

CAROLI DOTT. GEOL. NICOLA

Via Folloni, 11/3 - 42019 SCANDIANO (RE)

Email: carolinicola@alice.it

Cell: 3406286161



Comune di Albinea
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

Località: Via Vittorio Emanuele II

RELAZIONE GEOLOGICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Piano Particolareggiato

P.P. 23



Committente: Società Rio Arianna S.r.l.

Settembre 2021

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	4
3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI LITOLOGIA	6
4. METODOLOGIA D'INDAGINE	8
5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	8
7. SISMICITÀ DELL'AREA	11
8. RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	16
9. MICROZONAZIONE SISMICA	19
10. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	22
11. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	32

- **ALLEGATI:**

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- SISMICA A RIFRAZIONE TIPO MASW
- INDAGINE GEOFISICA PASSIVA HVSR

1. PREMESSA

Con riferimento agli accordi intercorsi con il Dott. Arch. Giovanni Olivi di Reggio nell'Emilia, trasmetto la presente relazione geologica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche di un terreno, sito in Via Vittorio Emanuele II – Albinea (RE), su cui è in studio l'attuazione del Piano Particolareggiato P.P. 23 avente per oggetto la realizzazione di edifici residenziali.

Le considerazioni espresse, illustrate in seguito, emergono pertanto dalla sintesi delle seguenti acquisizioni:

- ricerca bibliografica di dati relativi all'assetto geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e sismotettonico generale e locale;
- caratterizzazione litostratigrafica e geomeccanica dei terreni del sedime attraverso l'esecuzione di indagini dirette sul lotto di interesse.
- caratterizzazione sismica attraverso l'utilizzo dei risultati di specifica indagine geofisica.

Più precisamente per la presente relazione sono state effettuate le seguenti indagini geognostiche:

- indagini dirette eseguite allo scopo di accertare la caratterizzazione stratigrafica e geomeccanica:
 - n. 3 prove penetrometriche statiche spinte sino a rifiuto strumentale;
- indagini indirette, al fine di valutare la risposta sismica locale semplificata attraverso la determinazione della categoria di suolo ai sensi del cap. 3.2.2 Tab 3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018:
 - n. 1 indagine geofisica MASW e n. 1 misura tomografica HVSR.

Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento per il settore geologico e geotecnico e consultando gli strumenti di pianificazione provinciale e di bacino.

Sono di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.M. 17/1/2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016 “Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico”;
- D.G.R. n° 2193 del 21/12/2015 aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2/2/2009 – “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- D.M. 14/1/2008 – “Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni”;
- Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti “ICMS”);
- L 64/74 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. 11/3/88 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".

2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

L'area in oggetto di studio appartiene ad un'ampia superficie terrazzata situata ai piedi delle prime colline, tra gli alvei del Rio Arianna, ad ovest e del T. Lavezza, a est, corsi d'acqua dalla cui confluenza si forma a settentrione il Rio Acqua Chiara.

Più precisamente, il terreno in esame è sito nella periferia settentrionale dell'abitato di Albinea, a SO di Villa Arnò e a sud di Casa Pellicelli. Al lotto, di forma irregolare e con una estensione di circa 20.000 m², posto tra Via Cà Pellicelli e un piccolo rio tributario di destra del Rio Arianna, si accede direttamente da Via Vittorio Emanuele II°, all'altezza dell'incrocio con Via P. Togliatti.

Degradante da NE a SO, con dislivello di circa un metro, come da rilievo plano-altimetrico di piano quotato, il terreno, sulla carta tecnica regionale, si posiziona tra le isoipse 142 e 136 m s.l.m. (cf. stralcio dalla C.T.R. in scala 1:5.000 - elemento n° 200163 - Albinea e 200164 - Caselline, rilievo planivolumetrico nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

Il lotto è inoltre identificato al Nuovo Catasto Terreni del comune di Albinea al Foglio n° 9 mappale n°671 (cf. estratto in allegato).

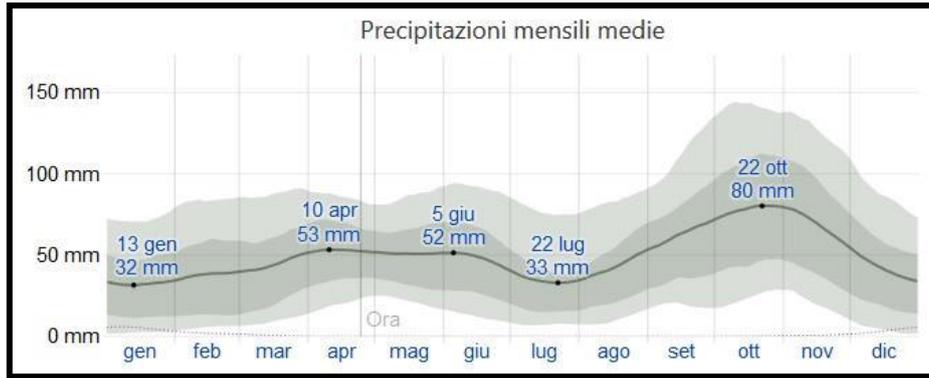
Secondo la classificazione adottata dal Servizio Cartografico - Ufficio Pedologico della Regione Emilia - Romagna, i suoli che si rinvencono in questa località vengono ascritti al gruppo 4 in cui rientrano i suoli del margine appenninico, antichi, con tracce di alterazione geochimica e ricchi di sesquiossidi: completamente decarbonatati o con accumulo dei carbonati negli orizzonti profondi.

Più precisamente, essi rientrano nell'Unità 4Aa; di essi si dice che sono tipici di paleosuperfici, debolmente incise e rilevate di alcuni metri rispetto alla pianura pedemontana, con pendenze che variano da 1 a 3%, profonde e con tessitura media o tendenzialmente fine in profondità.

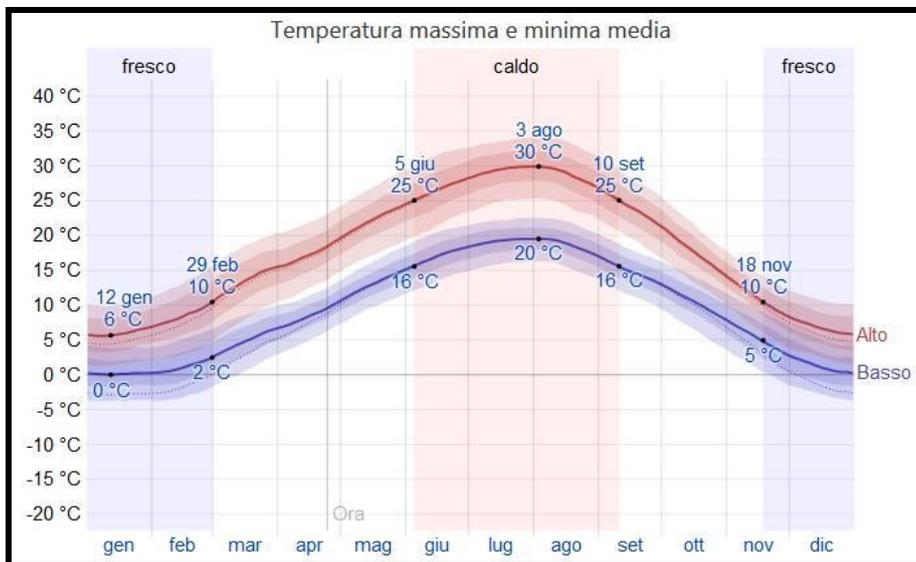
Si fa altresì presente che questi suoli si caratterizzano per una buona disponibilità di ossigeno; inizialmente non calcarei, con l'aumentare della profondità variano da neutri a moderatamente alcalini. In bibliografia si dice che, avendo subito una pedogenesi già nell'interglaciale Riss-Würm, sono tali da aver perciò raggiunto spesso un'evoluzione assai avanzata. Evidenziano pertanto una forte alterazione, sotto forma di totale perdita dei carbonati, intensa rubefazione degli orizzonti profondi, illuviazione di argilla con all'interno abbondanti concrezioni e screziature ferro-manganesifere dovute alla presenza temporanea di falde d'acqua. Secondo la Legenda FAO, essi rientrano negli Haplic Luvisols e nei Chromic Lovisols; l'utilizzo prevalente è a seminativo semplice e prati poliennali. In base a studi ancor più specifici, contenuti nelle note illustrative del foglio 200 - Reggio nell'Emilia della Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 50.000 (SistemCart S.r.l. - Roma), si fa altresì presente che questo suolo, posto al tetto dell'Unità di Niviano (AES_{7a}) presenta un fronte di alterazione di discreto spessore con neoformazione di argilla, riorganizzazione dei carbonati sotto forma di concrezioni dure negli orizzonti inferiori e differenziazione del profilo in orizzonti A-Bw-Bkss; Hue degli orizzonti Bw 2.5Y. Si sottolinea poi che questi suoli possono giungere alla completa decarbonatazione del profilo, con sviluppo di orizzonti ad accumulo illuviale e di sesquiossidi di Fe e Mn e la differenziazione del profilo in A-Bw-Btg-Bg; Hue degli orizzonti B 10YR.

In Albinea, secondo la classificazione stabilita da Köppen e Geiger, il clima è di tipo Cfa umido subtropicale, con estati calde e prevalentemente serene ed inverni freddi e parzialmente nuvolosi. Secondo l'Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna dell'Agenzia ARPAE, rispetto all'intervallo 1961/1990, dal 1991 sino al 2015 è stato registrato un incremento di 1.6 °C della temperatura media annua, da 12.3 °C a 13.9 °C mentre, sempre confrontando i due periodi, una diminuzione delle precipitazioni, da 789 mm a 739 mm.

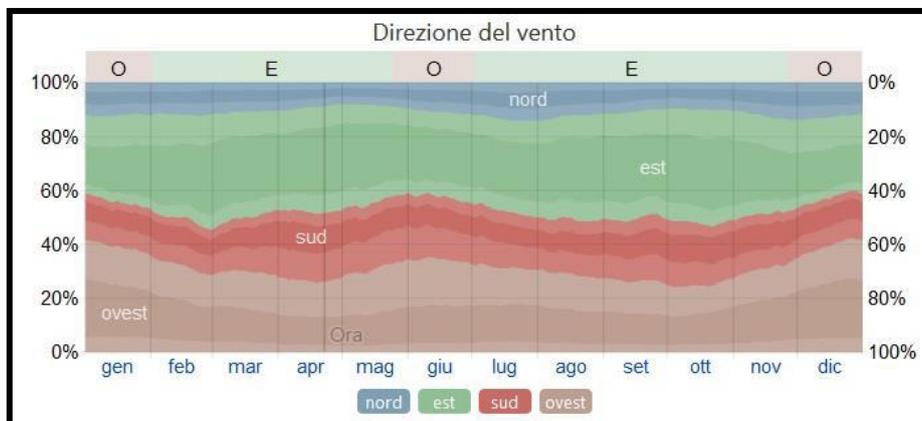
Le precipitazioni, valutate mensilmente, registrano un minimo di pioggia (32 mm) in inverno, nell'intervallo che ha il suo minimo il 13 gennaio e in estate (33 mm), con minimo il 22 luglio mentre la massima piovosità (80 mm) si verifica invece in autunno nella mensilità con un massimo il 22 ottobre. Le piogge, con medie mensili di 52÷53 mm, si mantengono costanti in primavera.



Nella stagione calda, da inizio giugno a fine prima decade di settembre, si registra una massima ad inizio agosto di 30 °C mentre in quella fredda, da inizio terza decade di novembre sino a fine febbraio, la minima è in gennaio con 0 °C.

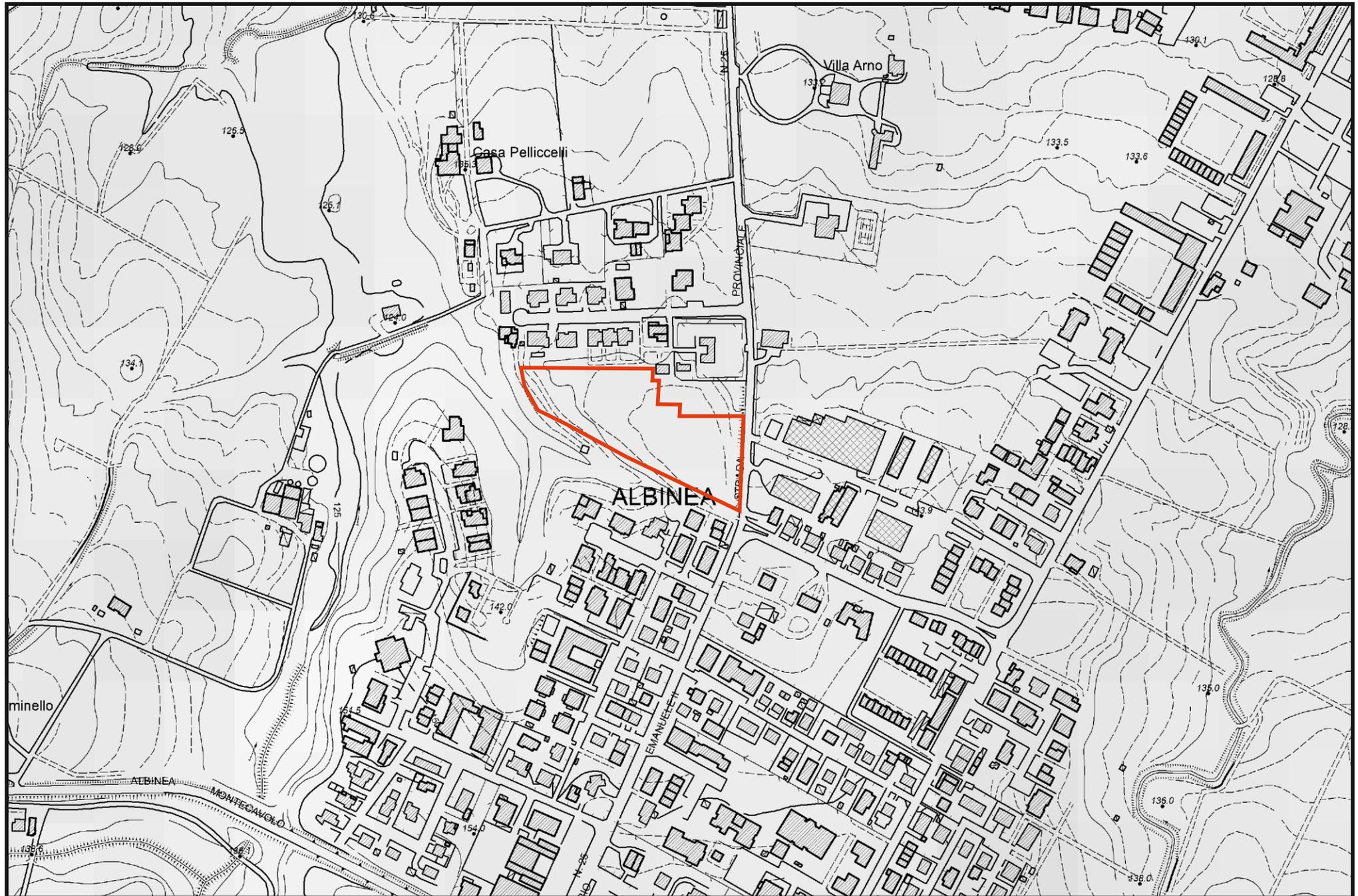


Il vento è più spesso da est da inizio febbraio a fine maggio e da inizio luglio sino a fine novembre mentre proviene invece più spesso da ovest nel mese di giugno e nel periodo invernale, da inizio dicembre a fine gennaio.



STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1:5000

Elementi n° 200163 - Albinea e n° 200164 - Caselline



ESTRATTO DI PLANIMETRIA CATASTALE

Foglio n° 8 - mappale n° 671





- LEGENDA
- CONFINI DI PROPRIETA'
 - SUPERFICIE TERRITORIALE PP23 = 19.772 MQ
 - AREE PRIVATE - LOTTI
 - CONFINI PROPRIETA' LOTTI - NON RECINTABILE
 - ALTO SCARPA
 - AREE A VERDE
 - AREE PAVIMENTATE
 - PERCORSI CICLO PEDONALI
 - AREE A GARDEN
 - AREE IN ASFALTO
 - 2P NUMERO DEI PIANI

PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PUBBLICA PP.23, SITO IN VIA VITTORIO EMANUELE II, COMUNE DI ALBINEA

committente: società Rio Arianna srl

oggetto: STATO DI PROGETTO PLANIVOLUMETRICO		scale: 1:500 data: 06/2021				
gruppo di progettazione: Architettonico: Arch. Giovanni Olivi Corso Garibaldi 10 42121 - Reggio Emilia T. 049/2850227 olivini@iol.it		 progettista: ARCH. GIOVANNI OLIVI				
REV	DATA	APPR.	VERIF.	DIR.	EMISSO DA	FASE DICOMMESSA
A.05						TAV. 11

3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI LITOLOGIA

La plasticità delle formazioni non permette l'individuazione, in superficie, delle strutture tettoniche principali. Tuttavia questi terreni hanno subito movimenti orogenetici molto recenti che hanno accompagnato il movimento traslativo della coltre alloctona, costituita dai terreni Eugeo e Tardo-geosinclinalici, al di sopra del basamento Miocenico padano.

La presenza di movimenti relativamente recenti (fasi pleistoceniche) può essere provata da osservazioni geomorfologiche: risulta infatti evidente come il territorio, a cui appartiene l'area in esame, sia soggetto all'evolversi dei fenomeni erosivi a seguito di movimenti tettonici di tipo essenzialmente pirogenetico.

Si può vedere come il rapido ringiovanimento dei corsi d'acqua si sia sovrapposto ad un ciclo erosivo precedente giunto "per vie forzate" a uno stadio di maturità.

Consultando la Carta Geologica del Servizio Geologico d'Italia (Foglio n° 86 – Modena), si può facilmente notare come il territorio dell'area in esame si trovi a valle dell'asse di una sinclinale che verso nord è accompagnata da un'anticlinale anch'essa sepolta, entrambe lineazioni, sub parallele al margine appenninico-padano, che evolvono in un sovrascorrimento profondo.

A grande scala, unitamente ad altri individuati più ad oriente, la Carta Geologica del CARG riporta anch'essa questo sovrascorrimento che lambisce la periferia sud di Reggio nell'Emilia; rispetto ad esso, a monte, la base del Pliocene viene indicata alla profondità di circa un chilometro, mentre a valle, in Reggio nell'Emilia, se ne evidenzia un netto approfondimento (5.5 Km), valore ulteriormente più elevato ad oriente verso Rubiera dove, all'altezza della S.S. 9 via Emilia, ne viene segnalata una profondità di ben 7.5÷8 Km (cf. stralcio in scala 1 : 50.000).

Utile, nell'interpretazione del comportamento di queste strutture, è la Carta Neotettonica dell'Appennino Settentrionale redatta a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche e con studio pubblicato sul Bollettino della Società Geologica Italiana nel 1982.

L'elaborato, che analizza il comportamento dinamico del territorio attraverso le fasi temporali che dal Messiniano si spingono sino all'attuale, ci dice che il territorio in esame, situato in prossimità del piede delle prime colline, rispetto all'ultimo intervallo (IV + V), dall'inversione Matuyana-Brunhes al presente, più semplicemente dal Pleistocene medio-sup. all'Olocene, ricade al passaggio tra il sollevamento appenninico ed una zona di transizione sub parallela al margine pedecollinare che non a caso, a NE, all'altezza della via Emilia, evolve in un'area in abbassamento.

Il movimento accompagna pertanto quello di pianura e quanto riportato in carta è quindi testimone di un minor abbassamento, tale però da aver nel territorio anche qui consentito l'accumulo di materiali alluvionali.

Nelle antecedenti fasi temporali riproposte dallo studio di neotettonica, sino all'intervallo del Pleistocene inf. (III b) e sino all'altezza del sovrascorrimento, è in questa zona riconosciuto un abbassamento differenziale rispetto al sollevamento appenninico, maggiormente evidente rispetto a quello che l'ultimo intervallo (IV + V) documenta.

La carta geologica del Servizio Geologico d'Italia evidenzia che il territorio in esame si caratterizza per la presenza, in superficie, di alluvioni appartenenti al cosiddetto "Diluvium medio (Q_{1m})" del Pleistocene medio, in legenda così descritto: "alti terrazzi sabbioso ghiaiosi, a suolo argilloso giallo ocraceo".

In base alla "Carta Geologica della Provincia di Parma e Zone Limitrofe" il terrazzo, a cui appartiene l'area in esame, è databile al pluviale-fluvioglaciale Riss e di conseguenza annette anche depositi ascrivibili all'interglaciale Riss-Würm, risultando costituito da ghiaie limo-sabbiose, limose o argillose ricoperte da limi argillosi (cf. stralcio).

In sintonia con la precedente classificazione, le ricostruzioni litostratigrafiche del territorio pedecollinare, eseguite nell'ambito del "Rilevamento - studio delle risorse idriche sotterranee nel territorio della provincia di Reggio nell'Emilia", evidenziano come il deposito alluvionale sia in prevalenza formato da argille ed argille limose intervallate da lenti di ghiaia e sabbia.

Studi recenti, effettuati con maggior dettaglio da ricercatori dell'Istituto di Geologia dell'Università degli Studi di Modena, li ascrivono all'Unità di Farneto del Tardo Pleistocene medio.

In base a specifiche classificazioni adottate a livello regionale dalla Carta Geologica del Progetto CARG del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia – Romagna (cf. stralcio in scala 1 : 10.000), il terreno in esame ricade su depositi pleistocenici dell'Unità di Niviano (AES7a).

La superficie terrazzata, unitamente a quella dell'Unità di Vignola (AES7b), scorre il cosiddetto Subsistema di Villa Verrucchio (AES7), la cui potenza complessiva è stata quantificata in circa 50 m; ad essa viene assegnata un'età compresa tra il Pleistocene superiore e l'Olocene, da 120.000 anni B.P. sino a 15.000÷18.000 anni B.P. In bibliografia, l'Unità di Niviano (AES7a) viene descritta come “unità litologicamente eterogenea costituita da alternanze irregolari di ghiaie e sedimenti fini”.

Nelle incisioni operate da Rio Arianna e dal T. Lavezza, rispettivamente ad occidente e ad oriente dell'area in esame, la carta geologica evidenzia poi la presenza di depositi olocenici, frutto di apporti dei due torrenti, ascrivibili al Subsistema di Ravenna (AES8) e alla più recente Unità di Modena (AES8a). Per l'AES8, in bibliografia, viene proposta una datazione che dal Pleistocene Superiore (c.a. 20.000 anni B.P.) si porta sino all'Olocene e la seguente descrizione “Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. Al tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno”.

Per i più recenti dell'Unità di Modena (AES8a), in un contesto simile, di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva, il CARG propone questa descrizione: “Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua”.

Alla base dei depositi continentali, la cui potenza, in questa località, situata immediatamente ai piedi delle prime colline, è nell'ordine di un centinaio di metri, abbiamo quindi i sedimenti di origine marina, ad iniziare dalle sabbie del Calabriano per passare successivamente ai materiali pe-litici del Villafranchiano (Pliocene sup.).

