

e_337 Comune di Parma Prot. 18/12/2023-0280413-E Documento firmato digitalmente da: Sirocchi Alessandro. La presente copia informatica è conforme al documento originale ai sensi dell'art 22 del D.Lgs. n. 82/2005. Il corrispondente documento cartaceo è conservato negli archivi di Comune di Parma



COMUNE DI PARMA
SETTORE LAVORI PUBBLICI, SISMICA E MANUTENZIONI

responsabile unico del procedimento
ing. **ANTONIO FERRARI**

progettista
Dott. geol. Enrico Faccini
Via Argini Sud n°31, Basilicanova (PR)
e-mail: e.faccini@parmageo.com
tel: 0521 681030



Opere di adeguamento strutturale e manutenzione straordinaria del Canile Municipale (obiettivo benessere animale)

PROGETTO ESECUTIVO BOX SANITARI E ISOLAMENTO

titolo elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

TAVOLA:

serie	numero
1	R.3.5
formato	A4
scala	varie
data	08/11/2021

INDICE

A. Premessa	3
A.1 Normative di riferimento	3
A.2 Localizzazione del sito	4
A.3 Descrizione sintetica del progetto	5
B. Inquadramento geologico ed idrogeologico	7
B.1 Quadro geologico	7
B.2 Stratigrafia	8
B.2.1 Subsistema di Ravenna (AES8)	8
B.2.1.1 Unità di Modena (AES8a)	9
B.3 Aspetti geomorfologici e rischio idrogeologico	11
B.4 Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi	13
B.4.1 <i>La piezometria</i>	14
B.4.2 <i>La vulnerabilità e pozzi idropotabili</i>	15
C. DATI GEOGNOSTICI	17
C.1 Dati stratigrafici bibliografici	17
C.2 Dati stratigrafici locali	18
C.2.1 Prova sismica attiva-passiva Re.Mi.+MASW	19
C.2.2 Analisi dei microtremori con la tecnica HVSR	20
C.2.3 <i>Prove penetrometriche statiche (CPT)</i>	21
D. Modello geologico e schema litologico	24
D.1 Parametri meccanici	25
D.1.1 Resistenza alla punta (qc) nelle prove penetrometriche statiche (CPT)	25
D.1.2 Coesione non drenata (Cu)	25
D.1.3 Modulo Edometrico (M)	26
D.1.4 Resistenza al taglio e densità relativa	26
D.1.5 Modulo di Young [modulo di elasticità] (E)	27
E. Modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione	28
E.1 Sismicità	28
E.1.1 Zonazione sismica e pericolosità	28
E.1.2 Classificazione sismica	29
E.2 Elementi di microzonazione sismica	31
E.2.1 Rischio sismico da PTCP Parma	31
E.2.2 Microzonazione sismica del Comune di Parma	33
E.3 Azioni sismiche ai sensi NTC2018	37
E.3.1 Categorie di sottosuolo	37
E.3.2 Categorie topografiche	37
E.3.3 Parametri sismici di calcolo	38
F. Requisiti di sicurezza del terreno di fondazione e stabilità globale	40
F.1 Stabilità nei confronti della liquefazione	40
G. Considerazioni finali	43
Allegato 1 – Prove penetrometriche	46
Allegato 2 – Report Indagini sismiche	47

A. PREMESSA

Il presente studio geologico-tecnico è finalizzato a ricavare le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche di un'area del Canile Municipale del comune di Parma, sito in Via Jones Melvin 19/A, interessato da future opere di adeguamento strutturale e di manutenzione straordinaria. Lo studio evidenzia le condizioni di fattibilità geologica, idrogeologica e sismica nonché descrive e caratterizza la condizione geotecnica locale.

Lo studio svolto ha contemplato:

- ✓ Inquadramento geologico e geomorfologico: in esso vengono descritte le formazioni e le litologie presenti nell'area.
- ✓ Sintesi delle indagini geognostiche reperite ed eseguite.
- ✓ Ricostruzione stratigrafica ed idrogeologica alla luce delle indagini geognostiche eseguite e reperite.
- ✓ Caratterizzazione meccanica del sottosuolo.
- ✓ Modellazione sismica di base del sito in esame.
- ✓ Analisi di fattibilità geologica e sismica.

A.1 Normative di riferimento

- O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003 *Costruzioni in zona sismica*
- D.M. 14 Gennaio 2008. *Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*
- D.M 17 gennaio 2018. *Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*.
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti n.7 del 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".
- D.A.L. 112/2007. Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1 della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"
- L.R. 19 del 30.10.2008. *Norme per la riduzione del rischio sismico.*
- D.G.R. 1373/2011. *Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi ai sensi dell'art. 12, comma 1 e dell'art. 4, comma 1 della L.R. 19 del 2008 e smi per la riduzione del rischio sismico.*
- DGR.2193/2015 "Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" di cui alla DAL 2/05/2007 n.112".
- D.G.R. n°1164 del 23/07/2018 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna"
- D.G.R. n.630 del 29/04/2019 "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt.22 e 49, L.R. 24/2017)".

A.2 Localizzazione del sito

L'area è ubicata nella Carta Tecnica Regionale elemento 181162 "PARMA NORD OVEST" alla scala 1:5.000; il sito in esame si colloca ad una quota di circa 47-48 m s.l.m. e le coordinate di un punto baricentrale dell'area sono rispettivamente 44.819569° di latitudine e 10.306419° di longitudine (ED50).



Figura 1. Ubicazione dell'area su CTR, non in scala. Nel cerchio è indicata l'area oggetto di studio.



Figura 2. Individuazione area dell'intervento su ortofoto Google Earth. (del 04/06/2019)

A.3 Descrizione sintetica del progetto

Il progetto definitivo prevede la demolizione e ricostruzione dei box per i cani in due aree del Canile Municipale. In particolare le opere di adeguamento strutturale e manutenzione straordinaria riguarderanno le zone sud ovest e sud est del canile per cui sono rispettivamente in progetto gli interventi descritti di seguito.

L'intervento nell'area a sud ovest prevede l'intera demolizione dei 2 box cuccioli, 13 box infermeria e dei 10 box isolamento esistenti, e della ricostruzione nella stessa area di 2 box cuccioli, 14 box infermeria e 10 box isolamento.

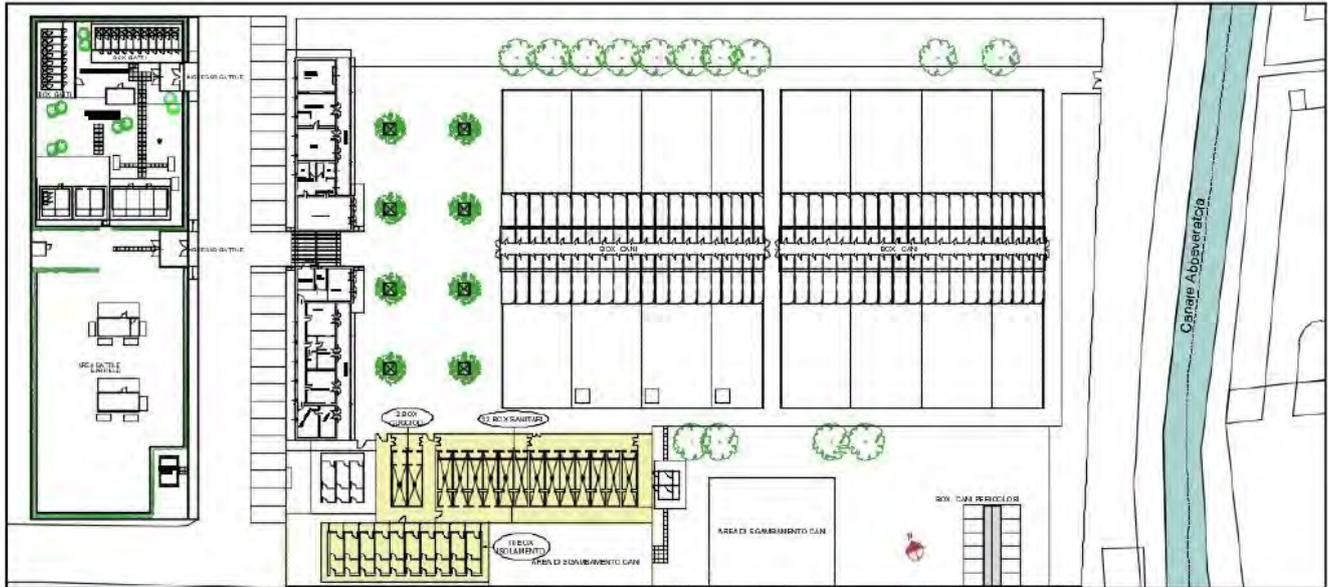


Figura 3. Inquadramento in pianta dell'area sud-ovest del Canile Municipale (da Relazione Tecnica).



Figura 4. Inquadramento su ortofoto Google Earth della ricostruzione prevista nell'area sud-ovest del Canile Municipale (da Relazione Tecnica).

L'intervento nell'area sud-est prevede l'intera demolizione dei 12 box "cani pericolosi" attualmente non utilizzabili e della ricostruzione nella stessa area di 6 nuovi box.

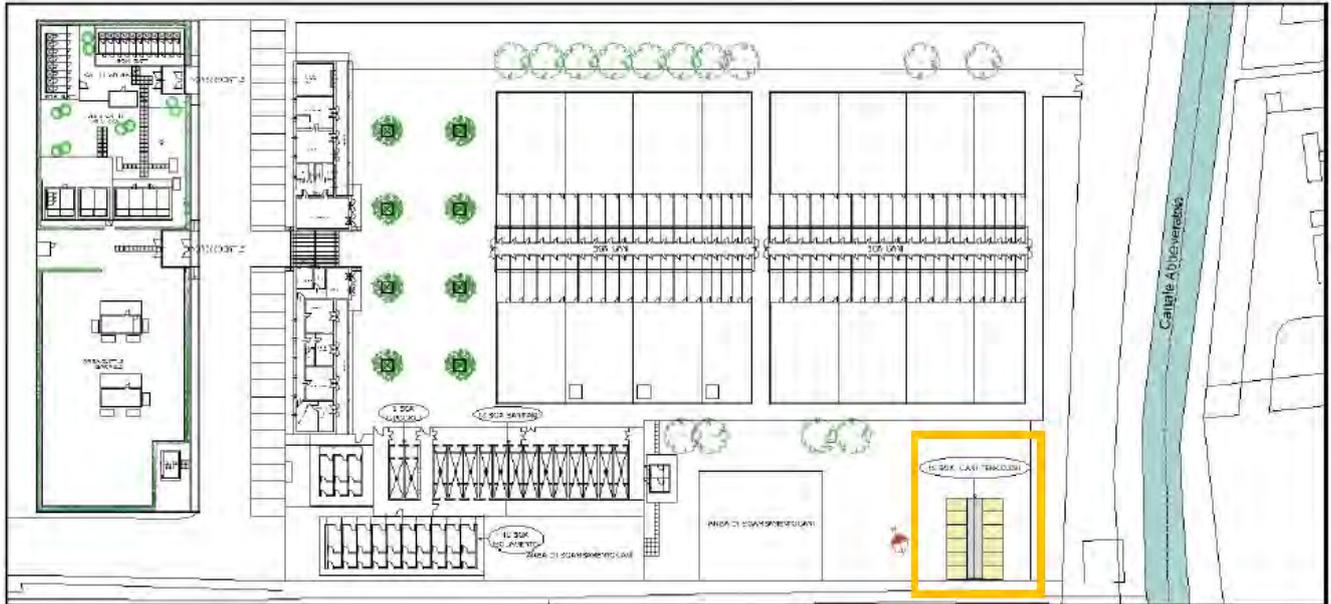


Figura 5. Inquadramento in pianta dell'area sud-est del Canile Municipale (da Relazione Tecnica).

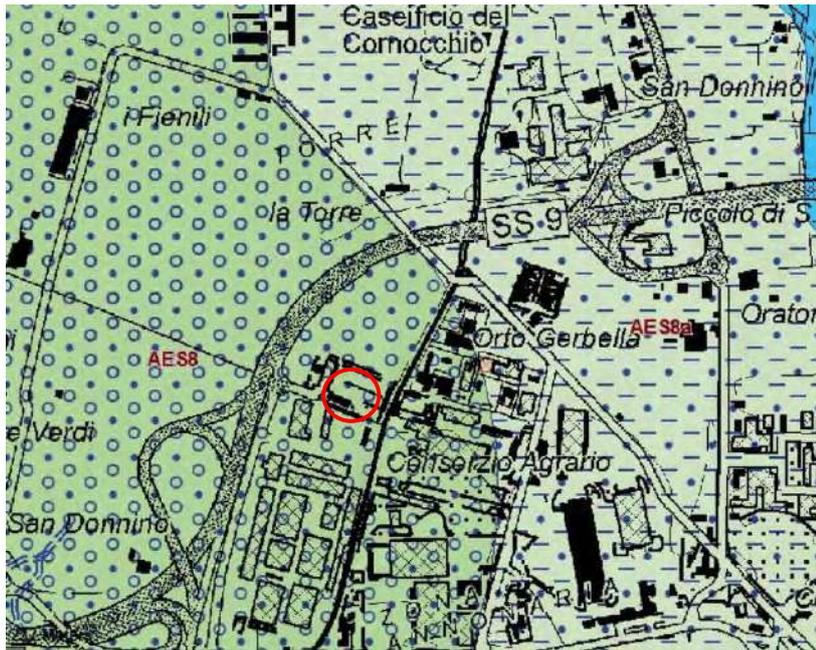


Figura 6. Inquadramento su ortofoto Google Earth della ricostruzione prevista nell'area sud-est del Canile Municipale (da Relazione Tecnica).

B. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

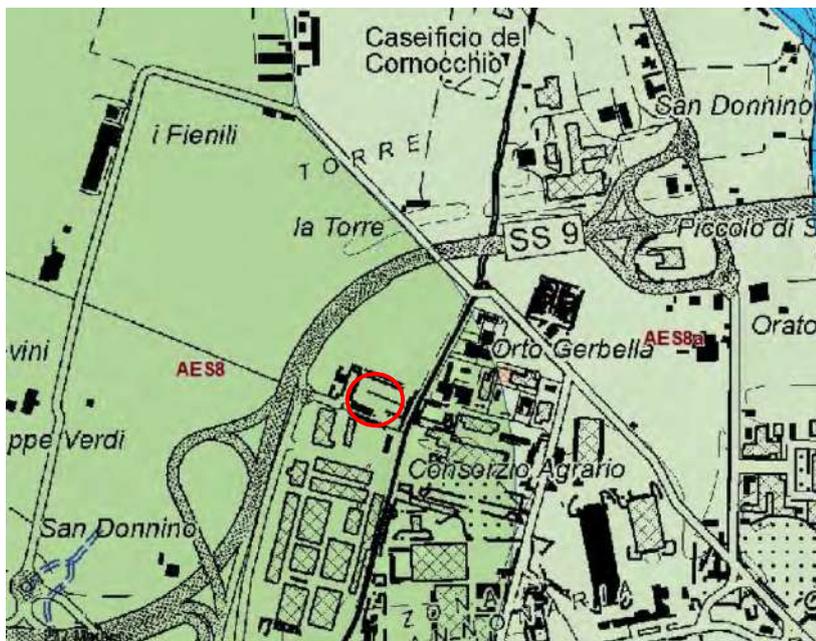
B.1 Quadro geologico

La zona in esame ricade nel foglio 181 "PARMA NORD" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 ed è caratterizzata principalmente dalla presenza di depositi di piana alluvionale del subsistema di Ravenna (AES8). Nei paragrafi successivi si riportano le descrizioni tratte dalle note illustrative della Cartografia Geologica in scala 1:50.000 della Regione Emilia Romagna disponibili al sito: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis>.



- Linee geomorf./antrop. (10K)**
= traccia di alveo fluviale abbandonato
- Ambienti deposiz. e litologie (10K)**
• Ghiaia Sabbiosa - Piana alluvionale
• Limo Sabbioso - Piana alluvionale
- Coperture quaternarie (10K)**
■ AES8 - Subsistema di Ravenna
■ AES8a - Unità di Modena
■ b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Figura 7. Estratto dalla carta geologica del progetto CARG, con indicazione delle litologie e degli ambienti deposizionali, disponibile nel sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>.



- Linee geomorf./antrop. (10K)**
= traccia di alveo fluviale abbandonato
- Coperture quaternarie (10K)**
■ AES8 - Subsistema di Ravenna
■ AES8a - Unità di Modena
■ b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Figura 8. Estratto dalla carta geologica del progetto CARG, con indicazione delle litologie e degli ambienti deposizionali, disponibile nel sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>.

B.2 Stratigrafia

Le unità geologiche affioranti nell'area in esame possono essere raggruppate all'interno del ciclo Quaternario Continentale, denominato Supersistema Emiliano-Romagnolo (equivalente all'Allogruppo Emiliano-Romagnolo di R.E.R., ENI-AGIP, 1998¹) nel quale sono state individuate due unità principali: un'unità inferiore, detta Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI - equivalente all'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore della pubblicazione citata) ed un'unità superiore, detta Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES - equivalente all'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore della pubblicazione citata). Nell'area in esame affiorano i depositi del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (Pleistocene medio-Olocene) è stato suddiviso in cinque subsistemi identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfo-pedostratigrafiche: si tratta infatti di conoidi alluvionali terrazzate, le cui superfici deposizionali relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano un'evoluzione pedostratigrafica differente; in ordine crescente di età si trova:

Subsistema di Ravenna (AES8), Subsistema di Villa Verucchio (AES7), Subsistema di Agazzano (AES3), Subsistema di Maiatico (AES2), Subsistema di Monterlinzana (AES1).

In corrispondenza dell'area in studio affiora il Subsistema Ravenna (AES8); nel paragrafo successivo si riportano le descrizioni delle coperture quaternarie presenti tratte dalle note illustrative della Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna disponibili al sito: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis>.

B.2.1 Subsistema di Ravenna (AES8)

In contesto intravallivo e in pianura l'unità è rappresentata da depositi di conoide alluvionale, terrazzati, costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, con locali intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi, ricoperte da una coltre limoso-argillosa di spessore variabile. Localmente sono presenti limi e limi sabbiosi prevalenti: depositi di interconoide e del reticolo idrografico minore. Il contatto di base è erosivo e discordante con tutte le altre unità, mentre il limite di tetto è una superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente alla superficie topografica. Il fronte di alterazione del tetto è di moderato spessore (da qualche decina di cm fino ad 1 m) ed i suoli presentano gli orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati. Il profilo è costituito dagli orizzonti A-Bw-Bk (C); Hue degli orizzonti B 2,5Y-10YR. È sede di attività agricola diffusa, di insediamenti produttivi e di nuclei abitativi. Nell'area del Foglio, il Subsistema di Ravenna raggiunge lo spessore massimo di circa 20 m.

In carta, all'interno del Subsistema di Ravenna ed in base alla sola litologia superficiale considerata per 1-2 m di spessore dal piano campagna, sono stati distinti depositi che denotano gli ambienti deposizionali della piana intravalliva, del conoide e della piana alluvionale appenninica; limitatamente al margine NW del Foglio sono stati osservati depositi attribuibili alla piana a meandri del fiume Po.

Si riporta di seguito la descrizione della litologia indicata in corrispondenza del sino in esame nel Foglio 181 "PARMA NORD":

"Piana intravalliva, conoide e piana alluvionale appenninica - *Ghiaie e sabbie di riempimento di canale fluviale:* ghiaie e subordinatamente sabbie di riempimento di canale fluviale che formano corpi ad andamento nastriforme, in strati prevalentemente sottili intercalati in una successione limosa, limosa argillosa. Depositati di conoide del reticolo idrografico principale".

Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, viene distinta, all'interno del Subsistema di Ravenna, l'unità di Modena.

¹ REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) - *Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di G. Di Dio. S.EL.CA., Firenze, 120 pp..

B.2.1.1 Unità di Modena (AES8a)

L'unità è costituita da sabbie prevalenti con livelli e lenti di ghiaie, ricoperte da una coltre limosa e/o limoso-sabbiosa discontinua: depositi di conoide alluvionale distale e di canale, adiacenti all'alveo di piena degli attuali corsi d'acqua, sia in contesto intravallivo, sia di pianura. La scarpata che la separa dal Subsistema di Ravenna non supera mai i 2–3 m di altezza. Il fronte di alterazione della superficie di tetto è di limitato spessore (poche decine di cm) ed il profilo pedologico è di tipo A-C (Entisuoli) e, localmente, A-Bw-C (Inceptisuoli); Hue dell'orizzonte Bw 10YR-2,5Y. Nella zona di alta pianura l'unità è sede principalmente di attività agricola e solo localmente di insediamenti produttivi e di nuclei abitativi.

Verso la zona di bassa pianura i principali corsi d'acqua sono stati arginati artificialmente, e anche le superfici terrazzate riferibili all'Unità di Modena risultano intensamente urbanizzate (per esempio la città di Parma). Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. In base alle datazioni geo-archeologiche disponibili nell'area del Foglio, all'unità di Modena è attribuita un'età post-romana, probabilmente post IV-VII sec. d.C. Olocene (post IV-VII sec. d.C.).

Si riporta di seguito un estratto della "Carta del tetto delle ghiaie e delle sabbie – Subsistemi AES₈, AES₇ e AES₃" allegata al foglio geologico – 181 "PARMA NORD" del progetto CARG alla scala 1:50.000. Il sito oggetto della presente relazione si colloca in un'area di confine tra il tetto delle ghiaie e sabbie del Subsistema AES_{7b} (sistemi appenninici) e del Subsistema AES₈ inferiore (sistemi appenninici). In particolare il sito si colloca tra le isobate del tetto delle ghiaie e sabbie dell'AES_{7b} di 31 e 32 m s.l.m., mentre le isobate corrispondenti al tetto delle ghiaie e delle sabbie del Subsistema AES₈ sono quelle di 35 e 34 m s.l.m.

È riportato anche un estratto della sezione CC' (la porzione SE), passante in prossimità del sito in esame. Nella sezione, in corrispondenza dell'area di studio, le ghiaie appartenenti al Subsistema di Ravenna AES8 sono presenti ad una profondità di circa 10-15 m da p.c., il Subsistema di Villa Verrucchio – Unità di Vignola (AES7b) si trova oltre i 15 m di profondità da p.c.

In sezione il sito in esame si colloca tra due sondaggi di cui è riportata schematicamente la stratigrafia. In entrambe le prospezioni per i primi 10-15 m di terreno attraversato viene indicata, come principale litologia, la presenza di argille ghiaiose.

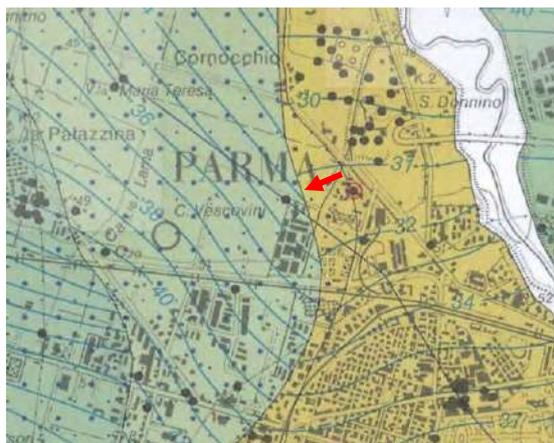


Figura 9. Estratto dalla "Carta del tetto delle ghiaie e delle sabbie – 181 "Parma Nord" del progetto CARG. La freccia rossa indica grossomodo la posizione del sito in esame.

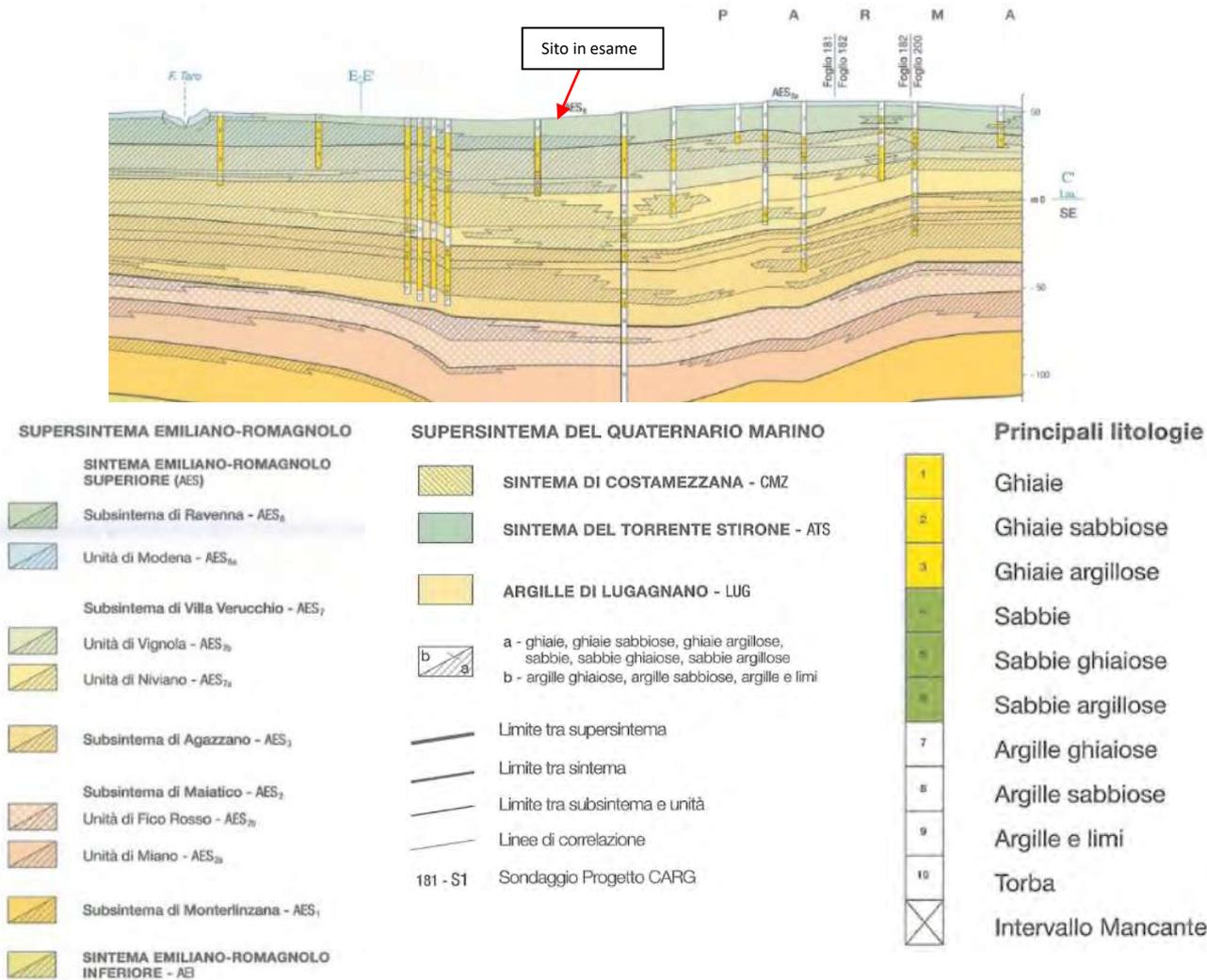


Figura 10. Porzione della sezione geologica CC' presente nella "Carta del tetto delle ghiaie e delle sabbie - 181 "Parma Nord" del progetto CARG. La freccia rossa indica grossomodo la posizione del sito in esame.

