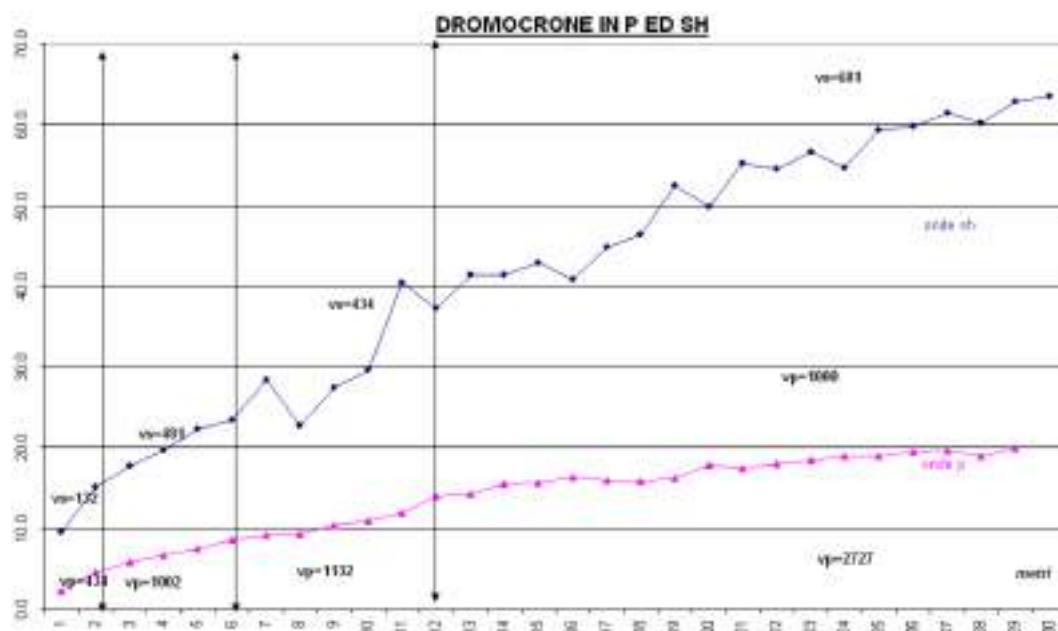
$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

dove z è la profondità del ricevitore, d è la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, R la distanza superficiale tra sorgente e dentro del foro t il tempo determinato dalle tracce di registrazione e t^* il tempo corretto.

○ RISULTATI DEL DOWN-HOLE - DETERMINAZIONE DELLE VELOCITÀ E RISULTATI

L'indagine è stata condotta a partire dal piano campagna, fino ad una profondità di 30 m.. I dati misurati sono di buona qualità, e da questi è stato possibile ricavare le velocità intervallari che caratterizzano i primi 30 metri di sottosuolo.

Le velocità dei vari strati sono state quindi determinate con la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità; per ogni tratto individuato è stata tracciata una retta di correlazione tramite foglio di lavoro open office.

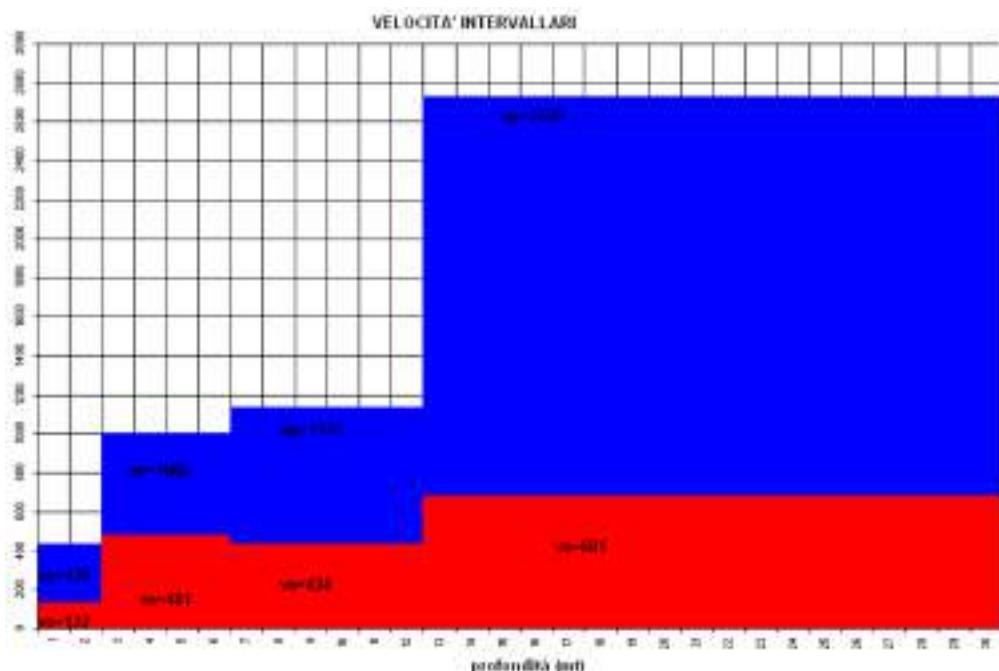


Le profondità dei punti interpolati (compresi gli estremi) sono indicati nella sottostante tabella; la distanza del foro dalla sorgente di energizzazione è di 2 metri.

| P | Sh |
|-------|-------|
| 0-2 | 0-2 |
| 2-6 | 2-6 |
| 6-12 | 6-12 |
| 12-30 | 12-30 |

Sono stati individuati i sismostrati qui di seguito riportati.

| Profondità (m) | Vs (m/s) | Profondità (m) | Vp (m/s) |
|----------------|----------|----------------|----------|
| 0-2 | 132 | 0-2 | 434 |
| 2-6 | 481 | 2-6 | 1000 |
| 6-12 | 434 | 6-12 | 1132 |
| 12-30 | 681 | 12-30 | 2727 |



○ METODOLOGIA UTILIZZATA PER L'ANALISI DEI DATI

Per analizzare la risposta di sito e determinare la pericolosità sismica in base alla normativa vigente si sono utilizzati i seguenti metodi geofisici:

- SISMICA A RIFRAZIONE - Si studia l'andamento del sottosuolo tramite la propagazione dell'onda rifratta; in questo modo è possibile individuare spessori, velocità e geometrie dei vari sismostrati;
- MASW - Tramite lo studio della dispersione delle onde superficiali si è determinato un primo modello monodimensionale del suolo tramite spessori e velocità;
- H/V - Si ricava lo spettro di risposta di sito.

Se la sismica a rifrazione o il MASW riesce ad individuare il bedrock sismico, i dati dell'H/V (che rispetto alla sismica a rifrazione è una metodologia meno precisa) serviranno per confermare i dati acquisiti e per aggiungere alcune interessanti informazioni (spettro di risposta di sito).

In questo caso, con la rifrazione in onde P, la velocità dei primi livelli è indicata dal MASW e le geometrie (e gli spessori) dalla rifrazione.

Il modello sismostratigrafico ottenuto con il MASW viene applicato ai dati ottenuti dall'H/V, modellando quindi uno spettro sintetico e fittandolo con i dati dello spettro dell'H/V si potrà ricostruire una sismostratigrafia che soddisfi al meglio i risultati sperimentali ottenuti.

Il MASW, infatti, valido entro i primi 10 metri, al disotto di tale profondità sovente risulta non molto accurato nella ricostruzione sismostratigrafica.

Di contro, i dati del tomografo risultano avere un maggior dettaglio anche in profondità, ma, ragionando in frequenze ($T^0=4H/VS$) necessitano di informazioni aggiuntive sulle velocità o gli spessori, altrimenti si potrebbero evincere un numero infinito di modelli validi che generano sempre la stessa risposta.

Vincolando i dati ottenuti dall'H/V al MASW si ottiene così un modello valido sia nei primi metri che in profondità, e che riuscirà ad intercettare variazioni di compattezza del terreno attraversato ben oltre i 30 metri previsti dalla normativa.

Si potranno inoltre avere informazioni aggiuntive (rispetto ad un classico MASW) sulla reale pericolosità del sito in esame, come spettro di risposta e periodo fondamentale di risonanza.

○ STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

- Sismografo Ambrogeo Echo 24-2010
- Geofoni verticali da 14 hz
- Generazione di onde P: massa battente (mazza da 8 kg)
- Geometria dei rilievi: distanza intergeofonica di 5 m in 24 geofoni per un totale di 120.00 m, 9 energizzazioni



| | |
|--------------------------------|--|
| Number of channels | 24+1 with differential input |
| AD conversion | 24 bits |
| Dynamic range | 130dB@1ms PG=0dB 120dB@1ms PG=18dB |
| Cross talk | >90dB |
| Preamplify gain | 0,6,12,18,24,30,36,42,48,54,60,66,72dB |
| Frequency response | 0 to 6kHz (30KSPS) 0 to 4,8kHz (15KSPS) 0 to 3kHz (7,5KSPS) 0 to 1,5kHz (3,5KSPS) 0 to 800Hz (2KSPS) 0 to 400Hz (1KSPS) |
| Acquisition and display filter | Low Cut Out 10-15-25-35-50-70-100-140-200-280-400 Hz High Cut Out 32-64-125-250 Hz Notch 50-60-150-180 Hz |
| Sampling Interval | 32,64,128,256,478,956us |
| Record Length | 16000 samples |
| Stacking trigger accuracy | 1/32 of sample interval |
| Distorsion (THD) | 0,0004% |
| Max Input signal | 5Vpp, 0dB |
| CMR | 110dB (fCM = 60Hz fDATA = 30kSPS) |
| Noise | 0,25uV, 2ms 36dB |
| Pre-trigger data | 524ms@32us sample interval |
| Delay | 0 to 15 sec @1kSPS (max 16000 samples) |
| Temperature range | -30°C +70°C |
| Power | 12 Volt |
| Continuous recording | |
| Output format: | SEGY / SAF (SESAME ASCII FORMAT) |

- Tromino Micromed:



| | |
|------------------------|---------------------------------------|
| Number of channels | 3+1 analog |
| Amplifiers | all channels with differential inputs |
| Noise | < 0.5 μ V r.m.s. @128 Hz sampling |
| Input impedance | 10 ⁶ Ohm |
| Frequency range | DC - 360 Hz |
| Sampling frequency | 16384 Hz per channel |
| Oversampling frequency | 32x, 64x, 128x |
| A/D conversion | \geq 24 bit equivalent |
| Max analog input | 51.2 mV (781 nV/digit) |

SOFTWARE UTILIZZATO PER LA VISUALIZZAZIONE, L'ACQUISIZIONE, IL FILTRAGGIO E L'ELABORAZIONE DATI

Acquisizione dei dati

AMBROGEO

Elaborazione e filtraggio

Visual Sunt 20

WinMasw Accademy

Grilla

Winsism 11.2

Rayfract

Geogiga

Wgeosoft -filtraggio dati (sismica a riflessione)

Eliosoft-elaborazione Masw-Remi-ESAC-H/V-Attenuazione

Tromino-H/V-Masw -Remi

Wgeosoft-sismica a rifrazione

Intelligent re source-sismica a rifrazione

Front-End -Filtraggio dati

Geogiga Reflector-Sismica a riflessione-Filtraggio dati
 Geogica Refractor-sismica a rifrazione
 Geogiga DWTOMO 2D e 3D Tomografia sismica 2d e 3d
 Golden Software Surfer-Voxler-rappresentazione 2d e 3d dei dati

○ RISULTATI OTTENUTI MASW A-A'

Si riporta qui di seguito il modello sismostratigrafico individuato con il MASW A-A':

Mean model

Vs (m/s):

200, 600, 600, 600, 600, 600, 600, 600, 600, 700

Thickness (m):

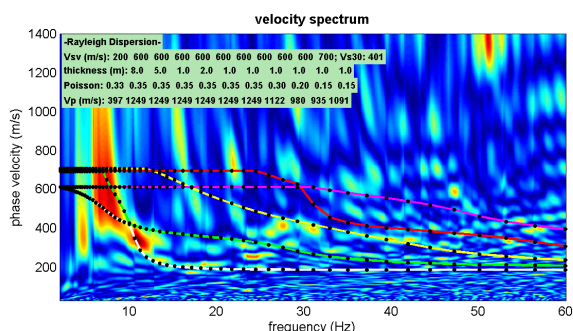
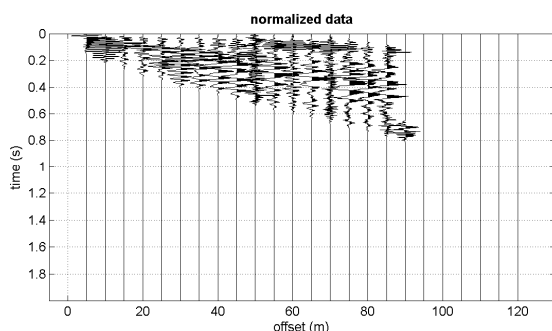
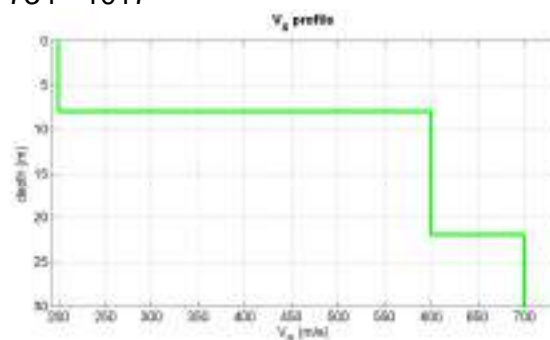
8.0, 5.0, 1.0, 2.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0

Density (gr/cm3) (approximate values):

1.83 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.08 2.05 2.04 2.08

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values):

73 759 759 759 759 759 759 750 738 734 1017



MASW: segnale nel dominio dei tempi e delle frequenze

Dall'analisi dei dati sismici ottenuti, con il MASW A-A' non è stato individuato il bedrock sismico entro i primi 30 m di profondità, caratterizzato da valori di VS > 800 m/sec; il valore di VS30 ottenuto, coincidente con VSeq, è pari a:

VSeq = VS30 = 401 m/s (MASW A)

○ RISULTATI OTTENUTI MASW B-B'

Si riporta qui di seguito il modello sismostratigrafico individuato con il MASW B-B':

Mean model

Vs (m/s):

230, 600, 600, 600, 600, 600, 600, 600, 600, 600, 700

Thickness (m):

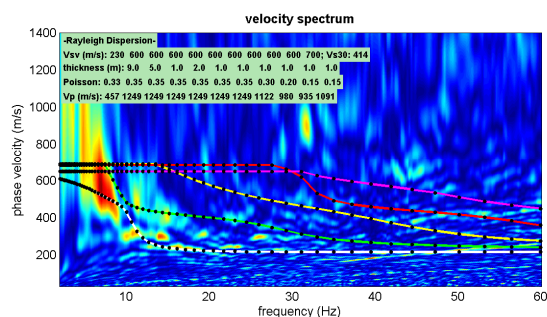
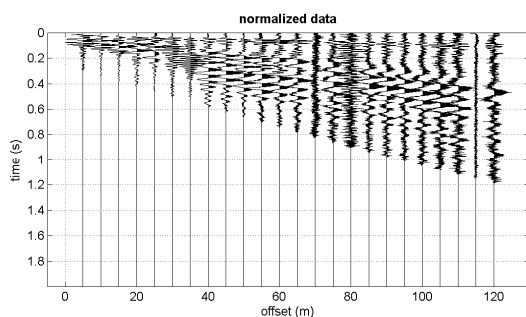
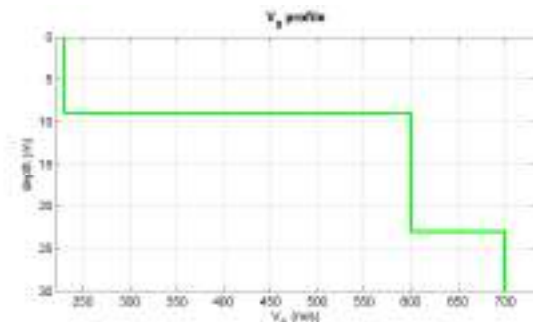
9.0, 5.0, 1.0, 2.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0

Density (gr/cm³) (approximate values):

1.86 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.08 2.05 2.04 2.08

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values):

99 759 759 759 759 759 759 750 738 734 1017



Dall'analisi dei dati sismici ottenuti, con il MASW B-B' non è stato individuato il bedrock sismico entro i primi 30 m di profondità, caratterizzato da valori di VS > 800 m/sec; il valore di VS30 ottenuto, coincidente con VSeq, è pari a:

VSeq = VS30 = 414 m/s (MASW B)

○ RISULTATI OTTENUTI H/V 1

Il tromino è stato disposto mettendolo in bolla ed allineandolo con il nord geografico, quindi è stata effettuata una registrazione del rumore di fondo per 20 minuti.

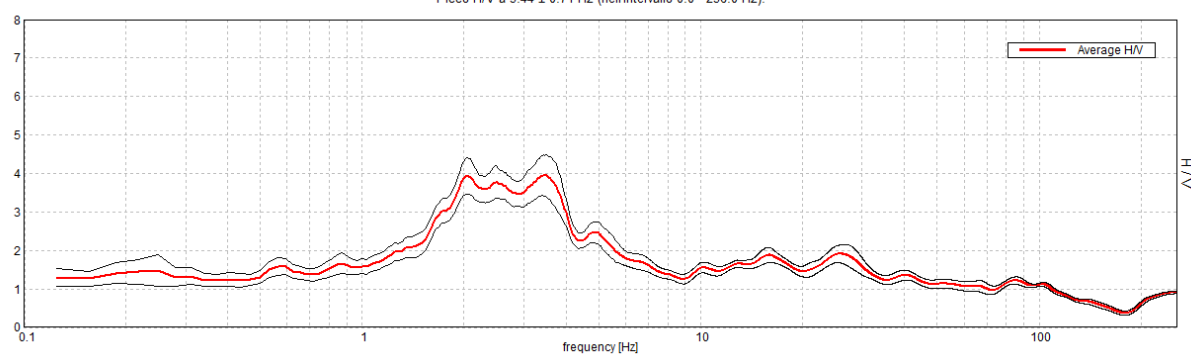
Si ottiene quindi il rapporto spettrale dei dati registrati:

- strumento: TRZ-0135/01-11
- formato dati: 16 byte
- inizio registrazione: 22/06/22 09:48:34
- fine registrazione: 22/06/22 10:08:34
- durata registrazione: 0h20'00"
- analizzato 75% tracciato
- freq. campionamento: 512 Hz
- lunghezza finestre: 20 s
- tipo di lisciamento: Triangular window
- lisciamento: 10%.

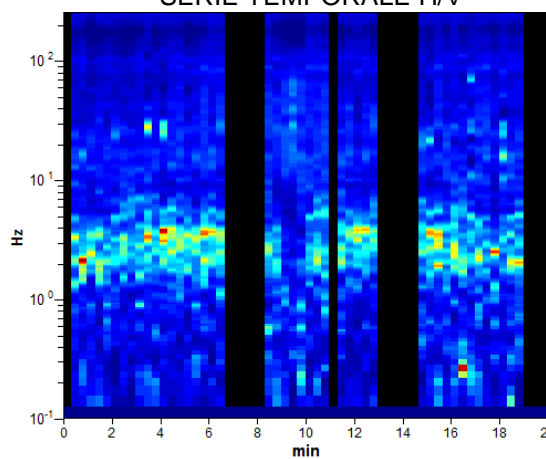
La curva di dispersione e gli spettri delle singole componenti ottenute sono qui di seguito riportati.

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

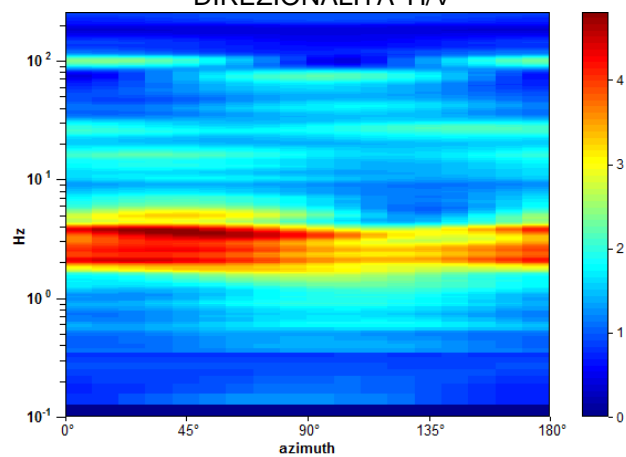
Picco H/V a 3.44 ± 0.71 Hz (nell'intervallo 0.0 - 256.0 Hz).



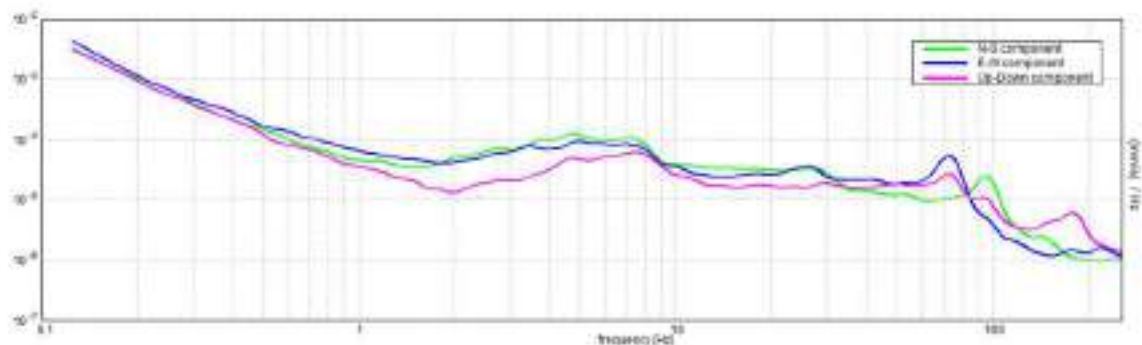
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

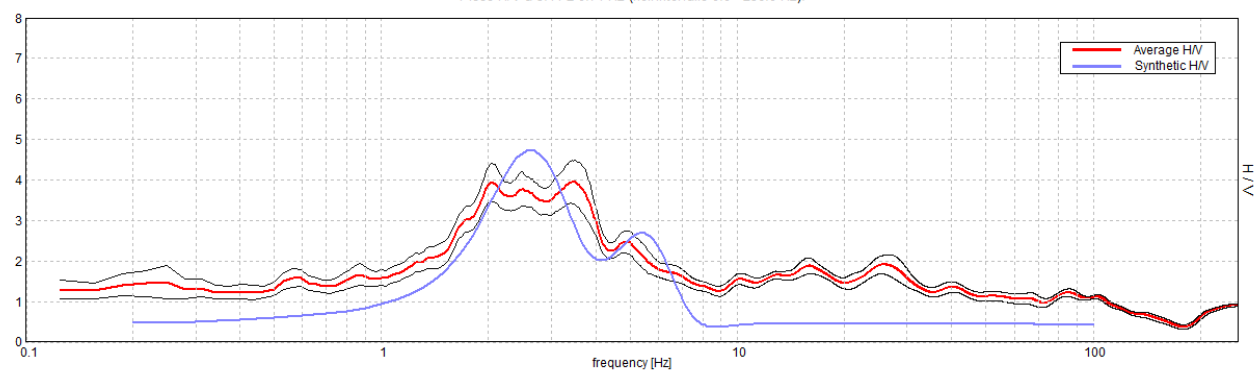


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

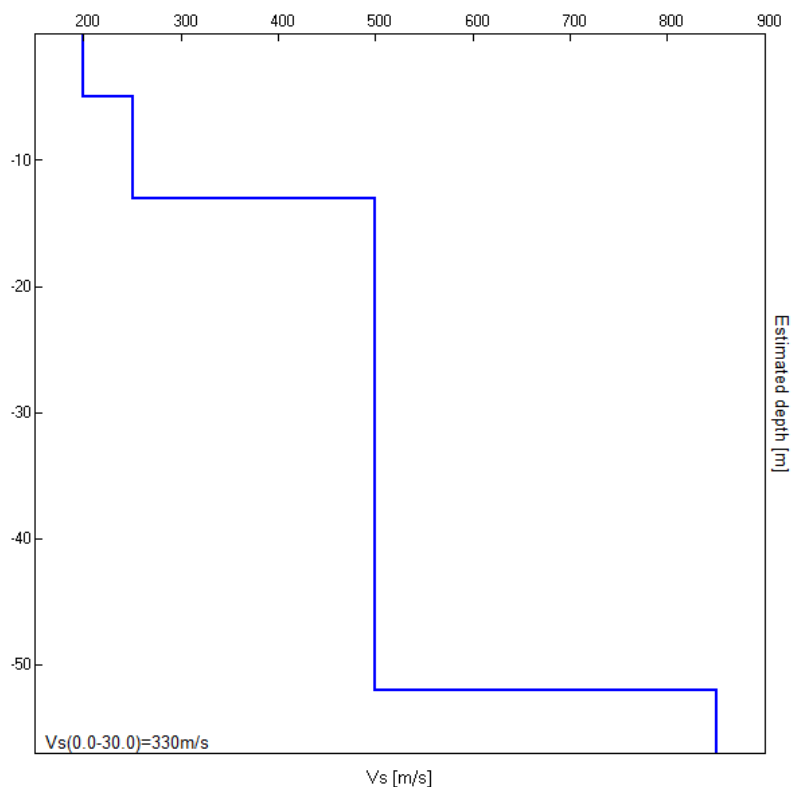


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 3.44 ± 0.71 Hz (nell'intervallo 0.0 - 256.0 Hz).



| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson |
|---------------------------------------|--------------|----------|---------------------|
| 5.00 | 5.00 | 200 | 0.42 |
| 13.00 | 8.00 | 250 | 0.42 |
| 52.00 | 39.00 | 500 | 0.42 |
| inf. | inf. | 850 | 0.42 |



L'indagine tromometrica ha individuato il bedrock sismico caratterizzato da valori di VS > 800 m/sec a 52 m di profondità; il valore di VS30 ottenuto, coincidente con VSeq, è pari a:

$$\mathbf{VSeq = VS30 = 330 \text{ m/s (H/V1)}}$$

○ RISULTATI OTTENUTI H/V 2

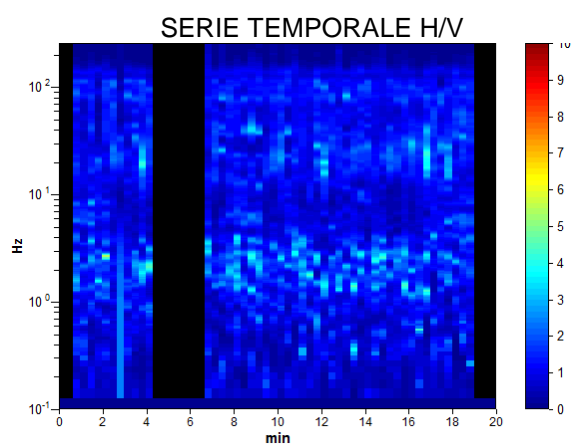
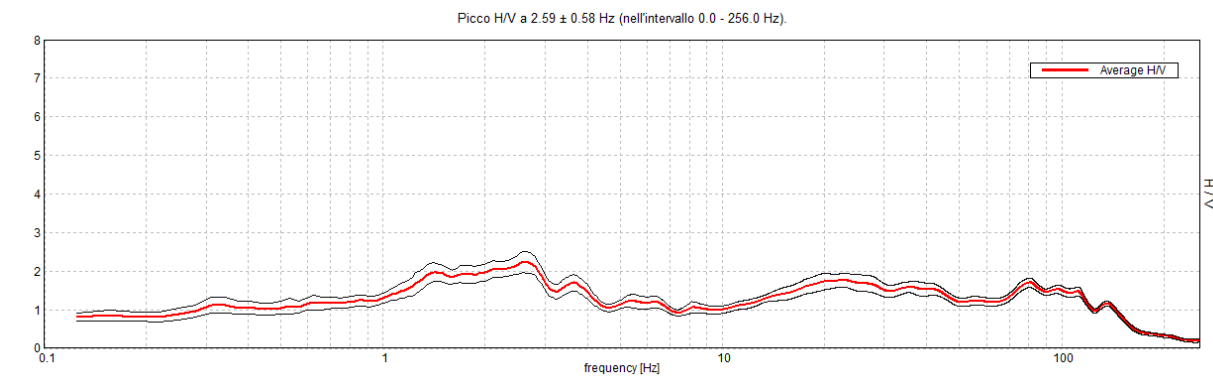
Il tromino è stato disposto mettendolo in bolla ed allineandolo con il nord geografico, quindi è stata effettuata una registrazione del rumore di fondo per 20 minuti.

Si ottiene quindi il rapporto spettrale dei dati registrati:

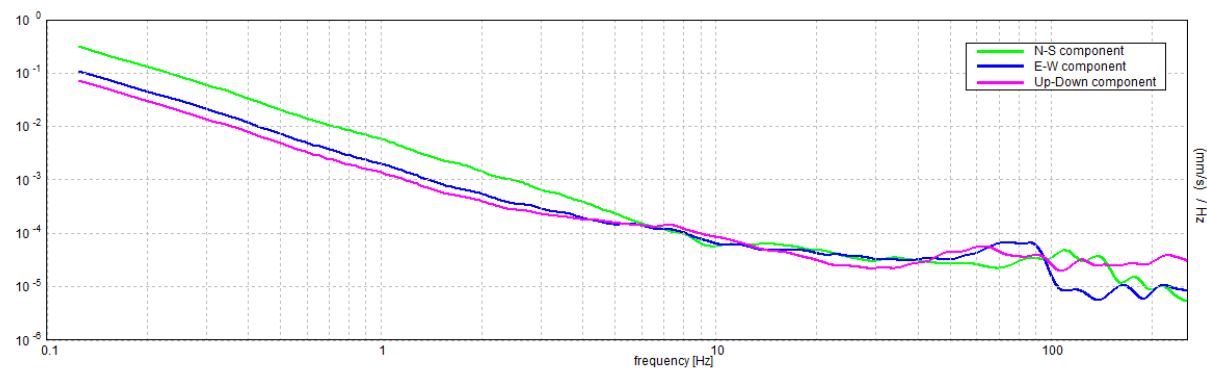
- strumento: TRZ-0135/01-11
- formato dati: 16 byte
- inizio registrazione: 22/06/22 11:23:53
- fine registrazione: 22/06/22 11:43:53
- durata registrazione: 0h20'00"
- analizzato 80% tracciato
- freq. campionamento: 512 Hz
- lunghezza finestre: 20 s
- tipo di lisciamento: Triangular window
- lisciamento: 10%.

La curva di dispersione e gli spettri delle singole componenti ottenute sono qui di seguito riportati.

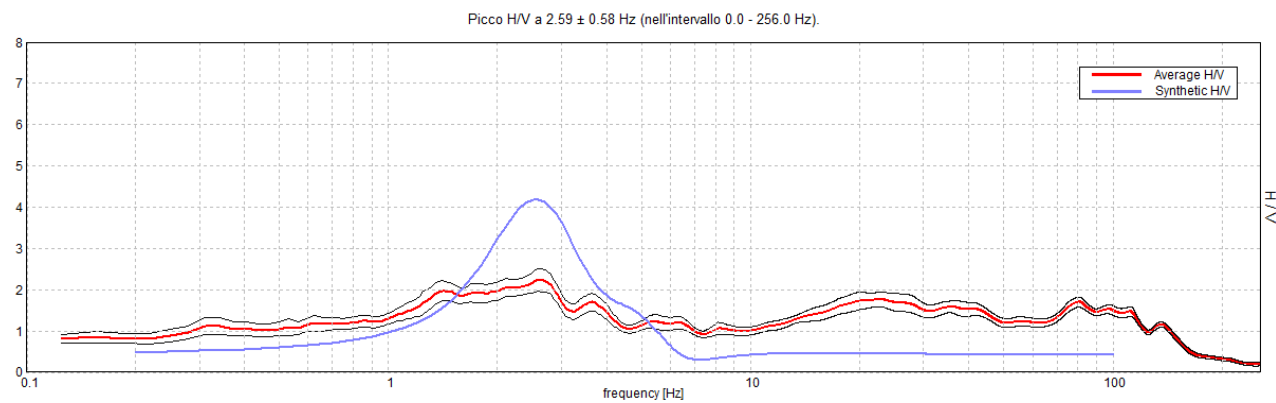
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



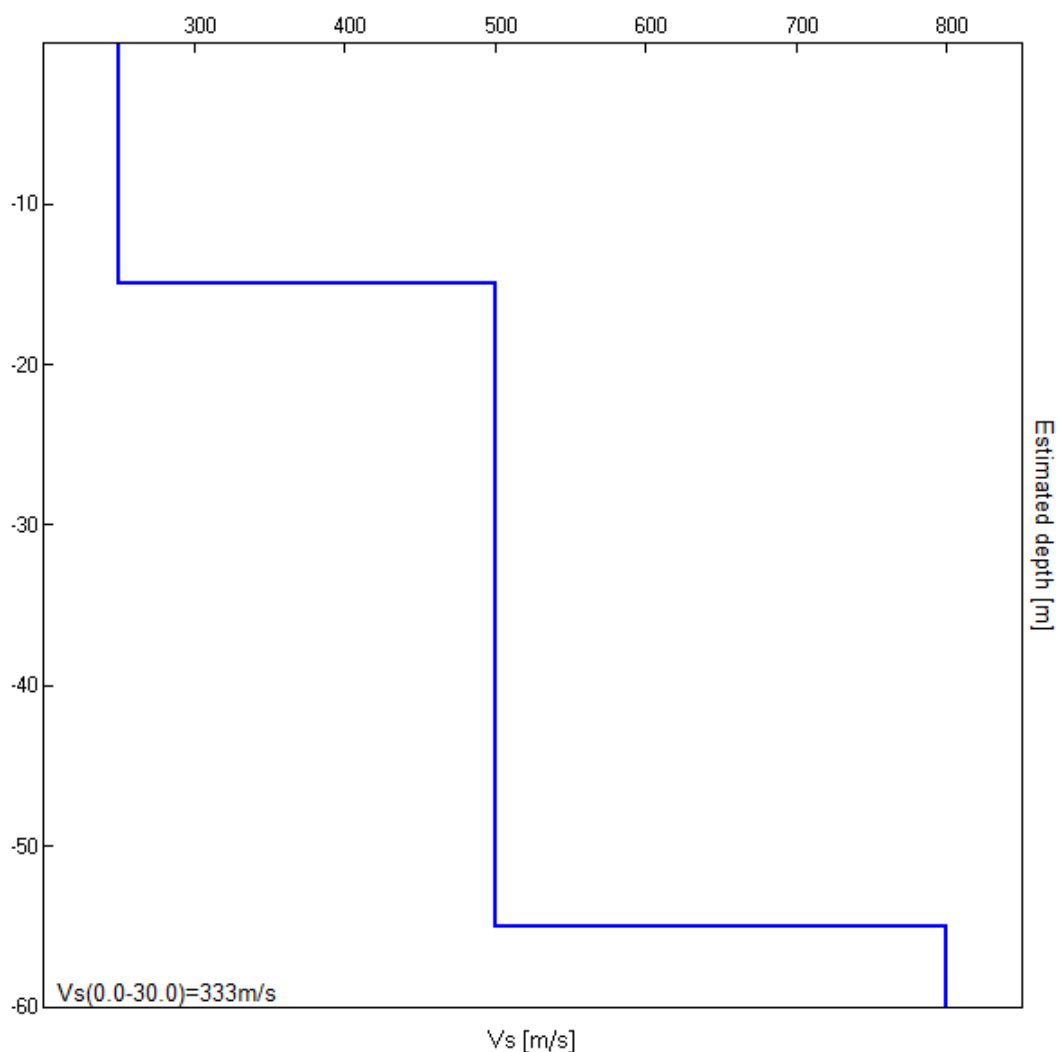
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson |
|---------------------------------------|--------------|----------|---------------------|
| 15.00 | 15.00 | 250 | 0.42 |
| 55.00 | 40.00 | 500 | 0.42 |
| inf. | inf. | 800 | 0.42 |

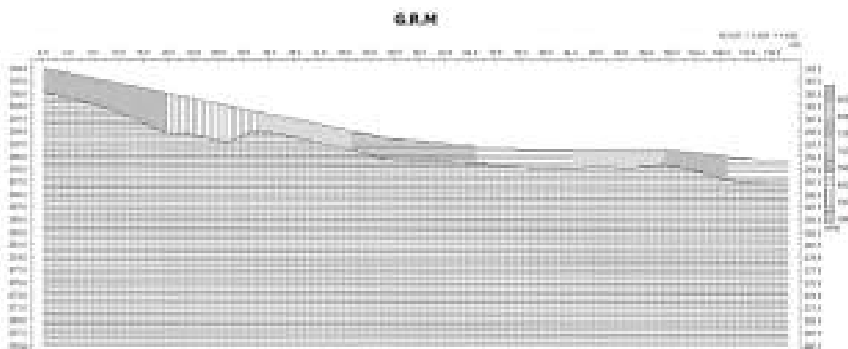


L'indagine tomometrica ha individuato il bedrock sismico caratterizzato da valori di VS > 800 m/sec a 55 m di profondità; il valore di VS30 ottenuto, coincidente con VSeq, è pari a:

$$\mathbf{VSeq = VS30 = 333 \text{ m/s (H/V2)}}$$

○ RISULTATI OTTENUTI SISMICA A RIFRAZIONE

Si riportano qui di seguito le sezioni sismostratigrafiche ottenute nei due stendimenti effettuati.

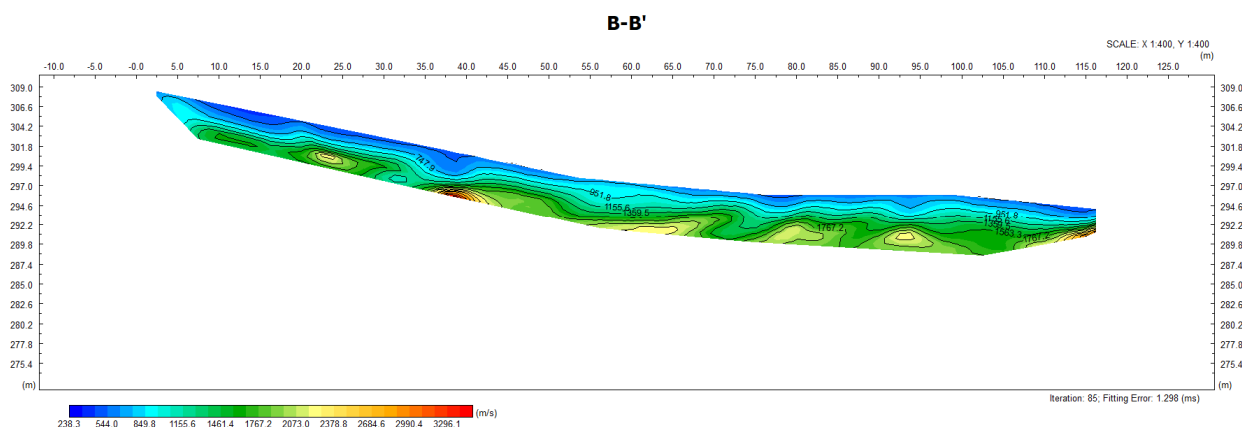


○ CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La zona da noi analizzata risulta avere un andamento sismostratigrafico complesso, che risulta comunque evidente confrontando le varie tecniche utilizzate.

L'evidenza maggiore, segnalata nettamente dalla rifrazione, è la presenza di livelli di materiali di copertura spessi mediamente sui 5 metri, poggianti su sedimenti marini integri; alle profondità di 10-15 metri dal p.c. si rinviene un aumento delle velocità sismiche e, mediante inversione del raggio sismico, si chiudono i profili a rifrazione.

Si riporta la seguente sezione tomografica BB' con a base un modello 1d ottenuto con gradiente delle velocità: la sezione appare schiacciata.

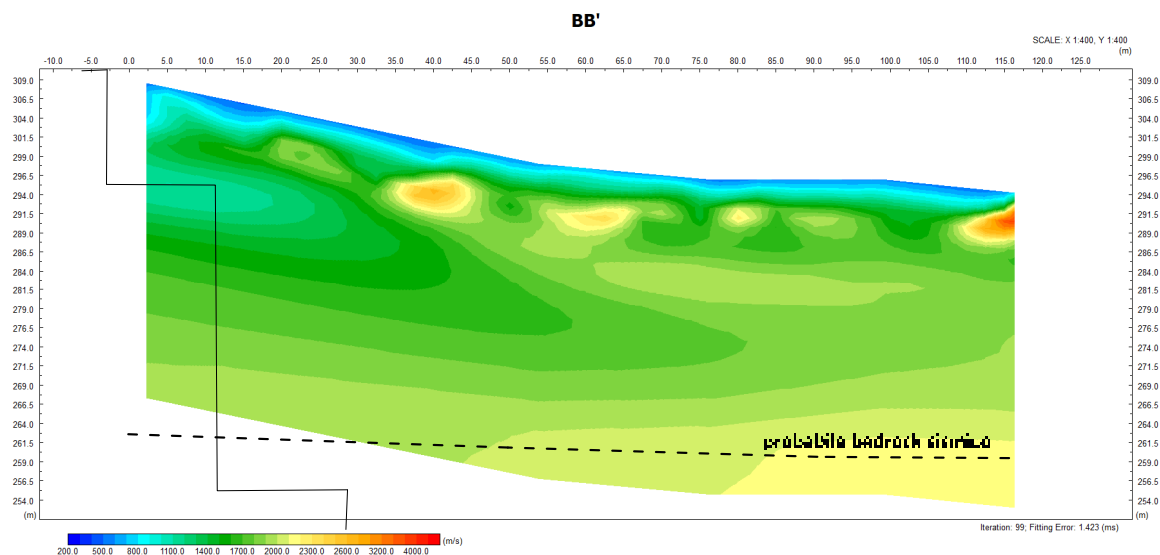
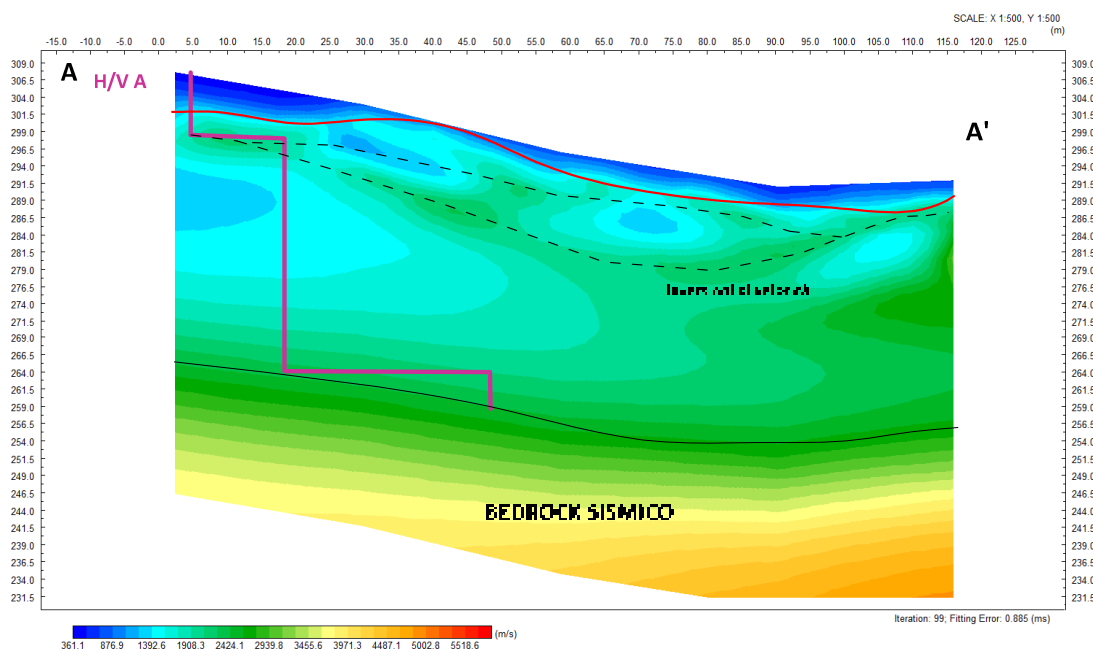


Le indagini MASW effettuate, allo stesso modo, presentano un incremento delle velocità sui 10 -15 m in corrispondenza, non tanto del contatto sui 5 metri fra materiali superficiali e sedimenti di origine lacustre intatti, ma in prossimità dell'estensione massima della sezione tomografica (in entrambe le sezioni): questo è possibile solo in presenza di un'inversione di velocità dovuta ad un livello compatto.

Tale ipotesi è confermata inoltre da un valore troppo alto della velocità in sh registrata sul MASW (circa 600 m/s) compatibile ad esempio con dei livelli di ghiaia o dei livelli arenacei, o livelli sovraconsolidati, ecc....

Inoltre, i risultati dell'H/V mostrano picchi di valori fra 2 e 3 hz e non mostrano picchi sui 10 hz, come ci si sarebbe potuto aspettare visti i risultati delle indagini MASW: essi risulterebbero quindi dovuti alla somma dei fenomeni di risonanza del contatto registrato sui 10 metri e quello di un litoide a profondità di circa 50 metri.

Usando velocità pari a 500 m/s si riesce, mediante inversione, a creare dei modelli sismostratigrafici verosimili per la risposta delle indagini tomometriche H/V, ottenendo la conferma del modello sismostratigrafico ipotizzato (si vedano seguenti immagini).



○ MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO PER L'ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

In base al confronto dei dati ottenuti ed alle elaborazioni fin qui effettuate, si potrà utilizzare il modello sismostratigrafico desunto dall'H/V1 per l'esecuzione di modelli 1d di risposta sismica locale.

In tale modello, il bedrock sismico è presente a partire da 52.00 m dal p.c. attuale, con velocità V_s di 850 m/s. In particolare, si individua la seguente sismostratigrafia per il sito in esame:

| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Profondità in m dal p.c. | V_s [m/s] | Rapporto di Poisson |
|---------------------------------------|--------------|--------------------------|-------------|---------------------|
| 5.00 | 5.00 | 0.00-5.00 | 200 | 0.42 |
| 13.00 | 8.00 | 5.00-13.00 | 250 | 0.42 |
| 52.00 | 39.00 | 13.00-52.00 | 500 | 0.42 |
| inf. | inf. | >52.00 | 850 | 0.42 |
| $V_s(0.0-30.0)=330\text{m/s}$ | | | | |

RIEPILOGO MODELLO GEOLOGICO, GEOGNOSTICO E SISMICO

In relazione alle classi di pericolosità geologica, idraulica e sismica degli strumenti urbanistici, per l'area di lottizzazione TU20, è stata prodotta la carta della fattibilità in cui sono state assegnate le seguenti classi di fattibilità:

- *fattibilità geologica: FG3 fattibilità geologica condizionata; FG1 fattibilità geologica senza particolari limitazioni;*
- *fattibilità idraulica: FI1 fattibilità idraulica senza particolari limitazioni;*
- *fattibilità sismica: FS3 fattibilità sismica condizionata; FS1 fattibilità sismica senza particolari limitazioni.*

In base alle indagini effettuate e pregresse è stato possibile individuare le seguenti caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dell'area in studio:

- *sondaggi geognostici:*

- i sondaggi geognostici effettuati hanno evidenziato la presenza di limi argillosi e limi sabbiosi aventi spessori metrici, alternati a livelli di sabbia, ghiaia e breccia aventi spessori decimetrici: in particolare, il sondaggio S1 ha individuato un livello di ghiaia eterometrica a 13.40/14.10 m, il sondaggio S2 n.2 livelli di ghiaia eterometrica a 7.10/8.45 m e 13.75/15.00 m, il sondaggio S3 un livello di ghiaia eterometrica a 8.00/9.30 m ed il sondaggio S4 n.3 livelli di ghiaia e breccia a 4.00/6.35 m, 14.90/22.60 m e 29.40/30.00 m;

- *prove penetrometriche DPSH:*

- le prove penetrometriche delle indagini 2010 e 2022, hanno fornito risultati concordi tra loro;
- le prove eseguite hanno evidenziato la presenza di un primo livello di terreno pedogenetico e di limo sabbioso alterato e caratterizzato da scadenti parametri geotecnici, avente uno spessore variabile da un minimo di 1.00 m ad un massimo di 4.80 m dal p.c., caratterizzato da bassi valori geotecnici ($N_{20} \text{ medi} = 2.0/5.7$);
- al di sotto è presente un secondo livello costituito da limo sabbioso mediamente addensato avente migliori caratteristiche geotecniche ($N_{20} \text{ medi} = 6.40-18.0$) e individuato fino alla profondità di 8.80/9.60 m dal p.c., seguito da limo argilloso molto consistente individuato fino alla massima profondità raggiunta con le prove di 10.00 m dal p.c. e caratterizzato da parametri geotecnici elevati ($N_{20} \text{ medi} = 12.5/29.0$);
- a diverse profondità e secondo una distribuzione non uniforme e non correlabile, si evince la presenza di livelli o lenti conglomeratiche o ghiaiose caratterizzate da elevati parametri geotecnici, all'interno dei quali le prove penetrometriche si sono interrotte in relazione alla loro elevata compattezza ($N_{20} \text{ medi} = 14.8-32.3$);

- *indagine sismica 2010:*

- l'indagine sismica DH non ha indicato la presenza del substrato sismico caratterizzato da valori di $VS > 800 \text{ m/sec}$, nei primi 30 m di profondità;
- il valore di V_{Seq} coincidente con VS_{30} del DH, è pari a:

$$V_{Seq} = VS_{30} = 472 \text{ m/s (DH)}$$

- *indagine sismica 2022:*

- il bedrock sismico caratterizzato da valori di $VS > 800 \text{ m/sec}$, è stato individuato a partire da una profondità di 52-55 m dal p.c. attuale per l'area in studio;
- i valori di V_{Seq} coincidente con VS_{30} , ottenuti nelle indagini MASW sono pari a:

$$V_{Seq} = VS_{30} = 401 \text{ m/s (MASW A)}$$

$$V_{Seq} = VS_{30} = 414 \text{ m/s (MASW B)}$$

- i valori di VSeq coincidente con VS30, ottenuti nelle indagini H/V sono pari a:

$$\mathbf{VSeq = VS30 = 330 \text{ m/s (H/V1)}}$$

$$\mathbf{VSeq = VS30 = 333 \text{ m/s (H/V2)}}$$

- in base al confronto dei dati ottenuti ed alle elaborazioni fin qui effettuate, si conferma il modello sismostratigrafico desunto

- in base al confronto dei dati ottenuti ed alle elaborazioni effettuate, si potrà utilizzare il modello sismostratigrafico desunto dall'H/V1 per l'esecuzione di modelli 1d di risposta sismica locale (si veda tabella riportata nel precedente paragrafo), in cui il bedrock sismico è presente a partire da 52.00 m dal p.c. attuale, con velocità Vs di 850 m/s.

CONSIDERAZIONI GENERALI IN CONDIZIONI SISMICHE

Per quanto riguarda gli aspetti sismici il documento si attiene al D.G.R.T. n°431 del 19 giugno 2006 in attuazione al D.M. del 14 settembre 2005 e O.P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006 ed alla Del. GRT n° 878 del 8/10/2012 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n.136): il Comune di Monteriggioni, in base a tale classificazione sismica, è stato inserito in Zona 3.

In relazione al D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le costruzioni”, sono individuate quattro zone (di cui le prime tre vengono suddivise in quattro intervalli caratterizzati da differenze di accelerazione pari a 0.025g, mentre la quarta, visti i bassi valori di accelerazione, non prevede ulteriori suddivisioni), sulla base di differenti valori dell'accelerazione a_g orizzontale massima convenzionale su terreno a comportamento litoide (espressa come frazione dell'accelerazione di gravità) ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico; ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/sec, secondo lo schema seguente:

| Zona | Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g) | Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g) |
|----------|---|--|
| 1 | $0.25 < a_g \leq 0.35$ | 0.35g |
| 2 | $0.15 < a_g \leq 0.25$ | 0.25g |
| 3 | $0.05 < a_g \leq 0.15$ | 0.15g |
| 4 | $a_g \leq 0.05$ | 0.05g |

1. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Le Norme Tecniche (D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le costruzioni”), nel paragrafo 3.2.2, indicano delle categorie di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica di progetto.

L'effetto della risposta sismica locale in situazioni complesse si valuta mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate al paragrafo 7.11.3 delle NTC 2018.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

in cui:

- h_i : spessore dello strato "i-esimo";
- $V_{s,i}$: velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N : numero di strati;
- H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono le seguenti (Tab. 3.2.II delle NTC 2018):

CATEGORIA A: *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

CATEGORIA B: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

CATEGORIA C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

CATEGORIA D: *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

CATEGORIA E: *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE ED AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Le categorie topografiche vengono disciplinate nel paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018.

Per situazioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si potrà adottare la seguente classificazione:

| CATEGORIA | CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA |
|-----------|---|
| T1 | <i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ($i \leq 26.7\%$)</i> |
| T2 | <i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ($i > 26.7\%$)</i> |
| T3 | <i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ ($26.7\% \leq i \leq 57.7\%$)</i> |
| T4 | <i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$ ($i > 57.7\%$)</i> |

Tab. 3.2.III - Categorie topografiche

Per tenere conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportato nella seguente tabella in funzione dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento (tabella 3.2.V delle NTC 2018):

| CATEGORIA | UBICAZIONE DELL'OPERA O DELL'INTERVENTO | St |
|-----------|--|-----|
| T1 | ----- | 1.0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1.2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1.2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1.4 |

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o cresta, dove St assume il valore massimo riportato nella tab. 3.2.V, fino alla base, dove St assume valore unitario.

PARAMETRI SISMICI DI BASE PER L'AREA IN STUDIO

1. STIMA DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA E DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Essendo l'area in studio caratterizzata da un profilo morfologico caratterizzato da pendenze dell'ordine del 12-16%, in base alla precedente tabella 3.2.V appartiene alla categoria topografica **T1** (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ e $i \leq 26.7\%$*).

Pertanto, si affida al terreno in studio, il seguente coefficiente topografico **St** di amplificazione sismica:

$$St = 1.00$$

2. INDICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dall'analisi sismica effettuata non è stato individuato un substrato sismico (formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/sec) nei primi 30 m; il valore di VSeq, coincidente con VS30 è risultato il seguente:

$$VSeq = VS30 = 472 \text{ m/s.}$$

→ INDIVIDUAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dai risultati delle indagini sismiche pregressa e nuova, i valori di vs ottenuti sono i seguenti:

- VSeq = VS30 = 472 m/s (DH)
- VSeq = VS30 = 401 m/s (MASW A)
- VSeq = VS30 = 414 m/s (MASW B)
- VSeq = VS30 = 330 m/s (H/V1)
- VSeq = VS30 = 333 m/s (H/V2)

Pertanto, considerando il valore mediano di VSeq, ed in relazione alle caratteristiche geotecniche ottenuti dall'indagine geognostica, è possibile classificare i terreni di fondazione nella seguente categoria di sottosuolo:

CATEGORIA B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

3. DATI SISMICI DI BASE E PARAMETRI DI PROGETTO

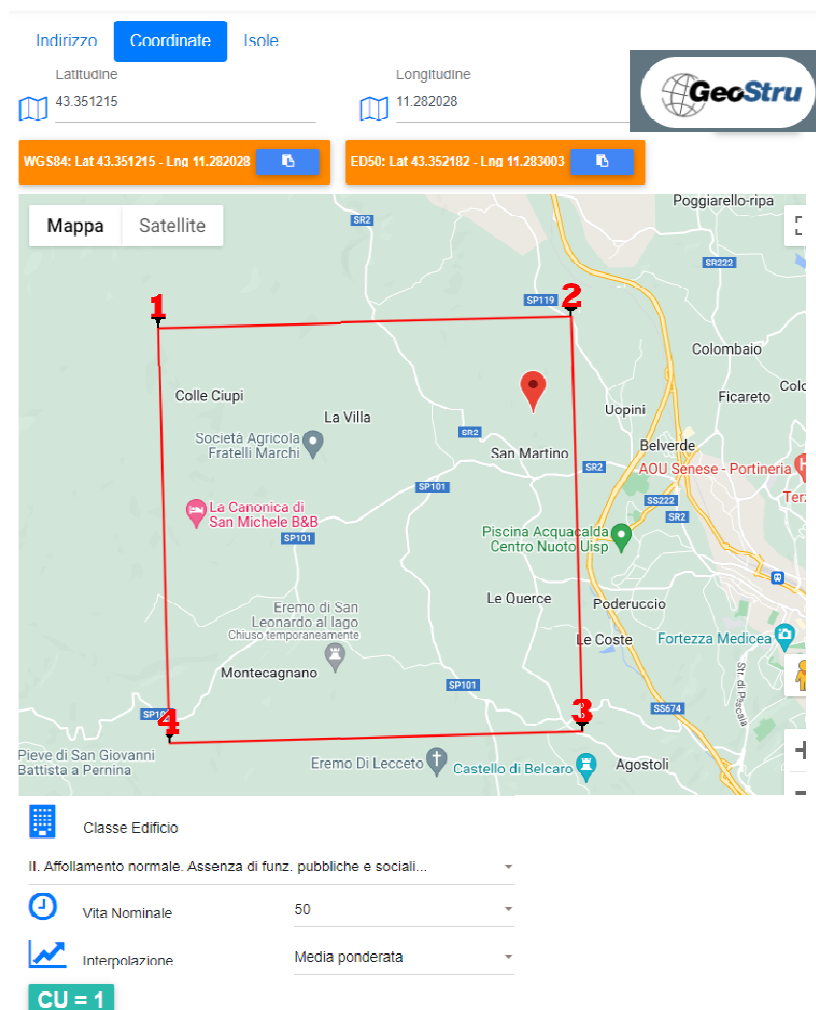
Per valutare la sismicità dell'area mediante il metodo sito-dipendente, è necessario localizzare geograficamente il terreno in oggetto e inserire i dati di progetto per le opere da costruire: in questo caso si utilizza il software free online da Geostru per i parametri sismici (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>).

Localizzazione geografica sito in esame:

latitudine WGS84: 43.351215
 longitudine WGS84: 11.282028
 latitudine ED50: 43,352182
 longitudine ED50: 11,283003

Parametri di progetto:

Classe: 2
 Vita nominale: 50
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1



Come visibile dalla precedente immagine, per l'area in studio si hanno i seguenti nodi della maglia di riferimento, derivanti della mappa di pericolosità sismica per il territorio nazionale relativamente all'Ordinanza PCM 3519/2006 riferita al DM 14 settembre 2005:

Siti di riferimento mappa di pericolosità sismica nazionale

| | | | | |
|--------|-----------|--------------|--------------|--------------------|
| Sito 1 | ID: 21834 | Lat: 43,3628 | Lon: 11,2206 | Distanza: 5181,248 |
| Sito 2 | ID: 21835 | Lat: 43,3641 | Lon: 11,2893 | Distanza: 1418,606 |
| Sito 3 | ID: 22057 | Lat: 43,3141 | Lon: 11,2911 | Distanza: 4283,521 |
| Sito 4 | ID: 22056 | Lat: 43,3128 | Lon: 11,2224 | Distanza: 6573,605 |

4. STIMA DEI COEFFICIENTI SISMICI DI BASE

Il valore dell'accelerazione massima a_{\max} attesa al sito può essere valutata con la seguente relazione:

$$a_{\max} = S_s S_T a_g \quad [\text{formula 7.11.5 - NTC 2018}]$$

in cui: - a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;
 - S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica (par.3.2.3.2 NTC 2018);
 - S_T = coefficiente di amplificazione topografica (par.3.2.3.2 NTC 2018).

I coefficienti sismici orizzontale e verticale che rappresentano l'azione sismica si ottengono dalle seguenti formule:

$$K_h = \beta_s (a_{\max}/g) \quad [\text{formula 7.11.3 - NTC 2018}]$$

$$K_v = \pm 0.5 K_h \quad [\text{formula 7.11.4 - NTC 2018}]$$

in cui g è l'accelerazione di gravità e β_s =coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa del sito riportato nella seguente tabella:

| | Categoria di sottosuolo | |
|-------------------------|-------------------------|------------|
| | A | B, C, D, E |
| | β_s | β_s |
| $0.2 < a_g(g) \leq 0.4$ | 0.30 | 0.28 |
| $0.1 < a_g(g) \leq 0.2$ | 0.27 | 0.24 |
| $a_g(g) \leq 0.1$ | 0.20 | 0.20 |

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

Quindi, si hanno i seguenti parametri sismici (Geostru software - <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>):

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,047 g
 Fo: 2,510
 Tc*: 0,246 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,058 g
 Fo: 2,531
 Tc*: 0,255 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,140 g
 Fo: 2,477
 Tc*: 0,277 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,175 g
 Fo: 2,512
 Tc*: 0,283 [s]

Coefficienti Sismici di base (verifiche di stabilità dei pendii)

| <i>SLO:</i> | <i>SLD:</i> | <i>SLV:</i> | <i>SLC:</i> |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <i>Ss: 1,200</i> | <i>Ss: 1,200</i> | <i>Ss: 1,200</i> | <i>Ss: 1,200</i> |
| <i>Cc: 1,460</i> | <i>Cc: 1,450</i> | <i>Cc: 1,420</i> | <i>Cc: 1,420</i> |
| <i>St: 1,000</i> | <i>St: 1,000</i> | <i>St: 1,000</i> | <i>St: 1,000</i> |
| <i>Kh: 0,011</i> | <i>Kh: 0,014</i> | <i>Kh: 0,040</i> | <i>Kh: 0,050</i> |
| <i>Kv: 0,006</i> | <i>Kv: 0,007</i> | <i>Kv: 0,020</i> | <i>Kv: 0,025</i> |
| <i>Amax: 0,550</i> | <i>Amax: 0,683</i> | <i>Amax: 1,650</i> | <i>Amax: 2,063</i> |
| <i>Beta: 0,200</i> | <i>Beta: 0,200</i> | <i>Beta: 0,240</i> | <i>Beta: 0,240</i> |

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE DELL'AREA IN STUDIO

In riferimento alla classe d'indagine 4 individuata per le opere in progetto (Allegato 1 delle Linee guida del Regolamento 1R/2022), poiché l'area è inserita negli strumenti urbanistici in classe di pericolosità sismica S3, in base alla presenza di cause predisponenti ai fenomeni di amplificazione locale in occasione di un sisma (vedere carta delle MOPS), si procede a valutare l'azione sismica attesa in base a specifiche analisi di risposta sismica locale (RSL) (ai sensi delle NTC2018 e della normativa tecnica emanata in attuazione dell'articolo 83 del d.p.r. 380/2001).

L'analisi RSL è stata effettuata in corrispondenza dell'area di lottizzazione, facendo riferimento, in primis, ai seguenti parametri sismici di progetto (si veda precedente paragrafo):

1. sismo-stratigrafia e categoria di sottosuolo individuati dall'elaborazione delle indagini sismiche acquisite;
2. spettri di risposta elastici per gli stati limite SLV e SLD definiti in base alla vita nominale (V_N) di progetto.

Essi sono utili, infatti, alla scelta degli accelerogrammi sismo-spettro-compatibili che subiscono variazioni di ampiezza e frequenza nella propagazione dal substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) fino alla superficie e/o al piano d'imposta delle fondazioni; queste variazioni vengono rappresentate solitamente tramite spettri di frequenza (Spettri di Fourier) e sono fortemente legati alle caratteristiche fisico-meccaniche dei sismo-strati presenti nel sito.

In base alle indicazioni delle NTC2018, l'input sismico è costituito da almeno n. 7 accelerogrammi naturali che provengono da registrazioni reali di eventi sismici e che devono essere necessariamente sismo-spettro-compatibili:

- sismo-compatibilità: le storie temporali (accelerogrammi) devono possedere caratteristiche sismogenetiche, magnitudo, distanza epicentrale, scuotimento atteso, tali da poter ipotizzare una compatibilità con il sito in esame e definito dalla Mappa di pericolosità Sismica d'Italia (si veda paragrafo seguente);
- spettro-compatibilità: le storie temporali devono essere scalate cosicché gli spettri di frequenza approssimino gli spettri di risposta elastica di base definiti per gli stati limite di progetto (SLV, SLD).

Una volta valutata la compatibilità sismologica dei n.7 accelerogrammi per mezzo dei coefficienti sismici di base definiti nella stima della pericolosità di sito (vedere paragrafi seguenti), tra le N frequenze contenute nello spettro di ogni sisma, vengono prese in considerazione quelle che rappresentano al meglio il range di frequenza in cui si verificano fenomeni di amplificazione locale all'interno del mezzo di propagazione in sito.

ANALISI MONODIMENSIONALE (RSL-1D)

In breve, si riportano le fasi procedurali che hanno portato ai risultati RSL-1D presentati rimandando all' "ALLEGATO 6 Relazione di Calcolo" per ogni dettaglio riguardo le funzioni di trasformazione implementate nei codici procedurali del software LSR-1D di Stacec®.

L'analisi di risposta sismica locale 1D è effettuata mediante i seguenti step:

- scelta dell'input sismico spettro-compatibile con quello del sito in esame riferito ad un suolo rigido attraverso un'analisi di disaggregazione per ciascun stato limite in esame;
- inserimento della sismo-stratigrafia ottenuta dall'indagine sismica effettuata;
- calcolo dell'output sismico tenendo conto delle modifiche del segnale di input derivanti dalle diverse caratteristiche elastiche e meccaniche degli strati attraversati;
- estrapolazione finale dei parametri ottenuti per ogni stato limite esaminato.

1. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI DI SITO

Per il sito in esame, nella modellazione si inseriscono i dati di base e di progetto, riportati nel precedente paragrafo, nel foglio di calcolo ministeriale **Spettri di risposta ver. 1.0.3.**:

- coordinate del sito;
- classe d'uso dell'opera;
- vita nominale dell'opera;
- stati limite di riferimento.

Definizione dei parametri sismici.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_n info

Coefficiente d'uso della costruzione - u_d info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLD - $P_{10} = 81\%$
- SLD - $P_{10} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

- SLV - $P_{10} = 10\%$
- SLC - $P_{10} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

--- Strategie per costruzioni ordinarie

--- Strategie scelte

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

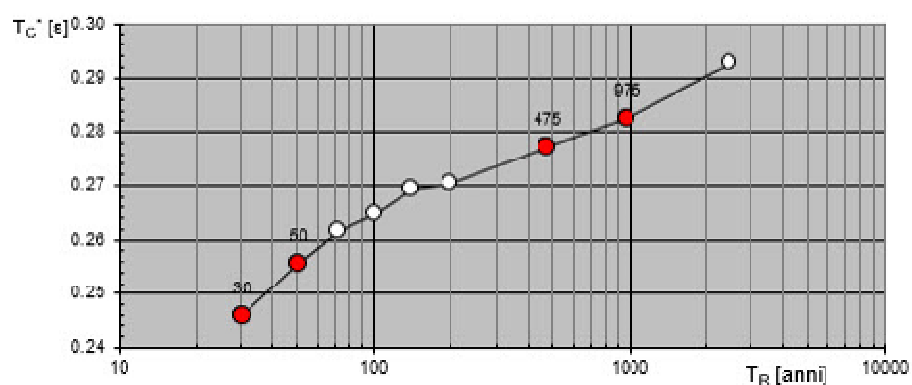
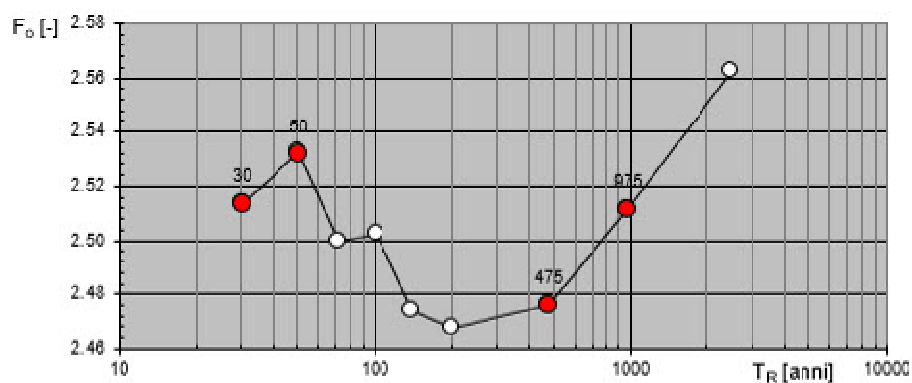
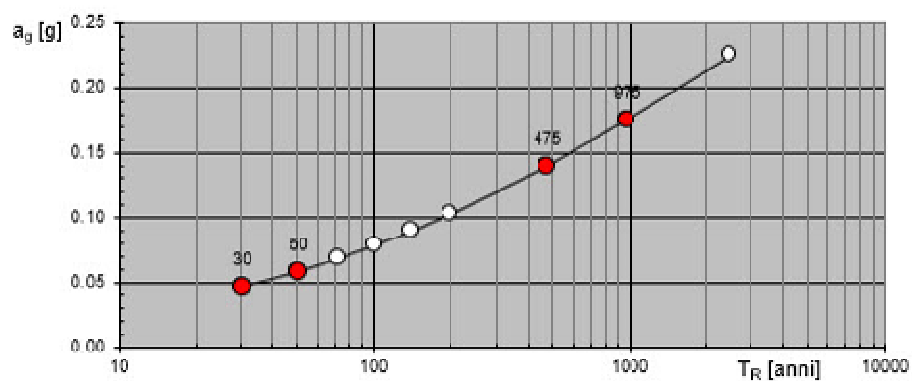
Scelta dei valori di progetto.

Dal foglio di calcolo si ottengono i seguenti valori dei parametri T_R - a_g - F_o - T_c per ciascuno stato limite: nei grafici seguenti sono estrapolati tutti i periodi di ritorno previsti dalla normativa con in rosso i periodi di ritorno considerati nel presente studio e i rispettivi spettri di risposta elastici per ciascun stato limite.

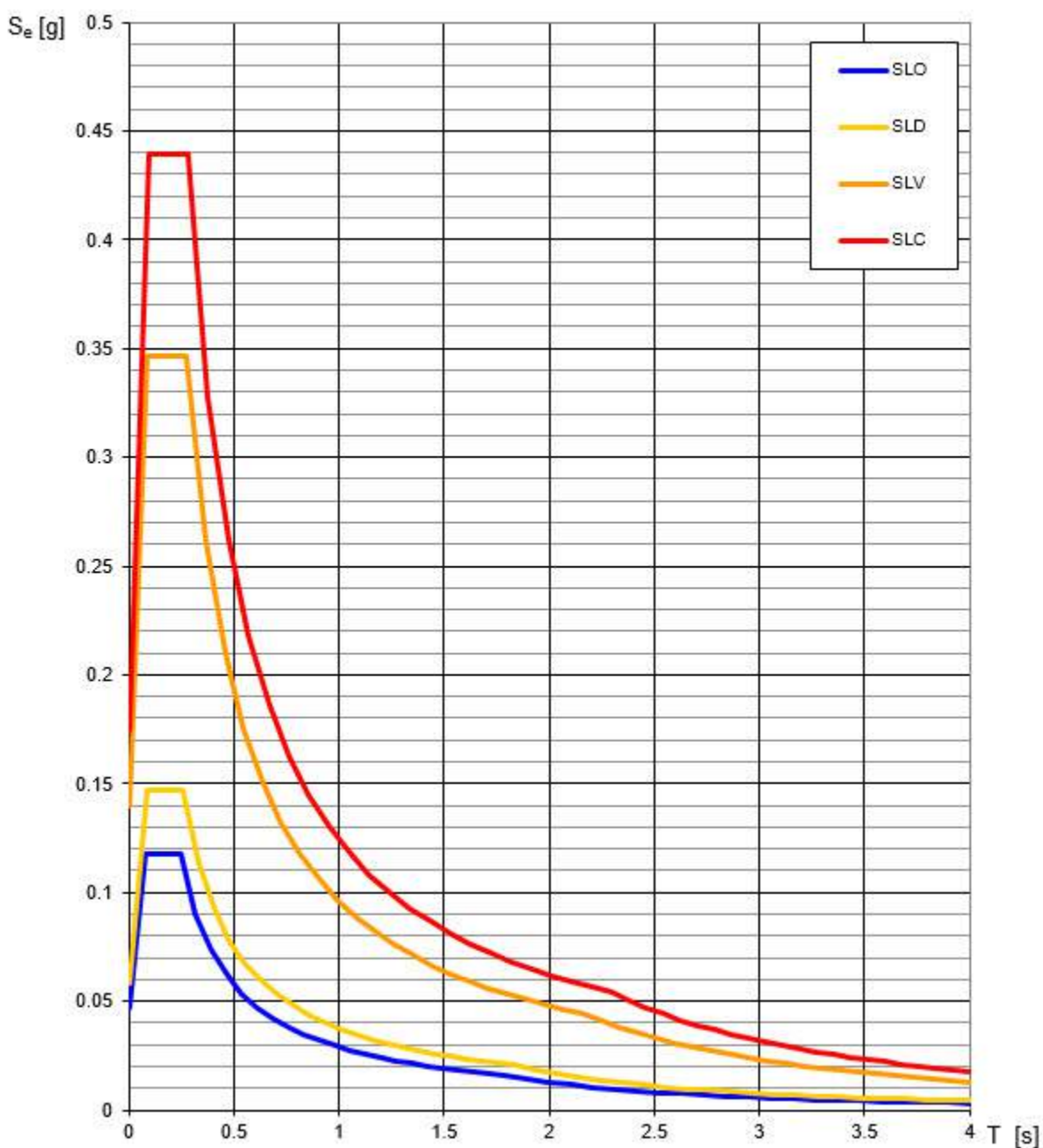
Valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno T_R associati

| STATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_c [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| SLO | 30 | 0.047 | 2.513 | 0.246 |
| SLD | 50 | 0.058 | 2.532 | 0.256 |
| SLV | 475 | 0.140 | 2.476 | 0.277 |
| SLC | 975 | 0.175 | 2.511 | 0.283 |

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

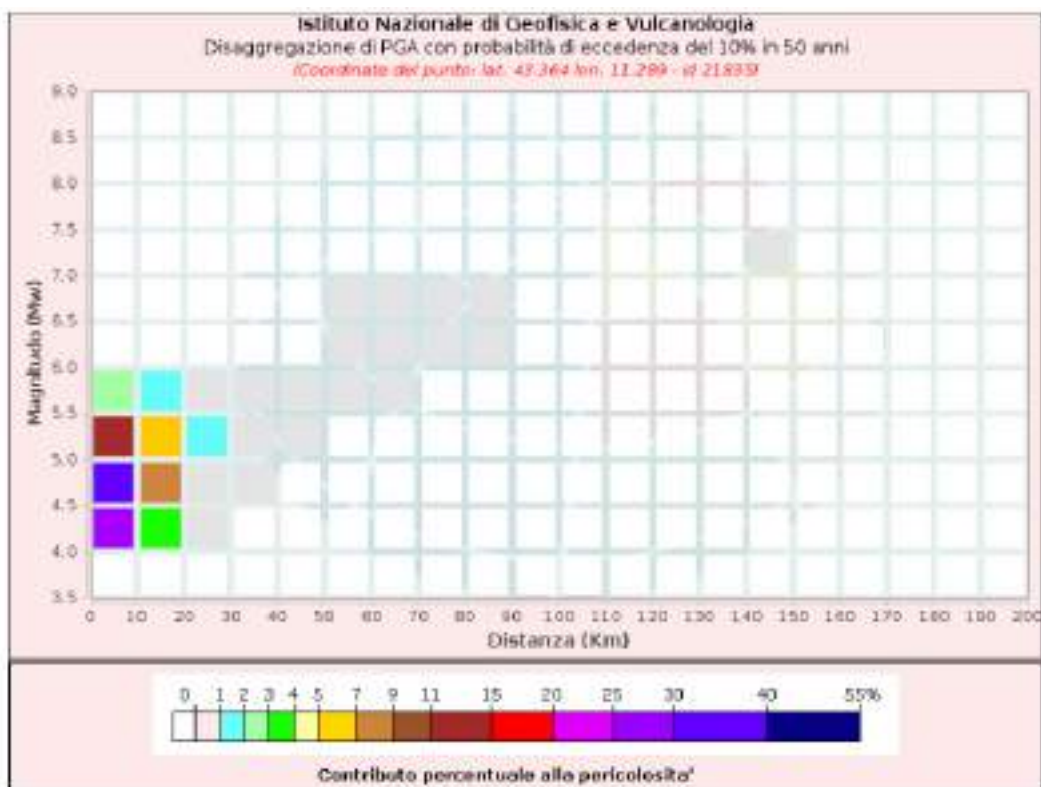
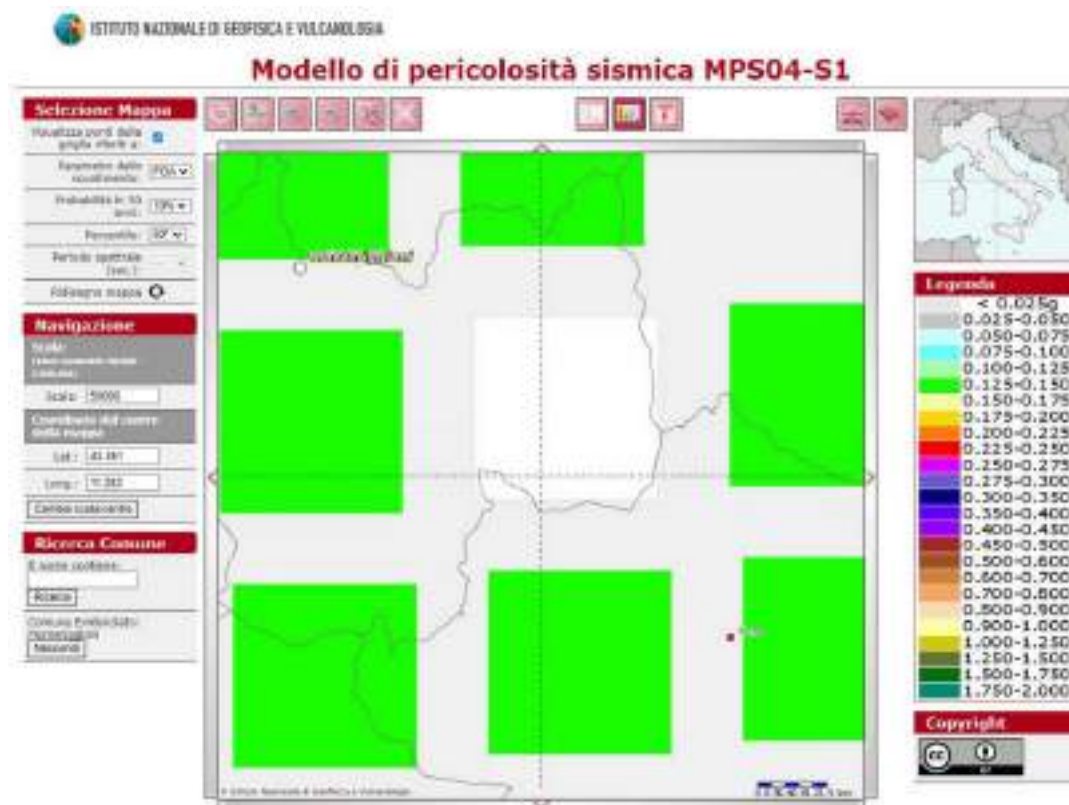


2. ANALISI DI DISAGGREGAZIONE

L'estrazione degli accelerogrammi di input sismo-compatibili prevede la determinazione di altri parametri sismologici, oltre a quelli precedentemente definiti.

In particolare devono essere definiti i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

○ MODELLO DI PERICOLOSITÀ SISMICA PER SLV



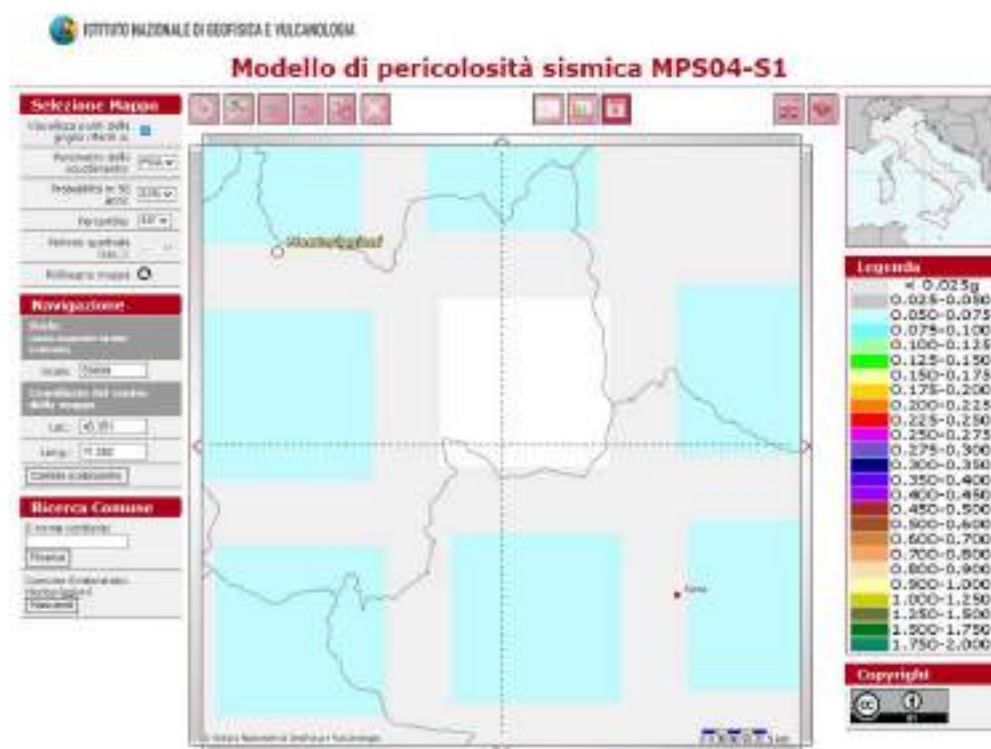
| Disaggregazione di PCA con probabilità di occorrenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto foc. 43.364 lon. 13.289 - al 21835) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------|---------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Distanza (Km) | Magnitudo (Mw) | | | | | | | | | | |
| | 3.5- 4.0 | 4.0-4.5 | 4.5-5.0 | 5.0-5.5 | 5.5- 6.0 | 6.0- 6.5 | 6.5- 7.0 | 7.0- 7.5 | 7.5- 8.0 | 8.0- 8.5 | 8.5- 9.0 |
| 0-5 | 0.0000 | 26.8000 | 35.8000 | 12.3000 | 2.6700 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 10-20 | 0.0000 | 3.9700 | 8.4400 | 5.5500 | 1.6500 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 20-30 | 0.0000 | 0.0447 | 3.7510 | 1.1700 | 0.5480 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 30-40 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0032 | 0.1850 | 0.1720 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 40-50 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0048 | 0.0384 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 50-60 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0039 | 0.0255 | 0.0071 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 60-70 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0048 | 0.0111 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 70-80 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0111 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 80-90 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0010 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 90-100 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 100-110 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 110-120 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 120-130 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 130-140 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 140-150 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 150-160 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 160-170 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 170-180 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 180-190 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 190-200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

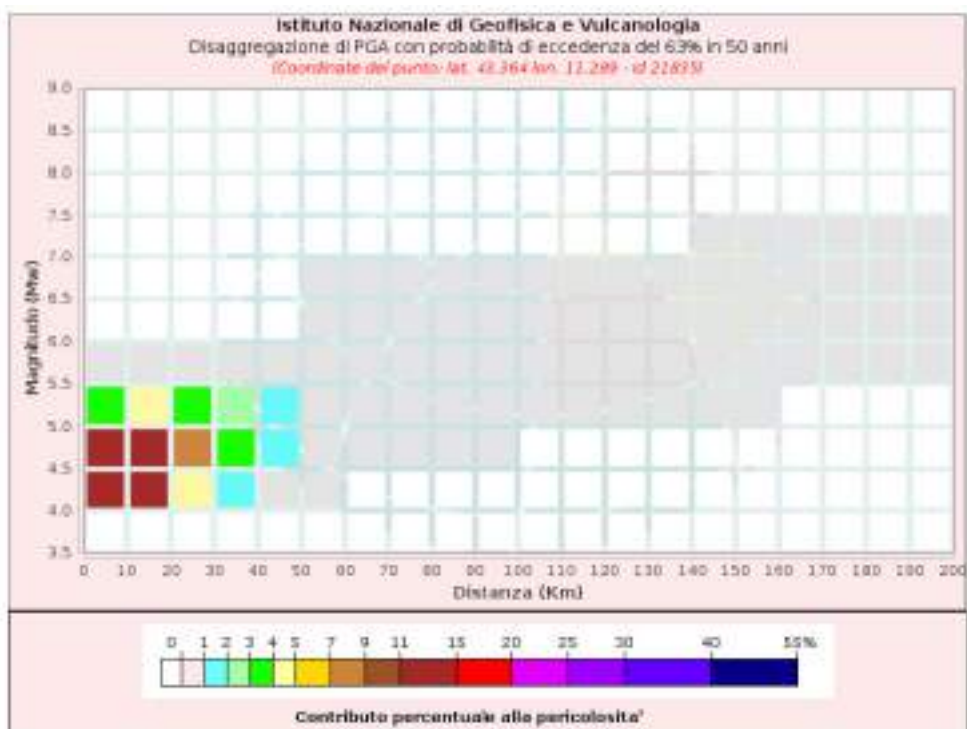
| Valori Mw | | |
|-----------|----------|---------|
| Magnitudo | Distanza | Episodi |
| 4.76 | 7.17 | 0.027 |

Con riferimento alle figure precedenti sono stati determinati i seguenti parametri M – R di disaggregazione per lo stato SLV:

- M (magnitudo) compresa fra $M_{\min} = 4.0$ e $M_{\max} = 6.0$;
- R (distanza) compresa fra $R_{\min} = 0$ km e $R_{\max} = 30$ km.

○ MODELLO DI PERICOLOSITÀ SISMICA PER SLD





| Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.364 lon. 11.289 - id 21835) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Distanza (Km) | Magnitudo (Mw) | | | | | | | | | | |
| | 3.5- 4.0 | 4.0-4.5 | 4.5-5.0 | 5.0- 5.5 | 5.5- 6.0 | 6.0- 6.5 | 6.5- 7.0 | 7.0- 7.5 | 7.5- 8.0 | 8.0- 8.5 | 8.5- 9.0 |
| 0-10 | 0.0000 | 14.2000 | 14.8000 | 2.4100 | 0.5870 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 10-20 | 0.0000 | 11.2000 | 14.8000 | 4.7400 | 0.9210 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 20-30 | 0.0000 | 4.4000 | 7.3500 | 3.2700 | 0.7830 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 30-40 | 0.0000 | 1.8300 | 3.6000 | 2.0900 | 0.5500 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 40-50 | 0.0000 | 0.6110 | 1.6200 | 1.1700 | 0.3450 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 50-60 | 0.0000 | 0.0870 | 0.6120 | 0.6610 | 0.3060 | 0.1220 | 0.0181 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 60-70 | 0.0000 | 0.0001 | 0.2370 | 0.5460 | 0.4880 | 0.3320 | 0.0401 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 70-80 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0640 | 0.3900 | 0.4780 | 0.3770 | 0.0337 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 80-90 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0236 | 0.2730 | 0.3840 | 0.2530 | 0.0145 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 90-100 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0024 | 0.1380 | 0.2600 | 0.1800 | 0.0079 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 100-110 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0594 | 0.1770 | 0.1390 | 0.0048 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 110-120 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0228 | 0.1200 | 0.1050 | 0.0032 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 120-130 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0124 | 0.0896 | 0.0758 | 0.0021 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 130-140 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0062 | 0.0672 | 0.0574 | 0.0016 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 140-150 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0019 | 0.0409 | 0.0400 | 0.0018 | 0.0150 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 150-160 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0229 | 0.0370 | 0.0404 | 0.0367 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 160-170 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0105 | 0.0243 | 0.0331 | 0.0220 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 170-180 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0036 | 0.0143 | 0.0251 | 0.0257 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 180-190 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0011 | 0.0081 | 0.0187 | 0.0203 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 190-200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0005 | 0.0044 | 0.0139 | 0.0163 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

| Valori Medi | | |
|-------------|----------|---------|
| Magnitudo | Distanza | Epsilon |
| 4.78 | 21.2 | 0.497 |

Con riferimento alle figure precedenti sono stati determinati i seguenti parametri M – R di disaggregazione per lo stato SLD:

- M (magnitudo) compresa fra $M_{\min} = 4.0$ e $M_{\max} = 5.5$;
- R (distanza) compresa fra $R_{\min} = 0$ km e $R_{\max} = 50$ km.








○ ESTRAPOLAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI

Si è proceduto all'estrapolazione degli accelerogrammi spettro compatibili, facendo riferimento al database ESM (Engineering Strong Motion) mediante l'utilizzo del programma REXELweb* disponibile on line (<https://esm-db.eu/#/rexel>).








Il programma REXELweb seleziona automaticamente gli accelerogrammi dal database tramite un'interfaccia utente grafica online: fornisce combinazioni compatibili con lo spettro di registrazioni del movimento del suolo a 1, 2 o 3 componenti, compatibili in media con uno spettro target.

Nel programma, inserendo il target "Italian building code DM 2018", si ottengono per il sito in studio 7 accelerogrammi finali per ciascun stato limite, riferiti a suoli di tipo rigido A e pianeggianti T1.

File *.ASC contenenti gli accelerogrammi estrapolati per SLV:

| | |
|--|----------|
|  4A.MI03..HNE.D.IT-2009-0102.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  EU.TIVA.00.HNE.D.ME-1979-0012.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  IT.CRP.00.HNN.D.IT-2012-0010.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  IT.CRP.00.HNN.D.IT-2012-0011.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  IT.NOR.00.HGN.D.EMSC-20161026_0000077.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  IT.NVL.00.HNN.D.IT-1996-0003.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  IV.T0814..HNN.D.IT-2012-0010.ACC.MP.ASC | File ASC |

File *.ASC contenenti gli accelerogrammi estrapolati per SLD:

| | |
|--|----------|
|  E.CSN0.00.HNN.D.IT-1984-0005.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  IT.AQK.00.HNN.D.IT-2009-0121.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  IT.BZZ.00.HNE.D.IT-2009-0102.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  IT.NRC.00.HGE.D.EMSC-20160824_0000172.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  IT.NRC.00.HGN.D.EMSC-20160903_0000009.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  IV.T0824..HNN.D.IT-2012-0012.ACC.MP.ASC | File ASC |
|  IV.T0824..HNN.D.IT-2012-0032.ACC.MP.ASC | File ASC |

* Credits REXELweb:

Sgobba, S., Puglia, R., Pacor F., Luzi, L., Russo, E., Felicetta, C., Lanzano, G., D'Amico, M., Baraschino, R., Baltzopoulos, G., Iervolino, I.

REXELweb: a tool for selection of ground-motion records from the Engineering Strong Motion database (ESM) 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (ICEGE) 17 - 20 June 2019, Roma, Italy

Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016), Engineering Strong Motion Database, version 1.0, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology, doi: 10.13127/ESM

The core engine is composed by: some Python scripts developed by Rodolfo Puglia [1] and Sara Sgobba [1] and some fortran routines developed by Iunio Iervolino [2]

Ringraziamenti: Sara Sgobba [1], Rodolfo Puglia [1], Francesca Pacor [1], Lucia Luzi [1], Emiliano Russo [3], Chiara Felicetta [1], Giovanni Lanzano [1], Maria D'Amico [1], Roberto Baraschino [2], Georgios Baltzopoulos [2], Iunio Iervolino [2] ([1] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milan, Italy; [2] Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Napoli, Italy; [3] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Rome, Italy).

3. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA

Una volta acquisiti gli accelerogrammi di input riferiti al bed-rock, si procede all'analisi di risposta sismica locale, applicando le variazioni di frequenza ed ampiezza date dal mezzo durante la propagazione dell'onda dall'interfaccia substrato/copertura sino alla superficie. Nel nostro caso, tale operazione viene adoperata dal software **LSR-1D Risposta Sismica Locale 1D della STACEC srl**, che, utilizzando le serie temporali estratte da Rexel Web, esegue le analisi di risposta nel dominio della frequenza, calcolando la risposta dinamica di sito di una

colonna monodimensionale di terreno, in base alle proprietà dinamiche del suolo dovute alla deformazione (smorzamento D e modulo di taglio G).

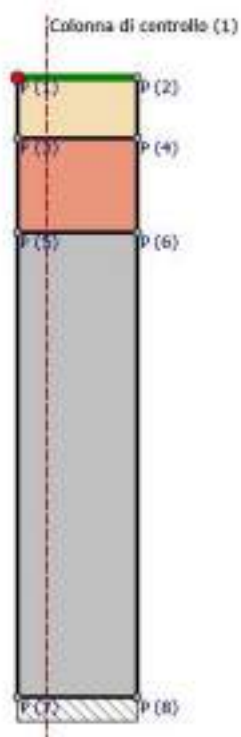
○ MODELLO DI TERRENO UTILIZZATO NELLE ANALISI

Il modello sismostratigrafico del terreno utilizzato per la modellazione dell'analisi sismica, è quello ottenuto dalle indagini geognostiche e simiche effettuate nell'area in studio e precedentemente descritte.

Pertanto, si potrà utilizzare il modello geologico dell'area in studio e quello sismostratigrafico desunto dall'H/V1, qui di seguito riassunto:

In tale modello, il bedrock sismico è presente a partire da 52.00 m dal p.c. attuale, con velocità Vs di 850 m/s e Vp di; si individua la seguente sismostratigrafia per il sito in esame:

| Bedrock sismico | | | | | |
|---|---------------------------------------|------------------|---|----------|-----------------|
| Profondità del bedrock sismico | | 52.00 m dal p.c. | | | |
| Velocità Vs del bedrock sismico | | 850 m/s | | | |
| Velocità Vp del bedrock sismico | | 2200 m/s | | | |
| Densità del bedrock sismico | | 2300 kg/mc | | | |
| Modello litologico e sismostratigrafico | | | | | |
| Profondità dal p.c. [m] | Profondità alla base dello strato [m] | Spesore [m] | Litologia | Vs [m/s] | Densità [kg/mc] |
| 0.00-5.00 | 5.00 | 5.00 | Strato 1: terreno pedogenetico, limo sabbioso | 200 | 1600 |
| 5.00-13.00 | 13.00 | 8.00 | Strato 2: limi argillosi e sabbiosi con livelli di ghiaia e conglomerati | 250 | 2100 |
| 13.00-52.00 | 52.00 | 39.00 | Strato 3: Limi argillosi e argille litificate | 500 | 2150 |
| >52.00 | inf. | inf. | Bebrook: argille litificate e sovraconsolidate | 850 | 2300 |

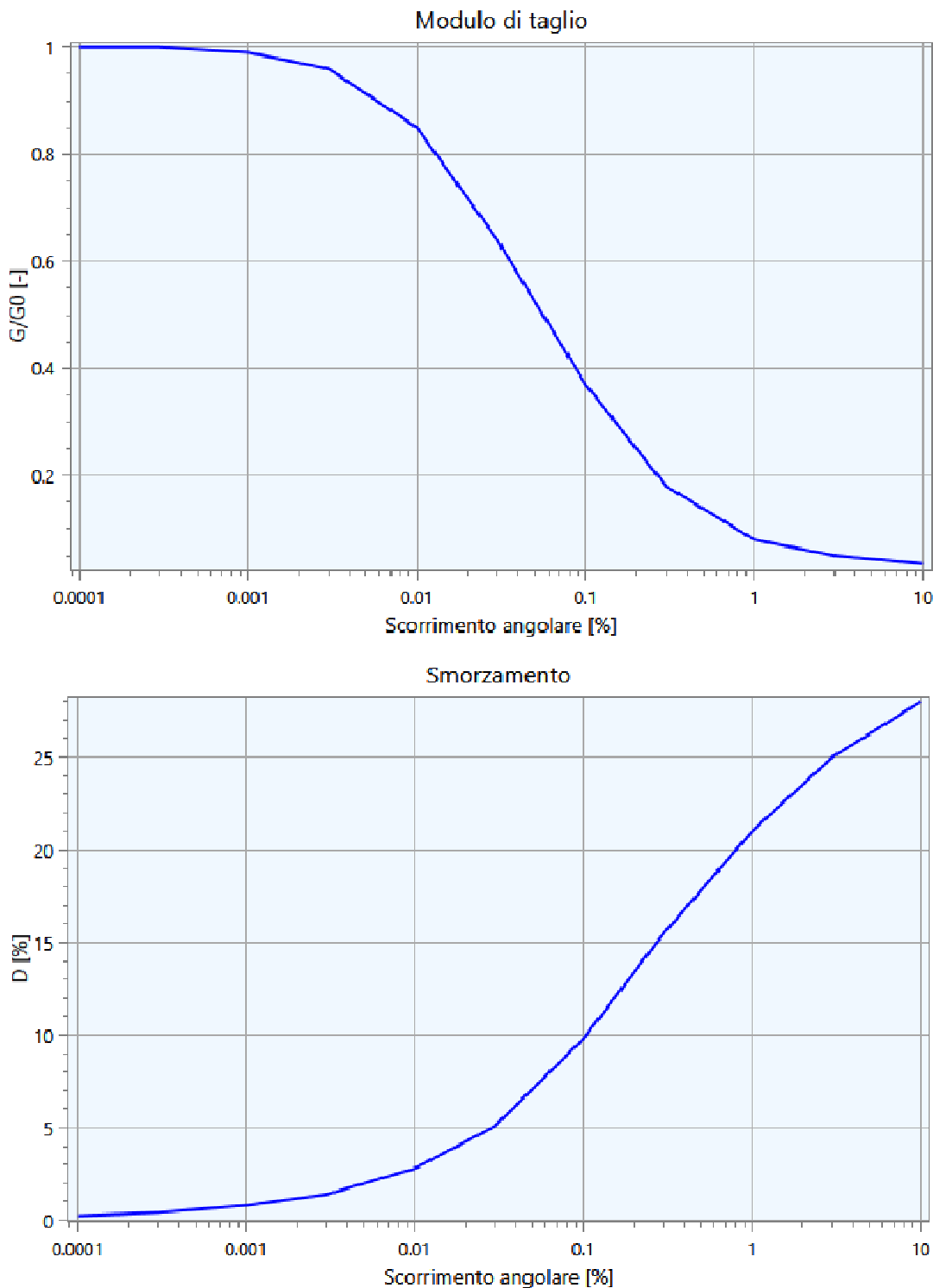


All'aumentare del livello di deformazione angolare raggiunta dal terreno si ha una diminuzione del modulo di taglio G ed un aumento del rapporto di smorzamento D. Tale

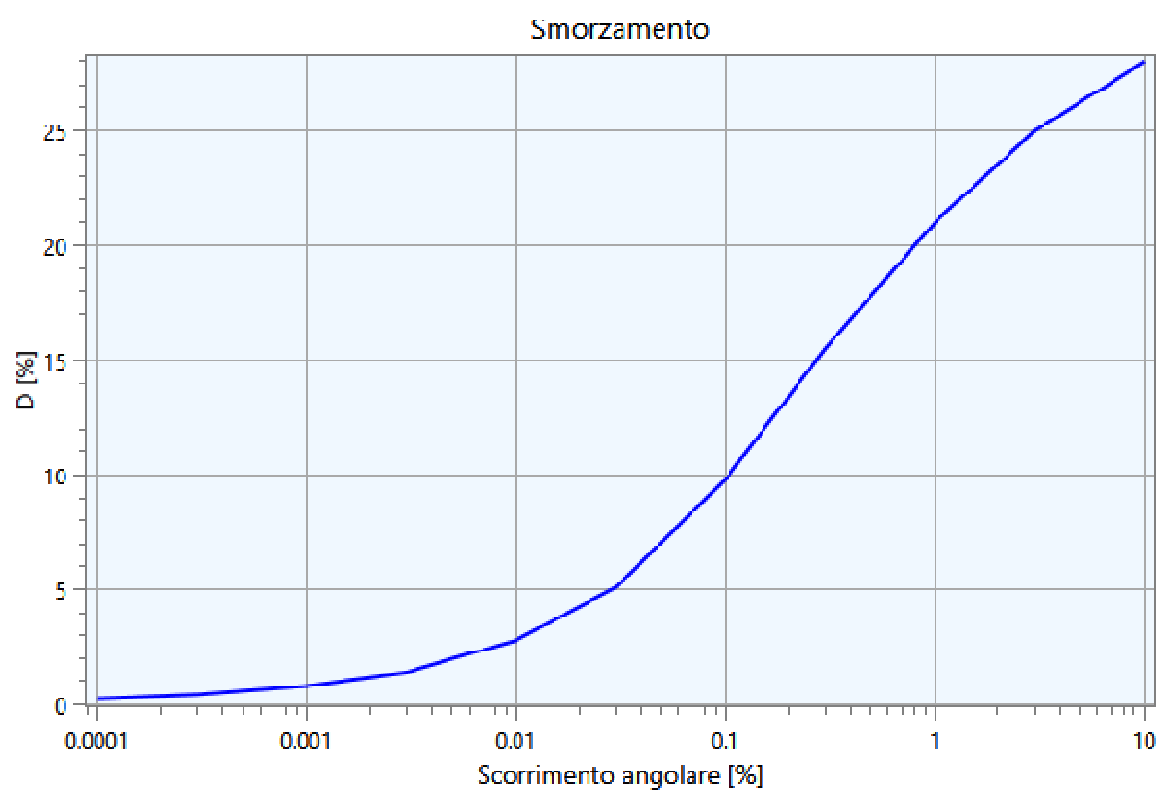
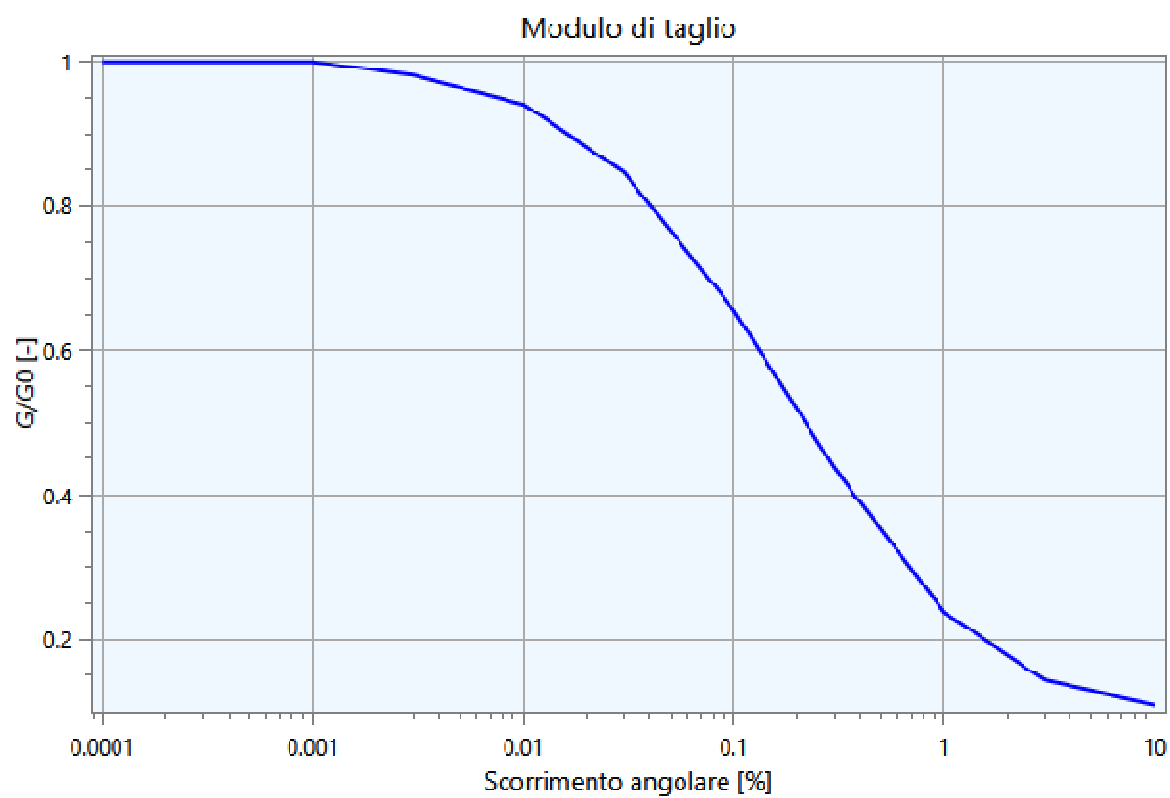
comportamento può essere descritto, per ogni tipo di materiale presente nella stratigrafia, da due curve di decadimento una relativa a G ed una D .

Per i terreni individuati, si riportano qui di seguito i parametri dinamici (smorzamento D e modulo di taglio G in funzione della deformazione) delle curve di decadimento ottenute da correlazioni bibliografiche.

Strato 1: Curva n. 1 Sand Seed & Idriss (1970)



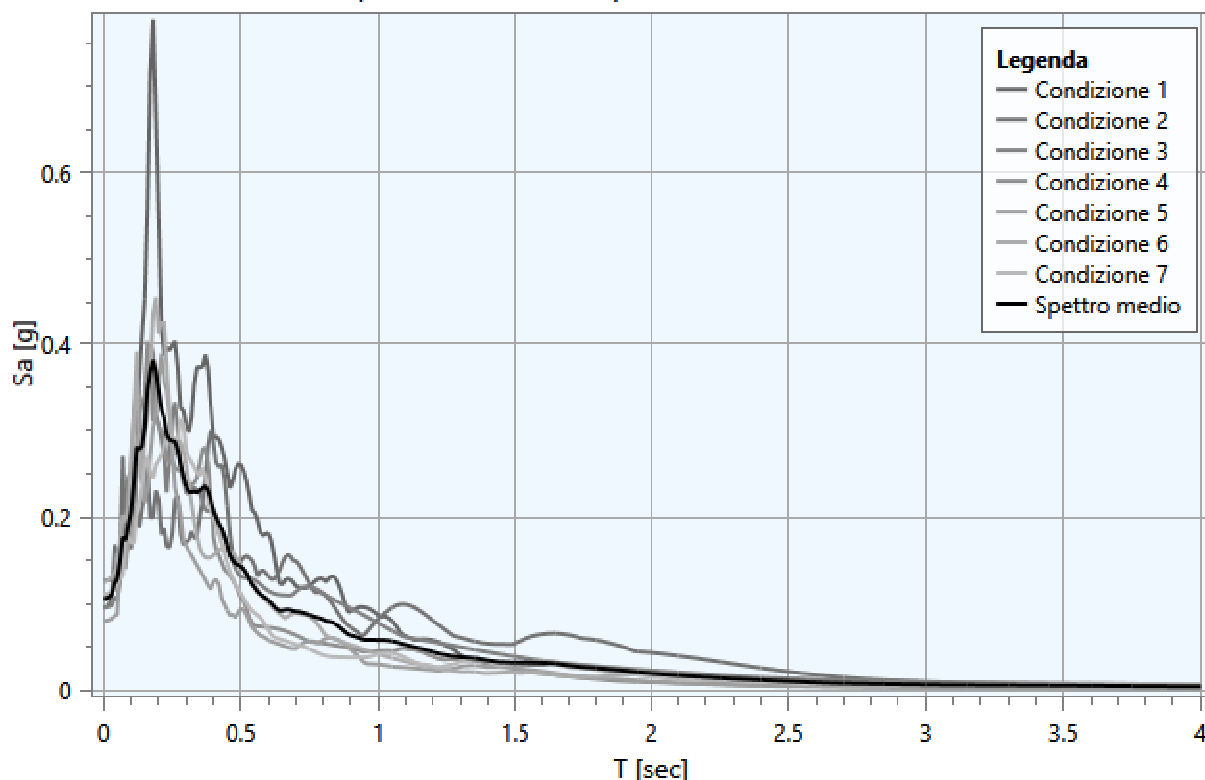
Strati 2 e 3: Curva n. 2: Clay Seed & Sun (1989)



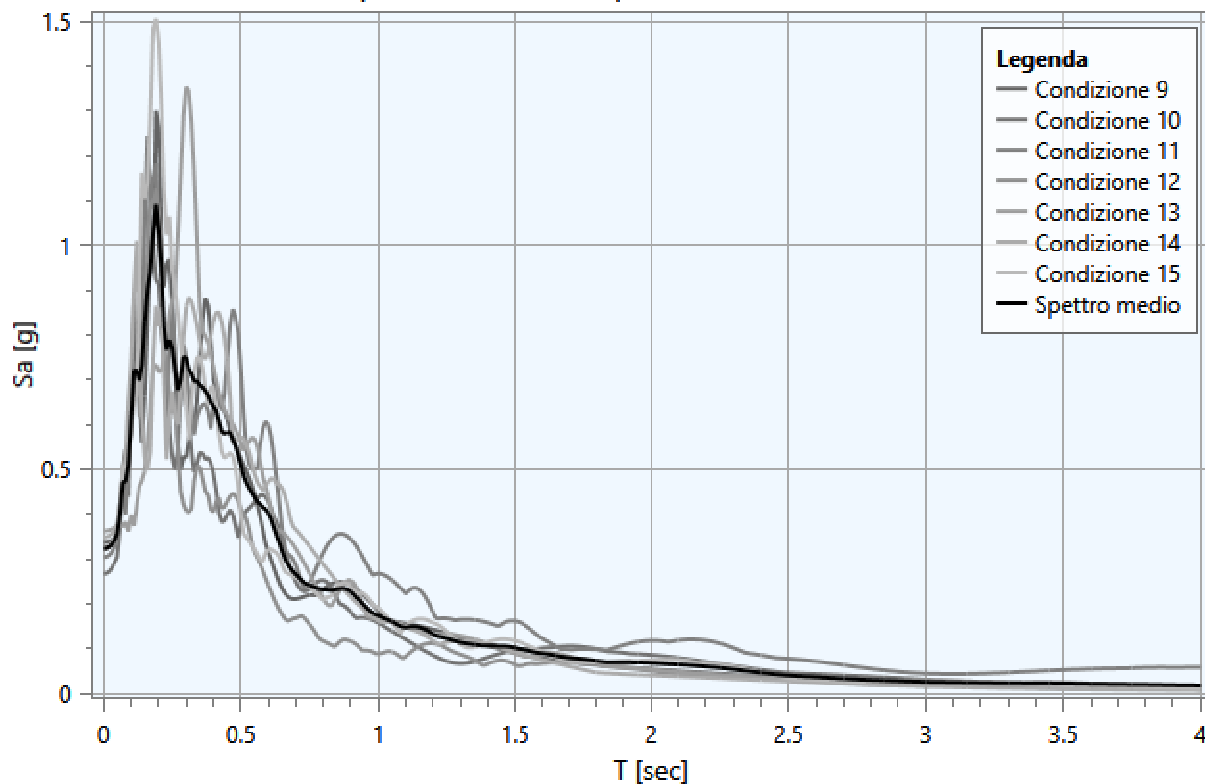
○ INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELL'ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Di seguito vengono riportati gli spettri relativi alle varie analisi effettuate ed alle rispettive condizioni di carico per i cinematismi di controllo:

Accelerazione spettrale media Output (Analisi1 SLD) - (Nodo 1 DirezioneX)



Accelerazione spettrale media Output (Analisi2 SLV) - (Nodo 1 DirezioneX)



Di seguito vengono riportati, per ogni analisi, i parametri degli spettri parametrizzati per i vari punti di controllo presenti nella sezione oggetto di studio.

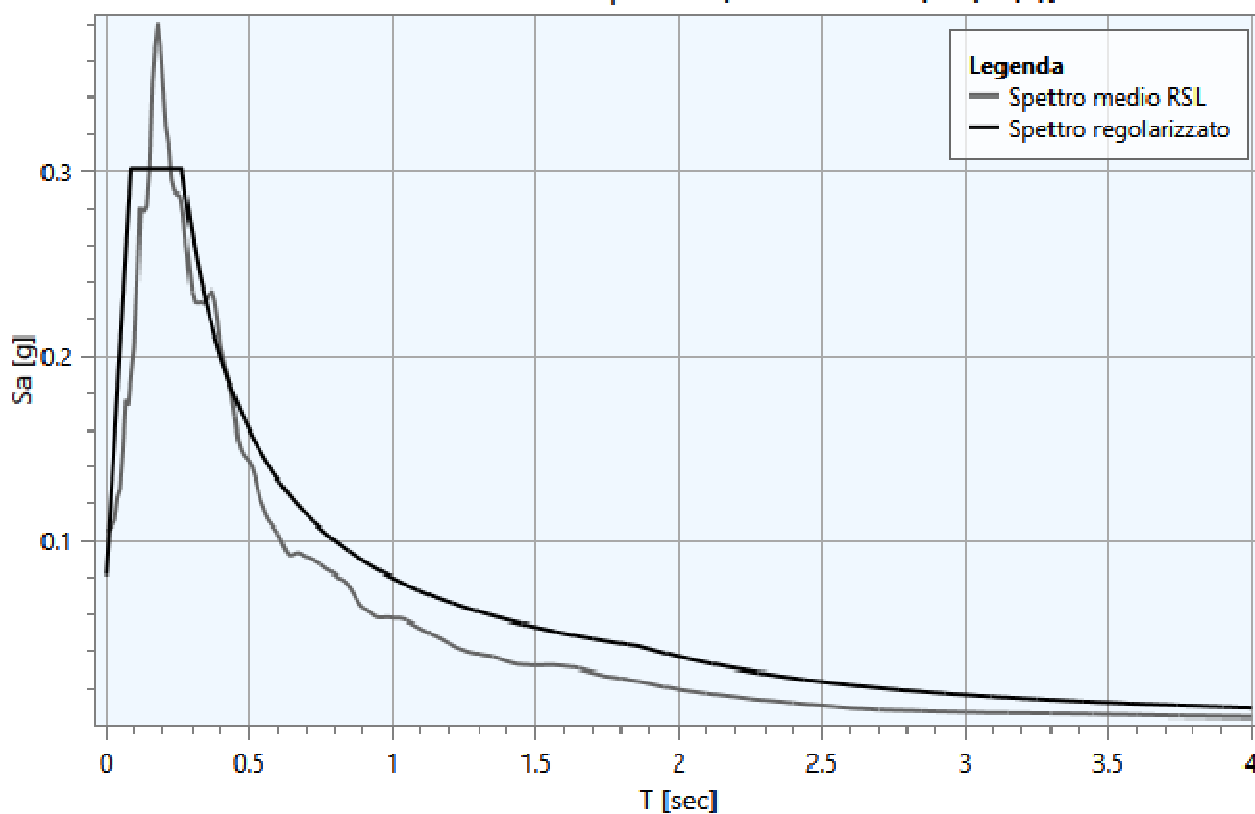
Analisi1 SLD

| Punto di controllo | A_g [g] | $F0$ | S | A_{max} [g] | T_b [sec] | T_c [sec] | T_d [sec] |
|--------------------|-----------|-------|-------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| P (1) | 0.065 | 3.708 | 1.252 | 0.081 | 0.088 | 0.265 | 1.860 |

dove:

- A_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F0$: valore massimo dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- A_{max} : punto di ancoraggio a $T=0$ dello spettro di output;
- T_b : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- T_c : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;
- T_d : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Parametrizzazione spettro (Analisi1 SLD) - (P (1))



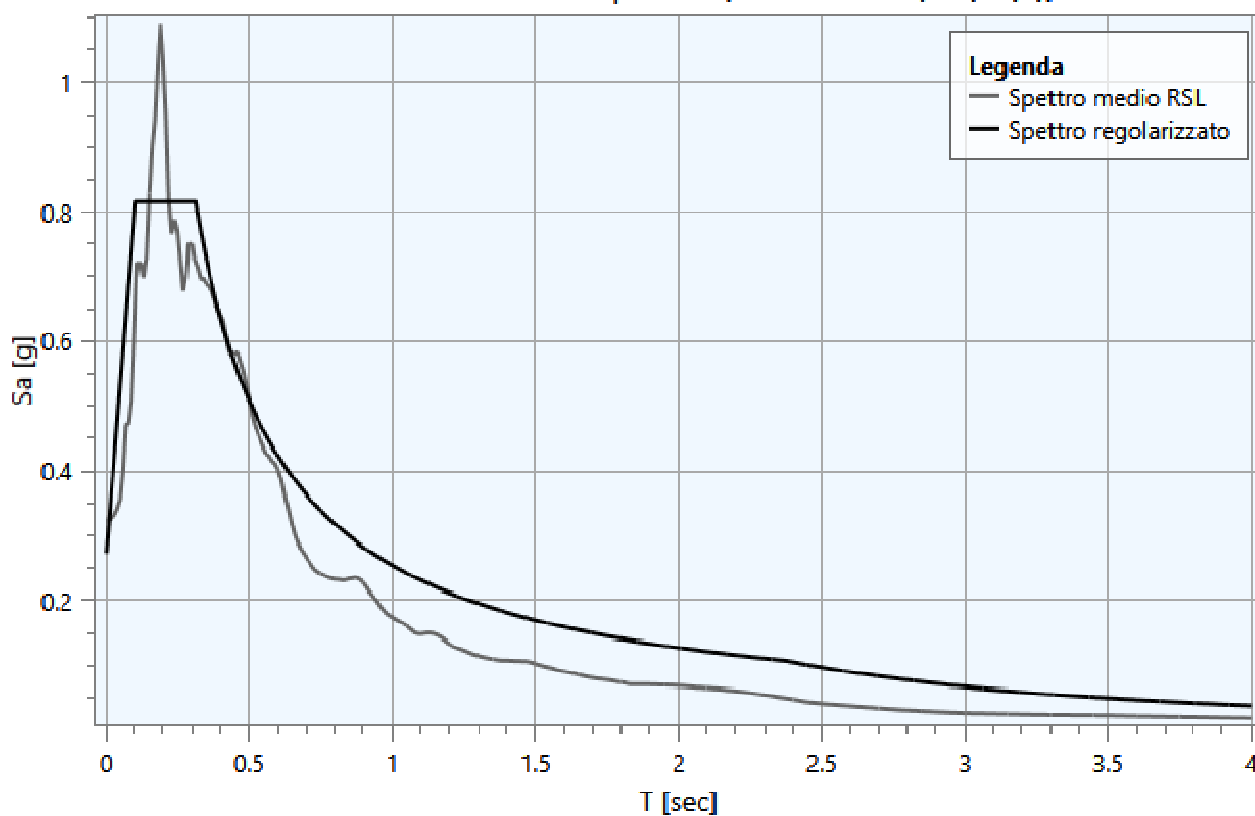
Analisi2 SLV

| Punto di controllo | A_g [g] | $F0$ | S | A_{max} [g] | T_b [sec] | T_c [sec] | T_d [sec] |
|--------------------|-----------|-------|-------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| P (1) | 0.194 | 2.987 | 1.407 | 0.273 | 0.104 | 0.312 | 2.376 |

dove:

- A_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F0$: valore massimo dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- A_{max} : punto di ancoraggio a $T=0$ dello spettro di output;
- T_b : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- T_c : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;
- T_d : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Parametrizzazione spettro (Analisi2 SLV) - (P (1))



CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

La scelta dei parametri caratteristici da affidare alle unità geotecniche si basa sulle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e dell'Eurocodice 7:

→ Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Circolare n.7/19 sulle NTC2018 (C.6.2.2.4):

- valori caratteristici ragionevolmente prossimi ai valori medi, nei casi di fondazioni superficiali di grande estensione (platee), fronti di scavo e opere di contenimento di notevole altezza, per le frane, per portata laterale dei pali, nel caso in cui sia comunque coinvolto un elevato volume di terreno o nei casi in cui la struttura a contatto con il terreno sia dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelli più resistenti; il modello proposto ha lo scopo di riassumere l'assetto litostratigrafico e geotecnico di tutta l'area nel suo insieme, con possibile compensazione delle eterogeneità, e potrà essere utilizzato per esempio per il calcolo di stabilità del complesso opera-pendio;

- valori caratteristici ragionevolmente prossimi ai valori minimi, nei casi in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità; la scelta di valori caratteristici dei parametri geotecnici prossimi ai valori minimi può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni quando, ad esempio, sono presenti discontinuità.

→ Eurocodice 7: valori caratteristici ottenuti da analisi statistica a partire dai valori nominali, per lavori rilevanti e di grande impatto sul terreno; si ricorre alle relazioni indicate dall'Eurocodice 7 che fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di X (frattile 5%) uguale a $-1,645$. Vengono applicate le seguenti relazioni ai parametri medi (m) per ottenere quelli caratteristici (k):

$$(1) \phi'k = \phi'm (1 + X V\phi)$$

$$(2) c'k = c'm (1 + X Vc)$$

diventeranno:

$$(3) \phi'k = \phi'm (1 - 1,645 V\phi)$$

$$(4) c'k = c'm (1 - 1,645 Vc)$$

V coefficiente di variazione = rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori.

I valori caratteristici ottenuti da analisi statistica dell'angolo di attrito e della coesione, qualora si abbia a disposizione esclusivamente un campione di laboratorio per ogni unità geotecnica, sono stimati per mezzo della formula semplificata di Schneider (Schneider, H. R., Definition and determination of characteristic soil properties, Proceedings of the 14th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Hamburg 1997, Balkema, Rotterdam):

$$X_k = X_m \times [1 - (COV/2)]$$

X_k = valore caratteristico

X_m = valore medio

COV coefficiente di variazione => per angolo di attrito $\phi' = 10\%$ (0.10)

=> per coesione efficace $C' = 40\%$ (0.40).

Ai sensi delle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ai valori caratteristici si applicheranno i coefficienti di sicurezza parziali (CP) in funzione dello stato limite considerato secondo l'approccio di calcolo scelto in base alla Normativa vigente, e per la valutazione dei cedimenti in relazione agli stati limite di esercizio, verrà utilizzato il modulo edometrico.

1. STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Nell'area in studio, per la caratterizzazione geotecnica dei livelli presenti mediante i valori ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche DPSH e delle prove SPT, si utilizzano le seguenti correlazioni empiriche.

- Trasformazione del valore N_{20} in N_{SPT}

Il valore N_{20} fornito dalla prova DPSH viene trasformato attraverso un coefficiente teorico di energia $\beta_t = 1.52$ tramite la seguente formula:

$$N_{SPT} = \beta_t N_{20}$$

- Stima del valore dell'angolo di attrito

Tramite l'applicazione della seguente formula, viene ricavato il valore dell'angolo di attrito (Road Bridge Specification):

$$\phi = \sqrt{15 N_{SPT} + 15}$$

- Stima della coesione non drenata

Tramite l'applicazione della seguente formula, viene ricavato il valore della coesione non drenata (SANGLERAT):

$$C_u = 0.5 \alpha N_{SPT}$$

in cui:

- $\alpha = 2.50$ per argille
- $\alpha = 2.00$ per argille limose
- $\alpha = 1.33$ per argille limoso sabbiose.

- Modulo di compressibilità del terreno

Mentre per la determinazione del modulo di compressibilità si è utilizzata la seguente formula (BUISMAN e SANGLERAT):

$$E_d = 6 N_{SPT}$$

2. UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE

In base ai dati ottenuti dalla campagna geognostica realizzata e pregressa, è stato possibile evidenziare il più probabile assetto stratigrafico del terreno di fondazione, indicato nelle sezioni geotecniche delle tavole n.2 e 3 allegate, che è costituito dalla seguente successione geotecnica:

- *Unità Ta: Terreno pedogenetico, limi sabbiosi alterati;*
- *Unità A: Limi argillosi e sabbiosi mediamente addensati;*
- *Unità B: Limi argillosi consistenti;*
- *Unità C: Limi argillosi molto consistenti con livelli litificati.*

- **Unità Ta: Terreno pedogenetico, limi sabbiosi alterati**

Questa unità è costituita dallo strato pedogenetico, dal terreno rimaneggiato e dal primo livello di terreno limoso sabbioso alterato presente nell'area in studio, dotato di scarse caratteristiche geotecniche ($N_{20} = 2.0/5.7$) e presenta uno spessore variabile da un minimo di 1.00 m ad un massimo di 4.80 m.

All'interno di tale unità si rinvenivano localmente e a profondità variabili e non correlabili tra loro, livelli caratterizzati da aumenti repentini dei valori di N20 (compresi tra 14.8 e 32.3), riconducibili alla presenza di lenti sabbioso ghiaiose aventi elevata compattezza e di conglomerati, all'interno dei quali le prove penetrometriche si sono generalmente interrotte.

Per tale unità Ta si dispone dei dati geotecnici derivanti dalle prove penetrometriche DPSH e pertanto verrà parametrizzata per mezzo delle correlazioni empiriche riportate in precedenza, considerando un comportamento incoerente del materiale ($C_u = 0$) in relazione alle caratteristiche di eterogeneità riscontrate.

Inoltre, per la caratterizzazione geotecnica dell'unità Ta si fa riferimento esclusivamente alla porzione limo-sabbiosa argillosa del deposito, omettendo le lenti ghiaioso-conglomeratiche presenti a diverse profondità dal p.c. generalmente non correlabili tra loro e aventi un grado di addensamento molto elevato.

