

STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DELLA
“PROPOSTA PER AMPLIAMENTO FABBRICATO ARTIGIANALE ESISTENTE AI
SENSI DELL'ART. 53 DELLA L.R. 24/2017”

PROPRIETA':
TENDER S.R.L. - TE.SI.FLEX. S.R.L.

OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICA

UBICAZIONE:
COMUNE di CATTOLICA - PROVINCIA DI RIMINI

data marzo 2022

rif. 902__22

Dott. Geologo A. Livi FIRMATA DIGITALMENTE

DOTT. GEOLOGO A. LIVI
V. del Giglio 14 Cattolica Rn
tel - 3383875695
antonellolivi@libero.it

Sommario

1.	Introduzione	3
2.	Ubicazione	5
3.	Inquadramento geologico – Unità geologiche:	5
3.1.	Litologie interessate	5
3.2.	Da carta geologica d'Italia foglio 109 Pesaro	5
3.3.	Da Carta geologica della Regione Emilia Romagna	5
3.4.	Terreni di copertura:	5
3.4.1.	AES8 - Subsistema di Ravenna	5
3.4.2.	Litologia del Substrato FAA - Argille Azzurre	6
3.5.	Idrologia e falda sotterranea:	6
4.	Aspetti geodinamici e sismici: categoria del sottosuolo da V_{s30} ; a_{max}	7
4.1.	Ubicazione dell'area	7
4.2.	Risposta sismica locale	7
4.3.	Premessa	7
4.4.	Azione sismica di progetto	7
4.5.	Risposta sismica locale	7
4.6.	Ricerca degli accelerogrammi compatibili	8
4.7.	Parametri sismici considerati	8
4.8.	Informazioni relative ai sismi selezionati	10
4.9.	Valutazione delle spettro di risposta	13
4.10.	Verifica delle P.G.A.	13
4.11.	Verifica dello spettro in funzione delle caratteristiche topografiche	14
4.12.	Calcolo della funzione di trasferimento	15
4.13.	Funzione Di Trasferimento	15
4.14.	Spettri di risposta elastici per ogni accelerogramma considerato	15
4.15.	Spettro medio da RSL confronto con ntc semplificato	17
4.16.	Dati di input e output spettro normalizzato	19
4.17.	Calcolo dell'Accelerazione massima al piano di campagna terzo livello sismico	19
4.18.	Conclusioni RSL	20
4.19.	Considerazione finali:	21
5.	Situazione geologico-tecnica – unità litotecniche:	21
5.1.	Unità litotecniche	21
5.2.	Valori caratteristici	22
5.2.1.	Calcolo Rpk primo strato	23
5.2.2.	Calcolo Rpk secondo strato	23
5.2.3.	Calcolo Rpk terzo strato	24
5.3.	Riassumendo i valore della resistenza di punta caratteristica sono:	24
6.	Parametri geotecnici caratteristici	25
7.	Liquefazione dei terreni saturi	25
7.1.	Premessa	25
7.2.	Problematiche dovute alla liquefazione dei terreni:	26
7.3.	Fattori legati all'evento sismico	26
7.4.	Valutazione del sisma di progetto	27
7.5.	Metodi di calcolo della suscettibilità alla liquefazione	27
7.6.	Calcolo dello sforzo di taglio indotto dal sisma (CSR)	27
7.7.	Da prove penetrometriche dinamiche CRR resistenza al taglio mobilitata – metodo di Robertson e Write (2014)	28
7.8.	Calcolo dell'indice di liquefacibilità	29
8.	CALCOLO INDICE LIQUEFAZIONE IL	30
8.1.1.	Premessa	30
8.2.	PROVA N. 1	30
8.3.	Calcolo CRR	31
8.4.	PROVA N. 2	33

8.5.	Calcolo CRR	34
8.6.	PROVA N. 3	35
8.7.	Calcolo CRR	37
8.8.	Conclusioni sulla possibilità di liquefazione dei depositi limosi sabbioni e sabbioni limosi (strato 2).....	38
9.	Metodologia del calcolo della portanza a lungo termine	39
9.1.	Introduzione	39
9.2.	Cenni alla metodologia del metodo semiprobabilistico	39
10.	Indicazione dell'approccio considerato	40
10.1.	Indicazione delle strutture di fondazione	41
10.2.	Calcolo della capacità portante S.L.U.....	41
11.	Calcolo dei cedimenti	42
11.1.	Premessa	42
11.2.	Distribuzione del sovraccarico nel terreno di fondazione.....	42
11.3.	Dispersione pressione indotta del bulbo di pressione	43
11.4.	Teoria dell'elasticità nel calcolo dei cedimenti	43
11.5.	Riassunto del calcolo dei cedimenti.....	44
12.	Coefficiente di reazione del terreno.....	45
12.1.	Premessa:	45
12.2.	Calcolo:.....	45
13.	Conclusioni e prescrizioni	46

STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DELLA
“PROPOSTA PER AMPLIAMENTO FABBRICATO ARTIGIANALE ESISTENTE AI SENSI
DELL'ART. 53 DELLA L.R. 24/2017”

PROPRIETA':
TENDER S.R.L. - TE.SI.FLEX. S.R.L.

RELAZIONE GEOLOGICA

1. Introduzione

Su incarico della Proprietà è stata eseguita la presente perizia geologica sui terreni interessati dalle fondazioni dell'edificio in oggetto.

La presente perizia si basa sui risultati di un'apposita campagna geognostica realizzata mediante il rilievo geologico e geomorfologico del sito in oggetto, n° 3 prova statiche C.P.T. (Cone Penetration Test) e n. 2 prove sismiche passive per la verifica delle velocità sismiche di tipo “S” nei primi trenta metri di terreno, e n. 1 carotaggio a rotazione con prelievo ed analisi di n. 2 campioni di terreno (all. 1 e all. 2).

Il presente lavoro viene redatto in conformità alla normativa vigente (NTC 2008“ Norme tecniche per le Costruzioni”– D.M.14.01.2008 e Circolare n. 617 del 2.02.2009, Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 –Suppl. Ordinario n. 27: “Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008” e decreto 17 gennaio 2018 “Aggiornamento per le norme tecniche per le costruzioni”, e le loro norme di applicazione.

Il presente lavoro presenta la:

- valutazione della geologia e geomorfologia presente nel sito (da Carta Geologica d'Italia)
- definizione delle unità geologiche;
- storia geologica dell'area d'indagine
- forme del terreno e processi geomorfologici
- idrologia e idrogeologia
- verifica dei vincoli (idrogeologico e P.A.I.)
- aspetti geodinamici e sismici: categoria del sottosuolo da V_{s30} ; a_{max}
- rilevamento della situazione geologico – tecnica dei terreni presenti
- definizione delle unità litotecniche
- valori medi geotecnici e geomeccanici di caratterizzazione dei terreni
- calcolo del valore caratteristico
- indicazioni della possibilità di liquefazione
- conclusioni ed eventuali prescrizioni

Lo studio è stato condotto sulla base di dati ottenuti mediante un'apposita campagna geognostica previa esecuzione di rilievo geologico e geomorfologico di superficie esteso a tutta l'area circostante. La campagna geognostica è stata effettuata mediante :

- **n. 3 sondaggio penetrometrico statico nell'area dell'intervento mediante penetrometro di tipo "olandese" Cone Probing Test.**
- **N. 1 carotaggio continuo a rotazione con prelievo di numero due campioni per le analisi dei terreni usuali, le prove ed il carotaggio sono stati eseguiti dalla ditta Soilinvestigation del Dott. Geologo Rossi Marco**
- **Analisi dei terreni realizzati dalla ditta Tecnogeo del Dott. Verni Francesco,**
- **N. 2 indagini sismiche passive a stazione singola, al fine di valutare il profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) per fornire la categoria di suolo di fondazione secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2008), ex DM 14/09/2005.**

Le caratteristiche tecniche della strumentazione sono riportate in allegato con i relativi diagrammi.

Estratto cartografia geologica regione Emilia Romagna	figura 1
Area di studio su carta tecnica regionale	figura 2
Area di studio su estratto PAI	figura 3
Area di studio su estratto P.T.C.P.	figura 4
Ubicazione delle indagini eseguite	figura 5
Sezione litostratigrafica AB	figura 6
Sezione litostratigrafica CD	figura 7
Con descrizione della litostratigrafia	
Sondaggi penetrometrici eseguiti	Allegato 1
Prova sismica	Allegato 2
Risultati prove di laboratorio	Allegato 3
Valori PGA/ prof	Allegato 4
Valori spettri considerato	Allegato 5

2. Ubicazione

La zona d'indagine è ubicata in Provincia di Rimini, Comune di Cattolica, in via Mercadante n. 9.

L'ubicazione dell'area espressa in coordinate geografiche risulta¹:

WGS84: Lat 43.948934 - Lng 12.730812

ED50: Lat 43.949875 - Lng 12.731764

3. Inquadramento geologico – Unita' geologiche:

3.1. *Litologie interessate*

3.2. *Da carta geologica d'Italia foglio 109 Pesaro*

L'intera area in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi di origine marina in maggiore profondità (substrato compatto), secondariamente in copertura trattasi di sedimenti fluvio-lacustre e specificatamente si tratta di argille limose e limi argillosi al cui interno occasionalmente ed a livelli diversi possono trovarsi strati di sabbie e ghiaie di diversa potenza e di importanza, Alluvioni del IV ordine secondo la cartografia ufficiale (da carta geologica d'Italia foglio 109 Pesaro) .

3.3. *Da Carta geologica della Regione Emilia Romagna*

Geologicamente occorre distinguere tra litologia di Copertura e litologia del Substrato

3.4. *Terreni di copertura:*

Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano

3.4.1. **AES8 - Subsistema di Ravenna**

Nella fattispecie sono costituiti da depositi fluviali intravallivi e di piana alluvionale, di piana di sabbia litorale e, nel settore a mare, di prodelta e transizione alla piattaforma. Solitamente i depositi fluviali sono organizzati in 3 ordini di terrazzo con inclinazione media di 5-6 per mille. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (10YR, 2,5Y), spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7.

Subsistema contenente un'unità di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo di 20-25 metri.

¹ I presenti dati sono stati calcolati con G.P.S. Garmin modello Etrex H

3.4.2. Litologia del Substrato FAA - Argille Azzurre

Nell'area in esame, la base dei sedimenti è rappresentata dalla formazione marina di età Pliocenica costituita da argille marnose ed a tratti arenarie debolmente cementate con frequenti intercalazioni argillose.

Per la precisione trattasi di Argille di colore grigio-azzurro con rare intercalazioni di arenarie giallastre in letti da sottili a spessi, e argille marnose e siltose grigie in letti sottili e molto sottili. Sono fossilifere ricche in foraminiferi e macrofossili, spesso bioturbate, a stratificazione poco marcata. Sono talora diffusi slumps con olistoliti di gesso derivati da unità evaporitiche. Limite inferiore netto, probabilmente discontinuo, su FAA2; paraconcordante su FCO. Limite superiore graduale, per aumento della frazione sabbiosa, con SVG. Depositi di scarpata e base scarpata. Potenza complessiva affiorante di circa 700 m. (*Piacenziano - Gelasiano (biozone MNN16a-MNN18)*)

Questa formazione non è stata raggiunta dai sondaggi effettuati.

3.5. Idrologia e falda sotterranea:

Circa l'idrologia superficiale nulla si può dire per l'antropizzazione dell'area, mentre la falda sotterranea è stata rilevata nei sondaggi effettuati alla quota di -3,5 metri.

4. Aspetti geodinamici e sismici: categoria del sottosuolo da V_{s30} ; a_{max}

4.1. Ubicazione dell'area

L'accelerazione massima sismica è stata calcolata sulla posizione dell'area in oggetto, mediante le coordinate geografiche dell'opera.

Come prevede la norma, si determina la maglia di riferimento, sulla base delle tabelle spettrali fornite dal Ministero.

Sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

L'ubicazione dell'area espressa in coordinate geografiche risulta²:

WGS84: Lat 43.948934 - Lng 12.730812

ED50: Lat 43.949875 - Lng 12.731764

4.2. Risposta sismica locale

4.3. Premessa

Per la valutazione dell'azione sismica di progetto occorre definire e calcolare lo **spettro di risposta sismica locale RSL** definito dal cap. 7.11.3 delle N.T.C. 2018 "risposta sismica e stabilità del sito" costruito mediante analisi specifiche, che costituisce una conveniente rappresentazione numerica dei segnali della risposta (in termini di spostamento, velocità ed accelerazione) massima delle strutture ad un plausibile set di sollecitazioni sismiche, in funzione del modo di vibrazione fondamentale delle strutture stesse.

Con questa rappresentazione si privilegia l'effetto dei potenziali effetti del moto del suolo sulle strutture.

4.4. Azione sismica di progetto

Le modalità di calcolo delle azioni sismiche di progetto sono definite nel punto 3.2 "AZIONE SISMICA" del D.M. 2018 in cui si definisce che dipendono sia dalle caratteristiche morfologiche che da quelle stratigrafiche.

La pericolosità sismica è definita come massima accelerazione a_g attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (suolo di cat. A come previsto al cap. 3.2.2. nonché alle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad esso corrispondente, con prefissati tempi di risposta.

Ai sensi della normativa le forme spettrali sono definite da:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito

F° 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 a velocità costante

4.5. Risposta sismica locale

Nell'analisi di risposta sismica locale (cap. 7.11.3 del D.M. 2018), l'azione sismica di ingresso deve essere descritta in termini di storia temporale dell'accelerazione (accelerogrammi) con riferimento a quanto specificato al cap. 3.2.3.6.

² I presenti dati sono stati calcolati con G.P.S. Garmin modello Etrex H

La durata delle storie temporali deve essere stabilita sulla base della latitudine e longitudine i parametri fisici che determinano i valori di a_g e di S_s .

La coerenza con lo spettro di risposta elastico deve essere verificato in base alla media delle ordinate spettrali ottenuti da diversi accelerogrammi, che non deve presentare uno scarto in difetto sopra al 10% rispetto al corrispondente componente dello spettro elastico, in alcun punto del maggiore tra gli intervalli $0,15 \div 2,0s$ e $0,15 \div 1,5T$ in cui T è il periodo proprio di vibrazione della struttura in campo elastico per le verifiche agli stati limiti ultimi, e $0,15 \div 1,5T$ per le verifiche agli stati limiti di esercizio.

In capitolo C7.11.3.1.2.2 delle N.T.C. si prescrive che le azioni sismiche devono basarsi su almeno **7 accelerogrammi registrati e derivati da appositi database**.

4.6. Ricerca degli accelerogrammi compatibili

È evidente che la normativa richiede lo studio di almeno 7 accelerogrammi e relativo spettro compatibile con la zona di progetto e registrati e non sintetici.

La ricerca degli accelerogrammi sismicamente compatibili viene verificata tramite le direttive dell'ALLEGATO A Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, LR 24/2017)

E per la precisione l'allegato 4a "segnali di riferimento per la stima della risposta sismica locale negli studi di microzonazione sismica di terzo livello di Approfondimento, da <http://egeos-test.eucentre.it/rer/home.html> realizzato da EUCENTRE.

Dalla piattaforma è possibile scaricare l'input sismico per ciascun nodo di reticolo di riferimento per il territorio dell'Emilia Romagna considerato dalle NTC08 (D.M. 14.01.2008) e NTC18 (D.M. 17.01.2018) .

4.7. Parametri sismici considerati

Per il manufatto con le caratteristiche sopra indicate e dalle indicazioni progettuali si ricavano i parametri che devono essere inseriti come input poi per la ricerca **dell'accelerogramma per lo spettro elastico** Risposta Sismica Locale.

Categoria terreno = A

Classe d'uso Cu = II

Vita nominale = 50 anni

Categoria topografica = T1

Posizione in wgs84: lat 43.948934 - lng 12.730812

Posizione in ed50: lat 43.949875 - lng 12.731764

Stato limite SLV

I parametri sismici da considerare sono i seguenti:

Con questi parametri utilizzando fogli di calcolo come Spettri-win. o GEOSTRU PS si ricavano i parametri sismici in particolare $A_{g_{max}}$ (per il Bedrock,) F° , T_c^* , S , T_b , T_c , T_D ; F_v secondo normativa vigente, a cui verranno in seguito scalati tutti gli accelerogrammi utilizzati per la ricerca della RSL.

Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



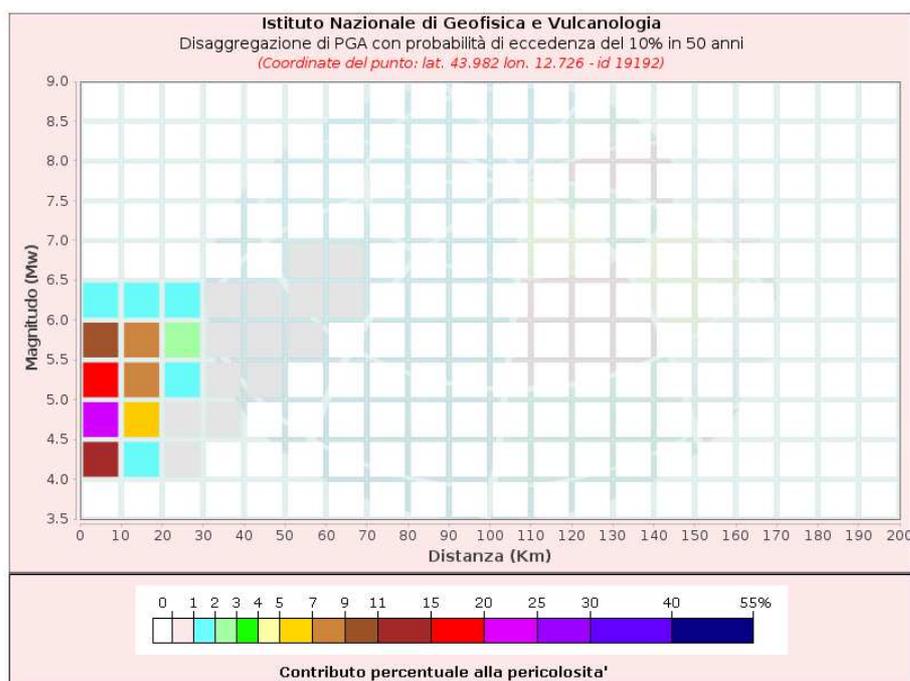
Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.048	2.423	0.276
Danno (SLD)	50	0.063	2.562	0.277
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.184	2.482	0.296
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.238	2.524	0.310
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Si riportano di seguito i dati di disaggregazione



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.982 lon. 12.726 - id 19192)											
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	11.0000	24.1000	17.4000	10.7000	1.4900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.8900	6.9000	8.7900	8.7200	1.9000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0099	0.4420	1.5300	2.4800	1.0700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0004	0.1390	0.6220	0.4400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.1060	0.1390	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0069	0.0286	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

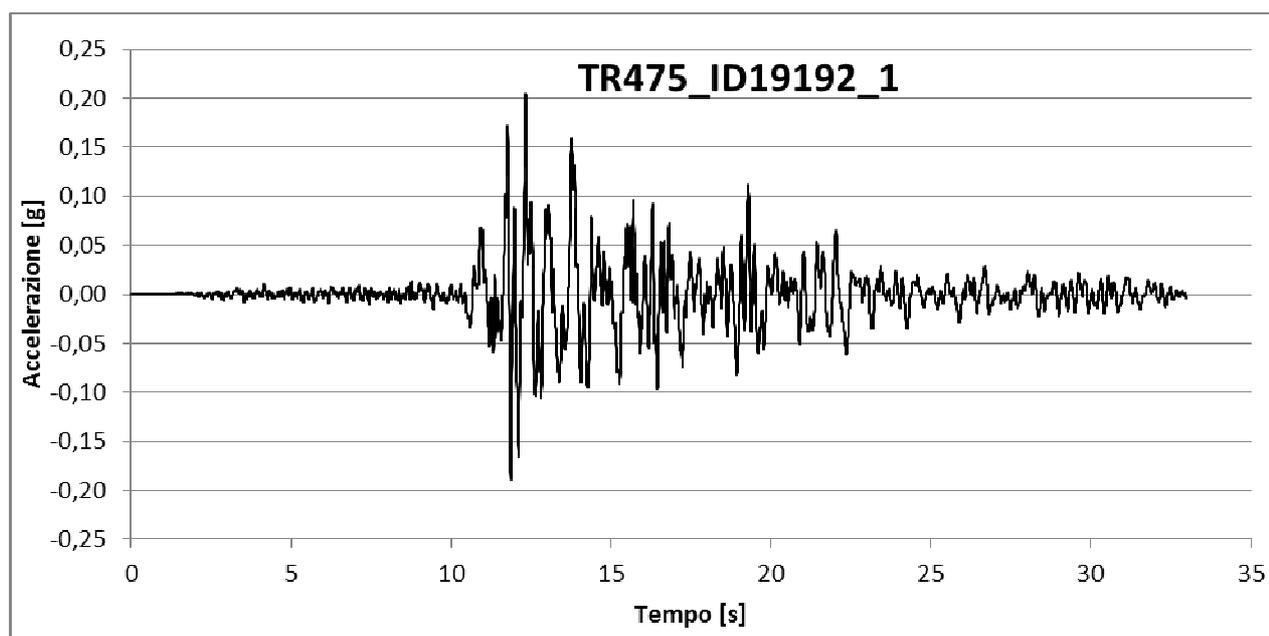
Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.13	9.27	0.781

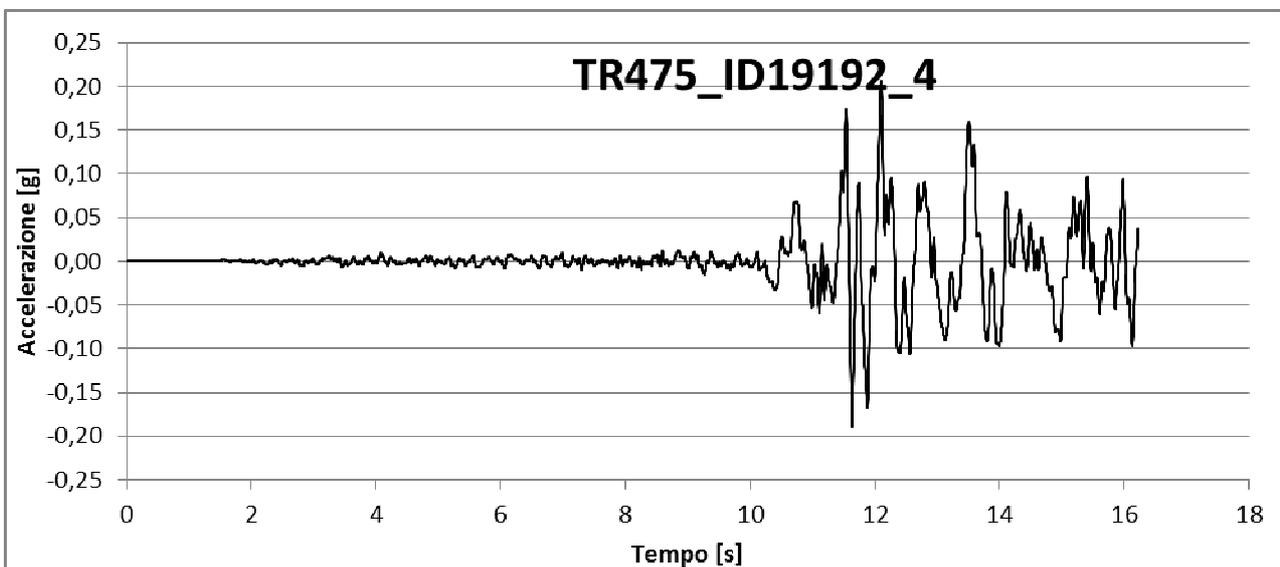
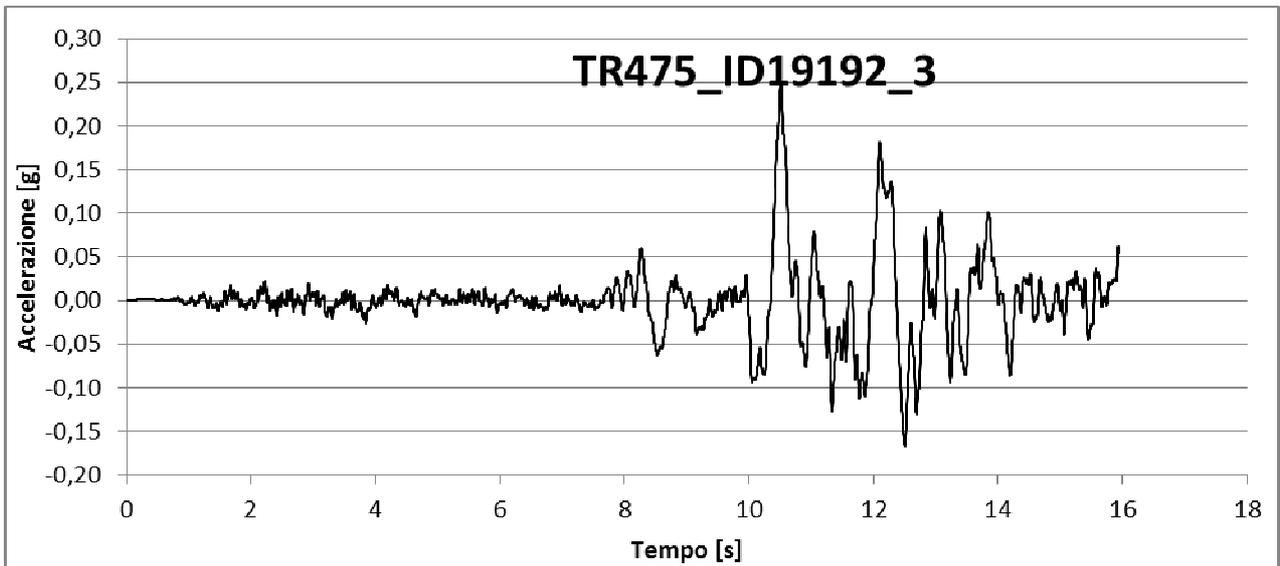
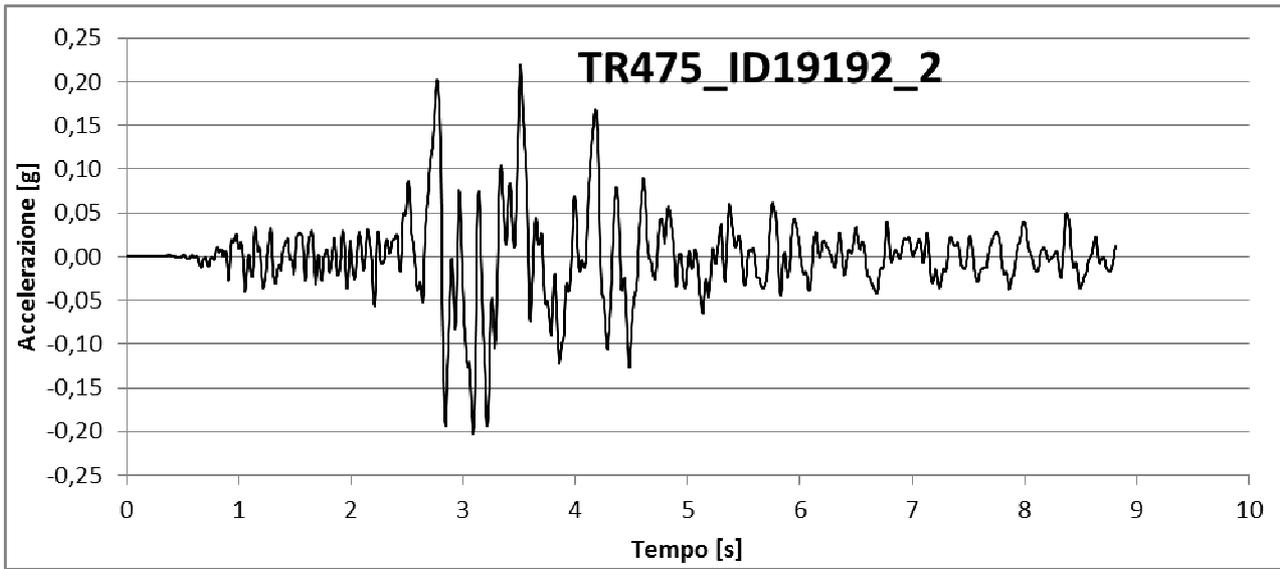
In cui si osserva che il massimo possibilità sciame sismico risulta attorno ai 5,0-5,5 km con distanza epicentrale circa da 0-10 km.

