

PROGETTO DEFINITIVO

RIQUALIFICAZIONE AREA EX ACETIFICIO VENTURI UFFICI WELFARE

Inquadramento:

incrocio trivio composto da: via Piano Caricatore, via Fabio Taglioni, via Rivali San Bartolomeo
Catasto fabbricati: Foglio 111 - Mappali 20, 91

RELAZIONE GEOTECNICA E GEOLOGICA

LUGLIO 2018

A.01.2A

Proprietà: IMMOBILIARE STUOIE S.p.A. Sede legale: LUGO (RA) PIAZZA BARACCA 24

Indirizzo PEC: IMMOBILIARESTUOIESPA@LEGALMAIL.IT Codice Fiscale E PARTITA IVA: 02511190395



COOPROGETTO

architettura ingegneria servizi
via Severoli, 18 - 48018 Faenza (RA)
tel. 0546-29237 - fax. 0546-29261

segreteria@cooprogetto.it

segreteria@pec.cooprogetto.it

Arch. Alessandro Bucci

collaboratori:

Arch. Silvia Ancarani

Arch. Elisa Fontana

Arch. Enrico Ferraresi

Arch. Filippo Govoni

Arch. Luca Landi

Arch. Michele Vasumin

Progetto rete fognaria

ing. Paolo Ruggeri



Progettazione strutturale

MARCO PERONI INGEGNERIA

Via S. Antonino n.1 _ 48018 Faenza (RA)
Tel +39 0546 31433 Fax +39 0546 636566
peroni@marcoperoni.it

Progettazione impiantistica

STUDIO ASSOCIATO ENERGIA

per. ind. Christian Fabbi (imp. meccanico)
per. ind. Giuliano Rambelli (imp. elettrico)
Viale Marconi n.30/3 _ 48018 Faenza (RA)
Tel. +39.0546.668163 Fax +39.0546.686301
fabbi@energia.ra.it
rambelli@energia.ra.it

Prevenzione Incendi

ING. ROBERTO D'AGOSTINO

Consulenti: geologo: dott. Giancarlo Andreatta
dott. Samuel Sangiorgi
clima/impatto acustico: ing. Franca Conti

trasporti: ing. Michele Tarozzi
studio ambientale: ing. Lara dal Pozzo
ing. Franca Conti

Pratiche precedenti

Firme dei tecnici ognuno per le proprie competenze

Presenza visione

data	redatta da

RELAZIONE GEOLOGICA

**RELAZIONE GEOLOGICA ESEGUITA IN COMUNE DI
LUGO PER STABILIRE LE CARATTERISTICHE
IDROGEOLOGICO-GEOTECNICHE DEI TERRENI
DELL'AREA EX- ACETIFICIO VENTURI POSTA IN VIA
PIANO CARICATORE.**



ANDREATTA Dr. GIANCARLO

Studio di **Geologia Tecnica**

Via XXV Aprile, 140

CASTELBOLOGNESE (RA)

Tel. 0546/656362-333/2209149

e-mail: andreattag@libero.it

INDICE

<i>a. PREMESSA</i>	<i>pag. 3</i>
<i>b. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE</i>	<i>pag. 4</i>
<i>c. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO</i>	<i>pag. 6</i>
<i>d. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</i>	<i>pag. 9</i>
<i>e. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</i>	<i>pag. 10</i>
<i>f. CARATTERISTICHE SISMICHE</i>	<i>pag. 15</i>
<i>g. VERIFICA POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE</i>	<i>pag. 20</i>
<i>h. INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</i>	<i>pag. 22</i>
<i>i. VALUTAZIONE PRELIMINARE SULLA QUALITA' DELLE ACQUE E DEI TERRENI SUPERFICIALI</i>	<i>pag. 26</i>
<i>l. Area Venturi "Via Piano Caricatore": Prescrizioni conclusive</i>	<i>pag. 28</i>

Allegati:

- *Calcolo portanza fondazione nastriforme*
- *Verifica alla liquefazione*
- *Prova geofisica HVSR n° 1*
- *Prova geofisica HVSR n° 2*
- *Prova geofisica HVSR n° 3*
- *Sezione geotecnica*
- *Planimetria Ubicazione Prove* *scala 1:1.000*
- *Grafici sondaggi e penetrometrie*

a. PREMESSA

Su incarico della società COOPROGETTO – via Severoli n° 18 comune di Faenza (Ra) – è stata redatta la presente relazione preliminare al fine di caratterizzare l'area ubicata all'interno dell'AREA EX-ACETIFICIO VENTURI via Piano Caricatore in comune di Lugo (Ra) dal punto di vista geologico, idrogeologico e stratigrafico al fine di valutare l'idoneità dei terreni per l'edificazione dei nuovi fabbricati in progetto.

