



COMUNE DI GRAGNANO TREBBIENSE

***PROPOSTA DI ACCORDO OPERATIVO N. 14
PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA
"FORNACE 4"***

INDAGINE GEOLOGICA TECNICA

- ✓ *Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del Sito*
- ✓ *Relazione sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno*
- ✓ *Relazione sulla modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione*

località: Gragnanino - Gragnano Trebb. PC
committente: OLB STYLE srl
data: Gragnano Treb. 10 dicembre 2021

Rea



Studio geologico

Parmigiani Lodovica

Gragnano Trebbiense - PC

tel 0523788510 - cel 3485644789
iscrizione ord. Reg. geol. n.362

INDICE GENERALE

Premessa.....	3
Inquadramento geografico ed ambientale.....	5
Inquadramento geologico.....	5
Vincoli sovraordinati: Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.....	7
Vincoli sovraordinati: Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP).....	8
Caratteristiche dell'acquifero di scala regionale.....	9
Caratteristiche dell'acquifero di scala locale.....	11
Litostratigrafia del terreno di fondazione.....	13
Analisi di stabilità dei versanti.....	15
Fattibilità delle trasformazioni.....	15
Relazione sulla modellazione sismica.....	17
Sismicità del territorio.....	17
Fattori di amplificazione.....	17
Amplificazioni topografiche.....	19
Valutazione del fenomeno di liquefazione.....	19
Caratterizzazione del terreno – Categoria suolo.....	20
Valutazione del Rischio sismico.....	21
Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno.....	22
Indagini geognostiche.....	22
Litologia e meccanica media dei terreni.....	23
Valori caratteristici e di progetto dei parametri geotecnici.....	23
Conclusioni.....	24
ALLEGATO N: 1 - PARAMETRI SISMICI.....	25
ALLEGATO n. 2: INDAGINI GEOFISICHE.....	26
ALLEGATO n. 3: PROVE PENETROMETRICHE.....	33

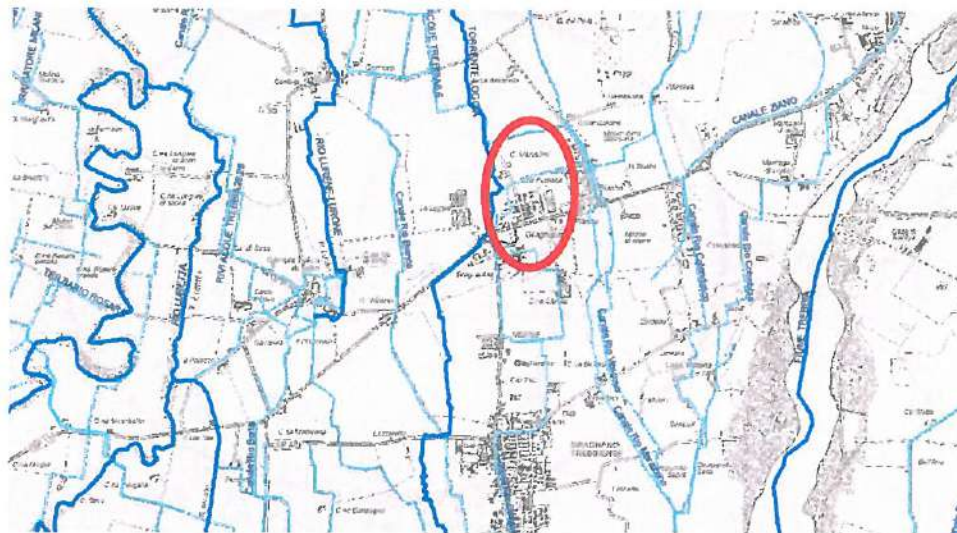
La legge sui diritti d'autore (22/04/41 n°633) vieta la riproduzione ed utilizzazione anche parziale di questo documento senza la preventiva autorizzazione degli autori.

Premessa

Con la presente relazione si espongono i risultati degli accertamenti condotti dalla scrivente ad evasione di uno specifico incarico conferitomi dal committente, a supporto della proposta di accordo operativo n. 14 e del piano particolareggiato di iniziativa privata: "FORNACE 4".

L'area oggetto dell'intervento sito in località Gragnanino di Gragnano Trebbiense (PC) e censito al NCEU del medesimo Comune al F. 2, mapp. 303 - 284 .

Fig. n. 1 - Corografia



Gli stessi accertamenti sono stati incentrati sull'area direttamente interessata dalle opere in progetto ed opportunamente estesi nell'intorno di questa entro un ragionevole raggio di influenza.

Lo studio si è articolato nella definizione degli aspetti geolitologici, idrogeologici, sismici nel rispetto della legislazione vigente, facendo riferimento, in particolare, alle seguenti disposizioni normative:

- ❑ L.R. n. 19 del 30/10/2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico".
- ❑ D.M. 14/01/2008 "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".
- ❑ Delibera dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna, progr. n. 112 del 2 maggio 2007 di approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000, in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".
- ❑ O.P.C.M. 3274 20.03.2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- ❑ D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" e relativa Circolare n° 30483 del 24/09/1988.
- ❑ DGR 2193 del 21 dicembre 2015 messe a punto dalla comunità scientifica nazionale.
- ❑ NTC2018 (DM 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»);
- ❑ D.G.R. nr. 1164 del 23/07/2018, in materia di Nuova Classificazione Sismica.

Per incarico del committente si redige questa relazione geologica preliminare al fine di un inquadramento geologico e le caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche, oltre alla fattibilità dell'opera e quali saranno le indicazioni in merito alle indagini da eseguire, propedeutiche alla redazione del progetto definitivo per la progettazione in programma nell'area in oggetto.

Fig. n. 2 - Inquadramento catastale

foglio n. 2
mappale n. 303 - 284

Inquadramento geografico ed ambientale

L'area di progetto è geograficamente localizzata nell'elemento del C.T.R. "n. 161164 Piacenza" in scala 1:5.000 della Regione Emilia Romagna, ad una quota di circa 73 m s.l.m.

Geograficamente, è localizzata a nord-est rispetto alla centro abitato di Gragnano Trebbiense ed è caratterizzata da un'area prevalentemente pianeggiante.

Il paesaggio è quello tipico di perturbano degli agglomerati urbani ed è decisamente caratterizzato dall'assenza di habitat naturali ma fortemente influenzato dal confinante abitativo ed industriale.

Fig. n. 3 - Inquadramento topografico



Inquadramento geologico

Dal punto di vista geologico l'area è impostata sui depositi fluviali antichi di piana alluvionale denominati: Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (Pleistocene medio - Olocene) unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti in corrispondenza del margine appenninico padano (ciclo Qc di RICCI LUCCHI et alii, 1982) ed i sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola.

Questi ultimi, nell'area in esame, includono depositi alluvionali che passano verso est a depositi deltizi e marini, organizzati in cicli deposizionali di vario ordine gerarchico. Il limite inferiore del Supersintema Emiliano-Romagnolo non affiora nell'area, ma affiora solamente a ridosso del margine appenninico, il limite superiore coincide col piano topografico.

L'età dell'unità è Pleistocene medio - attuale (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

- co
lin
tett
ian
unit

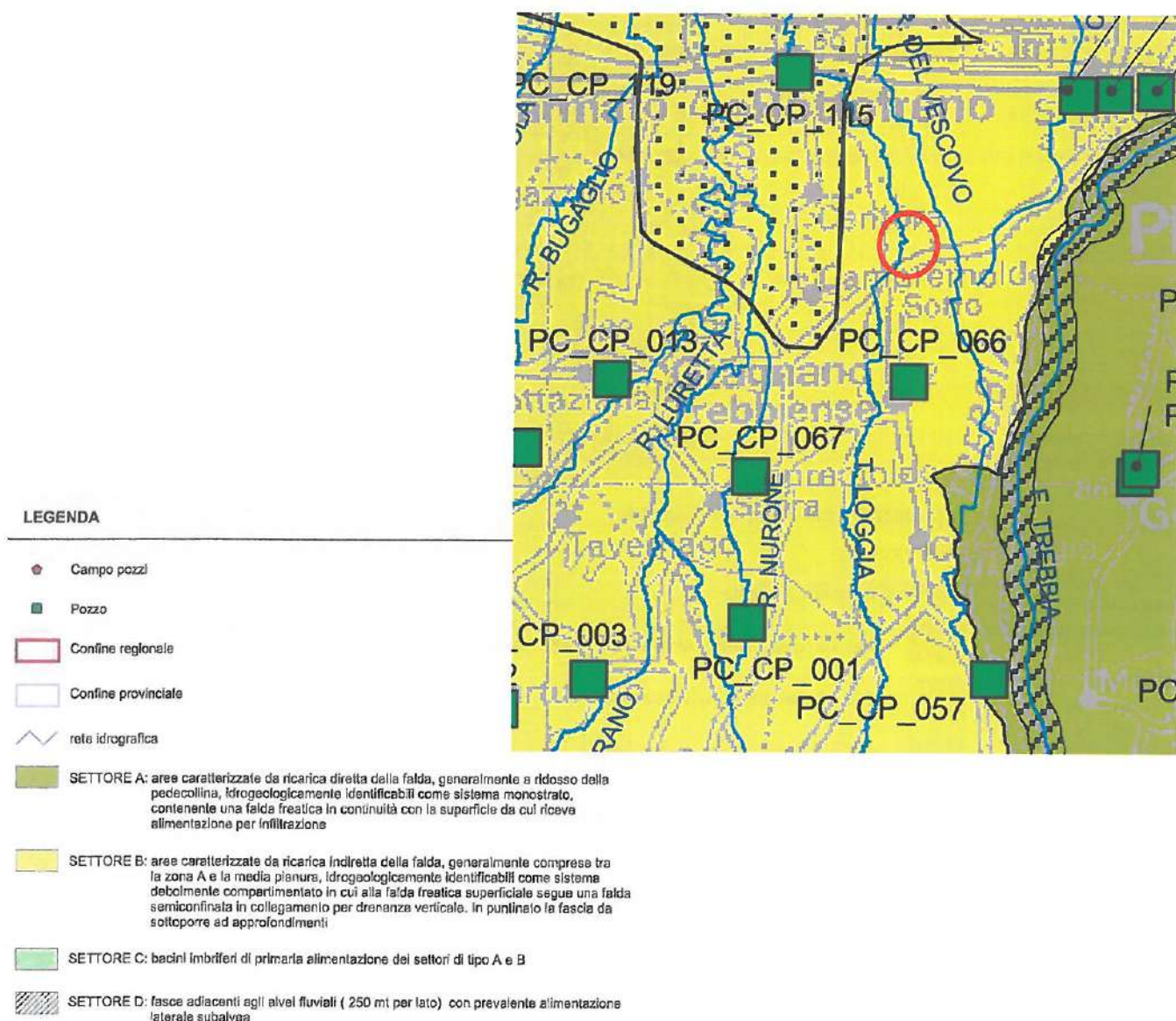


Vincoli sovraordinati: Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna

Per fare fronte al problema dell'inquinamento antropico delle falde sono stati eseguiti numerosi studi e sono state realizzate delle mappe finalizzate alla corretta gestione del territorio rispetto a questa problematica. Questa materia è stata trattata di recente nell'ambito della realizzazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna (approvato dall'Assemblea Legislativa con delibera n. 40 del 21 dicembre 2005).

Il Piano di Tutela contiene la Carta delle Zone di Protezione delle Acque Sotterranee, in cui vengono individuate le zone in cui occorre prestare particolare attenzione alla gestione del territorio al fine di prevenire l'inquinamento delle falde.