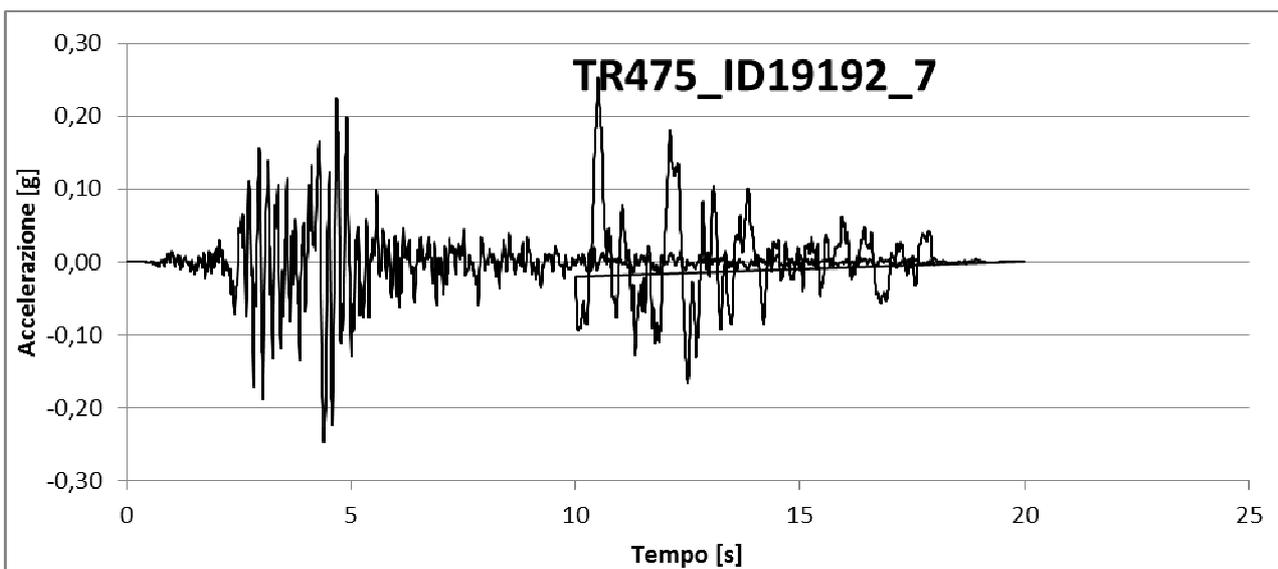
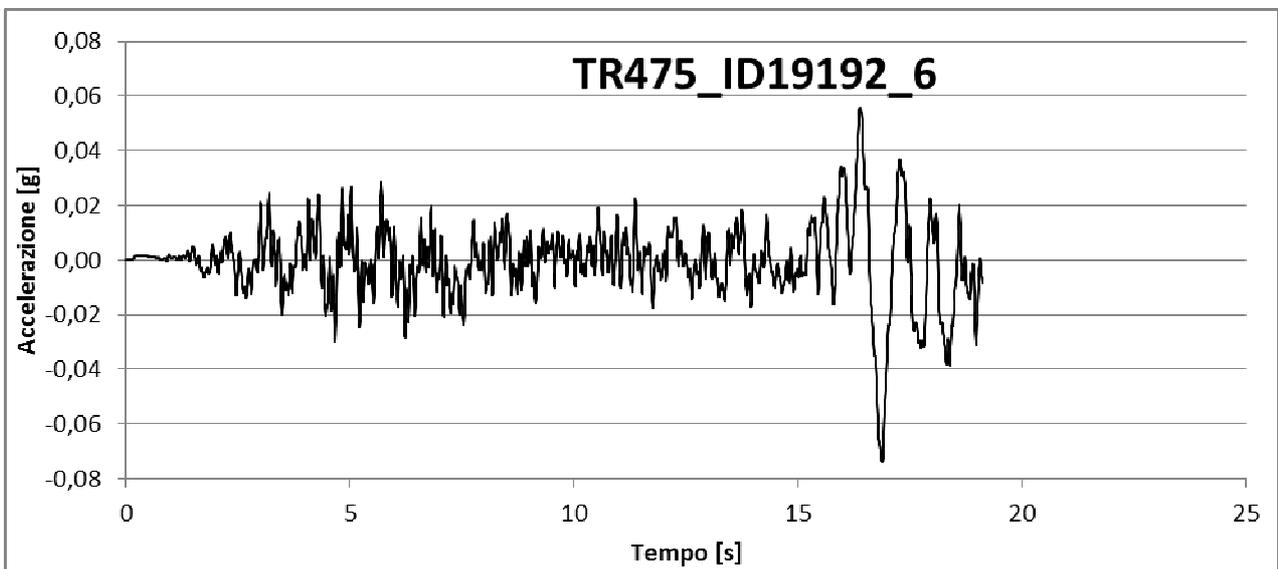
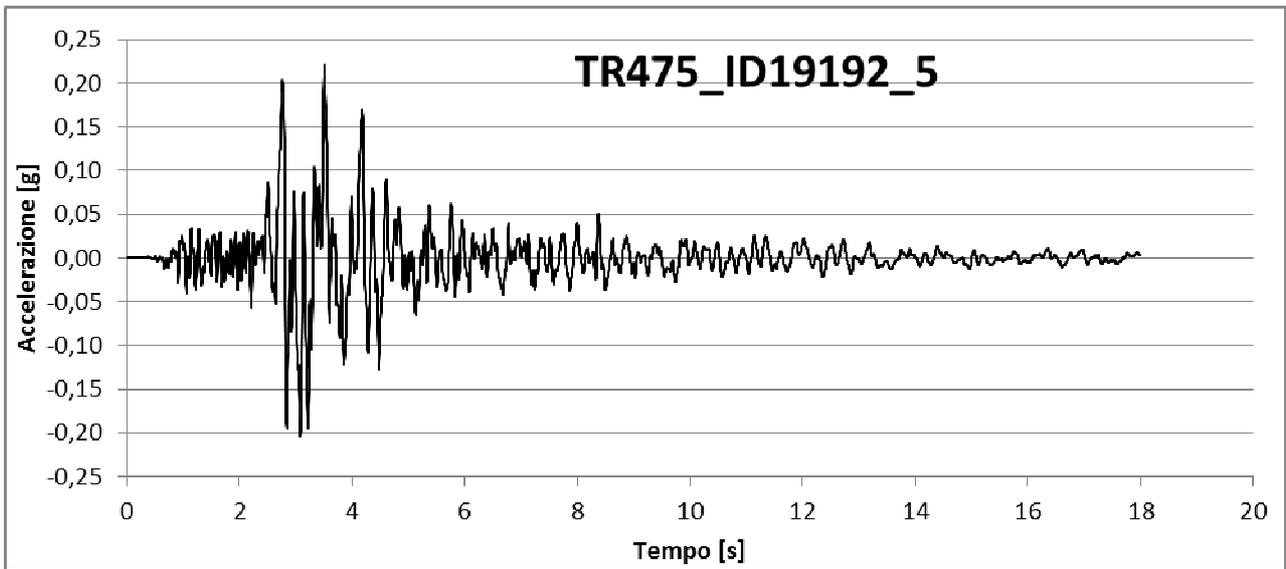
4.8. Informazioni relative ai sismi selezionati

%	Magnitude	(Mw)		Epic.Distance(km)	Scaling_Factor	Source
6.90	62.90	0.73	%	ESM EU.HRZ..HNE.D.19790415.061941.C.		
5.74	12.57	1.59	%	NGA RSN146_COYOTELK_G01320.AT2		
6.93	94.31	2.00	%	NGA RSN797_LOMAP_RIN090.AT2		
6.69	38.07	1.24	%	NGA RSN1091_NORTHV_VAS000.AT2		
6.60	31.00	0.75	%	KiKnet SMNH100010061330.EW2		
6.60	62.00	1.33	%	KiKnet SAGH050503201053.EW2		
6.10	97.00	1.53	%	KiKnet MYGH041103280724.EW2		

Qui di seguito si riporta la rappresentazione dei 7 accelerogrammi selezionati dal sito indicato







4.9. Valutazione delle spettro di risposta

Il significato di “spettro” è quello della differenziazione della risposta sismica per modelli strutturali diversi a partire dal medesimo accelerogramma di base.

Ovvero, per fabbricati diversi, soggetti però alla stessa azione sismica, si hanno differenti risposte basate su di un parametro preciso, il suo periodo di oscillazione.

In ragione di innumerevoli studi pubblicati, ogni fabbricato avendo un periodo proprio di oscillazione risente di un’accelerazione massima differente.

Tracciando (attraverso la derivata di Fourier dagli accelerogrammi) su un unico diagramma l’andamento dell’accelerazione al variare del periodo di oscillazione, in ascisse il periodo del sistema strutturale, in ordinata l’accelerazione avvertita dello stesso, si delinea un grafico che prende il nome di spettro di risposta che va precisato per ogni singolo accelerogramma.

Gli accelerogrammi devono produrre spettri nei limiti della tolleranza definita, vedi cap. precedente.

La rappresentazione grafica degli accelerogrammi trovati sono da questi derivati e scalati in base alla a_g (0.184g)

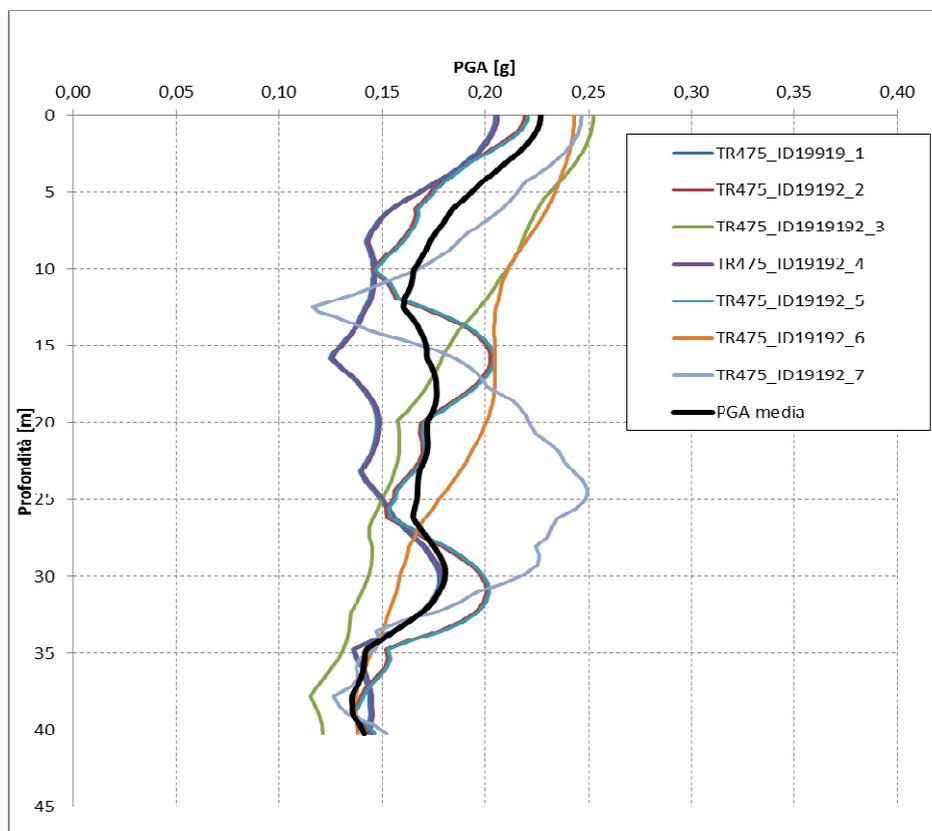
Le informazioni sugli eventi sono riportati in 4.6.

4.10. Verifica delle P.G.A.

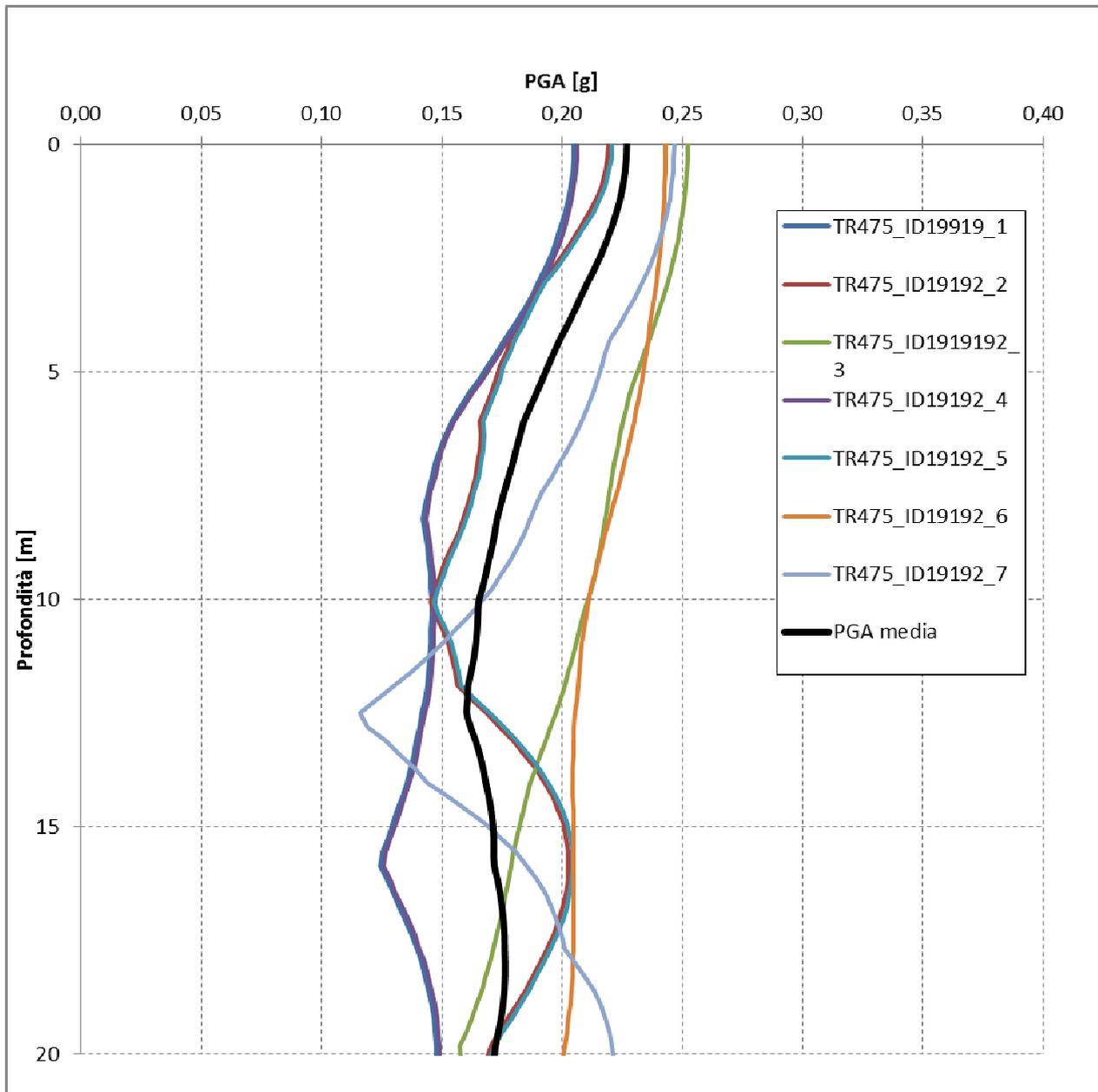
Le P.G.A. rappresentano la massima accelerazione sulla base dei accelerogrammi sopra individuati.

Nel caso in oggetto, attraverso il programma STRATA, si vanno a calcolare le P.G.A. al variare delle profondità d’indagine.

I valori numerici sono riportati in allegato 3 mentre di seguito sono riportati in forma di grafico a dispersione per una visione immediata.



Per una visione immediata dell’andamento delle PGA si riporto lo stesso grafico sino alla profondità di -20,0 metri dal pc. attuale



4.11. Verifica dello spettro in funzione delle caratteristiche topografiche

Come descritto in premessa (da D.M. 2018) le caratteristiche stratigrafiche sono determinanti nel calcolo degli spettri elastici.

Per questo motivo è stato usato il software **STRATA** per la determinazione tra gli input stratigrafici e gli spettri elastici.

INPUT DATI STRATIGRAFICI, SPESSORI UTILIZZATI CON SOFTWARE STRATA

Gli strati precisati di seguito derivano dagli orizzonti sismici rilevati con il tromografo

Stratigrafia	Peso di volume (kN/m ³)	Spessore (m)	g/gmax model	Damping model	Vs (m/s)
ARGILLE LIMOSE	19,0	40	Idriss (1990)	Idriss (1990)	260

			Clay	Clay	
BED ROCK	22.00	Half-Space	Bedrock	Bedrock	600

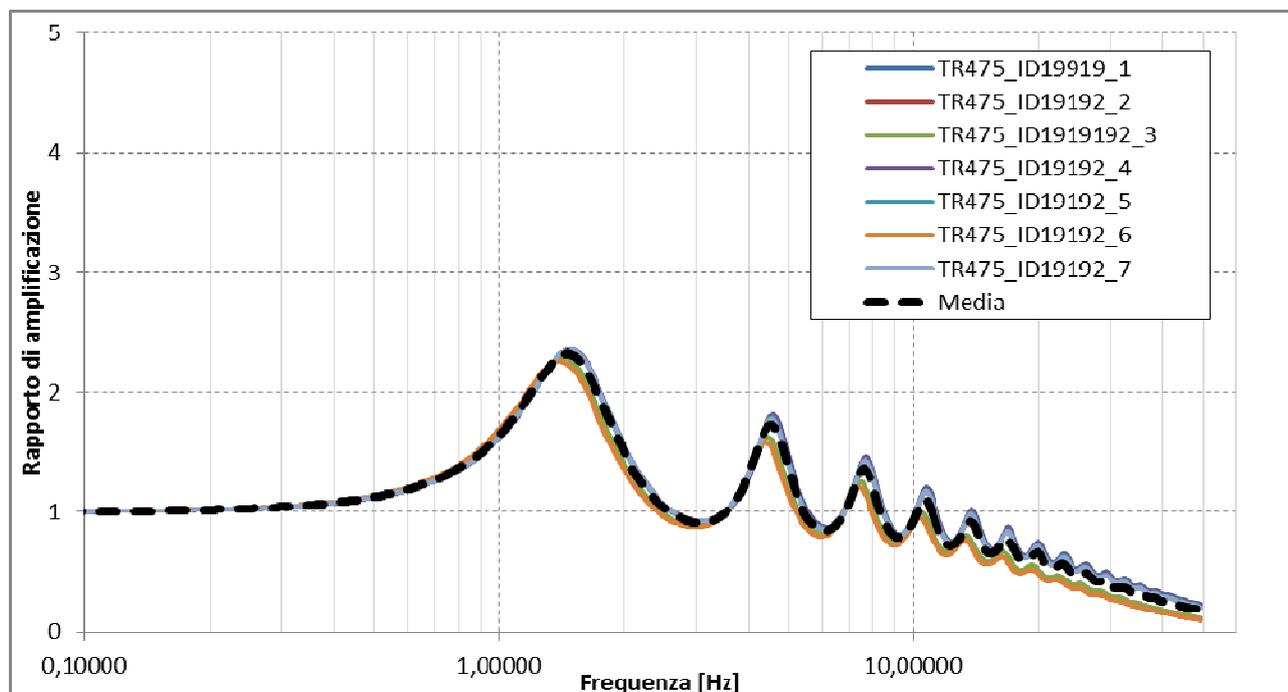
4.12. Calcolo della funzione di trasferimento

Definire la funzione di trasferimento significa verificare la situazione di amplificazione di amplificazione geologica/strutturale al di sotto del sito di esame, in generale la funzione di amplificazione o di trasferimento è legata alle modalità di trasmissione delle onde all'interno dello strato superficiale ed in particolare alle interferenze che si generano fra queste onde

In generale maggiore è l'"intrappolamento" derivante dallo strato sedimentario superiore al bed Rock maggiore sarà l'energia liberata dal sisma.

4.13. Funzione Di Trasferimento

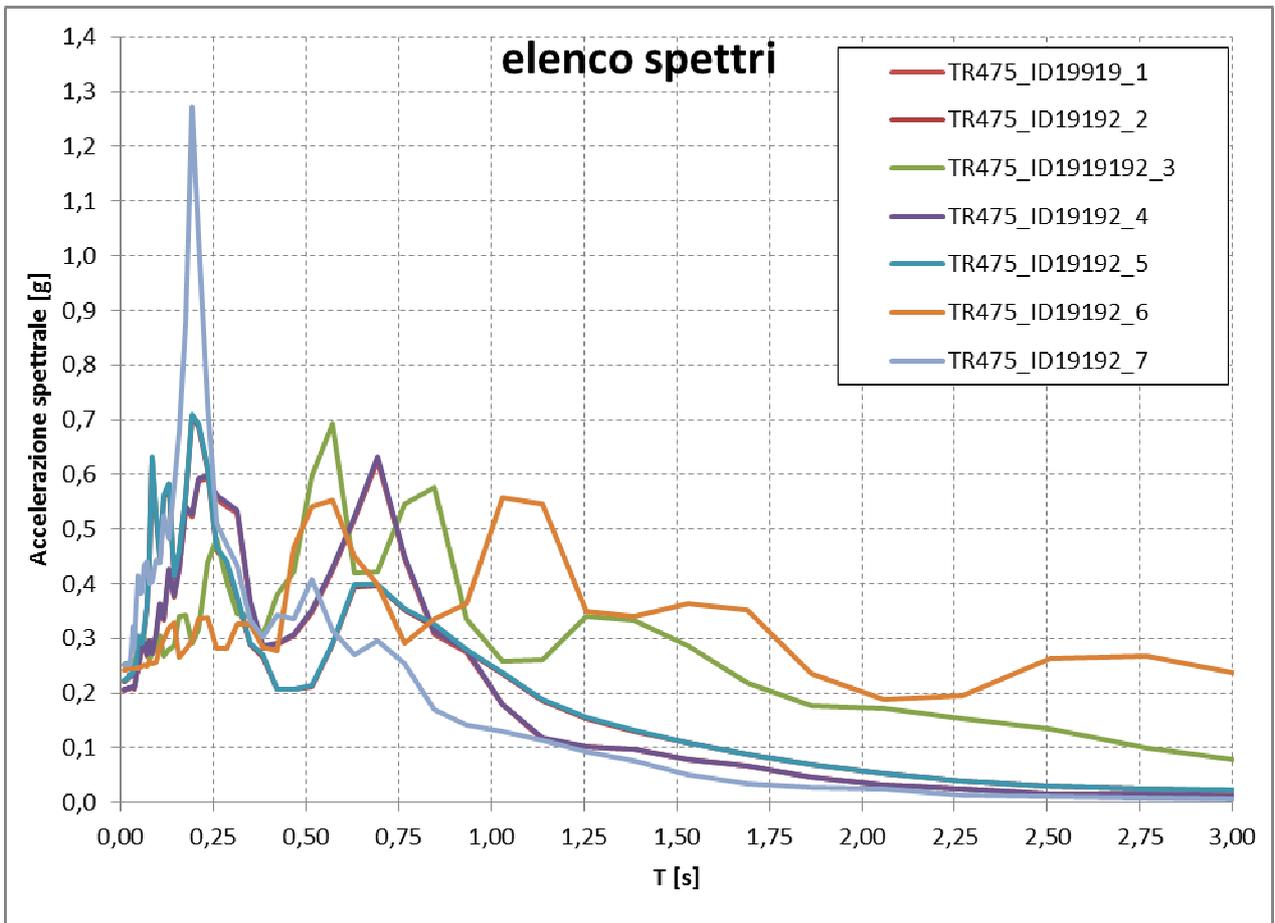
(rapporto accelerazione al Bedrock e accelerazione a piano campagna)



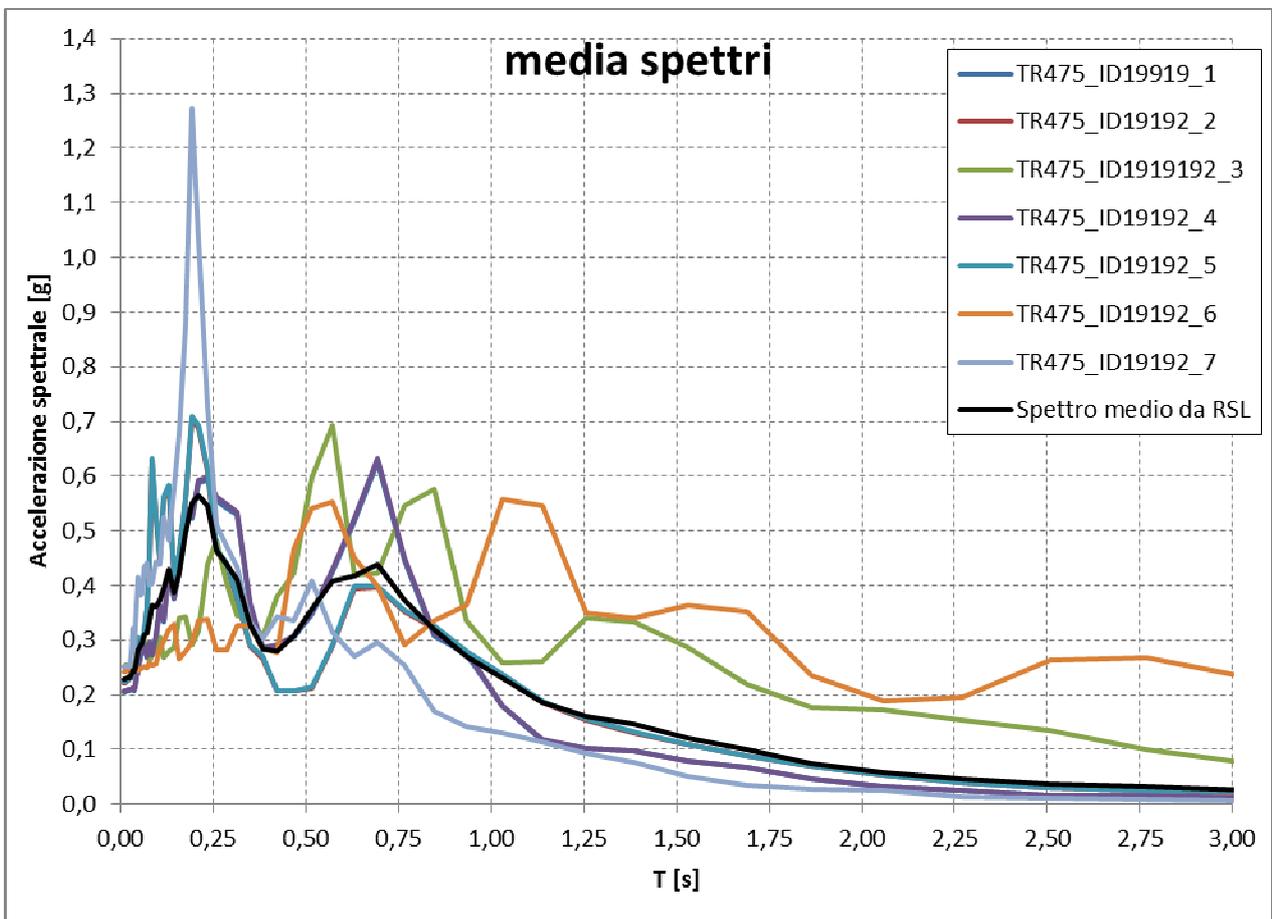
Nel nostro caso abbiamo picchi massimi attorno a 1,46 Hz; ed 4,59 Hz.

4.14. Spettri di risposta elastici per ogni accelerogramma considerato

Di seguito si riporta il calcolo degli spettri in maniera grafica, in **allegato 4** il calcolo numerico completo.



Sugli spettri così definiti deve essere calcolata la media



La linea nera rappresenta la media degli spettri calcolati

4.15. Spettro medio da RSL confronto con ntc semplificato

A questo punto è necessario avere il dato di output normalizzato alla classica forma dello spettro di normativa.

Attraverso un meccanismo di “cucitura” si deve creare uno spettro che comprenda completamente da quello dell’analisi effettuata.

Quindi i dati A_g , F_0 , T^*c verranno ricavati dalle coordinate del sito e dalle scelte progettuali, mentre i parametri dipendenti

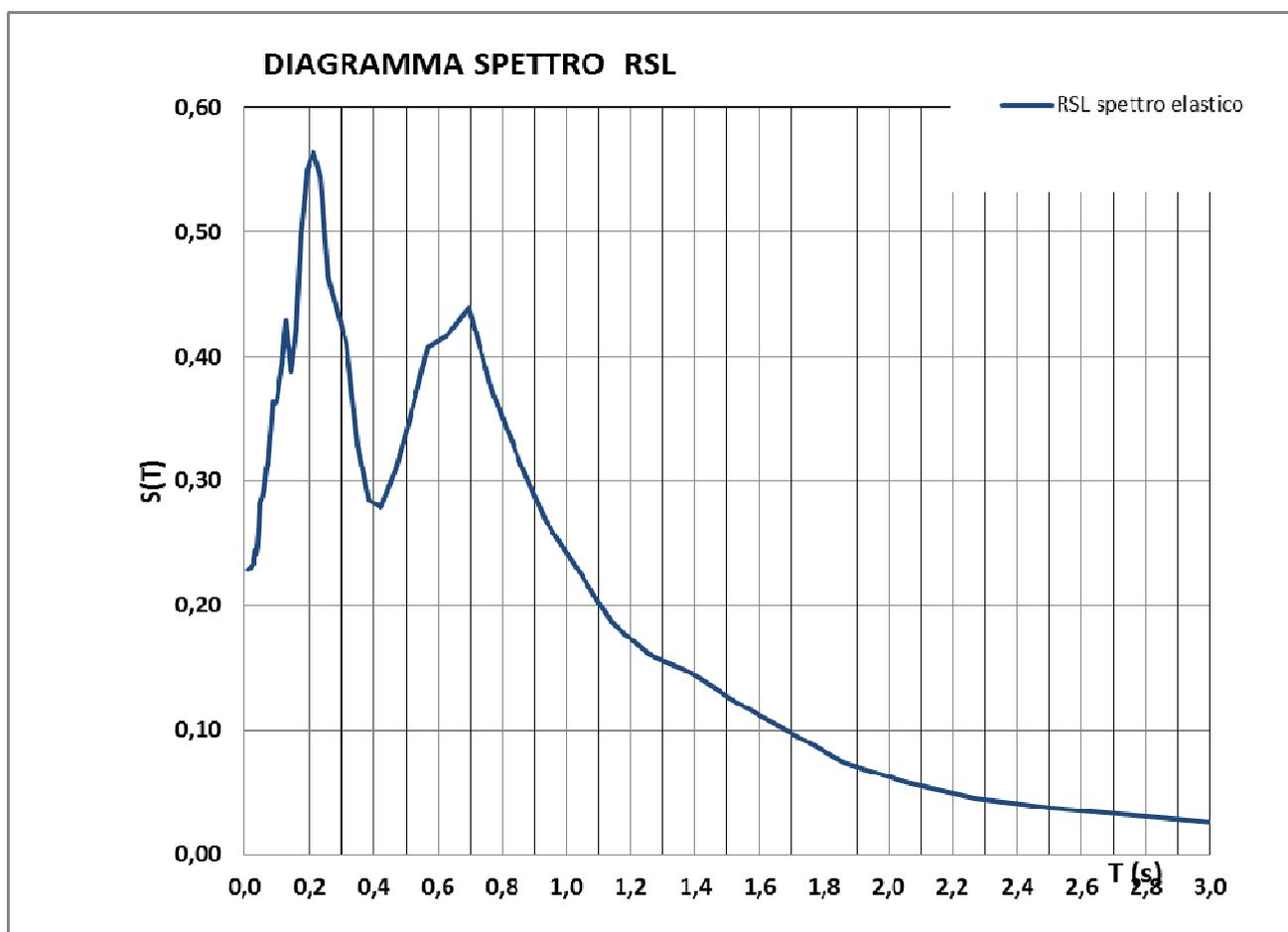
T_b direttamente dal grafico

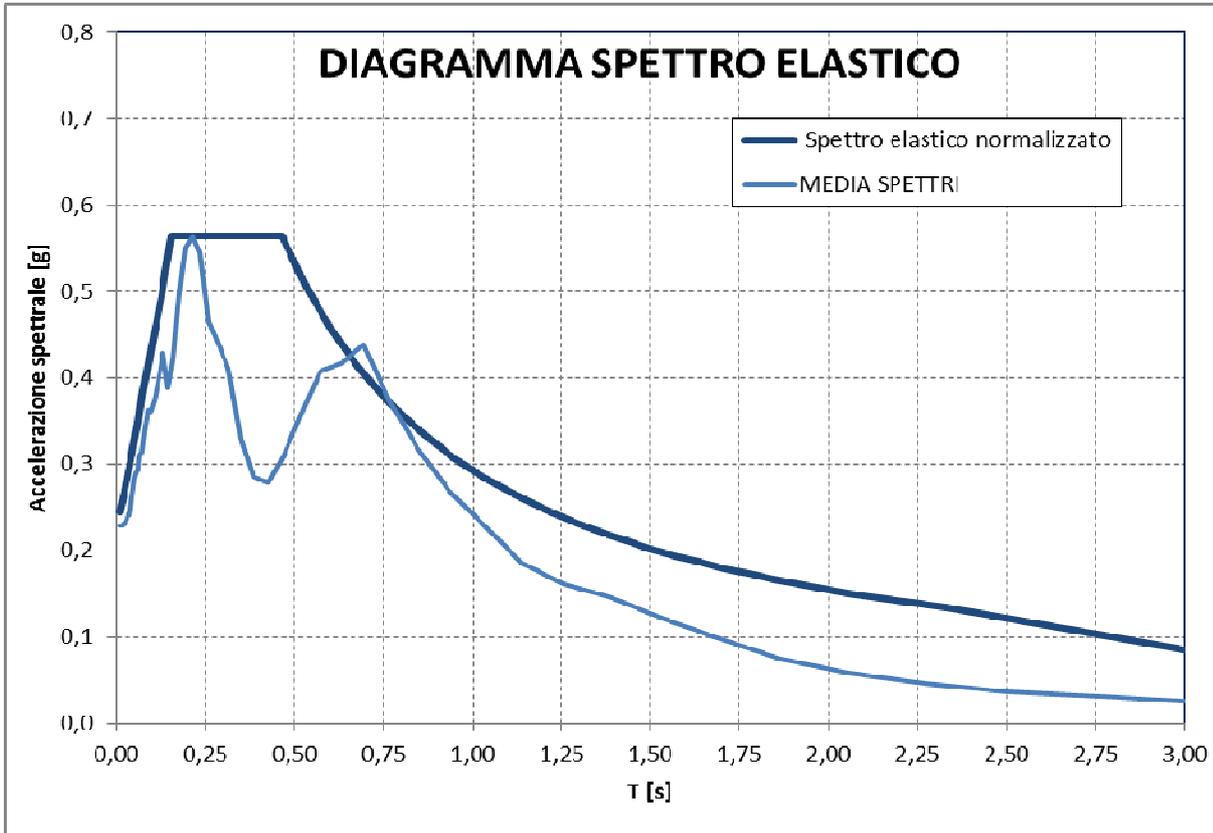
T_c direttamente dal grafico

S ricavata dalla formula 3.2.4 delle NTC

Quindi

$$S = S_e(T) / a_g \cdot \eta \cdot F_0$$

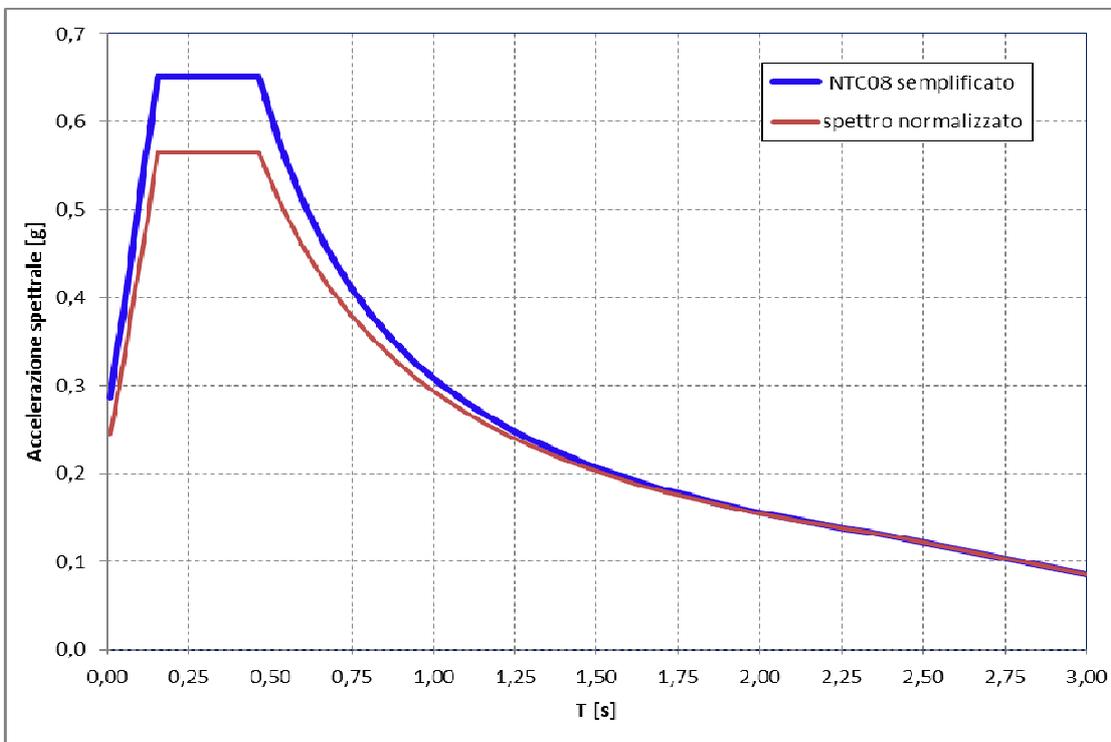




In questo caso lo spettro elastico normalizzato comprende completamente la mediana degli spettri così calcolati