Si riportano qui di seguito le elaborazioni effettuate ed i valori ottenuti.

| Unità Ta: valori medi di N20 - indagine 2022 | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 2,5 | 2,0 | 4,8 | 2,1 | 4,4 | 3,5 | 3,0 | 2,9 |
| Unità Ta: valori medi di N20 - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 3,5 | 3,8 | 2,8 | 5,7 | 2,6 | 3,3 | 3,8 | 5,4 |
| N20 medio = 3.5 | | | | | | | |

| Unità Ta: valori di NSPT ottenuti da N20 - indagine 2022 | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 3,7 | 3,0 | 7,1 | 3,1 | 6,6 | 5,2 | 4,5 | 4,3 |
| Unità Ta: valori i NSPT ottenuti da N20 - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 5,3 | 5,7 | 4,1 | 8,5 | 3,9 | 5,0 | 5,7 | 8,0 |
| NSPT medio = 5.2 | | | | | | | |

| Unità Ta: valori angolo d'attrito ϕ ottenuti da Nspt (°) - indagine 2022 | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 22,47° | 21,68° | 25,30° | 21,85° | 24,96° | 23,81° | 23,19° | 22,99° |
| Unità Ta: valori angolo d'attrito ϕ ottenuti da Nspt (°) - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 23,89° | 24,25° | 22,84° | 26,31° | 22,62° | 23,63° | 24,21° | 25,95° |
| ϕ medio = 23.75° | | | | | | | |
| ϕ minimo = 21.68° | | | | | | | |
| ϕ statistico = 21.56° | | | | | | | |

| Unità Ta: valori modulo edometrico Eed ottenuti da Nspt (kg/cm ²) - indagine 2022 | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 22,34 | 17,87 | 42,44 | 18,76 | 39,64 | 31,06 | 26,80 | 25,53 |
| Unità Ta: valori modulo edometrico Eed ottenuti da Nspt (kg/cm ²) - indagine 2022 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 31,61 | 34,25 | 24,57 | 51,17 | 23,23 | 29,78 | 33,95 | 47,92 |
| Eed medio = 31 kg/cm ² | | | | | | | |

Tale unità possiede caratteristiche di resistenza, consistenza e parametri geotecnici bassi; pertanto, in base alle elaborazioni effettuate, possono essere affidati i seguenti valori geotecnici caratteristici:

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI PROSSIMI AI VALORI MEDI

- $N_{20} \text{ medio} = 3.5 \rightarrow N_{spt} = 5.2$
- $\text{peso di volume } \gamma = 1.60 \text{ t/m}^3$
- $\text{angolo di attrito } \phi = 23.75^\circ$
- $\text{coesione non drenata } C_u = 0.00 \text{ kg/cm}^2$

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI PROSSIMI AI VALORI MINIMI

- $\text{peso di volume } \gamma = 1.60 \text{ t/m}^3$
- $\text{angolo di attrito } \phi = 21.68^\circ$
- $\text{coesione non drenata } C_u = 0.00 \text{ kg/cm}^2$

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI CON PROBABILITÀ DI NON SUPERAMENTO DEL 5%

- $\text{peso di volume } \gamma = 1.60 \text{ t/m}^3$
- $\text{angolo di attrito } \phi = 21.56^\circ$
- $\text{coesione non drenata } C_u = 0.00 \text{ kg/cm}^2$

Per il calcolo dei cedimenti, in base alle formule precedentemente riportate ed alle elaborazioni effettuate, si affida il seguente valore del modulo edometrico:

PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DEI CEDIMENTI (SLE)

- $\text{modulo edometrico } E_{ed} = 31 \text{ kg/cm}^2$

○ **Unità A: Limi argillosi e sabbiosi mediamente addensati**

Questa unità è presente al di sotto del primo livello Ta individuato, ed è costituita da alternanze di limi argillosi e limi sabbiosi mediamente addensati: i valori di N_{20} provenienti dalle prove DPSH realizzate, all'interno di tale unità A, variano da 6.40 a 18.0, mentre la profondità raggiunta dal p.c. attuale, dedotta dai grafici delle prove penetrometriche, dalle stratigrafie dei sondaggi geognostici e dalle sezioni geotecniche derivanti dalle correlazioni effettuate, è variabile da un minimo di 8.20 m ad un massimo di 17.70 m dal p.c..

All'interno di tale unità, come per la precedente, si rinvencono localmente e a profondità variabili e non correlabili tra loro, livelli caratterizzati da aumenti repentini dei valori di N_{20} (compresi tra 14.8 e 32.3), riconducibili alla presenza di lenti sabbioso ghiaiose aventi elevata compattezza e di conglomerati, all'interno dei quali le prove penetrometriche si sono generalmente interrotte.

Per tale unità A si hanno i dati geotecnici derivanti dall'esecuzione di n.5 prove SPT su sondaggio, dalle prove penetrometriche dinamiche e dai n.6 campioni sottoposti ad analisi di laboratorio (si veda seguente tabella).

| UNITA' A | | | | | | |
|-------------------------------|--|---|--|--|---|---------------------|
| campione | S1C1 | S1C2 | S1C3 | S2C1 | S2C2 | S3C1 |
| profondità (in m dal p.c.) | 3.50/4.00 | 7.50-8.00 | 12.50-13.00 | 5.00-5.50 | 10.00-10.50 | 5.00-5.50 |
| descrizione visiva | limo con argilla grigio- marrone debolmente fissile | limo con argilla grigio debolmente sabbioso grigio scuro | limo sabbioso argilloso debolmente ghiaioso marrone | argilla limosa grigio verdastro | argilla con limo grigio verdastro | argilla nerastra |

Per la caratterizzazione geotecnica dell'unità A si fa riferimento esclusivamente alla porzione limo-sabbiosa argillosa del deposito, omettendo le lenti ghiaioso-conglomeratiche presenti a diverse profondità dal p.c. generalmente non correlabili tra loro e aventi un grado di addensamento molto elevato.

Dai risultati delle prove SPT effettuate, è possibile estrapolare i parametri caratteristici riportati nella seguente tabella.

| UNITA' A | | | | |
|-------------------|-----------------|------------|------------|------------|
| Profondità m | N ₆₀ | ϕ (°) | Cu(kg/cmq) | Ed(kg/cmq) |
| 4,00 | 34 | 37,56 | 2,26 | 203,62 |
| 8,00 | 33 | 37,25 | 2,19 | 197,97 |
| 5,50 | 41 | 39,95 | 3,11 | 248,97 |
| 10,50 | 28 | 35,40 | 1,85 | 166,47 |
| 5,50 | 31 | 36,68 | 2,08 | 188,00 |
| Valore medio | | 37,37 | 2,30 | 201 |
| Valore minimo | | 35,40 | 1,85 | |
| Valore statistico | | 34,92 | 1,59 | |

Le analisi sui campioni prelevati come visibile dalla tabella sotto riportata, hanno messo in evidenza le seguenti caratteristiche geotecniche:

| UNITA' A | | | |
|-------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Sondaggio | Peso specifico | Angolo attrito efficace | Coesione efficace |
| Campione | γ (t/m ³) | ϕ' | c' (Kg/cm ²) |
| S1/C1 | 2,08 | 26,90° | 2,267 |
| S1/C2 | 2,12 | 28,30° | 1,199 |
| S1/C3 | 2,11 | 29,30° | 1,039 |
| S2/C1 | 2,14 | 16,80° | 2,873 |
| S2/C2 | 2,08 | 28,10° | 1,800 |
| S3/C1 | 2,09 | 23,90° | 1,539 |
| VALORE MEDIO | 2,10 | 25,55° | 1,79 |
| VALORE MINIMO | 2,08 | 16,80° | 1,04 |
| VALORE STATISTICO | | 18,53° | 0,75 |

Si riportano qui di seguito le elaborazioni effettuate in base alle correlazioni riportate in precedenza per le prove penetrometriche dinamiche, ed i valori ottenuti.

| Unità A: valori medi di N20 - indagine 2022 | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 10,7 | 9,4 | 10,4 | 8,4 | 12,4 | 9,0 | 10,9 | 9,5 |
| Unità A: valori medi di N20 - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 9,3 | 10,2 | 9,5 | 9,0 | 6,4 | 11,3 | 9,5 | 12,1 |
| N20 medio = 9.9 | | | | | | | |

| Unità A: valori di NSPT ottenuti da N20 - indagine 2022 | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 15,9 | 14,0 | 15,5 | 12,5 | 18,5 | 13,3 | 16,2 | 14,1 |
| Unità A: valori di NSPT ottenuti da N20 - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 13,9 | 15,2 | 14,1 | 13,4 | 9,5 | 16,8 | 14,1 | 18,0 |
| NSPT medio = 14.7 | | | | | | | |

| Unità A: valori angolo d'attrito ϕ ottenuti da N_{spt} (°) - indagine 2022 | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 30,47° | 29,48° | 30,25° | 28,70° | 31,65° | 29,14° | 30,59° | 29,57° |
| Unità A: valori angolo d'attrito ϕ ottenuti da N_{spt} (°) - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 29,41° | 30,09° | 29,56° | 29,20° | 26,93° | 30,86° | 29,55° | 31,43° |
| ϕ medio = 29.80° | | | | | | | |
| ϕ minimo = 26.93° | | | | | | | |
| ϕ statistico = 28.00° | | | | | | | |

| Unità A: valori coesione non drenata C_u ottenuti da N_{spt} (kg/cm ²) - indagine 2022 | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 1,06 | 0,93 | 1,03 | 0,83 | 1,23 | 0,89 | 1,08 | 0,94 |
| Unità A: valori coesione non drenata C_u ottenuti da N_{spt} (kg/cm ²) - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 0,92 | 1,01 | 0,94 | 0,89 | 0,63 | 1,12 | 0,94 | 1,20 |
| C_u medio = 0.98 kg/cm ² | | | | | | | |
| C_u minimo = 0.63 kg/cm ² | | | | | | | |
| C_u statistico = 0.75 kg/cm ² | | | | | | | |

| Unità A: valori modulo edometrico E_{ed} ottenuti da N_{spt} (kg/cm ²) - indagine 2022 | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 95,69 | 83,89 | 93,06 | 75,05 | 110,95 | 79,98 | 97,20 | 84,87 |
| Unità A: valori modulo edometrico E_{ed} ottenuti da N_{spt} (kg/cm ²) - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 83,11 | 91,13 | 84,76 | 80,66 | 56,90 | 100,64 | 84,64 | 107,93 |
| E_{ed} medio = 88 kg/cm ² | | | | | | | |

Dall'analisi globale delle caratteristiche geotecniche rilevate nelle diverse tipologie di indagini effettuate, si conclude quanto segue:

- le prove SPT realizzate hanno evidenziato caratteristiche di resistenza elevate relativamente ai valori dell'angolo di attrito, evidenziando un trend di valori derivanti dalle SPT non in linea rispetto a quanto riscontrato nelle prove penetrometriche e nelle analisi di laboratorio;
- le prove penetrometriche dinamiche DPSH, interpretate per mezzo delle correlazioni empiriche e depurate dai picchi di resistenza all'infissione dovuti alle lenti ghiaiose-conglomeratiche, hanno evidenziato caratteristiche geotecniche medie dei terreni analizzati appartenenti all'unità A ed in linea con i parametri geotecnici provenienti dalle analisi di laboratorio.

Pertanto, in base a quanto fin qui elaborato, possono essere affidati i seguenti valori geotecnici caratteristici all'Unità A:

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI PROSSIMI AI VALORI MEDI

- N_{20} medio = 9.9 $\rightarrow N_{spt} = 14.7$
- peso di volume $\gamma = 2.10 \text{ t/m}^3$
- angolo di attrito efficace $\phi' = 25.55^\circ$
- angolo di attrito $\phi = 29.80^\circ$
- coesione efficace $c' = 1.79 \text{ kg/cm}^2$
- coesione non drenata $C_u = 0.98 \text{ kg/cm}^2$

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI PROSSIMI AI VALORI MINIMI

- *peso di volume* $\gamma = 2.08 \text{ t/m}^3$
- *angolo di attrito efficace* $\phi' = 16.80^\circ$
- *angolo di attrito* $\phi = 26.93^\circ$
- *coesione efficace* $c' = 1.04 \text{ kg/cm}^2$
- *coesione non drenata* $C_u = 0.63 \text{ kg/cm}^2$

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI CON PROBABILITÀ DI NON SUPERAMENTO DEL 5%

- *peso di volume* $\gamma = 2.10 \text{ t/m}^3$
- *angolo di attrito efficace* $\phi' = 18.53^\circ$
- *angolo di attrito* $\phi = 28.00^\circ$
- *coesione efficace* $c' = 0.75 \text{ kg/cm}^2$
- *coesione non drenata* $C_u = 0.75 \text{ kg/cm}^2$

Per il calcolo dei cedimenti, in base alle formule precedentemente riportate ed alle elaborazioni effettuate, si affida il seguente valore del modulo edometrico:

PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DEI CEDIMENTI (SLE)

- *modulo edometrico* $E_{ed} = 88 \text{ kg/cm}^2$

○ **Unità B: Limi argillosi consistenti**

Questa unità è costituita in prevalenza da limi argillosi alternati a livelli argillosi e limoso sabbiosi; essa è contraddistinta da una composizione argillosa maggiore rispetto ai litotipi della sovrastante unità A.

I litotipi sono caratterizzati da parametri geotecnici alti, con valori di N20 provenienti dalle prove DPSH che variano da 12.50 a 29.0; tale unità è presente al di sotto della precedente unità A fino ad una profondità dal p.c. attuale, dedotta dai grafici delle prove penetrometriche, dalle stratigrafie dei sondaggi geognostici e dalle sezioni geotecniche derivanti dalle correlazioni effettuate, variabile da un minimo di 16.50 m ad un massimo di 21.60 m dal p.c.

All'interno di tale unità, come per le precedenti, si rinvencono localmente e a profondità variabili e non correlabili tra loro, livelli caratterizzati da aumenti repentini dei valori di N20 (compresi tra 14.8 e 32.3), riconducibili alla presenza di lenti sabbioso ghiaiose aventi elevata compattezza e di conglomerati, all'interno dei quali le prove penetrometriche si sono generalmente interrotte.

Per tale unità B si hanno i dati geotecnici derivanti dall'esecuzione di n.4 prove SPT su sondaggio, dalle prove penetrometriche dinamiche e dai n.3 campioni sottoposti ad analisi di laboratorio (si veda seguente tabella).

| UNITÀ B | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| campione | S3C2 | S3C3 | S4C1 |
| profondità (in m dal p.c.) | 10.00/10.50 | 14.00-14.50 | 10.00-10.30 |
| descrizione visiva | <i>argilla con limo marrone</i> | <i>argilla limosa marrone rossastro</i> | <i>limo sabbioso argilloso debolmente ghiaioso marrone verdastro</i> |

Per la caratterizzazione geotecnica dell'unità B si fa riferimento esclusivamente alla porzione limoso argillosa del deposito, omettendo le lenti ghiaioso-conglomeratiche presenti a diverse profondità dal p.c. generalmente non correlabili tra loro e aventi un grado di addensamento molto elevato.

Dai risultati delle prove SPT effettuate, è possibile estrapolare i parametri caratteristici riportati nella seguente tabella.

| UNITA' B | | | | |
|-------------------|-----------------|------------|-------------------------|-------------------------|
| Profondità m | N ₆₀ | ϕ (°) | Cu(kg/cm ^q) | Ed(kg/cm ^q) |
| 13,00 | 23 | 33,73 | 1,56 | 140,32 |
| 10,50 | 31 | 36,64 | 2,08 | 187,27 |
| 14,50 | 25 | 34,55 | 1,91 | 152,83 |
| 10,30 | 32 | 36,99 | 2,14 | 193,51 |
| Valore medio | | 35,48 | 1,92 | 178 |
| Valore minimo | | 33,73 | 1,56 | |
| Valore statistico | | 33,21 | 1,55 | |

Le analisi sui campioni prelevati come visibile dalla tabella sotto riportata, hanno messo in evidenza le seguenti caratteristiche geotecniche:

| UNITA' B | | | |
|-------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Sondaggio | Peso specifico | Angolo attrito efficace | Coesione efficace |
| Campione | γ (t/m ³) | ϕ' | c' (Kg/cm ²) |
| S3/C2 | 2,14 | 22,90° | 1,799 |
| S3/C3 | 2,11 | 17,80° | 2,450 |
| S4/C1 | 2,13 | 28,60° | 2,127 |
| VALORE MEDIO | 2,13 | 23,10° | 2,13 |
| VALORE MINIMO | 2,11 | 17,80° | 1,80 |
| VALORE STATISTICO | | 15,84° | 1,69 |

Si riportano qui di seguito le elaborazioni effettuate in base alle correlazioni riportate in precedenza per le prove penetrometriche dinamiche, ed i valori ottenuti.

| Unità B: valori medi di N20 - indagine 2022 | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 16,0 | 15,7 | 12,5 | - | 21,3 | - | - | - |
| Unità B: valori medi di N20 - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| - | 21,0 | - | - | - | - | - | - |
| N20 medio = 17.3 | | | | | | | |

| Unità B: valori di NSPT ottenuti da N20 - indagine 2022 | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 23,8 | 23,3 | 18,6 | - | 31,8 | - | - | - |
| Unità B: valori di NSPT ottenuti da N20 - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| - | 31,3 | - | - | - | - | - | - |
| NSPT medio = 25.8 | | | | | | | |

| Unità B: valori angolo d'attrito ϕ ottenuti da N_{spt} (°) - indagine 2022 | | | | | | | |
|---|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 33,90° | 33,71° | 31,71° | - | 36,83° | - | - | - |
| Unità B: valori angolo d'attrito ϕ ottenuti da N_{spt} (°) - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| - | 36,66° | - | - | - | - | - | - |
| ϕ medio = 34,56° | | | | | | | |
| ϕ minimo = 31,71° | | | | | | | |
| ϕ statistico = 31,37° | | | | | | | |

| Unità B: valori coesione non drenata C_u ottenuti da N_{spt} (kg/cm ²) - indagine 2022 | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 1,58 | 1,55 | 1,24 | - | 2,11 | - | - | - |
| Unità B: valori coesione non drenata C_u ottenuti da N_{spt} (kg/cm ²) - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| - | 2,08 | - | - | - | - | - | - |
| C_u medio = 1,71 kg/cm ² | | | | | | | |
| C_u minimo = 1,24 kg/cm ² | | | | | | | |
| C_u statistico = 1,16 kg/cm ² | | | | | | | |

| Unità B: valori modulo edometrico E_{ed} ottenuti da N_{spt} (kg/cm ²) - indagine 2022 | | | | | | | |
|--|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| 142,94 | 139,97 | 111,68 | - | 190,59 | - | - | - |
| Unità B: valori modulo edometrico E_{ed} ottenuti da N_{spt} (kg/cm ²) - indagine 2010 | | | | | | | |
| Dpsh1 | Dpsh2 | Dpsh3 | Dpsh4 | Dpsh5 | Dpsh6 | Dpsh7 | Dpsh8 |
| - | 187,61 | - | - | - | - | - | - |
| E_{ed} medio = 155 kg/cm ² | | | | | | | |

Dall'analisi globale delle caratteristiche geotecniche rilevate nelle diverse tipologie di indagini effettuate, si conclude quanto segue:

- le prove SPT realizzate hanno evidenziato caratteristiche di resistenza elevate relativamente ai valori dell'angolo di attrito e della coesione, evidenziando un trend di valori derivanti dalle SPT non in linea rispetto a quanto riscontrato nelle prove penetrometriche e nelle analisi di laboratorio;
- le prove penetrometriche dinamiche DPSH, interpretate per mezzo delle correlazioni empiriche e depurate dai picchi di resistenza all'infissione dovuti alle lenti ghiaiose-conglomeratiche, hanno evidenziato caratteristiche geotecniche medie dei terreni analizzati appartenenti all'unità B ed in linea con i parametri geotecnici provenienti dalle analisi di laboratorio.

Pertanto, in base a quanto fin qui elaborato, possono essere affidati i seguenti valori geotecnici caratteristici all'Unità B:

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI PROSSIMI AI VALORI MEDI

- N_{20} medio = 17,3 $\rightarrow N_{spt} = 25,8$
- peso di volume $\gamma = 2,13 \text{ t/m}^3$
- angolo di attrito efficace $\phi' = 23,10^\circ$
- angolo di attrito $\phi = 34,56^\circ$
- coesione efficace $c' = 2,13 \text{ kg/cm}^2$
- coesione non drenata $C_u = 1,71 \text{ kg/cm}^2$

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI PROSSIMI AI VALORI MINIMI

- peso di volume $\gamma = 2.11 \text{ t/m}^3$
- angolo di attrito efficace $\phi' = 17.80^\circ$
- angolo di attrito $\phi = 31.71^\circ$
- coesione efficace $c' = 1.80 \text{ kg/cm}^2$
- coesione non drenata $C_u = 1.24 \text{ kg/cm}^2$

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI CON PROBABILITÀ DI NON SUPERAMENTO DEL 5%

- peso di volume $\gamma = 2.13 \text{ t/m}^3$
- angolo di attrito efficace $\phi' = 15.84^\circ$
- angolo di attrito $\phi = 31.37^\circ$
- coesione efficace $c' = 1.69 \text{ kg/cm}^2$
- coesione non drenata $C_u = 1.16 \text{ kg/cm}^2$

Per il calcolo dei cedimenti, in base alle formule precedentemente riportate ed alle elaborazioni effettuate, si affida il seguente valore del modulo edometrico:

PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DEI CEDIMENTI (SLE)

- modulo edometrico $E_{ed} = 155 \text{ kg/cm}^2$

○ **Unità C: Limi argillosi molto consistenti con livelli litificati**

Questa unità rappresenta il livello più profondo delle formazioni mioceniche rilevate in posto durante l'esecuzione dei sondaggi. Essa è costituita dai litotipi precedentemente menzionati (alternanze di argille e limi con livelli di conglomerati e ghiaie) con livelli litificati e avente elevati parametri geotecnici; tale unità è stata rinvenuta esclusivamente nel sondaggio S4 in profondità al di sotto della precedente Unità B (a partire da una profondità di 16.50/21.60 m dal p.c.).

Per tale unità C si hanno i dati geotecnici derivanti dall'esecuzione di n.2 prove SPT su sondaggio e dai n.2 campioni sottoposti ad analisi di laboratorio (si veda seguente tabella).

| UNITÀ C | | |
|-------------------------------|---|--------------------------------------|
| campione | S4C2 | S4C3 |
| profondità (in m dal p.c.) | 17.50/18.00 | 25.00-25.40 |
| descrizione visiva | limo argilloso debolmente sabbioso marrone | limo con argilla sabbioso marrone |

Dai risultati delle prove SPT effettuate, è possibile estrapolare i parametri caratteristici riportati nella seguente tabella.

| UNITÀ C | | | | |
|-------------------|-----------------|------------|------------|------------|
| Profondità m | N ₆₀ | ϕ (°) | Cu(kg/cmq) | Ed(kg/cmq) |
| 18,00 | 30 | 36,31 | 2,27 | 181,56 |
| 25,40 | 26 | 34,83 | 1,74 | 157,33 |
| Valore medio | | 35,57 | 2,01 | 169 |
| Valore minimo | | 34,83 | 1,74 | |
| Valore statistico | | 34,36 | 1,57 | |

Le analisi sui campioni prelevati come visibile dalla tabella sotto riportata, hanno messo in evidenza le seguenti caratteristiche geotecniche:

| UNITÀ C | | | |
|--------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Sondaggio | Peso specifico | Angolo attrito efficace | Coesione efficace |
| Campione | γ (t/m ³) | ϕ' | c' (Kg/cm ²) |
| S4/C2 | 2,14 | 27,70° | 2,67 |
| S4/C3 | 2,19 | 26,70° | 3,10 |
| VALORE MEDIO | 2,17 | 27,20° | 2,89 |

| UNITÀ C | | | |
|-------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Sondaggio | Peso specifico | Angolo attrito efficace | Coesione efficace |
| Campione | γ (t/m ³) | ϕ' | c' (Kg/cm ²) |
| VALORE MINIMO | 2,14 | 26,70° | 2,67 |
| VALORE STATISTICO | | 26,38° | 2,53 |

Dall'analisi globale delle caratteristiche geotecniche rilevate nelle diverse tipologie di indagini effettuate, emergono caratteristiche di resistenza in linea per i valori ottenuti dalle prove SPT rispetto ai valori dell'angolo di attrito e della coesione non drenata rispetto alle caratteristiche geotecniche individuate nelle sovrastanti unità: si individua un trend generale di aumento di tutti i parametri geotecnici con l'aumentare della profondità.

In base a quanto fin qui elaborato, possono essere affidati i seguenti valori geotecnici caratteristici all'Unità C:

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI PROSSIMI AI VALORI MEDI

- *peso di volume* $\gamma = 2.17 \text{ t/m}^3$
- *angolo di attrito efficace* $\phi' = 27.20^\circ$
- *angolo di attrito* $\phi = 35.57^\circ$
- *coesione efficace* $c' = 2.89 \text{ kg/cm}^2$
- *coesione non drenata* $C_u = 2.01 \text{ kg/cm}^2$

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI PROSSIMI AI VALORI MINIMI

- *peso di volume* $\gamma = 2.14 \text{ t/m}^3$
- *angolo di attrito efficace* $\phi' = 26.70^\circ$
- *angolo di attrito* $\phi = 34.83^\circ$
- *coesione efficace* $c' = 2.67 \text{ kg/cm}^2$
- *coesione non drenata* $C_u = 1.74 \text{ kg/cm}^2$

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI CON PROBABILITÀ DI NON SUPERAMENTO DEL 5%

- *peso di volume* $\gamma = 2.17 \text{ t/m}^3$
- *angolo di attrito efficace* $\phi' = 26.38^\circ$
- *angolo di attrito* $\phi = 34.36^\circ$
- *coesione efficace* $c' = 2.53 \text{ kg/cm}^2$
- *coesione non drenata* $C_u = 1.57 \text{ kg/cm}^2$

Per il calcolo dei cedimenti, in base alle elaborazioni effettuate, si affida il seguente valore del modulo edometrico:

PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DEI CEDIMENTI (SLE)

- *modulo edometrico* $E_{ed} = 169 \text{ kg/cm}^2$

MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO E DISPOSIZIONI TECNICHE

In base a quanto fin qui elaborato, è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- la campagna geognostica e sismica effettuata, corredata dai dati geognostici pregressi, ha permesso di individuare la stratigrafia presente nell'area oggetto dei lavori, sostanzialmente costituita da una prevalenza di litotipi limoso argillosi con un contenuto basso di sabbia, all'interno dei quali sono presenti lenti o livelli conglomeratici ghiaiosi;
- il primo livello individuato nell'area in studio (unità Ta) è formato dallo strato pedogenetico, dal terreno rimaneggiato e dal primo livello di terreno limoso sabbioso presente nell'area in studio, dotato di scarse caratteristiche geotecniche ($N_{20} = 2.0/5.7$), con spessore variabile da un minimo di 1.00 m ad un massimo di 4.80 m;
- la seconda unità A è presente al di sotto della precedente unità Ta, ed è costituita da alternanze di limi argillosi e limi sabbiosi mediamente addensati con profondità raggiunta dal

p.c. attuale, dedotta dai grafici delle prove penetrometriche, dalle stratigrafie dei sondaggi geognostici e dalle sezioni geotecniche derivanti dalle correlazioni effettuate, variabile da un minimo di 8.20 m ad un massimo di 17.70 m dal p.c.;

- segue l'unità B costituita in prevalenza da limi argillosi alternati a livelli argillosi e limoso sabbiosi, contraddistinta da una composizione argillosa maggiore rispetto ai litotipi della sovrastante unità A, avente alti parametri geotecnici e al di sotto della precedente unità A fino ad una profondità dal p.c. attuale, dedotta dai grafici delle prove penetrometriche, dalle stratigrafie dei sondaggi geognostici e dalle sezioni geotecniche derivanti dalle correlazioni effettuate, variabile da un minimo di 16.50 m ad un massimo di 21.60 m dal p.c.;

- l'ultima unità individuata con i sondaggi rappresenta il livello più profondo delle formazioni mioceniche rilevate in posto ed è costituita dai litotipi precedentemente menzionati (alternanze di argille e limi con livelli di conglomerati e ghiaie) con livelli litificati e avente elevati parametri geotecnici: tale unità è stata rinvenuta esclusivamente nel sondaggio S4 in profondità al di sotto della precedente Unità B, fino alla massima profondità indagata di 30.00 m dal p.c..

Pertanto, in base a quanto qui elaborato, per la scelta ed il dimensionamento delle strutture fondali, può essere utilizzato il seguente modello geotecnico di riferimento, a partire dal p.c. attuale:

| MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO A PARTIRE DAL P.C. | | | | | | | | |
|--|-------------|-------|--|----------------------------|-------------|------------------------------|------------|---------------------------|
| Profondità | | Unità | γ (t/m ³) | c' (kg/cm ²) | ϕ' (°) | C_u (kg/cm ²) | ϕ (°) | Eed (Kg/cm ²) |
| PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI PROSSIMI AI VALORI MEDI | | | | | | | | |
| 0.00 | 1.00/4.80 | Ta | 1.60 | - | - | - | 23.75 | 31 |
| 1.00/4.80 | 8.20/17.70 | A | 2.10 | 1.79 | 25.55 | 0.98 | 29.80 | 88 |
| 8.20/17.70 | 16.50/21.60 | B | 2.13 | 2.13 | 23.10 | 1.71 | 34.56 | 155 |
| > 16.50/21.60 | | C | 2.17 | 2.89 | 27.20 | 2.01 | 35.57 | 169 |
| PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI PROSSIMI AI VALORI MINIMI | | | | | | | | |
| 0.00 | 1.00/4.80 | Ta | 1.60 | - | - | - | 21.68 | 31 |
| 1.00/4.80 | 8.20/17.70 | A | 2.08 | 1.04 | 16.80 | 0.63 | 26.93 | 88 |
| 8.20/17.70 | 16.50/21.60 | B | 2.11 | 1.80 | 17.80 | 1.24 | 31.71 | 155 |
| > 16.50/21.60 | | C | 2.14 | 2.67 | 26.70 | 1.74 | 34.83 | 169 |
| PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI CON PROBABILITA' DI NON SUPERAMENTO DEL 5% | | | | | | | | |
| 0.00 | 1.00/4.80 | Ta | 1.60 | - | - | - | 21.56 | 31 |
| 1.00/4.80 | 8.20/17.70 | A | 2.10 | 0.75 | 18.53 | 0.75 | 28.00 | 88 |
| 8.20/17.70 | 16.50/21.60 | B | 2.13 | 1.69 | 15.84 | 1.16 | 31.37 | 155 |
| > 16.50/21.60 | | C | 2.17 | 2.53 | 26.38 | 1.57 | 34.36 | 169 |
| • γ = peso di volume | | | • ϕ' = angolo di attrito efficace | | | • ϕ = angolo di attrito | | |
| • c' = coesione efficace | | | • C_u = coesione non drenata | | | • Eed = modulo edometrico | | |

→ Indicazioni sulla scelta della tipologia fondale

La realizzazione delle nuove volumetrie in progetto prevede di effettuare delle operazioni di sbancamento di altezza ed entità variabile in relazione alle tipologie progettuali previste: tali operazioni di scavo, la cui altezza potrà raggiungere un'altezza di 7.00 m, permetteranno generalmente di oltrepassare un primo livello alterato superficiale appartenente all'unità Ta e di raggiungere, in alcune zone, anche l'unità A maggiormente consistente e dotata di parametri geotecnici più alti.

Inoltre, è prevista la posa in opera di terreni di riporto, la cui altezza raggiungerà localmente un massimo di 4.80 m dal pc, e pertanto, per la scelta della tipologia fondale, è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- in corrispondenza dei fabbricati dovranno essere adottate fondazioni di tipo profondo su pali trivellati in c.a.;
- per le opere di contenimento della spinta dei terreni verso monte (muri a retta che delimiteranno le zone di accesso ai locali seminterrati), in relazione alla loro altezza ed alla presenza della viabilità a monte, saranno adottate fondazioni di tipo profondo su pali trivellati in c.a.;
- in base alle indagini geognostiche effettuate ed al modello geotecnico precedentemente riportato, i pali dovranno avere una lunghezza non minore di 12.00 m, al fine di raggiungere i livelli più profondi in posto e maggiormente consistenti.

VALUTAZIONI DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI

Tra gli effetti di amplificazione sismica locale, le tipologie di pericolo sismico da tenere in considerazione sono le seguenti:

- instabilità dei pendii;
- addensamento di terreni a grana grossa;
- subsidenza di terreni molli a grana fine;
- scorrimento di faglia;
- liquefazione di sabbie sature.

1. INSTABILITÀ DEI PENDII

L'area è caratterizzata da un profilo morfologico con pendenze dell'ordine del 15-17% verso valle: in relazione alla morfologia dell'area ed alla tipologia progettuale in cui sono previsti sbancamenti e posa in opera di terreni di riporto per la realizzazione di sistemazioni esterne, si procede ad effettuare la verifica di stabilità del pendio anche nei confronti dell'azione sismica, nel seguente paragrafo.

2. ADDENSAMENTO DI TERRENI A GRANA GROSSA

L'indagine geognostica dell'area in esame ha evidenziato la presenza, dopo un primo strato pedogenetico, di terreno rimaneggiato e limo sabbioso alterato (spessore 1.00/4.80 m), di alternanze di limi argillosi e limi sabbiosi, il cui grado di addensamento aumenta con l'aumentare della profondità da medio ad elevato.

All'interno, si rinvencono localmente e a profondità variabili e non correlabili tra loro, livelli caratterizzati da aumenti repentini dei valori di N₂₀ (compresi tra 14.8 e 32.3), riconducibili alla presenza di lenti sabbioso ghiaiose e conglomeratiche aventi elevata compattezza.

Pertanto, in relazione alla presenza dei litotipi limoso argillosi e sabbiosi con lenti di conglomerati il cui grado di addensamento tende ad aumentare con la profondità, si ritiene che non si possano generare cedimenti per improvvisa compattazione del terreno.

3. SUBSIDENZA DI TERRENI MOLLI A GRANA FINE

Per quanto riguarda l'effetto di amplificazione per subsidenza di terreni molli si ritiene che, vista la natura dei terreni costituiti da un primo livello di terreno pedogenetico e limo sabbioso alterato (spessore 1.00/4.80 m), seguito da alternanze di limi argillosi e limi sabbiosi il cui grado di addensamento aumenta con l'aumentare della profondità da medio ad elevato e all'interno dei quali si rinvencono a profondità variabili e non correlabili tra loro, lenti sabbioso ghiaiose e conglomeratiche aventi elevata compattezza, non sussista il pericolo di subsidenza dei terreni di fondazione.

4. SCORRIMENTO DI FAGLIA

Allo stato attuale delle conoscenze si esclude che l'area sia interessata, in superficie, da dislocazioni tettoniche attive o capaci.

5. LIQUEFAZIONE DI SABBIE SATURE

La liquefazione delle sabbie sature è un fenomeno per il quale avviene una diminuzione di resistenza al taglio o rigidità in seguito all'aumento di pressione interstiziale, in un terreno saturo non coesivo, durante lo scuotimento sismico: tale effetto genera deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Il rischio di liquefazione si presenta nel caso di falda freatica superficiale in presenza di terreni sabbiosi sciolti anche se contenenti una frazione fine limo argillosa; la verifica alla liquefazione può essere omessa (par. 7.11.3.4.1 - NTC 2018 - Esclusione della verifica a liquefazione) quando si manifesti almeno una delle seguenti quattro circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano di campagna in assenza di manufatti minori di 0.1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c. (con p.c. sub-orizzontale) e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure con $qc_{1N} > 180$ dove:
 - $(N_1)_{60}$ = valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche SPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
 - qc_{1N} = valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche CPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle seguenti figure:

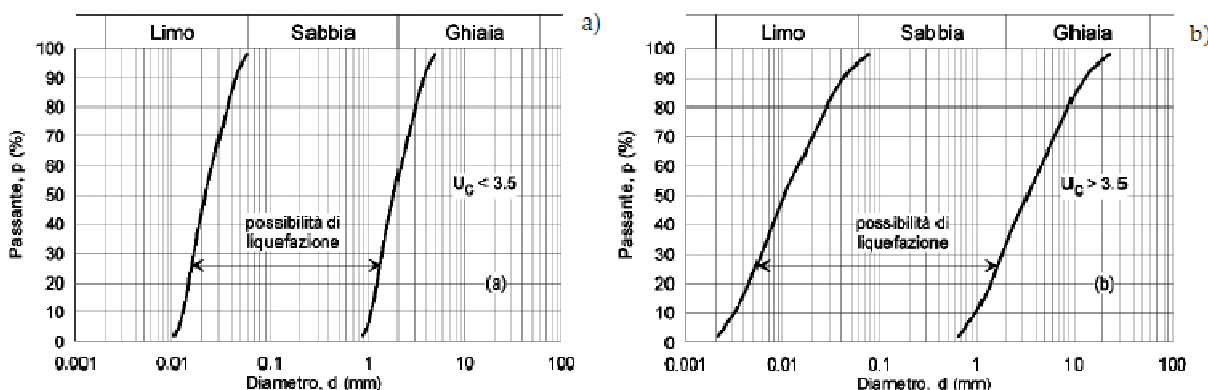


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

○ VERIFICA DELLE CIRCOSTANZE INDICATE

Si procede alla verifica delle circostanze per cui può essere o meno omessa la verifica a liquefazione dei terreni.

1) Accelerazioni massime attese al piano di campagna in assenza di manufatti minori di 0.1 g

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la seguente relazione

$$a_{\max} = S \cdot a_g = (S_s \cdot S_T) \cdot a_g \quad [7.11.5 \text{ NTC2018}]$$

in cui S è il fattore moltiplicativo dovuto agli effetti locali dei terreni, che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al 3.2.3.2 delle NTC2018, e a_g è l'accelerazione orizzontale massima per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita SLV.

Per l'area in esame e relativamente allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita SLV, si hanno i parametri sismici qui riassunti.



VERTICI MAGLIA DEI NODI DI APPARTENENZA

Salvaguardia della vita (SLV)

| | | |
|-----------------------------|-------|--------|
| Probabilità di superamento: | 10 | % |
| Tr: | 475 | [anni] |
| ag: | 0,140 | g |
| Fo: | 2,477 | |
| Tc: | 0,277 | [s] |
| Ss: | 1,200 | |
| Cc: | 1,420 | |
| St: | 1,000 | |

In base ai parametri sismici riportati nel precedente paragrafo (da Geostru software - www.geostru.com), nel caso in esame, si ottiene il seguente valore di a_{max} :

$$a_{max} = 1.200 \cdot 1.00 \cdot 0.140 \text{ g} = 0.168 \text{ g}$$

Poiché il valore di a_{max} ottenuto è pari a 0.168 g, esso non è minore di 0.10 g, condizione posta per l'esclusione alla verifica della liquefazione.

Verifica della circostanza: LA CONDIZIONE DI ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE NON E' SODDISFATTA.

2) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c. (con p.c. sub-orizzontale) e strutture con fondazioni superficiali

Nel caso in esame, il p.c. non è sub-orizzontale e, dalle misure piezometriche effettuate, è emersa la presenza di acqua nei piezometri alle profondità di 9.00/9.90 m dal p.c..

Verifica della circostanza: LA CONDIZIONE DI ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE NON E' SODDISFATTA.

3) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure con $qc1N > 180$

Si tratta di depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.

Nell'area in esame i valori di N_{60} ottenuti sono riassunti nella seguente tabella:

| Unità A | | | |
|---|------------|------------------|-----------------|
| | Profondità | N _{SPT} | N ₆₀ |
| S1 | 4,00 | 38 | 34 |
| S1 | 8,00 | 43 | 33 |
| S2 | 5,50 | 49 | 41 |
| S2 | 10,50 | 40 | 28 |
| S3 | 5,50 | 37 | 31 |
| Unità A: N ₆₀ compreso tra 28 e 40 | | | |
| Unità B | | | |
| | Profondità | N _{SPT} | N ₆₀ |
| S1 | 13,00 | 38 | 23 |
| S3 | 10,50 | 45 | 31 |
| S3 | 14,50 | 44 | 25 |
| S4 | 10,30 | 46 | 32 |
| Unità B: N ₆₀ compreso tra 23 e 32 | | | |
| Unità C | | | |
| | Profondità | N _{SPT} | N ₆₀ |
| S4 | 18,00 | 59 | 30 |
| S4 | 25,40 | 62 | 26 |
| Unità C: N ₆₀ compreso tra 26 e 30 | | | |

I valori di N₆₀ ottenuti, generalmente maggiori di 30 e comunque variabili da un minimo di 23 ad un massimo di 40, indicano un elevato grado di addensamento dei terreni.

Inoltre, i litotipi presenti sono costituiti da limi argillosi e sabbiosi con lenti di conglomerati e non da sabbie pulite, come visibile anche dalle analisi granulometriche dei campioni di laboratorio qui di seguito riassunte: i campioni di terreno esaminati, oltre ad avere un contenuto di sabbia variabile da 13.10% a 23.90%, possiedono un quantitativo generalmente basso di ghiaia (0.70-12.50%) ed un quantitativo elevato di limo (44.90-62.80%) ed argilla (17.00-37.20%).

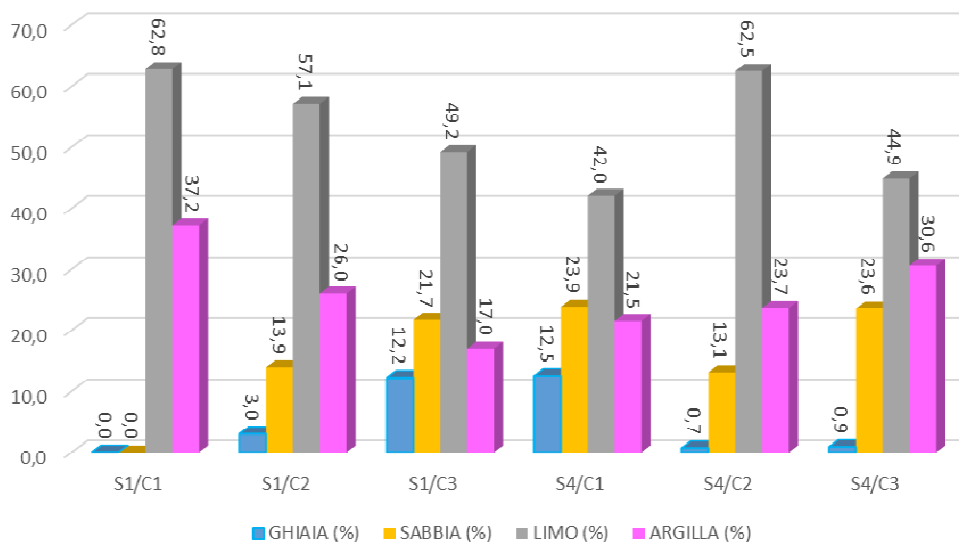
| Campione | Risultato analisi granulometrica | | | |
|--------------|----------------------------------|--------|--------|---------|
| | ghiaia | sabbia | limo | argilla |
| S1/C1 | 0,00% | 0,00% | 62,80% | 37,20% |
| S1/C2 | 3,00% | 13,90% | 57,10% | 26,00% |
| S1/C3 | 12,20% | 21,70% | 49,20% | 17,00% |
| S4/C1 | 12,50% | 23,90% | 42,00% | 21,50% |
| S4/C2 | 0,70% | 13,10% | 62,50% | 23,70% |
| S4/C3 | 0,90% | 23,60% | 44,90% | 30,60% |

Verifica della circostanza: LA CONDIZIONE DI ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE E' SODDISFATTA.

4) Distribuzione granulometrica

Nell'area in esame, in base ai risultati delle analisi granulometriche effettuate sui campioni di laboratorio i cui valori sono riassunti nella precedente tabella ed indicati nel seguente grafico, i litotipi presenti sono costituiti da limi argillosi e sabbiosi con lenti di conglomerati, che possiedono un contenuto di sabbia variabile da 13.10% a 23.90%, un quantitativo generalmente basso di ghiaia (0.70-12.50%) ed un quantitativo elevato di limo (44.90-62.80%) ed argilla (17.00-37.20%).

ANALISI GRANULOMETRICA



Si riportano qui di seguito le curve granulometriche individuate nei grafici delle analisi di laboratorio per i campioni analizzati.

Campione S1/C1

San Martino - Tognazzi

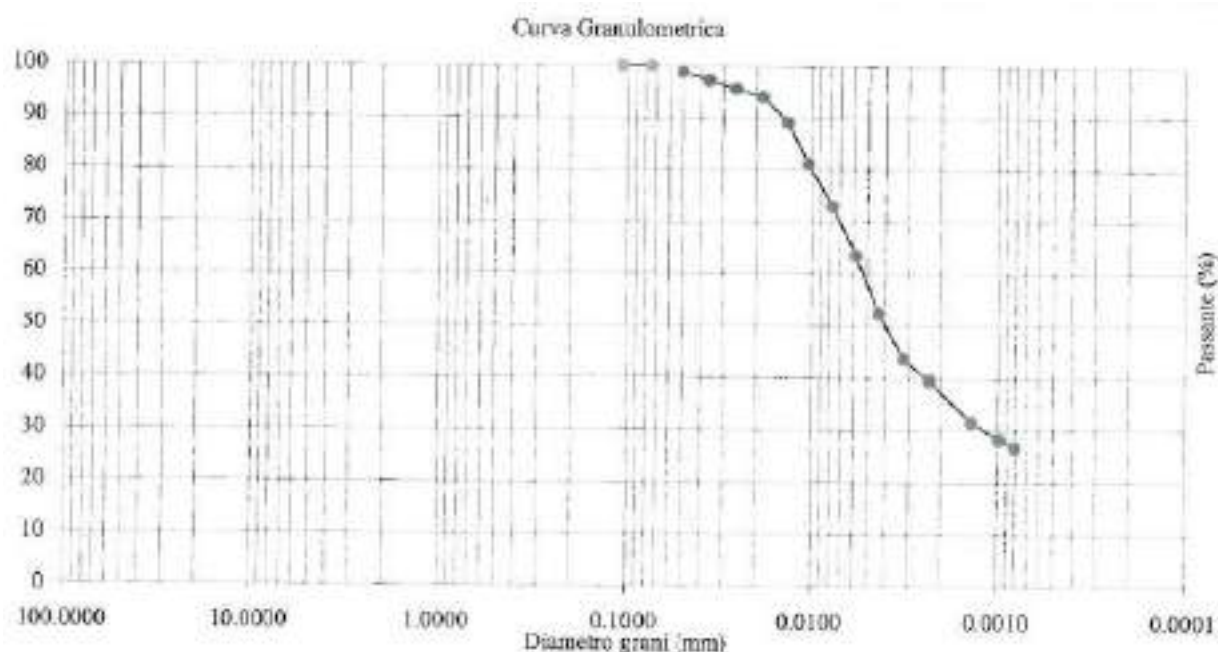
Sigla S1C1
Profondità (m): 3,50-4,00

Data consegna Campione: 01/09/2010
Data apertura Campione: 17/03/2016

| Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Tritenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Tritenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Tritenuto % | Passante % |
|---------------|--------------------|-------------|------------|---------------|--------------------|-------------|------------|---------------|--------------------|-------------|------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 1/4 | 6.3 | 0.00 | 100.00 | 50 | 0.3 | 0.00 | 100.00 |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | 0.00 | 100.00 | 60 | 0.25 | 0.00 | 100.00 |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | 0.00 | 100.00 | 70 | 0.212 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.36 | 0.00 | 100.00 | 80 | 0.18 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 0.00 | 100.00 | 100 | 0.15 | 0.00 | 100.00 |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | 0.00 | 100.00 | 120 | 0.125 | 0.00 | 100.00 |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 0.00 | 100.00 | 140 | 0.106 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | 0.00 | 100.00 | 200 | 0.074 | 0.05 | 99.95 |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 0.00 | 100.00 | | | | |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | 0.00 | 100.00 | | | | |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 0.00 | 100.00 | | | | |

N.B. In grassetto i valori utilizzati

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 0.05022 | 98.79 | 98.74 | 0.00320 | 43.63 | 43.61 | - | - | - | - | - | - |
| 0.03599 | 97.19 | 97.14 | 0.00230 | 39.46 | 39.44 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02579 | 95.58 | 95.53 | 0.00137 | 31.44 | 31.43 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01847 | 93.98 | 93.93 | 0.00098 | 28.24 | 28.22 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01353 | 89.17 | 89.12 | 0.00081 | 26.65 | 26.62 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01046 | 81.15 | 81.11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00778 | 73.13 | 73.10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00581 | 63.51 | 63.48 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00435 | 52.29 | 52.26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |



Campione S1/C2

San Martino - Tognazza

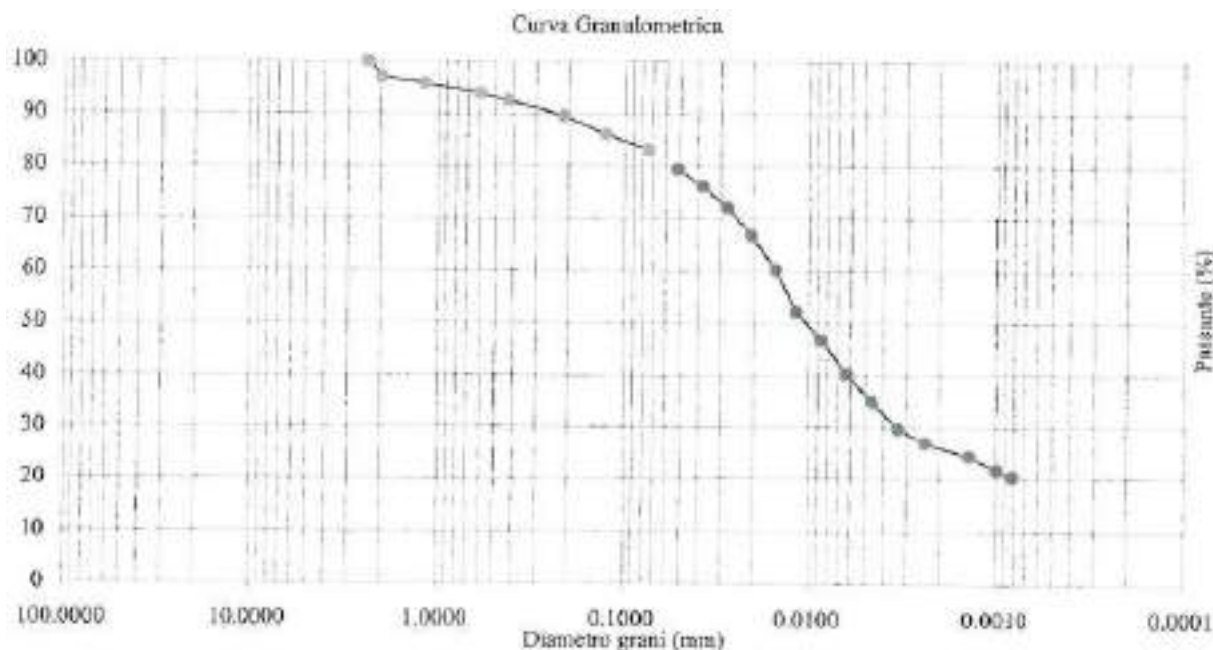
Sigla S1C2
Profondità (m) 7.50-8.00

Data consegna Campione: 01/09/2010
Data apertura Campione: 21/09/2010

| Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % |
|---------------|--------------------|--------------|------------|---------------|--------------------|--------------|------------|---------------|--------------------|--------------|------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 1/4 | 6.3 | 0.00 | 100.00 | 50 | 0.3 | - | - |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | 0.00 | 100.00 | 60 | 0.25 | - | - |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | 0.00 | 100.00 | 70 | 0.212 | 10.44 | 89.57 |
| 1 1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.36 | 0.00 | 100.00 | 80 | 0.18 | - | - |
| 1 1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 3.04 | 96.97 | 100 | 0.15 | - | - |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | - | - | 120 | 0.125 | 13.91 | 86.09 |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 4.31 | 95.70 | 140 | 0.106 | - | - |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | - | - | 200 | 0.074 | 16.91 | 83.09 |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 6.14 | 93.86 | | | | |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | - | - | | | | |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 7.44 | 92.57 | | | | |

N.B. In grassetto i setacci utilizzati

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 0.05193 | 95.54 | 79.38 | 0.00334 | 35.56 | 29.54 | - | - | - | - | - | - |
| 0.03786 | 91.69 | 76.18 | 0.00239 | 32.35 | 26.88 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02773 | 86.88 | 72.19 | 0.00140 | 29.14 | 24.21 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02051 | 80.46 | 66.85 | 0.00100 | 25.94 | 21.55 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01525 | 72.44 | 60.19 | 0.00082 | 24.33 | 20.22 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01175 | 62.82 | 52.20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00839 | 56.41 | 46.87 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00631 | 48.39 | 40.20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00460 | 41.97 | 34.87 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |



Campione S1/C3

San Martino - Tognazza

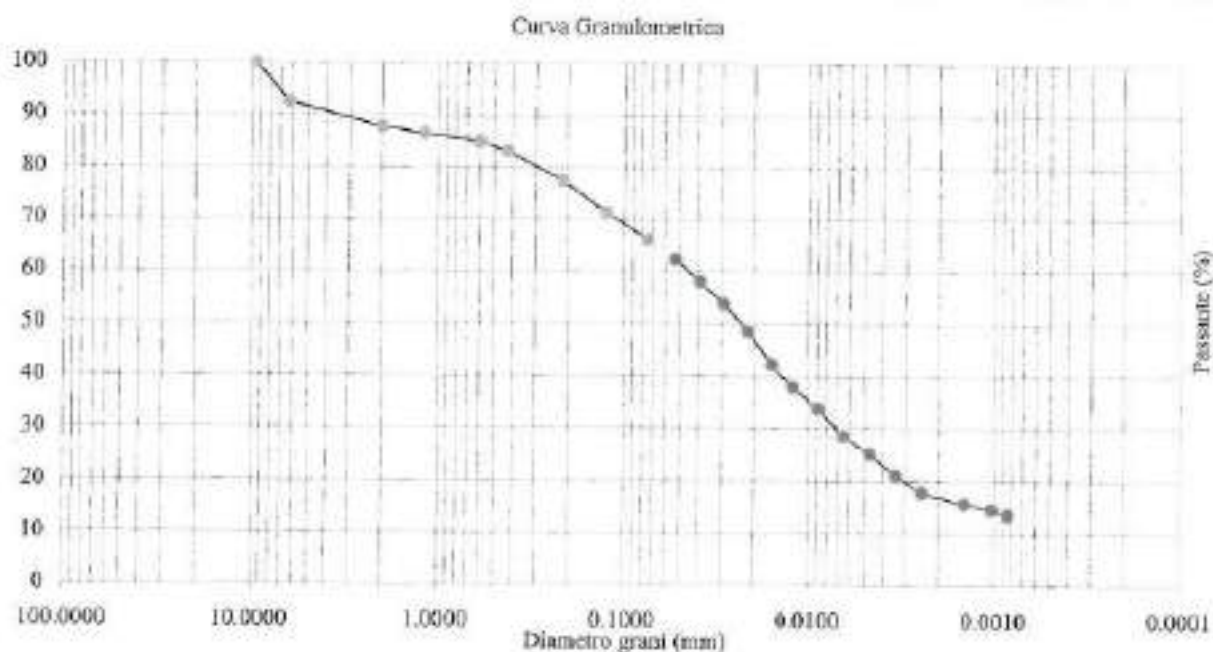
Sigla S1C3
Profondità (m) 12.50-13.00

Data consegna Campione: 07/09/2010
Data apertura Campione: 22/09/2010

| Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % |
|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 1/4 | 6.3 | 7.54 | 92.47 | 50 | 0.3 | - | - |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | - | - | 60 | 0.25 | - | - |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | - | - | 70 | 0.212 | 22.65 | 77.35 |
| 1 1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.36 | - | - | 80 | 0.18 | - | - |
| 1 1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 12.24 | 87.76 | 100 | 0.15 | - | - |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | - | - | 120 | 0.125 | 28.71 | 71.30 |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 13.50 | 86.50 | 140 | 0.106 | - | - |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | - | - | 200 | 0.074 | 33.89 | 66.11 |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 15.10 | 84.90 | | | | |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | - | - | | | | |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 16.89 | 83.11 | | | | |

N.B. In grassetto i setacci utilizzati

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 0.05283 | 94.24 | 62.30 | 0.00342 | 31.69 | 20.95 | - | - | - | - | - | - |
| 0.03925 | 87.83 | 58.06 | 0.00247 | 26.88 | 17.77 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02903 | 81.41 | 53.82 | 0.00144 | 23.67 | 15.65 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02161 | 73.39 | 48.52 | 0.00103 | 22.07 | 14.59 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01615 | 63.77 | 42.16 | 0.00084 | 20.46 | 13.53 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01220 | 57.35 | 37.92 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00890 | 50.94 | 33.67 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00652 | 42.92 | 28.37 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00471 | 38.11 | 25.19 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |



Campione S4/C1

San Martino - Tognazza

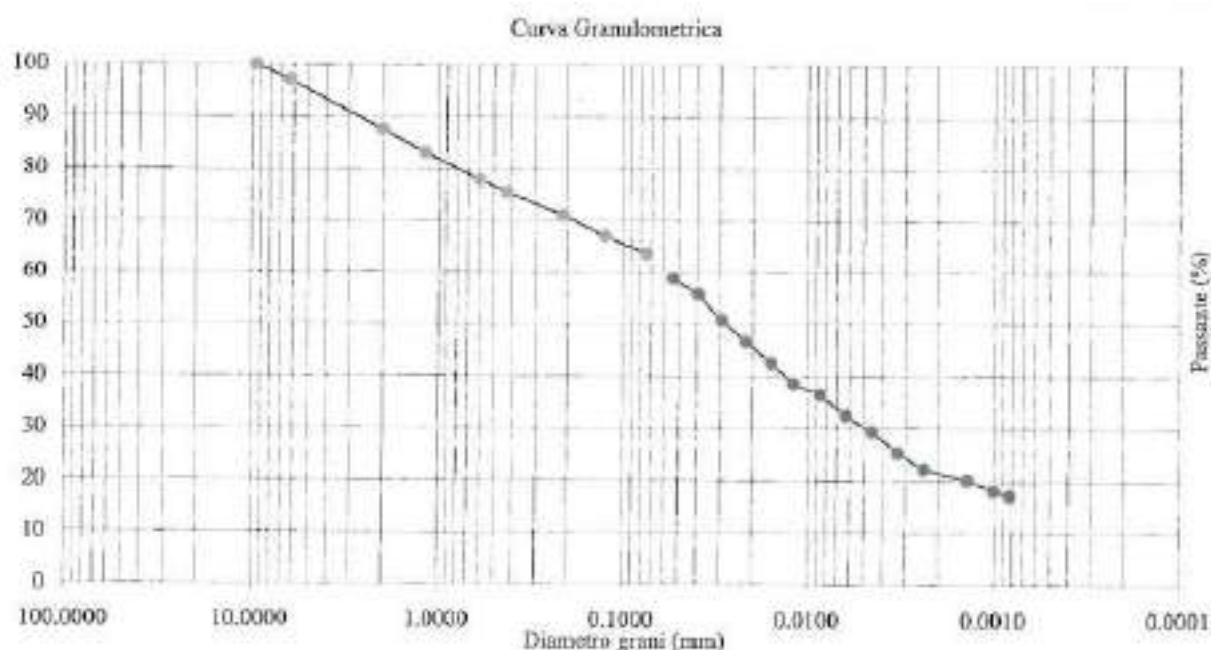
Sigla S4C1
Profondità (m) 10.0-10.30

Data consegna Campione: 03/09/2010
Data apertura Campione: 22/09/2010

| Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Tritenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Tritenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Tritenuto % | Passante % |
|---------------|--------------------|-------------|------------|---------------|--------------------|-------------|------------|---------------|--------------------|-------------|------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 1/4 | 6.3 | 2.94 | 97.06 | 50 | 0.3 | - | - |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | - | - | 60 | 0.25 | - | - |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | - | - | 70 | 0.212 | 28.92 | 71.08 |
| 1 1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.36 | - | - | 80 | 0.18 | - | - |
| 1 1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 12.56 | 87.45 | 100 | 0.15 | - | - |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | - | - | 120 | 0.125 | 33.04 | 66.97 |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 16.91 | 83.09 | 140 | 0.106 | - | - |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | - | - | 200 | 0.074 | 36.55 | 63.46 |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 22.10 | 77.91 | | | | |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | - | - | | | | |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 24.52 | 75.49 | | | | |

N.B. In grassetto i setacciati

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 0.0533 | 92.64 | 58.78 | 0.00331 | 39.71 | 25.20 | - | - | - | - | - | - |
| 0.03925 | 87.83 | 55.73 | 0.00239 | 34.90 | 22.14 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02935 | 79.81 | 50.64 | 0.00140 | 31.69 | 20.11 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02141 | 73.39 | 46.57 | 0.00100 | 28.48 | 18.07 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01586 | 66.98 | 42.50 | 0.00082 | 26.88 | 17.06 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01200 | 60.56 | 38.43 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00862 | 57.35 | 36.39 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00629 | 50.94 | 32.32 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00455 | 46.13 | 29.27 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |



Campione S4/C2

San Martino - Tognazzo

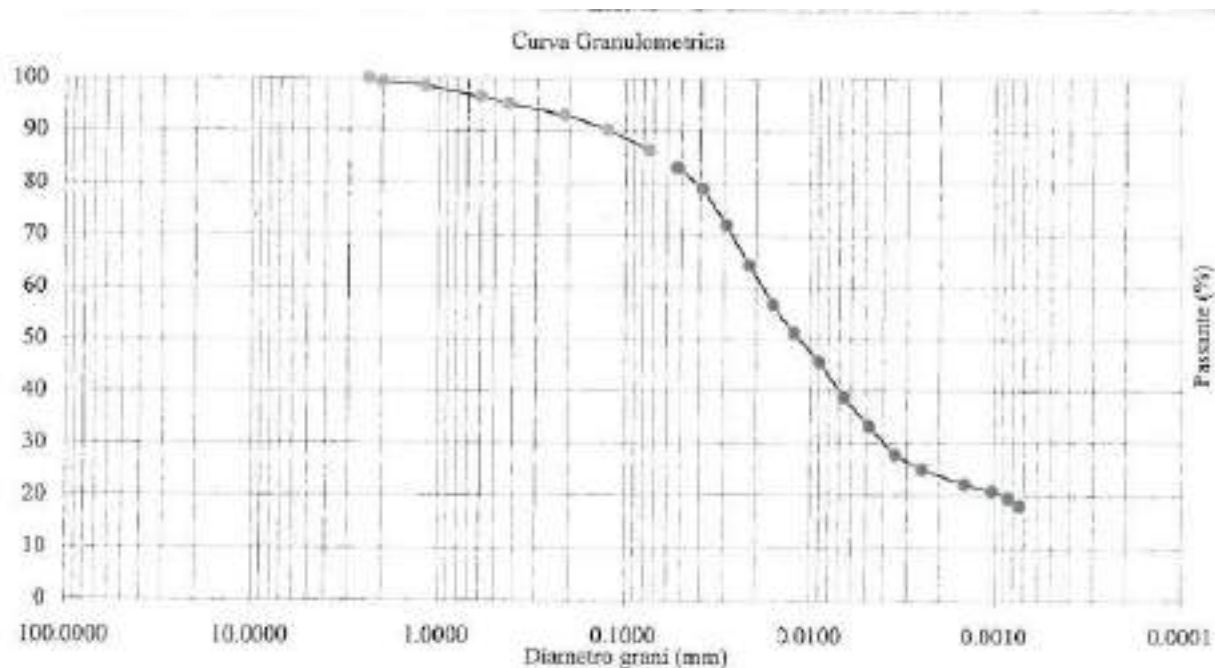
Sigla S4C2
Profondità (m) 17.5-18.0

Data consegna Campione: 07/09/2010
Data apertura Campione: 23/09/2010

| Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % |
|---------------|--------------------|--------------|------------|---------------|--------------------|--------------|------------|---------------|--------------------|--------------|------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 1/4 | 6.3 | 0.00 | 100.00 | 50 | 0.3 | - | - |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | 0.00 | 100.00 | 60 | 0.25 | - | - |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | 0.00 | 100.00 | 70 | 0.25 | 7.11 | 92.89 |
| 1 1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.36 | 0.00 | 100.00 | 80 | 0.18 | - | - |
| 1 1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 0.67 | 99.33 | 100 | 0.15 | - | - |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | - | - | 120 | 0.125 | 9.83 | 90.17 |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 1.50 | 98.50 | 140 | 0.106 | - | - |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | - | - | 200 | 0.074 | 13.79 | 86.21 |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 3.60 | 96.40 | | | | |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | - | - | | | | |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 4.86 | 95.14 | | | | |

N.B. In grassetto i valori utilizzati

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 0.05262 | 96.26 | 82.98 | 0.00348 | 32.09 | 27.66 | - | - | - | - | - | - |
| 0.03871 | 91.45 | 78.83 | 0.00249 | 28.88 | 24.89 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02906 | 83.43 | 71.92 | 0.00146 | 25.67 | 22.13 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02180 | 74.44 | 64.17 | 0.00104 | 24.07 | 20.75 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01623 | 65.78 | 56.70 | 0.00085 | 22.46 | 19.36 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01227 | 59.36 | 51.17 | 0.00074 | 20.86 | 17.98 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00897 | 52.94 | 45.64 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00658 | 44.92 | 38.73 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00479 | 38.50 | 33.19 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |



Campione S4/C3

San Martino - Tognazza

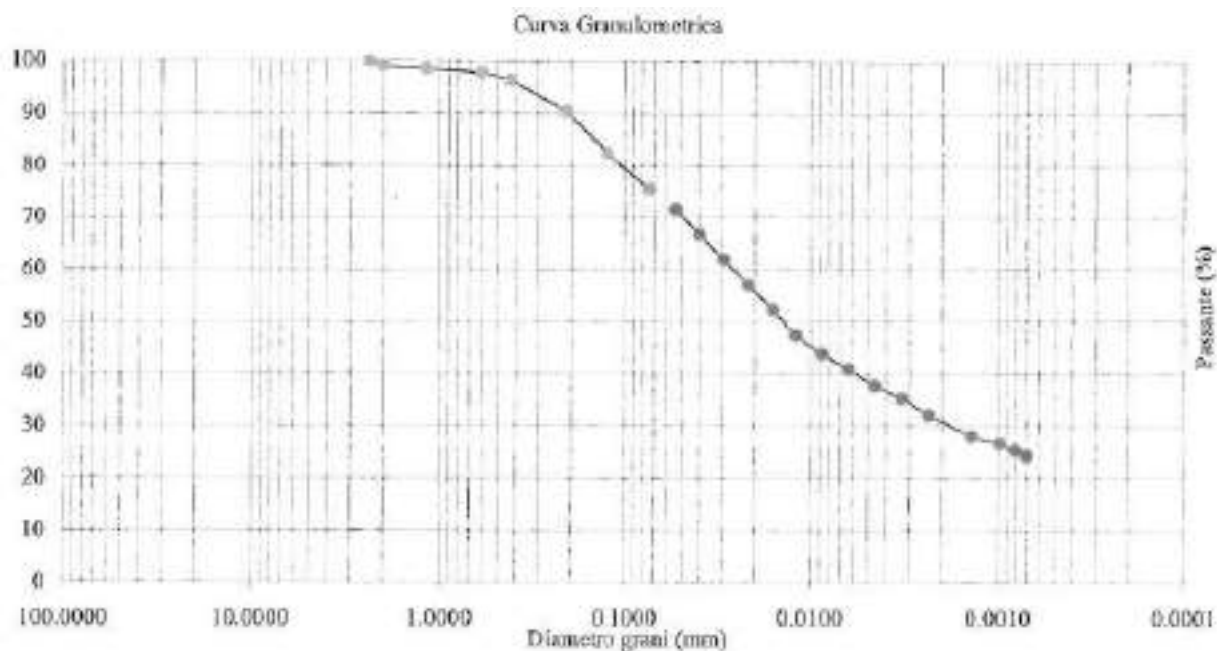
Sigla S4C3
Profondità (m) 25.0-25.40

Data consegna Campione: 03/09/2010
Data apertura Campione: 25/09/2010

| Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % |
|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 14 | 6.3 | 0.00 | 100.00 | 50 | 0.3 | - | - |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | 0.00 | 100.00 | 60 | 0.25 | - | - |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | 0.00 | 100.00 | 70 | 0.212 | 9.60 | 90.40 |
| 1 1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.56 | 0.00 | 100.00 | 80 | 0.18 | - | - |
| 1 1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 0.90 | 99.10 | 100 | 0.15 | - | - |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | - | - | 120 | 0.125 | 17.72 | 82.28 |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 1.46 | 98.54 | 140 | 0.106 | - | - |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | - | - | 200 | 0.074 | 24.54 | 75.46 |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 2.29 | 97.71 | | | | |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | - | - | | | | |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 3.66 | 96.34 | | | | |

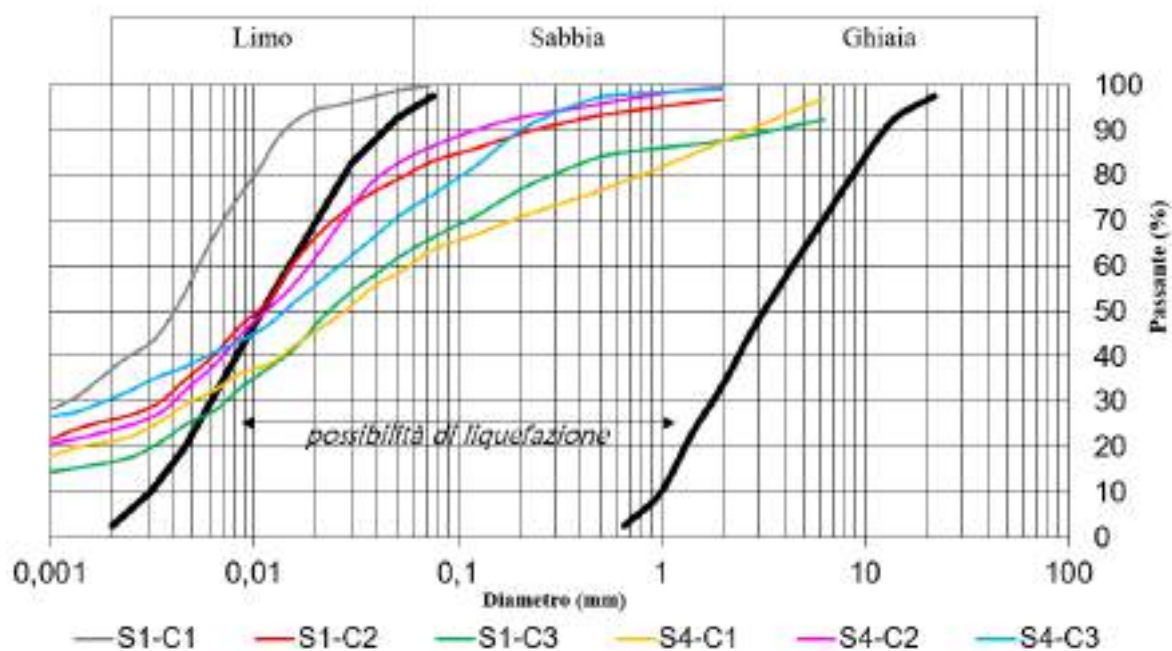
N.B. In grassetto i setacci utilizzati

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 0.05333 | 94.66 | 71.43 | 0.00327 | 46.53 | 35.11 | - | - | - | - | - | - |
| 0.03968 | 88.24 | 66.59 | 0.00236 | 42.35 | 31.96 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02938 | 81.82 | 61.75 | 0.00139 | 36.90 | 27.85 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02167 | 75.40 | 56.90 | 0.00099 | 35.30 | 26.64 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01593 | 68.99 | 52.06 | 0.00081 | 33.69 | 25.42 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01206 | 62.57 | 47.22 | 0.00071 | 32.09 | 24.21 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00875 | 57.76 | 43.58 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00631 | 53.91 | 40.68 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00455 | 49.73 | 37.53 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |



Si è sovrapposto la curva granulometrica ottenuta dall'analisi di laboratorio, con la curva granulometrica indicata negli abachi delle NTC 18 ottenendo quanto di seguito riportato:

Fuso per terreni con $U_c > 3.5$ (rif. fig. 7.11.1 NTC 17.01.2018)



Come visibile dal precedente grafico i terreni indagati non rientrano interamente all'interno dei fusi granulometrici indicati dalle NTC2018 dove l'analisi granulometrica del campione indica la possibilità di liquefazione.

Verifica della circostanza: LA CONDIZIONE DI ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE E' SODDISFATTA.

○ **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLA LIQUEFAZIONE**

In base alle elaborazioni effettuate, si riportano nel seguente schema riepilogativo, i risultati ottenuti relativamente alla possibilità di liquefazione dei terreni ed alla verifica delle circostanze di esclusione della verifica.

| | Circostanza | Valori di esclusione | Valori sito | Circostanza soddisfatta |
|---|---------------------------|--|---|-------------------------|
| 1 | a_{max} | $a_{max} < 0.1 g$ | 0.168 g | NO |
| 2 | Profondità falda | Profondità > 15 m da p.c. | presenza di acqua nei piezometri a profondità di 9.00/9.90 m dal p.c. | NO |
| 3 | Resistenza penetrometrica | $(N_1)_{60} > 30$ o $qc_{1N} > 180$ in sabbie pulite | N60 compreso tra 23 e 40 in terreni con elevato contenuto di limo e argilla | SI |
| 4 | Granulometria | esterna ai diagrammi | esterna ai diagrammi | SI |

Pertanto, si omette la verifica a liquefazione ai sensi dei punti 3 e 4.

VERIFICHE DI STABILITÀ DEL VERSANTE

L'analisi di stabilità del versante è stata eseguita allo stato attuale e finale considerando le sezioni indicate nelle tavole allegate, ritenute le più significative e rappresentative di quanto in progetto in relazione alla massima pendenza del versante, ai maggiori sovraccarichi dovuti ai riporti ed in considerazione dei maggiori sbancamenti previsti.

Mediante le verifiche di stabilità è stato effettuato uno studio dei possibili effetti che i riporti di terreno e gli sbancamenti in progetto potrebbero avere nell'area classificata con Pericolosità geologica G4 di valle.

Le verifiche di stabilità sono state effettuate utilizzando un programma di calcolo automatico denominato "SLOPE 2022", adottando il metodo di Bishop con simulazione di sisma (i calcoli relativi ottenuti sono riportati in allegato alla presente relazione).

Le verifiche hanno tenuto conto delle seguenti ipotesi:

- 1) per semplificazione il problema è considerato bidimensionale;
- 2) si esaminano le condizioni d'equilibrio limite confrontando la forza "franante", costituita dal peso della massa di terreno delimitato da una potenziale superficie di scorrimento, con la forza "resistente" costituita dalla resistenza al taglio dovuta alle caratteristiche geotecniche del terreno lungo la superficie di scorrimento;
- 3) si ipotizzano superfici di scorrimento regolari il cui andamento risulta essere dato da un cerchio formato da una linea spezzata formata da segmenti;
- 4) il terreno considerato viene suddiviso in conci con superficie di base piana;
- 5) si tiene conto delle azioni sismiche corrispondenti alla Classificazione sismica della Regione Toscana secondo l'Ordinanza PCM n. 3519 del 28/04/2006. Le NTC 2018 calcolano i coefficienti K_0 e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_0 = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_0$$

con:

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

Tali componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica da adottare nelle verifiche di stabilità sono riportate nel precedente paragrafo della modellazione sismica.

1. VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO ATTUALE

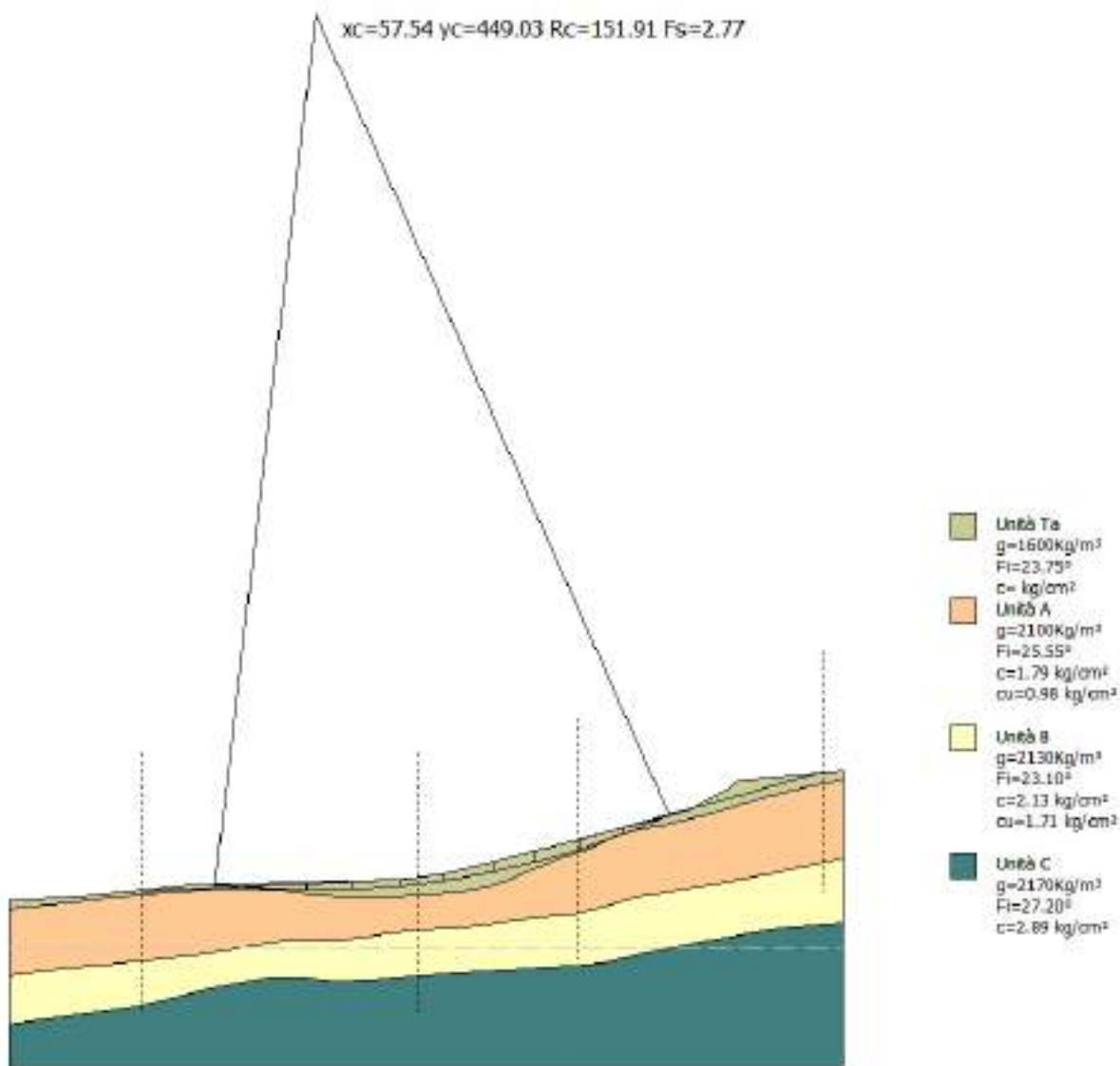
Le verifiche di stabilità del pendio naturale allo stato attuale, con parametri caratteristici prossimi ai valori medi, sono state effettuate ai sensi delle vigenti NTC2018, alle seguenti condizioni:

- condizioni sismiche → parametri geotecnici caratteristici, coefficienti sismici k_h e k_v allo SLV, coefficiente $\gamma_{R2}=1.0$;
- condizioni statiche → parametri geotecnici caratteristici, coefficiente $\gamma_{R2}=1.0$.

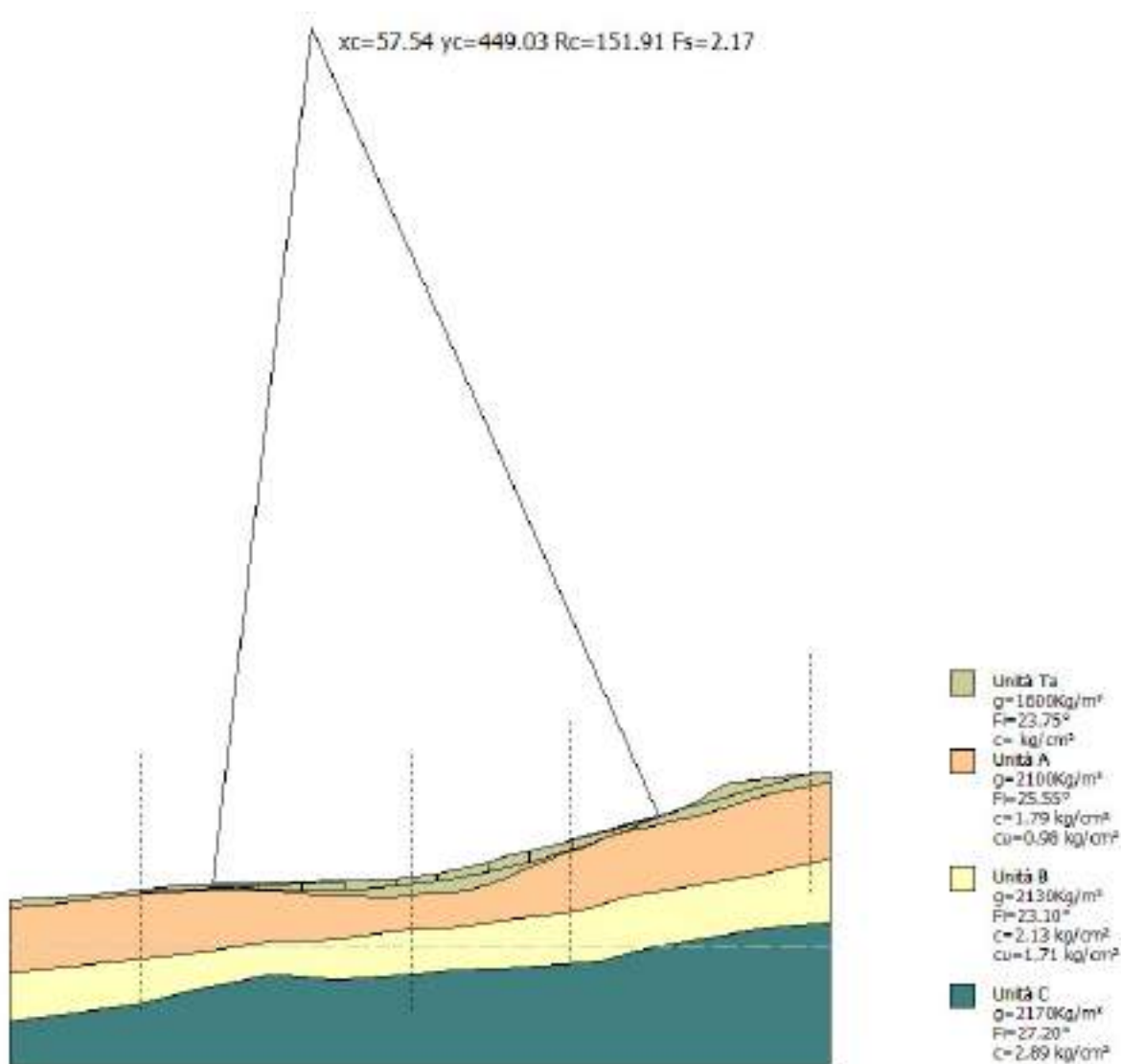
○ SEZIONE A STATO ATTUALE

Le verifiche allo stato attuale sulla sezione A hanno fornito dei valori del coefficiente di sicurezza minimo pari a 2.77 (condizioni statiche) e 2.17 (condizioni sismiche), che indicano lo stato di stabilità del versante (si vedano i cerchi minimi ottenuti nelle seguenti immagini e nella tavola 2 allegata).

| VERIFICA DI STABILITÀ STATO ATTUALE SEZIONE A (CONDIZIONI STATICHE) | |
|---|-------------|
| Fs minimo ottenuto | 2.77 |



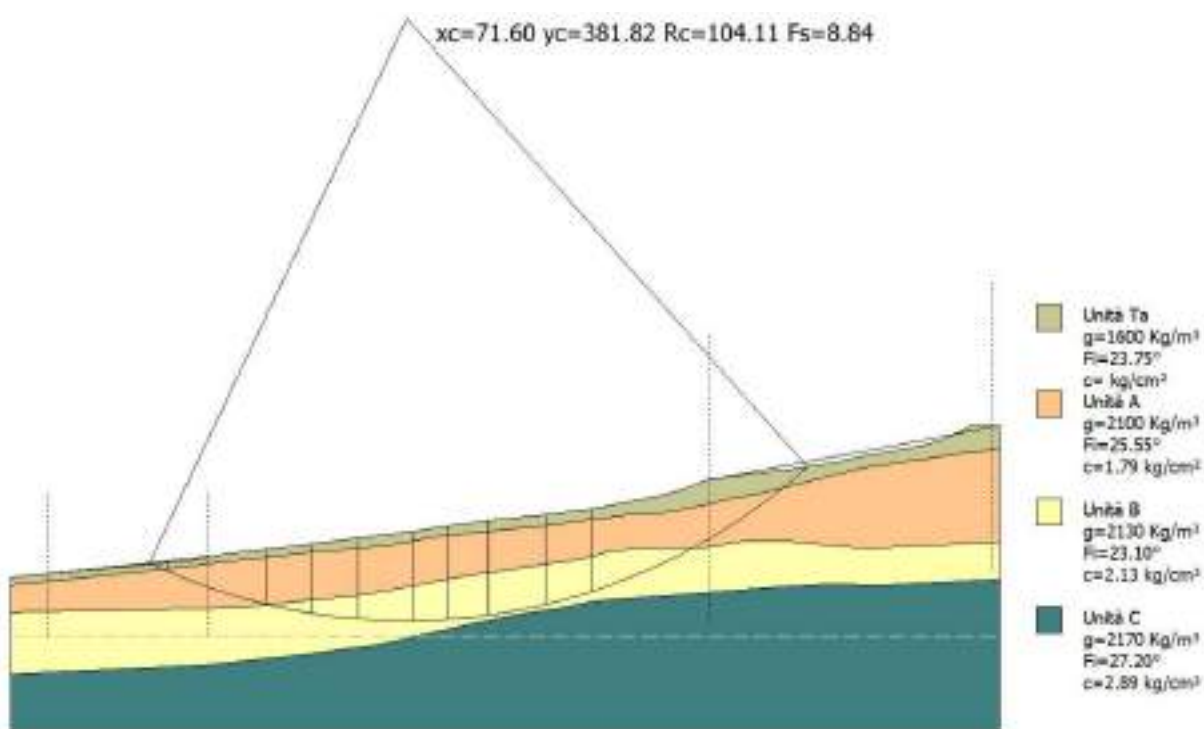
| VERIFICA DI STABILITÀ STATO ATTUALE SEZIONE A (CONDIZIONI SISMICHE) | |
|---|------|
| Fs minimo ottenuto | 2.17 |



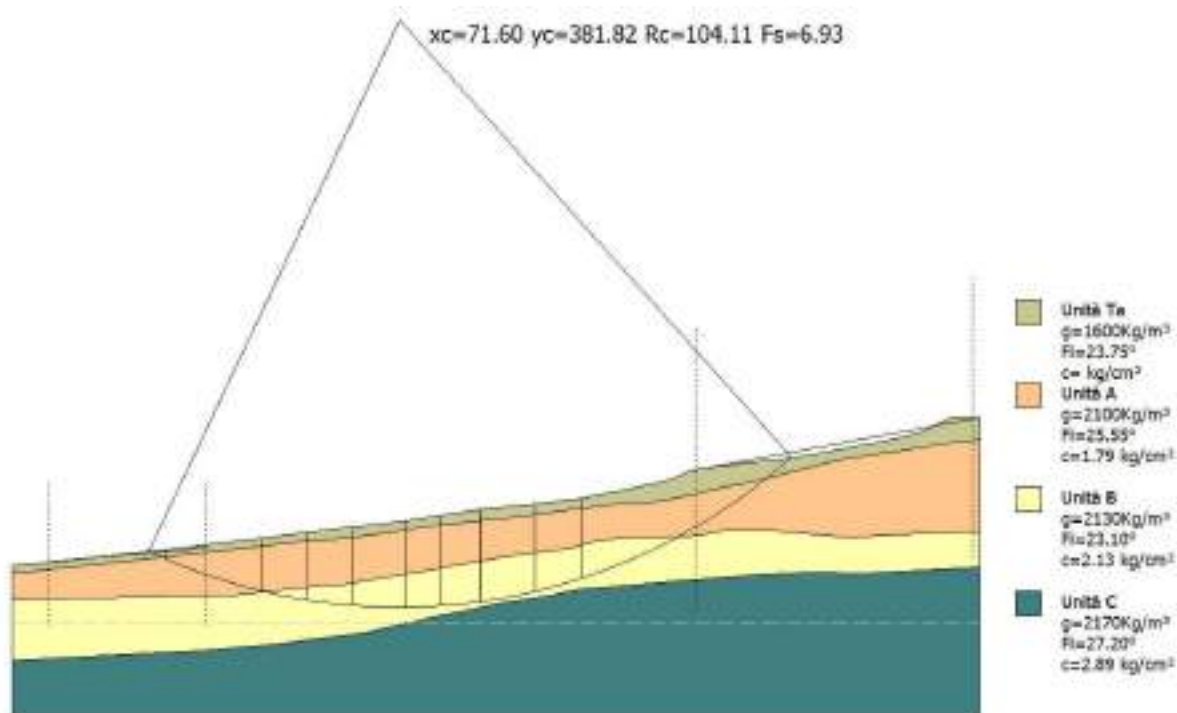
○ **SEZIONE B STATO ATTUALE**

Le verifiche allo stato attuale sulla sezione B hanno fornito dei valori del coefficiente di sicurezza minimo pari a 8.84 (condizioni statiche) e 6.93 (condizioni sismiche), che indicano lo stato di stabilità del versante (si vedano i cerchi minimi ottenuti nelle seguenti immagini e nella tavola 2 allegata).

| VERIFICA DI STABILITÀ STATO ATTUALE SEZIONE B (CONDIZIONI STATICHE) | |
|---|-------------|
| Fs minimo ottenuto | 8.84 |



| VERIFICA DI STABILITÀ STATO ATTUALE SEZIONE B (CONDIZIONI SISMICHE) | |
|---|-------------|
| Fs minimo ottenuto | 6.93 |

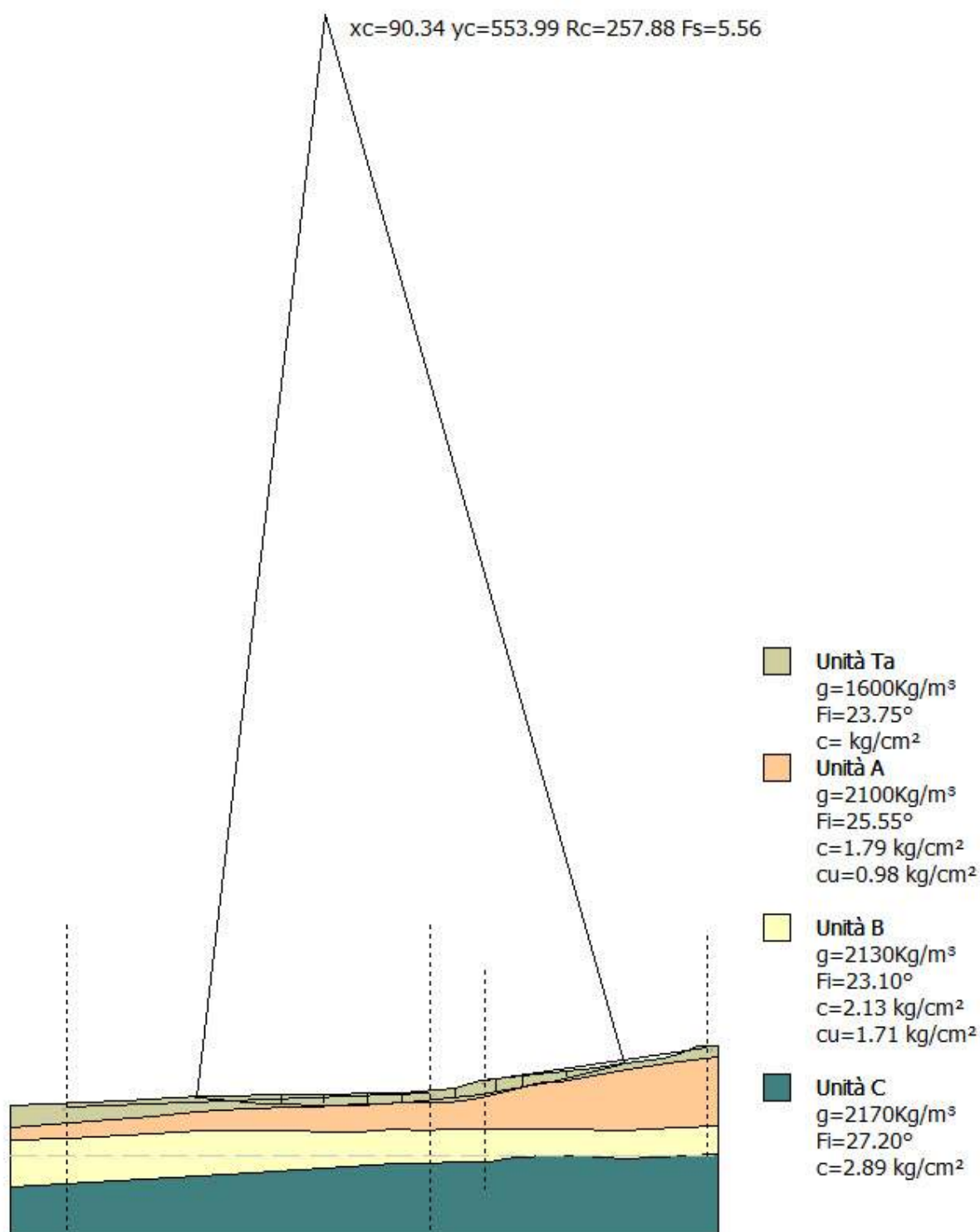


○ **SEZIONE C STATO ATTUALE**

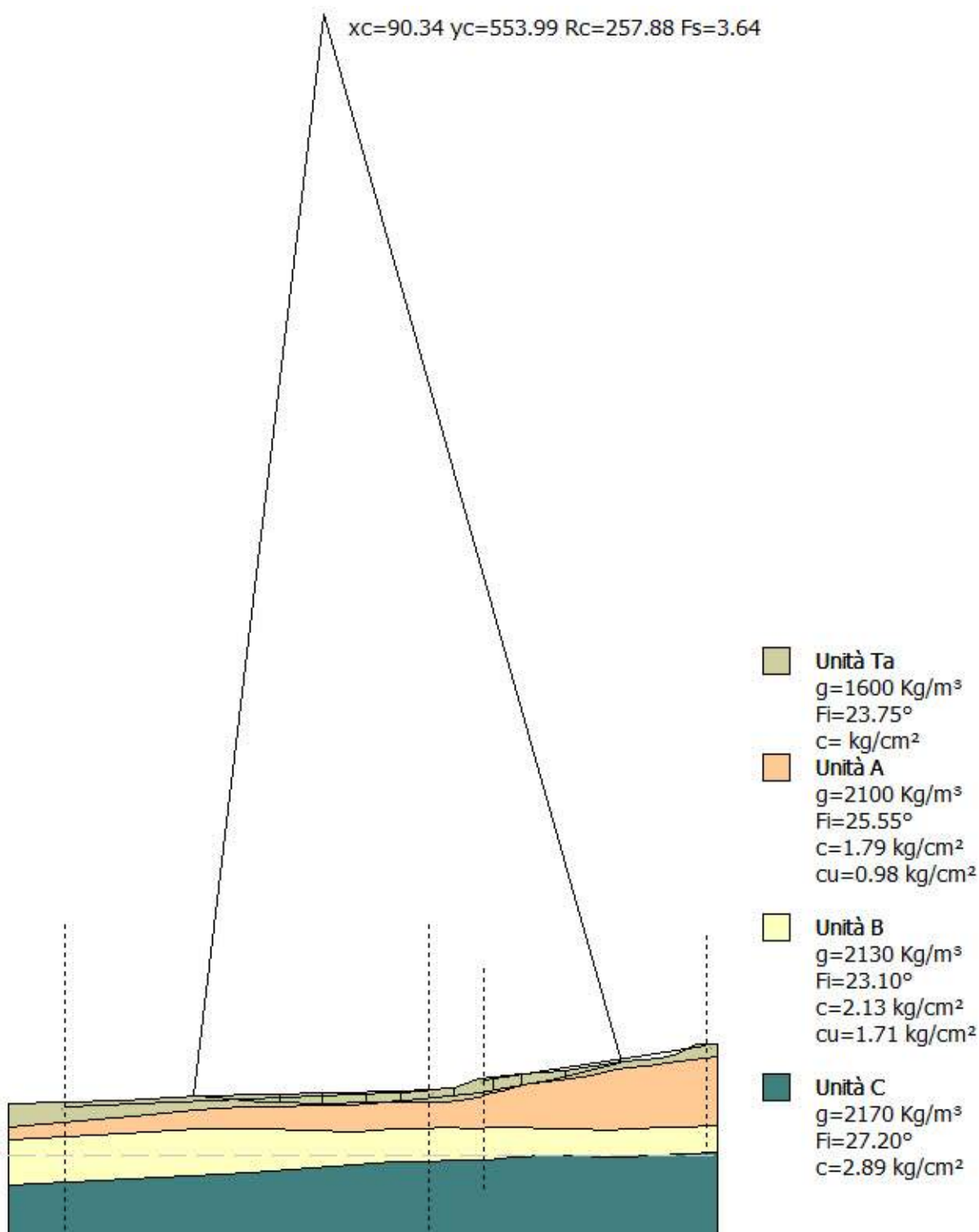
Le verifiche allo stato attuale sulla sezione C hanno fornito dei valori del coefficiente di sicurezza minimo pari a 5.56 (condizioni statiche) e 3.64 (condizioni sismiche), che indicano

lo stato di stabilità del versante (si vedano i cerchi minimi ottenuti nelle seguenti immagini e nella tavola 2 allegata).

| VERIFICA DI STABILITÀ STATO ATTUALE SEZIONE C (CONDIZIONI STATICHE) | |
|---|-------------|
| Fs minimo ottenuto | 5.56 |



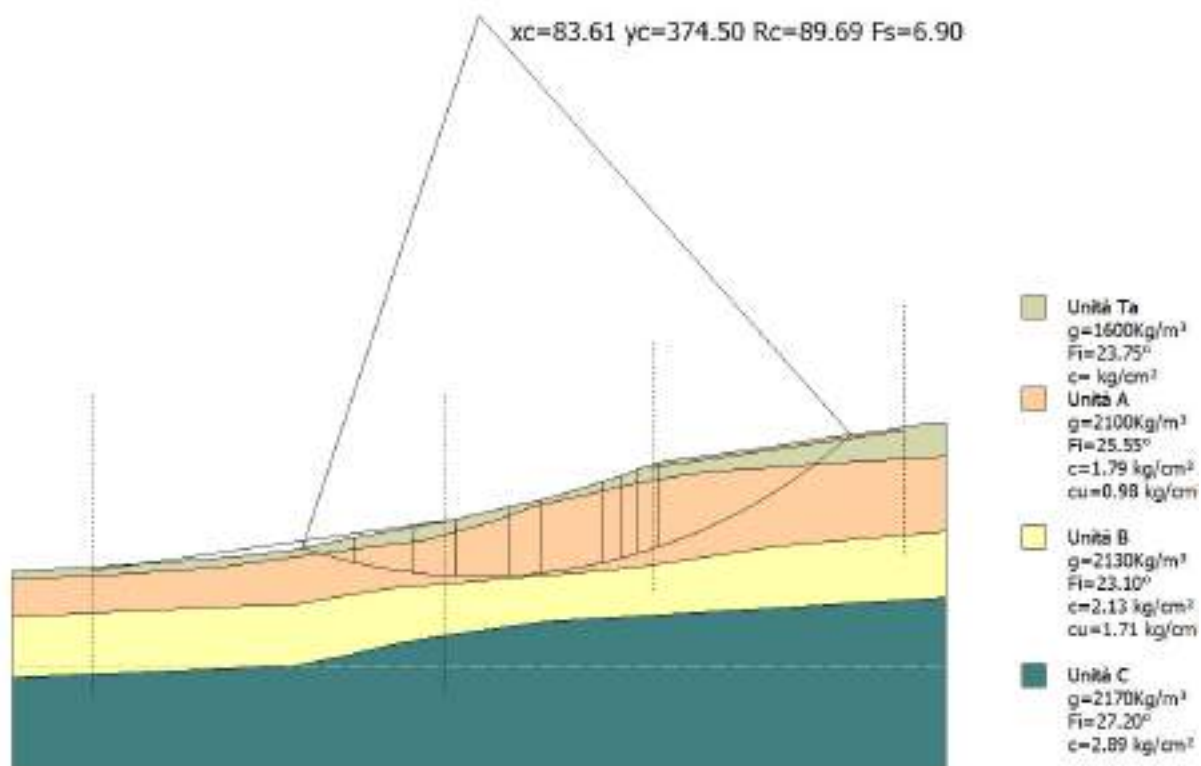
| VERIFICA DI STABILITÀ STATO ATTUALE SEZIONE C (CONDIZIONI SISMICHE) | |
|---|-------------|
| Fs minimo ottenuto | 3.64 |



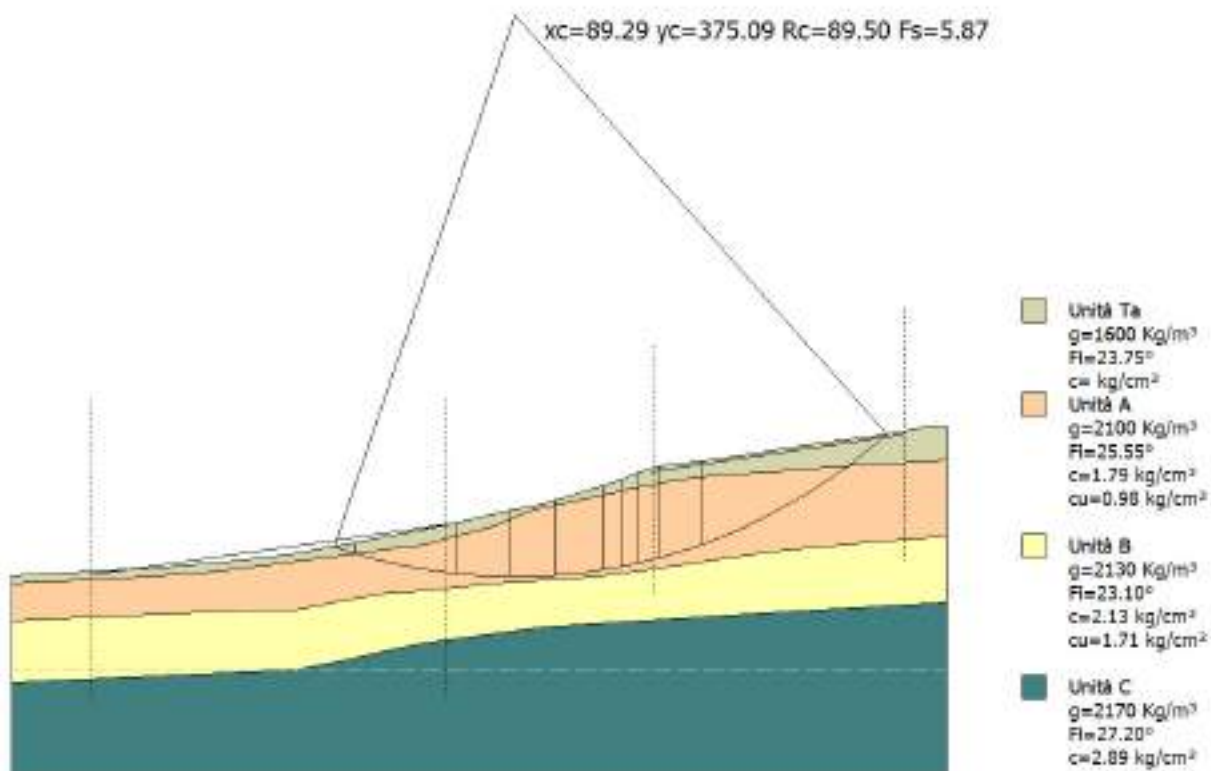
○ **SEZIONE D STATO ATTUALE**

Le verifiche allo stato attuale sulla sezione D hanno fornito dei valori del coefficiente di sicurezza minimo pari a 6.90 (condizioni statiche) e 5.87 (condizioni sismiche), che indicano lo stato di stabilità del versante (si vedano i cerchi minimi ottenuti nelle seguenti immagini e nella tavola 2 allegata).

| VERIFICA DI STABILITÀ STATO ATTUALE SEZIONE D (CONDIZIONI STATICHE) | |
|---|-------------|
| Fs minimo ottenuto | 6.90 |



| VERIFICA DI STABILITÀ STATO ATTUALE SEZIONE D (CONDIZIONI SISMICHE) | |
|---|-------------|
| Fs minimo ottenuto | 5.87 |



2. VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO FINALE

Le verifiche allo stato finale sono state eseguite tenendo in considerazione la presenza degli sbancamenti e dei riporti, la posa delle opere di sostegno verso monte (muri su pali trivellati in c.a. o paratia di pali a tergo), di fondazioni profonde per i fabbricati (pali trivellati in c.a.), dei carichi dei nuovi edifici, dei parcheggi e della viabilità: i pali degli edifici dovranno avere un diametro di almeno $D=0.60/0.80$ m e lunghezza di 14/16 m; le fondazioni profonde delle opere di sostegno (pali con diametro $D = 0.60/0.80$) dovranno garantire il raggiungimento delle unità B o C (lunghezza stimata 14/16 m a partire dalla base del muro di sostegno).

Nel calcolo di stabilità sono stati inseriti i seguenti parametri geotecnici caratteristici per il terreno di riporto presente ad opere ultimate (unità R):

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI PROSSIMI AI VALORI MEDI

- *peso di volume* $\gamma = 1.60 \text{ t/m}^3$
- *angolo di attrito* $\phi = 28.00^\circ$
- *coesione* $C = 0.05 \text{ kg/cm}^2$

Le verifiche di stabilità del pendio allo stato finale, sono state effettuate ai sensi delle vigenti NTC2018, alle seguenti condizioni:

- condizioni sismiche → approccio A2+M2+R2, coefficienti sismici k_h e k_v allo SLV, parametri geotecnici caratteristici, coefficiente $\gamma_{R2}=1.1$ per pendii artificiali;
- condizioni statiche → approccio A2+M2+R2, parametri geotecnici di progetto, coefficiente $\gamma_{R2}=1.2$ per pendii artificiali.

In base alle istruzioni indicate sulle NTC 2018 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in condizioni statiche ai valori caratteristici (f_k) si applicano i coefficienti di sicurezza parziali (CP) in funzione dello stato limite considerato secondo l'approccio di calcolo scelto (APPROCCIO1-COMBINAZIONE2 A2+M2+R2), così come definito dalle NTC 2018.

Si ottengono i valori di progetto (f_d) come qui di seguito riportato:

- valore della tangente dell'angolo d'attrito di progetto: $\tan(\Phi'd) = [\tan(\Phi'k)] / 1,25$;
- valore del peso di volume di progetto: $\gamma_d = \gamma_k / 1$;
- valore della coesione efficace di progetto: $c'd = c'k / 1,25$;
- valore della coesione non drenata di progetto: $c_{ud} = c_{uk} / 1,40$.

Pertanto, in condizioni statiche, in base alla caratterizzazione geotecnica effettuata, i valori di progetto relativamente alle unità indicate nel modello geotecnico, sono i seguenti:

Unità R: Terreno di riporto

PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

- *peso di volume* $\gamma = 1.60 \text{ t/m}^3$
- *angolo di attrito* $\phi = 23.04^\circ$
- *coesione* $C = 0.04 \text{ kg/cm}^2$

Unità Ta: Terreno pedogenetico, limi sabbiosi alterati

PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

- *peso di volume* $\gamma = 1.60 \text{ t/m}^3$
- *angolo di attrito* $\phi = 19.39^\circ$
- *coesione* $C = 0.00 \text{ kg/cm}^2$

Unità A: Limi argillosi e sabbiosi mediamente addensati

PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

- *peso di volume* $\gamma = 2.10 \text{ t/m}^3$
- *angolo di attrito* $\phi = 20.93^\circ$

- coesione $C = 1.43 \text{ kg/cm}^2$

Unità B: Limi argillosi consistenti

PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

- peso di volume $\gamma = 2.13 \text{ t/m}^3$
- angolo di attrito $\phi = 18.84^\circ$
- coesione $C = 1.70 \text{ kg/cm}^2$

Unità C: Limi argillosi molto consistenti con livelli litificati

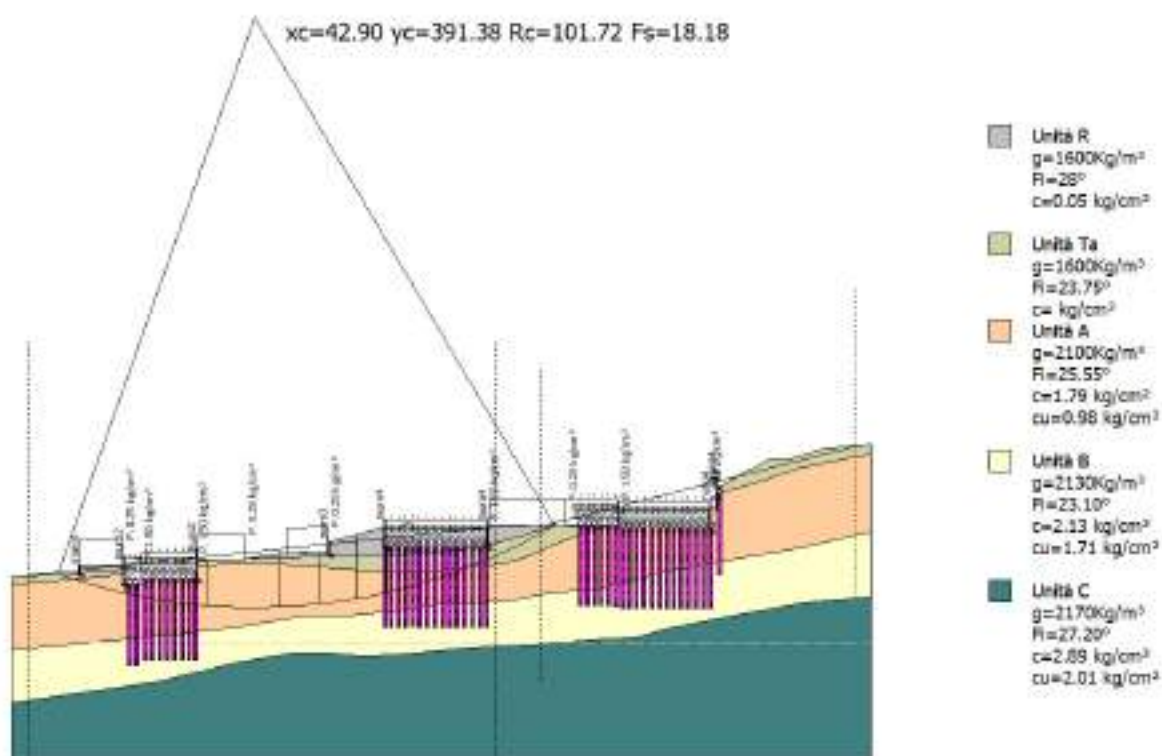
PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

- peso di volume $\gamma = 2.17 \text{ t/m}^3$
- angolo di attrito $\phi = 22.35^\circ$
- coesione $C = 2.32 \text{ kg/cm}^2$

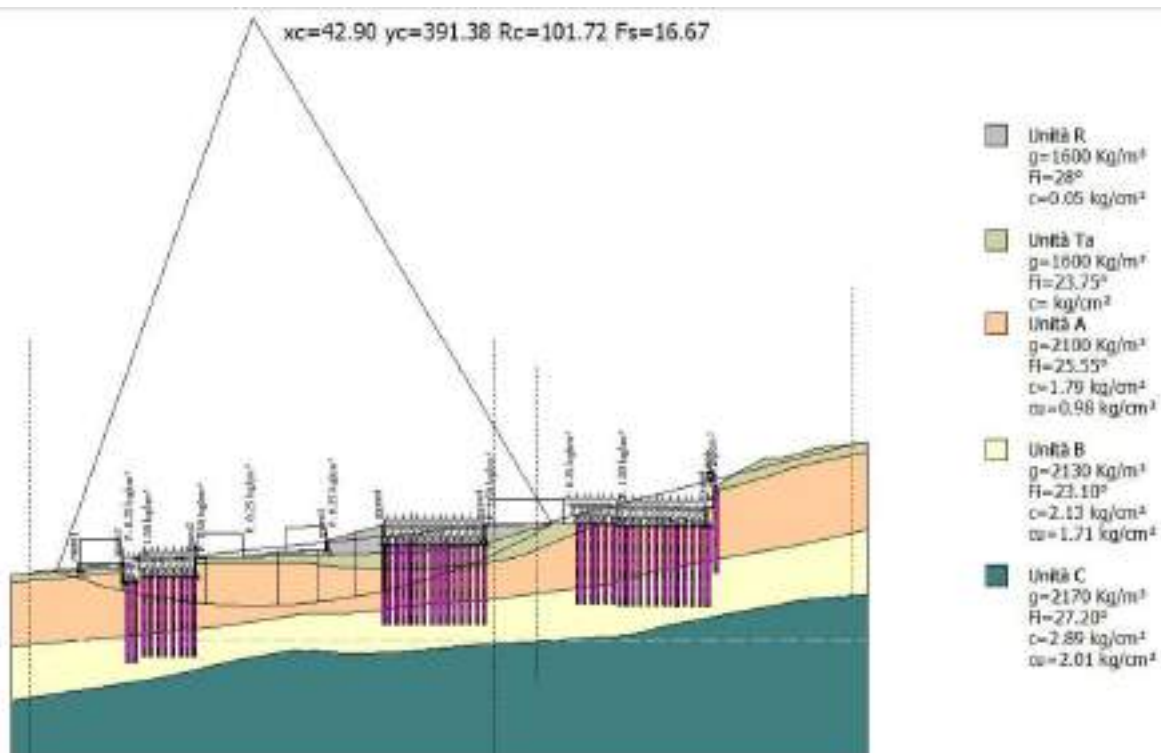
○ SEZIONE A STATO FINALE

Le verifiche allo stato finale hanno fornito dei valori del coefficiente di sicurezza minimo pari a 18.18 (condizioni statiche) e 16.67 (condizioni sismiche), ritenuti indicativi dello stato di stabilità del versante in seguito alla realizzazione delle opere in progetto (si vedano i cerchi minimi ottenuti nelle seguenti immagini e nella tavola 3 allegata).

| VERIFICA DI STABILITÀ STATO FINALE SEZIONE A (CONDIZIONI STATICHE) | |
|--|--------------|
| Fs minimo ottenuto | 18.18 |



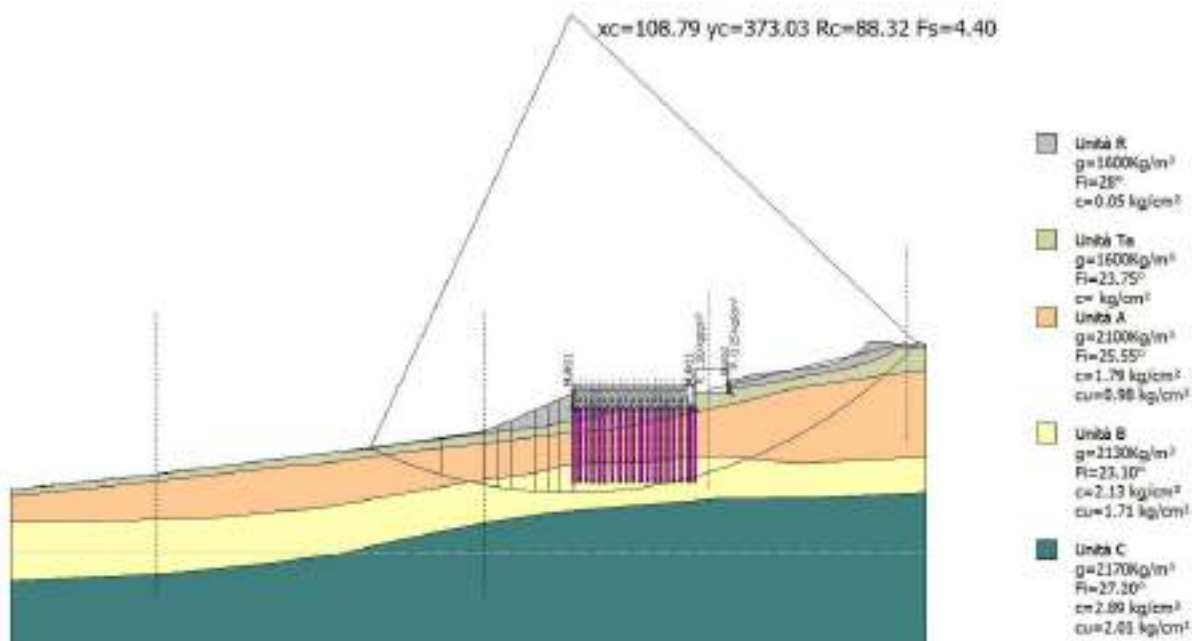
| VERIFICA DI STABILITÀ STATO FINALE SEZIONE 2 (CONDIZIONI SISMICHE) | |
|--|-------|
| Fs minimo ottenuto | 16.67 |



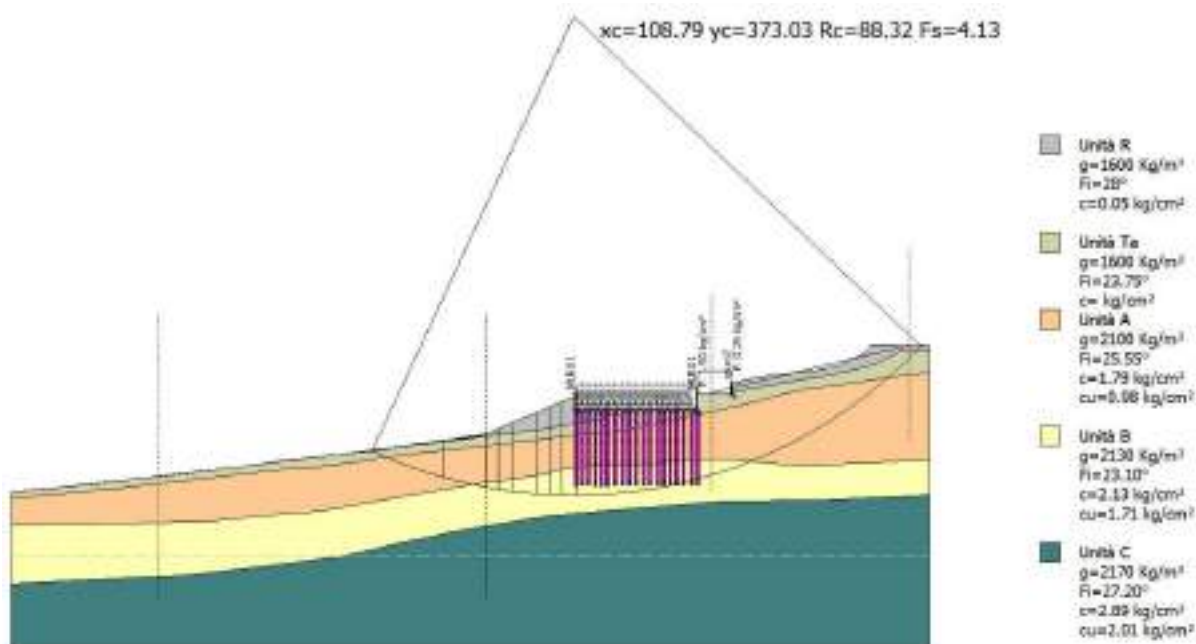
○ **SEZIONE B STATO FINALE**

Le verifiche allo stato finale hanno fornito dei valori del coefficiente di sicurezza minimo pari a 4.40 (condizioni statiche) e 6.25 (condizioni sismiche), ritenuti indicativi dello stato di stabilità del versante in seguito alla realizzazione delle opere in progetto (si vedano i cerchi minimi ottenuti nelle seguenti immagini e nella tavola 3 allegata).

| VERIFICA DI STABILITÀ STATO FINALE SEZIONE B (CONDIZIONI STATICHE) | |
|--|------|
| Fs minimo ottenuto | 4.40 |



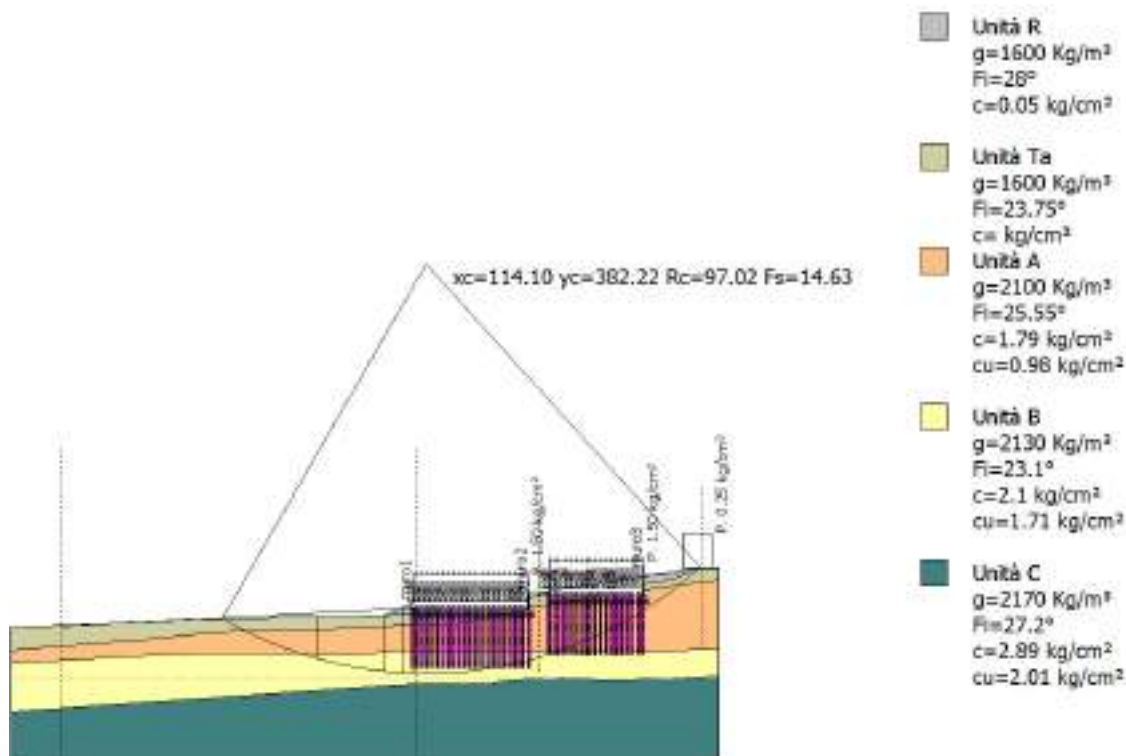
| VERIFICA DI STABILITÀ STATO FINALE SEZIONE B (CONDIZIONI SISMICHE) | |
|--|------|
| Fs minimo ottenuto | 4.13 |



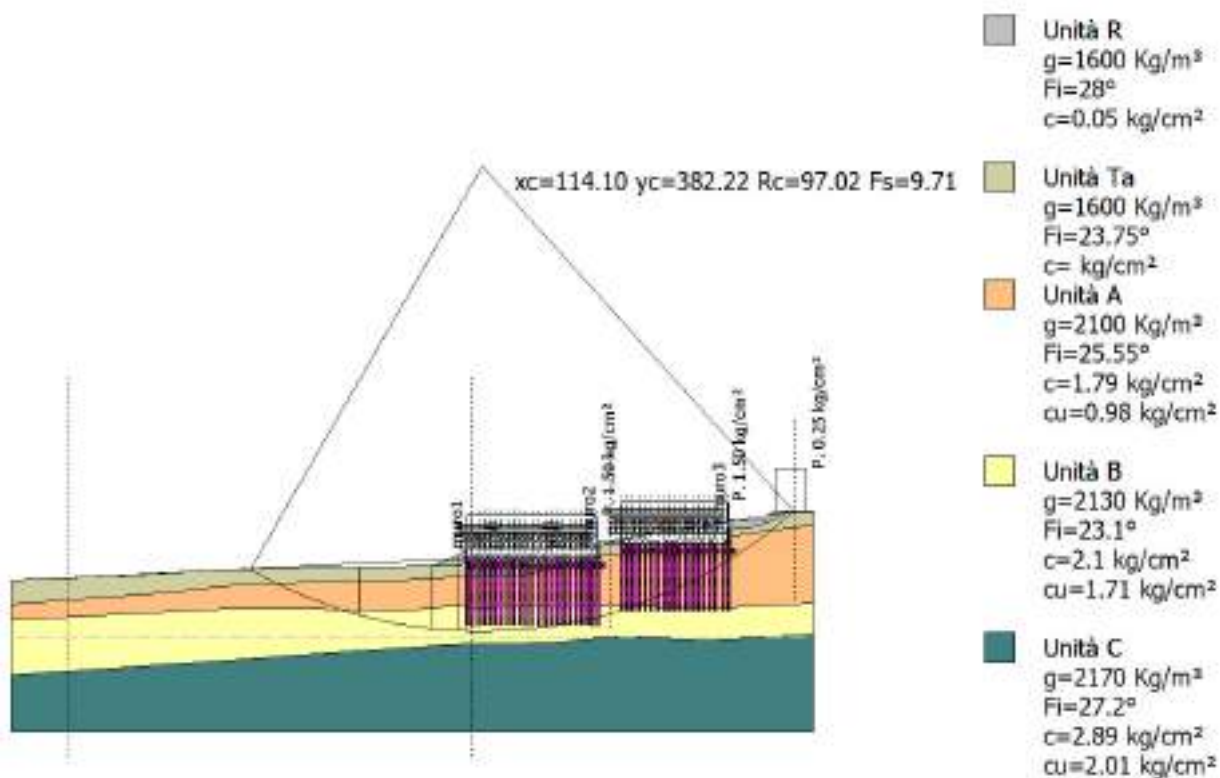
○ **SEZIONE C STATO FINALE**

Le verifiche allo stato finale hanno fornito dei valori del coefficiente di sicurezza minimo pari a 14.63 (condizioni statiche) e 9.71 (condizioni sismiche), ritenuti indicativi dello stato di stabilità del versante in seguito alla realizzazione delle opere in progetto (si vedano i cerchi minimi ottenuti nelle seguenti immagini e nella tavola 3 allegata).

| VERIFICA DI STABILITÀ STATO FINALE SEZIONE C (CONDIZIONI STATICHE) | |
|--|-------|
| Fs minimo ottenuto | 14.63 |



| VERIFICA DI STABILITÀ STATO FINALE SEZIONE C (CONDIZIONI SISMICHE) | |
|--|------|
| Fs minimo ottenuto | 9.71 |



○ **SEZIONE D STATO FINALE**

Le verifiche allo stato finale hanno fornito dei valori del coefficiente di sicurezza minimo pari a 4.35 (condizioni statiche) e 4.20 (condizioni sismiche), ritenuti indicativi dello stato di stabilità del versante in seguito alla realizzazione delle opere in progetto (si vedano i cerchi minimi ottenuti nelle seguenti immagini e nella tavola 3 allegata).

| VERIFICA DI STABILITÀ STATO FINALE SEZIONE D (CONDIZIONI STATICHE) | |
|--|------|
| Fs minimo ottenuto | 4.35 |

✓ **Considerazioni sui risultati dei calcoli di stabilità**

In base ai risultati delle verifiche di stabilità ottenuti, è possibile fare le seguenti considerazioni:

- **stato attuale:** le verifiche di stabilità effettuate allo stato attuale in condizioni statiche e dinamiche evidenziano dei valori dei coefficienti di sicurezza che indicano lo stato di stabilità del versante;
- **stato finale:** le verifiche di stabilità allo stato finale in condizioni statiche e dinamiche, effettuate considerando la realizzazione degli sbancamenti e dei riporti, la posa delle opere di sostegno verso monte e di fondazioni profonde, dei carichi dei nuovi edifici, dei parcheggi e della viabilità, evidenziano dei valori dei coefficienti di sicurezza che indicano un buon grado di stabilità del pendio, delle opere in progetto e dei rilevati: il versante rimane stabile anche in seguito alla costruzione di quanto previsto.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'insieme delle indagini geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geognostiche e sismiche, non hanno messo in evidenza elementi contrari alla realizzazione di quanto in progetto.

