



AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO
AIPO

UFFICIO OPERATIVO DI PARMA

Opere idrauliche di 2° categoria R.D. 11.02.1867 n. 3598

PROGETTO ESECUTIVO

(PR-E-1102) LAVORI URGENTI DI RIPRISTINO DELLA FUNZIONALITÀ IDRAULICA DELL'ARGINE MAESTRO DEL FIUME PO COMPROMESSA DA CEDIMENTI DIFFUSI SULLA SAGOMA ARGINALE IN TRATTI VARI DA POLESINE PARMENSE A SISSA TRECASALI (PR) AGGRAVATISI A CAUSA DEL-LE INTENSE PRECIPITAZIONI VERIFICATE NEL CORSO DEGLI EVENTI DI PIENA DELL'ULTIMA DECADE DI OTTOBRE 2023 - 1° STRALCIO

COD. CUP: B98H25000190001

ALLEGATO

STUDIO GEOLOGICO - TECNICO

9

Gruppo di Progettazione :

FUNZIONARIO TECNICO
(Ing. Chiara Quintavalla)

FUNZIONARIO TECNICO
(Geom. Corrado Zanelli)

FUNZIONARIO TECNICO
(Ing. Simone Delsoldato)

ISTRUTTORE TECNICO
(Arch. Lucia Spriano)

Geologo:

Dott. Geol. Luca Calzolari – Studio MaC

Visto : IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO
(Dott. Ing. Monica Larocca)

PERIZIA N ° 1294

DATA: 10/04/2026

PROT. N°

AGGIORNAMENTI

DATA:

**PROVINCIA DI PARMA
COMUNE DI POLESINE ZIBELLO
COMUNE DI COLORNO**

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.

Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma tra i centri abitati di Copermio e del Fiume Po' in Comune di Polesine Zibello, tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale

Committente:

AIPO

Agenzia Interregionale per il fiume PO

Strada Giuseppe Garibaldi, 75
43121 Parma PR

Analisi geologica e geotecnica:

MaC Studio Tecnico e Geologico

CO WORKING

Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari - Geologo

Via Cotti, 13 - 43035 Felino (PR)

E-mail info@studiomac.it

PEC luca.calzolari@pec.epap.it

Settembre 2025



Dott. Geol. Luca Calzolari

SOMMARIO:

1. PREMESSA.....	5
2. UBICAZIONE OPERA IN PROGETTO	6
PARTE I -	13
STUDIO GEOLOGICO e CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, INDAGINI GEOFISICHE	13
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO.....	14
DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA.....	16
SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	16
4. IDROGEOLOGIA	18
5. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE – POLESINE ZIBELLO 20	20
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE (Prove penetrometriche C.P.T. Allegato 1).....	24
7. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI POLESINE ZIBELLO	25
Modello geomeccanico e litostratimetrico.....	25
Confronto con prove pregresse	27
8. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI COLORNO (Ced. Copermio)	34
Modello geomeccanico e litostratimetrico.....	34
Confronto con indagini pregresse - Copermio	37
9. TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA (ERT).....	38
Risultati e considerazioni.....	40
Confronto con indagini pregresse - Copermio	41
PARTE II – STUDIO SISMICO	44
10. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	44
Zonizzazione sismogenetica.....	44
Sismicità del territorio.....	45
Classificazione sismica comunale.....	48
11. AZIONE SISMICA	50
Premessa	50
Parametri di riferimento rigido orizzontale.....	50
Risposta sismica locale – EFFETTO DI SITO –	54
Parametri di classificazione e determinazione delle categorie di sottosuolo.....	54
Condizioni topografiche.....	55
INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA “MASW”	56
Caratteristiche generali dell'indagine.....	56
Strumentazione impiegata	56
MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR - HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (IPOTESI DI NAKAMURA) SUL TERRENO.....	64
Cenni metodologici	64
Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione.....	65
Elaborazione ed analisi dei dati.....	65
Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 1	65
Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 2.1	67
Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 2.2	69
Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 2.3	71
Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 3	72
Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 4	74
Analisi dei dati – COLORNO TRATTO CED. COPERMIO	75
12. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO – COMUNE DI POLESINE ZIBELLO	77
13. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO – COMUNE DI POLESINE.	78
14. DETERMINAZIONE PRELIMINARE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	79
15. INTERVENTI PROPOSTI.....	83
16. CONCLUSIONI	86
Studio geologico.....	86
Risultati e considerazioni	89
Studio sismico	90

Tavole ed Allegati

TAVOLA Ia	Stralcio Carta Topografica Regionale	1:25.000 (modificata)
TAVOLA Ib	Stralcio Carta Topografica Regionale	1:25.000 (modificata)
TAVOLA IIa	Stralcio planimetrico Catastale	1:2.000 (modificata)
TAVOLA IIb	Stralcio planimetrico Catastale	1:2.000 (modificata)
TAVOLA IIc	Stralcio planimetrico Catastale	1:2.000 (modificata)
TAVOLA IId	Stralcio planimetrico Catastale	1:2.000 (modificata)
TAVOLA IIIa	Stralcio Carta Geologica d'Italia	1:100.000 (modificata)
TAVOLA IIIb	Stralcio Carta Geologica d'Italia	1:100.000 (modificata)
TAVOLA IVa	Stralcio Carta Geologica Regione Emilia Romagna	1:10.000 (modificata)
TAVOLA Va	Stralcio Piano Infraregionale Attività Estrattive	1:100.000 (modificata)
TAVOLA Vb	Stralcio Piano Infraregionale Attività Estrattive	1:100.000 (modificata)
TAVOLA VIa	Stralcio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Mappa del Pericolo – Polesine Zibello	
TAVOLA VIb	Stralcio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Mappa del Pericolo - Colorno	
TAVOLA VIIa	Stralcio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Mappa del Rischio - Polesine Zibello	
TAVOLA VIIb	Stralcio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Mappa del Rischio - Colorno	
TAVOLA VIIIa	Stralcio PUG Comune di Polesine Zibello – Tavola dei vincoli	1:10.000 (modificata)
TAVOLA VIIIb	Stralcio PSC Comune di Colorno – Tavola dei vincoli	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIXa	Stralcio Carta delle indagini – Polesine Zibello	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIXb	Stralcio Carta delle indagini - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA Xa	Stralcio Carta delle frequenze naturali del terreno - Polesine Zibello	1:10.000 (modificata)
TAVOLA Xb	Stralcio Carta delle frequenze naturali del terreno - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIa	Stralcio Carta delle Velocità delle onde di taglio S - Polesine Zibello	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIb	Stralcio Carta delle Velocità delle onde di taglio S - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIIa	Stralcio Carta Geologico-tecnica - Polesine Zibello	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIIb	Stralcio Carta Geologico-tecnica - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIIIa	Stralcio Carta delle MOPS - Polesine Zibello	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIIIb	Stralcio Carta delle MOPS - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIVa	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-PGA - Polesine Zibello	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIVb	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-PGA - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVa	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-SA 0.1-0.5s - Polesine Zibello	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVb	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-IS 0.1-0.5s - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVIa	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-SA 0.4-0.8s - Polesine Zibello	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVIb	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-IS 0.5-1.0s - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVIIa	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-SA 0.5-1.5s - Polesine Zibello	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVIIb	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-IS 0.5-1.5s - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVIIIa	Pericolosità sismica locale – Ced. Tratto 1	

TAVOLA XVIIIb	Pericolosità sismica locale – Ced. Tratto 2.1
TAVOLA XVIIIc	Pericolosità sismica locale – Ced. Tratto 2.2
TAVOLA XVIIId	Pericolosità sismica locale – Ced. Tratto 2.3
TAVOLA XVIIIe	Pericolosità sismica locale – Ced. Tratto 3
TAVOLA XVIIIe	Pericolosità sismica locale – Ced. Tratto 4
TAVOLA XVIIIg	Pericolosità sismica locale – Ced. Copermio

TABELLA I	Calcolo dell'indice di liquefacibilità
TABELLA I ter	Calcolo dell'indice di liquefacibilità

Allegato 1	Prove Penetrometriche (CPT)
Allegato 2	Documentazione fotografica
Allegato 3	Report Grilla

1. PREMESSA

Su incarico dell'Agenzia AIPO, è stato effettuato uno studio geologico-tecnico atto a connotare le caratteristiche "geologiche" zonali, nonché le condizioni stratimeccaniche e sismiche di interesse, di alcuni tratti di rilevati arginali del Fiume Po e del Torrente Parma, che presentano cedimenti e deformazioni localizzate. Gli studi sono stati finalizzati a supportare il progetto di ripristino delle porzioni in dissesto verificando per ciascuna di queste eventuali specificità. I vari tratti analizzati, come meglio illustrato in seguito, si collocano nei comuni di Polesine Zibello e Colorno in Provincia di Parma (PR). Gli studi per la caratterizzazione geognostica e geofisica sono a supporto degli interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma tra gli abitati di Copermio e Colorno e del Fiume Po' in Comune di Polesine Zibello, tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale.

Normativa di riferimento:

- D.M. LL.PP. 11/03/88 – "Norme Tecniche riguardanti le indagini..." G.U. Rep. Ita. N° 127 del 1/06/88;
- Circ LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988 "Istruzione per l'applicazione del D.M. 11-03-1988";
- D.M. LL.PP. 16/01/96 – "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" G.U. Rep. Ita. N° 29 del 5/02/96;
- L.R. Regione Emilia Romagna n°20/2000 e successive modifiche ed integrazioni;
- D.P.C.M. n° 3274 del 20/02/03 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica ..." G.U. Rep. Ita. N° 252 del 29/10/03;
- Linee Guida AGI, 2005 (ed. provv.) – "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" del marzo 2005;
- Del. di Giunta Regionale n. 1677/2005;
- Ass. Lgs. Regione Emilia-Romagna – Oggetto 2131 – Approvazione atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina ..." in merito a "Indirizzi per gli studi ... territoriale ed urbanistica" (Proposta della giunta regionale in data 10 gennaio 2007, n°1)
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, recante "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";
- Circ 21 gennaio 2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;

Lo studio verrà articolato in due distinte parti (ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni):

1. lo **studio geologico (caratterizzazione e modellazione geologica dei siti)**, volto a definire:
 - la caratterizzazione morfologica della zona, i lineamenti geomorfologici e la loro tendenza evolutiva, i caratteri litologici, stratigrafici e strutturali, il grado di alterazione, la degradabilità dei terreni e la pericolosità geologica del territorio;
 - lo schema idrologico definendo la posizione e le caratteristiche delle eventuali falde idriche presenti;
 - le proprietà fisico-meccaniche dei principali tipi di terreno presenti (mediante l'individuazione di unità geologico-tecniche locali);

2. lo **studio geofisico**, volto a definire:

- i parametri sismici di riferimento per il sito;
- la categoria sismica del suolo di fondazione;
- la stima dell'azione sismica di progetto e della pericolosità sismica del sito (definita sulla base degli spettri di risposta elastici e dei valori di accelerazione massima attesa) per i diversi stati limite prescritti dalla vigente normativa;
- la stima preliminare del potenziale di liquefazione;

Si è provveduto all'esecuzione della seguente relazione nei mesi di luglio ed agosto 2025.

2. UBICAZIONE OPERA IN PROGETTO

Come già anticipato in premessa, lo studio è stato realizzato su incarico dell'AIPO (Agenzia Interregionale per il Fiume Po) competente in materia idraulica per il Fiume Po in tutta la sua estensione, interessando nel caso specifico differenti aree geografiche in differenti comuni.

Di seguito si ripropone un elenco dei vari siti con le denominazioni che verranno utilizzate nel proseguo del documento.

Nel Comune di Polesine Zibello sono stati esaminati 6 tratti la cui ubicazione viene riportata in Figura 1 e in Tabella 1.

Complessivamente le aree oggetto di studio sono ubicate nel settore occidentale dell'area comunale, partendo dalla zona immediatamente a nord dell'abitato di Vidalenzo, fino a lambire l'abitato di Polesine Parmense.

L'area è posta ad una quota media di circa 35 metri s.l.m., in contesto morfologico pianeggiante tipico della bassa Pianura Padana, la cui monotonia è interrotta unicamente dai rilevati arginali di origine antropica. Questa zona è ricompresa nel PSC del Comune in "Zone di deflusso della piena – Alveo – Fascia A (art. 13 PTCP e art. 29 PAI)" e in "Fascia di Esondazione – Fascia B (art. 30 PAI)" (Tavola VIIIa).

Tabella 1 – Ubicazione aree in dissesto oggetto di studio

Nome tratto	Coordinate	
Ced. tratto 1	LAT: 45.024416° LON: 10.047742°	Y: 4.986.196,67 X: 582.543,02
Ced tratto 2.1	LAT: 45.016739° LON: 10.065885°	Y: 4.985.362,42 X: 583.983,55
Ced tratto 2.2	LAT: 45.016403° LON: 10.067502°	Y: 4.985.326,77 X: 584.111,50
Ced tratto 2.3	LAT: 45.016304° LON: 10.070243°	Y: 4.985.318,68 X: 584.327,61
Ced tratto 3	LAT: 45.016568° LON: 10.073406°	Y: 4.985.351,33 X: 584.576,44
Ced tratto 4	LAT: 45.017241° LON: 10.079937°	Y: 4.985.432,93 X: 585.090,02

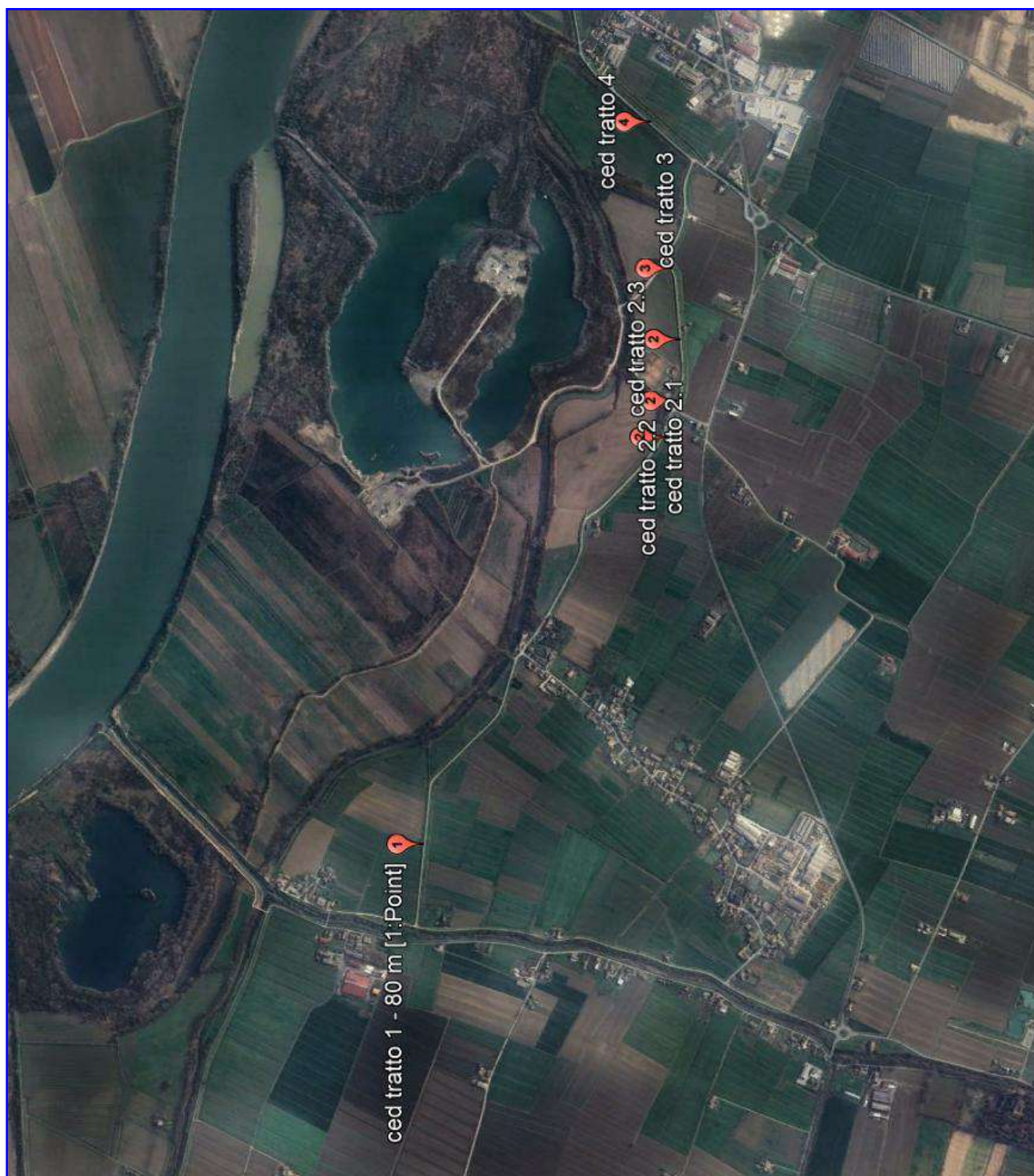


Figura 1-int – Ubicazione aree di studio – Comune di Polesine Zibello (PR)



Fotografia 1-int – Fotografia inquadramento con drone area “Ced tratto 1” – Scheda 1



Fotografia 2-int – Fotografia inquadramento con drone area “Ced tratto 2.1” – Scheda 2.1



Fotografia 3-int – Fotografia inquadramento con drone area “Ced tratto 2.2” – Scheda 2.2



Fotografia 4-int – Fotografia inquadramento con drone area “Ced tratto 2.3” – Scheda 2.3



Fotografia 5-int – Fotografia inquadramento con drone area “Ced tratto 3” – Scheda 3



Fotografia 6-int – Fotografia inquadramento con drone area “Ced tratto 4” – Scheda 4

Nel Comune di Colorno è stato esaminato un tratto di argine del Torrente Parma la cui ubicazione viene riportata in Figura 2 e in Tabella 2.

Il tratto è ubicato in località Copermio a nord est di Colorno.

Nel complesso l'area di interesse è posta ad una quota media di circa 30 metri s.l.m., in contesto morfologico pianeggiante ed è ricompreso nel PSC del Comune in "Ambiti agricoli di valore naturale e ambientale" (Tavola VIIIb).



Figura 2-int – Ubicazione aree di studio – Comune di Colorno (PR)

Tabella 2 – Ubicazione cedimenti

Nome tratto	Coordinate	
Ced tratto Copermio	LAT: 44.932319° LON: 10.391829°	Y: 4.976.374,16 X: 609.826,51



Fotografia 7-int – Fotografia inquadramento con drone area “Ced tratto Copermio” –
Scheda Copermio

**PARTE I –
STUDIO GEOLOGICO e CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, INDAGINI GEOFISICHE**

Dopo una fase preliminare che ha permesso l'inquadramento geologico e la caratterizzazione geomorfologica dei terreni, si è proceduto alla caratterizzazione dei terreni dei rilevati arginali (antropici) e terreni in posto (terreni di fondazione) mediante l'esecuzione di analisi geognostiche.

Le analisi previste per la caratterizzazione geotecnica di ciascuna delle aree di studio hanno previsto per ogni tratto arginale:

- n°1 prova penetrometrica statica (CPT).

Le profondità investigate dalle indagini geognostiche appena citate permettono di ritenere la caratterizzazione operata del tutto idonea ad investigare il cosiddetto "volume significativo", inteso come il volume interessato dalla trasmissione dei carichi dell'opera esistente, così come definito dalle raccomandazioni AGI 1975 inerenti la programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche nonché al punto "B3", lettera "B" del succitato D.M. 11/03/1988 e all'art. 7.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018.

In aggiunta alle indagini geognostiche ed al fine di caratterizzare il "sito" in accordo con quanto previsto dal D.P.C.M 3274 e dalle "Norme tecniche per le costruzioni" – DM. 17/01/2018, si è proceduto alla realizzazione delle seguenti indagini sismiche per ogni tratto di argine analizzato:

- n°1 stendimento di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- n°1 indagine con tecnica HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio);
- n°1 tomografia di resistività elettrica (ERT).

Per una definizione a più ampia scala del comparto dal punto di vista sismico, in aggiunta ai dati geofisici sito specifici acquisiti, si sono utilizzati gli studi di micro-zonazione sismica di terzo livello disponibili per il territorio del Comune di Polesine Zibello e Colorno

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO

L'Appennino Settentrionale risulta dalla sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografica: un Insieme Esterno Umbro-Toscano ed un insieme Interno Ligure-Emiliano.

L'insieme Esterno è costituito essenzialmente da uno zoccolo continentale appartenente alla Placca Apula su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le successioni mesozoico-terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria.

L'Insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che, per la presenza di ofioliti (rocce ignee tipiche della litosfera oceanica) si sono invece originate in un oceano estendendosi eventualmente anche sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti. Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da ovest verso est (vergenza appenninica) sull'Insieme Esterno, che ha avuto ruolo di avanpaese, costituendo perciò una coltre alloctona.

L'insieme Interno comprende due domini detti rispettivamente Ligure Interno e Ligure Esterno (Liguridi), separati da un contatto tettonico lungo il quale il primo si accavalla sul secondo, poggiando per il resto anche sulla Falda Toscana con la sola interposizione dell'Unità di Canetolo. Pur essendo entrambe caratterizzati dalla presenza di ofioliti, queste assumono un differente significato. Mentre nelle Liguridi Interne hanno caratteristiche sicuramente oceaniche (le maggiori masse ofiolitiche si trovano ancora in posizione primaria alla base della successione sedimentaria) nelle Liguridi Esterne non si conoscono ofioliti che costituiscano sicuramente la base della successione, ma compaiono invece come masse scivolte in gran parte nel bacino di sedimentazione ligure del Cretacico superiore e pertanto intercalate in quei sedimenti. Tali depositi rimaneggiati sono un indizio della vicinanza di un rilievo oceanico tettonicamente attivo situato verosimilmente fra Ligure Interno ed Esterno. A questo rilievo ipotetico (Cretacico superiore) che avrebbe in qualche modo separato i due domini è stato dato il nome di "Ruga del Bracco".

Il Dominio Ligure Esterno comprende esclusivamente unità alloctone che hanno abbandonato il loro substrato originario e risultano abitualmente distinti nei *Complessi di base* di età per lo più compresa tra l'Albiano ed il Campaniano inferiore e delle formazioni torbiditiche a dominante calcarea conosciute come flysch ad elmintoidi (Campaniano-Paleocene). Questi nella sola fascia esterna sono seguite da altri flysch anch'essi calcarei, di età paleocenico-eocenica.

L'area oggetto di studio ricade nel Dominio Ligure Esterno ed in particolare nella zona più esterna chiamata anche "Emiliana" caratterizzata dalla comparsa di unità tettoniche (M. Caio, Solignano, M. Cassio, ecc.) in cui i clasti ofiolitici diventano una componente occasionale o sono addirittura assenti. Nei "Complessi di base" compaiono invece estese formazioni terrigene silicoclastiche, quali le Arenarie di Ostia, di Scabiazza, le Argille di San Siro, di provenienza continentale. Infine, mentre nella zona più interna (sempre del Dominio Ligure Esterno) la sedimentazione termina con il flysch ad elmintoidi alla fine del Maastrichtiano o all'inizio del Paleocene, nella Zona Emiliana la successione si completa con potentissimi flysch paleocenico-eocenici che, dopo essersi parzialmente sedimentati sul flysch ad elmintoidi, sono stati in buona parte scollati per costruire unità a se stanti (M. Sporno, Farini d'Olmo, Val Luretta, ecc.) (Fig.re 3 e 4 int.)

A partire dal Miocene superiore sul versante padano continua la compressione con la migrazione verso nord, nord-est del fronte di accavallamento appenninico, con la formazione di

bacini fluvio-lacustri plio-pleistocenici. Le successioni sedimentarie di tutti questi bacini, sono molto simili e costituite da depositi detritici. Esse cominciano sempre con peliti basali grigio-azzurre contenenti livelli ligniferi seguiti da sabbie e conglomerati, mostrando così una stessa tendenza evolutiva, da una fase francamente lacustre e/o palustre ad una di piana alluvionale intermontana.

Sul quaternario marino si verifica in questo modo (netta discordanza angolare) la deposizione dei sistemi deposizionali fluviali del Mindel, del Riss e del Wurm, cui succedono le alluvioni medie e recenti.

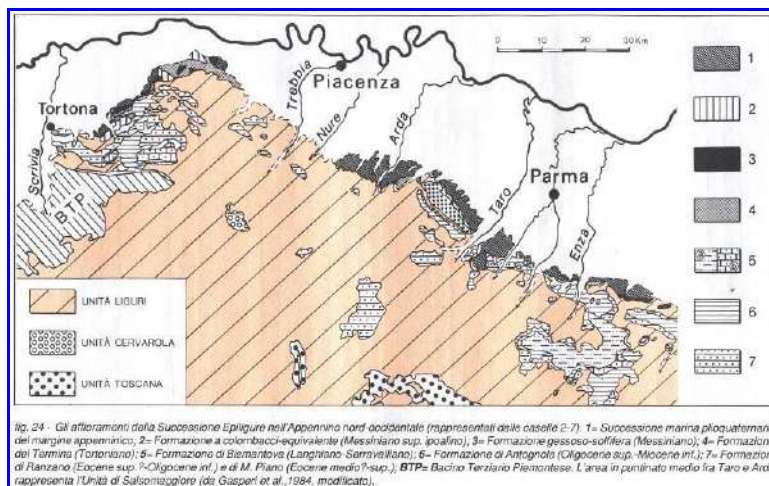


Figura 3-int Rapporti tra Insieme Interno (o Dominio) Liguree la Successione Epiligure (G. Papani e L. Vernia)

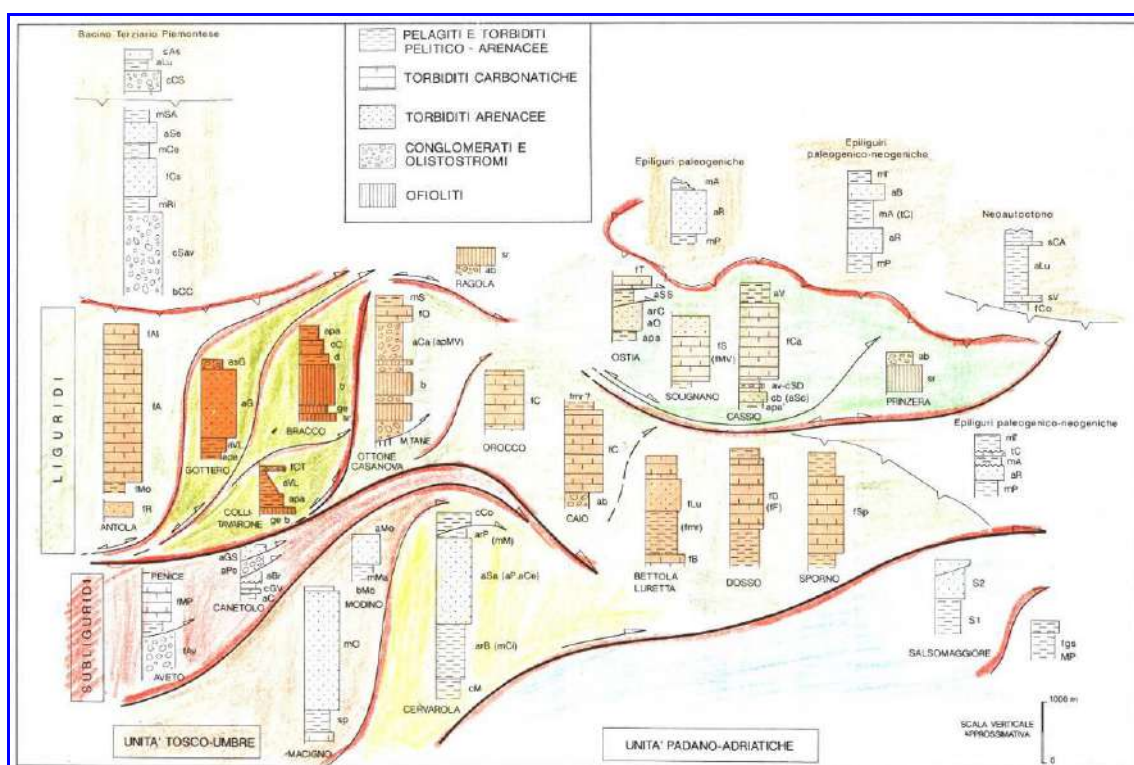


Figura 4-int Rappresentazione semplificata della litostratigrafia delle principali Unità presenti (P. Vescovi)

Descrizione delle Formazioni nell'area di studio

(sulla base delle Note Illustrative della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:10.000).

DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA

Questi depositi si sono formati ad opera di vari processi sedimentari, legati principalmente a fenomeni gravitativi e alla dinamica fluviale.

I depositi alluvionali sono stati distinti in depositi alluvionali in evoluzione (**b1**), depositi alluvionali recenti (**b1a**) e depositi alluvionali terrazzati (**bn**), dal punto di vista litologico sono costituiti da ghiaie, decisamente prevalenti, sabbie e da locali blocchi, di dimensioni fino a plurimetriche. I depositi alluvionali in evoluzione occupano l'alveo attuale del corso d'acqua, i depositi alluvionali recenti i tratti temporaneamente abbandonati, ma che sono potenzialmente interessati dalle dinamiche fluviali in regime di piena ordinaria, sono quindi depositi soggetti ancora a rimobilizzazione. I depositi alluvionali terrazzati occupano porzioni ormai abbandonate dal corso d'acqua e risultano terrazzati in vari ordini a diverse quote al disopra dell'alveo, in relazione all'età del deposito; tali depositi possono essere rimobilizzati solo in casi di piene eccezionali e solo per gli ordini di terrazzi più giovani, sono quindi fissati da vegetazione stabile.

Questi depositi sono in genere ricoperti da sedimenti fini siltoso-argillosi con subordinate sabbie, che presentano differente grado di pedogenesi a seconda dell'età del deposito.

SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo, affiorante con i suoi terreni più antichi sul margine appenninico padano è stato suddiviso in due unità principali, denominate come segue:

- Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, **AES**
- Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, **AEI**

Queste due unità sono separate, in corrispondenza del margine appenninico, da una superficie di discontinuità, spesso con discordanza angolare ed erosione, testimonianza di una fase tettonica regionale databile alla fine del Pleistocene inferiore.

Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)

Si tratta di un'unità alluvionale, terrazzata, costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza degli apparati fluviali principali (depositi di conoide e depositi intravallivi terrazzati), passanti a limi prevalenti con rare intercalazioni di sabbia e ghiaia nelle aree di interconoide. L'età complessiva dell'unità è Pleistocene medio - Olocene.

spessore massimo di circa 100 m;

spessore minimo di circa 20 m

L'AES risulta suddivisibile in 5 Subsintemi, affioranti a quote progressivamente decrescenti lungo il margine appenninico; in ordine crescente di età:

- Subsintema di Ravenna – **AES8** (che comprende l'unità di Modena **AES8a**)
- Subsintema di Villa Verucchio - **AES7** (suddiviso nell'unità di Vignola -**AES7b** e di Niviano -**AES7a**)
- Subsintema di Agazzano - **AES3**
- Subsintema di Maiatico - **AES2** (suddiviso nell'unità di Fico Rosso - **AES2b** e di Miano - **AES2a**)
- Subsintema di Monterlinzana - **AES1**

La sedimentazione dell'AES prende inizio al termine di un evento minore, ancorchè regionale, di sollevamento delle strutture compressive appenniniche, registrato in affioramento da una superficie di discontinuità erosiva. Tale superficie, riconoscibile anche nei profili sismici, risulta particolarmente evidente in corrispondenza dei principali fronti strutturali sepolti (DI DIO *et alii*, 1997a,b).

Subsintema di Ravenna (AES8)

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi: depositi intravallivi terrazzati. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m ed è di tipo A/Bw/Bk(C). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 m.

(Pleistocene sup. - Olocene)

4. IDROGEOLOGIA

La pianura alluvionale tra i torrenti Enza e Nure è stata costruita dall'azione combinata dei corsi d'acqua appenninici ed è costituita dalle loro conoidi pleisto-oloceniche, raccordate e livellate a formare una superficie sub-pianeggiante con lieve immersione da SSO (limite collinare) a NNE (alveo del Fiume Po). I corsi d'acqua, all'uscita delle valli, dove hanno costruito la parte più elevata delle loro conoidi, hanno divagato nell'antistante pianura, depositando i materiali litoidi provenienti dall'erosione dei bacini montani.

La permeabilità dei sedimenti alluvionali è dovuta ad una porosità intergranulare: i clasti che li costituiscono, di forma e dimensioni molto varie lasciano dei vacuoli comunicanti nel corpo del sedimento; il grado di permeabilità è direttamente proporzionale alle dimensioni dei pori, che dipendono dalla classazione, dalla disposizione relativa e dalla forma dei granuli, per cui depositi ghiaiosi e sabbiosi (definiti a granulometria grossolana) sono più permeabili di depositi limosi (definiti a granulometria fine); le argille sono normalmente considerate impermeabili.

La classazione granulometrica dall'apice della conoide alle aree più distali, è fondamentale per la comprensione della geometria del sistema idrogeologico. L'insieme dei meccanismi geologico-sedimentari determina la geometria degli acquiferi profondi, che coincidono con gli alvei sepolti, dispersi a diversi livelli in un corpo impermeabile o semipermeabile. L'alta e la media pianura sarebbero quindi formate da un **sistema idrogeologico plurifalda, con acquiferi separati ed indipendenti**.

Il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia – Romagna ha proposto una stratigrafia valida a livello di bacino per i depositi alluvionali e marino marginali presenti nelle prime centinaia di metri del sottosuolo, riassunta schematicamente nella figura riportata in seguito.

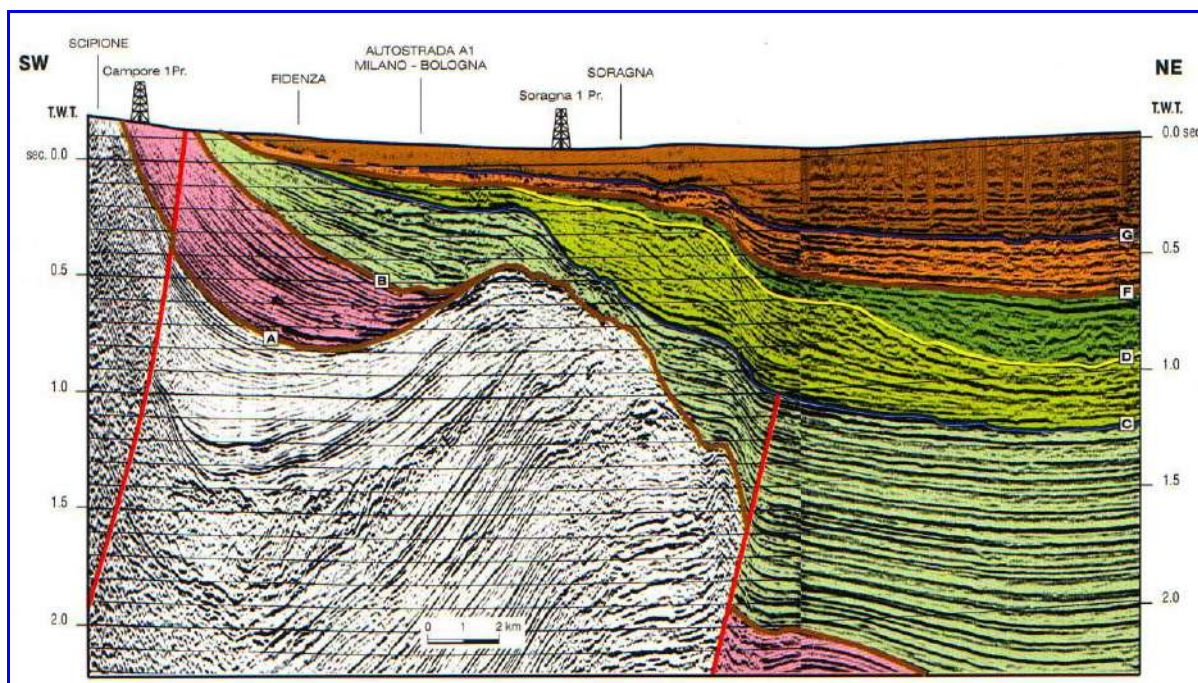


Figura 5-int Profilo sismico interpretato - "da Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna"

I depositi della pianura sono stati suddivisi in tre nuove unità stratigrafiche, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C: il Gruppo Acquifero A è il più recente ed ha un'età che va dall'Attuale sino a 350.000 – 450.000 anni; il Gruppo Acquifero B, intermedio, va da 350.000 – 450.000 anni

sino a 650.000 circa; il Gruppo Acquifero C è il più vecchio e va da 650.000 sino a oltre 3 milioni di anni. Il Gruppo Acquifero A ed il Gruppo Acquifero B sono costituiti principalmente da depositi alluvionali ed in particolare dalle ghiaie delle conoidi alluvionali, dai depositi fini di piana alluvionale e dalle sabbie della piana del Fiume Po; il gruppo acquifero C è formato principalmente da depositi costieri e marino marginali ed è costituito principalmente da pacchi di sabbie alternati a sedimenti più fini. In prossimità dei principali sbocchi vallivi il gruppo acquifero C contiene anche delle ghiaie intercalate alle sabbie, che costituiscono i delta conoide dei fiumi appenninici durante il Pleistocene inferiore e medio.

Le Unità Idrostratigrafiche sono formate da una o più sequenze deposizionali caratterizzate da alternanze cicliche di depositi fini (alla base) e grossolani (al tetto) molto spessi. Una sequenza deposizionale è una successione di sedimenti geneticamente legati tra loro (sono depositi durante lo stesso intervallo di tempo e con meccanismi della sedimentazione legati tra loro), compresi alla base e al tetto da superfici di discontinuità della sedimentazione e da superfici di continuità ad esse correlate. All'interno di ciascuna sequenza, si trovano depositi costituiti da differenti litologie, corrispondenti a vari sistemi e ambienti deposizionali. Alla base di ciascuna sequenza si trova un livello molto continuo a scarsa permeabilità che funge da acquicludo tra le diverse unità individuate.

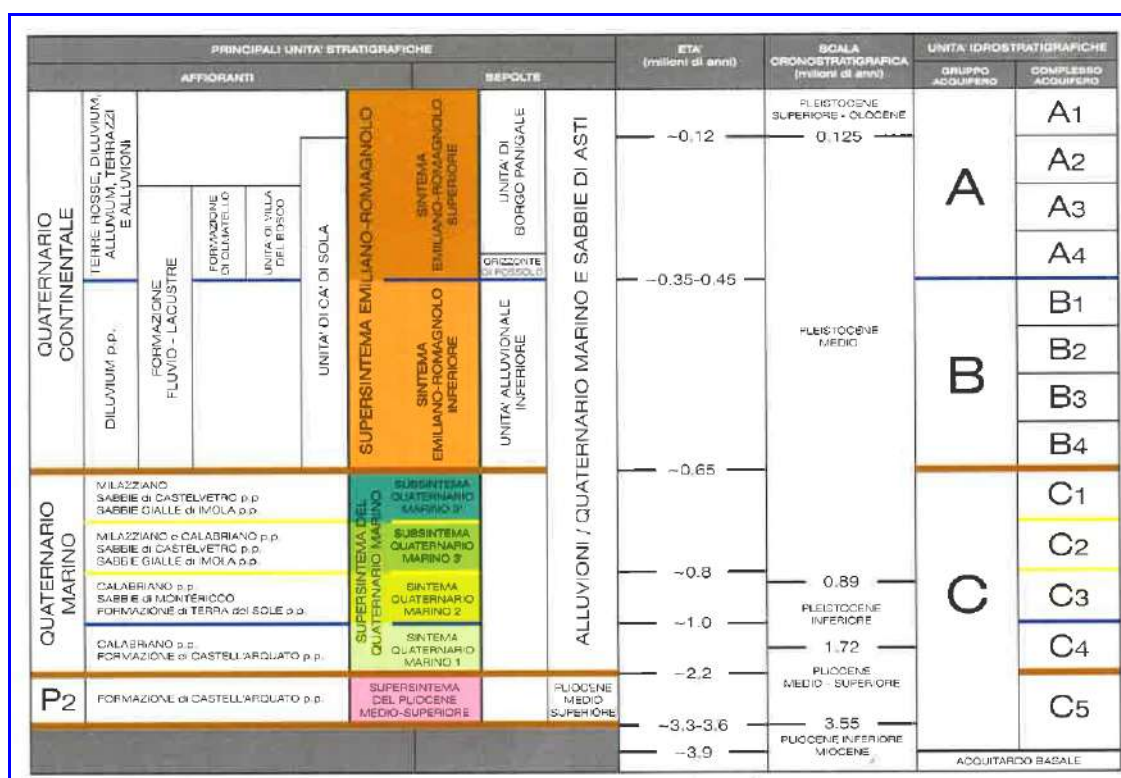


Figura 6-int Inquadramento geologico-stratigrafico ed idrostratigrafico - "da Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna"

All'interno di ciascun Gruppo Acquifero vengono poi distinti diversi Complessi Acquiferi, unità gerarchicamente inferiori (a cui comunque corrisponde un'unità stratigrafica della Carta Geologica) identificate dal nome del Gruppo Acquifero di appartenenza, seguito da un numero progressivo (A0, A1 ecc.). Anche i Complessi Acquiferi sono Unità Idrostratigrafiche e come tali rappresentano una sequenza deposizionale contraddistinta da un acquitardo basale molto continuo, a cui fa seguito una sedimentazione più fine che diventa poi decisamente grossolana nella porzione terminale della sequenza.

5. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE – POLESINE ZIBELLO

L'analisi dell'area di studio deve essere considerata a differenti scale. Al contorno dei rilevati arginali l'assetto morfologico dell'area di studio è ubicato presso la località di Polesine Parmense, in una zona con assetto morfologico del tutto pianeggiante. Posta ad una altitudine di circa 35 metri s.l.m., risulta essere per tutte le caratteristiche al contorno, **assolutamente stabile e con predisposizione nulla al dissesto** (Tavola Ia).

Al contorno dell'area, l'idrografia di superficie è caratterizzata dal Fiume Po, posto a nord-est ad una distanza di circa 1 km. Considerata la vicinanza al corso d'acqua appena descritto ed in riferimento alla cartografia tematica esistente, l'area oggetto di studio presenta **scenari di Pericolosità elevata (P3)** con alluvioni frequenti e **Classe di Rischio moderato o nullo (R1)** come definito dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Emilia Romagna (PGRA - Geoportale Regione Emilia Romagna - Tavola VIa, VIIa).

Nel corso delle indagini effettuate non si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrica, a causa del cedimento delle pareti del foro di ispezione. Tuttavia nel corso di precedenti studi realizzati in contesti analoghi a quello di studio, si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrico sub-superficiale. Tale circolazione, pur potendo considerare il substrato in posto come scarsamente permeabile, è resa possibile dalle condizioni di infiltrazione efficace presenti nella coltre superficiale dei terreni argillosi, proprio per le fessurazioni che in essi si producono in seguito ai cicli di essiccazione/imbibizione (contrazione/rigonfiamento). **Possono così formarsi lenti freatiche superficiali e discontinue, caratterizzate da livelli di soggiacenza assai variabili** e condizionate dalla stagionalità degli eventi meteorici.

L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica d'Italia 1:100.000 foglio 61 Cremona - Tavola IV), si colloca in corrispondenza delle **Alluvioni Medio-Recenti – a²** costituite da depositi sabbioso-argillosi, talora ghiaiosi terrazzati di poco sospesi sugli alvei attuali, anche attualmente esondabili fissati e coltivati. La litologia di superficie è caratterizzata principalmente da argilla.

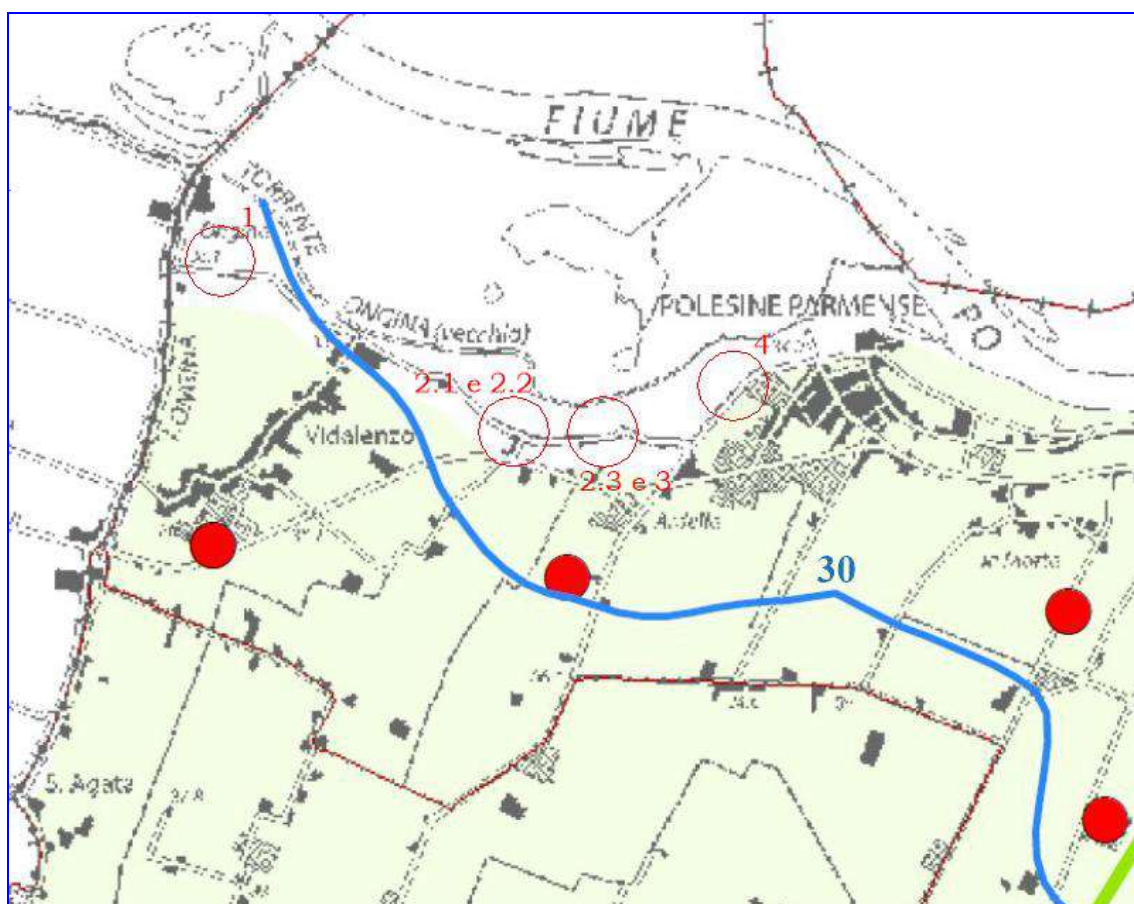


Figura 7-int Stralcio Tavola QC Idro A5 PIAE della Regione Emilia Romagna (Tav Va)

ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE – COLORNO

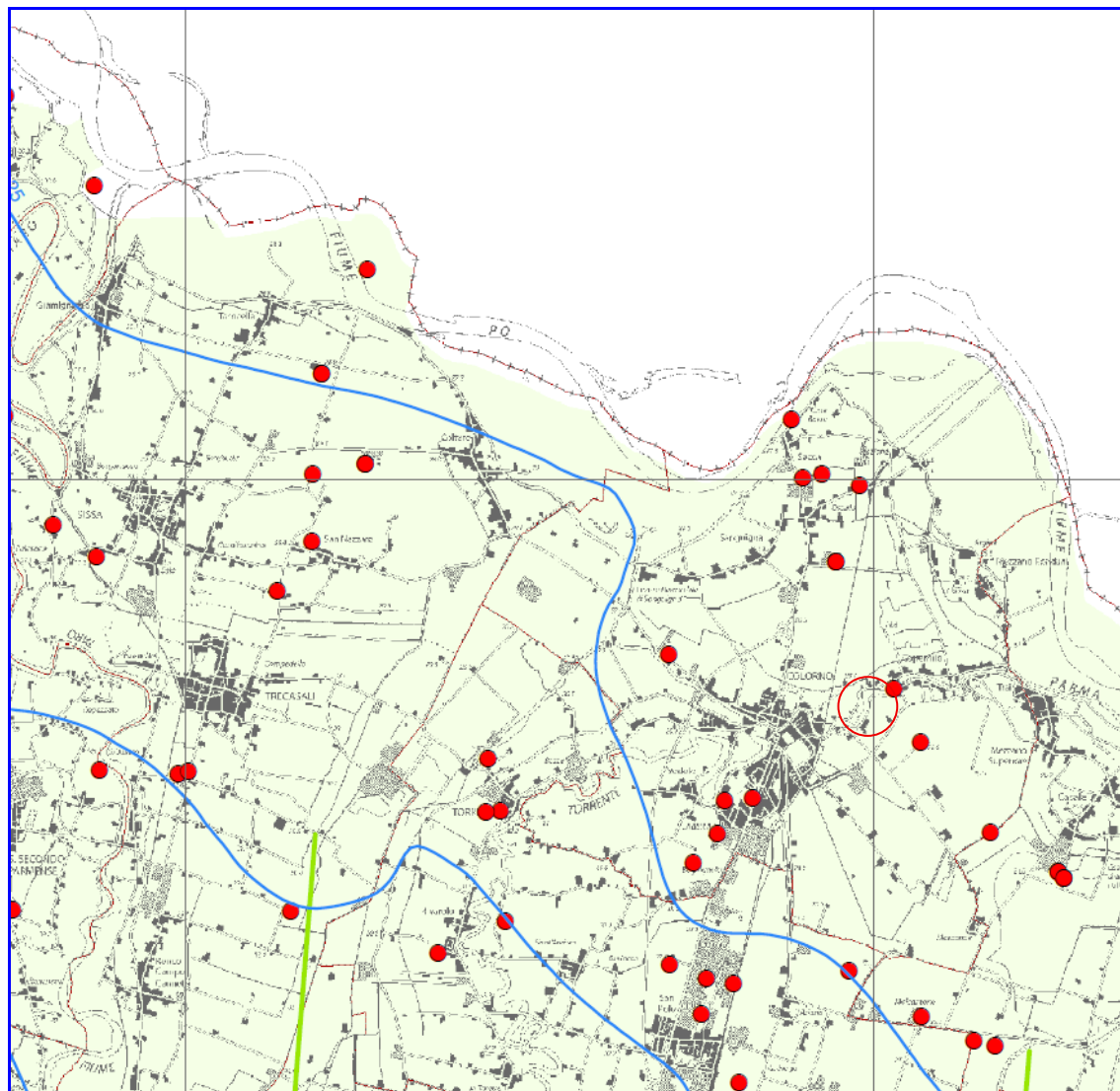
L'area è ubicata presso il Comune di Colorno, in una zona con assetto morfologico del tutto pianeggiante. Posta ad una altitudine di circa 30 metri s.l.m., risulta essere per tutte le caratteristiche al contorno, **assolutamente stabile e con predisposizione nulla al dissesto** (Tavola Ib).

Al contorno dell'area, l'idrografia di superficie è caratterizzata dal Torrente Parma, posto a nord-ovest di entrambi i tratti esaminati, e dal Fiume Po, posto a nord-est ad una distanza di circa 3 km per il tratto Copermio. Considerata la vicinanza ai corsi d'acqua appena descritti ed in riferimento alla cartografia tematica esistente, l'area oggetto di studio presenta **scenari di Pericolosità elevata (P3)** con alluvioni frequenti e **Classe di Rischio medio (R2)** e **Classe di Rischio moderato o nullo (R1)** come definito dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Emilia Romagna (PGRA - Geoportale Regione Emilia Romagna - Tavola VIb e VIIb).

Nel corso delle indagini effettuate non si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrica, a causa del cedimento delle pareti del foro di ispezione. Tuttavia nel corso di precedenti studi realizzati in contesti analoghi a quello di studio, si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrico sub-superficiale. Tale circolazione, pur potendo considerare il substrato in posto come scarsamente permeabile, è resa possibile dalle condizioni di infiltrazione efficace presenti nella coltre superficiale dei terreni argillosi, proprio per le fessurazioni che in essi si producono in seguito ai cicli di essiccazione/imbibizione (contrazione/rigonfiamento). **Possono così formarsi lenti freatiche superficiali e discontinue, caratterizzate da livelli di soggiacenza assai variabili** e condizionate dalla stagionalità degli eventi meteorici.

L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica Regione Emilia-Romagna scala 1:10.000 Sezione 163140 – Tavola IVb), si colloca in corrispondenza dei depositi alluvionali intravallivi **AES8a – Unità di Modena**. Le litologie sono caratterizzate da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Questi depositi corrispondono all'**Alluvium Medio-Recente – q2r** costituito da alluvioni sabbiose e lenti limose della Bassa Pianura, anche attualmente esondabile; basso terrazzo ghiaioso-sabbioso fissato e coltivato, lungo i torrenti (Carta Geologica d'Italia 1:100.000 foglio 73 Parma - Tavola IIIb).

La cartografia tematica esistente, in particolare la “Tavola QC Idro A5 del Piano Infraregionale delle Attività Estrattive – Carta Idrogeologica della Pianura e dei Sistemi Idrogeologici dell'Appennino Parmense” delinea l'andamento delle linee isofreatiche mediante pozzi e punti di controllo della rete piezometrica. Nell'area indagata le linee isofreatiche sono riportate ad una quota di circa 25 metri, corrispondendo ad una soggiacenza media di circa 5 metri dal piano campagna (Tavola Vb).



ANALISI IDROGEOLOGICA DELLA PIANURA PARMENSE

- Punti di controllo della rete piezometrica
- Limite freatico
- Linee isofreatiche
- Assi di drenaggio
- Depositi alluvionali di pianura
- Pozzi
- Sorgenti non captate
- Sorgenti storiche (I.B.C.)
- Sorgenti captate
- Sorgenti con deposito di travertino
- Faglia
- Concessioni minerarie
- Limite delle zone di protezione delle acque sotterranee pedecollina-pianura

Figura -8bis-int Stralcio Tavola QC Idro A5 PIAE della Regione Emilia Romagna (Tavola Vb)

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE (Prove penetrometriche C.P.T. Allegato 1)

Le caratteristiche geolitologiche di superficie al contorno dell'area di studio evidenziano la presenza di depositi prevalentemente argillosi e limosi (tra quelli superficiali che maggiormente interessano per la caratterizzazione geotecnica del sito).

Il contesto litologico ha fatto preferire l'utilizzo di un penetrometro statico, che risulta essere il più idoneo allo studio dei litotipi fini superficiali indagati.

L'ampiezza dell'indagine, in accordo con le "Raccomandazioni AGI 1975", nonché al punto "B3", lettera "B" del sopraccitato DM 11.03.88 e con l'art. 7.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018, anche in ragione delle caratteristiche dell'opera in progetto, sono state spinte ben oltre il limite della porzione di sottosuolo interessato direttamente ed in direttamente dalla costruzione del manufatto ("volume significativo").

Le caratteristiche del terreno sono state ricavate dalla comparazione dei risultati ottenuti nella presente campagna di indagini ed al compendio con le risultanze di precedenti campagne geognostiche, nonché i dati bibliografici presenti al contorno.

I risultati delle singole prove sono riportati nell'Allegato 1, con letture effettuate ogni 20 centimetri (prove statiche). L'interpretazione della stratigrafia del suolo è stata ricavata mediando i valori risultanti dai modelli di Begemann, 1965 - Raccomandazioni AGI, 1977 e di Schmertmann, 1978 (Figura 9 - int.) Tali modelli empirici, permettono di riconoscere la litologia del terreno in base al rapporto tra i valori di resistenza delle prove.

Qualora lo ritenga necessario il Progettista potrà richiedere integrazioni ed approfondimenti al piano delle indagini considerato nella presente relazione.

Come anzi detto l'ampiezza dell'indagine è stata spinta ben oltre il limite della porzione di sottosuolo interessato direttamente ed in direttamente dalla costruzione del manufatto e risulta essere in accordo con le "Raccomandazioni AGI 1977", nonché al punto "B3", lettera "B" del sopraccitato DM 11.03.88, che prevedono di spingersi nella caratterizzazione dei terreni, fino al limite della porzione di sottosuolo interessato direttamente ed in direttamente dalla costruzione del manufatto ("volume significativo").

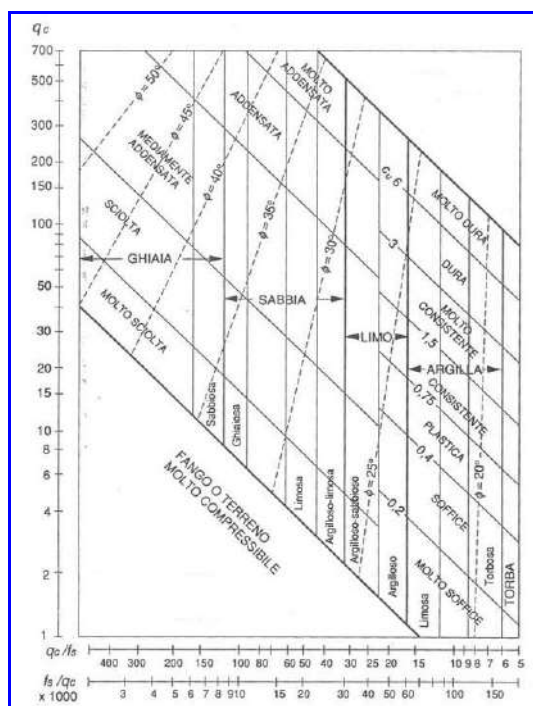


Figura 9 int Litologia in funzione di qc ed fs

7. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI POLESINE ZIBELLO

Modello geomeccanico e litostratimetrico

Dall'analisi delle prove penetrometriche statiche realizzate nel corso della presente campagna geognostica ed in accordo con i dati acquisiti nel corso di precedenti studi, è stato possibile ricostruire il modello geomeccanico e litostratimetrico della porzione di sottosuolo di interesse.

Il sottosuolo è stato suddiviso in 3 intervalli, distinti essenzialmente sulla base dei differenti valori di resistenza meccanica riscontrati, oltre alla coltre di alterazione superficiale (Tabella 1-int).

I parametri geomeccanici riportati riassumono le principali caratteristiche geotecniche dei terreni e rappresentano la determinazione del loro valore caratteristico come stima cautelativa e ragionata del loro valore per lo stato limite ultimo (SLU) operata sulla base dell'interpretazione dei risultati delle prove in sito e delle misure effettuate (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

In particolare sono stati determinati:

- γ : peso dell'unità di volume del terreno;
- γ_{SAT} : peso dell'unità di volume del terreno (satturo);
- γ' : peso dell'unità di volume del terreno (alleggerito dalla spinta idrostatica);
- **Cu**: coesione non drenata nel caso di terreni a comportamento coesivo;
- Φ' : angolo di attrito efficace nel caso di terreni a comportamento granulare;
- **E**: modulo di deformazione edometrico (stimato da Mitchell e Gardner, 1975).

L'intervallo **(A)**, considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme, è caratterizzato da depositi limo argillosi mediamente consistenti con comportamento geomeccanico eminentemente coesivo; i valori di resistenza alla punta sono compresi mediamente tra gli 20 ed i 30 kg/cm² con alti valori di attrito laterale.

(da -2,00/-1,00 m fino a -4,80/-6,00/-5,00 metri dal piano campagna)

Natura coesiva

- γ : 1.80 t/m³ = 17.65 kN/m³
- γ_{SAT} : 1.90 t/m³ = 18.63 kN/m³
- γ' : 0.90 t/m³ = 8.83 kN/m³
- **Cu**: 0.90 kg/cm² = 88.26 kPa
- **E**: 50 kg/cm² = 4.90 MPa

L'intervallo **(B)**, considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme, è caratterizzato da un miglioramento delle proprietà geomeccaniche ed è costituito da depositi limo argillosi molto consistenti con comportamento geomeccanico eminentemente coesivo; i valori di resistenza alla punta si attestano mediamente intorno a 50 kg/cm² con alti valori di attrito laterale.

(da -4,80/-5,80/-6,00/-5,00/-4,60 m fino a -6,60/-6,40/-7,40 metri dal piano campagna)

Natura coesiva

- γ : $1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$
- γ_{SAT} : $1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$
- γ' : $0.90 \text{ t/m}^3 = 8.83 \text{ kN/m}^3$
- **Cu**: $1.20 \text{ kg/cm}^2 = 117.68 \text{ kPa}$
- **E**: $120 \text{ kg/cm}^2 = 11.77 \text{ MPa}$

L'intervallo **(C)** considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme è individuato al passaggio a depositi di natura granulare caratterizzati da sabbie con un variabile contenuto limoso. Le proprietà geomeccaniche vedono nel loro complesso un marcato incremento nei valori di resistenza alla punta con valori superiori ai 100 e fino ai 149 kg/cm^2 . I valori di attrito laterale variano in relazione al contenuto dei fini.

(da -6,60/-6,40/-7,40 m fino a -9,80/-8,60/-18,00/-7,80 metri dal piano campagna)

Natura granulare

- γ : $1.70 \text{ t/m}^3 = 16.67 \text{ kN/m}^3$
- γ_{SAT} : $1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$
- γ' : $0.80 \text{ t/m}^3 = 7.85 \text{ kN/m}^3$
- Φ' : 37°
- **E**: $>270 \text{ kg/cm}^2 = 26.48 \text{ MPa}$

Intervallo	Z _{min} (m)	Z _{max} (m)	γ (t/m³)	γ _{SAT} (t/m³)	γ'(t/m³)	Cu (kg/cm2)	Φ'	E (kg/cm²)
			γ(KN/m³)	γ _{SAT} (KN/m³)	γ'(KN/m³)	Cu (KPa)		E (MPa)
Suoli	0.00	-2.00/-0.80/- 1.00/-1.80	---					
A	-2.00/-0.80/- 1.00/-1.80	-4.80/-5.80/- 6.00/-5.00/- 4.60	1.80	1.90	0.90	0.90	---	50
			17.65	18.63	8.83	88.26		4.90
B	-4.80/-5.80/- 6.00/-5.00/- 4.60	-6.60/-6.40/- 7.40	1.80	1.90	0.90	1.20	---	120
			17.65	18.63	8.83	117.68		11.77
C	-6.60/-6.40/- 7.40	-9.80/-8.60/- 18.00/-7.80	1.70	1.80	0.80	---	37°	>270
			16.67	17.65	7.85			>26.48

Tabella 3-int Intervalli litologicamente e geomeccanicamente uniformi individuati

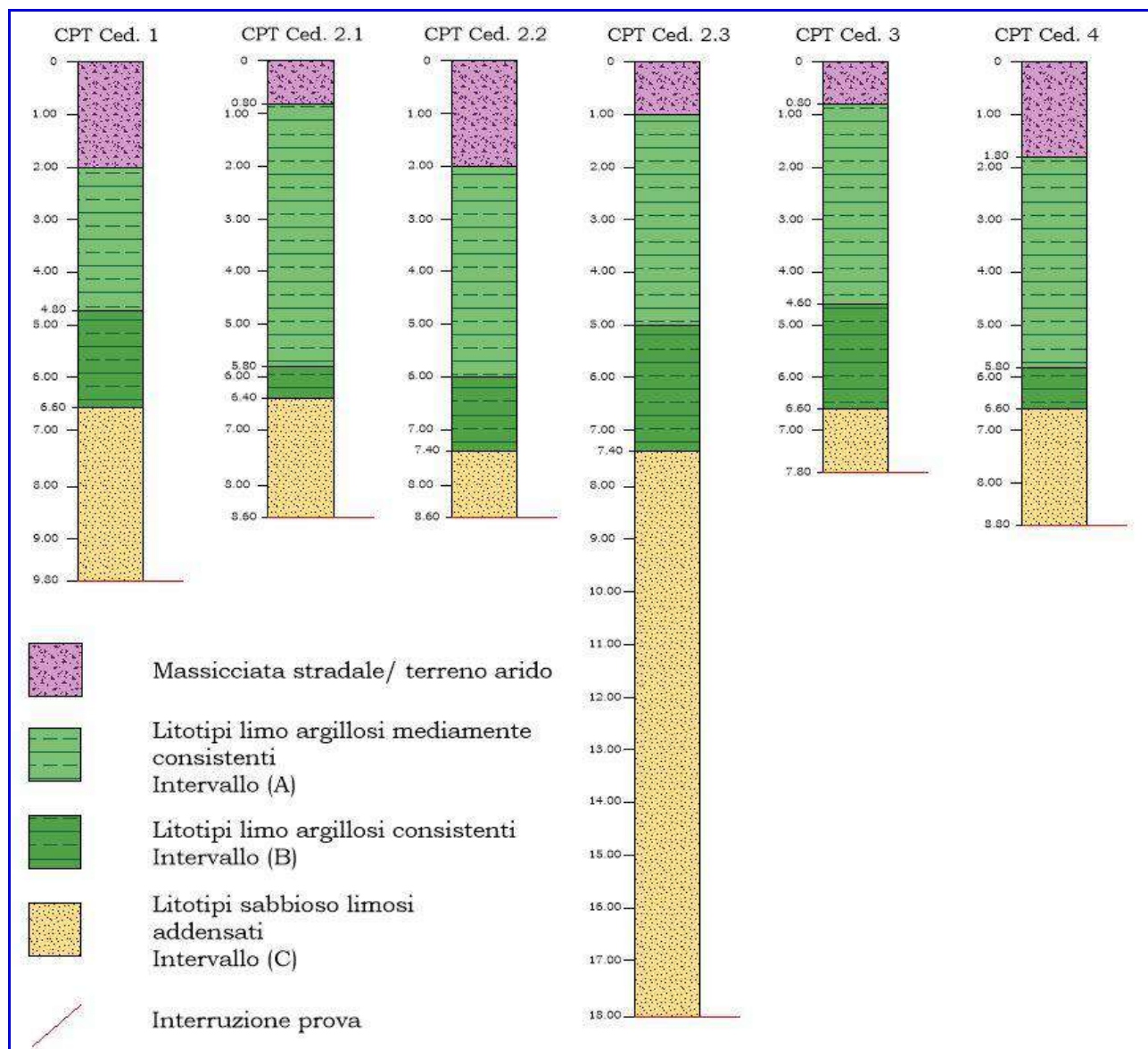


Figura 10 int – Modello litostratimetrico locale

Qualora lo ritenga opportuno e sotto la propria completa responsabilità, il Progettista potrà utilizzare i parametri fisico-meccanici sopra riportati, desunti dalle risultanze dell'indagine geognostica svolta in sito, ai fini della definizione del modello geotecnico (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

Confronto con prove pregresse

Nel luglio del 2015, nel corso di una precedente campagna geognostica redatta da "Geotecnica Veneta s.r.l.", sono state eseguite alcune prove in corrispondenza dei punti 2.3 e 2.1. Nello specifico al punto 2.3 sono stati eseguiti n.1 sondaggio geognostico e n.4 prove penetrometriche CPTu mentre al punto 2.1 sono stati eseguiti n.1 sondaggio geognostico e n.2 prove penetrometriche CPTu.

Di seguito vengono riportati gli stralci e un commento di confronto tra le indagini eseguite nel 2015 e il 2025 al punto 2.3.

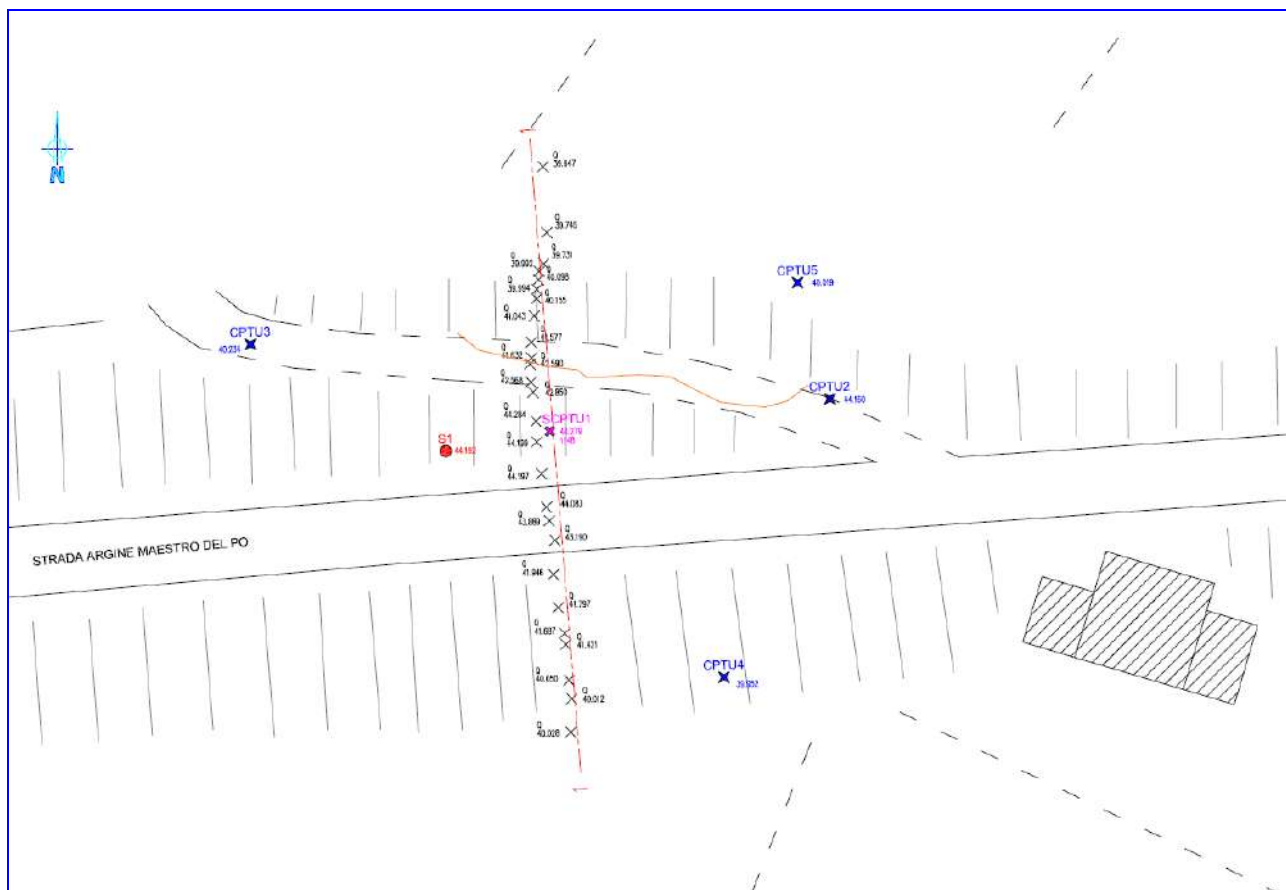


Figura 11bis int – carta delle indagini eseguita da Geotecnica Veneta s.r.l. nel 2015 al punto 2.3

Profondità in m. Prog. Parz.	Stratigrafia	Campioni Tipo Num. Prof.	%Carot. R.Q.D.	DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (A.G.I. 1977)	PEN. kPa	TOR. kPa
0.10 0.50				Sabbia fine limosa nocciola, con copertura erbosa ed apparati radicali. Limo argilloso nocciola, con elementi di ghiaia media e fine. Sabbia fine limosa nocciola, con noduli di limo argilloso.		
0.60 0.90						
1.50				Limo argilloso grigio - nocciola, con screziature e punti di ossidazione ocre e punti di sostanze organiche vegetali.	400	>100
2.90		3.00		p.a. Limo argilloso marrone.	220	>100
3.30		3.30		p.b. Idem (Pen. 190 kPa; Tor. 80 kPa). Idem, con rarissimi frammenti millimetrici di cotto.	220	>100
4.40		4.50		Limo argilloso grigio.	180	>100
1.10		4.80		p.a. Idem.	350	>100
5.50		5.60		p.b. Idem, grigio scuro (Pen. 300 kPa; Tor. >100 kPa). Idem, con rare concrezioni carbonatiche millimetriche.	250	>100
6.30		6.00		Limo argilloso marrone, con screziature ocre e rare concrezioni carbonatiche millimetriche.	230	>100
7.00				Limo argilloso debolmente sabbioso grigio - marrone, con screziature e punti di ossidazione ocre e concrezioni carbonatiche millimetriche.	220	>100
7.60				Limo argilloso e sabbioso grigio - nocciola, con screziature ocre e punti di sostanze organiche vegetali.	300	>100
1.40				Sabbia fine e medio fine debolmente limosa marrone, grigio - nocciola da m 8.50.	270	>100
9.00				Sabbia fine e medio fine debolmente limosa grigia, limosa tra m 12.00 e m 12.50.		
3.50						
12.50				Sabbia media a tratti debolmente limosa grigia, con rarissimi elementi di ghiaia fine, presenti fino a m 17.00.		

Figura 12bis int – report sondaggio S1 realizzato nel 2015 da Geotecnica Veneta s.r.l.

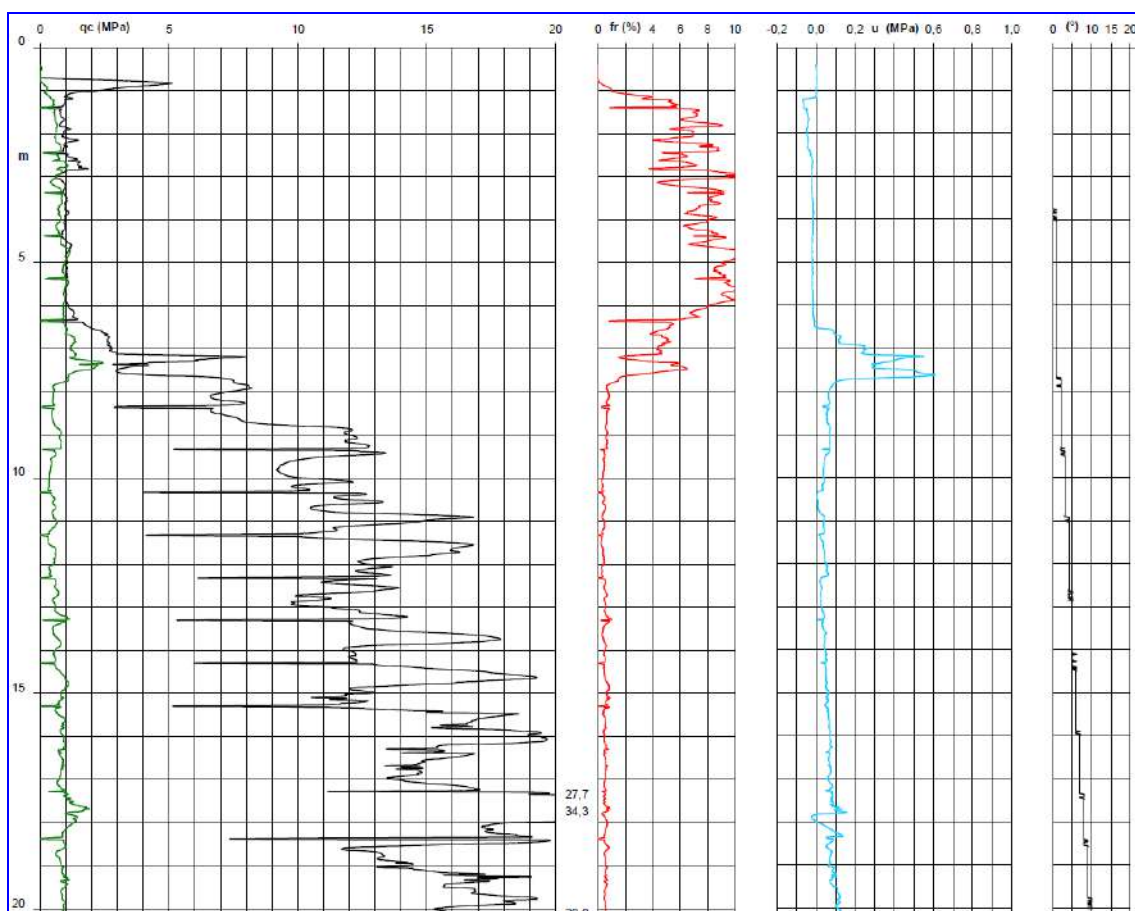


Figura 13bis int – report prova CPTu2 realizzata nel 2015 da Geotecnica Veneta s.r.l.

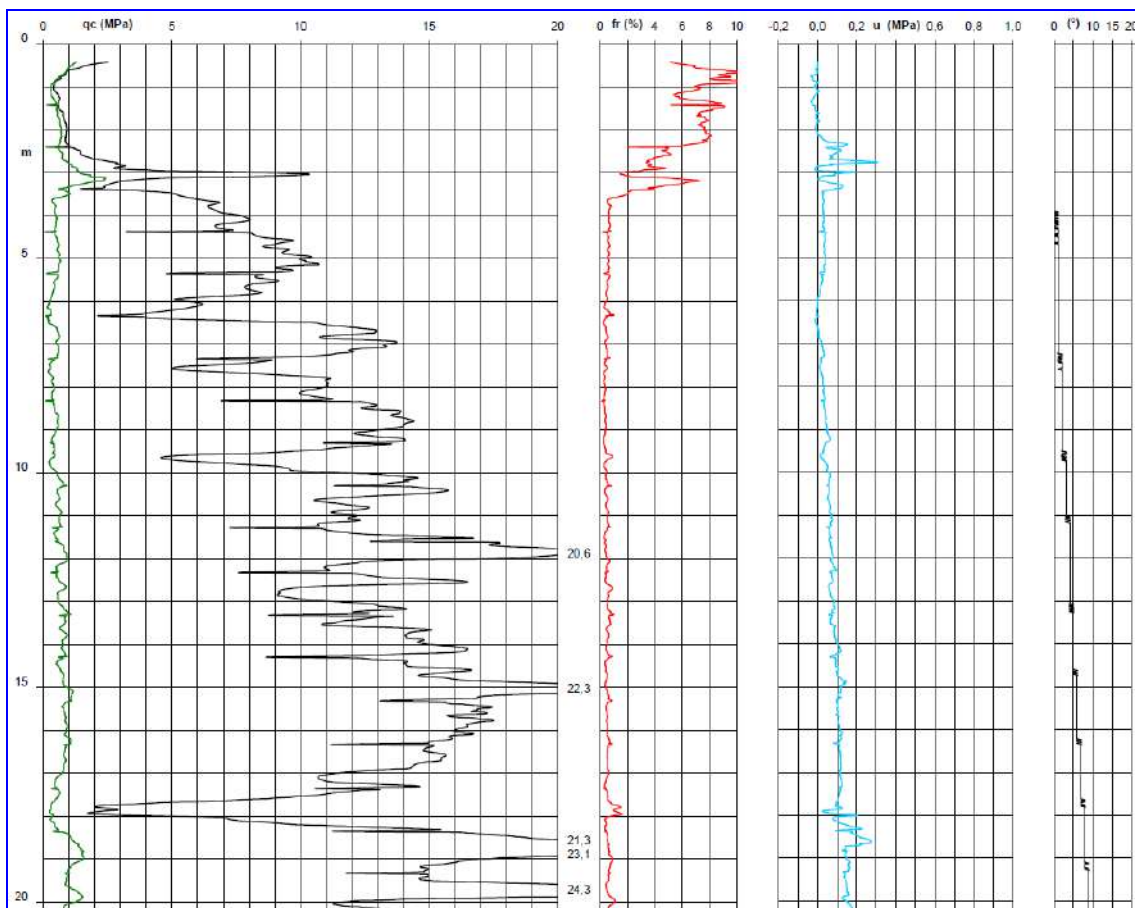


Figura 14bis int – report prova CPTu3 realizzata nel 2015 da Geotecnica Veneta s.r.l.

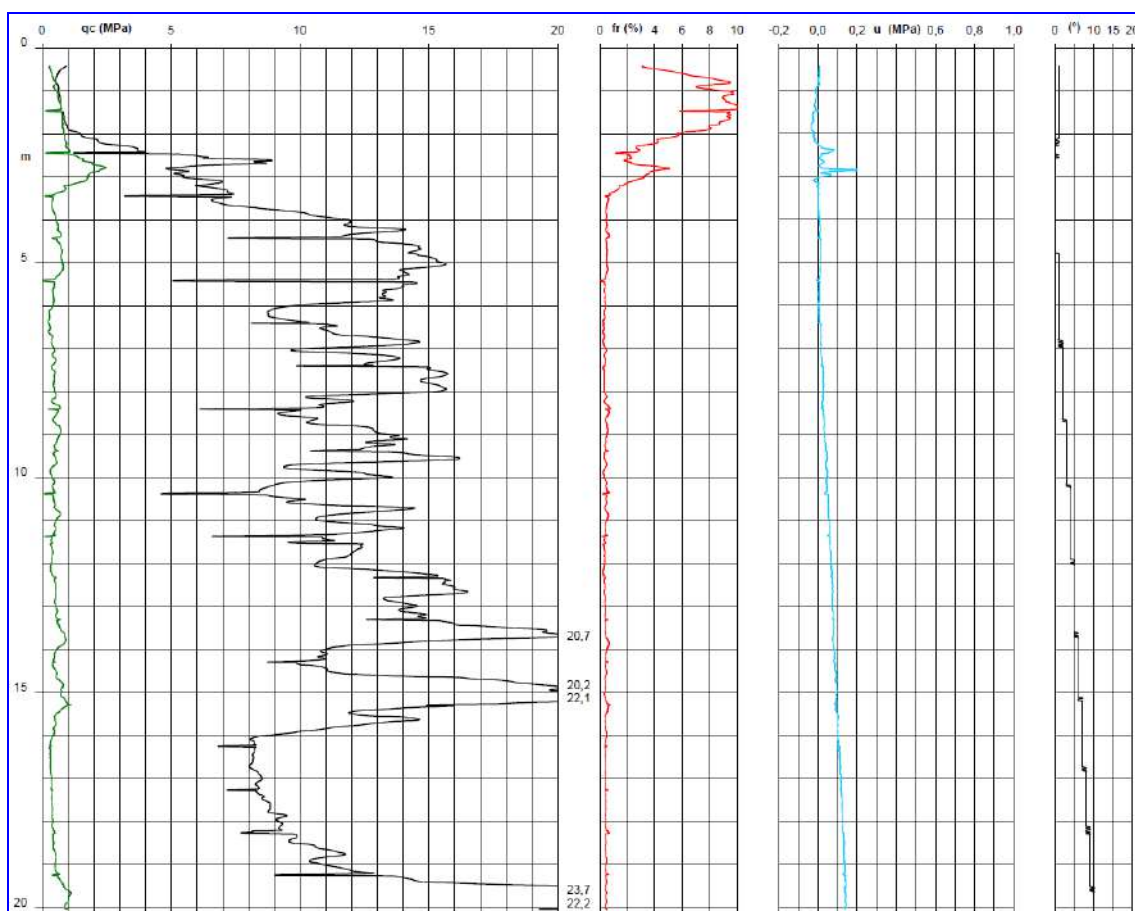


Figura 15bis int – report prova CPTu4 realizzata nel 2015 da Geotecnica Veneta s.r.l.

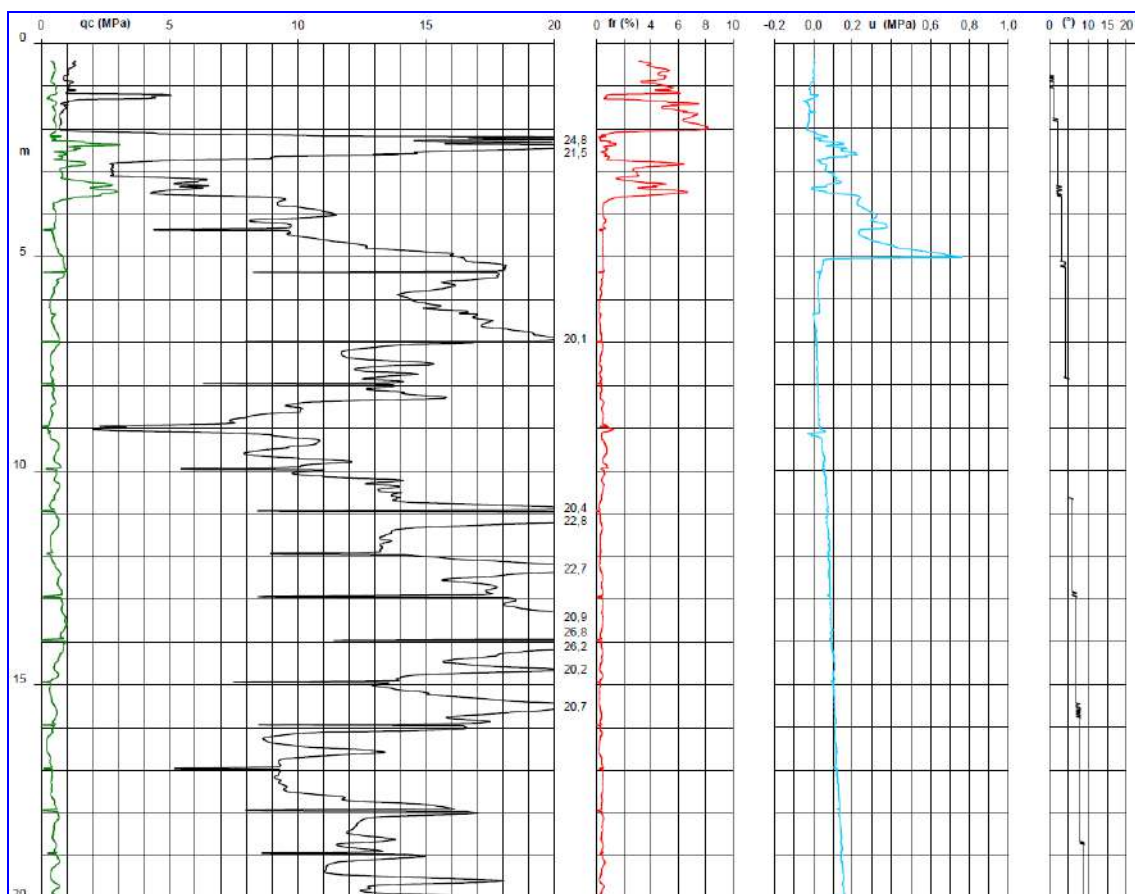


Figura 16bis int – report prova CPTu5 realizzata nel 2015 da Geotecnica Veneta s.r.l.

Al punto 2.3. sono state inoltre realizzate a supporto del presente elaborato (2025) n.1 stendimento geoelettrico, n.1 stendimento MASW, n.1 acquisizione HVSR e n.1 prova penetrometrica CPT. Le prove hanno permesso di ricostruire il profilo stratigrafico dell'argine e dei terreni sottostanti. Per una consultazione complessiva dei risultati delle indagini si rimanda alle schede allegate al presente elaborato.

Da quanto risulta dalla consultazione delle due campagne i risultati sono molto coerenti. Le prove più facilmente correlabili con quelle effettuate nel 2025 sono il sondaggio S1 e la CPTu2 perché eseguite tutte al di sopra dell'argine.

Da come si può notare tutte le indagini evidenziano, al di sotto di un primo strato compattato caratterizzato dal piano di calpestio e/o dalla massicciata stradale, la presenza di materiali limoso-argillosi fino alla quota di circa 7,60 metri da p.c. Al di sotto di tale profondità si manifestano terreni sabbiosi più o meno limosi fino al termine delle indagini avvenute ad una profondità massima di 30,00 metri da p.c. con il sondaggio S1.

Allo stesso modo, di seguito, vengono riportati gli stralci e un commento di confronto tra le indagini eseguite nel 2015 e il 2025 al punto 2.1.

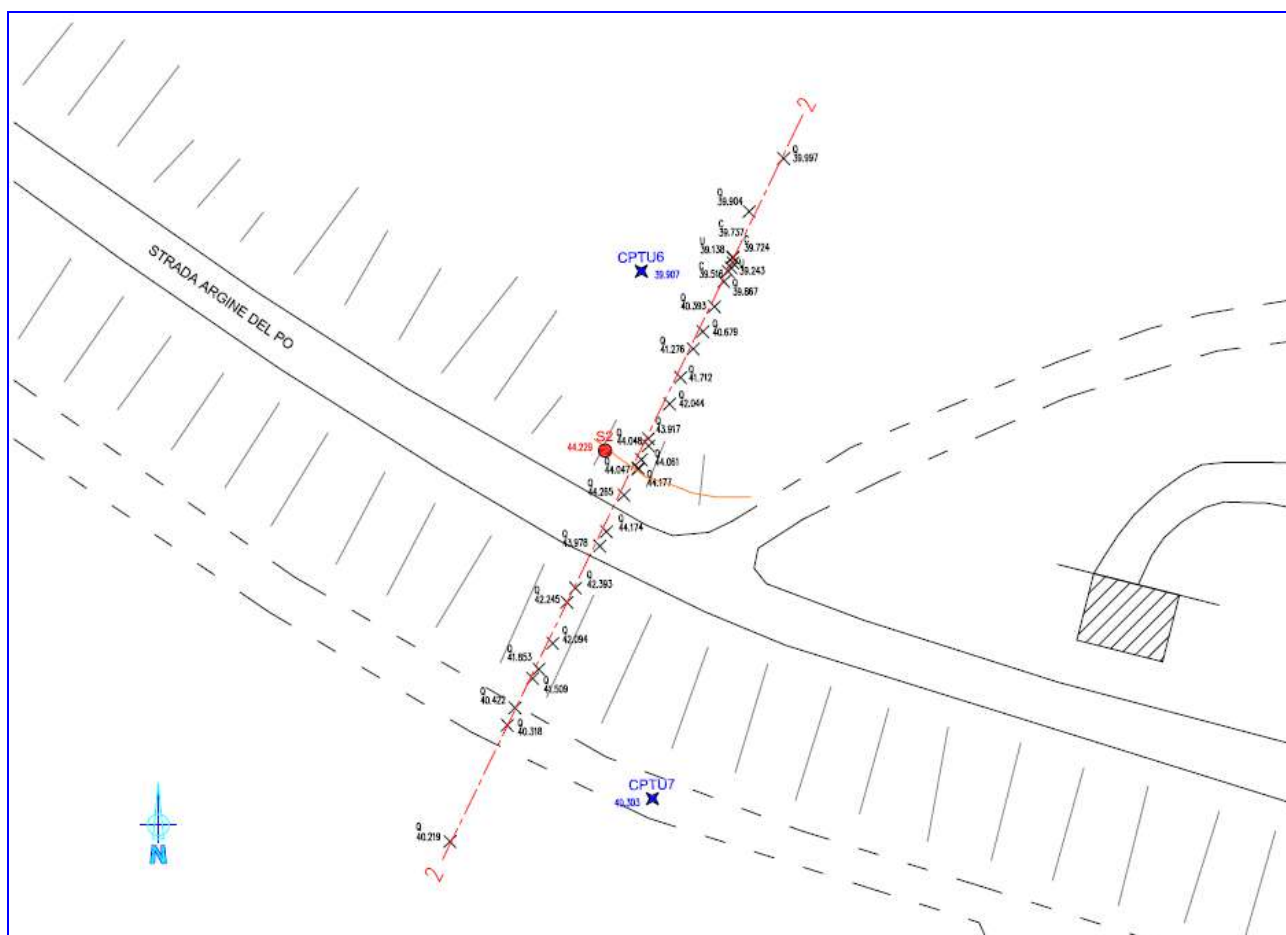


Figura 17bis int – carta delle indagini eseguita da Geotecnica Veneta s.r.l. nel 2015 al punto 2.1

Profondità in m.		Stratigrafia	Campioni		R.O.D.	DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (A.G.I. 1977)	PEN. kPa	TOR. kPa
Prog.	Parz.		Tipo	Num.				
0.20	0.20					Conglomerato bituminoso (asfalto). Ghiaia grossa e media subarrotondata e subangolare, con sabbia fine marrone; presente un livello di limo sabbioso marrone, con elementi di ghiaia fine tra m 0.50 e m 0.60. Sabbia media e fine debolmente limosa marrone, con alcuni elementi di ghiaia fine e media. Limo argilloso marrone, con elementi di ghiaia fine e media.		
0.40	0.40							
0.60	0.60							
1.10	1.10							
0.50	0.50							
2.00	2.00					Limo argilloso marrone, con rari elementi di ghiaia fine. p.a. Limo argilloso marrone. p.b. Idem, con punti di sostanze organiche vegetali (Pen. 160 kPa; Tor. 65 kPa). Limo argilloso marrone, con punti di ossidazione ocra e grigi.	270 300	>100 >100
3.00	3.00							
3.30	3.30							
5.30	5.30							
5.60	5.60							
6.20	6.20					p.a. Limo argilloso marrone. p.b. Limo argilloso grigio, con screziature ocra e concrezioni carbonatiche millimetriche (Pen. 360 kPa; Tor. >100 kPa). Limo argilloso a tratti debolmente sabbioso grigio, con screziature ocra e concrezioni carbonatiche millimetriche. Sabbia media e fine debolmente limosa marrone, con qualche punto di torba nella parte bassa ed un livelletto (cm 7) di limo argilloso e torboso marrone - grigio a m 7.90.	160 220 220 270 250	70 >100 >100 >100 >100
7.30	7.30							
9.30	9.30							
2.00	2.00							
2.70	2.70							
12.00	12.00					Sabbia media e medio grossa a tratti debolmente limosa grigia, con rarissimi elementi di ghiaia fine. Sabbia fine e media debolmente limosa grigia.	320 300	>100 >100
15.00	15.00							
3.00	3.00							
2.00	2.00							
2.70	2.70							

Figura 18bis int – report sondaggio S2 realizzato nel 2015 da Geotecnica Veneta s.r.l.

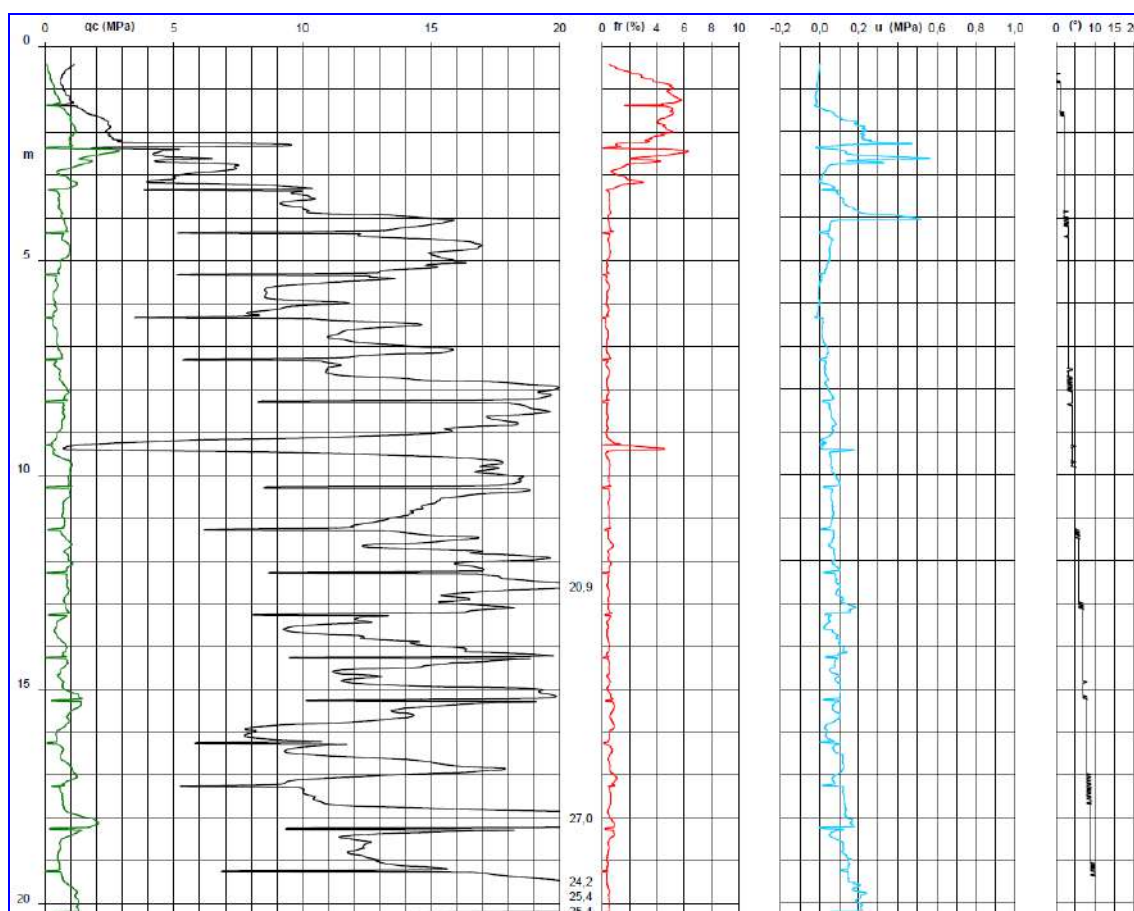


Figura 19bis int – report prova CPTu6 realizzata nel 2015 da Geotecnica Veneta s.r.l.