Nella Tavola SA01_Geologia del quadro conoscitivo del PSC del comune di Parma, riportata di seguito, il sito in esame si colloca sull'allomembro di Ravenna AES8, in particolare nella suddetta cartografia tali depositi vengono definiti Unità Idice "depositi di conoide alluvionale costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi e depositi di interconoide costituiti da argille limose e limi argillosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie.

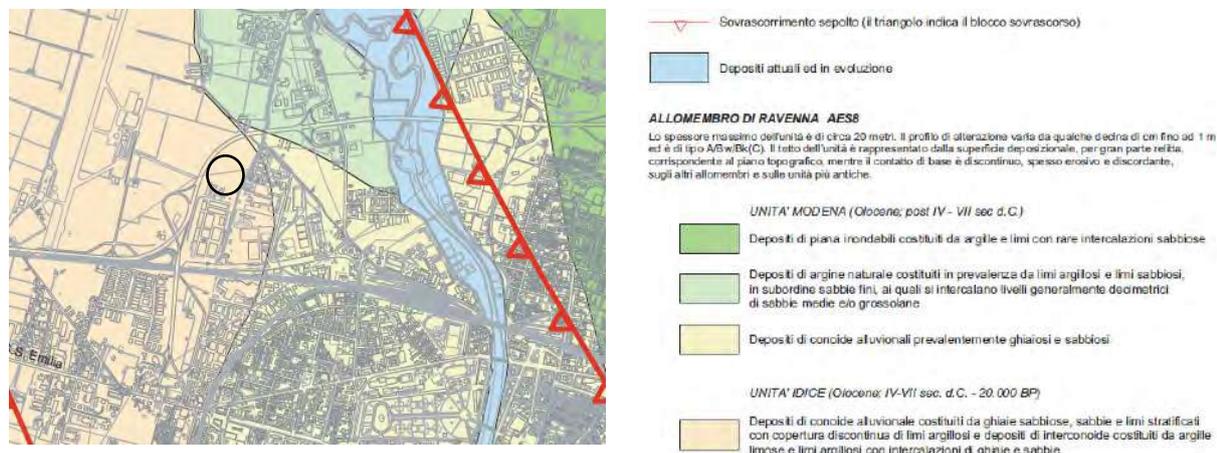


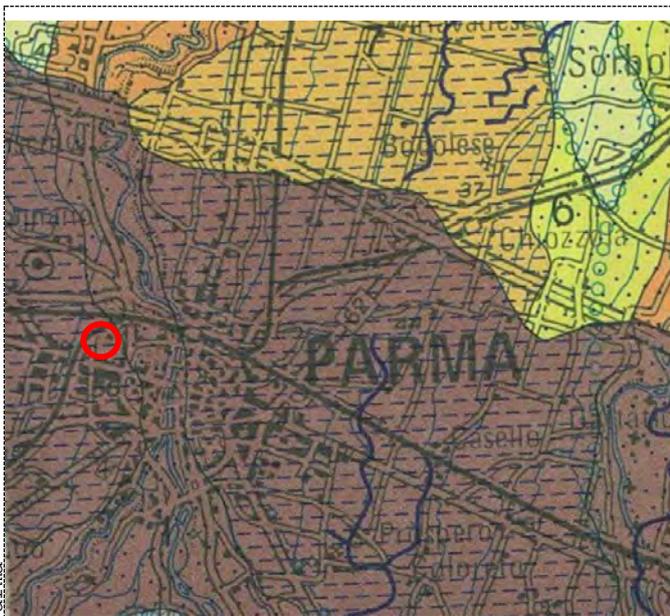
Figura 11. Estratto dalla Tavola 01_Geologia del PSC del comune di Parma.

B.3 Aspetti geomorfologici e rischio idrogeologico

Dal punto di vista morfologico l'area, a morfologia pianeggiante, è in prevalenza, il risultato dell'azione prodotta dalle acque di scorrimento superficiale e dall'attività antropica. Il sito in esame si trova in sinistra idrografica rispetto al T. Parma ad una quota compresa tra i 47 ed i 48 m s.l.m.; subito ad est dell'area di studio si trova il Canale Abbeveratoia, che scorre con andamento S-N e si immette nel Torrente Parma circa 1 km più a nord.

Nella Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna (1999)² l'area in studio è contraddistinta dalla presenza di sedimenti di "Conoidi e terrazzi alluvionali", in particolare, è caratterizzata dalla presenza di "Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione".

Dal punto di vista pedostratigrafico l'area è caratterizzata da depositi a basso grado di alterazione, con fronte di alterazione >1 m. Al tetto suoli con orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati con differenziazioni del profilo in orizzonti A-Bw-Bk-C; Hue degli orizzonti B 2.5YR-10YR. Nelle porzioni delle unità costituite da depositi prevalentemente fini, il fronte di alterazione può raggiungere 3-4 m ed è costituito da più suoli sovrapposti, saldati o distinti, con differenziazione del profilo in orizzonti A-Bw-Bk-(C)-Ab-Bwb-Cb; Hue degli orizzonti B 2.5YR-10YR. All'interno dei suoli reperti dal Mesolitico all'Età Romana.



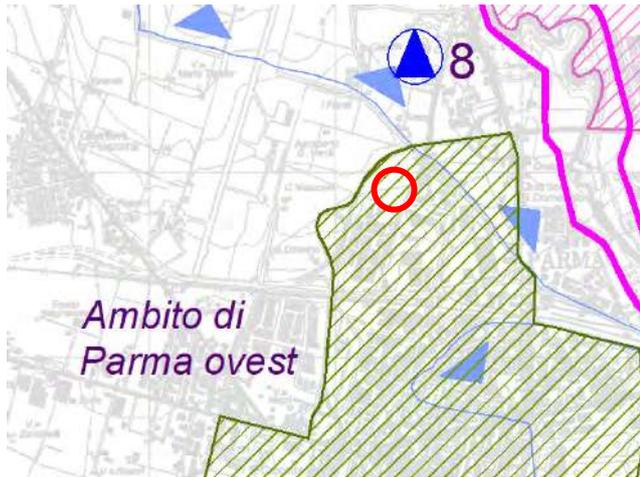
- 1 Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.
- 3 Limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.
- 4 Ghiaie, sabbie, limi e limi argillosi. Depositi alluvionali indifferenziati.
- 5 Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi. Depositi di canale e argine prossimale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
- 6 Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
- 9 Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude.

Figura 12. Estratto dalla Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna.

L'area risulta esterna alla fascia fluviale C così come definite nel Piano Assetto Idrogeologico (PAI) e come riportato nell'estratto cartografico descritto di seguito.

Nella Tavola C4-1 "Carta del rischio ambientale e dei principali interventi di difesa" del PTCP della provincia di Parma il sito è esterno all'"area di inondazione per piena catastrofica del Po ed inadeguatezza della rete scolante di pianura". Il sito in esame si colloca internamente al limite che individua gli ambiti a rischio idraulico per inadeguatezza rete scolante e/o fognaria che si estende fino alla tangenziale Nord. Anche all'interno della Tavola C1_6 "Tutela ambientale, paesistica e storico culturale" il sito risulta esterno dall'area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C).

² Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna (1999) SELCA Firenze



RISCHIO IDRAULICO

- Ambito a rischio idraulico per inadeguatezza rete scolante e/o fognaria
- Area di inondazione per piena catastrofica del Po e per inadeguatezza rete scolante di pianura
- Nodi critici rete idrografica principale (PR01 e EN01 - P.A.I.) (Autorità di Bacino del Po - All.1 Relazione generale - Del. n. *18 del 26/04/01)

RISCHIO INQUINAMENTO ACQUIFERI PRINCIPALI

- AREE DI RICARICA DELLE FALDE ACQUIFERE

RISCHIO AMBIENTALE DA ATTIVITA' ANTROPICHE

- Dichiarati
 - Proposti
 - SITI DA BONIFICARE PER INQUINAMENTO DA ATTIVITA' PRODUTTIVE E DA ATTIVITA' DI DISCARICA NON CONTROLLATA
- COMUNI AD ELEVATO GRADO DI CRISI AMBIENTALE (v. elenco)

Figura 13. Estratto dalla Tavola C4-1 Carta del rischio ambientale e dei principali interventi di difesa del PTCP della provincia di Parma.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Bacino del Fiume Po (approvato nel marzo 2016) perimetra le aree allagabili in riferimento ai tre scenari di piena previsti dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.lgs n.49/2010 così come sintetizzati nella tabella a lato.

Tabella 1. Estratto dalla Relazione IIA. "Mappatura della pericolosità e valutazione del rischio" del PGRA.

Tabella riepilogativa scenari di inondazione

Direttiva Alluvioni	Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)					
		TR (anni)	RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	P3 elevata	20-50 (frequente)	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	P2 media	100-200 (poco frequente)	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	P1 bassa	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	500	Em, Cm		Massimo storico registrato	>> 100 anni

Nel Piano di Gestione delle Alluvioni l'area risulta interna rispetto agli scenari di pericolosità evidenziati per quello che riguarda il reticolo secondario di pianura (RSP), in particolare sono segnalate alluvioni "poco frequenti" (M-P2), come riportato nell'immagine successiva.

Per completezza si segnala che le suddette informazioni sono contenute anche nella Tavola dei vincoli - Rischio idraulico CTG1B-11 del PSC del comune di Parma.

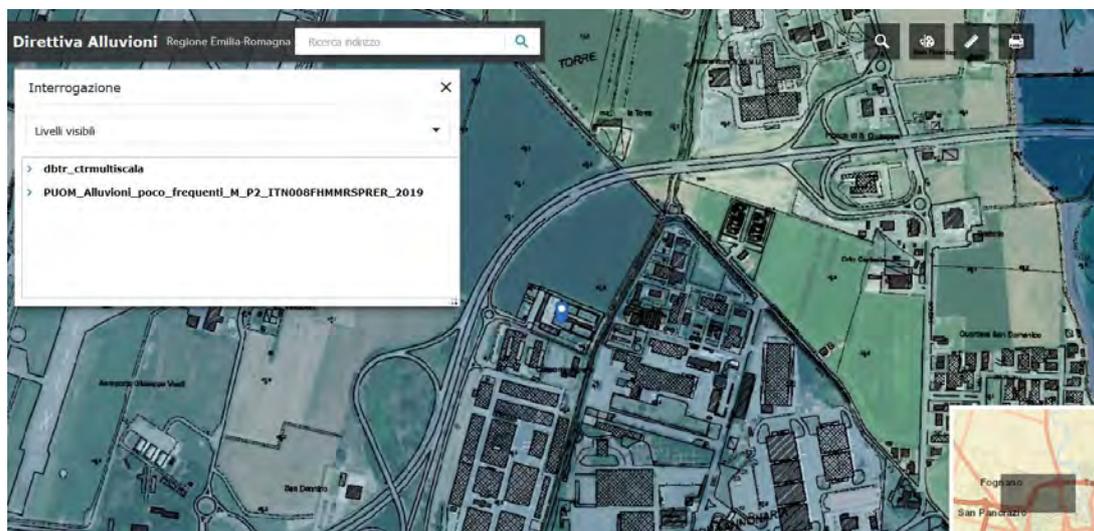


Figura 14. Piano di Gestione Alluvioni [estratto dal sito <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/cartografia/>.]

B.4 Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi

Sulla base degli studi "Riserve idriche dell'Emilia Romagna" (1988)³ e del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia Romagna (2003) nell'area in esame sono stati individuati tre Gruppi Acquiferi separati da barriere di permeabilità di estensione regionale denominati informalmente A, B e C a partire dal piano di campagna. La storia tettonica e deposizionale del bacino padano ha influenzato le caratteristiche e l'architettura dei Gruppi Acquiferi. Il Gruppo più superficiale viene attualmente sfruttato intensamente, il Gruppo B ha importanza solo locale mentre l'acquifero più profondo è raramente sfruttato a causa della imponente copertura superficiale; la successione sedimentaria padana interessata dagli acquiferi identificati è plio-quadernaria ed ha carattere regressivo con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma sedimentario fluviale e fluvio-glaciale ricoperto da depositi continentali.

Dal punto di vista gerarchico sono stati distinti tre Sequenze Principali (Supersintemi): il Supersintema del Pliocene medio-superiore, il Supersintema del Quaternario marino ed il Supersintema Emiliano-Romagnolo le cui geometrie vengono radicalmente modificate dagli eventi tettonici di sollevamento regionale.

L'organizzazione verticale delle porzioni deposizionali (facies) è costituita da una alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente fine con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana che presentano talvolta, ad un grado minore, la medesima organizzazione interna. Queste unità, aventi un ciclo genetico di 40-100.000 anni, sono definite come Sequenze Deposizionali Elementari.

Le Sequenze Deposizionali Elementari possono essere sede di falda acquifera dolce, salata o salmastra e rappresentano i "mattoni" coi quali costruire il Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola (BIPER).

L'insieme dei sedimenti, già organizzati in Sequenze Deposizionali, costituenti il serbatoio padano, secondo R.E.R.-ENI-AGIP è compartimentato in Unità Idrostratigrafiche-Sequenziali (UIS): un insieme di depositi con caratteri idrologici omogenei o distribuiti in modo da permettere una divisione interna in acquiferi, caratterizzati dall'avere alla base una facies fine scarsamente o per nulla permeabile (rispettivamente acquitardo o acquicludo) arealmente, in senso geologico, continuo e interessati, ad esclusione delle aree di ricarica, da flussi idrici interni confinati.

PRINCIPALI UNITÀ STRATIGRAFICHE		ETA (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE	
AFFIORANTI	SEPOLTE			GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE (ALLUVIONI ALL'INDIA, TERRAZZI E ALLUVIONI)	-0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE, OLOCENE	A	A ₀
	FORMAZIONE FLUVIO-LACUSTRE				A ₁
	FORMAZIONE DI COLMATELLO				A ₂
	UNITÀ DI COPERTURA NEL BASSO				A ₃
QUATERNARIO MARINO	UNITÀ DI COPERTURA NEL BASSO	-0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO	B	B ₁
	UNITÀ DI COPERTURA NEL BASSO				B ₂
	UNITÀ DI COPERTURA NEL BASSO				B ₃
	UNITÀ DI COPERTURA NEL BASSO				B ₄
QUATERNARIO MARINO	MILAZZANO SABBIE DI CASTELVETRO (d.d.) SABBIE GIALLE DI IMOLA (d.d.)	-0.65	0.89	C	C ₁
	MILAZZANO e CALABRANO (d.d.) SABBIE DI CASTELVETRO (d.d.) SABBIE GIALLE DI IMOLA (d.d.)				C ₂
	CALABRANO (d.d.) SABBIE DI MONTERICCIO FORMAZIONE DI TERRA CHI SOLE (d.d.)				C ₃
	CALABRANO (d.d.) FORMAZIONE DI CASTELL'ARQUATO (d.d.)				C ₄
	FORMAZIONE DI CASTELL'ARQUATO (d.d.)				C ₅
P ₂	FORMAZIONE DI CASTELL'ARQUATO (d.d.)	-2.2	1.72		
	FORMAZIONE DI CASTELL'ARQUATO (d.d.)	-3.3-3.6	3.55		
		-3.9			JACQUARTINO BASALE

Figura 15. Schema stratigrafico del margine appenninico e della pianura emiliano-romagnola (da "Le acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna. Modello concettuale" PTA, 2005)

Ogni Unità Idrostratigrafica-Sequenziale può essere considerata idraulicamente isolata da quelle adiacenti cosicché il livello piezometrico misurato in un pozzo attestato su questa UIS può risultare diverso dal livello misurato, nella stessa posizione geografica, in pozzi interessanti le altre Unità.

I tre Gruppi Acquiferi riconosciuti nel sottosuolo sono costituiti complessivamente da tredici UIS denominati Complessi Acquiferi, gerarchicamente inferiori ai precedenti per differenze di volume complessivo utile e per caratteristiche geometriche del proprio livello acquitardo o acquicludo basale. La base di ogni Gruppo Acquifero affiora a tratti sul Margine Appenninico Padano; nel territorio in esame è presente il Gruppo Acquifero A.

³ Regione Emilia Romagna, ENI-AGIP (1988) "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna" a cura di G. Di Dio. S.EL.CA. (Firenze)

In generale gli acquiferi sono distinti in una zona di ricarica ed un serbatoio: la zona di ricarica diretta è la porzione di superficie topografica in cui avviene l'alimentazione del serbatoio stesso, a forte componente verticale e proveniente dalla superficie; le porzioni affioranti dei Gruppi Acquiferi costituiscono l'area di ricarica idrometeorica degli acquiferi stessi e sono perciò da salvaguardare con attenzione poiché naturalmente esposte e vulnerabili agli inquinamenti.

In corrispondenza del sito in esame lo spessore cumulativo dei depositi porosi permeabili del Gruppo acquifero A è di circa 40-60 m e la profondità del limite basale è compreso tra -50 e -100 m s.l.m.

Il sito in esame può essere proiettato sulla sezione idrogeologica BB' presente nella tavola 6 "Sezione idrostratigrafica B-B'" di cui un estratto viene riportato di seguito. In corrispondenza della proiezione del sito in esame è segnalata la presenza di complessi acquitardi e alla profondità di circa 10/15 m sono presenti complessi acquiferi del Gruppo A.

I sondaggi P670 e P671, indicati in sezione, sono ubicati rispettivamente a SE e subito a SW del sito in esame; in corrispondenza di questi sondaggi i primi metri di terreno risultano essere costituiti principalmente da argille e limi, le ghiaie/ghiaie e sabbie si trovano a partire da circa 10-15 m di profondità da p.c. nel sondaggio P671 e a circa 20 m da p.c. in corrispondenza del pozzo P670.

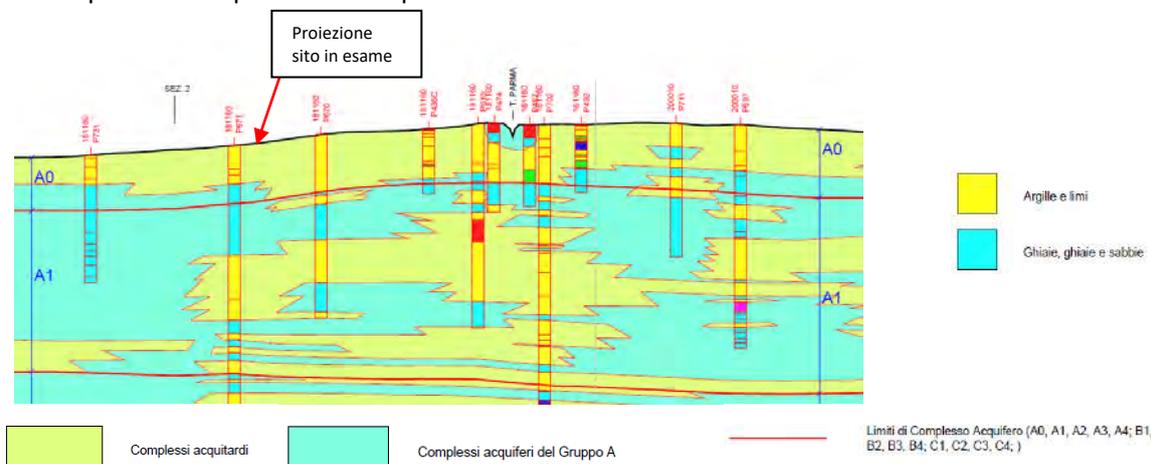
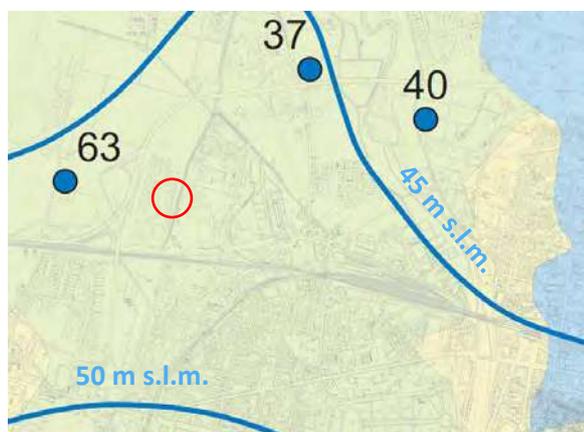


Figura 16. Estratto dalla Tavola 06_ Sezione idrostratigrafica B-B' del PSC del comune di Parma.

B.4.1 La piezometria

I dati forniti dalla Carta Idrogeologica del PSC di Parma, riportata in estratto in figura seguente, indicano per l'area di interesse un livello piezometrico compreso tra 45 e 50 m s.l.m. Il sito in esame rientra nella zona di protezione parziale degli acquiferi principali (A e B).



Zona di alimentazione ritardata del Gruppo Acquifero A	Gruppo Acquifero	Acquiferi	Stratigrafia tipo	Descrizione
Zona di alimentazione ritardata del Gruppo Acquifero A	A	Sistemi acquiferi di A0 (complesso superficiale)	A01 A02 A03	I tre Sistemi Acquiferi cartografati nel Complesso Acquifero Superficiale A0, sono intercalati da almeno un livello limoso - argilloso di elevato spessore, ma estensione areale limitata. Anche i rapporti tra i sottosistemi Complessi Acquiferi del Gruppo A sono caratterizzati dall'intercalazione di livelli poco permeabili, discontinui, con spessori superiori generalmente ai 2 metri. Un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare nei Sistemi Acquiferi del Gruppo A, con ritardo ritardato da barriere impermeabili di estensione ridotta. I Complessi Acquiferi del Gruppo B si trovano in questa zona a profondità rilevanti e protetti da barriere impermeabili con spessori plurimetri, estese su scala regionale (Sistema Acquifero A0).
		A1, A2, A3, A4 Acquiferi principali		
Zona di protezione parziale degli Acquiferi principali	B	B1, B2, B3, B4 Acquiferi principali		
		Gruppo Acquifero	Acquiferi	Stratigrafia tipo
Zona di protezione parziale degli Acquiferi principali	A	Sistemi acquiferi di A0 (complesso superficiale)	A01 A02 A03	I tre Sistemi Acquiferi cartografati nel Complesso Acquifero Superficiale A0, sono intercalati da almeno un livello di elevato spessore, ma estensione areale limitata. I Complessi Acquiferi profondi appartenenti al Gruppo Acquifero A e utilizzati per fini acquedottistici, sono protetti da un Sistema Acquifero Regionale così come il Gruppo Acquifero B.
		A1, A2, A3, A4 Acquiferi principali		Un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare nei Complessi Acquiferi del Complesso A0, senza raggiungere i Complessi Acquiferi Principali del Gruppo A e B sfruttati a fini acquedottistici.
Zona di protezione parziale degli Acquiferi principali	B	B1, B2, B3, B4 Acquiferi principali		

Figura 17. Estratto della Carta Idrogeologica SA5-04 del QC Ambientale del PSC di Parma. Nel cerchio rosso l'area di studio.

Si segnala che nella "Carta geologico tecnica" della Microzonazione sismica (II Livello) del Comune di Parma (CTG_2 riportata in estratto in *Figura 33*) sono riportate alcune misure di profondità della falda in aree con sabbie e/o ghiaie, in particolare sono indicati due valori di soggiacenza della falda a SW del sito in esame di -2.4 m da p.c. e a NE di -2.8 m da p.c.

Nel corso delle indagini eseguite ad Ottobre 2021, per la caratterizzazione dal punto di vista geotecnico e sismico dell'area in esame, è stata rilevata la falda a -7.6 m da p.c. Non si esclude la possibilità che durante eventi meteorici occasionali o in corrispondenza di periodi particolarmente piovosi il livello piezometrico possa risalire a quote prossime al piano campagna.

B.4.2 La vulnerabilità e pozzi idropotabili

Nella Tavola 6d del PPTA della Provincia di Parma, di cui nella figura seguente si riporta un estratto, l'area in esame si trova in classe di **vulnerabilità a sensibilità attenuata**. Nella tavola 15 del PPTA della Provincia di Parma si osserva come l'area ricada nella zona di protezione del settore B e sia esterna al limite delle zone di rispetto allargata geometrizzata dal PSC del comune di Parma.

Dalla relazione generale del PPTA la zona di protezione del settore B viene così definita: area caratterizzata da ricarica indiretta della falda: generalmente presente tra il settore A e la pianura, idrogeologicamente è identificabile con un sistema debolmente compartimentato in cui alla falda freatica superficiale segue una falda semi-confinata in collegamento per drenanza verticale".



Figura 18. Estratto dalla Tavola 6d del PPTA della Provincia di Parma. Con il cerchio verde è indicata l'area in esame.

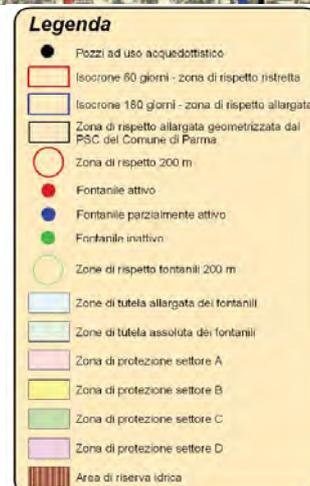
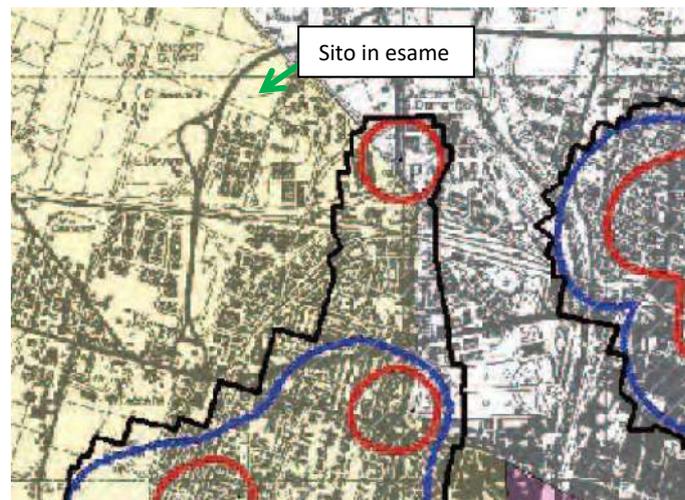


Figura 19. Estratto dalla tavola 15 del PPTA della provincia di Parma.

