

# IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO “MOLINELLA”

Realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato di potenza pari a 24,99 MWp  
e relative opere di connessione alla RTN con potenza in immissione di 25,00 MW  
da ubicarsi nei Comuni di Molinella (BO), Argenta (FE) e Portomaggiore (FE)

## REGIONE EMILIA ROMAGNA COMUNE DI MOLINELLA (BO), E COMUNI DI ARGENTA E PORTOMAGGIORE (FE)

**ELABORATO:** Relazione Geologica e Idrogeologica

**FORMATO**

**CODICE ELABORATO**

A4

FL\_MOL\_R.16

**COMMITTENTE:**

**MOLINELLA ENERGY S.R.L.**

Via Morgone n.14 – 40062 Molinella (BO)

P.I. 04243221209

**PROGETTISTA:**

**Flo.Ren. S.R.L.**

Via Giorgio Baglivi 3 – 00161 Roma

P.IVA e C.F. 14140331001

[Info@floreweb.com](mailto:Info@floreweb.com)



**Palma Investimenti e Servizi S.R.L.**

Viale del Monte Oppio 24 – 00184 Roma

P.IVA e C.F. 10530381002

[info@palmainvestimenti.it](mailto:info@palmainvestimenti.it)



**REV.**

**DATA**

**DESCRIZIONE**

01

09-25

**REDATTO**

**VERIFICATO**

**APPROVATO**

Dott. Geol David Simoncelli

Dott.Geol. Antonini Francesco

F.D.

F.D.

---

## Sommario

1. Premesse.....	3
2. Sintesi del progetto .....	4
3. Relazione geologica .....	6
4. Lineamenti morfologici, geolitologici e idrogeologici.....	7
4.1 Geologia generale .....	7
4.2 Geologia di dettaglio .....	8
4.3 Geomorfologia di dettaglio e idrogeologia.....	9
5. Caratteristiche del terreno di fondazione .....	12
6. Caratteristiche sismiche del sito.....	15
6.1 Analisi sismica tramite microtremori .....	15
6.2 Analisi sismica tramite Masw .....	19
6.3 Risultanze indagini sismiche .....	20
6.4 Parametri di pericolosità sismica .....	20
7. Liquefazione.....	22
7.1 Valutazione del potenziale di liquefazione .....	24
8. Conclusioni.....	26
9. Allegati .....	27

## 1. Premesse

La presente relazione si riferisce al progetto per la costruzione di un impianto agrivoltaico avanzato denominato "Molinella" e delle relative opere di connessione alla RTN, con potenza totale richiesta ai fini della connessione di 25 MW. L'impianto agrivoltaico sarà ubicato nel Comune di Molinella (BO) e sarà collegato in antenna a 36 kV su una nuova stazione elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Ferrara Focomorto – Ravenna Canala" e alla linea RTN a 132 kV "Portomaggiore – Bando". La nuova SE 380/132/36 kV denominata "Portomaggiore" verrà realizzata nel Comune di Portomaggiore (FE) ed è stata già autorizzata dalla società EG DANTE Srl (Gruppo Enfinity) con provvedimento n. DET-AMB-2024-3386 del 14/06/2024 rilasciato da ARPAE-SAC Ferrara e Decreto VIA N. DM\_2024-0000112 del 12/04/2024. Il soggetto proponente della pratica è la società "MOLINELLA ENERGY S.R.L.", con sede in Molinella (BO) Via Morgone n.14, iscritta nella Sezione Ordinaria della Camera di Commercio Industria Agricoltura ed Artigianato di Bologna, Partita IVA n. 04243221209. Il progetto è configurabile come intervento rientrante tra le categorie elencate nell'Allegato C, Sezione 1, del D.lgs 190/2024 ed è pertanto soggetto ad Autorizzazione Unica (AU) di competenza regionale. Il progetto è soggetto alla procedura di Verifica di Assoggettabilità Regionale (Screening VIA) in quanto rientrante tra le categorie elencate nell'Allegato IV alla parte seconda del D.Lgs. 152/06.

In data 20/06/2025, il Proponente ha inviato istanza di Screening VIA Prot. PG.2025.613537 in quanto il progetto rientra tra le categorie elencate nell'Allegato IV, punto 2. d-ter, alla parte II del D.Lgs. 152/06 così come modificato dal D.Lgs 190/2024: "Impianti fotovoltaici o agrivoltaici di potenza pari o superiore a 12 MW in zone classificate agricole che consentano l'effettiva compatibilità e integrazione con le attività agricole". La Regione Emilia-Romagna, in attuazione della direttiva 2014/52/UE del Parlamento europeo e del Consiglio e della Parte Seconda del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati, stabilisce con la LR n. 4/2018 le disposizioni in materia di valutazione d'impatto ambientale. L'art. 4 della LR n. 4/2018, con gli allegati B.1 B.2 e B.3, costituisce l'elenco di progetti che sono assoggettati alla Valutazione di Impatto Ambientale. In particolare, il progetto agrivoltaico "Molinella" è facente parte degli impianti descritti al punto 8 dell'allegato B.2, in quanto viene espresso:

"Industria energetica B.2. 8 ter) - Impianti fotovoltaici o agrivoltaici di potenza pari o superiore a 12 MW in zone classificate agricole che consentano l'effettiva compatibilità e integrazione con le attività agricole".

Ai sensi dell'art. 4 della LR n.4/2018 sono assoggettati a VIA "i progetti elencati negli allegati B.1, B.2 e B.3 che ricadono anche parzialmente all'interno di aree naturali protette, comprese le aree contigue, ai sensi della normativa vigente ovvero all'interno dei siti della Rete Natura 2000". Come da nota Fascicolo n. 46/2025 del 24/06/2025 della Regione Emilia Romagna – Area Valutazione Impatto Ambientale e Autorizzazioni, il progetto risulta essere assoggettato a VIA in quanto le opere connesse risultano essere parzialmente ricadenti in aree naturali protette. Nello specifico circa 3 km di cavidotto interrato di connessione a 36 kV, passante lungo strade pubbliche asfaltate, attraversa i seguenti siti: ZPS-IT4060017, ZSC/ZPS-IT4060001 e ZSC/ZPS-IT4050022. La Regione ha richiesto l'avvio di un Procedimento Autorizzatorio Unico di VIA, di cui al Capo III della l.r. 4/2018.

## 2. Sintesi del progetto

L’impianto agrivoltaico, denominato “Molinella”, sarà realizzato in Emilia Romagna, nel Comune di Molinella (BO), in un’area che dista circa 4,5 km dal centro della città (Fig.1). L’impianto sarà collegato in antenna a 36 kV su una nuova stazione elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV “Ferrara Focomorto – Ravenna Canala” e alla linea RTN a 132 kV “Portomaggiore – Bando” per una potenza totale ai fini della connessione di 25 MW. La nuova SE di Terna 380/132/36 kV denominata “Portomaggiore” verrà realizzata nel Comune di Portomaggiore (FE) ed è stata già autorizzata dalla società EG DANTE Srl (Gruppo Enfinity) con provvedimento n. DET-AMB-2024-3386 del 14/06/2024 rilasciato da ARPAE-SAC Ferrara e Decreto VIA N. DM\_2024-0000112 del 12/04/2024. Il collegamento tra l’impianto e lo stallo assegnato della nuova SE avverrà tramite un cavidotto interrato a 36 kV di lunghezza pari a circa 16,5 km che si svilupperà lungo strade pubbliche asfaltate ed interesserà i Comuni di Molinella (BO), Argenta (FE) e Portomaggiore (FE).



Figura 1: Inquadramento generale su immagine satellitare

Si riassumono di seguito le opere del progetto in esame che sono da valutare nell’ambito della presente procedura di Screening VIA:

- **Impianto agrivoltaico avanzato** con potenza nominale dei moduli fotovoltaici pari a 24,99 MWp installati su strutture di sostegno ad inseguimento monoassiale. La potenza totale richiesta ai fini della connessione è di 25 MW. Tale opera è ubicata nel Comune di Molinella (BO);



- **Cavidotto in AT a 36 kV** interrato per il collegamento dell'impianto agrivoltaico alla Nuova Stazione di Terna denominata "Portomaggiore" già autorizzata. La lunghezza del cavidotto è di circa 16,5 km che si svilupperanno lungo strade pubbliche carrabili passanti nei Comuni di Molinella (BO), Argenta (FE) e Portomaggiore (FE);
- **Nuova Cabina utente di sezionamento a 36 kV**
- **Nuova Stazione di Terna** denominata "Portomaggiore" a 380/132/36 kV 132 kV realizzata nel Comune di Portomaggiore (FE) che si collegherà con raccordi aerei in AT alla linea RTN a 380 kV "Ferrara Focomorto – Ravenna Canala" e alla linea RTN a 132 kV "Portomaggiore – Bando". La nuova SE è stata già autorizzata dalla società EG DANTE Srl (Gruppo Enfinity) con provvedimento n. DET-AMB-2024-3386 del 14/06/2024 rilasciato da ARPAE-SAC Ferrara e Decreto VIA N. DM\_2024-0000112 del 12/04/2024.

Più nel dettaglio, l'impianto agrivoltaico interesserà due appezzamenti di terreno quasi contigui denominati rispettivamente Lotto Ovest e Lotto Est. La superficie recintata totale dei due lotti, ove saranno installate le componenti principali dell'impianto fotovoltaico, è di circa 27,42 ettari mentre la superficie nella disponibilità del proponente è di circa 110,76 ettari. Per dettagli sulle particelle interessate dall'impianto si faccia riferimento all'elaborato particellare "FL\_MOL\_R.02".

Trattandosi di un impianto agrivoltaico avanzato, il progetto integra l'aspetto produttivo agricolo con la produzione energetica da fonte rinnovabile al fine di fonderli in una iniziativa unitaria ecosostenibile. La definizione della soluzione impiantistica per la produzione di energia elettrica con tecnologia fotovoltaica è stata guidata dalla volontà della Società Proponente di perseguire la tutela, la salvaguardia e la valorizzazione del contesto agricolo di inserimento dell'impianto. Nella progettazione dell'impianto è stato quindi incluso, come parte integrante e inderogabile, dell'iniziativa, la definizione di un piano di dettaglio di interventi agronomici come meglio specificato nel paragrafo seguente e dettagliato nella relazione pedo-agronomica "FL\_MOL\_R.03".

### 3. Relazione geologica

Lo scopo dello studio, in conformità a quanto stabilito dalla normativa tecnica vigente, con particolare riferimento alle NTC 2018, è quello di definire la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito, che comprende la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici del territorio comprendente l'area di progetto, la quale è caratterizzata da n°2 lotti (di seguito denominati Lotto Est e Lotto Ovest) e dal cavidotto di collegamento fra queste aree e il sito dove sorgerà la nuova SE a cura di Terna S.p.a..

Allo scopo di ottemperare a quanto richiesto, è stata condotta una campagna di indagini geognostiche articolata nel seguente modo:

- un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio;
- acquisizione dei dati bibliografici e di quelli pregressi raccolti nel corso della predisposizione dello studio geologico redatto a supporto del vigente Piano Territoriale Metropolitano e PSC del Comune di Molinella;
- acquisizione dati tratti da studi effettuati dallo scrivente in aree adiacenti e limitrofe, da materiale bibliografico e dalla consultazione di materiale cartografico redatto dalla Regione Emilia Romagna, ISPRA-Progetto CARG, Servizio Geologico d'Italia a Autorità di bacino competente;
- esecuzione di n°10 prove penetrometriche dinamiche continue eseguite tramite l'utilizzo dello strumento di tipo superpesante (DPSH);
- esecuzione di n°4 prove di rumore sismico (HVSr) per la definizione della frequenza di risonanza del terreno;
- esecuzione di n°4 indagini geofisiche di superficie (MASW) per la caratterizzazione sismica del substrato presso le aree di progetto;
- misurazioni mediante strumenti portatili sugli affioramenti presenti.

## 4. Lineamenti morfologici, geolitologici e idrogeologici

I lotti in esame sono ubicati ad una distanza di circa 4.0 km in direzione E dal centro storico di Molinella, ad una quota di circa 6-8 m s.l.m. Dal punto di vista morfologico, sono inseriti in contesto di pianura a carattere prettamente agricolo. Essi sono compresi fra l'alveo del Fiume Reno e il Canale della Botte.

L'area è descritta nel F°204 – "Portomaggiore" della Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 e nelle sezioni 204130 e 204140 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) scala 1:10.000 edita dalla Regione Emilia Romagna.

L'area relativa alla realizzazione della SE, punto di arrivo del tracciato previsto dalla posa in opera dei cavidotti è, invece, posta all'interno del Comune di Portomaggiore (BO) a circa 6.0 km in direzione sud-est dal centro storico, ad una quota di circa 1-2 m s.l.m.. Dal punto di vista morfologico, siamo nell'ambito di una piana alluvionale con pendenze pressoché nulle e posizionati a circa 500 m di distanza in direzione nord dai canali paralleli Sabbiosola e Benvingnante.

Tale sito è descritto nel F°204 – "Portomaggiore" della Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 e nella sezione 204110 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) scala 1:10.000 edita dalla Regione Emilia Romagna.

In relazione alle condizioni topografiche del sito in esame (Tab. 3.2.IV) si definisce la *Categoria T1* [superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ] corrispondente ad un *Coefficiente di Amplificazione Topografica ST = 1,00*.

### 4.1 Geologia generale

La formazione della pianura bolognese, nella quale è situato il territorio in esame, è legata all'evoluzione tettonica-sedimentaria del bacino padano. Le prospezioni geofisiche ed i sondaggi effettuati dall'Agip per la ricerca di idrocarburi hanno individuato nel sottosuolo padano strutture profonde, sviluppatesi in un lasso di tempo compreso tra il Miocene superiore ed il Pleistocene, geneticamente connesse alla tettonica di embricazione che ha caratterizzato l'evoluzione strutturale dell'Appennino. I fronti dei sovrascorrimenti sepolti, che interessano le stesse unità litologiche per lo più di origine marina che è possibile osservare in affioramento nel margine collinare, sono marcati da pronunciate pieghe anticlinali asimmetriche, vergenti a N-NE, con asse orientato mediamente NW-SE, fra le quali si segnalano le pieghe della cosiddetta Dorsale Ferrarese. L'indagine geofisica ha inoltre evidenziato la presenza di un importante sistema di faglie che esplica tuttora la sua attività a carattere compressivo, noto in letteratura come "sovrascorrimento pedeappenninico": esso costituisce l'elemento morfostrutturale di separazione tra la fascia collinare in sollevamento e l'antistante pianura interessata dalla subsidenza. Il significato cinematico attribuito a tale lineamento concorda con il generale sovrascorrimento degli elementi appenninici al di sopra di quelli padani summenzionati. La pianura bolognese è quindi compresa tra il sistema tettonico del "sovrascorrimento pedeappenninico" ed il fianco meridionale delle pieghe della Dorsale Ferrarese. Il colmamento del bacino bolognese si è realizzato principalmente in seguito all'attività sedimentaria dei corsi d'acqua appenninici: procedendo dal basso verso l'alto si

rinvengono dapprima sedimenti di origine marina, successivamente sedimenti transizionali (lagunari e costieri) ed infine depositi di origine francamente continentale che costituiscono le alluvioni quaternarie. Le variazioni di spessore e dei caratteri deposizionali, registrate dalla successione litostratigrafica, sono riconducibili a fenomeni tettonici e glacio-eustatici che hanno controllato la sedimentazione all'interno del bacino e hanno condizionato la potenzialità deposizionale dei vari corsi d'acqua. Il riempimento del bacino marino ed il successivo passaggio alla sedimentazione continentale non si sono verificati in maniera continua e progressiva, ma sono stati il risultato di eventi tettonico-sedimentari parossistici, separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive. Di fatto la successione quaternaria continentale (porzione sommitale del riempimento del bacino padano), poggia con un contatto discordante sul ciclo pleistocenico inferiore marino. Lo spessore del ciclo continentale è molto variabile a seconda delle zone considerate. In prossimità del fiume Reno la facies di transizione all'ambiente marino si incontra ad una profondità di circa 400 m. Studi recenti hanno individuato nell'area emiliana una formazione fluvio-lacustre che costituisce la base della successione quaternaria continentale. Al suo interno è riconoscibile un'alternanza di unità ghiaiose e pelitico-sabbiose. Le prime vengono interpretate come facies di conoide mentre le seconde come appartenenti ad ambienti di piana alluvionale.

La pianura bolognese è costituita dalla successione di tre diverse sequenze deposizionali:

- Supersistema del Pliocene medio-superiore: costituisce la base dei gruppi acquiferi del bolognese (età da 3,6 a 2,2 milioni di anni);
- Supersistema del Quaternario marino: caratterizzato dalla presenza di 4 complessi acquiferi, depositatisi nel periodo compreso tra 2,2 e 0,65 milioni di anni;
- Supersistema Emiliano-Romagnolo, che rappresenta la successione quaternaria continentale.

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo è litologicamente caratterizzato da un'alternanza di ghiaie con scarse sabbie e peliti (argille e limi). In particolare è possibile riconoscere la presenza di due orizzonti pelitici di spessore significativo (superiore ai 20 metri), che consente di effettuare una distinzione in n. 3 megasequenze ghiaiose all'interno della successione in esame; i livelli pelitici sono i seguenti:

- orizzonte inferiore: segnalato alla profondità di 280 m dal p.c., presenta uno spessore di 20/25 m;
- orizzonte superiore: denominato Unità di Fossolo, è situato ad una profondità di circa 120/140 m dal p.c., con spessori variabili tra 20 m e 30 m.

#### 4.2 Geologia di dettaglio

Nel dettaglio, le aree in esame sono caratterizzate, al di sotto di uno spessore decimetrico di terreno agrario limoso-sabbioso (Strato A), dalla presenza di depositi di piana alluvionale e deltizia risalenti al Pleistocene superiore-Olocene, ascrivibili all'Unità di Modena – Sistema Emiliano-Romagnolo - Subsistema di Ravenna – AES8a". In corrispondenza dei lotti in esame, tali materiali sono costituiti, nella porzione più superficiale della formazione, da sabbie e sabbie limose da poco

addensate a moderatamente addensate (Strato B), sostenuti da depositi prettamente argilloso-limosi aventi un grado di consistenza da moderato a medio (Strato C). Discorso analogo può essere fatto relativamente all'area interessata dalla SE, in corrispondenza della quale troviamo depositi deltizi eterogenei sabbiosi, limosi e argillosi.

#### 4.3 Geomorfologia di dettaglio e idrogeologia

Dal punto di vista geomorfologico, le aree in oggetto ricadono in un ambito di pianura. In questo contesto la dinamica geomorfologica si esplica soprattutto attraverso l'attività antropica, infatti le forme e l'evoluzione della dinamica morfologica sono profondamente influenzate dalla presenza di infrastrutture, di insediamenti urbani e da opere come argini e canalizzazioni. Ne consegue che nel territorio di pianura si assiste ad una evoluzione dinamica caratterizzata sostanzialmente dagli eventi alluvionali.

Relativamente al contesto geomorfologico è stata eseguita un'analisi cartografica attraverso la consultazione dei dati relativi a (vedi allegati cartografici):

- P.A.I. – Autorità di Bacino del Fiume Reno;
- P.G.R.A – Autorità di Bacino del Fiume Reno;
- P.A.I. – Autorità di Bacino del Fiume Po;
- P.U.G. del Comune di Molinella;
- Piano Territoriale Metropolitano
- Banca dati cartografica Regione Emilia Romagna.
- Banca dati cartografica ISPRA.

Dai database degli strumenti pianificatori summenzionati, sono state estrapolate e analizzate le seguenti carte:

- Carta del P.A.I – Autorità di Bacino del Fiume Reno, dalla quale si evince che i lotti in esame ricadono all'interno del Bacino imbrifero di pianura e pedecollinare del Fiume Reno\*;
- Carta della zonazione morfo-idraulica a corredo del P.U.G. del Comune di Molinella, dalla quale si evince che i lotti in esame ricadono in zona A, B o D in base alla distanza dai corsi d'acqua\*;
- Carta del Rischio Idraulico del Piano Territoriale Metropolitano, dalla quale si evince, sulla base della cartografia inerente il P.G.R.A. del Fiume Reno, che i lotti in esame sono ricadenti nello scenario P2 derivato dal Reticolo Naturale Principale e dal Reticolo Secondario di Pianura (RP+RSP)\*;
- Carta della pericolosità da frana e idrogeologica (redatta da ISPRA), dalla quale si evince che i lotti in esame ricadono interamente in aree a pericolosità alluvioni media.
- Carta inventario dei fenomeni franosi – Progetto I.F.F.I. (redatta da ISPRA), dalla quale non si rileva la presenza di fenomeni gravitativi nelle aree di studio;



- Carta della riduzione del rischio sismico del Piano Territoriale Metropolitano, dalla quale si evince che i lotti in esame ricadono parzialmente all'interno di una zona L "Zona di attenzione per instabilità da liquefazione/densificazione"\*.

Al contempo, relativamente all'area inerente la realizzazione della SE, dai database degli strumenti pianificatori summenzionati, sono state estrapolate e analizzate le seguenti carte:

- Carta della pericolosità da frana e idrogeologica (redatta da ISPRA), dalla quale si evince che il lotto in esame ricade interamente in area a pericolosità alluvioni media;
- Carta delle aree allagabili (redatta da Autorità di Bacino Fiume Po), dalla quale si evince che l'area in esame ricade interamente in aree allagabili a bassa probabilità L-P1\*;
- Carta del rischio idraulico (redatta da Autorità di Bacino Fiume Po), dalla quale si evince che l'area in esame ricade interamente in classe di rischio moderato R1\*.

*\* In fase di progettazione si faccia riferimento alle norme tecniche attuative vigenti relative agli strumenti pianificatori menzionati nel presente elaborato.*

In merito all'assetto geomorfologico e idrogeologico più generale, il territorio è sempre stato oggetto di inondazioni per la vicinanza del Po e soprattutto, perché dall'Appennino scendono molti corsi d'acqua turbolenti come il Reno, l'Idice, il Savena, il Centonara, il Quaderna. Il territorio comunale si instaura in piena Pianura Padana, e questa conformazione è il risultato dell'evoluzione strutturale profonda della Pianura Padana. Questo vasto sistema di zone umide è stato oggetto delle bonifiche che si sono succedute fino a produrre l'assetto attuale della pianura, assetto caratterizzato dalla "pensilità" dei corsi d'acqua, dalla necessità di sollevamento delle acque dei bacini interfluviali per il loro drenaggio, dalla presenza di vaste aree di pianura depressa di forma per lo più ellissoidica (conche morfologiche) ed infine da morfologie allungate nella direzione del drenaggio e topograficamente rilevate sulla restante pianura: gli argini naturali fossili (paleoalvei). Il sistema idrogeologico delle alluvioni recenti è formato da acquiferi dei primi circa 100 metri di sottosuolo della pianura bolognese. L'approvvigionamento idrico avviene dal fronte di ricarica del margine appenninico: la principale fonte di ricarica è rappresentata dai corsi d'acqua superficiali, attraverso l'infiltrazione subalveo, dai fondovalle ed apici dei grandi conoidi. I fiumi che scorrono in questa porzione di bassa pianura si trovano in uno stadio di maturità evolutiva in cui la fase deposizionale prevale su quella erosiva a causa della bassa capacità di deflusso e della esigua capacità di trasporto; questo quadro è confermato dalla presenza di meandri e di alvei pensili che hanno reso necessaria la costruzione di argini artificiali. In assenza di argini artificiali i fiumi tendono a divagare e quando le acque di piena traboccano si verifica un deposito differenziato con la sedimentazione di elementi fini o grossolani in funzione della diversa energia cinetica della corrente. In prossimità dell'alveo il fiume tende a depositare materiali più grossolani formando dossi di tracimazione (argini naturali), oltre che ventagli e canali di esondazione in corrispondenza delle rotte; tali emergenze morfologiche si manifestano sia lungo i corsi attuali dei fiumi che in

corrispondenza di alvei abbandonati (paleoalvei). Nelle aree distali più depresse, poste tra un fiume e l'altro, l'energia cinetica della corrente diminuisce ed i depositi si fanno sempre più fini per diventare prevalentemente argillosi nelle basse dove la prolungata permanenza delle acque favorisce la sedimentazione delle particelle in sospensione; per la maggiore costipabilità dei materiali fini rispetto a quelli sabbiosi, si determina poi un aumento dei dislivelli fra i dossi dei paleoalvei e le valli, oltre che fra la rete idrografica ed il livello medio del territorio. In questo meccanismo "naturale" è intervenuto l'uomo che, innalzando argini artificiali ed emungendo acqua dal sottosuolo, accelerando i processi di costipazione e di subsidenza, ha modificato la dinamica deposizionale e quindi l'assetto morfologico del territorio. La costruzione di argini artificiali, in questa zona, si è completata nel XV secolo; a partire da questo periodo i fiumi sono stati canalizzati entro percorsi ben definiti e non hanno più avuto la possibilità di aprirsi, dopo una rotta, nuovi percorsi. Di conseguenza le alluvioni degli ultimi 500 anni hanno determinato un classamento ben preciso dei depositi per cui troviamo sedimenti più grossolani e sedimenti più fini rispettivamente nelle vicinanze e nelle zone più lontane dai percorsi attuali dei fiumi; questo spiega perché antichi dossi corrispondenti a paleoalvei siano stati ricoperti da sedimenti più fini che hanno notevolmente uniformato la morfologia dell'area. Altre morfologie del territorio sono le aree di bassa o valli, depressioni in cui le acque sino all'inizio del secolo scorso ristagnavano permanentemente e per un lungo periodo dell'anno e sono state bonificate in tempi recenti.

Relativamente alla circolazione idrica sotterranea, durante l'esecuzione delle prove penetrometriche eseguite, è stato rilevato un livello di falda a partire dalla profondità di circa -0.9 m fino a -2.7 m dal p.c..

## 5. Caratteristiche del terreno di fondazione

I dati ottenuti mediante le prove effettuate ed ubicate come in planimetria allegata, hanno permesso la realizzazione del modello geologico del sito ed evidenziato una situazione stratigrafica descritta come a seguire (vedere colonnine stratigrafiche e sezione geologica allegata):

- Strato A: terreno agrario e coltri superficiali alterate. A granulometria variabile da sabbiosa a argillosa, è stato rinvenuto fino alla profondità massima di -0.9 m dal piano campagna;
- Strato B: Depositi di piana alluvionale e deltizia a granulometria sabbioso-limosa, avente un grado di addensamento da basso a moderato ed è stato rinvenuto fino alla profondità di circa - 6.9 m dal piano campagna, al di sotto dello strato A – AES8a, Unità di Modena – Pleistocene sup. Olocene;
- Strato C: Depositi di piana alluvionale e deltizia a granulometria argilloso-limosa, avente un grado di consistenza da moderato a medio ed è stato rinvenuto a partire dalla profondità variabile di circa - 3.6 m / - 6.9 m dal piano campagna, al di sotto dello strato B – AES8a, Unità di Modena – Pleistocene sup. Olocene;;

Dall'interpretazione dei dati acquisiti dalle prove penetrometriche eseguite, i cui certificati sono consultabili in allegato, sono state desunte le seguenti ricostruzioni stratigrafiche minime:

### DPSH N°1



dal P.C. a -0.6 m = STRATO A  
da -0.6 m a -6.9 m = STRATO B  
da -6.9 m a -9.6 m = STRATO C

### DPSH N°2



dal P.C. a -0.6 m = STRATO A  
da -0.6 m a -4.2 m = STRATO B  
da -4.2 m a -9.6 m = STRATO C

### DPSH N°3



dal P.C. a -0.6 m = STRATO A  
da -0.6 m a -5.1 m = STRATO B  
da -5.1 m a -7.8 m = STRATO C

### DPSH N°4



dal P.C. a -0.6 m = STRATO A  
da -0.6 m a -4.8 m = STRATO B  
da -4.8 m a -7.8 m = STRATO C

DPSH N°5

dal P.C. a -0.3 m = STRATO A  
da -0.3 m a -6.0 m = STRATO B  
da -6.0 m a -7.8 m = STRATO C

DPSH N°6

dal P.C. a -0.6 m = STRATO A  
da -0.6 m a -3.9 m = STRATO B  
da -3.9 m a -6.0 m = STRATO C

DPSH N°7

dal P.C. a -0.9 m = STRATO A  
da -0.9 m a -3.9 m = STRATO B  
da -3.9 m a -6.0 m = STRATO C

DPSH N°8

dal P.C. a -0.6 m = STRATO A  
da -0.6 m a -4.5 m = STRATO B  
da -4.5 m a -6.9 m = STRATO C

DPSH N°9

dal P.C. a -0.6 m = STRATO A  
da -0.6 m a -4.5 m = STRATO B  
da -4.5 m a -6.9 m = STRATO C

DPSH N°10

dal P.C. a -0.6 m = STRATO A  
da -0.6 m a -3.6 m = STRATO B  
da -3.6 m a -7.2 m = STRATO C

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche, i valori di  $N_{spt}$  forniti dalle prove penetrometriche effettuate, correlati con teorie di vari autori (come riportato integralmente negli elaborati prove penetrometriche allegati alla relazione), unitamente a misurazioni mediante strumenti portatili e all'acquisizione dati da prove di laboratorio effettuate su analoghi litotipi, hanno permesso di determinare la seguente tabella dei parametri minimi dei litotipi rinvenuti:

LITOTIPI	Peso di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di attrito $\varphi$ (°)	Coesione Efficace C (t/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata Cu (t/m <sup>2</sup> )	Nspt
STRATO A	1.70	22	0.2	---	---
STRATO B	1.80	24	0.5	---	2.28-3.44
STRATO C	1.85	25	2.0	10.0	9.73-15.15

*Tabella 1 – Tabella riepilogativa dei parametri geotecnici minimi*



## 6. Caratteristiche sismiche del sito

*Coordinate del sito WGS84 Lat. 44.631461° - Long. 11.731061° (Fotovoltaico) - Coordinate del sito WGS84 Lat. 44.654219° - Long. 11.851974° (Nuova SE Terna)*

I comuni di Molinella e Portomaggiore sono stati classificati come località sismica sulla base delle proposte del Gruppo di Lavoro del Servizio Sismico Nazionale (Ord. P.C.M. n.2788 del 12.06.1998). Sono stati poi classificati in Zona 3 – Sismicità bassa ai sensi dell'Ord. P.C.M. n°3274 del 20.03.2003, equiparata alla precedente Terza Categoria Sismica. Infine, a partire con dalla DGR n°1164 del 23/07/2018 e, successivamente, con la DGR n°146 del 06/02/2023, entrambi i comuni sono stati confermati in categoria sismica 3. Per quanto riguarda il valore di  $A_g$  ai siti di riferimento, sono riportati i punti relativi ai valori di accelerazione al suolo per il territorio in esame nelle mappe MPS04 redatte dall'INGV (vedi allegati). Ai punti vengono attribuiti i parametri della pericolosità sismica di base e in particolare si attribuiscono il valore dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido, con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La griglia di punti è costruita per tutto il territorio nazionale (densità di 20 punti per grado, circa un punto ogni 5 km) e la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale a seguito dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006). Dagli stralci in allegato si evince che, sia per sito ubicato nel territorio comunale di Molinella che per quello ubicato nel territorio di Portomaggiore, i valori di  $A_g$  (per terremoti con  $T_R = 475$  anni) sono compresi tra circa 0,150g e 0,175g.

### 6.1 Analisi sismica tramite microtremori

Il rumore sismico è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P ed S negli strati superficiali. Il rumore sismico viene prodotto principalmente dal vento e dalle onde del mare. Anche le industrie e il traffico veicolare producono localmente rumore sismico ma, in genere, solo a frequenze relativamente alte, superiori ad alcuni Hz, che vengono attenuate piuttosto rapidamente. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono gli effetti locali, dovuti a sorgenti antropiche e/o naturali. Il rumore di fondo agisce da funzione di eccitazione per le risonanze specifiche sia degli edifici che del sottosuolo, un po' come una luce bianca che illumina gli oggetti, eccitando le lunghezze d'onda del loro stesso colore. Ad esempio, se ci si trova all'interno di un edificio con frequenze di risonanza a 6 e 100 Hz, il rumore di fondo ecciterà queste frequenze, rendendole chiaramente visibili nello spettro di rumore. Allo stesso modo compariranno anche le frequenze di risonanza del sottosuolo. Ad esempio, se il sottosuolo su cui lo strumento è posto ha una stratificazione con frequenze proprie a 0.8 Hz e 20 Hz, queste frequenze appariranno nello spettro come picchi facilmente individuabili rispetto alla traccia di sottofondo. Durante un terremoto che si può assimilare ad una traccia di rumore con ampiezze sino a 1010 volte maggiori del rumore di fondo, se la frequenza di risonanza del suolo e quella dell'edificio che si trova su di esso sono uguali, viene indotta un'oscillazione risonante accoppiata, detta amplificazione sismica, che accresce enormemente le sollecitazioni sull'edificio. L'amplificazione sismica è la prima causa dei danni agli edifici durante un terremoto, molto più della grandezza stessa del terremoto. Un esempio notevole di amplificazione sismica si è avuto in anni recenti, il 19 settembre 1985, quando

un terremoto "medio" ( $M=6.6$ ) colpì il Messico Centrale producendo danni modesti vicino all'epicentro, ma provocando il crollo di 400 palazzi a Città del Messico, distante 240 km dall'epicentro. Analisi successive hanno mostrato come Città del Messico sia costruita su di un bacino sedimentario la cui frequenza, circa 1 Hz, è identica a quella dei palazzi di 10 piani che risultarono essere i più danneggiati dal terremoto. Allo stesso modo, il terremoto calabro-messinese del 28 dicembre 1908 ( $M=7.2$ ) distrusse il 95% delle case di Messina ma lasciò praticamente intatte tutte quelle costruite su roccia e quindi non soggette a amplificazione sismica.

La tecnica qui applicata è detta HVSr (Horizontal/Vertical Spectral Ratio) con registrazione su singola stazione. Alla curva sperimentale HVSr (rossa, in Fig. 2, riferita ad un caso generico) viene sovrapposta una curva teorica (blu) usando il vincolo geologico-stratigrafico ottenuto per via indipendente dalle indagini di campagna sullo strato più superficiale.

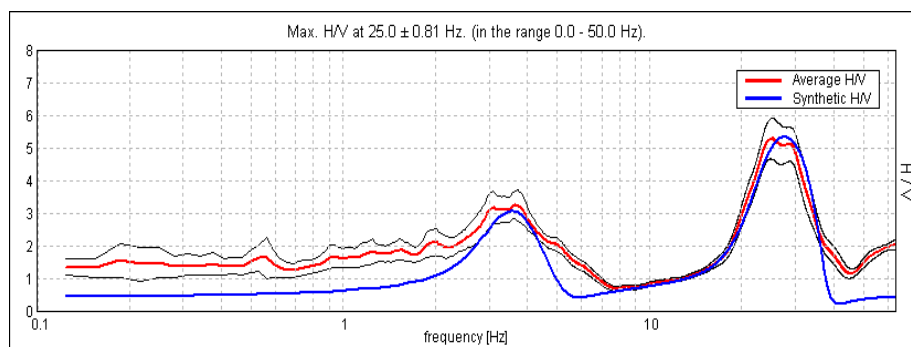


Figura 2

I picchi evidenziati corrispondono ad orizzonti stratigrafici dotati di una particolare frequenza di risonanza (espressa in Hertz) e caratterizzati da differenze di impedenza sismica, direttamente correlabili alla velocità di propagazione delle onde sismiche, tanto più evidenti quanto maggiore è il contrasto di impedenza/velocità.