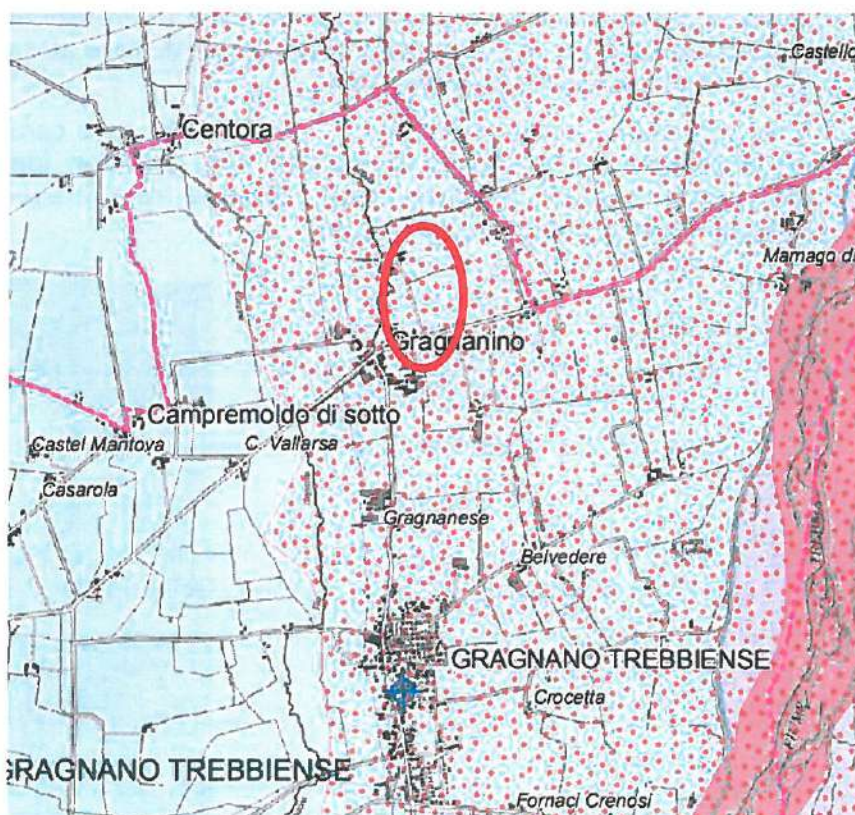
L'area in esame risulta inserita nel "SETTORE B: aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda, generalmente compresa tra la zona A e la pianura, ideologicamente identificabili come sistema debolmente compartimentato in cui alla falda freatica superficiale segue una falda semiconfinata in collegamento per drenanza verticale".



Vincoli sovraordinati: Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP)

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) contiene la "Carta delle tutele delle risorse idriche", in cui vengono individuate le zone di protezione delle acque di falda in cui occorre prestare particolare attenzione alla gestione del territorio al fine di prevenire l'inquinamento delle falde.

In particolare l'area in oggetto è collocata entro il "settore di ricarica di tipo B – Ricarica indiretta"



Zone di protezione delle acque sotterranee

Aree di ricarica

Territorio di pedecollina-pianura

-  Settore di ricarica di tipo D - Alimentazione laterale subalvea
-  Settore di ricarica di tipo A - Ricarica diretta
-  Settore di ricarica di tipo B - Ricarica indiretta
-  Settore di ricarica di tipo C - Alimentazione dei settori di tipo A e B

Aree critiche

-  Zone di vulnerabilità da nitrati (ZVN)
-  Zone di vulnerabilità intrinseca alta, elevata ed estremamente elevata dall'acquifero superficiale¹
-  Zone da sottoporre ad approfondimento per eventuale presenza di nuove "rocce-magazzino"
-  Zone da sottoporre ad approfondimento per eventuale conferma delle aree di possibile alimentazione delle sorgenti utilizzate per il consumo umano

Caratteristiche dell'acquifero di scala regionale

Lo studio "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna" Ufficio Geologico della Regione Emilia-Romagna e la Direzione Esplorazione Italia dell'ENI - AGIP S.p.A, individua nel sottosuolo del dell'area investigata tre Gruppi Acquiferi separati da barriere di permeabilità di estensione regionale, informalmente denominati Gruppo Acquifero A, B e C a partire dal piano campagna.

In particolare le caratteristiche degli acquiferi presenti nel sottosuolo si possono così sintetizzare:

Gruppo Acquifero A: è costituito da sabbie con ghiaietto e peliti di terrazzo e conoide alluvionale organizzati in strati lenticolari di spessore estremamente variabile, da alcune decine di centimetri a svariati metri, in genere costituiti da un letto di conglomerati eterometrici ed eterogenei, clast-supported, con matrice sabbiosa, talora disorganizzati, talora embriciati, generalmente poco cementati, e da un tetto sabbioso-limoso. La potenza dell'unità è stimabile in 150 metri, in contatto erosivo, frequentemente in discordanza angolare su B, lo spessore utile di materiale permeabile è di circa 40/60 m.

$$km = 10^{-3} \text{ m/s}, \quad S_{sm} = 10^{-5} \text{ m}^{-1} \quad n_e = 15 - 25\%$$

Pleistocene medio-Olocene

Gruppo Acquifero B: Prevalenti argille limose di pianura alluvionale con talora intercalati livelli, discontinui, di ghiaie e conglomerati eterometrici ed eterogenei e sabbie. La potenza dell'unità stimabile in 150 metri, in contatto erosivo, frequentemente in discordanza angolare su C, lo spessore utile di materiale permeabile è di circa 20/40 m.

$$km = 10^{-3} - 10^{-4} \text{ m/s}, \quad S_{sm} = 10^{-5} - 10^{-6} \text{ m}^{-1}, \quad n_e = 15 - 25\%$$

Pleistocene medio.

Gruppo Acquifero C: depositi di delta-conoide e marino-marginali costituiti da prevalenti sabbie e areniti, generalmente poco cementate o con cementazione disomogenea, ben selezionate con granulometria media e fine, talora grossolana, in genere ben stratificate e con evidente laminazione incrociata, talora massive, ricche in bioclasti, con frequenti intercalazioni, da sottili a molto spesse, di conglomerati eterogenei ed eterometrici e di peliti. La potenza dell'unità è stimabile in 150 metri, in contatto generalmente netto, talora erosivo e localmente in discordanza angolare, sulle unità affioranti lungo il Margine Appenninico Padano, lo spessore utile di materiale permeabile è di circa 50/60 m. L'ossigeno mostra acque di provenienza padano-alpina, spesso marcatamente alpina ed età sempre elevate, con ^{14}C completamente decaduto. $km = 10^{-4} \text{ m/s}$, $S_{sm} = 10^{-5} \text{ m}^{-1}$, $n_{log} = 37 - 39\%$

Pliocene inferiore - Pleistocene medio

PRINCIPALI UNITÀ STRATIGRAFICHE				CTA (metri di spessore)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITÀ CRONOSTRATIGRAFICHE	
AFFRONTI		SE POLTE					
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE PORSE, DALLA VALLE ALLUVIALE, TERRAZZI E ALLUVIONI	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITÀ DI CIOA DI BOIA	SUPERFICIE EMILIANA-RICHIAINCOLO	UNITÀ IV BORDO RINGHIALE	PUNTO DI SUPERFICIE SUPERIORE - OLDOSI (C)	A1
							A2
	A3						
	A4						
QUATERNARIO MARINO	DALL'AVULSA P.P.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITÀ DI CIOA DI BOIA	SUPERFICIE EMILIANA-RICHIAINCOLO	UNITÀ ALLUVIALE INFERIORE	PUNTO DI SUPERFICIE MIDIO	B1
							B2
							B3
							B4
QUATERNARIO MARINO	SILIZIO-NO SABIE E CIOA-ESTRINCO P.P. SABIE CIOA E RIGOLA P.P.	SILIZIO-NO SABIE E CIOA-ESTRINCO P.P. SABIE CIOA E RIGOLA P.P.	SILIZIO-NO SABIE E CIOA-ESTRINCO P.P. SABIE CIOA E RIGOLA P.P.	SILIZIO-NO SABIE E CIOA-ESTRINCO P.P. SABIE CIOA E RIGOLA P.P.	SILIZIO-NO SABIE E CIOA-ESTRINCO P.P. SABIE CIOA E RIGOLA P.P.	PUNTO DI SUPERFICIE SUPERIORE	C1
							C2
							C3
							C4
P2	FORMAZIONE DI CASTELL'ANGITO P.P.	IL PERCENTUALE DEI P.P. SUPERIORE	FLUVIO MIDIO SUPERIORE	FLUVIO MIDIO SUPERIORE	FLUVIO MIDIO SUPERIORE	FLUVIO MIDIO SUPERIORE	C5

Per quanto riguarda il Coefficiente di Conducibilità Idraulica k si evidenziano gli alti valori, che si spingono a 10^{-3} m/s , nei Gruppi Acquiferi A e B per passare a valori più bassi per il Gruppo Acquifero C, il Coefficiente di Immagazzinamento Specifico (S_{sm}) assume invece valori con variabilità sempre più ridotta passando dal Gruppo Acquifero A al Gruppo Acquifero C in cui tende a stabilizzarsi intorno al valore di 10^{-5} m^{-1} .

Gragnano Trebbiese prot. n. 0010119 del 30-12-2021 in arrivo

I valori della Porosità n risultano particolarmente alti nei corpi sabbiosi nel Gruppo Acquifero C mentre nei Gruppi Acquiferi A e B esprimono valori di n compresi fra 15 e 25%.

Il sottosuolo dell'area interessata dal presente studio comprende quindi un acquifero "A" la cui base è posta a circa -50,0m dal livello del mare, per uno spessore totale di 130m.

Lo spessore utile di materiale permeabile è di circa 40/60 m.

La permeabilità è stimata di km. = 10^{-3} m/s,

Il Coefficiente di Immagazzinamento Specifico $S_{sm} = 10^{-5}$ m-1

I valori della Porosità n risultano $n = 15 - 25\%$

Età dei sedimenti: Pleistocene medio-Olocene

Lo schema idrogeologico dell'acquifero è pertanto riconducibile alla porzione delle conoidi appenniniche dove i sedimenti fini si interpongono e separano tra loro i corpi ghiaiosi di conoide, le ghiaie più superficiali costituiscono un sistema acquifero multi falda compartimentato solo per gli acquiferi più profondi, mentre l'acquifero superficiale è caratterizzato da falda libera di carattere freatico.

