

CONSORZIO BONIFICA PARMENSE

RIQUALIFICAZIONE E MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL CANALE SPELTA AI FINI DEL RISPARMIO IDRICO E DELLA MESSA IN SICUREZZA - 1° LOTTO

CUP: G58B23000090001

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA



TITOLO ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

ELABORATO

02.01

SCALA

-

COD. PROG. 2023-073 LIV. PROG. PFTE COD. ELAB. 2023-073-PFTE-02.01 REV. -

IL PROGETTISTA:

Ing. Giulia Mainardi

COLLABORATORE:

Ing. Alessio Gianni

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Chiara Miodini

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE
-	12/2025	Fattibilità tecnico economica	Geol. Faccini	Geol. Faccini	Ing. Miodini

**MANUTENZIONE STRAORDINARIA E RIQUALIFICAZIONE DEL
CANALE DELLA SPELTA IN LOCALITÀ
SAN GEMINIANO
DI MONTECHIARUGOLO (PR)**

RELAZIONE GEOLOGICA E RELAZIONE SISMICA

ESTENSORI:

COMMITTENTE:

PARMAGEO
INDAGINI GEOGNOSTICHE



Dott. Geol. Enrico Faccini

Consorzio della
Bonifica Parmense

INDICE

A. Premessa	4
A.1 Normative di riferimento	4
A.2 Localizzazione del sito	5
B. Inquadramento geologico ed idrogeologico	6
B.1 Quadro geologico	6
B.2 Stratigrafia	6
B.2.1 Subsistema di Ravenna (AES8)	7
B.2.1.1 Unità di Modena (AES8a)	7
B.3 Aspetti geomorfologici e rischio idrogeologico	10
B.4 Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi	14
B.4.1 La piezometria	15
B.4.2 La vulnerabilità degli acquiferi	16
C. DATI GEOGNOSTICI	17
C.1 Dati stratigrafici bibliografici	17
C.1.1 Dati stratigrafici da bibliografia RER	17
C.1.2 Dati da Relazioni Geologiche specifiche	19
C.2 Dati stratigrafici locali	21
C.2.1 Prove penetrometriche statiche con piezocono CPTu	22
C.2.2 Prove penetrometriche dinamiche	26
C.2.3 Prova sismica Re.Mi.+MASW	27
D. Modello geologico e schema litologico	29
D.1 Parametri meccanici	30
D.1.1 Resistenza alla punta (qc)	30
D.1.2 Numero di colpi (N)	30
D.1.3 Coesione non drenata (Cu)	31
D.1.4 Modulo Edometrico (M)	32
D.1.5 Resistenza al taglio e densità relativa	32
D.1.6 Modulo di Young [modulo di elasticità] (E)	34
E. Modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione	35
E.1 Sismicità	35
E.1.1 Zonazione sismica e pericolosità	35
E.1.2 Classificazione sismica	37
E.2 Elementi di microzonazione sismica	38
E.2.1 Rischio sismico da PTCP di Parma	38
E.2.2 Microzonazione sismica del Comune di Montechiarugolo	40
E.2.3 Elementi di Analisi locale di II livello	41
E.2.3.1 Fattore di amplificazione topografico	43
E.3 Azioni sismiche ai sensi NTC2018	44
E.3.1 Categorie di sottosuolo	44
E.3.2 Categorie topografiche	44
E.3.3 Parametri sismici di calcolo	45
F. Requisiti di sicurezza del terreno di fondazione e stabilità globale	47
F.1 Stabilità nei confronti della liquefazione	47
F.1.1 Verifica della suscettività dei terreni alla liquefazione	47
F.1.1.1 Verifica liquefazione da Prove CPTu	48
F.1.1.2 Verifica liquefazione – Metodo AGI Prove DPSH	49

F.1.1.3	Verifica liquefazione – Velocità delle onde S	50
G.	Considerazioni finali	53
Allegato 1	– Report indagini sismiche	56
Allegato 2	– Prove penetrometriche	57
	Prove penetrometriche statiche con piezocono	58
	Prove penetrometriche dinamiche	59

LAVORO A CURA DI:

Parmageo S.r.l.

Via Argini Sud n°31
Tel/Fax. 0521/681030
info@parmageo.com
www.parmageo.com

Dott. Geol. Enrico Faccini
Via Gramsci n°4, Basilicanova
43022 (PR)
Iscritto all'Ordine dei Geologi dell'Emilia-Romagna (n. 297)
C.F. FCCNRC53R03F473Y
Pec: parmageosrl.PR00@postepcc.cassaedile.it
Cellulare: 3488407096

A. PREMESSA

Il presente studio geologico-tecnico è finalizzato a ricavare le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche di un'area sita nel comune di Montechiarugolo in località San Geminiano, interessata da futuri interventi di manutenzione e riqualificazione del Canale della Spelta. 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)".
- DGR 476/2021 (e DGR integrativa n. 564/2021) "Aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)" di cui alla Deliberazione della Giunta Regionale 29 aprile 2019, n. 630"

A.2 Localizzazione del sito

L'area è ubicata nella Carta Tecnica Regionale elemento 200064 "GAZZANO" alla scala 1:5.000; il sito in esame si colloca tra le quote di 75-78 m s.l.m. e le coordinate (ED50) dei punti che delimitano a nord e a sud l'area di intervento, del tratto di Canale della Spelta in esame, sono riportate nella tabella seguente:

Canale della Spelta - SUD	Latitudine	44.726936°
	Longitudine	10.431038°
Canale della Spelta - NORD	Latitudine	44.731169°
	Longitudine	10.430377°

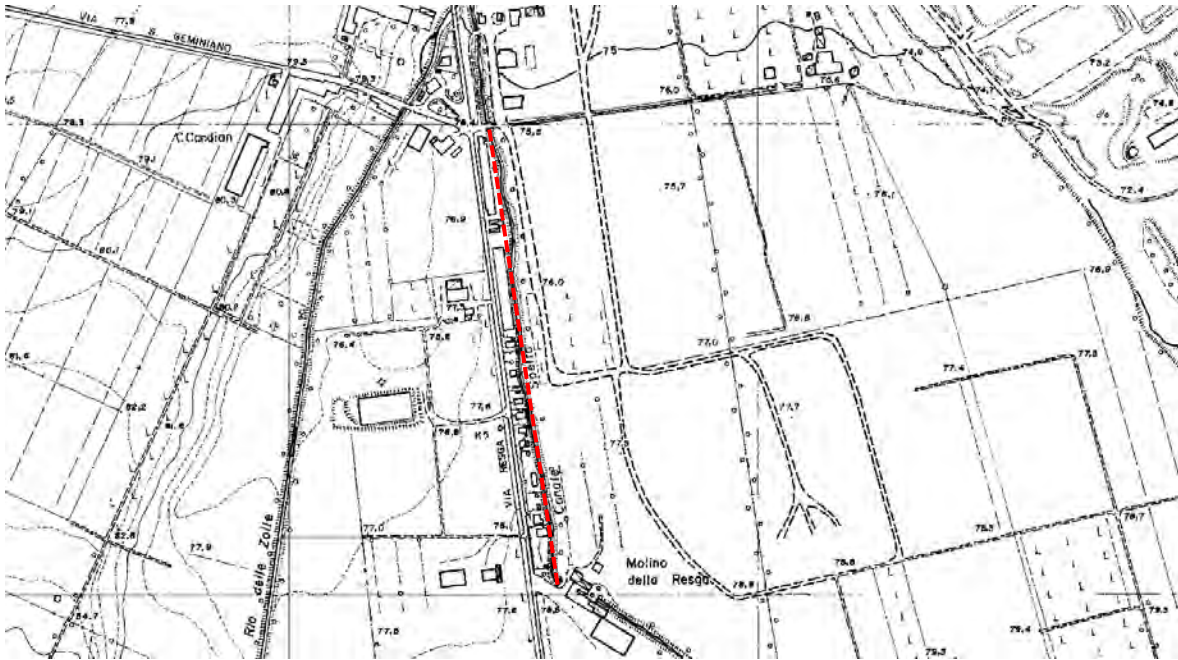


Figura 1. Ubicazione dell'area su CTR, non in scala. La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta in esame.

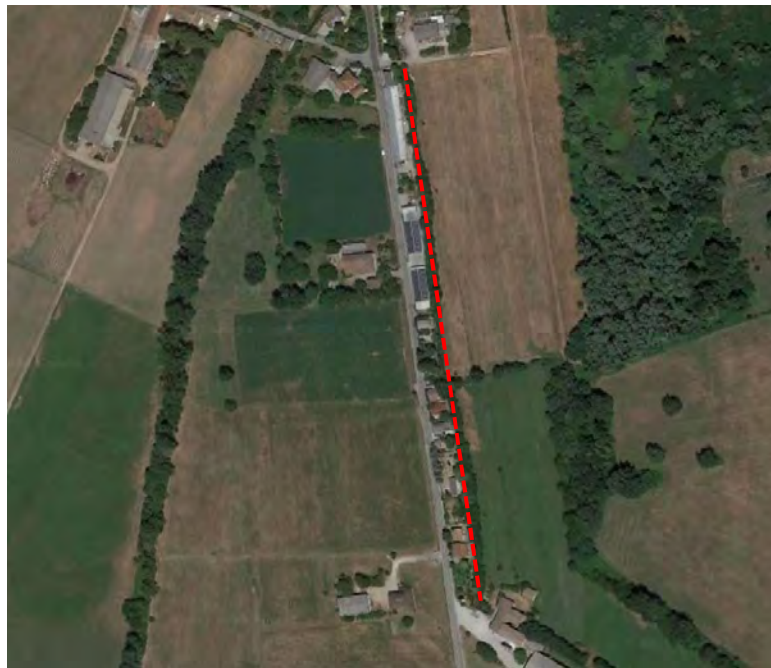


Figura 2. Individuazione area dell'intervento su ortofoto Google Earth. (del 09/07/2021). La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta in esame.

B. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

B.1 Quadro geologico

La zona in esame ricade nel foglio 200 "REGGIO EMILIA" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 ed è caratterizzata principalmente dalla presenza di depositi appartenenti al Subsistema di Ravenna – Unità di Modena (AES8a). Nei paragrafi successivi si riportano le descrizioni tratte dalle note illustrative della Cartografia Geologica in scala 1:10.000 e 1:50.000 della Regione Emilia-Romagna disponibili al sito: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis>.

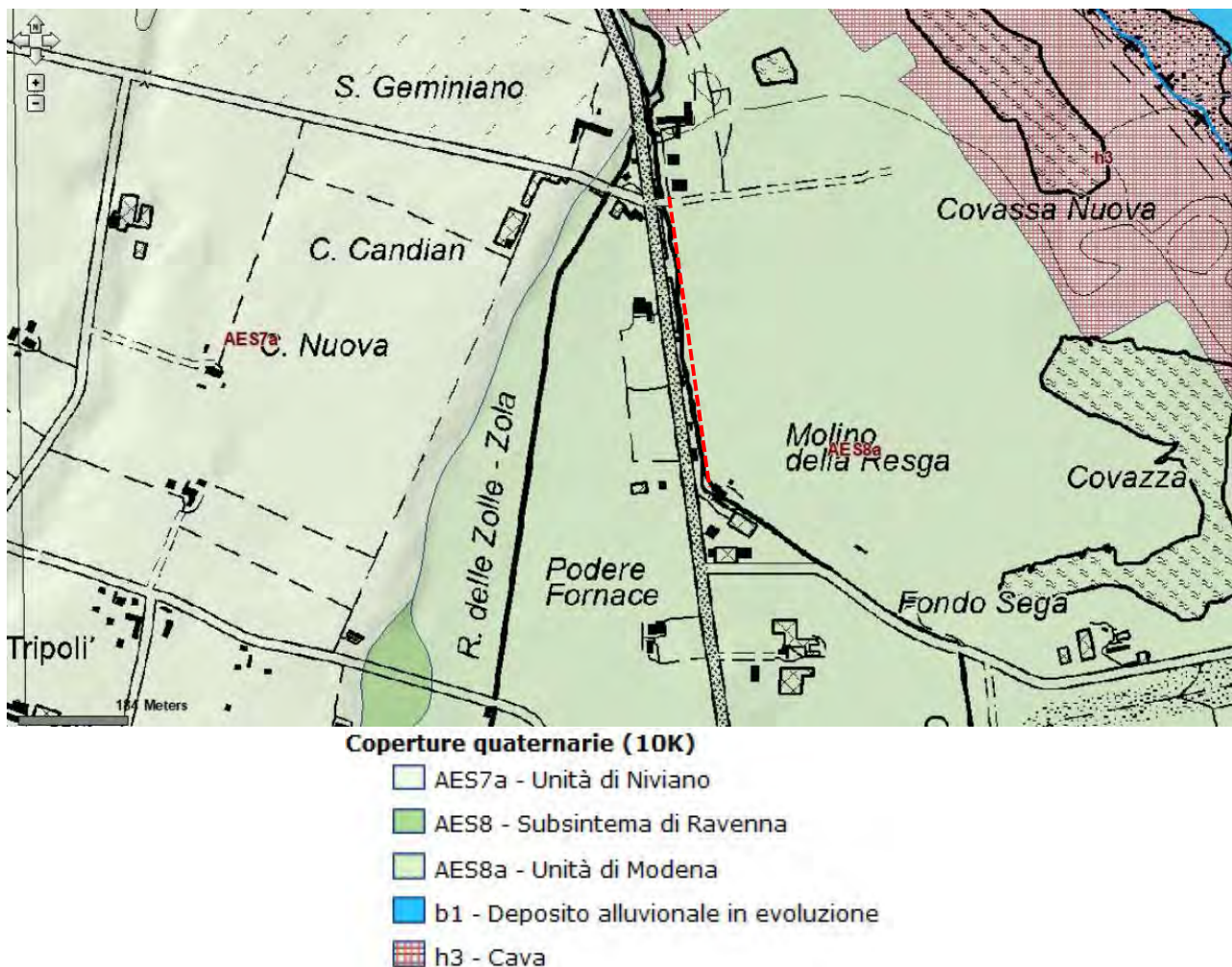


Figura 3. Estratto dalla carta geologica del progetto CARG disponibile nel sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>.

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 Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI - equivalente all'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore della pubblicazione citata) ed un'unità superiore, detta Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES - equivalente all'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore della pubblicazione citata). Nell'area in esame affiorano i depositi del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

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..

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (Pleistocene medio-Olocene) è stato suddiviso in cinque subsintemi 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: Subsintema di Ravenna (AES8), Subsintema di Villa Verucchio (AES7), Subsintema di Agazzano (AES3), Subsintema di Maiatico (AES2), Subsintema di Monterlinzana (AES1).

In corrispondenza dell'area in studio affiora il Subsintema Ravenna – Unità di Modena (AES8a); 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 *Subsintema 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, per gran parte relitta, corrispondente alla superficie topografica. Il fronte di alterazione del tetto è di moderato spessore con profilo di alterazione inferiore ai 150 cm ed i suoli presentano gli orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati. Il profilo è costituito dagli orizzonti A, Bw, Bk (C) (entisuoli), con colori di alterazione Munsell degli orizzonti B delle pagine 10YR-2.5Y (giallo-bruno). Nell'area del Foglio, il Subsintema di Ravenna raggiunge lo spessore massimo di circa 15 m. Età: Pleistocene Superiore - Olocene. La base dell'unità è datata a circa 20.000 anni B.P. secondo dati radiometrici e geoarcheologici ottenuti in aree adiacenti (Fogli 199 e 201).

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

B.2.1.1 Unità di Modena (AES8a)

L'Unità è costituita da ghiaie prevalenti con livelli e lenti di sabbie, ricoperte da una coltre limosa e/o limoso-sabbiosa discontinua: depositi di conoide alluvionale, terrazzati, adiacenti all'alveo di piena degli attuali corsi d'acqua, sia in contesto intravallivo, sia di pianura.

La scarpata che la separa dal Subsintema 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 circa 10 metri. In base alle datazioni geoarcheologiche 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 quaternarie continentali – Subsintemi di Ravenna e di Villa Verucchio” allegata al Foglio geologico – 200 “REGGIO EMILIA” del progetto CARG alla scala 1:50.000. Il sito oggetto della presente relazione, secondo la carta consultata, si colloca in un’area di amalgamazione tra le ghiaie basali di AES8 e le ghiaie sommitali di AES7 e tra le isobate del tetto delle ghiaie e delle sabbie fluviali di 80 e 75 m s.l.m.

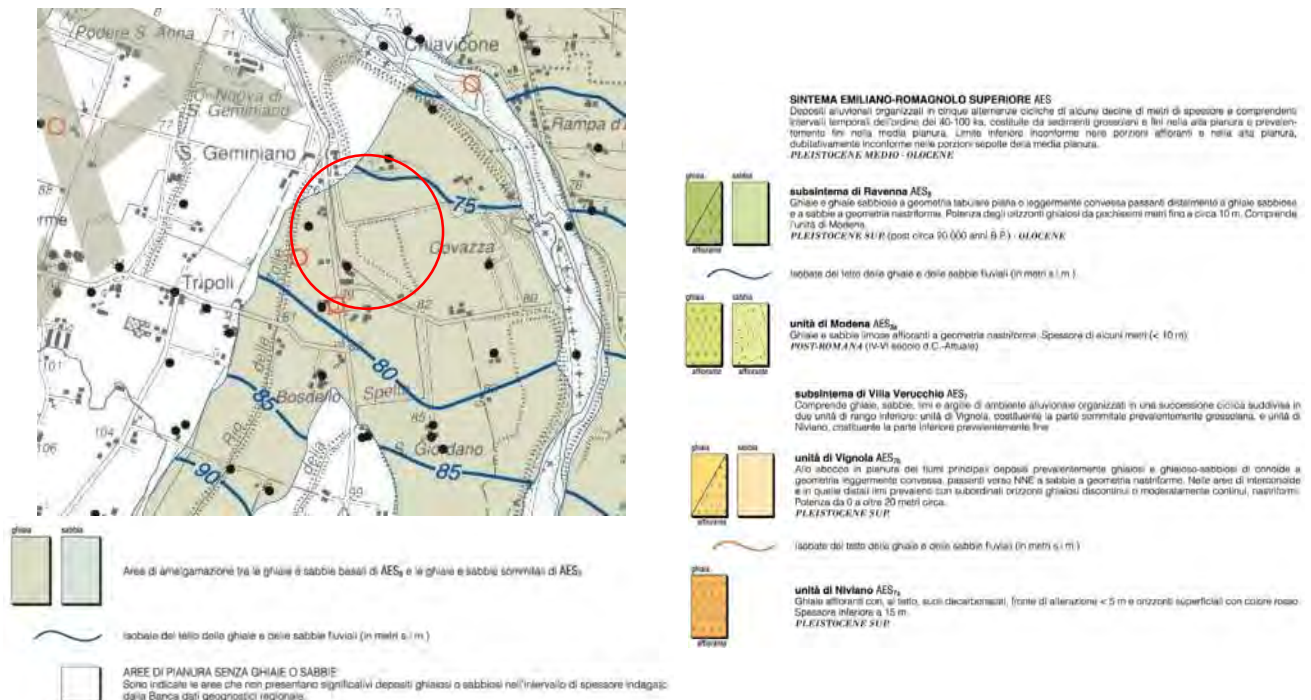


Figura 4. Estratto dalla “Carta del tetto delle ghiaie e delle sabbie quaternarie continentali – Subsintemi di Ravenna e di Villa Verucchio – 200 “REGGIO EMILIA” del progetto CARG. Nel cerchio rosso è compresa l’area in esame.

È stata consultata la pagina “Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola” del portale del sito della Regione Emilia-Romagna (alla pagina https://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=sezioni_geo) dove è stato possibile visualizzare alcune sezioni, le cui tracce sono prossime all’area in esame. Nelle immagini seguenti sono presenti le tracce delle sezioni consultate ed a alcune porzioni delle stesse.



Figura 5. Tracce sezioni geologiche riportate nel portale della RER. La freccia rossa individua l’area in esame.

La traccia della sezione n°31 passa a S dell'area in esame e attraversa il Fiume Enza. In corrispondenza della proiezione dell'area in esame, nel sottosuolo è segnalata la presenza dell'acquifero A1 e la litologia prevalente risulta essere costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose.

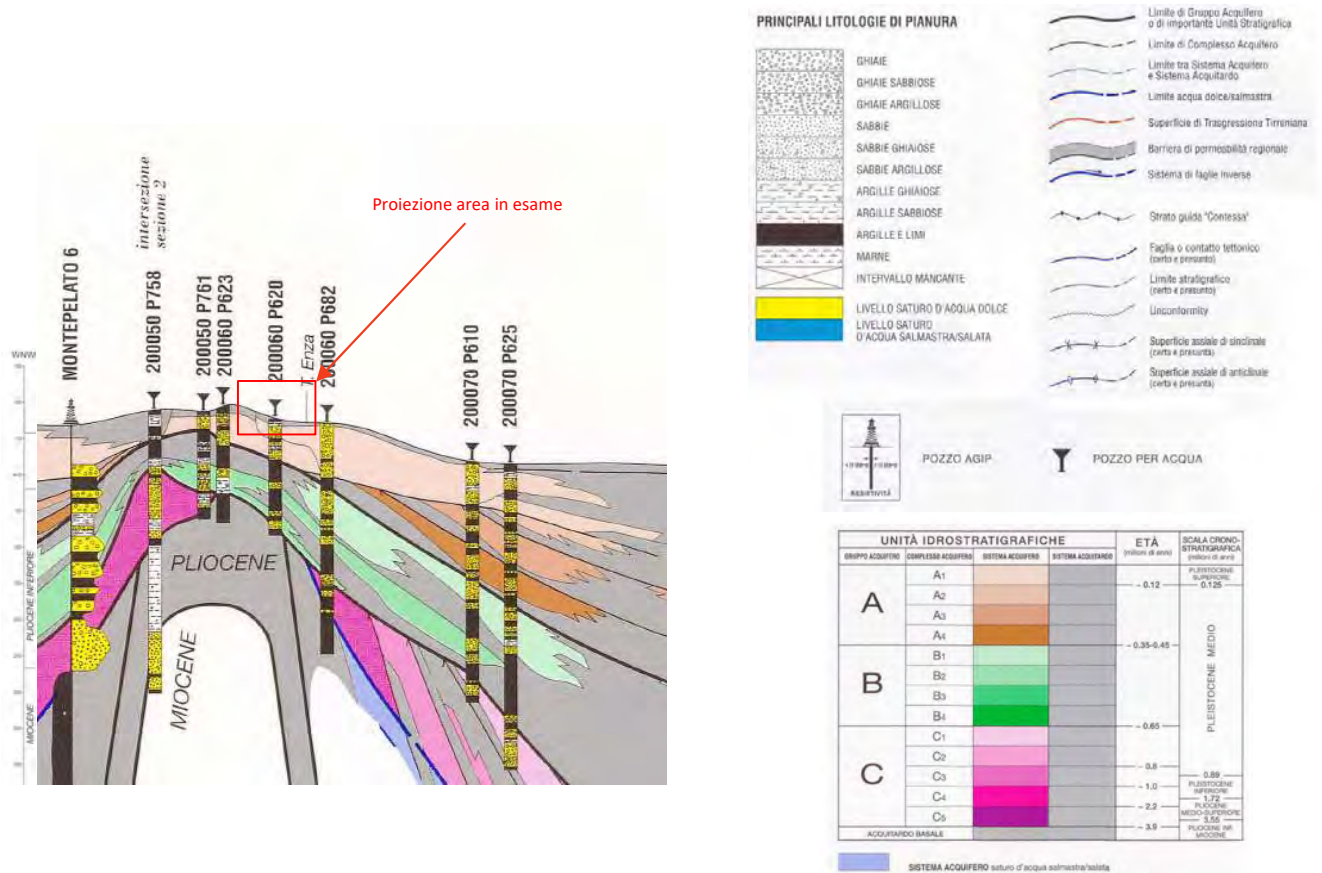


Figura 6. Sezione n°31 da portale Sezioni Geologiche RER (porzione centrale).

Nell'immagine seguente è riportata la sezione n°133 (porzione centrale), la cui traccia si colloca ad est del sito oggetto di studi, disponibile nella pagina "Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano-romagnola" del sito della regione Emilia-Romagna. In corrispondenza della proiezione dell'area in esame sulla suddetta sezione sono presenti terreni prevalentemente costituiti da alternanza di limo/limo sabbioso e ghiaia prevalente. /argilla di uno spessore di almeno 15.0/20.0 m.

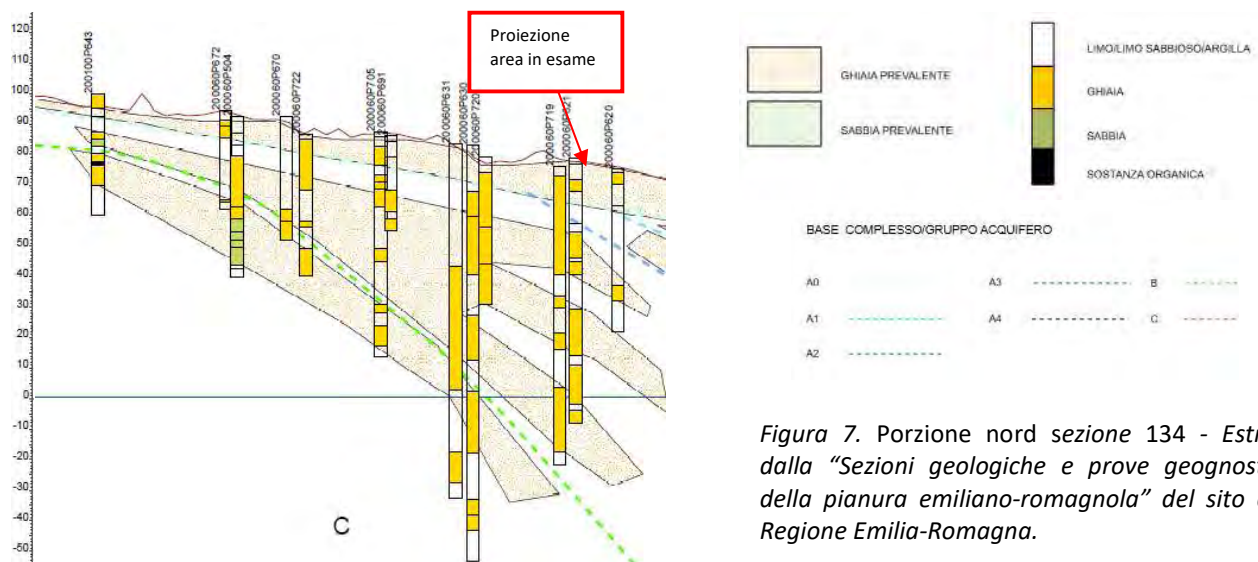


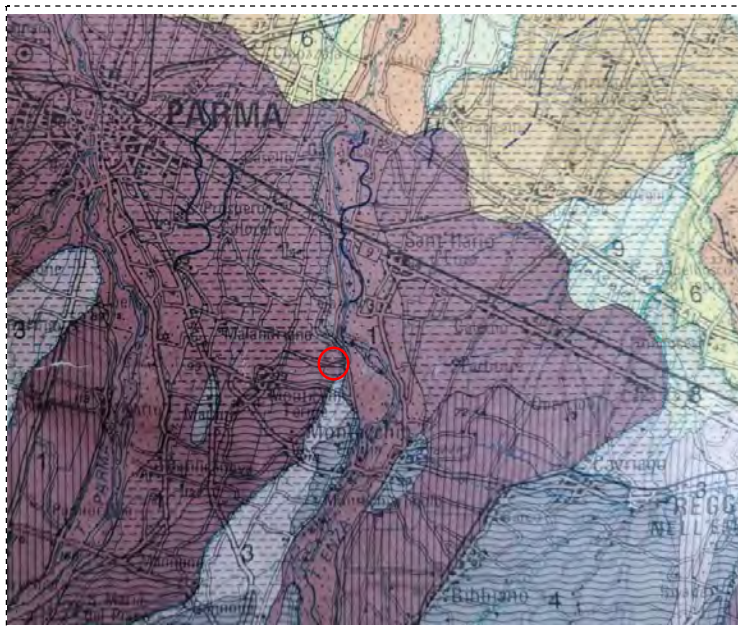
Figura 7. Porzione nord sezione 134 - Estratto dalla "Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano-romagnola" del sito della Regione Emilia-Romagna.

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 alle quote comprese tra 75 e 79 m s.l.m., in sinistra idrografica rispetto al T. Enza, che scorre in direzione S-N a circa 1-1.5 km a est dall'area in esame. Sono presenti in corrispondenza dell'area oggetto di studi diversi scoli e canali appartenenti al sistema idrografico minore. Il Canale della Spelta, interessato da futuri interventi di manutenzione dei tratti di bonifica, si trova ad est della SP95.

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 il sito in esame si colloca in corrispondenza di "depositi a basso grado di alterazione, con fronte di alterazione > 1m ai primi stadi di alterazione (100-150 cm), al tetto suoli con orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati con differenziazione del profilo in orizzonti A-Bw-Bk-C; Hue degli orizzonti B2.5Y-10YR; all'interno dei suoli reperti dal Mesolitico all'età romana (Olocene: Mesolitico-Età Romana)". A nord del sito in esame viene segnalata una traccia di canale estinto ed il limite del bacino di provenienza e deposizione del sedimento.



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

L'area risulta esterna alla Fascia Fluviale C così come definita nel Piano Assetto Idrogeologico (PAI) e come riportato negli elaborati cartografici seguenti. Il limite della Fascia C, come da elaborati consultati, è indicato a circa 80 m ad est dal Canale della Spelta nel tratto in esame.

Nella Tavola C4_1 "Carta del rischio ambientale e dei principali interventi di difesa" del PTCP di Parma l'area risulta esterna all'"Area di inondazione per piena catastrofica del Po ed inadeguatezza della rete scolante di pianura".

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



Figura 9. Estratto dalla Tavola C4_1 "Carta del rischio ambientale e dei principali interventi di difesa" del PTCP della provincia di Parma. La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta in esame.

Anche attraverso la Tavola C1_7 "Tutela ambientale, paesistica e storico culturale" del PTCP di Parma si individua l'area in esame esterna alla Fascia Fluviale C così come definita nel Piano Assetto Idrogeologico (PAI); L'area di studio è compresa nelle "zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale" e il Canale della Spelta ed il Rio delle Zolle sono indicati come corsi d'acqua meritevoli di tutela.

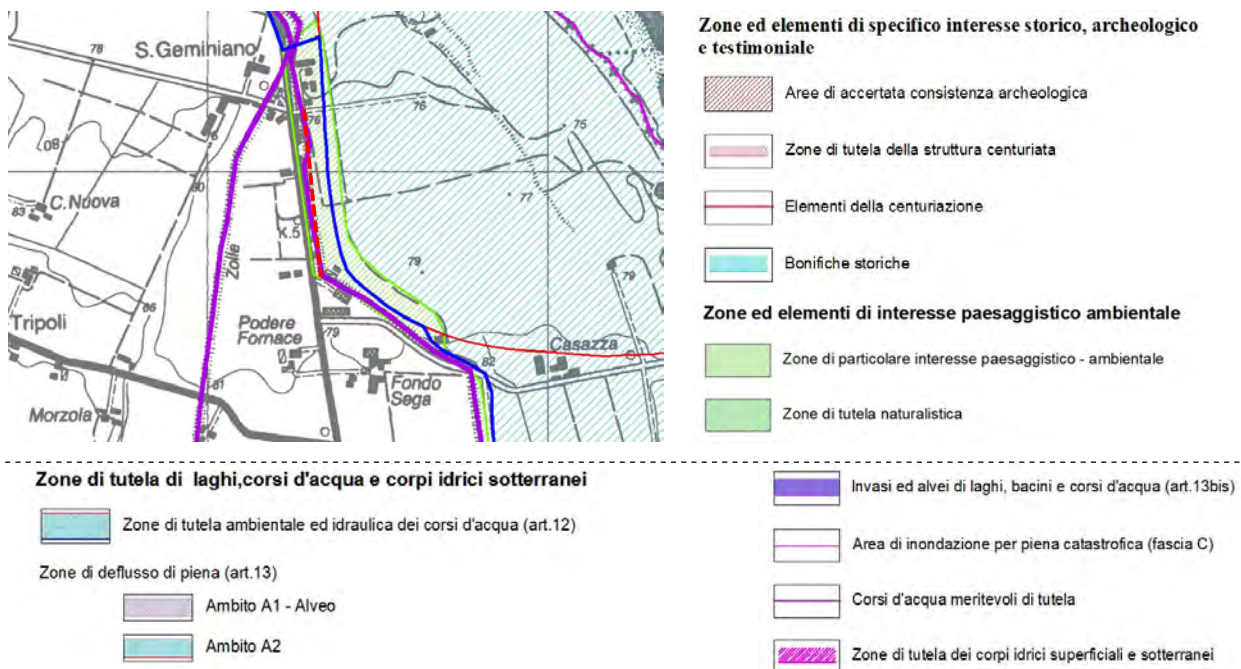


Figura 10. Estratto dalla Tavola C1_7 "Tutela ambientale, paesistica e storico culturale" del PTCP della provincia di Parma. La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta in esame.

Il Progetto di Piano di Gestione Rischio Alluvioni del Bacino del Fiume Po (PGR, disponibile al sito <https://pianoalluvioni.adbpo.it/piano-gestione-rischio-alluvioni-2021/>, il cui aggiornamento ai sensi degli art.65 e 66 del D.Lgs 152/2006 è stato adottato in data 20 dicembre 2021 con Delibera_5/2021_PGRAPo dalla Conferenza Istituzionale Permanente) 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 seguente.

Tabella riepilogativa scenari di inondazione

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

Figura 11. Estratto dalla Relazione IIA. "Mappatura della pericolosità e valutazione del rischio"

Nel Piano di Gestione delle Alluvioni l'area risulta interna rispetto agli scenari di pericolosità evidenziati per quello che riguarda il reticolo principale di pianura (RP) per i quali sono indicate "alluvioni rare" (L-P1).

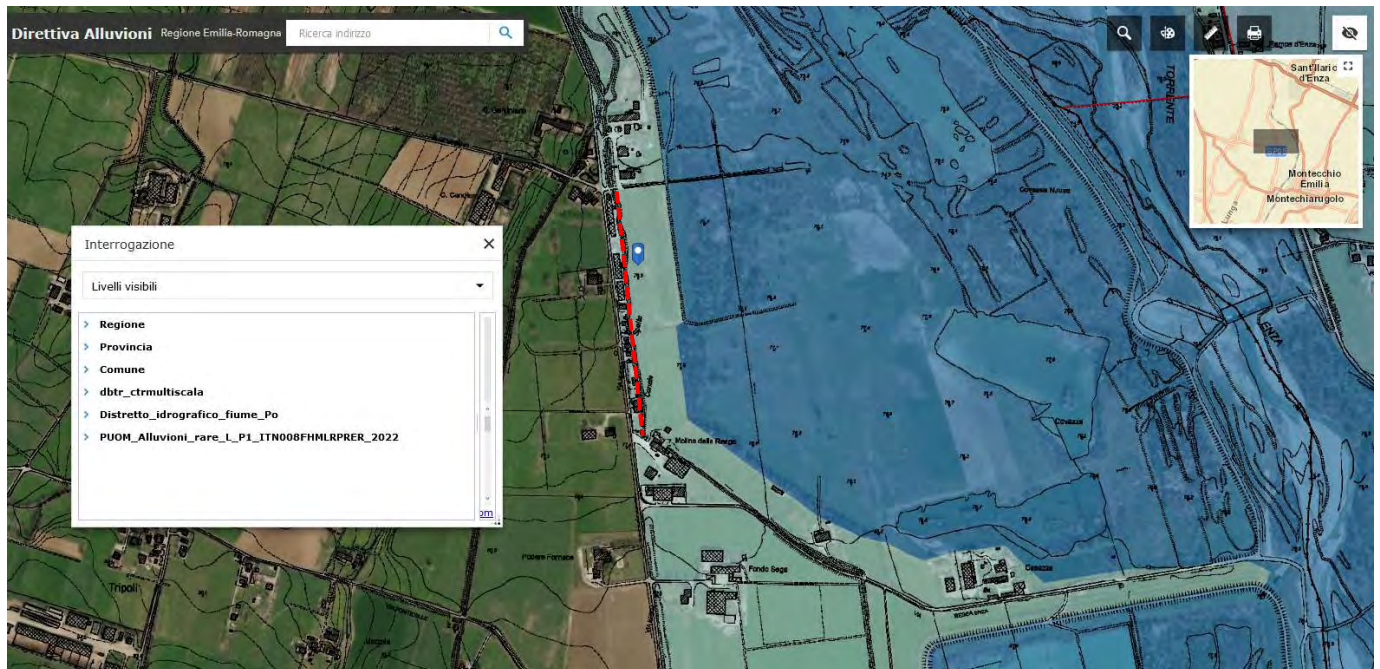


Figura 12. Piano di Gestione Alluvioni [estratto dal sito <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/cartografia>], aggiornamento delle mappe della pericolosità e del rischio del marzo 2020. La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta in esame.

Di seguito si riportano inoltre alcuni estratti degli elaborati del PSC del comune di Montechiarugolo. Nella Tavola PSC 2.1 "Zonizzazione del Territorio" il Canale della Spelta è compreso nelle "zone di tutela/E3 (art. 8)", le aree prossime e circostanti al canale sono comprese nelle "zone di protezione idrogeologica/E4 (Art. 9)". Come riportato in precedenza, anche attraverso la Tavola PSC 2.1, il sito risulta compreso nel perimetro delle "zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale (art. 19 PTPR - art. 17)". L'area in esame risulta inoltre compresa nel "perimetro delle zone da sottoporre a progetti di tutela, recupero e valorizzazione".

Anche la "Carta dei Vincoli" (Tavola PSC 3.1) segnala l'area compresa nelle "zone di interesse paesaggistico-ambientale" e nelle "zone da sottoporre a progetti di tutela, recupero e valorizzazione".

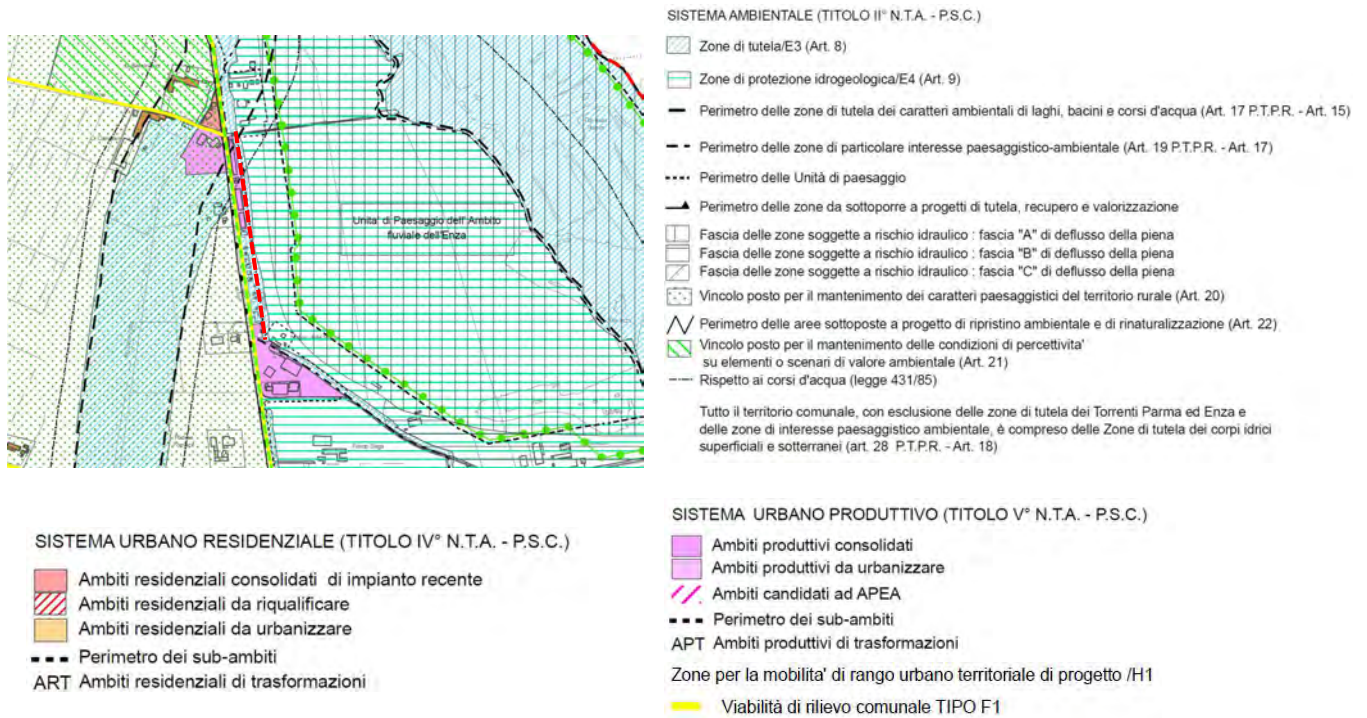


Figura 13. Estratto dalla Tavola PSC 2.1 "Zonizzazione del Territorio" del PSC del comune di Montechiarugolo. La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta in esame.