La procedura dunque comprende:

- Identificazione diretta di uno strato superficiale (posto solitamente entro i primi metri dal p.c.);
- Identificazione del picco ad esso riferito sulla curva sperimentale;
- Costruzione del best fit della curva teorica su quella sperimentale, usando i vincoli dei punti precedenti (Figura 3);

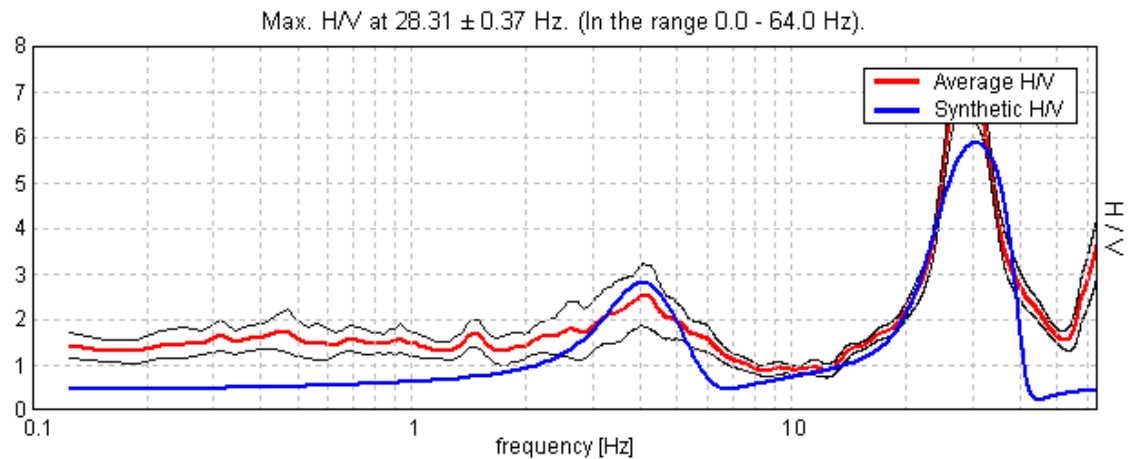


Figura 3

- Costruzione di una sequenza sismica monodimensionale fondata sulle Vs, i cui orizzonti stratigrafici corrispondono ai picchi della sovrapposizione curva sperimentale vs. curva teorica, come nella figura che segue (Figura 4), anch'essa riferita ad un caso generico.

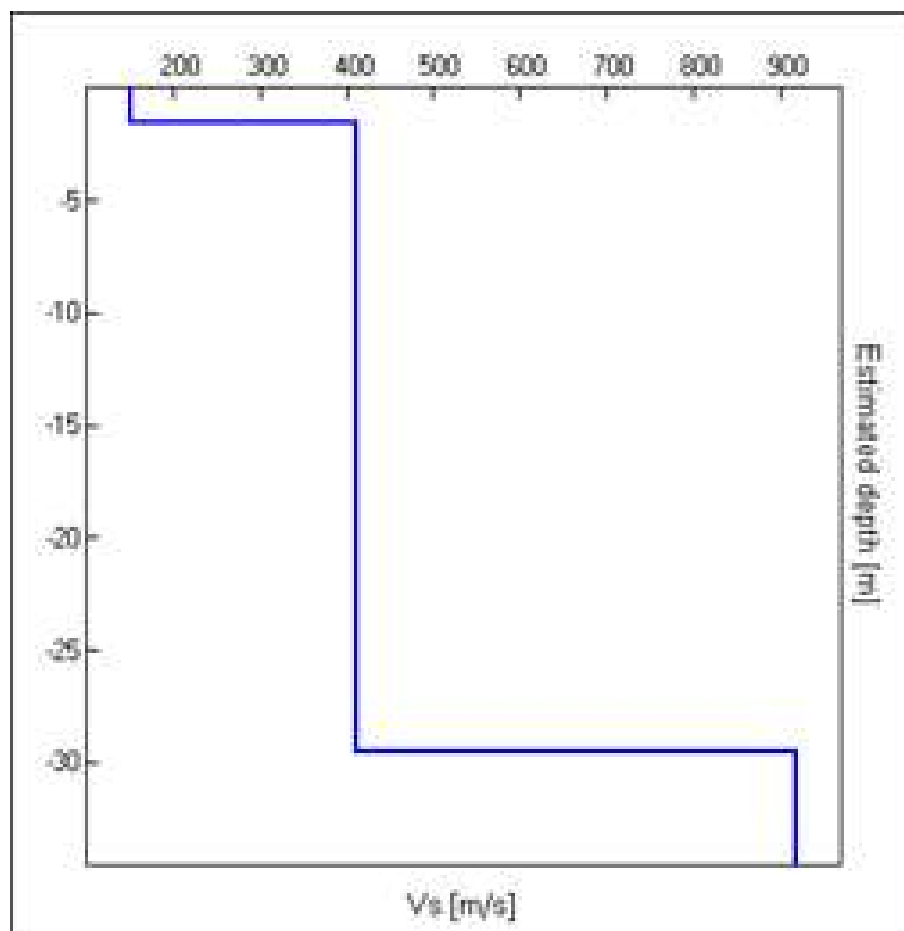
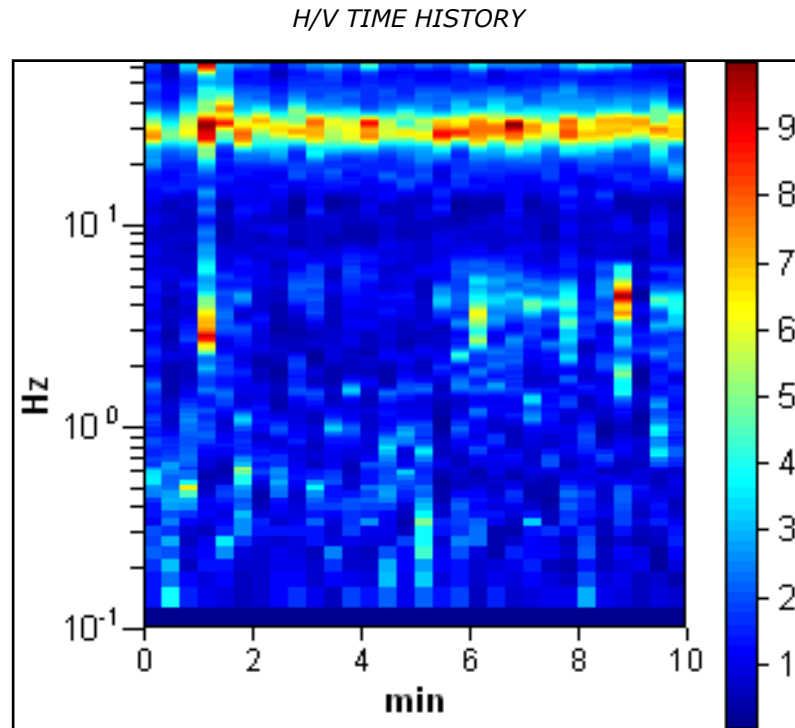


Figura 4

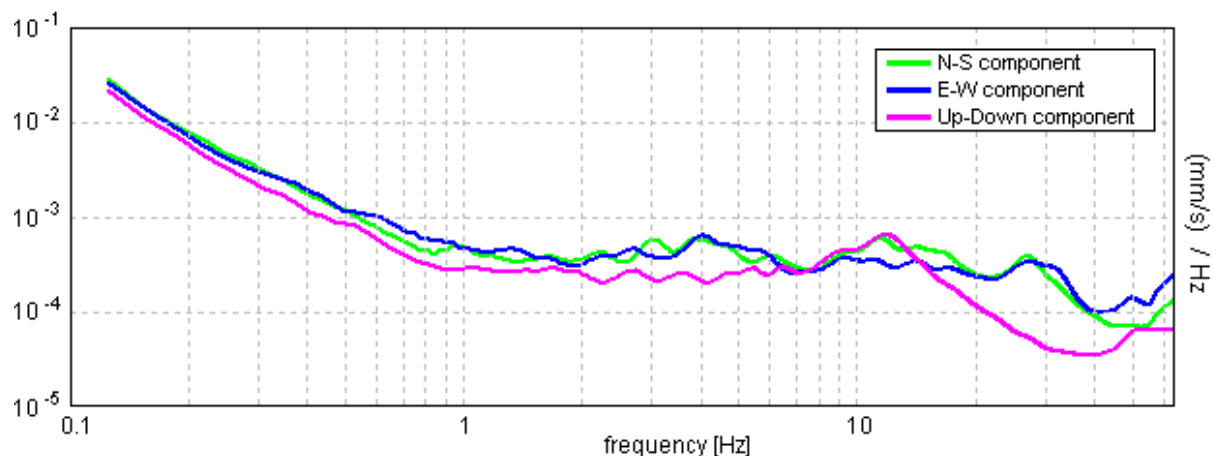
Nei grafici in allegato sono inoltre rappresentati:

- Diagramma rappresentativo della stabilità del rapporto H/V, durante la registrazione, indice della pulizia della traccia acquisita (Figura 5);



*Figura 5*

- Diagramma delle singole componenti spettrali, misurate dal tromografo (Figura 6).



*Figura 6*

L'acquisizione dei dati di campagna viene effettuata mediante tromografo digitale Tromino della Micromed spa, mentre l'elaborazione dei dati si serve del software Grilla fornito dalla stessa ditta.

## 6.2 Analisi sismica tramite Masw

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali, eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiale è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiando con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e di velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi. Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10Hz e 70-100Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30-50 metri, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori ai 20°, sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche.

La metodologia utilizzata consiste in quattro fasi:

- calcolo della curva di dispersione sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento, energizzando alternativamente ai due estremi dello stendimento;
- calcolo della curva di dispersione apparente numerica mediante il metodo Roma (2001);
- calcolo della curva di dispersione effettiva numerica mediante il metodo Lai-Rix (1998);
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vsv, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vsv e di compressione Vp (o in alternativa il coefficiente di Poisson  $\nu$ ), la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'affidabilità del profilo di velocità Vs trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativo tra le due curve.



### 6.3 Risultanze indagini sismiche

Sulla base dei dati pervenuti e dall'acquisizione dei dati stratigrafici tratti da altre indagini geognostiche (prove penetrometriche dinamiche e sondaggi), effettuate in siti limitrofi e da cui è stato possibile delineare anche la stratigrafia del sito in oggetto fino alla profondità di oltre 30,0 mt, si è tarata l'elaborazione dell'indagine effettuata, ottenendo valori  $V_{s,eq(*)}$  descritti come nella tabella seguente (Tabella 2):

INDAGINE	Velocità equivalente (VSeq) in m/s
HVSR1	211.00
HVSR2	209.00
HVSR3	244.00
HVSR4	236.00
MASW1	191.47
MASW2	198.56
MASW3	197.69
MASW4	205.48

*Tabella 2 – Tabella riepilogativa delle velocità equivalenti riscontrate*

(\*) i valori di velocità equivalente forniti sono stati estrapolati considerando il piano di imposta delle fondazioni coincidente con il piano campagna.

Ai sensi del D.M. 17.01.2018 ("Norme Tecniche per le Costruzioni", Tab. 3.2.II), per la progettazione di manufatti soggetti ad azioni sismiche, il terreno in esame può essere riferito alla *Categoria di Suolo di Fondazione C* - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### 6.4 Parametri di pericolosità sismica

Nell'ipotesi, da verificare in fase progettuale, di un edificio ricadente in Classe I (par. 2.4.2 NTC) e di una vita nominale pari a 50 anni e un periodo di riferimento pari a 35 anni, si definiscono i seguenti parametri di pericolosità sismica ai sensi della normativa vigente (Tab.3):

### Stati limite

Classe Edificio

Presenza occasionale di persone, edifici agricoli

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

**CU = 0.7**

Stato Limite	Tr [anni]	$\beta_g$ [g]	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> [s]
Operatività (SLO)	30	0.045	2.470	0.259
Danno (SLD)	35	0.050	2.476	0.264
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.139	2.577	0.274
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.185	2.548	0.279

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 35

### Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

IT (IT): 1 VS (IT): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1.50	1.50	1.49	1.42
CC Coeff. funz. categoria	1.64	1.63	1.61	1.60
ST Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

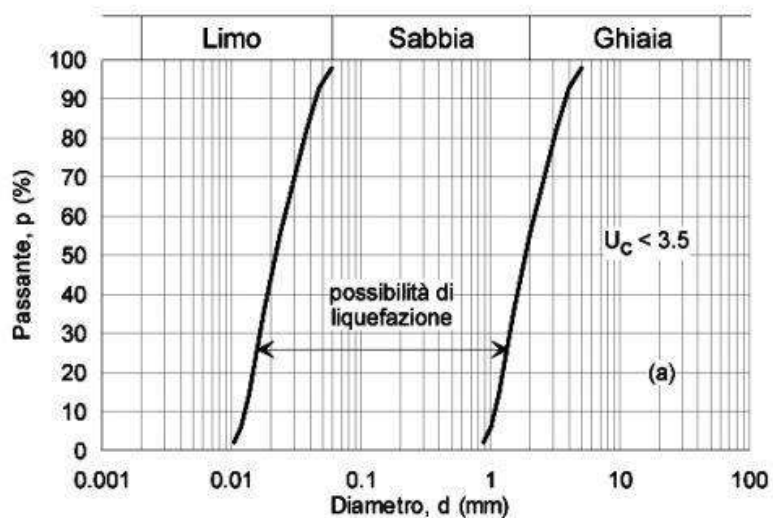
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k <sub>h</sub>	0.014	0.015	0.050	0.063
k <sub>v</sub>	0.007	0.007	0.025	0.031
A <sub>max</sub> [m/s²]	0.681	0.729	2.025	2.572
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Tabella 3 – Tabella riassuntiva parametri sismici

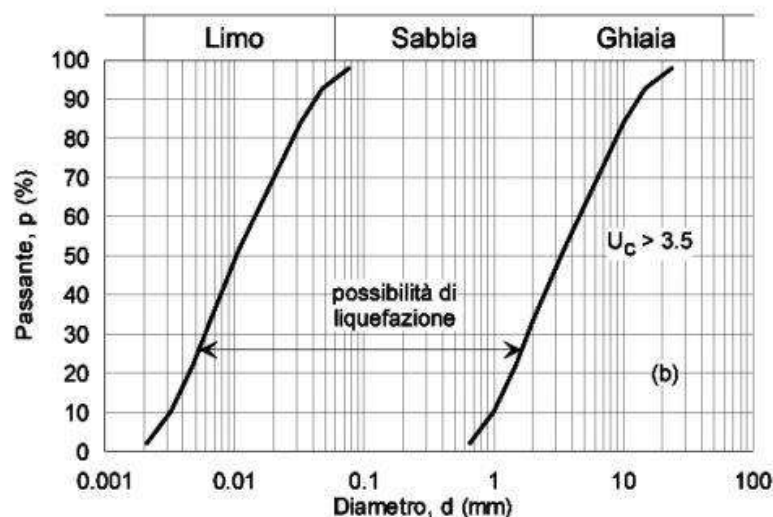
## 7. Liquefazione

Le NTC 2018 prevedono che il sito presso il quale è in progetto una nuova opera deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della resistenza di progetto e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali. Per ciò che concerne la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione, questa è connessa alla presenza di terreni sabbiosi saturi a profondità inferiori a 15 m e alla eventualità di terremoti con magnitudo superiore a 5. Lo scuotimento indotto dal moto sismico genera un incremento della pressione dell'acqua contenuta nei pori del terreno che può arrivare ad uguagliare la tensione efficace del terreno. In questa condizione si ha l'annullamento della resistenza al taglio del terreno e, di conseguenza, la sua liquefazione. Ai sensi delle N.T.C. di cui al D.M. 17/01/18 (paragrafo 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione) la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiori a  $0,1g$ ;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  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  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$  (Fig.8).



a)



b)

**Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione**

Fig.7: Grafici relativi ai fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (fig. 7.11.1 NTC 2018)

Alla luce del fatto che nessuna delle condizioni del § 7.11.3.4.2 delle N.T.C./18 risulta soddisfatta, non è possibile omettere la verifica a liquefazione. Di seguito verrà descritta la situazione di stabilità relativamente alla problematica della liquefazione, calcolando il valore del potenziale di liquefazione per ogni singolo strato riscontrato nel sito in esame, fatta eccezione per lo strato alterato superficiale (Strato A), il quale non viene considerato potenziale terreno fondale. A tal fine, è stata considerata una profondità della falda pari a -0.9 m dal piano campagna, pari alla quota minore riscontrata durante le fasi di indagine e un valore  $N_{spt}$  pari alla media dei valori ottenuti da ogni prova penetrometrica dinamica.

## 7.1 Valutazione del potenziale di liquefazione

Il criterio metodologico adottato è quello proposto da Seed & Idriss (1982), il quale rientra nei metodi definiti semplificati. Per quest'ultimi, a differenza di quelli empirici, si richiede che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie (nel caso specifico assume un valore di  $a_g = 0.160$  con  $CU=1$  e tempo di ritorno 475 anni). In tutti i metodi semplificati, compreso quello attualmente adottato, il coefficiente di sicurezza  $F_s$ , che esprime il rischio alla liquefazione, è dato dal rapporto fra la resistenza alla liquefazione del deposito sciolto e lo sforzo dinamico di taglio che lo sollecita durante l'evento sismico. Nel caso specifico, sono state prese in considerazione anche le informazioni desunte dalle prove penetrometriche eseguite nell'area di studio. Viene considerato "non liquefacibile" un terreno di fondazione in cui sia  $F_s > 1.3$ .

I calcoli eseguiti per la valutazione del potenziale di liquefazione riferiti a entrambe le casistiche considerate, sono riassunti nelle tabelle a seguire:

Strato B

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove dinamiche SPT)					
Metodo semplificato					
Metodo di Seed e Idriss (1982)					
PARAMETRI:					
$\rho$	=	1.8	g/cm <sup>3</sup>		
$\sigma_{vo}$	=	1.24	kg/cm <sup>2</sup>		
$\sigma'_{vo}$	=	0.64	kg/cm <sup>2</sup>		
profondità della prova	=	690	cm		
$N_{SPT}$	=	2.86			
profondità falda	=	90	cm		
$\rho_{H_2O}$	=	1	g/cm <sup>3</sup>		
Pressione neutra	=	0.600	kg/cm <sup>2</sup>		
$z$	=	6.9	m		
			$R =$ Resistenza al taglio mobilitata $T =$ Sforzo di taglio indotto dal sisma $d_{50} =$ Diametro della curva granulometrica corrispondente		
FORMULE:			RISULTATI:		
$N_a$	=	$(N_{SPT} \cdot (1.7 / (\sigma_{vo} + 0.7))) + N_f$	=	9.62295082	$N_a$
$N_f$	=	6			
$R$	=	$N_a / 90$	=	0.106921676	$R$
$T$	=	$0.65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})) \cdot r_d$	=	0.180372449	$T$
$a_{max}/g$	=	0.16			
$r_d$	=	0.8965			
1.3	£	$F_s = R/T$ Sabbie sature	=	0.592782748	Liquefacibile
"Software Freeware distribuito da geologi.it" Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820					

Tab.3: Riepilogo dei risultati emersi per la verifica alla liquefazione – Strato B

Sulla base dei calcoli eseguiti, lo strato B è considerato "liquefacibile" in quanto non risulta verificato il fattore di sicurezza  $F_s$  che, nel caso specifico, assume un valore di  $F_s = 0.593$  (< di 1.3).



## Strato C

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove dinamiche SPT)					
Metodo semplificato					
Metodo di Seed e Idris (1982)					
<b>PARAMETRI:</b>					
g	=	1.85	g/cm <sup>3</sup>		
s <sub>vo</sub>	=	1.85	kg/cm <sup>2</sup>		
s <sub>vo'</sub>	=	0.94	kg/cm <sup>2</sup>		
profondità della prova	=	1000	cm		
N <sub>SPT</sub>	=	12.44			
profondità falda	=	90	cm		
g H <sub>2</sub> O	=	1	g/cm <sup>3</sup>		
Pressione neutra	=	0.910	kg/cm <sup>2</sup>		
z	=	10	m		
				R=	Resistenza al taglio mobilitata
				T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma
				d <sub>50</sub> =	Diametro della curva granulometrica corrispondente
<b>FORMULE:</b>					
Na	=	(N <sub>SPT</sub> *(1,7/(σ <sub>vo</sub> +0,7)))+N <sub>f</sub>		=	20.39512195
<b>RISULTATI:</b>					
N <sub>f</sub>	=	7.5			
R	=	Na/90		=	0.226612466
T	=	0,65*((a <sub>max</sub> /g)*(σ <sub>vo</sub> /σ <sub>vo'</sub> ))*r <sub>d</sub>		=	0.173978723
a <sub>max</sub> /g	=	0.16			
r <sub>d</sub>	=	0.85			
1.3	£	Fs=R/T	Sabbie sature	=	1.302529767
Verificato Fs					
"Software Freeware distribuito da geologi.it" Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820					

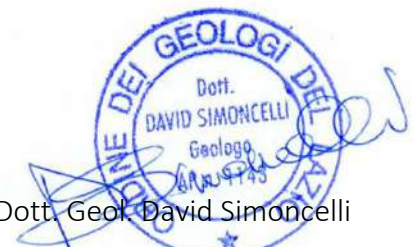
Sulla base dei calcoli eseguiti, lo strato C è considerato "non liquefacibile", ma al limite della liquefacibilità, in quanto non risulta verificato il fattore di sicurezza Fs che, nel caso specifico, assume un valore di  $F_s = 1.303$  (< di 1.3).

## 8. Conclusioni

Le aree interessate dal progetto risultano globalmente stabili e situate in zone già note. Considerando le tipologie di terreno incontrate, i lineamenti geomorfologici, i processi morfogenetici nella loro tendenza evolutiva ed in genere quanto emerso nel corso dello studio, allo stato attuale, non si ravvisano particolari problematiche di carattere geologico e/o geomorfologico ed eventuali possibili criticità potranno essere mitigate e/o annullate in fase di progettazione in quanto:

- sarà attuata una adeguata regimazione e gestione delle acque di scorrimento superficiale;
- saranno prese in considerazione le risultanze emerse dalla verifica a liquefazione effettuata.

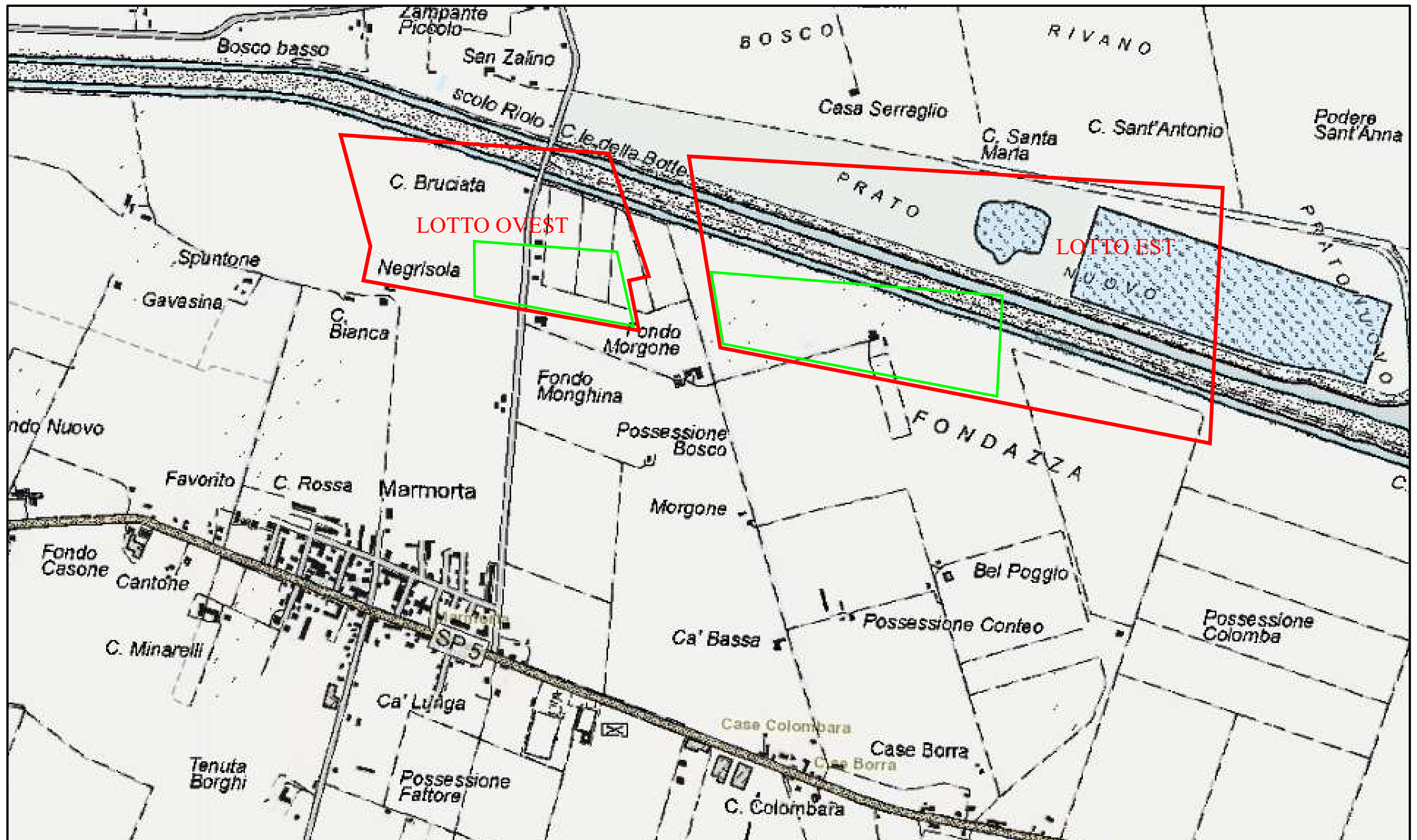
Roma, Giugno 2025

  
Dott. Geol. David Simoncelli

## 9. Allegati

- Carta Tecnica Regionale – Regione Emilia Romagna;
- Carta Geologica – ISPRA, Progetto C.A.R.G.;
- Stralcio Carta P.A.I. Rischio Idraulico – Autorità di Bacino del Reno;
- Stralcio Carta P.A.I. Aree allagabili e rischio idraulico – Autorità di Bacino del Fiume Po;
- Stralcio Carta Zonazione Morfo-idraulica – P.U.G. Comune di Molinella;
- Stralcio Carta Rischio Idraulico – Piano Territoriale Metropolitano;
- Pericolosità da frana e idrogeologica (Comune di Molinella) – ISPRA;
- Inventario Fenomeni Franosi Italia (Progetto IFFI) – ISPRA;
- Pericolosità da frana e idrogeologica (Comune di Portomaggiore) – ISPRA;
- Stralcio Carta Riduzione del rischio sismico – Piano Territoriale Metropolitano;
- Modello di pericolosità sismica (sito di Molinella) – I.N.G.V.;
- Modello di pericolosità sismica (sito di Portomaggiore) – I.N.G.V.;
- Stralcio Carta di microzonazione sismica di livello 1 – P.U.G. Comune di Molinella;
- Planimetria ubicativa generale delle indagini geognostiche;
- Report prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- Sezioni geologiche interpretative;
- Report indagini sismiche di tipo MASW;
- Report indagini sismiche di tipo HVSR;
- Documentazione fotografica.

## Scala 1:10000

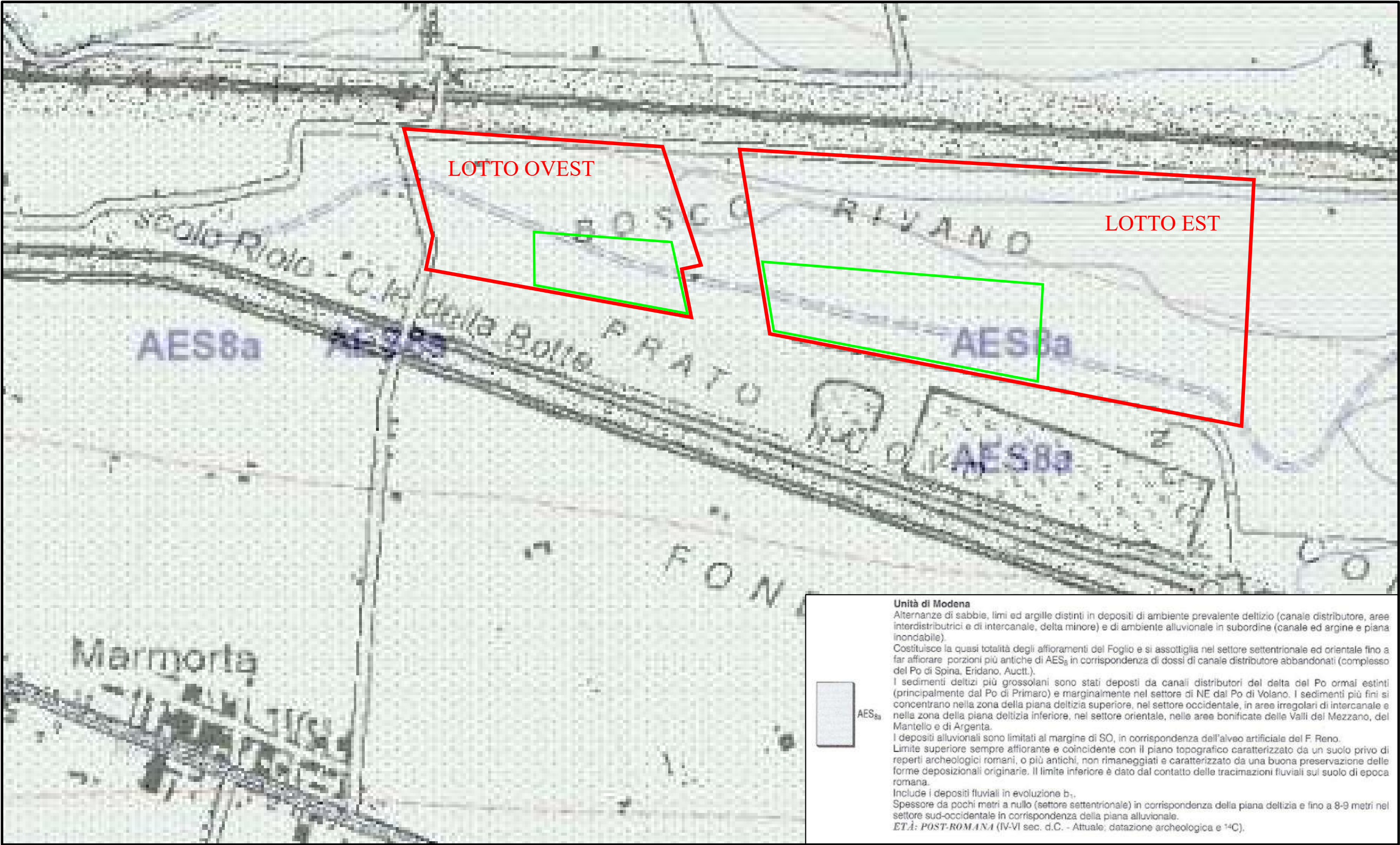


## Aree recintate

## Lotto in oggetto

# CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10000



Ubicazione dei lotti

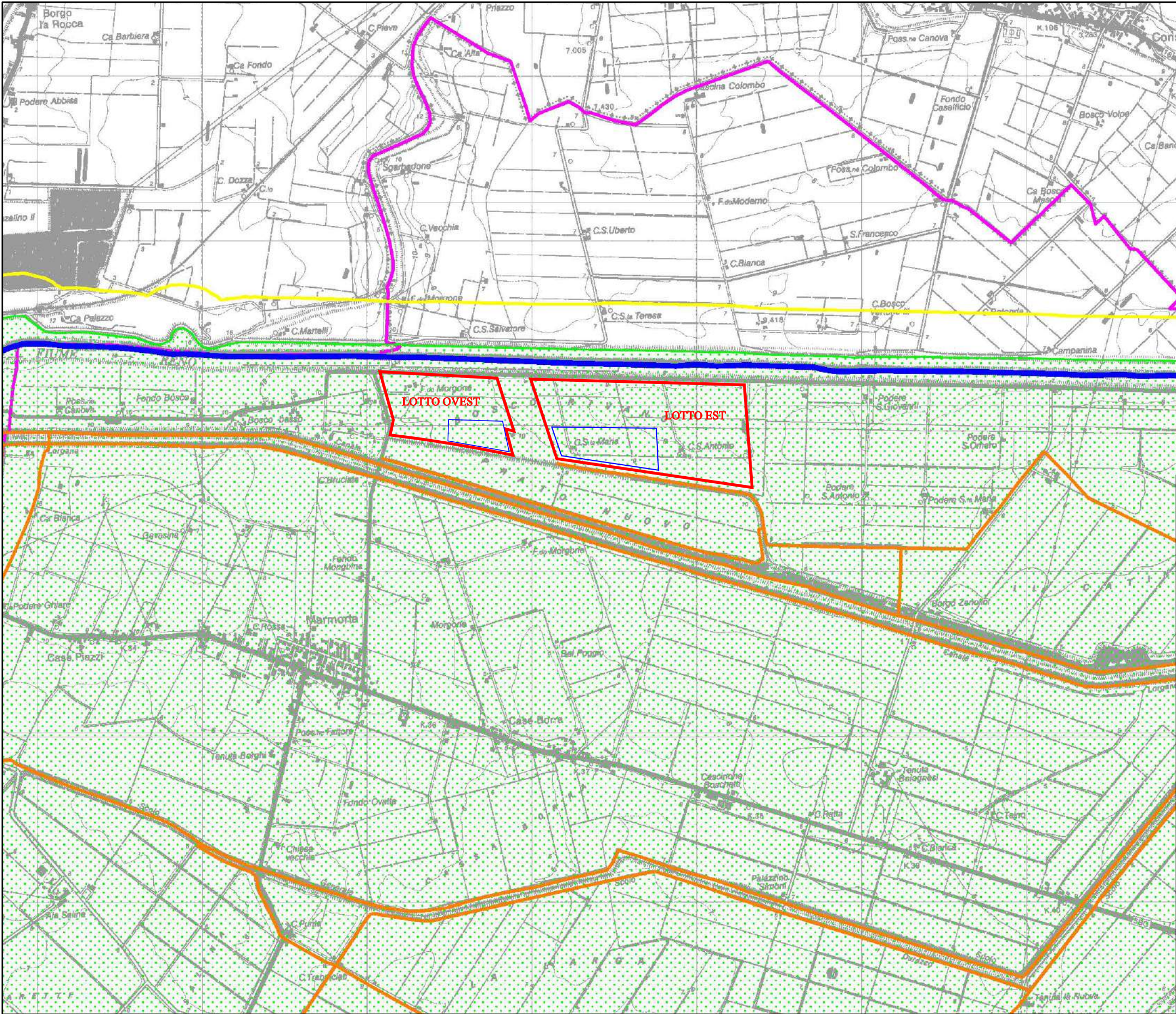


Aree recintate



P.A.I. - Rischio Idraulico - Autorità di Bacino del Reno

- Ubicazione dei lotti
- Aree recintate



AUTORITA' di BACINO del RENO

Piano Stralcio  
per l'Assetto Idrogeologico  
art. 1 c. 1 L. 03.08.98 n. 267 e s.m.i.