Confronto con metodo semplificato

Sotto il confronto con il classico metodo semplificato:



4.16. Dati di input e output spettro normalizzato

I dati per la costruzione grafica dello spettro normalizzato sono i seguenti:

AZIONE SISMICA RSL (DM 2008 §3.2)
SPETTRO NORMALIZZATO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

SPETTRO: RSL SISMA ORIZZONTALE SLV

Dati:

accelerazione orizzontale massima al sito	ag /g		0,184*g
amplificazione spettrale massima	Fo		2,482
periodo di inizio del tratto a velocità costante	TC*	s	0,310
categoria di sottosuolo	Cat. Suolo		C
	Cat. Topog.		T1
coef. di amplificazione stratigrafica	Ss		1,426
Coef. di amplificazione topografica	ST		1,000
Coeff. di amplificazione totale	S	=Ss * ST=	1,426
coef. funzione della cat. di sottosuolo	Cc		1,545
periodo ad accelerazione costante	TB	s	0,160
periodo a velocità costante	Tc	s	0,479
periodo a spostamento costante	TD	s	2,336
fattore smorzamento (se smorz. visc. $\xi=5\%$ -> $\eta=1$)	η		1,000
fattore di struttura SLU	q		
periodo della struttura	T	s	

Normalizzazione spettro Risposta Sismica Locale

Parametri indipendenti:

accelerazione orizzontale massima al sito	ag /g	0,184*g
amplificazione spettrale massima	Fo	2,482
smorzamento	η	1,000
Amplificazione sismica max locale (da grafico)	Se(T) max	0,564*g

4.17. Calcolo dell'Accelerazione massima al piano di campagna terzo livello sismico

In merito alla normativa vigente il progetto in essere prevede:

- realizzazione di strutture in classe II,
- vita nominale di 50 anni
- SLV tempo di ritorno di 475 anni
- periodo di riferimento 50 anni

sulla base del metodo semplificato i riferimenti del calcolo sono quindi:

	SL	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_c^*	S	Tb	T_c	T_D	F_v
sle	Operatività	81%	30	0,483	2,42	0,28	1,50	0,15	0,45	1,79	0,72
sle	Danno	63%	50	0,628	2,56	0,28	1,50	0,15	0,45	1,85	0,87
slu	Salv. Vita	10%	475	1,837	2,48	0,30	1,43	0,16	0,47	2,33	1,44
slu	Collasso	5%	975	2,381	2,52	0,31	1,34	0,16	0,48	2,55	1,66

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$A_{max} = S \times Ag = Ss \times St \times Ag$$

In questo caso, considerando lo Stato Limite Ultimo a Salvaguardia della Vita con tempi di ritorno pari a 712 anni (come prescritto da normativa vigente – NTC 2018 Capitolo 7.1):

$$S = Ss \times St = 1,43$$

Il valore di A_{max} risulta pertanto pari a:

$$A_{max} = 1,43 \times 1,837 = 2,6269 \text{ m/sec}^2 = 0,2680g$$

Si riporta la media delle accelerazioni con l'andamento dei 7 sismi calcolato, (indicato in legenda) il massimo input al piano di campagna è dato dal sisma TR475_ID19414_3 pari a 0,266181671g ed in valore medio di PGA = 0,252244g che confrontati con i valori di riferimento al bedrock 0,18

RISULTA UNA MEDIA DI AMPLIFICAZIONE PARI A 1,37

Per il calcolo del fattore di amplificazione in ragione dello spettro caratteristico (valore adimensionale) deve essere valutato alle frequenze caratteristiche:

- 0,1-0,5 Herz
- 0,4-0,8 Herz
- 0,7-1,1 Herz

Quindi :

0,1÷0,5 Herz → fattore di amplificazione pari a 1,30

0,4÷0,8 Herz → fattore di amplificazione pari a 1,90

0,7÷1,1 Herz → fattore di amplificazione pari a 1,81

Questi i risultati puntuali per il sito in oggetto.

4.18. Conclusioni RSL

I dati di partenza sono gli accelerogrammi che devono essere valutati da un database omogeneo e sismicamente compatibili con l'area di studio.

La normativa prevede che vengano definiti n. 7 accelerogrammi e valutati per ognuna lo spettro di risposta sismica.

In capitolo 6.0 e seguenti si riportano le informazioni di ricerca e di input per i sette sismi.

Sulla base degli accelerogrammi indicati si verifica la P.G.A. in funzione della profondità, si rimanda al capitolo 4.8, ed **all'allegato 4** con i valori numerici usati nel calcolo del grafico PGA/profondità.

Sulla base della trasformata di Fourier vengono calcolati gli spettri per ogni sisma considerato; i valori numerici sono riportati in **allegato 5** del presente lavoro.

La media degli spettri definisce la forma spettrale da considerare per il calcolo dello spettro normalizzato.

Si rimanda al capitolo "Spettro medio da RSL e confronto con metodo semplificato" per la visione del calcolo eseguito ed il calcolo dei parametri dipendenti per la costruzione del grafico.

Si rimane a disposizione per qualsiasi precisazione sia necessaria nel corso dei lavori da eseguirsi.

4.19. *Considerazione finali:*

La risposta sismica locale con il programma Strata ha fornito uno Spettro di Risposta Elastico che rimane nettamente al di sotto di quello ricavabile con il classico metodo semplificato delle NTC 2018 per manufatto per categoria III e stato limite di salvaguardia della vita Se (T) = 0,56 invece di 0,65.

Il tratto orizzontale corrispondente al valore massimo è invece equiparabile a quello semplificato.

5. **Situazione geologico-tecnica – unità litotecniche:**

5.1. **Unità litotecniche**

Circa il riconoscimento della litologia ci si è basati su numerose prove di laboratorio in possesso di questo studio effettuate nelle immediate vicinanze, e da metodologia standardizzate e comunemente accettate nella pratica, per la precisione si sono valutate le metodologie di BEGEMANN (1965) e di SCHMERTMANN (1978).

La campagna geognostica eseguita permette la seguente ricostruzione litostratigrafica: (il livello di riferimento è il piano campagna)

STRATO N° 1	dal p.c. a – 2,5÷3,9 m.	Argille di colore verdastro sovraconsolidate per essiccamento
STRATO N° 2	da – 2,5÷3,9 m. a – 6,1÷7,2 m	strato composto da limi argillosi con sabbie passanti a limi argillosi sabbiosi, a tratti livelletti sabbiosi limosi
STRATO N° 3	da – 6,1÷7,2 m. in poi	strato composto da argille limose alternate ad argille sabbiose/limose nella prova 1 si è riscontrata a questo quota ghiaia di piccola dimensione i parametri geotecnici delle ghaie non sono stati riportati perché ininfluente ai fini geotecnici

In ragione della presenza di livelli sabbiosi limosi nel livello 2 viene verificata la liquefazione su tutte le verticali delle prove eseguite.

Il livello della falda è stato rinvenuto nella prove geognostica nel periodo di febbraio 2022 alla quota -4,0 m da p.c.

5.2. Valori caratteristici

Di seguito si riportano i **valori caratteristici** come previsto dalla normativa vigente.

Nelle NTC-08, come nell'EC7 e nell' EC1, il valore caratteristico da assegnare ai parametri geotecnici è lasciato al giudizio del progettista, attraverso *“una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato”*.

L'Eurocodice 7 fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiana, un valore di χ uguale a $-1,645$. In questo caso si considerano gli **Rp (resistenza di punta) in Kg/cm²**, in cui il valore Rpk (valore caratteristico della Resistenza di punta) viene valutato in ragione del numero di misure effettuate di numero a volte ridotte, minore di 30, usufruendo della formula di Student (Gosset) in cui fissata una probabilità di non superamento P, t (grandezza di Student) varia in funzione del numero di misure, mentre la grandezza Z (variabile normalizzata) è una costante.

Si segue la metodologia esposta in “Valori caratteristici del terreno” normativa e approcci di calcolo, autore Aldo di Bernardo ed. Program Geo 2009.

Il programma usato è KappaGEO dello stesso Autore.

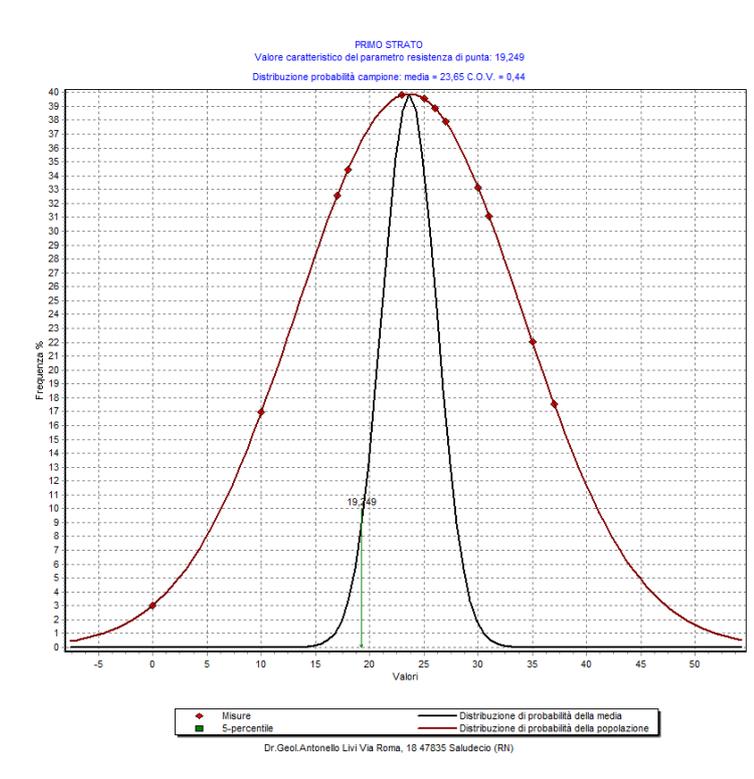
Nel presente lavoro si è considerato una media cautelativa dei valori rinvenuti perché si ritiene che vengano interessate elevati volumi di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità, (come fondazione reale è stata considerata infinitamente rigida) nella sostanza, che vengano realizzate strutture con rigidezza sufficiente a trasferire le azioni dalla zona meno resistente a quelle più resistenti.

Il calcolo è realizzato in ragione delle resistenze compensate, con una stima cautelativa del valore medio misurato.

Di seguito si riporta nello specifico la metodologia usata per il calcolo dei valori . Il calcolo è stato riportato di seguito mediante l'andamento del frattile pari al 5%.

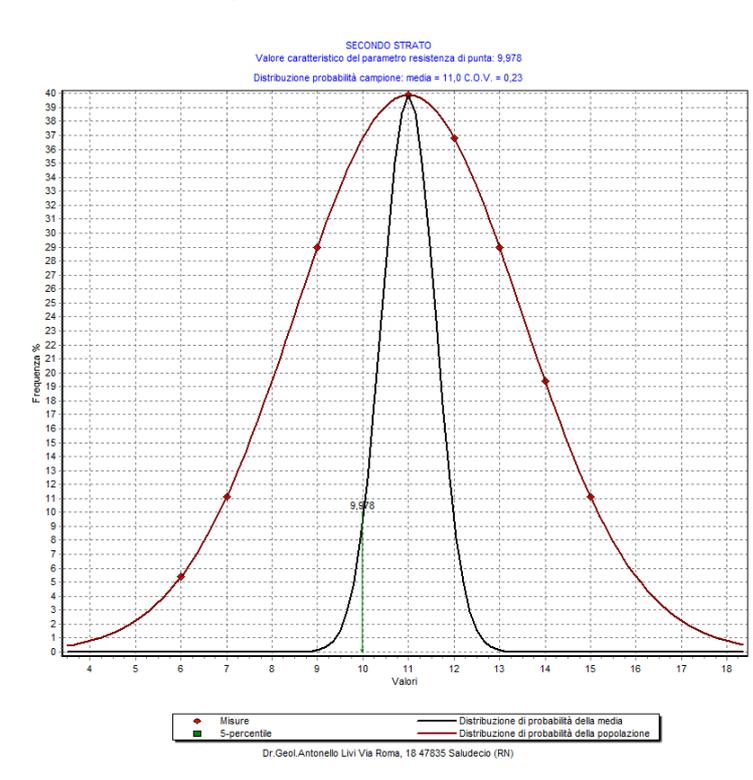
Rpk PER OGNI STRATO RILEVATO

5.2.1. Calcolo Rpk primo strato



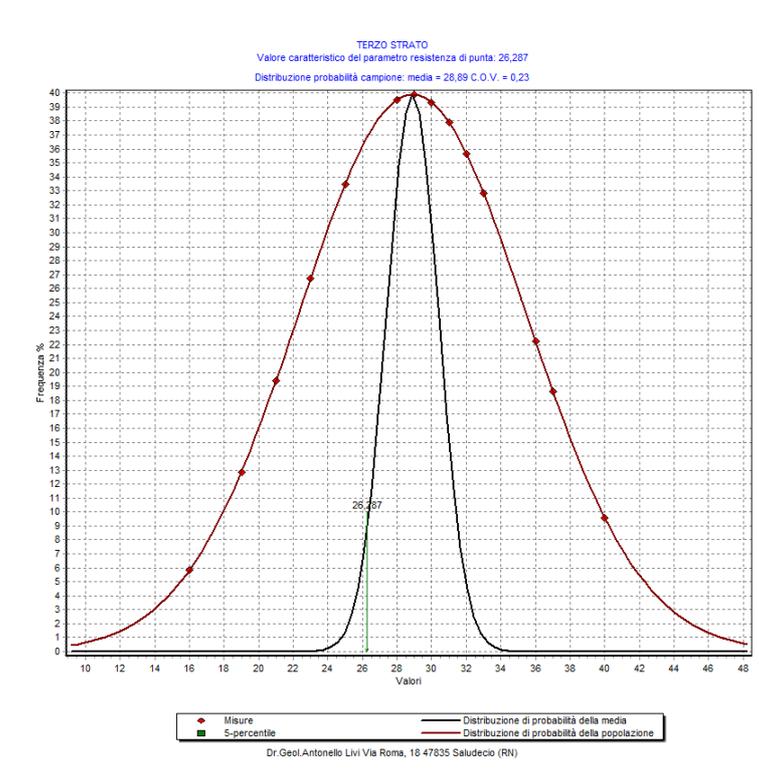
Rpk primo strato = 19 kg/cmq

5.2.2. Calcolo Rpk secondo strato



Rpk secondo strato = 9 kg/cmq

5.2.3. Calcolo Rpk terzo strato



Rpk terzo strato = 26 kg/cmq

5.3. Riassumendo i valore della resistenza di punta caratteristica sono:

**VALORE CARATTERISTICO
Rpk**

- STRATO N° 1 19 kg/cmq
- STRATO N° 2 9 kg/cmq
- STRATO N° 3 26 kg/cmq

I parametri sopra indicati sono stati impiegati utilizzando formule accettate in letteratura per la ricerca dei principali parametri geotecnici.

6. Parametri geotecnici caratteristici

Per la scelta dei parametri geotecnici si è operata un'analisi critica fra le risultanze delle indagini in modo da adottare parametri medi cautelativi che rappresentino al meglio le condizioni reali del terreno indagato.

Vengono sviluppati sia dalle resistenze di punta caratteristiche vedi cap. 7 e seguenti, sia da numerose analisi di laboratorio in possesso di questo studio su terreni simili.

STRATO N° 1

$C' = 0,5 \div 0,6$	t/m^2	<i>coesione a lungo termine</i>
$\varphi' = 21^\circ \div 23^\circ$		<i>angolo d'attrito interno</i>
$\gamma_n = 1,8 \div 1,9$	t/m^3	<i>peso di volume naturale</i>
$C_u = 8,0 \div 9,0$	t/m^2	<i>coesione a breve termine</i>

STRATO N° 2

$C' = 0,2 \div 0,4$	t/m^2	<i>coesione a lungo termine</i>
$\varphi' = 21^\circ \div 22^\circ$		<i>angolo d'attrito interno</i>
$\gamma_n = 1,9 \div 1,95$	t/m^3	<i>peso di volume naturale</i>
$C_u = 4,0 \div 5,0$	t/m^2	<i>coesione a breve termine</i>

STRATO N° 3

$C' = 0,8 \div 0,9$	t/m^2	<i>coesione a lungo termine</i>
$\varphi' = 21^\circ \div 22^\circ$		<i>angolo d'attrito interno</i>
$\gamma_n = 1,9 \div 1,95$	t/m^3	<i>peso di volume naturale</i>
$C_u = 12,0 \div 13,0$	t/m^2	<i>coesione a breve termine</i>

I parametri indicati sono stati usati nelle verifiche seguenti.

7. Liquefazione dei terreni saturi

In ragione dei livelli sabbiosi rinvenuti nel secondo strato si verifica la possibilità di liquefazione sulla base della normativa vigente.

7.1. Premessa

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

con:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua
 φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza $\langle \tau \rangle$ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

- a) $c = 0$;
- b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione $\langle c=0 \rangle$ non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

7.2. Problematiche dovute alla liquefazione dei terreni:

I fenomeni di liquefazione che interessano i depositi sabbiosi saturi dipendono da:

- proprietà geotecniche dei terreni
- caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata
- genesi e storia geologica dei terreni
- fattori ambientali

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (in campo libero e con superficie piana).

Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza.

Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Quindi, maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi (maggior numero di cicli) alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione.

7.3. Fattori legati all'evento sismico.

Durante un terremoto il terreno può essere visto come sottoposto ad una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso.

In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per produrre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico.

In definitiva quindi una elevata magnitudo del sisma (maggiore intensità degli sforzi di taglio applicati al terreno) e una lunga durata dello stesso (maggior numero di cicli di carico) rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito sabbioso saturo.

È da notare che in livelli sabbiosi già sottoposti in passato a liquefazione lo scheletro solido assume configurazioni meno vulnerabili (cresce in pratica il grado di addensamento), che rendono meno probabile il ripresentarsi del fenomeno.

7.4. Valutazione del sisma di progetto.

La valutazione del terremoto di progetto, cioè dell'evento sismico di riferimento rispetto al quale effettuare la stima della suscettibilità del terreno alla liquefazione, può essere eseguita con metodologie diverse. Nel programma Liquef viene adottato un approccio probabilistico-statistico, quello di Gumbel, per ottenere la massima accelerazione di picco prevedibile nel sito per un determinato tempo di ritorno. Quella che segue è la procedura utilizzata.

Dal Catalogo Sismico si estraggono gli eventi sismici ubicati nell'area sismogenetica di competenza (classificazione ZS9).

7.5. Metodi di calcolo della suscettibilità alla liquefazione.

I metodi semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento.

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato (CSR o R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR o T). Cioè in pratica si avrà:

$$F_s = \frac{R}{T}.$$

La grandezza T dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche, statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da stendimenti di sismica a rifrazione.

7.6. Calcolo dello sforzo di taglio indotto dal sisma (CSR).

La grandezza T viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} r_d \frac{1}{MSF};$$

dove:

a_{\max} = accelerazione sismica massima;
 g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²;
 σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
 σ_{v0}' = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
 r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:
 $r_d = 1 - 0.00765z$ per $z \leq 9.15$ m
 $r_d = 1.174 - 0.0267z$ per $9.15 < z \leq 23$ m
 $r_d = 0.774 - 0.008z$ per $23 < z \leq 30$ m
 $r_d = 0.5$ per $z > 30$ m

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con la relazione $MSF = \left(\frac{M}{7.5} \right)^{-3.3}$ se $M \leq 7.5$ o con la

formula $MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$ se $M > 7.5$.

7.7. Da prove penetrometriche dinamiche CRR resistenza al taglio mobilitata – metodo di Robertson e Wride (2014)

1.2.2.2.5 Da prove penetrometriche statiche – metodo di Robertson e Wride (1997).

Il metodo di Robertson e Wride permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati della prova penetrometrica statica (CPT). La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$CRR = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50 \text{ e}$$
$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160.$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente.

Il calcolo di $(q_{c1n})_{cs}$ avviene attraverso i seguenti passaggi.

- Si calcola la resistenza alla punta e l'attrito laterale specifico normalizzati con le relazioni:

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} \text{ e } F = 100 \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}$$

dove:

- q_c (kg/cmq) = resistenza alla punta misurata;
- f_s (kg/cmq) = attrito laterale specifico misurato;
- σ_{v0} (kg/cmq) = pressione verticale totale;

σ_{v0}' (kg/cmq) = pressione verticale efficace.

- Si calcola l'indice di tipo dello strato sabbioso con la formula:

$$I_c = \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} Q - 3.47)^2}$$

- Si applica una correzione che tenga conto dell'approfondimento della prova:

$$q_{c1n} = C_Q q_c \text{ dove } C_Q = \left(\frac{1}{\sigma_{v0}'} \right)^n$$

L'esponente n viene valutato come segue:

- se $I_c > 2.6$ allora $n=1$;
- se $I_c \leq 2.6$ si calcola un primo valore di q_{c1n} , utilizzando $n=0.5$; quindi si ricalcola I_c con la relazione:

$$I_c = \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} q_{c1n} - 3.47)^2}$$

se il nuovo valore di I_c è ancora minore di 2.6 si conferma il valore $n=0.5$, altrimenti si ricalcola q_{c1n} , utilizzando $n=0.75$;

- se $q_{c1n} > 2q_c$ si pone $q_{c1n} = 2q_c$.
- Si introduce la correzione dovuta alla presenza di fine nel livello sabbioso:

$$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n},$$

dove K_c è uguale a 1, se $I_c \leq 1.64$, ed è fornito dalla relazione:

$$K_c = -0.403I_c^4 + 5.581I_c^3 - 21.63I_c^2 + 33.75I_c - 17.88$$

in caso contrario.

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

7.8. Calcolo dell'indice di liquefacibilità.

Una stima del rischio di liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione (IL). Tale indice viene definito dalla seguente relazione:

$$IL = \sum_{i=1}^n FW(z) \Delta z$$

dove:

n = numero degli intervalli di calcolo di F_s lungo la verticale;

$F = 1 - F_s$ per $F_s \leq 1$ e $F = 0$ per $F_s > 1$;

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

$W(z) = 10 - 0,5z$, con z = profondità di calcolo

In base al valore di IL ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione attraverso la seguente tabella:

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
0<IL≤5	Basso
5<IL≤15	Alto
15<IL	Molto alto

Di seguito si riporta il calcolo eseguito per la verticale di prova:

8. CALCOLO INDICE LIQUEFAZIONE IL

8.1.1. Premessa

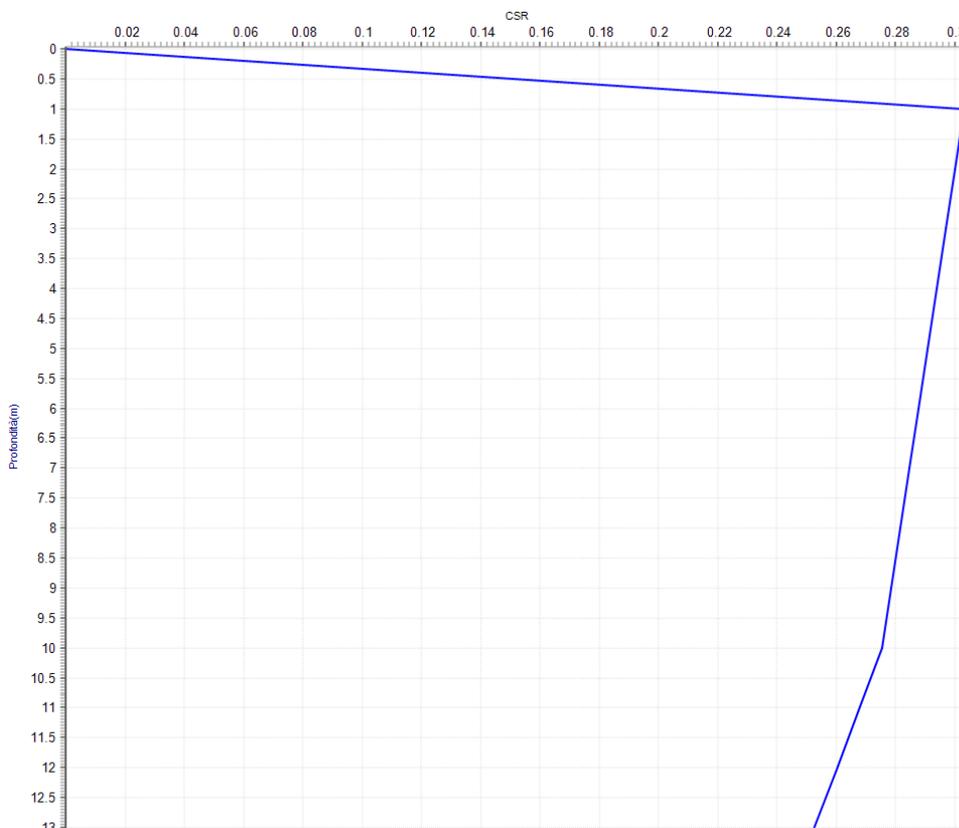
Schematizzando le prove geognostiche eseguite si calcola sia lo Sforzo Tagliante (CSR) che lo Sforzo Resistente (CRR) in ragione della normativa vigente 2018 capitolo 7.0 e seguenti.

8.2. PROVA N. 1

si calcola il CSR (sforzo tagliante)

Profilo CSR							
N	da (m)	a (m)	Gamma(kN/mc)	sigma(kPa)	sigma(kPa)	rd	CSR
1	0.00	1.00	20	20.0	10.19	0.99	0.303
2	1.00	2.00	20	40.0	20.38	0.98	0.3
3	2.00	3.00	20	60.0	30.57	0.97	0.297
4	3.00	4.00	20	80.0	40.76	0.96	0.294
5	4.00	5.00	20	100.0	50.95	0.95	0.291
6	5.00	6.00	20	120.0	61.14	0.94	0.288
7	6.00	7.00	20	140.0	71.33	0.93	0.285
8	7.00	8.00	20	160.0	81.52	0.92	0.282
9	8.00	9.00	20	180.0	91.71	0.91	0.279
10	9.00	10.00	20	200.0	101.9	0.9	0.276
11	10.00	11.00	20	220.0	112.09	0.875	0.268
12	11.00	12.00	20	240.0	122.28	0.85	0.26
13	12.00	13.00	20	260.0	132.47	0.825	0.253

Diagrammando il risultato



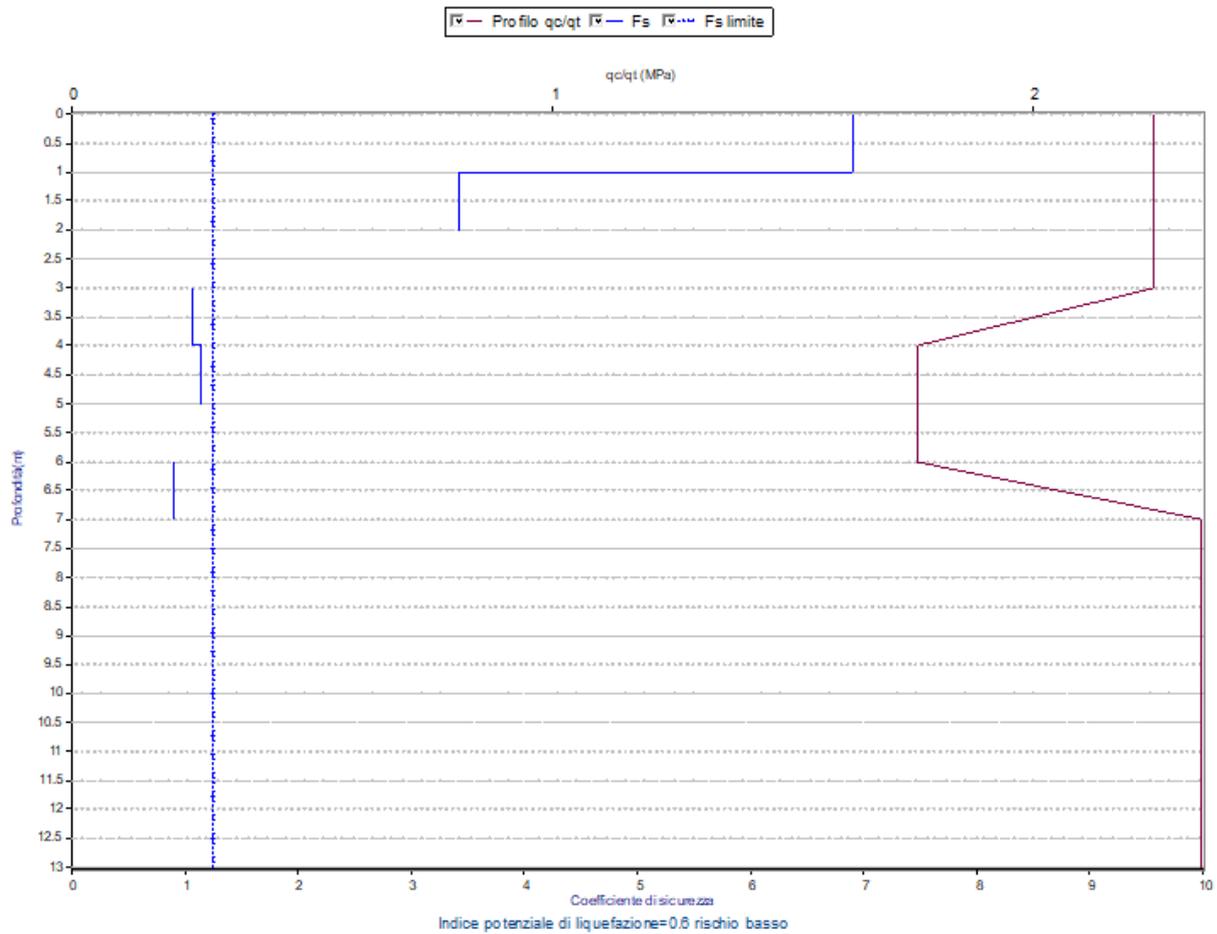
8.3. Calcolo CRR

Profilo CRR da CPT									
N	da (m)	a (m)	qc(qt)(MPa)	fs(kPa)	Gamma(kN/mc)	CSR	CRR	Fs	Ic
1	0.00	1.00	2.25	98.0	20	0.303	2.091	6.9	2.37
2	1.00	2.00	2.25	98.0	20	0.3	1.025	3.418	2.53
3	2.00	3.00	2.25	98.0	20	0.297			
4	3.00	4.00	1.76	45.0	20	0.294	0.317	1.079	2.59
5	4.00	5.00	1.76	45.0	20	0.291	0.333	1.145	2.57
6	5.00	6.00	1.76	45.0	20	0.288			
7	6.00	7.00	2.35	45.0	20	0.285	0.261	0.915	2.52
8	7.00	8.00	2.35	90.0	20	0.282			
9	8.00	9.00	2.35	90.0	20	0.279			
10	9.00	10.00	2.35	90.0	20	0.276			
11	10.00	11.00	2.35	90.0	20	0.268			
12	11.00	12.00	2.35	90.0	20	0.26			
13	12.00	13.00	2.35	90.0	20	0.253			

Diagrammando il risultato e rapportandolo CRR/CSR



Infine si riporta su grafico a dispersione il coefficiente di sicurezza con la profondità e calcolando quindi il potenziale di liquefazione



Viene calcolato quindi un indice di liquefazione pari a 0,6 ovvero rischio basso.