Le informazioni sopra riportate sono inoltre contenute anche all'interno della tavola CTG1A_07 "Tavola dei vincoli – Tutele e vincoli ambientali" del PSC del Comune di Parma, inoltre il sito in esame rientra nella "zona di riserva n.1 istituita con l'ordinanza del MM.LL.PP 1937-1966". Un estratto della tavola suddetta è riportato nella figura che segue.

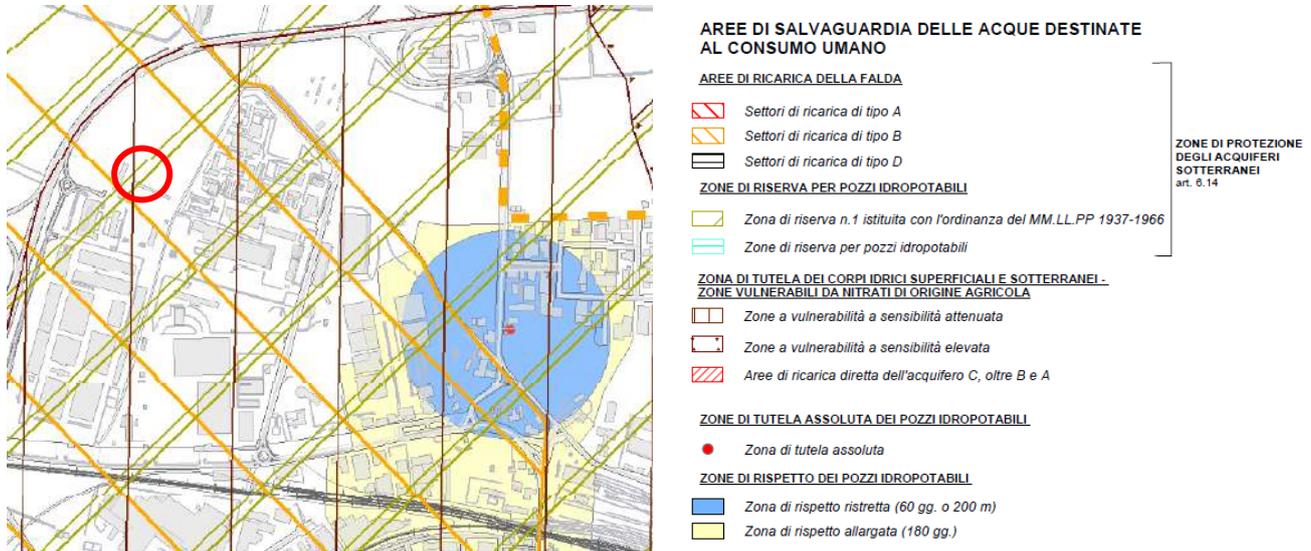


Figura 20. Estratto dalla Tavola CTG1A-07 "Tavola dei vincoli – Tutele e vincoli ambientali" del PSC del Comune di Parma.

C. DATI GEOGNOSTICI

C.1 Dati stratigrafici bibliografici

Per una completa analisi del sito in esame sono stati preventivamente consultati i dati delle indagini bibliografiche reperite nell'intorno dell'area in esame. In particolare sono state consultate le indagini reperite nel database regionale (disponibile al sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>). Di seguito si riassumono e schematizzano le prove geognostiche ed i dati reperiti.

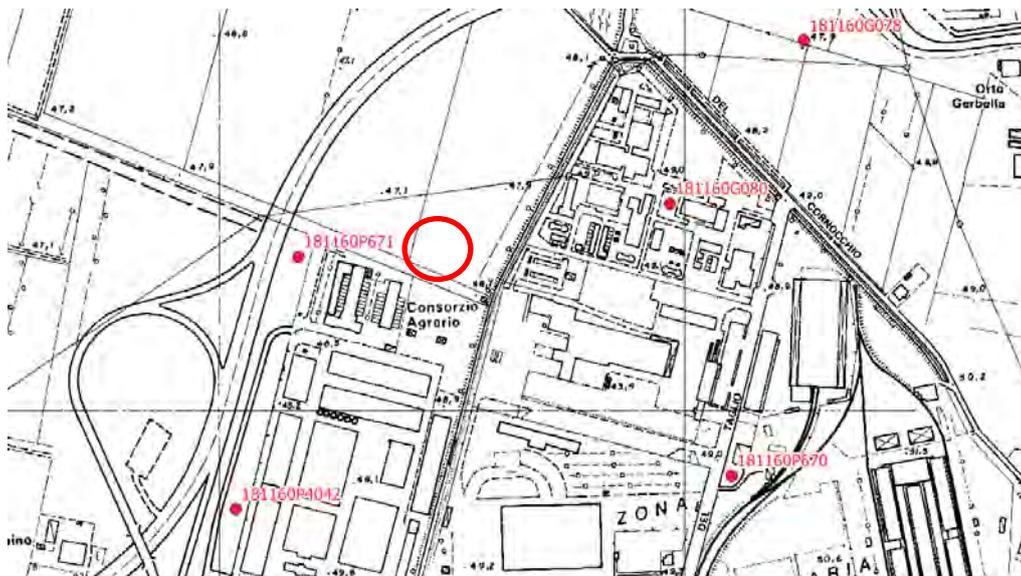


Figura 21. Ubicazione dei dati bibliografici reperiti da database RER. Nel cerchio rosso è compresa l'area in esame.

Si riportano di seguito alcuni dati relativi alle indagini reperite sul sito della cartografia geologica della Regione Emilia Romagna (<http://geo.regione.emilia-romagna.it>).

Sigla	Quota p.c. (m)	Profondità raggiunta (m)	Data di esecuzione	Prof tetto ghiaie (m)	Soggiacenza falda	Tipo di prova
181160P671	48.4	175.5	25/12/1950	13.0	2.50	Pozzo per acqua
181160P4042	48.0	36.0	01/10/2008	4.10	-	Carotaggio continuo
181160P670	49.2	62.0	25/12/1958	19.4	7.0	Pozzo per acqua
181160G080	49.5	3295.5	28/07/1959	25.00	-	Perforazione ricerca idrocarburi
181160G078	49.9	500	25/12/1959	15.00	-	Perforazione ricerca idrocarburi

Tabella 2. Indagini bibliografiche reperite sul sito della cartografia geologica della Regione Emilia-Romagna.

Di seguito si riportano le stratigrafie dei Pozzi P670 e P671 (quest'ultima sino a 59.0 m da p.c.) prossimi all'area in esame.

P670		P671	
Profondità (m dal pc)	Descrizione litologica	Profondità (m dal pc)	Descrizione litologica
0.0-19.4	Argilla	0.0-8.0	Argilla giallastra
19.4-20.5	Ghiaia	8.0-10.0	Argilla scura plastica
20.5-23.5	Argilla	10.0-13.0	Argilla giallastra
23.5-35.5	Ghiaia	13.0-37.0	Ghiaia mista a conglomerato
35.5-50.0	Argilla	37.0-52.0	Argilla cenere
50.0-60.0	Ghiaia	52.0-59.0	Argilla mista con straterelli di sabbia
60.0-62.0	Argilla		

Tabella 3. Stratigrafie dei pozzi per acqua P670, P671 (da database RER).

C.2 Dati stratigrafici locali

Nel mese di Ottobre 2021 in corrispondenza dell'area in esame sono state eseguite n°2 prove penetrometriche statiche, n°1 misura di rumore sismico a stazione singola (HVSr) e n°1 prova sismica attiva-passiva Re.Mi+MASW. L'ubicazione delle indagini è riportata nella figura seguente.



Figura 22. Ubicazione prove geognostiche eseguite nell'area in esame durante la campagna di indagini di Ottobre 2021.

Nella tabella sottostante si riportano alcune informazioni relative a ciascuna prova eseguita.

Sigla	Tipo	Profondità (m dal p.c.)	Profondità tetto ghiaie [m dal p.c.]	Data di esecuzione
CPT1	Prova penetrometrica dinamica	10.0	>10.0 (individuato un livello sabbioso ghiaioso a matrice limosa tra 0.8 e 6.6 m da p.c.)	15/10/2021
CPT2	Prova penetrometrica dinamica	10.0	>10.0 (individuato un livello sabbioso ghiaioso a matrice limosa tra 0.6 e 1.6 m da p.c.)	15/10/2021
HV	Prova sismica passiva	>30	-	16/10/2021
RM1	Prova sismica attiva-passiva Re.Mi.+MASW	>30	14.0	16/10/2021

Tabella 4. Indagini eseguite nell'area in esame durante la campagna geognostica di Ottobre 2021.

Nei paragrafi seguenti sono riportate le risultanze complessive della campagna di indagini eseguita.

C.2.1 Prova sismica attiva-passiva Re.Mi.+MASW

È stata eseguita una prospezione geofisica con metodo integrato attivo - passivo (Re.Mi./MASW), per la rilevazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs. Di seguito si riassumono le principali informazioni riguardanti la tipologia di prova ed i risultati ottenuti.

La prospezione è stata effettuata con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica GEOMETRICS GEODE, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 2.0 m per una lunghezza totale di stendimento di 46 m.

Nella procedura con “metodo attivo” le onde superficiali sono generate mediante una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e sono registrate da uno stendimento lineare costituito da ricevitori posti a distanza variabile. Il procedimento con “metodo passivo” presenta caratteristiche geometriche dello stendimento uguali a quelle del sistema attivo, ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (microtremore) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e consente una dettagliata ricostruzione dell’andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento.

Nell’esecuzione della prova MASW (attiva) è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per l’acquisizione dei microtremori ambientali sono state effettuate venti registrazioni della durata di 30 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

Nella scheda seguente e in allegato sono mostrati i risultati ottenuti.

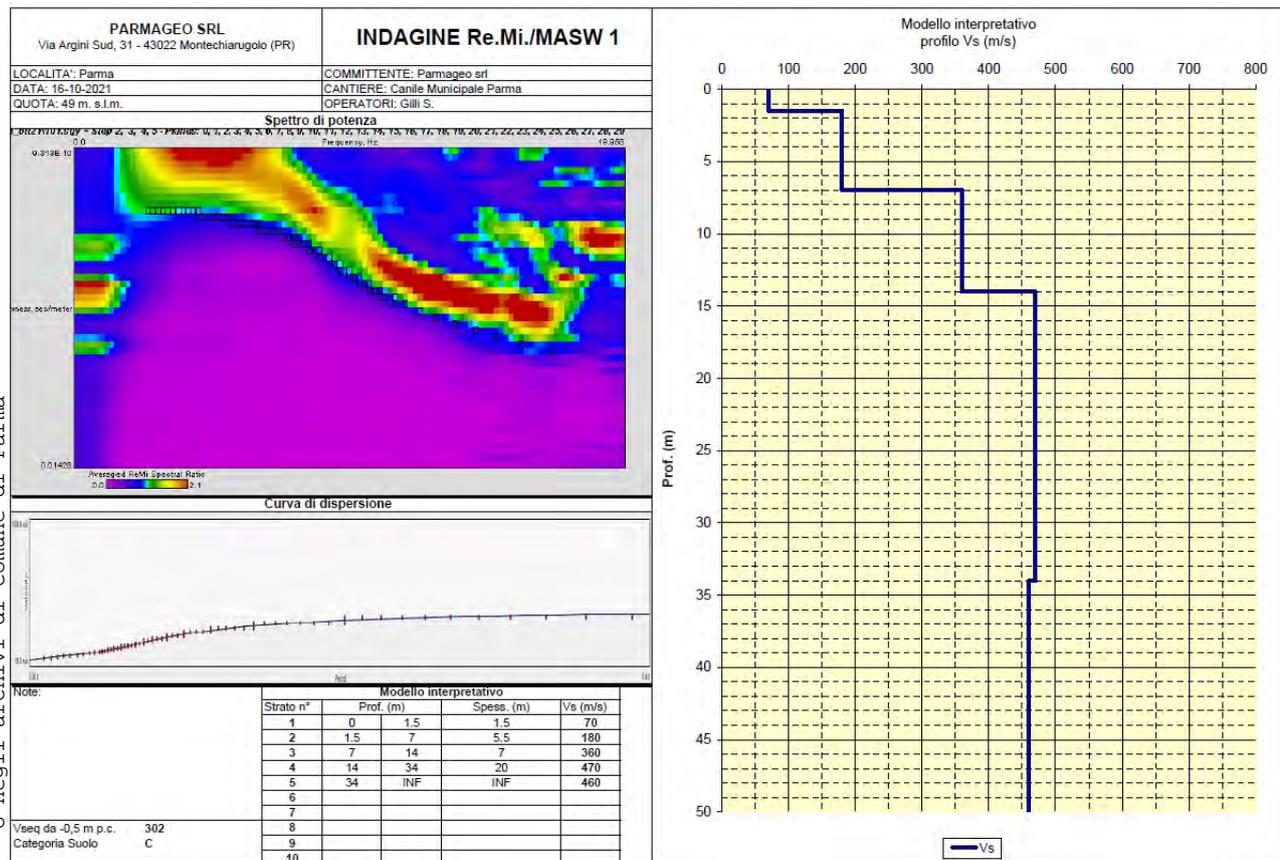


Figura 23. Spettro di potenza, curva di dispersione e modello interpretativo ricostruito attraverso la prova sismica Re.Mi+MASW.

Si riporta in dettaglio la tabella contenente i sismostrati individuati nel modello interpretativo con spessori e Vs determinate.

Profondità da p.c. (m)	Spessore	Vs (m/sec)
0 ÷ 1.5	1.5	70
1.5 ÷ 7	5.5	180
7 ÷ 14	7	360
14 ÷ 34	20	470
34 ÷ Inf	Inf.	460

Figura 24. Modello interpretativo ricostruito attraverso la prova sismica Re.Mi+MASW.

La prova sismica Re.Mi.+MASW ha permesso di determinare una Vs_{30} al piano campagna pari a **284 m/s** ed una Vs_{eq} a 0.5 m da p.c. paria a **302 m/s**.

C.2.2 Analisi dei microtremori con la tecnica HVSR

Lo strumento utilizzato per la prova sismica passiva HVSR è costituito da una terna di geofoni (due orizzontali, disposti perpendicolarmente, il terzo verticale) in grado di rispondere allo stesso modo a una medesima sollecitazione. Le sollecitazioni sono i microtremori del terreno (oscillazioni del suolo indotte da una serie di fattori sia naturali che antropici). Lo strumento registra le suddette oscillazioni. Le acquisizioni durano 20 minuti. Le frequenze che interessano l'ambito geologico-ingegneristico sono comprese nell'intervallo tra i 0.5 e i 20 Hz.

Il principio su cui si basa questo strumento è piuttosto semplice. Misurando il rapporto H/V (con H componente orizzontale e V componente verticale) determinabile dai microtremori si tenta di determinare il profilo verticale delle Vs.

Il rapporto spettrale H/V è sensibile ai contrasti di Vs, ma può identificarne la profondità solo una volta che siano note le Vs o, viceversa, può identificare le Vs una volta note le profondità; le curve H/V quindi possono essere interpretate in termini di Vs solo in presenza di un vincolo (profondità di un riflettore o Vs del primo strato) noto in modo indipendente.

La registrazione è stata eseguita attraverso un sismometro TROMINO ad elevata dinamica. L'acquisizione è stata effettuata campionando il segnale a 128 Hz per una durata di 50 minuti.

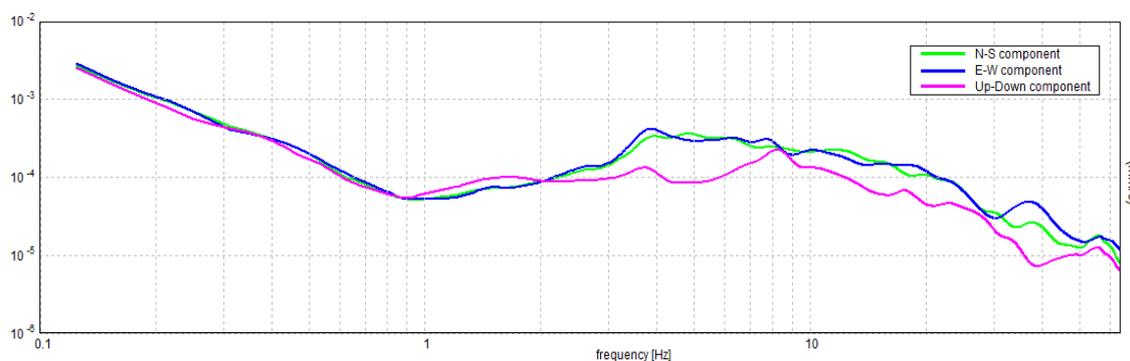


Figura 25. Analisi spettrale delle diverse componenti dei microtremori misurati nel sito in analisi: Up-Down: componente verticale, N-S: componente nord – sud, E-W: componente est – ovest.

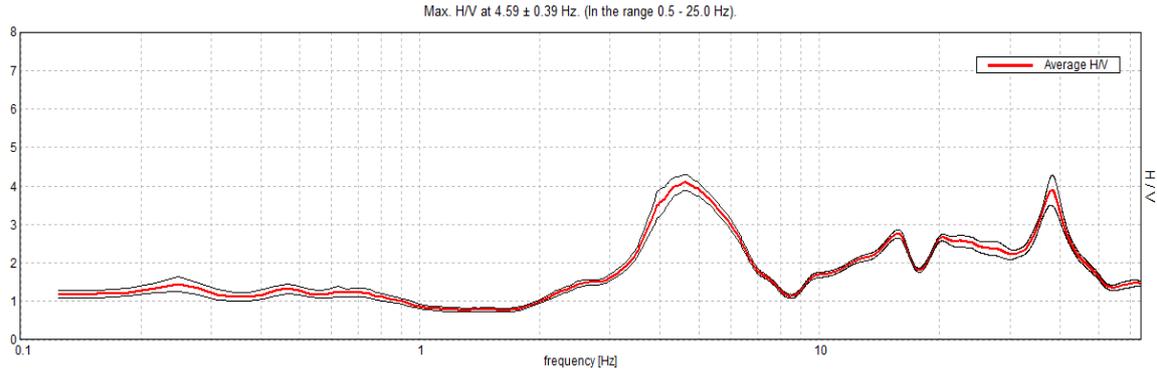


Figura 26. Elaborazione HVSR dei microtremori rappresentata dalla media dei risultati ottenuti dalla componente N/Z ed E/Z.

Dall'esame dei dati, per frequenze inferiori a 15 Hz ($T=0,07$ sec), risulta un significativo picco di amplificazione (ampiezza = 4) alla frequenza di circa 4,6 Hz ($T=0,22$ sec).

C.2.3 Prove penetrometriche statiche (CPT)

Le prove penetrometriche statiche consistono nell'infingere nel terreno la punta del penetrometro e misurare la resistenza che oppone il terreno alla penetrazione. È opportuno sottolineare che le prove penetrometriche, così come sono state eseguite, permettono di ottenere la resistenza di punta (q_c o R_p) e la resistenza laterale (q_s o RI). Tramite i valori di q_c e q_s è possibile ricavare informazioni sulla stratigrafia e sulle caratteristiche meccaniche del terreno. I valori di resistenza alla punta q_c e di resistenza laterale q_s delle prove penetrometriche statiche hanno permesso di eseguire una interpretazione litologica puntuale ogni 20 cm di spessore del terreno.