II - RISCHIO IDRAULICO E ASSETTO RETE IDROGRAFICA

II.1 - BACINO DEL FIUME RENO

TAVOLA 1.10  
Reticolo idrografico, ambiti territoriali normati  
Scala 1:25.000

Il Presidente  
dell'Autorità di Bacino del Reno  
Prof. Marioluigi Bruschini

Il Progettista  
Dott.Ing. Lorenza Zamboni

Il Segretario Generale  
dell'Autorità di Bacino del Reno  
Dott. Ferruccio Melloni

Legenda  
(riferimento agli articoli delle norme di piano)

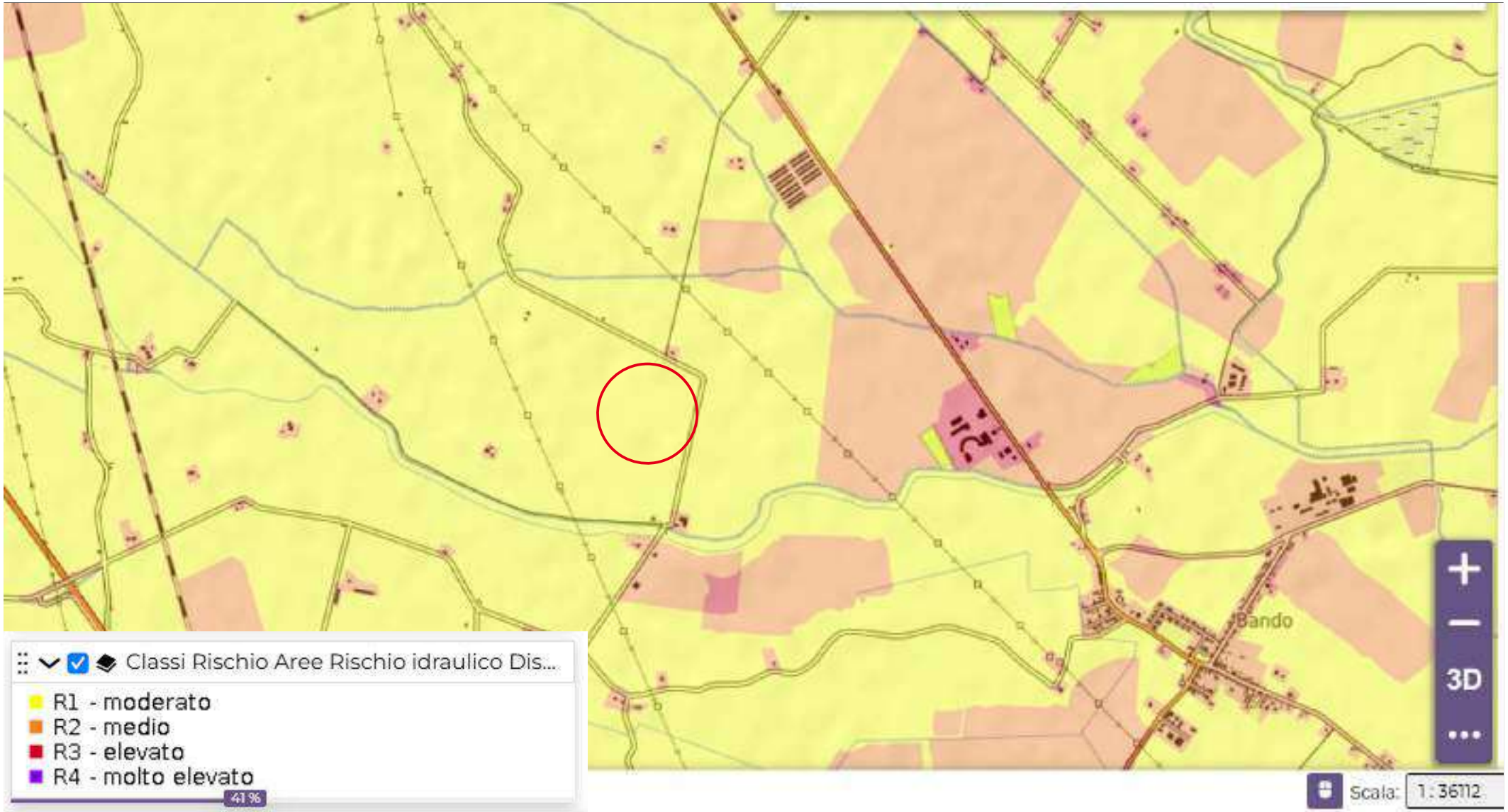
- Reticolo idrografico principale (art. 15)
- Reticolo idrografico secondario (art. 15)
- Reticolo idrografico minore (art. 15)
- Reticolo di bonifica (art. 15)
- Bacino imbrifero di pianura e pedecollinare del fiume Reno (art. 20)
- Ambito montano delle fasce di pertinenza fluviale, PF.M (art. 18)
- Ambito di pianura delle fasce di pertinenza fluviale, PF.V (art. 18)
- Confine comunale
- Confine regionale



Aree allagabili e rischio idraulico - PAI Autorità di Bacino del Fiume Po



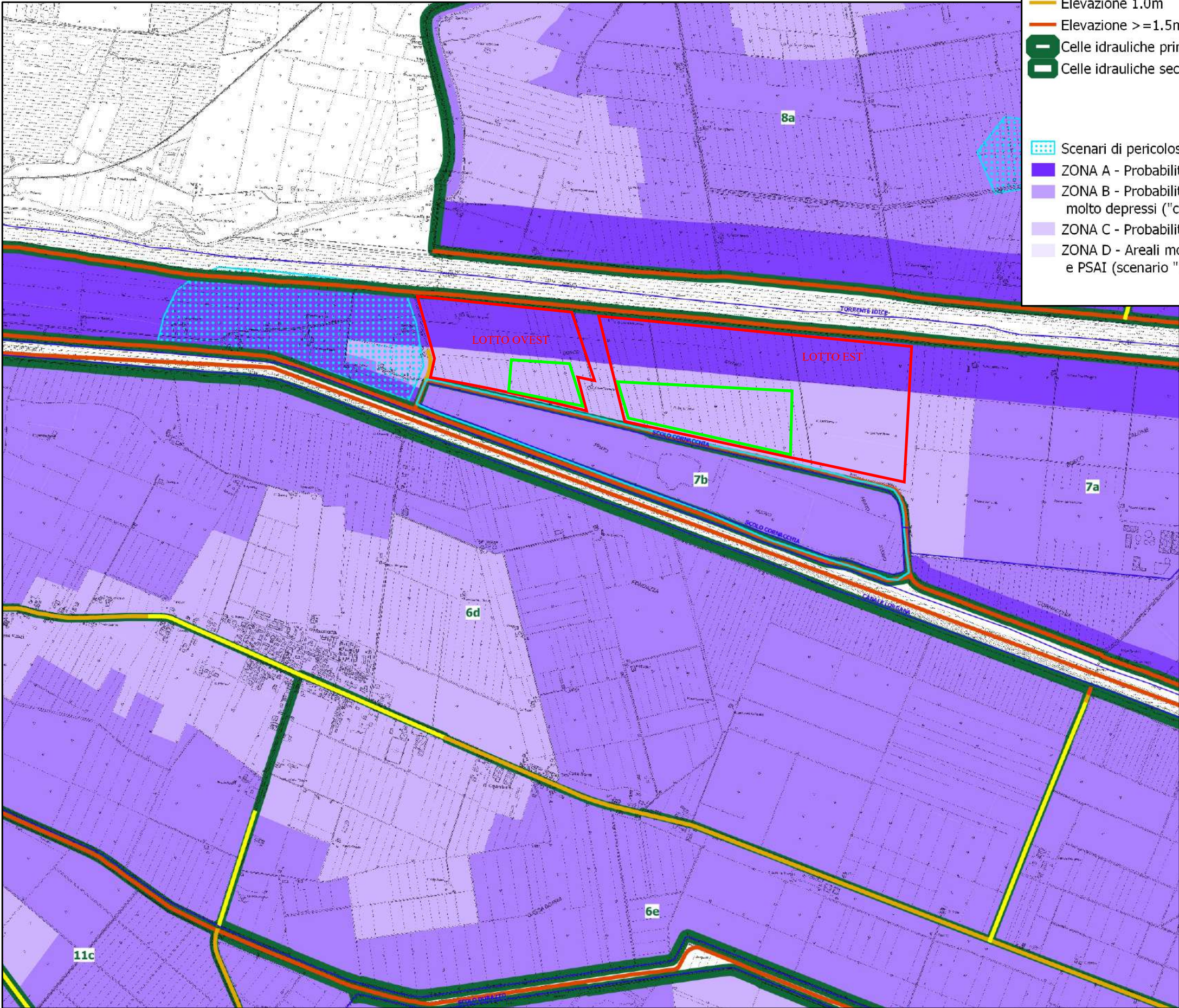
Ubicazione area stazione SE





# Rischio idraulico - Piano Territoriale Metropolitano

- Ubicazione dei lotti
- Aree recintate



- Reticolo idrografico
- Casse di espansione
- Principali elementi morfologici lineari:
  - Elevazione 0,5m
  - Elevazione 1.0m
  - Elevazione  $\geq 1.5m$
- Celle idrauliche principali
- Celle idrauliche secondarie
- Scenari di pericolosità alta "P3" per il reticolo secondario di pianura
- ZONA A - Probabilità di allagamenti caratterizzati da componente trattiva significativa
- ZONA B - Probabilità di allagamenti con afflussi prolungati in areali morfologicamente molto depressi ("conche/valli" morfologiche). Areali con maggiori difficoltà di scolo
- ZONA C - Probabilità di allagamenti in areali morfologicamente depressi
- ZONA D - Areali morfologicamente più elevati con pericolosità moderata derivata da PGRA e PSAI (scenario "P2")

COMUNE DI MOLINELLA  
CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA

## PIANO URBANISTICO GENERALE LEGGE REGIONALE N.24 DEL 21.12.2017

QUADRO CONOSCITIVO DIAGNOSTICO  
RISCHIO IDRAULICO

### ZONAZIONE MORFO-IDRAULICA

ELABORATO:  
TAV.RID.2 – Zonazione morfo-idraulica

SCALA: 1:20.000

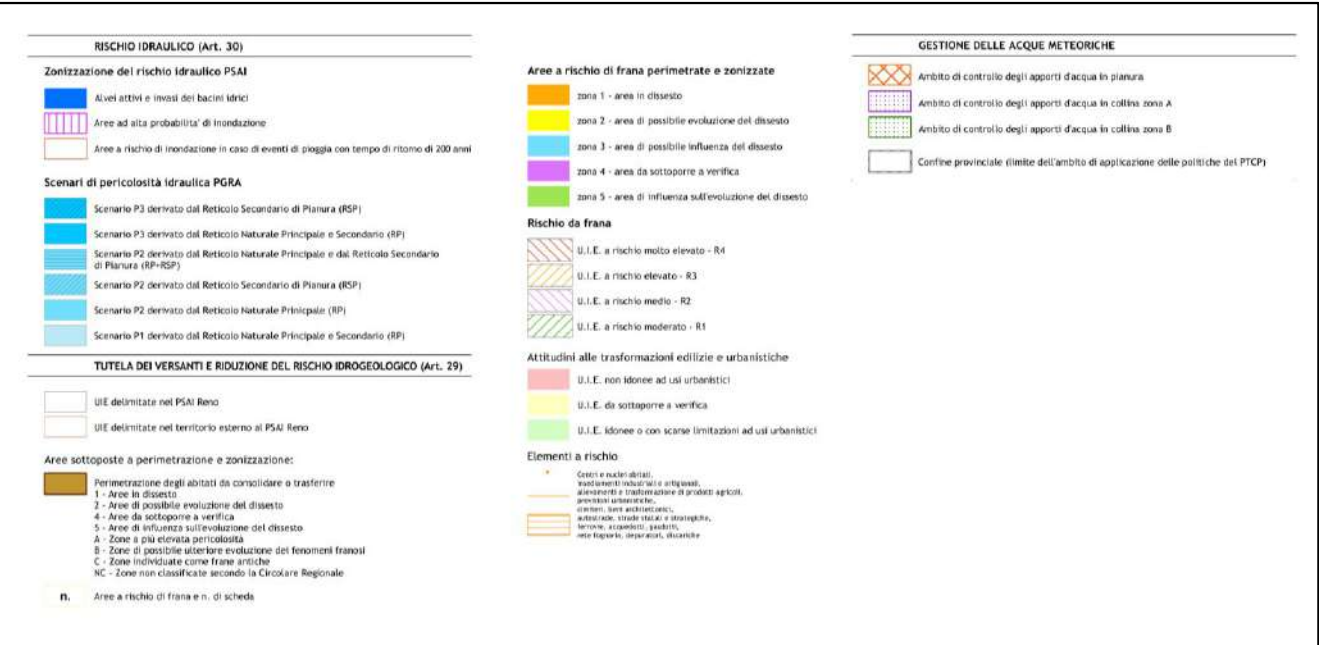
COPPI A CONF. OR. NEI SENSI DELL'ART. 23, COMMA 1 DEL  
DECRETO LEGISLATIVO N. 82/2005 DELL'ORIGINALE  
SOTTOSCRITTO CON FIRMA DIGITALE E MEMORIZZATO  
SU BANCA DATI DEL COMUNE DI MOLINELLA (BO).



PUG ASSUNTO CON DELIBERAZIONE DI GIUNTA COMUNALE N. \_\_\_\_\_ DEL \_\_\_\_\_  
PUG ADOTTATO CON DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO COMUNALE N. \_\_\_\_\_ DEL \_\_\_\_\_  
PUG APPROVATO CON DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO COMUNALE N. \_\_\_\_\_ DEL \_\_\_\_\_



# Rischio idraulico - Piano Territoriale Metropolitano





# Pericolosità da frana e idrogeologica-ISPRA



- Aree recintate
- Ubicazione del sito

# Inventatio Fenomeni Franosi Italia - Progetto IFFI



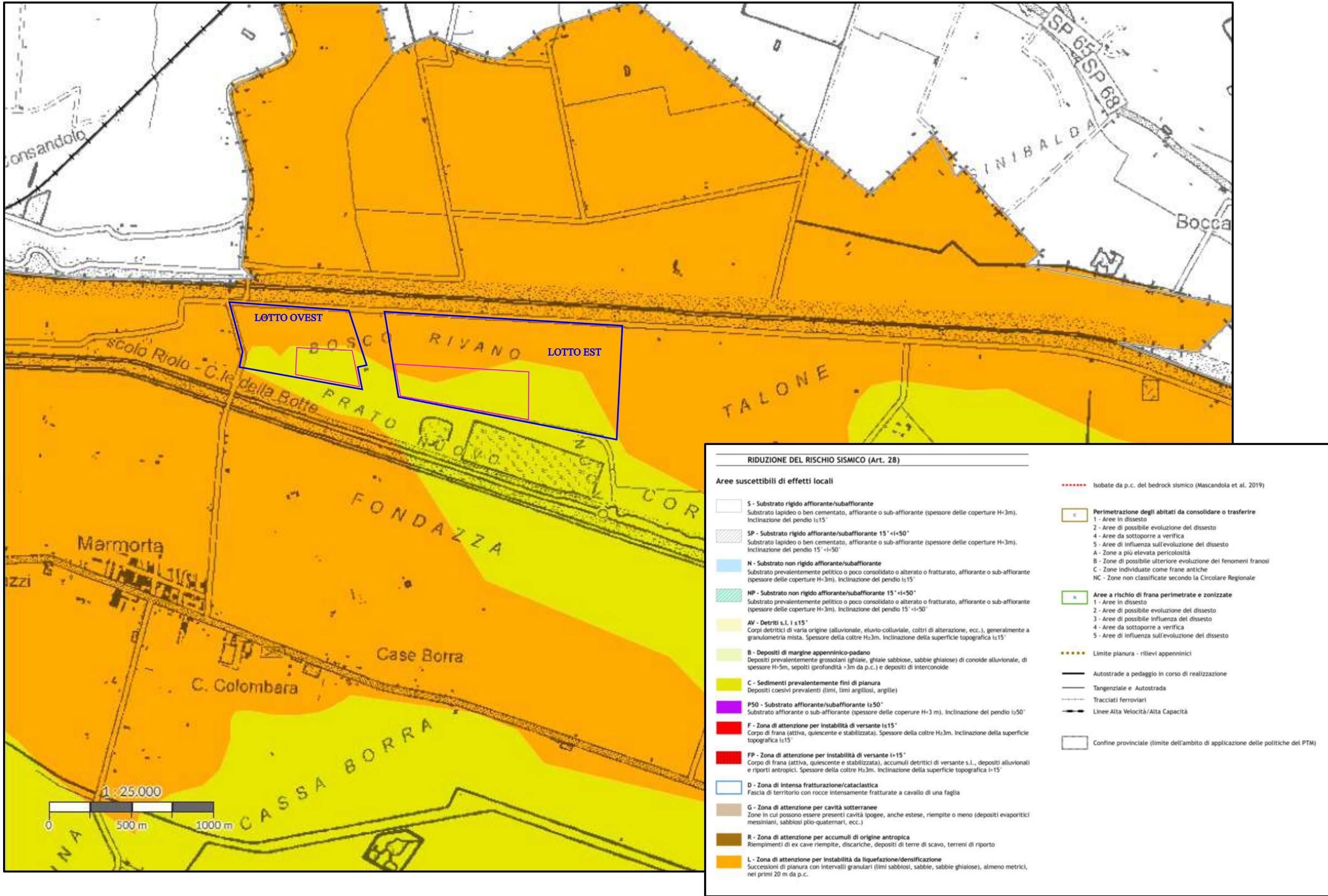


# Pericolosità da frana e idrogeologica-ISPRA



Ubicazione area stazione SE









## Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

### Selezione Mappa

Visualizza punti della  
griglia riferiti a: ☒

Parametro dello  
scuotimento: **PGA**

Probabilità in 50 anni: **10%**

Percentile: **50°**

Periodo spettrale  
(sec.): **---**

Ridisegna mappa

### Navigazione

Scala:  
(Valori consentiti: 50.000 - 5.000.000)

Scala: **75000**

Coordinate del centro della  
mappa

Lat.: **44.631**

Long.: **11.731**

Cambia scala/centro

### Ricerca Comune

Il nome contiene:

**Ricerca**

Comune Evidenziato:

**Molinella**

**Nascondi**



### Legenda

	< 0.025g
	0.025-0.050
	0.050-0.075
	0.075-0.100
	0.100-0.125
	0.125-0.150
	0.150-0.175
	0.175-0.200
	0.200-0.225
	0.225-0.250
	0.250-0.275
	0.275-0.300
	0.300-0.350
	0.350-0.400
	0.400-0.450
	0.450-0.500
	0.500-0.600
	0.600-0.700
	0.700-0.800
	0.800-0.900
	0.900-1.000
	1.000-1.250
	1.250-1.500
	1.500-1.750
	1.750-2.000

### Copyright



© Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

0 0.5 1 1.5 2 2.5 km





## Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

### Selezione Mappa

Visualizza punti della griglia riferiti a: ☒

Parametro dello scuotimento: **PGA** ▼

Probabilità (in 50 anni): **10%** ▼

Percentile: **50°** ▼

Periodo spettrale (sec.): ▼

Ridisegna mappa

### Navigazione

Scala:  
(Valori consentiti: 50.000 - 5.000.000)

Scala: **75000**

Coordinate del centro della mappa

Lat.: **44.654**

Long.: **11.852**

Cambia scala/centro

### Ricerca Comune

Il nome contiene:

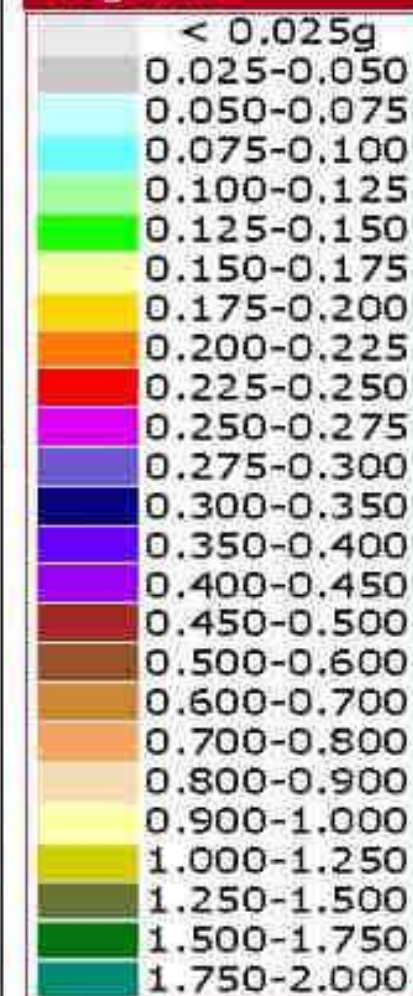
Ricerca

Comune Evidenziato:  
Portomaggiore

Nascondi



### Legenda



### Copyright



© Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

0 0.5 1 1.5 2 2.5 km

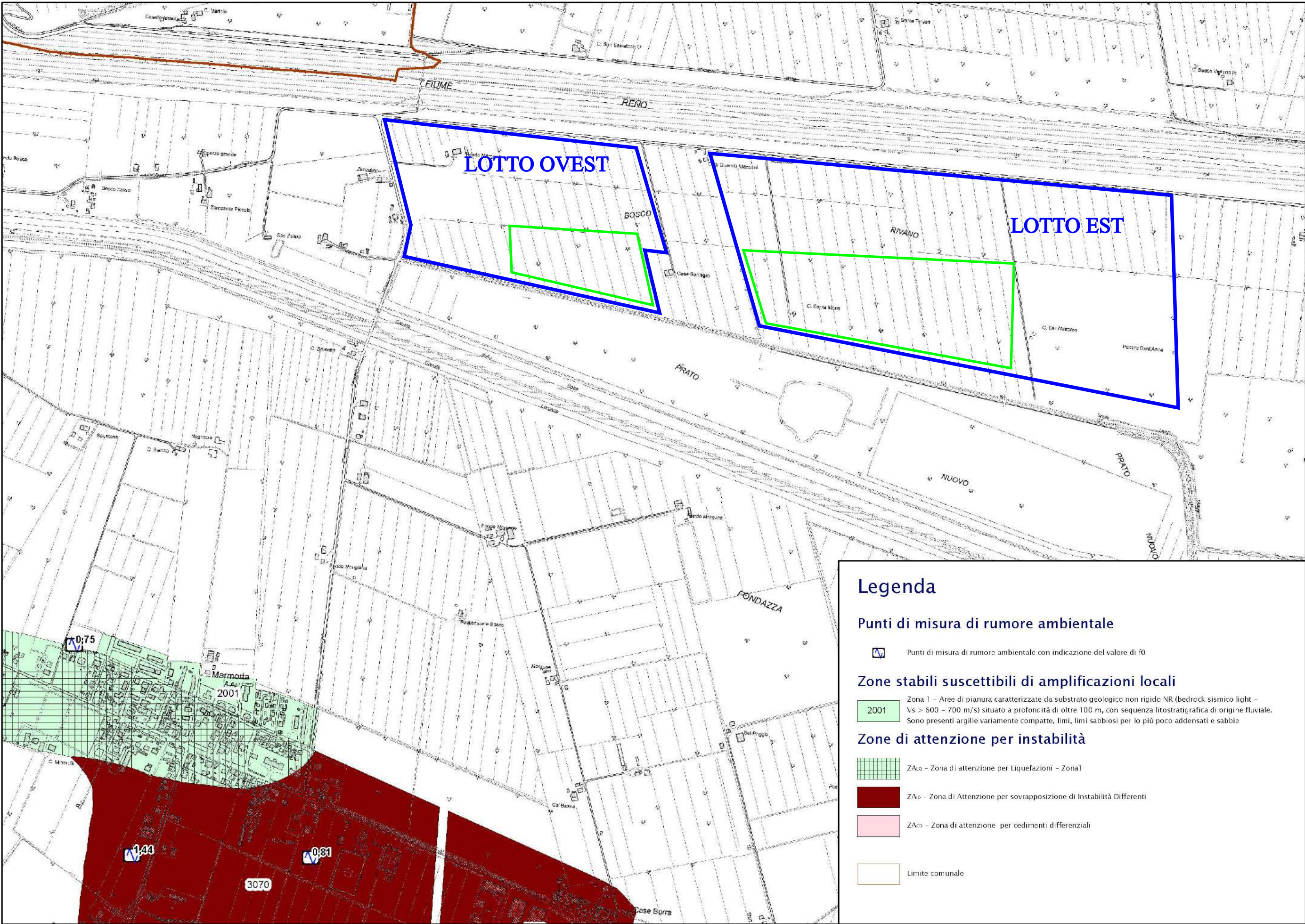


# Carta di microzonazione sismica di primo livello - P.U.G. del Comune di Molinella

Scala 1:10000

Area recintata

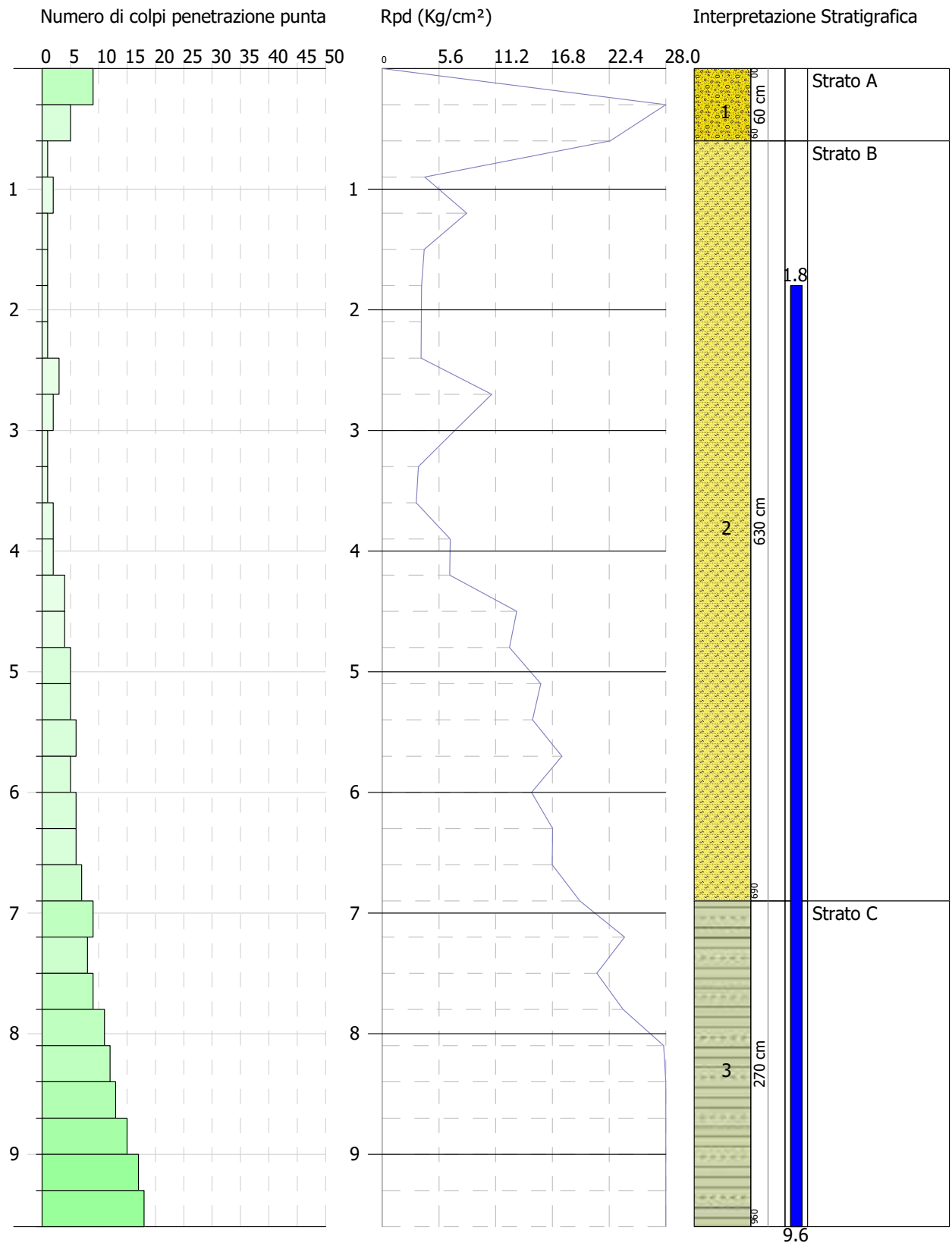
Ubicazione dei lotti

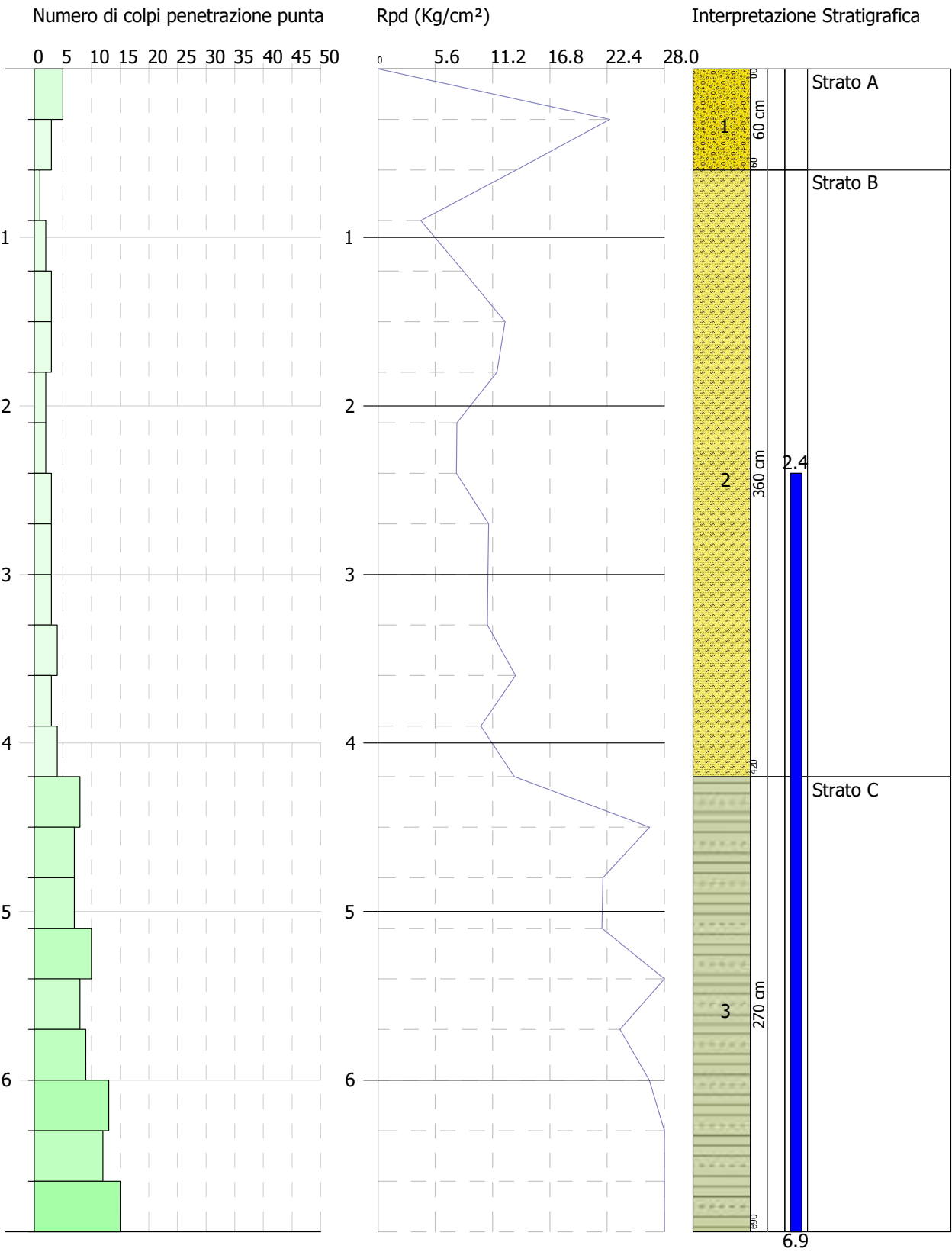


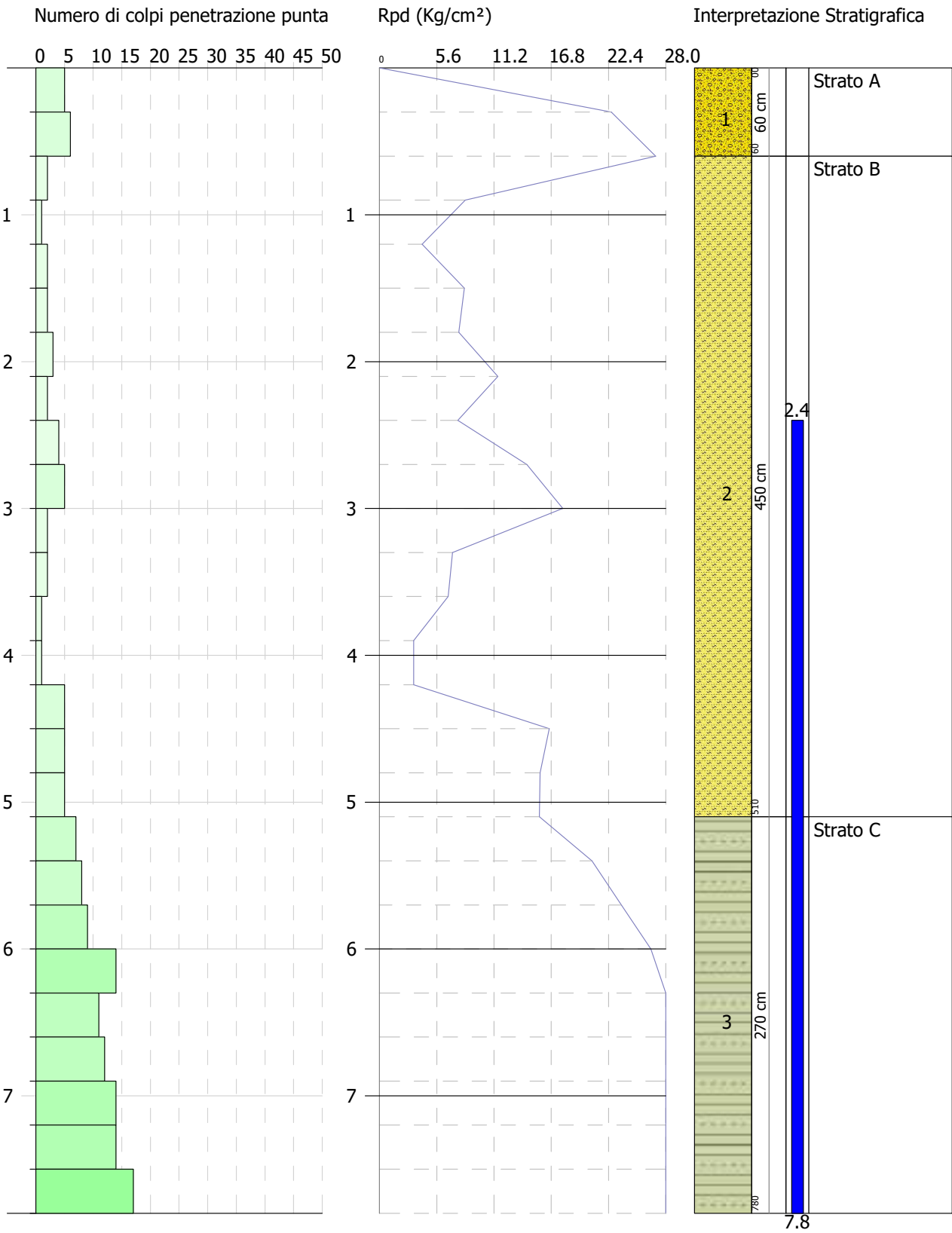


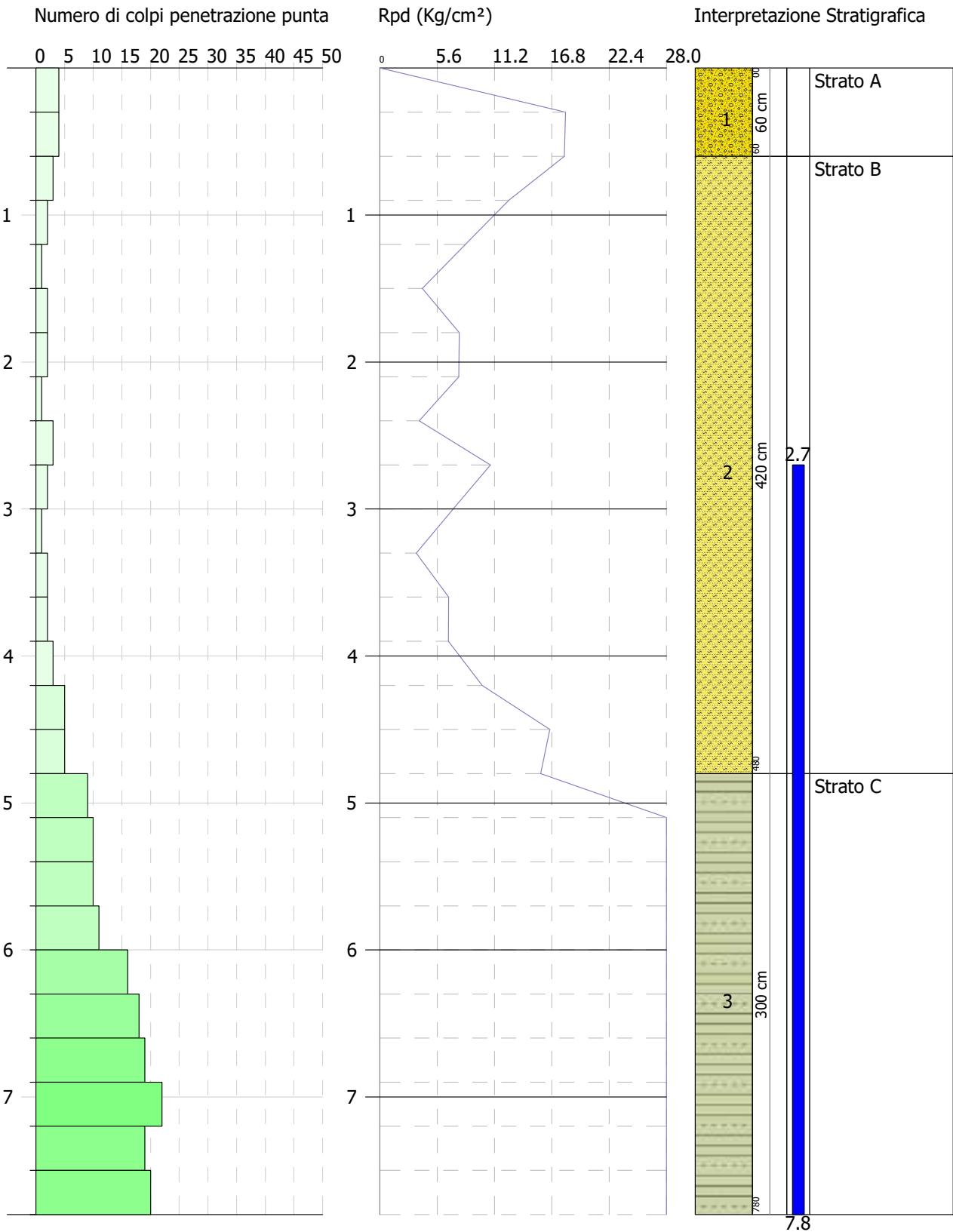


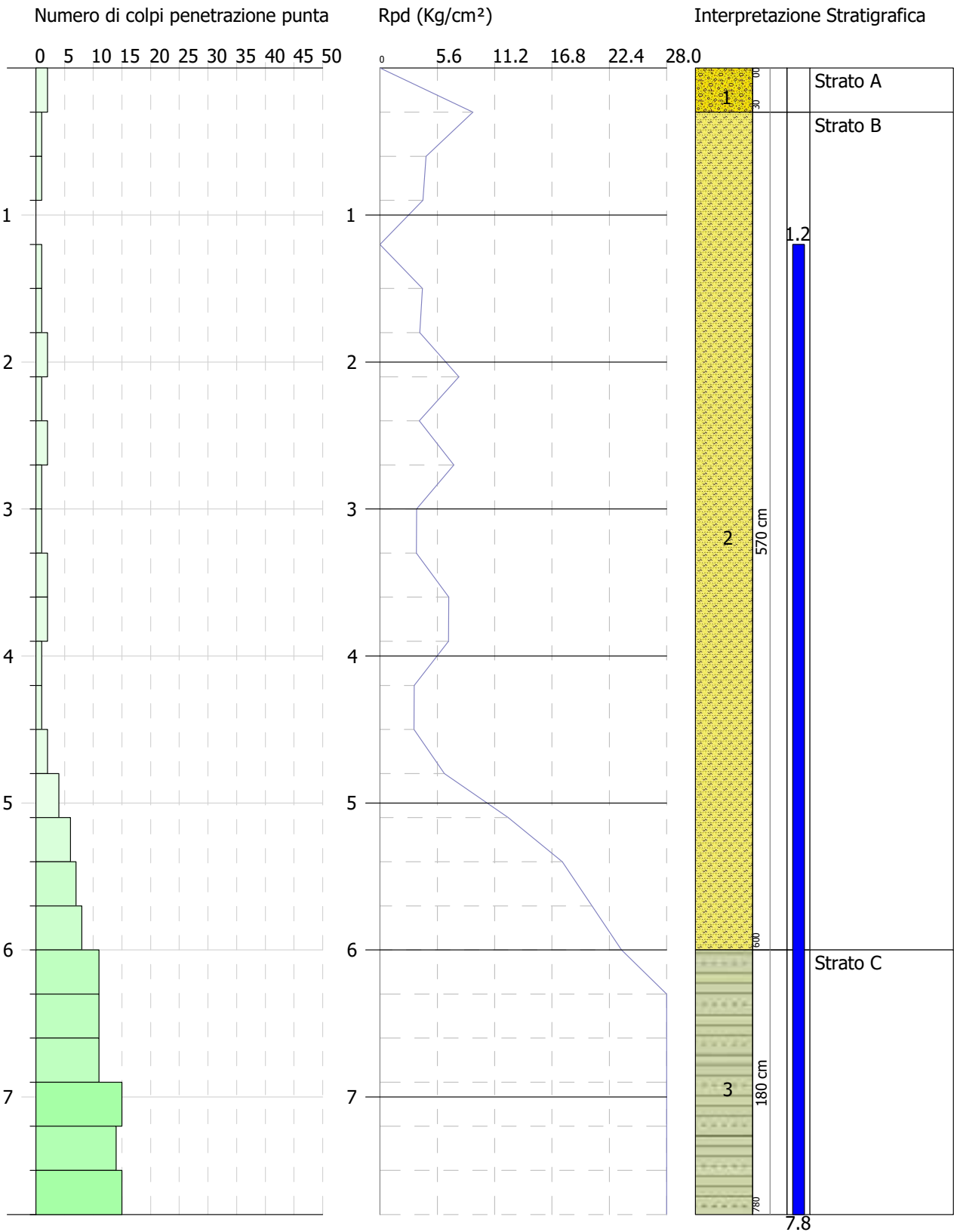


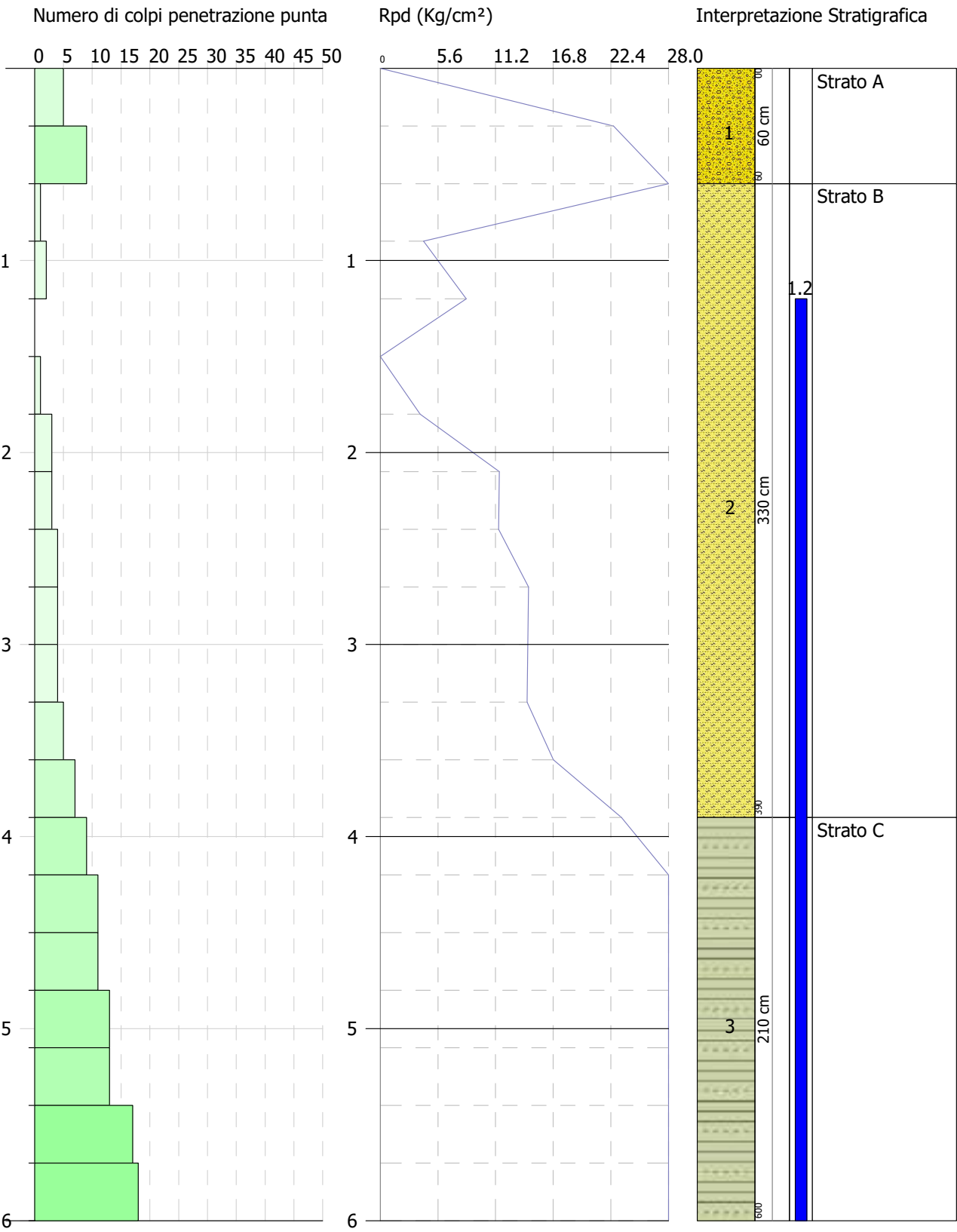


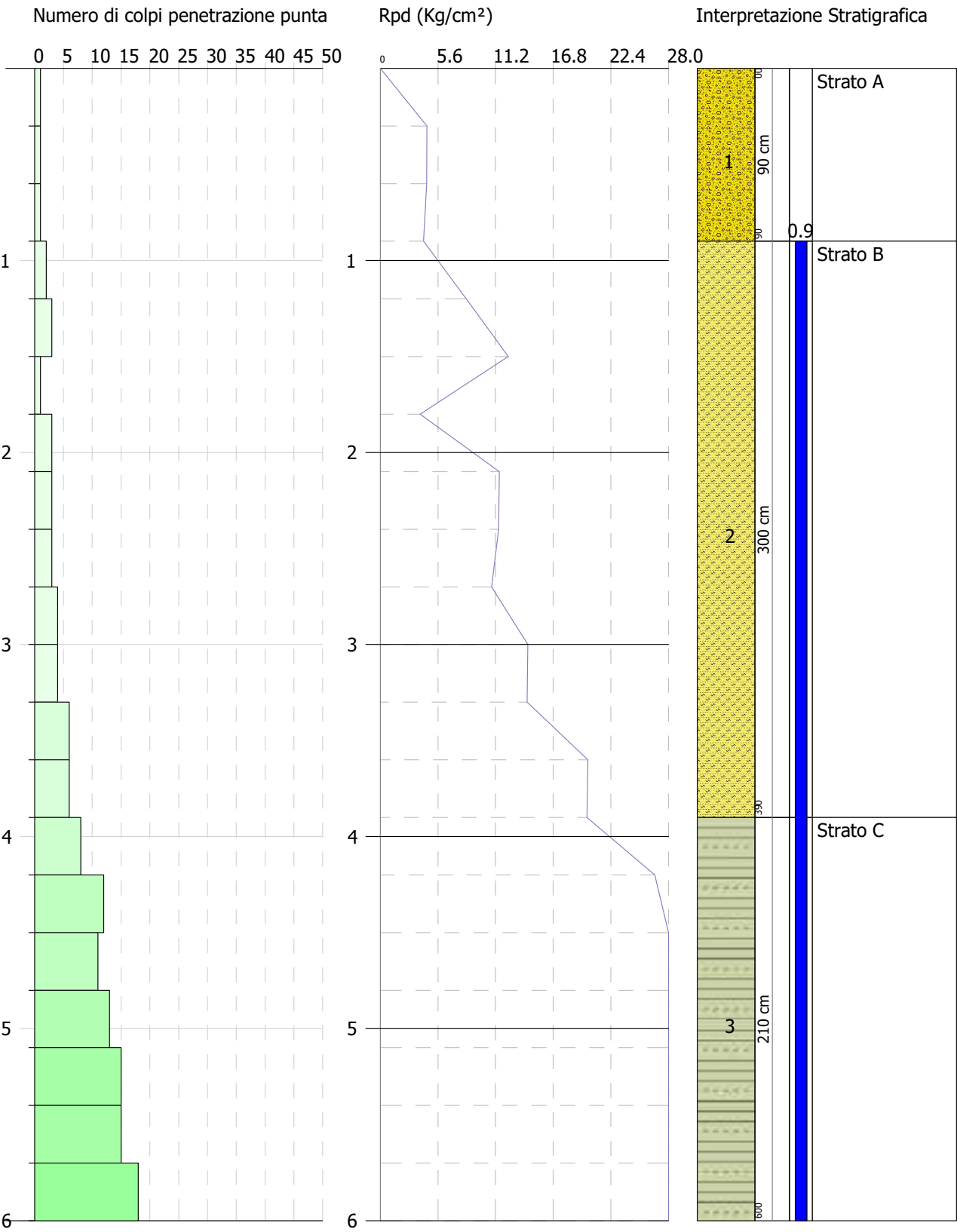


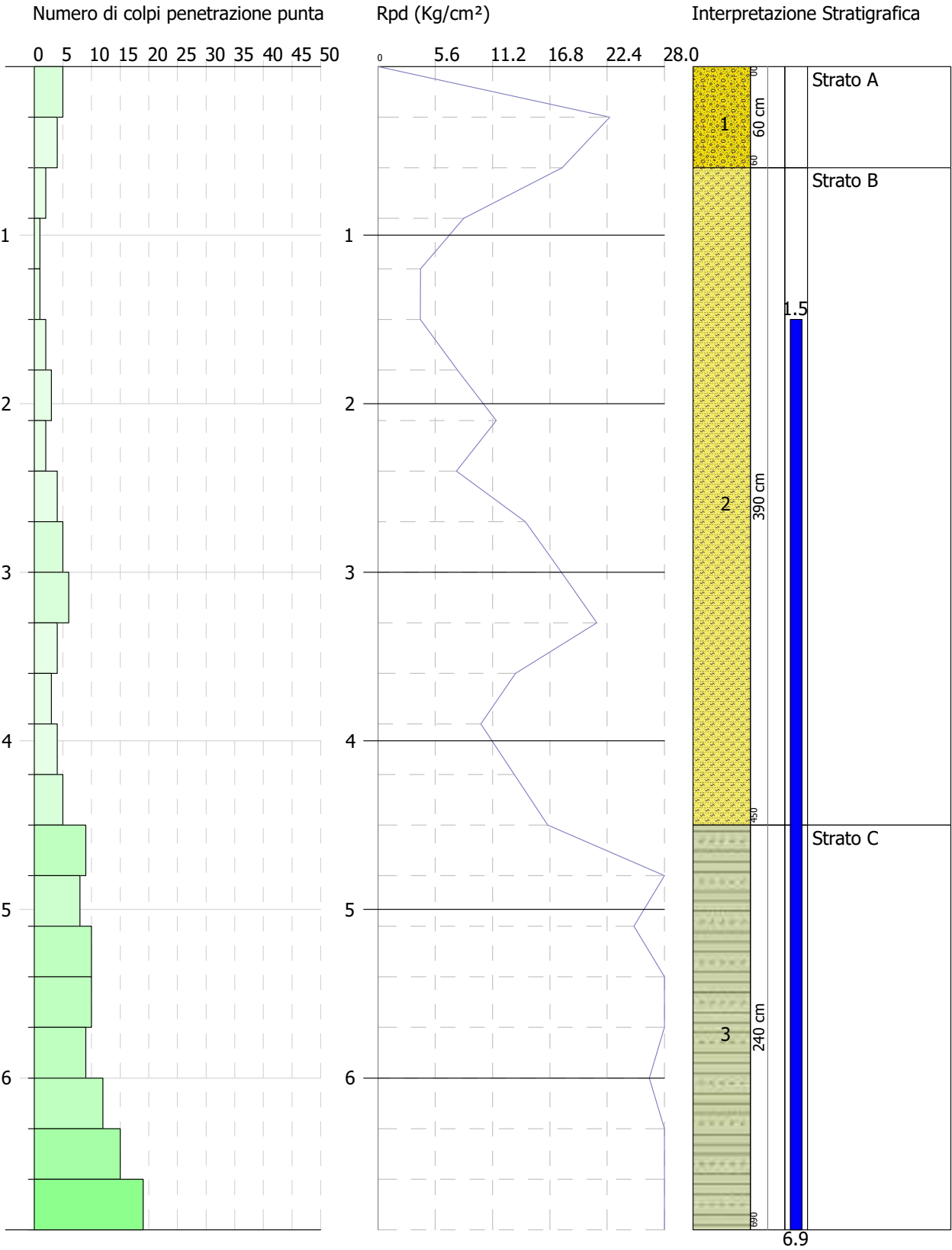




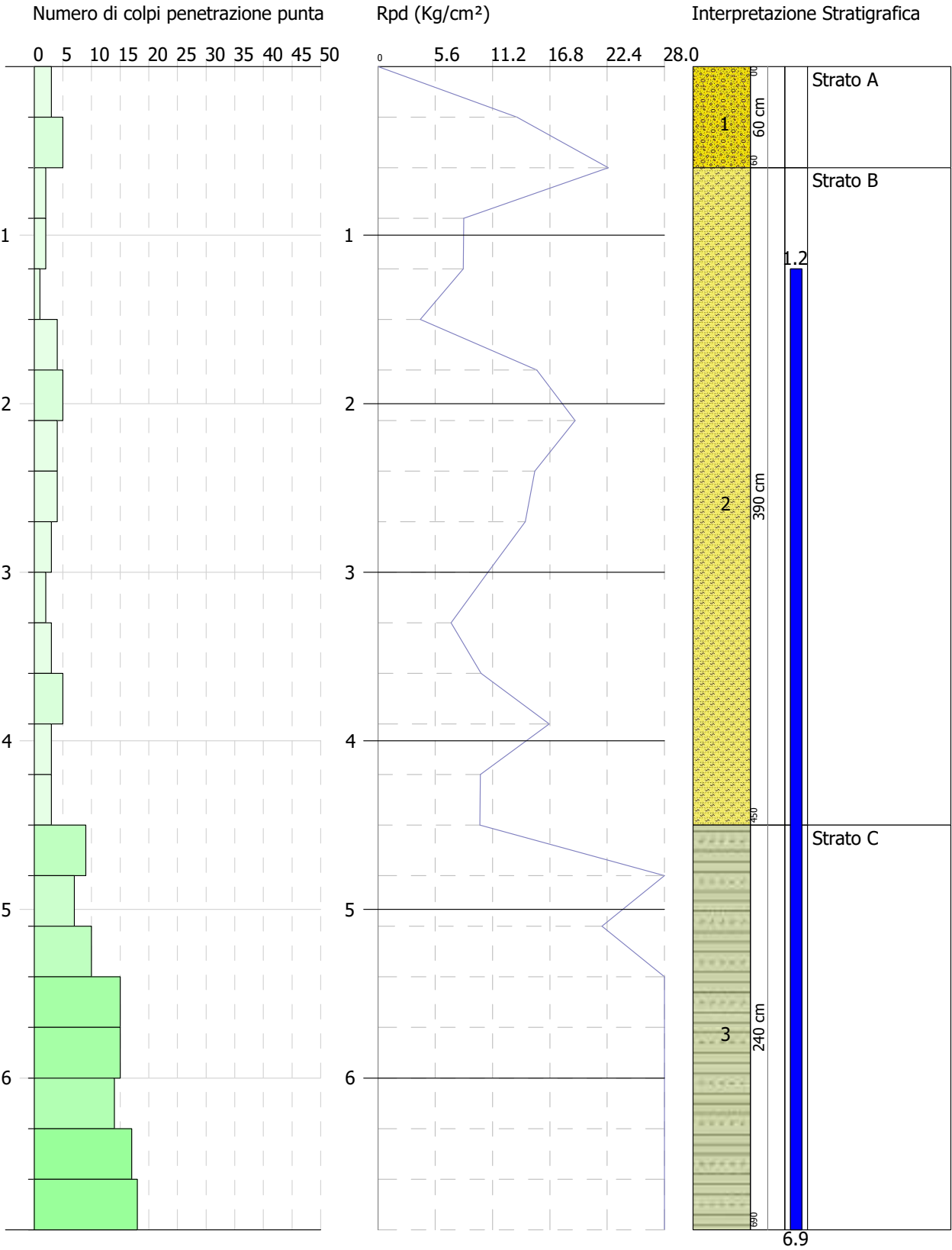


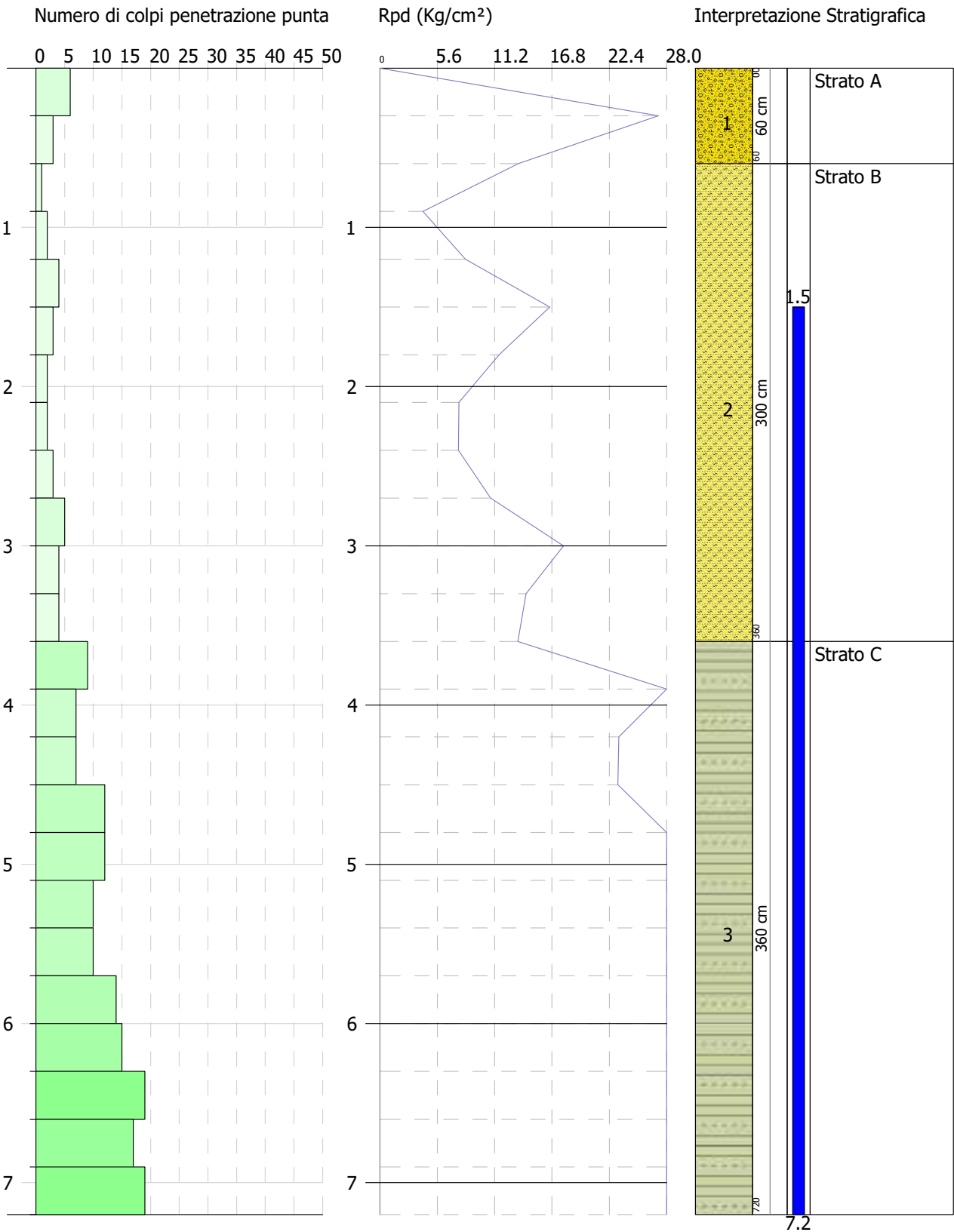












## REPORT PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Flo.Ren S.r.l. Descrizione: Realizzazione impianto fotovoltaico Localita': Molinella e Portomaggiore(BO)	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH GEDIS 2.0

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	25 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	0.9 m
Peso aste a metro	6.3 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.90 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	0.984
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

### **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE** **(DYNAMIC PROBING)** **DPL-DPM-DPH-DPSH**

#### **Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;

- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

### penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.

## Correlazione con N<sub>spt</sub>

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N<sub>spt</sub> ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N<sub>spt</sub>. Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q<sub>spt</sub> è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta R<sub>pd</sub>

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R <sub>pd</sub>	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

## Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa'/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_R \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C <sub>s</sub>	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

- $C_d$  funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
 $C_r$  parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

## **Metodologia di Elaborazione**

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare, consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

## **Valutazioni statistiche e correlazioni**

### **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

#### ***Media***

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Media minima***

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Massimo***

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Minimo***

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Scarto quadratico medio***

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

---

**Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media (– s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

**Correlazioni geotecniche terreni incoerenti****Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

**Correzione  $N_{spt}$  in presenza di falda**

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### **Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977) - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.



***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss (1978-1981). Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

***Velocità onde di taglio  $V_s$  (m/s)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

**Modulo di deformazione di taglio ( $G$ )**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

**Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson (1983) -  $Q_c$

**Correlazioni geotecniche terreni coesivi****Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli - correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$ , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago). Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson (1983) -  $Q_c$

**Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )**

- Stroud e Butler (1975), - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) ( $Kg/cm^2$ ) -, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

**Modulo Di Young ( $E_Y$ )**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$ .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977.

**Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

**Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato... DPSH GEDIS 2.0

Prova eseguita in data 14/01/2025

Profondita' prova 9.60 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	9	0.853	40.80	47.85	2.04	2.39
0.60	5	0.847	22.52	26.58	1.13	1.33
0.90	1	0.842	4.47	5.32	0.22	0.27
1.20	2	0.836	8.34	9.97	0.42	0.50
1.50	1	0.831	4.14	4.99	0.21	0.25
1.80	1	0.826	4.12	4.99	0.21	0.25
2.10	1	0.822	3.86	4.69	0.19	0.23
2.40	1	0.817	3.83	4.69	0.19	0.23
2.70	3	0.813	10.81	13.30	0.54	0.66
3.00	2	0.809	7.17	8.87	0.36	0.44
3.30	1	0.805	3.57	4.43	0.18	0.22
3.60	1	0.801	3.55	4.43	0.18	0.22
3.90	2	0.797	6.70	8.40	0.33	0.42
4.20	2	0.794	6.67	8.40	0.33	0.42
4.50	4	0.790	13.28	16.80	0.66	0.84
4.80	4	0.787	12.56	15.96	0.63	0.80
5.10	5	0.784	15.64	19.95	0.78	1.00
5.40	5	0.781	14.84	19.01	0.74	0.95
5.70	6	0.778	17.75	22.81	0.89	1.14
6.00	5	0.775	14.74	19.01	0.74	0.95
6.30	6	0.773	16.83	21.77	0.84	1.09
6.60	6	0.770	16.77	21.77	0.84	1.09
6.90	7	0.768	19.51	25.40	0.98	1.27
7.20	9	0.766	25.00	32.66	1.25	1.63
7.50	8	0.763	21.20	27.77	1.06	1.39
7.80	9	0.761	23.78	31.24	1.19	1.56
8.10	11	0.759	27.79	36.60	1.39	1.83
8.40	12	0.757	30.23	39.92	1.51	2.00
8.70	13	0.705	30.51	43.25	1.53	2.16
9.00	15	0.703	35.11	49.90	1.76	2.50
9.30	17	0.702	38.10	54.30	1.91	2.71
9.60	18	0.700	40.24	57.49	2.01	2.87

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlazione con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	7	37.22	Incoerente	0	1.62	1.9	0.05	0.98	6.89	Strato A
6.9	3.14	12.62	Incoerente	0	1.45	1.88	0.44	0.98	3.09	Strato B
9.6	12.44	41.46	Incoerente - coesivo	0	2.02	2.22	0.88	0.98	12.24	Strato C

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann (1975)	SUNDA (1983)	Fletcher (1965)	Houston (1960)	Shioi - Fukui (1982)	Bege mann	De Beer
[3] - Strato C	12.24	9.60	0.83	1.53	0.50 - 1.00	0.49	1.20	1.24	1.07	1.39	0.61	0.80	1.53

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[3] - Strato C	12.24	9.60	Robertson (1983)	24.48

#### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[3] - Strato C	12.24	9.60	56.16	--	126.63	122.40

#### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[3] - Strato C	12.24	9.60	120.36	122.40

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[3] - Strato C	12.24	9.60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.24	9.60	Meyerhof	2.02

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.24	9.60	Meyerhof	2.22

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato A	6.89	0.60	32.31	63.71	95.1	25.7
[2] - Strato B	3.09	6.90	11.08	34.53	36.33	15.56
[3] - Strato C	12.24	9.60	30.09	58.36	58.52	37.73

## Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hanson- Thornburn - Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) ) Sabbie	Mitchell & Katti (1981) )	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	28.97	21.97	29.93	34.69	32.45	0	<30	25.17	29.07	26.13	26.74
[2] - Strato B	3.09	6.90	3.09	27.88	20.88	28.87	28.6	30.85	0	<30	21.81	27.93	21.59	22.86
[3] - Strato C	12.24	9.60	12.24	30.5	23.5	31.43	29.32	34.5	36.17	30-32	28.55	30.67	25.13	30.65

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	---	55.12	---	---	---
[2] - Strato B	3.09	6.90	3.09	---	24.72	---	---	---
[3] - Strato C	12.24	9.60	12.24	249.72	97.92	145.13	271.80	136.20

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	---	41.62	48.92	68.73
[2] - Strato B	3.09	6.90	3.09	---	33.81	21.94	51.78
[3] - Strato C	12.24	9.60	12.24	73.44	52.61	86.90	92.59

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato B	3.09	6.90	3.09	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Strato C	12.24	9.60	12.24	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	Terzaghi-Peck 1948	1.44
[2] - Strato B	3.09	6.90	3.09	Terzaghi-Peck 1948	1.39
[3] - Strato C	12.24	9.60	12.24	Terzaghi-Peck 1948	1.51

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	Terzaghi-Peck 1948	1.90
[2] - Strato B	3.09	6.90	3.09	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[3] - Strato C	12.24	9.60	12.24	Terzaghi-Peck 1948	1.94

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	(A.G.I.)	0.34
[2] - Strato B	3.09	6.90	3.09	(A.G.I.)	0.35
[3] - Strato C	12.24	9.60	12.24	(A.G.I.)	0.33

## Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	398.88	406.50
[2] - Strato B	3.09	6.90	3.09	187.70	249.04
[3] - Strato C	12.24	9.60	12.24	684.59	577.49

## Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	Navfac 1971-1982	1.42
[2] - Strato B	3.09	6.90	3.09	Navfac 1971-1982	0.53
[3] - Strato C	12.24	9.60	12.24	Navfac 1971-1982	2.57

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	Robertson 1983	13.78
[2] - Strato B	3.09	6.90	3.09	Robertson 1983	6.18
[3] - Strato C	12.24	9.60	12.24	Robertson 1983	24.48



**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato... DPSH GEDIS 2.0

Prova eseguita in data 14/01/2025

Profondita' prova 6.90 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.30	5	0.853	22.67	26.58	1.13	1.33
0.60	3	0.847	13.51	15.95	0.68	0.80
0.90	1	0.842	4.47	5.32	0.22	0.27
1.20	2	0.836	8.34	9.97	0.42	0.50
1.50	3	0.831	12.43	14.96	0.62	0.75
1.80	3	0.826	12.36	14.96	0.62	0.75
2.10	2	0.822	7.71	9.39	0.39	0.47
2.40	2	0.817	7.67	9.39	0.38	0.47
2.70	3	0.813	10.81	13.30	0.54	0.66
3.00	3	0.809	10.75	13.30	0.54	0.66
3.30	3	0.805	10.70	13.30	0.54	0.66
3.60	4	0.801	14.20	17.73	0.71	0.89
3.90	3	0.797	10.05	12.60	0.50	0.63
4.20	4	0.794	13.33	16.80	0.67	0.84
4.50	8	0.790	26.56	33.60	1.33	1.68
4.80	7	0.787	21.99	27.94	1.10	1.40
5.10	7	0.784	21.90	27.94	1.10	1.40
5.40	10	0.781	29.69	38.01	1.48	1.90
5.70	8	0.778	23.66	30.41	1.18	1.52
6.00	9	0.775	26.53	34.21	1.33	1.71
6.30	13	0.723	34.10	47.17	1.71	2.36
6.60	12	0.770	33.55	43.54	1.68	2.18
6.90	15	0.718	39.08	54.43	1.95	2.72

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tension e efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizi one
0.6	4	21.27	Incoerente	0	1.49	1.88	0.04	0.98	3.94	Strato A
4.2	2.75	12.58	Incoerente	0	1.44	1.87	0.35	0.98	2.71	Strato B
6.9	9.89	37.47	Incoerente - coesivo	0	1.96	2.16	0.66	0.98	9.73	Strato C

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[3] - Strato C	9.73	6.90	0.66	1.22	0.50 - 1.00	0.39	0.96	1.12	0.86	1.18	0.49	0.77	1.22

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[3] - Strato C	9.73	6.90	Robertson (1983)	19.46

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[3] - Strato C	9.73	6.90	44.64	--	101.03	121.63

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[3] - Strato C	9.73	6.90	91.50	97.30

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[3] - Strato C	9.73	6.90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	9.73	6.90	Meyerhof	1.96

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	9.73	6.90	Meyerhof	2.16

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato A	3.94	0.60	21.62	48.3	74.42	17.95
[2] - Strato B	2.71	4.20	10.26	33.76	36.33	14.47
[3] - Strato C	9.73	6.90	28.42	56.13	56.58	32.39

## Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukunishi 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	28.13	21.13	29.1	33.97	31.22	0	<30	22.69	28.18	24.03	23.88
[2] - Strato B	2.71	4.20	2.71	27.77	20.77	28.76	28.9	30.69	0	<30	21.38	27.81	21.46	22.36
[3] - Strato C	9.73	6.90	9.73	29.78	22.78	30.72	29.58	33.57	0	<30	27.08	29.92	25.11	28.95

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	---	31.52	---	---	---
[2] - Strato B	2.71	4.20	2.71	---	21.68	---	---	---
[3] - Strato C	9.73	6.90	9.73	---	77.84	115.51	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	---	35.56	27.97	55.57
[2] - Strato B	2.71	4.20	2.71	---	33.03	19.24	50.09
[3] - Strato C	9.73	6.90	9.73	---	47.45	69.08	81.40

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Strato B	2.71	4.20	2.71	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Strato C	9.73	6.90	9.73	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[2] - Strato B	2.71	4.20	2.71	Terzaghi-Peck 1948	1.38
[3] - Strato C	9.73	6.90	9.73	Terzaghi-Peck 1948	1.47

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Strato B	2.71	4.20	2.71	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[3] - Strato C	9.73	6.90	9.73	Terzaghi-Peck 1948	1.92

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	(A.G.I.)	0.35
[2] - Strato B	2.71	4.20	2.71	(A.G.I.)	0.35
[3] - Strato C	9.73	6.90	9.73	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	235.87	288.91
[2] - Strato B	2.71	4.20	2.71	165.92	229.86
[3] - Strato C	9.73	6.90	9.73	551.75	501.93

## Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Navfac 1971- 1982	0.74
[2] - Strato B	2.71	4.20	2.71	Navfac 1971- 1982	0.44
[3] - Strato C	9.73	6.90	9.73	Navfac 1971- 1982	2.04

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Robertson 1983	7.88
[2] - Strato B	2.71	4.20	2.71	Robertson 1983	5.42
[3] - Strato C	9.73	6.90	9.73	Robertson 1983	19.46

**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato... DPSH GEDIS 2.0

Prova eseguita in data 14/01/2025

Profondita' prova 7.80 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.30	5	0.853	22.67	26.58	1.13	1.33
0.60	6	0.847	27.02	31.90	1.35	1.60
0.90	2	0.842	8.95	10.63	0.45	0.53
1.20	1	0.836	4.17	4.99	0.21	0.25
1.50	2	0.831	8.29	9.97	0.41	0.50
1.80	2	0.826	8.24	9.97	0.41	0.50
2.10	3	0.822	11.57	14.08	0.58	0.70
2.40	2	0.817	7.67	9.39	0.38	0.47
2.70	4	0.813	14.41	17.73	0.72	0.89
3.00	5	0.809	17.92	22.16	0.90	1.11
3.30	2	0.805	7.13	8.87	0.36	0.44
3.60	2	0.801	7.10	8.87	0.36	0.44
3.90	1	0.797	3.35	4.20	0.17	0.21
4.20	1	0.794	3.33	4.20	0.17	0.21
4.50	5	0.790	16.60	21.00	0.83	1.05
4.80	5	0.787	15.71	19.95	0.79	1.00
5.10	5	0.784	15.64	19.95	0.78	1.00
5.40	7	0.781	20.78	26.61	1.04	1.33
5.70	8	0.778	23.66	30.41	1.18	1.52
6.00	9	0.775	26.53	34.21	1.33	1.71
6.30	14	0.723	36.72	50.80	1.84	2.54
6.60	11	0.770	30.75	39.92	1.54	2.00
6.90	12	0.768	33.44	43.54	1.67	2.18
7.20	14	0.716	36.36	50.80	1.82	2.54
7.50	14	0.713	34.67	48.60	1.73	2.43
7.80	17	0.711	41.97	59.01	2.10	2.95

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	5.5	29.24	Incoerente	0	1.56	1.89	0.05	0.98	5.41	Strato A
5.1	2.8	12.4	Incoerente	0	1.44	1.87	0.39	0.98	2.76	Strato B
7.8	11.78	42.66	Incoerente - coesivo	0	2.01	2.21	0.75	0.98	11.59	Strato C

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[3] - Strato C	11.59	7.80	0.78	1.45	0.50 - 1.00	0.46	1.14	1.28	1.02	1.33	0.58	0.95	1.45

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[3] - Strato C	11.59	7.80	Robertson (1983)	23.18

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[3] - Strato C	11.59	7.80	53.18	--	120.00	115.90

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[3] - Strato C	11.59	7.80	112.89	115.90

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[3] - Strato C	11.59	7.80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	11.59	7.80	Meyerhof	2.01

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	11.59	7.80	Meyerhof	2.21

## TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato A	5.41	0.60	27.53	56.52	85.56	21.92
[2] - Strato B	2.76	5.10	9.97	33.39	35.54	14.61
[3] - Strato C	11.59	7.80	30.7	59.35	59.51	36.39

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hans- on- Thornburn - Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) ) Sabbie	Mitchell & Katti (1981) )	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[1] - Strato A	5.41	0.60	5.41	28.55	21.55	29.51	34.38	31.84	0	<30	24.01	28.62	25.22	25.4
[2] - Strato B	2.76	5.10	2.76	27.79	20.79	28.77	28.68	30.71	0	<30	21.43	27.83	21.36	22.43
[3] - Strato C	11.59	7.80	11.59	30.31	23.31	31.25	29.59	34.26	36.31	<30	28.19	30.48	25.44	30.22

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato A	5.41	0.60	5.41	---	43.28	---	---	---
[2] - Strato B	2.76	5.10	2.76	---	22.08	---	---	---
[3] - Strato C	11.59	7.80	11.59	243.00	92.72	137.46	266.92	132.95



Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbac h e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato A	5.41	0.60	5.41	---	38.58	38.41	62.13
[2] - Strato B	2.76	5.10	2.76	---	33.13	19.60	50.31
[3] - Strato C	11.59	7.80	11.59	69.54	51.27	82.29	89.69

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato A	5.41	0.60	5.41	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato B	2.76	5.10	2.76	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Strato C	11.59	7.80	11.59	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	5.41	0.60	5.41	Terzaghi-Peck 1948	1.42
[2] - Strato B	2.76	5.10	2.76	Terzaghi-Peck 1948	1.38
[3] - Strato C	11.59	7.80	11.59	Terzaghi-Peck 1948	1.50

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	5.41	0.60	5.41	Terzaghi-Peck 1948	1.88
[2] - Strato B	2.76	5.10	2.76	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[3] - Strato C	11.59	7.80	11.59	Terzaghi-Peck 1948	1.93

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato A	5.41	0.60	5.41	(A.G.I.)	0.34
[2] - Strato B	2.76	5.10	2.76	(A.G.I.)	0.35
[3] - Strato C	11.59	7.80	11.59	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato A	5.41	0.60	5.41	317.77	350.67
[2] - Strato B	2.76	5.10	2.76	168.80	232.44
[3] - Strato C	11.59	7.80	11.59	650.36	558.55

## Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato A	5.41	0.60	5.41	Navfac 1971- 1982	1.08
[2] - Strato B	2.76	5.10	2.76	Navfac 1971- 1982	0.45
[3] - Strato C	11.59	7.80	11.59	Navfac 1971- 1982	2.44

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato A	5.41	0.60	5.41	Robertson 1983	10.82
[2] - Strato B	2.76	5.10	2.76	Robertson 1983	5.52
[3] - Strato C	11.59	7.80	11.59	Robertson 1983	23.18

**PROVA ... Nr.4**

Strumento utilizzato... DPSH GEDIS 2.0

Prova eseguita in data 14/01/2025

Profondita' prova 7.80 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	4	0.853	18.13	21.27	0.91	1.06
0.60	4	0.847	18.01	21.27	0.90	1.06
0.90	3	0.842	13.42	15.95	0.67	0.80
1.20	2	0.836	8.34	9.97	0.42	0.50
1.50	1	0.831	4.14	4.99	0.21	0.25
1.80	2	0.826	8.24	9.97	0.41	0.50
2.10	2	0.822	7.71	9.39	0.39	0.47
2.40	1	0.817	3.83	4.69	0.19	0.23
2.70	3	0.813	10.81	13.30	0.54	0.66
3.00	2	0.809	7.17	8.87	0.36	0.44
3.30	1	0.805	3.57	4.43	0.18	0.22
3.60	2	0.801	7.10	8.87	0.36	0.44
3.90	2	0.797	6.70	8.40	0.33	0.42
4.20	3	0.794	10.00	12.60	0.50	0.63
4.50	5	0.790	16.60	21.00	0.83	1.05
4.80	5	0.787	15.71	19.95	0.79	1.00
5.10	9	0.784	28.16	35.92	1.41	1.80
5.40	10	0.781	29.69	38.01	1.48	1.90
5.70	10	0.778	29.58	38.01	1.48	1.90
6.00	11	0.775	32.42	41.81	1.62	2.09
6.30	16	0.723	41.97	58.06	2.10	2.90
6.60	18	0.720	47.05	65.32	2.35	3.27
6.90	19	0.718	49.50	68.95	2.47	3.45
7.20	22	0.666	53.14	79.83	2.66	3.99
7.50	19	0.713	47.05	65.95	2.35	3.30
7.80	20	0.711	49.38	69.43	2.47	3.47

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	4	21.27	Incoerente	0	1.49	1.88	0.04	0.98	3.94	Strato A
4.8	2.43	10.88	Incoerente	0	1.42	1.87	0.39	0.98	2.39	Strato B
7.8	15.4	56.13	Incoerente - coesivo	0	2.07	2.28	0.76	0.98	15.15	Strato C

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[3] - Strato C	15.15	7.80	1.02	1.89	1.00 - 2.00	0.60	1.49	1.68	1.31	1.64	0.76	1.55	1.89

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[3] - Strato C	15.15	7.80	Robertson (1983)	30.30

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[3] - Strato C	15.15	7.80	69.51	--	156.31	151.50

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[3] - Strato C	15.15	7.80	153.83	151.50

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[3] - Strato C	15.15	7.80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	15.15	7.80	Meyerhof	2.07

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	15.15	7.80	Meyerhof	2.28

## TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato A	3.94	0.60	21.62	48.3	74.42	17.95
[2] - Strato B	2.39	4.80	7.82	31.13	33.27	13.54
[3] - Strato C	15.15	7.80	35.99	67.43	67.22	43.15

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hans on- Thornburn - Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) ) Sabbie	Mitchell & Katti (1981) )	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	28.13	21.13	29.1	33.97	31.22	0	<30	22.69	28.18	24.03	23.88
[2] - Strato B	2.39	4.80	2.39	27.68	20.68	28.67	28.47	30.55	0	<30	20.99	27.72	20.83	21.91
[3] - Strato C	15.15	7.80	15.075	31.31	24.31	32.22	29.98	35.5	37.44	30-32	30.04	31.52	26.39	32.36

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	---	31.52	---	---	---
[2] - Strato B	2.39	4.80	2.39	---	19.12	---	---	---
[3] - Strato C	15.15	7.80	15.075	277.14	120.60	178.58	293.06	150.38

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbac h e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	---	35.56	27.97	55.57
[2] - Strato B	2.39	4.80	2.39	---	32.37	16.97	48.66
[3] - Strato C	15.15	7.80	15.075	90.45	58.43	107.03	105.23

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Strato B	2.39	4.80	2.39	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Strato C	15.15	7.80	15.075	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[2] - Strato B	2.39	4.80	2.39	Terzaghi-Peck 1948	1.38
[3] - Strato C	15.15	7.80	15.075	Terzaghi-Peck 1948	1.54

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Strato B	2.39	4.80	2.39	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[3] - Strato C	15.15	7.80	15.075	Terzaghi-Peck 1948	1.96

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	(A.G.I.)	0.35
[2] - Strato B	2.39	4.80	2.39	(A.G.I.)	0.35
[3] - Strato C	15.15	7.80	15.075	(A.G.I.)	0.32

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	235.87	288.91
[2] - Strato B	2.39	4.80	2.39	147.44	212.87
[3] - Strato C	15.15	7.80	15.075	832.67	655.88

## Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Navfac 1971- 1982	0.74
[2] - Strato B	2.39	4.80	2.39	Navfac 1971- 1982	0.37
[3] - Strato C	15.15	7.80	15.075	Navfac 1971- 1982	3.14

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Robertson 1983	7.88
[2] - Strato B	2.39	4.80	2.39	Robertson 1983	4.78
[3] - Strato C	15.15	7.80	15.075	Robertson 1983	30.15

**PROVA ... Nr.5**

Strumento utilizzato... DPSH GEDIS 2.0

Prova eseguita in data 14/01/2025

Profondita' prova 7.80 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	2	0.853	9.07	10.63	0.45	0.53
0.60	1	0.847	4.50	5.32	0.23	0.27
0.90	1	0.842	4.47	5.32	0.22	0.27
1.20	0	0.836	0.00	0.00	0.00	0.00
1.50	1	0.831	4.14	4.99	0.21	0.25
1.80	1	0.826	4.12	4.99	0.21	0.25
2.10	2	0.822	7.71	9.39	0.39	0.47
2.40	1	0.817	3.83	4.69	0.19	0.23
2.70	2	0.813	7.21	8.87	0.36	0.44
3.00	1	0.809	3.58	4.43	0.18	0.22
3.30	1	0.805	3.57	4.43	0.18	0.22
3.60	2	0.801	7.10	8.87	0.36	0.44
3.90	2	0.797	6.70	8.40	0.33	0.42
4.20	1	0.794	3.33	4.20	0.17	0.21
4.50	1	0.790	3.32	4.20	0.17	0.21
4.80	2	0.787	6.28	7.98	0.31	0.40
5.10	4	0.784	12.52	15.96	0.63	0.80
5.40	6	0.781	17.81	22.81	0.89	1.14
5.70	7	0.778	20.71	26.61	1.04	1.33
6.00	8	0.775	23.58	30.41	1.18	1.52
6.30	11	0.773	30.85	39.92	1.54	2.00
6.60	11	0.770	30.75	39.92	1.54	2.00
6.90	11	0.768	30.65	39.92	1.53	2.00
7.20	15	0.716	38.95	54.43	1.95	2.72
7.50	14	0.713	34.67	48.60	1.73	2.43
7.80	15	0.711	37.04	52.07	1.85	2.60

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.3	2	10.63	Incoerente	0	1.4	1.87	0.02	0.98	1.97	Strato A
6	2.32	9.57	Incoerente	0	1.41	1.87	0.34	0.98	2.28	Strato B
7.8	12.83	45.81	Incoerente - coesivo	0	2.03	2.23	0.7	0.98	12.62	Strato C



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benas e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[3] - Strato C	12.62	7.80	0.85	1.58	0.50 - 1.00	0.50	1.24	1.37	1.11	1.42	0.63	1.12	1.58

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[3] - Strato C	12.62	7.80	Robertson (1983)	25.24

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[3] - Strato C	12.62	7.80	57.90	--	130.51	126.20

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[3] - Strato C	12.62	7.80	124.73	126.20

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[3] - Strato C	12.62	7.80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.62	7.80	Meyerhof	2.03

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.62	7.80	Meyerhof	2.23

## TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato A	1.97	0.30	10.41	34.71	65.12	12.3
[2] - Strato B	2.28	6.00	7.75	31.12	33.71	13.21
[3] - Strato C	12.62	7.80	33.17	63.11	63.2	38.49

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hans on- Thornburn - Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) ) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[1] - Strato A	1.97	0.30	1.97	27.56	20.56	28.55	34.49	30.36	0	<30	20.44	27.59	21.49	21.28
[2] - Strato B	2.28	6.00	2.28	27.65	20.65	28.64	28.69	30.5	0	<30	20.85	27.68	20.84	21.75
[3] - Strato C	12.62	7.80	12.62	30.61	23.61	31.53	29.89	34.64	36.84	30-32	28.76	30.79	25.96	30.89

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato A	1.97	0.30	1.97	---	15.76	---	---	---
[2] - Strato B	2.28	6.00	2.28	---	18.24	---	---	---
[3] - Strato C	12.62	7.80	12.62	253.57	100.96	149.62	274.65	138.10

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbac h e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato A	1.97	0.30	1.97	---	31.51	13.99	46.79
[2] - Strato B	2.28	6.00	2.28	---	32.15	16.19	48.17
[3] - Strato C	12.62	7.80	12.62	75.72	53.39	89.60	94.29

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato A	1.97	0.30	1.97	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Strato B	2.28	6.00	2.28	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Strato C	12.62	7.80	12.62	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	1.97	0.30	1.97	Terzaghi-Peck 1948	1.37
[2] - Strato B	2.28	6.00	2.28	Terzaghi-Peck 1948	1.38
[3] - Strato C	12.62	7.80	12.62	Terzaghi-Peck 1948	1.51

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	1.97	0.30	1.97	Terzaghi-Peck 1948	1.85
[2] - Strato B	2.28	6.00	2.28	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[3] - Strato C	12.62	7.80	12.62	Terzaghi-Peck 1948	1.94

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato A	1.97	0.30	1.97	(A.G.I.)	0.35
[2] - Strato B	2.28	6.00	2.28	(A.G.I.)	0.35
[3] - Strato C	12.62	7.80	12.62	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato A	1.97	0.30	1.97	122.95	189.16
[2] - Strato B	2.28	6.00	2.28	141.05	206.83
[3] - Strato C	12.62	7.80	12.62	704.55	588.38

## Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato A	1.97	0.30	1.97	Navfac 1971- 1982	0.26
[2] - Strato B	2.28	6.00	2.28	Navfac 1971- 1982	0.34
[3] - Strato C	12.62	7.80	12.62	Navfac 1971- 1982	2.65

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato A	1.97	0.30	1.97	Robertson 1983	3.94
[2] - Strato B	2.28	6.00	2.28	Robertson 1983	4.56
[3] - Strato C	12.62	7.80	12.62	Robertson 1983	25.24

**PROVA ... Nr.6**

Strumento utilizzato... DPSH GEDIS 2.0

Prova eseguita in data 14/01/2025

Profondita' prova 6.00 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.30	5	0.853	22.67	26.58	1.13	1.33
0.60	9	0.847	40.53	47.85	2.03	2.39
0.90	1	0.842	4.47	5.32	0.22	0.27
1.20	2	0.836	8.34	9.97	0.42	0.50
1.50	0	0.831	0.00	0.00	0.00	0.00
1.80	1	0.826	4.12	4.99	0.21	0.25
2.10	3	0.822	11.57	14.08	0.58	0.70
2.40	3	0.817	11.50	14.08	0.58	0.70
2.70	4	0.813	14.41	17.73	0.72	0.89
3.00	4	0.809	14.34	17.73	0.72	0.89
3.30	4	0.805	14.27	17.73	0.71	0.89
3.60	5	0.801	17.75	22.16	0.89	1.11
3.90	7	0.797	23.44	29.40	1.17	1.47
4.20	9	0.794	30.00	37.80	1.50	1.89
4.50	11	0.790	36.52	46.20	1.83	2.31
4.80	11	0.787	34.55	43.90	1.73	2.19
5.10	13	0.734	38.08	51.88	1.90	2.59
5.40	13	0.731	36.12	49.41	1.81	2.47
5.70	17	0.728	47.06	64.62	2.35	3.23
6.00	18	0.725	49.64	68.42	2.48	3.42

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	7	37.22	Incoerente	0	1.62	1.9	0.05	0.98	6.89	Strato A
3.9	3.09	13.93	Incoerente	0	1.45	1.87	0.28	0.98	3.04	Strato B
6	13.14	51.75	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.55	0.98	12.93	Strato C

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[3] - Strato C	12.93	6.00	0.87	1.62	0.50 - 1.00	0.51	1.27	1.55	1.13	1.45	0.65	1.44	1.62

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[3] - Strato C	12.93	6.00	Robertson (1983)	25.86

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[3] - Strato C	12.93	6.00	59.32	--	133.67	129.30

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[3] - Strato C	12.93	6.00	128.30	129.30

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[3] - Strato C	12.93	6.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.93	6.00	Meyerhof	2.04

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.93	6.00	Meyerhof	2.24

## TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato A	6.89	0.60	32.31	63.71	95.1	25.7
[2] - Strato B	3.04	3.90	13.12	37.07	40.82	15.42
[3] - Strato C	12.93	6.00	35.9	67.56	68.06	39.1

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hans- on- Thornburn - Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) ) Sabbie	Mitchell & Katti (1981) )	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	28.97	21.97	29.93	34.69	32.45	0	<30	25.17	29.07	26.13	26.74
[2] - Strato B	3.04	3.90	3.04	27.87	20.87	28.85	29.6	30.83	0	<30	21.75	27.91	22.17	22.8
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	30.69	23.69	31.62	30.45	34.75	37.46	30-32	28.93	30.88	26.62	31.08

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	---	55.12	---	---	---
[2] - Strato B	3.04	3.90	3.04	---	24.32	---	---	---
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	256.67	103.44	153.27	276.98	139.65

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	---	41.62	48.92	68.73
[2] - Strato B	3.04	3.90	3.04	---	33.71	21.58	51.56
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	77.58	54.02	91.80	95.67

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato B	3.04	3.90	3.04	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	Terzaghi-Peck 1948	1.44
[2] - Strato B	3.04	3.90	3.04	Terzaghi-Peck 1948	1.39
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	Terzaghi-Peck 1948	1.51

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	Terzaghi-Peck 1948	1.90
[2] - Strato B	3.04	3.90	3.04	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	Terzaghi-Peck 1948	1.94



## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	(A.G.I.)	0.34
[2] - Strato B	3.04	3.90	3.04	(A.G.I.)	0.35
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	398.88	406.50
[2] - Strato B	3.04	3.90	3.04	184.85	246.57
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	720.80	597.17

## Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	Navfac 1971- 1982	1.42
[2] - Strato B	3.04	3.90	3.04	Navfac 1971- 1982	0.52
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	Navfac 1971- 1982	2.71

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato A	6.89	0.60	6.89	Robertson 1983	13.78
[2] - Strato B	3.04	3.90	3.04	Robertson 1983	6.08
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	Robertson 1983	25.86

**PROVA ... Nr.7**

Strumento utilizzato... DPSH GEDIS 2.0

Prova eseguita in data 14/01/2025

Profondita' prova 6.00 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.30	1	0.853	4.53	5.32	0.23	0.27
0.60	1	0.847	4.50	5.32	0.23	0.27
0.90	1	0.842	4.47	5.32	0.22	0.27
1.20	2	0.836	8.34	9.97	0.42	0.50
1.50	3	0.831	12.43	14.96	0.62	0.75
1.80	1	0.826	4.12	4.99	0.21	0.25
2.10	3	0.822	11.57	14.08	0.58	0.70
2.40	3	0.817	11.50	14.08	0.58	0.70
2.70	3	0.813	10.81	13.30	0.54	0.66
3.00	4	0.809	14.34	17.73	0.72	0.89
3.30	4	0.805	14.27	17.73	0.71	0.89
3.60	6	0.801	21.30	26.60	1.07	1.33
3.90	6	0.797	20.09	25.20	1.00	1.26
4.20	8	0.794	26.67	33.60	1.33	1.68
4.50	12	0.790	39.84	50.40	1.99	2.52
4.80	11	0.787	34.55	43.90	1.73	2.19
5.10	13	0.734	38.08	51.88	1.90	2.59
5.40	15	0.731	41.68	57.02	2.08	2.85
5.70	15	0.728	41.52	57.02	2.08	2.85
6.00	18	0.725	49.64	68.42	2.48	3.42

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.9	1	5.32	Incoerente	0	1.35	1.86	0.06	0.98	0.98	Strato A
3.9	3.5	15.86	Incoerente	0	1.7	1.91	0.23	0.98	3.44	Strato B
6	13.14	51.75	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.44	0.98	12.93	Strato C

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.7****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benas e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[3] - Strato C	12.93	6.00	0.87	1.62	0.50 - 1.00	0.51	1.27	1.55	1.13	1.45	0.65	1.44	1.62

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[3] - Strato C	12.93	6.00	Robertson (1983)	25.86

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[3] - Strato C	12.93	6.00	59.32	--	133.67	129.30

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[3] - Strato C	12.93	6.00	128.30	129.30

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[3] - Strato C	12.93	6.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.93	6.00	Meyerhof	2.04

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.93	6.00	Meyerhof	2.24

## TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato A	0.98	0.90	0	23.83	35.31	9.3
[2] - Strato B	3.44	3.90	15.93	40.46	45.59	16.55
[3] - Strato C	12.93	6.00	37.71	70.7	72.11	39.1

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hanson- Thorburn - Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) ) Sabbie	Mitchell & Katti (1981) )	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato A	0.98	0.90	0.98	27.28	20.28	28.27	31.05	29.92	0	<30	18.83	27.29	18.69	19.43
[2] - Strato B	3.44	3.90	3.44	27.98	20.98	28.96	30.23	31.01	0	<30	22.18	28.03	22.82	23.29
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	30.69	23.69	31.62	30.93	34.75	37.9	30-32	28.93	30.88	27.03	31.08

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato A	0.98	0.90	0.98	---	7.84	---	---	---
[2] - Strato B	3.44	3.90	3.44	---	27.52	---	---	---
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	256.67	103.44	153.27	276.98	139.65

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbac h e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato A	0.98	0.90	0.98	---	29.48	6.96	42.37
[2] - Strato B	3.44	3.90	3.44	---	34.53	24.42	53.34
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	77.58	54.02	91.80	95.67

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato A	0.98	0.90	0.98	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Strato B	3.44	3.90	3.44	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	0.98	0.90	0.98	Terzaghi-Peck 1948	1.36
[2] - Strato B	3.44	3.90	3.44	Terzaghi-Peck 1948	1.39
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	Terzaghi-Peck 1948	1.51

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	0.98	0.90	0.98	Terzaghi-Peck 1948	1.85
[2] - Strato B	3.44	3.90	3.44	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	Terzaghi-Peck 1948	1.94

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato A	0.98	0.90	0.98	(A.G.I.)	0.35
[2] - Strato B	3.44	3.90	3.44	(A.G.I.)	0.35
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato A	0.98	0.90	0.98	63.78	123.47
[2] - Strato B	3.44	3.90	3.44	207.62	265.92
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	720.80	597.17

## Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato A	0.98	0.90	0.98	Navfac 1971- 1982	0.02
[2] - Strato B	3.44	3.90	3.44	Navfac 1971- 1982	0.62
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	Navfac 1971- 1982	2.71

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato A	0.98	0.90	0.98	Robertson 1983	1.96
[2] - Strato B	3.44	3.90	3.44	Robertson 1983	6.88
[3] - Strato C	12.93	6.00	12.93	Robertson 1983	25.86



**PROVA ... Nr.8**

Strumento utilizzato... DPSH GEDIS 2.0

Prova eseguita in data 14/01/2025

Profondita' prova 6.90 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.30	5	0.853	22.67	26.58	1.13	1.33
0.60	4	0.847	18.01	21.27	0.90	1.06
0.90	2	0.842	8.95	10.63	0.45	0.53
1.20	1	0.836	4.17	4.99	0.21	0.25
1.50	1	0.831	4.14	4.99	0.21	0.25
1.80	2	0.826	8.24	9.97	0.41	0.50
2.10	3	0.822	11.57	14.08	0.58	0.70
2.40	2	0.817	7.67	9.39	0.38	0.47
2.70	4	0.813	14.41	17.73	0.72	0.89
3.00	5	0.809	17.92	22.16	0.90	1.11
3.30	6	0.805	21.40	26.60	1.07	1.33
3.60	4	0.801	14.20	17.73	0.71	0.89
3.90	3	0.797	10.05	12.60	0.50	0.63
4.20	4	0.794	13.33	16.80	0.67	0.84
4.50	5	0.790	16.60	21.00	0.83	1.05
4.80	9	0.787	28.27	35.92	1.41	1.80
5.10	8	0.784	25.03	31.93	1.25	1.60
5.40	10	0.781	29.69	38.01	1.48	1.90
5.70	10	0.778	29.58	38.01	1.48	1.90
6.00	9	0.775	26.53	34.21	1.33	1.71
6.30	12	0.773	33.65	43.54	1.68	2.18
6.60	15	0.720	39.21	54.43	1.96	2.72
6.90	19	0.718	49.50	68.95	2.47	3.45

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tension e efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizi one
0.6	4.5	23.93	Incoerente	0	1.51	1.88	0.05	0.98	4.43	Strato A
4.5	3.23	14.51	Incoerente	0	1.46	1.88	0.31	0.98	3.18	Strato B
6.9	11.5	43.12	Incoerente	0	1.83	1.94	0.6	0.98	11.32	Strato C

## TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato A	4.43	0.60	23.76	51.2	78.43	19.3
[2] - Strato B	3.18	4.50	13.28	37.18	40.29	15.82
[3] - Strato C	11.32	6.90	32.36	62	62.44	35.83

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hans on- Thornburn - Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) ) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	28.27	21.27	29.24	34.13	31.43	0	<30	23.15	28.33	24.47	24.41
[2] - Strato B	3.18	4.50	3.18	27.91	20.91	28.89	29.39	30.89	0	<30	21.91	27.95	22.19	22.97
[3] - Strato C	11.32	6.90	11.32	30.23	23.23	31.17	30.04	34.16	36.68	<30	28.03	30.4	25.92	30.05

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	---	35.44	---	---	---
[2] - Strato B	3.18	4.50	3.18	---	25.44	---	---	---
[3] - Strato C	11.32	6.90	11.32	240.16	90.56	134.28	264.90	131.60

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbac h e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	---	36.56	31.45	57.76
[2] - Strato B	3.18	4.50	3.18	---	34.00	22.58	52.18
[3] - Strato C	11.32	6.90	11.32	67.92	50.72	80.37	88.49

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato B	3.18	4.50	3.18	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Strato C	11.32	6.90	11.32	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[2] - Strato B	3.18	4.50	3.18	Terzaghi-Peck 1948	1.39
[3] - Strato C	11.32	6.90	11.32	Terzaghi-Peck 1948	1.49

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Strato B	3.18	4.50	3.18	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[3] - Strato C	11.32	6.90	11.32	Terzaghi-Peck 1948	1.93

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	(A.G.I.)	0.34
[2] - Strato B	3.18	4.50	3.18	(A.G.I.)	0.35
[3] - Strato C	11.32	6.90	11.32	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	263.35	310.36
[2] - Strato B	3.18	4.50	3.18	192.84	253.45
[3] - Strato C	11.32	6.90	11.32	636.11	550.57

## Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	Navfac 1971- 1982	0.85
[2] - Strato B	3.18	4.50	3.18	Navfac 1971- 1982	0.56
[3] - Strato C	11.32	6.90	11.32	Navfac 1971- 1982	2.38

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	Robertson 1983	8.86
[2] - Strato B	3.18	4.50	3.18	Robertson 1983	6.36
[3] - Strato C	11.32	6.90	11.32	Robertson 1983	22.64

**PROVA ... Nr.9**

Strumento utilizzato... DPSH GEDIS 2.0

Prova eseguita in data 14/01/2025

Profondita' prova 6.90 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.30	3	0.853	13.60	15.95	0.68	0.80
0.60	5	0.847	22.52	26.58	1.13	1.33
0.90	2	0.842	8.95	10.63	0.45	0.53
1.20	2	0.836	8.34	9.97	0.42	0.50
1.50	1	0.831	4.14	4.99	0.21	0.25
1.80	4	0.826	16.48	19.94	0.82	1.00
2.10	5	0.822	19.28	23.47	0.96	1.17
2.40	4	0.817	15.34	18.77	0.77	0.94
2.70	4	0.813	14.41	17.73	0.72	0.89
3.00	3	0.809	10.75	13.30	0.54	0.66
3.30	2	0.805	7.13	8.87	0.36	0.44
3.60	3	0.801	10.65	13.30	0.53	0.66
3.90	5	0.797	16.74	21.00	0.84	1.05
4.20	3	0.794	10.00	12.60	0.50	0.63
4.50	3	0.790	9.96	12.60	0.50	0.63
4.80	9	0.787	28.27	35.92	1.41	1.80
5.10	7	0.784	21.90	27.94	1.10	1.40
5.40	10	0.781	29.69	38.01	1.48	1.90
5.70	15	0.728	41.52	57.02	2.08	2.85
6.00	15	0.725	41.36	57.02	2.07	2.85
6.30	14	0.723	36.72	50.80	1.84	2.54
6.60	17	0.720	44.44	61.69	2.22	3.08
6.90	18	0.718	46.89	65.32	2.34	3.27

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tension e efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizi one
0.6	4	21.27	Incoerente	0	1.49	1.88	0.04	0.98	3.94	Strato A
4.5	3.15	14.4	Incoerente	0	1.45	1.88	0.3	0.98	3.1	Strato B
6.9	13.12	49.21	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.62	0.98	12.91	Strato C

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.9****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983)	Fletcher (1965)	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[3] - Strato C	12.91	6.90	0.87	1.61	0.50 - 1.00	0.51	1.27	1.48	1.13	1.44	0.65	1.30	1.61

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[3] - Strato C	12.91	6.90	Robertson (1983)	25.82

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[3] - Strato C	12.91	6.90	59.23	--	133.47	129.10

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[3] - Strato C	12.91	6.90	128.07	129.10

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[3] - Strato C	12.91	6.90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.91	6.90	Meyerhof	2.04

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.91	6.90	Meyerhof	2.24



## TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato A	3.94	0.60	21.62	48.3	74.42	17.95
[2] - Strato B	3.1	4.50	13.15	37.06	40.47	15.59
[3] - Strato C	12.91	6.90	34.84	65.78	66.01	39.06

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hanson- Thorburn - Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) ) Sabbie	Mitchell & Katti (1981) )	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	28.13	21.13	29.1	33.97	31.22	0	<30	22.69	28.18	24.03	23.88
[2] - Strato B	3.1	4.50	3.1	27.89	20.89	28.87	29.48	30.86	0	<30	21.82	27.93	22.17	22.87
[3] - Strato C	12.91	6.90	12.91	30.69	23.69	31.61	30.2	34.74	37.21	30-32	28.92	30.87	26.36	31.07

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	---	31.52	---	---	---
[2] - Strato B	3.1	4.50	3.1	---	24.80	---	---	---
[3] - Strato C	12.91	6.90	12.91	256.47	103.28	153.04	276.83	139.55

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	---	35.56	27.97	55.57
[2] - Strato B	3.1	4.50	3.1	---	33.83	22.01	51.83
[3] - Strato C	12.91	6.90	12.91	77.46	53.98	91.66	95.58

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Strato B	3.1	4.50	3.1	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Strato C	12.91	6.90	12.91	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[2] - Strato B	3.1	4.50	3.1	Terzaghi-Peck 1948	1.39
[3] - Strato C	12.91	6.90	12.91	Terzaghi-Peck 1948	1.51

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Strato B	3.1	4.50	3.1	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[3] - Strato C	12.91	6.90	12.91	Terzaghi-Peck 1948	1.94

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	(A.G.I.)	0.35
[2] - Strato B	3.1	4.50	3.1	(A.G.I.)	0.35
[3] - Strato C	12.91	6.90	12.91	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	235.87	288.91
[2] - Strato B	3.1	4.50	3.1	188.28	249.54
[3] - Strato C	12.91	6.90	12.91	719.75	596.60

## Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Navfac 1971- 1982	0.74
[2] - Strato B	3.1	4.50	3.1	Navfac 1971- 1982	0.54
[3] - Strato C	12.91	6.90	12.91	Navfac 1971- 1982	2.71

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato A	3.94	0.60	3.94	Robertson 1983	7.88
[2] - Strato B	3.1	4.50	3.1	Robertson 1983	6.20
[3] - Strato C	12.91	6.90	12.91	Robertson 1983	25.82

**PROVA ... Nr.10**

Strumento utilizzato... DPSH GEDIS 2.0

Prova eseguita in data 14/01/2025

Profondita' prova 7.20 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.30	6	0.853	27.20	31.90	1.36	1.60
0.60	3	0.847	13.51	15.95	0.68	0.80
0.90	1	0.842	4.47	5.32	0.22	0.27
1.20	2	0.836	8.34	9.97	0.42	0.50
1.50	4	0.831	16.58	19.94	0.83	1.00
1.80	3	0.826	12.36	14.96	0.62	0.75
2.10	2	0.822	7.71	9.39	0.39	0.47
2.40	2	0.817	7.67	9.39	0.38	0.47
2.70	3	0.813	10.81	13.30	0.54	0.66
3.00	5	0.809	17.92	22.16	0.90	1.11
3.30	4	0.805	14.27	17.73	0.71	0.89
3.60	4	0.801	14.20	17.73	0.71	0.89
3.90	9	0.797	30.14	37.80	1.51	1.89
4.20	7	0.794	23.34	29.40	1.17	1.47
4.50	7	0.790	23.24	29.40	1.16	1.47
4.80	12	0.787	37.69	47.89	1.88	2.39
5.10	12	0.784	37.55	47.89	1.88	2.39
5.40	10	0.781	29.69	38.01	1.48	1.90
5.70	10	0.778	29.58	38.01	1.48	1.90
6.00	14	0.725	38.61	53.22	1.93	2.66
6.30	15	0.723	39.35	54.43	1.97	2.72
6.60	19	0.720	49.67	68.95	2.48	3.45
6.90	17	0.718	44.29	61.69	2.21	3.08
7.20	19	0.716	49.34	68.95	2.47	3.45