In base alla caratterizzazione geotecnica sopra esposta è stato possibile individuare il modello geotecnico di riferimento riportato nei precedenti paragrafi: nell'area oggetto dei lavori di costruzione, la stratigrafia è sostanzialmente costituita da una prevalenza di litotipi limoso argillosi con un contenuto basso di sabbia, all'interno dei quali sono presenti lenti o livelli conglomeratico-ghiaiose.

Poiché per la realizzazione delle nuove volumetrie in progetto sono previsti sbancamenti di altezza ed entità variabile (altezza massima pari a 7.00 m) che permetteranno generalmente di oltrepassare un primo livello alterato superficiale appartenente all'unità Ta e localmente di raggiungere anche l'unità A maggiormente consistente e dotata di parametri geotecnici più alti ed inoltre è prevista la posa in opera di terreni di riporto, la cui altezza raggiungerà localmente un massimo di 4.80 m dal pc, per la scelta della tipologia fondale, è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- in corrispondenza dei fabbricati dovranno essere adottate fondazioni di tipo profondo su pali trivellati in c.a.;
- per le opere di contenimento della spinta dei terreni verso monte (muri a retta che delimiteranno le zone di accesso ai locali seminterrati), in relazione alla loro altezza ed alla presenza della viabilità a monte, dovranno essere previste adeguate opere precauzionali di contenimento: in particolare, si consiglia l'esecuzione di paratie di pali trivellati o muri su pali (diametro di 0.60/0.80 m), che dovranno garantire una profondità di imposta nel substrato argilloso compatto (Unità C o D);
- in base alle indagini geognostiche effettuate ed al modello geotecnico precedentemente riportato, i pali dovranno avere un diametro pari a 0.60/0.80 m e lunghezza non minore di 12.00/15.00 m, al fine di raggiungere i livelli più profondi in posto e maggiormente consistenti.

Il dimensionamento delle opere di fondazioni e le verifiche, in base al D.M. 17.01.2018, dovranno essere fatte allo stato limite ultimo ed allo stato limite d'esercizio in condizioni statiche e sotto sisma, e saranno effettuate in fase esecutiva nella specifica relazione geotecnica che potrà ricorrere a tutti i parametri stratigrafici, idrogeologici, sismici e geotecnici indicati nella presente relazione geologica.

1. DISPOSIZIONI TECNICHE

Nell'area in studio dovranno essere tenute in debita considerazione tutte le problematiche relative alle caratteristiche idrologiche del sito: a tale scopo si ritiene indispensabile prevedere la realizzazione degli accorgimenti necessari per la regimazione delle acque superficiali e meteoriche mediante opportune canalette o fossetti perenni.

Inoltre, per quanto concerne la realizzazione degli sbancamenti, si dovranno adottare opportuni interventi precauzionali: si raccomanda di eseguire lo scavo per tratte successive di lunghezza ridotta e di realizzare tempestivamente le opere di sostegno verso monte.

Tutte le terre di scavo dovranno essere accumulate a debita distanza dal ciglio delle trincee onde evitare pericolosi sovraccarichi immediatamente a monte delle pareti di scavo.

Inoltre, per la messa in opera dei terreni di riporto, si dovrà procedere come segue:

- ⇒ la posa in opera di materiali di riporto dovrà avvenire in strati aventi pendenze non inferiori al 4% e tali da garantire lo scolo delle acque ed il deflusso rapido delle portate meteoriche;
- ⇒ il costipamento degli strati dovrà avvenire per ogni strato di materiale disteso dello spessore massimo di 30 cm effettuando ripetuti passaggi con rullo compressore liscio;
- ⇒ le caratteristiche geotecniche minime dei terreni costituenti i rilevati sono quelle indicate nel precedente paragrafo di stabilità per l'unità R;
- ⇒ il grado di costipamento ottimale potrà essere valutato in situ mediante misure di densità.

In ottemperanza a quanto previsto dal **Regolamento n.48/r del 08 agosto 2003** e successivo **DPGR 53/R del 05.05.2015**, l'esecuzione dei lavori dovrà essere eseguita nel rispetto delle seguenti disposizioni tecniche:

- i movimenti di terreno dovranno essere contenuti al minimo indispensabile ed interessare unicamente lo scavo delle fondazioni nell'area di pertinenza dei lavori;
- i materiali di risulta derivanti dalle operazioni di scavo atte alla realizzazione di quanto in progetto dovranno essere riutilizzati in loco per le sistemazioni esterne dell'area oggetto dei lavori; i materiali terrosi o lapidei eccedenti le sistemazioni dovranno essere riutilizzati in terreni ove il riporto degli stessi sia autorizzato o consentito ai fini del vincolo idrogeologico;
- il riutilizzo dei materiali sopra indicati dovrà essere effettuato secondo le modalità previste dalle vigenti normative ed in particolare in ottemperanza a quanto previsto dalla Legge n. 152/2006 e successive modifiche ed integrazioni;
- durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi lapidei devono essere effettuati in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque;
- dovrà essere posta particolare attenzione alla regimazione idrica delle acque al fine evitare fenomeni di ristagno o di erosione nell'area oggetto dei lavori e nei terreni limitrofi.

2. TERRE E ROCCE DA SCAVO - RIUTILIZZO IN LOCO

In base alle disposizioni del D.P.R. 13 giugno 2017, n° 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164", per il cantiere in oggetto, qualora le terre da scavo prodotte siano completamente riutilizzate all'interno dello stesso ai sensi dell'art.24 del D.P.R. 120/2017 "utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti", al fine di individuare le condizioni per la corretta gestione delle terre da scavo, dovranno essere seguite le procedure di caratterizzazione chimico fisiche e accertamento delle qualità ambientali, secondo le disposizioni indicate nell'allegato n. 4 del D.P.R. 120/2017.

Qualora non sia possibile il completo riutilizzo del materiale di risulta nello stesso sito di produzione si dispone che il sottoprodotto restante sia destinato a discarica autorizzata previa compilazione di apposito formulario da parte del produttore (ditta esecutrice dei lavori).

Siena, luglio 2023

GEOSOL s.r.l.
Dott. Geol. Andrea Capotorti



PROGETTO DI : Piano Attuativo dell'area di trasformazione urbanistica TU20A in località San Martino (Art.31 NTA Variante RU vigente con approvazione del C.C. n.32 del 9 maggio 2018)

COMUNE, LOCALITA', VIA :Monteriggioni, San Martino

DATA RELAZIONE GEOLOGICA : ..luglio 2023.....

| <u>SCHEDA DI SINTESI PER LA VALUTAZIONE DEL PROGETTO IN RELAZIONE AGLI ASPETTI GEOLOGICI, GEOFISICI E GEOTECNICI</u> (da non compilarsi nel caso di applicazione del comma 3 e 6 art. 7 del DPGR 1/R/22) | |
|---|--|
| Classe di indagine 1/R/22 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> non applicabile | Opera rilevante o strategica (All. A 1/R/22) <input type="checkbox"/> si <input checked="" type="checkbox"/> no |
| Categoria di sottosuolo <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> Risposta Sismica Locale | |
| Categoria Topografica <input checked="" type="checkbox"/> T1 <input type="checkbox"/> T2 <input type="checkbox"/> T3 <input type="checkbox"/> T4 | Opere di sostegno / interventi su pendio <input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no |
| Consolidamento fondazioni di edifici esistenti <input type="checkbox"/> si <input checked="" type="checkbox"/> no | Opere in sotterraneo / volumi interrati o seminterrati <input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no |
| Pericolosità geologica/geomorfológica SU <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 | Pericolosità geomorfologica PAI <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> non presente |
| Pericolosità sismica da 53R - 5R <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> non presente | Fattibilità sismica SU <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> non presente |
| Pericolosità idraulica SU <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 | Fattibilità idraulica SU <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> non presente |
| Fattibilità geologica SU <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> non presente | Presenza prescrizioni (SU, A.d.B o altro) <input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no |
| Note relative al Progetto e/o alle Prescrizioni | |

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE ESEGUITE

| | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Sondaggi a carotaggio continuo | <input checked="" type="checkbox"/> Prove geotecniche di laboratorio (eseguite da laboratori autorizzati ai sensi dell'art.59 DPR 380/2001) | <input type="checkbox"/> SPT <input type="checkbox"/> CPT <input type="checkbox"/> CPTE <input type="checkbox"/> CPTU <input checked="" type="checkbox"/> DPSH |
| <input type="checkbox"/> Misure inclinometriche/estensimetriche | <input type="checkbox"/> Saggio geognostico | <input type="checkbox"/> Rilevamento e rilievi su affioramenti geologici |
| <input type="checkbox"/> Rilievo geomeccanico | <input checked="" type="checkbox"/> Sismica a rifrazione <input checked="" type="checkbox"/> MASW/ESAC <input checked="" type="checkbox"/> HVSr | <input type="checkbox"/> Indagini geofisiche in foro (DH/SCPT) |
| Altre tipologie di indagini eseguite | | |
| Indagini di archivio |DPSH, SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUATO, SPT, INDAGINE GEOFISICA IN FORO DH..... | |
| Eventuali note in merito alle indagini | | |

Il sottoscritto in qualità di **geologo**, dichiara che sono state rispettate le prescrizioni contenute negli strumenti della pianificazione territoriale e negli atti del governo del territorio con riferimento alla fattibilità degli interventi a seguito delle indagini geologico-tecniche e che le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche relative all'intervento sono state eseguite in ottemperanza alle disposizioni di cui all'art. 5 del regolamento di attuazione dell'art.181 della L.R. 65/2014.

IL GEOLOGO



.....
(timbro e firma)

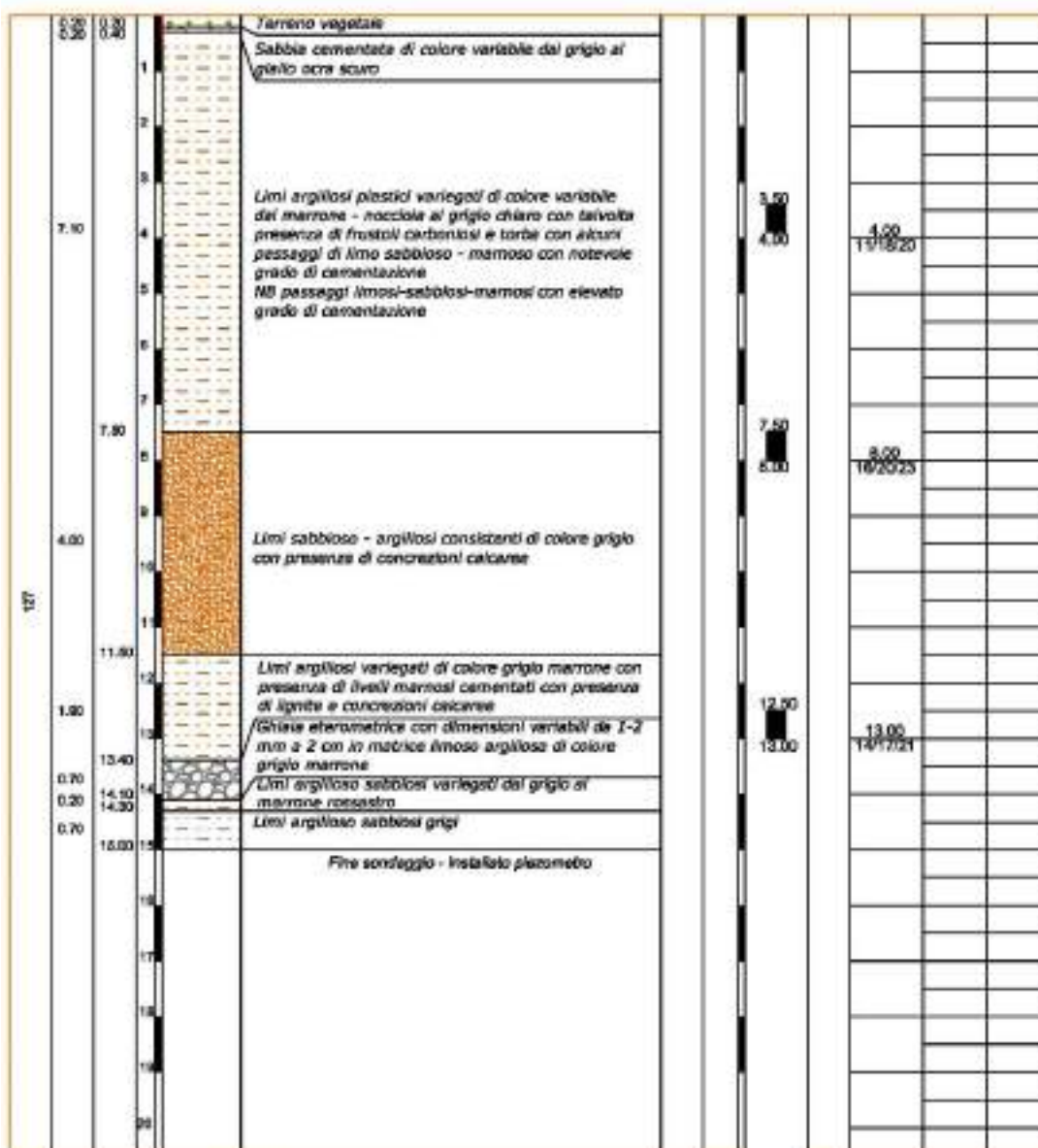
ALLEGATO 1

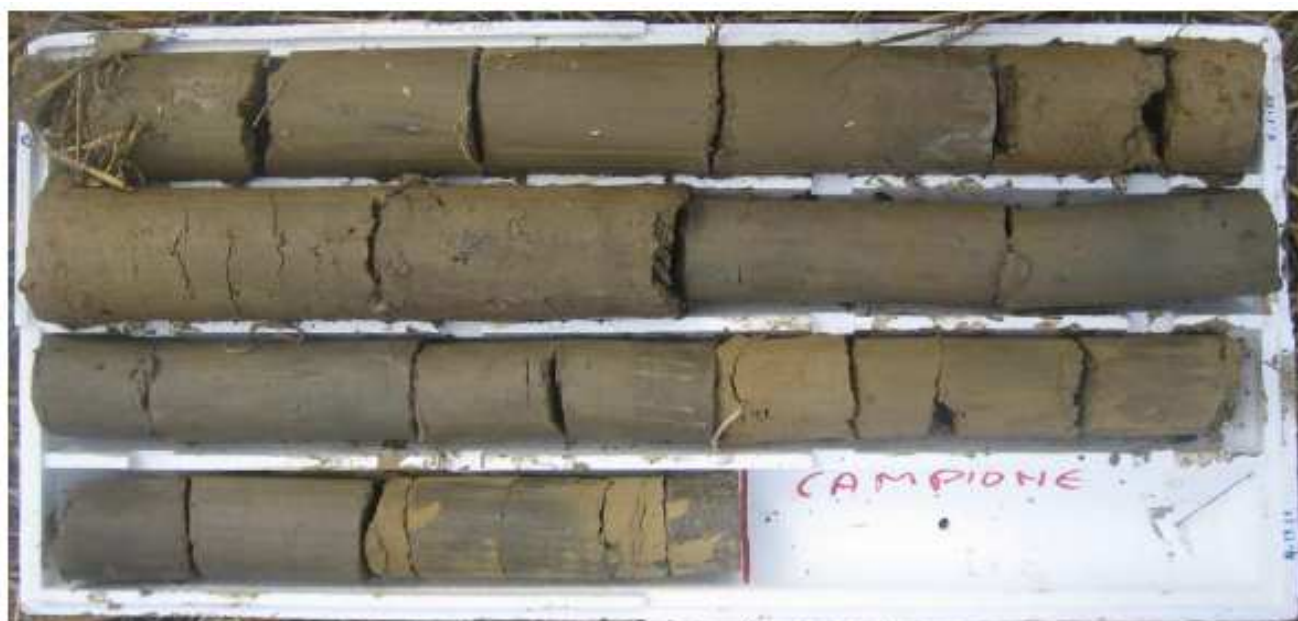
STRATIGRAFIE E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

SONDAGGI GEOGNOSTICI

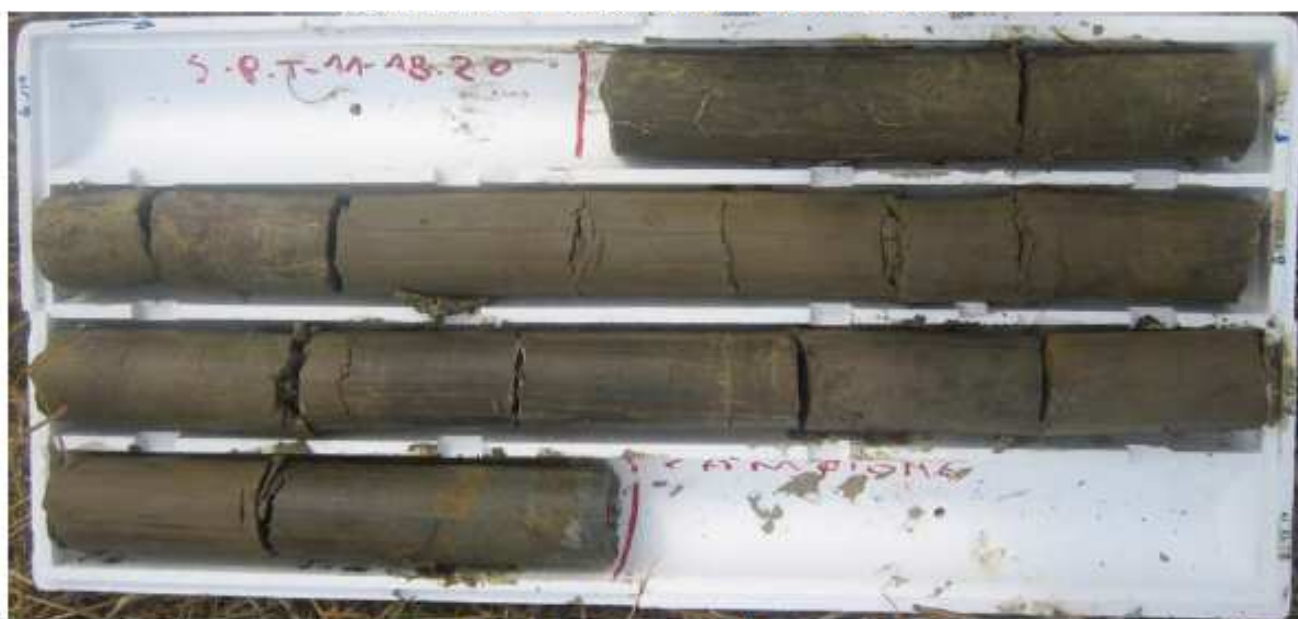
Sondaggio N°1

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|---|-------------------|----------------|-------------|--------------|----------|--|-------------|-----|-------------------------|--------------------|
| Data: 18/08/2010 | |  | | Sondaggio n. 1 | | | | | | | | |
| Ditta esecutrice: Palazzi Geotecnica | | Viale Europa 31 - Tel. (0577) 44470 - 53100 SIENA | | | | | | | | | | |
| Supervisore: dott. Andrea Capolorti | | | | | | | | | | | | |
| Numero archivio: 4469 | | Committente: Sienainvest | | | | | | | | | | |
| Quota: | | Località: Area TU20 - San Martino, Monteriggioni (SI) | | | | | | | | | | |
| 10. Profondità m | Spessore strati m | Profondità m | Ritornamento m | Stratigrafia | Descrizione | % Carotaggio | % R.Q.D. |   | Quota falda | SPT | Pocket penet. kg/cmq | Van test kg/cmq |

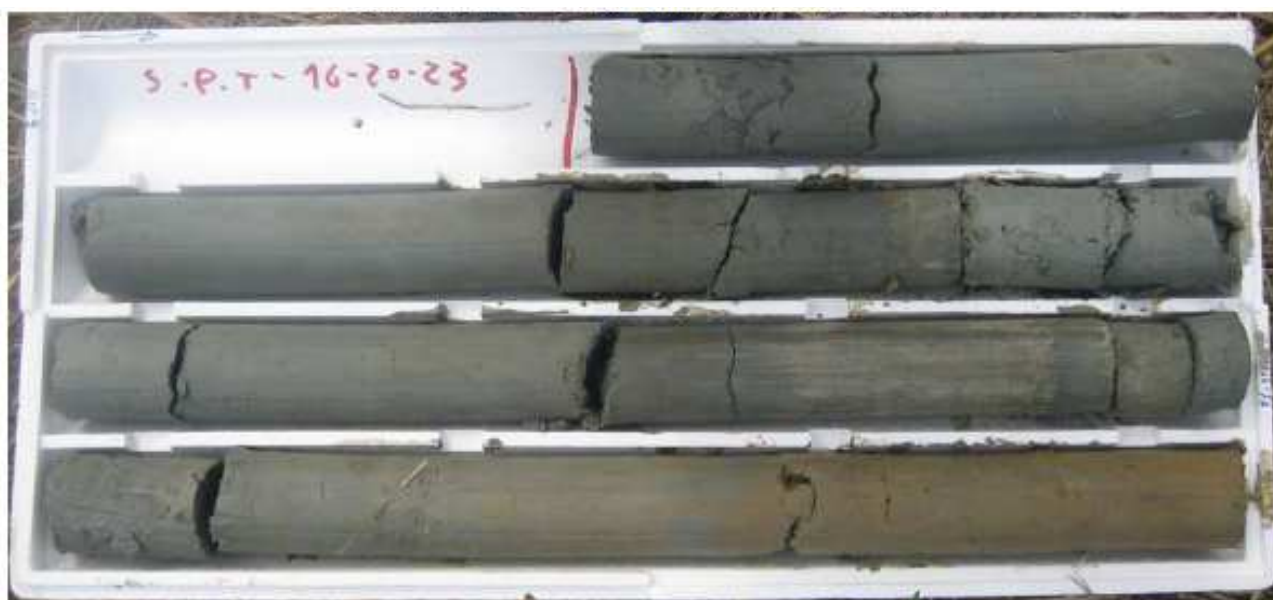




SONDAGGIO 1 - PROFONDITÀ 0.00 M - 4.00 M



SONDAGGIO 1 - PROFONDITÀ 4.00 M - 8.00 M



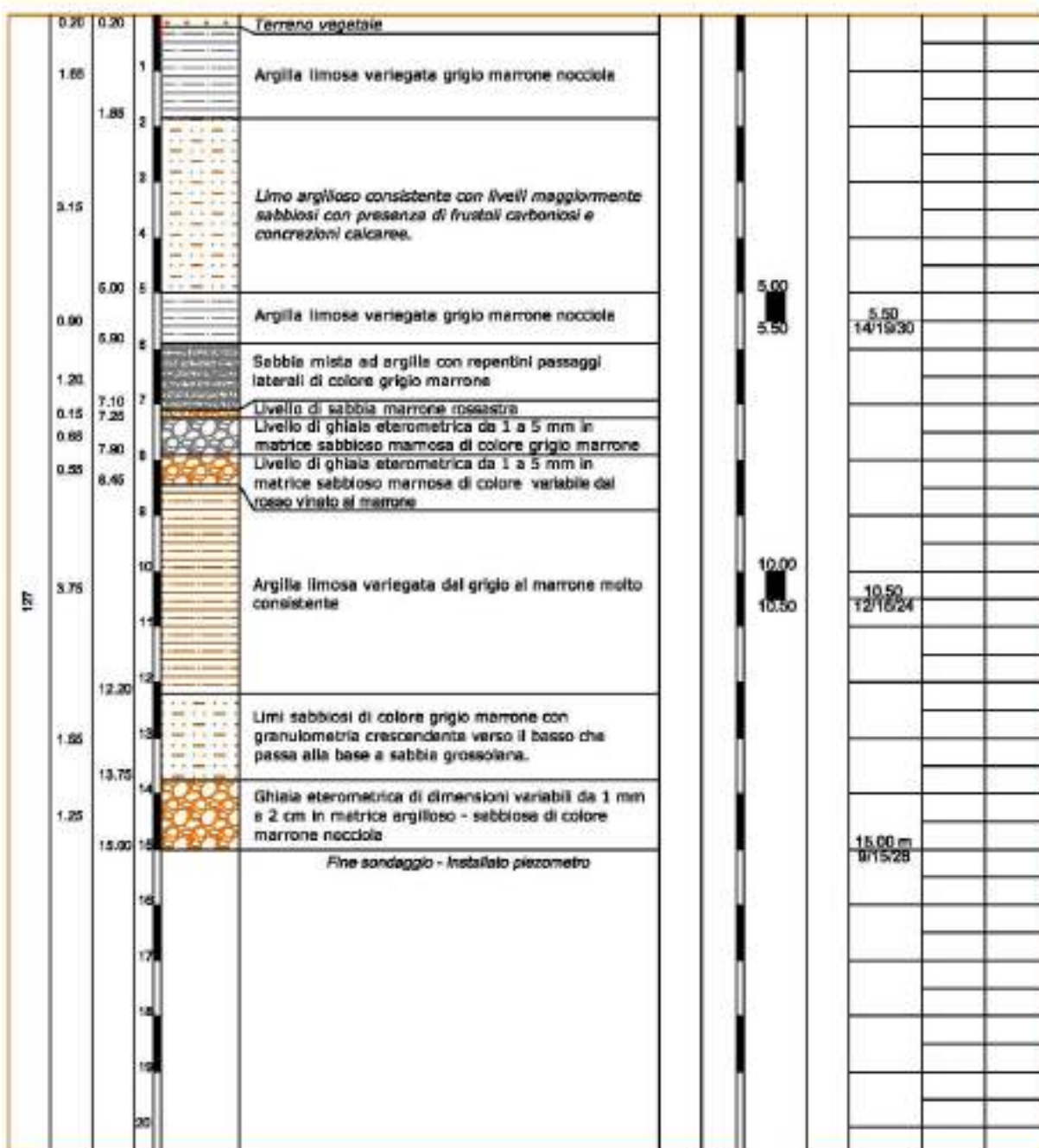
SONDAGGIO 1 - PROFONDITÀ 8.00 M - 12.00 M

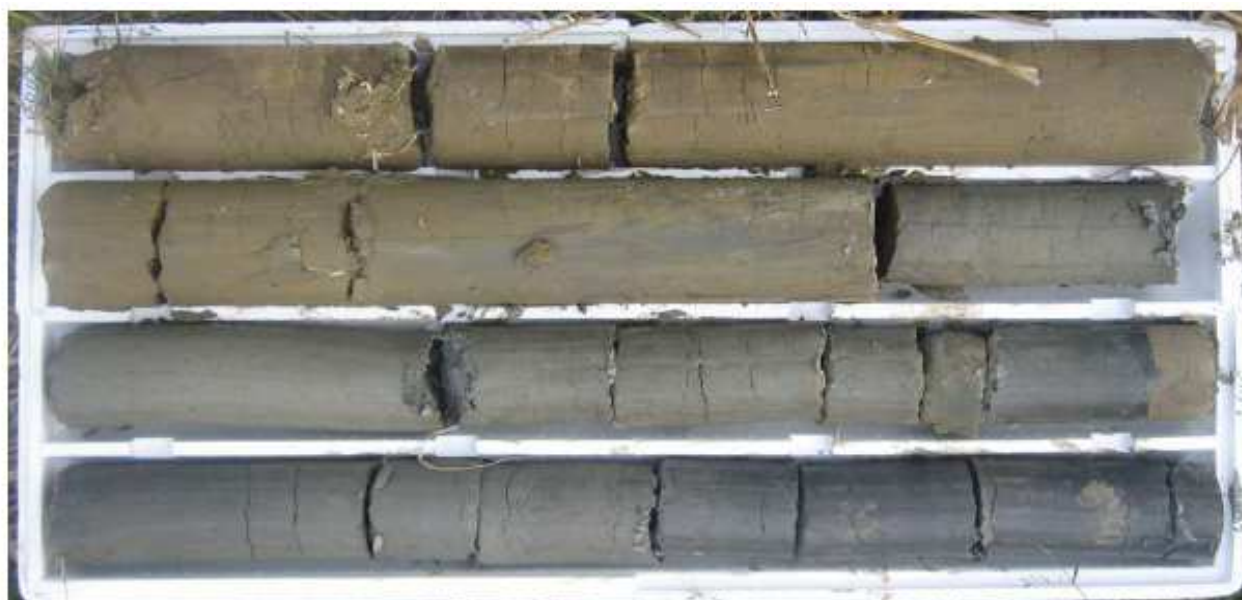


SONDAGGIO 1 - PROFONDITÀ 12.00 M - 15.00 M

Sondaggio N°2

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|---|-----------------|---|--|---|-------------|--------------|--|----------------|--|--|--|--|--|--------------|---|-----------------|---|------------|---|-------------|---|------|-------------|--|-----|--|-----------------------------------|--|-----------------------------|---|----------|---|-----------|---|------|---|------|-------------|--|-----|--|-----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| Data: 18/08/2010 | | | | |  <div>GEOSOL s.r.l. Viale Europa 31 - Tel. (0577) 44470 - 53100 SIENA</div> | | | | | Sondaggio n. 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ditta esecutrice: Palazzi Geotecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Supervisore: dott. Andrea Capotorti | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Numero archivio: 4469 | | | | | Committente: SienaInvest | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quota: | | | | | Località: Area TU20 - San Martino, Monteriggioni (SI) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table><tr><td></td><td>Perforazione</td><td></td><td>Spessore strati</td><td></td><td>Profondità</td><td></td><td>Riferimento</td><td colspan="2">Stratigrafia</td><td colspan="5">Descrizione</td><td></td><td>% Carotaggio</td><td></td><td>% R.Q.D.</td><td></td><td>Ind. sem.</td><td></td><td>Ind.</td><td></td><td>rim.</td><td colspan="2">Quota falda</td><td colspan="2">SPT</td><td colspan="2">Pocket penetr. kg/cm²</td><td colspan="2">Van test kg/cm²</td></tr></table> | | | | | | | | | | | | | | |  | Perforazione |  | Spessore strati |  | Profondità |  | Riferimento | Stratigrafia | | Descrizione | | | | |  | % Carotaggio |  | % R.Q.D. |  | Ind. sem. |  | Ind. |  | rim. | Quota falda | | SPT | | Pocket penetr. kg/cm ² | | Van test kg/cm ² | |
|  | Perforazione |  | Spessore strati |  | Profondità |  | Riferimento | Stratigrafia | | Descrizione | | | | |  | % Carotaggio |  | % R.Q.D. |  | Ind. sem. |  | Ind. |  | rim. | Quota falda | | SPT | | Pocket penetr. kg/cm ² | | Van test kg/cm ² | | | | | | | | | | | | | | | | |





SONDAGGIO 2 - PROFONDITÀ 0.00 M - 4.00 M



SONDAGGIO 2 - PROFONDITÀ 4.00 M - 8.00 M



SONDAGGIO 2 - PROFONDITÀ 8.00 M - 12.00 M



SONDAGGIO 2 - PROFONDITÀ 12.00 M - 15.00 M

Sondaggio N°3

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------|--|------------------|---|---|--|----------------|--|-------------|--|--------------------|----------------------|----------------|----------------------|--|------------------|-------------|------------------|-----|--------------|--------------------------|-------------|--------------------|--------------------|--|----------------|--|--|--|-------------|--|-----|--|--------------------------|--|--------------------|--|
| Data: 18/08/2010 | | | | |  | GEO SOL s.r.l. | | Sondaggio n. 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ditta esecutrice: Palazzi Geotecnica | | | | | | Viale Europa 31 - Tel. (0577) 44470 - 53100 SIENA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Supervisore: dott. Andrea Capolorti | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Numero archivio: 4469 | | | | | Committente: SienaInvest | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quota: | | | | | Località: Area TU20 - San Martino, Monteriggioni (SI) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table><tr><td colspan="2">mm % Perforazione</td><td colspan="2">m Spessore strati</td><td colspan="2">m Profondità*</td><td colspan="2">m Riferimento</td><td colspan="2">Stratigrafia</td><td colspan="2">Descrizione</td><td colspan="2">mm % Carotaggio</td><td colspan="2">mm % R.Q.D.</td><td colspan="2"><input type="checkbox"/> Ind. sem. <input type="checkbox"/> Ind. <input type="checkbox"/> rim.</td><td colspan="2">Quota falda</td><td colspan="2">SPT</td><td colspan="2">Pocket penetr. kg/cmq</td><td colspan="2">Van test kg/cmq</td></tr></table> | | | | | | | | | | | | | mm % Perforazione | | m Spessore strati | | m Profondità* | | m Riferimento | | Stratigrafia | | Descrizione | | mm % Carotaggio | | mm % R.Q.D. | | <input type="checkbox"/> Ind. sem. <input type="checkbox"/> Ind. <input type="checkbox"/> rim. | | Quota falda | | SPT | | Pocket penetr. kg/cmq | | Van test kg/cmq | |
| mm % Perforazione | | m Spessore strati | | m Profondità* | | m Riferimento | | Stratigrafia | | Descrizione | | mm % Carotaggio | | mm % R.Q.D. | | <input type="checkbox"/> Ind. sem. <input type="checkbox"/> Ind. <input type="checkbox"/> rim. | | Quota falda | | SPT | | Pocket penetr. kg/cmq | | Van test kg/cmq | | | | | | | | | | | | | | |

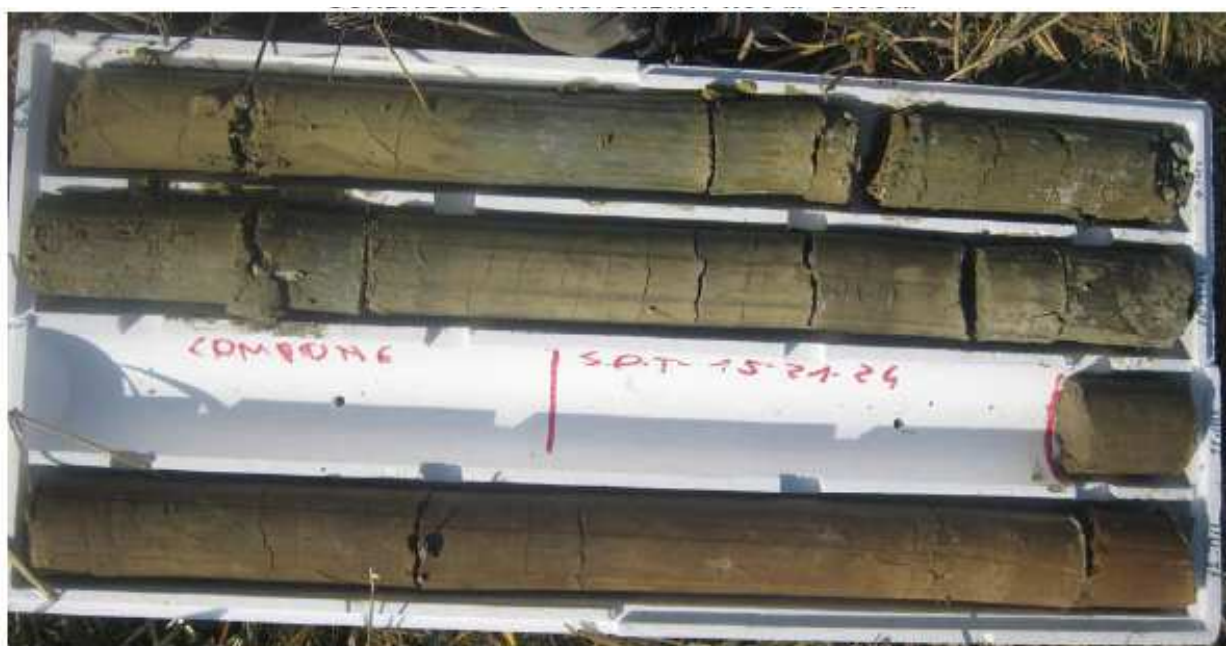
| | | | | | | | | | | | | |
|-------|------|--|--|--|--|--|--|--|-------|---------|----------|--|
| 0.45 | 0.45 | | | | Terrano vegetale | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | Limo sabbioso argilloso cementato variegato di colore variabile dal grigio al marrone nocciola con presenza di residui calcarei e vegetali | | | | | | | |
| 4.00 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | |
| 2.15 | | | | | Limo argilloso compatto con presenza di residui carboniosi lievemente variegato verso il marrone nocciola | | | | 5.00 | | | |
| 6 | | | | | | | | | 5.50 | 5.50 m | 12/15/22 | |
| 6.15 | | | | | | | | | | | | |
| 1.35 | | | | | Limo sabbioso argilloso cementato variegato di colore variabile dal grigio al marrone nocciola con presenza di residui calcarei e vegetali | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 7.30 | | | | | | | | | | | | |
| 0.40 | | | | | Sabbia cementata marrone | | | | | | | |
| 0.10 | | | | | | | | | | | | |
| 7.90 | | | | | Marna calcarea biancastra | | | | | | | |
| 8.00 | | | | | | | | | | | | |
| 1.30 | | | | | Livello di ghiaia eterometrica di 1mm - 2cm in matrice sabbioso marnosa di colore marrone | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 9.30 | | | | | | | | | | | | |
| 1.00 | | | | | Limo sabbioso argilloso cementato variegato di colore variabile dal grigio al marrone nocciola con presenza di residui calcarei e vegetali | | | | 10.00 | | | |
| 10 | | | | | | | | | 10.50 | 10.50 m | 15/21/24 | |
| 10.30 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| 4.10 | | | | | Limo argilloso plastico di colore marrone rosastro | | | | 14.00 | | | |
| 14 | | | | | | | | | 14.50 | 14.50 m | 13/19/26 | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |
| 15.00 | | | | | Fine sondaggio - Instabilita' piezometro | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |



SONDAGGIO 3 - PROFONDITÀ 0.00 M - 4.00 M



SONDAGGIO 3 - PROFONDITÀ 4.00 M - 8.00 M



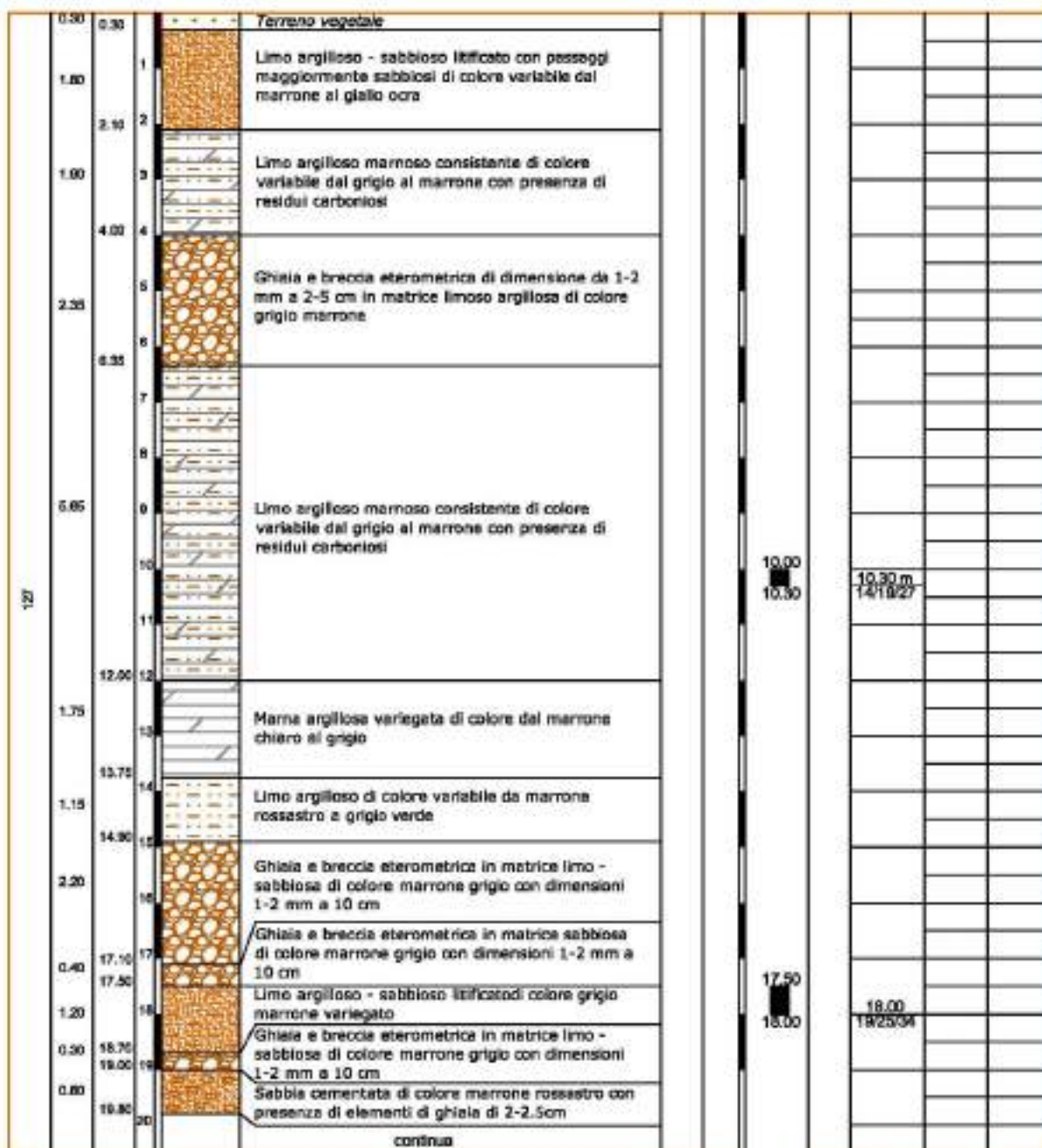
SONDAGGIO 3 - PROFONDITÀ 8.00 M - 12.00 M



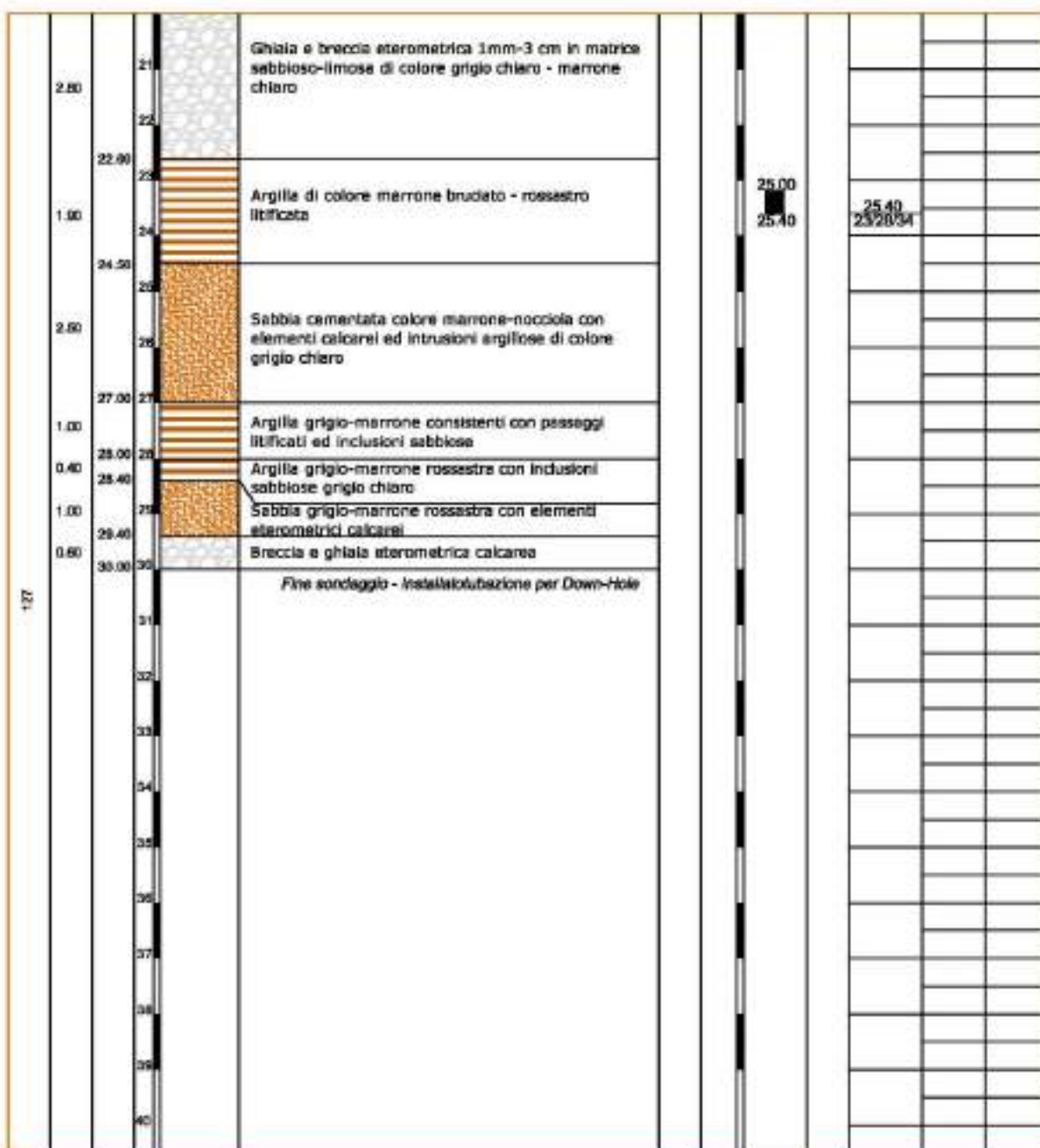
SONDAGGIO 3 - PROFONDITÀ 12.00 M - 15.00 M

Sondaggio N°4

| | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|--------------|---|---|----------|---|-------------|-----|-------------------------------------|--------------------------------|
| Data: 18/08/2010 | | | | |  | GEOSOL S.p.A. | | | | | | |
| Ditta esecutrice: Palazzi Geotecnica | | | | | | Viale Europa 31 - Tel. (0577) 44470 - 53100 SIENA | | | | | | |
| Supervisore: dott. Andrea Capotorti | | | | | | | | | | | | |
| Numero archivio: 4469 | | | | | Committente: Sienalvest | | | | | | | |
| Quota: | | | | | Località: Area TU20 - San Martino, Monteriggioni (SI) | | | | | | | |
|  % Perforazione |  Spessore strati |  Profondità* |  Riferimento | Stratigrafia | Descrizione | % Carotaggio | % R.Q.D. |  Ind. sem.  Ind.  rim. | Quota falda | SPT | Pocket penet. kg/cm ² | Van test kg/cm ² |



| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------|--|--|
| Data: 18/08/2010 | | | | | | | | | | Sondaggio n. 4 | | |
| Ditta esecutrice: Palazzi Geotecnica | | | | | | | | | | | | |
| Supervisore: dott. Andrea Capolorti | | | | | | | | | | | | |
| Numero archivio: 4469 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |





SONDAGGIO 4 - PROFONDITÀ 0.00 M - 4.00 M



SONDAGGIO 4 - PROFONDITÀ 4.00 M - 8.00 M



SONDAGGIO 4 - PROFONDITÀ 8.00 M - 12.00 M



SONDAGGIO 4 - PROFONDITÀ 12.00 M - 16.00 M



SONDAGGIO 4 - PROFONDITÀ 16.00 M - 20.00 M



SONDAGGIO 4 - PROFONDITÀ 20.00 M - 24.00 M



SONDAGGIO 4 - PROFONDITÀ 24.00 M - 28.00 M



SONDAGGIO 4 - PROFONDITÀ 28.00 M - 15.00 M

ALLEGATO 2

RELAZIONE DI CALCOLO VERIFICHE DI STABILITA'

Definizione

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

Introduzione all'analisi di stabilità

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

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

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

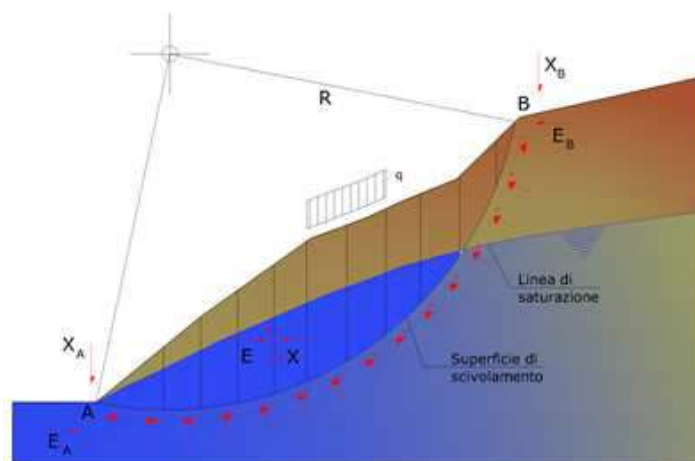
Metodo equilibrio limite (LEM)

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

$$F = \tau_f / \tau$$

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

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



Metodo dei concii

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

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

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

Mentre le equazioni a disposizione sono:

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

Totale numero di equazioni $4n$.

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

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

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

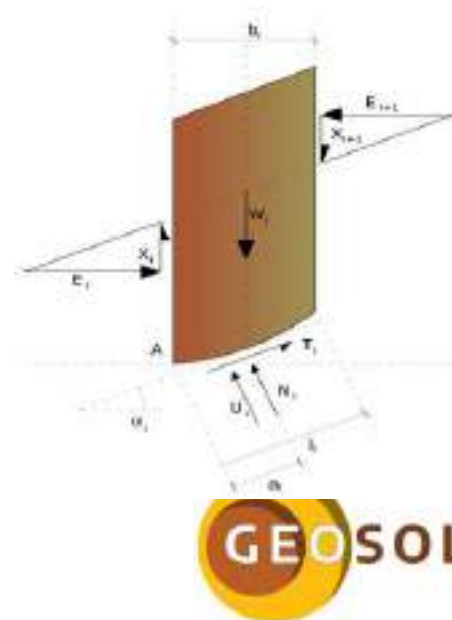
Metodo di Bishop (1955)

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

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

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

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del



fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Valutazione dell'azione sismica

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

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

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

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

Ricerca della superficie di scorrimento critica

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

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

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE A STATO ATTUALE (CONDIZIONI STATICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|---------------------|
| Lat./Long. | 43.351215/11.282028 |
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| 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 | 32.1 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 369.7 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 109.12 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 401.27 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 II
 Vita nominale: 50.0 [anni]
 Vita di riferimento: 50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | ag [m/s ²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 30.0 | 0.46 | 2.51 | 0.25 |
| S.L.D. | 50.0 | 0.57 | 2.53 | 0.26 |
| S.L.V. | 475.0 | 1.37 | 2.48 | 0.28 |
| S.L.C. | 975.0 | 1.72 | 2.51 | 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. | 0.552 | 0.2 | 0.0113 | 0.0056 |
| S.L.D. | 0.684 | 0.2 | 0.014 | 0.007 |
| S.L.V. | 1.644 | 0.24 | 0.0402 | 0.0201 |
| S.L.C. | 2.064 | 0.24 | 0.0505 | 0.0253 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 4.51 | 295.27 |
| 2 | 16.89 | 296.0 |
| 3 | 35.68 | 298.0 |
| 4 | 72.34 | 299.0 |
| 5 | 79.85 | 300.0 |
| 6 | 84.63 | 301.0 |
| 7 | 88.52 | 302.0 |
| 8 | 91.42 | 303.0 |
| 9 | 95.95 | 304.0 |
| 10 | 99.98 | 305.0 |
| 11 | 103.71 | 306.0 |
| 12 | 107.38 | 307.0 |
| 13 | 111.06 | 308.0 |
| 14 | 114.73 | 309.0 |
| 15 | 122.44 | 311.0 |
| 16 | 126.03 | 313.0 |
| 17 | 129.34 | 315.0 |
| 18 | 131.0 | 316.0 |
| 19 | 149.15 | 318.0 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 4.51 | 294.02 |
| 2 | 8.65 | 294.41 |
| 3 | 13.83 | 294.91 |
| 4 | 19.64 | 295.49 |
| 5 | 28.5 | 296.55 |
| 6 | 37.57 | 297.18 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 7 | 45.07 | 297.17 |
| 8 | 45.07 | 297.17 |
| 9 | 51.53 | 297.11 |
| 10 | 58.06 | 296.27 |
| 11 | 62.77 | 296.15 |
| 12 | 71.57 | 295.93 |
| 13 | 77.72 | 296.51 |
| 14 | 81.76 | 296.7 |
| 15 | 85.61 | 297.4 |
| 16 | 87.79 | 297.92 |
| 17 | 91.36 | 299.12 |
| 18 | 91.98 | 299.32 |
| 19 | 93.39 | 300.06 |
| 20 | 96.4 | 301.22 |
| 21 | 97.41 | 301.64 |
| 22 | 99.5 | 302.46 |
| 23 | 102.46 | 303.68 |
| 24 | 105.2 | 304.39 |
| 25 | 107.35 | 305.43 |
| 26 | 109.84 | 306.54 |
| 27 | 113.54 | 307.73 |
| 28 | 117.83 | 308.52 |
| 29 | 122.8 | 309.54 |
| 30 | 126.03 | 310.27 |
| 31 | 131.17 | 311.84 |
| 32 | 136.25 | 313.59 |
| 33 | 142.14 | 314.92 |
| 34 | 149.15 | 316.28 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 4.51 | 282.5 |
| 2 | 13.26 | 283.64 |
| 3 | 26.18 | 284.82 |
| 4 | 28.44 | 284.99 |
| 5 | 38.3 | 286.23 |
| 6 | 51.78 | 288.33 |
| 7 | 58.6 | 288.35 |
| 8 | 61.61 | 288.47 |
| 9 | 74.95 | 290.23 |
| 10 | 81.76 | 290.5 |
| 11 | 87.78 | 291.15 |
| 12 | 91.76 | 291.86 |
| 13 | 99.14 | 292.71 |
| 14 | 102.46 | 293.03 |
| 15 | 106.24 | 293.9 |
| 16 | 108.87 | 294.65 |
| 17 | 113.55 | 295.99 |
| 18 | 116.76 | 296.53 |
| 19 | 126.03 | 298.19 |
| 20 | 136.36 | 299.89 |
| 21 | 149.15 | 302.81 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 4.51 | 273.84 |
| 2 | 26.35 | 277.01 |
| 3 | 39.66 | 280.21 |
| 4 | 49.79 | 281.97 |
| 5 | 52.93 | 281.96 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 6 | 55.54 | 281.9 |
| 7 | 58.27 | 281.53 |
| 8 | 61.63 | 281.39 |
| 9 | 67.27 | 281.58 |
| 10 | 76.43 | 282.35 |
| 11 | 82.44 | 282.97 |
| 12 | 90.73 | 283.31 |
| 13 | 105.18 | 284.29 |
| 14 | 108.82 | 284.65 |
| 15 | 114.34 | 286.18 |
| 16 | 124.62 | 288.14 |
| 17 | 137.95 | 290.55 |
| 18 | 149.15 | 291.54 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | No |

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 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 2 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 3 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 4 | 2.89 | | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 2.77 |
| Ascissa centro superficie | 57.54 m |
| Ordinata centro superficie | 449.03 m |
| Raggio superficie | 151.91 m |

$$x_c = 57.539 \quad y_c = 449.033 \quad R_c = 151.913 \quad F_s = 2.772$$

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 7.89 | -5.1 | 7.92 | 6441.83 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 6560.0 | 1041.3 |
| 2 | 7.89 | -2.1 | 7.89 | 15411.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 15512.4 | 2462.5 |
| 3 | 7.89 | 0.9 | 7.89 | 19200.71 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 19156.8 | 3041.0 |
| 4 | 8.55 | 4.0 | 8.57 | 19134.85 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 18971.8 | 3011.6 |
| 5 | 7.51 | 7.0 | 7.57 | 14927.63 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 14752.0 | 2341.7 |
| 6 | 8.68 | 10.1 | 8.81 | 19866.73 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 19624.6 | 3115.2 |
| 7 | 7.42 | 13.2 | 7.63 | 24294.98 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 24058.8 | 3819.1 |
| 8 | 7.76 | 16.2 | 8.08 | 22836.91 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 22731.3 | 3608.4 |

| | | | | | | | | | |
|----|------|------|--------------|-----|-----|-----|------|------------|--------|
| 9 | 7.39 | 19.2 | 7.8317386.01 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.017444.1 | 2769.1 |
| 10 | 7.89 | 22.3 | 8.52 8272.17 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 8392.8 | 1332.3 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE A STATO ATTUALE (CONDIZIONI SISMICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|---------------------|
| Lat./Long. | 43.351215/11.282028 |
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| 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 | 32.1 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 369.7 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 109.12 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 401.27 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 II |
| Vita nominale: | 50.0 [anni] |
| Vita di riferimento: | 50.0 [anni] |

Parametri sismici su sito di riferimento

| | |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo: | B |
| Categoria topografica: | T1 |

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | ag [m/s ²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 30.0 | 0.46 | 2.51 | 0.25 |
| S.L.D. | 50.0 | 0.57 | 2.53 | 0.26 |
| S.L.V. | 475.0 | 1.37 | 2.48 | 0.28 |
| S.L.C. | 975.0 | 1.72 | 2.51 | 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. | 0.552 | 0.2 | 0.0113 | 0.0056 |
| S.L.D. | 0.684 | 0.2 | 0.014 | 0.007 |
| S.L.V. | 1.644 | 0.24 | 0.0402 | 0.0201 |
| S.L.C. | 2.064 | 0.24 | 0.0505 | 0.0253 |

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0402
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0201

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 4.51 | 295.27 |
| 2 | 16.89 | 296.0 |
| 3 | 35.68 | 298.0 |
| 4 | 72.34 | 299.0 |
| 5 | 79.85 | 300.0 |
| 6 | 84.63 | 301.0 |
| 7 | 88.52 | 302.0 |
| 8 | 91.42 | 303.0 |
| 9 | 95.95 | 304.0 |
| 10 | 99.98 | 305.0 |
| 11 | 103.71 | 306.0 |
| 12 | 107.38 | 307.0 |
| 13 | 111.06 | 308.0 |
| 14 | 114.73 | 309.0 |
| 15 | 122.44 | 311.0 |
| 16 | 126.03 | 313.0 |
| 17 | 129.34 | 315.0 |
| 18 | 131.0 | 316.0 |
| 19 | 149.15 | 318.0 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 4.51 | 294.02 |
| 2 | 8.65 | 294.41 |
| 3 | 13.83 | 294.91 |
| 4 | 19.64 | 295.49 |
| 5 | 28.5 | 296.55 |
| 6 | 37.57 | 297.18 |
| 7 | 45.07 | 297.17 |
| 8 | 45.07 | 297.17 |
| 9 | 51.53 | 297.11 |
| 10 | 58.06 | 296.27 |
| 11 | 62.77 | 296.15 |
| 12 | 71.57 | 295.93 |
| 13 | 77.72 | 296.51 |
| 14 | 81.76 | 296.7 |
| 15 | 85.61 | 297.4 |
| 16 | 87.79 | 297.92 |
| 17 | 91.36 | 299.12 |
| 18 | 91.98 | 299.32 |
| 19 | 93.39 | 300.06 |
| 20 | 96.4 | 301.22 |
| 21 | 97.41 | 301.64 |
| 22 | 99.5 | 302.46 |
| 23 | 102.46 | 303.68 |
| 24 | 105.2 | 304.39 |
| 25 | 107.35 | 305.43 |
| 26 | 109.84 | 306.54 |
| 27 | 113.54 | 307.73 |
| 28 | 117.83 | 308.52 |
| 29 | 122.8 | 309.54 |
| 30 | 126.03 | 310.27 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 31 | 131.17 | 311.84 |
| 32 | 136.25 | 313.59 |
| 33 | 142.14 | 314.92 |
| 34 | 149.15 | 316.28 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 4.51 | 282.5 |
| 2 | 13.26 | 283.64 |
| 3 | 26.18 | 284.82 |
| 4 | 28.44 | 284.99 |
| 5 | 38.3 | 286.23 |
| 6 | 51.78 | 288.33 |
| 7 | 58.6 | 288.35 |
| 8 | 61.61 | 288.47 |
| 9 | 74.95 | 290.23 |
| 10 | 81.76 | 290.5 |
| 11 | 87.78 | 291.15 |
| 12 | 91.76 | 291.86 |
| 13 | 99.14 | 292.71 |
| 14 | 102.46 | 293.03 |
| 15 | 106.24 | 293.9 |
| 16 | 108.87 | 294.65 |
| 17 | 113.55 | 295.99 |
| 18 | 116.76 | 296.53 |
| 19 | 126.03 | 298.19 |
| 20 | 136.36 | 299.89 |
| 21 | 149.15 | 302.81 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 4.51 | 273.84 |
| 2 | 26.35 | 277.01 |
| 3 | 39.66 | 280.21 |
| 4 | 49.79 | 281.97 |
| 5 | 52.93 | 281.96 |
| 6 | 55.54 | 281.9 |
| 7 | 58.27 | 281.53 |
| 8 | 61.63 | 281.39 |
| 9 | 67.27 | 281.58 |
| 10 | 76.43 | 282.35 |
| 11 | 82.44 | 282.97 |
| 12 | 90.73 | 283.31 |
| 13 | 105.18 | 284.29 |
| 14 | 108.82 | 284.65 |
| 15 | 114.34 | 286.18 |
| 16 | 124.62 | 288.14 |
| 17 | 137.95 | 290.55 |
| 18 | 149.15 | 291.54 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 No

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 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 2 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 3 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 4 | 2.89 | | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato 2.17
 Ascissa centro superficie 57.54 m
 Ordinata centro superficie 449.03 m
 Raggio superficie 151.91 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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 57.539 yc = 449.033 Rc = 151.913 Fs=2.17

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|------|----------|------|----------|------------|------------|-------------------------|--------|---------|----------|---------|
| 1 | 7.89 | -5.1 | 7.92 | 6441.83 | 258.96 | 129.48 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 6586.2 | 1335.6 |
| 2 | 7.89 | -2.1 | 7.89 | 15411.4 | 619.54 | 309.77 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 15537.8 | 3150.8 |
| 3 | 7.89 | 0.9 | 7.89 | 19200.71 | 771.87 | 385.93 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 19144.0 | 3882.0 |
| 4 | 8.55 | 4.0 | 8.57 | 19134.85 | 769.22 | 384.61 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 18914.5 | 3835.5 |
| 5 | 7.51 | 7.0 | 7.57 | 14927.63 | 600.09 | 300.05 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 14674.0 | 2975.6 |
| 6 | 8.68 | 10.1 | 8.81 | 19866.73 | 798.64 | 399.32 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 19475.9 | 3949.4 |
| 7 | 7.42 | 13.2 | 7.63 | 24294.98 | 976.66 | 488.33 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 23821.4 | 4830.5 |
| 8 | 7.76 | 16.2 | 8.08 | 22836.91 | 918.04 | 459.02 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 22457.1 | 4553.9 |
| 9 | 7.39 | 19.2 | 7.83 | 17386.01 | 698.92 | 349.46 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 17194.6 | 3486.7 |
| 10 | 7.89 | 22.3 | 8.52 | 8272.17 | 332.54 | 166.27 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 8253.1 | 1673.6 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE B STATO ATTUALE (CONDIZIONI STATICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Calcolo eseguito secondo NTC 2018
 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 | 19.62 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 405.49 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 144.16 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 448.12 m |
| Passo di ricerca | 10.0 |
| Numero di celle lungo x | 10.0 |
| Numero di celle lungo y | 10.0 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 3.09 | 285.09 |
| 2 | 12.35 | 286.01 |
| 3 | 30.37 | 288.0 |
| 4 | 47.26 | 290.0 |
| 5 | 55.23 | 291.0 |
| 6 | 63.27 | 292.0 |
| 7 | 72.61 | 293.0 |
| 8 | 78.83 | 294.0 |
| 9 | 85.87 | 295.0 |
| 10 | 95.66 | 296.0 |
| 11 | 103.8 | 297.0 |
| 12 | 113.95 | 299.0 |
| 13 | 118.66 | 300.0 |
| 14 | 123.73 | 302.0 |
| 15 | 130.68 | 303.0 |
| 16 | 139.32 | 304.0 |
| 17 | 145.37 | 305.0 |
| 18 | 150.71 | 306.0 |
| 19 | 156.24 | 307.0 |
| 20 | 161.22 | 308.0 |
| 21 | 164.62 | 309.0 |
| 22 | 166.62 | 310.0 |
| 23 | 168.58 | 311.0 |
| 24 | 169.34 | 311.5 |
| 25 | 174.38 | 311.5 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 3.09 | 283.85 |
| 2 | 25.27 | 286.16 |
| 3 | 41.73 | 288.02 |
| 4 | 56.43 | 289.68 |
| 5 | 57.39 | 289.7 |
| 6 | 61.74 | 290.01 |
| 7 | 70.08 | 291.02 |
| 8 | 77.07 | 292.21 |
| 9 | 92.01 | 293.71 |
| 10 | 96.92 | 294.28 |
| 11 | 100.65 | 294.88 |
| 12 | 104.65 | 295.33 |
| 13 | 107.84 | 295.72 |
| 14 | 109.78 | 295.97 |
| 15 | 114.24 | 296.04 |
| 16 | 122.77 | 297.62 |
| 17 | 129.28 | 299.1 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 18 | 132.42 | 299.63 |
| 19 | 136.17 | 300.53 |
| 20 | 143.05 | 302.19 |
| 21 | 146.78 | 303.22 |
| 22 | 150.84 | 304.15 |
| 23 | 155.35 | 304.82 |
| 24 | 157.41 | 305.05 |
| 25 | 159.61 | 305.37 |
| 26 | 161.57 | 305.63 |
| 27 | 162.85 | 305.86 |
| 28 | 164.4 | 306.07 |
| 29 | 167.12 | 306.55 |
| 30 | 174.38 | 307.4 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 3.09 | 279.08 |
| 2 | 6.89 | 279.24 |
| 3 | 26.48 | 279.57 |
| 4 | 42.32 | 279.97 |
| 5 | 56.43 | 281.39 |
| 6 | 61.74 | 281.81 |
| 7 | 67.9 | 282.78 |
| 8 | 82.15 | 285.36 |
| 9 | 92.01 | 286.96 |
| 10 | 95.98 | 287.56 |
| 11 | 101.31 | 288.22 |
| 12 | 103.91 | 288.78 |
| 13 | 106.45 | 289.56 |
| 14 | 107.27 | 289.74 |
| 15 | 110.47 | 290.04 |
| 16 | 111.91 | 290.12 |
| 17 | 115.61 | 290.12 |
| 18 | 122.77 | 290.31 |
| 19 | 124.43 | 290.54 |
| 20 | 129.06 | 291.31 |
| 21 | 130.14 | 291.39 |
| 22 | 137.56 | 291.41 |
| 23 | 147.36 | 290.48 |
| 24 | 151.85 | 290.22 |
| 25 | 153.91 | 290.34 |
| 26 | 167.12 | 290.94 |
| 27 | 174.38 | 291.25 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 3.09 | 268.34 |
| 2 | 36.65 | 269.97 |
| 3 | 50.98 | 271.44 |
| 4 | 66.39 | 273.45 |
| 5 | 77.05 | 275.92 |
| 6 | 77.05 | 275.92 |
| 7 | 90.94 | 278.73 |
| 8 | 97.76 | 279.81 |
| 9 | 103.4 | 280.9 |
| 10 | 105.76 | 281.17 |
| 11 | 136.23 | 283.56 |
| 12 | 144.52 | 283.9 |
| 13 | 154.27 | 283.74 |
| 14 | 174.38 | 284.73 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | No |

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 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 2 | 1.79 | | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 3 | 2.13 | | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 4 | 2.89 | | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 8.84 |
| Ascissa centro superficie | 71.6 m |
| Ordinata centro superficie | 381.82 m |
| Raggio superficie | 104.11 m |

$$xc = 71.601 \quad yc = 381.82 \quad Rc = 104.106 \quad Fs = 8.837$$

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 3.16 | -24.3 | 3.46 | 4555.23 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 5112.3 | 254.5 |
| 2 | 16.89 | -18.4 | 17.81 | 201407.0 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.0228 | 422.0 | 48420.7 |
| 3 | 7.97 | -11.3 | 8.13 | 175092.1 | 0.0 | 0.0 | 2.13 | 23.1 | 0.0184 | 224.6 | 28483.5 |
| 4 | 8.03 | -6.8 | 8.09 | 214158.0 | 0.0 | 0.0 | 2.13 | 23.1 | 0.0219 | 280.0 | 30076.8 |
| 5 | 9.34 | -2.0 | 9.35 | 282063.3 | 0.0 | 0.0 | 2.13 | 23.1 | 0.0283 | 515.6 | 36212.7 |
| 6 | 6.22 | 2.3 | 6.22 | 201568.6 | 0.0 | 0.0 | 2.13 | 23.1 | 0.0200 | 749.3 | 24689.7 |
| 7 | 7.05 | 5.9 | 7.08 | 235476.9 | 0.0 | 0.0 | 2.13 | 23.1 | 0.0233 | 798.1 | 28359.1 |
| 8 | 9.79 | 10.6 | 9.96 | 321708.1 | 0.0 | 0.0 | 2.13 | 23.1 | 0.0319 | 920.1 | 39436.2 |
| 9 | 8.14 | 15.7 | 8.46 | 249459.7 | 0.0 | 0.0 | 2.13 | 23.1 | 0.0249 | 997.2 | 32455.9 |
| 10 | 37.28 | 29.9 | 43.02 | 750205.5 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.0790 | 922.8 | 129916.3 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE B STATO ATTUALE (CONDIZIONI SISMICHE)**Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

| | |
|--------------------------|---------------------|
| Lat./Long. | 43.351215/11.282028 |
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| 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 | 19.62 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 405.49 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 144.16 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 448.12 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 II |
| Vita nominale: | 50.0 [anni] |
| Vita di riferimento: | 50.0 [anni] |

Parametri sismici su sito di riferimento

| | |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo: | B |
| Categoria topografica: | T1 |

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | ag [m/s ²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 30.0 | 0.46 | 2.51 | 0.25 |
| S.L.D. | 50.0 | 0.57 | 2.53 | 0.26 |
| S.L.V. | 475.0 | 1.37 | 2.48 | 0.28 |
| S.L.C. | 975.0 | 1.72 | 2.51 | 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. | 0.552 | 0.2 | 0.0113 | 0.0056 |
| S.L.D. | 0.684 | 0.2 | 0.014 | 0.007 |
| S.L.V. | 1.644 | 0.24 | 0.0402 | 0.0201 |
| S.L.C. | 2.064 | 0.24 | 0.0505 | 0.0253 |

| | |
|---|--------|
| Coefficiente azione sismica orizzontale | 0.0402 |
| Coefficiente azione sismica verticale | 0.0201 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 3.09 | 285.09 |
| 2 | 12.35 | 286.01 |
| 3 | 30.37 | 288.0 |
| 4 | 47.26 | 290.0 |
| 5 | 55.23 | 291.0 |
| 6 | 63.27 | 292.0 |

| | | |
|----|--------|-------|
| 7 | 72.61 | 293.0 |
| 8 | 78.83 | 294.0 |
| 9 | 85.87 | 295.0 |
| 10 | 95.66 | 296.0 |
| 11 | 103.8 | 297.0 |
| 12 | 113.95 | 299.0 |
| 13 | 118.66 | 300.0 |
| 14 | 123.73 | 302.0 |
| 15 | 130.68 | 303.0 |
| 16 | 139.32 | 304.0 |
| 17 | 145.37 | 305.0 |
| 18 | 150.71 | 306.0 |
| 19 | 156.24 | 307.0 |
| 20 | 161.22 | 308.0 |
| 21 | 164.62 | 309.0 |
| 22 | 166.62 | 310.0 |
| 23 | 168.58 | 311.0 |
| 24 | 169.34 | 311.5 |
| 25 | 174.38 | 311.5 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 3.09 | 283.85 |
| 2 | 25.27 | 286.16 |
| 3 | 41.73 | 288.02 |
| 4 | 56.43 | 289.68 |
| 5 | 57.39 | 289.7 |
| 6 | 61.74 | 290.01 |
| 7 | 70.08 | 291.02 |
| 8 | 77.07 | 292.21 |
| 9 | 92.01 | 293.71 |
| 10 | 96.92 | 294.28 |
| 11 | 100.65 | 294.88 |
| 12 | 104.65 | 295.33 |
| 13 | 107.84 | 295.72 |
| 14 | 109.78 | 295.97 |
| 15 | 114.24 | 296.04 |
| 16 | 122.77 | 297.62 |
| 17 | 129.28 | 299.1 |
| 18 | 132.42 | 299.63 |
| 19 | 136.17 | 300.53 |
| 20 | 143.05 | 302.19 |
| 21 | 146.78 | 303.22 |
| 22 | 150.84 | 304.15 |
| 23 | 155.35 | 304.82 |
| 24 | 157.41 | 305.05 |
| 25 | 159.61 | 305.37 |
| 26 | 161.57 | 305.63 |
| 27 | 162.85 | 305.86 |
| 28 | 164.4 | 306.07 |
| 29 | 167.12 | 306.55 |
| 30 | 174.38 | 307.4 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 3.09 | 279.08 |
| 2 | 6.89 | 279.24 |
| 3 | 26.48 | 279.57 |
| 4 | 42.32 | 279.97 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 5 | 56.43 | 281.39 |
| 6 | 61.74 | 281.81 |
| 7 | 67.9 | 282.78 |
| 8 | 82.15 | 285.36 |
| 9 | 92.01 | 286.96 |
| 10 | 95.98 | 287.56 |
| 11 | 101.31 | 288.22 |
| 12 | 103.91 | 288.78 |
| 13 | 106.45 | 289.56 |
| 14 | 107.27 | 289.74 |
| 15 | 110.47 | 290.04 |
| 16 | 111.91 | 290.12 |
| 17 | 115.61 | 290.12 |
| 18 | 122.77 | 290.31 |
| 19 | 124.43 | 290.54 |
| 20 | 129.06 | 291.31 |
| 21 | 130.14 | 291.39 |
| 22 | 137.56 | 291.41 |
| 23 | 147.36 | 290.48 |
| 24 | 151.85 | 290.22 |
| 25 | 153.91 | 290.34 |
| 26 | 167.12 | 290.94 |
| 27 | 174.38 | 291.25 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 3.09 | 268.34 |
| 2 | 36.65 | 269.97 |
| 3 | 50.98 | 271.44 |
| 4 | 66.39 | 273.45 |
| 5 | 77.05 | 275.92 |
| 6 | 77.05 | 275.92 |
| 7 | 90.94 | 278.73 |
| 8 | 97.76 | 279.81 |
| 9 | 103.4 | 280.9 |
| 10 | 105.76 | 281.17 |
| 11 | 136.23 | 283.56 |
| 12 | 144.52 | 283.9 |
| 13 | 154.27 | 283.74 |
| 14 | 174.38 | 284.73 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | No |

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 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 2 | 1.79 | | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 3 | 2.13 | | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 4 | 2.89 | | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 6.93 |
| Ascissa centro superficie | 71.6 m |
| Ordinata centro superficie | 381.82 m |
| Raggio superficie | 104.11 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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 71.601 yc = 381.82 Rc = 104.106 Fs=6.927

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 3.16 | -24.3 | 3.46 | 4555.23 | 183.12 | 91.56 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 5144.9 | 326.8 |
| 2 | 16.89 | -18.4 | 17.81 | 201407.0 | 8096.56 | 4048.28 | 1.79 | 25.6 | 0.0232 | 975.2 | 62087.5 |
| 3 | 7.97 | -11.3 | 8.13 | 175092.1 | 7038.7 | 3519.35 | 2.13 | 23.1 | 0.0185 | 811.1 | 36435.9 |
| 4 | 8.03 | -6.8 | 8.09 | 214158.0 | 8609.15 | 4304.58 | 2.13 | 23.1 | 0.0220 | 279.1 | 38432.4 |
| 5 | 9.34 | -2.0 | 9.35 | 282063.3 | 11338.95 | 5669.47 | 2.13 | 23.1 | 0.0283 | 868.5 | 46220.5 |
| 6 | 6.22 | 2.3 | 6.22 | 201568.6 | 8103.06 | 4051.53 | 2.13 | 23.1 | 0.0200 | 480.6 | 31481.7 |
| 7 | 7.05 | 5.9 | 7.08 | 235476.9 | 9466.17 | 4733.09 | 2.13 | 23.1 | 0.0232 | 991.1 | 36129.8 |
| 8 | 9.79 | 10.6 | 9.96 | 321708.1 | 12932.67 | 6466.33 | 2.13 | 23.1 | 0.0317 | 904.2 | 50187.1 |
| 9 | 8.14 | 15.7 | 8.46 | 249459.7 | 10028.28 | 5014.14 | 2.13 | 23.1 | 0.0247 | 526.0 | 41253.8 |
| 10 | 37.28 | 29.9 | 43.02 | 750205.5 | 30158.26 | 15079.13 | 1.79 | 25.6 | 0.0771 | 1076.1 | 164372.7 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE C STATO ATTUALE (CONDIZIONI STATICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|--------------------|
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| 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 | 74.68 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 510.25 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 150.23 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 545.06 m |
| Passo di ricerca | 10.0 |
| Numero di celle lungo x | 10.0 |
| Numero di celle lungo y | 10.0 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 296.0 |
| 2 | 42.31 | 297.0 |
| 3 | 60.85 | 298.0 |
| 4 | 108.38 | 299.0 |
| 5 | 121.01 | 300.0 |
| 6 | 127.02 | 302.0 |
| 7 | 136.97 | 303.0 |
| 8 | 147.26 | 304.0 |
| 9 | 154.27 | 305.0 |
| 10 | 161.22 | 306.0 |
| 11 | 170.21 | 307.0 |
| 12 | 174.14 | 308.0 |
| 13 | 176.08 | 309.0 |
| 14 | 178.4 | 310.1 |
| 15 | 183.45 | 310.1 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 290.73 |
| 2 | 49.33 | 293.42 |
| 3 | 59.84 | 294.58 |
| 4 | 71.34 | 295.23 |
| 5 | 96.62 | 295.82 |
| 6 | 105.43 | 296.33 |
| 7 | 106.97 | 296.52 |
| 8 | 119.03 | 296.64 |
| 9 | 122.71 | 297.03 |
| 10 | 126.96 | 297.8 |
| 11 | 130.18 | 298.57 |
| 12 | 132.76 | 299.28 |
| 13 | 134.86 | 299.76 |
| 14 | 137.26 | 300.46 |
| 15 | 139.81 | 301.02 |
| 16 | 143.07 | 301.4 |
| 17 | 145.82 | 301.65 |
| 18 | 153.75 | 302.91 |
| 19 | 157.8 | 303.84 |
| 20 | 162.32 | 304.52 |
| 21 | 166.57 | 305.07 |
| 22 | 171.36 | 305.76 |
| 23 | 174.09 | 306.24 |
| 24 | 183.45 | 307.35 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 287.68 |
| 2 | 29.36 | 288.32 |
| 3 | 49.33 | 289.39 |
| 4 | 61.19 | 290.03 |
| 5 | 75.86 | 290.03 |
| 6 | 97.72 | 289.63 |
| 7 | 106.97 | 290.32 |
| 8 | 113.88 | 290.12 |
| 9 | 119.03 | 290.46 |
| 10 | 125.99 | 290.33 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 11 | 131.01 | 290.53 |
| 12 | 148.53 | 290.33 |
| 13 | 158.81 | 289.92 |
| 14 | 160.88 | 290.04 |
| 15 | 174.09 | 290.64 |
| 16 | 183.45 | 291.03 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 276.82 |
| 2 | 72.8 | 280.0 |
| 3 | 106.97 | 282.35 |
| 4 | 129.14 | 282.71 |
| 5 | 135.02 | 283.58 |
| 6 | 144.26 | 283.95 |
| 7 | 150.77 | 283.87 |
| 8 | 156.05 | 283.52 |
| 9 | 161.23 | 283.43 |
| 10 | 183.45 | 284.53 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 0.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 0.0 |

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 | No |

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 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 2 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 3 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 4 | 2.89 | | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 5.56 |
| Ascissa centro superficie | 90.34 m |
| Ordinata centro superficie | 553.99 m |
| Raggio superficie | 257.88 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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 90.339 \quad y_c = 553.993 \quad R_c = 257.883 \quad F_s = 5.561$$

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 1.15 | -6.7 | 1.16 | 183.66 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 186.7 | 14.8 |
| 2 | 19.09 | -4.4 | 19.15 | 40255.59 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 40626.3 | 3214.5 |
| 3 | 10.12 | -1.2 | 10.12 | 37938.14 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 38008.6 | 3007.4 |
| 4 | 10.12 | 1.1 | 10.12 | 41565.04 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 41511.3 | 3284.5 |
| 5 | 8.2 | 3.1 | 8.21 | 31816.63 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 31727.3 | 2510.4 |
| 6 | 12.64 | 5.4 | 12.69 | 45220.52 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 45085.2 | 3567.3 |
| 7 | 9.54 | 7.9 | 9.63 | 46228.49 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 46164.6 | 3652.7 |
| 8 | 6.42 | 9.7 | 6.51 | 29639.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 29668.0 | 2347.4 |
| 9 | 10.28 | 11.6 | 10.53 | 5192.33 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 35350.7 | 2797.1 |
| 10 | 13.66 | 14.3 | 14.11 | 8792.22 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 19010.7 | 1504.2 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE C STATO ATTUALE (CONDIZIONI SISMICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|---------------------|
| Lat./Long. | 43.351215/11.282028 |
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| 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 | 74.68 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 510.25 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 150.23 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 545.06 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 II |
| Vita nominale: | 50.0 [anni] |
| Vita di riferimento: | 50.0 [anni] |

Parametri sismici su sito di riferimento

| | |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo: | B |
| Categoria topografica: | T1 |

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | ag [m/s²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|--------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 30.0 | 0.46 | 2.51 | 0.25 |
| S.L.D. | 50.0 | 0.57 | 2.53 | 0.26 |
| S.L.V. | 475.0 | 1.37 | 2.48 | 0.28 |

| | | | | |
|--------|-------|------|------|------|
| S.L.C. | 975.0 | 1.72 | 2.51 | 0.28 |
|--------|-------|------|------|------|

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

| S.L. Stato limite | amax [m/s²] | beta [-] | kh [-] | kv [sec] |
|----------------------|----------------|-------------|-----------|-------------|
| S.L.O. | 0.552 | 0.2 | 0.0113 | 0.0056 |
| S.L.D. | 0.684 | 0.2 | 0.014 | 0.007 |
| S.L.V. | 1.644 | 0.24 | 0.0402 | 0.0201 |
| S.L.C. | 2.064 | 0.24 | 0.0505 | 0.0253 |

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.0402

Coefficiente azione sismica verticale

0.0201

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 296.0 |
| 2 | 42.31 | 297.0 |
| 3 | 60.85 | 298.0 |
| 4 | 108.38 | 299.0 |
| 5 | 121.01 | 300.0 |
| 6 | 127.02 | 302.0 |
| 7 | 136.97 | 303.0 |
| 8 | 147.26 | 304.0 |
| 9 | 154.27 | 305.0 |
| 10 | 161.22 | 306.0 |
| 11 | 170.21 | 307.0 |
| 12 | 174.14 | 308.0 |
| 13 | 176.08 | 309.0 |
| 14 | 178.4 | 310.1 |
| 15 | 183.45 | 310.1 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 290.73 |
| 2 | 49.33 | 293.42 |
| 3 | 59.84 | 294.58 |
| 4 | 71.34 | 295.23 |
| 5 | 96.62 | 295.82 |
| 6 | 105.43 | 296.33 |
| 7 | 106.97 | 296.52 |
| 8 | 119.03 | 296.64 |
| 9 | 122.71 | 297.03 |
| 10 | 126.96 | 297.8 |
| 11 | 130.18 | 298.57 |
| 12 | 132.76 | 299.28 |
| 13 | 134.86 | 299.76 |
| 14 | 137.26 | 300.46 |
| 15 | 139.81 | 301.02 |
| 16 | 143.07 | 301.4 |
| 17 | 145.82 | 301.65 |
| 18 | 153.75 | 302.91 |
| 19 | 157.8 | 303.84 |
| 20 | 162.32 | 304.52 |
| 21 | 166.57 | 305.07 |
| 22 | 171.36 | 305.76 |
| 23 | 174.09 | 306.24 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 24 | 183.45 | 307.35 |
|----|--------|--------|

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 287.68 |
| 2 | 29.36 | 288.32 |
| 3 | 49.33 | 289.39 |
| 4 | 61.19 | 290.03 |
| 5 | 75.86 | 290.03 |
| 6 | 97.72 | 289.63 |
| 7 | 106.97 | 290.32 |
| 8 | 113.88 | 290.12 |
| 9 | 119.03 | 290.46 |
| 10 | 125.99 | 290.33 |
| 11 | 131.01 | 290.53 |
| 12 | 148.53 | 290.33 |
| 13 | 158.81 | 289.92 |
| 14 | 160.88 | 290.04 |
| 15 | 174.09 | 290.64 |
| 16 | 183.45 | 291.03 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 276.82 |
| 2 | 72.8 | 280.0 |
| 3 | 106.97 | 282.35 |
| 4 | 129.14 | 282.71 |
| 5 | 135.02 | 283.58 |
| 6 | 144.26 | 283.95 |
| 7 | 150.77 | 283.87 |
| 8 | 156.05 | 283.52 |
| 9 | 161.23 | 283.43 |
| 10 | 183.45 | 284.53 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | No |

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 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 2 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 3 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 4 | 2.89 | | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 3.64 |
| Ascissa centro superficie | 90.34 m |
| Ordinata centro superficie | 553.99 m |
| Raggio superficie | 257.88 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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 90.339 yc = 553.993 Rc = 257.883 Fs=3.639

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 1.15 | -6.7 | 1.16 | 183.66 | 7.38 | 3.69 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 187.6 | 22.7 |
| 2 | 19.09 | -4.4 | 19.15 | 40255.59 | 1618.28 | 809.14 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 40759.4 | 4929.0 |
| 3 | 10.12 | -1.2 | 10.12 | 37938.14 | 1525.11 | 762.56 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 38041.6 | 4600.4 |
| 4 | 10.12 | 1.1 | 10.12 | 41565.04 | 1670.92 | 835.46 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 41479.1 | 5016.1 |
| 5 | 8.2 | 3.1 | 8.21 | 31816.63 | 1279.03 | 639.51 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 31656.0 | 3828.2 |
| 6 | 12.64 | 5.4 | 12.69 | 45220.52 | 1817.87 | 908.93 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 44908.3 | 5430.8 |
| 7 | 9.54 | 7.9 | 9.63 | 46228.49 | 1858.39 | 929.19 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 45901.2 | 5550.8 |
| 8 | 6.42 | 9.7 | 6.51 | 29639.6 | 1191.51 | 595.76 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 29460.4 | 3562.6 |
| 9 | 10.28 | 11.6 | 10.53 | 5192.33 | 1414.73 | 707.37 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 35055.1 | 4239.2 |
| 10 | 13.66 | 14.3 | 14.11 | 8792.22 | 755.45 | 377.72 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 18813.9 | 2275.2 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE D STATO ATTUALE (CONDIZIONI STATICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

| | |
|---|--------------------|
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| 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 | 34.59 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 360.21 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 128.1 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 408.56 m |
| Passo di ricerca | 10.0 |
| Numero di celle lungo x | 10.0 |
| Numero di celle lungo y | 10.0 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 9.06 | 285.63 |
| 2 | 33.5 | 287.0 |

| | | |
|----|--------|-------|
| 3 | 45.04 | 288.0 |
| 4 | 53.52 | 289.0 |
| 5 | 63.81 | 291.0 |
| 6 | 79.88 | 294.0 |
| 7 | 88.6 | 296.0 |
| 8 | 93.42 | 297.0 |
| 9 | 103.57 | 300.0 |
| 10 | 106.59 | 301.0 |
| 11 | 108.97 | 302.0 |
| 12 | 112.39 | 303.0 |
| 13 | 119.33 | 304.0 |
| 14 | 126.63 | 305.0 |
| 15 | 132.85 | 306.0 |
| 16 | 139.61 | 307.0 |
| 17 | 147.49 | 308.0 |
| 18 | 153.56 | 309.0 |
| 19 | 155.25 | 309.5 |
| 20 | 158.21 | 309.5 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 9.06 | 284.4 |
| 2 | 27.65 | 285.37 |
| 3 | 41.64 | 286.27 |
| 4 | 64.46 | 289.28 |
| 5 | 69.07 | 289.96 |
| 6 | 74.85 | 290.6 |
| 7 | 78.92 | 291.75 |
| 8 | 85.85 | 293.55 |
| 9 | 90.08 | 295.25 |
| 10 | 92.81 | 296.22 |
| 11 | 101.82 | 298.09 |
| 12 | 104.21 | 298.67 |
| 13 | 107.84 | 299.49 |
| 14 | 115.07 | 300.83 |
| 15 | 120.41 | 301.55 |
| 16 | 130.77 | 302.3 |
| 17 | 141.27 | 303.03 |
| 18 | 147.48 | 303.44 |
| 19 | 155.98 | 303.88 |
| 20 | 158.21 | 304.06 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 9.06 | 278.5 |
| 2 | 47.12 | 280.14 |
| 3 | 54.38 | 280.26 |
| 4 | 61.27 | 281.56 |
| 5 | 69.07 | 282.86 |
| 6 | 74.85 | 283.34 |
| 7 | 86.11 | 284.41 |
| 8 | 93.97 | 284.99 |
| 9 | 101.69 | 285.57 |
| 10 | 108.69 | 286.31 |
| 11 | 130.8 | 289.61 |
| 12 | 137.84 | 290.2 |
| 13 | 147.04 | 291.06 |
| 14 | 158.21 | 292.01 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 9.06 | 268.65 |
| 2 | 54.41 | 270.65 |
| 3 | 62.45 | 272.11 |
| 4 | 69.02 | 273.78 |
| 5 | 74.85 | 274.87 |
| 6 | 94.03 | 277.54 |
| 7 | 132.23 | 279.94 |
| 8 | 158.21 | 281.4 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 0.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 0.0 |

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 | No |

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 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta |
| 2 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A |
| 3 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B |
| 4 | 2.89 | | 27.20 | 2170 | | Unità C |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|---------|
| Fs minimo individuato | 6.9 |
| Ascissa centro superficie | 83.61 m |
| Ordinata centro superficie | 374.5 m |
| Raggio superficie | 89.69 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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$xc = 83.615 \quad yc = 374.503 \quad Rc = 89.691 \quad Fs=6.903$$

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-------------|------------|-------------|------------|
| 1 | 8.41 | -15.5 | 8.7330577.46 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.029458.9 | -8194.7 | | |
| 2 | 9.14 | -9.8 | 9.28101080.6 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.099608.8 | -17186.4 | | |
| 3 | 6.93 | -4.6 | 6.95112027.7 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.0111666.2 | -8992.6 | | |
| 4 | 8.72 | 0.4 | 8.72178369.3 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.0178364.9 | 1249.2 | | |
| 5 | 4.82 | 4.7 | 4.83112907.8 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.0112523.0 | 9313.1 | | |
| 6 | 10.15 | 9.6 | 10.29259709.6 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.0256099.3 | 43153.7 | | |

| | | | | | | | | | |
|----|------|------|---------------|-----|-----|------|------|-------------|----------|
| 7 | 3.02 | 13.8 | 3.1180445.27 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.078107.4 | 19252.7 |
| 8 | 2.38 | 15.6 | 2.4764447.61 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.062063.8 | 17366.0 |
| 9 | 3.42 | 17.6 | 3.5992799.16 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.088472.5 | 28005.5 |
| 10 | 30.8 | 30.2 | 35.62517626.7 | 0.0 | 0.0 | 1.79 | 25.6 | 0.0447523.8 | 260115.0 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE D STATO ATTUALE (CONDIZIONI SISMICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

| | |
|---|---------------------|
| Lat./Long. | 43.351215/11.282028 |
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| 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 | 34.59 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 360.21 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 128.1 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 408.56 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 II |
| Vita nominale: | 50.0 [anni] |
| Vita di riferimento: | 50.0 [anni] |

Parametri sismici su sito di riferimento

| | |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo: | B |
| Categoria topografica: | T1 |

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | ag [m/s²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|--------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 30.0 | 0.46 | 2.51 | 0.25 |
| S.L.D. | 50.0 | 0.57 | 2.53 | 0.26 |
| S.L.V. | 475.0 | 1.37 | 2.48 | 0.28 |
| S.L.C. | 975.0 | 1.72 | 2.51 | 0.28 |

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

| S.L. Stato limite | amax [m/s²] | beta [-] | kh [-] | kv [sec] |
|----------------------|----------------|-------------|-----------|-------------|
| S.L.O. | 0.552 | 0.2 | 0.0113 | 0.0056 |

| | | | | |
|--------|-------|------|--------|--------|
| S.L.D. | 0.684 | 0.2 | 0.014 | 0.007 |
| S.L.V. | 1.644 | 0.24 | 0.0402 | 0.0201 |
| S.L.C. | 2.064 | 0.24 | 0.0505 | 0.0253 |

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0402
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0201

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 9.06 | 285.63 |
| 2 | 33.5 | 287.0 |
| 3 | 45.04 | 288.0 |
| 4 | 53.52 | 289.0 |
| 5 | 63.81 | 291.0 |
| 6 | 79.88 | 294.0 |
| 7 | 88.6 | 296.0 |
| 8 | 93.42 | 297.0 |
| 9 | 103.57 | 300.0 |
| 10 | 106.59 | 301.0 |
| 11 | 108.97 | 302.0 |
| 12 | 112.39 | 303.0 |
| 13 | 119.33 | 304.0 |
| 14 | 126.63 | 305.0 |
| 15 | 132.85 | 306.0 |
| 16 | 139.61 | 307.0 |
| 17 | 147.49 | 308.0 |
| 18 | 153.56 | 309.0 |
| 19 | 155.25 | 309.5 |
| 20 | 158.21 | 309.5 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 9.06 | 284.4 |
| 2 | 27.65 | 285.37 |
| 3 | 41.64 | 286.27 |
| 4 | 64.46 | 289.28 |
| 5 | 69.07 | 289.96 |
| 6 | 74.85 | 290.6 |
| 7 | 78.92 | 291.75 |
| 8 | 85.85 | 293.55 |
| 9 | 90.08 | 295.25 |
| 10 | 92.81 | 296.22 |
| 11 | 101.82 | 298.09 |
| 12 | 104.21 | 298.67 |
| 13 | 107.84 | 299.49 |
| 14 | 115.07 | 300.83 |
| 15 | 120.41 | 301.55 |
| 16 | 130.77 | 302.3 |
| 17 | 141.27 | 303.03 |
| 18 | 147.48 | 303.44 |
| 19 | 155.98 | 303.88 |
| 20 | 158.21 | 304.06 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 9.06 | 278.5 |
| 2 | 47.12 | 280.14 |
| 3 | 54.38 | 280.26 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 4 | 61.27 | 281.56 |
| 5 | 69.07 | 282.86 |
| 6 | 74.85 | 283.34 |
| 7 | 86.11 | 284.41 |
| 8 | 93.97 | 284.99 |
| 9 | 101.69 | 285.57 |
| 10 | 108.69 | 286.31 |
| 11 | 130.8 | 289.61 |
| 12 | 137.84 | 290.2 |
| 13 | 147.04 | 291.06 |
| 14 | 158.21 | 292.01 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 9.06 | 268.65 |
| 2 | 54.41 | 270.65 |
| 3 | 62.45 | 272.11 |
| 4 | 69.02 | 273.78 |
| 5 | 74.85 | 274.87 |
| 6 | 94.03 | 277.54 |
| 7 | 132.23 | 279.94 |
| 8 | 158.21 | 281.4 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | No |

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 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 2 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 3 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 4 | 2.89 | | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 5.87 |
| Ascissa centro superficie | 89.29 m |
| Ordinata centro superficie | 375.09 m |
| Raggio superficie | 89.5 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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 89.292 yc = 375.088 Rc = 89.498 Fs=5.874

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|-------------|-------------|------------|
| 1 | 3.33 | -17.7 | 3.5 | 4645.1 | 186.73 | 93.37 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 4571.9 | -1231.1 |
| 2 | 16.07 | -11.3 | 16.39157328.7 | 6324.62 | 3162.31 | 1.79 | 25.6 | 25.6 | 0.0158624.8 | -24591.2 | |
| 3 | 8.72 | -3.2 | 8.73161560.5 | 6494.73 | 3247.37 | 1.79 | 25.6 | 25.6 | 0.0164911.5 | -2642.4 | |
| 4 | 7.19 | 1.9 | 7.2165194.4 | 6640.81 | 3320.41 | 1.79 | 25.6 | 25.6 | 0.0168209.7 | 12009.6 | |
| 5 | 7.77 | 6.7 | 7.83201890.1 | 8115.98 | 4057.99 | 1.79 | 25.6 | 25.6 | 0.0203609.6 | 31522.4 | |
| 6 | 3.02 | 10.2 | 3.0783139.48 | 3342.21 | 1671.1 | 1.79 | 25.6 | 25.6 | 0.082891.0 | 17956.0 | |
| 7 | 2.38 | 11.9 | 2.4367489.73 | 2713.09 | 1356.54 | 1.79 | 25.6 | 25.6 | 0.066801.1 | 16595.2 | |
| 8 | 3.42 | 13.8 | 3.5298619.55 | 3964.51 | 1982.25 | 1.79 | 25.6 | 25.6 | 0.096738.4 | 27421.0 | |
| 9 | 6.94 | 17.3 | 7.26193243.7 | 7768.4 | 3884.2 | 1.79 | 25.6 | 25.6 | 0.0185921.7 | 64822.7 | |
| 10 | 29.44 | 30.6 | 34.22477575.5 | 19198.54 | 9599.27 | 1.79 | 25.6 | 25.6 | 0.0409432.6 | 259822.4 | |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE A STATO FINALE (CONDIZIONI STATICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|--------------------|
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| Numero di strati | 5.0 |
| Numero dei conci | 10.0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1.1 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1.1 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 36.88 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 372.48 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 121.28 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 404.43 m |
| Passo di ricerca | 10.0 |
| Numero di celle lungo x | 10.0 |
| Numero di celle lungo y | 10.0 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 0.97 | 295.06 |
| 2 | 4.02 | 295.24 |
| 3 | 12.55 | 295.74 |
| 4 | 12.55 | 297.0 |
| 5 | 20.39 | 297.0 |
| 6 | 20.39 | 293.8 |
| 7 | 23.37 | 293.8 |
| 8 | 23.37 | 294.8 |
| 9 | 32.67 | 294.8 |
| 10 | 32.67 | 298.0 |
| 11 | 40.58 | 298.0 |
| 12 | 47.24 | 299.02 |
| 13 | 53.89 | 299.17 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 14 | 53.89 | 299.27 |
| 15 | 55.43 | 299.3 |
| 16 | 55.43 | 301.0 |
| 17 | 65.45 | 303.7 |
| 18 | 65.45 | 300.42 |
| 19 | 82.8 | 300.42 |
| 20 | 82.8 | 303.7 |
| 21 | 89.9 | 303.7 |
| 22 | 89.9 | 303.8 |
| 23 | 96.4 | 303.8 |
| 24 | 96.4 | 303.9 |
| 25 | 97.91 | 303.9 |
| 26 | 105.48 | 304.0 |
| 27 | 105.48 | 303.6 |
| 28 | 121.24 | 303.6 |
| 29 | 121.24 | 306.88 |
| 30 | 122.39 | 306.88 |
| 31 | 122.39 | 310.0 |
| 32 | 127.09 | 313.0 |
| 33 | 129.4 | 314.0 |
| 34 | 131.12 | 315.0 |
| 35 | 131.46 | 315.2 |
| 36 | 134.46 | 315.2 |
| 37 | 140.87 | 317.0 |
| 38 | 149.15 | 318.0 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 0.97 | 295.06 |
| 2 | 3.8 | 295.23 |
| 3 | 12.55 | 295.74 |
| 4 | 16.89 | 296.0 |
| 5 | 20.39 | 296.35 |
| 6 | 20.39 | 293.8 |
| 7 | 23.37 | 293.8 |
| 8 | 23.37 | 294.8 |
| 9 | 32.67 | 294.8 |
| 10 | 32.67 | 296.84 |
| 11 | 32.67 | 297.65 |
| 12 | 35.68 | 298.0 |
| 13 | 40.58 | 298.0 |
| 14 | 41.65 | 298.16 |
| 15 | 72.34 | 299.0 |
| 16 | 79.85 | 300.0 |
| 17 | 81.86 | 300.42 |
| 18 | 82.8 | 300.42 |
| 19 | 82.8 | 300.62 |
| 20 | 84.63 | 301.0 |
| 21 | 88.52 | 302.0 |
| 22 | 91.42 | 303.0 |
| 23 | 95.04 | 303.8 |
| 24 | 96.4 | 303.8 |
| 25 | 96.4 | 303.9 |
| 26 | 97.91 | 303.9 |
| 27 | 105.48 | 304.0 |
| 28 | 105.48 | 303.6 |
| 29 | 121.24 | 303.6 |
| 30 | 121.24 | 306.88 |
| 31 | 122.39 | 306.88 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 32 | 122.39 | 310.0 |
| 33 | 125.51 | 311.99 |
| 34 | 127.09 | 313.0 |
| 35 | 129.4 | 314.0 |
| 36 | 131.46 | 315.2 |
| 37 | 134.46 | 315.2 |
| 38 | 140.87 | 317.0 |
| 39 | 149.15 | 318.0 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 0.97 | 293.66 |
| 2 | 13.83 | 294.91 |
| 3 | 20.39 | 295.58 |
| 4 | 20.39 | 293.8 |
| 5 | 23.37 | 293.8 |
| 6 | 23.37 | 294.8 |
| 7 | 32.67 | 294.8 |
| 8 | 32.67 | 296.84 |
| 9 | 37.57 | 297.18 |
| 10 | 45.07 | 297.17 |
| 11 | 51.53 | 297.11 |
| 12 | 58.06 | 296.27 |
| 13 | 65.25 | 296.09 |
| 14 | 71.57 | 295.93 |
| 15 | 77.72 | 296.51 |
| 16 | 81.76 | 296.7 |
| 17 | 85.61 | 297.4 |
| 18 | 87.79 | 297.92 |
| 19 | 91.76 | 299.26 |
| 20 | 93.39 | 300.06 |
| 21 | 96.4 | 301.22 |
| 22 | 99.5 | 302.46 |
| 23 | 102.46 | 303.68 |
| 24 | 103.6 | 303.98 |
| 25 | 105.48 | 304.0 |
| 26 | 105.48 | 303.6 |
| 27 | 121.24 | 303.6 |
| 28 | 121.24 | 306.88 |
| 29 | 122.39 | 306.88 |
| 30 | 122.39 | 309.46 |
| 31 | 126.03 | 310.27 |
| 32 | 131.17 | 311.84 |
| 33 | 136.25 | 313.59 |
| 34 | 142.14 | 314.92 |
| 35 | 149.15 | 316.28 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 0.97 | 282.52 |
| 2 | 26.18 | 284.82 |
| 3 | 38.3 | 286.23 |
| 4 | 51.78 | 288.33 |
| 5 | 58.6 | 288.35 |
| 6 | 61.61 | 288.47 |
| 7 | 74.95 | 290.23 |
| 8 | 81.76 | 290.5 |
| 9 | 87.78 | 291.15 |
| 10 | 91.76 | 291.86 |
| 11 | 99.14 | 292.71 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 12 | 102.46 | 293.03 |
| 13 | 106.24 | 293.9 |
| 14 | 108.87 | 294.65 |
| 15 | 113.55 | 295.99 |
| 16 | 116.76 | 296.53 |
| 17 | 126.03 | 298.19 |
| 18 | 136.36 | 299.89 |
| 19 | 149.15 | 302.81 |

Vertici strato4

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 0.97 | 273.33 |
| 2 | 26.35 | 277.01 |
| 3 | 39.66 | 280.21 |
| 4 | 49.79 | 281.97 |
| 5 | 50.55 | 281.95 |
| 6 | 51.97 | 281.93 |
| 7 | 52.3 | 281.93 |
| 8 | 52.93 | 281.96 |
| 9 | 55.54 | 281.9 |
| 10 | 58.27 | 281.53 |
| 11 | 61.63 | 281.39 |
| 12 | 67.27 | 281.58 |
| 13 | 76.43 | 282.35 |
| 14 | 82.44 | 282.97 |
| 15 | 90.73 | 283.31 |
| 16 | 103.2 | 284.33 |
| 17 | 105.18 | 284.29 |
| 18 | 108.82 | 284.65 |
| 19 | 114.34 | 286.18 |
| 20 | 124.62 | 288.14 |
| 21 | 137.95 | 290.55 |
| 22 | 149.15 | 291.54 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | 0.05 | | 28 | 1600 | | Unità R | |
| 2 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 3 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 4 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 5 | 2.89 | 2.01 | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

| N° | x (m) | y (m) | Base mensola a valle (m) | Base mensola a monte (m) | Altezza muro (m) | Spessore testa (m) | Spessore base (m) | Peso specifico (Kg/m³) |
|----|----------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 1 | 12.81 | 295.7 | 0.3 | 0.3 | 1.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 2 | 0 | 0 | 0.3 | 0.3 | 1.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 3 | 20.44 | 293.79 | 0.3 | 0.3 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 4 | 32.98 | 294.8 | 0.3 | 0.3 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 5 | 55.74 | 299.28 | 0.3 | 0.3 | 1.7 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 6 | 65.46 | 300.42 | 0.3 | 0.3 | 3.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 7 | 83.09 | 300.42 | 0.3 | 0.3 | 3.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 8 | 121.55 | 303.57 | 0.3 | 0.3 | 3.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 9 | 122.69 | 306.86 | 0.3 | 0.3 | 3.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |

Pali...

| N° | x (m) | y (m) | Diametro (m) | Lunghezza (m) | Inclinazion e (°) | Interasse (m) | Resistenza al taglio (kg/cm²) | Momento plasticizza zione (kN*m) | Metodo stabilizzazi one |
|----|----------|----------|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| 1 | 122.7248 | 309.3482 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 2 | 121.2065 | 303.5536 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 3 | 119.9565 | 303.5536 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 4 | 118.6407 | 303.5536 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 5 | 117.303 | 303.5755 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 6 | 116.0092 | 303.5316 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 7 | 114.7811 | 303.5974 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 8 | 113.5969 | 303.5974 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 9 | 112.3908 | 303.6194 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 10 | 111.0531 | 303.6413 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 11 | 109.5838 | 303.6632 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 12 | 108.3338 | 303.6413 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 13 | 107.1496 | 303.5974 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 14 | 106.0969 | 303.5974 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 15 | 104.825 | 303.9702 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 16 | 103.5092 | 303.9922 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 17 | 102.2592 | 303.9922 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 18 | 101.1999 | 303.9983 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 19 | 99.9806 | 303.9983 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 20 | 98.76129 | 303.9983 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 21 | 20.97561 | 293.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

| | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-----|----|----|-----|---|----|----------------------|
| 22 | 22.14651 | 293.7372 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 23 | 23.69514 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 24 | 24.94159 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 25 | 26.18805 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 26 | 27.4345 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 27 | 28.75649 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 28 | 30.11626 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 29 | 31.2494 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 30 | 32.38254 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 31 | 65.09248 | 300.4227 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 32 | 66.03677 | 300.4227 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 33 | 68.60522 | 300.4227 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 34 | 69.77613 | 300.4605 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 35 | 70.90926 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 36 | 72.30681 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 37 | 73.66657 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 38 | 74.98856 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 39 | 76.19725 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 40 | 77.40593 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 41 | 78.72793 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 42 | 80.12547 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 43 | 81.40969 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 44 | 82.54282 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 45 | 67.35876 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kg/cm²) |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
| 1 | 105.63 | 303.66 | 121.13 | 303.66 | 1.5 |
| 2 | 96.58 | 303.92 | 105.58 | 303.92 | 1.5 |
| 3 | 65.51 | 300.45 | 82.81 | 300.45 | 1.5 |
| 4 | 20.47 | 293.79 | 23.37 | 293.79 | 1.5 |
| 5 | 23.38 | 294.8 | 32.68 | 294.8 | 1.5 |
| 6 | 12.85 | 296.99 | 20.05 | 296.99 | 0.25 |
| 7 | 33.08 | 298.01 | 41.08 | 298.01 | 0.25 |
| 8 | 48.45 | 299.04 | 55.45 | 299.1966 | 0.25 |

| | | | | | |
|---|-------|--------|-------|--------|------|
| 9 | 83.48 | 303.78 | 96.48 | 303.78 | 0.25 |
|---|-------|--------|-------|--------|------|

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 18.18 |
| Ascissa centro superficie | 42.9 m |
| Ordinata centro superficie | 391.38 m |
| Raggio superficie | 101.72 m |

xc = 42.901 yc = 391.377 Rc = 101.72 Fs=18.182

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|----------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|-------------|-------------|------------|
| 1 | 3.69 | -18.5 | 3.89 | 4396.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.4 | 0.0 | 4653.0 | 54.6 |
| 2 | 7.89 | -15.1 | 8.17747 | 10.89 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.078688.2 | | 4903.7 |
| 3 | 14.16 | -8.7 | 14.32304 | 857.9 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0310080.2 | | 10788.8 |
| 4 | 12.65 | -1.1 | 12.65233 | 071.6 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0233292.7 | | 9011.3 |
| 5 | 6.66 | 4.3 | 6.67134 | 837.3 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0134851.3 | | 4904.8 |
| 6 | 6.44 | 8.0 | 6.51334 | 32.9 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0134076.3 | | 4811.5 |
| 7 | 5.12 | 11.3 | 5.23104 | 728.1 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0106040.9 | | 3846.2 |
| 8 | 0.05 | 12.8 | 0.05 | 886.53 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0 | 900.9 | 36.0 |
| 9 | 17.34 | 18.0 | 18.23435 | 251.9 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0452899.7 | | 14477.5 |
| 10 | 11.8 | 26.8 | 13.22866 | 75.99 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.4 | 0.096574.7 | | 1133.2 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE A STATO FINALE (CONDIZIONI SISMICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|---------------------|
| Lat./Long. | 43.351215/11.282028 |
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| Numero di strati | 5.0 |
| Numero dei conci | 10.0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1.1 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1.2 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 36.88 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 372.48 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 121.28 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 404.43 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 II |

Vita nominale: 50.0 [anni]
 Vita di riferimento: 50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | ag [m/s ²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 30.0 | 0.46 | 2.51 | 0.25 |
| S.L.D. | 50.0 | 0.57 | 2.53 | 0.26 |
| S.L.V. | 475.0 | 1.37 | 2.48 | 0.28 |
| S.L.C. | 975.0 | 1.72 | 2.51 | 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. | 0.552 | 0.2 | 0.0113 | 0.0056 |
| S.L.D. | 0.684 | 0.2 | 0.014 | 0.007 |
| S.L.V. | 1.644 | 0.24 | 0.0402 | 0.0201 |
| S.L.C. | 2.064 | 0.24 | 0.0505 | 0.0253 |

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.04
 Coefficiente azione sismica verticale 0.02

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 0.97 | 295.06 |
| 2 | 4.02 | 295.24 |
| 3 | 12.55 | 295.74 |
| 4 | 12.55 | 297.0 |
| 5 | 20.39 | 297.0 |
| 6 | 20.39 | 293.8 |
| 7 | 23.37 | 293.8 |
| 8 | 23.37 | 294.8 |
| 9 | 32.67 | 294.8 |
| 10 | 32.67 | 298.0 |
| 11 | 40.58 | 298.0 |
| 12 | 47.24 | 299.02 |
| 13 | 53.89 | 299.17 |
| 14 | 53.89 | 299.27 |
| 15 | 55.43 | 299.3 |
| 16 | 55.43 | 301.0 |
| 17 | 65.45 | 303.7 |
| 18 | 65.45 | 300.42 |
| 19 | 82.8 | 300.42 |
| 20 | 82.8 | 303.7 |
| 21 | 89.9 | 303.7 |
| 22 | 89.9 | 303.8 |
| 23 | 96.4 | 303.8 |
| 24 | 96.4 | 303.9 |
| 25 | 97.91 | 303.9 |
| 26 | 105.48 | 304.0 |
| 27 | 105.48 | 303.6 |
| 28 | 121.24 | 303.6 |
| 29 | 121.24 | 306.88 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 30 | 122.39 | 306.88 |
| 31 | 122.39 | 310.0 |
| 32 | 127.09 | 313.0 |
| 33 | 129.4 | 314.0 |
| 34 | 131.12 | 315.0 |
| 35 | 131.46 | 315.2 |
| 36 | 134.46 | 315.2 |
| 37 | 140.87 | 317.0 |
| 38 | 149.15 | 318.0 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 0.97 | 295.06 |
| 2 | 3.8 | 295.23 |
| 3 | 12.55 | 295.74 |
| 4 | 16.89 | 296.0 |
| 5 | 20.39 | 296.35 |
| 6 | 20.39 | 293.8 |
| 7 | 23.37 | 293.8 |
| 8 | 23.37 | 294.8 |
| 9 | 32.67 | 294.8 |
| 10 | 32.67 | 296.84 |
| 11 | 32.67 | 297.65 |
| 12 | 35.68 | 298.0 |
| 13 | 40.58 | 298.0 |
| 14 | 41.65 | 298.16 |
| 15 | 72.34 | 299.0 |
| 16 | 79.85 | 300.0 |
| 17 | 81.86 | 300.42 |
| 18 | 82.8 | 300.42 |
| 19 | 82.8 | 300.62 |
| 20 | 84.63 | 301.0 |
| 21 | 88.52 | 302.0 |
| 22 | 91.42 | 303.0 |
| 23 | 95.04 | 303.8 |
| 24 | 96.4 | 303.8 |
| 25 | 96.4 | 303.9 |
| 26 | 97.91 | 303.9 |
| 27 | 105.48 | 304.0 |
| 28 | 105.48 | 303.6 |
| 29 | 121.24 | 303.6 |
| 30 | 121.24 | 306.88 |
| 31 | 122.39 | 306.88 |
| 32 | 122.39 | 310.0 |
| 33 | 125.51 | 311.99 |
| 34 | 127.09 | 313.0 |
| 35 | 129.4 | 314.0 |
| 36 | 131.46 | 315.2 |
| 37 | 134.46 | 315.2 |
| 38 | 140.87 | 317.0 |
| 39 | 149.15 | 318.0 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 0.97 | 293.66 |
| 2 | 13.83 | 294.91 |
| 3 | 20.39 | 295.58 |
| 4 | 20.39 | 293.8 |
| 5 | 23.37 | 293.8 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 6 | 23.37 | 294.8 |
| 7 | 32.67 | 294.8 |
| 8 | 32.67 | 296.84 |
| 9 | 37.57 | 297.18 |
| 10 | 45.07 | 297.17 |
| 11 | 51.53 | 297.11 |
| 12 | 58.06 | 296.27 |
| 13 | 65.25 | 296.09 |
| 14 | 71.57 | 295.93 |
| 15 | 77.72 | 296.51 |
| 16 | 81.76 | 296.7 |
| 17 | 85.61 | 297.4 |
| 18 | 87.79 | 297.92 |
| 19 | 91.76 | 299.26 |
| 20 | 93.39 | 300.06 |
| 21 | 96.4 | 301.22 |
| 22 | 99.5 | 302.46 |
| 23 | 102.46 | 303.68 |
| 24 | 103.6 | 303.98 |
| 25 | 105.48 | 304.0 |
| 26 | 105.48 | 303.6 |
| 27 | 121.24 | 303.6 |
| 28 | 121.24 | 306.88 |
| 29 | 122.39 | 306.88 |
| 30 | 122.39 | 309.46 |
| 31 | 126.03 | 310.27 |
| 32 | 131.17 | 311.84 |
| 33 | 136.25 | 313.59 |
| 34 | 142.14 | 314.92 |
| 35 | 149.15 | 316.28 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 0.97 | 282.52 |
| 2 | 26.18 | 284.82 |
| 3 | 38.3 | 286.23 |
| 4 | 51.78 | 288.33 |
| 5 | 58.6 | 288.35 |
| 6 | 61.61 | 288.47 |
| 7 | 74.95 | 290.23 |
| 8 | 81.76 | 290.5 |
| 9 | 87.78 | 291.15 |
| 10 | 91.76 | 291.86 |
| 11 | 99.14 | 292.71 |
| 12 | 102.46 | 293.03 |
| 13 | 106.24 | 293.9 |
| 14 | 108.87 | 294.65 |
| 15 | 113.55 | 295.99 |
| 16 | 116.76 | 296.53 |
| 17 | 126.03 | 298.19 |
| 18 | 136.36 | 299.89 |
| 19 | 149.15 | 302.81 |

Vertici strato4

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 0.97 | 273.33 |
| 2 | 26.35 | 277.01 |
| 3 | 39.66 | 280.21 |
| 4 | 49.79 | 281.97 |
| 5 | 50.55 | 281.95 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 6 | 51.97 | 281.93 |
| 7 | 52.3 | 281.93 |
| 8 | 52.93 | 281.96 |
| 9 | 55.54 | 281.9 |
| 10 | 58.27 | 281.53 |
| 11 | 61.63 | 281.39 |
| 12 | 67.27 | 281.58 |
| 13 | 76.43 | 282.35 |
| 14 | 82.44 | 282.97 |
| 15 | 90.73 | 283.31 |
| 16 | 103.2 | 284.33 |
| 17 | 105.18 | 284.29 |
| 18 | 108.82 | 284.65 |
| 19 | 114.34 | 286.18 |
| 20 | 124.62 | 288.14 |
| 21 | 137.95 | 290.55 |
| 22 | 149.15 | 291.54 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | No |

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 | 0.05 | | 28 | 1600 | | Unità R | |
| 2 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 3 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 4 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 5 | 2.89 | 2.01 | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

| N° | x (m) | y (m) | Base mensola a valle (m) | Base mensola a monte (m) | Altezza muro (m) | Spessore testa (m) | Spessore base (m) | Peso specifico (Kg/m ³) |
|----|--------|--------|--------------------------|--------------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1 | 12.81 | 295.7 | 0.3 | 0.3 | 1.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 2 | 0 | 0 | 0.3 | 0.3 | 1.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 3 | 20.44 | 293.79 | 0.3 | 0.3 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 4 | 32.98 | 294.8 | 0.3 | 0.3 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 5 | 55.74 | 299.28 | 0.3 | 0.3 | 1.7 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 6 | 65.46 | 300.42 | 0.3 | 0.3 | 3.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 7 | 83.09 | 300.42 | 0.3 | 0.3 | 3.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 8 | 121.55 | 303.57 | 0.3 | 0.3 | 3.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 9 | 122.69 | 306.86 | 0.3 | 0.3 | 3.3 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |

Pali...

| N° | x (m) | y (m) | Diametro (m) | Lunghezza (m) | Inclinazione | Interasse (m) | Resistenza al taglio | Momento plasticizza | Metodo stabilizzazi |
|----|-------|-------|--------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|---------------------|---------------------|
|----|-------|-------|--------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|---------------------|---------------------|

| | | | | | (°) | | (kg/cm ²) | zione (kN*m) | one |
|----|----------|----------|-----|----|-----|-----|-----------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 122.7248 | 309.3482 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 2 | 121.2065 | 303.5536 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 3 | 119.9565 | 303.5536 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 4 | 118.6407 | 303.5536 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 5 | 117.303 | 303.5755 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 6 | 116.0092 | 303.5316 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 7 | 114.7811 | 303.5974 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 8 | 113.5969 | 303.5974 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 9 | 112.3908 | 303.6194 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 10 | 111.0531 | 303.6413 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 11 | 109.5838 | 303.6632 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 12 | 108.3338 | 303.6413 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 13 | 107.1496 | 303.5974 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 14 | 106.0969 | 303.5974 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 15 | 104.825 | 303.9702 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 16 | 103.5092 | 303.9922 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 17 | 102.2592 | 303.9922 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 18 | 101.1999 | 303.9983 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 19 | 99.9806 | 303.9983 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 20 | 98.76129 | 303.9983 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 21 | 20.97561 | 293.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 22 | 22.14651 | 293.7372 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 23 | 23.69514 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 24 | 24.94159 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 25 | 26.18805 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 26 | 27.4345 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 27 | 28.75649 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 28 | 30.11626 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 29 | 31.2494 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

| | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-----|----|----|-----|---|----|----------------------|
| 30 | 32.38254 | 294.7999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 31 | 65.09248 | 300.4227 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 32 | 66.03677 | 300.4227 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 33 | 68.60522 | 300.4227 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 34 | 69.77613 | 300.4605 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 35 | 70.90926 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 36 | 72.30681 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 37 | 73.66657 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 38 | 74.98856 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 39 | 76.19725 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 40 | 77.40593 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 41 | 78.72793 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 42 | 80.12547 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 43 | 81.40969 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 44 | 82.54282 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 45 | 67.35876 | 300.4199 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kg/cm²) |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
| 1 | 105.63 | 303.66 | 121.13 | 303.66 | 1.5 |
| 2 | 96.58 | 303.92 | 105.58 | 303.92 | 1.5 |
| 3 | 65.51 | 300.45 | 82.81 | 300.45 | 1.5 |
| 4 | 20.47 | 293.79 | 23.37 | 293.79 | 1.5 |
| 5 | 23.38 | 294.8 | 32.68 | 294.8 | 1.5 |
| 6 | 12.85 | 296.99 | 20.05 | 296.99 | 0.25 |
| 7 | 33.08 | 298.01 | 41.08 | 298.01 | 0.25 |
| 8 | 48.45 | 299.04 | 55.45 | 299.1966 | 0.25 |
| 9 | 83.48 | 303.78 | 96.48 | 303.78 | 0.25 |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 16.67 |
| Ascissa centro superficie | 42.9 m |
| Ordinata centro superficie | 391.38 m |
| Raggio superficie | 101.72 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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 42.901 yc = 391.377 Rc = 101.72 Fs=16.667

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|----------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 3.69 | -18.5 | 3.89 | 4396.3 | 175.85 | 87.93 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 4657.6 | 68.3 |
| 2 | 7.89 | -15.1 | 8.17747 | 10.89 | 2988.44 | 1494.22 | 1.79 | 25.6 | 0.0790195 | 6134.9 | |
| 3 | 14.16 | -8.7 | 14.32304 | 857.9 | 12194.32 | 6097.16 | 1.79 | 25.6 | 0.0310495 | 0 | 13492.6 |
| 4 | 12.65 | -1.1 | 12.65233 | 071.6 | 9322.87 | 4661.43 | 1.79 | 25.6 | 0.0233336 | 8 | 11264.8 |
| 5 | 6.66 | 4.3 | 6.67134 | 837.3 | 5393.49 | 2696.75 | 1.79 | 25.6 | 0.0134758 | 7 | 6129.5 |
| 6 | 6.44 | 8.0 | 6.51334 | 32.9 | 5337.32 | 2668.66 | 1.79 | 25.6 | 0.0133907 | 0 | 6011.6 |
| 7 | 5.12 | 11.3 | 5.23104 | 728.1 | 4189.12 | 2094.56 | 1.79 | 25.6 | 0.0105848 | 7 | 4804.7 |
| 8 | 0.05 | 12.8 | 0.05 | 886.53 | 35.46 | 17.73 | 1.79 | 25.6 | 0.0 | 898.9 | 44.9 |
| 9 | 17.34 | 18.0 | 18.23435 | 251.9 | 17410.08 | 8705.04 | 1.79 | 25.6 | 0.0451731 | 2 | 18078.2 |
| 10 | 11.8 | 26.8 | 13.22866 | 75.99 | 3467.04 | 1733.52 | 0.0 | 23.8 | 0.0964324 | | 1414.4 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE B STATO FINALE (CONDIZIONI STATICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|--------------------|
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| Numero di strati | 5.0 |
| Numero dei conci | 10.0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1.1 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1.1 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 62.44 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 339.11 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 146.71 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 374.62 m |
| Passo di ricerca | 10.0 |
| Numero di celle lungo x | 10.0 |
| Numero di celle lungo y | 10.0 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.06 | 285.28 |
| 2 | 16.58 | 286.47 |
| 3 | 30.37 | 288.0 |
| 4 | 47.26 | 290.0 |
| 5 | 55.23 | 291.0 |
| 6 | 63.27 | 292.0 |
| 7 | 72.61 | 293.0 |
| 8 | 84.83 | 294.85 |
| 9 | 92.63 | 296.0 |
| 10 | 94.88 | 297.0 |
| 11 | 97.36 | 298.0 |
| 12 | 101.97 | 300.0 |
| 13 | 104.35 | 301.0 |
| 14 | 106.58 | 302.0 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 15 | 109.24 | 303.0 |
| 16 | 109.24 | 300.5 |
| 17 | 131.39 | 300.5 |
| 18 | 131.39 | 303.3 |
| 19 | 137.87 | 303.3 |
| 20 | 137.87 | 305.4 |
| 21 | 143.55 | 306.7 |
| 22 | 154.68 | 307.94 |
| 23 | 154.68 | 308.04 |
| 24 | 157.25 | 308.35 |
| 25 | 160.75 | 310.0 |
| 26 | 162.5 | 311.0 |
| 27 | 163.53 | 312.0 |
| 28 | 163.53 | 312.33 |
| 29 | 172.86 | 312.22 |
| 30 | 172.86 | 312.32 |
| 31 | 174.38 | 312.3 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.06 | 285.28 |
| 2 | 12.3 | 286.0 |
| 3 | 21.4 | 287.0 |
| 4 | 30.37 | 288.0 |
| 5 | 39.12 | 289.0 |
| 6 | 47.26 | 290.0 |
| 7 | 55.23 | 291.0 |
| 8 | 63.27 | 292.0 |
| 9 | 72.61 | 293.0 |
| 10 | 78.83 | 294.0 |
| 11 | 85.87 | 295.0 |
| 12 | 95.66 | 296.0 |
| 13 | 103.8 | 297.0 |
| 14 | 113.95 | 299.0 |
| 15 | 118.66 | 300.0 |
| 16 | 119.92 | 300.5 |
| 17 | 131.39 | 300.5 |
| 18 | 131.39 | 303.3 |
| 19 | 137.87 | 303.3 |
| 20 | 137.87 | 303.83 |
| 21 | 139.32 | 304.0 |
| 22 | 145.37 | 305.0 |
| 23 | 150.71 | 306.0 |
| 24 | 156.24 | 307.0 |
| 25 | 161.22 | 308.0 |
| 26 | 164.62 | 309.0 |
| 27 | 166.62 | 310.0 |
| 28 | 168.58 | 311.0 |
| 29 | 169.34 | 311.5 |
| 30 | 174.38 | 311.5 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 5.06 | 284.06 |
| 2 | 25.27 | 286.16 |
| 3 | 41.73 | 288.02 |
| 4 | 56.43 | 289.68 |
| 5 | 61.74 | 290.01 |
| 6 | 70.08 | 291.02 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 7 | 77.07 | 292.21 |
| 8 | 92.01 | 293.71 |
| 9 | 96.92 | 294.28 |
| 10 | 100.65 | 294.88 |
| 11 | 104.65 | 295.33 |
| 12 | 107.84 | 295.72 |
| 13 | 109.78 | 295.97 |
| 14 | 114.24 | 296.04 |
| 15 | 122.77 | 297.62 |
| 16 | 129.28 | 299.1 |
| 17 | 132.42 | 299.63 |
| 18 | 136.17 | 300.53 |
| 19 | 143.05 | 302.19 |
| 20 | 146.78 | 303.22 |
| 21 | 150.84 | 304.15 |
| 22 | 155.35 | 304.82 |
| 23 | 157.41 | 305.05 |
| 24 | 159.61 | 305.37 |
| 25 | 162.85 | 305.86 |
| 26 | 167.12 | 306.55 |
| 27 | 174.38 | 307.4 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.06 | 279.2 |
| 2 | 26.48 | 279.57 |
| 3 | 42.32 | 279.97 |
| 4 | 56.43 | 281.39 |
| 5 | 61.74 | 281.81 |
| 6 | 67.9 | 282.78 |
| 7 | 82.15 | 285.36 |
| 8 | 92.01 | 286.96 |
| 9 | 95.98 | 287.56 |
| 10 | 101.31 | 288.22 |
| 11 | 103.91 | 288.78 |
| 12 | 106.45 | 289.56 |
| 13 | 107.27 | 289.74 |
| 14 | 110.47 | 290.04 |
| 15 | 111.91 | 290.12 |
| 16 | 115.61 | 290.12 |
| 17 | 122.77 | 290.31 |
| 18 | 124.43 | 290.54 |
| 19 | 129.06 | 291.31 |
| 20 | 130.14 | 291.39 |
| 21 | 137.56 | 291.41 |
| 22 | 147.36 | 290.48 |
| 23 | 151.85 | 290.22 |
| 24 | 153.91 | 290.34 |
| 25 | 167.12 | 290.94 |
| 26 | 174.38 | 291.25 |

Vertici strato4

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 5.06 | 268.44 |
| 2 | 36.65 | 269.97 |
| 3 | 50.98 | 271.44 |
| 4 | 66.39 | 273.45 |
| 5 | 77.05 | 275.92 |
| 6 | 90.94 | 278.73 |
| 7 | 97.76 | 279.81 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 8 | 104.58 | 281.03 |
| 9 | 136.23 | 283.56 |
| 10 | 154.27 | 283.74 |
| 11 | 174.38 | 284.73 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | 0.05 | | 28 | 1600 | | Unità R | |
| 2 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 3 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 4 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 5 | 2.89 | 2.01 | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

| N° | x (m) | y (m) | Base mensola a valle (m) | Base mensola a monte (m) | Altezza muro (m) | Spessore testa (m) | Spessore base (m) | Peso specifico (Kg/m ³) |
|----|--------|--------|--------------------------|--------------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1 | 109.25 | 300.51 | 0.3 | 0.3 | 2.9 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 2 | 131.66 | 300.47 | 0.3 | 0.3 | 2.9 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 3 | 138.15 | 303.29 | 0.3 | 0.3 | 2.1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |

Pali...

| N° | x (m) | y (m) | Diametro (m) | Lunghezza (m) | Inclinazione (°) | Interasse (m) | Resistenza al taglio (kg/cm ²) | Momento plasticizzazione (kN*m) | Metodo stabilizzazione |
|----|----------|----------|--------------|---------------|------------------|---------------|--|---------------------------------|------------------------|
| 1 | 108.8834 | 300.459 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 2 | 110.0363 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 3 | 111.3068 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 4 | 112.4361 | 300.4825 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 5 | 113.5655 | 300.459 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 6 | 114.7418 | 300.4355 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 7 | 116.0829 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 8 | 117.4711 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 9 | 118.671 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione |

| | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-----|----|----|-----|---|----|----------------------|
| | | | | | | | | | tangenziale |
| 10 | 119.965 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 11 | 121.3531 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 12 | 122.6472 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 13 | 123.9647 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 14 | 125.1176 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 15 | 126.2704 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 16 | 127.4703 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 17 | 128.7644 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 18 | 130.1996 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 19 | 131.3054 | 300.5295 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kg/cm²) |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
| 1 | 109.32 | 300.47 | 131.32 | 300.47 | 1.5 |
| 2 | 131.75 | 303.36 | 137.75 | 303.36 | 0.25 |

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 4.4 |
| Ascissa centro superficie | 108.79 m |
| Ordinata centro superficie | 373.03 m |
| Raggio superficie | 88.32 m |

xc = 108.794 yc = 373.028 Rc = 88.315 Fs=4.404

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|-------------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 0.95 | -24.5 | 1.04 | 405.26 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.4 | 0.0 | 460.7 | 33.5 |
| 2 | 12.22 | -20.0 | 13.0191531 | 93 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0114641 | 1.1 | 47496.9 |
| 3 | 7.8 | -13.1 | 8.01129726 | 4 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0141353 | 4 | 34843.0 |
| 4 | 2.25 | -9.8 | 2.2846697 | 38 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 18.8 | 0.049376 | 6 | 11496.7 |
| 5 | 2.48 | -8.3 | 2.5157919 | 21 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 18.8 | 0.060422 | 2 | 13077.8 |
| 6 | 4.61 | -5.9 | 4.6412439 | 0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 18.8 | 0.0127692 | 0 | 25314.3 |
| 7 | 2.37 | -3.7 | 2.3871629 | 86 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 18.8 | 0.072637 | 2 | 13472.2 |
| 8 | 2.23 | -2.2 | 2.2371834 | 41 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 18.8 | 0.072374 | 5 | 12946.8 |
| 9 | 2.66 | -0.6 | 2.66 | 90781.9 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 18.8 | 0.090945 | 3 | 15769.0 |
| 10 | 63.6 | 23.4 | 69.32250039 | 0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 18.8 | 0.02276654 | 0.404125 | 3 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE B STATO FINALE (CONDIZIONI SISMICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.