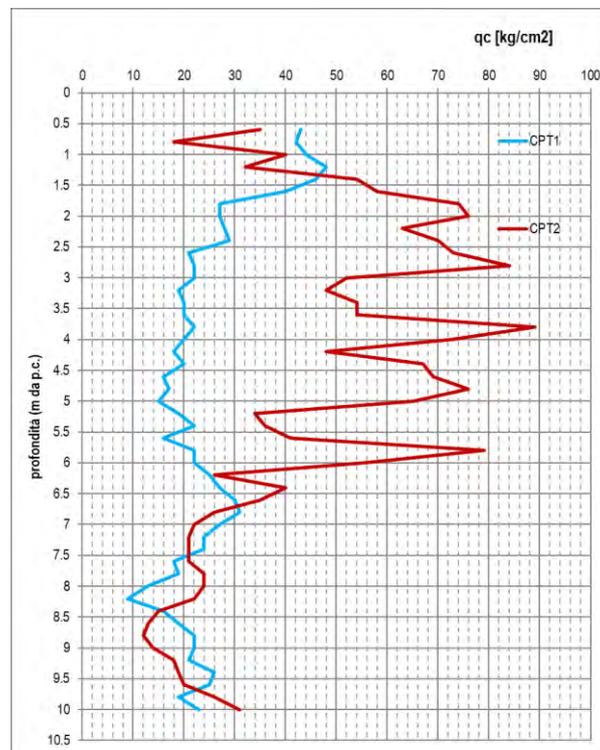
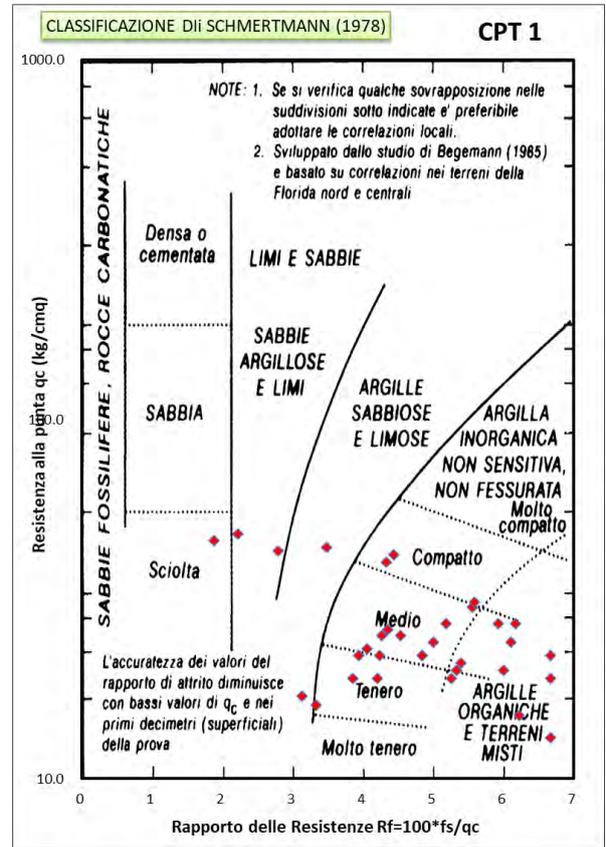
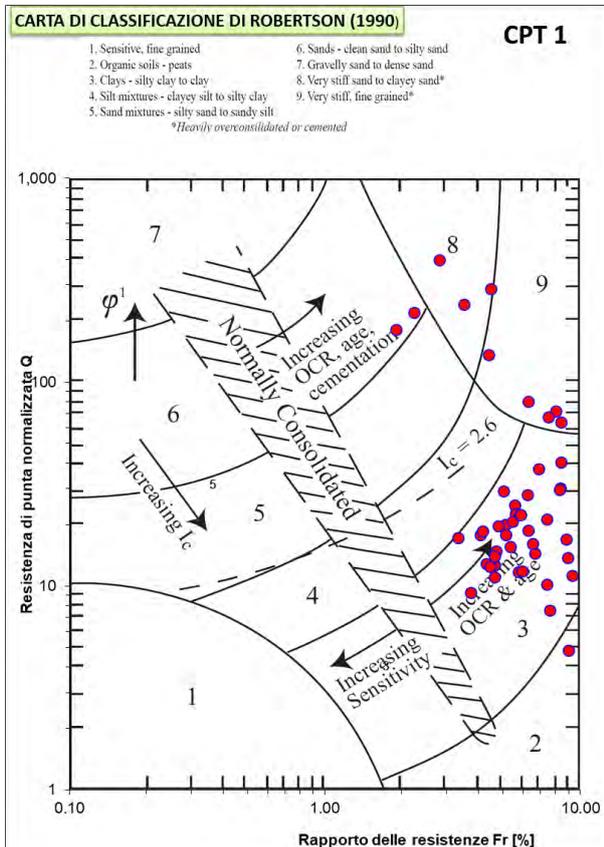
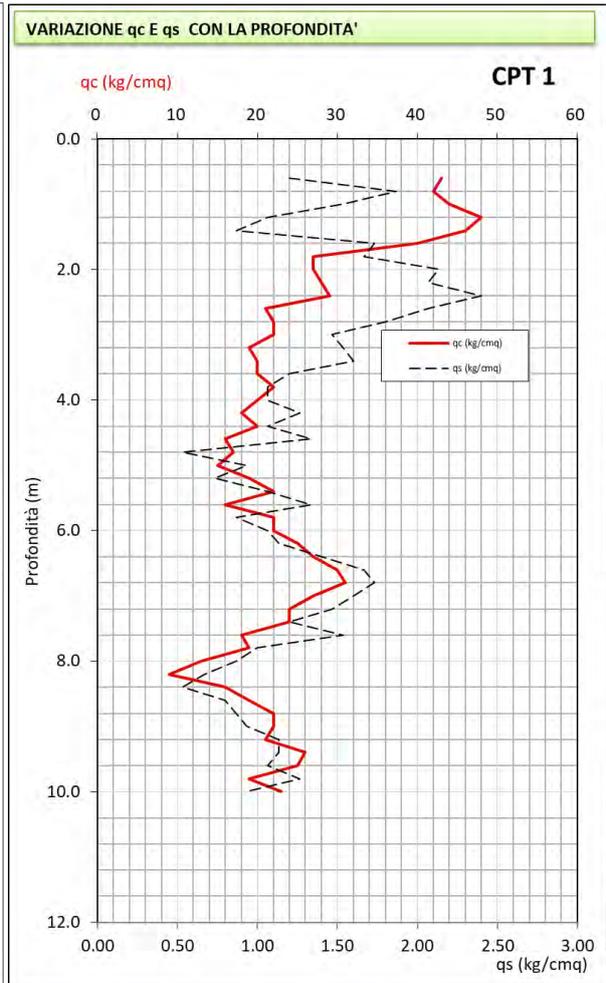
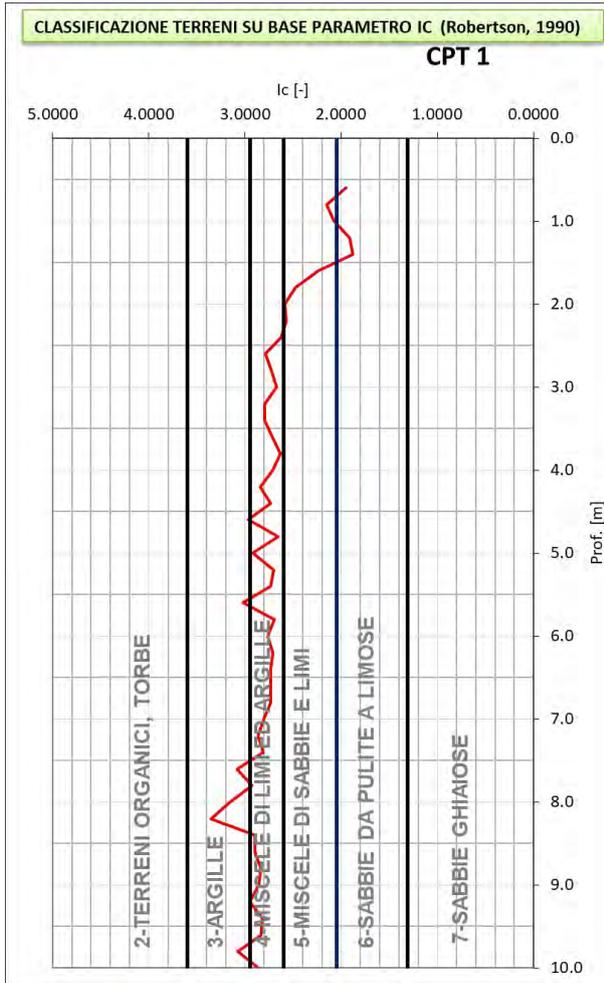
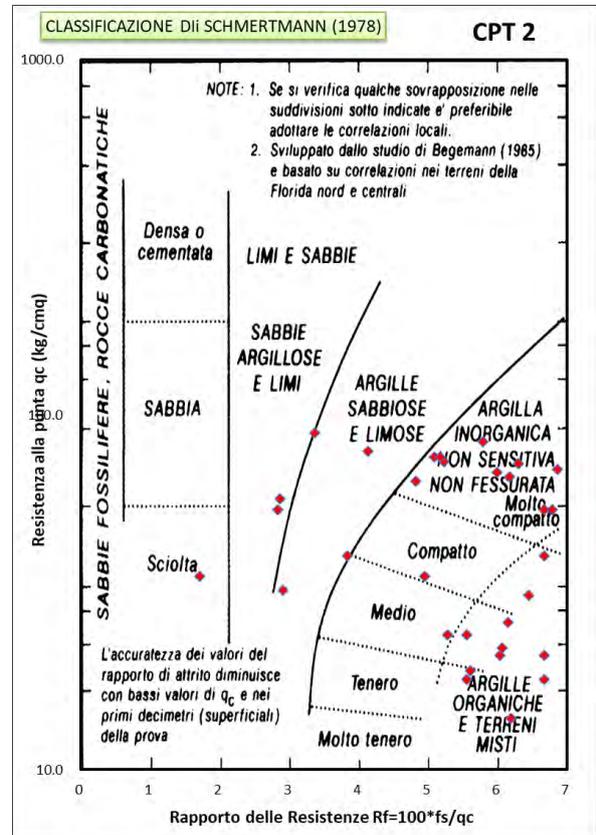
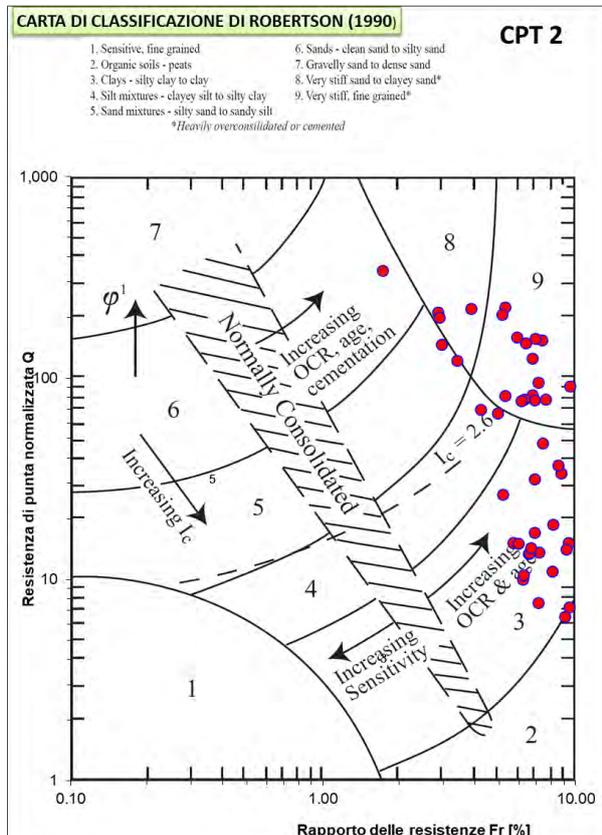
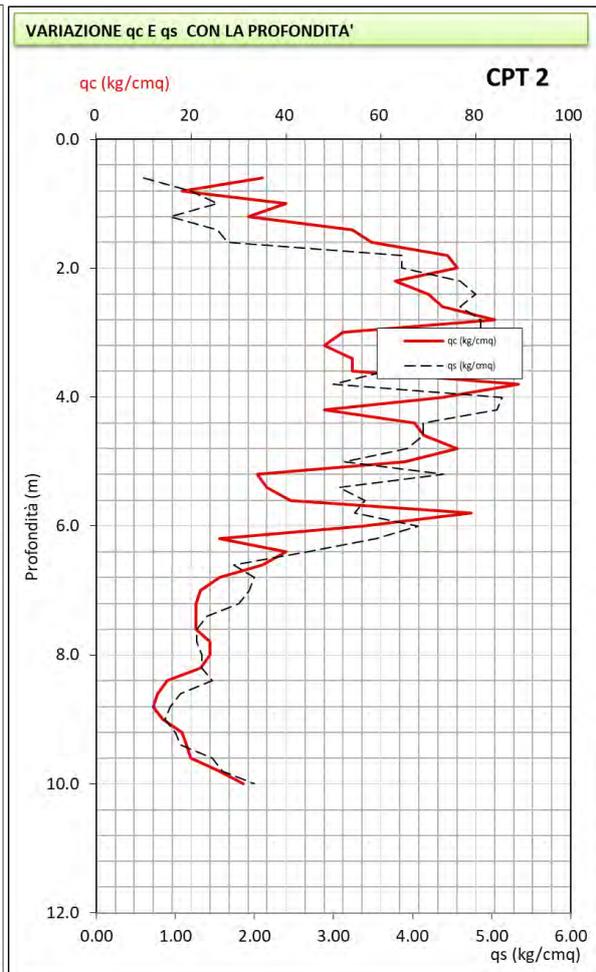
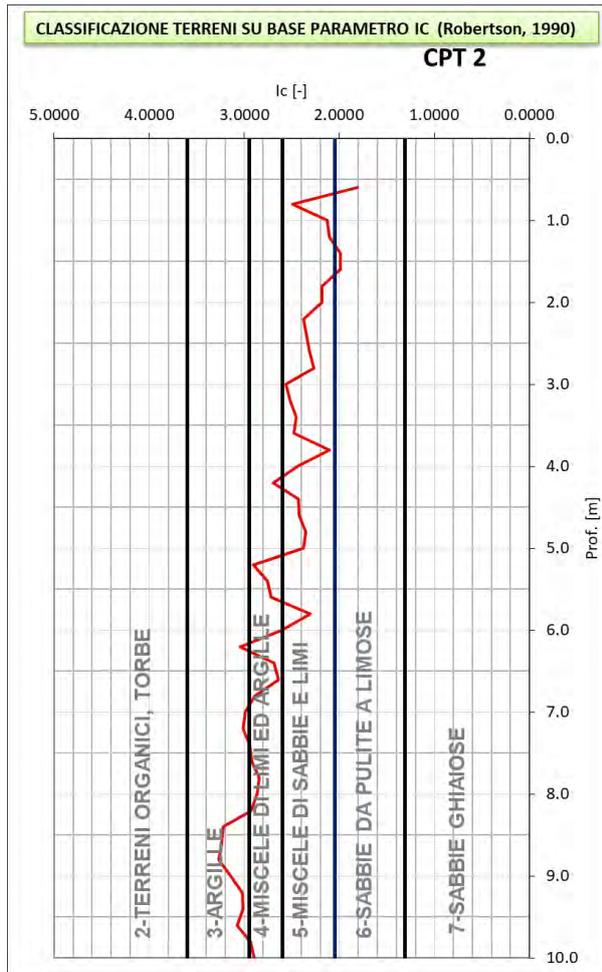


Figura 27. Variazione di resistenza alla punta (q_c) in funzione della profondità

Si riportano di seguito i grafici ottenuti dalla elaborazione dei dati provenienti dalla prova penetrometrica statica.





D. MODELLO GEOLOGICO E SCHEMA LITOLOGICO

Per ottenere informazioni relative alla situazione del sottosuolo sono state innanzi tutto considerate le risultanze delle indagini bibliografiche reperite ed ubicate in prossimità del sito oggetto della presente relazione e le indagini eseguite ad Ottobre 2021 in corrispondenza del sito in esame.

Sulla base delle informazioni reperite ed elaborate è possibile definire il seguente schema litologico e geotecnico:

L1a	AES8	- <i>Livello L1a</i> : livello di origine naturale/alluvionale sabbioso-ghiaioso a matrice limosa; questo livello è stato rinvenuto nella prova CPT2 tra -1.0 m e -6.6 m da p.c. e nella prova penetrometrica CPT1 tra -0.6 m e -1.6 m da p.c. <i>Parametri caratteristici</i> : $q_c = 27.0-43.4 \text{ kg/cm}^2$; $V_s = 70-180 \text{ m/s}$.
L1b	AES8	- <i>Livello L1b</i> : livello costituito prevalentemente da limi ed argille, questo livello, tipico della zona, è stato rinvenuto a partire dalla profondità di -1.6 m da p.c. nella prova CPT1 e da circa -6.6 m da p.c. nella prova CPT, sino alla profondità massima raggiunta dalle prove (10.0 m da p.c.) <i>Parametri caratteristici</i> : $q_c = 13.0-18.0 \text{ kg/cm}^2$; $V_s = 360 \text{ m/s}$.

Di seguito si riporta la sintesi dei parametri geotecnici ricavati dalle indagini eseguite per i livelli descritti nello schema riportato precedentemente.

Profondità m dal pc	Sigla/Unità geologica	Comportamento prevalente	Litologia	Parametri	
0.0 – 1.6 (sino-6.6 m da p.c. nella CPT2)	L1a	Granulare	Sabbia e ghiaia a matrice limosa	Parametri totali $\gamma_k = 19-20 \text{ KN/m}^3$ $Cu_k > 130 \text{ kPa}$ $\Phi_u = 0^\circ$ $M_k = - \text{MPa}$	Parametri efficaci $\gamma_k = 19-20 \text{ KN/m}^3$ $c'_k = 0.0-5.0 \text{ kPa}$ $\Phi'_k = 28-31^\circ$ $Eu_{50} = 5.2-8.4 \text{ MPa}$ $Es = 6.6-10.6 \text{ Mpa}$
1.6/6.6-10.0* (*profondità massima raggiunta dalle prove)	L1b	coesivo	Limi ed argille	Parametri totali $\gamma_k = 19-20 \text{ KN/m}^3$ $Cu_k = 50-81.4 \text{ kPa}$ $\Phi_u = 0^\circ$ $M_k = 4.5-5.5 \text{ MPa}$	Parametri efficaci $\gamma_k = 19-20 \text{ KN/m}^3$ $c'_k = 0.0-5.0 \text{ kPa}$ $\Phi'_k = 22.2-24.6^\circ$ $Eu_{50} = 2.2-3.4 \text{ MPa}$ $Es = 3.2-4.6 \text{ Mpa}$

Valori caratteristici dei parametri geotecnici dei livelli litologici descritti. Dove: γ = peso di volume naturale; Cu = Resistenza al taglio in condizioni non drenate; M = Modulo Edometrico, ϕ' = angolo di attrito efficace; c' = coesione efficace, Es = modulo elastico drenato, Eu = modulo elastico non drenato al 50% della deformazione. Come valori caratteristici per i livelli sono riportati in tabella i range tra il 5° percentile e il Bayesiano.

La falda durante le indagini geognostiche di Ottobre 2021 è stata reperita alla profondità di 7.6 m da p.c.. Non si esclude comunque che in corrispondenza di periodi piovosi o eventi intensi la quota della falda possa raggiungere quote più elevate.

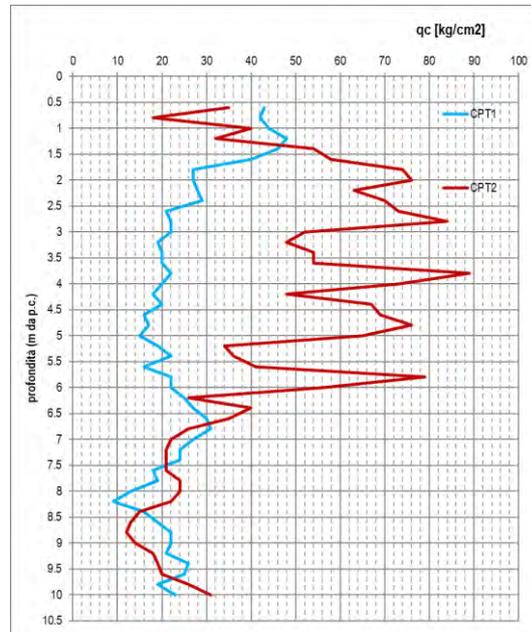
D.1 Parametri meccanici

D.1.1 Resistenza alla punta (qc) nelle prove penetrometriche statiche (CPT)

Il valore di resistenza alla punta del penetrometro statico (qc) è indicativo sulla litologia e sulla resistenza alla rottura del terreno attraversato. Di seguito si riporta un'elaborazione dei valori medi e statistici per i livelli attraversati dalle prove penetrometriche statiche.

	L1a	L1b
media	52.3	21.0
5° percentile	27.0	13.0
minimo	26.0	9.0
massimo	89.0	35.0
Dev stad	17.8	4.4
COV	0.3	0.2
Bayesiano	43.4	18.8
16° percentile	34.1	16.0

Valori di qc in kg/cm²



D.1.2 Coesione non drenata (Cu)

Per quanto riguarda i dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche per valutare la coesione non drenata (Cu), tipica dei terreni coesivi, è stata utilizzata la relazione proposta da Schmertmann (1975)⁴, espressa in funzione della resistenza alla punta qc (o Rp) del penetrometro statico e della pressione geostatica σ_v ; $Cu = Rp - \sigma_v / N_c$; dove N_c è una costante dipendente dal tipo di terreno in esame.

Di seguito si riporta un'elaborazione dei valori medi e statistici per i livelli attraversati dalle prove penetrometriche.

	L1a	L1b
media	253.5	96.4
5° percentile	130.8	50.0
minimo	121.6	36.3
massimo	432.9	171.1
Dev stad	87.1	21.5
COV	0.3	0.2
Bayesiano	210.0	81.4
16° percentile	162.1	74.1

Valori di Cu (kPa)

⁴ Schmertmann, J. H. 1975. "Measurement of In-Situ Strength," Proceedings of the Conference on In-Situ Measurement of Soil Properties, American Society of Civil Engineers, pp 55-138.

D.1.3 Modulo Edometrico (M)

Per quanto riguarda i dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche per la valutazione del modulo edometrico (M) è stata impiegata la correlazione proposta da Mitchell & Gardner (1975)⁵:

$$M = \alpha qc \quad \text{Mitchell \& Gardner (1975)}$$

dove α è una costante dipendente dalle caratteristiche del terreno esaminato.

Nella tabella seguente si riportano i valori ottenuti per i livelli individuati.

	L1a	L1b
media	12.8	5.9
5° percentile	6.6	4.5
minimo	6.4	3.1
massimo	21.8	8.6
Dev stad	4.4	0.8
COV	0.3	0.1
Bayesiano	10.6	5.5
16° percentile	8.4	5.1

Valori di M (MPa)

D.1.4 Resistenza al taglio e densità relativa

I valori caratteristici della resistenza al taglio drenata (τ) sono rappresentati dalla coesione drenata c' e dall'angolo di attrito ϕ' . Questo ultimo parametro è stato determinato dalle prove penetrometriche statiche in cui partendo dai valori qc , si ricava o in modo diretto (equazioni che correlano qc con ϕ) o in modo indiretto (es. equazioni che correlano parametri tipo Dr con ϕ - i parametri tipo Dr sono ricavati da qc). Le relazioni dirette utilizzate sono le seguenti:

$$\begin{aligned} \Phi' &= 9.8 + 4.96 \cdot \ln(qc / \sigma'_v) && \text{Caquot} \\ \Phi' &= 14.4 + 4.8 \cdot \ln qc - 4.5 \cdot \ln \sigma'_v && \text{Durgunoglu-Mitchell (1975)}^6 \\ \Phi' &= 5.8 + 5.21 \cdot \ln(qc / \sigma'_v) && \text{Koppejan et al. (1948)}^7 \\ \Phi' &= 17.6 + 11 \cdot \log(Q_{c1n}) && \text{Kulhawy \& Mayne (1990)}^8 \end{aligned}$$

Nella tabella seguente si riportano i valori ottenuti per i livelli individuati.

⁵ Mitchell J.K. & Gardner W.S. (1975) "In situ measurement of volume change characteristics" Proceeding of the ASCE specialty conference In situ, Raleigh, NC, ASCE, pp 279-345.
⁶ Durgunoglu, H. T., and Mitchell, J. K. (1975). "Static Penetration Resistance of Soils, Evaluation of Theory and Implication for Practice." Proceedings of the In-situ Measurement of Soil Properties, Raleigh, NC, American Society of Civil Engineers, New York, NY.
⁷ Koppejan, A.W., van Wamelen, B.M., Weinberg, L.J.H. (1948): "Coastal flow slides in the Dutch province of Zeeland." In Proceeding of the 1st Int. Conf. Of Int. Soc. of Soil Mechanics and Foundation Engineer, Rotterdam, Vol.4.
⁸ Kulhawy, FH & Mayne, PW (1990). "Manual on estimating soil properties for foundation design", Rpt. EL-6800, Electric Power Research Inst., Palo Alto, 306 p"

	L1a	L1b
media	32.7	25.3
5° percentile	28.1	22.2
minimo	26.3	20.4
massimo	37.2	36.4
Dev stad	2.9	1.5
COV	0.1	0.1
Bayesiano	31.2	24.6
16° percentile	29.5	23.9

Valori di Φ' (°)

Per quanto riguarda la coesione drenata per i livelli individuati si stimano valori compresi tra 0-5 kPa.

D.1.5 Modulo di Young [modulo di elasticità] (E)

Per determinare i valori del modulo elastico dei terreni attraversati dalle prove penetrometriche statiche, che hanno raggiunto una profondità massima di 10.0 m da p.c., sono state utilizzate le correlazioni indicate di seguito.

I valori caratteristici del modulo elastico non drenato (E_u) sono stati calcolati al 50% della deformazione in funzione della resistenza al taglio non drenata (C_u) attraverso la relazione proposta da Poulos (1971)⁹:
 $E_{50} = 40 * C_u$

E_{u50} (MPa)	L1a	L1b
5° percentile	5.2	2.2
Bayesiano	8.4	3.4

I valori caratteristici del modulo elastico drenato (E_s) sono stati calcolati in funzione della resistenza alla punta q_c o R_p attraverso la relazione proposta da Schmertmann:
 $E_s = 2.5 * q_c$

E_s (MPa)	L1a	L1b
5° percentile	6.6	3.2
Bayesiano	10.6	4.6

⁹ Poulos, H. G. (1971) "Behavior of laterally loaded piles. I: single piles," *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, 97(5), pp 711-731.

E. MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE" DEL SITO DI COSTRUZIONE

E.1 Sismicità

E.1.1 Zonazione sismica e pericolosità

L'area in esame, nella zonazione sismogenetica pubblicata sul sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> (G.d L., 2004¹⁰), ricade all'interno della zona sismogenetica 913. Le zone sismogenetiche 913, 914 e 918 risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all'Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna.

GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITCS009		
Name	Busseto-Cavriago		
Compiler(s)	Burrato P.(1)		
Contributor(s)	Burrato P.(1), D'Ambrogio G.(2), Maesano FE.(1), Toscani G.(3)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sismologia e Tettonofisica, Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, Servizio Geologico d'Italia, Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy 3) Università di Pavia, Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Via Ferrata, 1, 27100 Pavia, Italy		
Created	17-Oct-2013		
Updated	19-Jun-2015		
Display map ...			
Related sources			
PARAMETRIC INFORMATION			
	PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	120...140	OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	20...40	OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	90...120	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.16...0.53	OD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	5.6	LD	Derived from the strongest earthquake occurred in the region.

Nel "Database of individual seismogenetic sources - DISS"¹¹ disponibile al sito www.ingv.it l'area in esame ricade internamente alle sorgenti sismogenetiche individuate; in particolare il sito si colloca in corrispondenza della sorgente sismogenetica denominata **ITCS009** Busseto-Cavriago per la quale sono riportate le informazioni sintetizzate nella tabella sopra riportata.

Nel "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" (Gruppo di lavoro CPT15 versione 2.0, 2019¹²) per un intorno significativo dell'area in esame (un quadrato di 30 Km di lato con centro nell'area in esame) sono stati identificati 39 eventi significativi, dei quali si riportano alcuni dati nella tabella successiva.

N	Sect	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	MainRef	TLDef	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	TloDef	MwDef	ErMwDef	TMwDef
84	MA	1344	11	11				Parma	CFT14med	MM	44.801	10.330		5	bx	4.16	0.46	Mdm
85	MA	1345	01	31				Pianura emiliana	ENEL985	MM	44.810	10.564		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm
114	MA	1383	07	24	20			Parma	ENEL985	MM	44.801	10.330		4-5	bx	3.93	0.46	Mdm
140	MA	1409	11	15	11	15		Parma	CFT14med	MM	44.801	10.330		7	bx	5.10	0.46	Mdm
159	MA	1438	06	11	02			Parmense	CFT14med	MM	44.844	10.239		8	bx	5.56	0.46	Mdm
288	MA	1522	10	05	00	10		Pianura Padana	CFT14med	MM	44.982	10.050		5	bx	4.71	0.40	Mdm
363	MA	1572	06	04	22			Parmense	ENEL985	MM	44.850	10.422		6	bx	4.63	0.46	Mdm
379	MA	1586	01	12				Parmense	MOLAL008	MM	44.866	10.061		5	bx	4.16	0.46	Mdm
443	MA	1628	11	04	15	40		Parma	CFT14med	MM	44.801	10.330		6-7	bx	4.86	0.46	Mdm
480	MA	1653	04	19	04	15		Reggiano	CAMAL011b	MM	44.814	10.504		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm
688	MA	1732	02	04	18	20		Parma	CFT14med	MM	44.871	10.468		5-6	bx	4.65	0.35	Mdm
834	MA	1774	03	04				Parma	AMGNDT995	MM	44.801	10.330		5	bx	4.16	0.46	Mdm
1044	MA	1818	12	09	18	55		Parmense	CFT14med	MM	44.696	10.296		7	bx	5.24	0.38	Mdm
1096	MA	1831	07	14	15	30		Reggiano	CFT14med	MM	44.749	10.480		5-6	bx	4.60	0.37	Mdm
1097	MA	1831	09	11	18	15		Pianura emiliana	CFT14med	MM	44.753	10.544		7-8	bx	5.48	0.26	Mdm
1111	MA	1832	03	13	03	30		Reggiano	CFT14med	MM	44.765	10.494		7-8	bx	5.51	0.12	Mdm
1262	MA	1857	02	01				Parmense-Reggiano	AMGNDT995	MM	44.749	10.480		6-7	bx	5.11	0.21	Mdm
1521	MA	1886	10	15	02	20		Collecchio	ENEL985	MM	44.750	10.306		6	bx	4.70	0.20	Mdm
1726	MA	1898	03	04	21	05		Parmense	CFT14med	MM	44.655	10.260		7-8	bx	5.37	0.10	Mdm
1913	MA	1906	08	25	03	11		Parmense	CFT14med	MM	44.812	10.079		5	bx	4.25	0.33	Mdm

¹⁰ Gruppo di Lavoro (2004): Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma.

¹¹ Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics

¹² Rovida A., Locati M., Camassi R., Lelli B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPT15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>

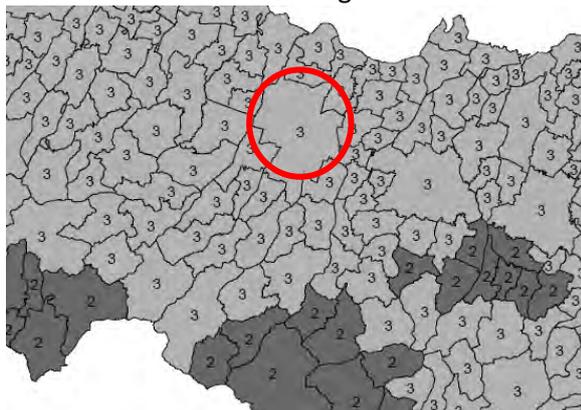
N	Sect	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	MainRef	TLDef	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	TioDef	MwDef	ErMwDef	TMwDef
2089	MA	1913	11	25	20	55		Appennino parmense	CASAL996	MM	44.551	10.196		4-5	bx	4.65	0.13	Wmim
2137	MA	1915	10	10	23	10		Reggiano	ENEL985	MM	44.733	10.470		6	bx	4.87	0.11	Wmim
2531	MA	1937	09	17	12	19	05.00	Parmense	CFT14med	MI	44.764	10.338		7	bx	4.77	0.28	Mdm
2559	MA	1940	01	24	23	32	16.00	Appennino emiliano	ISS	II	44.800	10.300						
2563	MA	1940	05	01	09	36	05.00	Parmense	BCIS	II	44.800	10.183				5.06	0.24	InsC
2726	MA	1955	03	12	06	57	04.00	Parmense	CFT14med	MM	44.798	10.173		5	bx	4.15	0.42	Mdm
2838	MA	1961	08	13	22	34	18.00	Parmense	CFT14med	MM	44.739	10.229		5-6	bx	4.37	0.25	Mdm
2839	MA	1961	08	14	01	03	02.00	Parmense	CFT14med	MM	44.812	10.153		5-6	bx	4.47	0.39	Mdm
2964	MA	1968	06	07	09	34	46.00	Parmense	ISC	II	44.750	10.320	25.0					
2986	MA	1969	06	24	13	25	18.00	Parmense	CFT14med	MI	44.731	10.139		5	bx	4.21	0.28	Wmim
3003	MA	1970	05	03	04	17	41.00	Parmense	MOLAL008	MI	44.707	10.299		4	bx	4.08	0.32	Wmim
3038	MA	1971	07	15	01	33	23.00	Parmense	CFT14med	MI	44.814	10.345		8	bx	5.51	0.08	Wmim
3057	MA	1972	06	25	17	10	47.87	Parmense	ISC	II	44.638	10.303	49.6			4.01	0.23	InsC
3319	MA	1981	05	26	09	27	56.00	Reggiano	CFT14med	MI	44.655	10.434		5	bx	3.75	0.21	Wmim
3380	MA	1983	11	09	16	29	52.00	Parmense	CFT14med	MI	44.755	10.265		6-7	bx	5.04	0.10	InsO
4315	MA	2007	05	09	06	03	49.66	Pianura emiliana	BSINGV	II	44.801	10.478	9.7			4.21	0.07	InsO
4360	MA	2008	12	23	23	37	06.00	Parmense	BSINGV	II	44.582	10.256	19.4			4.08	0.13	InsC
4361	MA	2008	12	25	03	08	29.80	Parmense	BSINGV	II	44.556	10.309	21.9			4.09	0.12	InsC
4467	MA	2012	01	25	08	06	37.09	Pianura emiliana	BSINGV	IM	44.871	10.510	29.0	5-6	bx	4.98	0.07	InsO

Field	Description	TLDef	Type of default location:
N	Record number (in chronological order)		- MI = macroseismic (alternative to instrumental)
Sect	Catalogue section, related to a specific seismological context MA = main NV = Phlegraean volcanic area EV = Etna volcanic area CA = Calabrian arc (subduction)		- IM = instrumental (alternative to macroseismic) - II = instrumental (only choice) - MM = macroseismic (only choice) - PC = from parametric catalogue - NP = location not defined
Year	Origin time: year		
Mo	Origin time: month	LatDef	Default epicentral latitude (WGS84)
Da	Origin time: day	LonDef	Default epicentral longitude (WGS84)
Ho	Origin time: hour	DepDef	Default depth in km (instrumental; only when TLDef = II or IM)
Mi	Origin time: minutes	IoDef	Default epicentral intensity
Se	Origin time: seconds	TioDef	Source of the default epicentral intensity: - bx = from macroseismic data, determined using Boxer - pc = from parametric catalogue - dm = from macroseismic data according to the referenced study (RefM)
EpicentralArea	Epicentral area or area of the largest macroseismic effects	MwDef	Default moment magnitude
MainRef	Main bibliographical reference: - equal to RefM when TLDef = MM, MI, ND - equal to Refins when TLDef = II o IM - code of the reference parametric catalogue when TLDef = PC	ErMwDef	Error associated to the default moment magnitude
		TMwDef	Default moment magnitude determination code: - InsO = instrumental, recorded - InsC = instrumental, converted from other magnitude scales - Mdm = macroseismic, from intensity data - Mlo = macroseismic, converted from epicentral intensity - Mpc = from the source parametric catalogue - Wmim = mean of MwIns and MwM, weighted with the inverse of the related variances

Tabella 5. Estratto dal Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani.