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tension e efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizi one
0.6	4.5	23.93	Incoerente	0	1.51	1.88	0.05	0.98	4.43	Strato A
3.6	3	13.99	Incoerente	0	1.45	1.87	0.27	0.98	2.95	Strato B
7.2	12.58	47.97	Incoerente - coesivo	0	2.03	2.23	0.63	0.98	12.38	Strato C

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.10****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terza ghi-Peck	Sanglerat	Terza ghi-Peck (1948)	U.S.D .M.S. M	Schmertmann 1975	SUN DA (1983)	Fletcher (1965)	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[3] - Strato C	12.38	7.20	0.84	1.55	0.50 - 1.00	0.49	1.22	1.44	1.09	1.40	0.62	1.17	1.55

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[3] - Strato C	12.38	7.20	Robertson (1983)	24.76

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[3] - Strato C	12.38	7.20	56.80	--	128.06	123.80

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[3] - Strato C	12.38	7.20	121.97	123.80

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[3] - Strato C	12.38	7.20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.38	7.20	Meyerhof	2.03

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Strato C	12.38	7.20	Meyerhof	2.23

## TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato A	4.43	0.60	23.76	51.2	78.43	19.3
[2] - Strato B	2.95	3.60	12.67	36.56	40.32	15.16
[3] - Strato C	12.38	7.20	33.82	64.19	64.44	38.01

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thorburn - Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) (Sabbie)	Mitchell & Katti (1981)	Shioi - Fuku ni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	28.27	21.27	29.24	34.13	31.43	0	<30	23.15	28.33	24.47	24.41
[2] - Strato B	2.95	3.60	2.95	27.84	20.84	28.83	29.57	30.79	0	<30	21.65	27.89	22.06	22.68
[3] - Strato C	12.38	7.20	12.38	30.54	23.54	31.47	30.1	34.55	36.99	30-32	28.63	30.71	26.16	30.74

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	---	35.44	---	---	---
[2] - Strato B	2.95	3.60	2.95	---	23.60	---	---	---
[3] - Strato C	12.38	7.20	12.38	251.15	99.04	146.78	272.85	136.90



Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbac h e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	---	36.56	31.45	57.76
[2] - Strato B	2.95	3.60	2.95	---	33.52	20.94	51.16
[3] - Strato C	12.38	7.20	12.38	74.28	52.89	87.90	93.21

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato B	2.95	3.60	2.95	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Strato C	12.38	7.20	12.38	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[2] - Strato B	2.95	3.60	2.95	Terzaghi-Peck 1948	1.38
[3] - Strato C	12.38	7.20	12.38	Terzaghi-Peck 1948	1.51

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Strato B	2.95	3.60	2.95	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[3] - Strato C	12.38	7.20	12.38	Terzaghi-Peck 1948	1.94

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	(A.G.I.)	0.34
[2] - Strato B	2.95	3.60	2.95	(A.G.I.)	0.35
[3] - Strato C	12.38	7.20	12.38	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	263.35	310.36
[2] - Strato B	2.95	3.60	2.95	179.70	242.09
[3] - Strato C	12.38	7.20	12.38	691.94	581.52

## Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	Navfac 1971- 1982	0.85
[2] - Strato B	2.95	3.60	2.95	Navfac 1971- 1982	0.50
[3] - Strato C	12.38	7.20	12.38	Navfac 1971- 1982	2.60

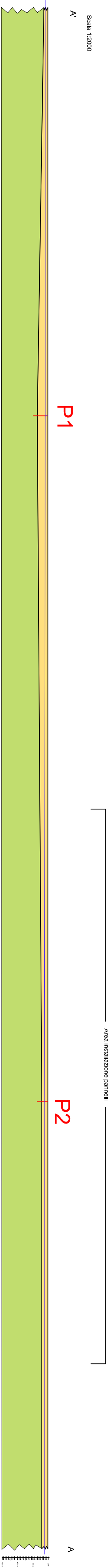
## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato A	4.43	0.60	4.43	Robertson 1983	8.86
[2] - Strato B	2.95	3.60	2.95	Robertson 1983	5.90
[3] - Strato C	12.38	7.20	12.38	Robertson 1983	24.76

Sezione geologica interpretativa A-A'

Scala 1:2000

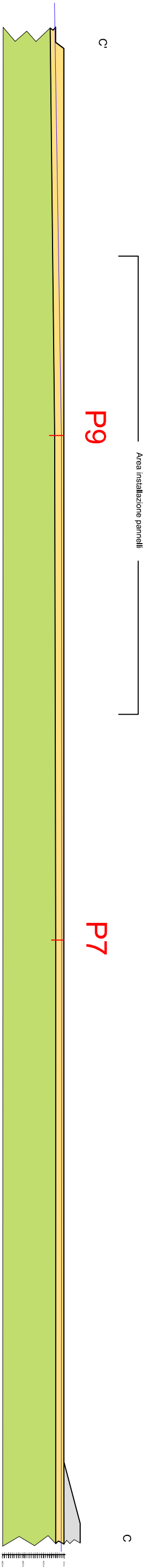
A'



Sezione geologica interpretativa C-C'

Scala 1:2000

C'



Strato B

Strato C

Livello di falda

# Sezione geologica interpretativa B-B'

Scala 1:1000

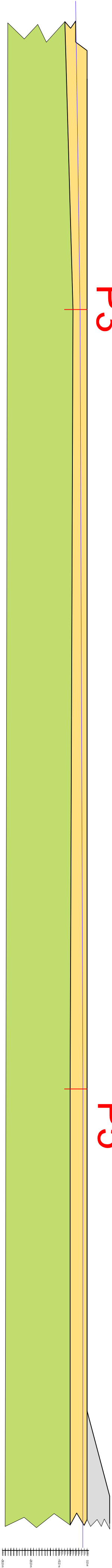
Area installazione pannelli

P3

P5

B

Argine Fiume Reno





# REPORT MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

## Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

## Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

## Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

**Modi di vibrazione**

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

**Profondità di indagine**

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

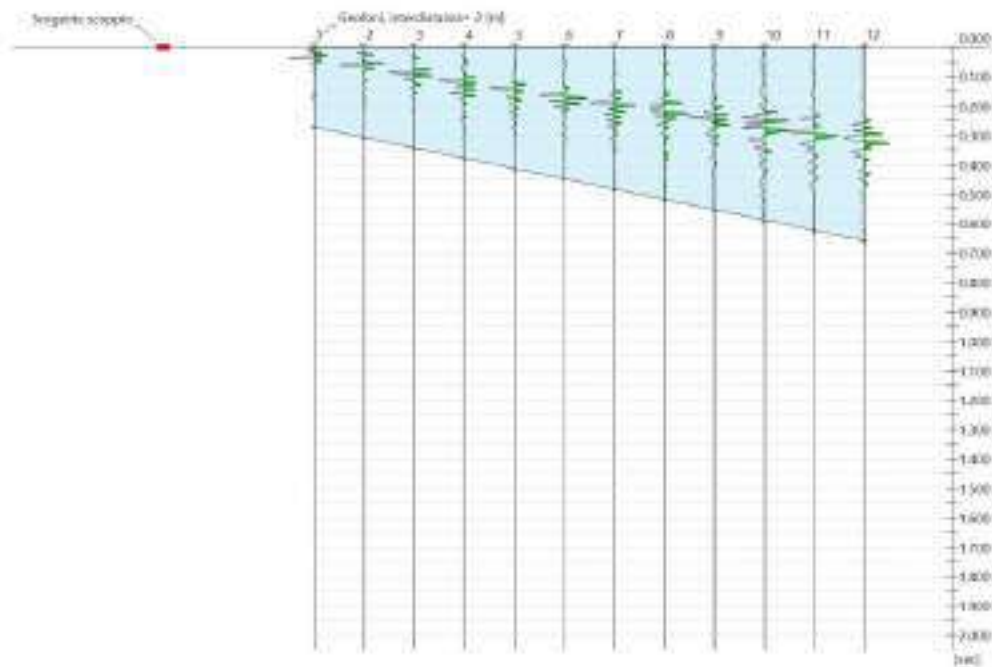
## REPORT MASW n°1

Committente: Flo.Ren S.r.l.

Localita': Molinella e Portomaggiore (BO) – Via Morgone / Via Argentana

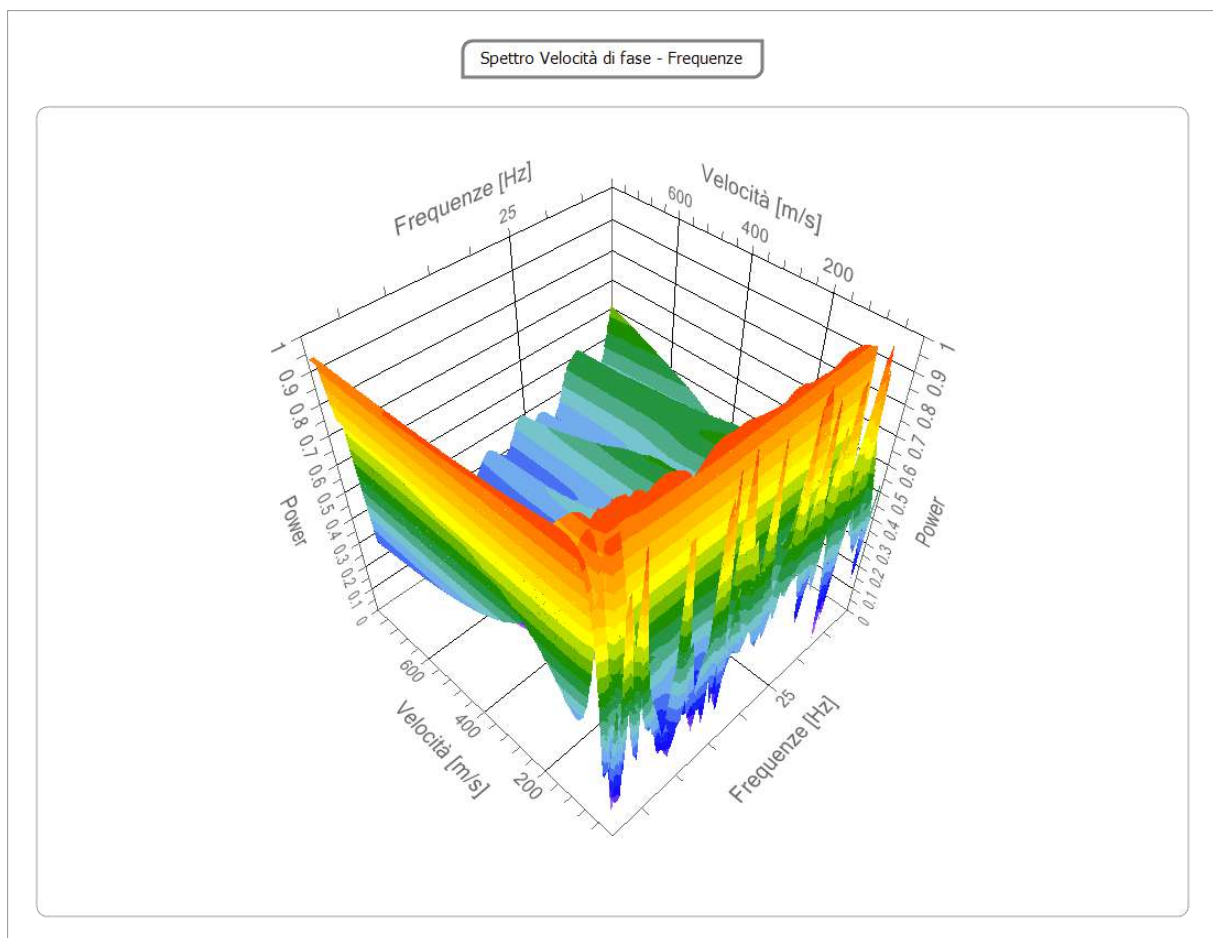
### Tracce

<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione</b> [msec]	2048.0
<b>Interdistanza geofoni</b> [m]	2.0
<b>Periodo di campionamento</b> [msec]	1.00



## Analisi spettrale

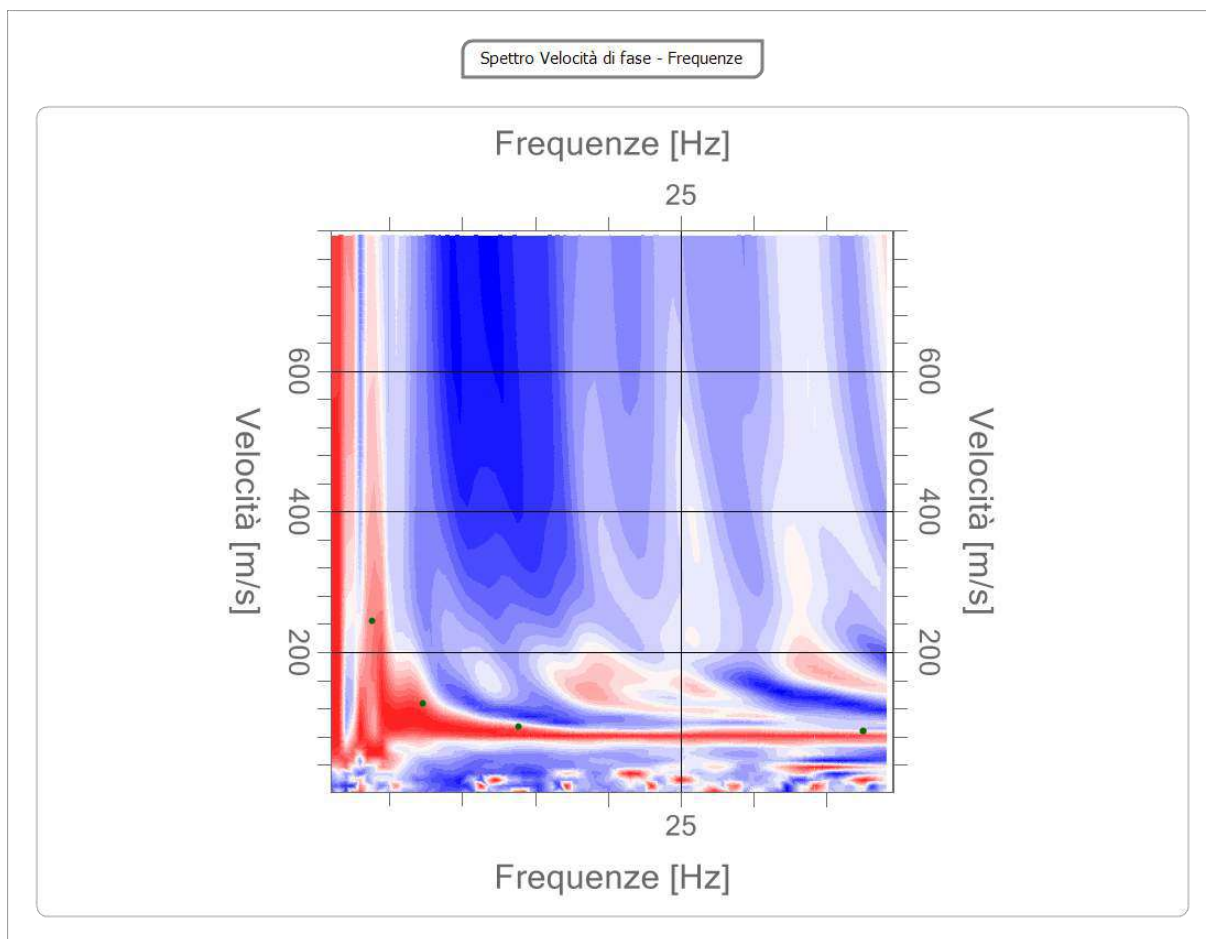
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	40
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



## Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.8	244.5	0
2	7.2	126.8	0
3	13.9	94.1	0
4	37.5	87.6	0
5	59.5	97.4	0





### Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		6.50	6.50	1750.0	0.42	Si	255.8	95.0
2		21.50	15.00	1800.0	0.41	Si	614.5	240.0
3		46.50	25.00	1850.0	0.40	Si	808.3	330.0
4		oo	oo	1900.0	0.40	Si	1126.8	460.0

Percentuale di errore

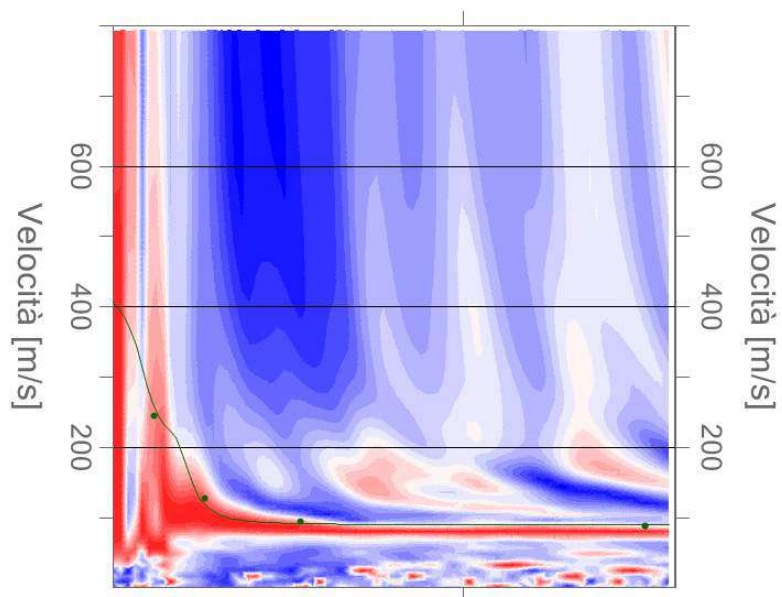
0.396 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.057

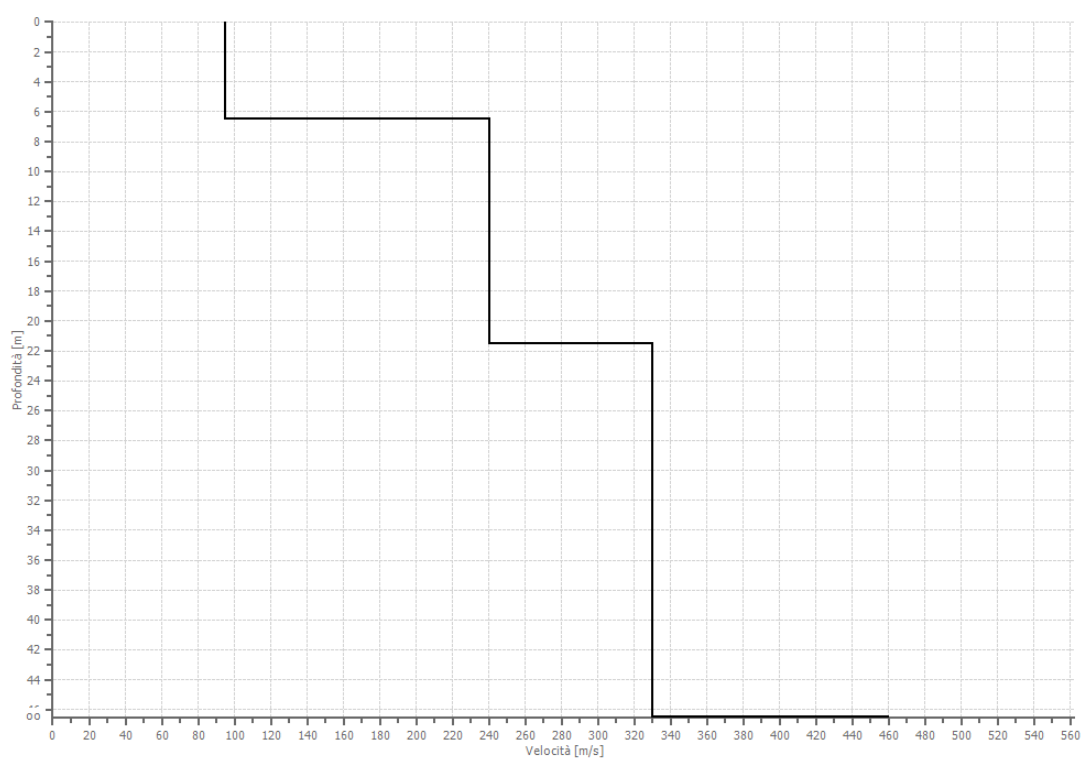
Inversione

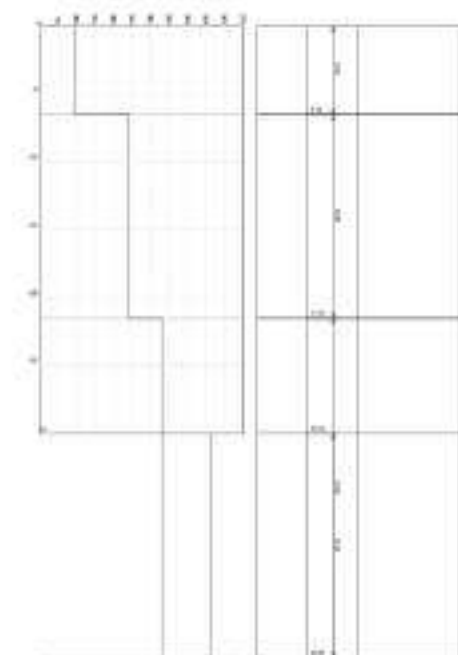
Frequenze



Frequenze

Profilo di velocità





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	191.47
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo 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.

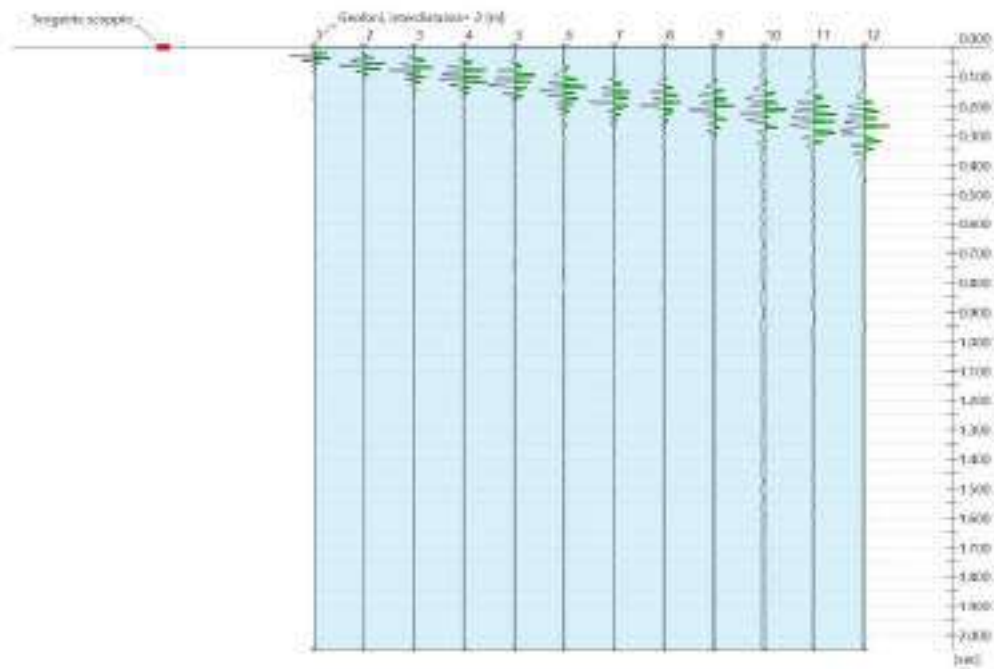
## REPORT MASW n°2

Committente: Flo.Ren S.r.l.

Localita': Molinella e Portomaggiore (BO) – Via Morgone / Via Argentana

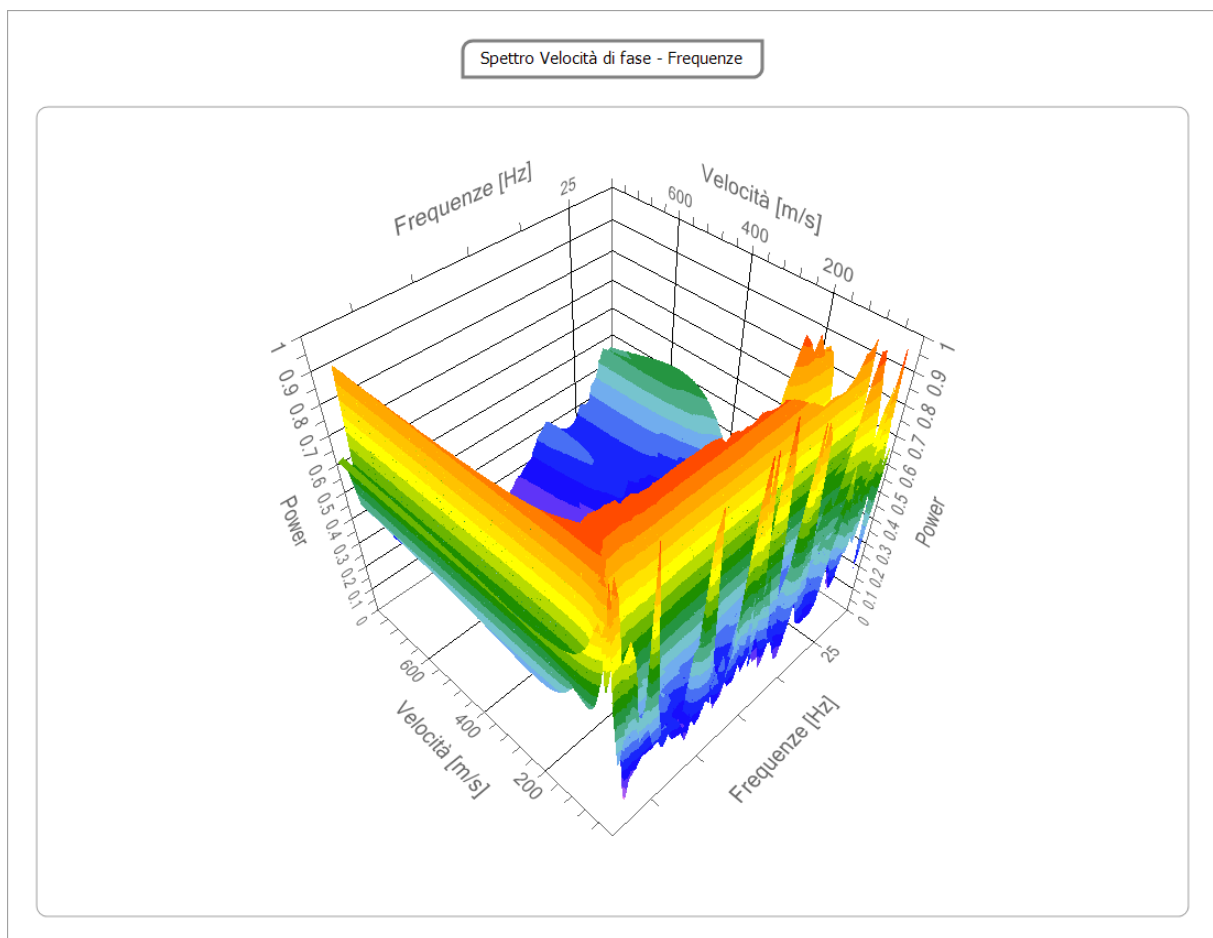
### Tracce

<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione</b> [msec]	2048.0
<b>Interdistanza geofoni</b> [m]	2.0
<b>Periodo di campionamento</b> [msec]	1.00



## Analisi spettrale

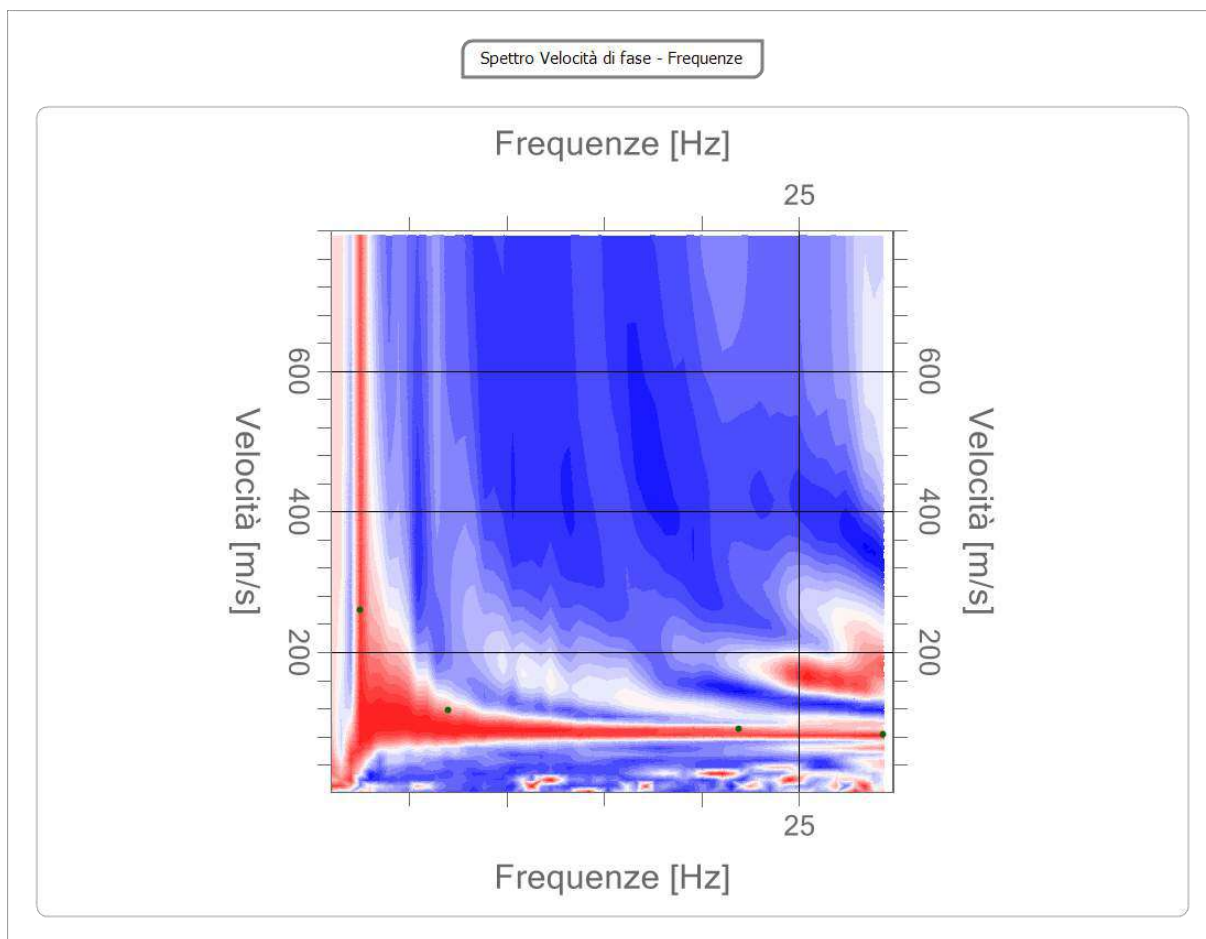
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	30
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.5	260.8	0
2	7.0	117.0	0
3	21.9	90.9	0
4	29.3	82.7	0





### Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		7.00	7.00	1750.0	0.42	Si	282.7	105.0
2		27.00	20.00	1800.0	0.41	Si	665.7	260.0
3		oo	oo	1850.0	0.40	Si	979.8	400.0

Percentuale di errore

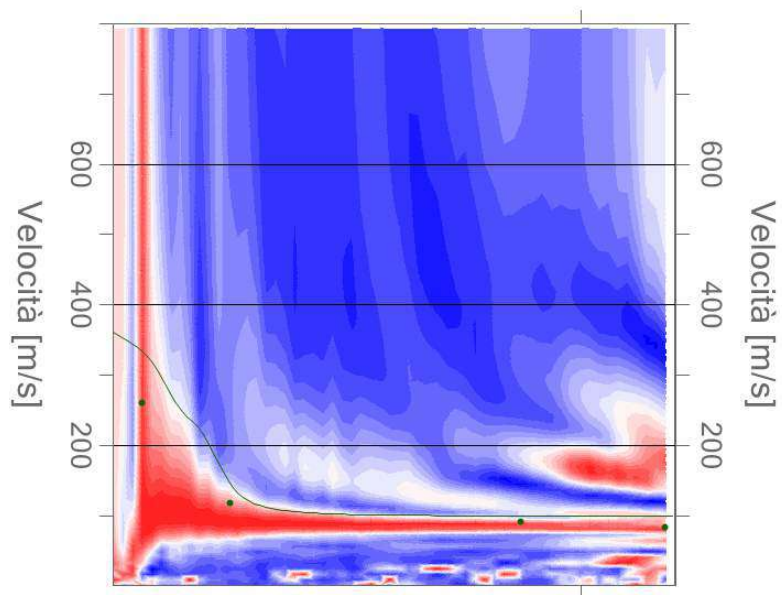
6.685 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.217

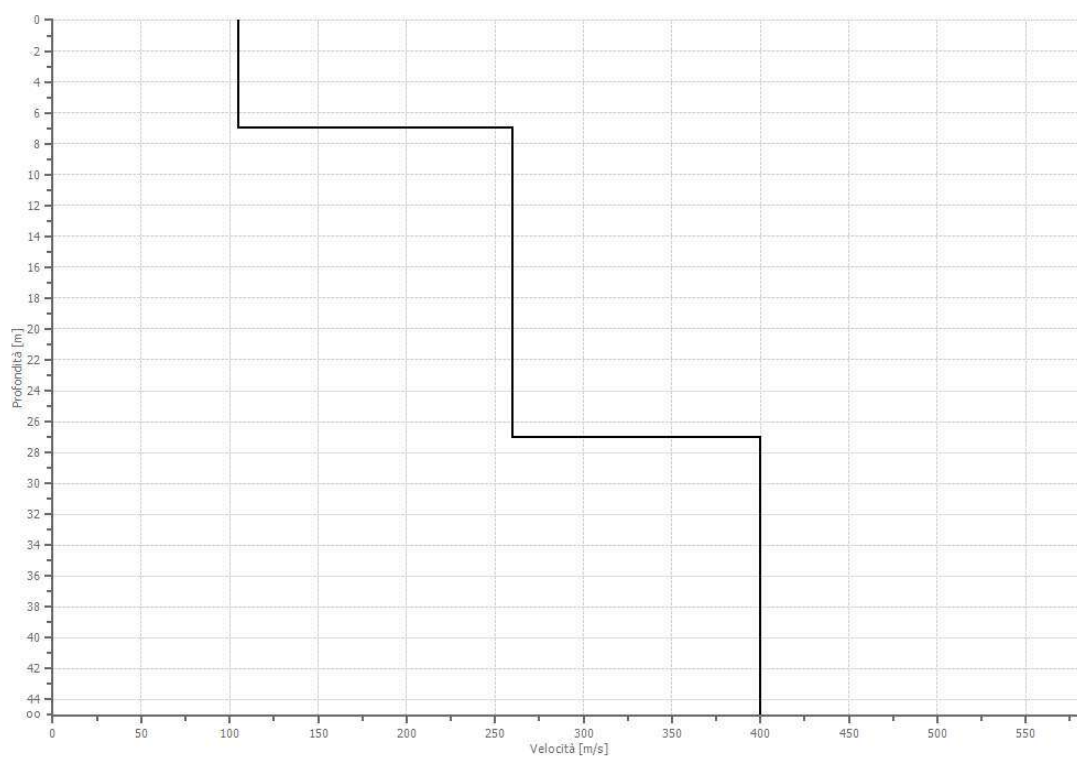
Inversione

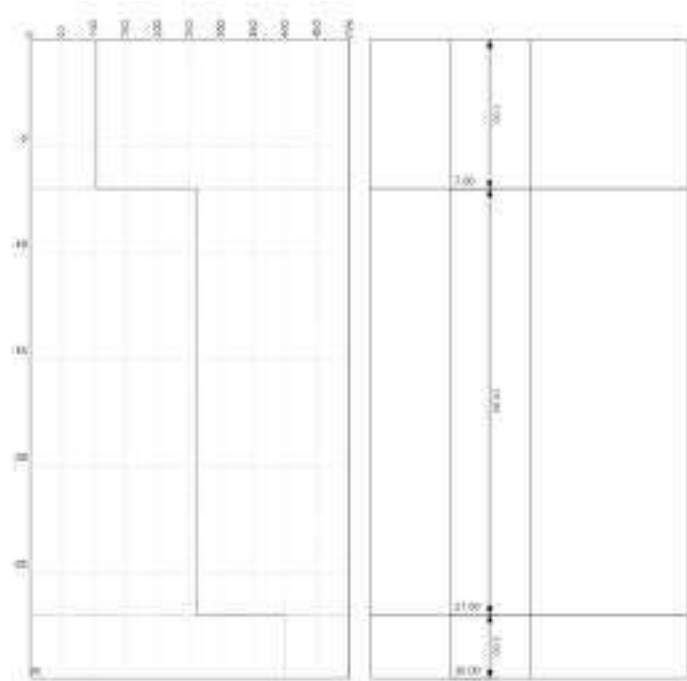
Frequenze



Frequenze

Profilo di velocità





## Risultati

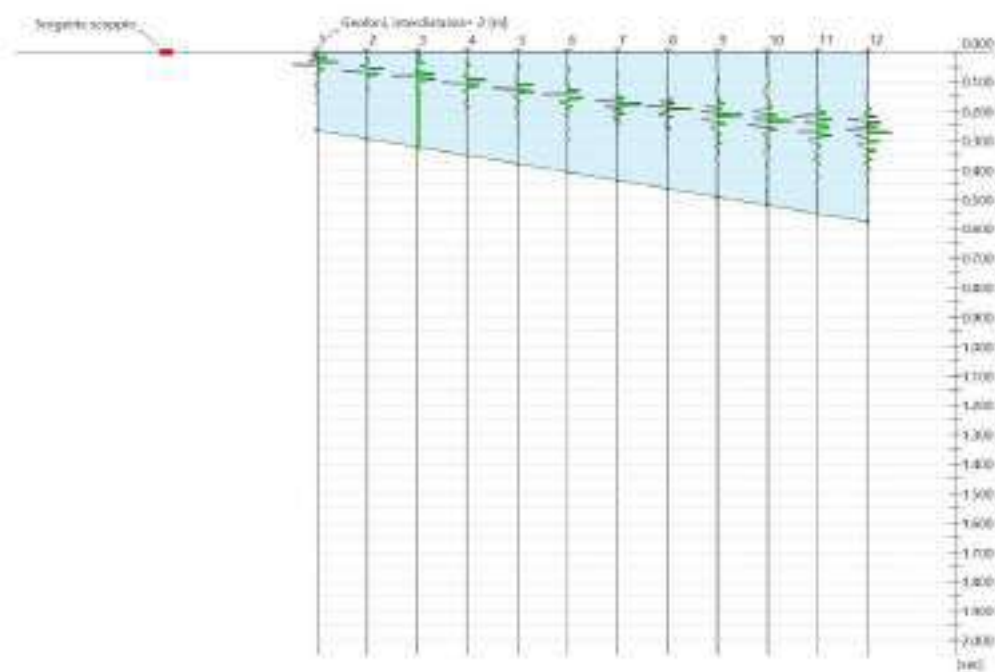
<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	198.56
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo 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.