Figura 14. Estratto dalla Tavola PSC 3.1 "Carta dei vincoli" del PSC del comune di Montechiarugolo. La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta in esame.

Il Canale dell Spelta nella Tavola PSC 6.1 “Carta di zonizzazione ambientale” del PSC del comune di Montechiarugolo è indicato come canale di derivazione delle acque dal T Enza.



Figura 15. Estratto dalla Tavola PSC 6.1 “Carta di zonizzazione ambientale” del PSC del comune di Montechiarugolo. La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta in esame.

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.

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

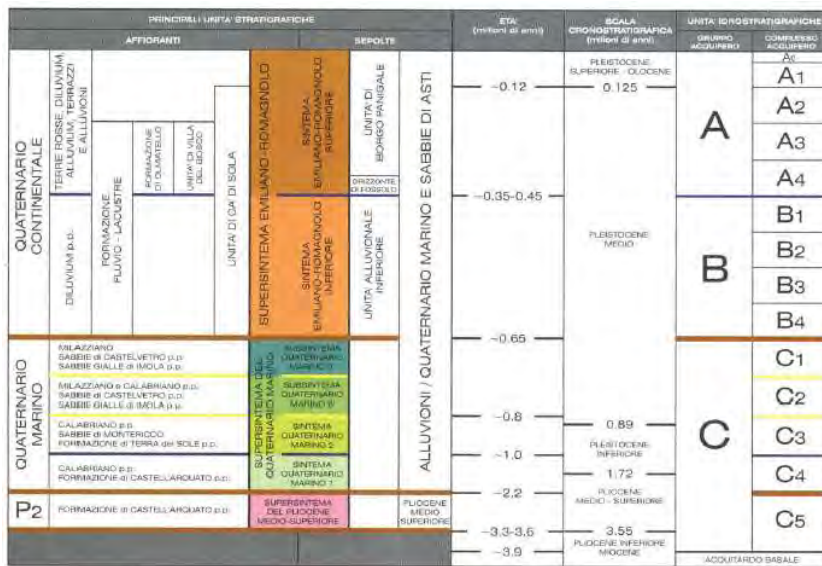


Figura 16. Schema stratigrafico del margine appenninico e della pianura emiliano-romagnola (da "Le acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna. Modello concettuale" PTA, 2005)

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.

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.

Il sito in esame si colloca in aree di ricarica diretta per infiltrazione dalla superficie, in particolare sono presenti suoli moderatamente ripidi o ripidi, da superficiali a molto profondi, a permeabilità media; privi di condizioni significative di saturazione idrica e stagionalmente soggetti a moderato rischio di incrostamento superficiale. In corrispondenza del sito in esame lo spessore cumulativo dei depositi porosi permeabili del Gruppo acquifero A è di circa 20 m e la profondità del limite basale è intorno ai 50 m s.l.m.

B.4.1 La piezometria

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche eseguite nel mese di Maggio 2023, in corrispondenza delle verticali indagate, non è stata reperita la falda. Non si esclude comunque che, durante i periodi piovosi o durante eventi meteorici occasionali, il livello piezometrico possa risalire a quote prossime al piano campagna.

Come riportato nel paragrafo C.1 sono stati consultati i dati bibliografici presenti nel database RER. Unicamente per due prove geognostiche, tra quelle consultate, eseguite nei pressi dell'area in esame è stato reperito il dato di falda: in corrispondenza dei pozzi per acqua n°200060P687 e 200060P696 è indicato un livello piezometrico rispettivamente di -6 m e -5 m da p.c.

Sigla	Quota p.c. (m)	Profondità raggiunta (m da p.c.)	Data di esecuzione	Profondità falda (m da p.c.)	Tipo di prova
200060P696	67.8	20	1942-12-25	-5.0	pozzo per acqua
200060P687	78	30	1982-08-02	-6.0	pozzo per acqua

Tabella 1. Livello piezometrico segnalato in corrispondenza delle prove bibliografiche consultate nel database RER.

B.4.2 La vulnerabilità degli acquiferi

Nella Tavola 15 del PTA della provincia di Parma "Aree di salvaguardia per la tutela delle acque potabili ed emergenze naturali" il sito in esame risulta interno alla zona di protezione del settore A definito come "area caratterizzata da ricarica diretta della falda: generalmente presente a ridosso della pedecollina, idrogeologicamente è identificabile con un sistema monostrato, contenente una falda freatica, in continuità con la superficie da cui riceve alimentazione per infiltrazione" (da Relazione "A. quadro conoscitivo A.1 approfondimento in materia di tutela delle acque del QC del PTA di Parma).

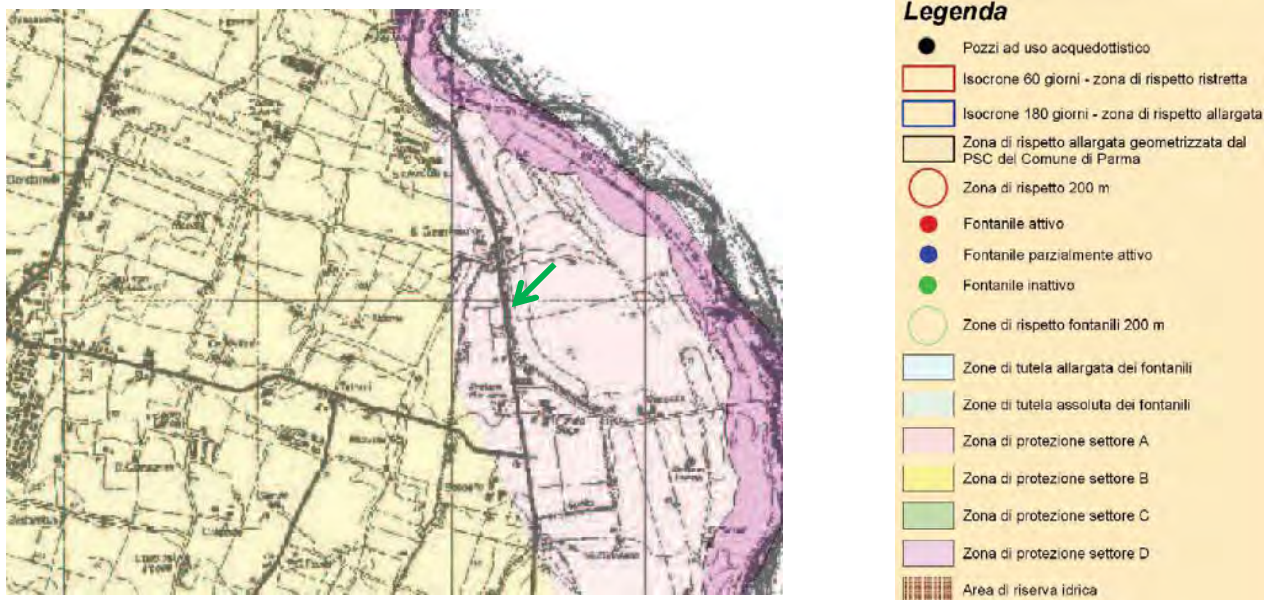


Figura 17. Estratto dalla tavola 15 del PTA della provincia di Parma.

Nella Tavola 6 del PTA della provincia di Parma il sito in esame rientra in classe di vulnerabilità a sensibilità elevata; la vulnerabilità naturale degli acquiferi all'inquinamento rappresenta un indicatore ambientale di suscettibilità delle falde idriche al carico antropico esistente. Il sito è inoltre compreso in un'"area di rilevante interesse scientifico, naturalistico e ambientale 8DGR 2006/167".



Figura 18. Estratto dalla tavola 6 del PTA della provincia 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, in un intorno significativo dell'area in esame, dalle seguenti fonti:

- database regionale (disponibile al sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>);
- relazioni geologiche specifiche redatte per lo studio di zone limitrofe all'area in esame.

C.1.1 Dati stratigrafici da bibliografia RER

Di seguito si riassumono e schematizzano le prove geognostiche ed i dati reperiti nel database della Regione Emilia-Romagna.



Figura 19. Ubicazione dei dati bibliografici reperiti da database RER. La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta 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 da p.c.)	Data di esecuzione	Profondità tetto ghiaie (m da p.c.)	Tipo di prova
200060P696	67.8	20	1942-12-25	1.2	pozzo per acqua
200060P687	78	30	1982-08-02	7	pozzo per acqua
200060G030	76	560	1975-09-25	0.2	perforazione per ricerca idrocarburi
200060P688	90.3	53	1990-12-25	7	pozzo per acqua
200060P703	89.5	24	1967-12-25	8	pozzo per acqua
200060P700	79.6	102		0.2	pozzo per acqua
200060A001	80	3	2009-05-04	0.8	affioramento naturale o scavo
200060A003	79.6	2	2009-05-04	1.1	affioramento naturale o scavo
200060A002	79.6	2	2009-05-04	1.3	affioramento naturale o scavo

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

Di seguito si riportano le stratigrafie dei pozzi per acqua 200060P696, 200060P687, 200060P688 e 200060P703 prossimi all'area in esame.

200060P696	
Profondità (m dal pc)	Descrizione litologica
0.0-1.2	Terreno coltivo
1.2-6.0	Ghiaia e sabbia
6.0-10.0	Argilla
10.0-14.0	Argilla e ghiaia
14.0-16.0	Argilla
16.0-20.0	Ghiaia e sabbia

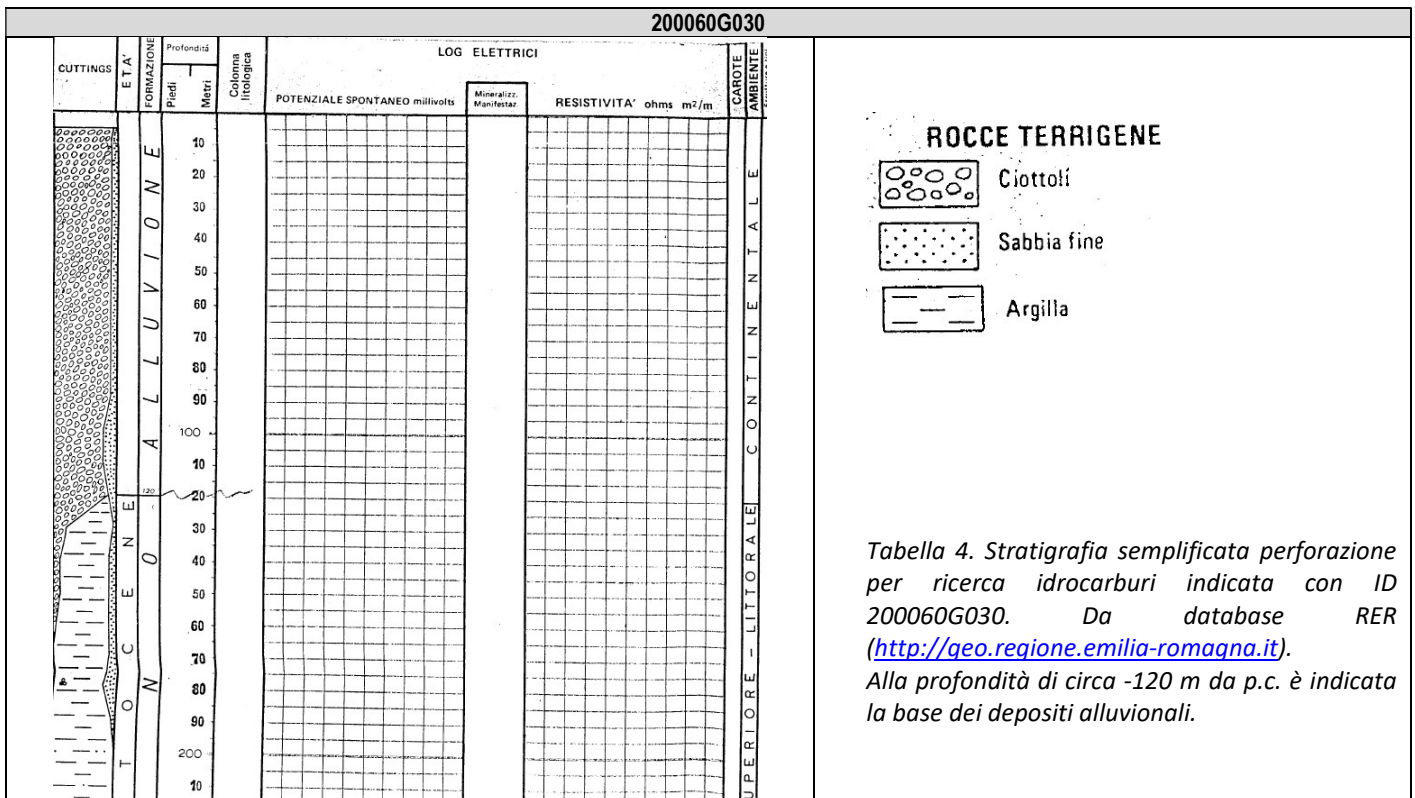
200060P687	
Profondità (m dal pc)	Descrizione litologica
2.0-10.2	Ghiaia
10.2-11.5	Argilla gialla
11.5-19.0	Ghiaia con argilla
19.0-25.0	Argilla blu
25.0-30.0	Ghiaia con acqua

200060P688	
Profondità (m dal pc)	Descrizione litologica
0.0-7.0	Argilla
7.0-18.0	Ghiaia con argilla
18.0-28.0	Argilla
28.0-30.0	Ghiaia mista ad argilla
30.0-49.0	Argilla
49.0-53.0	Ghiaia

200060P703	
Profondità (m dal pc)	Descrizione litologica
0.0-8.0	Argilla e ghiaia
8.0-12.0	Ghiaia
12.0-15.0	Argilla
15.0-20.0	Ghiaia
20.0-21.0	Argilla
21.0-24.0	Ghiaia

Tabella 3. Stratigrafia pozzi per acqua e sondaggi a carotaggio continuo reperiti nell'intorno dell'area in esame su database RER (<http://geo.regione.emilia-romagna.it>).

Si riporta inoltre la stratigrafia sintetica della perforazione per ricerca idrocarburi indicata con ID 200060G030.



C.1.2 Dati da Relazioni Geologiche specifiche

Sono state inoltre consultate due Relazioni Geologiche specifiche redatte per lo studio di due aree relativamente prossime al sito in esame.

La prima relazione è “Progetto di ristrutturazione ad uso residenziale, località Campo Bo – Parma” (Geode, 2005), a cura del Dott. Geol. Giancarlo Bonini, la quale riporta la caratterizzazione geologica- geotecnica di un’area a nord-ovest del sito in esame. Le prove eseguite per la caratterizzazione dell’area suddetta sono n°2 prove penetrometriche statiche e n°4 prove penetrometriche dinamiche. Nella tabella sottostante si riportano alcune informazioni relative a ciascuna prova.

Sigla	Tipo	Profondità (m dal p.c.)	Profondità tetto ghiaie [m dal p.c.]
S/CPT1	Prova penetrometrica statica/dinamica	-4.60	-2.60
S/CPT2	Prova penetrometrica statica/dinamica	-9.60	-3.60
SCPT 3	Dinamica	-3.40	-2.60
SCPT4	Dinamica	-2.80	-1.60

Tabella 5. Indagini reperite nella relazione bibliografica consultata (“Progetto di ristrutturazione ad uso residenziale, località Campo Bo – Parma” (Geode, 2005)).

La seconda relazione consultata “Ristrutturazione edificio esistente in località Campo Bo, Martorano - Parma (PR) (Parmageo – 2022)” è stata redatta dagli scriventi, nel Giugno 2022, per la caratterizzazione di un’area presente a NNW del sito in esame. Per quest’ultimo studio, tra i mesi di Febbraio e Marzo 2022 sono state eseguite n°2 prove penetrometriche statiche spinte sino alla profondità massima di -9.60 m da p.c. e n°2 misure di microtremore sismico a stazione singola. Nella tabella sottostante si riportano alcune informazioni relative a ciascuna prova.

Sigla	Tipo	Profondità (m dal p.c.)	Profondità tetto sabbie/ghiaie (m da p.c.)	Data di esecuzione
CPT1	Prova penetrometrica statica	9.4	-9.4	28/02/2022
CPT2	Prova penetrometrica statica	9.6	-9.4	28/02/2022
HV1	Misura di microtremore a stazione singola	>30	≈10/13	01/03/2022
HV2	Misura di microtremore a stazione singola	>30	≈10/13	01/03/2022

Tabella 6. Indagini reperite nella relazione bibliografica consultata “Ristrutturazione edificio esistente in località Campo Bo, Martorano - Parma (PR) (Parmageo – 2022)”

Nell’immagine seguente nel cerchio rosso è compresa l’area oggetto della Relazione Geologica del Giugno 2022 (Parmageo S.r.l.) mentre nel cerchio giallo è inquadrata l’area indagata e caratterizzata nel 2005 (Geode S.c.r.l.). Il sito in esame per la presente relazione si colloca all’incirca 1.8 km a SE delle due zone indicate.



Figura 20. Ubicazione aree di studio relative alle relazioni bibliografiche consultate. Nel cerchio rosso è compresa l’area oggetto della relazione del Giugno 2022 (Parmageo S.r.l.) mentre nel cerchio giallo è inquadrata l’area indagata e caratterizzata nel 2005. Il sito in esame per la presente relazione si colloca all’incirca 1.8 km a SE delle due zone indicate.

In merito alla relazione redatta dagli scriventi nel Giugno 2022 “Ristrutturazione edificio esistente in località Campo Bo, Martorano - Parma (PR) (Parmageo – 2022)” si riportano inoltre di seguito le elaborazioni delle misure di microtremore sismico a stazione singola eseguite (HVS1 e HVS2).

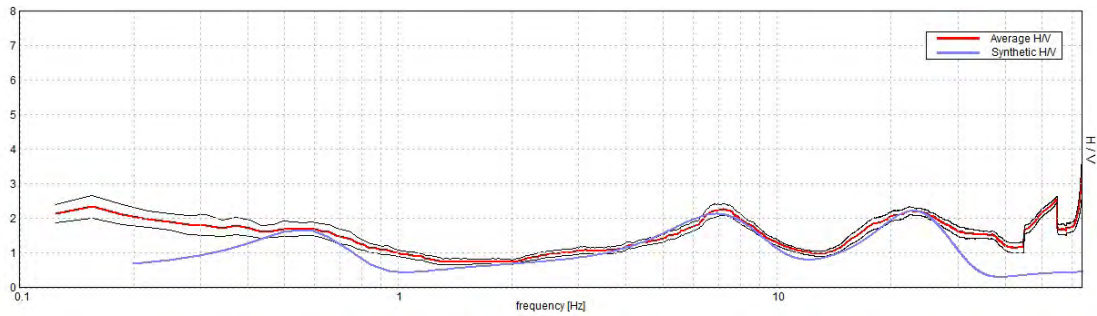


Figura 21. Curva HVS1. In rosso è rappresentata la curva HV elaborata ed in viola la curva calcolata.

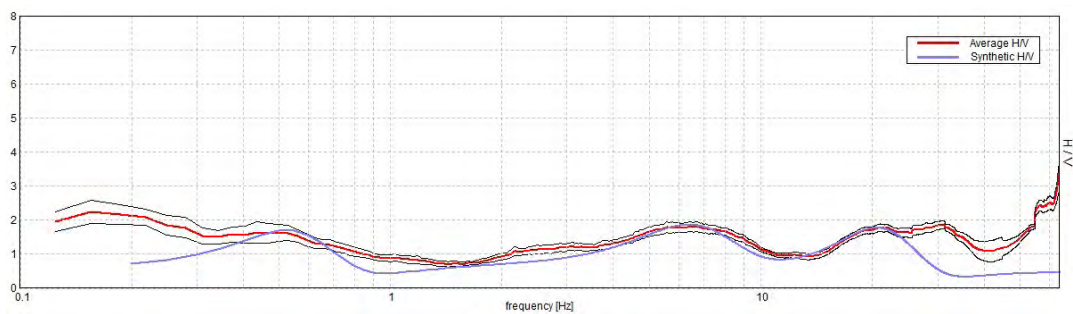


Figura 22. Curva HVS2. In rosso è rappresentata la curva HV, la curva calcolata è in colore viola.

Nella fase di elaborazione il picco posto a circa 0.5/0.6 Hz è stato ritenuto associato alla presenza del tetto del substrato marino/base dei depositi alluvionali a profondità comprese tra -150 e -100 m s.l.m. come indica il PTCP della provincia di Parma in corrispondenza della Località di Campo Bo di Martorano.

Le registrazioni eseguite nel Febbraio 2022 presso l’area caratterizzata nella Relazione Geologica “Ristrutturazione edificio esistente in località Campo Bo, Martorano - Parma (PR) (Parmageo – 2022)” hanno permesso di determinare un valore di V_{s30} , calcolato al piano campagna, pari a 442m/s (HVS1) e 410 m/s (HVS2).

C.2 Dati stratigrafici locali

Nel mese di Maggio 2023 nell'area in esame sono state eseguite le seguenti prove geognostiche: n°2 prove penetrometriche statiche con piezocono spinte sino alla profondità massima di 4.0 m da p.c., proseguite poi attraverso n°2 prove penetrometriche dinamiche che hanno raggiunto la profondità massima di 5.2 m da p.c.; sono inoltre state eseguite n°2 stendimenti sismici tipo MASW. L'ubicazione delle indagini è riportata nella figura seguente.



Figura 23. Ubicazione prove geognostiche eseguite nell'area in esame Maggio 2023. La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta in esame.

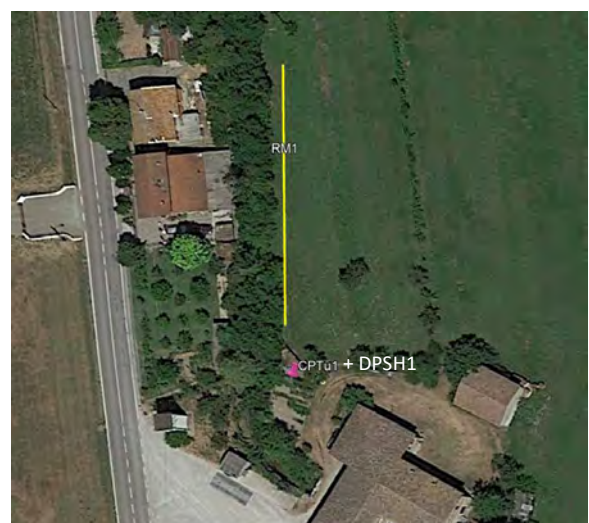
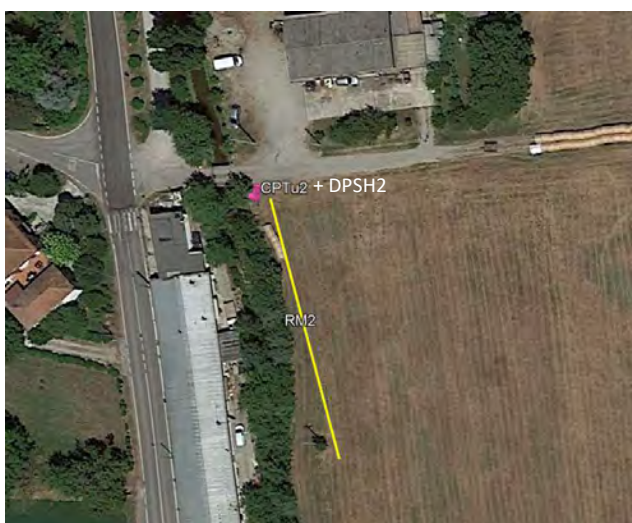


Figura 24. Dettaglio ubicazione prove geognostiche eseguite nell'area in esame Maggio 2023.

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

Sigla	Tipo	Profondità (m dal p.c.)	Profondità tetto sabbie/ghiaie (m da p.c.)	Data di esecuzione	Note
CPTu1	Prova penetrometrica statica con piezocono	1.63	>1.6	08/05/2023	Continua con CPTu1
CPTu2	Prova penetrometrica statica con piezocono	4.06	>4.00	08/05/2023	Continua con CPTu2
DPSH1	Prova penetrometrica dinamica	3.2	-2.4*	08/05/2023	Prosegue da CPTu1
DPSH2	Prova penetrometrica dinamica	5.2	-4.2*	08/05/2023	Prosegue da CPTu2
RM1	Stendimento sismico Re.Mi.+MASW	50.0	≈ -2.5	30/05/2023	-
RM2	Stendimento sismico Re.Mi.+MASW	50.0	≈ -1.0	30/05/2023	-

Tabella 7. Indagini eseguite nell'area in esame, Maggio 2023. *prove eseguite in ghiaia attraverso il penetrometro dinamico in corrispondenza delle verticali delle prove penetrometriche statiche con piezocono corrispondenti.

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

C.2.1 Prove penetrometriche statiche con piezocono CPTu

Le prove penetrometriche statiche consistono nell'infiggere 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 R_l). 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 CPT permettono di eseguire una interpretazione litologica puntuale ogni 1.0 cm.

Per la caratterizzazione dei terreni sono state utilizzate, le classificazioni proposte dalle Raccomandazioni A.G.I (1977) e da Begemann (1965) sulla base del rapporto F e quelle proposte da Schmertmann (1978) e da Robertson-Campanella (1983) in base al valore del rapporto di resistenza (friction ratio) F_r correlato con la resistenza alla punta q_c .

Nel caso delle CPTu, la punta del penetrometro è munita di settore poroso e relativo trasduttore (piezocono) per misurare, oltre alla resistenza di punta (q_c o R_p) e alla resistenza laterale (q_s o R_l), anche la pressione nei pori (u).

Nel grafico seguente sono riportati i valori di q_c in funzione della profondità misurati attraverso l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche con piezocono.

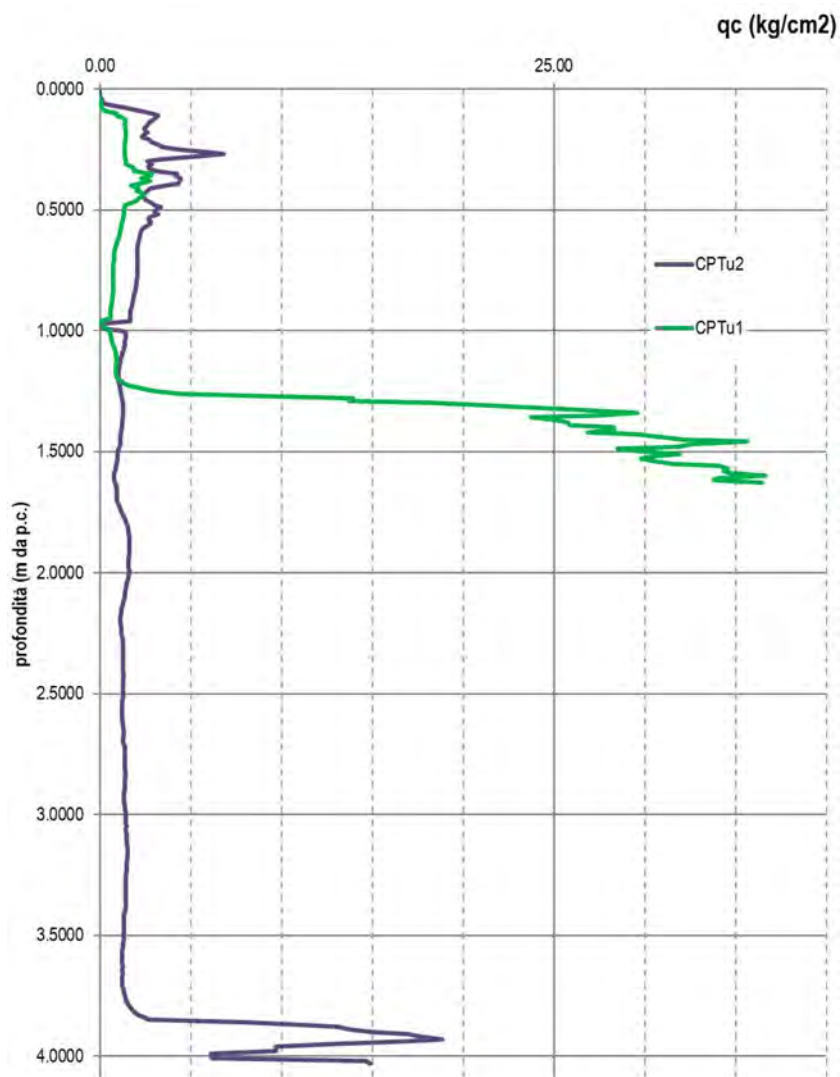
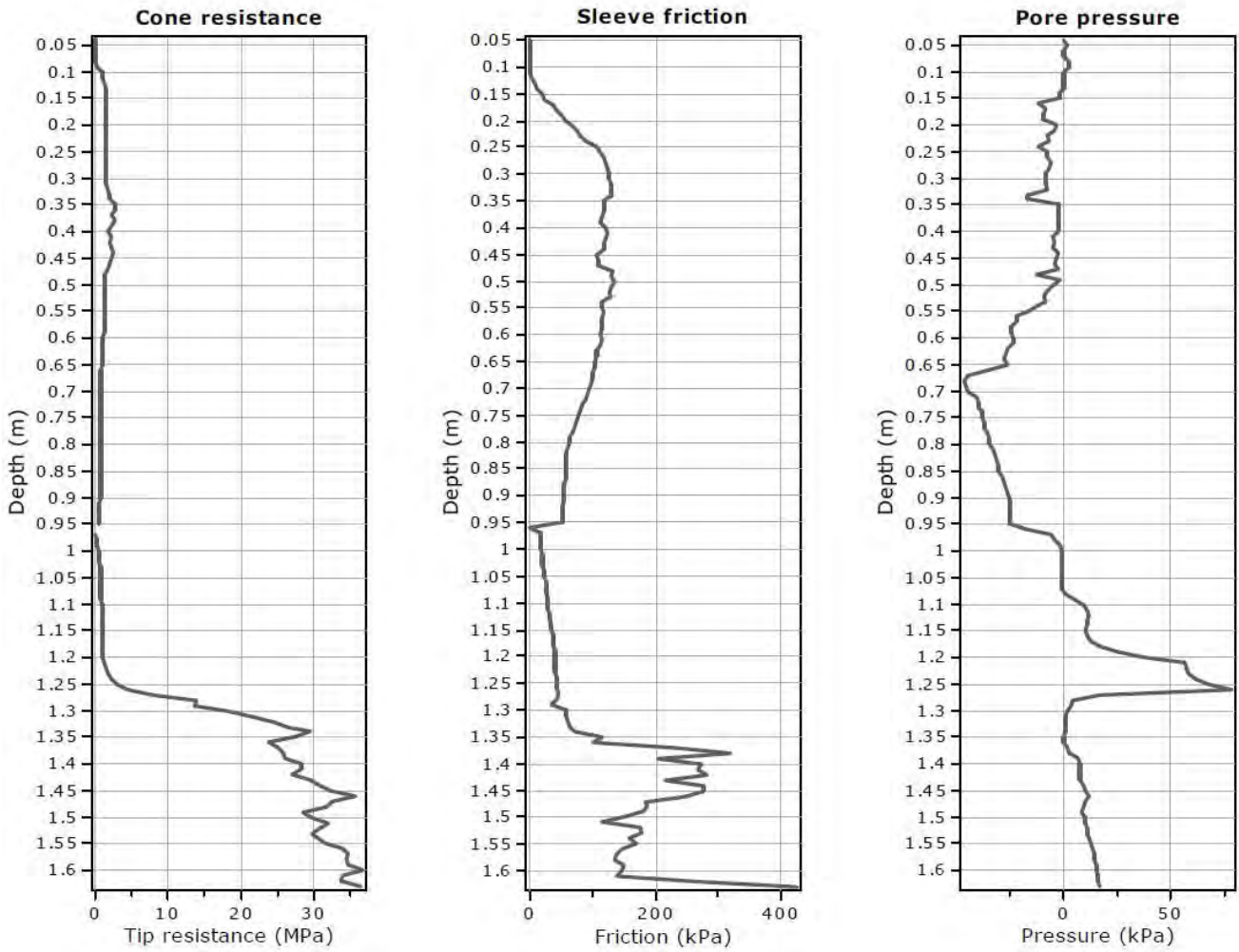


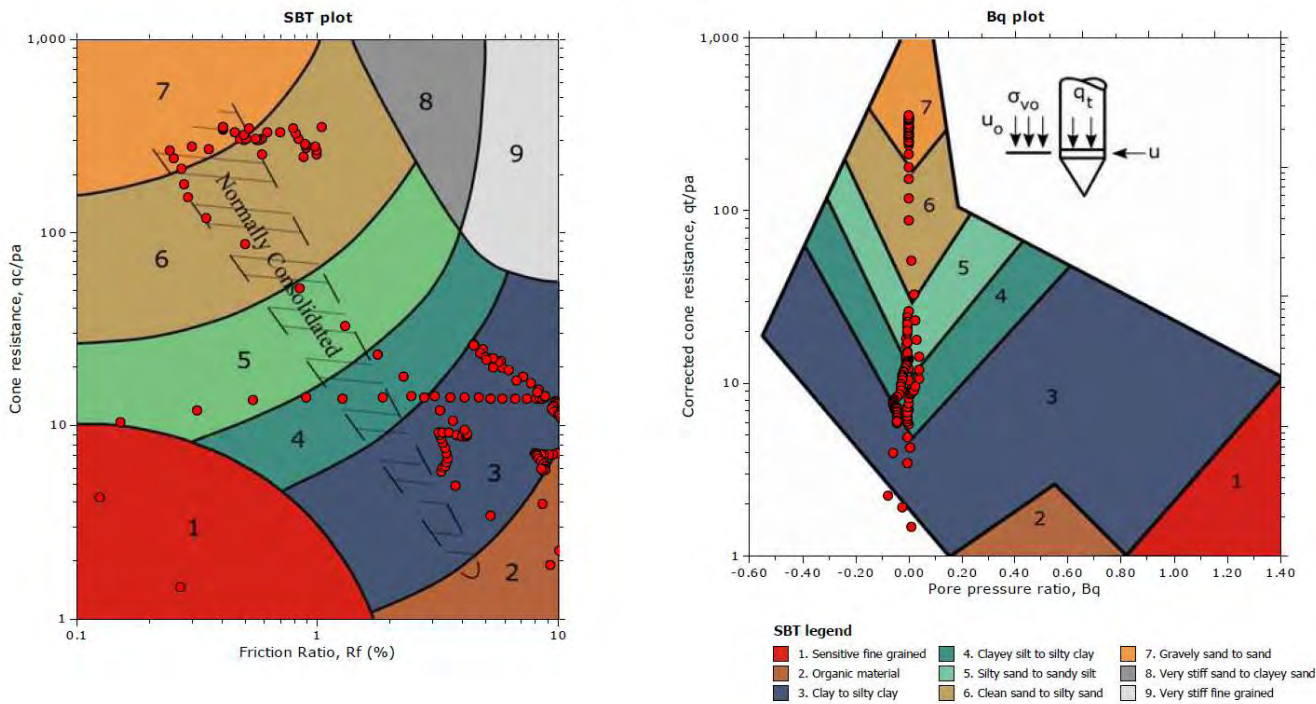
Figura 25. Grafici valori di qc-profondità ottenuti dall'elaborazione delle prove CPTu.

È stata condotta l'elaborazione della prova CPTU eseguita tramite il software "CPeT-IT v.2.0.2.5 - CPTU data presentation & interpretation software"; di seguito si riportano alcuni dei grafici interpretativi.