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
0<IL≤5	Basso
5<IL≤15	Alto
15<IL	Molto alto

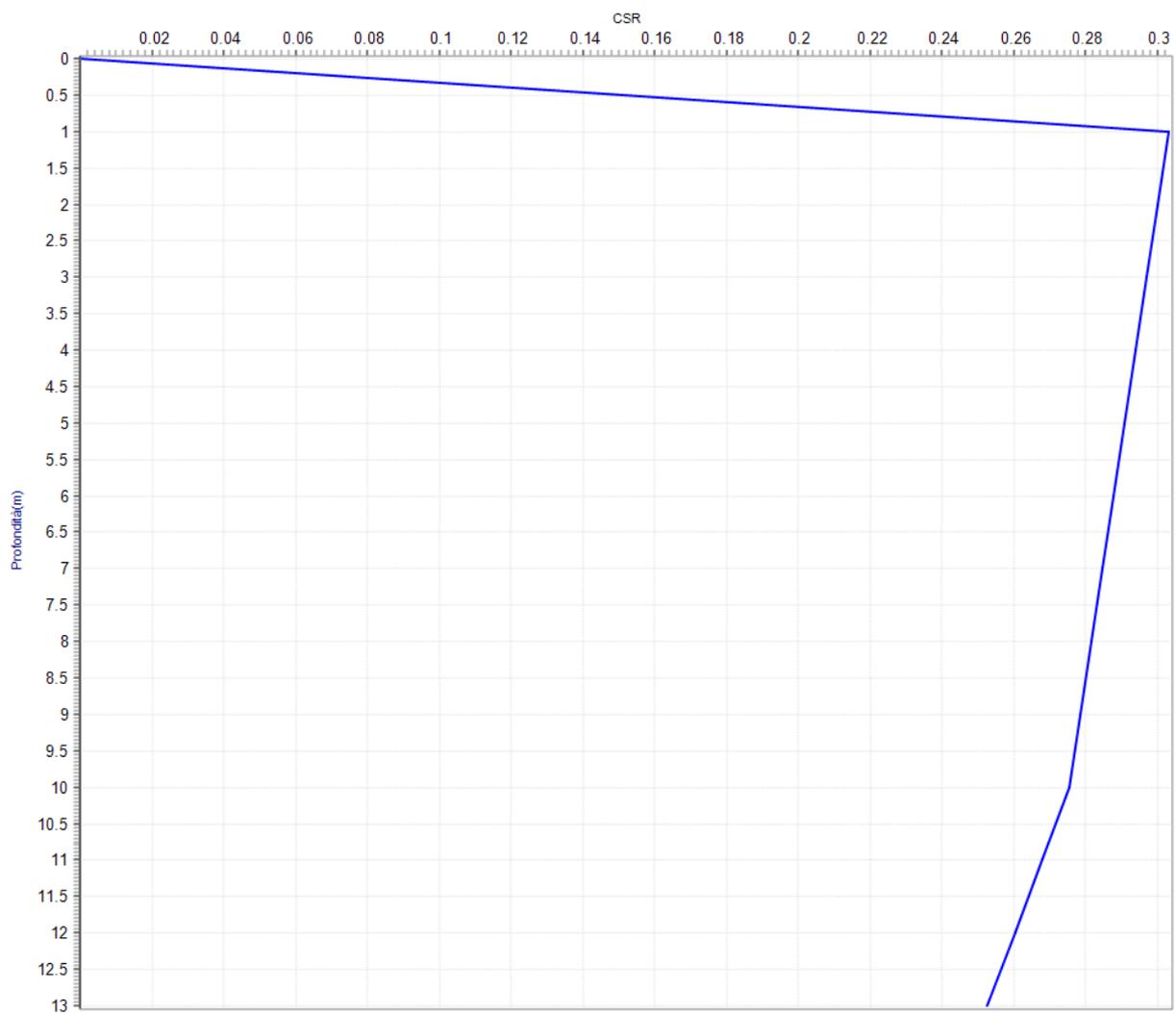
Si riporta la tabella dell'indice di liquefazione dalla normativa vigente in cui rientra il caso in oggetto.

8.4. PROVA N. 2

si calcola il CSR (sforzo tagliante)

Profilo CSR							
N	da (m)	a (m)	Gamma(kN/mc)	sigma(kPa)	sigma(kPa)	rd	CSR
1	0.00	1.00	20	20.0	10.19	0.99	0.303
2	1.00	2.00	20	40.0	20.38	0.98	0.3
3	2.00	3.00	20	60.0	30.57	0.97	0.297
4	3.00	4.00	20	80.0	40.76	0.96	0.294
5	4.00	5.00	20	100.0	50.95	0.95	0.291
6	5.00	6.00	20	120.0	61.14	0.94	0.288
7	6.00	7.00	20	140.0	71.33	0.93	0.285
8	7.00	8.00	20	160.0	81.52	0.92	0.282
9	8.00	9.00	20	180.0	91.71	0.91	0.279
10	9.00	10.00	20	200.0	101.9	0.9	0.276
11	10.00	11.00	20	220.0	112.09	0.875	0.268
12	11.00	12.00	20	240.0	122.28	0.85	0.26
13	12.00	13.00	20	260.0	132.47	0.825	0.253

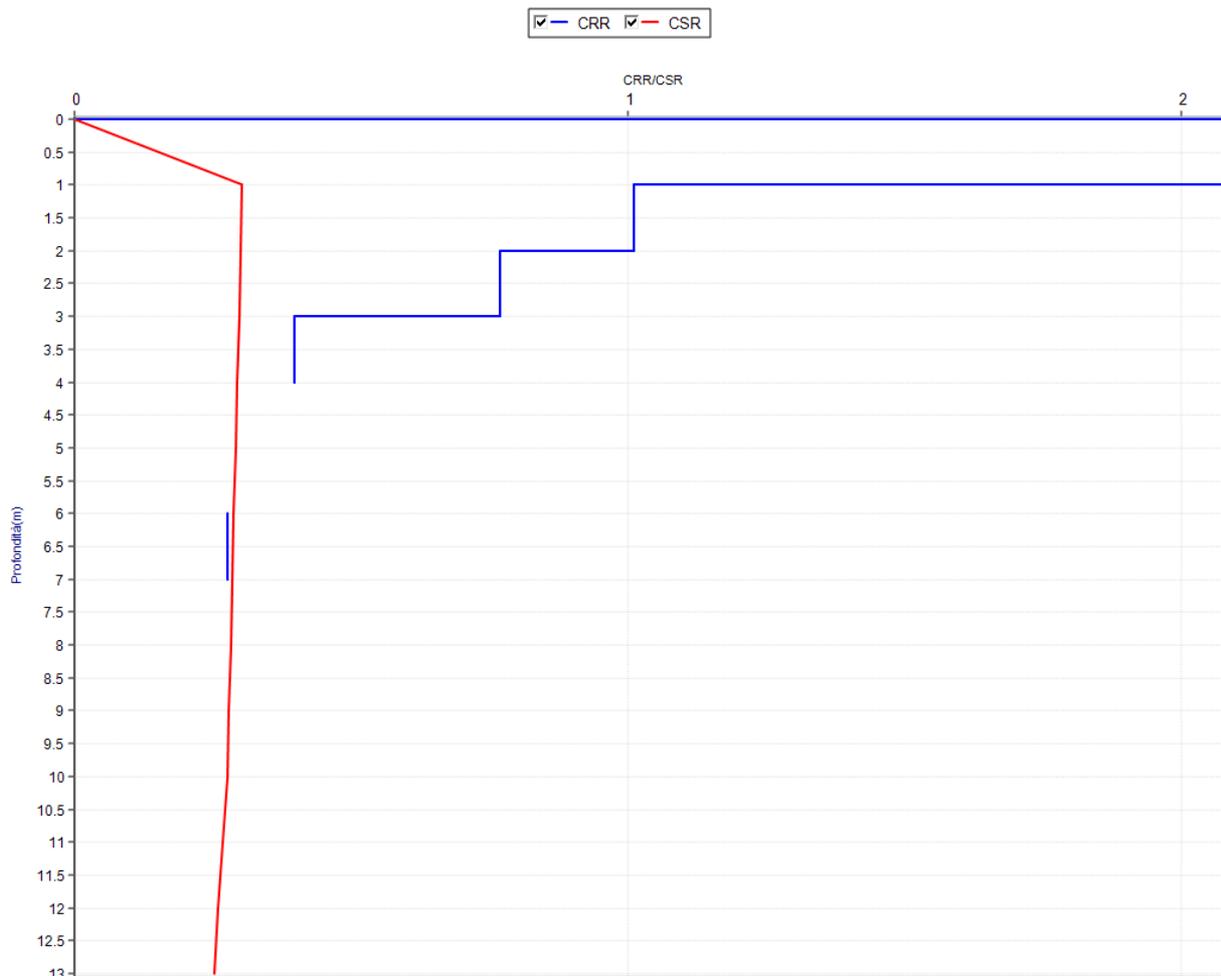
Diagrammando il risultato



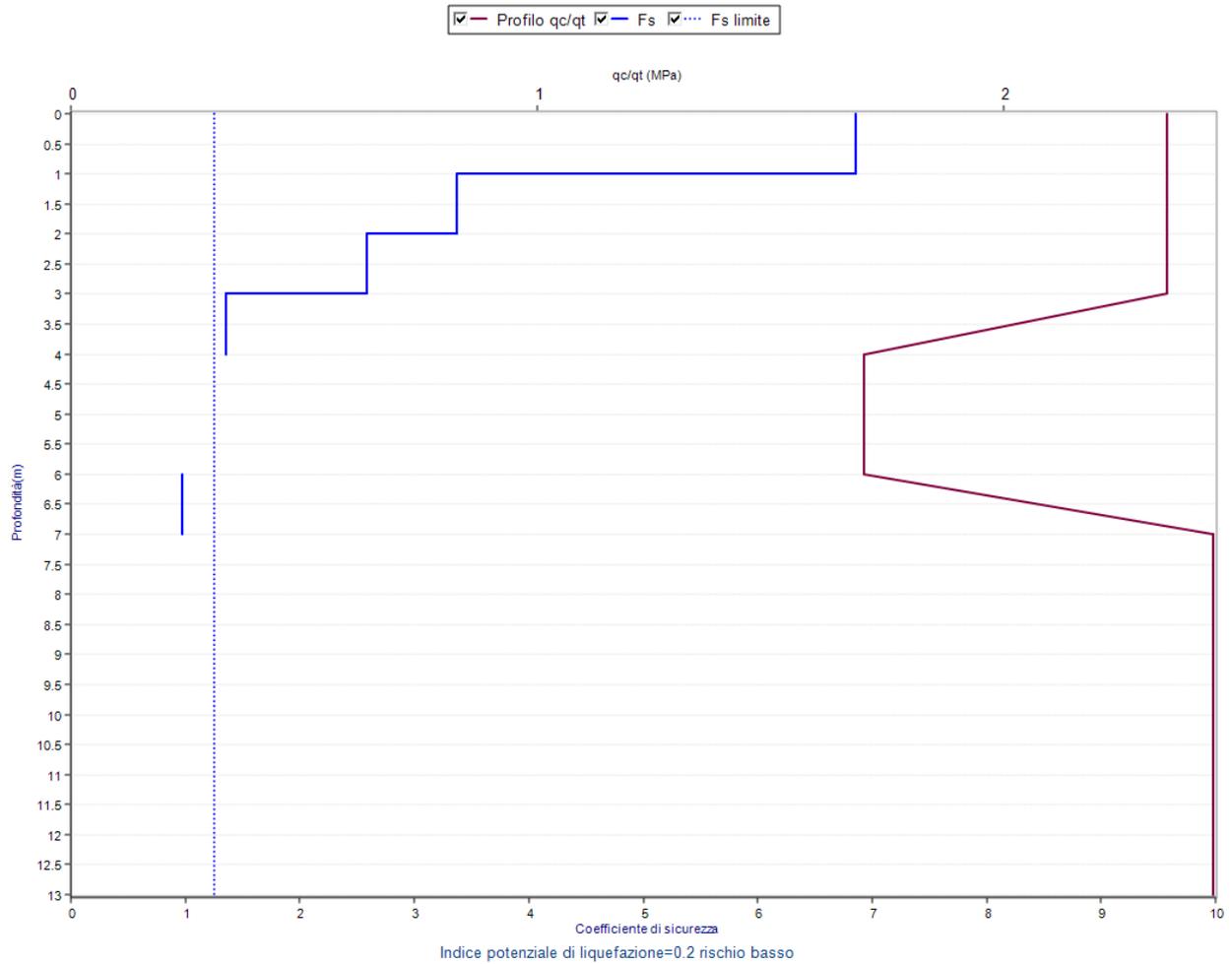
8.5. Calcolo CRR

Profilo CRR da CPT									
N	da (m)	a (m)	qc(qt)(MPa)	fs(kPa)	Gamma(kN/mc)	CSR	CRR	Fs	Ic
1	0.00	1.00	2.35	98.0	20	0.303	2.078	6.856	2.34
2	1.00	2.00	2.35	98.0	20	0.3	1.011	3.369	2.5
3	2.00	3.00	2.35	98.0	20	0.297	0.769	2.589	2.58
4	3.00	4.00	1.7	50.0	20	0.294	0.397	1.351	2.58
5	4.00	5.00	1.7	50.0	20	0.291			
6	5.00	6.00	1.7	50.0	20	0.288			
7	6.00	7.00	2.45	50.0	20	0.285	0.276	0.969	2.52
8	7.00	8.00	2.45	80.0	20	0.282			
9	8.00	9.00	2.45	80.0	20	0.279			
10	9.00	10.00	2.45	80.0	20	0.276			
11	10.00	11.00	2.45	80.0	20	0.268			
12	11.00	12.00	2.45	80.0	20	0.26			
13	12.00	13.00	2.45	80.0	20	0.253			

Diagrammando il risultato e rapportandolo CRR/CSR



Infine si riporta su grafico a dispersione il coefficiente di sicurezza con la profondità e calcolando quindi il potenziale di liquefazione



Viene calcolato quindi un indice di liquefazione pari a 0,2 ovvero rischio basso.

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
0<IL≤5	Basso
5<IL≤15	Alto
15<IL	Molto alto

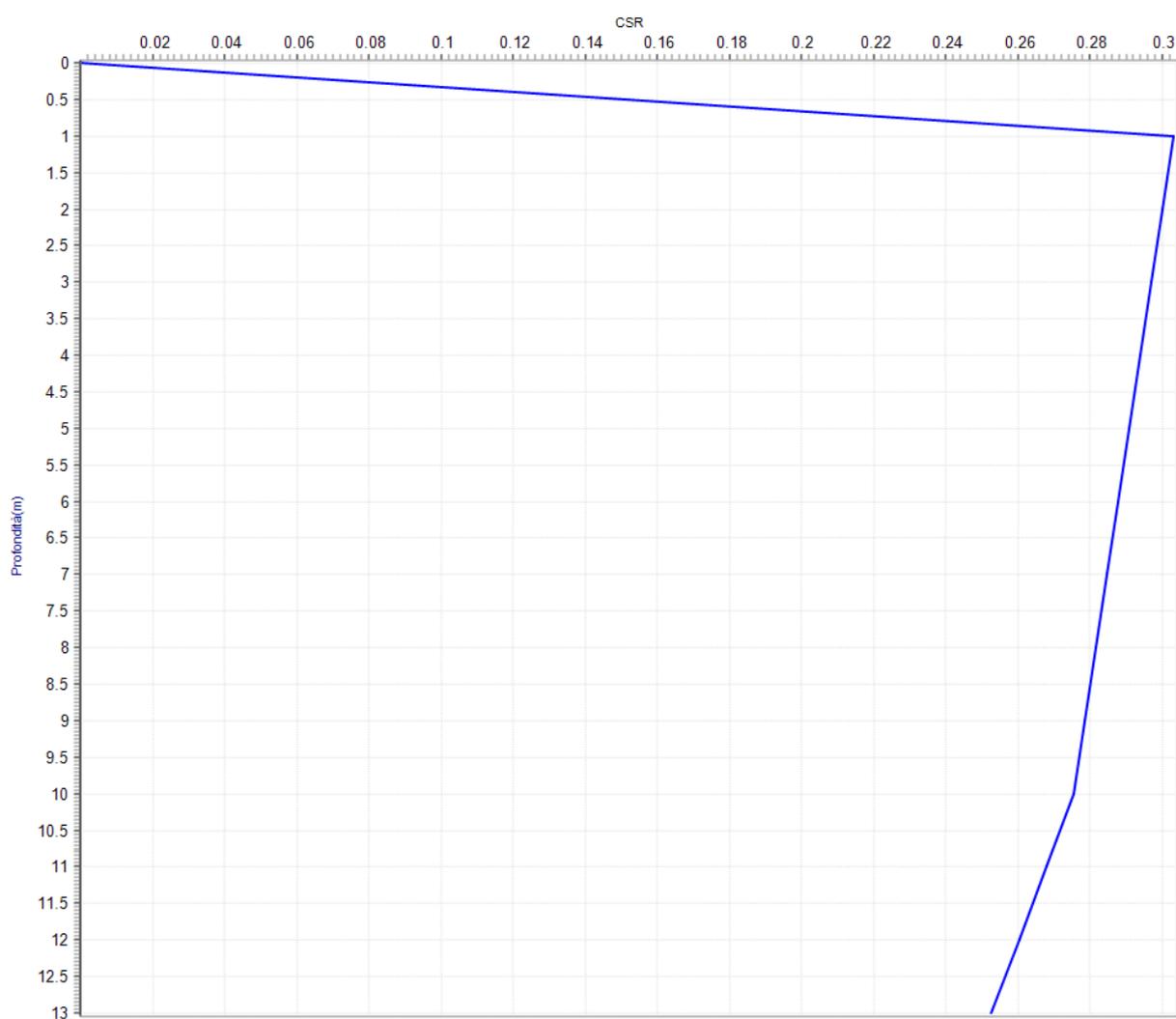
Si riporta la tabella dell'indice di liquefazione dalla normativa vigente in cui rientra il caso in oggetto.

8.6. PROVA N. 3

si calcola il CSR (sforzo tagliante)

Profilo CSR							
N	da (m)	a (m)	Gamma(kN/mc)	sigma(kPa)	sigma(kPa)	rd	CSR
1	0.00	1.00	20	20.0	10.19	0.99	0.303
2	1.00	2.00	20	40.0	20.38	0.98	0.3
3	2.00	3.00	20	60.0	30.57	0.97	0.297
4	3.00	4.00	20	80.0	40.76	0.96	0.294
5	4.00	5.00	20	100.0	50.95	0.95	0.291
6	5.00	6.00	20	120.0	61.14	0.94	0.288
7	6.00	7.00	20	140.0	71.33	0.93	0.285
8	7.00	8.00	20	160.0	81.52	0.92	0.282
9	8.00	9.00	20	180.0	91.71	0.91	0.279
10	9.00	10.00	20	200.0	101.9	0.9	0.276
11	10.00	11.00	20	220.0	112.09	0.875	0.268
12	11.00	12.00	20	240.0	122.28	0.85	0.26
13	12.00	13.00	20	260.0	132.47	0.825	0.253

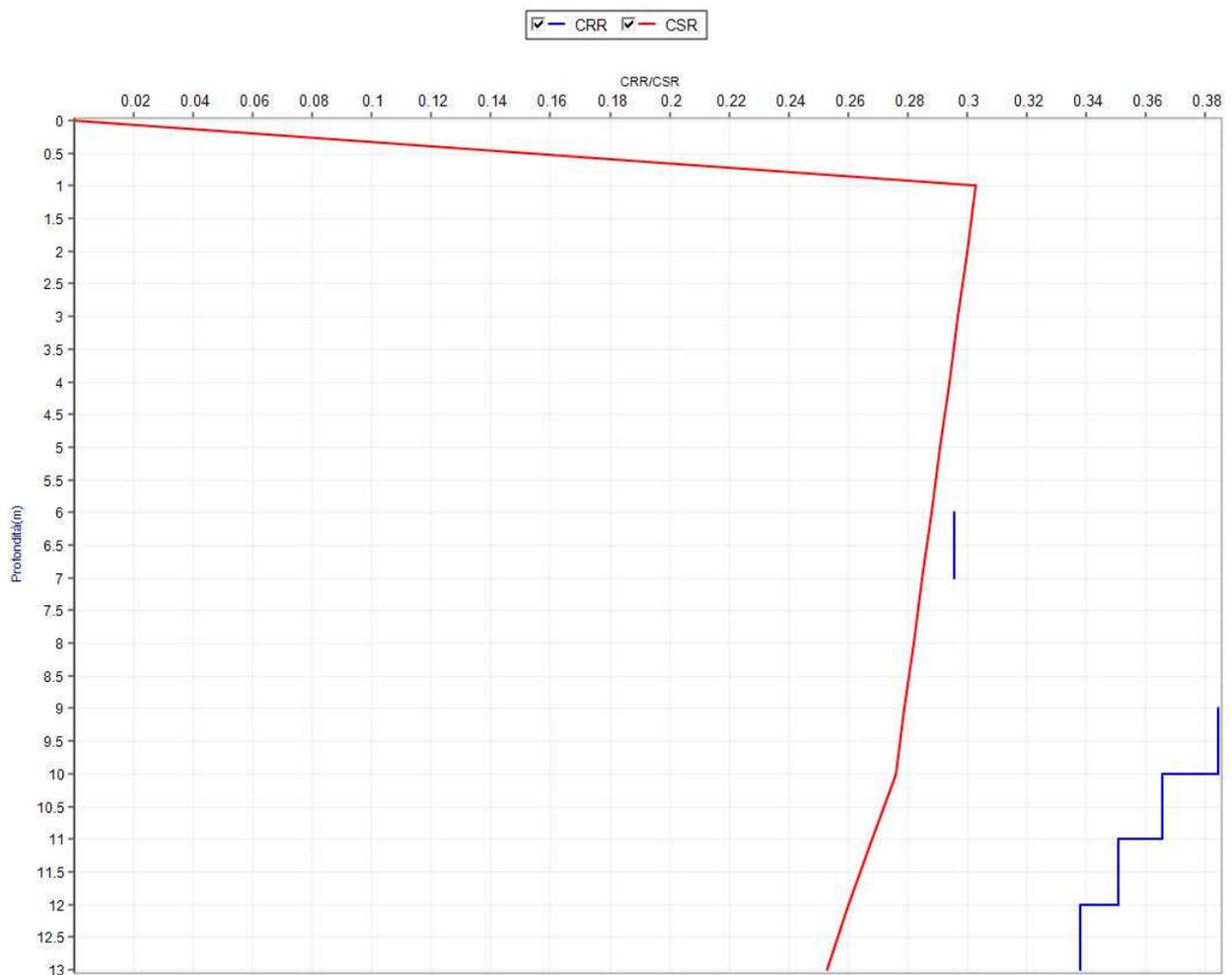
Diagrammando il risultato



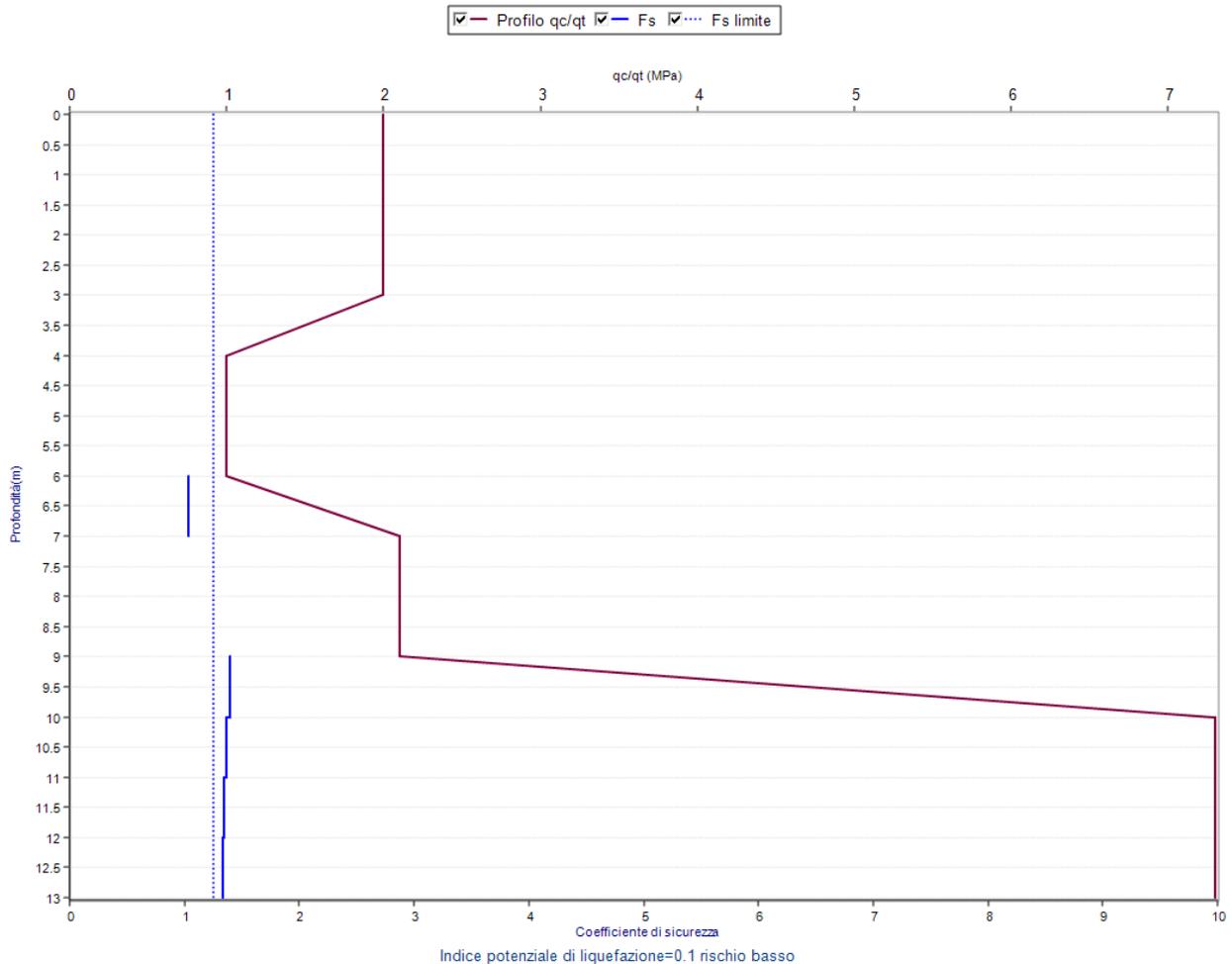
8.7. Calcolo CRR

Profilo CRR da CPT									
N	da (m)	a (m)	qc(qt)(MPa)	fs(kPa)	Gamma(kN/mc)	CSR	CRR	Fs	Ic
1	0.00	1.00	2.0	170.0	20	0.303			
2	1.00	2.00	2.0	170.0	20	0.3			
3	2.00	3.00	2.0	170.0	20	0.297			2.58
4	3.00	4.00	1.0	49.0	20	0.294			2.58
5	4.00	5.00	1.0	49.0	20	0.291			
6	5.00	6.00	1.0	49.0	20	0.288			
7	6.00	7.00	2.1	49.0	20	0.285	0.296	1.038	2.58
8	7.00	8.00	2.1	98.0	20	0.282			
9	8.00	9.00	2.1	98.0	20	0.279			
10	9.00	10.00	7.3	98.0	20	0.276	0.384	1.393	2.1
11	10.00	11.00	7.3	98.0	20	0.268	0.366	1.365	2.11
12	11.00	12.00	7.3	98.0	20	0.26	0.351	1.348	2.13
13	12.00	13.00	7.3	98.0	20	0.253	0.338	1.336	2.14

Diagrammando il risultato e rapportandolo CRR/CSR



Infine si riporta su grafico a dispersione il coefficiente di sicurezza con la profondità e calcolando quindi il potenziale di liquefazione



Viene calcolato quindi un indice di liquefazione pari a 0,1 ovvero rischio basso.

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
0<IL≤5	Basso
5<IL≤15	Alto
15<IL	Molto alto

Si riporta la tabella dell'indice di liquefazione dalla normativa vigente in cui rientra il caso in oggetto.

8.8. Conclusioni sulla possibilità di liquefazione dei depositi limosi sabbioni e sabbioni limosi (strato 2)

La prova 1 indica un IL pari ad un coefficiente paria a 0,6

La prova 2 indica un IL pari a 0,2 coefficiente paria a 0,2

La prova 3 indica un IL pari a 0,1 coefficiente paria a 0,1

Visto che l' IL risulta sempre in prossimità della fascia intorno allo 0,0 le possibilità di liquefazione siano realmente inesistenti.

9. Metodologia del calcolo della portanza a lungo termine

9.1. Introduzione

Il comportamento teorico del terreno di fondazione sottoposto all'applicazione di un carico viene generalmente schematizzato secondo teorie diverse, nel caso in esame viene usata la metodologia di Terzaghi (1943):

La formula di Terzaghi ha la seguente forma:

$$Q_{lim} = c \times N_c \times s_c + y_1 \times D \times N_q + 0.5 \times y_2 \times B \times N_y \times s_y;$$

in cui: N_c, N_q, N_y = fattori adimensionali di portanza legati rispettivamente al contributo di terreni con coesione, al terreno posto sopra al piano di posa della fondazione e agli strati di coesione nulla; Terzaghi per questi fattori propone le seguenti relazioni:

$$N_q = a^2 / [2 \times \cos^2 (45 + j / 2)]$$

$$\text{dove } a = \exp[(0.75 \times \pi - j / 2) \times \text{tg}j];$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \cotg j$$

$$N_y = [\text{tg}j/2] \times [(Kp/\cos^2 j) - 1]$$

dove: Kp =fattore di portanza proposto da Terzaghi, approssimabile con la seguente relazione:

$$Kp = A_0 + A_1 \times j + A_2 \times j^2 + A_3 \times j^3 + A_4 \times j^4;$$

in cui:

A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 =fattori del polinomio interpolatore.

c = coesione del terreno;

y_1 =peso di volume medio del terreno sopra il piano di posa;

y_2 =peso di volume sotto il piano di posa;

B =larghezza della fondazione (dimensione del lato corto);

D =profondità di posa della fondazione;

s_c, s_y =fattori di forma dati da:

$s_c = 1.0$ per fondazioni nastriformi;

$s_c = 1.3$ per fondazioni quadrate;

$s_y = 1.0$ per fondazioni nastriformi;

$s_y = 0.8$ per fondazioni quadrate.

9.2. Cenni alla metodologia del metodo semiprobabilistico

L'Eurocodice 7, unitamente alla normativa nazionale prevede, per la definizione del grado di sicurezza di una struttura relativamente alla possibilità di rottura del terreno di fondazione, **un approccio di tipo semiprobabilistico**, o di livello 1, adottando il concetto di stato limite ultimo.