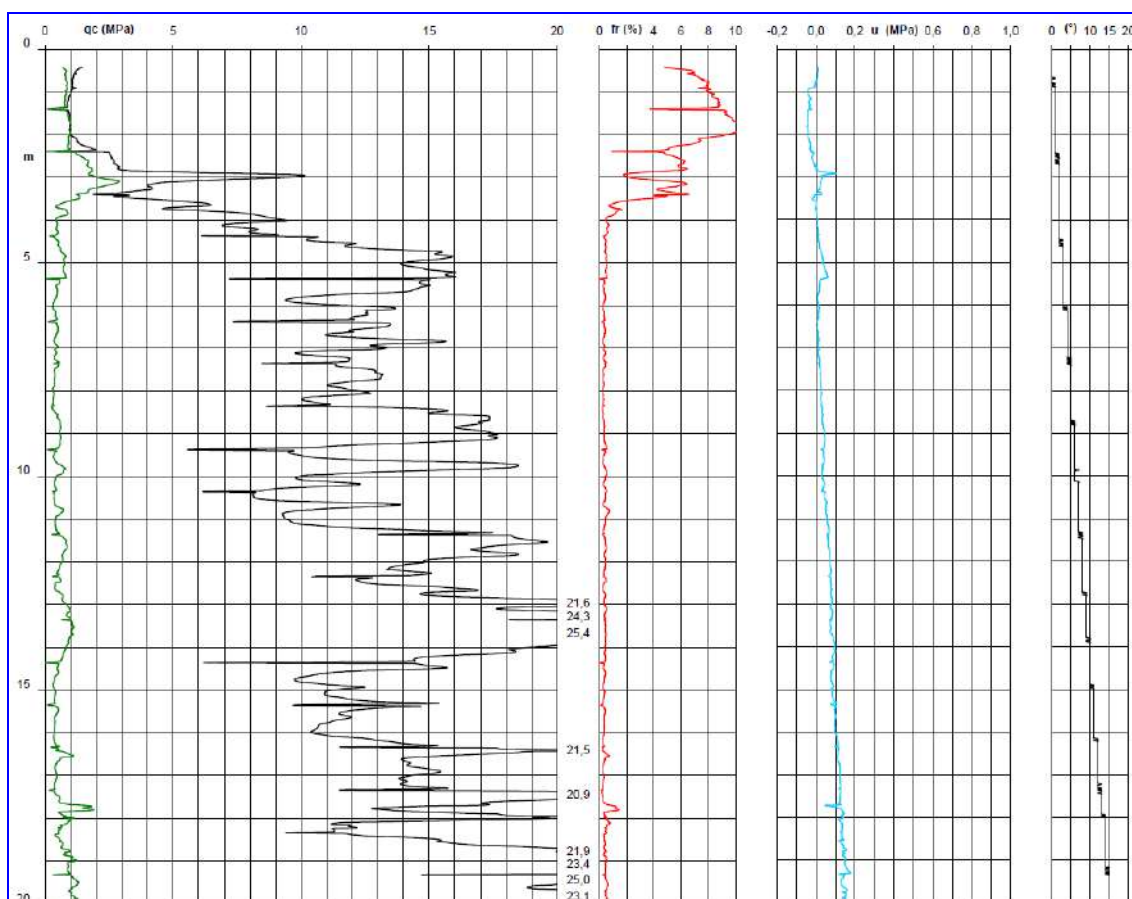


Figura 20bis int – report prova CPTu7 realizzata nel 2015 da Geotecnica Veneta s.r.l.

Al punto 2.1. sono state inoltre realizzate a supporto del presente elaborato (2025) n.1 stendimento geoelettrico, n.1 stendimento MASW, n.1 acquisizione HVSR e n.1 prova penetrometrica CPT. Le prove hanno permesso di ricostruire il profilo stratigrafico dell'argine e dei terreni sottostanti. Per una consultazione complessiva dei risultati delle indagini si rimanda alle schede allegate al presente elaborato.

Da quanto risulta dalla consultazione delle due campagne i risultati sono coerenti. Le prove più facilmente correlabili con quelle effettuate nel 2025 è il sondaggio S2 perché eseguite tutte al di sopra dell'argine.

Da come si può notare tutte le indagini evidenziano, al di sotto di un primo strato compattato caratterizzato dal piano di calpestio e/o dalla massicciata stradale, la presenza di materiali limoso-argillosi dalla quota di circa 6,60 metri fino a circa 7,60 metri da p.c. Al di sotto di tale profondità si manifestano terreni sabbiosi più o meno limosi fino al termine delle indagini avvenute ad una profondità massima di 30,00 metri da p.c. con il sondaggio S2.

8. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI COLORNO (Ced. Copermio)

Modello geomeccanico e litostratimetrico

Dall'analisi delle prove penetrometriche statiche realizzate nel corso della presente campagna geognostica ed in accordo con i dati acquisiti nel corso di precedenti studi, è stato possibile ricostruire il modello geomeccanico e litostratimetrico della porzione di sottosuolo di interesse.

Il sottosuolo è stato suddiviso in 3 intervalli, distinti essenzialmente sulla base dei differenti valori di resistenza meccanica riscontrati, oltre alla coltre di alterazione superficiale (Tabella 1-int).

I parametri geomeccanici riportati riassumono le principali caratteristiche geotecniche dei terreni e rappresentano la determinazione del loro valore caratteristico come stima cautelativa e ragionata del loro valore per lo stato limite ultimo (SLU) operata sulla base dell'interpretazione dei risultati delle prove in sito e delle misure effettuate (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

In particolare sono stati determinati:

- γ : peso dell'unità di volume del terreno;
- γ_{SAT} : peso dell'unità di volume del terreno (saturo);
- γ' : peso dell'unità di volume del terreno (alleggerito dalla spinta idrostatica);
- **Cu**: coesione non drenata nel caso di terreni a comportamento coesivo;
- Φ' : angolo di attrito efficace nel caso di terreni a comportamento granulare;
- **E**: modulo di deformazione edometrico (stimato da Mitchell e Gardner, 1975).

L'intervallo **(A)**, considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme, è caratterizzato da depositi limo argillosi mediamente consistenti con comportamento geomeccanico eminentemente coesivo; i valori di resistenza alla punta sono compresi mediamente tra i 20 ed i 30 kg/cm² con alti valori di attrito laterale.

(da -0,80 m fino a -9,20 metri dal piano campagna)

Natura coesiva

- γ : 1.80 t/m³ = 17.65 kN/m³
- γ_{SAT} : 1.90 t/m³ = 18.63 kN/m³
- γ' : 0.90 t/m³ = 8.83 kN/m³
- **Cu**: 0.80 kg/cm² = 78.45 kPa
- **E**: 50 kg/cm² = 4.90 MPa

L'intervallo **(B)**, considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme, è caratterizzato da un peggioramento delle proprietà geomeccaniche ed è costituito da depositi limo argillosi poco consistenti con comportamento geomeccanico eminentemente coesivo; i valori di resistenza alla punta si attestano mediamente intorno a 15 kg/cm² con alti valori di attrito laterale.

(da -9,20 m fino a -11,00 metri dal piano campagna)

Natura coesiva

- γ : $1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$
- γ_{SAT} : $1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$
- γ' : $0.90 \text{ t/m}^3 = 8.83 \text{ kN/m}^3$
- **Cu**: $0.65 \text{ kg/cm}^2 = 63.74 \text{ kPa}$
- **E**: $50 \text{ kg/cm}^2 = 4.90 \text{ MPa}$

L'intervallo **(C)** considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme è individuato al passaggio a depositi di natura granulare caratterizzati da sabbie sciolte con un variabile contenuto limoso. Le proprietà geomeccaniche vedono nel loro complesso valori di resistenza alla punta con mediamente intorno a 30 kg/cm^2 . I valori di attrito laterale variano in relazione al contenuto dei fini.

(da -11,00 m fino a -18,00 metri dal piano campagna)

Natura granulare

- γ : $1.70 \text{ t/m}^3 = 16.67 \text{ kN/m}^3$
- γ_{SAT} : $1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$
- γ' : $0.80 \text{ t/m}^3 = 7.85 \text{ kN/m}^3$
- Φ' : 30°
- **E**: $50 \text{ kg/cm}^2 = 4.90 \text{ MPa}$

Intervallo	Z _{min} (m)	Z _{max} (m)	γ (t/m³)	γ _{SAT} (t/m³)	γ'(t/m³)	Cu (kg/cm2)	Φ'	E (kg/cm²)
			γ(KN/m³)	γ _{SAT} (KN/m³)	γ'(KN/m³)	Cu (KPa)		E (MPa)
Suoli	0.00	0,80	---					
A	0,80	-9,20	1.80	1.90	0.90	0.80	---	50
			17.65	18.63	8.83	78.45		4.90
B	-9,20	-11,00	1.80	1.90	0.90	0.65	---	50
			17.65	18.63	8.83	63.74		4.90
C	-11,00	-18,00	1.70	1.80	0.80	---	30°	50
			16.67	17.65	7.85			4.90

Tabella 3bis-int Intervalli litologicamente e geomeccanicamente uniformi individuati

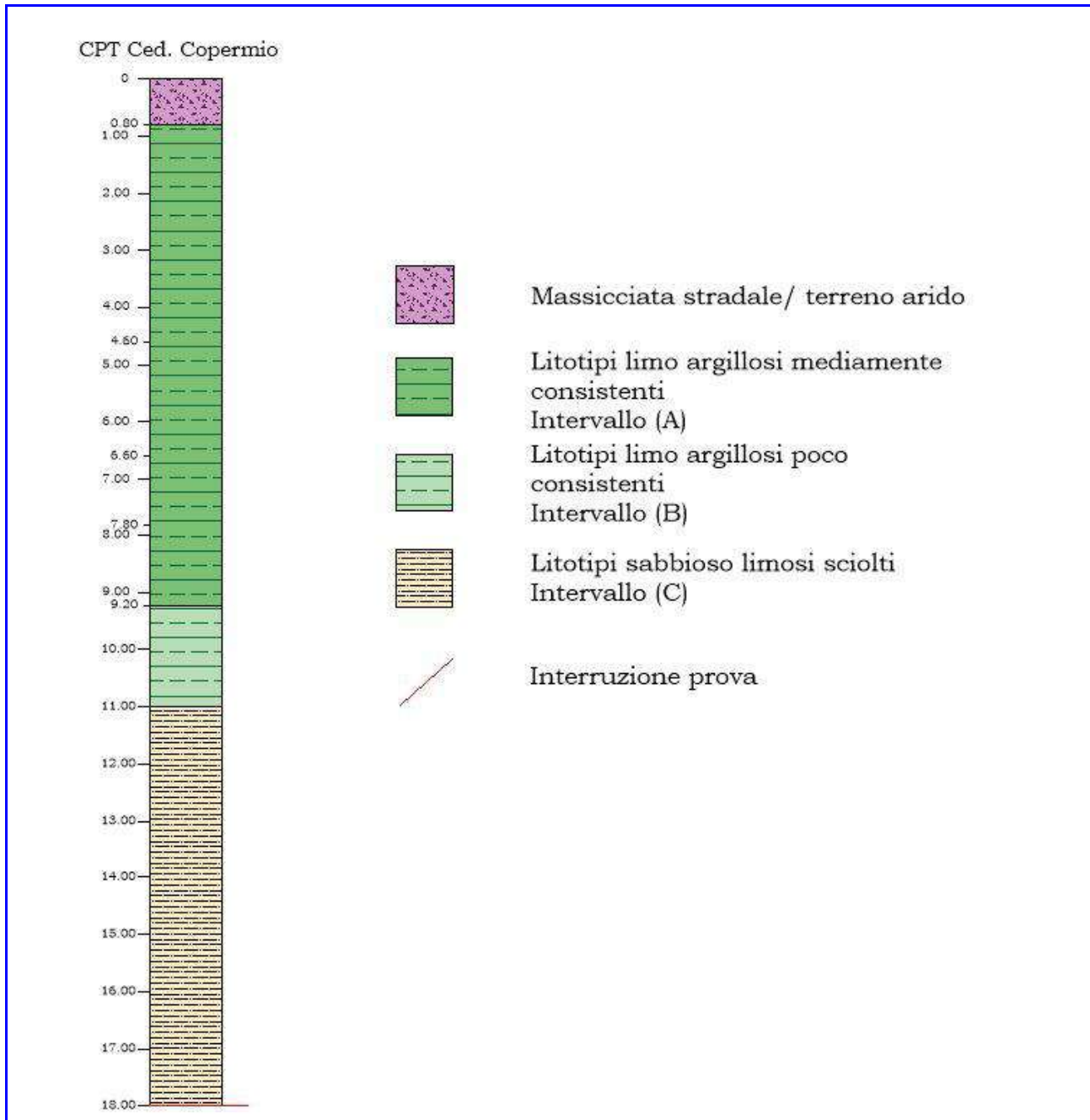


Figura 21bis int – Modello litostratimetrico locale

Qualora lo ritenga opportuno e sotto la propria completa responsabilità, il Progettista potrà utilizzare i parametri fisico-meccanici sopra riportati, desunti dalle risultanze dell'indagine geognostica svolta in sito, ai fini della definizione del modello geotecnico (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

Confronto con indagini pregresse - Copermio

In merito alle indagini eseguite lungo l'argine destro di Po e del t. Parma a Copermio era già stata effettuata una campagna geognostica (2009) finalizzata al ripristino dell'argine. Lo studio è stato effettuato da "Techgea Servizi – Geofisica Geologia Ambiente"

Durante la campagna era stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo di cui si riporta di seguito la stratigrafia.

o mm	R VI	LITOLOGIA	metri bat.	RP VI	Standard Penetration Test m	S.P.T. N	prof. m	DESCRIZIONE
			2 2.5 2 2.5 2 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20					Limo argilloso marrone-grigio, localmente con sabbia medio-fine e tracce di ghiaia angolare, ø max 5 cm. Debolmente umido.
							3.0	Limo marrone-grigio, con sabbia medio-fine. Da molto umido a saturo.
					4.5	4-5-6	3.9	Sabbia medio-fine, da limosa a con limo marrone-grigio tra 3.9-4.2m, marrone giallastro 4.2-4.5m e marrone rossastro 4.5-4.8m. Saturo.
							4.8	Limo argilloso marrone-grigio con screziature rossastre 4.8-5.3m e giallastre tra 5.3-6.0m, sabbioso medio-fine. Presenza di frequenti concrezioni calcaree. Umido.
							6.0	Limo argilloso marrone-grigio con screziature grigie e noduli nerastri. Presenza di rare concrezioni calcaree. Debolmente umido.
					7.5	4-6-8	7.7	Limo argilloso marrone giallastro, debolmente sabbioso fine. Umido.
							8.6	Limo argilloso grigio-azzurro con screziature verdastre, rare nerastre, sabbioso fine. Molto umido.
							11.2	Limo argilloso torboso grigio nerastro, verdastro tra 12.0-12.3m. Debolmente umido.
					12.0	3-8-16	12.3	Sabbia medio-fine debolmente limosa grigio-azzurro localmente medio-grossa con tracce di ghiaia fine, poligenica, arrotondata, ø max 1cm. Saturo.
							15.0	Sabbia medio-fine limosa grigio-azzurro chiaro. Saturo.
							17.0	Sabbia da medio-grossa a medio-fine, debolmente limosa grigio-azzurro, con tracce di ghiaia fine, ø max 1cm, poligenica, arrotondata. Saturo.
							19.2	Sabbia medio-fine, limosa grigio-azzurro chiaro. Presenza di livelli centimetrici di sabbia fine con limo. Saturo.
131			20				20.0	

Figura 22 int Stratigrafia sondaggio S1 realizzato nel 2009. Fonte: "campagna geognostica lungo l'argine destro dissestato del torrente parma finalizzata all'intervento di ripristino dell'opera" – Relazione Tecnica – Dott. Geol. Massimo Calafiore e Dott. Geol. Mario Naldi

Confrontando la CPT con il Sondaggio si possono trovare alcune marcate similitudini. Fino a 9.00 metri da p.c. (piano campagna) sono presenti limi argillosi mediamente consistenti, da 9.00 metri a circa 12.00 metri da p.c. sono presenti limi argillosi con debole presenza sabbiosa e da -11.00/12.00 metri entrano in gioco litotipi prevalentemente sabbioso-limosi.

Si rimanda anche al capitolo delle indagini geoelettriche (Cap. 9) per il confronto tra le vecchie (2009) e nuove (2025) indagini

9. TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA (ERT)

La tomografia di resistività elettrica, che viene indicata con l'acronimo ERT (Electrical Resistivity Tomography), è una tecnica diagnostica che consente di determinare la distribuzione di resistività elettrica nel sottosuolo a partire da un gran numero di misure di potenziale elettrico compiute mediante elettrodi posti sulla superficie del terreno. Lo scopo dell'investigazione è di ottenere più informazioni possibili sulle strutture del terreno (tipo di litologia, zone umide o sature, anomalie resistive attribuibili a cavità o a disomogeneità del terreno al di sotto degli edifici) e una visione d'insieme della zona interessata tramite l'uso di metodi non invasivi.

La maggior parte dei materiali presenta caratteri di conducibilità di tipo elettrolitico dato che, con le eccezioni di alcuni minerali metallici, quasi tutti i minerali sono isolanti. La conducibilità è dovuta quindi essenzialmente all'acqua interstiziale ed è in larga misura funzione della porosità, del contenuto d'acqua e della quantità di sali disciolti nell'acqua. La presenza di fluidi nel sottosuolo fa sì che rocce e terreni, attraversati dalla corrente, si comportino relativamente come dei buoni conduttori di elettricità; al contrario le strutture con scarso contenuto di fluidi come rocce asciutte non fratturate e cavità naturali o di natura antropica si comportano come dei cattivi conduttori, se non addirittura come degli isolanti.

Pertanto, le geometrie sepolte rispondono al flusso di corrente artificiale, immessa con diverse modalità, in funzione del parametro fisico che regola tale comportamento: la resistività elettrica ρ (Ohm·m).

La successiva Figura (Figura 23-int) mostra gli intervalli di resistività per alcuni litotipi, e, come è possibile osservare, spesso questi valori si sovrappongono, rendendo problematica la fase di identificazione della roccia. Inoltre, tali valori sono grosso modo indicativi e le reali correlazioni litologia-proprietà elettriche è bene siano controllate da "sondaggi di taratura" (indagini geognostiche dirette).

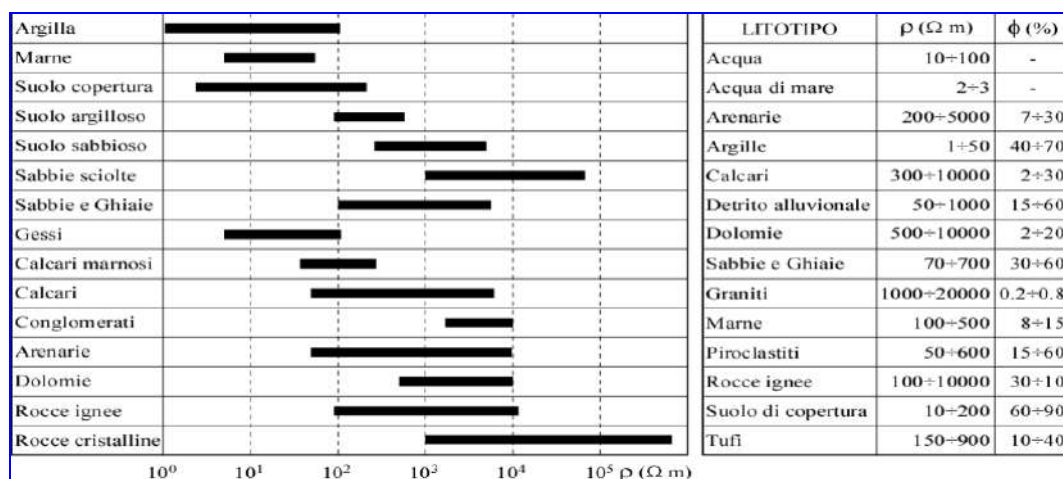


Figura 23 int Schema indicativo dei valori di resistività e porosità per vari materiali

Nella presente campagna, le indagini sono state effettuate realizzando una stesa direzione circa est-ovest di 117.5 m in cui gli elettrodi, in numero totale di 48, presentano un'interdistanza di 2.5 m. Gli elettrodi sono stati poi accoppiati con un GEORESISTIVIMETRO AMBROGEO mod. MANGUSTA SYSTEM MC 48E, acquisitore digitale modulare per prospezione geoelettrica multielettrodo.

Il georesistivimetro è dotato di un sistema di gestione automatica degli elettrodi, in grado cioè di commutare gli elettrodi disposti lungo la sezione da investigare in elettrodi di immissione di corrente (punti di energizzazione del terreno) e in elettrodi di misura del potenziale elettrico con tutte le possibili combinazioni quadripolari. In questo caso si è scelto di eseguire tutte le analisi con combinazione quadripolare di tipo Wenner (Figura 24-int).

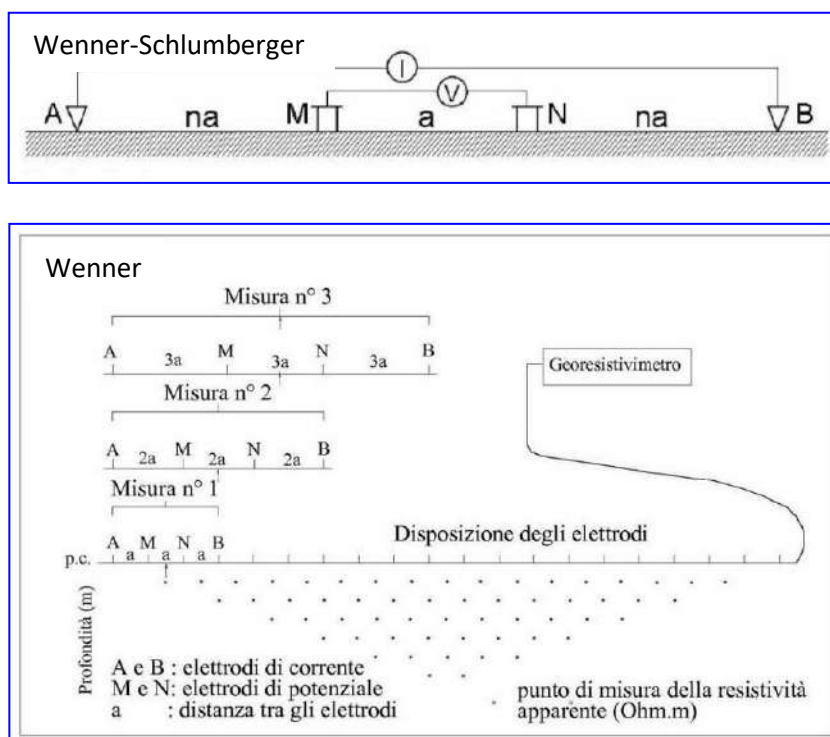


Figura 24 int Combinazione quadripolare di tipo Wenner-Schlumberger e Wenner.



Figura 25 int Report fotografico dell'acquisizione ERT

Risultati e considerazioni

Nell'ambito delle verifiche geotecniche e geofisiche sugli argini del fiume Po (polesine Zibello) e del torrente Parma (Copermio), soggetti a fenomeni di cedimento localizzato o diffuso, sono state eseguite complessivamente **7 prospezioni geoelettriche** (ERT – Electrical Resistivity Tomography), in corrispondenza di tratti arginali segnalati come potenzialmente instabili.

Le indagini, realizzate prevalentemente lungo la sommità degli argini (stese longitudinali) e in un caso (Copermio) anche in direzione ortogonale (stesa trasversale), hanno indagato profondità comprese tra circa **10 e 20 m dal piano campagna**, utilizzando configurazioni Wenner o Wenner-Schlumberger.

Mediamente l'assetto geoelettrico mostra in generale una **stratigrafia ricorrente**:

- **Zona superficiale** (0–2/2,5 m): valori di resistività medio-alti ($>50\text{--}60\ \Omega\cdot\text{m}$), associabili a terreni sciolti o parzialmente asciutti, spesso ghiaiosi o sabbiosi, talvolta con parziale drenaggio superficiale;
- **Zona intermedia** (variabile tra 2 e 7–12 m): fascia continua a **bassa resistività** ($7\text{--}40\ \Omega\cdot\text{m}$, più frequentemente $10\text{--}30\ \Omega\cdot\text{m}$), interpretabile come depositi limoso-argillosi saturi o a elevato contenuto d'acqua interstiziale e deformabili, costituente il nucleo principale dell'argine;
- **Zona basale**: valori di resistività medi o medio-alti ($40\text{--}300\ \Omega\cdot\text{m}$), riconducibili a sedimenti sabbiosi o ghiaiosi più o meno sabbiosi, potenzialmente più permeabili.

In diversi casi il limite tra la zona superficiale e quella intermedia presenta un andamento **irregolare e ondulato**, localmente ribassato nelle aree in cui sono stati segnalati cedimenti, suggerendo possibili fenomeni di deformazione interna o cedimento differenziale. Il contatto tra zona intermedia e basale risulta invece nella maggior parte dei casi regolare e lineare, coerente con un contatto stratigrafico più stabile.

Per una descrizione dettagliata di ogni singola tomografia si rimanda alle schede allegate alla presente relazione

Confronto con indagini pregresse - Copermio

In merito alle indagini eseguite lungo l'argine destro di Po e del t. Parma a Copermio era già stata effettuata una campagna geognostica (2009) finalizzata al ripristino dell'argine. Lo studio è stato effettuato da "Techgea Servizi – Geofisica Geologia Ambiente"

Durante la campagna erano state eseguite due tomografie elettriche una longitudinale e una trasversale allo sviluppo dell'argine in posizione simile a quelle effettuate in questo caso e un sondaggio a carotaggio continuo.

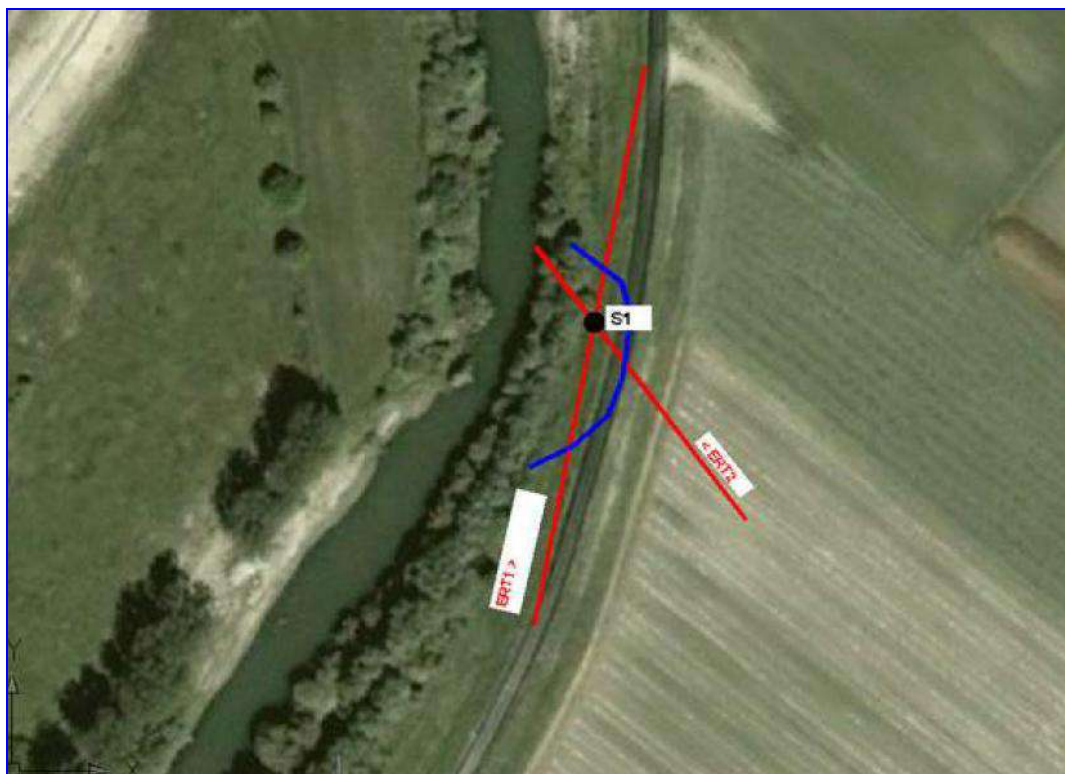


Figura 26 int Report fotografico dell'ubicazione delle prove avvenuta nel 2009. Fonte: "campagna geognostica lungo l'argine destro dissestato del torrente parma finalizzata all'intervento di ripristino dell'opera" – Relazione Tecnica – Dott. Geol. Massimo Calafiore e Dott. Geol. Mario Naldi

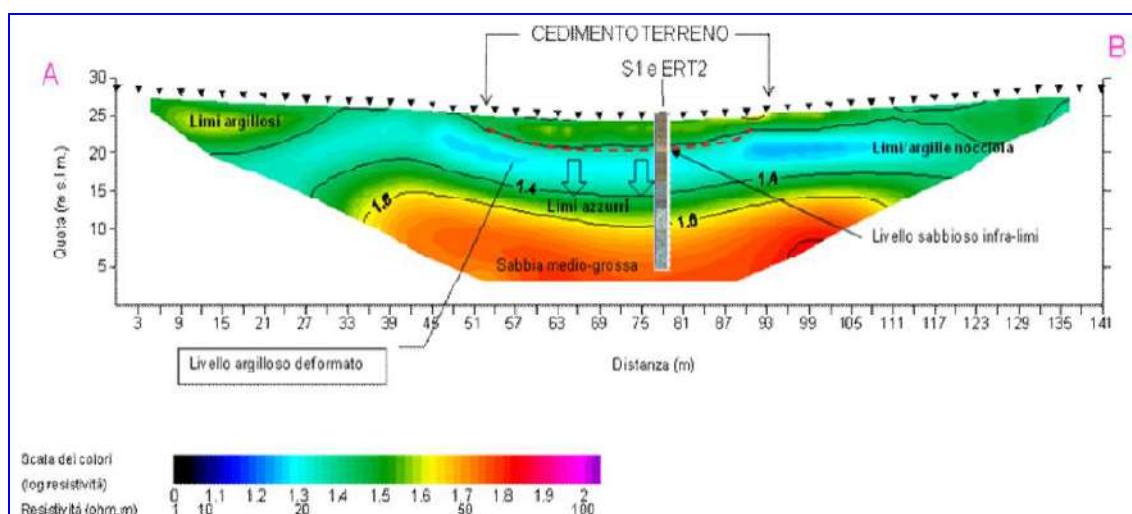


Figura 27 int Sezione tomografica ERT 1 realizzata nel 2009. Fonte: "campagna geognostica lungo l'argine destro dissestato del torrente parma finalizzata all'intervento di ripristino dell'opera" – Relazione Tecnica – Dott. Geol. Massimo Calafiore e Dott. Geol. Mario Naldi

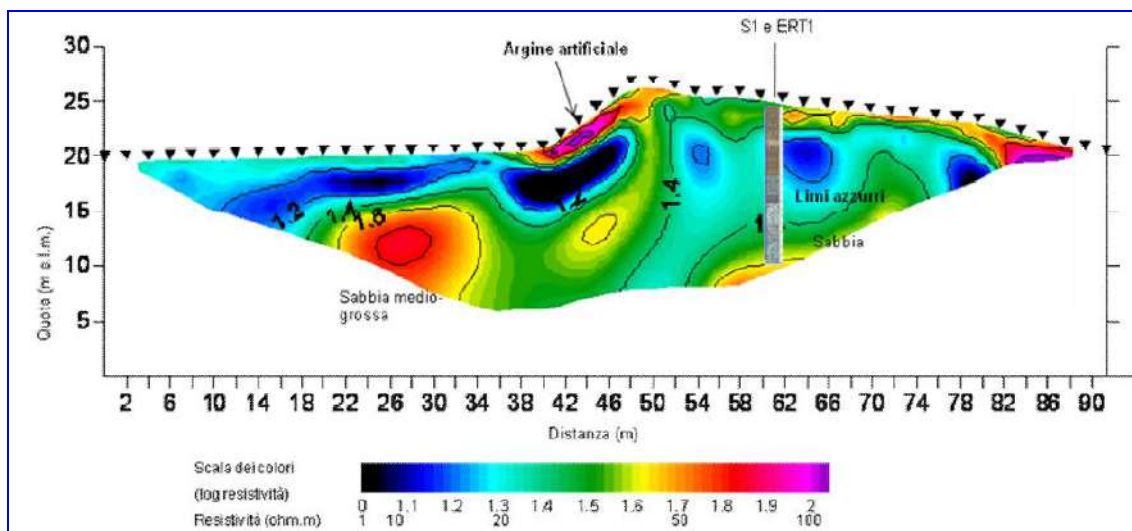


Figura 28 int Sezione tomografica ERT 2 realizzata nel 2009. Fonte: “campagna geognostica lungo l’argine destro dissestato del torrente parma finalizzata all’intervento di ripristino dell’opera” – Relazione Tecnica – Dott. Geol. Massimo Calafiore e Dott. Geol. Mario Naldi

Di seguito vengono invece riportate le indagini svolte durante la presente campagna. Per una descrizione dettagliata si rimanda alla scheda allegata.

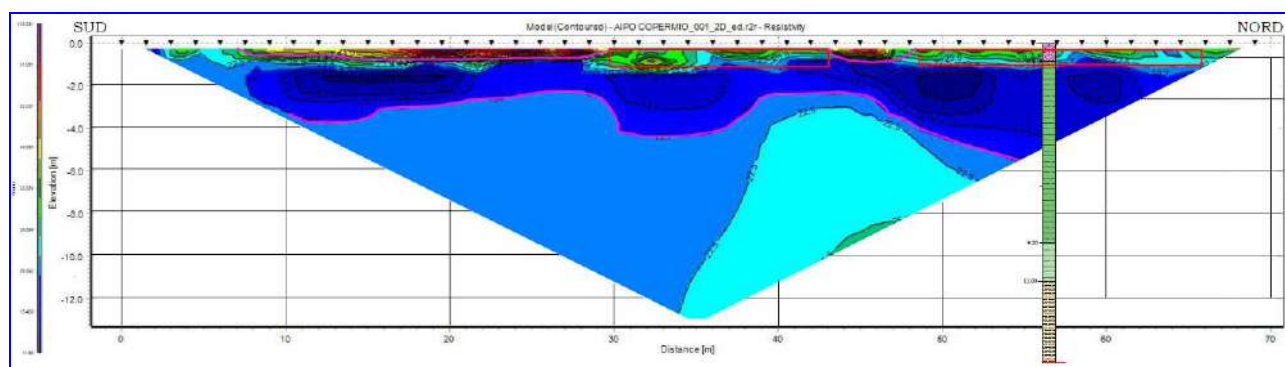


Figura 29 int Sezione tomografica ERT longitudinale all’argine

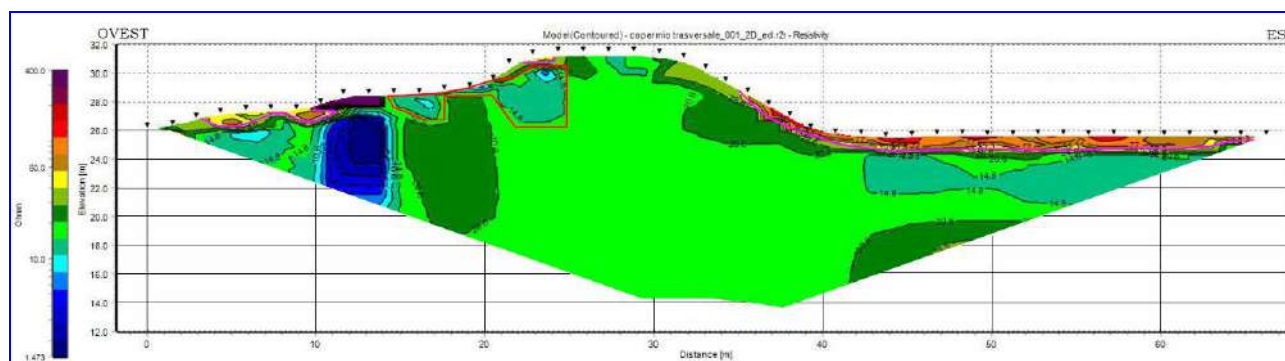


Figura 30 int Sezione tomografica ERT trasversale all’argine

Confrontando le indagini ERT pregresse con quelle odierne si possono evidenziare alcune similitudini ma anche alcune differenze. Per quanto riguarda le tomografie longitudinali si può notare come le sezioni si possano suddividere orizzontalmente, in maniera stratiforme. Seppur con valori di resistività leggermente differenti che possono essere dovuti ad un parziale rifacimento dell’argine, compattazione e saturazione diversa dei terreni. Si possono quindi individuare zone a comportamento simile: una porzione superficiale più resistiva, una centrale

meno resistiva e una basale leggermente più resistiva fino al raggiungimento delle porzioni più sabbiose.

Per quanto riguarda la sezione trasversale, tolta la presenza delle palancole non presenti nel 2009, è visibile una lente a più bassa resistività in entrambe le sezioni (evidenziata in rosso nella sezione trasversale del 2025) che potrebbe indicare un detensionamento della zona soggetta a cedimenti. La differenza di resistività, oltre alla presenza delle palancole, può sempre essere attribuibile al parziale rifacimento del tratto arginale, alla sua successiva compattazione e al suo grado di saturazione.

Si rimanda anche al capitolo sulle indagini geotecniche dove le prova CPT (2025) e il sondaggio (2009) presentano similitudini marcate.

PARTE II – STUDIO SISMICO**10. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO**

[tratto da Studio di Microzonazione sismica (primo e secondo livello di approfondimento)
Gennaio 2015 – aggiornato e parzialmente modificato]

Zonizzazione sismogenetica

Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata "ZS9" (Figura 31 int.), a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004, che prevede una suddivisione in 36 zone, i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico-strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.). Essa risulta estremamente importante per gli studi pianificazione territoriale e, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.

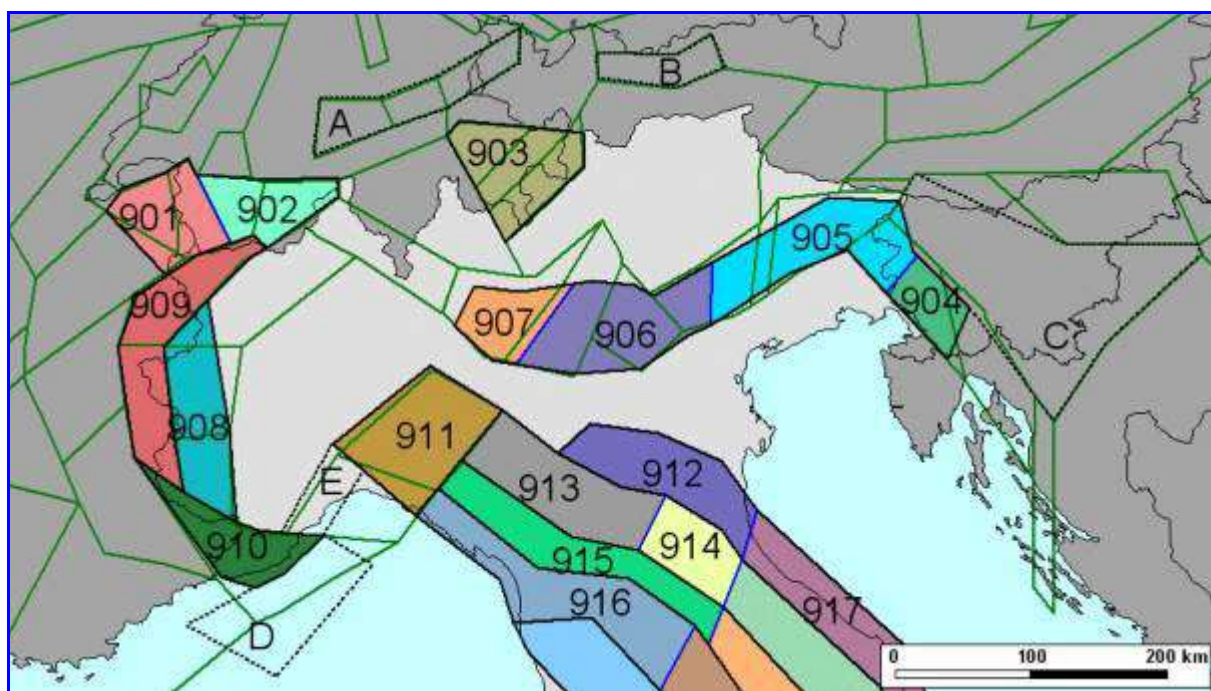


Figura 31 int – Stralcio della zonizzazione sismogenetica ZS9

Più specificatamente, il territorio di studio non ricade in nessuna zona sismogenetica.

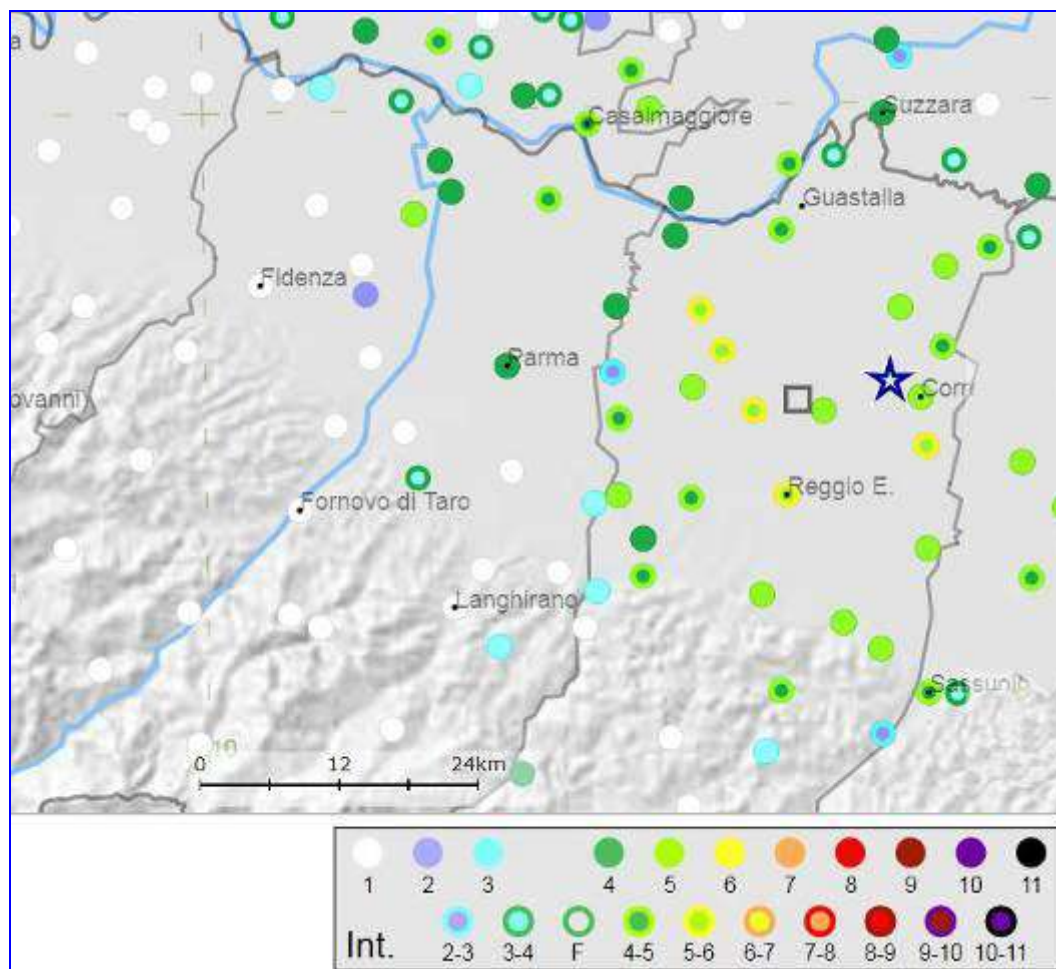


Figura 32 int – Principali terremoti in Emilia -Romagna dall'anno 1.000 d.c. al 1990 con indicazione della magnitudo

Sismicità del territorio

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità evidenziando, sia la distribuzione spaziotemporale degli eventi, sia le caratteristiche di intensità degli stessi, seguita da una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

L'appennino nord – occidentale è caratterizzato da una sismicità da moderata a media, che si manifesta principalmente lungo le zone di accavallamento frontale del margine appenninico e secondo una fascia con direttrice appenninica che, dalla zona di Varzi, si estende quasi con continuità sino a Borgo Val di Taro e alla Lunigiana, proseguendo poi verso strutture del *graben* della Garfagnana. Allineamenti di terremoti si trovano anche lungo lineamenti trasversali alle due fasce longitudinali e sembrano quasi collegarle; particolarmente evidente è la distribuzione di sismi lungo la Val Parma e la Val Taro.

La storia sismica comunale è stata dedotta da DBMI15 la versione 2021 del Database Macrosismico Italiano (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al Comune di Polesine Zibello, Sissa Trecasali e Colorno.

Essa è riassunta nella Tab. 2 int, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito ($I_s > III$ grado della scala MCS), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno, il mese, il giorno, l'ora e il minuto in cui si è verificato, la denominazione dell'area dei maggiori effetti (Area Epicentrale), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_0) e la magnitudo momento (M_w).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5		1991	10	31	09	31	1 Emilia occidentale	134	5	4.33
4		1887	02	23	05	21	5 Liguria occidentale	1511	9	6.27
3-4		1989	09	13	21	54	0 Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
NF		1986	12	06	17	07	1 Ferrarese	604	6	4.43
NF		2000	06	18	07	42	0 Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF		2002	11	13	10	48	0 Franciacorta	768	5	4.21

Tab. 4 int – Estratto dei massimi eventi sismici verificatisi nella località di Polesine Parmense reperiti dall'Archivio DBMI15

Dalla lettura di tabella si evidenzia che il massimo evento sismico censito ed osservato a Polesine Parmense si è verificato il 31 ottobre 1991 con un'intensità al sito del V grado della scala MCS con epicentro nell'Emilia Occidentale a cui è stata attribuita una magnitudo Mw pari a 4.33.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7		1971	07	15	01	33	2 Parmense	228	8	5.51
6		1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
6		1983	11	09	16	29	5 Parmense	850	6-7	5.04
5-6		1653	04	19	04	15	Reggiano	4	5-6	4.40
5-6		2012	01	25	08	06	3 Pianura emiliana	25	5-6	4.98
5		1886	10	15	02	20	Collecchio	44	6	4.70
4-5		1887	02	23	05	21	5 Liguria occidentale	1511	9	6.27
4-5		1988	03	15	12	03	1 Reggiano	160	6	4.57
4-5		1996	10	15	09	55	5 Pianura emiliana	135	7	5.38
4-5		2000	06	18	07	42	0 Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4		1937	09	17	12	19	0 Parmense	34	7	4.77
4		1961	08	13	22	34	1 Parmense	22	5-6	4.37
4		1961	08	14	01	03	0 Parmense	14	5-6	4.47
F		1857	02	01			Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11
3-4		1989	09	13	21	54	0 Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
3		1906	08	25	03	11	Parmense	31	5	4.25
2		1930	10	26	07	14	Appennino tosco-emiliano	14	4	4.21
1-2		1995	10	10	06	54	2 Lunigiana	341	7	4.82
NF		1986	12	06	17	07	1 Ferrarese	604	6	4.43
NF		1989	10	03	09	41	3 Appennino parmense	91	4	4.04
NF		1991	10	31	09	31	1 Emilia occidentale	134	5	4.33
NF		1996	10	26	04	56	5 Pianura emiliana	63	5-6	3.94
NF		1996	11	25	19	47	5 Pianura emiliana	65	5-6	4.29
NF		1996	12	16	09	09	5 Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF		1998	02	21	02	21	1 Pianura emiliana	104	5	3.93

Tab. 4bis int – Estratto dei massimi eventi sismici verificatisi nella località di Colorno reperiti dall'Archivio DBMI15

Dalla lettura di tabella si evidenzia che il massimo evento sismico censito ed osservato a Sissa Trecasali si è verificato il 15 luglio 1971 con un'intensità al sito del VI-VII grado della scala MCS con epicentro nel Parmense a cui è stata attribuita una magnitudo Mw pari a 5.51.

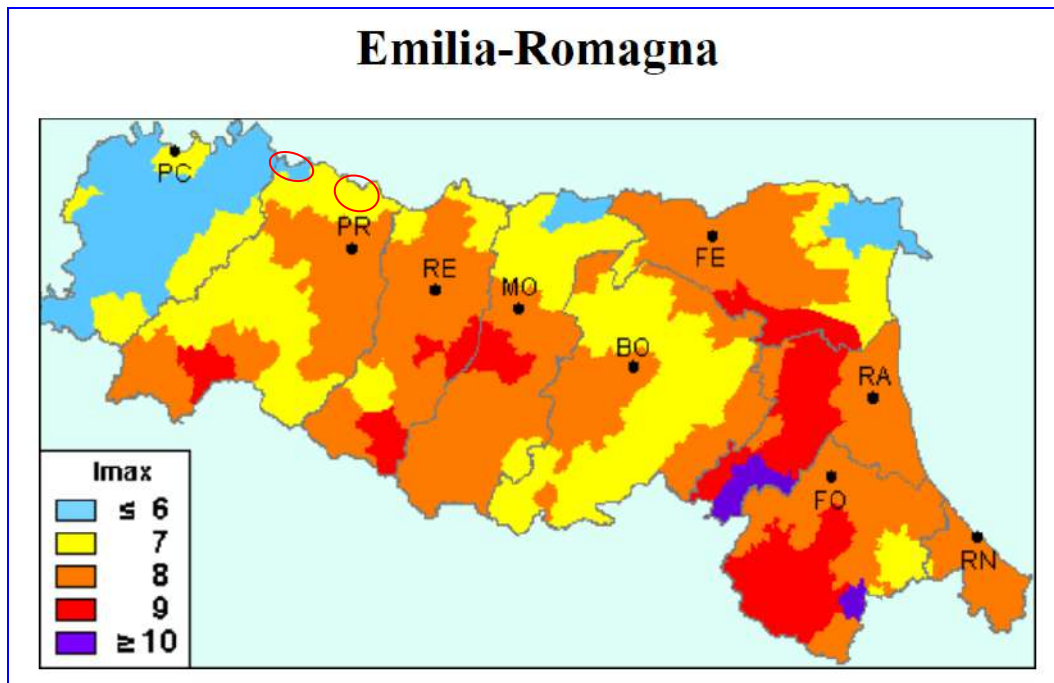


Figura 33 int – Carta della massima intensità macrosismica osservata nei comuni dell'Emilia Romagna

Classificazione sismica comunale

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'All. 1, punto 3 dell'OPCM 3274/2003, utilizzando e aggiornando la precedente proposta nel 1998. La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta ($S=12$), media ($S=9$) e bassa ($S=6$), contemplati nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione. Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche. In questo modo ad ogni area del territorio nazionale è stato attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a_g]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.225
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	2.810
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	2.185

La classificazione vigente identifica i **Comuni di Polesine Zibello e Colorno** in **zona 3** (Fig. 34), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra $0,05 \cdot g$ e $0,15 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

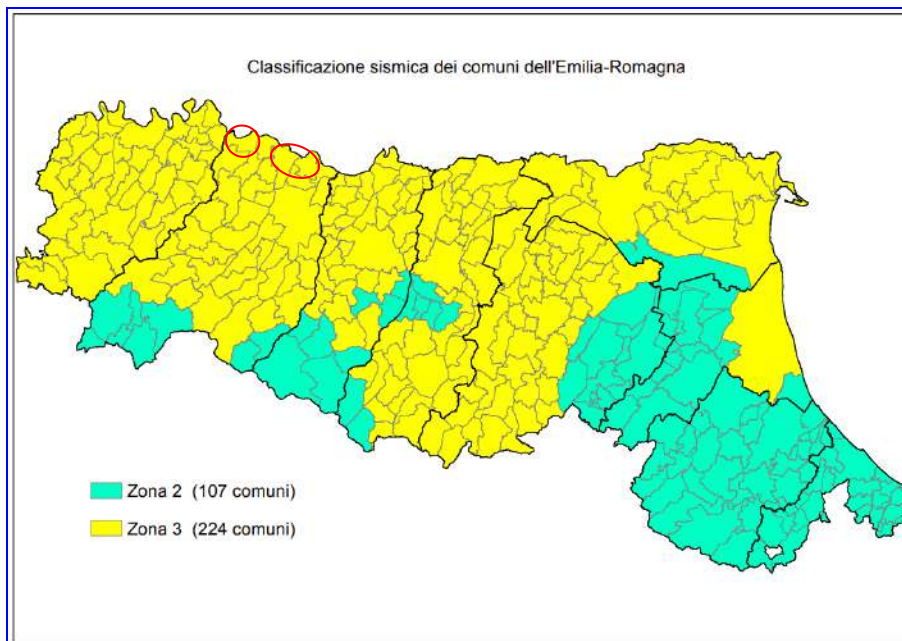


Figura 34 int – Nuova classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna

L'elaborazione dei parametri della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta da INGV (2004) e riportata nell'OPCM 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", identifica, per la fascia territoriale in oggetto, valori di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresi tra 0,075 g e 0,125 g (ricavato dalle mappe interattive di pericolosità sismica dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia – INGV. Figura 35 int.).

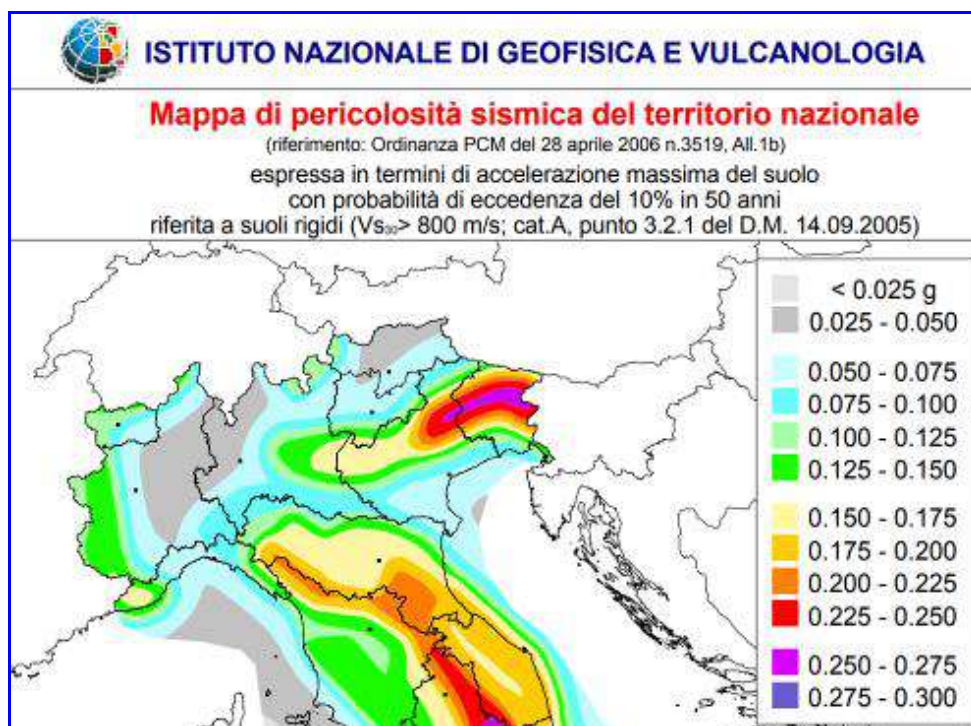


Figura 35 int – Mappa di pericolosità sismica ricavata dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia

11. AZIONE SISMICA

Premessa

L'attuale filosofia di progettazione prestazionale richiede l'analisi della risposta di un sistema a più terremoti di diversa intensità; il sistema deve soddisfare requisiti minimi di sicurezza rispetto agli stati limite di funzionalità e collasso, per ciascuno degli eventi considerati. Generalmente si prescrive una duplice verifica, con riferimento a due peculiari eventi sismici, differenti tra loro per "probabilità di occorrenza":

- un terremoto "probabile" (L_1), caratterizzato da un'intensità che ha una probabilità di eccedenza (P_1) in un arco temporale (T_s) correlato alla durata del sistema in esame;
- un terremoto "severo" e "poco probabile" (L_2), caratterizzato da una intensità che, nello stesso periodo di riferimento (T_s), ha una probabilità di eccedenza (P_2) più bassa.

Tipicamente il terremoto di riferimento L_1 è definito come l'evento che ha una probabilità di eccedenza del 50 % durante la vita nominale del sistema, mentre quello di livello L_2 corrisponde ad una probabilità di eccedenza del 10 %.

Nell'ambito della progettazione devono essere chiaramente definite, per l'opera in esame, le prestazioni che devono essere soddisfatte, come grado di danno ammissibile per i differenti terremoti di progetto. I tre gradi di danno individuabili (Tabella 3-int) in relazione ai terremoti di differente livello (L_1 ed L_2) concorrono nel definire tre classi di prestazione (Tabella 4-int).

Parametri di riferimento rigido orizzontale

Al fine di poter definire le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, deve essere valutata la **"pericolosità sismica di base"** del sito di costruzione.

Questa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A – si veda paragrafo successivo), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **$S_e(T)$** .

Ai fini dell'applicazione del D.M. 17/01/2018, sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV, sono stati definiti, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{VR}), i valori dei parametri di sito necessari per determinare le forme spettrali di progetto.

Tali parametri sono:

- **a_g** accelerazione orizzontale massima sul sito;
- **F_0** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **T_c^*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Essi dipendono da:

- **LON** longitudine del sito oggetto di studio;
- **LAT** latitudine del sito oggetto di studio;
- **V_R** **periodo di riferimento:** definisce un intervallo temporale al quale devono essere rapportate le azioni sismiche su ciascuna costruzione.

$$V_R = V_N \times C_U;$$

- **V_N** **vita nominale** dell'opera in progetto, cioè numero di anni nel corso dei quali l'opera deve poter essere usata per lo scopo per la quale è destinata, essendo soggetta alla ordinaria manutenzione
- **C_U** **coefficiente d'uso** è definito al variare della classe d'uso dell'opera che a sua volta suddivide le costruzioni in relazione alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso dell'opera

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

Vita nominale V_N per diversi tipi di opere (D.M. 17/01/2018 – Tabella 2.4.I)

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	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 <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	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 novembre 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.

Classi di costruzioni secondo il D.M. 17/01/2018

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

Valori del coefficiente d'uso C_U (D.M. 17/01/2018 – Tabella 2.4.II)

Sulla base dei valori di progetto e dei siti di riferimento, sono di seguito riportati i parametri di sito da considerare al fine della determinazione delle forme spettrali da utili per la definizione dell'azione sismica di progetto. Considerata la prossimità dei tratti situati all'interno dei tre comuni, nelle tabelle seguenti sono indicati i valori medi rappresentativi, suddivisi per macro siti.

Per i valori specifici di ciascun sito si rimanda alle tavole XXa-XXI.

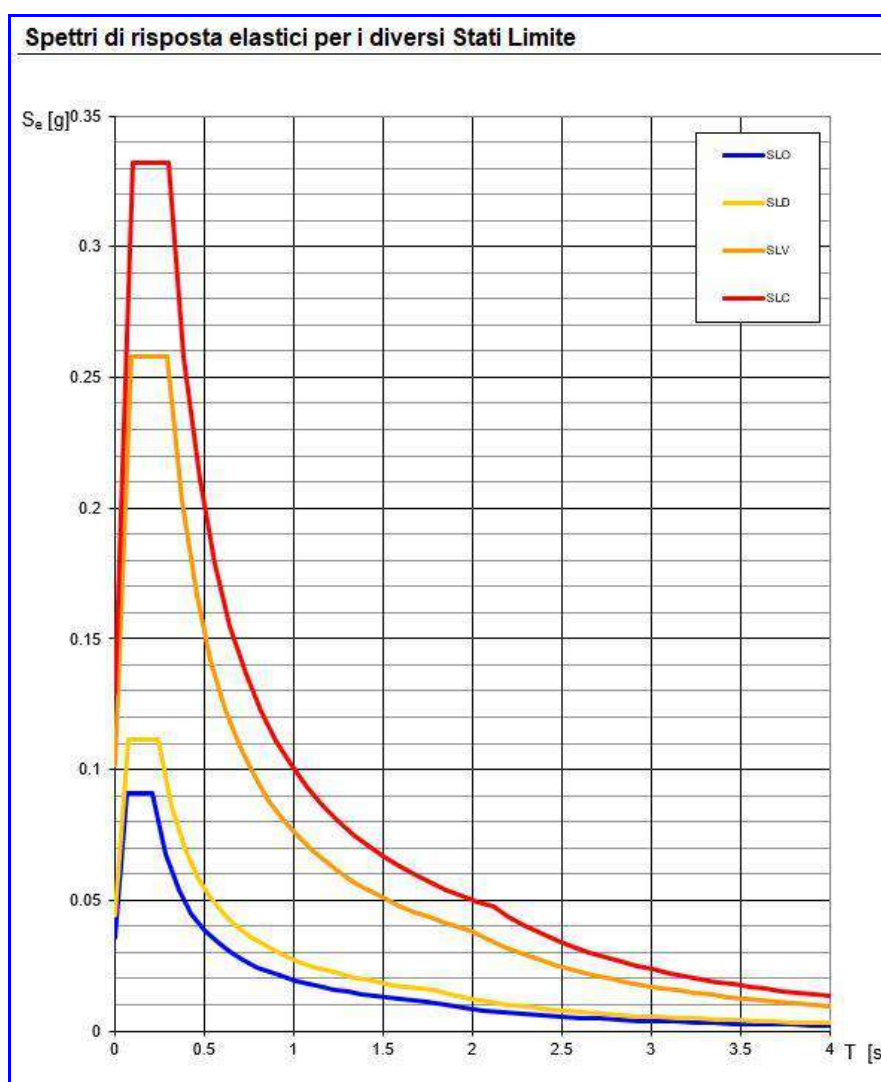
POLESINE ZIBELLO

V_N	50 anni
Classe	II
C_U	1

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T_c[*] (s)
SLO	30	0,036	2,544	0,214
SLD	50	0,044	2,531	0,246
SLV	475	0,103	2,536	0,296
SLC	975	0,130	2,566	0,302

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%

Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.I)



Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite
(elaborazioni effettuate con "Spettri NTC-18" ver. 1.03)

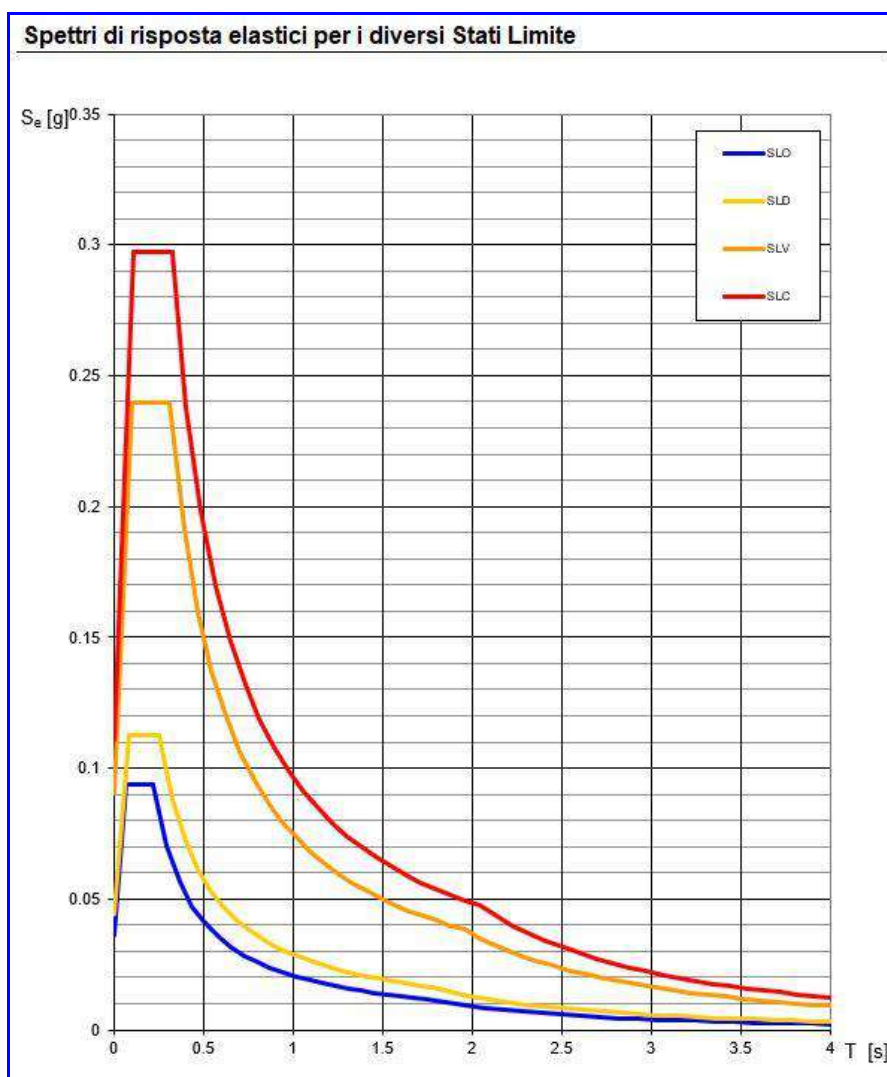
COPERMIO

V_N	50 anni
Classe	II
C_U	1

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T_c[*] (s)
SLO	30	0,036	2,566	0,221
SLD	50	0,044	2,562	0,256
SLV	475	0,090	2,663	0,314
SLC	975	0,110	2,694	0,326

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%

Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.I)



Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite
(elaborazioni effettuate con "Spettri NTC-18" ver. 1.03)

Risposta sismica locale – EFFETTO DI SITO –

Si denomina “risposta sismica locale” l’azione sismica quale emerge in “superficie” a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Per individuare in modo univoco la risposta sismica si assume come “superficie” il “piano di riferimento” per le diverse tipologie strutturali:

- per fondazioni superficiali questo coincide con il piano di imposta delle stesse;
- per fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali;
- nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell’opera;
- per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Le modifiche del moto sismico prodotte dalle condizioni locali sono complessivamente indicate come effetti di sito. In relazione alle tipologie di indagine condotte ed ai dati geotecnici disponibili verranno utilizzati metodi di studio basati sulla definizione di categorie di sottosuolo (in accordo con quanto proposto dall’Eurocodice 8 – EC8).

Parametri di classificazione e determinazione delle categorie di sottosuolo

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

Categorie di sottosuolo (D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.II)

Il parametro meccanico di base per la classificazione di un sito è $V_{s,eq}$ calcolato secondo la seguente espressione:

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

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 e terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s. La profondità H del substrato è calcolata a partire dal piano di imposta per le fondazioni superficiali, dalla testa dei pali per le fondazioni profonde e a partire dalla testa dell’opera per le opere di sostegno.

$V_{s,eq} = V_{s,30}$ quando la profondità del substrato sia superiore a 30 metri.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} [m/s]$$

h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Per la classificazione del sito in oggetto si è definito il parametro meccanico di base definito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, $V_{s,eq}$ realizzando indagini geofisiche in sito mediante la tecnica “HVSr” brevemente descritta nel successivo paragrafo.

Essendo il substrato in posto superiore ai 30 metri è possibile utilizzare il parametro $V_{s,30}$ individuato dalle prove HVSr.

Le elaborazioni effettuate hanno permesso di attribuire ai siti indagati la categoria di sottosuolo “C” (si veda oltre).

Condizioni topografiche

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, sono prescritte specifiche analisi di risposta sismica locale nel caso di condizioni topografiche complesse: e tabella.

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 $i > 30^\circ$

Categorie topografiche (D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.IV)

Categorie topografiche riferite a geometrie prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell’azione sismica se di altezza maggiore ai 30 metri.

Le osservazioni effettuate hanno permesso di attribuire ai siti indagati la categoria topografica “T2”

Considerata la prossimità dei tratti situati all’interno dei tre comuni, nelle tabelle seguenti sono indicati i valori medi rappresentativi, suddivisi per macro Siti.

Per i valori specifici di ciascun sito si rimanda alle tavole XVIIIa–XVIIIg.

POLESINE ZIBELLO

STATO LIMITE		Ss	Cc	St	k_h	k_v	Amax [m/s ²]	β
SLE	SLO	1,500	1,750	1,200	0,013	0,006	0,632	0,200
	SLD	1,500	1,670	1,200	0,016	0,008	0,778	0,200
SLU	SLV	1,500	1,570	1,200	0,044	0,022	1,812	0,240
	SLC	1,500	1,560	1,200	0,056	0,028	2,303	0,240

COLORNO

STATO LIMITE		Ss	Cc	St	k _h	k _v	Amax [m/s ²]	β
SLE	SLO	1,500	1,730	1,200	0,013	0,007	0,643	0,200
	SLD	1,500	1,650	1,200	0,016	0,008	0,776	0,200
SLU	SLV	1,500	1,540	1,200	0,032	0,016	1,586	0,200
	SLC	1,500	1,520	1,200	0,048	0,024	1,945	0,240

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA "MASW"**Caratteristiche generali dell'indagine**

L'indagine effettuata è stata condotta con l'ausilio della tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), alla luce degli spazi e della logistica operativa riscontrata in cantiere, nonché tenendo conto delle finalità dell'indagine e del grado di dettaglio auspicabile dai risultati.

La tecnica Masw permette di realizzare una modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di superficie (di *Rayleigh* e di *Love*), attraverso una dettagliata ricostruzione della distribuzione delle onde S nel sottosuolo, realizzata mediante modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde superficiali, registrate da opportuno sismografo, con l'ausilio di geofoni di superficie a basse frequenze ed indotte mediante energizzazione con fonte artificiale (massa battente).

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1) acquisizione dei dati sperimentali;
- 2) estrazione della curva di dispersione;
- 3) inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D), che descrive la variazione di Vs con la profondità.

Strumentazione impiegata

Per l'indagine effettuata si è acquisito i dati con un tromografo digitale *Moho* S.r.L modello "*Tromino ENGY BLU*", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 1024 Hz. Attraverso l'uso di un trigger radio wireless, con cui si registrano e regolano i tempi di energizzazione, questo strumento permette di eseguire prove di *sismica attiva* come la prova MASW.

In questo caso la registrazione è stata effettuata con una frequenza di campionamento di 512 Hz.

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software per prove MASW "Grilla" della *Moho* S.r.l.

POLESINE ZIBELLO – TRATTO CED. 1

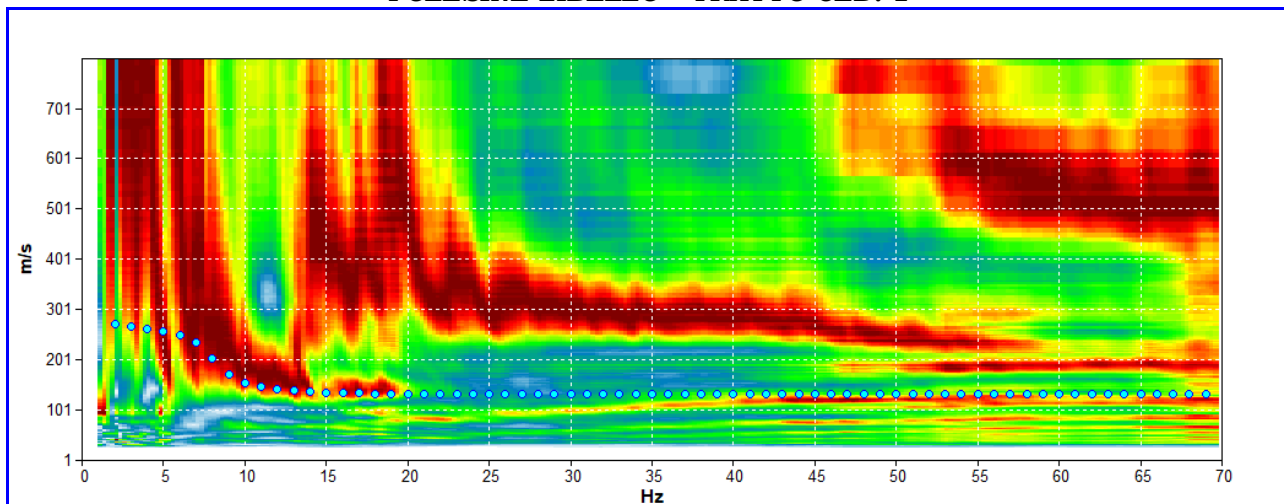


Figura 36 int – Velocità di fase/frequenza.

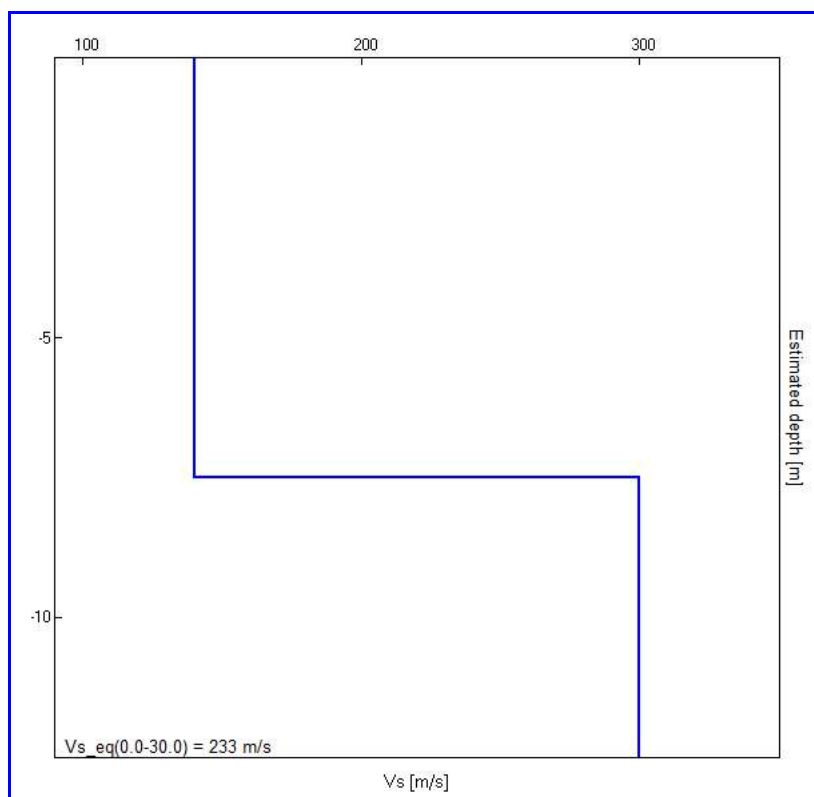


Figura 37 int – Velocità onde S/profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.50	7.50	140	0.42
inf.	inf.	300	0.42

$$V_{s_eq} (0.0-30.0) = 233 \text{ m/s}$$

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità $V_{s30}=233 \text{ m/sec}$** , che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo C** (così come definita nella normativa vigente).

POLESINE ZIBELLO – TRATTO CED. 2.1

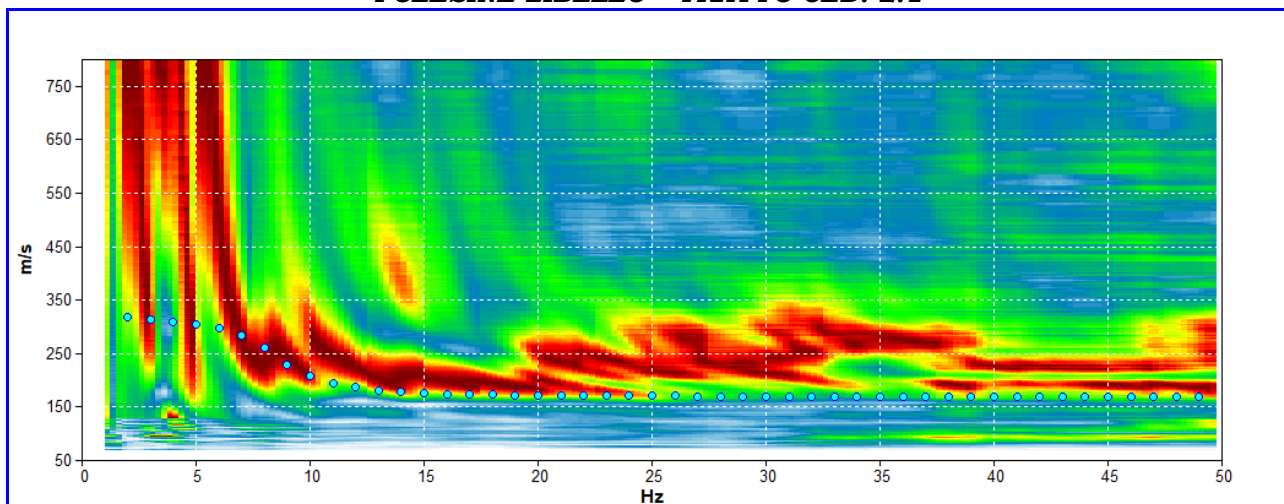


Figura 38 int – Velocità di fase/frequenza.

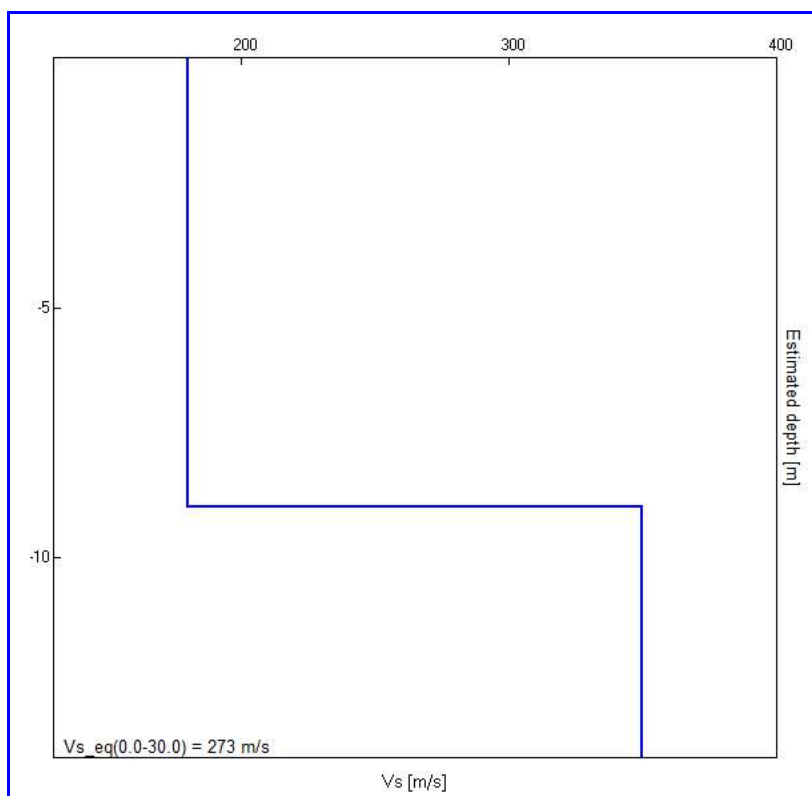


Figura 39 int – Velocità onde S/profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
9.00	9.00	180	0.42
inf.	inf.	350	0.42

$$V_{s_eq} (0.0-30.0) = 273 \text{ m/s}$$

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità $V_{s30}=273 \text{ m/sec}$** , che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo C** (così come definita nella normativa vigente).

POLESINE ZIBELLO – TRATTO CED. 2.2

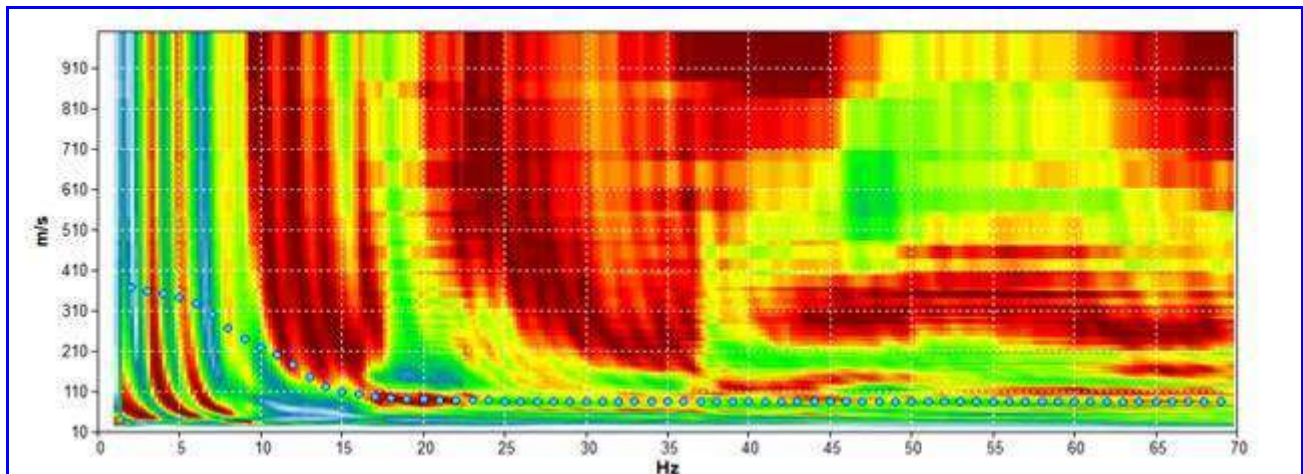


Figura 40 int – Velocità di fase/frequenza.

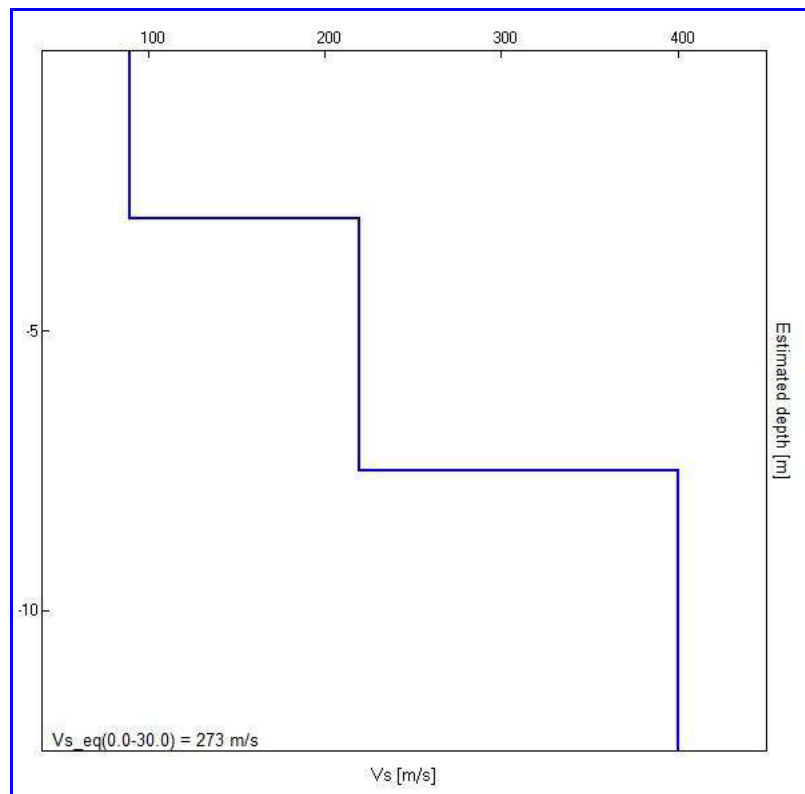


Figura 41 int – Velocità onde S/profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	90	0.42
7.50	4.50	220	0.42
inf.	inf.	400	0.42

$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 273 \text{ m/s}$

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità $V_{s30}=273 \text{ m/sec}$** , che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo C** (così come definita nella normativa vigente).

POLESINE ZIBELLO – TRATTO CED. 2.3

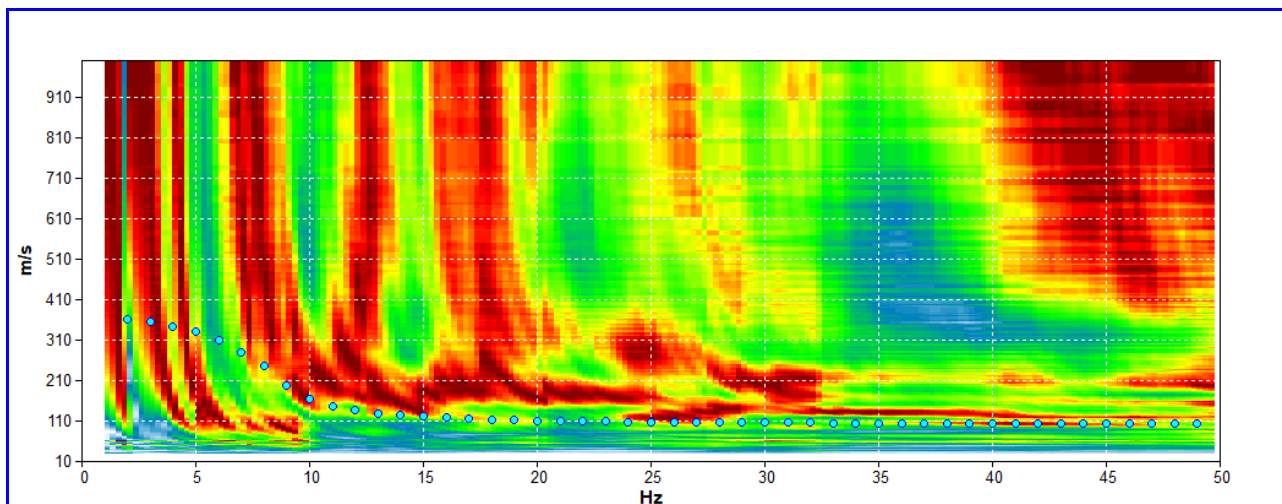


Figura 42 int – Velocità di fase/frequenza.

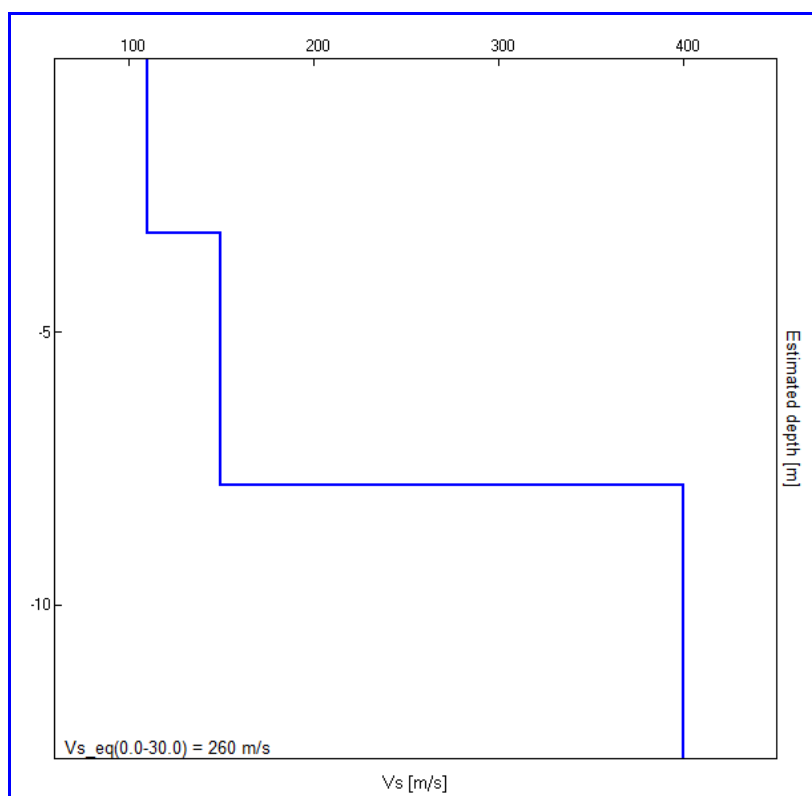


Figura 43 int – Velocità onde S/profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.20	3.20	110	0.45
7.80	4.60	150	0.45
inf.	inf.	400	0.40

$V_{s_eq} (0.0-30.0) = 260 \text{ m/s}$

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità $V_{s30}=260 \text{ m/sec}$** , che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo C** (così come definita nella normativa vigente).

POLESINE ZIBELLO – TRATTO CED. 3

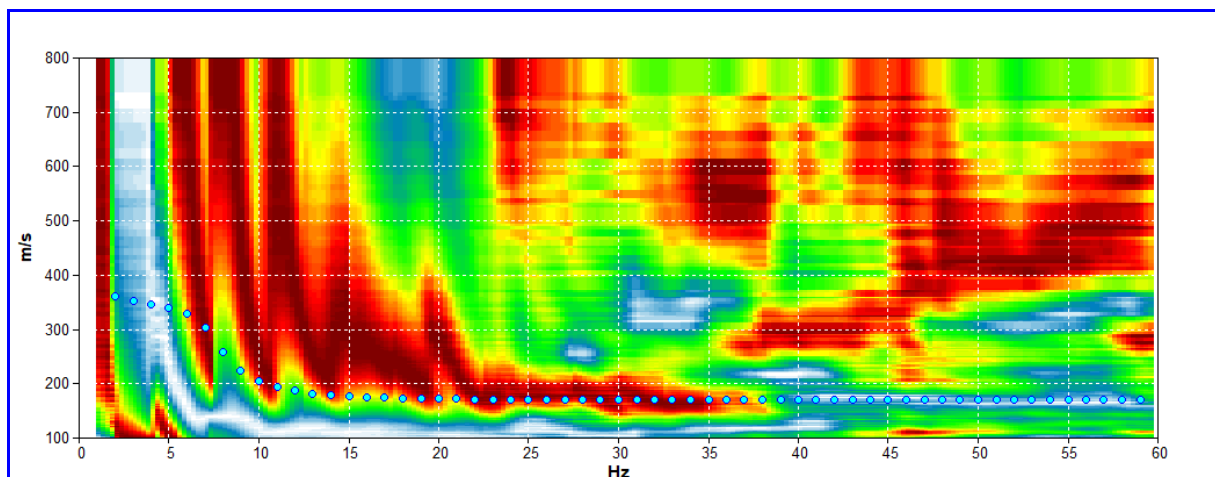


Figura 44 int – Velocità di fase/frequenza.

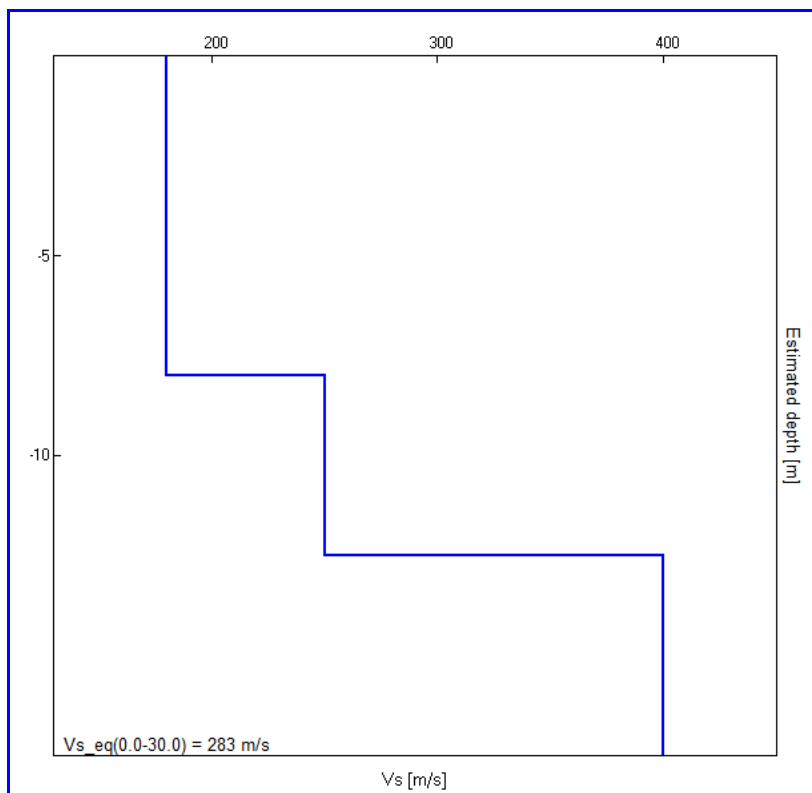


Figura 45 int – Velocità onde S/profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
8.00	8.00	180	0.42
12.50	4.50	250	0.42
inf.	inf.	400	0.42

$V_{s_eq} (0.0-30.0) = 283 \text{ m/s}$

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità $V_{s30}=283 \text{ m/sec}$** , che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo C** (così come definita nella normativa vigente).

POLESINE ZIBELLO – TRATTO CED. 4

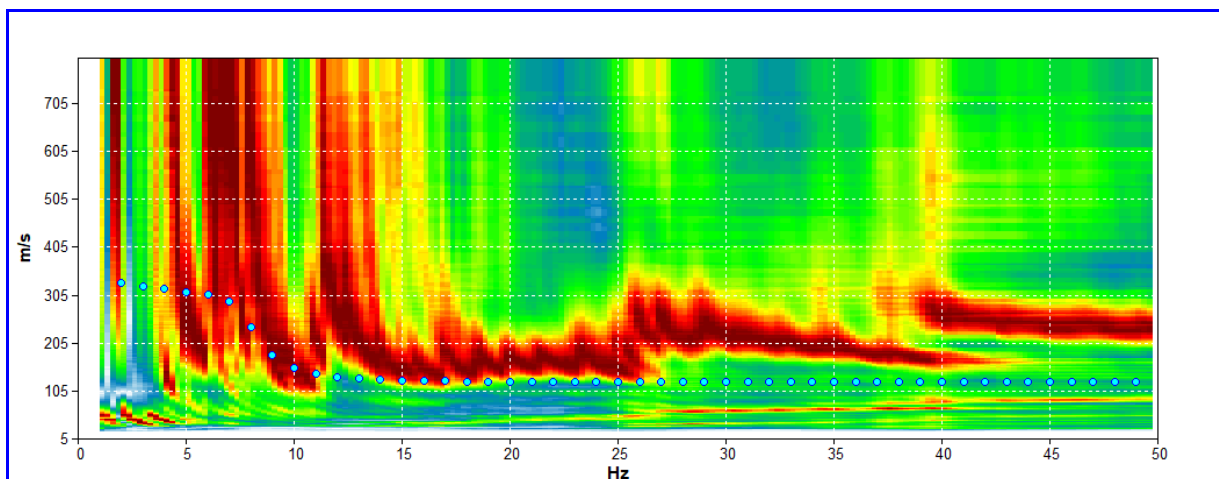


Figura 46 int – Velocità di fase/frequenza.