Lo studio prevede la creazione di un modello geologico-geotecnico del terreno sede dell'intervento, ricostruito attraverso l'analisi di indagini geognostiche eseguite direttamente sull'area di lottizzazione. Infine verranno determinati i principali parametri di classificazione sismica, richiesti dalla normativa vigente ed in particolare:

- D.M. 14/01/2008 – Testo unitario “Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica”
- Circolare n. 617 del 02/02/2009 “Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008”

Il progetto prevede la realizzazione di opere di urbanizzazione, strutture edilizie commerciali e residenziali. L'area è posta a Sud del centro abitato di Lugo, in adiacenza della Ferrovia CastelBolognese-Ravenna. Le quote topografiche risultano comprese tra 12,6-12,9 s.l.m., come rappresentato nella Carta Tecnica Regionale a scala 1:2.000 REGIONE EMILIA-ROMAGNA qui di seguito riportata:

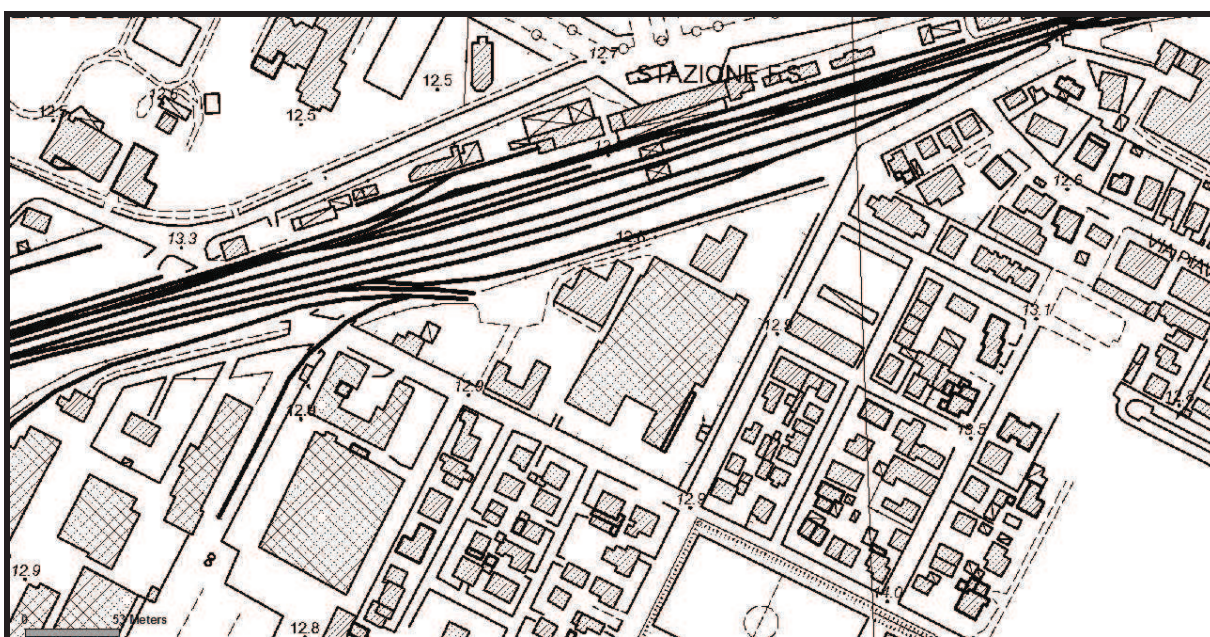


Fig. 1. – Stralcio di CTR 222150 relativo all'area in esame

b. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area di lottizzazione si colloca a Sud dell'abitato di Lugo nel contesto deposizionale della pianura romagnola, in corrispondenza delle sequenze sedimentarie di origine alluvionale di pianura.