Per stato limite s'intende una particolare condizione raggiunta la quale l'opera non è più in grado di svolgere la funzione per la quale è stata progettata. Si parla di **stato limite ultimo** nel caso si prenda in considerazione il verificarsi di una situazione di collasso, per esempio quando il carico applicato supera la portanza del terreno di fondazione.

Il termine **stato limite di esercizio** viene invece usato nel caso si esamini una situazione in cui, pur non avendosi il collasso, l'opera subisca lesioni tali da renderla inutilizzabile. Nel caso di una fondazione superficiale ciò può verificarsi, quando i cedimenti del terreno superano una soglia critica, provocando delle distorsioni angolari non accettabili negli elementi della sovrastruttura.

Si parla di criterio semiprobabilistico in quanto, a differenza dell'approccio rigorosamente probabilistico, compare il concetto di coefficiente sicurezza, anche se di tipo differenziato a seconda del parametro preso in esame.

10. Indicazione dell'approccio considerato

Sulla base del Nuovo Testo Unico si considerano gli Stati Limiti "Geo" definiti

SLU(GEO) → Approccio 2 → Combinazione unica (A1+M1+R3)

Si riporta di seguito le tabelle definite dalla normativa di riferimento con i coefficienti di diminuzione usati:

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

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

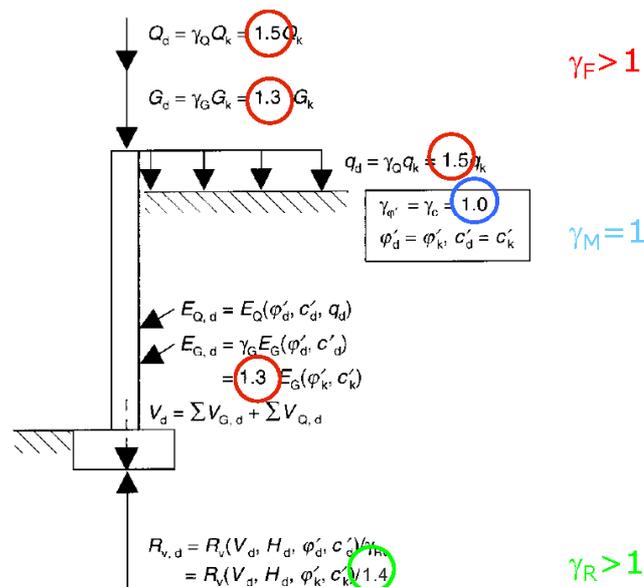
Tabella 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

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

Di seguito si allega lo schema per gli approcci considerati :
viene riportato l'approccio 2 a titolo di esempio.

Gli approcci progettuali

Approccio 2 Combinazione unica (STR-GEO) A1 + M1 + R3



10.1. **Indicazione delle strutture di fondazione**

Sulla base della litostratigrafia rilevata ed in base all'osservazione del progetto esecutivo si indicano come idonee fondazioni superficiali a tipologia "plinto":

Geometria della fondazione

Fondazione n.	1
Larghezza o diametro base B (m):	2
Lunghezza della base L (m):	2
Profondità di posa lato destro d1(m):	1,5
Profondità di posa lato sinistro d2(m):	1,5
Peso di volume del cls (kg/mc):	2500
Larghezza sommità terrapieno Ls(m):	0
Tipologia fondazionale:	Plinto

Qualora si considerino dimensioni e caratteristiche diverse da quelle sopra indicate, si rimane a disposizione per il ricalcolo della portanza.

10.2. **Calcolo della capacità portante S.L.U.**

Riassunto del calcolo della portanza delle fondazioni

Secondo il D.M. 14.01.2008 App.II Combinazione delle azioni: fondamentale

Larghezza della fondazione (m):	2	
Lunghezza della fondazione (m):	2	
Profondità di posa lato destro (m):	1,5	
Profondità di posa lato sinistro (m):	1,5	
Metodo di calcolo:	Terzaghi stato limite ultimo	
	Fattori di forma	
Sc: 1,3	Sq: 1	Sy: 0,8
	Fattori di profondità	
Dc: 1	Dq: 1	Dy: 1
	Fattori inclinazione carico	
Ic: 1	Iq: 1	Iy: 1
	Fattori inclinazione pendio	
Gc: 1	Gq: 1	Gy: 1
	Fattori inclinazione base	
Bc: 1	Bq: 1	By: 1
	Fattori correttivi per gli effetti cinematici del sisma	
Zc:	Zq:	Zy:

1

1

1

RISULTATO

Coefficiente di sicurezza parziale per l'angolo di attrito:	1
Coefficiente di sicurezza parziale per la coesione:	1
Coefficiente di sicurezza globale:.....	2,3
Correzione di Terzaghi:	non applicata
Capacità portante S.L.U. (kg/cm ²):	1,5
Profondità del cuneo efficace (m):	1,48

Nota bene :

non viene considerata la capacità portante con combinazione simica

Portanza S.L.U.	PLINTO 2,0x2,0 B=1,5 m	
Secondo il D.M. 14.01.2008 App.I Comb.2 condizioni drenate		1,5 kg/cm ²

Questi dati rappresentano la pressione indotta massima che il progettista delle strutture può adottare nel contatto terreno - struttura inferiore con le tipologie sopra adottate.

11. Calcolo dei cedimenti**11.1. Premessa**

Anche se la pressione esercitata sul terreno di fondazione non supera il valore calcolato, si possono, in alcuni casi, manifestare delle deformazioni nel terreno non tollerabili dall'opera.

Di seguito si andrà a verificare

1. Modalità e verifica di dissipazione della pressione indotta nel terreno tramite metodologia di Weestagard,
2. Successivamente, attraverso la teoria dell'elasticità si verificano i cedimenti teorici della fondazione proposta.

Si considerano le seguenti condizioni nel calcolo della portanza ammissibile:

- fondazione a PLINTO con dimensioni pari a B = 2,0 m e L = 2,0 metri e quota d'imposta pari a 1,5 metri (D) con un carico reale di esercizio pari a 1,2 kg/cm²
- scarico delle pressioni per asporto del terreno

11.2. Distribuzione del sovraccarico nel terreno di fondazione.

Il metodo di Westergaard ha il pregio di considerare nel calcolo anche le caratteristiche meccaniche del terreno, precisamente il coefficiente di Poisson. L'incremento di pressione netta

indotta dal carico applicato dalla fondazione alla quota z sotto il piano di posa, lungo la verticale che passa per uno degli angoli dell'area BxL, è dato da:

$$p_z = [Q/(2 \times \pi \times z^2)] \times \tan^{-1} \left\{ (M \times N) / [a^{1/2} (M^2 + N^2 + a)^{1/2}] \right\}$$

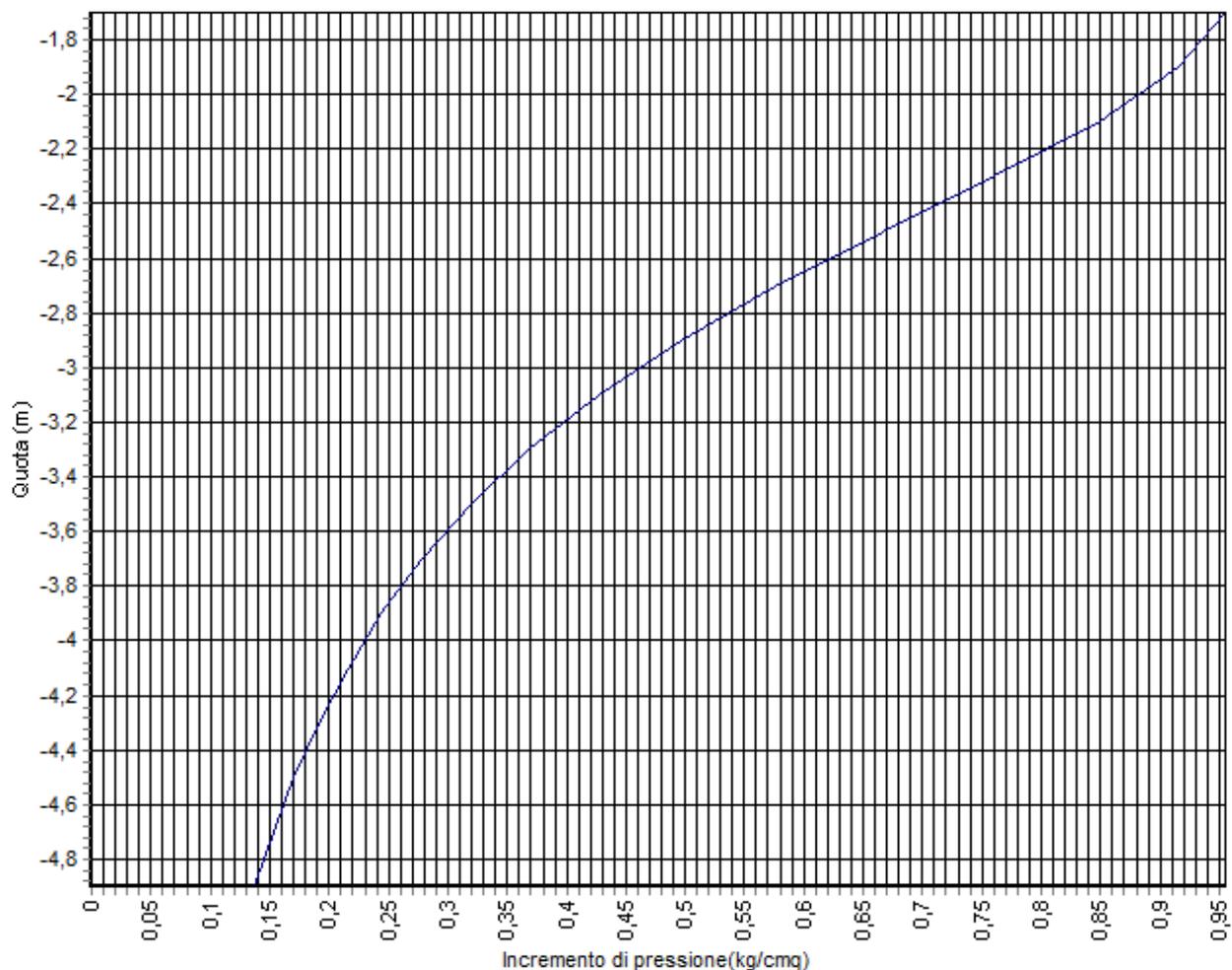
dove:

$M = M/B/z$, $N=L/z$;

$a = (1-2m)/(2-2m)$ con m =coefficiente di Poisson.

Si riporta di seguito il grafico derivante dalla sollecitazione indotta nel terreno calcolandolo al centro della fondazione:

11.3. Dispersione pressione indotta del bulbo di pressione



Il calcolo della pressione indotta si ferma a – 5,0 m dal piano di campagna, in ragione del bulbo di pressione indotto

11.4. Teoria dell'elasticità nel calcolo dei cedimenti .

Si tratta di un metodo utile per avere una prima indicazione dell'ammontare del cedimento. La relazione è la seguente:

$$S = DH \times Q_z / E_d;$$

in cui: DH =spessore dello strato;
 Q_z =incremento di pressione dovuto al sovraccarico applicato dalla fondazione a metà strato,
 E_d =modulo di deformazione dello strato.

11.5. Riassunto del calcolo dei cedimenti

Verifica allo Stato Limite d'Esercizio

Larghezza della fondazione (m):	2
Lunghezza della fondazione (m):	2
Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq):	1,2

Livelli incoerenti

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli incoerenti:	Teoria dell'elasticità		
Tempo di calcolo dei cedimenti secondari (anni):	30		
Carico statico o pulsante (Burland e Burbridge):	n.c.		
Nspt crescente o decrescente (Burland e Burbridge):	n.c.		
	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento immediato (mm):	0	11,7	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. incoerenti (mm):	0	11,7	0

Livelli coesivi

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli coesivi:	Teoria dell'elasticità		
Tempo di calcolo cedimenti di consolidazione(anni):	20		
	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Ced.di consolidazione (mm):	0	18,4	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. coesivi (mm):	0	18,4	0

Cedimenti complessivi (incoerenti+coesivi)

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento complessivo (mm):	0	30,2	0
Max cedim. differenziale(mm):	0		
Massima distorsione (%):	0		
Fondazione rigida o flessibile:	Fondazione rigida		

I cedimenti quindi vengono calcolati in circa cm 3,0 in ragione della sovrappressione reale scaricata di circa 1,2 kg/cmq nel caso di una FONDAZIONE ESTREMAMENTE RIGIDA ed IN PARTICOLARE MODO LE STRUTTURE A QUESTI COLLEGATI.

12. Coefficiente di reazione del terreno

12.1. Premessa:

L'esistenza del problema della dell'interazione terreno – struttura fu per la prima volta definito da Winkler (1867).

Egli definì la proporzionalità tra la pressione p ed il corrispondente cedimento w :

$$\text{coefficiente di sottofondo: } K_s = \frac{P}{s}$$

Tale relazione si presenta come indipendente dalla forma e dalla superficie di carico, nonché indipendente dalle caratteristiche di elasticità del terreno, pertanto raffigura il comportamento di un terreno ideale.

12.2. Calcolo:

Bowles (1974) propone la seguente relazione:

$$k \text{ (kN/mc)} = 40 \times Q_{lim} / f_c$$

dove f_c = cedimento della fondazione (cm) / 2.5

Larghezza della fondazione (m):	2
Lunghezza della fondazione (m):	2

sviluppando si ottiene:

Metodo di Bowles

Cedimento del terreno di fondazione (cm):	3
Carico applicato sulla fondazione (kg/cm ²):	1,2

RISULTATI

Metodo di calcolo utilizzato:	Metodo di Bowles
Modulo di reazione (kg/cm ²):	1,2

A conferma della situazione si presenta la tabella inserita in Bowles – Fondazioni - (pag 439) in cui alla litologia si associa il valore di K_s .

Terreno	k_s , kN/m ³
Sabbia sciolta	4800 ÷ 16000
Sabbia mediamente compatta	9600 ÷ 80000
Sabbia compatta	64000 ÷ 128000
Sabbia argillosa mediamente compatta	32000 ÷ 80000
Sabbia limosa mediamente compatta	24000 ÷ 48000
Terreno argilloso:	
$q_u \leq 200$ kPa	12000 ÷ 24000
$200 < q_u \leq 400$ kPa	24000 ÷ 48000
$q_u > 400$ kPa	> 48000

Come prevede il testo in oggetto tale tabella fornisce l'ordine di grandezza del modulo di reazione e deve essere intesa puramente indicativa in quanto non vengono considerati né i cedimenti e neppure la reale sovrappressione incrementale.

13. Conclusioni e prescrizioni

E' stata eseguita da questo Studio una indagine geologica sui terreni interessati da progetto di ampliamento per fabbricato artigianale esistente ai sensi dell'art. 53 della l.r. 24/2017.

L'indagine è stata effettuata tramite una campagna di sondaggi a mezzo penetrometro statico (n. 1) con spinta pari a 20 tonn/cm², un sondaggio a rotazione continua, ed alcuni esami di laboratorio su campioni di terreno, diagrammi penetrometrici e le relative stratigrafie vengono riportati in allegato 1 ed in allegato 2.

Inoltre è stato calcolato la velocità delle onde sismiche V_s nei primi 30 metri di terreno sulla base della normativa vigente, per mezzo di prova sismica di microtremiti.

Il calcolo dei parametri geodinamici e sismici è stato sviluppato in capitolo 4, a cui si rimanda per le necessarie precisazioni.

L'ubicazione dei sondaggi è necessariamente quella di figura 5, in quanto non è stato possibile forare all'interno dell'immobile, ma neppure nelle immediate vicinanze dell'edificio, per la presenza di cavi sotterranei che ne impediscono l'accesso.

Le indagini portano a definire una stratigrafia composta da numero 3 strati:

STRATO N° 1	dal p.c. a – 2,4÷3,8 m.	Argille di colore verdastro sovraconsolidate per essiccamento
STRATO N° 2	da – 2,4÷3,8 m. a – 6,0÷7,0 m	strato composto da limi argillosi con sabbie passanti a limi argillosi sabbiosi, a tratti livelletti sabbiosi limosi
STRATO N° 3	da – 6,0÷7,0 m. in poi	strato composto da argille limose alternate ad argille sabbiose/limose nella prova 1 si è riscontrata a questo quota

ghiaia di piccola dimensione

Per le necessarie precisazioni sui parametri geotecnici verificati si veda capitoli 6 e seguenti i valori caratteristici sono stati riportati in cap. 5.2 e seguenti.

La risposta simica locale è stata verificata in capitolo 4, come prevede la normativa vigente.

La tipologia consigliata è superficiale a "plinto" ed il calcolo della portanza è stato sviluppato in capitolo 9, a cui si rimanda per le necessarie precisazioni.

Il calcolo dei cedimenti della fondazione è stato sviluppato in capitolo 10 a cui si rimanda per le necessarie precisazioni.

Le problematiche relative alla liquefazione sono state verificate in capitolo 7 e cap 8, in ragione di alcuni strati sabbiosi alternati a strati limosi ed argillosi.

Come prevede la normativa il calcolo dell'IL viene sviluppato per ogni verticale di sondaggio eseguito.

Il calcolo dell'IL risulta sempre nella fascia in prossimità dello 0,0 ovvero 0,1 per il primo sondaggio, 0,2 per il secondo sondaggio e 0,6 per il terzo sondaggio.

Per questo motivo si ritiene la possibilità di liquefazione non verificabile.

Si prescrive l'allontanamento delle acque meteoriche e la verifica della quota della falda durante i lavori, in maniera da verificare la reale quota della falda durante periodi più lunghi e maggiormente piovosi.

Lo scrivente è a disposizione per verifiche e controlli che dovessero rendersi necessari durante la fase esecutiva delle strutture di fondazione e dovrà essere obbligatoriamente avvisato in occasione dell'inizio lavori al fine di verificare quanto riportato nella presente relazione e valutare, assieme al progettista strutturale ed alla D.L., le necessarie variazioni e/o modifiche ed integrazioni in caso di difformità della stratigrafia riportata nella presente relazione.

Si rimane a disposizione per qualsiasi precisazione e chiarimento sia necessario e per la D.L. di carattere geologico durante l'esecuzione dei lavori.

Cattolica marzo 2022

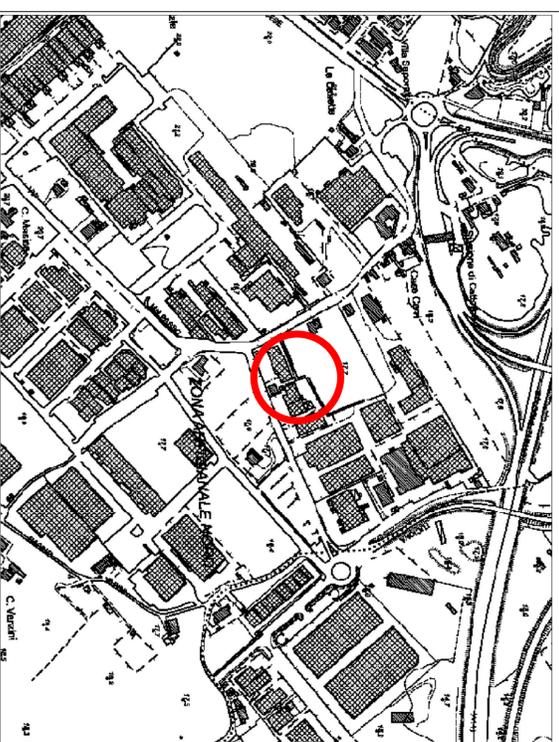


FIGURA 1

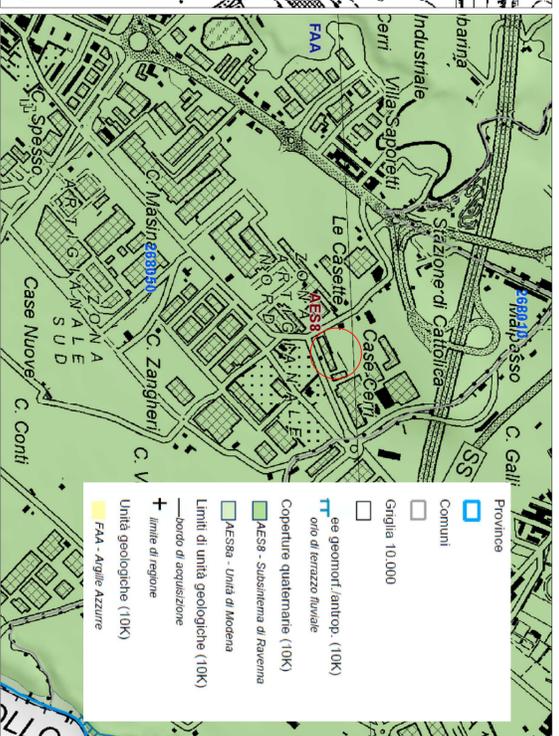


FIGURA 1

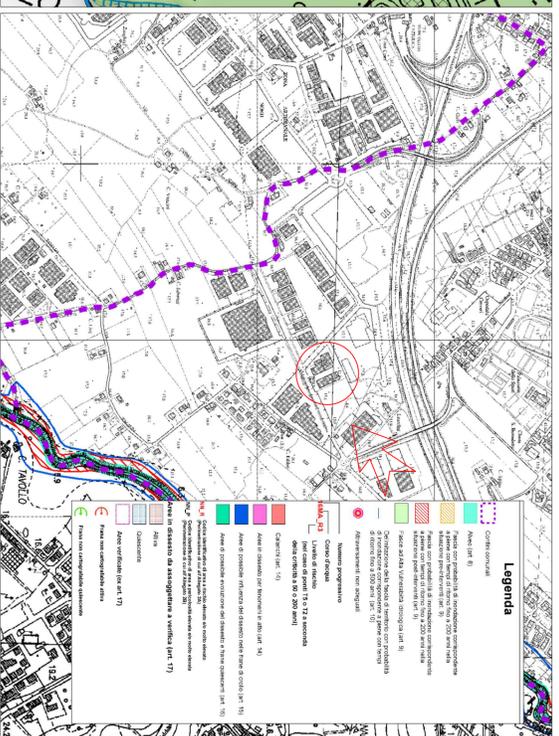


FIGURA 1

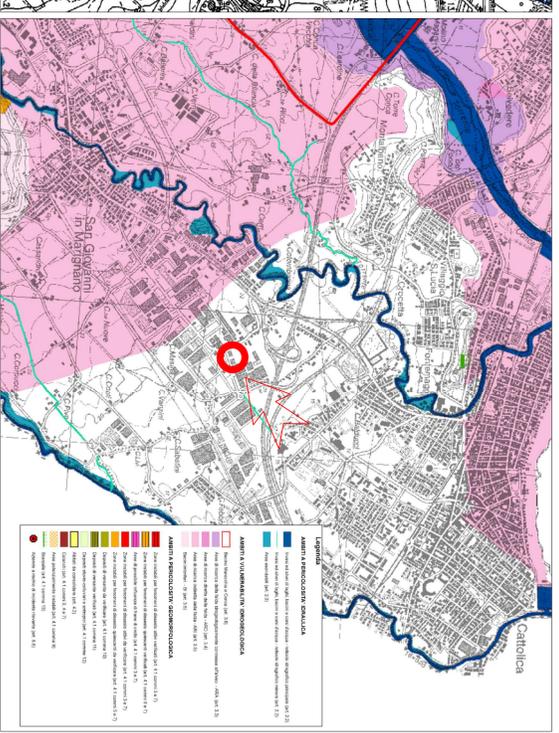


FIGURA 1

UBICAZIONE PROVE GEONOSTICHE ESEGUITE SCALA 1:1.000

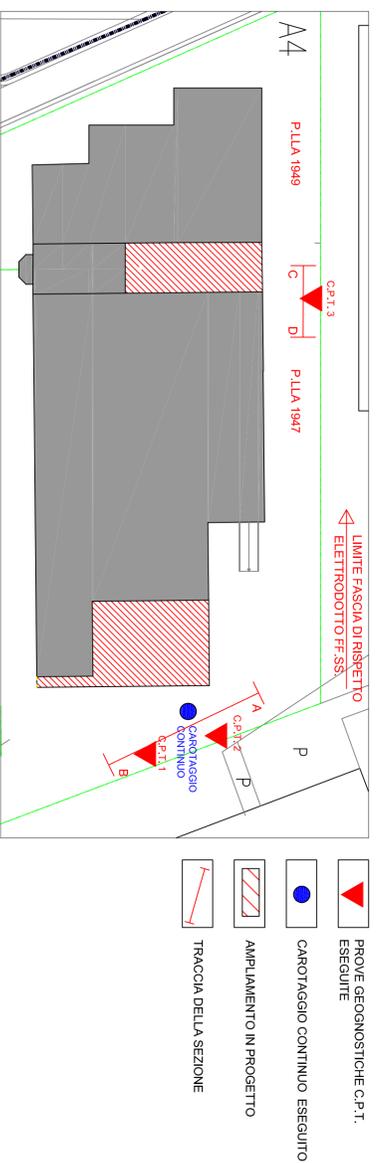


FIGURA 1

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA AB SCALA 1:1200

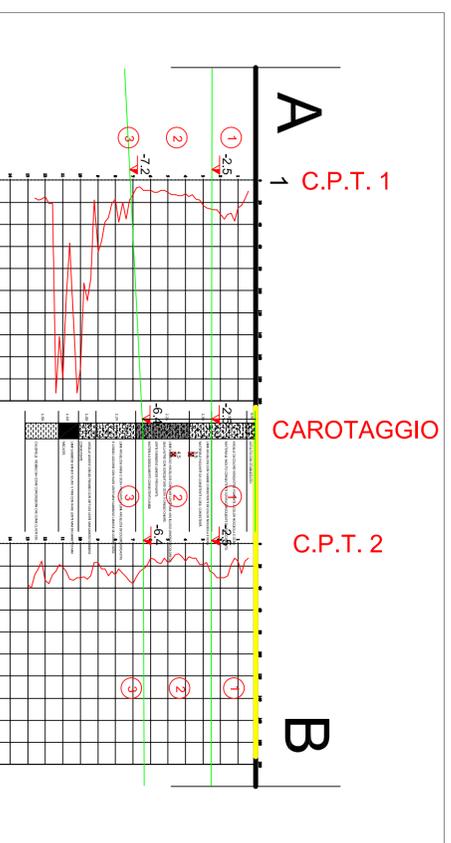


FIGURA 1

UBICAZIONE PROVE GEONOSTICHE ESEGUITE SCALA 1:1.000

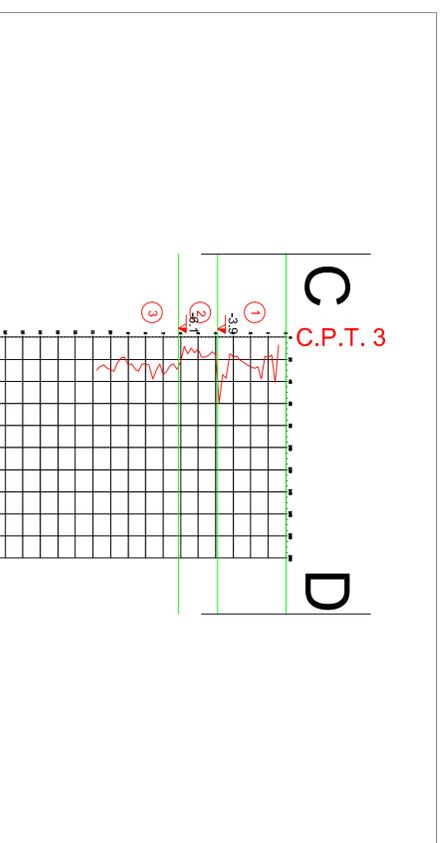


FIGURA 1

- PROVE GEONOSTICHE C.P.T. ESEGUITE
- CAROTAGGIO CONTINUO ESEGUITO
- AMPLIAMENTO IN PROGETTO
- TRACCIA DELLA SEZIONE

LITOSTRATIGRAFIA RINVENUTA

- STRATO N° 1** calp c - a - 25,5,9 m
Strato composto da argille di colore verdastro semisecchiate per essiccamento
- STRATO N° 2** da - 2,5-3,8 m - a - 6,1-7,2 m
Strato composto da limi argillosi con sabbie passanti a limi argillosi sabbiosi, a tratti livelli sabbiosi limosi
- STRATO N° 3** da - 6,1-7,2 m, in poi
Strato composto da argille limose alternate ad argille sabbiosargillose
nelle prove 1 si è riscontrata a questo quota ghiaia di piccola dimensione

PARAMETRI GEOTECNICI CONSIDERATI

STRATO N° 1	STRATO N° 2	STRATO N° 3
$C' = 0,5 - 0,6$	$C' = 0,2 - 0,4$	$C' = 0,8 - 0,9$
$\phi' = 21^\circ - 22^\circ$	$\phi' = 21^\circ - 22^\circ$	$\phi' = 21^\circ - 22^\circ$
$\gamma_n = 1,9-1,9$	$\gamma_n = 1,9-1,95$	$\gamma_n = 1,9-1,95$
$Cu = 8,0 - 9,0$	$Cu = 4,0 - 5,0$	$Cu = 12,0 - 13,0$
Im^1	Im^2	Im^2
Im^2	Im^3	Im^3
Im^3	Im^3	Im^3
Im^3	Im^3	Im^3

coesione a lungo termine
angolo d'attrito interno
peso di volume naturale
coesione a breve termine

coesione a lungo termine
angolo d'attrito interno
peso di volume naturale
coesione a breve termine

coesione a lungo termine
angolo d'attrito interno
peso di volume naturale
coesione a breve termine

**STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DELLA
"PROPOSTA PER AMPLIAMENTO FABBRICATO ARTIGIANALE ESISTENTE AI
SENSI DELL'ART. 53 DELLA L.R. 24/2017"**

**PROPRIETA':
TENDER S.R.L. - TE.SI.FLEX. S.R.L.**

OGGETTO:
Estratto cartografia geologica regione Emilia Romagna
Area di studio su estratto P.T.C.P.
Ubicazione delle indagini eseguite
Sezione litostratigrafica AB
Con Descrizione della litostratigrafia

UBICAZIONE:
COMUNE di CATTOLICA - PROVINCIA DI RIMINI

TAVOLA UNICA	
data marzo 2022	
nif. 902_22	
	Dott. Geologo A. Livi FIRMATA DIGITALMENTE

DOTT. GEOLOGO A. LIVI
V. del Giglio 14 Cattolica Rn
tel - 3393975695
antonelivivi@libero.it

I DISEGNI ED ELABORATI SONO DI ESCLUSIVA PROPRIETA' DELLO STUDIO. E' VIETATA LA RIPRODUZIONE ANCHE
PARZIALE DEGLI ISTESSI SENZA LA PREVENIVA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLO STUDIO