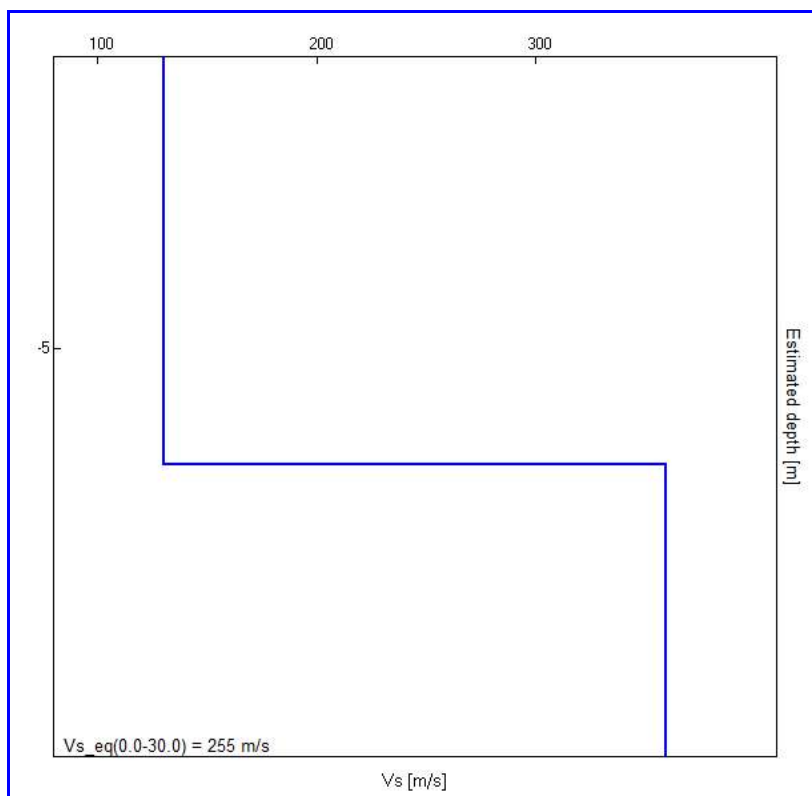


Figura 47 int – Velocità onde S/profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	7.00	130	0.45
inf.	inf.	360	0.45
Vs_eq (0.0-30.0) = 255 m/s			

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità Vs30=255 m/sec**, che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo C** (così come definita nella normativa vigente).

COLORNO – TRATTO CED. COPERMIO

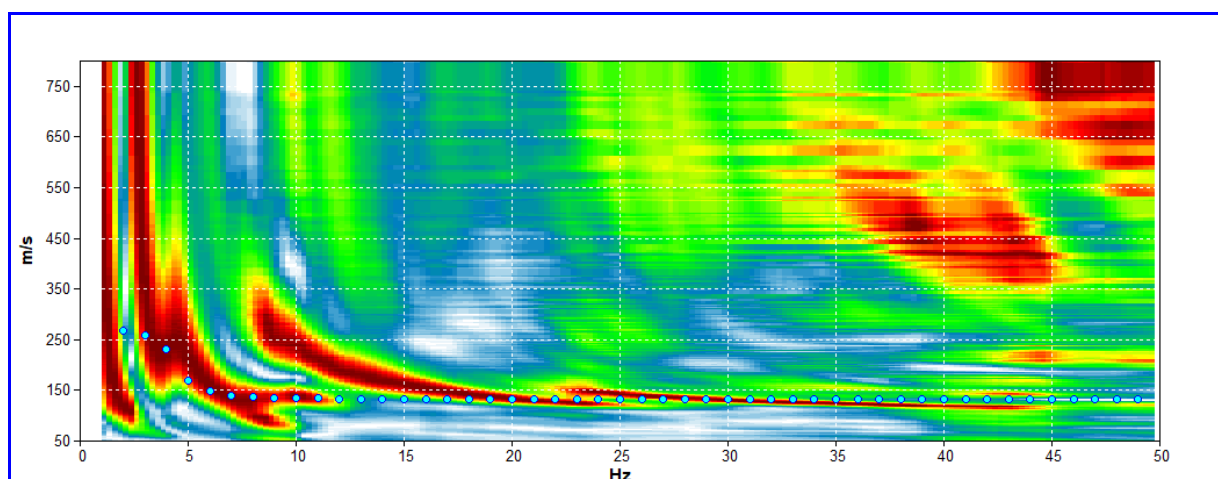


Figura 48 int – Velocità di fase/frequenza.

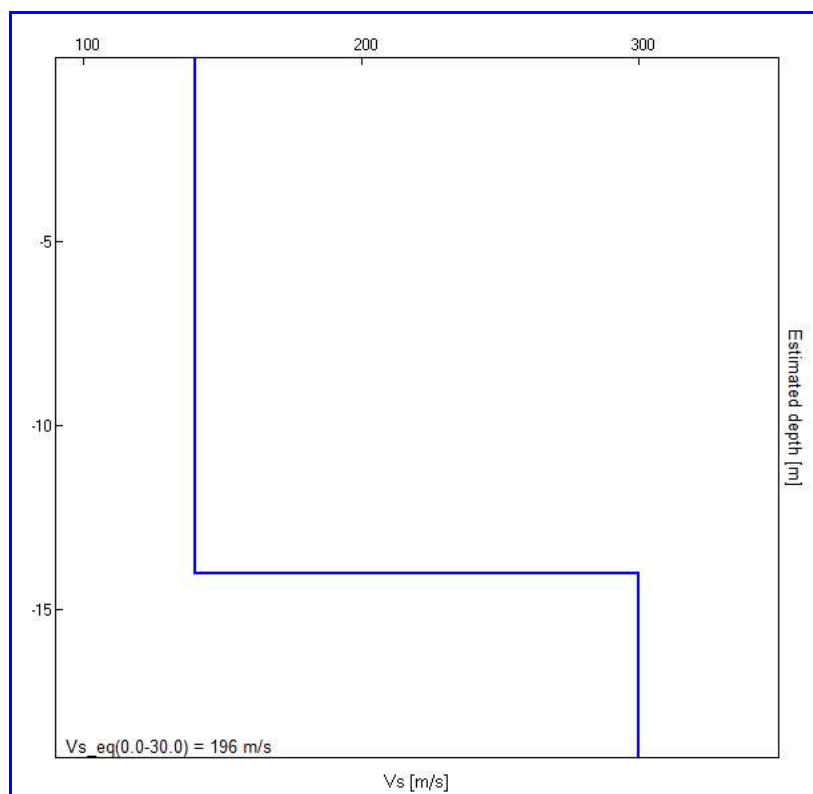


Figura 49 int – Velocità onde S/profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
14.00	14.00	140	0.45
inf.	inf.	300	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 196 m/s

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità Vs30=196 m/sec**, che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo C** (così come definita nella normativa vigente).

MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR - HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (IPOTESI DI NAKAMURA) SUL TERRENO

Cenni metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione *HVSR* è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

È interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da *Nakamura* (*Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33*) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di *Rayleigh* che si propagano in un singolo strato sofficie su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di *Nakamura* sono le seguenti:

- i microtremori sono generati da sorgenti superficiali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;
- le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;
- la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;
- il picco visibile nei rapporti *H/V* (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde *S* verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di *Rayleigh*.

Le principali applicazioni delle prove *H/V* si possono così sintetizzare:

- misura delle frequenze di risonanza dei suoli e dei fabbricati;
- effetti di sito e microzonazione sismica (curve *H/V*, metodo di *Nakamura*);
- stratigrafia sismica passiva;
- V_{s30} da *fit* vincolato della curva *H/V*;
- segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze *H/V*, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f_0 .

È possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde *S* tramite la relazione:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove V_s è la velocità media delle onde di taglio, e H è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta *Moho S.r.l* modello "Tromino ENG Y BLU", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 1024 Hz.

In questo caso la registrazione ha avuto una lunghezza di 20 minuti, con un campionamento a 128 Hz.

Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software "Grilla".

Il programma consente di effettuare:

- analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri *Sesame*);
- determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- creazione di un *report* automatico con tabelle e illustrazioni.

Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 1

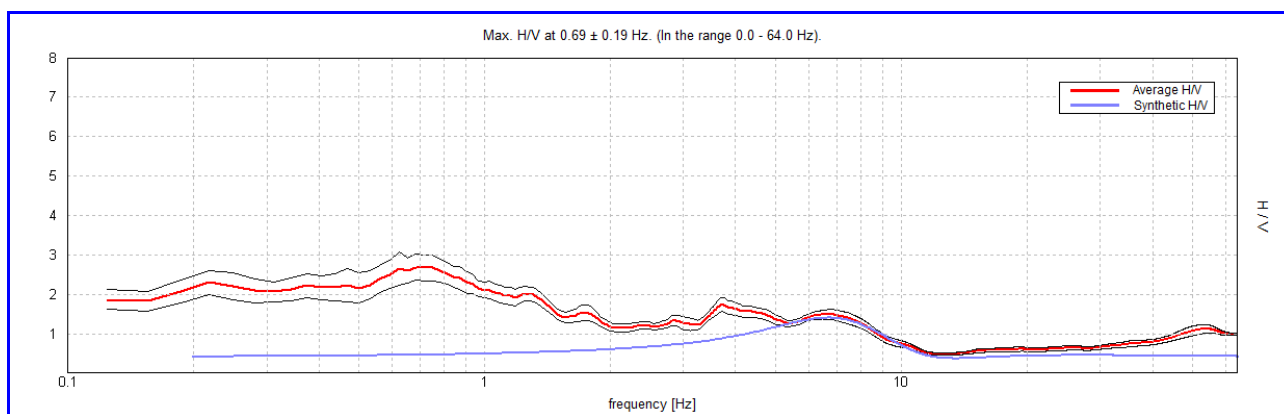


Figura 50 int – Rapporto H/V in frequenza.

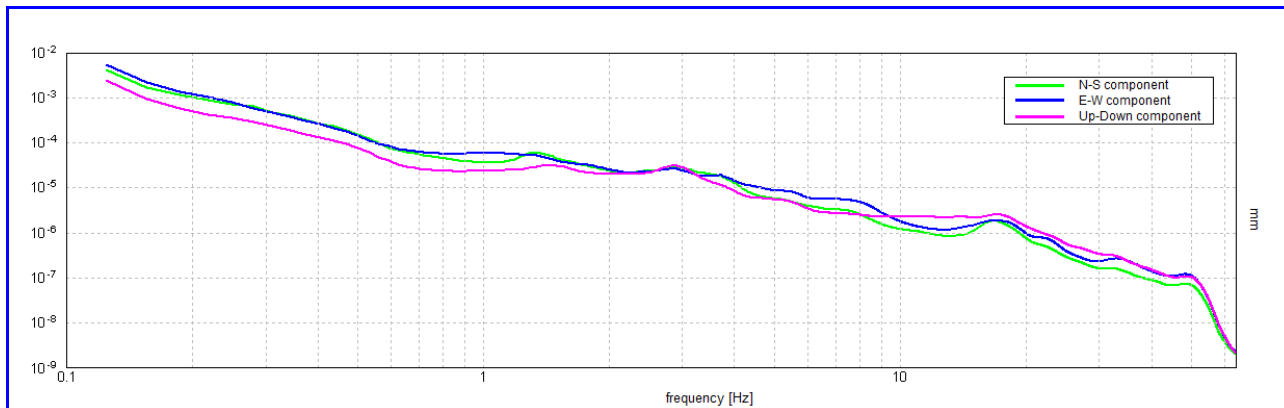
Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- La frequenza fondamentale del sito è stata individuata a circa 9 Hz. Questo picco certamente di natura stratigrafica rappresenta il passaggio da litotipi limoso argillosi a depositi sabbiosi a natura granulare, ad una profondità di circa 6 metri dal piano campagna. Il valore del rapporto H/V è pari a circa 1.5. Questo passaggio stratigrafico è stato inoltre individuato dalle prove penetrometriche realizzate.
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad

una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;

chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;



- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S). Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0,6 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita":

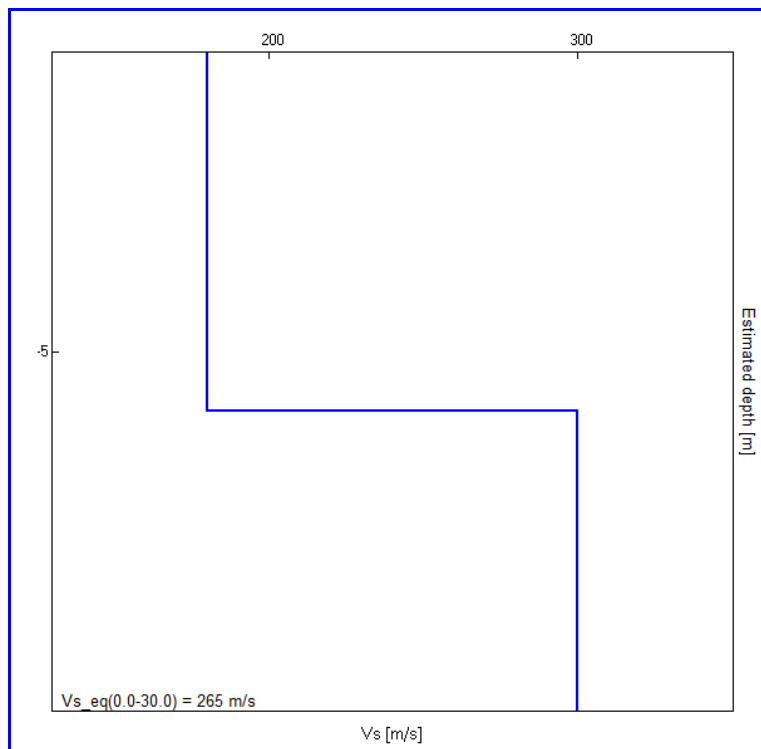


Figura 51 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSr

Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 2.1

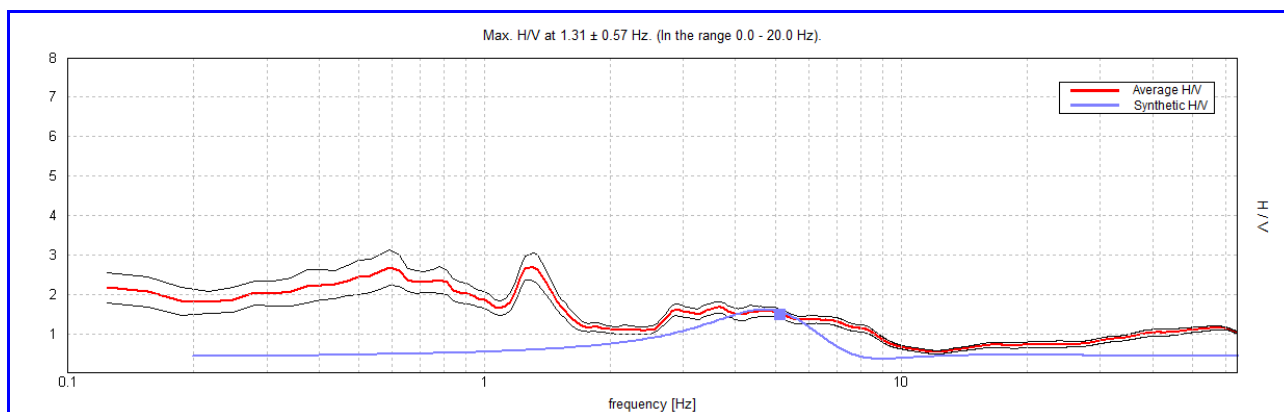


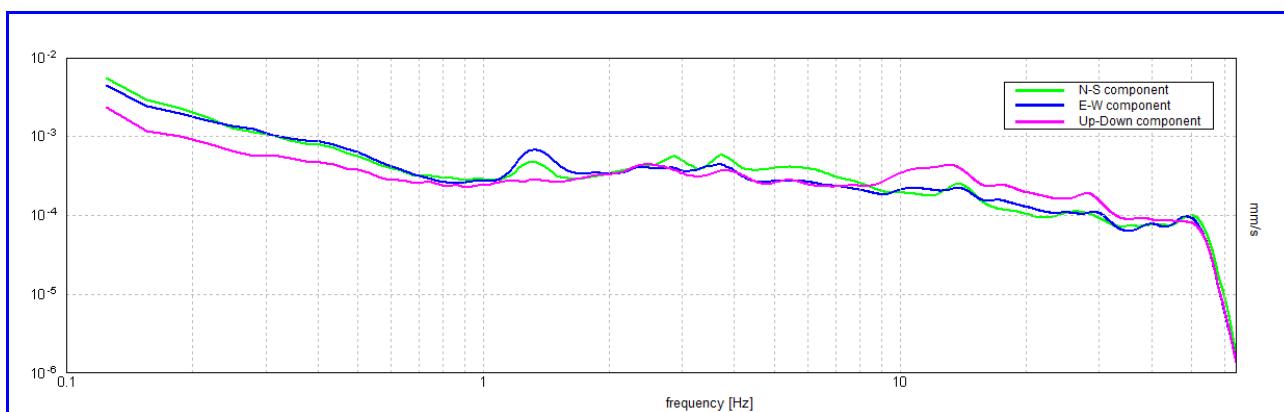
Figura 52 int – Rapporto H/V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- La frequenza fondamentale del sito è stata individuata a circa 5 Hz. Questo picco certamente di natura stratigrafica rappresenta il passaggio da litotipi limoso argillosi a depositi sabbiosi a natura granulare, ad una profondità di circa 9 metri dal piano campagna. Il valore del rapporto H/V è pari a circa 1.5. Questo passaggio stratigrafico è stato inoltre individuato dalle prove penetrometriche realizzate, ma ad una profondità minore.
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;

chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;



- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S). Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0,6 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita":

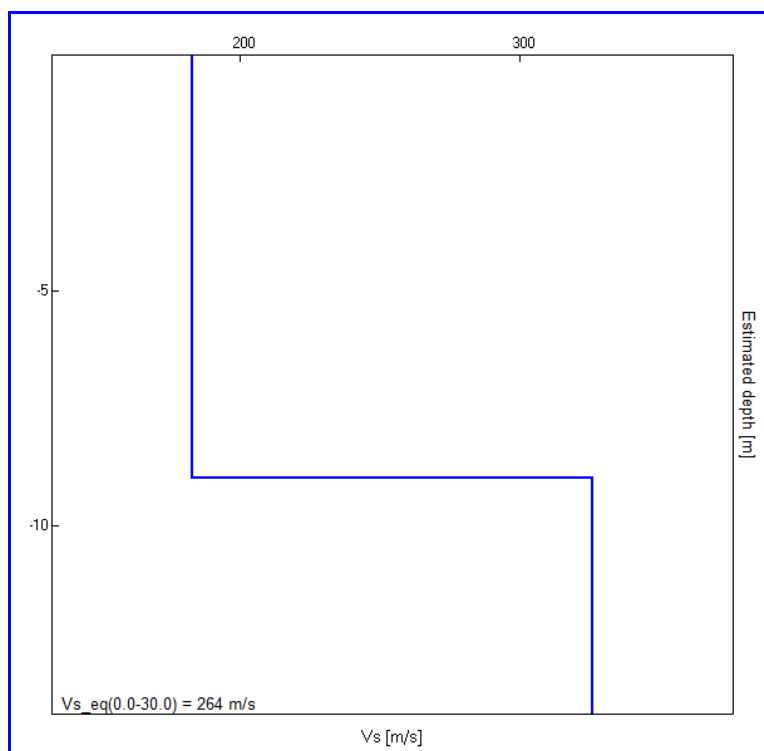


Figura 53 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSR

Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 2.2

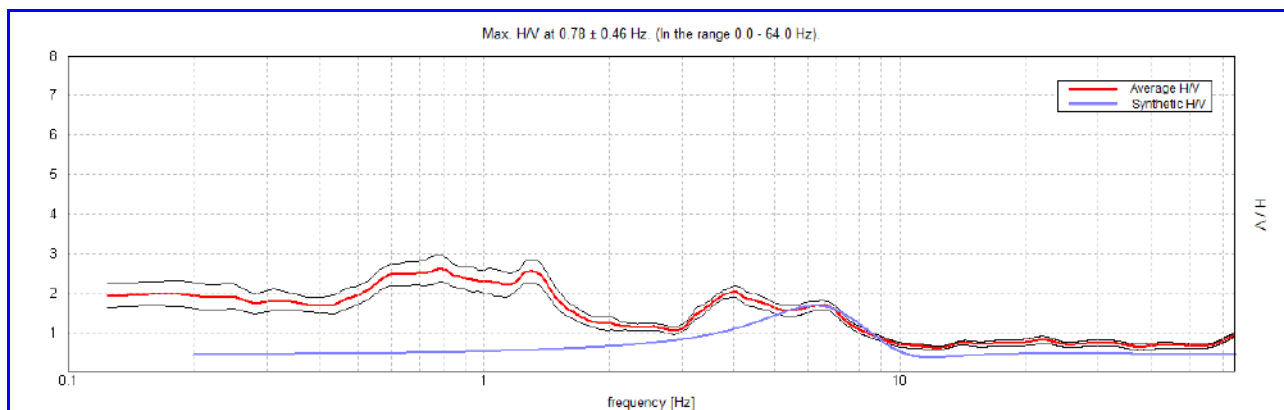


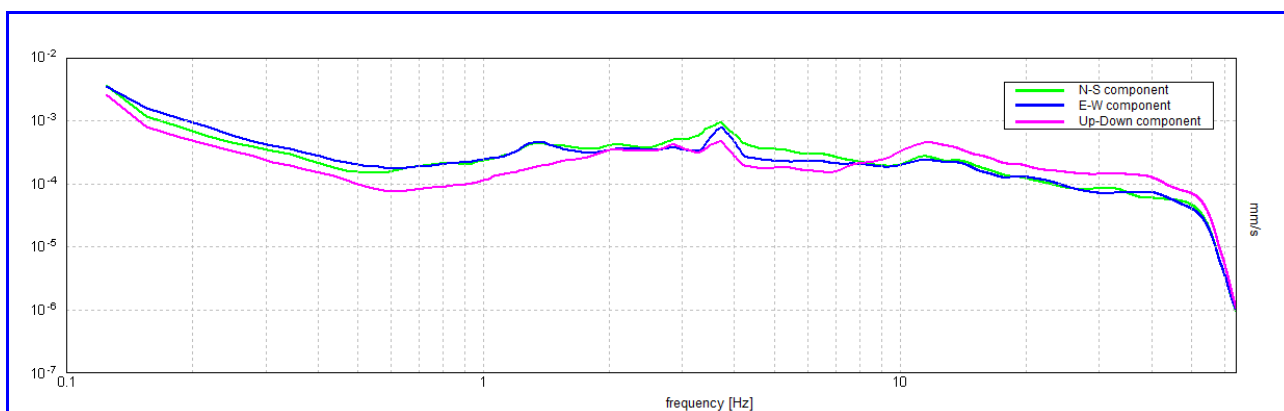
Figura 54 int – Rapporto H/V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- La frequenza fondamentale del sito è stata individuata a circa 6.5 Hz. Questo picco certamente di natura stratigrafica rappresenta il passaggio da litotipi limoso argillosi a depositi sabbiosi a natura granulare, ad una profondità di circa 8 metri dal piano campagna. Il valore del rapporto H/V è pari a circa 2. Questo passaggio stratigrafico è stato inoltre individuato dalle prove penetrometriche realizzate.
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;

chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;



- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S). Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0,6 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita":

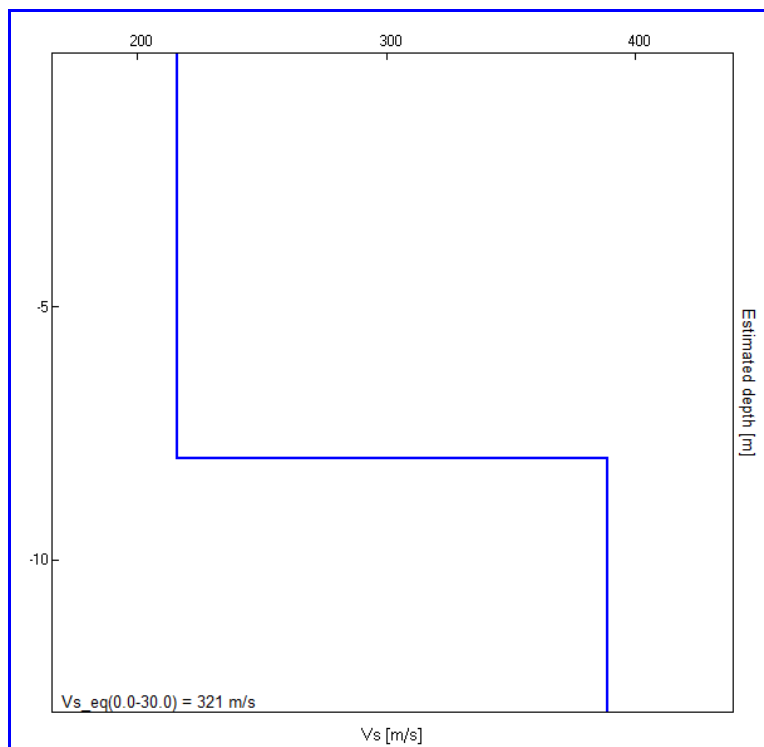


Figura 55 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSR

Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 2.3

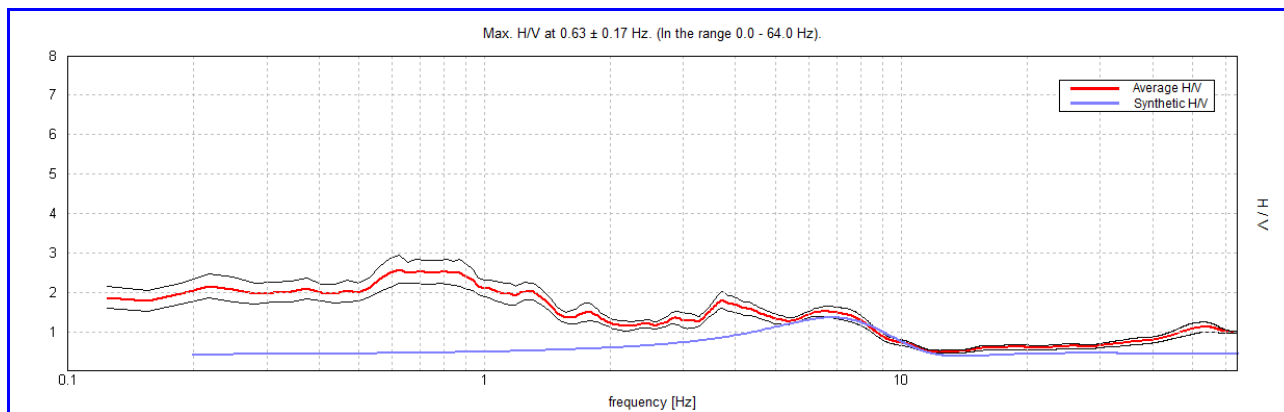


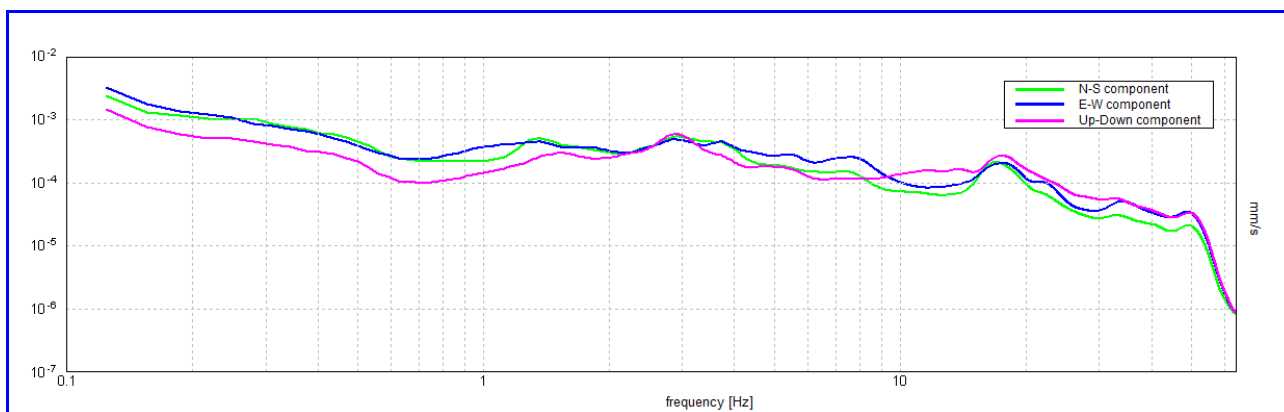
Figura 56 int – Rapporto H/V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- La frequenza fondamentale del sito è stata individuata a circa 7 Hz. Questo picco certamente di natura stratigrafica rappresenta il passaggio da litotipi limoso argillosi a depositi sabbiosi a natura granulare, ad una profondità di circa 6.5 metri dal piano campagna. Il valore del rapporto H/V è pari a circa 1.5. Questo passaggio stratigrafico è stato inoltre individuato dalle prove penetrometriche realizzate.
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;

chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;



- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S). Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0,6 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita":

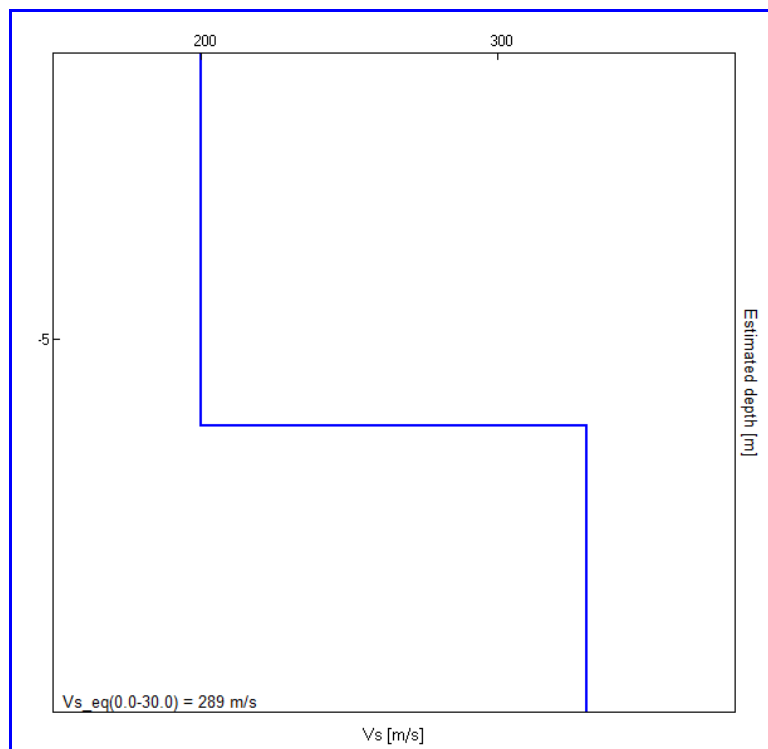


Figura 57 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSR

Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 3

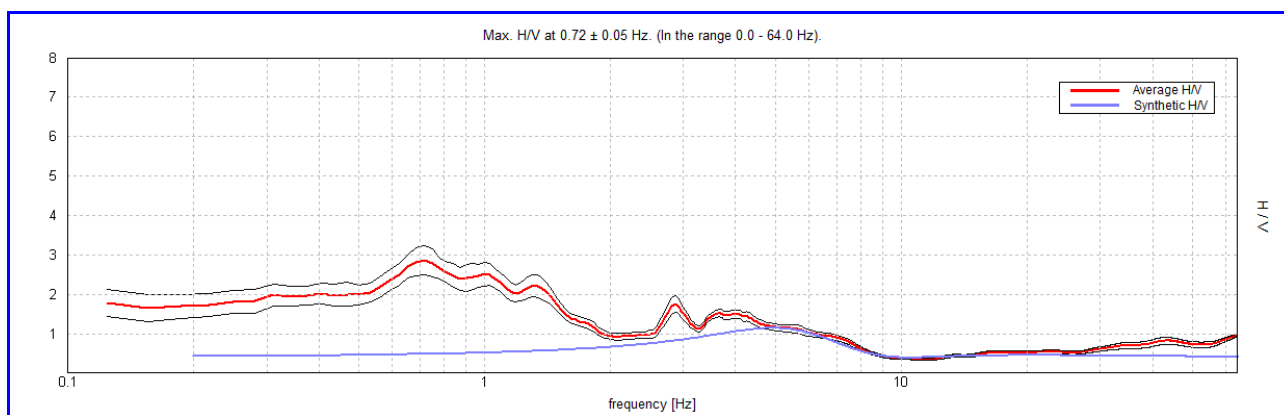


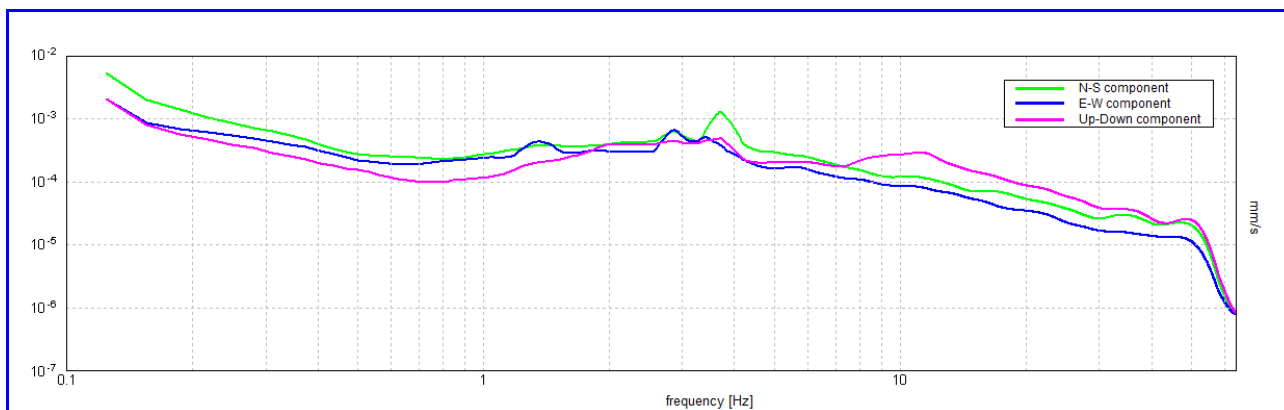
Figura 58 int – Rapporto H/V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- La frequenza fondamentale del sito è stata individuata a circa 6 Hz. Questo picco certamente di natura stratigrafica rappresenta il passaggio da litotipi limoso argillosi a depositi sabbiosi a natura granulare, ad una profondità di circa 7 metri dal piano campagna. Il valore del rapporto H/V è pari a circa 1.5. Questo passaggio stratigrafico è stato inoltre individuato dalle prove penetrometriche realizzate.
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;

chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;



- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S). Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0,6 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita":

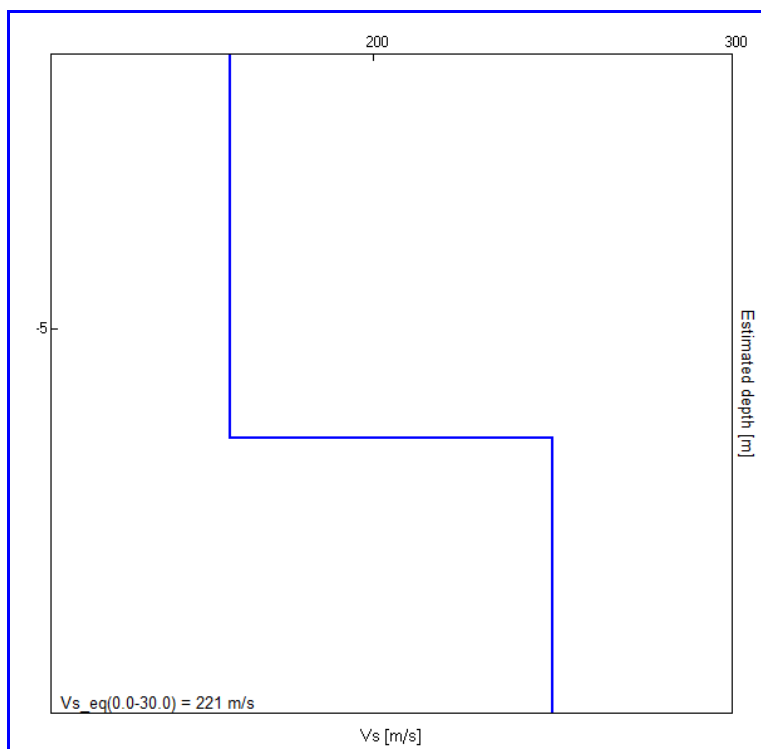


Figura 59 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSr

Analisi dei dati – POLESINE ZIBELLO TRATTO CED. 4

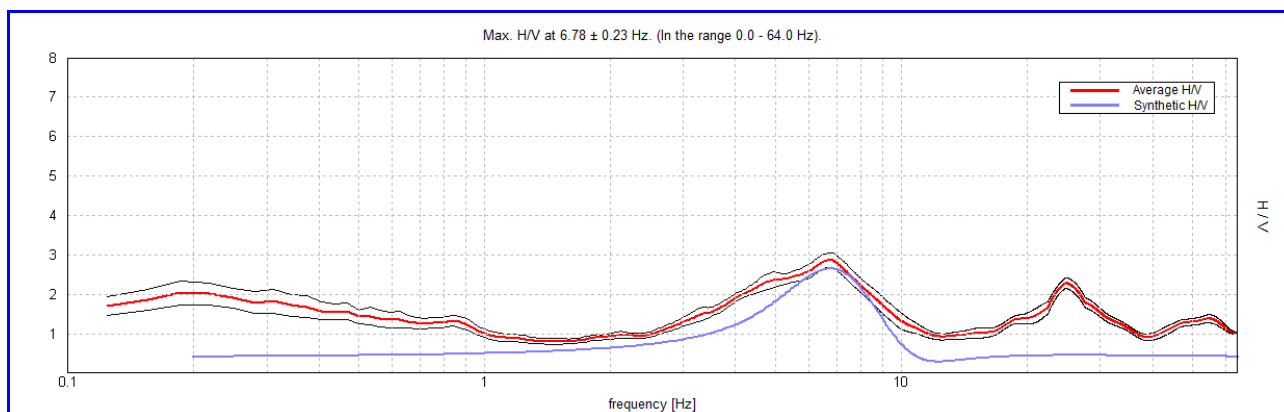


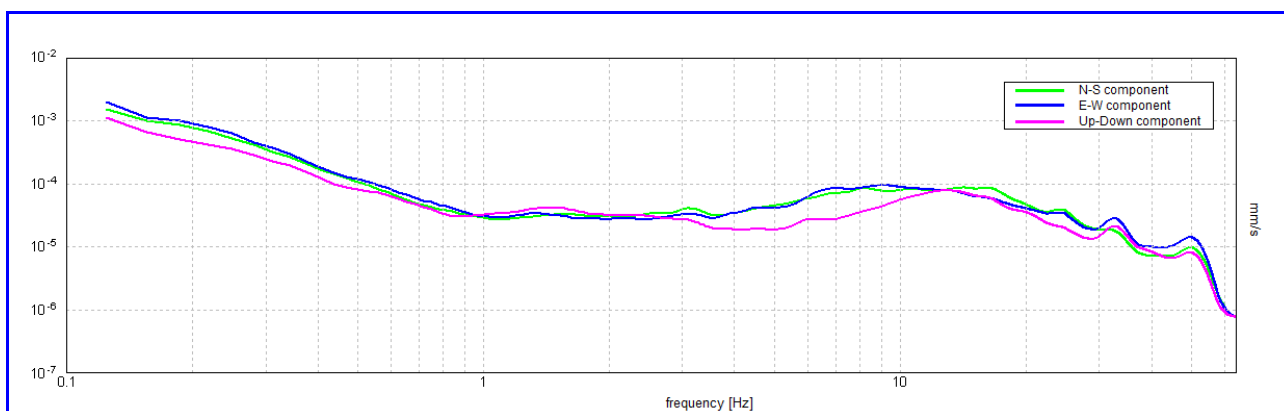
Figura 60 int – Rapporto H/V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- La frequenza fondamentale del sito è stata individuata a circa 6.78 ± 0.23 Hz. Questo picco certamente di natura stratigrafica rappresenta il passaggio da litotipi limoso argillosi a depositi sabbiosi a natura granulare, ad una profondità di circa 7 metri dal piano campagna. Il valore del rapporto H/V è pari a circa 3. Questo passaggio stratigrafico è stato inoltre individuato dalle prove penetrometriche realizzate.
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;

chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;



- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S). Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0,6 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita":

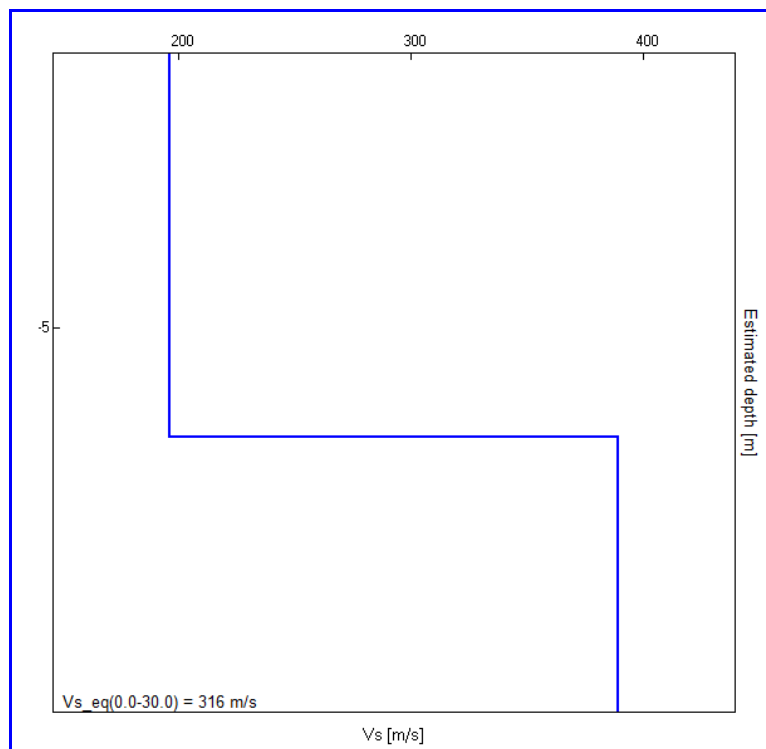


Figura 61 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSR

Analisi dei dati – COLORNO TRATTO CED. COPERMIO

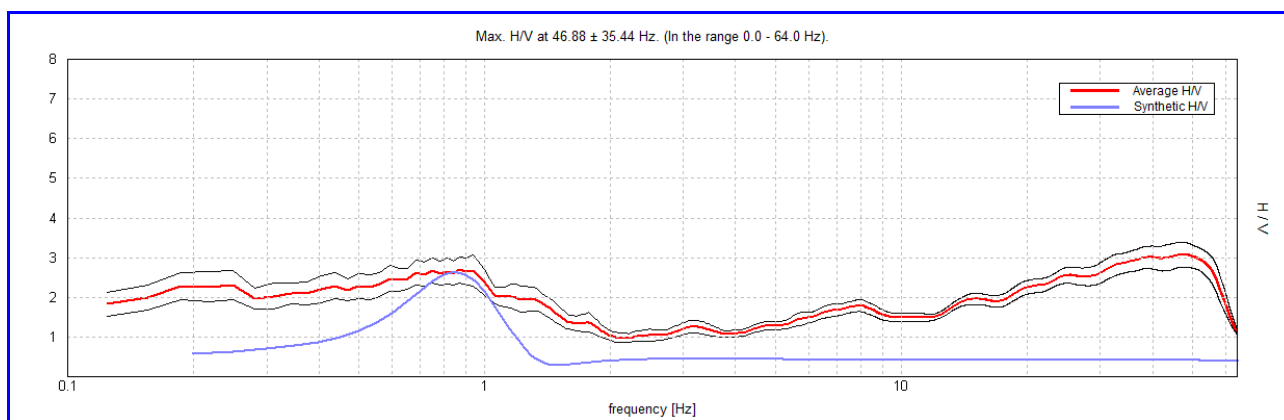


Figura 62 int – Rapporto H/V in frequenza.

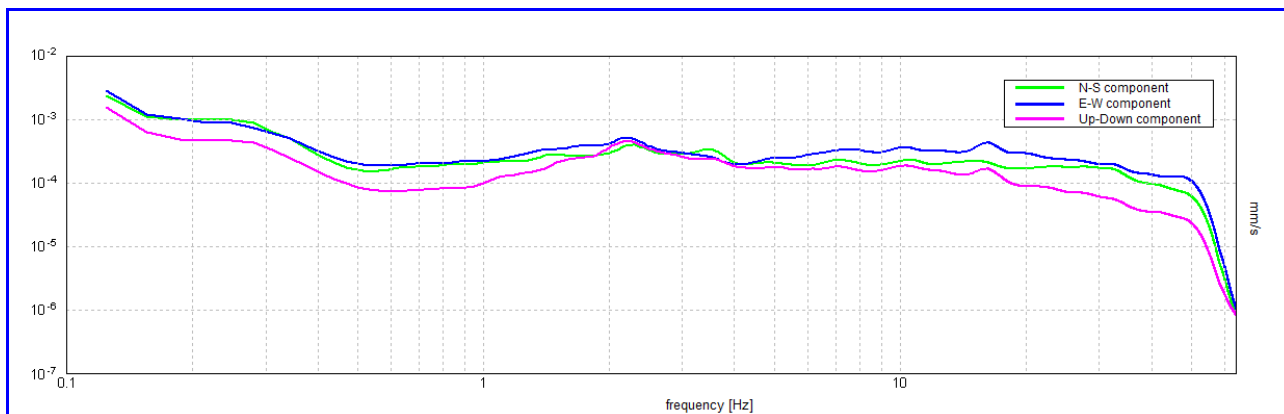
Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- La frequenza fondamentale del sito è stata individuata a circa 46.88 ± 35.44 Hz. Questo picco certamente di natura stratigrafica rappresenta il passaggio da litotipi limoso argillosi a litotipi che non è stato possibile identificare a causa dell'elevata profondità di circa 55 metri dal piano campagna. Il valore del rapporto H/V è pari a circa 2.5. A causa dell'elevata profondità non è stato possibile individuare questo passaggio stratigrafico dalle prove penetrometriche realizzate.
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad

una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;

chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;



- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S). Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0,6 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita":

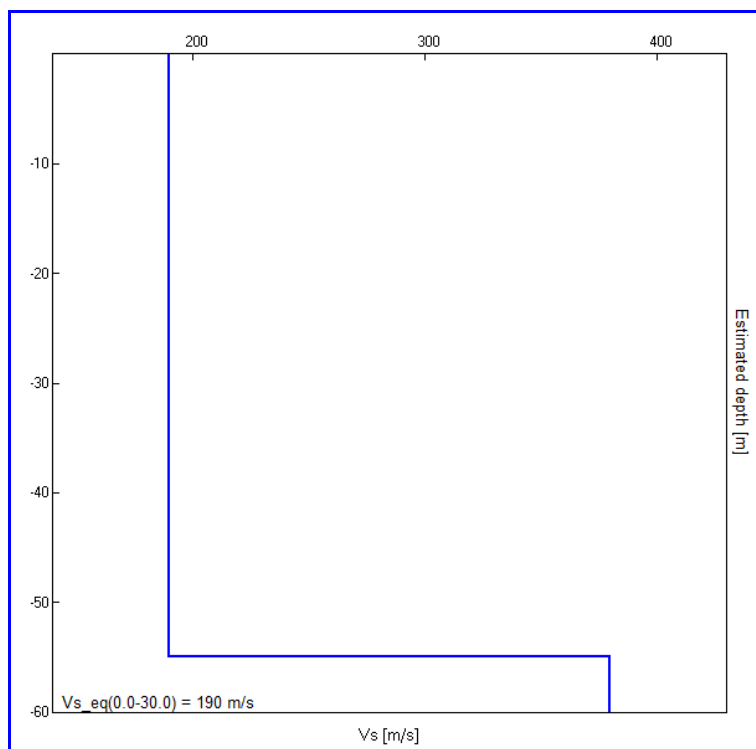


Figura 63 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSr

12. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO – COMUNE DI POLESINE ZIBELLO

L'Amministrazione Comunale ha provveduto alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica di III livello in gran parte del territorio comunale (Tavole Xa, XIa, XIIa, XIIIa, XIVa, XVa, XVIa e XVIIa)

Sintesi degli studi di microzonazione sismica

- Velocità delle onde di taglio S:
 V_{30} compresa tra 289 m/s e 232 m/s Velocità V_s (m/s) delle onde di taglio S nei primi 30 metri di terreno – Tavola XIa;
- Carta Geologico-tecnica:
Terreni di copertura compresi tra **MLpi** – Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile e **SMes** – Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di Argine/barre/canali – Tavola XIIa;
- MOPS – Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica:
2001: Successione stratigrafica costituita da depositi argilloso limosi di spessore pari a 2-4 metri che ricoprono limi sabbiosi e sabbie limose che si estendono sino a -5.00 m da p.c., seguiti da sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute sino a -20.00 m da p.c., in matrice limosa o limoso argillosa talora abbondante – Tavola XIIIa;
- FA_{PGA}: Fattore di amplificazione in termini di picco di accelerazione (Peak Ground Acceleration):
Il tratto Ced. 4 ricade in Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{PGA} 1.9 e 2.0 – Tavola XIVa;
- FA_{SA 0.1-0.5 s}: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudoaccelerazione, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.1-0.5 s:
Il tratto Ced. 4 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{SA 0.1-0.5 s} 1.9 e 2.0 – Tavola XVa;
- FA_{SA 0.4-0.8 s}: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudoaccelerazione, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.4-0.8 s:
Il tratto Ced. 4 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{SA 0.4-0.8 s} 2.5 e 3.0 – Tavola XVIa;
- FA_{SA 0.5-1.5 s}: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudoaccelerazione, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.5-1.5 s:
Il tratto Ced. 4 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{SA 0.5-1.5 s} 2.5 e 3.0 – Tavola XVIIa;

13. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO – COMUNE DI POLESINE

L'Amministrazione Comunale ha provveduto alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica di III livello in gran parte del territorio comunale. Il tratto di cedimento a Copermio risulta esterna ai perimetri indagati (Tavole Xb, XIb, XIIb, XIIIb, XIVb, XVb, XVIb e XVIIb)

Sintesi degli studi di microzonazione sismica

- Frequenze naturali dei terreni
L'area risulta compresa in una zona con frequenza $f_0 > 8$ con HVSR compreso tra 1.5 e 2 ($1.5 \leq \text{HVSR} < 2$) – Tavola Xb;
- Velocità delle onde di taglio S:
 V_{30} 249 m/s Velocità V_s (m/s) delle onde di taglio S nei primi 30 metri di terreno – Tavola XIb;
- Carta Geologico-tecnica:
Terreni di copertura **MLpi** – Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile – Tavola XIIb;
- MOPS – Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica:
ZALQ 3050 Zona 2: Successione stratigrafica costituita da depositi argilloso limosi e limoso argillosi con intercalazioni sabbioso limose presenti sino a quote variabili da -8.00 a -15.00 m da p.c., che ricoprono un livello sabbioso e sabbioso-ghiaioso, di potenza pluridecametrica – Tavola XIIIb;
- FA_{PGA}: Fattore di amplificazione in termini di picco di accelerazione (Peak Ground Acceleration):
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{PGA} 1.3 e 1.4 – Tavola XIVb;
- FA_{IS 0.1-0.5 s}: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.1-0.5 s:
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{IS 0.1-0.5 s} 1.3 e 1.4 – Tavola XVb;
- FA_{IS 0.5-1.0 s}: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.5-1.0 s:
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{IS 0.5-1.0 s} 1.7 e 1.8 – Tavola XVIb;
- FA_{IS 0.5-1.5 s}: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.5-1.5 s:

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra $FA_{IS\ 0.5-1.5\ s}$ 1.7 e 1.8 – Tavola XVIIb;

14. DETERMINAZIONE PRELIMINARE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

In condizioni sismiche, il termine “liquefazione” comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive, causano una riduzione della resistenza al taglio. La riduzione della resistenza può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzata e definitiva.

La liquefazione include tre principali fenomeni. Il primo è la “fluidificazione” che avviene quando le tensioni tangenziali richieste per assicurare le condizioni di equilibrio statico sono maggiori della resistenza al taglio del terreno al termine del terremoto. Ne consegue che una volta avviate, le deformazioni prodotte dalla fluidificazione possono proseguire anche dopo il terremoto. Il secondo fenomeno è quello della “mobilità ciclica” che si verifica quando le tensioni di taglio necessarie all’equilibrio statico sono minori della resistenza del terreno al termine del terremoto; in tal caso le deformazioni si sviluppano in maniera incrementale durante il terremoto. Il terzo fenomeno, che rappresenta un caso particolare di mobilità ciclica, è quello della “liquefazione ciclica” che si verifica nelle condizioni di free-field e piano campagna orizzontale.

Posizione del problema

In linea di principio, l’analisi di suscettibilità alla liquefazione di un dato sito richiede:

1. la valutazione delle caratteristiche dell’evento sismico atteso (fattore scatenante)
2. la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo (fattore predisponente);
3. la stima degli effetti conseguenti alla liquefazione.

In relazione al tipo di analisi prescelto, le caratteristiche del moto sismico dovranno essere valutate in termini di grandezze rappresentative (es. magnitudo, durata o storia temporale delle accelerazioni).

Per la caratterizzazione geotecnica del sito in esame dovranno essere effettuate opportune indagini in sito che permettano, direttamente od attraverso correlazioni empiriche, di caratterizzare:

- la profondità della falda;
- le condizioni stratigrafiche;
- le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni costituenti il deposito.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di pericolosità di liquefazione, se il livello di danno indotto dal fenomeno non è compatibile con la stabilità del sito, dovrà essere eventualmente valutata la possibilità di non utilizzare il sito o di modificare le caratteristiche dei manufatti oggetto di studio (od eventualmente di migliorare le caratteristiche meccaniche dei terreni).

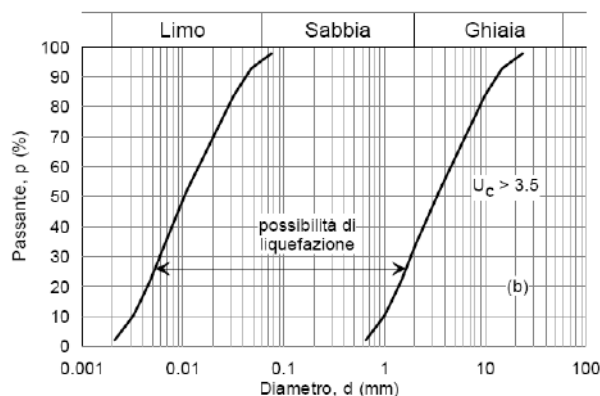
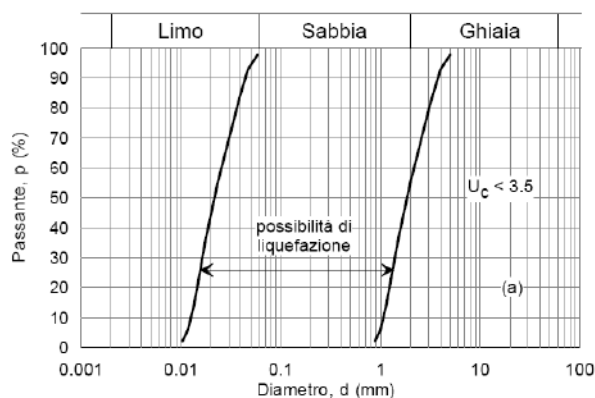
Rischio di liquefazione: verifica preliminare

Ai fini della presente relazione (in accordo con la normativa di riferimento), il termine “liquefazione” denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidezza causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Sulla base di un’analisi preliminare della sismicità del sito e delle caratteristiche geotecniche del deposito, si può ritenere che la probabilità che si verifichi la liquefazione sia estremamente bassa o nulla nel caso in cui si manifesti almeno una delle seguenti condizioni (art. 7.11.3.4.2 N.T.C.):

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero (assenza di manufatti - free-field) minori di 0.1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore ai 15 metri dal piano campagna, ovviamente solo in presenza di fondazioni superficiali e con piano campagna sub-orizzontale.
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ 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 q_{c1N} 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 nei grafici (differenti grafici in funzione del coefficiente di uniformità U_c);



Non avendo potuto escludere la possibilità di liquefazione per i depositi indagati, (impossibilità di veder soddisfatti i punti 1 e 2 del precedente paragrafo) sulla base dell’analisi preliminare delle caratteristiche del sito e del deposito, si è proceduto alla verifica a liquefazione applicando alcuni metodi di analisi empirica e semplificata noti in letteratura.

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T):

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

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1.

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

Calcolo dello sforzo di taglio indotto dal sisma (T)

La grandezza T viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0,65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} r_d \frac{1}{MSF}$$

dove:

$a_{\max}$	= accelerazione sismica massima;
g	= accelerazione di gravità = 980.7 cm/s ² ;
σ_{v0}	= pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
σ_{v0}'	= pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
r_d	= coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:
$r_d = 1 - 0.00765z$	per $z \leq 9.15$ m
$r_d = 1.174 - 0.0267z$	per $9.15 < z \leq 23$ m
$r_d = 0.774 - 0.008z$	per $23 < z \leq 30$ m
$r_d = 0.5$	per $z > 30$ m

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con la relazione

$$MSF = \left(\frac{M}{7,5} \right)^{-3,3}$$

se $M < 7.5$ o, se $M > 7.5$, con la formula

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M^{2,56}}$$

Calcolo della resistenza al taglio mobilitata (R)a) Da prove penetrometriche statiche – metodo di Robertson e Wride (1997)

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

$$R = 0,883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0,05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50$$

e

$$R = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0,08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160$$

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

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

Questa procedura è raccomandata dal National Center for Earthquake Reasearch (NCEER).

Calcolo dell'indice di liquefacibilità

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

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

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

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

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

$W(z) = 10 - 0,5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

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

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
$0 < IL \leq 5$	Basso
$5 < IL \leq 15$	Alto
$15 < IL$	Molto alto

Avendo ottenuto, con tutti i metodi applicati, fattori di sicurezza superiori a 1 e verifiche ampiamente positive, si ottiene, per tutti i tratti di cedimento indagati, un **indice di liquefazione IL = 0,00**, che corrisponde ad un **rischio di liquefazione molto basso**.

15. INTERVENTI PROPOSTI

Il presente capitolo illustra gli interventi proposti per il ripristino e il miglioramento della stabilità dei rilevati arginali a margine delle sedi stradali, con l'obiettivo di mitigare fenomeni di erosione e discontinuità superficiali, incrementare la capacità portante della cresta e garantire condizioni di esercizio sicure e durevoli.

In particolare si prevede:

1) Fresatura e demolizione della pavimentazione esistente

Oggetto: rimozione controllata della pavimentazione bituminosa e degli strati inferiori in misto granulare o calcestruzzo, fino a raggiungere il piano di imposta previsto a progetto. Raccolta e smaltimento/recupero del materiale secondo normativa vigente

Modalità esecutive:

- Fresatura meccanica con fresa a freddo dotata di nastro caricatore, per asportazione strati bituminosi (usura e binder) fino allo spessore complessivo. Materiale fresato da avviare a recupero in impianti autorizzati.
- Demolizione del sottofondo con escavatore dotato di benna, oppure scavo a strati nel caso di misti granulari stabilizzati.
- Carico e trasporto a rifiuto/recupero in impianti autorizzati, con tracciabilità dei materiali secondo normativa vigente, se non recuperabile direttamente in sito.

2) Riprofilatura dei versanti

Oggetto: regolarizzazione geometrica dei fianchi e della cresta, eliminando cavità, erosioni localizzate e discontinuità, con compattazione dei terreni.

Modalità esecutive:

- Mantenere pendenze dei versanti conformi allo stato di fatto/progetto.

3) Infissione pali di castagno e collegamenti orizzontali

Oggetto: realizzazione di palificate in legno di castagno Ø 16/18 cm, L 2,50 m, posate lungo i cigli di entrambi i versanti per contenimento superficiale e irrigidimento del bordo. Messa in opera di pali di castagno scortecciato, sano, privo di fessurazioni passanti e carie ed aventi estremità inferiore appuntita con eventuale protezione con impregnante/fondo bituminoso nella zona di infissione (se richiesto). I pali andranno infissi in modo allineato lungo il ciglio con interasse indicativo 1,50–1,80 m (da definire con la D.L. in base a pendenze e sollecitazioni veicolari previste). L'infissione dovrà avvenire almeno per 2,00 metri sotto il piano campagna locale o fino ad eventuale rifiuto su strato competente. I pali verticali dovranno essere raccordati da ulteriori pali orizzontali (raccordi) aventi stessa classe dimensionale, posati lungo il lato interno per almeno 2/3 ordini per versante. Le connessioni tra i pali verticali e orizzontali dovranno essere realizzate in filo di ferro zincato Ø ≥ 3–4 mm o con staffe/collari metallici zincati.

4) Compattazione del piano di appoggio e rinforzo con geotessuti e geogriglie

Oggetto: incremento della stabilità del piano di appoggio del pacchetto stradale conferendo una maggiore resistenza grazie alla diffusione dei carichi con effettiva riduzione dei cedimenti. Operata mediante compattazione con rullatura meccanica delle superfici ed interposizione di geotessuto (200 g/mq) e geogriglie (tipo LBO - GT Tenax®).

Modalità esecutive:

- Esecuzione della compattazione dopo la posa delle palificate lignee e dei raccordi orizzontali, così da assicurare l'assestamento del terreno attorno agli elementi infissi.

- Impiego di rulli lisci/vibranti, piastre vibranti o costipatori a seconda delle dimensioni dell'area e dell'accessibilità.
- Compattazione a strati successivi, con spessori ≤ 20 cm, fino al raggiungimento della densità prescritta dal progetto o dalle specifiche tecniche.
- Particolare attenzione lungo i cigli e attorno ai pali, evitando vibrazioni eccessive che possano danneggiare i collegamenti lignei.
- Rifinitura manuale delle zone non accessibili ai mezzi meccanici.

5) Collegamento con doppio cavo in acciaio

Oggetto: solidarizzazione con collegamento delle due palificate (versante dx/sx) con doppio cavo in acciaio.

Il cavo dovrà essere in acciaio zincato o inox, diametro da definire in progetto (indicativamente 8–12 mm).

La quota di posa della linea di collegamento dovrà essere al di sopra dello strato di fondazione in misto di cava. L'ancoraggio ai pali tramite tenditori con dado cieco con interposizione di guaine per evitare intagli nel legno. Il tensionamento dei cavi deve avvenire in maniera progressiva fino al raggiungimento di una tensione adeguata per rendere solidale le due porzioni di struttura presenti lungo i versanti dell'argine.

6) Massicciata stradale (flessibile) binder bitumoso e strato di usura

Formazione di rilevato secondo le sagome prescritte con materiali idonei, provenienti sia dagli scavi che dalle cave (terre ghiaia sabbiosa), il compattamento a strati fino a raggiungere la densità prescritta. Posa di materiali provenienti dalle cave, compresa la fornitura, appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7 o con equivalente materia prima secondaria proveniente da impianti di recupero rifiuti-inerti.

Strato di collegamento binder in conglomerato bituminoso (spessore 8 cm) e strato di usura in conglomerato bituminoso (spessore 4 cm)

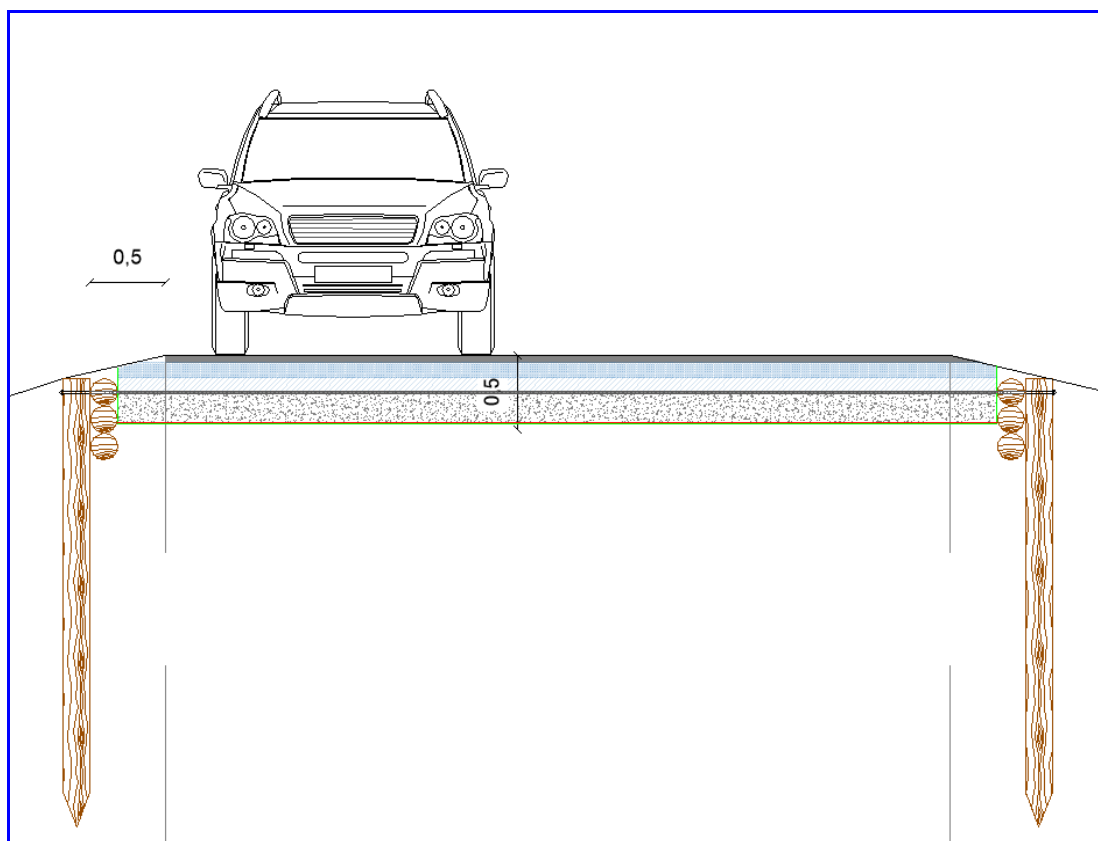


Figura 64 int Schema sintetico interventi proposti

In corrispondenza del cedimento di Copermio, per garantire la stabilità del rilevato arginale, si propone di realizzare un nuovo allineamento di palancole, a monte di quelle precedentemente realizzate, con profondità di 10 metri dal locale piano campagna. Il precedente intervento, che a stante le verifiche condotte, aveva previsto l'utilizzo di palancole da 6 metri, non aveva infatti garantito profondità sufficienti al sostegno del rilevato, con ingenti deformazioni del sistema di palancole. Le profondità previste consentiranno di aumentare l'ancoraggio di piede e la capacità di contrasto alle spinte del terreno.



Figura 65 int Interventi proposti – Cedimento Copermio

16. CONCLUSIONI

Il presente studio si è prefisso lo scopo di valutare le condizioni zonali dell'area di studio, esaminando il contesto geologico, morfologico ed idrologico presenti, al fine di supportare il progetto di ripristino di alcune porzioni di rilevati arginali lungo il Fiume Po site nei Comune di Polesine Zibello (PR) e Colorno (PR).

Di seguito si riporta una sintesi dei principali aspetti emersi:

Studio geologico

L'area del presente studio è ubicata nella bassa pianura parmense, in una zona con assetto morfologico del tutto pianeggiante, posta ad una altitudine variabile da circa 30/35 metri s.l.m., risulta essere per tutte le caratteristiche al contorno, **assolutamente stabile e con predisposizione nulla al dissesto**.

Al contorno dell'area, l'idrografia di superficie è caratterizzata dal Fiume Po, posto a nord-est e come definito dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Emilia Romagna (PGRA - Geoportale Regione Emilia Romagna), le aree presentano i seguenti scenari di Pericolosità/Rischio

Area oggetto di studio	Pericolosità Alluvioni	Rischio Alluvioni
<i>Tratti in Comune di Polesine Zibello</i>	P3	R1
<i>Tratto in Comune di Colorno</i>	P3	R1

Nel corso delle indagini effettuate non si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrica, a causa del cedimento delle pareti del foro di ispezione. Tuttavia nel corso di precedenti studi realizzati in contesti analoghi a quello di studio, si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrico sub-superficiale. Tale circolazione, pur potendo considerare il substrato in posto come scarsamente permeabile, è resa possibile dalle condizioni di infiltrazione efficace presenti nella coltre superficiale dei terreni argillosi, proprio per le fessurazioni che in essi si producono in seguito ai cicli di essiccazione/imbibizione (contrazione/rigonfiamento). **Possono così formarsi lenti freatiche superficiali e discontinue, caratterizzate da livelli di soggiacenza assai variabili** e condizionate dalla stagionalità degli eventi meteorici.

L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica Regione Emilia-Romagna scala 1:10.000 e Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000), si colloca in corrispondenza dei seguenti depositi:

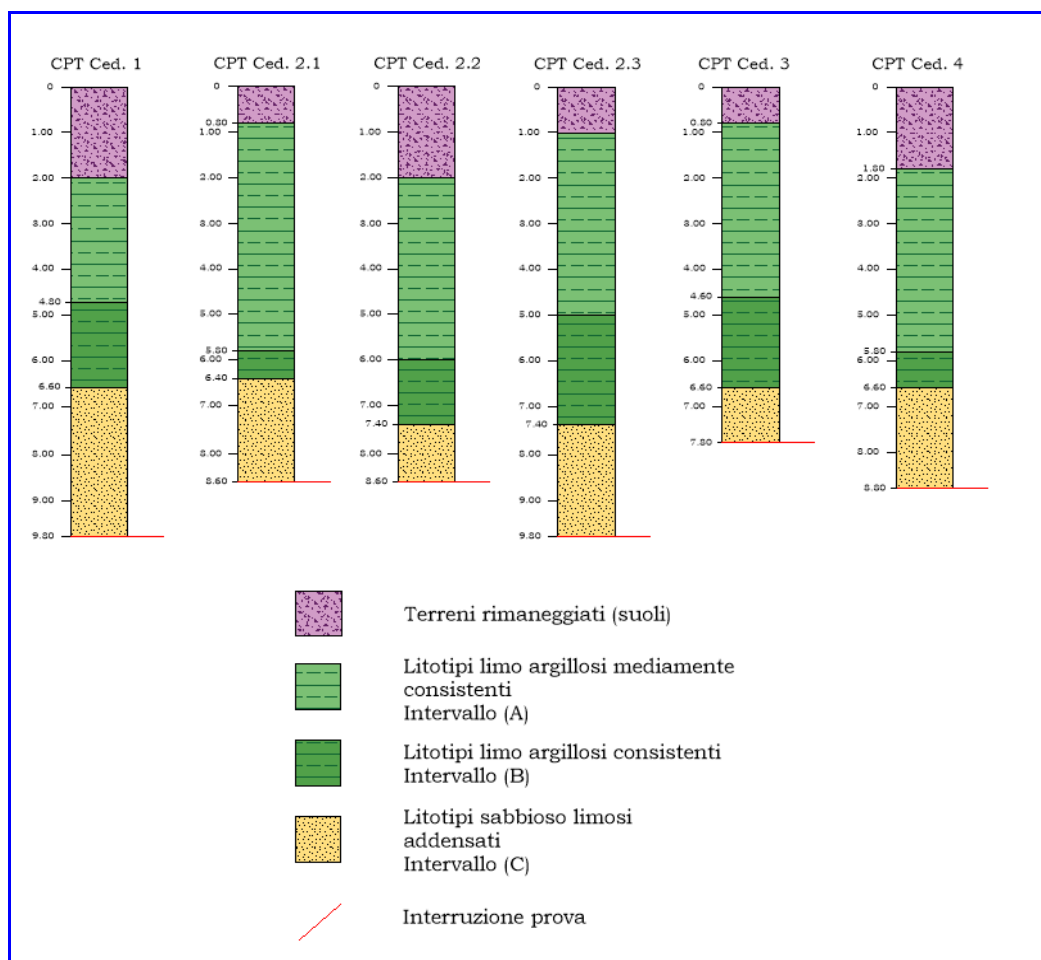
Area oggetto di studio	Carta Geologica scala 1:10.000	Carta Geologica scala 1:100.000
<i>Tratti in Comune di Polesine Zibello</i>	---	Alluvioni Medio Recenti – a ²
<i>Tratto in Comune di Colorno</i>	Unità di Modena - AES8a	Alluvium Medio Recente – q2r

La cartografia tematica esistente, in particolare la “Tavola QC Idro A5 del Piano Infraregionale delle Attività Estrattive – Carta Idrogeologica della Pianura e dei Sistemi Idrogeologici dell'Appennino Parmense” delinea l'andamento delle linee isofreatiche mediante pozzi e punti di controllo della rete piezometrica. Nell'area indagata le linee isofreatiche sono riportate

ad una quota circa compresa tra i 30 ed i 25 metri, corrispondendo ad una soggiacenza media circa tra i 5 ed i 10 metri dal piano campagna.

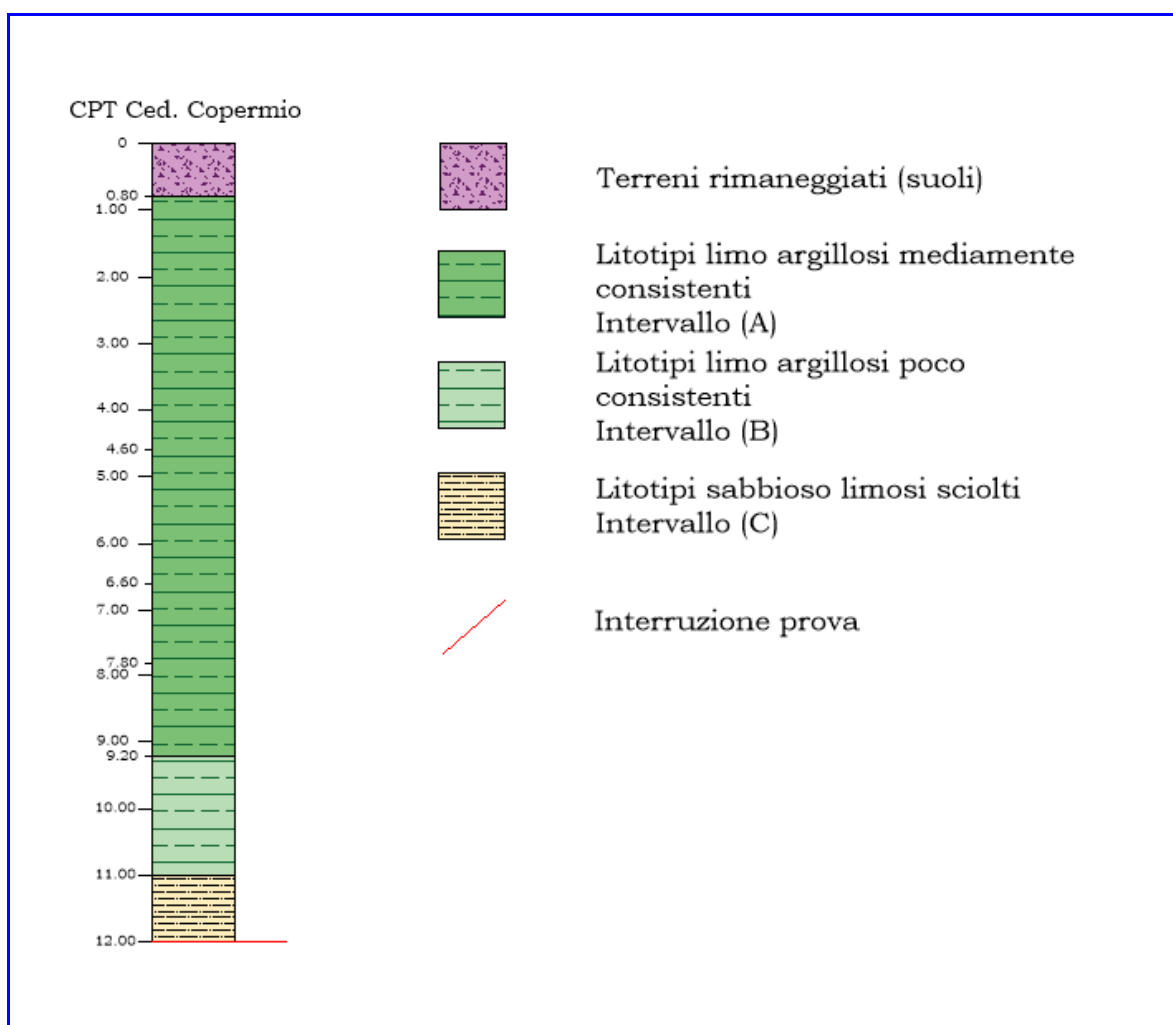
I risultati delle indagini geognostiche realizzate permettono di supporre i seguenti intervalli reologicamente e geomeccanicamente uniformi:

Intervallo	Z _{min} (m)	Z _{max} (m)	γ (t/m³)	γ _{SAT} (t/m³)	γ'(t/m³)	Cu (kg/cm2)	Φ'	E (kg/cm²)
			γ(KN/m³)	γ _{SAT} (KN/m³)	γ'(KN/m³)	Cu (KPa)		E (MPa)
Suoli	0.00	-2.00/-0.80/- 1.00/-1.80	---					
A	-2.00/-0.80/- 1.00/-1.80	-4.80/-5.80/- 6.00/-5.00/- 4.60	1.80	1.90	0.90	0.90	---	50
			17.65	18.63	8.83	88.26		4.90
B	-4.80/-5.80/- 6.00/-5.00/- 4.60	-6.60/-6.40/- 7.40	1.80	1.90	0.90	1.20	---	120
			17.65	18.63	8.83	117.68		11.77
C	-6.60/-6.40/- 7.40	-9.80/-8.60/- 7.80	1.70	1.80	0.80	---	37°	>270
			16.67	17.65	7.85			>26.48



Qualora lo ritenga opportuno e sotto la propria completa responsabilità, il Progettista potrà utilizzare i parametri fisico-meccanici sopra riportati, desunti dalle risultanze dell'indagine geognostica svolta in sito, ai fini della definizione del modello geotecnico (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

Intervallo	Z _{min} (m)	Z _{max} (m)	γ (t/m³)	γ _{SAT} (t/m³)	γ'(t/m³)	Cu (kg/cm2)	Φ'	E (kg/cm²)
			γ(KN/m³)	γ _{SAT} (KN/m³)	γ'(KN/m³)	Cu (KPa)		E (MPa)
Suoli	0.00	0,80	---					
A	0,80	-9,20	1.80	1.90	0.90	0.80	---	50
			17.65	18.63	8.83	78.45		4.90
B	-9,20	-11,00	1.80	1.90	0.90	0.65	---	50
			17.65	18.63	8.83	63.74		4.90
C	-11,00	-13,00	1.70	1.80	0.80	---	30°	50
			16.67	17.65	7.85			4.90



Qualora lo ritenga opportuno e sotto la propria completa responsabilità, il Progettista potrà utilizzare i parametri fisico-meccanici sopra riportati, desunti dalle risultanze dell'indagine geognostica svolta in sito, ai fini della definizione del modello geotecnico (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

Si rimanda al Capitolo 8 per il confronto con le indagini geognostiche effettuate nel 2009.

Risultati e considerazioni

Nell'ambito delle verifiche geotecniche e geofisiche sugli argini del fiume Po e del torrente Parma, soggetti a fenomeni di cedimento localizzato o diffuso, sono state eseguite complessivamente **7 prospezioni geoelettriche** (ERT – Electrical Resistivity Tomography), in corrispondenza di tratti arginali segnalati come potenzialmente instabili.

Le indagini, realizzate prevalentemente lungo la sommità degli argini (stese longitudinali) e in alcuni casi anche in direzione ortogonale (stese trasversali), hanno indagato profondità comprese tra circa **10 e 20 m dal piano campagna**, utilizzando configurazioni Wenner o Wenner-Schlumberger.

Mediamente l'assetto geoelettrico mostra in generale una **stratigrafia ricorrente**:

- **Zona superficiale** (0–2/2,5 m): valori di resistività medio-alti ($>50\text{--}60\ \Omega\cdot\text{m}$), associabili a terreni sciolti o parzialmente asciutti, spesso ghiaiosi o sabbiosi, talvolta con parziale drenaggio superficiale;
- **Zona intermedia** (variabile tra 2–6 m e 2–12 m): fascia continua a **bassa resistività** ($7\text{--}40\ \Omega\cdot\text{m}$, più frequentemente $10\text{--}30\ \Omega\cdot\text{m}$), interpretabile come depositi limoso-argillosi saturi o a elevato contenuto d'acqua interstiziale e deformabili, costituente il nucleo principale dell'argine;
- **Zona basale**: valori di resistività medi o medio-alti ($40\text{--}300\ \Omega\cdot\text{m}$), riconducibili a sedimenti sabbiosi o ghiaiosi più o meno saturi, potenzialmente più permeabili.

In diversi casi il limite tra la zona superficiale e quella intermedia presenta un andamento **irregolare e ondulato**, localmente ribassato nelle aree in cui sono stati segnalati cedimenti, suggerendo possibili fenomeni di deformazione interna o cedimento differenziale. Il contatto tra zona intermedia e basale risulta invece nella maggior parte dei casi regolare e lineare, coerente con un contatto stratigrafico stabile.

Si rimanda al Capitolo 9 per il confronto con le indagini geoelettriche effettuate nel 2009.

Studio sismico

I parametri necessari per la determinazione delle forme spettrali da utili per la definizione dell'azione sismica di progetto sono stati ricavati dal programma messo a punto dal Ministero "Spettri NTC-18" ver. 1.0.3 in accordo con quanto previsto dal D.M. 17/01/18

POLESINE ZIBELLO

V_N	50 anni
Classe	II
C_U	1

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F₀	T_c[*] (s)
SLO	30	0,036	2,544	0,214
SLD	50	0,044	2,531	0,246
SLV	475	0,103	2,536	0,296
SLC	975	0,130	2,566	0,302

COPERMIO

V_N	50 anni
Classe	II
C_U	1

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F₀	T_c[*] (s)
SLO	30	0,036	2,566	0,221
SLD	50	0,044	2,562	0,256
SLV	475	0,090	2,663	0,314
SLC	975	0,110	2,694	0,326

Per la classificazione del sito in oggetto si è definito il parametro meccanico di base definito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, V_{S30} realizzando indagini geofisiche in sito mediante la tecnica "MASW".

Le elaborazioni effettuate hanno permesso di attribuire al sito indagato la categoria di sottosuolo "C" e categoria topografica "T2"

POLESINE ZIBELLO

STATO LIMITE		S_s	C_c	St	k_h	k_v	A_{max} [m/s ²]	β
SLE	SLO	1,500	1,750	1,200	0,013	0,006	0,632	0,200
	SLD	1,500	1,670	1,200	0,016	0,008	0,778	0,200
SLU	SLV	1,500	1,570	1,200	0,044	0,022	1,812	0,240
	SLC	1,500	1,560	1,200	0,056	0,028	2,303	0,240

COLORNO

STATO LIMITE		Ss	Cc	St	k _h	k _v	Amax [m/s ²]	β
SLE	SLO	1,500	1,730	1,200	0,013	0,007	0,643	0,200
	SLD	1,500	1,650	1,200	0,016	0,008	0,776	0,200
SLU	SLV	1,500	1,540	1,200	0,032	0,016	1,586	0,200
	SLC	1,500	1,520	1,200	0,048	0,024	1,945	0,240

Non avendo potuto escludere la possibilità di liquefazione per i depositi indagati, secondo quanto definito all'art. 7.11.3.4.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018 sulla base dell'analisi preliminare delle caratteristiche del sito e del deposito, si è proceduto alla verifica a liquefazione applicando alcuni metodi di analisi empirica e semplificata noti in letteratura.

Secondo i metodi di calcolo utilizzati, si ottiene un **indice di liquefazione IL = 0,00** che corrisponde ad un **rischio di liquefazione molto basso**.

Gli interventi proposti sono progettati con lo scopo di ripristinare e migliorare la stabilità dei rilevati arginali a margine della sede stradale, con l'obiettivo di mitigare fenomeni di erosione e discontinuità superficiali, incrementare la capacità portante della cresta e garantire condizioni di esercizio sicure e durevoli.

Il criterio progettuale guida è la minima invasività e la reversibilità delle opere, privilegiando materiali naturali dove compatibili (legno di castagno) e soluzioni a basso impatto paesaggistico.

Gli interventi sono organizzati in una sequenza coordinata di lavorazioni: fresatura e demolizione della pavimentazione esistente per il recupero delle quote e la corretta ricostituzione del pacchetto, riprofilatura dei versanti per il ripristino della geometria e delle pendenze di progetto, posa di palificate lignee lungo i cigli con raccordi orizzontali e successiva compattazione controllata del terreno a contorno; segue la solidarizzazione trasversale mediante doppio cavo in acciaio. Sulla cresta stradale sono previsti strati funzionali di separazione e rinforzo (tessuto non tessuto e geogriglia) e la formazione della massicciata, con eventuale strato drenante di usura/binder per favorire lo smaltimento delle acque.

In corrispondenza del cedimento di Copermio, per garantire la stabilità del rilevato arginale, si propone di realizzare un nuovo allineamento di palancole, a monte di quelle precedentemente realizzate, con profondità di 10 metri dal locale piano campagna. Il precedente intervento, che a stante le verifiche condotte, aveva previsto l'utilizzo di palancole da 6 metri, non aveva infatti garantito profondità sufficienti al sostegno del rilevato, con ingenti deformazioni del sistema di palancole. Le profondità previste consentiranno di aumentare l'ancoraggio di piede e la capacità di contrasto alle spinte del terreno

A seguito delle considerazioni effettuate, derivanti dalle valutazioni geologiche e geologico-tecniche formulate e fatte salve le prescrizioni di cui sopra, si ritiene di poter esprimere **un parere del tutto favorevole agli interventi in ambito di progetto**.