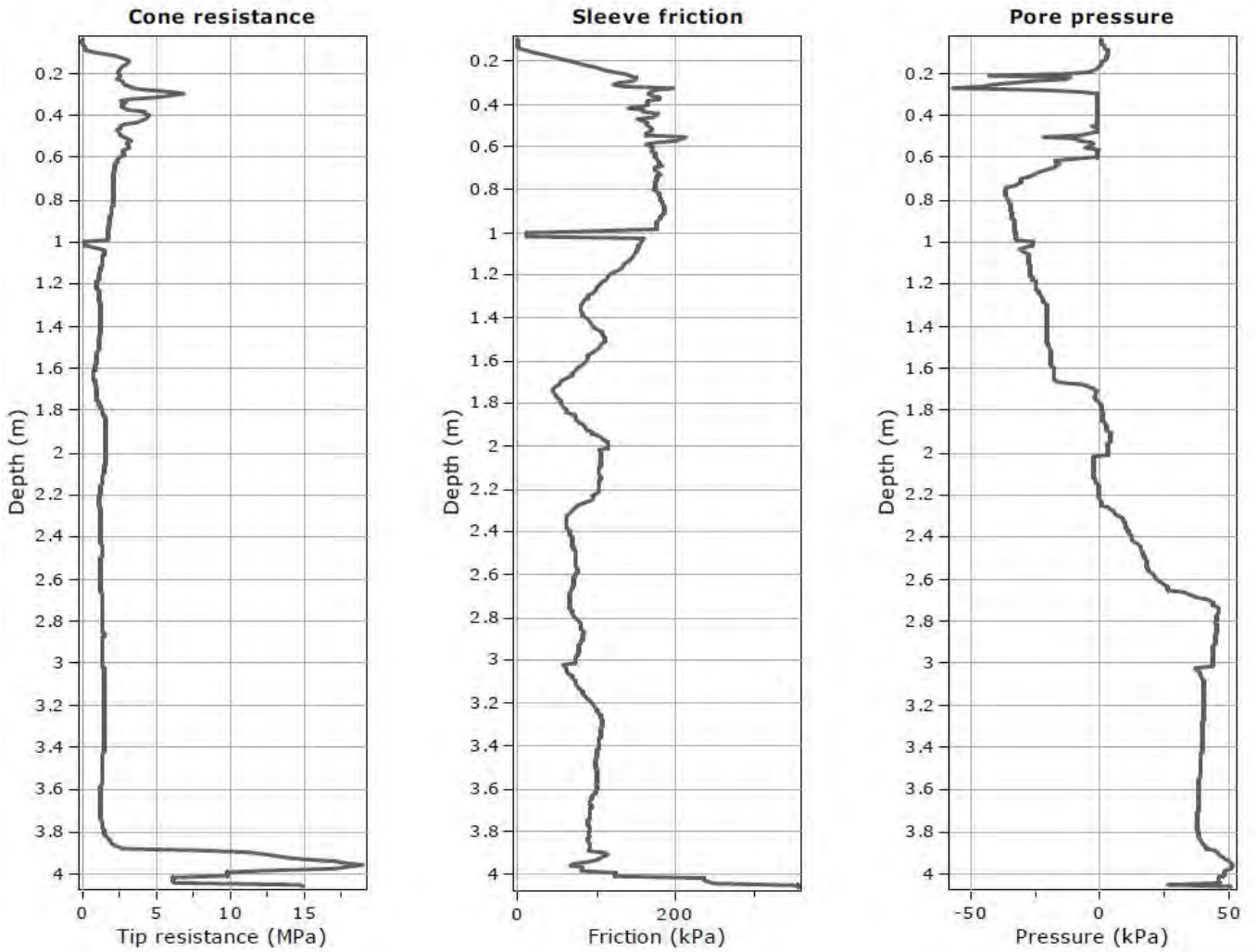
CPTu_1



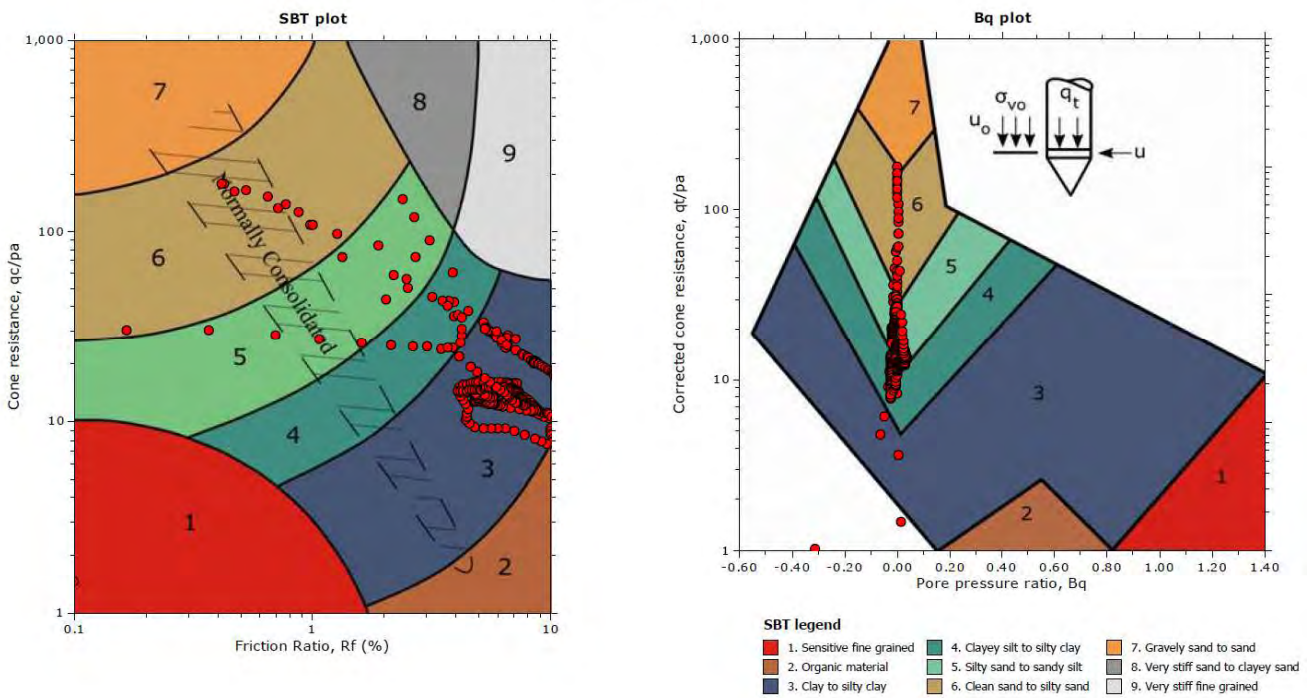
SBT - Bq plots



CPTu_2



SBT - Bq plots



C.2.2 Prove penetrometriche dinamiche

In corrispondenza delle verticali delle prove CPTu1 e CPTu2, dalla profondità di interruzione di queste ultime, sono state eseguite n°2 prove penetrometriche dinamiche (sempre in data 08/05/2023). L'indagine consiste nell'infingere nel terreno un'asta o una serie di aste con punta conica o con curetta. Il sistema d'infissione è costituito da un maglio che batte sulle aste; il dato rilevato è il numero di colpi che occorre per abbassare il sistema aste/punta di 20 cm nel terreno. Si ottengono così diagrammi che discretizzano il sottosuolo in livelli di 20 cm per l'intera profondità d'indagine. Nel caso in esame la massa battente è superiore ai 60 kg quindi la prova si definisce prova penetrometrica super pesante (DPSH) (classificazione ISSMFE (1988)). Normalmente si interrompe la prova quando il numero dei colpi diventa particolarmente elevato, vicino al rifiuto ($n \geq 50$). Per il calcolo dei parametri geomeccanici, i valori d'infissione relativi all'avanzamento di 20 cm, sono stati trasformati in valori d'infissione della prova standard (Nspt), per mezzo di coefficienti noti in bibliografia.

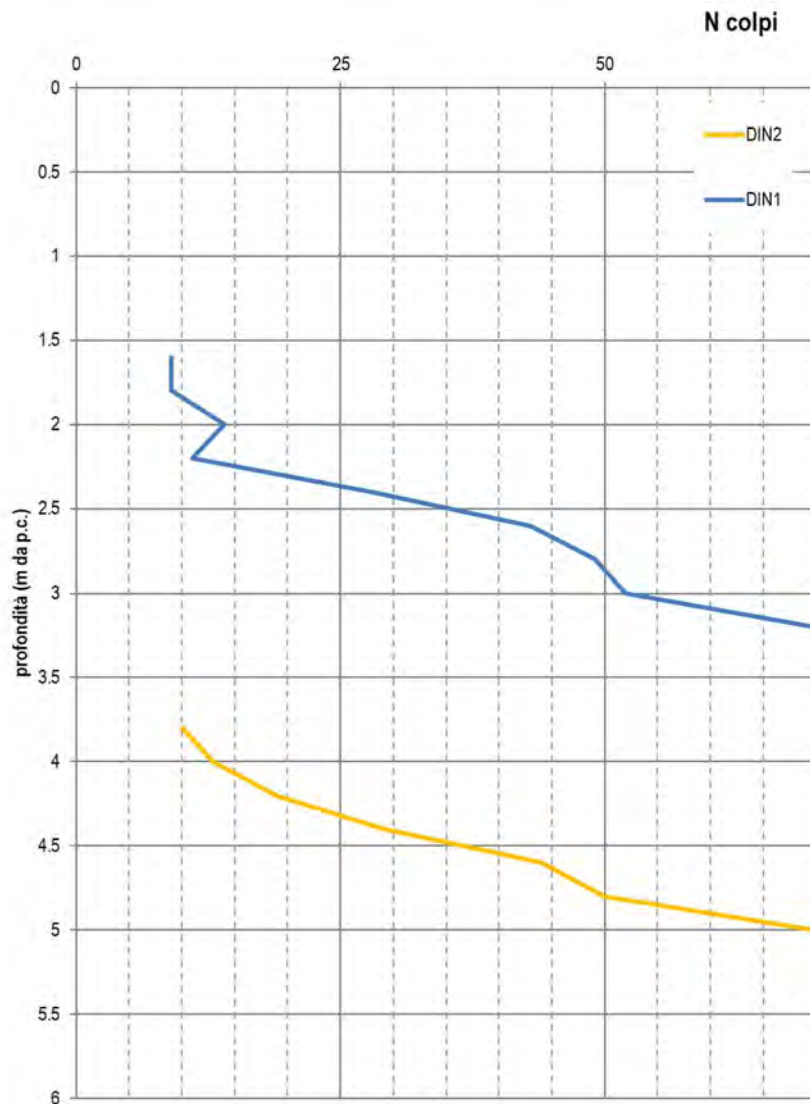


Figura 26. Andamento di N (numero di colpi) con la profondità.

Le n°2 prove penetrometriche dinamiche (DIN o DPSH) sono state svolte utilizzando un penetrometro statico-dinamico, mod. PAGANI TG 63-200. Le caratteristiche dell'attrezzatura usata sono: massa battente da 63.5 kg, altezza di caduta costante: $h = 75$ cm, prima asta dotata di punta conica con area base punta conica pari a 20.00 cm^2 ed angolo di apertura alla punta $\alpha = 90^\circ$. In allegato sono riportati i report completi delle prove eseguite.

C.2.3 Prova sismica Re.Mi.+MASW

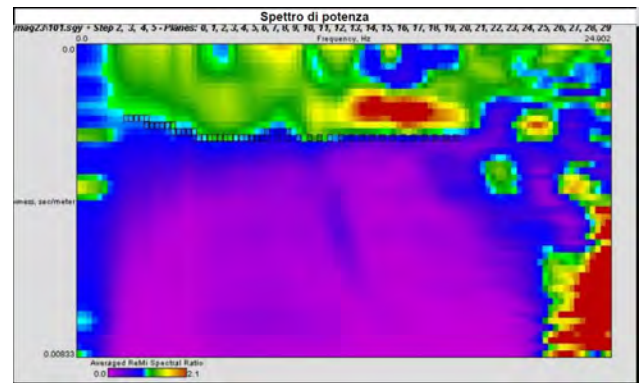
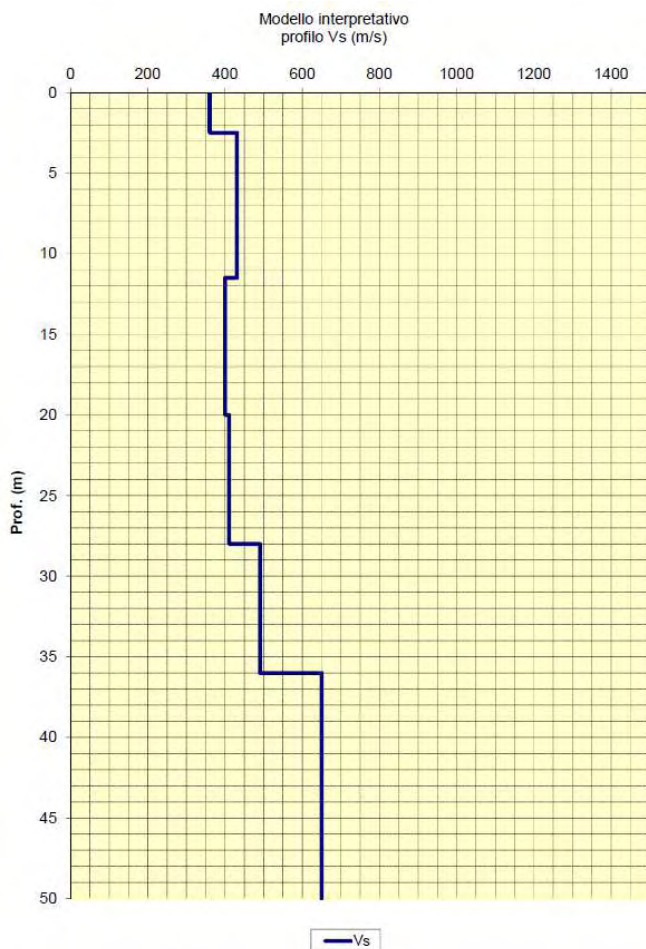
In corrispondenza dell'area in esame, in data 30/05/2023, sono state eseguite le prospezioni geofisiche con metodo integrato attivo - passivo (Re.Mi./MASW) per la rilevazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs. Di seguito si riassumono le principali informazioni riguardanti la tipologia di prova ed i risultati ottenuti. Il report completo delle prove sismiche Re.Mi.+MASW eseguite è riportato in allegato.

Le prospezioni sono state effettuate 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 2-3 m per una lunghezza totale di stendimento rispettivamente di 46 e 69 m.

Nella procedura con "metodo attivo" le onde superficiali sono generate mediante una sorgente impulsiva disposta sul 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).

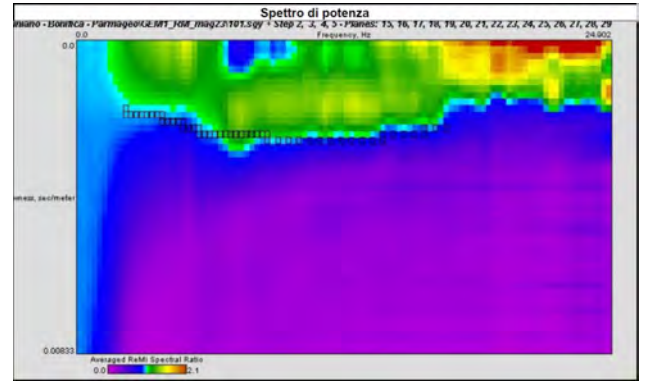
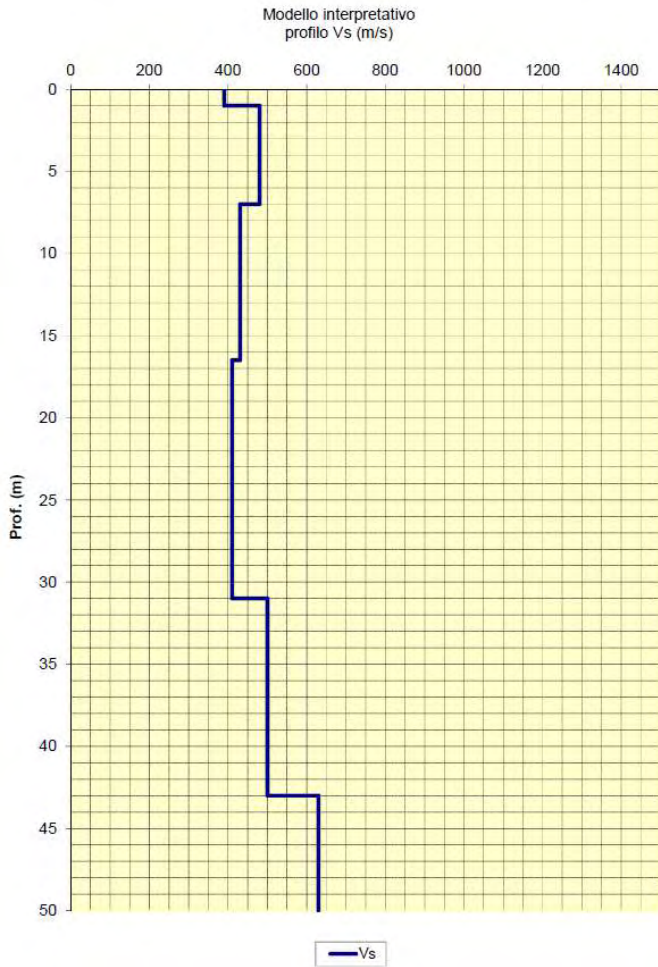
La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza compresa tra 2 e 40 Hz e consente una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento.

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 s con una frequenza di campionamento di 500 Hz.



Profondità da p.c. (m)	Vs (m/s)
0.0-2.5	360
2.5-11.5	430
11.5-20.0	400
20.0-28.0	410
28.0-36.0	490
36.0-inf.	650

Figura 27. Variazione della Vs con la profondità spettro di potenza e profilo sismico ricostruito attraverso la prova RM1.



Profondità da p.c. (m)	Vs (m/s)
0.0-1.0	390
1.0-7.0	480
7.0-16.5	430
16.5-31.0	410
31.0-43.0	500
43.0-inf.	630

Figura 28. Variazione della Vs con la profondità spettro di potenza e profilo sismico ricostruito attraverso la prova RM2.

La prova sismica MASW+Re.Mi.1 ha permesso di ottenere un valore di Vs₃₀ pari a **420 m/s**.

La prova sismica MASW+Re.Mi.2 ha permesso di ottenere un valore di Vs₃₀ pari a **428 m/s**.

D. MODELLO GEOLOGICO E SCHEMA LITOLOGICO

Per ottenere informazioni relative alla situazione del sottosuolo sono state considerate le risultanze delle indagini geognostiche eseguite nel mese di Maggio 2023 in corrispondenza del sito in esame, oltre che le indagini bibliografiche reperite.

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

S	Suolo	- <i>Livello S</i> : suolo superficiale prevalentemente argillo-limoso con la presenza di ciottoli; il livello è stato rinvenuto a partire da p.c. sino a circa 0.5/0.6 m di profondità da p.c. <i>Parametri caratteristici: $q_c=7-18 \text{ kg/cm}^2$.</i>	-0.5/-0.6 m da p.c.
L1	AES8a	- <i>Livello L1</i> : livello costituito prevalentemente da limo argilloso rinvenuto a partire da 0.5/0.6 m da p.c. sino a circa 2.0/4.4 m di profondità da p.c. Alla base del livello, a partire da circa 1.3/3.7 m da p.c. sono presenti clasti di granulometria più grossolana (zona di passaggio con le ghiaie sottostanti). <i>Parametri caratteristici: $q_c=7-5.5 \text{ kg/cm}^2$, $N \text{ colpi}=9-10 \text{ colpi}/20 \text{ cm}$ (base livello), $V_s=390-360 \text{ m/s}$</i>	-2.0/-4.4 m da p.c.
L2	AES8a	- <i>Livello L2</i> : il livello L2 è costituito prevalentemente da ghiaia in matrice limosa-sabbiosa, questo è stato individuato a partire da circa 2.0/4.4 m da p.c. <i>Parametri caratteristici: $N \text{ colpi}=22-33 \text{ colpi}/20 \text{ cm}$, $V_s=430-480 \text{ m/s}$</i>	*

* Come riportato al paragrafo C sono state consultate le prove geognostiche bibliografiche reperite nel database RER; si segnala che attraverso la stratigrafia del sondaggio 200060P687, eseguito poco distante dall'area in esame per la costruzione di un pozzo per acqua, può essere stimato uno spessore del primo livello di ghiaia di circa 8/10 m.

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 – 0.5/0.6	S	Coesivo	Limo e argilla	Parametri totali $\gamma_k = 18-19 \text{ kN/m}^3$ $Cu_k = 30-80 \text{ kPa}$ $\Phi_u = 0^\circ$ $M_k = 2.4-5.0 \text{ MPa}$ $Eu_{50} = 1.3-3.5 \text{ Mpa}$ Parametri efficaci $\gamma_k = 18-19 \text{ kN/m}^3$ $c'_k = 0-5 \text{ kPa}$ $\Phi'_k = 27-33^\circ$
0.5/0.6-2.0/4.2	AES8a	Coesivo	Limo/limo argilloso con ciottoli alla base	Parametri totali $\gamma_k = 19-20 \text{ kN/m}^3$ $Cu_k = 36-54 \text{ kPa}$ $\Phi_u = 0^\circ$ $M_k = 3-4 \text{ MPa}$ $Eu_{50} = 1.4-2.0 \text{ Mpa}$ Parametri efficaci $\gamma_k = 19-20 \text{ kN/m}^3$ $c'_k = 0-5 \text{ kPa}$ $\Phi'_k = 24-25^\circ$
>2.0/4.2	AES8a	Granulare	Ghiaie in matrice limosa	Parametri totali $\gamma_k = 19-20 \text{ kN/m}^3$ $Cu_k = - \text{ kPa}$ $\Phi_u = 0^\circ$ Parametri efficaci $\gamma_k = 19-20 \text{ kN/m}^3$ $c'_k = 0-5 \text{ kPa}$ $\Phi'_k = 37-40^\circ$ $E_s = 60-80 \text{ Mpa}$

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, E_s = modulo elastico secante, E_{50} = modulo elastico (valore al 50% della deformazione denominato anche operativo).

Durante le indagini eseguite a Maggio 2023 non è stata reperita la falda.

Come riportato nel paragrafo C.1 sono stati consultati i dati bibliografici presenti nel database RER. Unicamente per due prove geognostiche, tra quelle consultate, eseguite nei pressi dell'area in esame è stato reperito il dato di falda: in corrispondenza dei pozzi per acqua n°200060P687 e 200060P696 è indicato un livello piezometrico rispettivamente di -6 m e -5 m da p.c.

Non si esclude comunque che, durante i periodi piovosi o durante eventi meteorici occasionali, il livello piezometrico possa risalire a quote prossime al piano campagna.

D.1 Parametri meccanici

I parametri geotecnici dei livelli individuati in corrispondenza dell'area in esame, attraverso l'esecuzione delle prove geognostiche, sono derivati dall'elaborazione dei risultati delle prove penetrometriche statiche con piezocono (queste in particolare hanno permesso di caratterizzare i livelli più superficiali, costituiti prevalentemente da terreni fini) e dall'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche le quali hanno attraversato, ed hanno permesso di caratterizzare, il livello granulare sottostante.

Di seguito si riportano le modalità di elaborazione dei parametri geotecnici.

Nella tabella presente ad inizio paragrafo D sono riportati i parametri considerati caratteristici dei livelli individuati.

D.1.1 Resistenza alla punta (q_c)

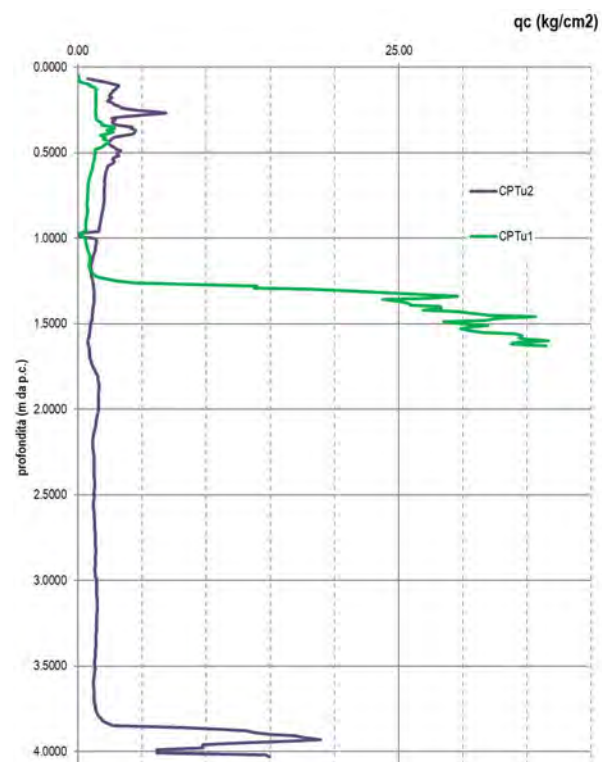
Il valore di resistenza alla punta del penetrometro è indicativo della litologia e della resistenza alla rottura del terreno attraversato dalle prove penetrometriche statiche. Nel grafico sottostante sono riportati i dati di q_c [kg/cm²] derivanti dalle prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTu) in funzione della profondità. Nella tabella è riportata l'elaborazione dei valori medi e statistici di q_c .

Si è scelto di adottare come valore caratteristico il range tra il valore Bayesiano ed il 5°percentile.

Il range più ampio di valori di resistenza alla punta (comprendente quindi valori più alti del livello L1) del livello di suolo superficiale (S) sono probabilmente dovuti a fenomeni di essiccamento superficiale o alla presenza di riporto/materiale più grossolano.

	S	L1	L2
media	24.0	19.1	308.2
5° percentile	6.7	7.1	247.3
minimo	0.4	1.1	219.4
massimo	69.8	192.4	373.7
Dev stad	12.0	27.4	39.6
COV	5.1	14.6	1.3
Bayesiano	18.0	5.5	288.4
16° percentile	14.2	9.5	264.9

Valori di q_c (kg/cm²)



D.1.2 Numero di colpi (N)

Il numero di colpi del penetrometro è indicativo della litologia del terreno attraversato. Nella tabella seguente sono riportati i valori di numero di colpi (N) ogni 20 cm ottenuti attraverso le prove penetrometriche dinamiche per la base del livello L1 ed il livello L2 individuati in corrispondenza dell'area in esame.

	L1	L2
media	11.0	39.3
5° percentile	9.0	22.2
minimo	9.0	19.0
massimo	14.0	52.0
Dev stad	2.1	12.3
COV	0.2	0.3
Bayesiano	10.0	33.1
16° percentile	9.0	28.1

Valori di N colpi (n colpi/20 cm)

D.1.3 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 , la formula utilizzata è $Cu = Rp - \sigma_v / Nc$; dove Nc è una costante dipendente dal tipo di terreno in esame.

Per la valutazione della coesione non drenata (Cu), nei terreni indagati dalle prove penetrometriche dinamiche è stata utilizzata la relazione proposta da Terzaghi & Peck (1948)⁵:

$$Cu = 6.4 * N60 \quad [kPa]$$

Nella tabella seguente sono riportati i valori di Cu per i livelli individuati in corrispondenza dell'area in esame.

	S	L1
media	117.3	64.8
5° percentile	32.7	35.7
minimo	2.0	26.5
massimo	342.2	172.0
Dev stad	58.8	21.6
COV	0.5	0.3
Bayesiano	87.9	54.0
16° percentile	69.3	44.9

Valori di Cu (kPa)

Si è scelto di adottare come valore caratteristico il range tra valore Bayesiano e 5° percentile.

Il range più ampio di valori di coesione (comprendente quindi valori più alti del livello L1) del livello di suolo superficiale (S) sono probabilmente dovuti a fenomeni di essiccamento superficiale o alla presenza di riporto/materiale più grossolano.

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.

⁵ Terzaghi, K. & Peck, R.B. 1948. Soil Mechanics in Engineering Practice, 1st Edition, John Wiley and Sons, New York.

D.1.4 Modulo Edometrico (M)

Per la valutazione del modulo edometrico (M) dalle prove statiche è stata impiegata la correlazione proposta da Mitchell & Gardner (1975)⁶:

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

dove α è una costante dipendente dalle caratteristiche del terreno esaminato (Robertson (2009))⁷.

Per la valutazione del modulo edometrico (M) nei terreni indagati dalle prove penetrometriche dinamiche sono state utilizzate le seguenti equazioni:

$$M(\text{kg/cmq}) = 4,46N_{\text{spt}} + 38 \text{ (Sabbia media)}$$

$$M(\text{kg/cmq}) = 10,46N_{\text{spt}} + 38 \text{ (Sabbia + ghiaia)}$$

$$M(\text{kg/cmq}) = 11,84N_{\text{spt}} + 38 \text{ (Sabbia ghiaiosa)}$$

$$M(\text{kg/cmq}) = 3,54 N_{\text{SPT}} + 38 \text{ (Sabbia fine)}$$

Menzenbach&Malcev

Nella tabella seguente sono riportati i valori di M per i livelli individuati in corrispondenza dell'area in esame.

	S	L1	L2
media	6.4	4.7	77.6
5° percentile	2.4	2.8	39.0
minimo	0.2	2.5	29.3
massimo	17.1	22.3	103.7
Dev stad	2.6	2.2	26.4
COV	0.4	0.5	0.3
Bayesiano	5.1	3.6	64.4
16° percentile	4.9	3.4	57.3

Valori di M (MPa)

Per la determinazione dei parametri caratteristici è stato riportato il range tra il valore del 5°percentile ed il valore Bayesiano.

D.1.5 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, partendo dai valori qc in modo diretto (equazioni che correlano qc con ϕ) ed in modo indiretto (es. equazioni che correlano parametri tipo Dr con ϕ – i parametri tipo Dr sono ricavati da qc ; oppure dai valori di Q_{c1n}).

Le relazioni utilizzate nella presente relazione sono le seguenti:

$$\Phi' = 9.8 + 4.4 \cdot 96 \cdot \ln(qc/\sigma'_v) \quad \text{Caquot}$$

$$\Phi' = 14.4 + 4.8 \cdot \ln qc - 4.5 \cdot \ln \sigma'_v \quad \text{Durgunoglu-Mitchell (1975)}^8$$

$$\Phi' = 5.8 + 5.21 \cdot \ln(qc/\sigma'_v) \quad \text{Koppejan et al. (1948)}^9$$

$$\Phi' = 17.6 + 11 \cdot \log(Q_{c1n}) \quad \text{Kulhawy \& Mayne (1990)}^{10}$$

⁶ Mitchell J.K. & Gardner W.S. (1975) "In situ measurement of volume change characteristics" *Proceeding of the ASCE specialty conference In situ, Volume II, Raleigh, NC, ASCE, pp 279-345.*

⁷ Robertson, P.K., 2009. *Interpretation of cone penetration tests – a unified approach. Canadian Geotechnical Journal, 46:1337-1355.*

⁸ 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.*

⁹ 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.*

Per la valutazione dell'angolo d'attrito nei terreni indagati dalle prove penetrometriche dinamiche sono state utilizzate le seguenti formulazioni:

$$\Phi' = (0.14 \cdot Dr) + 28; \text{Schmertmann (1978)}^{11}$$

$$\Phi' = 27.2 + 0.28 \cdot (N'60); \text{Peck, Hanson e Thornburn (1956)}$$

$$\Phi' = 20 + 9.3 \cdot (N'60); \text{Peck, Hanson e Thornburn (1953)}^{12}$$

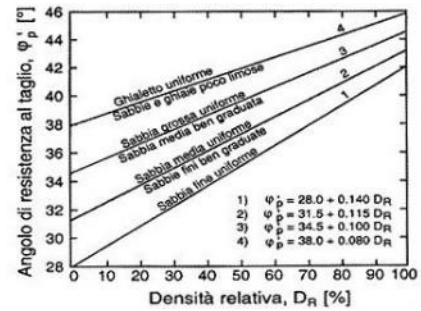
La correlazione con N_{spt} non è sempre diretta, ma in Schmertmann è necessario determinare la densità relativa D_r ricavata secondo le formule proposte da diversi autori tra cui:

$$D_r = \text{EXP}(0.478 \cdot \text{LN}(N_{spt}) - 0.262 \cdot \text{LN}(\sigma'v) + 2.84) \quad \text{Schultze \& Menzenbach (1961)}^{13}$$

$$D_r = 21 \cdot (N_{spt} / (\sigma'v + 0.7))^{0.5} \quad \text{Gibbs-Holz (1957)}^{14}$$

$$D_r = 25 \cdot (N_{spt})^{0.44} \cdot (\sigma'v)^{-0.13} \quad \text{Yoshida \& Kokusho (1988)}^{15}$$

$$D_r = (N'70 / (32 + 0.288 \cdot \sigma'v))^{0.5} \quad \text{Meyerhof (1957)}^{16}$$



Nella tabella seguente sono riportati i valori di Φ' per i livelli individuati in corrispondenza dell'area in esame.

	S	L1	L2
media	34.6	26.6	43.8
5° percentile	27.5	24.2	37.7
minimo	21.7	23.8	36.9
massimo	37.7	36.0	48.7
Dev stad	3.0	2.5	4.5
COV	0.1	0.1	0.1
Bayesiano	33.1	25.4	41.6
16° percentile	33.9	24.9	39.3

Valori di Φ' (°)

Per la determinazione dei parametri caratteristici è stato riportato il range tra il valore del 5° percentile ed il valore Bayesiano.

In merito al valore di c' è stato stimato un valore di coesione tra 0-5 kPa per i livelli attraversati dalle prove geognostiche eseguite.

10 Kulhawy, FH & Mayne, PW (1990). "Manual on estimating soil properties for foundation design", Rpt. EL-6800, Electric Power Research Inst., Palo Alto, 306 p"

11 Schmertmann J.H. (1978): "Guidelines for cone penetration test performance and design. U.S. Dept. Of Transportation, FHWA, R78-209, Washington D.C. USA

12 Peck R.B., Hanson W.F., Thornburn T.H. (1953) "Foundation engineering" Wiley, New York

13 Schulze E. & Menzenbach E. (1961): "Standard penetration test and compressibility of soils" Proc. 5th Int. Conf. Soil mechanics, Foundation Engineering, Paris, vol.1, pp527-32

14 Gibbs H.J. & Holz W.G. (1957): "Research on determining density of sands by spoon penetration testing" Proc. 4th Int. Conf. Soil mechanics and foundation engineering, London, vol.1, 35-39.

15 Yoshida Y. & Kokusho T. (1988). Empirical Formulas of SPT blow-counts for gravelly soils. Proc. ESOPT 1, Rotterdam.

16 Meyerhof G.G. (1957): "Discussion on research on determining the density of sands by spoon penetration testing. Proc. 4th Int. Conf. Soil mechanics and foundation engineering, London, vol.3, p110.

D.1.6 Modulo di Young [modulo di elasticità] (E)

Per la valutazione del modulo di Young (E) dalle prove penetrometriche dinamiche sono state utilizzate diverse correlazioni con i valori di N_{spt} validi per ghiaie e sabbie:

$E = (280 * N_{SPT60}) / 100$	[MPa]		Parry
$E = 7 * RADQ(N_{SPT60})$	[MPa]		Denver
$E = (0.756 * N) + 18.75$	[MPa]	Per sabbia e ghiaia NC	D'Appolonia et al. (1970) ¹⁷
$E = (1.043 * N_{spt}) + 36.79$	[MPa]	Per sabbia SC	
$E = 7.71 * N_{spt} + 191$	[MPa]	Ghiaia e sabbia	

	L2
media	96.5
5° percentile	64.0
minimo	59.4
massimo	122.2
Dev stad	24.1
COV	0.2
Bayesiano	84.5
16° percentile	72.8

Valori di E (MPa)

Invece per la valutazione del modulo di elasticità nei livelli a prevalente componente fine individuati si è cercato di ricavare il valore del modulo di elasticità attraverso la risoluzione di alcune formulazioni note in letteratura e accettate per i terreni a granulometria fine. In particolare è possibile per i terreni fini ricavare il valore di E_{u50} (valore del modulo elastico non drenato al 50% della deformazione, denominato anche *operativo*):

$E_{u50} = (40 * C_u)$ [MPa] Cu Valore medio Poulos 1971

	S	L1
5° percentile	1.31	1.43
Bayesiano	3.51	2.16

Valori di E_{u50} (MPa)

Come valori caratteristici si è scelto di adottare il range tra il 5°percentile ed il Bayesiano.

¹⁷ D'Appolonia et al. (1970): "Closure: Settlement of spread Footing on sand", JSMFD, ASCE, vol. 96 SM2, pp754-762

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., 2004¹⁸), 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.

Nel “*Database of individual seismogenetic sources – DISS*”¹⁹ 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 a lato.

Nel “*Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*” ((Gruppo di lavoro CPTI15 versione 4.0, 2022²⁰) per un intorno significativo dell'area in esame (un quadrato di 30 Km di lato con centro nell'area in esame) sono stati identificati 64 eventi significativi, dei quali si riportano alcuni dati nella tabella successiva.

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS009
Name	Busseto-Cavriago
Compiler(s)	Burrato P.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), D'Ambrogi C.(2), Maesano F.E.(1), Toscani G.(3)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1, 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	17/10/2013
Updated	19/06/2015
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	0.1600... 0.5300	OD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	6.8	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

N	Sect	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	MainRef	TLDef	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	TloDef	MwDef	ErMwDef	TMwDef
52	MA	1280	01	25				Pianura emiliana	BOSGU003	MM	44.814	10.683		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm
84	MA	1344	11	11				Parma	CFTI4med	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	CFTI4med	MM	44.801	10.330		7	bx	5.10	0.46	Mdm
159	MA	1438	06	11	02			Parmense	CFTI4med	MM	44.844	10.239		8	bx	5.56	0.46	Mdm
183	MA	1465	04	07	15	30		Pianura emiliana	CFTI4med	MM	44.698	10.631		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm
209	MA	1481	02	07	22	45		Pianura emiliana	CFTI4med	MM	44.724	10.628		5	bx	4.16	0.46	Mdm
216	MA	1485						Reggio nell'Emilia	CFTI4med	MM	44.698	10.631		5	bx	4.16	0.46	Mdm
327	MA	1547	02	10	13	20		Reggiano	CFTI4med	MM	44.698	10.631		7	bx	5.10	0.46	Mdm
328	MA	1547	03	24				Reggiano	CFTI4med	MM	44.698	10.631		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm
363	MA	1572	06	04	22			Parmense	ENEL985	MM	44.850	10.422		6	bx	4.63	0.46	Mdm
383	MA	1591	05	24				Reggio nell'Emilia	ENEL985	MM	44.698	10.631		6	bx	4.63	0.46	Mdm
400	MA	1600	10	28				Reggio nell'Emilia	CAMAL011b	MM	44.698	10.631		7-8	bx	5.33	0.46	Mdm
406	MA	1607	12	31				Reggio nell'Emilia	CFTI4med	MM	44.698	10.631		5	bx	4.16	0.46	Mdm
407	MA	1608	01	06	22	20		Reggio nell'Emilia	CFTI4med	MM	44.698	10.631		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm
443	MA	1628	11	04	15	40		Parma	CFTI4med	MM	44.801	10.330		6-7	bx	4.86	0.46	Mdm

18 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.

19 DISS 3.3.0- DISS Working Group (2021). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>

20 Rovida A., Locati M., Camassi R., Lollì, B., Gasperini P., Antonucci A. 2022. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>

N	Sect	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	MainRef	TLDef	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	TloDef	MwDef	ErMwDef	TMwDef
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	CFTI4med	MM	44.871	10.468		5-6	bx	4.65	0.35	Mdm
834	MA	1774	03	04				Parma	AMGNNDT995	MM	44.801	10.330		5	bx	4.16	0.46	Mdm
997	MA	1806	02	12				Reggiano	ENEL985	MM	44.862	10.671		7	bx	5.21	0.26	Mdm
1044	MA	1818	12	09	18	55		Parmense	CFTI4med	MM	44.696	10.296		7	bx	5.24	0.38	Mdm
1096	MA	1831	07	14	15	30		Reggiano	CFTI4med	MM	44.749	10.480		5-6	bx	4.60	0.37	Mdm
1097	MA	1831	09	11	18	15		Pianura emiliana	CFTI4med	MM	44.753	10.544		7-8	bx	5.48	0.26	Mdm
1111	MA	1832	03	13	03	30		Reggiano	CFTI4med	MM	44.765	10.494		7-8	bx	5.51	0.12	Mdm
1262	MA	1857	02	01				Parmense-Reggiano	AMGNNDT995	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
1652	MA	1895	05	12	20	29		Reggiano	CFTI4med	MM	44.745	10.605		4-5	bx	3.98	0.38	Mdm
1726	MA	1898	03	04	21	05		Parmense	CFTI4med	MM	44.655	10.260		7-8	bx	5.37	0.10	Mdm
1844	MA	1904	02	25	18	47	50.00	Reggiano	CFTI4med	MM	44.900	10.640		6	bx	4.81	0.18	Mdm
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
2218	MA	1918	05	06	08	05		Reggiano	CFTI4med	MM	44.691	10.630		5-6	bx	4.41	0.56	Mdm
2346	MA	1926	06	28	21	15		Appennino reggiano	AMGNNDT995	MM	44.488	10.488		3-4	bx	3.46	0.46	Mdm
2425	MA	1930	09	24	19	10	55.00	Reggiano	ISS	II	44.600	10.600						
2531	MA	1937	09	17	12	19	05.00	Parmense	CFTI4med	MI	44.764	10.338		7	bx	4.77	0.28	Mdm
2559	MA	1940	1	24	23	32	16	Appennino emiliano	ISS	II	44.8	10.3						
2563	MA	1940	5	1	9	36	5	Parmense	BCIS	II	44.8	10.183				5.06	0.24	InsC
2674	MA	1950	5	6	3	43		Reggiano	AMGNNDT995	MI	44.731	10.671		4	bx	4.41	0.2	Wmim
2726	MA	1955	3	12	6	57	4	Parmense	CFTI4med	MM	44.798	10.173		5	bx	4.15	0.42	Mdm
2838	MA	1961	8	13	22	34	18	Parmense	CFTI4med	MM	44.739	10.229		5-6	bx	4.37	0.25	Mdm
2919	MA	1967	4	3	16	36	18	Reggiano	MOLAL008	MI	44.73	10.602		5	bx	4.44	0.18	Wmim
2964	MA	1968	6	7	9	34	46	Parmense	ISC	II	44.75	10.32	25					
3003	MA	1970	5	3	4	17	41	Parmense	MOLAL008	MI	44.707	10.299		4	bx	4.08	0.32	Wmim
3038	MA	1971	7	15	1	33	23	Parmense	CFTI4med	MI	44.814	10.345		8	bx	5.51	0.08	Wmim
3057	MA	1972	6	25	17	10	47.87	Parmense	ISC	II	44.638	10.303	49.6			4.01	0.23	InsC
3319	MA	1981	5	26	9	27	56	Reggiano	CFTI4med	MI	44.655	10.434		5	bx	3.75	0.21	Wmim
3380	MA	1983	11	9	16	29	52	Parmense	CFTI4med	MI	44.755	10.265		6-7	bx	5.04	0.1	InsO
3519	MA	1987	4	24	2	30	27.04	Reggiano	CSTI1.1	IM	44.812	10.691	0.1	6	bx	4.64	0.12	Wmim
3520	MA	1987	5	2	20	43	53.32	Reggiano	CSTI1.1	IM	44.81	10.694	0.1	6	bx	4.71	0.1	InsO
3815	MA	1996	10	15	9	55	59.95	Pianura emiliana	CSTI1.1	IM	44.798	10.678	1.3	7	bx	5.38	0.1	InsO
3816	MA	1996	10	15	10	19	44.1	Pianura emiliana	CSTI1.1	II	44.815	10.691	0.1			4.1	0.12	InsC
3817	MA	1996	10	15	12	18	24.22	Pianura emiliana	CSTI1.1	II	44.803	10.677	0.5			4.38	0.1	InsO
3818	MA	1996	10	16	0	24	29.1	Pianura emiliana	CSTI1.1	II	44.826	10.7	0.1			4.16	0.12	InsC
3820	MA	1996	10	26	4	56	54.1	Pianura emiliana	CSTI1.1	IM	44.853	10.699		5-6	bx	3.94	0.1	Wmim
3828	MA	1996	12	16	9	9	53.08	Pianura emiliana	CSTI1.1	IM	44.814	10.693		5-6	bx	4.06	0.1	Wmim
3836	MA	1997	5	12	22	13	52.5	Pianura emiliana	CSI1.1	IM	44.781	10.63	7.2	4-5	bx	3.68	0.13	Wmim
4033	MA	2000	6	18	8	14	23.95	Pianura emiliana	CSI1.1	II	44.693	10.633	12.1			4.88	0.3	InsC
4315	MA	2007	5	9	6	3	49.66	Pianura emiliana	BSINGV	II	44.801	10.478	9.7			4.21	0.07	InsO
4358	MA	2008	12	23	15	24	21.77	Parmense	BSINGV	IM	44.544	10.345	22.9	6-7	bx	5.36	0.07	InsO
4359	MA	2008	12	23	21	58	26.57	Parmense	BSINGV	II	44.527	10.355	23.7			4.81	0.07	InsO
4360	MA	2008	12	23	23	37	6	Parmense	BSINGV	II	44.582	10.256	19.4			4.08	0.13	InsC
4361	MA	2008	12	25	3	8	29.8	Parmense	BSINGV	II	44.556	10.309	21.9			4.09	0.12	InsC
4467	MA	2012	1	25	8	6	37.09	Pianura emiliana	BSINGV	IM	44.871	10.51	29	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	LatDef	Default epicentral latitude (WGS84)
Mo	Origin time: month	LonDef	Default epicentral longitude (WGS84)
Da	Origin time: day	DepDef	Default depth in km (instrumental); only when TLDef = II or IM)
Ho	Origin time: hour	IoDef	Default epicentral intensity
Mi	Origin time: minutes	TloDef	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)
Se	Origin time: seconds	MwDef	Default moment magnitude
EpicentralArea	Epicentral area or area of the largest macroseismic effects	ErMwDef	Error associated to the 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	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 8. 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 **Montechiarugolo** viene classificato in **zona 3**. Nella figura seguente viene riportata la classificazione sismica a scala regionale.