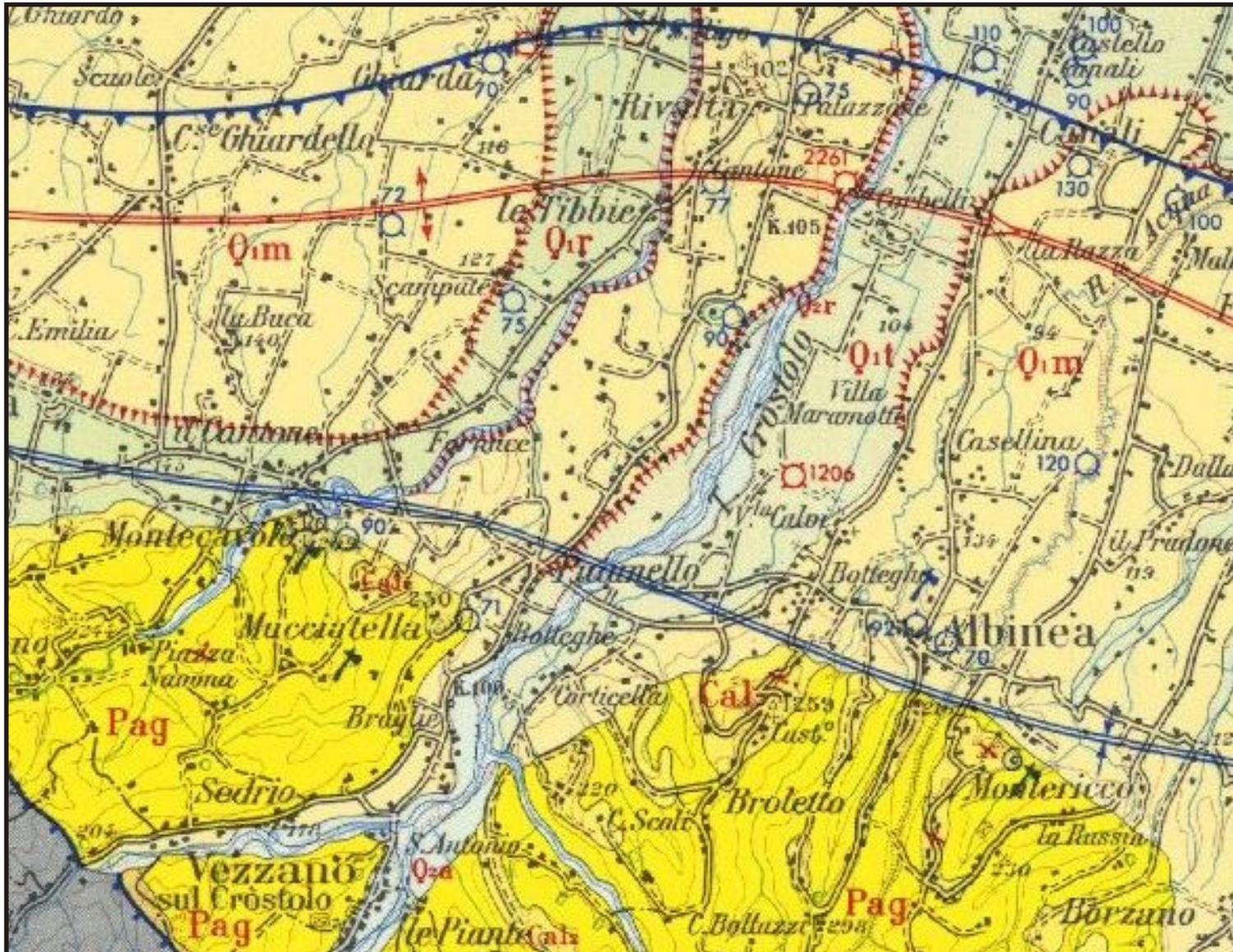
Le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale costituzione del terreno, spinte a rifiuto strumentale, hanno riscontrato che il primo sottosuolo presenta una natura prevalentemente coesiva. Ad argille, ad elevata componente organica e torbosa soprattutto nei primi 3.5÷5 m, in quanto al tetto di antiche superfici terrazzate soggette ad intensi processi di alterazione pedogenetica seguono ancora argille a cui si associano, in livelli e talora anche in banchi di modesto spessore di sabbie limose, sabbie e ghiaie di dimensioni medio-piccole, in corrispondenza delle quali, per l'elevato grado di addensamento, sono state interrotte le prove.

Da evidenziare l'approfondimento del tetto delle ghiaie da ovest verso est, anche per l'aumento della quota, nella fattispecie la CPT1 è stata interrotta a 10.6 m mentre la CPT2 a 13 m ed infine la CPT3 è riuscita ad approfondirsi sino a 14.6 m di profondità.

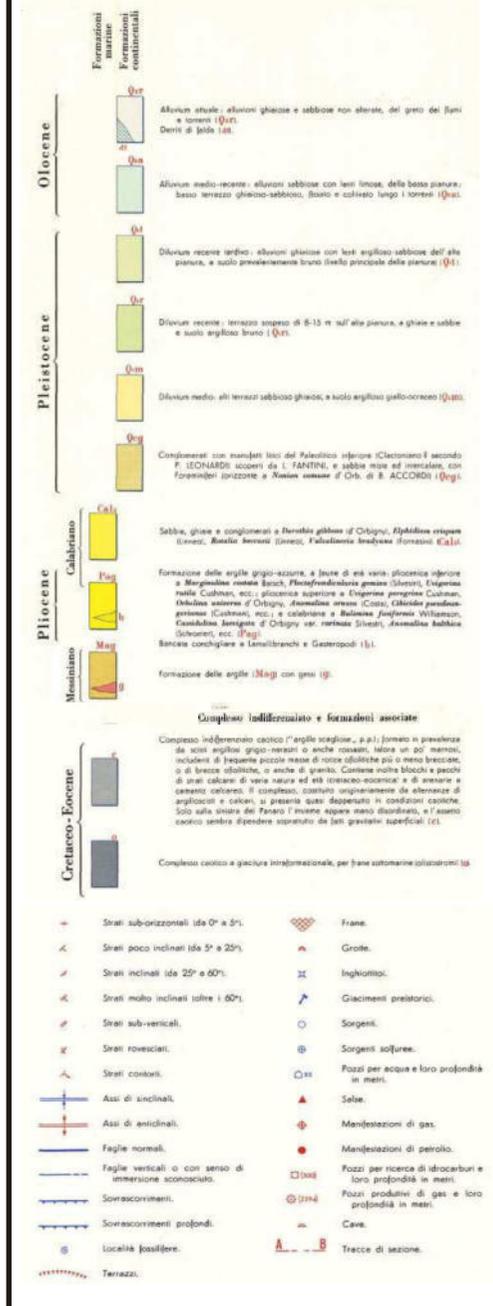
In base a stratigrafie di pozzi depositate presso il catasto pozzi della Regione, lo spessore di queste ghiaie è nell'ordine massimo di una decina di metri a cui, sino alla profondità di circa 75 m, in cui iniziano sabbie e ghiaie entro cui i pozzi attingono, seguono in prevalenza argille, come da stratigrafie, di colore scuro.

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

Foglio n° 86 - Modena



LEGENDA



CARTA GEOLOGICA

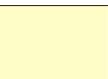


W2  pluviale-fluvioglaciale (Würm)

Cal  sabbie giallastre e argille grigie (Calabriano)

W1  pluviale-fluvioglaciale (Würm)

P  argille e argille sabbiose (Pliocene)

R  pluviale-fluvioglaciale (Riss)

 scarpate dei terrazzi

 assetto degli strati

 località fossilifere

 manifestazioni di gas o petrolio

**CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO
CARG DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA
SCALA 1:50000**

Legenda

Linee geomorf./antrop.

— orlo di terrazzo fluviale certo

— traccia di alveo fluviale abbandonato
certa

Isolinee di unità del sottosuolo

— isobata della base del pliocene

Elementi strutturali

▼ sovrascorimento profondo post-
tortoniano dedotto

Unità geologiche

■ AES - Sintema emiliano-romagnolo

■ AES7a - Sintema emiliano-romagnolo
superiore - Subsistema di Villa Verucchio -
unità di Niviano

■ AES7b - Sintema emiliano-romagnolo
superiore - Subsistema di Villa Verucchio -
unità di Vignola

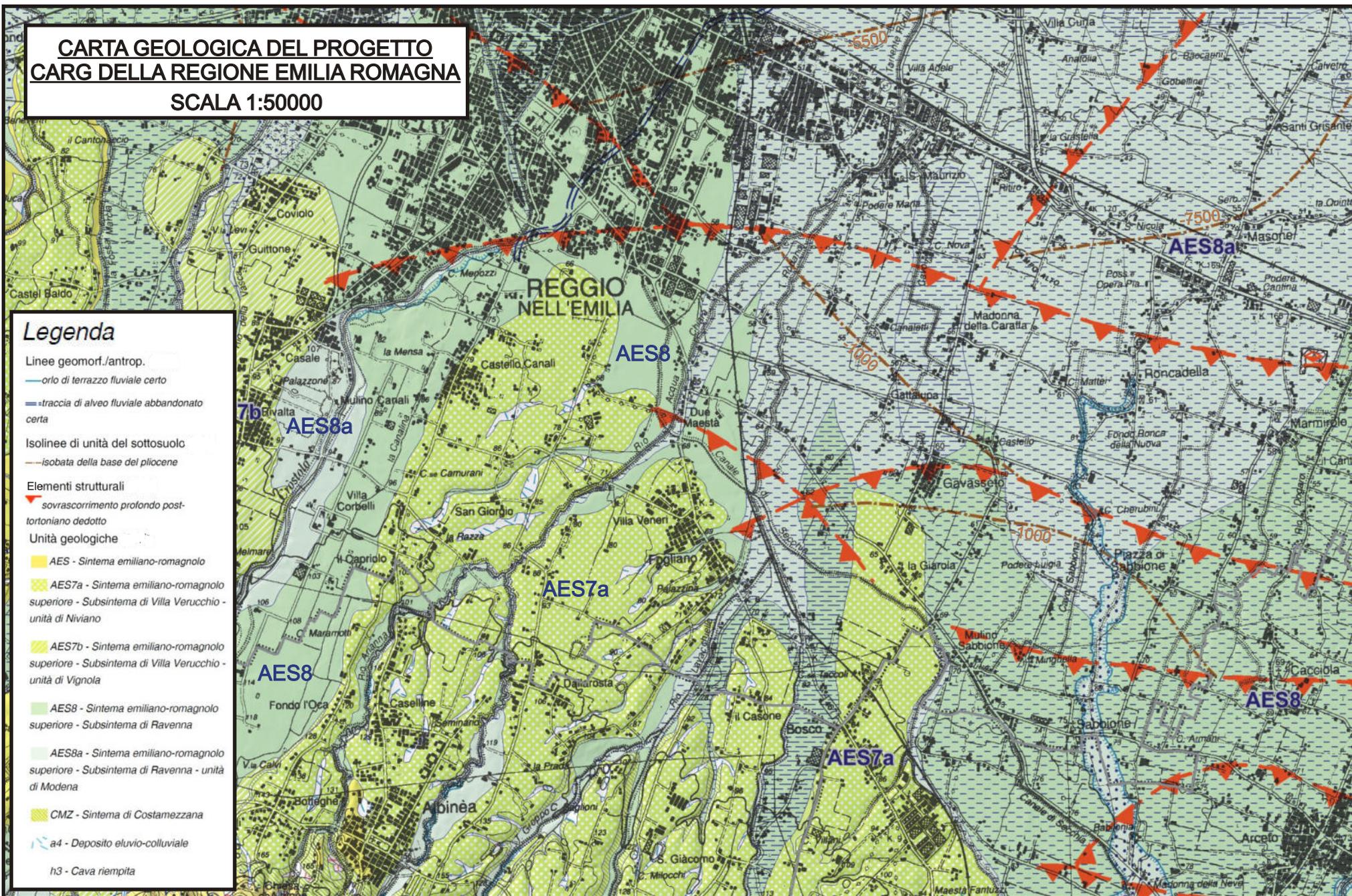
■ AES8 - Sintema emiliano-romagnolo
superiore - Subsistema di Ravenna

■ AES8a - Sintema emiliano-romagnolo
superiore - Subsistema di Ravenna - unità
di Modena

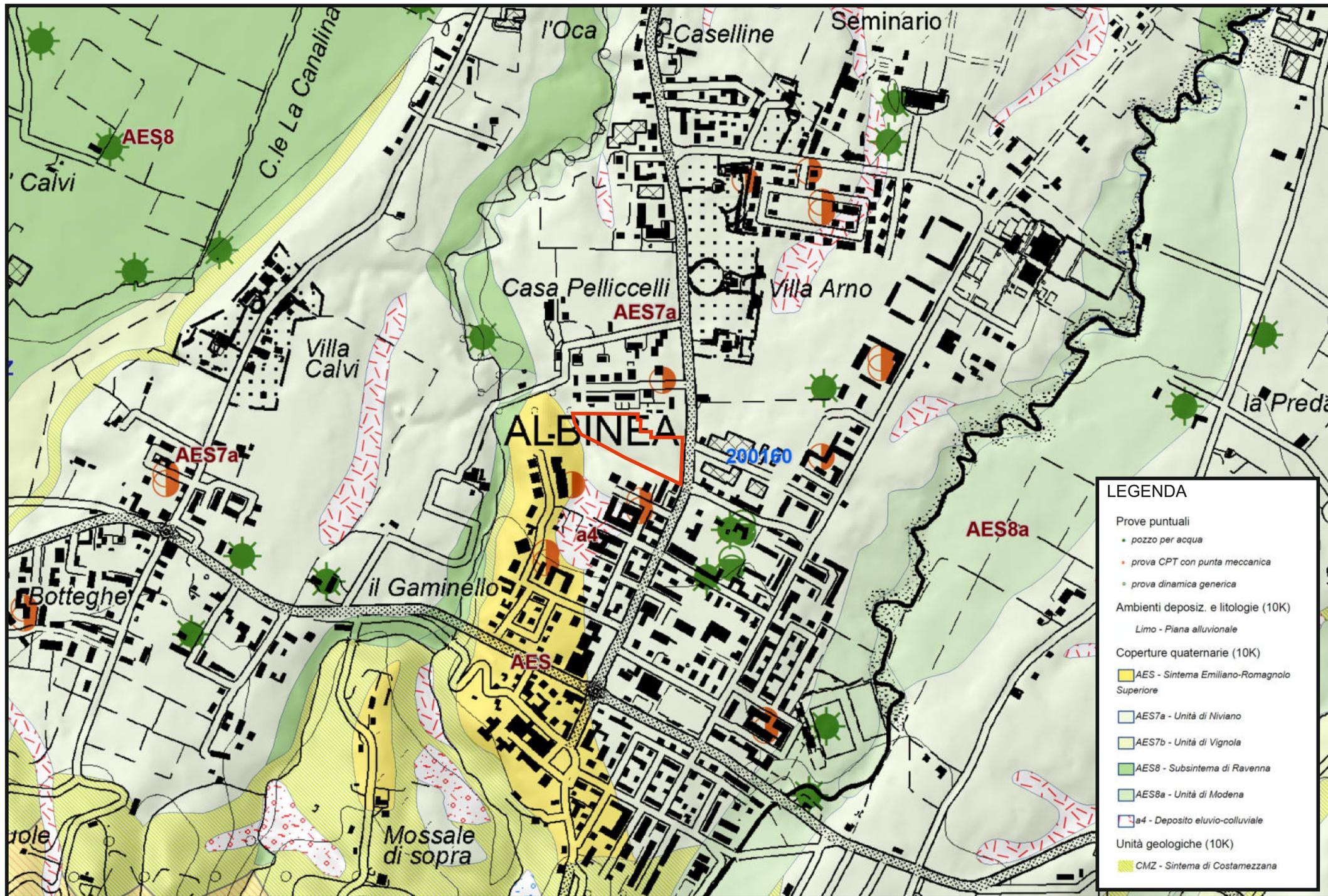
■ CMZ - Sintema di Costamezzana

■ a4 - Deposito eluvio-colluviale

■ h3 - Cava riempita



CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA IN SCALA 1:10000



LEGENDA

Prove puntuali

- pozzo per acqua
- prova CPT con punta meccanica
- prova dinamica generica

Ambienti deposiz. e litologie (10K)

- Limo - Piana alluvionale

Coperture quaternarie (10K)

- AES - Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore
- AES7a - Unità di Niviano
- AES7b - Unità di Vignola
- AES8 - Subsintema di Ravenna
- AES8a - Unità di Modena
- a4 - Deposito eluvio-colluviale

Unità geologiche (10K)

- CMZ - Sintema di Costamezzana

4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche del terreno sono state determinate interpretando i dati ricavati da tre indagini penetrometriche. Le penetrometrie sono state effettuate avvalendosi di un penetrometro statico PAGANI TG 63/200 kN. La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico. La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitando l'approfondimento. Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $R_p \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$ = resistenza alla punta (conica)
- $RL \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$ = resistenza laterale (manicotto)

(la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale RL sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/RL fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (RL/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978). Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ' , densità relativa D_r , modulo edometrico M_o , moduli di deformazione non drenato E_u e drenato E' , peso di volume Y , ecc.).

5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

Le indagini geognostiche consentono di ricostruire, per i vari strati, le *caratteristiche stratigrafiche* ed i *parametri geotecnici caratteristici*:

PROVA PENETROMETRICA CPTI

Nr.	Profondità (m)	Peso unità di Volume [kN/m ³]	Peso Unità di volume saturo [kN/m ³]	Fi (°)	Cu [kPa]	c' [kPa]	Mo [kPa]	Descrizione litologica
1	Da 0 a 3.5	18.14	19.12	18	88.25	19.61	8825	Strato che annette il suolo costituito da argille ad elevata componente organica
2	Da 3.5 a 5	18.63	19.61	20	78.45	14.71	5883	Argille
3	Da 5 a 9	18.63	19.61	24	68.64	14.71	5883	Argille con sabbie limose, sabbie e piccole ghiaie
4	Oltre 9	19.61	19.61	35	0	0	19613	Sabbie e ghiaie addensate

PROVA PENETROMETRICA CPT2

Nr.	Profondità (m)	Peso unità di Volume [kN/m ³]	Peso Unità di volume saturo [kN/m ³]	Fi (°)	Cu [kPa]	c' [kPa]	Mo [kPa]	Descrizione litologica
1	Da 0 a 3	18.14	19.12	18	98	19.61	8825	Strato che annette il suolo costituito da argille ad elevata componente organica
2	Da 3 a 4.5	18.63	19.61	20	88.25	19.61	7845	Argille talora organiche
3	Da 4.5 a 9	18.63	19.61	24	98	19.61	9806	Argille con sabbie limose, sabbie e piccole ghiaie
4	Da 9 a 12	18.63	19.61	22	78.45	14.71	7845	Argille ed argille sabbioso limose con sabbie limose e sabbie
5	Oltre 12	19.61	19.61	35	0	0	19613	Sabbie e ghiaie addensate

PROVA PENETROMETRICA CPT3

Nr.	Profondità (m)	Peso unità di Volume [kN/m ³]	Peso Unità di volume saturo [kN/m ³]	Fi (°)	Cu [kPa]	c' [kPa]	Mo [kPa]	Descrizione litologica
1	Da 0 a 3.5	18.14	19.12	18	98	19.61	8825	Strato che annette il suolo costituito da argille ad elevata componente organica
2	Da 3.5 a 10	18.63	19.61	24	88.25	19.61	8825	Argille con sabbie e piccole ghiaie
3	Da 10 a 13.5	18.63	19.61	22	117.68	24.51	9806	Argille ed argille sabbioso limose
4	Oltre 13.5	19.61	19.61	35	0	0	19613	Sabbie e ghiaie addensate

dove: γ = peso di volume; γ_{sat} = peso di volume saturo; Cu = coesione non drenata; c' = coesione efficace; ϕ' = angolo di attrito; Mo = modulo edometrico.

6. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA DI BACINO E LOCALE

Il territorio in oggetto di studio fa parte della “Unità idrogeologica dei corsi d’acqua minori”.

Questa unità corrisponde al tratto di alta pianura compreso tra le conoidi dell’Enza e del Secchia, è percorso dai corsi d’acqua minori (Crostolo, Lodola, Tresinaro) che formano modeste conoidi, caratterizzate da sottili banchi ghiaiosi, abbastanza discontinui e talvolta passanti a letti sabbiosi, intercalati a serie prevalentemente limo-argillose. Anche attualmente infatti questi corsi d’acqua sono caratterizzati da bacini idrografici relativamente poco estesi e da portate liquide che non consentono un’ampia diffusione di materiali ghiaiosi.

Per quanto riguarda il contributo dei corsi d’acqua alle falde, pur essendo accertato, non è assolutamente quantificabile, per la mancanza di dati e per la variabilità delle situazioni.

Questa unità, fra quelle dell’alta pianura, è certamente la meno ricca di risorse idriche.

La superficie terrazzata che annette l’area oggetto del presente studio è profondamente incisa da numerosi corsi d’acqua; più precisamente, ad occidente, il Rio Arianna mentre a est il T. Lavezza.

I corsi d’acqua, ad andamento meandriforme, segno evidente di perdita di velocità della corrente, hanno quindi certamente contribuito nel modificare sia la litologia di superficie sia la morfologia del territorio.

L’unità idrogeologica dei corsi d’acqua minori, fra quelle dell’alta pianura, è certamente la meno ricca di risorse idriche. In ogni caso, in base alla documentazione esistente ed alle caratteristiche della falda accertate nel corso di misurazioni effettuate in pozzi campione, si può delineare un quadro sufficientemente preciso delle caratteristiche idrogeologiche della zona. Occorre premettere che, in funzione della natura dei terreni che costituiscono la superficie terrazzata, il sottosuolo di Albinea presenta una permeabilità modesta. La permeabilità complessiva è infatti limitata dai numerosi strati di limi ed argille che rendono difficoltoso il ricarica delle falde dalla superficie.

Non a caso, la prima falda utile è confinata in lenti di sabbia e ghiaia poste a oltre 15/20 m dal piano campagna, ne è testimonianza il livello di 17 m misurato in un pozzo a camicia, presente ad oriente del lotto. Misure effettuate in pozzi campione, hanno consentito di redigere una carta con elementi a carattere idrogeologico prodotta con il particolare intento di valutare la vulnerabilità dell’acquifero all’inquinamento; l’elaborato, prodotto da ricercatori, alcuni alla dipendenza dell’A.G.A.C., sotto il patrocinio del Consiglio Nazionale delle Ricerche – Gruppo nazionale per la difesa dalle catastrofi idrogeologiche ed il coordinamento dei Prof. Maurizio Pellegrini e Sergio Tagliavini, all’epoca cattedratici degli Istituti di Geologia rispettivamente delle Università di Modena e Parma, visualizza l’esistenza di un acquifero con deflusso preferenziale da SO verso NE.

Pur se non chiaramente indicato, dall’andamento delle isopieze si evince che lo scorrimento preferenziale dell’acqua è in direzione di un asse di drenaggio che ripercorre l’avvallamento prodotto dal Rio Acqua Chiara proseguendo poi verso settentrione ad oriente di Canali.

Come sottolineato, dal loro andamento si evince che il primo acquifero, con profondità non inferiore ai 20 m, ha sede nei livelli e nei banchi di sabbia e ghiaia che dalle prove sono stati individuati e lo si stima essere eventualmente presente sino a 25 m.

Quanto premesso è sufficiente per confermare l’assenza d’acqua nel primo sottosuolo ed anche nei livelli di natura granulare che in profondità si alternano alle argille, compreso quindi anche il tetto delle ghiaie in corrispondenza delle quali per l’elevato grado di addensamento le prove sono state interrotte. Il ricarica dell’acquifero dalla superficie è del resto qui ostacolato, sino alla profondità di 4÷5.5 m, da uno strato in cui è preponderante la natura coesiva, con argille anche ad elevata componente organica, il cui grado di permeabilità rientra nel campo di variabilità compreso tra il ridotto ed il praticamente nullo ($K > 10^{-6}/10^{-8}$ cm/sec).

Come sottolineato in geolitologia nel capitolo 3, oltre i 25 m vi sono in prevalenza argille ed è solo oltre i 75 m che i pozzi esistenti in zona invece attingono in banchi di sabbia e ghiaia.