San Michele Tiorre, li 19 settembre 2025



Dott. Geol. Luca Calzolari

TAVOLE

STRALCIO CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE
Geoportale Regione Emilia Romagna
Scala 1:25.000
Foglio 163 Sud Ovest - Comune di Polesine

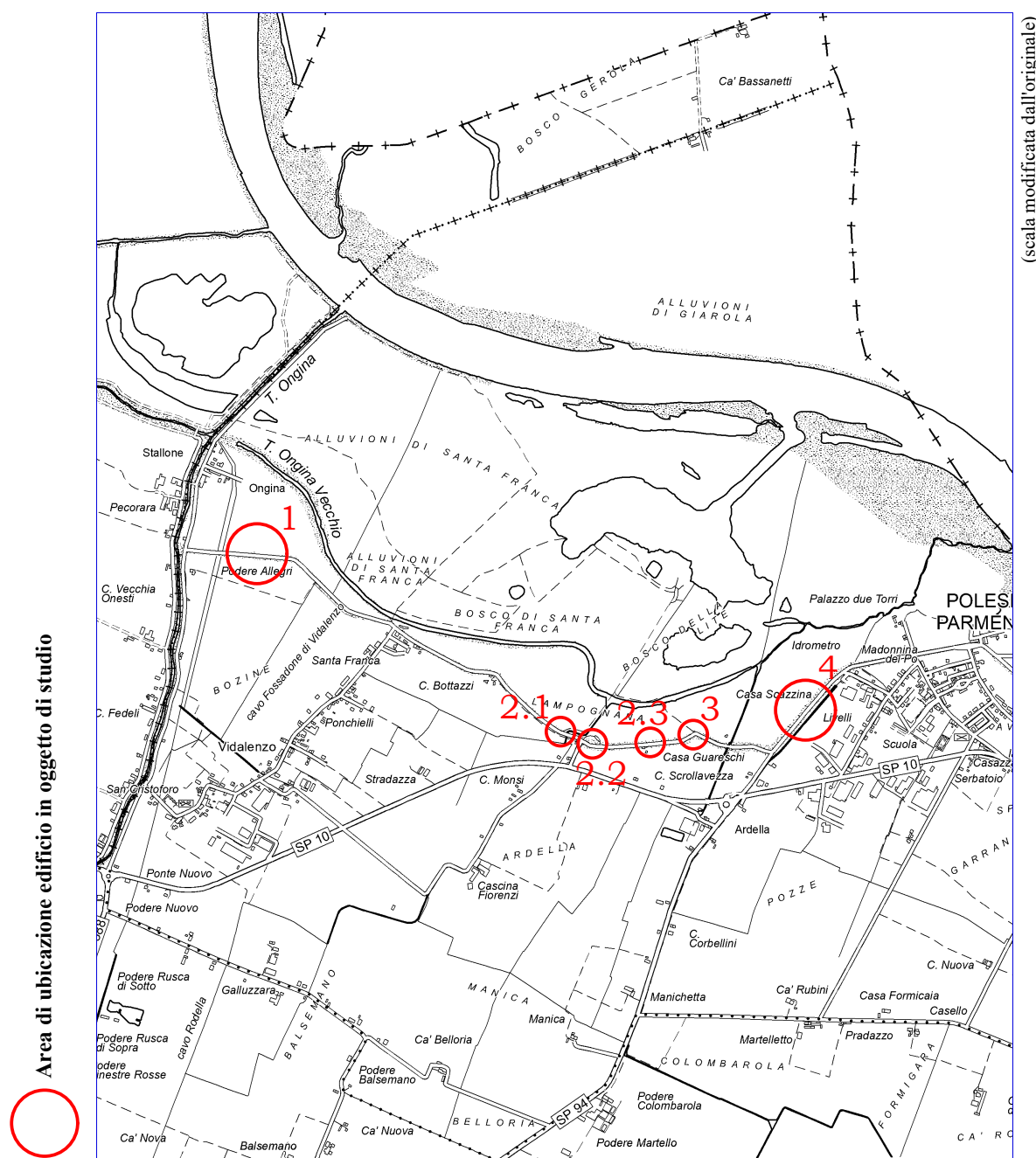


Tavola Ib

STRALCIO CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE Geoportale Regione Emilia Romagna Scala 1:25.000

Foglio 182 Nord Ovest - Comune di Colorno

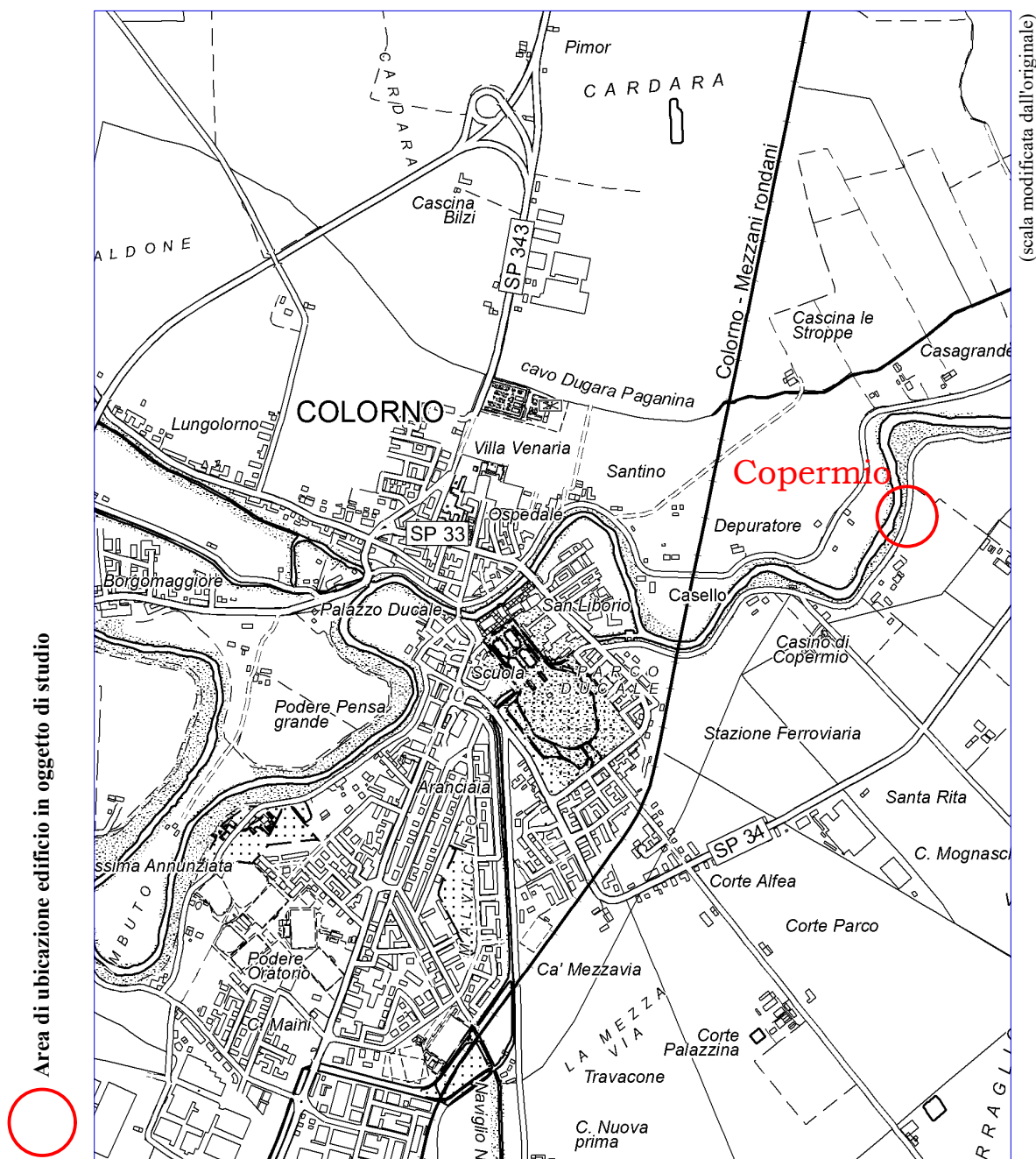


Tavola IIa

STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE

Scala 1:2.000

Comune di Polesine - Sezione A - Foglio 10

Cedimento Tratto 1



Area in oggetto di studio

Tavola IIb

STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE Scala 1:2.000

**Comune di Polesine - Sezione A - Fogli 11, 6 e 13
Cedimenti Tratti 2.1 e 2.2**

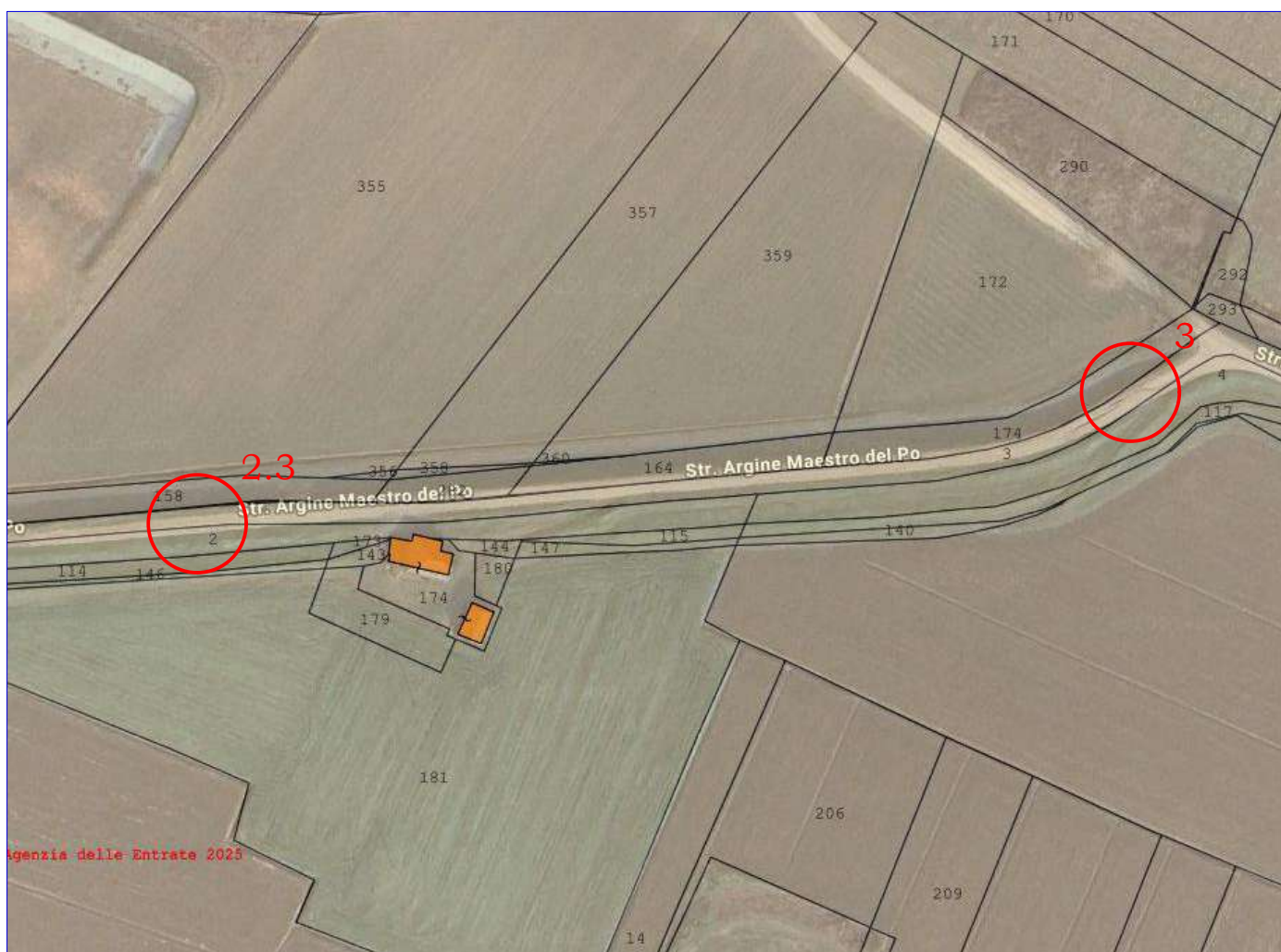


Area in oggetto di studio

Tavola IIc

STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE Scala 1:2.000

Comune di Polesine - Sezione A - Fogli 6 e 13
Cedimenti Tratti 2.3 e 3



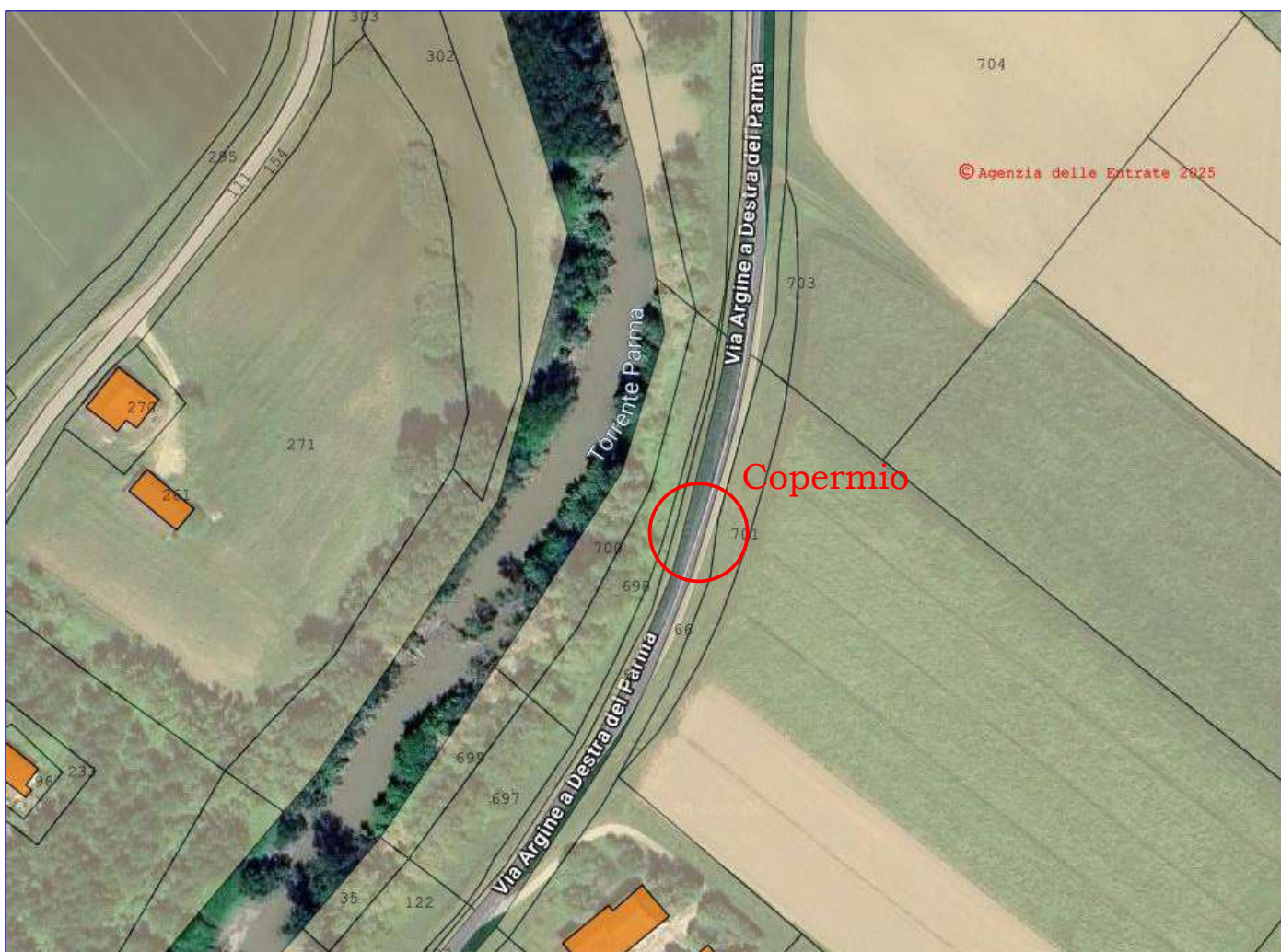
Area in oggetto di studio

Tavola IId

STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE

Scala 1:2.000

Comune di Colorno - Foglio 34
Cedimenti Copermio



Area in oggetto di studio

Tavola IIIa

STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

- Foglio 61 -

Cremona

Scala 1:100.000



(scala modificata dall'originale)

○ Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

Tavola IIIbis

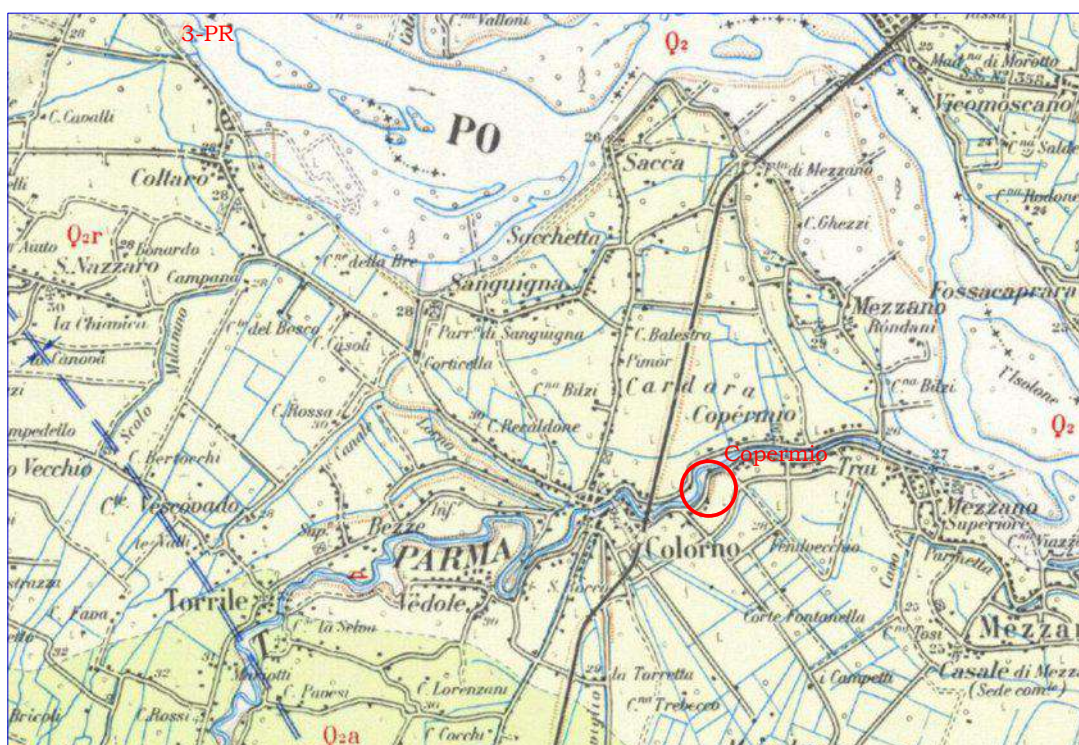
STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - Foglio 61 - Cremona Scala 1:100.000

Legenda

Litologia di superficie	
	Ghiaia
	Sabbia
	Fango (coarse loam)
	Fango fine (fine loam)
	Limo (silt)
	Argilla
	Argilla finissima

Tavola IIIb

STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - Foglio 73 - Parma Scala 1:100.000



(scala modificata dall'originale)

 Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

Legenda

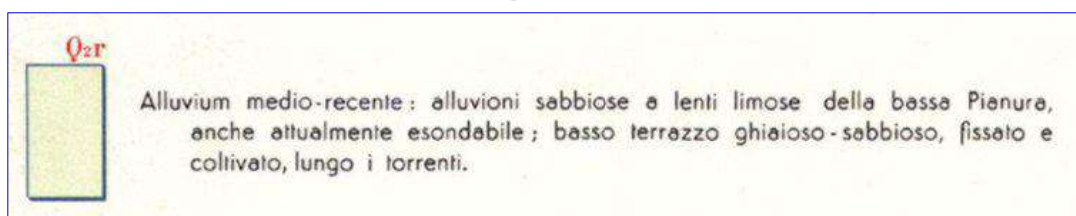
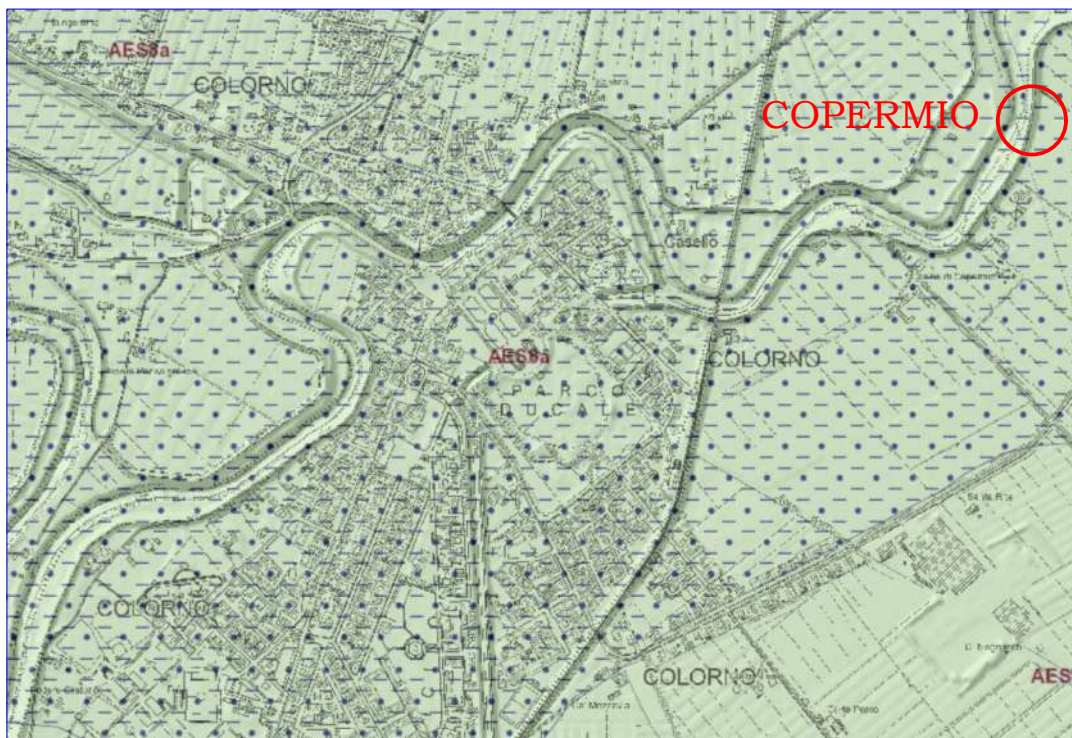


Tavola IVa

STRALCIO CARTA GEOLOGICA REGIONALE EMILIA ROMAGNA Scala 1:10.000



(scala modificata dall'originale)



Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

Legenda



AES8a - Unità di Modena: Limi argillosi di piana alluvionale



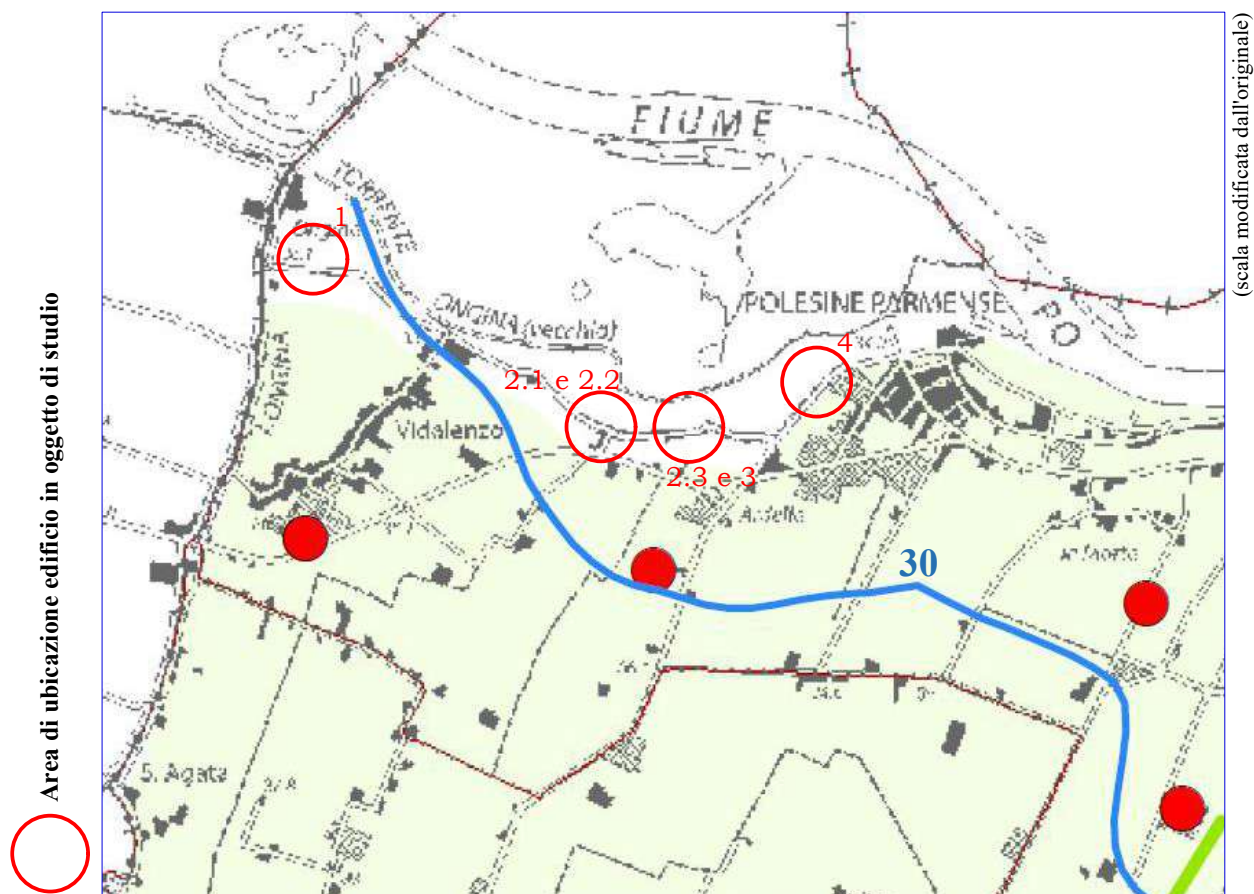
AES8a - Unità di Modena: Sabbie di piana alluvionale



AES8a - Unità di Modena: Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

Tavola Va

STRALCIO CARTA DEL PIANO INFRAREGIONALE DELLE ATTIVITÀ ESTRATTIVE Scala 1:100.000



PROVINCIA DI PARMA
Servizio Pianificazione Territoriale
U.O. Sistemi Informativi Territoriali - Sicurezza Territoriale

PIAE
Piano Infra-regionale
Attività Estrattive

Tavola QC Idro A5
Carta dei sistemi idrogeologici

Consultazione preliminare ai sensi dell'art.44
L/R 24/2017 "Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del suolo"

Scala 1:100.000

Assunzione	Adozione	Approvazione
Del. C.P. n°.....	Del. C.P. n°.....	Del. C.P. n°.....

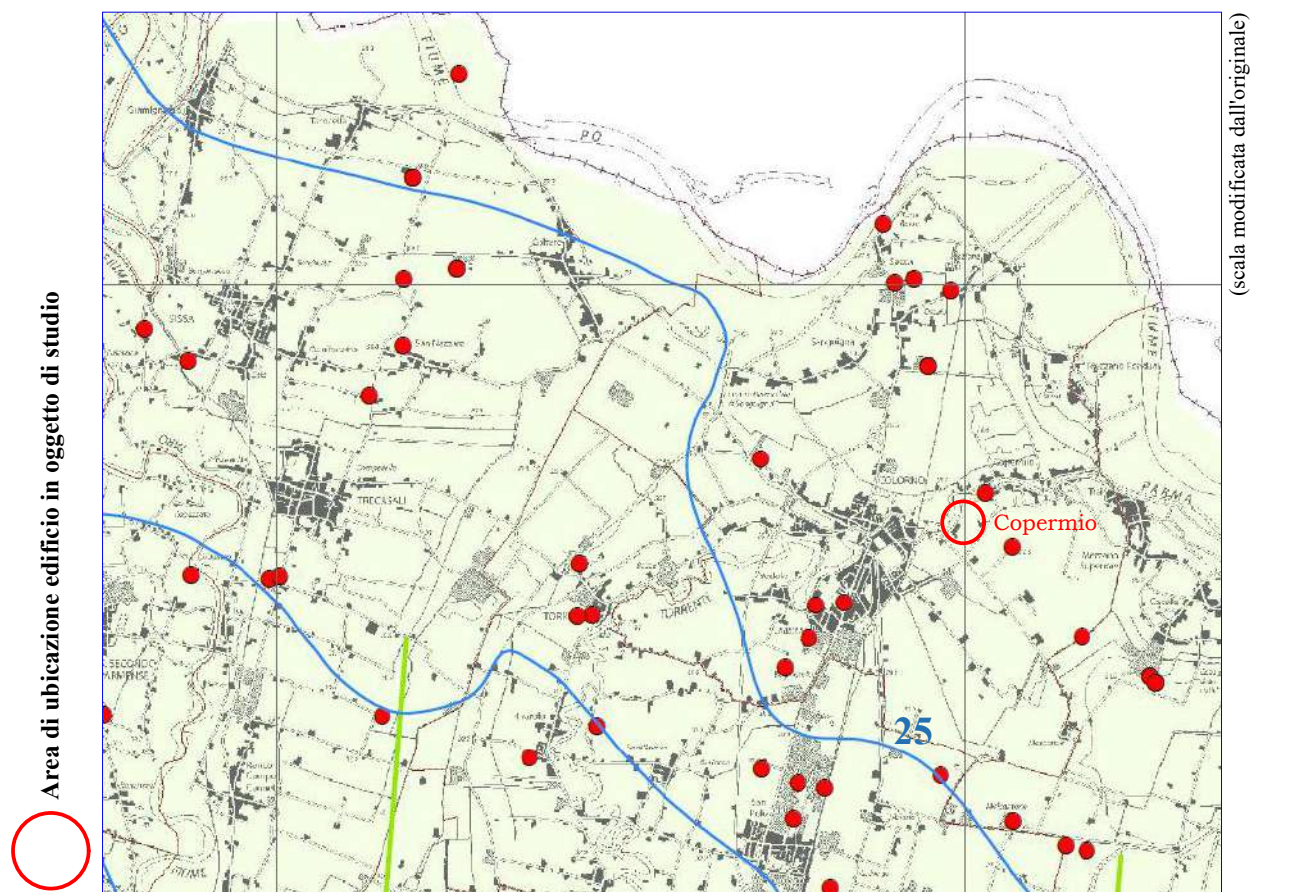
Il Dirigente	Il responsabile U.O.	Gruppo di lavoro
Geol. Andrea Ruffini	Ing. Andrea Corradi	Analisi Geologica e SIT Geol. Martino Piazza Analisi statistica e dati Dott. Andrea Galani Dott.ssa Monica Cavalli Segreteria amministrativa Sig.ra Stefania Vicini

Luglio 2023

ZANZUCCHI ASSOCIATI
art
GIP
Ing. Martino Piazza
MAB

Analisi idrogeologica della pianura parmense

- Depositi alluvionali di pianura
- Limite freatico
- Linee isofreatiche
- Assi di drenaggio
- Pozzi
- Sorgenti non captate
- Sorgenti storiche (I.B.C.)
- Sorgenti captate
- Sorgenti con deposito di travertino
- Cavità e grotte
- Faglie
- Concessioni minerarie
- Limite delle zone di protezione delle acque sotterranee pedecollina-pianura

Tavola Vb**STRALCIO CARTA DEL PIANO INFRAREGIONALE
DELLE ATTIVITÀ ESTRATTIVE
Scala 1:100.000****Analisi idrogeologica della pianura parmense**

- Depositi alluvionali di pianura
- Limite freatico
- Linee isofreatiche
- Assi di drenaggio
- Pozzi
- Sorgenti non captate
- Sorgenti storiche (I.B.C.)
- Sorgenti captate
- Sorgenti con deposito di travertino
- Cavità e grotte
- Faglie
- Concessioni minerarie
- Limite delle zone di protezione delle acque sotterranee pedecollina-pianura

Tavola Via

STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

Tavola Pericolosità

Polesine

Geoportale Emilia Romagna

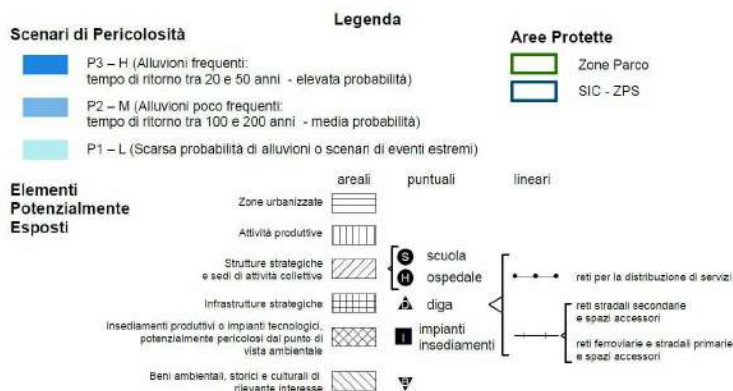


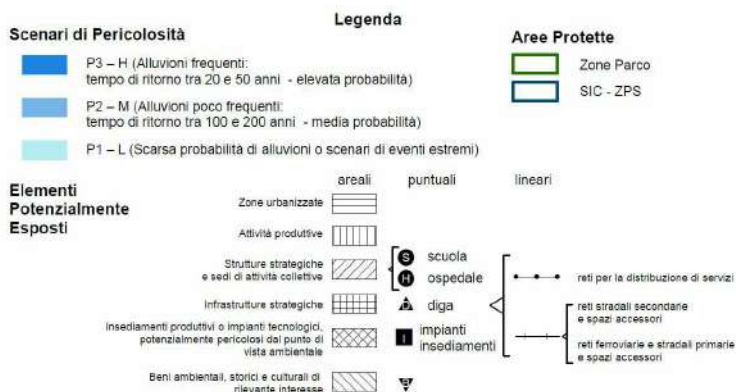
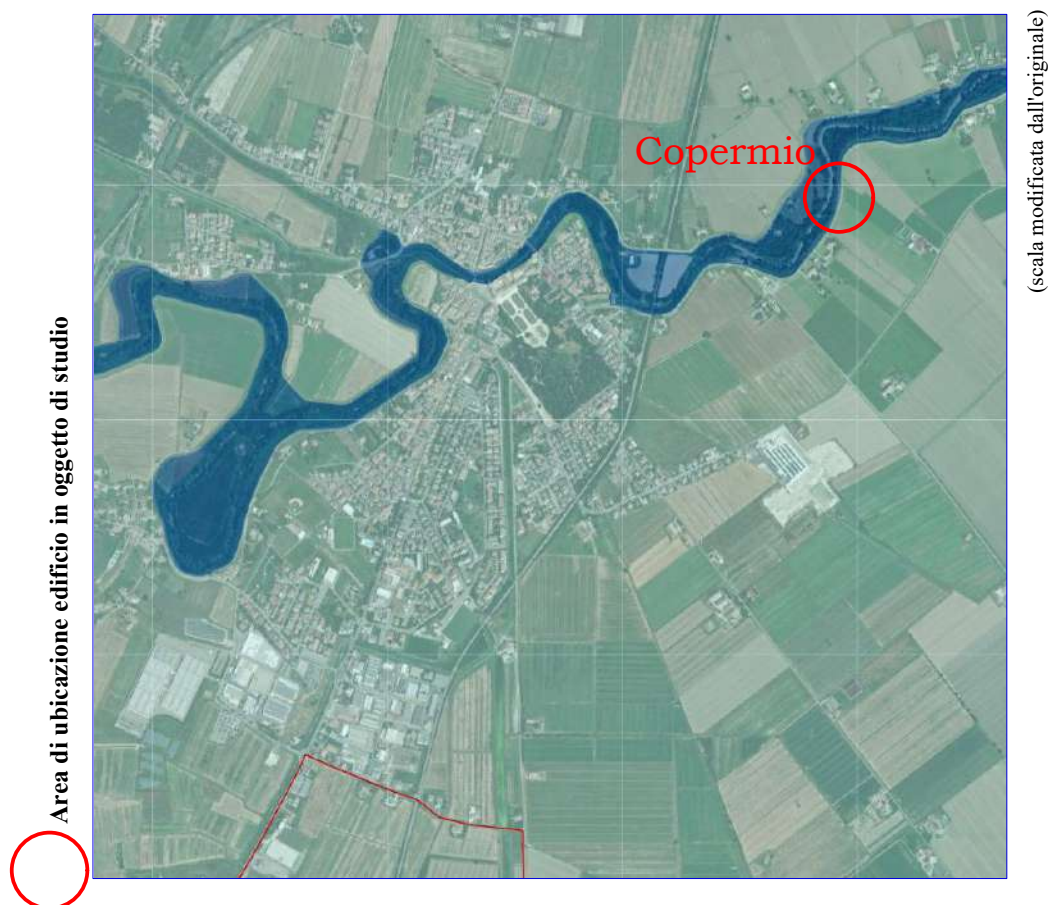
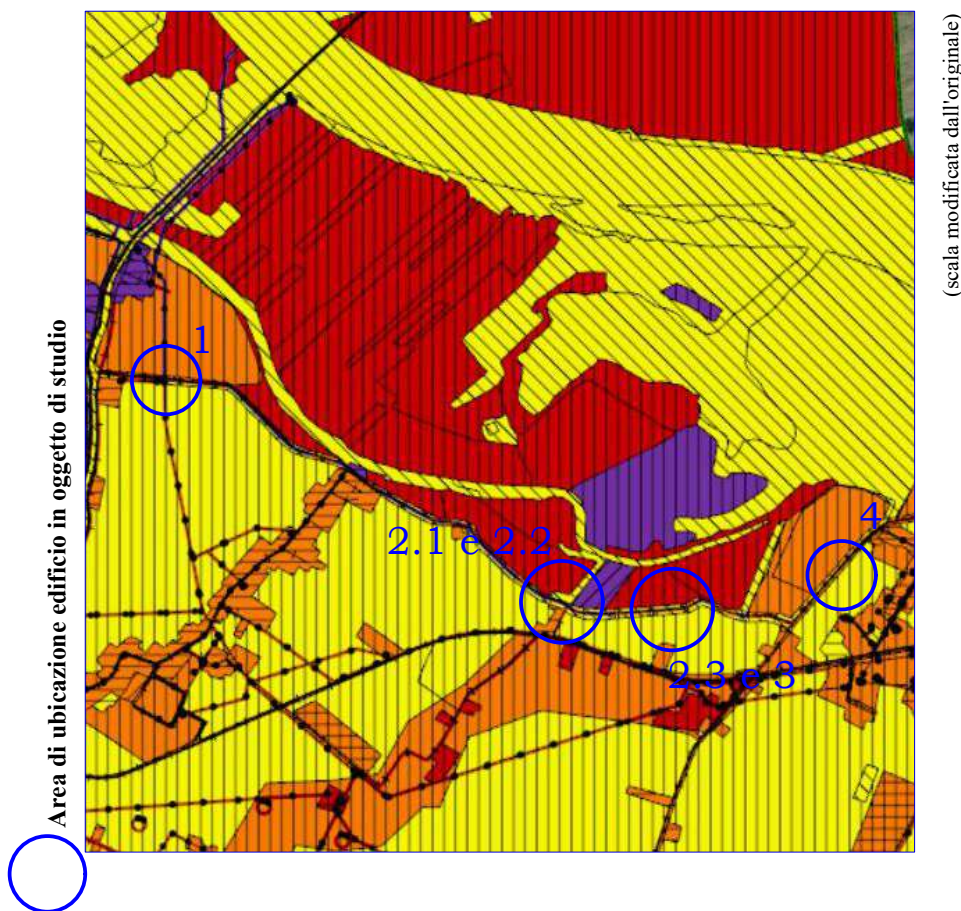
Tavola VIb**STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL
RISCHIO ALLUVIONI****Tavola Pericolosità****Colorno - Copermio
Geoportale Emilia Romagna**

Tavola VIIa

STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

Tavola del rischio

Polesine Geoportale Emilia Romagna



Legenda

Aree Protette



Zone Parco



SIC - ZPS

Classi di Rischio

R1 (rischio moderato o nullo)

R2 (rischio medio)

R3 (rischio elevato)

R4 (rischio molto elevato)

puntuali



lineari



areali

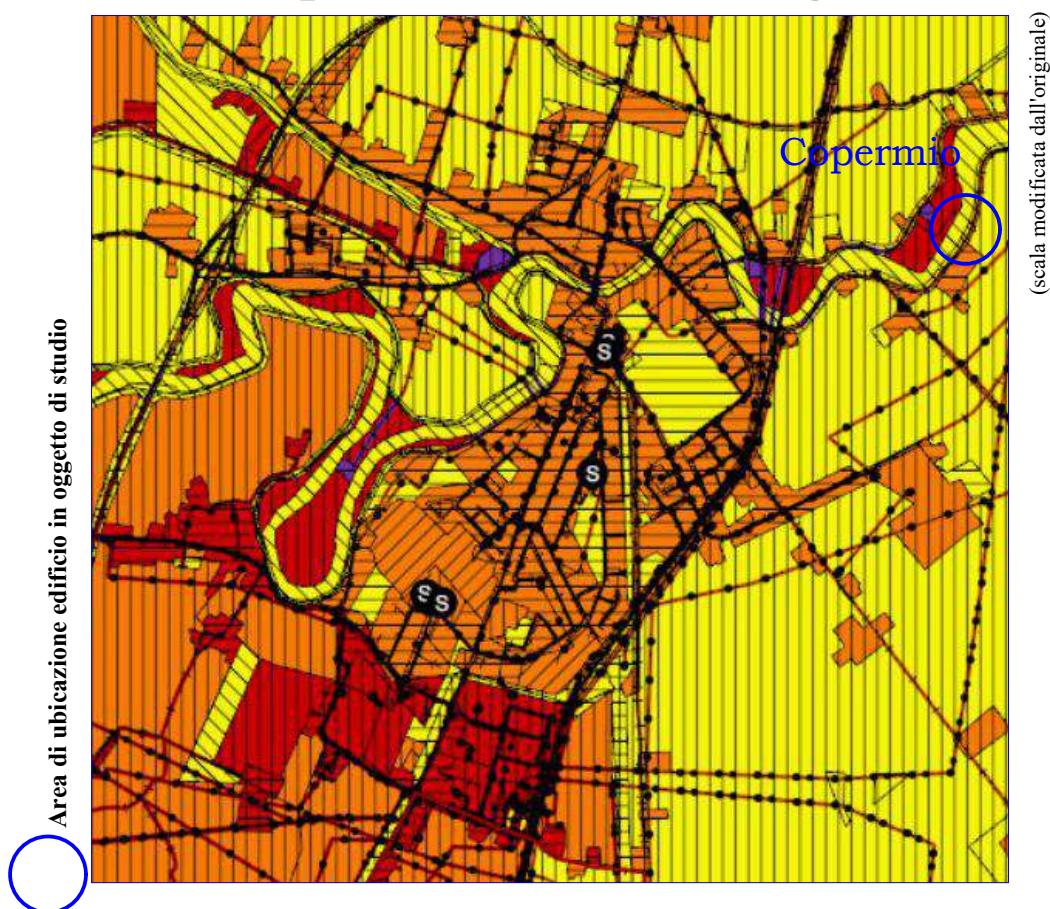


Tavola VIIb

STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

Tavola del Rischio

Colorno - Copermio Geoportale Emilia Romagna



Legenda

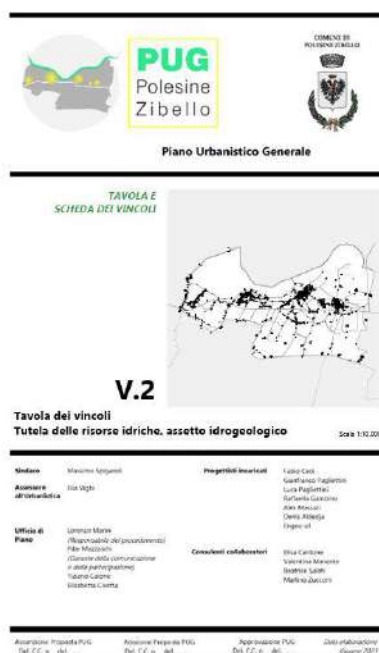
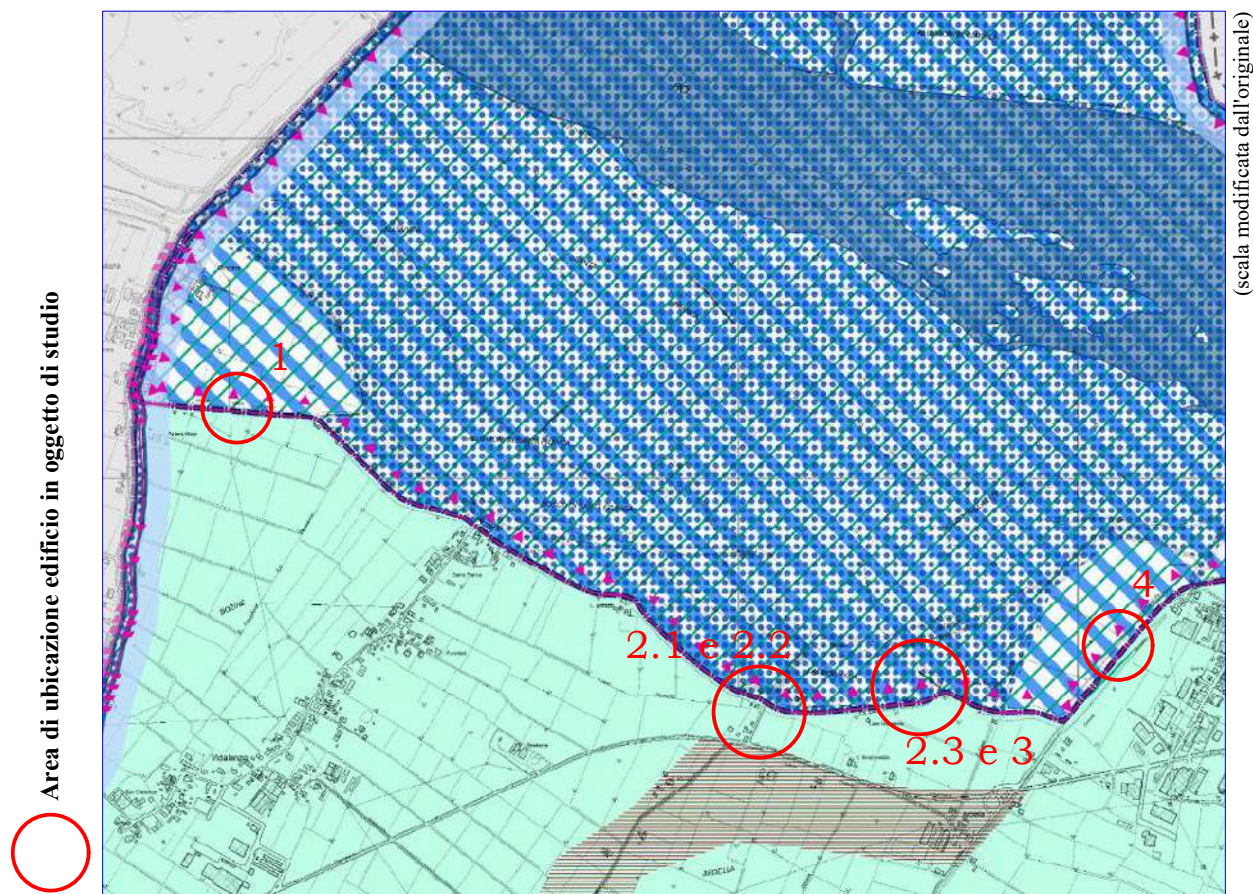
Aree Protette		Zone Parco		SIC - ZPS
Classi di Rischio		puntuali	lineari	areali
R1 (rischio moderato o nullo)				
R2 (rischio medio)				
R3 (rischio elevato)				
R4 (rischio molto elevato)				

Tavola VIIIa

STRALCIO PUG COMUNE DI POLESINE ZIBELLO

Tavola dei Vincoli

Scala 1:10.000



Tutela delle aree a pericolosità idraulica

- Zone di deflusso della piena - Alveo - Fascia A (art.13 PTCP e art.20 PAI)
- Fascia di Esondazione - Fascia B (art. 30 PAI)
- Area di inondazione per piena catastrofica Fascia C (art.13ter del PTCP e art. 31 del PAI)
- Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua

Piano di Gestione Rischio Alluvioni - Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP)

- P3 - Aree interessate da alluvioni frequenti
- P2 - Aree interessate da alluvioni poco frequenti
- P1 - Aree interessate da alluvioni rare

Piano di Gestione Rischio Alluvioni - Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)

- P3 - Aree interessate da alluvioni frequenti
- P2 - Aree interessate da alluvioni poco frequenti

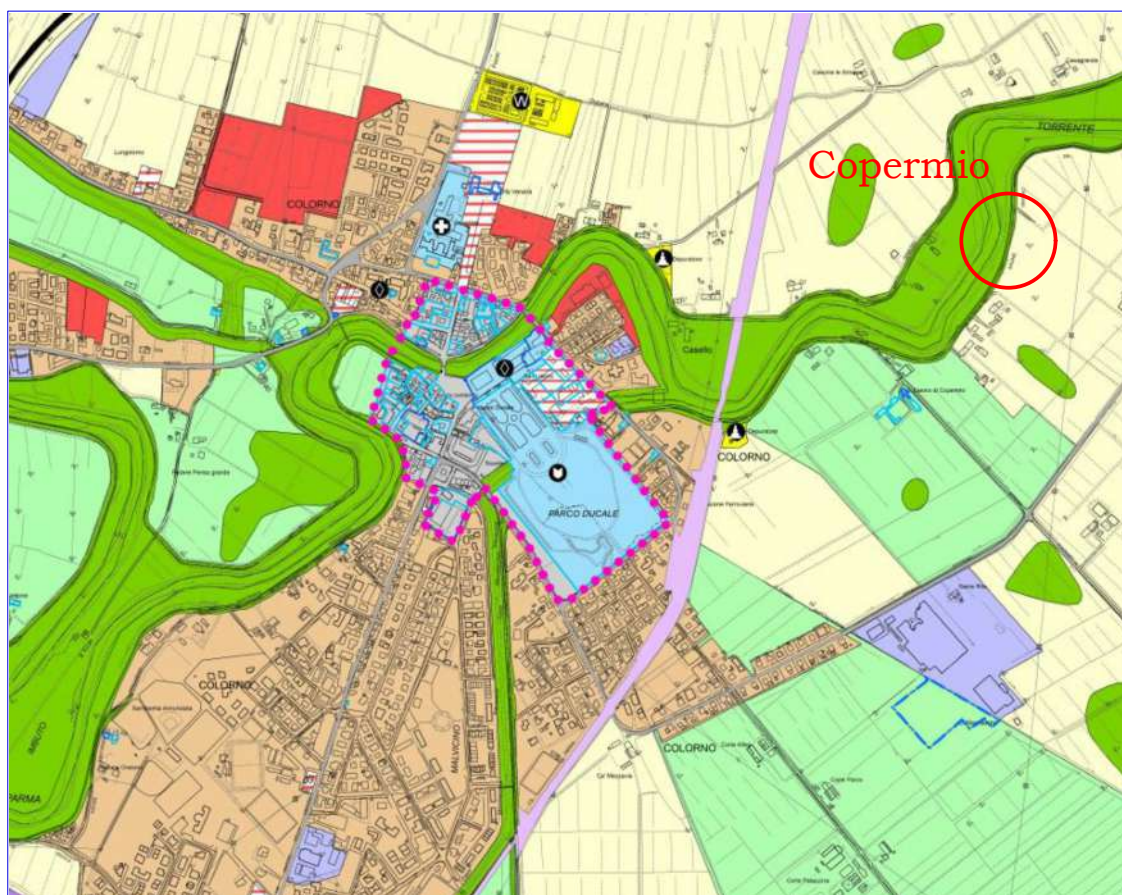
Tavola VIIIb

STRALCIO PSC COMUNE DI COLORNO

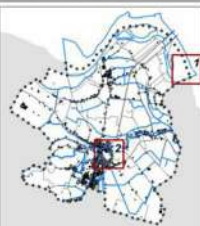
Tavola dei Vincoli

Scala 1:10.000

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio



(scala modificata dall'originale)

 Comune di Colorno Provincia di Parma Regione Emilia Romagna P.S.C. PIANO STRUTTURALE COMUNALE VARIANTE PSC 1° 2017 (ai sensi dell'art.14-bis L.R.20/2000 smi) Progetto del territorio comunale Scala 1:10.000  Elaborato da: Michela Canova Assessorato all'Urbanistica UTC - Settore Uso e Assetto del Territorio (Resp.) Adozione: _____ Controlleduzione: _____ Approvazione: _____ PSC 4 Febbraio 2018	

TERRITORIO RURALE

-  Ambiti ad alta vocazione agricola produttiva
-  Ambiti agricoli di rilievo paesaggistico
-  Ambiti agricoli di valore naturale ed ambientale

TERRITORIO URBANO

-  Centro storico
-  Ambiti urbani consolidati
-  Ambiti da riqualificare
-  Ambiti per nuovi insediamenti

AMBITI SPECIALIZZATI PER ATTIVITA' PRODUTTIVE

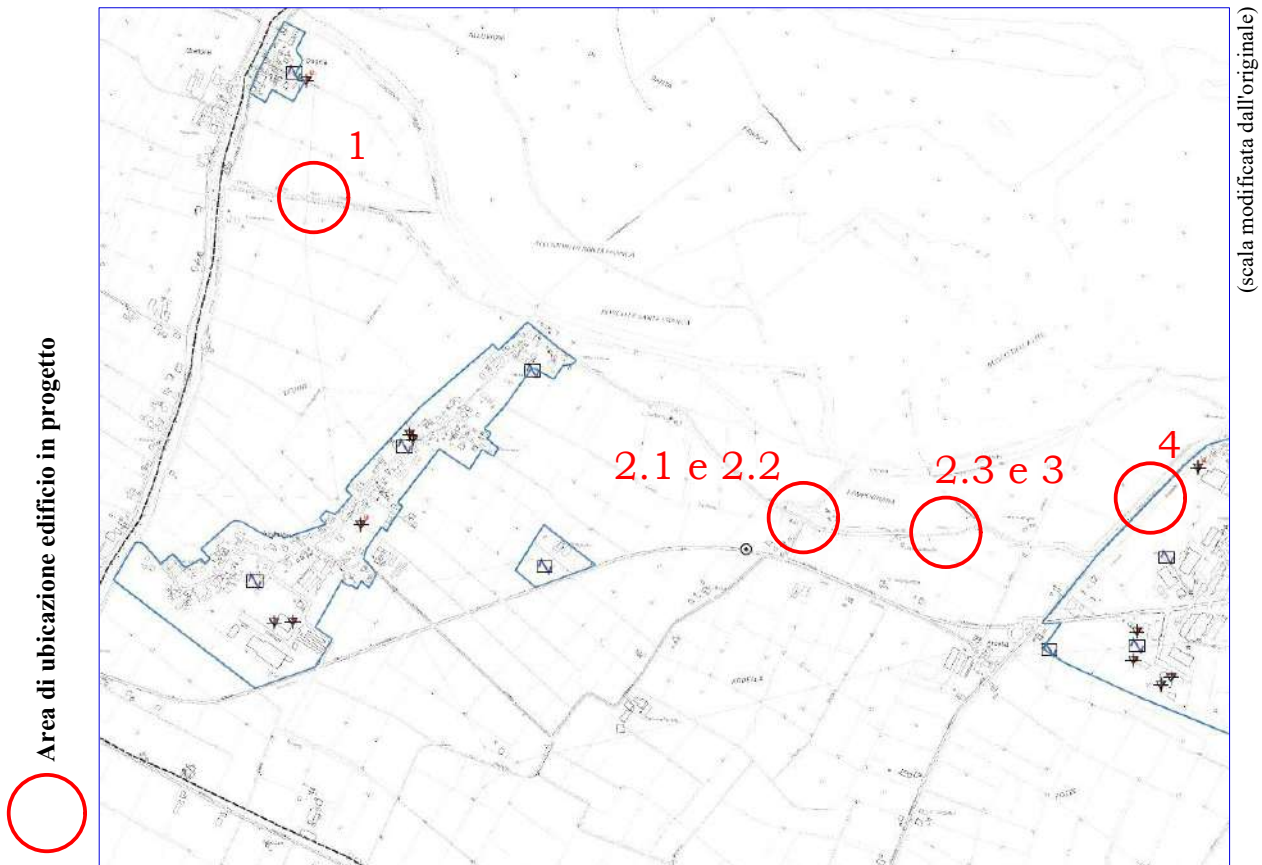
-  Ambiti specializzati per attività produttive esistenti
-  Ambiti specializzati per attività ricettive e pubblici esercizi
-  Ambiti per attività direzionali da riqualificare
-  Ambiti specializzati per attività produttive da riqualificare
-  Ambiti specializzati per nuove attività produttive

Tavola IXa

STRALCIO CARTA DELLE INDAGINI

Scala 1:10.000

Polesine



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle indagini

scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Polesine Zibello
Settore Ovest

Legenda

- Confine comunale
- Area oggetto di microzonazione sismica
- Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- Prova penetrometrica statica con piezocono
- Prova penetrometrica dinamica media
- Trincea o pozzetto esplorativo
- Prova penetrometrica con cono sismico
- Stazione microtremore a stazione singola
- Stazione Zona MS (teorica)
- MASW

Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore Direzione tecnica: Dott. Geol. Carlo Calzolari Dott. Geol. Francesco Carrari Collaboratori: Dott. Geol. Matteo Batti Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Ing. Giulia Maimardi Dott.ssa Geol. Alessandra Lombardi Dott. Andrea Conti	Data Aprile 2020
---------------------------	--	---------------------

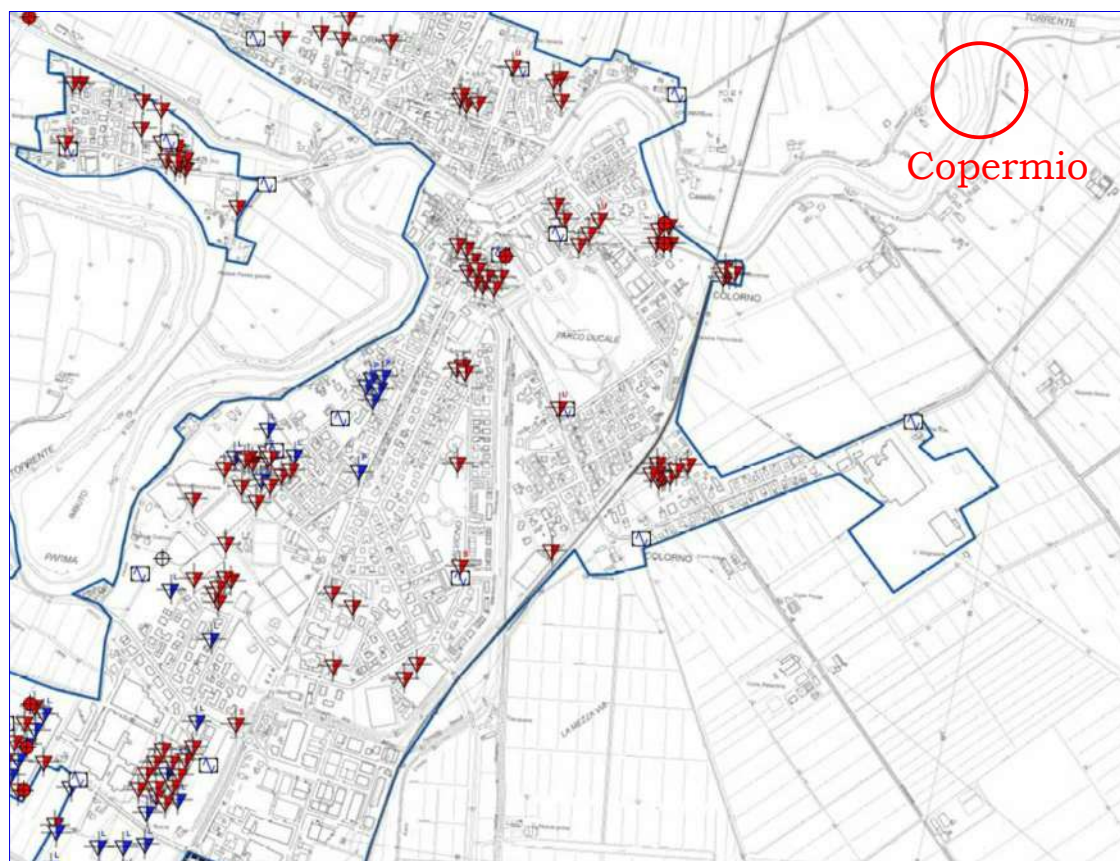
Tavola IXb

STRALCIO CARTA DELLE INDAGINI

Scala 1:10.000

Colorno

Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

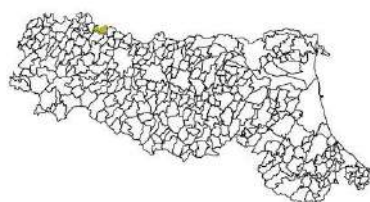
Carta delle indagini

scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna

Comune di Polesine Zibello

Settore Ovest



Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore  www.studiomac.it	Data Aprile 2020
Direzione tecnica: Dott. Geol. Carlo Calafelli Dott. Geol. Francesco Cerretti Collaboratori: Dott. Geol. Matteo Borsi Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Ing. Camilla Mainardi Dott.ssa Geol. Alessandra Contoni Dott. Andrea Conti		

-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
-  Sondaggio a distruzione di nucleo
-  Trincea o pozzetto esplorativo
-  Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
-  Prova penetrometrica statica con piezocono
-  Prova penetrometrica dinamica leggera
-  Prova penetrometrica dinamica pesante
-  Prova penetrometrica con cono sismico
-  MASW
-  Stazione microtremore a stazione singola

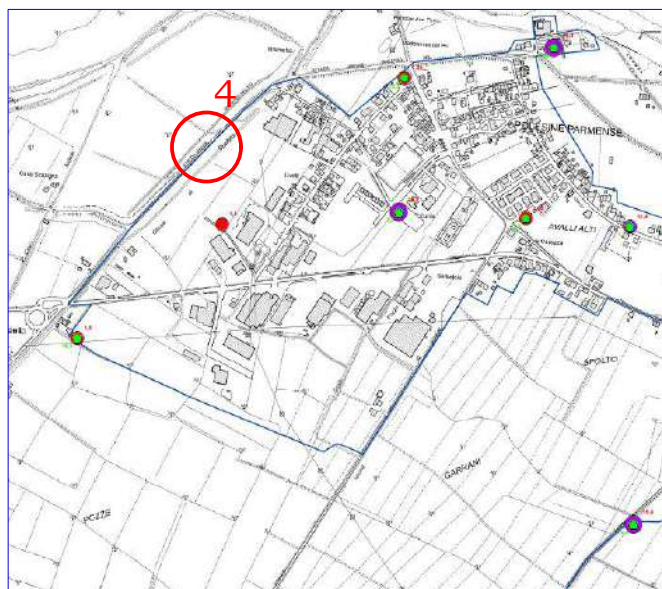
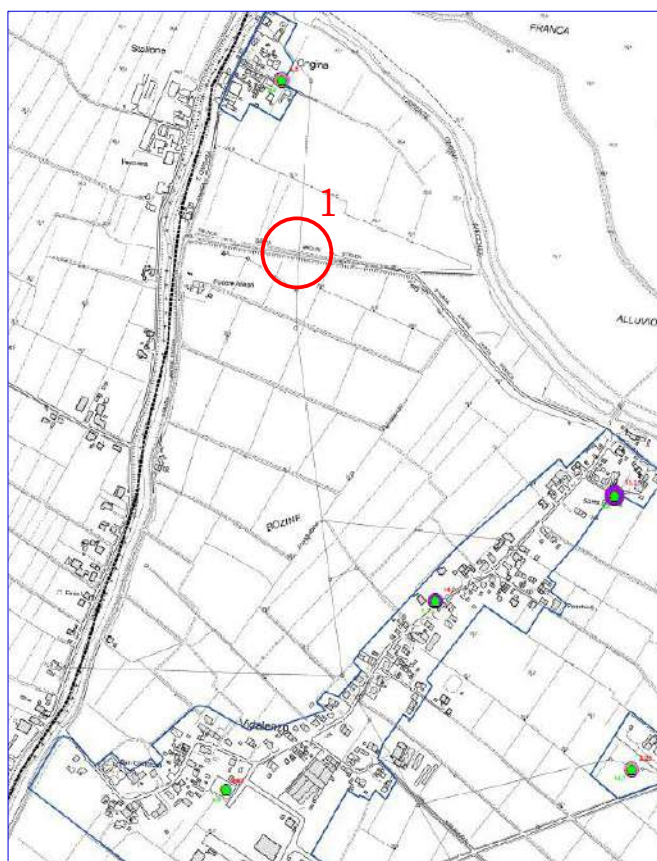
Tavola Xa

STRALCIO CARTA FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Scala 1:10.000

Polesine

Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

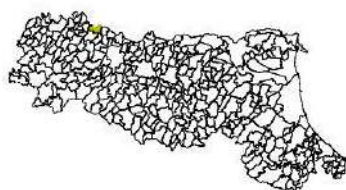
MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle frequenze
naturali dei terreni

scala 1:5.000

Regione Emilia-Romagna

Comune di Polesine Zibello



Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzazione EN GEO Direzione Tecnica Dott. Geol. Carlo Calzolari Dott. Geol. Francesco Cerretti Collaboratori Dott. Geol. Matteo Bacci Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Ing. Giulia Mancini Dott.ssa Geol. Alessandra Carrari Dott. Andrea Ciani	Data Aprile 2020
---------------------------	--	---------------------

Legenda

Area oggetto di studio

Confine comunale

FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Classi di frequenza (Hz)	
Nessun picco significativo	
$f_0 \leq 0,6$ Hz	
$0,6$ Hz $< f_0 \leq 1$ Hz	
1 Hz $< f_0 \leq 2$ Hz	
2 Hz $< f_0 \leq 8$ Hz	
$f_0 > 8$ Hz	

FREQUENZA PRINCIPALE E RELATIVO VALORE (Hz)

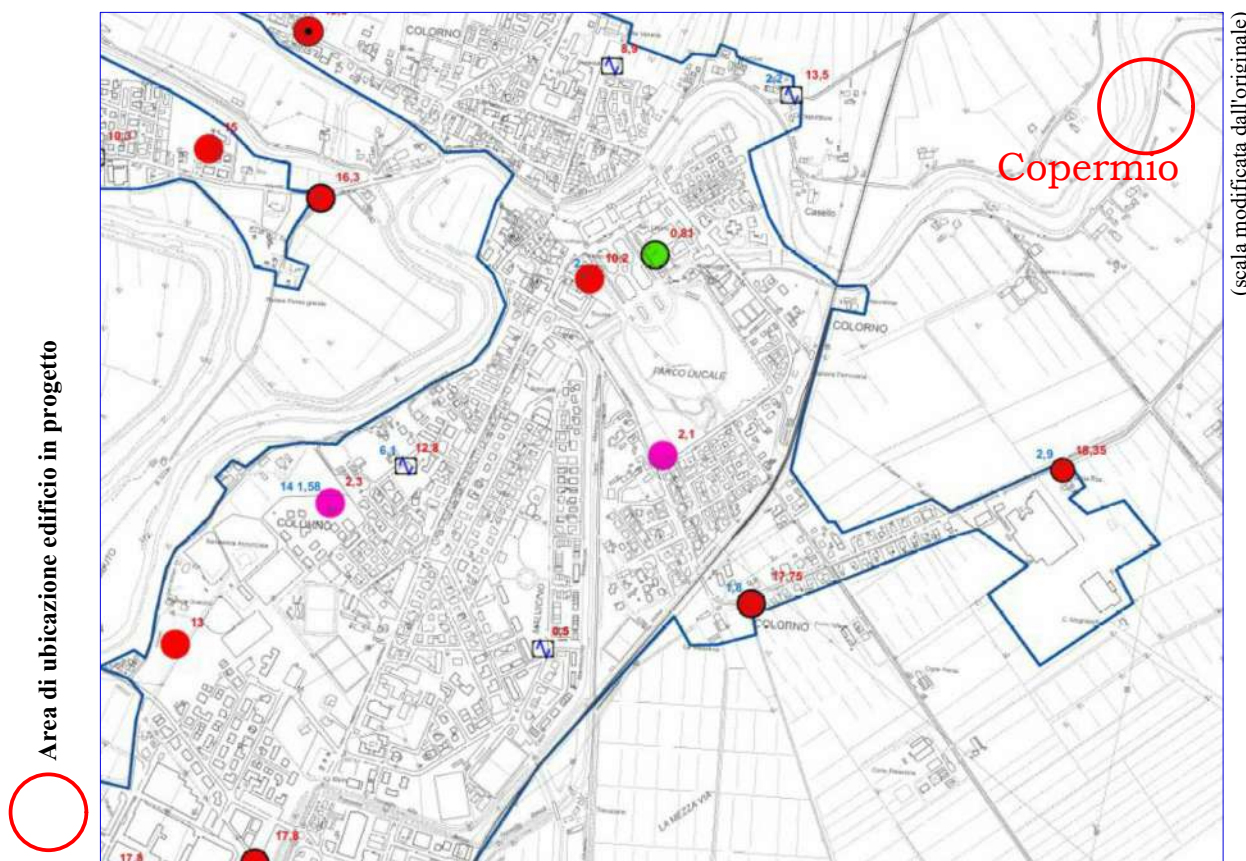
- 8 Ampiezza picco $HSVR \geq 3$
Contrasto impedenza elevato
- 8 Ampiezza picco $2 \leq HSVR < 3$
Contrasto impedenza moderato
- 8 Ampiezza picco $1,5 \leq HSVR < 2$
Contrasto impedenza basso
- 8 Ampiezza picco $HSVR < 1,5$
Assenza significativi contrasti impedenza
- 8 FREQUENZA SECONDARIA (QUANDO PRESENTE)
E RELATIVO VALORE (Hz)

Tavola Xb

STRALCIO CARTA FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Scala 1:10.000

Colorno



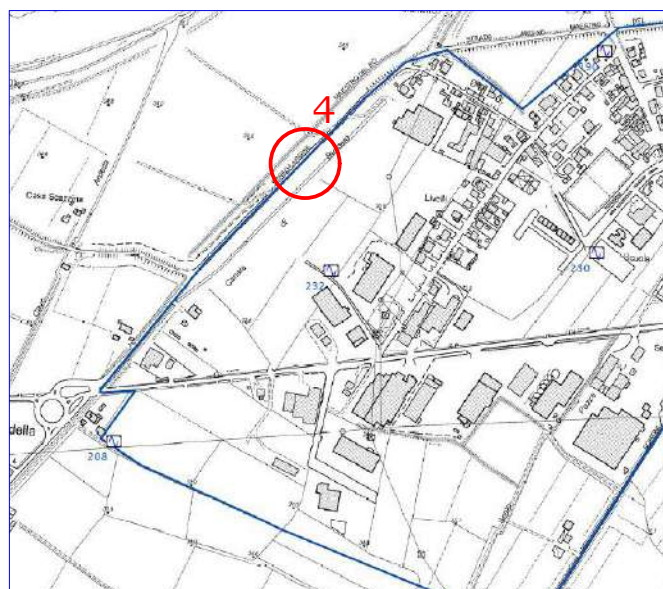
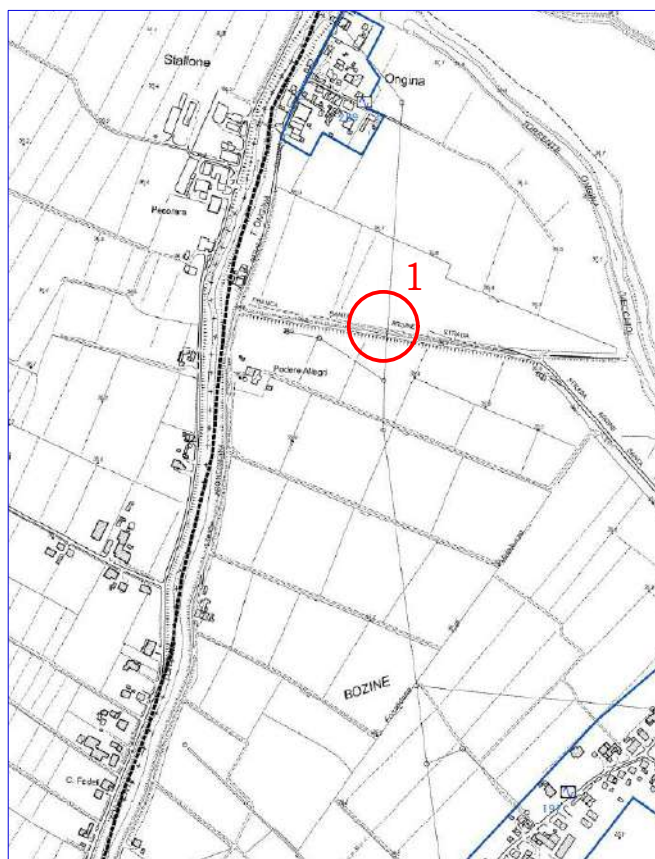
FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Frequenza picco significativo (hz)	Ampiezza picco		
	$1,5 \leq \text{HVSr} < 2$	$2 \leq \text{HVSr} < 3$	$\text{HVSr} > 3$
$f_0 \leq 0,6$			
$0,6 < f_0 \leq 1$			
$1 < f_0 \leq 2$			
$2 < f_0 \leq 8$			
$f_0 > 8 \text{ Hz}$			
Assenza picchi significativi $\text{HVSr} < 1,5$			

A lato del simbolo sono riportate la frequenza relativa al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente

Tavola XIa**STRALCIO CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE
DI TAGLIO S
Scala 1:10.000
Polesine**

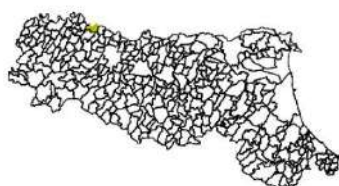
Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta delle velocità delle onde di
taglio S
scala 1:5.000Regione Emilia-Romagna
Comune di Polesine Zibello

Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	 Dott. Geol. Carlo Galeffi Dott. Geol. Francesco Ceruti Collaboratori: Dott. Geol. Matteo Bassi Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Ing. Giulia Minardi Dott.ssa Geol. Alessandra Cantani Dott. Andrea Corbi	Aprile 2020

Legenda

Area oggetto di studio

Confine comunale



Stazione microtremore a stazione singola



Prova penetrometrica con cono sismico

 MW
 MASW

450

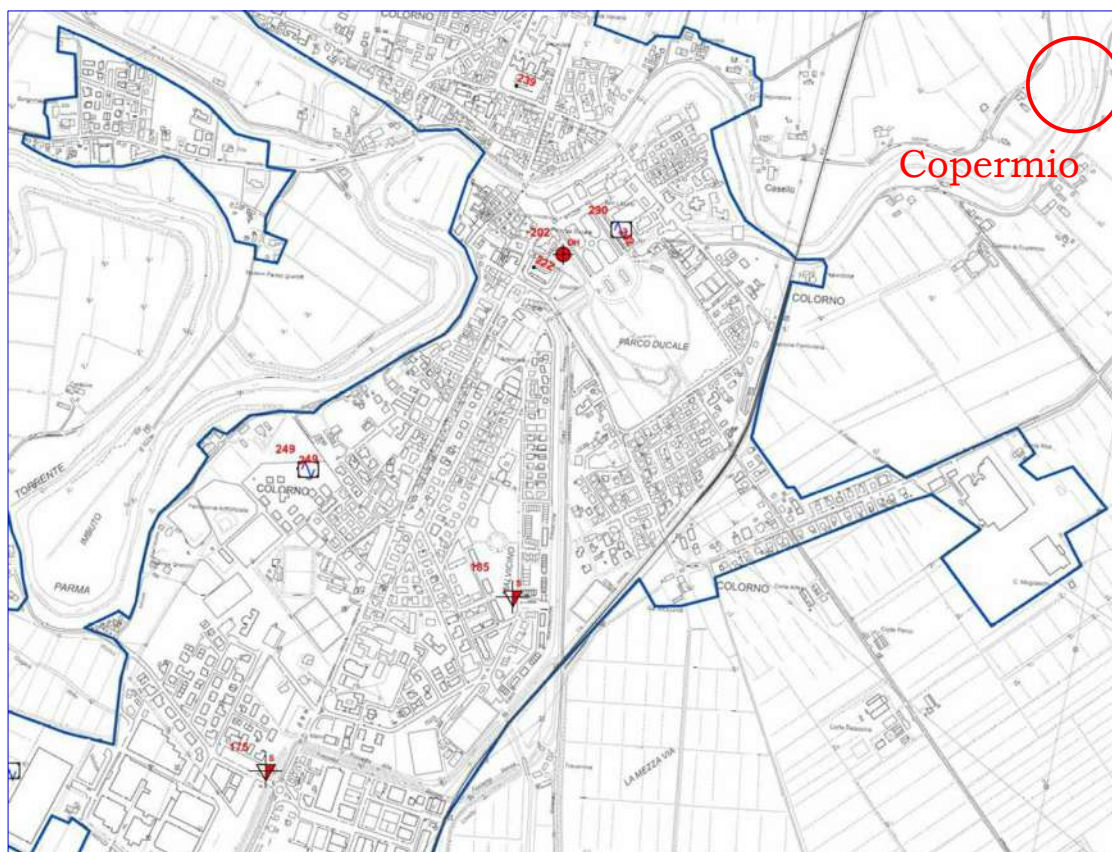
VS30

Velocità Vs (m/s) delle onde di taglio S nei primi 30 m di terreno

Tavola XIc

STRALCIO CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S Scala 1:10.000 Colorno

Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)

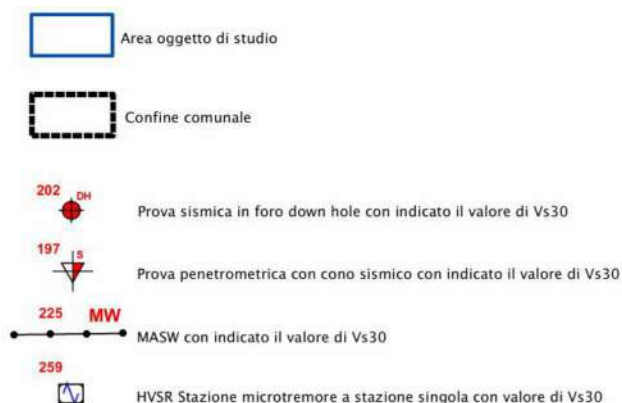
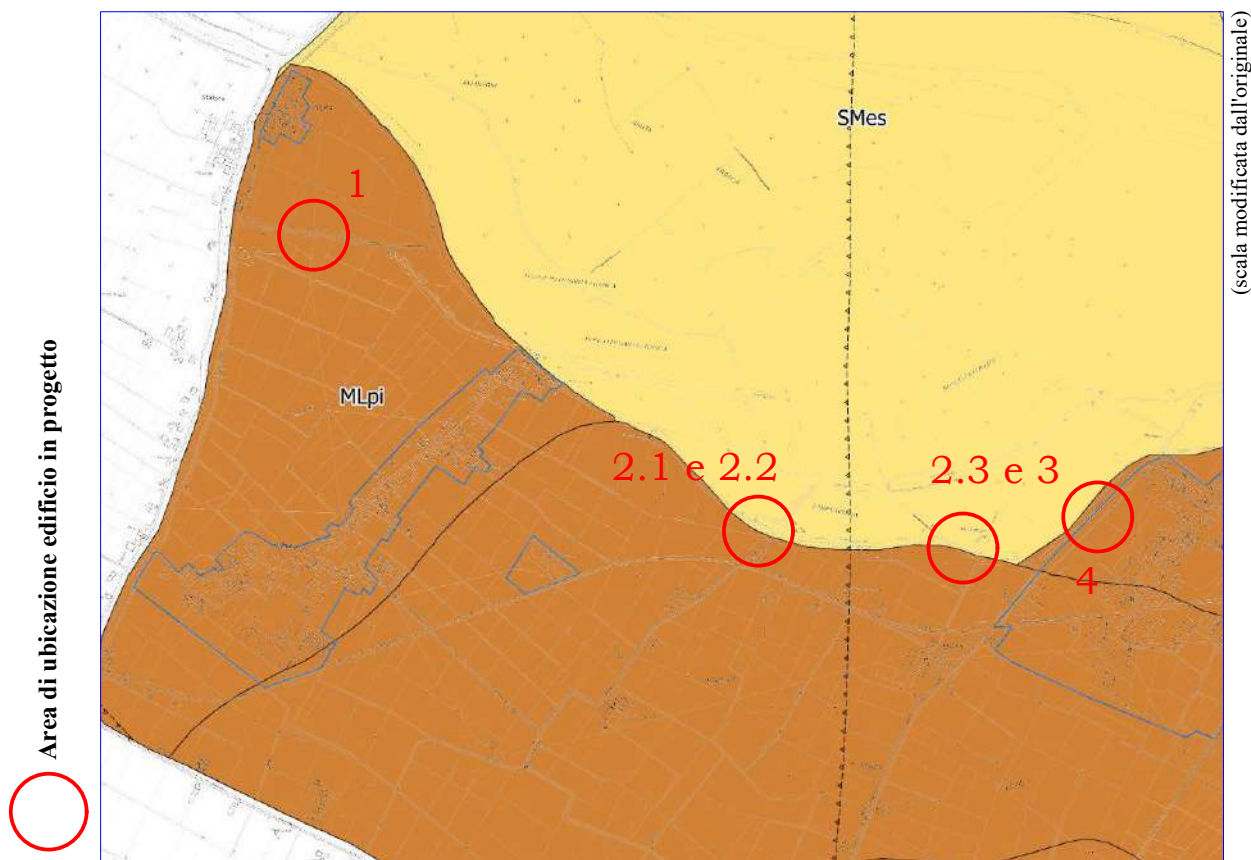


Tavola XIIa

STRALCIO CARTA GEOLOGICO TECNICA

Scala 1:10.000

Polesine



MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle indagini

scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna

Comune di Polesine Zibello

Settore Ovest



Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore  Divisione tecnica Dott. Carlo Carlo Caffè Dott. Geol. Francesco Ceruti Collaboratori Dott. Geol. Massimo Ratti Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott. sta. ing. Chiara Morandi Dott. sta. Geol. Alessandra Gattini Dott. Andrea Coati	Data Aprile 2020
---------------------------	---	---------------------

Legenda

 Area oggetto di studio

 Confine comunale

Terreni di copertura

-  **CLpi** Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di piana inondabile
-  **MLes** Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di argine/barre/canale
-  **MLpi** Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile
-  **SMes** Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di Argine/barre/canali

Elementi geologici e idrogeologici

-  Profondità della falda in aree con sabbie e/o ghiaie

Forme di superficie e sepolte/elementi tettonico-strutturali

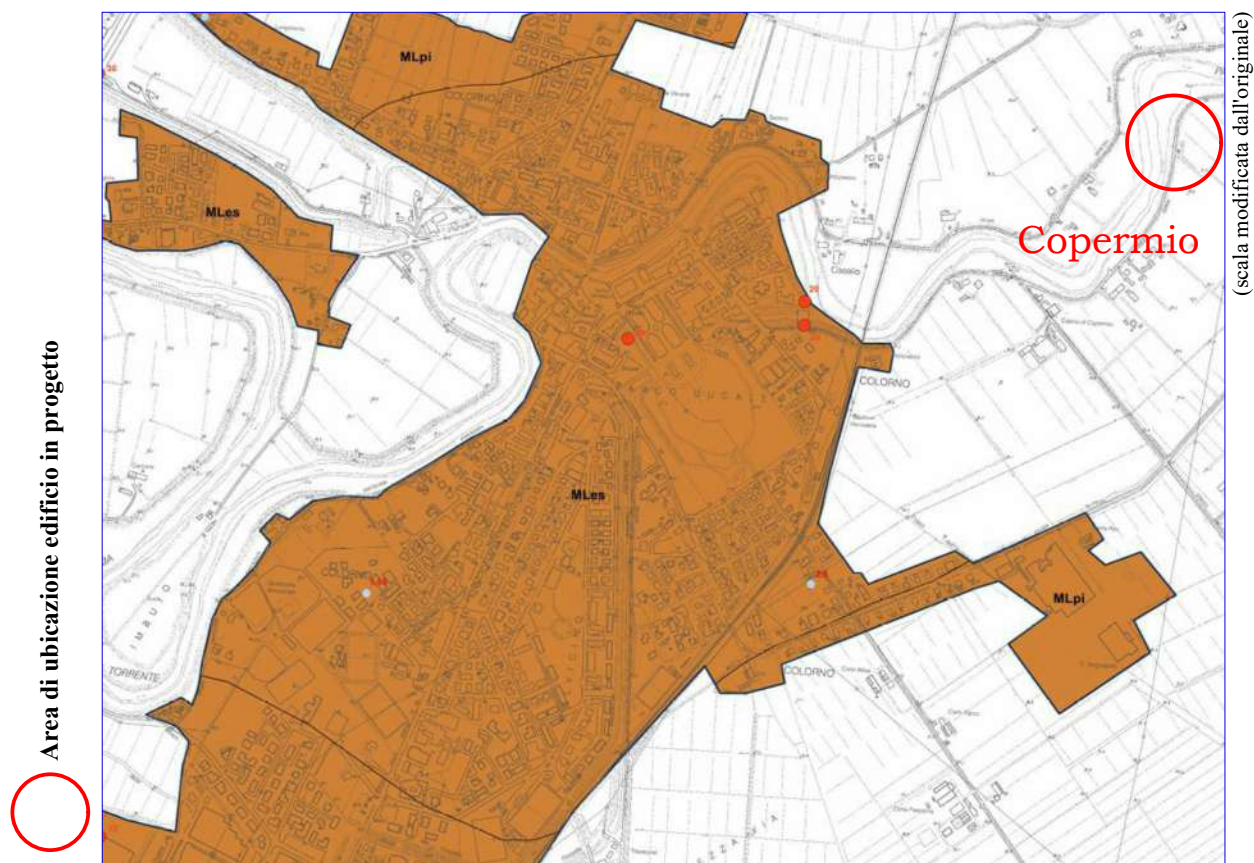
-  Asse di paleovalle
-  Faglia inversa non attiva (incerta)

Tavola XIIb

STRALCIO CARTA GEOLOGICO TECNICA

Scala 1:10.000

Colorno



Terreni di copertura

- ML** Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini, limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
- CL** Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre

Elementi geologici e idrogeologici

- 30** Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico (profondità in m)
- 0.8** Profondità della falda in aree con sabbie e/o ghiaie

Ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura

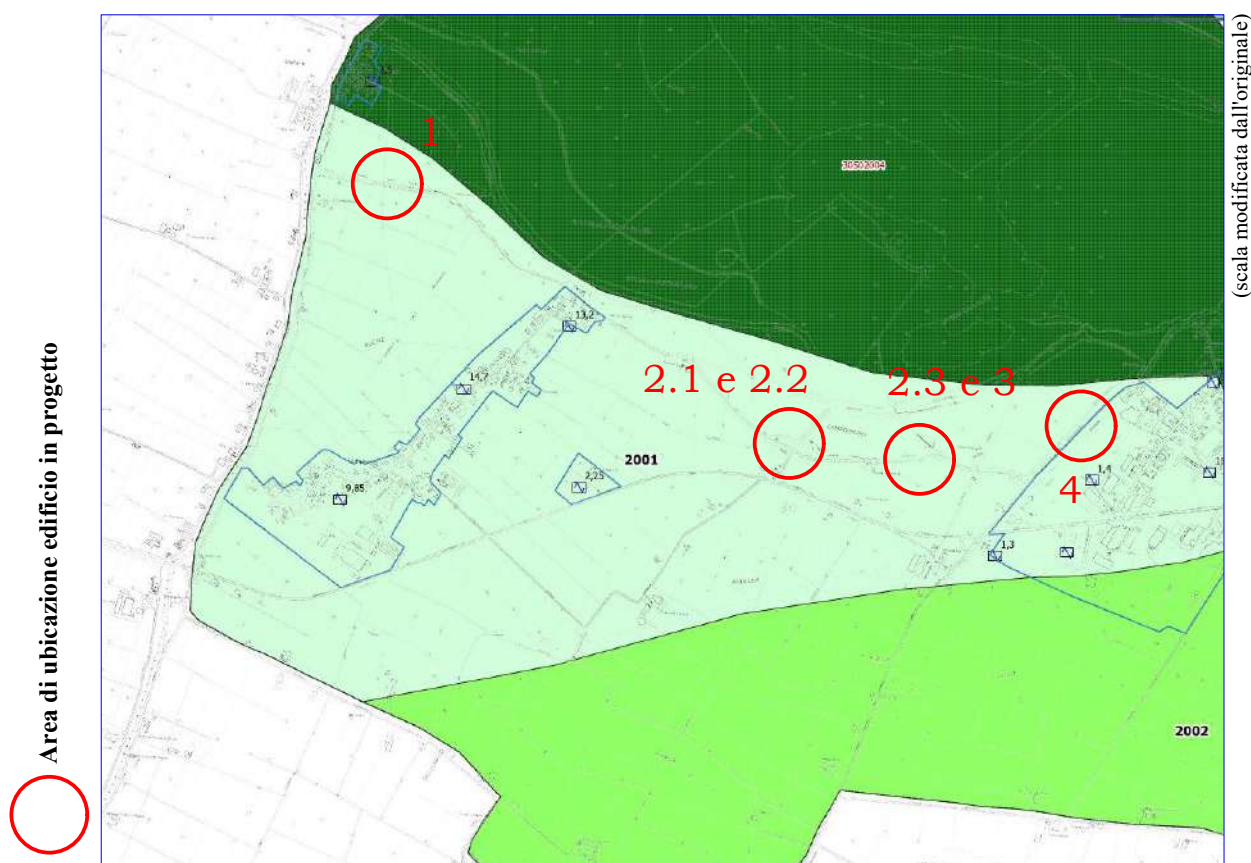
- es** Argini / barre / canali
- pi** Piana inondabile

Tavola XIIIa

STRALCIO CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA - MOPS

Scala 1:10.000

Polesine



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

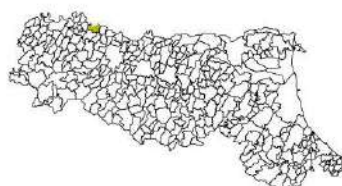
MICROZONAZIONE SISMICA Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna

Comune di Polesine Zibello

Settore Ovest



Regione: Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore: INGEOLOGIA Dott. Geol. Carlo Calzolari Dott. Geol. Francesco Ceratti Collaboratori: Dott. Geol. Michele Bani Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Ing. Giulia Marzari Dott.ssa Geol. Alessandra Caccini Dott. Andrea Carli	Data: Aprile 2020
----------------------------	---	----------------------

Legenda

Confine comunale

Area oggetto di microzonazione sismica

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Zona 1

2001

successione stratigrafica costituita da depositi argilloso limosi di spessore pari a 2-4 metri che ricoprono limi sabbiosi e sabbie limose che si estendono sino a -5,00 m da p.c., seguiti da sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute sino ad almeno -20,00 m da p.c., in matrice limosa o limoso argillosa talora abbondante

2002

successione stratigrafica costituita da depositi argilloso limosi di spessore pari a 2-4 metri che ricoprono limi sabbiosi e sabbie limose che si estendono sino a -7,00/-10,00 m da p.c., seguiti da sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute sino ad almeno -20,00 m da p.c., in matrice limosa o limoso argillosa talora abbondante

2003

successione stratigrafica costituita da depositi limosi e limoso-sabbiosi di spessore pari a 0-3 metri che ricoprono sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute sino ad almeno -20,00 m da p.c., in matrice limosa o limoso argillosa talora abbondante

Zone di attenzione per instabilità

2004

ZA-LQ - Zona di Attenzione per Liquefazioni - Zona 4
successione stratigrafica costituita da depositi argilloso limosi di spessore pari a 2-4 metri che ricoprono limi sabbiosi e sabbie limose che si estendono sino a -5,00 m da p.c., seguiti da sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute sino ad almeno -20,00 m da p.c.

2005

ZA-LQ - Zona di Attenzione per Liquefazioni - Zona 5
successione stratigrafica costituita da depositi argilloso limosi di spessore pari a 2-4 metri che ricoprono limi sabbiosi e sabbie limose che si estendono sino a -7,00/-10,00 m da p.c., seguiti da sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute sino ad almeno -20,00 m da p.c.

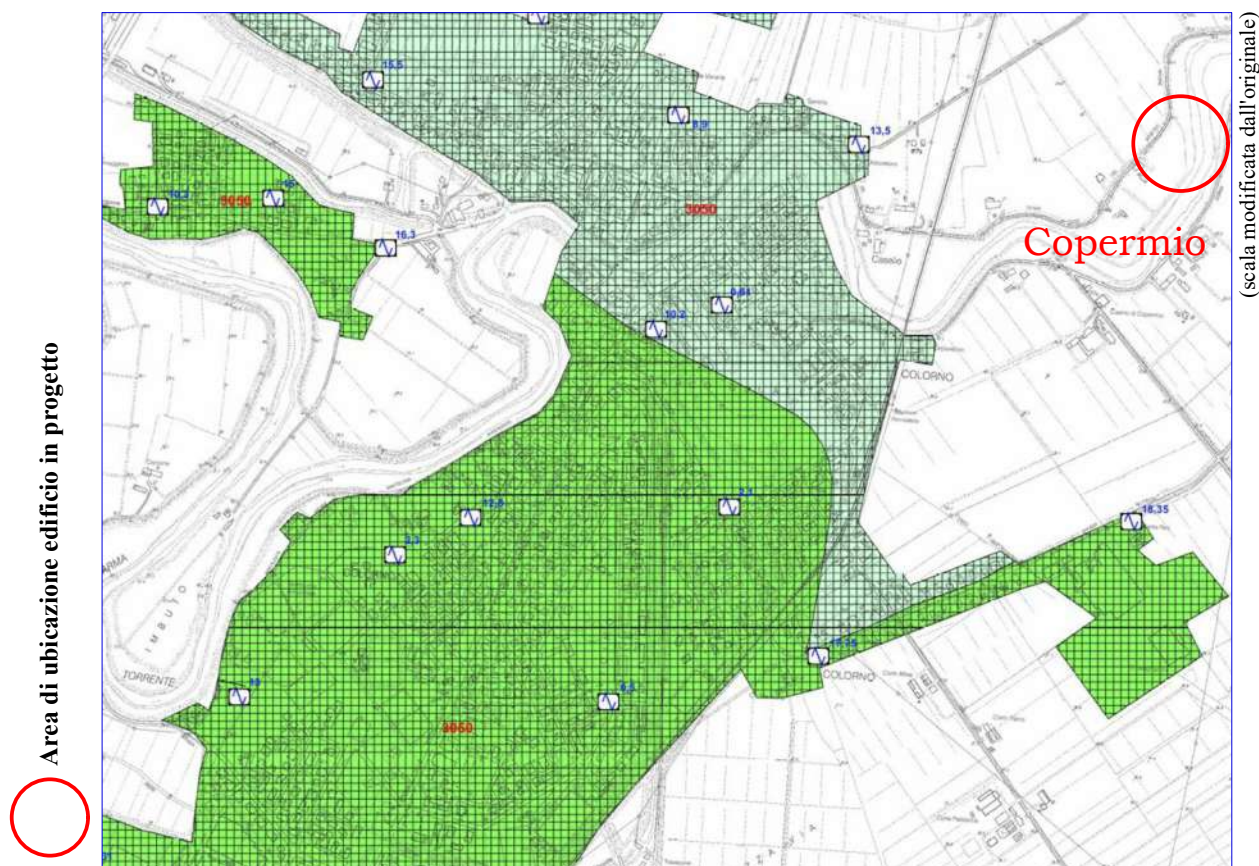
Punti di misura di rumore ambientale

Punti di misura di rumore ambientale con indicazione del valore f0

Tavola XIIIb

STRALCIO CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA - MOPS

Scala 1:10.000 Colorno



Zone di attenzione per l'instabilità



ZALQ: zona di attenzione per liquefazioni – Zona 1
successione stratigrafica costituita da depositi argilloso-limosi e limoso-argillosi con locali intercalazioni sabbioso-limose presenti sino a quote variabili da -2,00 a -7,00 m da p.c., che ricoprono un livello sabbioso e sabbioso-ghiaioso, di potenza pluridecimetrica.



ZALQ: zona di attenzione per liquefazioni – Zona 2
successione stratigrafica costituita da depositi argilloso-limosi e limoso-argillosi con intercalazioni sabbioso-limose presenti sino a quote variabili da -8,00 a -15,00 m da p.c., che ricoprono un livello sabbioso e sabbioso-ghiaioso, di potenza pluridecimetrica.

