

MASSIMO dr. MANNINI
GEOLOGIA

Indagini Geofisiche - Geotecniche

Via Caduti di Cefalonia, 9 29017 Fiorenzuola d'Arda (Pc)
Tel. 3452353055
e-mail: info@manninimassimo.it

Relazione Geologica-Sismica per la caratterizzazione sito fondazionale

in Località "Rottofreno - Cattagnina (Pc)"

Committente: "FOSSATI SERRAMENTI"

INDICE

1.0 - PREMESSA	2
2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	2
3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA	3
4.0 - IDRO (GEO) LOGIA	3
5.0 - INDAGINI SVOLTE	4
6.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	6
6.1 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO	12
7.0 - PORTANZA TERRENI DI FONDAZIONE	15
7.1 - STATO LIMITE ULTIMO - SLV	17
8.0 - COMPATIBILITA' SISMICA	20
8.1 - SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	22
8.2 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI	25
8.3 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	27
8.4 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO	29
9.0 - PIANIFICAZIONE SOVRA ORDINATA	30
9.1 - P.T.C.P. 2007	30
9.2 - P.S.C. COMUNALE	32
9.3 - RETE NATURA	33
9.4 - PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI	33
10.0 - CONCLUSIONI	34

ALLEGATI:

Schede Penetrometriche

Relazione geofisica sismica

1.0 - PREMESSA

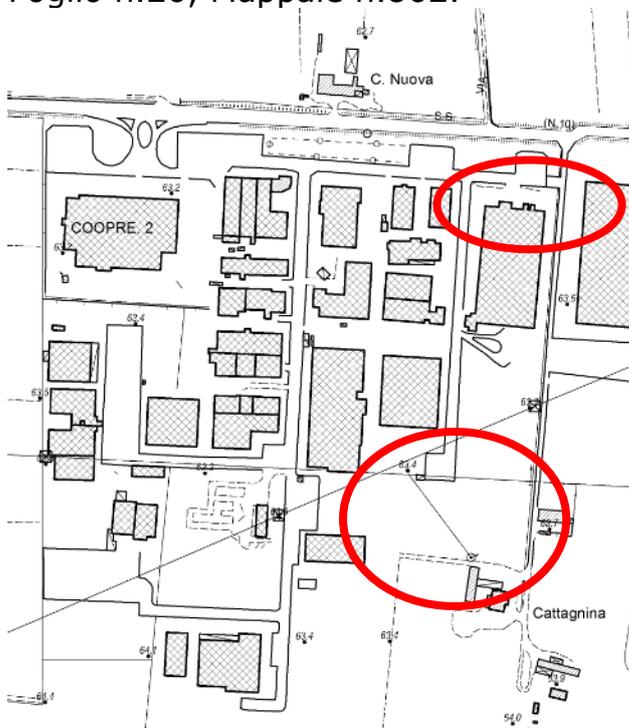
Il presente studio geologico nasce dalla necessità di realizzare un ampliamento capannone industriale nel settore sud ed un corpo uffici nella porzione nord antistante l'attuale capannone esistente, in località San Nicolò a Trebbia (Pc).

PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 11-03-1988
- D.M. 16-01-1996
- O.P.C.M. 3274/2003
- D.M. 14-09-2005
- Euro Codice 7
- Euro Codice 8
- N.T.C. '08 (D.M. 14-01-2008) e successivi
- N.T.C. 2018

2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il terreno interessato dalla presente indagine si trova nel settore occidentale del territorio di San Nicolò a Trebbia, presso Via Basilicata, località Cattagnina, vedi cartografia allegata. Al catasto terreni del Comune di Rottofreno il lotto è inquadrato al Foglio n.26, Mappale n.862.



Inquadramento territoriale - C.T.R. Sezione 161112

3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA

Segue la caratterizzazione geolitologica emersa dalla Carta Geologica a scala 1:10.000 redatta dalla Regione Emilia Romagna.

"coperture quaternarie" appartenenti al Subsistema di Ravenna, Unità di Modena, tipico di ambiente di pianura, "AES8a": ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intra vallivi, terrazzati, e di conoide. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. *Periodo: Olocene.*

Tale configurazione geologica trova riscontro nello studio geologico estratto dal QC del PSC comunale vigente.

Morfologicamente, l'area in studio si trova in un settore di pianura con pendenze impercettibili orientate verso nord-nord-est. La quota s.l.m. è di circa 63.5 metri.

Dalla Tavola G2 "Aspetti geomorfologici" estratta dal QC del PSC comunale, a tale settore è associato un ambiente di tipo di conoide alluvionale con vergenze verso nord-est.

4.0 – IDRO (GEO) LOGIA

L'idrografia superficiale (regime idrologico) è regimata dalla pendenza del terreno e le principali acque sono raccolte principalmente dal F.Trebbia ad est e dal Fiume Po presente a nord; localmente, rii minori presenti nell'area ed anche canalizzazioni artificiali, che talora ripercorrono vecchi alvei di corsi d'acqua naturali, benché abbiano subito poi nel tempo diversi interventi d'arginatura, correzioni del tracciato e riconfigurazioni degli alvei per opera dell'uomo assumono un ruolo importante nel deflusso superficiale dell'acqua.

Sotto il profilo idrogeologico (falde sotterranee), nell'area in esame il sistema acquifero si configura compartimentato con falde confinate, livelli freatici sospesi, discontinui e limitati dai terreni a grana fine coesivi (argille e limi) a permeabilità bassissima. Solamente in corrispondenza degli arricchimenti sabbiosi e maggiormente in quelli ghiaiosi permeabili, si attesta la prima vera e propria falda.

Localmente, si hanno livelli freatici lenticolari a carattere discontinuo, stagionale, sospesi rispetto all'acquifero principale, attestati nelle intercalazioni più grossolane dei depositi argillosi limosi superficiali. Le oscillazioni che li caratterizzano, sono associate allo stato idrometrico

della rete idrografica superficiale, ed alle infiltrazioni efficaci delle acque meteoriche dal piano campagna.

Variazioni del livello delle falde superficiali, possono essere indotte anche dal regime pluviometrico incidente direttamente sul terreno, che porta ad un'escursione media annua che può oscillare di qualche metro entro le litologie ghiaiose sabbiose permeabili rispetto alla formazione argillosa limosa superficiale. Anche il carico idraulico dei corsi d'acqua può portare ad oscillazione del livello freatico superficiale.

L'antropizzazione dell'area ha portato un apporto regolatore sia ai deflussi idrici superficiali, che a quelli sotterranei.

Dalla Tavola G3 estratta dal Quadro Conoscitivo del PSC comunale adottato "Carta Idrogeologica", l'area oggetto dell'intervento è associato alla linea isopiezometrica dei 52.0 metri s.l.m., pertanto, tenendo conto della quota del piano campagna di circa 63.5 metri s.l.m. si ha una profondità del primo acquifero di 11.0 metri entro le litologie maggiormente ghiaiose permeabili. Tuttavia sono possibili presenze di falde pensili e/o risalite del livello freatico naturale a profondità minori entro gli arricchimenti ghiaiosi maggiormente permeabili.

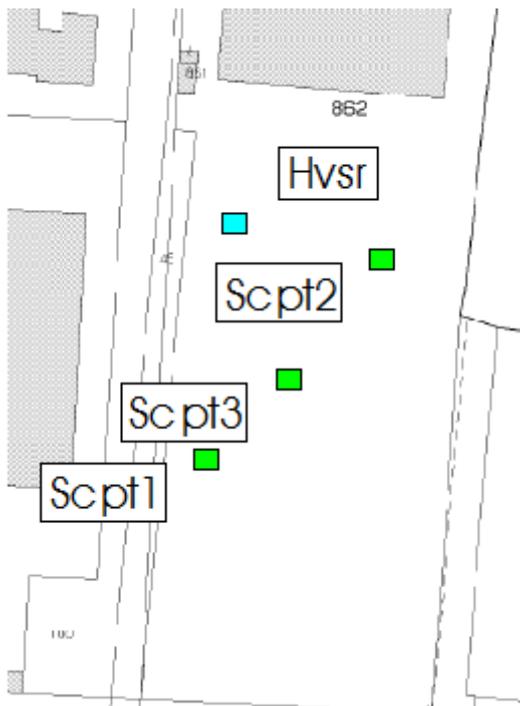
Dalle prove penetrometriche eseguite non è emerso un livello freatico alle massime profondità indagate.

5.0 - INDAGINI SVOLTE

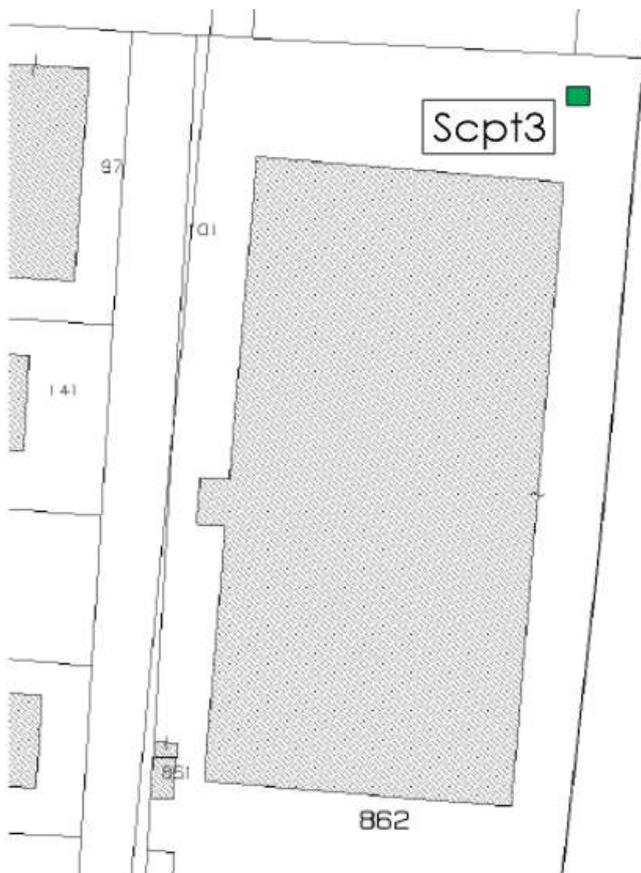
Al fine d'ottenere una caratterizzazione litogeotecnica dei terreni che interessano questo settore interessato dall'intervento in progetto sono state realizzate 3 prove penetrometriche di tipo dinamico all'interno del lotto in oggetto.

Inoltre, in questa fase è stato realizzato un rilievo sismico passivo con la tecnica tomografica.

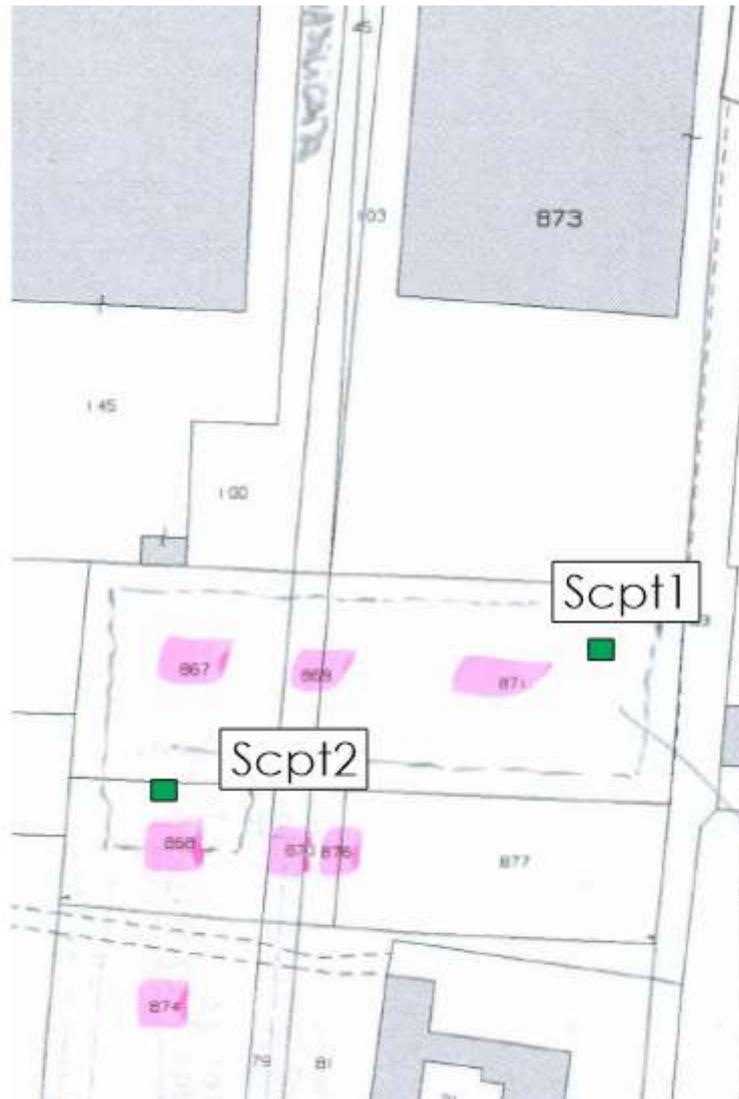
Lo scrivente ha già eseguito indagini geognostiche per la realizzazione del corpo capannone esistente, nel settore a nord di quello attualmente di progetto.