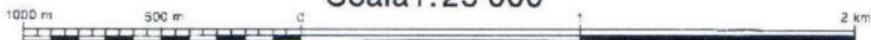
CARTA VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO

Tratta dagli studi sulla vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento

Unità Idrogeologica dell'Alta Pianura Reggiana tra il T. Crostolo ed il F. Secchia - a cura del Prof. S. Tagliavini

LEGENDA

Scala 1:25 000



GRADO DI VULNERABILITÀ						LITOLOGIA DI SUPERFICIE	PROFONDITÀ TETTO GHIAIE	CARATTERISTICHE ACQUIFERO
E _e	E	A	M	B	B _b			
						Argilla Limo-argilla Sabbia	< 10 m > 10 m > 10 m	Falda a pelo libero o in pressione Falda in pressione Falda in pressione con soggiacenza > 5 m
						Limo Sabbia	< 10 m > 10 m	Falda a pelo libero o in pressione Falda a pelo libero o in pressione con soggiacenza 0-5 m
						Situazioni altamente variabili fra condizioni di vulnerabilità media e alta		
						Sabbia e ghiaia	< 10 m	Falda in pressione
						Sabbia e ghiaia	< 10 m	Falda a pelo libero
						Ghiaia	0 m	Alvei fluviali disperdenti

E_e = Estremamente elevato E = Elevato A = Alto M = Medio B = Basso B_b = Bassissimo



Aree urbanizzate a vulnerabilità non definibile, comunque a rischio elevato



Aree urbanizzate con prevalenti attività industriali e/o artigianali, a vulnerabilità non definibile, comunque a rischio elevato

ELEMENTI IDROGEOLOGICI



A) Isopezze (riferite a l.m.) con equidistanza di 5 m (Rilevamento maggio 1991)



B) Isopezze (riferite a l.m.) con equidistanza di 1 m (Rilevamento maggio 1991)



Limite rilievo collinare

Pozzi della rete di controllo:



Pozzi ad uso irriguo e zootecnico



Pozzi ad uso domestico



Pozzi ad uso industriale



Pozzi ad uso idropotabile (di acquedotto)



Fasce di rispetto dei pozzi di acquedotto (D.P.R. 236/88): raggio 200 m



Fasce di rispetto dei pozzi di acquedotto (D.P.R. 236/88): tempo di sicurezza 60 giorni



Risorgive

Opere idrauliche:



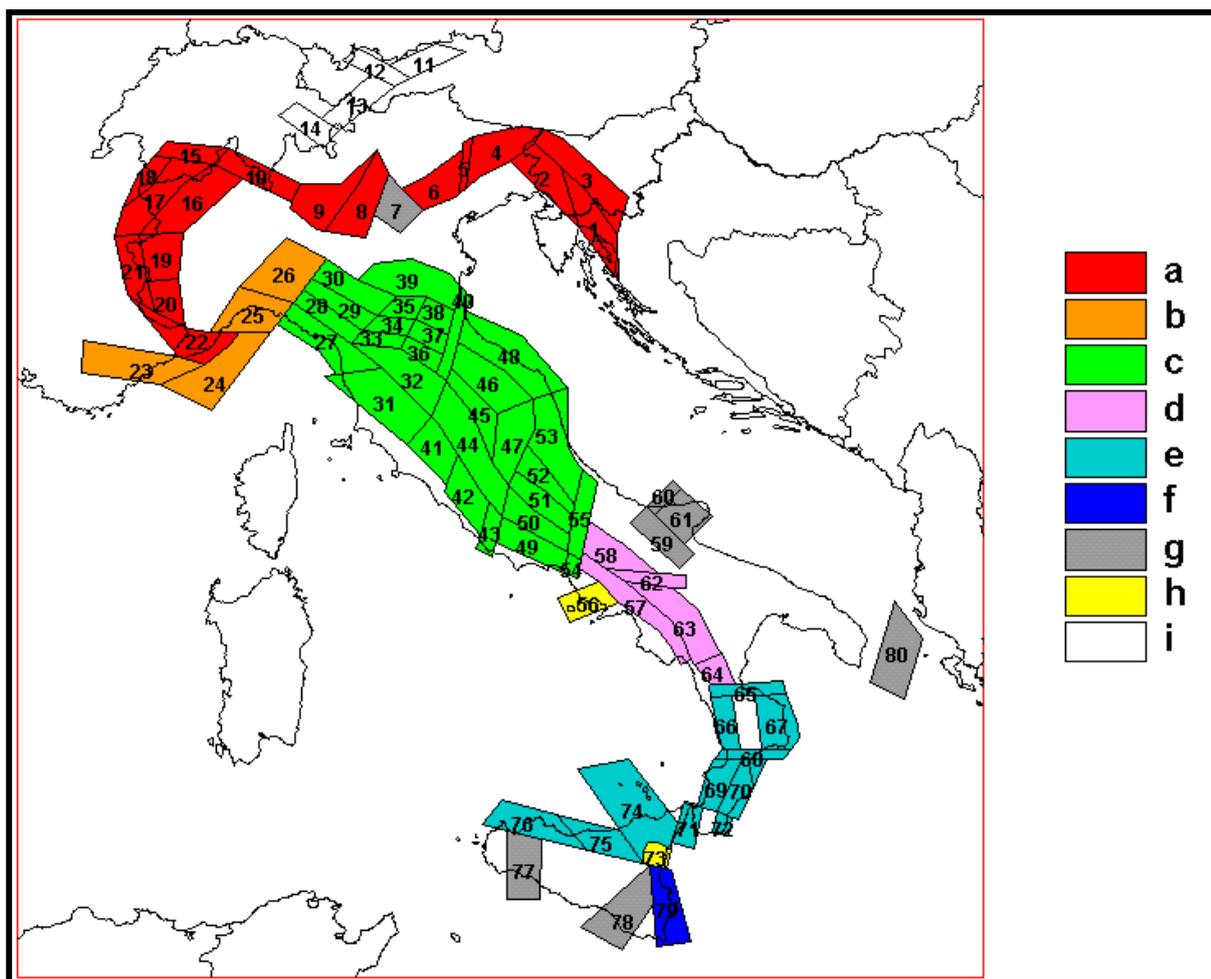
Perimetro cassa di espansione esistente



Perimetro cassa di espansione in corso di realizzazione

7. SISMICITÀ DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti). Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico. Secondo questa suddivisione l'area oggetto di studio ricade nell'area 30, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.



Attraverso elaborazioni probabilistiche il GNDT ha prodotto, per un tempo di ritorno di 475 anni (equivalente alla probabilità di superamento nell'arco temporale di 50 anni – vita media di un edificio), la zonazione del territorio italiano, come riportato in figura. Per la zona le accelerazioni orizzontali di picco attese sono state considerate, in accordo con quanto proposto dal GNDT, pari a $PGA = 0.15g$ (Peak Ground Acceleration).

L'intensità sismica, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in epoca storica il valore del VII grado MCS (cf. tabelle qui di seguito allegate).

Storia sismica di Albinea (RE)

[44.620, 10.602]

Osservazioni disponibili: 19

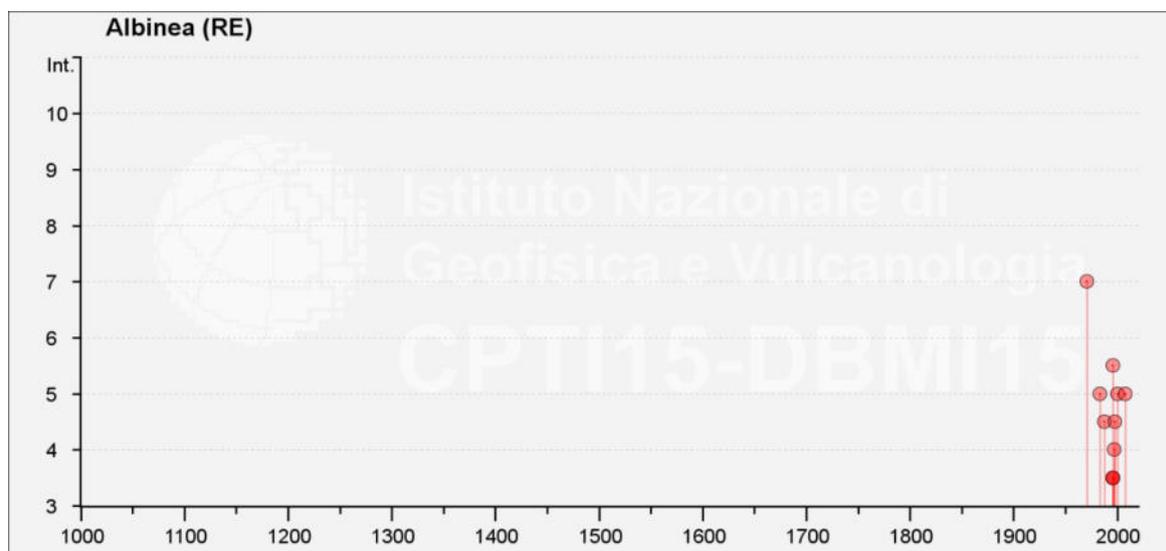
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10
7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
4-5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04
1-2	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
5-6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3-4	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
3-4	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
3-4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03
5	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36

Intendendo:

Int = Intensità al sito (MCS)

Io = Intensità epicentrale (MCS)

Mw = Magnitudo

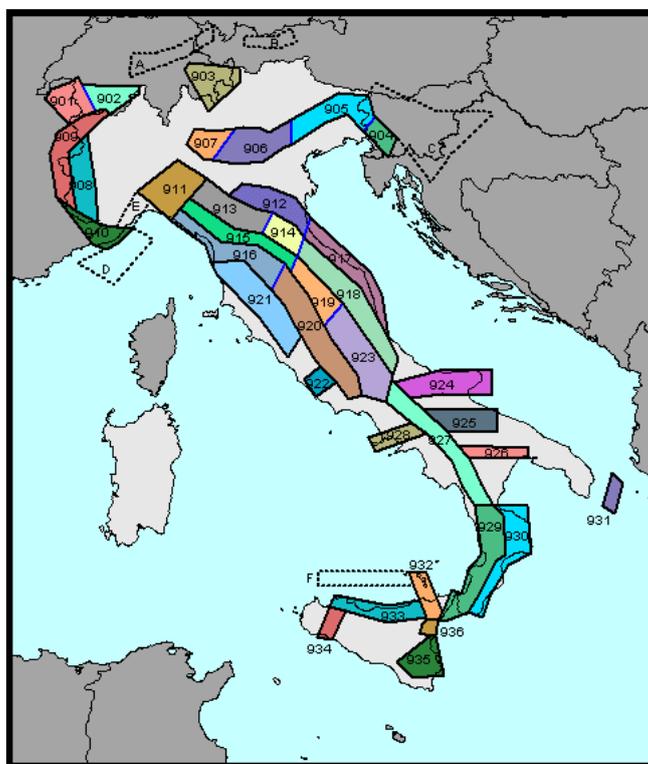


eventi sismici nel rapporto tra anni ed intensità sismica

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo.

Il territorio del comune di Albinea, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione, con la zona 912 (cf. tavola nella pagina seguente). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione *non classificato*), è stato inserito in zona Z3 a bassa sismicità. Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24/10/2005 dalla Giunta della Regione Emilia Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di bassa sismicità, un valore (a_g/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15.

Più precisamente, al comune di Albinea, l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), di 0.160.



Zonazione sismogenetica ZS9

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. Secondo il D.M. 17/1/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni", in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (VS30), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E) e la frequenza di risonanza del terreno.

In tal senso, in ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, sono state eseguite in sito le seguenti indagini geofisiche:

- n.1 indagine sismica a rifrazione con metodo MASW;
- n. 1 indagine sismica passiva Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) – Metodo di Nakamura.

Sismica a rifrazione con metodo MASW

La prospezione geofisica è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali prodotto dalla Ditta PASI di Torino attrezzato con 24 geofoni orizzontali di ricezione, dotati di preamplificatori di segnale, disposti ad interasse di 2 m l'uno dall'altro (cf. ubicazione indagini).

La tecnica non è invasiva e richiede una fonte di energizzazione (mazza battente).

L'indagine, effettuata mediante sismica a rifrazione applicando il metodo MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves, ha consentito di analizzare, nei primi 30 m, la velocità delle onde di taglio (S).

Le onde S, analogamente a quelle di compressione (P), non sono dispersive e si propagano anche in mezzi perfettamente omogenei inducendo deformazioni puramente distorsionali. Gli elementi di volume investiti dall'onda vibrano in direzione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione. Nella fattispecie, il sondaggio ha accertato la presenza di sette strati e ad ognuno di essi, mediante l'ausilio dell'apposito programma di calcolo winMASW 4.1.1 Pro, è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S (V_S) ed il rispettivo spessore (d) (cf. tabelle e diagrammi proposti in allegato). Per i primi sei strati sono stati rispettivamente ottenuti i seguenti valori:

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO	5° STRATO	6° STRATO
$V_S = 175$ m/sec	$V_S = 266$ m/sec	$V_S = 197$ m/sec	$V_S = 327$ m/sec	$V_S = 471$ m/sec	$V_S = 539$ m/sec
$d = 2.0$ m	$d = 3.6$ m	$d = 6.1$ m	$d = 3.5$ m	$d = 6.4$ m	$d = 8.4$ m

La valutazione del valore V_{S30} viene quindi ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i esimo, m - v_i = velocità onde di taglio strato i esimo, m/sec

ottenendo:

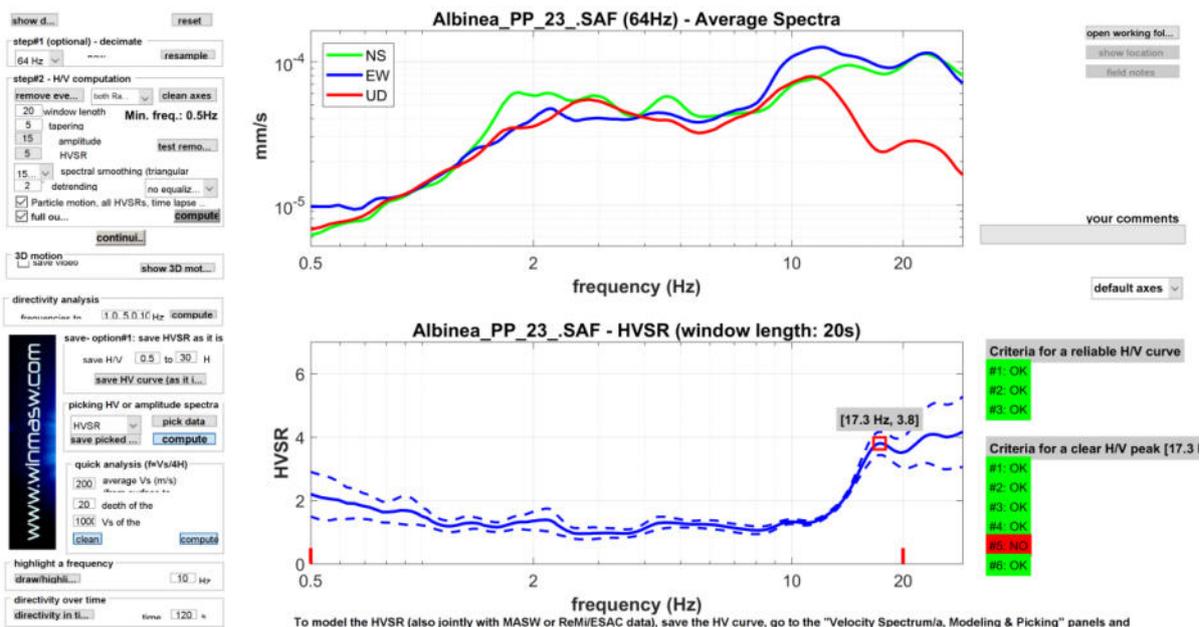
$$V_{S30} = 314 \text{ m/sec}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica "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.

Indagine sismica passiva HVSR

Come detto in precedenza è stata effettuata un'indagine sismica passiva HVSR, in corrispondenza dell'indagine geofisica MASW. La prova, nota semplicemente con il nome H/V, fu sperimentata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970 ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura (infatti la prova viene anche definita come metodo di Nakamura). L'indagine consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica passiva), misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un velocimetro triassiale (due orizzontali perpendicolari tra loro ed una verticale). Quanto detto, giustifica la definizione della metodologia e cioè prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) oppure HVSNR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio). Le vibrazioni misurate sono i cosiddetti microtremori e sono l'effetto di una serie di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano a fini ingegneristici sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz. Le principali sorgenti sono sia di origine antropica (traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere) che naturale (onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici). Durante l'acquisizione dei dati vanno rispettate una precisa metodologia ed alcune accortezze per fare in modo che il dato sia statisticamente corretto. Questa metodologia a stazione singola del microtremore sismico consente la misura della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici. Le misure sono state effettuate con uno strumento denominato Gemini 2 prodotto dalla ditta Pasi di Torino. Il Gemini 2 è un acquirente dati HVSR costituito da una terna di geofoni con frequenza di risonanza di 2 Hz, accoppiati sia meccanicamente che elettricamente e da un acquirente di dati a 24 bit reali appositamente progettato. Per il suo funzionamento in campagna il Gemini 2 viene collegato ad un computer portatile tramite un'interfaccia USB. I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto S.E.S.A.M.E.: l'asse Z corrisponde al geofono verticale (direzione Up-Down), l'asse X e l'asse Y corrispondono rispettivamente al geofono orizzontale (direzione East-West) e al geofono orizzontale (direzione North-South). La misurazione, della durata di venti minuti pari a 200 Hz, è stata poi elaborata utilizzando il software WinHVSR, prodotto dalla ditta EliaSoft.

Qui di seguito vengono riproposti i risultati ottenuti:



In the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 17.3 (±8.3)

Peak HVSR value: 3.8 (±0.4)

8. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, attualmente aggiornato dal D.M. del 17/1/2018, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere. L’azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri: a_g = accelerazione orizzontale massima; F_0 = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale; T_c^* = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno TR di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento VR della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati.

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per la definizione dell’Azione Sismica possono essere calcolati mediante l’utilizzo del programma di calcolo online GEOSTRU PS, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

I primi dati ad essere stati introdotti nel programma sono le coordinate geografiche (latitudine 44.625 e longitudine 10.604) del sito di riferimento (vedi figura in allegato).



Come si può visualizzare nella tabella sottostante, per ottenere gli spettri di risposta sismica locale, sono stati inoltre introdotti i valori della vita della struttura e le caratteristiche sismiche del terreno.

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	0.051	2.474	0.248
Danno (SLD)	50	0.063	2.490	0.262
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.160	2.404	0.285
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.202	2.404	0.294

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

I valori dei principali parametri sismici (a_g , Fo , Tc^*) riferiti all'area in oggetto al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

$$a_g/g = 0.160$$

$$Fo = 2.40$$

$$Tc^* = 0.28$$

Elaborando i dati forniti, il programma di calcolo ha valutato l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

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

in cui:

S_s = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;

S_t = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

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	T1	-

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,47	1,41
CC Coeff. funz categoria	1,66	1,63	1,59	1,57
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.019	0.056	0.080
kv	0.008	0.010	0.028	0.040
Amax [m/s ²]	0.749	0.932	2.304	2.798
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso II

Stato limite SLV e TR = 475 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 17.01.2018*):

Ss = 1.47 - Categoria sottosuolo C

St = 1.0 - Categoria topografica T1

ag = 0.160 · g

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.160 = 0.235 \cdot g.$$

9. MICROZONAZIONE SISMICA

L'aggiornamento con il DGR 630/2019 del DGR 2193/2015, che integrava la Delibera Regionale 112/2007, emessa dalla Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna in data 2 Maggio 2007, fornendo i criteri per l'individuazione delle aree che potrebbero essere soggette ad effetti sismici locali (microzonazione sismica) in modo da orientare le scelte di pianificazione verso le aree a minor rischio. La metodologia indicata per tali tipi di studio prevede due fasi di analisi, con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase ha carattere qualitativo ed è diretta ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

Essa viene realizzata sulla base di rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati.

La seconda fase ha invece come obiettivo la microzonazione sismica del territorio. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) analisi semplificata (secondo livello di approfondimento); basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologico più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard; essa viene svolta nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività minore o uguale a 15° in cui il deposito ha spessore costante

b) analisi approfondita (terzo livello di approfondimento), richiesta nei seguenti casi:

- Aree soggette a liquefazione e densificazione;
- Aree instabili e potenzialmente instabili;
- Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Secondo quanto riportato dalla Tav. P9b "Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento" prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell'Emilia, l'area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi semplificata di II livello.

L'analisi semplificata di secondo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione F_a sulla base delle velocità medie delle onde di taglio all'interno della copertura (V_{sH}) o nei primi 30 metri dalla superficie (V_{s30}), calcolate secondo le seguenti formule:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} \quad V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

I fattori stimati esprimono l'amplificazione del moto sismico al passaggio dal bedrock alla superficie. I F_a riportati nelle tabelle sono stati calcolati per un tempo di ritorno $TR=475$ anni, con smorzamento $\zeta=5\%$, e sono relativi ai seguenti parametri rappresentativi dello scuotimento sismico:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA): PGA/PGA_0 dove PGA_0 è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ al suolo di riferimento mentre PGA è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ alla superficie del sito.

$$\text{intensità spettrale} \quad SA = \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$$

dove:

A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento in cui SA/SA0; SA0 è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento mentre SA è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio T ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

	T₁	T₂
SA1	0,1 s	0,5 s
SA2	0,4 s	0,8 s
SA3	0,7 s	1,1 s
SA4*	0,5 s	1,5 s

intensità spettrale $SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$

dove:

V è lo spettro di risposta in velocità, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento in cui SI/SI0; SI0 è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento, SI è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio T ottenendo tre valori di intensità spettrale:

	T₁	T₂
SI1	0,1 s	0,5 s
SI2	0,5 s	1,0 s
SI3*	0,5 s	1,5 s

L'analisi semplificata di secondo livello propone l'utilizzo di una serie di tabelle di carattere empirico che mettono in relazione i valori di VsH o di Vs30 con i fattori di amplificazione.

Le varie Tabelle rispecchiano situazioni geologiche tipiche del territorio regionale, tra le quali occorre scegliere quella che meglio corrisponde alle caratteristiche dell'area di studio.

La tabella di riferimento per la valutazione dei fattori di amplificazione Fa è riportata nella sottostante tabella:

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

Fattore di Amplificazione **PGA**

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

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

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

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

La tabella è relativa ad una stratigrafia del Margine di tipo B ovvero il settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura caratterizzato dallo spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini.

In base al valore di 314 m/s di Vs30, ottenuto estrapolando i dati dell'indagine geofisica, si ritiene opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

PGA F.A. = 1.6			
SA1 = 1.7	SA2 = 2.1	SA3 = 2.4	SA4 = 2.3
SI1 = 1.8	SI2 = 2.3	SI3 = 2.4	

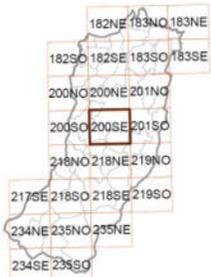
Nella tavola "Carta di microzonazione sismica – Fa PGA" (cf. stralcio in allegato), prodotta a corredo dello studio di microzonazione sismica del comune di Albinea, l'area in oggetto di studio è compresa in una microzona esaminata in cui viene indicato un Fattore di Amplificazione di 2.2.

Sono stati pertanto ottenuti tre diversi fattori di amplificazione sismica, 1.47 con la Risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018, 1.6 con l'analisi semplificata di 2° livello in sito secondo il DGR 360/2019 e 2.2 con l'analisi dello Studio di microzonazione comunale. Per il futuro dimensionamento delle strutture, si dovrà pertanto tenere in considerazione i vari fattori di amplificazione; non emergendo particolari criticità, si ritiene opportuno che venga utilizzato il Fattore di Amplificazione di 1.47 da NTC 2018 come valore medio dei vari Fa, da cui deriva al sito una a_{max} pari a $0.235 \cdot g$.