43.351215/11.282028

| | |
|---|--------------------|
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| Numero di strati | 5.0 |
| Numero dei conci | 10.0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1.1 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1.2 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 62.44 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 339.11 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 146.71 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 374.62 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 II |
| Vita nominale: | 50.0 [anni] |
| Vita di riferimento: | 50.0 [anni] |

Parametri sismici su sito di riferimento

| | |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo: | B |
| Categoria topografica: | T1 |

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | ag [m/s ²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 30.0 | 0.46 | 2.51 | 0.25 |
| S.L.D. | 50.0 | 0.57 | 2.53 | 0.26 |
| S.L.V. | 475.0 | 1.37 | 2.48 | 0.28 |
| S.L.C. | 975.0 | 1.72 | 2.51 | 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. | 0.552 | 0.2 | 0.0113 | 0.0056 |
| S.L.D. | 0.684 | 0.2 | 0.014 | 0.007 |
| S.L.V. | 1.644 | 0.24 | 0.0402 | 0.0201 |
| S.L.C. | 2.064 | 0.24 | 0.0505 | 0.0253 |

| | |
|---|--------|
| Coefficiente azione sismica orizzontale | 0.0402 |
| Coefficiente azione sismica verticale | 0.0201 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.06 | 285.28 |
| 2 | 16.58 | 286.47 |
| 3 | 30.37 | 288.0 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 4 | 47.26 | 290.0 |
| 5 | 55.23 | 291.0 |
| 6 | 63.27 | 292.0 |
| 7 | 72.61 | 293.0 |
| 8 | 84.83 | 294.85 |
| 9 | 92.63 | 296.0 |
| 10 | 94.88 | 297.0 |
| 11 | 97.36 | 298.0 |
| 12 | 101.97 | 300.0 |
| 13 | 104.35 | 301.0 |
| 14 | 106.58 | 302.0 |
| 15 | 109.24 | 303.0 |
| 16 | 109.24 | 300.5 |
| 17 | 131.39 | 300.5 |
| 18 | 131.39 | 303.3 |
| 19 | 137.87 | 303.3 |
| 20 | 137.87 | 305.4 |
| 21 | 143.55 | 306.7 |
| 22 | 154.68 | 307.94 |
| 23 | 154.68 | 308.04 |
| 24 | 157.25 | 308.35 |
| 25 | 160.75 | 310.0 |
| 26 | 162.5 | 311.0 |
| 27 | 163.53 | 312.0 |
| 28 | 163.53 | 312.33 |
| 29 | 172.86 | 312.22 |
| 30 | 172.86 | 312.32 |
| 31 | 174.38 | 312.3 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.06 | 285.28 |
| 2 | 12.3 | 286.0 |
| 3 | 21.4 | 287.0 |
| 4 | 30.37 | 288.0 |
| 5 | 39.12 | 289.0 |
| 6 | 47.26 | 290.0 |
| 7 | 55.23 | 291.0 |
| 8 | 63.27 | 292.0 |
| 9 | 72.61 | 293.0 |
| 10 | 78.83 | 294.0 |
| 11 | 85.87 | 295.0 |
| 12 | 95.66 | 296.0 |
| 13 | 103.8 | 297.0 |
| 14 | 113.95 | 299.0 |
| 15 | 118.66 | 300.0 |
| 16 | 119.92 | 300.5 |
| 17 | 131.39 | 300.5 |
| 18 | 131.39 | 303.3 |
| 19 | 137.87 | 303.3 |
| 20 | 137.87 | 303.83 |
| 21 | 139.32 | 304.0 |
| 22 | 145.37 | 305.0 |
| 23 | 150.71 | 306.0 |
| 24 | 156.24 | 307.0 |
| 25 | 161.22 | 308.0 |
| 26 | 164.62 | 309.0 |
| 27 | 166.62 | 310.0 |
| 28 | 168.58 | 311.0 |

| | | |
|----|--------|-------|
| 29 | 169.34 | 311.5 |
| 30 | 174.38 | 311.5 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.06 | 284.06 |
| 2 | 25.27 | 286.16 |
| 3 | 41.73 | 288.02 |
| 4 | 56.43 | 289.68 |
| 5 | 61.74 | 290.01 |
| 6 | 70.08 | 291.02 |
| 7 | 77.07 | 292.21 |
| 8 | 92.01 | 293.71 |
| 9 | 96.92 | 294.28 |
| 10 | 100.65 | 294.88 |
| 11 | 104.65 | 295.33 |
| 12 | 107.84 | 295.72 |
| 13 | 109.78 | 295.97 |
| 14 | 114.24 | 296.04 |
| 15 | 122.77 | 297.62 |
| 16 | 129.28 | 299.1 |
| 17 | 132.42 | 299.63 |
| 18 | 136.17 | 300.53 |
| 19 | 143.05 | 302.19 |
| 20 | 146.78 | 303.22 |
| 21 | 150.84 | 304.15 |
| 22 | 155.35 | 304.82 |
| 23 | 157.41 | 305.05 |
| 24 | 159.61 | 305.37 |
| 25 | 162.85 | 305.86 |
| 26 | 167.12 | 306.55 |
| 27 | 174.38 | 307.4 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.06 | 279.2 |
| 2 | 26.48 | 279.57 |
| 3 | 42.32 | 279.97 |
| 4 | 56.43 | 281.39 |
| 5 | 61.74 | 281.81 |
| 6 | 67.9 | 282.78 |
| 7 | 82.15 | 285.36 |
| 8 | 92.01 | 286.96 |
| 9 | 95.98 | 287.56 |
| 10 | 101.31 | 288.22 |
| 11 | 103.91 | 288.78 |
| 12 | 106.45 | 289.56 |
| 13 | 107.27 | 289.74 |
| 14 | 110.47 | 290.04 |
| 15 | 111.91 | 290.12 |
| 16 | 115.61 | 290.12 |
| 17 | 122.77 | 290.31 |
| 18 | 124.43 | 290.54 |
| 19 | 129.06 | 291.31 |
| 20 | 130.14 | 291.39 |
| 21 | 137.56 | 291.41 |
| 22 | 147.36 | 290.48 |
| 23 | 151.85 | 290.22 |
| 24 | 153.91 | 290.34 |
| 25 | 167.12 | 290.94 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 26 | 174.38 | 291.25 |
|----|--------|--------|

Vertici strato4

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.06 | 268.44 |
| 2 | 36.65 | 269.97 |
| 3 | 50.98 | 271.44 |
| 4 | 66.39 | 273.45 |
| 5 | 77.05 | 275.92 |
| 6 | 90.94 | 278.73 |
| 7 | 97.76 | 279.81 |
| 8 | 104.58 | 281.03 |
| 9 | 136.23 | 283.56 |
| 10 | 154.27 | 283.74 |
| 11 | 174.38 | 284.73 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | No |

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 | 0.05 | | 28 | 1600 | | Unità R | |
| 2 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 3 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 4 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 5 | 2.89 | 2.01 | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

| N° | x (m) | y (m) | Base mensola a valle (m) | Base mensola a monte (m) | Altezza muro (m) | Spessore testa (m) | Spessore base (m) | Peso specifico (Kg/m ³) |
|----|----------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|---|
| 1 | 109.25 | 300.51 | 0.3 | 0.3 | 2.9 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 2 | 131.66 | 300.47 | 0.3 | 0.3 | 2.9 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 3 | 138.15 | 303.29 | 0.3 | 0.3 | 2.1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |

Pali...

| N° | x (m) | y (m) | Diametro (m) | Lunghezza (m) | Inclinazion e (°) | Interasse (m) | Resistenza al taglio (kg/cm ²) | Momento plasticizza zione (kN*m) | Metodo stabilizzazi one |
|----|----------|----------|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|--|---|-------------------------------|
| 1 | 108.8834 | 300.459 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 2 | 110.0363 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 3 | 111.3068 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

| | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-----|----|----|-----|---|----|----------------------|
| 4 | 112.4361 | 300.4825 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 5 | 113.5655 | 300.459 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 6 | 114.7418 | 300.4355 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 7 | 116.0829 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 8 | 117.4711 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 9 | 118.671 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 10 | 119.965 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 11 | 121.3531 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 12 | 122.6472 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 13 | 123.9647 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 14 | 125.1176 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 15 | 126.2704 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 16 | 127.4703 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 17 | 128.7644 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 18 | 130.1996 | 300.4999 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 19 | 131.3054 | 300.5295 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kg/cm²) |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
| 1 | 109.32 | 300.47 | 131.32 | 300.47 | 1.5 |
| 2 | 131.75 | 303.36 | 137.75 | 303.36 | 0.25 |

Risultati analisi pendio

=====

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 4.13 |
| Ascissa centro superficie | 108.79 m |
| Ordinata centro superficie | 373.03 m |
| Raggio superficie | 88.32 m |

=====

xc = 108.794 yc = 373.028 Rc = 88.315 Fs=4.128

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|------------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 0.95 | -24.5 | 1.04 | 405.26 | 16.29 | 8.15 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 464.3 | 41.2 |
| 2 | 12.22 | -20.0 | 13.0191531 | 93 | 3679.58 | 1839.79 | 1.79 | 25.6 | 0.0118615 | 6 | 58436.7 |
| 3 | 7.8 | -13.1 | 8.01129726 | 4 | 5215.0 | 2607.5 | 1.79 | 25.6 | 0.0143203 | 5 | 42765.5 |
| 4 | 2.25 | -9.8 | 2.2846697 | 38 | 1877.23 | 938.62 | 2.13 | 23.1 | 0.049824 | 9 | 14090.4 |
| 5 | 2.48 | -8.3 | 2.5157919 | 21 | 2328.35 | 1164.18 | 2.13 | 23.1 | 0.060849 | 1 | 16021.1 |
| 6 | 4.61 | -5.9 | 4.6412439 | 0.9 | 5000.51 | 2500.26 | 2.13 | 23.1 | 0.0128282 | 1 | 30991.2 |
| 7 | 2.37 | -3.7 | 2.3871629 | 86 | 2879.52 | 1439.76 | 2.13 | 23.1 | 0.072829 | 6 | 16483.0 |

| | | | | | | | | | |
|----|------|------|---------------|----------|----------|------|------|---------------|---------|
| 8 | 2.23 | -2.2 | 2.2371834.41 | 2887.74 | 1443.87 | 2.13 | 23.1 | 0.072483.5 | 15833.6 |
| 9 | 2.66 | -0.6 | 2.66 90781.9 | 3649.43 | 1824.72 | 2.13 | 23.1 | 0.090980.6 | 19276.7 |
| 10 | 63.6 | 23.4 | 69.32250039.0 | 90451.55 | 45225.77 | 2.13 | 23.1 | 0.02239207.04 | 90719.0 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE C STATO FINALE (CONDIZIONI STATICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|--------------------|
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| Numero di strati | 5.0 |
| Numero dei conci | 5.0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1.1 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1.1 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 56.75 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 387.19 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 154.28 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 433.6 m |
| Passo di ricerca | 10.0 |
| Numero di celle lungo x | 10.0 |
| Numero di celle lungo y | 10.0 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 296.0 |
| 2 | 42.31 | 297.0 |
| 3 | 60.85 | 298.0 |
| 4 | 103.81 | 298.9 |
| 5 | 108.95 | 301.0 |
| 6 | 110.99 | 302.0 |
| 7 | 110.99 | 300.5 |
| 8 | 122.58 | 300.5 |
| 9 | 138.23 | 300.5 |
| 10 | 138.23 | 304.0 |
| 11 | 143.24 | 304.0 |
| 12 | 143.24 | 303.6 |
| 13 | 165.46 | 303.6 |
| 14 | 165.46 | 308.35 |
| 15 | 173.38 | 308.35 |
| 16 | 175.23 | 310.2 |
| 17 | 181.94 | 310.2 |
| 18 | 181.94 | 310.3 |
| 19 | 183.45 | 310.3 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 296.0 |
| 2 | 42.31 | 297.0 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 3 | 60.85 | 298.0 |
| 4 | 103.81 | 298.9 |
| 5 | 108.38 | 299.0 |
| 6 | 121.01 | 300.0 |
| 7 | 122.58 | 300.5 |
| 8 | 138.23 | 300.5 |
| 9 | 138.23 | 303.12 |
| 10 | 143.24 | 303.6 |
| 11 | 165.46 | 303.6 |
| 12 | 165.46 | 306.47 |
| 13 | 170.21 | 307.0 |
| 14 | 174.14 | 308.0 |
| 15 | 178.4 | 310.1 |
| 16 | 183.45 | 310.1 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 290.73 |
| 2 | 49.33 | 293.42 |
| 3 | 59.84 | 294.58 |
| 4 | 62.96 | 294.85 |
| 5 | 71.34 | 295.23 |
| 6 | 96.62 | 295.82 |
| 7 | 105.43 | 296.33 |
| 8 | 106.97 | 296.52 |
| 9 | 119.03 | 296.64 |
| 10 | 122.71 | 297.03 |
| 11 | 126.96 | 297.8 |
| 12 | 130.18 | 298.57 |
| 13 | 132.76 | 299.28 |
| 14 | 134.86 | 299.76 |
| 15 | 137.26 | 300.46 |
| 16 | 138.23 | 300.5 |
| 17 | 138.23 | 300.67 |
| 18 | 139.81 | 301.02 |
| 19 | 141.86 | 301.27 |
| 20 | 144.22 | 301.52 |
| 21 | 145.82 | 301.65 |
| 22 | 149.31 | 302.19 |
| 23 | 153.75 | 302.91 |
| 24 | 156.74 | 303.6 |
| 25 | 165.46 | 303.6 |
| 26 | 165.46 | 304.91 |
| 27 | 166.57 | 305.07 |
| 28 | 168.54 | 305.32 |
| 29 | 169.81 | 305.56 |
| 30 | 171.36 | 305.76 |
| 31 | 174.09 | 306.24 |
| 32 | 183.45 | 307.35 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 287.68 |
| 2 | 29.36 | 288.32 |
| 3 | 49.33 | 289.39 |
| 4 | 61.19 | 290.03 |
| 5 | 75.86 | 290.03 |
| 6 | 97.72 | 289.63 |
| 7 | 106.97 | 290.32 |
| 8 | 113.88 | 290.12 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 9 | 119.03 | 290.46 |
| 10 | 125.99 | 290.33 |
| 11 | 131.01 | 290.53 |
| 12 | 141.86 | 290.38 |
| 13 | 148.53 | 290.33 |
| 14 | 158.81 | 289.92 |
| 15 | 160.88 | 290.04 |
| 16 | 174.09 | 290.64 |
| 17 | 183.45 | 291.03 |

Vertici strato4

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 276.06 |
| 2 | 106.97 | 282.35 |
| 3 | 112.1 | 282.6 |
| 4 | 115.49 | 282.52 |
| 5 | 119.03 | 282.61 |
| 6 | 129.14 | 282.71 |
| 7 | 132.52 | 283.21 |
| 8 | 135.02 | 283.58 |
| 9 | 144.26 | 283.95 |
| 10 | 150.77 | 283.87 |
| 11 | 156.05 | 283.52 |
| 12 | 161.23 | 283.43 |
| 13 | 183.45 | 284.53 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | 0.05 | | 28 | 1600 | | Unità R | |
| 2 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 3 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 4 | 2.1 | 1.71 | 23.1 | 2130 | | Unità B | |
| 5 | 2.89 | 2.01 | 27.2 | 2170 | | Unità C | |

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

| N° | x (m) | y (m) | Base mensola a valle (m) | Base mensola a monte (m) | Altezza muro (m) | Spessore testa (m) | Spessore base (m) | Peso specifico (Kg/m ³) |
|----|----------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|---|
| 1 | 110.99 | 300.5 | 0.3 | 0.3 | 1.5 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 2 | 138.51 | 300.5 | 0.3 | 0.3 | 3.5 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 3 | 165.76 | 303.6 | 0.3 | 0.3 | 4.8 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |

Pali...

| N° | x (m) | y (m) | Diametro (m) | Lunghezza (m) | Inclinazione (°) | Interasse (m) | Resistenza al taglio (kg/cm²) | Momento plasticizzazione (kN*m) | Metodo stabilizzazione |
|----|----------|----------|-----------------|------------------|---------------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| 1 | 142.9805 | 303.6012 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 2 | 144.2037 | 303.5763 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 3 | 145.2772 | 303.5763 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 4 | 146.6252 | 303.6012 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 5 | 149.2093 | 303.5571 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 6 | 150.5966 | 303.5163 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 7 | 151.8926 | 303.5763 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 8 | 152.8911 | 303.5513 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 9 | 154.0243 | 303.5163 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 10 | 155.1129 | 303.6012 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 11 | 156.5359 | 303.6012 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 12 | 158.9574 | 303.5763 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 13 | 160.1057 | 303.6262 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 14 | 164.1498 | 303.6012 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 15 | 162.5932 | 303.6 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 16 | 161.4871 | 303.6377 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 17 | 165.3481 | 303.6262 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 18 | 147.9733 | 303.6 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 19 | 157.834 | 303.6 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 20 | 110.565 | 300.5273 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 21 | 117.8692 | 300.5273 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 22 | 136.923 | 300.4692 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 23 | 135.9245 | 300.5191 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 24 | 138.0963 | 300.4692 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 25 | 134.7262 | 300.5191 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 26 | 128.4378 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 27 | 133.4569 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 28 | 132.1511 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

| | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-----|----|----|-----|---|----|----------------------|
| 29 | 130.8861 | 300.5273 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 30 | 129.662 | 300.5273 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 31 | 121.7666 | 300.5229 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 32 | 124.2533 | 300.4519 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 33 | 123.081 | 300.4519 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 34 | 125.5678 | 300.4519 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 35 | 114.2375 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 36 | 120.3811 | 300.5229 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 37 | 127.0243 | 300.4519 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 38 | 116.5634 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 39 | 119.175 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 40 | 115.4209 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 41 | 113.0134 | 300.4048 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 42 | 111.7076 | 300.4048 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kg/cm²) |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
| 1 | 175.36 | 310.22 | 181.86 | 310.22 | 0.25 |
| 2 | 143.3 | 303.59 | 165.5 | 303.59 | 1.5 |
| 3 | 111.02 | 300.52 | 138.02 | 300.52 | 1.5 |

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 14.63 |
| Ascissa centro superficie | 114.1 m |
| Ordinata centro superficie | 382.22 m |
| Raggio superficie | 97.02 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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 114.101 yc = 382.223 Rc = 97.018 Fs=14.63

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|----------------|------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|------------|-------------|------------|
| 1 | 22.67 | -22.6 | 24.56242505.8 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0274516.8 | 28372.5 | | |
| 2 | 15.38 | -10.7 | 15.65361705.9 | 0.0 | 0.0 | 1.68 | 18.8 | 0.0372710.6 | 24244.7 | | |
| 3 | 5.13 | -4.6 | 5.15147371.1 | 0.0 | 0.0 | 1.68 | 18.8 | 0.0148521.0 | 8523.9 | | |
| 4 | 2.05 | -2.4 | 2.0564904.69 | 0.0 | 0.0 | 1.68 | 18.8 | 0.065113.5 | 3519.3 | | |
| 5 | 68.11 | 20.1 | 72.532584761.0 | 0.0 | 0.0 | 1.68 | 18.8 | 0.02703941.0133048.6 | | | |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE C STATO FINALE (CONDIZIONI SISMICHE)
Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|---------------------|
| Lat./Long. | 43.351215/11.282028 |
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| Numero di strati | 5.0 |
| Numero dei conci | 5.0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1.1 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1.2 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 56.75 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 387.19 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 154.28 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 433.6 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 II |
| Vita nominale: | 50.0 [anni] |
| Vita di riferimento: | 50.0 [anni] |

Parametri sismici su sito di riferimento

| | |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo: | B |
| Categoria topografica: | T1 |

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | ag [m/s ²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 30.0 | 0.46 | 2.51 | 0.25 |
| S.L.D. | 50.0 | 0.57 | 2.53 | 0.26 |
| S.L.V. | 475.0 | 1.37 | 2.48 | 0.28 |
| S.L.C. | 975.0 | 1.72 | 2.51 | 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. | 0.552 | 0.2 | 0.0113 | 0.0056 |
| S.L.D. | 0.684 | 0.2 | 0.014 | 0.007 |
| S.L.V. | 1.644 | 0.24 | 0.0402 | 0.0201 |
| S.L.C. | 2.064 | 0.24 | 0.0505 | 0.0253 |

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.04

Coefficiente azione sismica verticale

0.02

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 296.0 |
| 2 | 42.31 | 297.0 |
| 3 | 60.85 | 298.0 |
| 4 | 103.81 | 298.9 |
| 5 | 108.95 | 301.0 |
| 6 | 110.99 | 302.0 |
| 7 | 110.99 | 300.5 |
| 8 | 122.58 | 300.5 |
| 9 | 138.23 | 300.5 |
| 10 | 138.23 | 304.0 |
| 11 | 143.24 | 304.0 |
| 12 | 143.24 | 303.6 |
| 13 | 165.46 | 303.6 |
| 14 | 165.46 | 308.35 |
| 15 | 173.38 | 308.35 |
| 16 | 175.23 | 310.2 |
| 17 | 181.94 | 310.2 |
| 18 | 181.94 | 310.3 |
| 19 | 183.45 | 310.3 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 296.0 |
| 2 | 42.31 | 297.0 |
| 3 | 60.85 | 298.0 |
| 4 | 103.81 | 298.9 |
| 5 | 108.38 | 299.0 |
| 6 | 121.01 | 300.0 |
| 7 | 122.58 | 300.5 |
| 8 | 138.23 | 300.5 |
| 9 | 138.23 | 303.12 |
| 10 | 143.24 | 303.6 |
| 11 | 165.46 | 303.6 |
| 12 | 165.46 | 306.47 |
| 13 | 170.21 | 307.0 |
| 14 | 174.14 | 308.0 |
| 15 | 178.4 | 310.1 |
| 16 | 183.45 | 310.1 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 290.73 |
| 2 | 49.33 | 293.42 |
| 3 | 59.84 | 294.58 |
| 4 | 62.96 | 294.85 |
| 5 | 71.34 | 295.23 |
| 6 | 96.62 | 295.82 |
| 7 | 105.43 | 296.33 |
| 8 | 106.97 | 296.52 |
| 9 | 119.03 | 296.64 |
| 10 | 122.71 | 297.03 |
| 11 | 126.96 | 297.8 |
| 12 | 130.18 | 298.57 |
| 13 | 132.76 | 299.28 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 14 | 134.86 | 299.76 |
| 15 | 137.26 | 300.46 |
| 16 | 138.23 | 300.5 |
| 17 | 138.23 | 300.67 |
| 18 | 139.81 | 301.02 |
| 19 | 141.86 | 301.27 |
| 20 | 144.22 | 301.52 |
| 21 | 145.82 | 301.65 |
| 22 | 149.31 | 302.19 |
| 23 | 153.75 | 302.91 |
| 24 | 156.74 | 303.6 |
| 25 | 165.46 | 303.6 |
| 26 | 165.46 | 304.91 |
| 27 | 166.57 | 305.07 |
| 28 | 168.54 | 305.32 |
| 29 | 169.81 | 305.56 |
| 30 | 171.36 | 305.76 |
| 31 | 174.09 | 306.24 |
| 32 | 183.45 | 307.35 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 287.68 |
| 2 | 29.36 | 288.32 |
| 3 | 49.33 | 289.39 |
| 4 | 61.19 | 290.03 |
| 5 | 75.86 | 290.03 |
| 6 | 97.72 | 289.63 |
| 7 | 106.97 | 290.32 |
| 8 | 113.88 | 290.12 |
| 9 | 119.03 | 290.46 |
| 10 | 125.99 | 290.33 |
| 11 | 131.01 | 290.53 |
| 12 | 141.86 | 290.38 |
| 13 | 148.53 | 290.33 |
| 14 | 158.81 | 289.92 |
| 15 | 160.88 | 290.04 |
| 16 | 174.09 | 290.64 |
| 17 | 183.45 | 291.03 |

Vertici strato4

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 15.62 | 276.06 |
| 2 | 106.97 | 282.35 |
| 3 | 112.1 | 282.6 |
| 4 | 115.49 | 282.52 |
| 5 | 119.03 | 282.61 |
| 6 | 129.14 | 282.71 |
| 7 | 132.52 | 283.21 |
| 8 | 135.02 | 283.58 |
| 9 | 144.26 | 283.95 |
| 10 | 150.77 | 283.87 |
| 11 | 156.05 | 283.52 |
| 12 | 161.23 | 283.43 |
| 13 | 183.45 | 284.53 |

Coefficienti parziali azioni

=====

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | No |

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 | 0.05 | | 28 | 1600 | | Unità R | |
| 2 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 3 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 4 | 2.1 | 1.71 | 23.1 | 2130 | | Unità B | |
| 5 | 2.89 | 2.01 | 27.2 | 2170 | | Unità C | |

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

| N° | x (m) | y (m) | Base mensola a valle (m) | Base mensola a monte (m) | Altezza muro (m) | Spessore testa (m) | Spessore base (m) | Peso specifico (Kg/m ³) |
|----|--------|-------|--------------------------|--------------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1 | 110.99 | 300.5 | 0.3 | 0.3 | 1.5 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 2 | 138.51 | 300.5 | 0.3 | 0.3 | 3.5 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 3 | 165.76 | 303.6 | 0.3 | 0.3 | 4.8 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |

Pali...

| N° | x (m) | y (m) | Diametro (m) | Lunghezza (m) | Inclinazione (°) | Interasse (m) | Resistenza al taglio (kg/cm ²) | Momento plasticizzazione (kN*m) | Metodo stabilizzazione |
|----|----------|----------|--------------|---------------|------------------|---------------|--|---------------------------------|------------------------|
| 1 | 142.9805 | 303.6012 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 2 | 144.2037 | 303.5763 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 3 | 145.2772 | 303.5763 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 4 | 146.6252 | 303.6012 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 5 | 149.2093 | 303.5571 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 6 | 150.5966 | 303.5163 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 7 | 151.8926 | 303.5763 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 8 | 152.8911 | 303.5513 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 9 | 154.0243 | 303.5163 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 10 | 155.1129 | 303.6012 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 11 | 156.5359 | 303.6012 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 12 | 158.9574 | 303.5763 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 13 | 160.1057 | 303.6262 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

| | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-----|----|----|-----|---|----|----------------------|
| 14 | 164.1498 | 303.6012 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 15 | 162.5932 | 303.6 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 16 | 161.4871 | 303.6377 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 17 | 165.3481 | 303.6262 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 18 | 147.9733 | 303.6 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 19 | 157.834 | 303.6 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 20 | 110.565 | 300.5273 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 21 | 117.8692 | 300.5273 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 22 | 136.923 | 300.4692 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 23 | 135.9245 | 300.5191 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 24 | 138.0963 | 300.4692 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 25 | 134.7262 | 300.5191 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 26 | 128.4378 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 27 | 133.4569 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 28 | 132.1511 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 29 | 130.8861 | 300.5273 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 30 | 129.662 | 300.5273 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 31 | 121.7666 | 300.5229 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 32 | 124.2533 | 300.4519 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 33 | 123.081 | 300.4519 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 34 | 125.5678 | 300.4519 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 35 | 114.2375 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 36 | 120.3811 | 300.5229 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 37 | 127.0243 | 300.4519 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 38 | 116.5634 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 39 | 119.175 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 40 | 115.4209 | 300.4865 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 41 | 113.0134 | 300.4048 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 42 | 111.7076 | 300.4048 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kg/cm²) |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
| 1 | 175.36 | 310.22 | 181.86 | 310.22 | 0.25 |
| 2 | 143.3 | 303.59 | 165.5 | 303.59 | 1.5 |
| 3 | 111.02 | 300.52 | 138.02 | 300.52 | 1.5 |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 9.71 |
| Ascissa centro superficie | 114.1 m |
| Ordinata centro superficie | 382.22 m |
| Raggio superficie | 97.02 m |

xc = 114.101 yc = 382.223 Rc = 97.018 Fs=9.706

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|----------------|------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|------------|-------------|------------|
| 1 | 22.67 | -22.6 | 24.56242505.8 | 9700.23 | 4850.12 | 1.79 | 25.6 | 0.0283259.8 | 49364.0 | | |
| 2 | 15.38 | -10.7 | 15.65361705.9 | 14468.23 | 7234.12 | 2.1 | 23.1 | 0.0376069.8 | 41998.5 | | |
| 3 | 5.13 | -4.6 | 5.15147371.1 | 5894.84 | 2947.42 | 2.1 | 23.1 | 0.0149017.5 | 14740.7 | | |
| 4 | 2.05 | -2.4 | 2.0564904.69 | 2596.19 | 1298.09 | 2.1 | 23.1 | 0.065222.8 | 6082.6 | | |
| 5 | 68.11 | 20.1 | 72.532584761.0 | 103390.4 | 51695.21 | 2.1 | 23.1 | 0.02668974.0228521.5 | | | |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE D STATO FINALE (CONDIZIONI STATICHE)

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

| | |
|---|--------------------|
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| Numero di strati | 5.0 |
| Numero dei conci | 10.0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1.1 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1.1 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 65.93 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 335.7 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 122.05 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 359.2 m |
| Passo di ricerca | 10.0 |
| Numero di celle lungo x | 10.0 |
| Numero di celle lungo y | 10.0 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.84 | 285.45 |
| 2 | 10.68 | 285.72 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 3 | 33.5 | 287.0 |
| 4 | 45.04 | 288.0 |
| 5 | 53.52 | 289.0 |
| 6 | 63.81 | 291.0 |
| 7 | 64.19 | 291.07 |
| 8 | 69.56 | 294.0 |
| 9 | 73.38 | 294.0 |
| 10 | 73.38 | 290.85 |
| 11 | 80.36 | 290.85 |
| 12 | 80.36 | 291.85 |
| 13 | 84.66 | 291.85 |
| 14 | 84.66 | 292.85 |
| 15 | 88.97 | 292.85 |
| 16 | 88.97 | 293.85 |
| 17 | 93.27 | 293.85 |
| 18 | 93.27 | 294.85 |
| 19 | 99.36 | 294.85 |
| 20 | 99.36 | 298.0 |
| 21 | 101.57 | 298.0 |
| 22 | 104.32 | 299.5 |
| 23 | 105.15 | 299.5 |
| 24 | 105.15 | 300.5 |
| 25 | 106.22 | 300.5 |
| 26 | 108.97 | 302.0 |
| 27 | 110.96 | 302.0 |
| 28 | 110.96 | 298.85 |
| 29 | 117.95 | 298.85 |
| 30 | 117.95 | 299.85 |
| 31 | 122.25 | 299.85 |
| 32 | 122.25 | 300.85 |
| 33 | 126.55 | 300.85 |
| 34 | 126.55 | 301.85 |
| 35 | 130.86 | 301.85 |
| 36 | 130.86 | 302.85 |
| 37 | 136.95 | 302.85 |
| 38 | 136.95 | 306.0 |
| 39 | 139.07 | 306.0 |
| 40 | 142.73 | 308.0 |
| 41 | 155.23 | 308.0 |
| 42 | 155.23 | 309.5 |
| 43 | 158.21 | 309.5 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.84 | 285.45 |
| 2 | 10.68 | 285.72 |
| 3 | 33.5 | 287.0 |
| 4 | 45.04 | 288.0 |
| 5 | 53.52 | 289.0 |
| 6 | 58.79 | 290.0 |
| 7 | 63.81 | 291.0 |
| 8 | 64.19 | 291.07 |
| 9 | 73.38 | 292.72 |
| 10 | 73.38 | 290.85 |
| 11 | 80.36 | 290.85 |
| 12 | 80.36 | 291.85 |
| 13 | 84.66 | 291.85 |
| 14 | 84.66 | 292.85 |
| 15 | 88.97 | 292.85 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 16 | 88.97 | 293.85 |
| 17 | 93.27 | 293.85 |
| 18 | 93.27 | 294.85 |
| 19 | 99.36 | 294.85 |
| 20 | 99.36 | 297.71 |
| 21 | 101.27 | 298.0 |
| 22 | 101.57 | 298.0 |
| 23 | 104.32 | 299.5 |
| 24 | 105.15 | 299.5 |
| 25 | 105.15 | 300.5 |
| 26 | 106.22 | 300.5 |
| 27 | 108.97 | 302.0 |
| 28 | 110.96 | 302.0 |
| 29 | 110.96 | 298.85 |
| 30 | 117.95 | 298.85 |
| 31 | 117.95 | 299.85 |
| 32 | 122.25 | 299.85 |
| 33 | 122.25 | 300.85 |
| 34 | 126.55 | 300.85 |
| 35 | 126.55 | 301.85 |
| 36 | 130.86 | 301.85 |
| 37 | 130.86 | 302.85 |
| 38 | 136.95 | 302.85 |
| 39 | 136.95 | 306.0 |
| 40 | 139.07 | 306.0 |
| 41 | 141.29 | 307.21 |
| 42 | 147.49 | 308.0 |
| 43 | 155.23 | 308.0 |
| 44 | 155.23 | 309.5 |
| 45 | 158.21 | 309.5 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.84 | 284.23 |
| 2 | 27.65 | 285.37 |
| 3 | 41.64 | 286.27 |
| 4 | 54.52 | 287.92 |
| 5 | 64.46 | 289.28 |
| 6 | 74.85 | 290.6 |
| 7 | 75.74 | 290.85 |
| 8 | 80.36 | 290.85 |
| 9 | 80.36 | 291.85 |
| 10 | 84.66 | 291.85 |
| 11 | 84.66 | 292.85 |
| 12 | 88.97 | 292.85 |
| 13 | 88.97 | 293.85 |
| 14 | 93.27 | 293.85 |
| 15 | 93.27 | 294.85 |
| 16 | 99.36 | 294.85 |
| 17 | 99.36 | 297.71 |
| 18 | 101.27 | 298.0 |
| 19 | 101.57 | 298.0 |
| 20 | 101.69 | 298.07 |
| 21 | 107.84 | 299.49 |
| 22 | 110.96 | 300.06 |
| 23 | 110.96 | 298.85 |
| 24 | 117.95 | 298.85 |
| 25 | 117.95 | 299.85 |
| 26 | 122.25 | 299.85 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 27 | 122.25 | 300.85 |
| 28 | 126.55 | 300.85 |
| 29 | 126.55 | 301.85 |
| 30 | 130.86 | 301.85 |
| 31 | 130.86 | 302.3 |
| 32 | 133.19 | 302.46 |
| 33 | 137.04 | 302.68 |
| 34 | 141.27 | 303.03 |
| 35 | 143.78 | 303.23 |
| 36 | 147.48 | 303.44 |
| 37 | 152.03 | 303.69 |
| 38 | 155.98 | 303.88 |
| 39 | 158.21 | 304.06 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.84 | 277.74 |
| 2 | 40.1 | 279.87 |
| 3 | 47.12 | 280.14 |
| 4 | 51.56 | 280.1 |
| 5 | 54.38 | 280.26 |
| 6 | 57.18 | 280.69 |
| 7 | 61.27 | 281.56 |
| 8 | 69.07 | 282.86 |
| 9 | 81.7 | 283.93 |
| 10 | 86.11 | 284.41 |
| 11 | 93.97 | 284.99 |
| 12 | 101.69 | 285.57 |
| 13 | 108.69 | 286.31 |
| 14 | 130.8 | 289.61 |
| 15 | 137.84 | 290.2 |
| 16 | 147.04 | 291.06 |
| 17 | 158.21 | 292.0 |

Vertici strato4

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 5.84 | 267.73 |
| 2 | 54.41 | 270.65 |
| 3 | 62.45 | 272.11 |
| 4 | 69.02 | 273.78 |
| 5 | 74.85 | 274.87 |
| 6 | 94.03 | 277.54 |
| 7 | 132.23 | 279.94 |
| 8 | 158.21 | 281.4 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 0.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 0.0 |

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 | 0.05 | | 28 | 1600 | | Unità R | |
| 2 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |
| 3 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 4 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 5 | 2.89 | 2.01 | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

| N° | x (m) | y (m) | Base mensola a valle (m) | Base mensola a monte (m) | Altezza muro (m) | Spessore testa (m) | Spessore base (m) | Peso specifico (Kg/m ³) |
|----|--------|--------|--------------------------|--------------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1 | 73.4 | 290.84 | 0.3 | 0.3 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 2 | 80.65 | 290.86 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 3 | 84.95 | 291.85 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 4 | 89.27 | 292.86 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 5 | 93.57 | 293.86 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 6 | 105.45 | 299.5 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 7 | 118.25 | 298.86 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 8 | 122.55 | 299.85 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 9 | 126.85 | 300.85 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 10 | 131.15 | 301.85 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 11 | 99.65 | 294.8 | 0.3 | 0.3 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 12 | 111.02 | 298.8 | 0.3 | 0.3 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 13 | 137.2 | 302.86 | 0.3 | 0.3 | 3.15 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 14 | 155.55 | 308.01 | 0.3 | 0.3 | 1.5 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |

Pali...

| N° | x (m) | y (m) | Diametro (m) | Lunghezza (m) | Inclinazione (°) | Interasse (m) | Resistenza al taglio (kg/cm ²) | Momento plasticizzazione (kN*m) | Metodo stabilizzazione |
|----|----------|----------|--------------|---------------|------------------|---------------|--|---------------------------------|------------------------|
| 1 | 73.03486 | 290.8316 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 2 | 74.6618 | 290.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 3 | 76.28874 | 290.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 4 | 77.86986 | 290.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 5 | 79.4968 | 290.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 6 | 80.64253 | 291.8398 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 7 | 81.85701 | 291.8169 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 8 | 83.07149 | 291.8169 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 9 | 84.12556 | 291.794 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 10 | 85.17963 | 292.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 11 | 86.18788 | 292.8939 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 12 | 87.28778 | 292.871 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 13 | 88.45644 | 292.8022 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

| | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-----|----|----|-----|---|----|----------------------|
| 14 | 89.30428 | 293.8792 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 15 | 92.54751 | 293.7918 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 16 | 90.33543 | 293.9021 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 17 | 99.17483 | 294.8382 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 18 | 91.36659 | 293.8792 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 19 | 93.82647 | 294.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 20 | 95.37672 | 294.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 21 | 96.73318 | 294.7995 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 22 | 98.0509 | 294.8382 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 23 | 110.9357 | 298.5007 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 24 | 112.4252 | 298.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 25 | 113.9834 | 298.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 26 | 115.5874 | 298.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 27 | 117.0998 | 298.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 28 | 118.108 | 299.837 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 29 | 119.3225 | 299.86 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 30 | 120.4224 | 299.86 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 31 | 121.5223 | 299.9058 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 32 | 122.5076 | 300.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 33 | 123.8367 | 300.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 34 | 125.1199 | 300.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 35 | 126.2198 | 300.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 36 | 127.1099 | 301.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 37 | 128.3473 | 301.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 38 | 129.4472 | 301.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 39 | 130.5471 | 301.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 40 | 131.4866 | 302.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 41 | 132.7928 | 302.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 42 | 133.9614 | 302.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 43 | 135.3363 | 302.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

| | | | | | | | | | |
|----|---------|--------|-----|----|----|-----|---|----|----------------------|
| 44 | 136.505 | 302.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
|----|---------|--------|-----|----|----|-----|---|----|----------------------|

Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kg/cm²) |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
| 1 | 73.42 | 290.87 | 80.32 | 290.87 | 1.5 |
| 2 | 80.41 | 291.91 | 84.61 | 291.91 | 1.5 |
| 3 | 84.69 | 292.87 | 88.89 | 292.87 | 1.5 |
| 4 | 88.99 | 293.85 | 93.18999 | 293.85 | 1.5 |
| 5 | 93.29 | 294.83 | 99.29 | 294.83 | 1.5 |
| 6 | 111.01 | 298.86 | 118.01 | 298.86 | 1.5 |
| 7 | 118.02 | 299.88 | 122.22 | 299.88 | 1.5 |
| 8 | 122.28 | 300.84 | 126.48 | 300.84 | 1.5 |
| 9 | 126.58 | 301.84 | 130.78 | 301.84 | 1.5 |
| 10 | 130.84 | 302.84 | 136.84 | 302.84 | 1.5 |
| 11 | 143.68 | 308.01 | 153.68 | 308.01 | 0.25 |

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 4.35 |
| Ascissa centro superficie | 80.54 m |
| Ordinata centro superficie | 382.31 m |
| Raggio superficie | 98.13 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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 80.536 yc = 382.31 Rc = 98.129 Fs=4.346

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 2.45 | -16.7 | 2.56 | 2043.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.4 | 0.0 | 1956.7 | -588.2 |
| 2 | 10.3 | -12.9 | 10.5664 | 651.27 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0 | 63020.3 | -14430.2 |
| 3 | 0.38 | -9.7 | 0.38 | 3958.35 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0 | 3901.6 | -667.6 |
| 4 | 9.24 | -6.9 | 9.3151 | 571.9 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0150 | 482.9 | -18136.0 |
| 5 | 25.99 | 3.5 | 26.0384 | 5859.1 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 18.8 | 0.0844 | 310.6 | 51160.6 |
| 6 | 9.56 | 14.0 | 9.8524 | 4214.0 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0236 | 995.0 | 58939.1 |
| 7 | 9.03 | 19.6 | 9.5927 | 5017.1 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0259 | 013.4 | 92447.2 |
| 8 | 8.61 | 25.2 | 9.5125 | 9100.0 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0234 | 398.9 | 110408.2 |
| 9 | 8.66 | 31.0 | 10.1212 | 853.3 | 0.0 | 0.0 | 1.43 | 20.9 | 0.0182 | 545.6 | 109469.7 |
| 10 | 9.36 | 37.3 | 11.7759 | 646.75 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.4 | 0.0474 | 24.5 | 36175.2 |

VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE D STATO FINALE (CONDIZIONI SISMICHE)**Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)**

| | |
|---|---------------------|
| Lat./Long. | 43.351215/11.282028 |
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| Numero di strati | 5.0 |
| Numero dei conci | 10.0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1.1 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1.2 |

Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:
 Analisi
 Superficie di forma circolare

Picco
 Condizione drenata

Maglia dei Centri

| | |
|--|----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 65.93 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 335.7 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 122.05 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 359.2 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 II |
| Vita nominale: | 50.0 [anni] |
| Vita di riferimento: | 50.0 [anni] |

Parametri sismici su sito di riferimento

| | |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo: | B |
| Categoria topografica: | T1 |

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | ag [m/s ²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 30.0 | 0.46 | 2.51 | 0.25 |
| S.L.D. | 50.0 | 0.57 | 2.53 | 0.26 |
| S.L.V. | 475.0 | 1.37 | 2.48 | 0.28 |
| S.L.C. | 975.0 | 1.72 | 2.51 | 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. | 0.552 | 0.2 | 0.0113 | 0.0056 |
| S.L.D. | 0.684 | 0.2 | 0.014 | 0.007 |
| S.L.V. | 1.644 | 0.24 | 0.0402 | 0.0201 |
| S.L.C. | 2.064 | 0.24 | 0.0505 | 0.0253 |

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0402
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0201

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.84 | 285.45 |
| 2 | 10.68 | 285.72 |
| 3 | 33.5 | 287.0 |
| 4 | 45.04 | 288.0 |
| 5 | 53.52 | 289.0 |
| 6 | 63.81 | 291.0 |
| 7 | 64.19 | 291.07 |
| 8 | 69.56 | 294.0 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 9 | 73.38 | 294.0 |
| 10 | 73.38 | 290.85 |
| 11 | 80.36 | 290.85 |
| 12 | 80.36 | 291.85 |
| 13 | 84.66 | 291.85 |
| 14 | 84.66 | 292.85 |
| 15 | 88.97 | 292.85 |
| 16 | 88.97 | 293.85 |
| 17 | 93.27 | 293.85 |
| 18 | 93.27 | 294.85 |
| 19 | 99.36 | 294.85 |
| 20 | 99.36 | 298.0 |
| 21 | 101.57 | 298.0 |
| 22 | 104.32 | 299.5 |
| 23 | 105.15 | 299.5 |
| 24 | 105.15 | 300.5 |
| 25 | 106.22 | 300.5 |
| 26 | 108.97 | 302.0 |
| 27 | 110.96 | 302.0 |
| 28 | 110.96 | 298.85 |
| 29 | 117.95 | 298.85 |
| 30 | 117.95 | 299.85 |
| 31 | 122.25 | 299.85 |
| 32 | 122.25 | 300.85 |
| 33 | 126.55 | 300.85 |
| 34 | 126.55 | 301.85 |
| 35 | 130.86 | 301.85 |
| 36 | 130.86 | 302.85 |
| 37 | 136.95 | 302.85 |
| 38 | 136.95 | 306.0 |
| 39 | 139.07 | 306.0 |
| 40 | 142.73 | 308.0 |
| 41 | 155.23 | 308.0 |
| 42 | 155.23 | 309.5 |
| 43 | 158.21 | 309.5 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.84 | 285.45 |
| 2 | 10.68 | 285.72 |
| 3 | 33.5 | 287.0 |
| 4 | 45.04 | 288.0 |
| 5 | 53.52 | 289.0 |
| 6 | 58.79 | 290.0 |
| 7 | 63.81 | 291.0 |
| 8 | 64.19 | 291.07 |
| 9 | 73.38 | 292.72 |
| 10 | 73.38 | 290.85 |
| 11 | 80.36 | 290.85 |
| 12 | 80.36 | 291.85 |
| 13 | 84.66 | 291.85 |
| 14 | 84.66 | 292.85 |
| 15 | 88.97 | 292.85 |
| 16 | 88.97 | 293.85 |
| 17 | 93.27 | 293.85 |
| 18 | 93.27 | 294.85 |
| 19 | 99.36 | 294.85 |
| 20 | 99.36 | 297.71 |
| 21 | 101.27 | 298.0 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 22 | 101.57 | 298.0 |
| 23 | 104.32 | 299.5 |
| 24 | 105.15 | 299.5 |
| 25 | 105.15 | 300.5 |
| 26 | 106.22 | 300.5 |
| 27 | 108.97 | 302.0 |
| 28 | 110.96 | 302.0 |
| 29 | 110.96 | 298.85 |
| 30 | 117.95 | 298.85 |
| 31 | 117.95 | 299.85 |
| 32 | 122.25 | 299.85 |
| 33 | 122.25 | 300.85 |
| 34 | 126.55 | 300.85 |
| 35 | 126.55 | 301.85 |
| 36 | 130.86 | 301.85 |
| 37 | 130.86 | 302.85 |
| 38 | 136.95 | 302.85 |
| 39 | 136.95 | 306.0 |
| 40 | 139.07 | 306.0 |
| 41 | 141.29 | 307.21 |
| 42 | 147.49 | 308.0 |
| 43 | 155.23 | 308.0 |
| 44 | 155.23 | 309.5 |
| 45 | 158.21 | 309.5 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.84 | 284.23 |
| 2 | 27.65 | 285.37 |
| 3 | 41.64 | 286.27 |
| 4 | 54.52 | 287.92 |
| 5 | 64.46 | 289.28 |
| 6 | 74.85 | 290.6 |
| 7 | 75.74 | 290.85 |
| 8 | 80.36 | 290.85 |
| 9 | 80.36 | 291.85 |
| 10 | 84.66 | 291.85 |
| 11 | 84.66 | 292.85 |
| 12 | 88.97 | 292.85 |
| 13 | 88.97 | 293.85 |
| 14 | 93.27 | 293.85 |
| 15 | 93.27 | 294.85 |
| 16 | 99.36 | 294.85 |
| 17 | 99.36 | 297.71 |
| 18 | 101.27 | 298.0 |
| 19 | 101.57 | 298.0 |
| 20 | 101.69 | 298.07 |
| 21 | 107.84 | 299.49 |
| 22 | 110.96 | 300.06 |
| 23 | 110.96 | 298.85 |
| 24 | 117.95 | 298.85 |
| 25 | 117.95 | 299.85 |
| 26 | 122.25 | 299.85 |
| 27 | 122.25 | 300.85 |
| 28 | 126.55 | 300.85 |
| 29 | 126.55 | 301.85 |
| 30 | 130.86 | 301.85 |
| 31 | 130.86 | 302.3 |
| 32 | 133.19 | 302.46 |

| | | |
|----|--------|--------|
| 33 | 137.04 | 302.68 |
| 34 | 141.27 | 303.03 |
| 35 | 143.78 | 303.23 |
| 36 | 147.48 | 303.44 |
| 37 | 152.03 | 303.69 |
| 38 | 155.98 | 303.88 |
| 39 | 158.21 | 304.06 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 5.84 | 277.74 |
| 2 | 40.1 | 279.87 |
| 3 | 47.12 | 280.14 |
| 4 | 51.56 | 280.1 |
| 5 | 54.38 | 280.26 |
| 6 | 57.18 | 280.69 |
| 7 | 61.27 | 281.56 |
| 8 | 69.07 | 282.86 |
| 9 | 81.7 | 283.93 |
| 10 | 86.11 | 284.41 |
| 11 | 93.97 | 284.99 |
| 12 | 101.69 | 285.57 |
| 13 | 108.69 | 286.31 |
| 14 | 130.8 | 289.61 |
| 15 | 137.84 | 290.2 |
| 16 | 147.04 | 291.06 |
| 17 | 158.21 | 292.0 |

Vertici strato4

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 5.84 | 267.73 |
| 2 | 54.41 | 270.65 |
| 3 | 62.45 | 272.11 |
| 4 | 69.02 | 273.78 |
| 5 | 74.85 | 274.87 |
| 6 | 94.03 | 277.54 |
| 7 | 132.23 | 279.94 |
| 8 | 158.21 | 281.4 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |

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 | No |

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 | 0.05 | | 28 | 1600 | | Unità R | |
| 2 | | | 23.75 | 1600 | | Unità Ta | |

| | | | | | | | |
|---|------|------|-------|------|--|---------|--|
| 3 | 1.79 | 0.98 | 25.55 | 2100 | | Unità A | |
| 4 | 2.13 | 1.71 | 23.10 | 2130 | | Unità B | |
| 5 | 2.89 | 2.01 | 27.20 | 2170 | | Unità C | |

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

| N° | x (m) | y (m) | Base mensola a valle (m) | Base mensola a monte (m) | Altezza muro (m) | Spessore testa (m) | Spessore base (m) | Peso specifico (Kg/m³) |
|----|----------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 1 | 73.4 | 290.84 | 0.3 | 0.3 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 2 | 80.65 | 290.86 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 3 | 84.95 | 291.85 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 4 | 89.27 | 292.86 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 5 | 93.57 | 293.86 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 6 | 105.45 | 299.5 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 7 | 118.25 | 298.86 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 8 | 122.55 | 299.85 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 9 | 126.85 | 300.85 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 10 | 131.15 | 301.85 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 11 | 99.65 | 294.8 | 0.3 | 0.3 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 12 | 111.02 | 298.8 | 0.3 | 0.3 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 13 | 137.2 | 302.86 | 0.3 | 0.3 | 3.15 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |
| 14 | 155.55 | 308.01 | 0.3 | 0.3 | 1.5 | 0.3 | 0.3 | 2.4 |

Pali...

| N° | x (m) | y (m) | Diametro (m) | Lunghezza (m) | Inclinazion e (°) | Interasse (m) | Resistenza al taglio (kg/cm²) | Momento plasticizza zione (kN*m) | Metodo stabilizzazi one |
|----|----------|----------|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| 1 | 73.03486 | 290.8316 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 2 | 74.6618 | 290.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 3 | 76.28874 | 290.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 4 | 77.86986 | 290.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 5 | 79.4968 | 290.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 6 | 80.64253 | 291.8398 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 7 | 81.85701 | 291.8169 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 8 | 83.07149 | 291.8169 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 9 | 84.12556 | 291.794 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 10 | 85.17963 | 292.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 11 | 86.18788 | 292.8939 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 12 | 87.28778 | 292.871 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 13 | 88.45644 | 292.8022 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 14 | 89.30428 | 293.8792 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 15 | 92.54751 | 293.7918 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 16 | 90.33543 | 293.9021 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

| | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-----|----|----|-----|---|----|----------------------|
| 17 | 99.17483 | 294.8382 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 18 | 91.36659 | 293.8792 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 19 | 93.82647 | 294.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 20 | 95.37672 | 294.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 21 | 96.73318 | 294.7995 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 22 | 98.0509 | 294.8382 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 23 | 110.9357 | 298.5007 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 24 | 112.4252 | 298.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 25 | 113.9834 | 298.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 26 | 115.5874 | 298.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 27 | 117.0998 | 298.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 28 | 118.108 | 299.837 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 29 | 119.3225 | 299.86 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 30 | 120.4224 | 299.86 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 31 | 121.5223 | 299.9058 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 32 | 122.5076 | 300.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 33 | 123.8367 | 300.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 34 | 125.1199 | 300.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 35 | 126.2198 | 300.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 36 | 127.1099 | 301.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 37 | 128.3473 | 301.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 38 | 129.4472 | 301.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 39 | 130.5471 | 301.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 40 | 131.4866 | 302.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 41 | 132.7928 | 302.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 42 | 133.9614 | 302.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 43 | 135.3363 | 302.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |
| 44 | 136.505 | 302.85 | 0.6 | 14 | 90 | 0.9 | 5 | -- | Tensione tangenziale |

Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kg/cm²) |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|

| | | | | | |
|----|--------|--------|----------|--------|------|
| 1 | 73.42 | 290.87 | 80.32 | 290.87 | 1.5 |
| 2 | 80.41 | 291.91 | 84.61 | 291.91 | 1.5 |
| 3 | 84.69 | 292.87 | 88.89 | 292.87 | 1.5 |
| 4 | 88.99 | 293.85 | 93.18999 | 293.85 | 1.5 |
| 5 | 93.29 | 294.83 | 99.29 | 294.83 | 1.5 |
| 6 | 111.01 | 298.86 | 118.01 | 298.86 | 1.5 |
| 7 | 118.02 | 299.88 | 122.22 | 299.88 | 1.5 |
| 8 | 122.28 | 300.84 | 126.48 | 300.84 | 1.5 |
| 9 | 126.58 | 301.84 | 130.78 | 301.84 | 1.5 |
| 10 | 130.84 | 302.84 | 136.84 | 302.84 | 1.5 |
| 11 | 143.68 | 308.01 | 153.68 | 308.01 | 0.25 |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|----------|
| Fs minimo individuato | 4.2 |
| Ascissa centro superficie | 80.54 m |
| Ordinata centro superficie | 382.31 m |
| Raggio superficie | 98.13 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; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 80.536 yc = 382.31 Rc = 98.129 Fs=4.196

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|------------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 2.45 | -16.7 | 2.56 | 2043.2 | 82.14 | 41.07 | 0.0 | 23.8 | 0.0 | 2019.7 | -509.6 |
| 2 | 10.3 | -12.9 | 10.5664651 | 27 | 2598.98 | 1299.49 | 1.79 | 25.6 | 0.0648671 | -11896.8 | |
| 3 | 0.38 | -9.7 | 0.38 | 3958.35 | 159.13 | 79.56 | 1.79 | 25.6 | 0.0 | 4006.9 | -510.8 |
| 4 | 9.24 | -6.9 | 9.3151571 | 9 | 6093.19 | 3046.59 | 1.79 | 25.6 | 0.0154236 | -12086.6 | |
| 5 | 25.99 | 3.5 | 26.0384585 | 9.1 | 34003.54 | 17001.77 | 2.13 | 23.1 | 0.0859224 | 85101.9 | |
| 6 | 9.56 | 14.0 | 9.8524421 | 4.0 | 9817.4 | 4908.7 | 1.79 | 25.6 | 0.0239389 | 68466.3 | |
| 7 | 9.03 | 19.6 | 9.5927501 | 7.1 | 11055.69 | 5527.84 | 1.79 | 25.6 | 0.0260503 | 102859.5 | |
| 8 | 8.61 | 25.2 | 9.5125910 | 0.0 | 10415.82 | 5207.91 | 1.79 | 25.6 | 0.0234671 | 119831.0 | |
| 9 | 8.66 | 31.0 | 10.1212853 | 3.3 | 8556.7 | 4278.35 | 1.79 | 25.6 | 0.0181814 | 116808.0 | |
| 10 | 9.36 | 37.3 | 11.7759646 | 7.5 | 2397.8 | 1198.9 | 0.0 | 23.8 | 0.0469235 | 38081.7 | |

ALLEGATO 3

CERTIFICATI ANALISI DI LABORATORIO

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0635/10
AL N.
0636/10

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
05/10/2010

Intestatario certificati: GEOSOL S.r.l.

Verbale di accettazione: VA 333/10 del: 07/09/2010

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla: S1C1 Profondità (m): 3.50-4.00

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 3 fogli esclusa la copertina.


Il Direttore del Laboratorio



PANGEO S.p.A.

di Consorzio Leonardo da Vinci

Laboratorio e Uffici: Via Saffa 10/A - 53036 Prigioni (SI)

Tel. 0579854450 - Fax 057987533 - www.pangeo.it

P. I.V.A. 00870760527 - C.C.I.A.A. n° 90024

Consulenza Manodopera Infrastrutture e Trasporti - con Decreto N. 540/05 del 07/11/2005
Servizio A. Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 366/1903)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna: 07/09/2010 **Data apertura:** 17/09/2010

V. Acc. N. 333/10 **del** 07/09/2010

Stigla: SIC1

Prof. (m): 3.50-4.00

Modalità di campionatura: Camp. Shelby

Qualità del campione: Q5

Descrizione visuale:

Limo con argilla grigio-marrone

(Rif. Munsell 5Y4/2 Olive Gray)

debolmente fissile

Prove richieste:

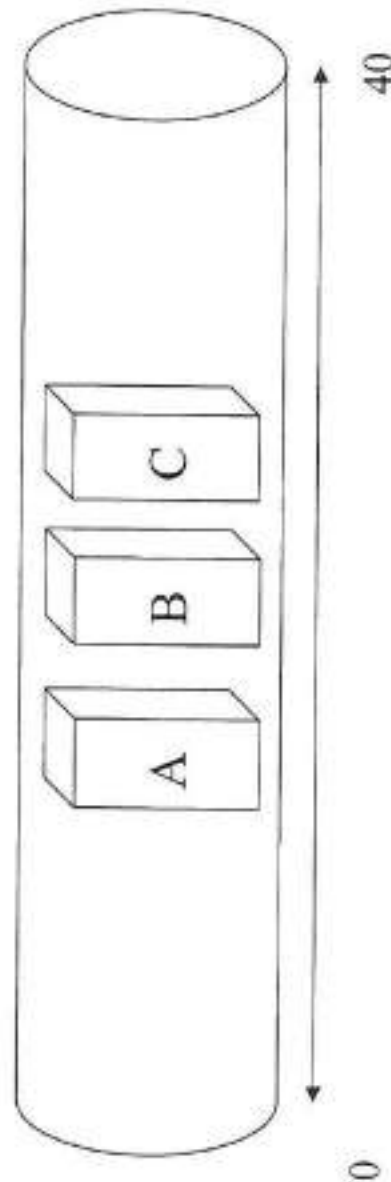
Analisi granulometrica

Prova di taglio diretto Casagrande

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

A Provino per: Taglio diretto
B Provino per: Taglio diretto
C Provino per: Taglio diretto

Alto



Lo Spedimentatore

Lo Spedimentatore

Committente GEOSOL S.r.l.

Cantiere Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla SICI

Profondità (m) 3.50-4.00

Data consegna Campione: 07/09/2010

Data apertura Campione: 17/09/2010

V. Acc. N. 333/10

del 07/09/2010

Descrizione:

*Limo con argilla grigio-marrone
(Ref. Mansell 5Y4/2 Olive Gray)*

Data inizio prova: 17/09/2010

Data fine prova: 27/09/2010

| Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % |
|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 1/4 | 6.3 | 0.00 | 100.00 | 50 | 0.3 | 0.00 | 100.00 |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | 0.00 | 100.00 | 60 | 0.25 | 0.00 | 100.00 |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | 0.00 | 100.00 | 70 | 0.212 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.36 | 0.00 | 100.00 | 80 | 0.18 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 0.00 | 100.00 | 100 | 0.15 | 0.00 | 100.00 |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | 0.00 | 100.00 | 120 | 0.125 | 0.00 | 100.00 |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 0.00 | 100.00 | 140 | 0.106 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | 0.00 | 100.00 | 200 | 0.074 | 0.05 | 99.95 |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 0.00 | 100.00 | | | | |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | 0.00 | 100.00 | | | | |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 0.00 | 100.00 | | | | |

N.B. In grassetto i setacci utilizzati

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 0.05022 | 98.79 | 98.74 | 0.00320 | 43.63 | 43.61 | - | - | - | - | - | - |
| 0.03509 | 97.19 | 97.14 | 0.00230 | 39.46 | 39.44 | - | - | - | - | - | - |
| 0.02579 | 95.58 | 95.53 | 0.00137 | 31.44 | 31.43 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01847 | 93.98 | 93.93 | 0.00098 | 28.24 | 28.22 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01355 | 89.17 | 89.12 | 0.00081 | 26.63 | 26.62 | - | - | - | - | - | - |
| 0.01046 | 81.15 | 81.11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00778 | 73.13 | 73.10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00581 | 63.51 | 63.48 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0.00435 | 52.29 | 52.26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna campione: 07/09/2010

Data apertura campione: 17/09/2010

Verb. Acc. N. 333/10

Sigla: SIC1

Prof. (m) 3.50-4.00

del 07/09/2010

Descrizione: Limo con argilla grigio-marrone
(Rif. Munsell 5Y4/2 Olive Gray)

Data inizio prova 17/09/10

Data fine prova 20/09/10

Velocità di deform. media :

(mm/min) 0.002

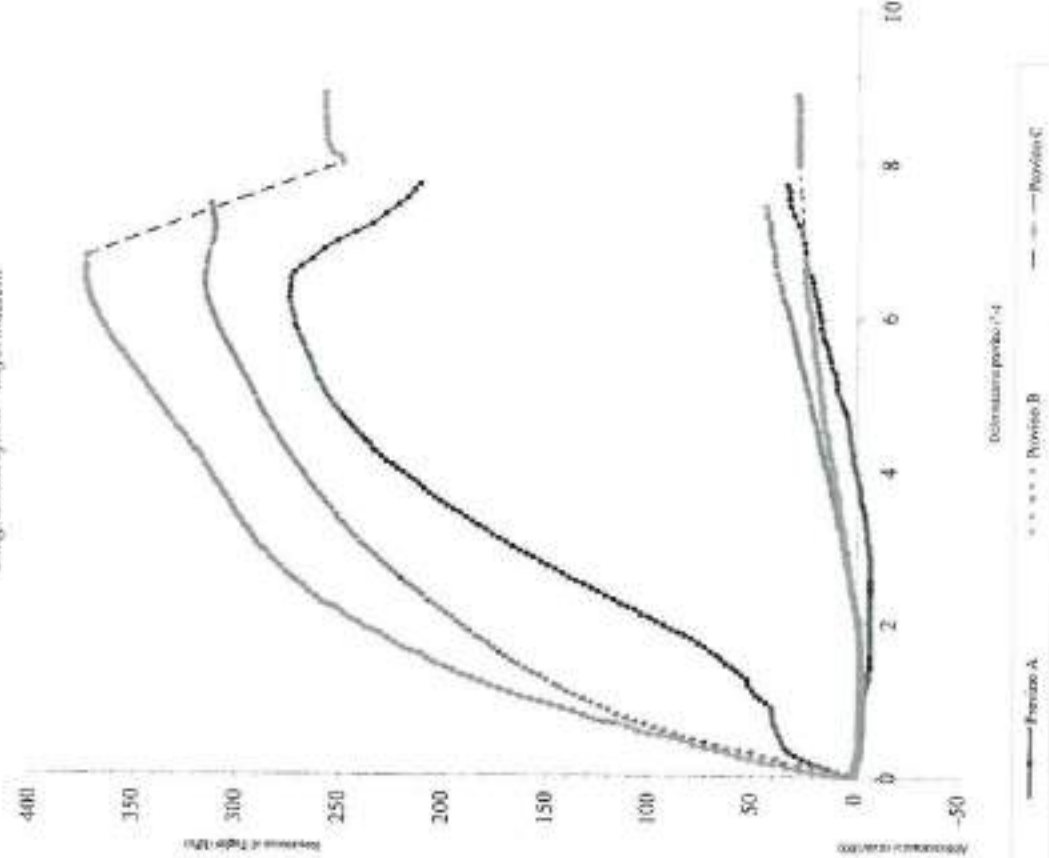
Dimensione dei provini :

(mm) 60*60

Umidità media del campione:

17.16%

Diagramma Stress - Deformazioni



| Provino | | A | B | C |
|--------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|
| Umidità naturale | W in. | 16.69% | 16.77% | 16.75% |
| Umidità naturale | W fin. | 15.95% | 15.98% | 16.43% |
| Massa volumica apparente | ρ (Mg/m ³) | 2.08 | 2.08 | 2.07 |
| Massa volumica apparente secca | ρ_d (Mg/m ³) | 1.79 | 1.78 | 1.78 |

Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Committente:

Cantiere:

Sigla:

Prof: (m)

GEOSOL S.r.l.

Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

S1C1

3.50-4.00

Massa volumica apparente media
Massa volumica apparente secca media
Umidità media del campione (%)

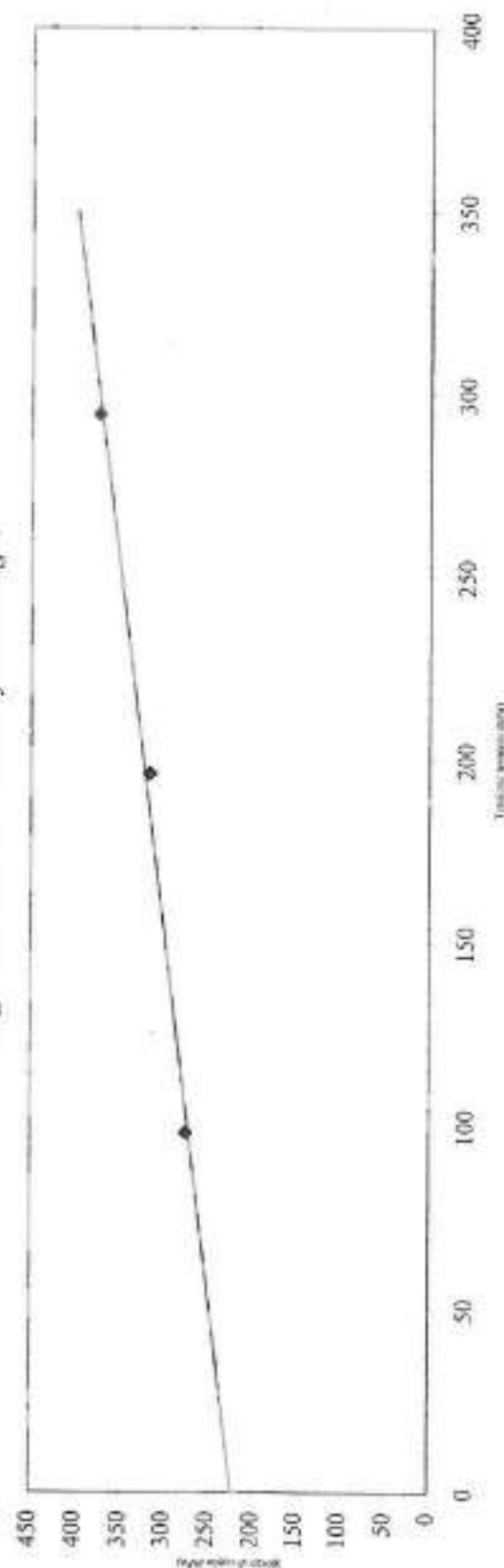
2.08
1.78
17.16%

ρ (Mg/m³)
 ρ_d (Mg/m³)

| Provino | A | B | C |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| Tensione verticale σ_v (kPa) | 98.07 | 196.14 | 294.21 |
| Sforzo di taglio max. τ_f (kPa) | 274.85 | 316.34 | 374.37 |
| Deformazione provino (%) | 6.228 | 6.399 | 6.454 |
| Abbassamento (mm) | 0.196 | 0.369 | 0.253 |

Attrito Interno ϕ^* 26.9°
Coesione c' (kPa) 222.331

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio



RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0637/10
AL N.
0638/10

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
05/10/2010

Intestatario certificati: GEOSOL S.r.l.

Verbale di accettazione: VA 334/10

del: 07/09/2010

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla: S1C2 Profondità (m): 7.50-8.00

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 3 fogli esclusa la copertina.





PANGEO S.n.c.
di Giuseppe Lencorelli & C.

Laboratori e Uffici: Via Sordani 10/A - 55056 Poggioneri (SI)

Tel. 0577983450 - Fax 0577992557 - www.pangeo.it

P.I.V.A. 00870705277 - R.C.S. C.C.I.A.A. n° 96024

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N°54663 del 07/11/2003

Servizi A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna: 07/09/2010 **Data apertura:** 21/09/2010

V. Acc. N° 334/10 **del** 07/09/2010

Sigla: SIC2

Prof. (m): 7.50-8.00

Modalità di campionatura:

Camp. Shelby

Qualità del campione:

Q5

Descrizione visuale:

Limo con argilla deb. sabbioso grigio scuro

(Rif. Munsell 5B4/1 Dark Bluish Gray)

presenza di concrezioni, anche lenticolari.

Prove richieste:

Analisi granulometrica

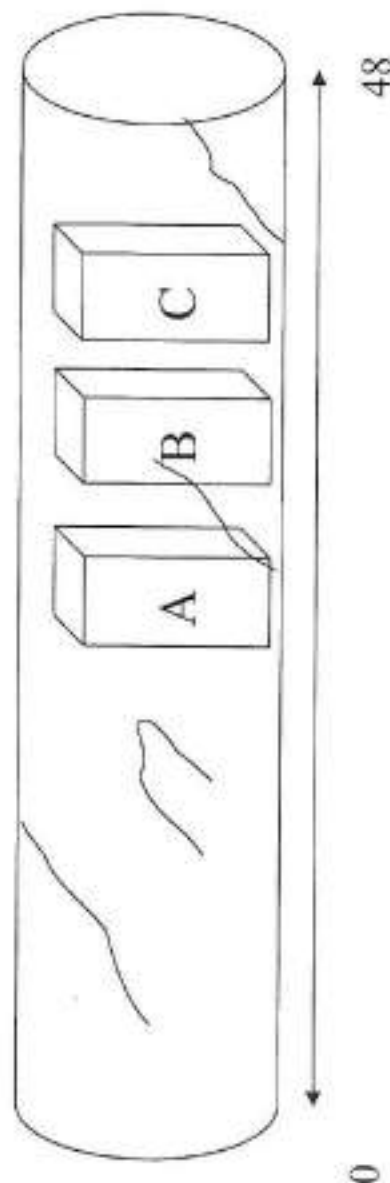
Prova di taglio diretto Casagrande

Lo Spettatore

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

| | | |
|---|--------------|----------------|
| A | Provino per: | Taglio diretto |
| B | Provino per: | Taglio diretto |
| C | Provino per: | Taglio diretto |

Alto



Lo Spettatore



PANGEO S.p.A.

di Conquasoli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici - Via Sangallo 110/A - 51054 Poggibonsi (SI)
Tel. 0577981445 - Fax 0577987537 - www.pangeo.it
P. I.V.A. 05870760527 - I.C.E. C.C.I.A.A. n° 06924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - con Decreto N. 54055 del 07/11/2005
Sede e P. I. di Laboratorio in Torino (in forza dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1931)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)

Committente **GEOSOL S.r.l.**

Cantiere Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla **SIC2**

Profondità (m) **7.50-8.00**

Data consegna Campione: **07/09/2010**

Data apertura Campione: **21/09/2010**

V. Acc. N. **334/10**

del **07/09/2010**

Descrizione:

Limo con argilla deb. sabbino grigio scuro
(Rif. Munsell 5B4/1 Dark Bluish Gray)

Data inizio prova: **21/09/2010**

Data fine prova: **28/09/2010**

| Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % |
|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 14 | 6.3 | 0.00 | 100.00 |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | 0.00 | 100.00 |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.36 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 3.04 | 96.97 |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | - | - |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 4.31 | 95.70 |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | - | - |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 6.14 | 93.86 |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | - | - |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 7.44 | 92.57 |

N.B. In graticcio (setacci utilizzati)

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 0.05193 | 95.54 | 79.38 | 0.00334 | 35.56 | 29.54 |
| 0.03786 | 91.69 | 76.18 | 0.00239 | 32.35 | 26.88 |
| 0.02775 | 86.88 | 72.19 | 0.00140 | 29.14 | 24.21 |
| 0.02051 | 80.46 | 66.85 | 0.00100 | 25.94 | 21.55 |
| 0.01525 | 72.44 | 60.19 | 0.00082 | 24.33 | 20.22 |
| 0.01175 | 62.82 | 52.20 | - | - | - |
| 0.00859 | 56.41 | 46.87 | - | - | - |
| 0.00631 | 48.39 | 40.20 | - | - | - |
| 0.00460 | 41.97 | 34.87 | - | - | - |

Certificato Ufficiale N°

637/10 pag. 1 di 2

Data Certificato 05/10/2010

Lo Sperimentatore

Handwritten signature

Committente GEOSOL S.r.l.

Cantiere Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

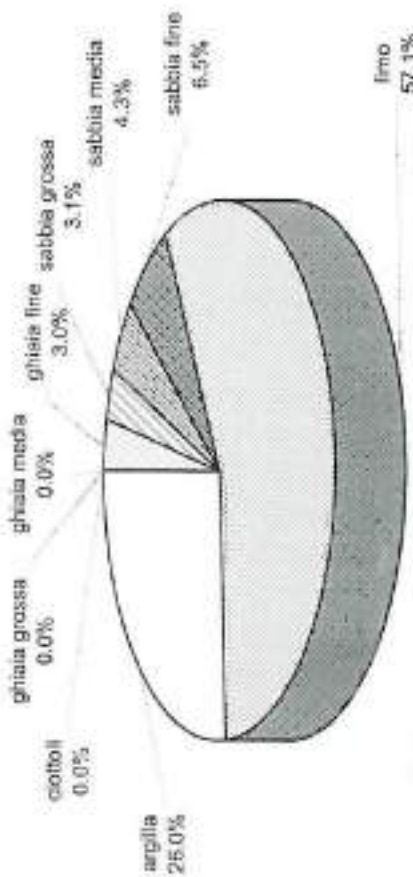
Data consegna Campione 07/09/2010

Data apertura Campione 21/09/2010

V. Acc. N. 334/10

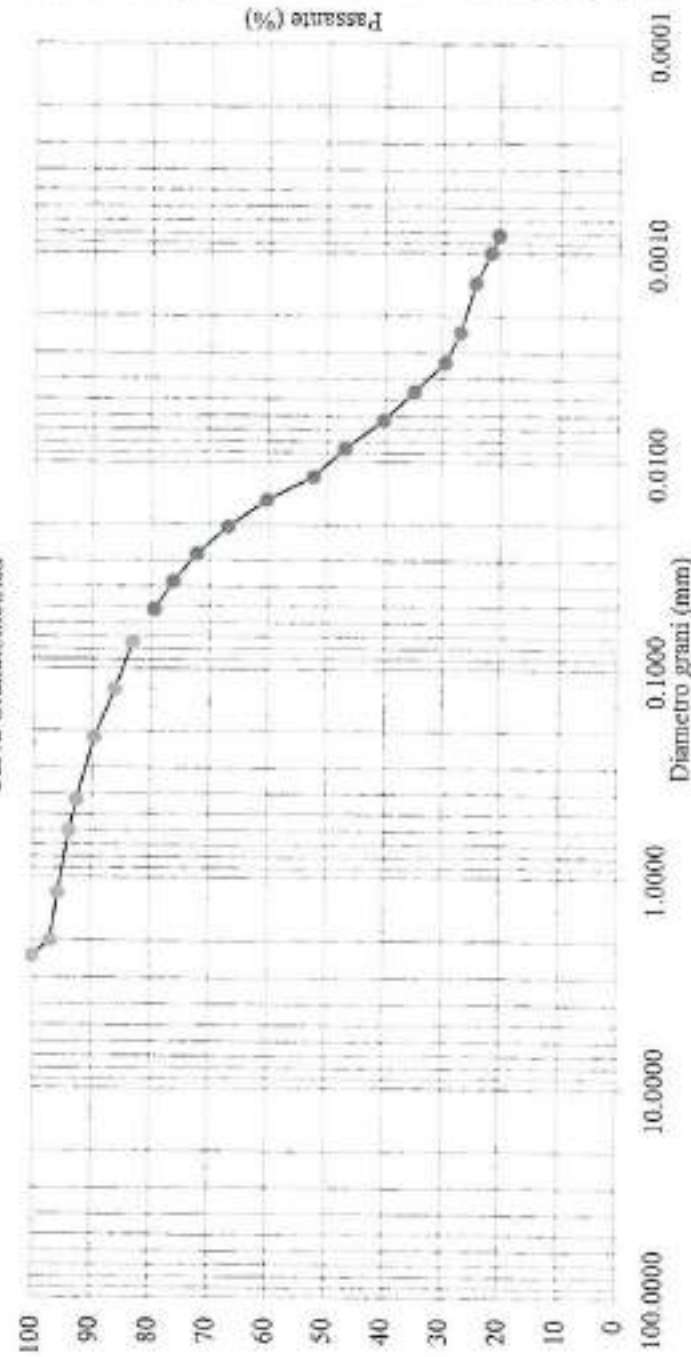
del 07/09/2010

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Classi Granulometriche Rappresentate nel Campione in Esame

Curva Granulometrica



Sigla: SIC2
Profondità (m): 7.50-8.00

Descrizione:
Limo con argilla di colore grigio scuro
(Rif. Munsell 5B4/1 Dark Bluish Gray)

Data inizio prova: 21/09/2010
Data fine prova: 28/09/2010

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna campione: 07/09/2010

Data apertura campione: 21/09/2010

Verb. Acc. N. 334/10 del 07/09/2010

Sigla: SIC2

Prof. (m) 7.50-8.00

Descrizione Lino con argilla deb. sabbioso grigio scuro
(Rif. Munsell 5B4/1 Dark Bluish Gray)

Data inizio prova 21/09/10

Data fine prova 23/09/10

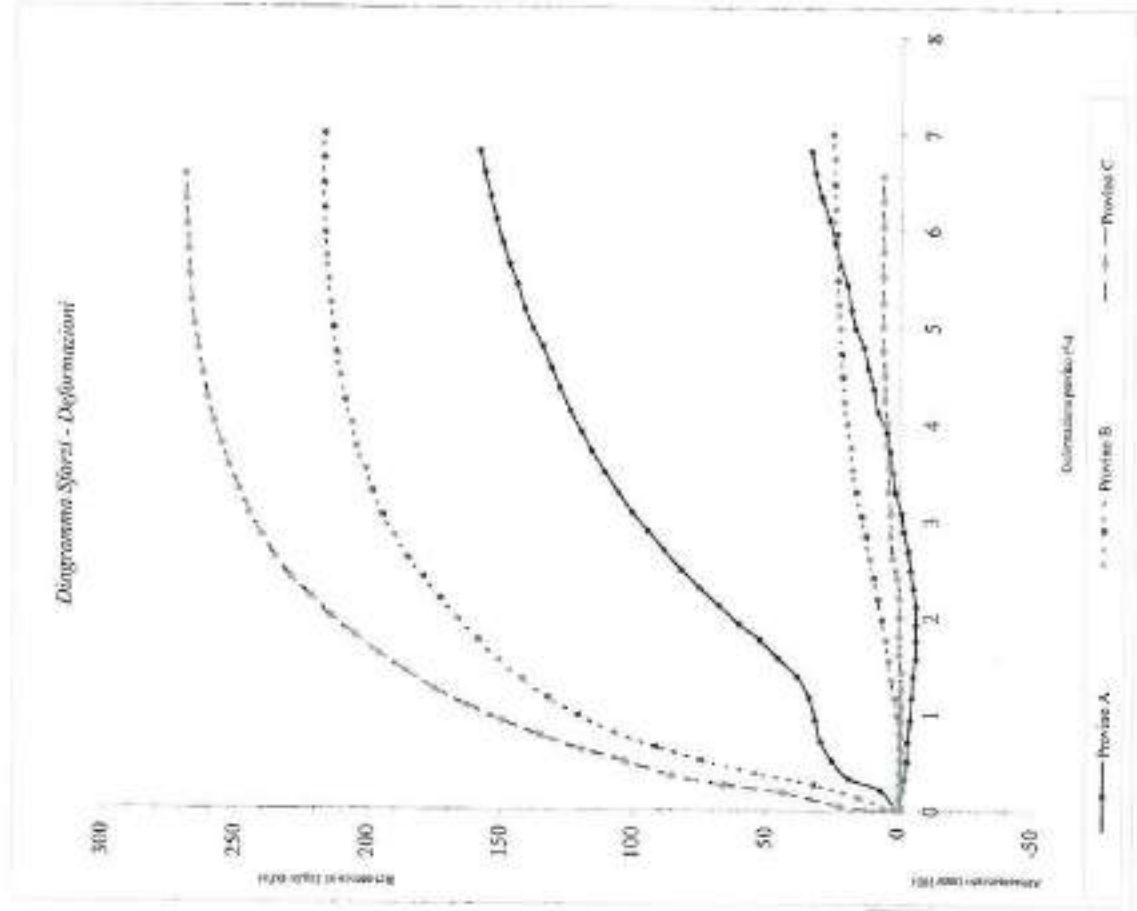
Velocità di deform. media : (mm/min) 0.002
Dimensione dei provini : (mm) 60*60
Umidità media del campione : 14.71%

| Provino | | A | B | C |
|--------------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|
| Umidità naturale | W in. | 14.76% | 15.09% | 15.54% |
| Umidità naturale | W fin. | 14.79% | 15.01% | 15.49% |
| Massa volumica apparente | p (Mg/m ³) | 2.12 | 2.12 | 2.12 |
| Massa volumica apparente secca | psd (Mg/m ³) | 1.85 | 1.84 | 1.84 |

Certificato Ufficiale n° 638/10 pag. 1 di 1

Data Certificato: 05/10/10

Un Sperimentatore



Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Committente:

Cantiere:

Sigla:

Prof. (m)

GEOSOL S.r.l.

Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

S1C2

7.50-8.00

Massa volumica apparente media

Massa volumica apparente secca media

Umidità media del campione (%)

ρ (Mg/m³)

ρ_d (Mg/m³)

14.71%

2.12

1.84

14.71%

| Provino | A | B | C |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| Tensione verticale σ_v (kPa) | 98.07 | 196.14 | 294.21 |
| Sforzo di taglio max. τ_f (kPa) | 172.76 | 218.06 | 278.17 |
| Deformazione provino (%) | 9.193 | 6.470 | 8.864 |
| Abbassamento (mm) | 0.576 | 0.255 | 0.065 |

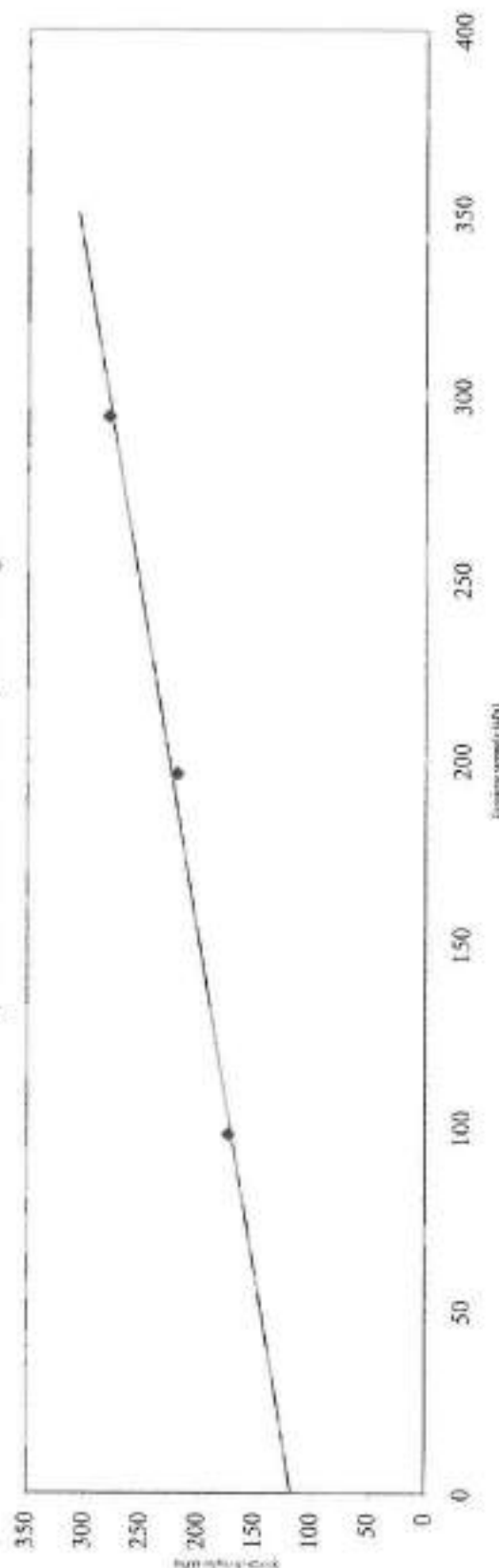
Attrito Interno ϕ'

28.3°

Coesione c' (kPa)

117.595

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio





PANGEO
LABORATORIO GEOTECNICO

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N. 54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio
Qualificato
N. 100



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0639/10
AL N.
0640/10

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
05/10/2010

Intestatario certificati: GEOSOL S.r.l.

Verbale di accettazione: VA 335/10

del: 07/09/2010

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla: S1C3 Profondità (m): 12.50-13.00

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 3 fogli esclusa la copertina.



PANGEO S.p.A.

di Casagrande Lombardo A.C.

Laboratori e Uffici Via Sargigliolo 110/A - 25026 Pagnanico (SI)

Tel. 0577983450 - Fax 0577090537 - www.pangeo.it

P. I.V.A. 00837070537 - C.C.I.A.A. n° 96024

Consulenza Minimo Infrastrutture e Trasporti - con Decreto N. 54065 del 07/11/2003

Servizio A. Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 9 del D.P.R. n° 246/1983)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantieri: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna: 07/09/2010 **Data apertura:** 22/09/2010

V. Acc. N. 335/10 **del** 07/09/2010

Sigla: SIC3

Prof. (m): 12.50-13.00

Modalità di campionatura: Camp. Shelby

Qualità del campione: Q5

Descrizione visuale:

Limo sabbioso argilloso deb. ghiaioso marrone

(Rif. Munsell 5YR4/3 Olive)

granulare in basso. Concrezioni, anche in lenti

bruno-arancio lungo tutto il campione.

Prove richieste:

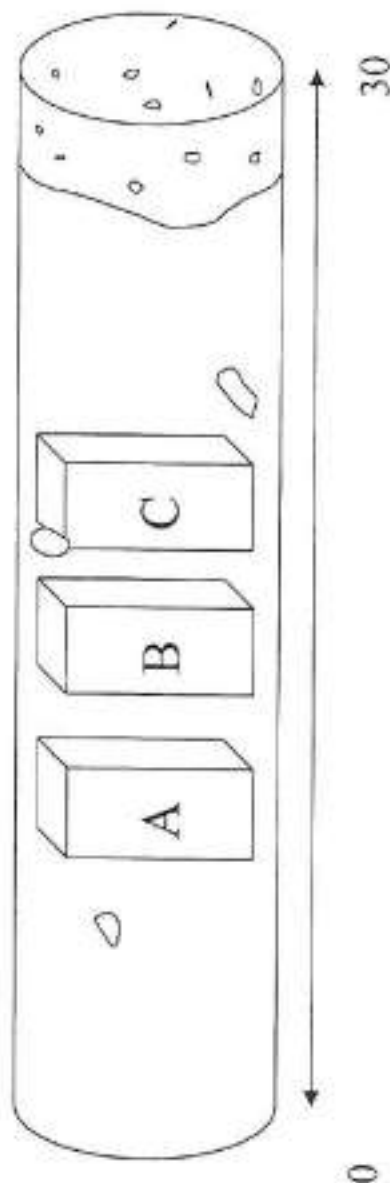
Analisi granulometrica

Prova di taglio diretto Casagrande

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

A Provino per: Taglio diretto
B Provino per: Taglio diretto
C Provino per: Taglio diretto

Alto



Lo Spettatore

La Spettatore



PANGEOL S.p.A.

di Cassanese Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici Via S. Agostino 10/A - 53010 Poggioneri (SI)
Tel 0573/583450 - Fax 0573/697537 - www.pangeol.it
P. I.V.A. 008707610527 - C.C.I.A.A. n° 96024
Concessione Mineraria Infrastuttura e Trasporti con Decreto M. 34865 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio in terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1995)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)

Committente **GEOSOL S.r.l.**

Cantiere Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla **SIC3**

Profondità (m) **12.50-13.00**

Data consegna Campione: **07/09/2010**

Data apertura Campione: **22/09/2010**

V. Acc. N° **335/10**
del **07/09/2010**

Descrizione:

Limo robbioso argilloso deb. giallosa marrone
(Rif. Munsell 5YR4/3 Olive)

Data inizio prova: **22/09/2010**
Data fine prova: **29/09/2010**

| Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % |
|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 1/4 | 6.3 | 7.54 | 92.47 | 50 | 0.3 | - | - |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | - | - | 60 | 0.25 | - | - |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | - | - | 70 | 0.212 | 22.65 | 77.35 |
| 1 1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.36 | - | - | 80 | 0.18 | - | - |
| 1 1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 12.24 | 87.76 | 100 | 0.15 | - | - |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | - | - | 120 | 0.125 | 28.71 | 71.30 |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 13.50 | 86.50 | 140 | 0.106 | - | - |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | - | - | 200 | 0.074 | 33.89 | 66.11 |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 15.10 | 84.90 | | | | |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | - | - | | | | |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 16.89 | 83.11 | | | | |

M.B. In grassello i setacci utilizzati

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 0.05283 | 94.24 | 62.30 | 0.00342 | 31.69 | 20.95 | - | - | - |
| 0.03925 | 87.83 | 58.06 | 0.00247 | 26.88 | 17.77 | - | - | - |
| 0.02903 | 81.41 | 53.82 | 0.00144 | 23.67 | 15.65 | - | - | - |
| 0.02161 | 73.39 | 48.52 | 0.00103 | 22.07 | 14.59 | - | - | - |
| 0.01615 | 63.77 | 42.16 | 0.00084 | 20.46 | 13.53 | - | - | - |
| 0.01220 | 57.35 | 37.92 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00890 | 50.94 | 33.67 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00653 | 42.92 | 28.37 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00471 | 38.11 | 25.19 | - | - | - | - | - | - |

Certificato Ufficiale N° **639/10** pag. 1 di 2

Data Certificato **05/10/2010**

Lo Spettatore

Lo Spettatore

Comitente **GEOSOL S.r.l.**

Cantiere **Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza**

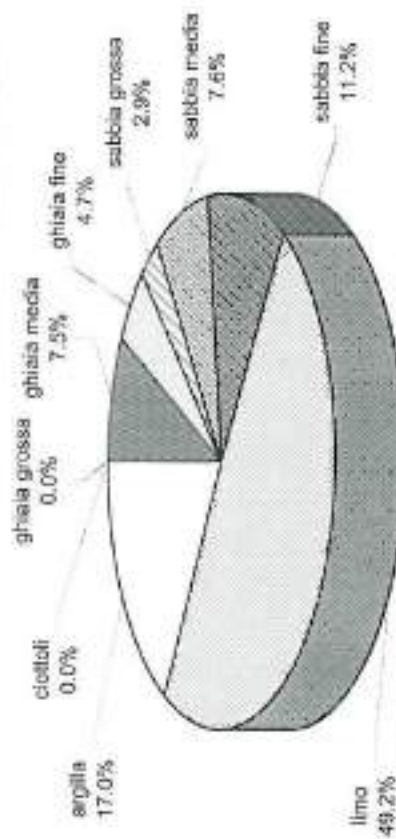
Data consegna Campione **07/09/2010**

Data apertura Campione **22/09/2010**

V. Acc. N. **335/10**

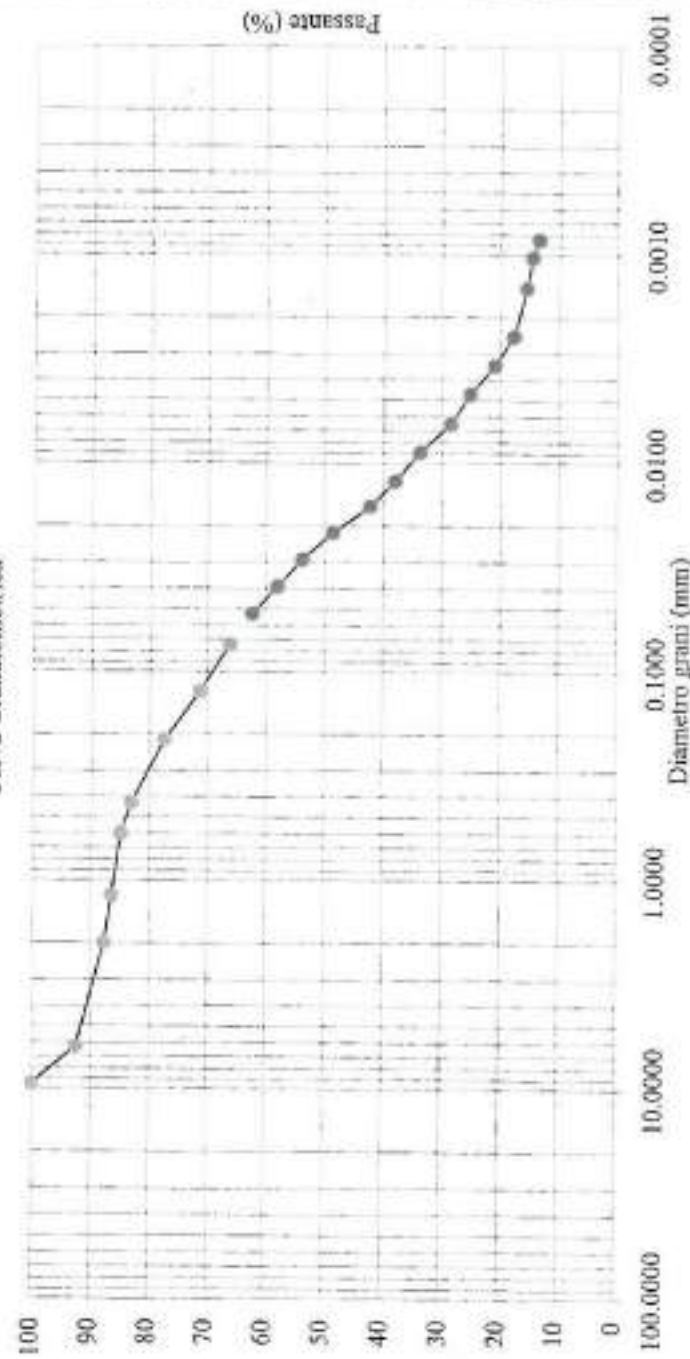
del **07/09/2010**

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Classi Granulometriche Rappresentate nel Campione in Esame

Curva Granulometrica



Sigla: **SIC3**
Profondità (m): **12.50-13.00**

Descrizione:
Limo sabbioso argilloso deb. ghiaioso marrone
(Rif. Munsell 5YR4/3 Olive)

Data inizio prova: **22/09/2010**
Data fine prova: **29/09/2010**

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna campione: 07/09/2010

Data apertura campione: 22/09/2010

Verb. Acc. N. 335/10 del 07/09/2010

Sigla: S1C3

Prof. (m) 12.50-13.00

Descrizione Limo sabbioso argilloso deb. ghiaioso marrone
(Rif. Munsell 5YR4/3 Olive)

Data inizio prova 22/09/10

Data fine prova 24/09/10

Velocità di deform. media :

(mm/min)

0.002

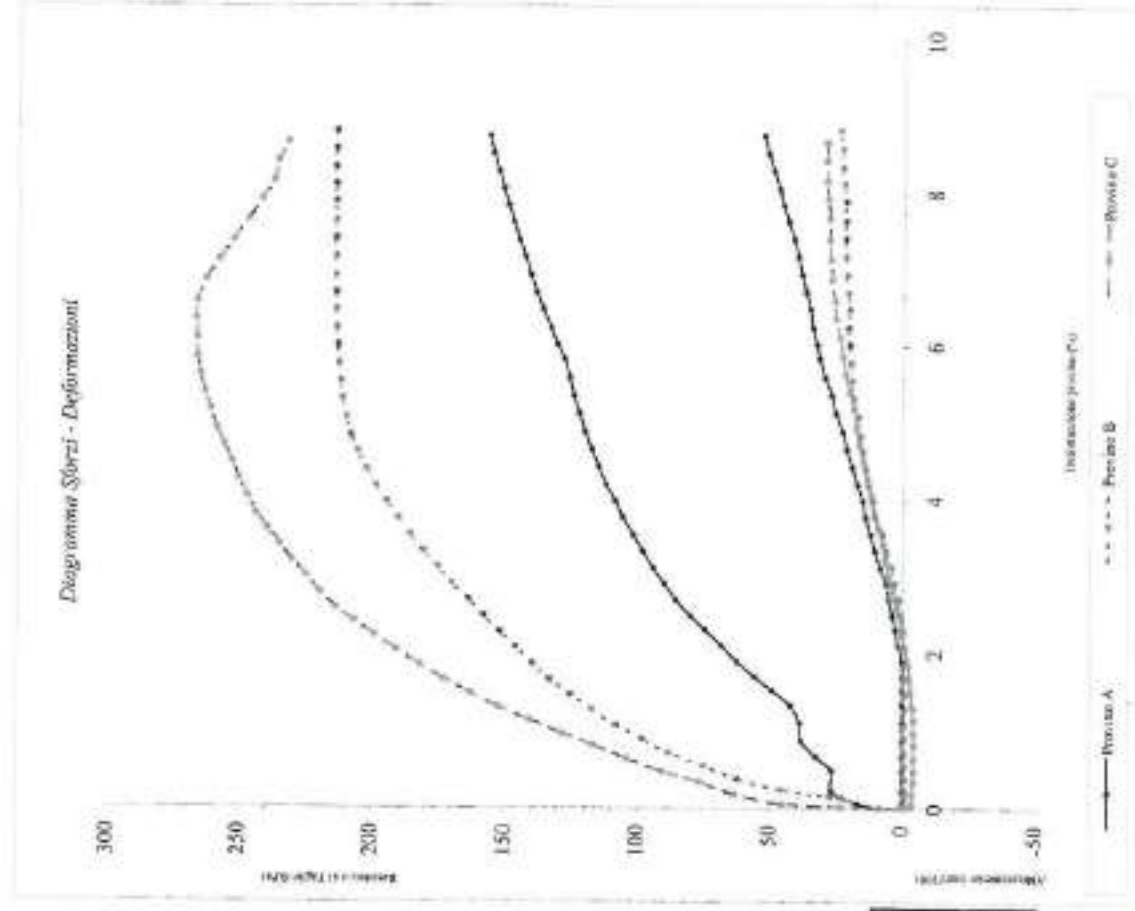
Dimensione dei provini :

(mm)

60*60

Umidità media del campione:

15.19%



| Umidità naturale | Provino | | Iniziale | A | B | C |
|--------------------------------|---------|--------|----------|--------|--------|--------|
| | W in. | W fin. | | | | |
| Umidità naturale | | | 16.22% | 15.88% | 15.36% | 15.81% |
| Massa volumica apparente | | | 2.09 | 2.10 | 2.10 | 2.14 |
| Massa volumica apparente secca | | | 1.79 | 1.82 | 1.82 | 1.85 |

Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Committente:

GEOSOL S.r.l.

Cantiere:

Montiriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla:

S1C3

Prof. (m)

12.50-13.00

Massa volumica apparente media

ρ (Mg/m³)

2.11

Massa volumica apparente secca media

ρ_d (Mg/m³)

1.82

Umidità media del campione (%)

15.19%

| Provino | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| Tensione verticale σ_v (kPa) | | | |
| Valori di | A | B | C |
| Sforzo di taglio max. τ_f (kPa) | 98.07 | 196.14 | 294.21 |
| Deformazione provino (%) | 156.15 | 214.03 | 266.44 |
| Abbassamento (mm) | 8.762 | 6.922 | 6.352 |
| | 0.522 | 0.212 | 0.250 |

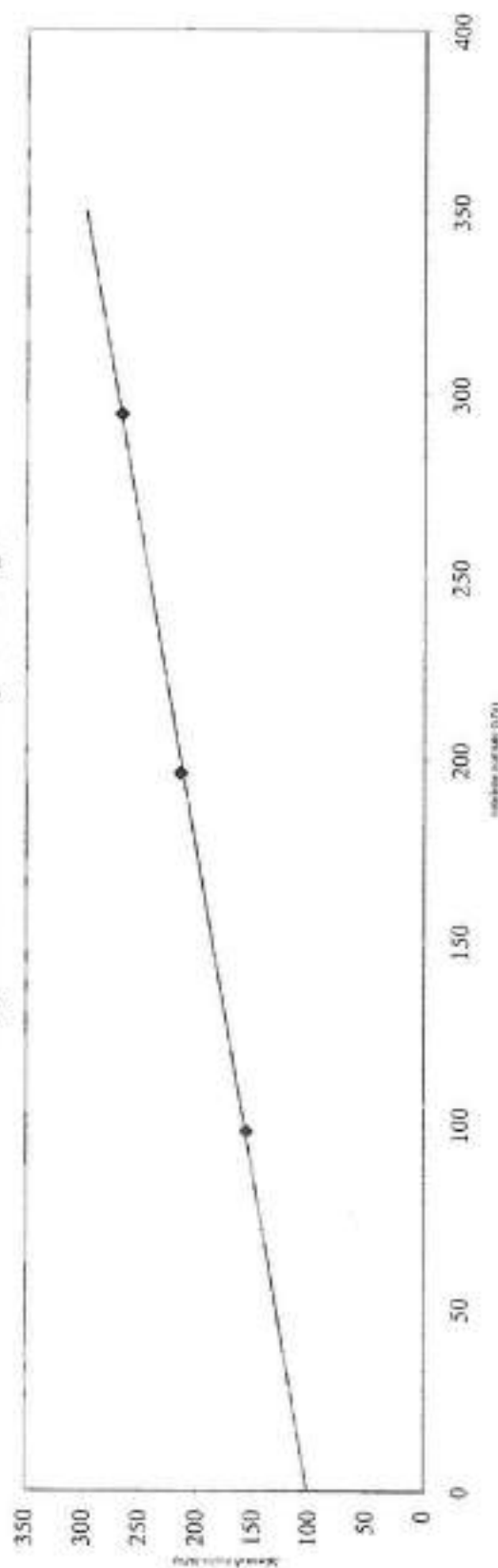
Attrito Interno ϕ'

29.3°

Coesione c' (kPa)

101.919

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio





PANGEO
LABORATORIO GEOTECNICO

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N. 54085 del 03/11/2005

Sottore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio
Qualificato
N. 100



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0641/10
AL N.
0641/10

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
05/10/2010

Intestatario certificati: GEOSOL S.r.l.

Verbale di accettazione: VA 336/10 del: 07/09/2010

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla: S2C1 Profondità (m): 5.0-5.50

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 1 fogli esclusa la copertina.

Il Direttore del Laboratorio



PANGEO S.p.A.
di Caposelli Lorenzo & C.

Laboratorio e Ufficio: Via Sangallo 10/A - 53036 Poggibonsi (SI)

Tel. 0577/983450 - Fax 0577/997553 - www.pangeo.it

P. I.V.A. 00870760537 - C.C.I.A.A. n° 56924

Cessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - con Decreto N. 54565 del 07/11/2005

Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1995)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna: 07/09/2010 **Data apertura:** 24/09/2010

V. Acc. N. 336/10 **del** 07/09/2010

Sigla: S2C1

Prof. (m): 5.0-5.50

Modalità di campionatura:

Qualità del campione: Camp. Shelby
Q5

Descrizione visuale:

Argilla limosa grigio verdastro

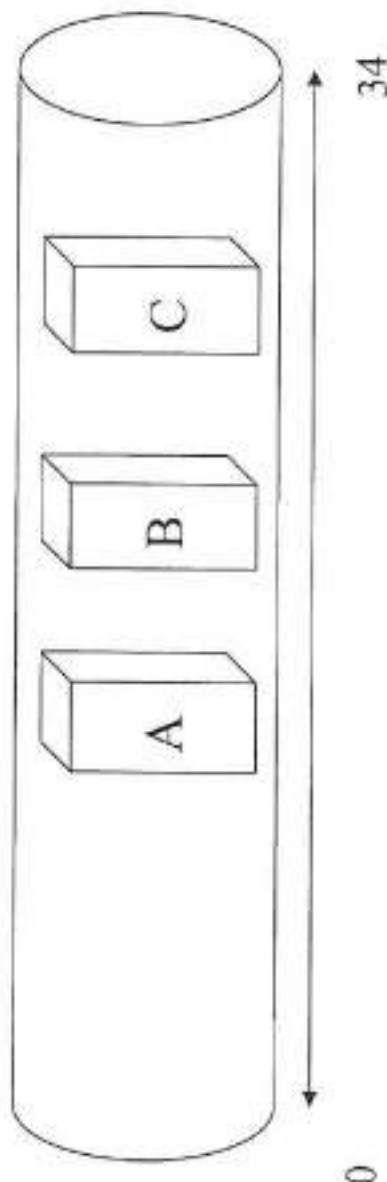
(Rif. Munsell 5Y4/2 Olive Gray)

concrezioni biancastre fino al cm.

Prove richieste:

Prova di taglio diretto Casagrande

Alto



Lo Spagnoli
Lo Spagnoli

Lo Spagnoli
Lo Spagnoli

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna campione: 07/09/2010

Data apertura campione: 24/09/2010

Verb. Acc. N. 336/10 del 07/09/2010

Sigla: S2C1

Prof. (m) 5.0-5.50

Descrizione Argilla limosa grigio verdastro
(Rif. Munsell 5Y4/2 Olive Gray)

Data inizio prova 24/09/10

Data fine prova 26/09/10

Velocità di deform. media : 0.002 (mm/min)
Dimensione dei provini : 60*60 (mm)
Umidità media del campione: 13.65%

| Umidità naturale | Provino | | A | B | C |
|--------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | W in. | W fin. | | | |
| Umidità naturale | | | 13.90% | 13.90% | 14.71% |
| Massa volumica apparente | | | 13.49% | 13.77% | 14.17% |
| Massa volumica apparente secca | | | 2.13 | 2.14 | 2.14 |
| | | | 1.87 | 1.88 | 1.87 |

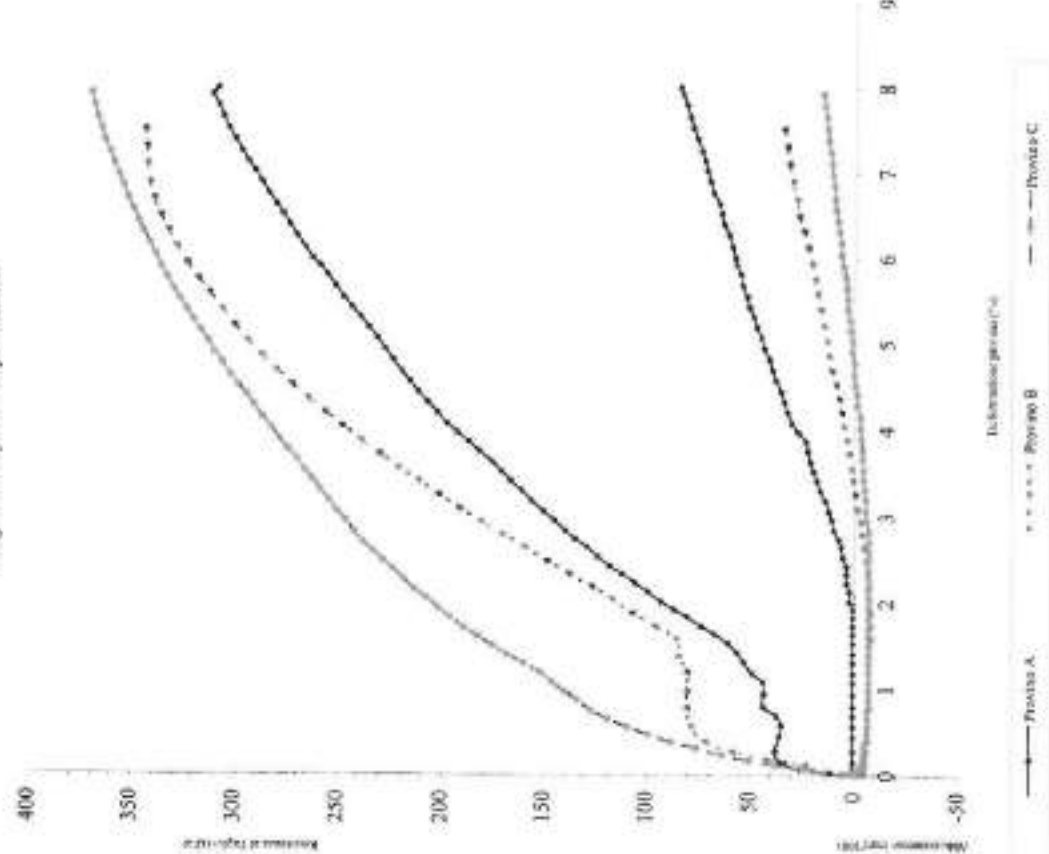
Certificato Ufficiale n° 641/10 pag. 1 di 1

Data Certificato: 05/10/10

Lo Spettatore

Il Direttore del Laboratorio

Diagramma Sforzi - Deformazioni



Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Committente:

Cantiere:

Sigla:

Prof: (m)

GEOSOL S.r.l.

Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

S2C1

5.0-5.50

Massa volumica apparente media

Massa volumica apparente secca media

Umidità media del campione (%)

ρ (Mg/m³)

ρ_d (Mg/m³)

13.65%

2.14

1.87

| Provino | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|
| Tensione verticale σ_v (kPa) | | | |
| Valori di mezzo | Sforzo di taglio max. τ_f (kPa) | A | B |
| | Deformazione provino (%) | A | B |
| | Abbassamento (mm) | A | B |
| | | 98.07 | 196.14 |
| | | 310.19 | 343.29 |
| | | 7.918 | 7.513 |
| | | 0.824 | 0.336 |
| | | | 0.151 |

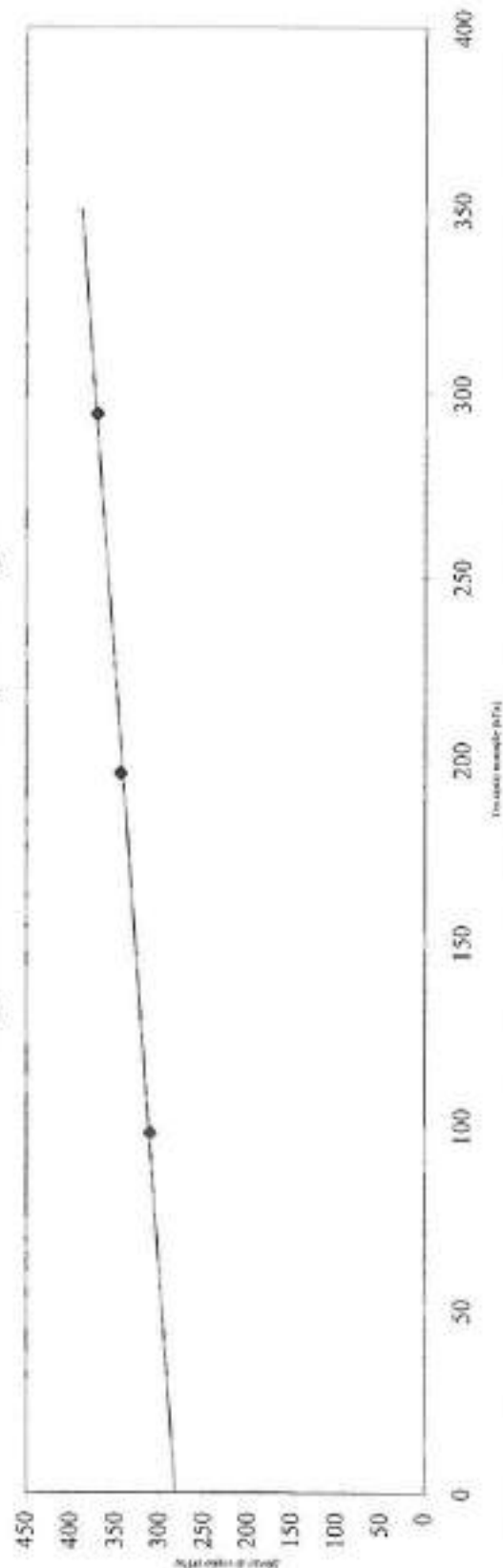
Attrito Interno ϕ^*

16.8°

Coesione c' (kPa)

281.762

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio



RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0642/10
AL N.
0642/10

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
05/10/2010

Intestatario certificati: GEOSOL S.r.l.

Verbale di accettazione: VA 337/10 del: 07/09/2010

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla: S2C2 Profondità (m): 7.50-8.00

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. **1** fogli esclusa la copertina.

Il Direttore del Laboratorio





PANGEO S.p.A.

di Compagnie Leonardo & C.

Laboratorio e Ufficio Via Sargallo 18/A - 31030 Pozzaforno (SD)

Tel. 0479/685430 - Fax 0479/73337 - www.pangeo.it

P. I.V.A. 06/870376 052 3 bust. C.C. I.A.A. n° 16974

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N. 5486/S del 07/11/2008
Settore A. Prove di Laboratorio su terreni (ex art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SD) San Martino - Tognazza

Data consegna: 07/09/2010 **Data apertura:** 24/09/2010

V. Acc. N. 337/10 **del** 07/09/2010

Sigla: S2C2

Prof. (m): 7.50-8.00

Modalità di campionatura:

Qualità del campione: Camp. Shelby Q5

Descrizione visuale:

Argilla con limo grigio verdastro

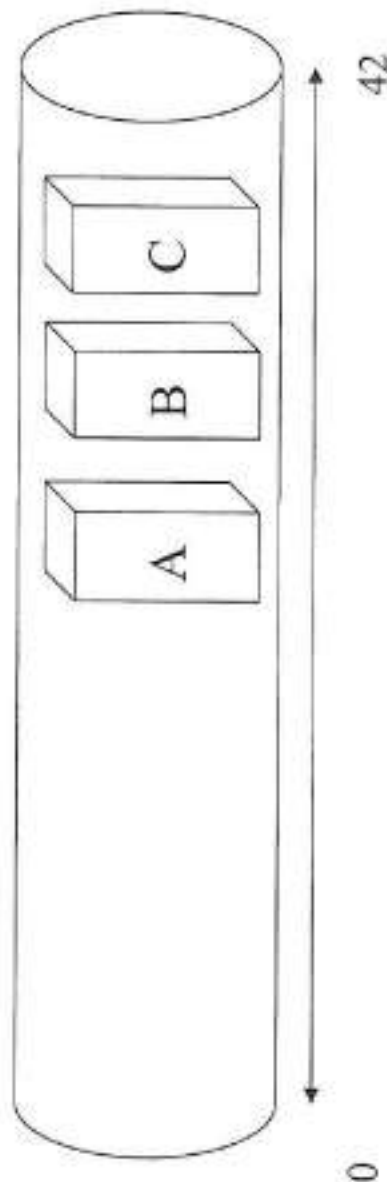
(Rif. Munsell 5Y4/2 Olive Gray)

Concrezioni biancastre millimetriche fino al cm.

Prove richieste:

Prova di taglio diretto Casagrande

Alto



Lo Specimens

Il Direttore del Laboratorio

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiera: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna campione: 07/09/2010

Data apertura campione: 24/09/2010

Verb. Acc. N. 337/10

del 07/09/2010

Sigla: S2C2

Prof. (m) 7.50-8.00

Descrizione Argilla con limo grigio verdastro
(Rif. Munsell 5Y4/2 Olive Gray)

Data inizio prova 24/09/10

Data fine prova 26/09/10

Velocità di deform. media :

(mm/min)

0.002

Dimensione dei provini :

(mm)

60*60

Umidità media del campione:

16.65%

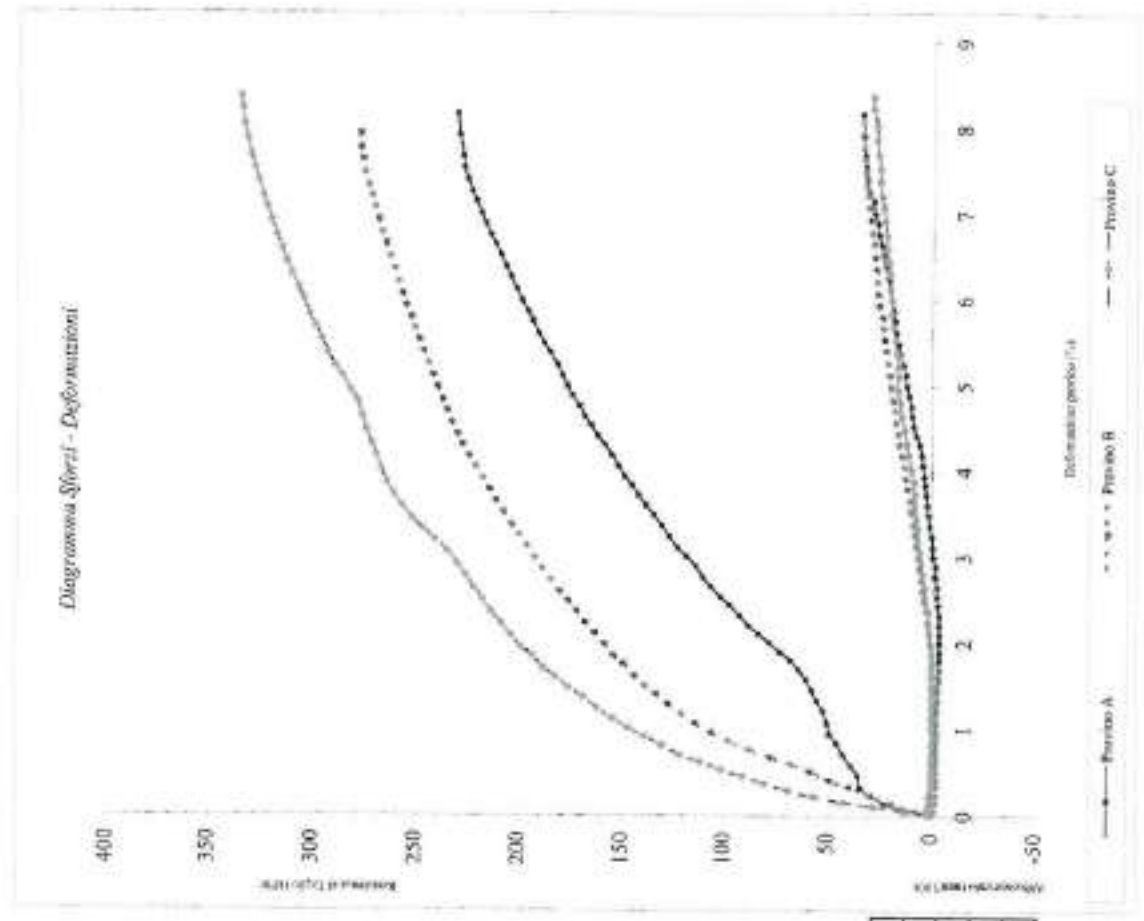
| Provino | | A | B | C |
|----------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|
| Umidità naturale | W in. | 17.41% | 17.53% | 16.97% |
| Umidità naturale | W fin. | 16.97% | 17.04% | 16.42% |
| Massa volumica apparente | p (Mg/m ³) | 2.08 | 2.08 | 2.09 |
| Massa volumica apparente seccati | pd (Mg/m ³) | 1.78 | 1.77 | 1.78 |

Certificato Ufficiale n° 642/10 pag. 1 di 1

Data Certificato: 05/10/10

Lo Spedimentatore:

Il Laboratorio di Pangeo



Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Committente:

Cantiere:

Sigla:

GEOSOL S.r.l.

Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

S2C2

Prof: (m)

7.50-8.00

Massa volumica apparente media

Massa volumica apparente secca media

Umidità media del campione (%)

ρ (Mg/m³)

ρ_d (Mg/m³)

2.08

1.78

16.65%

| Provino | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------|--------|
| Tensione verticale σ_v (kPa) | | | |
| Valori medie | Sforzo di taglio max. Tf (kPa) | A | B |
| | Deformazione provino (%) | 8.172 | 7.943 |
| | Abbassamento (mm) | 0.338 | 0.343 |
| | | 230.52 | 277.80 |
| | | 335.13 | |
| | | 8.377 | |
| | | 0.285 | |

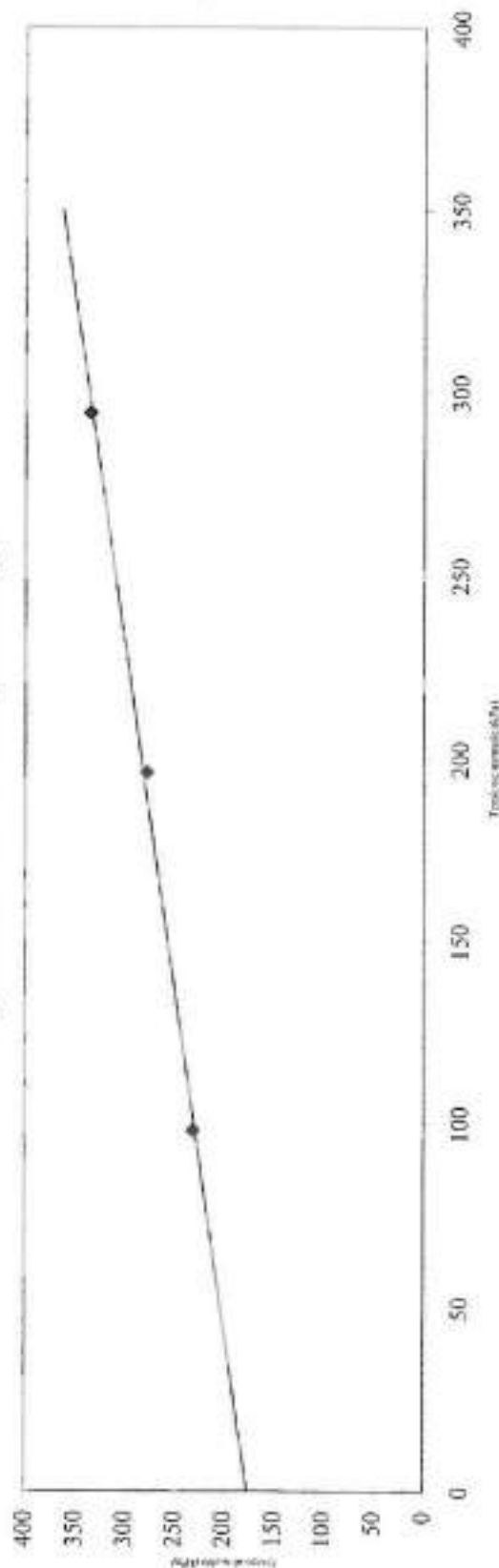
Attrito interno ϕ'

28.1°

Coesione c' (kPa)

176.547

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio



RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0643/10

AL N.
0643/10

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
05/10/2010

Intestatario certificati: GEOSOL S.r.l.

Verbale di accettazione: VA 338/10 del: 07/09/2010

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla: S3C1 Profondità (m): 5.00-5.50

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. **1** fogli esclusa la copertina.


Il Direttore del Laboratorio



PANGEO S.p.A.
di Caspary & Associati & C.

Laboratorio e Uffici: Via Sangalli 110/A - 43055 Poggibonsi (SI)

Tel. 0577/913459 - Fax 0577/967337 - www.pangeo.it

P. I.V.A. 06570760527 Iscr. C.C.I.A.A. n° 06326

Concessione Microtomo Infrastruttura e Trasporti con Decreto N. 54065 del 03/11/2005

Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna: 07/09/2010 **Data apertura:** 29/09/2010

V. Acc. N. 338/10 **del** 07/09/2010

Sigla: S3C1

Prof. (m): 5.00-5.50

Modalità di campionatura:

Qualità del campione: Camp. Shelby Q5

Descrizione visuale:

Argilla nerastra

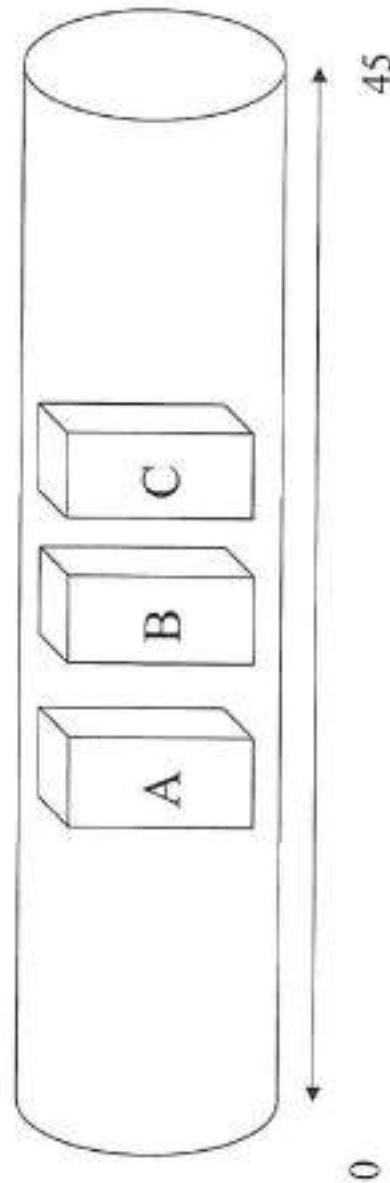
(Rif. Munsell 5Y3/1 Very Dark Gray)

numerosi noduli concrezionali centimetrici.

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

| | | |
|---|--------------|----------------|
| A | Provino per: | Taglio diretto |
| B | Provino per: | Taglio diretto |
| C | Provino per: | Taglio diretto |

Alto



Lo Spettatore

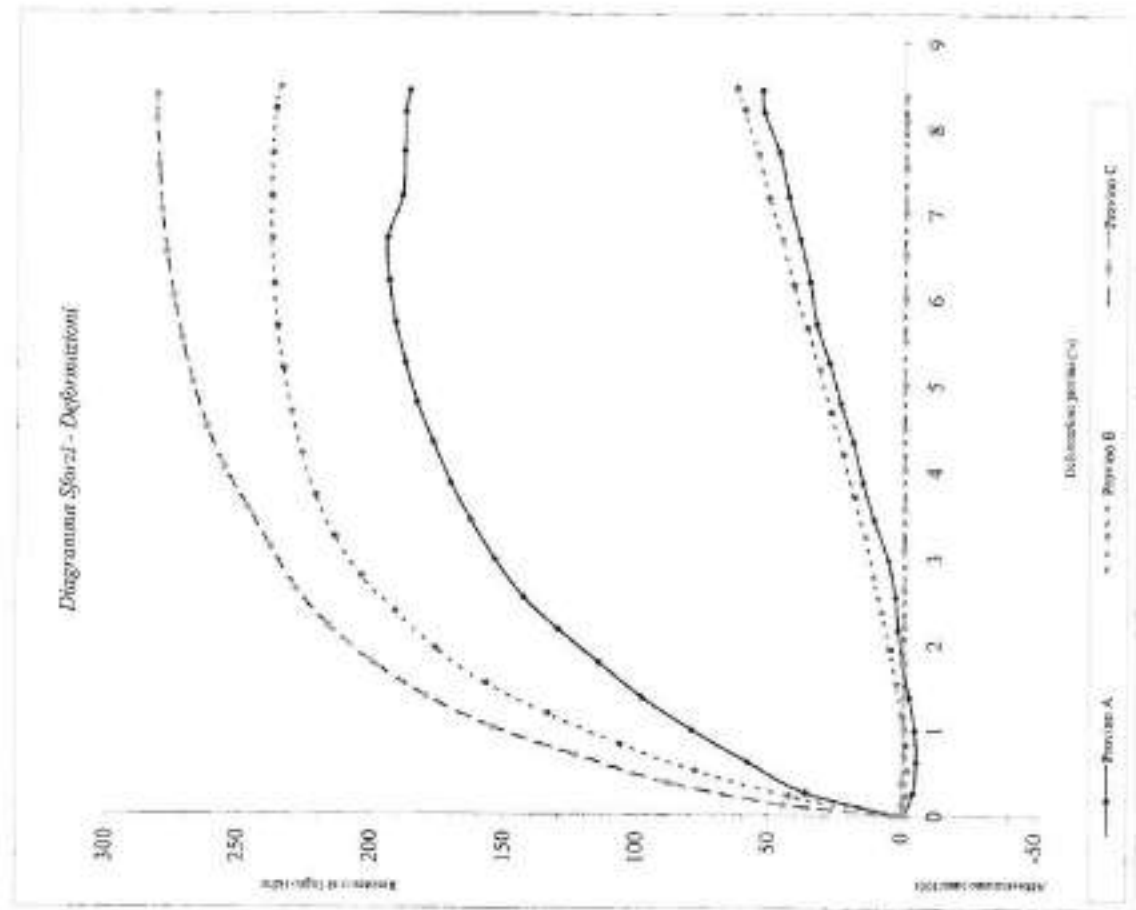
Lo Spettatore

Committente: GEOSOL S.r.l.
Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza
Data consegna campione: 07/09/2010
Data apertura campione: 29/09/2010
Verb. Acc. N. 338/10 **del** 07/09/2010
Sigla: S3C1
Prof. (m) 5.00-5.50
Descrizione: Argilla nerastra
 (Rif. Munsell 5Y3/1 Very Dark Gray)

Data inizio prova: 29/09/10
Data fine prova: 01/10/10

Velocità di deform. media: 0.002 (mm/min)
Dimensione dei provini: 60*60 (mm)
Umidità media del campione: 16.81%

| Umidità naturale | Provino | | Iniziale | A | B | C |
|--------------------------------|---------|--------|-------------------------------|--------|--------|--------|
| | W in. | W fin. | finale | | | |
| Umidità naturale | | | | 15.84% | 15.41% | 16.51% |
| Massa volumica apparente | | | ρ (Mg/m ³) | 15.87% | 15.68% | 16.75% |
| Massa volumica apparente secca | | | ρ_d (Mg/m ³) | 2.09 | 2.13 | 2.06 |
| | | | | 1.81 | 1.84 | 1.77 |



Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Committee:

Candiere:

Sigla:

GEOSOL S.r.l.

Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

S3C1

Prof: (m)

5.00-5.50

Massa volumica apparente media
Massa volumica apparente secca media
Umidità media del campione (%)

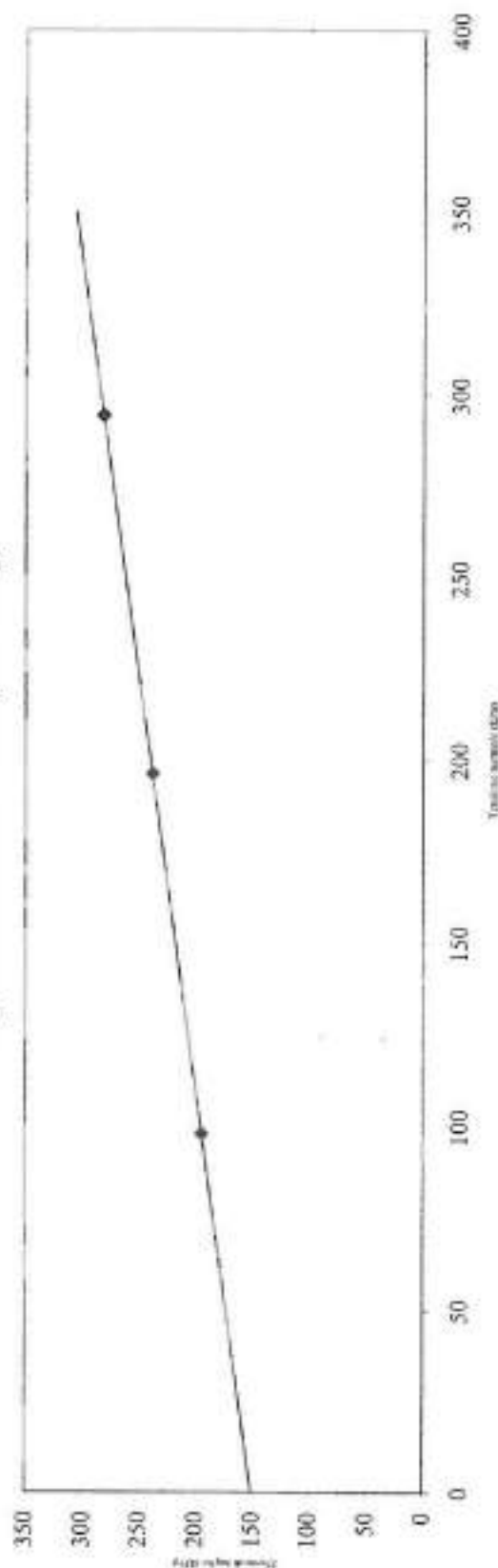
ρ (Mg/m³)
 ρ_d (Mg/m³)

2.09
1.81
16.81%

| Provino | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|
| Tensione verticale σ_v (kPa) | | | |
| Valori medie | Sforzo di taglio max. τ_f (kPa) | A | B |
| | Deformazione provino (%) | 194.50 | 237.97 |
| | Abbassamento (mm) | 6.702 | 6.692 |
| | | 0.386 | 0.452 |
| | | -0.008 | |

Attrito Interno ϕ^* 23.9°
Coesione c' (kPa) 150.956

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio



RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0644/10
AL N.
0644/10

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
05/10/2010

Intestatario certificati: GEOSOL S.r.l.

Verbale di accettazione: VA 339/10 del: 07/09/2010

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla: S3C2 Profondità (m): 10.0-10.50

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 1 fogli esclusa la copertina.


Il Direttore del Laboratorio



PANGEO S.r.l.

di Casapavola Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici: Via Sargallo 10/A - 59046 Poggibonsi (SI)

Tel. 0579/844450 - Fax 0579/973377 - www.pangeo.it

P.I.V.A. 0087076 052 7 Racc. C.C. I.A.A. n° 96924

Consorzio: Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N. 54065 del 07/11/2005

Servizio A. Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1991)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna: 07/09/2010 **Data apertura:** 29/09/2010

V. Acc. N°: 339/10 **del** 07/09/2010

Sigla: S3C2

Prof. (m): 10.0-10.50

Modalità di campionatura: Camp. Shelby

Qualità del campione: Q5

Descrizione visuale:

Argilla con limo marrone

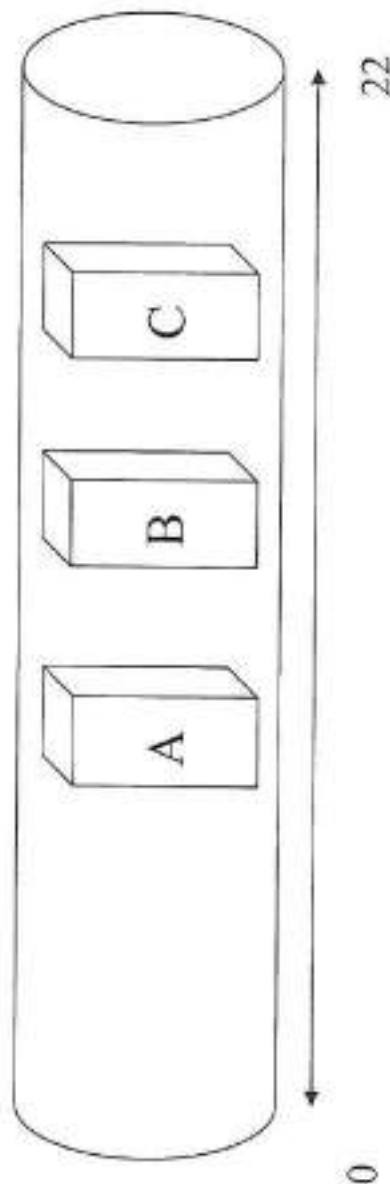
(Rif. Munsell 5Y4/3 Olive)

Sporadiche concrezioni biancastre dal mm al cm.

Prove richieste:

Prova di taglio diretto Casagrande

Alto



Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna campione: 07/09/2010

Data apertura campione: 29/09/2010

Verb. Acc. N. 339/10

Sigla: S3C2

Prof. (m) 10.0-10.50

del 07/09/2010

Descrizione Argilla con limo marrone
 (Rif. Munsell 5Y4/3 Olive)

Data inizio prova 29/09/10

Data fine prova 01/10/10

Velocità di deform. media :

(mm/min)

0.002

Dimensione dei provini :

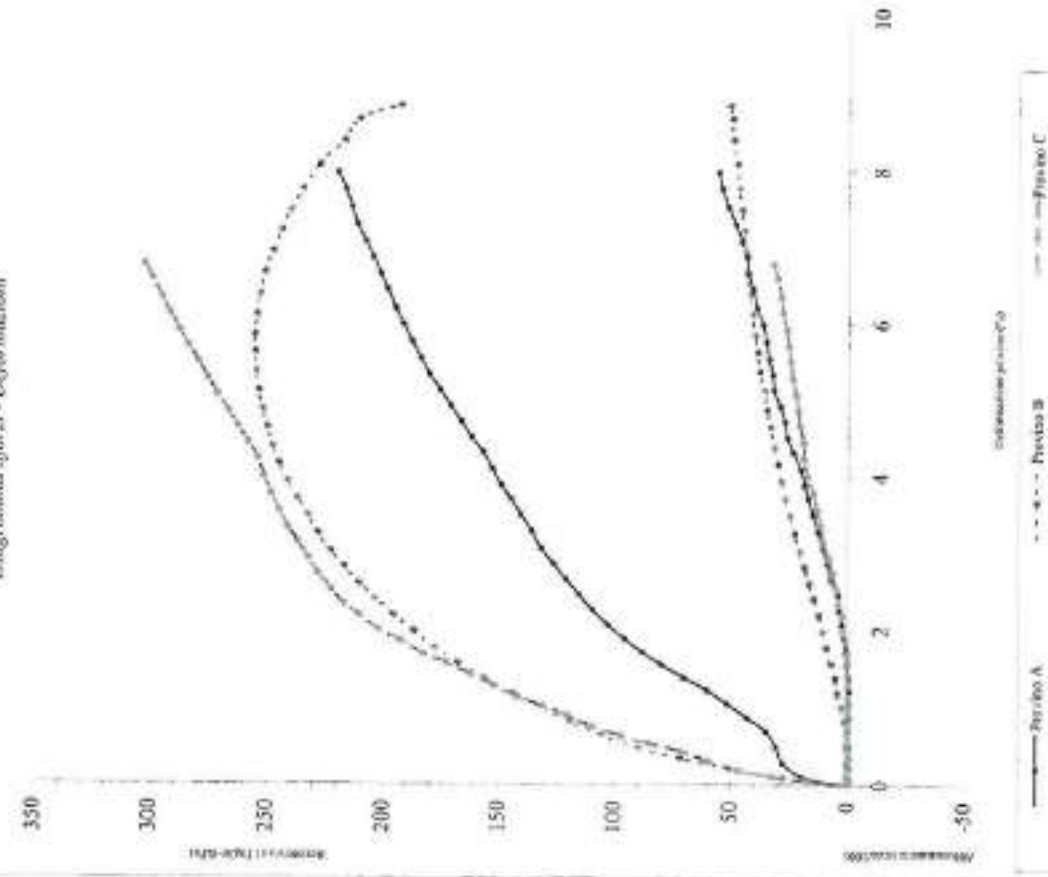
(mm)

60*60

Umidità media del campione:

15.26%

Diagramma Sforzi - Deformazioni



| Provino | | A | B | C |
|--------------------------------|------------|--------|--------|--------|
| Umidità naturale | W in. | 13.96% | 14.47% | 13.92% |
| Umidità naturale | W fin. | 13.86% | 14.41% | 14.10% |
| Massa volumica apparente | p (Mg/m³) | 2.13 | 2.13 | 2.15 |
| Massa volumica apparente secca | pd (Mg/m³) | 1.87 | 1.86 | 1.88 |

Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Committente:

GEOSOL S.r.l.

Cantiere:

Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla:

S3C2

Prof. (m)

10.0-10.50

Massa volumica apparente media

ρ (Mg/m³)

2.14

Massa volumica apparente secca media

ρ_d (Mg/m³)

1.87

Umidità media del campione (%)

15.26%

| Provvino | A | B | C |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| Tensione verticale σ_v (kPa) | 98.07 | 196.14 | 294.21 |
| Sforzo di taglio max. τ_r (kPa) | 219.78 | 255.61 | 302.74 |
| Deformazione provino (%) | 7.974 | 5.848 | 6.768 |
| Abbassamento (mm) | 0.555 | 0.400 | 0.318 |

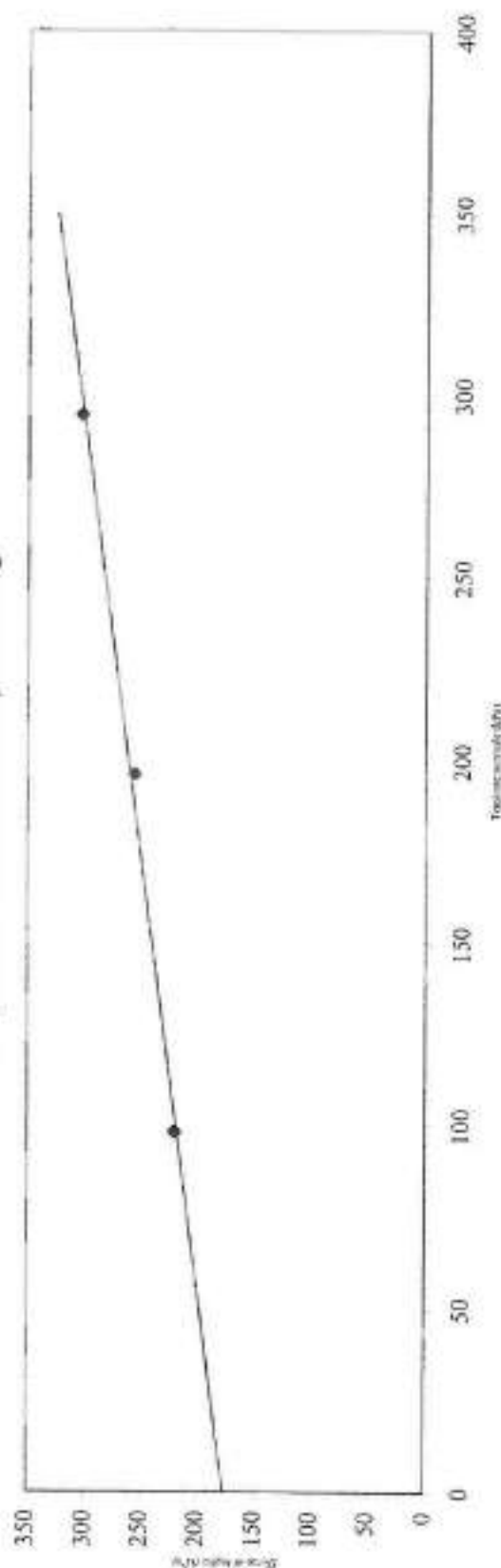
Attrito Interno ϕ'

22.9°

Coesione c' (kPa)

176.425

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio



RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0645/10
AL N.
0645/10

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
05/10/2010

Intestatario certificati: GEOSOL S.r.l.

Verbale di accettazione: VA 340/10

del: 07/09/2010

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla: S3C3 Profondità (m): 14.0-14.50

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 1 fogli esclusa la copertina.



Il Responsabile del Laboratorio



PANGEO S.p.A.
di Casapelli Leonello & C.

Laboratorio e Ufficio Via Sangalli 10/A - 55016 Poggibonsi (SI)

Tel. 0577985430 - Fax 0577997533 - www.pangeo.it

P. I.V.A. 00838700532 - P. Iste. C.C.I.A.A. n° 59024

Consulenza / Istruzioni / Informazione e Trasporti - con Decreto N. 54065 del 03/11/2005
Settore A. Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna: 07/09/2010 **Data apertura:** 01/10/2010

V. Acc. N. 340/10 **del** 07/09/2010

Sigla: S3C3

Prof. (m): 14.0-14.50

Modalità di campionatura:

Qualità del campione: Camp. Shelby Q5

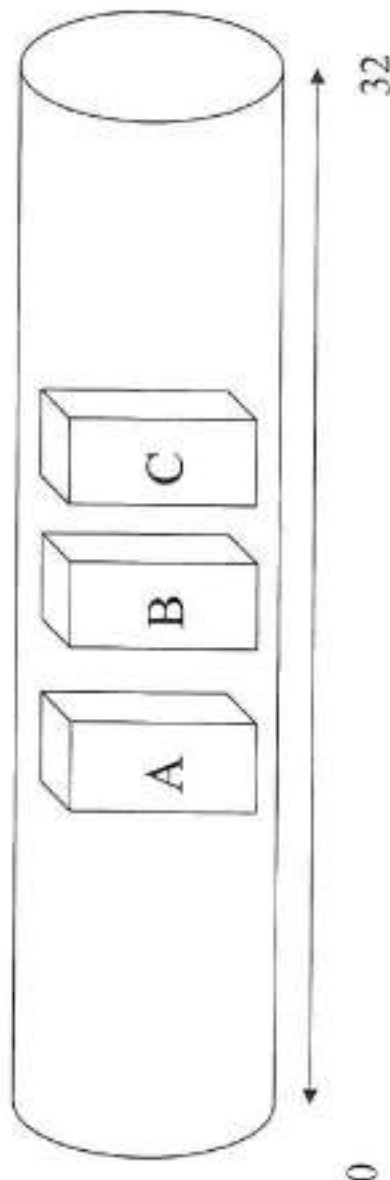
Descrizione visuale:

Argilla limosa marrone rossastro
(Rif. Munsell 10YR4/4 Dark Yellowish Brown)
spalmature grigiastre e concrezioni biancastre

Prove richieste:

Prova di taglio diretto Casagrande

Alto



Lo Spettigeniature

Lo Spettigeniature

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna campione: 07/09/2010

Data apertura campione: 01/10/2010

Verb. Acc. N. 340/10

del 07/09/2010

Sigla: S3C3

Prof. (m) 14.0-14.50

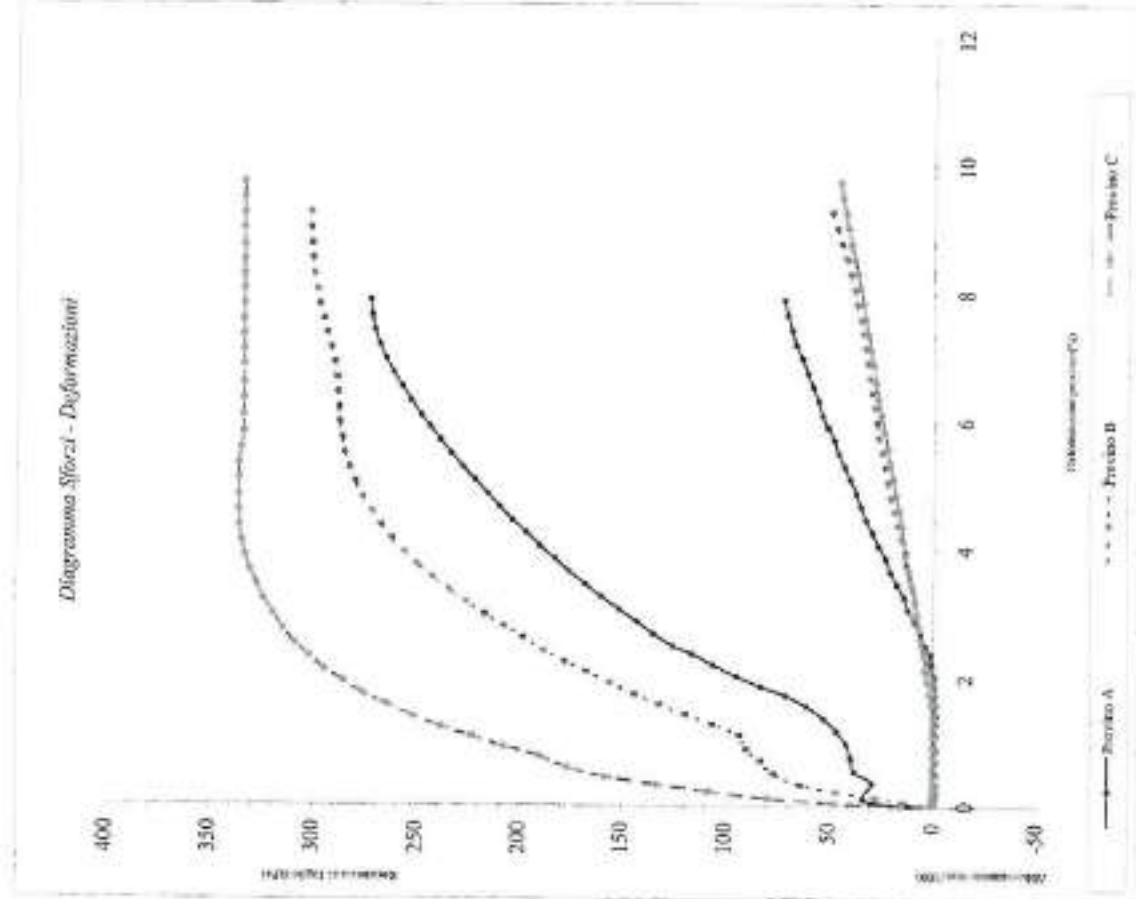
Descrizione Argilla limosa marrone rossastro
(Rif. Munsell 10YR4/4 Dark Yellowish Brown)

Data inizio prova 01/10/10

Data fine prova 03/10/10

Velocità di deform. media : 0.002 (mm/min)
Dimensione dei provini : 60*60 (mm)
Umidità media del campione: 16.63%

| Provino | | A | B | C |
|--------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|
| Umidità naturale | W in. | 16.14% | 16.50% | 16.65% |
| Umidità naturale | W fin. | 15.85% | 16.74% | 17.25% |
| Massa volumica apparente | p (Mg/m ³) | 2.11 | 2.10 | 2.11 |
| Massa volumica apparente secca | pd (Mg/m ³) | 1.82 | 1.80 | 1.81 |



Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Committente:

GEOSOL S.r.l.

Cantiere:

Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla:

S3C3

Prof: (m)

14.0-14.50

Massa volumica apparente media

ρ (Mg/m³)

2.11

Massa volumica apparente secca media

ρ_d (Mg/m³)

1.81

Umidità media del campione (%)

16.63%

| Provino | | A | B | C |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| Tensione verticale σ_v (kPa) | | 98.07 | 196.14 | 294.21 |
| Valori di riferimento | Sforzo di taglio max. τ_f (kPa) | 272.58 | 301.66 | 335.60 |
| | Deformazione provino (%) | 7.892 | 9.019 | 4.615 |
| | Abbassamento (mm) | 0.716 | 0.465 | 0.167 |

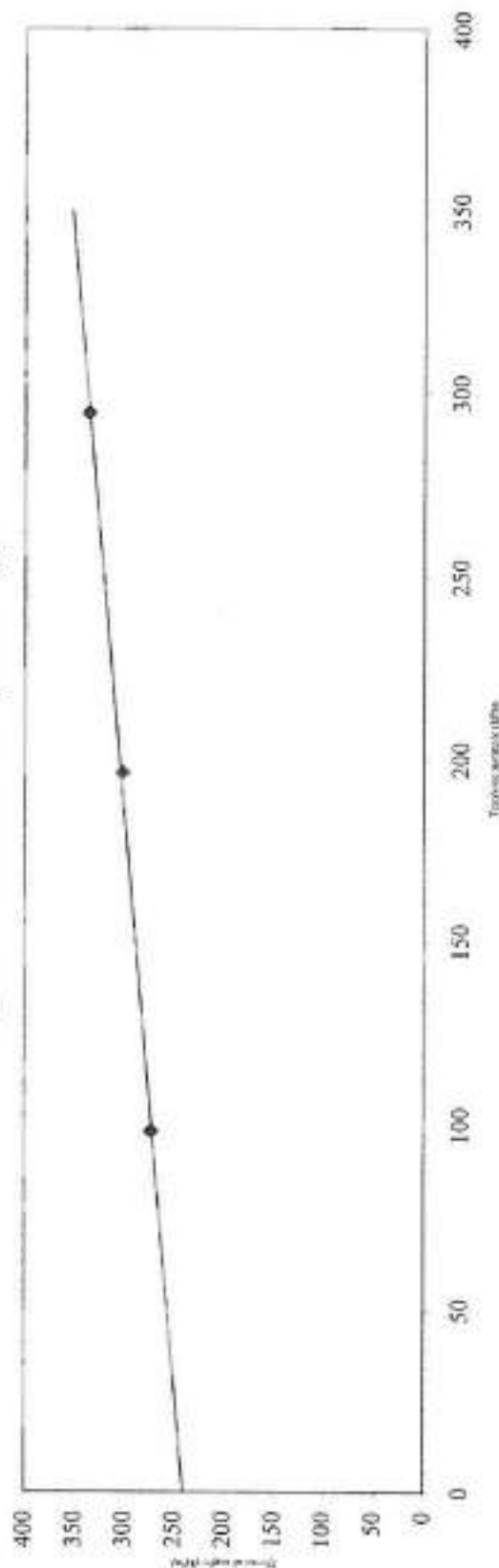
Attrito Interno ϕ'

17.8°

Coesione c' (kPa)

240.266

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio



RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0646/10
AL N.
0647/10

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
05/10/2010

Intestatario certificati: GEOSOL S.r.l.

Verbale di accettazione: VA 341/10

del: 07/09/2010

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla: S4C1 Profondità (m): 10.0-10.30

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 3 fogli esclusa la copertina.


Il Direttore del Laboratorio



PANGEO S.p.A.

di Consorzio Leonardo da Vinci

Laboratorio e Ufficio Via Sangallo 10/A - 53036 Poggibonsi (SI)

Tel. 0577/834350 - Fax 0577/997557 - www.pangeo.it

P. I.V.A. 00870760527 Iscr. C.C.I.A.A. n° 36034

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/10/2005

Sottoseg. A. Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1991)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna: 07/09/2010 **Data apertura:** 22/09/2010

V. Acc. N. 341/10 **del** 07/09/2010

Sigla: S4C1

Prof. (m): 10.0-10.30

Modalità di campionatura: Camp. Shelby

Qualità del campione: Q5

Descrizione visuale:

Limo sabbioso argilloso deb. ghiaioso marrone verdastro

(Rif. Munsell 5Y4/4 Olive)

fortemente concresciuto, a tratti cementato.

Prove richieste:

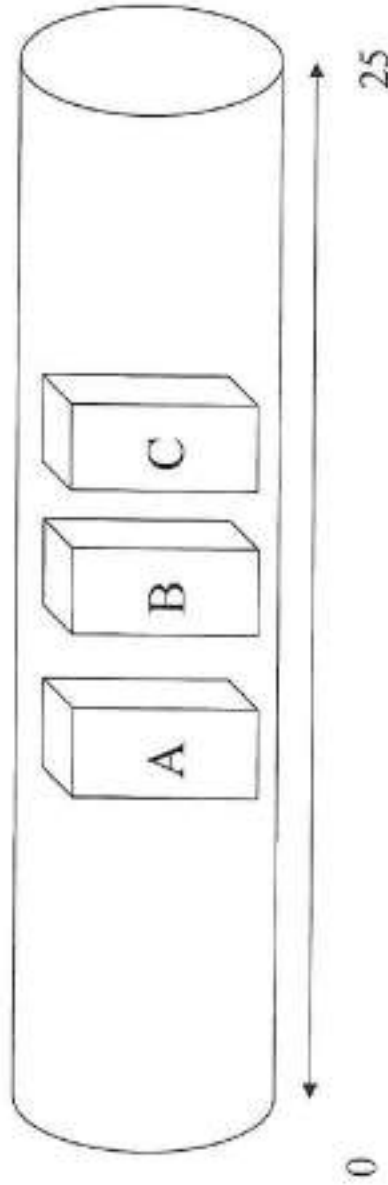
Analisi granulometrica

Prova di taglio diretto Cusagrande

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

| | | |
|---|--------------|----------------|
| A | Provino per: | Taglio diretto |
| B | Provino per: | Taglio diretto |
| C | Provino per: | Taglio diretto |

Alto



Committente GEOSOL S.r.l.

Cantiere Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla S4C1

Profondità (m) 10.0-10.30

Data consegna Campione: 07/09/2010

Data apertura Campione: 22/09/2010

V. Acc. N. 341/10
del 07/09/2010

Descrizione:

Lino nabbino argillino deb. ghiaioso marrone verdastro
(Rif. Munsell 5Y4/4 Olive)

Data inizio prova: 22/09/2010
Data fine prova: 29/09/2010

| Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % |
|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 1/4 | 6.3 | 2.94 | 97.06 | 50 | 0.3 | - | - |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | - | - | 60 | 0.25 | - | - |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | - | - | 70 | 0.212 | 28.92 | 71.08 |
| 1 1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.36 | - | - | 80 | 0.18 | - | - |
| 1 1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 12.56 | 87.45 | 100 | 0.15 | - | - |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | - | - | 120 | 0.125 | 33.04 | 66.97 |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 16.91 | 83.09 | 140 | 0.106 | - | - |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | - | - | 200 | 0.074 | 36.55 | 63.46 |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 22.10 | 77.91 | | | | |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | - | - | | | | |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 24.52 | 75.49 | | | | |

N.B. In grassetto i setacci utilizzati

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 0.05351 | 92.64 | 58.78 | 0.00331 | 39.71 | 25.20 | - | - | - |
| 0.03925 | 87.83 | 55.73 | 0.00239 | 34.90 | 22.14 | - | - | - |
| 0.02935 | 79.81 | 50.64 | 0.00140 | 31.69 | 20.11 | - | - | - |
| 0.02161 | 73.39 | 46.57 | 0.00100 | 28.48 | 18.07 | - | - | - |
| 0.01586 | 66.98 | 42.50 | 0.00082 | 26.88 | 17.06 | - | - | - |
| 0.01200 | 60.56 | 38.43 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00862 | 57.35 | 36.39 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00629 | 50.94 | 32.32 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00455 | 46.13 | 29.27 | - | - | - | - | - | - |

Committente **GEOSOL S.r.l.**

Cantiere Monticiglionni (SI) San Martino - Tognazza

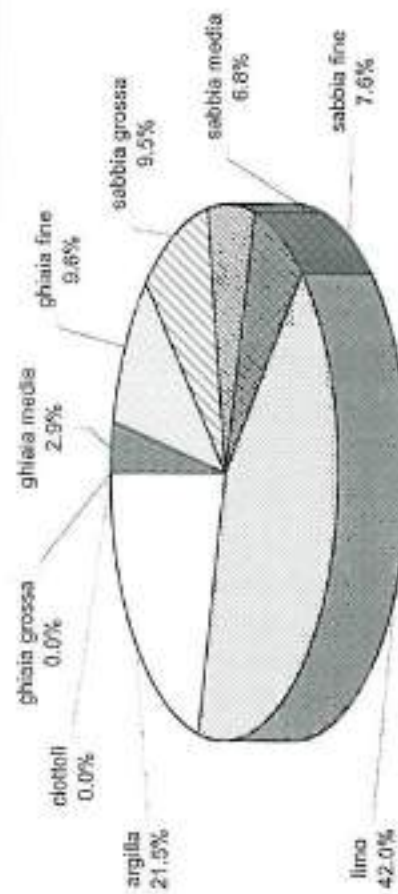
Data consegna Campione 07/09/2010

Data apertura Campione 22/09/2010

V. Acc. N. 341/10

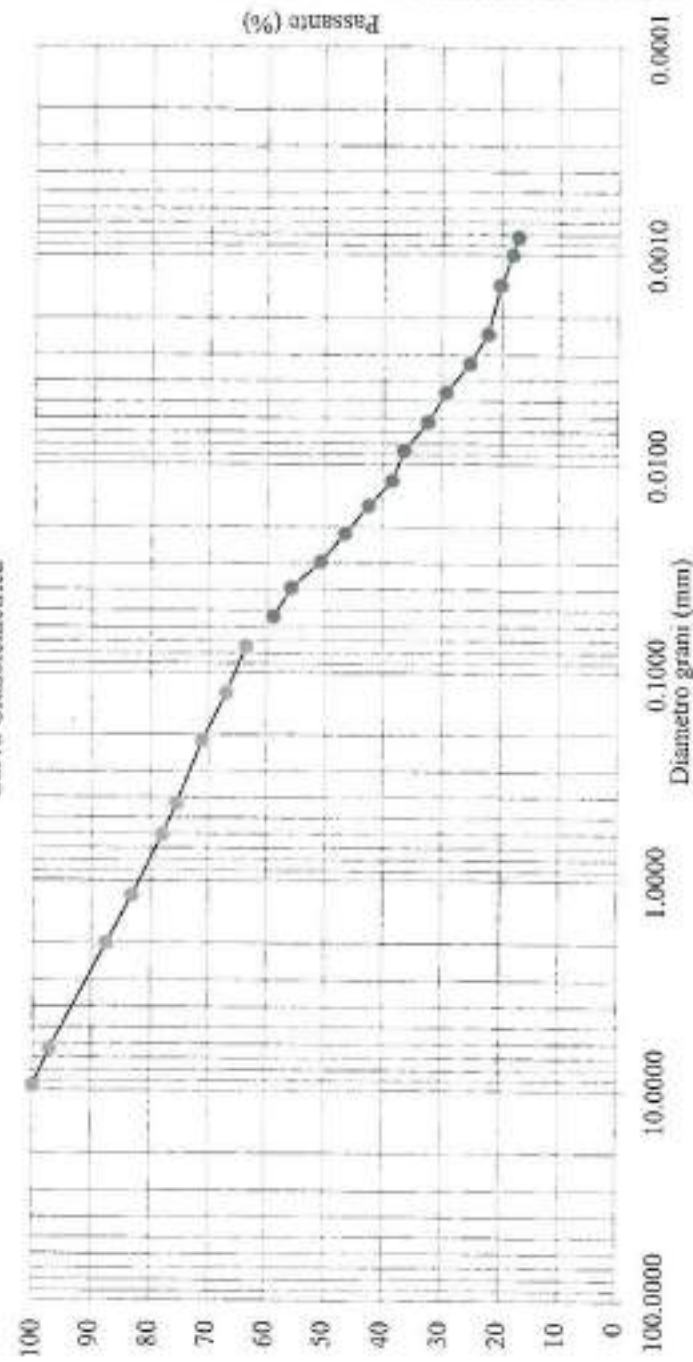
del 07/09/2010

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Classi Granulometriche Rappresentate nel Campione in Esame

Curva Granulometrica



Sigla: S4C1
Profondità (m): 10.0-10.30

Descrizione:
Limo sabbioso argilloso den. ghiaioso marrone verdastro
(Rif. Munsell 5Y4/4 Olive)

Data inizio prova: 22/09/2010
Data fine prova: 29/09/2010

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna campione: 07/09/2010

Data apertura campione: 22/09/2010

Verb. Acc. N. 341/10 del 07/09/2010

Sigla: S4C1

Prof. (m) 10.0-10.30

Descrizione Lino sabbioso argilloso deb. ghiaioso marrone verdastro
(Rif. Munsell 5Y4/4 Olive)

Data inizio prova 22/09/10

Data fine prova 24/09/10

Velocità di deform. media :

(mm/min)

0.002

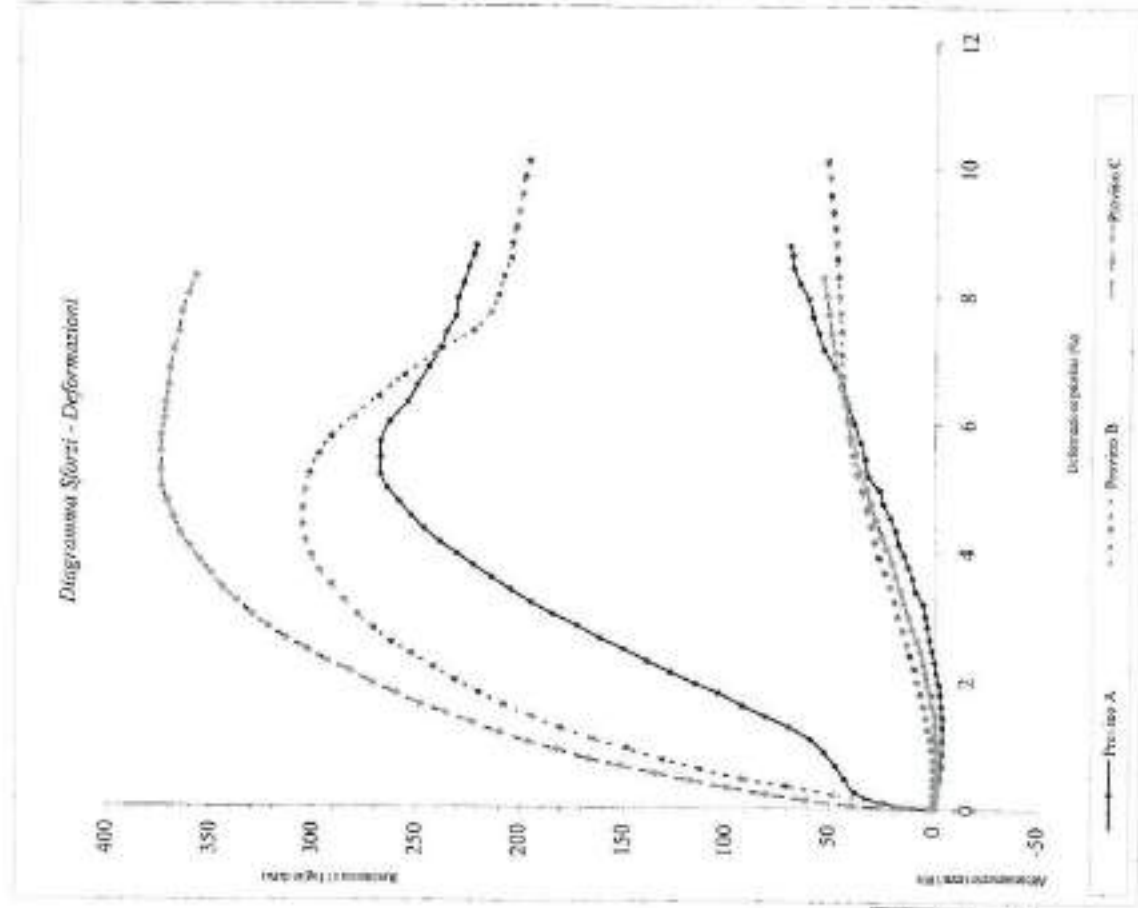
Dimensione dei provini :

(mm)

60*60

Umidità media del campione:

13.29%



| Unidità naturale | Provino | | Iniziale | A | B | C |
|--------------------------------|---------|--------|------------|--------|--------|--------|
| | W in. | W fin. | | | | |
| Unidità naturale | | | | 13.73% | 14.56% | 10.90% |
| Massa volumica apparente | | | p (Mg/m³) | 2.15 | 2.11 | 2.13 |
| Massa volumica apparente secca | | | pd (Mg/m³) | 1.89 | 1.84 | 1.92 |

Certificato Ufficiale n° 647/10 pag. 1 di 1

Data Certificato: 05/10/10

Lo Sperimentatore:

Handwritten signature

Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Comittente:

GEOSOL S.r.l.

Cantiere:

Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla:

S4C1

Prof: (m)

10.0-10.30

Massa volumica apparente media

ρ (Mg/m³)

2.13

Massa volumica apparente secca media

ρ_d (Mg/m³)

1.89

Umidità media del campione (%)

13.29%

| Provino | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|
| Tensione verticale σ_v (kPa) | | | |
| Valori medio | Sforzo di taglio max. τ_f (kPa) | A | B |
| | Deformazione provino (%) | A | B |
| | Abbassamento (mm) | A | B |
| | | 98.07 | 196.14 |
| | | 267.29 | 305.38 |
| | | 5.175 | 4.393 |
| | | 0.312 | 0.301 |
| | | | 0.392 |

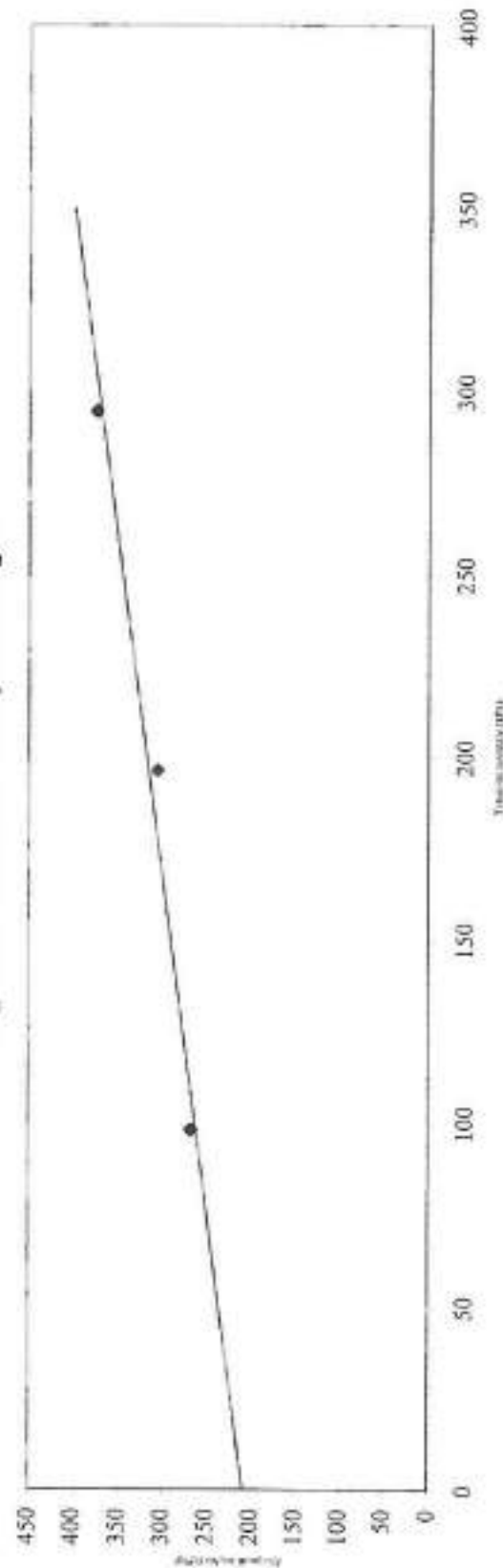
Attrito Interno ϕ^*

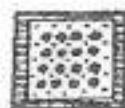
28.6°

Coesione c' (kPa)

208.635

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio





PANGEO
LABORATORIO GEOTECNICO

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N. 34065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1999)

Laboratorio
Qualificato
N. 100



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0648/10
AL N.
0649/10

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
05/10/2010

Intestatario certificati: GEOSOL S.r.l.

Verbale di accettazione: VA 342/10 del: 07/09/2010

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla: S4C2 Profondità (m): 17.5-18.0

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento.

Questa raccolta consta di n. 3 fogli esclusa la copertina.

Il Direttore del Laboratorio



PANGEO S.p.A.

di Campari & Associati & C.

Laboratorio e Uffici: Via Sangalli 10/A - 51056 Poggibonsi (SI)

Tel. 0577/983459 - Fax 0577/987337 - www.pangeo.it

P. I.V.A. 00870760527 Iscritt. C.C.I.A.A. n° 59324

Concessione Ministeriale Infrastrutture e Trasporti - con Decreto N.54/65 del 02/11/2005
Sensò A; Prova di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna: 07/09/2010 **Data apertura:** 23/09/2010

V. Acc. N. 342/10 **del** 07/09/2010

Sigla: S4C2

Prof. (m): 17.5-18.0

Modalità di campionatura: Camp. Shelby

Qualità del campione: Q5

Descrizione visuale:

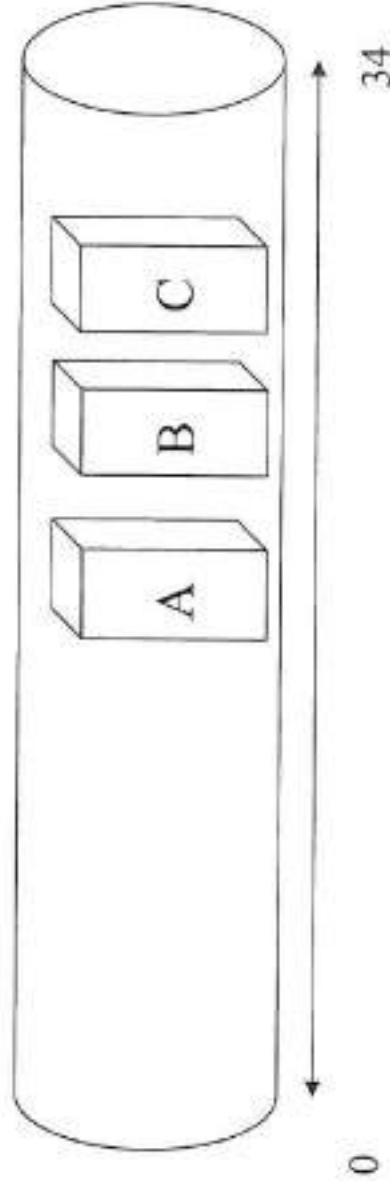
Limo argilloso deb. sabbioso marrone
(Rif. Munsell 10YR3/6 Dark Yellowish Brown)
screziature grigie e numerose concrezioni bianche

Prove richieste:

Analisi granulometrica

Prova di taglio diretto Casagrande

Alto



Lo Spedimentatore

[Handwritten signature]

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantier: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna Campione: 07/09/2010

Data apertura Campione: 23/09/2010

V. Acc. N. 342/10

del 07/09/2010

Sigla:
Profondità (m)

S4C2
17.5-18.0

Descrizione:

Linea argillosa del sottobanco marino
(Rif. Munsell 10YR3/6 Dark Yellowish Brown)

Data inizio prova

28/09/2010

Data fine prova

01/10/2010

Certificato Ufficiale N° 648/10 pag. 2 di 2

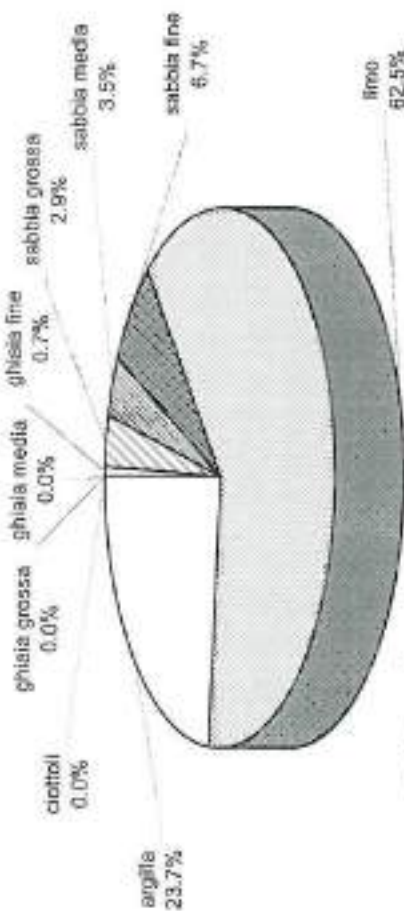
Data Certificato

05/10/2010

Lo Spettacolo

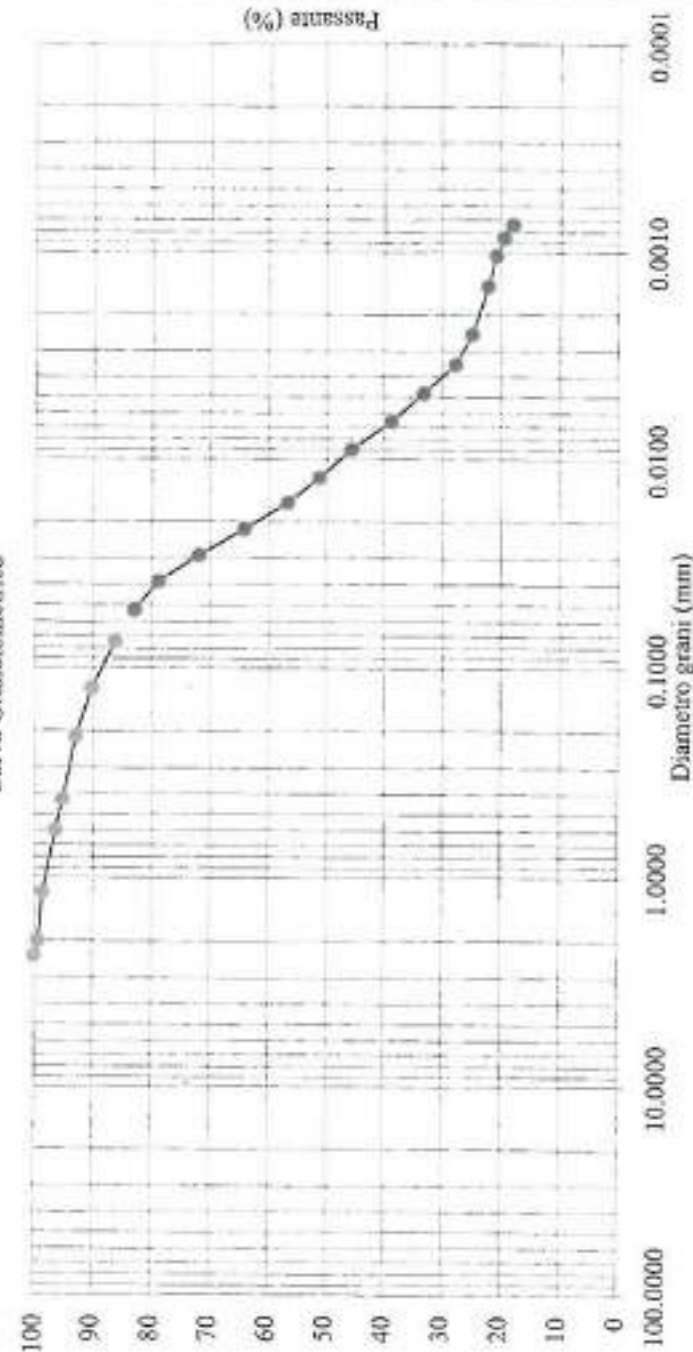
Il Direttore

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Classi Granulometriche Rappresentate nel Campione in Esame

Curva Granulometrica



Committente: **GEOSOL S.r.l.**

Cantiere: **Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza**

Sigla: **S4C2**

Profondità (m): **17.5-18.0**

Data consegna Campione: **07/09/2010**

Data apertura Campione: **23/09/2010**

V. Acc. N. **342/10**
del **07/09/2010**

Descrizione:
Limo argilloso deb. scabbioso marrone
(Rif. Munsell 10YR3/6 Dark Yellowish Brown)

Data inizio prova: **28/09/2010**
Data fine prova: **01/10/2010**

| Selaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Selaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Selaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % |
|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 1/4 | 6.3 | 0.00 | 100.00 | 50 | 0.3 | - | - |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | 0.00 | 100.00 | 60 | 0.25 | - | - |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | 0.00 | 100.00 | 70 | 0.212 | 7.11 | 92.89 |
| 1 1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.36 | 0.00 | 100.00 | 80 | 0.18 | - | - |
| 1 1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 0.67 | 99.33 | 100 | 0.15 | - | - |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | - | - | 120 | 0.125 | 9.83 | 90.17 |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 1.50 | 98.50 | 140 | 0.106 | - | - |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | - | - | 200 | 0.074 | 13.79 | 86.21 |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 3.60 | 96.40 | | | | |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | - | - | | | | |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 4.86 | 95.14 | | | | |

N.B. In grassetto i setacci utilizzati

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 0.05262 | 96.26 | 82.98 | 0.00348 | 32.09 | 27.66 | - | - | - |
| 0.03871 | 91.45 | 78.83 | 0.00249 | 28.88 | 24.89 | - | - | - |
| 0.02906 | 83.43 | 71.92 | 0.00146 | 25.67 | 22.13 | - | - | - |
| 0.02180 | 74.44 | 64.17 | 0.00104 | 24.07 | 20.75 | - | - | - |
| 0.01623 | 65.78 | 56.70 | 0.00085 | 22.46 | 19.36 | - | - | - |
| 0.01227 | 59.36 | 51.17 | 0.00074 | 20.86 | 17.98 | - | - | - |
| 0.00897 | 52.94 | 45.64 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00658 | 44.92 | 38.73 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00479 | 38.50 | 33.19 | - | - | - | - | - | - |

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna campione: 07/09/2010

Data apertura campione: 23/09/2010

Verb. Acc. N. 342/10 del 07/09/2010

Sigla: S4C2

Prof. (m) 17.5-18.0

Descrizione Lino argilloso deb. sabbioso marrone
(Rif. Munsell 10YR3/6 Dark Yellowish Brown)

Data inizio prova 23/09/10

Data fine prova 25/09/10

Velocità di deform. media :

(mm/min)

0.002

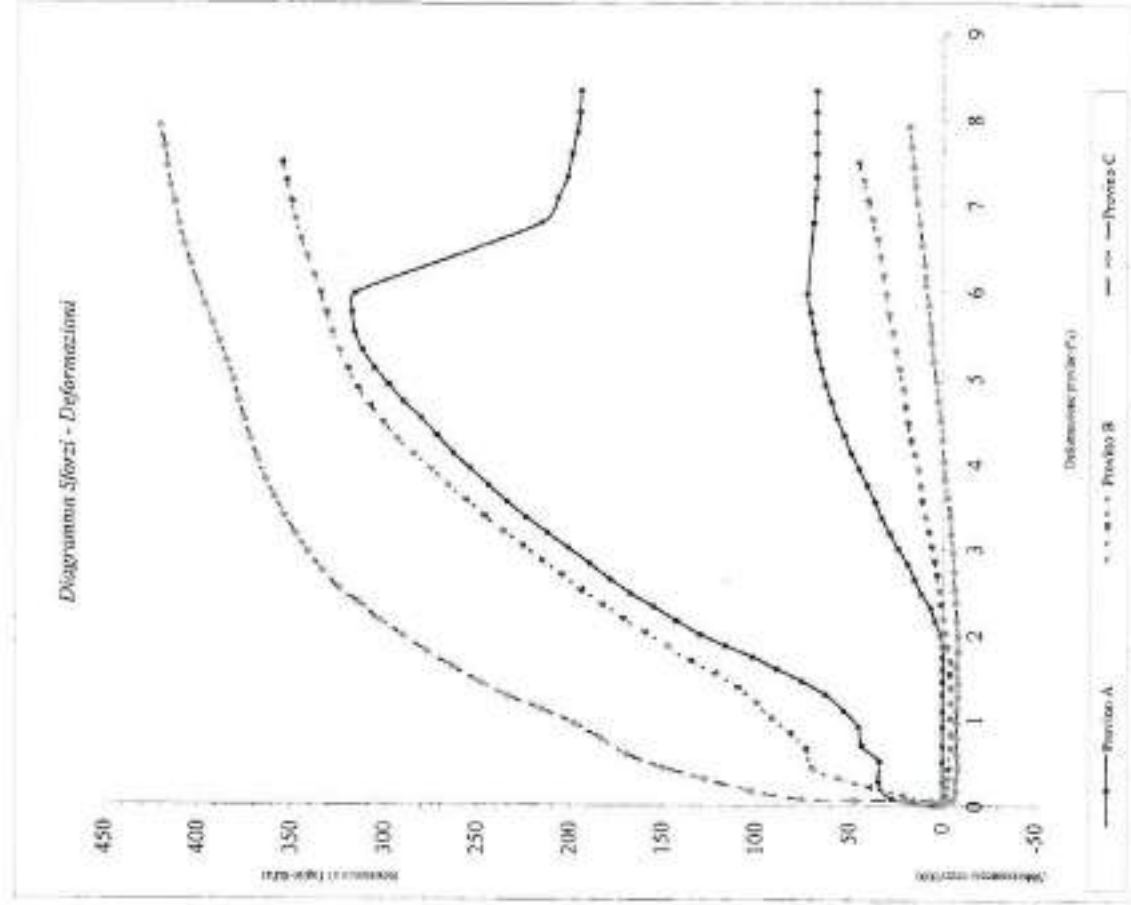
Dimensione dei provini :

(mm)

60*60

Umidità media del campione:

13.11%



| Umidità naturale | Provino | | Iniziale | A | B | C |
|--------------------------------|---------|--------|----------|--------|--------|--------|
| | W in. | W fin. | | | | |
| Umidità naturale | | | | 12.63% | 12.40% | 12.35% |
| Massa volumica apparente | | | | 12.68% | 12.52% | 12.48% |
| Massa volumica apparente secca | | | | 2.19 | 2.15 | 2.09 |
| | | | | 1.94 | 1.92 | 1.86 |

Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Conomitente:

GEOSOL S.r.l.

Cantiere:

Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla:

S4C2

Prof. (m)

17.5-18.0

Massa volumica apparente media

ρ (Mg/m³)

2.14

Massa volumica apparente secca media

ρ_d (Mg/m³)

1.91

Umidità media del campione (%)

13.11%

| Provino | | A | B | C |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| Tensione verticale σ_v (kPa) | | 98.07 | 196.14 | 294.21 |
| Valori di | Sforzo di taglio max. τ_f (kPa) | 318.21 | 355.83 | 421.30 |
| | Deformazione provino (%) | 5.750 | 7.487 | 7.913 |
| | Abbassamento (mm) | 0.711 | 0.455 | 0.182 |

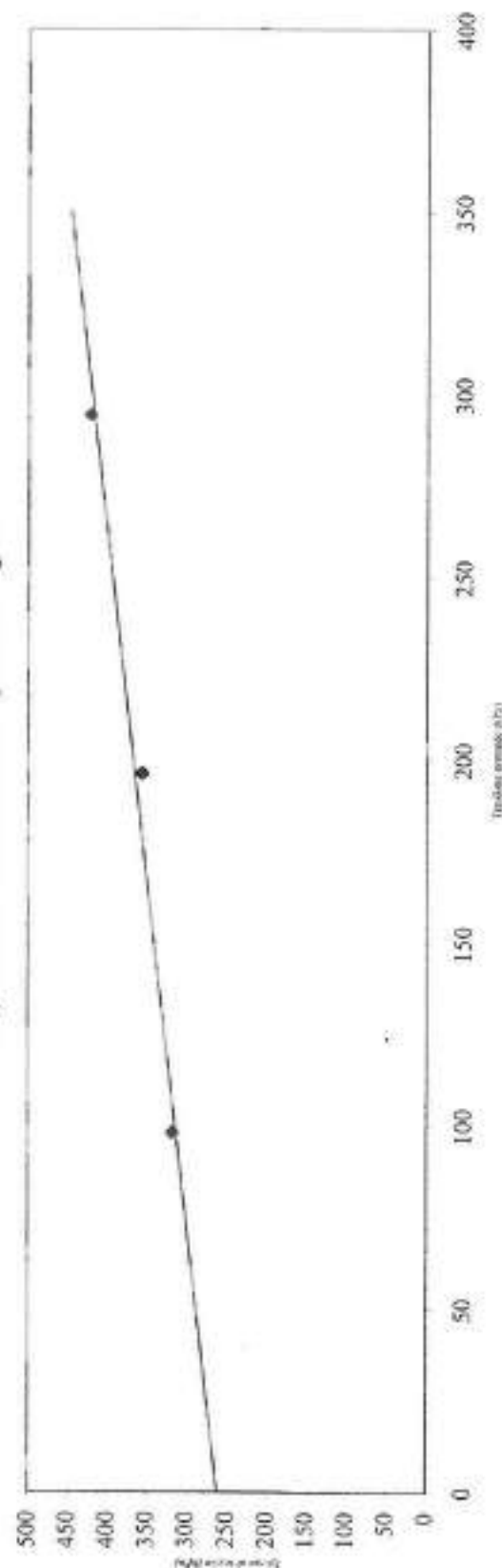
Attrito Interno ϕ'

27.7°

Coesione c' (kPa)

262.016

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio





PANGEO
LABORATORIO GEOTECNICO

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N. 54065 del 07/11/2005

Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio
Qualificato
N. 100



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0650/10

AL N.
0651/10

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
05/10/2010

Intestatario certificati: GEOSOL S.r.l.

Verbale di accettazione: VA 343/10

del: 07/09/2010

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla: S4C3 Profondità (m): 25.0-25.40

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. **3** fogli esclusa la copertina.

Il Direttore del Laboratorio



PANGEO S.p.A.

di Caprimonte Leonardo di C.

Laboratori e Uffici Via Sengallo 10/A - 53036 Poggibonsi (SI)

Tel 0577983450 - Fax 0577983337 - www.pangeo.it

P. I.V.A. 03870700527 Iscritt. C.C.I.A.A. n° 059204

Consorzio Miniere Intraprese e Trappisti con Decreto N. 54065 del 07/11/2004

Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (in sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Committente: GEOSOL S.r.l.

Cantiere: Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Data consegna: 07/09/2010 **Data apertura:** 23/09/2010

V. Acc. N. 343/10 **del** 07/09/2010

Sigla: S4C3

Prof. (m): 25.0-25.40

Modalità di campionatura: Camp. Shelby

Qualità del campione: Q5

Descrizione visuale:

Limo con argilla sabbioso marrone

(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

parte alta da debolmente cementata a cementata.

Parte bassa più argillosa; presenza di concrezioni biancastre.

Prove richieste:

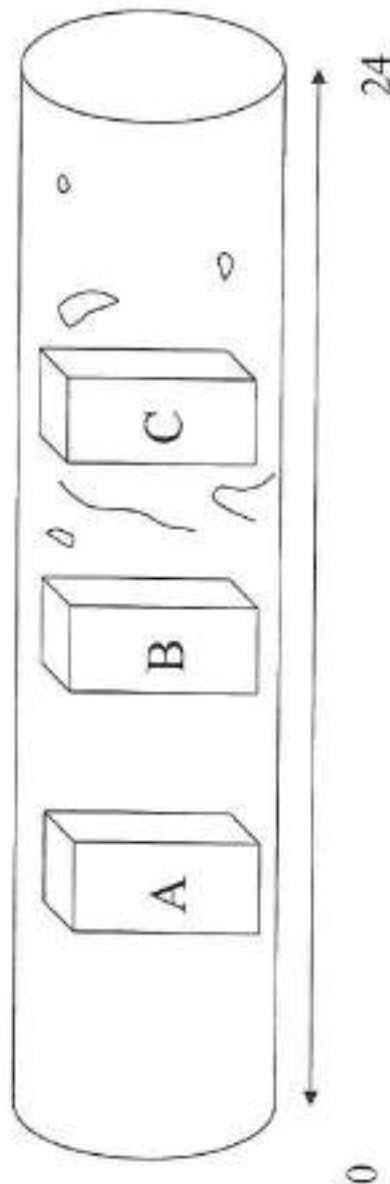
Analisi granulometrica

Prova di taglio diretto Casagrande

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

| | | |
|---|--------------|----------------|
| A | Provino per: | Taglio diretto |
| B | Provino per: | Taglio diretto |
| C | Provino per: | Taglio diretto |

Alto



Lo Spettigenitore

Il 23/09/2010
Lo Spettigenitore

Committente GEOSOL S.r.l.

Cantiere Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla S4C3

Profondità (m) 25.0-25.40

Data consegna Campione: 07/09/2010

Data apertura Campione: 23/09/2010

V. Acc. N. 343/10
del 07/09/2010

Descrizione:

*Limo con argilla sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)*

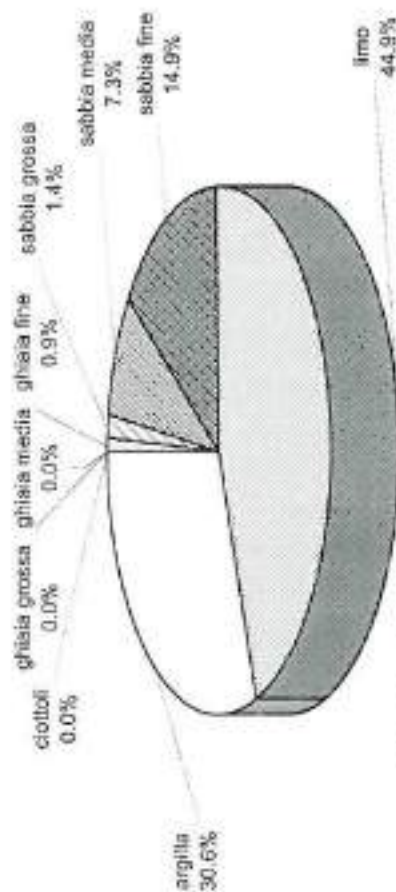
Data inizio prova: 28/09/2010
Data fine prova: 01/10/2010

| Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % | Setaccio ASTM | Diametro Grani mm. | Trattenuto % | Passante % |
|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| 3 | 75 | 0.00 | 100.00 | 1/4 | 6.3 | 0.00 | 100.00 | 50 | 0.3 | - | - |
| 2.5 | 63 | 0.00 | 100.00 | 4 | 4.75 | 0.00 | 100.00 | 60 | 0.25 | - | - |
| 2 | 50 | 0.00 | 100.00 | 6 | 3.35 | 0.00 | 100.00 | 70 | 0.212 | 9.60 | 90.40 |
| 1.1/2 | 37.5 | 0.00 | 100.00 | 8 | 2.36 | 0.00 | 100.00 | 80 | 0.18 | - | - |
| 1.1/4 | 31.5 | 0.00 | 100.00 | 10 | 2 | 0.90 | 99.10 | 100 | 0.15 | - | - |
| 1 | 25 | 0.00 | 100.00 | 12 | 1.7 | - | - | 120 | 0.125 | 17.72 | 82.28 |
| 7/8 | 22.4 | 0.00 | 100.00 | 16 | 1.18 | 1.46 | 98.54 | 140 | 0.106 | - | - |
| 3/4 | 19 | 0.00 | 100.00 | 20 | 0.85 | - | - | 200 | 0.074 | 24.54 | 75.46 |
| 5/8 | 16 | 0.00 | 100.00 | 30 | 0.6 | 2.29 | 97.71 | | | | |
| 1/2 | 12.5 | 0.00 | 100.00 | 35 | 0.5 | - | - | | | | |
| 3/8 | 9.5 | 0.00 | 100.00 | 40 | 0.425 | 3.66 | 96.34 | | | | |

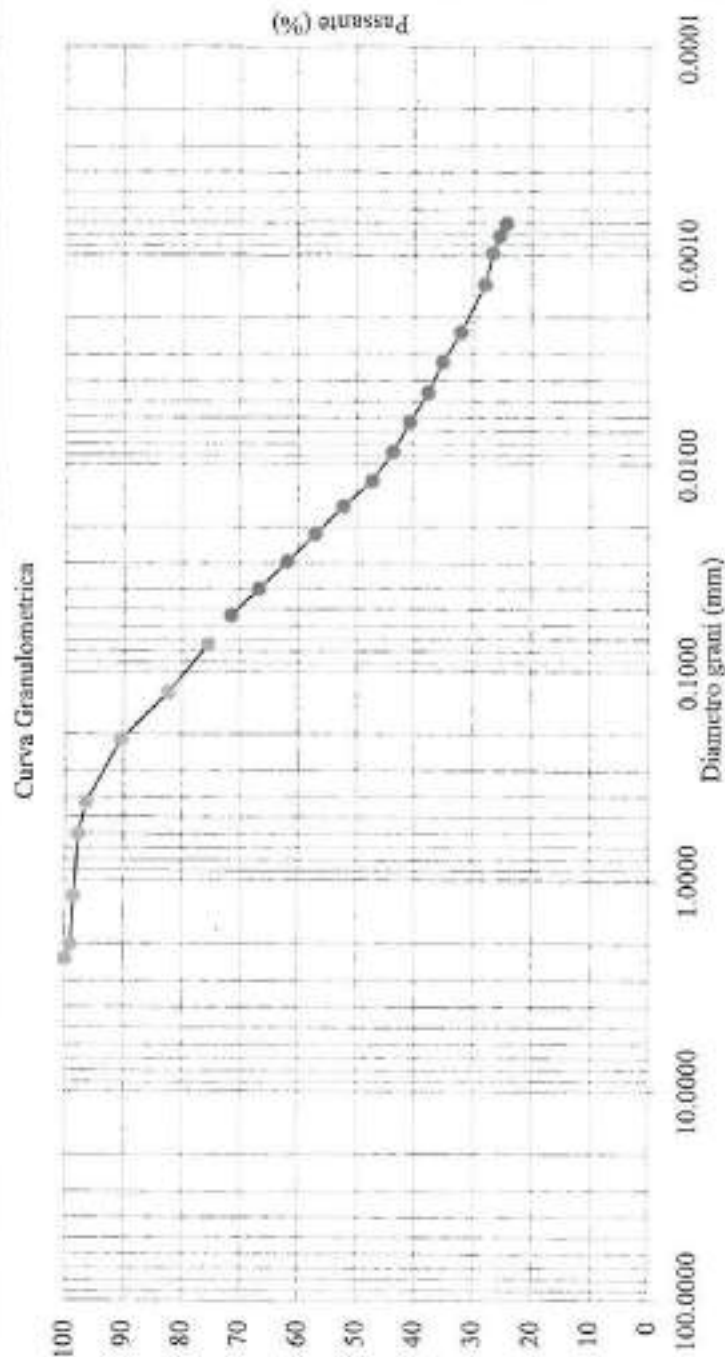
N.B. In grassetto i setacci utilizzati

| Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % | Diametro grani mm. | Passante Parziale % | Passante Totale % |
|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 0.05333 | 94.66 | 71.43 | 0.00327 | 46.53 | 35.11 | - | - | - |
| 0.03968 | 88.24 | 66.59 | 0.00236 | 42.35 | 31.96 | - | - | - |
| 0.02938 | 81.82 | 61.75 | 0.00139 | 36.90 | 27.85 | - | - | - |
| 0.02167 | 75.40 | 56.90 | 0.00099 | 35.30 | 26.64 | - | - | - |
| 0.01593 | 68.99 | 52.06 | 0.00081 | 33.69 | 25.42 | - | - | - |
| 0.01206 | 62.57 | 47.22 | 0.00071 | 32.09 | 24.21 | - | - | - |
| 0.00875 | 57.76 | 43.58 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00631 | 53.91 | 40.68 | - | - | - | - | - | - |
| 0.00455 | 49.73 | 37.53 | - | - | - | - | - | - |

L'articolo è di: Domenico Di L. - collaboratore dei "Corrieri del Sud". E-mail: dyll@tin.it

[illegible]

Classi Granulometriche Rappresentate nel Campione in Esame



S4C3
25.0-25.40

(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

28/09/2010

01/10/2010

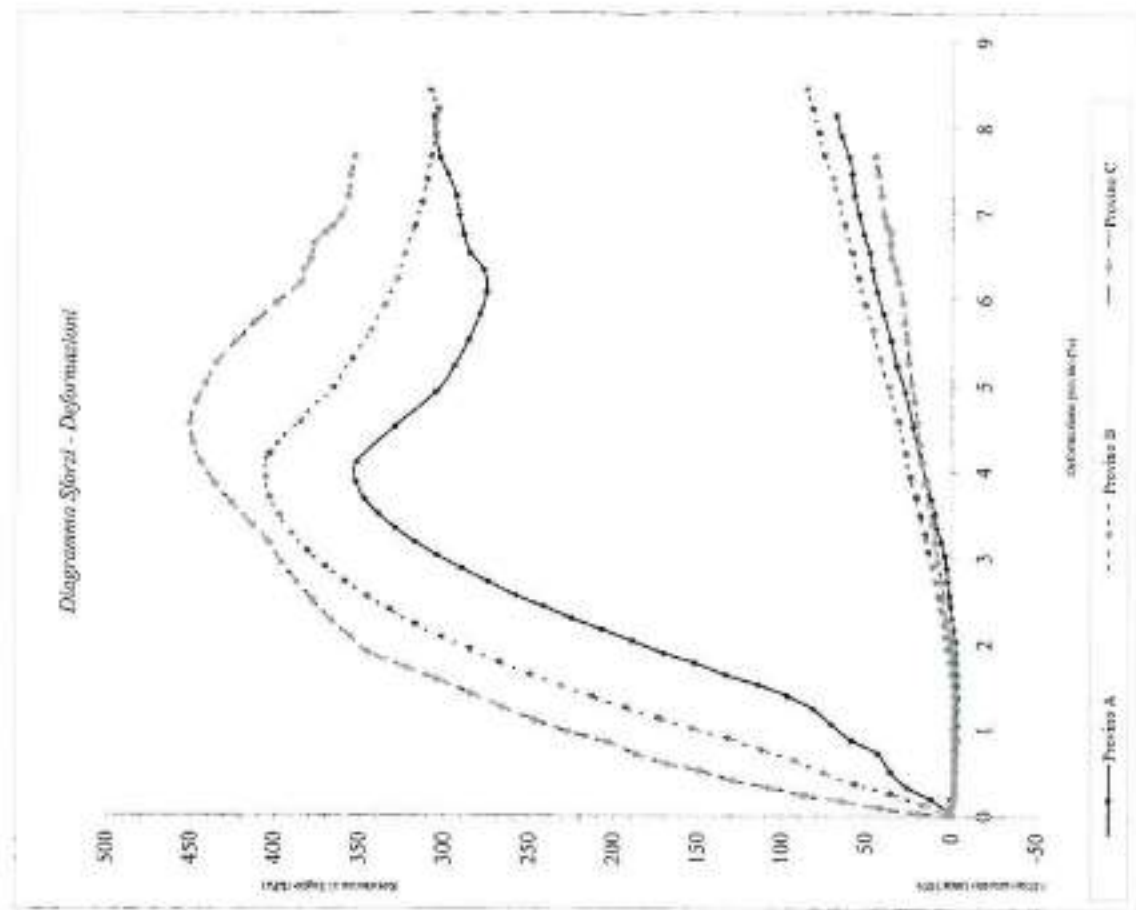
Committente: GEOSOL S.r.l.
Cantiere: Monticigioni (SI) San Martino - Tognazza
Data consegna campione: 07/09/2010
Data apertura campione: 23/09/2010
Verb. Acc. N. 343/10
Sigla: S4C3
Prof. (m) 25.0-25.40

Descrizione: Lino con argilla sabbioso marrone
 (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova: 23/09/10
Data fine prova: 25/09/10

Velocità di deform. media: (mm/min) 0.002
Dimensione dei provini: (mm) 60*60
Umidità media del campione: 13.12%

| Provino | | A | B | C |
|--------------------------------|------------|--------|--------|--------|
| Umidità naturale | W in. | 12.25% | 12.15% | 12.76% |
| Umidità naturale | W fin. | 12.19% | 12.10% | 12.85% |
| Massa volumica apparente | p (Mg/m³) | 2.19 | 2.20 | 2.17 |
| Massa volumica apparente secca | pd (Mg/m³) | 1.96 | 1.96 | 1.92 |



Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Comitente:

GEOSOL S.r.l.

Contiene:

Monteriggioni (SI) San Martino - Tognazza

Sigla:

S4C3

Prof. (m)

25.0-25.40

Massa volumica apparente media

ρ (Mg/m³)

2.19

Massa volumica apparente secca media

ρ_d (Mg/m³)

1.94

Umidità media del campione (%)

13.12%

| Provino | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|
| Tensione verticale σ_v (kPa) | | | |
| Valori di | Sforzo di taglio max. τ_r (kPa) | A | B |
| | Deformazione provino (%) | 351.75 | 405.65 |
| | Abbassamento (mm) | 3.877 | 3.931 |
| | | 0.148 | 0.244 |
| | | | 0.204 |

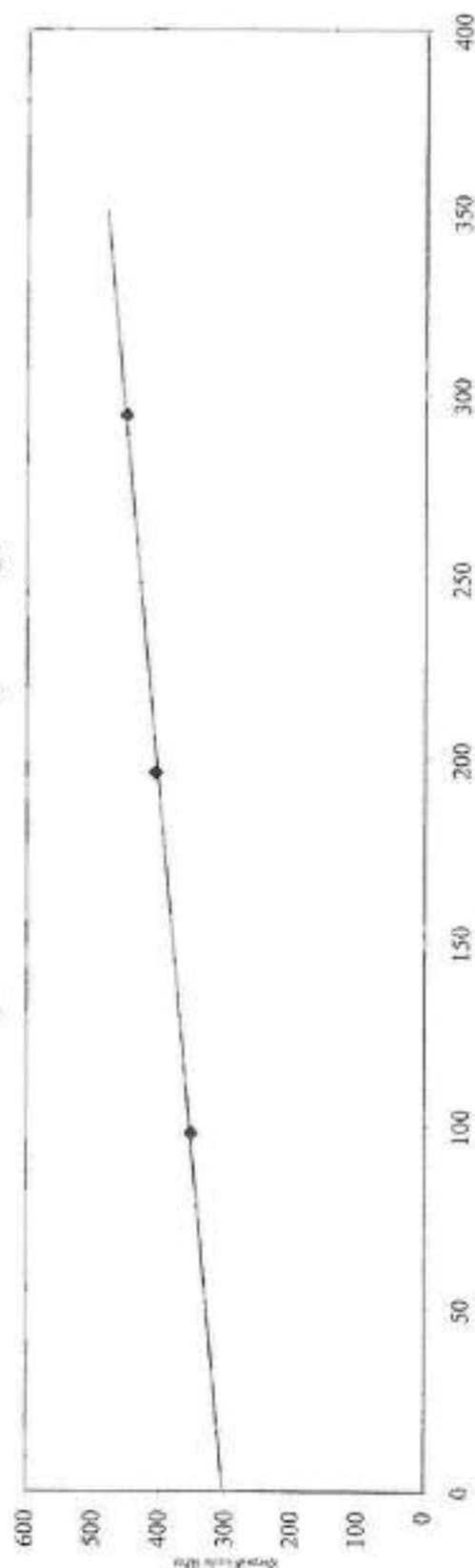
Attrito Interno ϕ'

26.7°

Coesione c' (kPa)

303.832

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio



YOUNG & RUBEN (2012)

ALLEGATO 4

CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

INDAGINE 2010

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63 - 200

| Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici | | |
|---|--------------------|-------------------------------|
| TIPO | Sigla riferimento | Peso Massa Battente M (kg) |
| Leggero | DPL (Light) | $M \leq 10$ |
| Medio | DPM (Medium) | $10 < M < 40$ |
| Pesante | DPH (Heavy) | $40 \leq M < 60$ |
| Super pesante | DPSH (Super Heavy) | $M \geq 60$ |

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63 - 200

| | |
|-------------------------------------|--|
| PESO MASSA BATTENTE | M = 63,50 kg |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA | H = 0,75 m |
| PESO SISTEMA BATTUTA | Ms = 0,63 kg |
| DIAMETRO PUNTA CONICA | D = 51,00 mm |
| AREA BASE PUNTA CONICA | A = 20,43 cm ² |
| ANGOLO APERTURA PUNTA | $\alpha = 60^\circ$ |
| LUNGHEZZA DELLE ASTE | La = 1,00 m |
| PESO ASTE PER METRO | Ma = 6,31 kg |
| PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA | P1 = 0,40 m |
| AVANZAMENTO PUNTA | $\delta = 0,20$ m |
| NUMERO DI COLPI PUNTA | N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm |
| RIVESTIMENTO / FANGHI | NO |
| ENERGIA SPECIFICA x COLPO | Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²) |
| COEFF.TEORICO DI ENERGIA | $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente : Nspt = β_t N) |

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Indagine geognostica
 - località : Siena (SI) Via S. Martino
 - note : installato piezometro

- data : 07/09/2010
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|---------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 4 | 42,0 | ---- | 1 | 5,80 - 6,00 | 12 | 82,0 | ---- | 7 |
| 0,20 - 0,40 | 3 | 31,5 | ---- | 1 | 6,00 - 6,20 | 9 | 61,5 | ---- | 7 |
| 0,40 - 0,60 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 6,20 - 6,40 | 7 | 47,8 | ---- | 7 |
| 0,60 - 0,80 | 7 | 67,5 | ---- | 2 | 6,40 - 6,60 | 7 | 45,2 | ---- | 8 |
| 0,80 - 1,00 | 5 | 48,2 | ---- | 2 | 6,60 - 6,80 | 8 | 51,7 | ---- | 8 |
| 1,00 - 1,20 | 4 | 38,6 | ---- | 2 | 6,80 - 7,00 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 1,20 - 1,40 | 5 | 48,2 | ---- | 2 | 7,00 - 7,20 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 1,40 - 1,60 | 4 | 35,6 | ---- | 3 | 7,20 - 7,40 | 9 | 58,1 | ---- | 8 |
| 1,60 - 1,80 | 2 | 17,8 | ---- | 3 | 7,40 - 7,60 | 9 | 55,1 | ---- | 9 |
| 1,80 - 2,00 | 2 | 17,8 | ---- | 3 | 7,60 - 7,80 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 2,00 - 2,20 | 3 | 26,7 | ---- | 3 | 7,80 - 8,00 | 14 | 85,7 | ---- | 9 |
| 2,20 - 2,40 | 2 | 17,8 | ---- | 3 | 8,00 - 8,20 | 15 | 91,8 | ---- | 9 |
| 2,40 - 2,60 | 3 | 24,8 | ---- | 4 | 8,20 - 8,40 | 14 | 85,7 | ---- | 9 |
| 2,60 - 2,80 | 5 | 41,4 | ---- | 4 | 8,40 - 8,60 | 14 | 81,4 | ---- | 10 |
| 2,80 - 3,00 | 7 | 58,0 | ---- | 4 | 8,60 - 8,80 | 16 | 93,1 | ---- | 10 |
| 3,00 - 3,20 | 6 | 49,7 | ---- | 4 | 8,80 - 9,00 | 17 | 98,9 | ---- | 10 |
| 3,20 - 3,40 | 8 | 66,3 | ---- | 4 | 9,00 - 9,20 | 17 | 98,9 | ---- | 10 |
| 3,40 - 3,60 | 7 | 54,1 | ---- | 5 | 9,20 - 9,40 | 23 | 133,8 | ---- | 10 |
| 3,60 - 3,80 | 5 | 38,7 | ---- | 5 | 9,40 - 9,60 | 22 | 121,9 | ---- | 11 |
| 3,80 - 4,00 | 5 | 38,7 | ---- | 5 | 9,60 - 9,80 | 25 | 138,6 | ---- | 11 |
| 4,00 - 4,20 | 5 | 38,7 | ---- | 5 | 9,80 - 10,00 | 31 | 171,8 | ---- | 11 |
| 4,20 - 4,40 | 6 | 46,4 | ---- | 5 | 10,00 - 10,20 | 28 | 155,2 | ---- | 11 |
| 4,40 - 4,60 | 5 | 36,3 | ---- | 6 | 10,20 - 10,40 | 27 | 149,6 | ---- | 11 |
| 4,60 - 4,80 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | 10,40 - 10,60 | 25 | 132,3 | ---- | 12 |
| 4,80 - 5,00 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | 10,60 - 10,80 | 29 | 153,5 | ---- | 12 |
| 5,00 - 5,20 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | 10,80 - 11,00 | 31 | 164,1 | ---- | 12 |
| 5,20 - 5,40 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | 11,00 - 11,20 | 37 | 195,8 | ---- | 12 |
| 5,40 - 5,60 | 7 | 47,8 | ---- | 7 | 11,20 - 11,40 | 39 | 206,4 | ---- | 12 |
| 5,60 - 5,80 | 11 | 75,2 | ---- | 7 | 11,40 - 11,60 | 70 | 354,5 | ---- | 13 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Indagine geognostica
 - località : Siena (SI) Via S. Martino
 - note : installato piezometro

- data : 07/09/2010
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|---------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,40 - 5,60 | 9 | 61,5 | ---- | 7 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,60 - 5,80 | 12 | 82,0 | ---- | 7 |
| 0,40 - 0,60 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,80 - 6,00 | 13 | 88,8 | ---- | 7 |
| 0,60 - 0,80 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 6,00 - 6,20 | 11 | 75,2 | ---- | 7 |
| 0,80 - 1,00 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 6,20 - 6,40 | 10 | 68,3 | ---- | 7 |
| 1,00 - 1,20 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 6,40 - 6,60 | 11 | 71,0 | ---- | 8 |
| 1,20 - 1,40 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 6,60 - 6,80 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 1,40 - 1,60 | 3 | 26,7 | ---- | 3 | 6,80 - 7,00 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 1,60 - 1,80 | 2 | 17,8 | ---- | 3 | 7,00 - 7,20 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 1,80 - 2,00 | 4 | 35,6 | ---- | 3 | 7,20 - 7,40 | 9 | 58,1 | ---- | 8 |
| 2,00 - 2,20 | 4 | 35,6 | ---- | 3 | 7,40 - 7,60 | 9 | 55,1 | ---- | 9 |
| 2,20 - 2,40 | 4 | 35,6 | ---- | 3 | 7,60 - 7,80 | 11 | 67,3 | ---- | 9 |
| 2,40 - 2,60 | 5 | 41,4 | ---- | 4 | 7,80 - 8,00 | 13 | 79,6 | ---- | 9 |
| 2,60 - 2,80 | 4 | 33,1 | ---- | 4 | 8,00 - 8,20 | 11 | 67,3 | ---- | 9 |
| 2,80 - 3,00 | 4 | 33,1 | ---- | 4 | 8,20 - 8,40 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 3,00 - 3,20 | 4 | 33,1 | ---- | 4 | 8,40 - 8,60 | 10 | 58,2 | ---- | 10 |
| 3,20 - 3,40 | 5 | 41,4 | ---- | 4 | 8,60 - 8,80 | 11 | 64,0 | ---- | 10 |
| 3,40 - 3,60 | 4 | 30,9 | ---- | 5 | 8,80 - 9,00 | 13 | 75,6 | ---- | 10 |
| 3,60 - 3,80 | 5 | 38,7 | ---- | 5 | 9,00 - 9,20 | 14 | 81,4 | ---- | 10 |
| 3,80 - 4,00 | 6 | 46,4 | ---- | 5 | 9,20 - 9,40 | 15 | 87,3 | ---- | 10 |
| 4,00 - 4,20 | 5 | 38,7 | ---- | 5 | 9,40 - 9,60 | 17 | 94,2 | ---- | 11 |
| 4,20 - 4,40 | 6 | 46,4 | ---- | 5 | 9,60 - 9,80 | 19 | 105,3 | ---- | 11 |
| 4,40 - 4,60 | 6 | 43,5 | ---- | 6 | 9,80 - 10,00 | 24 | 133,0 | ---- | 11 |
| 4,60 - 4,80 | 6 | 43,5 | ---- | 6 | 10,00 - 10,20 | 27 | 149,6 | ---- | 11 |
| 4,80 - 5,00 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | 10,20 - 10,40 | 29 | 160,7 | ---- | 11 |
| 5,00 - 5,20 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | 10,40 - 10,60 | 31 | 164,1 | ---- | 12 |
| 5,20 - 5,40 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 3

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Indagine geognostica
 - località : Siena (SI) Via S. Martino
 - note :

- data : 07/09/2010
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|---------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 3 | 31,5 | ---- | 1 | 5,80 - 6,00 | 8 | 54,7 | ---- | 7 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 6,00 - 6,20 | 11 | 75,2 | ---- | 7 |
| 0,40 - 0,60 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 6,20 - 6,40 | 10 | 68,3 | ---- | 7 |
| 0,60 - 0,80 | 4 | 38,6 | ---- | 2 | 6,40 - 6,60 | 9 | 58,1 | ---- | 8 |
| 0,80 - 1,00 | 7 | 67,5 | ---- | 2 | 6,60 - 6,80 | 7 | 45,2 | ---- | 8 |
| 1,00 - 1,20 | 10 | 96,4 | ---- | 2 | 6,80 - 7,00 | 8 | 51,7 | ---- | 8 |
| 1,20 - 1,40 | 10 | 96,4 | ---- | 2 | 7,00 - 7,20 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 1,40 - 1,60 | 12 | 106,9 | ---- | 3 | 7,20 - 7,40 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 1,60 - 1,80 | 12 | 106,9 | ---- | 3 | 7,40 - 7,60 | 11 | 67,3 | ---- | 9 |
| 1,80 - 2,00 | 13 | 115,8 | ---- | 3 | 7,60 - 7,80 | 14 | 85,7 | ---- | 9 |
| 2,00 - 2,20 | 10 | 89,1 | ---- | 3 | 7,80 - 8,00 | 12 | 73,5 | ---- | 9 |
| 2,20 - 2,40 | 9 | 80,2 | ---- | 3 | 8,00 - 8,20 | 9 | 55,1 | ---- | 9 |
| 2,40 - 2,60 | 8 | 66,3 | ---- | 4 | 8,20 - 8,40 | 7 | 42,8 | ---- | 9 |
| 2,60 - 2,80 | 7 | 58,0 | ---- | 4 | 8,40 - 8,60 | 13 | 75,6 | ---- | 10 |
| 2,80 - 3,00 | 7 | 58,0 | ---- | 4 | 8,60 - 8,80 | 19 | 110,5 | ---- | 10 |
| 3,00 - 3,20 | 7 | 58,0 | ---- | 4 | 8,80 - 9,00 | 25 | 145,4 | ---- | 10 |
| 3,20 - 3,40 | 7 | 58,0 | ---- | 4 | 9,00 - 9,20 | 25 | 145,4 | ---- | 10 |
| 3,40 - 3,60 | 9 | 69,6 | ---- | 5 | 9,20 - 9,40 | 24 | 139,6 | ---- | 10 |
| 3,60 - 3,80 | 10 | 77,4 | ---- | 5 | 9,40 - 9,60 | 20 | 110,8 | ---- | 11 |
| 3,80 - 4,00 | 9 | 69,6 | ---- | 5 | 9,60 - 9,80 | 17 | 94,2 | ---- | 11 |
| 4,00 - 4,20 | 7 | 54,1 | ---- | 5 | 9,80 - 10,00 | 19 | 105,3 | ---- | 11 |
| 4,20 - 4,40 | 6 | 46,4 | ---- | 5 | 10,00 - 10,20 | 24 | 133,0 | ---- | 11 |
| 4,40 - 4,60 | 7 | 50,8 | ---- | 6 | 10,20 - 10,40 | 22 | 121,9 | ---- | 11 |
| 4,60 - 4,80 | 7 | 50,8 | ---- | 6 | 10,40 - 10,60 | 25 | 132,3 | ---- | 12 |
| 4,80 - 5,00 | 6 | 43,5 | ---- | 6 | 10,60 - 10,80 | 34 | 179,9 | ---- | 12 |
| 5,00 - 5,20 | 10 | 72,6 | ---- | 6 | 10,80 - 11,00 | 39 | 206,4 | ---- | 12 |
| 5,20 - 5,40 | 9 | 65,3 | ---- | 6 | 11,00 - 11,20 | 37 | 195,8 | ---- | 12 |
| 5,40 - 5,60 | 8 | 54,7 | ---- | 7 | 11,20 - 11,40 | 45 | 238,2 | ---- | 12 |
| 5,60 - 5,80 | 7 | 47,8 | ---- | 7 | 11,40 - 11,60 | 70 | 354,5 | ---- | 13 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 4

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Indagine geognostica
 - località : Siena (SI) Via S. Martino
 - note :

- data : 07/09/2010
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|---------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 4 | 42,0 | ---- | 1 | 5,80 - 6,00 | 12 | 82,0 | ---- | 7 |
| 0,20 - 0,40 | 3 | 31,5 | ---- | 1 | 6,00 - 6,20 | 15 | 102,5 | ---- | 7 |
| 0,40 - 0,60 | 4 | 38,6 | ---- | 2 | 6,20 - 6,40 | 15 | 102,5 | ---- | 7 |
| 0,60 - 0,80 | 6 | 57,9 | ---- | 2 | 6,40 - 6,60 | 16 | 103,3 | ---- | 8 |
| 0,80 - 1,00 | 6 | 57,9 | ---- | 2 | 6,60 - 6,80 | 16 | 103,3 | ---- | 8 |
| 1,00 - 1,20 | 11 | 106,1 | ---- | 2 | 6,80 - 7,00 | 14 | 90,4 | ---- | 8 |
| 1,20 - 1,40 | 7 | 67,5 | ---- | 2 | 7,00 - 7,20 | 13 | 84,0 | ---- | 8 |
| 1,40 - 1,60 | 6 | 53,5 | ---- | 3 | 7,20 - 7,40 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 1,60 - 1,80 | 5 | 44,6 | ---- | 3 | 7,40 - 7,60 | 9 | 55,1 | ---- | 9 |
| 1,80 - 2,00 | 6 | 53,5 | ---- | 3 | 7,60 - 7,80 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 2,00 - 2,20 | 5 | 44,6 | ---- | 3 | 7,80 - 8,00 | 12 | 73,5 | ---- | 9 |
| 2,20 - 2,40 | 8 | 71,3 | ---- | 3 | 8,00 - 8,20 | 13 | 79,6 | ---- | 9 |
| 2,40 - 2,60 | 8 | 66,3 | ---- | 4 | 8,20 - 8,40 | 13 | 79,6 | ---- | 9 |
| 2,60 - 2,80 | 8 | 66,3 | ---- | 4 | 8,40 - 8,60 | 7 | 40,7 | ---- | 10 |
| 2,80 - 3,00 | 8 | 66,3 | ---- | 4 | 8,60 - 8,80 | 4 | 23,3 | ---- | 10 |
| 3,00 - 3,20 | 8 | 66,3 | ---- | 4 | 8,80 - 9,00 | 4 | 23,3 | ---- | 10 |
| 3,20 - 3,40 | 9 | 74,5 | ---- | 4 | 9,00 - 9,20 | 5 | 29,1 | ---- | 10 |
| 3,40 - 3,60 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 9,20 - 9,40 | 10 | 58,2 | ---- | 10 |
| 3,60 - 3,80 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 9,40 - 9,60 | 11 | 61,0 | ---- | 11 |
| 3,80 - 4,00 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 9,60 - 9,80 | 13 | 72,1 | ---- | 11 |
| 4,00 - 4,20 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 9,80 - 10,00 | 12 | 66,5 | ---- | 11 |
| 4,20 - 4,40 | 7 | 54,1 | ---- | 5 | 10,00 - 10,20 | 10 | 55,4 | ---- | 11 |
| 4,40 - 4,60 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | 10,20 - 10,40 | 11 | 61,0 | ---- | 11 |
| 4,60 - 4,80 | 7 | 50,8 | ---- | 6 | 10,40 - 10,60 | 14 | 74,1 | ---- | 12 |
| 4,80 - 5,00 | 9 | 65,3 | ---- | 6 | 10,60 - 10,80 | 19 | 100,6 | ---- | 12 |
| 5,00 - 5,20 | 9 | 65,3 | ---- | 6 | 10,80 - 11,00 | 22 | 116,4 | ---- | 12 |
| 5,20 - 5,40 | 10 | 72,6 | ---- | 6 | 11,00 - 11,20 | 27 | 142,9 | ---- | 12 |
| 5,40 - 5,60 | 9 | 61,5 | ---- | 7 | 11,20 - 11,40 | 31 | 164,1 | ---- | 12 |
| 5,60 - 5,80 | 10 | 68,3 | ---- | 7 | 11,40 - 11,60 | 33 | 167,1 | ---- | 13 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 5

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Indagine geognostica
 - località : Siena (SI) Via S. Martino
 - note :

- data : 08/09/2010
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|-------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 3,40 - 3,60 | 6 | 46,4 | ---- | 5 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 3,60 - 3,80 | 7 | 54,1 | ---- | 5 |
| 0,40 - 0,60 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 3,80 - 4,00 | 9 | 69,6 | ---- | 5 |
| 0,60 - 0,80 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 4,00 - 4,20 | 8 | 61,9 | ---- | 5 |
| 0,80 - 1,00 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 4,20 - 4,40 | 7 | 54,1 | ---- | 5 |
| 1,00 - 1,20 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 4,40 - 4,60 | 7 | 50,8 | ---- | 6 |
| 1,20 - 1,40 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 4,60 - 4,80 | 6 | 43,5 | ---- | 6 |
| 1,40 - 1,60 | 3 | 26,7 | ---- | 3 | 4,80 - 5,00 | 8 | 58,1 | ---- | 6 |
| 1,60 - 1,80 | 3 | 26,7 | ---- | 3 | 5,00 - 5,20 | 7 | 50,8 | ---- | 6 |
| 1,80 - 2,00 | 4 | 35,6 | ---- | 3 | 5,20 - 5,40 | 7 | 50,8 | ---- | 6 |
| 2,00 - 2,20 | 6 | 53,5 | ---- | 3 | 5,40 - 5,60 | 5 | 34,2 | ---- | 7 |
| 2,20 - 2,40 | 6 | 53,5 | ---- | 3 | 5,60 - 5,80 | 3 | 20,5 | ---- | 7 |
| 2,40 - 2,60 | 6 | 49,7 | ---- | 4 | 5,80 - 6,00 | 18 | 123,0 | ---- | 7 |
| 2,60 - 2,80 | 6 | 49,7 | ---- | 4 | 6,00 - 6,20 | 22 | 150,4 | ---- | 7 |
| 2,80 - 3,00 | 5 | 41,4 | ---- | 4 | 6,20 - 6,40 | 41 | 280,2 | ---- | 7 |
| 3,00 - 3,20 | 6 | 49,7 | ---- | 4 | 6,40 - 6,60 | 70 | 452,0 | ---- | 8 |
| 3,20 - 3,40 | 6 | 49,7 | ---- | 4 | | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 6

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Indagine geognostica
 - località : Siena (SI) Via S. Martino
 - note :

- data : 08/09/2010
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|-------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,00 - 5,20 | 7 | 50,8 | ---- | 6 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,20 - 5,40 | 9 | 65,3 | ---- | 6 |
| 0,40 - 0,60 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,40 - 5,60 | 10 | 68,3 | ---- | 7 |
| 0,60 - 0,80 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 5,60 - 5,80 | 10 | 68,3 | ---- | 7 |
| 0,80 - 1,00 | 4 | 38,6 | ---- | 2 | 5,80 - 6,00 | 11 | 75,2 | ---- | 7 |
| 1,00 - 1,20 | 4 | 38,6 | ---- | 2 | 6,00 - 6,20 | 13 | 88,8 | ---- | 7 |
| 1,20 - 1,40 | 4 | 38,6 | ---- | 2 | 6,20 - 6,40 | 16 | 109,3 | ---- | 7 |
| 1,40 - 1,60 | 4 | 35,6 | ---- | 3 | 6,40 - 6,60 | 15 | 96,9 | ---- | 8 |
| 1,60 - 1,80 | 5 | 44,6 | ---- | 3 | 6,60 - 6,80 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 1,80 - 2,00 | 9 | 80,2 | ---- | 3 | 6,80 - 7,00 | 9 | 58,1 | ---- | 8 |
| 2,00 - 2,20 | 11 | 98,0 | ---- | 3 | 7,00 - 7,20 | 8 | 51,7 | ---- | 8 |
| 2,20 - 2,40 | 11 | 98,0 | ---- | 3 | 7,20 - 7,40 | 11 | 71,0 | ---- | 8 |
| 2,40 - 2,60 | 13 | 107,7 | ---- | 4 | 7,40 - 7,60 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 2,60 - 2,80 | 15 | 124,2 | ---- | 4 | 7,60 - 7,80 | 12 | 73,5 | ---- | 9 |
| 2,80 - 3,00 | 12 | 99,4 | ---- | 4 | 7,80 - 8,00 | 17 | 104,1 | ---- | 9 |
| 3,00 - 3,20 | 10 | 82,8 | ---- | 4 | 8,00 - 8,20 | 16 | 97,9 | ---- | 9 |
| 3,20 - 3,40 | 11 | 91,1 | ---- | 4 | 8,20 - 8,40 | 18 | 110,2 | ---- | 9 |
| 3,40 - 3,60 | 9 | 69,6 | ---- | 5 | 8,40 - 8,60 | 18 | 104,7 | ---- | 10 |
| 3,60 - 3,80 | 9 | 69,6 | ---- | 5 | 8,60 - 8,80 | 23 | 133,8 | ---- | 10 |
| 3,80 - 4,00 | 9 | 69,6 | ---- | 5 | 8,80 - 9,00 | 21 | 122,2 | ---- | 10 |
| 4,00 - 4,20 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 9,00 - 9,20 | 22 | 128,0 | ---- | 10 |
| 4,20 - 4,40 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 9,20 - 9,40 | 35 | 203,6 | ---- | 10 |
| 4,40 - 4,60 | 9 | 65,3 | ---- | 6 | 9,40 - 9,60 | 43 | 238,3 | ---- | 11 |
| 4,60 - 4,80 | 10 | 72,6 | ---- | 6 | 9,60 - 9,80 | 70 | 388,0 | ---- | 11 |
| 4,80 - 5,00 | 9 | 65,3 | ---- | 6 | | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 7

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Indagine geognostica
 - località : Siena (SI) Via S. Martino
 - note : installato piezometro

- data : 07/09/2010
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|-------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 3,80 - 4,00 | 7 | 54,1 | ---- | 5 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 4,00 - 4,20 | 7 | 54,1 | ---- | 5 |
| 0,40 - 0,60 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 4,20 - 4,40 | 6 | 46,4 | ---- | 5 |
| 0,60 - 0,80 | 5 | 48,2 | ---- | 2 | 4,40 - 4,60 | 6 | 43,5 | ---- | 6 |
| 0,80 - 1,00 | 7 | 67,5 | ---- | 2 | 4,60 - 4,80 | 8 | 58,1 | ---- | 6 |
| 1,00 - 1,20 | 19 | 183,2 | ---- | 2 | 4,80 - 5,00 | 9 | 65,3 | ---- | 6 |
| 1,20 - 1,40 | 14 | 135,0 | ---- | 2 | 5,00 - 5,20 | 15 | 108,9 | ---- | 6 |
| 1,40 - 1,60 | 19 | 169,3 | ---- | 3 | 5,20 - 5,40 | 18 | 130,6 | ---- | 6 |
| 1,60 - 1,80 | 28 | 249,5 | ---- | 3 | 5,40 - 5,60 | 13 | 88,8 | ---- | 7 |
| 1,80 - 2,00 | 17 | 151,5 | ---- | 3 | 5,60 - 5,80 | 10 | 68,3 | ---- | 7 |
| 2,00 - 2,20 | 13 | 115,8 | ---- | 3 | 5,80 - 6,00 | 10 | 68,3 | ---- | 7 |
| 2,20 - 2,40 | 9 | 80,2 | ---- | 3 | 6,00 - 6,20 | 13 | 88,8 | ---- | 7 |
| 2,40 - 2,60 | 8 | 66,3 | ---- | 4 | 6,20 - 6,40 | 16 | 109,3 | ---- | 7 |
| 2,60 - 2,80 | 11 | 91,1 | ---- | 4 | 6,40 - 6,60 | 19 | 122,7 | ---- | 8 |
| 2,80 - 3,00 | 11 | 91,1 | ---- | 4 | 6,60 - 6,80 | 20 | 129,2 | ---- | 8 |
| 3,00 - 3,20 | 8 | 66,3 | ---- | 4 | 6,80 - 7,00 | 22 | 142,1 | ---- | 8 |
| 3,20 - 3,40 | 8 | 66,3 | ---- | 4 | 7,00 - 7,20 | 27 | 174,4 | ---- | 8 |
| 3,40 - 3,60 | 7 | 54,1 | ---- | 5 | 7,20 - 7,40 | 43 | 277,7 | ---- | 8 |
| 3,60 - 3,80 | 7 | 54,1 | ---- | 5 | 7,40 - 7,60 | 70 | 428,5 | ---- | 9 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 8

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Indagine geognostica
 - località : Siena (SI) Via S. Martino
 - note : installato piezometro

- data : 08/09/2010
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|---------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 6,60 - 6,80 | 9 | 58,1 | ---- | 8 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 6,80 - 7,00 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 0,40 - 0,60 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 7,00 - 7,20 | 12 | 77,5 | ---- | 8 |
| 0,60 - 0,80 | 4 | 38,6 | ---- | 2 | 7,20 - 7,40 | 12 | 77,5 | ---- | 8 |
| 0,80 - 1,00 | 7 | 67,5 | ---- | 2 | 7,40 - 7,60 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 1,00 - 1,20 | 7 | 67,5 | ---- | 2 | 7,60 - 7,80 | 11 | 67,3 | ---- | 9 |
| 1,20 - 1,40 | 7 | 67,5 | ---- | 2 | 7,80 - 8,00 | 13 | 79,6 | ---- | 9 |
| 1,40 - 1,60 | 7 | 62,4 | ---- | 3 | 8,00 - 8,20 | 12 | 73,5 | ---- | 9 |
| 1,60 - 1,80 | 5 | 44,6 | ---- | 3 | 8,20 - 8,40 | 11 | 67,3 | ---- | 9 |
| 1,80 - 2,00 | 5 | 44,6 | ---- | 3 | 8,40 - 8,60 | 11 | 64,0 | ---- | 10 |
| 2,00 - 2,20 | 5 | 44,6 | ---- | 3 | 8,60 - 8,80 | 9 | 52,4 | ---- | 10 |
| 2,20 - 2,40 | 4 | 35,6 | ---- | 3 | 8,80 - 9,00 | 9 | 52,4 | ---- | 10 |
| 2,40 - 2,60 | 5 | 41,4 | ---- | 4 | 9,00 - 9,20 | 13 | 75,6 | ---- | 10 |
| 2,60 - 2,80 | 5 | 41,4 | ---- | 4 | 9,20 - 9,40 | 13 | 75,6 | ---- | 10 |
| 2,80 - 3,00 | 5 | 41,4 | ---- | 4 | 9,40 - 9,60 | 10 | 55,4 | ---- | 11 |
| 3,00 - 3,20 | 6 | 49,7 | ---- | 4 | 9,60 - 9,80 | 14 | 77,6 | ---- | 11 |
| 3,20 - 3,40 | 6 | 49,7 | ---- | 4 | 9,80 - 10,00 | 16 | 88,7 | ---- | 11 |
| 3,40 - 3,60 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 10,00 - 10,20 | 13 | 72,1 | ---- | 11 |
| 3,60 - 3,80 | 9 | 69,6 | ---- | 5 | 10,20 - 10,40 | 13 | 72,1 | ---- | 11 |
| 3,80 - 4,00 | 7 | 54,1 | ---- | 5 | 10,40 - 10,60 | 14 | 74,1 | ---- | 12 |
| 4,00 - 4,20 | 5 | 38,7 | ---- | 5 | 10,60 - 10,80 | 15 | 79,4 | ---- | 12 |
| 4,20 - 4,40 | 4 | 30,9 | ---- | 5 | 10,80 - 11,00 | 14 | 74,1 | ---- | 12 |
| 4,40 - 4,60 | 9 | 65,3 | ---- | 6 | 11,00 - 11,20 | 13 | 68,8 | ---- | 12 |
| 4,60 - 4,80 | 10 | 72,6 | ---- | 6 | 11,20 - 11,40 | 13 | 68,8 | ---- | 12 |
| 4,80 - 5,00 | 17 | 123,4 | ---- | 6 | 11,40 - 11,60 | 14 | 70,9 | ---- | 13 |
| 5,00 - 5,20 | 15 | 108,9 | ---- | 6 | 11,60 - 11,80 | 14 | 70,9 | ---- | 13 |
| 5,20 - 5,40 | 15 | 108,9 | ---- | 6 | 11,80 - 12,00 | 18 | 91,1 | ---- | 13 |
| 5,40 - 5,60 | 13 | 88,8 | ---- | 7 | 12,00 - 12,20 | 24 | 121,5 | ---- | 13 |
| 5,60 - 5,80 | 8 | 54,7 | ---- | 7 | 12,20 - 12,40 | 23 | 116,5 | ---- | 13 |
| 5,80 - 6,00 | 10 | 68,3 | ---- | 7 | 12,40 - 12,60 | 23 | 111,6 | ---- | 14 |
| 6,00 - 6,20 | 10 | 68,3 | ---- | 7 | 12,60 - 12,80 | 26 | 126,2 | ---- | 14 |
| 6,20 - 6,40 | 11 | 75,2 | ---- | 7 | 12,80 - 13,00 | 32 | 155,3 | ---- | 14 |
| 6,40 - 6,60 | 11 | 71,0 | ---- | 8 | 13,00 - 13,20 | 70 | 339,8 | ---- | 14 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

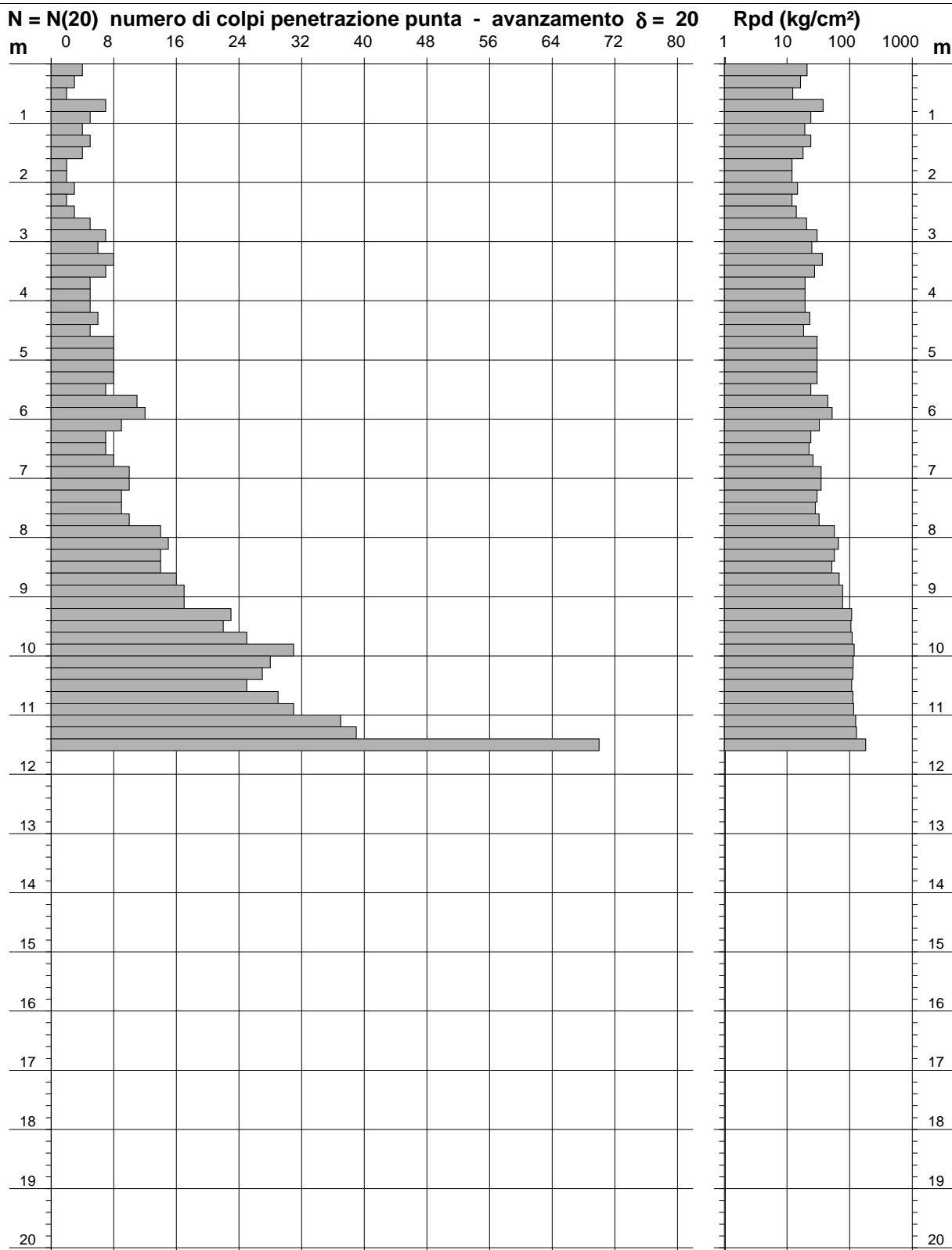
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 07/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

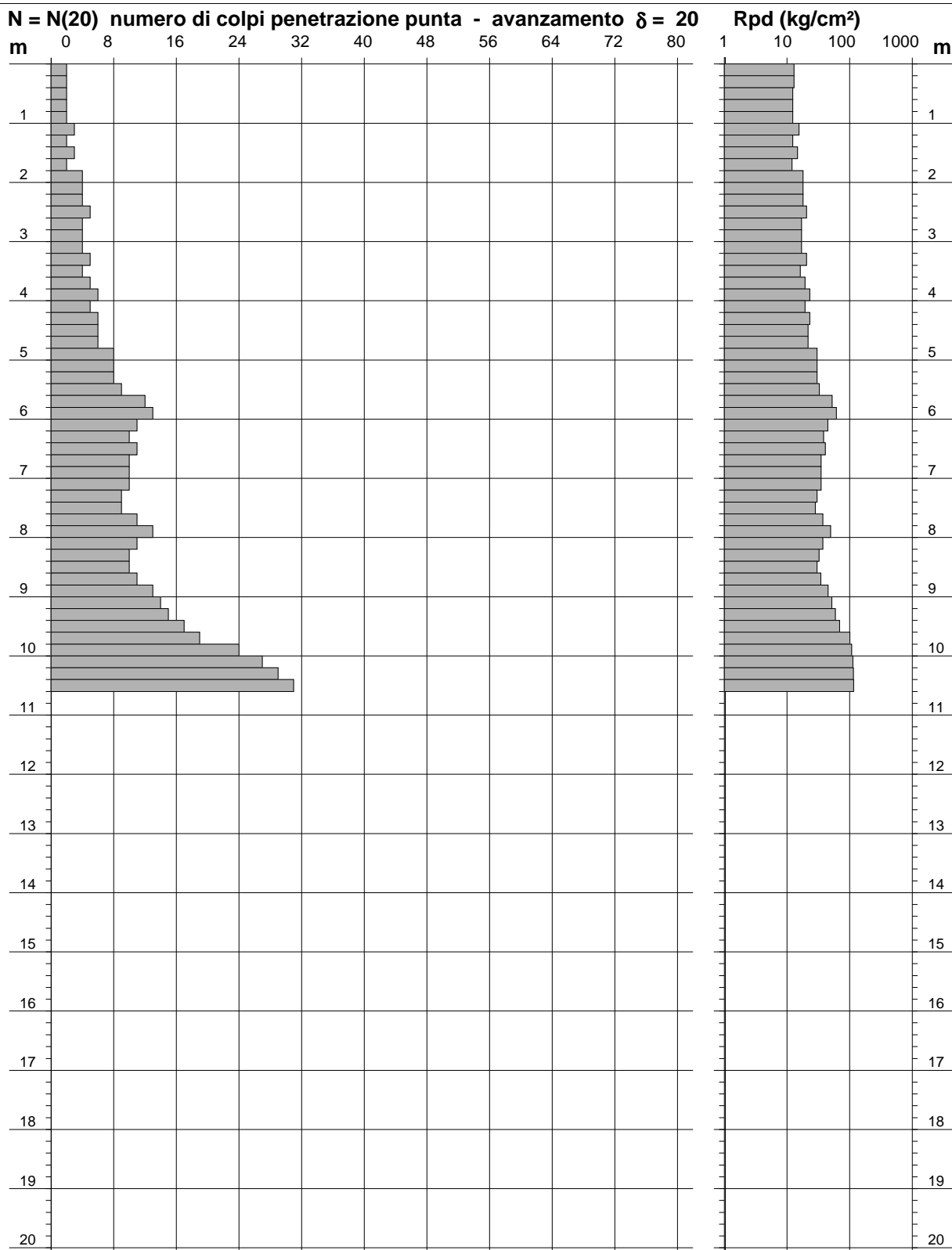
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 2

Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 07/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

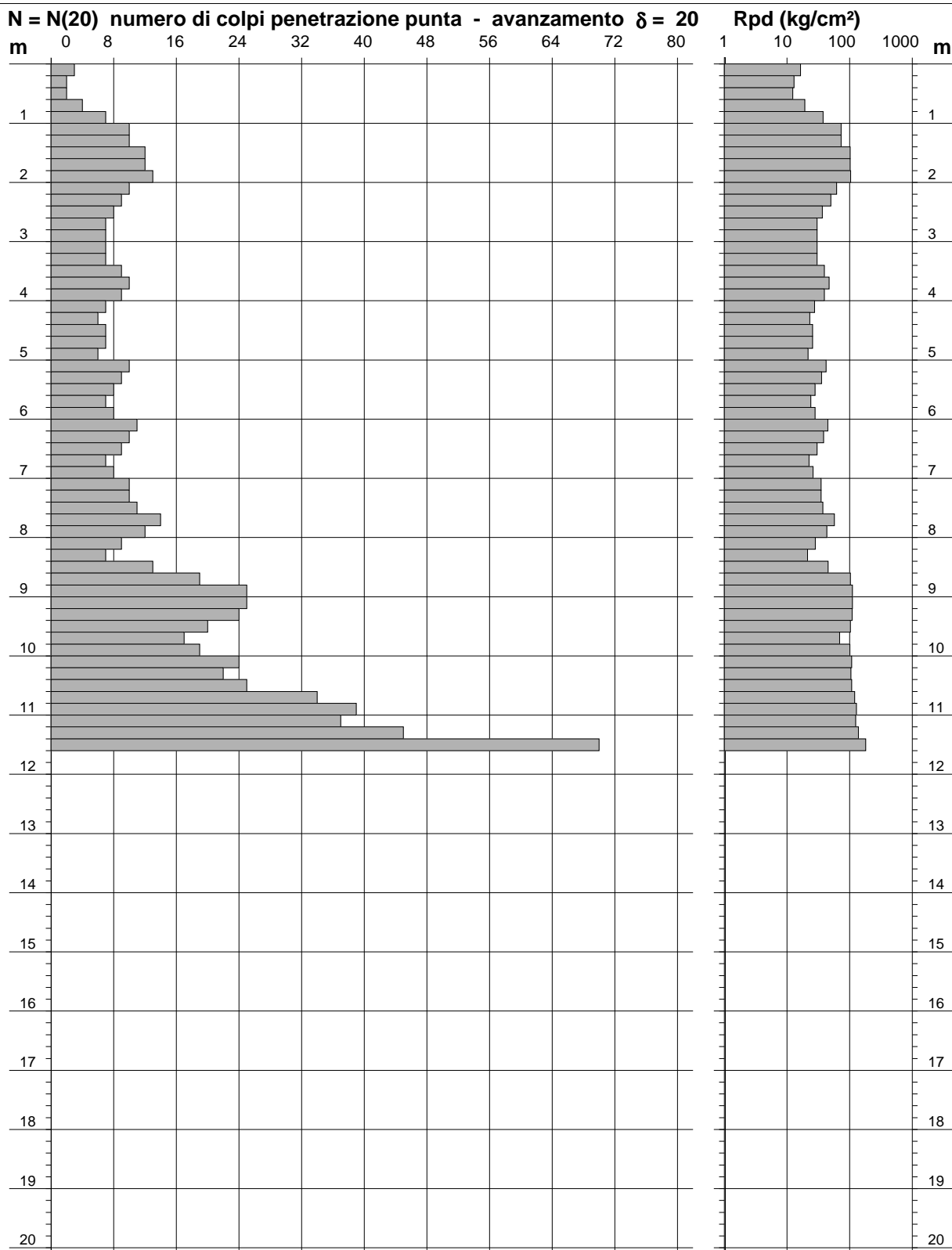
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 3

Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 07/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

