



REGIONE MARCHE
COMUNE DI MONTEPRANDONE
Settore 2°: Lavori Pubblici- Tecnico - Manutentivo



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

PNRR "Missione 4 " - C1-1.1

REALIZZAZIONE DEL NUOVO ASILO NIDO DI MONTEPRANDONE

CUP G55E24000270006



FASE:

PROGETTO ESECUTIVO

SERIE:

DESCRITTIVI

DESCRIZIONE:

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROLOGICA

COD.
PROGETTO:

P AP 24 004 P

NOME FILE

24004_RL_509.pdf

IDENTIFICATIVO ELABORATO

RL 509

SCALA

—

PLOT

1=1

Progettisti:



TERAMO - zona industriale S. Atto snc - 64100
tel. (+39) 0861/1954832

Certificazioni: ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015 - ISO 45001:2018

RESPONSABILI DELLA PROGETTAZIONE

Ing. Raffaele Di Gialluca (Coordinatore)

Ing. Pasquale Di Egidio (Direttore Tecnico)

ESPERTO GESTIONE ENERGIA (UNI CEI 11339)

Ing. Domenico Rapagnani

COLLABORATORI PROMEDIA SRL

Arch. Ercole Volpi

Arch. Gianluca Di Paolo

Arch. Nicola Ciarelli

Arch. Danilo Soares Vinhote Costa

Arch. Alessia Paesani

Ing. Massimo Referza

Ing. Paolo Coccia

Ing. Davide Fioretti

Ing. Elena Socievole

Ing. Matteo Di Berardino

P.Ind. Pierluigi Faragalli

Geom. Amedeo Maria Bizzarri

Geom. Ilenia Di Marco

Geom. Luigi Ridani

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Geom. Pino Cori

revisione	data	riferimento revisione	eseguito	controllato	approvato
0	Settembre 2024	Emissione	-	PDE	RDC

Geol. Sara Abeti

Via dei Soderini, 25 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
P.IVA: 02087210445 - e-mail: sara.abeti@gmail.com
sara.abeti@pec.it; mob. 346.7872390

STUDIO GEOLOGICO RISPOSTA SISMICA LOCALE

OGGETTO: REALIZZAZIONE DEL NUOVO ASILO NIDO



LOCALITÀ: Via Barattelle - Comune di Montepandone (AP)

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale Montepandone

Collaboratore: Geol. Gianluigi Bartolini

Geol. Sara Abeti



LUOGO E DATA: Ascoli Piceno, 16/09/2024

NUMERO PAGINE: 54 Relazione + 55 Allegati

OPERA DELL'INGEGNO - RIPRODUZIONE VIETATA OGNI DIRITTO RISERVATO - ART. 99 L. 633/41 NON RIPRODUCIBILE IN GIUDIZIO

INDICE

RELAZIONE

1 - RIFERIMENTI NORMATIVI.....	pag. 3
2 -PREMESSA.....	pag. 4
3 - INQUADRAMENTO GENERALE	pag. 6
3.1 - Descrizione e ubicazione topografica	pag. 6
3.2 - Inquadramento geomorfologico	pag. 8
3.3 - Inquadramento geologico	pag. 10
3.4 - Inquadramento idrologico e idrogeologico	pag. 11
3.5 - Analisi dei vincoli - PAI	pag. 12
4 - CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICA	pag. 14
4.1 - Descrizione sondaggi	pag. 14
4.2 - Modello geotecnico	pag. 15
5 - MODELLAZIONE SISMICA	pag. 17
5.1 - Pericolosità sismica del sito	pag. 17
5.2 - Caratterizzazione sismica dei terreni e categoria di suolo	pag. 21
5.3 - Categoria topografica.....	pag. 23
5.4 - Analisi di Risposta Sismica Locale	pag. 30
6 - VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	pag. 53
6 - TERRE E ROCCE DA SCAVO	pag. 53
8 - CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	pag. 54

ALLEGATI

- n. 1** UBICAZIONE INDAGINI
- n. 2** ELABORAZIONE INDAGINI
- n. 3** PLANIMETRIA DI RIFERIMENTO
- n. 4** SEZIONE GEOLOGICA

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici, n. 3797 (Pres. Cons. Superiore -Servizio Tecnico Centrale, 6 novembre 1967) - ***Istruzioni per il progetto, esecuzione e collaudo delle fondazioni.***
- "Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche. A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana(1977)"
- Legge 11/02/94 n°109 e SS. MM. II.– ***Legge quadro in materia di lavori pubblici.***
- Circolare del Ministro dei LL.PP. n. 218/24/3 del 9/1/1996 - Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. ***Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.***
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – ***Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007.***
- Decreto ministeriale 17.01.2018 – ***Testo unico “Norme Tecniche per le Costruzioni”.***
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – ***Istruzioni per l’applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14.01.2008. Circolare 2 Febbraio 2009.***
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 (e successive modifiche ed integrazioni) - ***Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica.***
- Deliberazione della Giunta Regionale n. 136 del 17 febbraio 2004 Art. 6, comma 7, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 gennaio 2004, n. 3333. Modifica alla D.G.R. n. 1046 del 29 luglio 2003 - ***Indirizzi generali per la prima applicazione dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. Individuazione e formazione dell’elenco delle zone sismiche nella Regione Marche.***
- Deliberazione del Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004 - ***Approvazione del Piano stralcio di bacino per l’Assetto Idrogeologico per i bacini di rilievo regionale (PAI). Articolo 11 della L.R. 25 maggio 1999 n. 13.***

2. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Monteprandone, con determinazione n. 152 del 09/07/2024, la sottoscritta Geol. Sara Abeti ha redatto il presente Studio geologico corredato da indagini specialistiche per progetto di ***“Realizzazione del nuovo asilo nido di Monteprandone”***.

La presente relazione geologica supporta il progetto di cui sopra finanziato mediante fondi PNRR M4-C1-1.1 - PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA, MISSIONE 4: Istruzione e ricerca, Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università, Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia.

La relazione geologica si articola nella modellazione geologica generale, nella definizione del modello geologico locale e nella modellazione geotecnica del terreno, desunte da dati esistenti e da indagini realizzate in sito per la caratterizzazione dell'area oggetto di studio.

La campagna dei rilievi è stata effettuata secondo le “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche A.G.I (1977) e lo studio geologico è stato eseguito in conformità a quanto previsto dalle vigenti norme (Legge n. 64 del 2/2/74 e successivi D.M., con particolare riguardo al D.M. del 11/3/88 e relative istruzioni – Legge 11/02/94 n°109 e successive modifiche ed integrazioni, D.M. del 16/01/96 “norme per le costruzioni in zona, D.G.R. n. 1046/2003 nuova classificazione sismica, D.M. del 14/09/2005 e successive modifiche e NTC2018), estendendole a quella parte di sottosuolo (volume significativo) influenzato direttamente o indirettamente dall'opera in progetto, e ritenuto espressivo ai fini dei risultati dell'indagine stessa.

Il sito è stato oggetto di un accurato rilevamento di campagna che ha permesso di acquisire i dati geologici ed idrogeologici generali, mentre la caratterizzazione geotecnica e stratigrafica dei litotipi geologici, costituenti il sito in studio, è stata ottenuta attraverso l'esecuzione di una campagna indagini geotecniche costituita da:

- n. 3 indagini penetrometriche (di cui n.1 dinamica D.P.S.H. e n.2 statiche C.P.T.)

I risultati delle indagini, oltre all'ampia bibliografia dell'area posseduta, permettono di acquisire una sufficiente visione delle caratteristiche geotecniche del terreno di studio.

E' stata inoltre effettuata una campagna di indagini geofisiche consistita in:

- n.1 misura sismica passiva attraverso tecnica H.V.S.R.
- n. 1 stendimento sismico di tipo M.A.S.W.
- n.1 stendimento di sismica a rifrazione.

Le indagini sono state eseguite dalla società **GEOAB SNC** - iscritta all'anagrafe antimafia esecutori con il numero **AE_009049_2017**. Tali indagini rispondono anche alla vigente normativa, modifiche al DM 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 17/01/2018.

3. INQUADRAMENTO GENERALE

3.1 Descrizione e ubicazione topografica

L'area in oggetto si trova nel comune di Monteprandone, provincia di Ascoli Piceno, situato ad Est della città di Ascoli Piceno; dal punto di vista cartografico è individuabile nel quadrante 133 I (foglio 1:100.000 – 133 Ascoli Piceno) della Carta Topografica Regionale alla scala 1:25.000.

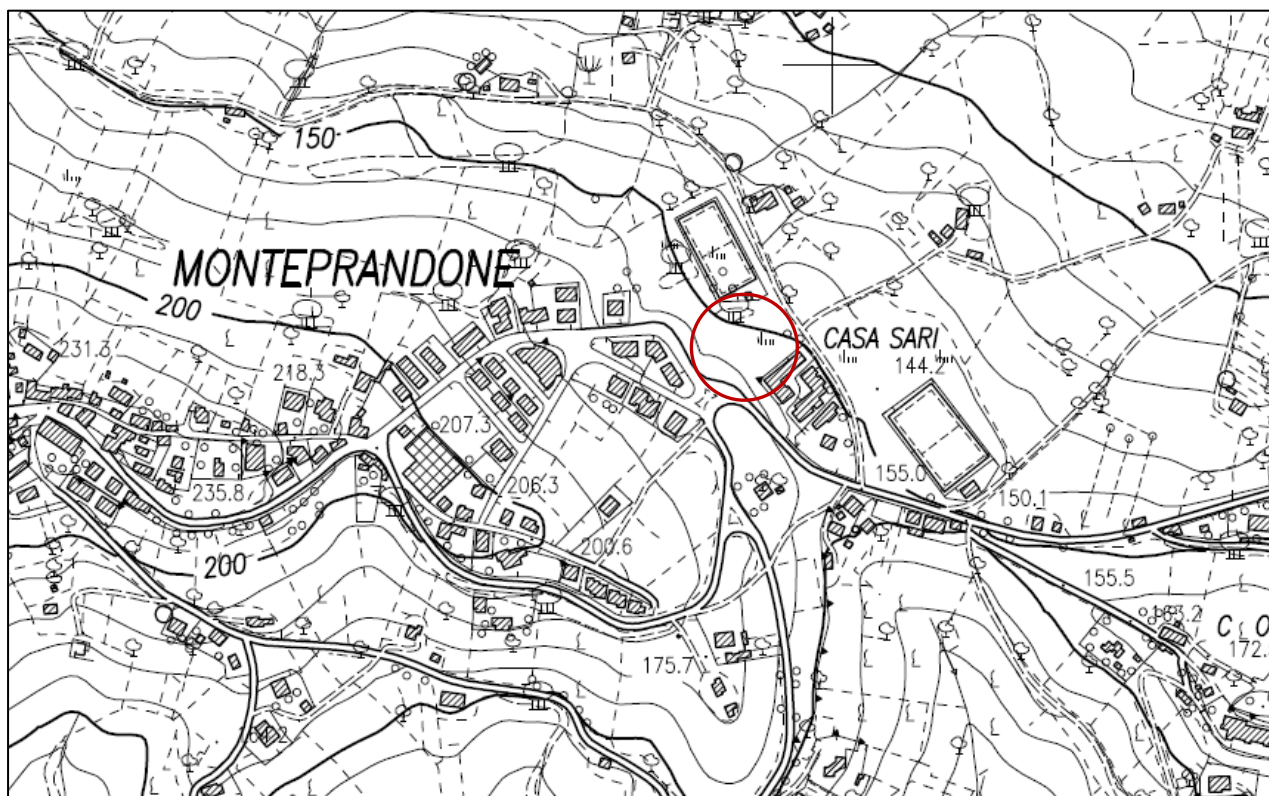


Fig.1: stralcio carta CTR Sez. 327070 "San Benedetto del Tronto Sud"

Il territorio comunale, la cui superficie è pari a 26,38 Km²(dato ISTAT), è posto nell'immediato entroterra nei pressi di San Benedetto del Tronto. La quota massima presente sul territorio comunale risulta di circa 266 metri sul livello del mare, mentre la quota più bassa si raggiunge lungo la piana alluvionale del Fiume Tronto dove si hanno quote che si aggirano sui 10 m sul livello del mare.

Il comune di Monteprandone è limitato ad Ovest dal territorio comunale di Monsampolo, a Nord - Nord Ovest dal comune di Acquaviva Picena, ad Est dal comune di San Benedetto del Tronto, tutti della zona della provincia di Ascoli Piceno, e a Sud da quello di Colonnella della provincia di Teramo.



Fig. 2: ubicazione area in esame

Le coordinate geografiche del sito oggetto di studio sono:

Latitudine: 42.921101°

Longitudine: 13.846909°

3.2 Inquadramento geomorfologico

Monteprandone sorge al centro del subappennino marchigiano tra la zona collinare in sinistra idrografica e l'ampia valle fluviale del fiume Tronto, collettore principale della zona che riversa le sue acque direttamente nel vicino mar Adriatico.

Il paesaggio è il prodotto dell'azione combinata della tettonica plio-pleistocenica e il succedersi, in tempi più recenti, di condizioni di biostasia-resistasia. La pianura alluvionale si presenta asimmetrica con prevalenza del processo erosivo fluviale in destra idrografica a favore del processo sedimentario in sinistra idrografica. Tale asimmetria, riscontrabile in tutti i fiumi di origine appenninica, e da ricollegarsi ad un fenomeno di "basculamento" verso Sud che ha coinvolto l'intera regione appenninica settentrionale. La successione stratigrafica della zona investigata è caratterizzata da terreni indicanti l'antica linea di costa successivamente emersa in tempi recenti; questa emersione ha permesso l'impostazione di corsi d'acqua che, attraverso l'azione di erosione e successiva sedimentazione, hanno formato l'attuale struttura collinare e valliva della zona. La direzione media di scorrimento degli affluenti, in sinistra idrografica, è da NNO verso SSE; tale direzione, poiché parallela a quella degli strati, genera delle incisioni con profilo trasversale caratterizzato dal versante Ovest con strati disposti a franapoggio e dal versante Est con strati disposti a reggipoggio.

La morfologia valliva risulta essere guidata principalmente da tre fattori; la litologia, la tettonica e le variazioni climatiche quaternarie. Queste ultime sono responsabili del terrazzamento in vari ordini dei depositi fluviali. La genesi di questi terrazzi, di origine climatica, può essere così riassunta: il sopraggiungere di condizioni climatiche fredde determinava la progressiva diminuzione della copertura vegetale che a volte, con climi particolarmente rigidi, scompariva del tutto con conseguente erosione dei suoli e messa a nudo della roccia sottostante.

L'azione di gelifrazione determinava enormi quantità di materiale, specialmente calcareo, calcareo-marnoso, presente nelle dorsali appenniniche; questo grande afflusso di detriti risultava eccessivo per l'energia del flusso idrico determinando ovunque processi sedimentari e processi di alluvionamento dei corsi d'acqua. Superata la crisi fredda con il sopraggiungere di un clima temperato si ricostituiva il manto

vegetale montano, diminuiva l'apporto di materiale detritico con conseguente re-incisione dei depositi alluvionali da parte delle acque fluviali per aumentata capacità erosiva. Il fenomeno interessava inizialmente i depositi delle zone più a monte che una volta erosi venivano a loro volta ridepositati in pianura.

Successivamente l'azione si sposta verso valle e coinvolgeva l'intera asta fluviale sino al mare (DRAMIS F., 1984). Il sopraggiungere di una nuova fase fredda determinava la ripresa della sedimentazione, che, per il sollevamento tettonico dell'area, non raggiungeva il livello delle alluvioni precedenti.

Il perpetuarsi del sollevamento in qualche caso permetteva all'incisione di non fermarsi solamente ai depositi alluvionali, ma interessava anche il substrato roccioso. L'erosione lineare era presente anche nei terreni collinari costituiti prevalentemente da formazioni argillose del Plio-pleistocene con conseguente formazione di estese aree a calanchi o l'insorgere di processi gravitativi, maggiormente attivati in epoche recenti dall'azione antropica (DRAMIS F. et alii, 1982).

Nell'area in questione la direzione preferenziale di scorrimento delle acque superficiali è identificabile nel Torrente Ragnola che scorre a Nord dell'area interessata. Il capoluogo è ubicato su di una dorsale che rappresenta lo spartiacque tra il torrente Ragnola e il Fiume Tronto a Sud. Il territorio comunale risulta inoltre segnato da una rete di numerosissimi fossi e torrenti alimentati dalle acque di versante provenienti dalle fasce sovrastanti più alte in quota. Tutti gli elementi idrografici presenti nel territorio in esame mostrano caratteristiche tipicamente torrentizie, con portate strettamente connesse all'andamento pluviometrico stagionale e con portate massime in tardo inverno primavera e minime nel periodo estate-autunno.

3.3 Inquadramento geologico

Questa parte costituisce l'inquadramento geologico generale della zona. Come tale non è di diretta utilizzazione per la progettazione, ma fornisce informazioni utili per conoscere il contesto geologico ed idrogeologico a cui riferire le successive informazioni di dettaglio.

Dal punto di vista geologico-stratigrafico l'area di studio è caratterizzata da depositi eluvio colluviali costituiti dalle seguenti litologie che a partire dal termine più recente possono essere così descritte:

- **limo sabbioso argilloso e limo argilloso** - è costituito in prevalenza da limi sabbiosi con materiali argillosi, subordinatamente da limi-argillosi come prima arte alterata del substrato;
- **formazione delle Argille Azzurre** – Peliti di colore grigio-azzurro e grigio-avana con sottili e sottilissimi strati di silt o, più raramente, di sabbie gialle o grigie, fini e finissime, che ne evidenziano la stratificazione. Rappresentano il substrato di zona.

Data la ristrettezza dell'area in studio non si sono potute riconoscere le linee tettoniche e la giacitura dei terreni; sono presenti nell'area diverse discontinuità tettoniche (faglie) che comunque non risultano influenti per lo studio in oggetto.

Si riporta di seguito (Fig.3) lo stralcio della Carta Geologica Regionale – Scala 1: 10.000 Sez. 327070 (San Benedetto del Tronto Sud).

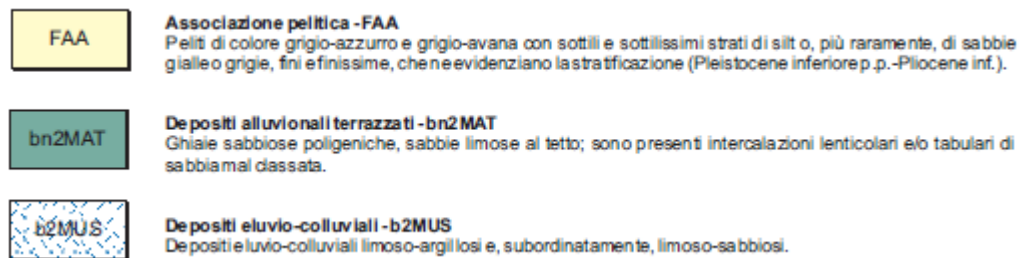
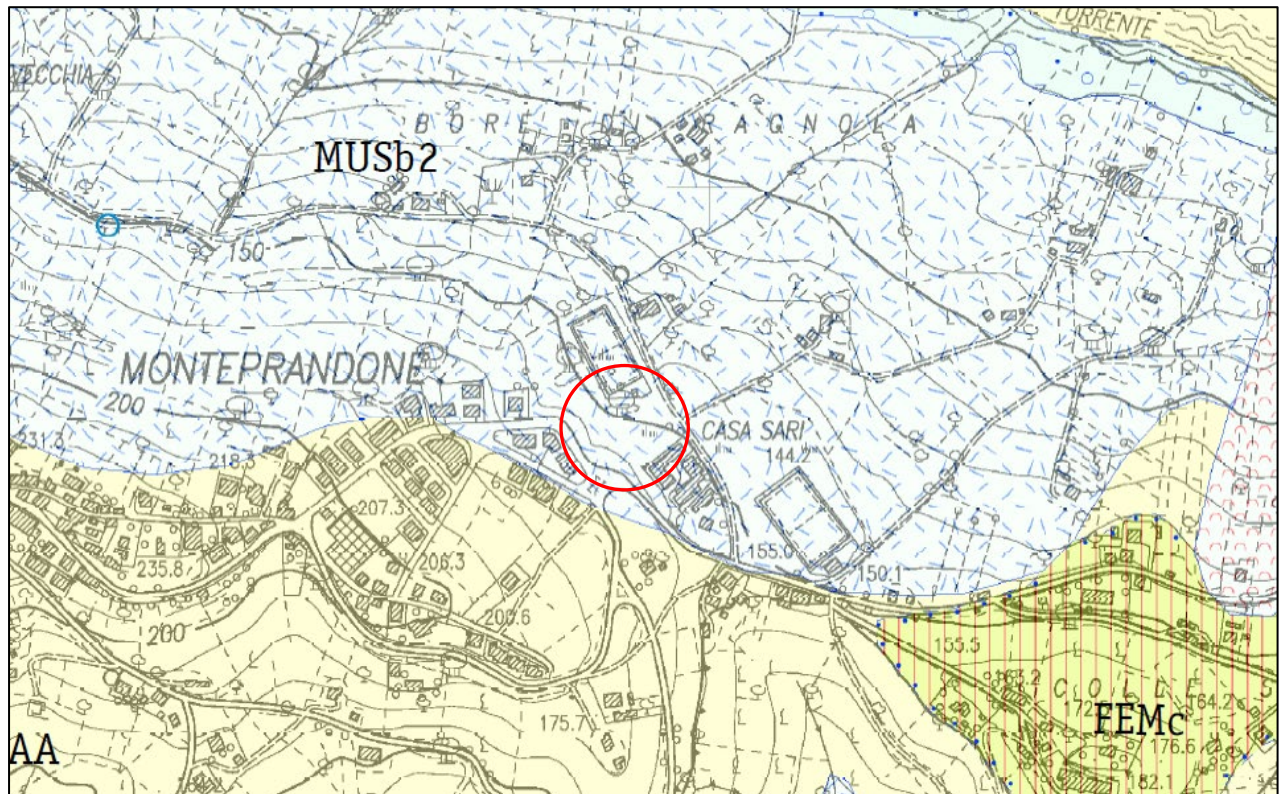


Fig. 3: stralcio Carta geologica scala 1:10.000 – Sezione 327070

3.4 Inquadramento idrologico ed idrogeologico

Nell'area in questione è presente una direzione preferenziale di scorrimento delle acque superficiali identificabile nel Torrente Ragnola, sito a Nord dell'area oggetto di studio, il quale riversa le proprie acque nel Mar Adriatico a pochi chilometri di distanza.

Di seguito si forniscono i valori della permeabilità (K) dei terreni descritti in precedenza che possono essere così definiti:

- **terreno di copertura di natura sabbioso limosa:** è classificato come terreno a permeabilità molto

variabile a causa della sua disomogeneità tessiturale e litologica, sia in senso verticale che orizzontale;

- **limo argilloso:** *è classificato come terreno a bassa permeabilità a causa della presenza, delle frazioni fini limose e argillose, caratterizzata da coefficienti di permeabilità molto bassi - $K=10^{-7} - 10^{-8} \text{ m/s}$.*
- **argilla (substrato argille grigio azzurre):** *sono classificate come rocce a bassissima permeabilità - $K=10^{-9} - 10^{-11} \text{ m/s}$*

Dalle indagini effettuate NON è stata rilevata la presenza di acqua all'interno del volume di terreno fino alla profondità investigata dalle indagini penetrometriche.

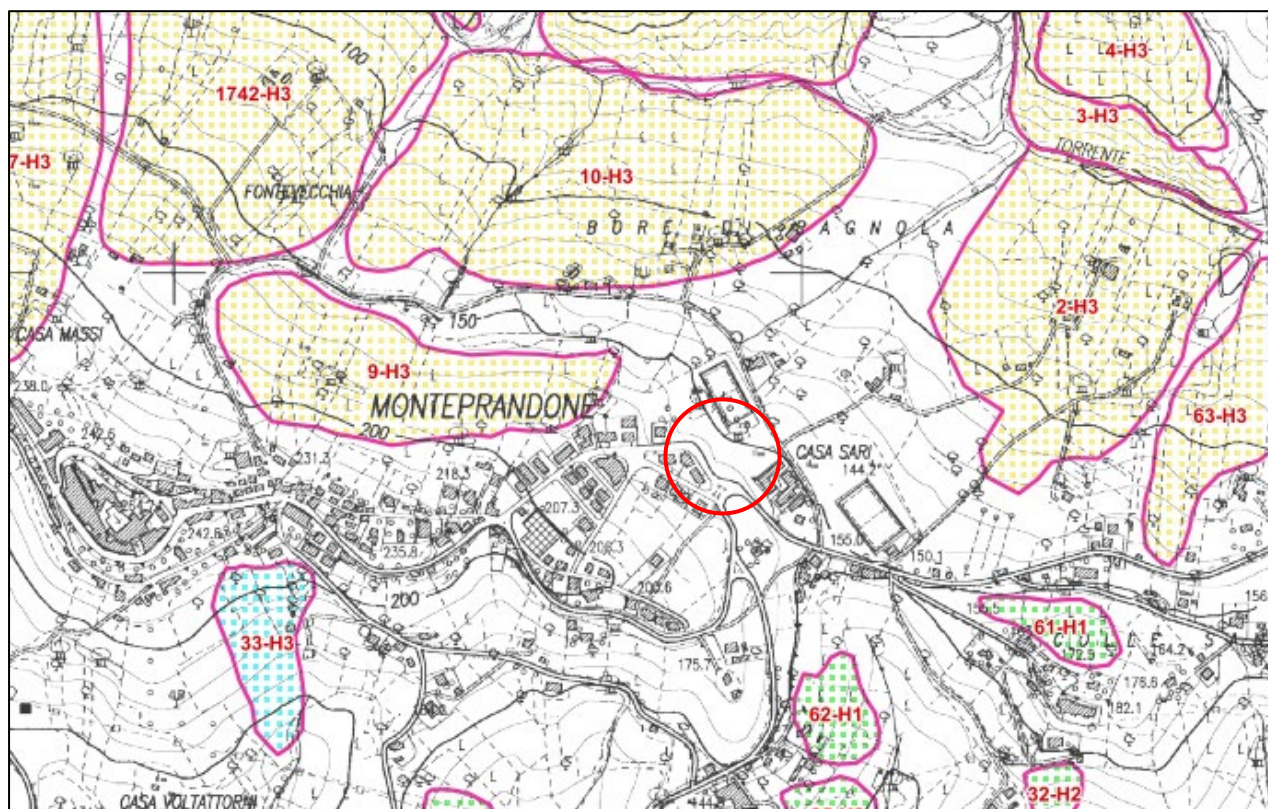
Tuttavia è da tenere anche in considerazione il periodo in cui sono state realizzate le indagini (21 luglio 2024): l'escursione stagionale di un'eventuale falda infatti, durante i mesi estivi (giugno – agosto), può presentare valori inferiori rispetto agli altri periodi dell'anno e la stessa soggiacenza della falda può far sì che la stessa non venga intercettata alla profondità di indagine realizzata.

3.5 Analisi dei Vincoli

VINCOLO P.A.I. (PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO)

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Interregionale del Fiume Tronto (P.A.I.), d'interesse comune alle Regioni Marche, Abruzzo e Lazio, adottato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 3 del 07/06/2007, ai sensi dell'art. 18, comma 10, della Legge 18 maggio 1989 n.183 e s.m.i, e dell'art. 1.bis della Legge 11 dicembre 2000 n.365, individua e norma le aree a rischio frana ed esondazione. In base alla suddetta normativa l'area in studio **non è interessata da fenomeni franosi né da quelli di esondazione**, come facilmente rilevabile dalla tavola 10_09, parte integrante della TAV.10 "Carta del dissesto e delle aree esondabili (da 1 a 49)"; la seguente cartografia è stata rielaborata ai sensi della Determina Dirigenziale ADS del 29 novembre 2021, n. 31.

Si riporta uno stralcio della tav. 10_09 nel presente elaborato:



AREE A RISCHIO FRANA

- AREE A RISCHIO MODERATO - R1
- AREE A RISCHIO MEDIO - R2
- AREE A RISCHIO ELEVATO - R3
- AREE A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R4

AREE A RISCHIO ESONDAZIONE

- AREE A RISCHIO MODERATO - E1
- AREE A RISCHIO MEDIO - E2
- AREE A RISCHIO ELEVATO - E3
- AREE A RISCHIO MOLTO ELEVATO - E4

Fig. 4: stralcio carta PAI – Tavola 10_09

4. CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1 Descrizione sondaggi

Per poter eseguire un corretto studio geologico dell'area e allo stesso tempo caratterizzare il terreno si è deciso di eseguire n.1 prova penetrometrica dinamica superpesante D.P.S.H. e n.2 prove penetrometriche statiche C.P.T., mediante penetrometro pesante Pagani; la loro ubicazione è riportata in figura 5 e nella planimetria allegata (Allegato_1) in calce al presente lavoro.

E' stata inoltre eseguita una campagna indagini sismiche (n.1 indagine H.V.S.R., n.1 stendimento M.A.S.W. e n.1 stendimento sismica a rifrazione).