E.1.2 Classificazione sismica

Nell' "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna" (DGR n.1164/2018) il Comune di **Parma** viene classificato in **zona 3**. Nella figura seguente viene riportata la classificazione sismica a scala regionale.



■ Zona 2
■ Zona 3

Figura 28. Estratto dall'allegato B della DGR n.1164/2018.

Nel D.M 17 gennaio 2018. "Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" per il calcolo della pericolosità si fa riferimento agli allegati delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (G.U. n°29 del 04/02/08) in cui in particolare è fornita la pericolosità sismica su reticolo di riferimento per diversi intervalli di riferimento (sito <http://esse1.mi.ingv.it/>). Poiché l'area in esame non ricade precisamente su uno di tali punti, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame; P_i è il valore del parametro di interesse nell'iesimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame; d è la distanza del punto in esame dall'iesimo punto della maglia suddetta.

Di seguito si riportano i parametri a_g , F_0 e T_c' per diversi periodi di ritorno TR ottenuti con il programma "Spettri-NTC ver 1.3" disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici <http://www.cslp.it/cslp/>.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

LONGITUDINE: 10.30642 LATITUDINE: 44.81957

REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabili dei parametri

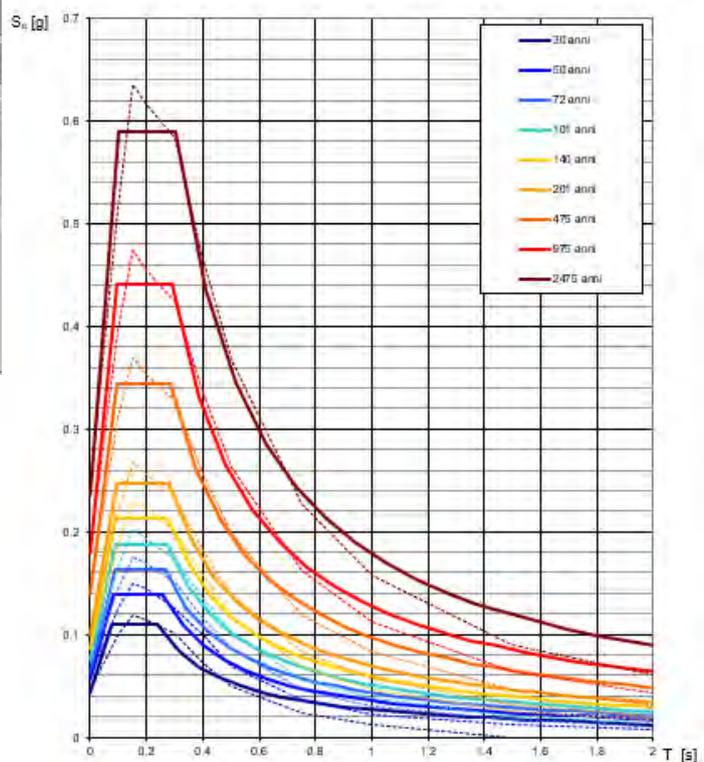
Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

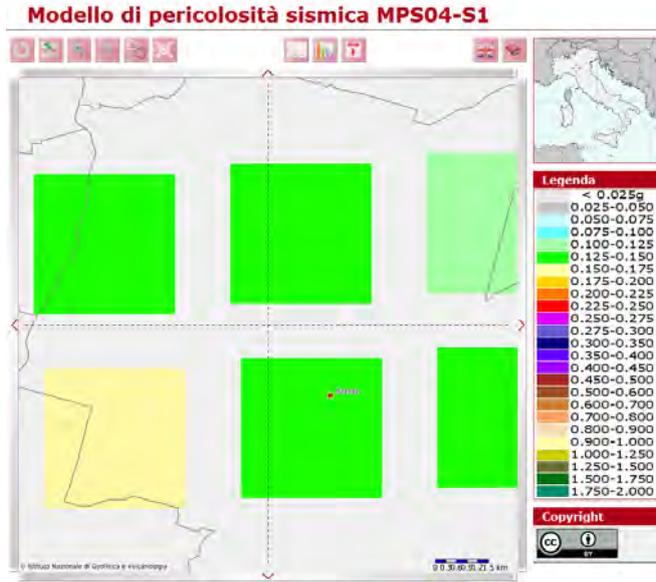
La "ricerca per comune" utilizza la coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così indicate e si consiglia, quindi, la "ricerca per coordinate".

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
30	0.044	2.489	0.239
50	0.056	2.498	0.256
72	0.065	2.493	0.265
101	0.075	2.484	0.271
140	0.086	2.477	0.275
201	0.100	2.470	0.278
475	0.140	2.467	0.282
975	0.179	2.470	0.289
2475	0.236	2.495	0.302

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



I dati di disaggregazione riportati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/> per i vertici identificati riferiscono valori di magnitudo (M) per $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni media comprese tra 4-6 e distanze (D) comprese tra 0-30 km.



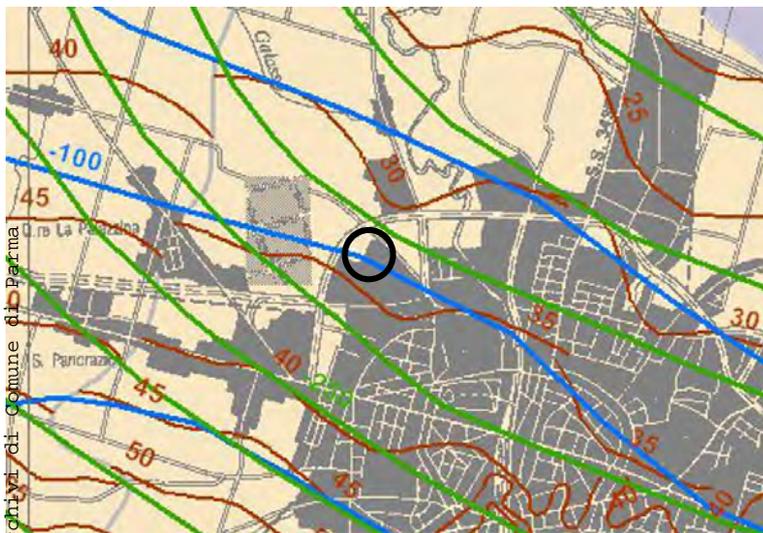
	15385	15386	15608	15607
M	4.84	4.84	4.84	4.83
D	9.85	8.20	7.94	8.22
Epsilon	0.701	0.711	0.765	0.671

Figura 29. Dati di disaggregazione estratti dal sito <http://esse1.mi.ingv.it/> per i nodi relativi all'area in esame per una probabilità del 10% in 50 anni.

E.2 Elementi di microzonazione sismica

E.2.1 Rischio sismico da PTCP Parma

La variante in adeguamento alla normativa sismica regionale (L.R.19/2008) del PTCP della Provincia di Parma riporta una serie di cartografie di analisi; in particolare nella tavola "Dati del sottosuolo utili alla definizione della Pericolosità Sismica Locale" si evidenzia come l'area in esame (posta ad una quota di circa 47-48 m s.l.m.) si collochi in un'area in cui la base dei depositi alluvionali/tetto substrato marino è compresa tra le isobate -300/-350 m s.l.m. mentre è compresa tra le isobate -100/-150 m s.l.m. la base del ciclo alluvionale superiore. Nell'area inoltre è indicata la presenza di depositi ghiaiosi sepolti.



Dati di Sottosuolo [1]:

-  Isobate del tetto dei depositi ghiaiosi/sabbiosi appenninici e padani (quota rif. al livello medio del mare)
-  Isobate della base del ciclo alluvionale superiore (quota rif. al livello medio del mare)
-  Isobate della base dei depositi alluvionali/tetto substrato marino (quota rif. al livello medio del mare)
-  Sequenze alluvionali prevalentemente a granulometria fine (argille e limi)
-  Depositi sabbiosi dell'apparato sedimentario del F PO
-  A: affioranti
S: sepolti
-  Depositi ghiaiosi
-  A: affioranti
S: sepolti

Figura 30. Estratto dalla tavola "Dati del sottosuolo utili alla definizione della Pericolosità Sismica Locale" del PTCP di Parma.

Nella "Carta della Pericolosità Sismica Locale – forme e depositi che possono influenzare il moto sismico in superficie" il sito in esame è ubicato in un'area caratterizzata dalla presenza di depositi prevalentemente ghiaiosi o limosi o misti, di conoide alluvionale e terrazzo (in termini di sistemi deposizionali di pianura); sono segnalati subito ad est del sito in esame depositi di canale fluviale e argine. Sempre ad est del sito è presente in dosso fluviale.



LEGENDA:

- Idrografia (corso d'acqua, lago)
- Sistemi deposizionali di pianura^[1]:**
 - Depositi di conoide alluvionale e terrazzo
 - Depositi di riempimento di canale fluviale
 - Depositi di canale fluviale e argine
 - Depositi di piana alluvionale
- Forme e depositi superficiali che possono influenzare il moto sismico in superficie:**
 - Deposito di origine antropica (attività estrattiva)
 - Depositi alluvionali intravallivi, recenti e in evoluzione (glaciale e subglaciale)
 - Elementi morfologici**
 - Versante con acclività maggiore di 15°
 - Scarpa o pendio delimitante un terrazzo con H inf. 5 m con H sup. 5 m
- Settore di pianura e margine collinare:**
 - Conoide alluvionale (di pianura) (con H trasgessi: pendenza inf. 10°)
 - Ventaglio di esondazione
 - Traccia di corso fluviale estinto Dosso fluviale
 - Depositi prevalentemente ghiaiosi o limosi o misti
 - Depositi prevalentemente sabbiosi
 - Depositi prevalentemente argillosi

Figura 31. Estratto dalla “Carta della Pericolosità Sismica Locale – forme e depositi che possono influenzare il moto sismico in superficie” del PTCP di Parma.

Nella “Carta Provinciale delle aree suscettibili di effetti locali” del PTCP della Provincia di Parma (variante in adeguamento alla normativa sismica regionale L.R.19/2008) l’area in esame ricade entro la “zona DAGS”. L’area DAGS è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o misti, depositi alluvionali intravallivi, substrato roccioso con $V_s < 800$ m/s; come effetti attesi è segnalata l’amplificazione per caratteristiche litologiche e come livello di approfondimento è indicato il Livello II.



Aree soggette ad effetti locali:

- Fenomeni di instabilità in atto [IA]
- Area di possibile evoluzione [APE]
- Detriti di versante e fenomeni di instabilità potenziale**
 - A: con acclività < 15° [IP]
 - B: con acclività > 15° [IPt]
- Depositi alluvionali sabbiosi [DS] ●●●●● Limite sabbie sepolte F. Po
- Possibile presenza di depositi sabbiosi [PDS]
- Possibile presenza di lenti sabbiose [PLS]
 - con acclività > 15° e dislivello > 30 m [PLSt]
- Depositi alluvionali argillosi [DAA]
- Depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o misti, depositi alluvionali intravallivi, substrato roccioso con $V_s < 800$ m/s [DAGS]
 - con acclività > 15° e dislivello > 30 m [DAGSt]
- Depositi alluvionali in evoluzione [DAE]
- Limite di contatto tettonico [LCT]
- Substrato roccioso rigido con $V_s > 800$ m/s [SRR]
 - con acclività < 15° e dislivello > 30 m [SRRt]

CLASSE	EFFETTI DI SITO					LIVELLI DI APPROFONDIMENTO per la pianificazione comunale
	Amplificazione per caratteristiche litologiche	Amplificazione per caratteristiche topografiche	Instabilità di versante In atto evoluzione potenziale	Potenziali cedimenti	Potenziale liquefazione	
DAGS	X					II

Figura 32. Estratto dalla Tavola 5 “Carta Provinciale delle aree suscettibili di effetti locali” del PTCP della provincia di Parma.

E.2.2 Microzonazione sismica del Comune di Parma

Nella “Carta geologico tecnica” della Microzonazione sismica (II Livello) del Comune di Parma (CTG_2) i terreni di copertura presenti nell’area sono classificati come MH – Limi inorganici, sabbie fini. Il sito si trova tra le isobate del tetto delle ghiaie di -10 e -15 m (da p.c.). In carta sono anche indicate alcune misure di profondità della falda in aree con sabbie e/o ghiaie: in particolare sono indicati due valori di soggiacenza della falda a SW del sito in esame di -2.4 m da p.c. e a NE di -2.8 m da p.c.

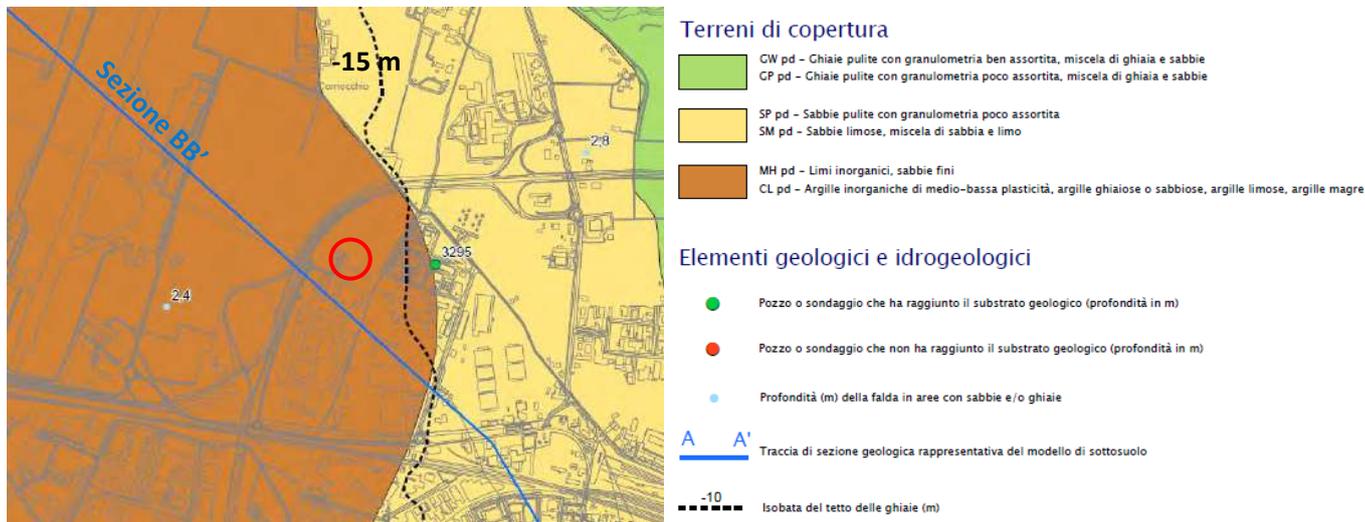


Figura 33. Estratto dalla “Carta geologico tecnica” CGT_2 della Microzonazione sismica del comune di Parma.

La sezione BB’ la cui traccia passa subito a S del sito in esame è contenuta nella Relazione illustrativa della MZS II; si riporta di seguito la sezione suddetta e si segnala che in corrispondenza del sito in esame sono presenti limi e limi sabbiosi sino a 10/15 m di profondità, seguono poi ghiaie ben classate, ghiaie e sabbie.

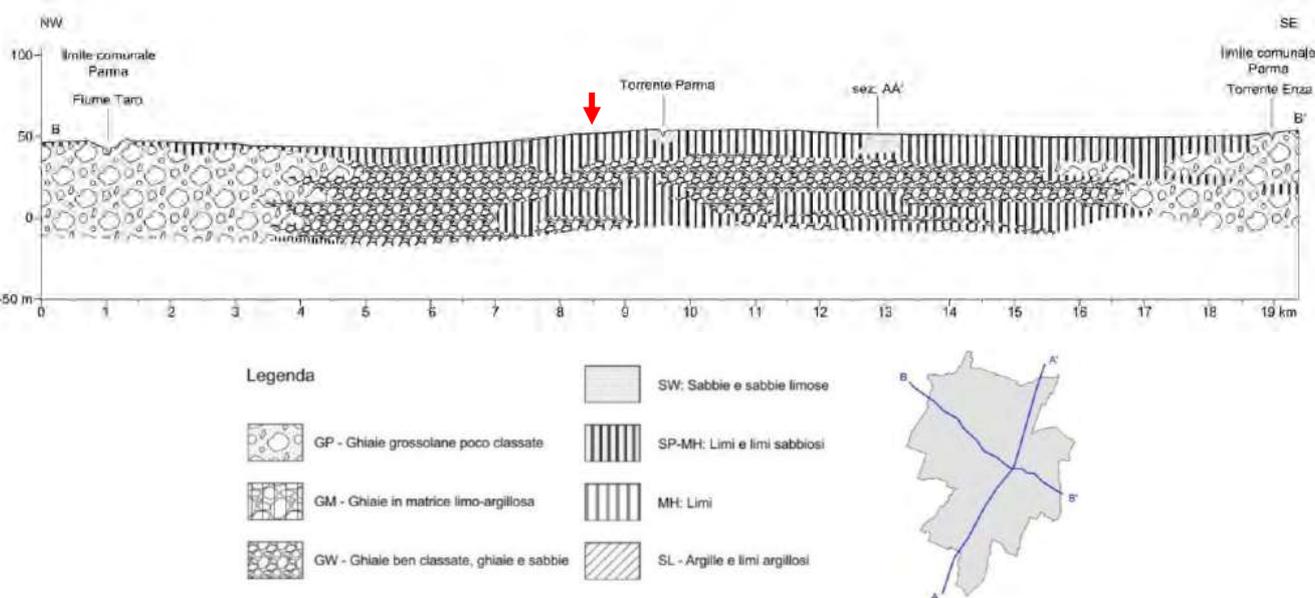


Figura 34. Sezione BB’ riportata nella Relazione illustrativa della MZS II. La freccia rossa indica grossomodo la posizione del sito in esame.

Si riportano di seguito alcuni estratti cartografici della microzonazione sismica di III livello del Comune di Parma.

Nella "Carta delle indagini (tav.1c)" di cui un estratto è riportato di seguito, in prossimità del sito in esame viene indicata la presenza di n°3 pozzi per acqua, di cui il pozzo indicato con ID 034027P239 è ubicato in corrispondenza dell'area di studio (e corrisponde al pozzo censito nel database RER con la sigla P671); inoltre vengono indicate le seguenti indagini simiche eseguite a sud/sud-est del sito oggetto della presente relazione:

- n°1 prova penetrometrica statica con piezocono;
- n°1 sondaggio a carotaggio continuo;
- n°1 prova sismica Re.Mi. (Refraction Microtremors);
- n°1 misura di rumore sismico tramite stazione a microtremore a stazione singola HVSR.

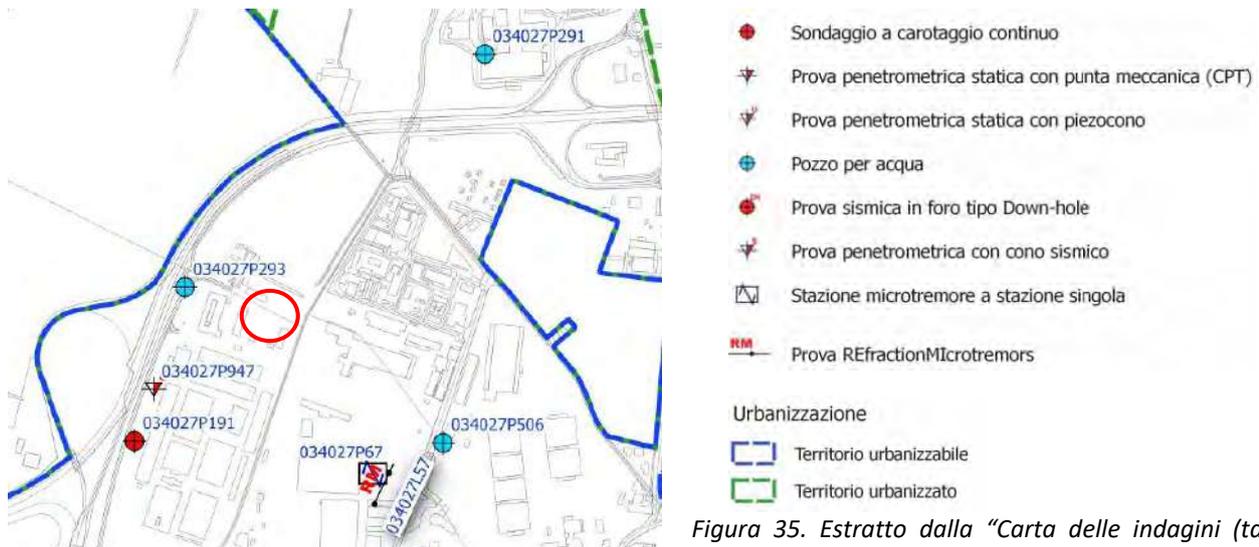


Figura 35. Estratto dalla "Carta delle indagini (tav. 1c)" della Microzonazione sismica (MS3) del comune di Parma.

Nella "Carta delle frequenze naturali dei terreni (tav.2c)" si segnala la frequenza naturale rilevata a sud-est dell'area di interesse (in corrispondenza della prova (034027P67): $f_0=4.4$ Hz, con ampiezza di picco compresa tra 2.0-3.0 (contrasto di impedenza moderato).

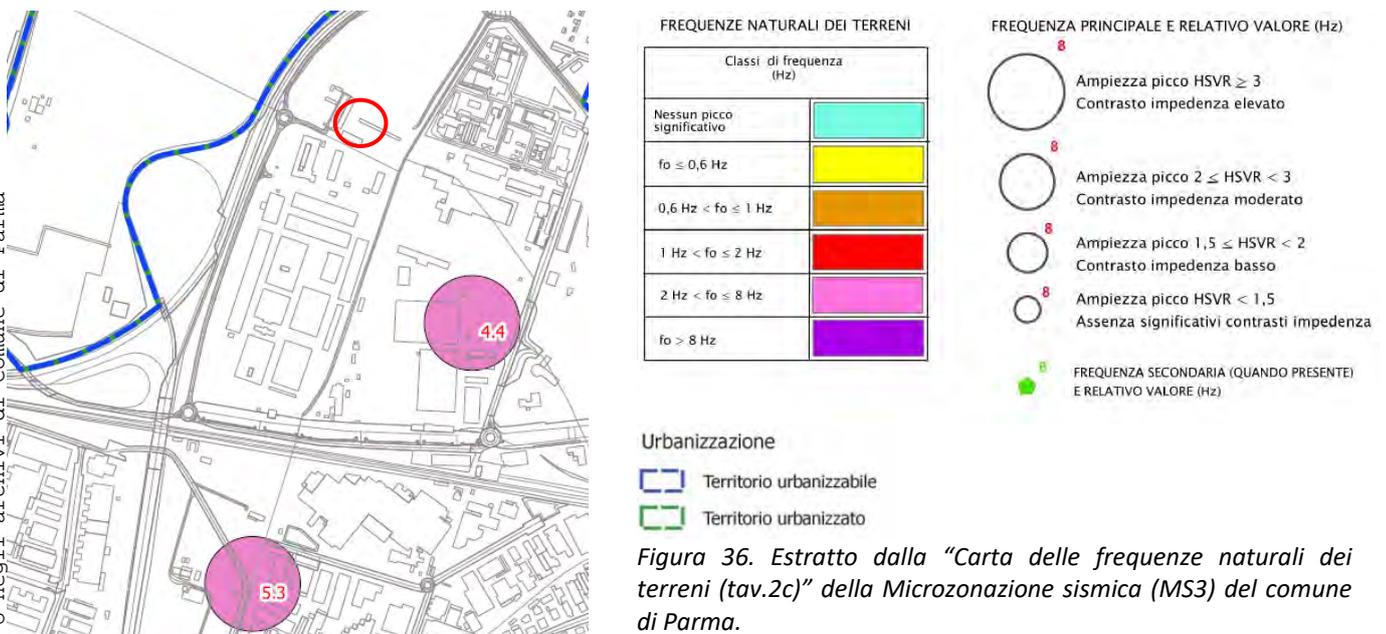


Figura 36. Estratto dalla "Carta delle frequenze naturali dei terreni (tav.2c)" della Microzonazione sismica (MS3) del comune di Parma.

A nord-est dell'area in esame nella "Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)/4c" viene indicata la V_s ricavata dalla prova sismica Re.Mi. eseguita (ID.034027L57 da carta delle indagini); il valore di V_{s30} ricavato dalla suddetta prova è 260 m/s.