Ubicazione sondaggi geognostici eseguiti nell'anno 2021. Scpt: prove penetrometriche dinamiche, Hvsr: indagine sismica passiva.



Ubicazione sondaggi geognostici eseguiti nell'attuale fase di studio. Scpt3: prove penetrometriche dinamiche, "zona uffici" a nord.



Ubicazione sondaggi geognostici eseguiti nell'attuale fase di studio. Scpt1-2: prove penetrometriche dinamiche, "zona capannone sud".

Inoltre, entro questo comparto industriale il sottoscritto ha eseguito relazione geologiche, in cui le risultanze delle prove geognostiche (penetrometrie) e sismiche, confermano il modello geologico di sito emerso dalla presente campagna di indagini geognostiche.

6.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI

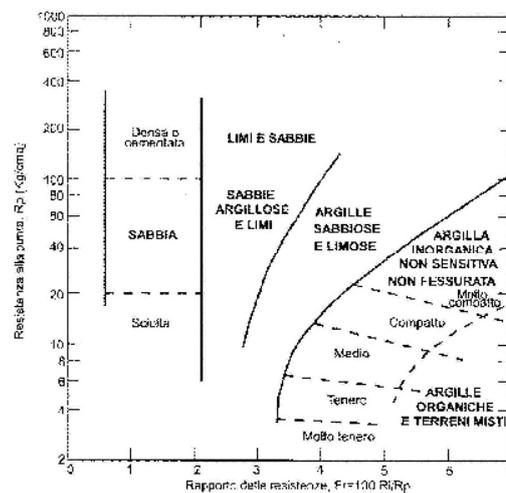
I valori del numero dei colpi o della resistenza di punta del penetrometro all'avanzamento possono essere empiricamente correlati, oltreché alla granulometria, anche ad alcune delle caratteristiche geotecniche del terreno indagato: i dati ricavati da tali

correlazioni sono riportati nelle allegate schede redatte per la prova SCPT, ove si sono altresì riportati i valori medi di q_c ed f_s relativi ad ogni strato omogeneo individuato.

Di seguito sono definiti i parametri geotecnici significativi medi degli orizzonti litologici.

Dall'analisi dei risultati è stato possibile risalire con una certa approssimazione alla natura litologica dei terreni attraversati, utilizzando come discriminante il metodo suggerito da Schmertmann (1978); quest'ultimo considera come indicativo della litologia il rapporto fra la resistenza alla punta R_p ed il rapporto F_r (figura seguente).

Tuttavia, si rammenta che, sebbene l'indagine penetrometrica tipo SCPT fornisca dati geotecnici attendibili, le informazioni sulla natura litologica e granulometrica dei terreni derivano sostanzialmente da correlazioni del tipo empirico. Nell'interpretazione dei risultati, le prove penetrometriche sono state assimilate a prove rapide in condizioni di drenaggio impedito (condizioni non drenate) e, nella definizione del comportamento geotecnico, è stata adottata una distinzione fondamentale fra terreni incoerenti (resistenza al taglio caratterizzata dal solo angolo di attrito) e terreni fini (resistenza al taglio caratterizzata soprattutto dall'esistenza di legami coesivi).



Per quanto concerne la definizione dei parametri geotecnici, utilizzando le più note e diffuse correlazioni basate sui dati SCPT, si è proceduto al calcolo di:

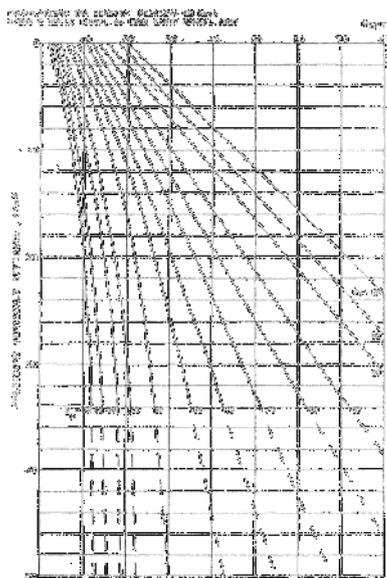
- Peso di volume specifico (γ), coesione non drenata (C_u) e modulo edometrico (E_d) per i terreni coesivi.
- Peso di volume specifico (γ), angolo di attrito interno di picco (ϕ_p), densità relativa (D_r) e modulo di deformazione elastico (Young)/edometrico (E_d) per i terreni incoerenti.

TERRENI GRANULARI

Le correlazioni ritenute più attendibili tra la resistenza alla penetrazione (N_{SPT}) ed alcuni parametri geotecnici sono le seguenti, e tengono conto anche della pressione efficace litostatica presente al tetto della profondità significativa.

Correlazione di Gibbs-Holtz

Permette di determinare la densità relativa dei terreni granulari mediante la relazione tra la resistenza alla penetrazione e la pressione verticale efficace.



Correlazione di De Mello

Permette di ricavare l'angolo di attrito in funzione dello sforzo verticale efficace.

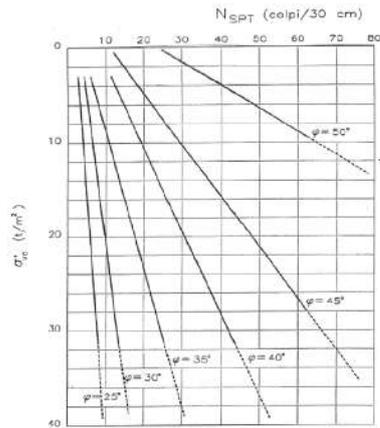


Figura 2 – Correlazione di De Mello (1971)

però per valori di f superiori a 38° il metodo di basa sulla seguente relazione, dove δ è la pressione litostatica efficace a metà strato in kg/cmq e NSPT il numero di colpi medio misurato nello strato.

$$\varphi = 19 - 0.38\sigma + 8.73\log(\text{Nspt})$$

Il metodo di correlazione diretta **RBS (Road Bridge Specification)** si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi' = \sqrt{15N_{norm}} + 15$$

dove N_{norm} è il numero di colpi normalizzato.

I valori di N_{SPT} devono essere normalizzati per tener conto dell'influenza della pressione del terreno sovrastante, riferendoli ad un valore unitario della tensione verticale efficace, mediante l'espressione:

$$N_{norm} = C_N N_{SPT}$$

dove:

- N_{SPT} è il numero dei colpi misurato con la prova standard;
- N_{norm} è il valore di N riferito a $\sigma'_v = 100\text{kPa}$;
- C_N è un coefficiente di correzione dipendente dal valore della tensione verticale efficace σ'_{v0} (Liao e Whitman, 1986):

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^{0,5}$$
 con $P_a = 100\text{ kPa}$

Japanese National Railway: Il metodo è valido per sabbie medie-grosse fino a sabbie ghiaiose e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità superiori a 8-10 m nel caso di terreni sopra falda e di 15 m per terreni immersi in falda ($s > 15\text{-}20\text{ t/mq}$).

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$f = 0.3NSPT + 27$$

dove NSPT è il numero di colpi medio misurato nello strato.

Owasaki e Iwasaki. Il metodo è valido per sabbie da medie a grossolane fino a debolmente ghiaiose. Anche questo metodo trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova superiori a 8-10 m per terreni sopra falda e superiori di prova superiori a 15 m per terreni in falda ($s > 15-20$ t/mq).

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$f = \text{SQR}(20NSPT) + 15$$

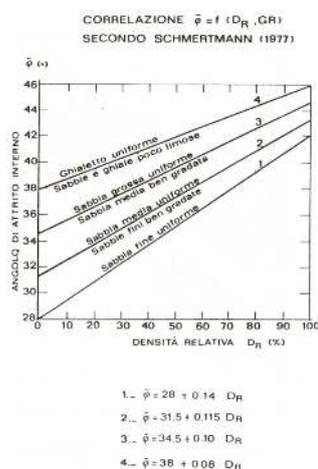
dove NSPT è il numero di colpi misurato nello strato.

Sowers (1961): Il metodo di Sowers è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 4 m per terreni sopra falda ed inferiori a circa 7 m per terreni in falda ($s > 5-8$ t/mq). La relazione è la seguente:

$$f = 28 + 0.28 NSPT$$

Correlazione di Schmertmann

Pongono in relazione l'angolo di attrito efficace con la densità relativa in funzione di differenti granulometrie, utilizzando sia i valori della densità relativa D_R elaborati con il metodo di Gibbs-Hotz che con il metodo di Terzaghi-Peck-Skempton.

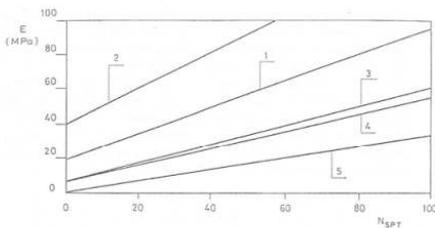


Correlazione di Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof

$$\varphi = 27 + \left(10 \cdot \frac{NSPT_{corr}}{35} \right)$$

Modulo di deformazione (Young)

La figura sottostante mostra la relazione che intercorre tra N_{spt} e E secondo Denver.



retta	s ₁ (MPa)	s ₂ (Mpa)	tipo di terreno	autore
1	0.756	18.75	sabbia e ghiaia (NC)	D'Appolonia et al. (1970)
2	1.043	36.79	sabbia (SC)	D'Appolonia et al. (1970)
3	0.517	7.46	-	Schultze e Messenbach, (1964)
4	0.478	7.17	sabbia satura	Webb (1970)
5	0.316	1.58	sabbia e argilla	Webb (1970)

Fig. 2.23 b Relazione tra E e SPT (Denver, 1982)

Le correlazioni più note tra NSPT e il modulo di Young E sono espresse generalmente come:

$$E = S1NSPT + S2 \quad (\text{con } S1 \text{ e } S2 \text{ costanti})$$

Terzaghi. Il metodo è valido per sabbia più ghiaia e sabbia pulita. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di NSPT ad una diminuzione di E con la profondità.

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E(\text{MPa}) = BSQR(NSPT)$$

dove NSPT è il numero di colpi medio nello strato mentre B è una costante pari a 7 MPa.

La relazione va considerata inattendibile per NSPT molto bassi o molto alti. Nel primo caso E risulta eccessivamente elevato, nel secondo caso eccessivamente basso.

D'Appolonia et al. Il metodo di D'Appolonia è valido per sabbia con ghiaia e sabbie SC. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di NSPT ad una diminuzione di E con la profondità.

$$E(\text{kg/cm}^2) = 7.71\text{NSPT} + 191 \text{ (Ghiaia più sabbia)}$$

$$E(\text{kg/cm}^2) = 10.63 \text{ NSPT} + 375 \text{ (sabbia SC)}$$

Schultze e Mazenbach

$$E_{ymin} = a + b \cdot NSPT_{corr} - c$$

$$E_{ymax} = a + b \cdot NSPT_{corr} + c$$

Schultze-Menzenbach

Sabbie fini (assenza di falda): a= 52, b= 3.3, c= 19.3

Sabbie fini (presenza di falda): a= 71, b= 4.9, c= 36.9

Sabbia media: a= 39, b= 4.5, c= 36.4

Sabbia limosa: a= 24, b= 5.3, c=21.1

Limi siltosi sabbiosi valore minimo: a= 12, b= 5.8, c=9

Sabbia ghiaiosa: a= 43, b= 11.8, c=42.3

Sabbia e ghiaia: a= 38, b= 10.5, c=93.2

Peso di Volume in assenza di falda

Si applica la relazione di Meyerhof

$$\gamma = 1.29968 + 0.05291 \cdot NSPT_{corr} - 0.00106 \cdot (NSPT_{corr}^2 + 7.58E - 06 \cdot NSPT_{corr}^3)$$

Applicando i vari autori tra cui quelli sopra menzionati, alla luce delle SPT a fondo foro eseguite durante il carotaggio in sito, emerge la seguente parametrizzazione geotecnica alle varie profondità per gli orizzonti litologici delineati.

6.1 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO

Settore SUD – Prove penetrometriche Scpt1-2

Dalle prove penetrometriche eseguite in sito emerge una successione lito-stratigrafica che conferma quella emersa dalle prove eseguite nel lotto limitrofo a nord (anno 2021); costituita da una litologia di copertura pedogenizzata con spessori di circa 0.60-0.90 metri dall'attuale p.c. (**Orizzonte O**), seguito da una litologia limosa argillosa (**Orizzonte A**) fino a profondità di circa 1.50 metri, oltre la quale si ha un orizzonte ghiaioso con limo (**Orizzonte B**) fino alle

massime profondità indagate, oltre le quali, difficoltà di infissione delle aste penetrometriche non hanno permesso il proseguimento della prova stessa.