Fig. 5: ubicazioni indagini penetrometriche e sismiche

Le indagini eseguite hanno permesso di caratterizzare il terreno di fondazione sia dal punto di vista stratigrafico che dal punto di vista geotecnico. La stratigrafia locale derivata dalle prove penetrometriche dinamiche è la seguente:

Stratigrafia Penetrometrica_01 (DPSH)

0.00 – 2.00 metri	Sabbia limosa
2.00 – 11.80 metri	Limo argilloso sabbioso
11.80–13.8 metri	Argilla e sabbia

Stratigrafia Penetrometrica_02 (CPT)

0.00 – 4.40 metri	Sabbia limosa
4.40 – 6.00 metri	Limo sabbioso
6.00–10.00 metri	Limo argilloso sabbioso
10.00 – 12.60	Argilla e sabbia

Stratigrafia Penetrometrica_03 (CPT)

0.00 – 5.00 metri	Sabbia Limosa
5.00 – 11.20 metri	Limo argilloso sabbioso
11.20–13.00 metri	Argilla e Sabbia

L'interpretazione dei dati ricavati dalle prove penetrometriche eseguite ha permesso di definire l'assetto geotecnico dei terreni che saranno interessati dalla futura opera. Come già detto in precedenza, nel corso delle indagini effettuate sul terreno, non è stata rilevata la presenza di una falda fino alla profondità raggiunta dalle indagini.

4.2 Modello geotecnico

Per una puntuale parametrizzazione geologica e geotecnica dei terreni di fondazione, per una corretta verifica della stratigrafia e quindi del tipo di terreno sono state eseguite, come già ampiamente detto in precedenza, n.3 indagini penetrometriche dinamiche che hanno permesso di caratterizzare da un punto di vista fisico-meccanico i terreni presenti nell'area. Di seguito vengono riportate le stime dei valori geotecnici dei terreni interessati:

VALORI GEOTECNICI MEDI DI RIFERIMENTO

Strato	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturato (t/m ³)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Young (Kg/cm ²)
Sabbia Limosa	1.7	2.0	2.4	23	120	260
Limo sabbioso	1.8	2.0	0.8	19	99	482
Limo argilloso sabbioso	1.8	2.2	2.4	23	124	294
Argilla e sabbia	1.8	2.2	2.5	24	140	670

I valori geotecnici completi relativi alle indagini sono presenti in allegato alla presente relazione (Allegato_2).

Nella caratterizzazione geotecnica, per assegnare i valori caratteristici dei parametri geotecnici, le NTC2018 e le relative istruzioni non impongono procedure di calcolo dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.

In particolare le NTC2018, al par. 6.2.2, recitano:

“Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.”

e le Istruzioni, al par. C6.2.2:

“Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.”

Visto l'entrata in vigore della normativa sismica per le costruzioni, prima citata, si è ritenuto opportuno far riferimento alla categoria di suolo calcolata attraverso l'esecuzione delle prove geofisiche. Nella sezione successiva saranno presenti i valori sismici di base e la categoria di suolo, acquisita tramite misura geofisica di tipo M.A.S.W..

5. MODELLAZIONE SISMICA

5.1 Pericolosità sismica del sito

L' O.P.C.M. 3274 del 22 marzo 2003, recepita dal DGR n. 1046 del 29 luglio 2003, e aggiornato con le modifiche introdotte con la DGR n. 136 del 17 febbraio 2004, all'art.1 classifica il comune di Monteprandone come **Zona Sismica 2**.

Per il territorio di Monteprandone, classificato come zona sismica 2, viene applicata una **accelerazione sismica $a_g = 0,25g$**

A tale scopo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e successivamente Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, oltre a definire le procedure e gli approcci scientifici da utilizzare, e grazie agli studi coordinati INGV, hanno portato alla realizzazione di una Mappa di Pericolosità Sismica nazionale che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e orizzontale (pari ad un tempo di ritorno $T_r = 475$ anni).

Le due O.P.C.M. hanno inoltre individuato i principi generali sulla base dei quali poi le Regioni hanno classificato i comuni in una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato classificato il territorio nazionale; a ciascuna zona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g).

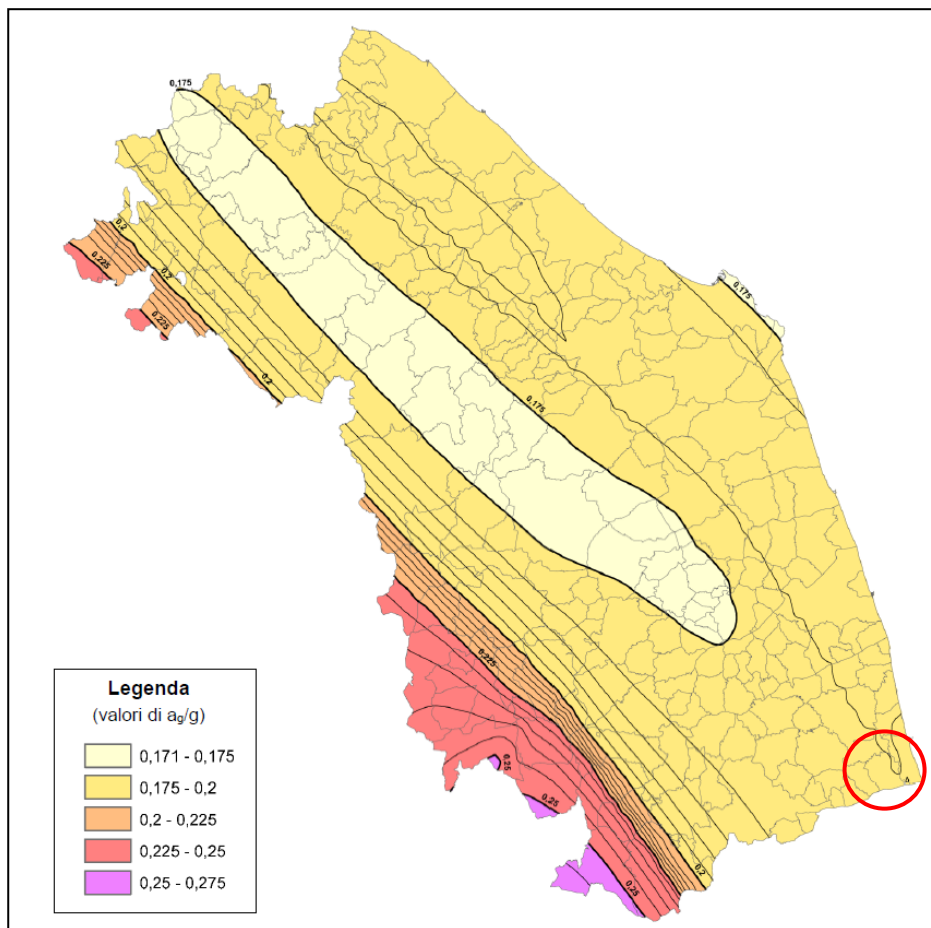


Fig.6: mappa delle accelerazioni massime del suolo a_g/g Regione Marche

A seguito della recente D.G.R. n.1142 del 19 settembre 2022 si è approvato il nuovo aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche nella Regione Marche, definite su base comunale.

In Fig. 6 si riporta la Mappa delle accelerazioni massime del suolo a_g/g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni riferite a suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s). Come si può osservare l'intero territorio regionale è caratterizzato da valori di a_g maggiori di 0,17 g e, pertanto, nessun comune può essere assegnato alle zone 3 o 4.

Il Comune di Monteprandone ricade in zona sismica n. 2 e la sua pericolosità sismica di base espressa in termini di accelerazione massima attesa al suolo (rigido) vale 0,175 g - 0,20 g (Fig.6).

Nel comune di Monteprandone sono stati effettuati studi di Microzonazione Sismica (I e III livello) in cui l'individuazione della pericolosità locale consiste nella individuazione delle aree a scala comunale che, in occasione di un terremoto, possono essere soggette a fenomeni di amplificazione locale o eventuale

instabilità. In tal modo, tali studi forniscono importanti indicazioni per la pianificazione urbanistica comunale.

Dagli studi di Microzonazione Sismica di I e III livello effettuati nel territorio comunale, si è verificato che l'area oggetto di studio ricade all'interno della perimetrazione dello studio di MZS nella M.O.P.S.2003 (Fig.7).

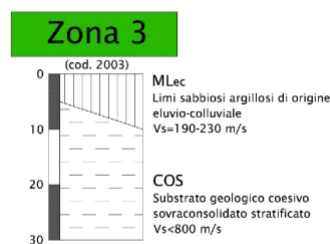
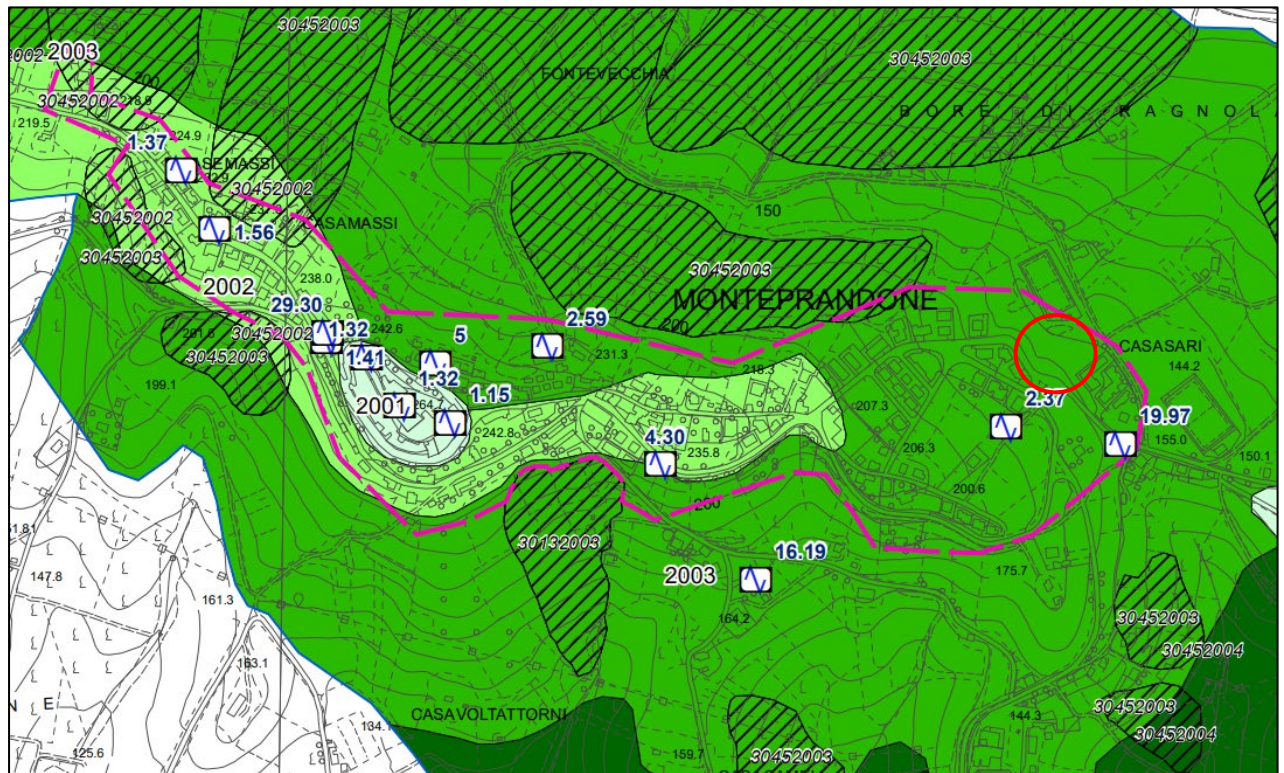


Fig.7: stralcio carta M.O.P.S. Microzonazione sismica II livello

La Zona 3 è ricompresa tra le zone stabili suscettibili di amplificazione sismica. Rappresenta l'affioramento della copertura costituita da limi sabbiosi argillosi di genesi eluvio-colluviale (MLeC) con spessore variabile tra 5 e 10 m e Vs di 190- 230 m/s, al di sopra di un substrato geologico coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) non rigido.

Si riportano di seguito le cartografie di definizione dei fattori di amplificazione (FA):

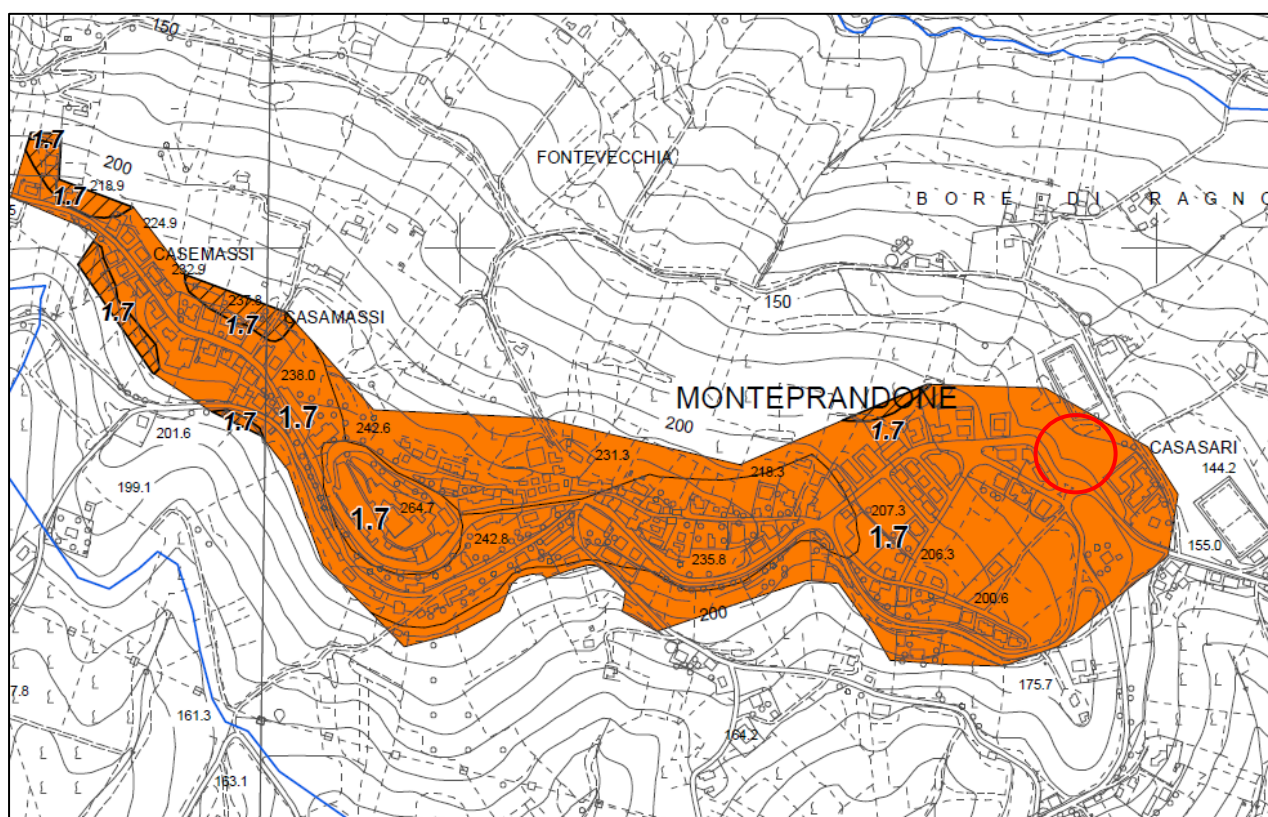


Fig.8: stralcio Carta Fattore Amplificazione periodo $T = 0.1-0.5s$

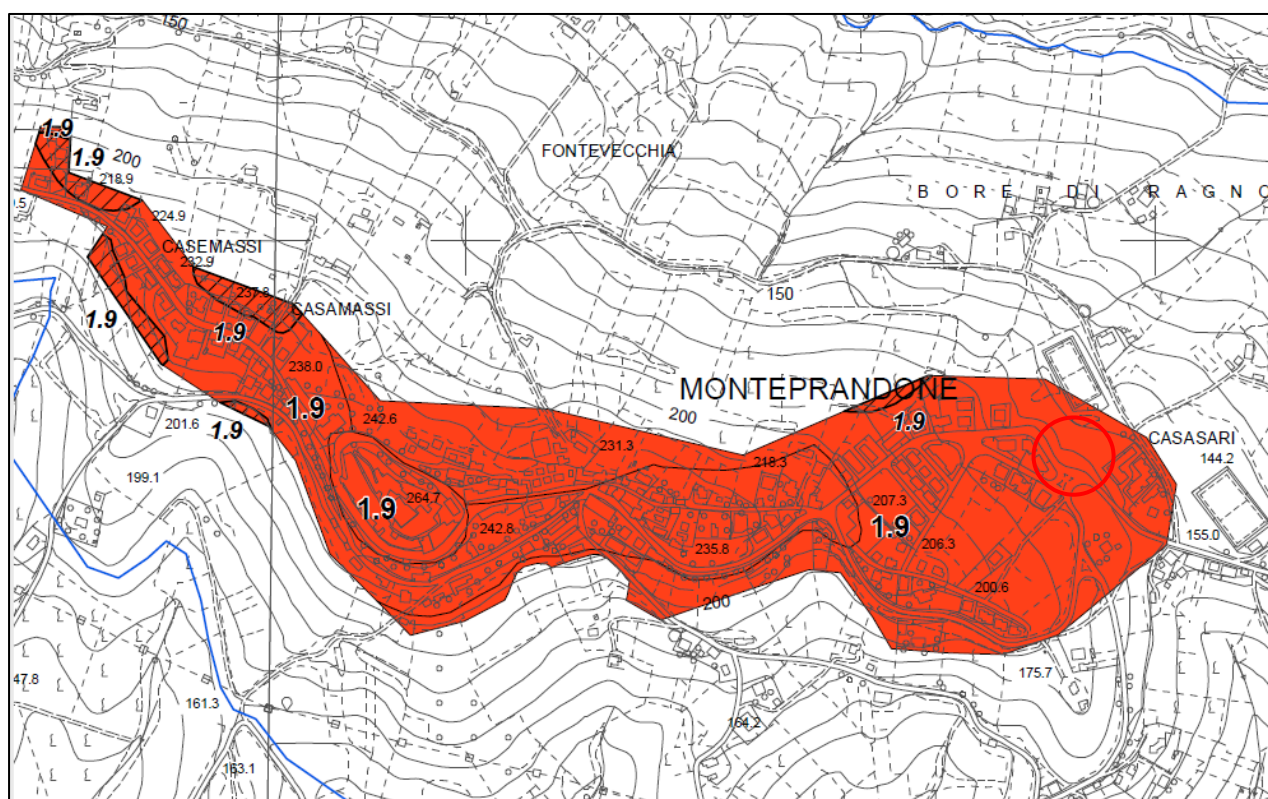


Fig.9: stralcio Carta Fattore Amplificazione periodo $T = 0.4-0.8s$

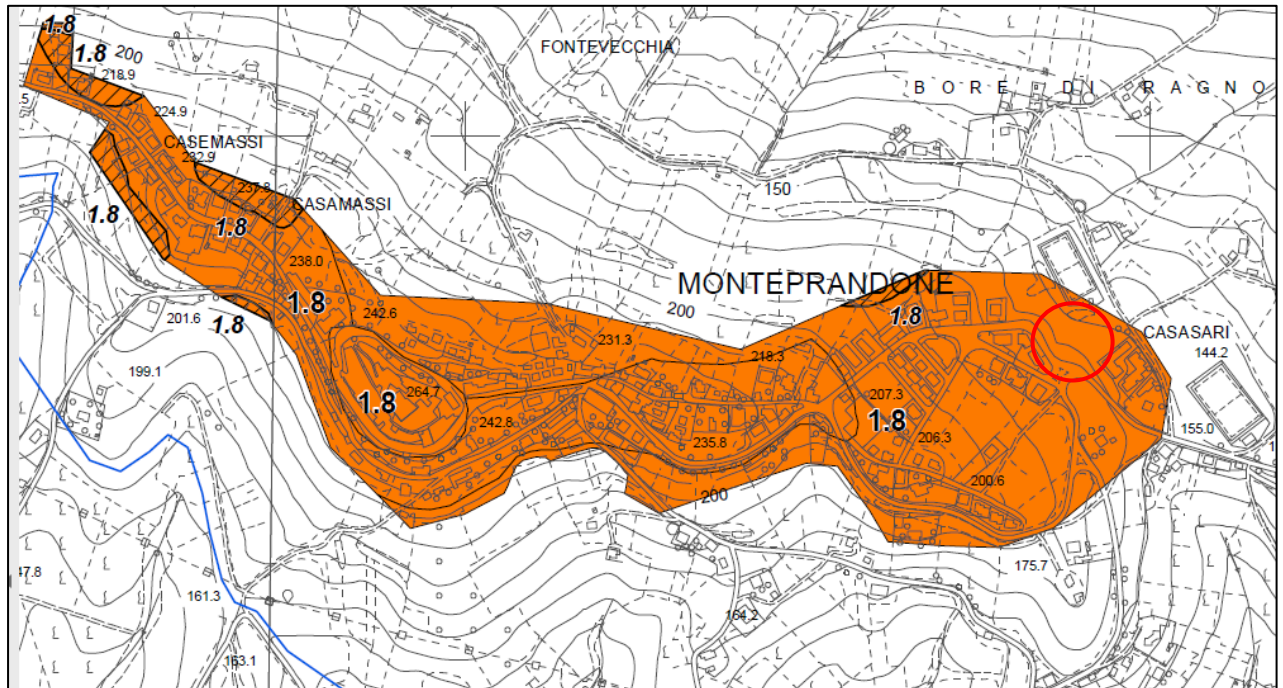


Fig.10: Stralcio Carta Fattore Amplificazione periodo $T=0.7-1.1s$

5.2 Caratterizzazione sismica dei terreni e categoria di suolo

La normativa D.M. del 17 gennaio 2018 *"Nuove norme tecniche per le costruzioni"* attribuisce la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno sul quale dovranno essere realizzate opere di qualsiasi genere. La caratterizzazione dal punto di vista sismico richiede la conoscenza del profilo delle velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno, necessario per:

- *valutare azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualsiasi struttura*
- *valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito*
- *valutare rischi di instabilità dei pendii e/o opere di sostegno*
- *valutare i cedimenti delle fondazioni degli edifici, rilevati stradali*

Tra le importanti novità relative alle metodologie di calcolo delle strutture è stato introdotto l'uso di coefficienti per la determinazione dello spettro elastico di risposta che dipendono dalla classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, in 5 categorie principali (dalla A alla E), distinte sulla base del parametro $V_{s,eq}$.

Riepilogando l'edificio ricade in un'area con i seguenti fattori di amplificazione sismica:

Per periodo 0,1 – 0,5 s → **FA = 1,7**

Per periodo 0,4 – 0,8 s → **FA = 1,9**

Per periodo 0,7 – 1,1 s → **FA = 1,8**

Nel nostro caso è stata eseguita una campagna di indagini sismiche che ha previsto n.1 **Indagine Sismica H.V.S.R.**, n.1 **sismica a rifrazione** e n.1 **sismica M.A.S.W.** per la determinazione della Categoria di Suolo.

Esaminando i valori relativi al $V_{s,eq}$ ottenuti tramite l'indagine M.A.S.W., così come prescritto dalla normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018, § 3.2.2 – Tab. 3.2.II), con un valore di **$V_{s,eq}$ di 255.95 m/sec** conseguiamo la categoria di suolo **C**.

SUOLO 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.

Il valore risultante dalla misura H.V.S.R, per lo studio della frequenza fondamentale di risonanza ha dato i seguenti risultati:

H.V.S.R. : picco a $f=2.62$ Hz ($T=0.38$ s) $A_0=2.33$

Le elaborazioni delle indagini sismiche realizzate sono contenute come allegato al presente lavoro (Allegato_3).

5.3 Categoria e amplificazione topografica

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, per configurazioni superficiali semplici, esiste la seguente classificazione in categorie topografiche (NTC 2018 §3.2.2 – Tab. 3.2.III) in funzione delle caratteristiche della superficie topografica, a ciascuna delle quali corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica ST (NTC 2018 §3.2.3.2.1 – Tab. 3.2.V) che concorre alla determinazione dello spettro di risposta:

- **Cat. T1:** superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$; per tale categoria $ST = 1.0$.

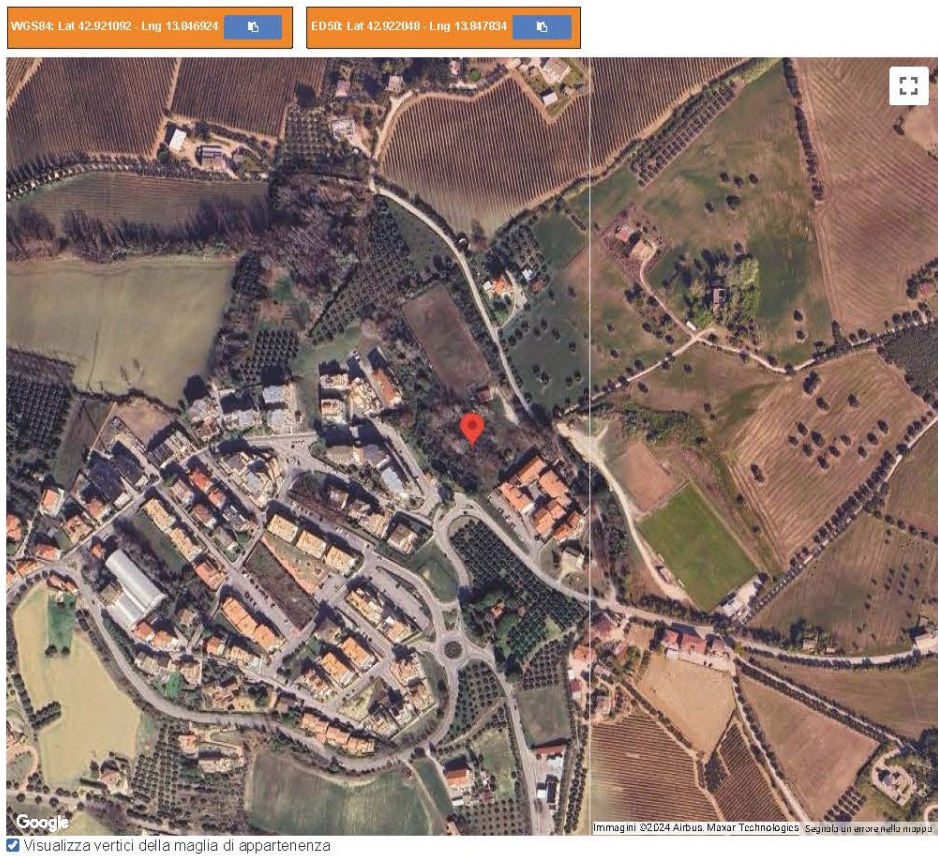
- **Cat. T2:** pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$; per tale categoria $ST = 1.2$ in corrispondenza della sommità del pendio.

- **Cat. T3:** rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ < i < 30^\circ$; per tale categoria $ST = 1.2$ in corrispondenza della cresta del rilievo.

- **Cat. T4:** rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$; per tale categoria $ST = 1.4$ in corrispondenza della cresta del rilievo.

Da un punto di vista morfologico l'area oggetto dello studio è caratterizzata da pendio con inclinazione media $i < 15^\circ$; da ciò si ricava che la categoria topografica assegnabile all'area in oggetto è la **Categoria T1**.

Di seguito vengono riportati la stima della pericolosità sismica della zona ed i coefficienti sismici da utilizzare per la progettazione delle opere, calcolati utilizzando i dati ricavati dalla prova sismica ed elaborati dal software GEOSTRU PS:



Stati limite

Classe Edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...