PTCP 2010

PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE



LA PRESIDENTE DELLA PROVINCIA
Sonia Masini

L'ASSESSORE PIANIFICAZIONE,
CULTURA, PAESAGGIO, AMBIENTE
Roberto Ferrari

IL DIRIGENTE SERVIZIO PIANIFICAZIONE
TERRITORIALE, AMBIENTE E POLITICHE CULTURALI
Arch. Anna Compeol

Adottato dal
Consiglio Provinciale
con atto n° 92 del 06.11.2008

Approvato dal
Consiglio Provinciale
con atto n° 124 del 17.06.2010

IL SEGRETARIO GENERALE
Dott. Enzo E. Di Cagno



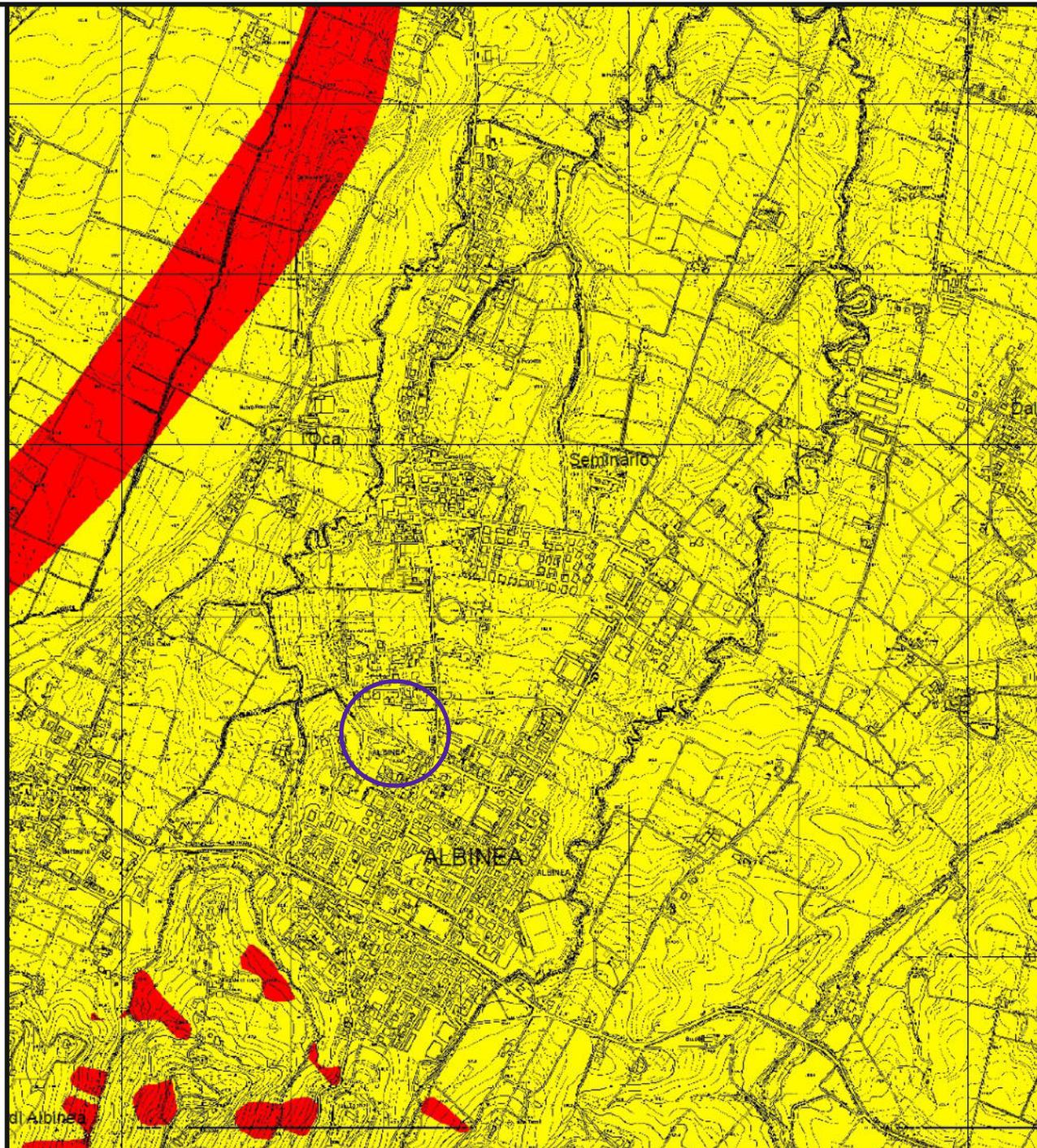
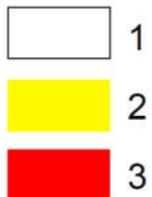
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

Rischio sismico -
Carta dei livelli di approfondimento

P9b

SCALA 1:25.000

LIVELLI DI APPROFONDIMENTO



10. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Con il termine liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 630/2019 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5 e di livelli di natura granulare che si alternano alle argille, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

La verifica (cf. tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride (1997), che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo le indagini penetrometriche, accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di livelli granulari che si alternano alle argille, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.16

Fattore amplificazione 2.4

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.47

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.235

PROVA PENETROMETRICA CPTI

PARAMETRI GEOTECNICI

Nr	Strato	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nsp/1)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		Torbe - Argille Torbose	0	3.5	21.25	22.03	0	0	6241.65	479.95	0
2		Argille	3.5	5	19.83	20.62	0	0	2721.35	159.36	0
3		Argille - Argille Limose	5	9	20.62	21.41	0	0	4398.28	156.25	0
4		Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia	9	10.6	18.63	21.57	0	0	21243.67	71.92	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	1.20	25.656	23.695	128.225	7.721	2.509	1.7	298.885	0.991	2.563	0.098	26.094	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2	1.40	30.062	26.139	122.082	7.727	2.521	1.7	305.466	0.989	2.731	0.104	26.215	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3	1.60	34.468	28.584	116.745	7.732	2.532	1.7	311.670	0.988	2.896	0.109	26.552	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4	1.80	38.874	31.029	112.052	7.738	2.542	1.7	317.546	0.986	3.058	0.113	27.030	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

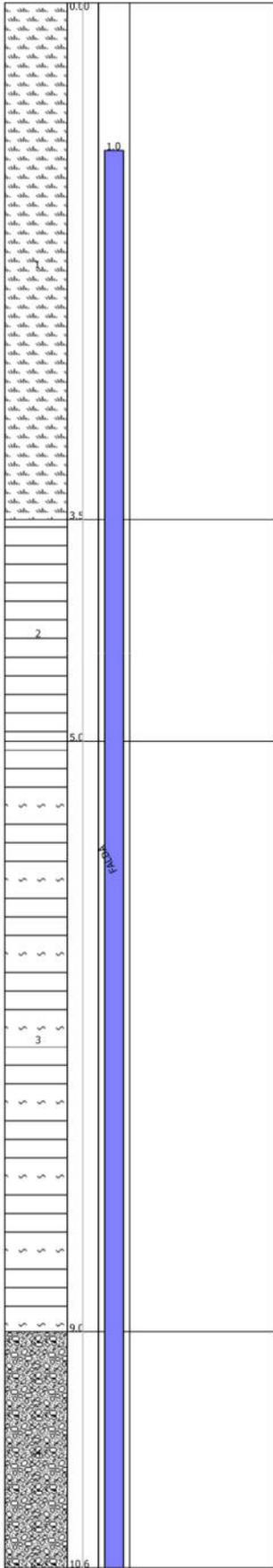
5	2.00	43.280	33.473	107.882	7.743	2.552	1.7	323.136	0.985	3.218	0.117	27.605	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6	2.20	47.686	35.918	104.146	7.749	2.561	1.668568	322.400	0.983	3.196	0.120	26.747	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7	2.40	52.092	38.363	100.773	7.754	2.569	1.614528	316.812	0.982	3.037	0.122	24.887	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8	2.60	56.498	40.807	97.708	7.760	2.577	1.56542	311.696	0.980	2.896	0.124	23.312	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9	2.80	60.904	43.252	94.907	7.765	2.585	1.520536	306.985	0.979	2.771	0.126	21.960	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10	3.00	65.310	45.697	92.333	7.771	2.592	1.479305	302.627	0.977	2.658	0.128	20.786	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11	3.20	69.716	48.141	89.958	7.776	2.599	1.441255	298.578	0.976	2.555	0.129	19.757	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12	3.40	74.122	50.586	104.058	7.782	2.563	1.667159	323.159	0.974	3.219	0.131	24.632	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13	3.60	78.387	52.890	49.971	6.030	2.672	1.7	175.599	0.972	0.584	0.132	4.422	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14	3.80	82.511	55.052	47.933	6.039	2.684	1.7	179.666	0.971	0.619	0.133	4.649	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15	4.00	86.635	57.215	46.049	6.048	2.696	1.7	183.689	0.969	0.656	0.134	4.884	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16	4.20	90.759	59.378	44.303	6.058	2.708	1.684133	185.919	0.968	0.678	0.135	5.003	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17	4.40	94.883	61.540	42.679	6.067	2.720	1.624949	183.154	0.966	0.651	0.136	4.775	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18	4.60	99.007	63.703	41.165	6.077	2.731	1.569783	180.540	0.965	0.627	0.137	4.569	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19	4.80	103.131	65.866	39.751	6.087	2.742	1.51824	178.066	0.963	0.605	0.138	4.382	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
20	5.00	107.255	68.028	38.427	6.096	2.752	1.469974	175.718	0.962	0.585	0.139	4.211	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
21	5.20	111.537	70.349	52.439	3.645	2.498	1.19226	144.546	0.960	0.361	0.139	2.589	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
22	5.40	115.819	72.670	51.595	3.649	2.503	1.173068	143.591	0.959	0.355	0.140	2.540	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
23	5.60	120.101	74.990	50.790	3.652	2.508	1.154774	142.677	0.957	0.350	0.140	2.495	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
24	5.80	124.383	77.311	50.022	3.656	2.513	1.137311	141.803	0.956	0.345	0.141	2.452	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
25	6.00	128.665	79.632	49.288	3.660	2.518	1.120616	140.965	0.954	0.341	0.141	2.412	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
26	6.20	132.947	81.952	48.585	3.663	2.523	1.104636	140.161	0.953	0.336	0.141	2.375	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
27	6.40	137.229	84.273	47.911	3.667	2.527	1.08932	139.388	0.951	0.332	0.142	2.340	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
28	6.60	141.511	86.594	47.265	3.671	2.532	1.074624	138.645	0.950	0.328	0.142	2.308	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
29	6.80	145.793	88.914	46.644	3.674	2.536	1.060508	137.929	0.948	0.324	0.142	2.277	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
30	7.00	150.075	91.235	46.047	3.678	2.540	1.046933	137.239	0.946	0.320	0.143	2.248	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
31	7.20	154.357	93.556	45.472	3.682	2.544	1.033867	136.574	0.945	0.317	0.143	2.220	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
32	7.40	158.639	95.876	44.919	3.685	2.549	1.021278	135.931	0.943	0.314	0.143	2.194	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
33	7.60	162.921	98.197	44.385	3.689	2.553	1.009138	135.311	0.942	0.310	0.143	2.170	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
34	7.80	167.203	100.518	43.869	3.693	2.556	0.9974211	134.710	0.940	0.307	0.143	2.146	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
35	8.00	171.485	102.838	43.372	3.697	2.560	0.9861029	134.129	0.939	0.304	0.143	2.124	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
36	8.20	175.767	105.159	42.890	3.700	2.564	0.9751615	133.566	0.937	0.302	0.143	2.103	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
37	8.40	180.049	107.480	42.425	3.704	2.568	0.9645763	133.020	0.936	0.299	0.144	2.083	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
38	8.60	184.331	109.801	41.974	3.708	2.571	0.9543285	132.491	0.934	0.296	0.144	2.063	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
39	8.80	188.613	112.121	37.546	3.712	2.607	0.8918926	132.137	0.933	0.295	0.144	2.051	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
40	9.00	192.895	114.442	36.747	3.715	2.614	0.8738066	131.161	0.931	0.290	0.144	2.017	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
41	9.20	197.209	116.795	196.571	0.342	1.397	0.9253134	144.840	0.928	0.363	0.144	2.526	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
42	9.40	201.523	119.147	194.620	0.342	1.401	0.9161323	144.542	0.923	0.361	0.143	2.525	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
43	9.60	205.837	121.500	192.727	0.342	1.405	0.9072191	144.229	0.918	0.359	0.142	2.522	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
44	9.80	210.151	123.853	190.887	0.342	1.408	0.8985612	143.902	0.912	0.357	0.142	2.520	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

45	10.00	214.465	126.205	189.100	0.342	1.412	0.8901464	143.562	0.907	0.355	0.141	2.517	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
46	10.20	218.779	128.558	187.362	0.342	1.415	0.8819637	143.211	0.902	0.353	0.140	2.514	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
47	10.40	223.093	130.911	185.670	0.342	1.418	0.8740027	142.850	0.896	0.351	0.140	2.510	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
48	10.60	227.407	133.263	184.024	0.342	1.422	0.8662534	142.480	0.891	0.349	0.139	2.507	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

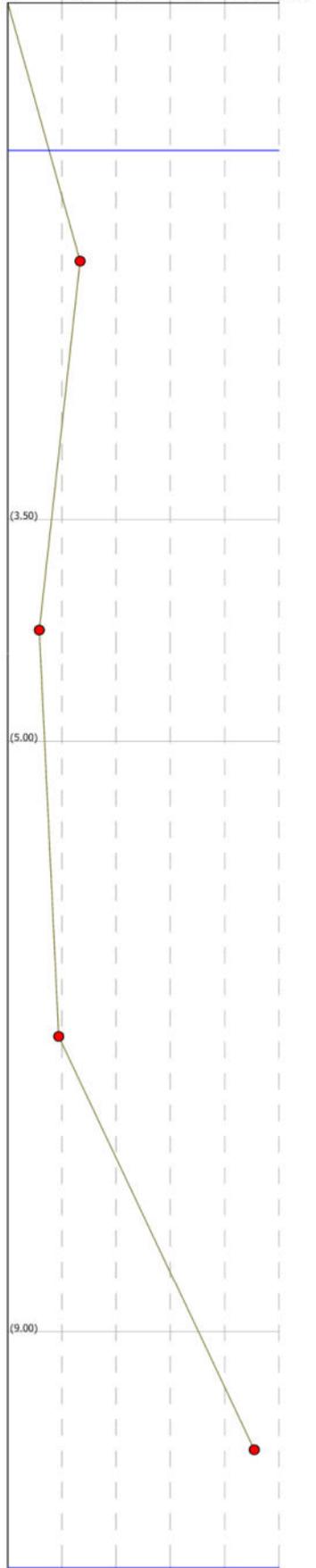
IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

<FIELD1>
 <FIELD2>
 <FIELD3>
 <FIELD4>

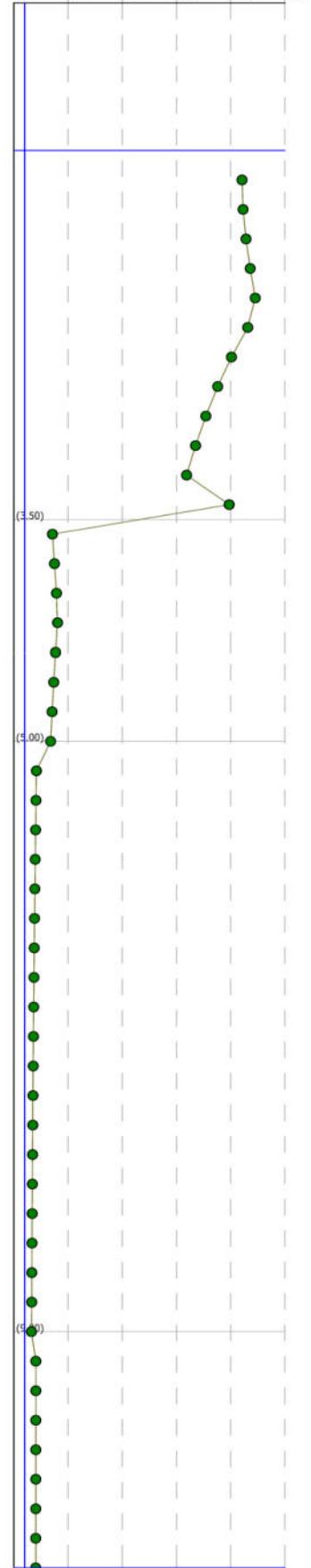
Colonna stratigrafica



Qc (kPa)



Fattore di sicurezza Fs



PROVA PENETROMETRICA CPT2

PARAMETRI GEOTECNICI

Nr	Strato	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		Argille	0	3	21.14	21.92	0	0	5831.69	351.3	0
2		Torbe - Argille Torbose	3	4.5	20.42	21.2	0	0	3824.6	370.78	0
3		Argille - Argille Limose	4.5	9	21.79	22.58	0	0	8796.14	304.15	0
4		Argille - Argille Limose	9	12	20.67	21.45	0	0	4589.51	179.57	0
5		Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia	12	13	18.63	21.57	0	0	29753.39	74.53	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

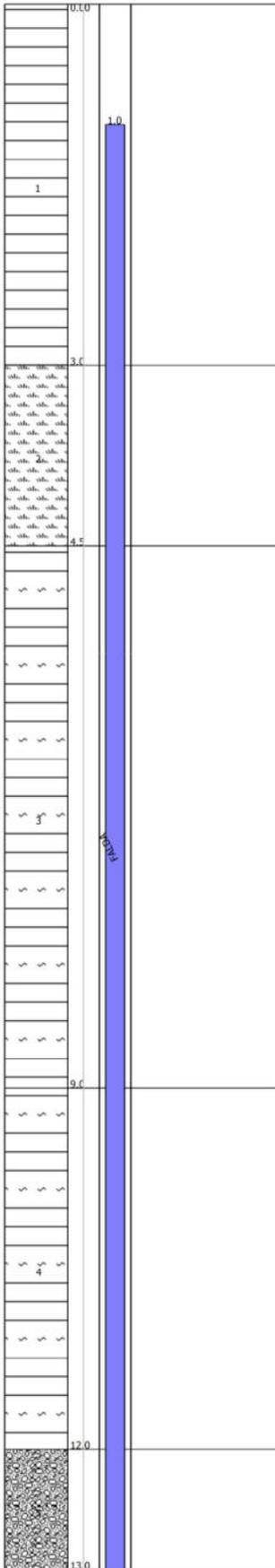
Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta q _{e1} (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	1.20	25.524	23.563	120.139	6.050	2.437	1.7	244.959	0.991	1.447	0.098	14.725	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2	1.40	29.908	25.985	114.401	6.055	2.450	1.7	250.506	0.989	1.542	0.104	14.791	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3	1.60	34.292	28.408	109.414	6.060	2.461	1.7	255.748	0.988	1.636	0.109	14.983	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4	1.80	38.676	30.831	105.028	6.064	2.472	1.7	260.726	0.986	1.728	0.113	15.258	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5	2.00	43.060	33.253	101.129	6.069	2.482	1.7	265.472	0.985	1.820	0.117	15.589	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6	2.20	47.444	35.676	97.635	6.073	2.491	1.674217	265.916	0.983	1.829	0.120	15.276	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7	2.40	51.828	38.099	94.480	6.078	2.500	1.620112	261.473	0.982	1.742	0.122	14.252	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8	2.60	56.212	40.521	91.612	6.083	2.508	1.570934	257.407	0.980	1.666	0.124	13.384	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9	2.80	60.596	42.944	88.990	6.087	2.516	1.525979	253.666	0.979	1.598	0.126	12.640	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10	3.00	64.980	45.367	86.582	6.092	2.523	1.484675	250.208	0.977	1.537	0.128	11.994	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11	3.20	69.220	47.645	84.119	6.097	2.530	1.448212	247.723	0.976	1.485	0.130	11.470	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12	3.40	73.460	49.924	81.647	6.102	2.537	1.416759	245.248	0.975	1.443	0.131	11.055	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13	3.60	77.700	52.203	79.176	6.107	2.544	1.388306	242.773	0.974	1.411	0.133	10.740	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14	3.80	81.940	54.481	76.705	6.112	2.551	1.362853	240.298	0.973	1.380	0.134	10.425	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15	4.00	86.180	56.760	74.234	6.117	2.558	1.339400	237.823	0.972	1.350	0.135	10.110	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16	4.20	90.420	59.039	71.763	6.122	2.565	1.317947	235.348	0.971	1.321	0.136	9.795	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17	4.40	94.660	61.317	69.292	6.127	2.572	1.298494	232.873	0.970	1.293	0.137	9.480	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18	4.60	99.038	63.734	66.821	6.132	2.579	1.280041	230.398	0.969	1.266	0.137	9.165	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19	4.80	103.554	66.289	64.350	6.137	2.586	1.262588	227.923	0.968	1.240	0.138	8.850	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
20	5.00	108.070	68.843	61.879	6.142	2.593	1.246135	225.448	0.967	1.215	0.138	8.535	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
21	5.20	112.586	71.398	59.408	6.147	2.600	1.230682	222.973	0.966	1.191	0.139	8.220	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
22	5.40	117.102	73.953	56.937	6.152	2.607	1.216229	220.498	0.965	1.168	0.139	7.905	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
23	5.60	121.618	76.507	54.466	6.157	2.614	1.202776	218.023	0.964	1.146	0.139	7.590	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
24	5.80	126.134	79.062	51.995	6.162	2.621	1.190323	215.548	0.963	1.125	0.140	7.275	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
25	6.00	130.650	81.617	49.524	6.167	2.628	1.178870	213.073	0.962	1.105	0.140	6.960	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
26	6.20	135.166	84.171	47.053	6.172	2.635	1.168417	210.598	0.961	1.086	0.140	6.645	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
27	6.40	139.682	86.726	44.582	6.177	2.642	1.158964	208.123	0.960	1.068	0.140	6.330	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
28	6.60	144.198	89.281	42.111	6.182	2.649	1.150511	205.648	0.959	1.051	0.140	6.015	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
29	6.80	148.714	91.835	39.640	6.187	2.656	1.143058	203.173	0.958	1.035	0.141	5.700	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

30	7.00	153.230	94.390	90.538	3.519	2.326	1.029288	184.220	0.946	0.661	0.141	4.702	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
31	7.20	157.746	96.945	89.337	3.521	2.330	1.015635	182.991	0.945	0.650	0.141	4.616	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
32	7.40	162.262	99.499	88.182	3.523	2.334	1.002512	181.809	0.943	0.639	0.141	4.536	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
33	7.60	166.778	102.054	87.072	3.525	2.338	0.989885	180.670	0.942	0.628	0.141	4.460	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
34	7.80	171.294	104.609	86.002	3.526	2.341	0.9777232	179.574	0.940	0.619	0.141	4.387	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
35	8.00	175.810	107.163	84.971	3.528	2.345	0.965999	178.516	0.939	0.609	0.141	4.319	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
36	8.20	180.326	109.718	83.976	3.530	2.348	0.9546866	177.495	0.937	0.600	0.141	4.255	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
37	8.40	184.842	112.273	83.015	3.532	2.352	0.9437625	176.509	0.936	0.591	0.141	4.193	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
38	8.60	189.358	114.828	82.086	3.534	2.355	0.9332051	175.555	0.934	0.583	0.141	4.135	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
39	8.80	193.874	117.382	81.188	3.536	2.359	0.9229943	174.633	0.933	0.575	0.141	4.079	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
40	9.00	198.390	119.937	80.319	3.538	2.362	0.9131114	173.739	0.931	0.568	0.141	4.026	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
41	9.20	202.680	122.266	35.880	4.093	2.650	0.8178924	136.985	0.928	0.319	0.141	2.264	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
42	9.40	206.970	124.594	35.175	4.097	2.657	0.802606	136.044	0.923	0.314	0.140	2.238	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
43	9.60	211.260	126.923	34.495	4.101	2.663	0.7878804	135.130	0.918	0.309	0.140	2.213	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
44	9.80	215.550	129.252	33.841	4.105	2.670	0.7736855	134.244	0.912	0.305	0.139	2.189	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
45	10.00	219.840	131.580	33.209	4.109	2.676	0.7599931	133.383	0.907	0.301	0.139	2.167	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
46	10.20	224.130	133.909	32.600	4.114	2.682	0.7467768	132.546	0.902	0.297	0.138	2.146	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
47	10.40	228.420	136.238	32.011	4.118	2.688	0.7340124	131.732	0.896	0.293	0.138	2.127	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
48	10.60	232.710	138.566	31.442	4.122	2.694	0.7216769	130.940	0.891	0.289	0.137	2.108	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
49	10.80	237.000	140.895	30.892	4.126	2.700	0.7097492	130.170	0.886	0.285	0.136	2.090	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
50	11.00	241.290	143.224	30.360	4.130	2.706	0.6982094	129.419	0.880	0.282	0.136	2.074	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
51	11.20	245.580	145.552	29.844	4.134	2.712	0.6870388	128.688	0.875	0.278	0.135	2.058	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
52	11.40	249.870	147.881	29.346	4.138	2.717	0.6762202	127.975	0.870	0.275	0.135	2.044	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
53	11.60	254.160	150.210	28.862	4.142	2.723	0.6657369	127.279	0.864	0.272	0.134	2.030	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
54	11.80	258.450	152.538	28.393	4.146	2.728	0.6555735	126.601	0.859	0.269	0.133	2.017	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
55	12.00	262.740	154.867	27.939	4.150	2.734	0.645716	125.939	0.854	0.266	0.133	2.004	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
56	12.20	267.054	157.220	27.492	0.253	1.259	0.7975296	107.276	0.848	0.195	0.132	1.477	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
57	12.40	271.368	159.572	27.046	0.253	1.262	0.7916285	108.214	0.843	0.198	0.131	1.507	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
58	12.60	275.682	161.925	26.600	0.253	1.265	0.7858565	109.103	0.838	0.201	0.131	1.538	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
59	12.80	279.996	164.278	26.154	0.253	1.268	0.7802089	109.948	0.832	0.204	0.130	1.568	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
60	13.00	284.310	166.630	25.708	0.253	1.271	0.7746814	110.749	0.827	0.206	0.129	1.597	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

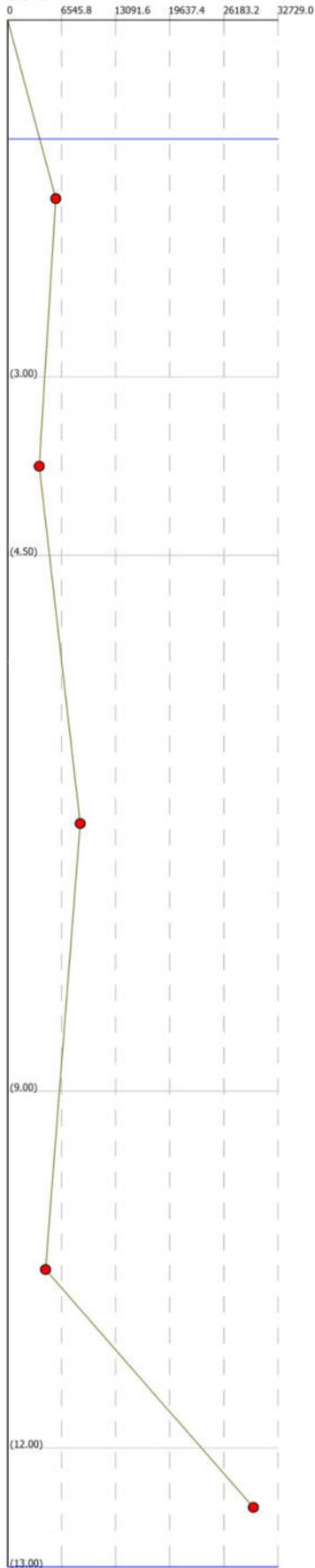
IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