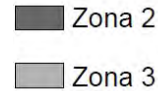
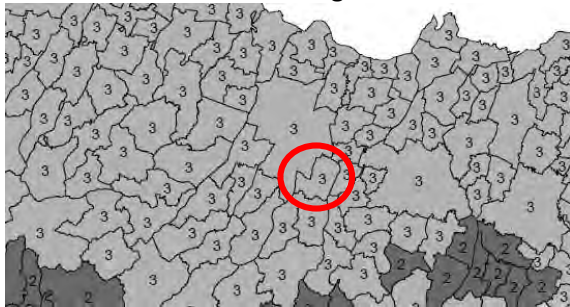


Figura 29. Estratto dall'allegato B della DGR n.1164/2018.

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, F₀ 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

Ricerca per coordinate: LONGITUDINE 10.43038 LATITUDINE 44.73117

Ricerca per comune: REGIONE Emilia-Romagna PROVINCIA COMUNE

Elaborazioni grafiche: Grado spetto di risposta, Variabilità dei parametri, Descrizione, Tabella parametri

Reticolo di riferimento: [Map of Italy with a red dot in Emilia-Romagna]

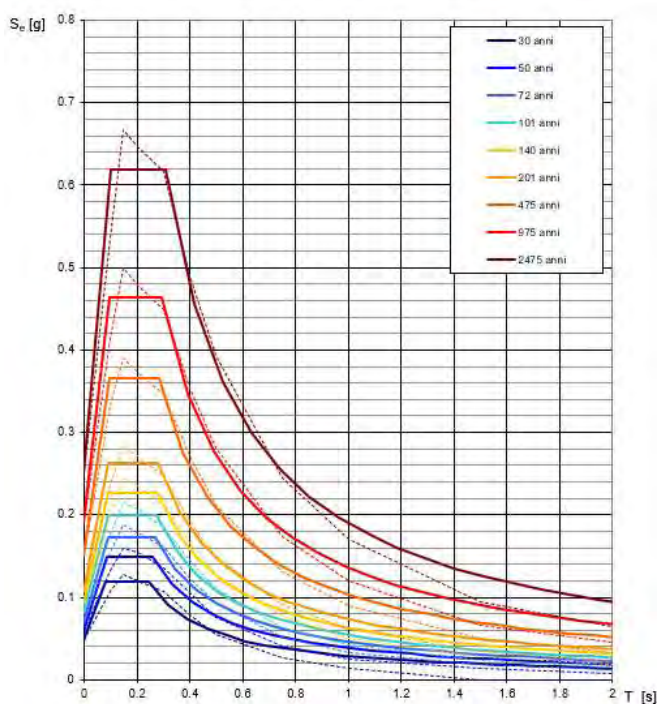
Controlli sul reticolo: [] Solo punti di reticolo, [] interpolazione su 3 nodi, [] interpolazione completa

Media ponderata

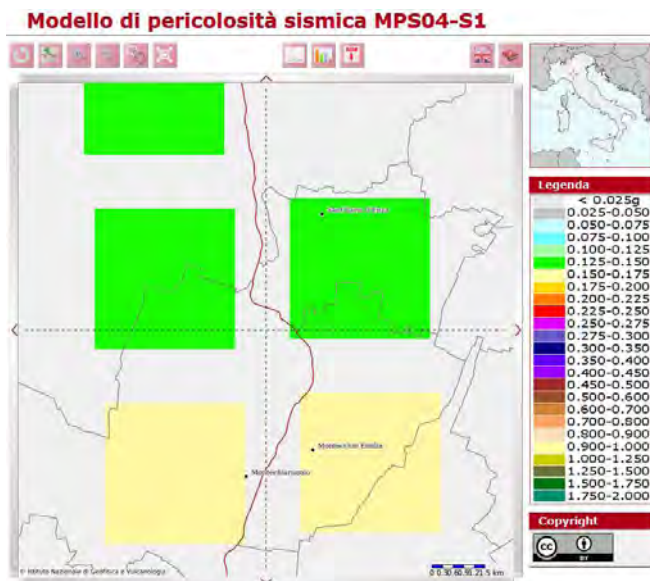
La "ricerca per comune" risulta in comune "SCAT" del comune per individuare il sito. Si sottolinea che, all'interno del territorio comunale, le azioni sismiche possono essere significativamente diverse in "punti" individuali e si consiglia, quindi, la "ricerca per coordinate".

T _R [anni]	a _g [g]	F ₀ [-]	T _c ' [s]
30	0.048	2.474	0.243
50	0.060	2.502	0.260
72	0.070	2.481	0.267
101	0.080	2.481	0.272
140	0.092	2.460	0.277
201	0.107	2.466	0.278
475	0.150	2.435	0.283
975	0.191	2.430	0.291
2475	0.251	2.466	0.307

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 0-40 km.



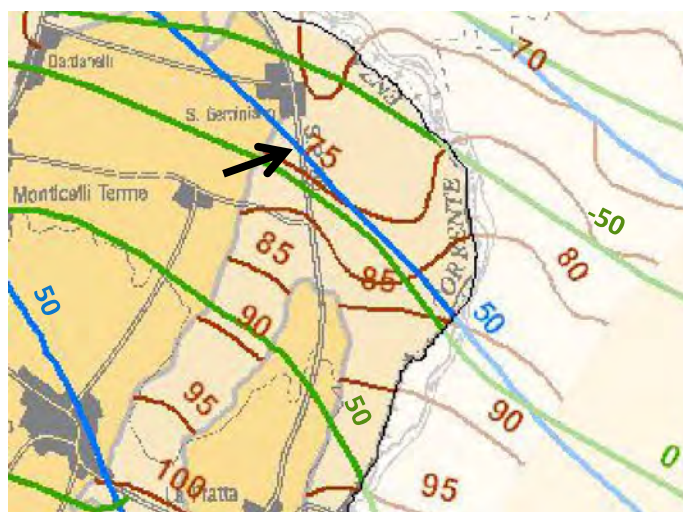
	15608	15830	15829	15607
M	4.86	4.85	4.85	4.85
D	8.76	8.12	8.22	8.21
Epsilon	0.745	0.802	0.841	0.761

Figura 30. 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 di 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 compresa tra i 75 e 78 m s.l.m.) sia caratterizzata da depositi ghiaiosi sepolti con tetto collocato ad una quota di circa 75 m s.l.m., con base del ciclo alluvionale superiore posta intorno ai 50 m s.l.m. e base dei depositi alluvionali/tetto del substrato marino posto tra 0 e -50 m s.l.m.



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 31. Estratto dalla "Dati del sottosuolo utili alla definizione della Pericolosità Sismica Locale" del PTCP della provincia di Parma. La freccia nera individua grossomodo il sito in esame.

Nella “Carta della pericolosità sismica locale” del PTCP della provincia di Parma l’area in esame si colloca in corrispondenza di depositi prevalentemente ghiaiosi, limosi o misti di canale fluviale o argine. Ad est del sito è indicata la presenza di depositi di origine antropica (attività estrattiva).

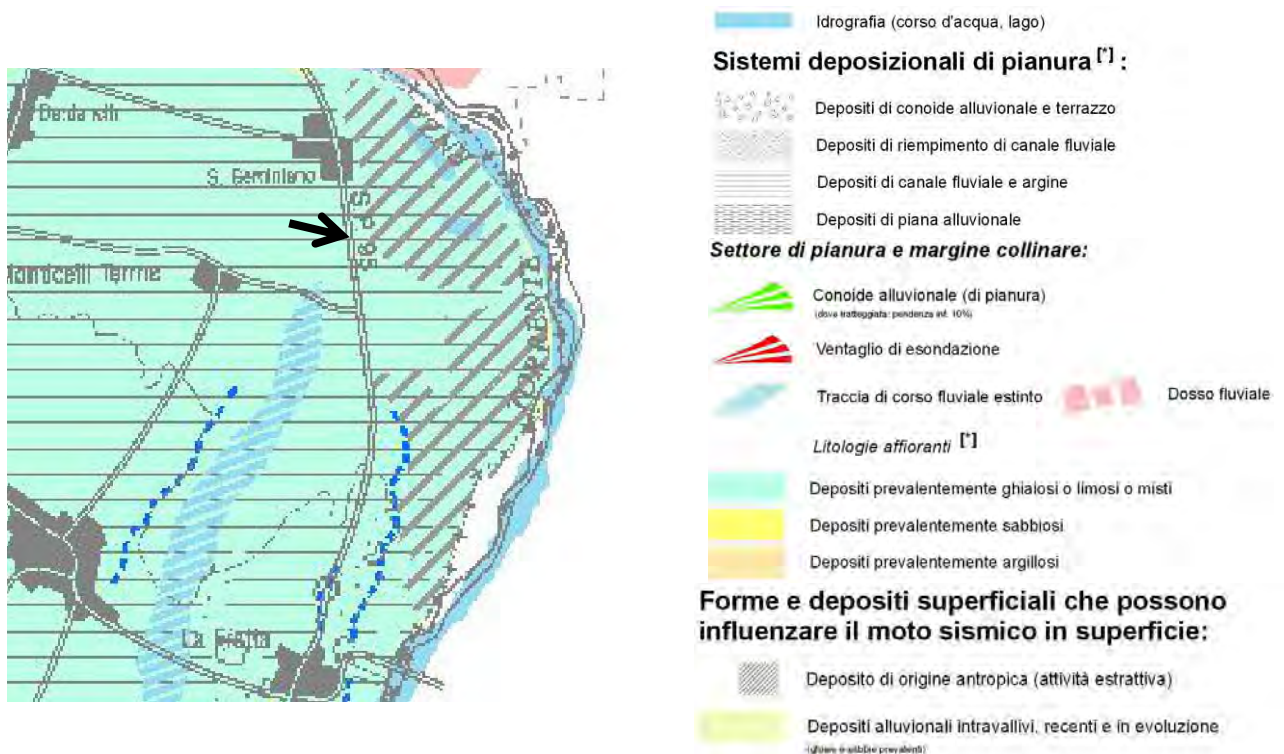


Figura 32. Estratto dalla “Carta della pericolosità sismica locale” del PTCP della provincia di Parma. La freccia nera individua grossomodo il sito in esame.

Nella “Carta provinciale delle aree suscettibili degli effetti locali” (Tav.5) del PTCP della provincia di Parma l’area oggetto del presente studio rientra nell’area soggetta ad effetti locali di tipo DAGS, le aree DAGS sono caratterizzate da depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o misti, depositi alluvionali intravallivi, substrato roccioso con $V_s > 800$ m/s. In termini di effetti attesi è indicata l’amplificazione per caratteristiche litologiche; per la pianificazione comunale è indicato un 2° livello di approfondimento.

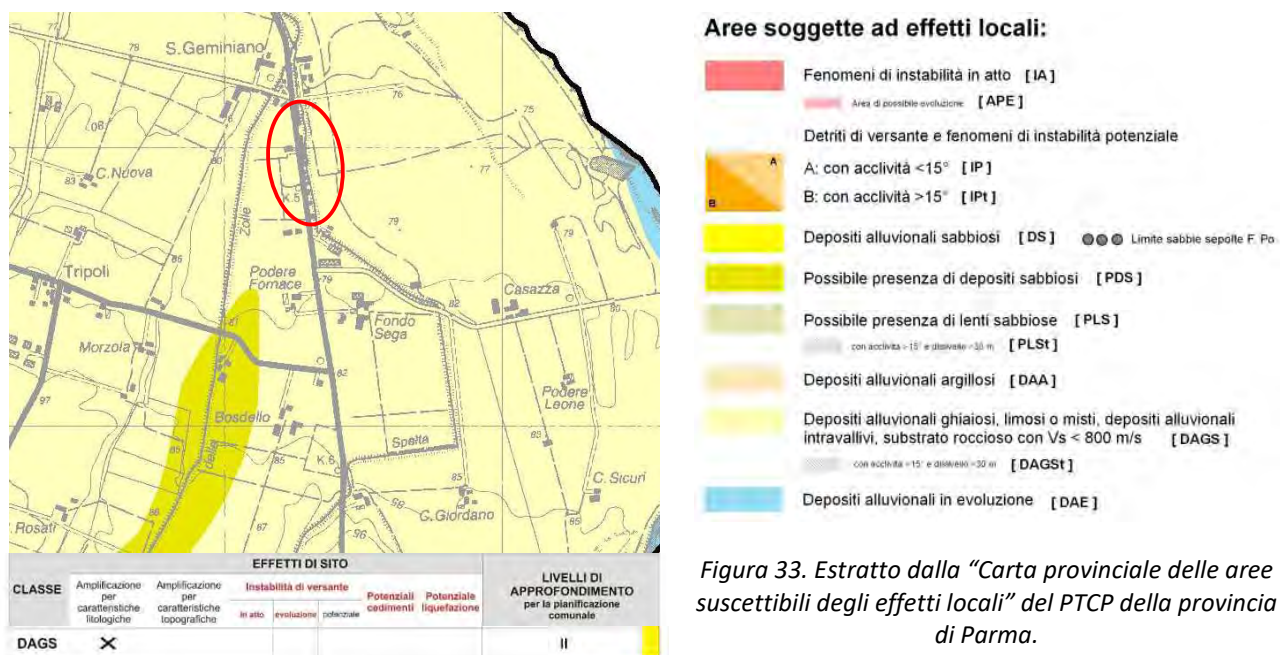


Figura 33. Estratto dalla “Carta provinciale delle aree suscettibili degli effetti locali” del PTCP della provincia di Parma.

E.2.2 Microzonazione sismica del Comune di Montechiarugolo

Il comune di Montechiarugolo è munito di studio di microzonazione sismica di III livello (OCDPC 344/2016 MS3), il sito in esame non rientra però nelle aree oggetto di microzonazione sismica di I e II livello. Di seguito si riportano e commentano le carte di MZSIII in cui l'area oggetto di studi è comunque compresa.

Nella "Carta geologico tecnica" della Microzonazione sismica del Comune di Montechiarugolo (Elaborato 2) i terreni di copertura presenti nell'area sono classificati come GMpd – ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo.



Terreni di copertura

GMpd	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
MLt	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
MHp	Limi inorganici, sabbie fini, limi micacei o diatomici

Elementi tettonico strutturali

Anticlinale

Elementi geologici e idrogeologici

- Pozzo o sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico
- Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico

Figura 34. Estratto dalla "Carta geologico tecnica" della Microzonazione sismica (III livello) del comune di Montechiarugolo. La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta in esame.

Nella "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" si osserva come il sito in esame ricada all'interno della zona stabile suscettibile di amplificazione locali "2003" o zona 3: "Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente ghiaiosi coperti da una coltre fine di pochi metri (circa 3 metri)".



Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

2001	Zona 1: Successione stratigrafica costituita da alternanze di orizzonti a tessitura fine (argille e limi) e orizzonti a tessitura grossolana (ghiaie e ciottoli), sormontati da una coltre di copertura a tessitura fine con spessore medio di circa 5 metri
2002	Zona 2: Successione stratigrafica costituita da alternanze di orizzonti a tessitura fine (argille e limi) e orizzonti a tessitura grossolana (ghiaie e ciottoli), sormontati da una coltre di copertura a tessitura fine con spessore di circa 10/15 metri
2003	Zona 3: Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente ghiaiosi coperti da una coltre fine di pochi metri (circa 3 metri)

Punti di misura di rumore sismico

Punto di misura di rumore sismico con indicazione del valore di f_0

Figura 35. Estratto dalla "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" della Microzonazione sismica (MSIII) del comune di Montechiarugolo. La linea tratteggiata rossa indica il tratto di Canale della Spelta in esame.

Nelle Carte di microzonazione sismica FA PGA il sito in esame non rientra nelle aree oggetto di microzonazione sismica (MZSII e MZSIII).

E.2.3 Elementi di Analisi locale di II livello

L'analisi di secondo livello prevede la definizione dei coefficienti di amplificazione sismica. Di seguito si riporta l'analisi eseguita secondo il metodo riportato nell'Allegato A2 della DGR n° 476 del 12/04/2021 "Aggiornamento dell'«Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt.22 e 49 L.R.24/2017)» di cui alla deliberazione della giunta regionale 29 Aprile 2019, n° 630" della Regione Emilia Romagna.

Per l'esecuzione dell'analisi locale di secondo livello sono state considerate le risultanze delle prove geognostiche eseguite, unitamente ai dati reperiti in bibliografia ed alla cartografia di microzonazione sismica consultata.

Per l'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite si rimanda alla Figura 23.

Come valore di ag_{ref} per il sito in esame è stato utilizzato il valore riportato nel file PSbaseRER.kmz (disponibile nella pagina web <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/sismica/indirizzi-per-studi-microzonazione-sismica> dedicata agli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli) per il punto 15608, $ag = 0.1446$.

300-325		300-325		325-350		300-325	
300-325		300-325		325-350		300-325	
ID	15607	ID	15608	ID	15829	ID	15830
Lon	10.3944	Lon	10.4647	Lon	10.397	Lon	10.4672
Lat	44.7447	Lat	44.7465	Lat	44.6947	Lat	44.6965
SA_010	0.3323	SA_010	0.3196	SA_010	0.346	SA_010	0.3406
SA_015	0.3887	SA_015	0.3747	SA_015	0.4059	SA_015	0.3993
SA_020	0.3717	SA_020	0.3588	SA_020	0.3882	SA_020	0.3821
SA_030	0.3435	SA_030	0.3337	SA_030	0.3578	SA_030	0.3529
SA_040	0.2702	SA_040	0.2635	SA_040	0.2811	SA_040	0.2777
SA_050	0.2102	SA_050	0.2059	SA_050	0.2189	SA_050	0.2171
SA_075	0.1282	SA_075	0.1299	SA_075	0.1317	SA_075	0.1346
SA_100	0.089	SA_100	0.0866	SA_100	0.0927	SA_100	0.0921
SA_150	0.0494	SA_150	0.0483	SA_150	0.0514	SA_150	0.0508
SA_200	0.0328	SA_200	0.0326	SA_200	0.0346	SA_200	0.0339
ASIO105/0,4s	312.69375	ASIO105/0,4s	303.251625	ASIO105/0,4s	325.924988	ASIO105/0,4s	321.406256
Classi(ASIO105/0,4s)	300-325	Classi(ASIO105/0,4s)	300-325	Classi(ASIO105/0,4s)	325-350	Classi(ASIO105/0,4s)	300-325
ag	0.1491	ag	0.1446	ag	0.1553	ag	0.1543
F16perc	0.1134	F16perc	0.1147	F16perc	0.1171	F16perc	0.1193
F84perc	0.1626	F84perc	0.1558	F84perc	0.1695	F84perc	0.1666

Il primo step del calcolo del valore di FA prevede la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{SH} e V_{S30}) del deposito di copertura secondo le formule di seguito riportate.

La velocità delle onde di taglio equivalente nei primi 30 m di sottosuolo al di sotto delle fondazioni è stata determinata attraverso la seguente formula:

$$V_{S30} = 30 / [\sum_{i=1}^M (h_i / V_{Si})]$$

In modo analogo la velocità delle onde di taglio equivalente fino alla profondità del bedrock si determina nel seguente modo:

$$V_{SH} = H / [\sum_{i=1}^N (h_i / V_{Si})]$$

Il valore di V_{S30} calcolato per l'area in esame attraverso le prove sismiche Re.Mi.+MASW eseguite è risultato pari a 420-428 m/s. L'intervento in esame è ubicato in un ambito di "Pianura 1 con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un contrasto di impedenza significativo, tale da essere considerato coincidente con il tetto del substrato rigido a profondità indicativa di 100 ± 20 m da p.c.".

Per la scelta dell'ambito si è fatto riferimento a quanto riportato nella relazione di MZS del comune di Montechiarugolo, per il calcolo dei fattori di amplificazione in corrispondenza delle zone non indagate per il III livello di approfondimento sono state utilizzate le Tabelle riportate nel DGR 2193/2015 riferite all'ambito di Pianura 1.

Si è fatto inoltre riferimento ai dati bibliografici consultati, in particolare alla stratigrafia della perforazione per ricerca idrocarburi indicata con ID 200060G030 nel database RER ed alle registrazioni di microtremore sismico eseguite dagli scriventi nel Febbraio 2022 in un'area a NNW del sito in esame.

Le prove sismiche e l'analisi delle tabelle hanno permesso di determinare per l'area in esame i seguenti fattori di amplificazione: F.A. P.G.A. pari a **1.5**, F.A. SA1 pari a **1.5**, F.A. SA2 pari a **1.9**; F.A SA3 pari a **2.2**, F.A SA4 pari a **2.0** F.A. SI1 pari a **1.5**, F.A. SI2 pari a **2.1** e F.A. SI3 pari a **2.0**.

I fattori di amplificazione sono espressi in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) e di rapporto di Intensità spettrale in accelerazione (SA/SA0) e in velocità o di Housner (SI/SI0) per prefissati intervalli di periodi. Il valore dell'accelerazione a_{refg} amplificata vale 0.2169 (considerando come valore di a_{ref} il valore riportato nel file PSbaseRER.kmz per il punto 15608 prossimo all'area in esame ($a_g = 0.1446$)).

V _{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

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

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

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

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

Tabella 9. Tabelle relative al settore Pianura 1 per la stima semplificata dell'amplificazione stratigrafica nelle aree collinari e montane dell'Emilia-Romagna. (da Allegato 2 DGR n.476 del 12/04/2021).

È stato calcolato anche il fattore H_{SM}^{21} (Naso et al.) parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s^2) dato dal prodotto del parametro *Acceleration Spectrum Intensity* (ASI_{UHS}) valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi $0.1s \leq T \leq 0.5s$, diviso per ΔT (in questo caso pari a 0.4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

²¹ Naso G., Martelli L. Baglione M. Brammerini F. Castenetto S., D'intinosante V., Ercolessi G. (2019): Maps for Land management: from geology to seismic hazard. Boll. Geol. Teor. Appl., Vol 60, DOI 10.4430/bgta0263.

$$H_{SM} = ASI_{UHS} / \Delta T \times FA$$

Per il calcolo dei valori di H_{SM} è stato utilizzato il valore del parametro di ASI_{UHS} (Acceleration Spectrum Intesity) riportati nel file PSbaseRER.kmz per il punto 15608, pari a 303.252.

Il valore di H_{SM} risulta quindi pari a $303.252 \times 1.5 = 454.878 \text{ cm/s}^2$.

E.2.3.1 Fattore di amplificazione topografico

Gli effetti della topografia non possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore ai 15° e devono essere calcolati nel caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali di altezza superiore a 30 m. Il sito in esame si colloca in un'area pianeggiante/sub-pianeggiante per cui il valore di S_T risulta pari a 1.0.

Si riportano di seguito i parametri sismici calcolati per l'area in esame considerando il valore di FA di PGA (S_s nelle NTC2018) pari a 1.5 ottenuto dall'analisi locale di II livello.

Stato Limite Ultimo		SLV	
accelerazione di progetto	ag	0.15	g
Parametro spettrale	F0	2.435	-
Parametro spettrale	Tc'	0.283	s
Stato Limite di Esercizio		SLD	
accelerazione di progetto	ag	0.06	g
Parametro spettrale	F0	2.501	-
Parametro spettrale	Tc'	0.26	s
Stato Limite Ultimo		SLV	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	S_s	1.50	Analisi II livello
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	S_t	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = S_t * S_s$	1.500	
Amax	$A_{max} = A_g * S$	0.22500	g
Stato Limite di Esercizio		SLD	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	S_s	1.50	Analisi II livello
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	S_t	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = S_t * S_s$	1.50	
Amax	$A_{max} = A_g * S$	0.0900	g

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 B** al piano campagna; i valori di V_{s30} ottenuti attraverso le prove Re.Mi.+MASW sono risultati pari a **420-428 m/s**.

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 30 m.

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.

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

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

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

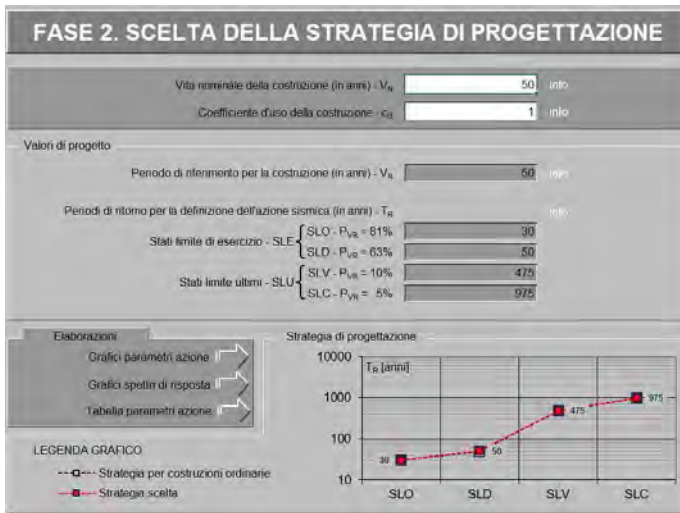
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

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 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 D.M. 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	Montechiarugolo		
Longitudine	44.731169	°	
Latitudine	10.430377	°	
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	0.048	2.474	0.243
SLD	50	0.060	2.501	0.260
SLV	475	0.150	2.435	0.283
SLC	975	0.191	2.430	0.291

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 $S_s \cdot S_t = S$ = coefficiente di amplificazione locale. Nella seguente tabella si riportano i valori dei coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica, 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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

In sintesi si riportano i dati:

Stato Limite Ultimo		SLV	
accelerazione di progetto	a_g	0.15	g
Parametro spettrale	F_0	2.435	-
Parametro spettrale	T_c'	0.283	s
Stato Limite di Esercizio		SLD	
accelerazione di progetto	a_g	0.06	g
Parametro spettrale	F_0	2.501	-
Parametro spettrale	T_c'	0.26	s
Stato Limite Ultimo		SLV	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	S_s	1.20	di progetto
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	S_t	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = S_t \cdot S_s$	1.200	
A_{max}	$A_{max} = A_g \cdot S$	0.18000	g
Stato Limite di Esercizio		SLD	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	S_s	1.20	di progetto
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	S_t	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = S_t \cdot S_s$	1.20	
A_{max}	$A_{max} = A_g \cdot S$	0.0720	g

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
1	accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;	No	$a_{g,max}=0.18$	Sì
2	profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;	No	Falda non reperita. Da dati bibliografici falda presente tra - 5/-6 m da p.c.	Sì
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 $U_c > 3,5$.	-	-	--

Si è proceduto con l'esecuzione delle verifiche di liquefazione secondo differenti metodologie di seguito riportate.

F.1.1 Verifica della suscettività dei terreni alla liquefazione

Al fine di verificare la possibilità dell'occorrenza del fenomeno della liquefazione nei terreni in esame sono state eseguite le verifiche di liquefazione, attraverso l'utilizzo di metodi semplificati, lungo le verticali delle prove penetrometriche statiche CPT1 e CPT2 eseguite in corrispondenza dell'area oggetto di studio nel mese di Febbraio 2022.

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).

$$F = \frac{CRR}{CSR} \quad \text{Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione se il coefficiente di sicurezza è minore di } \mathbf{1.00}.$$

Come magnitudo momento (Mw) per l'area in esame è stato assunto il valore di 6.14.

Per quello che riguarda la falda la verifica è stata condotta cautelativamente con falda posta a -1.0 da p.c.

Per le verifiche di liquefazione è stato utilizzato il valore di Ss (coefficiente di amplificazione dipendente dal sottosuolo) pari a 1.2, ottenuto attraverso il metodo semplificato delle NTC2018, attribuendo ai terreni indagati la categoria di sottosuolo di tipo B (considerando i risultati delle prove sismiche passive eseguite): il valore di a_{gmax} risulta pari a **0.18 g**.

È stato inoltre calcolato l'indice del potenziale di liquefazione I_L secondo il metodo di Iwasaki et al. (1982)²².

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

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 $FSL > 1.0$

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.

F.1.1.1 Verifica liquefazione da Prove CPTu

La verifica a liquefazione è stata innanzi tutto eseguita sulle prove CPTu eseguite in corrispondenza del sito in esame tramite l'utilizzo del software CLiq v.1.7.1.14 - CPT Liquefaction Assessment Software²³ della ditta GeoLogismiki Geotechnical Software, con il metodo proposto da Idriss & Boulanger (2014)²⁴.

Le prove penetrometriche eseguite sono state 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 [Sonmez, 2003]	LIVELLI LIQUEFACIBILI [0-5m]	LIVELLI LIQUEFACIBILI [5-10m]	LIVELLI LIQUEFACIBILI [10-15m]	LIVELLI LIQUEFACIBILI [15-20m]	CLASSIFICAZIONE	CEDIMENTI [cm] [Zhang et al., 2004]
CPTu1	0.0	0	-	-	-	N	0.0
CPTu2	0.0	0	-	-	-	N	0.0

In corrispondenza delle prove CPTu1 e CPTu2 è stato stimato un potenziale di liquefazione **nullo** ($I_L=0$).

²² 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

²³ Il software calcola l'indice del potenziale di liquefazione I_L secondo il metodo di Iwasaki et al. (1982)²³ e gli autori suggeriscono che se $I_L = 0$ il potenziale di rottura è nullo, $I_L < 5$ il potenziale di rottura è basso, $5 < I_L < 15$ il potenziale di rottura è elevato, $I_L > 15$ il potenziale di rottura è estremamente elevato).

²⁴ 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.

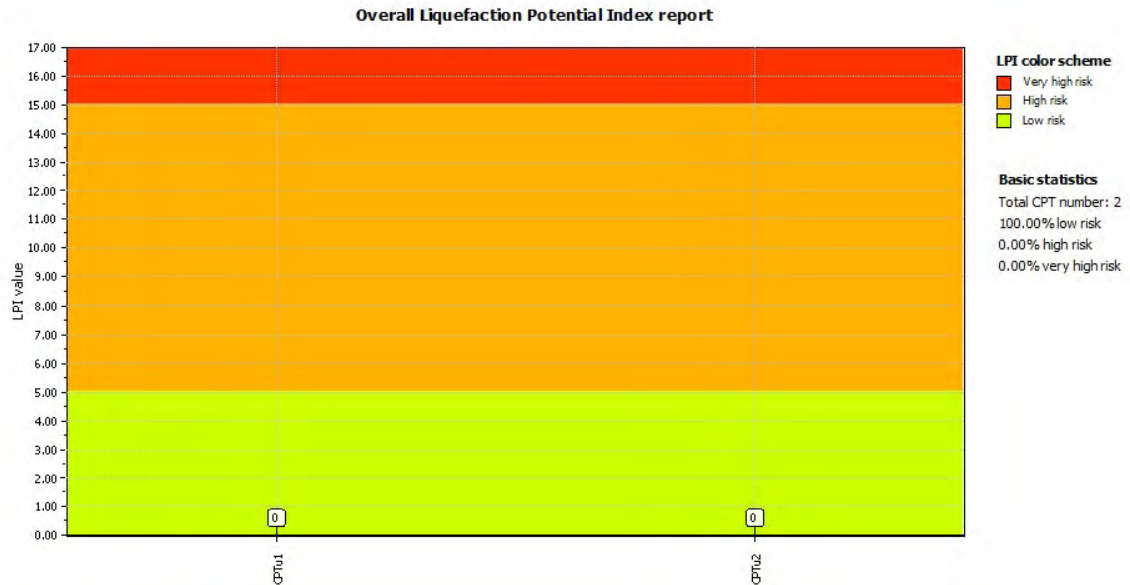


Figura 36. LPI ottenuti attraverso le verifiche di liquefazione eseguite.

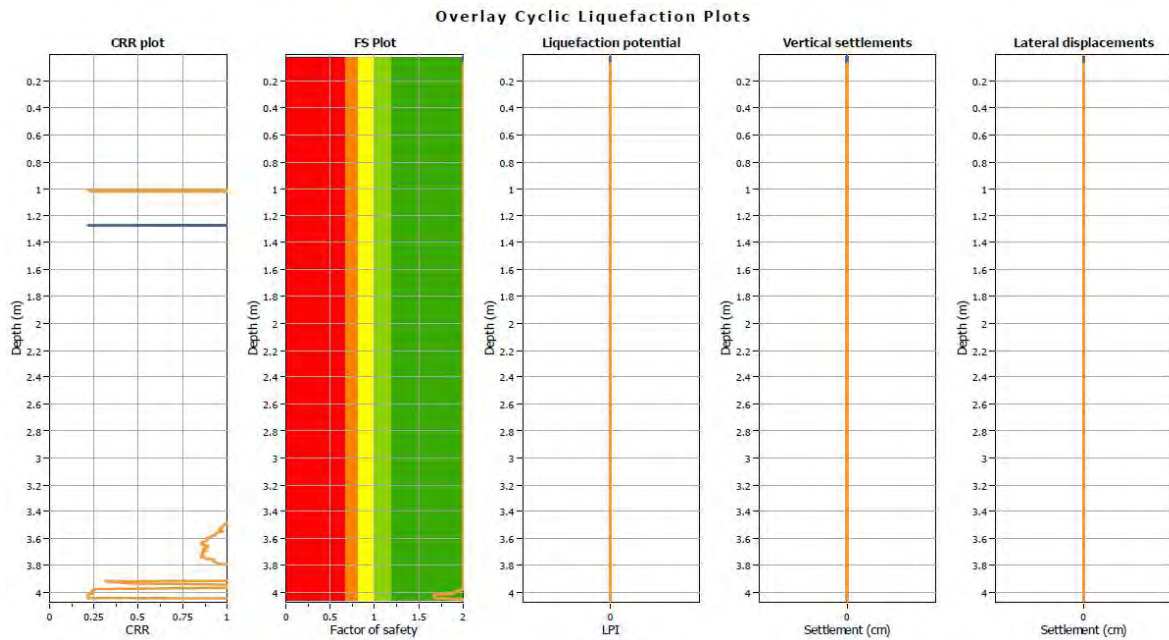


Figura 37. Variazione CRR, FS, LPI e stima cedimenti con la profondità ottenuti attraverso le verifiche di liquefazione eseguite.

F.1.1.2 Verifica liquefazione – Metodo AGI Prove DPSH

In corrispondenza delle verticali delle prove CPTu, eseguite presso l'area in esame, a partire dalla profondità di arresto delle stesse sono state eseguite inoltre n°2 prove penetrometriche pesanti (DPSH) che hanno attraversato, sino ad una profondità massima di 3.2/5.2 m, il livello L2 costituito prevalentemente da ghiaie. È stata valutata quindi anche la possibilità di verifica a liquefazione dello spessore di terreno attraversato dalle prove penetrometriche dinamiche pesanti. I valori di n° colpi ottenuti, ed in particolare i valori di $N_{(1)60}$, portano a soddisfare la condizione del punto 3 della Tabella riportata ad inizio capitolo (e del paragrafo 7.11.3.4.2. delle NTC2018).

Prof. m	Nscpt	Nspt Pagani	N ₍₁₎₆₀ Seed & Idriss	N ₍₁₎₆₀ AGI (2005)
1.6	9.0	13.4	42.8	37.1
1.8	9.0	13.4	42.8	36.0
2.0	14.0	20.8	46.2	38.2
2.2	11.0	16.4	34.7	30.5
2.4	28.0	41.7	74.1	57.8
2.6	43.0	64.0	109.5	80.7
2.8	49.0	73.0	120.4	89.2
3.0	52.0	77.4	123.6	93.4
3.2	70.0	104.2	161.3	118.9

Valori N₍₁₎₆₀ determinati da prova DPSH1.

Prof. m	Nscpt	Nspt Pagani	N ₍₁₎₆₀ Seed & Idriss	N ₍₁₎₆₀ AGI (2005)
4.0	10.0	14.9	32.6	31.2
4.2	13.0	19.4	29.6	28.6
4.4	19.0	28.3	42.3	40.5
4.6	29.0	43.2	55.3	52.8
4.8	44.0	65.5	82.2	78.1
5.0	50.0	74.5	91.6	88.0
5.2	70.0	104.2	125.9	122.1

Valori N₍₁₎₆₀ determinati da prova DPSH2.