Vita Nominale

100

Interpolazione

Media ponderata

CU = 2

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c [*] [s]
Operatività (SLO)	120	0.097	2.445	0.318
Danno (SLD)	201	0.122	2.443	0.323
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0.301	2.471	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.331	2.467	0.346
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	200			



Coefficienti sismici

Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

1

us (m)

0.1

Cat. Sottosuolo

C

Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,25	1,21
CC Coeff. funz categoria	1,53	1,52	1,49	1,49
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
kh	0.029	0.044	0.105	0.112
kv	0.014	0.022	0.053	0.056
A _{max} [m/s²]	1.420	1.796	3.688	3.934
Beta	0.200	0.240	0.280	0.280

Fig.11: coefficienti sismici specifici del sito

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 42,922048 [°]

longitudine: 13,847834 [°]

Classe d'uso: IV. Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Vita nominale: 100 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	23870	42,934480	13,831560	1914,8
Sito 2	23871	42,934270	13,899800	4443,9
Sito 3	24093	42,884270	13,899510	5946,6
Sito 4	24092	42,884480	13,831290	4389,3

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente cu: 2

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,097	2,445	0,318
Danno (SLD)	63	201	0,122	2,443	0,323
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,301	2,471	0,343

Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,331	2,467	0,346
--------------------------------------	---	------	-------	-------	-------

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,530	1,000	0,029	0,014	1,420	0,200
SLD	1,500	1,520	1,000	0,044	0,022	1,796	0,240
SLV	1,250	1,490	1,000	0,105	0,053	3,688	0,280
SLC	1,210	1,490	1,000	0,112	0,056	3,934	0,280

Geostru

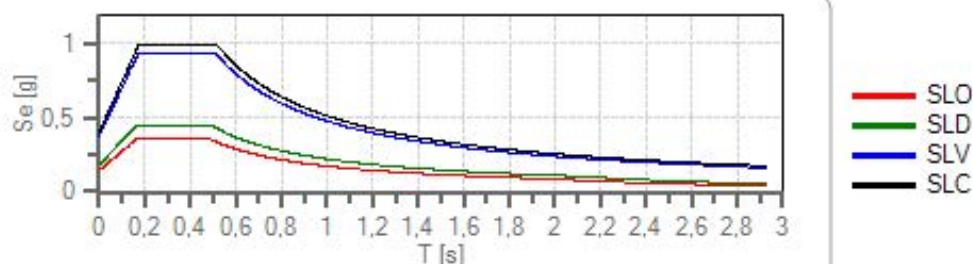
Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

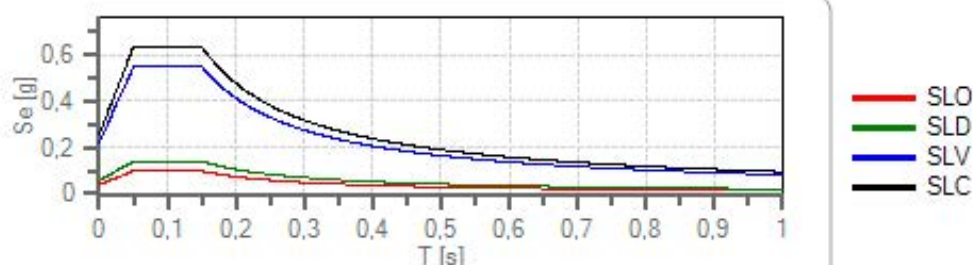
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	ct	ag [g]	Fo	Tc' [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,097	2,445	0,318	1,500	1,530	1,000	1,500	1,000	0,162	0,487	1,985
SLD	2	0,122	2,443	0,323	1,500	1,520	1,000	1,500	1,000	0,164	0,491	2,088
SLV	2	0,301	2,471	0,343	1,250	1,490	1,000	1,250	1,000	0,170	0,511	2,804
SLC	2	0,331	2,467	0,346	1,210	1,490	1,000	1,210	1,000	0,172	0,516	2,925

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

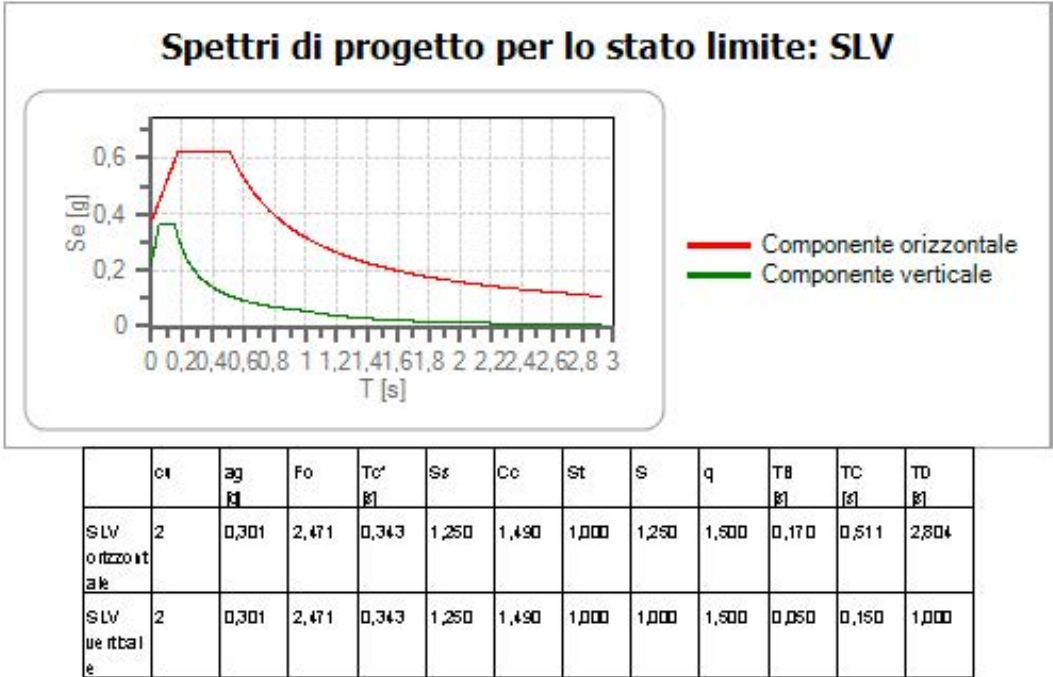


	ct	ag [g]	Fo	Tc' [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,097	2,445	0,318	1,000	1,530	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,122	2,443	0,323	1,000	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,301	2,471	0,343	1,000	1,490	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,331	2,467	0,346	1,000	1,490	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667
Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5
per lo spettro verticale = 0,667
Stato limite: SLV



5.4 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Nel presente paragrafo sono sintetizzati i risultati dell'analisi di RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) eseguita per la valutazione dell'azione sismica.

L'informazione di maggior interesse offerta dall'analisi di risposta sismica locale è lo spettro di risposta in accelerazione del moto del terreno (strumento dinamico più utilizzato per la progettazione di manufatti) che mette in evidenza gli effetti di sito. Tale analisi costituisce uno studio di "riferimento" del sito in esame, i cui risultati sono stati conseguiti opportunamente nei confronti delle SLV – SLO – SLD – SLC

Con l'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018, le azioni sismiche di progetto (Cap. 3.2 NTC 2018), in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Prima di procedere alla dettagliata descrizione della metodologia da adottare nella valutazione dell'azione sismica, è opportuno definire tre importanti parametri che sono alla base di una corretta analisi, e sono Vita Nominale, Classe d'uso e Periodo di Riferimento (§ 2.4 NTC 2018).

La Vita Nominale di progetto VN di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di VN (Anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab.2: valori di Vita Nominale per tipologie di costruzioni

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in Classi d'Uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e

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

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

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso:

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

Tab.3: Coefficienti di uso in rapporto alla Classe d'Uso

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come

definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4.3. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

ag accelerazione orizzontale massima al sito;

F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T*C valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche gli Stati limite (§ 3.2.1 NTC2018), sia di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi.

- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite		PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
Stati Limite di Esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati Limite Ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tab.4: stati limite e probabilità superamento nel periodo VR

5.4.1 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE DEL SITO OGGETTO DI INDAGINE

L'analisi di risposta sismica locale, come dettato dalle Norme tecniche per le Costruzioni, è un tipo di studio approfondito che deve essere applicato qualora le costruzioni ricadano in classe d'uso III o IV, quando si riscontrano delle significative inversioni nel profilo di velocità delle onde di taglio o quando la morfologia di superficie e/o della stratigrafia non è considerata semplice. Per tutti gli elementi strutturali primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che il valore di ciascuna domanda di progetto (NTC 2018 §7.3.6. *Rispetto dei requisiti nei confronti degli stati limite - tabella*

7.3.III) per ciascuno degli stati limite richiesti, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto.

Le verifiche degli elementi strutturali primari (ST) si eseguono, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU):

Nel nostro caso sono stati utilizzati i seguenti valori:

- **CLASSE D'USO IV**

- **VITA NOMINALE (VN) 100 ANNI**

- **COEFFICIENTE D'USO (CU) 2**

- **PERIODO DI RIFERIMENTO (VR) 200 ANNI**

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

METODO DI CALCOLO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del sottosuolo e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi di cui è costituito. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, l'analisi della risposta sismica locale consente di definire le modifiche che il segnale sismico di ingresso subisce, a causa dei suddetti fattori locali. Per le analisi di RSL del sito si è proceduto come segue:

- 1- individuazione delle coordinate geografiche, delle caratteristiche di sismicità dell'area e dei parametri progettuali per l'opera in esame;
- 2- scelta degli accelerogrammi di input;
- 3- definizione del modello sismostratigrafico monodimensionale;
- 4- elaborazione degli spettri di risposta in accelerazione e pseudo-velocità;
- 5- restituzione dei risultati e confronto con gli spettri di normativa per le varie categorie disottosuolo.

5.4.2 INDIVIDUAZIONE DELLE COORDINATE GEOGRAFICHE, DELLE CARATTERISTICHE DI SISMICITÀ DELL'AREA E DEI PARAMETRI PROGETTUALI PER L'OPERA IN ESAME

L'area oggetto di analisi è ubicata nel Comune di Monteprandone capoluogo. I parametri progettuali utilizzati per il calcolo della Risposta Sismica Locale sono riassunti nella seguente tabella:

Coordinate (ED50)	Lat. ° 42.922048	Lat. ° 42.922048	Lat. ° 42.922048	Lat. ° 42.922048
	Long. ° 13.847834	Long. ° 13.847834	Long. ° 13.847834	Long. ° 13.847834
Vita Nominale	100 anni	100 anni	100 anni	100 anni
Classe d'uso	IV	IV	IV	IV
Coefficiente d'uso (c_u)	2	2	2	2
Vita di riferimento (VR)	200 anni	200 anni	200 anni	200 anni
Stati Limite oggetto di analisi	SLO	SLD	SLV	SLC
Periodo di ritorno (TR)	120 anni	201 anni	1898 anni	2475 anni
ag (g)	0.097	0.122	0.301	0.331
Fo	2.445	2.443	2.471	2.467
T*c (s)	0.318	0.323	0.343	0.346

Tab.5: coordinate geografiche del sito e parametri progettuali

5.4.3 SCELTA DEGLI ACCELEROGRAMMI DI INPUT

Nelle analisi di risposta sismica locale, l'azione sismica di ingresso è descritta in termini di storia temporale dell'accelerazione (accelerogrammi) su di un sito di riferimento rigido ed affiorante con superficie topografica orizzontale (sottosuolo tipo A del § 3.2.2). Per il progetto in oggetto si è fatto riferimento all'utilizzo di accelerogrammi naturali come input per l'esecuzione di analisi di RSL; difatti le NTC2018 vietano per le analisi di risposta sismica locale l'utilizzo di accelerogrammi

artificiali come del resto specificato nella Circolare applicativa delle NTC2018 al capitolo C7.11.3.1.2.2.

Gli accelerogrammi di input relativi agli stati limite in esame, possono essere ottenuti tramite un'analisi con l'utilizzo dell'applicativo software REXELweb che permette la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spetti delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), dell'Eurocodice 8 (EC – CEN 2003), dell'ASCE/SEI 7-10 (ASCE, 2010). Il database utilizzato è l'Italian Accelerometric Archive (ITACA) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), scaricabile dal sito https://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet_32/#/rexel. Ai soli fini comparativi con il metodo semplificato (NTC2018) è stata effettuata una analisi assumendo un modello stratigrafico monodimensionale (1D), in cui le proprietà dei materiali variano unicamente lungo la direzione verticale. Inoltre si è assunto che il campo d'onda sia costituito esclusivamente da onde trasversali con direzione di propagazione verticale e polarizzazione orizzontale (onde SH).

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

In particolare devono essere circoscritti i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano al link <http://esse1-gis.mi.ingv.it>. Le mappe si riferiscono alla probabilità di superamento in 50 anni pari al 10%. I risultati della disaggregazione sono riportati di seguito (Figg. 14-15):

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

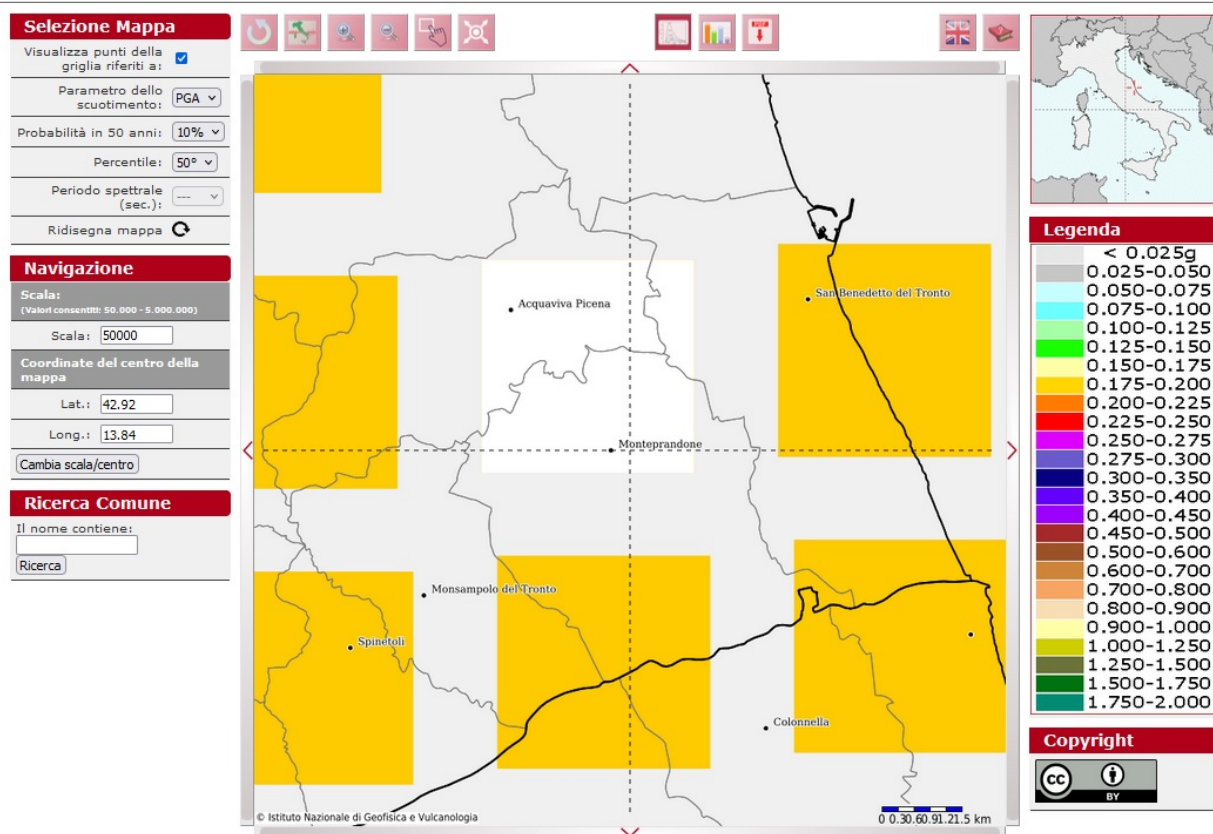


Fig. 14: mappa modello di pericolosità dell'area

Le mappe si riferiscono alla probabilità di superamento in 50 anni pari al 10%. I risultati della disaggregazione sono riportati di seguito:

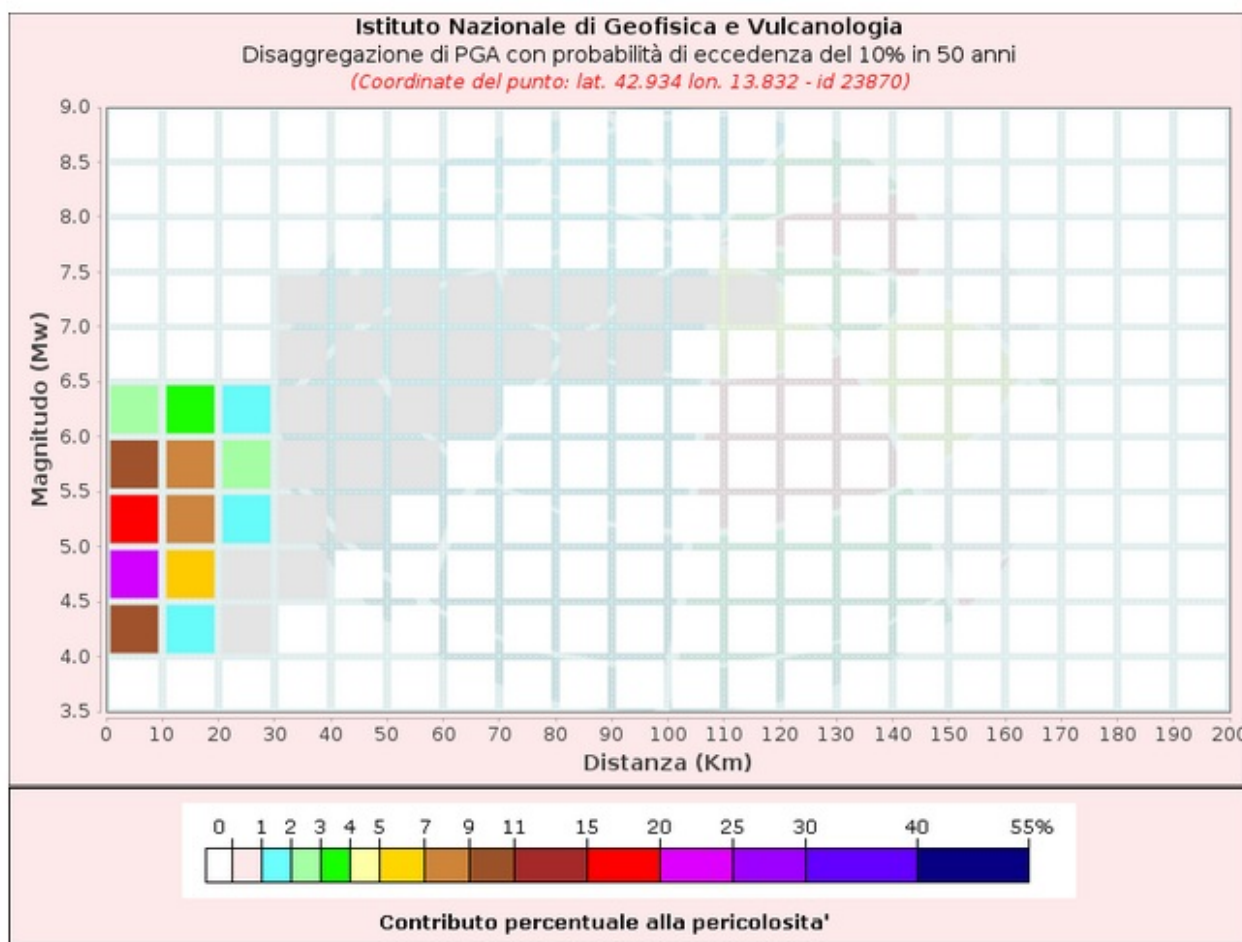


Fig.15 - disaggregazione di $a(g)$ con probabilità di superamento in 50 anni pari al 10%.corrispondente ad un T_r pari a 475 anni.

Per cui, con riferimento alle figure sopra elencate, sono stati determinati i seguenti parametri M - R di disaggregazione:

- M (magnitudo) compresa fra $M_{min} = 4.0$ e $M_{max} = 6.5$
- R (distanza in Km) compresa fra $R_{min} = 0$ e $R_{max} = 30$

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 42.934 lon. 13.832 - id 23870)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	10.8000	23.4000	16.7000	10.2000	2.7800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.7500	6.4600	8.2200	8.1000	3.1500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0098	0.3840	1.3700	2.2200	1.3400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0008	0.1260	0.5710	0.5370	0.0108	0.0090	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0998	0.2770	0.2740	0.2550	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0072	0.0809	0.2150	0.2420	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0076	0.0949	0.1440	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0295	0.0789	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0056	0.0409	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0116	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.19	9.92	0.8

Fig. 16: disaggregazione di a(g) con probabilità di superamento in 50 anni pari al 10%.

Per ogni accelerogramma viene ottenuto il numero di cicli equivalenti N_{eq} secondo la procedura proposta da Biondi et al. (2012) oltre ad una serie di informazioni di seguito descritte:

- a_{max} : accelerazione massima;
- I_S : intensità di Arias;
- t_5 : istante iniziale della fase di strong motion;
- t_{95} : istante finale della fase di strong motion;
- D_{5-95} : durata della fase di strong motion;
- ν_0 : frequenza di passaggi per lo zero nella fase di strong motion;
- N_{eq} : numero di cicli equivalenti;

Di seguito si riportano gli accelerogrammi di progetto riferiti ad una condizione detta di 'outcrop':

5.4.4 Definizione del modello sismostratigrafico

Le analisi di risposta sismica locale richiedono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, "da determinare mediante specifiche indagini e prove" così come definito nel Par. 7.11.3 del D.M. 17/01/2018.

A tal fine le indagini geologiche, geotecniche e sismiche eseguite per il sito in esame (vedi paragrafi 4.2 e 5.2 della presente relazione e rispettivi allegati), sono consistite in:

- n.3 indagini penetrometriche;
- n.1 stendimento sismico di tipo M.A.S.W.;
- n.1 stendimento sismico di tipo Sismica a Rifrazione;
- n.1 misura sismica passiva H.V.S.R.;

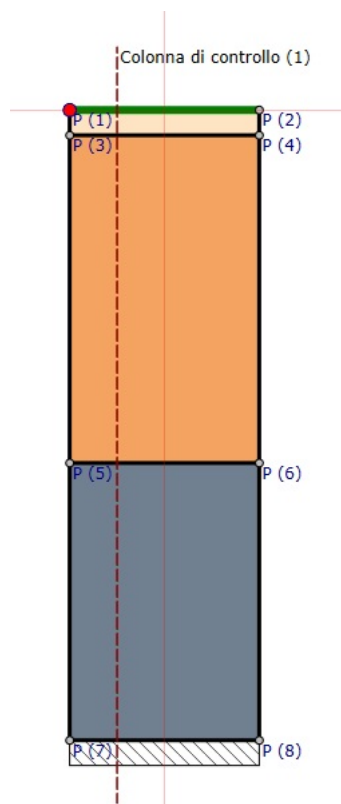
Il modello sismostratigrafico del sottosuolo dunque è stato definito sulla base dei risultati delle prove sismiche, delle prove geognostiche e da materiale bibliografico (con l'acquisizione di parametri, tra cui spessori, velocità e densità dei litotipi indagati), parti integranti della relazione geologica.

Ad ogni strato sono state associate le curve dinamiche di smorzamento $G(g)/G_0$ e $D(g)$, utilizzate per simulare il comportamento non lineare dei terreni mediante il legame costitutivo lineare equivalente. Il modello sopra riportato è frutto della sintesi dei risultati delle prove eseguite e di una approfondita ricerca bibliografica rivolta soprattutto alla definizione delle caratteristiche sismiche e geometriche degli strati più profondi.

5.4.5 RSL- elaborazione degli spettri di risposta in accelerazione e pseudo-velocità

Definito l'input in termini di eventi sismici da sottoporre a simulazione, bisogna determinare le caratteristiche sismostratigrafiche del volume di terreno d'indagine ed oggetto della probabile amplificazione.

Tale operazione è effettuata tramite il codice del software della STACEC, nell'analisi equivalente lineare (EQL), inserendo nello stesso il profilo sismostratigrafico del terreno, ovvero i differenti sismostrati di cui la campagna di esplorazione geologica e/o geofisica e/o geotecnica del sottosuolo ha discretizzato il sottosuolo dell'area in esame. Nel seguito è restituito il profilo sismogenetico:



Di seguito si riporta la tabella contenente le caratteristiche meccaniche dei singoli strati:

Strato	S [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	γ	Curva decadimento
Coltre	2.00	1700.00	100.00	0.35	Coltre Sabbiosa_Limosa
Limo Sabbioso	26.00	1850.00	300.00	0.30	MLec
Argille Alterate	22.00	1950.00	510.00	0.28	Pelitico Arenaceo Alterato

Tabella 1. Caratteristiche meccaniche strati.

Caratteristiche bedrock		
ρ	[Kg/m ³]	2200.00
Vs	[m/s]	800.00
Vp	[m/s]	1500.00

Tabella 1. Caratteristiche meccaniche Bedrock

dove:

- S = spessore del singolo strato;
- ρ = densità di massa del singolo strato;
- V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio del singolo strato;
- γ = coefficiente di contrazione trasversale (di Poisson) del singolo strato;

Poiché il comportamento del terreno non è lineare ma varia al variare della deformazione indotta dal sisma per ogni specifica tipologia di terreno attraversato, è necessario inserire per ciascuno strato la specifica curva di decadimento (G-G0) e smorzamento (D/D0).

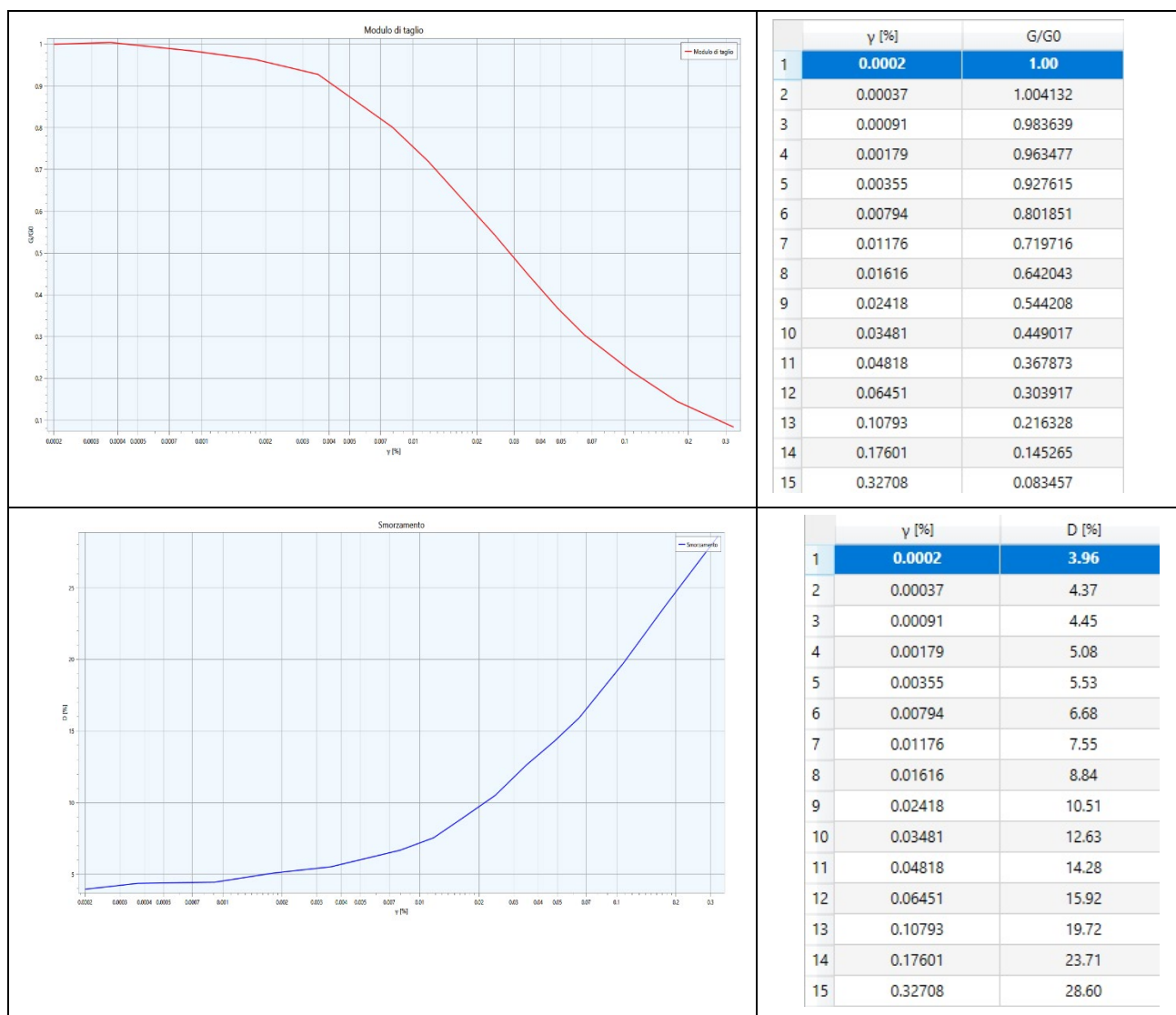
Si fa notare che per descrivere la dipendenza del modulo di taglio e dello smorzamento della deformazione dei litotipi in esame, è stato necessario fare riferimento a curve di decadimento tratte sia dalla letteratura che da curve utilizzate nelle microzonazioni sismiche di 2° e 3° livello con terreni simili a quelli oggetto di studio.

Curve di Decadimento dei Materiali

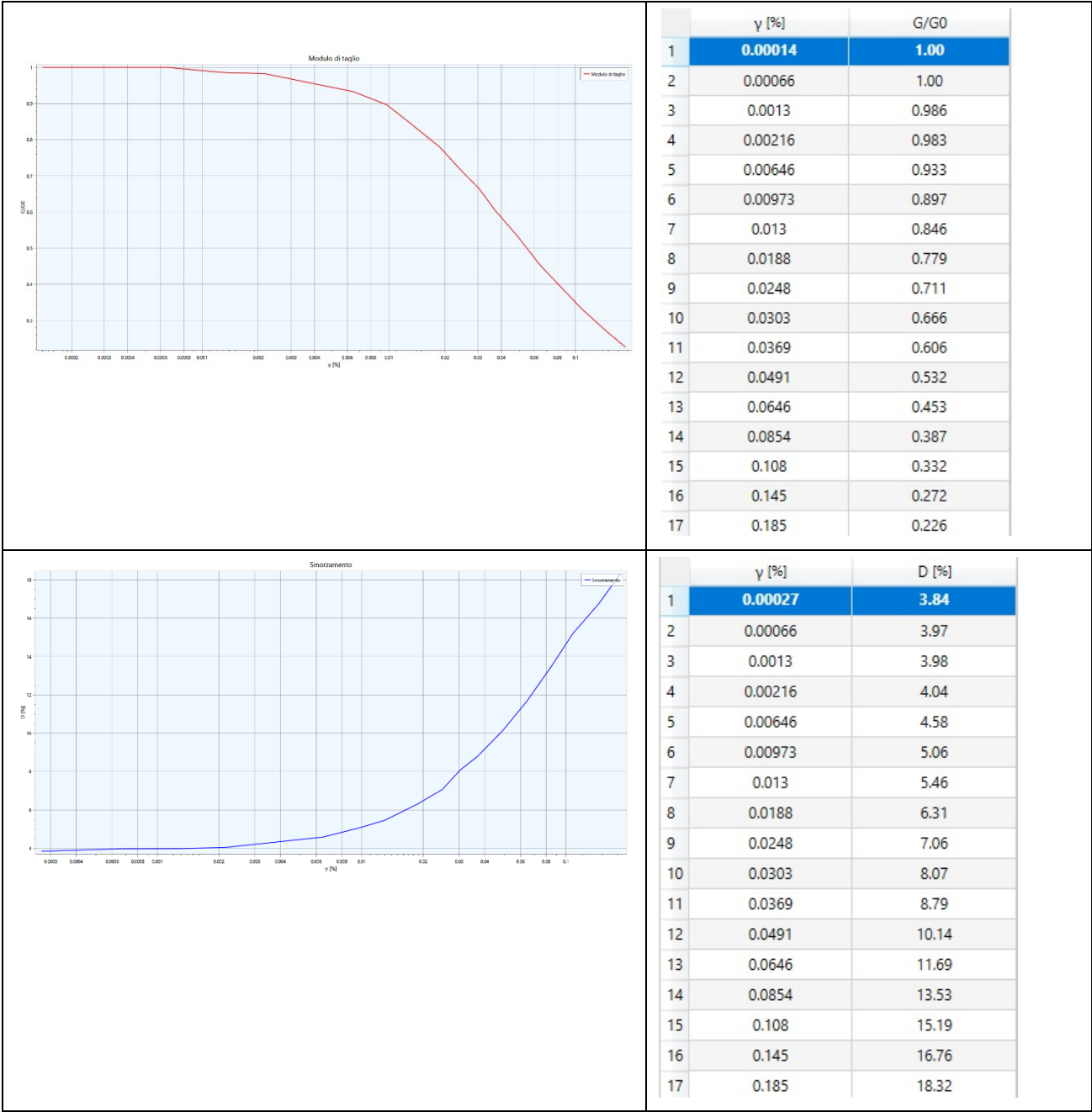
All'aumentare del livello di deformazione angolare raggiunta dal terreno si ha una diminuzione del modulo di taglio G ed un aumento del rapporto di smorzamento D . Tale comportamento può essere descritto, per ogni tipo di materiale presente nella stratigrafia, da due curve di decadimento una relativa a G ed una D .