<FIELD1>
 <FIELD2>
 <FIELD3>
 <FIELD4>

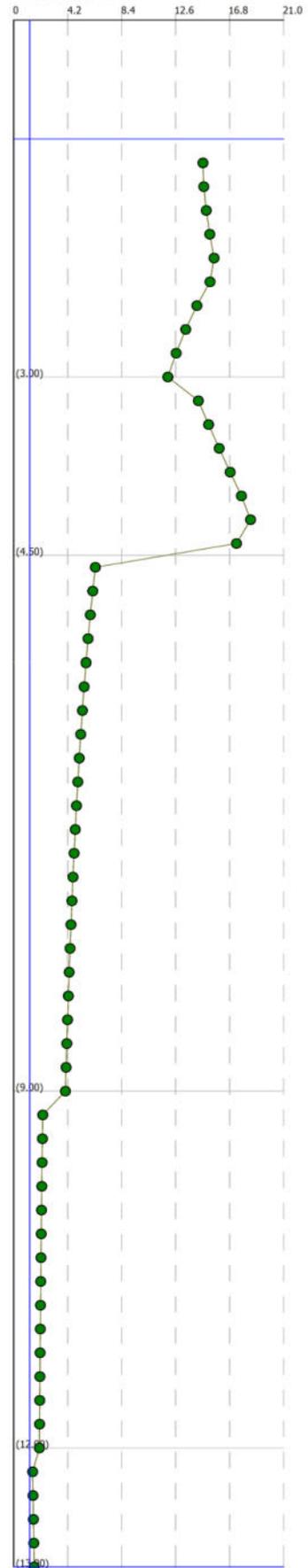
Colonna stratigrafica



Qc (kPa)



Fattore di sicurezza Fs



PROVA PENETROMETRICA CPT3

PARAMETRI GEOTECNICI

Nr	Strato	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		Torbe - Argille Torbose	0	3.5	21.46	22.24	0	0	7101.17	491.1	0
2		Limi - Argille Sabbiose	3.5	10	22.22	23	0	0	11351.95	335.8	0
3		Argille	10	13.5	20.79	21.58	0	0	4961.01	275.74	0
4		Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia	13.5	14.6	18.63	21.57	0	0	22996.61	103.51	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

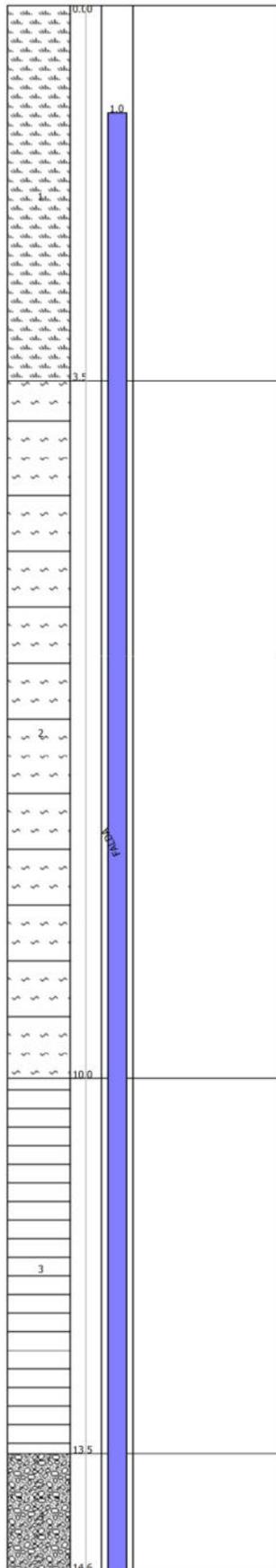
Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	1.20	25.908	23.947	145.113	6.941	2.442	1.7	300.594	0.991	2.606	0.098	26.552	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2	1.40	30.356	26.433	138.119	6.945	2.453	1.7	307.045	0.989	2.772	0.104	26.650	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3	1.60	34.804	28.920	132.048	6.950	2.464	1.7	313.134	0.988	2.935	0.109	26.971	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4	1.80	39.252	31.407	126.712	6.954	2.474	1.7	318.910	0.986	3.096	0.113	27.438	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5	2.00	43.700	33.893	121.976	6.959	2.484	1.7	324.411	0.985	3.255	0.116	28.004	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6	2.20	48.148	36.380	117.733	6.963	2.493	1.657939	321.512	0.983	3.171	0.119	26.616	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7	2.40	52.596	38.867	113.905	6.967	2.501	1.604025	315.812	0.982	3.009	0.122	24.743	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8	2.60	57.044	41.353	110.427	6.972	2.509	1.555051	310.602	0.980	2.867	0.124	23.159	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9	2.80	61.492	43.840	107.249	6.976	2.516	1.510305	305.811	0.979	2.740	0.126	21.801	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10	3.00	65.940	46.327	104.331	6.981	2.523	1.469211	301.385	0.977	2.626	0.127	20.623	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11	3.20	70.388	48.813	101.639	6.985	2.530	1.4313	297.279	0.976	2.523	0.129	19.592	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12	3.40	74.836	51.300	99.145	6.989	2.536	1.396179	293.454	0.974	2.430	0.130	18.681	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13	3.60	79.360	53.863	154.677	2.979	2.124	1.362561	231.885	0.972	1.240	0.131	9.449	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14	3.80	83.960	56.501	151.022	2.980	2.130	1.330364	228.316	0.971	1.187	0.132	8.985	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15	4.00	88.560	59.140	147.615	2.981	2.136	1.300347	224.992	0.969	1.139	0.133	8.571	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16	4.20	93.160	61.779	144.428	2.983	2.142	1.272274	221.886	0.968	1.096	0.134	8.201	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17	4.40	97.760	64.417	141.439	2.984	2.148	1.245944	218.975	0.966	1.056	0.134	7.868	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18	4.60	102.360	67.056	138.628	2.985	2.153	1.221184	216.241	0.965	1.020	0.135	7.567	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19	4.80	106.960	69.695	135.979	2.986	2.159	1.197843	213.665	0.963	0.987	0.135	7.293	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
20	5.00	111.560	72.333	133.475	2.987	2.164	1.175792	211.234	0.962	0.957	0.136	7.043	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
21	5.20	116.160	74.972	131.106	2.989	2.169	1.154916	208.934	0.960	0.928	0.136	6.814	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
22	5.40	120.760	77.611	128.858	2.990	2.174	1.135113	206.753	0.959	0.902	0.137	6.604	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
23	5.60	125.360	80.249	126.721	2.991	2.178	1.116295	204.683	0.957	0.877	0.137	6.410	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
24	5.80	129.960	82.888	124.688	2.992	2.183	1.098383	202.714	0.956	0.855	0.137	6.230	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
25	6.00	134.560	85.527	122.749	2.994	2.187	1.081307	200.838	0.954	0.833	0.137	6.064	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
26	6.20	139.160	88.165	120.899	2.995	2.192	1.065003	199.048	0.953	0.813	0.138	5.909	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
27	6.40	143.760	90.804	119.129	2.996	2.196	1.049415	197.337	0.951	0.795	0.138	5.765	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
28	6.60	148.360	93.443	117.435	2.997	2.200	1.034492	195.701	0.950	0.777	0.138	5.630	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
29	6.80	152.960	96.081	115.811	2.998	2.204	1.020188	194.133	0.948	0.760	0.138	5.503	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
30	7.00	157.560	98.720	114.253	3.000	2.208	1.006462	192.629	0.946	0.745	0.138	5.385	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

31	7.20	162.160	101.359	112.756	3.001	2.212	0.9932746	191.186	0.945	0.730	0.138	5.273	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
32	7.40	166.760	103.997	111.316	3.002	2.215	0.9805928	189.798	0.943	0.716	0.139	5.169	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
33	7.60	171.360	106.636	109.931	3.003	2.219	0.9683846	188.463	0.942	0.703	0.139	5.070	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
34	7.80	175.960	109.275	108.595	3.005	2.222	0.9566212	187.177	0.940	0.690	0.139	4.976	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
35	8.00	180.560	111.913	107.307	3.006	2.226	0.9452765	185.938	0.939	0.678	0.139	4.888	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
36	8.20	185.160	114.552	106.064	3.007	2.229	0.9343261	184.742	0.937	0.666	0.139	4.804	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
37	8.40	189.760	117.191	104.863	3.008	2.233	0.9237475	183.587	0.936	0.655	0.139	4.725	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
38	8.60	194.360	119.830	103.702	3.010	2.236	0.9135203	182.472	0.934	0.645	0.139	4.649	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
39	8.80	198.960	122.468	102.579	3.011	2.239	0.9036254	181.393	0.933	0.635	0.139	4.578	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
40	9.00	203.560	125.107	101.492	3.012	2.242	0.8940454	180.348	0.931	0.626	0.139	4.509	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
41	9.20	208.160	127.746	100.438	3.013	2.245	0.8847637	179.337	0.928	0.616	0.139	4.450	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
42	9.40	212.760	130.384	99.416	3.015	2.249	0.8757651	178.357	0.923	0.608	0.138	4.406	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
43	9.60	217.360	133.023	98.425	3.016	2.251	0.8670356	177.407	0.918	0.599	0.137	4.365	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
44	9.80	221.960	135.662	97.464	3.017	2.254	0.8585621	176.485	0.912	0.591	0.137	4.326	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
45	10.00	226.560	138.300	96.529	3.018	2.257	0.8503323	175.590	0.907	0.583	0.136	4.289	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
46	10.20	230.876	140.655	33.629	5.829	2.778	0.7109604	162.349	0.902	0.478	0.136	3.527	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
47	10.40	235.192	143.010	33.045	5.835	2.784	0.6992543	161.284	0.896	0.470	0.135	3.484	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
48	10.60	239.508	145.364	32.481	5.840	2.789	0.6879274	160.245	0.891	0.463	0.134	3.442	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
49	10.80	243.824	147.719	31.934	5.845	2.795	0.6769617	159.233	0.886	0.455	0.134	3.403	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
50	11.00	248.140	150.074	31.404	5.851	2.800	0.6663402	158.246	0.880	0.449	0.133	3.366	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
51	11.20	252.456	152.428	30.890	5.856	2.806	0.6560467	157.283	0.875	0.442	0.133	3.330	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
52	11.40	256.772	154.783	30.393	5.862	2.811	0.6460665	156.343	0.870	0.435	0.132	3.296	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
53	11.60	261.088	157.138	29.910	5.867	2.816	0.6363853	155.424	0.864	0.429	0.131	3.264	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
54	11.80	265.404	159.492	29.441	5.872	2.821	0.62699	154.527	0.859	0.423	0.131	3.234	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
55	12.00	269.720	161.847	28.986	5.878	2.826	0.6178681	153.650	0.854	0.417	0.130	3.204	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
56	12.20	274.036	164.202	28.544	5.883	2.831	0.6090078	152.793	0.848	0.412	0.130	3.177	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
57	12.40	278.352	166.556	28.115	5.889	2.836	0.600398	151.955	0.843	0.406	0.129	3.150	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
58	12.60	282.668	168.911	27.697	5.894	2.841	0.5920283	151.134	0.838	0.401	0.128	3.125	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
59	12.80	286.984	171.266	27.291	5.899	2.846	0.5838886	150.332	0.832	0.396	0.128	3.101	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
60	13.00	291.300	173.620	26.896	5.905	2.851	0.5759699	149.546	0.827	0.391	0.127	3.078	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
61	13.20	295.616	175.975	26.512	5.910	2.856	0.5682629	148.776	0.822	0.386	0.126	3.057	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
62	13.40	299.932	178.330	26.137	5.916	2.860	0.5607596	148.022	0.816	0.382	0.126	3.036	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
63	13.60	304.247	180.683	171.082	0.456	1.517	0.7439455	152.536	0.811	0.410	0.125	3.280	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
64	13.80	308.561	183.036	169.979	0.456	1.520	0.7391488	151.958	0.806	0.406	0.124	3.268	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
65	14.00	312.875	185.389	168.897	0.456	1.522	0.7344437	151.387	0.800	0.403	0.124	3.257	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
66	14.20	317.189	187.741	167.836	0.456	1.524	0.7298275	150.821	0.795	0.399	0.123	3.246	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
67	14.40	321.503	190.094	166.794	0.456	1.527	0.725297	150.260	0.790	0.396	0.122	3.235	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
68	14.60	325.817	192.447	165.771	0.457	1.529	0.72085	149.705	0.784	0.392	0.122	3.225	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

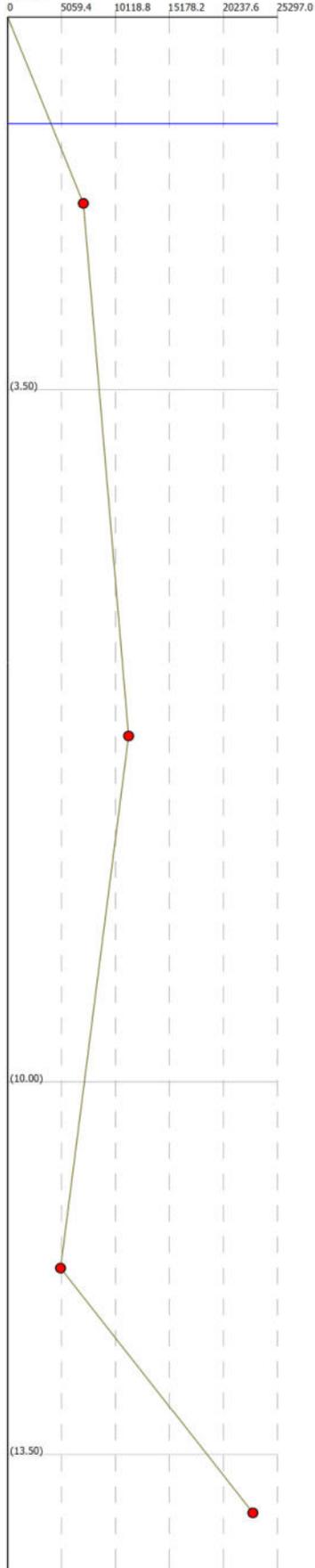
IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

<FIELD1>
 <FIELD2>
 <FIELD3>
 <FIELD4>

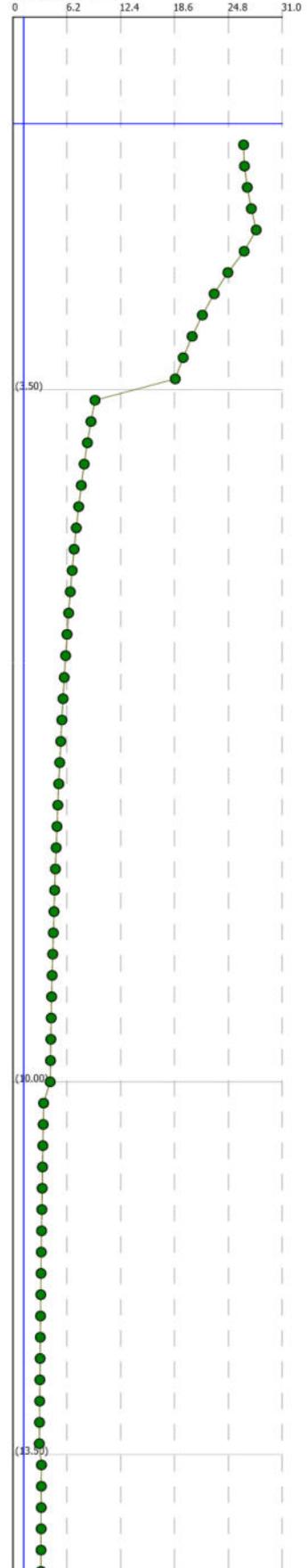
Colonna stratigrafica



Qc (kPa)



Fattore di sicurezza Fs



11. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale costituzione del terreno, spinte a rifiuto strumentale, hanno riscontrato che il primo sottosuolo presenta una natura prevalentemente coesiva. Ad argille, ad elevata componente organica e torbosa soprattutto nei primi 3.5÷5 m, in quanto al tetto di antiche superfici terrazzate soggette ad intensi processi di alterazione pedogenetica seguono ancora argille a cui si associano, in livelli e talora anche in banchi di modesto spessore di sabbie limose, sabbie e ghiaie di dimensioni medio-piccole, in corrispondenza delle quali, per l'elevato grado di addensamento, sono state interrotte le prove.

Da evidenziare l'approfondimento del tetto delle ghiaie da ovest verso est, anche per l'aumento della quota, nella fattispecie la CPT1 è stata interrotta a 10.6 m mentre la CPT2 a 13 m ed infine la CPT3 è riuscita ad approfondirsi sino a 14.6 m di profondità.

I risultati ottenuti dall'elaborazione dell'indagine sismica MASW pari a 314 m/s, illustrata in dettaglio nei paragrafi precedenti, hanno consentito di risalire con precisione alla relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle NTC del 17/01/2018. In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla *categoria C di azione sismica* "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.

In base alle risultanze di un'apposita indagine geofisica passiva HVSR, per il terreno sono stati ottenuti valori di picco della frequenza di risonanza (Peak frequency - Hz) di 17.3 e del rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e verticale (Peak HVSR value) di 3.8.

Mediante l'utilizzo di un apposito programma GEOSTRU PS, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale. Riferiti all'area in oggetto, al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g/g = 0.160$; $F_0 = 2.40$; $T_c^* = 0.28$.

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.160 = 0.235 \cdot g$.

Secondo quanto riportato dalla Tav. P9b "Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento", prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell'Emilia, l'area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi semplificata di II livello.

In base al valore di 314 m/s di V_{s30} , ottenuto estrapolando i dati dell'indagine geofisica, si ritiene opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

PGA F.A. = 1.6			
SA1 = 1.7	SA2 = 2.1	SA3 = 2.4	SA4 = 2.3
SI1 = 1.8	SI2 = 2.3	SI3 = 2.4	

Nella tavola "Carta di microzonazione sismica – Fa PGA" (cf. stralcio in allegato), prodotta a corredo dello studio di microzonazione sismica del comune di Albinea, l'area in oggetto di studio è compresa in una microzona esaminata in cui viene indicato un Fattore di Amplificazione di 2.2.

Sono stati pertanto ottenuti tre diversi fattori di amplificazione sismica, 1.47 con la Risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018, 1.6 con l'analisi semplificata di 2° livello in sito secondo il DGR 360/2019 e 2.2 con l'analisi dello Studio di microzonazione comunale.

Per il futuro dimensionamento delle strutture, si dovrà pertanto tenere in considerazione i vari fattori di amplificazione; non emergendo particolari criticità, si ritiene opportuno che venga utilizzato il Fattore di Amplificazione di 1.47 da NTC 2018 come valore medio dei vari F_a , da cui deriva al sito una a_{max} pari a $0.235 \cdot g$.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 630/2019 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5 e di livelli di natura granulare che si alternano alle argille, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

La verifica (cf. tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride (1997), che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo le indagini penetrometriche, accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di livelli granulari che si alternano alle argille, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini si è proceduto alla valutazione del peso di volume (γ), dell'angolo di attrito interno (ϕ'), della coesione non drenata (C_u) ed efficace (c') nonché dei moduli edometrico (M_o) ed elastico (E), per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo.

Suddetti valori potranno poi essere utilizzati per le urbanizzazioni e un predimensionamento di massima strutturale, in conformità con quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018.

Nel corso delle indagini non è stata accertata presenza d'acqua; la "Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento", prodotta in allegato al quaderno n° 11 degli studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, riporta che la prima falda utile è confinata a circa 20 m dal piano campagna, in lenti di sabbia e ghiaia.

Si ricorda che le basi d'appoggio delle fondazioni dovranno essere necessariamente impostate a non meno di 1.2 m rispetto alla quota dell'attuale piano campagna, oltre lo strato superficiale di suolo maggiormente sensibile ad effetti di espansione e contrazione, tipico di argille organiche e torbose, come quelle qui esistenti in origine ad elevato contenuto d'acqua, derivanti da antichi processi di sedimentazione fluviale.

Si consiglia altresì la realizzazione di piani interrati o seminterrati in modo tale da asportare la prima coltre di suolo che presenta maggiormente gli effetti di rigonfiamento e ritiro delle argille.

Sino a che permangono le naturali caratteristiche e la percentuale d'acqua rimane costante nel tempo non vi è incremento del naturale cedimento; l'attivazione di questo spiacevole fenomeno, tale da ripercuotersi negativamente sulla staticità delle strutture in elevazione, trova nell'assenza del naturale ricarico, in questi ultimi anni caratterizzati da periodi di prolungata siccità, una facile spiegazione.

Trattandosi di materiali particolarmente sensitivi, si dovranno pertanto evitare tutte quelle situazioni che inevitabilmente comportano un progressivo, anomalo processo di consolidazione del terreno.

In tal senso, per consentire la naturale infiltrazione dell'acqua dalla superficie, come sottolineato già di per se stessa difficoltosa per la natura stessa delle argille, occorre che non si proceda ad estese impermeabilizzazioni delle aree cortilive; è poi norma che, nelle immediate vicinanze del fabbricato, soprattutto di quelli non dotati di interrato e quindi con fondazioni più superficiali, non vengano messe a dimora piante a radice profonda idroesigenti, ad esempio aceri o betulle che, nel tempo, con la crescita e l'inevitabile sviluppo dei loro apparati radicali possono ulteriormente contribuire ad incrementare i cedimenti.

Per impedire poi l'insorgere dei processi di consolidazione del terreno alla base delle fondazioni, fenomeni che possono risultare ancor più pericolosi in presenza di un prolungato ristagno delle acque alla base delle stesse, si dovrà perciò avere l'accortezza di raccogliere ed allontanare, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta, tutte le acque meteoriche e di scarico in direzione della rete drenante principale.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”), che prescrivono un’attenta verifica dell’idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo, ribadendo altresì che i singoli interventi edilizi dovranno essere supportati da specifici studi geologici ed indagini geognostiche, si attesta l’idoneità del terreno all’attuazione dell’intervento edilizio in progetto e si concede quindi parere geologico favorevole.

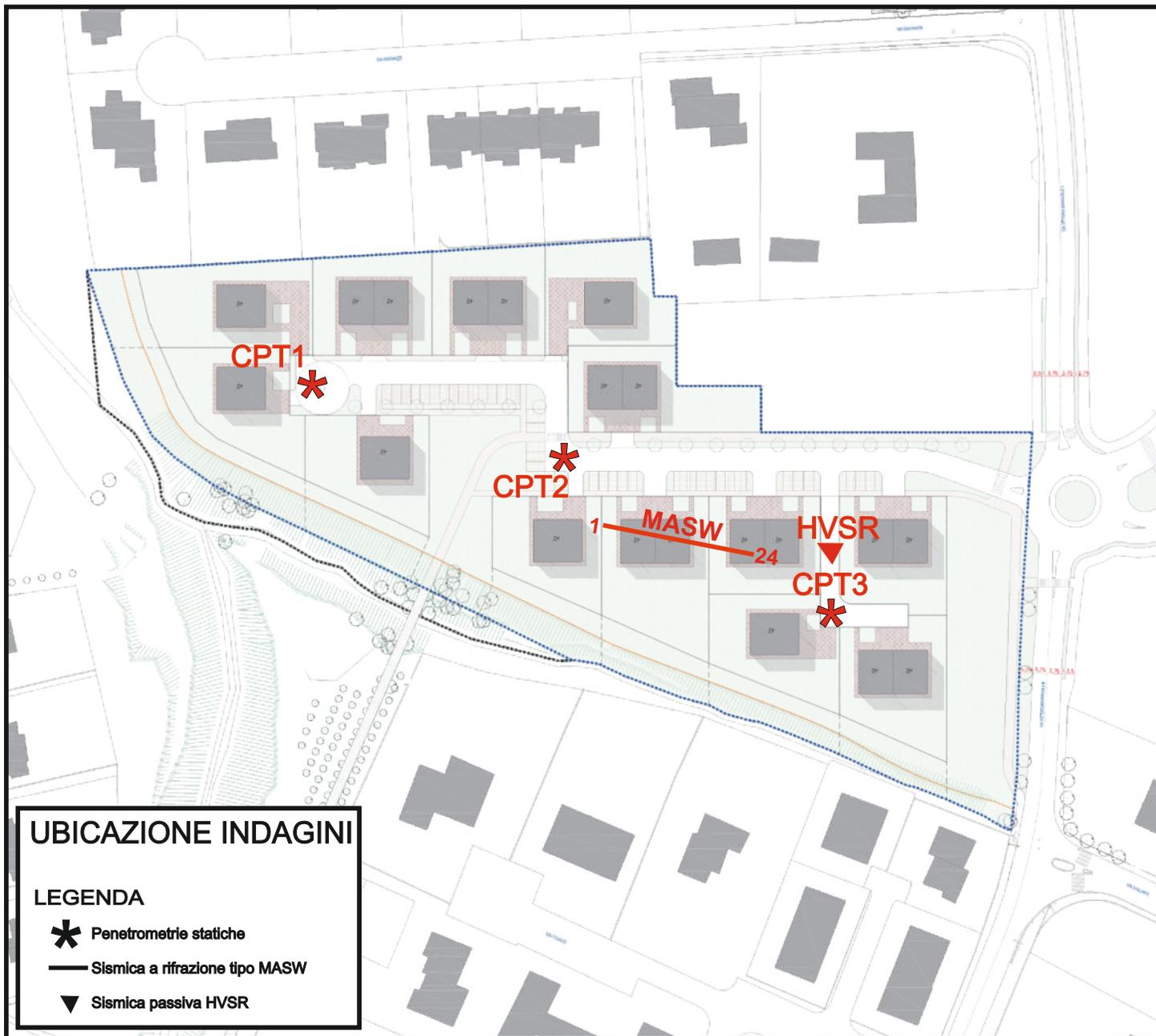
Scandiano, settembre 2021

Dott. Geol. Caroli Nicola

Iscr. Ordine dei Geologi Emilia Romagna sez. A n° 1370



ALLEGATI



PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
(CONE PENETRATION TEST)
CPT

Committente: Rio Arianna S.r.l.
Cantiere: Piano Particolareggiato P.P: 23
Località: Via Vittorio Emanuele II - Albinea (RE)

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

METODOLOGIA D' INDAGINE

Per caratterizzare la litologia del primo sottosuolo sono state effettuate tre indagini penetrometriche utilizzando un penetrometro TG 63/200 kN in versione cingolata della ditta PAGANI di Piacenza.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0,5 \text{ cm/s}$).