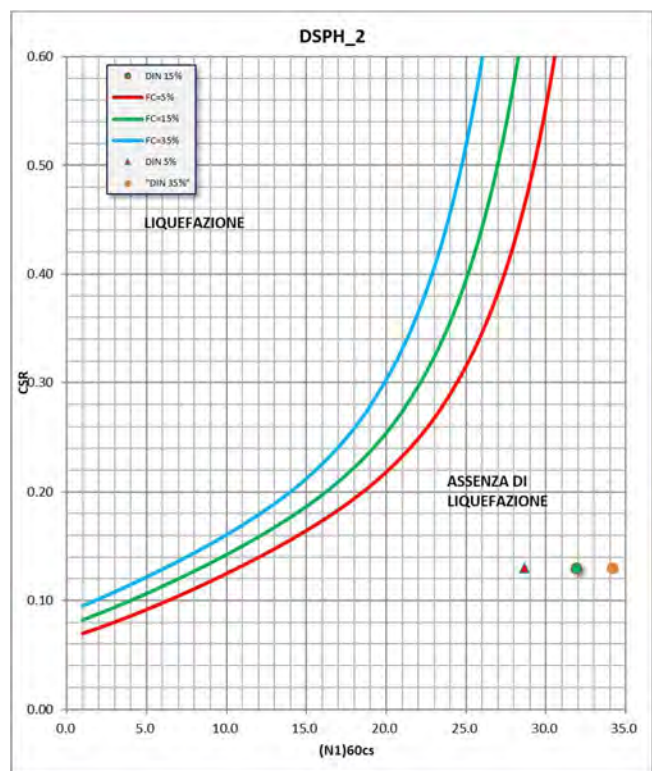
I risultati ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area in esame riportano valori di N₍₁₎₆₀ >30 per lo spessore indagato da circa 1.6 m a 5.2 m da p.c. La verifica risulta necessaria per l'orizzonte a 4.2 m da p.c. che presenta valori di N₍₁₎₆₀<30.

Il grafico riportato a lato presenta i valori ottenuti considerando tutte e tre le percentuali di frazione fine (5%, 15% e 35%) per quanto riguarda la DPSH2.

La stratigrafia individuata evidenzia la presenza di materiali di natura essenzialmente ghiaiosa, con matrice limo-argillosa interessata da orizzonti di argilla e limo sabbiosi. Data l'incertezza nella definizione della granulometria ed in particolare della percentuale in materiali fini necessaria per eseguire il calcolo sono state eseguite le tre diverse simulazioni considerando contenuti in fini variabili da 5% a 35%.

	Prof. (m da p.p.)	I _L [5%]	I _L [15%]	I _L [35%]
DPSH2	4.2	0	0	0

Metodo AGI (2005)



F.1.1.3 Verifica liquefazione – Velocità delle onde S

Per poter valutare la suscettività alla liquefazione anche a profondità maggiori sono stati considerati inoltre i valori di V_s determinati attraverso le prove Re.Mi.+MASW eseguite in corrispondenza dell'area in esame, a sud e a nord del tratto di Canale della Spelta oggetto del presente studio.

La verifica a liquefazione è stata quindi eseguita sulla stima delle velocità delle onde di taglio (V_s) all'interno dello strato considerato. Le prove sismiche Re.Mi.+MASW hanno permesso di attribuire una velocità caratteristica a ciascuno strato individuato secondo gli schemi semplificati di seguito.

profondità m dal p.c.	spessore	Vs m/s	Litologia
0	2.5	360	Argilla-limo
2.5	9	430	Ghiaie
11.5	8.5	400	<i>Ghiaie</i>
20	8	410	<i>Ghiaie</i>
28	8	490	<i>Argilla</i>
36	Inf.	650	<i>Bedrock</i>

Modello interpretativo Re.Mi+MASW 1

profondità m dal p.c.	spessore	Vs m/s	Litologia
0	1	390	Argilla-limo
1	6	480	Ghiaie
7	9.5	430	<i>Ghiaie</i>
16.5	14.5	410	<i>Ghiaie</i>
31	12	500	<i>Argilla</i>
43	Inf.	630	<i>Bedrock</i>

Modello interpretativo Re.Mi+MASW 2

Nei modelli sopra riportati le informazioni ottenute dalla bibliografia (vedasi stratigrafie riportate al paragrafo C.1.1) sono riportate in blu e corsivo.

È stato utilizzato il metodo proposto da Andrus e Stokoe (1997) per cui la resistenza al taglio dello strato considerato è definita dalla seguente formula:

$$R = 0,03 \cdot \left(\frac{Vsl}{100} \right)^2 + \frac{0,9}{Vslc - Vsl} - \frac{0,9}{Vsl}$$

Dove Vsl è la velocità delle onde S corretta secondo la formula $Vsl = Vs \cdot (1/\sigma'v_0)^{0.25}$; Vs è la velocità delle onde S in m/s e $\sigma'v_0$ è la tensione verticale efficace. Il valore di $Vslc$ rappresenta la velocità critica delle onde di taglio S nel deposito considerato, dipendente dalla frazione fine ($FC < 5\%$, $FC = 20\%$ e $FC > 35\%$).

Nelle verifiche eseguite è stata fatta una stima del valore di FC attraverso le informazioni, relative alla litologia presente, ottenute dalle stratigrafie bibliografiche consultate.

Anche in questo caso è stata condotta la verifica con falda posta a -1.0 da p.c. e con valore $a_{gmax} = 0.18 g$.

Prof m	γ kg/cmc	γ' kg/cmc	$\sigma'v_0$ kg/cm ²	σv_0 kg/cm ²	Vs m/s	Vsl m/s	FC %	$Vslc$	rd9.15	rd23	rd30	rd>30	R Vsl	T	Fs	Verifica
2.5	0.0019	0.0009	0.225	0.475	360	523	75.00	200	0.98				0.816	0.125	6.519	Non Liquefacibile
11.5	0.0019	0.0009	1.035	2.185	430	426	15.00	210		0.87			0.538	0.111	4.864	Non Liquefacibile
20	0.0019	0.0009	1.8	3.800	400	345	15.00	210		0.64			0.348	0.082	4.258	Non Liquefacibile
28	0.0019	0.0009	2.52	5.320	410	325	15.00	210			0.55		0.306	0.070	4.363	Non Liquefacibile
36	0.002	0.001	3.32	6.920	490	356	60.00	200				0.5	0.372	0.063	5.903	Non Liquefacibile
50	0.002	0.001	4.72	9.720	650	435	60.00	200				0.5	0.562	0.062	9.025	Non Liquefacibile

Tabella 10. Valori di FS determinati attraverso il metodo di Andrus e Stokoe (1997) per risultati prova Re.Mi.+MASW1.

Prof	γ	γ'	$\sigma'v0$	$\sigma v0$	V_s	V_{sl}	FC	$V_{sl} c$	rd9.15	rd23	rd30	rd>30	R V_{sl}	T	Fs	Verifica
m	kg/cmc	kg/cmc	kg/cm ^q	kg/cm ^q	m/s	m/s	%									
1	0.0019	0.0009	0.09	0.190	390	712	75.00	200	0.99				1.518	0.127	11.984	Non Liquefacibile
7	0.0019	0.0009	0.63	1.330	480	539	15.00	210	0.95				0.867	0.121	7.179	Non Liquefacibile
16.5	0.0019	0.0009	1.485	3.135	430	390	15.00	21		0.73			0.449	0.094	4.796	Non Liquefacibile
31	0.0019	0.0009	2.79	5.890	410	317	15.00	210				0.5	0.290	0.064	4.548	Non Liquefacibile
43	0.0020	0.001	3.99	8.290	500	347	60.00	200				0.5	0.353	0.063	5.613	Non Liquefacibile
50	0.0020	0.001	4.69	9.690	650	435	60.00	200				0.5	0.562	0.062	8.995	Non Liquefacibile

Tabella 11. Valori di FS determinati attraverso il metodo di Andrus e Stokoe (1997) per risultati prova Re.Mi.+MASW2.

La verifica eseguita utilizzando la stima delle velocità delle onde di taglio per gli strati individuati ha permesso di determinare un potenziale di liquefazione **basso/nullo** (IL=0).

G. CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio geologico-tecnico è finalizzato a ricavare le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche di un'area sita nel comune di Montechiarugolo in località San Geminiano, interessata da futuri interventi di manutenzione e riqualificazione del Canale della Spelta.

Lo studio e le indagini eseguite hanno permesso di evidenziare quanto segue.

- ⇒ La zona in esame ricade nel foglio 200 "REGGIO EMILIA" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 ed è caratterizzata principalmente dalla presenza di depositi appartenenti al Subsistema di Ravenna – Unità di Modena (AES8a). L'Unità è costituita da ghiaie prevalenti con livelli e lenti di sabbie, ricoperte da una coltre limosa e/o limoso-sabbiosa discontinua.
- ⇒ L'area è ubicata nella Carta Tecnica Regionale elemento 200064 "GAZZANO" alla scala 1:5.000; il sito in esame si colloca tra le quote di 75-78 m s.l.m. e le coordinate (ED50) dei punti che delimitano a nord e a sud l'area di intervento, del tratto di Canale della Spelta in esame, sono riportate nella tabella seguente:

Canale della Spelta - SUD	Latitudine	44.726936°
	Longitudine	10.431038°
Canale della Spelta - NORD	Latitudine	44.731169°
	Longitudine	10.430377°

- ⇒ 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 alle quote comprese tra 75 e 79 m s.l.m., in sinistra idrografica rispetto al T. Enza, che scorre in direzione S-N a circa 1-1.5 km a est dall'area in esame. Sono presenti in corrispondenza dell'area oggetto di studi diversi scoli e canali appartenenti al sistema idrografico minore. Il Canale della Spelta, interessato da futuri interventi di manutenzione dei tratti di bonifica, si trova ad est della SP95.
- ⇒ L'area risulta esterna alla Fascia Fluviale C così come definita nel Piano Assetto Idrogeologico (PAI). Il limite della Fascia C, come da elaborati consultati, è indicato a circa 80 m ad est dal Canale della Spelta nel tratto in esame. L'area risulta interna rispetto agli scenari di pericolosità evidenziati per quello che riguarda il reticolo principale di pianura (RP) per i quali sono indicate "alluvioni rare" (L-P1).
- ⇒ Per la caratterizzazione dei terreni dell'area in esame è stata innanzi tutto consultata la bibliografia a disposizione reperita nel database degli scriventi e nel database della Regione Emilia-Romagna; inoltre, nel mese di Maggio 2023, sono state eseguite le seguenti prove geognostiche: n°2 prove penetrometriche statiche con piezocono, n°2 prove penetrometriche dinamiche (che hanno proseguito lungo le verticali delle prove penetrometriche statiche fino ad una profondità massima di 5.2 m da p.c.) e n°2 stendimenti sismici tipo Re.Mi.+MASW.
- ⇒ Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche eseguite nel mese di Maggio 2023, in corrispondenza delle verticali indagate, non è stata reperita la falda. Non si esclude comunque che, durante i periodi piovosi o durante eventi meteorici occasionali, il livello piezometrico possa risalire a quote prossime al piano campagna. Come riportato nel paragrafo C.1 sono stati consultati i dati bibliografici presenti nel database RER. Unicamente per due prove geognostiche, tra quelle consultate, eseguite nei pressi dell'area in esame è stato reperito il dato di falda: in corrispondenza dei pozzi per acqua n°200060P687 e 200060P696 è indicato un livello piezometrico rispettivamente di -6 m e -5 m da p.c.

- ⇒ Sulla base delle informazioni ottenute attraverso i dati delle prove geognostiche eseguite e reperite è possibile definire le seguenti unità geologiche e litotecniche:
- ⇒ Nell' "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna" (DGR n.1164/2018) il Comune di **Montechiarugolo** viene classificato in **zona 3**.
- ⇒ Nella "Carta della pericolosità sismica locale" del PTCP della provincia di Parma l'area in esame si colloca in corrispondenza di depositi prevalentemente ghiaiosi, limosi o misti di canale fluviale o argine. Ad est del sito è indicata la presenza di depositi di origine antropica (attività estrattiva). Nella "Carta provinciale delle aree suscettibili degli effetti locali" (Tav.5) del PTCP della provincia di Parma l'area oggetto del presente studio rientra nell'area soggetta ad effetti locali di tipo DAGS, le aree DAGS sono caratterizzate da depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o misti, depositi alluvionali intravallivi, substrato roccioso con $V_s > 800$ m/s. In termini di effetti attesi è indicata l'amplificazione per caratteristiche litologiche; per la pianificazione comunale è indicato un 2° livello di approfondimento.

S	Suolo	- <i>Livello S</i> : suolo superficiale prevalentemente argillo-limoso con la presenza di ciottoli; il livello è stato rinvenuto a partire da p.c. sino a circa 0.5/0.6 m di profondità da p.c. <i>Parametri caratteristici: $q_c = 7-18$ kg/cm².</i>	-0.5/-0.6 m da p.c.
L1	AES8a	- <i>Livello L1</i> : livello costituito prevalentemente da limo argilloso rinvenuto a partire da 0.5/0.6 m da p.c. sino a circa 2.0/4.4 m di profondità da p.c. Alla base del livello, a partire da circa 1.3/3.7 m da p.c. sono presenti clasti di granulometria più grossolana (zona di passaggio con le ghiaie sottostanti). <i>Parametri caratteristici: $q_c = 7-5.5$ kg/cm², N colpi=9-10 colpi/20 cm (base livello), $V_s = 390-360$ m/s</i>	-2.0/-4.4 m da p.c.
L2	AES8a	- <i>Livello L2</i> : il livello L2 è costituito prevalentemente da ghiaia in matrice limosa-sabbiosa, questo è stato individuato a partire da circa 2.0/4.4 m da p.c. <i>Parametri caratteristici: N colpi=22-33 colpi/20 cm, $V_s = 430-480$ m/s</i>	*

* Come riportato al paragrafo C sono state consultate le prove geognostiche bibliografiche reperite nel database RER; si segnala che attraverso la stratigrafia del sondaggio 200060P687, eseguito poco distante dall'area in esame per la costruzione di un pozzo per acqua, può essere stimato uno spessore del primo livello di ghiaia di circa 8/10 m.

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 – 0.5/0.6	S	Coesivo	Limo e argilla	Parametri totali $\gamma_k = 18-19$ kN/m ³ $Cu_k = 30-80$ kPa $\Phi_u = 0^\circ$ $M_k = 2.4-5.0$ MPa $Eu_{50} = 1.3-3.5$ Mpa	Parametri efficaci $\gamma_k = 18-19$ kN/m ³ $c'_k = 0-5$ kPa $\Phi'_k = 27-33^\circ$
0.5/0.6-2.0/4.2	AES8a	Coesivo	Limo/limo argilloso con ciottoli alla base	Parametri totali $\gamma_k = 19-20$ kN/m ³ $Cu_k = 36-54$ kPa $\Phi_u = 0^\circ$ $M_k = 3-4$ MPa $Eu_{50} = 1.4-2.0$ Mpa	Parametri efficaci $\gamma_k = 19-20$ kN/m ³ $c'_k = 0-5$ kPa $\Phi'_k = 24-25^\circ$
>2.0/4.2	AES8a	Granulare	Ghiaie in matrice limosa	Parametri totali $\gamma_k = 19-20$ kN/m ³ $Cu_k = -$ kPa $\Phi_u = 0^\circ$	Parametri efficaci $\gamma_k = 19-20$ kN/m ³ $c'_k = 0-5$ kPa $\Phi'_k = 37-40^\circ$ $E_s = 60-80$ 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, E_s = modulo elastico secante, E_{50} = modulo elastico (valore al 50% della deformazione denominato anche operativo).

Durante le indagini eseguite a Maggio 2023 non è stata reperita la falda.

Come riportato nel paragrafo C.1 sono stati consultati i dati bibliografici presenti nel database RER. Unicamente per due prove geognostiche, tra quelle consultate, eseguite nei pressi dell'area in esame è stato reperito il dato di falda: in corrispondenza dei pozzi per acqua n°200060P687 e 200060P696 è indicato un livello piezometrico rispettivamente di -6 m e -5 m da p.c.

Non si esclude comunque che, durante i periodi piovosi o durante eventi meteorici occasionali, il livello piezometrico possa risalire a quote prossime al piano campagna.

- ⇒ Il comune di Montechiarugolo è provvisto di studio di microzonazione sismica di II e III livello; il sito in esame non rientra però nelle aree oggetto di microzonazione sismica. È stata eseguita una analisi locale di II livello secondo il DGR 476/2021 come riportato al paragrafo E.2.3.
- ⇒ Le indagini sismiche eseguite nel sito in esame consentono di individuare la presenza di un sottosuolo di **tipo B** (NTC2018) con $V_{s30} = 420-428$ m/s.
- ⇒ Sono state determinate le azioni sismiche ai sensi delle NTC2018 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 parametri riportati di seguito.

Stato Limite Ultimo	SLV		
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	S_s	1.20	di progetto
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	S_t	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = S_t * S_s$	1.200	
A_{max}	$A_{max} = A_g * S$	0.18000	g

- ⇒ La verifica alla liquefazione ai sensi delle NTC2018 è stata eseguita attraverso differenti metodologie. In corrispondenza delle verticali attraversate dalle prove CPTu attraverso il metodo proposto da Idriss & Boulanger (2014); con il metodo AGI per lo spessore di terreno attraversato dalle prove DPSH e infine, per poter valutare la suscettività a liquefazione anche a profondità maggiori sono stati considerati inoltre i valori di V_s determinati attraverso le prove Re.Mi.+MASW e le verifiche sono state eseguite anche attraverso il metodo proposto da Andrus e Stokoe (1997).
Come magnitudo momento (M) è stato assunto il valore di 6.14, come valore di accelerazione è stato utilizzato $a_{g,max}=0.18$; le analisi sono state eseguite con falda posta cautelativamente a -1.0 m dal pc. In corrispondenza delle prove è stato stimato un potenziale di liquefazione nullo ($I_L=0$).

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.

Basilicanova, Giugno 2023



Dott. Geol. Enrico Faccini

ALLEGATO 1 – REPORT INDAGINI SISMICHE

REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA DI PARMA

COMUNE DI MONTECHIARUGOLO

**INDAGINE GEOFISICA
PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE SISMICHE
NELLE AREE OGGETTO DI INTERVENTO
SITE IN LOCALITA' SAN GEMINIANO, MONTECHIARUGOLO, PARMA**

PARMAGEO SRL

INDICE

INTRODUZIONE	1
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	1
PROSPEZIONE SISMICA INTEGRATA ATTIVA - PASSIVA	3
Identificazione categoria suolo di fondazione	6

ALLEGATI

<i>UBICAZIONE AREA</i>	<i>TAV. 1.1-1.2</i>
<i>PLANIMETRIA UBICAZIONE PROVE</i>	<i>TAV. 2.1-2.2</i>

SCHEDE:

INDAGINE RE.MI/MASW 1
INDAGINE RE.MI/MASW 2

INTRODUZIONE

Nell'ambito progettuale per gli interventi di manutenzione dei tratti di bonifica siti presso località San Geminiano di Montechiarugolo, Parma, sono di seguito esposte le procedure operative ed i risultati ottenuti dalle prospezioni geofisiche effettuate con metodo sismico misto attivo/passivo (Re.Mi./MASW), in riferimento alla riclassificazione sismica del territorio nazionale, DM 17/01/2018.

Le indagini, eseguite in accordo con il tecnico incaricato della progettazione geologica, *Dr. Geol. Enrico Faccini – Parmageo Srl, Basilicanova, Parma*, sono state effettuate in conformità alle prescrizioni dettate in materia di indagini geofisiche.

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

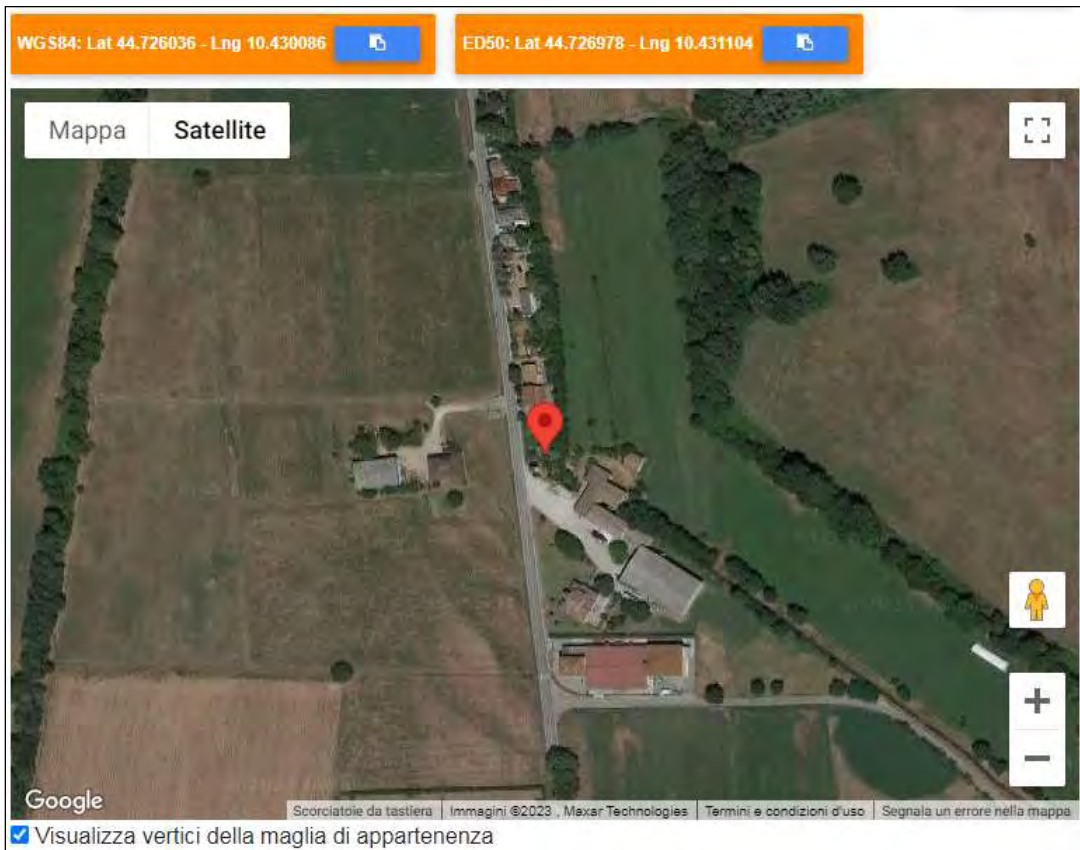
Le zone oggetto di intervento sono ubicate rispettivamente in località Molino della Resga e San Geminiano, entrambe in Via Resga, nel settore nord orientale del territorio comunale di Montechiarugolo, Parma.

Le zone in analisi si ubica in zona di alta pianura con quote medie del piano campagna naturale oscillanti tra 75 e 78 m slm.

I siti ricadono nel settore sud occidentale dell'elemento *GAZZARO N° 200064*, delle basi C.T.R. ER in scala 1:5.000.

Le coordinate geografiche (elissoide ED50) relative circa al centro dell'area di intervento corrispondono a:

Loc. Molino della Resga	10.431104 ÷ 44.726978
Loc. San Geminiano	10.430523 ÷ 44.731114



Localizzazione aree mediante software Geostru PS

PROSPEZIONE SISMICA INTEGRATA ATTIVA - PASSIVA

In riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale D.M. 17/01/2018, per determinare la categoria del suolo di fondazione, sono state eseguite due prospezioni geofisiche con metodo integrato attivo - passivo (Re.Mi./MASW/HVSR), per la rilevazione della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , eseguite in data 30/05/2023

Le prospezioni sono state effettuate 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 2-3 m per una lunghezza totale di stendimento di 46-69 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 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 e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche esaminano bande spettrali differenti: il metodo attivo consente di acquisire in modo maggiormente dettagliato una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo (fino a circa 10-20 m di profondità); il metodo passivo permette di determinare e definire una curva di dispersione nelle bande di frequenza tra 2 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi.

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e consente una affidabile ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-100 m di profondità, in funzione della lunghezza massima 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 aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza tra 6 e 10 m dal primo geofono (“Optimum Field Parameters of an MASW Survey”, *Park et al., 2005; Dal Moro, 2008*).

Per l'acquisizione dei microtremori ambientali sono state effettuate venti registrazioni della durata di 30 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare, tramite un opportuno software, una trasformata bidimensionale “*slowness-frequency*” ($p-f$) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico $p-f$. Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

In tale spettro mediato si evidenziano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle

onde di superficie (che hanno carattere dispersivo), da quelle riconducibili ad altri modi e tipi (onde di superficie di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

In funzione di quanto esposto è possibile effettuare un “picking”, attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* (p o $1/\text{velocità di fase}$) ed ottenere una “curva di dispersione”.

Quest’ultima è visualizzata su un diagramma in cui appare anche la curva di dispersione calcolata a partire da un modello di V_s che è modificabile in sede di elaborazione. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di dispersione calcolata è adattata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

I risultati ottenuti ed i relativi diagrammi di elaborazione sono riportati nelle allegate schede “indagine Re.Mi/MASW”, riportante lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo, schematicamente riportato di seguito.

Remi/MASW 1 – Loc. Molino della Resga

Profondità da p.c. (m)	V_s (m/sec)
0 ÷ 2,5	360
2,5 ÷ 11,5	430
11,5 ÷ 20	400
20 ÷ 28	410
28 ÷ 36	490
36 ÷ INF	650

Remi/MASW 2 – Loc. San Geminiano

Profondità da p.c. (m)	V_s (m/sec)
0 ÷ 1	390
1 ÷ 7	480
7 ÷ 16,5	430
16,5 ÷ 31	410
31 ÷ 43	500
43 ÷ INF	630



Acquisizione Remi-MASW 1 – Molino della Resga



Acquisizione Remi-MASW 2 – San Geminiano



Identificazione categoria suolo di fondazione

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 (NTC2018 – par. 3.2.2):

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

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo, m

$V_{s,i}$ = velocità onde di taglio strato i -esimo, m/sec

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.

I dati acquisiti dalle rilevazioni effettuate denotano che i primi 30 m del sottosuolo, valutati a partire da p.c., sono contraddistinti da velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , profondità e spessori, come riportato nella seguente tabella:

Stendimento sismico ReMi/MASW 1 – loc. Molino della Resga

orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	V_s (m/sec)
1	0 ÷ 2,5	2.5	360
2	2,5 ÷ 11,5	9	460
3	11,5 ÷ 20	8.5	400
4	20 ÷ 28	8	410
5	28 ÷ 30	2	490

Tab. a1

Stendimento sismico ReMi/MASW 2 – loc. San Geminiano

orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	V_s (m/sec)
1	0 ÷ 1	1	390
2	1 ÷ 7	6	480
3	7 ÷ 16,5	9.5	430
4	16,5 ÷ 30	13.5	410

Tab. a2

ottenendo:

Remi/MASW 1 $V_{s30} = 420$ m/s

Remi/MASW 2 $V_{s30} = 428$ m/s

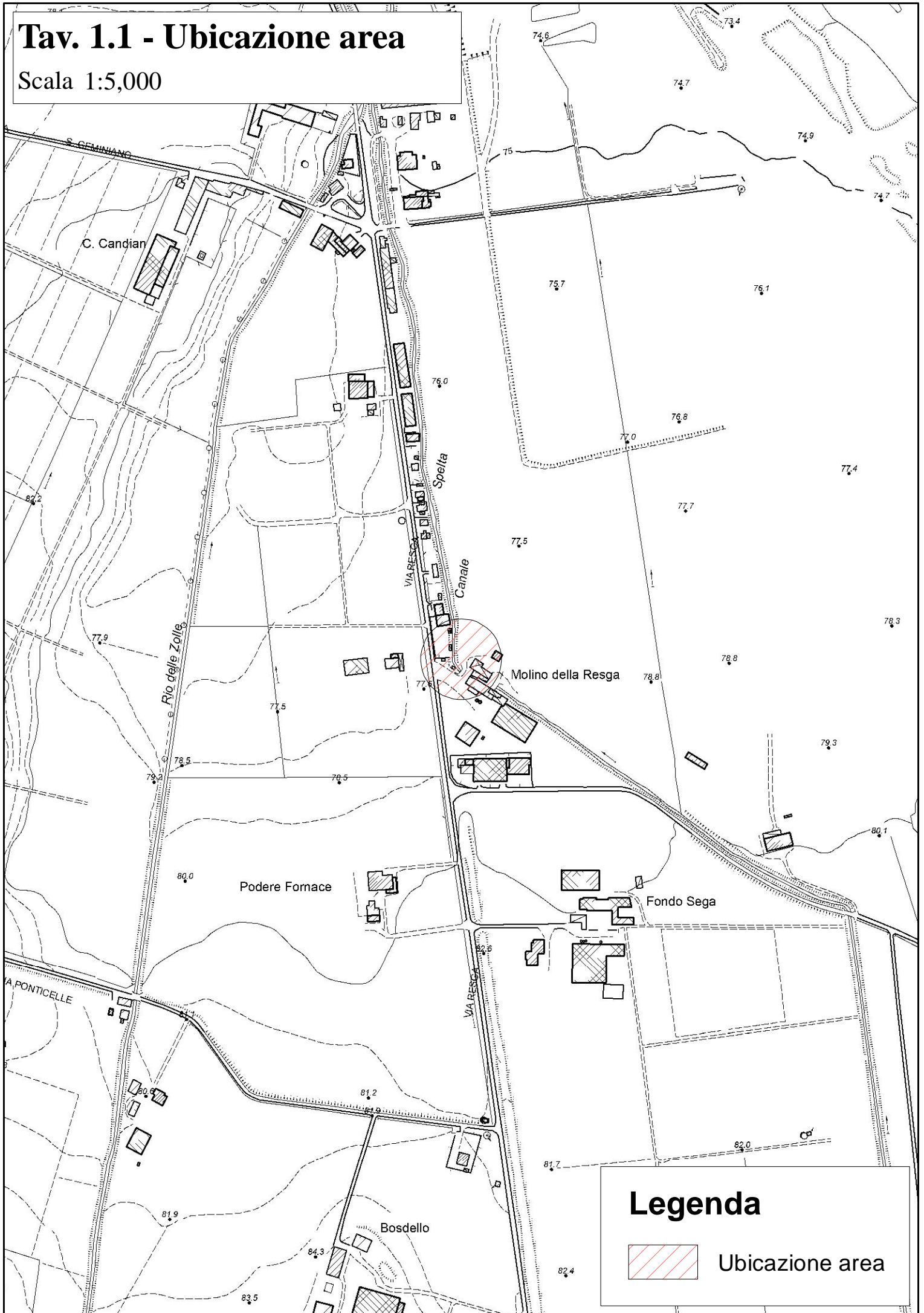
Dalle considerazioni sopra esposte e dall'analisi della sequenza litosismica, risulta che i litotipi che formano i primi 30 m del sottosuolo soggiacenti le fondazioni, sono attribuibili in base alla Tab. 3.2.II delle NTC2018 a:

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

ALLEGATI

Tav. 1.1 - Ubicazione area

Scala 1:5,000



Legenda



Ubicazione area

Tav. 2.1 - Ubicazione indagini

Scala 1:500



Legenda

— Stendimento sismico Re.Mi./MASW

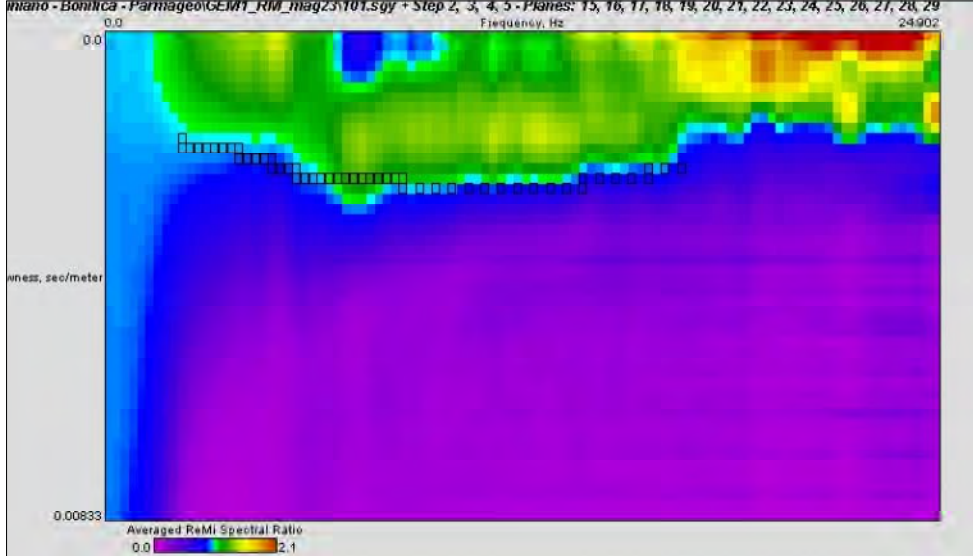
PARMAGEO SRL
Via Argini Sud, 31 - 43022 Montechiarugolo (PR)

INDAGINE Re.Mi./MASW 1

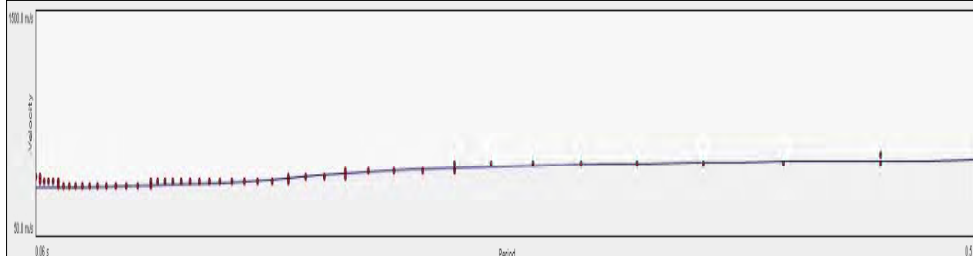
LOCALITA': San Geminiano
DATA: 30-05-2023
QUOTA: 77 m. s.l.m.

COMMITTENTE: Parmageo srl
CANTIERE: Molino della Resga
OPERATORI: Gilli S.

Spettro di potenza

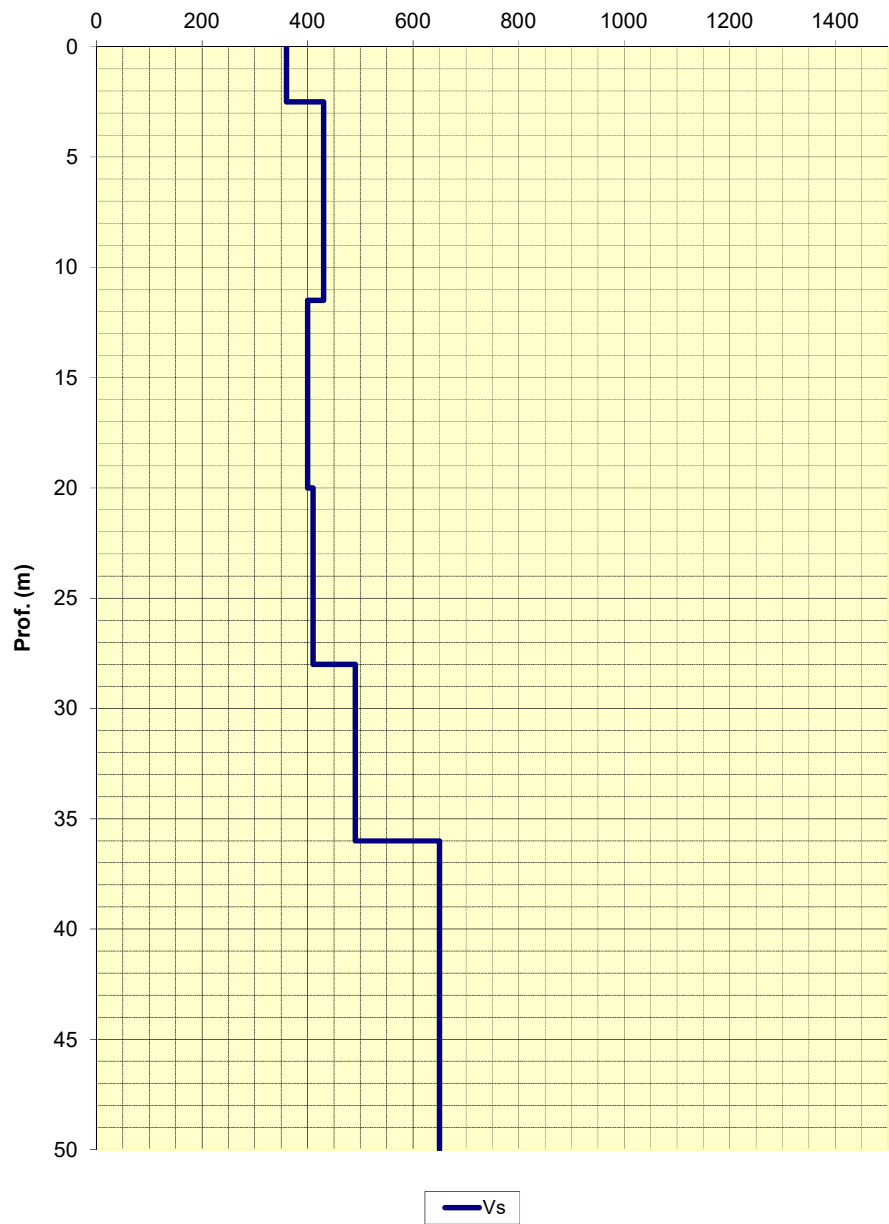


Curva di dispersione



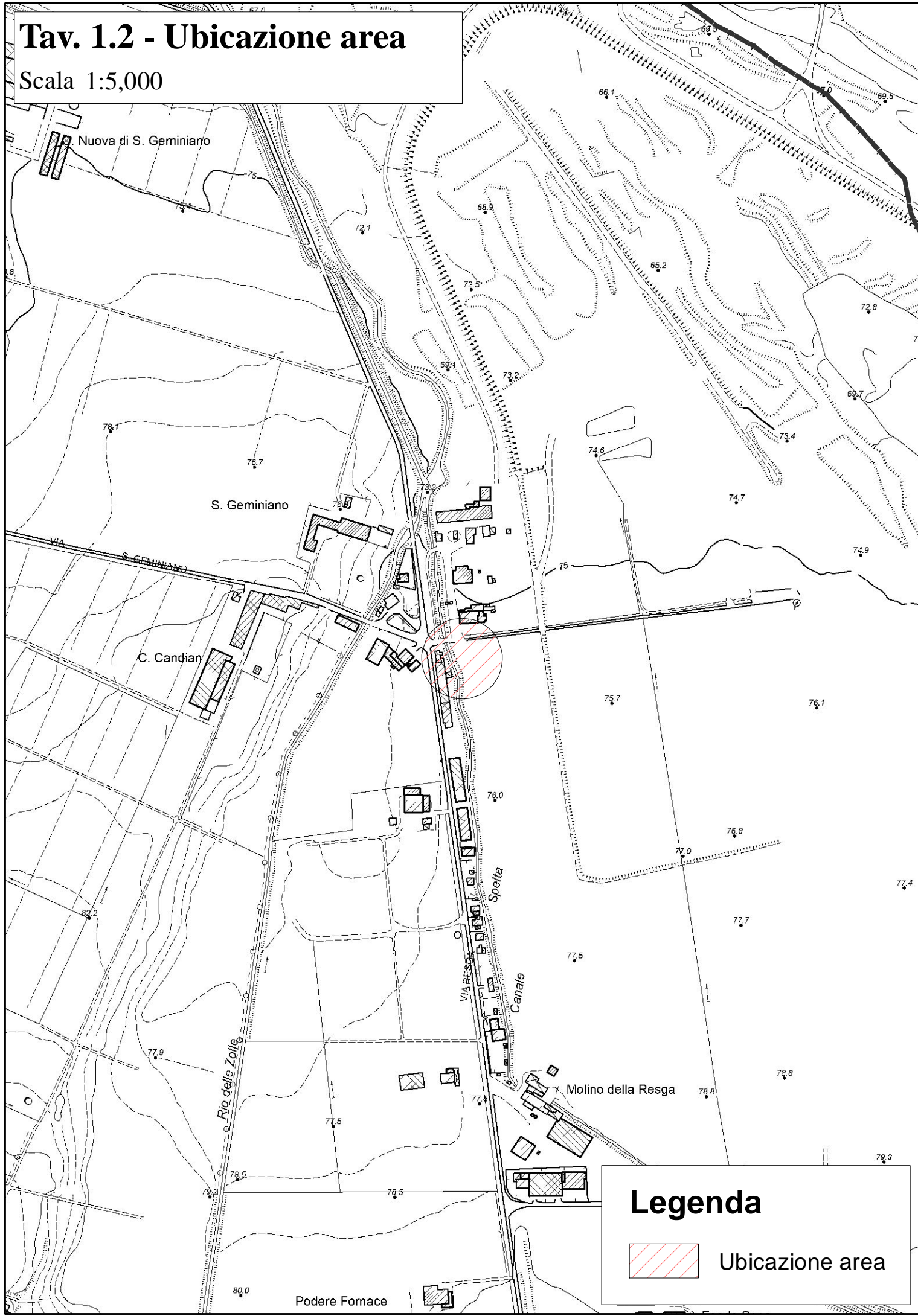
Note:		Modello interpretativo				
		Strato n°	Prof. (m)	Spess. (m)	Vs (m/s)	
Vseq da p.c. Categoria Suolo	420	1	0	2.5	2.5	360
	B	2	2.5	11.5	9	430
		3	11.5	20	8.5	400
	4	20	28	8	410	
	5	28	36	8	490	
	6	36	INF	INF	650	
	7					
	8					
	9					
	10					

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

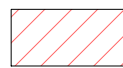


Tav. 1.2 - Ubicazione area

Scala 1:5,000



Legenda



Ubicazione area

Tav. 2.2 - Ubicazione indagini

Scala 1:500



Legenda

— Stendimento sismico Re.Mi./MASW

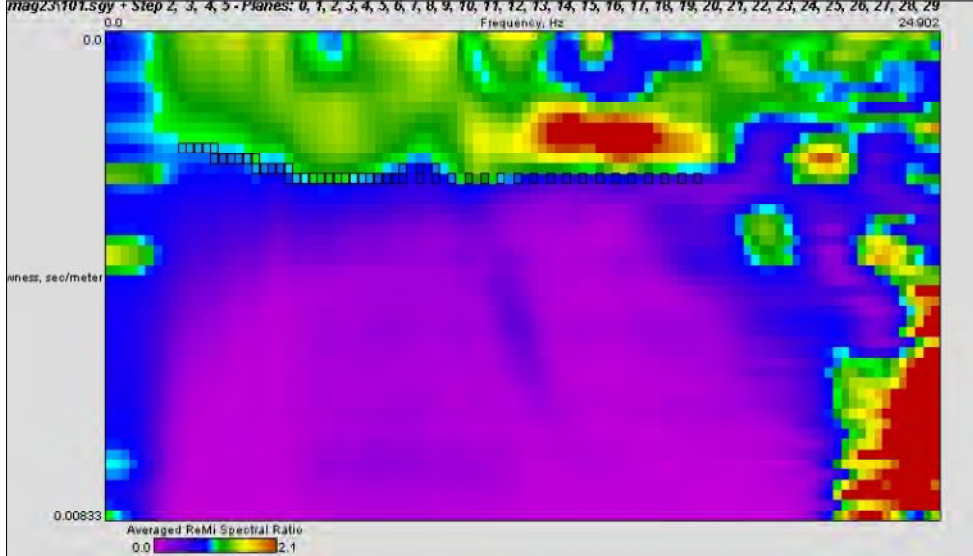
PARMAGEO SRL
Via Argini Sud, 31 - 43022 Montechiarugolo (PR)

INDAGINE Re.Mi./MASW 2

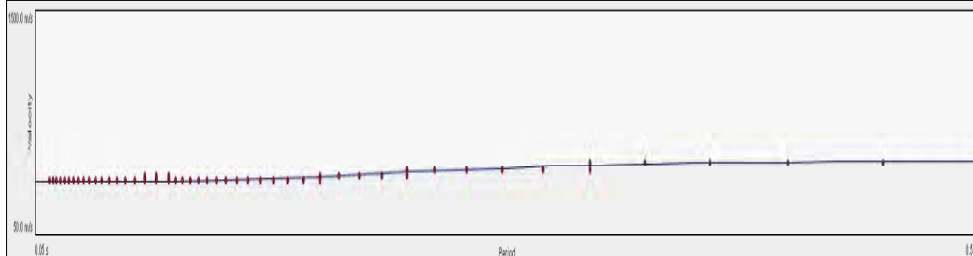
LOCALITA': San Geminiano
DATA: 30-05-2023
QUOTA: 76 m. s.l.m.