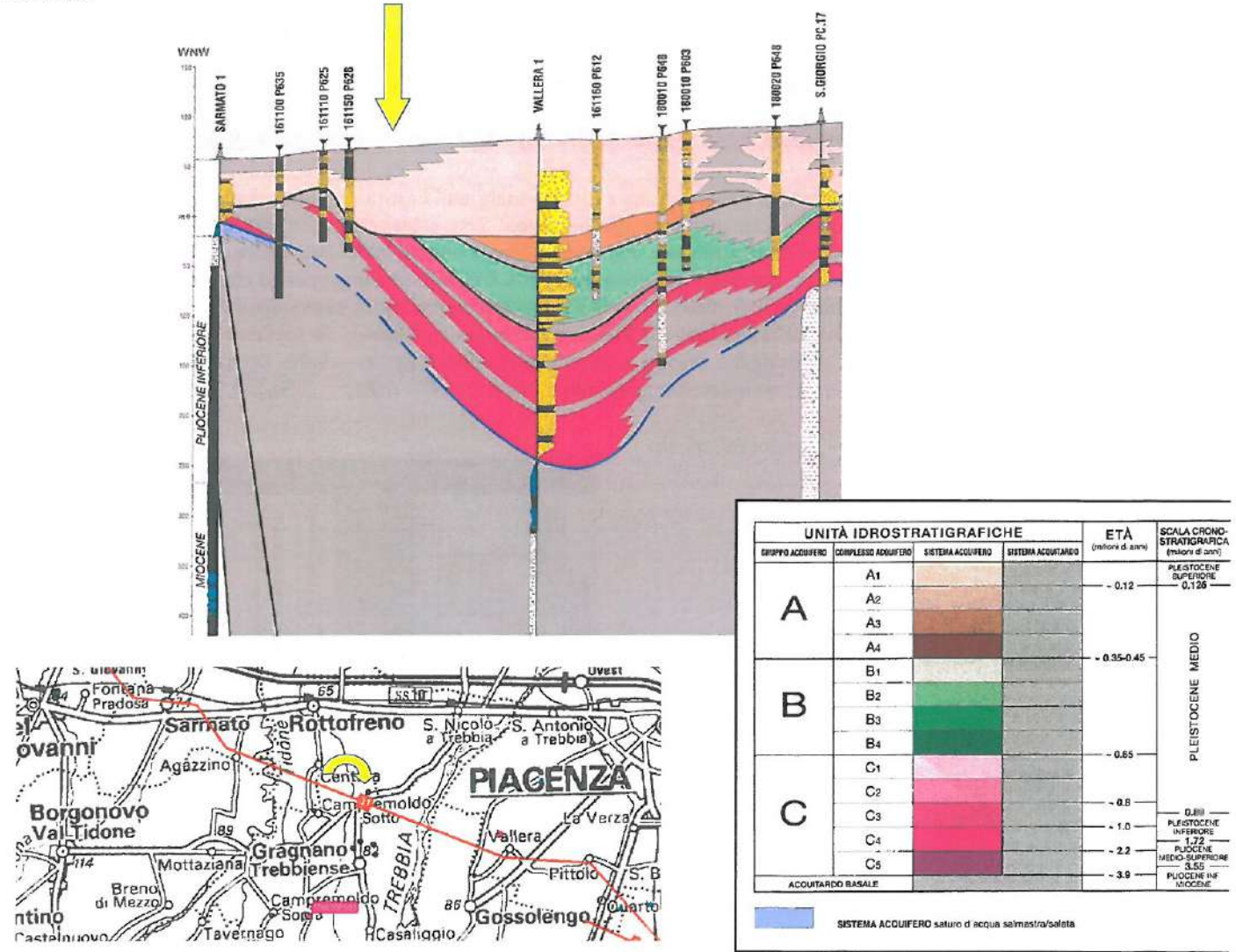


Fig. n. 5 sezione idrogeologica da: "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna" Ufficio Geologico della Regione Emilia-Romagna e la Direzione Esplorazione Italia dell'ENI - AGIP S.p.A

Caratteristiche dell'acquifero di scala locale

Le caratteristiche del campo di moto della falda in corrispondenza del territorio comunale di Gragnano, ed i rapporti della stessa con i corsi d'acqua superficiali, sono stati definiti dalla lettura degli elaborati cartografici a corredo del Quadro Conoscitivo del PSC comunale, con particolare riferimento all'elaborato cartografico: Tavola QC2.1.3 – Sistema idrogeologico: aspetti idrogeologici (scala 1:10.000), ottenuto utilizzando alcuni dati idrogeologici a disposizione, relativi ad una rete di pozzi uniformemente distribuiti all'interno dell'area di interesse.

I principali elementi che caratterizzano il modello del sistema idrogeologico sono:

- ❑ l'acquifero risulta formato da una sequenza di depositi alluvionali di consistente spessore, costituiti prevalentemente da ghiaie con sabbia, limo e argille;
- ❑ l'acquifero presenta un'elevata conducibilità idraulica, aumenta di spessore verso Nord e giace sul substrato Prequaternario caratterizzato da una bassa permeabilità;
- ❑ il flusso indisturbato della falda si dirige verso Nord – Nord/Est;
- ❑ evidente azione alimentante della falda esercitata dal F. Trebbia;
- ❑ direttrici di drenaggio coincidenti con paleo-alvei;
- ❑ il regime idrico sotterraneo è tipicamente caratterizzato da falde freatiche e semi-confinato negli acquiferi superficiali e falde confinate in quelli profondi;
- ❑ gli assi principali di flusso di tali falde sono generalmente diretti verso Nord–Nord/Est, in accordo con l'orientamento della rete idrografica principale e del gradiente topografico. Ciò determina un andamento idrodinamico della superficie piezometrica piuttosto regolare, e di norma contraddistinto da una cadente subparallela al terrazzamento recente e medio–recente;
- ❑ le falde in questione sono ampiamente utilizzate a livello locale per uso irriguo e domestico, localmente anche a scopo acquedottistico;
- ❑ la falda freatica è principalmente alimentata mediante filtrazioni di subalveo degli apparati fluviali e tramite infiltrazione nel terreno delle piogge efficaci;

per quanto riguarda il settore della zona di studio :

- ❑ la quota piezometrica della falda freatica si attesta a 65-70 m s.l.m.
- ❑ con soggiacenze variabili, ma comunque sempre superiori a 10 metri dal piano campagna;
- ❑ il gradiente idraulico medio si attesta su valori pari a 0,3 –0,4%;
- ❑ l'area in oggetto non rientra nelle fasce di rispetto dei punti di prelievo d'acqua ad uso potabile (DPR 236/88, artt. 5 e 6);
- ❑ l'area in oggetto non rientra nelle fasce di rispetto di impianti di trattamento primario delle acque: depuratori.

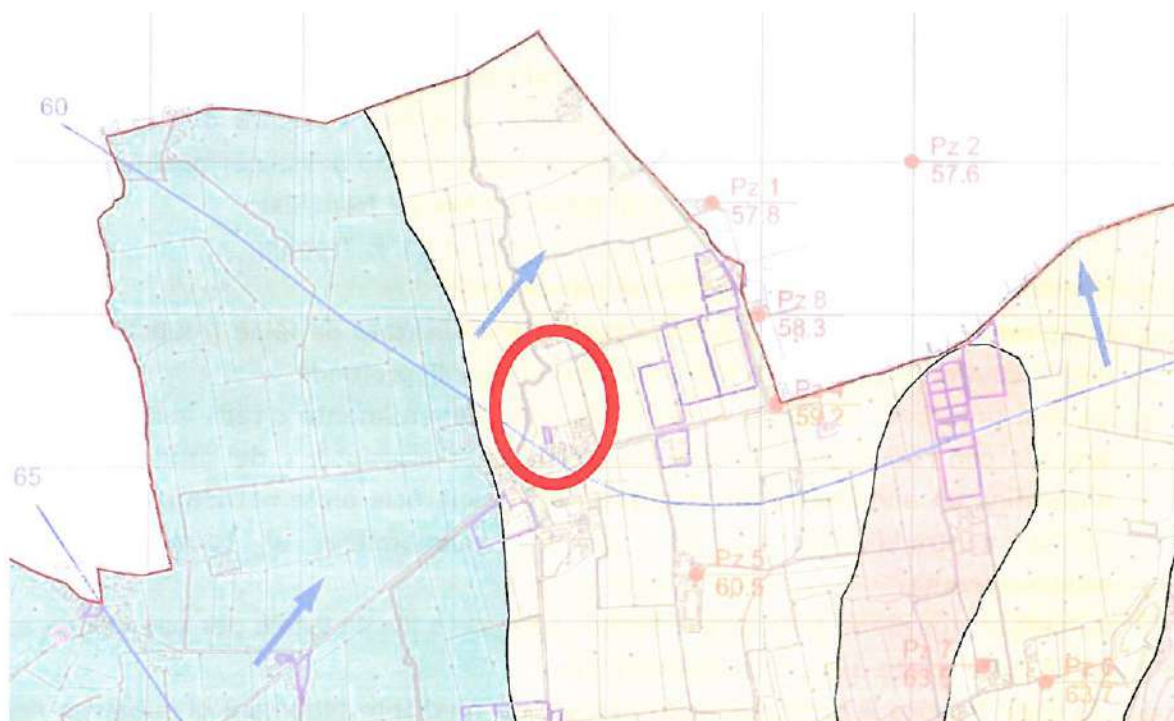
La vulnerabilità dell'acquifero è stata valutata con maggior dettaglio nel Quadro conoscitivo del PSC comunale, da cui si può evincere che l'area in oggetto risulta ubicata in un settore contraddistinto da:

“Vulnerabilità alta” la cui litologia di superficie è costituita prevalentemente da limo, il tetto delle ghiaie è situato a profondità inferiori a 3/4 metri e le falde sono a pelo libero.

Nello specifico per la salvaguardia della falda freatica, seppur già notevolmente compromessa, i nuovi interventi edilizi saranno 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.

In ragione infine dell'articolata rete di drenaggio superficiale esistente una particolare attenzione dovrà essere riposta anche negli interventi edilizi che dovranno 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.

Fig. n. 6 carta della vulnerabilità



QC Quadro Conoscitivo

PSC3.7

Sistema idrogeologico:
aspetti idrogeologici



Scala 1:10.000



Zone con vulnerabilità Elevata

Litologia affiorante costituita da ghiale e/o sabbie rappresentanti la zona insatura soprastante l'acquifero principale; copertura fine assente o presente con spessori ridotti, perturbata dai processi biologici delle radici e degli animali; falda a pelo libero



Zone con vulnerabilità Alta

Litologia affiorante costituita da terreni limosi e tendenzialmente limosi, a copertura di un substrato ghiaioso relegato a profondità inferiori di 10 metri dal piano campagna; falda a pelo libero

● P 7
89.9

Pozzi

Punti di misura del livello idrico

— 89

Isopleze (m s.l.m.) - campagna di misura giugno 1998
Definiscono l'assetto morfio-planimetrico del livello idrico



Direzione del flusso idrico sotterraneo
Esprime la direzione del moto della falda idrica

Litostratigrafia del terreno di fondazione

L'area in esame si colloca sul ripiano morfologico corrispondente alla pianura piacentina vera e propria, l'origine di tale ripiano è naturalmente fluviale ed è costituita dai depositi fluviali del fiume Trebbia indicati nella letteratura geologica come "Alluvioni medio-recenti" dalla letteratura geologica. Tali terreni sono in genere costituiti da ghiaie eterometriche e poligeniche miste a sabbie in orizzonti interdigitati di potenza variabile, con intercalazioni limoso-sabbiose, risultano inoltre ricoperte da una coltre di limi e limi argillosi che ne consente nella maggior parte dei luoghi un intenso sfruttamento ai fini agricoli.

Per una la definizione delle caratteristiche litologico dei livelli più prossimi al piano di campagna è stata consultata la Banca Dati della Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna: Risorse e prospezioni, da cui sono stati estrapolati le litostratigrafie relative a due pozzi posti nelle vicinanze dell'area in esame.

Grazie all'interpretazione di dati di letteratura è stata definita la successione litostratigrafica, che è stata inoltre confrontata con alcune esperienze personali condotte nelle immediate vicinanze dell'area, di seguito si riporta la ricostruzione di massima della successione litostratigrafica dell'area in studio.

Litotipo A: **"terreni limosi di moderata consistenza"**, costituito da materiale prevalentemente limoso argilloso, alterato compare in tutte le prove a profondità da 0.0 a 3.5 m dal p.c.

Litotipo B: **"terreni granulari di media-alta consistenza"**, costituito da materiale prevalentemente ghiaioso-sabbioso addensato poco alterato, compare ad una profondità di oltre 3 m dal piano di campagna.

Per quanto riguarda la presenza d'acqua nel terreno, nel corso delle prove è stata effettuata una misura freaticometrica con freaticometro acustico all'interno dei fori di prova, e non si è rilevata la presenza della falda acquifera, pertanto, nei calcoli geotecnici, è stata assunta a -10 m dal piano di campagna.