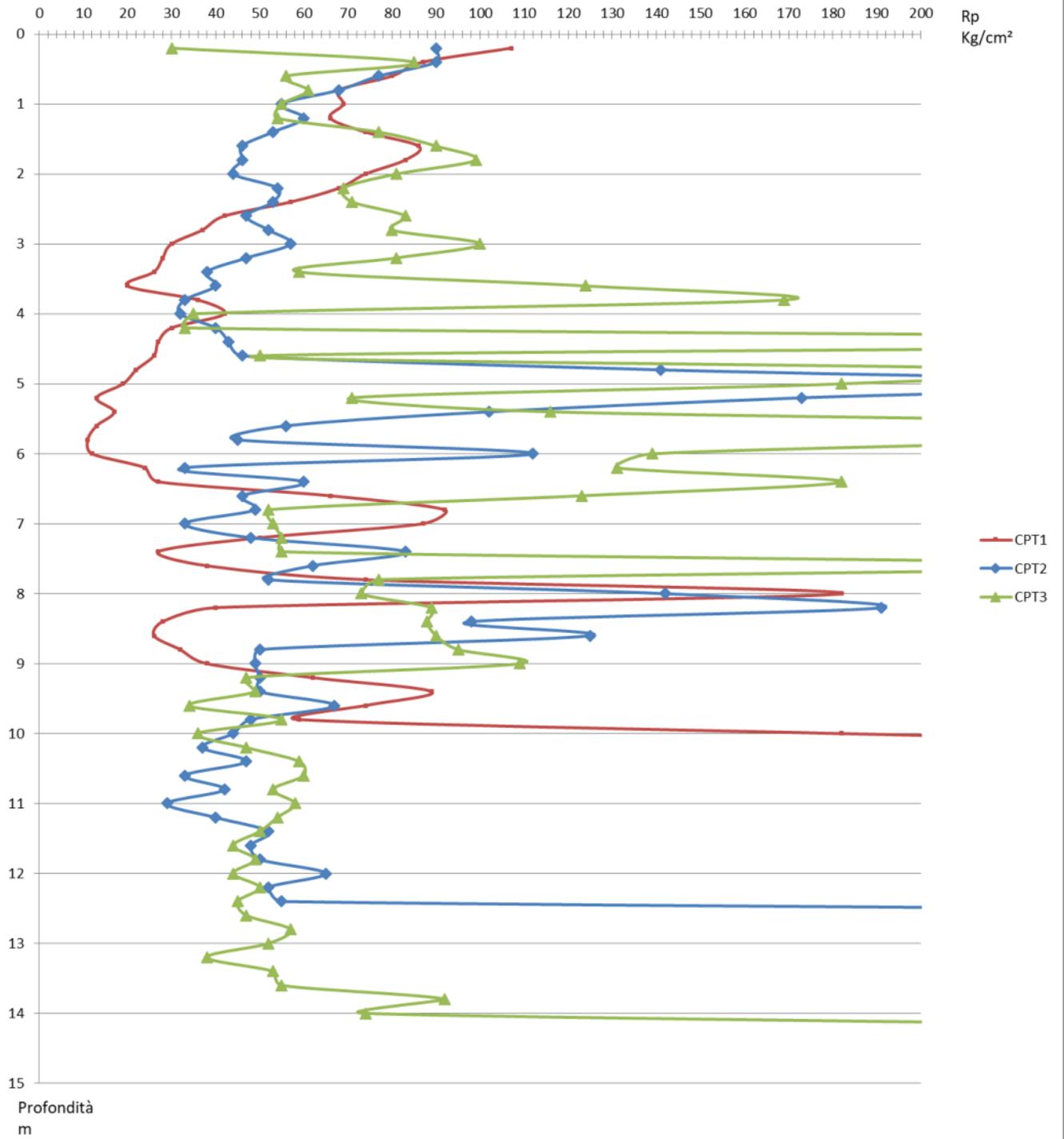
La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "Begemann". Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente :

- diametro Punta Conica meccanica $\varnothing = 35,7 \text{ mm}$
- area di punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne è installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione. Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna. Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste. I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sui manometri. Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC. Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm^2) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto

RESISTENZE PENETROMETRIE



PROVA ...CPT1

Committente: Rio Arianna S.r.l.

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

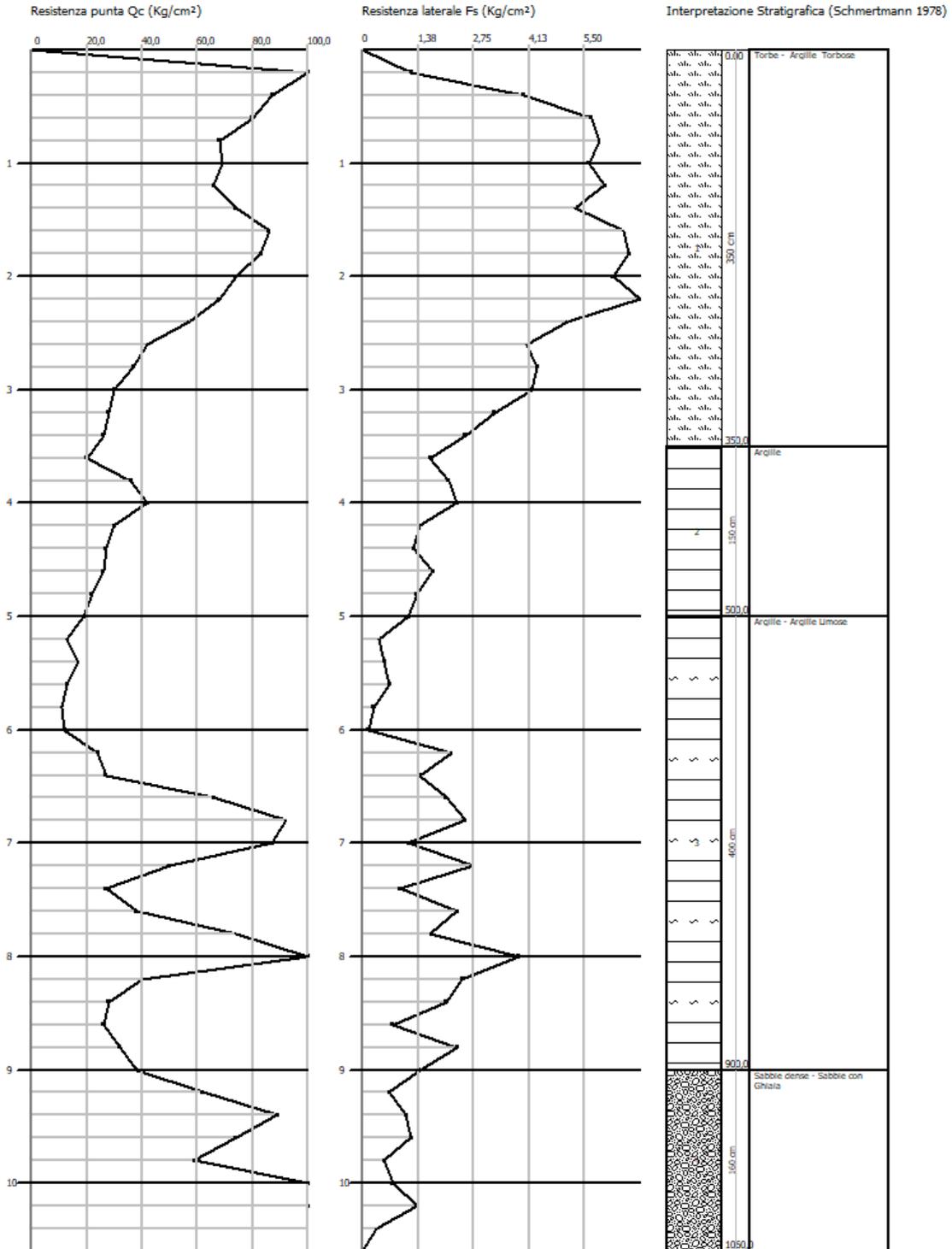
Prova eseguita in data: 30/08/2021

Profondità prova: 10,60 mt – Falda non rilevata

Località: Via Vittorio Emanuele II - Albinea (RE)

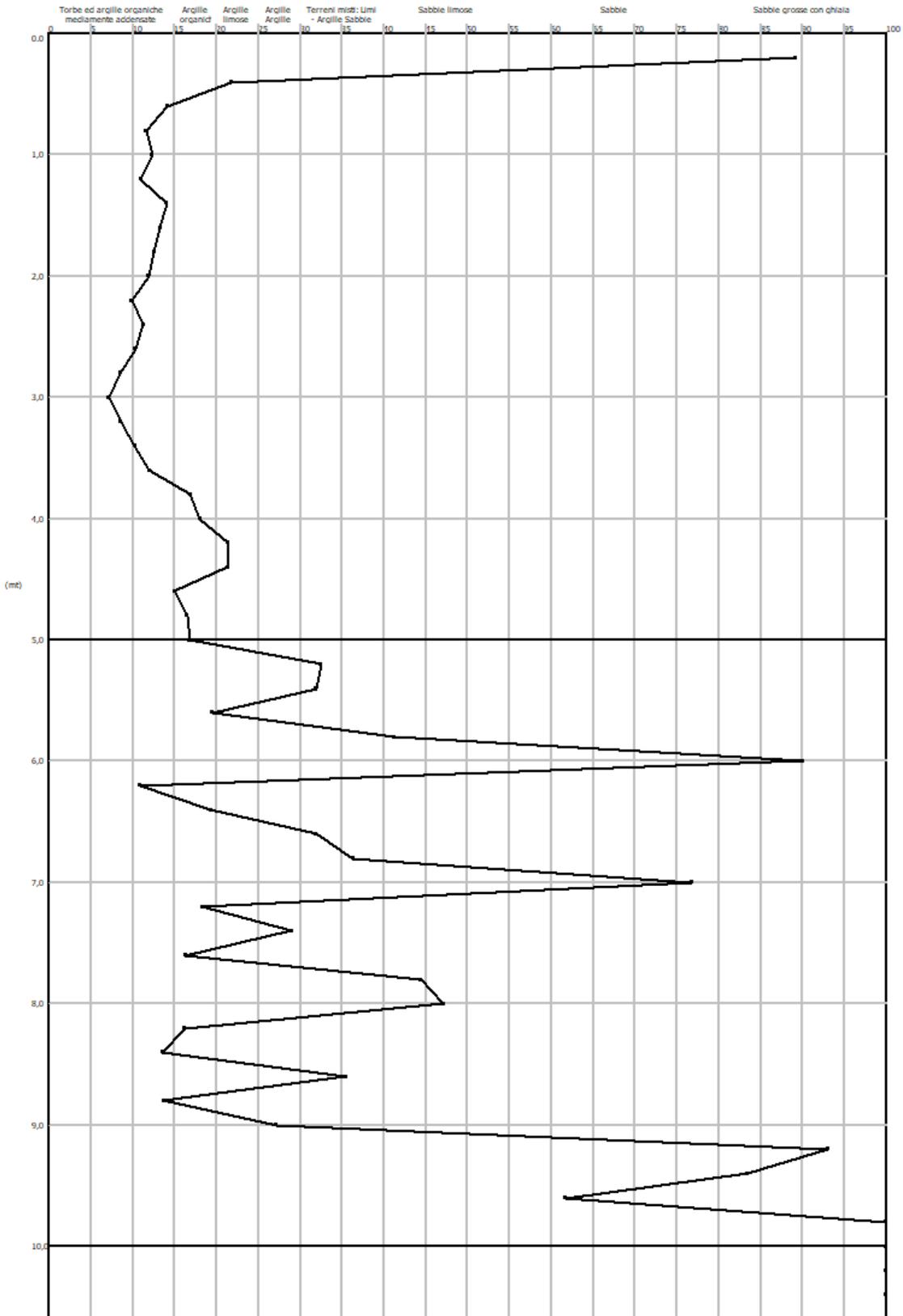
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	107,00	0,0	107,0	1,2	89,167	1,1
0,40	87,00	105,0	87,0	4,0	21,75	4,6
0,60	80,00	140,0	80,0	5,666667	14,118	7,1
0,80	68,00	153,0	68,0	5,866667	11,591	8,6
1,00	69,00	157,0	69,0	5,6	12,321	8,1
1,20	66,00	150,0	66,0	6,0	11,0	9,1
1,40	74,00	164,0	74,0	5,266667	14,051	7,1
1,60	86,00	165,0	86,0	6,466667	13,299	7,5
1,80	83,00	180,0	83,0	6,6	12,576	8,0
2,00	74,00	173,0	74,0	6,2	11,935	8,4
2,20	68,00	161,0	68,0	6,866667	9,903	10,1
2,40	57,00	160,0	57,0	5,066667	11,25	8,9
2,60	42,00	118,0	42,0	4,066667	10,328	9,7
2,80	37,00	98,0	37,0	4,333333	8,538	11,7
3,00	30,00	95,0	30,0	4,2	7,143	14,0
3,20	28,00	91,0	28,0	3,266667	8,571	11,7
3,40	26,00	75,0	26,0	2,533333	10,263	9,7
3,60	20,00	58,0	20,0	1,666667	12,0	8,3
3,80	36,00	61,0	36,0	2,133333	16,875	5,9
4,00	42,00	74,0	42,0	2,333333	18,0	5,6
4,20	30,00	65,0	30,0	1,4	21,429	4,7
4,40	27,00	48,0	27,0	1,266667	21,316	4,7
4,60	26,00	45,0	26,0	1,733333	15,0	6,7
4,80	22,00	48,0	22,0	1,333333	16,5	6,1
5,00	19,00	39,0	19,0	1,133333	16,765	6,0
5,20	13,00	30,0	13,0	0,4	32,5	3,1
5,40	17,00	23,0	17,0	0,533333	31,875	3,1
5,60	13,00	21,0	13,0	0,666667	19,5	5,1
5,80	11,00	21,0	11,0	0,266667	41,25	2,4
6,00	12,00	16,0	12,0	0,133333	90,0	1,1
6,20	24,00	26,0	24,0	2,2	10,909	9,2
6,40	27,00	60,0	27,0	1,4	19,286	5,2
6,60	66,00	87,0	66,0	2,066667	31,935	3,1
6,80	92,00	123,0	92,0	2,533333	36,316	2,8
7,00	87,00	125,0	87,0	1,133333	76,765	1,3
7,20	50,00	67,0	50,0	2,733333	18,293	5,5
7,40	27,00	68,0	27,0	0,933333	28,929	3,5
7,60	38,00	52,0	38,0	2,333333	16,286	6,1
7,80	74,00	109,0	74,0	1,666667	44,4	2,3
8,00	182,00	207,0	182,0	3,866667	47,069	2,1
8,20	40,00	98,0	40,0	2,466667	16,216	6,2
8,40	28,00	65,0	28,0	2,066667	13,548	7,4
8,60	26,00	57,0	26,0	0,733333	35,455	2,8
8,80	32,00	43,0	32,0	2,333333	13,714	7,3
9,00	38,00	73,0	38,0	1,4	27,143	3,7
9,20	62,00	83,0	62,0	0,666667	93,0	1,1
9,40	89,00	99,0	89,0	1,066667	83,437	1,2
9,60	74,00	90,0	74,0	1,2	61,667	1,6
9,80	59,00	77,0	59,0	0,533333	110,625	0,9
10,00	182,00	190,0	182,0	0,733333	248,182	0,4
10,20	336,00	347,0	336,0	1,333333	252,0	0,4
10,40	431,00	451,0	431,0	0,333333	1293,001	0,1
10,60	500,00	505,0	500,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
3,50	63,64706	4,894118		Coesivo	Torbe - Argille Torbose
5,00	27,75	1,625		Coesivo	Argille
9,00	44,85	1,593333		Coesivo	Argille - Argille Limose
10,60	216,625	0,733333		Incoerente	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia



Scala profondità 1:48 - Qc: 1 cm=19,8 Kg/cm² - Fs: 1 cm=1,36 Kg/cm² -

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: CPT1



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.-Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	3,50	63,64706	4,894118	3,62	2,94	4,22	3,72	3,33	3,18
Strato 2	5,00	27,75	1,625	1,54	1,66	1,79	1,58	1,41	1,39
Strato 3	9,00	44,85	1,593333	2,48	2,32	2,89	2,55	2,28	2,24

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	3,50	63,64706	4,894118	159,12	127,29	190,94	95,47
Strato 2	5,00	27,75	1,625	69,38	55,50	83,25	83,25
Strato 3	9,00	44,85	1,593333	112,12	89,70	134,55	134,55

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	3,50	63,64706	4,894118	2372,33	95,40
Strato 2	5,00	27,75	1,625	1006,13	41,70
Strato 3	9,00	44,85	1,593333	1626,00	67,20

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	3,50	63,64706	4,894118	Imai & Tomauchi	354,21
Strato 2	5,00	27,75	1,625	Imai & Tomauchi	213,30
Strato 3	9,00	44,85	1,593333	Imai & Tomauchi	286,01

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	3,50	63,64706	4,894118	3,84
Strato 2	5,00	27,75	1,625	0,7
Strato 3	9,00	44,85	1,593333	0,7

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	3,50	63,64706	4,894118	Meyerhof	2,17
Strato 2	5,00	27,75	1,625	Meyerhof	2,02
Strato 3	9,00	44,85	1,593333	Meyerhof	2,10

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	3,50	63,64706	4,894118	Meyerhof	2,25
Strato 2	5,00	27,75	1,625	Meyerhof	2,10
Strato 3	9,00	44,85	1,593333	Meyerhof	2,18

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	77,36	79,16	80,79	78,28	68,25

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durgunoug lu-Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertmann	Robertson & Campanella 1983	Herminier	Meyerhof 1951
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	36,89	32,81	29,97	27,98	39,08	40,89	28,15	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	541,56	433,25	1408,24

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertmann	Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy-Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	93,53	444,87	1761,63	324,94	324,94

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	Imai & Tomauchi	748,65

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	2,41	<0.5	1,26	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	Kulhawy & Mayne (1990)	0,62

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	0,13755	0,01788

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	Meyerhof	2,20

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	3,50	63,64706	4,894118	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	5,00	27,75	1,625	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 3	9,00	44,85	1,593333	Piacentini-Righi 1988	3,402523E-07
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	Piacentini-Righi 1988	0,001

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	3,50	63,64706	4,894118	Piacentini-Righi 1988	1,909412E-06
Strato 2	5,00	27,75	1,625	Piacentini-Righi 1988	8,325E-07
Strato 3	9,00	44,85	1,593333	Piacentini-Righi 1988	4,578094E-02
Strato 4	10,60	216,625	0,733333	Piacentini-Righi 1988	0

PROVA ...CPT2

Committente: Rio Arianna S.r.l.

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 30/08/2021

Profondità prova: 13,00 mt – Falda non rilevata

Località: Via Vittorio Emanuele II - Albinea (RE)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	90,00	0,0	90,0	0,866667	103,846	1,0
0,40	90,00	103,0	90,0	0,333333	270,0	0,4
0,60	77,00	82,0	77,0	0,266667	288,75	0,3
0,80	68,00	72,0	68,0	2,733333	24,878	4,0
1,00	55,00	96,0	55,0	2,8	19,643	5,1
1,20	60,00	102,0	60,0	3,8	15,789	6,3
1,40	53,00	110,0	53,0	3,133333	16,915	5,9
1,60	46,00	93,0	46,0	3,066667	15,0	6,7
1,80	46,00	92,0	46,0	3,933333	11,695	8,6
2,00	44,00	103,0	44,0	4,733333	9,296	10,8
2,20	54,00	125,0	54,0	5,533333	9,759	10,2
2,40	53,00	136,0	53,0	4,066667	13,033	7,7
2,60	47,00	108,0	47,0	6,133333	7,663	13,0
2,80	52,00	144,0	52,0	6,133333	8,478	11,8
3,00	57,00	149,0	57,0	6,2	9,194	10,9
3,20	47,00	140,0	47,0	5,466667	8,598	11,6
3,40	38,00	120,0	38,0	4,4	8,636	11,6
3,60	40,00	106,0	40,0	3,6	11,111	9,0
3,80	33,00	87,0	33,0	3,133333	10,532	9,5
4,00	32,00	79,0	32,0	3,0	10,667	9,4
4,20	40,00	85,0	40,0	3,266667	12,245	8,2
4,40	43,00	92,0	43,0	3,6	11,944	8,4
4,60	46,00	100,0	46,0	5,066667	9,079	11,0
4,80	141,00	217,0	141,0	3,666667	38,455	2,6
5,00	267,00	322,0	267,0	1,6	166,875	0,6
5,20	173,00	197,0	173,0	1,0	173,0	0,6
5,40	102,00	117,0	102,0	4,666667	21,857	4,6
5,60	56,00	126,0	56,0	3,0	18,667	5,4
5,80	45,00	90,0	45,0	1,066667	42,187	2,4
6,00	112,00	128,0	112,0	2,933333	38,182	2,6
6,20	33,00	77,0	33,0	2,8	11,786	8,5
6,40	60,00	102,0	60,0	2,266667	26,471	3,8
6,60	46,00	80,0	46,0	2,733333	16,829	5,9
6,80	49,00	90,0	49,0	2,266667	21,618	4,6
7,00	33,00	67,0	33,0	2,0	16,5	6,1
7,20	48,00	78,0	48,0	3,4	14,118	7,1
7,40	83,00	134,0	83,0	4,4	18,864	5,3
7,60	62,00	128,0	62,0	4,2	14,762	6,8
7,80	52,00	115,0	52,0	2,6	20,0	5,0
8,00	142,00	181,0	142,0	4,266667	33,281	3,0
8,20	191,00	255,0	191,0	6,666667	28,65	3,5
8,40	98,00	198,0	98,0	2,133333	45,938	2,2
8,60	125,00	157,0	125,0	4,4	28,409	3,5
8,80	50,00	116,0	50,0	2,066667	24,194	4,1
9,00	49,00	80,0	49,0	2,133333	22,969	4,4
9,20	50,00	82,0	50,0	2,8	17,857	5,6
9,40	50,00	92,0	50,0	1,2	41,667	2,4
9,60	67,00	85,0	67,0	3,333333	20,1	5,0
9,80	48,00	98,0	48,0	1,066667	45,0	2,2
10,00	44,00	60,0	44,0	1,4	31,429	3,2
10,20	37,00	58,0	37,0	1,066667	34,687	2,9
10,40	47,00	63,0	47,0	1,4	33,571	3,0
10,60	33,00	54,0	33,0	3,0	11,0	9,1
10,80	42,00	87,0	42,0	0,933333	45,0	2,2
11,00	29,00	43,0	29,0	2,0	14,5	6,9
11,20	40,00	70,0	40,0	2,533333	15,789	6,3
11,40	52,00	90,0	52,0	1,866667	27,857	3,6