Settore NORD – Prove penetrometriche Scpt3

Dalla prova penetrometrica eseguita in sito emerge una successione lito-stratigrafica costituita da una litologia di copertura pedogenizzata con spessori di circa 0.60-0.90 metri dall'attuale p.c. (**Orizzonte O**) con presenza di una copertura asphaltata costituente l'area cortilizia esistente, seguito da una litologia limosa argillosa (**Orizzonte A**) fino a profondità di circa 3.00 metri, oltre la quale si ha un orizzonte ghiaioso con limo (**Orizzonte B**) fino alle massime profondità indagate, oltre le quali, difficoltà di infissione delle aste penetrometriche non hanno permesso il proseguimento della prova stessa.

In questo settore l'Orizzonte A risulta avere maggiori spessori rispetto alle prove delineate nel settore meridionale, con rinvenimento della litologia maggiormente ghiaiosa (Orizzonte B) a profondità di 3.00 metri dall'attuale p.c. Non sono da escludere buche di natura antropica riempite successivamente con terreno argilloso limoso. Tale condizione verrà verificata direttamente durante le fasi di scavo fondazionale.

Quest'areale risulta associato ai depositi di conoide fluviale, la cui descrizione emersa dalla Relazione Geologica del Quadro Conoscitivo del PSC Comunale risulta:

la successione stratigrafica è costituita da livelli di ghiaie poligeniche ed eterometriche in matrice sabbiosa e/o limosa e sabbie amalgamate o con sottili intercalazioni di argille e/o limi di limitata continuità areale. I livelli ghiaiosi sono quasi sempre prossimi al piano campagna o comunque a ridotta profondità.

Le eventuali intercalazioni limose ed argillose, generalmente con sviluppo spaziale ridotto, possono presentare localmente spessori anche superiori ai 2 metri. Il rapporto ghiaia ed argilla è comunque superiore all'unità.

Le condizioni di edificabilità dal punto di vista geologico-geotecnico, sono favorevoli. I terreni di fondazione presentano prevalentemente un comportamento granulare con alta e medio-alta resistenza al taglio e bassi e medio bassi indici di compressibilità. Il tetto delle ghiaie e lo spessore dei livelli ghiaiosi potrebbe però essere discontinuo in senso spaziale, comportando, in caso di fondazioni superficiali, possibili problematiche connesse ai cedimenti differenziali.

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno, segue una tabella, in cui sono riassunti i principali parametri geotecnici nominali derivati direttamente dalla prova penetrometrica alle varie profondità.

Settore SUD – Prove penetrometriche Scpt1-2

Orizzonte O: copertura pedogenizzata

Profondità: dal p.c. a 0.60-0.90 metri circa

Orizzonte A: limo argilloso

Profondità: da 0.60-0.90 fino a 1.50 metri massimali

(Coesione non drenata) $C_u = 0.55$ [Kg/cm²]

(Peso di Volume) $\gamma = 1.80$ [Ton/m³]

(Modulo Edometrico) $E = 40$ [Kg/cm²]

Orizzonte B1: limo e ghiaia

Profondità: da 1.50 fino a 2.00-2.40 metri

(Angolo di attrito di picco) $\phi = 34^\circ$

(Densità relativa) $D_r = 65\%$

(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]

(Modulo di Young Elastico) $E' = 360$ [Kg/cm²]

Orizzonte B2: ghiaia con limo

Profondità: da 2.00-2.40 fino alle massime profondità

(Angolo di attrito di picco) $\phi = 41^\circ$

(Densità relativa) $D_r = 70\%$

(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]

(Modulo di Young Elastico) $E' = 520$ [Kg/cm²]

Dalle prove penetrometriche eseguite in data maggio 2022 non è stato delineato un livello acquifero naturale.

Settore NORD – Prove penetrometriche Scpt3

Orizzonte O: copertura pedogenizzata

Profondità: dal p.c. a 0.60-0.90 metri circa

Orizzonte A: limo argilloso

Profondità: da 0.60-0.90 fino a 3.00 metri massimali

(Coesione non drenata) $C_u = 0.42$ [Kg/cm²]

(Peso di Volume) $\gamma = 1.80$ [Ton/m³]

(Modulo Edometrico) $E = 36$ [Kg/cm²]

Orizzonte B1: limo e ghiaia

Profondità: da 3.00 fino a 4.00 metri

(Angolo di attrito di picco) $\phi = 34^\circ$

(Densità relativa) $D_r = 65\%$

(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]

(Modulo di Young Elastico) $E' = 270$ [Kg/cm²]

Orizzonte B2: ghiaia con limo

Profondità: da 2.00-2.40 fino alle massime profondità

(Angolo di attrito di picco) $\phi = 42^\circ$

(Densità relativa) $D_r = 70\%$
(Peso di Volume) $\gamma = 2.10 \text{ [Ton/m}^3\text{]}$
(Modulo di Young Elastico) $E' = 590 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

Dalle prove penetrometriche eseguite in data maggio 2022 non è stato delineato un livello acquifero naturale.

7.0 – PORTANZA TERRENI DI FONDAZIONE

Per la determinazione dei carichi ammissibili dei terreni in rapporto al tipologia di struttura fondazionale e dei sovraccarichi strutturali, è stata seguita la metodologia progettuale, alla luce delle normative attualmente vigenti in materia (NTC '18).

Le NTC '08 e '18 (D.M. 14.01.2008 e successivi) hanno introdotto un sisma di progetto non per ogni comune come da NTC05, ma per ogni punto del territorio, (punti di ancoraggio nodali di un reticolo di 4 Km di lato). Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale a campo aperto sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di superamento nel periodo di riferimento T_r :

a_g = accelerazione massima al sito di riferimento;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

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

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale, sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle grandezze fondamentali, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di

superamento nel periodo di riferimento in riferimento ai vari stati limite.

Seguono le caratteristiche del sito in esame in funzione delle coordinate geografiche di riferimento baricentriche, ed i relativi parametri sismici, ipotizzati sulla struttura e del sito in oggetto: categoria litologica e topografica. E' stata ipotizzata una classe litosismica di tipo B alla luce delle $Vs_{30eq} = 380$ m/s emersa dall'indagine sismica passiva eseguita in sito, e classe topografica di tipo T1 per le modeste pendenze che caratterizzazione questo settore di pianura. Si rimane a disposizione di qualunque variazione che il tecnico progettista ritenesse utile.

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente c_u :	1
Operatività (SLO):	
Probabilità di superamento:	81 %
Tr:	30 [anni]
ag:	0,031 g
Fo:	2,524
Tc*:	0,203 [s]
Danno (SLD):	
Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	50 [anni]
ag:	0,038 g
Fo:	2,567
Tc*:	0,220 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):	
Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	475 [anni]
ag:	0,093 g
Fo:	2,486
Tc*:	0,285 [s]
Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	975 [anni]
ag:	0,122 g
Fo:	2,472
Tc*:	0,290 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:
Ss: 1,200

	Cc:	1,510
	St:	1,000
	Kh:	0,007
	Kv:	0,004
	Amax:	0,361
	Beta:	0,200
SLD:		
	Ss:	1,200
	Cc:	1,490
	St:	1,000
	Kh:	0,009
	Kv:	0,005
	Amax:	0,442
	Beta:	0,200
SLV:		
	Ss:	1,200
	Cc:	1,410
	St:	1,000
	Kh:	0,022
	Kv:	0,011
	Amax:	1,098
	Beta:	0,200
SLC:		
	Ss:	1,200
	Cc:	1,410
	St:	1,000
	Kh:	0,035
	Kv:	0,018
	Amax:	1,438
	Beta:	0,240

7.1 - STATO LIMITE ULTIMO - SLV

Per il calcolo dello stato limite ultimo (SLU), viene preso in considerazione lo Stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV) con i relativi parametri sismici caratteristici.

Dallo spettro anelastico in riferimento alla componente orizzontale dell'accelerazione in sito, si ricava l'inerzia, sia del terreno (Khk) che della struttura (Khi), che verrà successivamente introdotta nelle elaborazioni finali per la verifica della disequazione di riferimento $E_d \leq R_d$ agli SLU.

Un ulteriore step di calcolo intermedio, è la determinazione dei parametri geotecnici caratteristici e di progetto del volume di terreno significativo al di sotto del piano fondazionale, funzione della tipologia di fondazione stessa e della successione litostratigrafica con eventuali presenze di disomogeneità, sia verticali, che areali, a partire dai valori nominali dei parametri geotecnica di riferimento del terreno in sito.

L'approccio secondo le NTC '18, risulta essere quello semi probabilistico, con la determinazione dei parametri geotecnici

caratteristici in funzione di una stima correlata allo stato limite di riferimento, e di progetto in funzione dei coefficienti di riduzione parziali che si associano a ciascun approccio di progetto (DA1.1, DA1.2 e DA2) e combinazioni di calcolo. Per quanto riguarda la coesione non Drenata/drenata (c_u/c), è stato adottato il metodo di Angus con distribuzione statistica dei valori log-normale.

Considerando la profondità significativa, ai fini della definizione della superficie di rottura al di sotto della fondazione di progetto, sono stati ricavati i relativi parametri geotecnici caratteristici e di progetto entro il terreno per la soluzione fondazionale, in aggiunta alla profondità di incasso della fondazione dal p.c. (in accordo con la profondità cuneo di rottura pari a $1-2xB$ fondazione a seconda di fondazioni e del bulbo di pressione per la determinazione dei cedimenti assoluti), in riferimento alla coesione non drenata ed angolo di attrito derivato dalle prove penetrometriche statiche realizzate, considerando il breve termine, per il volume di terreno significativo per la fondazione di progetto. Inoltre, nell'elaborazione statistica dei dati geotecnici, ai fini della definizione del volume significativo, una fondazione continua è assimilata ad una piccola superficie e risente maggiormente delle variazioni dei valori geotecnici stessi, assimilando il valore di progetto al valore minimo della serie, mentre per grandi superfici (fondazioni a platea), si può avere compensazione dei valori geotecnici, pertanto il valore caratteristico della serie, si avvicina maggiormente al valore medio della serie stessa.

Di seguito vengono calcolati i relativi valori geotecnici caratteristici, a cui occorre applicare i relativi parametri correttivi secondo i differenti possibili approcci di progetto.

I parametri geotecnici sono differenti in caso di compensazione o meno entro il volume significativo, associato a fondazione superficiale continua (valore tendente al valore minimo nella serie di riferimento) od a platea (valore tendente al valore medio della serie di riferimento, maggiore del primo).

Settore SUD – Prove penetrometriche Scpt1-2

Orizzonte O: copertura pedogenizzata

Profondità: dal p.c. a 0.60-0.90 metri circa

Orizzonte A: limo argilloso

Profondità: da 0.60-0.90 fino a 1.50 metri massimali

(Coesione non drenata) $c_{uk} = 0.42-0.50$ [Kg/cm²]

(Peso di Volume) $\gamma = 1.80$ [Ton/m³]

(Modulo Edometrico) $E_k = 32-37$ [Kg/cm²]

Orizzonte B1: limo e ghiaia

Profondità: da 1.50 fino a 2.00-2.40 metri
(Angolo di attrito di picco) $\phi_k = 30^\circ-32^\circ$
(Densità relativa) $D_r = 65\%$
(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]
(Modulo di Young Elastico) $E'_k = 265-300$ [Kg/cm²]

Orizzonte B2: ghiaia con limo

Profondità: da 2.00-2.40 fino alle massime profondità
(Angolo di attrito di picco) $\phi_k = 36^\circ-39^\circ$
(Densità relativa) $D_r = 70\%$
(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]
(Modulo di Young Elastico) $E'_k = 390-425$ [Kg/cm²]

Settore NORD – Prove penetrometriche Scpt3

Orizzonte O: copertura pedogenizzata

Profondità: dal p.c. a 0.60-0.90 metri circa

Orizzonte A: limo argilloso

Profondità: da 0.60-0.90 fino a 3.00 metri massimali
(Coesione non drenata) $C_{uk} = 0.36-0.40$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 1.80$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_k = 30-32$ [Kg/cm²]

Orizzonte B1: limo e ghiaia

Profondità: da 3.00 fino a 4.00 metri
(Angolo di attrito di picco) $\phi_k = 30^\circ-32^\circ$
(Densità relativa) $D_r = 65\%$
(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]
(Modulo di Young Elastico) $E'_k = 185-220$ [Kg/cm²]

Orizzonte B2: ghiaia con limo

Profondità: da 2.00-2.40 fino alle massime profondità
(Angolo di attrito di picco) $\phi_k = 36^\circ-40^\circ$
(Densità relativa) $D_r = 70\%$
(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]
(Modulo di Young Elastico) $E'_k = 395-445$ [Kg/cm²]

Per la verifica degli stati limite di esercizio (SLE), con riferimento allo Stato Limite di Danno (SLD), si hanno i parametri sismici di sito, con il relativo spettro elastico per le due componenti orizzontale e verticale.