Di seguito si riportano le curve di riferimento utilizzate nell'analisi:

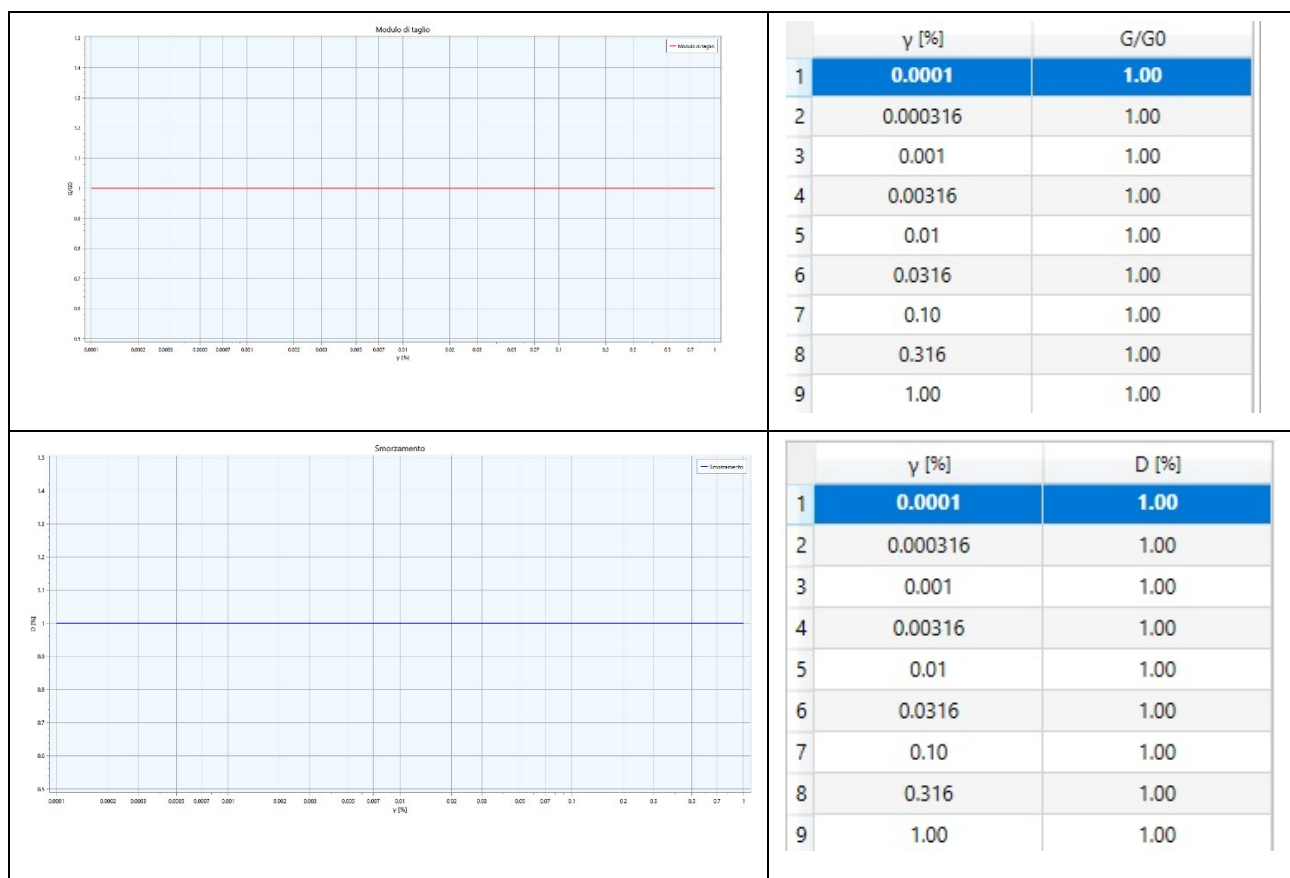
Curva n. 1: coltre



Curva n. 2: limo sabbioso



Curva n. 3: substrato alterato



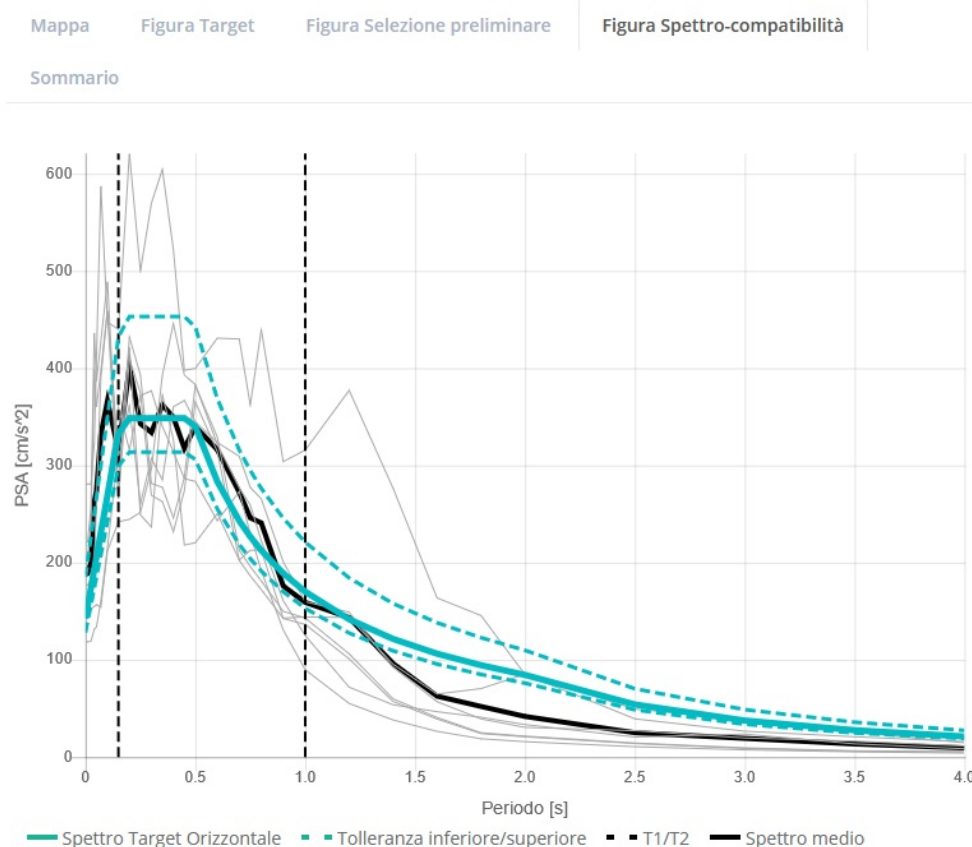
Secondo le disposizioni di cui alle NTC2018, la campagna d'indagine deve essere spinta sino ad intercettare un substrato sismico dotato di $V_s > 800$ m/s.

Qualora la campagna d'indagine non ravvisi la presenza di substrato sismico fino a profondità comprese tra 100 e 200 mt dal p.c., è possibile utilizzare il sismostrato di base come punto di generazione degli input sismici, motivando la scelta sulla base del fatto che l'analisi 1D per profondità superiori ai 100 mt tende ad una sottostima dell'azione sismica poiché prevalgono fenomeni dissipativi rispetto a quelli amplificativi.

- Nel sito di progetto si ipotizza; dalle analisi geofisiche effettuate in sito un bedrock sismico con $V_s > 800$ m/s ad una profondità variabile tra 36 e 40 m.

5.4.6 - Risultati della risposta sismica locale (RSL) per SLO.

Di seguito sono estrapolabili i risultati di risposta sismica locale per il sito di progetto, con la computazione dei dati per lo stato limite di operatività (SLO) al punto di controllo P1, riportando per una lettura migliore su foglio di calcolo elettronico:



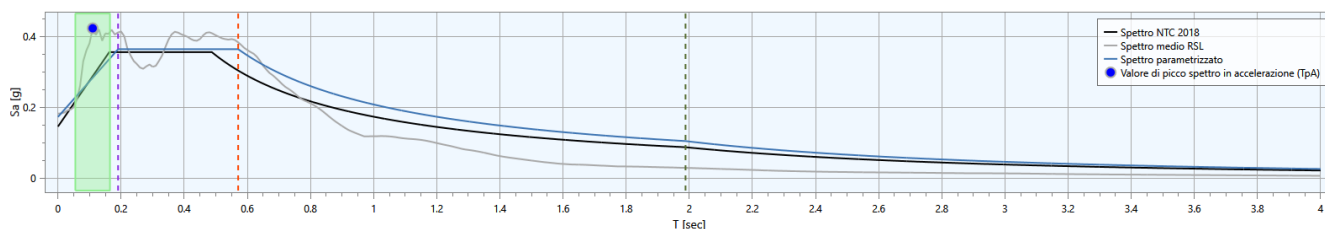
Per il sito di progetto si è ricostruito lo spettro di risposta elastico per SLO al punto di controllo P1.

La parametrizzazione degli spettri di risposta ottenuti nei vari punti di controllo viene condotta mediante la procedura suggerita dagli “indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica” (GdL MS – parti I e II – Punto 2.5.4.3.1 pag 92). Partendo dallo spettro di risposta medio in accelerazione rappresentativo dei 7 accelerogrammi, tale procedura prevede :

- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in accelerazione (TA);
- il calcolo del valore medio dello spettro in accelerazione (SA_m) nell'intorno tra $0.5 TA - 1.5 TA$;
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in pseudovelocità (TV);
- il calcolo del valore medio dello spettro in pseudovelocità (SV_m) nell'intorno tra $0.8 TV - 1.2 TV$;
- il calcolo del valore di $T_c = 2\pi SV/SA$;
- il calcolo del valore $T_b = 1/3 T_c$;
- il calcolo del valore $T_d = 4 a_g + 1.6$ con a_g uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero;

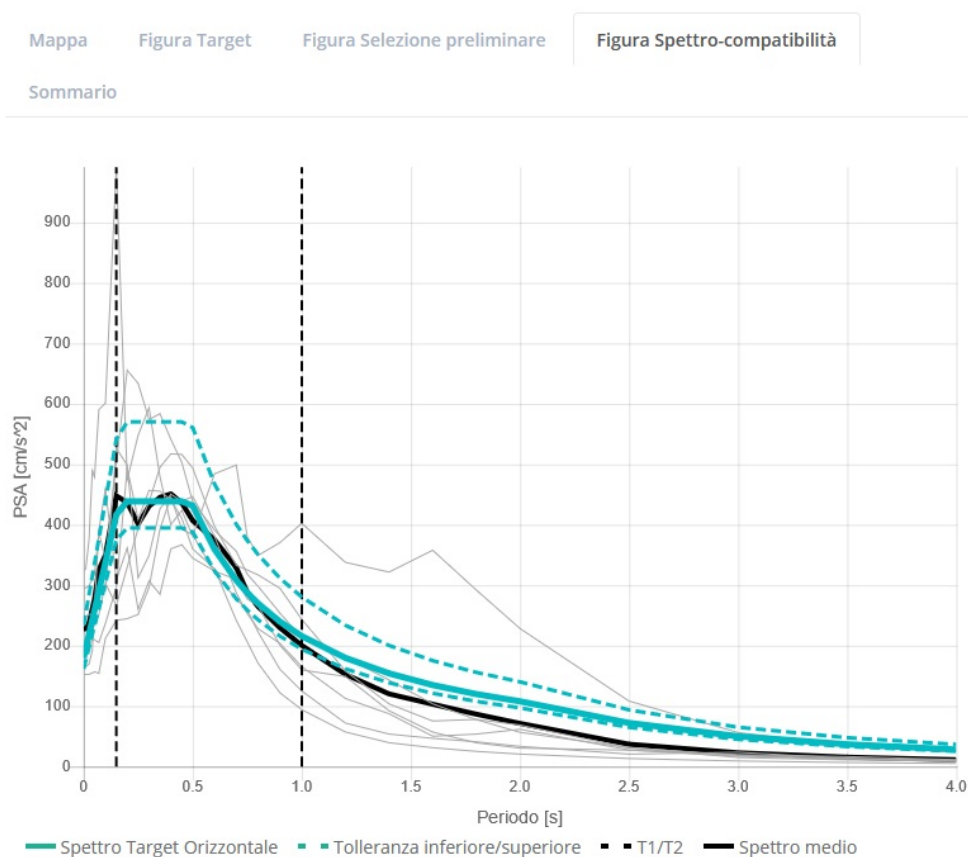
- l'applicazione delle equazioni riportate nelle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra T_o , T_b , T_c , T_d .

Indipendentemente dalla tecnica di NORMALIZZAZIONE adottata, il risultato finale è rappresentato dalla seguente figura :



5.4.7 - Risultati della risposta sismica locale (RSL) per SLD.

Di seguito sono estrapolabili i risultati di risposta sismica locale per il sito di progetto, con la computazione dei dati per lo stato limite di salvaguardia del danno (SLD) al punto di controllo P1, riportando per una lettura migliore su foglio di calcolo elettronico:

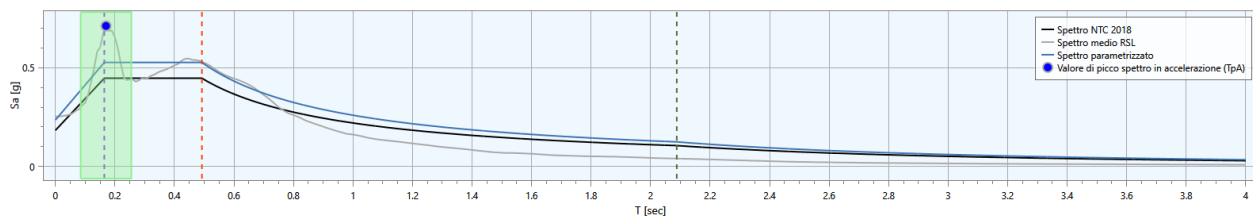


Per il sito di progetto si è ricostruito lo spettro di risposta elastico per SLD al punto di controllo P1.

La parametrizzazione degli spettri di risposta ottenuti nei vari punti di controllo viene condotta mediante la procedura suggerita dagli “indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica” (GdL MS – parti I e II – Punto 2.5.4.3.1 pag 92). Partendo dallo spettro di risposta medio in accelerazione rappresentativo dei 7 accelerogrammi, tale procedura prevede :

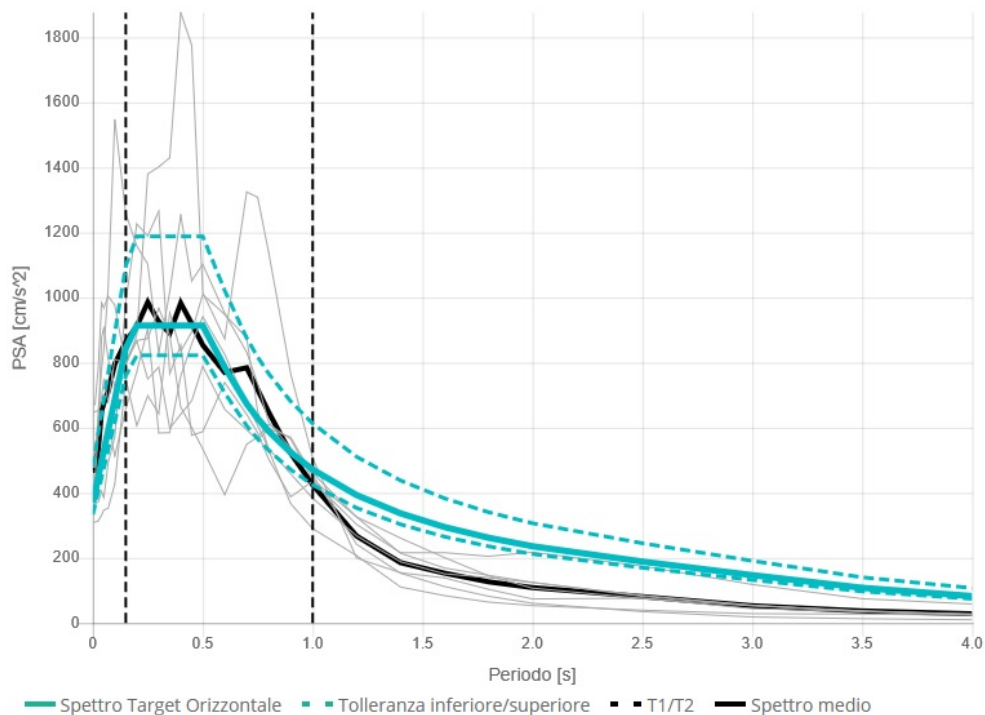
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in accelerazione (T_A);
- il calcolo del valore medio dello spettro in accelerazione (SA_m) nell'intorno tra $0.5 T_A - 1.5 T_A$;
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in pseudovelocità (T_V);
- il calcolo del valore medio dello spettro in pseudovelocità (SV_m) nell'intorno tra $0.8 T_V - 1.2 T_V$;
- il calcolo del valore di $T_c = 2\pi SV/SA$;
- il calcolo del valore $T_b = 1/3 T_c$;
- il calcolo del valore $T_d = 4 a_g + 1.6$ con a_g uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero;
- l'applicazione delle equazioni riportate nelle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra T_o , T_b , T_c , T_d .

Indipendentemente dalla tecnica di NORMALIZZAZIONE adottata, il risultato finale è rappresentato dalla seguente figura :



5.4.8 - Risultati della risposta sismica locale (RSL) per SLV.

Di seguito sono estrapolabili i risultati di risposta sismica locale per il sito di progetto, con la computazione dei dati per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) al punto di controllo P1, riportando per una lettura migliore su foglio di calcolo elettronico:

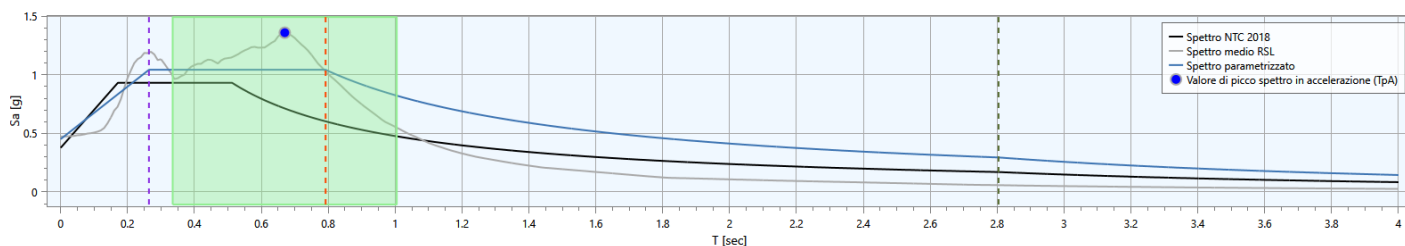


Per il sito di progetto si è ricostruito lo spettro di risposta elastico per SLV al punto di controllo P1.

La parametrizzazione degli spettri di risposta ottenuti nei vari punti di controllo viene condotta mediante la procedura suggerita dagli "indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" (GdL MS – parti I e II – Punto 2.5.4.3.1 pag 92). Partendo dallo spettro di risposta medio in accelerazione rappresentativo dei 7 accelerogrammi, tale procedura prevede :

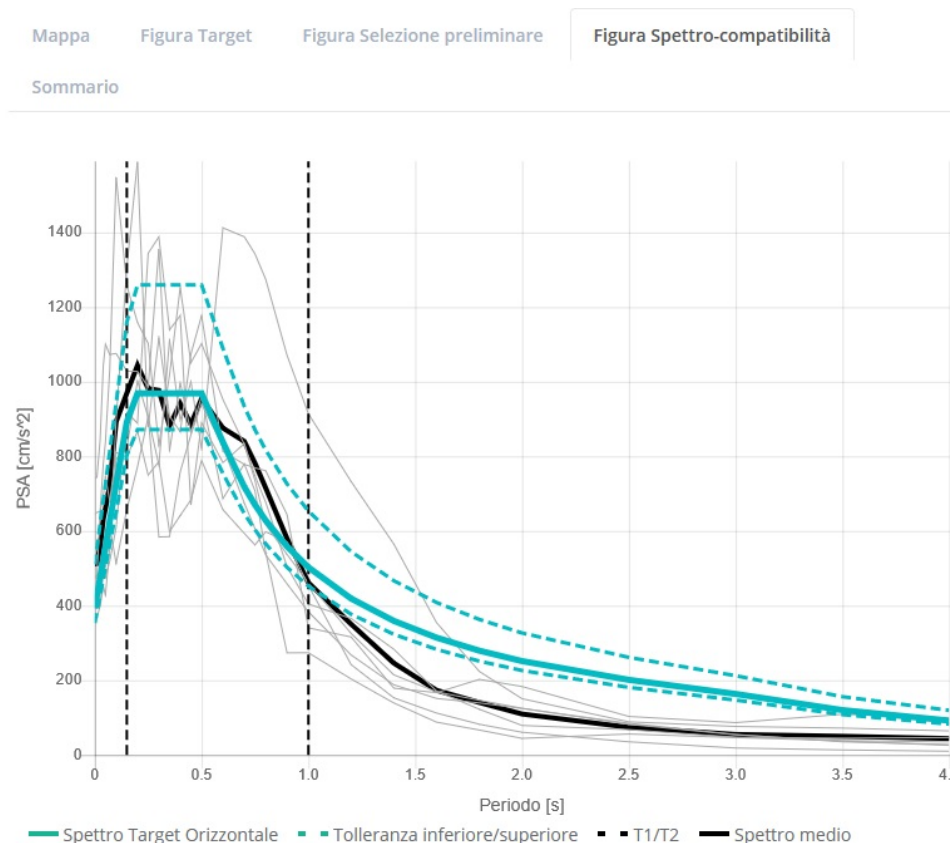
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in accelerazione (T_A);
- il calcolo del valore medio dello spettro in accelerazione (S_{Am}) nell'intorno tra $0.5 T_A - 1.5 T_A$;
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in pseudovelocità (T_V);
- il calcolo del valore medio dello spettro in pseudovelocità (S_{Vm}) nell'intorno tra $0.8 T_V - 1.2 T_V$;
- il calcolo del valore di $T_c = 2\pi S_V / S_A$;
- il calcolo del valore $T_b = 1/3 T_c$;
- il calcolo del valore $T_d = 4 a_g + 1.6$ con a_g uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero;
- l'applicazione delle equazioni riportate nelle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra T_o , T_b , T_c , T_d .

Indipendentemente dalla tecnica di NORMALIZZAZIONE adottata, il risultato finale è rappresentato dalla seguente figura :



5.4.9 - Risultati della risposta sismica locale (RSL) per SLC

Di seguito sono estrapolabili i risultati di risposta sismica locale per il sito di progetto, con la computazione dei dati per lo stato limite di collasso (SLC) al punto di controllo P1, riportando per una lettura migliore su foglio di calcolo elettronico:



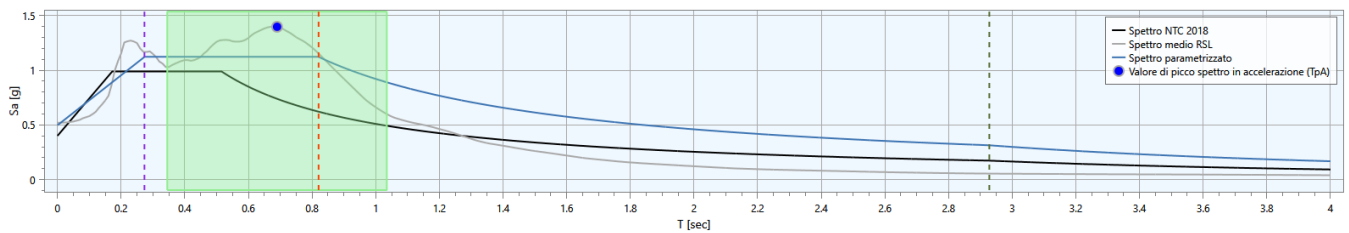
Per il sito di progetto si è ricostruito lo spettro di risposta elastico per SLC al punto di controllo P1.

La parametrizzazione degli spettri di risposta ottenuti nei vari punti di controllo viene condotta mediante la procedura suggerita dagli “indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica” (GdL MS – parti I e II – Punto 2.5.4.3.1 pag 92). Partendo dallo spettro di risposta medio in accelerazione rappresentativo dei 7 accelerogrammi, tale procedura prevede :

- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in accelerazione (TA);
- il calcolo del valore medio dello spettro in accelerazione (SA_m) nell'intorno tra $0.5 TA - 1.5 TA$;
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in pseudovelocità (TV);

- il calcolo del valore medio dello spettro in pseudovelocità (SV_m) nell'intervallo tra $0.8 TV - 1.2 TV$;
- il calcolo del valore di $T_c = 2\pi SV/SA$;
- il calcolo del valore $T_b = 1/3 T_c$;
- il calcolo del valore $T_d = 4 a_g + 1.6$ con a_g uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero;
- l'applicazione delle equazioni riportate nelle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra T_o, T_b, T_c, T_d .

Indipendentemente dalla tecnica di NORMALIZZAZIONE adottata, il risultato finale è rappresentato dalla seguente figura:



5.4.10 COMPUTAZIONE RAPPRESENTATIVA DELLO SPETTRO ELASTICO DI R.S.L.

Ai sensi e per gli effetti del Cap. 3.2.2 delle NTC2018, tramite l'analisi rigorosa 1D di Risposta Sismica Locale (RSL) sono stati computati i seguenti fattori sismici del sito di progetto, con relativa costruzione dello Spettro di risposta elastico per i seguenti stati limite SLO – SLD – SLV - SLC.

<i>Parametri sismici elastici associati allo stato limite SLO approccio analitico:RSL</i>										
STATO LIMITE	A_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	S_T [-]	S_s [-]	$A_{g/gmax}$ [g]	S_{Am} [T_{max}] g]	T_B [S]	T_C [S]	T_D [S]
R.S.L. P1	0.097	2.107	0.110	1.781		0.173	0.364	0.190	0.571	1.988
N.T.C.18	0.097	2.445	0.318	1.00	1.5	0.144	0.355	0.162	0.487	1.986

<i>Parametri sismici elastici associati allo stato limite SLD approccio analitico:RSL</i>										
STATO LIMITE	A_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	S_T [-]	S_s [-]	$A_{g/gmax}$ [g]	S_{Am} [T_{max}] g]	T_B [S]	T_C [S]	T_D [S]
R.S.L. P1	0.122	2.240	0.170	1.929		0.235	0.527	0.164	0.492	2.088
N.T.C.18	0.122	2.443	0.323	1.00	1.5	0.183	0.447	0.164	0.491	2.088

<i>Parametri sismici elastici associati allo stato limite SLV approccio analitico:RSL</i>										
STATO LIMITE	A_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	S_T [-]	S_s [-]	$A_{g/gmax}$ [g]	S_{Am} [T_{max}] g]	T_B [S]	T_C [S]	T_D [S]
R.S.L. P1	0.301	2.311	0.670	1.501		0.452	1.044	0.264	0.792	2.804
N.T.C.18	0.301	2.471	0.343	1.00	1.25	0.375	0.932	0.170	0.511	2.804

<i>Parametri sismici elastici associati allo stato limite SLC approccio analitico:RSL</i>										
STATO LIMITE	A_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	S_T [-]	S_s [-]	$A_{g/gmax}$ [g]	S_{Am} [T_{max}] g]	T_B [S]	T_C [S]	T_D [S]
R.S.L. P1	0.332	2.255	0.690	1.501		0.498	1.123	0.273	0.820	2.928
N.T.C.18	0.332	2.467	0.346	1.00	1.21	0.401	0.989	0.172	0.516	2.962

6 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il D.M. 17.01.2018 (paragrafo 7.11.3.4) impone che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semiempirico. Con il termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa. Le caratteristiche stratigrafiche dei terreni presenti nell'area e l'assenza della falda permettono pertanto di **escludere l'instaurarsi di fenomeni di alterazione locale (liquefazione)** delle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni in concomitanza di eventi sismici.

7. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le terre e rocce prodotte durante l'esecuzione di interventi che prevedono scavi di qualsiasi natura in materiali naturali possono essere riutilizzate (ad esempio per reinterri, riempimenti, rilevati, etc.) solo previa autorizzazione e solo nel caso in cui soddisfino i requisiti enunciati nell'art. 184 BIS del Decreto Legislativo 152/06 (Norme in materia ambientale). In particolare è necessario classificare questi materiali come sottoprodotti; in caso contrario devono essere considerati come rifiuti e si deve provvedere al loro smaltimento in discarica, secondo la normativa vigente in materia di rifiuti di cui alla parte quarta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Le terre prodotte dagli scavi, nel caso siano necessari, verranno riutilizzate secondo quanto previsto dalla normativa vigente (DPR 120/2017).

8. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Attraverso l'esecuzione delle indagini geotecniche è stato possibile definire una più che buona ricostruzione delle caratteristiche geomorfologiche, litologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni interessati dal progetto.

Come già ampiamente esposto in precedenza, l'area non rientra in aree delimitate dal PAI o dagli studi PGRA. L'opera in progetto non interferisce negativamente con il deflusso e con la dinamica del corso d'acqua, sia nei riguardi degli abitati limitrofi che delle infrastrutture a possibile esposizione.

Per quanto riguarda la sismicità dell'area evidenziamo come il territorio marchigiano sia sempre stato sede di intensa attività sismica, sia per l'intensità dei terremoti, che per la loro frequenza. E' stata realizzata una campagna di indagini sismiche per la determinazione della frequenza di risonanza, profilo sismostratigrafico e categoria di suolo.

Poiché il progetto prevede la realizzazione di un istituto per l'infanzia, è stata adottata la classe d'uso IV ed effettuato lo studio di Risposta Sismica Locale per tutti e quattro gli stati di esercizio.

Nel presente studio sono presenti dunque tutti i parametri geotecnici e sismici necessari ad una corretta progettazione.

Si rimane a disposizione per eventuali verifiche durante la realizzazione dell'edificio.

Ascoli Piceno, settembre 2024

Il Geologo Specialista

Dott. ssa Sara Abeti



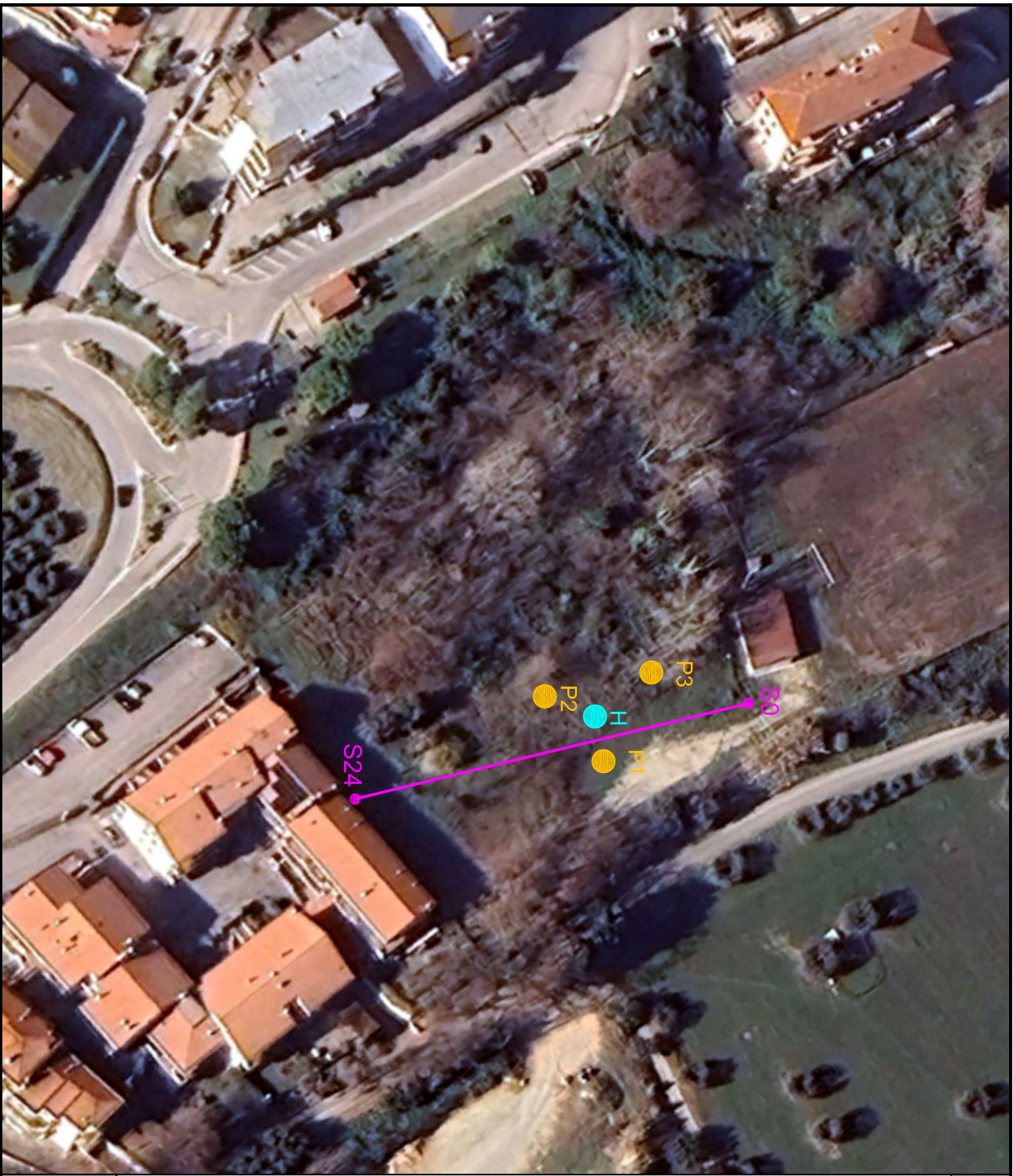


Immagine Satellitare

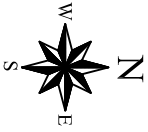
H
Misura geofisica
H.V.S.R.

Pn

Indagine Penetrometrica

S0 S24

Indagine geofisica
MASW e RIFRAZIONE



UBICAZIONE
INDAGINI

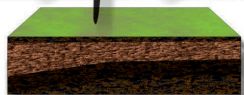
ELABORAZIONE INDAGINI

*Geol. SARA ABETI
Via dei Soderini, 25 - Ascoli Piceno (AP)*

Realizzazione nuovo Asilo Nido di Monteprandone. Committente: Amministrazione Comunale di Monteprandone (AP)

ALLEGATO 2

STRATI
Indagini Geognostiche



www.provepenetrometriche.it

STRATI Indagini Geognostiche s.a.s.

CIVITANOVA MARCHE - MACERATA

TEL. 389 57 18 641

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Amm.ne Comunale
Descrizione: Contrada Fontevecchia
Localita': Montepandone

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA ... Nr.1



Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 21/07/2024
 Profondita' prova 13,80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	9	0,855	80,82	94,57	4,04	4,73
0,40	6	0,851	53,64	63,04	2,68	3,15
0,60	8	0,847	65,34	77,15	3,27	3,86
0,80	6	0,843	48,80	57,86	2,44	2,89
1,00	12	0,840	97,18	115,72	4,86	5,79
1,20	10	0,836	80,64	96,43	4,03	4,82
1,40	10	0,833	80,32	96,43	4,02	4,82
1,60	9	0,830	66,53	80,20	3,33	4,01
1,80	9	0,826	66,27	80,20	3,31	4,01
2,00	8	0,823	58,68	71,29	2,93	3,56
2,20	6	0,820	43,85	53,47	2,19	2,67
2,40	5	0,817	36,41	44,55	1,82	2,23
2,60	6	0,814	40,46	49,69	2,02	2,48
2,80	5	0,811	33,60	41,41	1,68	2,07
3,00	5	0,809	33,49	41,41	1,67	2,07
3,20	5	0,806	33,38	41,41	1,67	2,07
3,40	5	0,803	33,27	41,41	1,66	2,07
3,60	6	0,801	37,17	46,41	1,86	2,32
3,80	6	0,798	37,06	46,41	1,85	2,32
4,00	8	0,796	49,26	61,88	2,46	3,09
4,20	8	0,794	49,12	61,88	2,46	3,09
4,40	6	0,791	36,73	46,41	1,84	2,32
4,60	9	0,789	51,55	65,31	2,58	3,27
4,80	8	0,787	45,70	58,06	2,28	2,90
5,00	7	0,785	39,88	50,80	1,99	2,54
5,20	7	0,783	39,78	50,80	1,99	2,54
5,40	5	0,781	28,34	36,28	1,42	1,81
5,60	7	0,779	37,27	47,84	1,86	2,39
5,80	8	0,777	42,50	54,67	2,12	2,73
6,00	9	0,775	47,70	61,51	2,38	3,08
6,20	7	0,774	37,01	47,84	1,85	2,39
6,40	6	0,772	31,66	41,00	1,58	2,05

6,60	8	0,770	39,80	51,66	1,99	2,58
6,80	10	0,769	49,64	64,58	2,48	3,23
7,00	10	0,767	49,54	64,58	2,48	3,23
7,20	11	0,766	54,39	71,04	2,72	3,55
7,40	6	0,764	29,61	38,75	1,48	1,94
7,60	6	0,763	28,01	36,73	1,40	1,84
7,80	8	0,761	37,28	48,97	1,86	2,45
8,00	10	0,760	46,51	61,21	2,33	3,06
8,20	12	0,759	55,72	73,45	2,79	3,67
8,40	12	0,757	55,62	73,45	2,78	3,67
8,60	10	0,756	43,98	58,17	2,20	2,91
8,80	10	0,755	43,90	58,17	2,20	2,91
9,00	8	0,753	35,07	46,54	1,75	2,33
9,20	10	0,752	43,76	58,17	2,19	2,91
9,40	10	0,751	43,69	58,17	2,18	2,91
9,60	11	0,750	45,72	60,97	2,29	3,05
9,80	12	0,749	49,80	66,51	2,49	3,33
10,00	11	0,748	45,58	60,97	2,28	3,05
10,20	12	0,747	49,66	66,51	2,48	3,33
10,40	10	0,746	41,32	55,42	2,07	2,77
10,60	10	0,744	39,40	52,92	1,97	2,65
10,80	9	0,743	35,41	47,63	1,77	2,38
11,00	12	0,742	47,14	63,51	2,36	3,18
11,20	9	0,741	35,31	47,63	1,77	2,38
11,40	9	0,740	35,26	47,63	1,76	2,38
11,60	13	0,689	45,37	65,83	2,27	3,29
11,80	13	0,688	45,31	65,83	2,27	3,29
12,00	15	0,687	52,20	75,96	2,61	3,80
12,20	16	0,686	55,60	81,02	2,78	4,05
12,40	16	0,685	55,51	81,02	2,78	4,05
12,60	18	0,684	59,78	87,38	2,99	4,37
12,80	18	0,683	59,69	87,38	2,98	4,37
13,00	17	0,682	56,29	82,52	2,81	4,13
13,20	18	0,681	59,51	87,38	2,98	4,37
13,40	19	0,680	62,72	92,23	3,14	4,61
13,60	20	0,679	63,30	93,23	3,16	4,66
13,80	20	0,678	63,20	93,23	3,16	4,66

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2	8,7	83,29	Incoerente - coesivo	2,03	2,23	0,2	1,47	12,79	sabbia limosa
11,8	8,49	54,19	Incoerente - coesivo	2,03	2,23	1,4	1,47	12,48	limo argilloso sabbioso
13,8	17,7	86,13	Incoerente - coesivo	2,12	2,25	2,61	1,47	26,02	argilla e sabbia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0,00-2,00	Terzaghi-Peck	0,86
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	Terzaghi-Peck	0,84
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	Terzaghi-Peck	1,76

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0,00-2,00	Robertson (1983)	25,58
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	Robertson (1983)	24,96
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	Robertson (1983)	52,04

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	132,24
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	129,08
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	267,18

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	Apollonia	127,90
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	Apollonia	124,80
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	Apollonia	260,20

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m³)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	Meyerhof	2,03
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	Meyerhof	2,03
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	Meyerhof	2,12

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	Meyerhof	2,23
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	Meyerhof	2,23
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	Meyerhof	2,25

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	106,32
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	153,7
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	196,64

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	12,79	Meyerhof 1957	79,03
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	12,48	Meyerhof 1957	51,19
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	26,02	Meyerhof 1957	58,9

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	12,79	Meyerhof (1956)	23,65
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	12,48	Meyerhof (1956)	23,57
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	26,02	Meyerhof (1956)	27,43

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	12,79	Schultze-Menzenbach Sabbia limosa	112,89
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	12,48	Schultze-Menzenbach Sabbia limosa	111,24
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	26,02	Schultze-Menzenbach Sabbia limosa	183,01

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	12,79	Menzenbach e Malcev	171,78
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	12,48	Menzenbach e Malcev	168,54
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	26,02	Menzenbach e Malcev	310,17

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	12,79	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	12,48	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	26,02	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	12,79	Terzaghi-Peck 1948	1,51
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	12,48	Terzaghi-Peck 1948	1,51
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	26,02	Terzaghi-Peck 1948	1,66

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	12,79	Terzaghi-Peck 1948	1,94
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	12,48	Terzaghi-Peck 1948	1,94
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	26,02	Terzaghi-Peck 1948	2,03

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	12,79	(A.G.I.)	0,33
Strato (2) limo argilloso sabbioso	12,48	2,00-11,80	12,48	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) argilla e sabbia	26,02	11,80-13,80	26,02	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) sabbia limosa	12,79	0.00-2,00	12,79	Ohsaki (Sabbie pulite)	713,46
Strato (2)	12,48	2,00-11,80	12,48	Ohsaki (Sabbie pulite)	697,20

limo argilloso sabbioso					
Strato (3)	26,02	11,80-13,80	26,02	Ohsaki (Sabbie pulite)	1390,92
argilla e sabbia					

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1)	12,79	0.00-2,00	12,79	Ohta & Goto (1978)	106,32
sabbia limosa				Limi	
Strato (2)	12,48	2,00-11,80	12,48	Ohta & Goto (1978)	153,7
limo argilloso sabbioso				Limi	
Strato (3)	26,02	11,80-13,80	26,02	Ohta & Goto (1978)	196,64
argilla e sabbia				Limi	

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1)	12,79	0.00-2,00	12,79	Navfac 1971-1982	2,68
sabbia limosa					
Strato (2)	12,48	2,00-11,80	12,48	Navfac 1971-1982	2,62
limo argilloso sabbioso					
Strato (3)	26,02	11,80-13,80	26,02	Navfac 1971-1982	5,03
argilla e sabbia					

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

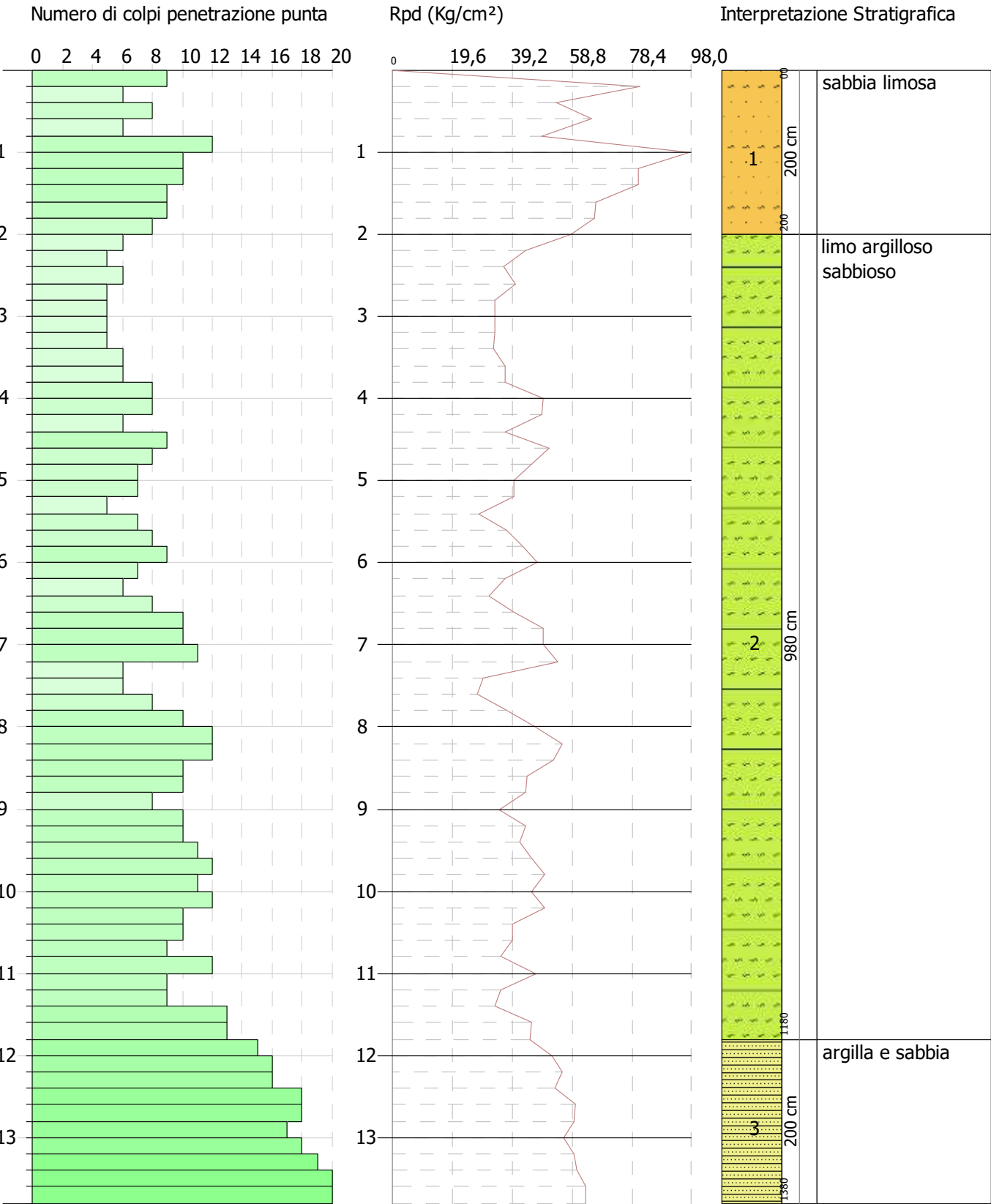
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1)	12,79	0.00-2,00	12,79	Robertson 1983	25,58
sabbia limosa					
Strato (2)	12,48	2,00-11,80	12,48	Robertson 1983	24,96
limo argilloso sabbioso					
Strato (3)	26,02	11,80-13,80	26,02	Robertson 1983	52,04
argilla e sabbia					

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Amm.ne Comunale
 Descrizione: Contrada Fontevecchia
 Localita': Monteprandone

21/07/2024

 Scala 1:73





PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Amm.ne Comunale
Cantiere: Contrada Fontevecchia
Località: Montepandone

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

PROVA ... Nr.2

Committente: Amm.ne Comunale
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 21/07/2024
Profondità prova: 12,60 mt
Località: Monteprandone



Profondità (m)	Lettura punta (kg/cm²)	Lettura laterale (kg/cm²)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	50,00	61,00	50,0	1,07	46,73	2,1
0,40	68,00	84,00	68,0	2,93	23,21	4,3
0,60	62,00	106,00	62,0	2,67	23,22	4,3
0,80	65,00	105,00	65,0	3,27	19,88	5,0
1,00	60,00	109,00	60,0	2,87	20,91	4,8
1,20	56,00	99,00	56,0	3,00	18,67	5,4
1,40	42,00	87,00	42,0	2,60	16,15	6,2
1,60	38,00	77,00	38,0	2,40	15,83	6,3
1,80	36,00	72,00	36,0	2,67	13,48	7,4
2,00	38,00	78,00	38,0	2,53	15,02	6,7
2,20	38,00	76,00	38,0	2,67	14,23	7,0
2,40	36,00	76,00	36,0	1,80	20,00	5,0
2,60	49,00	76,00	49,0	2,67	18,35	5,4
2,80	31,00	71,00	31,0	2,33	13,30	7,5
3,00	30,00	65,00	30,0	2,47	12,15	8,2
3,20	29,00	66,00	29,0	2,33	12,45	8,0
3,40	24,00	59,00	24,0	1,47	16,33	6,1
3,60	29,00	51,00	29,0	1,13	25,66	3,9
3,80	29,00	46,00	29,0	1,67	17,37	5,8
4,00	28,00	53,00	28,0	1,87	14,97	6,7
4,20	28,00	56,00	28,0	1,33	21,05	4,8
4,40	29,00	49,00	29,0	1,20	24,17	4,1
4,60	21,00	39,00	21,0	0,93	22,58	4,4
4,80	18,00	32,00	18,0	0,73	24,66	4,1
5,00	15,00	26,00	15,0	0,67	22,39	4,5
5,20	17,00	27,00	17,0	0,87	19,54	5,1
5,40	23,00	36,00	23,0	1,27	18,11	5,5
5,60	20,00	39,00	20,0	1,80	11,11	9,0

5,80	24,00	51,00	24,0	1,20	20,00	5,0
6,00	21,00	39,00	21,0	1,33	15,79	6,3
6,20	42,00	62,00	42,0	2,47	17,00	5,9
6,40	24,00	61,00	24,0	1,13	21,24	4,7
6,60	32,00	49,00	32,0	1,47	21,77	4,6
6,80	34,00	56,00	34,0	1,60	21,25	4,7
7,00	38,00	62,00	38,0	1,67	22,75	4,4
7,20	46,00	71,00	46,0	2,40	19,17	5,2
7,40	45,00	81,00	45,0	2,00	22,50	4,4
7,60	44,00	74,00	44,0	3,20	13,75	7,3
7,80	39,00	87,00	39,0	3,00	13,00	7,7
8,00	37,00	82,00	37,0	1,80	20,56	4,9
8,20	46,00	73,00	46,0	2,47	18,62	5,4
8,40	43,00	80,00	43,0	2,00	21,50	4,7
8,60	42,00	72,00	42,0	2,53	16,60	6,0
8,80	45,00	83,00	45,0	2,40	18,75	5,3
9,00	39,00	75,00	39,0	1,87	20,86	4,8
9,20	44,00	72,00	44,0	1,47	29,93	3,3
9,40	42,00	64,00	42,0	1,67	25,15	4,0
9,60	42,00	67,00	42,0	1,93	21,76	4,6
9,80	47,00	76,00	47,0	2,20	21,36	4,7
10,00	47,00	80,00	47,0	2,33	20,17	5,0
10,20	61,00	96,00	61,0	3,13	19,49	5,1
10,40	57,00	104,00	57,0	3,40	16,76	6,0
10,60	59,00	110,00	59,0	2,60	22,69	4,4
10,80	68,00	107,00	68,0	3,07	22,15	4,5
11,00	53,00	99,00	53,0	3,00	17,67	5,7
11,20	66,00	111,00	66,0	3,53	18,70	5,3
11,40	57,00	110,00	57,0	3,00	19,00	5,3
11,60	60,00	105,00	60,0	2,73	21,98	4,6
11,80	64,00	105,00	64,0	2,87	22,30	4,5
12,00	46,00	89,00	46,0	2,00	23,00	4,3
12,20	54,00	84,00	54,0	2,87	18,82	5,3
12,40	56,00	99,00	56,0	2,60	21,54	4,6
12,60	68,00	107,00	68,0	0,00		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (kg/cm²)	fs Media (kg/cm²)	Peso unità di volume Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,20	60,167	2,64	2,1	Incoerente-Coesivo	sabbia limosa
4,40	33,375	2,07	2,1	Incoerente-Coesivo	sabbia limosa
6,00	19,875	1,10	2,0	Incoerente-Coesivo	limo sabbioso
10,00	40,9	2,08	2,1	Incoerente-Coesivo	limo argilloso sabbioso
12,60	59,154	2,68	2,1	Incoerente-Coesivo	argilla e sabbia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	Cu (kg/cm²)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Rolf Larsson SGI 1995	2,6
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Rolf Larsson SGI 1995	1,4
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Rolf Larsson SGI 1995	0,8
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Rolf Larsson SGI 1995	1,7
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Rolf Larsson SGI 1995	2,4

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	Eed (kg/cm²)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Mitchell & Gardner (1975)	150,4
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Mitchell & Gardner (1975)	83,4
Strato (3) limo	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Mitchell &	99,4

sabbioso						Gardner (1975)	
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Mitchell & Gardner (1975)	102,3
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Mitchell & Gardner (1975)	147,9

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,635	0,1	0,1	Cancelli 1980	2251,5
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,071	0,6	0,6	Cancelli 1980	1229,8
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,1	1,1	1,1	Cancelli 1980	705,4
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,081	1,6	1,6	Cancelli 1980	1472,3
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,677	2,3	2,3	Cancelli 1980	2130,7

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	342,3
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Imai & Tomauchi	238,8
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Imai & Tomauchi	173,9
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Imai & Tomauchi	270,3
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Imai & Tomauchi	338,7

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	9
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	P.W.Mayne 1991	6,48
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	P.W.Mayne 1991	3,78
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	P.W.Mayne 1991	7,98
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	P.W.Mayne 1991	9

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Crm
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	0,10153	0,0132
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	0,1178	0,01531
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	0,13392	0,01741
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	0,11117	0,01445
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	0,10187	0,01324

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Meyerhof	2,2

Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Meyerhof	2,0
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Meyerhof	2,2
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Meyerhof	2,2

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Jamiolkowski et al 1985	300,68
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Jamiolkowski et al 1985	267,40
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Jamiolkowski et al 1985	241,20
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Jamiolkowski et al 1985	278,45
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Jamiolkowski et al 1985	299,66

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	80,9
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	42,4
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	19,1
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	33,5
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	38,9

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Durgunoglu-Mitchell 1973	24,39
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Durgunoglu-Mitchell 1973	21,69
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Durgunoglu-Mitchell 1973	<20
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Durgunoglu-Mitchell 1973	22,99
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Durgunoglu-Mitchell 1973	24,17

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (kg/cm ²)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	ISOPT-1 1988 Ey(50)	240,7
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	ISOPT-1 1988 Ey(50)	352,9
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	ISOPT-1 1988 Ey(50)	294,4
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	ISOPT-1 1988 Ey(50)	533,0

Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	ISOPT-1 1988 Ey(50)	742,6
-----------------------------	-------	--------	------	-----	-----	------------------------	-------

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (kg/cm ²)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Mitchell & Gardner 1975	102,3
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Mitchell & Gardner 1975	66,8
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Mitchell & Gardner 1975	39,8
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Mitchell & Gardner 1975	81,8
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Mitchell & Gardner 1975	100,6

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	G (kg/cm ²)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	342,3
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Imai & Tomauchi	238,8
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Imai & Tomauchi	173,9
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Imai & Tomauchi	270,3
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Imai & Tomauchi	338,7

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,42
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,25
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,25

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Crm
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	0,10153	0,0132
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	0,1178	0,01531
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	0,13392	0,01741
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	0,11117	0,01445
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	0,10187	0,01324

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Meyerhof	1,8
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Meyerhof	1,8

Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Meyerhof	1,8
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Meyerhof	2,1
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Meyerhof	2,1
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Meyerhof	2,1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Jamiolkowski et al 1985	365,74
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Jamiolkowski et al 1985	318,44
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Jamiolkowski et al 1985	281,92
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Jamiolkowski et al 1985	334,03
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Jamiolkowski et al 1985	364,28

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	1,21E-09
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Piacentini-Righi 1988	3,98E-11
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Piacentini-Righi 1988	4,61E-11
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Piacentini-Righi 1988	4,65E-10

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm²/s)
Strato (1) sabbia limosa	1,20	60,167	2,64	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	0,0002178012
Strato (2) sabbia limosa	4,40	33,375	2,07	0,6	0,6	Piacentini-Righi 1988	1,00125E-06
Strato (3) limo sabbioso	6,00	19,875	1,10	1,1	1,1	Piacentini-Righi 1988	2,371591E-06
Strato (4) limo argilloso sabbioso	10,00	40,9	2,08	1,6	1,6	Piacentini-Righi 1988	5,661899E-06
Strato (5) argilla e sabbia	12,60	59,154	2,68	2,3	2,3	Piacentini-Righi 1988	8,248341E-05

PROVA ... Nr.3

Committente: Amm.ne Comunale
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 21/07/2024
Profondità prova: 13,00 mt
Località: Monteprandone



Profondità (m)	Lettura punta (kg/cm ²)	Lettura laterale (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	49,00	56,00	49,0	1,67	29,34	3,4
0,40	58,00	83,00	58,0	2,53	22,92	4,4
0,60	52,00	90,00	52,0	3,27	15,90	6,3
0,80	43,00	92,00	43,0	2,87	14,98	6,7
1,00	45,00	88,00	45,0	2,27	19,82	5,0
1,20	57,00	91,00	57,0	2,40	23,75	4,2
1,40	60,00	96,00	60,0	3,27	18,35	5,5
1,60	69,00	118,00	69,0	4,40	15,68	6,4
1,80	67,00	133,00	67,0	4,87	13,76	7,3
2,00	88,00	161,00	88,0	5,40	16,30	6,1
2,20	82,00	163,00	82,0	6,53	12,56	8,0
2,40	62,00	160,00	62,0	5,13	12,09	8,3
2,60	55,00	132,00	55,0	4,47	12,30	8,1
2,80	64,00	131,00	64,0	6,00	10,67	9,4
3,00	56,00	146,00	56,0	5,67	9,88	10,1
3,20	85,00	170,00	85,0	6,27	13,56	7,4
3,40	85,00	179,00	85,0	5,93	14,33	7,0
3,60	65,00	154,00	65,0	3,33	19,52	5,1
3,80	65,00	115,00	65,0	4,80	13,54	7,4
4,00	45,00	117,00	45,0	2,87	15,68	6,4
4,20	66,00	109,00	66,0	4,93	13,39	7,5
4,40	56,00	130,00	56,0	5,60	10,00	10,0
4,60	64,00	148,00	64,0	5,47	11,70	8,5
4,80	68,00	150,00	68,0	5,27	12,90	7,8
5,00	54,00	133,00	54,0	4,13	13,08	7,6
5,20	45,00	107,00	45,0	3,20	14,06	7,1
5,40	40,00	88,00	40,0	3,33	12,01	8,3
5,60	46,00	96,00	46,0	2,93	15,70	6,4
5,80	50,00	94,00	50,0	3,20	15,63	6,4
6,00	40,00	88,00	40,0	2,33	17,17	5,8