È inoltre indicata la profondità (in m dal p.c. del contrasto di velocità più significativo individuato dalla misura di microtremore ambientale HVSR e riconducibile all'interfaccia "terreni di copertura"/substrato rigido" ($V_s \geq 800$ m/s) o "non rigido" ($V_s < 800$ m/s) sottostante.

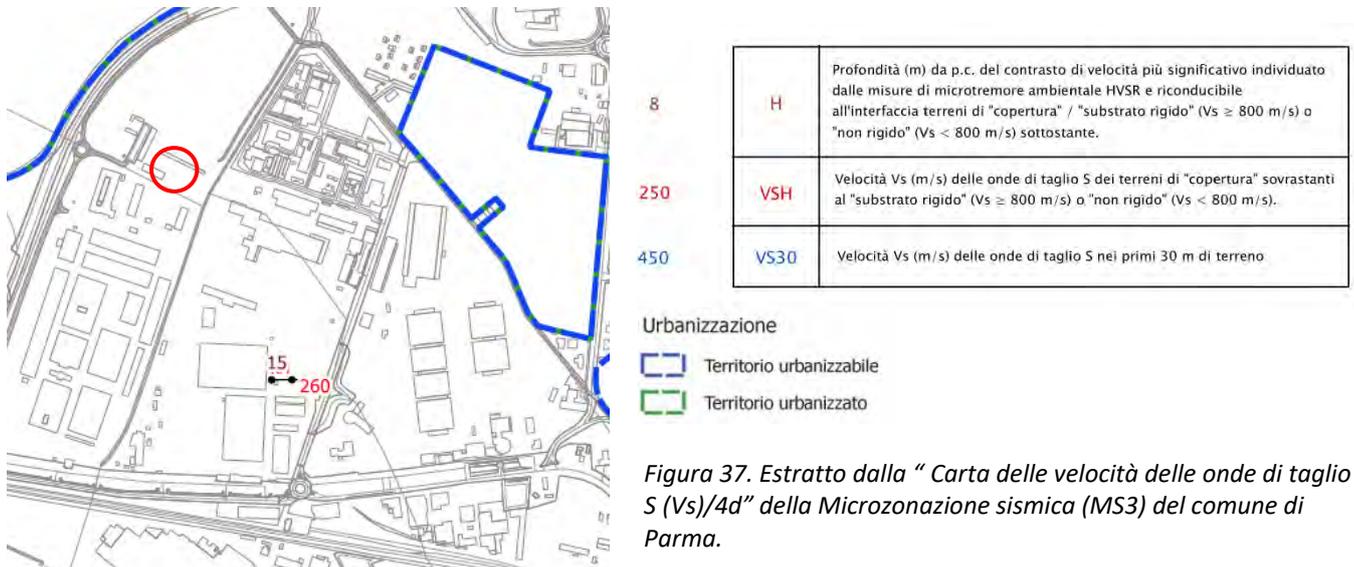


Figura 37. Estratto dalla "Carta delle velocità delle onde di taglio S ($V_s/4d$)" della Microzonazione sismica (MS3) del comune di Parma.

Nella "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" si osserva come il sito in esame ricada all'interno della zona stabile suscettibile di amplificazioni locali "2004" o zona 4 caratterizzata da "terreni prevalentemente coesivi con strati granulari fini di spessore complessivo variabile da 10 a 20 m su livelli ghiaiosi profondi".

Come si osserva dall'estratto della "Carta di microzonazione sismica FA PGA (tav.5c)" il sito in esame ricade nell'area oggetto di microzonazione sismica di 3° livello, all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un FA di PGA con valori compresi tra 1.5 e 1.6. A SW del sito è indicata la posizione della verticale di verifica alla liquefazione che ha fornito un valore di IL pari a 2.1. (compreso tra 2 e 5).

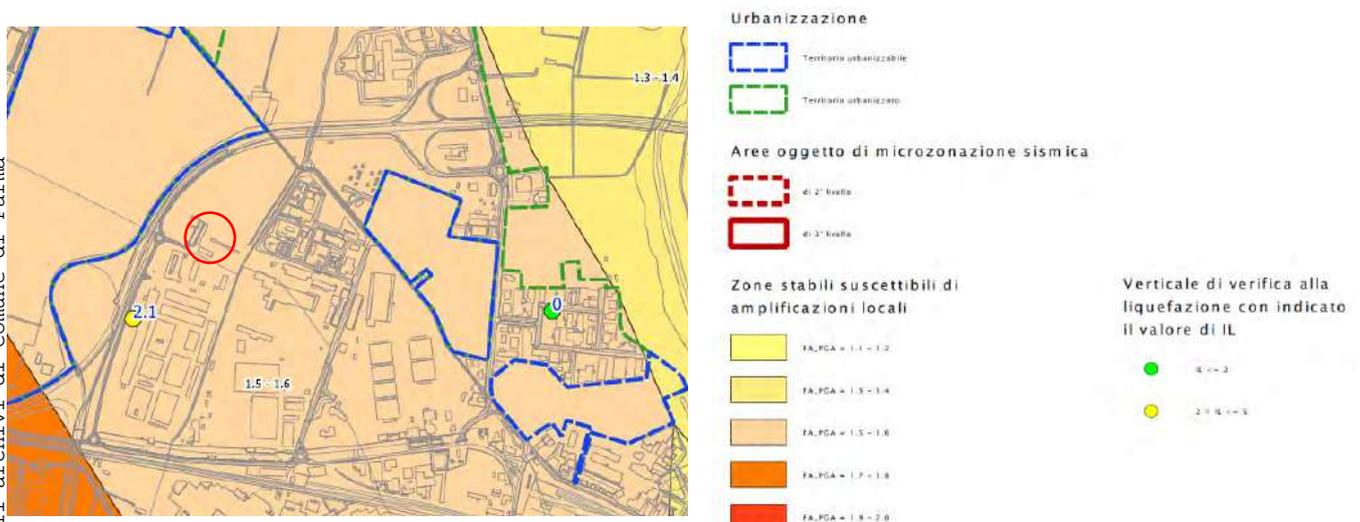


Figura 38. Estratto dalla "Carta di microzonazione sismica FA_{PGA}/5c della Microzonazione sismica (MS3) del Comune di Parma.

Nelle altre carte di microzonazione sismica (6c, 7c e 8c) di cui gli estratti sono riportati di seguito sono indicati, in corrispondenza del sito in esame, valori di $FA_{IS\ 0.1-0.5} = 1.5-1.6$, e $FA_{IS\ 0.5-1.0} = 1.5-1.6$, $FA_{IS\ 0.5-1.5} = 1.3-1.4$.

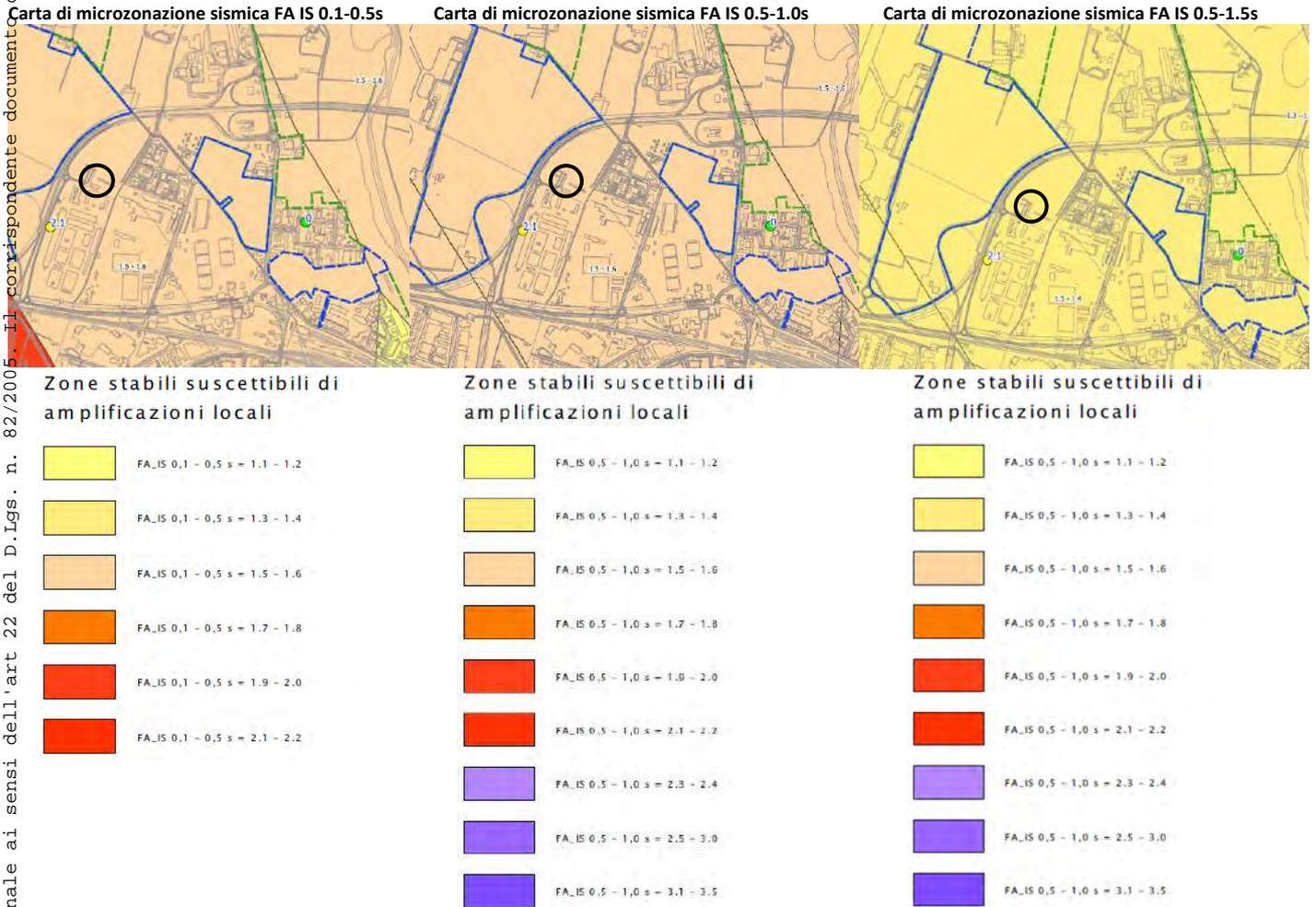


Figura 39. Estratto dalle tavole di Microzonazione sismica del Comune di Parma.

E.3 Azioni sismiche ai sensi NTC2018

E.3.1 Categorie di sottosuolo

Per la definizione dell'azione sismica si è fatto riferimento all'approccio semplificato riportato nelle **NTC2018**. 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:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Dove h_i =spessore dell' i -esimo strato; $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato; N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Sulla base dei valori di V_s ricavati dalle indagini sismiche eseguite si individua una categoria di sottosuolo di **tipo C** al piano campagna; il valore di V_{s30} ottenuto attraverso la prova sismica è risultato pari a **284 m/s** (Re.Mi.+MASW).

E.3.2 Categorie topografiche

Per la definizione delle categorie topografiche si è anche fatto riferimento all'approccio semplificato riportato nelle NTC2018 che si basa sull'individuazione di categorie topografiche di riferimento così come riportate nelle tabelle 3.2.III. e 3.2.V.

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni topografiche bidimensionali e devono essere considerate per altezza maggiore a 30m.

Si evidenzia come ai sensi delle NTC la variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica sia definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario. Gli effetti della topografia possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° e devono essere calcolati nel caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali di altezza superiore a 30m.

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	Depositati 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	Depositati 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. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Per quello che riguarda le categorie topografiche il sito in esame si colloca in un'area pianeggiante/sub-pianeggiante, per cui è possibile classificare l'area come T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$ ". Pertanto nel caso in esame il coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.0$.

E.3.3 Parametri sismici di calcolo

A titolo esemplificativo l'opera è definita con Vita Nominale $V_{N \geq 50}$ (vedasi tabella 2.4.1 delle NTC 2018), Classe d'uso II, da cui deriva un coefficiente $C_u = 1.0$ (vedasi tabella 2.4.II delle NTC 2018).

Sulla base delle definizioni precedenti le azioni sismiche si possono calcolare in relazione ad un periodo di riferimento V_R , che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u secondo la relazione riportata nella formula 2.4.1 delle NTC 2018 e di seguito riportata.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per l'opera in esame il valore di V_R risulta pari a 50 anni.

Come parametro caratterizzante della pericolosità sismica è utilizzato il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni e calcolato secondo la formula (1) dell'allegato A delle NTC 2008, riportata di seguito:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Il valore di probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} cui riferirsi per individuare l'azione sismica in ciascuno degli stati limite è riportato nella tabella 3.2.I delle NTC2018.

Tab. 3.2.I - Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Il valore del tempo di ritorno T_R in anni per l'opera in esame è risultato pari a **475 anni**.

Di seguito, a titolo esemplificativo, si riportano i dati relativi all'area di interesse per una costruzione con Vita Nominale 50 anni e coefficiente d'uso $C_u = 1.0$ ottenuti con il programma "Spettri-NTC ver 1.3" disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici <http://www.cslp.it/cslp/>.

Tab. 2.4.I - Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

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

Tab. 2.4.II - Valori del coefficiente d'uso C_U

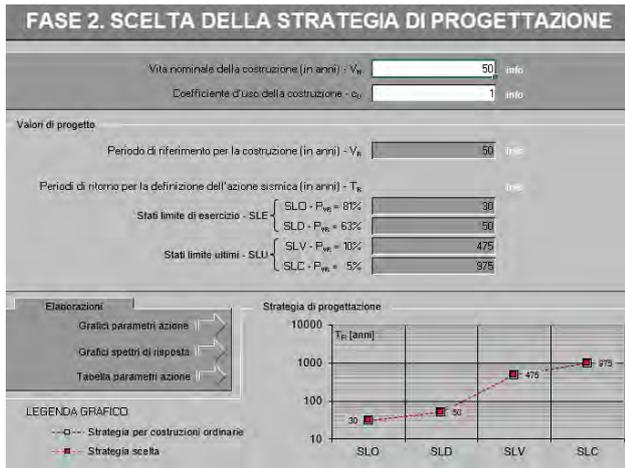
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

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

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

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

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



Comune di		Parma	
Longitudine	44.819569	°	
Latitudine	10.306419	°	
Zona sismogenetica	913		
Magnitudo attesa	M	6.14	
Vita nominale	VN	50	anni
Coefficiente d'uso	C _U	1	
Periodo di riferimento	VR	50	
Tempo di ritorno	Tr	475	anni

SLATO LIMITE	T _R [anni]	a _g [g]	F ₀ [-]	T _C ' [s]
SLO	30	0.045	2.490	0.239
SLD	50	0.056	2.497	0.256
SLV	475	0.140	2.467	0.282
SLC	975	0.179	2.470	0.289

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max} è stata determinata con la seguente relazione:

$$a_{max} = S_s \times S_t \times a_g$$

dove: a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido; S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica; S_t = coefficiente di amplificazione topografica. Il prodotto S_s*S_t = S = coefficiente di amplificazione locale. Nelle seguenti tabelle si riportano i valori dei coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica, rispettivamente in funzione della categoria topografica e del tipo di terreno.

Tab. 3.2.V - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_t

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S _t
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tab. 3.2.IV - Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S _s	C _c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C')^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C')^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C')^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C')^{-0,60}$

In sintesi si riportano i dati:

Stato Limite Ultimo		SLV	
accelerazione di progetto	a _g	0.14	g
Parametro spettrale	F ₀	2.467	-
Parametro spettrale	T _c '	0.282	s
Stato Limite di Esercizio		SLD	
accelerazione di progetto	a _g	0.056	g
Parametro spettrale	F ₀	2.497	-
Parametro spettrale	T _c '	0.256	s
Stato Limite Ultimo		SLV	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	S _s	1.493	di progetto
Categoria topografica	T1		
Coefficiente di amplificazione topografica	S _t	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	S = S _t *S _s	1.493	
Amax	Amax=Ag*S	0.2090	g
Stato Limite di Esercizio		SLD	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	S _s	1.50	di progetto
Categoria topografica	T1		
Coefficiente di amplificazione topografica	S _t	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	S = S _t *S _s	1.50	
Amax	Amax=Ag*S	0.0840	g

In ottemperanza a quanto riportato nelle Norme relative alla Microzonazione Sismica del Comune di Parma si è tenuto conto delle indicazioni di pericolosità fornite dagli elaborati della Microzonazione sismica (vedasi capitolo E.2.2), in particolare è stato eseguito il confronto tra i fattori di amplificazione dell'accelerazione (Fa PGA in MZS e Ss in NTC2018) indicati nella MZS (1.5-1.6) e quello ottenuto con il metodo semplificato delle NTC2018 (1.493). In tal caso l'applicazione del fattore indicato dalla MZS risulta in linea (comunque maggiormente cautelativo) con quello ottenuto con il metodo semplificato delle NTC.

Per quello che riguarda il fattore di amplificazione dell'intensità di Housner i risultati ottenuti con l'applicazione del metodo semplificato delle NTC2018 risultano maggiormente cautelativi rispetto ai valori della MZS del Comune di Parma (ad eccezione del valore di Fa PGA (Ss in NTC2018) che risulta di poco inferiore a quello indicato dalla MZS).

Nella tabella seguente si riporta un confronto tra i parametri di amplificazione ottenuti con le NTC2018 e quelli ottenuti dalla MZS del Comune di Parma.

	MicroZonazione Sismica	NTC2018
FA PGA	1.5-1.6	1.493
FA SI1 _(0.1-0.5s)	1.5-1.6	3.855
FA SI2 _(0.5-1.0s)	1.5-1.6	2.013
FA SI3 _(0.5-1.5s)	1.3-1.4	2.062

F. REQUISITI DI SICUREZZA DEL TERRENO DI FONDAZIONE E STABILITÀ GLOBALE

F.1 Stabilità nei confronti della liquefazione

Sulla base di quanto riportato al paragrafo 7.11.3.4.2. delle NTC2018 la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze elencate nella tabella seguente.

	Condizione e quesito	Risposta	Motivazione	Verifica liquefazione si o no
	eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;	No	$M_w = 6.14$	Si
1	accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;	No	$a_{g \max} = 0.2090 \text{ g}$	Si
2	profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;	No	Soggiacenza -7.6 m da p.c.	Si
3	depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;	-	-	-
4	distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.	-	-	-

1.1 Verifica della suscettività dei terreni alla liquefazione

Al fine di verificare la possibilità dell'occorrenza del fenomeno della liquefazione nei terreni indagati sono state verificate le verticali indagate dalle prove penetrometriche dinamiche attraverso l'utilizzo di metodi semplificati. L'analisi è stata eseguita come verifica allo stato limite ultimo (SLU) considerando lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per la determinazione dei coefficienti riduttivi e dell'accelerazione massima.

Per la verifica della suscettibilità alla liquefazione è necessario il calcolo di due variabili: il carico sismico, espresso tramite il carico tensionale ciclico CSR e la capacità del terreno a resistere alla liquefazione, espressa attraverso il rapporto di resistenza ciclica CRR.

Il metodo semplificato permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto tra la resistenza ciclica (CRR) ed il carico tensionale ciclico (CSR).

$$F = \frac{CRR}{CSR}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione se il coefficiente di sicurezza è minore di **1.00**.

La verifica a liquefazione è stata eseguita sulle prove CPT eseguita a Ottobre 2021 in corrispondenza del sito in esame tramite l'utilizzo del software CLiq v.1.7.1.14 - CPT Liquefaction Assessment Software della ditta Geologismiki Geotechnical Software con il metodo proposto da Idriss & Boulanger (2014)¹³.

L'analisi è stata condotta imponendo una profondità della falda pari a **1.0 m dal p.c.** ed un valore di magnitudo di momento (M) pari **6.14**. Il valore di ag_{max} utilizzato è stato quello ottenuto applicando il fattore di amplificazione Fa di PGA dato dalla MZS (Ss per le NTC2018) pari a 1.6 che ha permesso di ottenere una ag_{max} uguale a **0.224g**.

È stato inoltre calcolato l'indice del potenziale di liquefazione I_L secondo il metodo di Iwasaki et al. (1982)¹⁴.

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z) dz$$

Dove z è la profondità dal piano campagna in metri
 $W(z) = 10 - 0.5z$
 $F = 1 - FL$ se $FSL \leq 1.0$
 $F = 0$ se $FSL > 1.0$
 Dove FL è il fattore di sicurezza alla liquefazione.

Gli autori suggeriscono che se $I_L = 0$ il potenziale di rottura è nullo, $I_L \leq 5$ il potenziale di rottura è basso, $5 < I_L \leq 15$ il potenziale di rottura è elevato, $I_L \geq 15$ il potenziale di rottura è estremamente elevato.

La prova penetrometrica con piezocono eseguita è stata innanzitutto classificate secondo i criteri adottati nella Relazione illustrativa della "Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio-giugno 2012" (2013) per cui

- L1: presenza di orizzonti liquefacibili spessi almeno 30-40cm, sotto falda, nei primi 5m;
- L2: presenza di orizzonti liquefacibili spessi almeno 1m nei primi 5-10 m
- L3: presenza di orizzonti liquefacibili spessi almeno 2m nei primi 10-15 m
- L4: presenza di orizzonti liquefacibili spessi almeno 2m nei primi 15-20 m
- N: assenza di orizzonti liquefacibili
- X: non interpretabile

Nella tabella seguente si riporta quanto ottenuto dalla verifica a liquefazione eseguita sulle verticali indagate dalle prove penetrometriche statiche eseguite con il metodo di Idriss & Boulanger (2014).

	Metodo Idriss & Boulanger (2014) I_L [Iwasaki et al 1982]	LIVELLI LIQUEFACIBILI [0-5m]	LIVELLI LIQUEFACIBILI [5-10m]	LIVELLI LIQUEFACIBILI [10-15m]	LIVELLI LIQUEFACIBILI [15-20m]	CLASSIFICAZIONE	CEDIMENTI [cm]
CPT1	0	0	0	0	0	N	0.05
CPT2	0	0	0	0	0	N	0.42

¹³ Boulanger, R. W., and Idriss, I. M. (2014). "CPT and SPT based liquefaction triggering procedures." Report No. UCD/CGM - 14/01, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California Davis, California.

¹⁴ Iwasaki T., Tokida K., Tatsuoka F., Watanabe S. Yasuda S., Sato H. (1983) "Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods", III Int. Conf. In Microzon., San Francisco

L'indice di potenziale liquefazione I_L ottenuto per entrambe le verticali su cui è stata eseguita la verifica è risultato pari a 0. I risultati ottenuti permettono di poter ritenere il sito in esame stabile nei confronti della liquefazione.

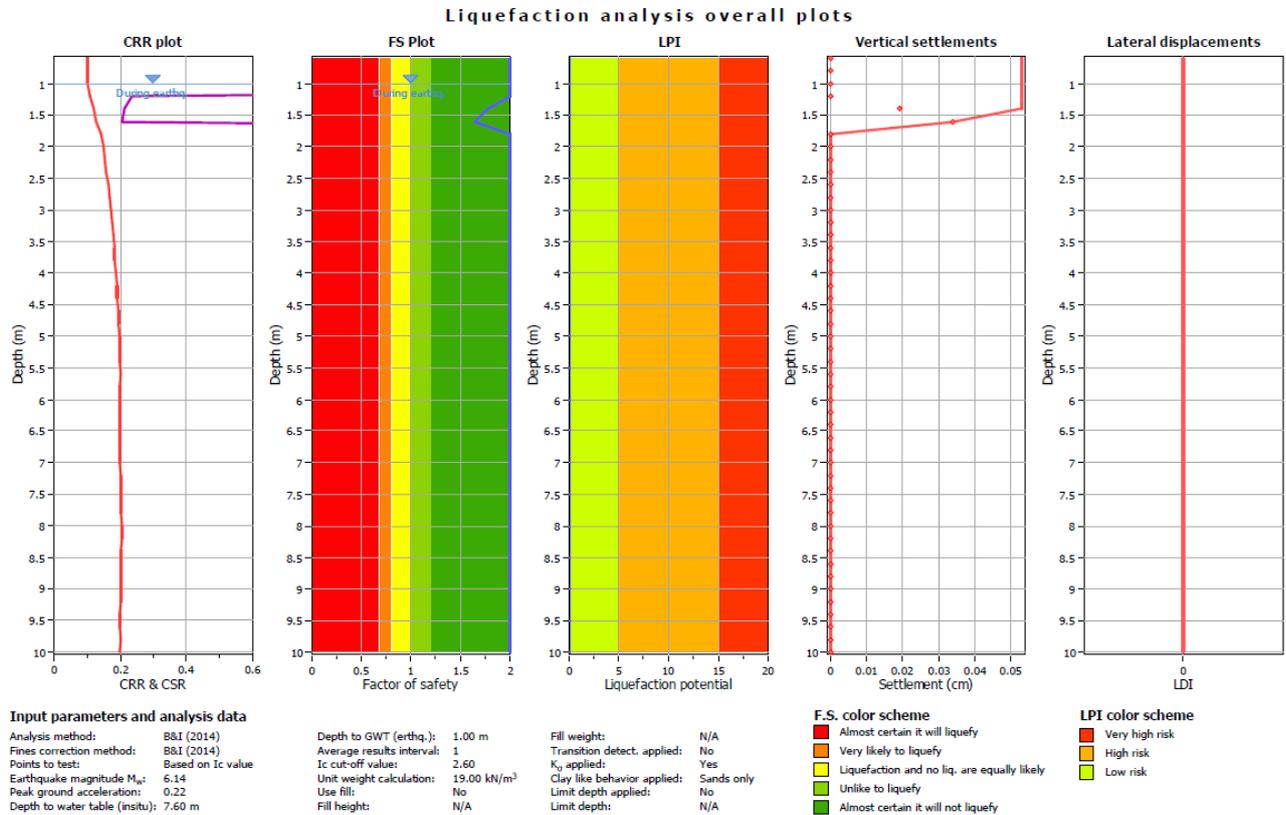


Figura 40. Risultati verifica di liquefazione su CPT1

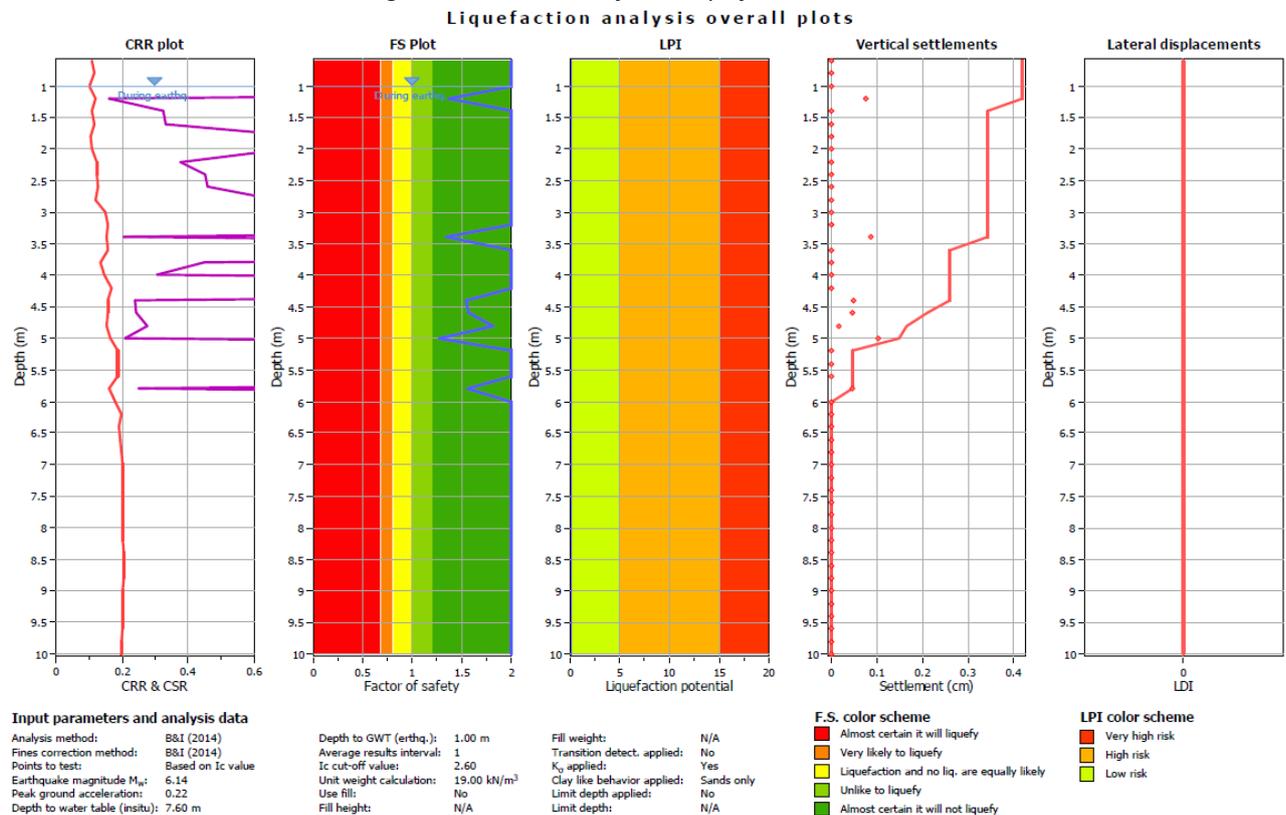


Figura 41. Risultati verifica di liquefazione su CPT2.

G. CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio geologico-tecnico è finalizzato a ricavare le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche di un'area del Canile Municipale del comune di Parma sito in Via Jones Melvin 19/A, interessato da future opere di adeguamento strutturale e di manutenzione straordinaria. Lo studio e le indagini eseguite hanno permesso di evidenziare quanto segue.

- ⇨ L'area è ubicata in una zona caratterizzata principalmente dalla presenza di depositi di piana alluvionale del subsistema di Ravenna (AES8). L'unità AES8 è costituita da depositi di conoide alluvionale, terrazzati, costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, con locali intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi, ricoperte da una coltre limoso-argillosa di spessore variabile.
- ⇨ Il sito in esame si colloca in sinistra idrografica del Torrente Parma ad una quota di circa 47-48 m s.l.m. e le coordinate di un punto baricentrale dell'area sono rispettivamente 44.819569° di latitudine e 10.306419° di longitudine (ED50). Subito ad est dell'area di studio si trova il Canale Abbeveratoia, che scorre con andamento S-N e si immette nel torrente Parma circa 1 km più a nord.
- ⇨ Dal punto di vista morfologico l'area, a morfologia pianeggiante, è in prevalenza, il risultato dell'azione prodotta dalle acque di scorrimento superficiale e dall'attività antropica. Nell'area in esame non sono censiti dissesti e frane in atto e/o quiescenti. Nel PTCP della Provincia di Parma (Tavola C4_1 "Carta del rischio ambientale e dei principali interventi di difesa" e C1_6 "Tutela ambientale, paesistica e storico culturale") l'area risulta esterna all'"Area di inondazione per piena catastrofica del Po ed inadeguatezza della rete scolante di pianura" ed esterna alla fascia fluviale C, così come definite nel Piano Assetto Idrogeologico (PAI); il sito in esame si colloca internamente al limite che individua gli ambiti a rischio idraulico per inadeguatezza rete scolante e/o fognaria. Nel Piano di Gestione delle Alluvioni l'area risulta interessata dagli scenari di pericolosità evidenziati per il reticolo secondario di pianura (RSP) per cui sono indicate alluvioni poco frequenti (M-P2).
- ⇨ L'area in esame si trova in classe di **vulnerabilità a sensibilità attenuata** (da Tavola 6d del PPTA della Provincia di Parma). Nella tavola 15 del PPTA si osserva come l'area ricada nella zona di protezione del settore B e sia esterna al limite delle zone di rispetto allargata geometrizzata dal PSC del comune di Parma.
- ⇨ Per la caratterizzazione dei terreni dell'area in esame sono innanzi tutto state consultate le indagini bibliografiche reperite nell'intorno dell'area in esame. In particolare è stato consultato il database regionale. Inoltre, nel mese di Ottobre 2021 sono state eseguite le seguenti prove geognostiche: n°2 prove penetrometriche statiche, n°1 misure di rumore sismico a stazione singola HVSR e n°1 stendimento sismico Re.Mi+MASW. Sulla base dei risultati ottenuti e delle informazioni reperite è possibile definire modello geologico e schema litologico:

L1a	AES8	- <i>Livello L1a</i> : livello di origine naturale/alluvionale sabbioso-ghiaioso a matrice limosa; questo livello è stato rinvenuto nella prova CPT2 tra -1.0 m e -6.6 m da p.c. e nella prova penetrometrica CPT1 tra -0.6 m e -1.6 m da p.c. <i>Parametri caratteristici: qc= 27.0-43.4 kg/cm²; Vs= 70-180 m/s.</i>
L1b	AES8	- <i>Livello L1b</i> : livello costituito prevalentemente da limi ed argille, questo livello, tipico della zona, è stato rinvenuto a partire dalla profondità di -1.6 m da p.c. nella prova CPT1 e da circa -6.6 m da p.c. nella prova CPT, sino alla profondità massima raggiunta dalle prove (10.0 m da p.c.) <i>Parametri caratteristici: qc= 13.0-18.0 kg/cm²; Vs= 360 m/s.</i>

Di seguito si riporta la sintesi dei parametri geotecnici ricavati dalle indagini eseguite per i livelli descritti nello schema riportato precedentemente.

Profondità m dal pc	Sigla/Unità geologica	Comportamento prevalente	Litologia	Parametri	
0.0 – 1.6 (sino-6.6 m da p.c. nella CPT2)	L1a	Granulare	Sabbia e ghiaia a matrice limosa	Parametri totali $\gamma_k = 19-20 \text{ KN/m}^3$ $Cu_k > 130 \text{ kPa}$ $\Phi_u = 0^\circ$ $M_k = - \text{MPa}$	Parametri efficaci $\gamma_k = 19-20 \text{ KN/m}^3$ $c'_k = 0.0-5.0 \text{ kPa}$ $\Phi'_k = 28-31^\circ$ $Eu_{50} = 5.2-8.4 \text{ MPa}$ $Es = 6.6-10.6 \text{ Mpa}$
1.6/6.6-10.0* (*profondità massima raggiunta dalle prove)	L1b	coesivo	Limi ed argille	Parametri totali $\gamma_k = 19-20 \text{ KN/m}^3$ $Cu_k = 50-81.4 \text{ kPa}$ $\Phi_u = 0^\circ$ $M_k = 4.5-5.5 \text{ MPa}$	Parametri efficaci $\gamma_k = 19-20 \text{ KN/m}^3$ $c'_k = 0.0-5.0 \text{ kPa}$ $\Phi'_k = 22.2-24.6^\circ$ $Eu_{50} = 2.2-3.4 \text{ MPa}$ $Es = 3.2-4.6 \text{ Mpa}$

Valori caratteristici dei parametri geotecnici dei livelli litologici descritti. Dove: γ = peso di volume naturale; Cu = Resistenza al taglio in condizioni non drenate; M = Modulo Edometrico, ϕ = angolo di attrito efficace; c' = coesione efficace, Es = modulo elastico drenato, Eu = modulo elastico non drenato al 50% della deformazione.

Come valori caratteristi per i livelli sono riportati in tabella i range tra il 5° percentile e il Bayesiano.

Nel corso dell'esecuzione delle prove geognostiche è stata reperita la falda alla profondità di -7.6 m da p.c.. Inoltre i dati forniti dalla Carta Idrogeologica del PSC di Parma indicano per l'area di interesse un livello piezometrico compreso tra 45 e 50 m s.l.m. Non si esclude comunque che in corrispondenza di periodi piovosi o eventi intensi la quota della falda possa risalire a quote più elevate.

- ⇒ Nell' "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna" (DGR n.1164/2018) il Comune di Parma viene classificato in zona 3.
- ⇒ Nella "Carta Provinciale delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP della Provincia di Parma (variante in adeguamento alla normativa sismica regionale L.R.19/2008) l'area in esame ricade entro la "zona DAGS". L'area DAGS è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o misti, depositi alluvionali intravallivi, substrato roccioso con $V_s < 800 \text{ m/s}$, come effetti attesi è segnalata l'amplificazione per caratteristiche litologiche e come livello di approfondimento è indicato il Livello II.
- ⇒ Le indagini sismiche eseguite nel sito in esame consentono di individuare la presenza di un sottosuolo di **tipo C** con $V_{s30} = 284 \text{ m/s}$.
- ⇒ Sono state determinate le azioni sismiche ai sensi delle NTC 2018 per un'opera con $V_N = 50$ anni e Classe d'uso = I, che hanno permesso di determinare, sulla base delle indagini sismiche eseguite, i seguenti parametri.

	Stato Limite Ultimo	SLV	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	1.493	di progetto
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = St * Ss$	1.493	
Amax	$A_{max} = A_g * S$	0.2090	g

⇒ In ottemperanza a quanto riportato nelle Norme relative alla Microzonazione Sismica del Comune di Parma si è tenuto conto delle indicazioni di pericolosità fornite dagli elaborati della Microzonazione sismica (vedasi capitolo E.2.2), in particolare è stato eseguito il confronto tra i fattori di amplificazione dell'accelerazione (Fa PGA in MZS e Ss in NTC2018) indicati nella MZS (1.5-1.6) e quello ottenuto con il metodo semplificato delle NTC2018 (1.493). In tal caso l'applicazione del fattore indicato dalla MZS risulta in linea (comunque maggiormente cautelativo) con quello ottenuto con il metodo semplificato delle NTC. Per quello che riguarda il fattore di amplificazione dell'intensità di Housner i risultati ottenuti con l'applicazione del metodo semplificato delle NTC2018 risultano maggiormente cautelativi rispetto ai valori della MZS del Comune di Parma (ad eccezione del valore di Fa PGA (Ss in NTC2018) che risulta di poco inferiore a quello

indicato dalla MZS). Nella tabella seguente si riporta un confronto tra i parametri di amplificazione ottenuti con le NTC2018 e quelli ottenuti dalla MZS del Comune di Parma.

	MicroZonazione Sismica	NTC2018
FA PGA	1.5-1.6	1.493
FA SI1 (0.1-0.5s)	1.5-1.6	3.855
FA SI2 (0.5-1.0s)	1.5-1.6	2.013
FA SI3 (0.5-1.5s)	1.3-1.4	2.062

⇒ Sulla base di quanto riportato al paragrafo 7.11.4.3.2. delle NTC2018 l'area in esame non può essere esclusa da una verifica alla liquefazione. La verifica alla liquefazione ai sensi delle NTC2018 è stata eseguita sulle verticali delle prove penetrometriche statiche CPT1 e CPT2. Come magnitudo di momento (M) è stato assunto il valore di **6,14**, come valore di accelerazione è stato utilizzato $a_{gmax,r} = 0.224$ g ottenuto applicando il fattore di amplificazione Fa di PGA dato dalla MZS (Ss per le NTC2018) pari a 1.6. La verifica a liquefazione ha portato a determinare un I_L pari a 0 per entrambe le verticali indagate. L'area risulta quindi stabile nei confronti della liquefazione.

In considerazione di quanto sopra esposto si ritiene l'opera geologicamente e sismicamente compatibile purché vengano rispettate le indicazioni e prescrizioni contenute nella presente relazione.

In particolare:

- ✓ in merito ai parametri geotecnici ottenuti dall'elaborazione delle prove penetrometriche CPT1 e CPT2 si consiglia di fare riferimento, per i valori di coesione efficace, angolo di attrito efficace e coesione non drenata, cautelativamente ai valori corrispondenti al 5° percentile dei parametri determinati per il livello L1b, livello costituito prevalentemente da limi ed argille.

L1b	Parametri totali	Parametri efficaci
	$\gamma_k = 19-20$ KN/m ³	$\gamma_k = 19-20$ KN/m ³
	$Cu_k = 50$ kPa	$c'_k = 0.0-5.0$ kPa
	$\Phi_u = 0^\circ$	$\Phi'_k = 22.2^\circ$
	$M_k = 4.5$ MPa	$Eu_{50} = 2.2$ MPa
		$Es = 3.2$ Mpa

Basilicanova, Ottobre 2021



Dott. Geol. Enrico Faccini

ALLEGATO 1 – PROVE PENETROMETRICHE



Foto 1.Prova penetrometrica CPT1

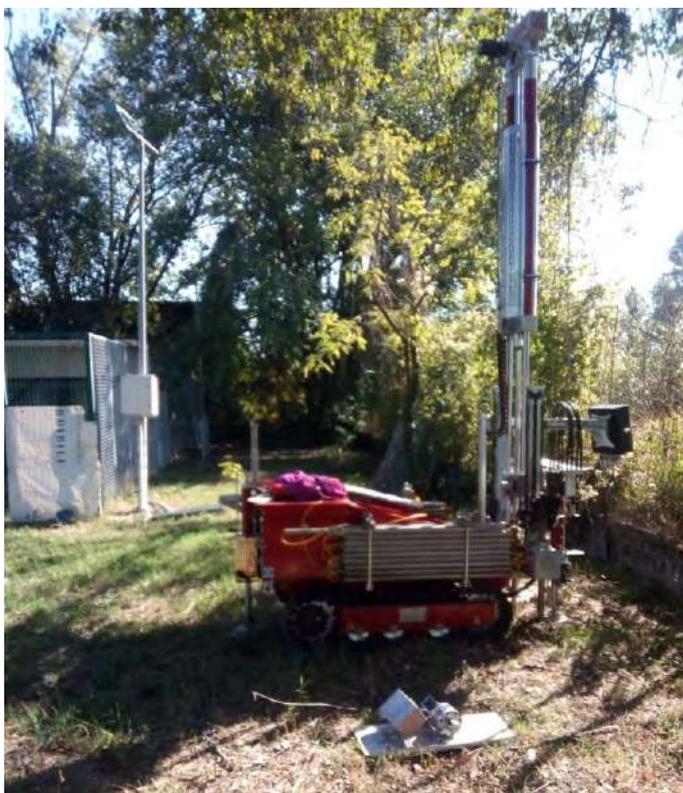


Foto 2.Prova penetrometrica CPT2.



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 1

2.010496-053

- committente : Comune di Parma
- lavoro : Nuovi box Canile Municipale
- località : Parma - via Melvin Jones
- note :

- data : 15/10/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 7,60 m da quota inizio
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	5,20	19,0	30,0	19,0	1,07	18,0
0,40	----	----	--	1,20	----	5,40	22,0	38,0	22,0	1,33	16,0
0,60	43,0	61,0	43,0	1,87	23,0	5,60	16,0	36,0	16,0	0,87	18,0
0,80	42,0	70,0	42,0	1,53	27,0	5,80	22,0	35,0	22,0	1,07	21,0
1,00	44,0	67,0	44,0	1,07	41,0	6,00	22,0	38,0	22,0	1,13	19,0
1,20	48,0	64,0	48,0	0,87	55,0	6,20	25,0	42,0	25,0	1,40	18,0
1,40	46,0	59,0	46,0	1,73	27,0	6,40	27,0	48,0	27,0	1,67	16,0
1,60	40,0	66,0	40,0	1,67	24,0	6,60	30,0	55,0	30,0	1,73	17,0
1,80	27,0	52,0	27,0	2,13	13,0	6,80	31,0	57,0	31,0	1,60	19,0
2,00	27,0	59,0	27,0	2,07	13,0	7,00	27,0	51,0	27,0	1,47	18,0
2,20	28,0	59,0	28,0	2,40	12,0	7,20	24,0	46,0	24,0	1,20	20,0
2,40	29,0	65,0	29,0	2,07	14,0	7,40	24,0	42,0	24,0	1,53	16,0
2,60	21,0	52,0	21,0	1,80	12,0	7,60	18,0	41,0	18,0	1,00	18,0
2,80	22,0	49,0	22,0	1,47	15,0	7,80	19,0	34,0	19,0	0,87	22,0
3,00	22,0	44,0	22,0	1,53	14,0	8,00	13,0	26,0	13,0	0,67	19,0
3,20	19,0	42,0	19,0	1,60	12,0	8,20	9,0	19,0	9,0	0,53	17,0
3,40	20,0	44,0	20,0	1,20	17,0	8,40	16,0	24,0	16,0	0,80	20,0
3,60	20,0	38,0	20,0	1,07	19,0	8,60	19,0	31,0	19,0	0,87	22,0
3,80	22,0	38,0	22,0	1,07	21,0	8,80	22,0	35,0	22,0	0,93	24,0
4,00	20,0	36,0	20,0	1,27	16,0	9,00	22,0	36,0	22,0	1,13	19,0
4,20	18,0	37,0	18,0	1,07	17,0	9,20	21,0	38,0	21,0	1,13	19,0
4,40	20,0	36,0	20,0	1,33	15,0	9,40	26,0	43,0	26,0	1,07	24,0
4,60	16,0	36,0	16,0	0,53	30,0	9,60	25,0	41,0	25,0	1,27	20,0
4,80	17,0	25,0	17,0	0,93	18,0	9,80	19,0	38,0	19,0	0,93	20,0
5,00	15,0	29,0	15,0	0,73	20,0	10,00	23,0	37,0	23,0	----	----

c_g337.Comune di Parma - Prot. 18/12/2023.0280413.E Documento firmato digitalmente da: Sirocchi Alessandro; Sirocchi Alessandro. Il corrispondente documento cartaceo è conservato in copia informatica è conforme al documento originale ai sensi dell'art 22 del D.Lgs. n. 82/2005. Il corrispondente documento cartaceo è conservato negli archivi di Comune di Parma

PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 2

2.010496-053

- committente : Comune di Parma
- lavoro : Nuovi box Canile Municipale
- località : Parma - via Melvin Jones
- note :

- data : 15/10/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 7,60 m da quota inizio
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	5,20	34,0	100,0	34,0	3,07	11,0
0,40	----	----	--	0,60	----	5,40	36,0	82,0	36,0	3,40	11,0
0,60	35,0	44,0	35,0	1,20	29,0	5,60	41,0	92,0	41,0	3,27	13,0
0,80	18,0	36,0	18,0	1,53	12,0	5,80	79,0	128,0	79,0	4,07	19,0
1,00	40,0	63,0	40,0	0,93	43,0	6,00	56,0	117,0	56,0	3,53	16,0
1,20	32,0	46,0	32,0	1,53	21,0	6,20	26,0	79,0	26,0	2,67	10,0
1,40	54,0	77,0	54,0	1,67	32,0	6,40	40,0	80,0	40,0	1,73	23,0
1,60	58,0	83,0	58,0	3,87	15,0	6,60	35,0	61,0	35,0	2,00	18,0
1,80	74,0	132,0	74,0	3,87	19,0	6,80	26,0	56,0	26,0	1,93	13,0
2,00	76,0	134,0	76,0	4,60	17,0	7,00	22,0	51,0	22,0	1,80	12,0
2,20	63,0	132,0	63,0	4,80	13,0	7,20	21,0	48,0	21,0	1,40	15,0
2,40	70,0	142,0	70,0	4,60	15,0	7,40	21,0	42,0	21,0	1,27	17,0
2,60	73,0	142,0	73,0	4,87	15,0	7,60	21,0	40,0	21,0	1,27	17,0
2,80	84,0	157,0	84,0	4,87	17,0	7,80	24,0	43,0	24,0	1,33	18,0
3,00	52,0	125,0	52,0	3,60	14,0	8,00	24,0	44,0	24,0	1,33	18,0
3,20	48,0	102,0	48,0	3,60	13,0	8,20	22,0	42,0	22,0	1,47	15,0
3,40	54,0	108,0	54,0	3,67	15,0	8,40	15,0	37,0	15,0	1,07	14,0
3,60	54,0	109,0	54,0	3,00	18,0	8,60	13,0	29,0	13,0	0,93	14,0
3,80	89,0	134,0	89,0	5,13	17,0	8,80	12,0	26,0	12,0	0,87	14,0
4,00	73,0	150,0	73,0	5,07	14,0	9,00	14,0	27,0	14,0	1,00	14,0
4,20	48,0	124,0	48,0	4,13	12,0	9,20	18,0	33,0	18,0	1,07	17,0
4,40	67,0	129,0	67,0	4,13	16,0	9,40	19,0	35,0	19,0	1,47	13,0
4,60	69,0	131,0	69,0	3,93	18,0	9,60	20,0	42,0	20,0	1,60	12,0
4,80	76,0	135,0	76,0	3,13	24,0	9,80	26,0	50,0	26,0	2,00	13,0
5,00	65,0	112,0	65,0	4,40	15,0	10,00	31,0	61,0	31,0	----	----

c_g337.Comune di Parma - Prot. 18/12/2023.0280413.E Documento firmato digitalmente da: Sirocchi Alessandro; Sirocchi Alessandro La presente copia informatica è conforme al documento originale ai sensi dell'art 22 del D.Lgs. n. 82/2005. Il corrispondente documento cartaceo è conservato negli archivi di Comune di Parma

PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)



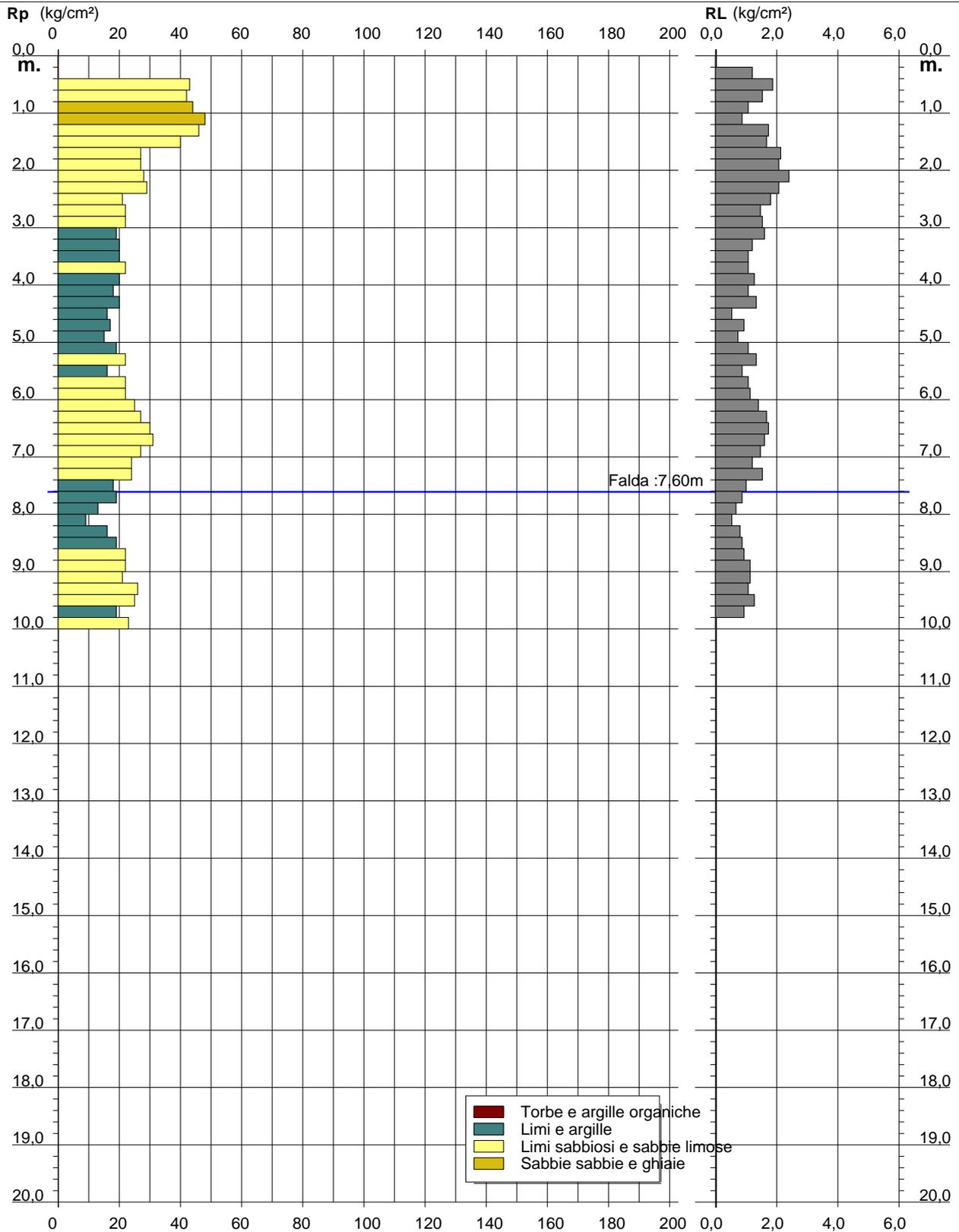
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-053

- committente : Comune di Parma
- lavoro : Nuovi box Canile Municipale
- località : Parma - via Melvin Jones

- data : 15/10/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 7,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



c_g337.Comune di Parma - Prot. 18/12/2023.0280413.E Documento firmato digitalmente da: Sirocchi Alessandro; Sirocchi Alessandro; Sirocchi Alessandro La presente copia informatica è conforme al documento originale ai sensi dell'art 22 del D.lgs. n. 82/2005. Il corrispondente documento cartaceo è conservato negli archivi di Comune di Parma