Litostratigrafie da banca dati regionale

Banca Dati della Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna:
Risorse e prospezioni
Comune di GRAGNANO TREBBIENSE (PC), sezione CTR: 161150

Pozzo Sigla 161150P605

[illegible]

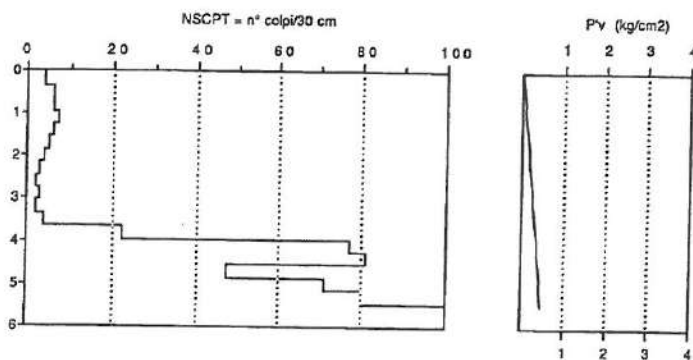
Pozzo Sigla 161150P606B

STRATIGRAFIA DEL TERRENO		Palde capite
Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE attraversati		
-da mt. <u>0.00</u> a mt. <u>19.50</u> <u>argilla con ghiaie</u>		
-da mt. <u>19.50</u> a mt. <u>21.00</u> <u>argilla</u>		
-da mt. <u>21.00</u> a mt. <u>28.00</u> <u>ghiaie con acqua</u>		
-da mt. <u>28.00</u> a mt. <u>38.00</u> <u>argilla</u>		
-da mt. <u>32.00</u> a mt. <u>35.50</u> <u>ghiaie con acqua</u>	SI	
-da mt. <u>35.50</u> a mt. <u>37.00</u> <u>argilla</u>		

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

Committente : Amministrazione Comunale di Gragnano
 Localita' : Gragnano
 Data : 22.6.93

5003



Analisi di stabilità dei versanti

Al punto 6.3 e relativi sottopunti del D.M. 14.01.2008 s.m.i. vengono specificate le indagini e le procedure di verifica di sicurezza agli SLU dei pendii naturali. Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate con metodi che tengano conto della forma e posizione della superficie di scorrimento (potenziale e/o effettiva), dell'assetto strutturale, dei parametri geotecnici e del regime delle pressioni interstiziali.

Il livello di sicurezza "Fs" è espresso come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile (τ_s), presa con il suo valore caratteristico, e lo sforzo di taglio mobilitato (τ_m), lungo la superficie di scorrimento effettiva o potenziale. Nel dettaglio si esplicita con la seguente relazione:

$$F_s = \frac{T_s}{T_m}$$

La letteratura tecnica non accerta la persistenza nell'intorno dell'area di progetto di sintomatici movimenti gravitativi in atto e/o quiescenti.

Il rilievo geomorfologico di superficie, i sondaggi geognostici hanno avallato siffatte valutazioni: NON sono stati difatti riconosciuti dei potenziali piani di debolezza capaci d'ingenerare superfici di slittamento epidermiche e/o (pseudo) depresse.

Parimenti, le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi rilevati risultano uniformi, più che discrete e crescenti con l'approfondimento

Le verifiche di stabilità sono pertanto state omesse in quanto NON significative.

Fattibilità delle trasformazioni

La fattibilità delle trasformazioni all'insediamento residenziale è rappresentata nella tavola PSC3.10, del PSC nella quale sono identificate:

1. a. zona a fattibilità senza particolari limitazioni;
2. b. zona a fattibilità con modeste limitazioni;
3. c. zona a fattibilità con consistenti limitazioni;
4. d. zona a fattibilità con gravi limitazioni.

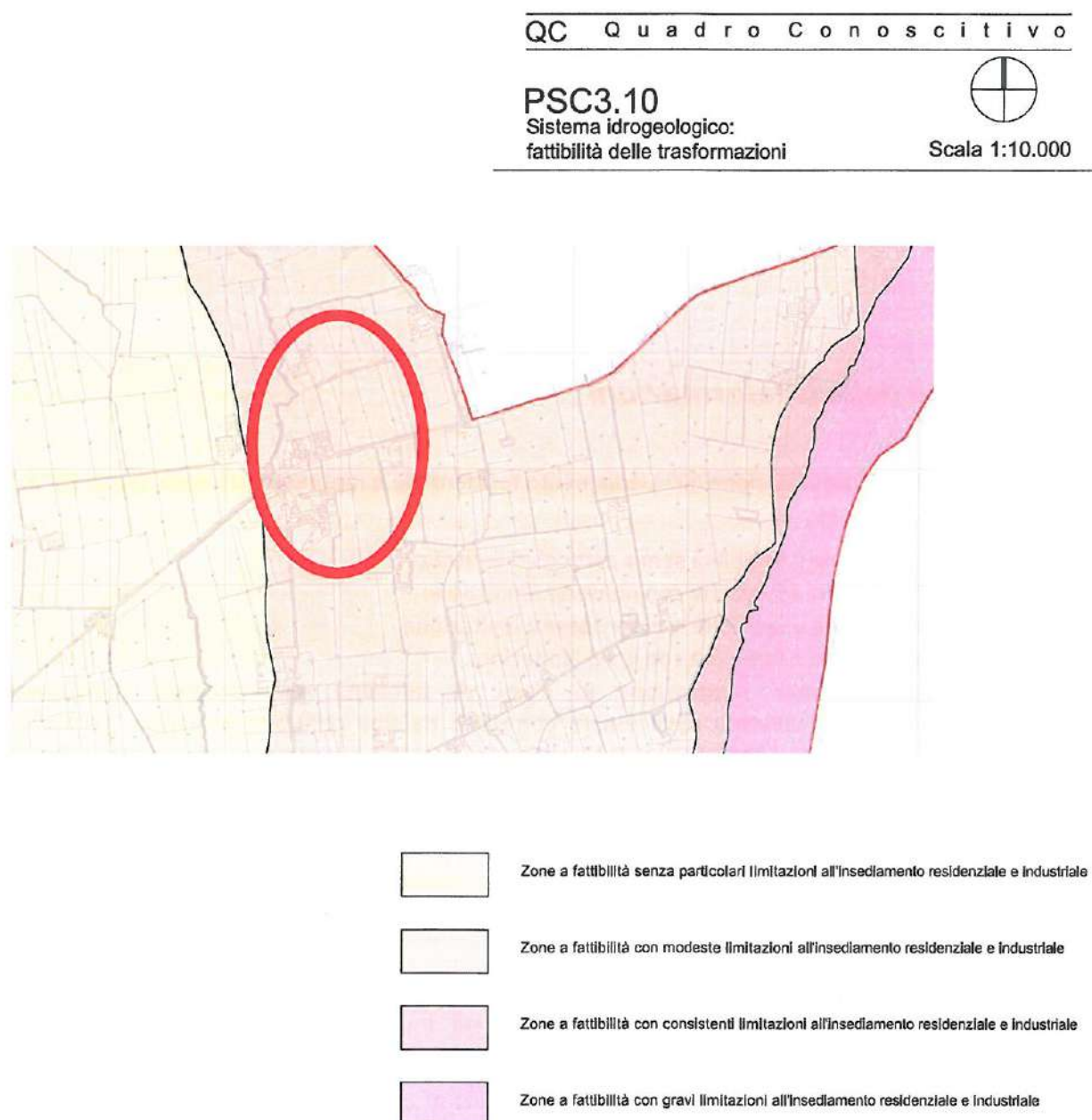
Indipendentemente dalla zonizzazione in classi di fattibilità ogni progetto d'intervento edificatorio, infrastrutturale e/o di servizio, deve essere corredato da una relazione geologica, geotecnica e sismica, in conformità al D.M. LL.PP. 3797/1967, al D.M. LL.PP. 11/03/1988 e successive integrazioni e modifiche, alla D.G.R. 29/10/2001 n. 7/6645 e al D.M. del 14 gennaio 2008 "Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni".

L'area in oggetto ricade nella "zona a fattibilità con modeste limitazioni" comprende le zone che presentano problematiche sotto il profilo geotecnico e idraulico, in questa zona è necessario intervenire con una particolare attenzione agli aspetti idraulici e ambientali, quali:

- a. 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;
- b. tutti i nuovi interventi edilizi dovranno 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;

- c. 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;
- d. è 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.

Fig. n. 7 carta Fattibilità delle trasformazioni



Relazione sulla modellazione sismica

Sismicità del territorio

Ai fini dell'applicazione delle norme, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (definito sopra).

I valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, sono indicati nella tabella sottostante:

Zona	Valore di a_g
1	0,35
2	0,25
3	0,15
4	0,05

La zona di edificazione è perciò determinante per stabilire l'accelerazione di picco del terreno (P_g), il valore di a_g , è inoltre utilizzato per la definizione dello spettro di progetto.

In particolare il comune di Gragnano Trebbiense viene classificata, ai sensi della vigente norma, in zona 3 a sismicità bassa, con $a_g = 0.15 * g$.

La delibera dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna progr. n. 112 – oggetto n. 3121 del 2-5-2007: "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" attraverso analisi dettagliate assegna al Comune di Gragnano Trebbiense un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo cioè per $T=0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità

$$g \text{ (arefg)} \quad a/g = 0,097$$

Fattori di amplificazione

Nel caso in oggetto si è potuto appurare che l'area in oggetto è caratterizzata da una risposta sismica locale omogenea e suscettibile di fenomeni di amplificazione sismica determinati da effetti di sito dovuti alla presenza di depositi alluvionali, tali effetti dovranno essere presi in considerazione in fase di progettazione esecutiva.

Le tabelle contenute negli Indirizzi per gli "studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" predisposte per le analisi di secondo livello sono relative ai differenti ambienti geo-litologici omogenei individuati nel territorio regionale e contengono i fattori di amplificazione sismica in funzione dei seguenti parametri che caratterizzano la situazione litostratigrafica locale.

La revisione delle tabelle ha comportato la valutazione di nuovi dati recentemente acquisiti nell'ambito degli studi di microzonazione promossi dalla Regione Emilia-Romagna a seguito del terremoto del 2012 e immessi nella banca dati geognostici del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Si tratta di prove Down-Hole e Cross-Hole effettuate in sondaggi a carotaggio continuo che in alcuni casi hanno raggiunto profondità fino a 130-150 metri, e di profili di V_s ottenuti invertendo le registrazioni di rumore sismico effettuate con array.

Per l'ambiente della Pianura nel quale si colloca il comune di Gragnano Trebbiense è stato individuato il seguente ambito MARGINE: Settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura

caratterizzato da terreni prevalentemente fini sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose). Il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine pleistoceniche o da peliti plio-pleistoceniche (substrato non rigido).

Più in particolare questo ambiente è classificato come:

MARGINE settore A caratterizzato dallo spessore dei terreni sovrastanti gli orizzonti grossolani inferiore a 30 m da p.c. Gli strati grossolani sovrastano direttamente il substrato geologico. In questo caso si utilizza V_{sH} , compresa fra 150 e 300 m/s, dove H è la profondità, in metri dal p.c., del primo contrasto di impedenza significativo, spesso coincidente con il tetto delle ghiaie pleistoceniche.