COMMITTENTE: Parmageo srl
CANTIERE: San Geminiano
OPERATORI: Gilli S.

Spettro di potenza



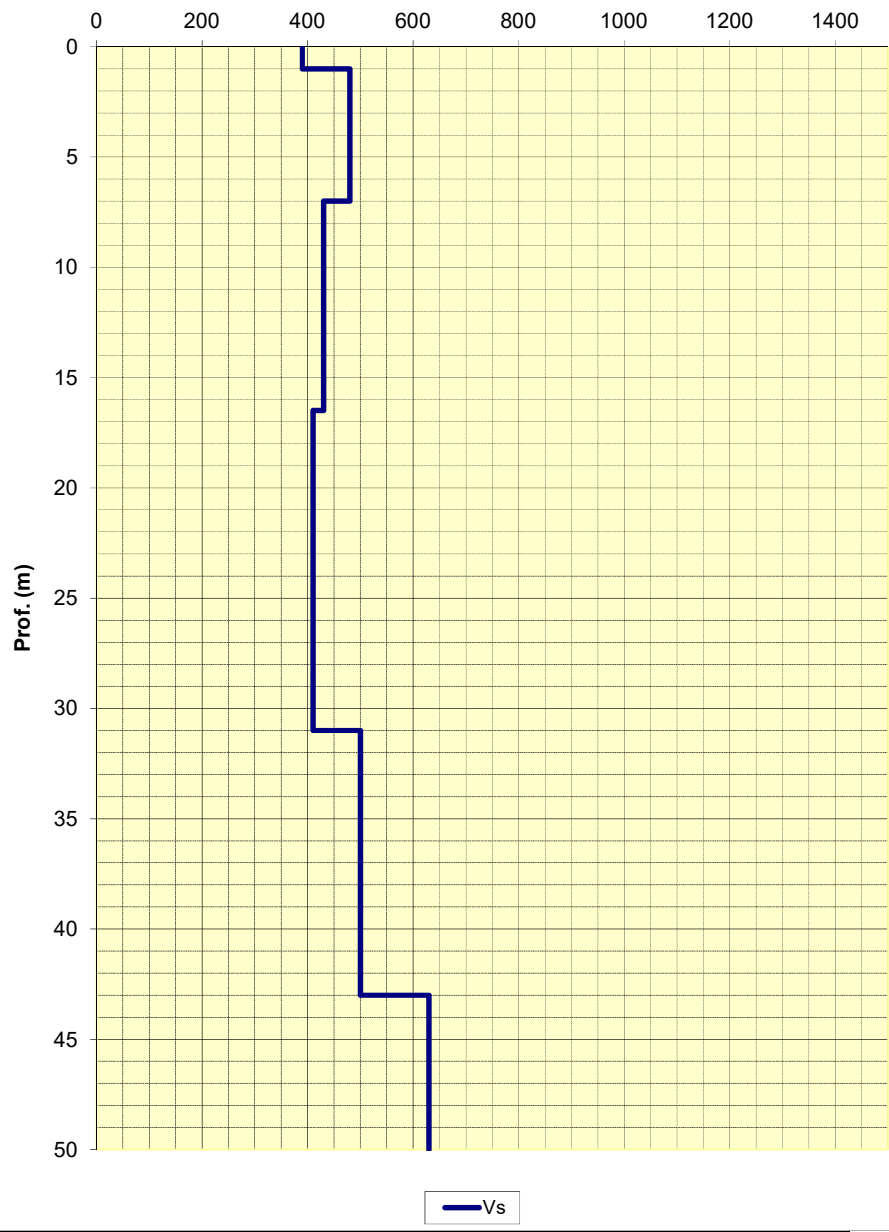
Curva di dispersione



Note:
Vseq da p.c. **428**
Categoria Suolo **B**

Modello interpretativo				
Strato n°	Prof. (m)		Spess. (m)	Vs (m/s)
1	0	1	1	390
2	1	7	6	480
3	7	16.5	9.5	430
4	16.5	31	14.5	410
5	31	43	12	500
6	43	INF	INF	630
7				
8				
9				
10				

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



— Vs

ALLEGATO 2 – PROVE PENETROMETRICHE




Foto 1. Prova penetrometrica statica CPTu1 e dinamica DPSH1




Foto 2. Prova penetrometrica statica CPTu2 e dinamica DPSH2

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO

<p>Impresa esecutrice:</p> <div style="text-align: center;">  <p>PARMAGEO INDAGINI GEOGNOSTICHE</p> </div>	<p>Committente:</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Consorzio della Bonifica Parmense</p>
---	--

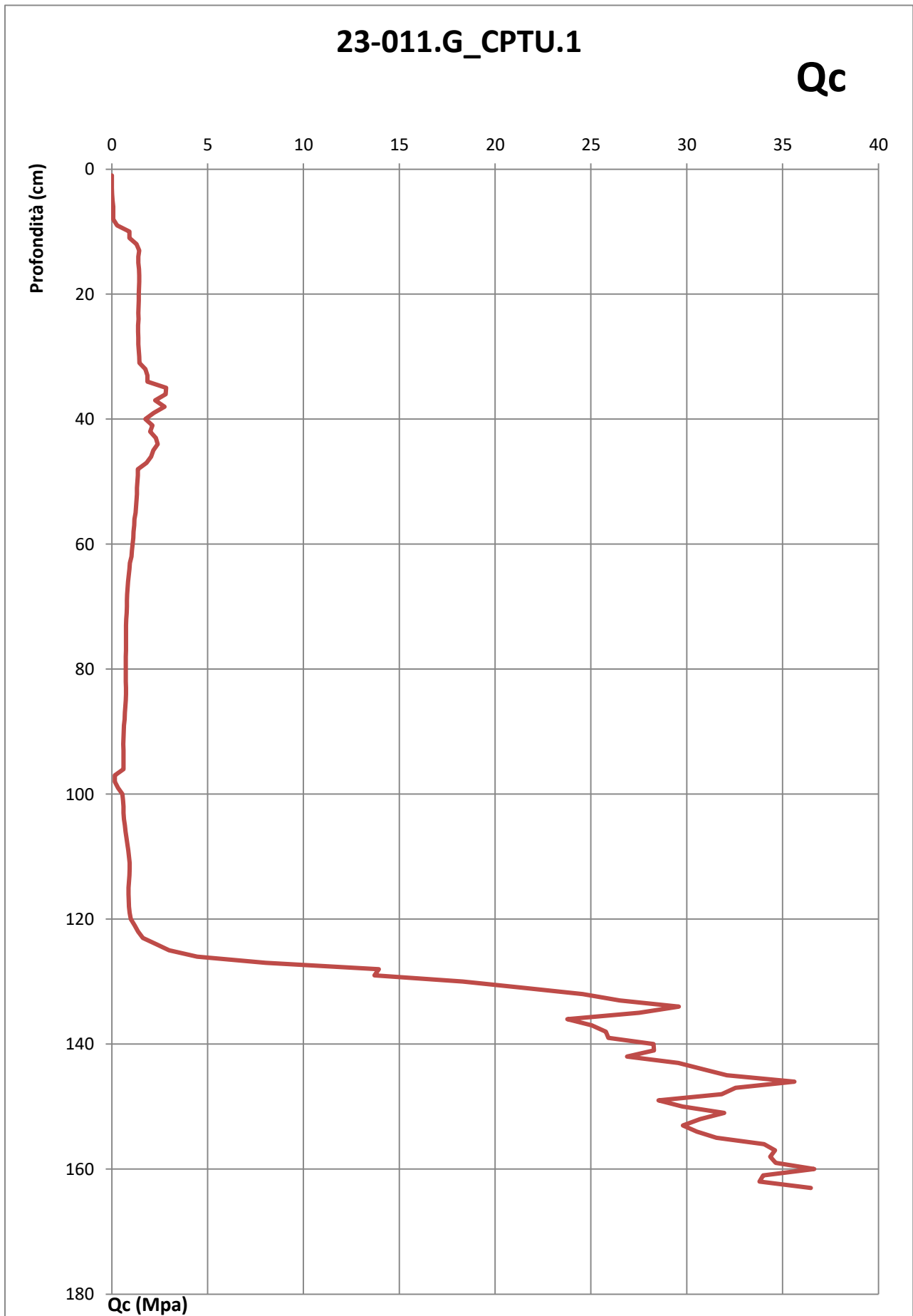
<p>Cantiere:</p> <p style="font-size: 1.2em;">Canale della Spelta</p>	<p>Ubicazione:</p> <p style="font-size: 1.2em;">San Geminiano (Parma)</p>
---	---

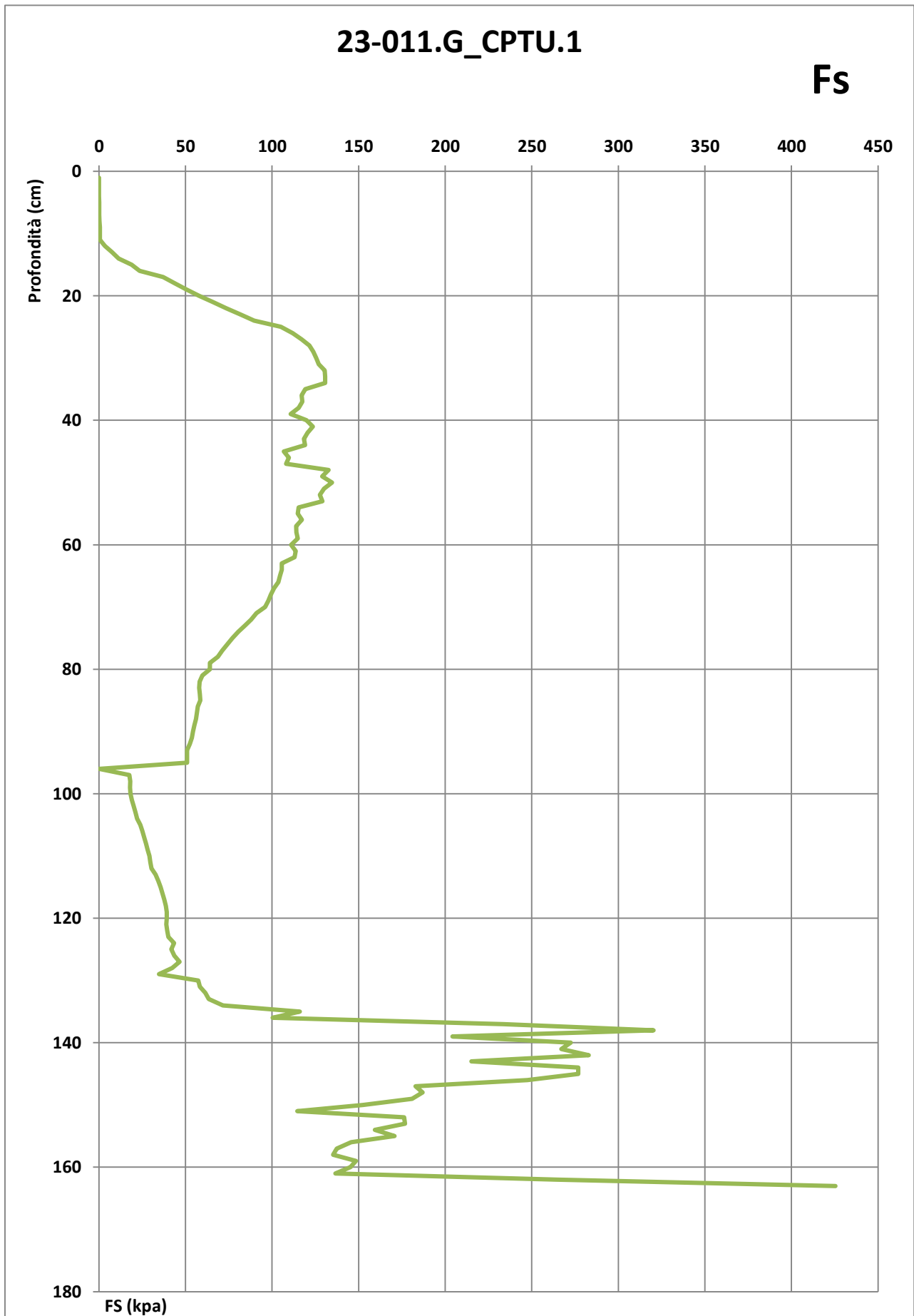
Prova:		<i>Data:</i> 08/05/2023	<i>Q.ta ass. [m]:</i> 77.00	<i>Coordini:</i>	Lat: 44°43.5614'N	Long: 10°25.8169'E
		<i>Q.ta falda da p.c.[m]:</i> -1.35			<i>Preforo [m]:</i> 0.00	
		<i>Tipo:</i> Statica con piezocono	<i>Codice Prova:</i>	23-011.G_CPTU.1	<i>Profondità [m]:</i> 1.63	
Penetrometro:		Punta:				
PAGANI TG63-200kN		<i>Angolo [°]:</i> 60	<i>Sup. punta [cmq]:</i> 10	<i>a factor:</i> 0.58		
Note: Continua con DPSH 1			<i>Diametro [mm]:</i> 35.80	<i>Sup. manic. [cmq]:</i> 150		
<i>Il responsabile di sito:</i>				<i>Il direttore tecnico:</i>		
<small>(Dr. Geol. Andrea Barbieri)</small>				<small>(Dr. Geol. Enrico Faccini)</small>		

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U2 [kPa]	Rf [%]	U2/Qc [%]	Qc-U2 [Mpa]	Tilt [°]	Dist [cm]	Speed [cm/sec]	Qt [MPa]	U2-U0 [kPa]
1	0	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.01	2.00	0.00	0.00
2	0	0	-0.09	0.00	0.00	0.00	0.51	0.02	2.00	0.00	-0.09
3	0	0	-0.09	0.00	0.00	0.00	0.51	0.02	2.00	0.00	-0.09
4	0.02	0	0.19	0.00	0.95	0.02	0.51	0.03	2.00	0.02	0.19
5	0.04	0.13	2.16	0.33	5.40	0.04	0.52	0.04	2.00	0.04	2.16
6	0.08	0.22	0.38	0.28	0.48	0.08	0.54	0.05	2.00	0.08	0.38
7	0.08	0.22	0.19	0.28	0.24	0.08	0.59	0.06	2.00	0.08	0.19
8	0.08	0.35	2.54	0.44	3.18	0.08	0.59	0.07	2.00	0.08	2.54
9	0.28	0.63	2.26	0.23	0.81	0.28	0.61	0.08	2.00	0.28	2.26
10	0.92	0.63	0.38	0.07	0.04	0.92	0.70	0.09	2.00	0.92	0.38
11	0.92	0.63	0.38	0.07	0.04	0.92	0.70	0.10	1.90	0.92	0.38
12	1.29	3.51	0.00	0.27	0.00	1.29	0.67	0.12	2.00	1.29	0.00
13	1.44	7.5	0.00	0.52	0.00	1.44	0.67	0.13	1.90	1.44	0.00
14	1.39	11.33	-1.88	0.82	-0.14	1.39	0.64	0.14	2.00	1.39	-1.88
15	1.39	18.92	-1.79	1.36	-0.13	1.39	0.64	0.15	2.00	1.39	-1.79
16	1.42	23.44	-11.56	1.65	-0.81	1.43	0.64	0.16	2.00	1.42	-11.56
17	1.43	37.09	-8.55	2.59	-0.60	1.44	0.64	0.17	2.00	1.43	-8.55
18	1.43	43.9	-8.84	3.07	-0.62	1.44	0.64	0.18	2.00	1.43	-8.84
19	1.42	50.65	-9.12	3.57	-0.64	1.43	0.64	0.20	2.00	1.42	-9.12
20	1.41	57.71	-3.38	4.09	-0.24	1.41	0.64	0.21	2.00	1.41	-3.38
21	1.41	65.74	-3.85	4.66	-0.27	1.41	0.64	0.22	1.90	1.41	-3.85
22	1.4	73.62	-7.05	5.26	-0.50	1.41	0.64	0.23	2.00	1.40	-7.05
23	1.39	81.72	-6.20	5.88	-0.45	1.40	0.86	0.24	2.00	1.39	-6.20
24	1.4	89.63	-11.19	6.40	-0.80	1.41	0.64	0.25	1.90	1.40	-11.19
25	1.38	105.1	-7.43	7.62	-0.54	1.39	0.64	0.27	2.00	1.38	-7.43
26	1.38	112	-7.05	8.12	-0.51	1.39	0.70	0.28	2.00	1.38	-7.05
27	1.39	117.08	-6.02	8.42	-0.43	1.40	0.74	0.29	2.00	1.39	-6.02
28	1.39	121.54	-6.96	8.74	-0.50	1.40	0.74	0.30	2.00	1.39	-6.96
29	1.41	123.83	-8.46	8.78	-0.60	1.42	0.74	0.32	2.00	1.41	-8.46
30	1.43	125.49	-8.55	8.78	-0.60	1.44	0.74	0.33	2.00	1.43	-8.55
31	1.45	127.03	-8.27	8.76	-0.57	1.46	0.74	0.34	2.00	1.45	-8.27
32	1.75	130.42	-7.05	7.45	-0.40	1.76	0.70	0.35	1.90	1.75	-7.05
33	1.86	130.61	-17.01	7.02	-0.91	1.88	0.84	0.37	1.90	1.85	-17.01
34	1.86	130.61	-17.01	7.02	-0.91	1.88	0.84	0.38	2.00	1.85	-17.01
35	2.84	119.16	-2.35	4.20	-0.08	2.84	0.84	0.40	1.90	2.84	-2.35
36	2.82	117.15	-2.16	4.15	-0.08	2.82	0.90	0.41	2.00	2.82	-2.16
37	2.27	117.46	-2.07	5.17	-0.09	2.27	0.90	0.43	2.00	2.27	-2.07
38	2.75	115.39	-2.73	4.20	-0.10	2.75	0.97	0.44	2.00	2.75	-2.73
39	2.2	110.78	-2.26	5.04	-0.10	2.20	0.97	0.46	2.00	2.20	-2.26
40	1.75	119.81	-2.16	6.85	-0.12	1.75	0.97	0.48	2.00	1.75	-2.16
41	2.12	123.52	-4.70	5.83	-0.22	2.12	1.04	0.49	2.00	2.12	-4.70
42	2	120.47	-4.42	6.02	-0.22	2.00	1.04	0.51	2.00	2.00	-4.42
43	2.3	118.37	-4.61	5.15	-0.20	2.30	1.04	0.53	1.90	2.30	-4.61
44	2.4	119.03	-2.44	4.96	-0.10	2.40	1.04	0.55	2.00	2.40	-2.44
45	2.17	106.76	-2.91	4.92	-0.13	2.17	1.04	0.56	2.00	2.17	-2.91
46	2.05	109.65	-4.32	5.35	-0.21	2.05	1.04	0.58	2.00	2.05	-4.32
47	1.81	108.11	-2.63	5.97	-0.15	1.81	1.04	0.60	2.00	1.81	-2.63

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U2 [kPa]	Rf [%]	U2/Qc [%]	Qc-U2 [Mpa]	Tilt [°]	Dist [cm]	Speed [cm/sec]	Qt [MPa]	U2-U0 [kPa]
48	1.36	132.68	-12.41	9.76	-0.91	1.37	1.04	0.62	2.00	1.35	-12.41
49	1.36	128.91	-1.88	9.48	-0.14	1.36	1.04	0.64	2.00	1.36	-1.88
50	1.34	134.66	-5.17	10.05	-0.39	1.35	1.11	0.66	2.00	1.34	-5.17
51	1.32	130.04	-7.71	9.85	-0.58	1.33	1.11	0.68	2.00	1.32	-7.71
52	1.31	127.66	-9.21	9.75	-0.70	1.32	1.11	0.69	2.00	1.31	-9.21
53	1.29	129.13	-8.46	10.01	-0.66	1.30	1.11	0.71	1.90	1.29	-8.46
54	1.27	115.39	-11.75	9.09	-0.93	1.28	1.11	0.73	1.90	1.27	-11.75
55	1.24	114.79	-16.17	9.26	-1.30	1.26	1.11	0.75	1.90	1.23	-16.17
56	1.19	117.21	-21.24	9.85	-1.78	1.21	1.11	0.77	2.00	1.18	-21.24
57	1.17	113.88	-21.90	9.73	-1.87	1.19	1.11	0.79	1.90	1.16	-21.90
58	1.14	114.1	-23.88	10.01	-2.09	1.16	1.11	0.81	2.00	1.13	-23.88
59	1.12	114.82	-24.06	10.25	-2.15	1.14	1.11	0.83	2.00	1.11	-24.06
60	1.09	111.06	-23.41	10.19	-2.15	1.11	1.11	0.85	2.00	1.08	-23.41
61	1.06	113.63	-23.31	10.72	-2.20	1.08	1.11	0.87	1.90	1.05	-23.31
62	1.03	113.04	-25.94	10.97	-2.52	1.06	1.11	0.89	2.00	1.02	-25.94
63	0.95	105.6	-26.70	11.12	-2.81	0.98	1.13	0.91	2.00	0.94	-26.70
64	0.92	105.63	-27.73	11.48	-3.01	0.95	1.11	0.93	1.90	0.91	-27.73
65	0.89	104.63	-26.13	11.76	-2.94	0.92	1.13	0.95	2.00	0.88	-26.13
66	0.85	103.59	-34.97	12.19	-4.11	0.88	1.13	0.97	2.00	0.84	-34.97
67	0.83	101.11	-43.90	12.18	-5.29	0.87	1.13	0.99	2.00	0.81	-43.90
68	0.81	99.23	-45.97	12.25	-5.68	0.86	1.13	1.01	2.00	0.79	-45.97
69	0.79	97.82	-45.12	12.38	-5.71	0.84	1.13	1.03	2.00	0.77	-45.12
70	0.79	95.96	-43.99	12.15	-5.57	0.83	1.13	1.05	2.00	0.77	-43.99
71	0.78	91.04	-39.76	11.67	-5.10	0.82	1.13	1.06	2.00	0.76	-39.76
72	0.76	87.93	-39.39	11.57	-5.18	0.80	1.13	1.08	1.90	0.74	-39.39
73	0.75	84.23	-39.20	11.23	-5.23	0.79	1.13	1.10	1.90	0.73	-39.20
74	0.74	80.46	-37.79	10.87	-5.11	0.78	1.06	1.12	2.00	0.72	-37.79
75	0.74	77.14	-37.41	10.42	-5.06	0.78	1.13	1.14	2.00	0.72	-37.41
76	0.74	74.15	-36.94	10.02	-4.99	0.78	1.06	1.16	2.00	0.72	-36.94
77	0.74	71.27	-36.38	9.63	-4.92	0.78	1.06	1.18	2.00	0.72	-36.38
78	0.73	68.73	-35.25	9.42	-4.83	0.77	1.06	1.20	2.00	0.72	-35.25
79	0.73	64.11	-34.12	8.78	-4.67	0.76	1.06	1.22	2.00	0.72	-34.12
80	0.73	64.11	-34.12	8.78	-4.67	0.76	1.06	1.24	2.00	0.72	-34.12
81	0.73	59.81	-32.24	8.19	-4.42	0.76	1.06	1.25	1.90	0.72	-32.24
82	0.73	58.12	-31.58	7.96	-4.33	0.76	1.06	1.27	2.00	0.72	-31.58
83	0.74	57.96	-30.74	7.83	-4.15	0.77	1.06	1.29	1.90	0.73	-30.74
84	0.74	58.31	-29.99	7.88	-4.05	0.77	1.06	1.31	2.00	0.73	-29.99
85	0.73	58.53	-29.80	8.02	-4.08	0.76	1.06	1.33	2.00	0.72	-29.80
86	0.71	57.15	-28.11	8.05	-3.96	0.74	1.06	1.35	2.00	0.70	-28.11
87	0.69	56.55	-27.54	8.20	-3.99	0.72	1.06	1.37	2.00	0.68	-27.54
88	0.67	56.02	-26.70	8.36	-3.99	0.70	1.02	1.38	2.00	0.66	-26.70
89	0.64	55.14	-25.76	8.62	-4.03	0.67	1.09	1.40	2.00	0.63	-25.76
90	0.63	54.38	-25.19	8.63	-4.00	0.66	0.99	1.42	2.00	0.62	-25.19
91	0.61	53.63	-25.00	8.79	-4.10	0.64	1.06	1.44	2.00	0.60	-25.00
92	0.6	52.56	-24.91	8.76	-4.15	0.62	1.06	1.46	1.90	0.59	-24.91
93	0.61	50.96	-24.63	8.35	-4.04	0.63	1.06	1.48	1.90	0.60	-24.63
94	0.61	50.96	-24.63	8.35	-4.04	0.63	1.06	1.49	1.90	0.60	-24.63
95	0.61	50.96	-24.63	8.35	-4.04	0.63	1.06	1.51	1.90	0.60	-24.63
96	0.61	0.19	-17.48	0.03	-2.87	0.63	0.99	1.53	2.00	0.60	-17.48
97	0.16	17.6	-5.83	11.00	-3.64	0.17	0.99	1.55	2.00	0.16	-5.83
98	0.16	18.11	-3.76	11.32	-2.35	0.16	0.99	1.57	2.00	0.16	-3.76
99	0.33	17.98	-1.13	5.45	-0.34	0.33	0.93	1.58	2.00	0.33	-1.13
100	0.55	18.23	-0.38	3.31	-0.07	0.55	0.99	1.60	2.00	0.55	-0.38
101	0.59	19.05	-0.47	3.23	-0.08	0.59	0.99	1.62	2.00	0.59	-0.47
102	0.61	20.12	-0.56	3.30	-0.09	0.61	0.99	1.63	1.90	0.61	-0.56
103	0.62	21.15	-0.75	3.41	-0.12	0.62	0.99	1.65	1.90	0.62	-0.75
104	0.64	22.03	-0.85	3.44	-0.13	0.64	0.99	1.67	2.00	0.64	-0.85
105	0.69	23.85	-1.03	3.46	-0.15	0.69	0.99	1.69	2.00	0.69	-1.03
106	0.72	25.07	-1.03	3.48	-0.14	0.72	0.99	1.70	2.00	0.72	-1.03
107	0.77	26.2	-0.66	3.40	-0.09	0.77	0.99	1.72	2.00	0.77	-0.66
108	0.82	27.24	1.22	3.32	0.15	0.82	0.99	1.74	2.00	0.82	1.22
109	0.86	28.12	5.45	3.27	0.63	0.85	0.99	1.75	2.00	0.86	5.45
110	0.9	29.22	9.40	3.25	1.04	0.89	1.02	1.77	2.00	0.90	9.40
111	0.93	29.66	11.09	3.19	1.19	0.92	1.02	1.79	2.00	0.93	11.09
112	0.94	30.35	11.84	3.23	1.26	0.93	1.02	1.81	1.90	0.94	11.84
113	0.92	32.76	11.19	3.56	1.22	0.91	1.02	1.83	1.90	0.92	11.19
114	0.9	34.27	10.72	3.81	1.19	0.89	1.02	1.84	1.90	0.90	10.72
115	0.88	35.59	10.53	4.04	1.20	0.87	1.02	1.86	2.00	0.88	10.53
116	0.88	36.62	10.72	4.16	1.22	0.87	1.02	1.88	2.00	0.88	10.72

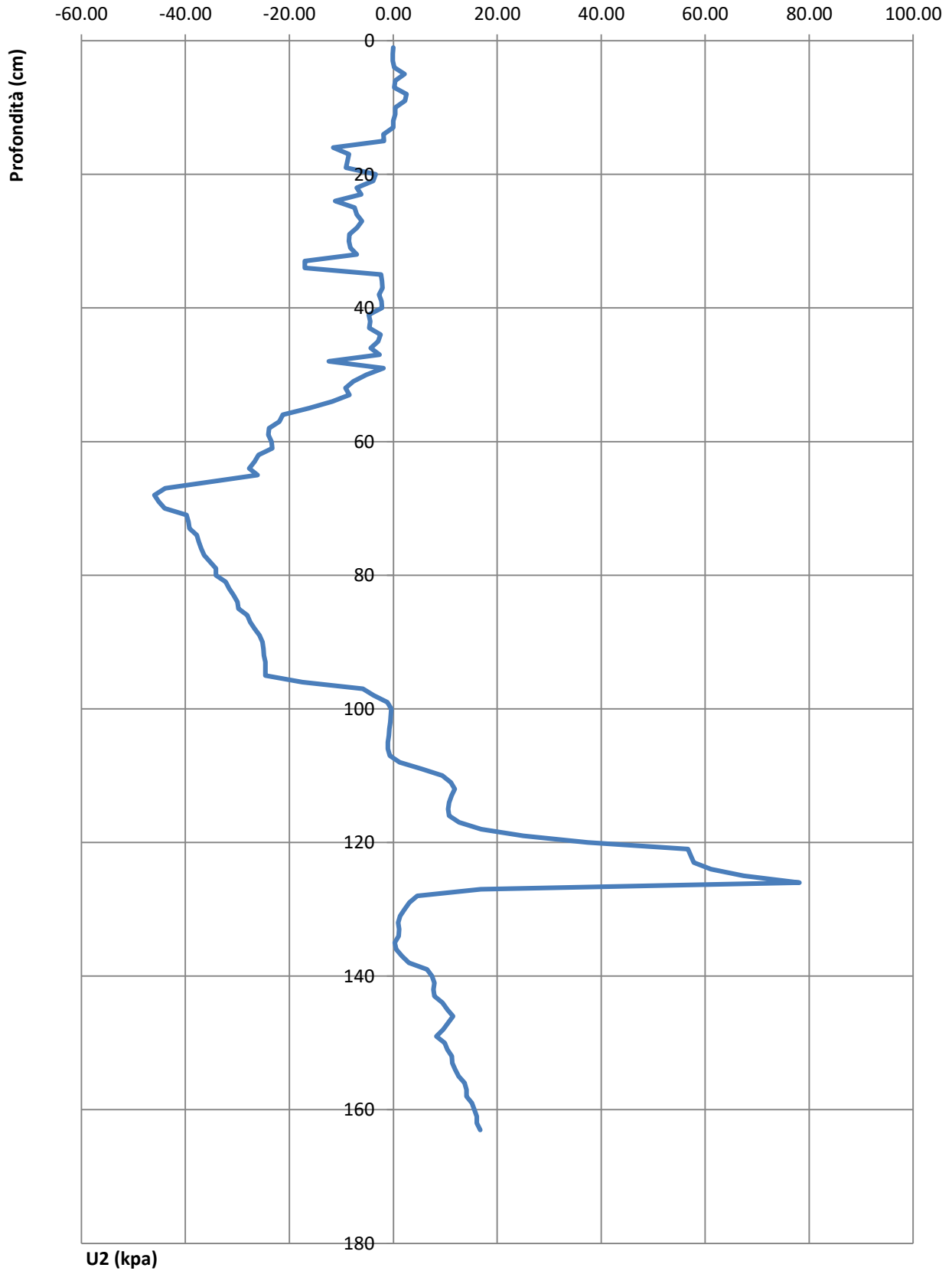
Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U2 [kPa]	Rf [%]	U2/Qc [%]	Qc-U2 [Mpa]	Tilt [°]	Dist [cm]	Speed [cm/sec]	Qt [MPa]	U2-U0 [kPa]
117	0.89	37.72	12.69	4.24	1.43	0.88	1.02	1.90	2.00	0.90	12.69
118	0.9	38.6	16.92	4.29	1.88	0.88	1.02	1.91	2.00	0.91	16.92
119	0.94	39.2	25.00	4.17	2.66	0.92	1.02	1.93	2.00	0.95	25.00
120	1	39.13	37.41	3.91	3.74	0.96	1.02	1.95	2.00	1.02	37.41
121	1.2	38.88	56.68	3.24	4.72	1.14	1.02	1.97	2.00	1.22	56.68
122	1.37	39.42	57.25	2.88	4.18	1.31	1.02	1.99	1.90	1.39	57.25
123	1.62	40.14	57.81	2.48	3.57	1.56	1.02	2.00	1.90	1.64	57.81
124	2.32	43.34	61.10	1.87	2.63	2.26	1.09	2.02	1.90	2.35	61.10
125	2.99	41.77	67.40	1.40	2.25	2.92	1.09	2.04	1.90	3.02	67.40
126	4.45	43.53	78.12	0.98	1.76	4.37	1.12	2.06	1.90	4.48	78.12
127	8.03	46.6	16.83	0.58	0.21	8.01	1.25	2.08	1.90	8.04	16.83
128	13.93	42.4	4.61	0.30	0.03	13.93	1.34	2.10	1.90	13.93	4.61
129	13.71	34.65	3.10	0.25	0.02	13.71	1.41	2.12	1.90	13.71	3.10
130	18.31	57.37	2.16	0.31	0.01	18.31	1.54	2.15	1.90	18.31	2.16
131	21.52	58.28	1.32	0.27	0.01	21.52	1.67	2.18	1.90	21.52	1.32
132	24.57	61.44	0.94	0.25	0.00	24.57	1.74	2.20	1.80	24.57	0.94
133	26.51	63.48	1.13	0.24	0.00	26.51	1.90	2.23	1.90	26.51	1.13
134	29.59	71.55	1.03	0.24	0.00	29.59	1.90	2.27	2.00	29.59	1.03
135	27.52	115.99	0.28	0.42	0.00	27.52	2.03	2.30	1.80	27.52	0.28
136	23.77	100.36	0.56	0.42	0.00	23.77	2.03	2.34	1.80	23.77	0.46
137	25.04	233.76	1.69	0.93	0.01	25.04	2.10	2.37	1.90	25.04	1.49
138	25.78	320.28	3.01	1.24	0.01	25.78	2.08	2.41	2.00	25.78	2.72
139	25.91	204.26	6.49	0.79	0.03	25.90	1.87	2.44	1.90	25.91	6.10
140	28.26	272.45	7.43	0.96	0.03	28.25	1.91	2.48	1.90	28.26	6.94
141	28.29	267.12	7.90	0.94	0.03	28.28	1.91	2.51	1.90	28.29	7.31
142	26.89	282.93	7.71	1.05	0.03	26.88	1.96	2.54	1.80	26.89	7.02
143	29.56	215.15	7.90	0.73	0.03	29.55	2.03	2.58	1.80	29.56	7.12
144	30.82	276.85	9.49	0.90	0.03	30.81	2.05	2.61	1.80	30.82	8.61
145	32.1	276.85	10.43	0.86	0.03	32.09	2.12	2.65	1.90	32.10	9.45
146	35.62	247.51	11.47	0.69	0.03	35.61	2.17	2.69	1.90	35.62	10.39
147	32.55	182.86	10.53	0.56	0.03	32.54	2.17	2.72	2.00	32.55	9.35
148	31.82	186.94	9.59	0.59	0.03	31.81	2.24	2.76	1.90	31.82	8.31
149	28.53	180.82	8.27	0.63	0.03	28.52	2.17	2.80	1.90	28.53	6.90
150	29.78	152.45	9.87	0.51	0.03	29.77	2.23	2.84	1.90	29.78	8.40
151	31.95	114.54	10.43	0.36	0.03	31.94	2.23	2.88	1.90	31.95	8.86
152	30.7	176.24	11.28	0.57	0.04	30.69	2.16	2.92	1.80	30.70	9.61
153	29.8	176.83	11.37	0.59	0.04	29.79	2.16	2.95	1.80	29.80	9.60
154	30.52	159.35	11.94	0.52	0.04	30.51	2.23	2.99	1.90	30.53	10.08
155	31.55	170.68	12.60	0.54	0.04	31.54	2.23	3.03	1.80	31.56	10.64
156	34.03	145.74	13.72	0.43	0.04	34.02	2.22	3.07	1.90	34.04	11.66
157	34.6	137.36	14.10	0.40	0.04	34.59	2.30	3.11	1.80	34.61	11.94
158	34.36	135.25	14.10	0.39	0.04	34.35	2.37	3.15	1.80	34.37	11.84
159	34.64	148.5	15.13	0.43	0.04	34.62	2.37	3.19	1.90	34.65	12.78
160	36.65	145.3	15.60	0.40	0.04	36.63	2.44	3.23	2.00	36.66	13.15
161	33.99	136.6	16.07	0.40	0.05	33.97	2.16	3.27	1.70	34.00	13.52
162	33.79	264.67	16.07	0.78	0.05	33.77	2.37	3.31	1.70	33.80	13.42
163	36.47	425.28	16.73	1.17	0.05	36.45	2.15	3.35	1.70	36.48	13.98