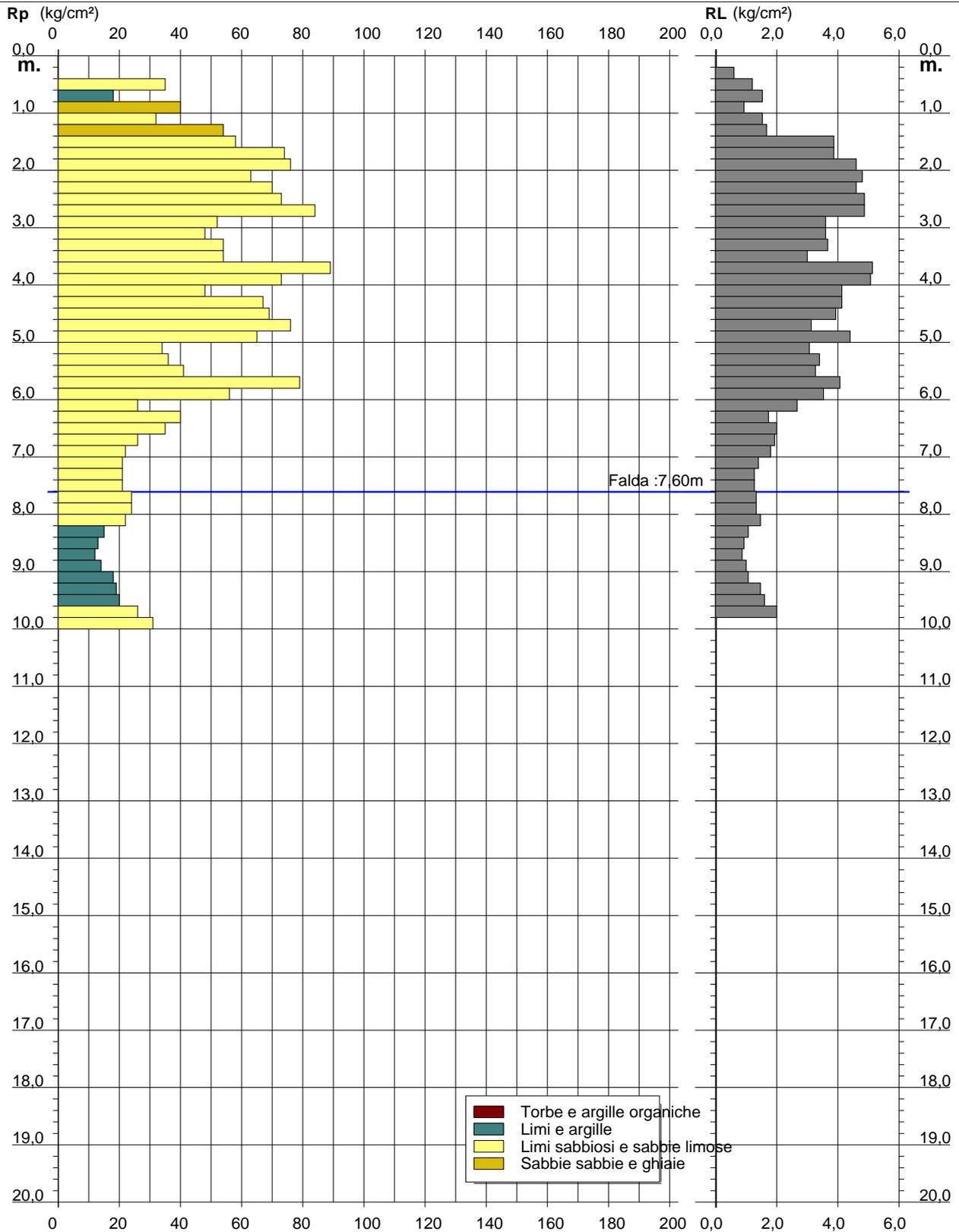
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-053

- committente : Comune di Parma
- lavoro : Nuovi box Canile Municipale
- località : Parma - via Melvin Jones

- data : 15/10/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 7,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



c_g337.Comune di Parma - Prot. 18/12/2023.0280413.E Documento firmato digitalmente da: Sirocchi Alessandro; Sirocchi Alessandro; Sirocchi Alessandro La presente copia informatica è conforme al documento originale ai sensi dell'art 22 del D.lgs. n. 82/2005. Il corrispondente documento cartaceo è conservato negli archivi di Comune di Parma



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

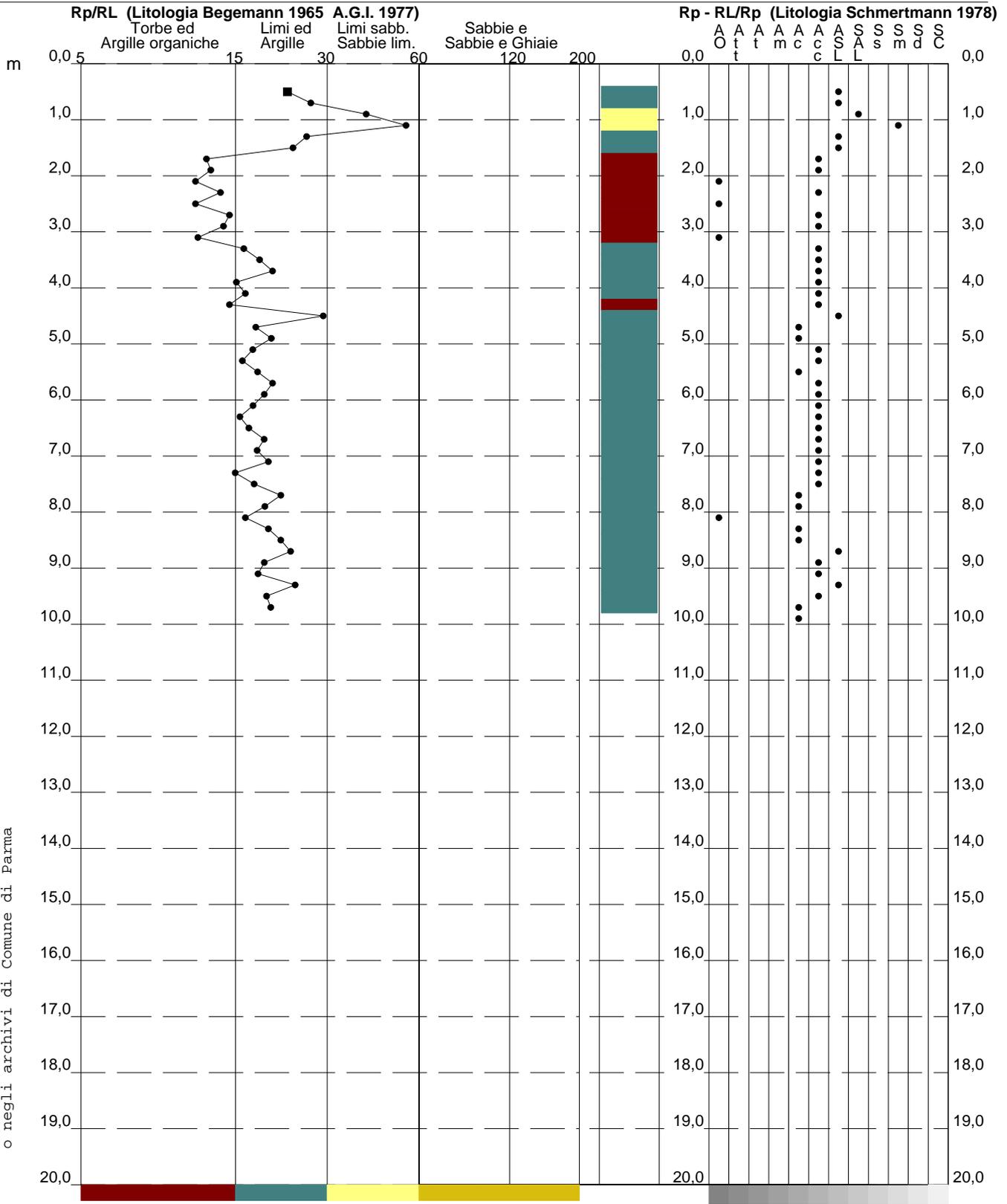
CPT 1

2.010496-053

- committente : Comune di Parma
 - lavoro : Nuovi box Canile Municipale
 - località : Parma - via Melvin Jones
 - note :

- data : 15/10/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 7,60 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100

c_g337.Comune di Parma - Prot. 18/12/2023.0280413.E Documento firmato digitalmente da: Sirocchi Alessandro; Sirocchi Alessandro La presente copia informatica è conforme al documento originale ai sensi dell'art 22 del D.Lgs. n. 82/2005. Il corrispondente documento cartaceo è conservato negli archivi di Comune di Parma



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

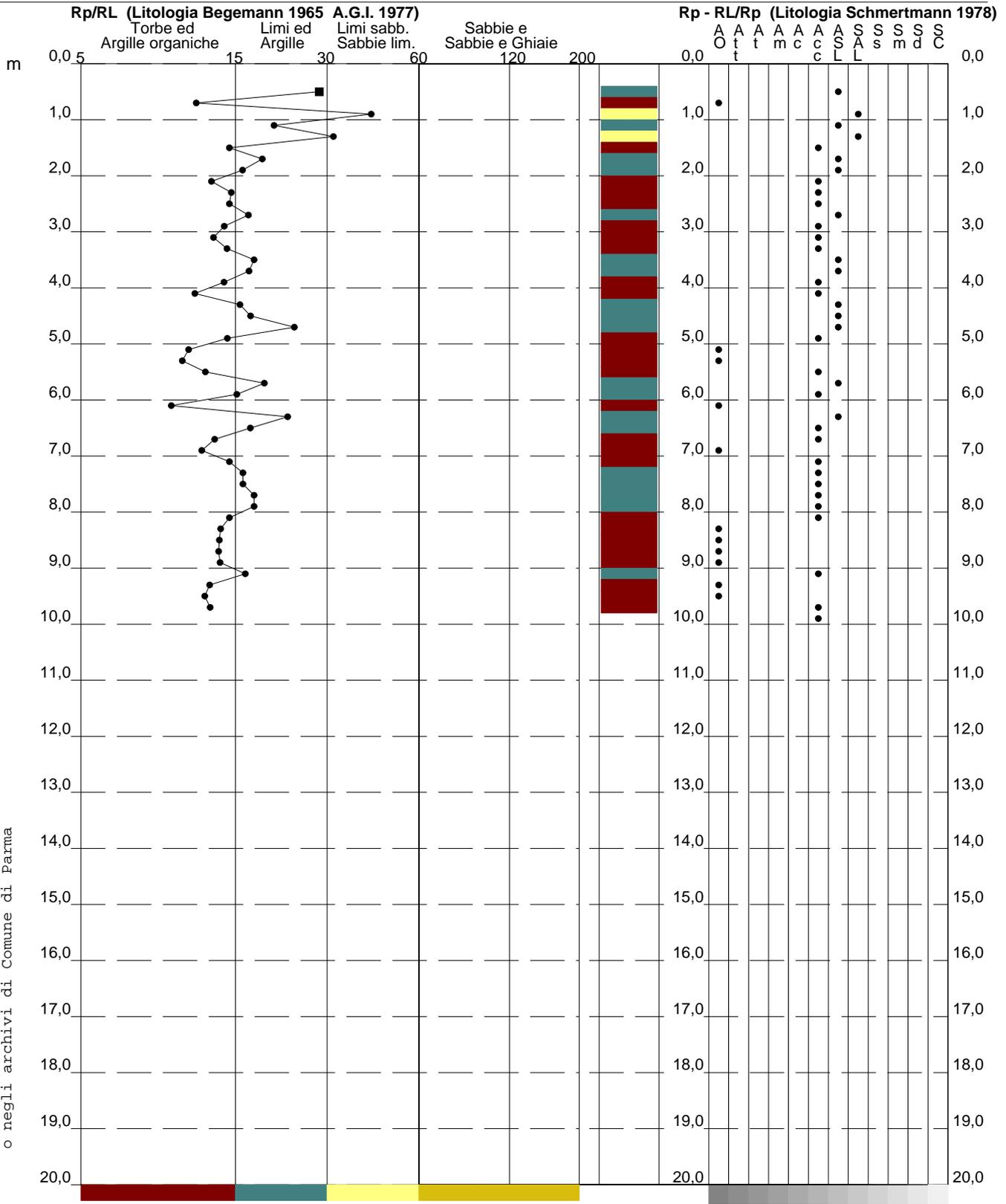
CPT 2

2.010496-053

- committente : Comune di Parma
- lavoro : Nuovi box Canile Municipale
- località : Parma - via Melvin Jones
- note :

- data : 15/10/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 7,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100

c_g337.Comune di Parma - Prot. 18/12/2023.0280413.E Documento firmato digitalmente da: Sirocchi Alessandro; Sirocchi Alessandro; Sirocchi Alessandro La presente copia informatica è conforme al documento originale ai sensi dell'art 22 del D.lgs. n. 82/2005. Il corrispondente documento cartaceo è conservato negli archivi di Comune di Parma



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 2

2.010496-053

- committente : Comune di Parma
- lavoro : Nuovi box Canile Municipale
- località : Parma - via Melvin Jones
- note :

- data : 15/10/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 7,60 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

Prof. m	Rp kg/cm ²	Rp/RI (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	35	29	4/./	1,85	0,11	1,17	99,9	198	298	105	90	41	42	44	45	42	29	0,222	58	88	105	
0,80	18	12	2////	1,85	0,15	0,75	47,7	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	40	43	3:..	1,85	0,19	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	40	30	0,195	67	100	120	
1,20	32	21	4/./	1,85	0,22	1,07	44,7	181	272	96	70	38	40	42	44	39	29	0,158	53	80	96	
1,40	54	32	3:..	1,85	0,26	--	--	--	--	--	84	40	41	43	45	40	31	0,202	90	135	162	
1,60	58	15	4/./	1,85	0,30	--	--	--	--	--	83	40	41	43	45	40	31	0,200	97	145	174	
1,80	74	19	4/./	1,85	0,33	2,47	76,7	419	629	222	88	40	42	43	45	41	32	0,218	123	185	222	
2,00	76	17	4/./	1,85	0,37	2,53	69,5	431	646	228	87	40	42	43	45	40	33	0,212	127	190	228	
2,20	63	13	4/./	1,85	0,41	2,10	48,8	357	536	189	78	39	41	42	44	39	32	0,184	105	158	189	
2,40	70	15	4/./	1,85	0,44	2,33	50,0	397	595	210	80	39	41	43	44	39	32	0,189	117	175	210	
2,60	73	15	4/./	1,85	0,48	2,43	47,6	414	621	219	79	39	41	42	44	39	32	0,187	122	183	219	
2,80	84	17	4/./	1,85	0,52	2,80	51,7	476	714	252	82	39	41	43	45	39	33	0,197	140	210	252	
3,00	52	14	4/./	1,85	0,55	1,73	26,1	295	442	156	64	37	39	41	43	37	31	0,141	87	130	156	
3,20	48	13	4/./	1,85	0,59	1,60	21,8	272	408	144	60	36	38	41	43	36	31	0,129	80	120	144	
3,40	54	15	4/./	1,85	0,63	1,80	23,4	306	459	162	62	37	39	41	43	36	31	0,136	90	135	162	
3,60	54	18	4/./	1,85	0,67	1,80	21,8	306	459	162	61	37	39	41	43	36	31	0,132	90	135	162	
3,80	89	17	4/./	1,85	0,70	2,97	38,0	504	757	267	77	39	40	42	44	38	33	0,179	148	223	267	
4,00	73	14	4/./	1,85	0,74	2,43	27,8	414	621	219	69	38	39	41	43	37	32	0,155	122	183	219	
4,20	48	12	4/./	1,85	0,78	1,60	15,5	272	408	144	53	35	38	40	42	34	31	0,111	80	120	144	
4,40	67	16	4/./	1,85	0,81	2,23	22,2	380	570	201	63	37	39	41	43	36	32	0,139	112	168	201	
4,60	69	18	4/./	1,85	0,85	2,30	21,8	391	586	207	63	37	39	41	43	36	32	0,139	115	173	207	
4,80	76	24	4/./	1,85	0,89	2,53	23,3	431	646	228	65	37	39	41	43	36	33	0,146	127	190	228	
5,00	65	15	4/./	1,85	0,93	2,17	18,2	368	553	195	59	36	38	40	43	35	32	0,128	108	163	195	
5,20	34	11	4/./	1,85	0,96	1,13	7,7	233	350	102	36	33	36	38	41	31	29	0,070	57	85	102	
5,40	36	11	4/./	1,85	1,00	1,20	7,9	241	361	108	37	33	36	38	41	31	30	0,073	60	90	108	
5,60	41	13	4/./	1,85	1,04	1,37	8,9	245	368	123	40	34	36	39	41	32	30	0,081	68	103	123	
5,80	79	19	4/./	1,85	1,07	2,63	19,3	448	672	237	62	37	39	41	43	35	33	0,136	132	198	237	
6,00	56	16	4/./	1,85	1,11	1,87	12,0	317	476	168	50	35	37	40	42	33	31	0,103	93	140	168	
6,20	26	10	4/./	1,85	1,15	0,93	4,8	318	477	78	22	31	34	37	40	29	28	0,042	43	65	78	
6,40	40	23	4/./	1,85	1,18	1,33	7,3	293	439	120	36	33	36	38	41	31	30	0,072	67	100	120	
6,60	35	18	4/./	1,85	1,22	1,17	5,9	324	486	105	31	32	35	38	40	30	29	0,060	58	88	105	
6,80	26	13	4/./	1,85	1,26	0,93	4,3	351	527	78	20	31	34	37	40	28	28	0,038	43	65	78	
7,00	22	12	4/./	1,85	1,30	0,85	3,7	366	548	66	14	30	33	36	39	27	28	0,027	37	55	66	
7,20	21	15	4/./	1,85	1,33	0,82	3,4	375	563	63	11	30	33	36	39	27	27	0,023	35	53	63	
7,40	21	17	4/./	1,85	1,37	0,82	3,3	384	575	63	11	29	33	36	39	27	27	0,022	35	53	63	
7,60	21	17	4/./	0,93	1,39	0,82	3,3	388	581	63	10	29	32	36	39	26	27	0,021	35	53	63	
7,80	24	18	4/./	0,94	1,41	0,89	3,5	397	595	72	15	30	33	36	39	27	28	0,028	40	60	72	
8,00	24	18	4/./	0,94	1,43	0,89	3,5	402	602	72	14	30	33	36	39	27	28	0,028	40	60	72	
8,20	22	15	4/./	0,93	1,44	0,85	3,2	402	603	66	11	30	33	36	39	26	28	0,022	37	55	66	
8,40	15	14	2////	0,95	1,46	0,67	2,4	360	540	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,60	13	14	2////	0,93	1,48	0,60	2,0	337	506	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,80	12	14	2////	0,92	1,50	0,57	1,9	324	485	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,00	14	14	2////	0,94	1,52	0,64	2,1	352	528	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,20	18	17	2////	0,98	1,54	0,75	2,6	395	592	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,40	19	13	2////	0,99	1,56	0,78	2,6	404	607	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,60	20	12	4/./	0,93	1,58	0,80	2,7	414	620	60	6	29	32	35	38	25	27	0,013	33	50	60	
9,80	26	13	4/./	0,95	1,60	0,93	3,2	443	665	78	14	30	33	36	39	27	28	0,028	43	65	78	
10,00	31	--	3:..	0,88	1,61	--	--	--	--	--	20	31	34	37	40	28	29	0,038	52	78	93	

c_g337.Comune di Parma - Prot. 18/12/2023.0280413.E Documento firmato digitalmente da: Sirocchi Alessandro; Sirocchi Alessandro La presente copia informatica è conforme al documento originale ai sensi dell'art 22 del D.Lgs. n. 82/2005. Il corrispondente documento cartaceo è conservato negli archivi di Comune di Parma



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

$$\text{fase 1 - resistenza alla punta} \quad R_p \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = \text{(L. punta) } C_t / 10$$

$$\text{fase 2 - resistenza laterale locale} \quad R_L \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = \text{[(L. laterale) - (L. punta)] } C_t / 150$$

$$\text{fase 3 - resistenza totale} \quad R_t \text{ (Kg)} = \text{(L. totale) } C_t$$

$$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta S (Kg) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale R_L viene computata 20 cm sopra la punta .

CONVERSIONI

$$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$$

$$1 \text{ kPa (kiloPascal)} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t / m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$$



LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHEValutazioni in base al rapporto: **$F = (R_p / R_L)$**

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = R_p / R_L$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di R_p e di $FR = (R_L / R_p) \%$:

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.



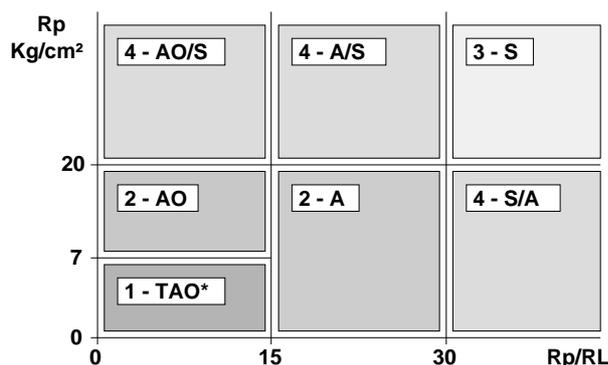
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto R_p / R_L (Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(R_p / R_L) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(R_p / R_L) < 30$



NATURA LITOLOGICA

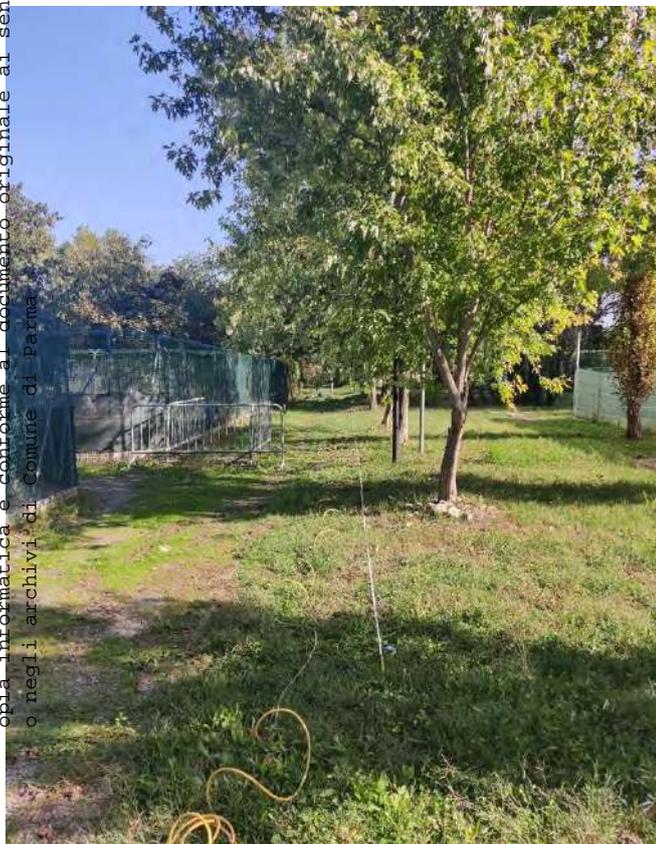
- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - R_p - natura] (Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}] (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - R_p]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - R_p - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati) [correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari) (g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]



ALLEGATO 2 – REPORT INDAGINI SISMICHE



c_g337.Comune di Parma - Prot. 18/12/2023.0280413.E Documento firmato digitalmente da: Siro
 cchi Alessandro Sirocchi Alessandro La presente copia informatica è conforme al documento
 originale ai sensi dell'art 22 del D.Lgs. n. 82/2005. Il corrispondente documento cartaceo è
 conservato negli archivi di Comune di Parma



PARMAGEO SRL

Via Argini Sud, 31 - 43022 Montechiarugolo (PR)

INDAGINE Re.Mi./MASW 1

LOCALITA': Parma

DATA: 16-10-2021

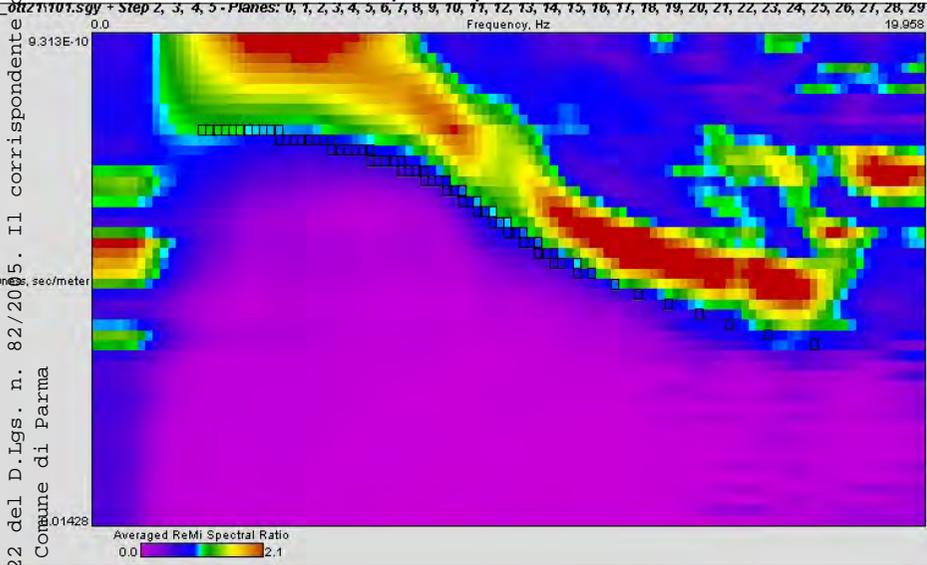
QUOTA: 49 m. s.l.m.

COMMITTENTE: Parmageo srl

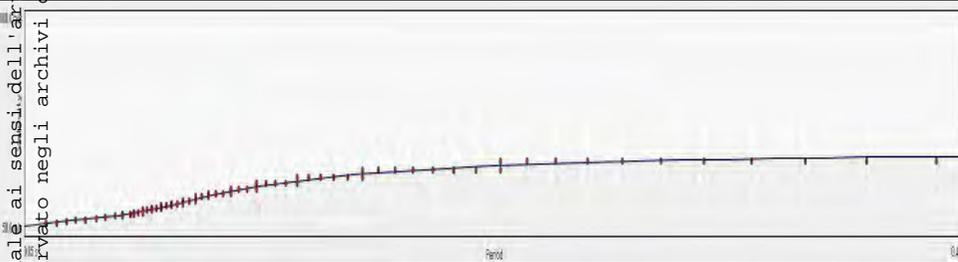
CANTIERE: Canile Municipale Parma

OPERATORI: Gilli S.

Spettro di potenza



Curva di dispersione



Modello interpretativo

Strato n°	Prof. (m)	Spess. (m)	Vs (m/s)
1	0	1.5	70
2	1.5	7	180
3	7	14	360
4	14	34	470
5	34	INF	460
6			
7			
8			
9			
10			

Vseq da -0,5 m p.c. **302**
 Categoria Suolo **C**

**Modello interpretativo
 profilo Vs (m/s)**