Figura 8: Localizzazione indicativa delle ambienti geomorfologici e litostratigrafici in Emilia-Romagna

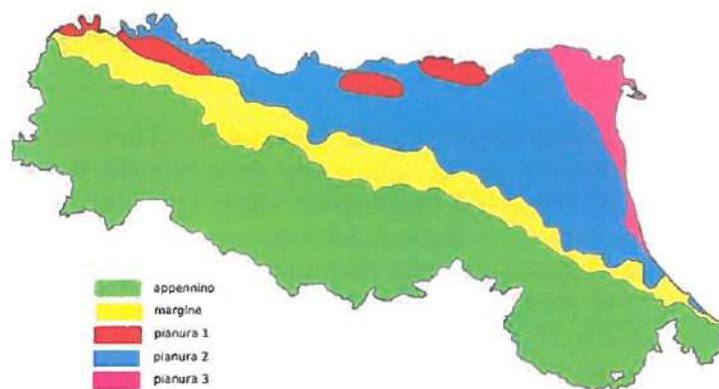
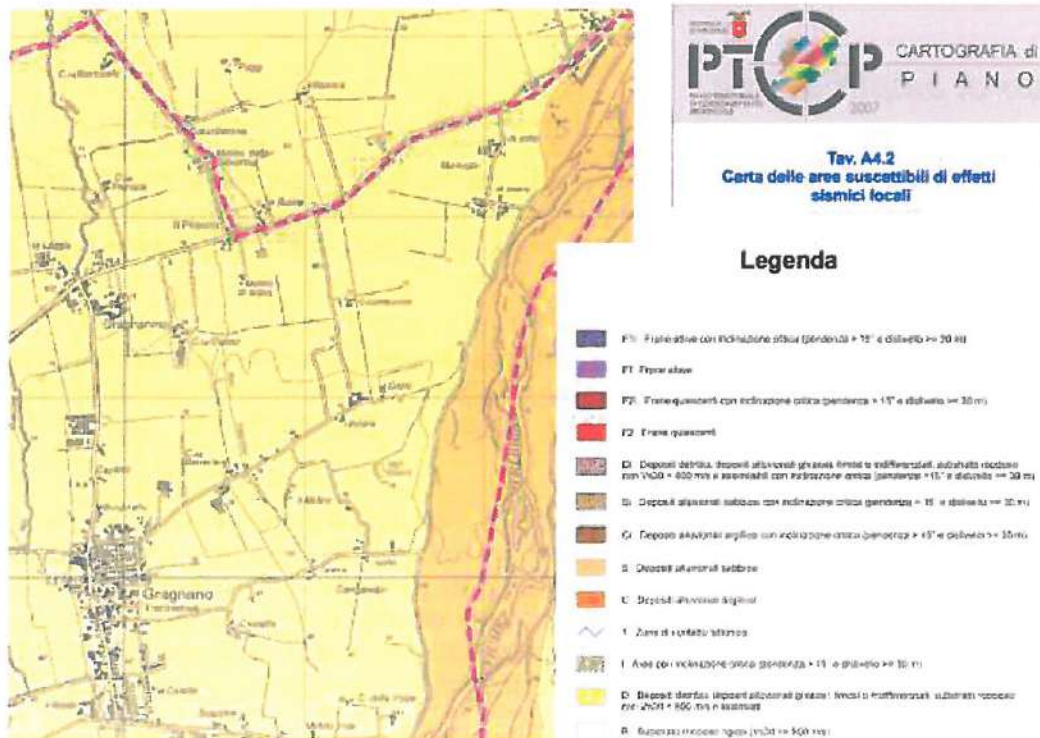


Figura 9: Tav. A4.2 carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali



Amplificazioni topografiche

Sotto il profilo geomorfologico l'area investigata si sviluppa su di una superficie subpianeggiante altimetricamente posta a circa 168 m s.l.m. è, quindi, caratterizzata da un piano campagna che appare praticamente pianeggiante con una leggera inclinazione rivolta verso nord, la superficie topografica risultare, infatti, avere una pendenza media dello 0.3%.

Nell'area in esame può essere trascurato l'effetto topografico in quanto il versante sulla quale è posto l'area in esame è caratterizzato da una pendenza minore di 12°.

Valutazione del fenomeno di liquefazione

Per liquefazione si intende una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino all'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie, ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine lino-argillosa.

In altre parole è necessario valutare il potenziale di liquefazione del terreno ove deve essere realizzata la costruzione.

In generale si può osservare che i depositi più facilmente liquefacibili sono i terreni recenti, i terreni di bonifica ed in generale i depositi non consolidati caratterizzati da:

- densità relativa $D_r = 50 \div 60 \%$;
- pressione di confinamento $s_0 < 200 \text{ kN/m}^2$;
- diametro efficace al 50%: $0,074 \text{ mm} < D_{50} < 2 \text{ mm}$;
- falda molto superficiale (profondità inferiore ai 5 m dal p.c.);
- bassi valori di NSPT.

E' noto che i materiali più suscettibili a fenomeni di liquefazione in seguito a sollecitazioni sismiche sono quelli prettamente sabbiosi posti sotto falda a profondità relativamente basse, quindi è indispensabile conoscere la stratigrafia dei primi 15 m di terreno e naturalmente la soggiacenza della falda.

L'interpretazione delle diagrafie delle prove penetrometriche ha messo in evidenza 2 livelli di terreno con caratteristiche litologiche distinte, più in particolare si è evidenziato la presenza della seguente successione stratigrafica:

Primo livello	"Terreni coesivi di scarsa consistenza", costituito da materiale prevalentemente limoso argilloso, è stato riscontrato in tutte le prove come un banco di superficie che si sviluppa fino alla profondità di 2m dal p.c.
Secondo livello	"terreni granulari di buona consistenza", costituito da materiale prevalentemente ghiaioso ben addensato, compare in tutte le prove, a partire da 1.5 m di profondità.
Profondità della superficie piezometrica: maggiore di 10 m	

I sondaggi penetrometrici effettuati e le conoscenze dei luoghi non hanno messo in evidenza terreni e condizioni al contorno sfavorevoli.

Per quanto riguarda i terreni immediatamente sottostanti alle future fondazioni, trattandosi di sedimenti grossolani (per lo più ghiaie), questi non rientrano nei litotipi considerati liquefacibili in assenza di falda.

I terreni di fondazione, essendo costituiti da depositi alluvionali dotati di un grado di consistenza medio-alto, sono esenti da fenomeni di liquefazione e di eccessivo addensamento in caso di terremoto.

Caratterizzazione del terreno – Categoria suolo

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

$$V_{S,eq} = H / \sum_{i=1..N} (h_i / V_{S,i})$$

con:

h_i - spessore dell' i -esimo strato (in m);

$V_{S,i}$ - velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato (in m/s);

N - numero di strati;

H - profondità del substrato SISMICO (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Il valore del V_{s30} del modello geologico dei terreni in esame è risultato:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1..N} \frac{h_i}{V_{Si}}} = 413 \text{ m/sec}$$

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (NTC2018) il sito in esame rientra quindi nella categoria:

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

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

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

Tab. 2 - Categorie di sottosuolo (tratta da Tab. 3.2.II delle NTC 2018)

Per dettaglio vedi allegato n. 2: indagini geofisiche

Valutazione del Rischio sismico

La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare la sicurezza nei confronti dei diversi stati limite, intesi come le condizioni superate le quali l'opera non soddisfa più le esigenze per cui è stata progettata.

In conformità con quanto previsto dal *NTC2018 (DM 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*); la pericolosità sismica è espressa attraverso forme spettrali definite su sito di riferimento rigido orizzontale in funzione dei seguenti tre parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;

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.

Per dettaglio vedi allegato n. 1: parametri sismici

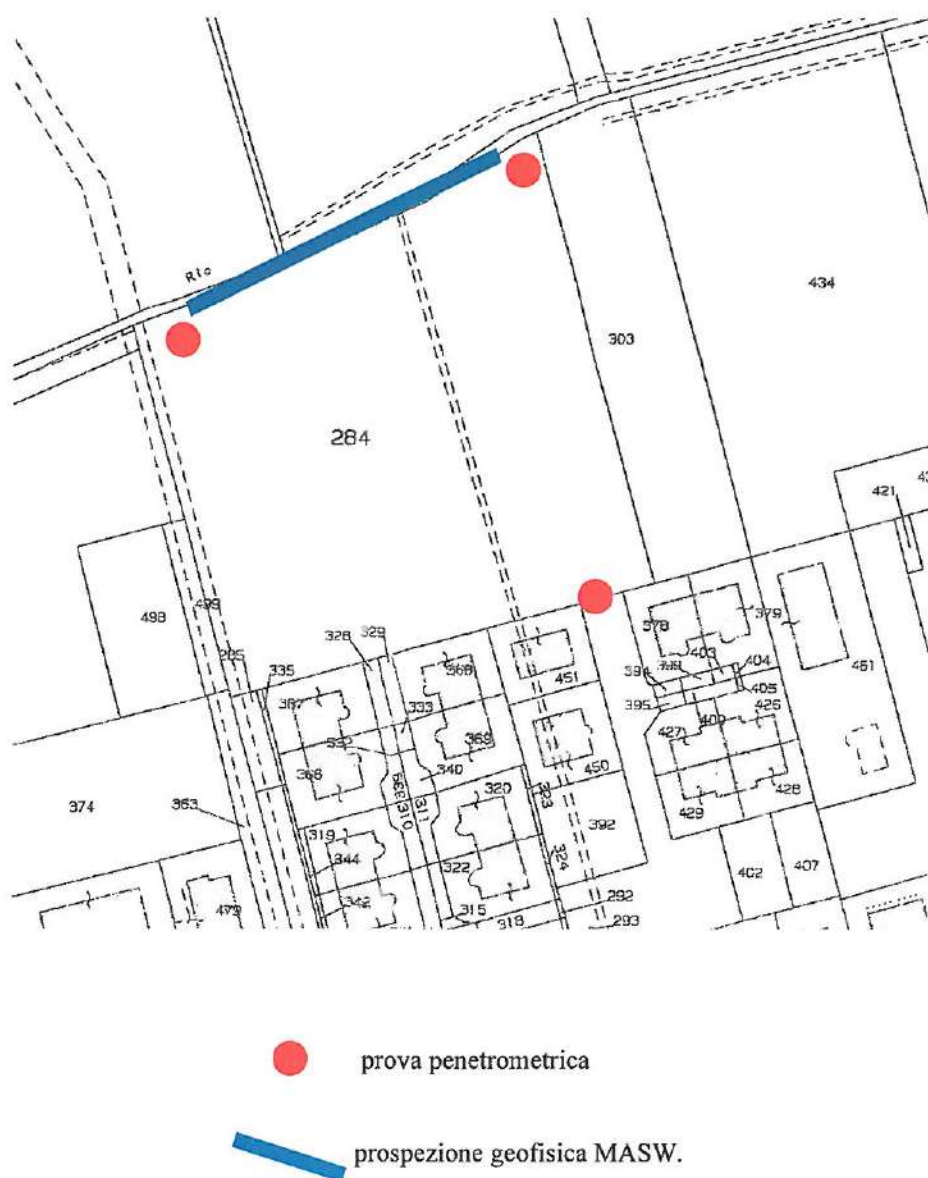
Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Indagini geognostiche

L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la modellazione geologica stratigrafica del terreno interessato dalle opere in progetto in particolare sono state appositamente eseguite 3 prove penetrometriche ed una prospezione geofisica MASW.

Per dettaglio vedi
allegato n. 3 : prove penetrometriche
allegato n. 2: indagini geofisiche

fig. n. 9 Planimetria indagini geognostiche



Litologia e meccanica media dei terreni

Dal punto di vista geologico l'area interessata dalle nuove costruzioni è impostata sui depositi fluviali: composti da alternanze di ghiaie e sabbie in abbondante matrice limosa leggermente cementate con intercalazioni lenticolari di limi ed argille, mediamente alterati e ricoperti in superficie da uno strato di limo ed argilla potente pochi metri.

Per la definizione delle caratteristiche litologico-tecniche dei livelli più prossimi al piano campagna e quindi direttamente interessati dalle opere è stata eseguita un'apposita indagine geognostica.

Tenendo presente che le prove penetrometriche non consentono una specifica caratterizzazione litologica dei terreni investigati tuttavia grazie all'interpretazione di tali prove è stata definita la successione litostratigrafica, che è stata inoltre confrontata con alcune esperienze personali condotte nelle immediate vicinanze dell'area, di seguito si riporta la ricostruzione di massima della successione litostratigrafica dell'area in studio.

I litotipo: terreno agrario	"Terreni eterogenei coesivi di scarsa consistenza", si sviluppa non oltre la profondità di 0,5 m dal p.c.
II litotipo: terreni limosi	"terreni coesivi di bassa consistenza", costituito da materiale prevalentemente limoso, compare fra 0,5 e 3 m di profondità.
III litotipo: ghiaia	"terreni granulari di buona consistenza", costituito da materiale prevalentemente sabbioso-ghiaioso ben addensato, compare a partire da 3 m di profondità e si sviluppa fin oltre i 30 m
Profondità della superficie piezometrica: maggiore di 10 m	

Valori caratteristici e di progetto dei parametri geotecnici

Il valore di N_{spt} rappresentativo degli strati rappresentativi dei litotipo sono stati calcolati con l'opzione "Valore caratteristico del campione", per opere che coinvolgono un limitato volume di terreno secondo la Circolare 02.02.2009; è stato così calcolato il valore caratteristico dell'insieme dei valori di N_{spt} misurati con probabilità di superamento del 5%.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. Tali valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni sono stati ottenuti attraverso l'interpretazione dei dati più scarsi acquisiti nella precedente indagine geotecnica.