REPORT MASW n°3  
Committente: Flo.Ren S.r.l.  
Localita': Molinella e Portomaggiore (BO) – Via Morgone / Via Argentana

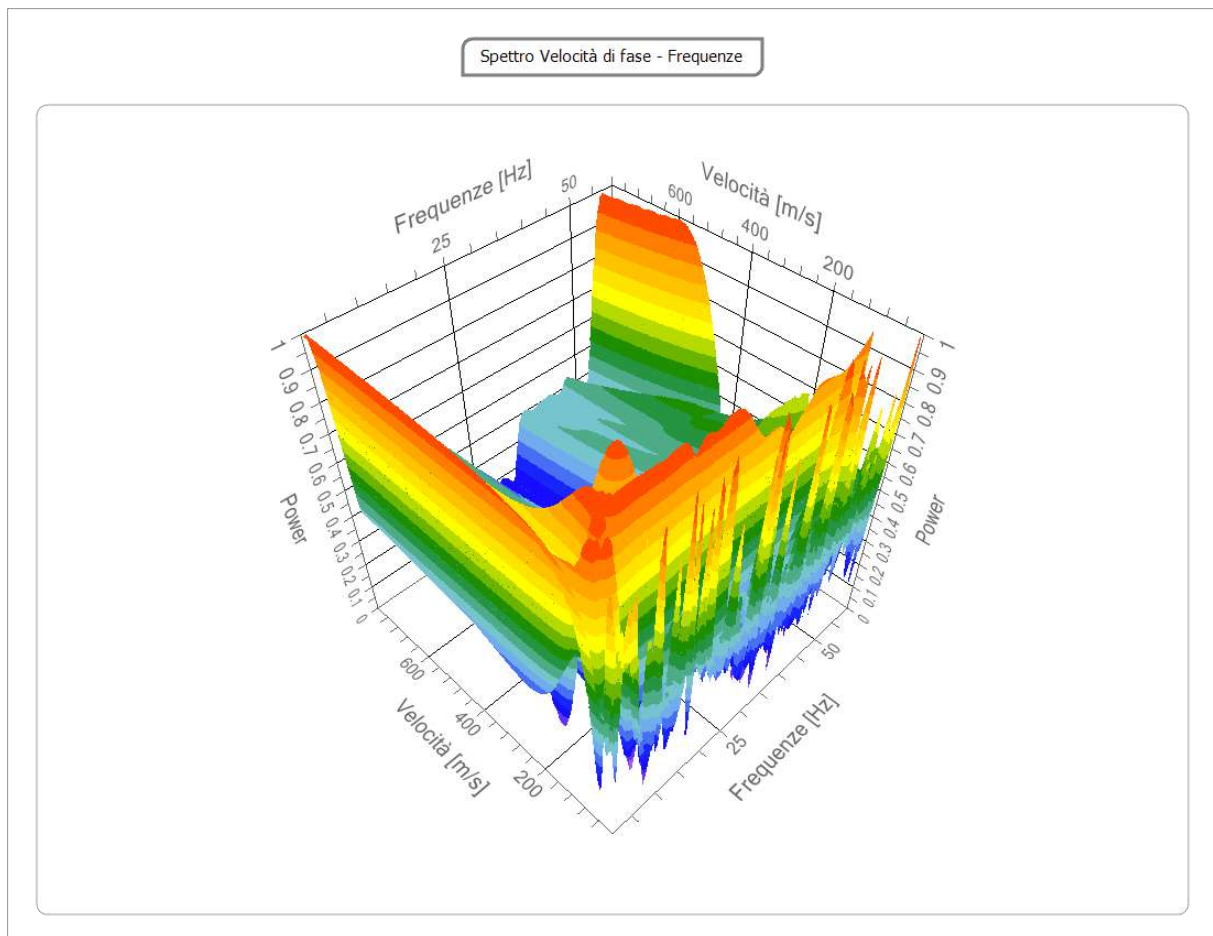
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2048.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



## Analisi spettrale

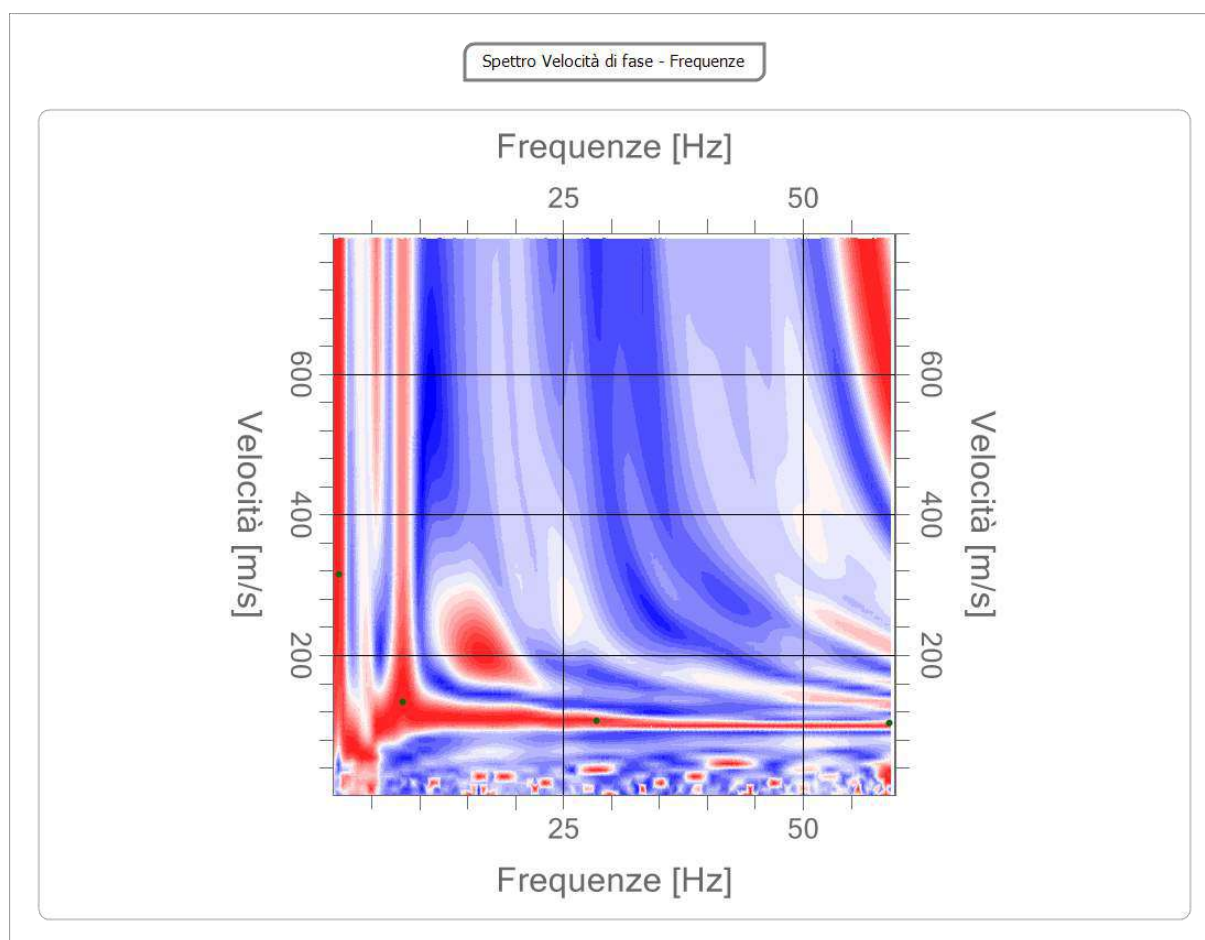
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



## Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	1.6	314.7	0
2	8.2	133.3	0
3	28.5	107.2	0
4	59.0	103.9	0





### Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		7.50	7.50	1750.0	0.42	Si	309.6	115.0
2		32.50	25.00	1800.0	0.41	Si	665.7	260.0
3		oo	oo	1850.0	0.40	Si	979.8	400.0

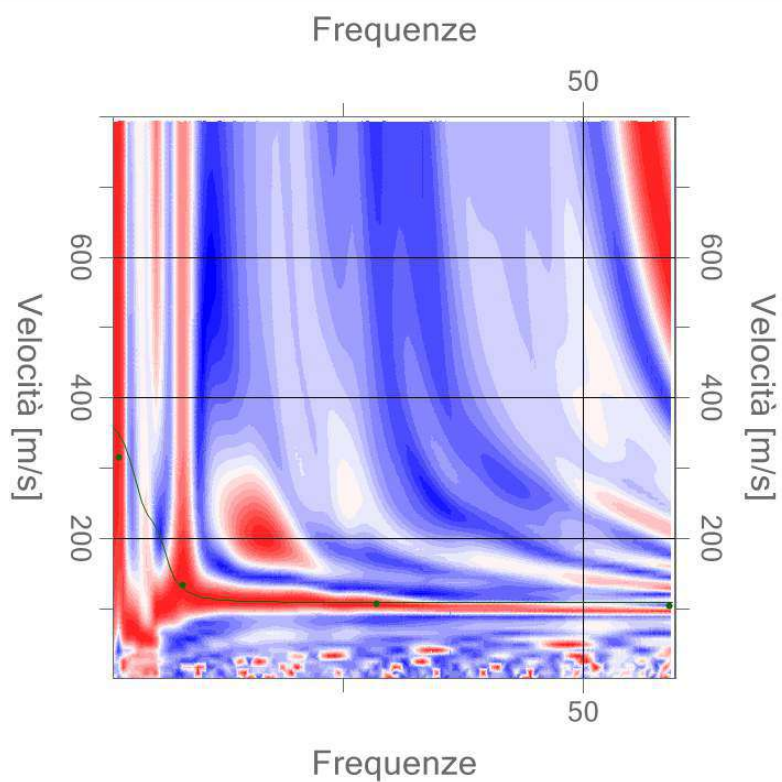
Percentuale di errore

1.253 %

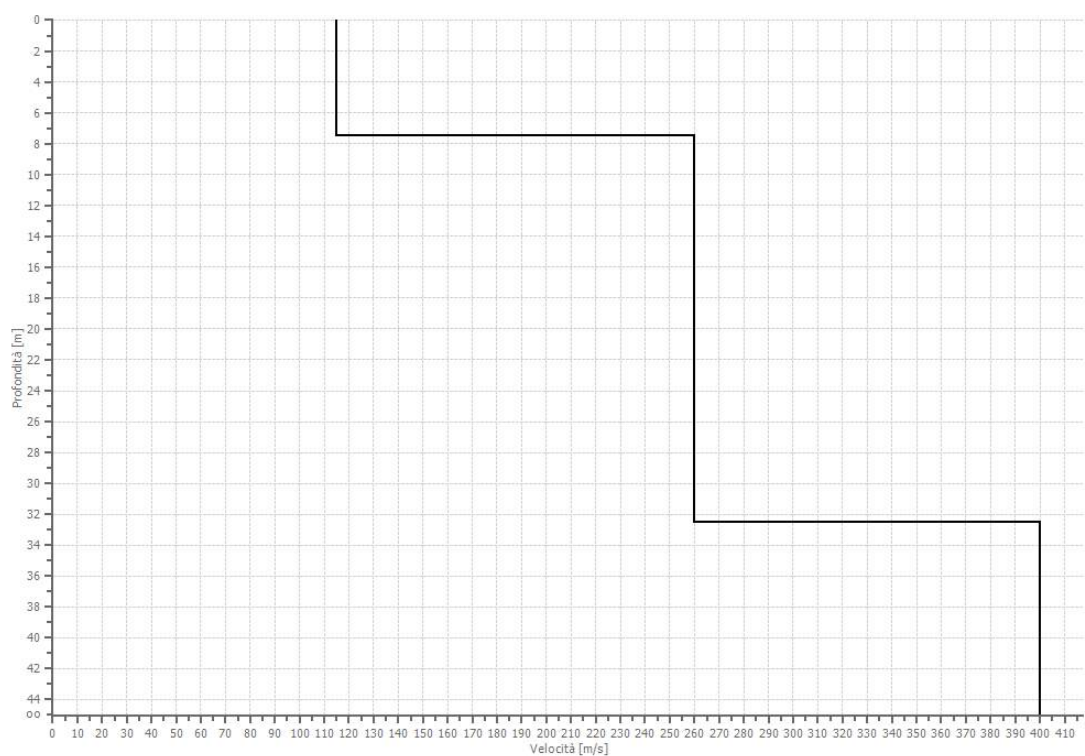
Fattore di disadattamento della soluzione

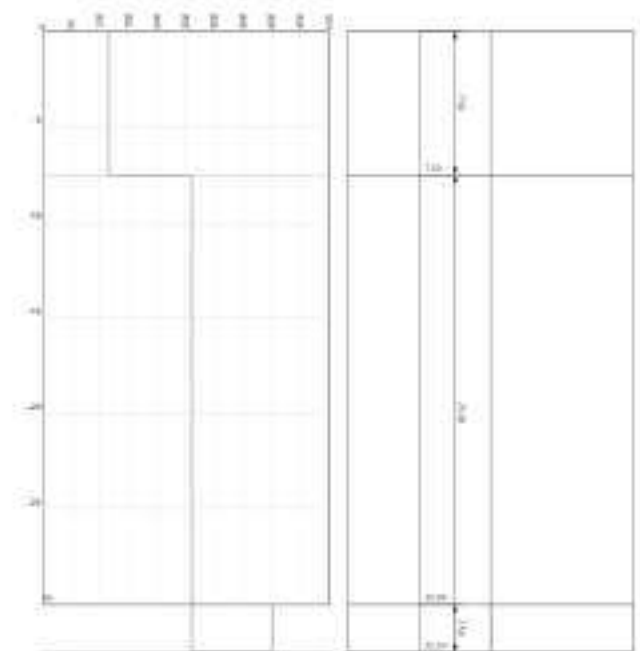
0.111

Inversione



Profilo di velocità





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	197.69
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo 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.

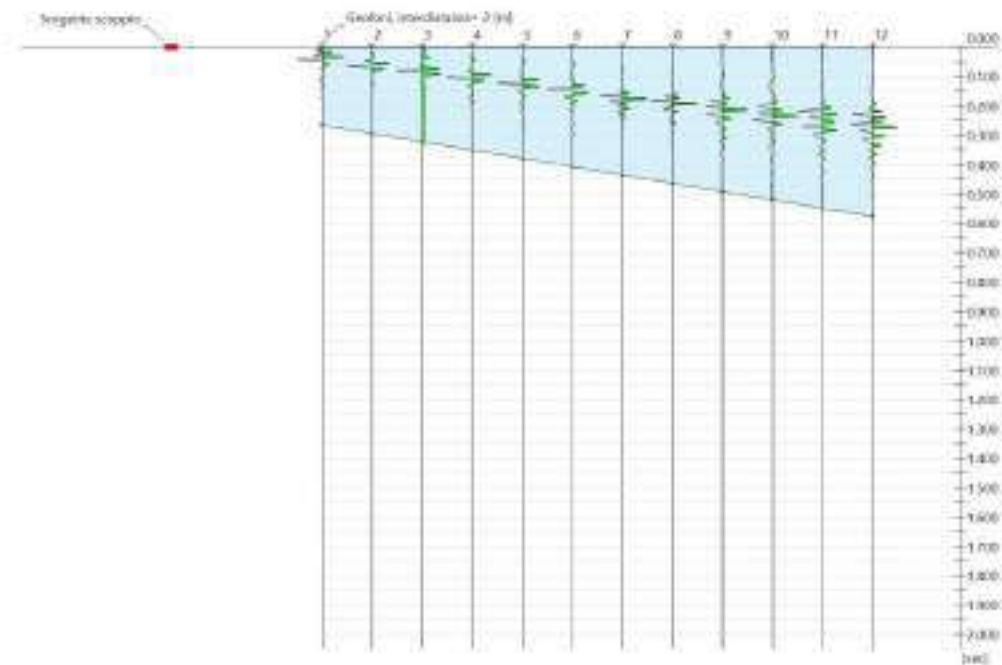
## REPORT MASW n°4

Committente: Flo.Ren S.r.l.

Localita': Molinella e Portomaggiore (BO) – Via Morgone / Via Argentina

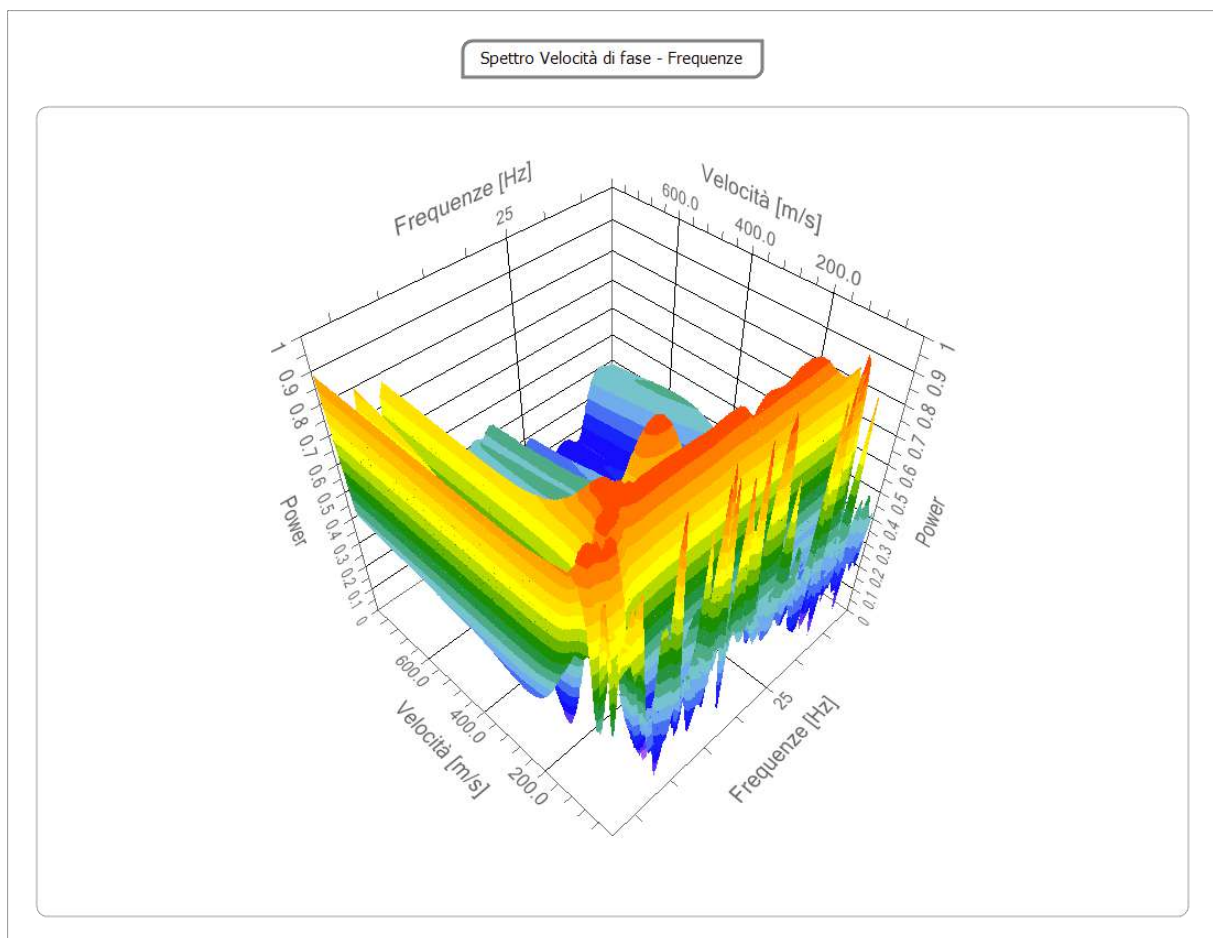
### Tracce

<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione</b>	2048.0
<b>[msec]</b>	
<b>Interdistanza geofoni</b>	2.0
<b>[m]</b>	
<b>Periodo di campionamento</b>	1.00
<b>[msec]</b>	



## Analisi spettrale

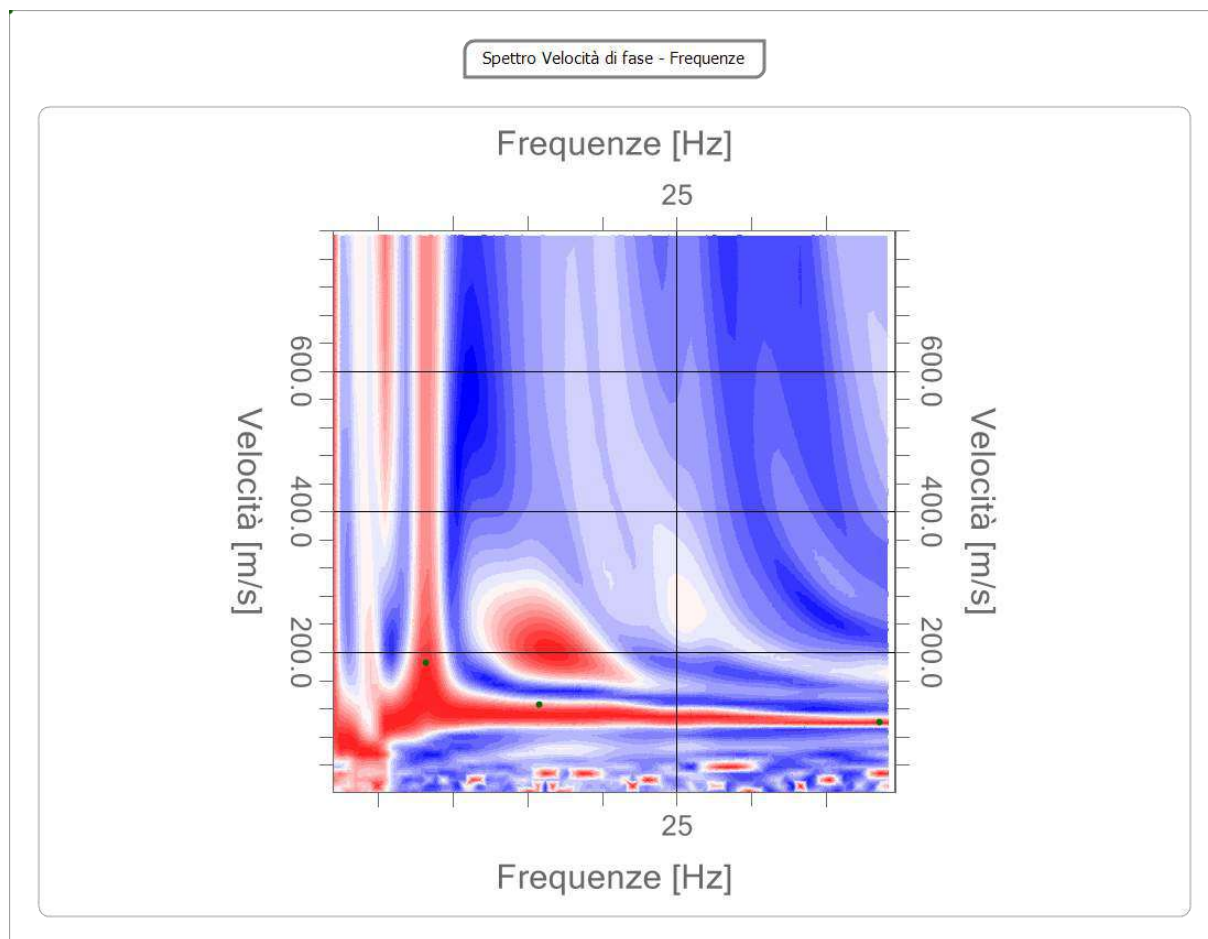
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	2
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	40
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



## Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	1.6	314.7	0
2	8.2	185.6	0
3	15.8	125.2	0
4	38.6	100.7	0





### Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		6.00	6.00	1750.0	0.42	Si	323.1	120.0
2		33.00	27.00	1800.0	0.41	Si	640.1	250.0
3		oo	oo	1850.0	0.40	Si	1004.3	410.0

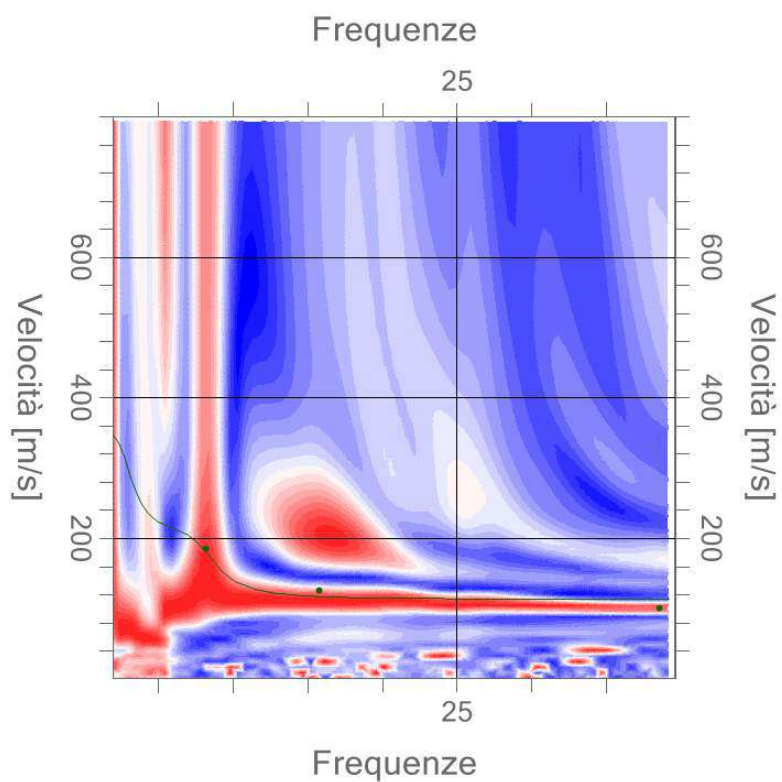
Percentuale di errore

2.632 %

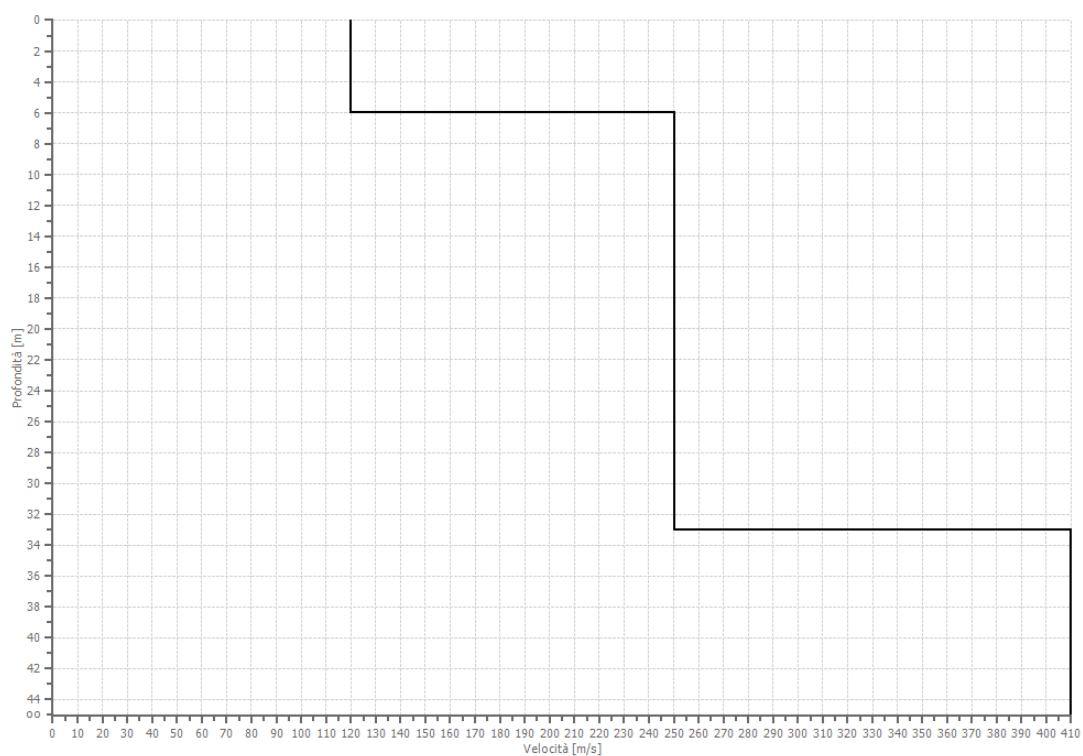
Fattore di disadattamento della soluzione

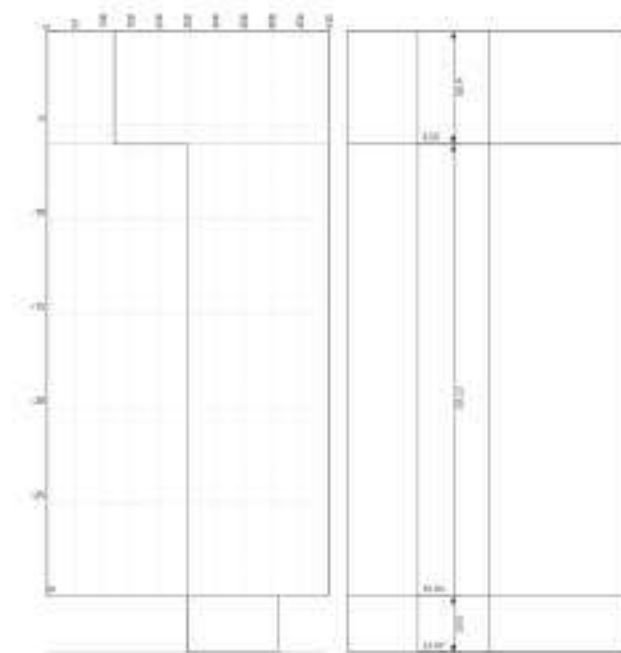
0.161

Inversione



Profilo di velocità





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	205.48
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo 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.