6,20	42,00	77,00	42,0	2,93	14,33	7,0
6,40	45,00	89,00	45,0	2,53	17,79	5,6
6,60	49,00	87,00	49,0	2,87	17,07	5,9
6,80	60,00	103,00	60,0	3,20	18,75	5,3
7,00	60,00	108,00	60,0	2,93	20,48	4,9
7,20	66,00	110,00	66,0	3,33	19,82	5,0
7,40	65,00	115,00	65,0	3,13	20,77	4,8
7,60	65,00	112,00	65,0	4,00	16,25	6,2
7,80	57,00	117,00	57,0	3,13	18,21	5,5
8,00	56,00	103,00	56,0	3,00	18,67	5,4
8,20	58,00	103,00	58,0	3,27	17,74	5,6
8,40	69,00	118,00	69,0	3,73	18,50	5,4
8,60	71,00	127,00	71,0	3,73	19,03	5,3
8,80	87,00	143,00	87,0	3,73	23,32	4,3
9,00	73,00	129,00	73,0	4,13	17,68	5,7
9,20	51,00	113,00	51,0	3,40	15,00	6,7
9,40	62,00	113,00	62,0	3,80	16,32	6,1
9,60	54,00	111,00	54,0	3,27	16,51	6,1
9,80	57,00	106,00	57,0	3,00	19,00	5,3
10,00	56,00	101,00	56,0	3,60	15,56	6,4
10,20	59,00	113,00	59,0	3,27	18,04	5,5
10,40	55,00	104,00	55,0	2,47	22,27	4,5
10,60	67,00	104,00	67,0	3,47	19,31	5,2
10,80	63,00	115,00	63,0	3,07	20,52	4,9
11,00	49,00	95,00	49,0	2,73	17,95	5,6
11,20	53,00	94,00	53,0	2,73	19,41	5,2
11,40	58,00	99,00	58,0	2,40	24,17	4,1
11,60	65,00	101,00	65,0	3,27	19,88	5,0
11,80	61,00	110,00	61,0	3,53	17,28	5,8
12,00	58,00	111,00	58,0	2,87	20,21	4,9
12,20	66,00	109,00	66,0	2,80	23,57	4,2
12,40	74,00	116,00	74,0	3,00	24,67	4,1
12,60	73,00	118,00	73,0	3,07	23,78	4,2
12,80	72,00	118,00	72,0	3,93	18,32	5,5
13,00	66,00	125,00	66,0	0,00		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (kg/cm²)	fs Media (kg/cm²)	Peso unità di volume Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,20	50,667	2,50	2,1	Incoerente-Coesivo	terreno vegetale
5,00	66,105	4,97	2,2	Incoerente-Coesivo	sabbia limosa
11,20	57,097	3,21	2,1	Incoerente-Coesivo	limo argillososabbioso
13,00	65,889	2,76	2,2	Incoerente-Coesivo	argilla e sabbia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	Cu (kg/cm²)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Rolf Larsson SGI 1995	2,2
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Rolf Larsson SGI 1995	2,8
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Rolf Larsson SGI 1995	2,4
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Rolf Larsson SGI 1995	2,7

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	Eed (kg/cm²)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Mitchell & Gardner (1975)	126,7
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Mitchell & Gardner (1975)	165,3
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Mitchell & Gardner (1975)	142,7
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Mitchell & Gardner (1975)	164,7

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,502	0,1	0,1	Cancelli 1980	1895,2
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,965	0,7	0,7	Cancelli 1980	2453,9
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,208	1,7	1,7	Cancelli 1980	2075,7
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,763	2,6	2,6	Cancelli 1980	2373,2

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	308,1
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Imai & Tomauchi	362,5
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Imai & Tomauchi	331,5
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Imai & Tomauchi	361,8

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	9
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	P.W.Mayne 1991	9
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	P.W.Mayne 1991	9
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	P.W.Mayne 1991	9

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Crm
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	0,10536	0,0137
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	0,09973	0,01296
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	0,10262	0,01334
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	0,09979	0,01297

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Meyerhof	2,2
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Meyerhof	2,3
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Meyerhof	2,2
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Meyerhof	2,2

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Jamiolkowski et al 1985	290,57

Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Jamiolkowski et al 1985	306,36
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Jamiolkowski et al 1985	297,56
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Jamiolkowski et al 1985	306,16

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	75,8
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	59,9
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	42,1
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	40,4

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Durgunouglu-Mitchell 1973	23,49
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Durgunouglu-Mitchell 1973	24,33
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Durgunouglu-Mitchell 1973	23,31
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Durgunouglu-Mitchell 1973	24,2

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (kg/cm²)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	ISOPT-1 1988 Ey(50)	202,7
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	ISOPT-1 1988 Ey(50)	530,6
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	ISOPT-1 1988 Ey(50)	671,9
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	ISOPT-1 1988 Ey(50)	819,1

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (kg/cm²)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Mitchell & Gardner 1975	86,1
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Mitchell & Gardner 1975	112,4
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Mitchell & Gardner 1975	97,1
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Mitchell & Gardner 1975	112,0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm²)	fs (kg/cm²)	Tensione litostatica (kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm²)	Correlazione	G (kg/cm²)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	308,1
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Imai & Tomauchi	362,5

Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Imai & Tomauchi	331,5
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Imai & Tomauchi	361,8

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Kulhawy & Mayne (1990)	0,60
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Kulhawy & Mayne (1990)	0,29
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,25

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	C	Crm
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	0,10536	0,0137
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	0,09973	0,01296
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	0,10262	0,01334
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	0,09979	0,01297

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Meyerhof	1,8
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Meyerhof	1,8
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Meyerhof	2,1
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Meyerhof	2,1
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Meyerhof	2,1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Jamiolkowski et al 1985	351,26
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Jamiolkowski et al 1985	373,92
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Jamiolkowski et al 1985	361,27
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Jamiolkowski et al 1985	373,63

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	4,84E-11
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Piacentini-Righi 1988	3,07E-09

Coefficiente di consolidazione

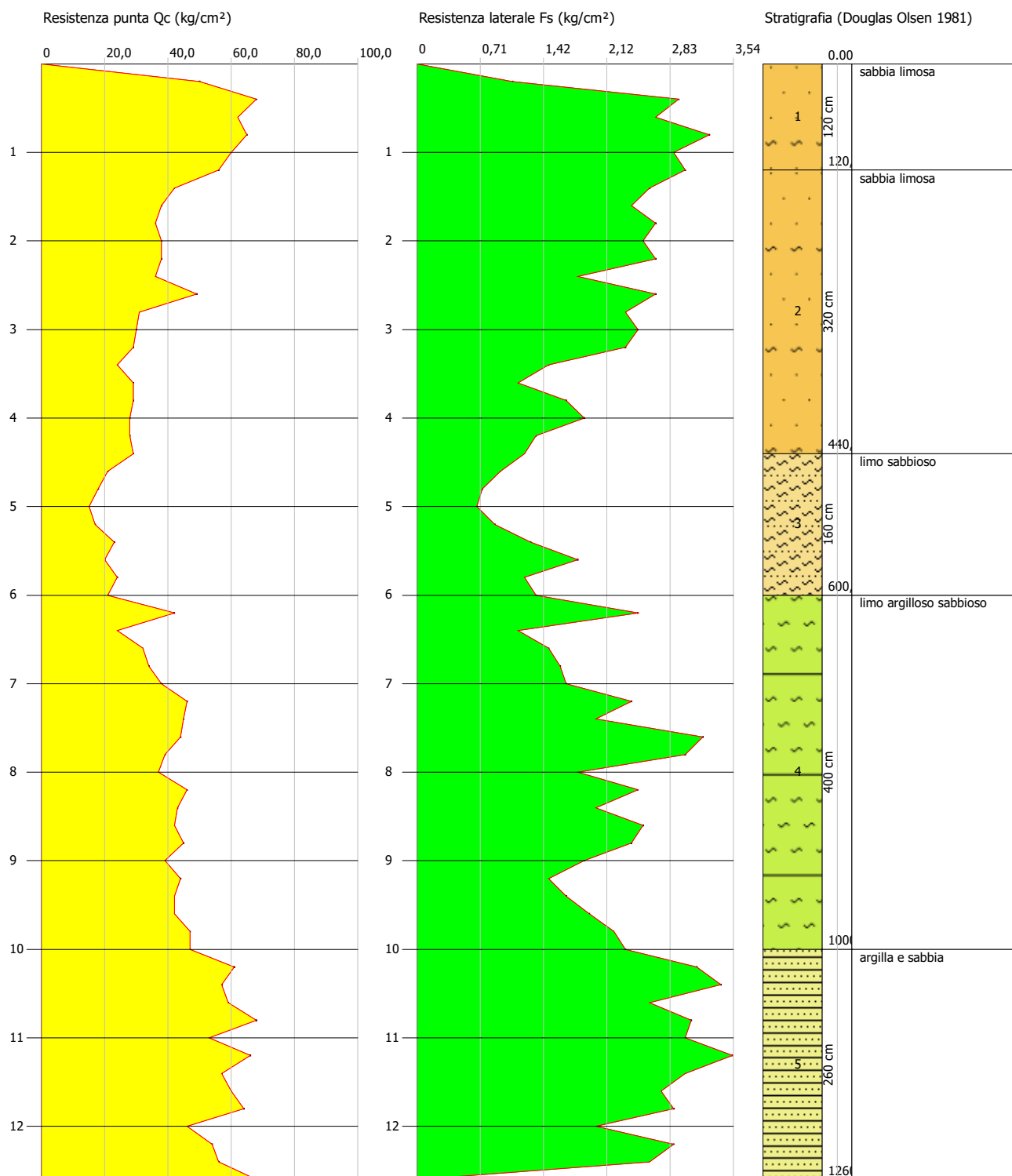
	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato (1) terreno vegetale	1,20	50,667	2,50	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	7,356628E-06
Strato (2) sabbia limosa	5,00	66,105	4,97	0,7	0,7	Piacentini-Righi 1988	1,983158E-06
Strato (3) limo argillososabbioso	11,20	57,097	3,21	1,7	1,7	Piacentini-Righi 1988	1,712903E-06
Strato (4) argilla e sabbia	13,00	65,889	2,76	2,6	2,6	Piacentini-Righi 1988	0,0006072324

Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Amm.ne Comunale
 Cantiere: Contrada Fontevecchia
 Località: Monteprandone

Data: 21/07/2024

Scala 1:67 - Qc: 1 cm=18,75 kg/cm² - Fs: 1 cm=0,66 kg/cm²



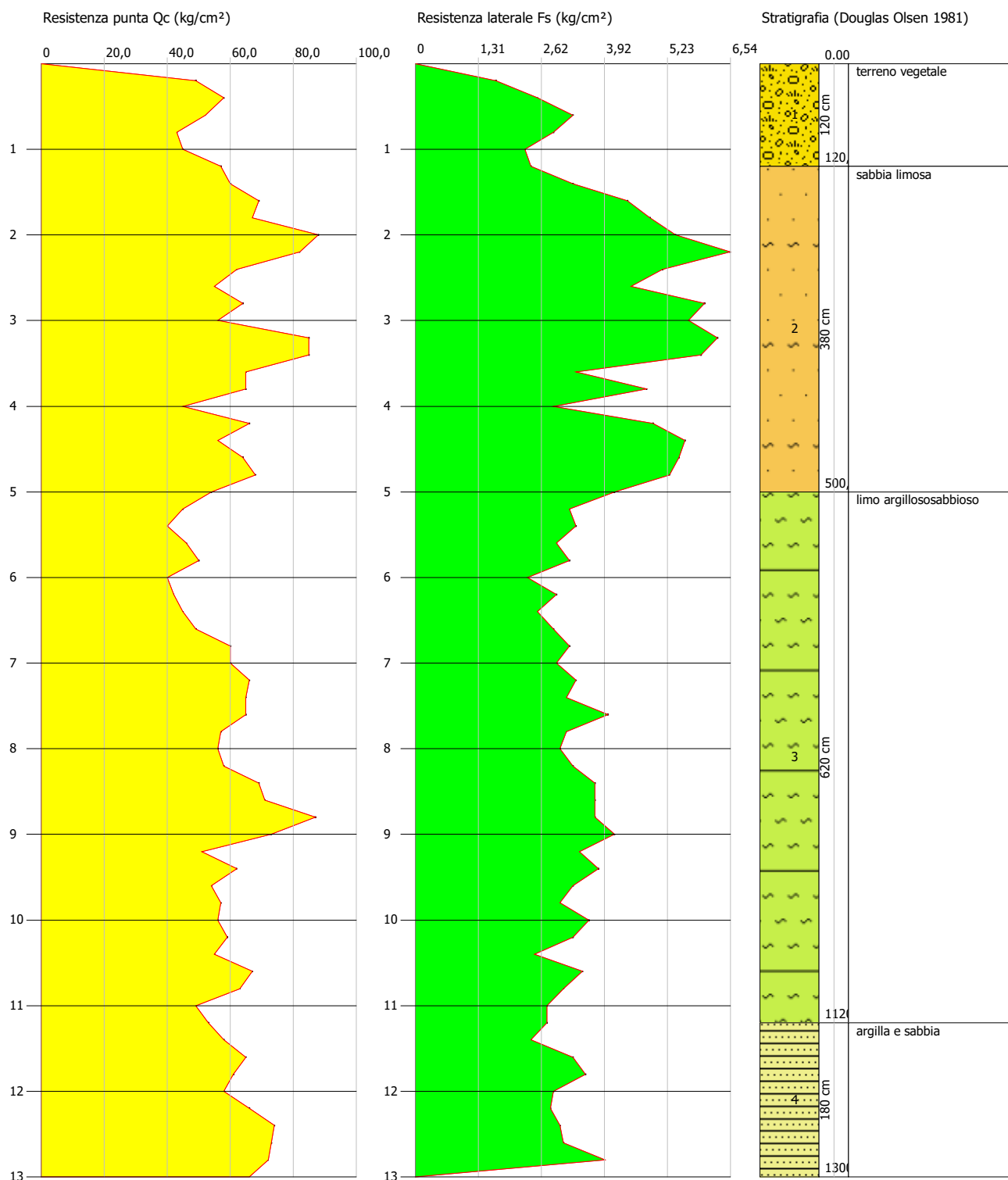


Probe CPT - Cone Penetration Nr.3
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Amm.ne Comunale
Cantiere: Contrada Fontevecchia
Località: Monteprandone

Data: 21/07/2024

Scala 1:69 - Qc: 1 cm=18,75 kg/cm² - Fs: 1 cm=0,66 kg/cm²





Geoab s.n.c.

*Sede legale: Corso di Sotto, 62 snc, località Ascoli Piceno
63100 Ascoli Piceno
P.Iva: 02312060441
REA: AP 204445*

mail: geoabsnc@gmail.com

RELAZIONE CON RISULTATI FINALI DELLE INDAGINI GEOFISICHE

**OGGETTO: INDAGINI GEOFISICHE NECESSARIE PER LA REALIZZAZIONE DI
UNA SCUOLA MATERNA.**



LOCALITÀ: COMUNE DI MONTEPRANDONE (AP)

COMMITTENTE: COMUNE DI MONTEPRANDONE (AP)

Geoab S.n.c

Geol. Gianluigi Bartolini
Compilazione

GEOAB SNC
CORSO DI SOTTO 62
63100 ASCOLI PICENO
P. IVA 02312060441

LUOGO E DATA: Ascoli Piceno,

NUMERO PAGINE: 33

OPERA DELL'INGEGNO - RIPRODUZIONE VIETATA OGNI DIRITTO RISERVATO - ART. 99 L. 633/41 NON RIPRODUCIBILE IN GIUDIZIO

PREMESSA

A seguito della richiesta del **Comune di Monteprandone (AP)**, è stata eseguita una indagine geofisica di Sismica MASW, Rifrazione e una misura microtremore ambientale HVSR, finalizzata alla caratterizzazione sismica del sottosuolo per individuare i vari orizzonti stratigrafici.

La **GEOAB snc** è iscritta all'anagrafe antimafia esecutori con il numero **AE_009049_2017**.

Tale indagine è stata eseguita nel Comune di Monteprandone (AP) in C.da Fontevicchia, per progetto di **“REALIZZAZIONE SCUOLA MATERNA”**.

Si riporta, di seguito, l'ubicazione del sito (Foto 1) e della campagna di indagini geofisiche effettuate, le coordinate sono state posizionate nella parte centrale dell'area studiata:



Foto 1: ubicazione sito oggetto di studio



Foto 2 – Ubicazione indagini geofisiche



Foto 3 – Ubicazione ed esecuzione linea sismica MASW



Foto 4 – Ubicazione ed esecuzione linea sismica a Rifrazione



Foto 5 – Ubicazione ed esecuzione misura HVSR

PRINCIPI FONDAMENTALI SISMICA A RIFRAZIONE

La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

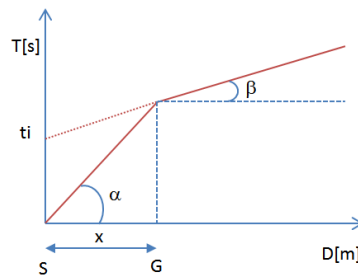
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

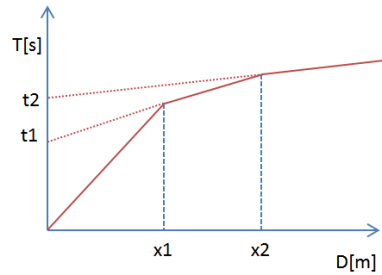
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati punti di ginocchio e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

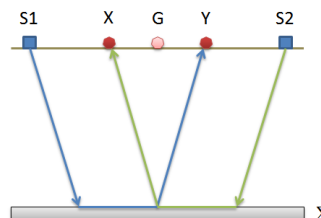


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)} V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1 V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1 V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare la funzione velocità secondo l'equazione:

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$

dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S_1 ad X e dalla sorgente S_2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S_1 ed S_2 , esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y , non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_v viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l' XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della funzione tempo-profondità è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.

Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h .

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

STRUMENTAZIONE

L'acquisizione di campagna è condotta mediante sistema DoReMi a 24 bit, con geofoni verticali a 4,5 Hz mentre per l'elaborazione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software EasyRefract.

Il sismografo DoReMi distribuisce lungo il cavo di stendimento l'elettronica necessaria alla registrazione del segnale sismico.

I collegamenti elettrici sono stati realizzati con cavo sismico che incorpora e distribuisce nello stesso un sismografo modulare canale per canale e geofoni aventi una frequenza di 4,5 Hz, ancorati verticalmente al terreno.

La base sismica è costituita da 24 geofoni disposti nel seguente schema:

- **Per la sismica a rifrazione (geofoni 10 Hz) e per la MASW (geofoni 4.5 Hz):** distanza intergeofonica di 2,00 metri per cui risultano lunghe 58 metri.
- **Nello stesso stendimento sono stati cambiando i geofoni come precedentemente specificato.**

RISULTATI INDAGINE**Dati generali**Committente **Comune di Monteprandone (AP)**

Zona Comune Manteprandone (AP)

Via C.da Fontevvecchia

Geometria geofoni : Distanza intergeofonica 2 mt; tutte le distanze sono riferite alla battuta n. 1

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	6.0	1.0
2	8.0	1.4
3	10.0	1.8
4	12.0	2.3
5	14.0	2.7
6	16.0	3.1
7	18.0	3.2
8	20.0	3.3
9	22.0	3.4
10	24.0	3.5
11	26.0	3.6
12	28.0	3.7
13	30.0	3.8
14	32.0	3.9
15	34.0	4.0
16	36.0	4.1
17	38.0	4.2
18	40.0	4.3
19	42.0	4.4
20	44.0	4.5
21	46.0	4.6
22	48.0	5.2
23	50.0	5.7
24	52.0	6.1

- Dati battute

Battuta 1		Battuta 2	
Posizione sorgente X	0 [m]	Posizione sorgente X	4 [m]
Posizione sorgente Z	0 [m]	Posizione sorgente Z	0.8 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
6.0	16.0369
8.0	20.6189
10.0	25.2009
12.0	26.7282
14.0	28.2556
16.0	29.0192
18.0	29.7829
20.0	30.5466
22.0	32.0739
24.0	34.3649
26.0	35.1285
28.0	36.6559
30.0	38.1832
32.0	40.4742
34.0	41.2379
36.0	42.0015
38.0	43.5289
40.0	44.2925
42.0	44.2925
44.0	45.0562
46.0	45.8198
48.0	45.8198
50.0	48.1108
52.0	49.6382

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
6.0	9.1640
8.0	13.7460
10.0	16.8006
12.0	22.1463
14.0	24.4373
16.0	25.9646
18.0	28.2556
20.0	29.0192
22.0	30.5466
24.0	32.0739
26.0	32.8376
28.0	34.3649
30.0	35.1285
32.0	37.4195
34.0	38.9469
36.0	39.7105
38.0	41.2379
40.0	42.0015
42.0	42.0015
44.0	42.0015
46.0	42.7652
48.0	43.5289
50.0	45.0562
52.0	48.1108

Battuta 3

Posizione sorgente X 29 [m]

Posizione sorgente Z 3.7 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
6.0	32.8376
8.0	32.0739
10.0	29.7829
12.0	29.0192
14.0	28.2556
16.0	27.4919
18.0	26.7282
20.0	25.2009
22.0	22.1463
24.0	19.0916
26.0	13.7460

Battuta 4

Posizione sorgente X 54 [m]

Posizione sorgente Z 6.3 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
6.0	48.8745
8.0	47.3472
10.0	47.3472
12.0	45.8198
14.0	45.8198
16.0	44.2925
18.0	42.7652
20.0	42.7652
22.0	40.4742
24.0	40.4742
26.0	38.9469

28.0	10.6913	28.0	37.4195
30.0	10.6913	30.0	37.4195
32.0	16.0369	32.0	35.8922
34.0	20.6189	34.0	35.8922
36.0	23.6736	36.0	34.3649
38.0	25.9646	38.0	32.8376
40.0	29.0192	40.0	31.3102
42.0	29.7829	42.0	29.7829
44.0	28.2556	44.0	27.4919
46.0	29.0192	46.0	25.2009
48.0	30.5466	48.0	20.6189
50.0	32.0739	50.0	15.2733
52.0	33.6012	52.0	10.6913

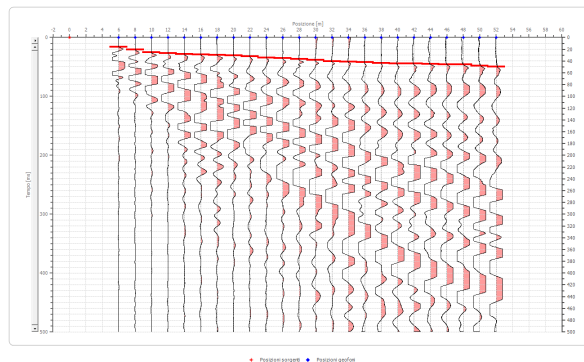
Battuta 5

Posizione sorgente X 58 [m]

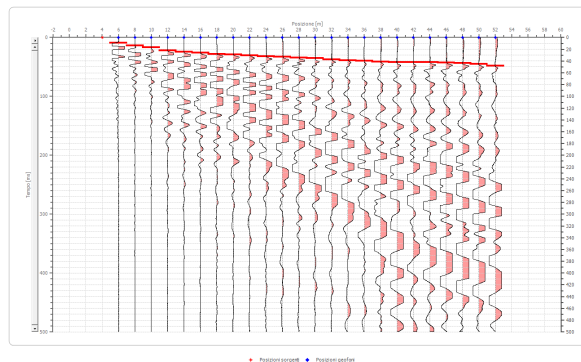
Posizione sorgente Z 6.5 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
6.0	51.1655
8.0	47.3472
10.0	47.3472
12.0	46.5835
14.0	45.0562
16.0	45.0562
18.0	45.0562
20.0	44.2925
22.0	44.2925
24.0	42.7652
26.0	41.2379
28.0	38.9469
30.0	38.1832
32.0	36.6559
34.0	35.1285
36.0	33.6012
38.0	32.8376
40.0	32.0739
42.0	29.7829
44.0	26.7282
46.0	25.2009
48.0	22.9099
50.0	19.8553
52.0	16.0369

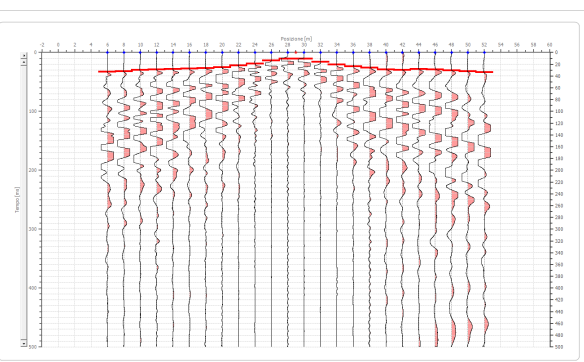
Picking battuta n. 1



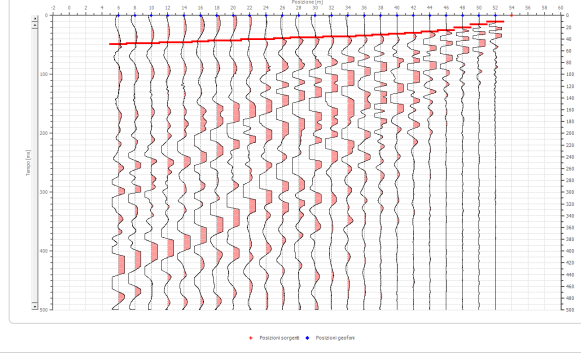
Picking battuta n. 2



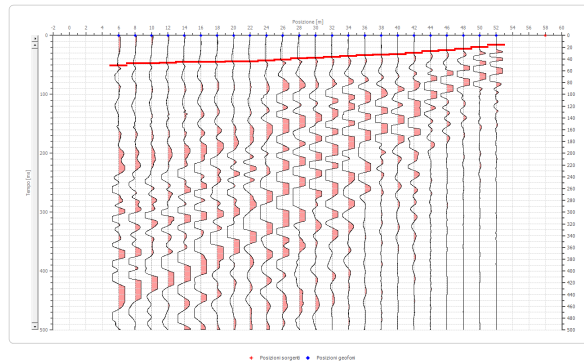
Picking battuta n. 3



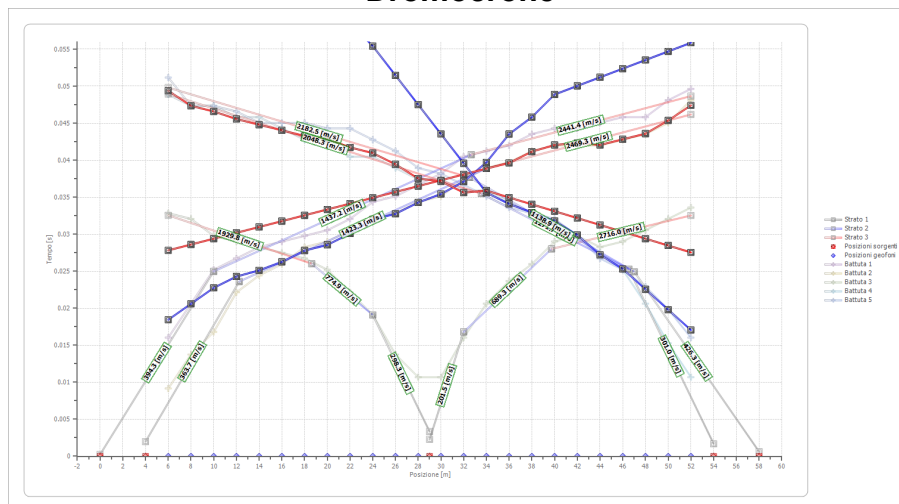
Picking battuta n. 4



Picking battuta n. 5



Dromocrone



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

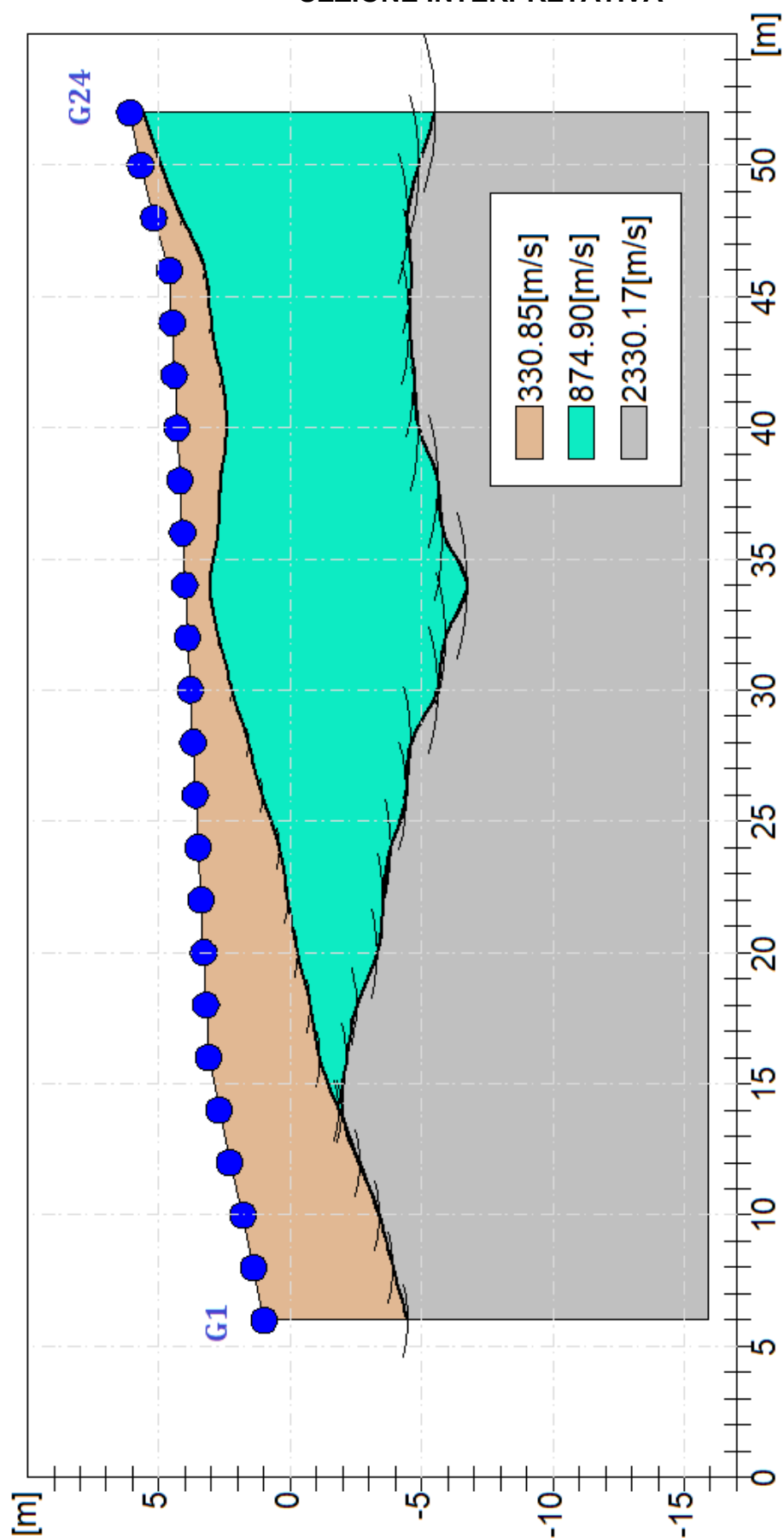
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 6.0 [m]	5.5	5.5	--
G= 8.0 [m]	5.3	5.3	--
G= 10.0 [m]	5.2	5.2	--
G= 12.0 [m]	4.9	4.9	--
G= 14.0 [m]	4.5	4.7	--
G= 16.0 [m]	4.2	5.3	--
G= 18.0 [m]	4.0	5.7	--
G= 20.0 [m]	3.6	6.6	--
G= 22.0 [m]	3.3	7.0	--
G= 24.0 [m]	3.1	7.3	--
G= 26.0 [m]	2.5	8.0	--
G= 28.0 [m]	2.1	8.3	--
G= 30.0 [m]	1.6	9.4	--
G= 32.0 [m]	1.2	9.8	--
G= 34.0 [m]	0.9	10.7	--
G= 36.0 [m]	1.4	9.9	--
G= 38.0 [m]	1.6	9.8	--
G= 40.0 [m]	1.9	9.2	--
G= 42.0 [m]	1.8	9.1	--
G= 44.0 [m]	1.5	9.1	--
G= 46.0 [m]	1.4	9.2	--
G= 48.0 [m]	1.1	9.7	--
G= 50.0 [m]	0.8	10.6	--
G= 52.0 [m]	0.5	11.6	--
Velocità [m/sec]	330.9	874.9	2330.2

Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Vp [m/s]	330.85	874.90	2330.17
Vs [m/s]	158.94	420.29	1119.38
G0 [MPa]	45.47	317.96	2255.41
Ed [Mpa]	197.04	1377.82	9773.44
M0 [MPa]	151.57	1059.86	7518.03
Ey [Mpa]	122.77	858.49	6089.60

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young

SEZIONE INTERPRETATIVA



INDAGINE 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 (P,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:

$$v = \lambda \times v$$

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

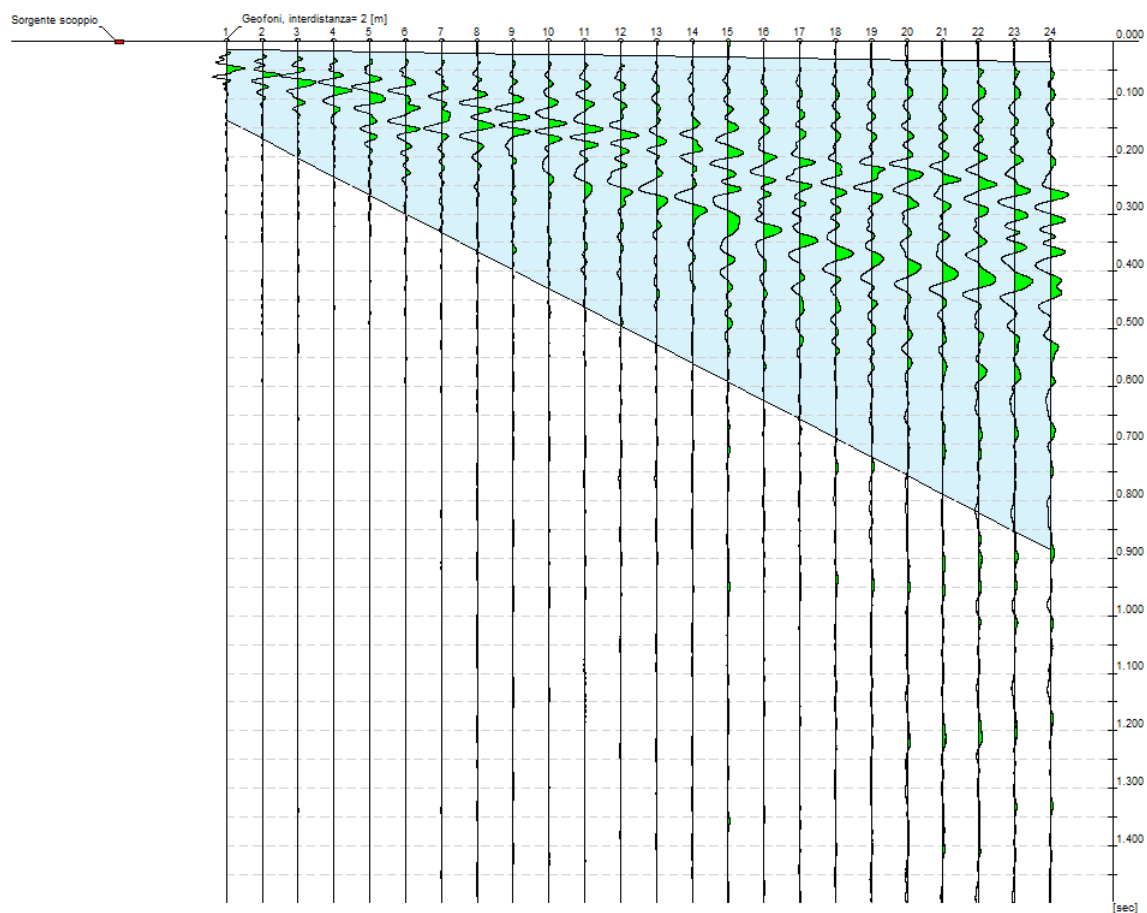
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle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

TRACCE

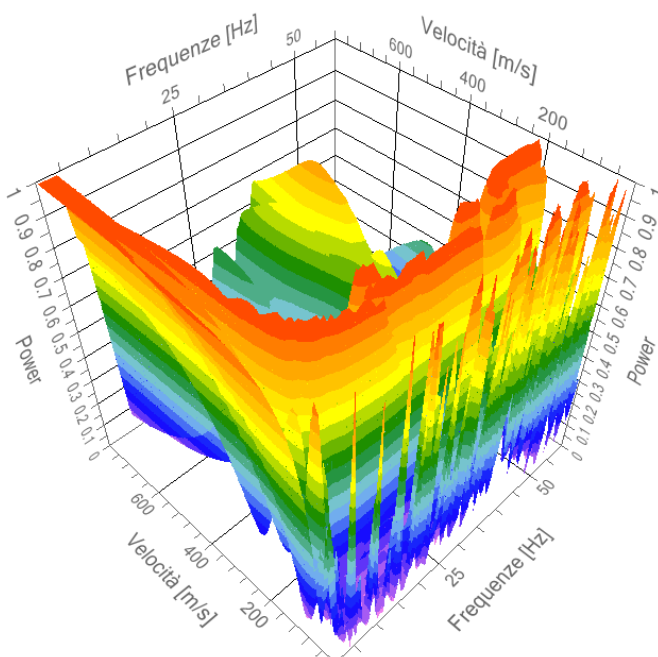
N. Tracce	24
Durata acquisizione (msec)	1500
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.20



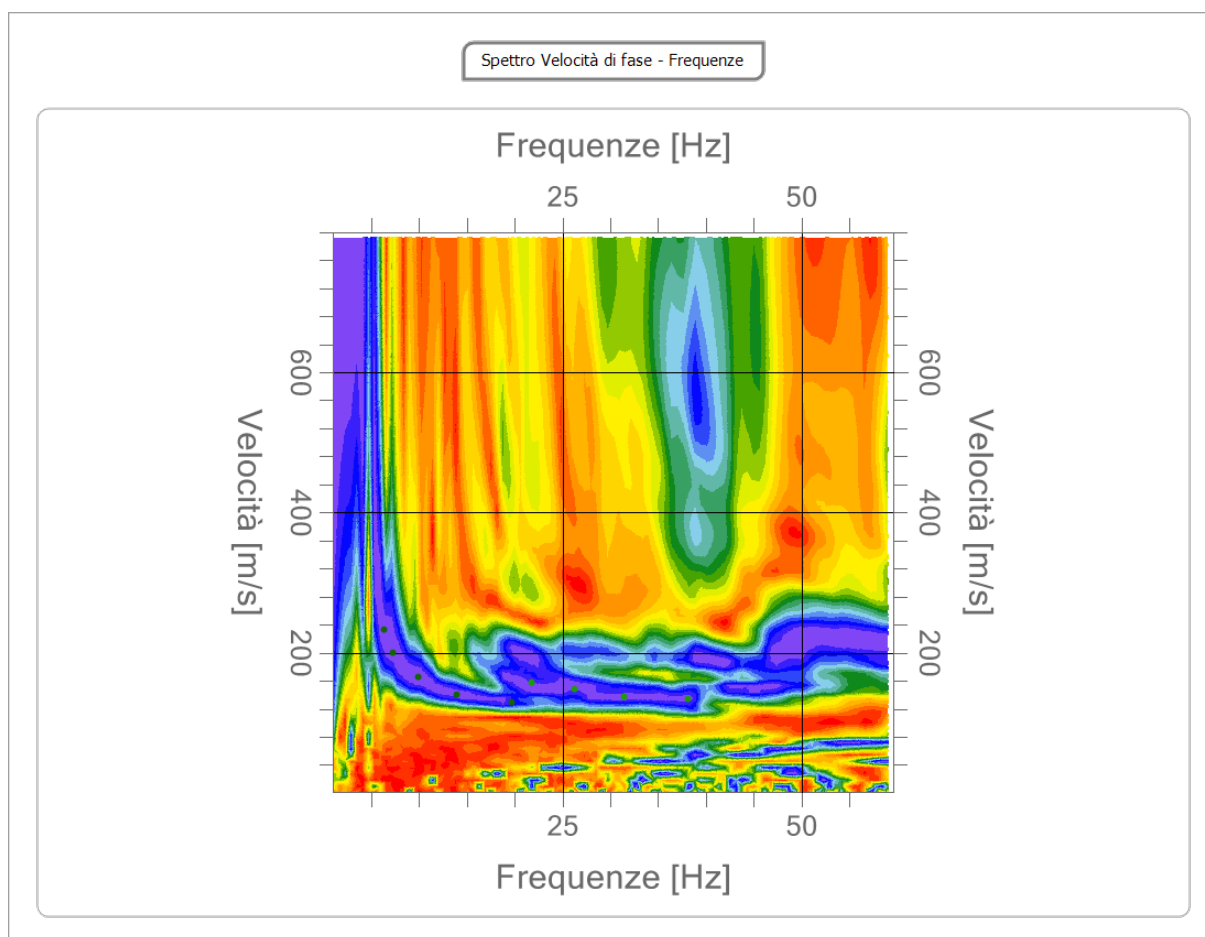
ANALISI SPETTRALE

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

Spettro Velocità di fase - Frequenze

**CURVA DI DISPERSIONE**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.3	234.0	0
2	7.2	199.5	0
3	9.9	165.1	0
4	14.0	140.5	0
5	19.7	129.0	0
6	21.8	158.5	1
7	26.2	148.7	1
8	31.5	137.2	1
9	38.1	133.9	1



INVERSIONE

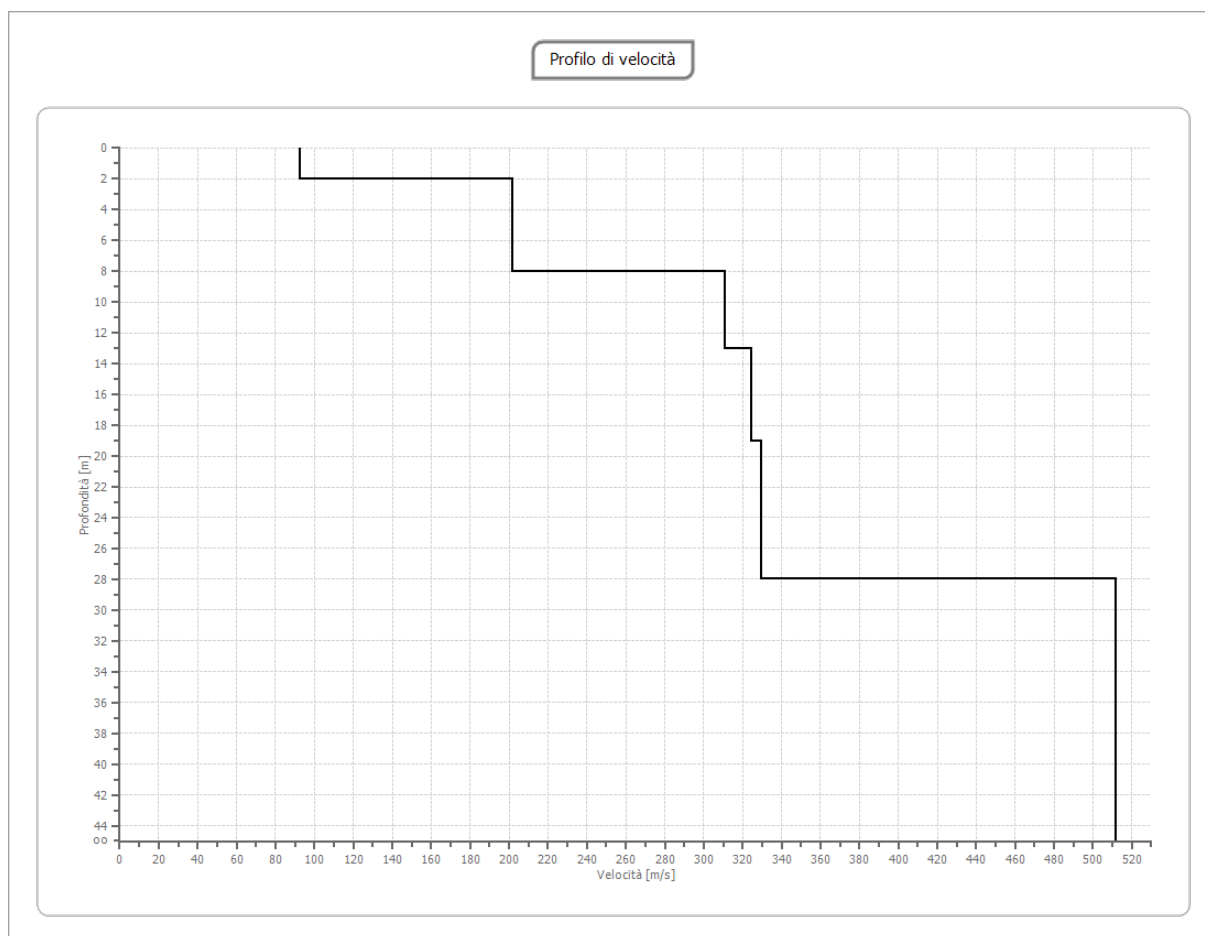
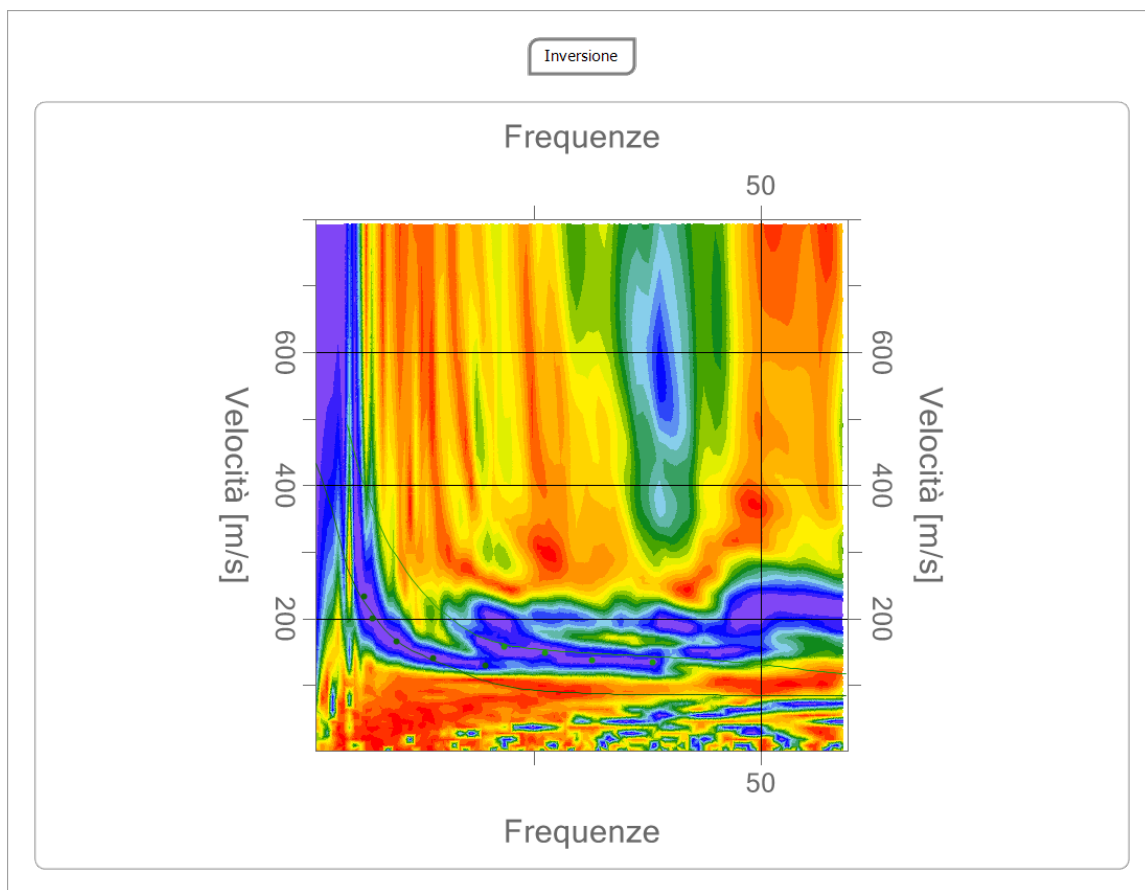
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.00	2.00	151.1	92.5
2	8.00	6.00	328.9	201.4
3	13.00	5.00	507.2	310.6
4	19.00	6.00	530.1	324.6
5	28.00	9.00	538.1	329.5
6	oo	oo	835.0	511.3

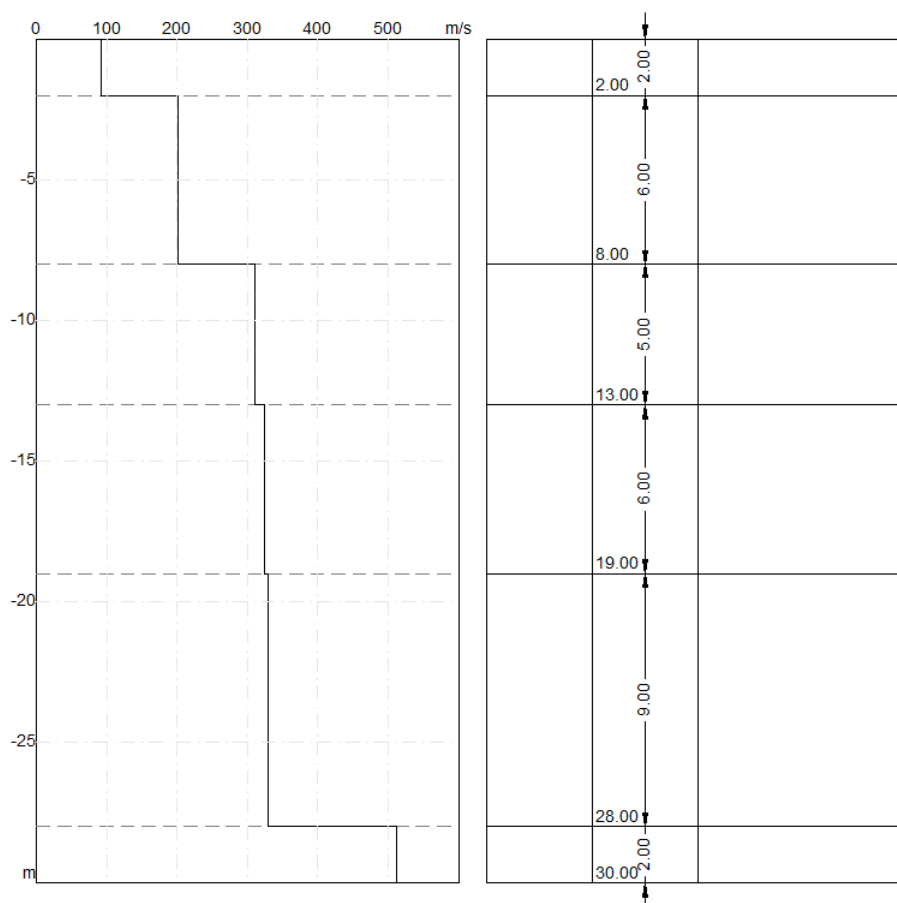
Percentuale di errore

0.367 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.072





Utilizzando le Vs derivata dalla sismica a rifrazione si ottiene un valore di Vseq:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vseq [m/sec]	255.95
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,eq compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

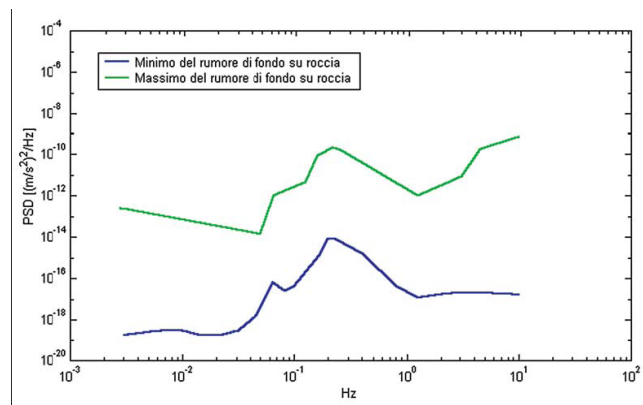
MISURA MICROTREMORE – TECNICA H.V.S.R.

INTRODUZIONE

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

Anche l'attività industriale o il traffico veicolare possono generare tremore sismico, soprattutto in alta frequenza (alcuni Hz), che si attenua rapidamente allontanandosi dalla sorgente. In aree prive di sorgenti locali di tremore, in assenza di vento o su basamenti rocciosi tabulari, lo spettro del tremore assume la forma mostrata in Figura:



dove le curve blu e verdi indicano rispettivamente le ampiezze 'massima' e 'minima' assunte come standard per il rumore sismico di fondo dal Servizio Geologico degli Stati Uniti (USGS).

Lo spettro del rumore sismico diminuisce in corrispondenza delle alte frequenze e mostra due massimi a 0.14 e 0.07 Hz.

Questi massimi sono probabilmente legati al moto ondoso degli oceani i cui effetti si propagano a distanze anche dell'ordine delle migliaia di km dalla costa a causa delle particolari modalità di propagazione delle onde superficiali.

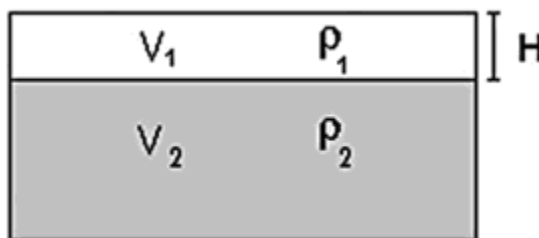
I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Durante un terremoto, se la frequenza di risonanza del sottosuolo coincide con quella degli edifici presenti, può avere luogo un fenomeno di accoppiamento fra le due modalità di vibrazione. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.

L'amplificazione sismica è la prima causa dei danni indotti dal terremoto, anche più importante della dimensione del terremoto stesso.

BASI TEORICHE DEL METODO H/V

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema di Figura in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(f_r) = V_{s1}/4H \quad (f_r) = V_{p1}/4H \quad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.

In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai e Tokimatsu (2004).

STRUMENTAZIONE

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata minima di 10 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Lo strumento (SR04S3 - SARA electronic instruments) è un Sismografo triassiale con geofoni da 4.5 Hz dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, con banda utile di lettura 0.2 – 100 Hz , alimentato da 1 batteria 12V esterna, fornito di GPS interno, collegato ad un Notebook ACER – DualCore 1.6 GHz.

I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz tramite il software SEISMOLOG-MT della SARA electronic instruments.

I segnali così acquisiti, relativi alle componenti Verticale (Z), Est-Ovest (E) e Nord-Sud (N), sono stati successivamente analizzati col software Geopsy (Wathelet - SESAME European research project – 2004) e quindi con la routine Dinver per derivare la curva d'inversione delle velocità Vs.

ACQUISIZIONE DATI

Per l'acquisizione il Geobox SR04SR viene posizionato sul terreno cercando di ottimizzare al meglio l'accoppiamento terreno strumento, più importante del livellamento.

Nel posizionamento è preferibile posizionare lo strumento con l'asse maggiore in direzione del Nord nelle misure su terreno, mentre per le misure su edifici viene posizionato lungo l'asse principale dell'edificio.

Una volta posizionato lo strumento, come precedentemente detto, si parte con l'acquisizione che ha una durata di circa 20/30 minuti.