Il modello geotecnico che caratterizza il volume significativo interessato dall'interazione con le opere (indicativamente uno spessore di sottosuolo compreso fra 0 e 6 m di profondità) e che scaturisce dalle indagini effettuate può riassumersi come rappresentato nella seguente tabella:

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Strato	Prof. (m)	Peso unità di volume (t/m^3)	Peso unità di volume saturo (t/m^3)	Angolo di resistenza al taglio ($^\circ$)	Modulo Edometrico (Kg/cm^2)	Modulo Elastico (Kg/cm^2)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm^2)
Terreno agrario	0.5	1.53	1.86	26	10	23	0.35	145
Terreni limosi	3.0	1.60	1.86	27	12	26	0.35	161
ghiaia sabbiosa	>3	2.10	1.95	39	90	210	0.28	1455

Conclusioni

Dalle osservazioni prima riportate si evince che:

- L'area interessata dall'intervento è subpianeggiante e stabile; non sono presenti fenomeni geologici e geomorfologici attivi in grado di comprometterne la stabilità.
- La successione delle diverse unità è regolare; nell'area è stata riscontrata la presenza di: terreni recenti, non consolidati, a granulometria fine (limi e argille) con bassa densità, con spessore di 3 m; poggianti su terreni di natura ghiaiosa.
- In fase di esecuzione degli scavi per l'alloggiamento delle fondazioni dovranno essere segnalate tempestivamente eventuali variazioni nella stratigrafia rilevata.
- la falda freatica non è stata rilevata all'interno delle prove penetrometriche si presume che si attestata ad una profondità di -10 m dal pc, da studi effettuati nell'ambito del PSC è stata individuata una direzione di drenaggio prevalentemente orientata verso Nord Nord Est.
- Il comune di Gragnano Trebbiense è passato dalla zona sismica 4 alla zona sismica 3 con deliberazione della Giunta Regionale n. 1164 del 23 luglio 2018 (sismicità bassa). L'epicentro del terremoto storico più significativo ha riportato valori di Magnitudo pari a 5,5.
- In riferimento alla Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n° 112 – oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007, il valore di accelerazione massima di picco al suolo, cioè per $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (arefg), per il comune è pari a 0.107.
- L'analisi sismica effettuata ha fornito valori di V_{s30} (velocità media di propagazione entro i primi 30 m di profondità delle onde di taglio) di 413 m/s, che consentono di attribuire al suolo di fondazione la categoria "B".
- La suscettibilità alla liquefazione dei terreni presenti può essere considerata trascurabile.

Sulla base degli approfondimenti effettuati, l'area è idonea dal punto di vista geologico alla realizzazione delle destinazioni d'uso previste nel rispetto delle prescrizioni di seguito riportate.

- Le fondazioni che dovranno impostarsi ad almeno 3 m dall'attuale piano campagna
- Il terreno di fondazione non dovrà subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione della opera.
- Eventuali acque ruscellanti o stagnanti dovranno essere allontanate dagli scavi.
- Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione dovrà essere regolarizzato e protetto con conglomerato magro o altro materiale idoneo.

Per la tutela degli acquiferi sotterranei dovranno inoltre essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- E' vietata la ricerca di acque sotterranee e la realizzazione di pozzi anche ad uso domestico, ove non autorizzati dalle pubbliche autorità competenti ai sensi dell'art. 95 del RD 11/05/1933 n. 1775.
- La progettazione e la costruzione di condotte fognarie dovranno garantire l'affidabilità dell'opera in relazione al grado di sicurezza statica, di resistenza alla corrosione, di integrità della tenuta nel tempo, tenendo conto della caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni interessati dal tracciato delle tubazioni.

Le condizioni geologico-tecniche riscontrate nell'area investigata sono da ritenersi pienamente compatibili con la tipologia dei fabbricati in programma, la loro realizzazione, infatti, non implicherà rilevanti movimenti di terra né l'applicazione di carichi eccezionali, incompatibili con la tipologia dei terreni di fondazione.

Il piano di posa delle fondazioni si dovrà in ogni caso attestare su di un sedime omogeneo in tutta la sua lunghezza evitando in ogni modo di interessare i "Terreni eterogenei coesivi di scarsa consistenza", che si sviluppano fino alla profondità di 3 m dal p.c. .

In ogni caso si consiglia di applicare carichi unitari non superiori alla potenzialità tecnica dei terreni e supportati da specifiche verifiche eseguite in funzione delle reali tipologie di intervento.

Si può affermare che i contenuti della presente proposta risultano essere compatibili con il rischio sismico locale.

Gragnano Trebb. 19.07.2021



Studio geologico
Parmigiani Lodovica

Gragnano Trebbiense - PC
tel 0523788510 - cel 3485644789
iscrizione ord. Reg. geol. n.362



ALLEGATO N: 1 - PARAMETRI SISMICI

PROGETTO: "Fornace 4"

LOCALITÀ: "Gragnannino" - Gragnano Trebb. PC

PROPRIETÀ: OLB STILE srl

DATA: 14-12-2021

Sito in esame: latitudine: 45,0334113 [°] longitudine: 9,572165 [°]

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

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	14263	45,019510	9,531613	3542,2
Sito 2	14264	45,021820	9,602218	2690,7
Sito 3	14042	45,071770	9,598982	4757,0
Sito 4	14041	45,069450	9,528396	5280,1

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,031	2,523	0,203
Danno (SLD)	63	50	0,038	2,566	0,220
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,094	2,486	0,285
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,123	2,471	0,289

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2008

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,510	1,000	0,007	0,003	0,364	0,180
SLD	1,200	1,490	1,000	0,008	0,004	0,445	0,180
SLV	1,200	1,410	1,000	0,020	0,010	1,108	0,180
SLC	1,200	1,410	1,000	0,036	0,018	1,452	0,240

ALLEGATO n. 2: INDAGINI GEOFISICHE

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

Moto del segnale sismico

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

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

Onde di Rayleigh – “R”

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

Analisi del segnale con tecnica MASW

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

Modellizzazione

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

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

Modi di vibrazione

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

Profondità di indagine

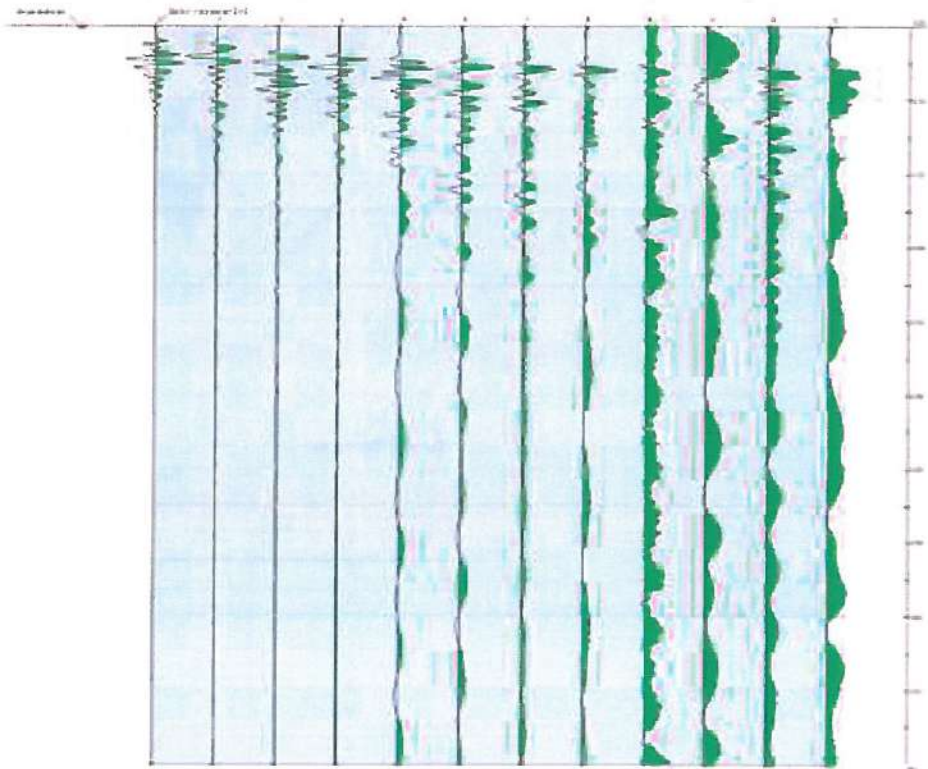
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Dati generali

Zona candidato suno
Data 17/12/2021 11:10

Tracce

N. tracce 12
Durata acquisizione [msec] 1000.0
Interdistanza geofoni [m] 5.0
Periodo di campionamento [msec] 0.50



Analisi spettrale

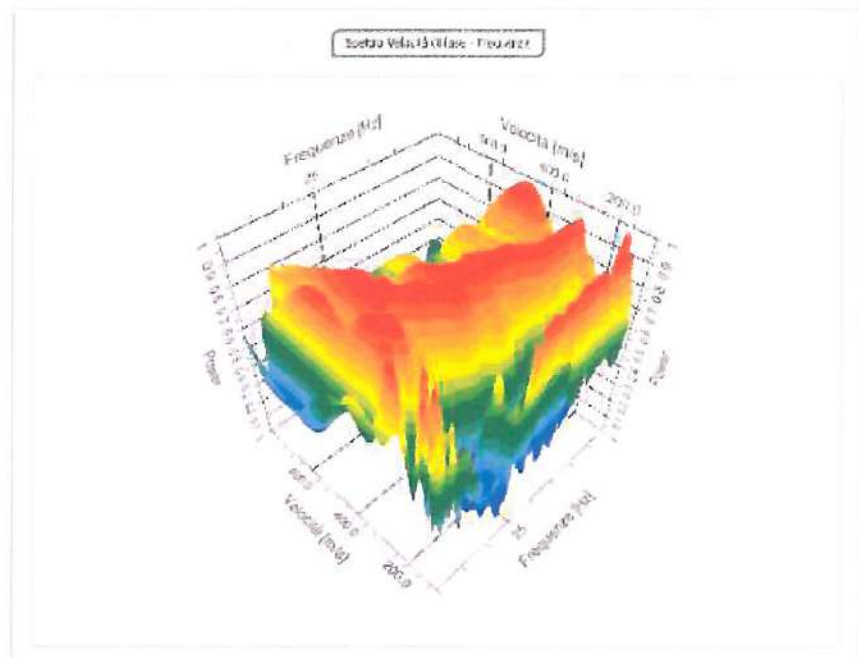
Frequenza minima di elaborazione [Hz] 10