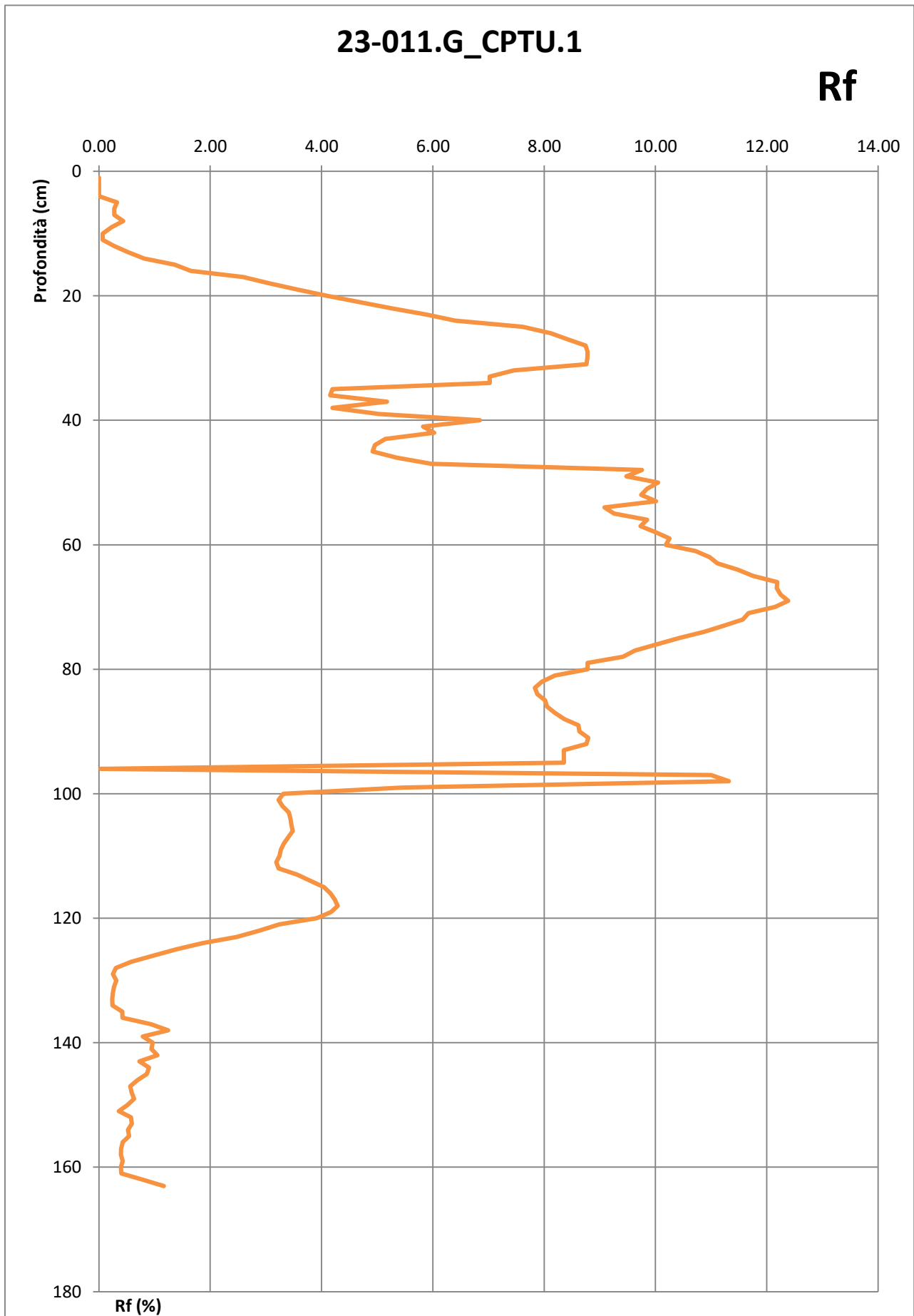





23-011.G_CPTU.1



U2





Impresa esecutrice: 	Committente: Consorzio della Bonifica Parmense
---	---

Cantiere: Canale della Spelta	Ubicazione: San Geminiano (Parma)
--	--

Prova:			
Data: 08/05/2023	Q.ta ass. [m]: 74.00	Coordin: Lat: 44°43.8108'N	Long: 10°25.7693'E
Q.ta falda da p.c.[m]: -2.25			Preforo [m]: 0.00
Tipo: Statica con piezocono	Codice Prova: 23-011.G_CPTU.2		Profondità [m]: 4.06
Penetrometro:		Punta:	
PAGANI TG63-200kN	Angolo [°]: 60	Sup. punta [cmq]: 10	a factor: 0.58
Note: Continua con DPSH2		Diametro [mm]: 35.80	Sup. manic. [cmq]: 150
Il responsabile di sito: <small>(Dr. Geol. Andrea Barbieri)</small> 		Il direttore tecnico: <small>(Dr. Geol. Enrico Faccini)</small> 	

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U2 [kPa]	Rf [%]	U2/Qc [%]	Qc-U2 [Mpa]	Tilt [°]	Dist [cm]	Speed [cm/sec]	Qt [MPa]	U2-U0 [kPa]
1	0	0	0.09	0.00	0.00	0.00	0.32	0.01	1.90	0.00	0.09
2	0	0	0.09	0.00	0.00	0.00	0.32	0.01	2.00	0.00	0.09
3	0	0	0.09	0.00	0.00	0.00	0.32	0.02	1.90	0.00	0.09
4	0.01	0	0.09	0.00	0.90	0.01	0.26	0.02	1.90	0.01	0.09
5	0.01	0	0.09	0.00	0.90	0.01	0.32	0.03	1.90	0.01	0.09
6	0.01	0	0.19	0.00	1.90	0.01	0.32	0.03	1.90	0.01	0.19
7	0.09	0	1.97	0.00	2.19	0.09	0.26	0.04	1.90	0.09	1.97
8	0.12	0	1.50	0.00	1.25	0.12	0.30	0.04	1.90	0.12	1.50
9	0.23	0	3.20	0.00	1.39	0.23	0.26	0.05	1.90	0.23	3.20
10	0.75	0.03	3.10	0.00	0.41	0.75	0.30	0.05	1.90	0.75	3.10
11	1.51	0.06	2.91	0.00	0.19	1.51	0.36	0.06	1.90	1.51	2.91
12	2.24	0.09	2.54	0.00	0.11	2.24	0.46	0.06	2.00	2.24	2.54
13	2.87	0.09	2.26	0.00	0.08	2.87	0.46	0.07	1.90	2.87	2.26
14	3.21	3.3	1.41	0.10	0.04	3.21	0.52	0.08	1.80	3.21	1.41
15	3.05	11.77	0.38	0.39	0.01	3.05	0.48	0.09	1.80	3.05	0.38
16	2.87	18.39	0.19	0.64	0.01	2.87	0.54	0.10	1.90	2.87	0.19
17	2.73	30.44	-0.47	1.12	-0.02	2.73	0.54	0.11	1.90	2.73	-0.47
18	2.62	38.76	-1.03	1.48	-0.04	2.62	0.48	0.12	1.90	2.62	-1.03
19	2.49	56.58	-3.57	2.27	-0.14	2.49	0.54	0.12	1.90	2.49	-3.57
20	2.47	66.84	-13.91	2.71	-0.56	2.48	0.48	0.13	1.90	2.46	-13.91
21	2.62	77.36	-43.43	2.95	-1.66	2.66	0.48	0.14	1.90	2.60	-43.43
22	2.4	81.43	-11.75	3.39	-0.49	2.41	0.48	0.15	1.90	2.40	-11.75
23	2.32	96.62	-13.25	4.16	-0.57	2.33	0.54	0.16	1.90	2.31	-13.25
24	2.71	110.81	-26.32	4.09	-0.97	2.74	0.54	0.17	1.90	2.70	-26.32
25	2.84	121.26	-41.74	4.27	-1.47	2.88	0.54	0.18	1.90	2.82	-41.74
26	3.17	135.47	-45.22	4.27	-1.43	3.22	0.54	0.19	1.80	3.15	-45.22
27	3.41	141.91	-57.15	4.16	-1.68	3.47	0.54	0.20	1.80	3.39	-57.15
28	4.35	151.38	-22.75	3.48	-0.52	4.37	0.48	0.21	1.80	4.34	-22.75
29	5.98	145.95	-7.43	2.44	-0.12	5.99	0.48	0.21	1.90	5.98	-7.43
30	6.85	128.38	-0.94	1.87	-0.01	6.85	0.36	0.22	1.90	6.85	-0.94
31	5.12	121.41	-0.66	2.37	-0.01	5.12	0.32	0.23	1.90	5.12	-0.66
32	3.33	135.57	-0.75	4.07	-0.02	3.33	0.38	0.23	1.90	3.33	-0.75
33	2.62	196.1	-0.75	7.48	-0.03	2.62	0.38	0.24	1.90	2.62	-0.75
34	2.88	174.36	-0.85	6.05	-0.03	2.88	0.38	0.25	1.80	2.88	-0.85
35	2.67	165.79	-0.85	6.21	-0.03	2.67	0.38	0.25	1.90	2.67	-0.85
36	2.7	169.74	-0.85	6.29	-0.03	2.70	0.38	0.26	1.80	2.70	-0.85
37	3.11	178.43	-0.94	5.74	-0.03	3.11	0.32	0.27	1.80	3.11	-0.94
38	4.24	178.84	-0.85	4.22	-0.02	4.24	0.32	0.27	1.80	4.24	-0.85
39	4.14	164.78	-0.85	3.98	-0.02	4.14	0.36	0.28	1.80	4.14	-0.85
40	4.46	164.88	-0.85	3.70	-0.02	4.46	0.32	0.29	1.90	4.46	-0.85
41	4.42	158.19	-0.94	3.58	-0.02	4.42	0.26	0.29	1.90	4.42	-0.94
42	4.3	139.3	-1.03	3.24	-0.02	4.30	0.26	0.30	1.90	4.30	-1.03
43	3.66	161.52	-0.85	4.41	-0.02	3.66	0.30	0.30	1.90	3.66	-0.85
44	2.82	158.95	-1.13	5.64	-0.04	2.82	0.30	0.31	1.90	2.82	-1.13
45	2.61	177.96	-3.10	6.82	-0.12	2.61	0.30	0.31	1.90	2.61	-3.10
46	2.54	171.62	-0.66	6.76	-0.03	2.54	0.30	0.32	1.80	2.54	-0.66
47	2.35	150.25	-0.85	6.39	-0.04	2.35	0.30	0.32	1.80	2.35	-0.85

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U2 [kPa]	Rf [%]	U2/Qc [%]	Qc-U2 [Mpa]	Tilt [°]	Dist [cm]	Speed [cm/sec]	Qt [MPa]	U2-U0 [kPa]
48	2.47	158.48	-1.03	6.42	-0.04	2.47	0.30	0.33	1.90	2.47	-1.03
49	2.54	165.35	-6.96	6.51	-0.27	2.55	0.30	0.33	1.90	2.54	-6.96
50	2.83	163.78	-22.00	5.79	-0.78	2.85	0.30	0.34	1.80	2.82	-22.00
51	3	169.21	-7.80	5.64	-0.26	3.01	0.30	0.34	1.90	3.00	-7.80
52	3.34	170.06	-8.74	5.09	-0.26	3.35	0.30	0.35	1.90	3.34	-8.74
53	3.11	168.24	-3.10	5.41	-0.10	3.11	0.30	0.35	1.90	3.11	-3.10
54	3.03	162.12	-2.26	5.35	-0.07	3.03	0.30	0.36	1.80	3.03	-2.26
55	3.19	161.93	-6.02	5.08	-0.19	3.20	0.30	0.36	1.80	3.19	-6.02
56	2.78	212.48	-0.47	7.64	-0.02	2.78	0.30	0.37	1.80	2.78	-0.47
57	2.69	201.59	-0.85	7.49	-0.03	2.69	0.36	0.37	1.80	2.69	-0.85
58	2.82	177.3	-1.03	6.29	-0.04	2.82	0.36	0.38	1.80	2.82	-1.03
59	2.79	162.84	-0.75	5.84	-0.03	2.79	0.30	0.39	1.80	2.79	-0.75
60	2.54	167.2	-0.94	6.58	-0.04	2.54	0.30	0.39	1.80	2.54	-0.94
61	2.31	172.63	-17.01	7.47	-0.74	2.33	0.30	0.40	1.90	2.30	-17.01
62	2.29	170.65	-17.20	7.45	-0.75	2.31	0.30	0.40	1.90	2.28	-17.20
63	2.24	173.92	-15.98	7.76	-0.71	2.26	0.36	0.41	1.90	2.23	-15.98
64	2.2	174.07	-17.20	7.91	-0.78	2.22	0.30	0.41	1.90	2.19	-17.20
65	2.16	175.33	-17.95	8.12	-0.83	2.18	0.40	0.42	1.90	2.15	-17.95
66	2.14	175.64	-20.40	8.21	-0.95	2.16	0.36	0.43	1.80	2.13	-20.40
67	2.1	179.28	-24.82	8.54	-1.18	2.12	0.40	0.43	1.80	2.09	-24.82
68	2.09	179.94	-25.66	8.61	-1.23	2.12	0.40	0.44	1.80	2.08	-25.66
69	2.09	183.68	-27.64	8.79	-1.32	2.12	0.36	0.45	1.80	2.08	-27.64
70	2.07	174.67	-30.46	8.44	-1.47	2.10	0.40	0.45	1.80	2.06	-30.46
71	2.08	173.63	-30.17	8.35	-1.45	2.11	0.40	0.46	1.80	2.07	-30.17
72	2.08	176.36	-30.46	8.48	-1.46	2.11	0.36	0.47	1.80	2.07	-30.46
73	2.07	180.16	-33.18	8.70	-1.60	2.10	0.36	0.47	1.80	2.06	-33.18
74	2.07	177.15	-36.47	8.56	-1.76	2.11	0.40	0.48	1.90	2.05	-36.47
75	2.07	177.71	-35.91	8.59	-1.73	2.11	0.40	0.49	1.90	2.05	-35.91
76	2.06	176.18	-37.04	8.55	-1.80	2.10	0.40	0.49	1.70	2.04	-37.04
77	2.05	173.85	-36.76	8.48	-1.79	2.09	0.36	0.50	1.80	2.03	-36.76
78	2.05	173.38	-36.47	8.46	-1.78	2.09	0.36	0.51	1.90	2.03	-36.47
79	2.07	173.6	-36.19	8.39	-1.75	2.11	0.40	0.51	1.80	2.05	-36.19
80	2.07	172.85	-35.72	8.35	-1.73	2.11	0.46	0.52	1.80	2.05	-35.72
81	2.05	176.8	-35.34	8.62	-1.72	2.09	0.46	0.53	1.90	2.04	-35.34
82	2.03	178.78	-34.97	8.81	-1.72	2.06	0.46	0.54	1.80	2.02	-34.97
83	2.02	180	-34.59	8.91	-1.71	2.05	0.40	0.54	1.90	2.01	-34.59
84	2	180.6	-34.50	9.03	-1.73	2.03	0.40	0.55	1.80	1.99	-34.50
85	1.97	181.73	-34.50	9.22	-1.75	2.00	0.40	0.56	1.90	1.96	-34.50
86	1.95	183.8	-34.31	9.43	-1.76	1.98	0.36	0.56	1.90	1.94	-34.31
87	1.92	184.27	-33.93	9.60	-1.77	1.95	0.36	0.57	1.90	1.91	-33.93
88	1.88	185.62	-33.84	9.87	-1.80	1.91	0.42	0.58	2.10	1.87	-33.84
89	1.86	186.25	-33.65	10.01	-1.81	1.89	0.42	0.58	2.10	1.85	-33.65
90	1.83	185.9	-33.46	10.16	-1.83	1.86	0.46	0.59	2.10	1.82	-33.46
91	1.81	185.21	-33.46	10.23	-1.85	1.84	0.42	0.60	2.00	1.80	-33.46
92	1.78	183.9	-33.46	10.33	-1.88	1.81	0.42	0.61	2.10	1.77	-33.46
93	1.76	182.01	-33.46	10.34	-1.90	1.79	0.42	0.61	2.10	1.75	-33.46
94	1.74	180.95	-33.56	10.40	-1.93	1.77	0.42	0.62	2.00	1.73	-33.56
95	1.69	177.65	-33.18	10.51	-1.96	1.72	0.42	0.63	2.00	1.68	-33.18
96	1.68	177.46	-32.90	10.56	-1.96	1.71	0.42	0.64	1.90	1.67	-32.90
97	1.66	176.93	-32.90	10.66	-1.98	1.69	0.42	0.64	1.90	1.65	-32.90
98	1.66	176.93	-32.90	10.66	-1.98	1.69	0.42	0.65	1.90	1.65	-32.90
99	1.66	176.93	-32.90	10.66	-1.98	1.69	0.42	0.66	1.90	1.65	-32.90
100	0.11	12.21	-26.13	11.10	-23.75	0.14	0.46	0.67	4.80	0.10	-26.13
101	0.11	12.24	-26.13	11.13	-23.75	0.14	0.46	0.67	2.10	0.10	-26.13
102	0.12	12.4	-26.04	10.33	-21.70	0.15	0.46	0.68	1.80	0.11	-26.04
103	1.24	160.74	-31.21	12.96	-2.52	1.27	0.46	0.69	2.00	1.23	-31.21
104	1.43	157.5	-30.36	11.01	-2.12	1.46	0.46	0.70	1.90	1.42	-30.36
105	1.44	156	-28.76	10.83	-2.00	1.47	0.46	0.71	1.80	1.43	-28.76
106	1.41	154.74	-27.73	10.97	-1.97	1.44	0.46	0.71	1.80	1.40	-27.73
107	1.39	153.71	-27.64	11.06	-1.99	1.42	0.46	0.72	1.90	1.38	-27.64
108	1.37	152.26	-27.64	11.11	-2.02	1.40	0.46	0.73	1.90	1.36	-27.64
109	1.36	150.85	-27.54	11.09	-2.03	1.39	0.46	0.74	1.90	1.35	-27.54
110	1.35	149.41	-27.45	11.07	-2.03	1.38	0.46	0.75	1.90	1.34	-27.45
111	1.32	147.4	-27.26	11.17	-2.07	1.35	0.46	0.75	1.90	1.31	-27.26
112	1.25	143.51	-27.07	11.48	-2.17	1.28	0.46	0.76	1.90	1.24	-27.07
113	1.21	141.37	-26.98	11.68	-2.23	1.24	0.46	0.77	1.90	1.20	-26.98
114	1.18	138.89	-26.88	11.77	-2.28	1.21	0.46	0.78	1.90	1.17	-26.88
115	1.15	136.29	-27.26	11.85	-2.37	1.18	0.46	0.79	1.90	1.14	-27.26
116	1.11	133.4	-27.26	12.02	-2.46	1.14	0.46	0.79	1.90	1.10	-27.26

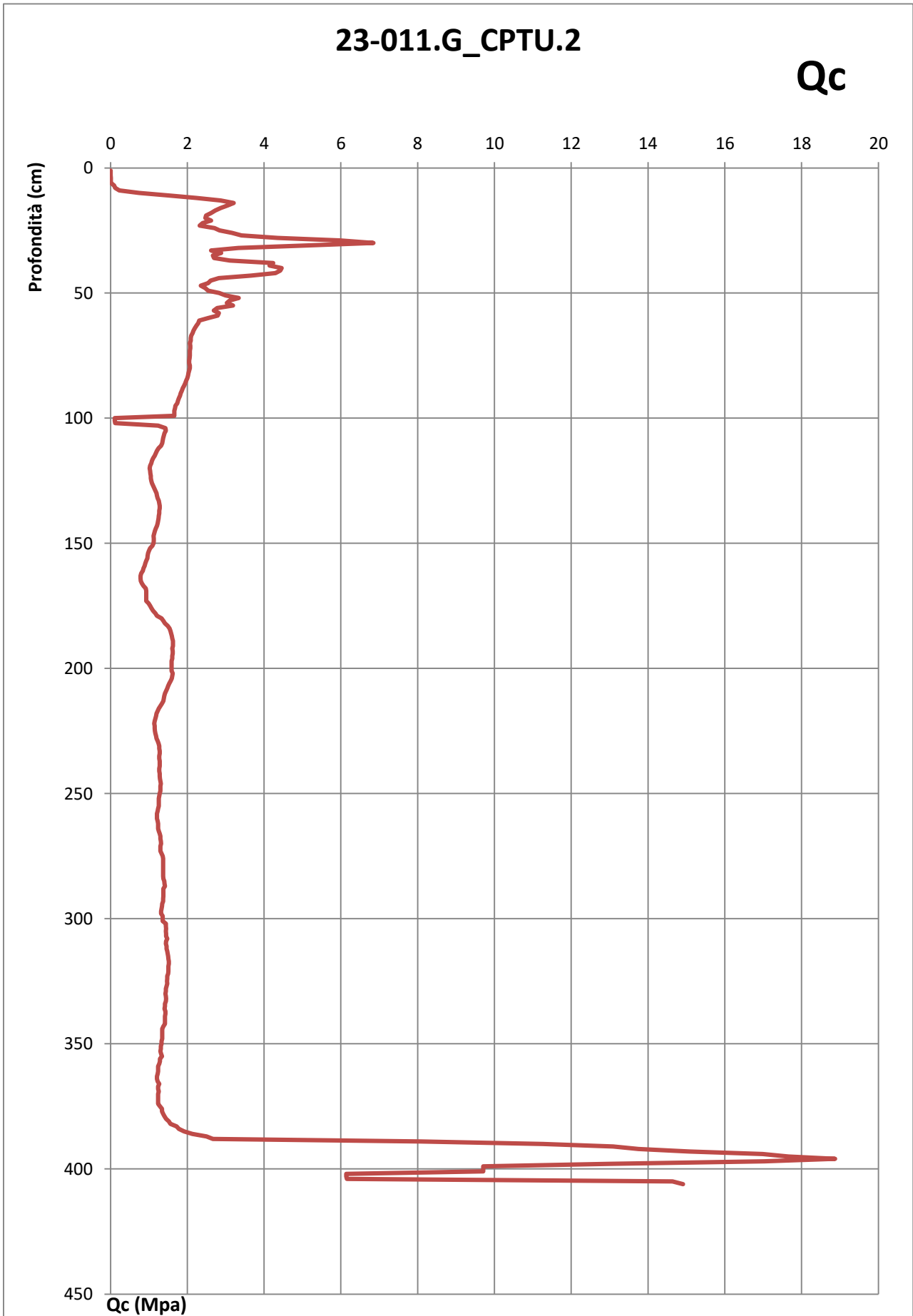
Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U2 [kPa]	Rf [%]	U2/Qc [%]	Qc-U2 [Mpa]	Tilt [°]	Dist [cm]	Speed [cm/sec]	Qt [MPa]	U2-U0 [kPa]
117	1.08	130.39	-26.51	12.07	-2.45	1.11	0.46	0.80	1.90	1.07	-26.51
118	1.06	126.75	-26.04	11.96	-2.46	1.09	0.46	0.81	1.90	1.05	-26.04
119	1.03	120.85	-25.19	11.73	-2.45	1.06	0.46	0.82	1.90	1.02	-25.19
120	1.02	118.03	-25.00	11.57	-2.45	1.05	0.46	0.83	1.90	1.01	-25.00
121	1.03	115.01	-24.82	11.17	-2.41	1.05	0.46	0.83	1.90	1.02	-24.82
122	1.04	112.6	-24.63	10.83	-2.37	1.06	0.46	0.84	1.90	1.03	-24.63
123	1.05	107.83	-24.06	10.27	-2.29	1.07	0.51	0.85	1.90	1.04	-24.06
124	1.05	105.76	-23.59	10.07	-2.25	1.07	0.46	0.86	1.90	1.04	-23.59
125	1.06	103.5	-23.31	9.76	-2.20	1.08	0.46	0.87	1.90	1.05	-23.31
126	1.08	101.05	-22.47	9.36	-2.08	1.10	0.52	0.87	1.90	1.07	-22.47
127	1.11	98.69	-22.28	8.89	-2.01	1.13	0.46	0.88	1.80	1.10	-22.28
128	1.14	95.81	-22.09	8.40	-1.94	1.16	0.56	0.89	1.90	1.13	-22.09
129	1.17	92.36	-21.15	7.89	-1.81	1.19	0.46	0.90	1.90	1.16	-21.15
130	1.2	90.5	-20.77	7.54	-1.73	1.22	0.56	0.91	1.90	1.19	-20.77
131	1.21	88.37	-20.59	7.30	-1.70	1.23	0.52	0.92	1.90	1.20	-20.59
132	1.23	85.55	-20.49	6.96	-1.67	1.25	0.56	0.93	1.90	1.22	-20.49
133	1.26	82.78	-20.49	6.57	-1.63	1.28	0.52	0.94	1.90	1.25	-20.49
134	1.27	81	-20.49	6.38	-1.61	1.29	0.56	0.95	1.90	1.26	-20.49
135	1.28	79.21	-20.49	6.19	-1.60	1.30	0.52	0.96	1.80	1.27	-20.49
136	1.28	79.61	-20.59	6.22	-1.61	1.30	0.51	0.97	1.90	1.27	-20.59
137	1.27	80.74	-20.59	6.36	-1.62	1.29	0.46	0.98	1.90	1.26	-20.59
138	1.27	81.97	-20.59	6.45	-1.62	1.29	0.46	0.98	1.90	1.26	-20.59
139	1.26	82.72	-20.68	6.57	-1.64	1.28	0.46	0.99	1.90	1.25	-20.68
140	1.25	86.55	-20.77	6.92	-1.66	1.27	0.46	1.00	1.90	1.24	-20.77
141	1.24	89.03	-20.77	7.18	-1.68	1.26	0.51	1.01	1.90	1.23	-20.77
142	1.23	91.6	-20.77	7.45	-1.69	1.25	0.51	1.02	1.90	1.22	-20.77
143	1.21	93.89	-20.87	7.76	-1.72	1.23	0.51	1.03	1.90	1.20	-20.87
144	1.18	97.03	-20.87	8.22	-1.77	1.20	0.46	1.03	1.90	1.17	-20.87
145	1.16	99.57	-20.96	8.58	-1.81	1.18	0.46	1.04	1.90	1.15	-20.96
146	1.14	102.33	-20.96	8.98	-1.84	1.16	0.46	1.05	1.80	1.13	-20.96
147	1.12	107.1	-20.87	9.56	-1.86	1.14	0.46	1.06	1.80	1.11	-20.87
148	1.13	108.52	-20.30	9.60	-1.80	1.15	0.51	1.07	1.90	1.12	-20.30
149	1.13	109.18	-19.93	9.66	-1.76	1.15	0.51	1.08	1.90	1.12	-19.93
150	1.12	109.21	-19.83	9.75	-1.77	1.14	0.46	1.08	1.90	1.11	-19.83
151	1.09	109.46	-19.36	10.04	-1.78	1.11	0.51	1.09	1.90	1.08	-19.36
152	1.03	107.98	-19.08	10.48	-1.85	1.05	0.51	1.10	1.90	1.02	-19.08
153	1	106.19	-19.18	10.62	-1.92	1.02	0.46	1.11	1.90	0.99	-19.18
154	0.98	102.65	-19.36	10.47	-1.98	1.00	0.46	1.12	1.80	0.97	-19.36
155	0.97	98.63	-19.27	10.17	-1.99	0.99	0.51	1.13	1.80	0.96	-19.27
156	0.96	95.31	-19.18	9.93	-2.00	0.98	0.46	1.13	1.80	0.95	-19.18
157	0.93	91.7	-19.27	9.86	-2.07	0.95	0.51	1.14	1.90	0.92	-19.27
158	0.91	90.16	-19.18	9.91	-2.11	0.93	0.51	1.15	1.90	0.90	-19.18
159	0.89	88.37	-18.24	9.93	-2.05	0.91	0.51	1.16	1.90	0.88	-18.24
160	0.86	86.55	-17.95	10.06	-2.09	0.88	0.51	1.17	1.90	0.85	-17.95
161	0.84	85.2	-17.77	10.14	-2.12	0.86	0.51	1.18	1.90	0.83	-17.77
162	0.8	83.54	-17.77	10.44	-2.22	0.82	0.51	1.19	1.90	0.79	-17.77
163	0.78	78.3	-17.67	10.04	-2.27	0.80	0.51	1.20	1.90	0.77	-17.67
164	0.78	74.97	-17.67	9.61	-2.27	0.80	0.51	1.21	1.90	0.77	-17.67
165	0.79	72.02	-17.58	9.12	-2.23	0.81	0.51	1.21	1.90	0.78	-17.58
166	0.82	69.86	-17.11	8.52	-2.09	0.84	0.51	1.22	1.90	0.81	-17.11
167	0.86	67.91	-15.23	7.90	-1.77	0.88	0.51	1.23	1.90	0.85	-15.23
168	0.92	63.3	-6.49	6.88	-0.71	0.93	0.51	1.24	1.80	0.92	-6.49
169	0.93	59.81	-3.38	6.43	-0.36	0.93	0.51	1.25	1.90	0.93	-3.38
170	0.93	55.92	-1.50	6.01	-0.16	0.93	0.51	1.26	1.90	0.93	-1.50
171	0.93	52.28	-1.22	5.62	-0.13	0.93	0.51	1.27	1.90	0.93	-1.22
172	0.93	48.36	-1.50	5.20	-0.16	0.93	0.51	1.28	1.80	0.93	-1.50
173	0.93	45.35	-1.88	4.88	-0.20	0.93	0.51	1.29	1.90	0.93	-1.88
174	0.99	43.78	-2.07	4.42	-0.21	0.99	0.51	1.29	1.90	0.99	-2.07
175	1.03	45.06	-1.32	4.37	-0.13	1.03	0.51	1.30	1.90	1.03	-1.32
176	1.07	47.23	-0.56	4.41	-0.05	1.07	0.51	1.31	1.90	1.07	-0.56
177	1.11	50.18	0.09	4.52	0.01	1.11	0.51	1.32	1.90	1.11	0.09
178	1.17	52.6	0.56	4.50	0.05	1.17	0.51	1.33	1.90	1.17	0.56
179	1.21	54.45	0.66	4.50	0.05	1.21	0.51	1.34	1.90	1.21	0.66
180	1.33	56.11	0.75	4.22	0.06	1.33	0.51	1.35	1.90	1.33	0.75
181	1.38	57.71	0.85	4.18	0.06	1.38	0.51	1.36	1.90	1.38	0.85
182	1.42	59.59	1.03	4.20	0.07	1.42	0.51	1.37	1.90	1.42	1.03
183	1.49	60.91	0.94	4.09	0.06	1.49	0.51	1.37	1.90	1.49	0.94
184	1.54	63.01	1.22	4.09	0.08	1.54	0.51	1.38	1.90	1.54	1.22
185	1.56	66.31	1.13	4.25	0.07	1.56	0.51	1.39	1.90	1.56	1.13

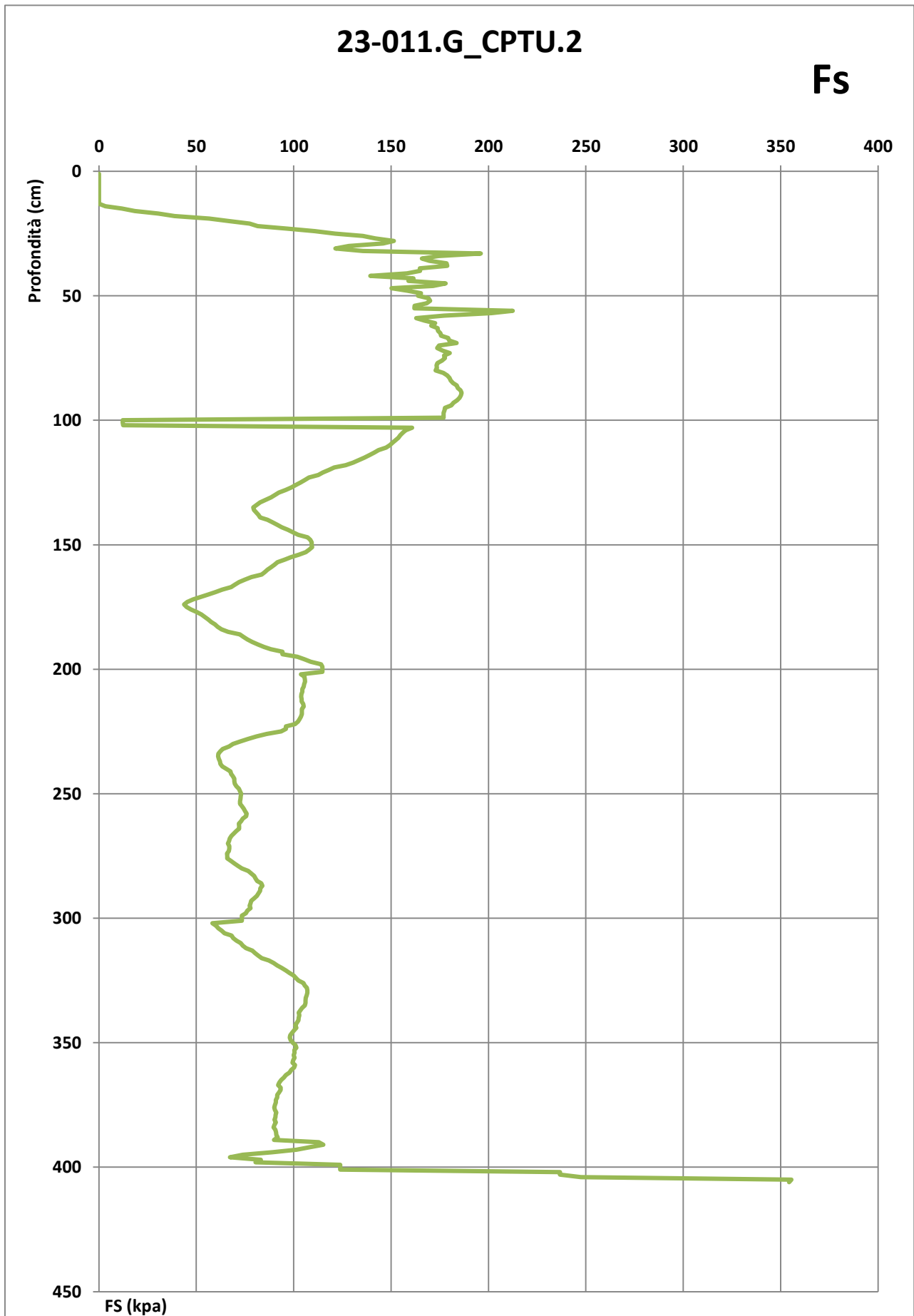
Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U2 [kPa]	Rf [%]	U2/Qc [%]	Qc-U2 [Mpa]	Tilt [°]	Dist [cm]	Speed [cm/sec]	Qt [MPa]	U2-U0 [kPa]
186	1.58	72.3	1.97	4.58	0.12	1.58	0.51	1.40	1.90	1.58	1.97
187	1.6	74.25	2.26	4.64	0.14	1.60	0.51	1.41	1.90	1.60	2.26
188	1.61	76.19	2.26	4.73	0.14	1.61	0.51	1.42	1.90	1.61	2.26
189	1.63	78.67	2.82	4.83	0.17	1.63	0.56	1.43	1.90	1.63	2.82
190	1.63	81.53	2.91	5.00	0.18	1.63	0.51	1.44	1.90	1.63	2.91
191	1.63	84.7	4.32	5.20	0.27	1.63	0.51	1.45	1.90	1.63	4.32
192	1.61	88.28	4.23	5.48	0.26	1.61	0.51	1.46	1.90	1.61	4.23
193	1.62	94.18	3.95	5.81	0.24	1.62	0.51	1.46	1.90	1.62	3.95
194	1.62	94.18	3.95	5.81	0.24	1.62	0.51	1.47	1.80	1.62	3.95
195	1.61	101.9	3.67	6.33	0.23	1.61	0.56	1.48	1.90	1.61	3.67
196	1.61	105.5	2.73	6.55	0.17	1.61	0.56	1.49	1.90	1.61	2.73
197	1.59	108.77	2.91	6.84	0.18	1.59	0.56	1.50	2.10	1.59	2.91
198	1.59	114.07	3.01	7.17	0.19	1.59	0.56	1.51	1.90	1.59	3.01
199	1.59	114.73	3.10	7.22	0.19	1.59	0.61	1.52	1.90	1.59	3.10
200	1.59	114.73	3.10	7.22	0.19	1.59	0.61	1.53	1.90	1.59	3.10
201	1.59	114.73	3.10	7.22	0.19	1.59	0.61	1.54	1.90	1.59	3.10
202	1.62	103.72	-2.54	6.40	-0.16	1.62	0.61	1.55	1.90	1.62	-2.54
203	1.61	105.44	-2.44	6.55	-0.15	1.61	0.61	1.56	1.80	1.61	-2.44
204	1.6	105.76	-2.35	6.61	-0.15	1.60	0.61	1.57	1.90	1.60	-2.35
205	1.57	105.88	-2.35	6.74	-0.15	1.57	0.61	1.58	1.90	1.57	-2.35
206	1.53	105.35	-2.35	6.89	-0.15	1.53	0.61	1.60	1.90	1.53	-2.35
207	1.5	105.16	-2.35	7.01	-0.16	1.50	0.61	1.61	1.90	1.50	-2.35
208	1.48	104.41	-2.16	7.05	-0.15	1.48	0.61	1.62	1.90	1.48	-2.16
209	1.45	104.47	-2.35	7.20	-0.16	1.45	0.61	1.63	1.90	1.45	-2.35
210	1.42	104	-2.44	7.32	-0.17	1.42	0.61	1.64	2.00	1.42	-2.44
211	1.4	103.87	-2.26	7.42	-0.16	1.40	0.61	1.65	2.00	1.40	-2.26
212	1.39	104.12	-2.07	7.49	-0.15	1.39	0.61	1.66	2.00	1.39	-2.07
213	1.38	104.09	-1.88	7.54	-0.14	1.38	0.61	1.67	2.00	1.38	-1.88
214	1.34	104.94	-1.50	7.83	-0.11	1.34	0.61	1.68	2.00	1.34	-1.50
215	1.3	105.16	-0.94	8.09	-0.07	1.30	0.61	1.69	1.90	1.30	-0.94
216	1.26	104.25	-0.47	8.27	-0.04	1.26	0.66	1.70	1.90	1.26	-0.47
217	1.23	104.25	-0.28	8.48	-0.02	1.23	0.66	1.71	2.00	1.23	-0.28
218	1.2	104.15	-0.19	8.68	-0.02	1.20	0.61	1.73	2.00	1.20	-0.19
219	1.19	103.72	-0.19	8.72	-0.02	1.19	0.66	1.74	2.00	1.19	-0.19
220	1.17	103.06	-0.19	8.81	-0.02	1.17	0.66	1.75	2.00	1.17	-0.19
221	1.15	102.24	-0.09	8.89	-0.01	1.15	0.66	1.76	2.00	1.15	-0.09
222	1.14	100.73	0.00	8.84	0.00	1.14	0.66	1.77	2.00	1.14	0.00
223	1.15	96.03	0.38	8.35	0.03	1.15	0.66	1.78	2.00	1.15	0.38
224	1.15	96.03	0.38	8.35	0.03	1.15	0.66	1.79	2.00	1.15	0.38
225	1.16	93.49	0.75	8.06	0.06	1.16	0.66	1.80	2.00	1.16	0.75
226	1.17	86.17	3.01	7.36	0.26	1.17	0.66	1.82	2.00	1.17	2.91
227	1.19	80.84	4.23	6.79	0.36	1.19	0.66	1.83	2.00	1.19	4.03
228	1.2	76.6	5.36	6.38	0.45	1.19	0.61	1.84	2.00	1.20	5.07
229	1.23	72.59	6.30	5.90	0.51	1.22	0.66	1.85	2.00	1.23	5.91
230	1.25	68.79	7.43	5.50	0.59	1.24	0.66	1.86	2.00	1.25	6.94
231	1.27	66.87	8.55	5.27	0.67	1.26	0.71	1.87	2.00	1.27	7.96
232	1.27	63.58	9.21	5.01	0.73	1.26	0.61	1.89	2.00	1.27	8.52
233	1.28	62.23	9.59	4.86	0.75	1.27	0.67	1.90	2.00	1.28	8.81
234	1.28	61.29	9.87	4.79	0.77	1.27	0.61	1.91	2.00	1.28	8.99
235	1.27	61.16	9.96	4.82	0.78	1.26	0.67	1.92	2.00	1.27	8.98
236	1.27	61.57	10.25	4.85	0.81	1.26	0.61	1.93	2.00	1.27	9.17
237	1.28	62.14	10.62	4.85	0.83	1.27	0.67	1.94	2.00	1.28	9.44
238	1.28	62.39	11.09	4.87	0.87	1.27	0.67	1.95	2.00	1.28	9.81
239	1.28	63.3	11.66	4.95	0.91	1.27	0.67	1.96	2.00	1.28	10.29
240	1.27	65.43	12.31	5.15	0.97	1.26	0.67	1.98	2.00	1.28	10.84
241	1.27	67.5	12.60	5.31	0.99	1.26	0.67	1.99	2.00	1.28	11.03
242	1.28	67.82	13.16	5.30	1.03	1.27	0.67	2.00	2.00	1.29	11.49
243	1.28	68.76	14.57	5.37	1.14	1.27	0.67	2.01	2.00	1.29	12.80
244	1.29	69.57	15.04	5.39	1.17	1.27	0.67	2.02	2.00	1.30	13.18
245	1.3	69.54	15.60	5.35	1.20	1.28	0.67	2.03	2.00	1.31	13.64
246	1.31	69.79	15.98	5.33	1.22	1.29	0.67	2.05	2.00	1.32	13.92
247	1.3	70.61	16.54	5.43	1.27	1.28	0.67	2.06	2.00	1.31	14.38
248	1.3	71.86	16.83	5.53	1.29	1.28	0.67	2.07	2.00	1.31	14.57
249	1.3	72.49	17.01	5.58	1.31	1.28	0.67	2.08	2.00	1.31	14.66
250	1.28	73.06	17.30	5.71	1.35	1.26	0.67	2.09	2.00	1.29	14.85
251	1.27	72.8	17.67	5.73	1.39	1.25	0.67	2.10	2.00	1.28	15.12
252	1.26	72.62	18.05	5.76	1.43	1.24	0.67	2.12	2.10	1.27	15.40
253	1.26	72.46	18.05	5.75	1.43	1.24	0.67	2.13	2.00	1.27	15.30
254	1.26	72.46	18.24	5.75	1.45	1.24	0.67	2.14	2.00	1.27	15.40