Punti di misura di rumore ambientale



Punti di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f_0

Tavola XIVa

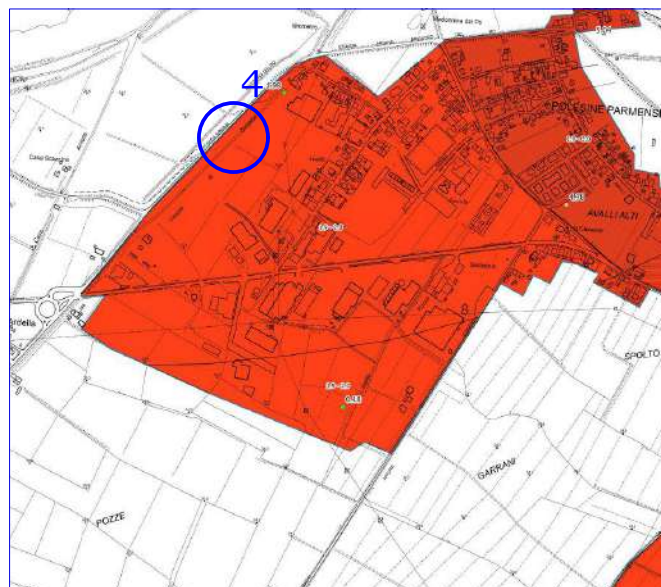
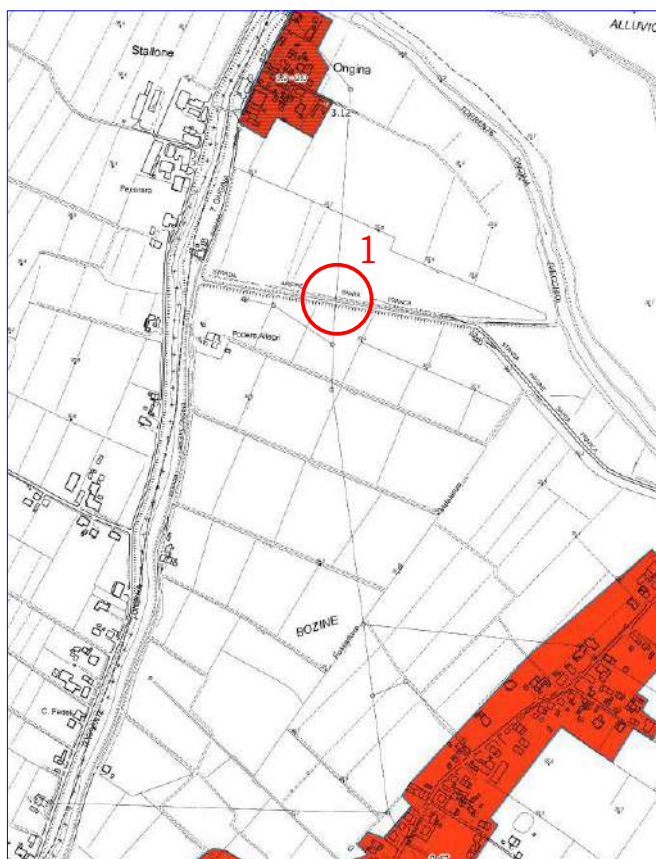
STRALCIO CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

FA - PGA

Scala 1:10.000

Polesine

Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica

FA_{PGA}

scala 1:5.000

Regione Emilia-Romagna

Comune di Polesine Zibello



Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore EN GEO s.r.l. Direzioni tecniche Dott. Geol. Carlo Calzolari Dott. Geol. Francesco Cerretti Collaboratori Dott. Geol. Matteo Baisi Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Ing. Giulia Matarazzo Dott.ssa Geol. Alessandra Cantoni Dott. Andrea Carli	Data Aprile 2020
---------------------------	---	---------------------

Legenda

Area di studio

Confine comunale

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

FA-SA 0.1-0.5 s = 1.9 - 2.0

Zone di attenzione per instabilità

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 s = 1.7 - 1.8 - IL 5.0 - 15.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 s = 1.7 - 1.8 - IL 2.0 - 5.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 s = 1.9 - 2.0 - IL 2.0 - 5.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 s = 1.9 - 2.0 - IL 5.0 - 15.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 s = 2.1 - 2.2 - IL 2.0 - 5.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 s = 2.1 - 2.2 - IL 5.0 - 15.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 s = 2.3 - 2.4 - IL 2.0 - 5.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 s = 2.3 - 2.4 - IL 5.0 - 15.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 s = 2.5 - 3.0 - IL 2.0 - 5.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 s = 2.5 - 3.0 - IL 5.0 - 15.0

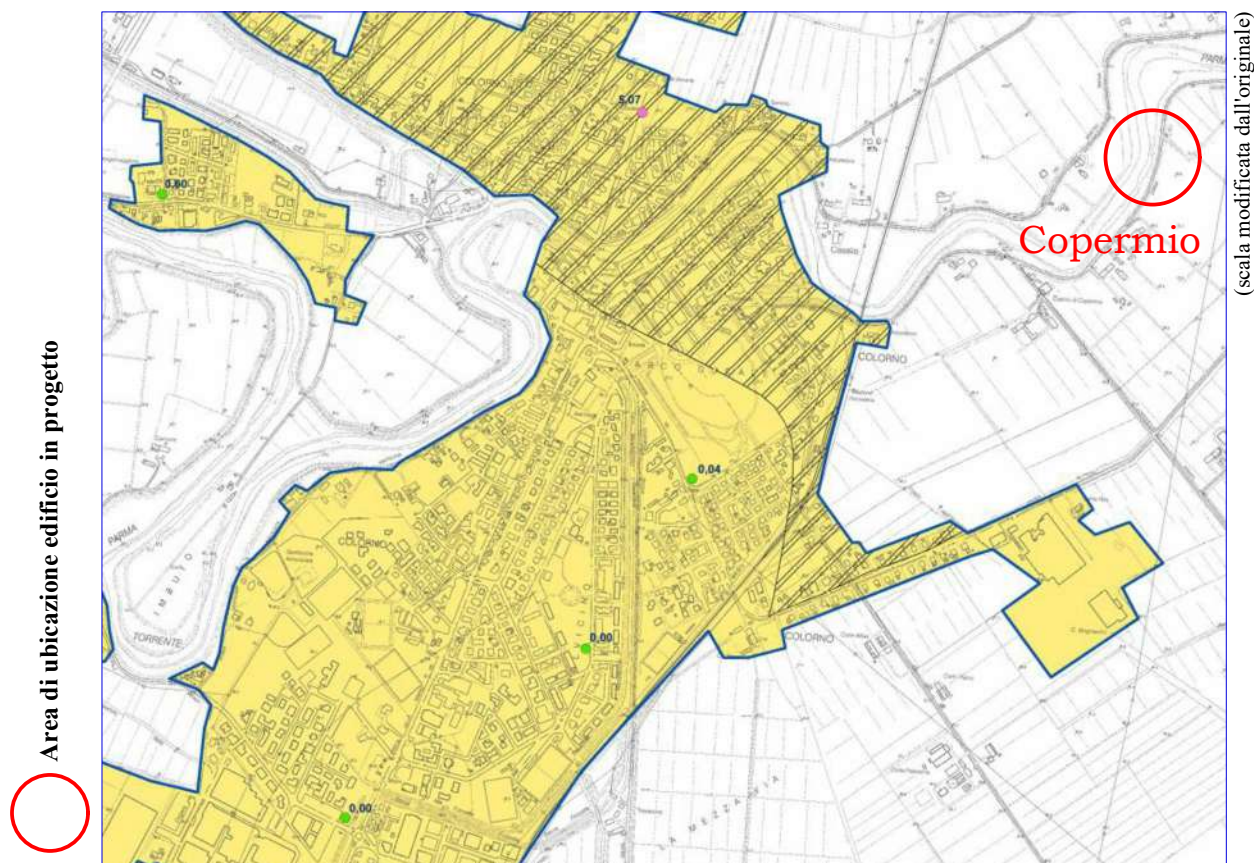
Tavola XIVb

STRALCIO CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

FA - PGA

Scala 1:10.000

Colorno



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

FA_{PGA} = 1,3 - 1,4

Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
FA_{PGA} = 1,3 - 1,4
2 < IL <= 5

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
FA_{PGA} = 1,3 - 1,4
5 < IL <= 15

Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di IL:

- IL < 2
- 2 < IL <= 5
- 5 < IL <= 15

Tavola XVa

STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

FA-SA 0.1 - 0.5 s

Scala 1:10.000

Polesine



Legenda

-  Area oggetto di microzonazione sismica
-  Confine comunale

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- FA-SA 0,1-0,5 s = 1,9 - 2,0

Zone di suscettibilità per liquefazione

- | | |
|---|--|
|  | ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 = 1.7 - 1.8 - IL 2.0 - 5.0 |
|  | ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 = 1.7 - 1.8 - IL 5.0 - 15.00 |
|  | ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 = 1.9 - 2.0 - IL 2.0 - 5.0 |
|  | ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.1-0.5 = 1.9 - 2.0 - IL 5.0 - 15.00 |

Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di IL

- $IL \leq 2$
- $2 < IL \leq 5$
- $5 < IL \leq 15$

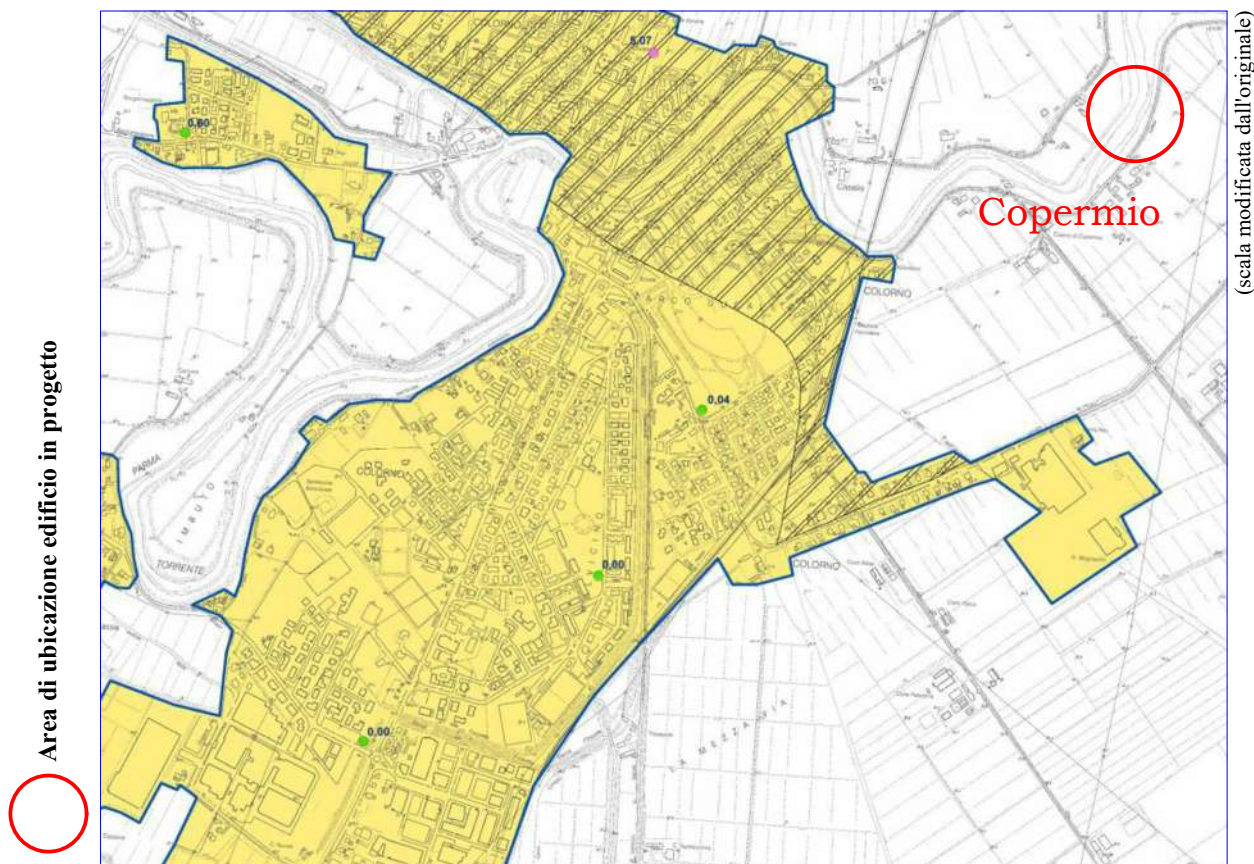
Tavola XVb

STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

FA-IS 0.1 - 0.5 s

Scala 1:10.000

Colorno



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

FA-IS 0.1-0.5 s = 1,3 - 1,4

Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
FA-IS 0.1-0.5 s = 1,3 - 1,4
2 < IL <= 5

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
FA-IS 0.1-0.5 s = 1,3 - 1,4
5 < IL <= 15

Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di IL:

- IL <= 2
- 2 < IL <= 5
- 5 < IL <= 15

Tavola XVIa

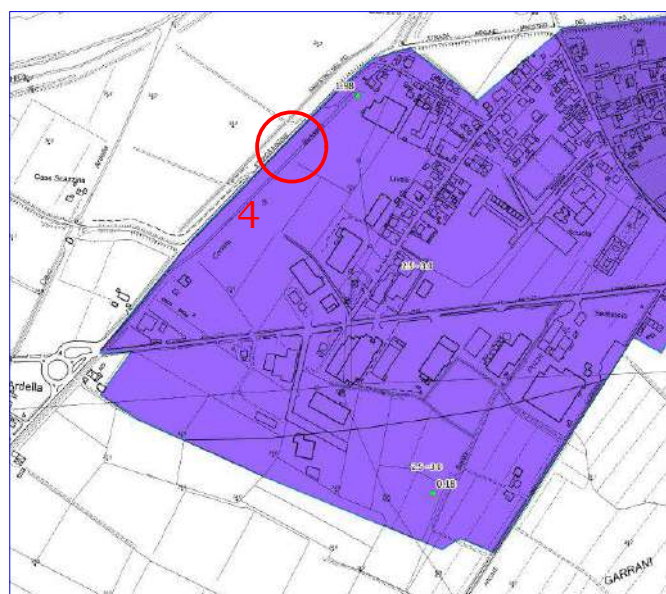
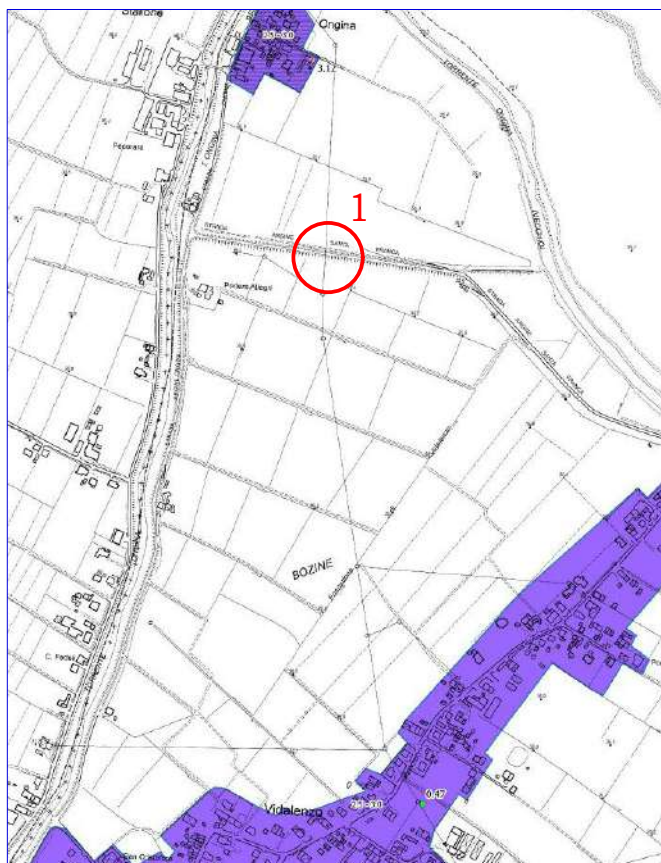
STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

FA-SA 0.4 - 0.8 s

Scala 1:10.000

Polesine

Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA Carta di microzonazione sismica

FA SA 0.4-0.8 s
scala 1:5.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Polesine Zibello



Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore EPIGEO s.p.a. Direttore tecnico Dott. Geol. Carlo Calzolari Dott. Geol. Francesco Corbelli Collaboratori Dott. Geol. Matteo Risi Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott. Geol. Giulia Marzulli Dott. Geol. Alessandra Caracci Dott. Andrea Cini	Data Aprile 2020
---------------------------	--	---------------------

Legenda

Area oggetto di microzonazione sismica

Confine comunale

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

FA-SA 0.4-0.8 s = 2.1 - 2.2

FA-SA 0.4-0.8 s = 2.5 - 3.0

Zone di suscettibilità per liquefazione

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.4-0.8 = 1.7 - 1.8 - IL 2.0 - 5.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.4-0.8 = 1.7 - 1.8 - IL 5.0 - 15.00

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.4-0.8 = 2.1 - 2.2 - IL 2.0 - 5.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.4-0.8 = 2.5 - 3.0 - IL 2.0 - 5.0

ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazione - FA-SA 0.4-0.8 = 2.5 - 3.0 - IL 5.0 - 15.0

Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di IL

IL <= 2

2 < IL <= 5

5 < IL <= 15

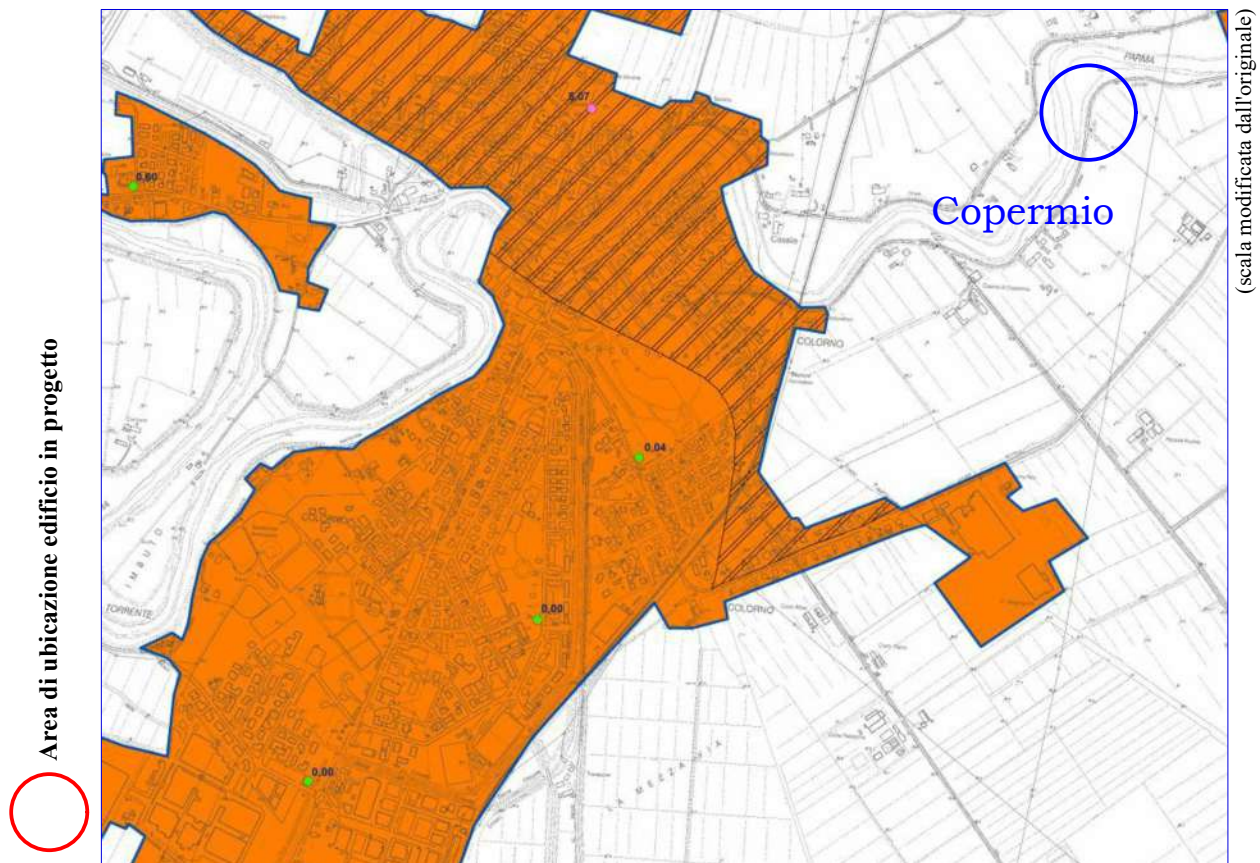
Tavola XVIb

STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

FA-IS 0.5 - 1.0 s

Scala 1:10.000

Colorno



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

FA_{IS, 0,5-1,0 s} = 1,7 - 1,8

Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
FA_{IS, 0,5-1,0 s} = 1,7 - 1,8
2 < IL <= 5

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
FA_{IS, 0,5-1,0 s} = 1,7 - 1,8
5 < IL <= 15

Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di IL:

- IL <= 2
- 2 < IL <= 5
- 5 < IL <= 15

Tavola XVIIIa

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Cedimento Tratto 1 Polesine



Stati limite



Classe Edificio

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



Vita Nominale

50



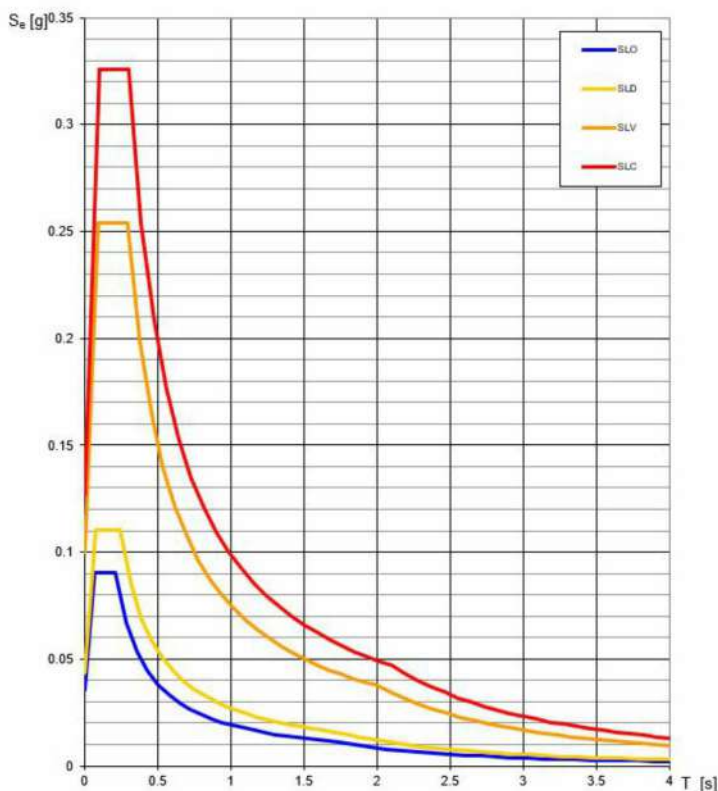
Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.036	2.544	0.214
Danno (SLD)	50	0.044	2.534	0.246
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.102	2.538	0.296
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.129	2.565	0.303
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni



☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.



H (m)

1



us (m)

0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,75	1,67	1,57	1,56
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]



0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.044	0.056
kv	0.006	0.008	0.022	0.028
Amax [m/s²]	0.629	0.773	1.794	2.282
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Tavola XVIIIb

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Cedimento Tratto 2.1

Polesine



Stati limite



Classe Edificio



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



Vita Nominale

50



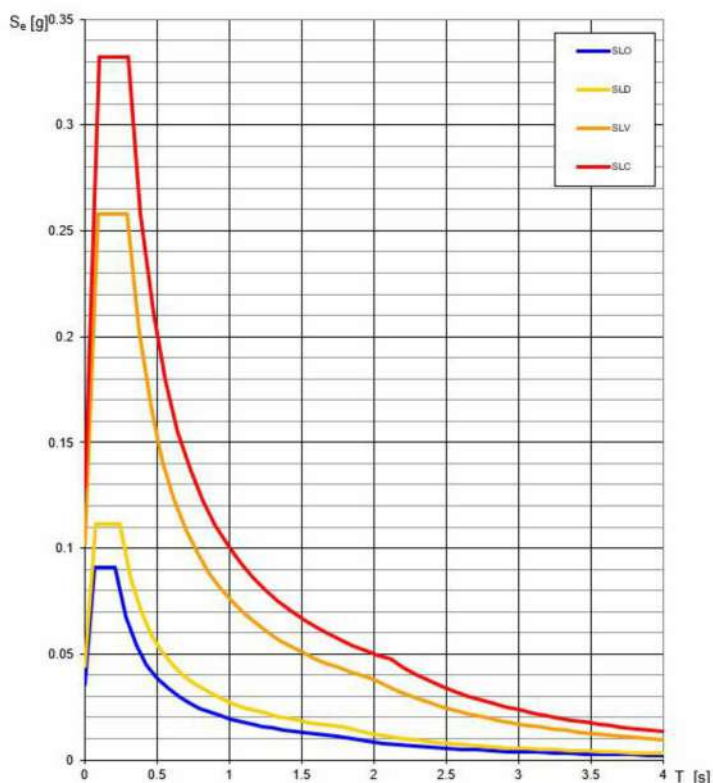
Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.036	2.544	0.214
Danno (SLD)	50	0.044	2.531	0.246
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.103	2.536	0.296
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.130	2.566	0.302
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni



Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)



1



0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,75	1,67	1,57	1,56
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20



Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]



0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.044	0.056
kv	0.006	0.008	0.022	0.028
Amax [m/s²]	0.632	0.778	1.811	2.303
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Tavola XVIIIc

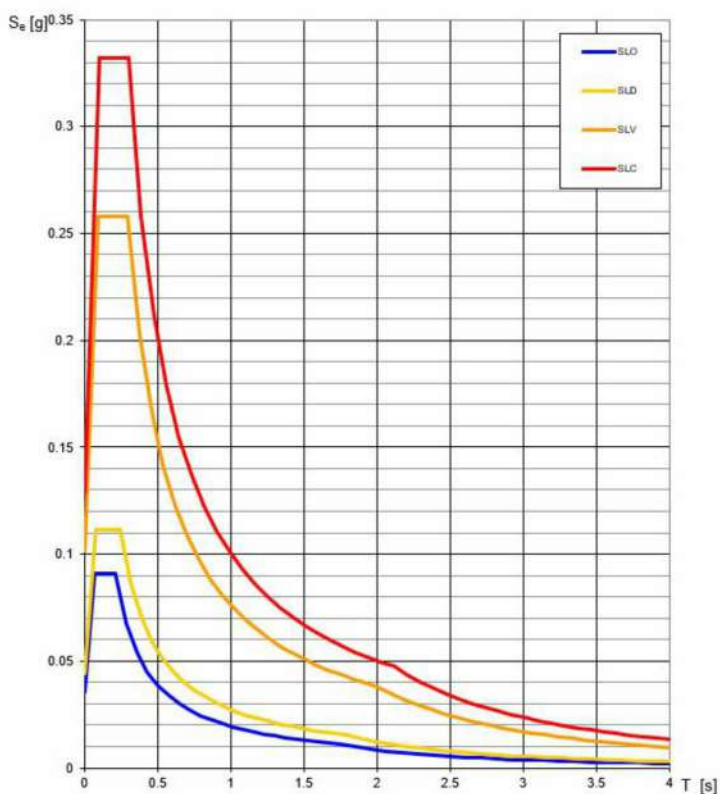
PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Cedimento Tratto 2.2

Polesine



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Stati limite



Classe Edificio

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



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F ₀	T _c [*] [s]
Operatività (SLO)	30	0.036	2.544	0.214
Danno (SLD)	50	0.044	2.531	0.246
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.103	2.536	0.296
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.130	2.566	0.302
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.



H (m)

1

us (m)

0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,75	1,67	1,57	1,56
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.044	0.056
kv	0.006	0.008	0.022	0.028
A _{max} [m/s ²]	0.632	0.778	1.812	2.303
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Tavola XVIIIId

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Cedimento Tratto 2.3 Polesine



Stati limite



Classe Edificio

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



Vita Nominale

50



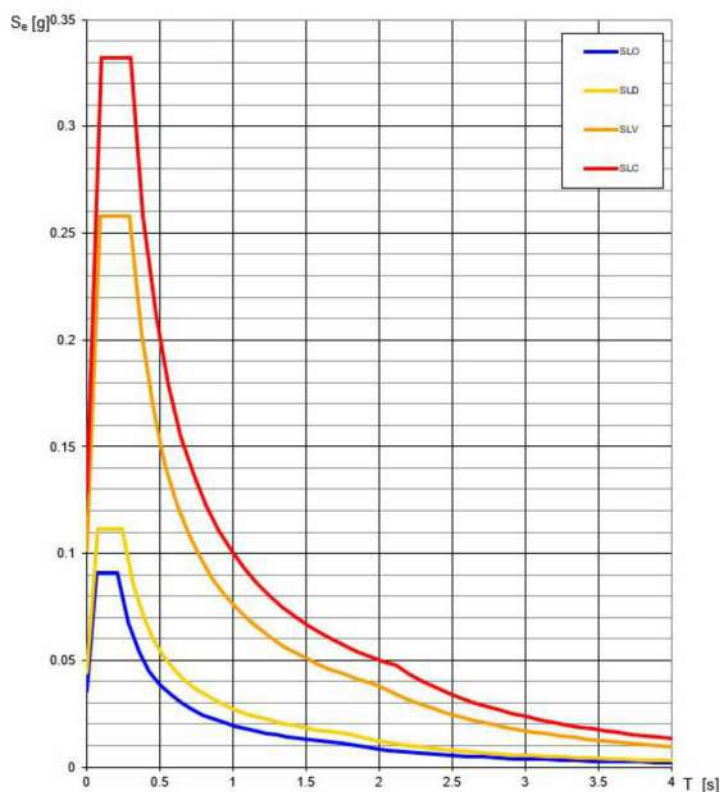
Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.036	2.544	0.214
Danno (SLD)	50	0.044	2.532	0.246
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.103	2.536	0.296
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.130	2.566	0.302
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)



1



0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,75	1,67	1,57	1,56
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]



0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.044	0.056
kv	0.006	0.008	0.022	0.028
Amax [m/s ²]	0.632	0.778	1.810	2.301
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Tavola XVIIIe

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Cedimento Tratto 3

Polesine



Stati limite

Classe Edificio

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

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.036	2.544	0.214
Danno (SLD)	50	0.044	2.532	0.246
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.102	2.537	0.296
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.130	2.567	0.302
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 **us (m)** 0.1

Cat. Sottosuolo C

Cat. Topografica T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,75	1,67	1,57	1,56
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.044	0.056
kv	0.006	0.008	0.022	0.028
Amax [m/s ²]	0.631	0.777	1.807	2.296
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

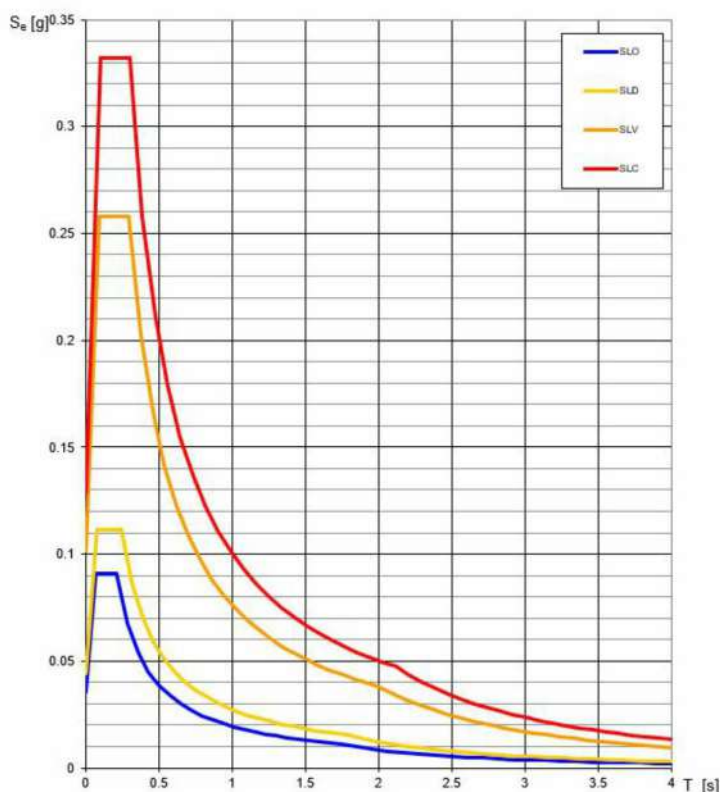


Tavola XVIII

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Cedimento Tratto 4

Polesine



Stati limite

Classe Edificio

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

Vita Nominale 50

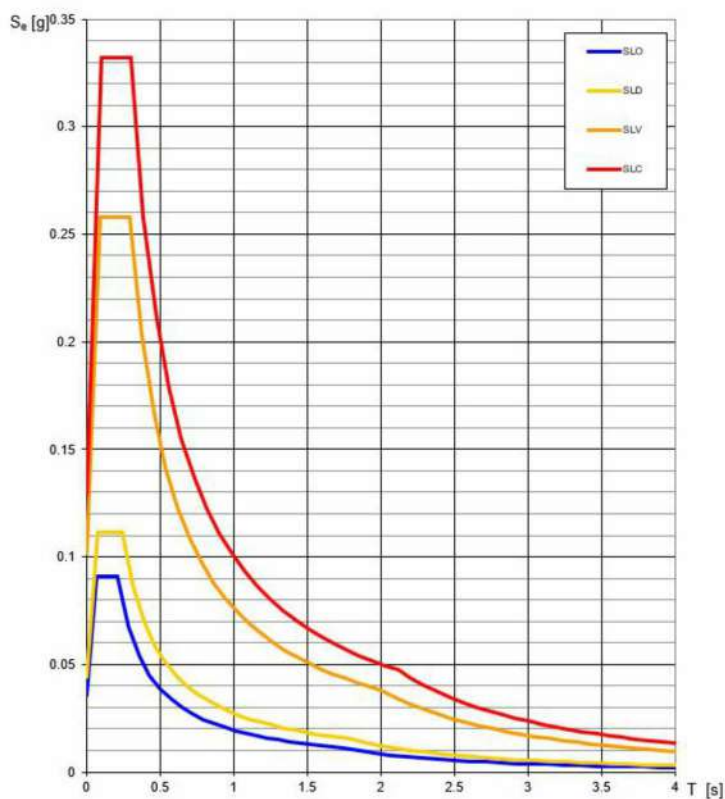
Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.036	2.544	0.214
Danno (SLD)	50	0.044	2.533	0.246
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.102	2.539	0.296
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.129	2.569	0.303

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 **us (m)** 0.1

Cat. Sottosuolo C

Cat. Topografica T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,75	1,67	1,57	1,56
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

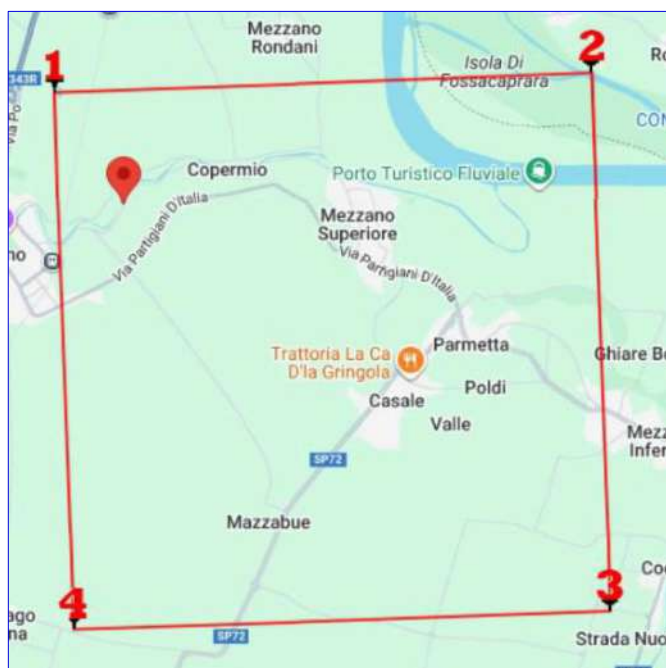
☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.044	0.056
kv	0.006	0.008	0.022	0.028
Amax [m/s ²]	0.631	0.776	1.799	2.285
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Tavola XVIIIg

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Cedimento Tratto Copermio Colorno



Stati limite

Classe Edificio

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

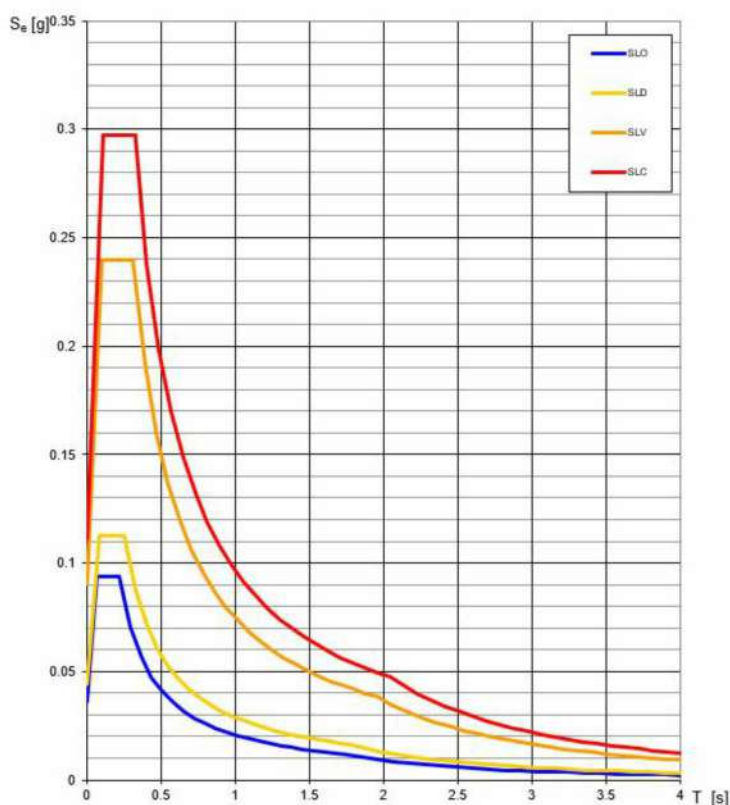
Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.036	2.566	0.221
Danno (SLD)	50	0.044	2.562	0.256
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.090	2.663	0.314
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.110	2.694	0.326
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 **us (m)** 0.1

Cat. Sottosuolo C

Cat. Topografica T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,73	1,65	1,54	1,52
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.032	0.048
kv	0.007	0.008	0.016	0.024
Amax [m/s²]	0.643	0.776	1.586	1.945
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

TABELLE



CALCOLO DELL'INDICE DI LIQUEFACIBILITA'

Prove penetrometriche statiche CPT
Metodo Robertson e Write (1997)

rd = coeff. Funzione prof. P.C.

Dati sismici

ag (SLV)	0.09
M	6
MSF	2.088349

coeff. Correttivo in funzione della magnitudo del sisma

Resistenz Attr. Lat. Spec
punta nor normalizzati

INDICE DI LIQUEFACIBILITA'

Molto basso

I.L. total

0.00

z (m)	γ (t/m3)	γ' (t/m3)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	RF	Litologia	Q	F	IC	n	qc1n	qc1ncs	σ_{vo} (kg/m2)	σ_{vo}' (kg/m2)	rd	T	R	Fs=R/T	W	IL	VERIFICA
0.40	1.80	0.80	54.00	1.33	40.50	sabbie argilloso-limose	1685.25	2.47	1.63	0.50	108.00	108.00	720.00	320.00	1.00	0.06	0.20	n.l.	9.80	0.00	Litologia non liquefacibile
0.60	1.80	0.80	69.00	2.80	24.64	limi argilloso-sabbiosi	1435.25	4.06	1.86	0.75	138.00	158.65	1080.00	480.00	1.00	0.06	0.45	n.l.	9.70	0.00	Litologia non liquefacibile
0.80	1.85	0.85	49.00	2.40	20.42	limo argilloso	747.78	4.91	2.00	0.75	98.00	127.68	1453.33	653.33	0.99	0.06	0.27	n.l.	9.60	0.00	Litologia non liquefacibile
1.00	1.85	0.85	37.00	2.53	14.61	argilla limosa	446.27	6.88	2.22	0.75	74.00	126.15	1825.00	825.00	0.99	0.06	0.27	n.l.	9.50	0.00	Litologia non liquefacibile
1.20	1.85	0.85	32.00	2.67	12.00	argilla limosa	319.08	8.39	2.35	0.75	64.00	135.99	2196.00	996.00	0.99	0.06	0.31	n.l.	9.40	0.00	Litologia non liquefacibile
1.40	1.85	0.85	22.00	1.53	14.35	argilla limosa	186.37	7.05	2.39	0.75	44.00	100.15	2566.67	1166.67	0.99	0.06	0.17	n.l.	9.30	0.00	Litologia non liquefacibile
1.60	1.80	0.80	35.00	2.67	13.13	argilla limosa	261.80	7.68	2.35	0.75	70.00	149.33	2925.71	1325.71	0.99	0.06	0.39	n.l.	9.20	0.00	Litologia non liquefacibile
1.80	1.80	0.80	34.00	1.67	20.40	limo argilloso	226.74	4.95	2.22	0.75	68.00	115.95	3285.00	1485.00	0.99	0.06	0.22	n.l.	9.10	0.00	Litologia non liquefacibile
2.00	1.80	0.80	47.00	2.33	20.14	limo argilloso	283.59	5.00	2.17	0.75	94.00	150.53	3644.44	1644.44	0.98	0.06	0.40	n.l.	9.00	0.00	Litologia non liquefacibile
2.20	1.80	0.80	37.00	1.33	27.75	limi argilloso-sabbiosi	202.88	3.64	2.13	0.75	74.00	111.48	4004.00	1804.00	0.98	0.06	0.21	n.l.	8.90	0.00	Litologia non liquefacibile
2.40	1.80	0.80	29.00	1.53	18.91	limo argilloso	145.46	5.37	2.35	0.75	58.00	122.41	4363.64	1963.64	0.98	0.06	0.25	n.l.	8.80	0.00	Litologia non liquefacibile
2.60	1.75	0.75	20.00	1.07	18.75	limo argilloso	92.44	5.46	2.47	0.75	40.00	104.57	4712.50	2112.50	0.98	0.06	0.19	n.l.	8.70	0.00	Litologia non liquefacibile
2.80	1.85	0.85	37.00	0.93	39.64	sabbie argilloso-limose	159.84	2.56	2.06	0.75	74.00	102.90	5083.08	2283.08	0.98	0.06	0.18	n.l.	8.60	0.00	Litologia non liquefacibile
3.00	1.80	0.80	15.00	1.40	10.71	argille	59.18	9.68	2.78	1.00	30.00	139.45	5442.86	2442.86	0.98	0.06	0.33	n.l.	8.50	0.00	Litologia non liquefacibile
3.20	1.80	0.80	35.00	1.67	21.00	limo argilloso	132.25	4.84	2.33	0.75	70.00	144.41	5802.67	2602.67	0.98	0.06	0.36	n.l.	8.40	0.00	Litologia non liquefacibile
3.40	1.80	0.80	18.00	0.87	20.77	limo argilloso	62.93	4.99	2.54	0.75	36.00	107.97	6162.50	2762.50	0.97	0.06	0.20	n.l.	8.30	0.00	Litologia non liquefacibile
3.60	1.80	0.80	25.00	1.00	25.00	limi argilloso-sabbiosi	83.32	4.11	2.40	0.75	50.00	115.71	6522.35	2922.35	0.97	0.06	0.22	n.l.	8.20	0.00	Litologia non liquefacibile
3.80	1.80	0.80	28.00	1.40	20.00	limo argilloso	88.61	5.13	2.46	0.75	56.00	143.66	6882.22	3082.22	0.97	0.06	0.36	n.l.	8.10	0.00	Litologia non liquefacibile
4.00	1.80	0.80	21.00	1.27	16.58	argilla limosa	62.54	6.25	2.62	1.00	42.00	144.98	7242.11	3242.11	0.97	0.06	0.36	n.l.	8.00	0.00	Litologia non liquefacibile
4.20	1.80	0.80	20.00	1.07	18.75	limo argilloso	56.55	5.54	2.61	1.00	40.00	135.28	7602.00	3402.00	0.97	0.06	0.31	n.l.	7.90	0.00	Litologia non liquefacibile
4.40	1.80	0.80	14.00	0.87	16.15	argilla limosa	37.07	6.56	2.79	1.00	28.00	130.74	7961.90	3561.90	0.97	0.06	0.29	n.l.	7.80	0.00	Litologia non liquefacibile
4.60	1.75	0.75	17.00	0.87	19.62	limo argilloso	43.57	5.36	2.67	1.00	34.00	129.62	8311.36	3711.36	0.96	0.06	0.28	n.l.	7.70	0.00	Litologia non liquefacibile
4.80	1.80	0.80	26.00	0.73	35.45	sabbie argilloso-limose	64.92	2.92	2.36	0.75	52.00	112.85	8671.30	3871.30	0.96	0.06	0.21	n.l.	7.60	0.00	Litologia non liquefacibile
5.00	1.85	0.85	17.00	0.87	19.62	limo argilloso	39.82	5.38	2.70	1.00	34.00	136.47	9041.67	4041.67	0.96	0.06	0.32	n.l.	7.50	0.00	Litologia non liquefacibile
5.20	1.80	0.80	17.00	1.80	9.44	argille organiche	38.22	11.21	2.95	1.00	34.00	211.65	9401.60	4201.60	0.96	0.06	0.96	n.l.	7.40	0.00	Litologia non liquefacibile
5.40	1.80	0.80	21.00	1.00	21.00	limo argilloso	45.91	4.99	2.64	1.00	42.00	149.35	9761.54	4361.54	0.96	0.06	0.39	n.l.	7.30	0.00	Litologia non liquefacibile
5.60	1.80	0.80	19.00	1.20	15.83	argilla limosa	39.78	6.67	2.77	1.00	38.00	172.54	10121.48	4521.48	0.96	0.06	0.56	n.l.	7.20	0.00	Litologia non liquefacibile
5.80	1.85	0.85	19.00	1.07	17.81	limo argilloso	38.26	5.94	2.75	1.00	38.00	164.89	10491.79	4691.79	0.96	0.06	0.50	n.l.	7.10	0.00	Litologia non liquefacibile
6.00	1.80	0.80	16.00	1.33	12.00	argilla limosa	30.74	8.94	2.94	1.00	32.00	195.24	10851.72	4851.72	0.95	0.06	0.77	n.l.	7.00	0.00	Litologia non liquefacibile
6.20	1.80	0.80	16.00	0.80	20.00	limo argilloso	29.69	5.38	2.79	1.00	31.93	150.53	11211.67	5011.67	0.95	0.06	0.40	n.l.	6.90	0.00	Litologia non liquefacibile
6.40	1.80	0.80	22.00	1.27	17.37	limo argilloso	40.30	6.08	2.74	1.00	42.54	181.83	11571.61	5171.61	0.95	0.06	0.64	n.l.	6.80	0.00	Litologia non liquefacibile
6.60	1.80	0.80	20.00	1.20	16.67	argilla limosa	35.27	6.38	2.79	1.00	37.51	176.99	11931.56	5331.56	0.95	0.06	0.60	n.l.	6.70	0.00	Litologia non liquefacibile
6.80	1.80	0.80	20.00	1.00	20.00	limo argilloso	34.18	5.33	2.75	1.00	36.42	158.05	12291.52	5491.52	0.95	0.06	0.45	n.l.	6.60	0.00	Litologia non liquefacibile
7.00	1.80	0.80	17.00	1.07	15.94	argilla limosa	27.84	6.78	2.88	1.00	30.08	166.33	12651.47	5651.47	0.95	0.06	0.51	n.l.	6.50	0.00	Litologia non liquefacibile
7.20	1.80	0.80	18.00	0.67	27.00	limi argilloso-sabbiosi	28.73	3.99	2.71	1.00	30.97	126.86	13011.43	5811.43	0.94	0.06	0.27	n.l.	6.40	0.00	Litologia non liquefacibile
7.40	1.80	0.80	31.00	1.27	24.47	limi argilloso-sabbiosi	49.67	4.27	2.56	0.75	45.64	141.91	13371.39	5971.39	0.94	0.06	0.35	n.l.	6.30	0.00	Litologia non liquefacibile
7.60	1.80	0.80	28.00	1.67	16.80	argilla limosa	43.43	6.26	2.72	1.00	45.67	190.83	13731.35	6131.35	0.94	0.06	0.73	n.l.	6.20	0.00	Litologia non liquefacibile
7.80	1.80	0.80	30.00	1.67	18.00	limo argilloso	45.44	5.83	2.69	1.00	47.68	186.59	14091.32	6291.32	0.94	0.06	0.68	n.l.	6.10	0.00	Litologia non liquefacibile
8.00	1.80	0.80	24.00	1.20	20.00	limo argilloso	34.96	5.32	2.74	1.00	37.20	159.32	14451.28	6451.28	0.94	0.06	0.46	n.l.	6.00	0.00	Litologia non liquefacibile
8.20	1.80	0.80	23.00	1.07	21.56	limo argilloso	32.55	4.96	2.74	1.00	34.79	149.09	14811.25	6611.25	0.94	0.06	0.39	n.l.	5.90	0.00	Litologia non liquefacibile
8.40	1.80	0.80	18.00	0.87	20.77	limo argilloso	24.34	5.26	2.85	1.00	26.58	138.30	15171.22	6771.22	0.94	0.06	0.33	n.l.	5.80	0.00	Litologia non liquefacibile
8.60	1.80	0.80	19.00	1.07	17.81	limo argilloso	25.17	6.11	2.88	1.00	27.41	151.45	15531.19	6931.19	0.93	0.06	0.40	n.l.	5.70	0.00	Litologia non liquefacibile
8.80	1.80	0.80	21.00	0.87	24.23	limi argilloso-sabbiosi	27.37	4.46	2.76	1.00	29.61	132.35	15891.16	7091.16	0.93	0.06	0.30	n.l.	5.60	0.00	Litologia non liquefacibile
9.00	1.80	0.80	21.00	0.93	22.50	limo argilloso	26.72	4.82	2.79	1.00	28.96	136.60	16251.14	7251.14	0.93	0.06	0.32	n.l.	5.50	0.00	Litologia non liquefacibile
9.20	1.80	0.80	20.00	0.87	23.08	limi argilloso-sabbiosi	24.75	4.73	2.81	1.00	26.99	131.62	16611.11	7411.11	0.93	0.06	0.29	n.l.	5.40	0.00	Litologia non liquefacibile
9.40	1.80	0.80	14.00	0.73	19.09	limo argilloso	16.25	5.96	3.01	1.00	18.49	127.64	16971.09	7571.09	0.92	0.06	0.27	n.l.	5.30	0.00	Litologia non liquefacibile
9.60	1.80	0.80	14.00	0.60	23.33	limi argilloso-sabbiosi	15.87	4.89	2.97	1.00	18.11	115.39	17331.06	7731.06	0.92	0.06	0.22	n.l.	5.20	0.00	Litologia non liquefacibile
9.80	1.80	0.80	17.00	0.67	25.50	limi argilloso-sabbiosi	19.30	4.38	2.87	1.00	21.54	116.52	17691.04	7891.04	0.91	0.06	0.23	n.l.	5.10	0.00	Litologia non liquefacibile

10.00	1.80	0.80	16.00	0.87	18.46	limo argilloso	17.63	6.11	2.99	1.00	19.87	132.84	18051.02	8051.02	0.91	0.06	0.30	n.l.	5.00	0.00	Litologia non liquefacibile
10.20	1.80	0.80	15.00	0.67	22.50	limo argilloso	16.03	5.07	2.97	1.00	18.27	117.69	18411.00	8211.00	0.90	0.06	0.23	n.l.	4.90	0.00	Litologia non liquefacibile
10.40	1.80	0.80	16.00	0.87	18.46	limo argilloso	16.87	6.14	3.01	1.00	19.11	131.12	18770.98	8370.98	0.90	0.06	0.29	n.l.	4.80	0.00	Litologia non liquefacibile
10.60	1.80	0.80	15.00	0.80	18.75	limo argilloso	15.34	6.11	3.04	1.00	17.58	126.63	19130.96	8530.96	0.89	0.06	0.27	n.l.	4.70	0.00	Litologia non liquefacibile
10.80	1.80	0.80	16.00	0.73	21.82	limo argilloso	16.17	5.22	2.98	1.00	18.41	119.69	19490.94	8690.94	0.89	0.06	0.24	n.l.	4.60	0.00	Litologia non liquefacibile
11.00	1.80	0.80	16.00	1.00	16.00	argilla limosa	15.83	7.14	3.07	1.00	18.08	137.64	19850.93	8850.93	0.88	0.06	0.32	n.l.	4.50	0.00	Litologia non liquefacibile
11.20	1.75	0.75	29.00	1.00	29.00	limi argilloso-sabbiosi	29.98	3.71	2.68	1.00	32.22	123.76	20200.73	9000.73	0.87	0.06	0.26	n.l.	4.40	0.00	Litologia non liquefacibile
11.40	1.75	0.75	34.00	0.80	42.50	sabbie argilloso-limose	34.91	2.50	2.52	0.75	36.34	103.72	20550.54	9150.54	0.87	0.05	0.18	n.l.	4.30	0.00	Litologia non liquefacibile
11.60	1.85	0.85	37.00	1.13	32.65	limi argilloso-sabbiosi	37.45	3.25	2.57	0.75	39.00	122.34	20920.70	9320.70	0.86	0.05	0.25	n.l.	4.20	0.00	Litologia non liquefacibile
11.80	1.80	0.80	19.00	1.53	12.39	argilla limosa	17.80	9.09	3.11	1.00	20.04	161.40	21280.69	9480.69	0.86	0.05	0.47	n.l.	4.10	0.00	Litologia non liquefacibile
12.00	1.70	0.70	16.00	0.80	20.00	limo argilloso	14.38	5.78	3.05	1.00	16.63	120.80	21620.34	9620.34	0.85	0.05	0.24	n.l.	4.00	0.00	Litologia non liquefacibile
12.20	1.75	0.75	38.00	0.53	71.25	sabbia	36.65	1.49	2.36	0.50	38.44	83.02	21970.17	9770.17	0.85	0.05	0.13	2.49	3.90	0.00	POSITIVA
12.40	1.75	0.75	36.00	0.87	41.54	sabbie argilloso-limose	34.04	2.57	2.53	0.75	36.22	106.30	22320.00	9920.00	0.84	0.05	0.19	n.l.	3.80	0.00	Litologia non liquefacibile
12.60	1.75	0.75	35.00	0.80	43.75	sabbia limosa	32.51	2.44	2.53	0.75	34.82	102.54	22669.84	10069.84	0.84	0.05	0.18	n.l.	3.70	0.00	Litologia non liquefacibile
12.80	1.80	0.80	37.00	0.93	39.64	sabbie argilloso-limose	33.92	2.69	2.55	0.75	36.37	109.62	23029.84	10229.84	0.83	0.05	0.20	n.l.	3.60	0.00	Litologia non liquefacibile
13.00	1.75	0.75	30.00	1.07	28.13	limi argilloso-sabbiosi	26.65	3.86	2.73	1.00	28.90	121.49	23379.69	10379.69	0.83	0.05	0.25	n.l.	3.50	0.00	Litologia non liquefacibile
13.20	1.75	0.75	34.00	0.73	46.36	sabbia limosa	30.04	2.32	2.55	0.75	32.71	98.53	23729.54	10529.54	0.82	0.05	0.17	n.l.	3.40	0.00	Litologia non liquefacibile
13.40	1.75	0.75	39.00	0.87	45.00	sabbia limosa	34.26	2.37	2.51	0.75	37.12	104.18	24079.39	10679.39	0.82	0.05	0.19	n.l.	3.30	0.00	Litologia non liquefacibile
13.60	1.75	0.75	37.00	1.07	34.69	sabbie argilloso-limose	31.91	3.09	2.61	1.00	34.17	114.78	24429.25	10829.25	0.81	0.05	0.22	n.l.	3.20	0.00	Litologia non liquefacibile
13.80	1.75	0.75	29.00	0.93	31.07	limi argilloso-sabbiosi	24.16	3.52	2.73	1.00	26.41	112.30	24779.12	10979.12	0.81	0.05	0.21	n.l.	3.10	0.00	Litologia non liquefacibile
14.00	1.75	0.75	33.00	0.73	45.00	sabbia limosa	27.39	2.41	2.59	0.75	30.46	98.98	25128.99	11128.99	0.80	0.05	0.17	n.l.	3.00	0.00	Litologia non liquefacibile
14.20	1.75	0.75	37.00	0.80	46.25	sabbia limosa	30.55	2.32	2.54	0.75	33.81	100.85	25478.86	11278.86	0.79	0.05	0.18	n.l.	2.90	0.00	Litologia non liquefacibile
14.40	1.75	0.75	30.00	0.73	40.91	sabbie argilloso-limose	23.99	2.67	2.66	1.00	26.25	97.70	25828.73	11428.73	0.79	0.05	0.17	n.l.	2.80	0.00	Litologia non liquefacibile
14.60	1.75	0.75	38.00	0.93	40.71	sabbie argilloso-limose	30.56	2.64	2.58	0.75	34.04	108.27	26178.61	11578.61	0.78	0.05	0.20	n.l.	2.70	0.00	Litologia non liquefacibile
14.80	1.75	0.75	37.00	0.67	55.50	sabbia limosa	29.29	1.94	2.51	0.75	32.83	92.14	26528.49	11728.49	0.78	0.05	0.15	n.l.	2.60	0.00	Litologia non liquefacibile
15.00	1.75	0.75	39.00	0.87	45.00	sabbia limosa	30.57	2.39	2.55	0.75	34.28	103.61	26878.38	11878.38	0.77	0.05	0.18	n.l.	2.50	0.00	Litologia non liquefacibile
15.20	1.75	0.75	31.00	1.00	31.00	limi argilloso-sabbiosi	23.51	3.54	2.74	1.00	25.77	111.65	27228.27	12028.27	0.77	0.05	0.21	n.l.	2.40	0.00	Litologia non liquefacibile
15.40	1.75	0.75	33.00	0.73	45.00	sabbia limosa	24.83	2.42	2.62	1.00	27.10	94.06	27578.16	12178.16	0.76	0.05	0.16	n.l.	2.30	0.00	Litologia non liquefacibile
15.60	1.80	0.80	38.00	1.07	35.63	sabbie argilloso-limose	28.53	3.03	2.64	1.00	30.80	109.67	27938.18	12338.18	0.76	0.05	0.20	n.l.	2.20	0.00	Litologia non liquefacibile
15.80	1.75	0.75	29.00	1.07	27.19	limi argilloso-sabbiosi	20.96	4.08	2.82	1.00	23.22	115.61	28288.08	12488.08	0.75	0.05	0.22	n.l.	2.10	0.00	Litologia non liquefacibile
16.00	1.75	0.75	34.00	0.80	42.50	sabbie argilloso-limose	24.64	2.57	2.64	1.00	26.90	96.55	28637.97	12637.97	0.75	0.05	0.16	n.l.	2.00	0.00	Litologia non liquefacibile
16.20	1.75	0.75	36.00	0.80	45.00	sabbia limosa	25.88	2.42	2.61	1.00	28.15	95.04	28987.88	12787.88	0.74	0.05	0.16	n.l.	1.90	0.00	Litologia non liquefacibile
16.40	1.75	0.75	38.00	0.87	43.85	sabbia limosa	27.10	2.47	2.60	0.75	31.32	103.87	29337.78	12937.78	0.74	0.05	0.18	n.l.	1.80	0.00	Litologia non liquefacibile
16.60	1.75	0.75	31.00	0.87	35.77	sabbie argilloso-limose	21.42	3.09	2.74	1.00	23.69	101.55	29687.68	13087.68	0.73	0.05	0.18	n.l.	1.70	0.00	Litologia non liquefacibile
16.80	1.75	0.75	35.00	0.67	52.50	sabbia limosa	24.17	2.08	2.59	0.75	28.36	93.09	30037.59	13237.59	0.73	0.05	0.16	n.l.	1.60	0.00	Litologia non liquefacibile
17.00	1.80	0.80	39.00	1.00	39.00	sabbie argilloso-limose	26.84	2.78	2.63	1.00	29.11	103.02	30397.62	13397.62	0.72	0.05	0.18	n.l.	1.50	0.00	Litologia non liquefacibile
17.20	1.75	0.75	28.00	1.00	28.00	limi argilloso-sabbiosi	18.40	4.01	2.86	1.00	20.67	110.16	30747.53	13547.53	0.71	0.05	0.20	n.l.	1.40	0.00	Litologia non liquefacibile
17.40	1.75	0.75	35.00	0.87	40.38	sabbie argilloso-limose	23.28	2.72	2.68	1.00	25.55	97.66	31097.44	13697.44	0.71	0.05	0.17	n.l.	1.30	0.00	Litologia non liquefacibile
17.60	1.75	0.75	36.00	0.87	41.54	sabbie argilloso-limose	23.73	2.64	2.66	1.00	26.00	96.77	31447.36	13847.36	0.70	0.04	0.16	n.l.	1.20	0.00	Litologia non liquefacibile
17.80	1.70	0.70	38.00	0.93	40.71	sabbie argilloso-limose	24.90	2.68	2.65	1.00	27.17	98.91	31787.16	13987.16	0.70	0.04	0.17	n.l.	1.10	0.00	Litologia non liquefacibile
18.00	1.70	0.70	31.00	---	---	---	19.67	-----	-----	---	---	---	32126.97	14126.97	0.69	0.04	---	---	---	---	---



CALCOLO DELL'INDICE DI LIQUEFACIBILITA'

Prove penetrometriche statiche CPT
Metodo Robertson e Write (1997)

rd = coeff. Funzione prof. P.C.

Dati sismici

ag (SLV)	0.102
M	6
MSF	2.088349

coeff. Correttivo in funzione della magnitudo del sisma

Resistenz Attr. Lat. Spec
punta nor normalizzati

INDICE DI LIQUEFACIBILITA'

Molto basso

I.L. total

0.00

z (m)	γ (t/m ³)	γ' (t/m ³)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	RF	Litologia	Q	F	IC	n	qc1n	qc1ncs	σ_{vo} (kg/m ²)	σ_{vo}' (kg/m ²)	rd	T	R	Fs=R/T	W	IL	VERIFICA
0.40	1.70	0.70	34.00	0.73	46.36	sabbia limosa	1211.86	2.16	1.60	0.50	68.00	68.00	680.00	280.00	1.00	0.08	0.11	n.l.	9.80	0.00	Litologia non liquefacibile
0.60	1.75	0.75	29.00	0.33	87.00	sabbia	664.29	1.15	1.44	0.50	58.00	58.00	1035.00	435.00	1.00	0.08	0.10	1.31	9.70	0.00	POSITIVA
0.80	1.80	0.80	25.00	0.60	41.67	sabbie argilloso-limose	414.33	2.41	1.82	0.50	50.00	55.90	1400.00	600.00	0.99	0.07	0.10	n.l.	9.60	0.00	Litologia non liquefacibile
1.00	1.75	0.75	13.00	0.67	19.50	limo argilloso	171.00	5.20	2.30	0.75	26.00	50.44	1750.00	750.00	0.99	0.07	0.09	n.l.	9.50	0.00	Litologia non liquefacibile
1.20	1.80	0.80	11.00	0.27	41.25	sabbie argilloso-limose	118.30	2.47	2.13	0.75	22.00	33.43	2112.00	912.00	0.99	0.07	0.08	n.l.	9.40	0.00	Litologia non liquefacibile
1.40	1.80	0.80	19.00	1.00	19.00	limo argilloso	174.71	5.33	2.30	0.75	38.00	74.26	2473.33	1073.33	0.99	0.07	0.12	n.l.	9.30	0.00	Litologia non liquefacibile
1.60	1.80	0.80	11.00	0.53	20.63	limo argilloso	86.82	4.98	2.45	0.75	22.00	55.97	2834.29	1234.29	0.99	0.07	0.10	n.l.	9.20	0.00	Litologia non liquefacibile
1.80	1.80	0.80	18.00	0.80	22.50	limo argilloso	126.74	4.52	2.32	0.75	36.00	72.64	3195.00	1395.00	0.99	0.07	0.12	n.l.	9.10	0.00	Litologia non liquefacibile
2.00	1.80	0.80	15.00	0.93	16.07	argilla limosa	94.14	6.37	2.52	0.75	30.00	85.72	3555.56	1555.56	0.98	0.07	0.14	n.l.	9.00	0.00	Litologia non liquefacibile
2.20	1.85	0.85	21.00	1.33	15.75	argilla limosa	119.32	6.47	2.46	0.75	42.00	108.69	3927.00	1727.00	0.98	0.07	0.20	n.l.	8.90	0.00	Litologia non liquefacibile
2.40	1.85	0.85	18.00	1.47	12.27	argilla limosa	92.56	8.35	2.62	1.00	36.00	123.49	4298.18	1898.18	0.98	0.07	0.26	n.l.	8.80	0.00	Litologia non liquefacibile
2.60	1.80	0.80	13.00	1.00	13.00	argilla limosa	60.89	7.98	2.71	1.00	26.00	105.77	4658.33	2058.33	0.98	0.07	0.19	n.l.	8.70	0.00	Litologia non liquefacibile
2.80	1.80	0.80	15.00	0.80	18.75	limo argilloso	65.35	5.52	2.57	0.75	30.00	93.83	5018.46	2218.46	0.98	0.07	0.16	n.l.	8.60	0.00	Litologia non liquefacibile
3.00	1.80	0.80	15.00	0.87	17.31	limo argilloso	60.80	5.99	2.61	1.00	30.00	102.42	5378.57	2378.57	0.98	0.07	0.18	n.l.	8.50	0.00	Litologia non liquefacibile
3.20	1.80	0.80	21.00	1.00	21.00	limo argilloso	80.46	4.90	2.47	0.75	42.00	109.85	5738.67	2538.67	0.98	0.07	0.20	n.l.	8.40	0.00	Litologia non liquefacibile
3.40	1.80	0.80	23.00	1.27	18.16	limo argilloso	82.96	5.66	2.51	0.75	46.00	129.56	6098.75	2698.75	0.97	0.07	0.28	n.l.	8.30	0.00	Litologia non liquefacibile
3.60	1.80	0.80	22.00	0.87	25.38	limi argilloso-sabbiosi	74.70	4.06	2.43	0.75	44.00	106.82	6458.82	2858.82	0.97	0.07	0.19	n.l.	8.20	0.00	Litologia non liquefacibile
3.80	1.80	0.80	23.00	0.87	26.54	limi argilloso-sabbiosi	73.93	3.88	2.42	0.75	46.00	109.43	6818.89	3018.89	0.97	0.07	0.20	n.l.	8.10	0.00	Litologia non liquefacibile
4.00	1.80	0.80	20.00	0.93	21.43	limo argilloso	60.66	4.84	2.54	0.75	40.00	120.17	7178.95	3178.95	0.97	0.07	0.24	n.l.	8.00	0.00	Litologia non liquefacibile
4.20	1.80	0.80	21.00	0.80	26.25	limi argilloso-sabbiosi	60.64	3.95	2.48	0.75	42.00	111.99	7539.00	3339.00	0.97	0.07	0.21	n.l.	7.90	0.00	Litologia non liquefacibile
4.40	1.75	0.75	20.00	0.80	25.00	limi argilloso-sabbiosi	55.07	4.16	2.52	0.75	40.00	115.84	7888.57	3488.57	0.97	0.07	0.22	n.l.	7.80	0.00	Litologia non liquefacibile
4.60	1.75	0.75	22.00	0.60	36.67	sabbie argilloso-limose	58.21	2.83	2.39	0.75	44.00	99.66	8238.18	3638.18	0.96	0.07	0.17	n.l.	7.70	0.00	Litologia non liquefacibile
4.80	1.75	0.75	23.00	0.40	57.50	sabbia limosa	58.45	1.81	2.25	0.75	46.00	83.28	8587.83	3787.83	0.96	0.07	0.13	n.l.	7.60	0.00	Litologia non liquefacibile
5.00	1.75	0.75	30.00	1.00	30.00	limi argilloso-sabbiosi	73.92	3.44	2.38	0.75	60.00	133.13	8937.50	3937.50	0.96	0.07	0.30	n.l.	7.50	0.00	Litologia non liquefacibile
5.20	1.80	0.80	33.00	0.87	38.08	sabbie argilloso-limose	78.27	2.70	2.28	0.75	64.43	122.18	9297.60	4097.60	0.96	0.07	0.25	n.l.	7.40	0.00	Litologia non liquefacibile
5.40	1.80	0.80	34.00	1.53	22.17	limo argilloso	77.59	4.64	2.46	0.75	64.51	166.36	9657.69	4257.69	0.96	0.07	0.51	n.l.	7.30	0.00	Litologia non liquefacibile
5.60	1.80	0.80	33.00	1.67	19.80	limo argilloso	72.43	5.21	2.52	0.75	60.90	174.42	10017.78	4417.78	0.96	0.07	0.57	n.l.	7.20	0.00	Litologia non liquefacibile
5.80	1.80	0.80	32.00	1.27	25.26	limi argilloso-sabbiosi	67.63	4.09	2.46	0.75	57.50	147.64	10377.86	4577.86	0.96	0.07	0.38	n.l.	7.10	0.00	Litologia non liquefacibile
6.00	1.80	0.80	33.00	1.60	20.63	limo argilloso	67.38	5.01	2.53	0.75	57.79	167.77	10737.93	4737.93	0.95	0.07	0.52	n.l.	7.00	0.00	Litologia non liquefacibile
6.20	1.80	0.80	33.00	1.60	20.63	limo argilloso	65.11	5.02	2.54	0.75	56.36	166.70	11098.00	4898.00	0.95	0.07	0.51	n.l.	6.90	0.00	Litologia non liquefacibile
6.40	1.80	0.80	35.00	1.27	27.63	limi argilloso-sabbiosi	66.93	3.74	2.43	0.75	58.36	143.07	11458.06	5058.06	0.95	0.07	0.35	n.l.	6.80	0.00	Litologia non liquefacibile
6.60	1.80	0.80	38.00	1.93	19.66	limo argilloso	70.56	5.25	2.53	0.75	61.89	180.55	11818.13	5218.13	0.95	0.07	0.63	n.l.	6.70	0.00	Litologia non liquefacibile
6.80	1.75	0.75	49.00	1.93	25.34	limi argilloso-sabbiosi	89.02	4.05	2.38	0.75	78.13	173.53	12167.88	5367.88	0.95	0.07	0.57	n.l.	6.60	0.00	Litologia non liquefacibile
7.00	1.80	0.80	51.00	1.53	33.26	limi argilloso-sabbiosi	89.99	3.08	2.28	0.75	79.55	151.09	12527.94	5527.94	0.95	0.07	0.40	n.l.	6.50	0.00	Litologia non liquefacibile
7.20	1.80	0.80	82.00	4.60	17.83	limo argilloso	141.90	5.70	2.38	0.75	125.20	277.13	12888.00	5688.00	0.94	0.07	2.06	n.l.	6.40	0.00	Litologia non liquefacibile
7.40	1.75	0.75	63.00	2.40	26.25	limi argilloso-sabbiosi	105.65	3.89	2.32	0.75	94.33	189.03	13237.78	5837.78	0.94	0.07	0.71	n.l.	6.30	0.00	Litologia non liquefacibile
7.60	1.75	0.75	68.00	2.13	31.88	limi argilloso-sabbiosi	111.30	3.20	2.24	0.75	99.90	175.99	13587.57	5987.57	0.94	0.07	0.59	n.l.	6.20	0.00	Litologia non liquefacibile
7.80	1.75	0.75	107.00	2.13	50.16	sabbia limosa	172.07	2.02	1.96	0.50	136.58	171.22	13937.37	6137.37	0.94	0.07	0.55	n.l.	6.10	0.00	Litologia non liquefacibile
8.00	1.75	0.75	102.00	2.40	42.50	sabbie argilloso-limose	159.96	2.39	2.04	0.50	128.84	174.13	14287.18	6287.18	0.94	0.07	0.57	n.l.	6.00	0.00	Litologia non liquefacibile
8.20	1.75	0.75	118.00	2.87	41.16	sabbie argilloso-limose	181.04	2.46	2.02	0.50	147.08	194.37	14637.00	6437.00	0.94	0.07	0.76	n.l.	5.90	0.00	Litologia non liquefacibile
8.40	1.75	0.75	110.00	2.33	47.14	sabbia limosa	164.72	2.15	2.00	0.50	135.54	175.36	14986.83	6586.83	0.94	0.07	0.58	n.l.	5.80	0.00	Litologia non liquefacibile
8.60	1.75	0.75	99.00	2.60	38.08	sabbie argilloso-limose	144.68	2.67	2.10	0.75	133.14	194.53	15336.67	6736.67	0.93	0.07	0.76	n.l.	5.70	0.00	Litologia non liquefacibile
8.80	1.75	0.75	129.00	2.47	52.30	sabbia limosa	185.04	1.94	1.93	0.50	155.45	189.09	15686.51	6886.51	0.93	0.07	0.71	n.l.	5.60	0.00	Litologia non liquefacibile
9.00	1.75	0.75	161.00	3.87	41.64	sabbie argilloso-limose	226.53	2.43	1.95	0.50	191.93	238.85	16036.36	7036.36	0.93	0.07	1.35	n.l.	5.50	0.00	Litologia non liquefacibile
9.20	1.75	0.75	161.00	3.47	46.44	sabbia limosa	221.76	2.18	1.92	0.50	189.92	229.63	16386.22	7186.22	0.93	0.07	1.21	n.l.	5.40	0.00	Litologia non liquefacibile
9.40	1.75	0.75	185.00	5.00	37.00	sabbie argilloso-limose	249.90	2.73	1.97	0.50	215.99	273.41	16736.09	7336.09	0.92	0.07	1.98	n.l.	5.30	0.00	Litologia non liquefacibile
9.60	1.75	0.75	153.00	4.40	34.77	sabbie argilloso-limose	202.10	2.91	2.05	0.50	176.83	241.66	17085.96	7485.96	0.92	0.07	1.39	n.l.	5.20	0.00	Litologia non liquefacibile
9.80	1.75	0.75	176.00	3.67	48.00	sabbia limosa	228.21	2.10	1.90	0.50	201.41	239.79	17435.83	7635.83	0.91	0.07	1.36	n.l.	5.10	0.00	Litologia non liquefacibile

10.00	1.75	0.75	180.00	4.13	43.55	sabbia limosa	228.91	2.32	1.94	0.50	204.00	249.73	17785.71	7785.71	0.91	0.07	1.53	n.l.	5.00	0.00	Litologia non liquefacibile
10.20	1.75	0.75	183.00	4.73	38.66	sabbie argilloso-limose	228.32	2.61	1.98	0.50	205.43	261.54	18135.60	7935.60	0.90	0.07	1.74	n.l.	4.90	0.00	Litologia non liquefacibile
10.40	1.75	0.75	175.00	5.00	35.00	sabbie argilloso-limose	214.15	2.89	2.03	0.50	194.62	261.11	18485.49	8085.49	0.90	0.07	1.74	n.l.	4.80	0.00	Litologia non liquefacibile
10.60	1.75	0.75	155.00	3.93	39.41	sabbie argilloso-limose	185.93	2.57	2.02	0.50	170.80	227.68	18835.38	8235.38	0.89	0.06	1.18	n.l.	4.70	0.00	Litologia non liquefacibile
10.80	1.75	0.75	161.00	5.13	31.36	limi argilloso-sabbiosi	189.72	3.23	2.10	0.75	183.73	267.23	19185.28	8385.28	0.89	0.06	1.85	n.l.	4.60	0.00	Litologia non liquefacibile
11.00	1.75	0.75	153.00	3.33	45.90	sabbia limosa	176.97	2.21	1.98	0.50	165.61	212.06	19535.19	8535.19	0.88	0.06	0.97	n.l.	4.50	0.00	Litologia non liquefacibile
11.20	1.75	0.75	190.00	4.00	47.50	sabbia limosa	216.48	2.13	1.92	0.50	203.88	246.17	19885.09	8685.09	0.87	0.06	1.47	n.l.	4.40	0.00	Litologia non liquefacibile
11.40	1.75	0.75	185.00	3.47	53.37	sabbia limosa	207.10	1.89	1.89	0.50	196.82	232.25	20235.00	8835.00	0.87	0.06	1.24	n.l.	4.30	0.00	Litologia non liquefacibile
11.60	1.75	0.75	185.00	5.00	37.00	sabbie argilloso-limose	203.61	2.73	2.02	0.50	195.17	259.84	20584.91	8984.91	0.86	0.06	1.71	n.l.	4.20	0.00	Litologia non liquefacibile
11.80	1.70	0.70	153.00	4.40	34.77	sabbie argilloso-limose	165.38	2.92	2.10	0.75	163.88	238.03	20924.66	9124.66	0.86	0.06	1.33	n.l.	4.10	0.00	Litologia non liquefacibile
12.00	1.75	0.75	176.00	2.13	82.50	sabbia	187.47	1.23	1.77	0.50	182.75	198.82	21274.58	9274.58	0.85	0.06	0.81	13.05	4.00	0.00	POSITIVA
12.20	1.75	0.75	107.00	2.13	50.16	sabbia limosa	111.24	2.03	2.09	0.50	110.22	158.16	21624.50	9424.50	0.85	0.06	0.45	n.l.	3.90	0.00	Litologia non liquefacibile
12.40	1.80	0.80	102.00	2.67	38.25	sabbie argilloso-limose	104.13	2.67	2.20	0.75	105.30	174.44	21984.59	9584.59	0.84	0.06	0.57	n.l.	3.80	0.00	Litologia non liquefacibile
12.60	1.70	0.70	120.00	4.73	25.35	limi argilloso-sabbiosi	121.11	4.02	2.29	0.75	122.54	235.48	22324.35	9724.35	0.84	0.06	1.29	n.l.	3.70	0.00	Litologia non liquefacibile
12.80	1.70	0.70	154.00	2.33	66.00	sabbia	153.82	1.54	1.90	0.50	155.06	184.93	22664.13	9864.13	0.83	0.06	0.67	11.01	3.60	0.00	POSITIVA
13.00	1.75	0.75	165.00	2.60	63.46	sabbia	162.47	1.60	1.90	0.50	164.88	196.11	23014.06	10014.06	0.83	0.06	0.78	12.95	3.50	0.00	POSITIVA
13.20	1.75	0.75	129.00	2.47	52.30	sabbia limosa	124.62	1.95	2.04	0.50	127.96	173.77	23364.00	10164.00	0.82	0.06	0.57	n.l.	3.40	0.00	Litologia non liquefacibile
13.40	1.75	0.75	161.00	3.87	41.64	sabbie argilloso-limose	153.80	2.44	2.06	0.50	158.53	218.92	23713.94	10313.94	0.82	0.06	1.06	n.l.	3.30	0.00	Litologia non liquefacibile
13.60	1.75	0.75	161.00	3.47	46.44	sabbia limosa	151.56	2.19	2.02	0.50	157.39	209.66	24063.88	10463.88	0.81	0.06	0.94	n.l.	3.20	0.00	Litologia non liquefacibile
13.80	1.75	0.75	185.00	5.00	37.00	sabbie argilloso-limose	172.00	2.74	2.07	0.50	179.57	250.97	24413.82	10613.82	0.81	0.06	1.55	n.l.	3.10	0.00	Litologia non liquefacibile
14.00	1.70	0.70	153.00	4.40	34.77	sabbie argilloso-limose	139.98	2.92	2.14	0.75	144.89	223.03	24753.62	10753.62	0.80	0.06	1.11	n.l.	3.00	0.00	Litologia non liquefacibile
14.20	1.75	0.75	176.00	2.13	82.50	sabbia	159.11	1.23	1.82	0.50	168.55	189.44	25103.57	10903.57	0.79	0.06	0.71	12.26	2.90	0.00	POSITIVA
14.40	1.75	0.75	107.00	2.13	50.16	sabbia limosa	94.50	2.04	2.14	0.50	101.77	155.69	25453.52	11053.52	0.79	0.06	0.43	n.l.	2.80	0.00	Litologia non liquefacibile
14.60	1.75	0.75	102.00	2.67	38.25	sabbie argilloso-limose	88.74	2.68	2.24	0.75	93.67	166.76	25803.47	11203.47	0.78	0.06	0.51	n.l.	2.70	0.00	Litologia non liquefacibile
14.80	1.75	0.75	130.00	2.87	45.35	sabbia limosa	112.20	2.25	2.12	0.50	122.01	181.72	26153.42	11353.42	0.78	0.06	0.64	n.l.	2.60	0.00	Litologia non liquefacibile
15.00	1.70	0.70	110.00	2.60	42.31	sabbie argilloso-limose	93.40	2.42	2.20	0.50	102.61	170.01	26493.24	11493.24	0.77	0.06	0.54	n.l.	2.50	0.00	Litologia non liquefacibile
15.20	1.75	0.75	160.00	2.60	61.54	sabbia limosa	135.11	1.65	1.97	0.50	148.28	186.41	26843.20	11643.20	0.77	0.06	0.68	12.14	2.40	0.00	POSITIVA
15.40	1.75	0.75	129.00	2.47	52.30	sabbia limosa	107.08	1.95	2.09	0.50	118.79	170.13	27193.16	11793.16	0.76	0.06	0.54	n.l.	2.30	0.00	Litologia non liquefacibile
15.60	1.75	0.75	161.00	3.60	44.72	sabbia limosa	132.50	2.27	2.07	0.50	147.32	207.77	27543.12	11943.12	0.76	0.06	0.91	n.l.	2.20	0.00	Litologia non liquefacibile
15.80	1.75	0.75	165.00	3.47	47.60	sabbia limosa	134.14	2.14	2.05	0.50	150.04	205.81	27893.08	12093.08	0.75	0.06	0.89	n.l.	2.10	0.00	Litologia non liquefacibile
16.00	1.75	0.75	185.00	5.13	36.04	sabbie argilloso-limose	148.80	2.82	2.11	0.50	167.20	247.78	28243.04	12243.04	0.75	0.05	1.49	n.l.	2.00	0.00	Litologia non liquefacibile
16.20	1.70	0.70	153.00	4.40	34.77	sabbie argilloso-limose	121.25	2.93	2.18	0.75	130.34	212.10	28582.88	12382.88	0.74	0.05	0.97	n.l.	1.90	0.00	Litologia non liquefacibile
16.40	1.70	0.70	176.00	1.60	110.00	sabbia e ghiaia	138.23	0.92	1.78	0.50	157.28	171.96	28922.72	12522.72	0.74	0.05	0.55	10.24	1.80	0.00	POSITIVA
16.60	1.75	0.75	115.00	1.67	69.00	sabbia	88.44	1.49	2.06	0.50	102.16	142.29	29272.68	12672.68	0.73	0.05	0.35	6.49	1.70	0.00	POSITIVA
16.80	1.75	0.75	109.00	2.40	45.42	sabbia limosa	82.70	2.26	2.21	0.50	96.26	163.16	29622.65	12822.65	0.73	0.05	0.48	n.l.	1.60	0.00	Litologia non liquefacibile
17.00	1.75	0.75	118.00	2.87	41.16	sabbie argilloso-limose	88.65	2.49	2.22	0.50	103.60	178.07	29972.62	12972.62	0.72	0.05	0.61	n.l.	1.50	0.00	Litologia non liquefacibile
17.20	1.70	0.70	110.00	3.47	31.73	limi argilloso-sabbiosi	81.58	3.24	2.33	0.75	89.77	183.58	30312.47	13112.47	0.71	0.05	0.66	n.l.	1.40	0.00	Litologia non liquefacibile
17.40	1.75	0.75	185.00	2.60	71.15	sabbia	137.18	1.43	1.91	0.50	160.64	193.29	30662.44	13262.44	0.71	0.05	0.75	14.43	1.30	0.00	POSITIVA
17.60	1.75	0.75	129.00	2.47	52.30	sabbia limosa	93.87	1.96	2.13	0.50	111.39	167.97	31012.41	13412.41	0.70	0.05	0.52	n.l.	1.20	0.00	Litologia non liquefacibile
17.80	1.70	0.70	161.00	4.00	40.25	sabbie argilloso-limose	116.49	2.53	2.15	0.50	138.30	213.71	31352.27	13552.27	0.70	0.05	0.99	n.l.	1.10	0.00	Litologia non liquefacibile
18.00	1.70	0.70	159.00	---	---	---	113.81	-----	-----	---	---	---	31692.13	13692.13	0.69	0.05	---	---	---	---	---

ALLEGATO 1

Prove Penetrometriche Statiche (CPT)



Prova Penetrometrica Statica
Letture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **Ced. 1**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

0.20	---	---	---	1.600	0.0
0.40	47	71	47.00	0.467	100.7
0.60	34	41	34.00	1.133	30.0
0.80	34	51	34.00	0.867	39.2
1.00	33	46	33.00	0.200	165.0
1.20	49	52	49.00	1.333	36.8
1.40	21	41	21.00	1.333	15.8
1.60	28	48	28.00	0.800	35.0
1.80	16	28	16.00	0.267	60.0
2.00	22	26	22.00	0.667	33.0
2.20	13	23	13.00	0.467	27.9
2.40	28	35	28.00	1.267	22.1
2.60	22	41	22.00	1.133	19.4
2.80	25	42	25.00	1.933	12.9
3.00	32	61	32.00	1.667	19.2
3.20	31	56	31.00	2.067	15.0
3.40	27	58	27.00	1.600	16.9
3.60	28	52	28.00	1.267	22.1
3.80	30	49	30.00	1.933	15.5
4.00	27	56	27.00	1.800	15.0
4.20	27	54	27.00	1.733	15.6
4.40	25	51	25.00	1.600	15.6
4.60	25	49	25.00	1.933	12.9
4.80	29	58	29.00	2.267	12.8
5.00	40	74	40.00	2.733	14.6
5.20	49	90	49.00	3.667	13.4
5.40	51	106	51.00	3.600	14.2
5.60	56	110	56.00	3.200	17.5
5.80	52	100	52.00	3.067	17.0
6.00	69	115	69.00	3.400	20.3
6.20	57	108	57.00	0.733	77.7
6.40	35	46	35.00	2.733	12.8
6.60	46	87	46.00	1.533	30.0
6.80	98	121	98.00	1.533	63.9
7.00	97	120	97.00	2.133	45.5
7.20	93	125	93.00	2.467	37.7
7.40	114	151	114.00	2.333	48.9
7.60	129	164	129.00	2.267	56.9

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

7.80	174	208	174.00	2.333	74.6
8.00	184	219	184.00	3.667	50.2
8.20	152	207	152.00	0.733	207.3
8.40	108	119	108.00	2.133	50.6
8.60	100	132	100.00	1.800	55.6
8.80	149	176	149.00	2.067	72.1
9.00	137	168	137.00	2.200	62.3
9.20	151	184	151.00	2.667	56.6
9.40	132	172	132.00	2.400	55.0
9.60	143	179	143.00	2.800	51.1
9.80	135	177	135.00	---	---
10.00	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---
15.20	---	---	---	---	---

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm2 - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm2)



Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza

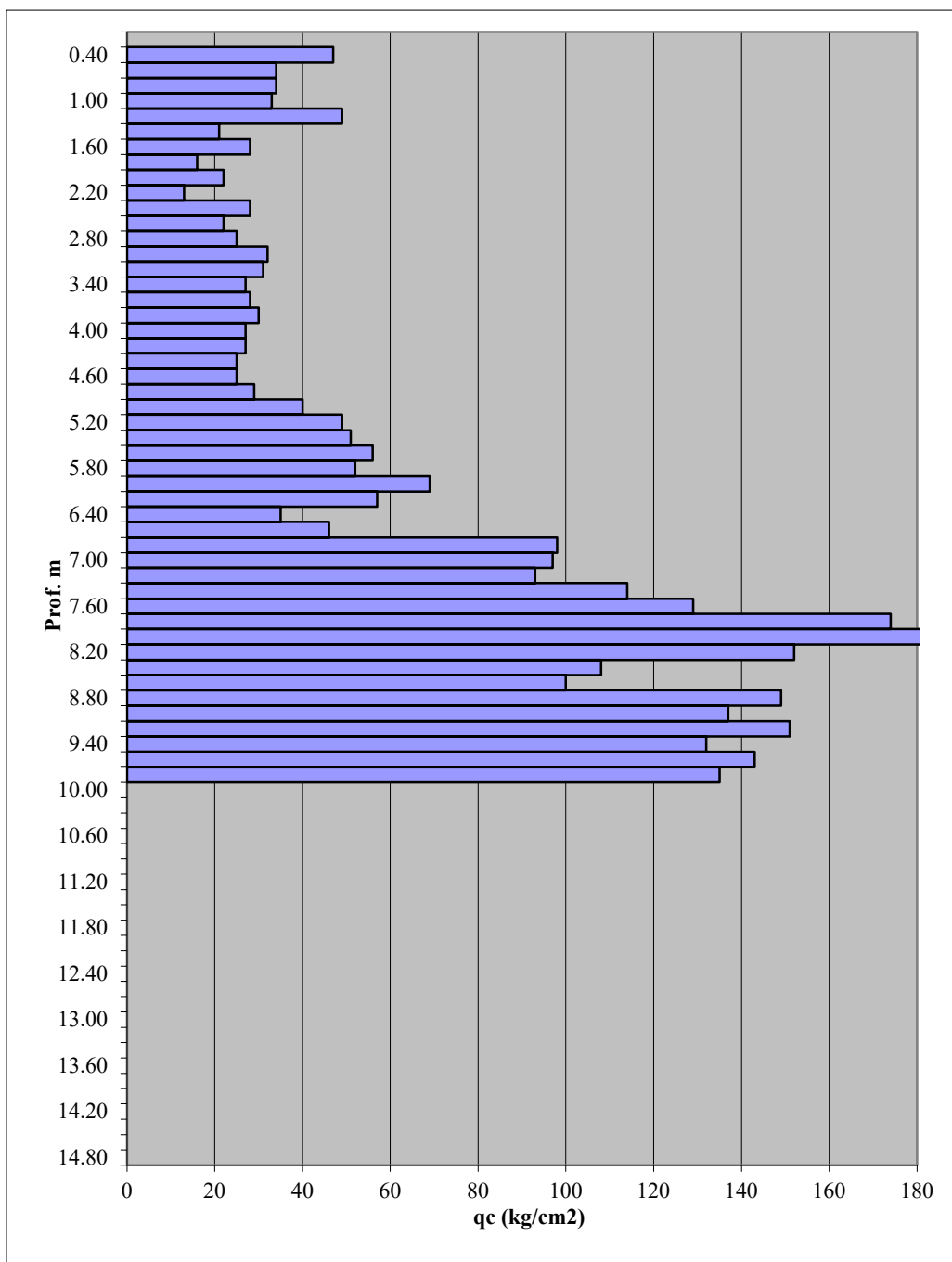
CPT

Ced. 1

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza

CPT **Ced. 1**

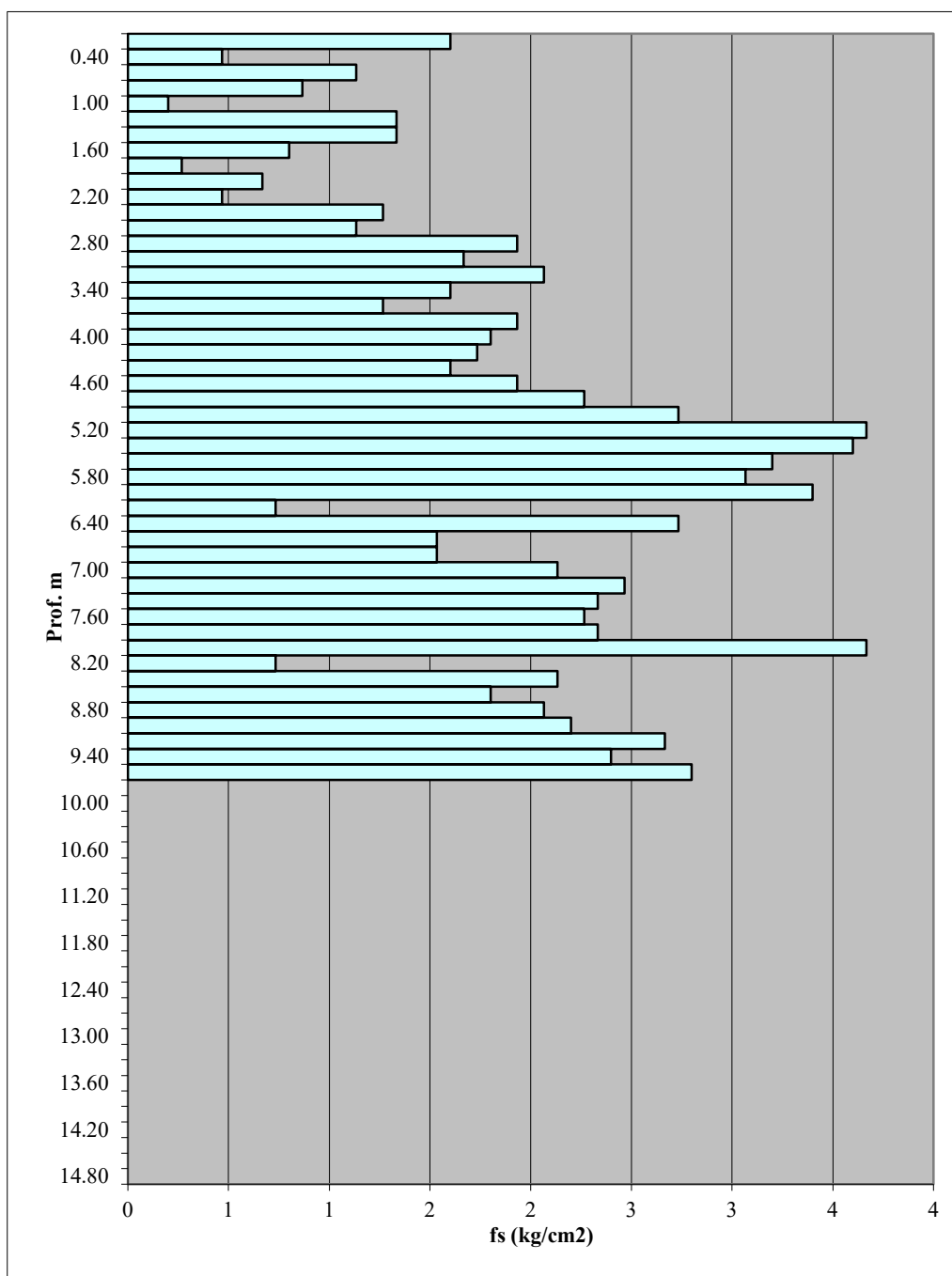
Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Polesine
Parma

Data
Quota inizio
Prof. Falda

27/05/2025
p.c.
0.00 metri

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale





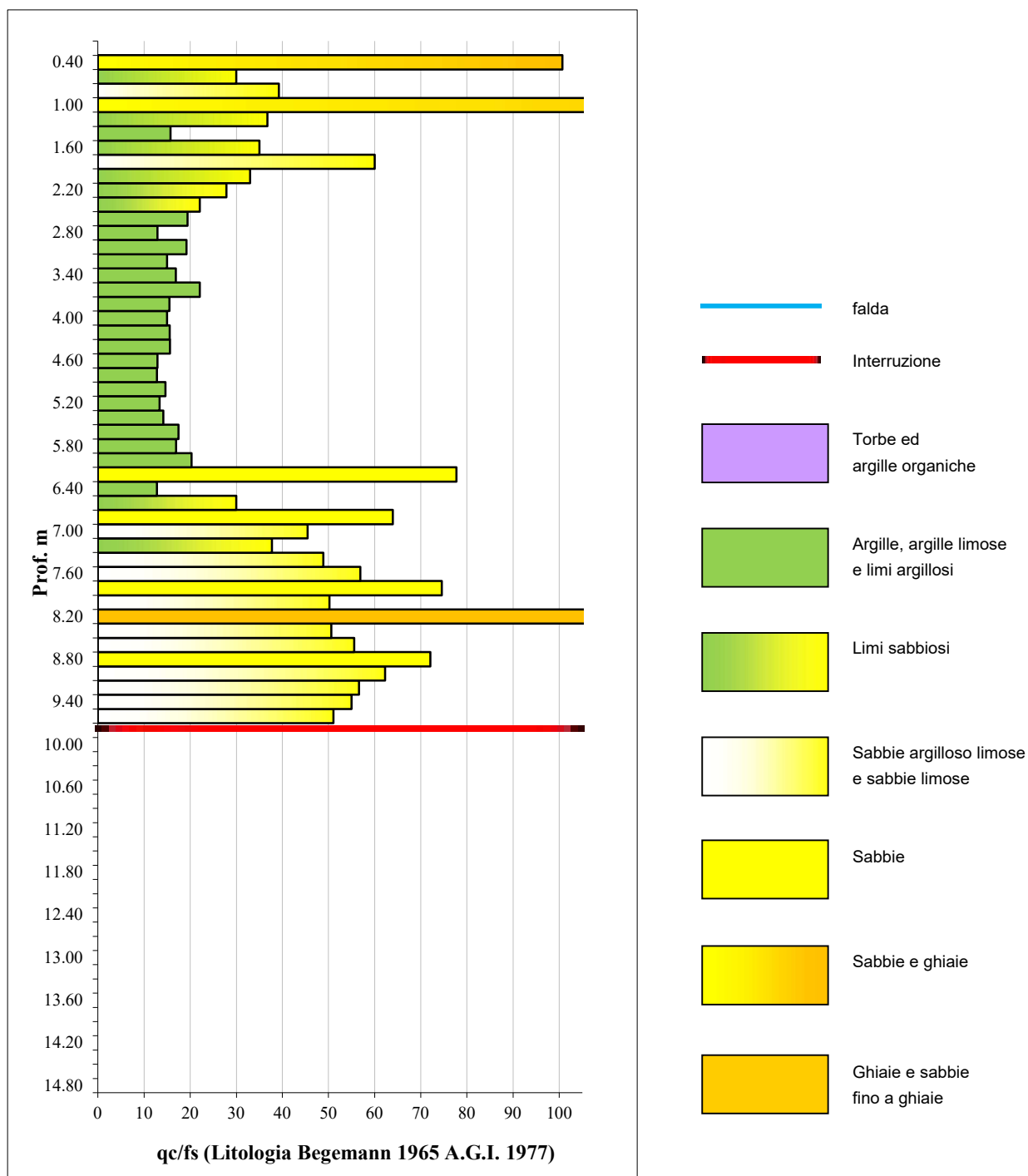
Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche

CPT **Ced. 1**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Valutazioni Litologiche





Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

Ced. 1

Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Polesine
Parma

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

27/05/2025
p.c.
0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	E	OCR	f(dm)	f(my)	DR	f(1s)	f(2s)	f(3s)	f(4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2		Kg/cm ²	(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
0.20	---	1.600	0.0	---	---	coesive	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.40	47.00	---	---	---	med.add,	---	0.75	0.07	1.41	141	184.5	45	34	111	44	44	46	47
0.60	34.00	1.133	30.0	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	granulari	0.75	0.11	1.12	102	114.4	41	33	89	40	42	43	45
0.80	34.00	0.867	39.2	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.70	0.13	1.12	102	92.9	41	33	85	40	41	43	45
1.00	33.00	0.200	165.0	ghiaie	++SCIOLTA	granulari	0.75	0.15	1.09	99	74.8	40	33	81	39	41	43	44
1.20	49.00	1.333	36.8	sabbie argilloso-limose	med.add,	granulari	0.80	0.17	1.47	147	93.1	41	34	91	41	42	44	45
1.40	21.00	1.333	15.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.75	0.19	0.84	42	40.2	---	---	---	---	---	---	---
1.60	28.00	0.800	35.0	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.70	0.21	0.98	56	43.1	37	32	67	37	39	41	43
1.80	16.00	0.267	60.0	sabbia limosa	sciolta	granulari	0.75	0.23	0.69	56	24.7	34	29	45	34	37	39	42
2.00	22.00	0.667	33.0	limi argilloso-sabbiosi	sciolta	granulari	0.80	0.25	0.88	44	30.3	35	31	54	36	38	40	42
2.20	13.00	0.467	27.9	limi argilloso-sabbiosi	plastica	coesive	0.80	0.27	0.59	46	16.5	---	---	---	---	---	---	---
2.40	28.00	1.267	22.1	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.29	0.98	56	28.8	---	---	---	---	---	---	---
2.60	22.00	1.133	19.4	limo argilloso	consistente	coesive	0.85	0.31	0.88	44	23.1	---	---	---	---	---	---	---
2.80	25.00	1.933	12.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.33	0.88	50	21.2	---	---	---	---	---	---	---
3.00	32.00	1.667	19.2	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.35	1.06	96	25.0	---	---	---	---	---	---	---
3.20	31.00	2.067	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.37	1.02	93	22.4	---	---	---	---	---	---	---
3.40	27.00	1.600	16.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.39	0.95	54	19.0	---	---	---	---	---	---	---
3.60	28.00	1.267	22.1	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.41	0.98	56	18.7	---	---	---	---	---	---	---
3.80	30.00	1.933	15.5	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.43	0.99	90	17.8	---	---	---	---	---	---	---
4.00	27.00	1.800	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.45	0.95	54	15.9	---	---	---	---	---	---	---
4.20	27.00	1.733	15.6	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.47	0.95	54	15.0	---	---	---	---	---	---	---
4.40	25.00	1.600	15.6	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.49	0.88	50	13.0	---	---	---	---	---	---	---
4.60	25.00	1.933	12.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.51	0.88	50	12.3	---	---	---	---	---	---	---
4.80	29.00	2.267	12.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.53	1.02	58	14.1	---	---	---	---	---	---	---
5.00	40.00	2.733	14.6	argilla limosa	dura	coesive	0.85	0.55	1.20	120	16.6	---	---	---	---	---	---	---
5.20	49.00	3.667	13.4	argilla limosa	dura	coesive	0.85	0.57	1.47	147	20.5	---	---	---	---	---	---	---
5.40	51.00	3.600	14.2	argilla limosa	dura	coesive	0.80	0.59	1.53	153	20.7	---	---	---	---	---	---	---
5.60	56.00	3.200	17.5	limo argilloso	dura	coesive	0.80	0.61	1.68	168	22.3	---	---	---	---	---	---	---
5.80	52.00	3.067	17.0	argilla limosa	dura	coesive	0.80	0.63	1.56	156	19.5	---	---	---	---	---	---	---
6.00	69.00	3.400	20.3	limo argilloso	dura	coesive	0.70	0.65	2.07	207	26.7	---	---	---	---	---	---	---
6.20	57.00	0.733	77.7	sabbia	med.add,	granulari	0.85	0.67	1.71	171	20.3	36	35	63	37	39	41	43
6.40	35.00	2.733	12.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.75	0.69	1.05	105	10.6	---	---	---	---	---	---	---
6.60	46.00	1.533	30.0	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	granulari	0.70	0.71	1.38	138	14.4	34	34	55	36	38	40	42
6.80	98.00	1.533	63.9	sabbia	med.add,	granulari	0.75	0.73	2.94	294	35.8	38	38	80	39	41	42	44
7.00	97.00	2.133	45.5	sabbia limosa	med.add,	granulari	0.75	0.75	2.91	291	34.2	38	38	79	39	41	42	44
7.20	93.00	2.467	37.7	sabbie argilloso-limose	med.add,	granulari	0.75	0.77	2.79	279	31.4	37	37	77	39	40	42	44
7.40	114.00	2.333	48.9	sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	0.79	3.42	342	39.2	38	38	83	40	41	43	45
7.60	129.00	2.267	56.9	sabbia limosa	addensata	granulari	0.70	0.81	3.87	387	44.3	39	39	87	40	41	43	45

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

DR = Densità relativa (Harman)



Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT **Ced. 1**

Committente AIPO Data: 27/05/2025
Cantiere 0 Quota inizio: p.c.
Località Polesine Prof. Falda: 0.00 metri
Provincia Parma

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	Mo	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2			(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
7.80	174.00	2.333	74.6	sabbia	addensata	granulari	0.75	0.83	5.22	522	62.5	40	40	96	42	43	44	46
8.00	184.00	3.667	50.2	sabbia limosa	addensata	granulari	0.70	0.85	5.52	552	65.1	40	40	97	42	43	44	46
8.20	152.00	0.733	207.3	ghiaie	med.add.	granulari	0.75	0.87	4.56	456	49.8	39	40	90	41	42	44	45
8.40	108.00	2.133	50.6	sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	0.89	3.24	324	31.6	37	38	77	39	41	42	44
8.60	100.00	1.800	55.6	sabbia limosa	addensata	granulari	0.70	0.91	3.00	300	27.9	37	38	73	39	40	42	44
8.80	149.00	2.067	72.1	sabbia	addensata	granulari	0.70	0.93	4.47	447	44.7	39	39	87	40	42	43	45
9.00	137.00	2.200	62.3	sabbia	addensata	granulari	0.75	0.95	4.11	411	39.2	38	39	84	40	41	43	45
9.20	151.00	2.667	56.6	sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	0.97	4.53	453	43.1	39	40	87	40	42	43	45
9.40	132.00	2.400	55.0	sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	0.99	3.96	396	35.5	38	39	81	40	41	43	45
9.60	143.00	2.800	51.1	sabbia limosa	addensata	granulari	0.70	1.01	4.29	429	38.3	38	39	84	40	41	43	45
9.80	135.00	---	---	---	---	---	0.70	1.03	4.05	405	34.8	38	39	81	40	41	43	45
10.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

g' = peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

DR = Densità relativa (Harman)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)



Prova Penetrometrica Statica
Lecture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **Ced. 2.1**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Lecture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

0.20	---	---	---	0.333	0.0
0.40	9	14	9.00	0.200	45.0
0.60	9	12	9.00	0.267	33.8
0.80	12	16	12.00	1.533	7.8
1.00	24	47	24.00	0.200	120.0
1.20	22	25	22.00	0.800	27.5
1.40	9	21	9.00	0.667	13.5
1.60	11	21	11.00	0.333	33.0
1.80	16	21	16.00	0.600	26.7
2.00	26	35	26.00	0.600	43.3
2.20	16	25	16.00	0.933	17.1
2.40	12	26	12.00	1.000	12.0
2.60	17	32	17.00	0.800	21.3
2.80	21	33	21.00	0.933	22.5
3.00	25	39	25.00	1.133	22.1
3.20	24	41	24.00	1.467	16.4
3.40	25	47	25.00	1.400	17.9
3.60	22	43	22.00	1.333	16.5
3.80	21	41	21.00	1.200	17.5
4.00	19	37	19.00	1.133	16.8
4.20	21	38	21.00	1.067	19.7
4.40	27	43	27.00	0.800	33.8
4.60	27	39	27.00	1.600	16.9
4.80	25	49	25.00	1.533	16.3
5.00	26	49	26.00	1.600	16.3
5.20	26	50	26.00	1.533	17.0
5.40	24	47	24.00	1.133	21.2
5.60	24	41	24.00	1.800	13.3
5.80	29	56	29.00	1.400	20.7
6.00	42	63	42.00	2.067	20.3
6.20	46	77	46.00	2.133	21.6
6.40	44	76	44.00	2.267	19.4
6.60	68	102	68.00	1.867	36.4
6.80	66	94	66.00	2.333	28.3
7.00	65	100	65.00	2.000	32.5
7.20	102	132	102.00	1.733	58.8
7.40	89	115	89.00	2.800	31.8
7.60	123	165	123.00	2.600	47.3

Profondità	Lecture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

7.80	165	204	165.00	1.533	107.6
8.00	192	215	192.00	3.000	64.0
8.20	204	249	204.00	3.000	68.0
8.40	173	218	173.00	3.867	44.7
8.60	228	286	228.00	---	---
8.80	---	---	---	---	---
9.00	---	---	---	---	---
9.20	---	---	---	---	---
9.40	---	---	---	---	---
9.60	---	---	---	---	---
9.80	---	---	---	---	---
10.00	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---
15.20	---	---	---	---	---

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm² - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm²)



**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

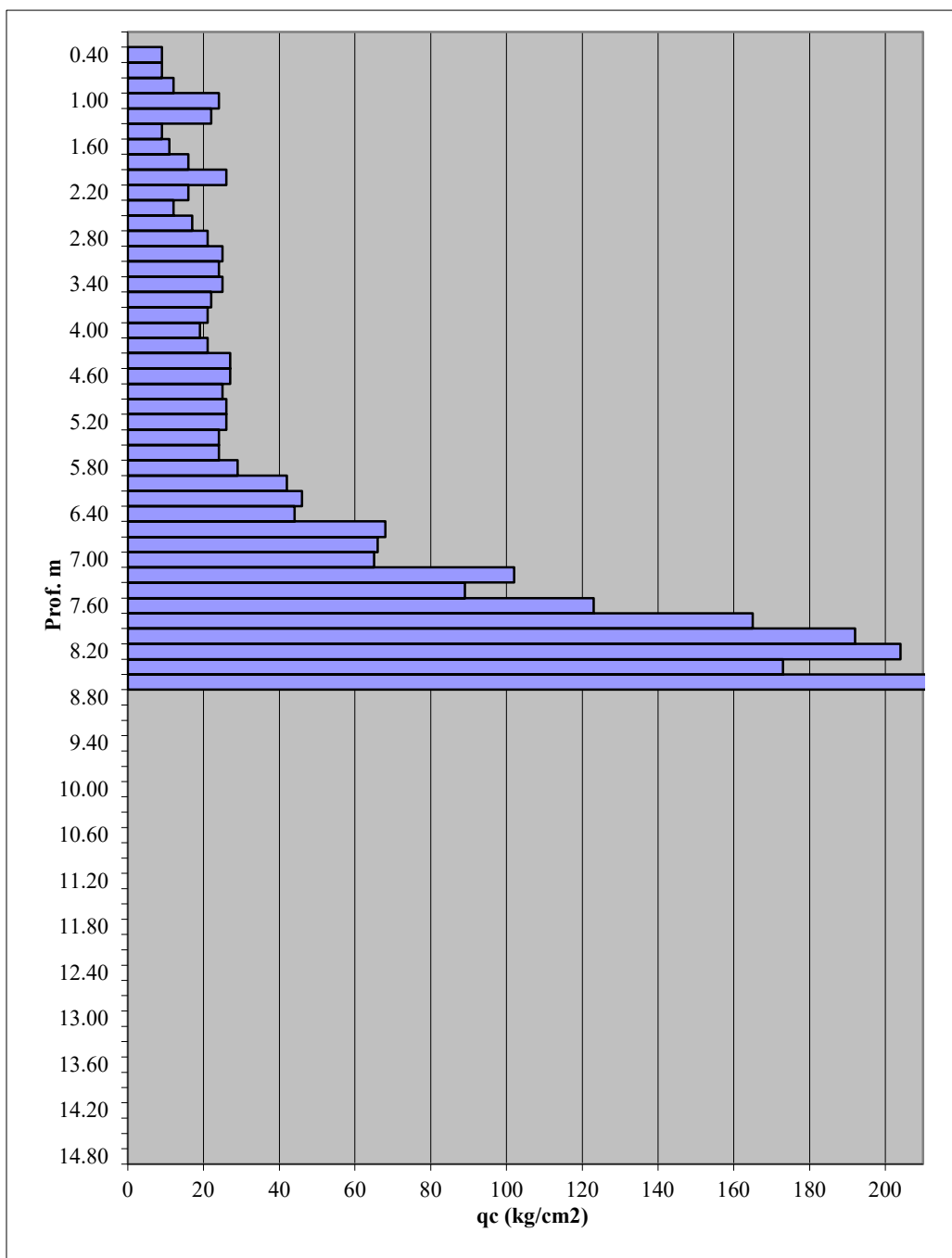
CPT

Ced. 2.1

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





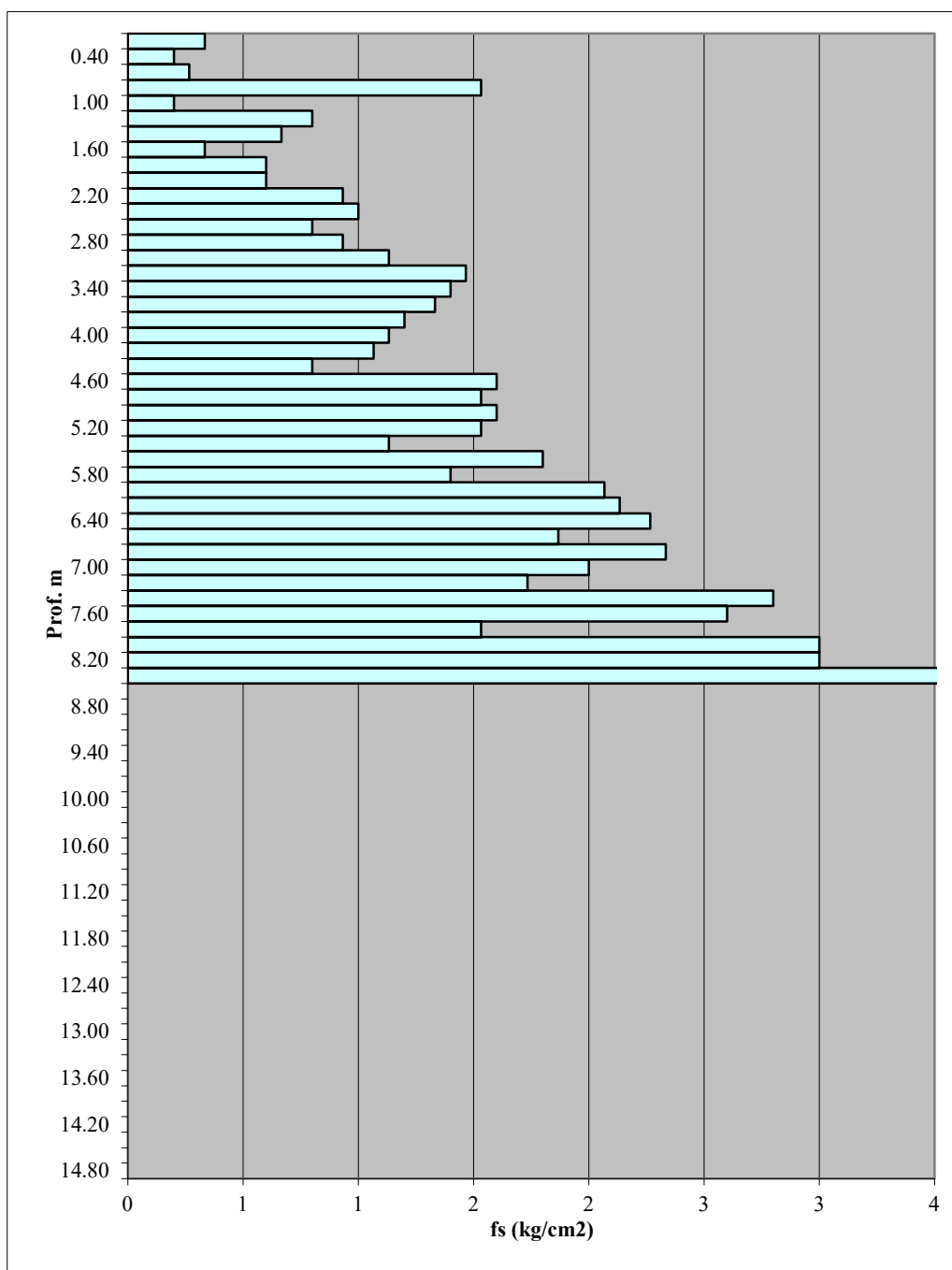
Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza

CPT **Ced. 2.1**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale





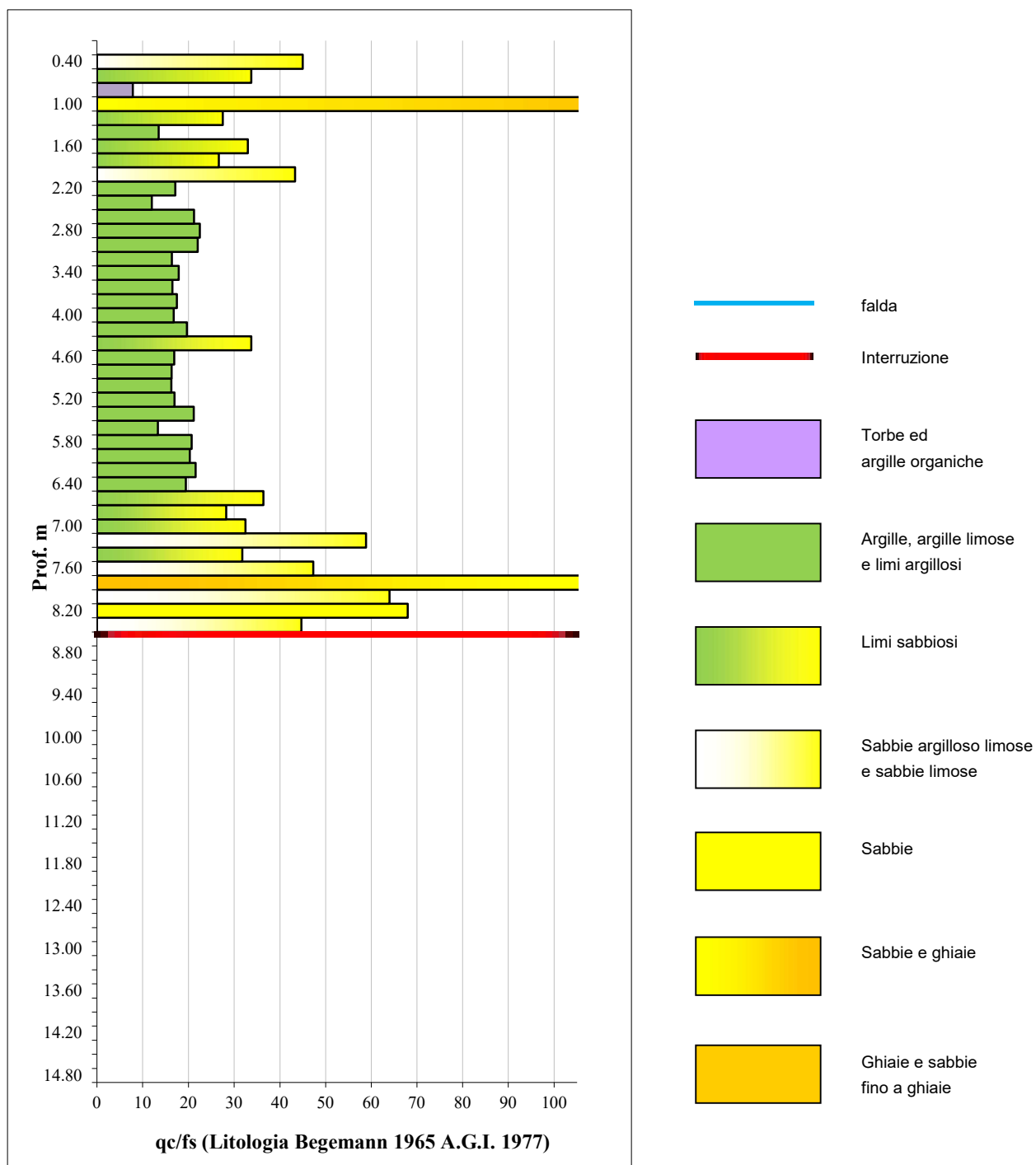
Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche

CPT **Ced. 2.1**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Valutazioni Litologiche





Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

Ced. 2.1

Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Polesine
Parma

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

27/05/2025
p.c.
0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza	addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	E	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)				t/m3	kg/cm2		Kg/cm ²	(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
0.20	---	0.333	0.0	---	---	---	coesive	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.40	9.00	---	---	---	++COMPRESS	---	---	0.75	0.07	0.45	35	44.3	37	27	54	36	38	40	42
0.60	9.00	0.267	33.8	limi argilloso-sabbiosi	++COMPRESS	granulari	0.85	0.11	0.45	35	36.5	35	27	43	34	36	39	41	41
0.80	12.00	1.533	7.8	argille organiche	-----	coesive	0.70	0.13	0.54	42	37.2	---	---	---	---	---	---	---	---
1.00	24.00	0.200	120.0	ghiaie sabbiose	++SCIOLTA	granulari	0.80	0.15	0.96	48	63.9	38	31	70	38	40	41	44	44
1.20	22.00	0.800	27.5	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.85	0.17	0.88	44	49.0	---	---	---	---	---	---	---	---
1.40	9.00	0.667	13.5	argilla limosa	plastica	coesive	0.75	0.19	0.45	35	18.4	---	---	---	---	---	---	---	---
1.60	11.00	0.333	33.0	limi argilloso-sabbiosi	++sciolta	granulari	0.80	0.21	0.50	39	18.3	33	28	35	33	35	38	41	41
1.80	16.00	0.600	26.7	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.75	0.23	0.69	56	24.7	---	---	---	---	---	---	---	---
2.00	26.00	0.600	43.3	sabbia limosa	sciolta	granulari	0.80	0.25	0.91	52	31.6	36	32	60	36	38	41	43	43
2.20	16.00	0.933	17.1	limo argilloso	consistente	coesive	0.85	0.27	0.69	56	20.2	---	---	---	---	---	---	---	---
2.40	12.00	1.000	12.0	argilla limosa	plastica	coesive	0.80	0.29	0.54	42	13.7	---	---	---	---	---	---	---	---
2.60	17.00	0.800	21.3	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.31	0.73	60	18.3	---	---	---	---	---	---	---	---
2.80	21.00	0.933	22.5	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.33	0.84	42	20.2	---	---	---	---	---	---	---	---
3.00	25.00	1.133	22.1	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.35	0.88	50	19.7	---	---	---	---	---	---	---	---
3.20	24.00	1.467	16.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.37	0.96	48	20.7	---	---	---	---	---	---	---	---
3.40	25.00	1.400	17.9	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.39	0.88	50	17.2	---	---	---	---	---	---	---	---
3.60	22.00	1.333	16.5	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.41	0.88	44	16.3	---	---	---	---	---	---	---	---
3.80	21.00	1.200	17.5	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.43	0.84	42	14.5	---	---	---	---	---	---	---	---
4.00	19.00	1.133	16.8	argilla limosa	consistente	coesive	0.80	0.45	0.82	67	13.2	---	---	---	---	---	---	---	---
4.20	21.00	1.067	19.7	limo argilloso	consistente	coesive	0.75	0.47	0.84	42	13.0	---	---	---	---	---	---	---	---
4.40	27.00	0.800	33.8	limi argilloso-sabbiosi	sciolta	granulari	0.80	0.49	0.95	54	14.3	33	32	45	34	37	39	42	42
4.60	27.00	1.600	16.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.51	0.95	54	13.6	---	---	---	---	---	---	---	---
4.80	25.00	1.533	16.3	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.53	0.88	50	11.7	---	---	---	---	---	---	---	---
5.00	26.00	1.600	16.3	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.55	0.91	52	11.8	---	---	---	---	---	---	---	---
5.20	26.00	1.533	17.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.57	0.91	52	11.3	---	---	---	---	---	---	---	---
5.40	24.00	1.133	21.2	limo argilloso	consistente	coesive	0.85	0.59	0.96	48	11.5	---	---	---	---	---	---	---	---
5.60	24.00	1.800	13.3	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.61	0.96	48	11.1	---	---	---	---	---	---	---	---
5.80	29.00	1.400	20.7	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.63	1.02	58	11.4	---	---	---	---	---	---	---	---
6.00	42.00	2.067	20.3	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.65	1.26	126	14.4	---	---	---	---	---	---	---	---
6.20	46.00	2.133	21.6	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.67	1.38	138	15.5	---	---	---	---	---	---	---	---
6.40	44.00	2.267	19.4	limo argilloso	++consistente	coesive	0.75	0.69	1.32	132	14.1	---	---	---	---	---	---	---	---
6.60	68.00	1.867	36.4	sabbie argilloso-limose	med.add,	granulari	0.80	0.71	2.04	204	23.5	36	36	68	38	39	41	43	43
6.80	66.00	2.333	28.3	limi argilloso-sabbiosi	dura	coesive	0.75	0.73	1.98	198	21.9	---	---	---	---	---	---	---	---
7.00	65.00	2.000	32.5	limi argilloso-sabbiosi	med.add,	granulari	0.75	0.75	1.95	195	20.7	36	36	65	37	39	41	43	43
7.20	102.00	1.733	58.8	sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	0.77	3.06	306	35.2	38	38	80	39	41	42	44	44
7.40	89.00	2.800	31.8	limi argilloso-sabbiosi	dura	granulari	0.75	0.79	2.67	267	28.8	37	37	75	38	40	42	44	44
7.60	123.00	2.600	47.3	sabbia limosa	addensata	granulari	0.70	0.81	3.69	369	41.8	38	39	85	40	41	43	45	45

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

DR = Densità relativa (Harman)



Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

Ced. 2.1

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	Mo	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2			(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
7.80	165.00	1.533	107.6	sabbia e ghiaia	addensata	granulari	0.70	0.83	4.95	495	58.5	40	40	94	41	42	44	46
8.00	192.00	3.000	64.0	sabbia	addensata	granulari	0.70	0.85	5.76	576	68.6	40	41	99	42	43	44	46
8.20	204.00	3.000	68.0	sabbia	addensata	granulari	0.75	0.87	6.12	612	71.9	41	41	101	42	43	45	46
8.40	173.00	3.867	44.7	sabbia limosa	addensata	granulari	0.70	0.89	5.19	519	56.9	40	40	94	41	42	44	46
8.60	228.00	---	---	---	---	---	0.70	0.91	6.84	684	78.1	41	41	103	43	43	45	46
8.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

g' = peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

DR = Densità relativa (Harman)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)



Prova Penetrometrica Statica
Letture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **Ced. 2.2**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

0.20	---	---	---	1.067	0.0
0.40	44	60	44.00	1.200	36.7
0.60	42	60	42.00	0.600	70.0
0.80	26	35	26.00	0.200	130.0
1.00	28	31	28.00	0.400	70.0
1.20	25	31	25.00	0.733	34.1
1.40	23	34	23.00	1.000	23.0
1.60	15	30	15.00	2.400	6.3
1.80	73	109	73.00	1.400	52.1
2.00	22	43	22.00	1.067	20.6
2.20	25	41	25.00	1.933	12.9
2.40	25	54	25.00	1.667	15.0
2.60	22	47	22.00	1.667	13.2
2.80	25	50	25.00	1.667	15.0
3.00	19	44	19.00	0.800	23.8
3.20	21	33	21.00	1.400	15.0
3.40	23	44	23.00	1.333	17.3
3.60	34	54	34.00	1.733	19.6
3.80	38	64	38.00	2.467	15.4
4.00	34	71	34.00	2.867	11.9
4.20	33	76	33.00	2.867	11.5
4.40	33	76	33.00	2.933	11.3
4.60	30	74	30.00	3.067	9.8
4.80	26	72	26.00	2.133	12.2
5.00	31	63	31.00	2.333	13.3
5.20	39	74	39.00	3.067	12.7
5.40	34	80	34.00	2.867	11.9
5.60	31	74	31.00	2.733	11.3
5.80	48	89	48.00	3.200	15.0
6.00	48	96	48.00	4.000	12.0
6.20	78	138	78.00	2.800	27.9
6.40	87	129	87.00	5.200	16.7
6.60	82	160	82.00	3.400	24.1
6.80	85	136	85.00	2.867	29.7
7.00	138	181	138.00	3.733	37.0
7.20	52	108	52.00	3.400	15.3
7.40	63	114	63.00	2.600	24.2
7.60	125	164	125.00	2.533	49.3

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

7.80	124	162	124.00	3.667	33.8
8.00	159	214	159.00	2.867	55.5
8.20	142	185	142.00	2.600	54.6
8.40	169	208	169.00	2.733	61.8
8.60	183	224	183.00	---	---
8.80	---	---	---	---	---
9.00	---	---	---	---	---
9.20	---	---	---	---	---
9.40	---	---	---	---	---
9.60	---	---	---	---	---
9.80	---	---	---	---	---
10.00	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---
15.20	---	---	---	---	---

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm2 - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm2)



**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

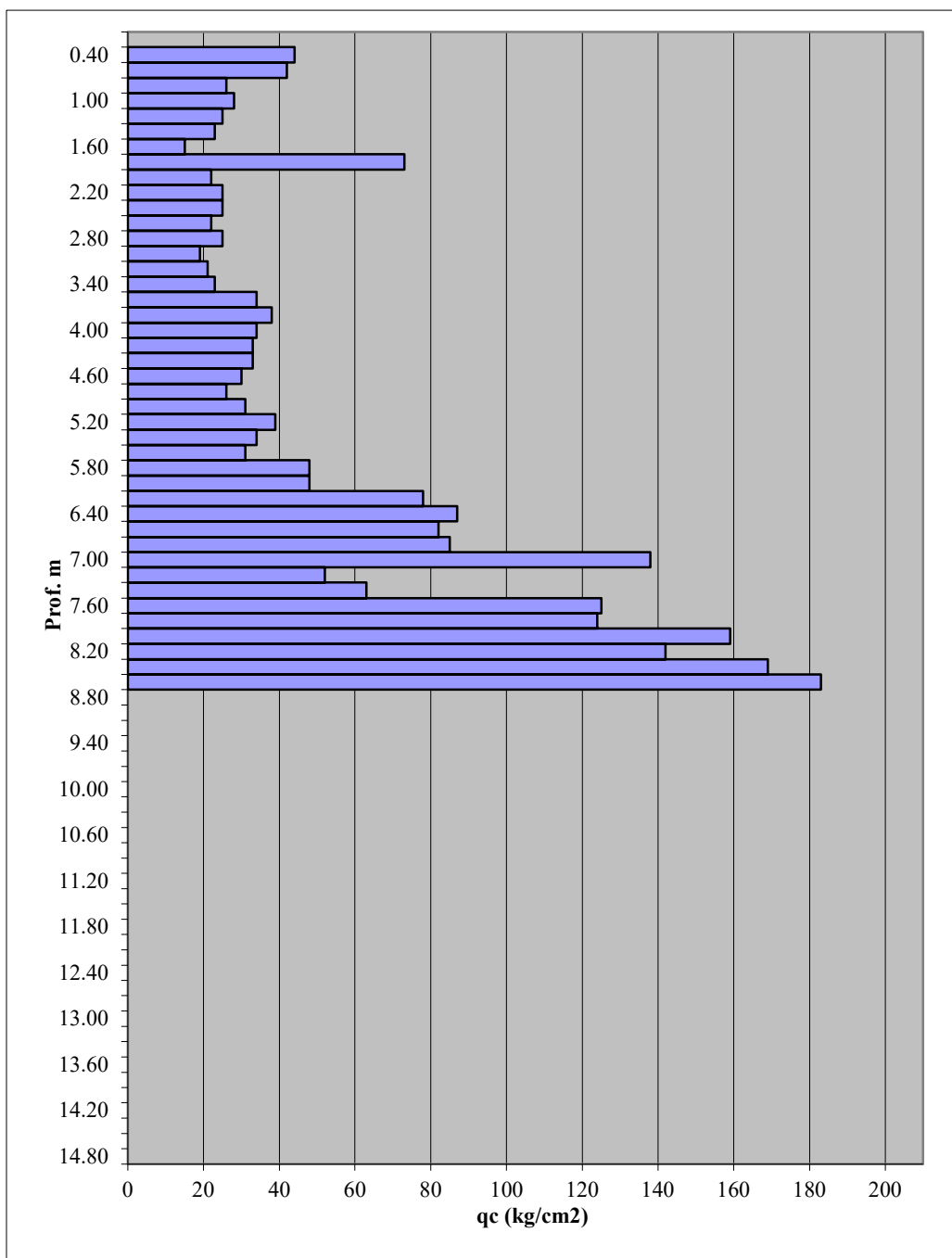
CPT

Ced. 2.2

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





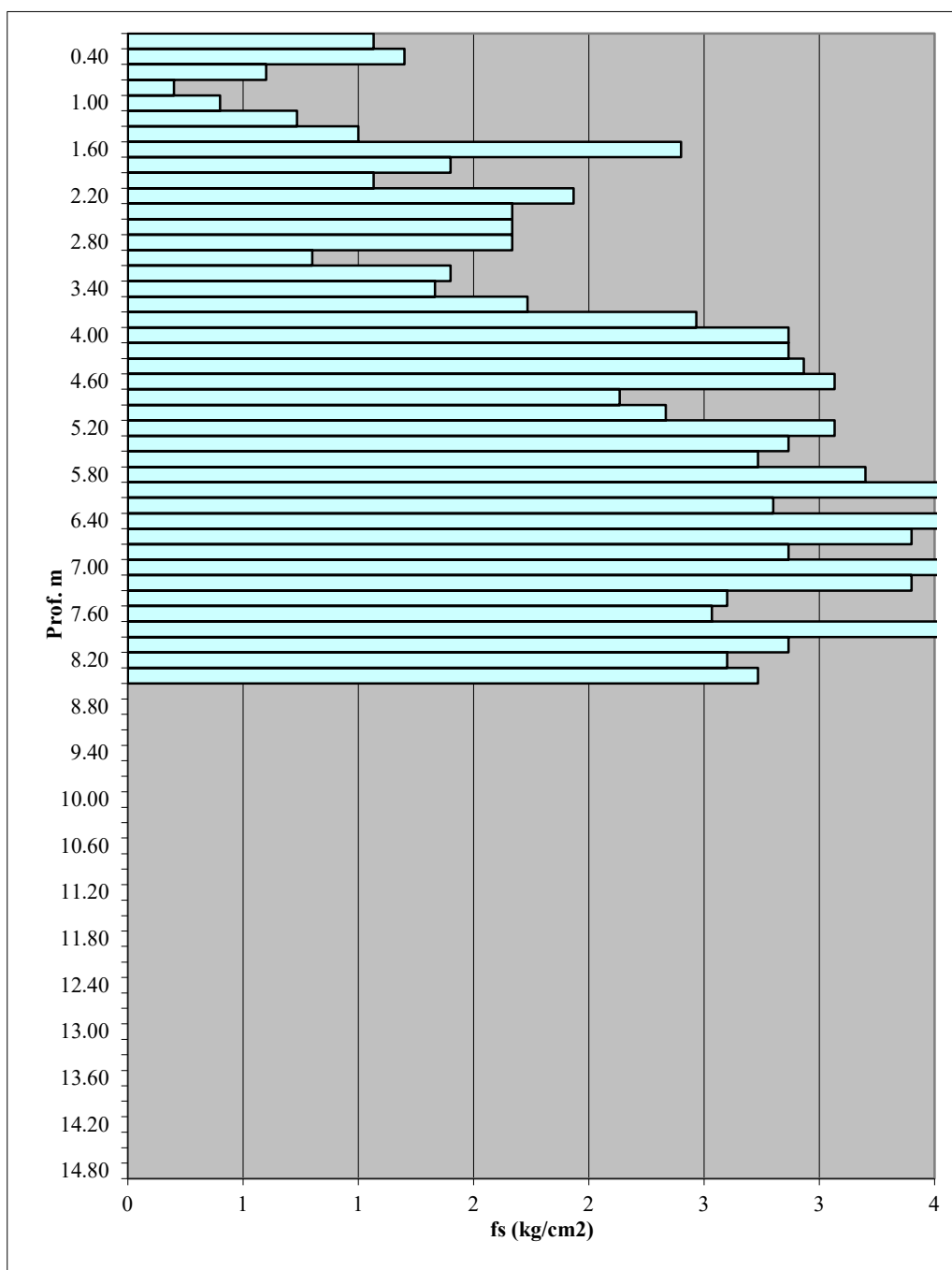
Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza

CPT **Ced. 2.2**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale





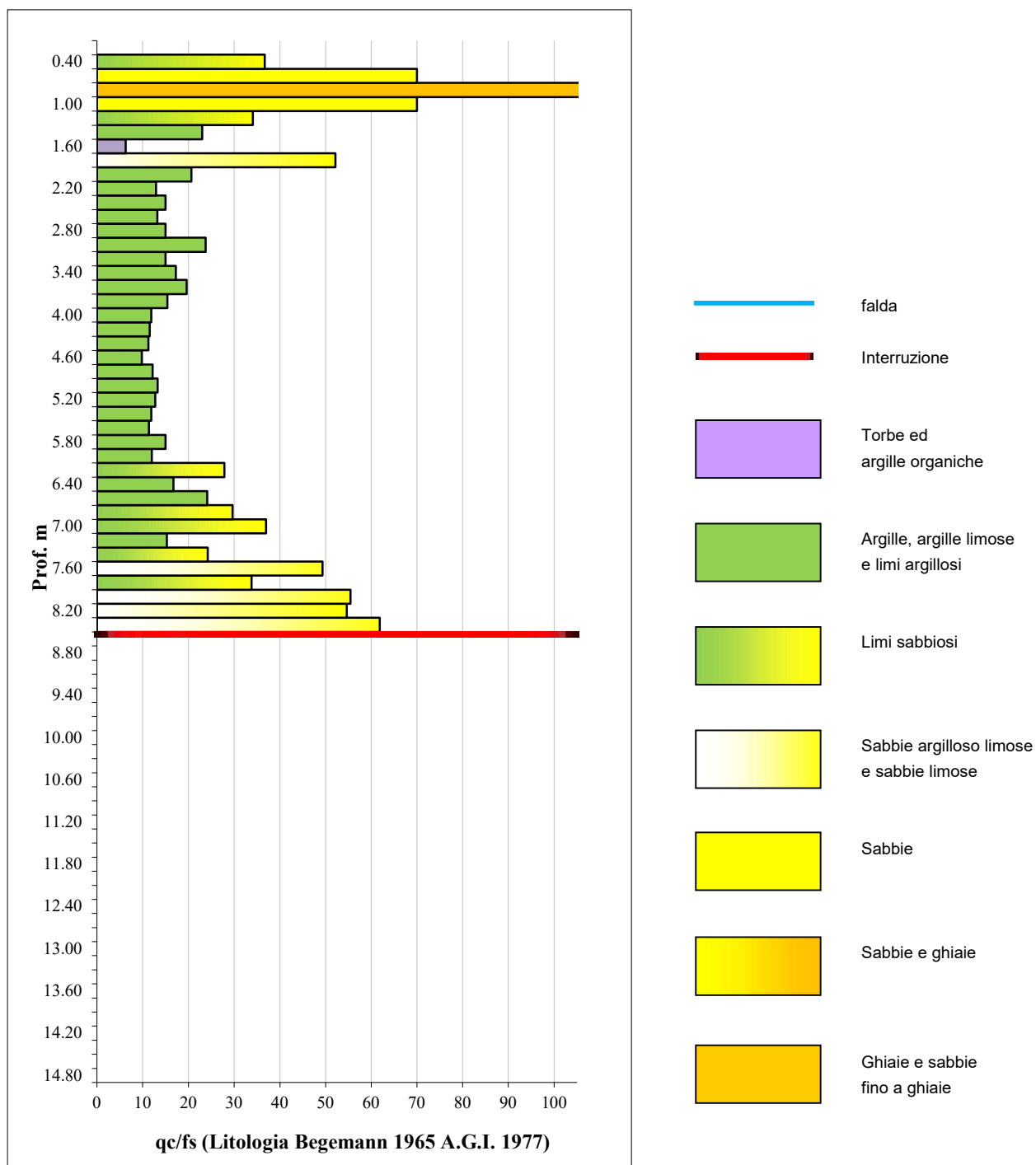
Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche

CPT **Ced. 2.2**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Valutazioni Litologiche





Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

Ced. 2.2

Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Polesine
Parma

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

27/05/2025
p.c.
0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	E	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2		Kg/cm ²	(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
0.20	---	1.067	0.0	---	---	coesive	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.40	44.00	---	---	---	med.add,	---	0.70	0.07	1.32	132	169.9	45	34	109	43	44	45	47
0.60	42.00	0.600	70.0	sabbia	med.add,	granulari	0.70	0.11	1.26	126	132.3	42	34	96	41	43	44	46
0.80	26.00	0.200	130.0	ghiaie sabbiose	++SCIOLTA	granulari	0.70	0.13	0.91	52	71.5	39	32	76	39	40	42	44
1.00	28.00	0.400	70.0	sabbia	sciolt	granulari	0.75	0.15	0.98	56	65.6	39	32	75	38	40	42	44
1.20	25.00	0.733	34.1	sabbie argilloso-limose	sciolt	granulari	0.80	0.17	0.88	50	48.7	38	31	68	38	39	41	43
1.40	23.00	1.000	23.0	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.85	0.19	0.92	46	45.1	---	---	---	---	---	---	---
1.60	15.00	2.400	6.3	argille organiche	-----	coesive	0.75	0.21	0.65	53	25.5	---	---	---	---	---	---	---
1.80	73.00	1.400	52.1	sabbia limosa	med.add,	granulari	0.80	0.23	2.19	219	105.0	42	36	98	42	43	44	46
2.00	22.00	1.067	20.6	limo argilloso	consistente	coesive	0.85	0.25	0.88	44	30.3	---	---	---	---	---	---	---
2.20	25.00	1.933	12.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.27	0.88	50	27.3	---	---	---	---	---	---	---
2.40	25.00	1.667	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.29	0.88	50	25.0	---	---	---	---	---	---	---
2.60	22.00	1.667	13.2	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.31	0.88	44	23.1	---	---	---	---	---	---	---
2.80	25.00	1.667	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.33	0.88	50	21.2	---	---	---	---	---	---	---
3.00	19.00	0.800	23.8	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	0.35	0.82	67	18.1	---	---	---	---	---	---	---
3.20	21.00	1.400	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.37	0.84	42	17.5	---	---	---	---	---	---	---
3.40	23.00	1.333	17.3	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.39	0.92	46	18.4	---	---	---	---	---	---	---
3.60	34.00	1.733	19.6	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.41	1.12	102	22.1	---	---	---	---	---	---	---
3.80	38.00	2.467	15.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.43	1.14	114	21.2	---	---	---	---	---	---	---
4.00	34.00	2.867	11.9	argille	++consistente	coesive	0.85	0.45	1.12	102	19.7	---	---	---	---	---	---	---
4.20	33.00	2.867	11.5	argille	++consistente	coesive	0.85	0.47	1.09	99	17.9	---	---	---	---	---	---	---
4.40	33.00	2.933	11.3	argille	++consistente	coesive	0.85	0.49	1.09	99	17.0	---	---	---	---	---	---	---
4.60	30.00	3.067	9.8	argille organiche	-----	coesive	0.85	0.51	0.99	90	14.4	---	---	---	---	---	---	---
4.80	26.00	2.133	12.2	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.53	0.91	52	12.3	---	---	---	---	---	---	---
5.00	31.00	2.333	13.3	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.55	1.02	93	13.6	---	---	---	---	---	---	---
5.20	39.00	3.067	12.7	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.57	1.17	117	15.4	---	---	---	---	---	---	---
5.40	34.00	2.867	11.9	argille	++consistente	coesive	0.85	0.59	1.12	102	14.0	---	---	---	---	---	---	---
5.60	31.00	2.733	11.3	argille	++consistente	coesive	0.80	0.61	1.02	93	12.0	---	---	---	---	---	---	---
5.80	48.00	3.200	15.0	argilla limosa	dura	coesive	0.85	0.63	1.44	144	17.6	---	---	---	---	---	---	---
6.00	48.00	4.000	12.0	argilla limosa	dura	coesive	0.80	0.65	1.44	144	17.0	---	---	---	---	---	---	---
6.20	78.00	2.800	27.9	limi argilloso-sabbiosi	dura	coesive	0.80	0.67	2.34	234	30.0	---	---	---	---	---	---	---
6.40	87.00	5.200	16.7	argilla limosa	dura	coesive	0.80	0.69	2.61	261	33.1	---	---	---	---	---	---	---
6.60	82.00	3.400	24.1	limi argilloso-sabbiosi	dura	coesive	0.80	0.71	2.46	246	29.7	---	---	---	---	---	---	---
6.80	85.00	2.867	29.7	limi argilloso-sabbiosi	dura	coesive	0.75	0.73	2.55	255	30.0	---	---	---	---	---	---	---
7.00	138.00	3.733	37.0	sabbie argilloso-limose	addensata	granulari	0.80	0.75	4.14	414	53.1	39	39	91	41	42	44	45
7.20	52.00	3.400	15.3	argilla limosa	dura	coesive	0.80	0.77	1.56	156	15.2	---	---	---	---	---	---	---
7.40	63.00	2.600	24.2	limi argilloso-sabbiosi	dura	coesive	0.75	0.79	1.89	189	18.7	---	---	---	---	---	---	---
7.60	125.00	2.533	49.3	sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	0.81	3.75	375	42.6	39	39	86	40	41	43	45

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

DR = Densità relativa (Harman)



Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

Ced. 2.2

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	Mo	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2			(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
7.80	124.00	3.667	33.8	limi argilloso-sabbiosi	addensata	granulari	0.75	0.83	3.72	372	40.9	38	39	84	40	41	43	45
8.00	159.00	2.867	55.5	sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	0.85	4.77	477	54.2	39	40	92	41	42	44	45
8.20	142.00	2.600	54.6	sabbia limosa	addensata	granulari	0.70	0.87	4.26	426	45.7	39	39	87	40	42	43	45
8.40	169.00	2.733	61.8	sabbia limosa	addensata	granulari	0.70	0.89	5.07	507	55.3	40	40	93	41	42	44	46
8.60	183.00	---	---	---	---	---	0.70	0.91	5.49	549	59.4	40	40	95	41	43	44	46
8.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

g' = peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

DR = Densità relativa (Harman)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)



Prova Penetrometrica Statica
Lecture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **Ced 2.3**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma (PR)

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Lecture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

0.20	---	---	---	0.467	0.0
0.40	34	41	34.00	0.733	46.4
0.60	29	40	29.00	0.333	87.0
0.80	25	30	25.00	0.600	41.7
1.00	13	22	13.00	0.667	19.5
1.20	11	21	11.00	0.267	41.3
1.40	19	23	19.00	1.000	19.0
1.60	11	26	11.00	0.533	20.6
1.80	18	26	18.00	0.800	22.5
2.00	15	27	15.00	0.933	16.1
2.20	21	35	21.00	1.333	15.8
2.40	18	38	18.00	1.467	12.3
2.60	13	35	13.00	1.000	13.0
2.80	15	30	15.00	0.800	18.8
3.00	15	27	15.00	0.867	17.3
3.20	21	34	21.00	1.000	21.0
3.40	23	38	23.00	1.267	18.2
3.60	22	41	22.00	0.867	25.4
3.80	23	36	23.00	0.867	26.5
4.00	20	33	20.00	0.933	21.4
4.20	21	35	21.00	0.800	26.3
4.40	20	32	20.00	0.800	25.0
4.60	22	34	22.00	0.600	36.7
4.80	23	32	23.00	0.400	57.5
5.00	30	36	30.00	1.000	30.0
5.20	33	48	33.00	0.867	38.1
5.40	34	47	34.00	1.533	22.2
5.60	33	56	33.00	1.667	19.8
5.80	32	57	32.00	1.267	25.3
6.00	33	52	33.00	1.600	20.6
6.20	33	57	33.00	1.600	20.6
6.40	35	59	35.00	1.267	27.6
6.60	38	57	38.00	1.933	19.7
6.80	49	78	49.00	1.933	25.3
7.00	51	80	51.00	1.533	33.3
7.20	82	105	82.00	4.600	17.8
7.40	63	132	63.00	2.400	26.3
7.60	68	104	68.00	2.133	31.9

Profondità	Lecture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

7.80	107	139	107.00	2.133	50.2
8.00	102	134	102.00	2.400	42.5
8.20	118	154	118.00	2.867	41.2
8.40	110	153	110.00	2.333	47.1
8.60	99	134	99.00	2.600	38.1
8.80	129	168	129.00	2.467	52.3
9.00	161	198	161.00	3.867	41.6
9.20	161	219	161.00	3.467	46.4
9.40	185	237	185.00	5.000	37.0
9.60	153	228	153.00	4.400	34.8
9.80	176	242	176.00	3.667	48.0
10.00	180	235	180.00	4.133	43.5
10.20	183	245	183.00	4.733	38.7
10.40	175	246	175.00	5.000	35.0
10.60	155	230	155.00	3.933	39.4
10.80	161	220	161.00	5.133	31.4
11.00	153	230	153.00	3.333	45.9
11.20	190	240	190.00	4.000	47.5
11.40	185	245	185.00	3.467	53.4
11.60	185	237	185.00	5.000	37.0
11.80	153	228	153.00	4.400	34.8
12.00	176	242	176.00	2.133	82.5
12.20	107	139	107.00	2.133	50.2
12.40	102	134	102.00	2.667	38.3
12.60	120	160	120.00	4.733	25.4
12.80	154	225	154.00	2.333	66.0
13.00	165	200	165.00	2.600	63.5
13.20	129	168	129.00	2.467	52.3
13.40	161	198	161.00	3.867	41.6
13.60	161	219	161.00	3.467	46.4
13.80	185	237	185.00	5.000	37.0
14.00	153	228	153.00	4.400	34.8
14.20	176	242	176.00	2.133	82.5
14.40	107	139	107.00	2.133	50.2
14.60	102	134	102.00	2.667	38.3
14.80	130	170	130.00	2.867	45.3
15.00	110	153	110.00	2.600	42.3

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm2 - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm2)



MaC Coworking - Dott. Geol. Luca Calzolari

Prova Penetrometrica Statica Letture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **Ced 2.3**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma (PR)

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

15.20	160	199	160.00	2.600	61.5
15.40	129	168	129.00	2.467	52.3
15.60	161	198	161.00	3.600	44.7
15.80	165	219	165.00	3.467	47.6
16.00	185	237	185.00	5.133	36.0
16.20	153	230	153.00	4.400	34.8
16.40	176	242	176.00	1.600	110.0
16.60	115	139	115.00	1.667	69.0
16.80	109	134	109.00	2.400	45.4
17.00	118	154	118.00	2.867	41.2
17.20	110	153	110.00	3.467	31.7
17.40	185	237	185.00	2.600	71.2
17.60	129	168	129.00	2.467	52.3
17.80	161	198	161.00	4.000	40.3
18.00	159	219	159.00	---	---
18.20	---	---	---	---	---
18.40	---	---	---	---	---
18.60	---	---	---	---	---
18.80	---	---	---	---	---
19.00	---	---	---	---	---
19.20	---	---	---	---	---
19.40	---	---	---	---	---
19.60	---	---	---	---	---
19.80	---	---	---	---	---
20.00	---	---	---	---	---
20.20	---	---	---	---	---
20.40	---	---	---	---	---
20.60	---	---	---	---	---
20.80	---	---	---	---	---
21.00	---	---	---	---	---
21.20	---	---	---	---	---
21.40	---	---	---	---	---
21.60	---	---	---	---	---
21.80	---	---	---	---	---
22.00	---	---	---	---	---
22.20	---	---	---	---	---
22.40	---	---	---	---	---
22.60	---	---	---	---	---

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

22.80	---	---	---	---	---
23.00	---	---	---	---	---
23.20	---	---	---	---	---
23.40	---	---	---	---	---
23.60	---	---	---	---	---
23.80	---	---	---	---	---
24.00	---	---	---	---	---
24.20	---	---	---	---	---
24.40	---	---	---	---	---
24.60	---	---	---	---	---
24.80	---	---	---	---	---
25.00	---	---	---	---	---
25.20	---	---	---	---	---
25.40	---	---	---	---	---
25.60	---	---	---	---	---
25.80	---	---	---	---	---
26.00	---	---	---	---	---
26.20	---	---	---	---	---
26.40	---	---	---	---	---
26.60	---	---	---	---	---
26.80	---	---	---	---	---
27.00	---	---	---	---	---
27.20	---	---	---	---	---
27.40	---	---	---	---	---
27.60	---	---	---	---	---
27.80	---	---	---	---	---
28.00	---	---	---	---	---
28.20	---	---	---	---	---
28.40	---	---	---	---	---
28.60	---	---	---	---	---
28.80	---	---	---	---	---
29.00	---	---	---	---	---
29.20	---	---	---	---	---
29.40	---	---	---	---	---
29.60	---	---	---	---	---
29.80	---	---	---	---	---
30.00	---	---	---	---	---

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm2 - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm2)



**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

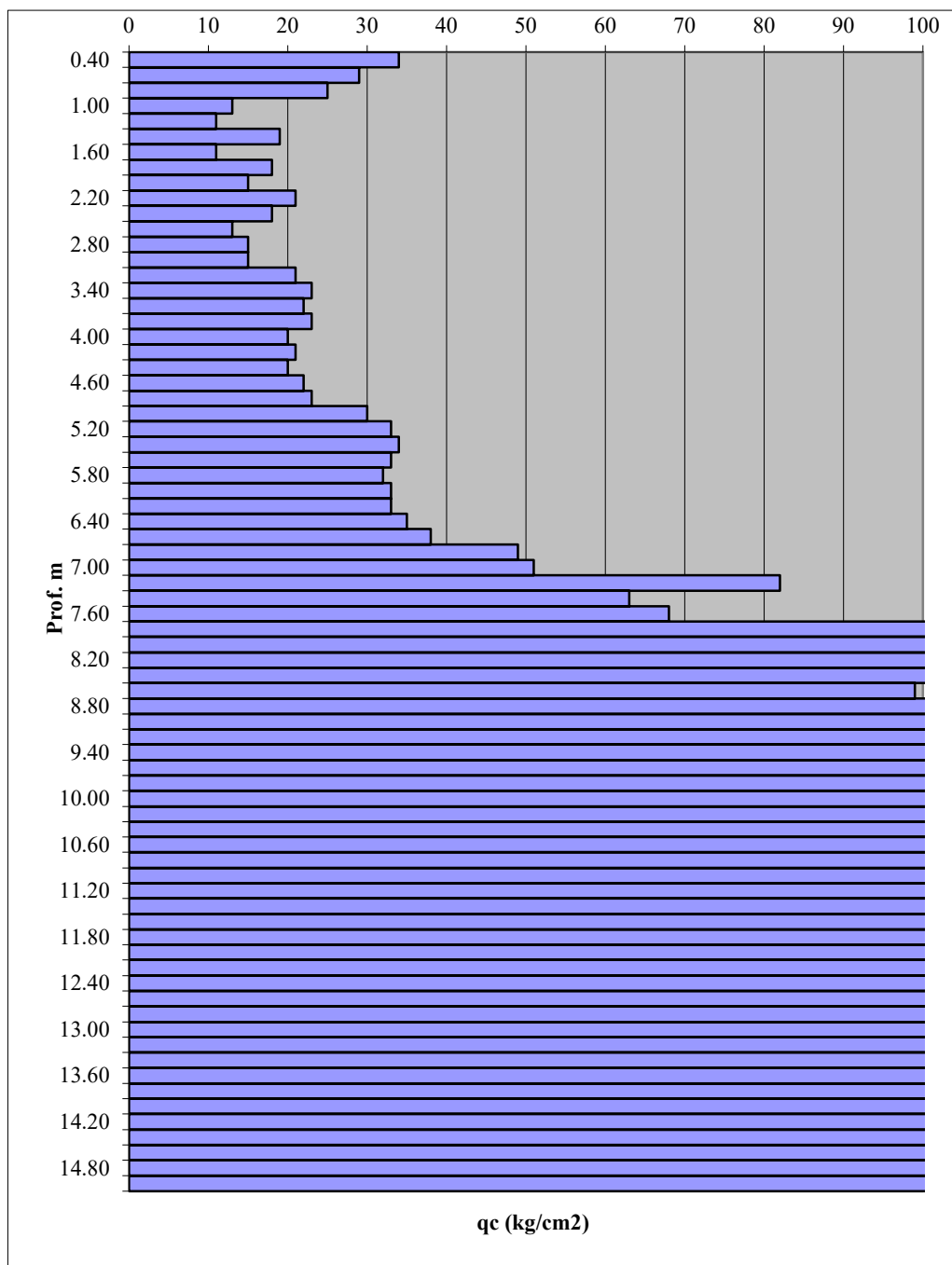
CPT

Ced 2.3

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma (PR)

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





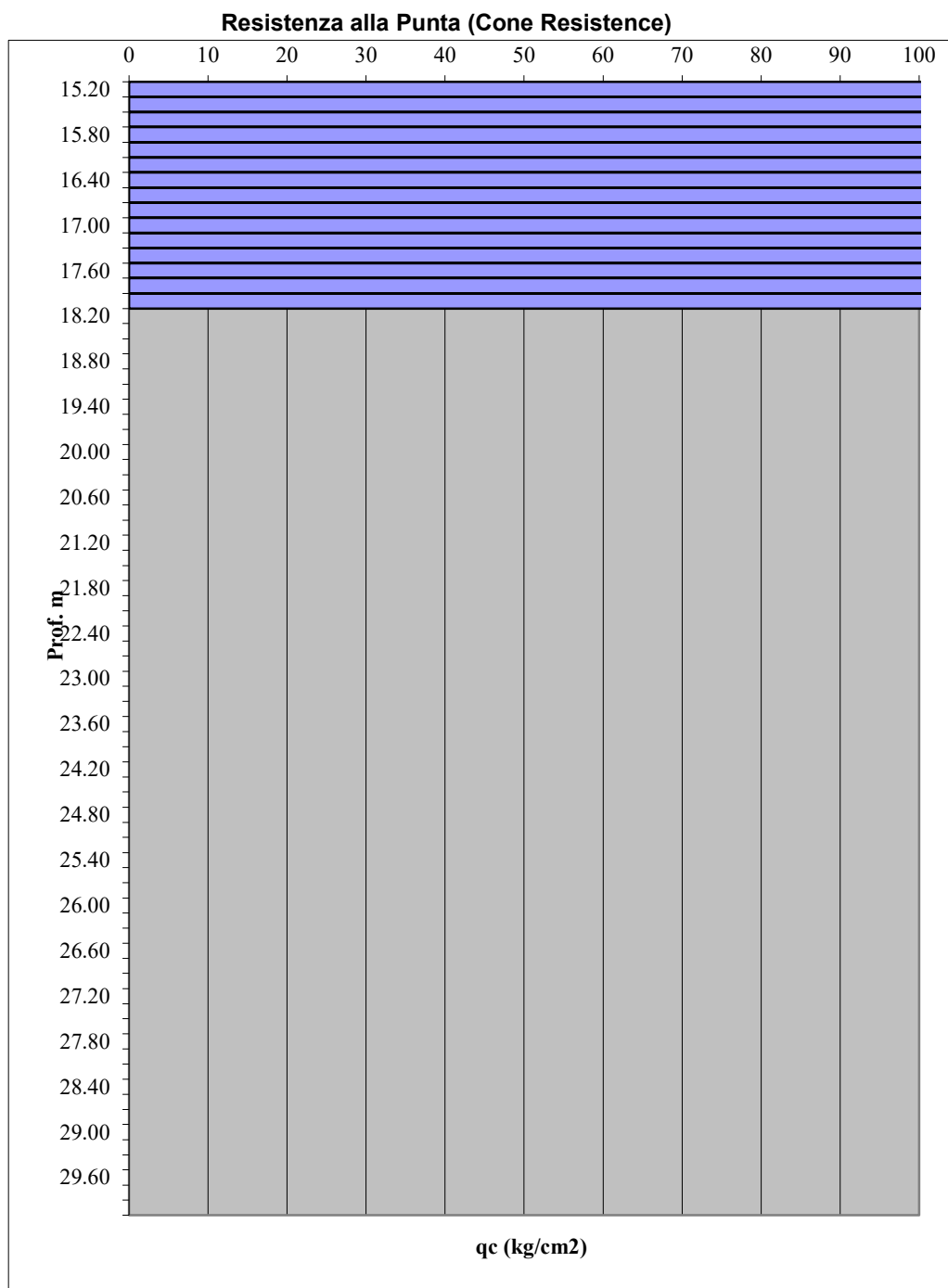
MaC Coworking - Dott. Geol. Luca Calzolari

**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

CPT

Ced 2.3

Committente	AIPO	Data	27/05/2025
Cantiere	0	Quota inizio	0.00
Località	Polesine	Prof. Falda	0.00 metri
Provincia	Parma (PR)		





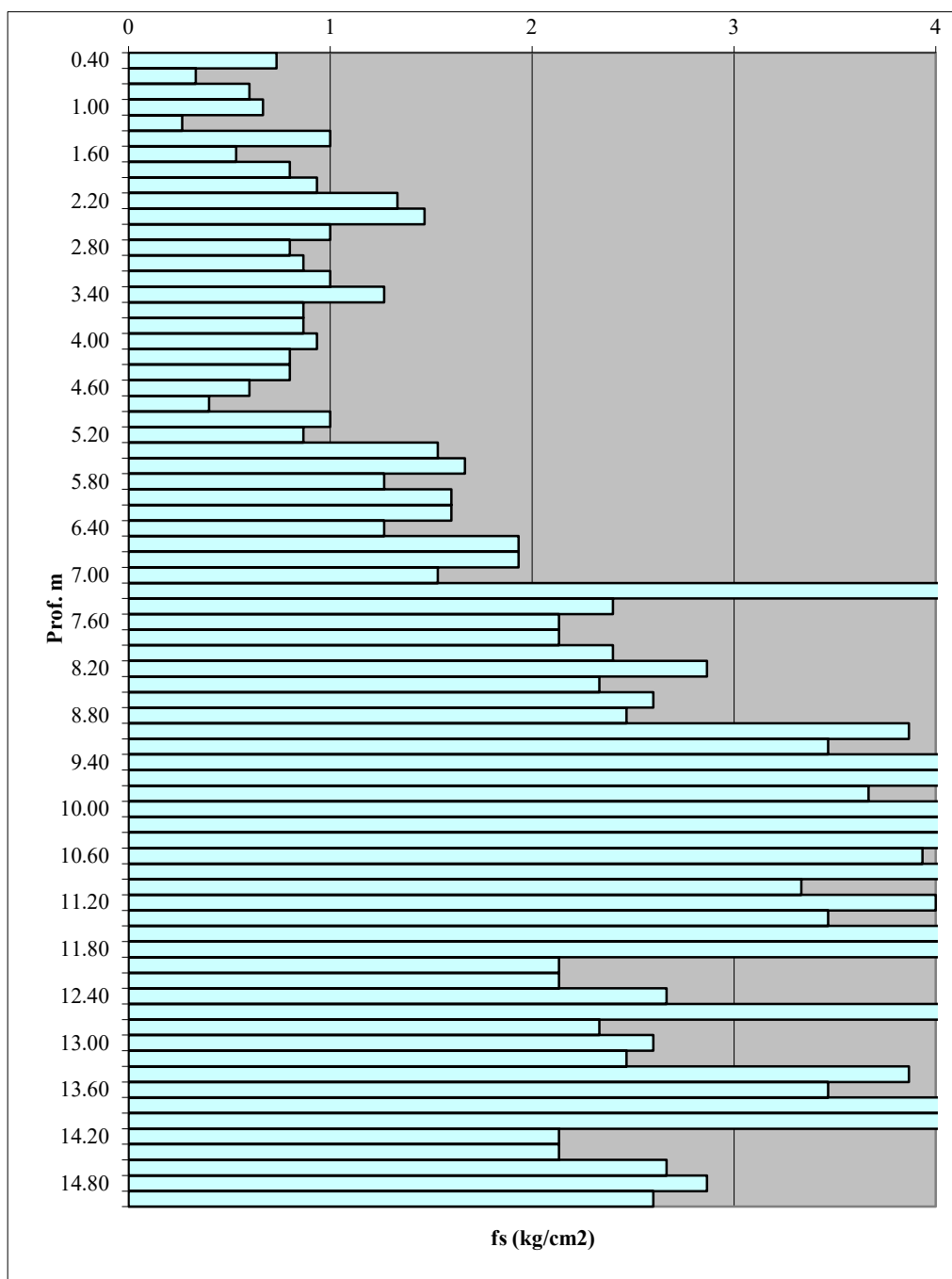
**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

CPT **Ced 2.3**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma (PR)

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale

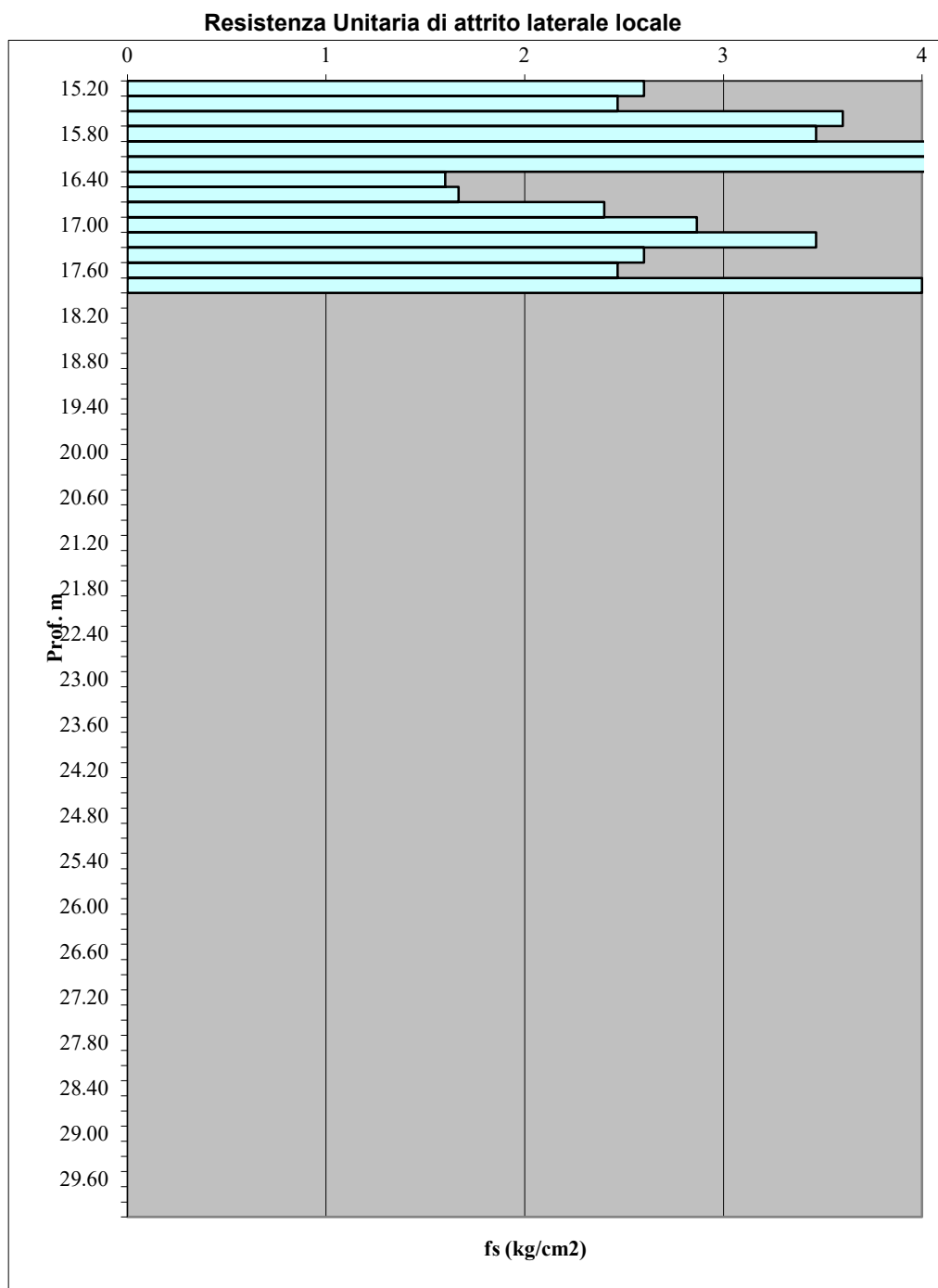




**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

CPT **Ced 2.3**

Committente	AIPO	Data	27/05/2025
Cantiere	0	Quota inizio	0.00
Località	Polesine	Prof. Falda	0.00 metri
Provincia	Parma (PR)		





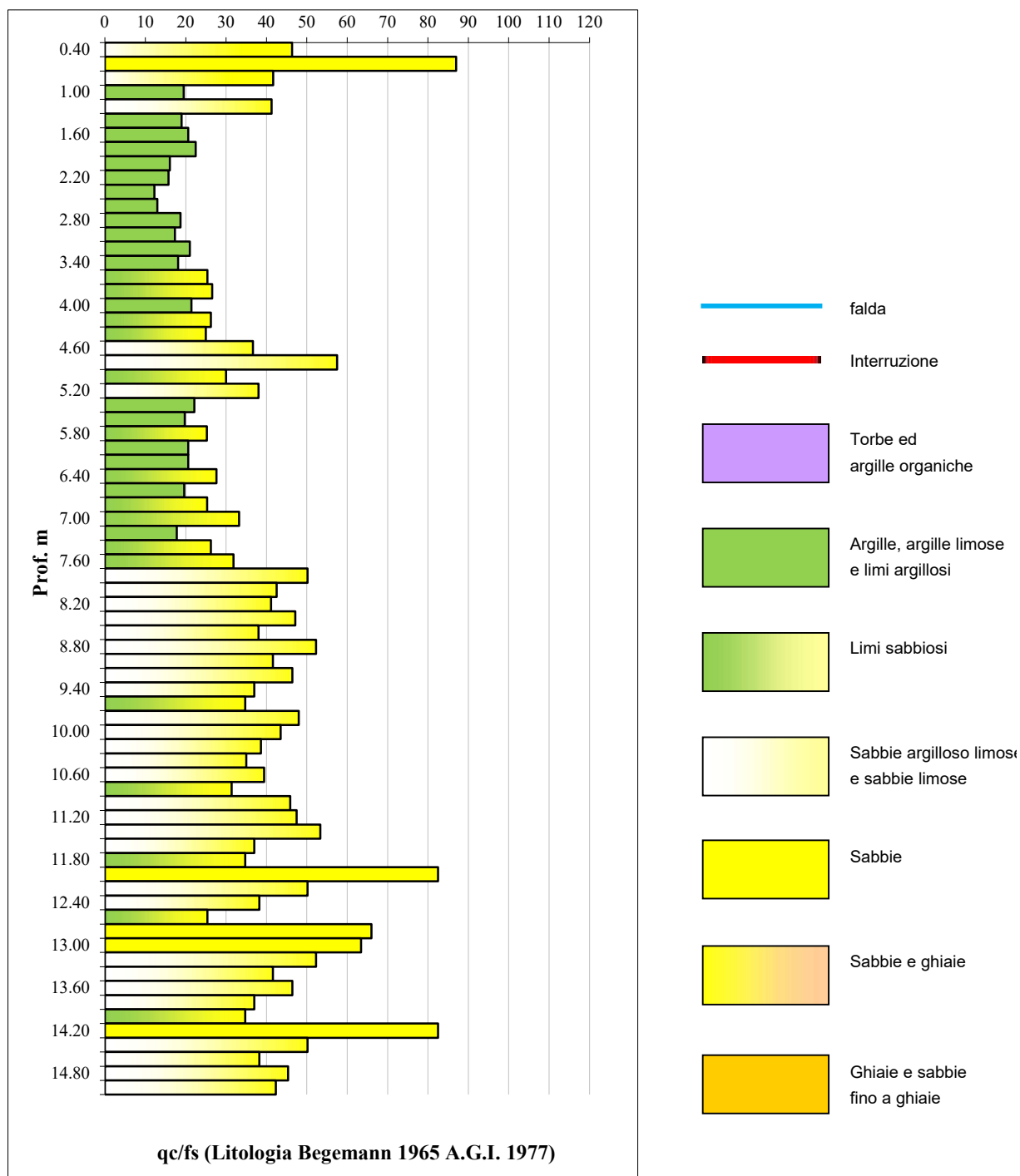
Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche

CPT **Ced 2.3**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma (PR)

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Valutazioni Litologiche





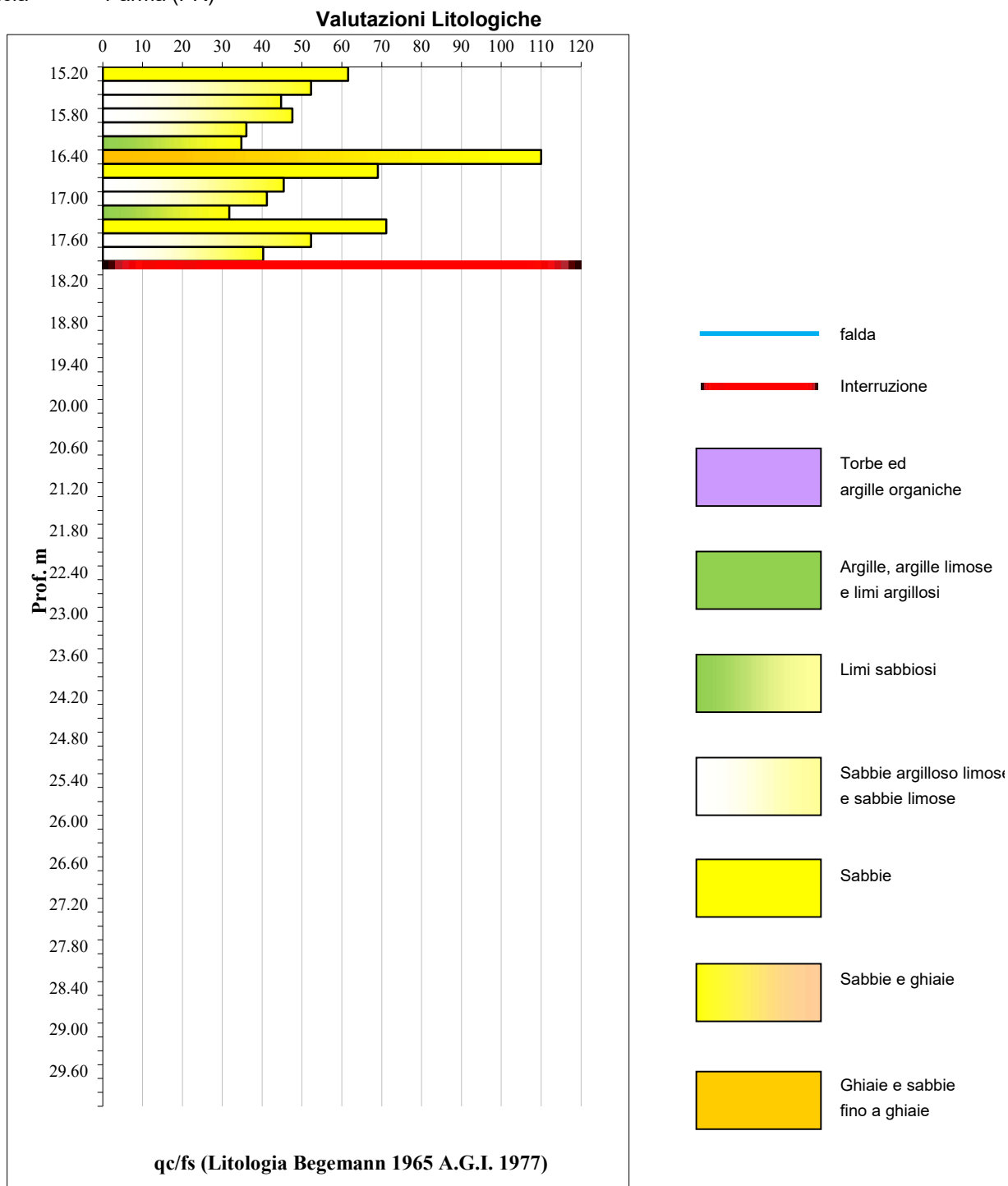
MaC Coworking - Dott. Geol. Luca Calzolari

**Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche**

CPT **Ced 2.3**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma (PR)

Data: 27/05/2025
Quota inizio: 0.00
Prof. Falda: 0.00 metri





Prova Penetrometrica Statica Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

Ced 2.3

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma (PR)

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

p.c.
0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia - Consistenza addensamento		Natura	g'	s'vo	Cu	Mo	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2				(-)	°	°	(%)	°	°	°
0.20	---	0.467	0.0	---	---	coesive	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.40	34.00	0.733	46.4	sabbia limosa	sciolt	granulari	0.70	0.07	1.12	102	####	43	33	100	42	43	44	46
0.60	29.00	0.333	87.0	sabbia	sciolt	granulari	0.75	0.11	1.02	58	####	40	32	84	40	41	43	45
0.80	25.00	0.600	41.7	sabbie argilloso-limose	sciolt	granulari	0.80	0.13	0.88	50	68.1	39	31	74	38	40	42	44
1.00	13.00	0.667	19.5	limo argilloso	plastica	coesive	0.75	0.15	0.59	46	34.4	---	---	---	---	---	---	---
1.20	11.00	0.267	41.3	sabbie argilloso-limose	++sciolt	granulari	0.80	0.17	0.50	39	23.9	34	28	40	34	36	38	41
1.40	19.00	1.000	19.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.19	0.82	67	38.9	---	---	---	---	---	---	---
1.60	11.00	0.533	20.6	limo argilloso	soffice	coesive	0.80	0.21	0.50	39	18.3	---	---	---	---	---	---	---
1.80	18.00	0.800	22.5	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.23	0.77	63	28.6	---	---	---	---	---	---	---
2.00	15.00	0.933	16.1	argilla limosa	consistente	coesive	0.80	0.25	0.65	53	20.5	---	---	---	---	---	---	---
2.20	21.00	1.333	15.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.27	0.84	42	25.9	---	---	---	---	---	---	---
2.40	18.00	1.467	12.3	argilla limosa	consistente	coesive	0.85	0.29	0.77	63	21.4	---	---	---	---	---	---	---
2.60	13.00	1.000	13.0	argilla limosa	consistente	coesive	0.80	0.31	0.59	46	13.9	---	---	---	---	---	---	---
2.80	15.00	0.800	18.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.33	0.65	53	14.5	---	---	---	---	---	---	---
3.00	15.00	0.867	17.3	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.35	0.65	53	13.5	---	---	---	---	---	---	---
3.20	21.00	1.000	21.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.37	0.84	42	17.5	---	---	---	---	---	---	---
3.40	23.00	1.267	18.2	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.39	0.92	46	18.4	---	---	---	---	---	---	---
3.60	22.00	0.867	25.4	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	0.41	0.88	44	16.3	---	---	---	---	---	---	---
3.80	23.00	0.867	26.5	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	0.43	0.92	46	16.2	---	---	---	---	---	---	---
4.00	20.00	0.933	21.4	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.45	0.80	40	12.9	---	---	---	---	---	---	---
4.20	21.00	0.800	26.3	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	0.47	0.84	42	13.0	---	---	---	---	---	---	---
4.40	20.00	0.800	25.0	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.75	0.49	0.80	40	11.6	---	---	---	---	---	---	---
4.60	22.00	0.600	36.7	sabbie argilloso-limose	sciolt	granulari	0.75	0.51	0.88	44	12.4	32	31	37	33	36	38	41
4.80	23.00	0.400	57.5	sabbia limosa	sciolt	granulari	0.75	0.53	0.92	46	12.5	32	31	38	33	36	38	41
5.00	30.00	1.000	30.0	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	granulari	0.75	0.55	0.99	90	13.1	33	32	46	34	37	39	42
5.20	33.00	0.867	38.1	sabbie argilloso-limose	sciolt	granulari	0.80	0.57	1.09	99	14.1	34	33	48	35	37	39	42
5.40	34.00	1.533	22.2	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.59	1.12	102	14.0	---	---	---	---	---	---	---
5.60	33.00	1.667	19.8	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.61	1.09	99	13.0	---	---	---	---	---	---	---
5.80	32.00	1.267	25.3	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.80	0.63	1.06	96	12.0	---	---	---	---	---	---	---
6.00	33.00	1.600	20.6	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.65	1.09	99	12.0	---	---	---	---	---	---	---
6.20	33.00	1.600	20.6	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.67	1.09	99	11.5	---	---	---	---	---	---	---
6.40	35.00	1.267	27.6	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.80	0.69	1.05	105	10.6	---	---	---	---	---	---	---
6.60	38.00	1.933	19.7	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.71	1.14	114	11.3	---	---	---	---	---	---	---
6.80	49.00	1.933	25.3	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.75	0.73	1.47	147	15.1	---	---	---	---	---	---	---
7.00	51.00	1.533	33.3	limi argilloso-sabbiosi	med.add,	granulari	0.80	0.75	1.53	153	15.3	35	35	57	36	38	40	43
7.20	82.00	4.600	17.8	limo argilloso	dura	coesive	0.80	0.77	2.46	246	26.8	---	---	---	---	---	---	---
7.40	63.00	2.400	26.3	limi argilloso-sabbiosi	dura	coesive	0.75	0.79	1.89	189	18.7	---	---	---	---	---	---	---
7.60	68.00	2.133	31.9	limi argilloso-sabbiosi	dura	granulari	0.75	0.81	2.04	204	19.9	36	36	65	37	39	41	43

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertma

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmer

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmer

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertman

DR = Densità relativa (Harman)



**Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici**

CPT

Ced 2.3

Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Polesine
Parma (PR)

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

27/05/2025
p.c.
0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia - Consistenza addensamento		Natura	g'	S'vo	Cu	Mo	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)	
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2				(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
7.80	107.00	2.133	50.2	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	0.83	3.21	321	34.1	38	38	78	39	41	42	44	
8.00	102.00	2.400	42.5	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	0.85	3.06	306	31.1	37	38	76	39	40	42	44	
8.20	118.00	2.867	41.2	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	0.87	3.54	354	36.3	38	38	81	39	41	43	45	
8.40	110.00	2.333	47.1	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	0.89	3.30	330	32.3	37	38	77	39	41	42	44	
8.60	99.00	2.600	38.1	sabbie argilloso-limose	med.add.	granula	0.75	0.91	2.97	297	27.5	37	38	73	38	40	42	44	
8.80	129.00	2.467	52.3	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	0.93	3.87	387	37.3	38	39	82	40	41	43	45	
9.00	161.00	3.867	41.6	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	0.95	4.83	483	47.9	39	40	90	41	42	44	45	
9.20	161.00	3.467	46.4	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	0.97	4.83	483	46.7	39	40	89	41	42	44	45	
9.40	185.00	5.000	37.0	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	0.99	5.55	555	54.2	40	40	94	41	42	44	46	
9.60	153.00	4.400	34.8	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	1.01	4.59	459	41.7	39	40	86	40	42	43	45	
9.80	176.00	3.667	48.0	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	1.03	5.28	528	48.4	39	40	91	41	42	44	45	
10.00	180.00	4.133	43.5	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	1.05	5.40	540	48.6	39	40	91	41	42	44	45	
10.20	183.00	4.733	38.7	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	1.07	5.49	549	48.5	39	40	91	41	42	44	45	
10.40	175.00	5.000	35.0	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	1.09	5.25	525	44.8	39	40	89	41	42	44	45	
10.60	155.00	3.933	39.4	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	1.11	4.65	465	37.6	38	40	84	40	41	43	45	
10.80	161.00	5.133	31.4	limi argilloso-sabbiosi	dura	granula	0.75	1.13	4.83	483	38.6	38	40	85	40	41	43	45	
11.00	153.00	3.333	45.9	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	1.15	4.59	459	35.4	38	40	83	40	41	43	45	
11.20	190.00	4.000	47.5	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	1.17	5.70	570	45.4	39	41	90	41	42	44	45	
11.40	185.00	3.467	53.4	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	1.19	5.55	555	43.0	39	40	89	41	42	43	45	
11.60	185.00	5.000	37.0	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	1.21	5.55	555	42.1	39	40	88	41	42	43	45	
11.80	153.00	4.400	34.8	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.70	1.23	4.59	459	32.6	38	40	81	40	41	43	45	
12.00	176.00	2.133	82.5	sabbia	addensata	granula	0.75	1.25	5.28	528	38.0	38	40	85	40	42	43	45	
12.20	107.00	2.133	50.2	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	1.27	3.21	321	20.0	36	38	67	38	40	41	44	
12.40	102.00	2.667	38.3	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.80	1.29	3.06	306	18.5	35	38	65	37	39	41	43	
12.60	120.00	4.733	25.4	limi argilloso-sabbiosi	dura	coesive	0.70	1.31	3.60	360	22.2	-----	-----	-----	---	---	---	---	
12.80	154.00	2.333	66.0	sabbia	addensata	granula	0.70	1.33	4.62	462	29.8	37	40	79	39	41	43	44	
13.00	165.00	2.600	63.5	sabbia	addensata	granula	0.75	1.35	4.95	495	31.9	38	40	81	40	41	43	45	
13.20	129.00	2.467	52.3	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	1.37	3.87	387	23.0	36	39	72	38	40	42	44	
13.40	161.00	3.867	41.6	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	1.39	4.83	483	29.8	37	40	79	39	41	43	45	
13.60	161.00	3.467	46.4	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	1.41	4.83	483	29.3	37	40	79	39	41	43	44	
13.80	185.00	5.000	37.0	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	1.43	5.55	555	34.2	38	40	84	40	41	43	45	
14.00	153.00	4.400	34.8	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.70	1.45	4.59	459	26.5	37	40	76	39	41	42	44	
14.20	176.00	2.133	82.5	sabbia	addensata	granula	0.75	1.47	5.28	528	31.0	37	40	81	40	41	43	45	
14.40	107.00	2.133	50.2	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	1.49	3.21	321	16.4	35	38	62	37	39	41	43	
14.60	102.00	2.667	38.3	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.75	1.51	3.06	306	15.2	35	38	60	37	39	41	43	
14.80	130.00	2.867	45.3	sabbia limosa	addensata	granula	0.75	1.53	3.90	390	20.2	36	39	69	38	40	42	44	
15.00	110.00	2.600	42.3	sabbie argilloso-limose	addensata	granula	0.70	1.55	3.30	330	16.1	35	38	62	37	39	41	43	

g' = peso di unità di volume del terreno alleggerito

S'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

ann) Cu = coesione non drenata

tmann) Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

tmann) OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

n) f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu & Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

DR = Densità relativa (Harman)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif. (Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif. (Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)



**Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici**

CPT

Ced 2.3

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma (PR)

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	Mo	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)	
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977 - Searle)			t/m3	kg/cm2				(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
15.20	160.00	2.600	61.5		sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	1.57	4.80	480	25.4	37	40	78	39	41	42	44
15.40	129.00	2.467	52.3		sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	1.59	3.87	387	19.1	36	39	71	38	40	42	44
15.60	161.00	3.600	44.7		sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	1.61	4.83	483	24.8	37	40	78	39	40	42	44
15.80	165.00	3.467	47.6		sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	1.63	4.95	495	25.2	37	40	78	39	41	42	44
16.00	185.00	5.133	36.0		sabbie argilloso-limose	addensata	granulari	0.75	1.65	5.55	555	28.6	37	40	82	39	41	43	45
16.20	153.00	4.400	34.8		sabbie argilloso-limose	addensata	granulari	0.70	1.67	4.59	459	22.2	36	40	75	39	40	42	44
16.40	176.00	1.600	110.0		sabbia e ghiaia	addensata	granulari	0.70	1.69	5.28	528	26.1	37	40	80	39	41	42	44
16.60	115.00	1.667	69.0		sabbia	addensata	granulari	0.75	1.71	3.45	345	15.1	35	38	65	37	39	41	43
16.80	109.00	2.400	45.4		sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	1.73	3.27	327	13.9	34	38	63	37	39	41	43
17.00	118.00	2.867	41.2		sabbie argilloso-limose	addensata	granulari	0.75	1.75	3.54	354	15.1	35	38	65	37	39	41	43
17.20	110.00	3.467	31.7		limi argilloso-sabbiosi	dura	granulari	0.70	1.77	3.30	330	13.7	34	38	63	37	39	41	43
17.40	185.00	2.600	71.2		sabbia	addensata	granulari	0.75	1.79	5.55	555	25.8	37	40	80	39	41	43	44
17.60	129.00	2.467	52.3		sabbia limosa	addensata	granulari	0.75	1.81	3.87	387	16.2	35	39	67	37	39	41	43
17.80	161.00	4.000	40.3		sabbie argilloso-limose	addensata	granulari	0.70	1.83	4.83	483	21.1	36	40	75	38	40	42	44
18.00	159.00	---	---		---	---	---	0.70	1.85	4.77	477	20.5	36	40	74	38	40	42	44
18.20	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
18.40	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
18.60	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
18.80	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
19.00	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
19.20	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
19.40	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
19.60	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
19.80	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20.00	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20.20	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20.40	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20.60	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20.80	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
21.00	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
21.20	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
21.40	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
21.60	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
21.80	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
22.00	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
22.20	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
22.40	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
22.60	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

DR = Densità relativa (Harman)



Prova Penetrometrica Statica
Letture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **Ced. 3**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

0.20	---	---	---	2.533	0.0
0.40	119	157	119.00	1.067	111.6
0.60	54	70	54.00	0.533	101.3
0.80	29	37	29.00	0.600	48.3
1.00	22	31	22.00	0.867	25.4
1.20	22	35	22.00	1.200	18.3
1.40	11	29	11.00	0.867	12.7
1.60	12	25	12.00	1.600	7.5
1.80	16	40	16.00	0.867	18.5
2.00	14	27	14.00	0.667	21.0
2.20	15	25	15.00	0.400	37.5
2.40	15	21	15.00	0.533	28.1
2.60	17	25	17.00	1.000	17.0
2.80	25	40	25.00	0.600	41.7
3.00	15	24	15.00	0.467	32.1
3.20	17	24	17.00	0.733	23.2
3.40	22	33	22.00	0.533	41.3
3.60	24	32	24.00	0.933	25.7
3.80	25	39	25.00	1.200	20.8
4.00	25	43	25.00	1.200	20.8
4.20	27	45	27.00	1.400	19.3
4.40	26	47	26.00	1.400	18.6
4.60	25	46	25.00	1.867	13.4
4.80	32	60	32.00	1.600	20.0
5.00	35	59	35.00	1.800	19.4
5.20	34	61	34.00	1.800	18.9
5.40	31	58	31.00	1.600	19.4
5.60	31	55	31.00	1.733	17.9
5.80	29	55	29.00	1.800	16.1
6.00	33	60	33.00	1.867	17.7
6.20	43	71	43.00	2.000	21.5
6.40	44	74	44.00	1.933	22.8
6.60	51	80	51.00	1.867	27.3
6.80	99	127	99.00	3.533	28.0
7.00	70	123	70.00	2.667	26.3
7.20	85	125	85.00	1.467	58.0
7.40	91	113	91.00	3.000	30.3
7.60	107	152	107.00	3.000	35.7

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

7.80	114	159	114.00	---	---
8.00	---	---	---	---	---
8.20	---	---	---	---	---
8.40	---	---	---	---	---
8.60	---	---	---	---	---
8.80	---	---	---	---	---
9.00	---	---	---	---	---
9.20	---	---	---	---	---
9.40	---	---	---	---	---
9.60	---	---	---	---	---
9.80	---	---	---	---	---
10.00	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---
15.20	---	---	---	---	---

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm² - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm²)



**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

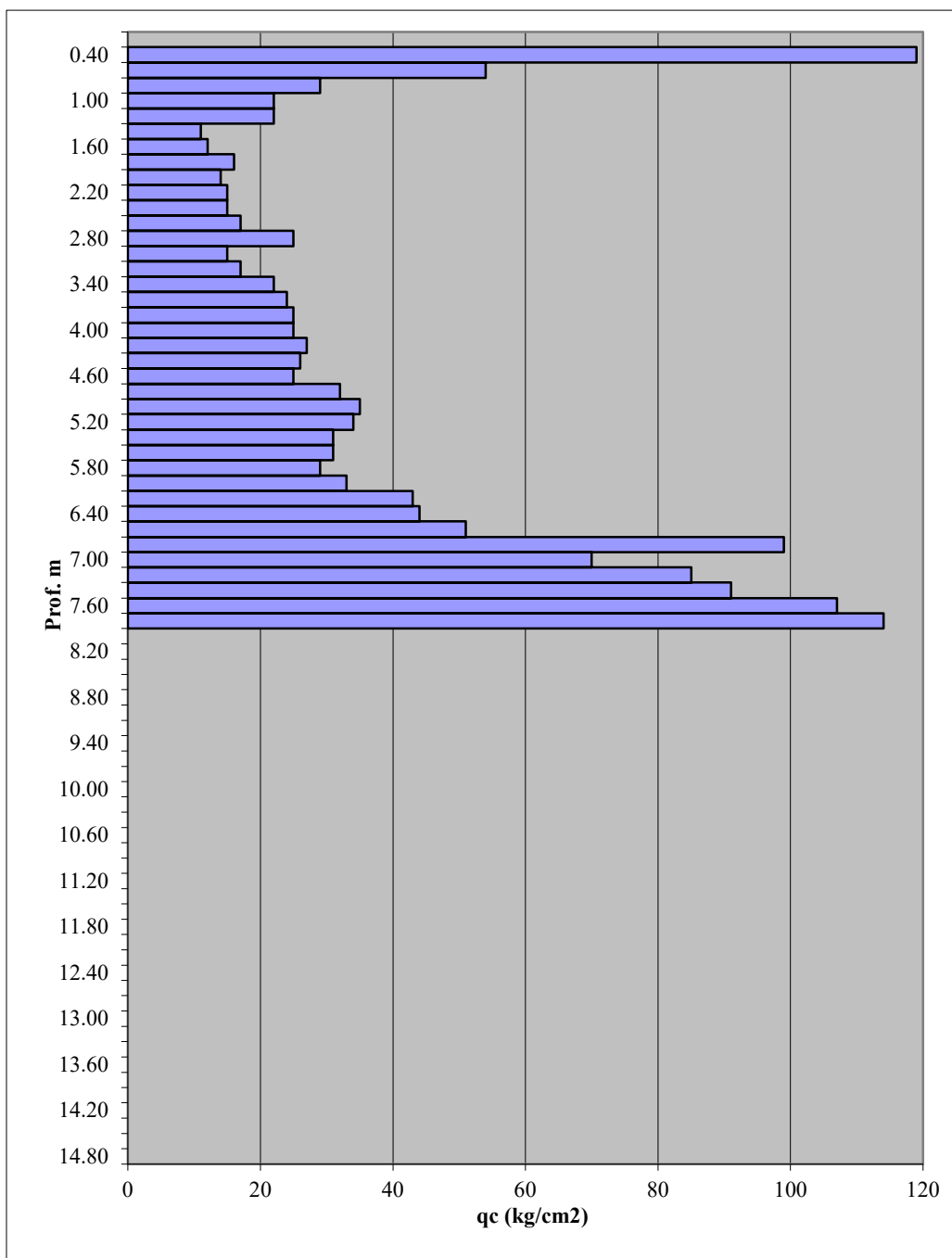
CPT

Ced. 3

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





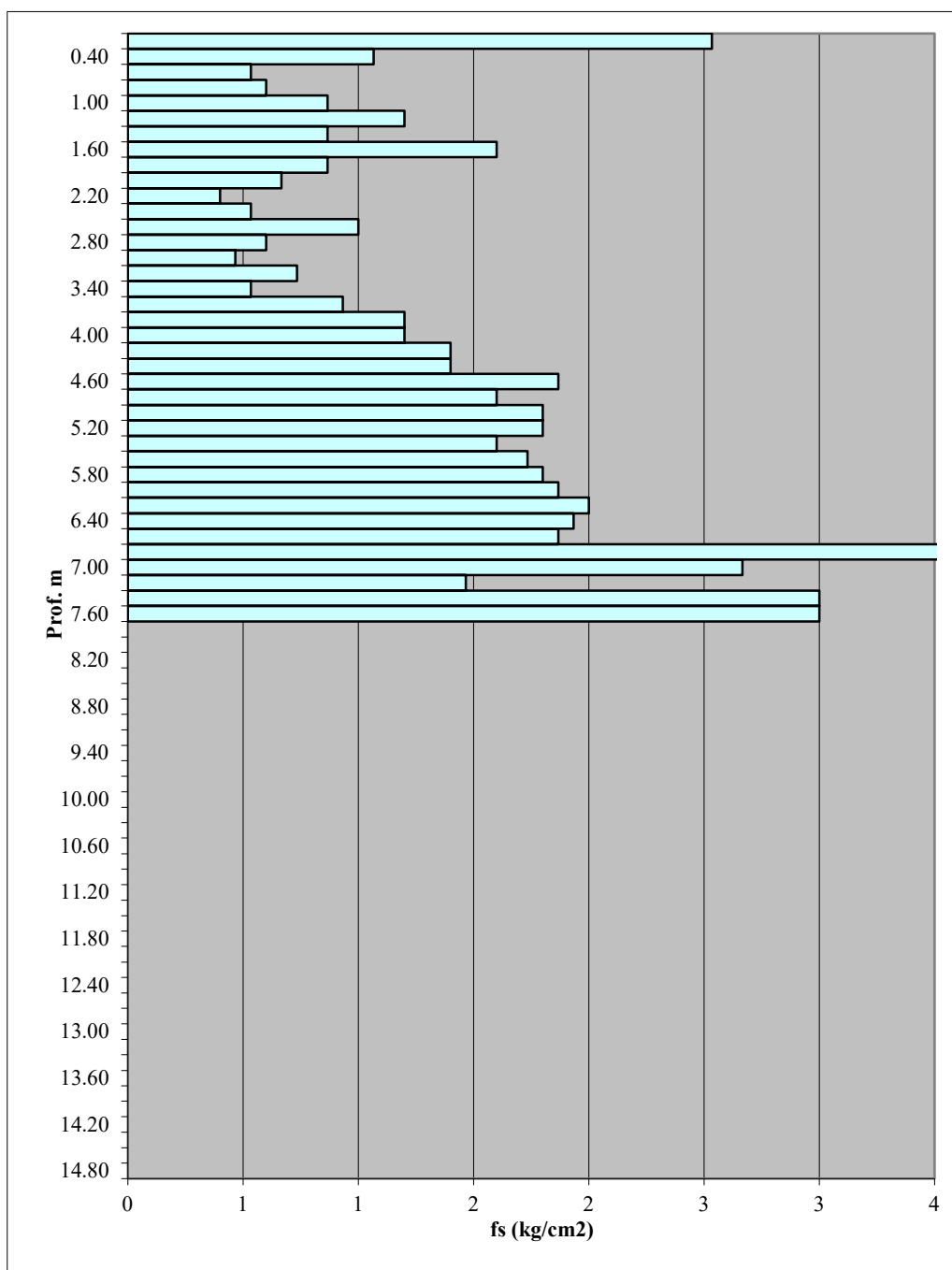
**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

CPT **Ced. 3**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale





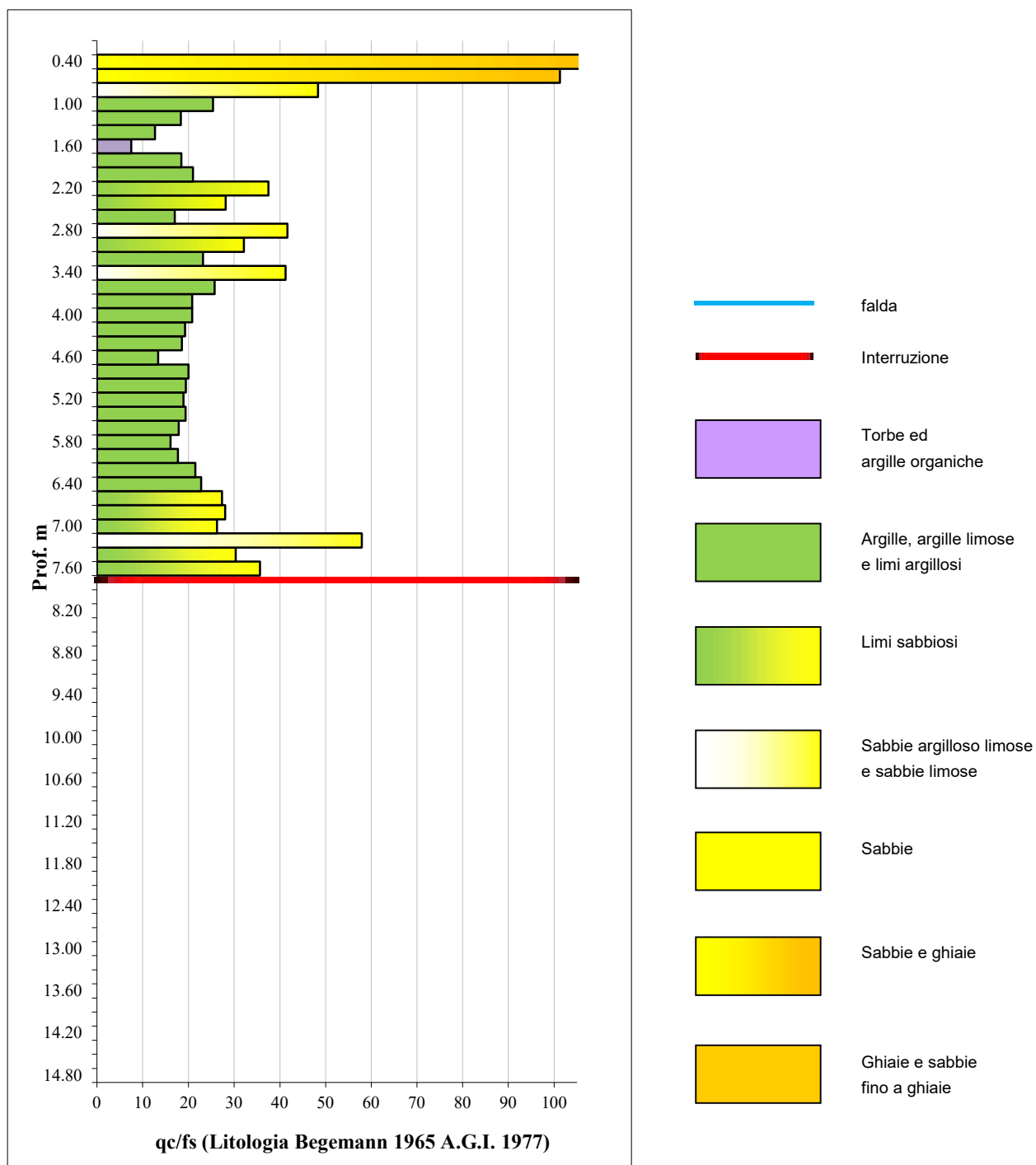
Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche

CPT **Ced. 3**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Valutazioni Litologiche





Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

Ced. 3

Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Polesine
Parma

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

27/05/2025
p.c.
0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza	addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	E	OCR	f(dm)	f(my)	DR	f(1s)	f(2s)	f(3s)	f(4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)				t/m3	kg/cm2		Kg/cm ²	(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
0.20	---	2.533	0.0	---	---	---	coesive	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.40	119.00	---	---	---	addensata	---	---	0.70	0.07	3.57	357	589.2	49	38	143	48	48	49	49
0.60	54.00	0.533	101.3	sabbia e ghiaia	med.add,	---	granulari	0.75	0.11	1.62	162	181.1	43	35	105	43	44	45	46
0.80	29.00	0.600	48.3	sabbia limosa	sciolt	---	granulari	0.80	0.13	1.02	58	81.9	40	32	80	39	41	42	44
1.00	22.00	0.867	25.4	limi argilloso-sabbiosi	consistente	---	coesive	0.80	0.15	0.88	44	57.3	---	---	---	---	---	---	---
1.20	22.00	1.200	18.3	limo argilloso	consistente	---	coesive	0.85	0.17	0.88	44	49.0	---	---	---	---	---	---	---
1.40	11.00	0.867	12.7	argilla limosa	plastica	---	coesive	0.85	0.19	0.50	39	20.8	---	---	---	---	---	---	---
1.60	12.00	1.600	7.5	argille organiche	-----	---	coesive	0.80	0.21	0.54	42	20.4	---	---	---	---	---	---	---
1.80	16.00	0.867	18.5	limo argilloso	consistente	---	coesive	0.80	0.23	0.69	56	24.7	---	---	---	---	---	---	---
2.00	14.00	0.667	21.0	limo argilloso	consistente	---	coesive	0.75	0.25	0.63	49	19.9	---	---	---	---	---	---	---
2.20	15.00	0.400	37.5	sabbie argilloso-limose	++sciolt	---	granulari	0.80	0.27	0.65	53	18.6	33	29	39	34	36	38	41
2.40	15.00	0.533	28.1	limi argilloso-sabbiosi	consistente	---	coesive	0.80	0.29	0.65	53	17.1	---	---	---	---	---	---	---
2.60	17.00	1.000	17.0	limo argilloso	consistente	---	coesive	0.75	0.31	0.73	60	18.3	---	---	---	---	---	---	---
2.80	25.00	0.600	41.7	sabbie argilloso-limose	sciolt	---	granulari	0.75	0.33	0.88	50	21.2	35	31	52	35	37	40	42
3.00	15.00	0.467	32.1	limi argilloso-sabbiosi	++sciolt	---	granulari	0.80	0.35	0.65	53	13.5	32	29	33	33	35	38	41
3.20	17.00	0.733	23.2	limi argilloso-sabbiosi	consistente	---	coesive	0.75	0.37	0.73	60	14.7	---	---	---	---	---	---	---
3.40	22.00	0.533	41.3	sabbie argilloso-limose	sciolt	---	granulari	0.80	0.39	0.88	44	17.4	33	31	44	34	37	39	41
3.60	24.00	0.933	25.7	limi argilloso-sabbiosi	consistente	---	coesive	0.80	0.41	0.96	48	18.2	---	---	---	---	---	---	---
3.80	25.00	1.200	20.8	limo argilloso	consistente	---	coesive	0.80	0.43	0.88	50	15.3	---	---	---	---	---	---	---
4.00	25.00	1.200	20.8	limo argilloso	consistente	---	coesive	0.80	0.45	0.88	50	14.4	---	---	---	---	---	---	---
4.20	27.00	1.400	19.3	limo argilloso	consistente	---	coesive	0.80	0.47	0.95	54	15.0	---	---	---	---	---	---	---
4.40	26.00	1.400	18.6	limo argilloso	consistente	---	coesive	0.85	0.49	0.91	52	13.6	---	---	---	---	---	---	---
4.60	25.00	1.867	13.4	argilla limosa	++consistente	---	coesive	0.80	0.51	0.88	50	12.3	---	---	---	---	---	---	---
4.80	32.00	1.600	20.0	limo argilloso	++consistente	---	coesive	0.80	0.53	1.06	96	14.9	---	---	---	---	---	---	---
5.00	35.00	1.800	19.4	limo argilloso	++consistente	---	coesive	0.80	0.55	1.05	105	14.1	---	---	---	---	---	---	---
5.20	34.00	1.800	18.9	limo argilloso	++consistente	---	coesive	0.80	0.57	1.12	102	14.6	---	---	---	---	---	---	---
5.40	31.00	1.600	19.4	limo argilloso	++consistente	---	coesive	0.80	0.59	1.02	93	12.5	---	---	---	---	---	---	---
5.60	31.00	1.733	17.9	limo argilloso	++consistente	---	coesive	0.80	0.61	1.02	93	12.0	---	---	---	---	---	---	---
5.80	29.00	1.800	16.1	argilla limosa	++consistente	---	coesive	0.80	0.63	1.02	58	11.4	---	---	---	---	---	---	---
6.00	33.00	1.867	17.7	limo argilloso	++consistente	---	coesive	0.80	0.65	1.09	99	12.0	---	---	---	---	---	---	---
6.20	43.00	2.000	21.5	limo argilloso	++consistente	---	coesive	0.80	0.67	1.29	129	14.2	---	---	---	---	---	---	---
6.40	44.00	1.933	22.8	limo argilloso	++consistente	---	coesive	0.80	0.69	1.32	132	14.1	---	---	---	---	---	---	---
6.60	51.00	1.867	27.3	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	---	coesive	0.80	0.71	1.53	153	16.4	---	---	---	---	---	---	---
6.80	99.00	3.533	28.0	limi argilloso-sabbiosi	dura	---	coesive	0.80	0.73	2.97	297	36.3	---	---	---	---	---	---	---
7.00	70.00	2.667	26.3	limi argilloso-sabbiosi	dura	---	coesive	0.75	0.75	2.10	210	22.7	---	---	---	---	---	---	---
7.20	85.00	1.467	58.0	sabbia limosa	med.add,	---	granulari	0.75	0.77	2.55	255	28.0	37	37	74	38	40	42	44
7.40	91.00	3.000	30.3	limi argilloso-sabbiosi	dura	---	granulari	0.75	0.79	2.73	273	29.6	37	37	75	39	40	42	44
7.60	107.00	3.000	35.7	sabbie argilloso-limose	addensata	---	granulari	0.70	0.81	3.21	321	35.1	38	38	80	39	41	43	44

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

DR = Densità relativa (Harman)



Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

Ced. 3

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	Mo	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2			(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
7.80	114.00	---	---	---	---	---	0.70	0.83	3.42	342	36.9	38	38	81	39	41	43	45
8.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

g' = peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

DR = Densità relativa (Harman)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)



Prova Penetrometrica Statica
Letture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **Ced. 4**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm ²		

0.20	---	---	---	1.533	0.0
0.40	24	47	24.00	1.200	20.0
0.60	59	77	59.00	1.600	36.9
0.80	59	83	59.00	1.933	30.5
1.00	48	77	48.00	1.800	26.7
1.20	65	92	65.00	3.133	20.7
1.40	49	96	49.00	3.267	15.0
1.60	48	97	48.00	0.800	60.0
1.80	42	54	42.00	1.133	37.1
2.00	25	42	25.00	0.467	53.6
2.20	23	30	23.00	1.133	20.3
2.40	20	37	20.00	0.867	23.1
2.60	18	31	18.00	0.933	19.3
2.80	18	32	18.00	0.667	27.0
3.00	19	29	19.00	0.800	23.8
3.20	23	35	23.00	0.667	34.5
3.40	24	34	24.00	1.000	24.0
3.60	23	38	23.00	1.600	14.4
3.80	23	47	23.00	1.533	15.0
4.00	24	47	24.00	1.667	14.4
4.20	21	46	21.00	1.667	12.6
4.40	21	46	21.00	1.600	13.1
4.60	25	49	25.00	1.200	20.8
4.80	28	46	28.00	1.333	21.0
5.00	25	45	25.00	1.133	22.1
5.20	28	45	28.00	1.333	21.0
5.40	25	45	25.00	1.467	17.0
5.60	23	45	23.00	1.600	14.4
5.80	22	46	22.00	1.267	17.4
6.00	29	48	29.00	1.267	22.9
6.20	42	61	42.00	1.933	21.7
6.40	38	67	38.00	1.533	24.8
6.60	39	62	39.00	1.133	34.4
6.80	63	80	63.00	1.333	47.3
7.00	84	104	84.00	3.200	26.3
7.20	60	108	60.00	1.933	31.0
7.40	59	88	59.00	1.467	40.2
7.60	73	95	73.00	1.600	45.6

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm ²		

7.80	69	93	69.00	1.133	60.9
8.00	52	69	52.00	2.000	26.0
8.20	78	108	78.00	1.267	61.6
8.40	85	104	85.00	1.533	55.4
8.60	95	118	95.00	1.267	75.0
8.80	81	100	81.00	---	---
9.00	---	---	---	---	---
9.20	---	---	---	---	---
9.40	---	---	---	---	---
9.60	---	---	---	---	---
9.80	---	---	---	---	---
10.00	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---
15.20	---	---	---	---	---

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm² - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm²)



**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

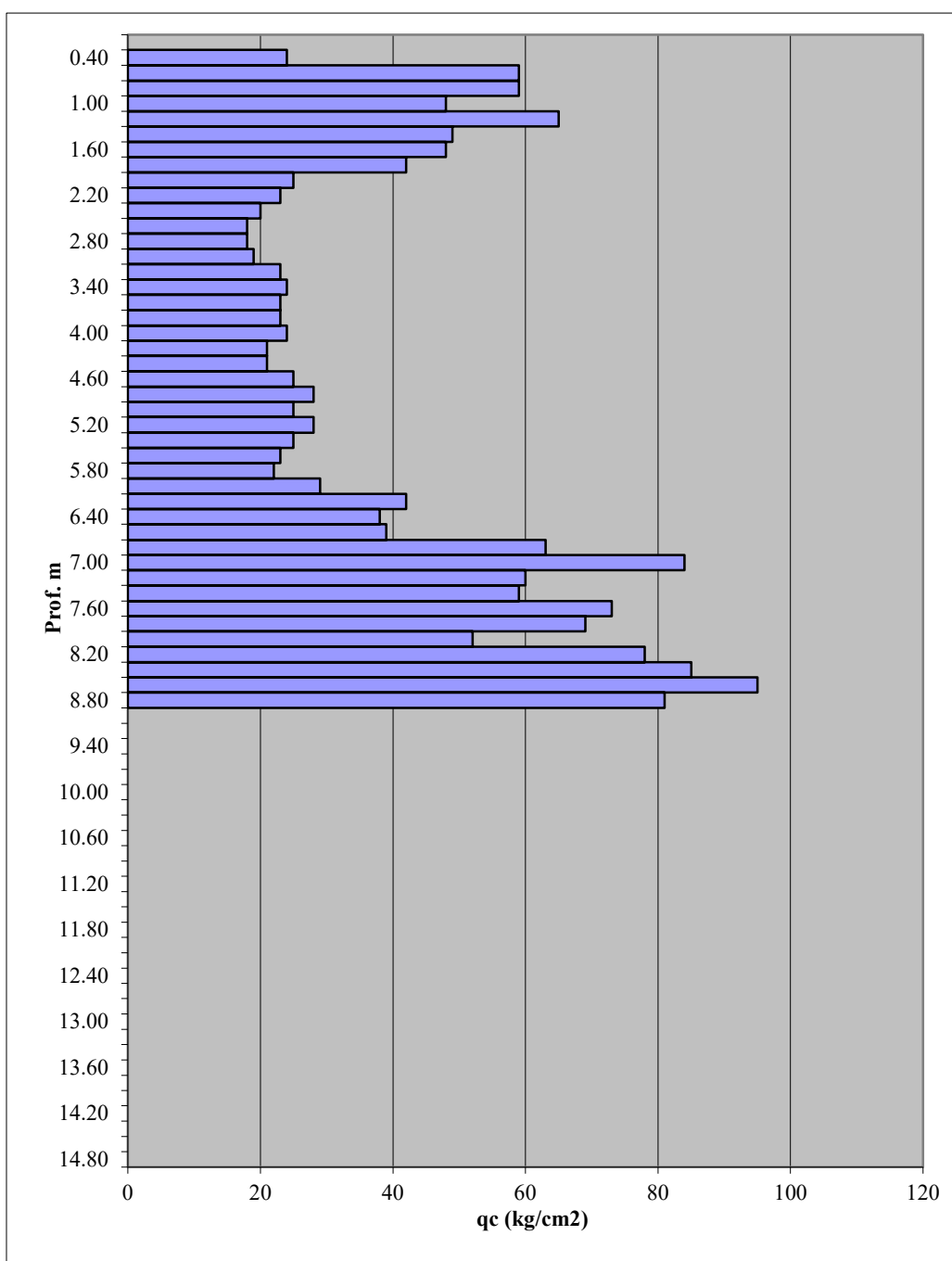
CPT

Ced. 4

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





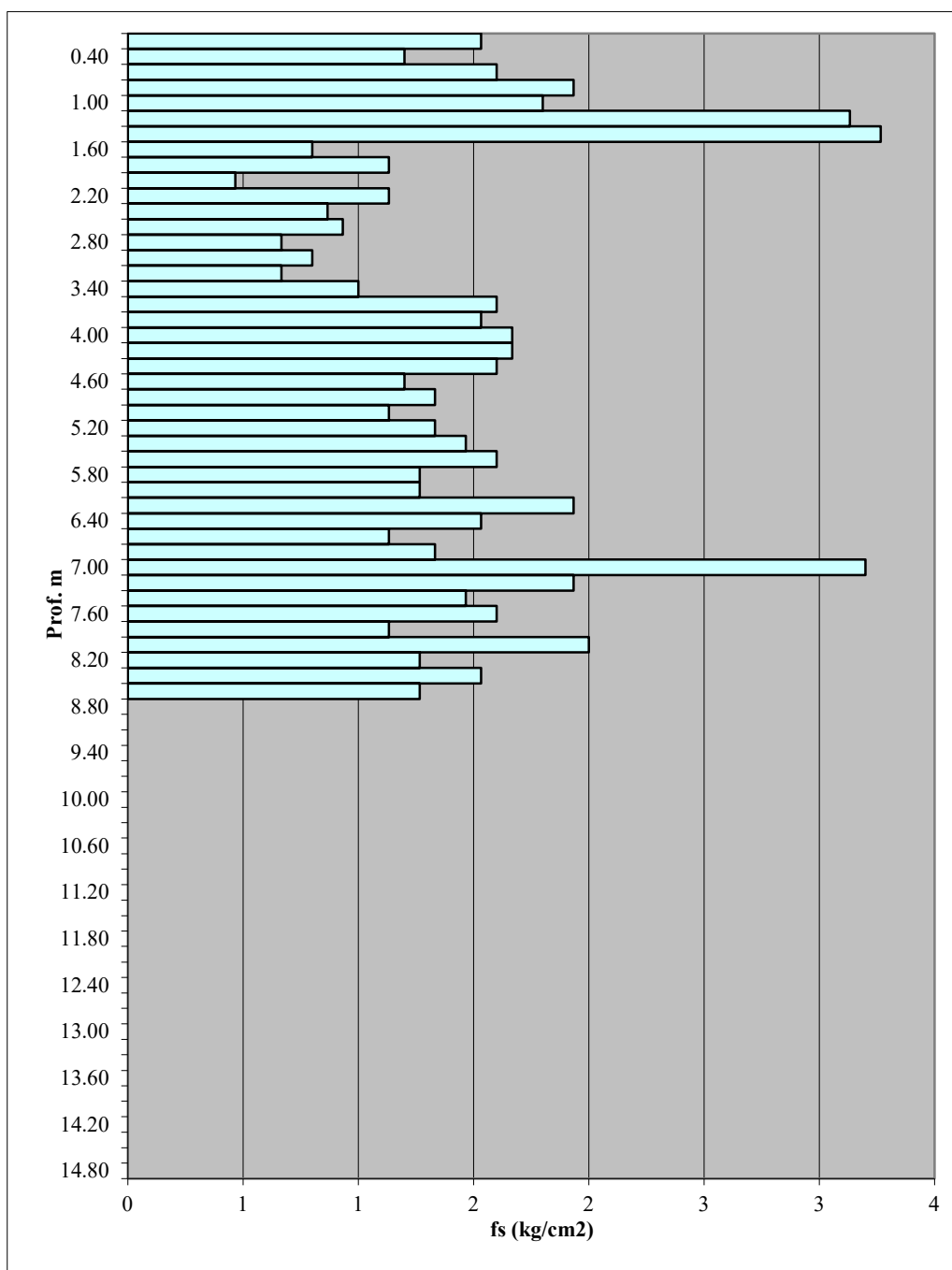
Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza

CPT **Ced. 4**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale





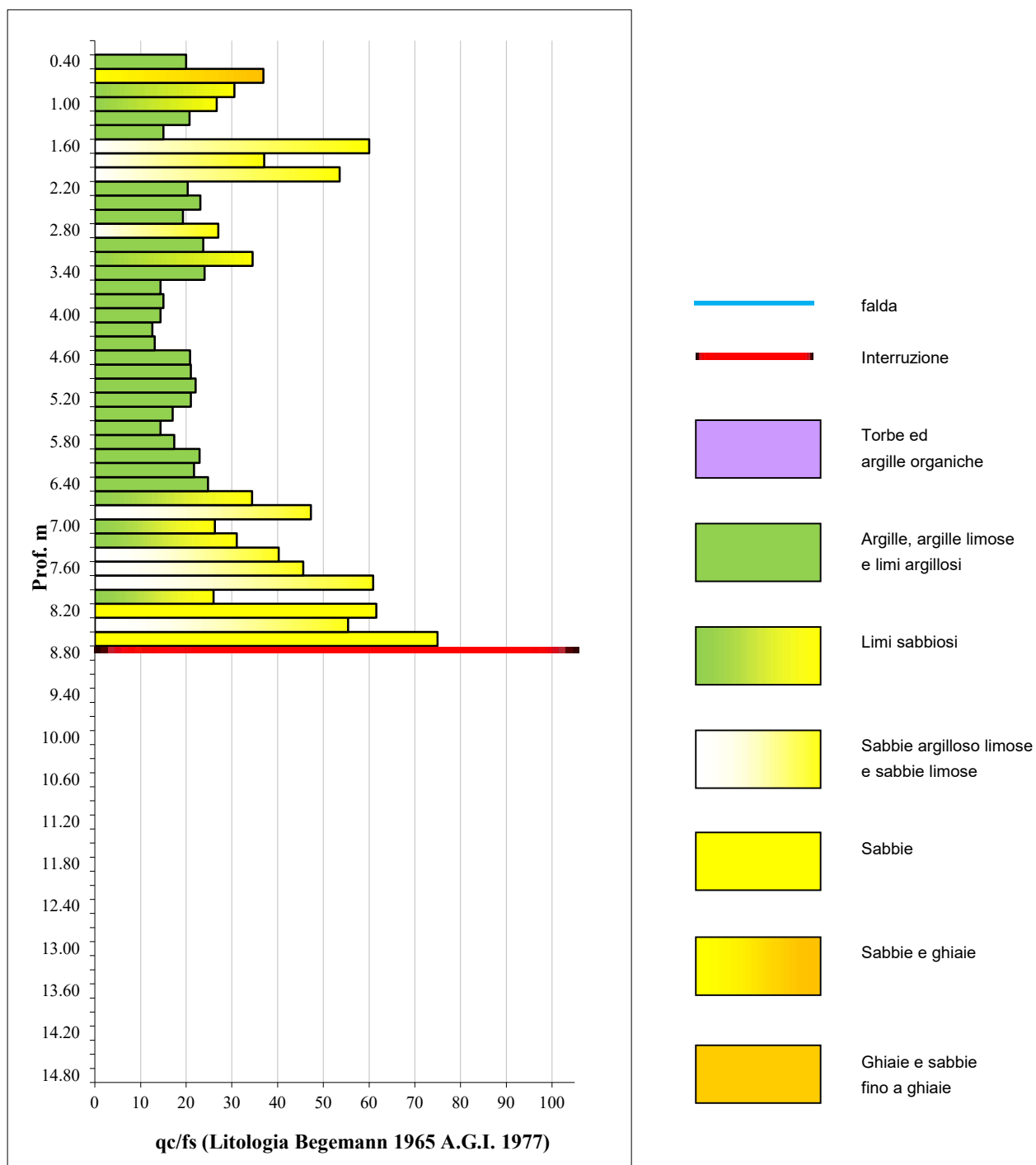
Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche

CPT **Ced. 4**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Valutazioni Litologiche





Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

Ced. 4

Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Polesine
Parma

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

27/05/2025
p.c.
0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia - Consistenza addensamento		Natura	g'	s'vo	Cu	E	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2		Kg/cm²	(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
0.20	---	1.533	0.0	---	---	coesive	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.40	24.00	---	---	---	consistente	---	0.75	0.07	0.96	48	114.1	---	---	---	---	---	---	---
0.60	59.00	1.600	36.9	sabbie argilloso-limose	med.add,	granulari	0.75	0.11	1.77	177	202.3	44	35	108	43	44	45	47
0.80	59.00	1.933	30.5	limi argilloso-sabbiosi	dura	granulari	0.80	0.13	1.77	177	164.2	43	35	104	43	43	45	46
1.00	48.00	1.800	26.7	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.80	0.15	1.44	144	106.1	----	----	---	---	---	---	---
1.20	65.00	3.133	20.7	limo argilloso	dura	coesive	0.80	0.17	1.95	195	132.5	----	----	---	---	---	---	---
1.40	49.00	3.267	15.0	argilla limosa	dura	coesive	0.70	0.19	1.47	147	81.0	----	----	---	---	---	---	---
1.60	48.00	0.800	60.0	sabbia limosa	med.add,	granulari	0.75	0.21	1.44	144	69.7	40	34	85	40	41	43	45
1.80	42.00	1.133	37.1	sabbie argilloso-limose	med.add,	granulari	0.75	0.23	1.26	126	52.6	39	34	79	39	41	42	44
2.00	25.00	0.467	53.6	sabbia limosa	sciolt	granulari	0.80	0.25	0.88	50	30.1	36	31	59	36	38	40	43
2.20	23.00	1.133	20.3	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.27	0.92	46	29.1	----	----	---	---	---	---	---
2.40	20.00	0.867	23.1	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	0.29	0.80	40	22.3	----	----	---	---	---	---	---
2.60	18.00	0.933	19.3	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.31	0.77	63	19.7	----	----	---	---	---	---	---
2.80	18.00	0.667	27.0	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	0.33	0.77	63	18.2	----	----	---	---	---	---	---
3.00	19.00	0.800	23.8	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.75	0.35	0.82	67	18.1	----	----	---	---	---	---	---
3.20	23.00	0.667	34.5	sabbie argilloso-limose	sciolt	granulari	0.80	0.37	0.92	46	19.6	34	31	46	34	37	39	42
3.40	24.00	1.000	24.0	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.85	0.39	0.96	48	19.4	----	----	---	---	---	---	---
3.60	23.00	1.600	14.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.41	0.92	46	17.2	----	----	---	---	---	---	---
3.80	23.00	1.533	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.43	0.92	46	16.2	----	----	---	---	---	---	---
4.00	24.00	1.667	14.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.45	0.96	48	16.2	----	----	---	---	---	---	---
4.20	21.00	1.667	12.6	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.47	0.84	42	13.0	----	----	---	---	---	---	---
4.40	21.00	1.600	13.1	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.49	0.84	42	12.3	----	----	---	---	---	---	---
4.60	25.00	1.200	20.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.51	0.88	50	12.3	----	----	---	---	---	---	---
4.80	28.00	1.333	21.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.53	0.98	56	13.5	----	----	---	---	---	---	---
5.00	25.00	1.133	22.1	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.55	0.88	50	11.2	----	----	---	---	---	---	---
5.20	28.00	1.333	21.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.57	0.98	56	12.4	----	----	---	---	---	---	---
5.40	25.00	1.467	17.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.85	0.59	0.88	50	10.3	----	----	---	---	---	---	---
5.60	23.00	1.600	14.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.61	0.92	46	10.5	----	----	---	---	---	---	---
5.80	22.00	1.267	17.4	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.63	0.88	44	9.5	----	----	---	---	---	---	---
6.00	29.00	1.267	22.9	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.65	1.02	58	11.0	----	----	---	---	---	---	---
6.20	42.00	1.933	21.7	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.67	1.26	126	13.8	----	----	---	---	---	---	---
6.40	38.00	1.533	24.8	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.75	0.69	1.14	114	11.8	----	----	---	---	---	---	---
6.60	39.00	1.133	34.4	sabbie argilloso-limose	sciolt	granulari	0.75	0.71	1.17	117	11.7	34	33	49	35	37	39	42
6.80	63.00	1.333	47.3	sabbia limosa	med.add,	granulari	0.80	0.73	1.89	189	20.6	36	36	65	37	39	41	43
7.00	84.00	3.200	26.3	limi argilloso-sabbiosi	dura	coesive	0.75	0.75	2.52	252	28.6	----	----	---	---	---	---	---
7.20	60.00	1.933	31.0	limi argilloso-sabbiosi	dura	granulari	0.75	0.77	1.80	180	18.1	35	35	62	37	39	41	43
7.40	59.00	1.467	40.2	sabbie argilloso-limose	med.add,	granulari	0.75	0.79	1.77	177	17.2	35	35	61	36	38	41	43
7.60	73.00	1.600	45.6	sabbia limosa	med.add,	granulari	0.70	0.81	2.19	219	21.8	36	36	67	37	39	41	43

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

DR = Densità relativa (Harman)



Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

Ced. 4

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Prof. m	qc kg/cm2	fs kg/cm2	RF	Litologia (Begemann, 1977- Searle)	- Consistenza addensamento	Natura	g' t/m3	s'vo kg/cm2	Cu	Mo	OCR (-)	f (dm) °	f (my) °	DR (%)	f (1s) °	f (2s) °	f (3s) °	f (4s) °
7.80	69.00	1.133	60.9	sabbia limosa	med.add,	granulari	0.80	0.83	2.07	207	19.7	36	36	62	37	39	41	43
8.00	52.00	2.000	26.0	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.70	0.85	1.56	156	13.4	----	----	----	---	---	---	---
8.20	78.00	1.267	61.6	sabbia limosa	med.add,	granulari	0.75	0.87	2.34	234	21.6	36	37	65	37	39	41	43
8.40	85.00	1.533	55.4	sabbia limosa	med.add,	granulari	0.70	0.89	2.55	255	23.4	36	37	68	38	40	42	44
8.60	95.00	1.267	75.0	sabbia	med.add,	granulari	0.70	0.91	2.85	285	26.2	37	37	71	38	40	42	44
8.80	81.00	---	---	---	---	---	0.70	0.93	2.43	243	20.9	36	37	65	37	39	41	43
9.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

g' = peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

DR = Densità relativa (Harman)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

ALLEGATO 2

Documentazione Fotografica





Foto 2 Prova MASW – Ced. Tratto 1



Foto 3 Prova HVSR – Ced. Tratto 1



Foto 4 Prova HVSR – Ced. Tratto 1



Foto 5 Prova CPT – Ced. Tratto 1



Foto 6 Prova MASW – Ced. Tratto 2.1



Foto 7 Prova MASW – Ced. Tratto 2.1



Foto 8 Prova HVSR – Ced. Tratto 2.1



Foto 9 Prova HVSr – Ced. Tratto 2.1



Foto 10 Prova CPT – Ced. Tratto 2.1



Foto 11 Prova MASW – Ced. Tratto 2.2



Foto 12 Prova HVSr – Ced. Tratto 2.2



Foto 13 Prova HVSR – Ced. Tratto 2.2



Foto 14 Prova CPT– Ced. Tratto 2.2



Foto 15 Prova MASW – Ced. Tratto 2.3



Foto 16 Prova MASW – Ced. Tratto 2.3



Foto 17 Prova HVSR – Ced. Tratto 2.3



Foto 18 Prova CPT – Ced. Tratto 2.3



Foto 19 Prova MASW – Ced. Tratto 3



Foto 20 Prova MASW – Ced. Tratto 3



Foto 21 Prova HVSR – Ced. Tratto 3



Foto 22 Prova HVSR – Ced. Tratto 3



Foto 23 Prova CPT – Ced. Tratto 3



Foto 24 Prova MASW – Ced. Tratto 4



Foto 25 Prova MASW – Ced. Tratto 4



Foto 26 Prova HVSR – Ced. Tratto 4



Foto 27 Prova HVSR – Ced. Tratto 4



Foto 28 Prova CPT – Ced. Tratto 4



Foto 29 Prova MASW – Ced. Tratto Copermio



Foto 30 Prova MASW – Ced. Tratto Copermio



Foto 31 Prova HVSR – Ced. Tratto Copermio

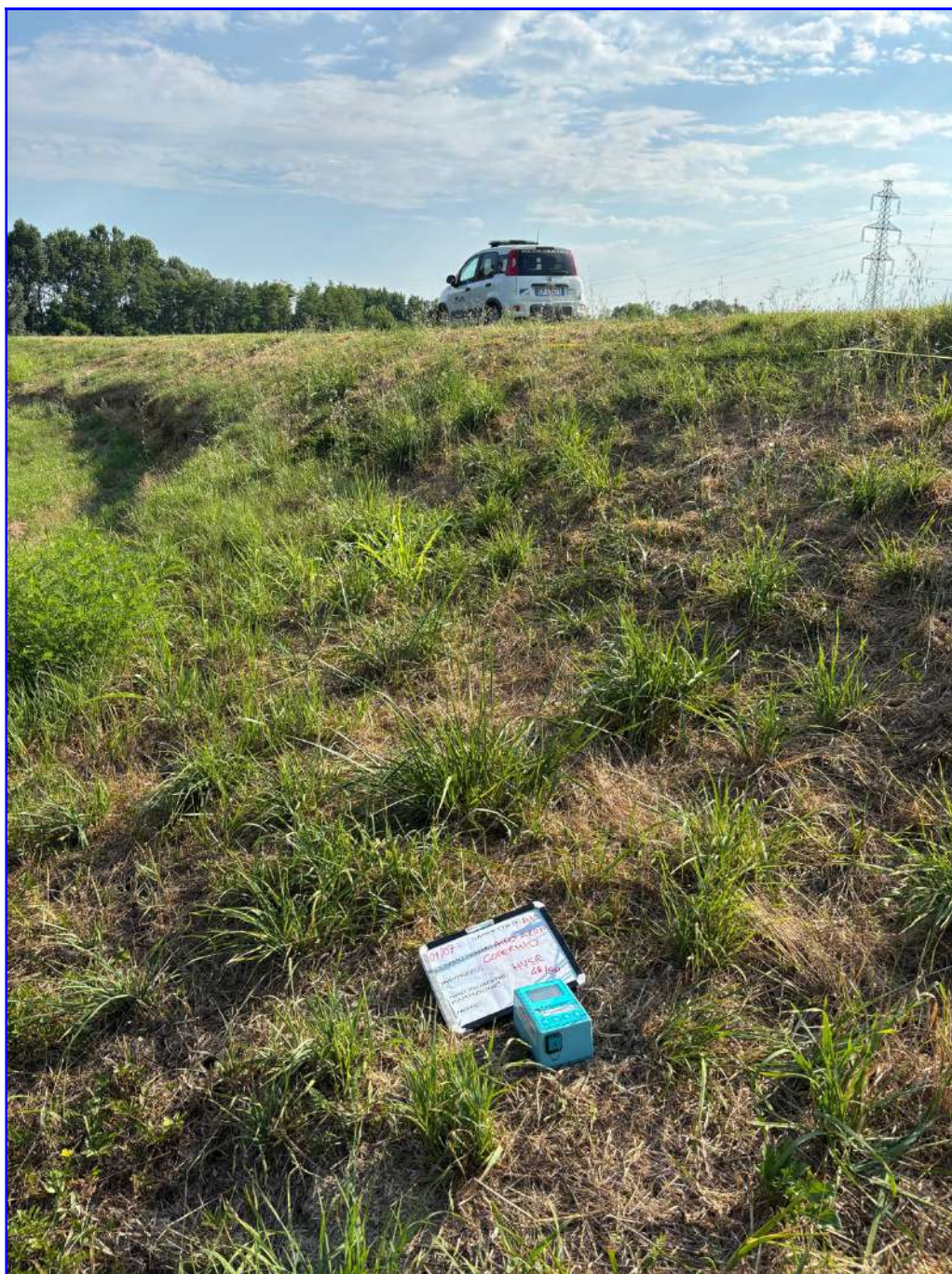


Foto 32 Prova HVSr – Ced. Tratto Copermio



Foto 33 Prova CPT – Ced. Tratto Copermio

ALLEGATO 3

Report GRILLA

8469_CED_1_POLESINE_AIPO, [Z] MASW

Start recording: 09/07/2025 13:32:51 End recording: 09/07/2025 13:41:06

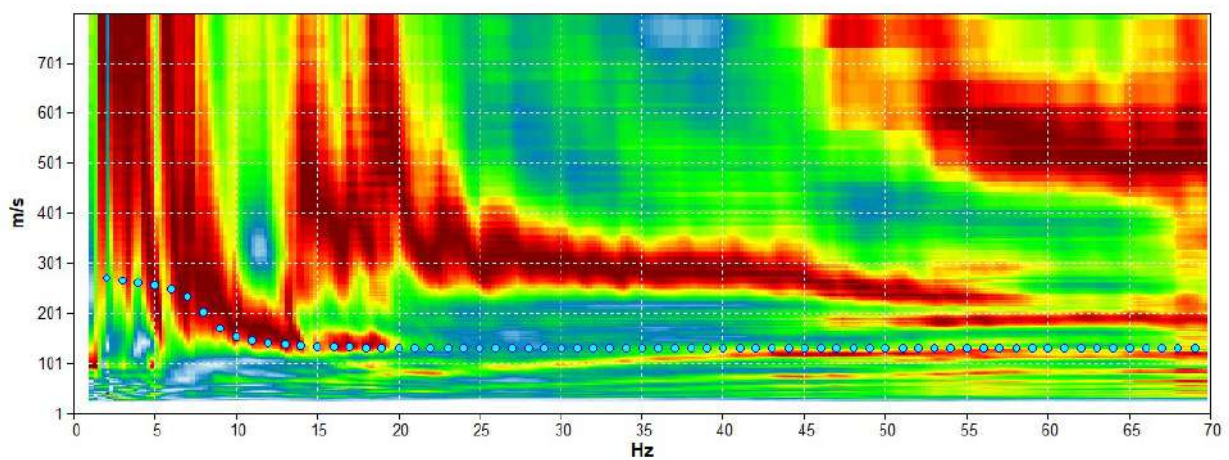
Trace length: 0h00'03".

Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13

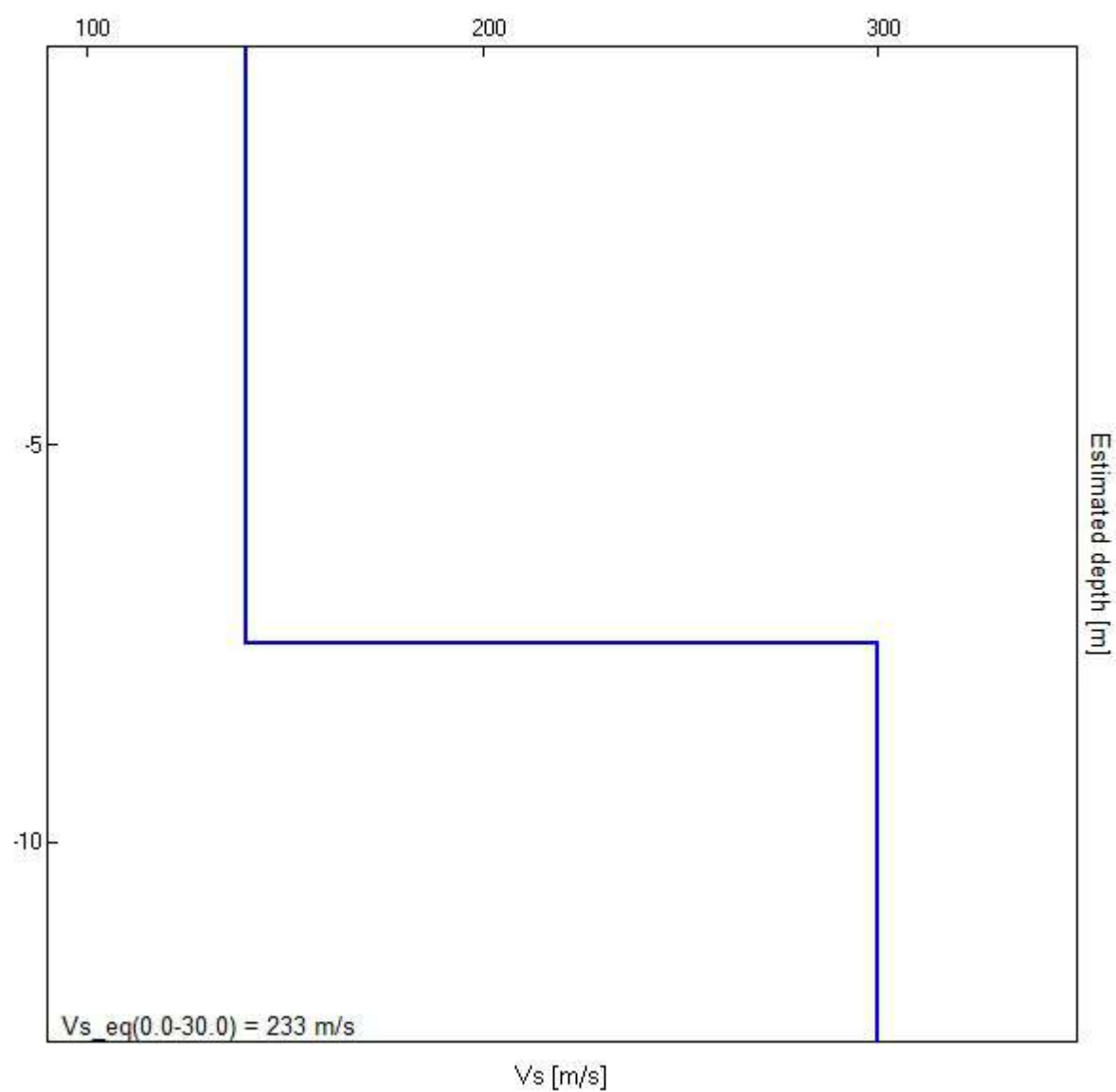
Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.50	7.50	140	0.42
inf.	inf.	300	0.42

Vs_eq (0.0-30.0) = 233 m/s



8469_CED_1, HVSR

Instrument: TEB-0574/01-21

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 179

Start recording: 09/07/2025 11:01:03 End recording: 09/07/2025 11:21:03

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; wless trig.

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

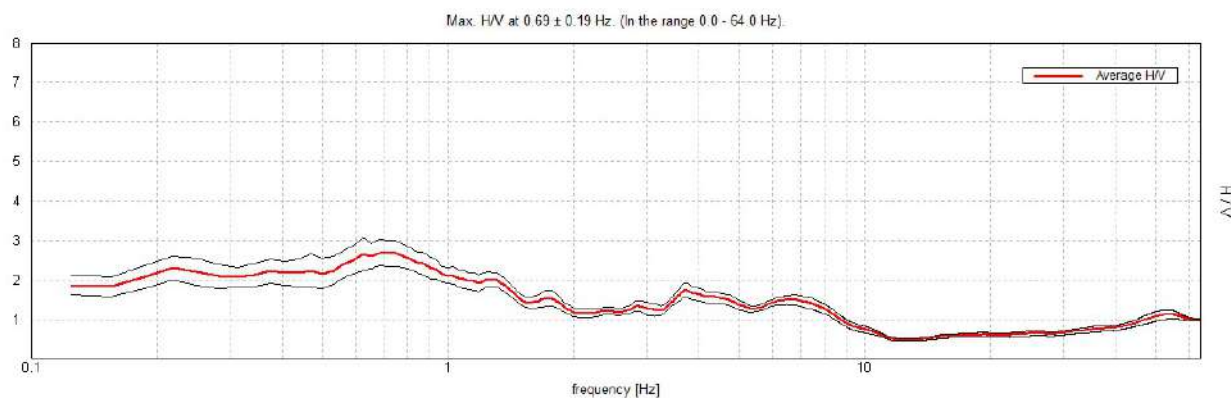
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

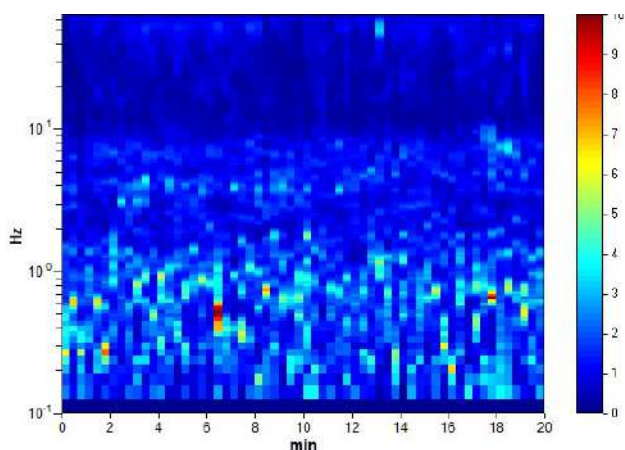
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

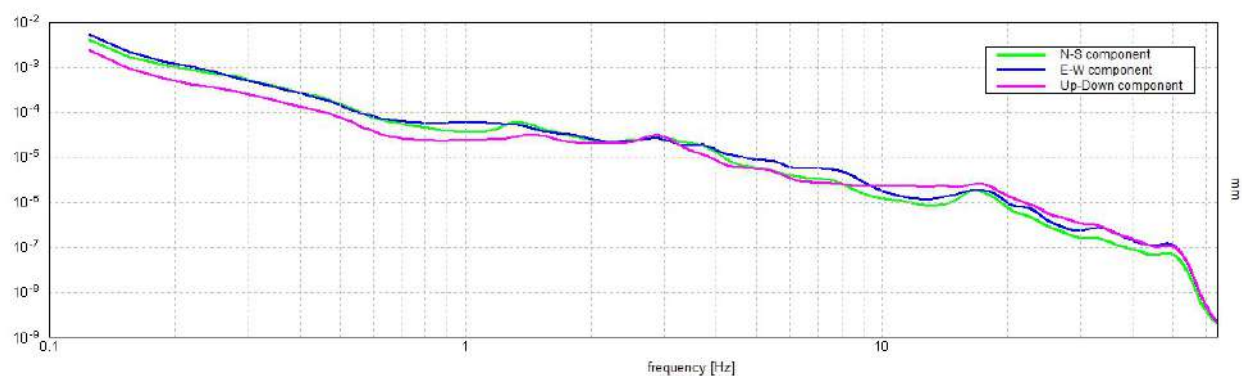
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



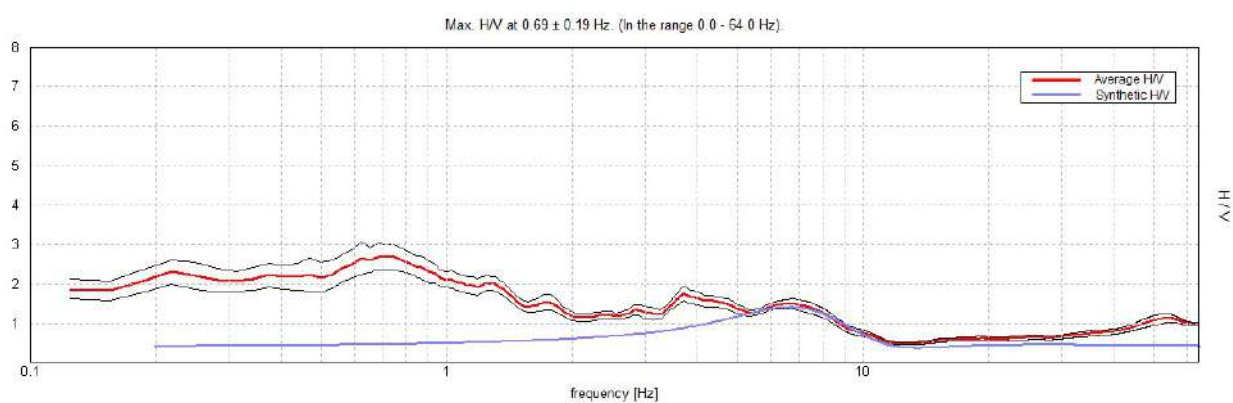
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

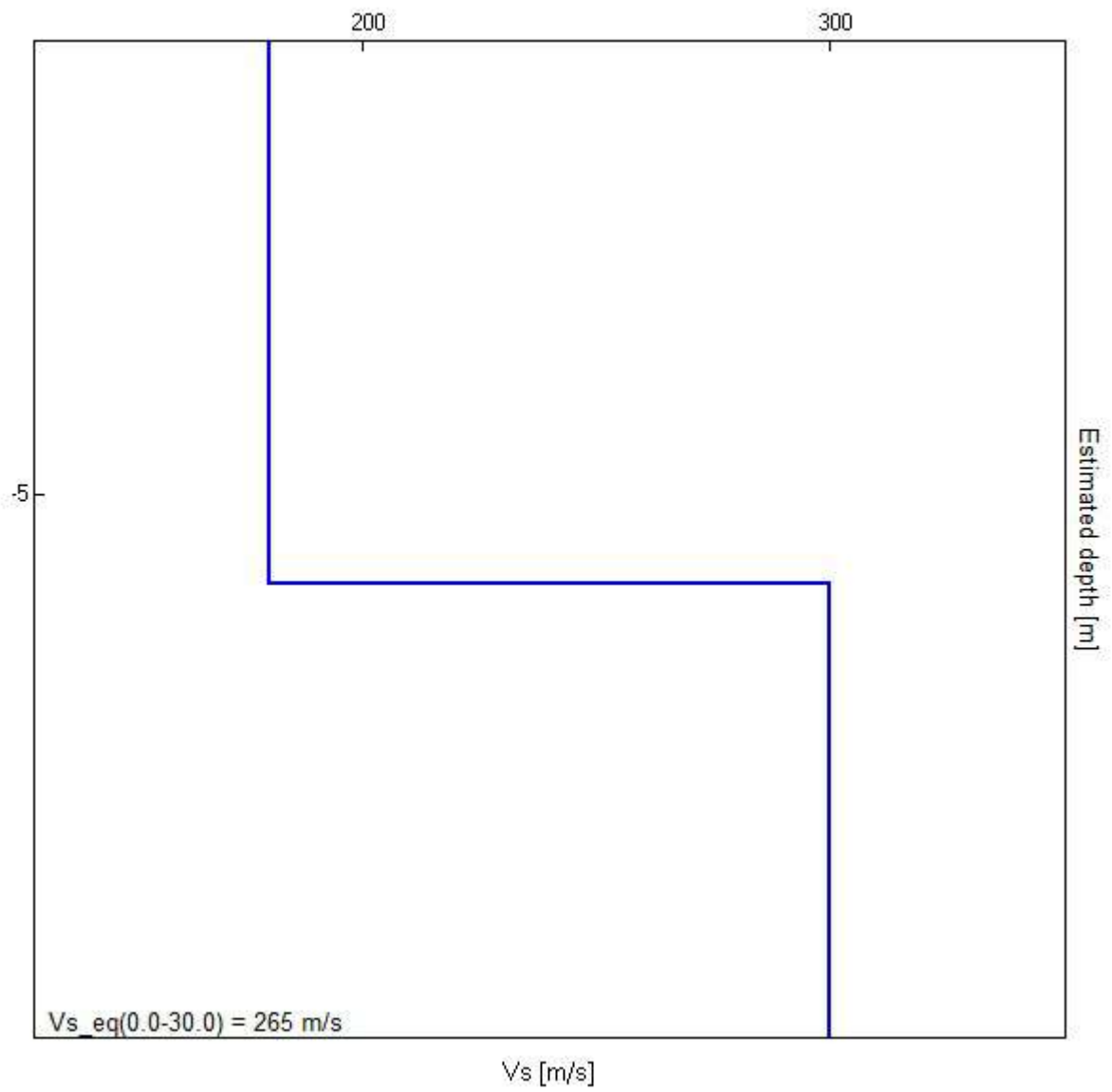


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
6.00	6.00	180	0.45
inf.	inf.	300	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 265 m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.69 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.69 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$825.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 34 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.69 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.27 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.18562 < 0.10313$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.33 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

8469_CED_2_1, [Z] MASW

Start recording: 09/07/2025 10:36:41 End recording: 09/07/2025 10:46:24

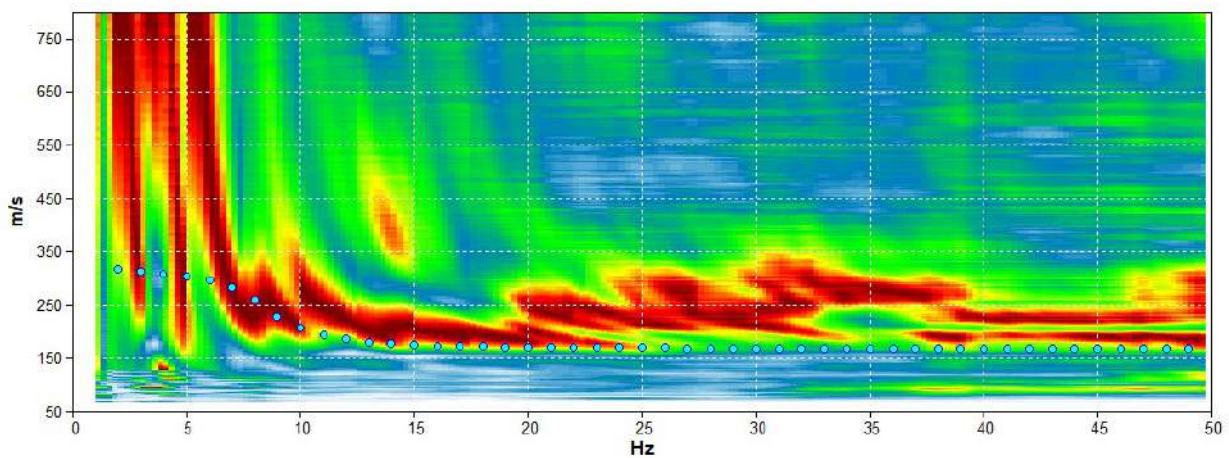
Trace length: 0h00'02".

Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15

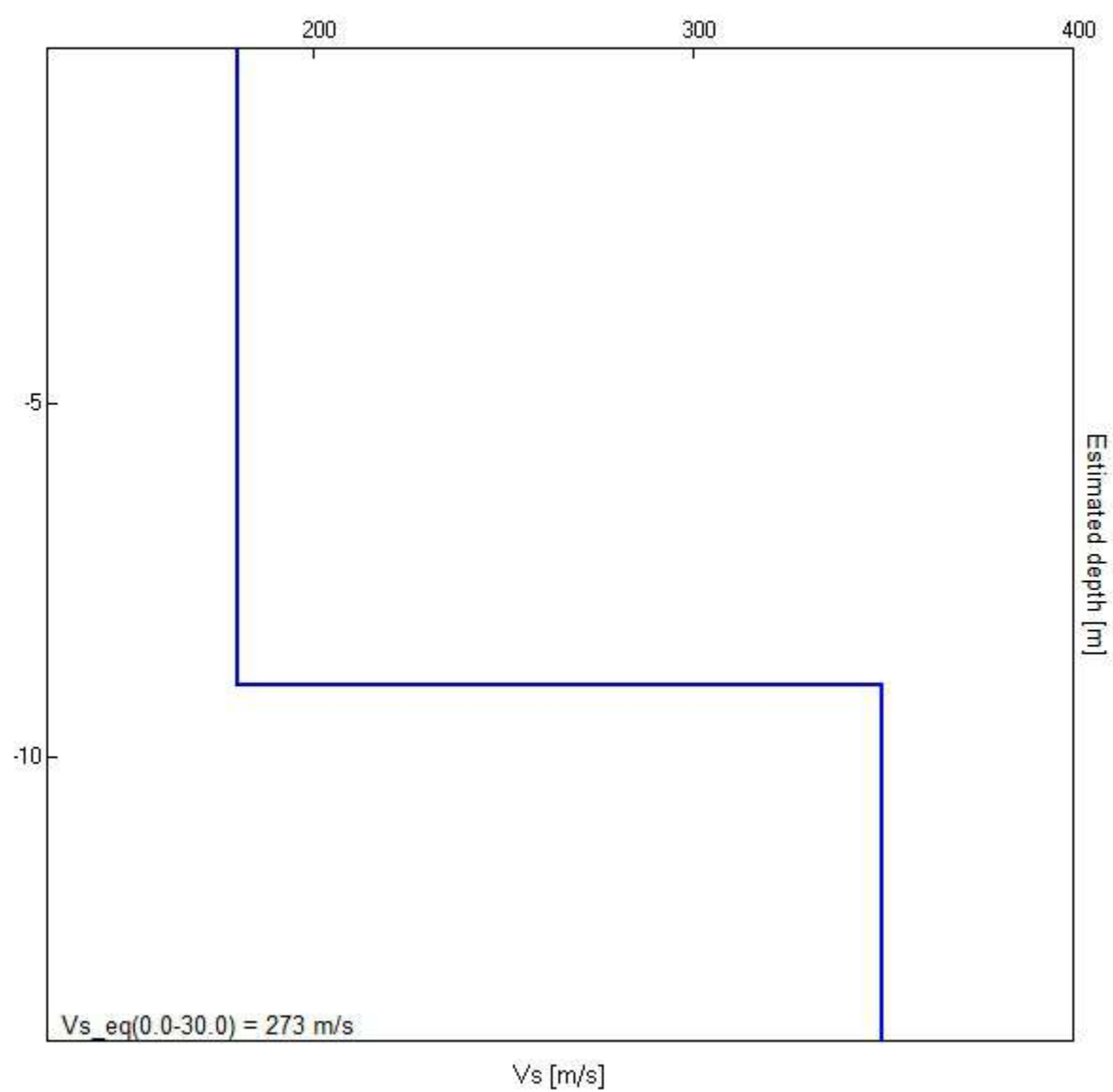
Array geometry (x): 0.0 4.0 8.0 12.0 16.0 20.0 24.0 28.0 32.0 36.0 40.0 44.0 48.0 52.0 56.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
9.00	9.00	180	0.42
inf.	inf.	350	0.42

Vs_eq (0.0-30.0) = 273 m/s



8469_CED_2_1, HVSR

Instrument: TEB-0574/01-21

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 179

Start recording: 09/07/2025 10:10:28 End recording: 09/07/2025 10:30:28

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; wless trig.

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)

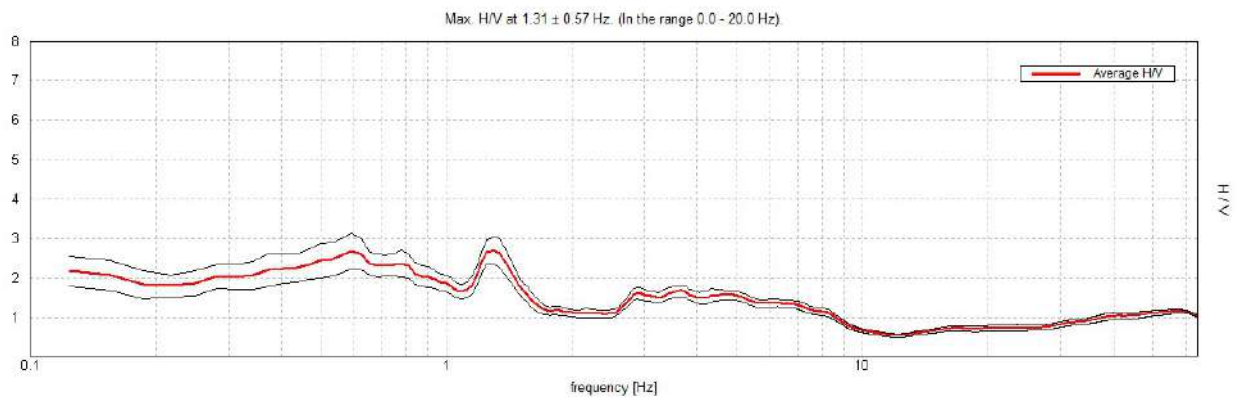
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

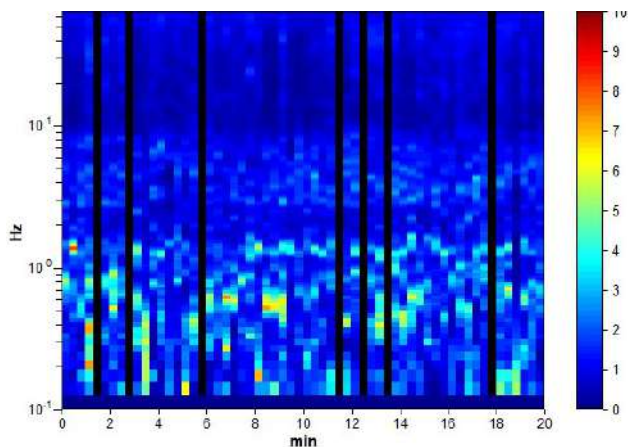
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

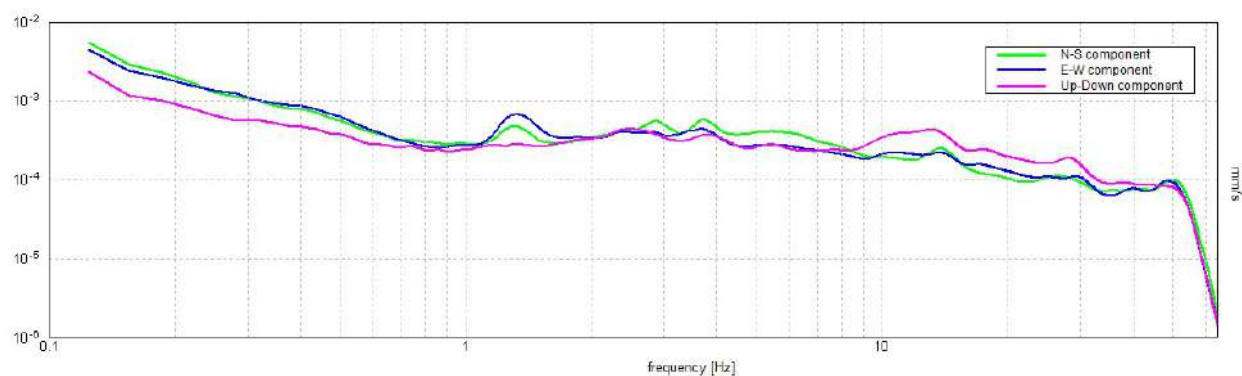
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



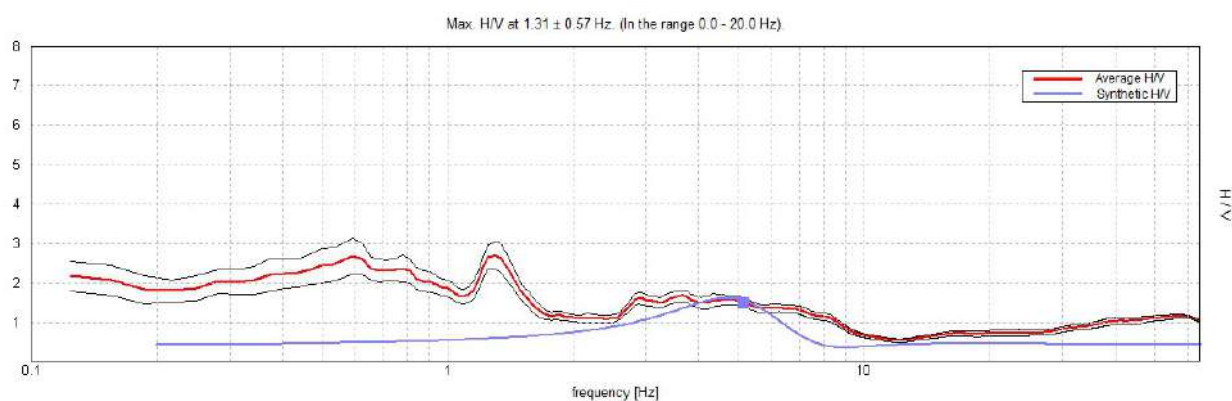
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

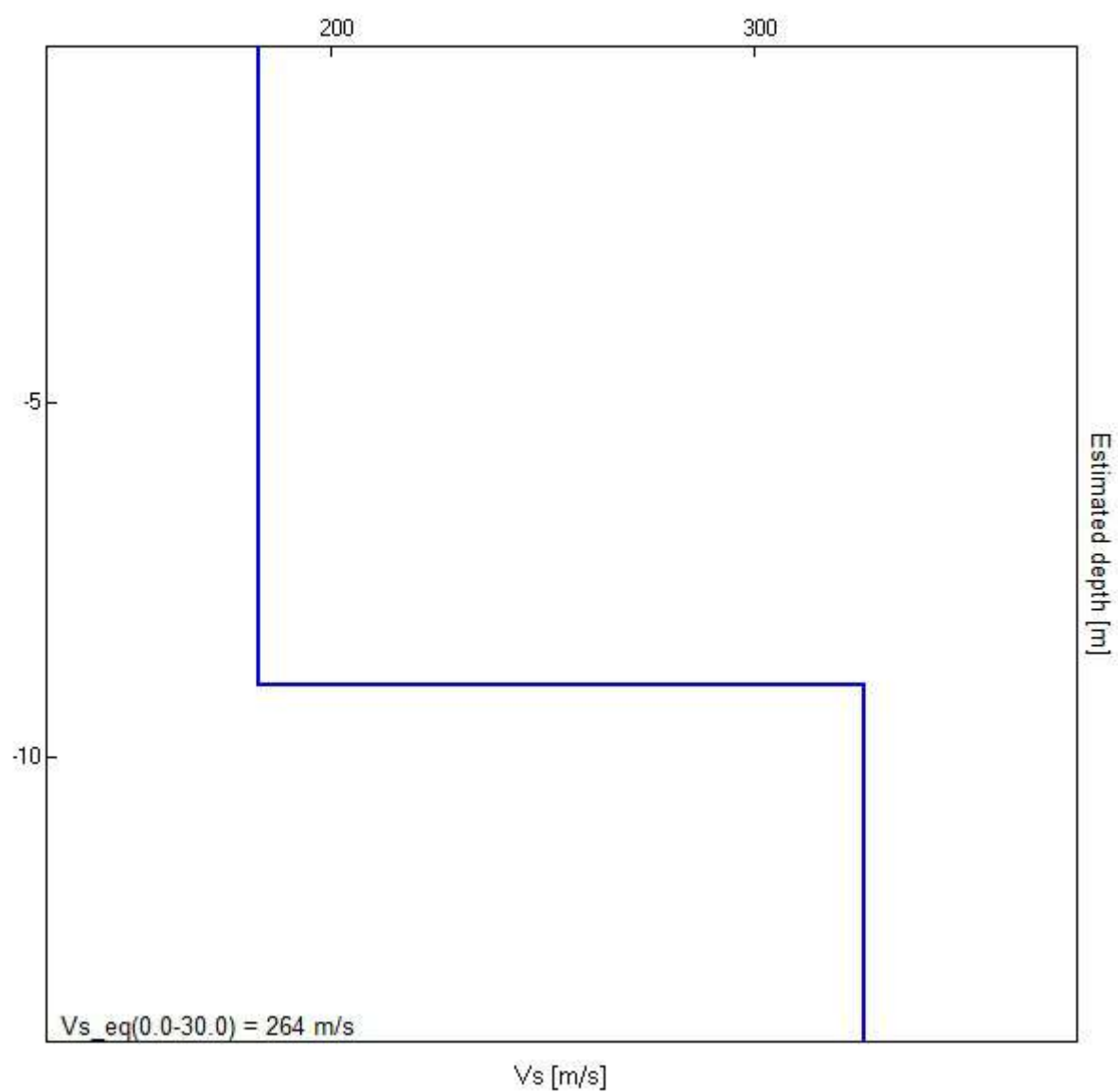


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
9.00	9.00	183	0.42
inf.	inf.	326	0.45

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 264 \text{ m/s}$$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 1.31 ± 0.57 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.31 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1391.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 64 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.68 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.43706 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.57364 < 0.13125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3521 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

8469_AIPO_TRATTO_2_2_RG, [Z] MASW

Inizio registrazione: 10/06/2025 15:03:59

Fine registrazione: 10/06/2025 15:07:02

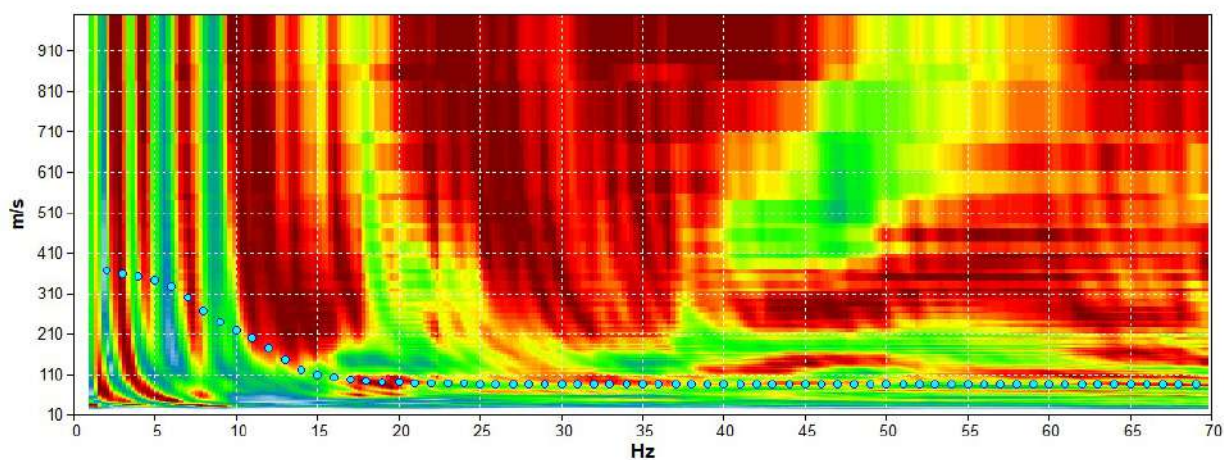
Durata registrazione: 0h00'02".

Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6

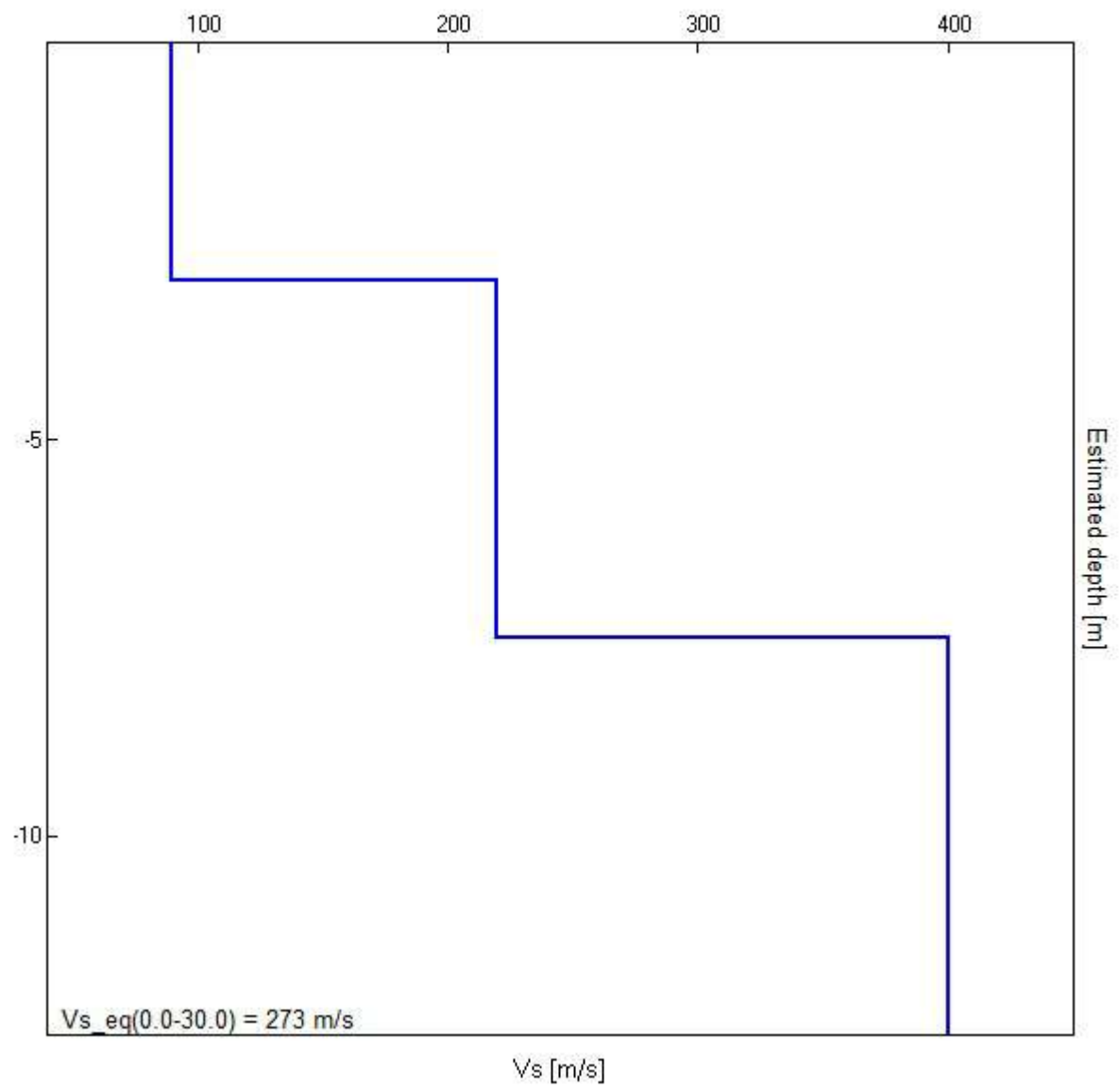
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	90	0.42
7.50	4.50	220	0.42
inf.	inf.	400	0.42

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 273 \text{ m/s}$$



8469_CED_2_2, HVSR

Instrument: TEB-0574/01-21

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 179

Start recording: 10/06/2025 14:31:14 End recording: 10/06/2025 14:51:14

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; wless trig.

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

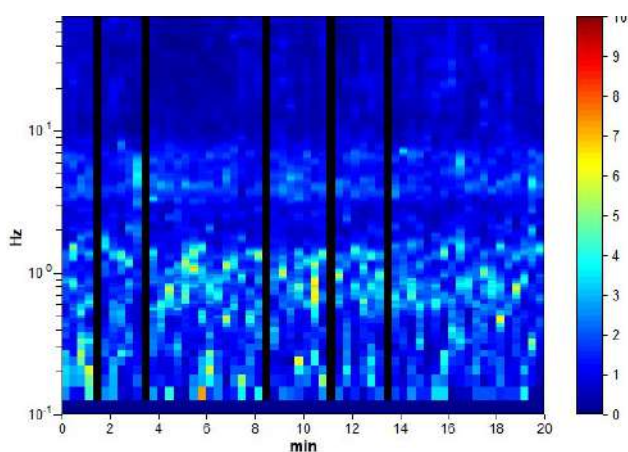
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

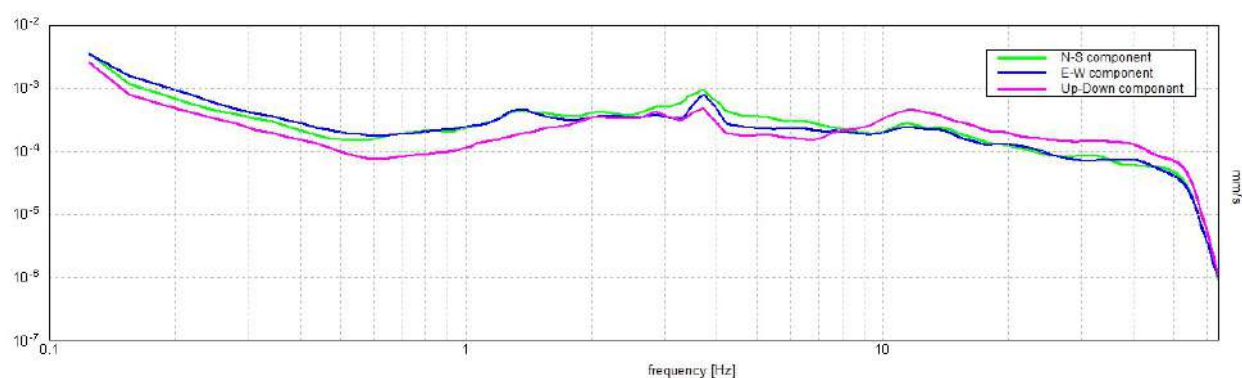
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

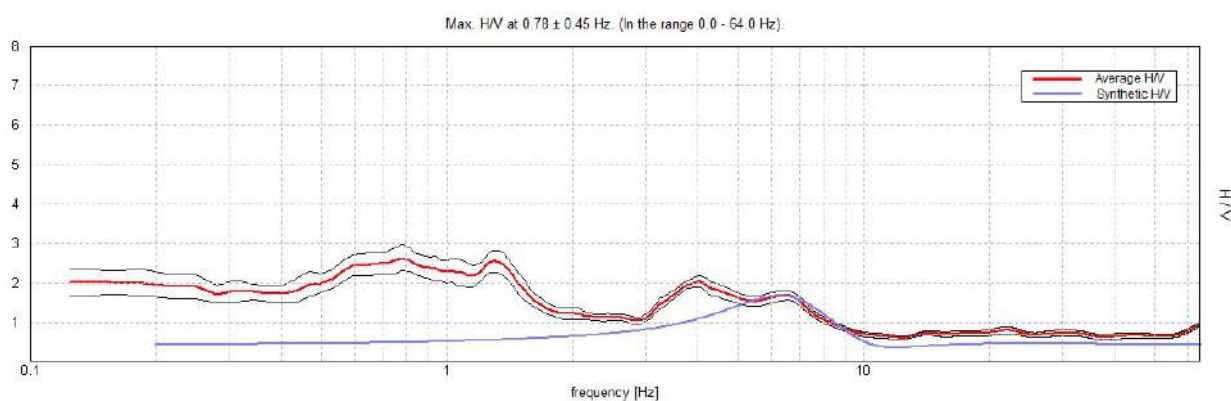
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

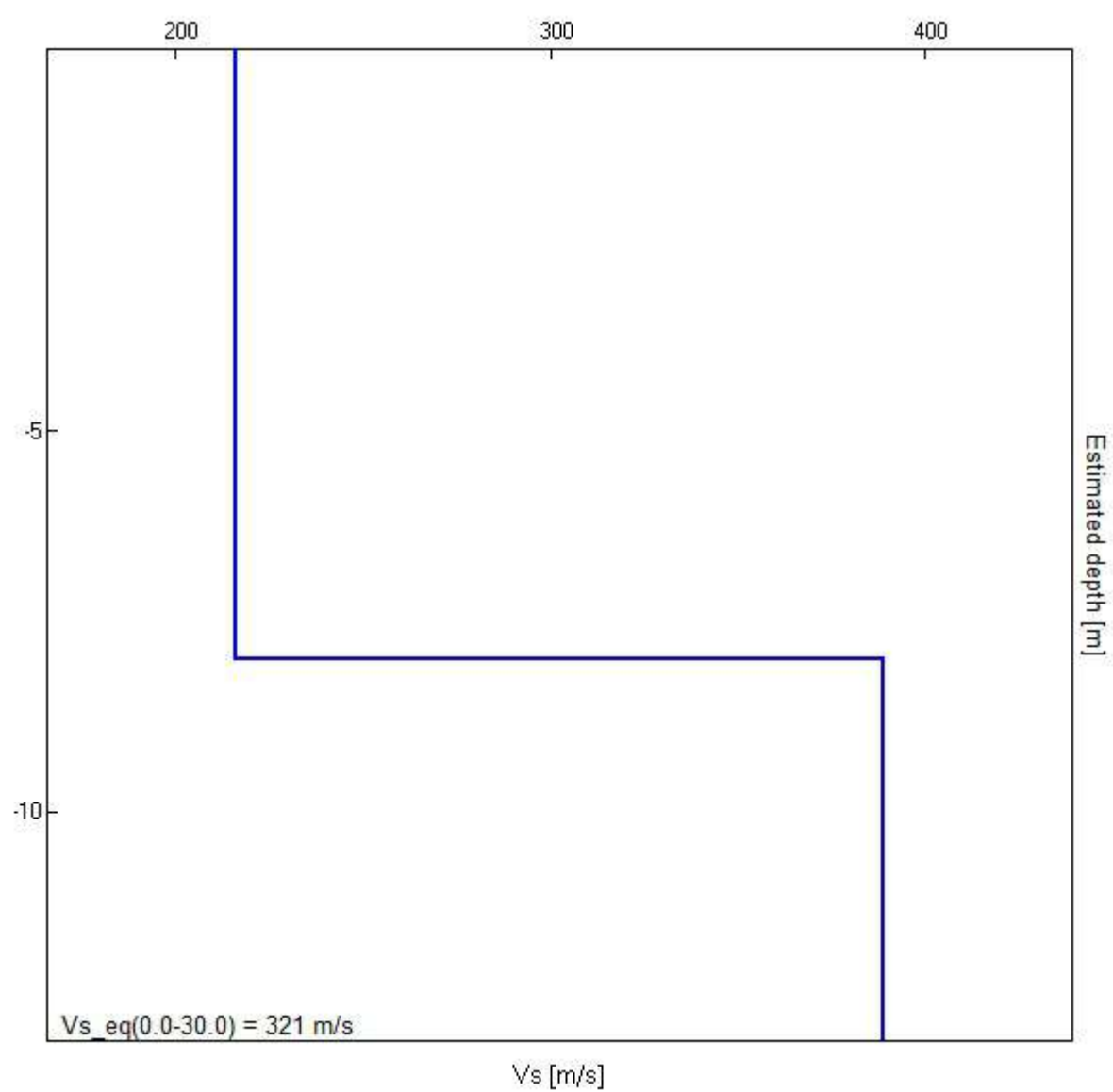


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
8.00	8.00	216	0.42
inf.	inf.	389	0.42

Vs_eq (0.0-30.0) = 321 m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.78 ± 0.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$859.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 39 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.64 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.58021 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.45329 < 0.11719$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3352 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

8469_CED_2_3, [Z] MASW

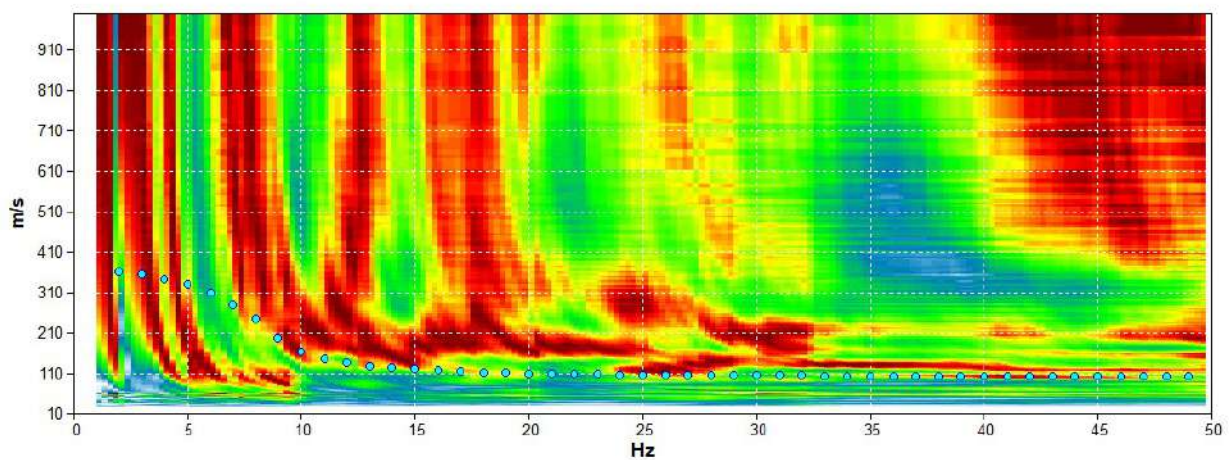
Inizio registrazione: 10/06/2025 13:50:33
Durata registrazione: 0h00'02".
Freq. campionamento: 512 Hz

Fine registrazione: 10/06/2025 14:04:24

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15

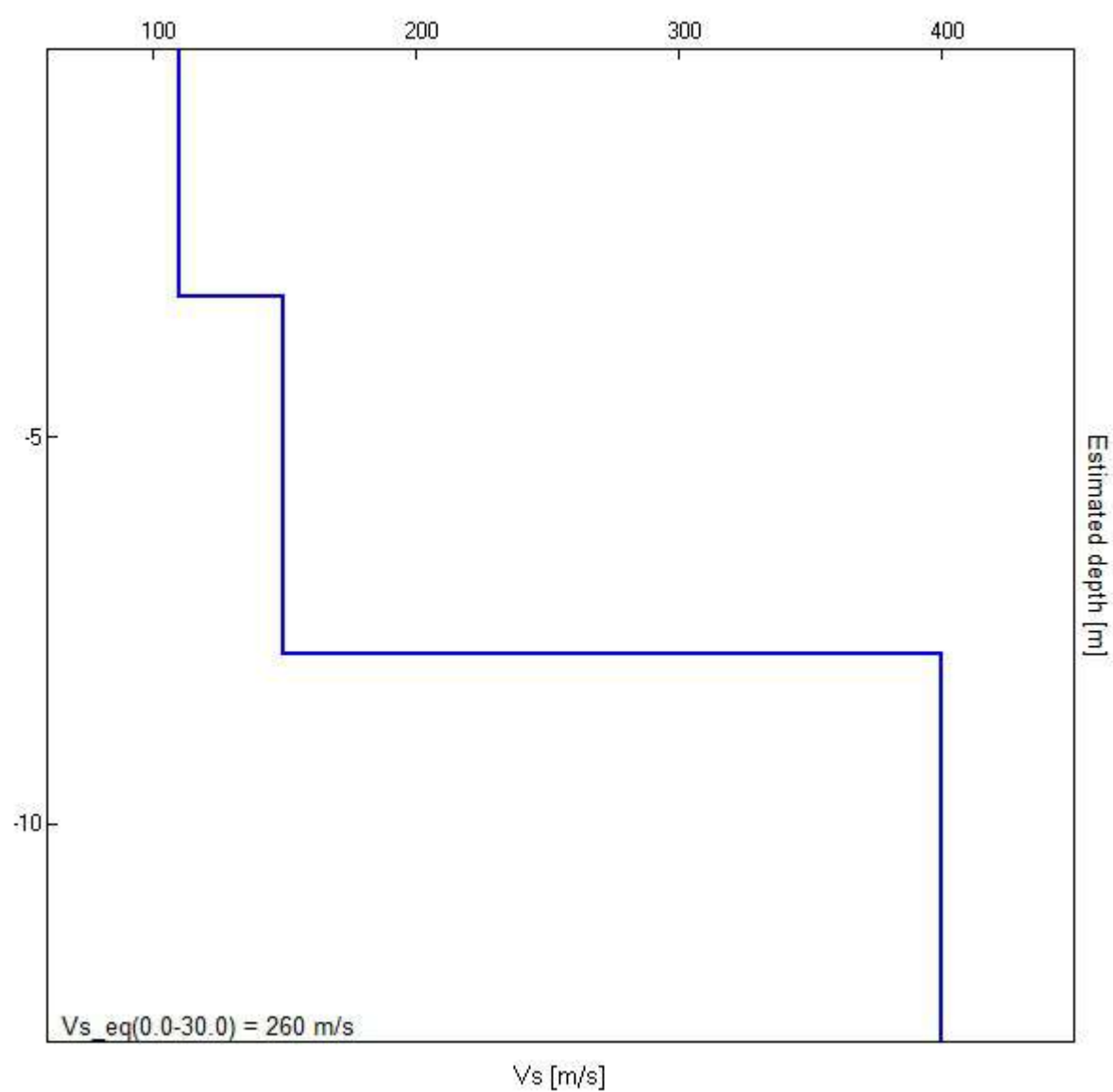
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.20	3.20	110	0.45
7.80	4.60	150	0.45
inf.	inf.	400	0.40

Vs_eq (0.0-30.0) = 260 m/s



8469_CED_2_3, HVSR

Instrument: TEB-0574/01-21

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 179

Start recording: 10/06/2025 13:01:03 End recording: 10/06/2025 13:21:03

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; wless trig.

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

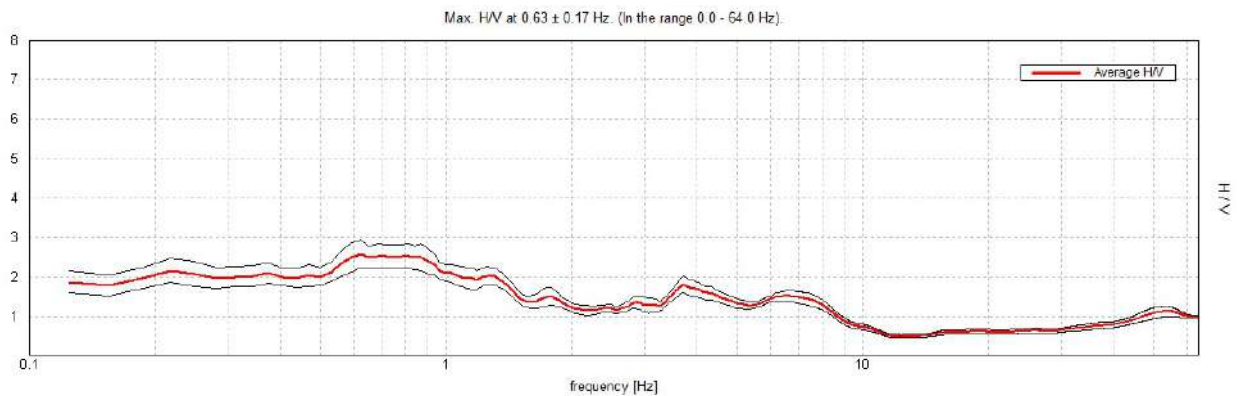
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

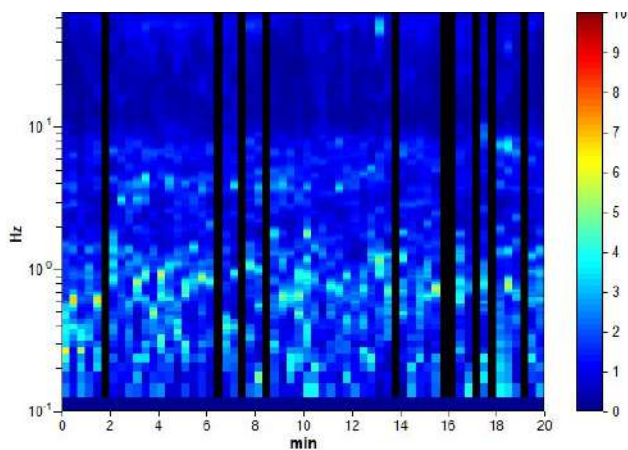
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

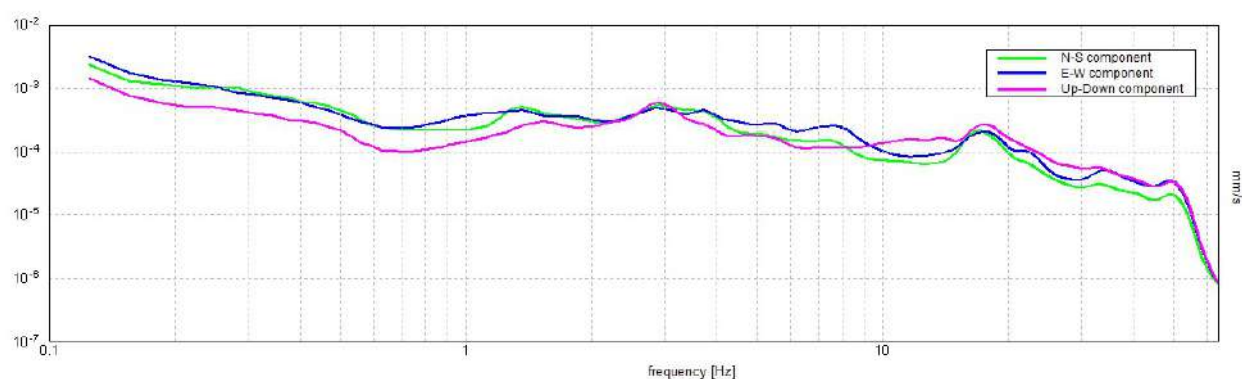
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



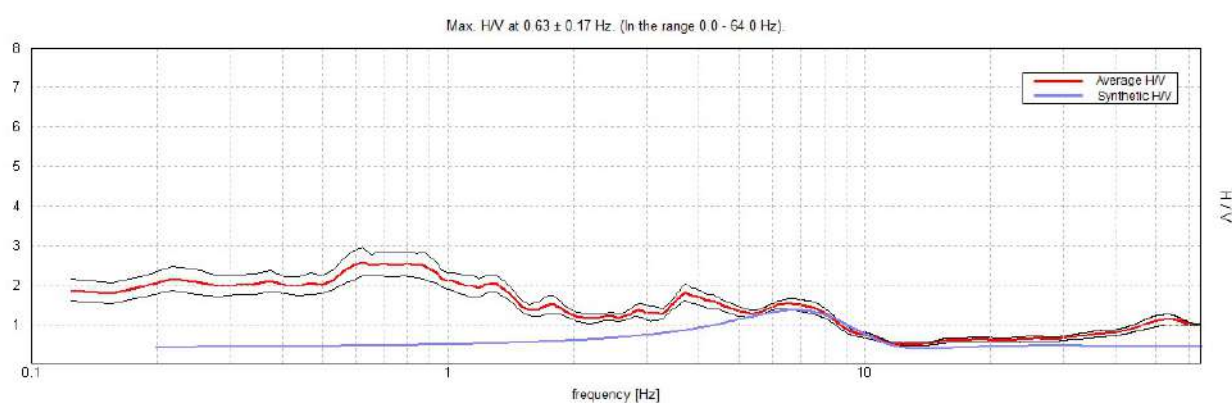
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

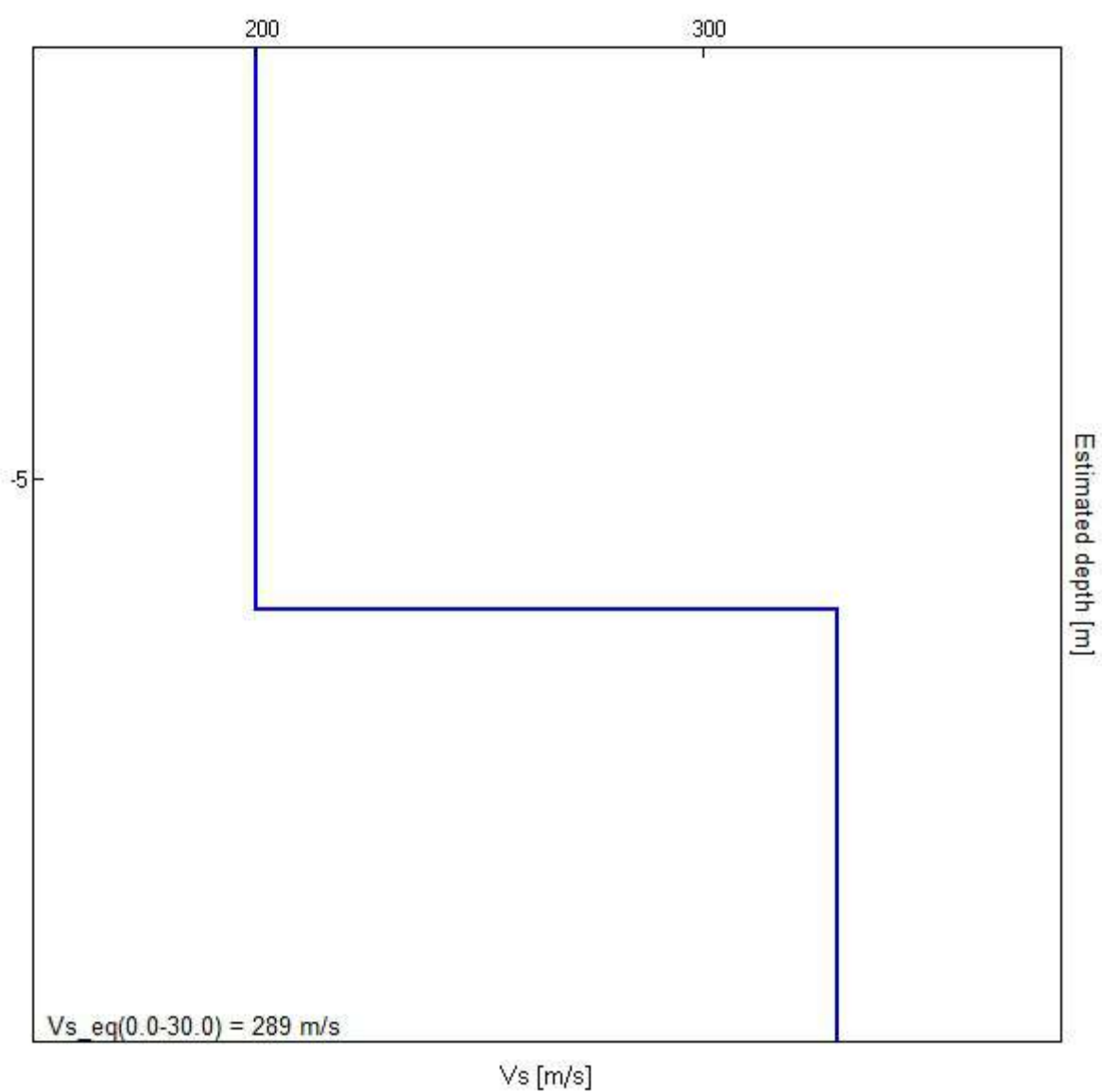


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
6.50	6.50	200	0.45
inf.	inf.	330	0.45

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 289 \text{ m/s}$$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.63 ± 0.17 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$625.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.969 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.59 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.27821 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.17388 < 0.09375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3622 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

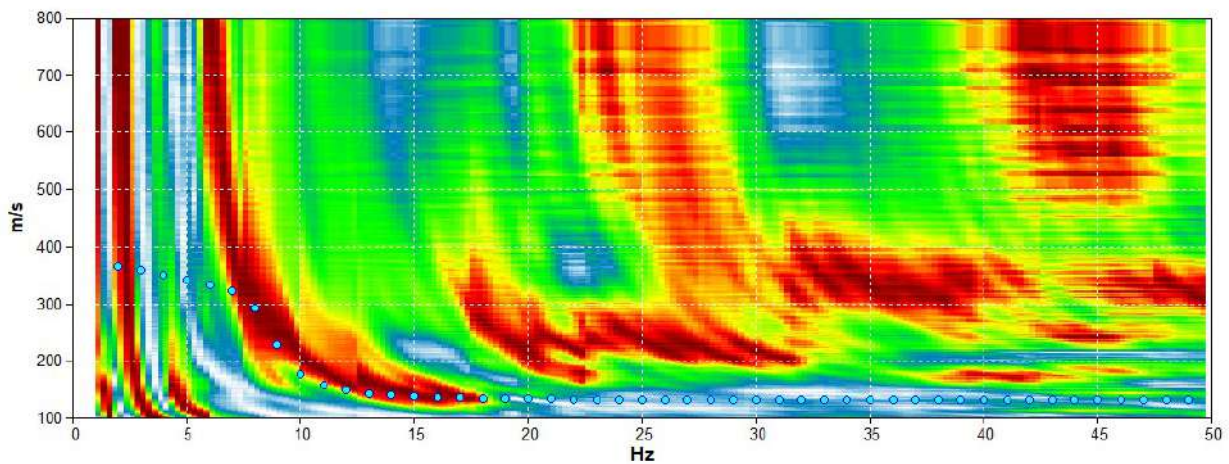
8469_CED_3, [Z] MASW

Start recording: 10/06/2025 11:08:58 End recording: 10/06/2025 11:26:28
Trace length: 0h00'02". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13

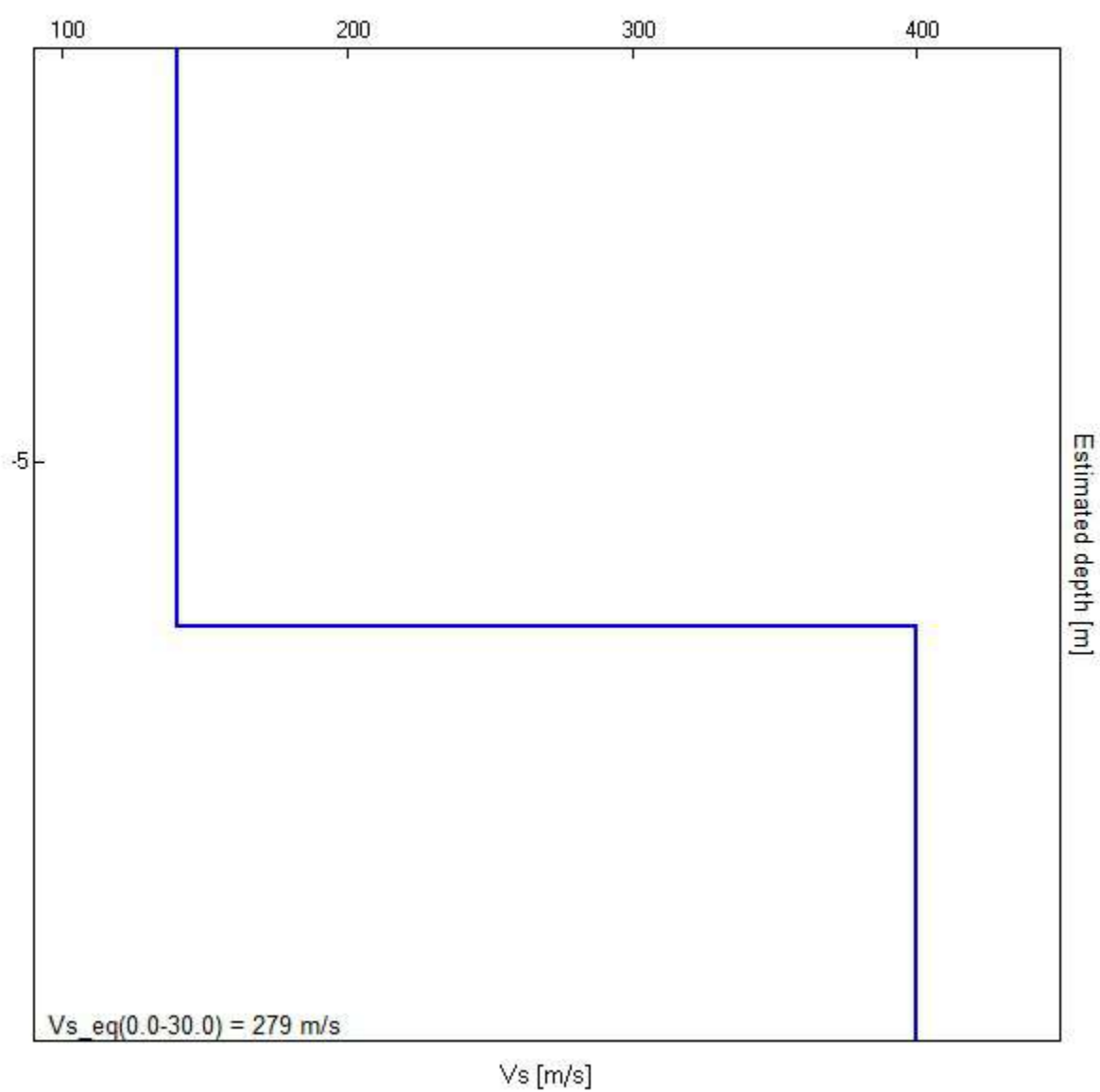
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	7.00	140	0.42
inf.	inf.	400	0.42

$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 279 \text{ m/s}$



8469_CED_3, HVSR

Instrument: TEB-0574/01-21

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 179

Start recording: 10/06/2025 10:42:15 End recording: 10/06/2025 11:02:15

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; wless trig.