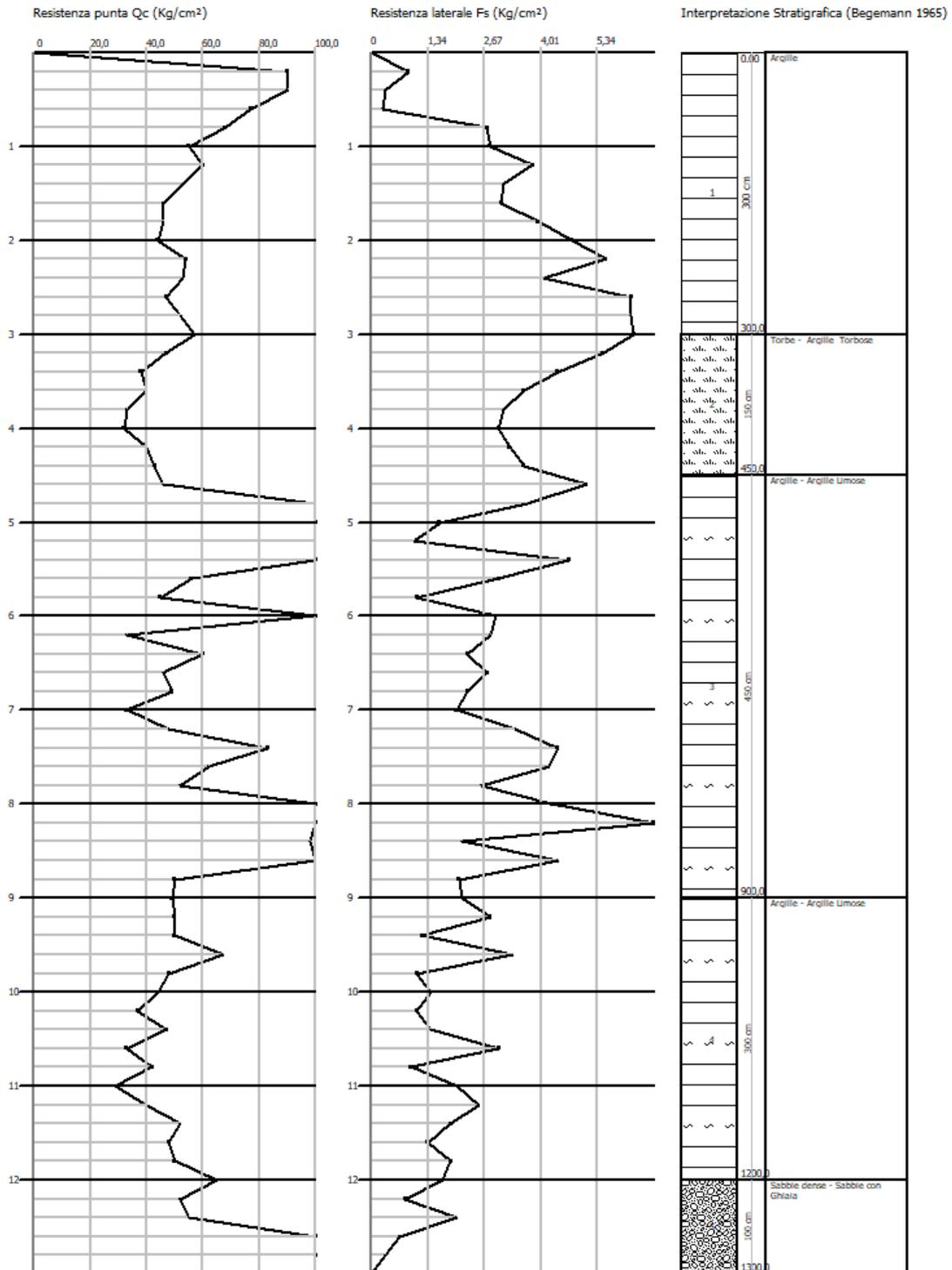
11,60	48,00	76,0	48,0	1,333333	36,0	2,8
11,80	50,00	70,0	50,0	1,866667	26,786	3,7
12,00	65,00	93,0	65,0	1,666667	39,0	2,6
12,20	52,00	77,0	52,0	0,8	65,0	1,5
12,40	55,00	67,0	55,0	2,0	27,5	3,6
12,60	420,00	450,0	420,0	0,666667	630,0	0,2
12,80	490,00	500,0	490,0	0,333333	1470,001	0,1
13,00	500,00	505,0	500,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
3,00	59,46667	3,582222	2,1	Coesivo	Argille
4,50	39,0	3,780952	2,1	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
9,00	89,69566	3,101449	2,2	Coesivo	Argille - Argille Limose
12,00	46,8	1,831111	2,1	Coesivo	Argille - Argille Limose
13,00	303,4	0,76	2,4	Incoerente	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia

Probe CPT - Cone Penetration CPT2
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

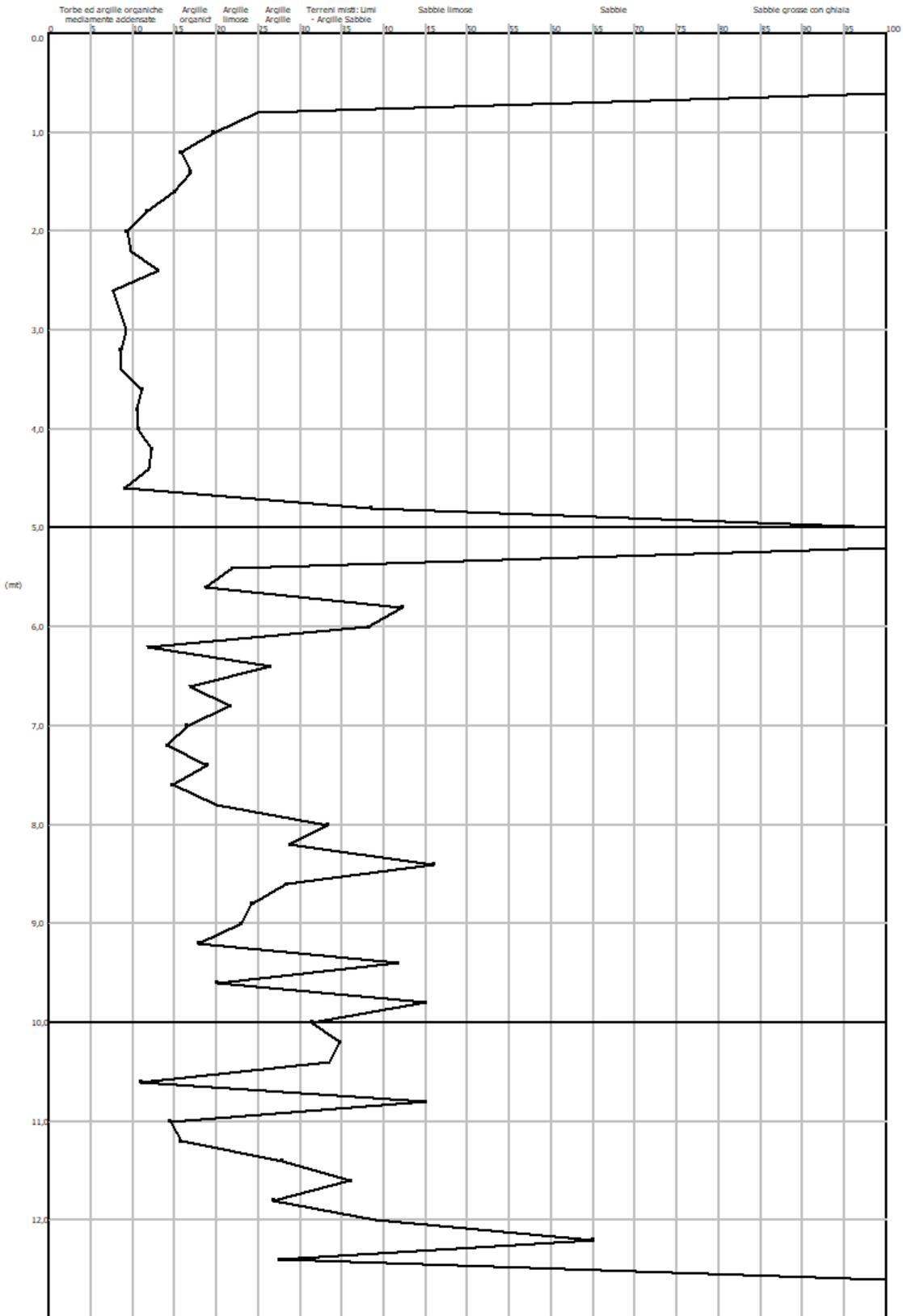
Committente: Rio Arianna S.r.l.
 Cantiere: Piano Particolareggiato P.P: 23
 Località: Via Vittorio Emanuele II - Albinea (RE)

Data: 30/08/2021



Scala profondità 1:59 - Qc: 1 cm=19,8 Kg/cm² - Fs: 1 cm=1,32 Kg/cm² -

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: CPT2



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.-Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	3,00	59,46667	3,582222	3,39	2,83	3,94	3,48	3,11	2,97
Strato 2	4,50	39,0	3,780952	2,19	2,14	2,55	2,25	2,01	1,95
Strato 3	9,00	89,69566	3,101449	5,05	3,47	5,88	5,19	4,65	4,48
Strato 4	12,00	46,8	1,831111	2,55	2,34	2,97	2,62	2,34	2,34

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	3,00	59,46667	3,582222	148,67	118,93	178,40	89,20
Strato 2	4,50	39,0	3,780952	97,50	78,00	117,00	117,00
Strato 3	9,00	89,69566	3,101449	224,24	179,39	269,09	134,54
Strato 4	12,00	46,8	1,831111	117,00	93,60	140,40	70,20

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	3,00	59,46667	3,582222	2218,19	89,10
Strato 2	4,50	39,0	3,780952	1432,97	58,50
Strato 3	9,00	89,69566	3,101449	3309,59	134,40
Strato 4	12,00	46,8	1,831111	1670,62	70,20

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	3,00	59,46667	3,582222	Imai & Tomauchi	339,81
Strato 2	4,50	39,0	3,780952	Imai & Tomauchi	262,60
Strato 3	9,00	89,69566	3,101449	Imai & Tomauchi	436,82
Strato 4	12,00	46,8	1,831111	Imai & Tomauchi	293,55

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	3,00	59,46667	3,582222	4,39
Strato 2	4,50	39,0	3,780952	1,15
Strato 3	9,00	89,69566	3,101449	1,45
Strato 4	12,00	46,8	1,831111	<0,5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	3,00	59,46667	3,582222	Meyerhof	2,16
Strato 2	4,50	39,0	3,780952	Meyerhof	2,08
Strato 3	9,00	89,69566	3,101449	Meyerhof	2,22
Strato 4	12,00	46,8	1,831111	Meyerhof	2,11

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	3,00	59,46667	3,582222	Meyerhof	2,24
Strato 2	4,50	39,0	3,780952	Meyerhof	2,16
Strato 3	9,00	89,69566	3,101449	Meyerhof	2,30
Strato 4	12,00	46,8	1,831111	Meyerhof	2,19

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 5	13,00	303,4	0,76	83,4	84,8	86,38	84,38	70,78

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durgunoug lu-Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertmann	Robertson & Campanella 1983	Herminier	Meyerhof 1951
Strato 5	13,00	303,4	0,76	37,39	33,25	30,43	28,4	39,87	41,35	28,74	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 5	13,00	303,4	0,76	758,50	606,80	1767,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertmann	Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy-Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 5	13,00	303,4	0,76	107,51	615,07	2472,65	455,10	455,10

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 5	13,00	303,4	0,76	Imai & Tomauchi	919,75

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 5	13,00	303,4	0,76	2,63	<0,5	1,19	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 5	13,00	303,4	0,76	Kulhawy & Mayne (1990)	0,66

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 5	13,00	303,4	0,76	0,04468	0,00581

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 5	13,00	303,4	0,76	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 5	13,00	303,4	0,76	Meyerhof	2,20

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	3,00	59,46667	3,582222	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	4,50	39,0	3,780952	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 3	9,00	89,69566	3,101449	Piacentini-Righi 1988	1,554117E-07
Strato 4	12,00	46,8	1,831111	Piacentini-Righi 1988	4,539315E-08
Strato 5	13,00	303,4	0,76	Piacentini-Righi 1988	0,001

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	3,00	59,46667	3,582222	Piacentini-Righi 1988	1,784E-06
Strato 2	4,50	39,0	3,780952	Piacentini-Righi 1988	1,17E-06
Strato 3	9,00	89,69566	3,101449	Piacentini-Righi 1988	4,181925E-02
Strato 4	12,00	46,8	1,831111	Piacentini-Righi 1988	6,373199E-03
Strato 5	13,00	303,4	0,76	Piacentini-Righi 1988	0

PROVA ...CPT3

Committente: Rio Arianna S.r.l.

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 30/08/2021

Profondità prova: 14,60 mt – Falda non rilevata

Località: Via Vittorio Emanuele II - Albinea (RE)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	30,00	0,0	30,0	1,133333	26,471	3,8
0,40	85,00	102,0	85,0	1,466667	57,955	1,7
0,60	56,00	78,0	56,0	2,933333	19,091	5,2
0,80	61,00	105,0	61,0	2,733333	22,317	4,5
1,00	55,00	96,0	55,0	4,133333	13,306	7,5
1,20	54,00	116,0	54,0	4,133333	13,065	7,7
1,40	77,00	139,0	77,0	6,0	12,833	7,8
1,60	90,00	180,0	90,0	6,6	13,636	7,3
1,80	99,00	198,0	99,0	5,666667	17,471	5,7
2,00	81,00	166,0	81,0	5,2	15,577	6,4
2,20	69,00	147,0	69,0	6,866667	10,049	10,0
2,40	71,00	174,0	71,0	6,533333	10,867	9,2
2,60	83,00	181,0	83,0	6,666667	12,45	8,0
2,80	80,00	180,0	80,0	7,533333	10,619	9,4
3,00	100,00	213,0	100,0	7,133333	14,019	7,1
3,20	81,00	188,0	81,0	5,8	13,966	7,2
3,40	59,00	146,0	59,0	4,6	12,826	7,8
3,60	124,00	193,0	124,0	2,133333	58,125	1,7
3,80	169,00	201,0	169,0	2,266667	74,559	1,3
4,00	35,00	69,0	35,0	2,733333	12,805	7,8
4,20	33,00	74,0	33,0	3,066667	10,761	9,3
4,40	373,00	419,0	373,0	6,666667	55,95	1,8
4,60	50,00	150,0	50,0	4,933333	10,135	9,9
4,80	232,00	306,0	232,0	3,4	68,235	1,5
5,00	182,00	233,0	182,0	1,466667	124,091	0,8
5,20	71,00	93,0	71,0	0,666667	106,5	0,9
5,40	116,00	126,0	116,0	1,066667	108,75	0,9
5,60	296,00	312,0	296,0	0,533333	555,0	0,2
5,80	246,00	254,0	246,0	0,733333	335,455	0,3
6,00	139,00	150,0	139,0	9,133333	15,219	6,6
6,20	131,00	268,0	131,0	4,333333	30,231	3,3
6,40	182,00	247,0	182,0	0,6	303,333	0,3
6,60	123,00	132,0	123,0	5,8	21,207	4,7
6,80	52,00	139,0	52,0	3,066667	16,957	5,9
7,00	53,00	99,0	53,0	3,0	17,667	5,7
7,20	55,00	100,0	55,0	5,4	10,185	9,8
7,40	55,00	136,0	55,0	0,866667	63,462	1,6
7,60	261,00	274,0	261,0	4,066667	64,18	1,6
7,80	77,00	138,0	77,0	3,866667	19,914	5,0
8,00	73,00	131,0	73,0	3,8	19,211	5,2
8,20	89,00	146,0	89,0	5,266667	16,899	5,9
8,40	88,00	167,0	88,0	5,533333	15,904	6,3
8,60	90,00	173,0	90,0	5,866667	15,341	6,5
8,80	95,00	183,0	95,0	3,133333	30,319	3,3
9,00	109,00	156,0	109,0	6,466667	16,856	5,9
9,20	47,00	144,0	47,0	3,733333	12,589	7,9
9,40	49,00	105,0	49,0	3,066667	15,978	6,3
9,60	34,00	80,0	34,0	1,866667	18,214	5,5
9,80	55,00	83,0	55,0	2,133333	25,781	3,9
10,00	36,00	68,0	36,0	2,333333	15,429	6,5
10,20	47,00	82,0	47,0	3,133333	15,0	6,7
10,40	59,00	106,0	59,0	3,6	16,389	6,1
10,60	60,00	114,0	60,0	3,933333	15,254	6,6
10,80	53,00	112,0	53,0	3,133333	16,915	5,9
11,00	58,00	105,0	58,0	3,4	17,059	5,9
11,20	54,00	105,0	54,0	2,8	19,286	5,2
11,40	50,00	92,0	50,0	3,0	16,667	6,0

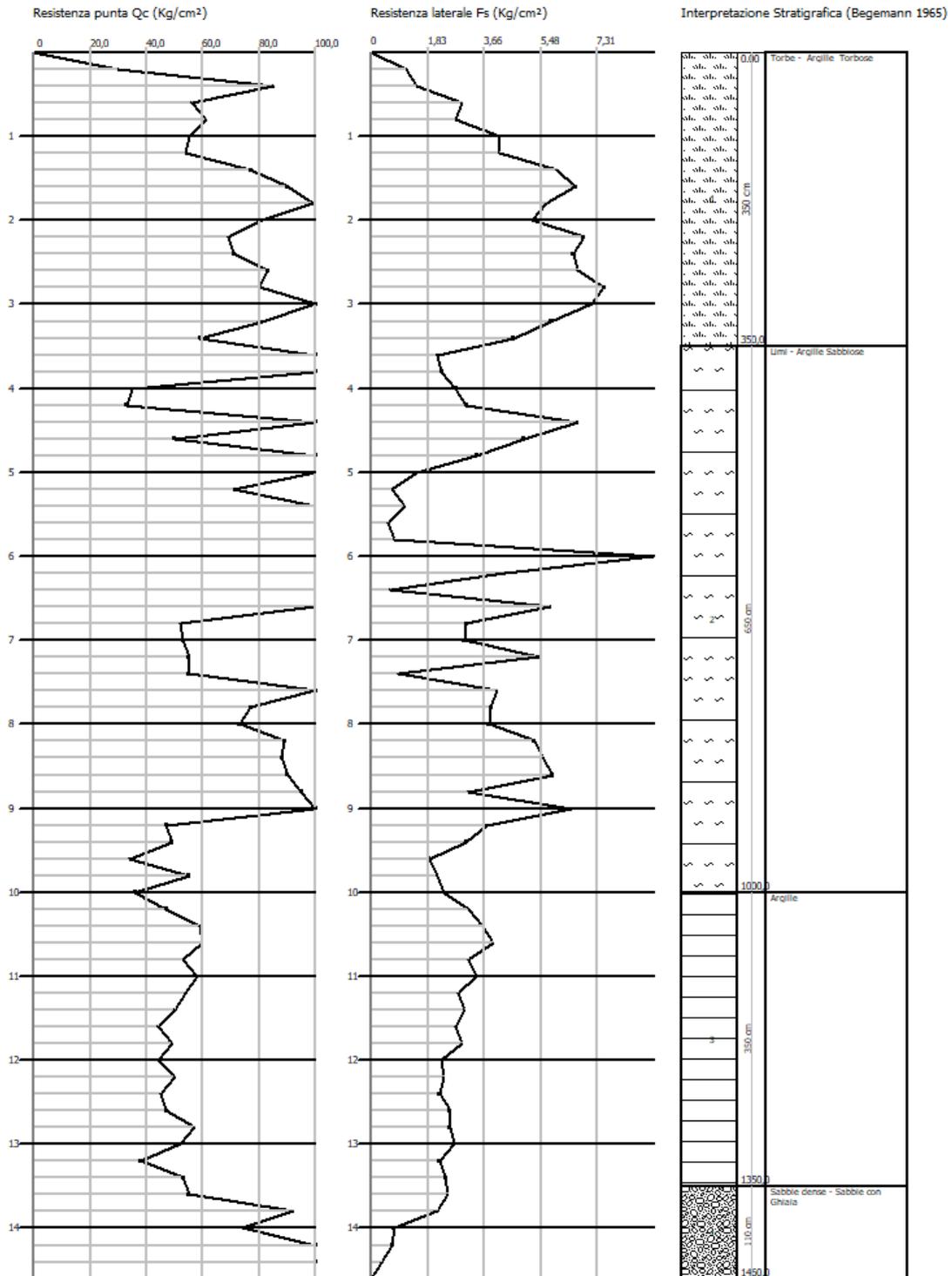
11,60	44,00	89,0	44,0	2,733333	16,098	6,2
11,80	49,00	90,0	49,0	2,933333	16,705	6,0
12,00	44,00	88,0	44,0	2,266667	19,412	5,2
12,20	50,00	84,0	50,0	2,333333	21,429	4,7
12,40	45,00	80,0	45,0	2,2	20,455	4,9
12,60	47,00	80,0	47,0	2,533333	18,553	5,4
12,80	57,00	95,0	57,0	2,533333	22,5	4,4
13,00	52,00	90,0	52,0	2,666667	19,5	5,1
13,20	38,00	78,0	38,0	2,2	17,273	5,8
13,40	53,00	86,0	53,0	2,4	22,083	4,5
13,60	55,00	91,0	55,0	2,466667	22,297	4,5
13,80	92,00	129,0	92,0	2,133333	43,125	2,3
14,00	74,00	106,0	74,0	0,733333	100,909	1,0
14,20	286,00	297,0	286,0	0,666667	429,0	0,2
14,40	400,00	410,0	400,0	0,333333	1200,001	0,1
14,60	500,00	505,0	500,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
3,50	72,41177	5,007843	2,2	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
10,00	115,7576	3,424243	2,2	Incoerente-Coesivo	Limi - Argille Sabbiose
13,50	50,58823	2,811765	2,1	Coesivo	Argille
14,60	234,5	1,055555	2,3	Incoerente	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia

Probe CPT - Cone Penetration CPT3
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

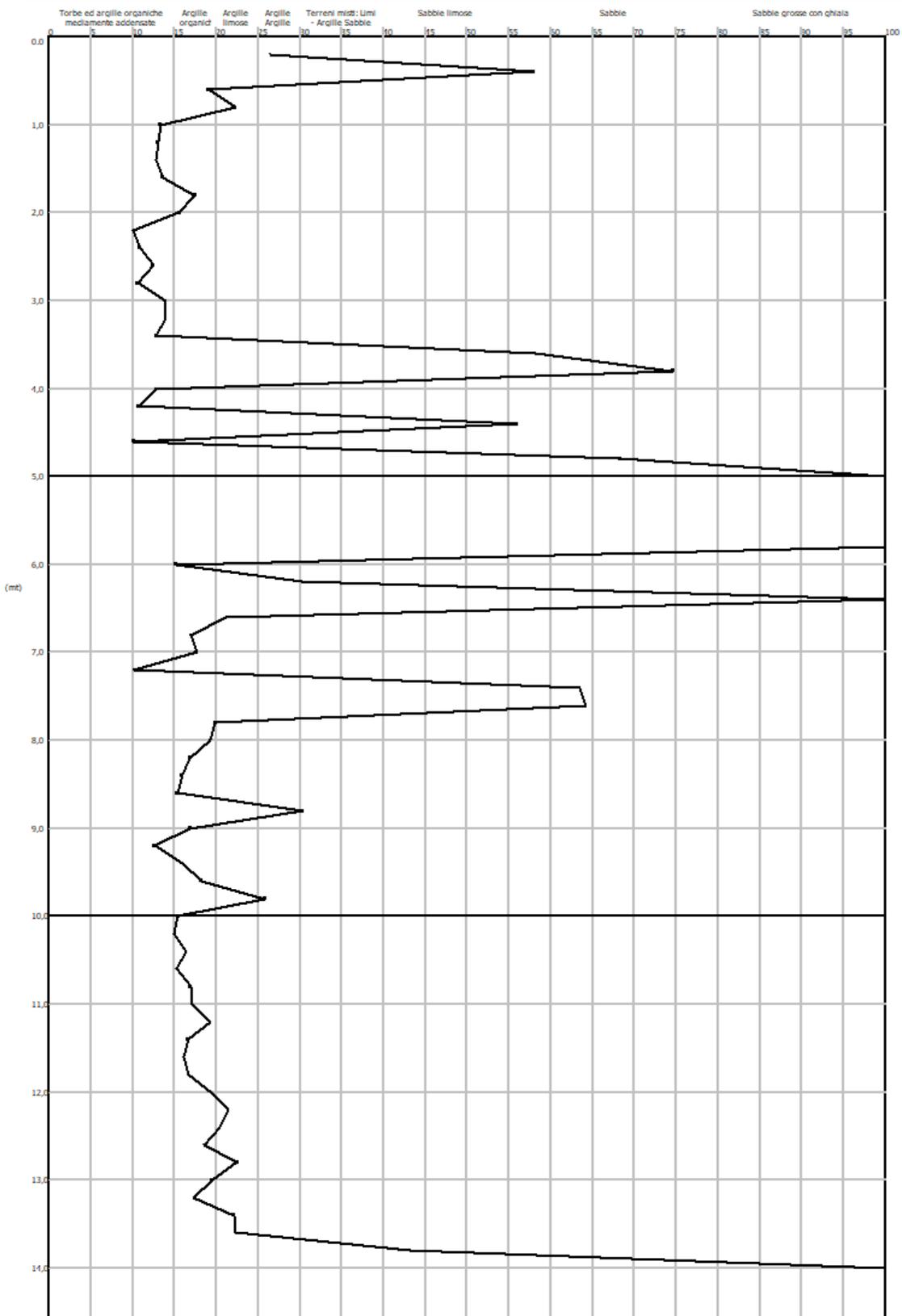
Committente: Rio Arianna S.r.l.
 Cantiere: Piano Particolareggiato P.P: 23
 Località: Via Vittorio Emanuele II - Albinea (RE)