ALLEGATO 1

Prove geognostiche realizzate

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	riferimento	035-2022

Committente: Dr. Geol. Antonello Livi	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 16/02/2022
Cantiere:	Pagina: 1	
Località: Via Mercadante, Cattolica, (RN).	Elaborato:	Falda: -4,00 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,40	0		6,60	6,0	12,0		6,00	0,47	13	7,8
0,40	10,0	16,0		10,00	1,00	10	10,0	6,80	7,0	14,0		7,00	0,80	9	11,4
0,60	17,0	32,0		17,00	1,13	15	6,6	7,00	13,0	25,0		13,00	0,93	14	7,2
0,80	23,0	40,0		23,00	1,60	14	7,0	7,20	18,0	32,0		18,00	0,60	30	3,3
1,00	25,0	49,0		25,00	1,47	17	5,9	7,40	35,0	44,0		35,00	0,87	40	2,5
1,20	37,0	59,0		37,00	2,13	17	5,8	7,60	20,0	33,0		20,00	1,13	18	5,7
1,40	30,0	62,0		30,00	0,93	32	3,1	7,80	38,0	55,0		38,00	1,07	36	2,8
1,60	31,0	45,0		31,00	2,33	13	7,5	8,00	17,0	33,0		17,00	0,93	18	5,5
1,80	35,0	70,0		35,00	1,87	19	5,3	8,20	21,0	35,0		21,00	0,27	78	1,3
2,00	31,0	59,0		31,00	1,67	19	5,4	8,40	34,0	38,0		34,00	0,53	64	1,6
2,20	27,0	52,0		27,00	1,73	16	6,4	8,60	38,0	46,0		38,00	1,07	36	2,8
2,40	27,0	53,0		27,00	1,73	16	6,4	8,80	55,0	71,0		55,00	0,53	104	1,0
2,60	26,0	52,0		26,00	1,47	18	5,7	9,00	65,0	73,0		65,00	1,20	54	1,8
2,80	25,0	47,0		25,00	1,53	16	6,1	9,20	18,0	36,0		18,00	1,20	15	6,7
3,00	23,0	46,0		23,00	1,07	21	4,7	9,40	89,0	107,0		89,00	2,40	37	2,7
3,20	18,0	34,0		18,00	0,93	19	5,2	9,60	109,0	145,0		109,00	1,93	56	1,8
3,40	17,0	31,0		17,00	0,87	20	5,1	9,80	93,0	122,0		93,00	1,67	56	1,8
3,60	13,0	26,0		13,00	1,00	13	7,7	10,00	170,0	195,0		170,00	1,13	150	0,7
3,80	15,0	30,0		15,00	0,80	19	5,3	10,20	193,0	210,0		193,00	1,07	180	0,6
4,00	12,0	24,0		12,00	0,73	16	6,1	10,40	129,0	145,0		129,00	1,80	72	1,4
4,20	14,0	25,0		14,00	0,60	23	4,3	10,60	57,0	84,0		57,00	4,53	13	7,9
4,40	14,0	23,0		14,00	0,67	21	4,8	10,80	106,0	174,0		106,00	1,40	76	1,3
4,60	13,0	23,0		13,00	0,67	19	5,2	11,00	179,0	200,0		179,00	2,07	86	1,2
4,80	13,0	23,0		13,00	0,60	22	4,6	11,20	142,0	173,0		142,00	0,80	178	0,6
5,00	11,0	20,0		11,00	0,47	23	4,3	11,40	193,0	205,0		193,00	1,13	171	0,6
5,20	9,0	16,0		9,00	0,53	17	5,9	11,60	21,0	38,0		21,00	1,40	15	6,7
5,40	9,0	17,0		9,00	0,47	19	5,2	11,80	21,0	42,0		21,00	0,80	26	3,8
5,60	11,0	18,0		11,00	0,47	23	4,3	12,00	15,0	27,0		15,00	0,93	16	6,2
5,80	11,0	18,0		11,00	0,47	23	4,3	12,20	17,0	31,0		17,00	0,80	21	4,7
6,00	9,0	16,0		9,00	0,60	15	6,7	12,40	18,0	30,0		18,00	1,00	18	5,6
6,20	9,0	18,0		9,00	0,40	23	4,4	12,60	16,0	31,0		16,00			
6,40	9,0	15,0		9,00	0,40	23	4,4								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0,20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

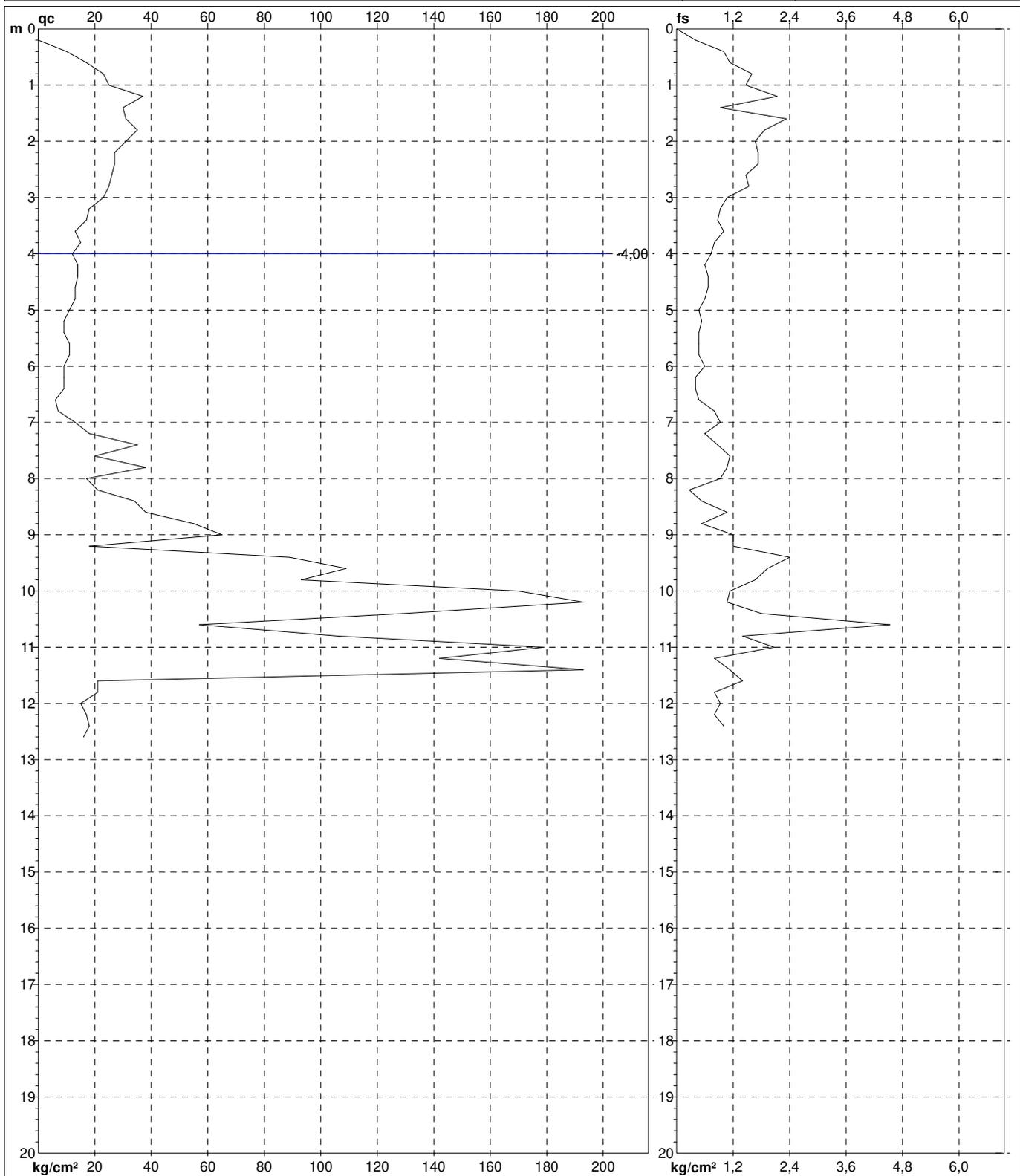
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1
riferimento	035-2022

Committente: **Dr. Geol. Antonello Livi**
 Cantiere:
 Località: **Via Mercadante, Cattolica, (RN).**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: **16/02/2022**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1** Quota inizio:
 Elaborato: Falda: **-4,00 m**



	Penetrometro: TG63-100Stat Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---	---

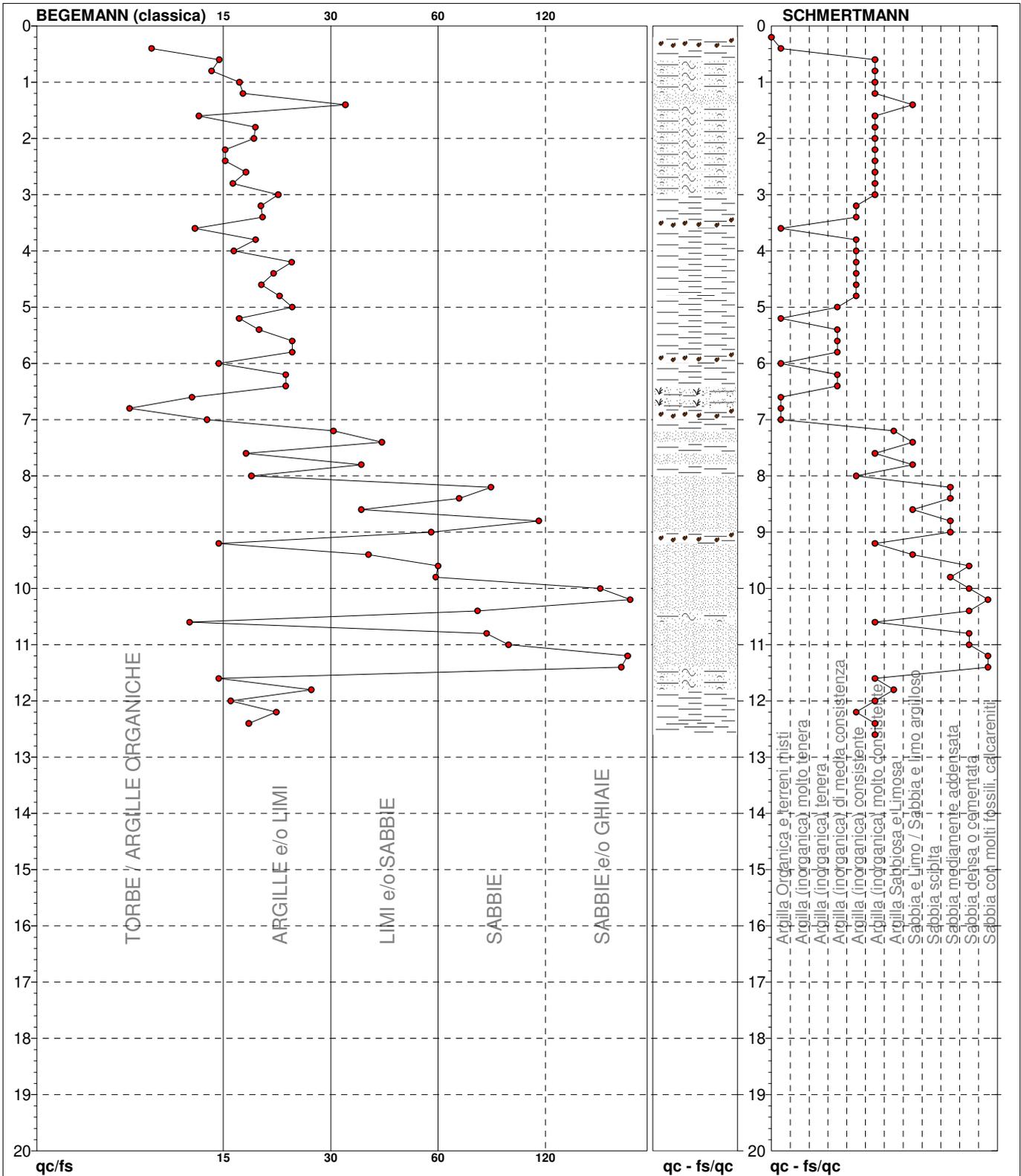
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	035-2022

Committente: **Dr. Geol. Antonello Livi**
 Cantiere:
 Località: **Via Mercadante, Cattolica, (RN).**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: **16/02/2022**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato: Falda: **-4,00 m**



Torbe / Argille org. :	12 punti, 12,12%	Argilla Organica e terreni misti:	7 punti, 7,07%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	2 punti, 2,02%
Argille e/o Limi :	32 punti, 32,32%	Argilla (inorganica) media consist.:	6 punti, 6,06%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 5,05%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 8,08%	Argilla (inorganica) consistente:	10 punti, 10,10%	Sabbia mediamente addensata:	5 punti, 5,05%
Sabbie:	6 punti, 6,06%	Argilla (inorganica) molto consist.:	18 punti, 18,18%	Sabbia densa o cementata:	5 punti, 5,05%
Sabbie e/o Ghiaie :	4 punti, 4,04%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	3 punti, 3,03%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	riferimento	035-2022

Committente: Dr. Geol. Antonello Livi	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 16/02/2022
Cantiere:	Pagina: 1	Falda: Assente
Località: Via Mercadante, Cattolica, (RN).	Elaborato:	

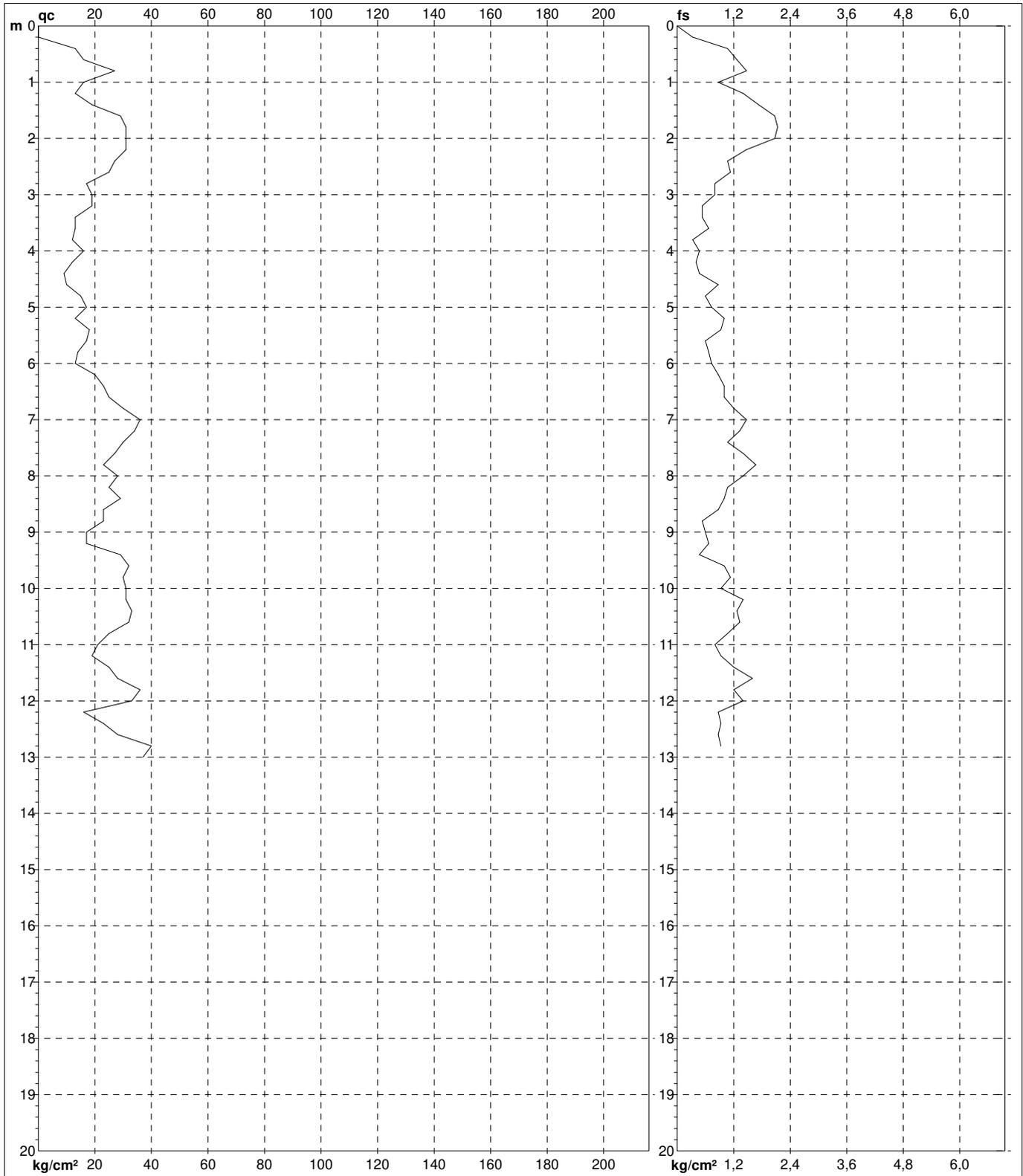
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,33	0		6,80	30,0	45,0		30,00	1,20	25	4,0
0,40	13,0	18,0		13,00	1,07	12	8,2	7,00	36,0	54,0		36,00	1,47	24	4,1
0,60	16,0	32,0		16,00	1,27	13	7,9	7,20	34,0	56,0		34,00	1,33	26	3,9
0,80	27,0	46,0		27,00	1,47	18	5,4	7,40	30,0	50,0		30,00	1,07	28	3,6
1,00	16,0	38,0		16,00	0,87	18	5,4	7,60	27,0	43,0		27,00	1,40	19	5,2
1,20	13,0	26,0		13,00	1,40	9	10,8	7,80	23,0	44,0		23,00	1,67	14	7,3
1,40	19,0	40,0		19,00	1,73	11	9,1	8,00	28,0	53,0		28,00	1,40	20	5,0
1,60	29,0	55,0		29,00	2,07	14	7,1	8,20	25,0	46,0		25,00	1,07	23	4,3
1,80	31,0	62,0		31,00	2,13	15	6,9	8,40	29,0	45,0		29,00	1,00	29	3,4
2,00	31,0	63,0		31,00	2,07	15	6,7	8,60	23,0	38,0		23,00	0,87	26	3,8
2,20	31,0	62,0		31,00	1,47	21	4,7	8,80	23,0	36,0		23,00	0,53	43	2,3
2,40	27,0	49,0		27,00	1,07	25	4,0	9,00	17,0	25,0		17,00	0,60	28	3,5
2,60	25,0	41,0		25,00	1,13	22	4,5	9,20	17,0	26,0		17,00	0,67	25	3,9
2,80	17,0	34,0		17,00	0,80	21	4,7	9,40	29,0	39,0		29,00	0,47	62	1,6
3,00	19,0	31,0		19,00	0,80	24	4,2	9,60	32,0	39,0		32,00	1,00	32	3,1
3,20	19,0	31,0		19,00	0,53	36	2,8	9,80	30,0	45,0		30,00	1,13	27	3,8
3,40	13,0	21,0		13,00	0,53	25	4,1	10,00	31,0	48,0		31,00	0,93	33	3,0
3,60	13,0	21,0		13,00	0,67	19	5,2	10,20	31,0	45,0		31,00	1,40	22	4,5
3,80	12,0	22,0		12,00	0,33	36	2,8	10,40	33,0	54,0		33,00	1,27	26	3,8
4,00	16,0	21,0		16,00	0,47	34	2,9	10,60	32,0	51,0		32,00	1,33	24	4,2
4,20	12,0	19,0		12,00	0,40	30	3,3	10,80	25,0	45,0		25,00	1,07	23	4,3
4,40	9,0	15,0		9,00	0,47	19	5,2	11,00	21,0	37,0		21,00	0,80	26	3,8
4,60	10,0	17,0		10,00	0,87	11	8,7	11,20	19,0	31,0		19,00	0,93	20	4,9
4,80	15,0	28,0		15,00	0,60	25	4,0	11,40	25,0	39,0		25,00	1,20	21	4,8
5,00	17,0	26,0		17,00	0,73	23	4,3	11,60	28,0	46,0		28,00	1,60	18	5,7
5,20	13,0	24,0		13,00	1,00	13	7,7	11,80	36,0	60,0		36,00	1,20	30	3,3
5,40	18,0	33,0		18,00	0,93	19	5,2	12,00	33,0	51,0		33,00	1,40	24	4,2
5,60	17,0	31,0		17,00	0,60	28	3,5	12,20	16,0	37,0		16,00	0,87	18	5,4
5,80	14,0	23,0		14,00	0,67	21	4,8	12,40	23,0	36,0		23,00	0,93	25	4,0
6,00	13,0	23,0		13,00	0,73	18	5,6	12,60	28,0	42,0		28,00	0,87	32	3,1
6,20	20,0	31,0		20,00	0,87	23	4,4	12,80	40,0	53,0		40,00	0,93	43	2,3
6,40	23,0	36,0		23,00	1,00	23	4,3	13,00	37,0	51,0		37,00			
6,60	25,0	40,0		25,00	1,00	25	4,0								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0,20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

<h1 style="margin: 0;">PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</h1> <h2 style="margin: 0;">DIAGRAMMI DI RESISTENZA</h2>	CPT	2
	riferimento	035-2022

Committente: Dr. Geol. Antonello Livi Cantiere: Località: Via Mercadante, Cattolica, (RN).	U.M.: kg/cm² Scala: 1:100 Pagina: 1 Elaborato:	Data esec.: 16/02/2022 Quota inizio: Falda: Assente
--	---	---



	Penetrometro: TG63-100Stat Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---	---

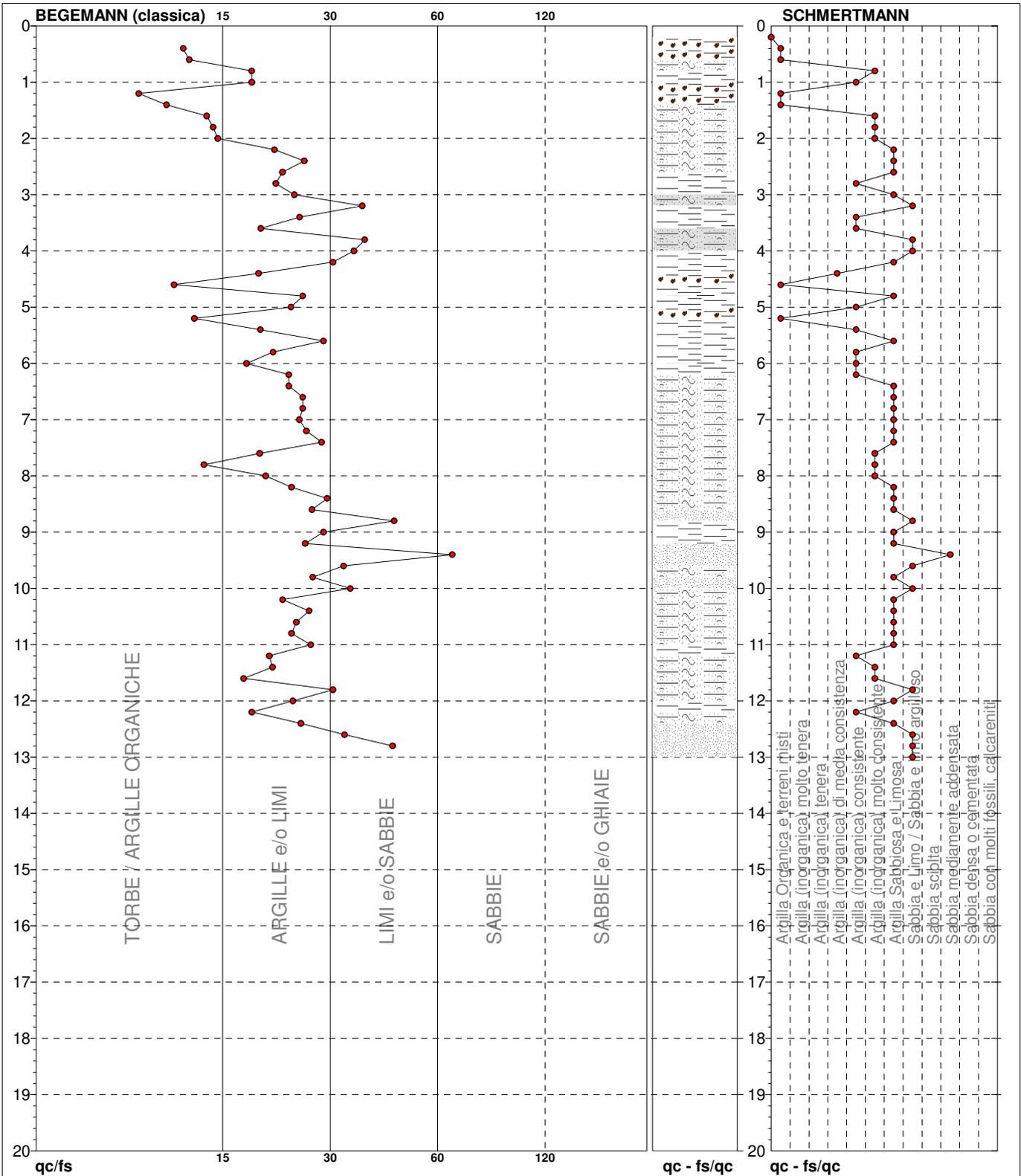
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
riferimento	035-2022

Committente: **Dr. Geol. Antonello Livi**
 Cantiere:
 Località: **Via Mercadante, Cattolica, (RN).**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: **16/02/2022**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato: Falda: **Assente**



Torbe / Argille org. :	11 punti, 11,11%	Argilla Organica e terreni misti:	6 punti, 6,06%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	26 punti, 26,26%
Argille e/o Limi :	44 punti, 44,44%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punto, 1,01%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	9 punti, 9,09%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 8,08%	Argilla (inorganica) consistente:	11 punti, 11,11%	Sabbia mediamente addensata:	1 punto, 1,01%
Sabbie:	1 punto, 1,01%	Argilla (inorganica) molto consist.:	9 punti, 9,09%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	3
	riferimento	035-2022

Committente: Dr. Geol. Antonello Livi	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 16/02/2022
Cantiere:	Pagina: 1	Falda: Non rilevata
Località: Via Mercadante, Cattolica, (RN).	Elaborato:	

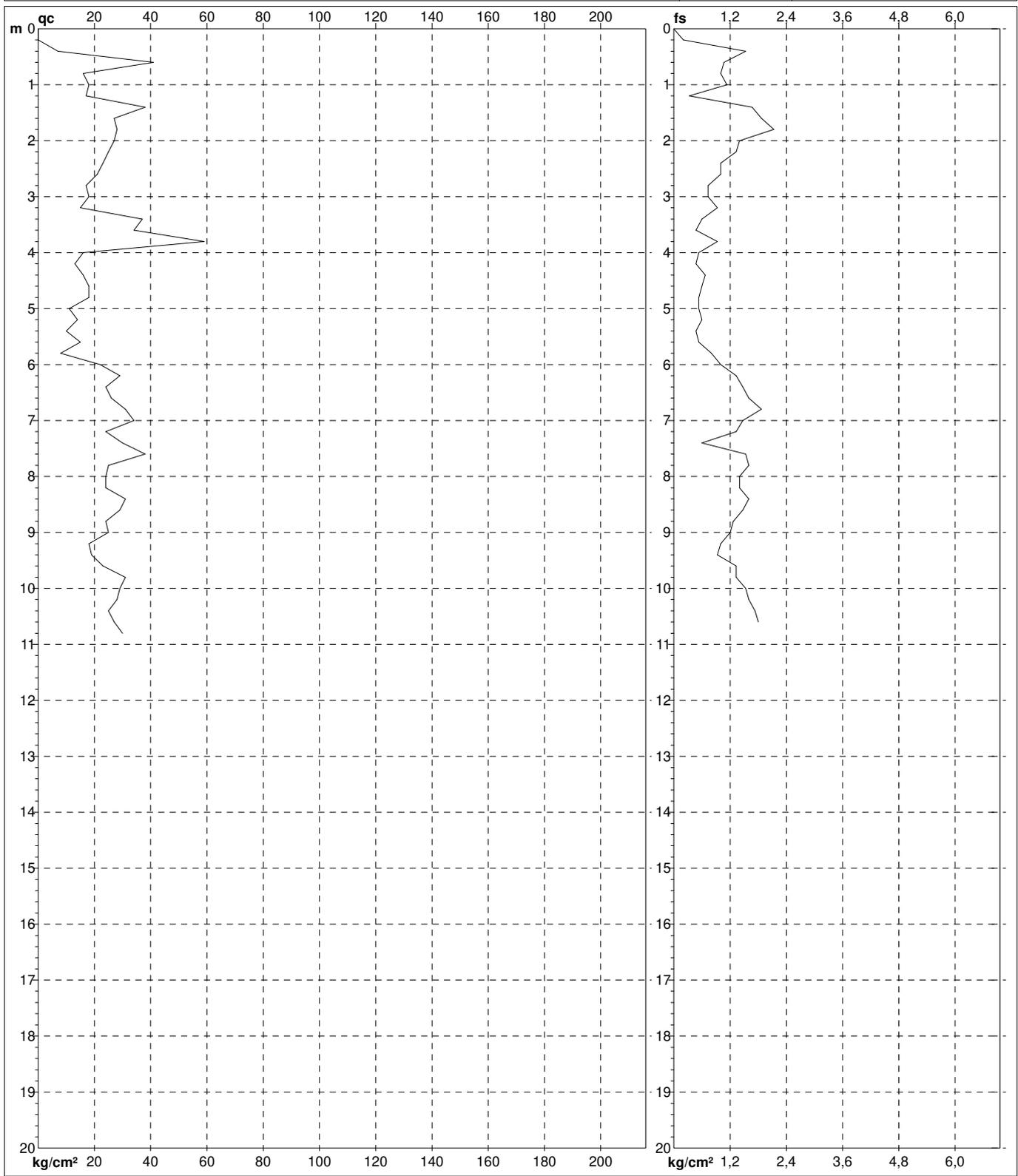
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0	-	0,00	0,20	0		5,60	15,0	22,0	-	15,00	0,53	28	3,5
0,40	7,0	10,0	-	7,00	1,53	5	21,9	5,80	8,0	16,0	-	8,00	0,80	10	10,0
0,60	41,0	64,0	-	41,00	1,07	38	2,6	6,00	22,0	34,0	-	22,00	1,00	22	4,5
0,80	16,0	32,0	-	16,00	1,00	16	6,3	6,20	29,0	44,0	-	29,00	1,33	22	4,6
1,00	18,0	33,0	-	18,00	1,13	16	6,3	6,40	24,0	44,0	-	24,00	1,47	16	6,1
1,20	17,0	34,0	-	17,00	0,33	52	1,9	6,60	26,0	48,0	-	26,00	1,60	16	6,2
1,40	38,0	43,0	-	38,00	1,67	23	4,4	6,80	31,0	55,0	-	31,00	1,87	17	6,0
1,60	27,0	52,0	-	27,00	1,87	14	6,9	7,00	34,0	62,0	-	34,00	1,47	23	4,3
1,80	28,0	56,0	-	28,00	2,13	13	7,6	7,20	24,0	46,0	-	24,00	1,33	18	5,5
2,00	27,0	59,0	-	27,00	1,40	19	5,2	7,40	30,0	50,0	-	30,00	0,60	50	2,0
2,20	25,0	46,0	-	25,00	1,33	19	5,3	7,60	38,0	47,0	-	38,00	1,53	25	4,0
2,40	23,0	43,0	-	23,00	1,00	23	4,3	7,80	25,0	48,0	-	25,00	1,60	16	6,4
2,60	21,0	36,0	-	21,00	1,00	21	4,8	8,00	24,0	48,0	-	24,00	1,40	17	5,8
2,80	17,0	32,0	-	17,00	0,73	23	4,3	8,20	24,0	45,0	-	24,00	1,40	17	5,8
3,00	18,0	29,0	-	18,00	0,73	25	4,1	8,40	31,0	52,0	-	31,00	1,60	19	5,2
3,20	15,0	26,0	-	15,00	0,93	16	6,2	8,60	29,0	53,0	-	29,00	1,47	20	5,1
3,40	37,0	51,0	-	37,00	0,60	62	1,6	8,80	24,0	46,0	-	24,00	1,27	19	5,3
3,60	34,0	43,0	-	34,00	0,47	72	1,4	9,00	25,0	44,0	-	25,00	1,20	21	4,8
3,80	59,0	66,0	-	59,00	0,93	63	1,6	9,20	18,0	36,0	-	18,00	1,00	18	5,6
4,00	16,0	30,0	-	16,00	0,53	30	3,3	9,40	19,0	34,0	-	19,00	0,93	20	4,9
4,20	13,0	21,0	-	13,00	0,47	28	3,6	9,60	23,0	37,0	-	23,00	1,33	17	5,8
4,40	16,0	23,0	-	16,00	0,67	24	4,2	9,80	31,0	51,0	-	31,00	1,33	23	4,3
4,60	18,0	28,0	-	18,00	0,60	30	3,3	10,00	29,0	49,0	-	29,00	1,53	19	5,3
4,80	18,0	27,0	-	18,00	0,53	34	2,9	10,20	28,0	51,0	-	28,00	1,60	18	5,7
5,00	11,0	19,0	-	11,00	0,53	21	4,8	10,40	25,0	49,0	-	25,00	1,73	14	6,9
5,20	14,0	22,0	-	14,00	0,60	23	4,3	10,60	27,0	53,0	-	27,00	1,80	15	6,7
5,40	10,0	19,0	-	10,00	0,47	21	4,7	10,80	30,0	57,0	-	30,00			