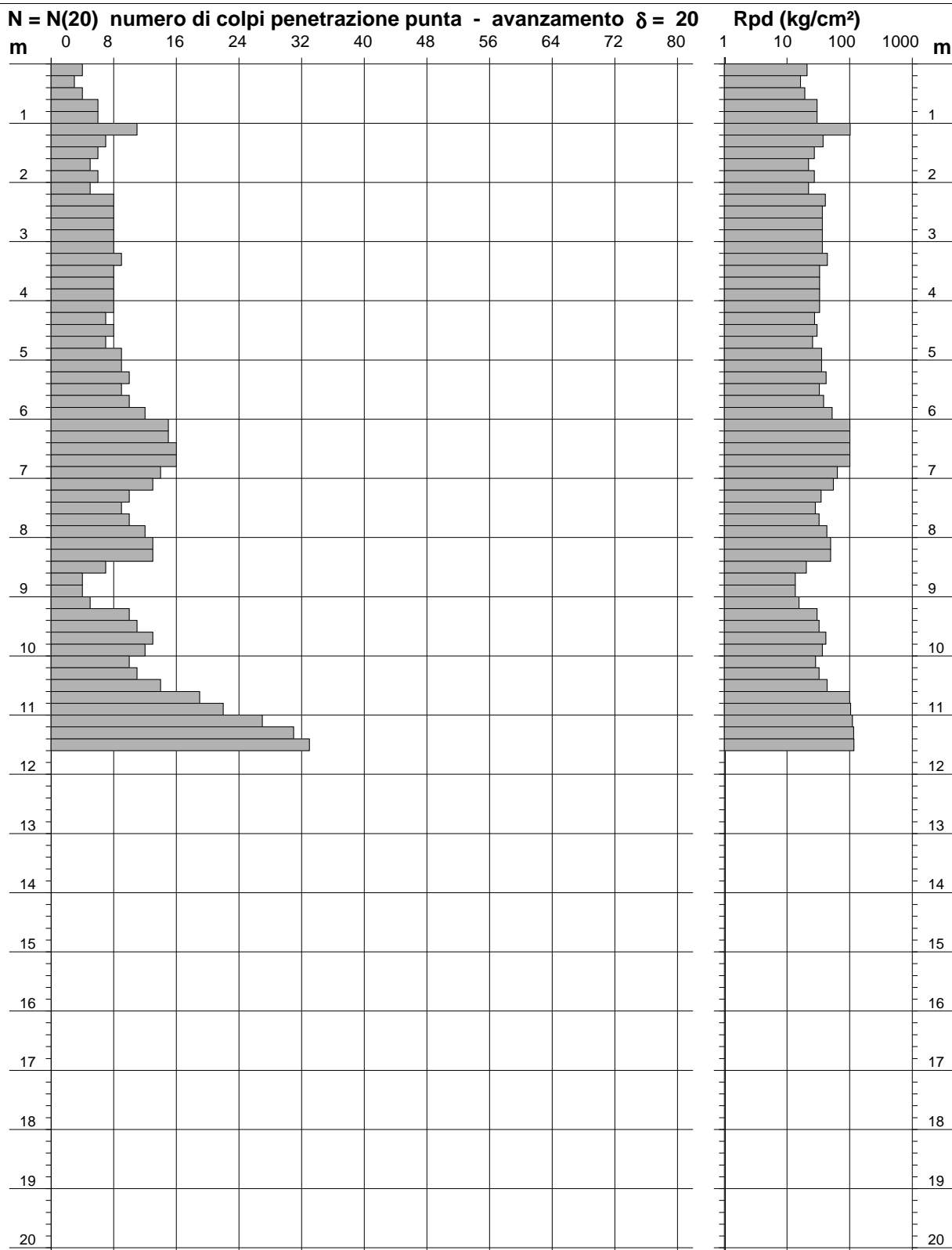
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 4

Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 07/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

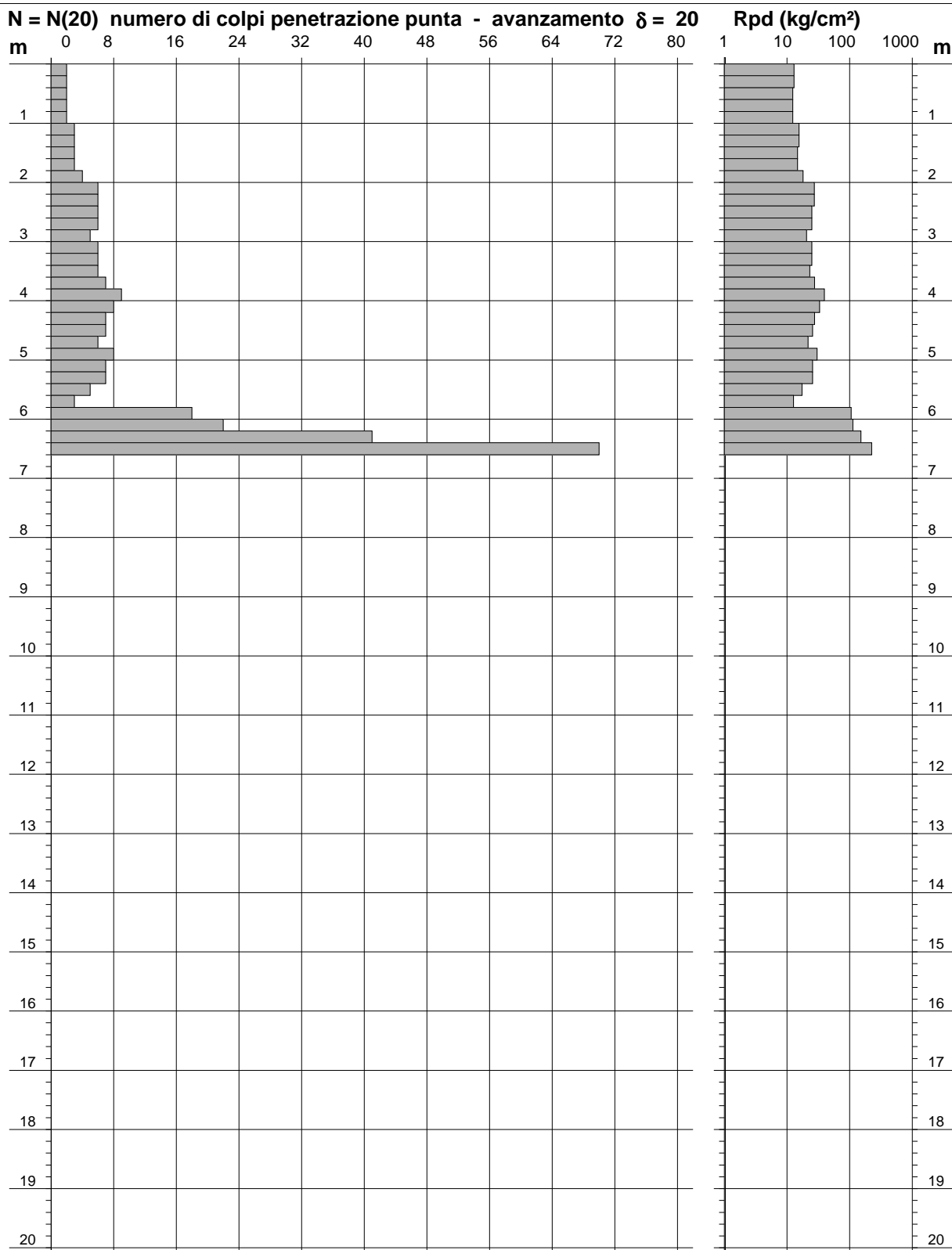
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 5

Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 08/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

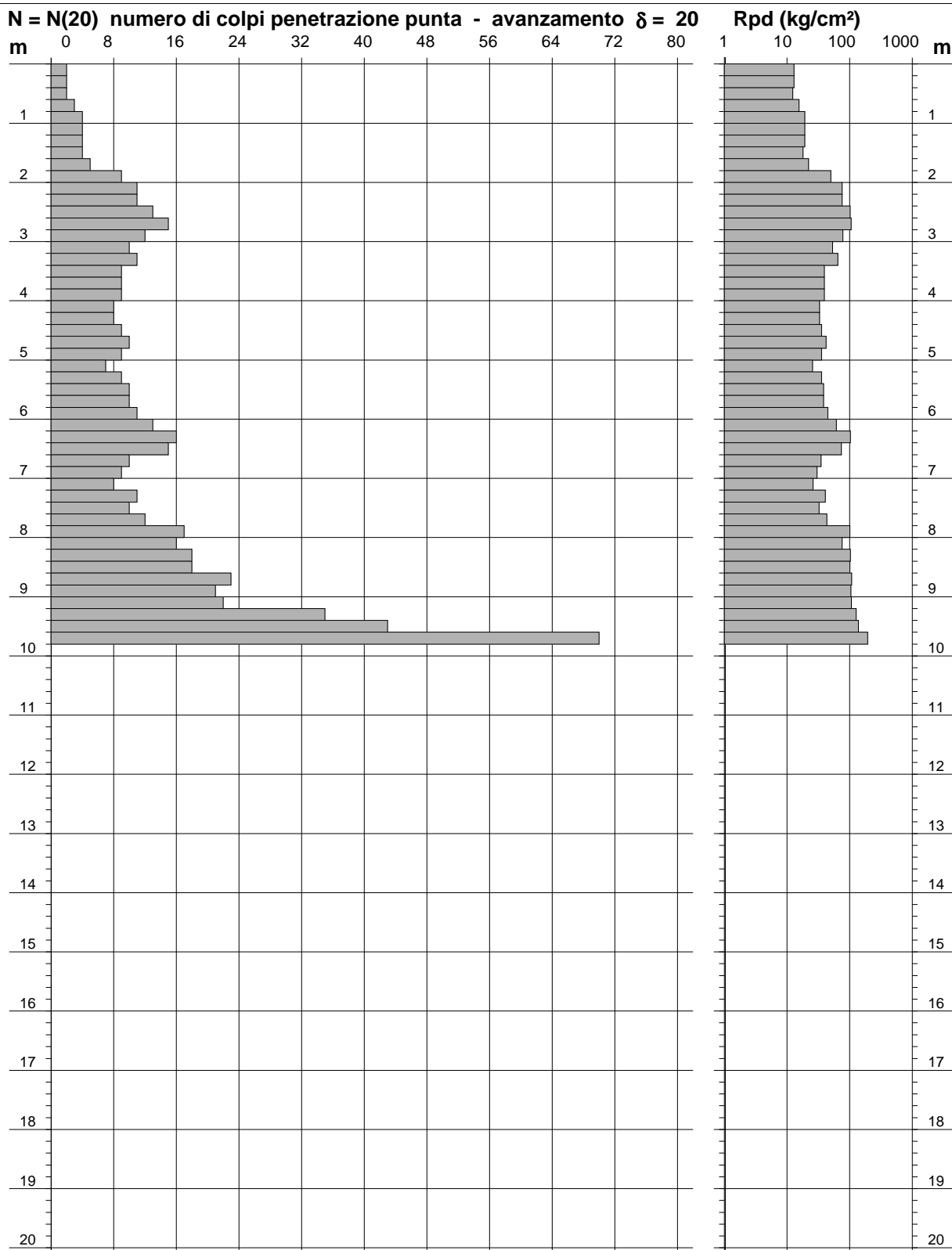
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 6

Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 08/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

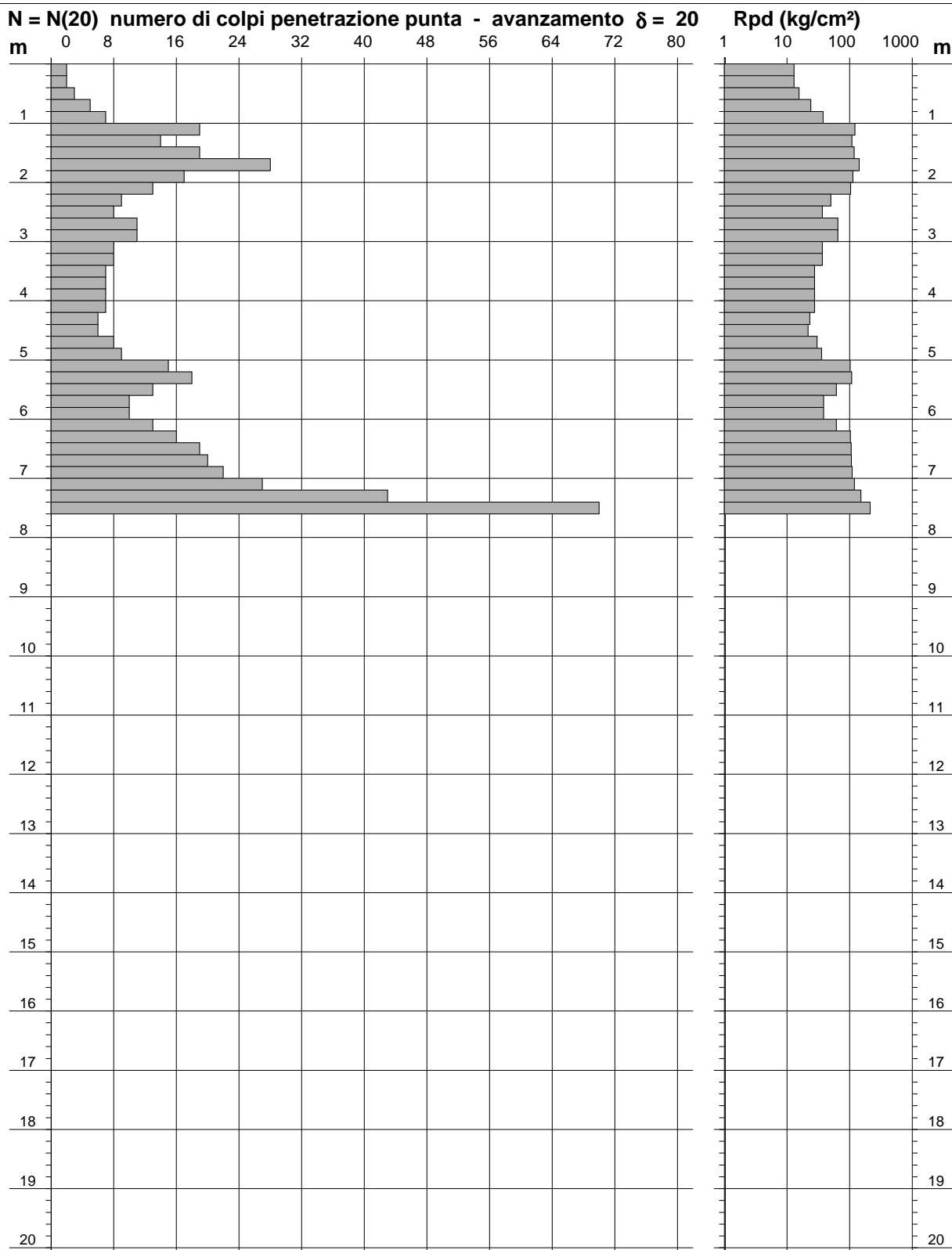
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 7

Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 07/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

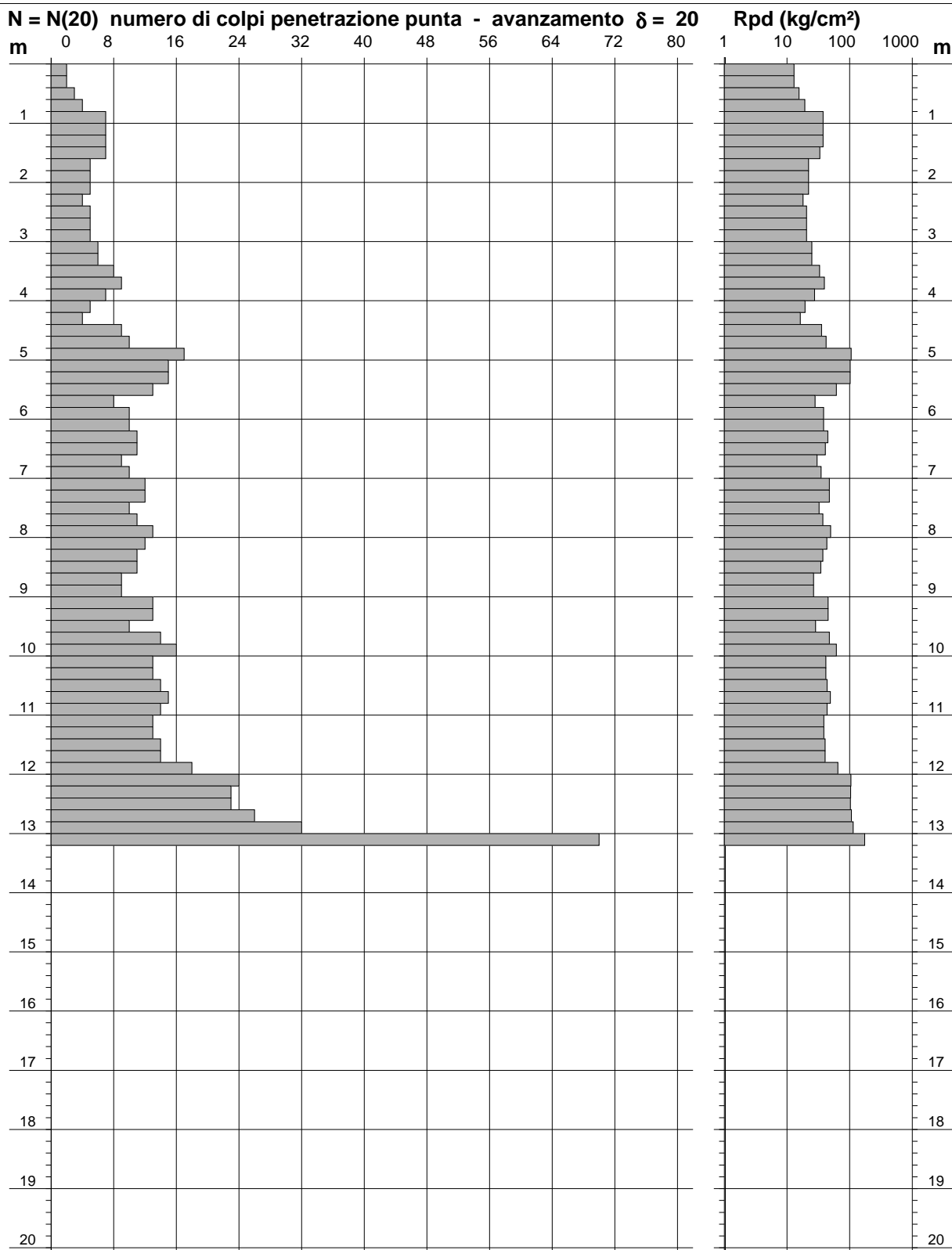
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 8

Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 08/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

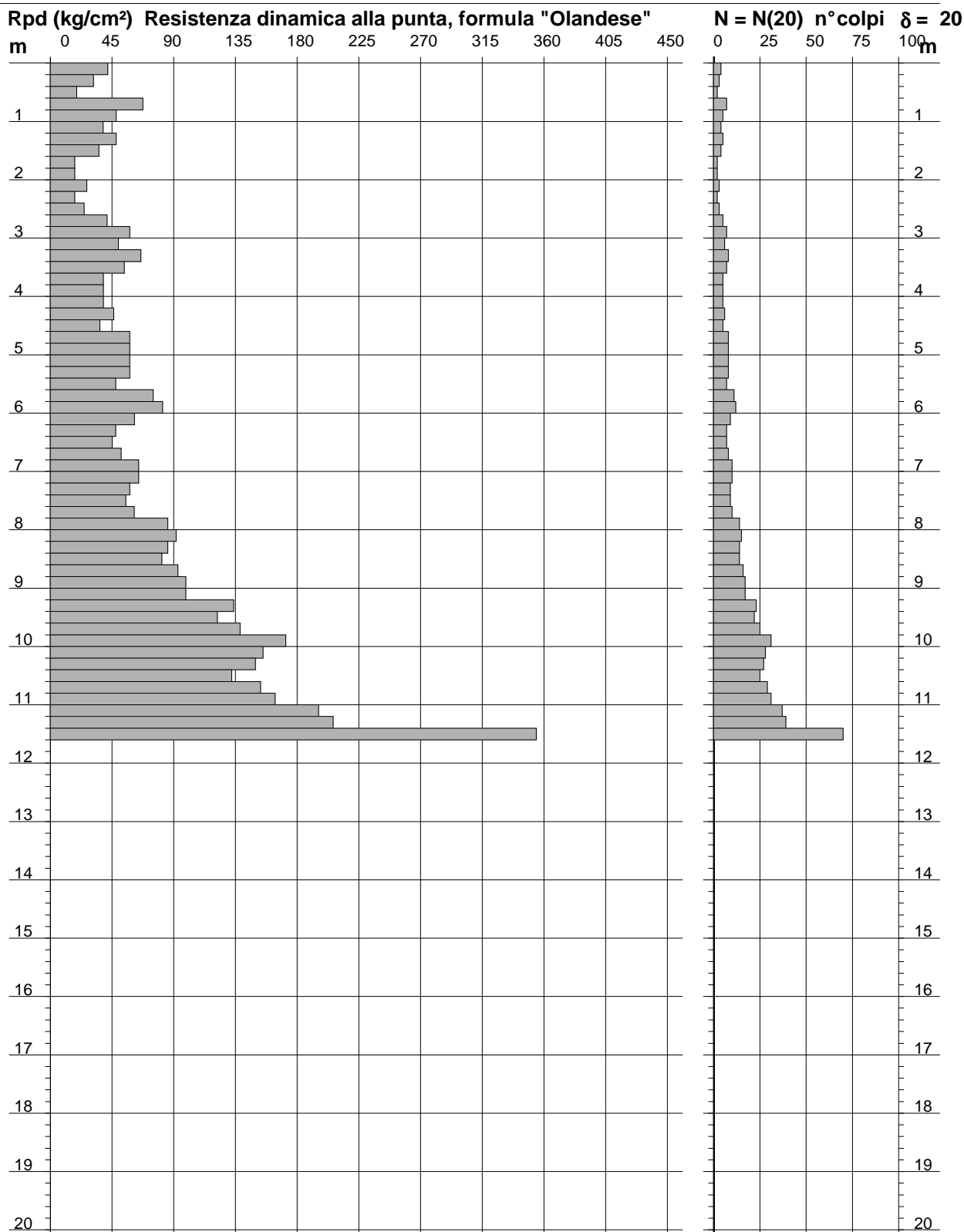
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 1
Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 07/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

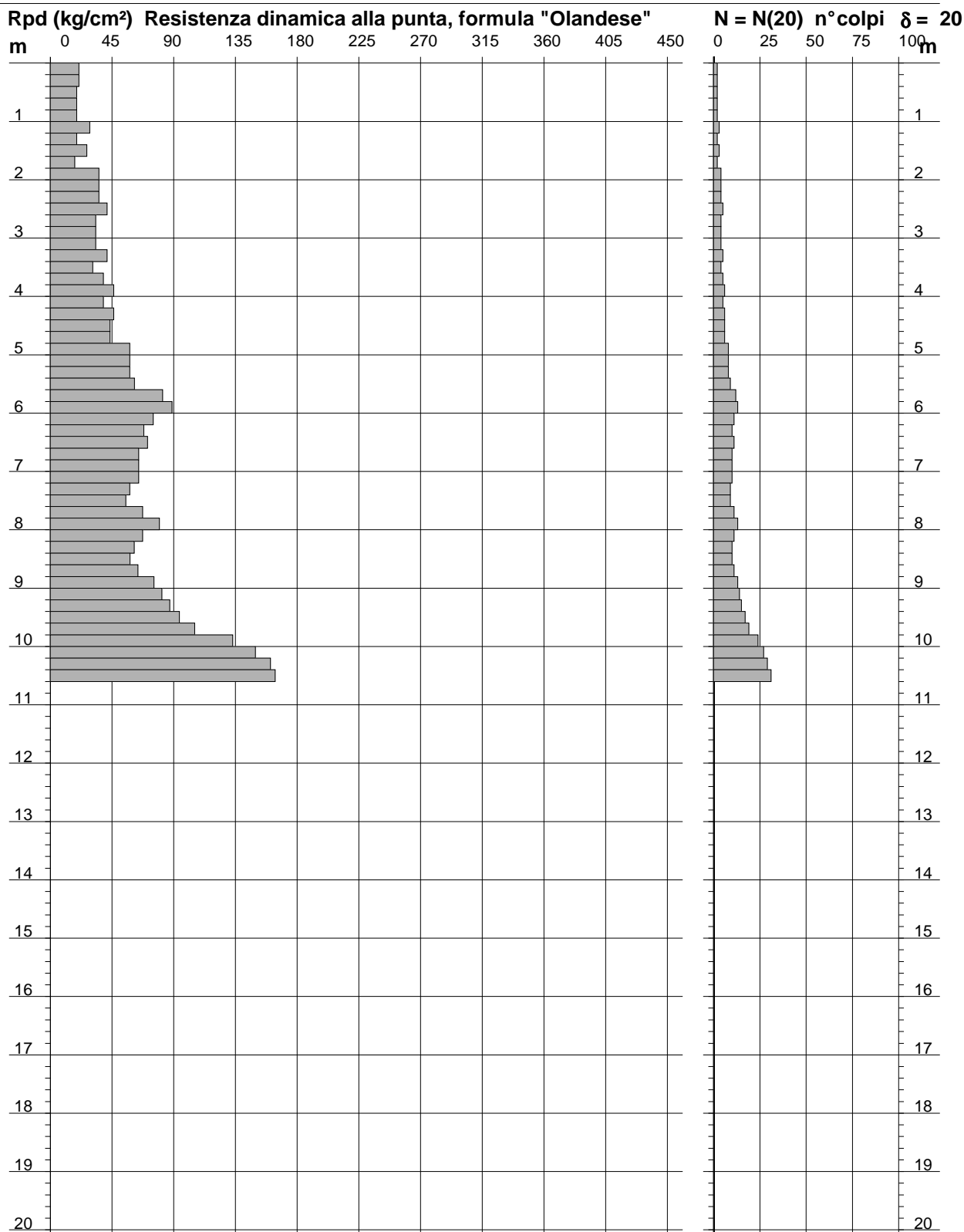
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 2
Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 07/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

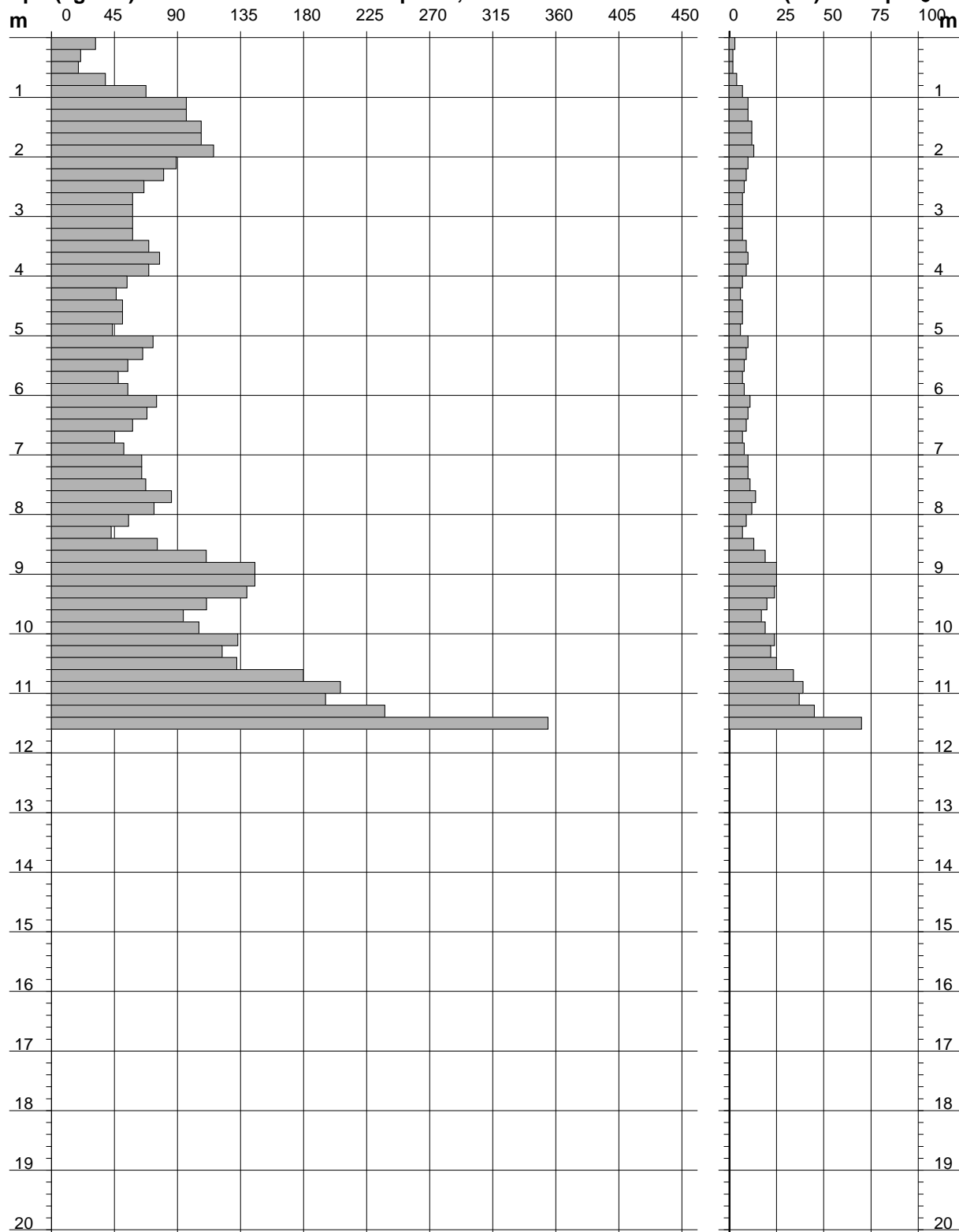
n° 3
Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 07/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n°colpi $\delta = 20$



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

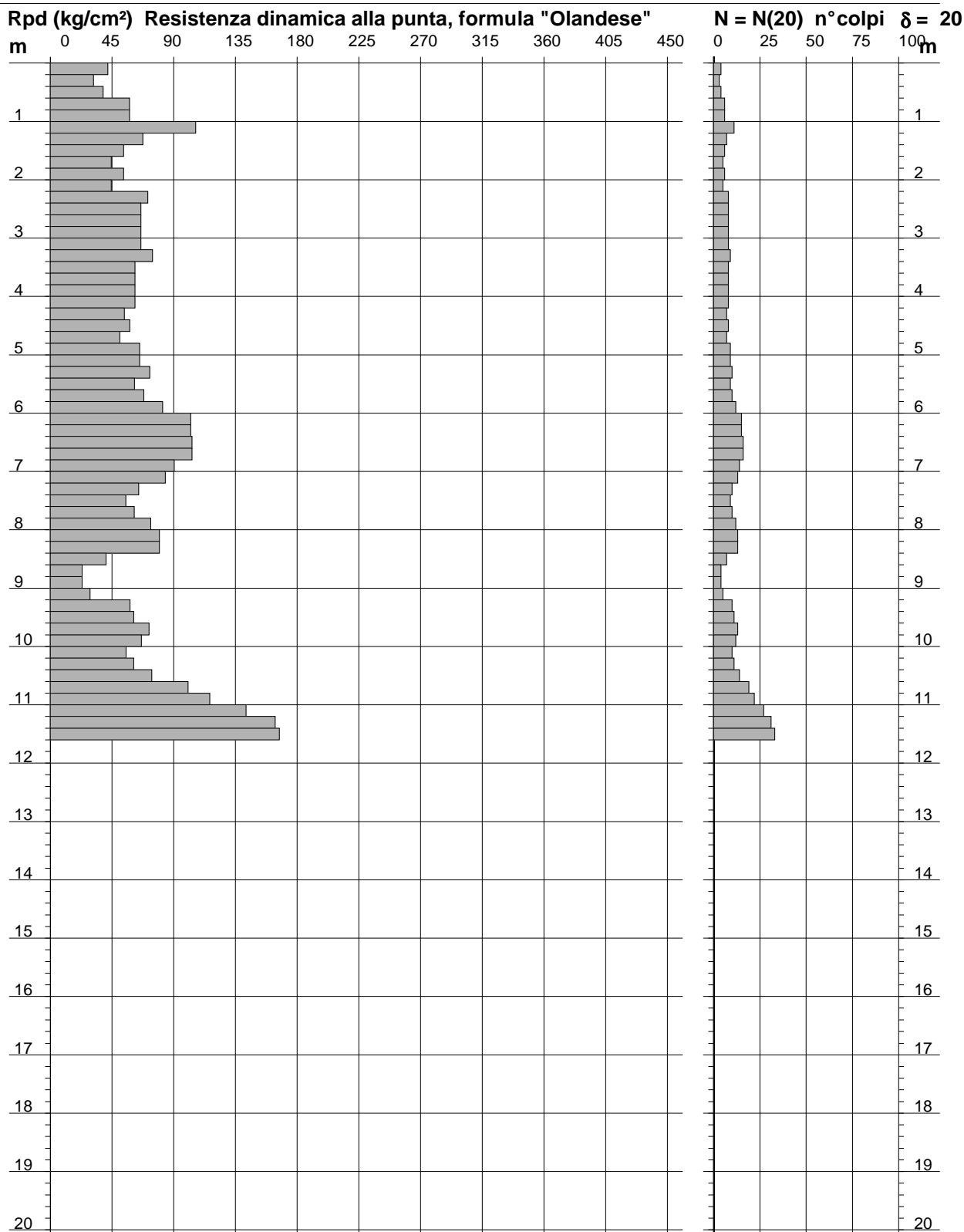
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 4
Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 07/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta **N = N(20)** [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

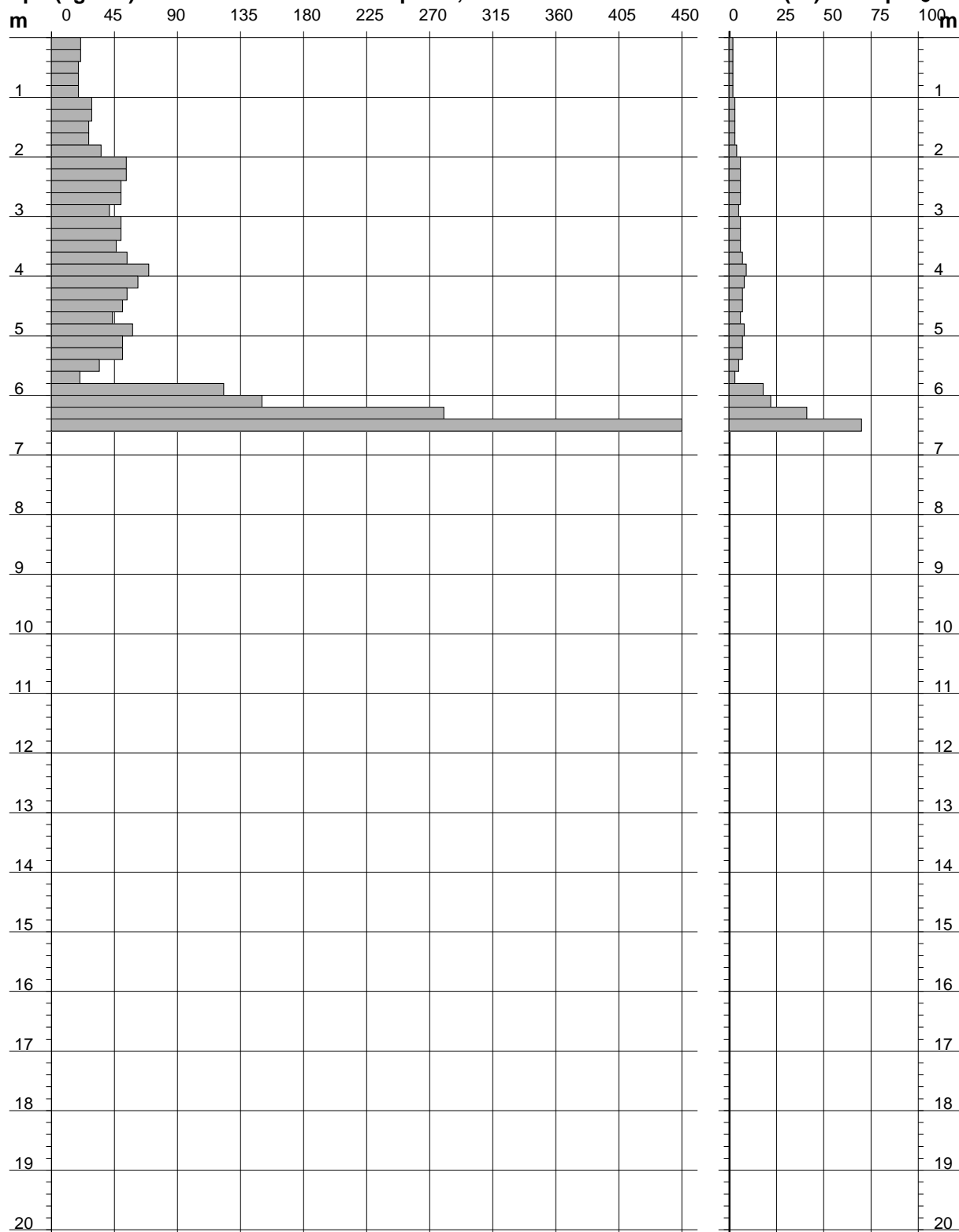
n° 5
Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 08/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n°colpi $\delta = 20$



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

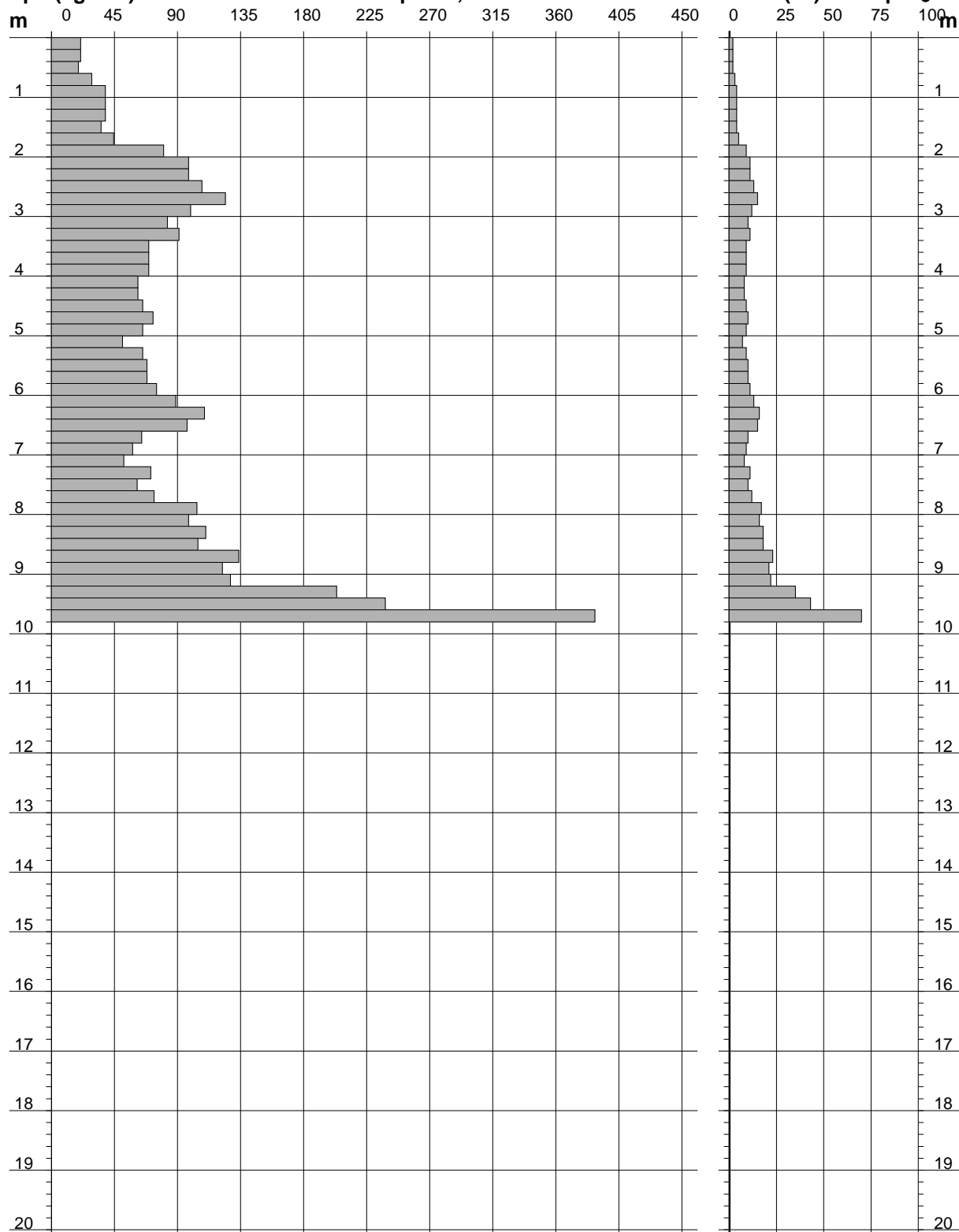
n° 6
Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 08/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n°colpi $\delta = 20$



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

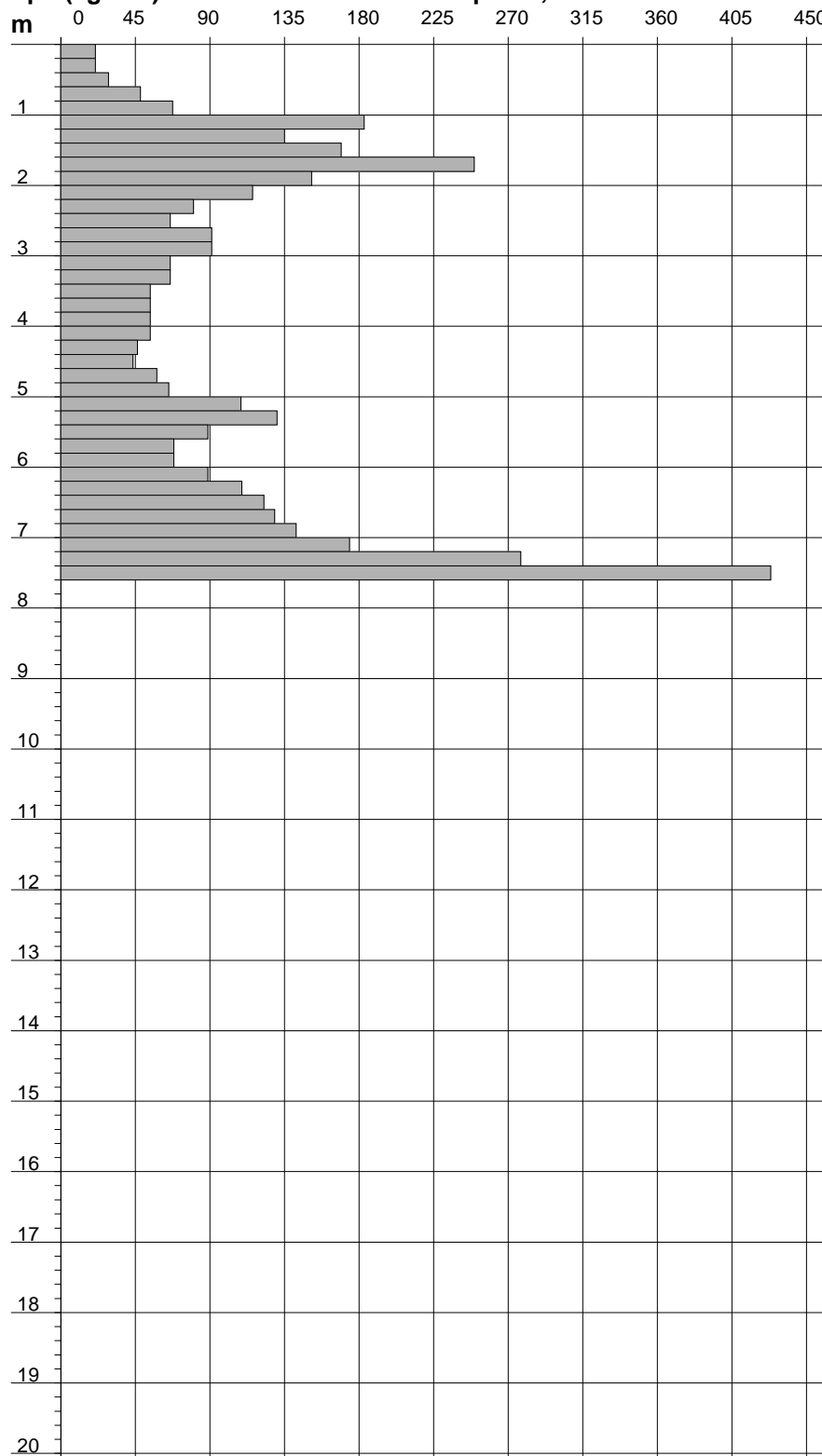
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 7
Scala 1: 100

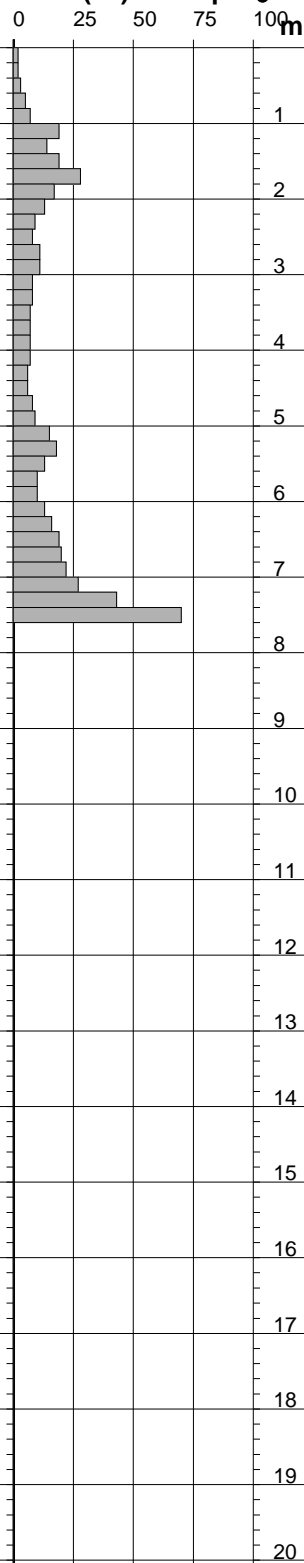
- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 07/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"



N = N(20) n°colpi δ = 20



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [δ = 20 cm]

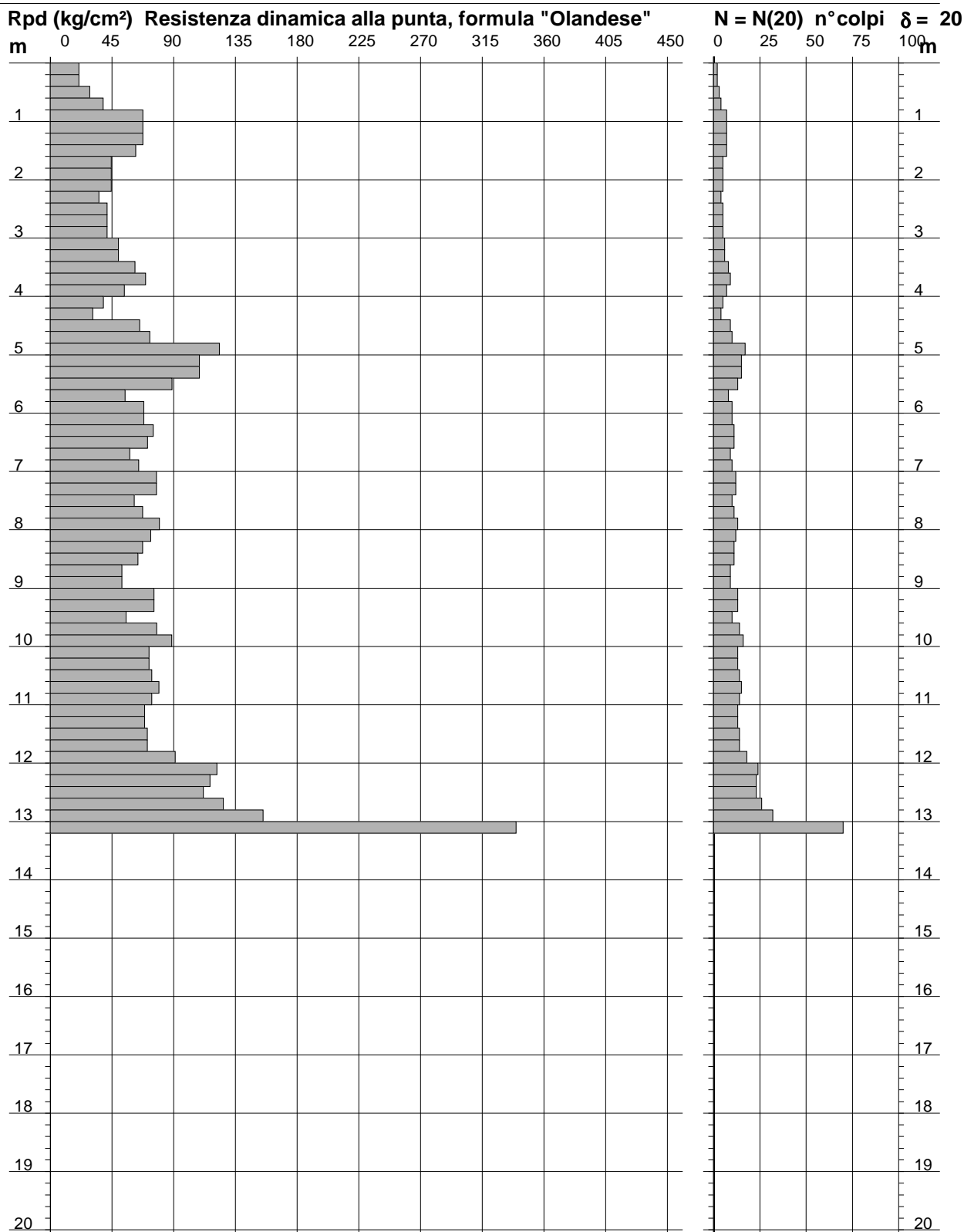
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 8
Scala 1: 100

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Indagine geognostica
- località : Siena (SI) Via S. Martino

- data : 08/09/2010
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

ALLEGATO 5

CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

INDAGINE 2022

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63 - 200

| Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici | | |
|---|--------------------|-------------------------------|
| TIPO | Sigla riferimento | Peso Massa Battente M (kg) |
| Leggero | DPL (Light) | $M \leq 10$ |
| Medio | DPM (Medium) | $10 < M < 40$ |
| Pesante | DPH (Heavy) | $40 \leq M < 60$ |
| Super pesante | DPSH (Super Heavy) | $M \geq 60$ |

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63 - 200

| | |
|-------------------------------------|--|
| PESO MASSA BATTENTE | M = 63,50 kg |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA | H = 0,75 m |
| PESO SISTEMA BATTUTA | Ms = 0,63 kg |
| DIAMETRO PUNTA CONICA | D = 51,00 mm |
| AREA BASE PUNTA CONICA | A = 20,43 cm ² |
| ANGOLO APERTURA PUNTA | $\alpha = 60^\circ$ |
| LUNGHEZZA DELLE ASTE | La = 1,00 m |
| PESO ASTE PER METRO | Ma = 6,31 kg |
| PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA | P1 = 0,40 m |
| AVANZAMENTO PUNTA | $\delta = 0,20$ m |
| NUMERO DI COLPI PUNTA | N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm |
| RIVESTIMENTO / FANGHI | NO |
| ENERGIA SPECIFICA x COLPO | Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²) |
| COEFF.TEORICO DI ENERGIA | $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente : Nspt = β_t N) |

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
 e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
 P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
 1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
 1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro

- data : 03/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|--------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,00 - 5,20 | 9 | 65,3 | ---- | 6 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,20 - 5,40 | 9 | 65,3 | ---- | 6 |
| 0,40 - 0,60 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,40 - 5,60 | 8 | 54,7 | ---- | 7 |
| 0,60 - 0,80 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,60 - 5,80 | 8 | 54,7 | ---- | 7 |
| 0,80 - 1,00 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,80 - 6,00 | 7 | 47,8 | ---- | 7 |
| 1,00 - 1,20 | 5 | 48,2 | ---- | 2 | 6,00 - 6,20 | 8 | 54,7 | ---- | 7 |
| 1,20 - 1,40 | 9 | 86,8 | ---- | 2 | 6,20 - 6,40 | 11 | 75,2 | ---- | 7 |
| 1,40 - 1,60 | 17 | 151,5 | ---- | 3 | 6,40 - 6,60 | 15 | 96,9 | ---- | 8 |
| 1,60 - 1,80 | 18 | 160,4 | ---- | 3 | 6,60 - 6,80 | 11 | 71,0 | ---- | 8 |
| 1,80 - 2,00 | 19 | 169,3 | ---- | 3 | 6,80 - 7,00 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 2,00 - 2,20 | 24 | 213,9 | ---- | 3 | 7,00 - 7,20 | 11 | 71,0 | ---- | 8 |
| 2,20 - 2,40 | 19 | 169,3 | ---- | 3 | 7,20 - 7,40 | 9 | 58,1 | ---- | 8 |
| 2,40 - 2,60 | 10 | 82,8 | ---- | 4 | 7,40 - 7,60 | 11 | 67,3 | ---- | 9 |
| 2,60 - 2,80 | 9 | 74,5 | ---- | 4 | 7,60 - 7,80 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 2,80 - 3,00 | 9 | 74,5 | ---- | 4 | 7,80 - 8,00 | 8 | 49,0 | ---- | 9 |
| 3,00 - 3,20 | 9 | 74,5 | ---- | 4 | 8,00 - 8,20 | 9 | 55,1 | ---- | 9 |
| 3,20 - 3,40 | 8 | 66,3 | ---- | 4 | 8,20 - 8,40 | 11 | 67,3 | ---- | 9 |
| 3,40 - 3,60 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 8,40 - 8,60 | 11 | 64,0 | ---- | 10 |
| 3,60 - 3,80 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 8,60 - 8,80 | 10 | 58,2 | ---- | 10 |
| 3,80 - 4,00 | 7 | 54,1 | ---- | 5 | 8,80 - 9,00 | 14 | 81,4 | ---- | 10 |
| 4,00 - 4,20 | 9 | 69,6 | ---- | 5 | 9,00 - 9,20 | 14 | 81,4 | ---- | 10 |
| 4,20 - 4,40 | 10 | 77,4 | ---- | 5 | 9,20 - 9,40 | 15 | 87,3 | ---- | 10 |
| 4,40 - 4,60 | 10 | 72,6 | ---- | 6 | 9,40 - 9,60 | 17 | 94,2 | ---- | 11 |
| 4,60 - 4,80 | 10 | 72,6 | ---- | 6 | 9,60 - 9,80 | 16 | 88,7 | ---- | 11 |
| 4,80 - 5,00 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | 9,80 - 10,00 | 20 | 110,8 | ---- | 11 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro

- data : 03/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|-------------|------------|------|--------------|------------|-------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,00 - 5,20 | 7 | 50,8 | ---- | 6 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,20 - 5,40 | 9 | 65,3 | ---- | 6 |
| 0,40 - 0,60 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,40 - 5,60 | 9 | 61,5 | ---- | 7 |
| 0,60 - 0,80 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,60 - 5,80 | 12 | 82,0 | ---- | 7 |
| 0,80 - 1,00 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,80 - 6,00 | 10 | 68,3 | ---- | 7 |
| 1,00 - 1,20 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 6,00 - 6,20 | 8 | 54,7 | ---- | 7 |
| 1,20 - 1,40 | 5 | 48,2 | ---- | 2 | 6,20 - 6,40 | 8 | 54,7 | ---- | 7 |
| 1,40 - 1,60 | 7 | 62,4 | ---- | 3 | 6,40 - 6,60 | 9 | 58,1 | ---- | 8 |
| 1,60 - 1,80 | 8 | 71,3 | ---- | 3 | 6,60 - 6,80 | 9 | 58,1 | ---- | 8 |
| 1,80 - 2,00 | 9 | 80,2 | ---- | 3 | 6,80 - 7,00 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 2,00 - 2,20 | 9 | 80,2 | ---- | 3 | 7,00 - 7,20 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 2,20 - 2,40 | 9 | 80,2 | ---- | 3 | 7,20 - 7,40 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 2,40 - 2,60 | 9 | 74,5 | ---- | 4 | 7,40 - 7,60 | 9 | 55,1 | ---- | 9 |
| 2,60 - 2,80 | 9 | 74,5 | ---- | 4 | 7,60 - 7,80 | 11 | 67,3 | ---- | 9 |
| 2,80 - 3,00 | 9 | 74,5 | ---- | 4 | 7,80 - 8,00 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 3,00 - 3,20 | 10 | 82,8 | ---- | 4 | 8,00 - 8,20 | 11 | 67,3 | ---- | 9 |
| 3,20 - 3,40 | 10 | 82,8 | ---- | 4 | 8,20 - 8,40 | 12 | 73,5 | ---- | 9 |
| 3,40 - 3,60 | 10 | 77,4 | ---- | 5 | 8,40 - 8,60 | 14 | 81,4 | ---- | 10 |
| 3,60 - 3,80 | 10 | 77,4 | ---- | 5 | 8,60 - 8,80 | 12 | 69,8 | ---- | 10 |
| 3,80 - 4,00 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 8,80 - 9,00 | 12 | 69,8 | ---- | 10 |
| 4,00 - 4,20 | 7 | 54,1 | ---- | 5 | 9,00 - 9,20 | 10 | 58,2 | ---- | 10 |
| 4,20 - 4,40 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 9,20 - 9,40 | 11 | 64,0 | ---- | 10 |
| 4,40 - 4,60 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | 9,40 - 9,60 | 15 | 83,1 | ---- | 11 |
| 4,60 - 4,80 | 9 | 65,3 | ---- | 6 | 9,60 - 9,80 | 16 | 88,7 | ---- | 11 |
| 4,80 - 5,00 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | 9,80 - 10,00 | 16 | 88,7 | ---- | 11 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 3

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro

- data : 03/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|-------------|------------|------|--------------|------------|-------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,00 - 5,20 | 8 | 58,1 | ---- | 6 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,20 - 5,40 | 8 | 58,1 | ---- | 6 |
| 0,40 - 0,60 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 5,40 - 5,60 | 7 | 47,8 | ---- | 7 |
| 0,60 - 0,80 | 5 | 48,2 | ---- | 2 | 5,60 - 5,80 | 8 | 54,7 | ---- | 7 |
| 0,80 - 1,00 | 5 | 48,2 | ---- | 2 | 5,80 - 6,00 | 10 | 68,3 | ---- | 7 |
| 1,00 - 1,20 | 6 | 57,9 | ---- | 2 | 6,00 - 6,20 | 10 | 68,3 | ---- | 7 |
| 1,20 - 1,40 | 7 | 67,5 | ---- | 2 | 6,20 - 6,40 | 9 | 61,5 | ---- | 7 |
| 1,40 - 1,60 | 6 | 53,5 | ---- | 3 | 6,40 - 6,60 | 10 | 64,6 | ---- | 8 |
| 1,60 - 1,80 | 5 | 44,6 | ---- | 3 | 6,60 - 6,80 | 11 | 71,0 | ---- | 8 |
| 1,80 - 2,00 | 5 | 44,6 | ---- | 3 | 6,80 - 7,00 | 8 | 51,7 | ---- | 8 |
| 2,00 - 2,20 | 5 | 44,6 | ---- | 3 | 7,00 - 7,20 | 8 | 51,7 | ---- | 8 |
| 2,20 - 2,40 | 6 | 53,5 | ---- | 3 | 7,20 - 7,40 | 8 | 51,7 | ---- | 8 |
| 2,40 - 2,60 | 7 | 58,0 | ---- | 4 | 7,40 - 7,60 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 2,60 - 2,80 | 11 | 91,1 | ---- | 4 | 7,60 - 7,80 | 9 | 55,1 | ---- | 9 |
| 2,80 - 3,00 | 15 | 124,2 | ---- | 4 | 7,80 - 8,00 | 7 | 42,8 | ---- | 9 |
| 3,00 - 3,20 | 14 | 115,9 | ---- | 4 | 8,00 - 8,20 | 9 | 55,1 | ---- | 9 |
| 3,20 - 3,40 | 15 | 124,2 | ---- | 4 | 8,20 - 8,40 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 3,40 - 3,60 | 14 | 108,3 | ---- | 5 | 8,40 - 8,60 | 11 | 64,0 | ---- | 10 |
| 3,60 - 3,80 | 14 | 108,3 | ---- | 5 | 8,60 - 8,80 | 16 | 93,1 | ---- | 10 |
| 3,80 - 4,00 | 13 | 100,6 | ---- | 5 | 8,80 - 9,00 | 12 | 69,8 | ---- | 10 |
| 4,00 - 4,20 | 13 | 100,6 | ---- | 5 | 9,00 - 9,20 | 10 | 58,2 | ---- | 10 |
| 4,20 - 4,40 | 16 | 123,8 | ---- | 5 | 9,20 - 9,40 | 10 | 58,2 | ---- | 10 |
| 4,40 - 4,60 | 10 | 72,6 | ---- | 6 | 9,40 - 9,60 | 9 | 49,9 | ---- | 11 |
| 4,60 - 4,80 | 7 | 50,8 | ---- | 6 | 9,60 - 9,80 | 11 | 61,0 | ---- | 11 |
| 4,80 - 5,00 | 8 | 58,1 | ---- | 6 | 9,80 - 10,00 | 14 | 77,6 | ---- | 11 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 4

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro - rifiuto

- data : 03/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|-------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 3,00 - 3,20 | 6 | 49,7 | ---- | 4 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 3,20 - 3,40 | 7 | 58,0 | ---- | 4 |
| 0,40 - 0,60 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 3,40 - 3,60 | 15 | 116,0 | ---- | 5 |
| 0,60 - 0,80 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 3,60 - 3,80 | 6 | 46,4 | ---- | 5 |
| 0,80 - 1,00 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 3,80 - 4,00 | 9 | 69,6 | ---- | 5 |
| 1,00 - 1,20 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 4,00 - 4,20 | 8 | 61,9 | ---- | 5 |
| 1,20 - 1,40 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 4,20 - 4,40 | 10 | 77,4 | ---- | 5 |
| 1,40 - 1,60 | 2 | 17,8 | ---- | 3 | 4,40 - 4,60 | 8 | 58,1 | ---- | 6 |
| 1,60 - 1,80 | 2 | 17,8 | ---- | 3 | 4,60 - 4,80 | 8 | 58,1 | ---- | 6 |
| 1,80 - 2,00 | 3 | 26,7 | ---- | 3 | 4,80 - 5,00 | 12 | 87,1 | ---- | 6 |
| 2,00 - 2,20 | 7 | 62,4 | ---- | 3 | 5,00 - 5,20 | 16 | 116,1 | ---- | 6 |
| 2,20 - 2,40 | 7 | 62,4 | ---- | 3 | 5,20 - 5,40 | 25 | 181,4 | ---- | 6 |
| 2,40 - 2,60 | 6 | 49,7 | ---- | 4 | 5,40 - 5,60 | 36 | 246,0 | ---- | 7 |
| 2,60 - 2,80 | 10 | 82,8 | ---- | 4 | 5,60 - 5,80 | 70 | 478,4 | ---- | 7 |
| 2,80 - 3,00 | 7 | 58,0 | ---- | 4 | | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 5

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro

- data : 04/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|-------------|------------|------|--------------|------------|-------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,00 - 5,20 | 12 | 87,1 | ---- | 6 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 5,20 - 5,40 | 11 | 79,8 | ---- | 6 |
| 0,40 - 0,60 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,40 - 5,60 | 11 | 75,2 | ---- | 7 |
| 0,60 - 0,80 | 1 | 9,6 | ---- | 2 | 5,60 - 5,80 | 12 | 82,0 | ---- | 7 |
| 0,80 - 1,00 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,80 - 6,00 | 14 | 95,7 | ---- | 7 |
| 1,00 - 1,20 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 6,00 - 6,20 | 15 | 102,5 | ---- | 7 |
| 1,20 - 1,40 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 6,20 - 6,40 | 14 | 95,7 | ---- | 7 |
| 1,40 - 1,60 | 6 | 53,5 | ---- | 3 | 6,40 - 6,60 | 13 | 84,0 | ---- | 8 |
| 1,60 - 1,80 | 7 | 62,4 | ---- | 3 | 6,60 - 6,80 | 15 | 96,9 | ---- | 8 |
| 1,80 - 2,00 | 8 | 71,3 | ---- | 3 | 6,80 - 7,00 | 17 | 109,8 | ---- | 8 |
| 2,00 - 2,20 | 6 | 53,5 | ---- | 3 | 7,00 - 7,20 | 18 | 116,2 | ---- | 8 |
| 2,20 - 2,40 | 7 | 62,4 | ---- | 3 | 7,20 - 7,40 | 13 | 84,0 | ---- | 8 |
| 2,40 - 2,60 | 5 | 41,4 | ---- | 4 | 7,40 - 7,60 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 2,60 - 2,80 | 6 | 49,7 | ---- | 4 | 7,60 - 7,80 | 13 | 79,6 | ---- | 9 |
| 2,80 - 3,00 | 6 | 49,7 | ---- | 4 | 7,80 - 8,00 | 13 | 79,6 | ---- | 9 |
| 3,00 - 3,20 | 5 | 41,4 | ---- | 4 | 8,00 - 8,20 | 14 | 85,7 | ---- | 9 |
| 3,20 - 3,40 | 7 | 58,0 | ---- | 4 | 8,20 - 8,40 | 14 | 85,7 | ---- | 9 |
| 3,40 - 3,60 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 8,40 - 8,60 | 15 | 87,3 | ---- | 10 |
| 3,60 - 3,80 | 10 | 77,4 | ---- | 5 | 8,60 - 8,80 | 14 | 81,4 | ---- | 10 |
| 3,80 - 4,00 | 10 | 77,4 | ---- | 5 | 8,80 - 9,00 | 13 | 75,6 | ---- | 10 |
| 4,00 - 4,20 | 10 | 77,4 | ---- | 5 | 9,00 - 9,20 | 12 | 69,8 | ---- | 10 |
| 4,20 - 4,40 | 10 | 77,4 | ---- | 5 | 9,20 - 9,40 | 14 | 81,4 | ---- | 10 |
| 4,40 - 4,60 | 10 | 72,6 | ---- | 6 | 9,40 - 9,60 | 18 | 99,8 | ---- | 11 |
| 4,60 - 4,80 | 11 | 79,8 | ---- | 6 | 9,60 - 9,80 | 22 | 121,9 | ---- | 11 |
| 4,80 - 5,00 | 12 | 87,1 | ---- | 6 | 9,80 - 10,00 | 24 | 133,0 | ---- | 11 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 6

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro - rifiuto

- data : 04/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|-------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 4,60 - 4,80 | 7 | 50,8 | ---- | 6 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 4,80 - 5,00 | 8 | 58,1 | ---- | 6 |
| 0,40 - 0,60 | 1 | 9,6 | ---- | 2 | 5,00 - 5,20 | 8 | 58,1 | ---- | 6 |
| 0,60 - 0,80 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,20 - 5,40 | 7 | 50,8 | ---- | 6 |
| 0,80 - 1,00 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,40 - 5,60 | 7 | 47,8 | ---- | 7 |
| 1,00 - 1,20 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,60 - 5,80 | 7 | 47,8 | ---- | 7 |
| 1,20 - 1,40 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 5,80 - 6,00 | 9 | 61,5 | ---- | 7 |
| 1,40 - 1,60 | 2 | 17,8 | ---- | 3 | 6,00 - 6,20 | 9 | 61,5 | ---- | 7 |
| 1,60 - 1,80 | 3 | 26,7 | ---- | 3 | 6,20 - 6,40 | 8 | 54,7 | ---- | 7 |
| 1,80 - 2,00 | 2 | 17,8 | ---- | 3 | 6,40 - 6,60 | 9 | 58,1 | ---- | 8 |
| 2,00 - 2,20 | 3 | 26,7 | ---- | 3 | 6,60 - 6,80 | 12 | 77,5 | ---- | 8 |
| 2,20 - 2,40 | 3 | 26,7 | ---- | 3 | 6,80 - 7,00 | 12 | 77,5 | ---- | 8 |
| 2,40 - 2,60 | 6 | 49,7 | ---- | 4 | 7,00 - 7,20 | 12 | 77,5 | ---- | 8 |
| 2,60 - 2,80 | 5 | 41,4 | ---- | 4 | 7,20 - 7,40 | 11 | 71,0 | ---- | 8 |
| 2,80 - 3,00 | 4 | 33,1 | ---- | 4 | 7,40 - 7,60 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 3,00 - 3,20 | 4 | 33,1 | ---- | 4 | 7,60 - 7,80 | 9 | 55,1 | ---- | 9 |
| 3,20 - 3,40 | 4 | 33,1 | ---- | 4 | 7,80 - 8,00 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 3,40 - 3,60 | 5 | 38,7 | ---- | 5 | 8,00 - 8,20 | 9 | 55,1 | ---- | 9 |
| 3,60 - 3,80 | 7 | 54,1 | ---- | 5 | 8,20 - 8,40 | 10 | 61,2 | ---- | 9 |
| 3,80 - 4,00 | 6 | 46,4 | ---- | 5 | 8,40 - 8,60 | 13 | 75,6 | ---- | 10 |
| 4,00 - 4,20 | 6 | 46,4 | ---- | 5 | 8,60 - 8,80 | 18 | 104,7 | ---- | 10 |
| 4,20 - 4,40 | 7 | 54,1 | ---- | 5 | 8,80 - 9,00 | 18 | 104,7 | ---- | 10 |
| 4,40 - 4,60 | 7 | 50,8 | ---- | 6 | 9,00 - 9,20 | 70 | 407,2 | ---- | 10 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 7

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro - rifiuto

- data : 04/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|-------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 3,80 - 4,00 | 13 | 100,6 | ---- | 5 |
| 0,20 - 0,40 | 3 | 31,5 | ---- | 1 | 4,00 - 4,20 | 18 | 139,2 | ---- | 5 |
| 0,40 - 0,60 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 4,20 - 4,40 | 13 | 100,6 | ---- | 5 |
| 0,60 - 0,80 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 4,40 - 4,60 | 9 | 65,3 | ---- | 6 |
| 0,80 - 1,00 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 4,60 - 4,80 | 8 | 58,1 | ---- | 6 |
| 1,00 - 1,20 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 4,80 - 5,00 | 8 | 58,1 | ---- | 6 |
| 1,20 - 1,40 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 5,00 - 5,20 | 8 | 58,1 | ---- | 6 |
| 1,40 - 1,60 | 4 | 35,6 | ---- | 3 | 5,20 - 5,40 | 9 | 65,3 | ---- | 6 |
| 1,60 - 1,80 | 6 | 53,5 | ---- | 3 | 5,40 - 5,60 | 9 | 61,5 | ---- | 7 |
| 1,80 - 2,00 | 8 | 71,3 | ---- | 3 | 5,60 - 5,80 | 9 | 61,5 | ---- | 7 |
| 2,00 - 2,20 | 9 | 80,2 | ---- | 3 | 5,80 - 6,00 | 11 | 75,2 | ---- | 7 |
| 2,20 - 2,40 | 10 | 89,1 | ---- | 3 | 6,00 - 6,20 | 10 | 68,3 | ---- | 7 |
| 2,40 - 2,60 | 11 | 91,1 | ---- | 4 | 6,20 - 6,40 | 13 | 88,8 | ---- | 7 |
| 2,60 - 2,80 | 11 | 91,1 | ---- | 4 | 6,40 - 6,60 | 13 | 84,0 | ---- | 8 |
| 2,80 - 3,00 | 13 | 107,7 | ---- | 4 | 6,60 - 6,80 | 13 | 84,0 | ---- | 8 |
| 3,00 - 3,20 | 16 | 132,5 | ---- | 4 | 6,80 - 7,00 | 16 | 103,3 | ---- | 8 |
| 3,20 - 3,40 | 10 | 82,8 | ---- | 4 | 7,00 - 7,20 | 19 | 122,7 | ---- | 8 |
| 3,40 - 3,60 | 11 | 85,1 | ---- | 5 | 7,20 - 7,40 | 18 | 116,2 | ---- | 8 |
| 3,60 - 3,80 | 9 | 69,6 | ---- | 5 | 7,40 - 7,60 | 70 | 428,5 | ---- | 9 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 8

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro - rifiuto

- data : 04/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|-------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 1,80 - 2,00 | 20 | 178,2 | ---- | 3 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 21,0 | ---- | 1 | 2,00 - 2,20 | 28 | 249,5 | ---- | 3 |
| 0,40 - 0,60 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 2,20 - 2,40 | 31 | 276,2 | ---- | 3 |
| 0,60 - 0,80 | 2 | 19,3 | ---- | 2 | 2,40 - 2,60 | 37 | 306,4 | ---- | 4 |
| 0,80 - 1,00 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 2,60 - 2,80 | 25 | 207,0 | ---- | 4 |
| 1,00 - 1,20 | 4 | 38,6 | ---- | 2 | 2,80 - 3,00 | 27 | 223,6 | ---- | 4 |
| 1,20 - 1,40 | 5 | 48,2 | ---- | 2 | 3,00 - 3,20 | 31 | 256,7 | ---- | 4 |
| 1,40 - 1,60 | 8 | 71,3 | ---- | 3 | 3,20 - 3,40 | 70 | 579,7 | ---- | 4 |
| 1,60 - 1,80 | 11 | 98,0 | ---- | 3 | | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

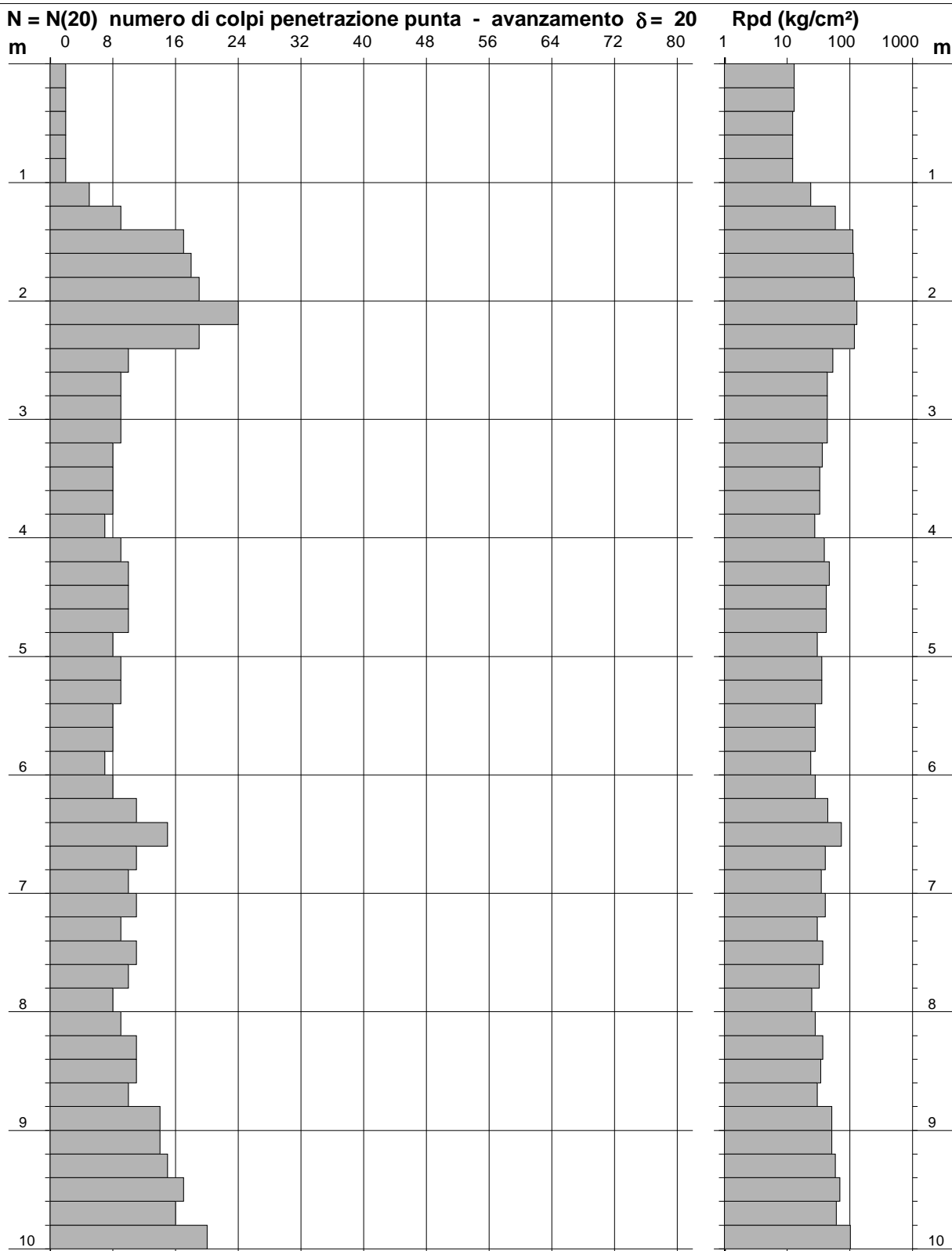
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 03/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

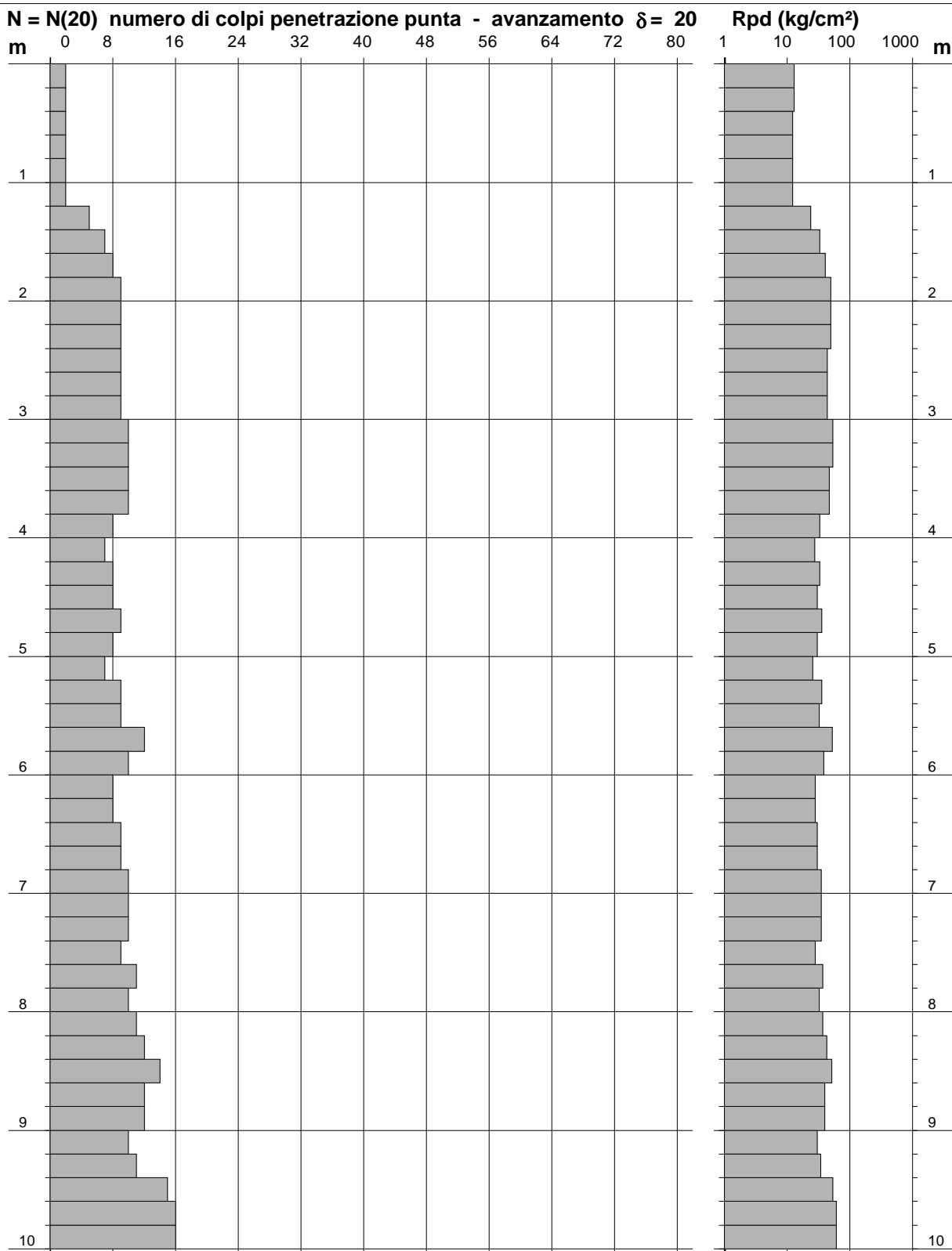
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 2

Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 03/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

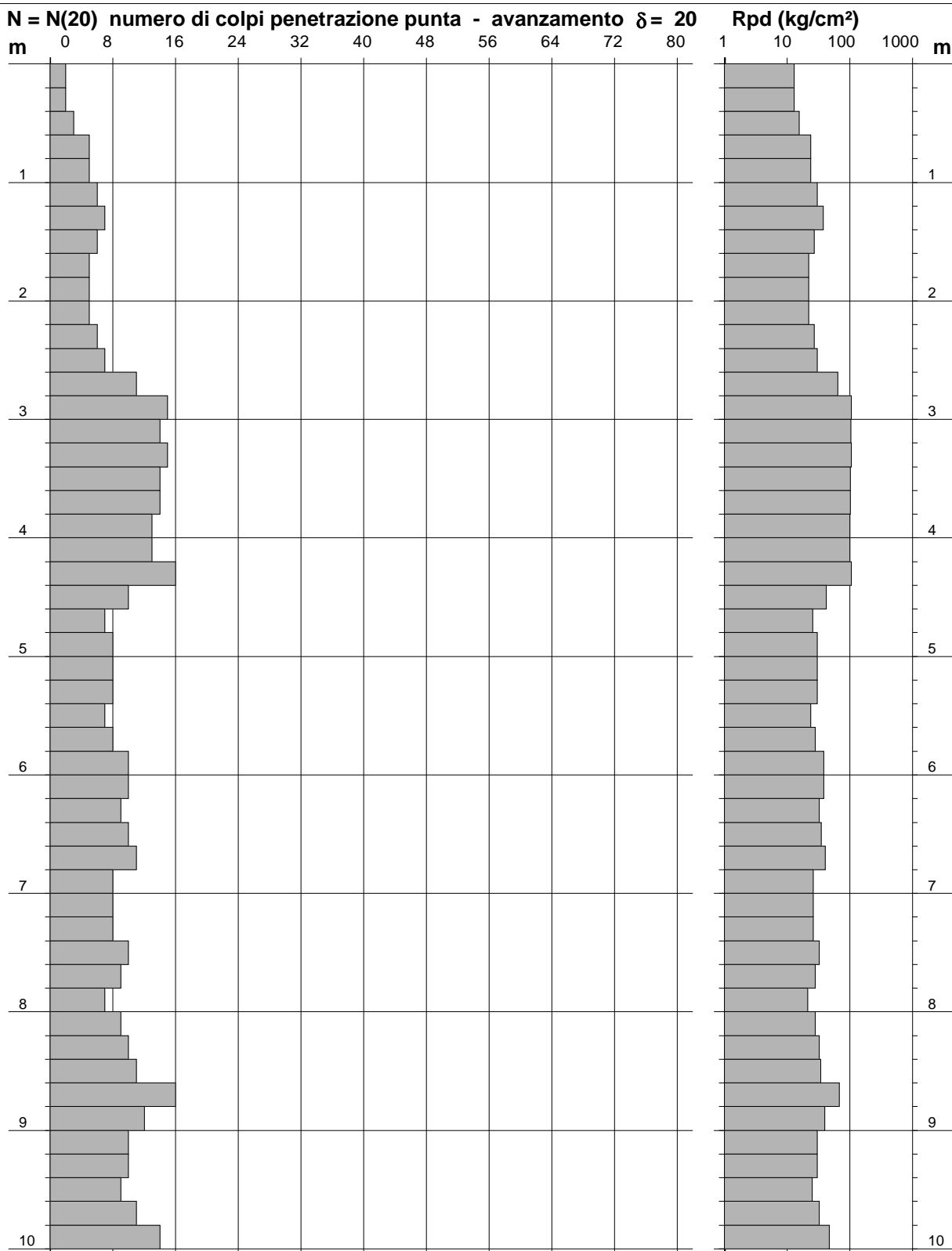
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 3

Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 03/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

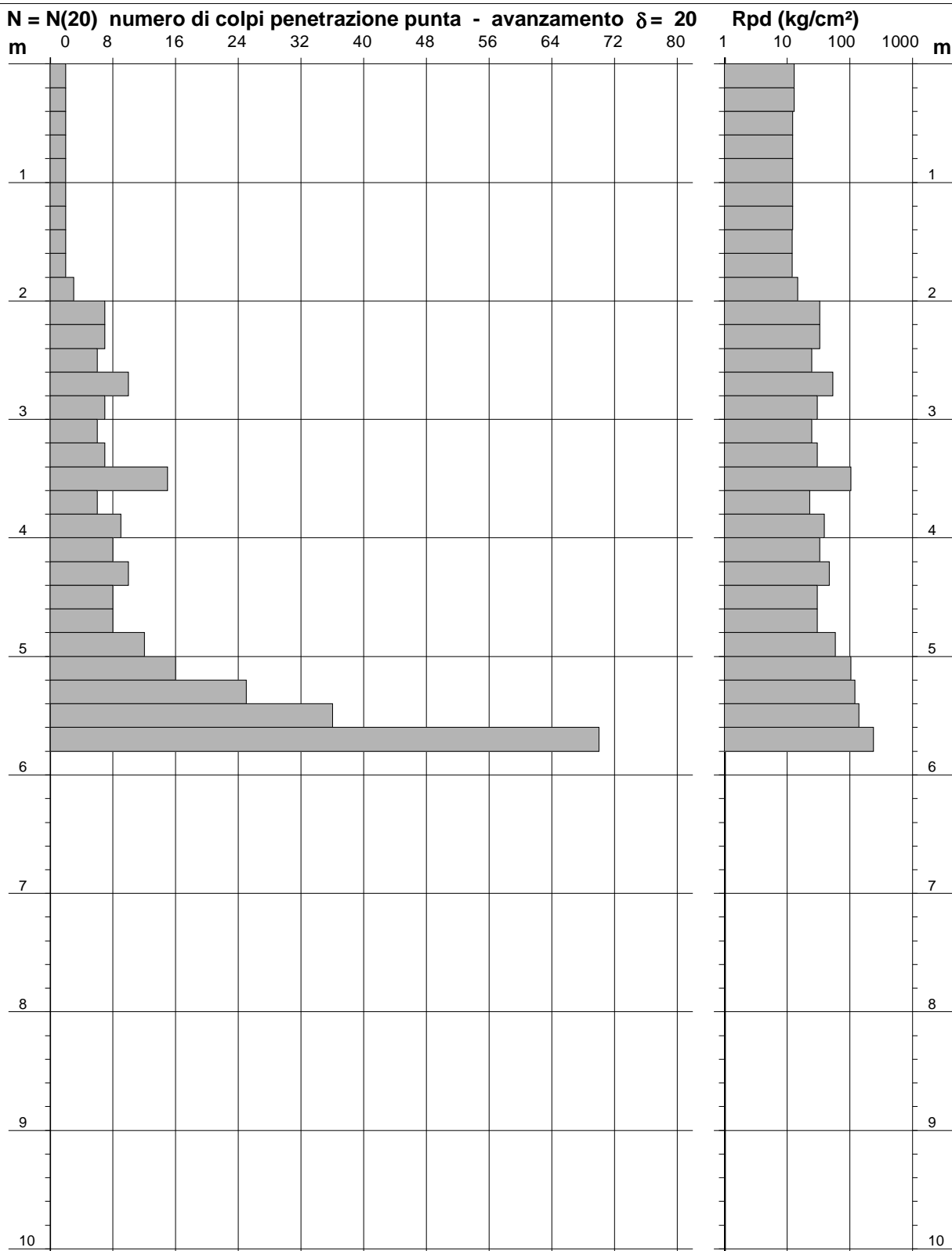
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 4

Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 03/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

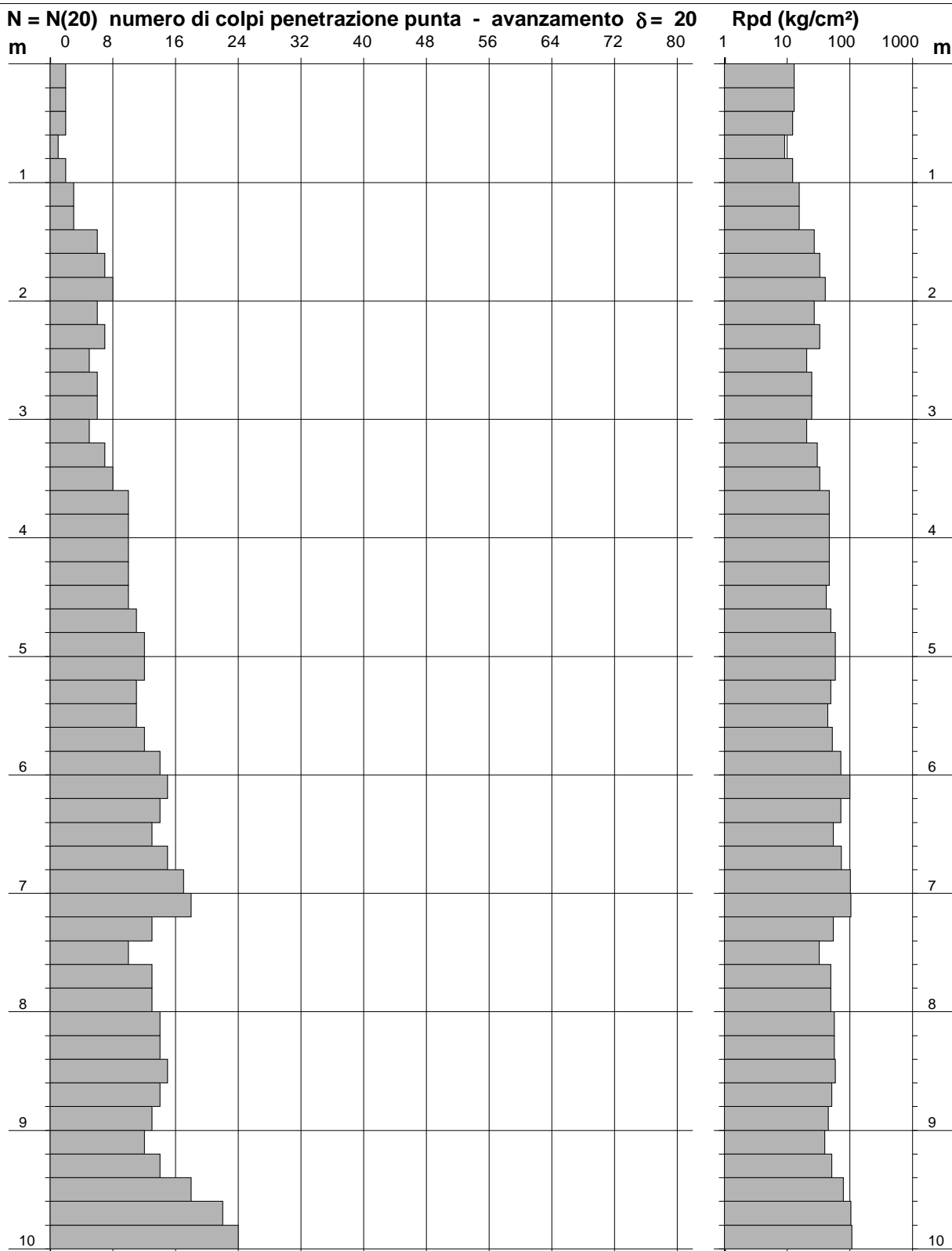
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 5

Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 04/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

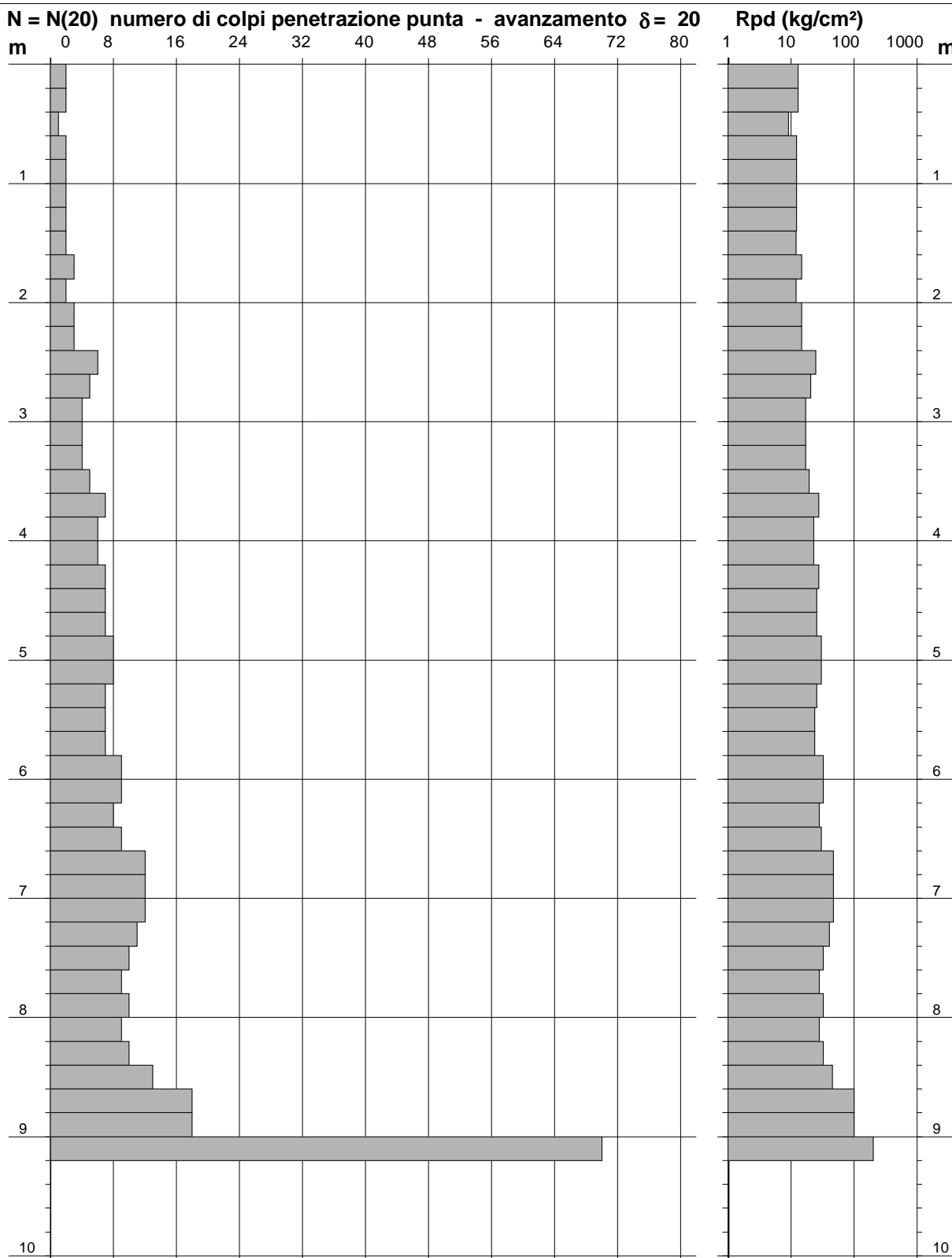
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 6

Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 04/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta **N = N(20)** [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

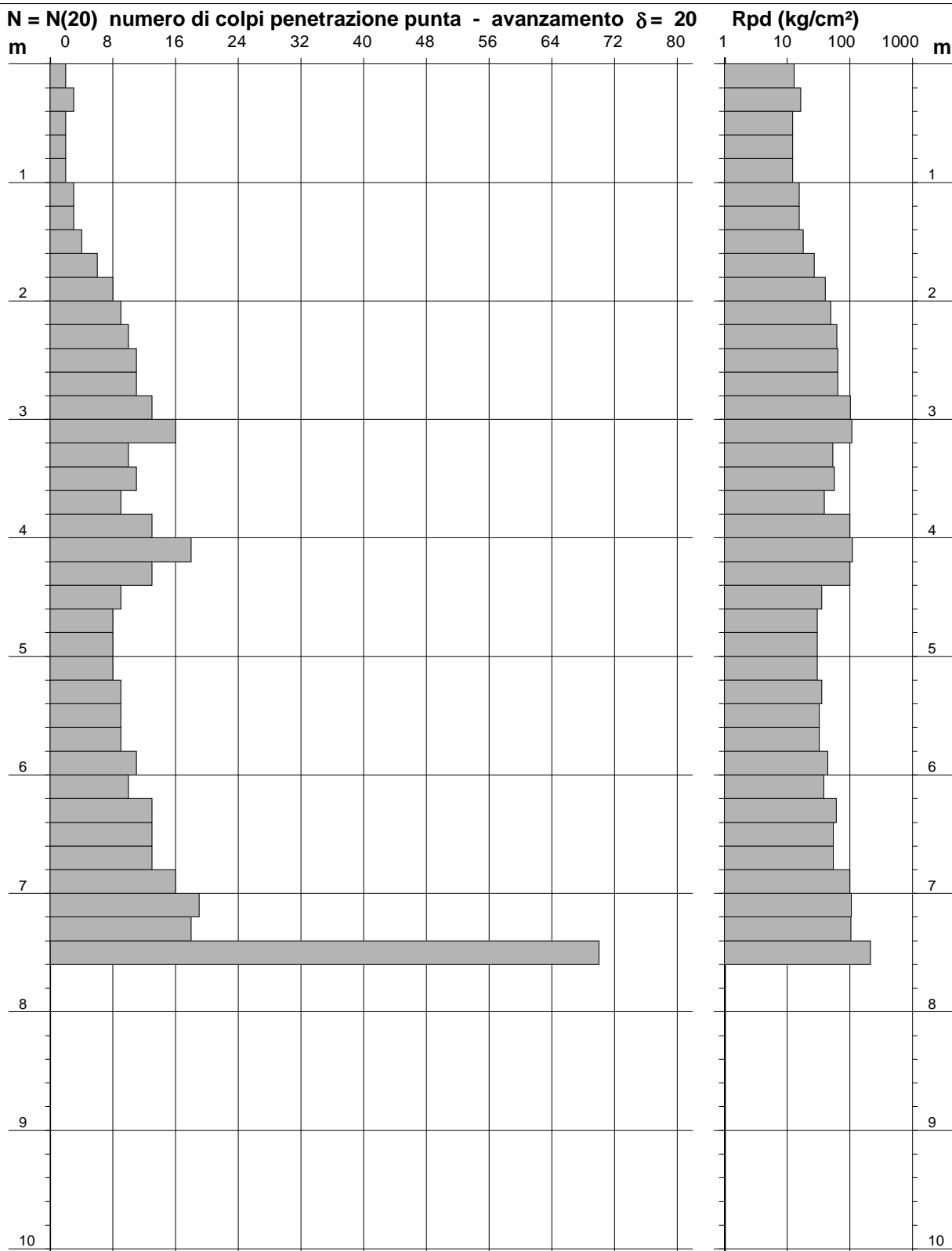
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 7

Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 04/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

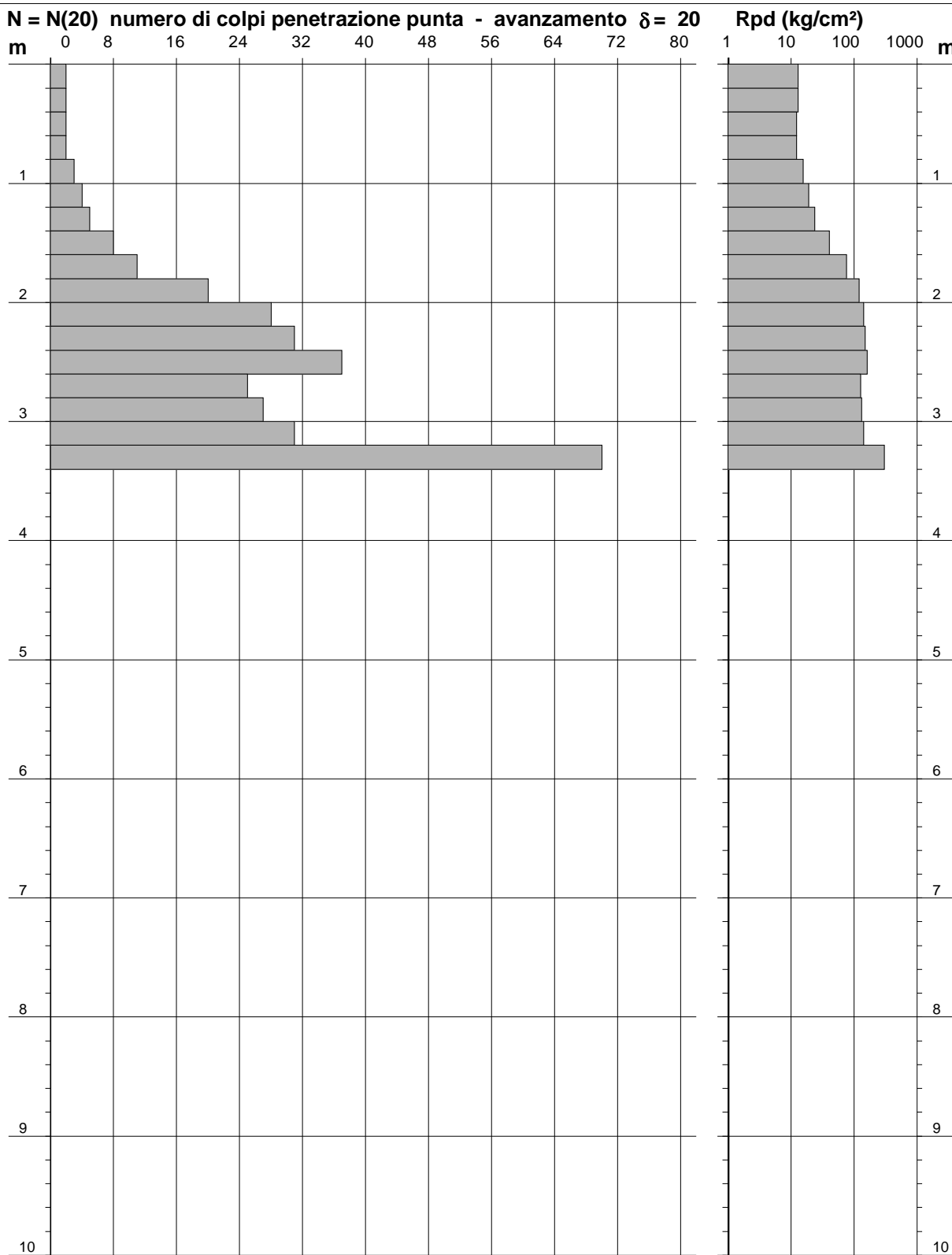
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 8

Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 04/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

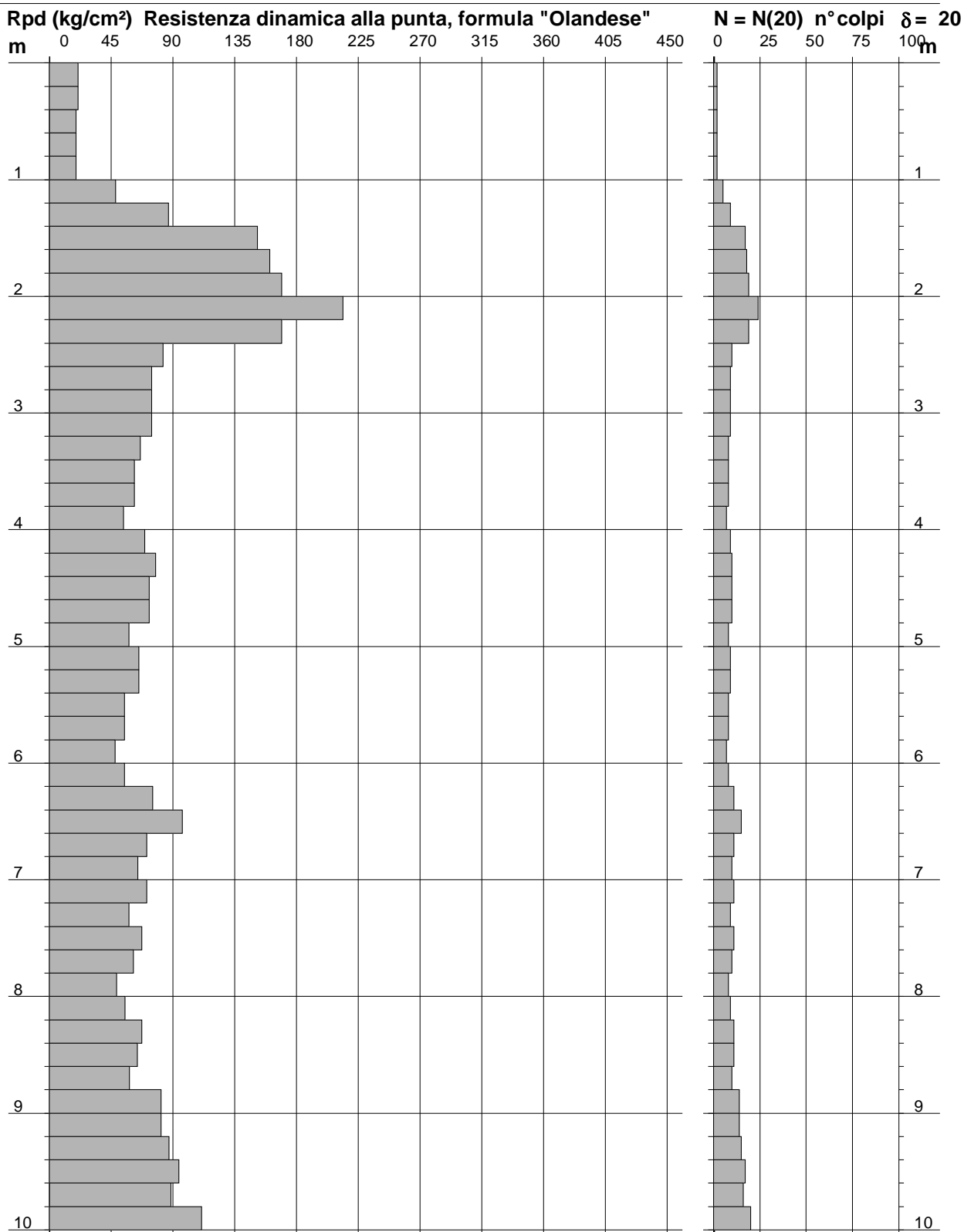
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 1
Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 03/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

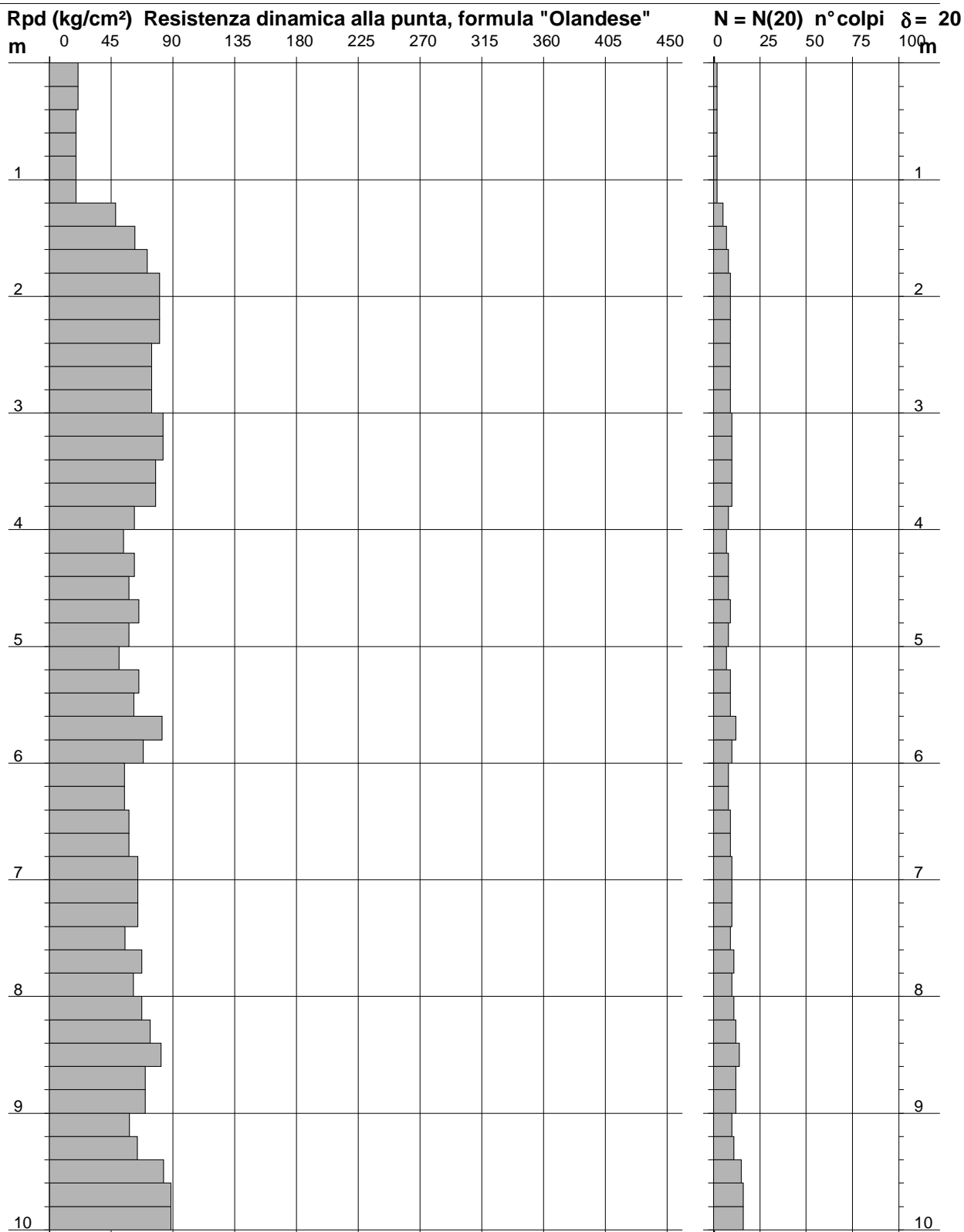
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

n° 2
Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 03/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

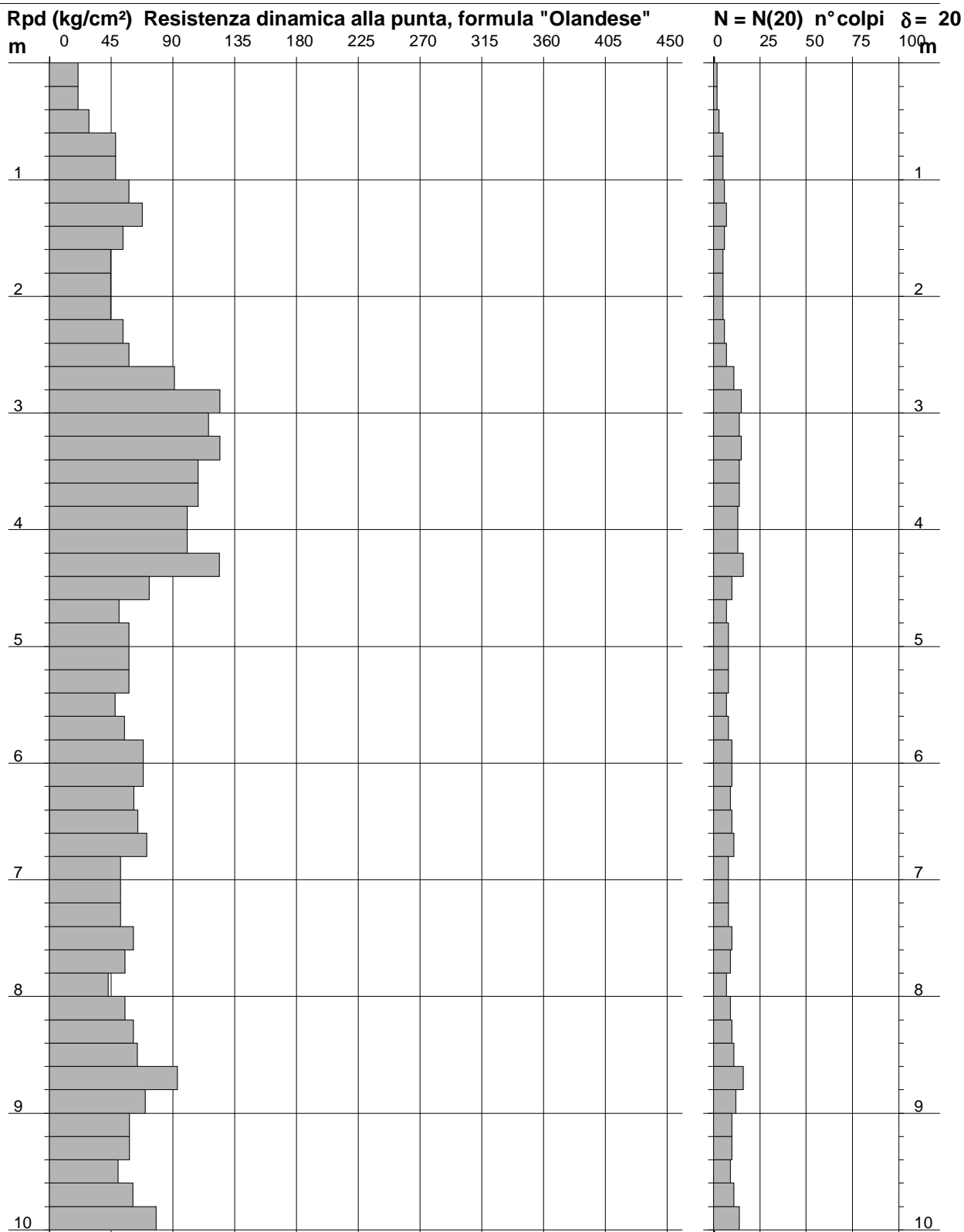
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 3
 Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro

- data : 03/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

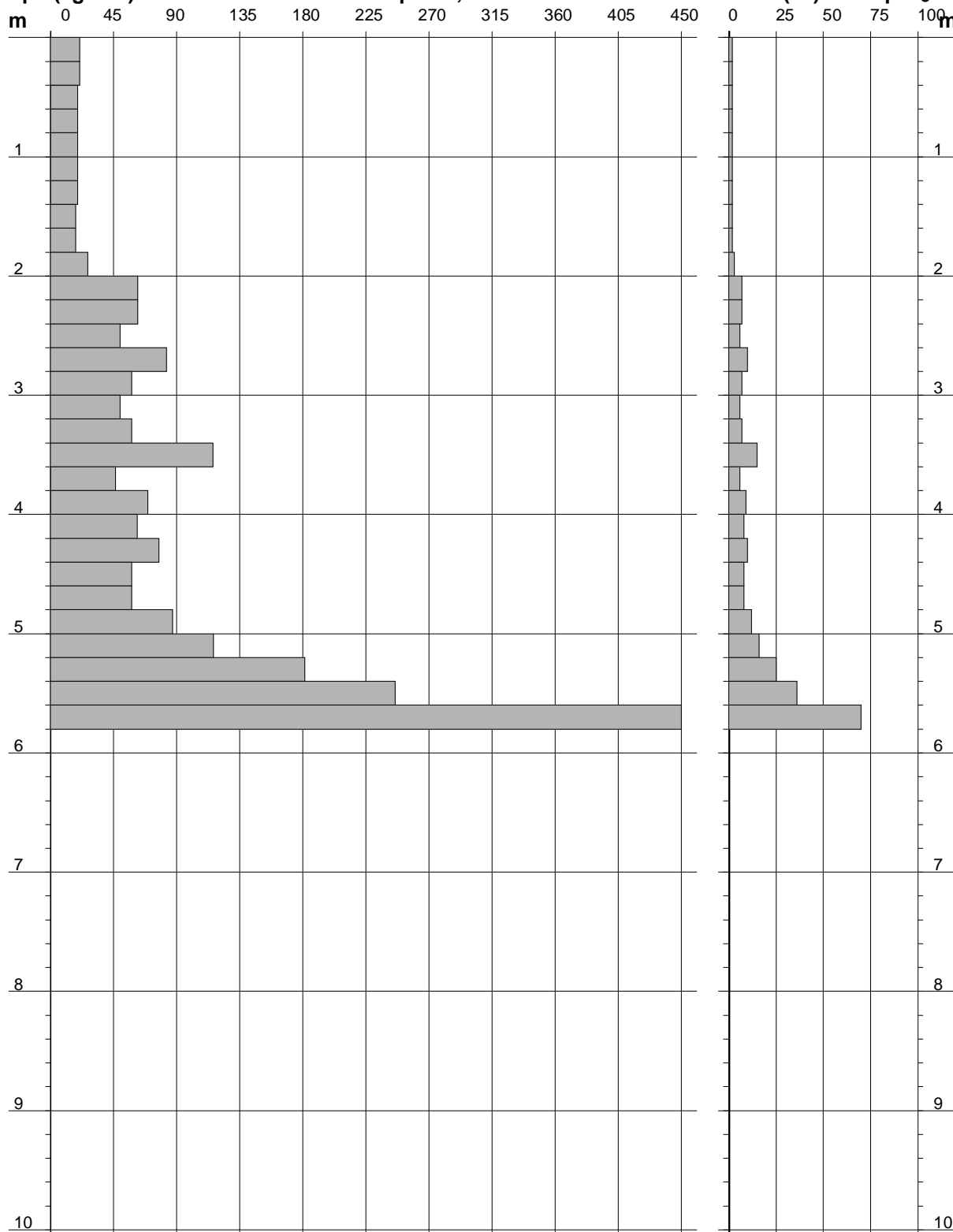
n° 4
Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 03/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n°colpi $\delta = 20$



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

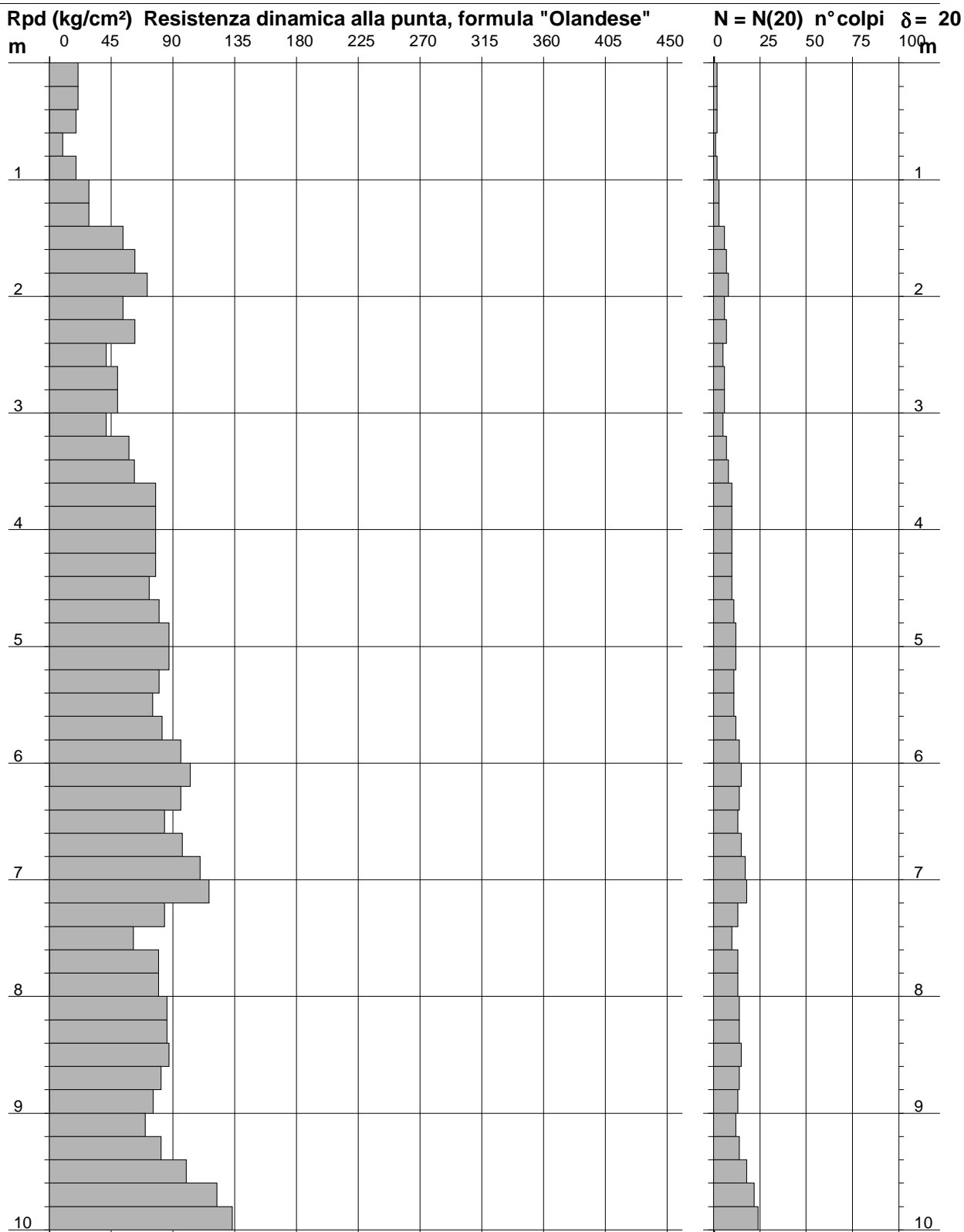
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 5
Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 04/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

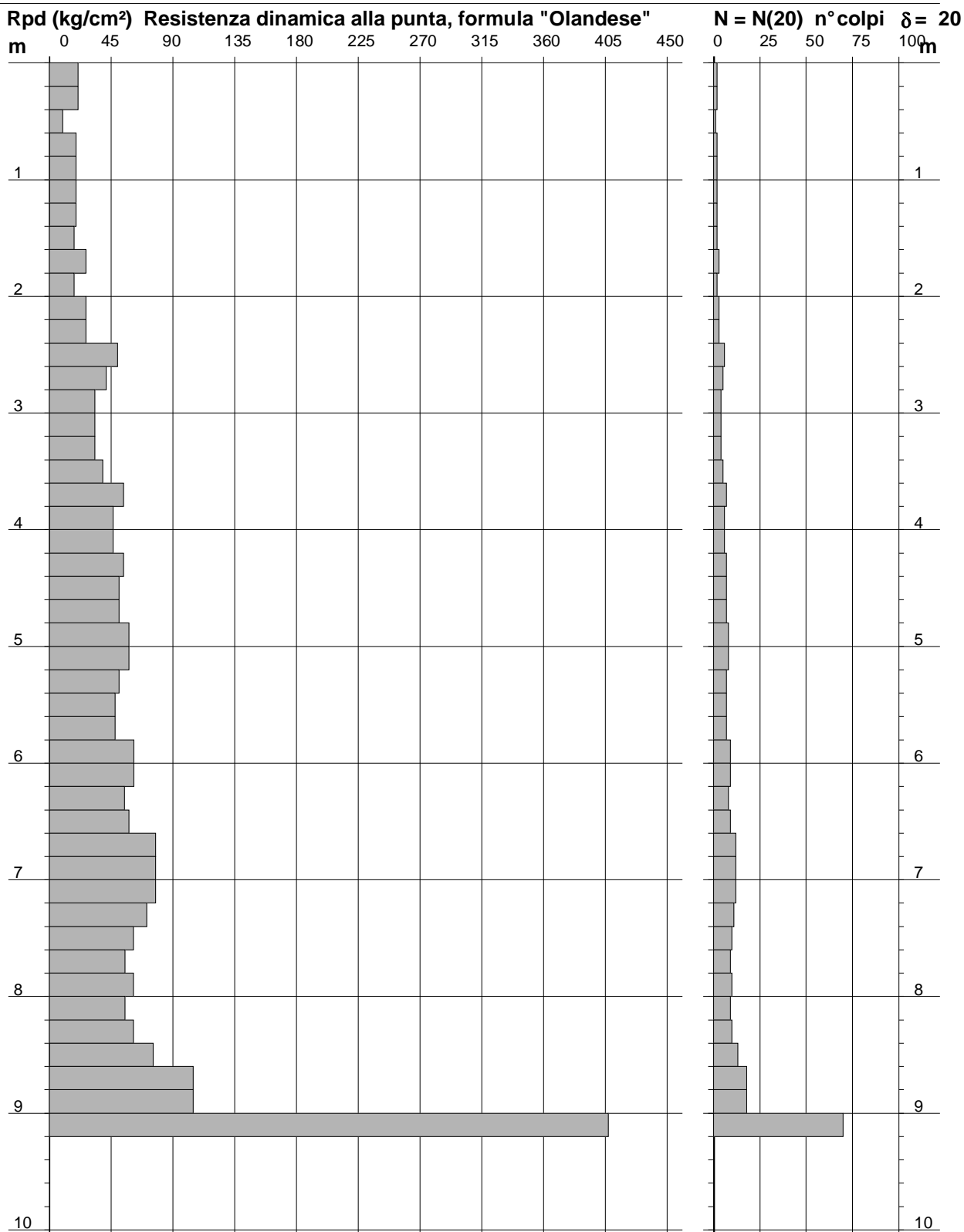
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

n° 6
Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 04/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