Frequenza massima di elaborazione [Hz] 50

Velocità minima di elaborazione [m/sec] 100

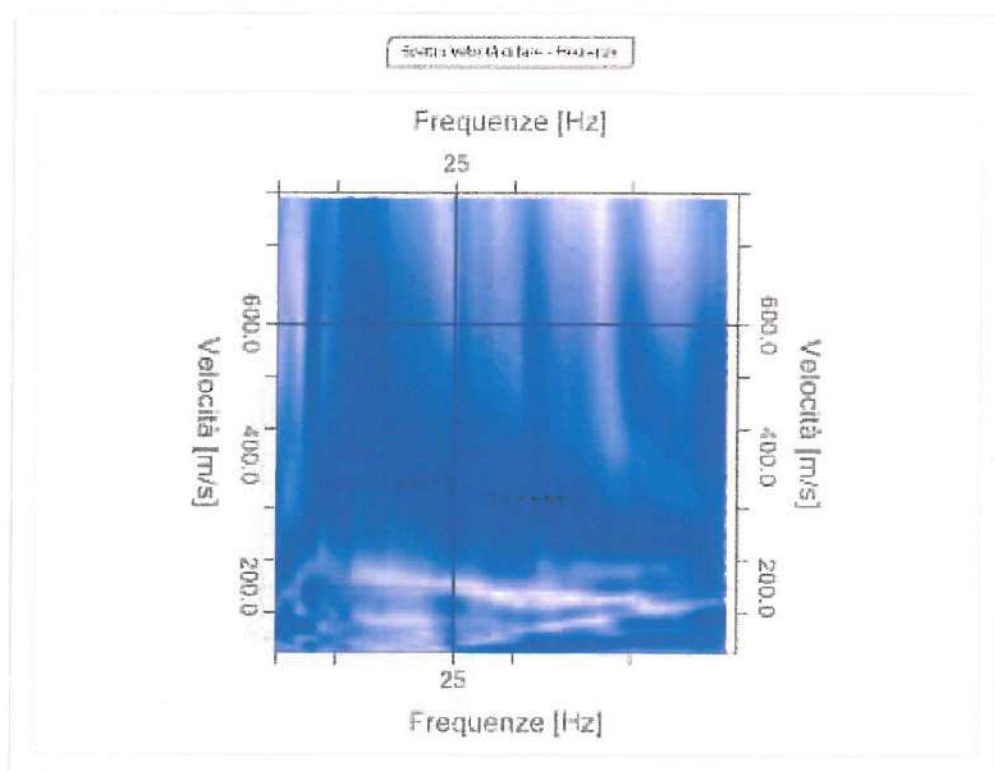
Velocità massima di elaborazione [m/sec] 800

Intervallo velocità [m/sec] 1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]
1	14.3	346.6
2	15.5	351.6
3	16.6	355.2
4	17.8	357.4
5	19.0	358.5
6	20.2	358.4
7	21.3	357.4
8	22.5	355.7
9	23.7	353.4
10	24.8	350.8
11	26.0	347.9
12	27.2	343.7
13	28.4	338.7
14	29.5	334.8
15	30.7	332.5
16	31.9	332.3
17	33.0	333.5
18	34.2	336.4
19	35.4	341.3
20	36.6	346.5



Inversione

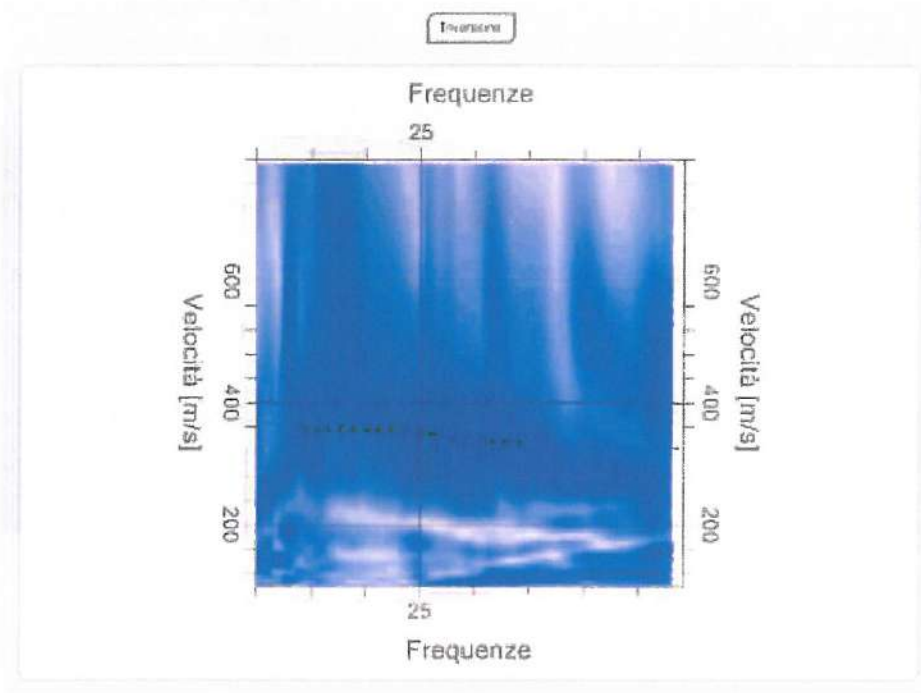
n	Profondità [m]	Spessore [m]	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.92	3.92	No	569.5	348.8
2	9.07	5.15	No	667.6	408.8
3	15.43	6.36	No	658.2	403.1
4	22.44	7.02	No	663.5	406.3
5	30.45	8.01	No	789.0	483.2
6	∞	∞	No	943.4	577.7

Percentuale di errore

0.034 %

Fattore di disadattamento della soluzione

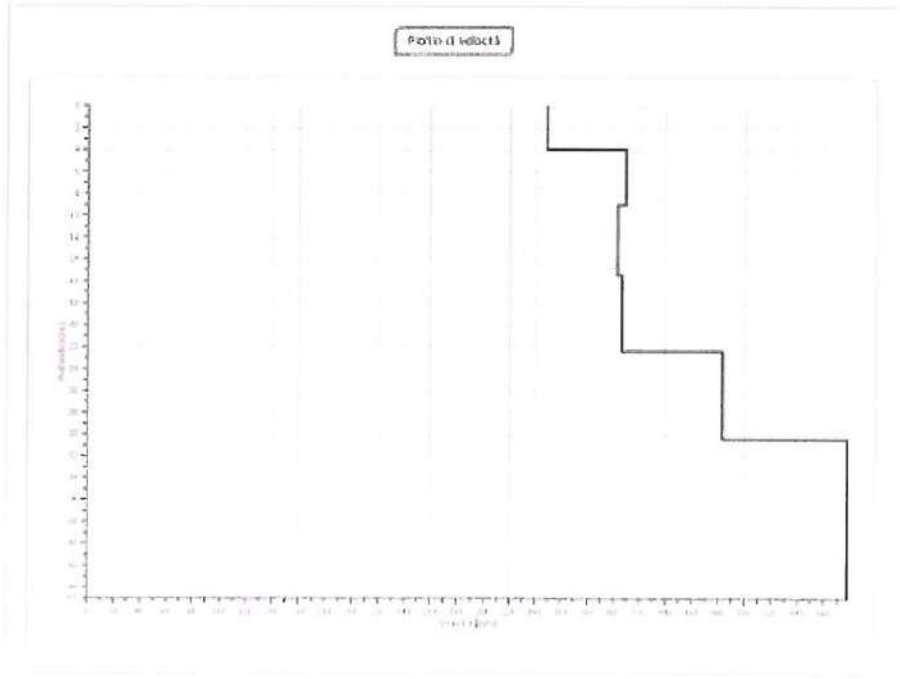
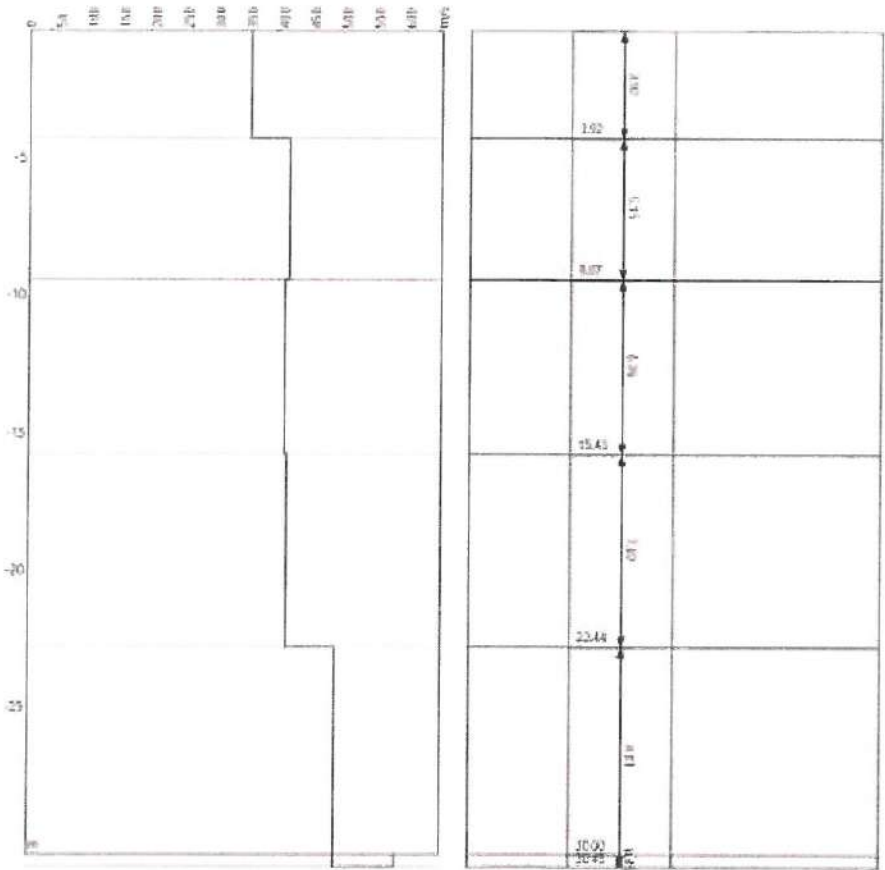
0.018



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	413.70
Categoria del suolo	B

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



CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

L'analisi delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale delle velocità V_s e, di conseguenza, del parametro V_{s30} , risultato del valore di circa 413m/s (considerando come riferimento il piano campagna).

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni NTC2018 (DM 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»), il sito in esame rientra quindi nella **categoria B** "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Anniassi 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.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

ALLEGATO n. 3: PROVE PENETROMETRICHE**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

Committente: Geol. Lodovica Parmigiani
Cantiere: Gragnanino
Località: Gragnanino

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: EMILIA (20)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	30 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.565
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

OPERATORE
S. Scarabelli

RESPONSABILE
S. Scarabelli

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE: (DYNAMIC PROBING) DPSH – DPM (... scpt ecc.)**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

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

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

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

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D , area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ - 90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ - 90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE) massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A = 20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA) massa battente $M = 63.5$ kg, altezza caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 20 - 30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ - 90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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

$$N_{spt} = \beta_t N$$

$$\text{Dove: } \beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

In cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M = peso massa battente;

H = altezza di caduta;

δ = passo di avanzamento.

M' = peso aste;

A = area base punta conica;

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

e = infissione media per colpo (δ/N);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media	Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Media minima	Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Massimo	Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Minimo	Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Scarto quadratico medio	Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Media deviata	Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Media + s	Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Media - s	Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi). Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

N_{spt} corretto = $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$ N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di

- dati) con angolo di attrito $< 38^\circ$.
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito $< 38^\circ$).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %. Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 mt. e con % di limo $> 5\%$ a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

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

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 ($N_{spt} = 0$) a 1,99 ($N_{spt} = 95$)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

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

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_0)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi**Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). Cu min-max.
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensibilità > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (Cu - N_{spt} -grado di plasticità).

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC .

Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cm²), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .

Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.

- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson 1983 QC

Modulo Edometrico-Confinato (Mo)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità (IP< 20), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità (IP< 20) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt <30) medie e molli (Nspt <4) e argille sabbiose (Nspt=6-12).

Modulo Di Young (E_y)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

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

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa G=2,70 (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 (Nspt=0) a 0,545 (Nspt=28)

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

EMILIA (20)
 17/12/2021
 3.20 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	6.70	7.83	0.33	0.39
0.40	1	0.851	6.67	7.83	0.33	0.39
0.60	2	0.847	13.27	15.67	0.66	0.78
0.80	2	0.843	13.21	15.67	0.66	0.78
1.00	2	0.840	12.76	15.20	0.64	0.76
1.20	2	0.836	12.71	15.20	0.64	0.76
1.40	2	0.833	12.66	15.20	0.63	0.76
1.60	2	0.830	12.61	15.20	0.63	0.76
1.80	2	0.826	12.56	15.20	0.63	0.76
2.00	2	0.823	12.14	14.75	0.61	0.74
2.20	2	0.820	12.10	14.75	0.60	0.74
2.40	1	0.817	6.03	7.38	0.30	0.37
2.60	2	0.814	12.01	14.75	0.60	0.74
2.80	2	0.811	11.97	14.75	0.60	0.74
3.00	10	0.809	57.95	71.66	2.90	3.58
3.20	38	0.656	178.64	272.32	8.93	13.62

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm²)
1	0.4	1.57	1.53	1.85	30.18	0.20	7.20	15.70	0.35	99.33
2	2.8	3.00	1.63	1.86	30.81	0.38	13.76	30.00	0.35	182.56
3	3.2	37.56	2.19	---	41.1	--	104.61	262.80	0.28	1964.06

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...