8.0 - COMPATIBILITA' SISMICA

Per la verifica della compatibilità sismica dell'area all'intervento in progetto è stato realizzato un rilievo sismico passivo con Tromografo sul sito, che conferma i dati derivanti da sondaggi penetrometrici, pozzi idrici presenti in questo settore spinti a profondità ben superiori i 30.0 metri dal p.c., e dello studio geologico sismico annesso al Quadro Conoscitivo del P.S.C. adottato del Comune di Rottofreno. Segue al stratigrafia di pozzi censito nei settori limitrofi.

Pozzo P609 posto ad ovest

0.0-6.0: argilla e sabbia
6.0-25.0: ghiaia e sabbia
25.0-26.5: argilla e sabbia
26.5-43.2: ghiaia
43.2-51.0: argilla
51.0-56.5: sabbia e ghiaia
56.5-60.0: argilla e conglomerato

Pozzo P622 posto a est

0.0-2.0: argilla
2.0-18.0: ghiaia e argilla
18.0-43.0: ghiaia e sabbia con argilla

Inoltre, da indagini penetrometriche emerse dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna, in questa lottizzazione industriale si hanno prove che fanno emergere il tetto delle ghiaia a profondità tra i 2.60 ed i 3.50 metri dal p.c.

CARATTERI LITOLOGICI AREA D'INTERVENTO

Il primo orizzonte litologico è di natura argillosa-limosa sino a circa 1.80-3.90 metri dal p.c., seguita da una litologia ghiaiosa con matrice limosa.

Dall'indagine geofisica sismica passiva eseguita sul sito in oggetto, emerge una Vs30 caratteristica dei primi 30.0 metri dall'attuale p.c. pari a 380 m/s, pertanto con relativa classe litologica di tipo B, come confermato dall'inquadramento sismico territoriale emerso dallo studio geologico sismico del P.S.C. comunale.

Pertanto, alla luce delle indagini dirette eseguite in sito e dalle informazioni territoriali, in conformità al capo 3.1 delle "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici" dell'Ordinanza P.C.M. 3274/03 e NTC 2018, con riferimento alla caratterizzazione litologica, a tale situazione stratigrafica può

essere fatta corrispondere la categoria di suolo di fondazione di tipo B.

Non si hanno effetti litologici di amplificazione sismica, per l'assenza di litologie sabbiose sature pure nei primi 30.0 metri significativi.

REQUISITI PER LA SCELTA DEL PIANO DI POSA FONDAZIONALE

Il sito di fondazione deve essere scelto in modo che, in caso d'evento sismico, sia minimo il pericolo di collasso, instabilità, liquefazione, nonché d'eccessivo addensamento terreno.

L'area in oggetto, non si trova in corrispondenza di faglie tettoniche attive, né di condizioni tettoniche-morfologiche che possono amplificare i pericoli derivanti da un eventuale evento sismico "per condizioni morfologiche" - Carta Geologico-Strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo.

Per la situazione morfologica presente al sito, si ha un parametro di correzione topografica St pari a 1.00, ne risulta, pertanto modificata l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito:

$$a_{max} = S_s * St * a_g$$

Il moto sismico in superficie nel sito, è definito dall' a_{max} attesa e da una forma spettrale ancorata ad essa.

L'area è inquadrata con un terreno appartenente alla categoria sismica di tipo "B", a tale categoria viene associato un parametro litologico $S_s = 1.20$.

Ne deriva che l'accelerazione massima al sito = $1.00 * 1.20 * a_g = 1.20 * a_g$

Dove a_g = accelerazione massima orizzontale su sito di riferimento (suolo rigido con terreno di tipo A, pianeggiante T1 e free field cioè campo aperto privo di strutture).

La correzione eseguita per la determinazione dell' a_{max} sul sito, permette di considerare le condizioni litologiche e morfologiche che possono alterare l'arrivo dell'onda sismica in sito, sempre in riferimento allo stato limite di riferimento.

SISMICITA' TERRITORIO

I parametri sismici del sito d'intervento, sono riportati nel paragrafo precedente, con i relativi spettri elastici di risposta ed i relativi valori

di inerzia del terreno. Il Comune di Rottofreno è classificato in classe 3 rispetto alla precedente normativa sismica in materia OPCM 3274.

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Dall'analisi delle mappe interattive di pericolosità sismica estratte dal sito dell'INGV si estrae per l'area in oggetto una Magnitudo Mw massima pari a 6.14 per la zona sismogenetica di appartenenza.

La suscettibilità alla liquefazione dei sedimenti alluvionali che caratterizzano il sito in oggetto rappresenta un parametro molto importante da valutare nelle analisi di pericolosità sismica soprattutto a scala locale.

Per liquefazione si intende l'annullamento di resistenza al taglio di terreni granulari saturi sotto sollecitazioni di taglio cicliche ed in conseguenza delle quali il sedimento raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Il meccanismo di liquefazione è governato da molti fattori e tra questi i principali sono:

- caratteristiche dell'impulso sismico; (magnitudo $M > 5,0$);
- densità relativi ($DR < 50 \div 60\%$);
- pressioni di confinamento (non sono riportati casi in letteratura di liquefazione in strati granulari profondi oltre 15-20 metri);
- fuso granulometrico;
- falda superficiale.

Non si ritiene necessaria la realizzazione della verifica per la presenza di litologie prevalentemente ghiaiose (fuori fuso per la potenziale liquefazione dei sedimenti), e per la presenza del livello freatico naturale oltre i 10.0 metri dal p.c.

8.1 – SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Scenari di pericolosità sismica locale possono essere dati da faglie, instabilità gravitative, liquefazione sabbie sature, amplificazioni sismiche, addensamento terreni a grana grossa, subsidenza terreni molli a grana fina.

Nel sito di riferimento non si hanno condizioni topografiche e/o strutturali tettoniche, solamente dal punto di vista litologico si possono avere effetti che portano ad una amplificazione dell'azione sismica.

Dalle coordinate geografiche di riferimento e dalla caratterizzazione litosismica e topografica del sito si ricavano i relativi spettri elastici di risposta sismica del sito cui il progettista applicherà il coefficiente di

struttura in funzione della dilatanza della struttura stessa ricavando i relativi spettri di risposta inelastici sito-struttura.

Lo spettro elastico fornisce le forze sismiche necessarie per garantire un comportamento elastico, mentre lo spettro di progetto fornisce le forze sismiche di progetto ridotte corrispondenti ad un livello di plasticizzazione compatibile con la sopravvivenza della struttura.

In accordo con la Delibera Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 02-05-2007, e dal successivo D.G.R. n.2193/2015, D.G.R. n.630/2019 e DGR 476 e 564/2021, sono stati illustrati i Criteri per la individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la Microzonazione sismica del territorio.

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

Gli studi della pericolosità sismica di base e della pericolosità locale hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione di terremoti possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine;
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (micro zonazione sismica).

Dalla Tavola A42 "Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali" estratta dal PTCP si evince che il settore in oggetto è caratterizzato da depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con $V_s < 800$ m/s ed assimilabili, che necessitano di un II livello di approfondimento in base alla Del.RER n.112.

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale)

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento in funzione delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Per la microzonazione sismica si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolti a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività $\leq 15^\circ$, vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, si ritiene sufficiente **un'analisi semplificata** (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico può essere stimata attraverso abachi e formule. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) **un'analisi più approfondita** (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta per la definizione di indici di rischio nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree con rapida variazione della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, il cui modello stratigrafico non può essere assimilato ad un modello fisico

monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali.

La prima fase, o primo livello di approfondimento (individuazione delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali), viene attuata già nell'ambito della pianificazione a scala di area vasta (es. provinciale), relativamente all'intero territorio, ed è recepita e integrata, ad una scala di maggior dettaglio, nella pianificazione urbanistica comunale, limitatamente alle zone da indagare di cui al par. 2.1 del DGR 2193/2015.

La seconda fase (analisi della risposta sismica locale e microzonazione sismica del territorio) è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale e deve interessare le aree già urbanizzate e quelle indicate come suscettibili di urbanizzazione, i corridoi infrastrutturali e gli agglomerati posti in territorio rurale che possano considerarsi significativi, per dimensione e/o interesse insediativo, in rapporto alla realtà territoriale locale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase.

8.2 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI

Primo livello di approfondimento

Il primo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- definire il tipo di effetti attesi;
- indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

Per lo studio in oggetto sono stati predisposte le seguenti cartografie:

- 1) Carta delle indagini;
- 2) Carta geologico-tecnica
- 3) Carta delle frequenze naturali dei terreni, derivata da indagini svedite di sismica passiva (HVSr sulle vibrazioni ambientali)
- 4) Carta delle aree suscettibili di effetti locali.

Per l'areale in oggetto si ipotizzano zone suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico per effetto dell'assetto litostratigrafico, in cui si ritiene sufficiente un

approfondimento di secondo livello (analisi semplificata con seconda fase). L'areale in oggetto è caratterizzato da depositi alluvionali.

Per la caratterizzazione del sito sono state eseguite 6 prove penetrometriche all'interno dell'areale, ed una indagine sismica passiva con tecnica tromografica (HVSr), per la delineazione, sia delle Vs30eq di sito, che della frequenza fondamentale del sottosuolo.

La litologia emersa dalle indagini geognostiche eseguite in sito, associa a tale settore (molto limitato con carattere estremamente locale), una omogeneità litologica definita dal modello geologico di sito: "coperture quaternarie" appartenenti al tipico di ambiente di pianura "AES8a". Dalle prove penetrometriche emerge una successione lito-stratigrafica costituita da una litologia argillosa limosa fino a circa 1.80-3.90 metri dal p.c., seguita da una litologia ghiaiosa in matrice limosa fino alle massime profondità, oltre le quali difficoltà di infissione delle aste penetrometriche per rifiuto geotecnico, non hanno permesso il proseguimento della prova.

Non si hanno elementi geomorfologici caratteristici, ne tantomeno, con differenze all'interno dell'area di studio, che presenta un andamento sub pianeggiante, con assenza di rilievi, scarpate, ecc.

L'areale in oggetto presenta una potenziale amplificazione del moto sismico, indotta esclusivamente dalla condizione litologica di sito – amplificazione sismica o effetto sismico di sito per effetti litologici, come confermato dall'attuale cartografia sismica del PSC approvato.

Anche dalla seguente Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (edizione 2017), si evince che il settore in oggetto non è interessato da lineamenti tettonici critici, solo a sud dell'abitato di Sarmato si ha una linea di sinclinale sepolta.

Morfologicamente l'area in studio si trova in un settore di pianura ad un'altezza s.l.m. di circa 63.50 metri, la pendenza del terreno è molto modesta convergendo verso nord, nord-est, regimando il deflusso delle acque superficiali.

Dall'analisi sismica passiva eseguita in sito, emerge il valore della Vseq (30) pari a 380 m/s, e viene definita la frequenza fondamentale del terreno pari a 12,75 Hz caratteristica per l'areale in oggetto, pertanto con omogeneità areale. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

Anche la carta degli effetti sismici locali per l'areale (carattere estremamente locale) risulta associata alla amplificazione litologica omogenea per tutto il settore in oggetto. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

8.3 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

La seconda fase ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la micro zonazione sismica del territorio indagato.

Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata

Per la definizione dell'amplificazione ove è ritenuta sufficiente l'analisi semplificata si utilizzeranno gli abachi, le formule e le procedure indicate nell'Allegato A2.

Per tale fase di approfondimento sono state elaborate:

- 1) Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s).
- 2) Carte dei fattori di amplificazione.

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione sarà quantificata in termini di parametri FAPGA, FA0,1-0,5s, FA0,5-1s, FA0,5-1,5s che esprimono l'amplificazione per motivi stratigrafici, eventualmente incrementati con il fattore di amplificazione per cause topografiche ST. Tali coefficienti di amplificazione vengono stimati impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2)

I FA rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico, espresso con i parametri sotto indicati, valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A. Quest'ultimo è definito nella tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC (2008), come segue:

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

I FA sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico.

Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (**PGA**), il secondo è l'intensità spettrale.