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0,20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

<h1 style="margin: 0;">PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</h1> <h2 style="margin: 0;">DIAGRAMMI DI RESISTENZA</h2>	CPT	3
	riferimento	035-2022

Committente: Dr. Geol. Antonello Livi Cantiere: Località: Via Mercadante, Cattolica, (RN).	U.M.: kg/cm² Scala: 1:100 Pagina: 1 Elaborato:	Data esec.: 16/02/2022 Quota inizio: Falda: Non rilevata
--	---	--



	Penetrometro: TG63-100Stat Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---	---

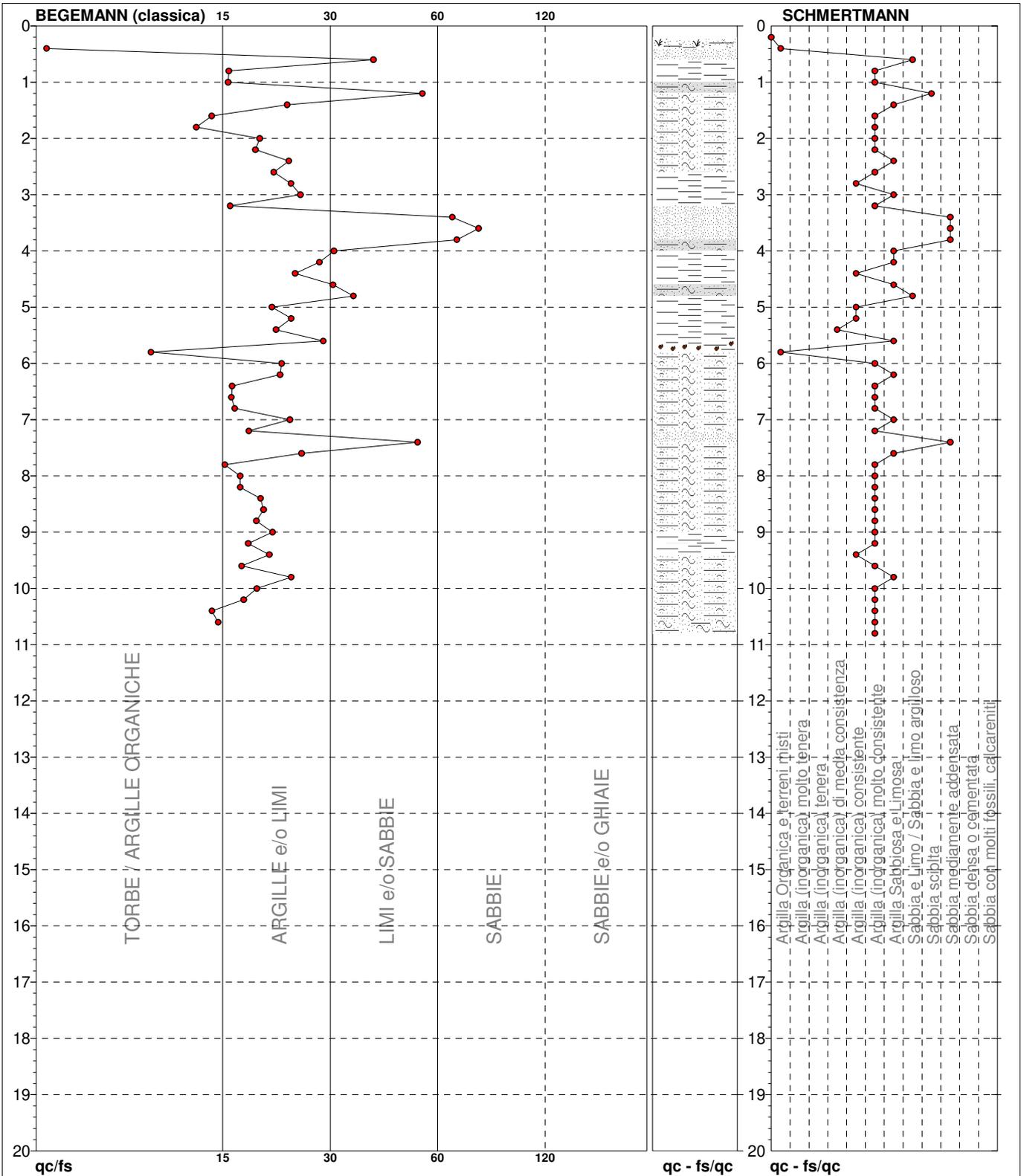
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3
riferimento	035-2022

Committente: **Dr. Geol. Antonello Livi**
 Cantiere:
 Località: **Via Mercadante, Cattolica, (RN).**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: **16/02/2022**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato: Falda: **Non rilevata**



Torbe / Argille org. :	7 punti, 7,07%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 2,02%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	11 punti, 11,11%
Argille e/o Limi :	38 punti, 38,38%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punto, 1,01%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	2 punti, 2,02%
Limi e/o Sabbie :	5 punti, 5,05%	Argilla (inorganica) consistente:	5 punti, 5,05%	Sabbia sciolta:	1 punto, 1,01%
Sabbie:	3 punti, 3,03%	Argilla (inorganica) molto consist.:	26 punti, 26,26%	Sabbia mediamente addensata:	4 punti, 4,04%

COMMITTENTE: GEOL ANTONELLO LIVI
 CANTIERE: VIA MERCADANTE SUNROOM
 LOCALITA': CATTOLICA (RN)
 DATA 18/02/2022

rif:LVNT02/22
 QUOTA: p.c.

SOIL INVESTIGATION s.n.c.
 DI MARCO ROSSI & C.
 via Sartiano 1 47863 Novafeltria RN
 email: soil2000@libero.it

SONDAGGIO n° 1

Attrezzatura: EK 200S Ellettari Sistema di perforazione: Rotazione secco
 Carotieri: semplice diam. 101 mm; rivest. diam. 127 mm ML 3

PROF. DAL P.C.	SPESSORE STRATO	STRATIG.	CAMPIONE QUOTA P.C.	DESCRIZIONE	REC	S.P.T.	PERCENTUALE CAROTAGGIO					PENETROM. TASCABILE (Kg/cmq)	TORVANE (Kg/cmq)	FALDA
							50							
0.55	0.55			ASFALTO CON STABILIZZATO.										
1.00	1.95			ARGILLE DI COLORE VERDASTRO PASSANTI A COLOR NOCCIOLA E OCRA MATERIALI MOLTO CONSISTENTI SOVRACONSOLIDATE DA ESSICCAMENTO.	100%						3.0	1.2		
2.00											3.5	1.2		
2.50											3.5	1.2		
3.00	1.30			LIMI ARGILLOSI CON SABBIE CONSISTENTI DI COLOR NOCCIOLA E OCRA MATERIALI PASSANTI DA CONSISTENTI A DEB. CONSISTENTI.	100%						3.0	1.1		
3.80			3.5								2.5	1.1		
4.00			4.5								2.0	0.8		
5.00	2.24			LIMI SABBIOSO ARGILLOSI CON RARE LENTI MM ARGILLOSO LIMOSE DI COLORE DA GIALLASTRE CON SCREZIATURE OCRA E GRIGIO CHIARE. LENTI SABBIOSO LIMOSE PREVALENTI. MATERIALI DEBOLMENTE CONSISTENTI UMIDI.	100%						1.5	0.5		
6.00											1.6	0.6		
6.80											0.8	0.4		
7.00											0.7		-4.00	
8.00	2.24			LIMI ARGILLOSI GRIGI E OCRA PASSANTI A LIMI ARGILLOSI DI COLORE VERDASTRI E GRIGIO AZZURRI CON RARE LENTI MM SABBIOSO LIMOSE DI COLORE OCRA	100%						0.4	0.4		
9.00											0.4			
10.00	1.00			ARGILLE LIMOSE GRIGIO PIOMBO CON DIFFUSE LENTI MM LIMOSO SABBIOSE CONSISTENTI.	100%						0.4			
11.00	1.10			LIMI SABBIOSI GRIGIO SCURO E FINI CON RARE LENTI MM DI GHIAIETTO MM MICACEE.	100%						0.5			
11.10											0.6			
12.00	1.90			ARGILLE LIMOSE DI COLORE VERDASTRO E AZZURRE MOLTO CONSISTENTI CON DIFFUSI CALCINELLI VISIBILI SIA COME CONCREZIONI CHE COME CLASTI CM .	100%						1.0	0.7		
13.00											1.2	0.4		
14.00											0.5	0.4		
15.00											0.7	0.3		
16.00											0.8	0.2		
17.00											1.0	0.4		
18.00											1.2	0.4		
19.00											1.2	0.4		
20.00														

ALLEGATO 2

Prove sismiche realizzate

**INDAGINE SISMICA PASSIVA MEDIANTE “TROMOGRAFO DIGITALE”
(METODO NAKAMURA)
STIMA DEL VS30 CON MISURA DIRETTA DELLE FREQUENZE
DI RISONANZA DA STAZIONE SINGOLA - METODO H/V**

LOCALITÀ: CATTOLICA VIA MERCADANTE 9

DATA: FEBBRAIO 2022

RELAZIONE GEOFISICA

SALUDECIO, FEBBRAIO 2022

PREMESSA E GENERALITA'

MISURA DIRETTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA

In linea di principio, visto che il suolo è assimilabile ad un corpo viscoelastico, è possibile misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto. Queste frequenze dipendono dalle proprietà meccaniche e dalla morfologia attorno al punto di misura. Per la misura delle frequenze di risonanza solitamente viene applicato al corpo una sollecitazione nota (un impulso), misurando poi la risposta del corpo in termini di spostamenti o accelerazioni. La risposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione le onde di un terremoto o di una sorgente artificiale (sismica attiva).

In alternativa si può utilizzare come funzione di eccitazione il rumore sismico di fondo. (sismica passiva).

Il rumore sismico ambientale viene generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche o vento) e dall'attività antropica. Viene detto anche "microtremore" perché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. Al rumore di fondo, sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali antropiche e naturali. I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume P ed S, in parte da onde di superficiali che hanno velocità prossime a quelle delle onde S.

Il rumore sismico può essere misurato con il tromografo digitale Tromino ed analizzate con il software Grilla.

METODO H/V

Dopo i primi studi di Kanai (1957), diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. La tecnica maggiormente consolidata, proposta da Nogoshi & Igarashi (1970), prende in esame i rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectra Ratio HVSR o H/V). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire la frequenza di risonanza fondamentale del sottosuolo.

L'ampiezza del picco del rapporto H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra gli strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice.

In un mezzo "semplice", per es. coltre alterazione + bedrock (o strato assimilabile al bedrock; ad es. argille su ghiaie), dove i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D), i due strati hanno rispettivamente diverse densità ρ_1 e ρ_2 e 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 incidenti (λ) è 4 volte (o i suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. Quindi la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f = V_{s1}/4H \quad (1)$$

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 risulta interpretabile applicando semplicemente l'equazione (1). E' necessario applicare il processo di inversione che richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- contenuto in frequenza
- risposta strumentale
- ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

INTERPRETAZIONE SEMPLIFICATA DI
TECNICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA

- La frequenza fondamentale di risonanza f del sedimento dipende dallo spessore H del sedimento e dalla velocità media V delle onde nel sedimento.

ATTENZIONE!
Questa formula vale
solo nei sistemi
strato+bedrock

$$f = \frac{V}{4H} n \quad n = 1, 3, 5...$$

- Conoscendo lo spessore H del sedimento è possibile avere informazioni sulla velocità media delle onde S .
- Alternativamente, conoscendo quest'ultima è possibile definire lo spessore H dello strato sedimentario.

I valori assoluti degli spettri orizzontali (H) e verticali (V) variano con il livello assoluto del rumore ambientale (alte frequenze, disturbi "antropici" tipo mezzi in movimento, lavorazioni, calpestio ecc.). Nella pratica si usa H/V perché è un buon normalizzatore e, come ampiamente riconosciuto nella letteratura scientifica internazionale, H/V misura direttamente le frequenze di risonanza dei terreni.

STIMA DI VS30 A PARTIRE DA MISURE A STAZIONE SINGOLA

L'analisi H/V permette di identificare i contrasti di impedenza tra gli strati. Una coltre di sedimenti sovrastanti un substrato roccioso (bedrock) darà un picco nella funzione H/V . Però anche una coltre di sedimenti fini sopra uno strato di ghiaia può generare un massimo nella funzione H/V . In questo caso lo strato di ghiaia viene in genere indicato come bedrock-like (strato assimilabile al bedrock) anche se la sua velocità è inferiore agli 800 m/s previsti dalla normativa. Anche questi strati bedrock-like sono in grado di creare fenomeni di intrappolamento d'onde e quindi fenomeni di risonanza, se la discontinuità nelle V_s è netta.

In base alla precedente equazione, il segnale, una volta pulito dagli effetti antropici ad alta frequenza ($>30\text{Hz}$), si può risolvere o conoscendo la V_s del materiale oppure, conoscendo gli spessori, si determina la V_s .

Quindi risulta indispensabile avere a disposizione dei vincoli da prove dirette del sottosuolo (penetrometrie, carotaggi) per poter associare ai picchi rilevati dalle misure di microtremore dei contrasti di impedenza adeguati, cioè modellare il mezzo geologico affinché rappresenti in maniera attendibile il sottosuolo, cioè strati con spessori e velocità associabili alla curva misurata delle frequenze di risonanza con il rapporto spettrale H/V .

Nel caso semplice di strato omogeneo sopra un bedrock, se da misure dirette è nota la profondità H del bedrock (o bedrock-like) si può calcolare il V_{s30} attraverso le misure di f_r . Se $H > 30$ m, il valore di V_{s30} viene calcolato direttamente dalla [1].

Se $H \leq 30$ m, allora:

$$V_{s30} = \frac{30}{t_h + t_{30-H}} = \frac{30}{(1/f_r) + (30-H)/V_B} \quad [2]$$

dove VB è la velocità delle onde S nel bedrock o bedrock-like.

Valori orientativi di velocità delle onde S sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1. Valori caratteristici delle onde S nei vari tipi di suolo (Borcherdt,1994).

Tipi di suolo	Vs min. (m/s)	Vs media (m/s)	Vs max. (m/s)
Rocce molto dure (rocce metamorfiche poco fratturate)	1400	1620	...
Rocce dure (graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie ed argilliti da poco a mediamente fratturati)	700	1050	1400
Suoli ghiaiosi e rocce da tenere a dure (rocce sedimentarie tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con + del 20% di ghiaia)	375	540	700
argille compatte e suoli sabbiosi (sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose o limose, argille da medie a compatte)	200	290	375
Terreni teneri (terreno di riporto sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

IN RAGIONE DELLA NORMATIVA ATTUALE SI RIPORTA LA TAB- 3.2.II DEL D.M. 17 GENNAIO 2018

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

MODI DI VIBRARE

Come il sottosuolo, eccitato dalle onde che lo attraversano, presenta più modi di vibrare anche le strutture e gli edifici in c.a. presenta a loro volta delle frequenze di risonanza proprie dell'edificio.

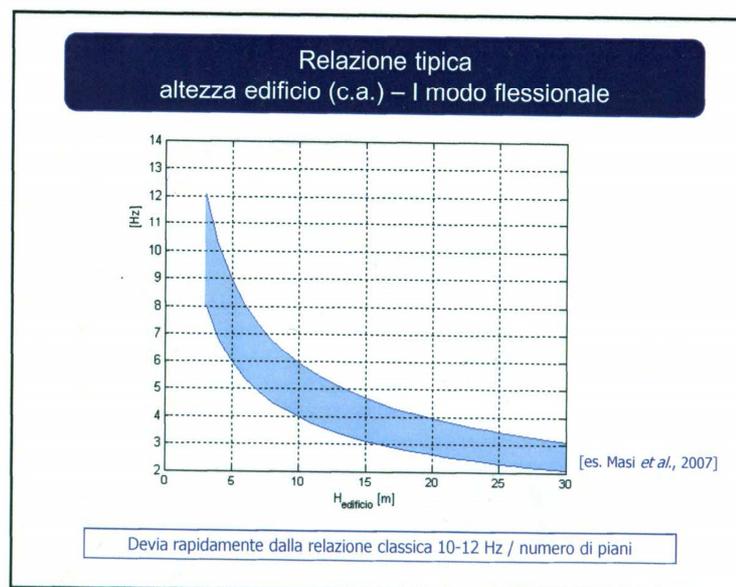
E' indispensabile evitare i fenomeni di doppia risonanza cioè quei casi in cui la frequenza propria del terreno ha picchi con frequenze di risonanza simili o leggermente inferiori a quelle dell'edificio.

Condizione ideale sarebbe data da una risonanza dell'edificio a frequenze minori di quelle del sottosuolo. Se le risonanze suolo-struttura coincidono la situazione è problematica dal punto di vista della vulnerabilità sismica, così come se la risonanza della struttura è a frequenze di poco superiore a quelle del sottosuolo la situazione è ugualmente problematica perché :

- gli edifici con il proprio danneggiamento diminuiscono la loro frequenza di risonanza propria,
- il sottosuolo può manifestare modi di vibrare di ampiezza maggiore e a frequenza maggiore rispetto a quella visibile con i microtremori.

Quindi è opportuno che la frequenza di risonanza della struttura risulti sempre inferiore al picco di risonanza del terreno od almeno al di fuori del 40% dell'ampiezza del picco di risonanza del terreno.

Si allega di seguito il grafico semplificato che mette in relazione la frequenza di risonanza teorica per edifici in relazione alla loro altezza in metri, in modo da poter confrontare in maniera speditiva se sono possibili fenomeni di doppia risonanza (da "Tecniche di sismica passiva e attiva", Silvia Castellaro, 2010).



Condizione ideale sarebbe data da una risonanza dell'edificio a frequenze minori di quelle del sottosuolo. Se le risonanze suolo-struttura coincidono la situazione è problematica dal punto di vista della vulnerabilità sismica, così come se la risonanza della struttura è a frequenze di poco superiore a quelle del sottosuolo la situazione è ugualmente problematica perché :

- gli edifici con il proprio danneggiamento diminuiscono la loro frequenza di risonanza propria,
- il sottosuolo può manifestare modi di vibrare di ampiezza maggiore e a frequenza maggiore rispetto a quella visibile con i microtremori.

Quindi è opportuno che la frequenza di risonanza della struttura risulti sempre inferiore al picco di risonanza del terreno od almeno al di fuori del 40% dell'ampiezza del picco di risonanza del terreno.

Si allega di seguito il grafico semplificato che mette in relazione la frequenza di risonanza teorica per edifici in relazione alla loro altezza in piani, in modo da poter confrontare in maniera speditiva se sono possibili fenomeni di doppia risonanza.

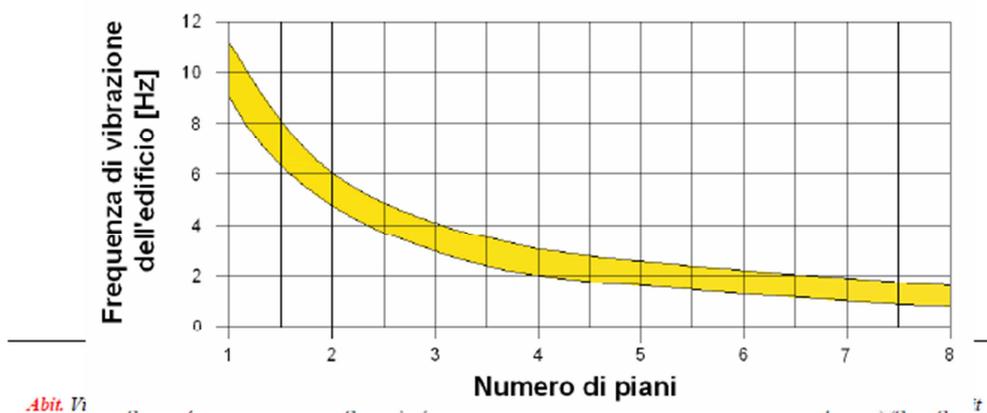
Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

$$\text{freq. Naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \quad [3.3]$$

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx \text{freq. fondamentale di risonanza del sito} \quad [3.4]$$

ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.



CATTOLICA, VIA MERCADANTE

Strumento: TZ3-0011/01-13

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 18/02/22 11:20:48 Fine registrazione: 18/02/22 11:36:48

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

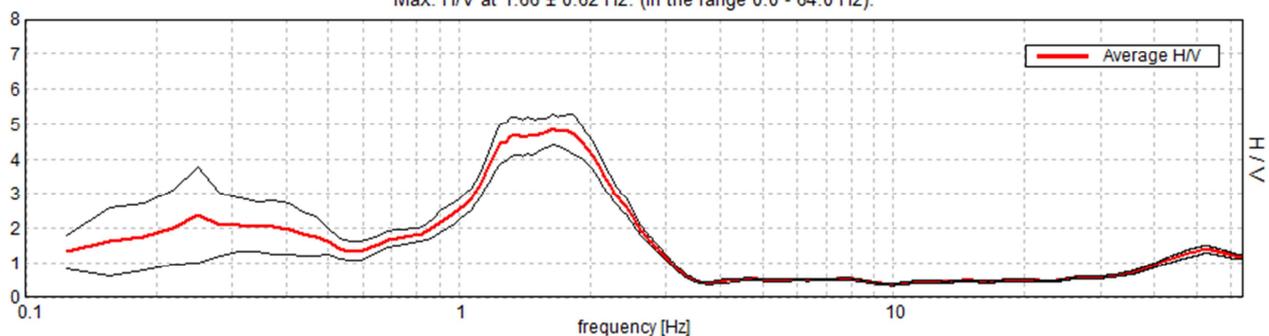
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

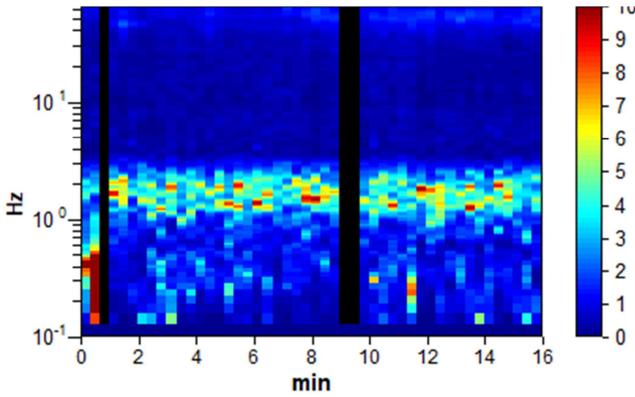
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

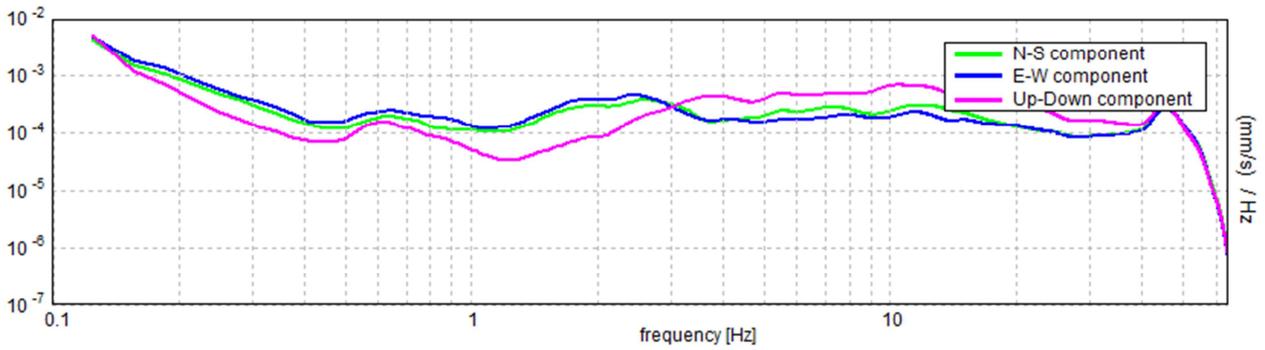
Max. H/V at 1.66 ± 0.62 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



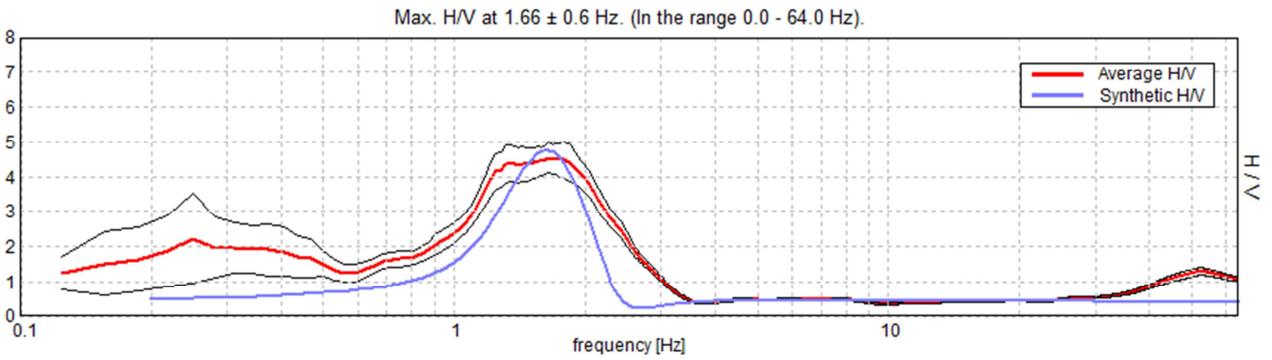
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]

35.00
inf.

Spessore [m]

35.00
inf.

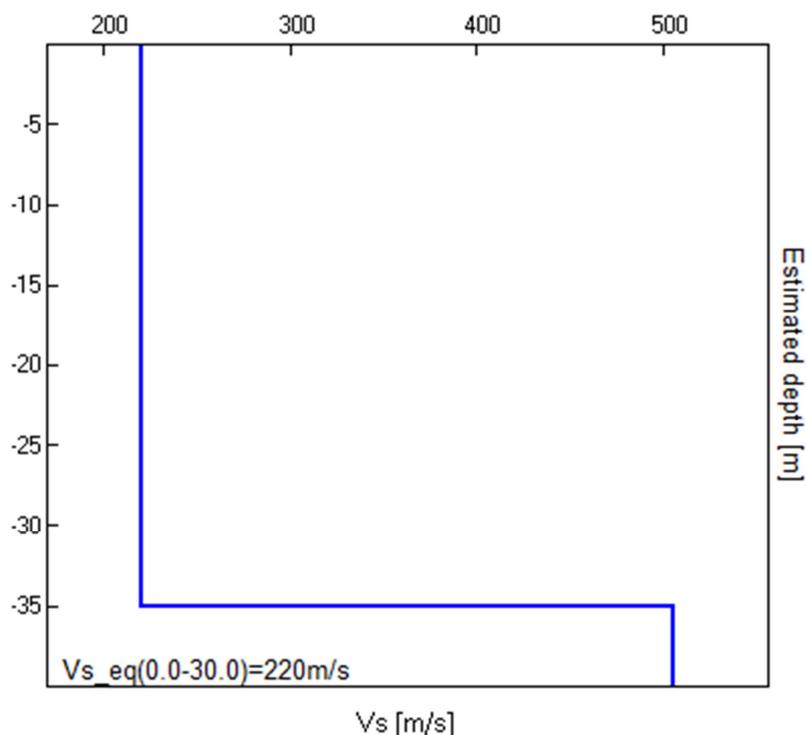
Vs [m/s]

220
506

Rapporto di Poisson

0.42
0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=220m/s



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

Picco H/V a 1.66 ± 0.6 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.66 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1590.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 80	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.969 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.55 > 2$	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.36484 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.60426 < 0.16563$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4254 < 1.78$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$

A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

CATTOLICA, VIA MERCADANTE 0002

Strumento: TZ3-0011/01-13

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 18/02/22 11:51:21 Fine registrazione: 18/02/22 12:07:21

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

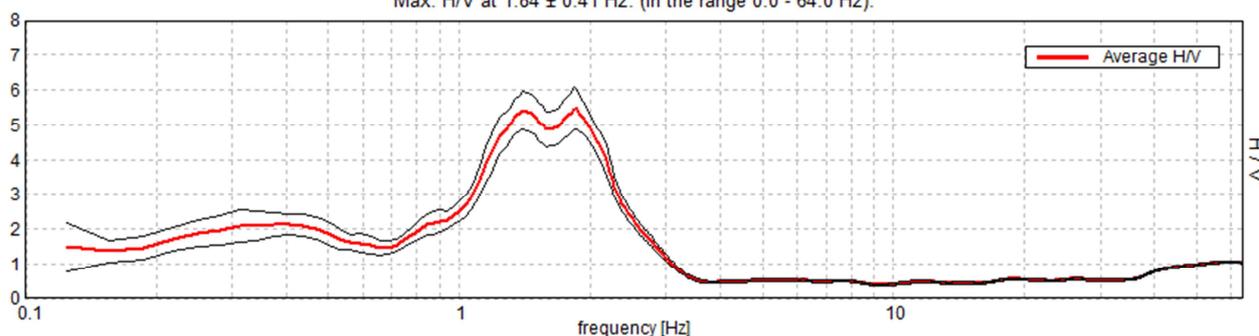
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

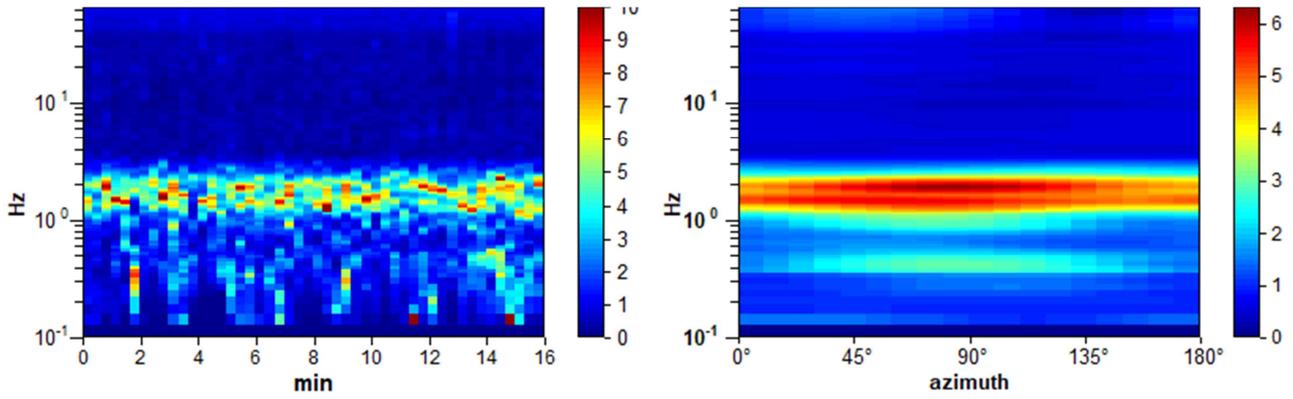
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 1.84 ± 0.41 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

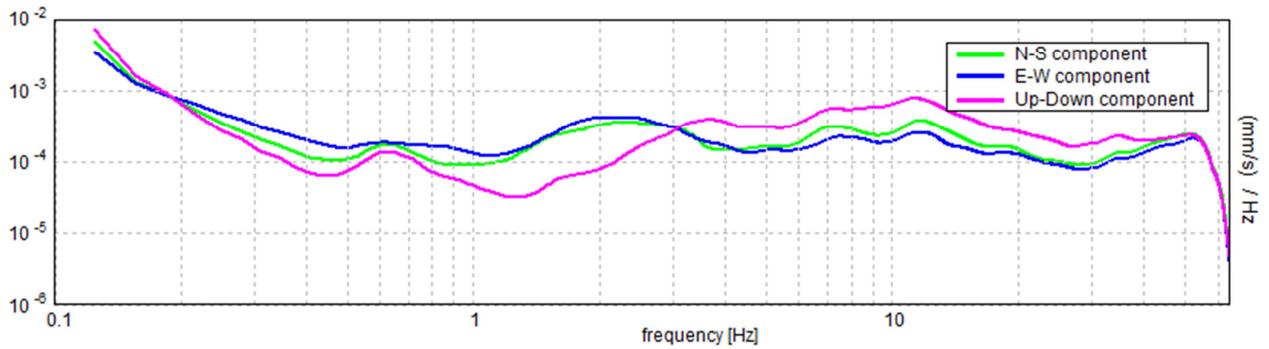


SERIE TEMPORALE H/V

DIREZIONALITA' H/V

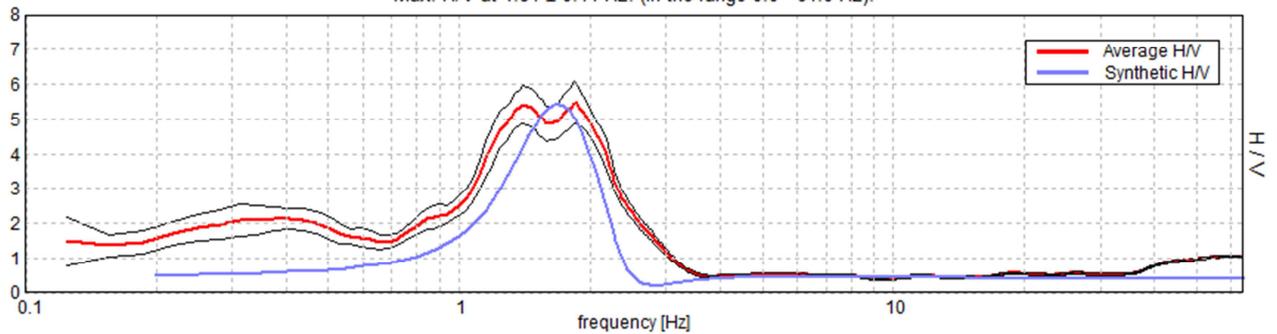


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 1.84 ± 0.41 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



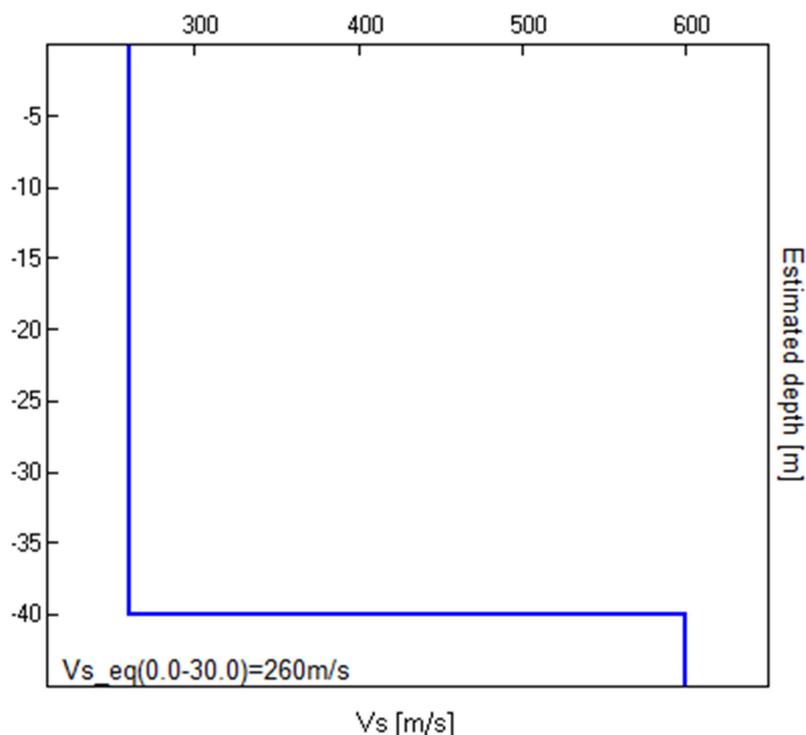
Profondità alla base dello strato [m]
40.00
inf.