EMILIA (20)

Prova eseguita in data

17/12/2021

Profondità prova

3.40 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	6.70	7.83	0.33	0.39
0.40	2	0.851	13.33	15.67	0.67	0.78
0.60	1	0.847	6.64	7.83	0.33	0.39
0.80	1	0.843	6.61	7.83	0.33	0.39
1.00	3	0.840	19.14	22.80	0.96	1.14
1.20	2	0.836	12.71	15.20	0.64	0.76
1.40	2	0.833	12.66	15.20	0.63	0.76
1.60	1	0.830	6.30	7.60	0.32	0.38
1.80	2	0.826	12.56	15.20	0.63	0.76
2.00	1	0.823	6.07	7.38	0.30	0.37
2.20	1	0.820	6.05	7.38	0.30	0.37
2.40	1	0.817	6.03	7.38	0.30	0.37
2.60	2	0.814	12.01	14.75	0.60	0.74
2.80	2	0.811	11.97	14.75	0.60	0.74
3.00	3	0.809	17.39	21.50	0.87	1.07
3.20	15	0.756	81.27	107.49	4.06	5.37
3.40	25	0.703	126.02	179.16	6.30	8.96

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	0.4	2.35	1.59	1.86	30.53	0.29	10.78	23.50	0.35	145.12
2	3.0	2.64	1.61	1.86	30.66	0.33	12.11	26.40	0.35	161.89
3	3.4	31.30	2.15	---	39.95	--	91.76	231.50	0.29	1654.72

PROVA... Nr.3

Strumento utilizzato...

EMILIA (20)

Prova eseguita in data

17/12/2021

Profondità prova

3.40 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	13.39	15.67	0.67	0.78
0.40	2	0.851	13.33	15.67	0.67	0.78
0.60	2	0.847	13.27	15.67	0.66	0.78
0.80	2	0.843	13.21	15.67	0.66	0.78
1.00	2	0.840	12.76	15.20	0.64	0.76
1.20	1	0.836	6.35	7.60	0.32	0.38
1.40	2	0.833	12.66	15.20	0.63	0.76
1.60	1	0.830	6.30	7.60	0.32	0.38
1.80	2	0.826	12.56	15.20	0.63	0.76
2.00	7	0.823	42.50	51.63	2.13	2.58
2.20	16	0.770	90.89	118.02	4.54	5.90
2.40	10	0.817	60.27	73.76	3.01	3.69
2.60	5	0.814	30.03	36.88	1.50	1.84
2.80	5	0.811	29.93	36.88	1.50	1.84
3.00	21	0.709	106.65	150.49	5.33	7.52
3.20	17	0.756	92.10	121.83	4.61	6.09
3.40	14	0.753	75.59	100.33	3.78	5.02

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	0.4	3.13	1.64	1.86	30.87	0.39	14.36	31.30	0.35	189.99
2	1.8	2.68	1.61	1.86	30.67	0.34	12.30	26.80	0.35	164.20
3	2.8	13.46	2.04	---	34.94	1.68	61.75	134.60	0.33	748.54
4	3.4	27.12	2.10	---	39	--	83.17	210.60	0.3	1446.12

Studio Geologico Estatico
Sede via IV
info@studiosg.it

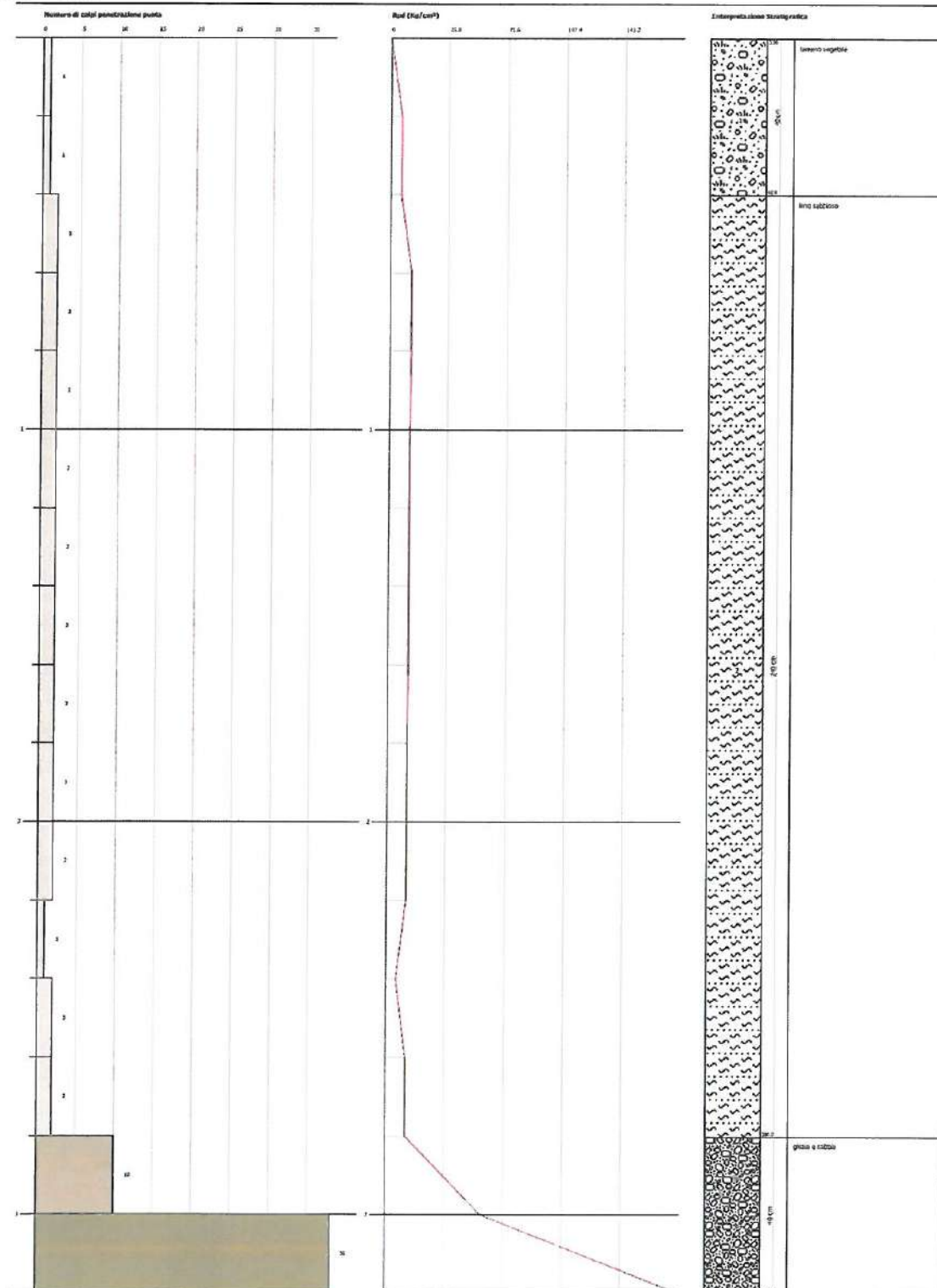
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA No.3
Strumento utilizzato: EMILIA (20)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rod

Geometria:
Cavità:
Località:

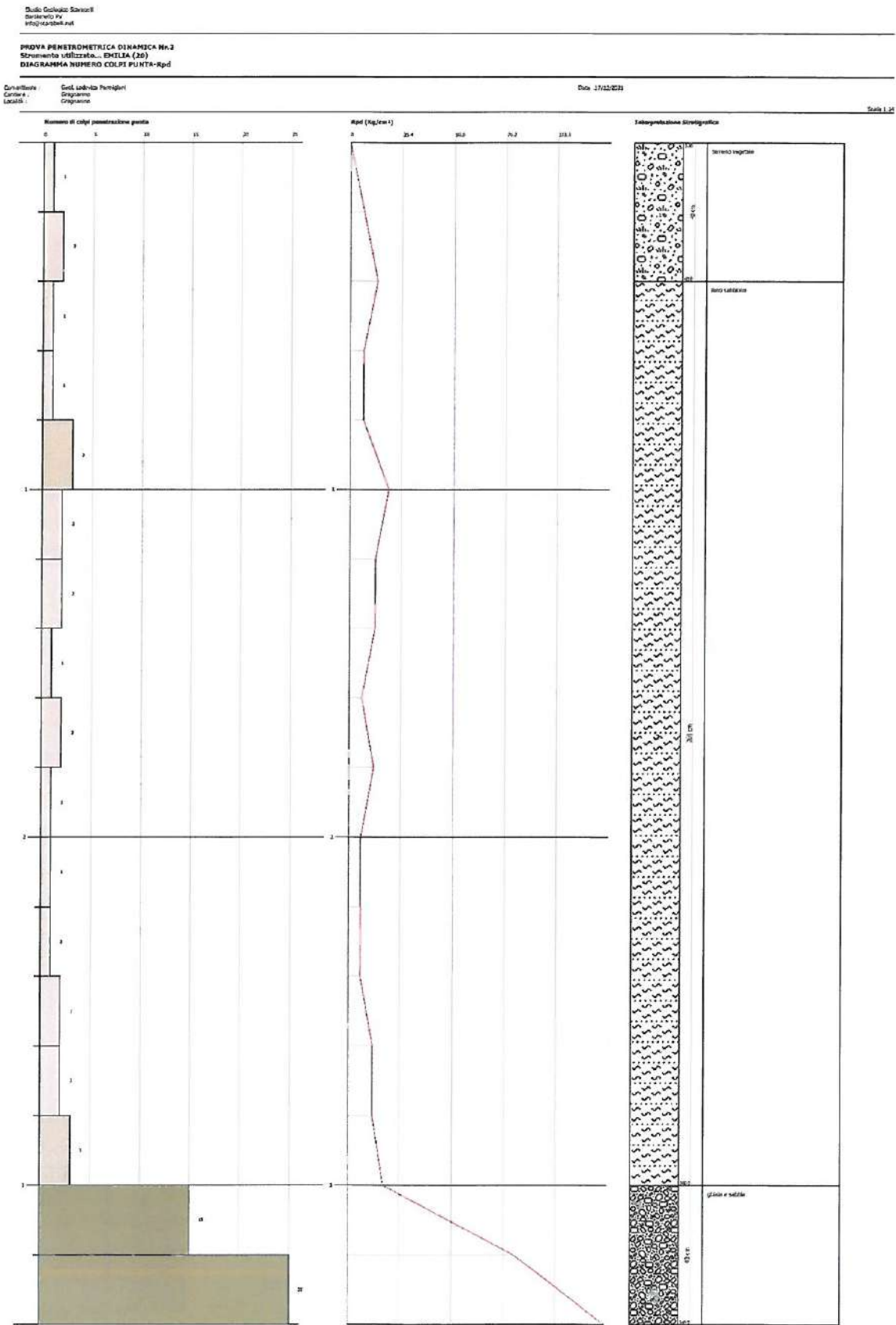
Geol. Lodovica Parmigiani
Geometria:
Cavità:
Località:

Data: 19/12/2021

Scala 1:10



Gragnano Trebbiense prot. n. 0010119 del 30-12-2021 in arrivo



Studio Geologico Scrittori
Società s.p.a.
Incorporata nel

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N. 3
Strumento utilizzato: EPTUA (30)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PURTA-Rpd

Committente: Gragnano Trebb.
Caricatore: Gragnano Trebb.
Lavori:

Data: 17/02/2021

Scala: 1:1