E' stato considerato uno smorzamento $\xi = 5\%$ e tre intervalli di periodo proprio T_0 ottenendo tre valori di intensità spettrale:

SI1 : $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$

SI2 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

SI3 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$

Come si evince dalla seguente figura:

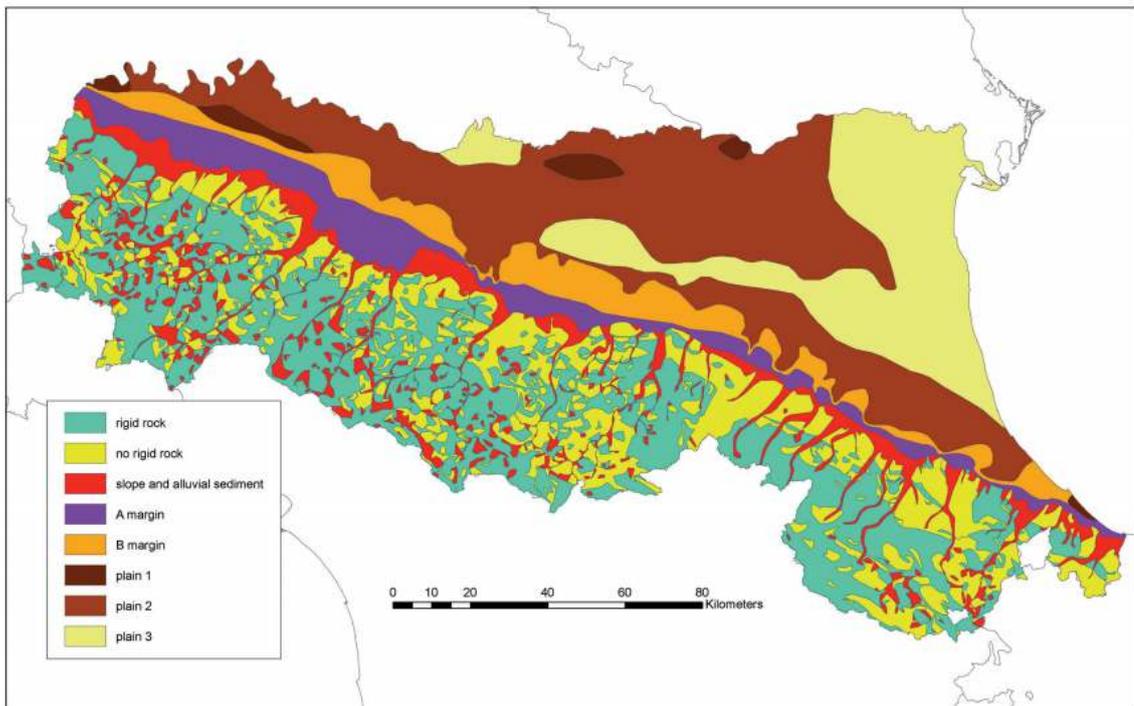


Fig. 11 - Emilia-Romagna map of the geologic macrozones for seismic studies.

per l'areale in oggetto, si considera il seguente scenario:
Margine B al contatto con Pianura 2 e 1.

MARGINE di tipo B: caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini.

La cartografia, sia per le velocità delle onde sismiche, che per i fattori di amplificazione viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

Da cui emerge che, per una $V_{S30eq} = 380$ m/s, si ha un FA PGA = tra 1.50 e 1.60.

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$) e **SA4** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Lo stesso procedimento viene applicato per gli altri fattori di amplificazione sismica.

8.4 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO

Dal sito dell'INGV si ricava la seguente caratterizzazione per il sito in oggetto: con classe di accelerazione orizzontale massima al suolo: classe 0.075-0.100.

Calcolo magnitudo e distanza epicentrale.

Dalla Carta dei Meccanismi Focali della nuova classificazione della Regione Emilia-Romagna si evidenzia la seguente griglia di punti delle accelerazioni massime attese al suolo (arefg con 10% di probabilità di

superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni).

Evidenziando l'areale in oggetto, si ha un punto della griglia prossimo a San Nicolò a Trebbia, con relativo valore di $A_{ref}(g)$. I dati sono relativi ai punti di una griglia con passo 0.05 gradi, ed i valori sono stati elaborati da INGV2.

$$A_{ref}(g) = 0.0914$$

Dalla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della R.E.R. del 2 maggio 2007 n.112 inerente i nuovi indirizzi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna, vengono definiti per ciascun Comune della Regione i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (All. A della Del. 112/2007) espressa in funzione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), ed al Comune di Rottofreno si ha un valore di 0.094g.

Anche la Tavola G10 "Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali" estratta dal PSC Comunale, associa a tale settore "depositi prevalentemente ghiaiosi, o limosi o misti(Olocene e Pleistocene superiore).

Dalla Tavola G1-SF1 "Carta dei fattori di amplificazione" estratta dal PSC Comunale, questo settore è associato a zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con un FA PGA = 1.60.

9.0 – PIANIFICAZIONE SOVRA ORDINATA

Segue un inquadramento generale derivante dalle principali cartografie di pianificazione sovra-ordinata significative per l'areale in oggetto.

9.1 - P.T.C.P. 2007

Dall'analisi del PTCP vigente emerge che questo settore entro cui si vuole realizzare l'intervento di progetto risulta associato al seguente inquadramento vincolistico:

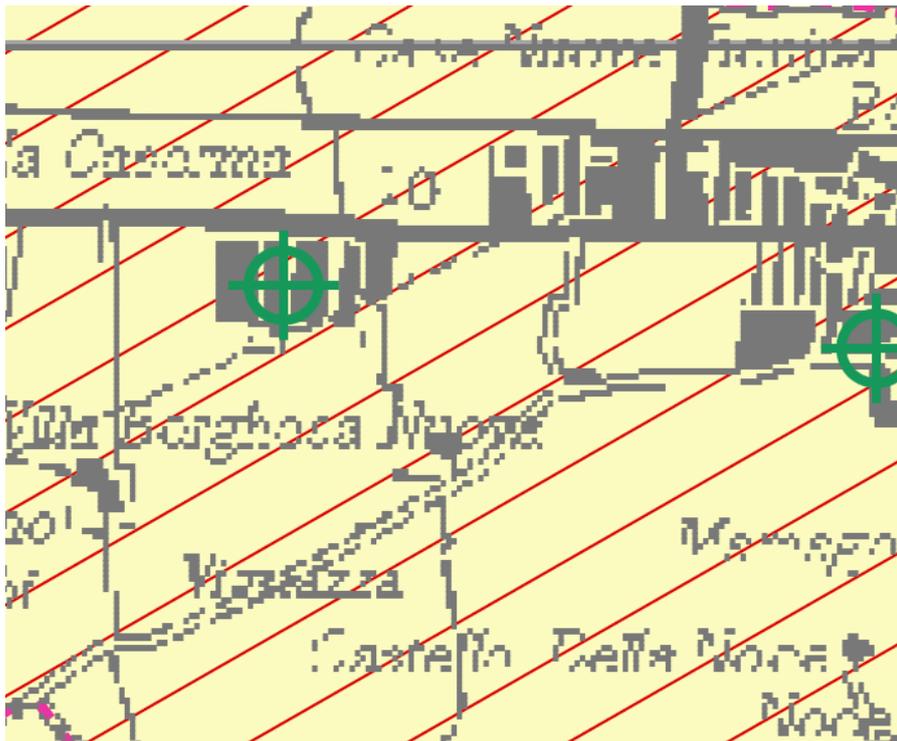
Art.36bis: zona di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei



Tavola A1-2 "Tutela Ambientale-paesaggistica e storico culturale".

Dalla Tavola B1g estratta dal PTCP "Carta delle aree rilevanti per la tutela delle acque", questo settore è associata ad un grado di vulnerabilità del primo acquifero ALTA, alla luce della presenza di una litologia a componente ghiaiosa permeabile. Per quanto concerne il settore di ricarica della falda, si ha un settore di ricarica di tipo indiretto B.

Nel settore a nord-ovest, presso il plesso industriale entro cui si inserisce l'areale in oggetto, si ha un pozzo acquedottistico, con relativa fascia di rispetto e tutela assoluta.



Aree di ricarica degli acquiferi di pianura

-  Settore di ricarica di tipo A - Ricarica diretta (3)
-  Settore di ricarica di tipo B - Ricarica indiretta (3)
-  Settore di ricarica di tipo C - Alimentazione dei settori di tipo A e B (3)

Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi superficiali

-  Estremamente elevata
-  Elevata
-  Alta
-  Media
-  Bassa - localmente media
-  Bassa

Tavola B1g "Carta delle aree rilevanti per la tutela delle acque".

9.2 - P.S.C. COMUNALE

Dall'inquadramento del PSC Comunale di Rottofreno emerge il seguente inquadramento geo-ambientale per il settore in oggetto.

Dalla Tavola B5 "Aree di valore naturale ed ambientale" si evince che questo settore non è associato a nessuna area significativa.

Dalla Tavola QCD1 "Sistema della pianificazione - sintesi del PRG Vigente", si evince che questo areale risulta associato alle Zone D prevalente destinazione produttiva.

9.3 – RETE NATURA

La Rete ecologica Natura 2000 è costituita dall'insieme delle aree (siti) individuate per la conservazione della diversità biologica. Essa trae origine dalla Direttiva dell'Unione Europea n. 43 del 1992 ("Habitat") finalizzata alla conservazione della diversità biologica presente nel territorio dell'Unione stessa e, in particolare, alla tutela di una serie di habitat e di specie animali e vegetali particolarmente rari indicati nei relativi Allegati I e II.

La Direttiva prevede quindi che gli Stati UE contribuiscano alla costituzione della rete ecologica in funzione della presenza e della rappresentatività sul proprio territorio di questi ambienti e delle specie individuando aree di particolare pregio ambientale denominate Siti di Importanza Comunitaria (SIC), che vanno ad affiancare le Zone di Protezione Speciale (ZPS), previste dalla Direttiva "Uccelli" n. 409 del 1979. Il quadro completo della rete ecologica Natura 2000 è quindi costituito dalla sommatoria delle aree SIC e ZPS.

L'area in oggetto non si colloca entro nessuna area di valore ambientale-paesaggistico, né entro settori appartenenti alla Rete Natura 2000.

9.4 – PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

Dalla Carta del Reticolo Idrico superficiale estratta dal PSC Comunale, Tavola G7, si evince che solamente nel settore orientale rispetto al lotto in oggetto, si ha un canale della rete idrografica consortile.

Tutto l'areale in oggetto si trova esternamente a qualunque fascia di tutela fluviale di alcun genere: A, B, C.

Dalla Tavola G8a "Stralcio della mappa di pericolosità del piano di gestione del rischio alluvioni – reticolo principale e secondario collinare e montano", si evince che questo areale risulta esterno a qualunque fascia di pericolosità idraulica: P1-P2-P3.

Dalla Tavola G8b "Stralcio della mappa di pericolosità del piano di gestione del rischio alluvioni – reticolo secondario di pianura", si evince che questo areale risulta esterno a qualunque fascia di pericolosità idraulica: P2-P3.

10.0 – CONCLUSIONI

- E' consigliabile verificare direttamente durante gli scavi la reale potenza di tali orizzonti litologici delineati dalle prove penetrometriche eseguite in sito. Nel caso si rinvenissero variazioni significative rispetto al modello geologico emerso dalla presente relazione, occorrerà adattare a tale condizione le scelte progettuali.
- Si raccomanda di impostare le fondazioni entro l'orizzonte con arricchimento ghiaioso (Orizzonte B). Le fondazioni dovranno "appoggiare" entro la litologia ghiaiosa o direttamente o mediante sottofondazione di magrone, la cui valutazione risulta difficile in questa fase, ma da valutare in fase di scavo.
- Alla luce delle risultanze delle svariate prove penetrometriche eseguite dallo scrivente entro tale settore, potrebbero essere presenti zone in cui si ha un approfondimento del rinvenimento della litologia a componente ghiaiosa, associata anche a pregresse attività di escavazione locali e successivo riempimento con terreno argilloso limoso. Tuttavia, sia che le condizioni siano naturali o antropiche, le fondazioni dovranno essere impostate entro la litologia ghiaiosa prevalente (Orizzonte B), al fine da evitare pericolosi inneschi di cedimenti differenziali tra i vari plinti di fondazione.
- Il modello geologico emerso dalla presente relazione geologica, conferma le indicazioni emerse, sia da studi pregressi in lotti limitrofi, che le indicazioni del PSC Comunale.
- Impermeabilizzare le pareti interrato a contatto con il terreno per la possibilità di avere presenza di acqua nel terreno associata a sacche e/o falde pensili e/o risalite entro la litologia ghiaiosa sabbiosa maggiormente permeabile rispetto alla litologia argillosa limosa superficiale.
- Un ulteriore accorgimento è dato dalla corretta regimazione del deflusso delle acque superficiali, non andando a creare aree centripete con possibili accumuli ed infiltrazioni di acque a contatto con la struttura in elevazione: il primo orizzonte limoso argilloso ha una permeabilità tale da assorbire acqua, ma non ne permette il relativo drenaggio in tempi brevi.
- La litologia superficiale limosa argillosa ha la caratteristica di variare di volume stagionalmente, a seconda del contenuto di acqua. Questa condizione può indurre rigonfiamenti in caso di presenza di acqua, e ritiri nei periodi particolarmente secchi. Tutto ciò si può riflettere in cedimenti, difficilmente quantificabili nelle strutture in elevazione, e soprattutto con carattere stagionale pulsante.

- Si raccomanda di prestare particolare attenzione a scavi a ridosso di strutture esistenti, soprattutto se a profondità maggiori del piano di posa fondazionale, per la possibilità di avere rilasci tensionali che si potrebbero riflettere sulla stabilità delle strutture in elevazione.
- I terreni che hanno già subito processi di rimaneggiamento, possono essere sede di accumuli di acque, per maggiore permeabilità rispetto al terreno naturale argilloso limoso presente in sito.
- La presenza di assi viari limitrofi, potrebbero indurre vibrazioni nei terreni fondazionali.

Dalla Tavola G7 "Carta di fattibilità geologica alle trasformazioni dell'uso del suolo" emersa dal PSC Comunale, questo settore comunale è associato alle Zone a fattibilità geologica-idrogeologica con modeste limitazioni all'insediamento residenziale ed industriale:

la classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni.

In linea generale si tratta di zone che presentano problematiche sotto il profilo idrogeologico perché suscettibili all'inquinamento delle acque sotterranee, ma facilmente risolvibili attraverso adeguati accorgimenti costruttivi da definire in sede di progettazione, sulla base di specifici approfondimenti per la mitigazione del rischio.

In particolare le attività edificatorie potranno essere attuate solo dimostrando, in sede progettuale e tramite opportuno studio idrogeologico, che gli interventi non arrecheranno impatti negativi sulle falde sotterranee e nel caso dovranno prevedersi tutte le misure di salvaguardia possibili. Per la gestione degli scarichi, dei pozzi e delle acque di prima pioggia si rimanda alle Norme Tecniche del PTCP vigente.

Tutti i nuovi interventi edilizi dovranno essere realizzati con modalità atte a consentire una corretta regimazione delle acque superficiali. In particolare i materiali impiegati per le pavimentazioni dovranno favorire l'infiltrazione nel terreno e comunque la ritenzione temporanea delle acque di precipitazione.

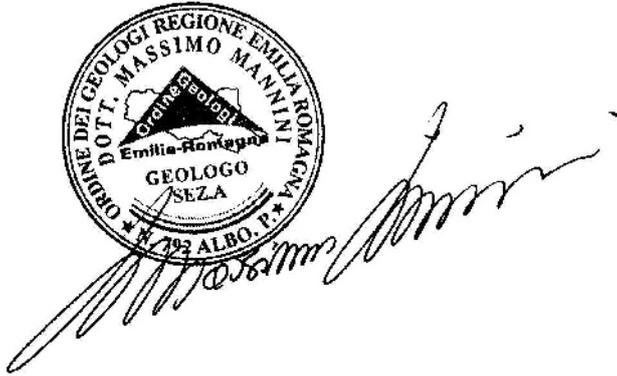
Tutti i nuovi interventi edilizi dovranno inoltre essere realizzati in modo da non alterare la funzionalità idraulica del contesto in cui s'inseriscono garantendo il mantenimento dell'efficienza della rete di convogliamento e di recapito delle acque superficiali.

E' vietato interrompere e/o impedire il deflusso superficiale dei fossi e dei canali nelle aree agricole, sia con opere definitive sia provvisorie, senza prevedere un nuovo e/o diverso recapito per le acque di scorrimento intercettate.

Per gli interventi edilizi che provochino l'impermeabilizzazione di grandi superfici di terreno, al fine di evitare un aumento eccessivo di carico idraulico nella rete di scolo superficiale e nella rete fognaria esistente si dovranno utilizzare degli appositi bacini di accumulo temporaneo per la raccolta delle acque intercettate dalle coperture degli edifici nel rispetto di quanto previsto dal DPR 18.02.1999 n.238. I manufatti di raccolta, di recapito e di accumulo delle acque meteoriche dovranno essere compresi, unitariamente, nelle opere di urbanizzazione primaria.

Nelle aree di nuova edificazione, comprese quelle già edificate richiedenti interventi di ristrutturazione ed ampliamento, situate nelle zone a "Fattibilità con modeste

limitazioni", ma a distanze inferiori di 100 metri alle frane, deve essere verificata la propensione al dissesto e predisposti gli interventi di bonifica e regimazione idrologica necessari per evitare il propagarsi e l'estensione del dissesto già in atto in aree limitrofe



Nel dichiararmi a disposizione per eventuali chiarimenti, colgo l'occasione per porgere i più distinti saluti.

*Fiorenzuola d'Arda
03 giugno 2022
Massimo dott. Mannini geologo*

--

C.FISC: P.IVA:	Via: - Tel: - Fax: Email: Web:
---------------------------------	--

	Data: aprile 2021
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{seq} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{seq} .

Dati generali

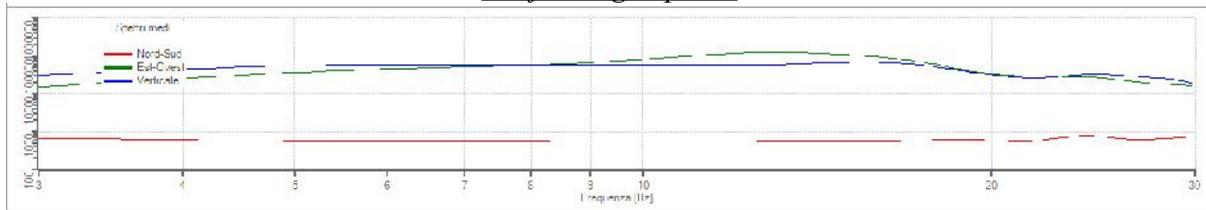
Nome progetto:
Committente:
Cantiere:
Località: San Nicolò a Trebbia – Cattagnina (Pc)
Operatore: Mannini
Responsabile: Mannini
Data: 22/04/2021 00:00:00
Zona: III
Latitudine:
Longitudine:

Tracce in input

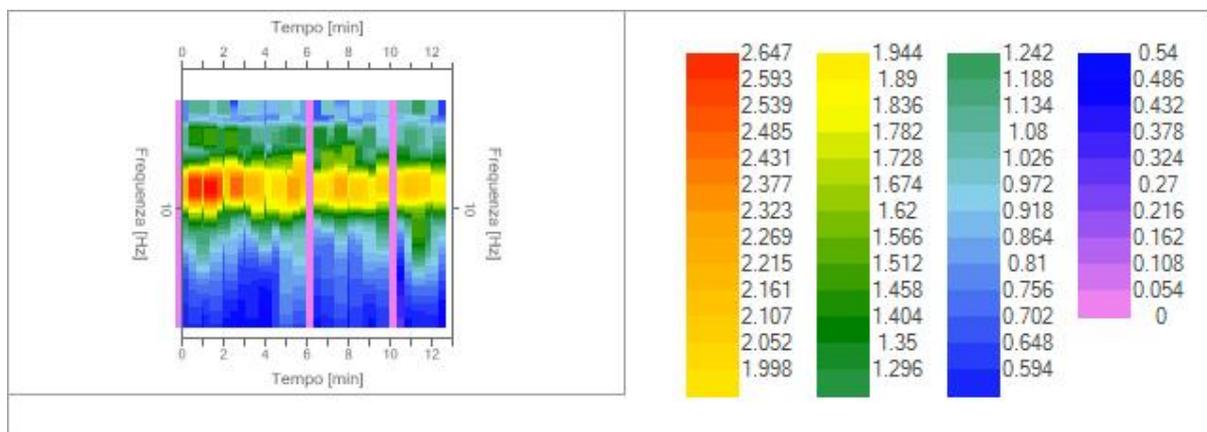
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 766 s
Frequenza di campionamento: 155.00 Hz
Numero campioni: 118730
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

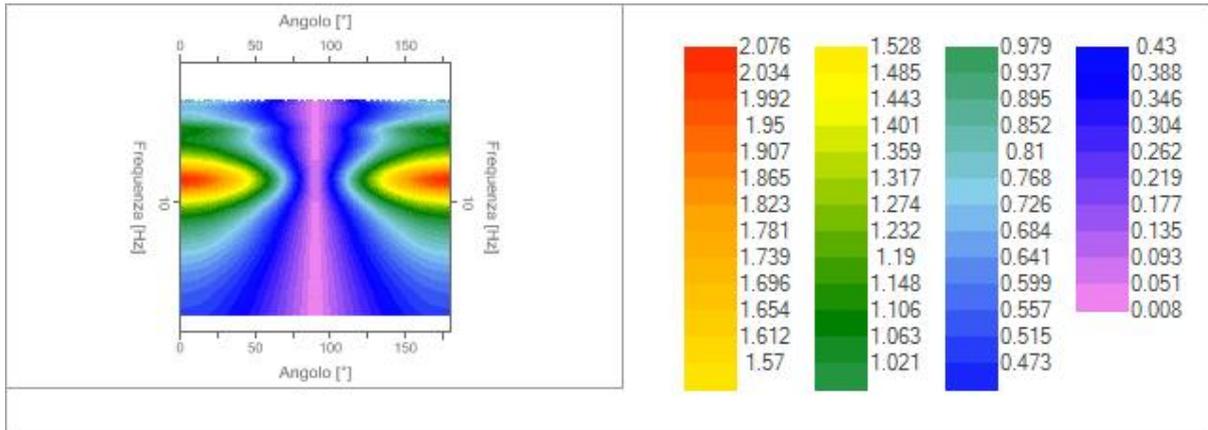
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

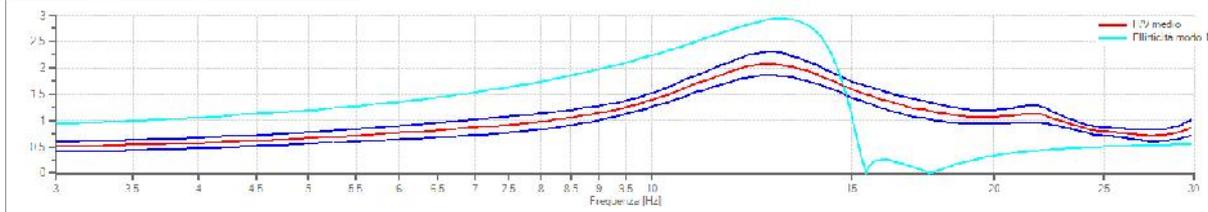
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	30.00 Hz
Frequenza minima:	3.00 Hz
Passo frequenza:	0.15 Hz
Tipo lisciamo::	Triangolare costante
Percentuale di lisciamo:	10.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 12.75 Hz ±0.11 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$.	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$.	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

Ok

Ok

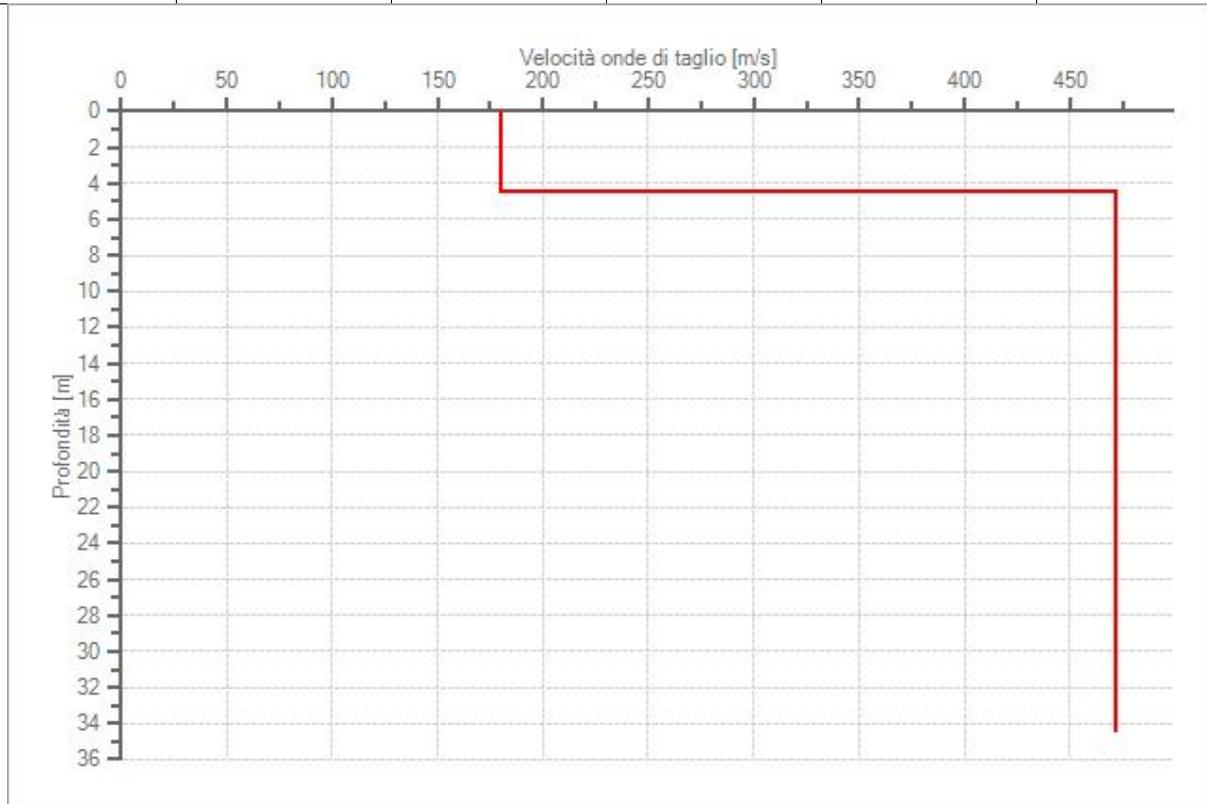
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 2
Frequenza del picco dell'ellitticità: 13.05 Hz
Valore di disadattamento: 0.55
Valore Vseq: 379.51 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	4.5	19	0.45	180
2	4.5	30	20	0.3	472