## REPORT HVSr n°1

**Committente:** Flo.Ren S.r.l.

**Localita':** Molinella e Portomaggiore (BO) – Via Morgone / Via Argentana

Strumento: TEP-0032/01-09

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 13/01/2025 16:58:21 Fine registrazione: 13/01/2025 17:10:22

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; sync sync

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 94% tracciato (selezione manuale)

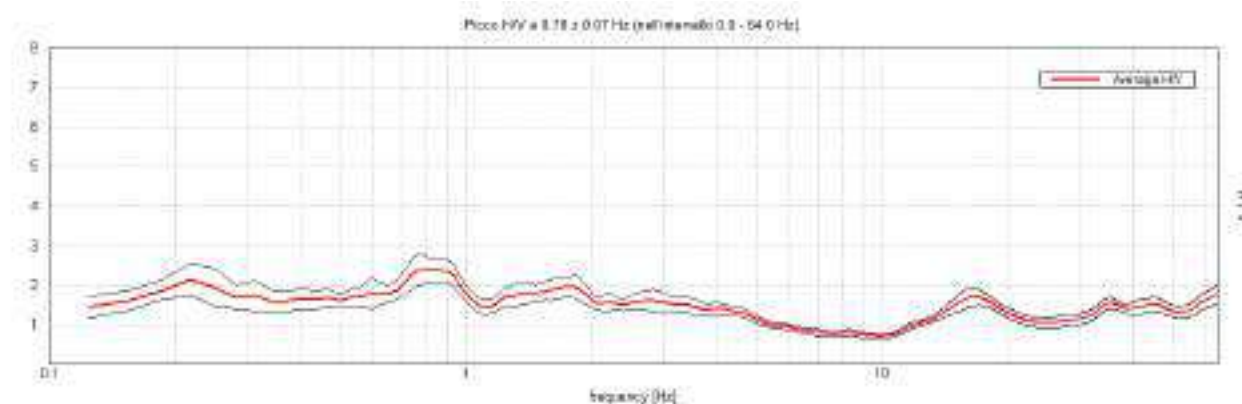
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

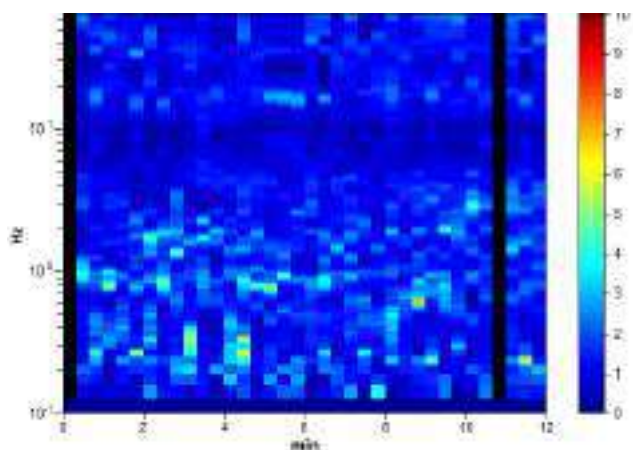
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

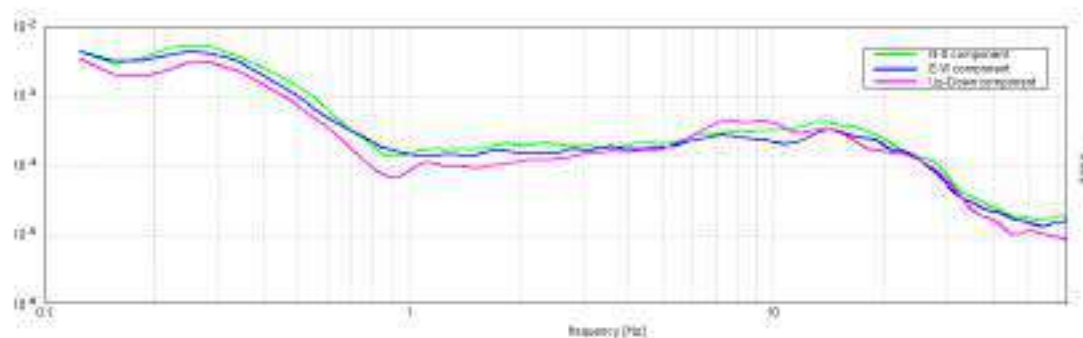
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



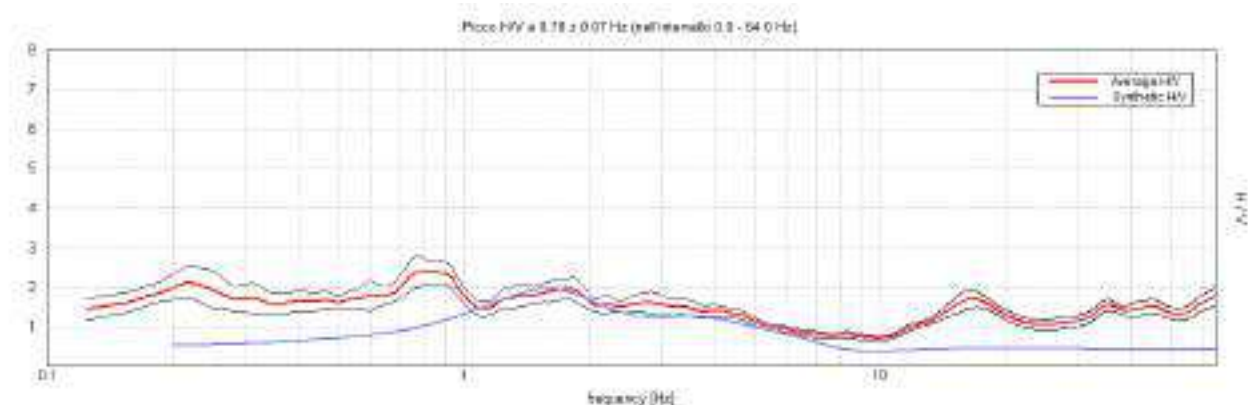
### SERIE TEMPORALE H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

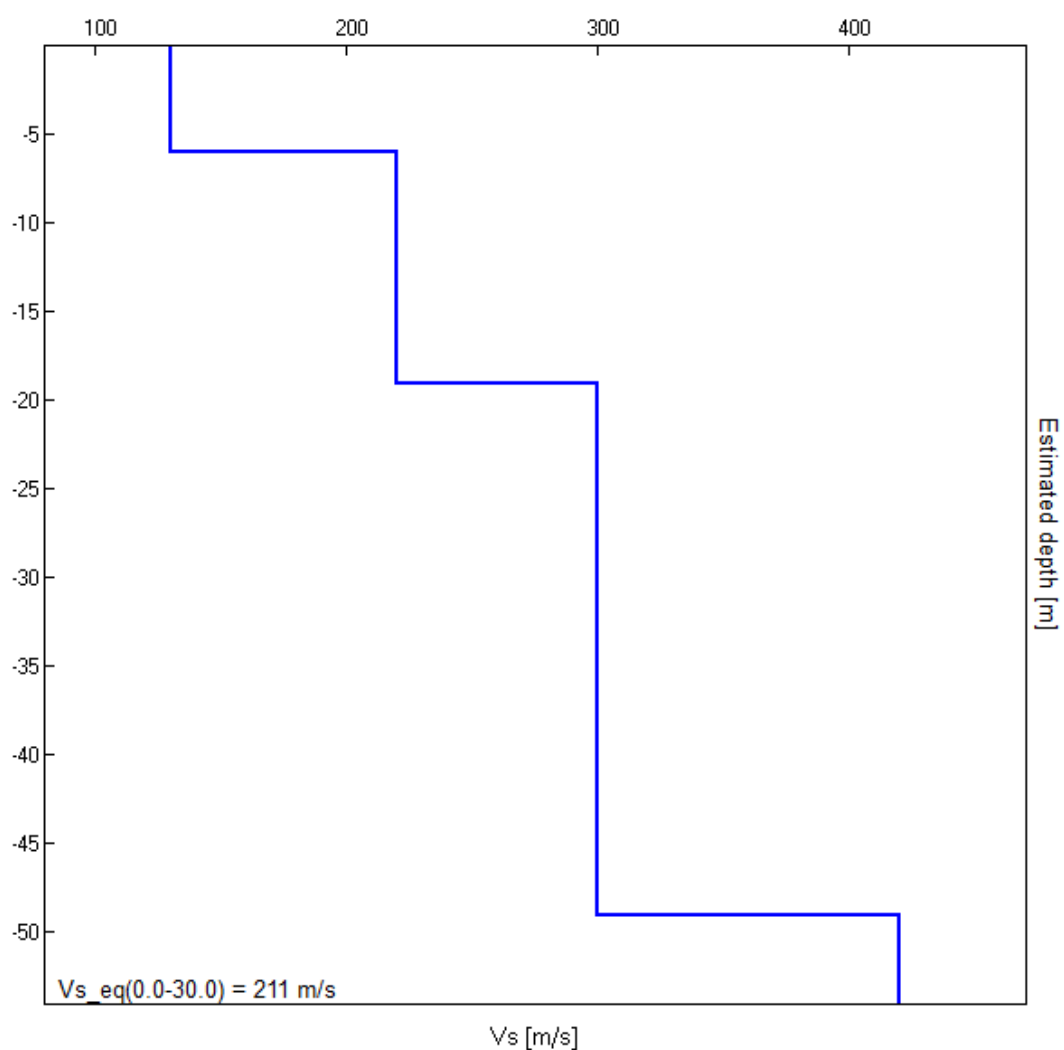


# H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
6.00	6.00	130	0.42
19.00	13.00	220	0.41
49.00	30.00	300	0.40
inf.	inf.	420	0.39

**Vs\_eq(0.0-30.0) = 211 m/s**





[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a  $0.78 \pm 0.07$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$531.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 39	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	$2.39 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08458  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06607 < 0.11719$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3909 < 2.0$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## REPORT HVSR n°2

**Committente:** Flo.Ren S.r.l.

**Localita':** Molinella e Portomaggiore (BO) – Via Morgone / Via Argentana

Strumento: TEP-0032/01-09

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 13/01/2025 17:34:54 Fine registrazione: 13/01/2025 17:46:55

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; sync sync

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 86% tracciato (selezione manuale)

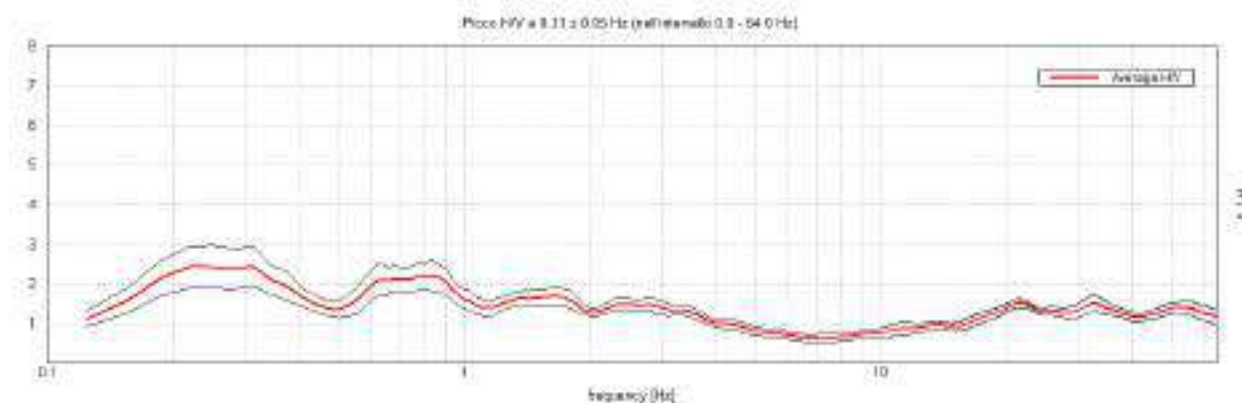
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

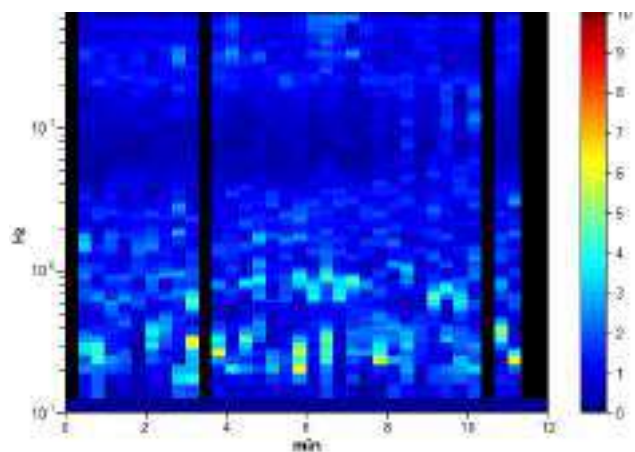
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

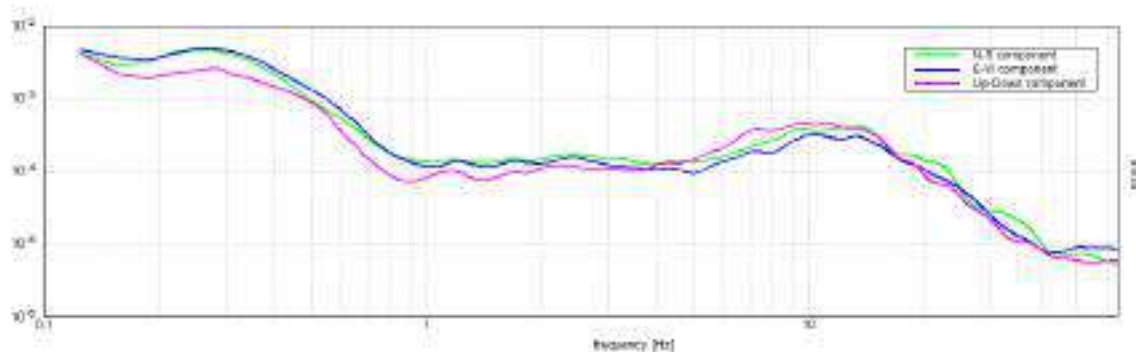
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



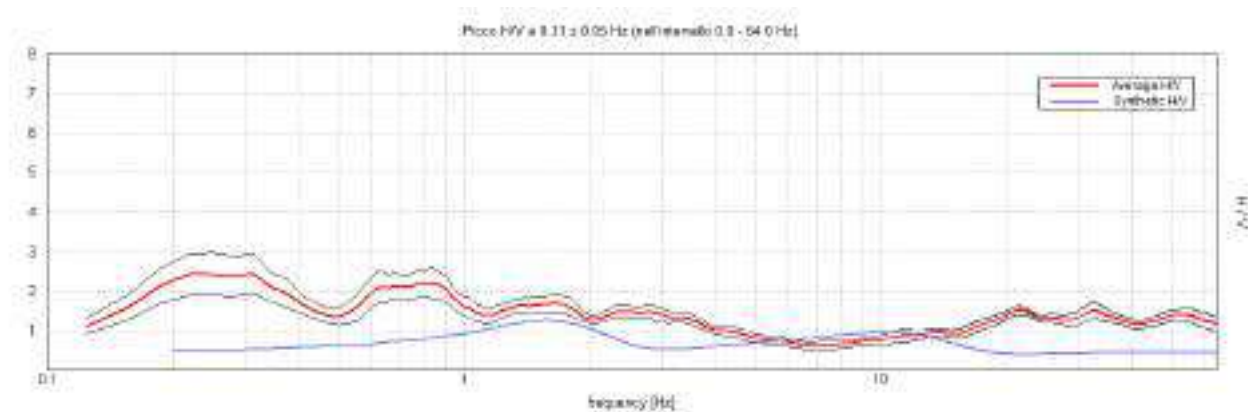
### SERIE TEMPORALE H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

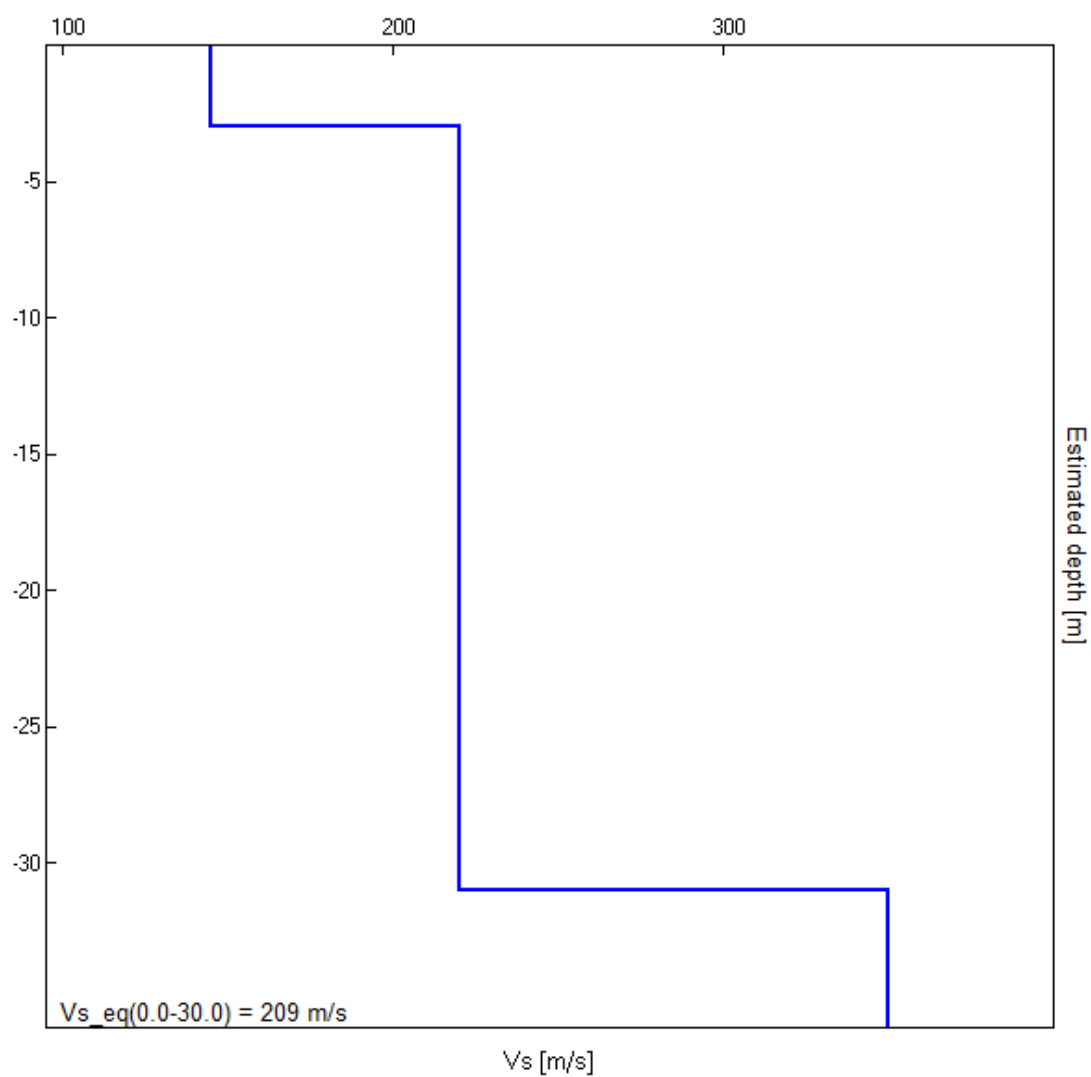


# H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
3.00	3.00	145	0.42
31.00	28.00	220	0.41
inf.	inf.	350	0.40

$V_{s\_eq}(0.0-30.0) = 209 \text{ m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a  $0.31 \pm 0.05$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.51 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$203.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 16	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.125 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	$2.44 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1545  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04828 < 0.0625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5017 < 2.5$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## REPORT HVSR n°3

**Committente:** Flo.Ren S.r.l.

**Localita':** Molinella e Portomaggiore (BO) – Via Morgone / Via Argentana

Strumento: TEP-0032/01-09

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 13/01/2025 17:59:55 Fine registrazione: 13/01/2025 18:11:56

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; sync sync

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)

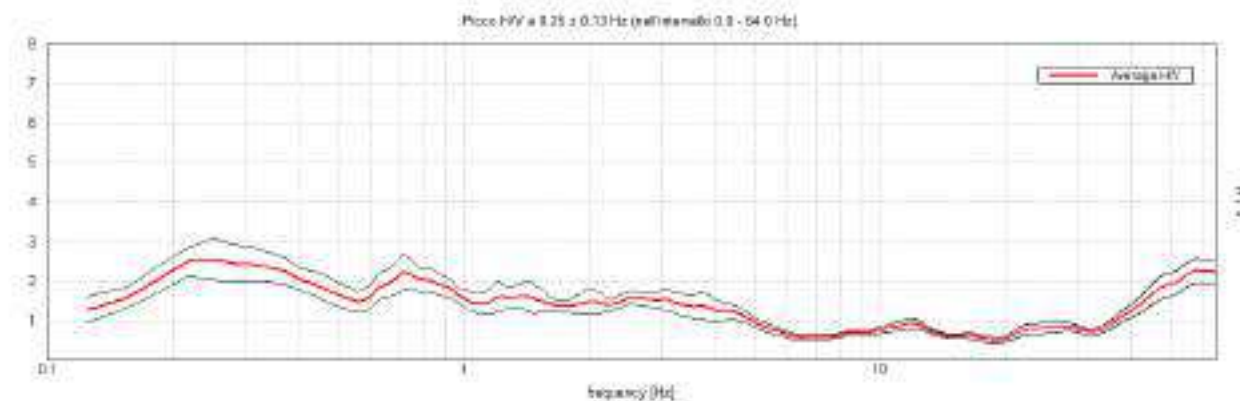
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

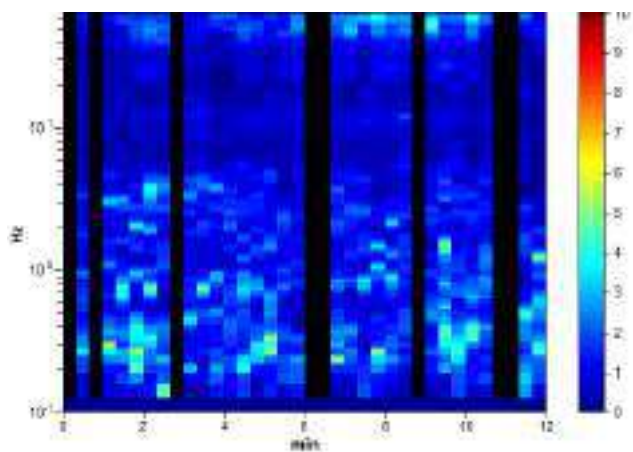
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

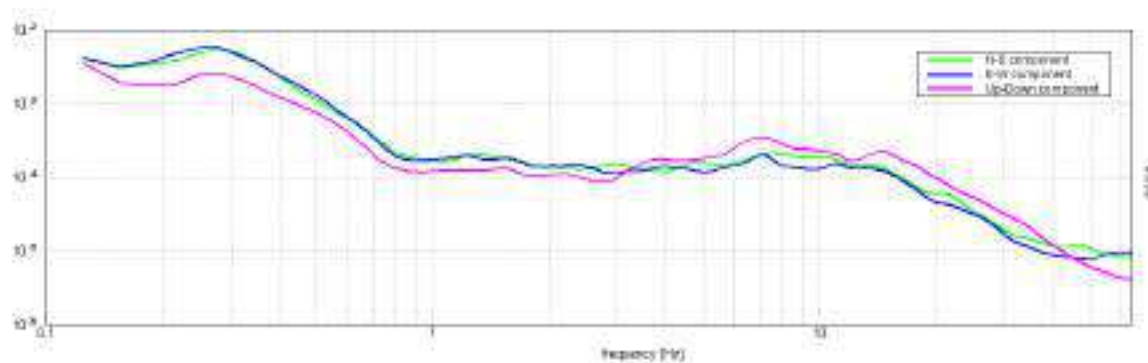
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



### SERIE TEMPORALE H/V

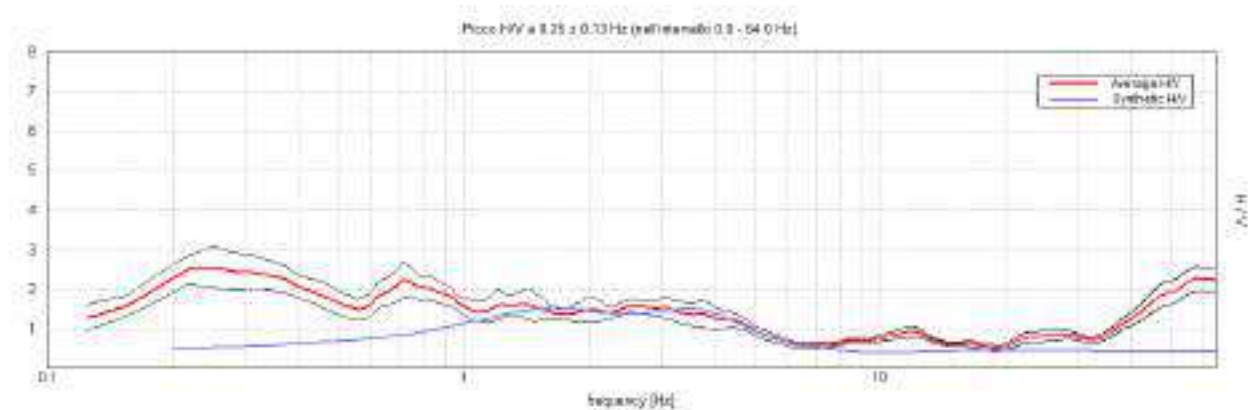


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



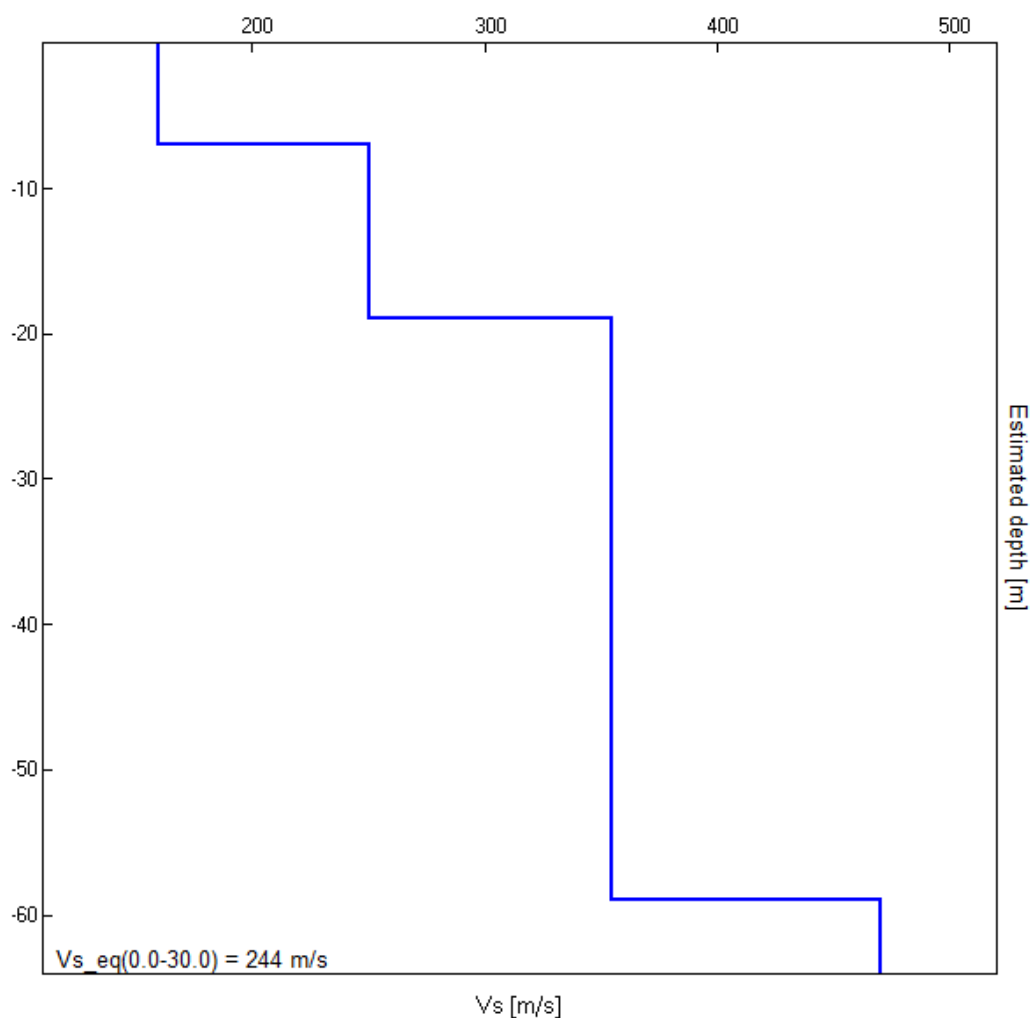


# H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
7.00	7.00	160	0.42
19.00	12.00	250	0.41
59.00	40.00	355	0.40
inf.	inf.	470	0.40

$V_{s\_eq}(0.0-30.0) = 244 \text{ m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a  $0.25 \pm 0.13$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.55 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$240.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 13	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.125 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	$2.57 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.50555  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02639 < 0.05$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5261 < 2.5$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## REPORT HVSR n°4

**Committente:** Flo.Ren S.r.l.

**Localita':** Molinella e Portomaggiore (BO) – Via Morgone / Via Argentana

Strumento: TEP-0032/01-09

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 14/01/2025 10:45:13 Fine registrazione: 14/01/2025 18:57:13

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; sync sync

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)

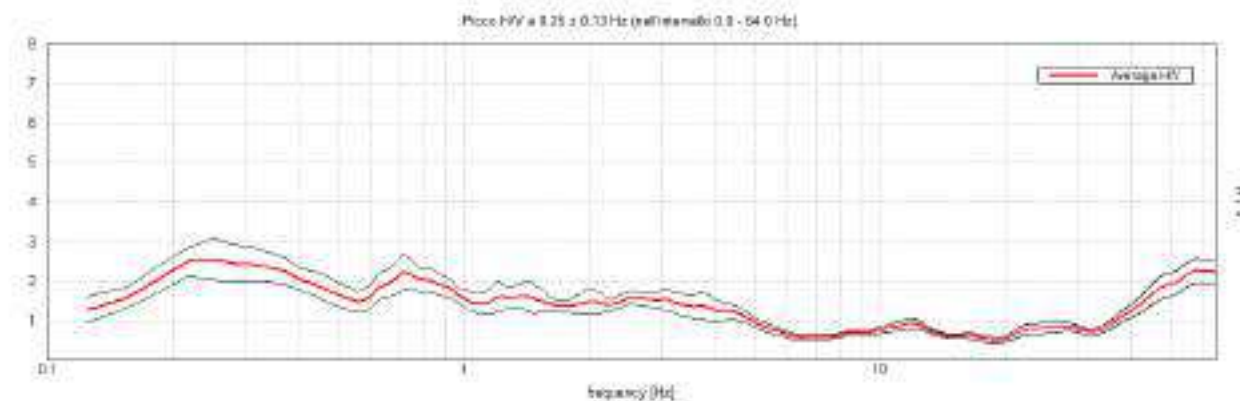
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

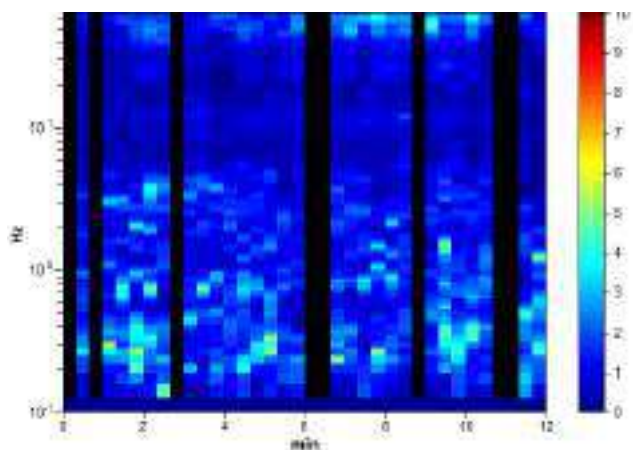
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

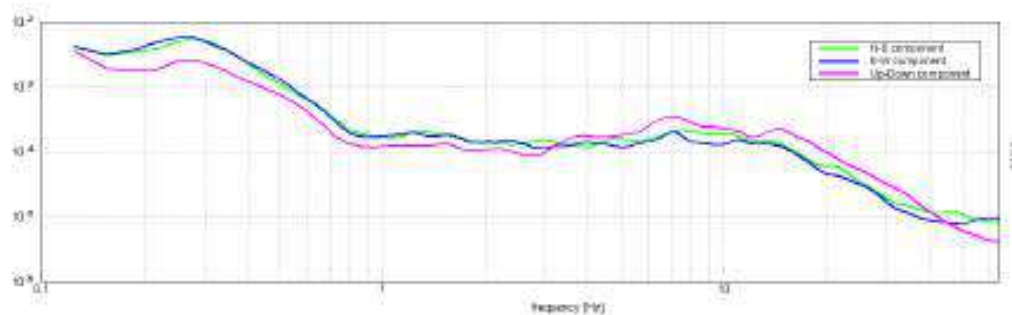
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



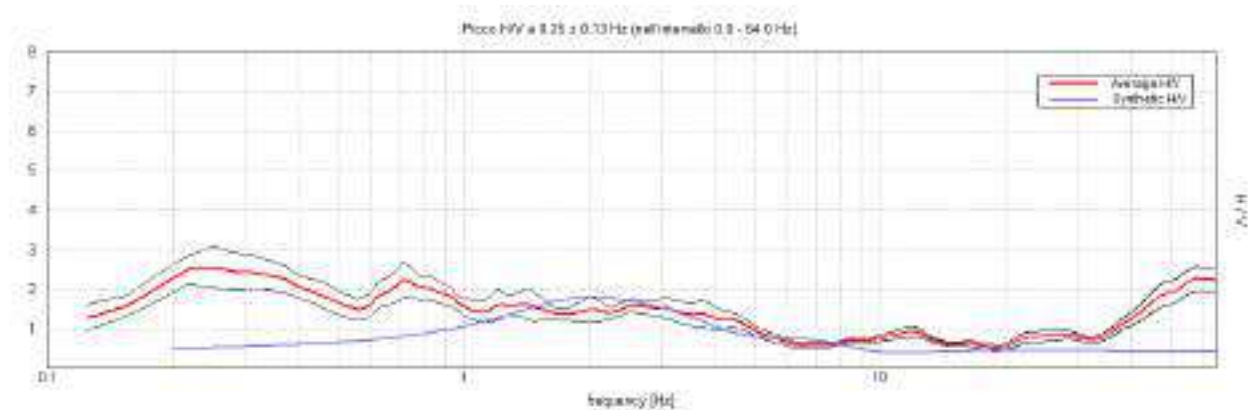
### SERIE TEMPORALE H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

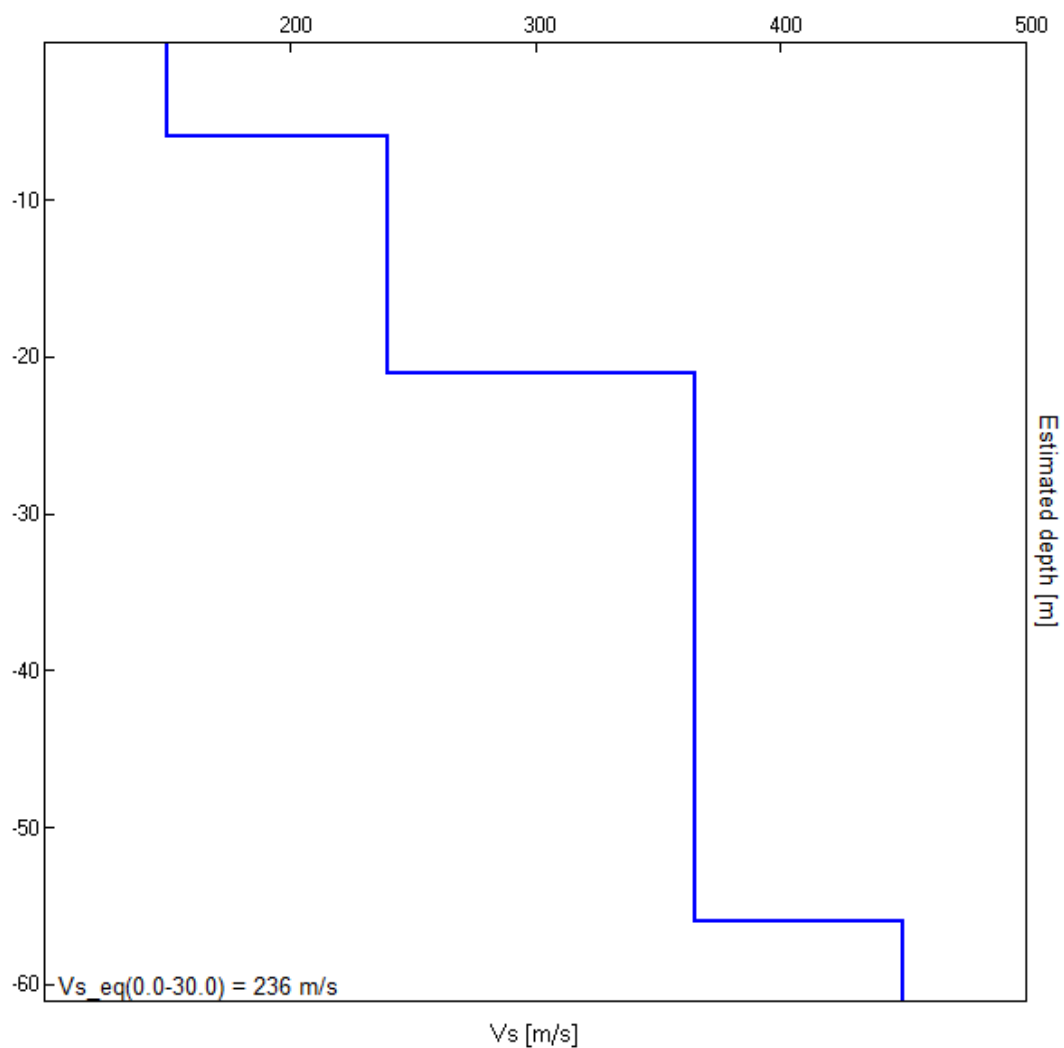


# H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
6.00	6.00	150	0.42
21.00	15.00	240	0.41
56.00	35.00	365	0.40
inf.	inf.	450	0.40

$V_{s\_eq}(0.0-30.0) = 236 \text{ m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a  $0.25 \pm 0.13$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.52 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$220.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 13	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.120 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	$2.47 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.61325  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04936 < 0.05$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5354 < 2.5$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	$< 0.2$	$0.2 - 0.5$	$0.5 - 1.0$	$1.0 - 2.0$	$> 2.0$
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



## Documentazione Fotografica - Prove penetrometriche dinamiche





## Documentazione Fotografica - Prove sismiche

### Hvsr



### Masw