Data: 30/08/2021



Scala profondità 1:66 - Qc: 1 cm=19,8 Kg/cm² - Fs: 1 cm=1,81 Kg/cm² -

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: CPT3



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.-Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	3,50	72,41177	5,007843	4,13	3,15	4,80	4,24	3,79	3,62
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	6,54	3,89	7,62	6,72	6,01	5,79
Strato 3	13,50	50,58823	2,811765	2,75	2,45	3,20	2,82	2,53	2,53

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	3,50	72,41177	5,007843	181,03	144,82	217,24	108,62
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	289,39	231,51	347,27	173,64
Strato 3	13,50	50,58823	2,811765	126,47	101,17	151,76	75,88

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	3,50	72,41177	5,007843	2701,00	108,60
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	4285,22	173,70
Strato 3	13,50	50,58823	2,811765	1800,78	75,90

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	3,50	72,41177	5,007843	Imai & Tomauchi	383,27
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	Imai & Tomauchi	510,49
Strato 3	13,50	50,58823	2,811765	Imai & Tomauchi	307,85

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	3,50	72,41177	5,007843	4,37
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	1,81
Strato 3	13,50	50,58823	2,811765	<0,5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	3,50	72,41177	5,007843	Meyerhof	2,19
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	Meyerhof	2,27
Strato 3	13,50	50,58823	2,811765	Meyerhof	2,12

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	3,50	72,41177	5,007843	Meyerhof	2,27
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	Meyerhof	2,35
Strato 3	13,50	50,58823	2,811765	Meyerhof	2,20

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	64,43	65,47	67,52	65,25	60,14
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	74,21	71,84	74,38	75,11	59,64

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durgunoug lu-Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertmann	Robertson & Campanella 1983	Herminier	Meyerhof 1951
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	35,43	31,41	28,5	26,63	37,17	39,37	26,51	45
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	35,56	31,32	28,4	26,55	38,06	39,27	26,45	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	289,39	231,52	942,68
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	586,25	469,00	1730,42

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertmann	Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy-Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	72,57	247,04	934,50	173,64	173,64
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	99,61	479,93	1901,12	351,75	351,75

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	Imai & Tomauchi	510,49
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	Imai & Tomauchi	785,81

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	1,81	>9	1,55	>9
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	1,78	>9	1,56	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	Kulhawy & Mayne (1990)	0,51
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	Kulhawy & Mayne (1990)	0,51

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	0,09388	0,0122
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	0,26757	0,03478

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	Meyerhof	1,80
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	Meyerhof	2,10
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	Meyerhof	2,20

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	3,50	72,41177	5,007843	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	Piacentini-Righi 1988	1,970379E-06
Strato 3	13,50	50,58823	2,811765	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	Piacentini-Righi 1988	0,001

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	3,50	72,41177	5,007843	Piacentini-Righi 1988	2,172353E-06
Strato 2	10,00	115,7576	3,424243	Piacentini-Righi 1988	0,6842591
Strato 3	13,50	50,58823	2,811765	Piacentini-Righi 1988	1,517647E-06
Strato 4	14,60	234,5	1,055555	Piacentini-Righi 1988	0

SISMICA A RIFRAZIONE

MASW

Determinazione del Vs30



SISMOGRAFO: PASI 16SG24

Analyzing phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: P.P. 23. DAT
minimum offset (m): 5
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.5
Dispersion curve: Via Vittorio Emanuele II - Albinea (RE).cdp
Number of individuals: 50
Number of generations: 51

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 80 1 100 2 120 6 140 2 160 6 180
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 300 2 350 4 400 8 450 4 500 8
Adopted Poisson values: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -32.6697 -14.0916
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -28.1387 -11.5905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -25.7648 -10.7524
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -22.4727 -10.1761
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -20.4302 -10.1761
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -22.2049 -10.1761
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -19.9185 -9.53594
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -19.6068 -9.53594
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -21.4618 -9.44942
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -23.2233 -9.44942
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -20.8891 -9.44942
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -21.1842 -9.44942
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -22.9316 -9.22816
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -22.219 -9.22816
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -20.9134 -7.79701
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -21.7121 -7.64623
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -19.925 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -19.4056 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -20.2141 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -19.8259 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -22.9856 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -21.2258 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -21.3795 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -20.6486 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -19.5062 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -18.8096 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -19.2656 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -22.2618 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -20.0288 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -20.5066 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -20.4277 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -16.9146 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -15.3867 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -19.6882 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -20.2466 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -22.542 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -23.0365 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -22.5058 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -23.3292 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -18.6377 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -18.8892 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -17.3921 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -20.4999 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -21.514 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -18.4434 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -20.9015 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -17.6946 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -19.6565 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -21.4088 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -19.532 -6.4929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -18.9464 -6.46216
Forcing search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -14.179 -6.27917
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -12.8085 -6.27917
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -13.0711 -6.27917

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
2.63889	456.2414
4.23966	446.1214
5.68798	432.3247
7.28876	305.5633
9.57558	224.8191
11.1001	216.1488
12.7009	213.3855
15.064	213.1273
17.8844	214.526
20.7048	216.0932
23.5252	217.2244
26.6505	217.6172
31.3004	215.7239
35.2642	210.524
38.542	203.6273
41.896	196.1359
44.8689	190.3743
48.2229	185.1857
51.8818	180.9139
55.6169	177.6913
58.5136	175.7777

First higher mode

Mean model

10.1854	435.4613
12.3198	423.9361
13.9968	411.8293
15.4451	398.9507
16.6647	386.2396
18.7229	360.7436
20.6286	333.6328
23.6776	292.738
25.812	271.3365
28.7849	250.6801
32.2913	235.0261
35.2642	226.3553
38.6182	220.0987
41.5149	216.4567
44.7164	213.4253
48.7565	210.5189
52.1105	208.6482
55.6169	207.0753

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s):	172	267	199	288	537	557	555							
thickness (m):	1.9725			3.064			6.0459	4.2931	5.7656	7.4332				
Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus														
Vp (m/s):				2271	736	470	873	2022	1000	965				
Density (gr/cm3):				2.25	1.98	1.87	2.02	2.23	2.05	2.05				
Vp/Vs ratio:	13.20	2.76	2.36	3.03	3.77	1.80	1.74							
Poisson:	0.50	0.42	0.39	0.44	0.46	0.28	0.25							
Shear modulus (MPa):	67		141		74		168		642		637		630	
Estimated static shear modulus (MPa):	0						0		0		0		0	0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
2.63889	479.1795
4.23966	463.3919
5.68798	442.9866
7.28876	279.5971
9.57558	218.2839
11.1001	211.0158
12.7009	208.5985
15.064	208.3422
17.8844	209.5771
20.7048	210.9713
23.5252	211.9399
26.6505	212.1327
31.3004	209.7477
35.2642	204.0625
38.542	197.3426
41.896	190.4678
44.8689	185.2921

48.2229	180.6625
51.8818	176.8548
55.6169	173.9775
58.5136	172.2649

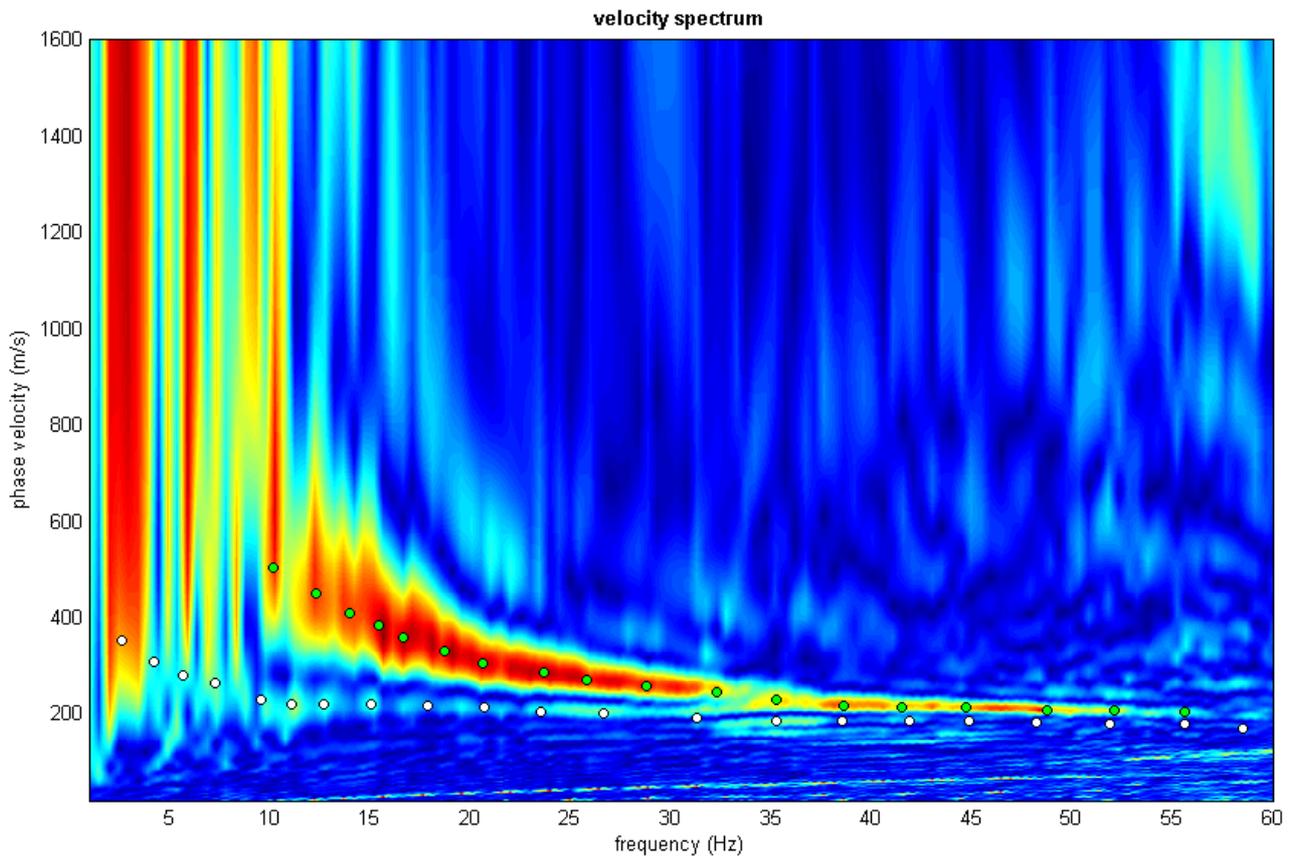
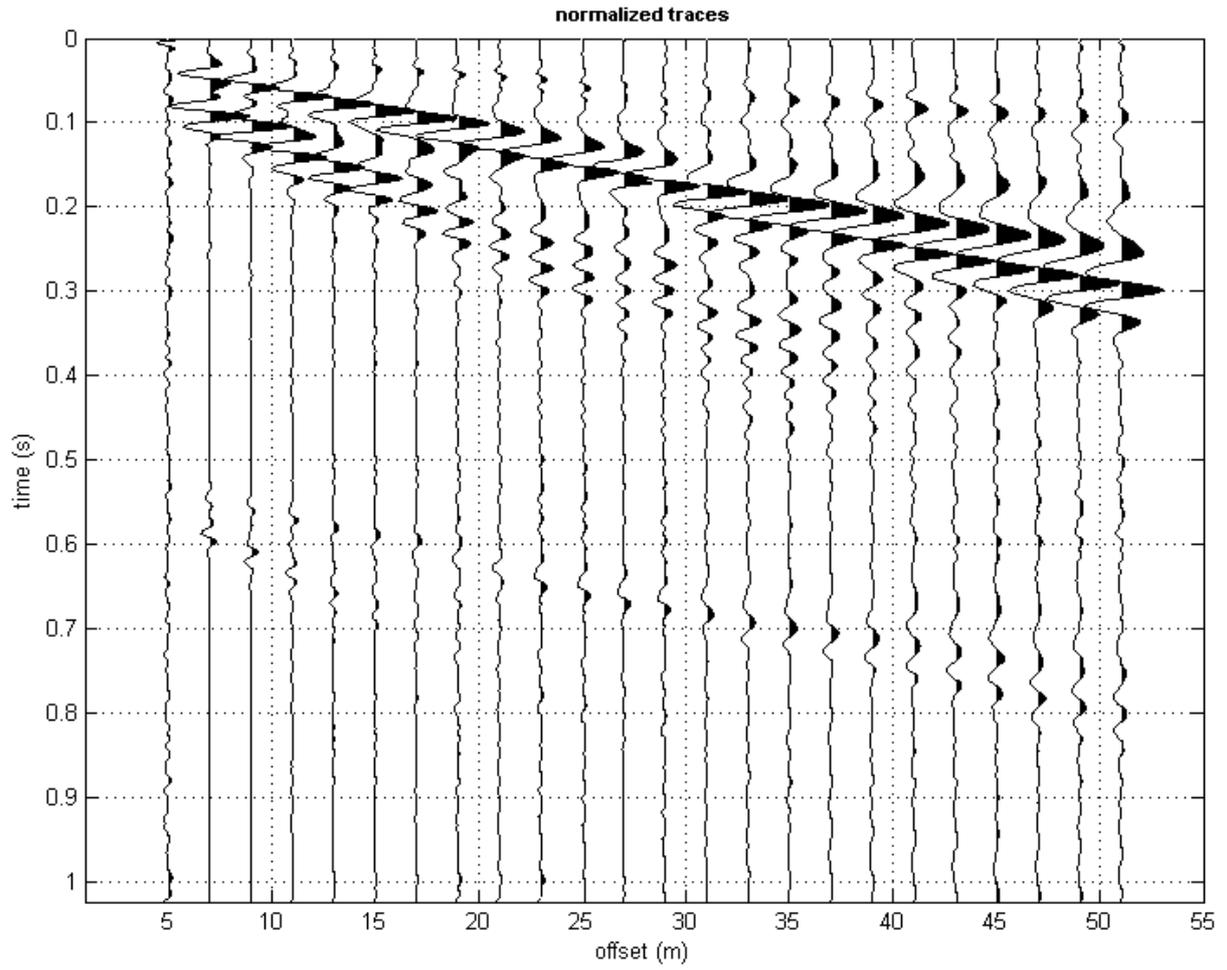
First higher mode)
best model

10.1854	430.4281
12.3198	415.6056
13.9968	401.2592
15.4451	386.2723
16.6647	371.4094
18.7229	341.9799
20.6286	314.0504
23.6776	279.5558
25.812	263.0572
28.7849	246.7674
32.2913	233.7745
35.2642	226.4014
38.6182	220.9354
41.5149	217.6605
44.7164	214.8985
48.7565	212.2134
52.1105	210.4594
55.6169	208.9669

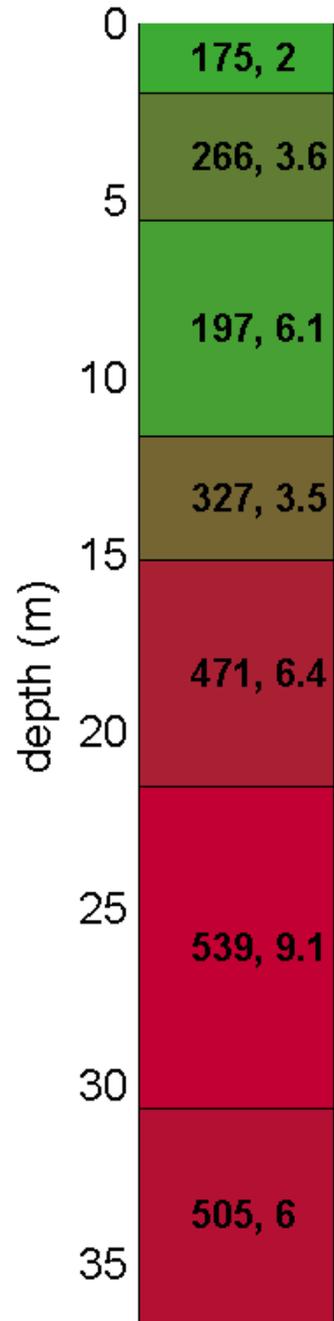
Vs5 (mean model): 221 m/s
Vs5 (best model): 219 m/s

Vs20 (mean model): 261 m/s
Vs20 (best model): 260 m/s

Vs30 (mean model): 314 m/s
Vs30 (best model): 316 m/s



Subsurface model



V
(m/s)
thickness
(m)

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

Dataset: P.P.23.DAT

Mean model

Vs (m/s): 175, 266, 197, 327, 471, 539, 505

Standard deviations (m/s): 12, 22, 18, 43, 54, 66, 61

Thickness (m): 2.0, 3.6, 6.1, 3.5, 6.4, 9.1

Standard deviations (m): 0.3, 0.6, 0.5, 0.6, 1.0, 1.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 2.08, 2.03, 1.95, 2.02, 2.23, 2.20, 2.20

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 64 143 76 216 494 639 562

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: Via Vittorio Emanuele II - Albinea (RE).cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

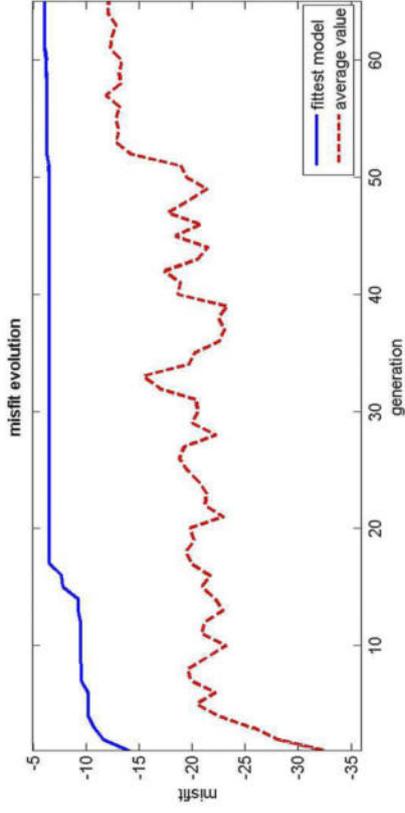
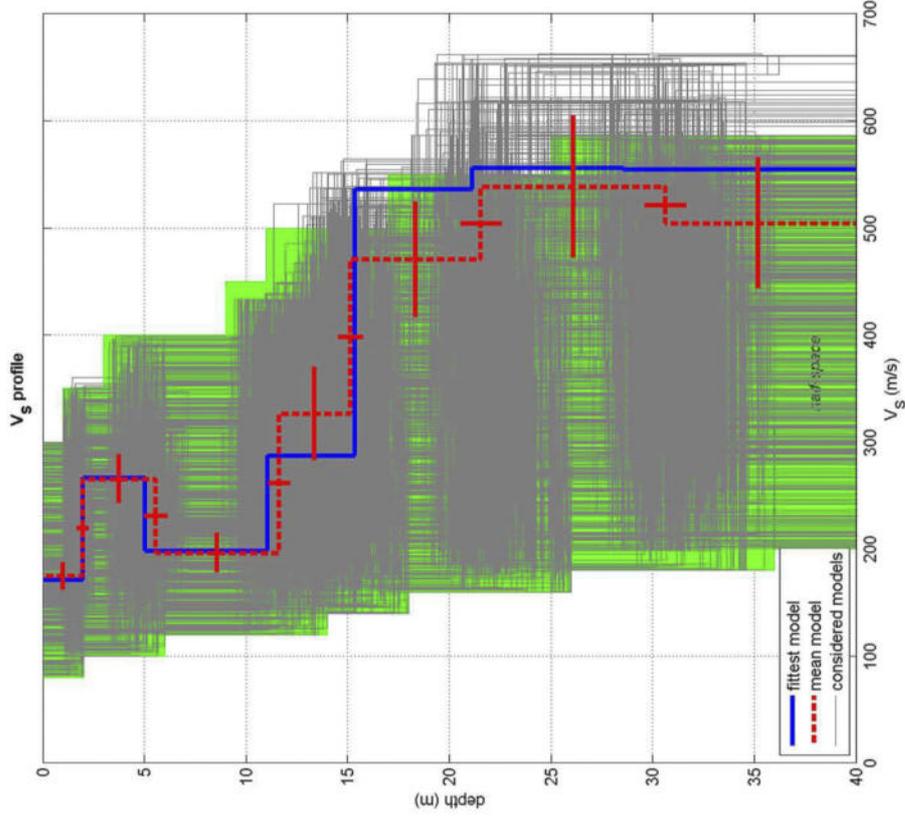
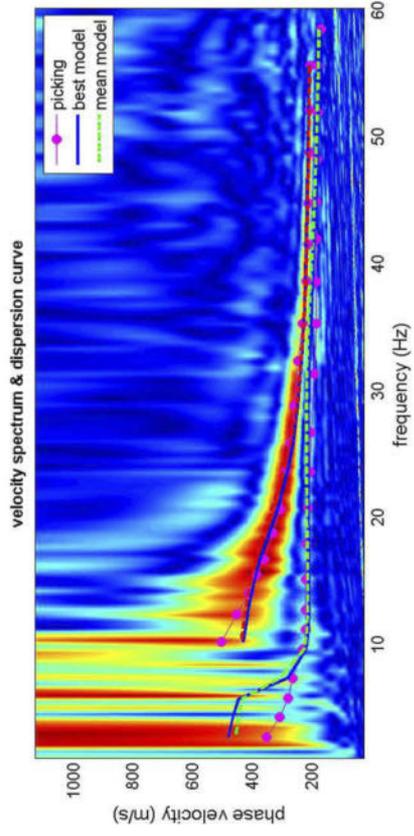
Vp (m/s): 1101, 888, 645, 865, 2048, 1811, 1855

Poisson: 0.49 0.45 0.45 0.42 0.47 0.45 0.46

Vs30 (m/s): 314

Soil classification: C

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



dispersion curve: Via Vittorio Emanuele II - Albinea (RE).cdp

V_S30 (best model): 316 m/s

V_S30 (mean model): 314 m/s

INDAGINE HVS



STRUMENTO: PASI GEMINI 2

winMASW & HoliSurface: Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: Albinea_PP_23_.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2021 09 02 12 20 38

GPS data: Unavailable

DATA PROCESSING

Date: 13 9 2021

Time: 7 59

Sampling frequency (Hz): 64

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 10.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 17.3 (q8.3)

Peak HVSR value: 3.8 (q0.4)

==== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [f0 > 10/Lw]: 17.298 > 0.5 (OK)

#2. [nc > 200]: 13493 > 200 (OK)

#3. [f0 > 0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 4.3Hz (OK)

#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)

#3. [A0 > 2]: 3.8 > 2 (OK)

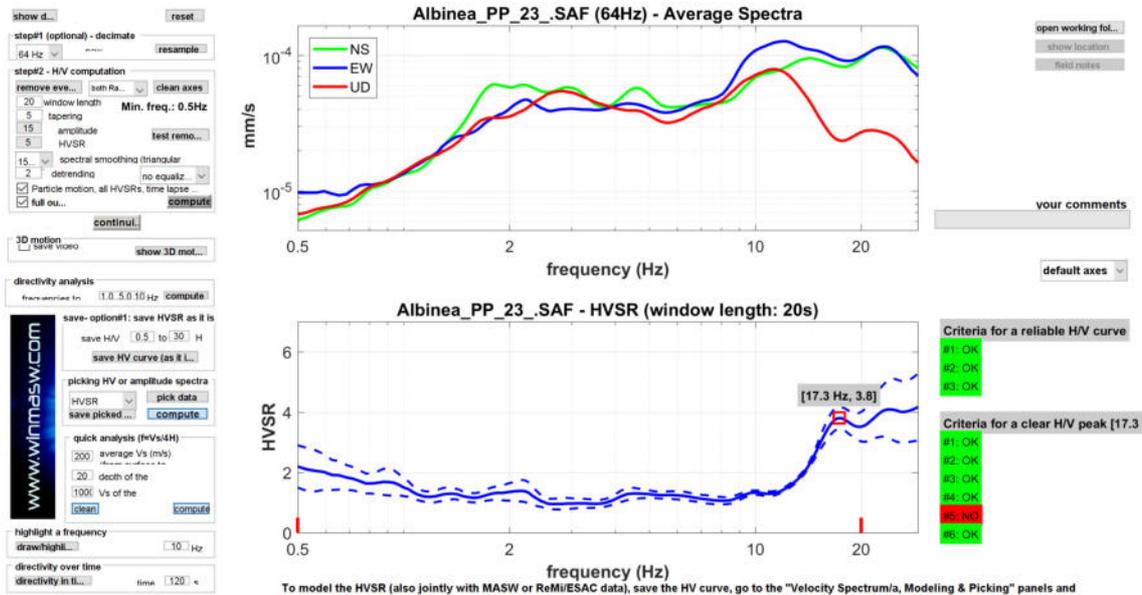
#4. [fpeak[Ah/v(f) q sigmaA(f)] = f0 q 5%]: (OK)

#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 8.298 > 0.865 (NO)

#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.719 < 1.58 (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.



Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio