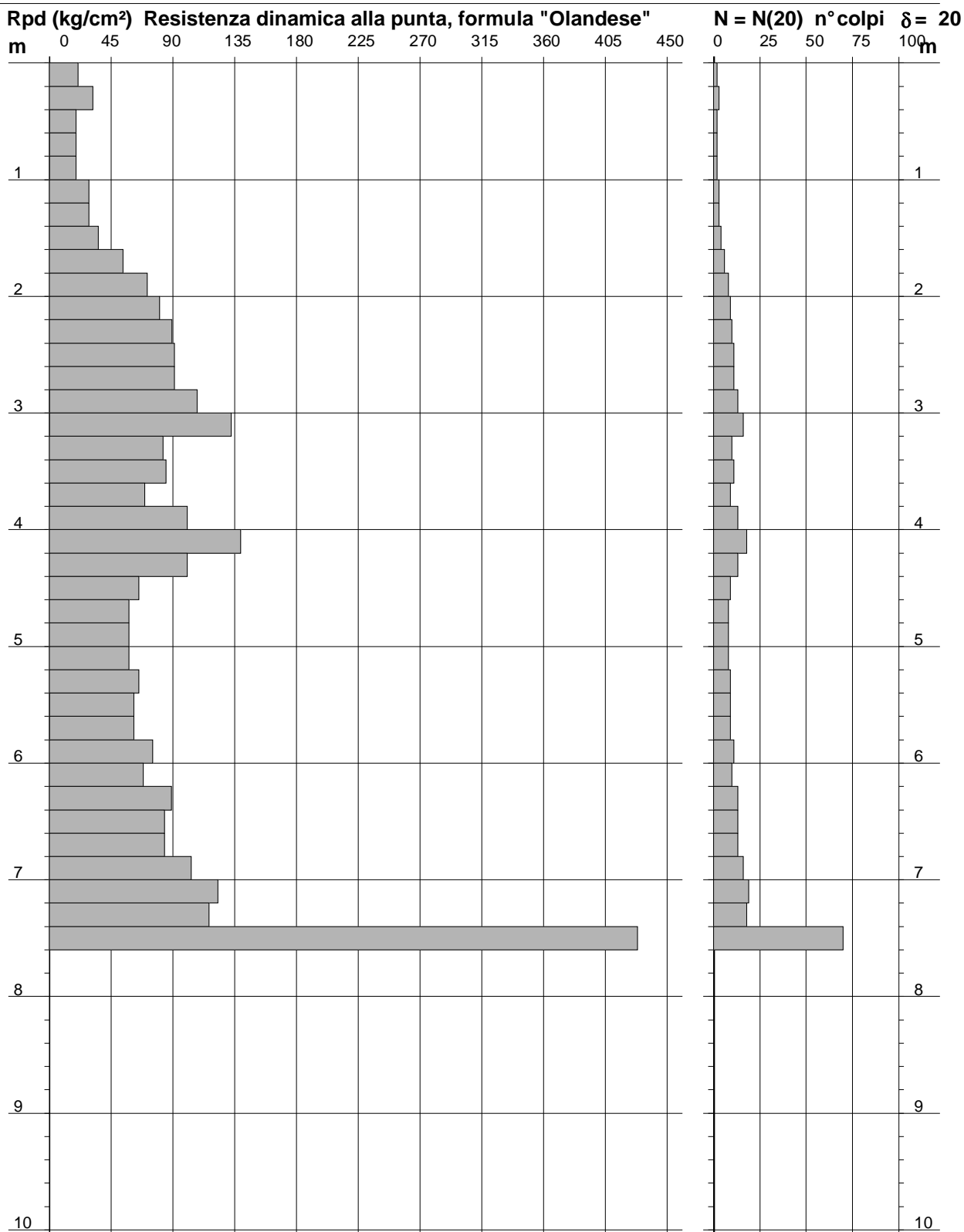
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

n° 7
Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 04/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

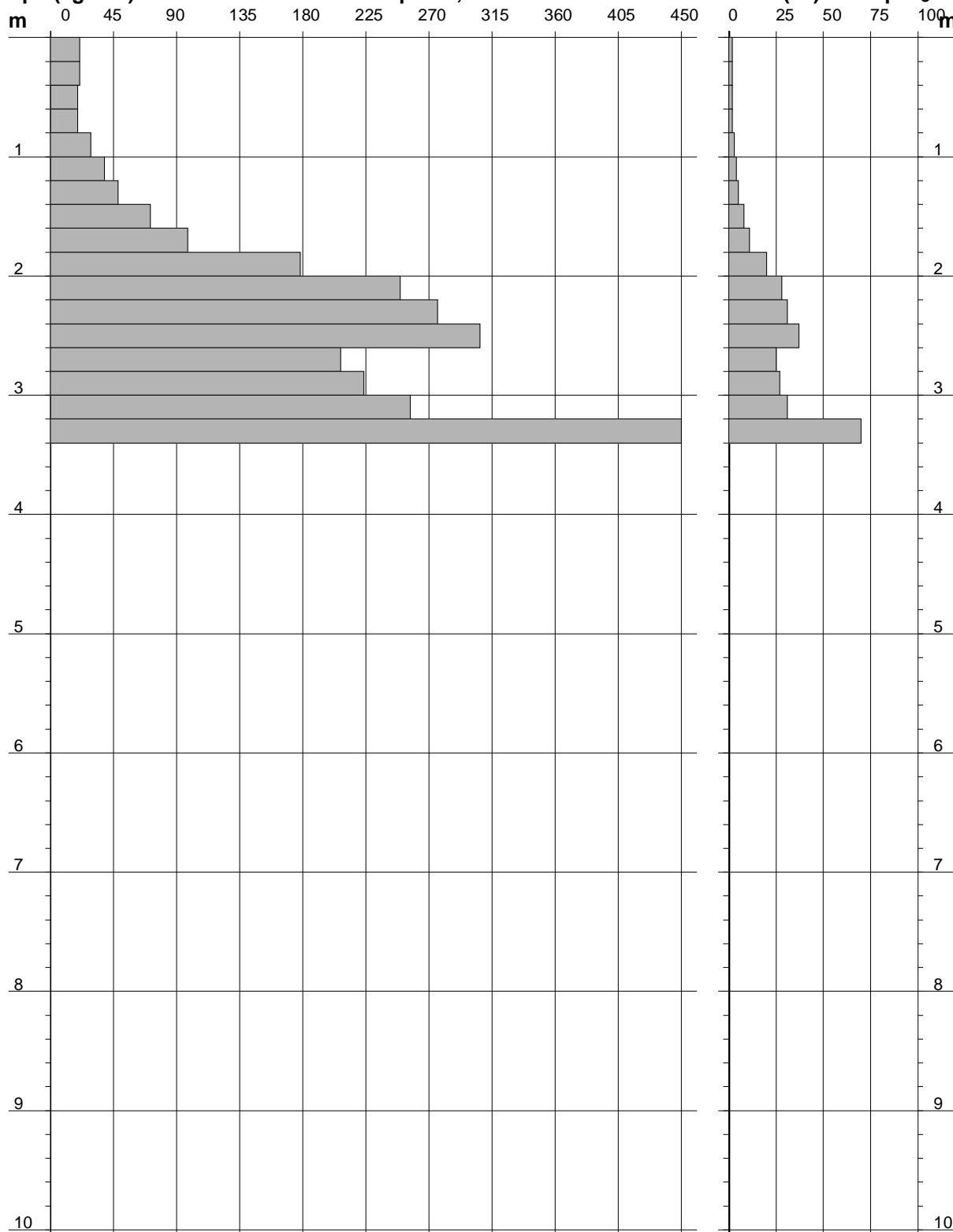
n° 8
Scala 1: 50

- indagine : Geosol srl
- cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
- località : Il Cerro

- data : 04/05/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi $\delta = 20$



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 1

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro

- data : 03/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | | VCA | β | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|----------|-----------|----------------------|--------------|--------------|---------------|-----------|---------|------|
| | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s | M-s | M+s | | | |
| 1 | 0,00 1,00 | N Rpd | 2,0 20,0 | 2 19 | 2 21 | 2,0 19,6 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 2 20 | 1,49 | 3 |
| 2 | 1,00 2,40 | N Rpd | 15,9 142,8 | 5 48 | 24 214 | 10,4 95,5 | 6,5 56,2 | 9,3 86,6 | 22,4 198,9 | 16 144 | 1,49 | 24 |
| 3 | 2,40 6,00 | N Rpd | 8,7 66,0 | 7 48 | 10 83 | 7,8 56,9 | 1,0 9,6 | 7,7 56,5 | 9,6 75,6 | 9 68 | 1,49 | 13 |
| 4 | 6,00 8,80 | N Rpd | 10,4 65,3 | 8 49 | 15 97 | 9,2 57,1 | 1,7 11,7 | 8,6 53,6 | 12,1 76,9 | 10 63 | 1,49 | 15 |
| 5 | 8,80 10,00 | N Rpd | 16,0 90,6 | 14 81 | 20 111 | 15,0 86,0 | 2,3 11,0 | 13,7 79,6 | 18,3 101,7 | 16 91 | 1,49 | 24 |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESI VA | | | |
|----|------------|-----------|------|------------------|---------|-----|------|------|-----------------|------|----|-------|
| | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 1.00 | | 3 | 11.3 | 27.2 | 214 | 1.86 | 1.38 | 0.19 | 1.78 | 44 | 1.194 |
| 2 | 1.00 2.40 | | 24 | 56.0 | 34.2 | 376 | 2.01 | 1.63 | 1.50 | 2.07 | 22 | 0.591 |
| 3 | 2.40 6.00 | | 13 | 39.5 | 30.9 | 292 | 1.95 | 1.53 | 0.81 | 1.93 | 30 | 0.818 |
| 4 | 6.00 8.80 | | 15 | 42.5 | 31.5 | 307 | 1.96 | 1.54 | 0.94 | 1.96 | 29 | 0.773 |
| 5 | 8.80 10.00 | | 24 | 56.0 | 34.2 | 376 | 2.01 | 1.63 | 1.50 | 2.07 | 22 | 0.591 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato

W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 2

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro

- data : 03/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | | VCA | β | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|----------|----------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|----------|---------|------|
| | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s | M-s | M+s | | | |
| 1 | 0,00 1,20 | N Rpd | 2,0 19,9 | 2 19 | 2 21 | 2,0 19,6 | ---- ---- | 2,0 19,0 | 2,0 20,8 | 2 20 | 1,49 | 3 |
| 2 | 1,20 3,80 | N Rpd | 8,8 74,3 | 5 48 | 10 83 | 6,9 61,3 | 1,4 9,6 | 7,3 64,8 | 10,2 83,9 | 9 76 | 1,49 | 13 |
| 3 | 3,80 8,00 | N Rpd | 9,0 61,4 | 7 51 | 12 82 | 8,0 56,1 | 1,3 6,7 | 7,7 54,7 | 10,3 68,2 | 9 61 | 1,49 | 13 |
| 4 | 8,00 9,00 | N Rpd | 12,2 72,4 | 11 67 | 14 81 | 11,6 69,8 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 12 71 | 1,49 | 18 |
| 5 | 9,00 9,40 | N Rpd | 10,5 61,1 | 10 58 | 11 64 | 10,3 59,6 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 10 58 | 1,49 | 15 |
| 6 | 9,40 10,00 | N Rpd | 15,7 86,8 | 15 83 | 16 89 | 15,3 85,0 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 16 89 | 1,49 | 24 |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESI VA | | | |
|----|------------|-----------|------|------------------|---------|-----|------|------|-----------------|------|----|-------|
| | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 1.20 | | 3 | 11.3 | 27.2 | 214 | 1.86 | 1.38 | 0.19 | 1.78 | 44 | 1.194 |
| 2 | 1.20 3.80 | | 13 | 39.5 | 30.9 | 292 | 1.95 | 1.53 | 0.81 | 1.93 | 30 | 0.818 |
| 3 | 3.80 8.00 | | 13 | 39.5 | 30.9 | 292 | 1.95 | 1.53 | 0.81 | 1.93 | 30 | 0.818 |
| 4 | 8.00 9.00 | | 18 | 47.0 | 32.4 | 330 | 1.98 | 1.57 | 1.13 | 2.00 | 26 | 0.708 |
| 5 | 9.00 9.40 | | 15 | 42.5 | 31.5 | 307 | 1.96 | 1.54 | 0.94 | 1.96 | 29 | 0.773 |
| 6 | 9.40 10.00 | | 24 | 56.0 | 34.2 | 376 | 2.01 | 1.63 | 1.50 | 2.07 | 22 | 0.591 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 3

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro

- data : 03/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | | VCA | β | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------------------|------|------|-------|-----|---------|------|
| | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s | M-s | M+s | | | |
| 1 | 0,00 0,60 | N | 2,3 | 2 | 3 | 2,2 | ---- | ---- | ---- | 2 | 1,49 | 3 |
| | | Rpd | 23,7 | 21 | 29 | 22,3 | ---- | ---- | ---- | 21 | | |
| 2 | 0,60 2,60 | N | 5,7 | 5 | 7 | 5,4 | ---- | 4,9 | 6,5 | 6 | 1,49 | 9 |
| | | Rpd | 52,0 | 45 | 68 | 48,3 | 7,5 | 44,5 | 59,6 | 55 | | |
| 3 | 2,60 4,40 | N | 13,9 | 11 | 16 | 12,4 | 1,5 | 12,4 | 15,3 | 14 | 1,49 | 21 |
| | | Rpd | 110,8 | 91 | 124 | 100,9 | 12,1 | 98,7 | 122,8 | 112 | | |
| 4 | 4,40 5,80 | N | 8,0 | 7 | 10 | 7,5 | 1,0 | 7,0 | 9,0 | 8 | 1,49 | 12 |
| | | Rpd | 57,1 | 48 | 73 | 52,5 | 7,9 | 49,3 | 65,0 | 57 | | |
| 5 | 5,80 8,60 | N | 9,3 | 7 | 11 | 8,1 | 1,2 | 8,1 | 10,5 | 9 | 1,49 | 13 |
| | | Rpd | 59,2 | 43 | 71 | 51,0 | 8,1 | 51,1 | 67,2 | 57 | | |
| 6 | 8,60 10,00 | N | 11,7 | 9 | 16 | 10,4 | 2,5 | 9,2 | 14,2 | 12 | 1,49 | 18 |
| | | Rpd | 66,8 | 50 | 93 | 58,3 | 14,6 | 52,2 | 81,4 | 69 | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESI VA | | | |
|----|------------|-----------|------|------------------|---------|-----|------|------|-----------------|------|----|-------|
| | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 0.60 | | 3 | 11.3 | 27.2 | 214 | 1.86 | 1.38 | 0.19 | 1.78 | 44 | 1.194 |
| 2 | 0.60 2.60 | | 9 | 31.7 | 29.6 | 261 | 1.92 | 1.48 | 0.56 | 1.89 | 34 | 0.918 |
| 3 | 2.60 4.40 | | 21 | 51.5 | 33.3 | 353 | 2.00 | 1.60 | 1.31 | 2.03 | 24 | 0.648 |
| 4 | 4.40 5.80 | | 12 | 38.0 | 30.6 | 284 | 1.94 | 1.52 | 0.75 | 1.92 | 31 | 0.842 |
| 5 | 5.80 8.60 | | 13 | 39.5 | 30.9 | 292 | 1.95 | 1.53 | 0.81 | 1.93 | 30 | 0.818 |
| 6 | 8.60 10.00 | | 18 | 47.0 | 32.4 | 330 | 1.98 | 1.57 | 1.13 | 2.00 | 26 | 0.708 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato

W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 4

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro - rifiuto

- data : 03/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | | VCA | β | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|----------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|---------|------|
| | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s | M-s | M+s | | | |
| 1 | 0,00 2,00 | N Rpd | 2,1 20,1 | 2 18 | 3 27 | 2,1 19,0 | ---- 2,6 | 1,8 17,5 | 2,4 22,7 | 2 19 | 1,49 | 3 |
| 2 | 2,00 3,80 | N Rpd | 7,9 65,0 | 6 46 | 15 116 | 6,9 55,7 | 2,9 21,9 | 5,0 43,1 | 10,8 87,0 | 8 66 | 1,49 | 12 |
| 3 | 3,80 4,80 | N Rpd | 8,6 65,0 | 8 58 | 10 77 | 8,3 61,5 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 9 68 | 1,49 | 13 |
| 4 | 4,80 5,60 | N Rpd | 22,3 157,7 | 12 87 | 36 246 | 17,1 122,4 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 22 156 | 1,49 | 33 |
| 5 | 5,60 5,80 | N Rpd | 70,0 478,4 | 70 478 | 70 478 | 70,0 478,4 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 70 478 | 1,49 | 104 |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESI VA | | | |
|----|-----------|-----------|------|------------------|---------|-----|------|------|-----------------|------|-----|--------|
| | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 2.00 | | 3 | 11.3 | 27.2 | 214 | 1.86 | 1.38 | 0.19 | 1.78 | 44 | 1.194 |
| 2 | 2.00 3.80 | | 12 | 38.0 | 30.6 | 284 | 1.94 | 1.52 | 0.75 | 1.92 | 31 | 0.842 |
| 3 | 3.80 4.80 | | 13 | 39.5 | 30.9 | 292 | 1.95 | 1.53 | 0.81 | 1.93 | 30 | 0.818 |
| 4 | 4.80 5.60 | | 33 | 68.0 | 36.8 | 446 | 2.07 | 1.71 | 2.06 | 2.18 | 16 | 0.444 |
| 5 | 5.60 5.80 | | 104 | 100.0 | 45.0 | 993 | 2.24 | 1.99 | 6.50 | 3.04 | -06 | -0.166 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato

W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 5

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro

- data : 04/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | | VCA | β | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------------------|--------------|--------------|---------------|-----------|---------|------|
| | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s | M-s | M+s | | | |
| 1 | 0,00 1,40 | N Rpd | 2,1 21,2 | 1 10 | 3 29 | 1,6 15,4 | ---- 6,6 | 1,5 14,6 | 2,8 27,7 | 2 20 | 1,49 | 3 |
| 2 | 1,40 3,20 | N Rpd | 6,2 53,9 | 5 41 | 8 71 | 5,6 47,7 | 1,0 10,0 | 5,3 43,9 | 7,2 63,9 | 6 52 | 1,49 | 9 |
| 3 | 3,20 5,60 | N Rpd | 10,2 75,9 | 7 58 | 12 87 | 8,6 66,9 | 1,5 8,6 | 8,7 67,3 | 11,6 84,5 | 10 74 | 1,49 | 15 |
| 4 | 5,60 7,40 | N Rpd | 14,6 96,3 | 12 82 | 18 116 | 13,3 89,2 | 1,9 11,9 | 12,6 84,4 | 16,5 108,2 | 15 99 | 1,49 | 22 |
| 5 | 7,40 9,40 | N Rpd | 13,2 78,7 | 10 61 | 15 87 | 11,6 70,0 | 1,4 8,0 | 11,8 70,7 | 14,6 86,8 | 13 78 | 1,49 | 19 |
| 6 | 9,40 10,00 | N Rpd | 21,3 118,2 | 18 100 | 24 133 | 19,7 109,0 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 21 117 | 1,49 | 31 |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESI VA | | | |
|----|------------|-----------|------|------------------|---------|-----|------|------|-----------------|------|----|-------|
| | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 1.40 | | 3 | 11.3 | 27.2 | 214 | 1.86 | 1.38 | 0.19 | 1.78 | 44 | 1.194 |
| 2 | 1.40 3.20 | | 9 | 31.7 | 29.6 | 261 | 1.92 | 1.48 | 0.56 | 1.89 | 34 | 0.918 |
| 3 | 3.20 5.60 | | 15 | 42.5 | 31.5 | 307 | 1.96 | 1.54 | 0.94 | 1.96 | 29 | 0.773 |
| 4 | 5.60 7.40 | | 22 | 53.0 | 33.6 | 361 | 2.00 | 1.61 | 1.38 | 2.04 | 23 | 0.628 |
| 5 | 7.40 9.40 | | 19 | 48.5 | 32.7 | 338 | 1.98 | 1.58 | 1.19 | 2.01 | 26 | 0.687 |
| 6 | 9.40 10.00 | | 31 | 66.0 | 36.3 | 430 | 2.06 | 1.70 | 1.94 | 2.15 | 18 | 0.474 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato

W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 6

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro - rifiuto

- data : 04/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | | VCA | β | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|---------|------|
| | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s | M-s | M+s | | | |
| 1 | 0,00 2,40 | N Rpd | 2,2 20,4 | 1 10 | 3 27 | 1,6 15,0 | ---- 4,8 | 1,6 15,6 | 2,7 25,2 | 2 19 | 1,49 | 3 |
| 2 | 2,40 6,60 | N Rpd | 6,7 49,1 | 4 33 | 9 62 | 5,3 41,1 | 1,6 8,9 | 5,1 40,1 | 8,3 58,0 | 7 51 | 1,49 | 10 |
| 3 | 6,60 9,00 | N Rpd | 12,0 73,5 | 9 55 | 18 105 | 10,5 64,3 | 3,1 16,9 | 8,9 56,6 | 15,1 90,4 | 12 74 | 1,49 | 18 |
| 4 | 9,00 9,20 | N Rpd | 70,0 407,2 | 70 407 | 70 407 | 70,0 407,2 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 70 407 | 1,49 | 104 |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESI VA | | | |
|----|-----------|-----------|------|------------------|---------|-----|------|------|-----------------|------|-----|--------|
| | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 2.40 | | 3 | 11.3 | 27.2 | 214 | 1.86 | 1.38 | 0.19 | 1.78 | 44 | 1.194 |
| 2 | 2.40 6.60 | | 10 | 35.0 | 30.0 | 268 | 1.93 | 1.50 | 0.63 | 1.90 | 33 | 0.892 |
| 3 | 6.60 9.00 | | 18 | 47.0 | 32.4 | 330 | 1.98 | 1.57 | 1.13 | 2.00 | 26 | 0.708 |
| 4 | 9.00 9.20 | | 104 | 100.0 | 45.0 | 993 | 2.24 | 1.99 | 6.50 | 3.04 | -06 | -0.166 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrit o efficace

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

W% = contenuto d'acqua

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 7

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro - rifiuto

- data : 04/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | | VCA | β | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|-------|-----|---------|------|
| | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s | M-s | M+s | | | |
| 1 | 0,00 1,60 | N | 2,6 | 2 | 4 | 2,3 | ---- | 1,9 | 3,4 | 3 | 1,49 | 4 |
| | | Rpd | 25,5 | 19 | 36 | 22,4 | 6,5 | 19,0 | 32,0 | 29 | | |
| 2 | 1,60 3,20 | N | 10,5 | 6 | 16 | 8,3 | 3,1 | 7,4 | 13,6 | 10 | 1,49 | 15 |
| | | Rpd | 89,6 | 54 | 133 | 71,5 | 23,6 | 65,9 | 113,2 | 85 | | |
| 3 | 3,20 3,80 | N | 10,0 | 9 | 11 | 9,5 | ---- | ---- | ---- | 10 | 1,49 | 15 |
| | | Rpd | 79,2 | 70 | 85 | 74,4 | ---- | ---- | ---- | 79 | | |
| 4 | 3,80 4,40 | N | 14,7 | 13 | 18 | 13,8 | ---- | ---- | ---- | 15 | 1,49 | 22 |
| | | Rpd | 113,5 | 101 | 139 | 107,0 | ---- | ---- | ---- | 116 | | |
| 5 | 4,40 6,20 | N | 9,0 | 8 | 11 | 8,5 | 1,0 | 8,0 | 10,0 | 9 | 1,49 | 13 |
| | | Rpd | 63,5 | 58 | 75 | 60,8 | 5,7 | 57,7 | 69,2 | 64 | | |
| 6 | 6,20 7,40 | N | 15,3 | 13 | 19 | 14,2 | 2,7 | 12,6 | 18,1 | 15 | 1,49 | 22 |
| | | Rpd | 99,8 | 84 | 123 | 91,9 | 16,9 | 82,9 | 116,7 | 98 | | |
| 7 | 7,40 7,60 | N | 70,0 | 70 | 70 | 70,0 | ---- | ---- | ---- | 70 | 1,49 | 104 |
| | | Rpd | 428,5 | 429 | 429 | 428,5 | ---- | ---- | ---- | 429 | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESI VA | | | |
|----|-----------|-----------|------|------------------|---------|-----|------|------|-----------------|------|-----|--------|
| | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 1.60 | | 4 | 15.0 | 27.6 | 222 | 1.87 | 1.39 | 0.25 | 1.80 | 42 | 1.125 |
| 2 | 1.60 3.20 | | 15 | 42.5 | 31.5 | 307 | 1.96 | 1.54 | 0.94 | 1.96 | 29 | 0.773 |
| 3 | 3.20 3.80 | | 15 | 42.5 | 31.5 | 307 | 1.96 | 1.54 | 0.94 | 1.96 | 29 | 0.773 |
| 4 | 3.80 4.40 | | 22 | 53.0 | 33.6 | 361 | 2.00 | 1.61 | 1.38 | 2.04 | 23 | 0.628 |
| 5 | 4.40 6.20 | | 13 | 39.5 | 30.9 | 292 | 1.95 | 1.53 | 0.81 | 1.93 | 30 | 0.818 |
| 6 | 6.20 7.40 | | 22 | 53.0 | 33.6 | 361 | 2.00 | 1.61 | 1.38 | 2.04 | 23 | 0.628 |
| 7 | 7.40 7.60 | | 104 | 100.0 | 45.0 | 993 | 2.24 | 1.99 | 6.50 | 3.04 | -06 | -0.166 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 8

- indagine : Geosol srl
 - cantiere : Monteriggioni (SI) San Martino
 - località : Il Cerro
 - note : installato piezometro - rifiuto

- data : 04/05/2022
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | | VCA | β | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|----------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|---------|------|
| | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s | M-s | M+s | | | |
| 1 | 0,00 1,80 | N Rpd | 4,3 40,6 | 2 19 | 11 98 | 3,2 30,0 | 3,2 27,6 | 1,1 13,0 | 7,5 68,3 | 4 38 | 1,49 | 6 |
| 2 | 1,80 2,60 | N Rpd | 29,0 252,6 | 20 178 | 37 306 | 24,5 215,4 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 29 253 | 1,49 | 43 |
| 3 | 2,60 3,20 | N Rpd | 27,7 229,1 | 25 207 | 31 257 | 26,3 218,1 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 28 232 | 1,49 | 42 |
| 4 | 3,20 3,40 | N Rpd | 70,0 579,7 | 70 580 | 70 580 | 70,0 579,7 | ---- ---- | ---- ---- | ---- ---- | 70 580 | 1,49 | 104 |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESI VA | | | |
|----|-----------|-----------|------|------------------|---------|-----|------|------|-----------------|------|-----|--------|
| | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 1.80 | | 6 | 21.7 | 28.4 | 238 | 1.89 | 1.43 | 0.38 | 1.85 | 37 | 1.000 |
| 2 | 1.80 2.60 | | 43 | 78.0 | 39.3 | 523 | 2.11 | 1.79 | 2.69 | 2.30 | 12 | 0.309 |
| 3 | 2.60 3.20 | | 42 | 77.0 | 39.0 | 515 | 2.11 | 1.78 | 2.63 | 2.29 | 12 | 0.322 |
| 4 | 3.20 3.40 | | 104 | 100.0 | 45.0 | 993 | 2.24 | 1.99 | 6.50 | 3.04 | -06 | -0.166 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrit o efficace

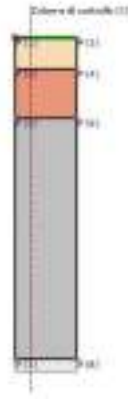
E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

ALLEGATO 6

RELAZIONE DI CALCOLO RISPOSTA SISMICA LOCALE

| Ubicazione sito: Area di trasformazione TU20A - San Martino - Monteriggioni (Siena). Coordinate (datum WGS84): lon. 43.3512° lat. 11.2820° | | | | |
|---|--|-------------|-------------|--------------------|
| Archivio: RSL_7330_san_martino.lsr - Data : 14/07/2022 | <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO</p> <p style="text-align: center;">ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE</p> <div style="text-align: center;">  </div> | | | |
| | <p>Oggetto: Piano Attuativo dell'area di trasformazione TU20A in località San Martino nel Comune di Monteriggioni (Siena).</p> | | | |
| | <table> <tr> <th>Committente</th><th>Progettista</th></tr> <tr> <td>Massini & Gori Srl</td><td>Geologo Andrea Capotorti</td></tr> </table> | Committente | Progettista | Massini & Gori Srl |
| Committente | Progettista | | | |
| Massini & Gori Srl | Geologo Andrea Capotorti | | | |

Sommario

| | |
|---|----|
| 1 - Introduzione | 3 |
| 1.1 - Impostazione del Problema di Calcolo dell'Amplificazione Locale | 6 |
| 1.2 - Normativa di Riferimento | 7 |
| 2 - Risposta Sismica Locale | 8 |
| 3 - Metodo di calcolo adottato e descrizione del codice di calcolo LSR 2D | 9 |
| 3.1 - Metodo lineare equivalente | 9 |
| 3.2 - Soluzione alla singola iterazione mediante FEM | 11 |
| 3.2.1 - Smorzamento | 12 |
| 3.2.2 - Free-field boundaries | 12 |
| 3.3 - Procedimento iterativo | 13 |
| 3.4 - Interpretazione dei risultati | 14 |
| 4 - Input | 15 |
| 4.1 - Curve di Decadimento dei Materiali | 15 |
| 4.2 - Stratigrafia e Caratteristiche meccaniche dei singoli strati | 17 |
| 4.3 - Accelerogrammi e Spettri di Input | 18 |
| 4.4 - Modello di Calcolo FEM | 34 |
| 5 - Output | 38 |
| 5.1 - Accelerogrammi Output | 38 |
| 5.2 - Spettri Output | 44 |
| 5.3 - Interpretazione dei risultati | 52 |
| 5.4 - Parametrizzazione dello spettro di risposta derivante dalla RSL | 53 |

1 - Introduzione

In passato si è potuto osservare, a seguito di terremoti distruttivi, una distribuzione anomala del danneggiamento delle costruzioni, con forti differenziazioni fra zone contigue anche di modeste dimensioni.

Oltre alle intrinseche differenze della vulnerabilità sismica delle costruzioni ed alle differenti caratteristiche dinamiche delle stesse, tali cause possono essere attribuite principalmente alle modificazioni delle caratteristiche del moto sismico indotte da condizioni geologiche e geomorfologiche locali.

Il moto sismico in un determinato sito, infatti, è influenzato da tre parametri importanti:

- Il meccanismo di sorgente;
- La propagazione;
- La risposta sismica locale;

I primi due fattori dipendono fortemente dalle caratteristiche dell'evento sismico; questi variano in funzione delle caratteristiche della sorgente (magnitudo e tipo di rottura della faglia) e dalla distanza tra il sito in esame e la sorgente.

La risposta sismica locale è il risultato di interazioni tra le onde sismiche e le condizioni locali, cioè l'insieme delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche di depositi di terreno ed ammassi rocciosi e delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

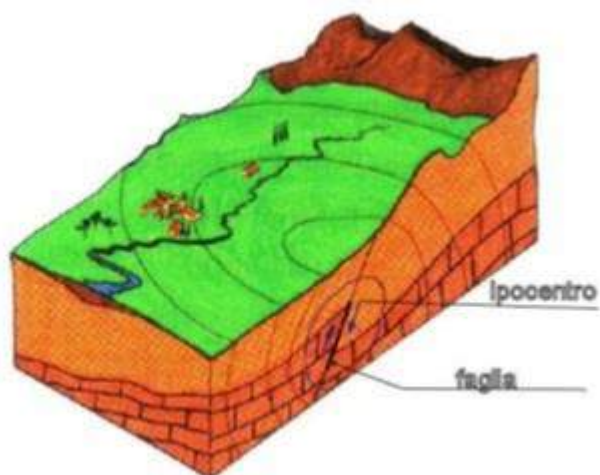


Figura 1. Schema della rottura del terreno e generazione e propagazione delle onde sismiche.

In altre parole le caratteristiche del sito sono le responsabili delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenze, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (terremoto di riferimento), subisce attraversando gli strati dal bedrock fino alla superficie (Lanzo G. et al.,1999).

Nella Figura 1 è rappresentato uno schema della rottura fragile del terreno in profondità con conseguente generazione di onde che si irradiano dall'ipocentro.

Se si ipotizza di avere installato un sismometro ad una grande distanza dall'ipocentro un possibile segnale registrato potrebbe essere quello mostrato nella Figura 2. Il segnale inizia con l'arrivo delle onde P caratterizzate da alte frequenze a bassa ampiezza. Successivamente arrivano le onde S che si propagano meno velocemente delle P e sono di frequenza più bassa e di maggiore ampiezza. Queste ultime sono in genere la causa dei maggiori danni. Le onde P e quelle S, come già descritto nel capitolo A sono chiamate onde di volume per distinguerle da quelle di superficie che sono più lente.



Figura 2. Tipico sismogramma registrato in superficie a grande distanza.

In generale si può dire che le onde generate dalla sorgente sismica sono di due differenti tipi, cioè quelle associate a stati deformativi di compressione-dilatazione volumetrica, dette onde P che si propagano con velocità V_p pari a:

$$V_p = \sqrt{\frac{Mv}{\rho}}$$

con:

$$Mv = \lambda + 2G$$

dove:

- λ = modulo di Lamé del terreno;
- G = modulo elastico del taglio del terreno;
- ρ = densità del volume del terreno;

Per le onde P il moto oscillatorio delle particelle di terreno avviene parallelamente alla direzione di propagazione.

Le onde S sono associate a deformazione di taglio ed hanno una velocità V_s pari a:

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Il moto delle particelle di terreno è in tal caso perpendicolare alla direzione di propagazione. Il campo di spostamenti, in genere, è scomposto in due componenti perpendicolari tra di loro: le onde SV polarizzate nel piano verticale contenente la sorgente e le onde SH polarizzate nel piano orizzontale (piano della superficie libera del terreno in direzione perpendicolare al precedente).

Per maggiore chiarezza, se si considera il piano π verticale e contenente la direzione di propagazione dell'onda incidente, il moto della particella di terreno perpendicolare a tale piano costituisce l'onda SH , viceversa il moto nel piano costituisce l'onda SV .

Le onde P e S arrivate in superficie possono trasformarsi parzialmente in onde di diverso tipo (P in S oppure S in P) oppure in onde superficiali chiamate così perché viaggiano in superficie attenuandosi rapidamente con la profondità. Queste ultime si differenziano in onde di Rayleigh quando il moto della particella di terreno è in un piano verticale oppure onde di Love quando il moto è in un piano orizzontale.

Con riferimento alla Figura 3, il fenomeno della propagazione delle onde può essere descritto come segue. Nella sua complessità morfologica, litologica e stratigrafica, un territorio può essere rappresentato come un insieme di formazioni superficiali, interessate dai loro fenomeni evolutivi tipici, poggianti su formazioni più profonde, i cui andamenti possono essere stati resi complessi fino alla creazione di affioramenti dai fenomeni tettonici ed orogenetici.

Prevalentemente, le formazioni profonde saranno costituite da rocce ignee o metamorfiche di origine sedimentaria, mentre quelle superficiali saranno di natura sedimentaria più recente, coerenti od incoerenti, e quindi di caratteristiche meccaniche ben differenziate rispetto alle prime. Le onde sismiche che si sono generate in profondità, e che sono già caratterizzate diversamente a seconda del meccanismo proprio della sorgente, subiscono una serie di modificazioni ulteriori (riflessioni e rifrazioni) nell'attraversare la crosta terrestre e giungere fino alle formazioni di base per il sito. Ad una certa distanza dall'epicentro, e per una porzione di territorio ragionevolmente limitata, il moto sismico apparirà come un fronte d'onda uniforme propagantesi dal basso verso

l'alto, con una certa angolazione rispetto alla verticale, che viene trasmesso dalle formazioni di base a quelle superficiali.

Il moto al suolo tende a non dipendere più solamente dal tipo di rottura della sorgente e a diventare il risultato di due ulteriori meccanismi eventualmente combinati:

- la propagazione delle onde sismiche all'interno delle formazioni di base e dalla conformazione delle frontiere della stessa;
- la risposta dinamica delle formazioni superficiali.

Tutto ciò comporta una non omogeneità del moto vibratorio in superficie che può cambiare da punto a punto anche a breve distanza. Sugli aspetti quantitativi e qualitativi del fenomeno hanno pertanto grande rilevanza diversi fattori quali la natura delle onde sismiche incidenti ed in particolare il meccanismo di sorgente, le diversità fra le caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati, ed in particolare tra formazioni di base e superficiali, la conformazione e la giacitura degli strati, la presenza di falde idriche, l'entità dei fenomeni dissipativi ed altri ancora.

Al variare delle condizioni locali, il moto alla superficie risulterà quindi differente per quanto attiene ai suoi caratteri principali e cioè: ampiezza, contenuto in frequenza e durata. Si osserva che tutti e tre questi caratteri sono significativi e concorrono a causare il danneggiamento delle strutture e l'instabilità dei terreni (frane, cedimenti, liquefazioni).

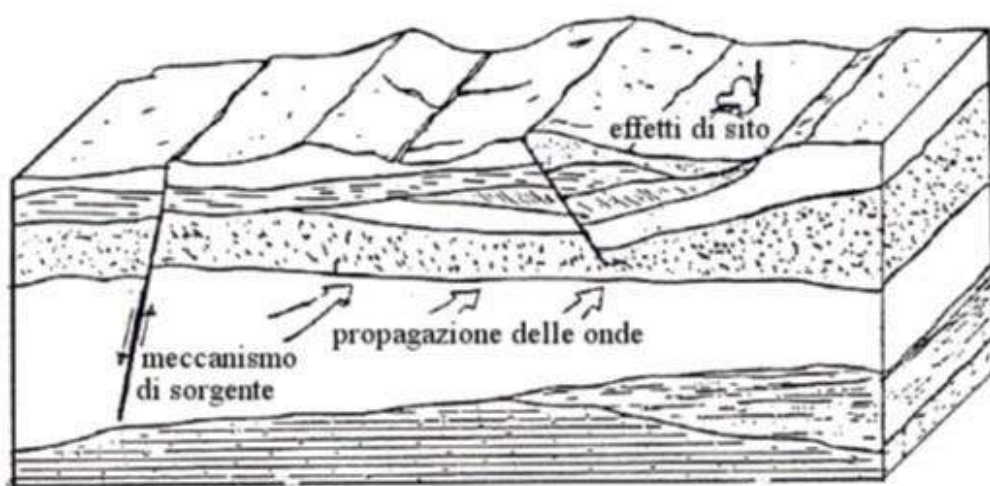


Figura 3. Schema di una situazione reale.

1.1 - Impostazione del Problema di Calcolo dell'Amplificazione Locale

Per illustrare gli aspetti principali del fenomeno della risposta sismica locale si paragoni il moto in corrispondenza di tre siti, indicati con A, B e C nella Figura 4, posti alla stessa distanza dalla sorgente sismica durante lo stesso evento sismico. Si supponga inoltre che il primo sito sia su un semispazio affiorante (per esempio roccia) e il secondo B su un deposito alluvionale posto al di sopra del semi spazio ed il terzo C su di un rilievo.

In corrispondenza della coltre alluvionale si verifica, rispetto al moto sul semi spazio affiorante, una amplificazione del moto in particolari campi di frequenza e una deamp1ificazione negli altri campi. Analogamente sul rilievo in C si verificheranno focalizzazioni oppure diradazioni di onde per effetto della forma del rilievo e della direzione di incidenza delle onde.

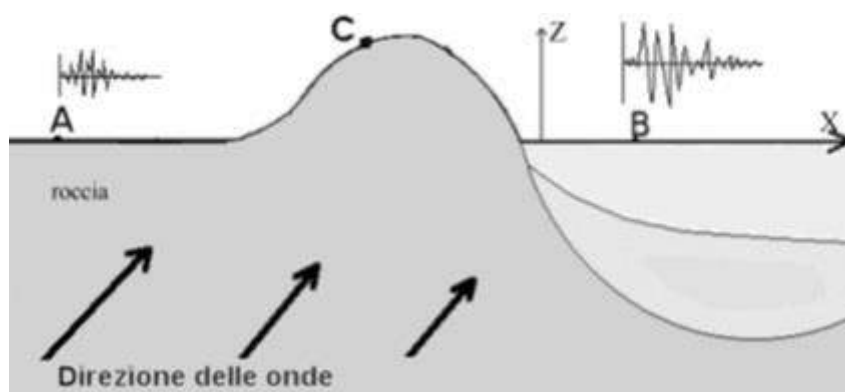


Figura 4. Schema della propagazione delle onde dalla sorgente e delle differenti condizioni locali.

In letteratura si parla di effetti stratigrafici o monodimensionali nel caso in cui le modifiche che il moto sismico subisce nel propagarsi in direzione prevalentemente verticale verso la superficie dal sottostante basamento roccioso siano essenzialmente attribuibili a fenomeni di filtraggio. L'amplificazione delle onde sismiche dipende, in questo caso dalla stratigrafia del sottosuolo, dalle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e del contenuto in frequenza del moto sismico.

Il termine "effetti di bacino" è utilizzato quando le onde incidenti incontrano una valle alluvionale; in tal caso ai fenomeni sopra descritti si sovrappongono quelli dovuti al manifestarsi di fenomeni complessi di interazione tra le onde, che possono sommarsi o elidersi a vicenda, e generazione di onde superficiali. Spesso ai bordi della valle si verificano maggiori amplificazioni, dette: "effetti di bordo".

Con "effetti topografici" si intendono le modifiche delle caratteristiche del moto sismico causate essenzialmente da fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche per effetto della particolare geometria della superficie (per es. la cresta di un rilievo o un canyon) e sono molto influenzati dalla lunghezza d'onda del moto incidente e dalla direzione di incidenza.

Lo scopo delle analisi di amplificazione sismica locale è quello di determinare il moto in B oppure in C una volta noto il moto nel sito di riferimento A. Tale moto di riferimento è in genere determinabile in via statistica (analisi di pericolosità) o deterministica dallo studio del meccanismo di rottura della sorgente nell'ipotesi che tra la sorgente stessa ed il sito in esame il mezzo sia omogeneo ed isotropo. Come è facile immaginare le caratteristiche del moto in superficie sono fortemente influenzate, oltre che dalla geometria degli strati e delle loro proprietà meccaniche, anche dalle caratteristiche del moto incidente, cioè dalla direzione di propagazione, dal suo contenuto energetico e dalla direzione del moto delle particelle del terreno.

1.2 - Normativa di Riferimento

La normative di riferimento per lo studio del problema in esame sono:

- NTC 2018 Cap 7.11.3.1 (Risposta Sismica Locale);
- Legge Regionale n. 35 del 19/10/2009 (Allegato 3 - Effetti di sito per interventi di tipo edilizio).

2 - Risposta Sismica Locale

Come già detto in precedenza, il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

I passi da seguire nello studio del problema della risposta sismica locale sono:

1. Definizione input sismico;
2. Stima dell'accelerazione di base;
3. Dati di disaggregazione;
4. Estrazione, conversione e normalizzazione accelerogrammi di input;
5. Analisi di Risposta Sismica Locale;
6. Inserimento sismostratigrafia di input (derivata da indagine sismica MASW);
7. Esecuzione dell'analisi e restituzione grafica.

Le analisi numeriche che consentono di valutare gli effetti del sito nell'amplificazione delle onde sismiche possono essere distinte in:

- Analisi numeriche monodimensionali;
- Analisi numeriche bidimensionali;
- Analisi numeriche tridimensionali.

Il primo approccio consente di definire una realistica risposta sismica stratigrafica di terreni non affetti da problematiche bidimensionali. Questo approccio è ritenuto la via ufficiale delle NTC 2018 (Cap. 3.2.2) e consente, in determinati casi e mediante il confronto con la relativa categoria di sottosuolo, elementi di risparmio rispetto all'approccio semplificato di normativa, poiché identifica amplificazione per intervalli di periodi solitamente più limitati rispetto a quelli di normativa.

Il secondo approccio è da preferire in quelle situazioni in cui il sottosuolo presenta una geometria variabile in cui, oltre alla profondità, è importante considerare un'altra delle due restanti dimensioni spaziali. Un esempio di situazione che richiede l'utilizzo di modelli bidimensionali è il caso delle aree marginali delle valli alluvionali, in cui alle normali cause di amplificazione del moto sismico si sommano gli effetti di bordo connessi alla geometria del problema.

Il terzo approccio necessita di modelli complessi che richiedono capacità computazionali notevoli; solo recentemente iniziano ad avere una certa diffusione grazie al rapido sviluppo degli strumenti informatici. Il loro utilizzo è principalmente concentrato sulla valutazione delle amplificazioni in presenza di effetti morfologici, data l'importanza assunta in queste analisi dalla conoscenza precisa e dalla gestione di un modello tridimensionale del terreno.

3 - Metodo di calcolo adottato e descrizione del codice di calcolo LSR 2D

Il codice di calcolo LSR 2d, alla stregua di software ben noti dalla comunità scientifica (es. QUAD4 e QUAD4M), consente di effettuare una modellazione bidimensionale del problema mediante il metodo degli elementi finiti, nel dominio del tempo, in tensioni totali, utilizzando il metodo lineare equivalente e tenendo conto della deformabilità del substrato.

Qualora la stratigrafia in esame non presenti problematiche di carattere bidimensionale è comunque possibile studiare il problema monodimensionale grazie ad una discretizzazione di una striscia unitaria di terreno e all'applicazione di un sistema di vincoli sul modello FEM tale da consentire solo deformazioni di taglio.

3.1 - Metodo lineare equivalente

Il comportamento meccanico dei terreni sotto l'effetto di carichi ciclici ad elevata frequenza è alquanto complesso e caratterizzato da marcata non linearità, accumulo di deformazioni permanenti, dissipazione di energia e degradazione progressiva delle caratteristiche meccaniche per effetto del numero di cicli di carico applicati. In presenza di fluido interstiziale, alle suddette problematiche si aggiunge l'accumulo di sovrappressioni interstiziali in condizioni di drenaggio impedito o parziale, che sono comunque le più frequenti, in considerazione della velocità di applicazione del carico.

La modellazione di tali fenomeni richiede l'utilizzo di legami costitutivi complessi, che oltretutto difficilmente riescono a riprodurre simultaneamente tutte le specificità del comportamento dei terreni. Per tale ragione spesso si preferisce fare riferimento a modelli costitutivi semplificati che, pur non essendo rigorosi, riescono a riprodurre il comportamento in modo adeguato in riferimento alla specifica applicazione.

In particolare, per quanto riguarda la risposta sismica dei depositi, l'approccio visco-elastico lineare equivalente rappresenta un valido compromesso tra semplificazione delle analisi ed accuratezza dei risultati. La strategia consiste sostanzialmente nel fare riferimento alle soluzioni visco-elastiche lineari per la propagazione delle onde sismiche adeguando in modo iterativo i parametri costitutivi in funzione del livello deformativo indotto dal moto sismico nel terreno.

Tale modello lineare equivalente, studia il comportamento tra tensione e deformazione del terreno basandosi sul modello di Kelvin-Voigt, illustrato in Figura 5. La tensione τ dipende dalla deformazione γ e dalla sua derivata $\dot{\gamma}$, secondo la relazione:

$$\tau = G\gamma + \eta\dot{\gamma}$$

dove:

- G = Modulo di taglio;
- η = viscosità del mezzo;

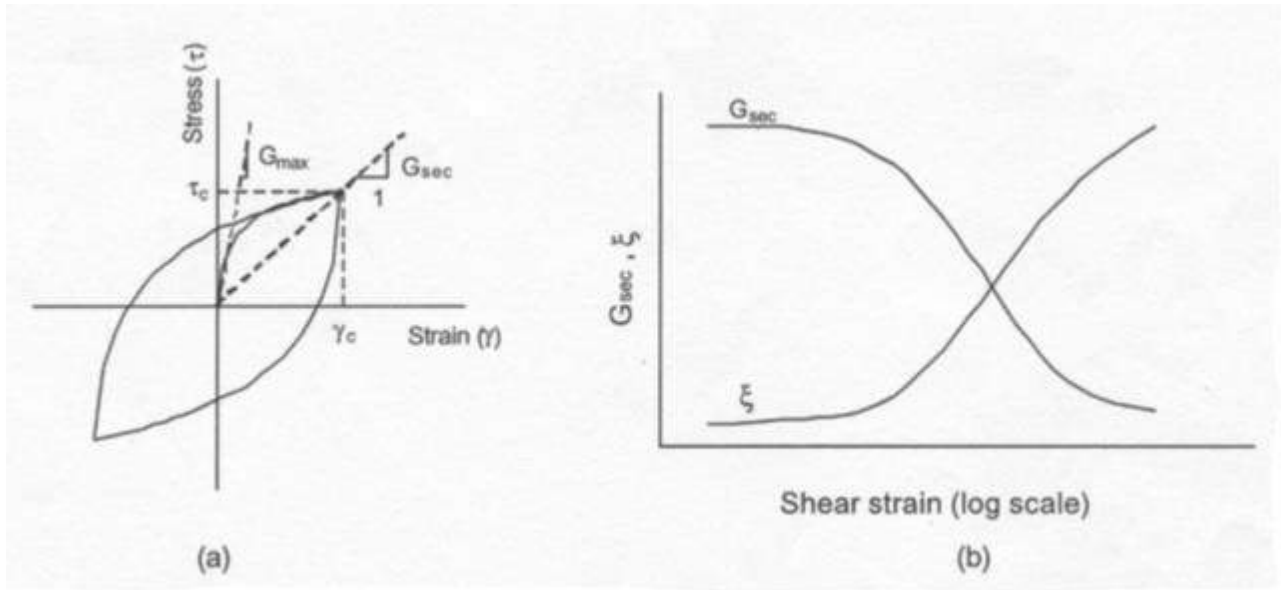


Figura 5. Modello lineare equivalente: (a) curve tensioni - deformazioni; (b) variazione del modulo.

Il comportamento non lineare del terreno, durante un ciclo di carico, viene approssimato per come mostrato in Figura 5. Il modulo di taglio equivalente, G , è preso considerando il modulo di taglio secante G_s .

È possibile notare come alla fine di un ciclo controllato e simmetrico di tensioni si ha:

$$G_s = \frac{\tau_c}{\gamma_c}$$

La curva $G_s - \gamma$ non può avere una forma arbitraria ma deriva dalla curva $\tau - \gamma$ e sussiste la seguente relazione:

$$\frac{d\tau}{d\gamma} = G_s(\gamma) + \frac{dG_s}{d\gamma} \gamma \geq 0$$

La descrizione del comportamento meccanico dei terreni nei confronti dei carichi ciclici non può peraltro prescindere dalla dissipazione intrinseca di energia che si verifica durante i cicli di carico-scarico. Il parametro di riferimento a tal riguardo è costituito dal coefficiente di smorzamento D , definito come:

$$D = \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta W^{dissp}}{W^{max}}$$

dove:

- ΔW^{dissp} = quantità di energia dissipata, per unità di volume, dal terreno durante un ciclo di carico armonico;
- W^{max} = massima energia di deformazione, per unità di volume, immagazzinata dal terreno durante lo stesso ciclo di carico armonico;

In definitiva la risposta non lineare del terreno tramite il modello viscoelastico lineare equivalente viene riassunta mediante delle curve di riduzione del modulo di taglio e di incremento del rapporto di smorzamento (Figura 5b).

3.2 - Soluzione alla singola iterazione mediante FEM

L'approccio utilizzato per la soluzione visco-elastica lineare all'interno dell' i-esimo ciclo iterativo utilizza il metodo degli elementi finiti. In particolare, il deposito di terreno viene discretizzato mediante una "mesh" di elementi finiti piani che possono avere forma quadrangolare o rettangolare a seconda dei casi (Figura 6) e caricato mediante un'accelerazione alla base dello stesso (bedrock), la soluzione dell'equazione del moto viene poi ottenuta nel dominio del tempo utilizzando il metodo di integrazione di Newmark.

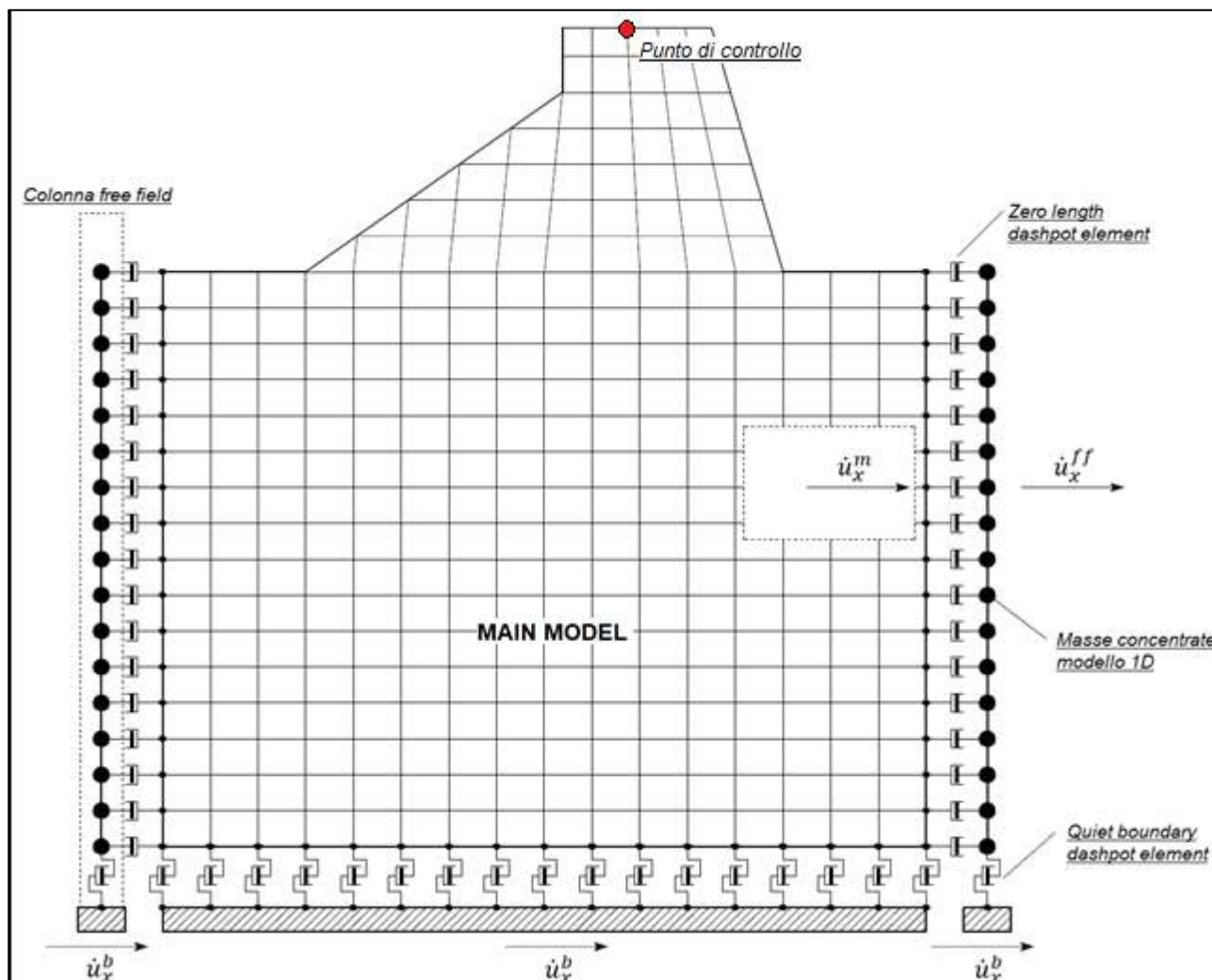


Figura 6. Discretizzazione FEM del deposito di terreno.

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = -Ma_g$$

dove:

- M = matrice di massa del sistema;
- C = matrice di smorzamento del sistema;
- K = matrice di rigidità del sistema;
- \ddot{u}, \dot{u}, u = rispettivamente vettori di accelerazione, velocità e spostamento del sistema;
- a_g = vettore di accelerazione alla base;

Tale equazione vale per ogni istante di tempo tn e descrive l'equilibrio dinamico del sistema. La soluzione in termini di spostamento velocità ed accelerazione per ogni tn viene ottenuta a partire dalle seguenti relazioni:

$$\dot{u}_n = \dot{u}_{n-1} + \Delta t [(1 - \gamma) \ddot{u}_{n-1} + \gamma \ddot{u}_n]$$

$$u_n = u_{n-1} + \Delta t \dot{u}_{n-1} + \frac{\Delta t^2}{2} [(1 - \beta) \ddot{u}_{n-1} + 2\beta \ddot{u}_n]$$

dove:

- Δt = incremento temporale tra l'istante di tempo tn e $tn - 1$;
- β = parametro del metodo di integrazione posto pari a 0.25;
- γ = parametro del metodo di integrazione posto pari a 0.50;

3.2.1 - Smorzamento

La matrice di smorzamento del sistema viene ottenuta mediante l'assemblaggio delle matrici di smorzamento dei singoli elementi, queste ultime ottenute a loro volta come:

$$C_q = \alpha_q M_q + \beta_q K_q$$

dove:

- α_q e β_q = coefficienti di smorzamento alla Reyleigh;

Tali coefficienti vengono ottenuti a partire dal rapporto di smorzamento viscoso del singolo elemento e dalla relazione seguente:

$$\dot{u}_n = \dot{u}_{n-1} + \Delta t [(1 - \gamma) \ddot{u}_{n-1} + \gamma \ddot{u}_n]$$

$$u_n = u_{n-1} + \Delta t \dot{u}_{n-1} + \frac{\Delta t^2}{2} [(1 - \beta) \ddot{u}_{n-1} + 2\beta \ddot{u}_n]$$

da cui si ottiene (Hudson, 1994):

$$D_q = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha_q}{\omega} + \beta_q \omega \right)$$

dove:

- ω_1 = frequenza naturale del primo modo del deposito;
- $\omega_2 = n * \omega_1$ con $n = \omega_i / \omega_1$ (approssimato all'intero pari più grande) e ω_i frequenza di picco dello spettro ottenuto a partire dall'accelerazione di bedrock;

3.2.2 - Free-field boundaries

Le condizioni di free-field sulle frontiere laterali vengono implementate mediante l'accoppiamento di smorzatori viscosi tra i nodi delle frontiere laterali del modello e i nodi di opportune colonne di terreno monodimensionali (colonne free-field) in grado di descrivere il moto in condizioni di campo libero. Le coordinate dei nodi delle frontiere laterali del modello e delle colonne free-field possono essere uguali. È necessario, affinché tali condizioni al contorno siano applicabili, che le frontiere

lateralmente del modello siano perfettamente verticali. Le forze interne agli smorzatori possono essere ottenute mediante le seguenti equazioni:

$$F_x = -\rho V_p (\dot{u}_x^m - \dot{u}_x^{ff}) A \quad (1)$$

$$F_y = -\rho V_s (\dot{u}_y^m - \dot{u}_y^{ff}) A \quad (2)$$

dove:

- ρ : densità di massa del terreno adiacente alla frontiera laterale;
- V_p : velocità delle onde P del terreno adiacente alla frontiera laterale;
- V_s : velocità delle onde S del terreno adiacente alla frontiera laterale;
- A : area di influenza relativa al nodo su cui agisce lo smorzatore;
- \dot{u}_x^m : velocità del nodo del modello in direzione x;
- \dot{u}_y^m : velocità del nodo del modello in direzione y;
- \dot{u}_x^{ff} : velocità del nodo della colonna free-field in direzione x;
- \dot{u}_y^{ff} : velocità del nodo della colonna free-field in direzione y.

Le componenti della velocità dei nodi delle colonne laterali ad ogni istante di tempo vengono ottenute mediante una soluzione numerica monodimensionale a masse concentrate dell'equazione di propagazione delle onde. Tale soluzione è affidata ad un processo di calcolo che opera in parallelo rispetto a quello impiegato per la soluzione del modello principale. In altre parole, per il generico passo di integrazione temporale, vengono dapprima ottenute le componenti delle velocità delle colonne di campo libero attraverso la soluzione 1D, per poi essere convertite in carichi applicati al modello principale mediante le equazioni (1) e (2).

3.3 - Procedimento iterativo

La procedura iterativa che consente di ottenere la risposta non lineare del sistema consiste nell'eseguire una sequenza di analisi lineari, con aggiornamento iterativo dei parametri di rigidezza e smorzamento, fino al raggiungimento di un prefissato criterio di convergenza. Facendo riferimento alla Figura 5, lo schema della procedura iterativa su cui è basato il modello lineare equivalente, da applicare ad ogni strato in cui è stato discretizzato il profilo stratigrafico:

- definizione di curve $G = G(\gamma)$ e $D = D(\gamma)$ per i diversi strati;
- inizializzazione dei valori del modulo di taglio e del fattore di smorzamento ai livelli di piccole deformazioni (G_0 e D_0);
- calcolo della risposta dinamica del suolo e valutazione della deformazione massima a taglio in ogni strato (γ_1 , Figura 5);
- aggiornamento dei valori $G_1 = G(\gamma_1)$ e $D_1 = D(\gamma_1)$;
- iterazione dei passi 3 e 4 fino a convergenza ($\gamma_{i-1} \sim \gamma_i$).

3.4 - Interpretazione dei risultati

Il risultato della procedura iterativa sopradescritta non è altro che la storia temporale di accelerazione, velocità e spostamento di ogni grado di libertà del modello FEM. Tuttavia, dal punto di vista ingegneristico è interessante monitorare la risposta in termini di accelerazione in superficie in corrispondenza di uno o più punti di controllo in modo da comprendere quelli che sono gli effetti indotti dal sito sull'amplificazione della sorgente sismica.

4 - Input

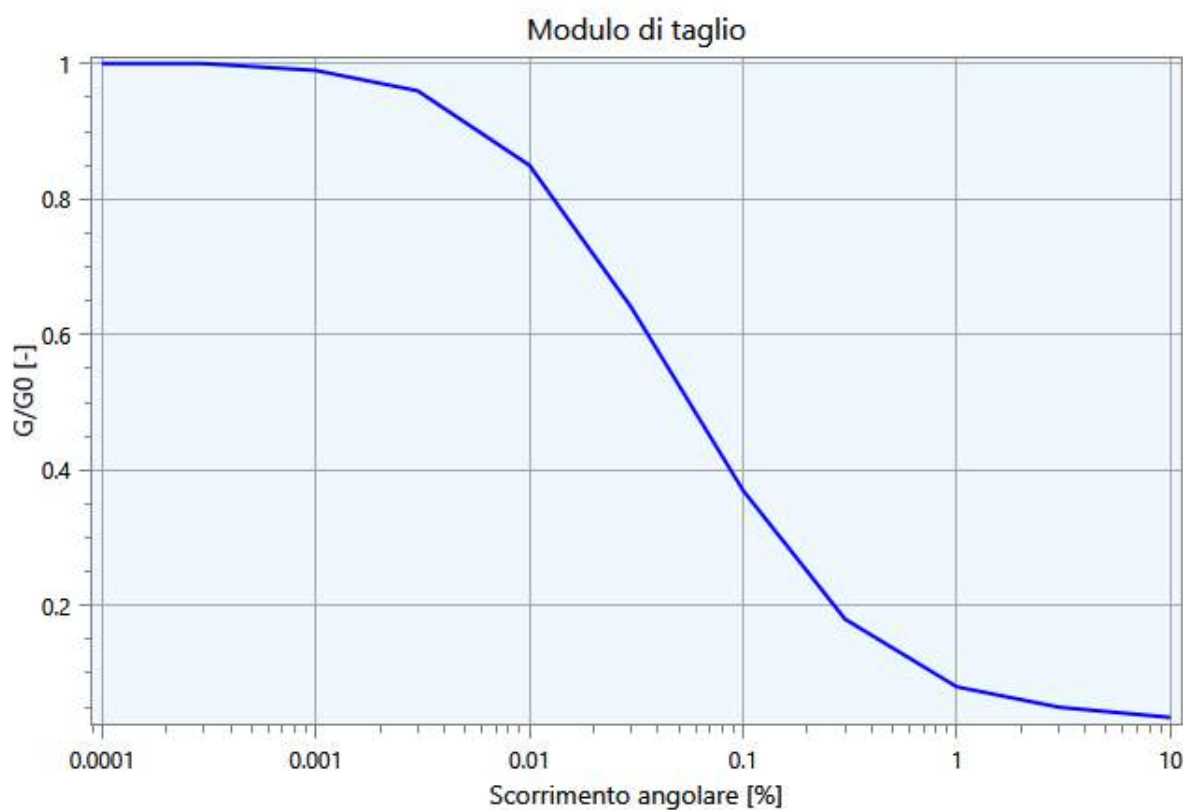
Nei paragrafi successivi vengono riportate le informazioni relative ai dati di input utilizzati per lo studio della risposta sismica locale del deposito.

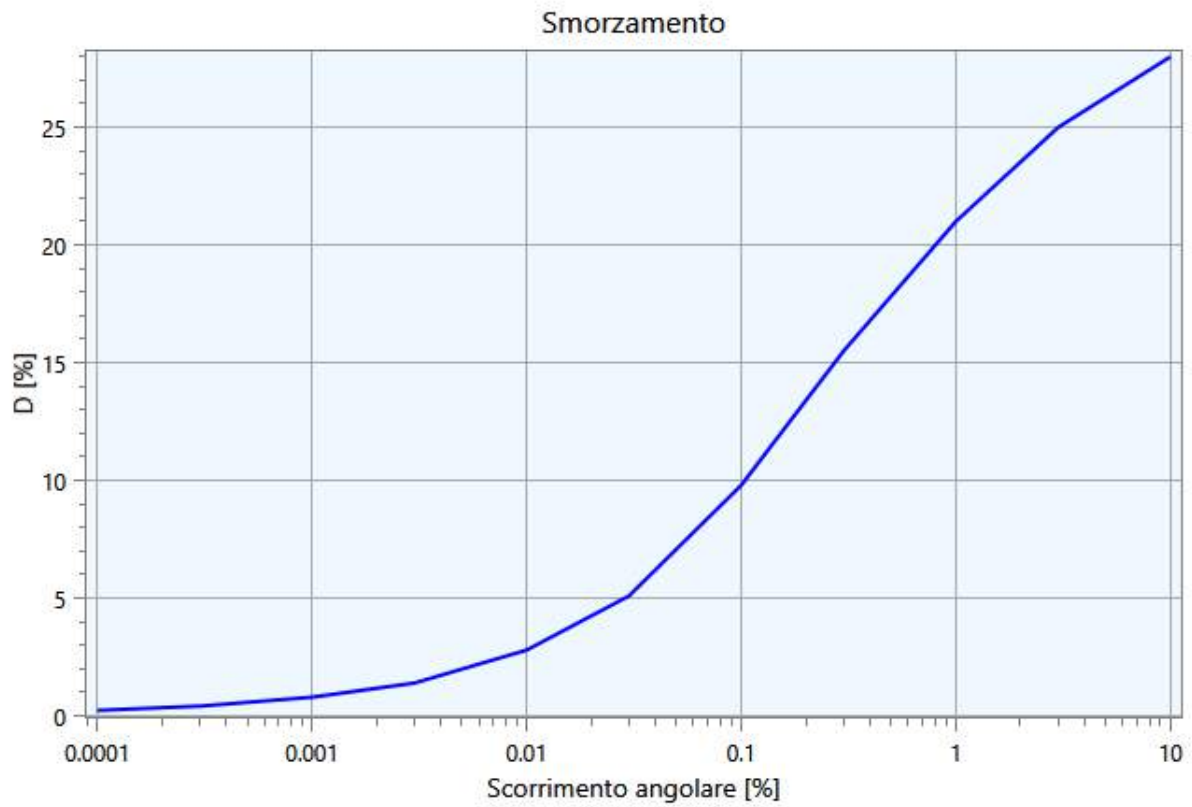
4.1 - Curve di Decadimento dei Materiali

All'aumentare del livello di deformazione angolare raggiunta dal terreno si ha una diminuzione del modulo di taglio G ed un aumento del rapporto di smorzamento D . Tale comportamento può essere descritto, per ogni tipo di materiale presente nella stratigrafia, da due curve di decadimento una relativa a G ed una D .

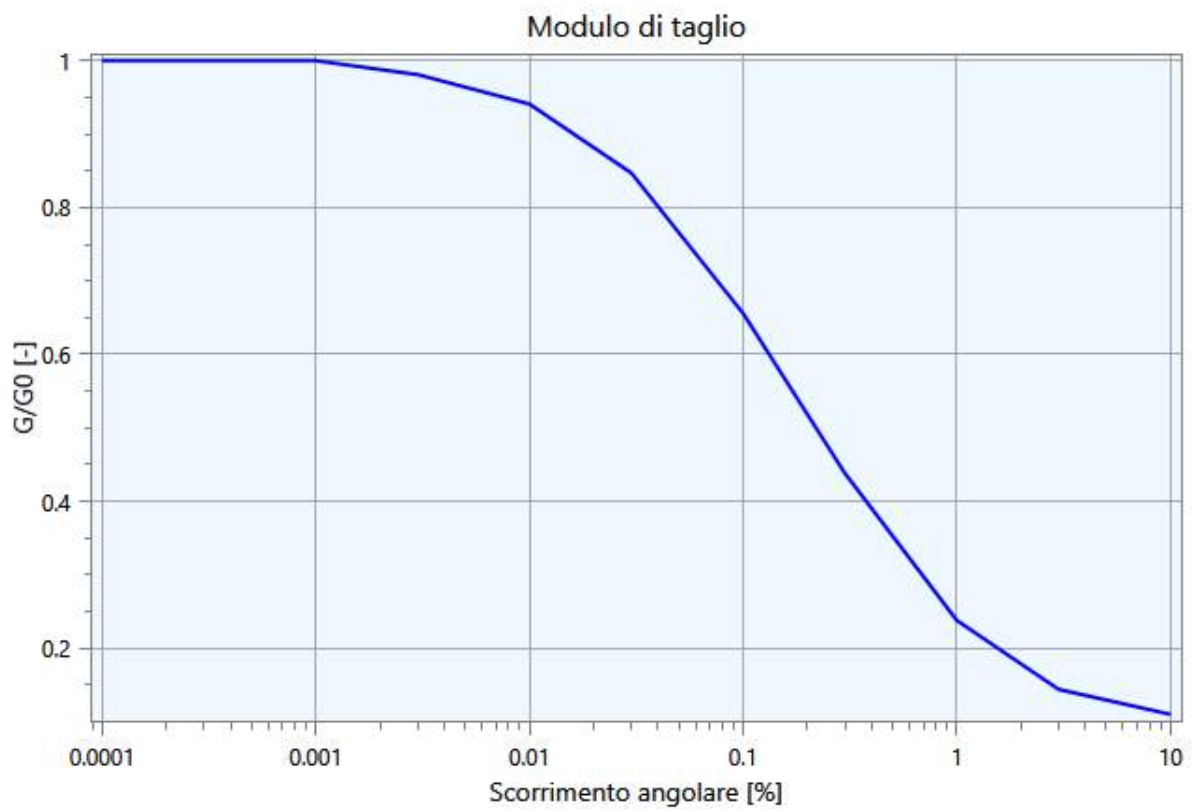
Di seguito si riportano le curve di riferimento utilizzate nell'analisi:

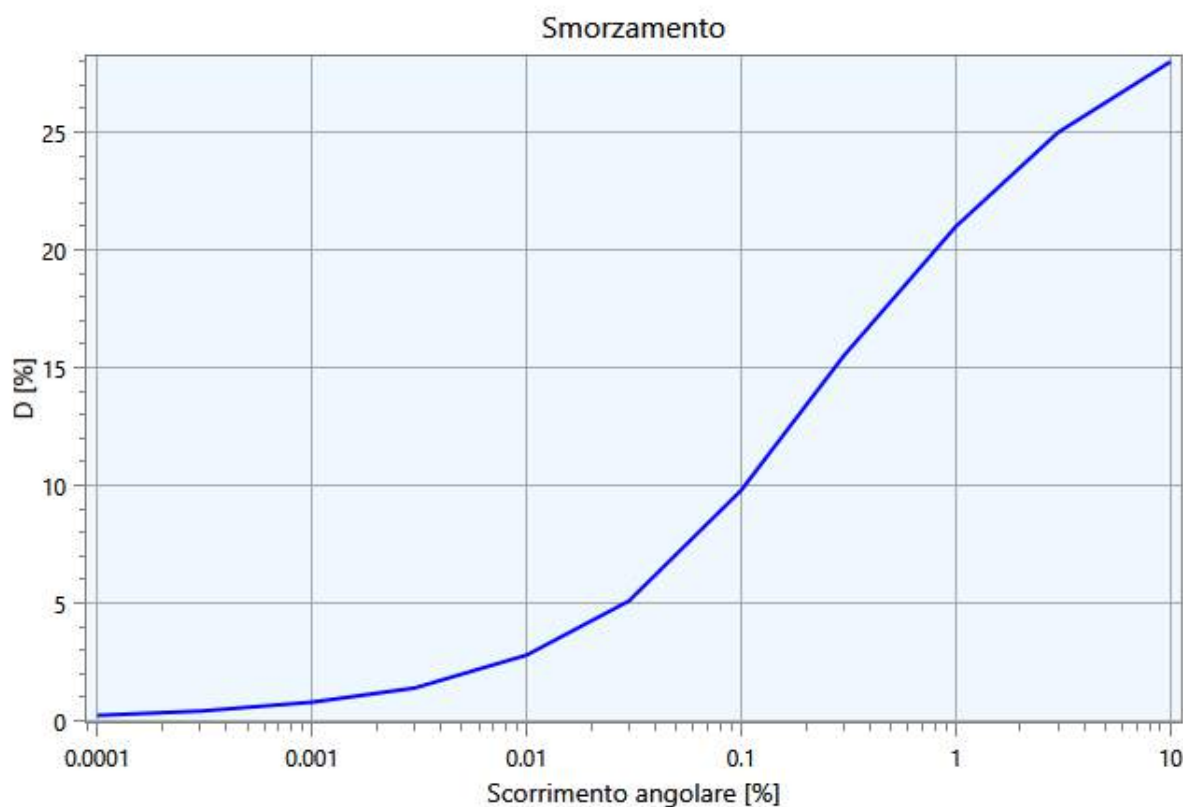
Curva n. 1: Sand Seed & Idriss (1970)





Curva n. 2: Clay Seed & Sun (1989)





4.2 - Stratigrafia e Caratteristiche meccaniche dei singoli strati

Sulla base del cosiddetto volume significativo di terreno interessato dal problema in esame, viene definita una stratigrafia di progetto che rappresenta l'andamento delle singole lenti di terreno in una sezione verticale.

Tale stratigrafia viene rappresentata nel piano verticale X-Z mediante una serie di spezzate ognuna delle quali identifica l'andamento del singolo strato. La prima di tali spezzate serve ad identificare l'orografia della porzione di sito oggetto di studio.

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica della stratigrafia di progetto:

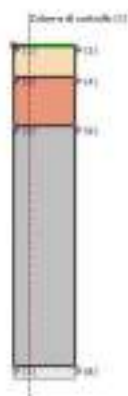


Figura 9. Stratigrafia di progetto.

Di seguito si riporta la tabella contenente le caratteristiche meccaniche dei singoli strati:

| Strato | Descrizione | S [m] | ρ [Kg/m ³] | Vs [m/s] | γ | Curva decadimento |
|------------|-------------|----------|--------------------------------|-------------|----------|---------------------------|
| Strato (1) | - | 5.00 | 1600.00 | 420.00 | 0.42 | Sand Seed & Idriss (1970) |
| Strato (2) | - | 8.00 | 2100.00 | 250.00 | 0.42 | Clay Seed & Sun (1989) |
| Strato (3) | - | 39.00 | 2150.00 | 500.00 | 0.42 | Clay Seed & Sun (1989) |

Tabella 1. Caratteristiche meccaniche strati.

dove:

- S = spessore del singolo strato;
- ρ = densità di massa del singolo strato;
- V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio del singolo strato;
- γ = coefficiente di contrazione trasversale (di Poisson) del singolo strato;

4.3 - Accelerogrammi e Spettri di Input

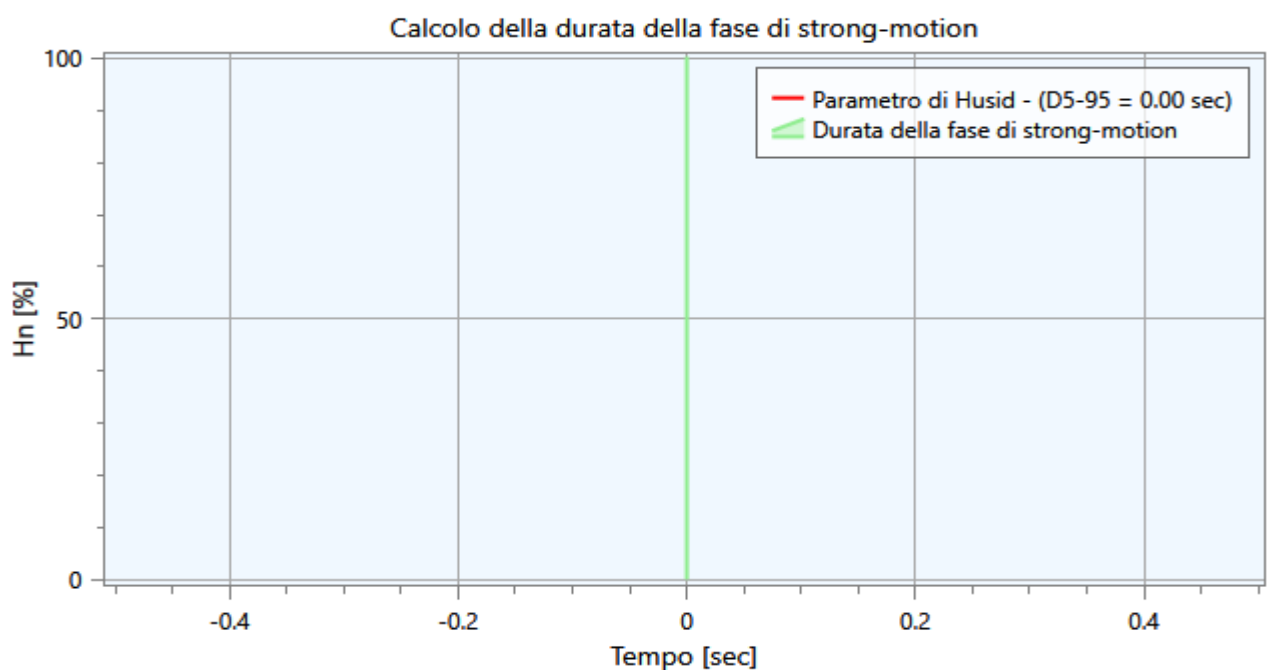
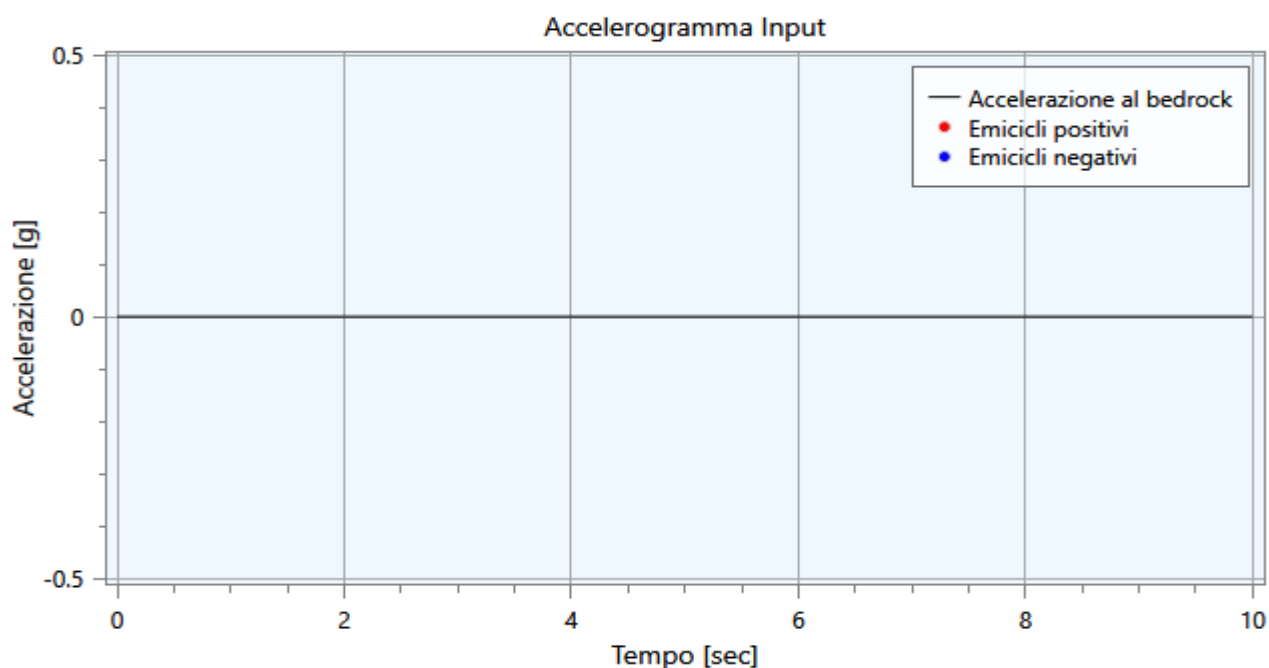
Gli accelerogrammi di input relativi allo stato limite in esame (ad esempio SLV) possono essere ottenuti tramite un'analisi con l'utilizzo dell'applicativo software REXEL v. 3.4 beta, che permette la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), dell'Eurocodice 8 (EC – CEN 2003), dell'ASCE/SEI 7-10 (ASCE, 2010). Il database utilizzato è l'Italian Accelerometric Archive (ITACA) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), scaricabile dal sito <http://itaca.mi.ingv.it>.

Per ogni accelerogramma viene ottenuto il numero di cicli equivalenti N_{eq} secondo la procedura proposta da Biondi et al. (2012) oltre ad una serie di informazioni di seguito descritte:

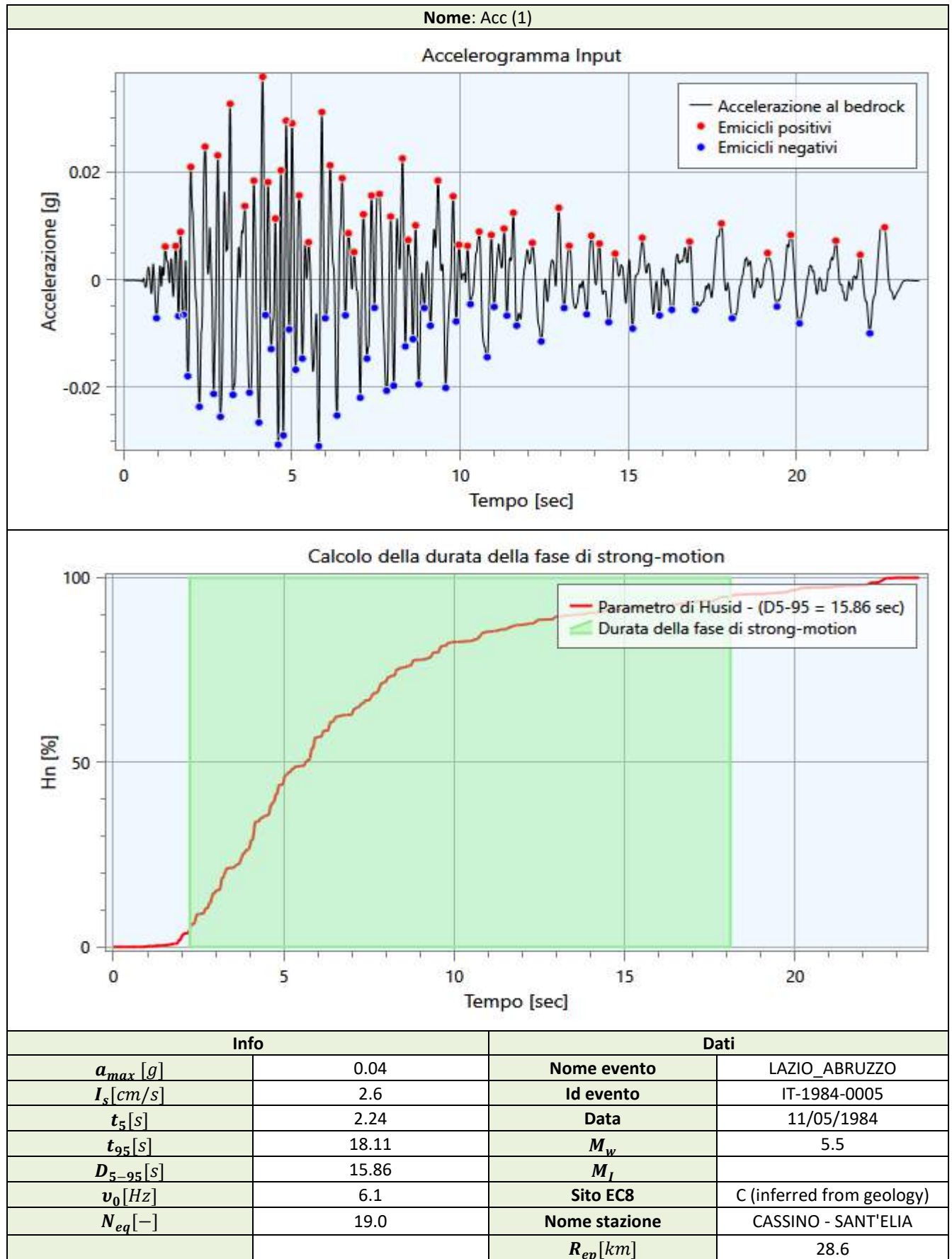
- a_{max} : accelerazione massima;
- I_S : intensità di Arias;
- t_5 : istante iniziale della fase di strong motion;
- t_{95} : istante finale della fase di strong motion;
- D_{5-95} : durata della fase di strong motion;
- v_0 : frequenza di passaggi per lo zero nella fase di strong motion;
- N_{eq} : numero di cicli equivalenti;

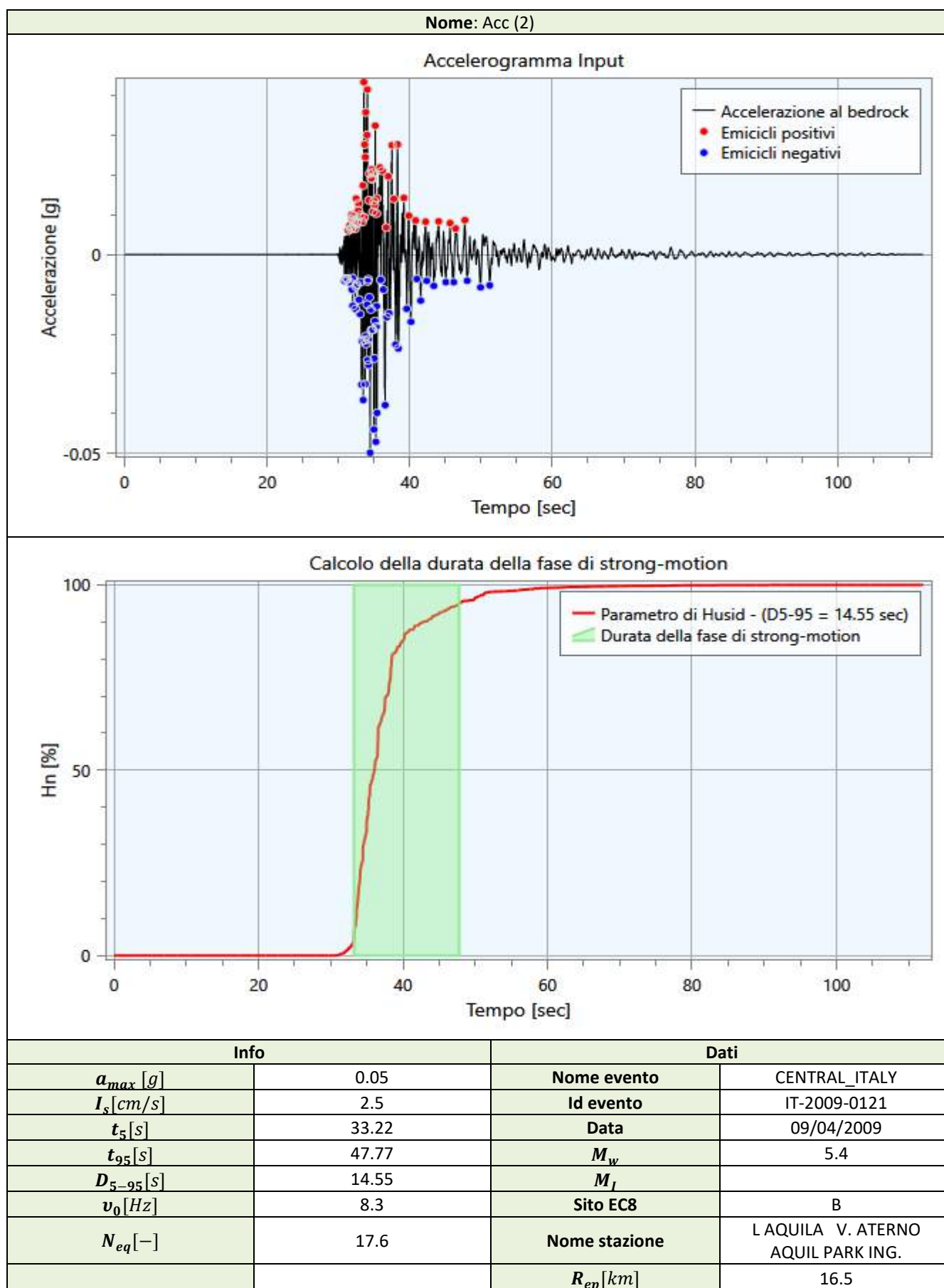
Di seguito si riportano gli accelerogrammi di progetto riferiti ad una condizione detta di 'outcrop':

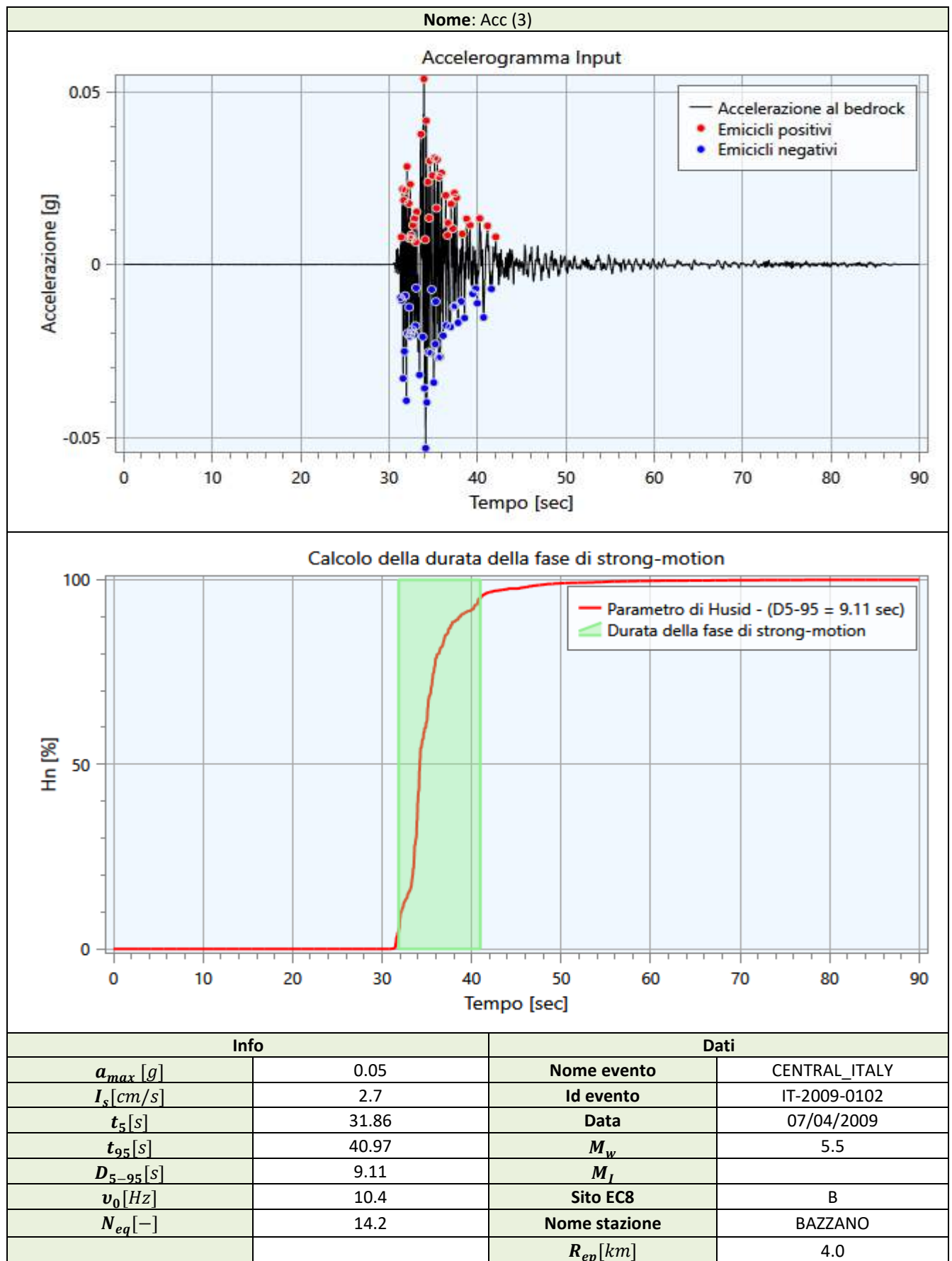
Nome: Zero



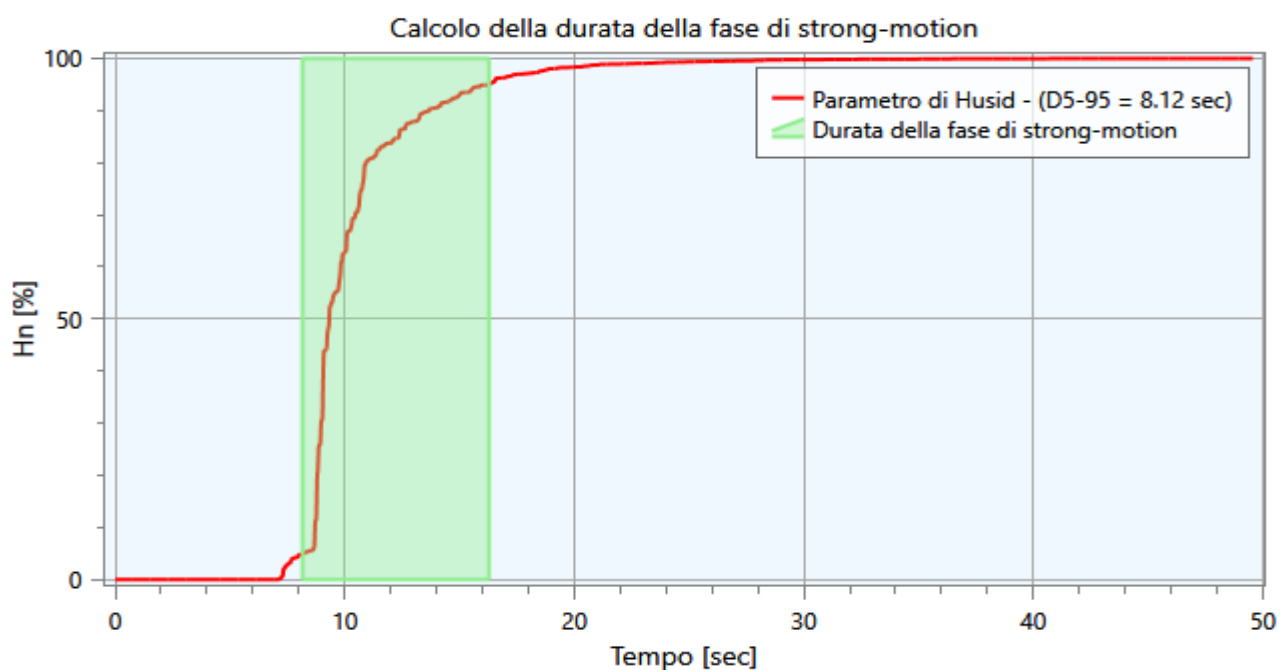
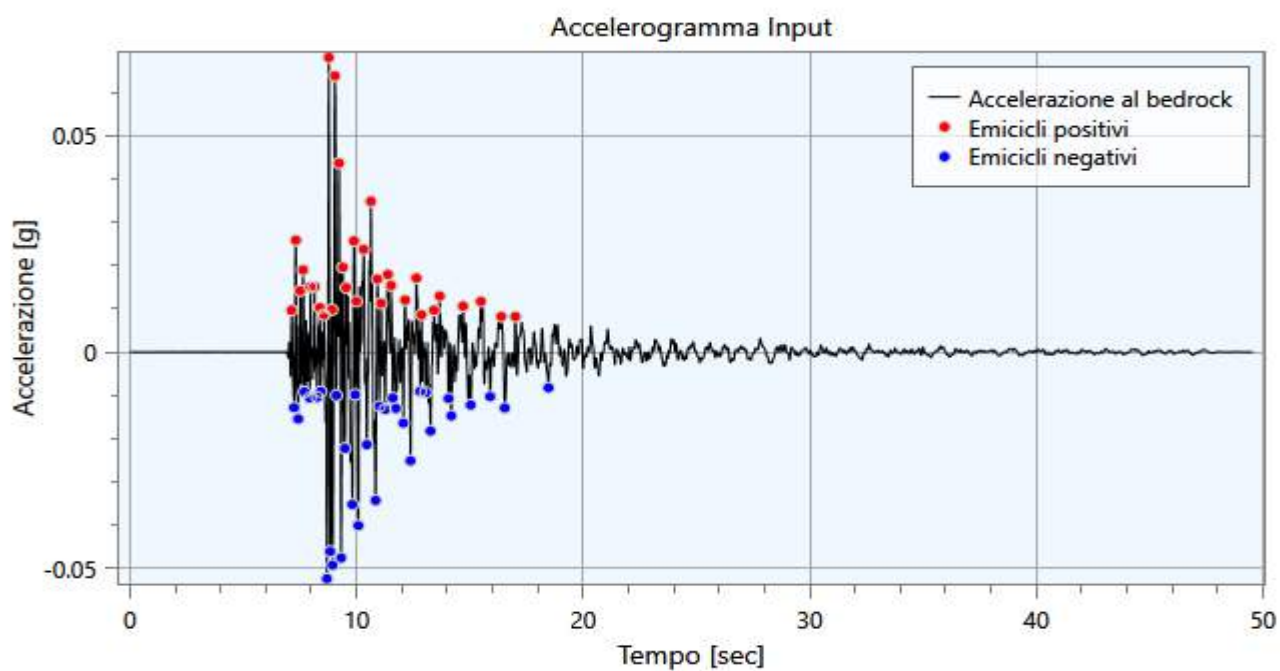
| Info | | Dati | |
|----------------|------|---------------|--|
| a_{max} [g] | 0.00 | Nome evento | |
| I_s [cm/s] | 0.0 | Id evento | |
| t_5 [s] | 0.00 | Data | |
| t_{95} [s] | 0.00 | M_w | |
| D_{5-95} [s] | 0.00 | M_I | |
| v_0 [Hz] | 0.0 | Sito EC8 | |
| N_{eq} [—] | 0.0 | Nome stazione | |
| | | R_{ep} [km] | |



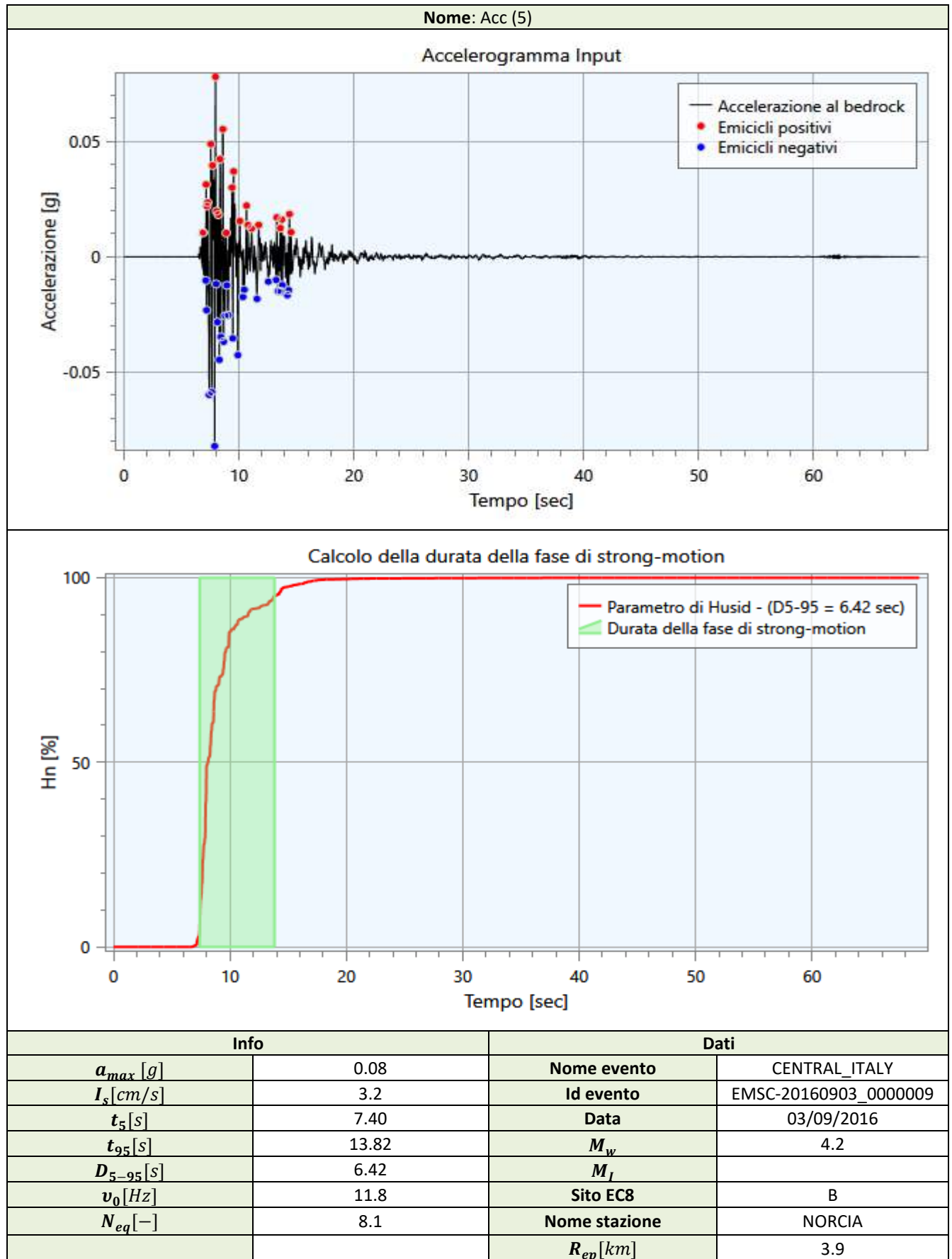




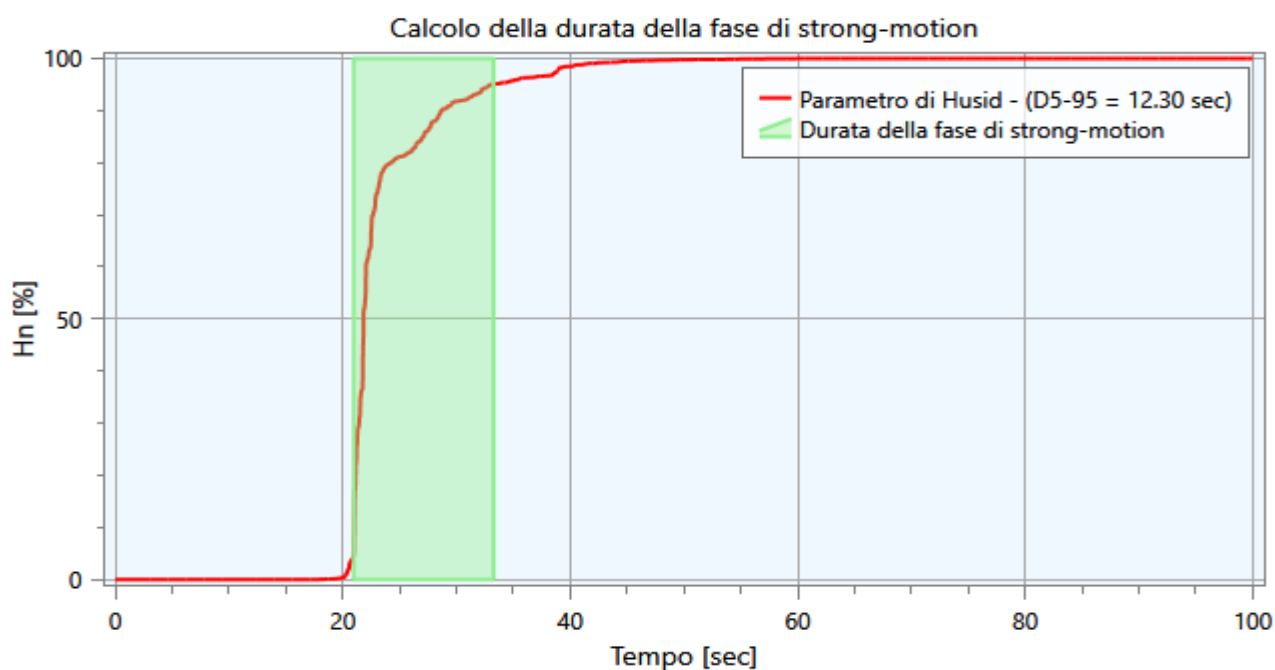
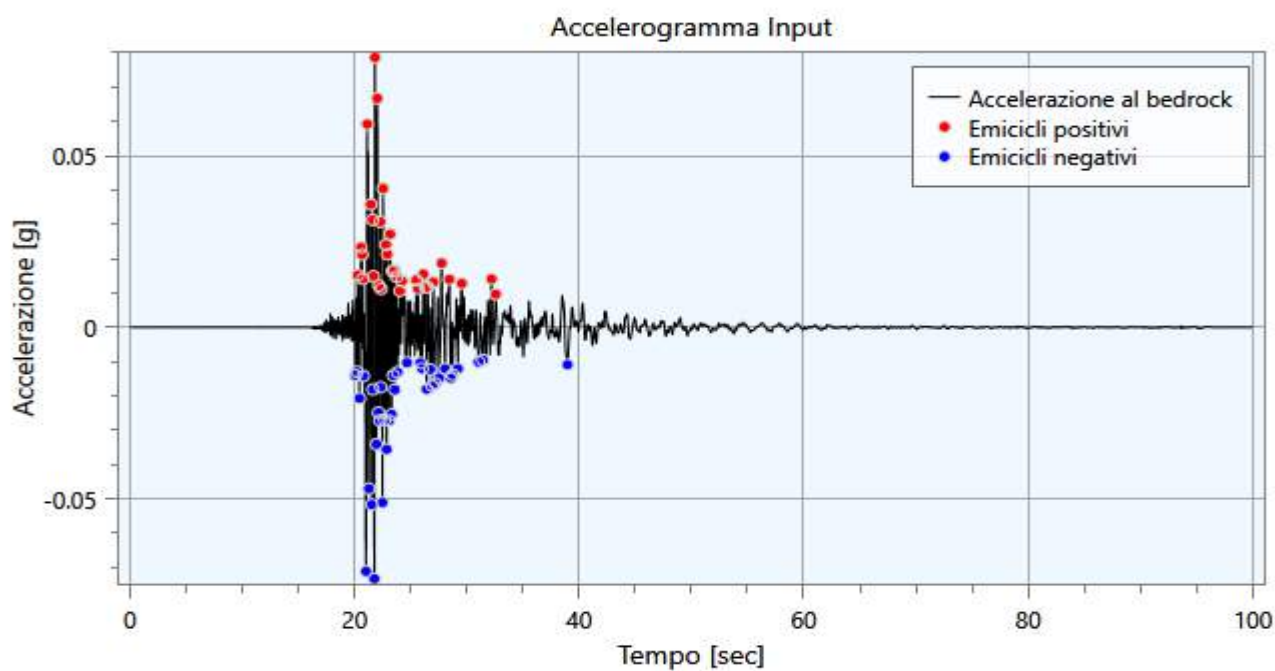
Nome: Acc (4)



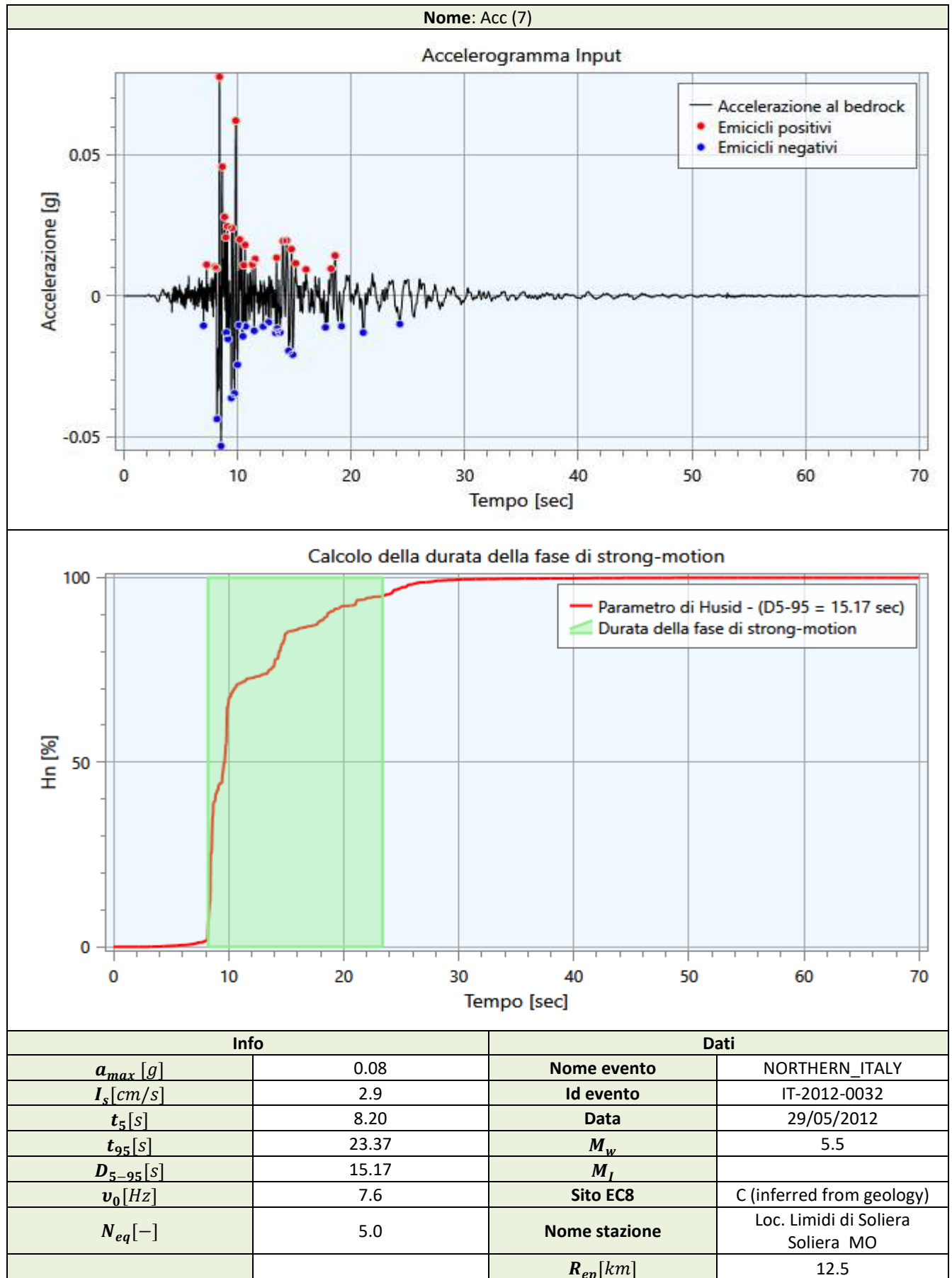
| Info | | Dati | |
|----------------|-------|---------------|-----------------------|
| a_{max} [g] | 0.07 | Nome evento | CENTRAL_ITALY |
| I_s [cm/s] | 2.5 | Id evento | EMSC-20160824_0000172 |
| t_5 [s] | 8.15 | Data | 24/08/2016 |
| t_{95} [s] | 16.28 | M_w | 4.5 |
| D_{5-95} [s] | 8.12 | M_I | |
| v_0 [Hz] | 11.8 | Sito EC8 | B |
| N_{eq} [—] | 8.6 | Nome stazione | NORCIA |
| | | R_{ep} [km] | 6.0 |



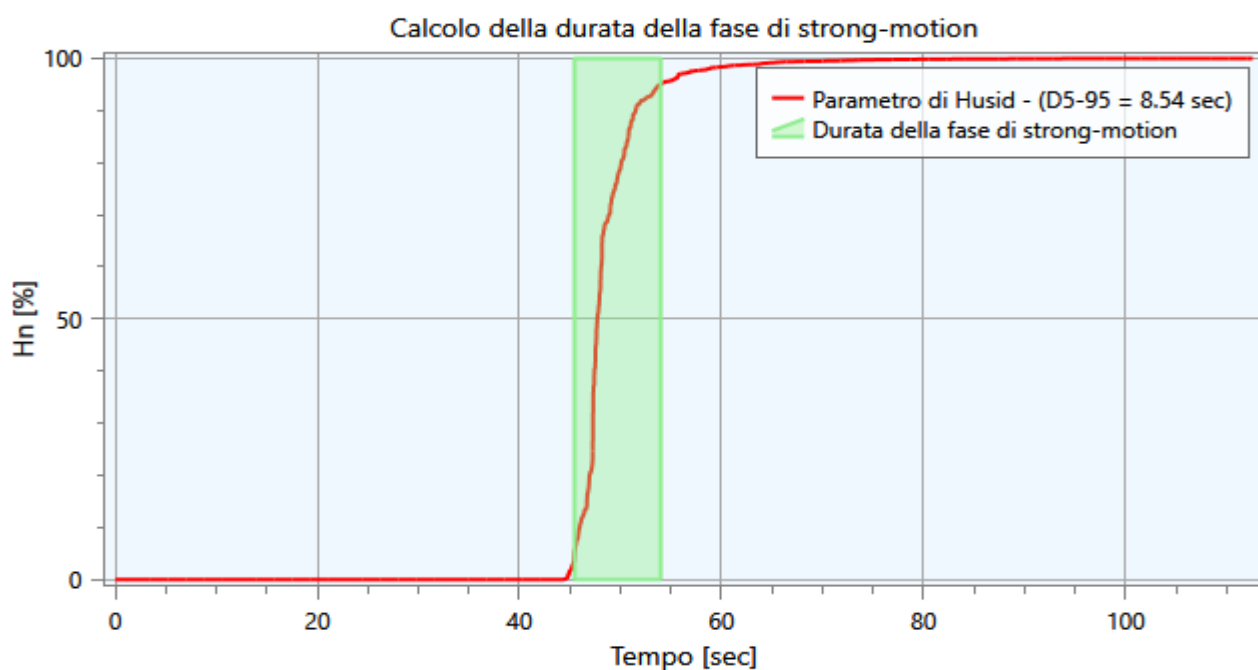
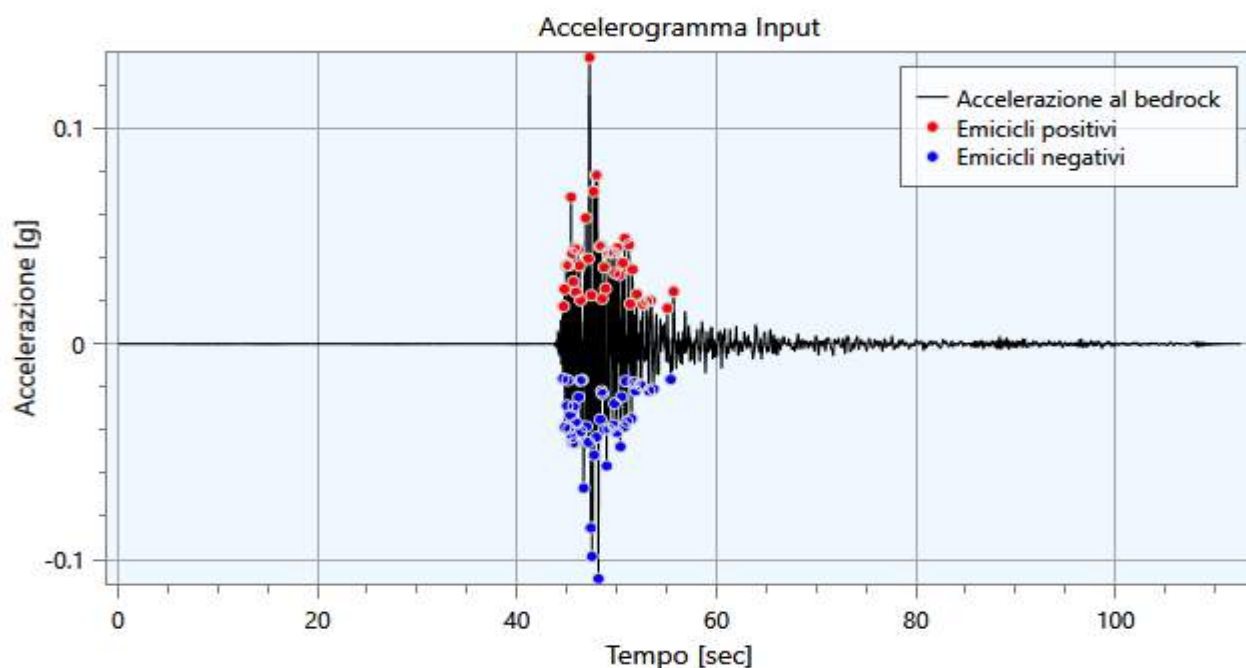
Nome: Acc (6)



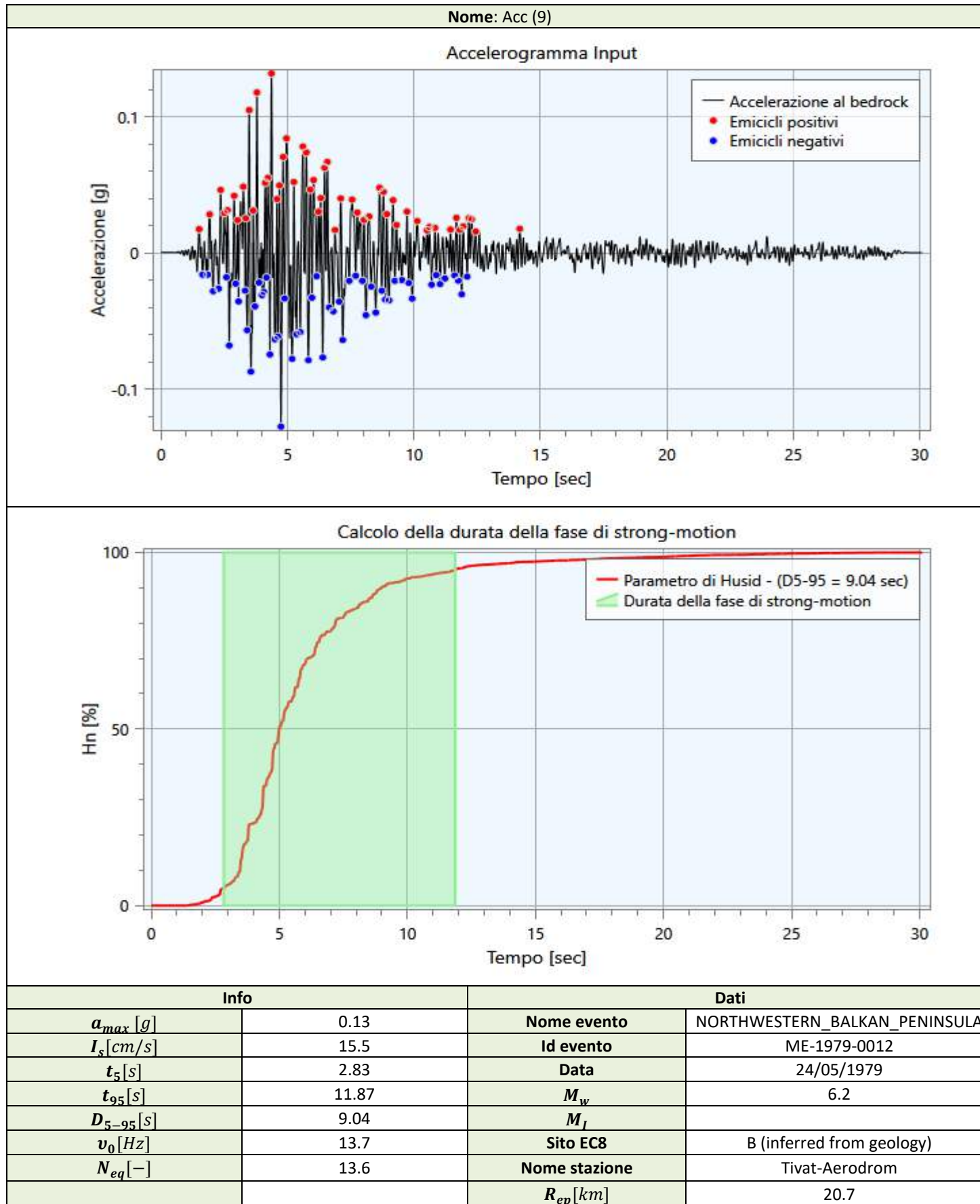
| Info | | Dati | |
|----------------|-------|---------------|--------------------------------------|
| a_{max} [g] | 0.08 | Nome evento | NORTHERN_ITALY |
| I_s [cm/s] | 4.1 | Id evento | IT-2012-0012 |
| t_5 [s] | 20.98 | Data | 03/06/2012 |
| t_{95} [s] | 33.27 | M_w | 4.9 |
| D_{5-95} [s] | 12.30 | M_I | |
| v_0 [Hz] | 8.8 | Sito EC8 | C (inferred from geology) |
| N_{eq} [—] | 9.8 | Nome stazione | Loc. Limidi di Soliera Soliera MO |
| | | R_{ep} [km] | 14.2 |



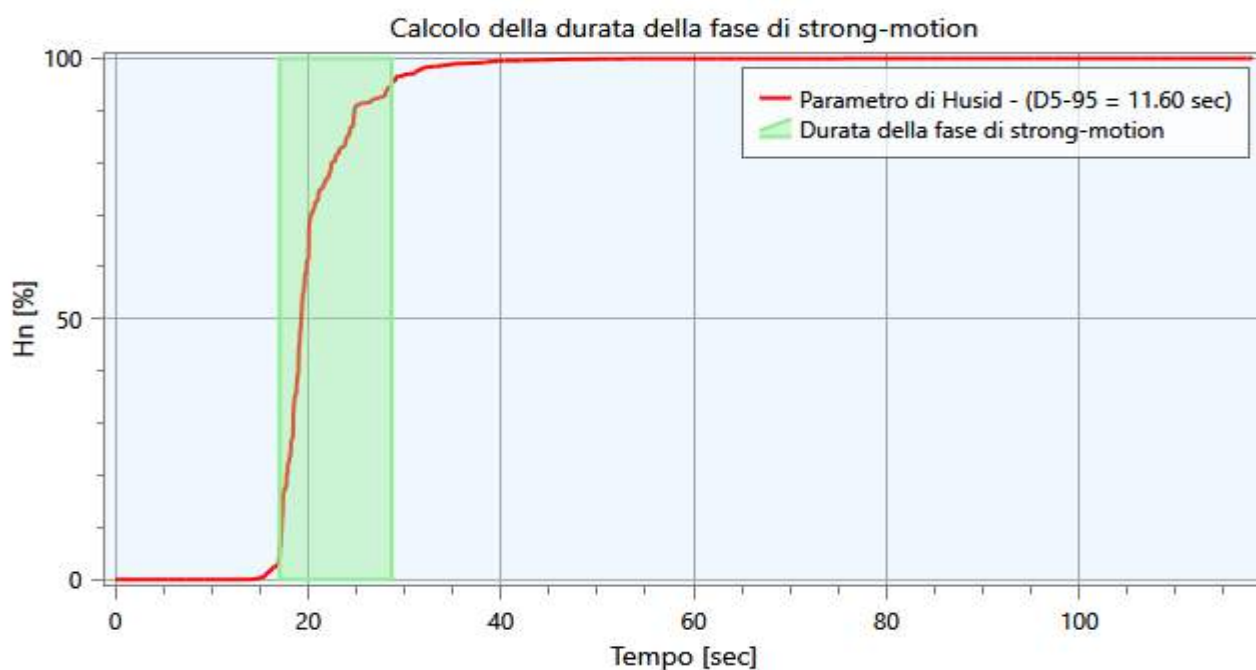
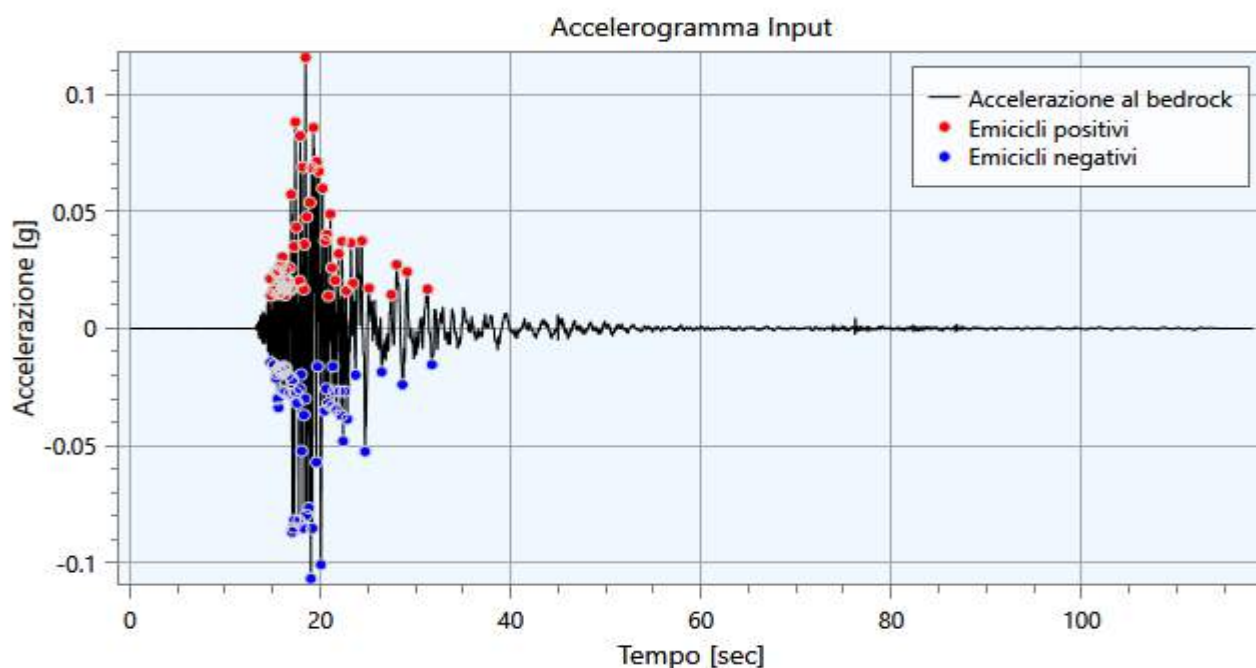
Nome: Acc (8)



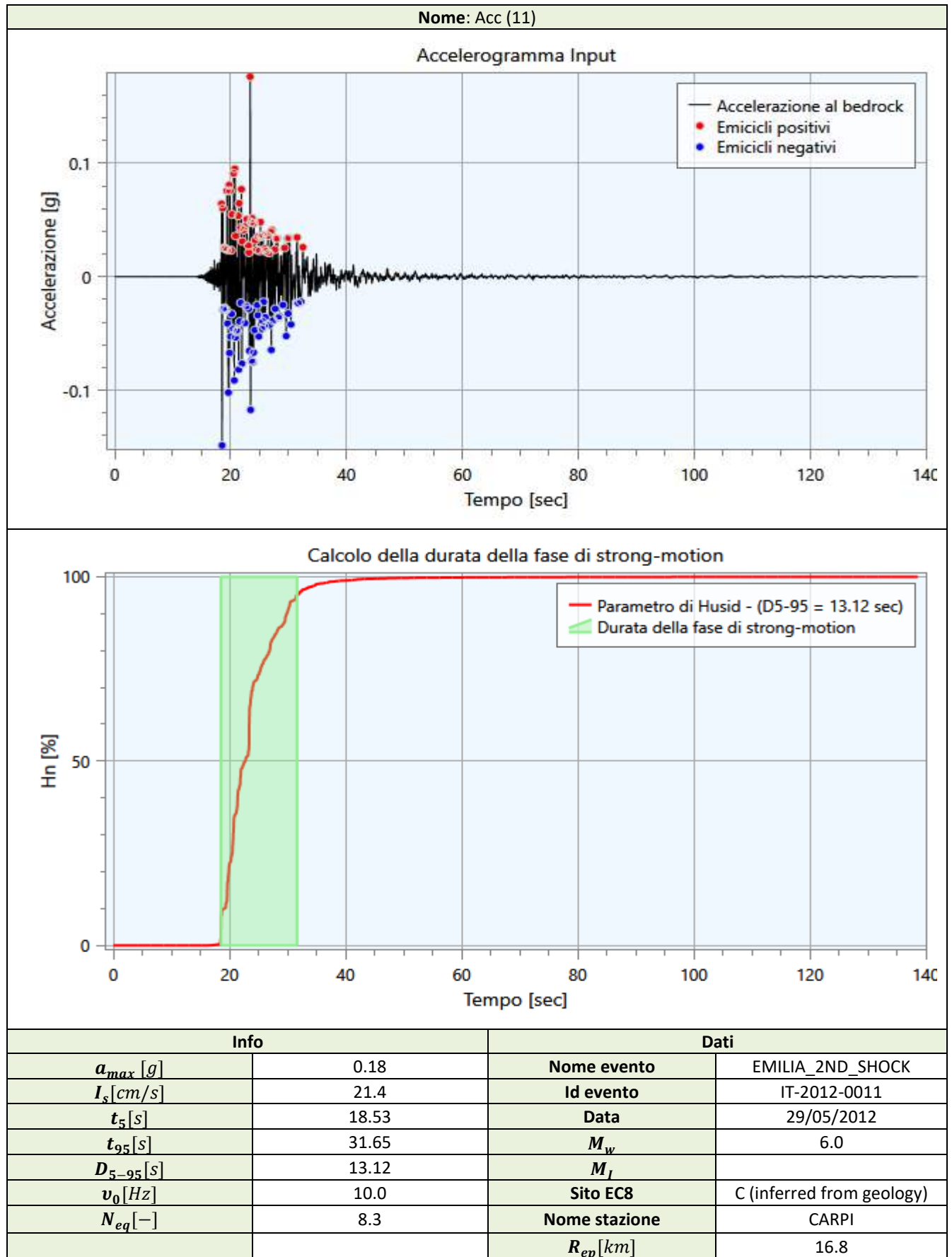
| Info | | Dati | |
|----------------|-------|---------------|---------------|
| a_{max} [g] | 0.13 | Nome evento | CENTRAL_ITALY |
| I_s [cm/s] | 12.3 | Id evento | IT-2009-0102 |
| t_5 [s] | 45.45 | Data | 07/04/2009 |
| t_{95} [s] | 53.99 | M_w | 5.5 |
| D_{5-95} [s] | 8.54 | M_I | |
| v_0 [Hz] | 10.5 | Sito EC8 | B |
| N_{eq} [—] | 8.8 | Nome stazione | Onna |
| | | R_{ep} [km] | 2.8 |



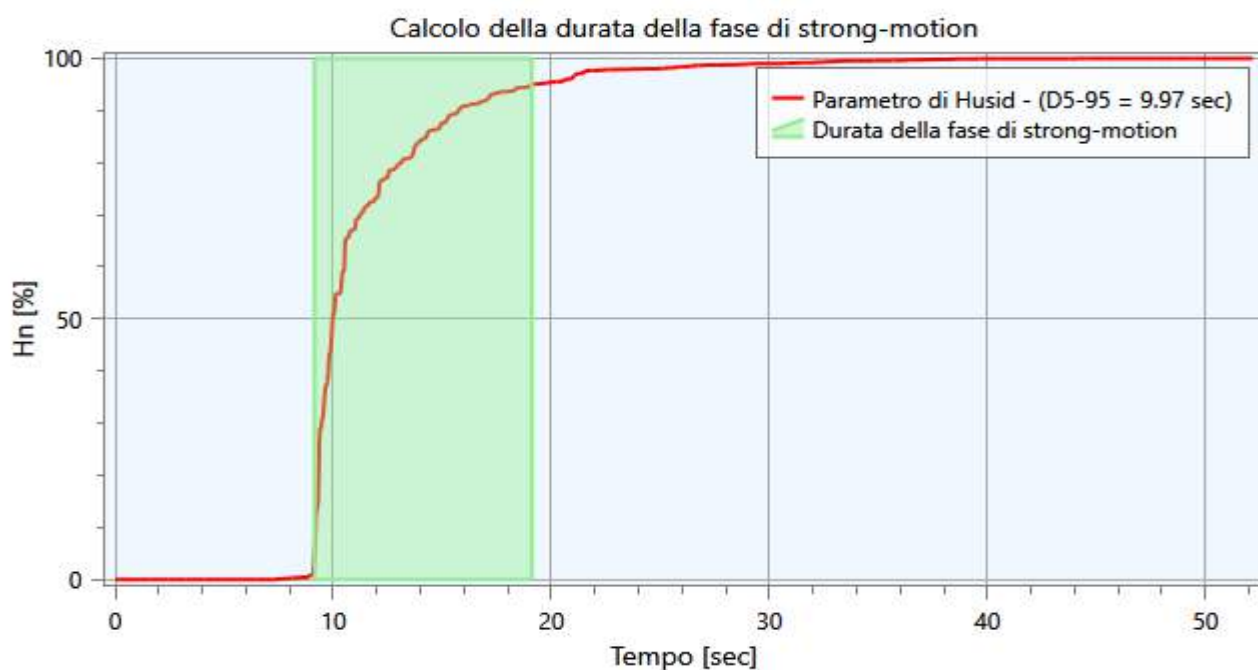
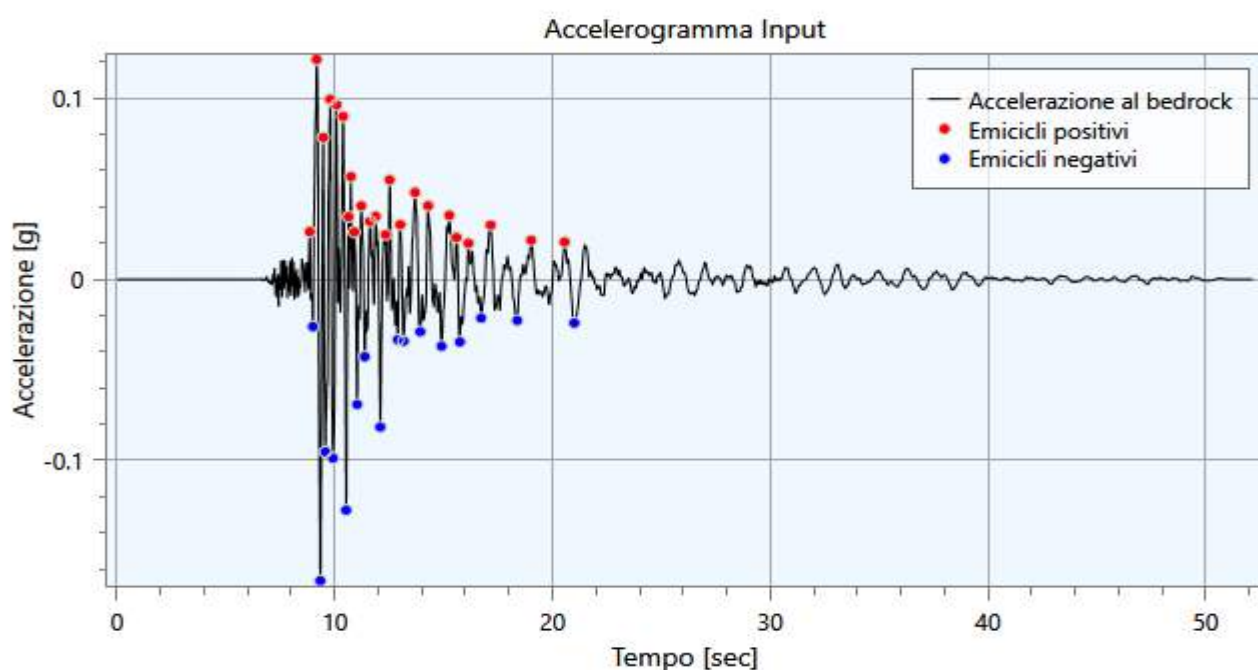
Nome: Acc (10)



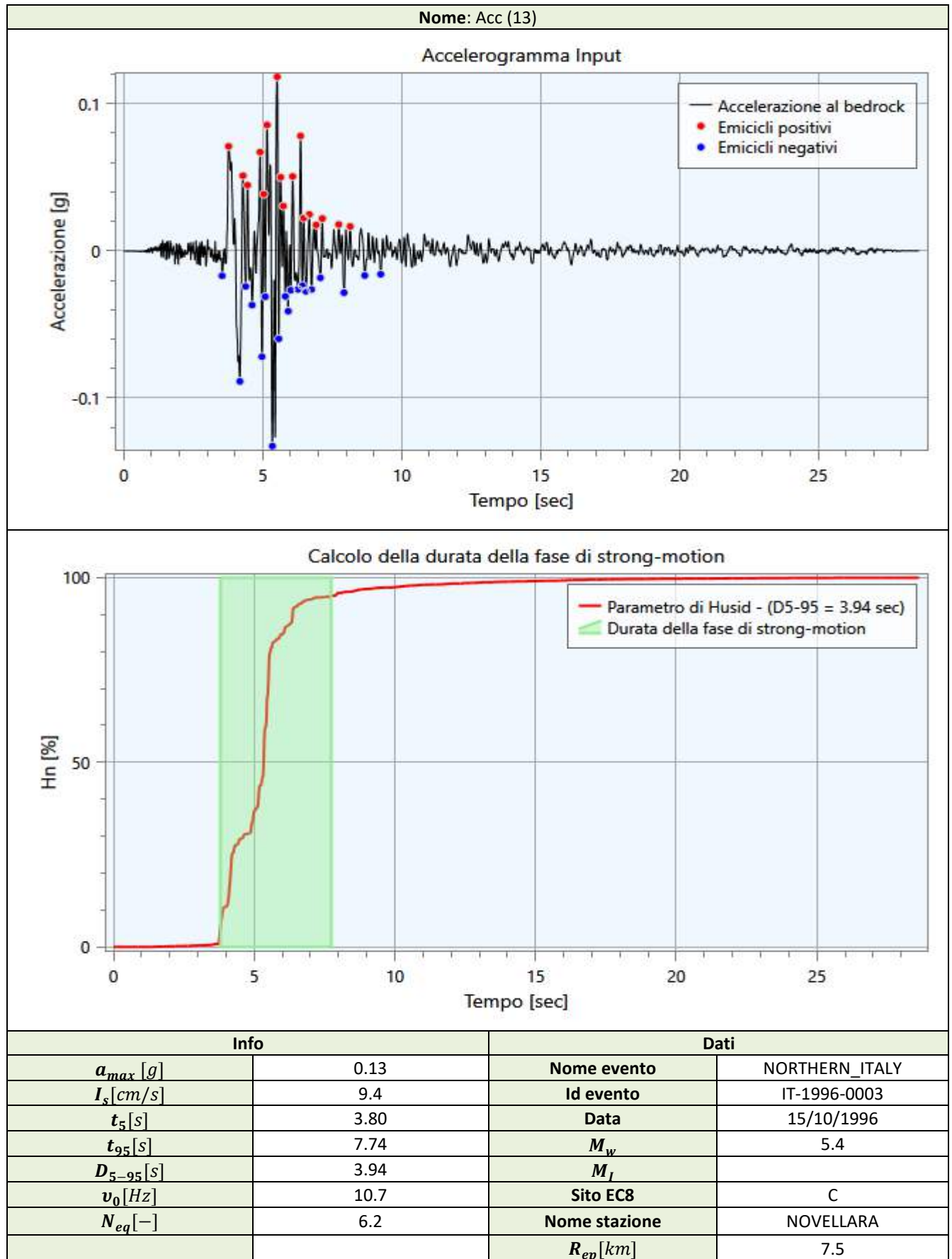
| Info | | Dati | |
|----------------|-------|---------------|---------------------------|
| a_{max} [g] | 0.12 | Nome evento | NORTHERN_ITALY |
| I_s [cm/s] | 16.4 | Id evento | IT-2012-0010 |
| t_5 [s] | 17.05 | Data | 29/05/2012 |
| t_{95} [s] | 28.65 | M_w | 5.5 |
| D_{5-95} [s] | 11.60 | M_I | |
| v_0 [Hz] | 8.4 | Sito EC8 | C (inferred from geology) |
| N_{eq} [—] | 17.1 | Nome stazione | CARPI |
| | | R_{ep} [km] | 12.6 |



Nome: Acc (12)

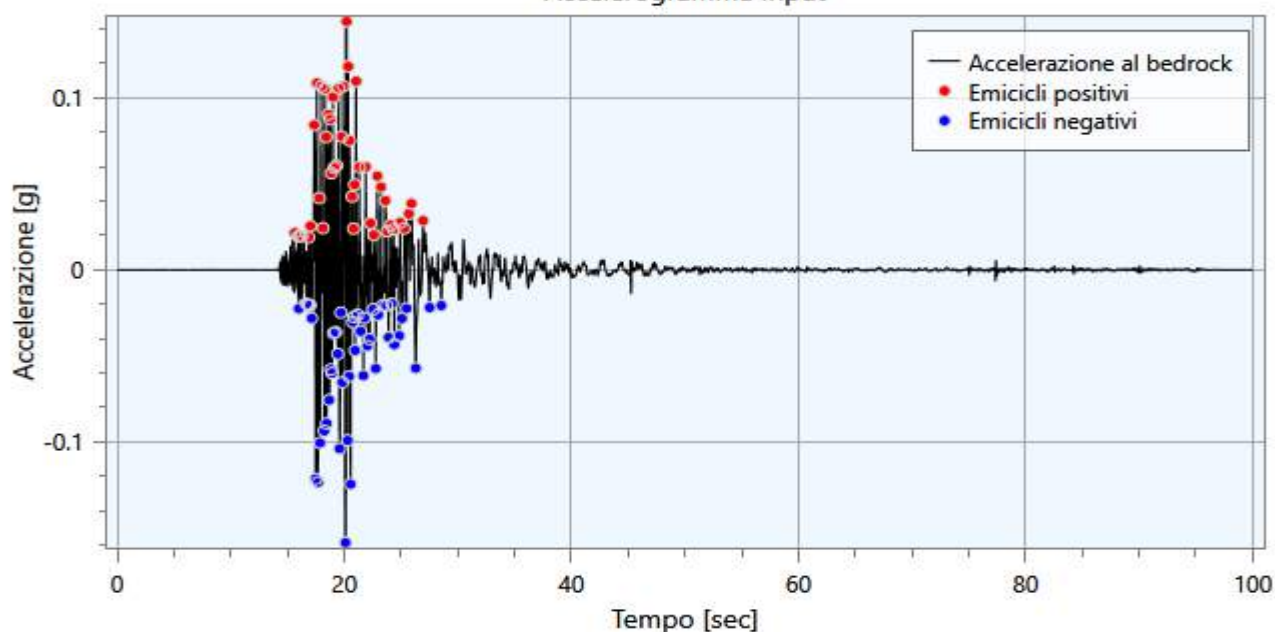


| Info | | Dati | |
|----------------|-------|---------------|-----------------------|
| a_{max} [g] | 0.17 | Nome evento | CENTRAL_ITALY |
| I_s [cm/s] | 19.2 | Id evento | EMSC-20161026_0000077 |
| t_5 [s] | 9.14 | Data | 26/10/2016 |
| t_{95} [s] | 19.11 | M_w | 5.5 |
| D_{5-95} [s] | 9.97 | M_I | |
| v_0 [Hz] | 5.0 | Sito EC8 | B |
| N_{eq} [—] | 6.1 | Nome stazione | NORCIA LA CASTELLINA |
| | | R_{ep} [km] | 9.5 |



Nome: Acc (14)

Accelerogramma Input



Calcolo della durata della fase di strong-motion



| Info | | Dati | |
|----------------|-------|---------------|---------------------------|
| a_{max} [g] | 0.16 | Nome evento | NORTHERN_ITALY |
| I_s [cm/s] | 27.6 | Id evento | IT-2012-0010 |
| t_5 [s] | 17.48 | Data | 29/05/2012 |
| t_{95} [s] | 26.32 | M_w | 5.5 |
| D_{5-95} [s] | 8.84 | M_I | |
| v_0 [Hz] | 10.4 | Sito EC8 | C (inferred from geology) |
| N_{eq} [—] | 16.4 | Nome stazione | Loc. Cortile Carpi MO |
| | | R_{ep} [km] | 8.0 |

4.4 - Modello di Calcolo FEM

Il modello di calcolo agli elementi finiti da utilizzare per lo studio della problematica in esame viene di seguito descritto.

Per ogni analisi, nel caso più generale, è necessario specificare due componenti di sollecitazione. In particolare vi sono, per ogni condizione, un accelerogramma di in direzione X (Orizzontale), ed uno in direzione Z (Verticale).

Ad ogni analisi corrispondono una serie di condizioni di carico. Per ognuna di esse vengono specificate due componenti di accelerazione di input in outcrop. In tabella vengono riportate le condizioni di carico relative al caso in esame:

Analisi1 SLD

| Condizione | Accelerogramma X |
|------------|------------------|
| CDC (1) | Acc (1) |
| CDC (2) | Acc (2) |
| CDC (3) | Acc (3) |
| CDC (4) | Acc (4) |
| CDC (5) | Acc (5) |
| CDC (6) | Acc (6) |
| CDC (7) | Acc (7) |

Tabella 7. Condizioni di carico.

Analisi2 SLV

| Condizione | Accelerogramma X |
|------------|------------------|
| CDC (1) | Acc (8) |
| CDC (2) | Acc (9) |
| CDC (3) | Acc (10) |
| CDC (4) | Acc (11) |
| CDC (5) | Acc (12) |
| CDC (6) | Acc (13) |
| CDC (7) | Acc (14) |

Tabella 8. Condizioni di carico.

Il modello FEM viene ottenuto mediante una discretizzazione con elementi finiti piani a tre o a quattro nodi del dominio. Il passo ed i rapporti di infittimento della mesh in corrispondenza dei punti di controllo sono dati di input e possono variare a seconda del caso. Il passo della mesh deve soddisfare la seguente relazione:

$$p \leq \frac{V_{s,min}}{8 f_{max}}$$

dove:

- p = passo della mesh;
- $V_{s,min}$ = velocità delle onde di taglio minima presente nel modello;
- f_{max} = frequenza massima che si vuole analizzare;

Di seguito si riportano i nodi del modello con le rispettive coordinate nel riferimento X-Z:

| Nodo | X [m] | Z [m] |
|------|-------|-------|
| 1 | -5.00 | 0.00 |
| 2 | 5.00 | 0.00 |

| | | |
|----|-------|--------|
| 3 | -5.00 | -5.00 |
| 4 | 5.00 | -5.00 |
| 5 | -5.00 | -13.00 |
| 6 | 5.00 | -13.00 |
| 7 | -5.00 | -52.00 |
| 8 | 5.00 | -52.00 |
| 9 | 0.00 | -5.00 |
| 10 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | -5.00 | -9.00 |
| 12 | 0.00 | -13.00 |
| 13 | 5.00 | -9.00 |
| 14 | -5.00 | -17.88 |
| 15 | -5.00 | -22.75 |
| 16 | -5.00 | -27.62 |
| 17 | -5.00 | -32.50 |
| 18 | -5.00 | -37.38 |
| 19 | -5.00 | -42.25 |
| 20 | -5.00 | -47.12 |
| 21 | 0.00 | -52.00 |
| 22 | 5.00 | -47.12 |
| 23 | 5.00 | -42.25 |
| 24 | 5.00 | -37.38 |
| 25 | 5.00 | -32.50 |
| 26 | 5.00 | -27.62 |
| 27 | 5.00 | -22.75 |
| 28 | 5.00 | -17.88 |
| 29 | 0.00 | -9.00 |
| 30 | 0.00 | -17.88 |
| 31 | 0.00 | -22.75 |
| 32 | 0.00 | -27.62 |
| 33 | 0.00 | -32.50 |
| 34 | 0.00 | -37.38 |
| 35 | 0.00 | -42.25 |
| 36 | 0.00 | -47.12 |

Tabella 9. Nodi del modello FEM.

Di seguito gli elementi:

| Elemento | Nodo 1 | Nodo 2 | Nodo 3 | Nodo 4 |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 1 | 3 | 9 | 10 |
| 2 | 10 | 9 | 4 | 2 |
| 3 | 3 | 11 | 29 | 9 |
| 4 | 11 | 5 | 12 | 29 |
| 5 | 9 | 29 | 13 | 4 |
| 6 | 29 | 12 | 6 | 13 |
| 7 | 5 | 14 | 30 | 12 |
| 8 | 14 | 15 | 31 | 30 |
| 9 | 15 | 16 | 32 | 31 |
| 10 | 16 | 17 | 33 | 32 |
| 11 | 17 | 18 | 34 | 33 |
| 12 | 18 | 19 | 35 | 34 |
| 13 | 19 | 20 | 36 | 35 |
| 14 | 20 | 7 | 21 | 36 |
| 15 | 12 | 30 | 28 | 6 |
| 16 | 30 | 31 | 27 | 28 |

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 17 | 31 | 32 | 26 | 27 |
| 18 | 32 | 33 | 25 | 26 |
| 19 | 33 | 34 | 24 | 25 |
| 20 | 34 | 35 | 23 | 24 |
| 21 | 35 | 36 | 22 | 23 |
| 22 | 36 | 21 | 8 | 22 |

Tabella 9bis. Elementi del modello FEM.

Le condizioni al contorno del problema in esame (posizione del bedrock) vengono prese in considerazione sul modello FEM mediante l'applicazione di smorzatori viscosi sui nodi facenti parte della porzione di terreno a contatto con il bedrock. Tali smorzatori esprimono due componenti (una orizzontale ed una verticale) di forza proporzionali alla velocità.

Le costanti di smorzamento C_x e C_z sono rispettivamente:

$$C_x = \rho_b * V_{sb} * V_{sb} \text{ e } C_z = \rho_b * V_{pb} * V_{pb}$$

dove:

- ρ_b = densità di massa del substrato;
- V_{sb} = velocità delle onde di taglio del substrato;
- V_{pb} = velocità delle onde p del substrato;

Sul modello possono essere applicati dei vincoli fissi nel caso in cui il substrato lo si volesse modellare come infinitamente rigido o per simulare un comportamento monodimensionale. In tal caso vengono applicati su tutti i nodi del modello dei vincoli in direzione verticale, in modo da consentire solo deformazioni di taglio.

Di seguito vengono indicati i vincoli applicati al modello (B: "bloccato"; L : "libero") :

| Nodo | Direzione X | Direzione Z |
|------|-------------|-------------|
| 1 | L | B |
| 2 | L | B |
| 3 | L | B |
| 4 | L | B |
| 5 | L | B |
| 6 | L | B |
| 7 | L | B |
| 8 | L | B |
| 9 | L | B |
| 10 | L | B |
| 11 | L | B |
| 12 | L | B |
| 13 | L | B |
| 14 | L | B |
| 15 | L | B |
| 16 | L | B |
| 17 | L | B |
| 18 | L | B |
| 19 | L | B |
| 20 | L | B |
| 21 | L | B |
| 22 | L | B |
| 23 | L | B |
| 24 | L | B |
| 25 | L | B |

| | | |
|----|---|---|
| 26 | L | B |
| 27 | L | B |
| 28 | L | B |
| 29 | L | B |
| 30 | L | B |
| 31 | L | B |
| 32 | L | B |
| 33 | L | B |
| 34 | L | B |
| 35 | L | B |
| 36 | L | B |

Tabella 10. Vincoli esterni del Modello FEM.

I cinematismi di controllo, in corrispondenza dei quali vengono monitorate le storie temporali, sono di seguito riportati:

| ID Nodo | Target in X | Target in Z |
|---------|-------------|-------------|
| 1 | SI | NO |
| 2 | NO | NO |
| 3 | NO | NO |
| 4 | NO | NO |
| 5 | NO | NO |
| 6 | NO | NO |
| 7 | NO | NO |
| 8 | NO | NO |
| 9 | NO | NO |
| 10 | NO | NO |
| 11 | NO | NO |
| 12 | NO | NO |
| 13 | NO | NO |
| 14 | NO | NO |
| 15 | NO | NO |
| 16 | NO | NO |
| 17 | NO | NO |
| 18 | NO | NO |
| 19 | NO | NO |
| 20 | NO | NO |
| 21 | NO | NO |
| 22 | NO | NO |
| 23 | NO | NO |
| 24 | NO | NO |
| 25 | NO | NO |
| 26 | NO | NO |
| 27 | NO | NO |
| 28 | NO | NO |
| 29 | NO | NO |
| 30 | NO | NO |
| 31 | NO | NO |
| 32 | NO | NO |
| 33 | NO | NO |
| 34 | NO | NO |
| 35 | NO | NO |
| 36 | NO | NO |

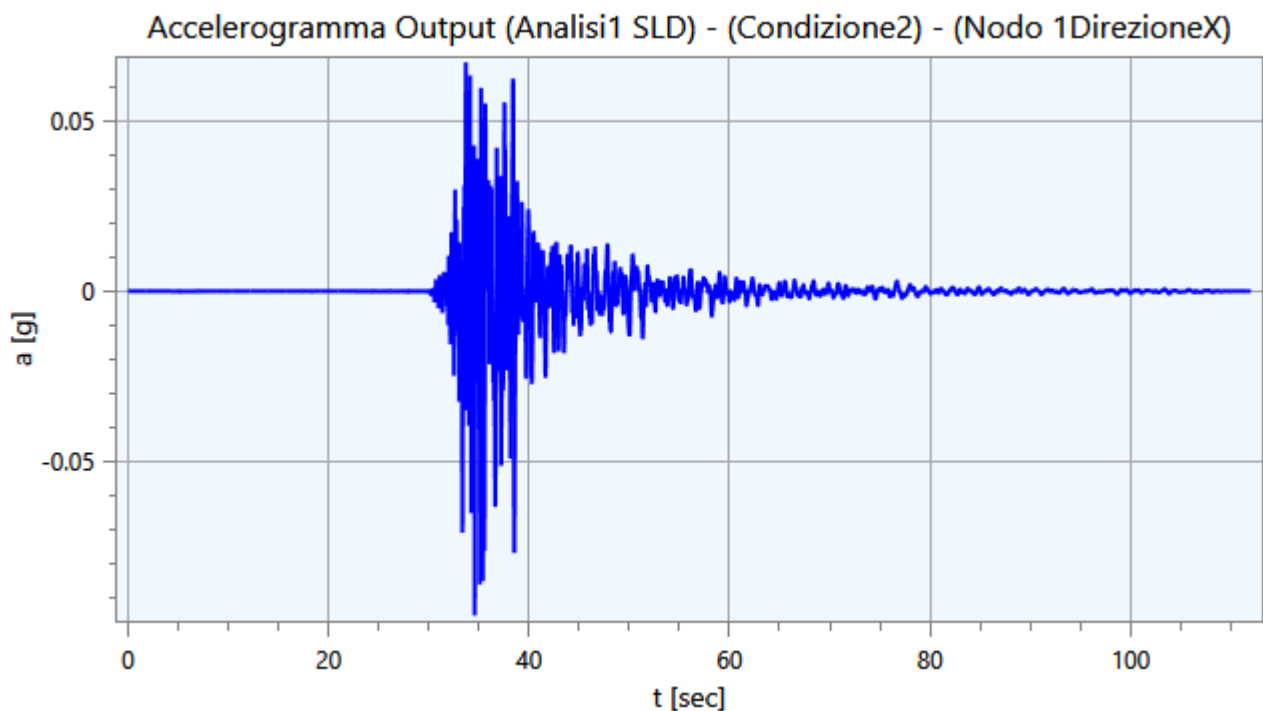
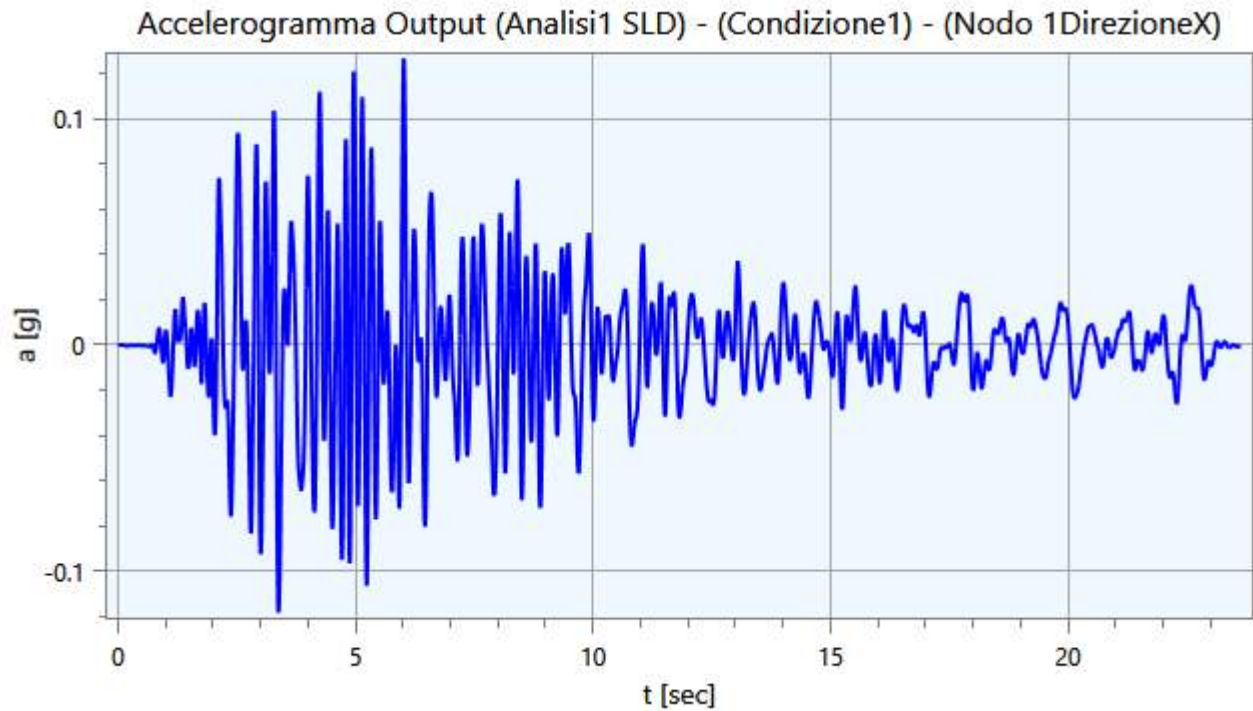
Tabella 11. Cinematismi di controllo.

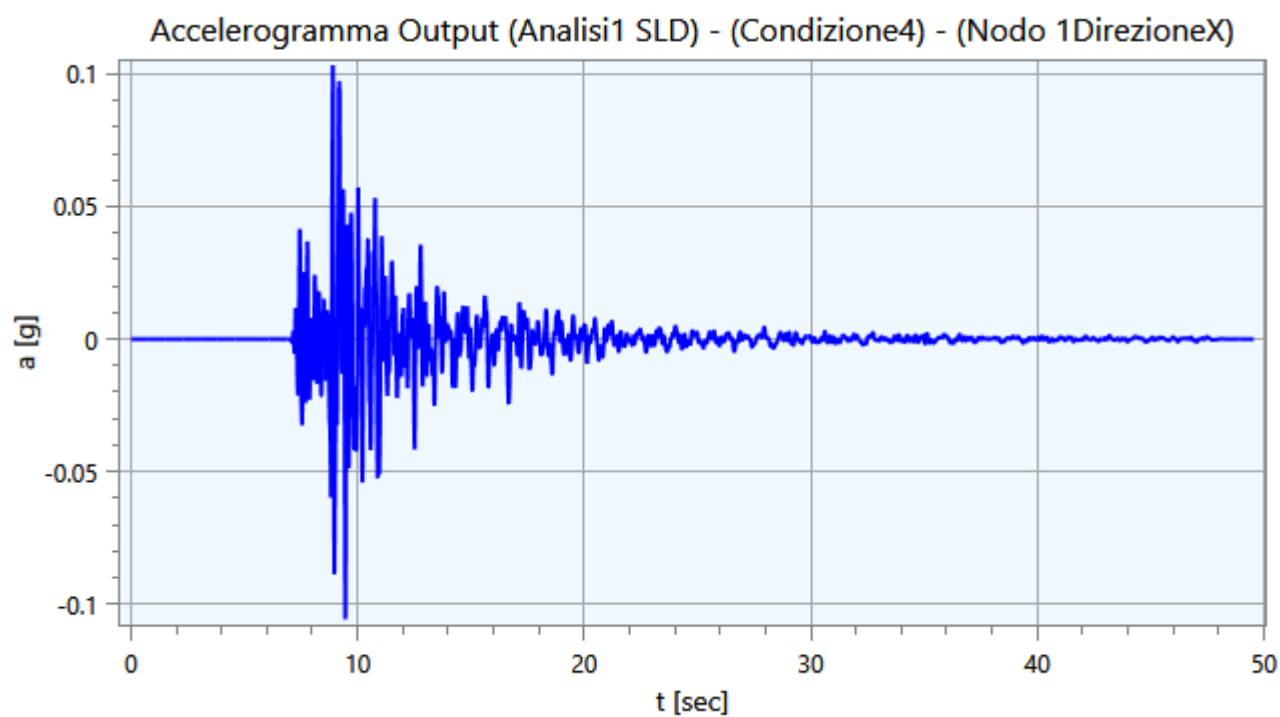
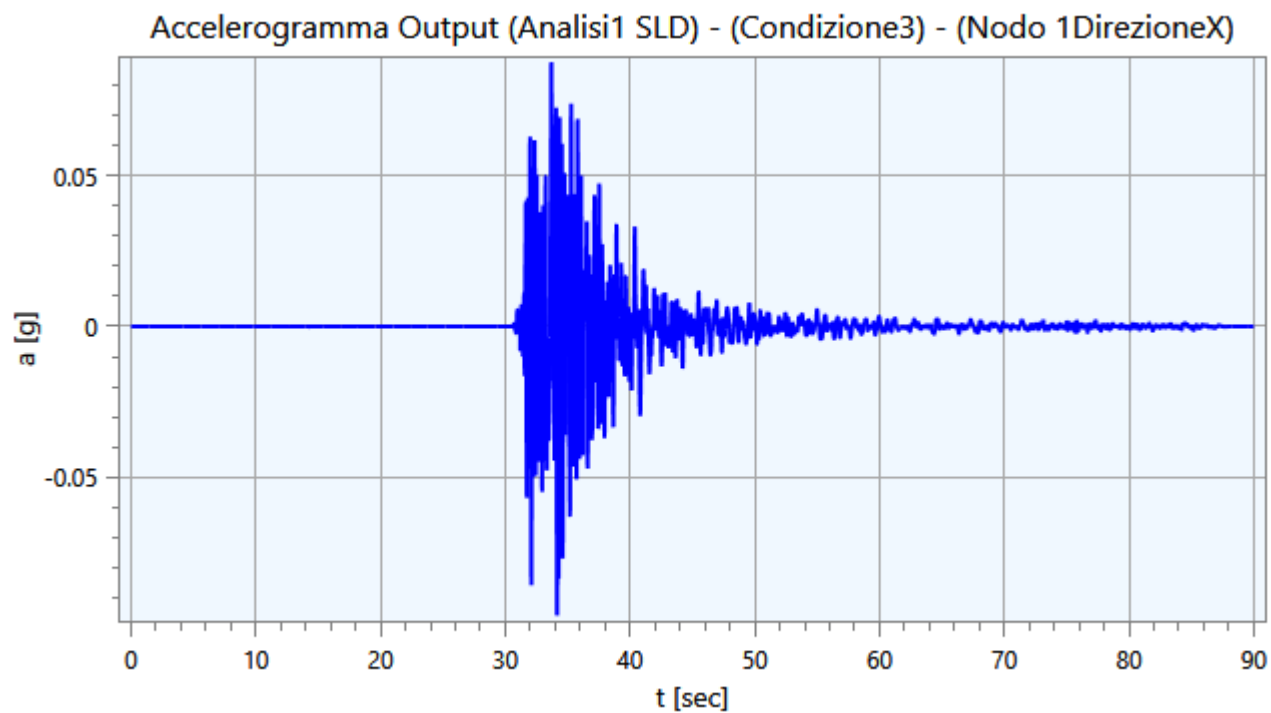
5 - Output

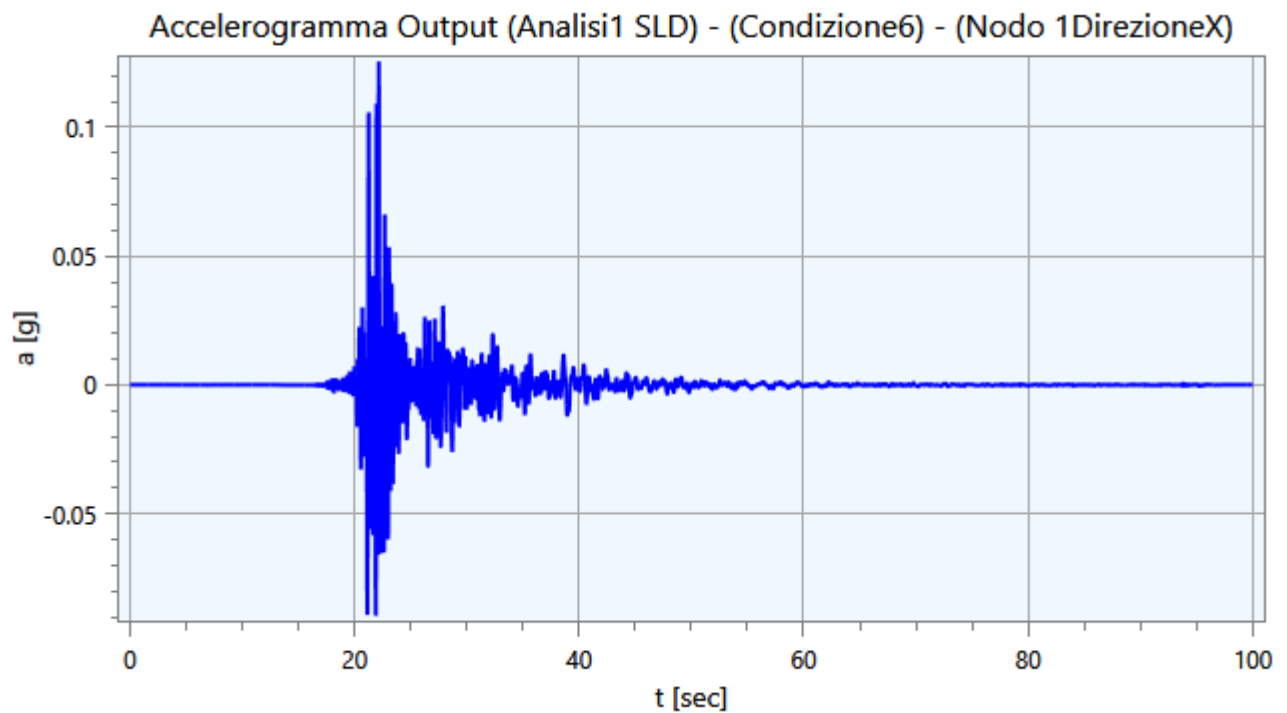
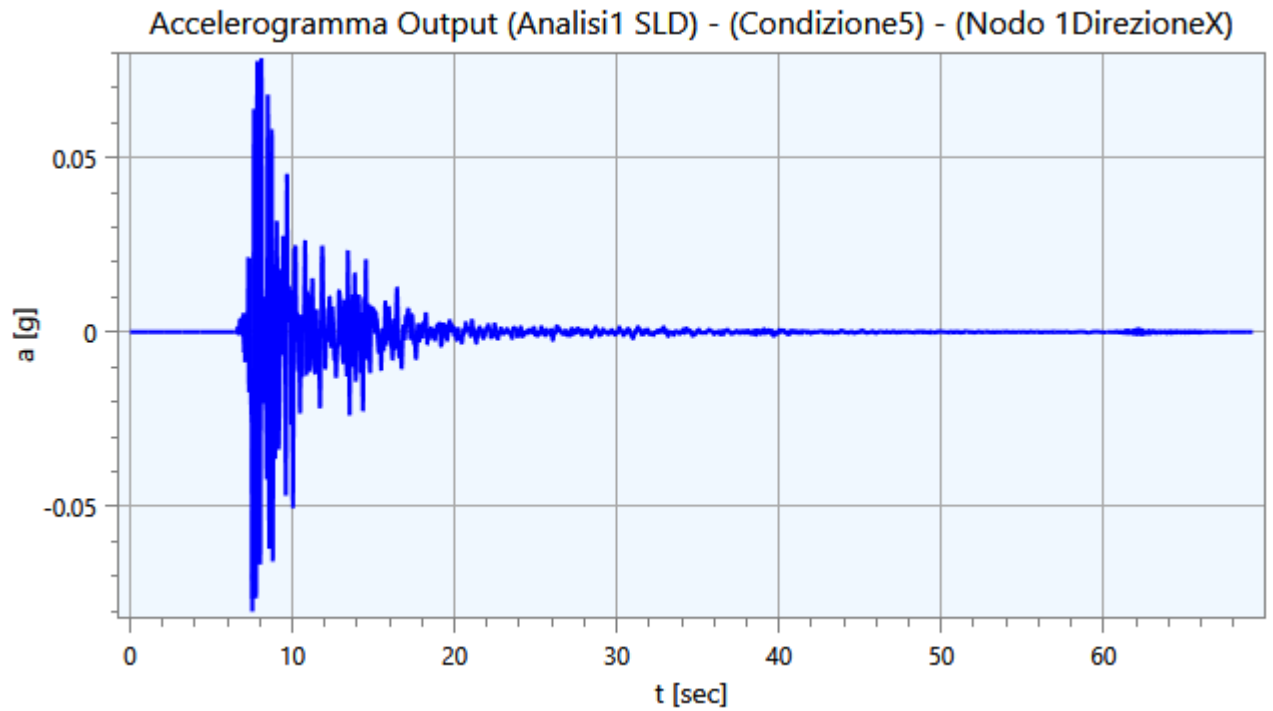
Nei paragrafi successivi vengono riportate le informazioni relative ai risultati del calcolo.

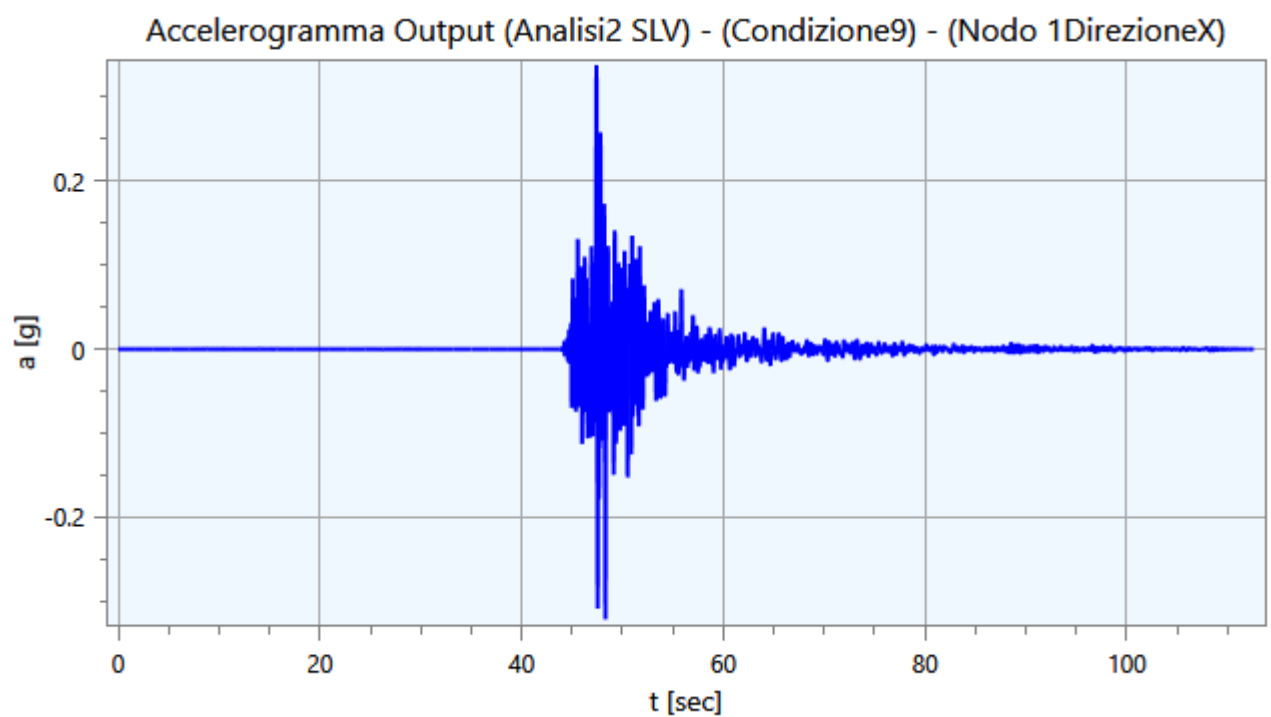
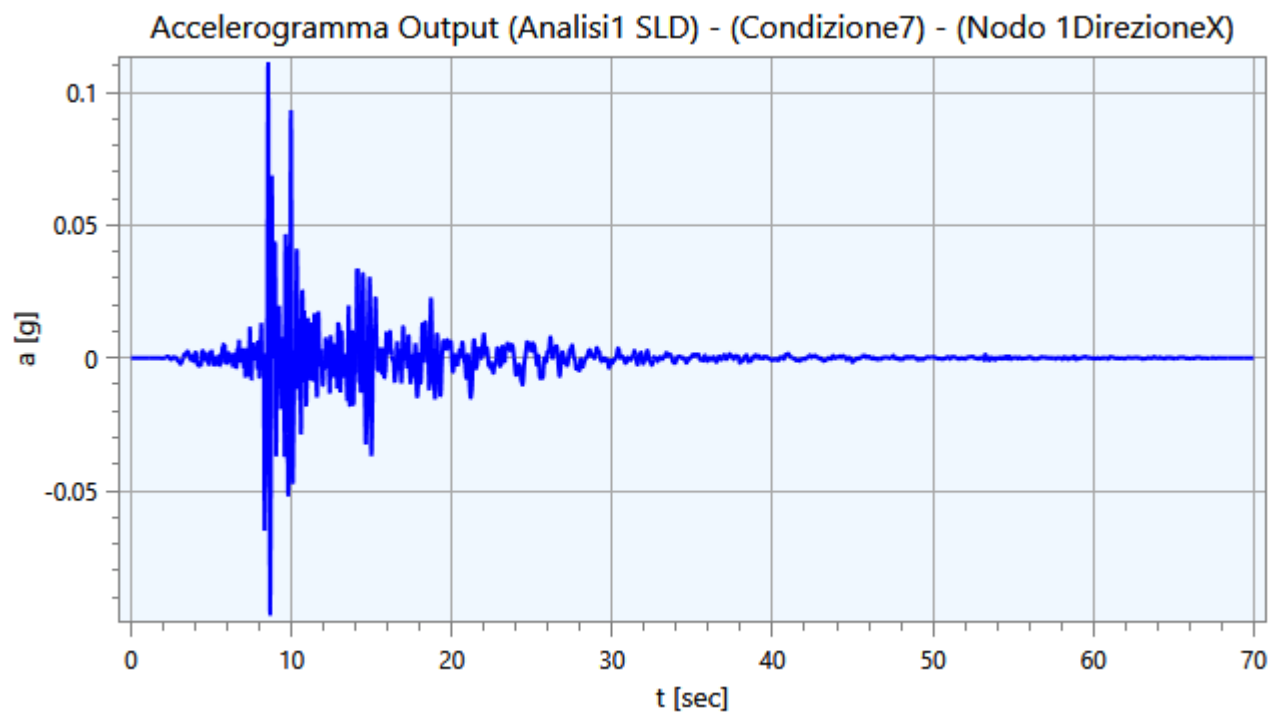
5.1 - Accelerogrammi Output

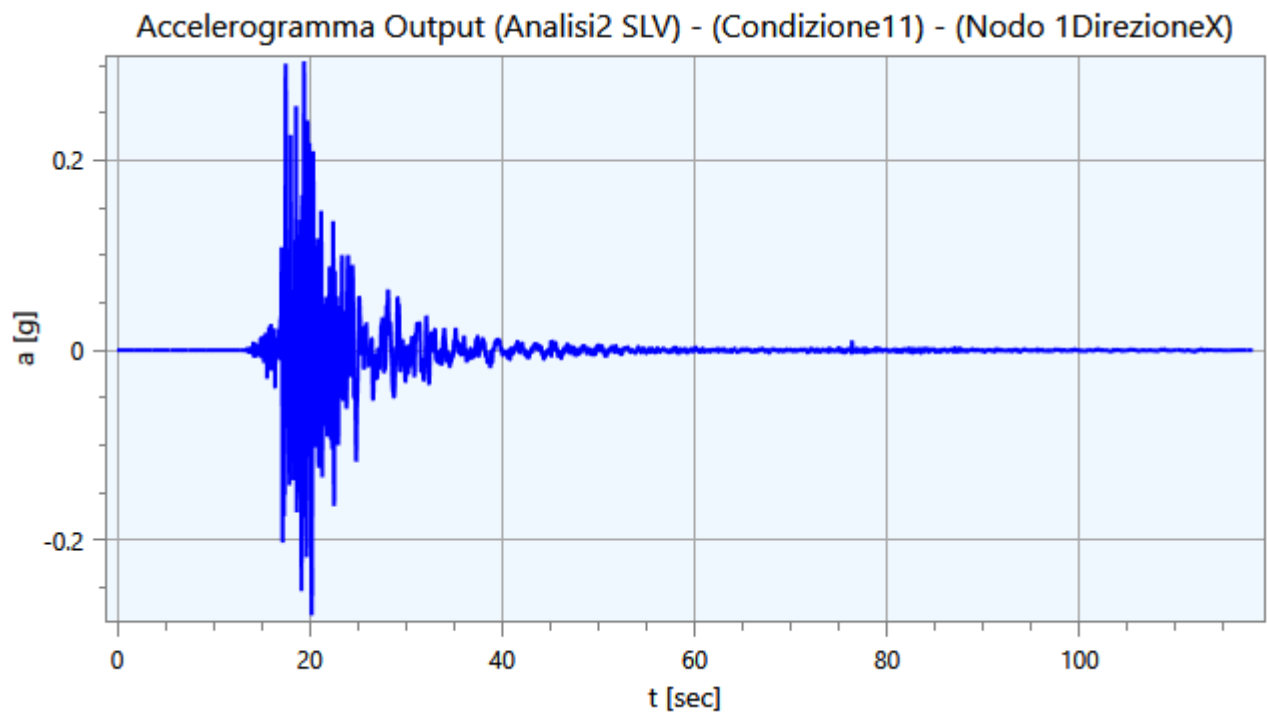
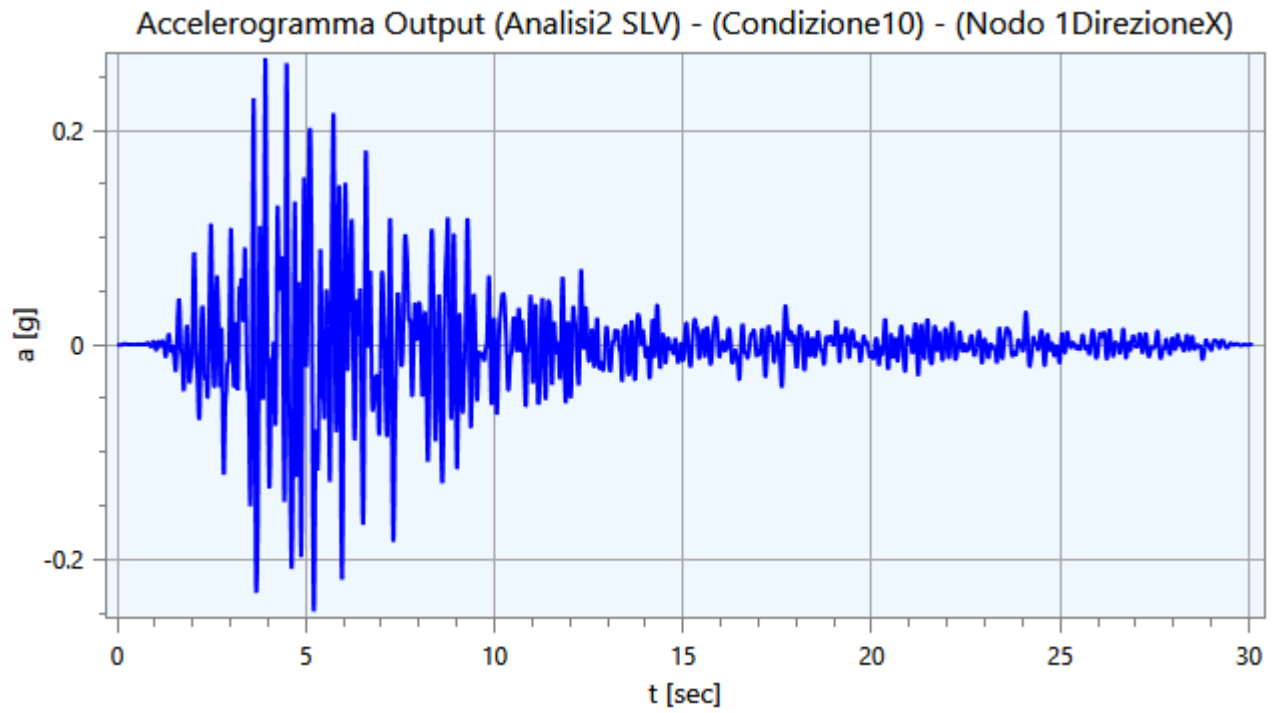
Di seguito vengono riportati gli accelerogrammi relativi alle varie analisi effettuate ed alle rispettive condizioni di carico per i cinematismi di controllo:



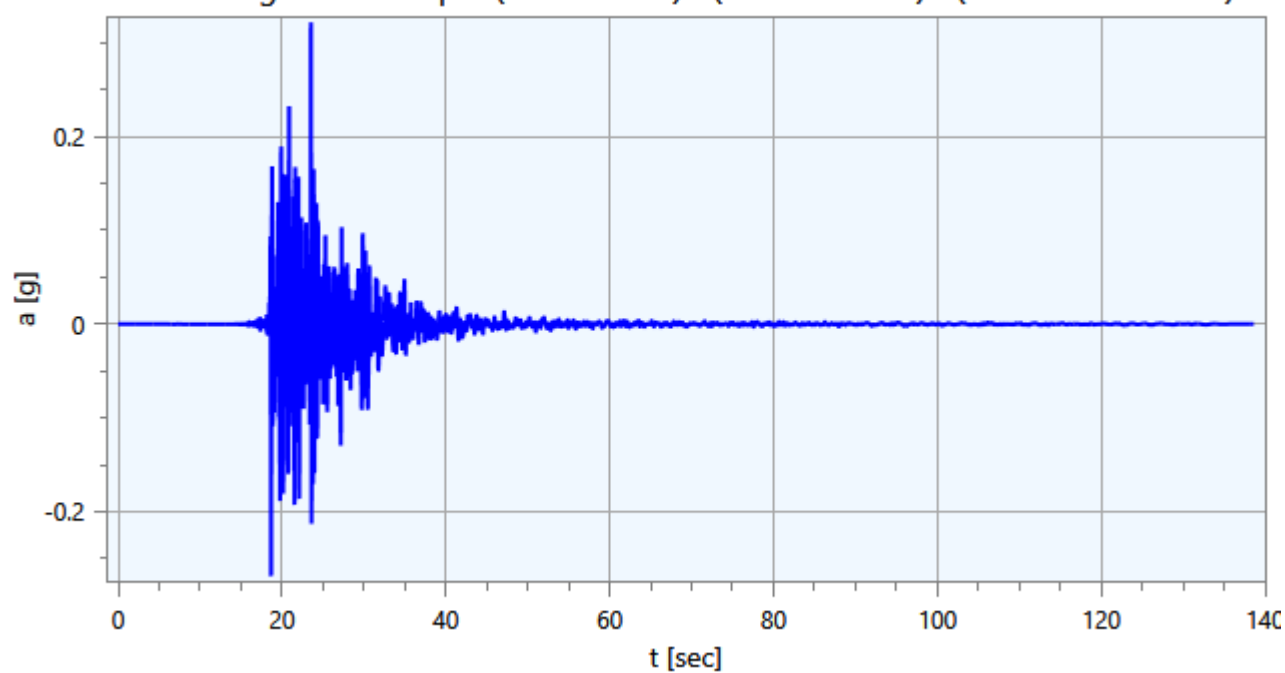




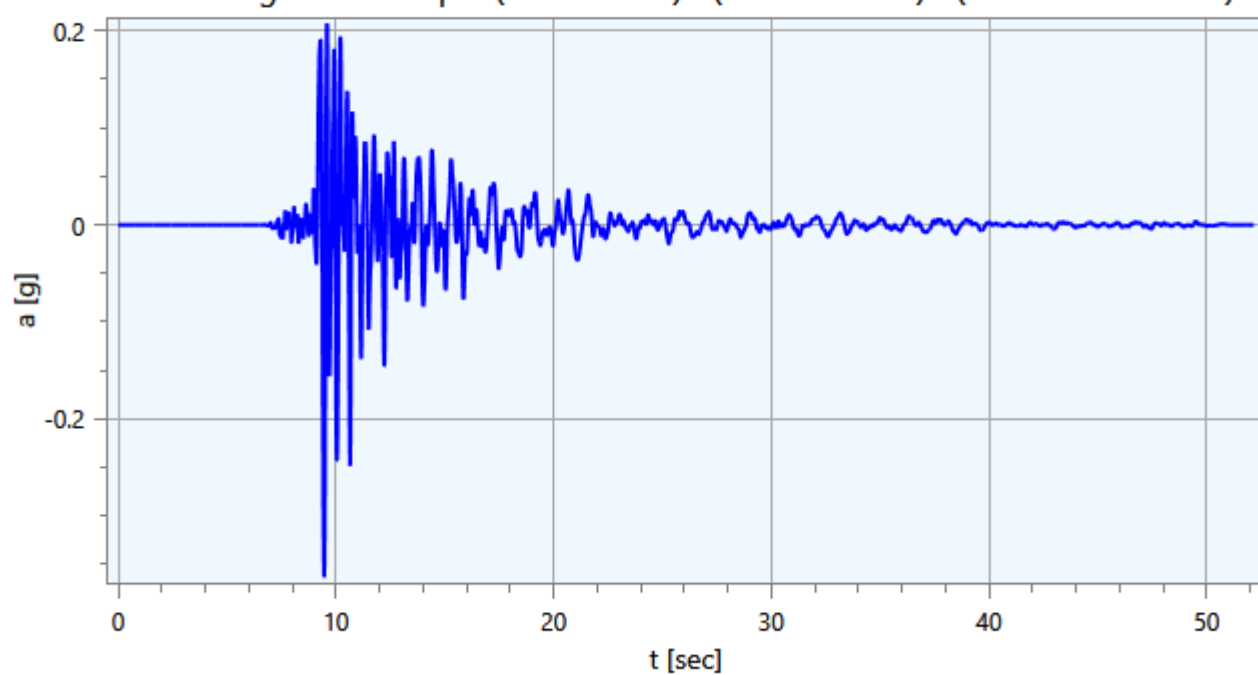


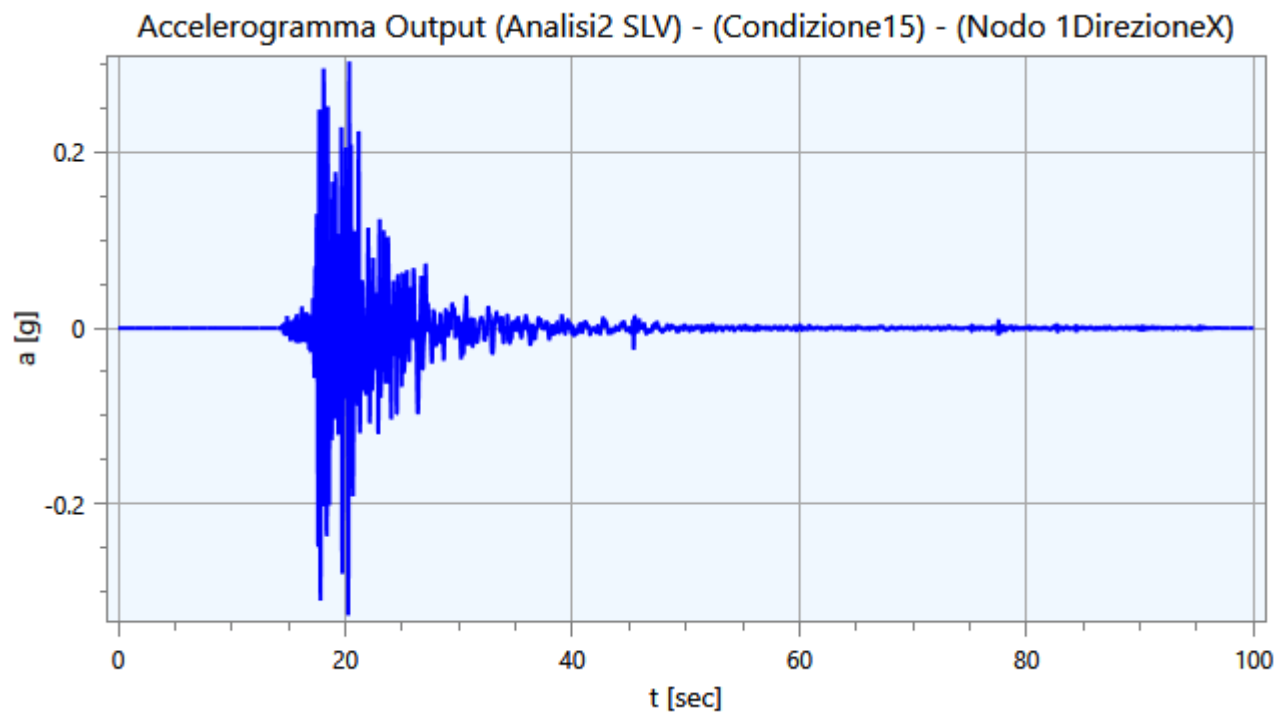
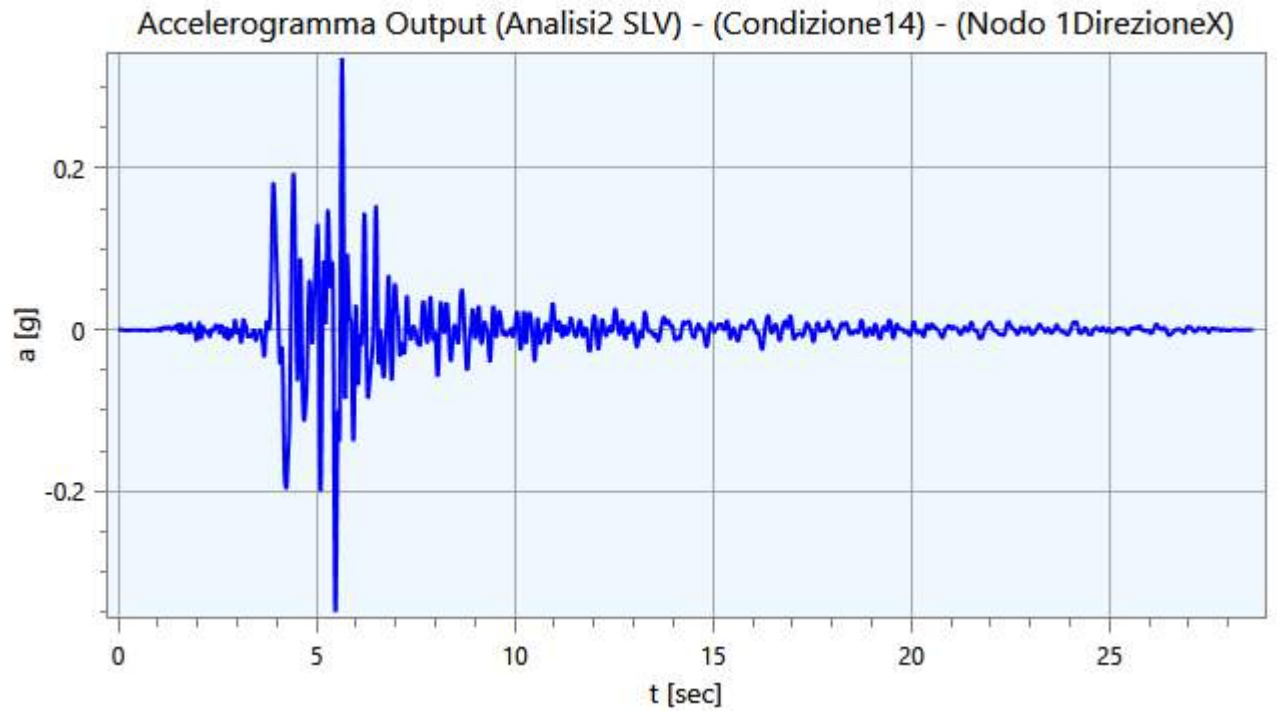


Accelerogramma Output (Analisi2 SLV) - (Condizione12) - (Nodo 1DirezioneX)



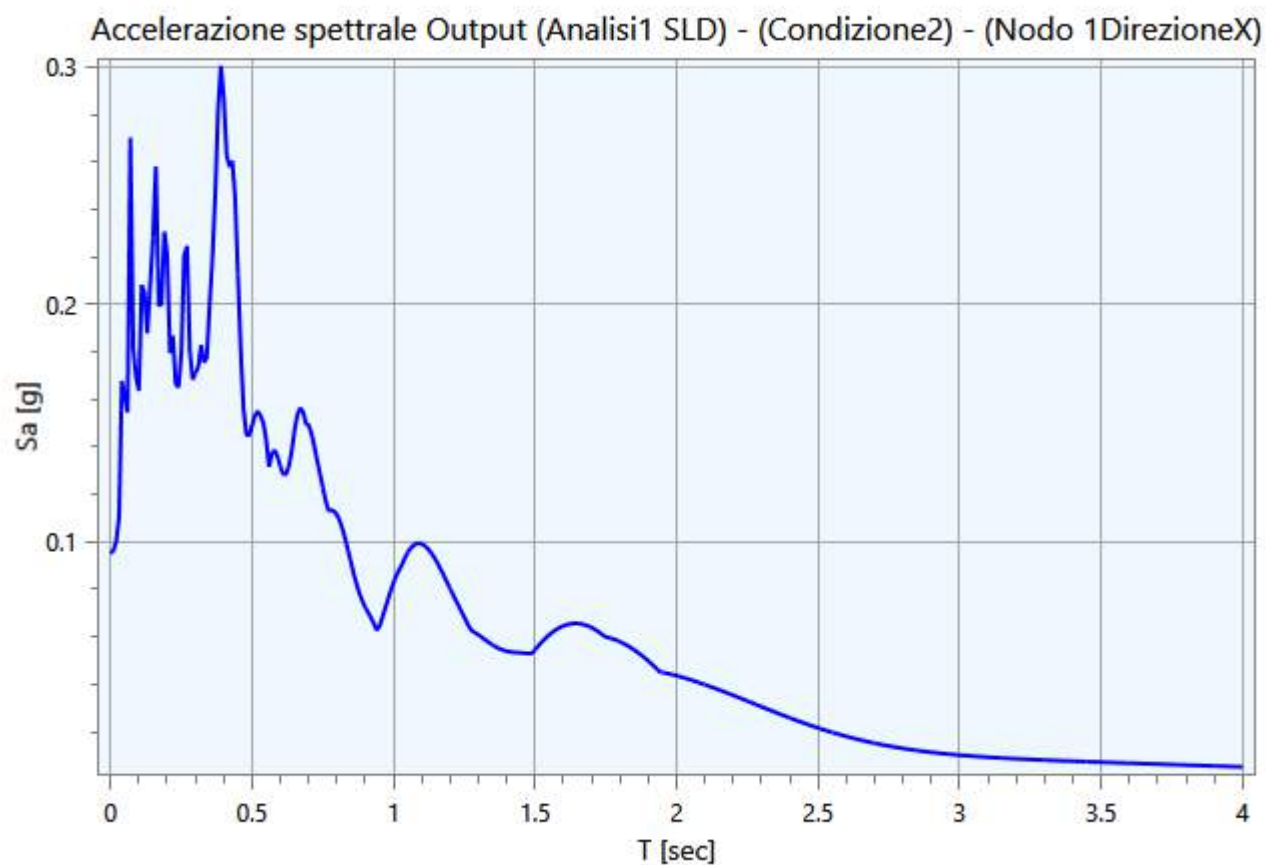
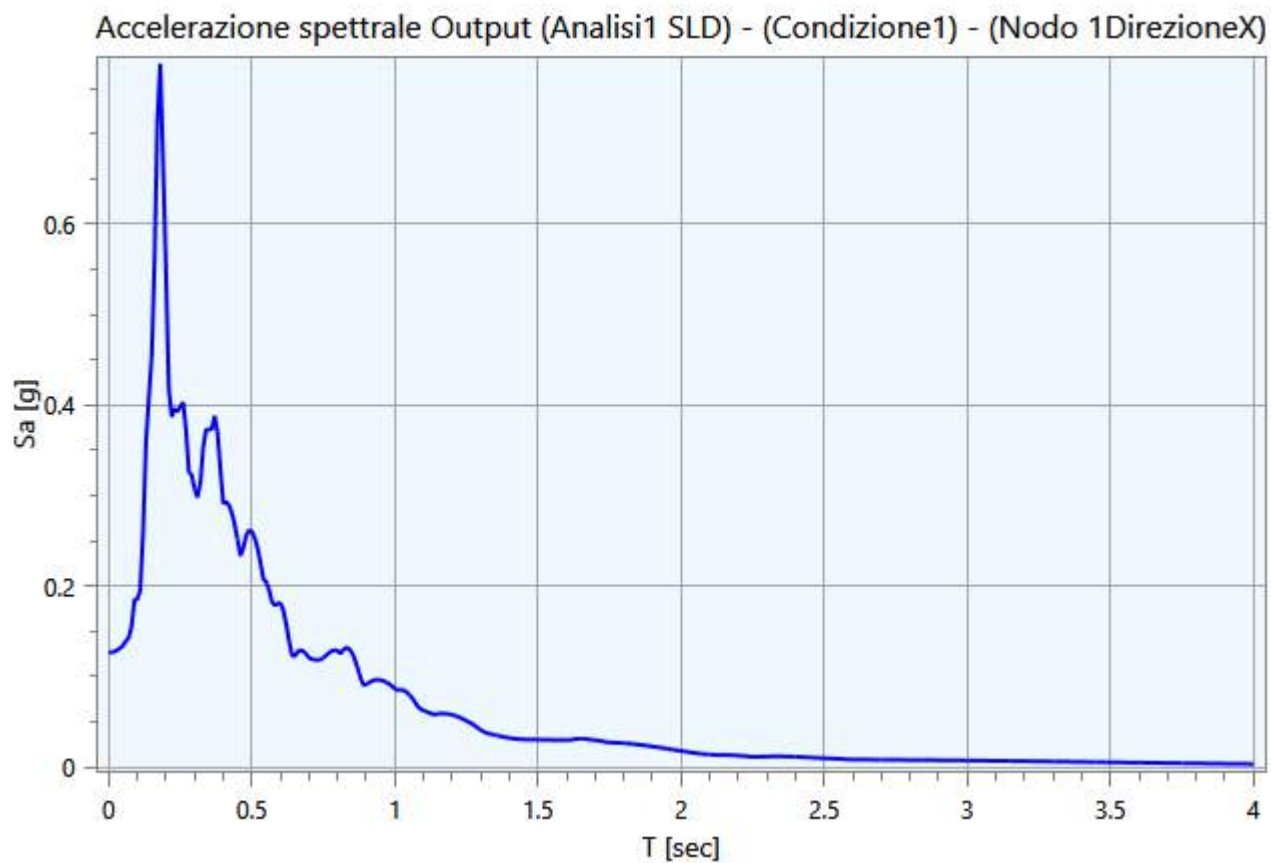
Accelerogramma Output (Analisi2 SLV) - (Condizione13) - (Nodo 1DirezioneX)

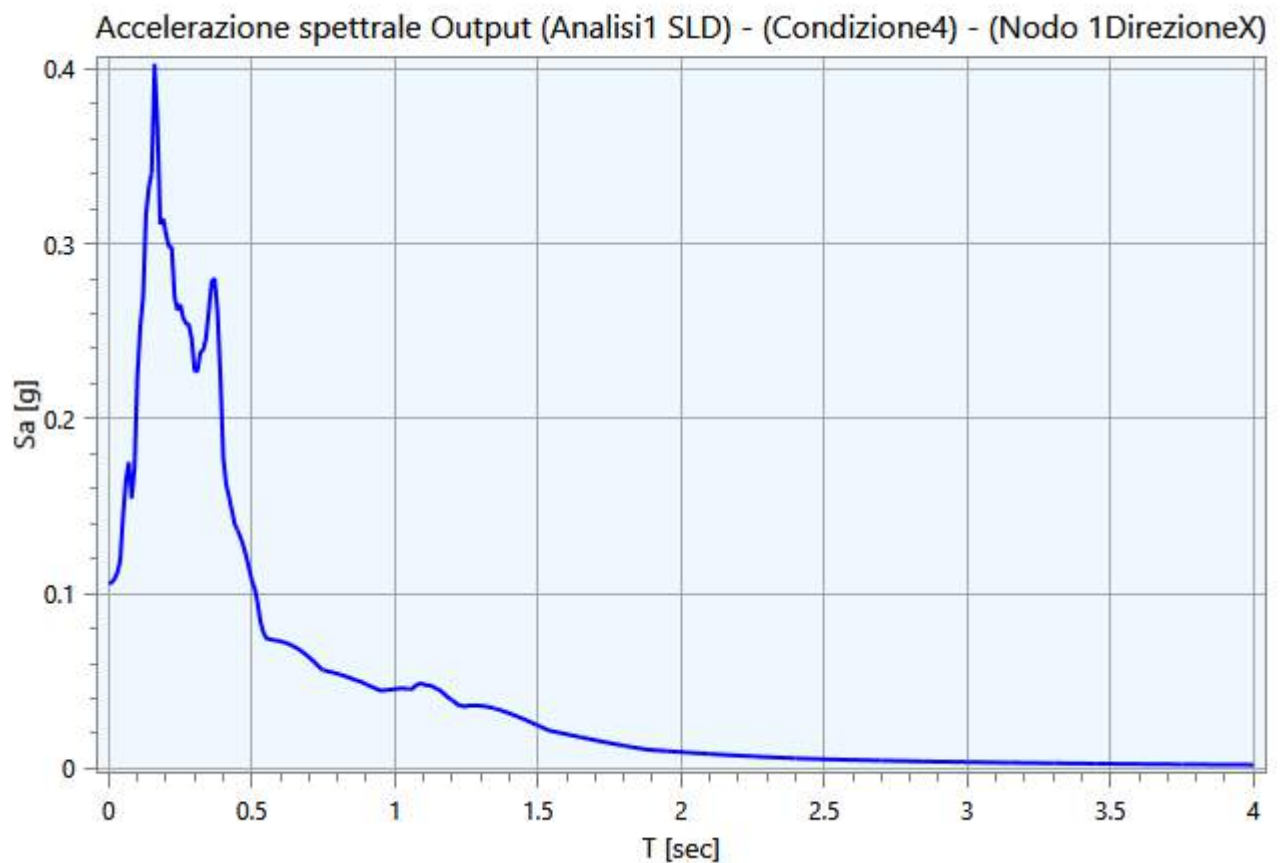
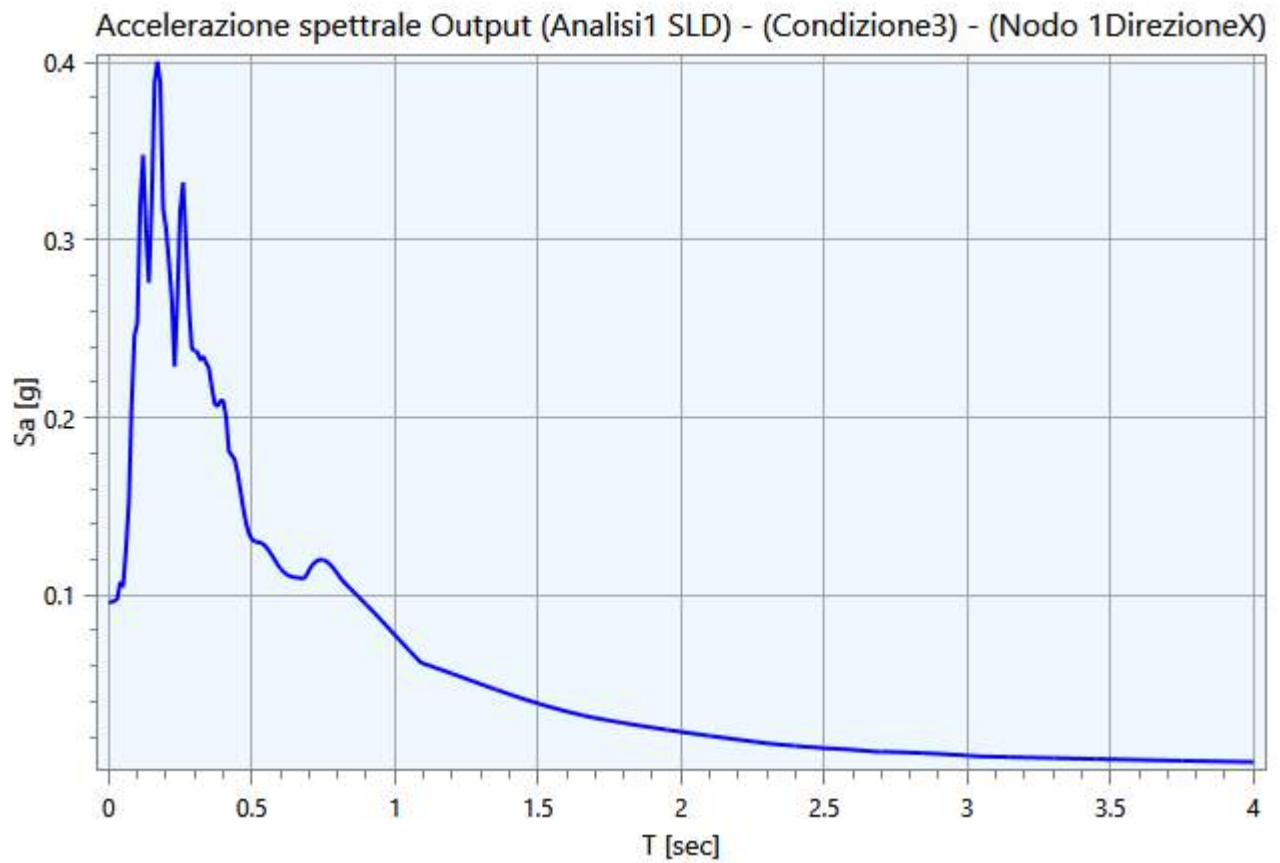




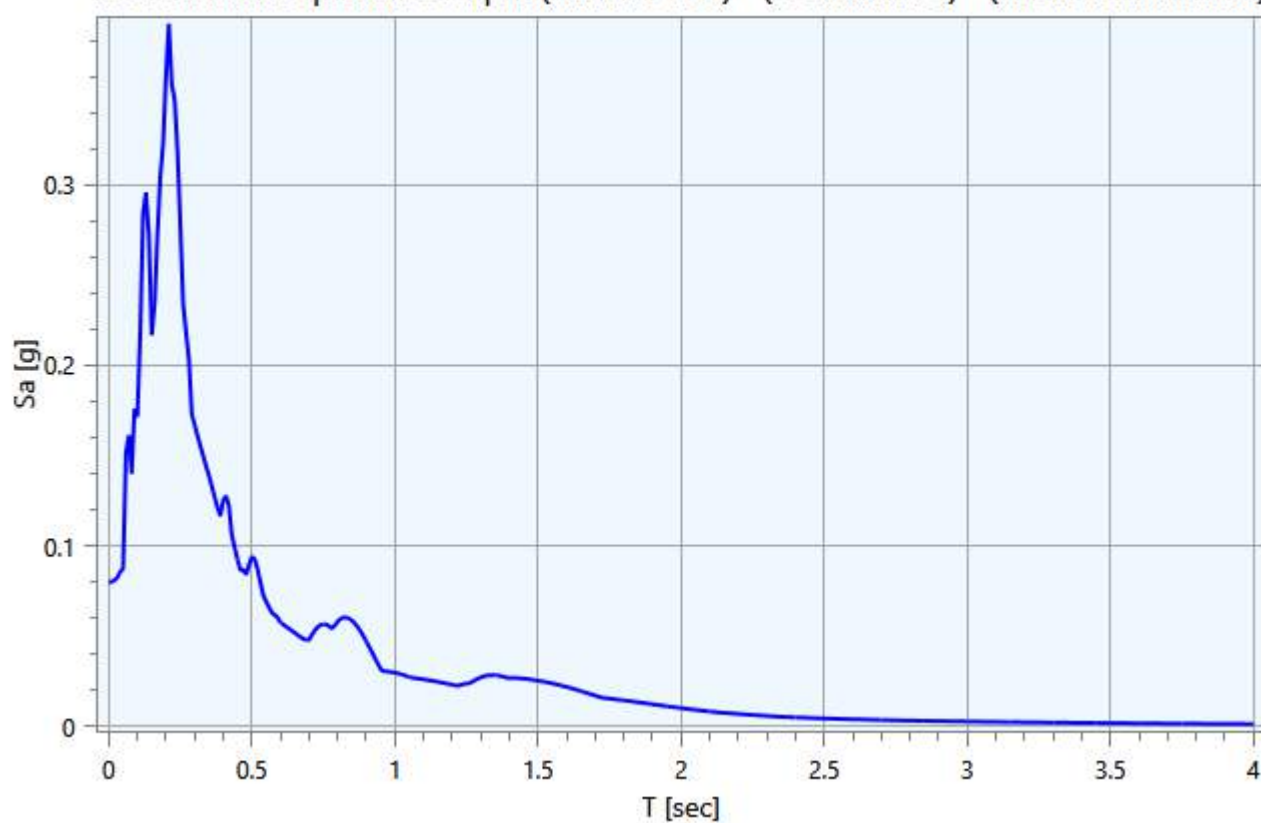
5.2 - Spettri Output

Di seguito vengono riportati gli spettri relativi alle varie analisi effettuate ed alle rispettive condizioni di carico per i cinematismi di controllo:

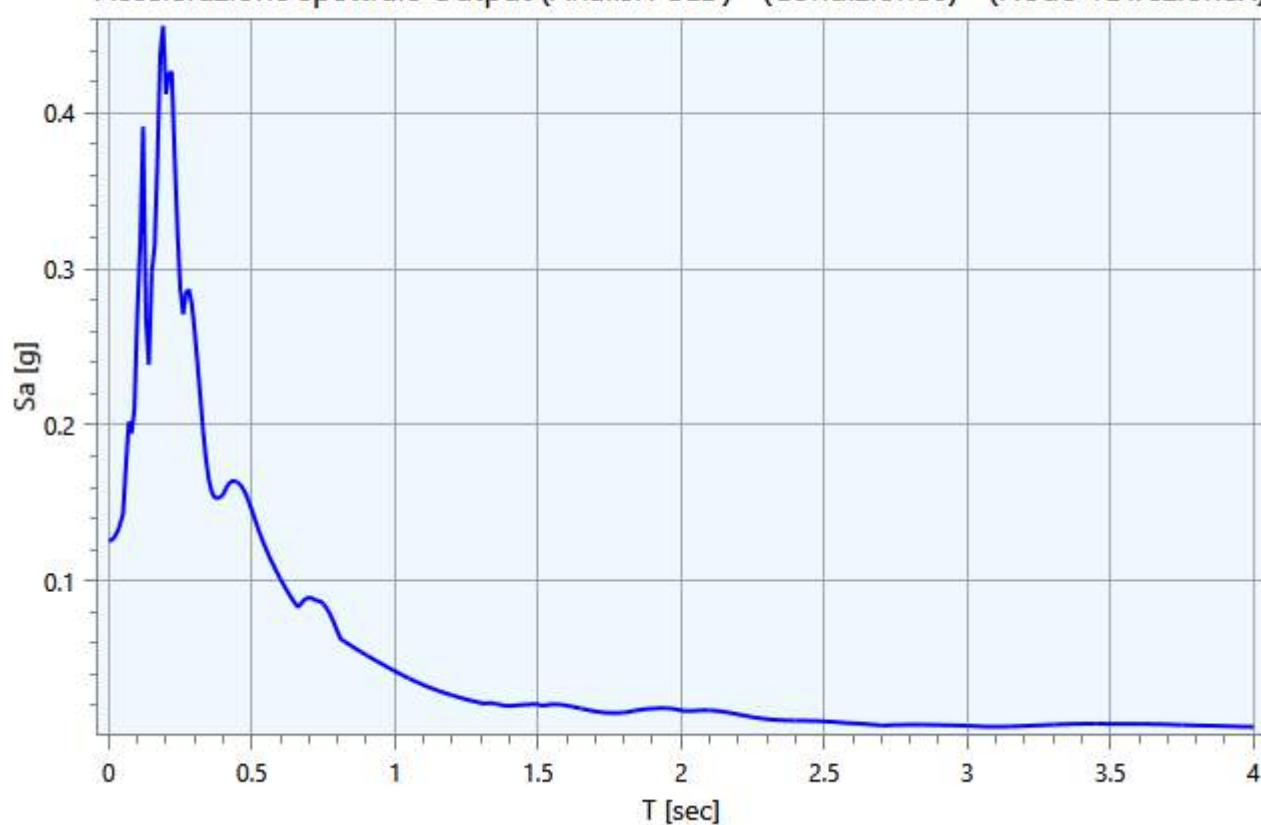


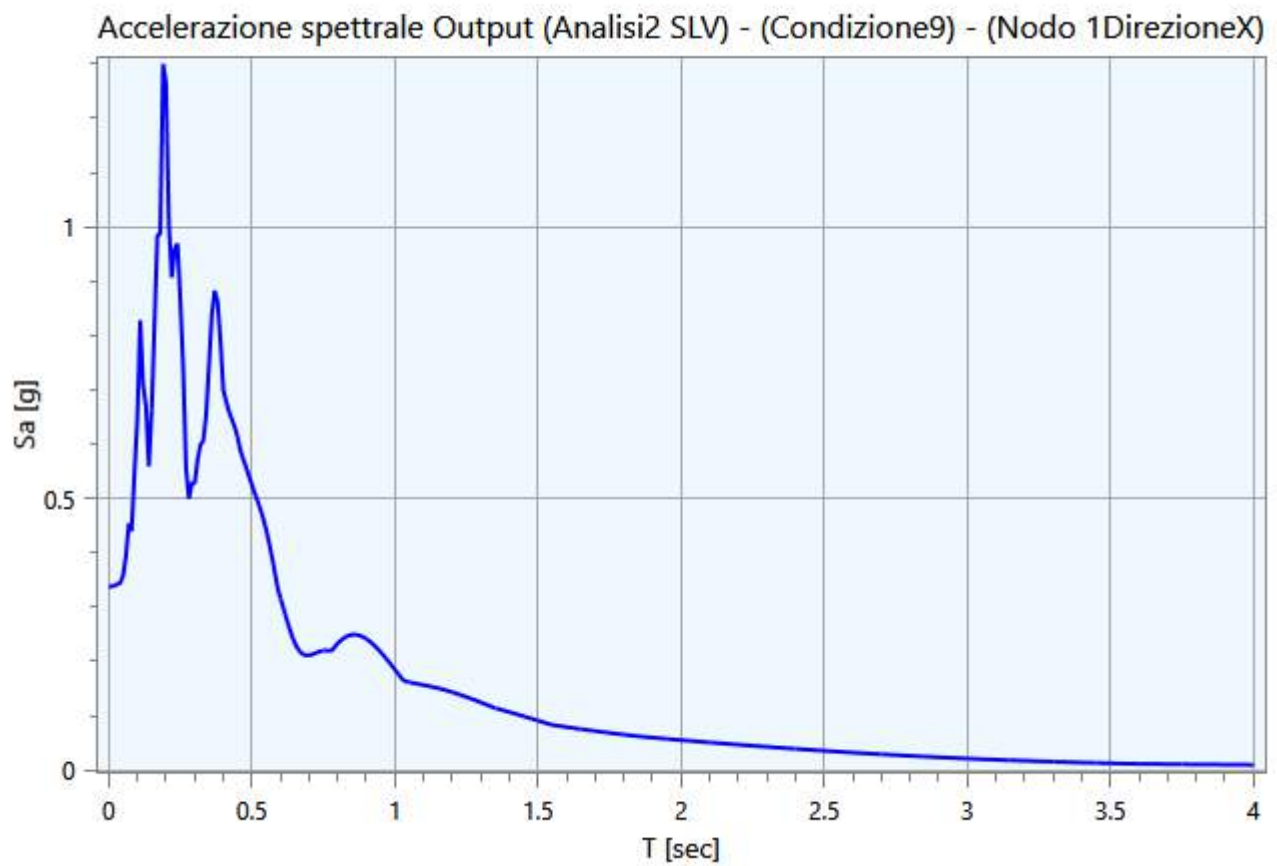
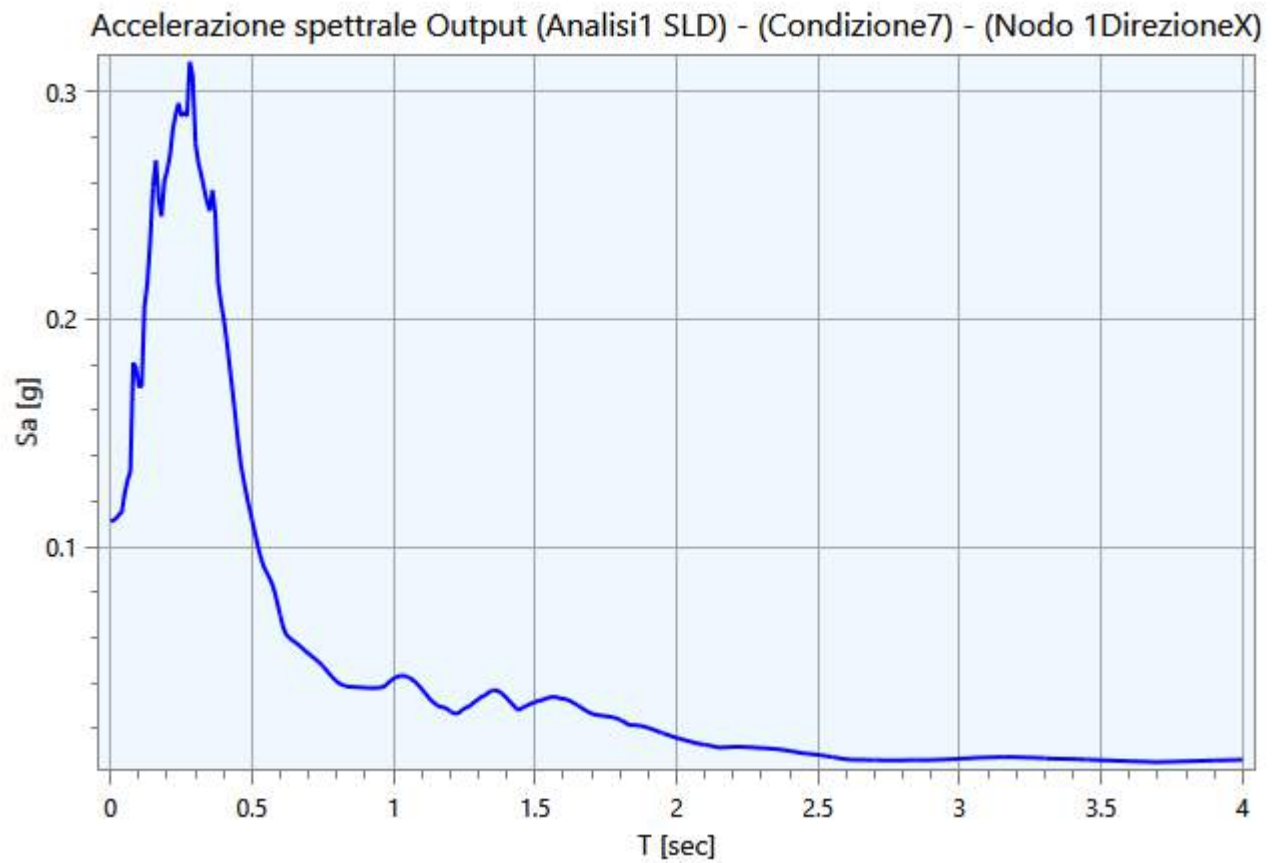


Accelerazione spettrale Output (Analisi1 SLD) - (Condizione5) - (Nodo 1DirezioneX)

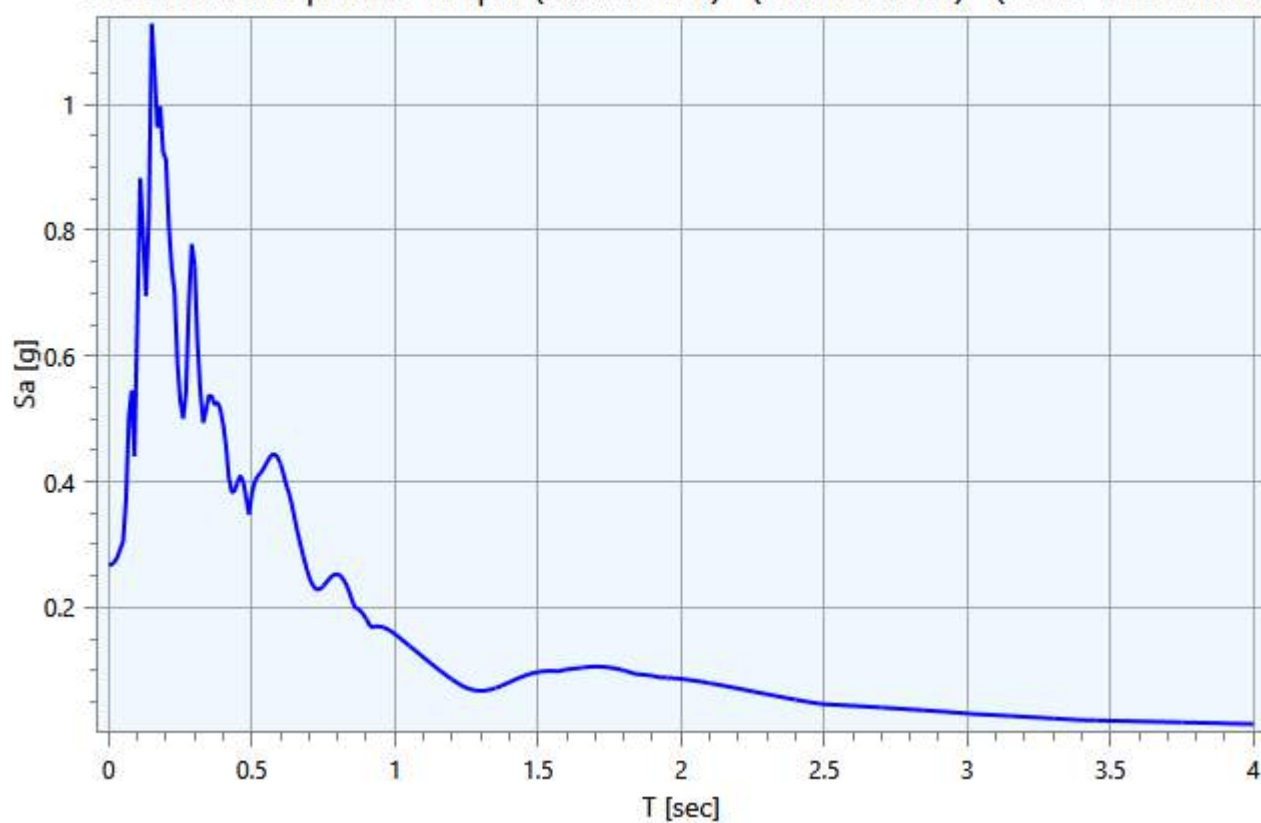


Accelerazione spettrale Output (Analisi1 SLD) - (Condizione6) - (Nodo 1DirezioneX)

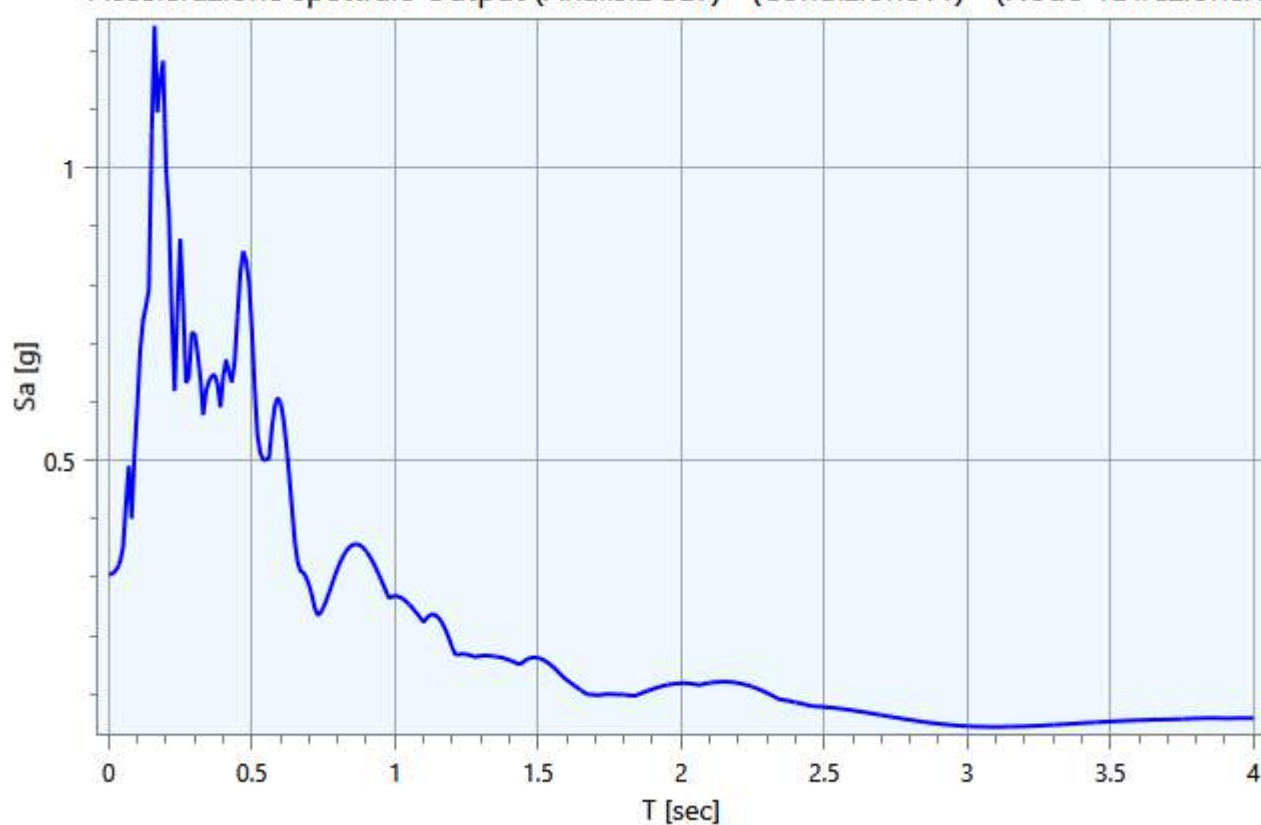




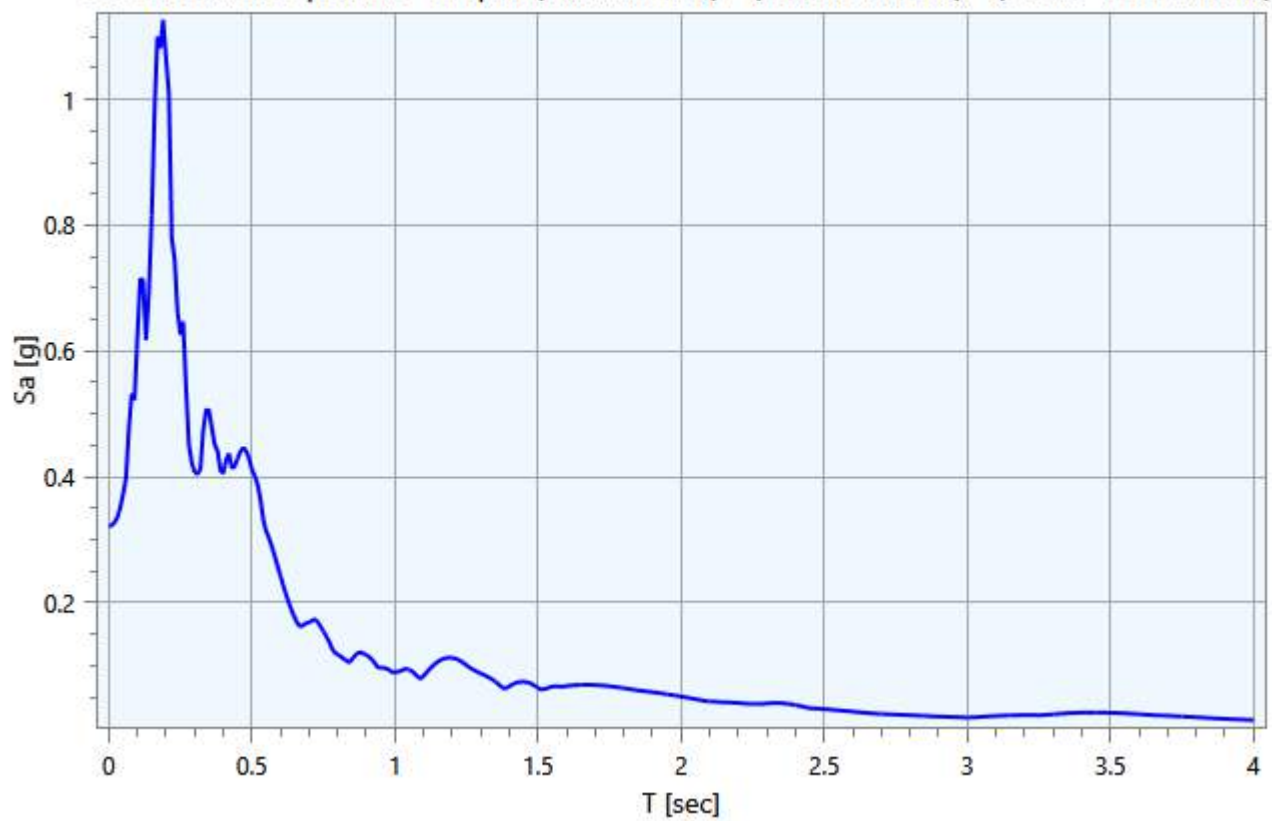
Accelerazione spettrale Output (Analisi2 SLV) - (Condizione10) - (Nodo 1DirezioeX)



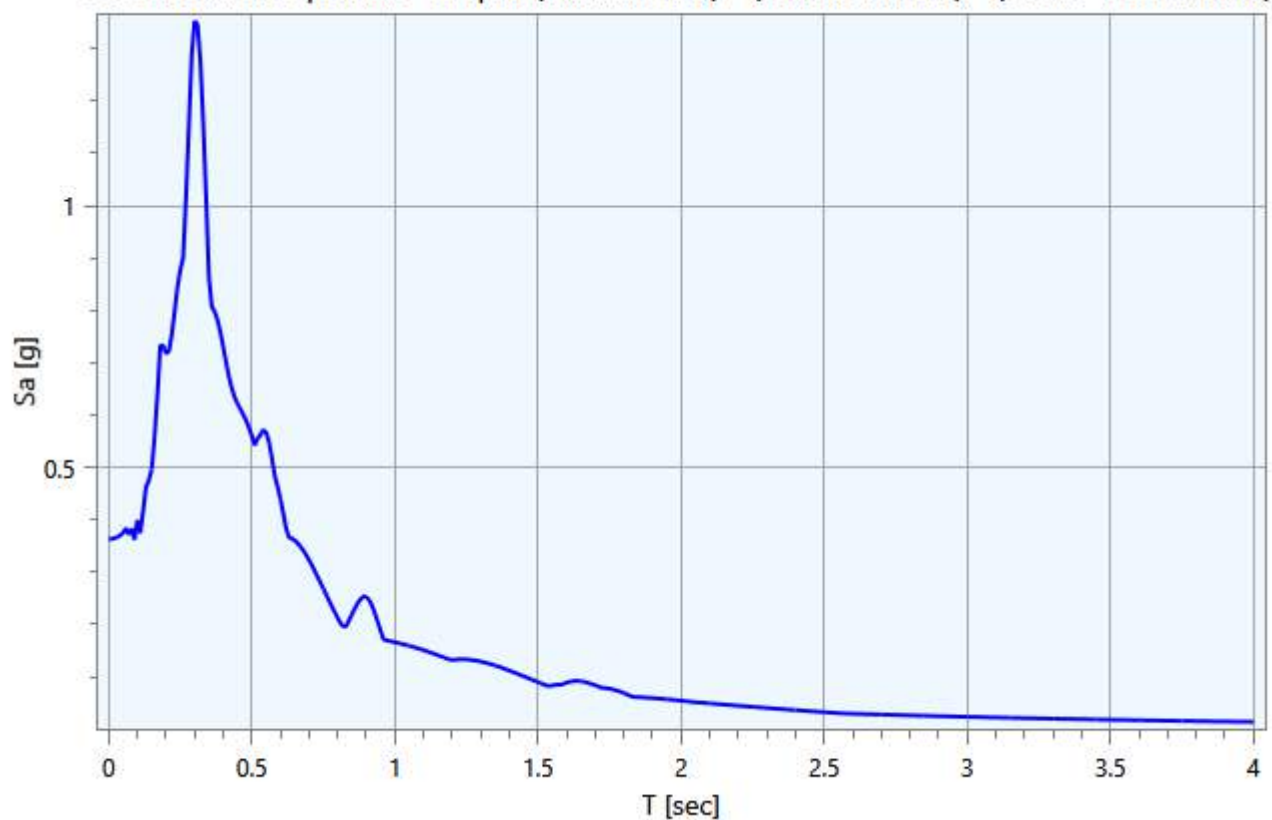
Accelerazione spettrale Output (Analisi2 SLV) - (Condizione11) - (Nodo 1DirezioeX)

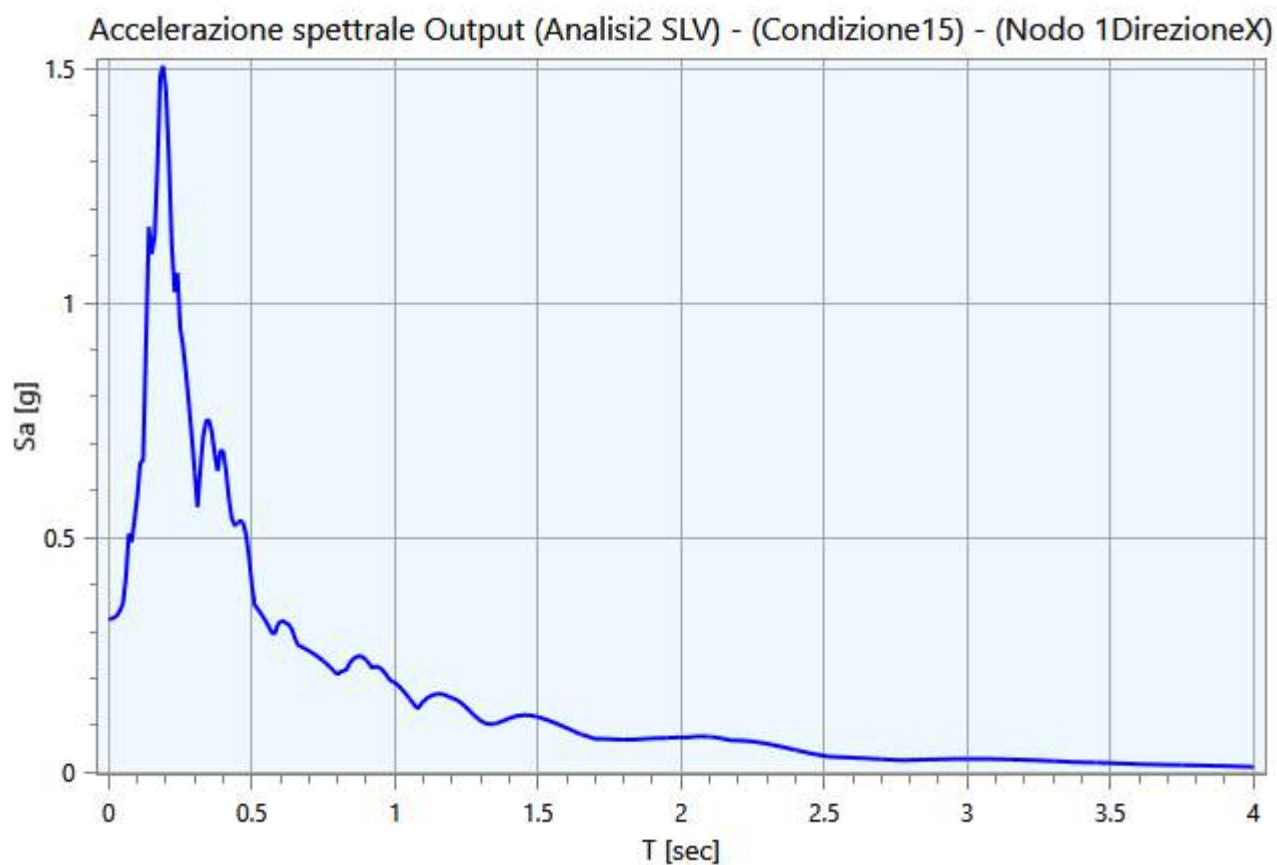
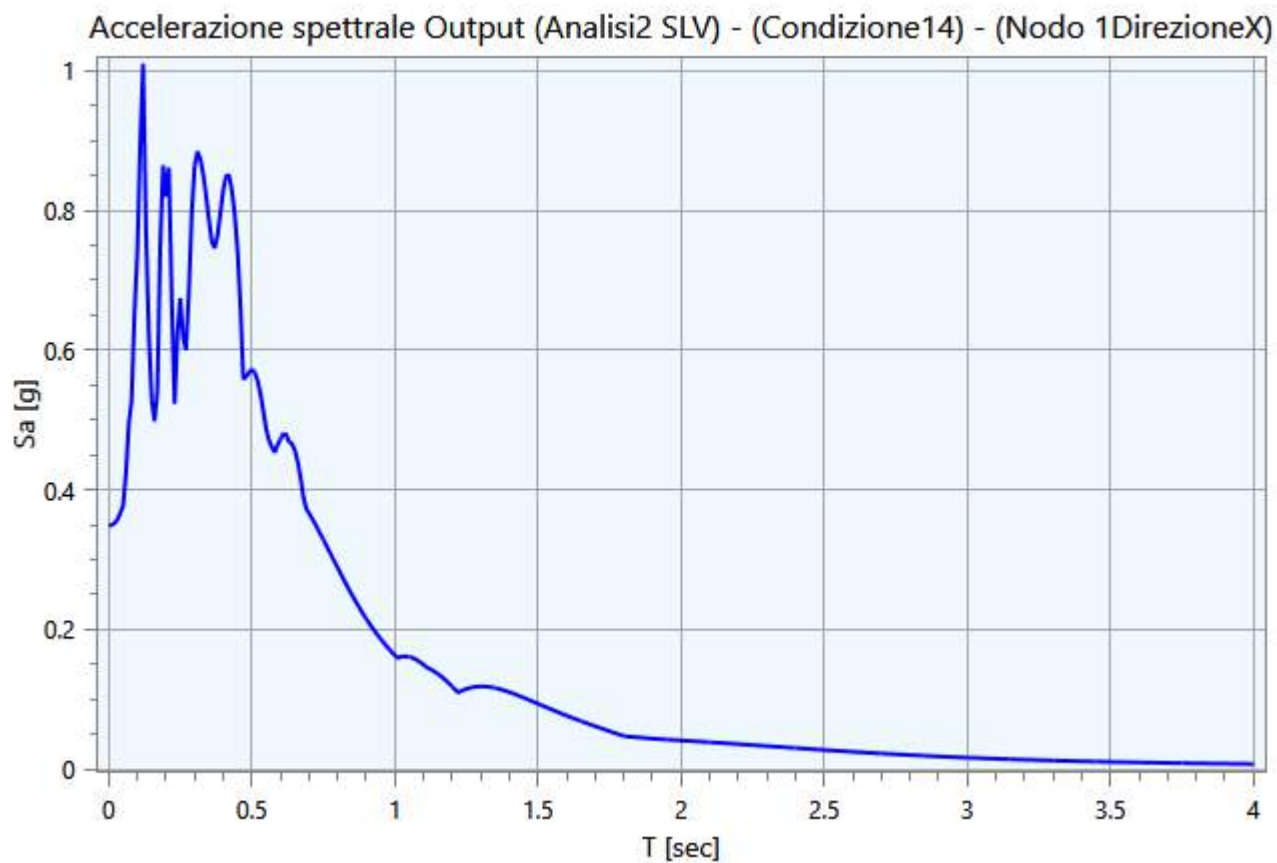


Accelerazione spettrale Output (Analisi2 SLV) - (Condizione12) - (Nodo 1DirezioneX)



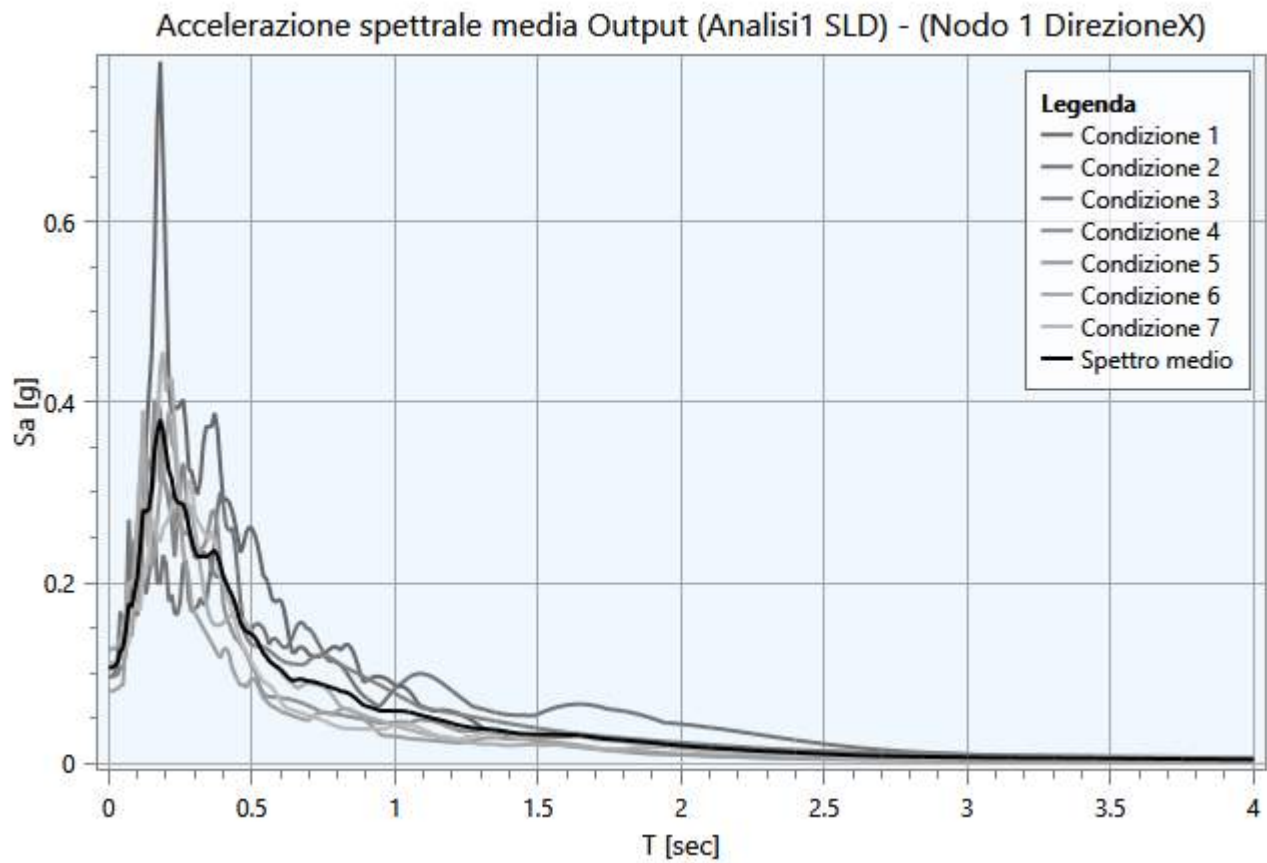
Accelerazione spettrale Output (Analisi2 SLV) - (Condizione13) - (Nodo 1DirezioneX)

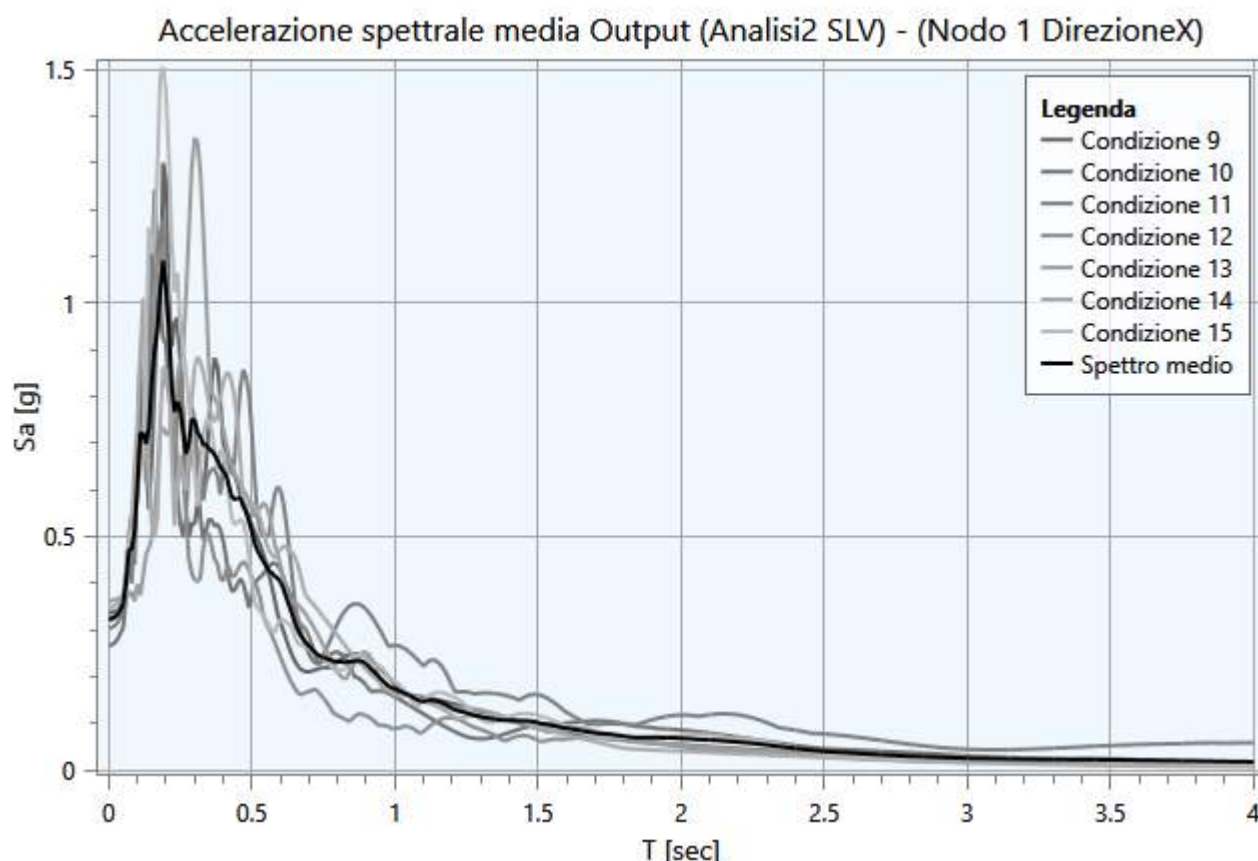




5.3 - Interpretazione dei risultati

Di seguito vengono riportati gli spettri relativi alle varie analisi effettuate ed alle rispettive condizioni di carico per i cinematismi di controllo:





5.4 - Parametrizzazione dello spettro di risposta derivante dalla RSL

La parametrizzazione degli spettri di risposta ottenuti nei vari punti di controllo viene condotta mediante la procedura suggerita dagli “Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica” (*GdL MS, 2008 – parti I e II – punto 2.5.4.3.1 pag 92*). Partendo dallo spettro di risposta medio in accelerazione rappresentativo dei 7 accelerogrammi, tale procedura prevede:

- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in accelerazione (TA);
- il calcolo del valor medio dello spettro in accelerazione (SA) nell'intorno tra $0.5 TA - 1.5 TA$;
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in pseudovelocità (TV);
- il calcolo del valor medio dello spettro in pseudovelocità (SV) nell'intorno tra $0.8 TV - 1.2 TV$;
- il calcolo del valore di $T_c = 2\pi \frac{SV}{SA}$;
- il calcolo del valore di $T_b = 1/3 T_c$;
- il calcolo del valore $T_d = 4 a_g + 1.6$ con a_g uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero;
- l'applicazione delle equazioni riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra T_0, T_b, T_c, T_d, T_4 .

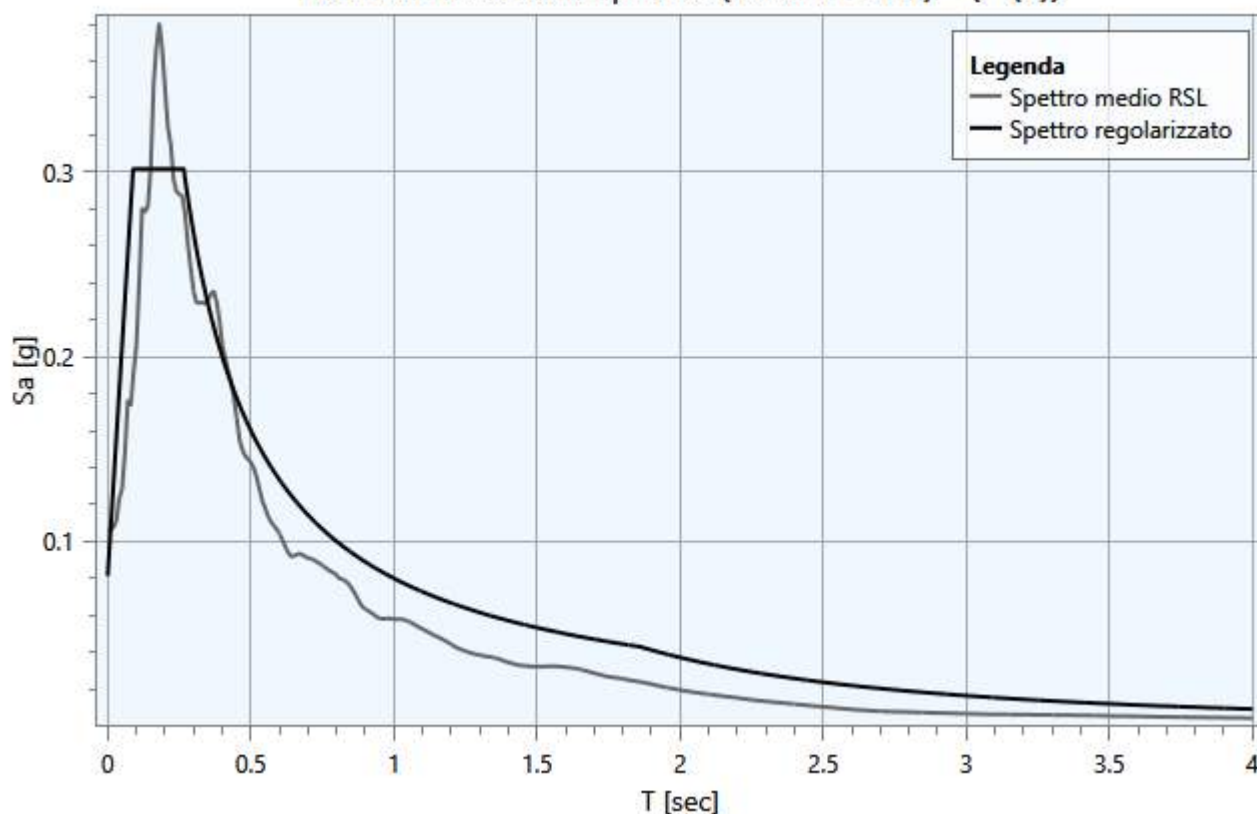
Di seguito vengono riportati, per ogni analisi, i parametri degli spettri parametrizzati per i vari punti di controllo presenti nella sezione oggetto di studio.

Analisi1 SLD

| Punto di controllo | $A_g [g]$ | $F0$ | S | $A_{max} [g]$ | $T_b [sec]$ | $T_c [sec]$ | $T_d [sec]$ |
|--------------------|-----------|-------|-------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| P (1) | 0.065 | 3.708 | 1.252 | 0.081 | 0.088 | 0.265 | 1.860 |

dove:

- A_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F0$: valore massimo dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- A_{max} : punto di ancoraggio a $T=0$ dello spettro di output;
- T_b : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- T_c : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;
- T_d : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Parametrizzazione spettro (Analisi1 SLD) - (P (1))**Analisi2 SLV**

| Punto di controllo | $A_g [g]$ | $F0$ | S | $A_{max} [g]$ | $T_b [sec]$ | $T_c [sec]$ | $T_d [sec]$ |
|--------------------|-----------|-------|-------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| P (1) | 0.194 | 2.987 | 1.407 | 0.273 | 0.104 | 0.312 | 2.376 |

dove:

- A_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F0$: valore massimo dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);

- A_{max} : punto di ancoraggio a $T=0$ dello spettro di output;
- T_b : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- T_c : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;
- T_d : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