Spessore [m]
40.00
inf.

Vs [m/s]
260
600

Rapporto di Poisson
0.45
0.45

Vs_eq(0.0-30.0)=260m/s



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

Picco H/V a 1.84 ± 0.41 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1770.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 90	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.031 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.47 > 2$	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.22095 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.40738 < 0.18438$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6026 < 1.78$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$

A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

ALLEGATO 3

Prove di laboratorio

Committente : Geol. Antonello Livi
 Località :

Sondaggio :
 Campione : sacchetto
 Profondità :

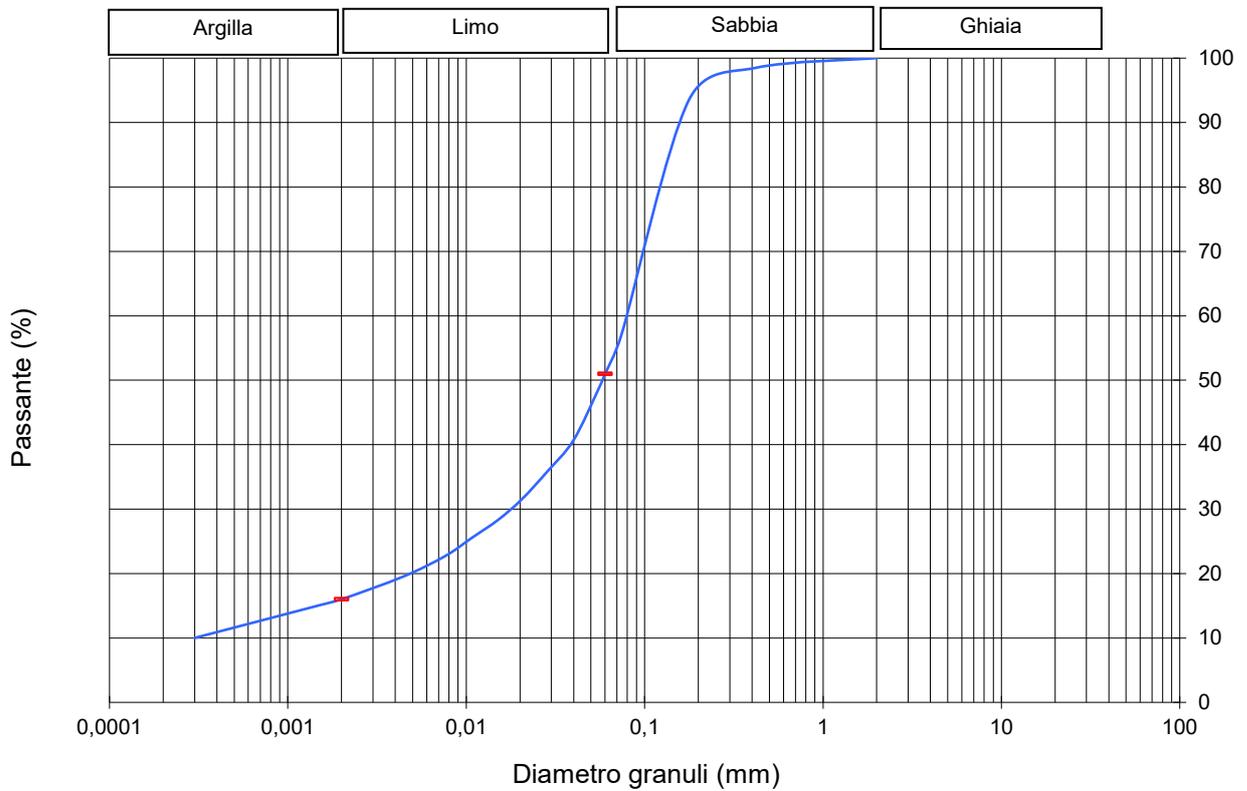
GRANULOMETRIA

Letture setacci	Letture areometro	Tempo min	Temp. °	Setaccio n°	Diametro mm	Passante %
	14,0	0,5	21	2"	50,8	
	12,0	1	21	11½"	36,1	
	10,0	2	21	1"	25,4	
	8,8	4	21	3¼"	19,1	
	7,7	8	21	1½"	12,7	
	6,9	15	21	3⁄8"	9,52	
	6,2	30	21	4	4,76	
0,0	5,5	60	21	10	2,00	100,0
0,6	4,7	180	21	40	0,420	98,5
2,6	3,6	1530	21	80	0,177	93,5
17,2				200	0,074	57,0
					0,060	51,0
					0,0552	48,7
					0,0399	40,7
					0,0286	35,9
					0,0205	31,5
					0,0151	28,3
					0,0107	25,5
					0,0076	22,7
					0,0044	19,5
					0,0020	16,0
					0,0015	15,2
					0,0003	10,0

Classificazione (AGI/S)

Sabbia con limo, argillosa

Coeff. di uniformità U = > 3,5



	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
%			49	35	16

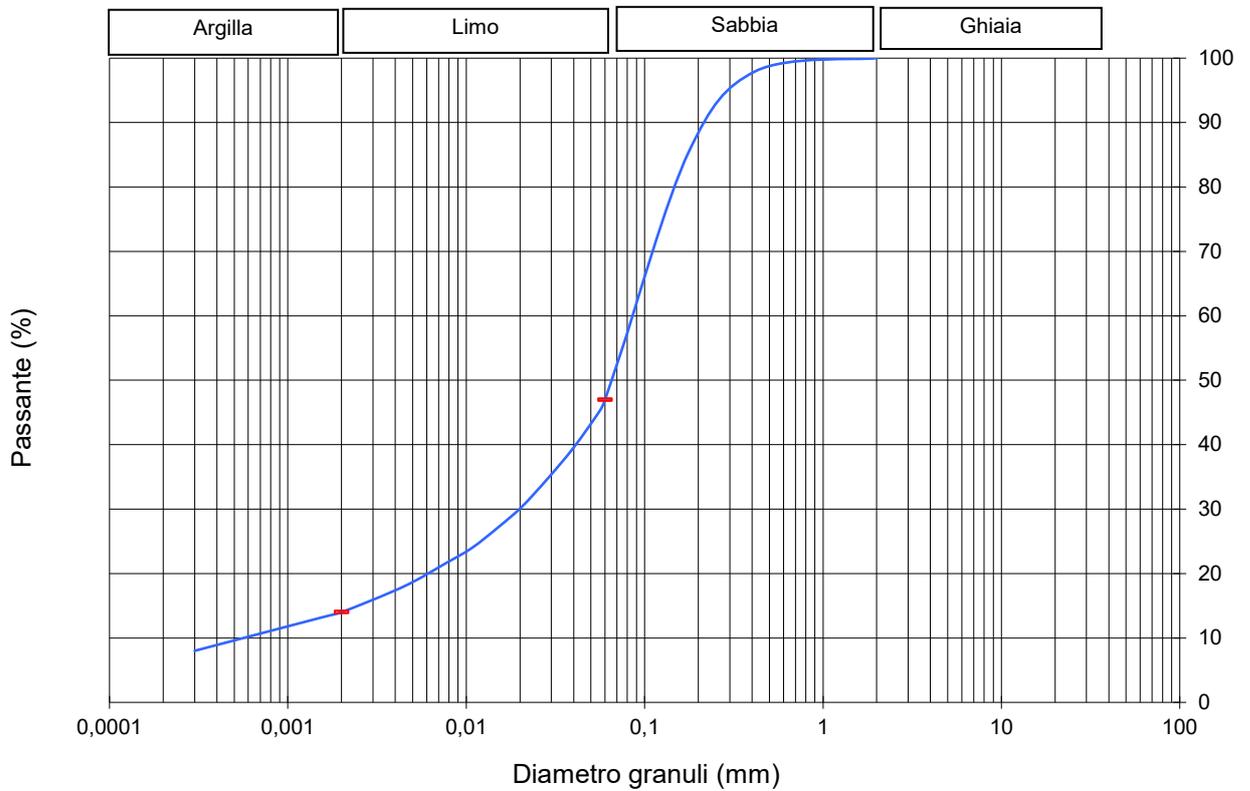
Committente : Geol. Antonello Livi
 Località :

Sondaggio :
 Campione : bottiglia
 Profondità :

GRANULOMETRIA

Letture setacci	Letture areometro	Tempo min	Temp. °	Setaccio n°	Diametro mm	Passante %
	13,0	0,5	21	2"	50,8	
	11,1	1	21	11½"	36,1	
	9,7	2	21	1"	25,4	
	8,5	4	21	¾"	19,1	
	7,4	8	21	½"	12,7	
	6,6	15	21	3/8"	9,52	
	5,8	30	21	4	4,76	
0,0	5,2	60	21	10	2,00	100,0
0,8	4,3	180	21	40	0,420	98,0
5,8	3,1	1530	21	80	0,177	85,5
18,2				200	0,074	54,5
					0,060	47,0
					0,0557	45,2
					0,0400	39,6
					0,0287	34,8
					0,0205	30,4
					0,0151	27,2
					0,0108	24,0
					0,0077	21,6
					0,0045	18,0
					0,0020	14,0
					0,0015	13,2
					0,0003	8,0

Classificazione (AGI/S)
 Sabbia con limo, debolmente argillosa
 Coeff. di uniformità U = > 3,5



	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
%			53	33	14

ALLEGATO 4
PGA/PROFONDITA'

Profilo PGA

Profondità (m)	PGA						PGA media (g)	
	TR475_ID19191_1	TR475_ID19191_2	TR475_ID19191_3	TR475_ID19191_4	TR475_ID19191_5	TR475_ID19191_7		
0,0	0,204776481	0,219304221	0,252244360	0,206321838	0,220887762	0,243044693	0,246566033	0,227
0,3	0,204628891	0,218961705	0,252159351	0,206173705	0,220542311	0,243005894	0,246452620	0,227
0,6	0,204186435	0,217940310	0,251904108	0,205729595	0,219512341	0,242889560	0,246108405	0,226
0,9	0,203450033	0,216258063	0,251478096	0,204990372	0,217816511	0,242695875	0,245522107	0,225
1,2	0,202421136	0,213943698	0,250880774	0,203957449	0,215484461	0,242425153	0,244676993	0,224
1,5	0,201101675	0,211035159	0,250112067	0,202632778	0,212555123	0,242077846	0,243553734	0,222
1,8	0,199494040	0,207578200	0,249172918	0,201018857	0,209075139	0,241654553	0,242133938	0,221
2,1	0,197601177	0,203786294	0,248065829	0,199118794	0,205395446	0,241156036	0,240403943	0,218
2,4	0,195426768	0,200027234	0,246795301	0,196936439	0,201595646	0,240583232	0,238358448	0,216
2,7	0,192931077	0,195820229	0,245335635	0,194431966	0,197342189	0,239924460	0,235963799	0,213
3,0	0,190147568	0,191316322	0,243715749	0,191638918	0,192788403	0,239188734	0,233261280	0,210
3,4	0,187094601	0,187876991	0,241955036	0,188575501	0,189597769	0,238380562	0,230294600	0,208
3,7	0,183781838	0,185212093	0,240116979	0,185251066	0,186906116	0,237501651	0,227112821	0,205
4,0	0,180220966	0,182261141	0,238285182	0,181676984	0,183928269	0,236676980	0,223777315	0,202
4,3	0,176425724	0,179014541	0,236336928	0,177866778	0,180655124	0,235922385	0,220358128	0,199
4,6	0,172619829	0,176728135	0,234291203	0,174012005	0,178128254	0,235098207	0,217927636	0,197
4,9	0,168952953	0,174281984	0,232169217	0,170339237	0,175646073	0,234203486	0,216452719	0,194
5,2	0,165087004	0,172456690	0,230118692	0,166465545	0,173910403	0,233227245	0,214732957	0,192
5,5	0,161044469	0,170580937	0,228323461	0,162412896	0,172005781	0,232171428	0,212741360	0,189
5,8	0,157297110	0,168291853	0,226831065	0,158630516	0,169685511	0,231043186	0,210470132	0,187
6,1	0,153915336	0,165969185	0,225465002	0,155245089	0,167373943	0,229843469	0,207920800	0,184
6,4	0,151172574	0,166010755	0,224000902	0,152471257	0,167420353	0,228573797	0,205108098	0,182
6,7	0,148892058	0,165678110	0,222878347	0,150157675	0,167089635	0,227236261	0,202058327	0,181
7,0	0,147378216	0,164939274	0,221752834	0,148645949	0,166349907	0,225833512	0,198806352	0,179
7,3	0,145725399	0,163765129	0,220528427	0,146993900	0,165172258	0,224368741	0,195391531	0,178
7,6	0,144297018	0,162337248	0,219738376	0,145502790	0,163604424	0,222833455	0,191823562	0,176
7,9	0,142985392	0,160848113	0,218883444	0,144185670	0,162112084	0,221224324	0,188924203	0,174
8,2	0,141894339	0,159002272	0,217904831	0,143257316	0,160269353	0,219564480	0,186703305	0,173
8,5	0,142941538	0,156809843	0,216794158	0,144312307	0,158076417	0,217859090	0,184235615	0,172
8,8	0,143839177	0,154265849	0,215908921	0,145217062	0,155316566	0,216368604	0,181447813	0,171
9,1	0,144570441	0,151366939	0,214856684	0,145954612	0,152631837	0,214936008	0,178281277	0,169
9,4	0,145120165	0,149328991	0,213616856	0,146509666	0,150702989	0,213469830	0,174694578	0,168
9,8	0,145475116	0,147366308	0,212184563	0,146868871	0,148730459	0,211975065	0,170664271	0,167
10,1	0,145624733	0,145271136	0,210554432	0,147021539	0,146624515	0,210857094	0,166169908	0,165
10,4	0,145560840	0,147682006	0,208711289	0,146959354	0,148892277	0,209951568	0,161169533	0,165
10,7	0,145274318	0,150451859	0,207105744	0,146673041	0,151683110	0,209010513	0,155739578	0,165
11,0	0,145172834	0,152679294	0,205732637	0,146505694	0,153927926	0,208145788	0,149908027	0,164
11,3	0,144903493	0,154347316	0,204226231	0,146235743	0,155608821	0,207709897	0,143706241	0,163
11,6	0,144431601	0,155451741	0,202598177	0,145762829	0,156270913	0,207225470	0,137164944	0,162
11,9	0,143752293	0,156435226	0,200916478	0,145081872	0,157766849	0,206689943	0,130310994	0,161
12,2	0,142862518	0,162296243	0,199132903	0,144189564	0,163736359	0,206101482	0,123165250	0,161
12,5	0,141761114	0,168478217	0,197247826	0,143084475	0,169930585	0,205459026	0,115741732	0,160
12,8	0,140439459	0,174312864	0,195218083	0,141757485	0,175779043	0,205013777	0,119417131	0,162
13,1	0,139440829	0,179698974	0,193096810	0,140692140	0,181180517	0,204853378	0,126484752	0,164
13,4	0,138272154	0,184592474	0,190895148	0,139518404	0,186091103	0,204659356	0,132932962	0,166
13,7	0,136980614	0,188951713	0,188823568	0,138130361	0,190468871	0,204428820	0,138789037	0,167
14,0	0,135294129	0,192739834	0,186927842	0,136525738	0,194276269	0,204304401	0,144097846	0,168
14,3	0,133482778	0,195928364	0,185348248	0,134704430	0,197483812	0,204521761	0,152401879	0,169
14,6	0,131458832	0,198500373	0,183805914	0,132668541	0,200073432	0,204706017	0,160632785	0,170
14,9	0,129526821	0,200452193	0,182439802	0,130656974	0,202040394	0,204851291	0,168066681	0,171
15,2	0,127579064	0,201802881	0,181118658	0,128697002	0,203403148	0,204963581	0,174694983	0,172
15,5	0,125395590	0,202561537	0,179898602	0,126499351	0,204170120	0,205026717	0,180481878	0,172
15,8	0,124560499	0,202752492	0,178797474	0,124579415	0,204365488	0,205030956	0,185432054	0,172
16,2	0,127257119	0,202407022	0,177705872	0,128497677	0,204020729	0,204970149	0,189583845	0,173
16,5	0,129781237	0,201557451	0,176596847	0,131027971	0,203168513	0,204990364	0,193000344	0,174
16,8	0,132290418	0,200235473	0,175451560	0,133620645	0,201840854	0,205057703	0,195766457	0,175
17,1	0,134928163	0,198471311	0,174247703	0,136266350	0,200068158	0,205056728	0,197984426	0,176
17,4	0,137331573	0,196293065	0,172961476	0,138675830	0,197878545	0,204982481	0,199768198	0,176
17,7	0,139501325	0,193720573	0,171555016	0,140850055	0,195291710	0,204832391	0,201233847	0,176
18,0	0,141426527	0,190774580	0,170010392	0,142778223	0,192328390	0,204599987	0,205472621	0,176
18,3	0,143095728	0,187727504	0,168321090	0,144448873	0,189163517	0,204278782	0,209607641	0,176
18,6	0,145056119	0,184637140	0,166476118	0,145858668	0,186066004	0,203864624	0,213063532	0,176
18,9	0,145654292	0,181258610	0,164470366	0,147005633	0,182679721	0,203353913	0,215863977	0,175
19,2	0,146541221	0,177626656	0,162304169	0,147889167	0,179039572	0,202743715	0,218049313	0,175
19,5	0,147167284	0,173771851	0,159982347	0,148510110	0,175176339	0,202031859	0,219674815	0,173
19,8	0,147534828	0,170527898	0,157512983	0,148870814	0,171917631	0,201217024	0,220807964	0,172
20,1	0,147645946	0,168494706	0,157884384	0,148973366	0,169895408	0,200296364	0,221522350	0,172
20,7	0,147287267	0,168283828	0,158428409	0,148642006	0,169684668	0,198136987	0,224384115	0,172
21,3	0,146357047	0,169301407	0,158435601	0,147677393	0,170526590	0,195577604	0,230849751	0,172
21,9	0,144606909	0,169462257	0,158157645	0,145886907	0,170681774	0,192979780	0,235822899	0,172
22,6	0,142131947	0,167567260	0,157409786	0,143366914	0,168878400	0,190532483	0,238408487	0,170
23,2	0,139133441	0,164467484	0,156186322	0,140337393	0,165762582	0,187705606	0,242724659	0,168
23,8	0,141537189	0,160053389	0,154518772	0,142805363	0,161234140	0,184529412	0,247163666	0,167
24,4	0,145978182	0,156169430	0,152396499	0,147241989	0,157330372	0,181033665	0,249352196	0,167
25,0	0,149198443	0,155308458	0,149790176	0,150443871	0,156480998	0,177492986	0,248422041	0,167
25,6	0,152219287	0,151876510	0,148174762	0,153549128	0,153041994	0,174428178	0,243711538	0,166
26,2	0,155125021	0,152452790	0,145870511	0,156531658	0,153949739	0,171071912	0,234907918	0,165
26,8	0,159545209	0,161358208	0,143950654	0,161055970	0,162955280	0,167846208	0,232463460	0,168
27,4	0,164833775	0,170027402	0,144001599	0,166365306	0,171630093	0,165560784	0,230149387	0,172
28,0	0,169307007	0,178765723	0,145189610	0,170850128	0,180427157	0,163144236	0,224452796	0,175
28,7	0,172747262	0,186362304	0,145446096	0,174357609	0,188058101	0,161966150	0,226053712	0,178
29,3	0,175644270	0,192657621	0,144933166	0,177343035	0,194358771	0,160472067	0,225260729	0,180
29,9	0,177298562	0,197305630	0,143827016	0,178987238	0,198988127	0,158735796	0,219487457	0,181
30,5	0,177513416	0,200025499	0,142225529	0,179176412	0,201678343	0,157943601	0,208554510	0,180
31,1	0,176195083	0,200666051	0,140162025	0,177818519	0,202282816	0,156787185	0,194992591	0,177
31,7	0,173286589	0,199142490	0,137634697	0,174858173	0,200703669	0,155216642	0,187801998	0,174
32,3	0,168765682	0,195162716	0,134683417	0,170273309	0,196633033	0,153204810	0,175945167	0,169
32,9	0,162614612	0,188217066	0,134216142	0,164045302	0,189562990	0,151765830	0,159322615	0,163
33,5	0,154905189	0,177849096	0,135579776	0,156247076	0,179052421	0,150208363	0,147033866	0,156
34,1	0,145767969	0,163630102	0,132531047	0,1				

ALLEGATO 5

VERIFICA DEGLI SPETTRI CALCOLATI

Spettro di risposta SLV

	Terremoto	Terremoto	Terremoto	Terremoto	Terremoto	Terremoto	Terremoto	
	TR475_ID19919	475_ID19192	475_ID19192	475_ID19192	475_ID19192	475_ID19192	475_ID19192_7	
T	Accelerazione spettrale							Spettro medio da RSL
(s)	(g)							(g)
0,01000	0,20553654	0,22098071	0,25253609	0,20710827	0,22262850	0,24313646	0,25054577	0,228
0,01104	0,20565964	0,22126542	0,25260282	0,20722967	0,22291352	0,24316640	0,25073080	0,228
0,01218	0,20581056	0,22165543	0,25267178	0,20738291	0,22330791	0,24320274	0,25095823	0,229
0,01344	0,20598880	0,22214021	0,25275585	0,20756158	0,22380105	0,24324531	0,25122629	0,229
0,01484	0,20608788	0,22275332	0,25287895	0,20763891	0,22442269	0,24329736	0,25153875	0,229
0,01638	0,20634280	0,22354488	0,25307184	0,20789287	0,22518199	0,24336120	0,25202578	0,229
0,01807	0,20667095	0,22470271	0,25352225	0,20823003	0,22633752	0,24344588	0,25258469	0,230
0,01995	0,20700055	0,22612036	0,25343356	0,20860064	0,22775265	0,24354790	0,25312569	0,231
0,02202	0,20733716	0,22743785	0,25335993	0,20892809	0,22912987	0,24366294	0,25059354	0,231
0,02430	0,20827999	0,23184579	0,25208063	0,20987269	0,23356656	0,24375131	0,25133532	0,232
0,02682	0,20910055	0,23250116	0,25471315	0,21073681	0,23420348	0,24390963	0,25649017	0,234
0,02960	0,21076697	0,23117993	0,25627661	0,21240119	0,23289896	0,24397999	0,27880541	0,237
0,03267	0,20953717	0,23894600	0,25732153	0,21111926	0,24077003	0,24427627	0,32202243	0,244
0,03605	0,20780696	0,24708890	0,25699561	0,20938233	0,24887950	0,24571655	0,28276355	0,241
0,03979	0,21581600	0,24459713	0,26251772	0,21752627	0,24640107	0,24568542	0,32098485	0,249
0,04391	0,23404606	0,25637678	0,25784118	0,23586201	0,25785907	0,24643682	0,37029868	0,262
0,04847	0,24166654	0,30253398	0,26184601	0,24333144	0,30452465	0,24453817	0,41453719	0,283
0,05349	0,27126328	0,28942062	0,27938382	0,27315133	0,29141042	0,24679059	0,38188918	0,288
0,05904	0,28207129	0,29011222	0,28880465	0,28420183	0,29218546	0,24917293	0,38498871	0,294
0,06516	0,28962426	0,31476802	0,30036346	0,29211124	0,31631125	0,25073631	0,43333280	0,310
0,07191	0,26869458	0,35959314	0,28592946	0,27089826	0,36185447	0,24967314	0,44055819	0,314
0,07937	0,29438183	0,45110059	0,26084116	0,29693225	0,45380405	0,25835292	0,40203809	0,336
0,08760	0,27178671	0,62811656	0,27592939	0,27362212	0,63130016	0,25343828	0,40272294	0,363
0,09668	0,30474976	0,52270455	0,27679258	0,30754123	0,52654277	0,25707095	0,44201680	0,362
0,10670	0,36144420	0,44863256	0,30472744	0,36464684	0,45225728	0,28548542	0,43807460	0,374
0,11777	0,33414090	0,55799790	0,26798911	0,33678604	0,56159612	0,29798345	0,52443997	0,394
0,12998	0,42384419	0,58043646	0,28007352	0,42697808	0,58405103	0,31981910	0,48384089	0,429
0,14345	0,37504069	0,41218493	0,28716533	0,37816898	0,41552368	0,32822402	0,57659151	0,388
0,15832	0,42625437	0,45656929	0,33988728	0,42991407	0,46065790	0,26483070	0,67553926	0,421
0,17474	0,53630858	0,55651564	0,34175497	0,54054636	0,56085034	0,27966841	0,87617412	0,498
0,19285	0,52318990	0,70548374	0,29080439	0,52783572	0,71012048	0,29697167	1,27231528	0,550
0,21285	0,58690157	0,68785110	0,31630866	0,59212670	0,69374740	0,33649293	1,03286778	0,564
0,23491	0,59168121	0,60870822	0,43831767	0,59720045	0,61402264	0,33821083	0,72907712	0,545
0,25927	0,55637682	0,46193150	0,48310250	0,56176896	0,46612772	0,28156382	0,50975674	0,465
0,28615	0,54239275	0,43696701	0,40441441	0,54776269	0,44100580	0,28314541	0,47167298	0,438
0,31581	0,52864835	0,37378059	0,34521129	0,53375605	0,37732722	0,32597158	0,43276848	0,410
0,34855	0,36398075	0,28790380	0,34091432	0,36748206	0,29067940	0,32671507	0,33314532	0,329
0,38469	0,28311476	0,26678320	0,30642870	0,28559736	0,26935976	0,28344029	0,30211103	0,285
0,42457	0,28870286	0,20618813	0,37996498	0,29127954	0,20803017	0,27706820	0,34242585	0,279
0,46859	0,30534548	0,20643010	0,42144148	0,30794642	0,20830536	0,46718687	0,33508107	0,309
0,51717	0,34850053	0,21119506	0,59730790	0,35158412	0,21316686	0,54124122	0,40896873	0,356
0,57078	0,42492979	0,28946213	0,69215745	0,42866626	0,29218357	0,55342098	0,31386506	0,407
0,62996	0,51822490	0,39477828	0,42025941	0,52293800	0,39846653	0,44936989	0,27054148	0,417
0,69527	0,62522209	0,39581329	0,42176338	0,63135904	0,39958159	0,39815317	0,29558360	0,438
0,76735	0,44614365	0,35126332	0,54669338	0,45060743	0,35479373	0,29058038	0,25380038	0,373
0,84691	0,30879801	0,32274399	0,57634832	0,31203951	0,32606459	0,33566334	0,16956215	0,319
0,93471	0,27570596	0,27651438	0,33689775	0,27860707	0,27935775	0,36267840	0,14131458	0,269
1,03161	0,17831531	0,23480155	0,25977784	0,18019907	0,23723788	0,55783604	0,13034227	0,230
1,13857	0,11664174	0,18571002	0,26010423	0,11787045	0,18766502	0,54495220	0,11375175	0,186
1,25661	0,10170978	0,15416108	0,34124241	0,10280584	0,15574723	0,34930625	0,09377258	0,161
1,38688	0,09752149	0,13103327	0,33397890	0,09853473	0,13238510	0,34058079	0,07560481	0,146
1,53067	0,07788714	0,10885272	0,28766565	0,07871849	0,10997179	0,36378259	0,05192314	0,122
1,68936	0,06661238	0,08791883	0,21892993	0,06728889	0,08882006	0,35283792	0,03500944	0,099
1,86450	0,04621048	0,06895130	0,17623146	0,04668519	0,06965825	0,23613433	0,02828969	0,074
2,05780	0,03144287	0,05304901	0,17342724	0,03175125	0,05359406	0,18752387	0,02415302	0,058
2,27114	0,02501085	0,03886409	0,15416693	0,02526589	0,03926369	0,19537136	0,01388481	0,045
2,50660	0,01669021	0,02949514	0,13404629	0,01685855	0,02978886	0,26341282	0,01099081	0,037
2,76647	0,01514514	0,02592712	0,09890977	0,01529918	0,02618120	0,26819548	0,00791610	0,032
3,05328	0,01172458	0,02162073	0,07330571	0,01184408	0,02183254	0,23008737	0,00536222	0,025
3,36982	0,01011105	0,01737432	0,05629451	0,01021444	0,01754425	0,17954844	0,00469372	0,020
3,71918	0,00925579	0,01447659	0,04911171	0,00934795	0,01461761	0,16448952	0,00400504	0,018
4,10477	0,00957415	0,01206672	0,03936469	0,00967047	0,01219086	0,15885784	0,00348089	0,016
4,53032	0,00799531	0,00996594	0,04017731	0,00807622	0,01006849	0,13812310	0,00245489	0,014
5,00000	0,00645415	0,00894264	0,03544103	0,00651978	0,00903236	0,11912564	0,00201628	0,012