SURVEY INFORMATION

Date: 2024/01/22

Client: -

PLACE INFORMATION

Place ID: Comune di Monteprandone (AP)

Address: Contrada Fontevecchia

Latitude: 42.921278°

Longitude: 13.847214°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 151 m

Weather: Sereno

Notes: -

STATION INFORMATION

Station code: -

Model: -

Sensor: -

Notes: -

SARA electronic instruments srl - GEOEXPLORER HVSR 2.6.2

www.sara.pg.it

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

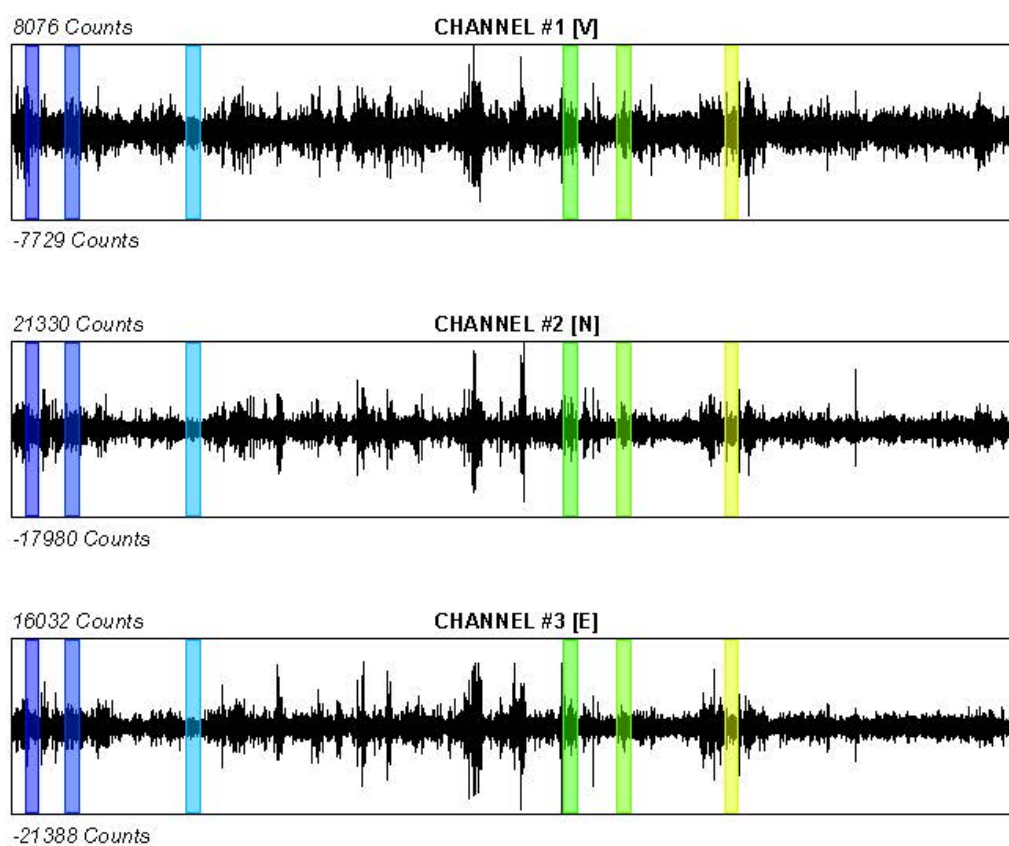
Recording start time: 2024/07/16 10:12:06

Recording length: 20 min

Windows count: 6

Average windows length: 16

Signal coverage: 8%



SARA electronic instruments srl - GEOEXPLORER HVSR 2.6.2

www.sara.pg.it

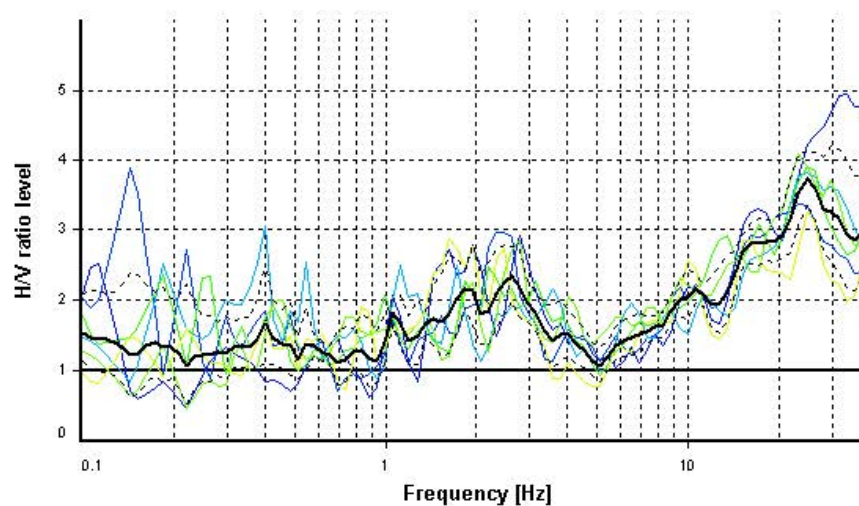
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

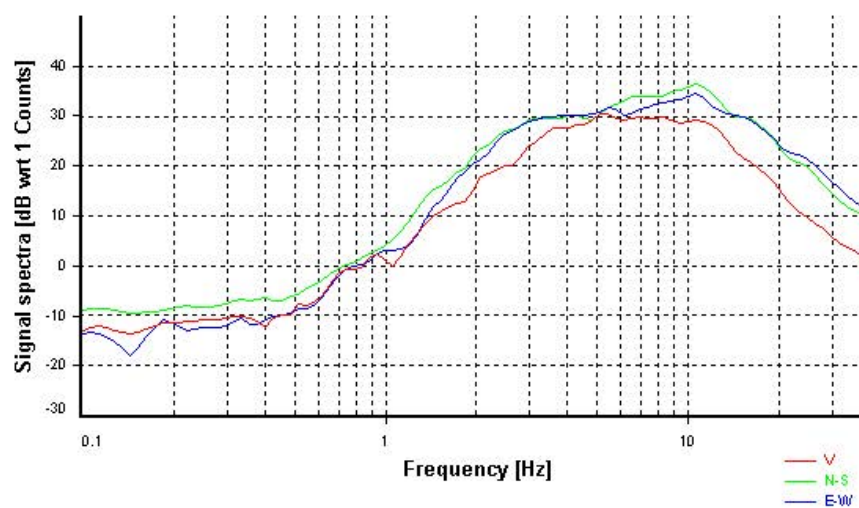
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

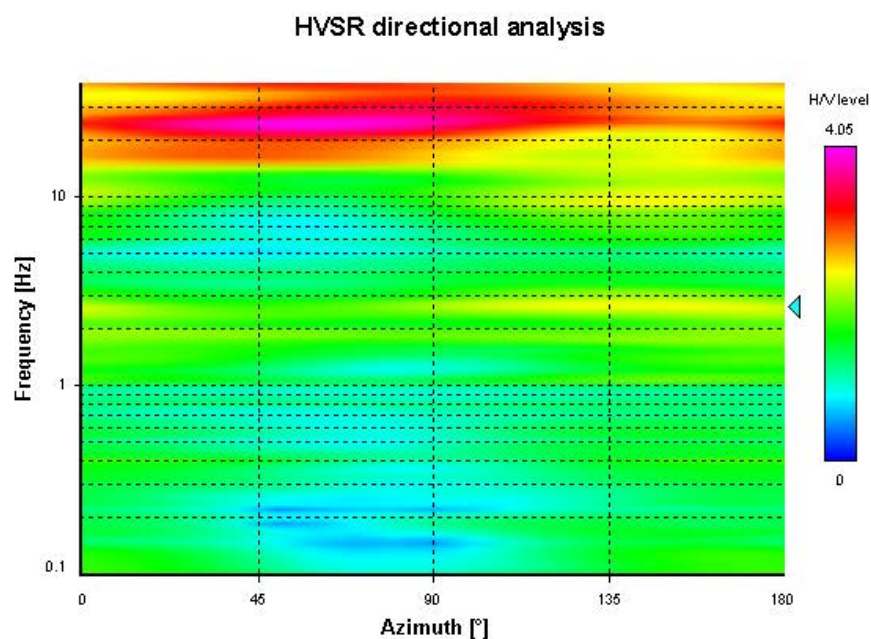
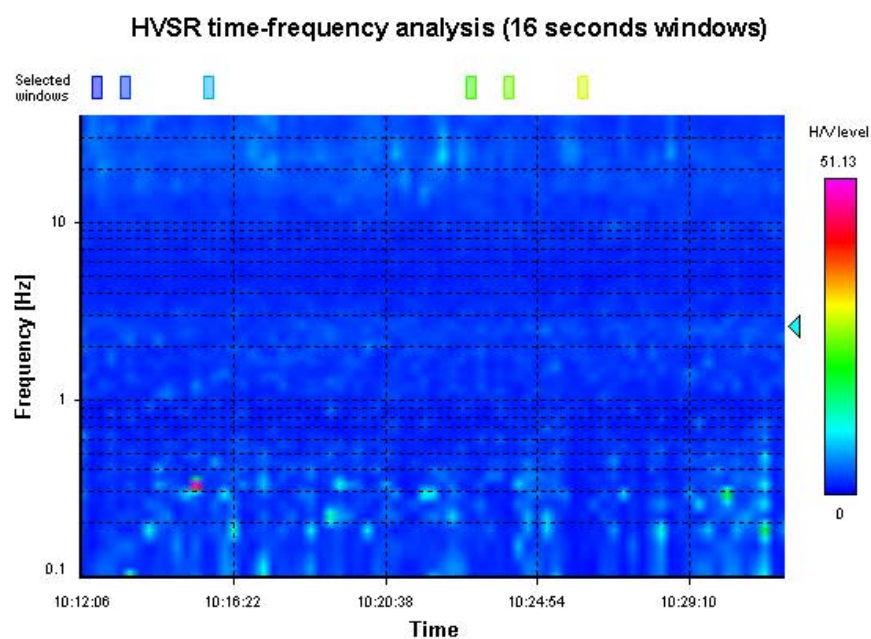
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average





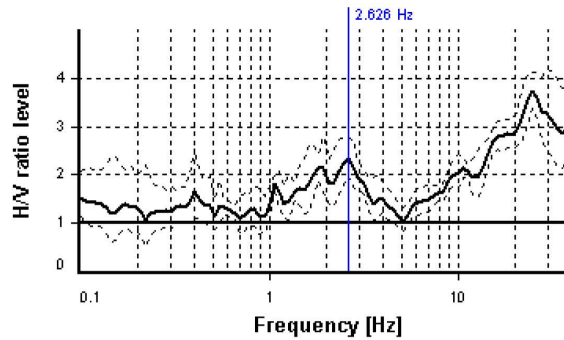
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.626 Hz

A_0 amplitude = 2.333

Average f_0 = 2.623 ± 0.565



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	6 valid windows (length > 3.81 s) out of 6	OK
$n_c(f_0) > 200$	252.1 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.93861 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	4.80994 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.33 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	5.87% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.56547 >= 0.1313	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.18471 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

COMMENTO

Esaminando i valori relativi al V_{seq} , così come prescritto dalla normativa (modifiche del D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018), nella prova MASW abbiamo il seguente valore:

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
V_{seq} [m/sec]	255.95
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

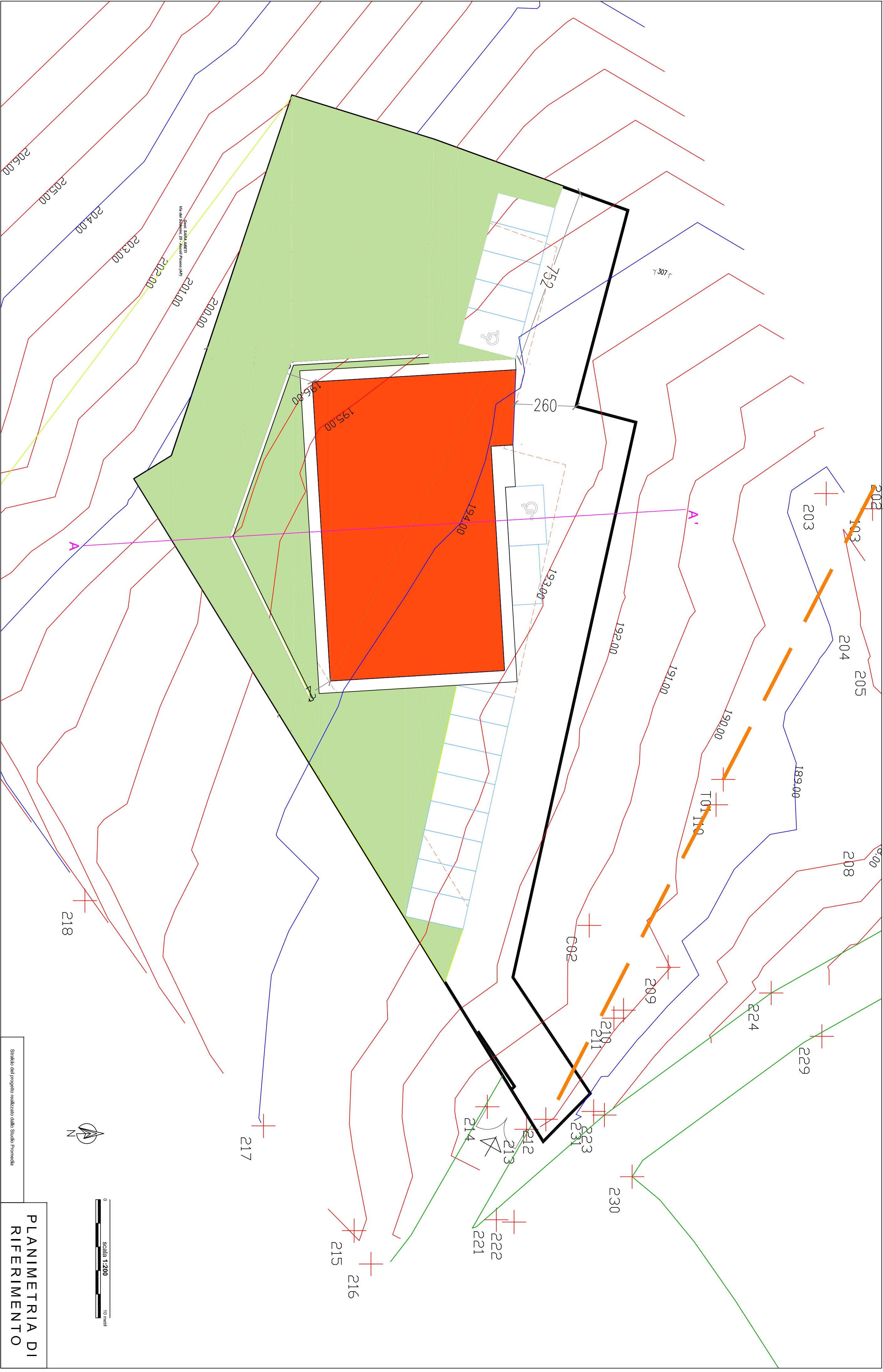
Il valore risultante dalla misura H.V.S.R., per lo studio della frequenza fondamentale di risonanza ha dato i seguenti risultati:

HVSR : Picco a $f=2.62$ Hz ($T=0.38$ s) $A_0=2.33$

La determinazione definitiva della categoria di suolo spetterà comunque al geologo incaricato sulla base delle sue esclusive conoscenze geologiche e stratigrafiche del sito in esame ed in base alla completa campagna di indagini di cui dispone.

Geoab S.n.c
Geol. Gianluigi Bartolini
Compilazione

GEOAB SNC
CORSO DI SOTTO 62
63100 ASCOLI PICENO
P. IVA 02312060441



Geol. SARA ABETI
Via del Soderini, 25 - Ascoli Piceno (AP)

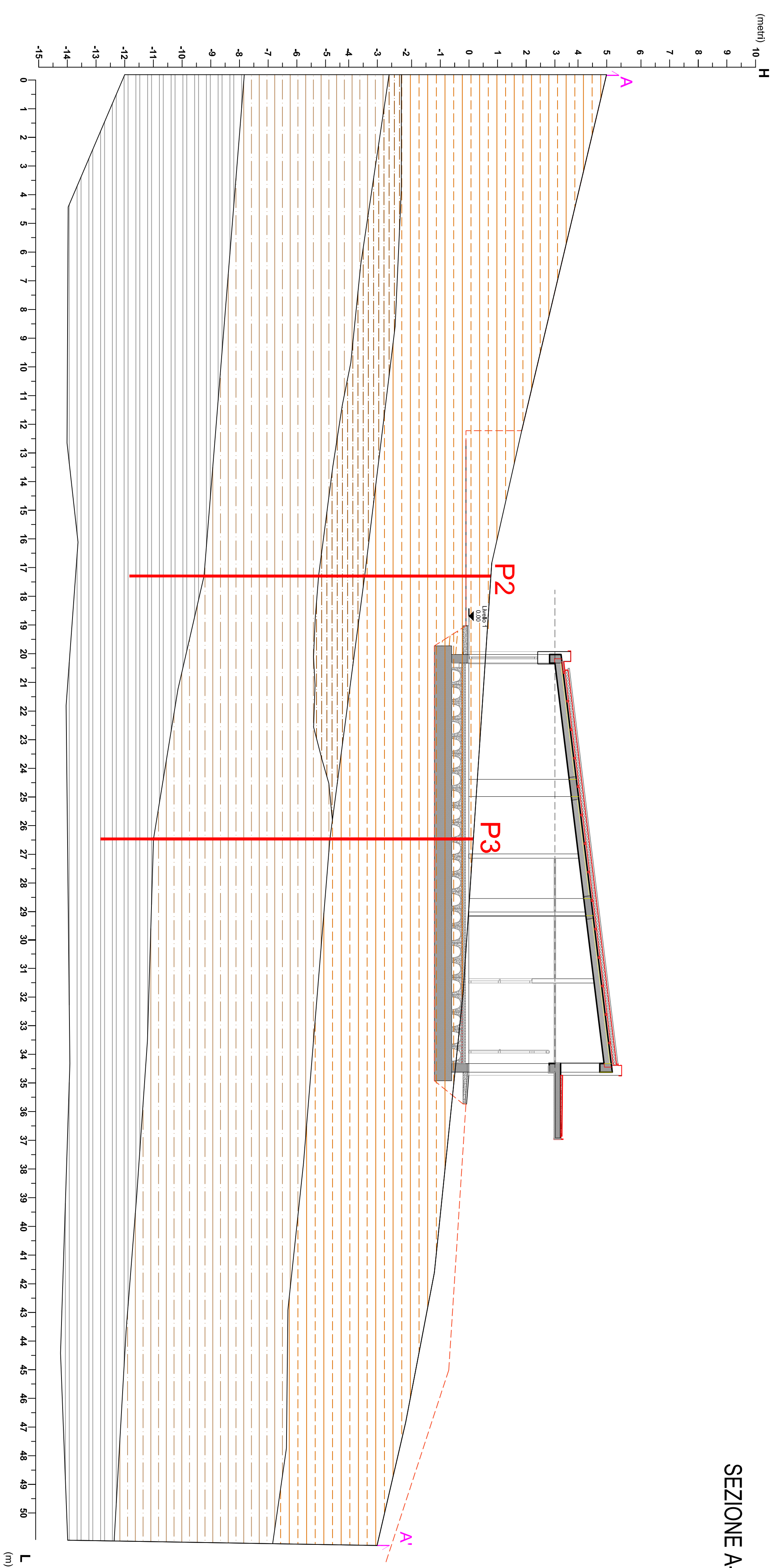
Realizzazione nuovo Asilo Nido di Montepicandone. Committente: Amministrazione Comunale di Montepicandone (AP)

Studio del progetto realizzato dallo Studio Promedia

PLANIMETRIA DI
RIFERIMENTO

ALLEGATO 3

SEZIONE A-A



Sabbia limosa

Limo sabbioso

Limo argilloso sabbioso

Argilla e sabbia

P_n

Indagine Penetrometrica

A

Limiti di sezione

Livello stato di progetto

0

scala 1:100

5 metri

Studio del progetto realizzato dallo Studio Promedia s.r.l.

SEZIONE GEOLOGICA A-A'

Geol. SARA ABETI
Via del Soderini, 25 - Ascoli Piceno (AP)

Realizzazione nuovo Asilo Nido di Monteprandone. Committente: Amministrazione Comunale di Monteprandone (AP)

ALLEGATO 4

Geol. Sara Abeti

Via dei Soderini, 25 - 63100 Ascoli Piceno(AP)
P.IVA: 02087210445- e-mail: sara.abeti@gmail.com;
sara.abeti@pec.it; mob. 3467872390

INVARIANZA IDRAULICA

OGGETTO: REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO



LOCALITÀ: **Comune di Montepandone (AP)**
COMMITTENTE: **Comune di Montepandone**

Geol. Sara Abeti



LUOGO E DATA: **Ascoli Piceno, 16/09/2024**
NUMERO PAGINE: **10 Relazione**

OPERA DELL'INGEGNO - RIPRODUZIONE VIETATA OGNI DIRITTO RISERVATO - ART. 99 L. 633/41 NON RIPRODUCIBILE IN GIUDIZIO

INDICE

RELAZIONE

1 - RIFERIMENTI NORMATIVI.....	<i>pag. 3</i>
2 - PREMESSA.....	<i>pag. 4</i>
3 - VERIFICA INVARIANZA IDRAULICA	<i>pag. 5</i>

ALLEGATI

n. 1 ASSEVERAZIONE INVARIANZA IDRAULICA.....	<i>pag. 11</i>
---	----------------

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Legge Regionale 10 aprile 2007, n. 4 - *“Disciplina del Consiglio delle autonomie locali”*.
- Legge Regionale 8 ottobre 2009, n.22 - *“Interventi della regione per il riavvio delle attività edilizie al fine di fronteggiare la crisi economica, difendere l'occupazione, migliorare la sicurezza degli edifici e promuovere tecniche di edilizia sostenibile”*.
- Legge Regionale 23 Novembre 2011 N.22 - *“Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico e modifiche alle leggi regionali 5 agosto 1992, n.34 – Norme in materia urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio”*.
- D.G.R. n. 53 del 27 Gennaio 2014 - *“Criteri, modalità ed indicazioni tecnico – operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali”*.

2. PREMESSA

Su incarico del comune di Monteprandone è stato eseguito lo studio di “Invarianza idraulica” sul terreno di sedime interessato da un progetto di **“Realizzazione nuovo asilo nido”** sito in via Barattelle, nel Comune di Monteprandone (AP).

Tutte le planimetrie sono allegate alla Relazione Geologica di cui tale studio è in allegato.



Fig.1: ubicazione area oggetto di intervento

Le coordinate geografiche sono:

Latitudine: 42.921278°

Longitudine: 13.847214°

3. VERIFICA INVARIANZA IDRAULICA

L'obiettivo dell'invarianza idraulica richiede una trasformazione di uso del suolo e di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

La Legge Regionale 22/2011, approvata dopo gli eventi alluvionali del marzo 2011, tratta, al capo II, l'assetto idrogeologico del territorio e dispone la previsione di misure compensative rivolte al perseguimento "dell'invarianza idraulica" per "ogni trasformazione del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale" (cfr comma 3 dell'art. 10).

Il comma 4 del medesimo articolo 10 della legge contiene il mandato alla Giunta regionale a stabilire *"criteri per la redazione della verifica di compatibilità idraulica . . . nonché le modalità operative e le indicazioni tecniche relative ai commi 2 (n.d.r. valutazione dell'ammissibilità degli interventi di trasformazione) e 3 (n.d.r. invarianza idraulica)"*.

I "CRITERI" sono stati approvati con Delibera di Giunta n. 53 del 21 gennaio 2014 (pubblicata sul B.U.R Marche n. 19 del 17/2/2014).

Ad ogni trasformazione del suolo che provochi variazione della superficie permeabile debbono essere applicate le misure compensative per l'invarianza idraulica, collegate e rapportate alla consistenza delle variazioni stesse, seguendo le soglie dimensionali di cui alla tabella allegata (Tab.1).

E' da sottolineare che la predisposizione dei volumi di invaso laminazione – raccolta di cui all'art. 13 della suddetta L.R. 22/2011, a compensazione delle impermeabilizzazioni non è finalizzata a trattenere le acque di piena nel lotto, ma a mantenere inalterate le prestazioni complessive del bacino.

Le misure da applicare sono diversificate in funzione della consistenza della trasformazione. Vengono di seguito riportate le soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento.

L' area oggetto del presente studio di invarianza idraulica ha estensione compresa tra 0.1 e 1 ha; pertanto, rientra nella classe di intervento "modesta impermeabilizzazione potenziale"

Classe di intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Tab. 1 – classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulica

L'area d'intervento è situata nel comune di Monteprandone, in via Barattelle e catastalmente identificata al catasto fabbricati del comune di Monteprandone foglio n°8, particelle n. 811 – 812 – 814 - 815 per una superficie fondiaria di intervento pari a 0.1996 ha (1.996,3 mq).

Per quello che riguarda le trasformazioni idrauliche dell'area, allo stato attuale risulta una superficie fondiaria totale coincidente con quella catastale del lotto.

Il nuovo edificio avrà un'area impermeabile di 887.42 mq; inoltre verrà realizzato un parcheggio esterno con betonelle drenanti e quindi con materiale altamente permeabile per una superficie di circa 206 mq.

Per tale scelta si può calcolare il 40% della superficie impermeabilizzata dalla struttura in quanto trattasi di un terreno sabbioso limoso (con buone percentuali di frazione fine che rendono il deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente alto, seppur con la presenza di materiale sabbioso più permeabile) e il 50% dell'area occupata dai parcheggi in quanto rivestita da betonelle che favoriscono il drenaggio idrico, permettendo l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo e garantendo così l'assorbimento.

Da tali considerazioni le superfici post operam diventano 635,52 mq per quello che riguarda la superficie impermeabile di progetto e 1360.78 quella permeabile di progetto.

Di seguito vengono schematizzati i valori considerati ante e post operam:

SITUAZIONE IDRAULICA ESISTENTE			
Sup. Fondiaria totale (Ha)	Sup. Fondiaria interessata idraulicamente mq.	Superficie Impermeabile esistente mq.	Superficie Permeabile esistente mq
0,19	1996,3	0	1996,3

Il progetto di costruzione prevede le seguenti trasformazioni:

SITUAZIONE IDRAULICA DI PROGETTO			
Sup. Fondiaria Totale (Ha)	Sup. Fondiaria interessata idraulicamente mq.	Superficie Impermeabile di progetto mq	Superficie Permeabile restante mq
0,19	1996,3	635,52	1360,78

CALCOLO DELL' INVARIANZA IDRAULICA:

$$W = W^{\circ} \times (\varphi / \varphi^{\circ})^{1/(1-N)} - 15 I - W^{\circ} P = mc$$

$$\varphi = 0.9 IMP + 0.2 PER$$

$$\varphi = 0.9 IMP + 0.2 PER$$

$$V = \text{Sup. fondiaria (ha)} * W = mc \text{ (Volume della vasca)}$$

$$W^{\circ} = 50 mc/ha$$

$$I = \% \text{ area che viene trasformata}$$

$$P = \% \text{ area che rimane invariata}$$

$$I+P = 100 \% \text{ area}$$

$$\varphi^{\circ} = \text{Coefficiente di deflusso prima della trasformazione}$$

$$\varphi = \text{Coefficiente di deflusso dopo la trasformazione}$$

$N = (\text{coefficiente o esponente delle curve di fattibilità climatica stimato (----) \% delle piogge orarie nei } 5'(30\%), 15'(60\%), 30'(75\%)$

$PER^{\circ} \text{ e } IMP^{\circ} = \text{Frazioni di area totale permeabile e impermeabile prima della trasformazione.}$

$PER \text{ e } IMP = \text{Frazioni di area totale permeabile e impermeabile dopo la trasformazione.}$

Tab.2: calcolo di invarianza idraulica



Fig. 1: stralcio planimetria ante e post operam

Alla luce delle valutazioni sopra riportate, al fine di garantire l'invarianza idraulica dell'intervento in progetto in termini di portata scaricata al recapito finale, grazie al calcolo eseguito con il modello messo a disposizione dalla Regione Marche (Tab.2) è stato calcolato un volume minimo di invaso pari a **34.36 mc.**

Ascoli Piceno, settembre 2024

Il Geologo Specialista

Dott. ssa Sara Abeti



Si allega:

- Asseverazione invarianza



REGIONE MARCHE – L.R. 22 DEL 23/11/2011, ART. 10
COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI

DGR N. 53 DEL 27/01/2014

**ASSEVERAZIONE SULLA
COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI**
(Verifica di Compatibilità Idraulica e/o Invarianza Idraulica)

La sottoscritta **GEOL. SARA ABETI**

nata a ASCOLI PICENO il 25/01/1983

residente a ASCOLI PICENO in via DEI SODERINI, 25

in qualità di: X Libero professionista

in possesso di laurea IN SCIENZE GEOLOGICHE

incaricato, nel rispetto delle vigenti disposizioni che disciplinano l'esercizio di attività professionale/amministrativa, da (ente pubblico o altro soggetto) COMUNE DI MONTEPRANDONE

☐ di redigere la Verifica di Compatibilità Idraulica del seguente strumento di pianificazione del territorio, in grado di modificare il regime idraulico:

.....
.....
.....
.....

X di definire le misure compensative rivolte al perseguimento dell'invarianza idraulica, per la seguente trasformazione/intervento che può provocare una variazione di permeabilità superficiale:

Progetto realizzazione nuovo asilo nido

DICHIARA / DICHIARANO

- ☐ di aver redatto la Verifica di Compatibilità Idraulica prevista dalla L.R. n. 22/2011 conformemente ai criteri e alle indicazioni tecniche stabilite dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.
- ☐ che la Verifica di Compatibilità Idraulica ha almeno i contenuti minimi stabiliti dalla Giunta Regionale.
- ☐ di aver ricercato, raccolto e consultato le mappe catastali, le segnalazioni/informazioni relativi a eventi di esondazione/allagamento avvenuti in passato e dati su criticità legate a fenomeni di esondazione/allagamento in strumenti di programmazione o in altri studi conosciuti e disponibili.

che l'area interessata dallo strumento di pianificazione

☒ non ricade / ☐ ricade parzialmente / ☐ ricade integralmente, nelle aree mappate nel Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI - ovvero da analoghi strumenti di pianificazione di settore redatti dalle Autorità di Bacino/Autorità di distretto).

- ☐ di aver sviluppato i seguenti livelli/fasi della Verifica di Compatibilità Idraulica:
- ☐ Preliminare;
 - ☐ Semplificata;
 - ☐ Completa.
- ☐ di avere adeguatamente motivato, a seguito della Verifica Preliminare, l'esclusione dai successivi livelli di analisi della Verifica di Compatibilità Idraulica.
- ☐ di avere adeguatamente motivato l'utilizzo della sola Verifica Semplificata, senza necessità della Verifica Completa.
- ☐ in caso di sviluppo delle analisi con la Verifica Completa, di aver individuato la pericolosità idraulica che contraddistingue l'area interessata dallo strumento di pianificazione secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale.

☒ che lo strumento di pianificazione/trasformazione/intervento ricade nella seguente classe (rif. Tab. 1, Titolo III, dei criteri stabiliti dalla Giunta Regionale) – barrare quella maggiore:

- ☐ trascurabile impermeabilizzazione potenziale;
- ☒ modesta impermeabilizzazione potenziale;
- ☐ significativa impermeabilizzazione potenziale;
- ☐ marcata impermeabilizzazione potenziale.

☒ di aver definito le misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica, conformemente ai criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

☒ che la valutazione delle misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica ha almeno i contenuti minimi stabiliti dalla Giunta Regionale.

☒ che le misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica sono quelle migliori conseguibili in funzione delle condizioni esistenti, ma inferiori a quelli previsti per la classe di appartenenza (rif. Tab. 1, Titolo III), ricorrendo le condizioni di cui al Titolo IV, Paragrafo 4.1.



ASSEVERA / ASSEVERANO

- ☐ la compatibilità tra lo strumento di pianificazione e le pericolosità idrauliche presenti, secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.
- ☐ che per ottenere tale compatibilità sono previsti interventi per la mitigazione della pericolosità e del rischio, dei quali è stata valutata e indicata l'efficacia.

X la compatibilità tra la trasformazione/intervento previsto e il perseguimento dell'invarianza idraulica, attraverso l'individuazione di adeguate misure compensative, secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

ASCOLI PICENO 16/09/2024

Il dichiarante

GEOL. SARA ABETI