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

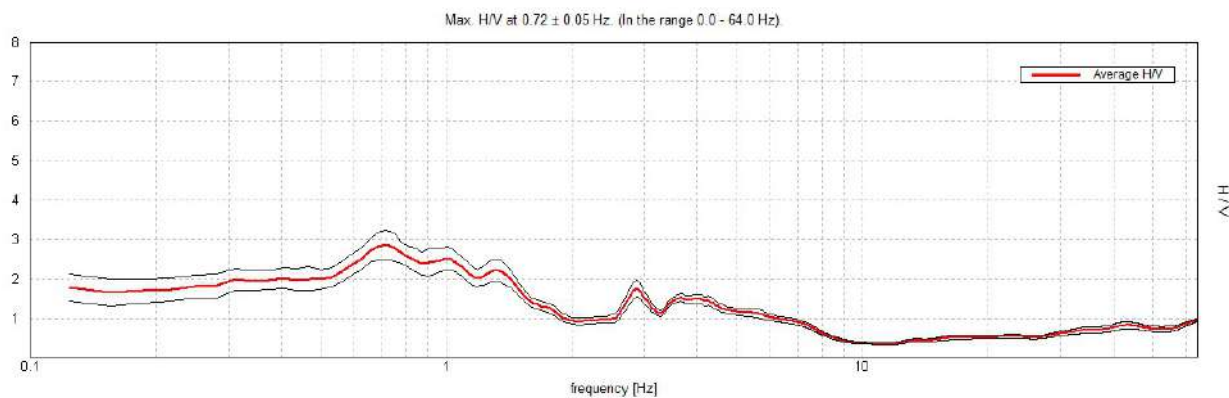
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

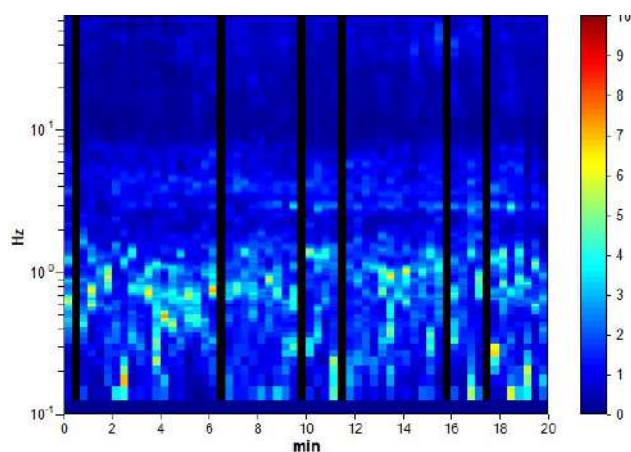
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

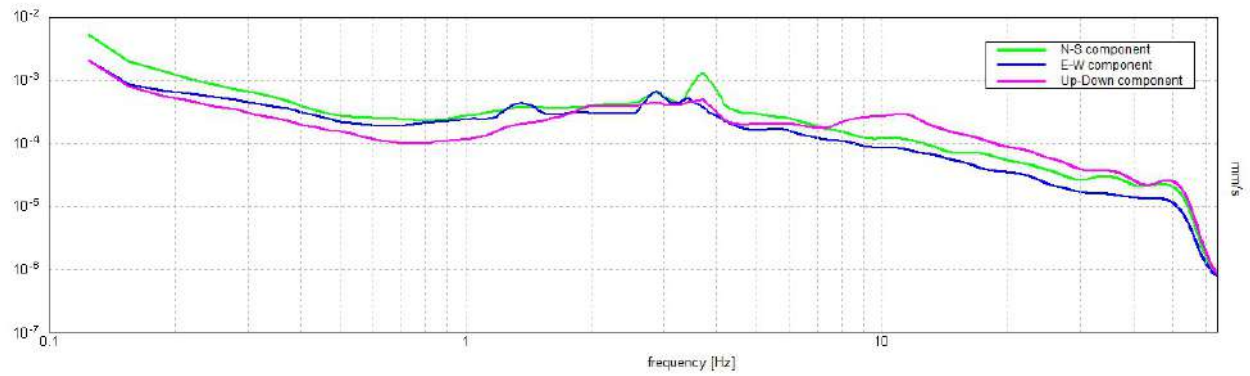
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



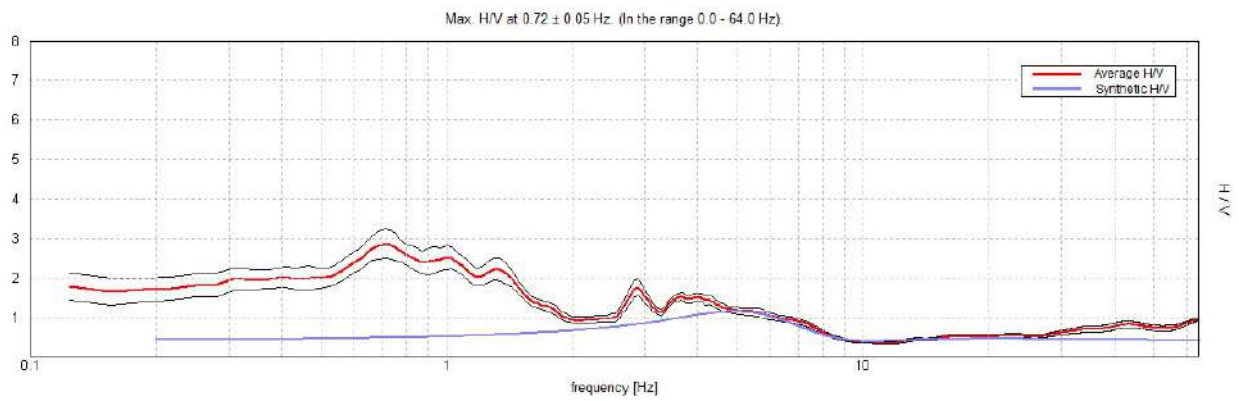
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

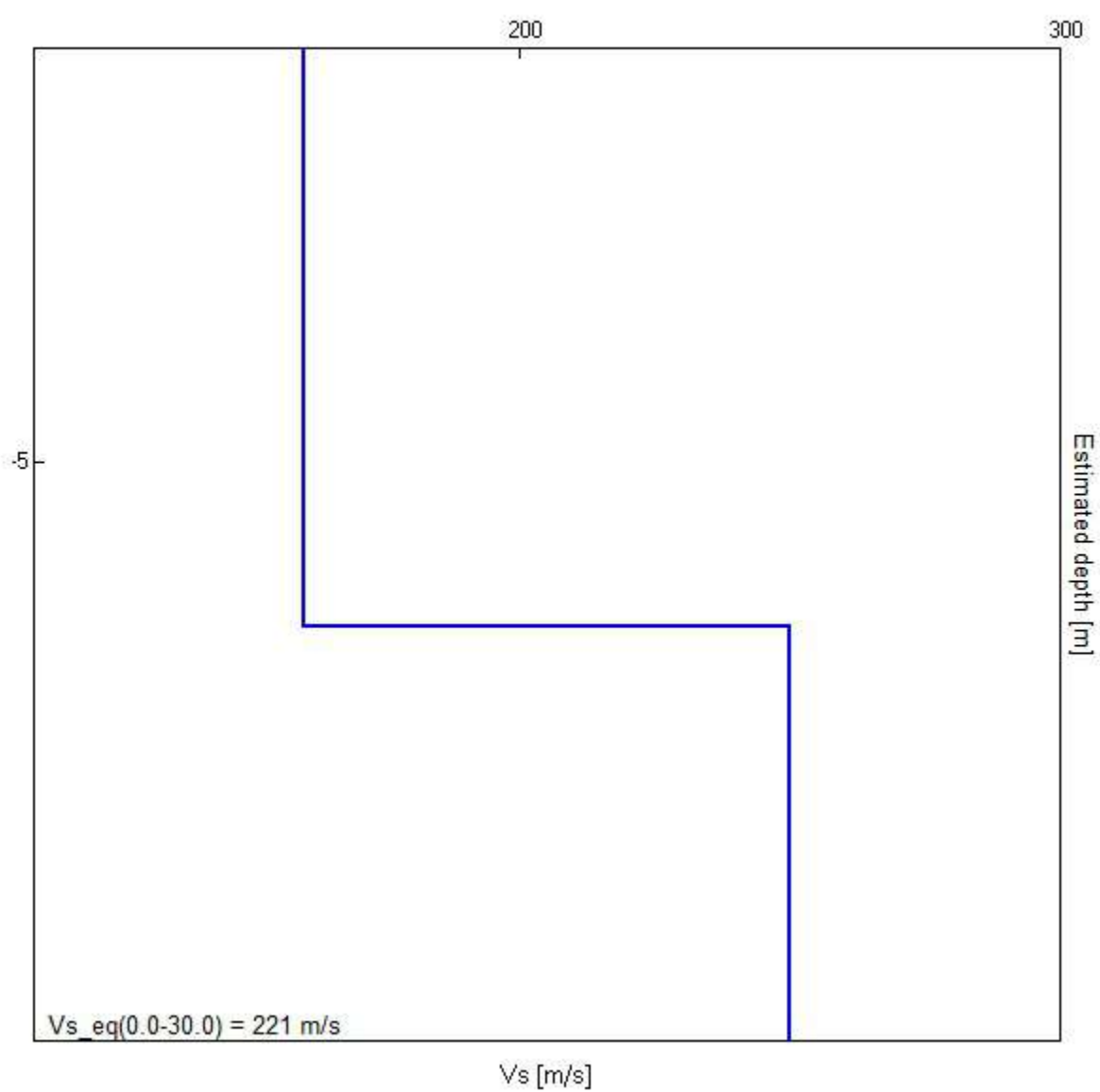


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	7.00	160	0.45
inf.	inf.	250	0.45

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 221 \text{ m/s}$$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.72 ± 0.05 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$776.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 35 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.86 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0695 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04996 < 0.10781$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3689 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

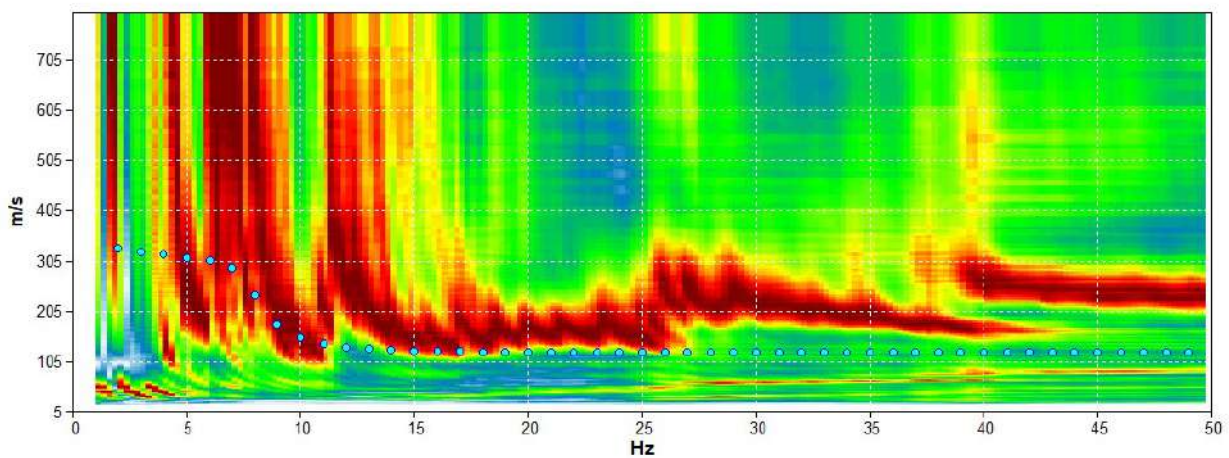
8469_CED_4, [Z] MASW

Start recording: 10/06/2025 10:01:53 End recording: 10/06/2025 10:17:50
Trace length: 0h00'02". Analyzed 90% trace (manual window selection)
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16

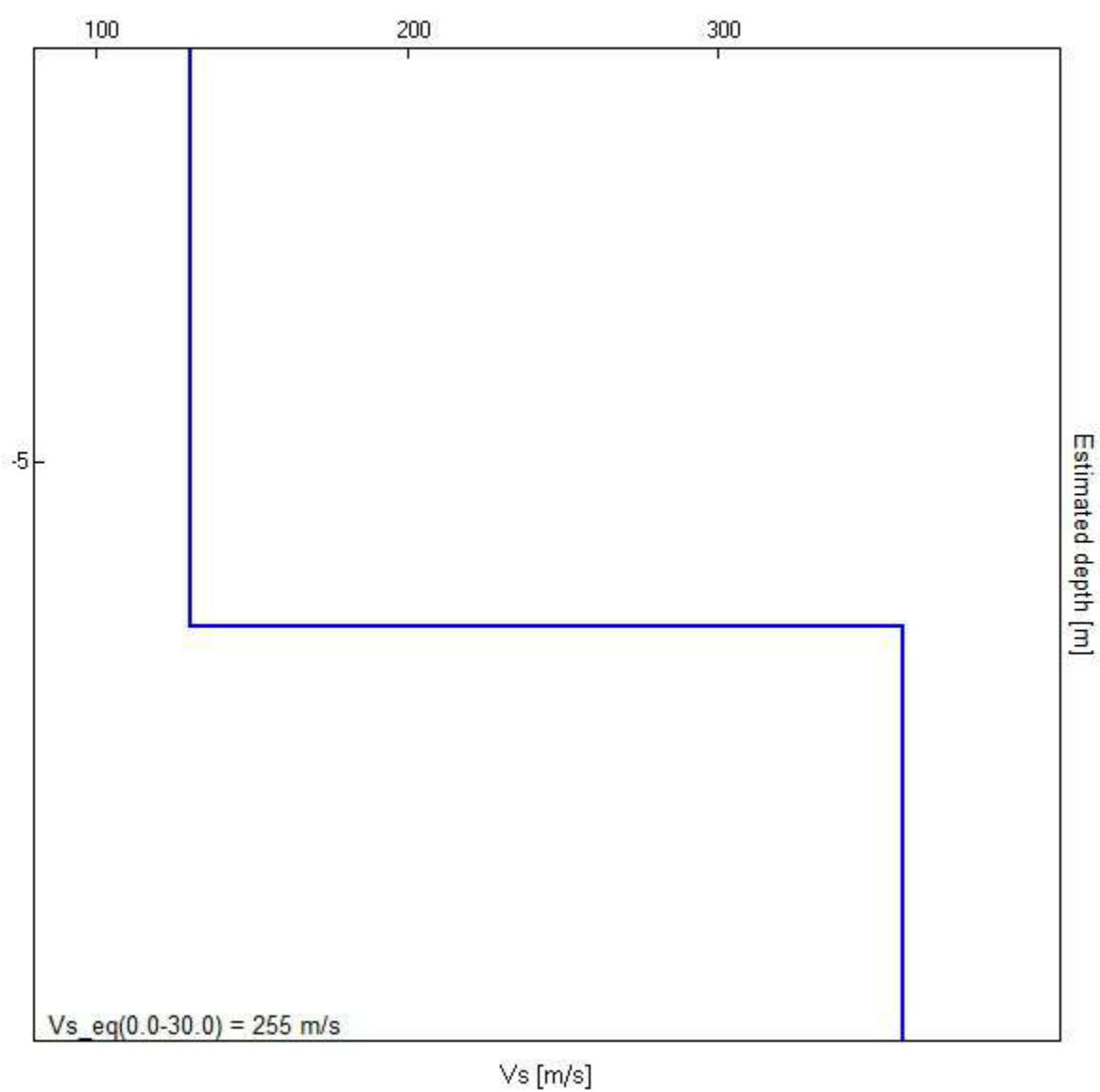
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	7.00	130	0.45
inf.	inf.	360	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 255 m/s



8469_CED_4, HVSR

Instrument: TEB-0574/01-21

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 179

Start recording: 10/06/2025 09:07:16 End recording: 10/06/2025 09:27:16

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; wless trig.

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 97% trace (manual window selection)

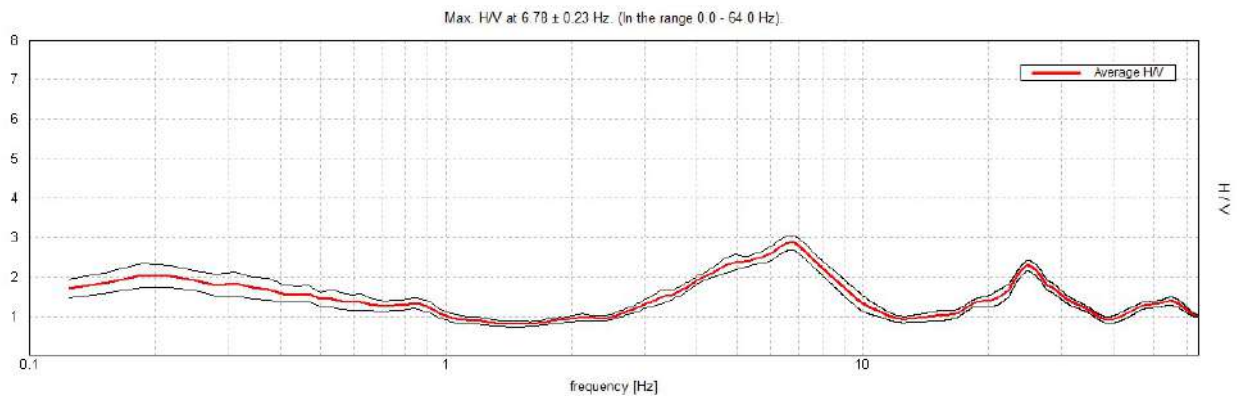
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

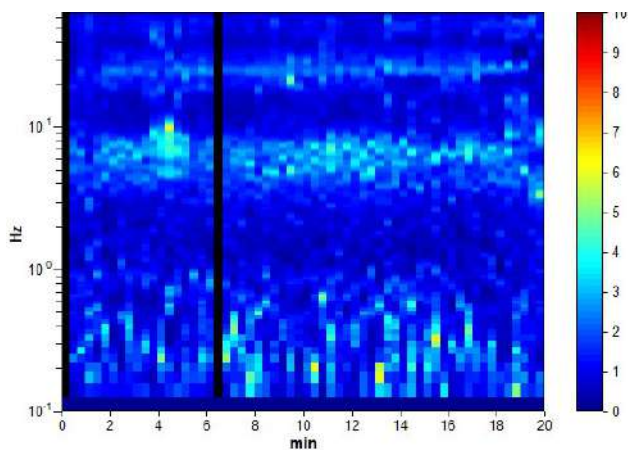
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

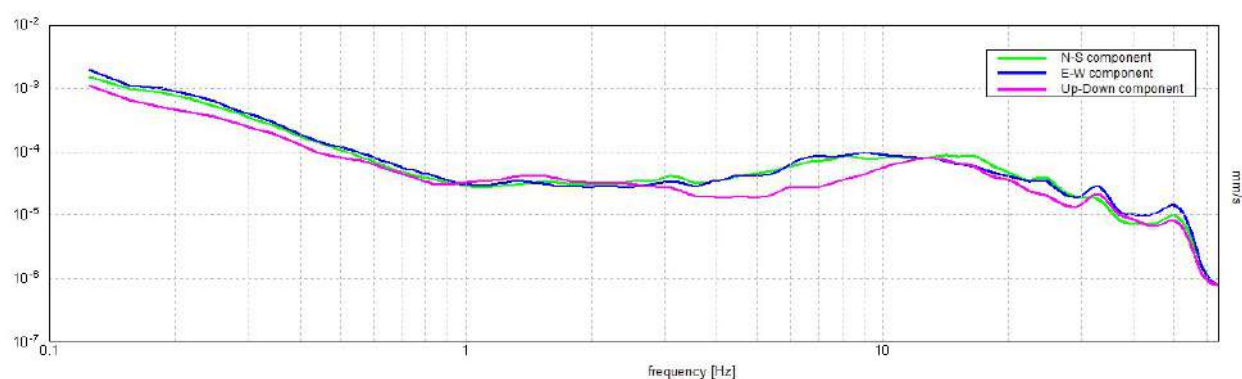
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



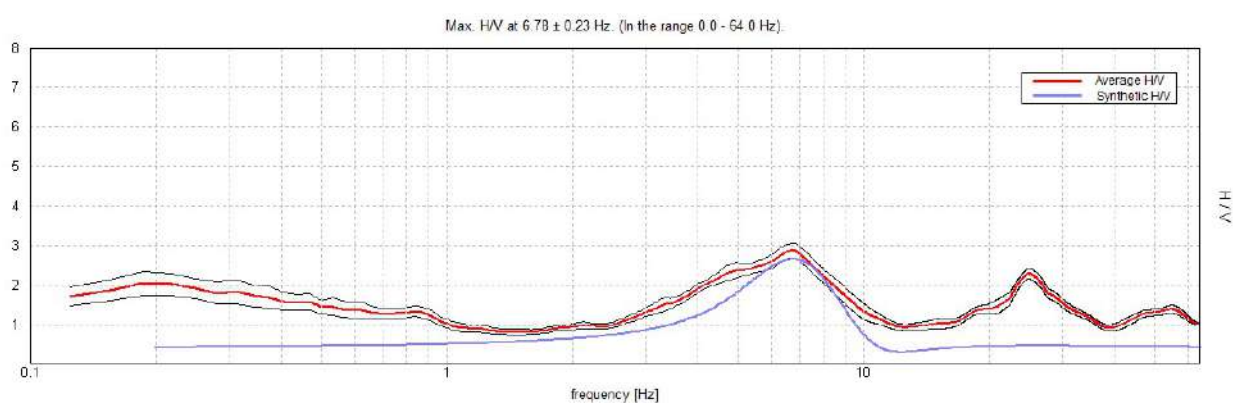
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

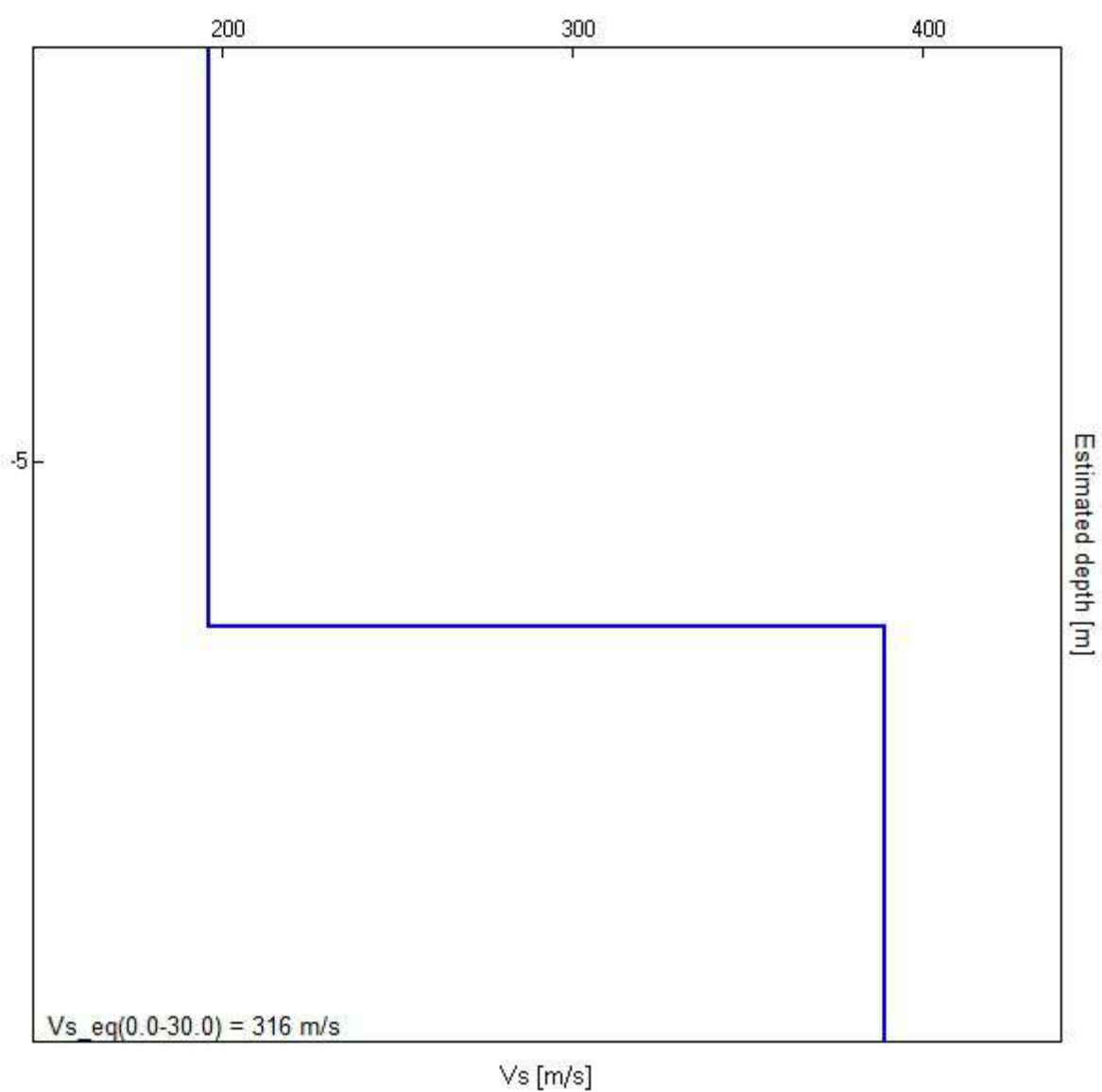


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	7.00	196	0.45
inf.	inf.	389	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 316 m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 6.78 ± 0.23 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7866.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 327 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.87 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03412 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.23139 < 0.33906$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1858 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

SCHEDA

-  Punto, numero e quota ciglio argine
-  Punto, numero e quota fondo argine
-  Punto, numero e quota marker
-  Cedimento
-  Linea di ciglio strada
-  Linea di fondo argine
-  Linea di ciglio argine
-  Punto di vista fotografia
-  Punto, numero e quota centro strada
-  Punto, numero e quota
strendimento geoelettrica
-  Punto, numero e quota generico
-  Ubicazione prove penetrometriche di
tipo statico (CPT)
-  Indagine HVSR
-  Stendimento MASW
-  Stendimento Geoelettrico
-  Linea di sezione

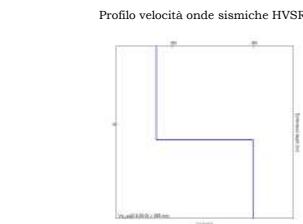
È stata eseguita una prospezione geoelettrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 53 m disposto longitudinalmente rispetto all'argine del fiume Po, in corrispondenza del tratto denominato Cedimento 1 in comune di Polesine-Zibello dove sono stati osservati cedimenti e potenziali instabilità laterali. La profondità massima di indagine è di circa 11 m dal piano campagna.

Verticalmente la sezione si può dividere in tre porzioni, che per conferire maggiore contrasto sono state identificate da due linee fucsia:

- Zona superficiale (0-2 m): prevalgono valori elevati ($> 80 \Omega\text{-m}$, in giallo-rosso), interpretabili come materiali sciolti o parzialmente asciutti, con possibile presenza di materiale arido (ghiaie o sabbie grossolane asciutte) potenzialmente associabile allo strato di base dell'infrastruttura viaria.
- Zona intermedia (2-7 m): si osserva un'ampia fascia continua a bassa resistività ($8-26 \Omega\text{-m}$, in blu), estesa trasversalmente lungo quasi tutto il profilo. Questo è il nucleo del rilevato arginale realizzato con materiali limoso argillosi compatti e proprio per le caratteristiche litologiche caratterizzati da un elevato contenuto d'acqua interstiziale.
- Zona basale ($> 7 \text{ m}$): si rilevano valori medi ($40-80 \Omega\text{-m}$, in verde-giallo) compatibili con sedimenti sabbiosi o ghiaiosi più o meno saturi, che possono costituire livelli più permeabili.

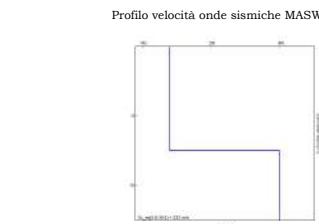
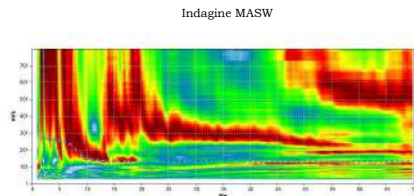
Ipotezzando una certa omogeneità litologica all'interno delle tre zone identificate, risulta assai interessante l'osservazione delle anomalie laterali all'interno della stessa zona. Nell'ipotesi, sostanzialmente attendibile di una certa uniformità litologica, del contenuto di acqua, del grado di saturazione ed ovviamente in assenza di differenti condizioni di salinità, le variazioni nella resistività dei terreni possono ragionevolmente indicare una variazione nello stato di addensamento dei terreni. Una riduzione locale del valore di resistività può evidenziare un detensionamento, una riduzione dell'addensamento, come nel caso osservato di un cedimento laterale del manufatto. Nel caso specifico sono ben visibili delle anomalie nei valori di resistività nella zona superficiale tra i 16 ed i 20 metri, così come tra i 30 ed i 37 metri. Questi detensionamenti sono ben correlabili ai maggiori cedimenti con espansione laterale dei rilevati arginali. Per contro, alla riduzione nell'addensamento della zona superficiale, corrisponde nella seconda zona, un certo aumento della resistività e quindi dell'addensamento. Questo ipoteticamente a significare che lo strato superficiale granulare di ripartizione dei carichi, venendo ad essere alterato, comporti una maggiore diffusione dei carichi in profondità.

Anche la linea fucsia tracciata all'interfaccia tra le varie zone individuate, vede due punti di flesso a circa 15 e 39 metri che denotano un'anomalia del tratto centrale.



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.00	6.00	180	0.45
inf.	inf.	300	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 265 m/s



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson
7.50	7.50	140	0.42
inf.	inf.	300	0.42

Vs_eq (0.0-38.0) = 233 m/s

Litotipi limo argillosi mediamente consistenti - Intervallo (A)

Natura coesiva

- $\gamma: 1.80 \text{ t/mc} = 17.65 \text{ kN/mc}$
- $\gamma_{\text{SAT}}: 1.90 \text{ t/mc} = 18.63 \text{ kN/mc}$
- $\gamma: 0.90 \text{ t/mc} = 8.83 \text{ kN/mc}$
- $\text{Cu}: 0.90 \text{ kg/cm}^2 = 88.26 \text{ kPa}$
- $\text{E}: 50 \text{ kg/cm}^2 = 4.90 \text{ MPa}$

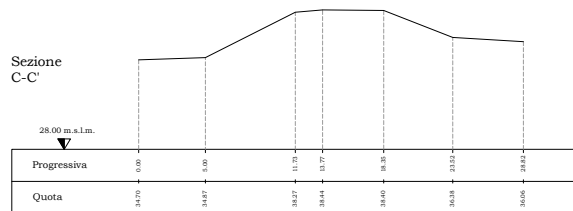
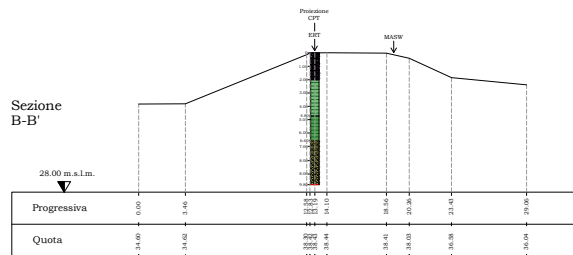
Litotipi limo argillosi consistenti
Intervallo (B)
Natura coesiva

- γ : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
- γ_{SAT} : 1.90 t/mc = 18.63 kN/mc
- γ : 0.90 t/mc = 8.83 kN/mc
- Cu: 1.20 kg/cm2 = 117.68 kPa
- E: 120 kg/cmq = 11.77 MPa

Litotipi sabbioso limosi addensati
Intervallo (C)
Natura granulare
- γ : 1.70 t/mc = 16.67 kN/mc
- γ SAT: 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
- γ' : 0.80 t/mc = 7.85 kN/mc
- Φ : 30°
- E: 50 kg/cmq = 26.48 MPa

Sezione A-A'

Progressiva	Quota
0+00	34.00
3+00	34.51
6+00	35.72
9+00	35.72
11+00	36.00
13+00	36.00
15+00	35.41
20+00	34.44
23+00	34.00
25+00	34.00



Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.

Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colomo e del Fiume Po" in Comune di Sissa Trecasali,

tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale

AIPo
Agenzia Interregionale per il Fiume Po

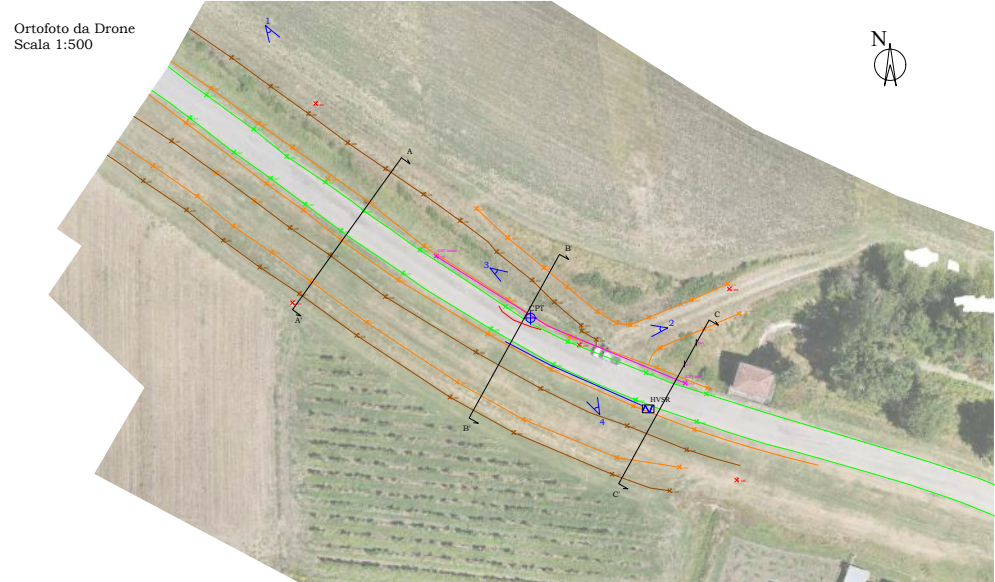
Strada Giuseppe Garibaldi, 75
43121 Parma PR

MaC Studio Tecnico e Geologico
CO WORKING

Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari
Via A. Cotti 13 - 43035 San Michele Tiorre - Felino - PR
tel. 0521 336192 - fax 0521 336193
e-mail: info@studiomac.it

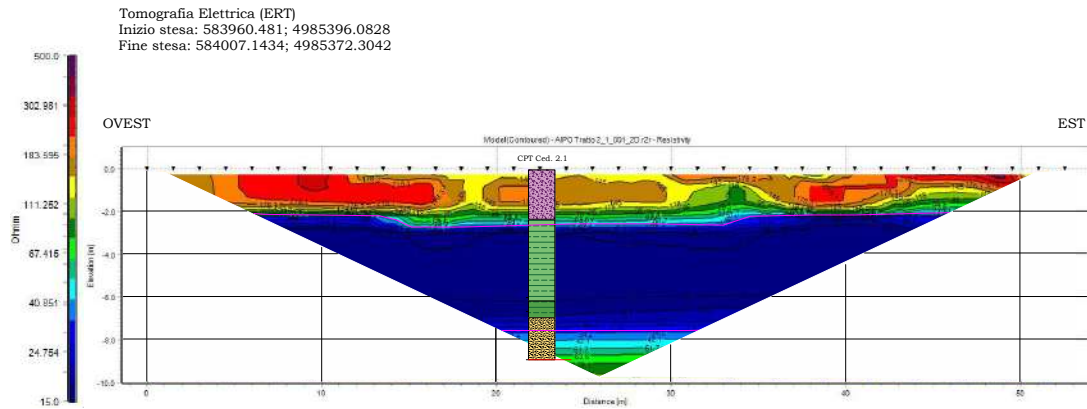
Geol. Vanessa Bonaccio
Geol. Geom. Luca Calabrese
Dott. Amb. Riccardo Gardin
Arch. Stefania Gardin
Ing. Roberto Giovannelli
Dott. Riccardo Mazzolini
Geol. Federica Perrino
Geom. Manuel Pionetti
Rag. Concetta Priotto
Ing. Massimo Ribolini
Geol. Matteo Tanzi

Oggetto: TAVOLA DELLE INDAGINI CEDIMENTO TRATTO 1		Tavola: SCHEDA 1	
Disegnatore:	File: 8469_Scheda_1	Formato: A0	Data: 13/08/2025 Scala:
N°	Modifiche	Data	Visto
A	REV 01	27/08/2025	
B			



Legenda:

- Punto, numero e quota ciglio argine
- Punto, numero e quota fondo argine
- Punto, numero e quota marker
- Cedimento
- Linea di ciglio strada
- Linea di fondo argine
- Linea di ciglio argine
- Punto di vista fotografia
- Punto, numero e quota centro strada
- Punto, numero e quota strendimento geoelettrica
- Punto, numero e quota generico
- Ubicazione prove penetrometriche di tipo statico (CPT)
- Indagine HVSR
- Stendimento MASW
- Stendimento Geoelettrico
- Linea di sezione



ERT Cedimento Tratto 2.1

È stata eseguita una prospezione geoelettrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 53 m disposto longitudinalmente rispetto all'argine del fiume Po, in corrispondenza del tratto denominato Cedimento 2.1 in comune di Polesine-Zibello dove sono stati osservati cedimenti e potenziali instabilità laterali. La profondità massima di indagine è di circa 10 m dal piano campagna.

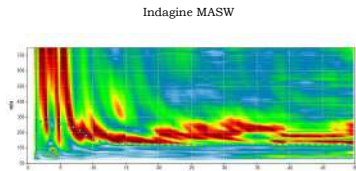
L'elaborazione dei dati, acquisiti con configurazione Wenner, mostra una marcata variabilità verticale della resistività elettrica (valori compresi tra ~15 e ~500 $\Omega\cdot m$), mentre mostra una buona continuità laterale.

Verticalmente la sezione si può dividere in tre porzioni, che per conferire maggiore contrasto sono state identificate da due linee fucsia:

- Zona superficiale (0–2 m): prevalgono valori elevati ($> 60 \Omega\cdot m$, in verde-giallo-rosso), interpretabili come materiali sciolti o parzialmente asciutti, con possibile presenza di ghiaie o sabbie grossolane asciutte.
- Zona intermedia (2–7 m): si osserva un'ampia fascia continua a bassa resistività (8–30 $\Omega\cdot m$, in blu), estesa trasversalmente lungo tutto il profilo. Questo è il nucleo del rilevato arginale realizzato con materiali limoso argillosi compatti e proprio per le caratteristiche litologiche caratterizzati da un elevato contenuto d'acqua interstiziale.
- Zona basale (>7 m): si rilevano valori medi (40–100 $\Omega\cdot m$, in azzurrino e verde) compatibili con sedimenti sabbiosi o ghiaiosi più o meno saturi, che possono costituire livelli più permeabili.

Ipotizzando una certa omogeneità litologica all'interno delle tre zone identificate, risulta assai interessante l'osservazione delle anomalie laterali all'interno della stessa zona. Nell'ipotesi, sostanzialmente attendibile di una certa uniformità litologica, del contenuto di acqua, del grado di saturazione ed ovviamente in assenza di differenti condizioni di salinità, le variazioni nella resistività dei terreni possono ragionevolmente indicare una variazione nello stato di addensamento dei terreni. Una riduzione locale del valore di resistività può evidenziare un detensionamento, una riduzione dell'addensamento, come nel caso osservato di un cedimento laterale del manufatto. Nel caso specifico sono ben visibili delle anomalie nei valori di resistività nella zona superficiale tra i 15 e 36 metri. Questi detensionamenti sono ben correlabili ai maggiori cedimenti con espansione laterale dei rilevati arginali. Per contro, alla riduzione nell'addensamento della zona superficiale corrisponde, nella seconda zona, un certo aumento della resistività e quindi dell'addensamento. Questo ipoteticamente sta a significare che lo strato superficiale granulare di ripartizione dei carichi, venendo ad essere alterato, comporti una maggiore diffusione dei carichi in profondità. Anche la linea fucsia tracciata all'interfaccia tra le varie zone individuate, vede due punti di flesso a circa 15 e 35 metri che denotano un'anomalia del tratto centrale.

Indagini sismiche



Profilo velocità onde sismiche HVSR



Profilo velocità onde sismiche MASW

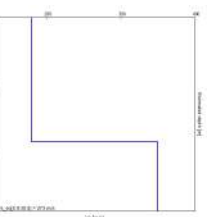


Tavola velocità di propagazione onde sismiche HVSR

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.00	0.42	183	0.42
inf.	328		0.42

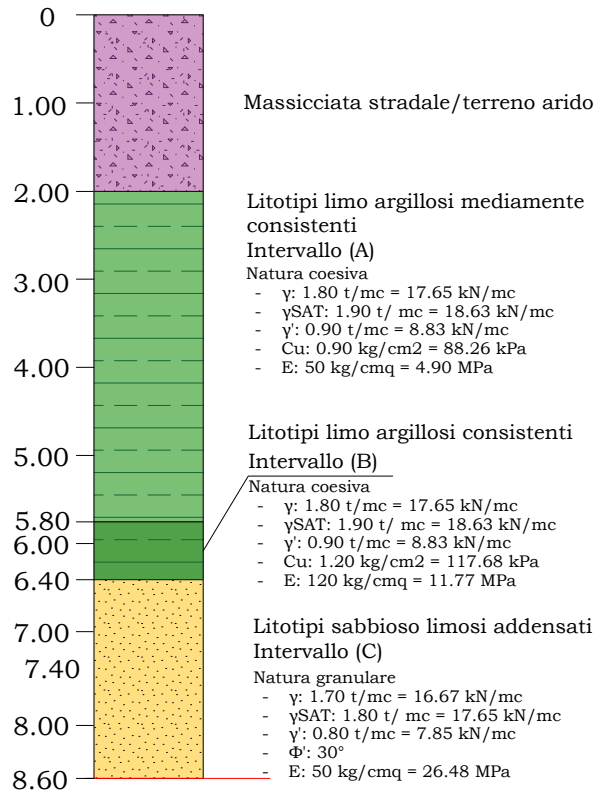
$V_{s,eq}(0.0-30.0) = 264$ m/s

Tavola velocità di propagazione onde sismiche MASW

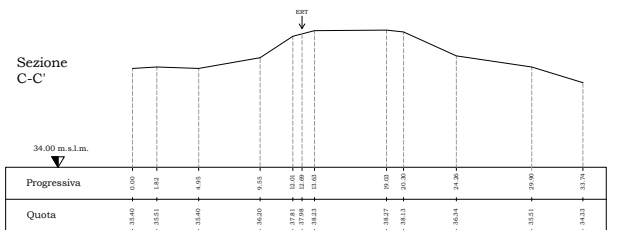
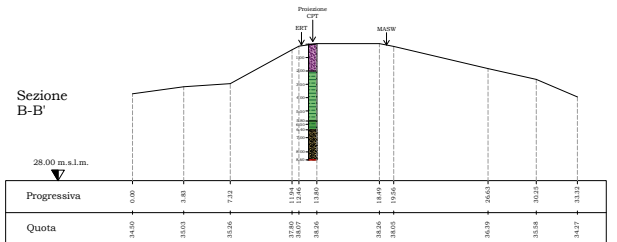
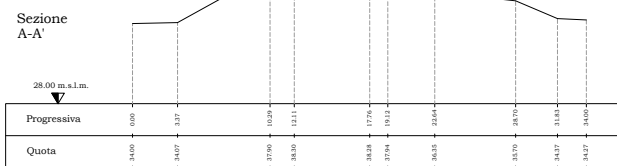
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.00	0.42	180	0.42
inf.	250		0.42

$V_{s,eq}(0.0-30.0) = 273$ m/s

Stratigrafia prova penetrometrica CPT Fuori scala



Sezioni Stato di Fatto Scala verticale 1:200



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.

Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colomo e del Fiume Po" in Comune di Sissa Trecasali,

tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale

Committente:



Strada Giuseppe Garibaldi, 75
43121 Parma PR

Progettazione interventi:

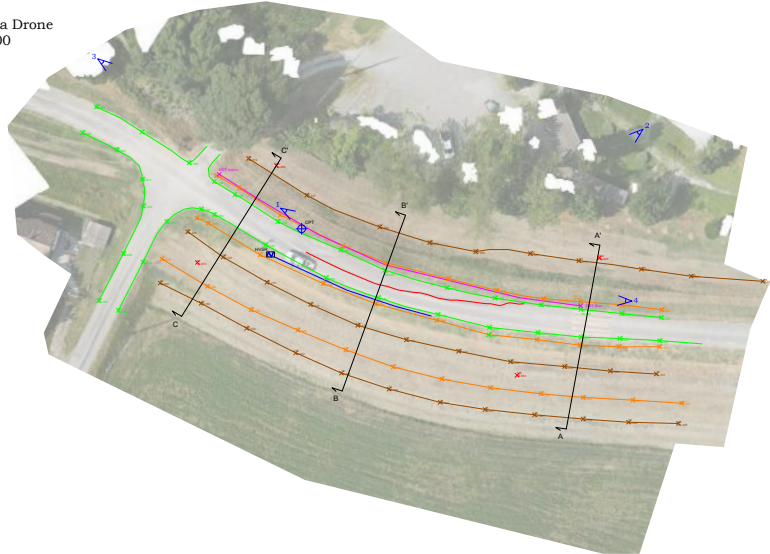


Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari
Via A. Cotti 13 - 43035 San Michele Tiorre - Felino - PR
tel. 0521 336192 - fax 0521 336193
e-mail: info@studomac.it

Geol. Vincenzo Bonaccorsi
Geol. Geom. Luca Calzolari
Geol. Arch. Giovanni Geronzi
Arch. Roberto Geronzi
Geol. Federico Pizzani
Geom. Massimo Pizzani
Ing. Concetta Pizzani
Ing. Massimo Pizzani
Geol. Matteo Tassi

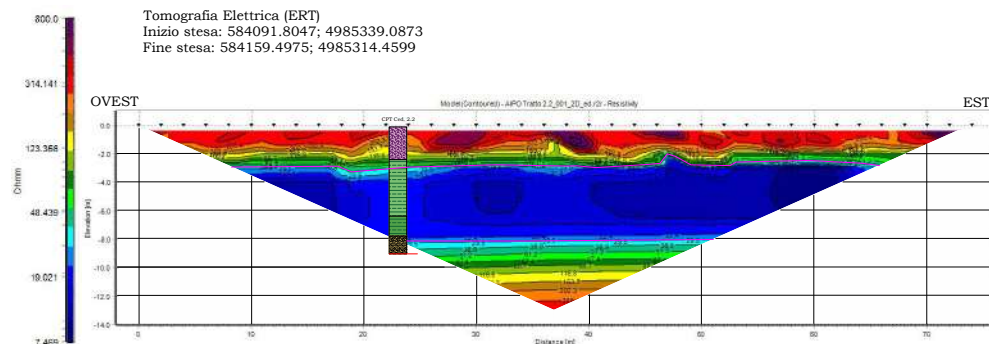
Oggetto:		TAVOLA DELLE INDAGINI CEDIMENTO TRATTO 2.1		Tavola:	
Disegnatore:		Formato:		Data:	
N°:		A0		13/08/2025	
A:		REV_01		Visto	
B:				29/08/2025	

Ortofoto da Drone
Scala 1:500



Legenda

- Punto, numero e quota ciglio argine
- Punto, numero e quota fondo argine
- Punto, numero e quota marker
- Cedimento
- Linea di ciglio strada
- Linea di fondo argine
- Linea di ciglio argine
- Punto di vista fotografia
- Punto, numero e quota centro strada
- Punto, numero e quota strendimento geoelettrica
- Punto, numero e quota generico
- Ubicazione prove penetrometriche di tipo statico (CPT)
- Indagine HVSR
- Stendimento MASW
- Stendimento Geoelettrico
- Linea di sezione



ERT Cedimento Tratto 2.2

È stata eseguita una prospezione geoelettrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 72.5 m disposto longitudinalmente rispetto all'argine del fiume Po, in corrispondenza del tratto denominato Cedimento 2.2 in comune di Polesine-Zibello dove sono stati osservati cedimenti e potenziali instabilità laterali. La profondità massima di indagine è di circa 13 m dal piano campagna.

L'elaborazione dei dati, acquisiti con configurazione Wenner, mostra una marcata variabilità verticale della resistività elettrica (valori compresi tra ~7 e ~800 $\Omega\cdot m$), mentre mostra una buona continuità laterale.

La sezione si può dividere in tre porzioni:

- Zona superficiale (0-2.5 m): prevalgono valori elevati (> 50-60 $\Omega\cdot m$, in verde-giallo-rosso), interpretabili come materiali sciolti o parzialmente asciutti, con possibile presenza di ghiaie o sabbie grossolane asciutte.
- Zona intermedia (2.5-8 m): si osserva un'ampia fascia continua a bassa resistività (7-40 $\Omega\cdot m$, in blu), estesa lungo tutto il profilo, indicativa di depositi limoso-argillosi saturi o di un elevato contenuto d'acqua interstiziale.
- Zona basale (>8 m): si rilevano valori medi (50-300 $\Omega\cdot m$, in verde-giallo-rosso) compatibili con sedimenti sabbiosi o ghiaiosi più o meno saturi, che possono costituire livelli più permeabili.

Ipotizzando una certa omogeneità litologica all'interno delle tre zone identificate, risulta assai interessante l'osservazione delle anomalie laterali all'interno della stessa zona. Nell'ipotesi, sostanzialmente attendibile di una certa uniformità litologica, del contenuto di acqua, del grado di saturazione ed ovviamente in assenza di differenti condizioni di salinità, le variazioni nella resistività dei terreni possono ragionevolmente indicare una variazione nello stato di addensamento dei terreni. Una riduzione locale del valore di resistività può evidenziare un detensionamento, una riduzione dell'addensamento, come nel caso osservato di un cedimento laterale del manufatto. Nel caso specifico sono ben visibili delle anomalie nei valori di resistività nella zona superficiale tra i 16 ed i 20 metri, così come tra i 46 ed i 52 metri. Questi detensionamenti sono ben correlabili ai maggiori cedimenti con espansione laterale dei rilevati arginali. Per contro, alla riduzione nell'addensamento della zona superficiale corrisponde, nella seconda zona, un certo aumento della resistività e quindi dell'addensamento. Questo ipoteticamente a significare che lo strato superficiale granulare di ripartizione dei carichi, venendo ad essere alterato, compori una maggiore diffusione dei carichi in profondità. Anche la linea fucsia tracciata all'interfaccia tra le varie zone individuate, vede due punti di flesso a circa 19 e 52 metri che denotano un'anomalia del tratto centrale.

Mentre il limite tra la zona intermedia e basale risulta molto lineare, sintomo di un contatto stratigrafico più regolare e una probabile distribuzioni dei carichi invariata nel tempo.

Indagini sismiche

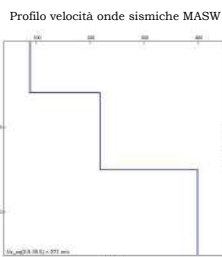
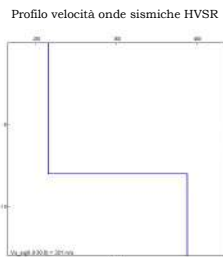
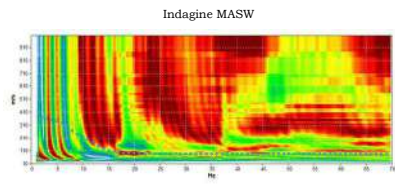
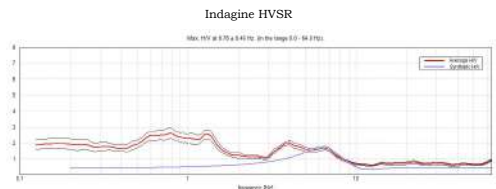


Tabella velocità di propagazione onde sismiche HVSr

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
6.00	6.00	216	0.42
inf.	inf.	389	0.42

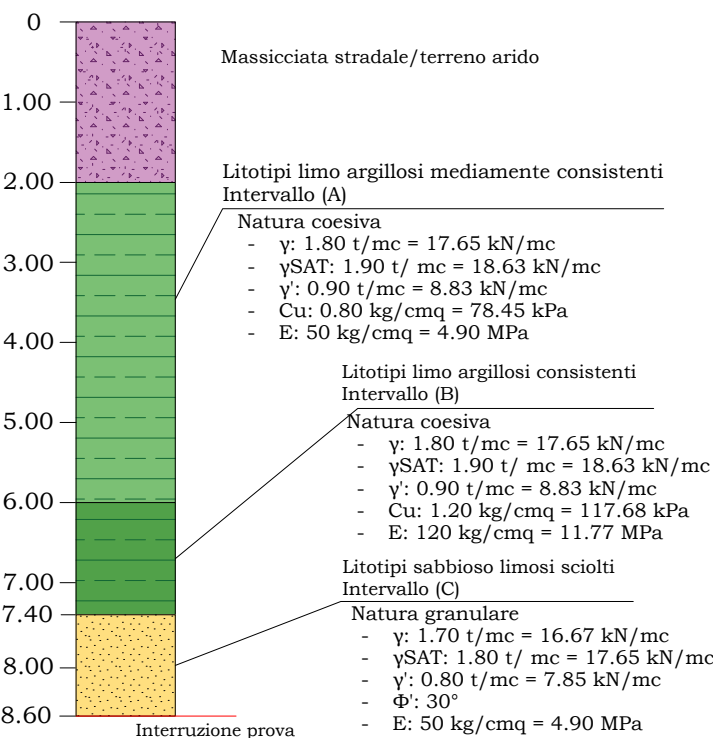
Vs_eq (0.0-30.0) = 321 m/s

Tabella velocità di propagazione onde sismiche MASW

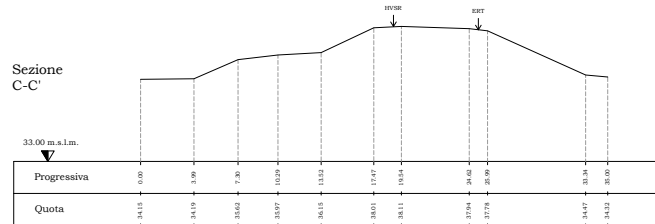
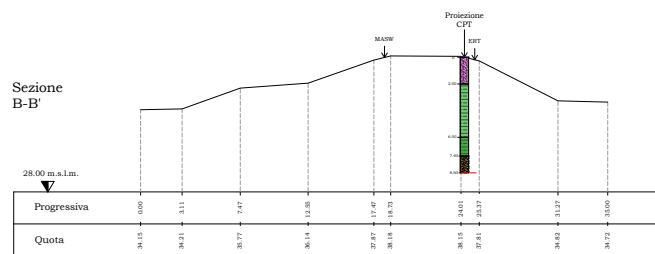
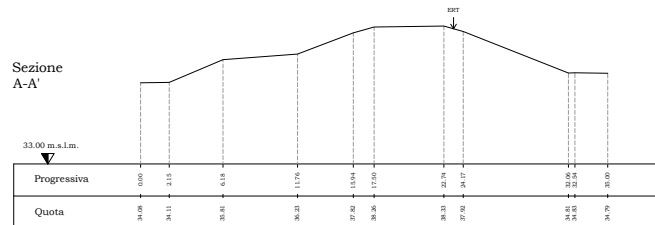
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	90	0.42
7.50	4.50	220	0.42
inf.	inf.	400	0.42

Vs_eq (0.0-30.0) = 273 m/s

Stratigrafia prova penetrometrica CPT Fuori scala



Sezioni Stato di Fatto Scala verticale 1:200



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento. Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colorno e del Fiume Po' in Comune di Sissa Trecasali, tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale

Committente:



Strada Giuseppe Garibaldi, 75
43121 Parma PR

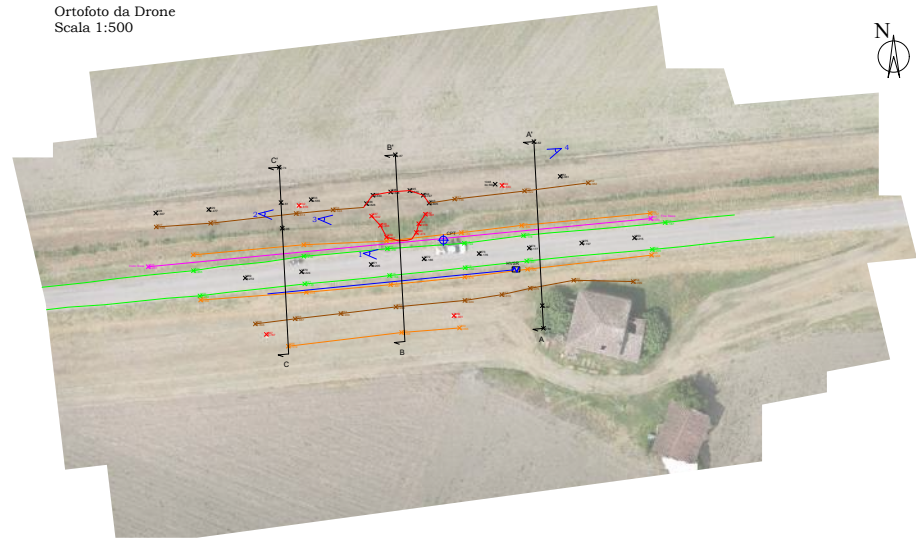
Progettazione interventi:



Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari
Via A. Cotti 13 - 43035 San Michele Tiorre - Felino - PR
tel. 0521 336192 - fax 0521 336193
e-mail: info@studiomac.it

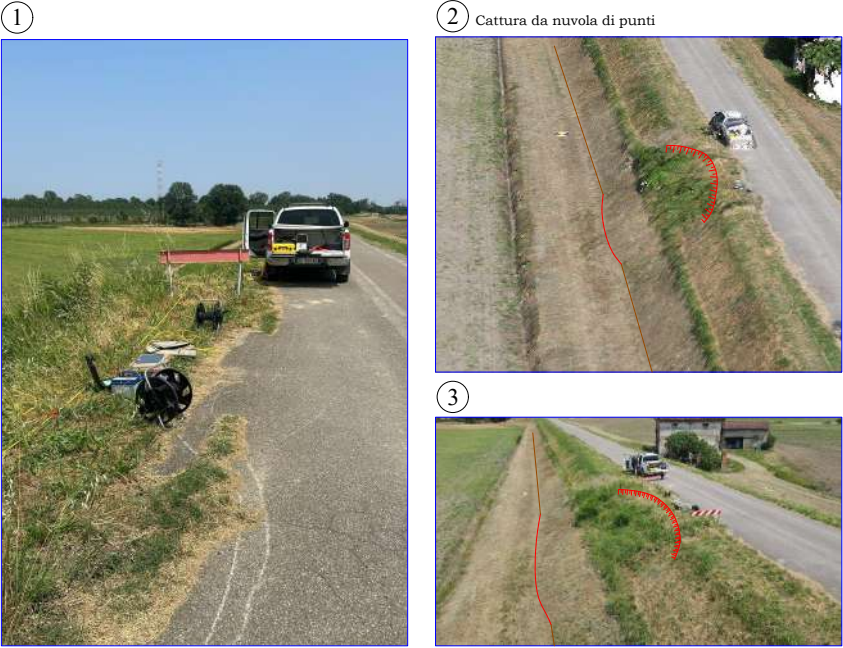
Geol. Vincenzo Bonaccio
Geol. Geom. Luca Calzolari
Geol. Arch. Giovanni Gariboldi
Arch. Roberto Gariboldi
Ing. Roberto Gariboldi
Ing. Roberto Gariboldi
Geol. Federico Pizzani
Geom. Massimo Pizzani
Ing. Concetta Pizzani
Ing. Massimo Pizzani
Geol. Massimo Pizzani

Oggetto:		Tavola:	
TAVOLA DELLE INDAGINI CEDIMENTO TRATTO 2.2		SCHEDA 2.2	
Disegnatore:	File: 8469_Scheda_1	Formato:	A0
N°:	Modifiche	Data:	13/08/2025
A:	REV_01	29/08/2025	Visto
B:			

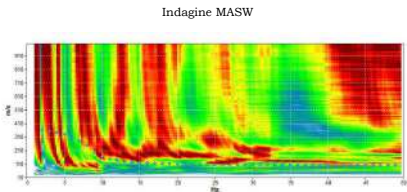
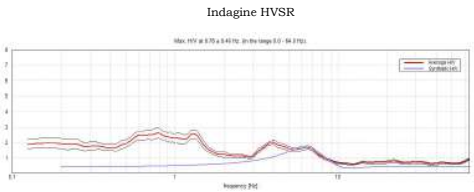


Legenda

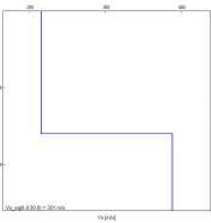
- Punto, numero e quota ciglio argine
- Punto, numero e quota fondo argine
- Punto, numero e quota marker
- Cedimento
- Linea di ciglio strada
- Linea di fondo argine
- Linea di ciglio argine
- Punto di vista fotografia
- Punto, numero e quota centro strada
- Punto, numero e quota strendimento geoelettrica
- Punto, numero e quota generico
- Ubicazione prove penetrometriche di tipo statico (CPT)
- Indagine HVSR
- Stendimento MASW
- Stendimento Geoelettrico
- Linea di sezione



Indagini sismiche



Profilo velocità onde sismiche HVSR



Profilo velocità onde sismiche MASW

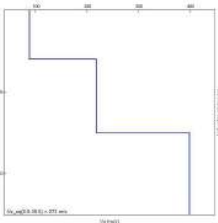


Tabella velocità di propagazione onde sismiche HVSR

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
6.50	200	200	0.45
inf.	330	330	0.45

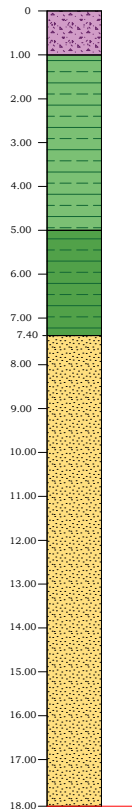
Vs_eq (0.0-30.0) = 289 m/s

Tabella velocità di propagazione onde sismiche MASW

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.20	3.20	110	0.45
7.80	4.60	150	0.45
inf.	inf.	400	0.40

Vs_eq (0.0-30.0) = 260 m/s

Stratigrafia prova penetrometrica CPT
Fuori scala



Massicciata stradale/terreno arido

Litotipi limo argillosi mediamente consistenti
Intervallo (A)

- Natura coesiva
- γ : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
 - γ_{SAT} : 1.90 t/mc = 18.63 kN/mc
 - γ' : 0.90 t/mc = 8.83 kN/mc
 - Cu : 0.80 kg/cm² = 78.45 kPa
 - E : 50 kg/cm² = 4.90 MPa

Litotipi limo argillosi consistenti
Intervallo (B)

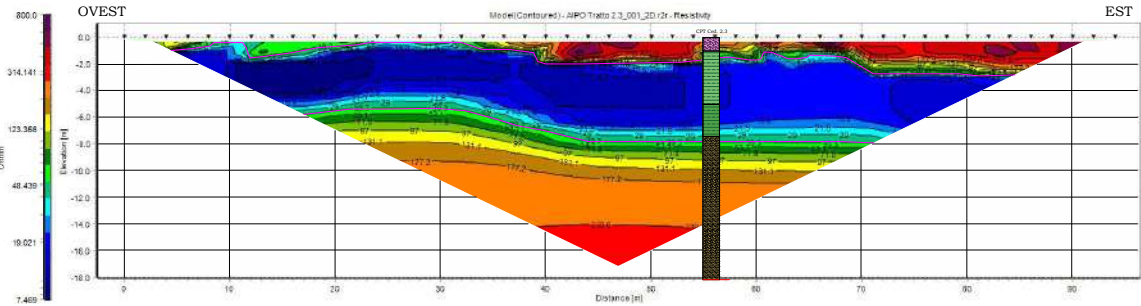
- Natura coesiva
- γ : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
 - γ_{SAT} : 1.90 t/mc = 18.63 kN/mc
 - γ' : 0.90 t/mc = 8.83 kN/mc
 - Cu : 1.20 kg/cm² = 117.68 kPa
 - E : 120 kg/cm² = 11.77 MPa

Litotipi sabbioso limosi addensati
Intervallo (C)

- Natura granulare
- γ : 1.70 t/mc = 16.67 kN/mc
 - γ_{SAT} : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
 - γ' : 0.80 t/mc = 7.85 kN/mc
 - Φ : 30°
 - E : 50 kg/cm² = 4.90 MPa

Interruzione prova

Tomografia Elettrica (ERT)
Inizio stesa: 584283.6152; 4985316.8052
Fine stesa: 584377.7311; 4985325.8253



ERT Cedimento Tratto 2.3

È stata eseguita una prospezione geoelettrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 94 m disposto longitudinalmente rispetto all'argine del fiume Po, in corrispondenza del tratto denominato Cedimento 2.3 in comune di Polesine-Zibello dove sono stati osservati cedimenti e potenziali instabilità laterali. La profondità massima di indagine è di circa 17 m dal piano campagna.

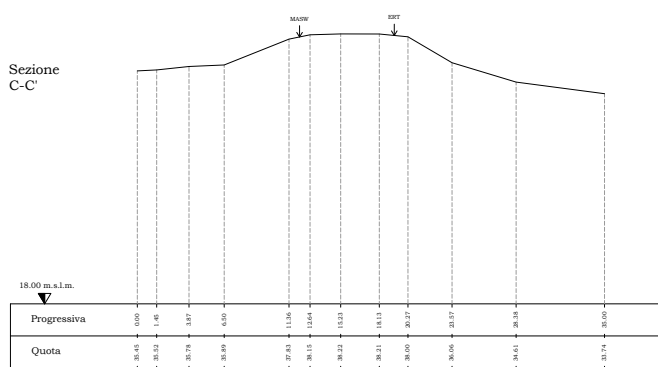
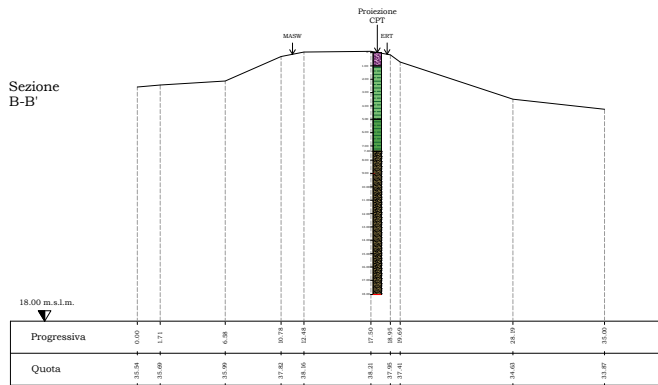
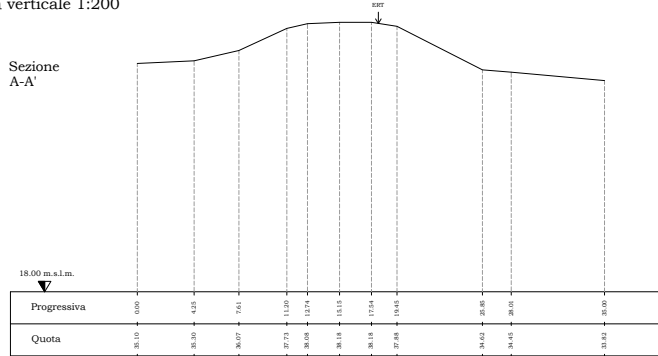
L'elaborazione dei dati, acquisiti con configurazione Wenner, mostra una marcata variabilità orizzontale e verticale della resistività elettrica (valori compresi tra ~7 e ~800 Ω m), mentre mostra una buona continuità laterale.

La sezione si può dividere in tre porzioni:

- Zona superficiale (0–2.5 m): prevalgono valori elevati (> 50-60 Ω m, in verde-giallo-rosso), interpretabili come materiali sciolti o parzialmente asciutti, con possibile presenza di ghiaie o sabbie grossolane asciutte.
- Zona intermedia (2.5–6/8 m): si osserva un'ampia fascia continua a bassa resistività (7–30 Ω m, in blu), estesa lungo tutto il profilo, indicativa di depositi limoso-argillosi saturi o di un elevato contenuto d'acqua interstiziale.
- Zona basale (>6/8 m): si rilevano valori medi (50–300 Ω m, in verde-giallo-rosso) compatibili con sedimenti sabbiosi o ghiaiosi più o meno saturi, che possono costituire livelli più permeabili.

In sintesi si può notare come il passaggio tra la zona superficiale e quella intermedia appare molto irregolare e ondulado, evidenziando evidenti discontinuità laterali lungo la stesa e suggerendo la possibile presenza di piccoli cedimenti, più o meno superficiali, in grado di modificare localmente la posizione di questo limite. Nella porzione centrale della stesa, lungo la zona interessata dai cedimenti riscontrati durante il sopralluogo, tra i metri 39-53 della stesa stessa si osserva un abbassamento di questo orizzonte, denotando una marcata anomalia laterale, e anche successivamente, tra i metri 68-94 si assiste al medesimo fenomeno. Anche il limite tra la zona intermedia e basale risulta leggermente ondulado con stessa geometria, anche se meno evidente, rispetto al limite superiore. Si può quindi ipotizzare che gli eventuali detensionamenti del terreno della porzione superficiale abbiano influito sulla distribuzione dei carichi fino ad interessare anche il limite inferiore dell'argine.

Sezioni Stato di Fatto
Scala verticale 1:200



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.

Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colorno e del Fiume Po" in Comune di Sissa Trecasali,

tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale

Comittente:



Progettazione interventi:

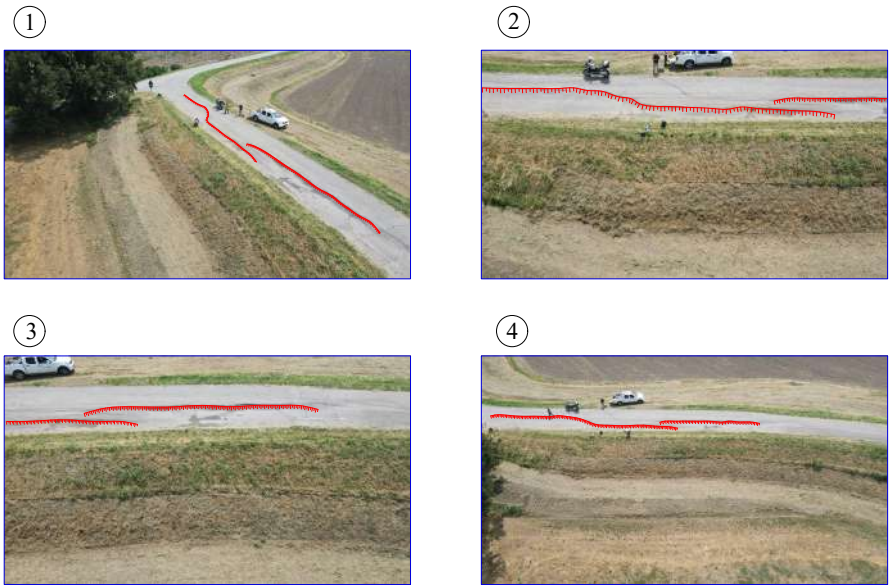


Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari
Via A. Cotti 13 - 43035 San Michele Tiorre - Felino - PR
tel. 0521 336192 - fax 0521 336193
e-mail: info@studiomac.it

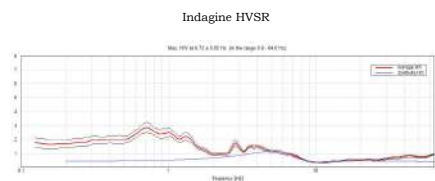
Geol. Vincenzo Bonaccorsi
Geol. Geom. Luca Calzolari
Geol. Arch. Giovanni Geronzi
Arch. Roberto Geronzi
Ing. Roberto Geronzi
Ing. Roberto Geronzi
Geol. Federico Pizzani
Geom. Massimo Pizzani
Ing. Concetta Pizzani
Ing. Massimo Pizzani
Geol. Matteo Tassi

Oggetto:		TAVOLA DELLE INDAGINI CEDIMENTO TRATTO 2.3		Tavola:	
				SCHEDA 2.3	
Disegnatore:	File:	Formato:	Data:	Scala:	
N°	8469_Scheda_1	A0	13/08/2025		
A	Modifiche			Visto	
B	REV_01		29/08/2025		

Ortofoto da Drone
Scala 1:500



Indagini sismiche



Profilo velocità onde sismiche HVSr

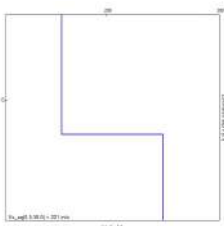
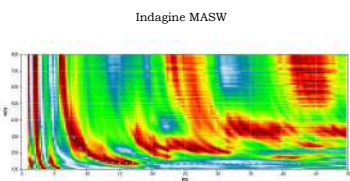


Tabella velocità di propagazione onde sismiche HVSr

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	inf.	160	0.45
inf.		250	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 221 m/s



Profilo velocità onde sismiche MASW

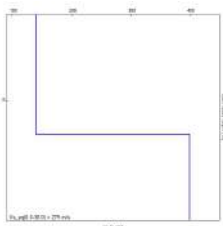


Tabella velocità di propagazione onde sismiche MASW

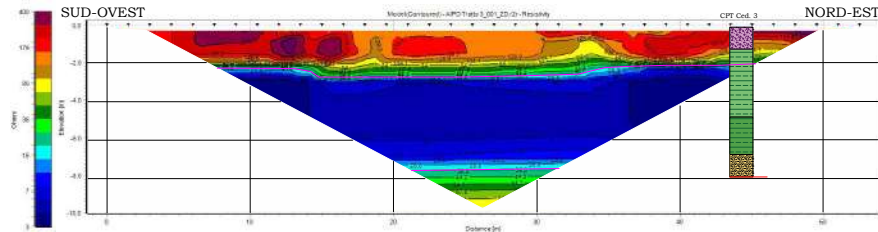
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	inf.	140	0.42
inf.		400	0.42

Vs_eq (0.0-30.0) = 279 m/s

Legenda

- Punto, numero e quota ciglio argine
- Punto, numero e quota fondo argine
- Punto, numero e quota marker
- Cedimento
- Linea di ciglio strada
- Linea di fondo argine
- Linea di ciglio argine
- Punto di vista fotografia
- Punto, numero e quota centro strada
- Punto, numero e quota strendimento geoelettrica
- Punto, numero e quota generico
- Ubicazione prove penetrometriche di tipo statico (CPT)
- Indagine HVSR
- Stendimento MASW
- Stendimento Geoelettrico
- Linea di sezione

Tomografia Elettrica (ERT)
Inizio stesa: 584552.8139; 4985345.2104
Fine stesa: 584599.1914; 4985369.6541



ERT Cedimento Tratto 3

È stata eseguita una prospezione geoelettrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 53 m disposto longitudinalmente rispetto all'argine del fiume Po, in corrispondenza del tratto denominato Cedimento 3 in comune di Polesine-Zibello dove sono stati osservati cedimenti e potenziali instabilità laterali. La profondità massima di indagine è di circa 10 m dal piano campagna.

L'elaborazione dei dati, acquisiti con configurazione Wenner, mostra una marcata variabilità verticale della resistività elettrica (valori compresi tra ~3 e ~400 Ω-m), mentre mostra una buona continuità laterale.

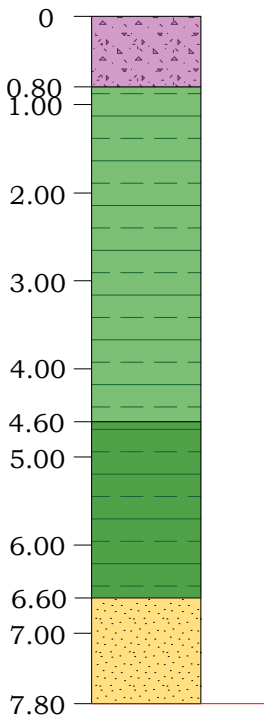
La sezione si può dividere in tre porzioni:

- Zona superficiale (0-2/2.5 m): prevalgono valori elevati (> 60 Ω-m, in verde-giallo-rosso), interpretabili come materiali sciolti o parzialmente asciutti, con possibile presenza di ghiaie o sabbie grossolane asciutte.
- Zona intermedia (2-7.5 m): si osserva un'ampia fascia continua a bassa resistività (3-30 Ω-m, in blu), estesa trasversalmente lungo quasi tutto il profilo, indicativa di depositi limoso-argillosi saturi o di un elevato contenuto d'acqua interstiziale.
- Zona basale (>7.5 m): si rilevano valori medi (40-90 Ω-m, in verde-giallo) compatibili con sedimenti sabbiosi o ghiaiosi più o meno saturi, che possono costituire livelli più permeabili.

Ipotizzando una certa omogeneità litologica all'interno delle tre zone identificate, risulta assai interessante l'osservazione delle anomalie laterali all'interno della stessa zona. Nell'ipotesi, sostanzialmente attendibile di una certa uniformità litologica, del contenuto di acqua, del grado di saturazione ed ovviamente in assenza di differenti condizioni di salinità, le variazioni nella resistività dei terreni possono ragionevolmente indicare una variazione nello stato di addensamento dei terreni. Una riduzione locale del valore di resistività può evidenziare un detensionamento, una riduzione dell'addensamento, come nel caso osservato di un cedimento laterale del manufatto. Nel caso specifico sono ben visibili delle anomalie nei valori di resistività nella zona superficiale tra i 14 ed i 18 metri, così come tra i 32 ed i 37 metri. Questi detensionamenti sono ben correlabili ai maggiori cedimenti con espansione laterale dei rilevati arginali. Per contro, alla riduzione nell'addensamento della zona superficiale, corrisponde nella seconda zona, un certo aumento della resistività e quindi dell'addensamento. Questo ipoteticamente a significare che lo strato superficiale granulare di ripartizione dei carichi, venendo ad essere alterato, comporti una maggiore diffusione dei carichi in profondità. Anche la linea fucsia tracciata all'interfaccia tra le varie zone individuate, vede due punti di flesso a circa 14 e uno meno marcato ma che comincia a circa 32 metri e termina a circa 38 metri che denotano un'anomalia abbastanza diffusa concentrata nel tratto centrale..

Mentre il limite tra la zona intermedia e basale risulta molto lineare, sintomo di un contatto stratigrafico più regolare e una probabile distribuzioni dei carichi invariata nel tempo.

Stratigrafia prova penetrometrica CPT
Fuori scala



Massicciata stradale/terreno arido

Litotipi limo argillosi mediamente consistenti
Intervallo (A)

- Natura coesiva
- γ : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
 - γ_{SAT} : 1.90 t/mc = 18.63 kN/mc
 - γ' : 0.90 t/mc = 8.83 kN/mc
 - Cu: 0.90 kg/cm2 = 88.26 kPa
 - E: 50 kg/cmq = 4.90 MPa

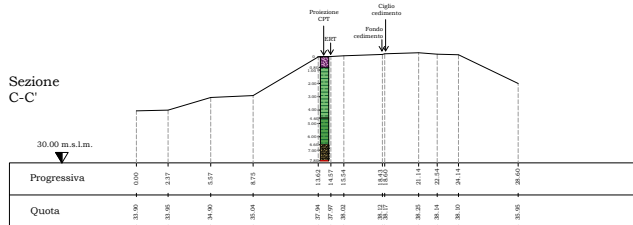
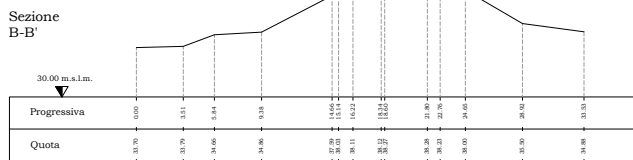
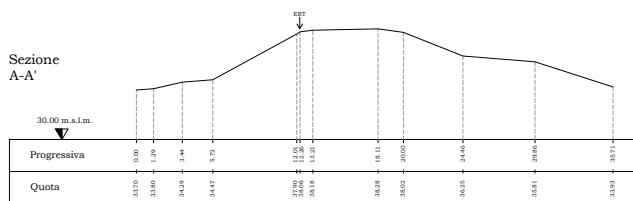
Litotipi limo argillosi consistenti
Intervallo (B)

- Natura coesiva
- γ : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
 - γ_{SAT} : 1.90 t/mc = 18.63 kN/mc
 - γ' : 0.90 t/mc = 8.83 kN/mc
 - Cu: 1.20 kg/cm2 = 117.68 kPa
 - E: 120 kg/cmq = 11.77 MPa

Litotipi sabbioso limosi addensati
Intervallo (C)

- Natura granulare
- γ : 1.70 t/mc = 16.67 kN/mc
 - γ_{SAT} : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
 - γ' : 0.80 t/mc = 7.85 kN/mc
 - Φ : 30°
 - E: 50 kg/cmq = 26.48 MPa

Sezioni Stato di Fatto
Scala verticale 1:200



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.

Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colorno e del Fiume Po' in Comune di Sissa Trecasali,

tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale

Comittente:



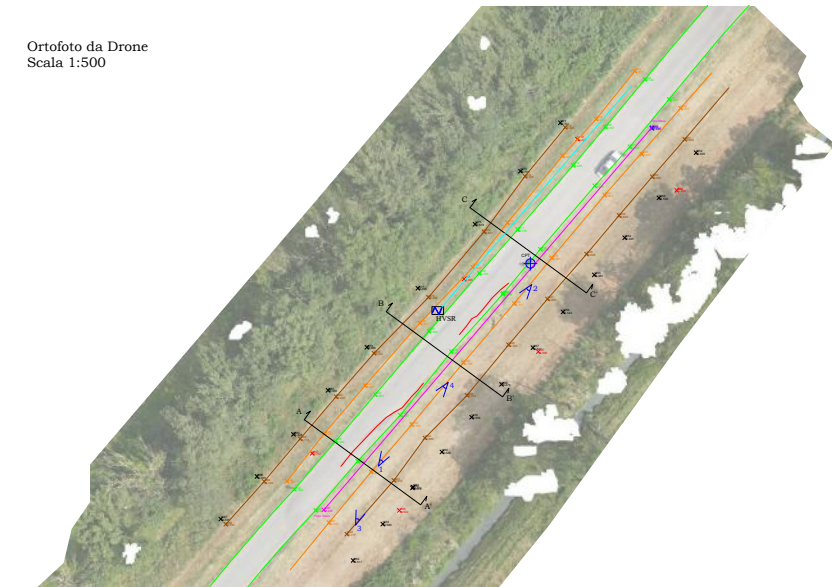
Progettazione interventi:



Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari
Via A. Cotti 13 - 43035 San Michele Tiorre - Felino - PR
tel. 0521 336192 - fax 0521 336193
e-mail: info@studomac.it

Geol. Vincenzo Bonaccorsi
Geol. Geom. Luca Calzolari
Geol. Arch. Riccardo Carlini
Arch. Riccardo Carlini
Ing. Roberto Giannelli
Ing. Riccardo Giannelli
Geol. Federico Pizzani
Geom. Massimo Pizzani
Ing. Concetta Pizzani
Ing. Massimo Pizzani
Geol. Matteo Tassi

Oggetto:	TAVOLA DELLE INDAGINI CEDIMENTO TRATTO 3	Tavola:	SCHEDA 3
Disegnatore:	File: 8469_Scheda_1	Formato:	A0
N°:	Modifiche	Data:	13/08/2025
A:	REV_01	Disegnato:	Visto
B:		29/08/2025	



①



②



③



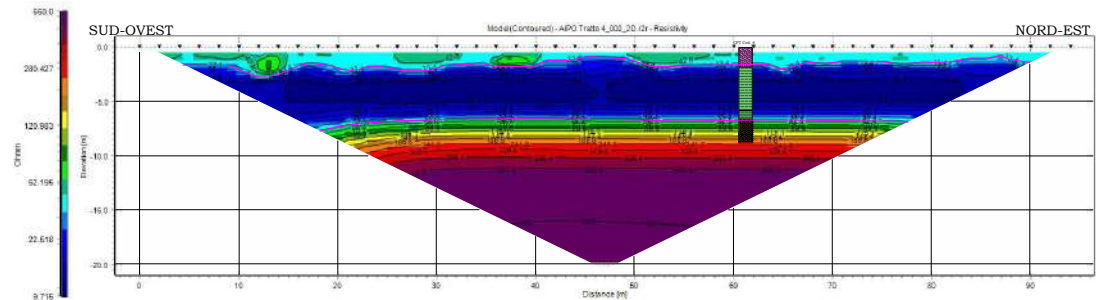
④



Legenda

- ✖⁸⁰ 56.111 Punto, numero e quota ciglio argine
- ✖⁸² 56.506 Punto, numero e quota fondo argine
- ✖⁸¹ 56.245 Punto, numero e quota marker
- Cedimento
- Linea di ciglio strada
- Linea di fondo argine
- Linea di ciglio argine
- Punto di vista fotografia
- ✖⁸⁴ 58.497 Punto, numero e quota centro strada
- ✖⁸⁷ 58.536 Punto, numero e quota strendimento geoelettrica
- ✖⁸⁷ 58.536 Punto, numero e quota generico
- ⊕ Ubicazione prove penetrometriche di tipo statico (CPT)
- ▢ Indagine HVSR
- Stendimento MASW
- Stendimento Geoelettrico
- Linea di sezione

Tomografia Elettrica (ERT)
Inizio stesa: 585044.0749; 4985377.3167
Fine stesa: 585105.542; 4985448.9422



ERT Cedimento Tratto 4

È stata eseguita una prospezione geoelettrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 53 m disposto longitudinalmente rispetto all'argine del fiume Po, in corrispondenza del tratto denominato Cedimento 3 in comune di Polesine-Zibello dove sono stati osservati cedimenti e potenziali instabilità laterali. La profondità massima di indagine è di circa 10 m dal piano campagna.

L'elaborazione dei dati, acquisiti con configurazione Wenner, mostra una marcata variabilità verticale della resistività elettrica (valori compresi tra ~3 e ~400 Ω -m), mentre mostra una buona continuità laterale.

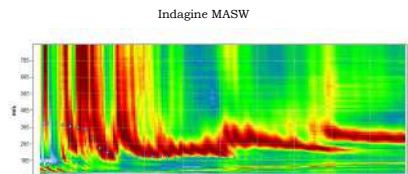
La sezione si può dividere in tre porzioni:

- Zona superficiale (0–2/2.5 m): prevalgono valori elevati (35–80 Ω -m, in verde e azzurro), interpretabili come materiali sciolti o parzialmente asciutti, con possibile presenza di ghiaie o sabbie grossolane asciutte.
- Zona intermedia (2–6.5/7 m): si osserva un'ampia fascia continua a bassa resistività (3–30 Ω -m, in blu), estesa trasversalmente lungo quasi tutto il profilo, indicativa di depositi limoso-argillosi saturi o di un elevato contenuto d'acqua interstiziale.
- Zona basale (>6.5/7 m): si rilevano valori medi (60–650 Ω -m, in verde-giallo) compatibili con sedimenti sabbiosi o ghiaiosi più o meno saturi, che possono costituire livelli più permeabili.

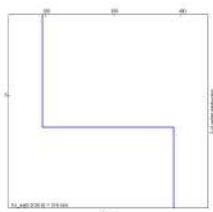
Ipotizzando una certa omogeneità litologica all'interno delle tre zone identificate, risulta assai interessante l'osservazione delle anomalie laterali all'interno della stessa zona. Nell'ipotesi, sostanzialmente attendibile di una certa uniformità litologica, del contenuto di acqua, del grado di saturazione ed ovviamente in assenza di differenti condizioni di salinità, le variazioni nella resistività dei terreni possono ragionevolmente indicare una variazione nello stato di addensamento dei terreni. Una riduzione locale del valore di resistività può evidenziare un detensionamento, una riduzione dell'addensamento, come nel caso osservato di un cedimento laterale del manufatto. Nel caso specifico si possono osservare, nello strato superficiale, molte anomalie laterali che possono ricondursi a porzioni di terreno più o meno detensionato correlabili ai maggiori cedimenti con espansione laterale dei rilevati arginali. Anche la linea fucsia tracciata all'interfaccia tra le varie zone individuate risulta molto ondulata, a manifestare porzioni di terreno più o meno detensionate.

Mentre il limite tra la zona intermedia e basale risulta molto lineare, sintomo di un contatto stratigrafico più regolare e una probabile distribuzioni dei carichi invariata nel tempo.

Indagini sismiche



Profilo velocità onde sismiche HVSR



Profilo velocità onde sismiche MASW

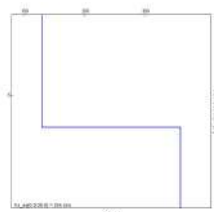


Tabella velocità di propagazione onde sismiche HVSR

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.50	7.00	196	0.45
inf.	inf.	389	0.45

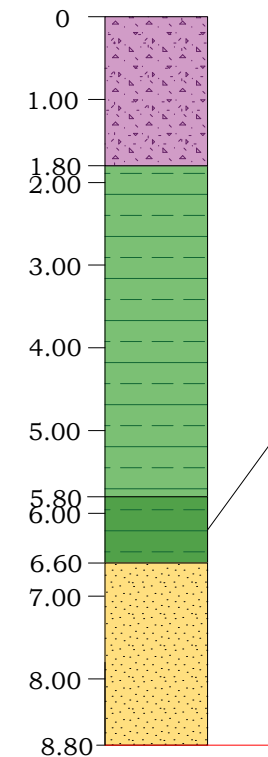
Vs_eq (0.0-30.0) = 315 m/s

Tabella velocità di propagazione onde sismiche MASW

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.50	7.00	130	0.45
inf.	inf.	380	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 255 m/s

Stratigrafia prova penetrometrica CPT
Fuori scala



Massicciata stradale/terreno arido

Litotipi limo argillosi mediamente consistenti

Intervallo (A)

Natura coesiva

- γ : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
- γ_{SAT} : 1.90 t/mc = 18.63 kN/mc
- γ' : 0.90 t/mc = 8.83 kN/mc
- Cu: 0.90 kg/cm² = 88.26 kPa
- E: 50 kg/cmq = 4.90 MPa

Litotipi limo argillosi consistenti

Intervallo (B)

Natura coesiva

- γ : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
- γ_{SAT} : 1.90 t/mc = 18.63 kN/mc
- γ' : 0.90 t/mc = 8.83 kN/mc
- Cu: 1.20 kg/cm² = 117.68 kPa
- E: 120 kg/cmq = 11.77 MPa

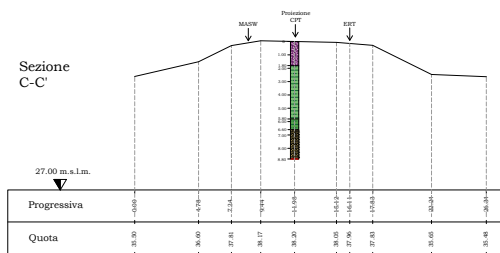
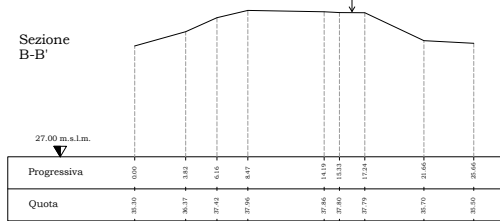
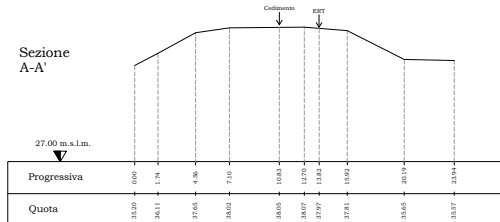
Litotipi sabbioso limosi addensati

Intervallo (C)

Natura granulare

- γ : 1.70 t/mc = 16.67 kN/mc
- γ_{SAT} : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
- γ' : 0.80 t/mc = 7.85 kN/mc
- Φ : 30°
- E: 50 kg/cmq = 26.48 MPa

Sezioni Stato di Fatto
Scala verticale 1:200



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.

Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colorno e del Fiume Po" in Comune di Sissa Trecasali,

tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale

Comittente:



Progettazione interventi:



Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari
Via A. Cotti 13 - 43035 San Michele Tiorre - Felino - PR
tel. 0521 336192 - fax 0521 336193
e-mail: info@studomac.it

Geol. Vincenzo Bonaccorsi
Geol. Geom. Luca Calzolari
Geol. Arch. Giovanni Carlini
Arch. Roberto Carlini
Ing. Roberto Carlini
Geol. Federico Pizzani
Geom. Massimo Pizzani
Ing. Concetta Pizzani
Ing. Massimo Pizzani
Geol. Matteo Tassi

Oggetto:		TAVOLA DELLE INDAGINI CEDIMENTO TRATTO 4		Tavola:
Disegnatore:		File: 8469_Scheda_1	Formato: A0	Data: 13/08/2025
N°:	Modifiche	Data		Visto
A	REV_01	29/08/2025		
B				