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U2 [kPa]	Rf [%]	U2/Qc [%]	Qc-U2 [Mpa]	Tilt [°]	Dist [cm]	Speed [cm/sec]	Qt [MPa]	U2-U0 [kPa]
255	1.26	73.43	18.52	5.83	1.47	1.24	0.67	2.15	2.00	1.27	15.58
256	1.24	74.28	18.99	5.99	1.53	1.22	0.64	2.16	2.00	1.25	15.95
257	1.23	75.06	19.55	6.10	1.59	1.21	0.64	2.17	2.00	1.24	16.41
258	1.21	75.79	20.49	6.26	1.69	1.19	0.64	2.19	2.00	1.22	17.25
259	1.21	75.57	21.53	6.25	1.78	1.19	0.64	2.20	2.00	1.22	18.19
260	1.21	73.84	22.28	6.10	1.84	1.19	0.64	2.21	2.00	1.22	18.85
261	1.23	72.99	22.75	5.93	1.85	1.21	0.67	2.22	2.00	1.24	19.22
262	1.24	71.83	23.97	5.79	1.93	1.22	0.64	2.23	2.00	1.25	20.34
263	1.24	71.99	25.19	5.81	2.03	1.21	0.64	2.24	2.10	1.25	21.46
264	1.24	71.93	26.13	5.80	2.11	1.21	0.67	2.25	2.00	1.25	22.30
265	1.26	70.58	26.51	5.60	2.10	1.23	0.67	2.26	2.00	1.27	22.59
266	1.28	69.23	32.81	5.41	2.56	1.25	0.67	2.28	2.00	1.29	28.79
267	1.3	68.03	33.84	5.23	2.60	1.27	0.64	2.29	2.00	1.31	29.72
268	1.3	67.22	36.38	5.17	2.80	1.26	0.64	2.30	2.00	1.32	32.16
269	1.31	66.81	37.70	5.10	2.88	1.27	0.64	2.31	2.00	1.33	33.38
270	1.32	66.25	41.83	5.02	3.17	1.28	0.64	2.32	2.00	1.34	37.42
271	1.3	66.94	43.90	5.15	3.38	1.26	0.64	2.33	2.10	1.32	39.39
272	1.3	66.94	43.90	5.15	3.38	1.26	0.64	2.34	2.00	1.32	39.29
273	1.3	66.69	45.03	5.13	3.46	1.25	0.64	2.35	2.10	1.32	40.32
274	1.33	65.78	46.06	4.95	3.46	1.28	0.64	2.37	2.00	1.35	41.25
275	1.36	65.84	45.97	4.84	3.38	1.31	0.64	2.38	1.90	1.38	41.07
276	1.37	65.9	45.87	4.81	3.35	1.32	0.64	2.39	2.00	1.39	40.87
277	1.37	67.75	45.59	4.95	3.33	1.32	0.64	2.40	2.00	1.39	40.49
278	1.37	69.51	45.40	5.07	3.31	1.32	0.64	2.41	2.00	1.39	40.20
279	1.37	71.39	45.22	5.21	3.30	1.32	0.64	2.42	2.00	1.39	39.92
280	1.37	73.43	45.22	5.36	3.30	1.32	0.64	2.43	2.00	1.39	39.82
281	1.37	76.63	44.93	5.59	3.28	1.33	0.64	2.44	2.00	1.39	39.44
282	1.37	78.17	45.03	5.71	3.29	1.32	0.64	2.46	2.00	1.39	39.44
283	1.37	79.74	45.12	5.82	3.29	1.32	0.58	2.47	2.00	1.39	39.43
284	1.38	80.46	45.12	5.83	3.27	1.33	0.64	2.48	2.00	1.40	39.33
285	1.4	81.18	45.12	5.80	3.22	1.35	0.64	2.49	2.00	1.42	39.23
286	1.41	83.35	45.12	5.91	3.20	1.36	0.58	2.50	1.90	1.43	39.14
287	1.42	83.98	44.84	5.91	3.16	1.38	0.58	2.51	1.90	1.44	38.76
288	1.38	82.91	44.65	6.01	3.24	1.34	0.58	2.52	2.00	1.40	38.47
289	1.38	82.75	44.46	6.00	3.22	1.34	0.58	2.53	2.00	1.40	38.18
290	1.38	81.91	44.37	5.94	3.22	1.34	0.58	2.54	2.00	1.40	37.99
291	1.38	81.06	44.37	5.87	3.22	1.34	0.58	2.55	2.00	1.40	37.90
292	1.37	79.71	44.18	5.82	3.22	1.33	0.58	2.56	2.00	1.39	37.61
293	1.37	78.17	44.09	5.71	3.22	1.33	0.58	2.57	2.00	1.39	37.42
294	1.35	77.83	43.99	5.77	3.26	1.31	0.58	2.58	2.00	1.37	37.22
295	1.34	77.42	43.90	5.78	3.28	1.30	0.58	2.59	2.00	1.36	37.03
296	1.33	77.83	43.90	5.85	3.30	1.29	0.58	2.60	2.00	1.35	36.93
297	1.32	76.16	43.90	5.77	3.33	1.28	0.58	2.61	2.00	1.34	36.84
298	1.32	75.47	43.81	5.72	3.32	1.28	0.58	2.62	2.00	1.34	36.65
299	1.36	73.34	43.71	5.39	3.21	1.32	0.58	2.63	2.20	1.38	36.45
300	1.36	73.34	43.71	5.39	3.21	1.32	0.58	2.64	2.20	1.38	36.35
301	1.36	73.34	43.71	5.39	3.21	1.32	0.58	2.65	2.20	1.38	36.25
302	1.44	58.21	36.66	4.04	2.55	1.40	0.64	2.66	2.00	1.46	29.11
303	1.44	60.19	37.60	4.18	2.61	1.40	0.64	2.67	2.00	1.46	29.95
304	1.45	61.35	38.26	4.23	2.64	1.41	0.64	2.68	2.00	1.47	30.51
305	1.44	63.05	38.73	4.38	2.69	1.40	0.64	2.69	2.10	1.46	30.88
306	1.45	64.49	39.11	4.45	2.70	1.41	0.64	2.71	2.00	1.47	31.16
307	1.45	68.07	39.86	4.69	2.75	1.41	0.64	2.72	2.00	1.47	31.82
308	1.48	68.94	40.14	4.66	2.71	1.44	0.64	2.73	2.00	1.50	32.00
309	1.45	70.55	40.33	4.87	2.78	1.41	0.61	2.74	2.00	1.47	32.09
310	1.44	72.84	40.33	5.06	2.80	1.40	0.64	2.75	2.00	1.46	31.99
311	1.46	73.81	40.42	5.06	2.77	1.42	0.64	2.76	2.00	1.48	31.98
312	1.46	75.47	40.42	5.17	2.77	1.42	0.61	2.77	2.10	1.48	31.89
313	1.48	78.8	40.42	5.32	2.73	1.44	0.61	2.78	2.00	1.50	31.79
314	1.49	80.21	40.42	5.38	2.71	1.45	0.61	2.79	2.00	1.51	31.69
315	1.5	81.81	40.42	5.45	2.69	1.46	0.61	2.80	2.00	1.52	31.59
316	1.51	83.63	40.42	5.54	2.68	1.47	0.61	2.81	2.00	1.53	31.49
317	1.52	87.24	40.52	5.74	2.67	1.48	0.61	2.83	2.00	1.54	31.49
318	1.52	89.63	40.52	5.90	2.67	1.48	0.61	2.84	2.00	1.54	31.40
319	1.51	91.54	40.42	6.06	2.68	1.47	0.61	2.85	2.00	1.53	31.20
320	1.51	93.83	40.42	6.21	2.68	1.47	0.61	2.86	2.00	1.53	31.10
321	1.51	96	40.33	6.36	2.67	1.47	0.61	2.87	2.00	1.53	30.91
322	1.5	97.82	40.33	6.52	2.69	1.46	0.61	2.88	2.00	1.52	30.81
323	1.48	99.98	40.23	6.76	2.72	1.44	0.61	2.89	2.00	1.50	30.62

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U2 [kPa]	Rf [%]	U2/Qc [%]	Qc-U2 [Mpa]	Tilt [°]	Dist [cm]	Speed [cm/sec]	Qt [MPa]	U2-U0 [kPa]
324	1.48	101.11	40.14	6.83	2.71	1.44	0.61	2.90	2.00	1.50	30.43
325	1.47	102.4	40.14	6.97	2.73	1.43	0.61	2.91	2.00	1.49	30.33
326	1.48	104.97	40.23	7.09	2.72	1.44	0.61	2.92	2.00	1.50	30.32
327	1.46	105.66	40.14	7.24	2.75	1.42	0.61	2.93	2.00	1.48	30.13
328	1.44	106.76	40.05	7.41	2.78	1.40	0.61	2.94	2.00	1.46	29.95
329	1.44	106.98	40.05	7.43	2.78	1.40	0.61	2.95	2.00	1.46	29.85
330	1.43	106.95	40.05	7.48	2.80	1.39	0.61	2.96	2.00	1.45	29.75
331	1.44	106.7	40.05	7.41	2.78	1.40	0.61	2.97	2.00	1.46	29.65
332	1.45	106.23	39.95	7.33	2.76	1.41	0.61	2.99	2.00	1.47	29.45
333	1.44	106.04	39.95	7.36	2.77	1.40	0.61	3.00	2.00	1.46	29.36
334	1.42	106.07	39.86	7.47	2.81	1.38	0.61	3.01	2.00	1.44	29.17
335	1.42	105.72	39.86	7.45	2.81	1.38	0.61	3.02	2.00	1.44	29.07
336	1.41	104.34	39.86	7.40	2.83	1.37	0.61	3.03	2.00	1.43	28.97
337	1.43	103.43	39.86	7.23	2.79	1.39	0.61	3.04	2.00	1.45	28.87
338	1.43	102.55	39.67	7.17	2.77	1.39	0.61	3.05	2.00	1.45	28.58
339	1.42	102.9	39.67	7.25	2.79	1.38	0.61	3.06	2.00	1.44	28.49
340	1.42	102.59	39.58	7.22	2.79	1.38	0.61	3.07	2.00	1.44	28.30
341	1.42	102.4	39.58	7.21	2.79	1.38	0.61	3.08	2.00	1.44	28.20
342	1.42	101.58	39.48	7.15	2.78	1.38	0.54	3.09	2.00	1.44	28.00
343	1.38	100.8	39.39	7.30	2.85	1.34	0.52	3.10	2.00	1.40	27.81
344	1.35	101.33	39.39	7.51	2.92	1.31	0.52	3.11	2.00	1.37	27.72
345	1.35	100.26	39.20	7.43	2.90	1.31	0.52	3.12	2.10	1.37	27.43
346	1.35	99.17	39.20	7.35	2.90	1.31	0.52	3.13	2.00	1.37	27.33
347	1.35	98.26	39.11	7.28	2.90	1.31	0.52	3.14	2.00	1.37	27.14
348	1.35	98.04	39.01	7.26	2.89	1.31	0.52	3.15	2.00	1.37	26.94
349	1.33	98.51	38.92	7.41	2.93	1.29	0.52	3.16	2.00	1.35	26.76
350	1.33	99.48	38.92	7.48	2.93	1.29	0.52	3.16	2.00	1.35	26.66
351	1.31	100.92	38.82	7.70	2.96	1.27	0.52	3.17	2.00	1.33	26.46
352	1.31	101.33	38.82	7.74	2.96	1.27	0.52	3.18	2.00	1.33	26.36
353	1.3	100.29	38.73	7.71	2.98	1.26	0.52	3.19	2.00	1.32	26.17
354	1.32	100.42	38.73	7.61	2.93	1.28	0.52	3.20	2.00	1.34	26.08
355	1.34	100.01	38.64	7.46	2.88	1.30	0.52	3.21	2.00	1.36	25.89
356	1.29	100.45	38.64	7.79	3.00	1.25	0.52	3.22	2.00	1.31	25.79
357	1.29	99.76	38.64	7.73	3.00	1.25	0.52	3.23	2.00	1.31	25.69
358	1.27	99.38	38.54	7.83	3.03	1.23	0.52	3.24	2.00	1.29	25.49
359	1.24	100.73	38.54	8.12	3.11	1.20	0.52	3.25	2.00	1.26	25.39
360	1.24	100.2	38.45	8.08	3.10	1.20	0.51	3.26	2.00	1.26	25.21
361	1.24	98.69	38.45	7.96	3.10	1.20	0.52	3.26	2.00	1.26	25.11
362	1.23	97.91	38.35	7.96	3.12	1.19	0.51	3.27	2.00	1.25	24.91
363	1.21	96.03	38.26	7.94	3.16	1.17	0.51	3.28	2.00	1.23	24.72
364	1.21	94.99	38.26	7.85	3.16	1.17	0.51	3.29	2.00	1.23	24.62
365	1.23	93.55	38.26	7.61	3.11	1.19	0.51	3.30	2.00	1.25	24.53
366	1.27	92.54	38.17	7.29	3.01	1.23	0.51	3.31	2.00	1.29	24.34
367	1.24	92.04	38.17	7.42	3.08	1.20	0.51	3.32	2.00	1.26	24.24
368	1.24	93.3	38.17	7.52	3.08	1.20	0.51	3.33	2.00	1.26	24.14
369	1.26	93.27	38.07	7.40	3.02	1.22	0.51	3.34	2.00	1.28	23.94
370	1.24	92.45	38.07	7.46	3.07	1.20	0.51	3.34	2.00	1.26	23.85
371	1.24	91.57	37.98	7.38	3.06	1.20	0.51	3.35	2.00	1.26	23.66
372	1.24	91.51	37.88	7.38	3.05	1.20	0.51	3.36	2.00	1.26	23.46
373	1.24	90.85	37.88	7.33	3.05	1.20	0.51	3.37	2.00	1.26	23.36
374	1.24	90.85	37.88	7.33	3.05	1.20	0.51	3.38	2.00	1.26	23.26
375	1.29	90.38	37.98	7.01	2.94	1.25	0.52	3.39	2.00	1.31	23.27
376	1.34	89.97	37.98	6.71	2.83	1.30	0.52	3.40	2.00	1.36	23.17
377	1.34	90.35	37.98	6.74	2.83	1.30	0.52	3.41	2.00	1.36	23.07
378	1.37	91.07	37.98	6.65	2.77	1.33	0.52	3.42	2.00	1.39	22.97
379	1.41	90.76	37.98	6.44	2.69	1.37	0.52	3.43	2.00	1.43	22.87
380	1.45	90.6	38.07	6.25	2.63	1.41	0.52	3.43	2.00	1.47	22.86
381	1.52	90.19	38.07	5.93	2.50	1.48	0.52	3.44	2.10	1.54	22.77
382	1.56	90.85	38.26	5.82	2.45	1.52	0.52	3.45	2.00	1.58	22.86
383	1.72	90.19	38.54	5.24	2.24	1.68	0.52	3.46	2.00	1.74	23.04
384	1.78	89.72	39.11	5.04	2.20	1.74	0.52	3.47	2.00	1.80	23.51
385	1.92	90.57	39.86	4.72	2.08	1.88	0.52	3.48	2.00	1.94	24.16
386	2.13	90.97	40.70	4.27	1.91	2.09	0.52	3.49	1.90	2.15	24.91
387	2.5	91.07	41.27	3.64	1.65	2.46	0.52	3.50	2.00	2.52	25.38
388	2.67	91.82	41.27	3.44	1.55	2.63	0.52	3.51	1.80	2.69	25.28
389	8.07	89.94	44.65	1.11	0.55	8.03	0.59	3.52	1.80	8.09	28.56
390	11.26	112.82	45.69	1.00	0.41	11.21	0.65	3.53	1.90	11.28	29.50
391	13.09	115.23	47.10	0.88	0.36	13.04	0.79	3.54	1.90	13.11	30.82
392	13.75	108.2	48.04	0.79	0.35	13.70	0.93	3.55	1.90	13.77	31.66

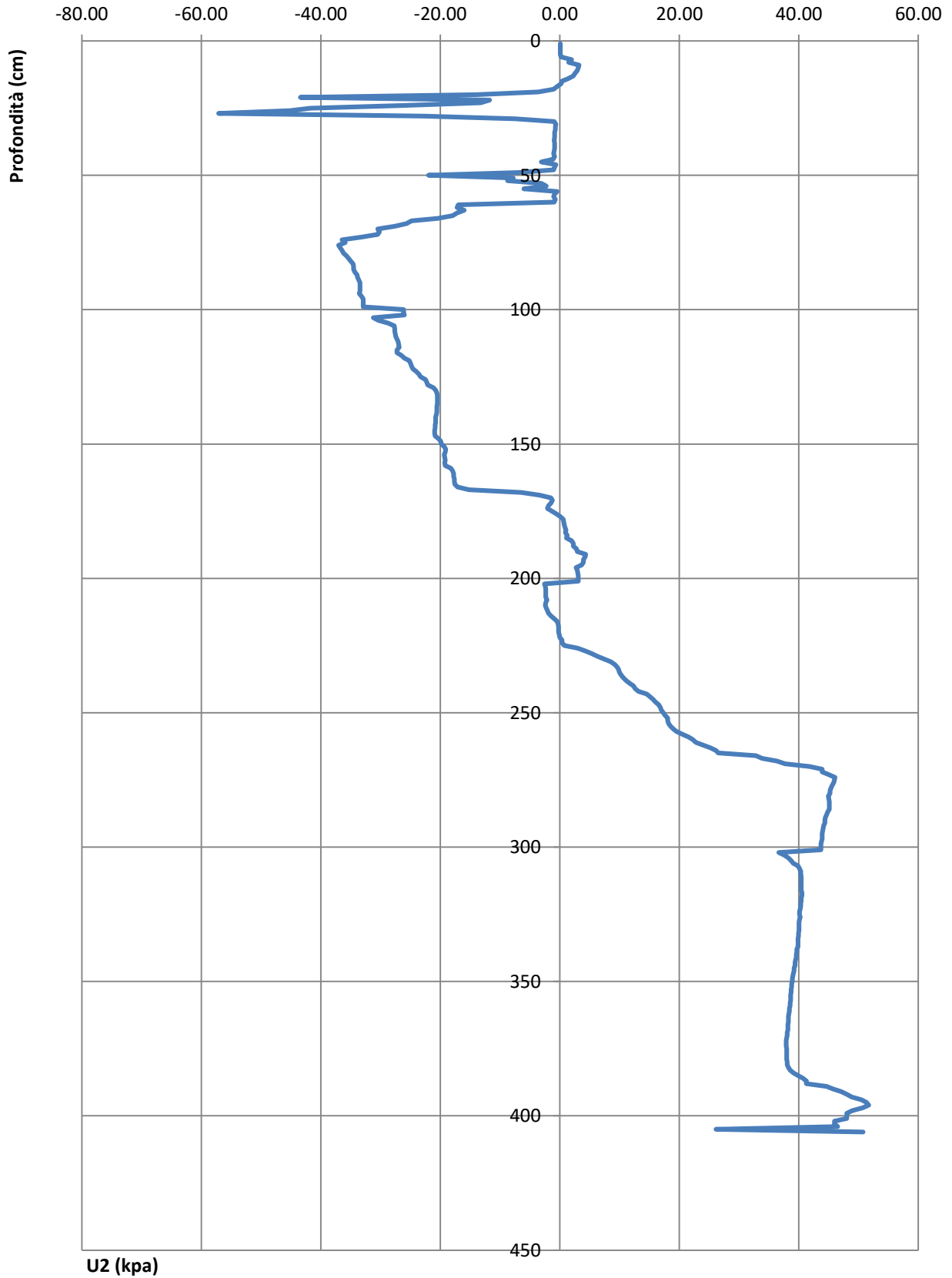
Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U2 [kPa]	Rf [%]	U2/Qc [%]	Qc-U2 [Mpa]	Tilt [°]	Dist [cm]	Speed [cm/sec]	Qt [MPa]	U2-U0 [kPa]
393	15.07	101.42	48.88	0.67	0.32	15.02	1.07	3.57	1.90	15.09	32.40
394	16.99	88.97	50.48	0.52	0.30	16.94	1.46	3.59	1.80	17.01	33.90
395	17.66	73.9	51.33	0.42	0.29	17.61	1.59	3.61	1.80	17.68	34.65
396	18.87	67.31	51.70	0.36	0.27	18.82	1.74	3.64	2.10	18.89	34.92
397	17.03	83.1	50.67	0.49	0.30	16.98	1.63	3.67	2.10	17.05	33.80
398	13.01	80.43	48.98	0.62	0.38	12.96	1.89	3.70	2.00	13.03	32.01
399	9.71	123.86	48.04	1.28	0.49	9.66	1.89	3.73	2.30	9.73	30.97
400	9.71	123.86	48.04	1.28	0.49	9.66	1.89	3.76	2.30	9.73	30.87
401	9.71	123.86	48.04	1.28	0.49	9.66	1.89	3.80	2.30	9.73	30.77
402	6.14	236.71	45.97	3.86	0.75	6.09	1.81	3.83	2.00	6.16	28.61
403	6.14	236.71	45.97	3.86	0.75	6.09	1.81	3.86	1.90	6.16	28.51
404	6.16	247.47	46.53	4.02	0.76	6.11	1.81	3.89	1.80	6.18	28.97
405	14.64	355.43	26.13	2.43	0.18	14.61	1.87	3.93	1.80	14.65	8.47
406	14.91	354.33	50.76	2.38	0.34	14.86	1.86	3.96	1.90	14.93	33.00

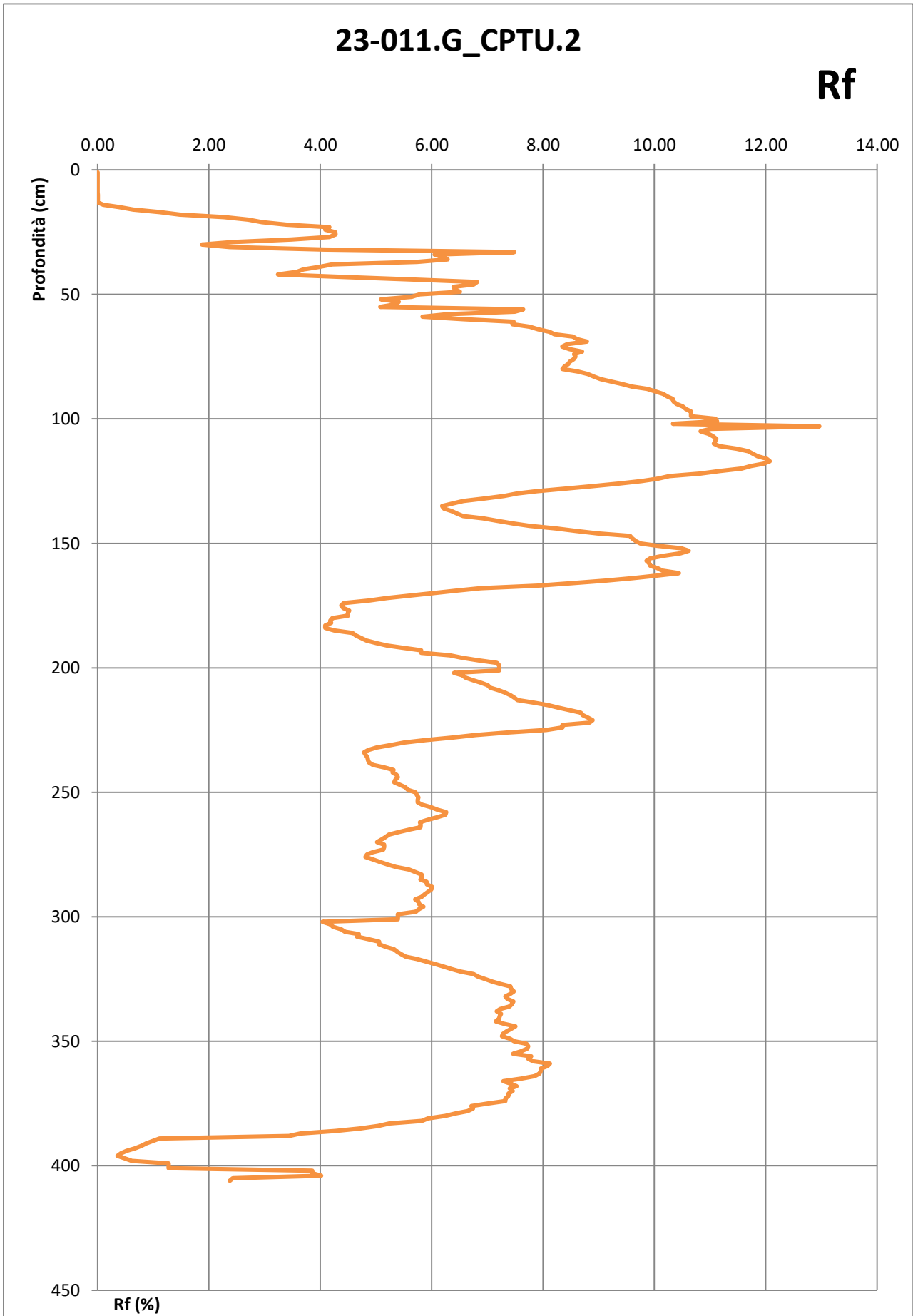




23-011.G_CPTU.2

U2





PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

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

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

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

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

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ 10 cm, punta conica (α 60-90°), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ 10 cm, punta conica (α 60-90°), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento δ 30 cm, punta conica (α 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm² rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento δ 20-30 cm, punta conica (α 60°), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE
SCHEMA PENETROMETRO

Riferimento

23-011

 Committente **Consorzio della Bonifica Parmense**
 Cantiere **Canale della Spelta**
 Località **San Geminiano (Montechiarugolo - PR)**
TG63-200Din
Pagani - Piacenza

Sigla	TG63-200Din	Nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,15	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	63,0 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	0,90 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	5,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20,00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	60 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0,80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)	51,00 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)		Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)		Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	34,00 mm	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)		Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP		Massimo numero di colpi utile
Spinta	20 t	Spinta nominale strumento

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	1
	Riferimento	23-011

Committente	Consorzio della Bonifica Parmense	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	08/05/2023
Cantiere	Canale della Spelta	Pagina	1	Falda	Non rilevata
Località	San Geminiano (Montechiarugolo - PR)	Elaborato			

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²
0,20	1	0		0					
0,40	1	0		0					
0,60	1	0		0					
0,80	1	0		0					
1,00	2	0		0					
1,20	2	0		0					
1,40	2	0		0					
1,60	2	9		93					
1,80	3	9		93					
2,00	3	14		136					
2,20	3	11		107					
2,40	3	28		272					
2,60	3	43		418					
2,80	4	49		450					
3,00	4	52		478					
3,20	4	70		643					

H = profondità
L1 = asta
L2 = punta
L3 = riv

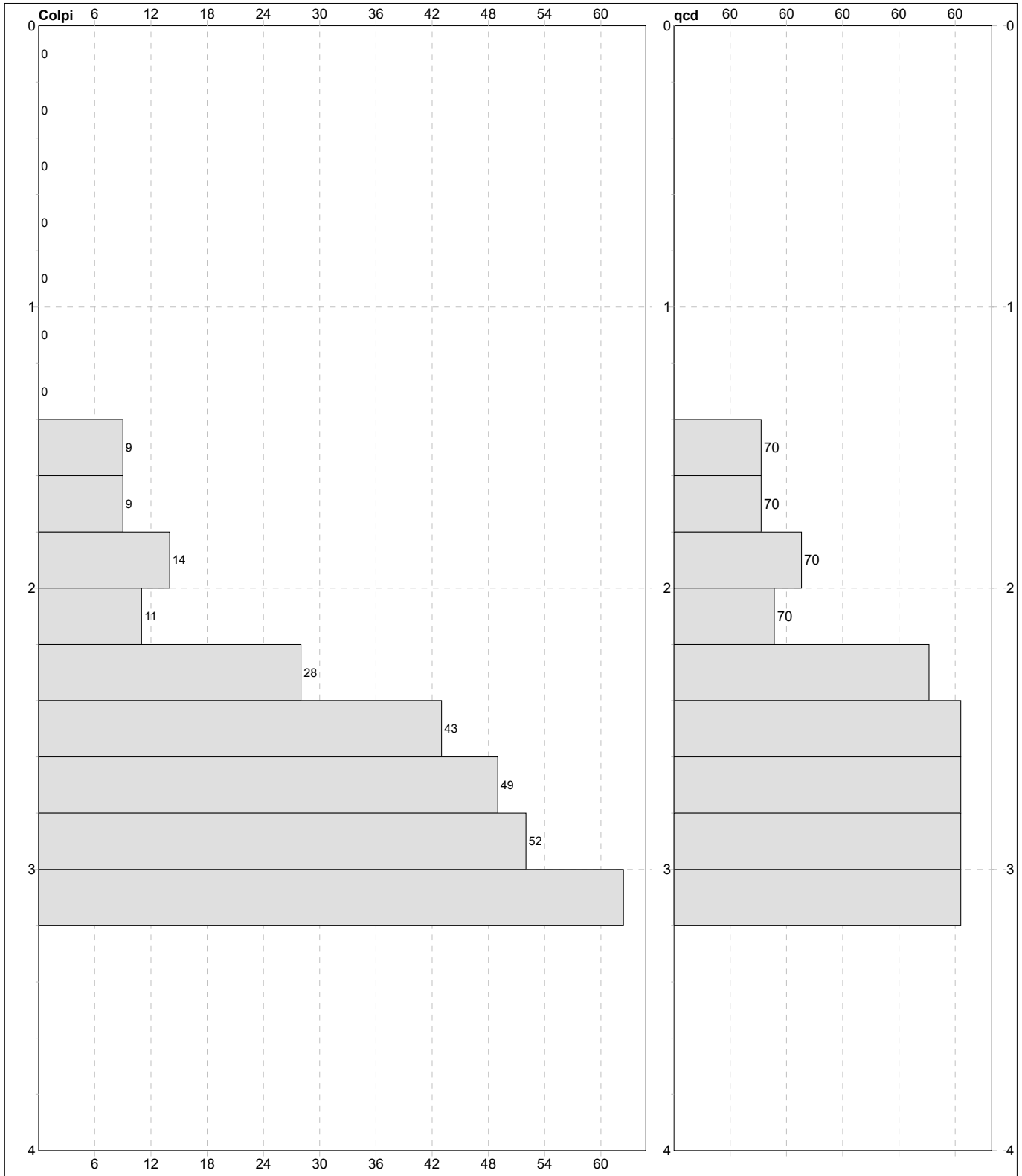
qcd = Resistenza dinamica punta

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

DIN	1
Riferimento	23-011

Committente **Consorzio della Bonifica Parmense**
 Cantiere **Canale della Spelta**
 Località **San Geminiano (Montechiarugolo - PR)**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **08/05/2023**
 Scala: **1:20**
 Pagina **1** Quota inizio: **Piano Campagna**
 Elaborato Falda **Non rilevata**



Penetrometro: TG63-200Din	Responsabile::	preforo m
Massa Battente 63,00 kg	Assistente::	Corr.astine: : kg/ml
Altezza caduta 0,75 m		Cod.ISTAT: 0
Avanzamento 0,20 m		

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	2
	Riferimento	23-011

Committente	Consorzio della Bonifica Parmense	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	08/05/2023
Cantiere	Canale della Spelta	Pagina	1	Falda	Non rilevata
Località	San Geminiano (Montechiarugolo - PR)	Elaborato			

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²
0,20	1	0		0					
0,40	1	0		0					
0,60	1	0		0					
0,80	1	0		0					
1,00	2	0		0					
1,20	2	0		0					
1,40	2	0		0					
1,60	2	0		0					
1,80	3	0		0					
2,00	3	0		0					
2,20	3	0		0					
2,40	3	0		0					
2,60	3	0		0					
2,80	4	0		0					
3,00	4	0		0					
3,20	4	0		0					
3,40	4	0		0					
3,60	5	0		0					
3,80	5	0		0					
4,00	5	10		87					
4,20	5	13		113					
4,40	5	19		165					
4,60	6	29		240					
4,80	6	44		364					
5,00	6	50		413					
5,20	6	70		579					

H = profondità
L1 = asta
L2 = punta
L3 = riv

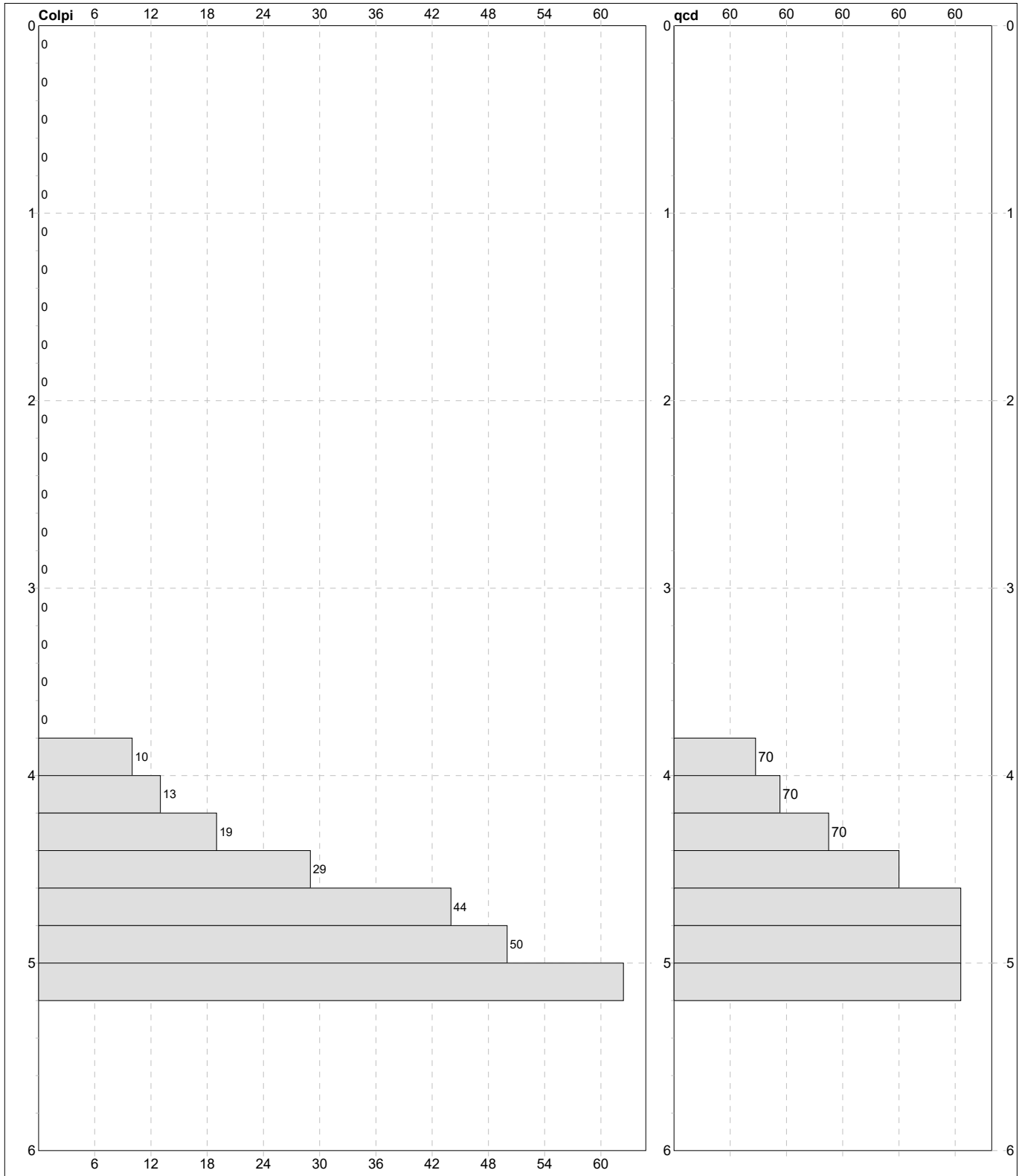
qcd = Resistenza dinamica punta

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

DIN	2
Riferimento	23-011

Committente **Consorzio della Bonifica Parmense**
 Cantiere **Canale della Spelta**
 Località **San Geminiano (Montechiarugolo - PR)**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **08/05/2023**
 Scala: **1:30**
 Pagina **1** Quota inizio: **Piano Campagna**
 Elaborato Falda **Non rilevata**



Penetrometro: TG63-200Din	Responsabile::	preforo m
Massa Battente 63,00 kg	Assistente::	Corr.astine: : kg/ml
Altezza caduta 0,75 m		Cod.ISTAT: 0
Avanzamento 0,20 m		