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Descrizione: Localita':	
--	--

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

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1.8
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 02-06-2022

Profondita' prova 3.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	4	0.853	27.82	32.63	1.39	1.63
0.60	6	0.847	38.42	45.36	1.92	2.27
0.90	4	0.842	25.45	30.24	1.27	1.51

1.20	3	0.836	18.97	22.68	0.95	1.13
1.50	6	0.831	35.14	42.27	1.76	2.11
1.80	16	0.776	87.51	112.72	4.38	5.64
2.10	26	0.722	132.19	183.18	6.61	9.16
2.40	26	0.717	131.36	183.18	6.57	9.16
2.70	35	0.663	153.01	230.85	7.65	11.54
3.00	42	0.609	168.61	277.01	8.43	13.85

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlazione con Nspt	NSPT	Descrizione
1.5	4.6	34.64	Coesivo	0	1.91	2.1	0.14	1.8	8.28	Argilla limosa
2.4	22.67	159.69	Incoerente	0	2.21	2.11	0.39	1.5	34.01	Limo e ghiaia
3	38.5	253.93	Incoerente	0	2.39	2.19	0.56	1.5	57.75	Ghiaia e limo

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schulze	Apollonia	Trofi menkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Bena ssi e Vann elli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] - Argilla limosa	8.28	1.50	0.56	1.04	0.00	0.33	0.81	1.04	0.74	1.06	0.41	1.27	1.04

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Argilla limosa	8.28	1.50	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato	Correlazione	Peso unita' di
--	------	--------------	--------------	----------------

		(m)		volume (t/m ³)
[1] - Argilla limosa	8.28	1.50	Meyerhof	1.91

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] - Argilla limosa	8.28	1.50	Meyerhof	2.10

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - Limo e ghiaia	34.01	2.40	62.33	100	100	67.33
[3] - Ghiaia e limo	57.75	3.00	73.51	100	100	87.59

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck - Hanson- Thorburn- Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertman (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasa ki & Iwasaki
[2] - Limo e ghiaia	34.01	2.40	34.01	36.72	29.72	37.52	32.78	40.49	42	32-35	37.59	37.2	30.9	41.08
[3] - Ghiaia e limo	57.75	3.00	57.75	43.5	36.5	44.17	32.84	42.69	42	>38	44.43	44.33	32.26	48.99

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof.	Nspt	Terzaghi	Schmert	Schultze-	D'Appollo	Bowles
--	------	-------	------	----------	---------	-----------	-----------	--------

		Strato (m)	corretto per presenza falda		mann (1978) (Sabbie)	Menzenb ach (Sabbia ghiaiosa)	nia ed altri 1970 (Sabbia)	(1982) Sabbia Media
[2] - Limo e ghiaia	34.01	2.40	34.01	416.27	272.08	402.02	435.07	245.05
[3] - Ghiaia e limo	57.75	3.00	57.75	542.43	462.00	682.15	613.12	363.75

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenba ch e Malcev (Sabbia media)
[2] - Limo e ghiaia	34.01	2.40	34.01	204.06	97.32	241.47	189.68
[3] - Ghiaia e limo	57.75	3.00	57.75	346.50	146.08	410.02	295.57

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazion e AGI
[2] - Limo e ghiaia	34.01	2.40	34.01	Classificazion e A.G.I	ADDENSATO
[3] - Ghiaia e limo	57.75	3.00	57.75	Classificazion e A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[2] - Limo e ghiaia	34.01	2.40	34.01	Terzaghi-Peck 1948	1.73
[3] - Ghiaia e limo	57.75	3.00	57.75	Terzaghi-Peck 1948	1.90

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[2] - Limo e ghiaia	34.01	2.40	34.01	Terzaghi-Peck 1948	2.08
[3] - Ghiaia e limo	57.75	3.00	57.75	Terzaghi-Peck 1948	2.18

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Limo e ghiaia	34.01	2.40	34.01	(A.G.I.)	0.29
[3] - Ghiaia e limo	57.75	3.00	57.75	(A.G.I.)	0.24

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - Limo e ghiaia	34.01	2.40	34.01	1789.05	1078.26
[3] - Ghiaia e limo	57.75	3.00	57.75	2942.88	1490.11

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 02-06-2022

Profondita' prova 3.90 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	2	0.853	13.91	16.31	0.70	0.82
0.60	4	0.847	25.62	30.24	1.28	1.51
0.90	3	0.842	19.09	22.68	0.95	1.13
1.20	4	0.836	25.29	30.24	1.26	1.51
1.50	11	0.831	64.42	77.50	3.22	3.87
1.80	16	0.776	87.51	112.72	4.38	5.64
2.10	26	0.722	132.19	183.18	6.61	9.16
2.40	25	0.717	126.31	176.13	6.32	8.81
2.70	27	0.713	126.94	178.08	6.35	8.90
3.00	25	0.709	116.85	164.89	5.84	8.24
3.30	29	0.705	134.79	191.27	6.74	9.56

3.60	32	0.651	129.13	198.40	6.46	9.92
3.90	36	0.647	144.45	223.20	7.22	11.16

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlazione con Nspt	NSPT	Descrizione
1.2	3.25	24.87	Coesivo	0	1.8	1.89	0.11	1.8	5.85	Argilla-limoso
1.8	13.5	95.11	Incoerente	0	2.07	2.01	0.28	1.5	20.25	Limo e ghiaia
3.9	28.57	187.88	Incoerente	0	2.24	2.15	0.58	1.5	42.85	Ghiaia e limo

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schulze	Apollonia	Trofi menkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Bensi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] - Argilla-limoso	5.85	1.20	0.37	0.73	0.00	0.24	0.57	0.75	0.53	0.87	0.29	0.89	0.73

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Argilla-limoso	5.85	1.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
--	------	------------------	--------------	---

[1] - Argilla-limosa	5.85	1.20	Meyerhof	1.80
----------------------	------	------	----------	------

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] - Argilla-limosa	5.85	1.20	Meyerhof	1.89

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - Limo e ghiaia	20.25	1.80	51.34	95.55	100	51.6
[3] - Ghiaia e limo	42.85	3.90	64.58	100	100	74.62

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck - Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertman (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[2] - Limo e ghiaia	20.25	1.80	20.25	32.79	25.79	33.67	32.65	37.14	41.38	30-32	32.43	33.08	29.35	35.12
[3] - Ghiaia e limo	42.85	3.90	42.85	39.24	32.24	40	32.29	41.84	42	35-38	40.35	39.85	31.06	44.27

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof.	Nspt	Terzaghi	Schmert	Schultze-	D'Appollo	Bowles
--	------	-------	------	----------	---------	-----------	-----------	--------

		Strato (m)	corretto per presenza falda		mann (1978) (Sabbie)	Menzenb ach (Sabbia ghiaiosa)	nia ed altri 1970 (Sabbia)	(1982) Sabbia Media
[2] - Limo e ghiaia	20.25	1.80	20.25	321.21	162.00	239.65	331.88	176.25
[3] - Ghiaia e limo	42.85	3.90	42.85	467.25	342.80	506.33	501.38	289.25

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenba ch e Malcev (Sabbia media)
[2] - Limo e ghiaia	20.25	1.80	20.25	121.50	69.06	143.77	128.32
[3] - Ghiaia e limo	42.85	3.90	42.85	257.10	115.48	304.23	229.11

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazion e AGI
[2] - Limo e ghiaia	20.25	1.80	20.25	Classificazion e A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
[3] - Ghiaia e limo	42.85	3.90	42.85	Classificazion e A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[2] - Limo e ghiaia	20.25	1.80	20.25	Terzaghi-Peck 1948	1.60
[3] - Ghiaia e limo	42.85	3.90	42.85	Terzaghi-Peck 1948	1.80

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
--	------	---------------------	--	--------------	---

[2] - Limo e ghiaia	20.25	1.80	20.25	Terzaghi-Peck 1948	1.99
[3] - Ghiaia e limo	42.85	3.90	42.85	Terzaghi-Peck 1948	2.12

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Limo e ghiaia	20.25	1.80	20.25	(A.G.I.)	0.31
[3] - Ghiaia e limo	42.85	3.90	42.85	(A.G.I.)	0.27

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - Limo e ghiaia	20.25	1.80	20.25	1098.89	785.48
[3] - Ghiaia e limo	42.85	3.90	42.85	2223.04	1241.74

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 02-06-2022

Profondita' prova 4.80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	4	0.853	27.82	32.63	1.39	1.63
0.60	4	0.847	25.62	30.24	1.28	1.51
0.90	4	0.842	25.45	30.24	1.27	1.51
1.20	2	0.836	12.65	15.12	0.63	0.76
1.50	3	0.831	17.57	21.14	0.88	1.06
1.80	3	0.826	17.46	21.14	0.87	1.06
2.10	2	0.822	11.58	14.09	0.58	0.70

2.40	8	0.817	46.06	56.36	2.30	2.82
2.70	6	0.813	32.17	39.57	1.61	1.98
3.00	5	0.809	26.67	32.98	1.33	1.65
3.30	14	0.755	69.69	92.34	3.48	4.62
3.60	14	0.751	65.17	86.80	3.26	4.34
3.90	17	0.747	78.75	105.40	3.94	5.27
4.20	28	0.694	120.42	173.60	6.02	8.68
4.50	34	0.640	127.34	198.87	6.37	9.94
4.80	37	0.637	137.88	216.41	6.89	10.82

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.1	3.14	23.51	Coesivo	0	1.79	1.88	0.19	1.8	5.65	Argilla-limoso
3	6.33	42.97	Coesivo	0	2.0	2.2	0.47	1.8	11.39	Limo
3.9	15	94.85	Incoerente	0	2.1	2.02	0.65	1.5	22.5	Limo e ghiaia
4.8	33	196.29	Incoerente	0	2.28	2.17	0.85	1.5	49.5	Ghiaia e limo

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schulze	Apollonia	Trofimkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Bensi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] - Argilla-limoso	5.65	2.10	0.35	0.71	0.00	0.23	0.55	0.71	0.51	0.86	0.28	0.74	0.71
[2] - Limo	11.39	3.00	0.77	1.42	0.00	0.45	1.12	1.29	1.00	1.32	0.57	1.61	1.42

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Argilla-limosa	5.65	2.10	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Limo	11.39	3.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - Argilla-limosa	5.65	2.10	Meyerhof	1.79
[2] - Limo	11.39	3.00	Meyerhof	2.00

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] - Argilla-limosa	5.65	2.10	Meyerhof	1.88
[2] - Limo	11.39	3.00	Meyerhof	2.20

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[3] - Limo e ghiaia	22.5	3.90	46.7	85.72	84.86	54.76
[4] - Ghiaia e limo	49.5	4.80	63.49	100	100	79.94

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per	Peck - Hanson-Thor	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schertman (197)	Mitchell & Katti (1981)	Shioi - Fukuni 1982	Japanese National Railw	De Mello	Owasaki & Iwasaki

			enza falda	nbur n- Meye rhof 1956					7) Sabb ie		(RO AD BRID GE SPE CIFI CATI ON)	ay		
[3] - Limo e ghiai a	22.5	3.90	22.5	33.4 3	26.4 3	34.3	30.9 8	37.7 9	40	30- 32	33.3 7	33.7 5	28.3 3	36.2 1
[4] - Ghiai a e limo	49.5	4.80	49.5	41.1 4	34.1 4	41.8 6	31.6 8	42.4 4	42	35- 38	42.2 5	41.8 5	30.5 7	46.4 6

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmert mann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenb ach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollo nia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[3] - Limo e ghiaia	22.5	3.90	22.5	338.58	180.00	266.20	348.75	187.50
[4] - Ghiaia e limo	49.5	4.80	49.5	502.20	396.00	584.80	551.25	322.50

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenba ch e Malcev (Sabbia media)
[3] - Limo e ghiaia	22.5	3.90	22.5	135.00	73.68	159.75	138.35
[4] - Ghiaia e limo	49.5	4.80	49.5	297.00	129.14	351.45	258.77

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazion e AGI
[3] - Limo e ghiaia	22.5	3.90	22.5	Classificazion e A.G.I	MODERATAM ENTE

					ADDENSATO
[4] - Ghiaia e limo	49.5	4.80	49.5	Classificazione e A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m ³)
[3] - Limo e ghiaia	22.5	3.90	22.5	Terzaghi-Peck 1948	1.62
[4] - Ghiaia e limo	49.5	4.80	49.5	Terzaghi-Peck 1948	1.85

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' Volume Saturo (t/m ³)
[3] - Limo e ghiaia	22.5	3.90	22.5	Terzaghi-Peck 1948	2.01
[4] - Ghiaia e limo	49.5	4.80	49.5	Terzaghi-Peck 1948	2.15

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[3] - Limo e ghiaia	22.5	3.90	22.5	(A.G.I.)	0.31
[4] - Ghiaia e limo	49.5	4.80	49.5	(A.G.I.)	0.25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[3] - Limo e ghiaia	22.5	3.90	22.5	1213.29	837.71
[4] - Ghiaia e limo	49.5	4.80	49.5	2545.91	1356.17

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[3] - Limo e ghiaia	22.5	3.90	22.5	Ohta & Goto (1978) Limi	148.88

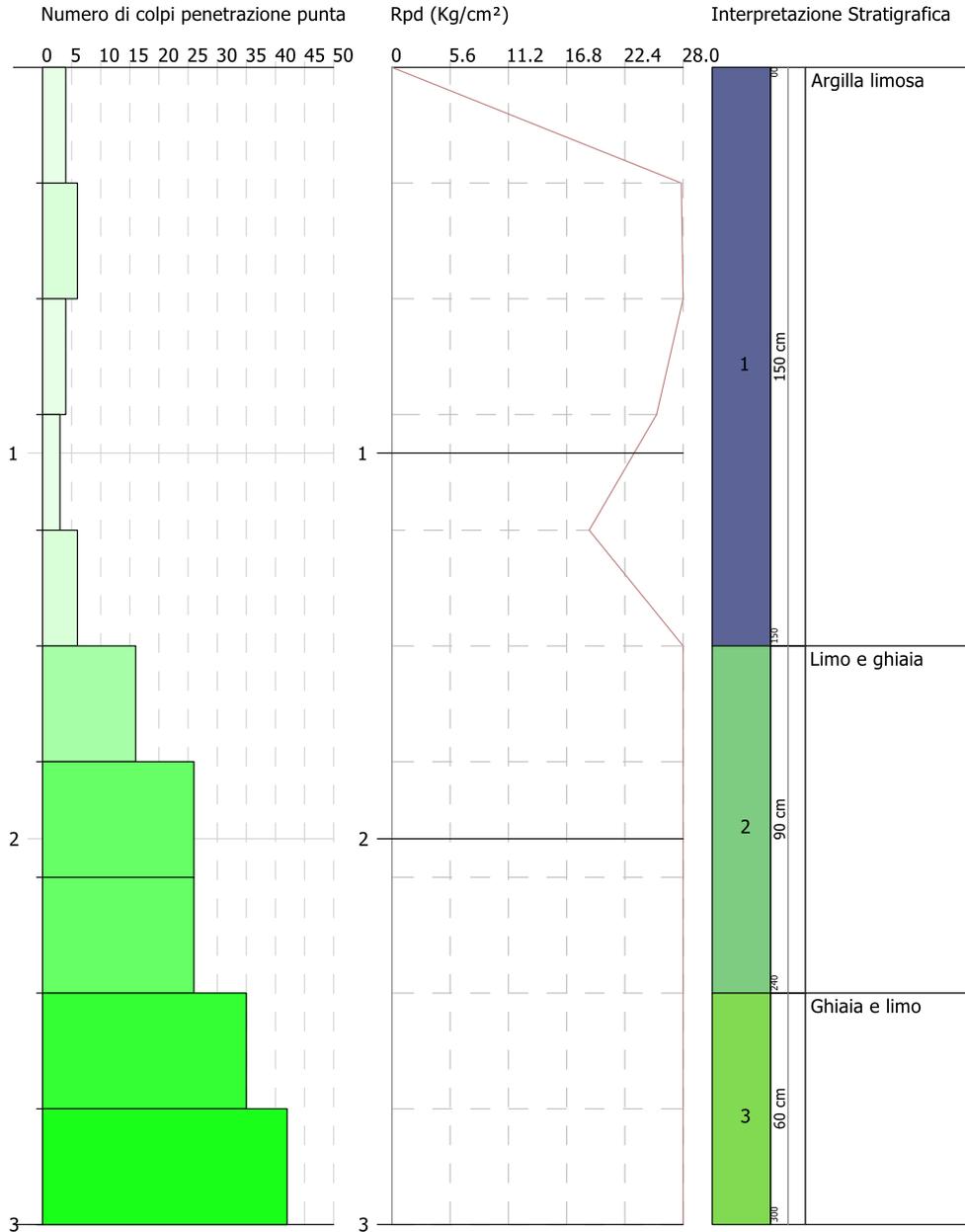
[4] - Ghiaia e limo	49.5	4.80	49.5	Ohta & Goto (1978) Limi	178.45
---------------------	------	------	------	-------------------------	--------

GEOSTRU
 CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
 COMPANY

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

Committente:
 Descrizione:
 Localita':

Scala 1:15



SIGNATURE 1

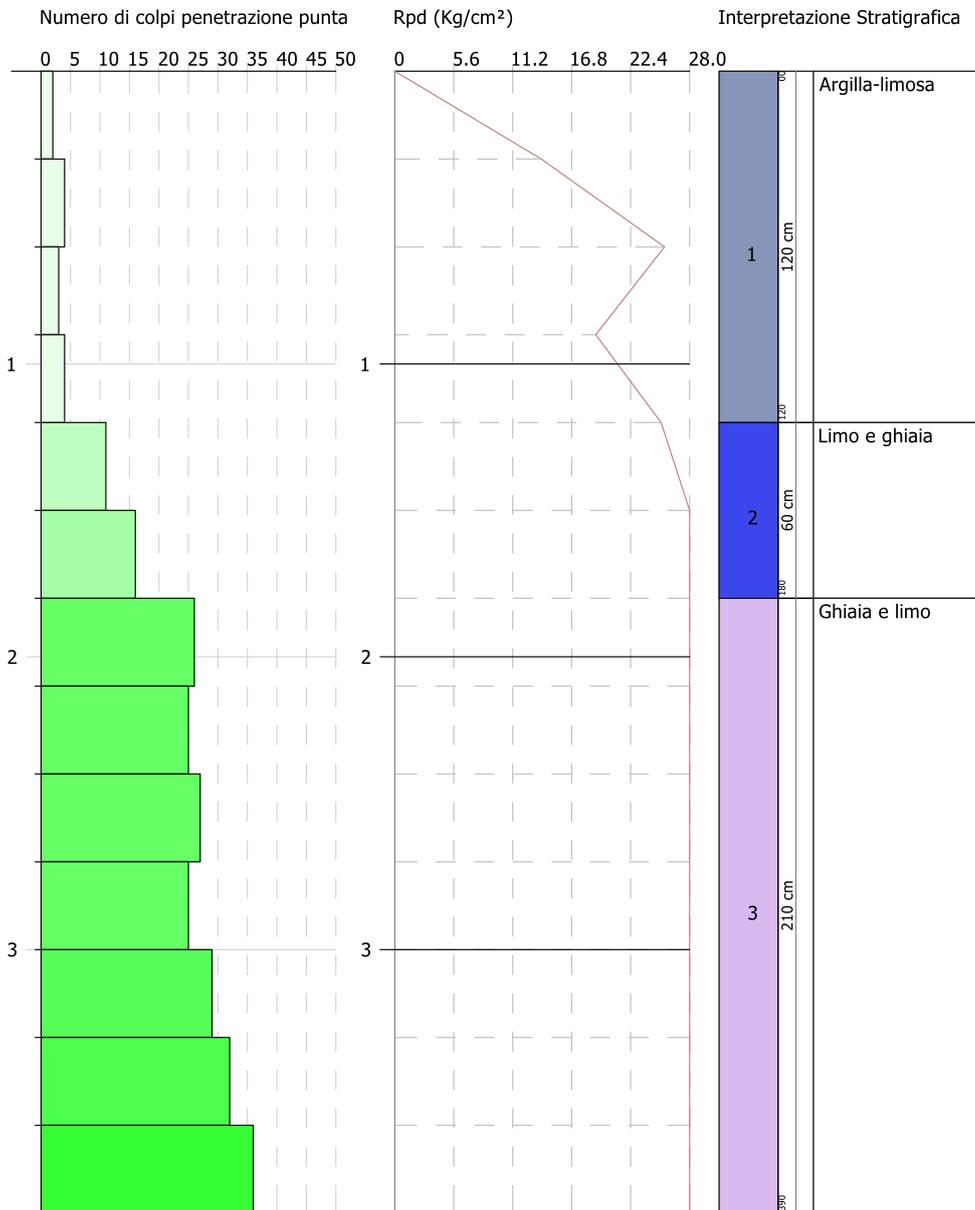
SIGNATURE 2

GEOSTRU
 CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
 COMPANY

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
 Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente:
 Descrizione:
 Localita':

Scala 1:20

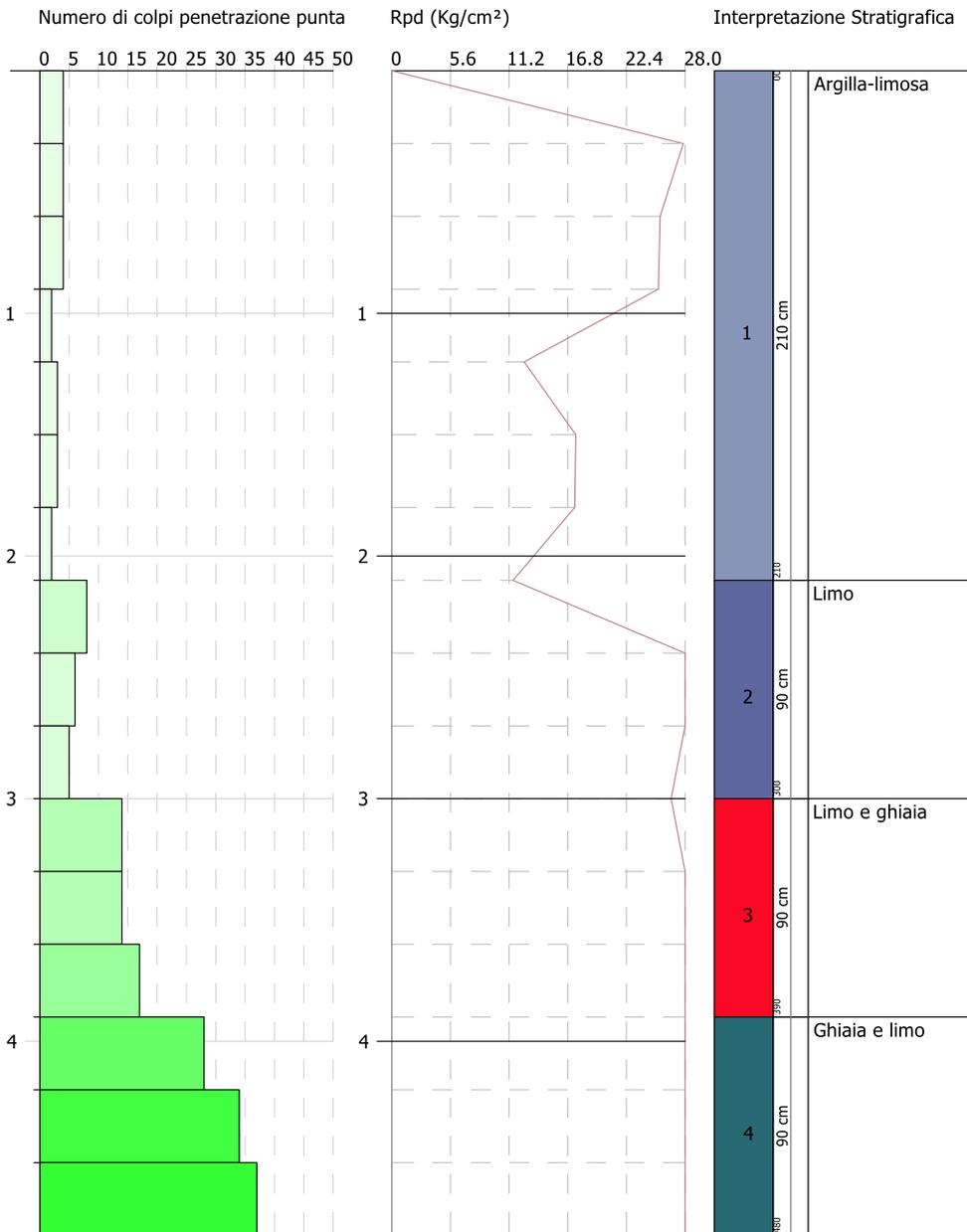


SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Committente:
 Descrizione:
 Localita':

Scala 1:24



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2