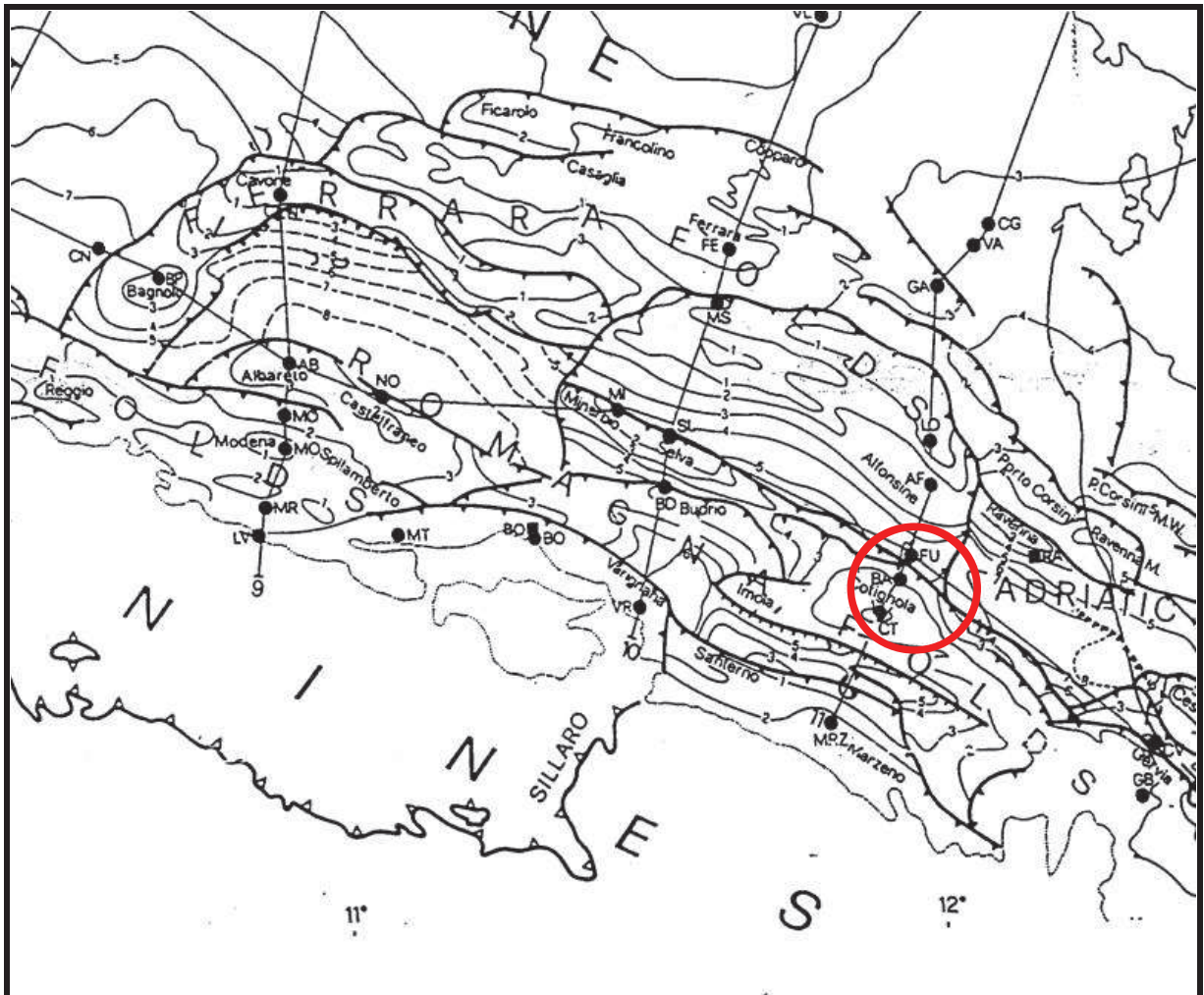


Fig. 2. – geologia e tettonica della Pianura Romagnola con indicata l'area in oggetto

Lo schema strutturale della pianura è caratterizzato da uno stile a pieghe ad andamento Nord-Ovest/Sud-Est, interessato da frequenti ondulazioni assiali e con una immersione generale verso Sud-Est. Tali ondulazioni si presentano, di norma, asimmetriche con vergenza verso Nord. I terreni neogenici sono stati interessati dai vari piegamenti in due fasi distinte avvenute tra Miocene e Pliocene e prima del Pliocene medio. Tra essi la seconda fase sembra che abbia influito maggiormente nell'area emiliano-romagnola, dove la discordanza tra i terreni del Miocene e quelli del Pliocene inf. è attenuata, mentre si osserva un più accentuato piegamento ed una maggiore erosione nei termini del Pliocene inferiore (Vuillermin, Bertoni 1978). Secondo Selli (1976) si distinguono le seguenti due strutturali:

- *Unità profonda* costituita da sedimenti del Messiniano e Pliocene inferiore. Tali terreni sono concordanti tra loro e sono deformati secondo pieghe e faglie orientate NW-SE. All'inizio del Pliocene medio, come si è già detto, le anticlinali emersero dal mare con conseguente erosione del loro apice. Infatti, il panorama che caratterizzava il territorio ravennate durante questo periodo doveva essere quello di un arcipelago.
- *Unità superiore* costituita da sedimenti del Pliocene medio-superiore e del Quaternario in concomitanza tra loro. Tale successione poggia in trasgressione e discordanza sul Pliocene inferiore all'apice delle anticlinali, mentre nelle sinclinali è ancora concordante e continua con i sedimenti sottostanti.

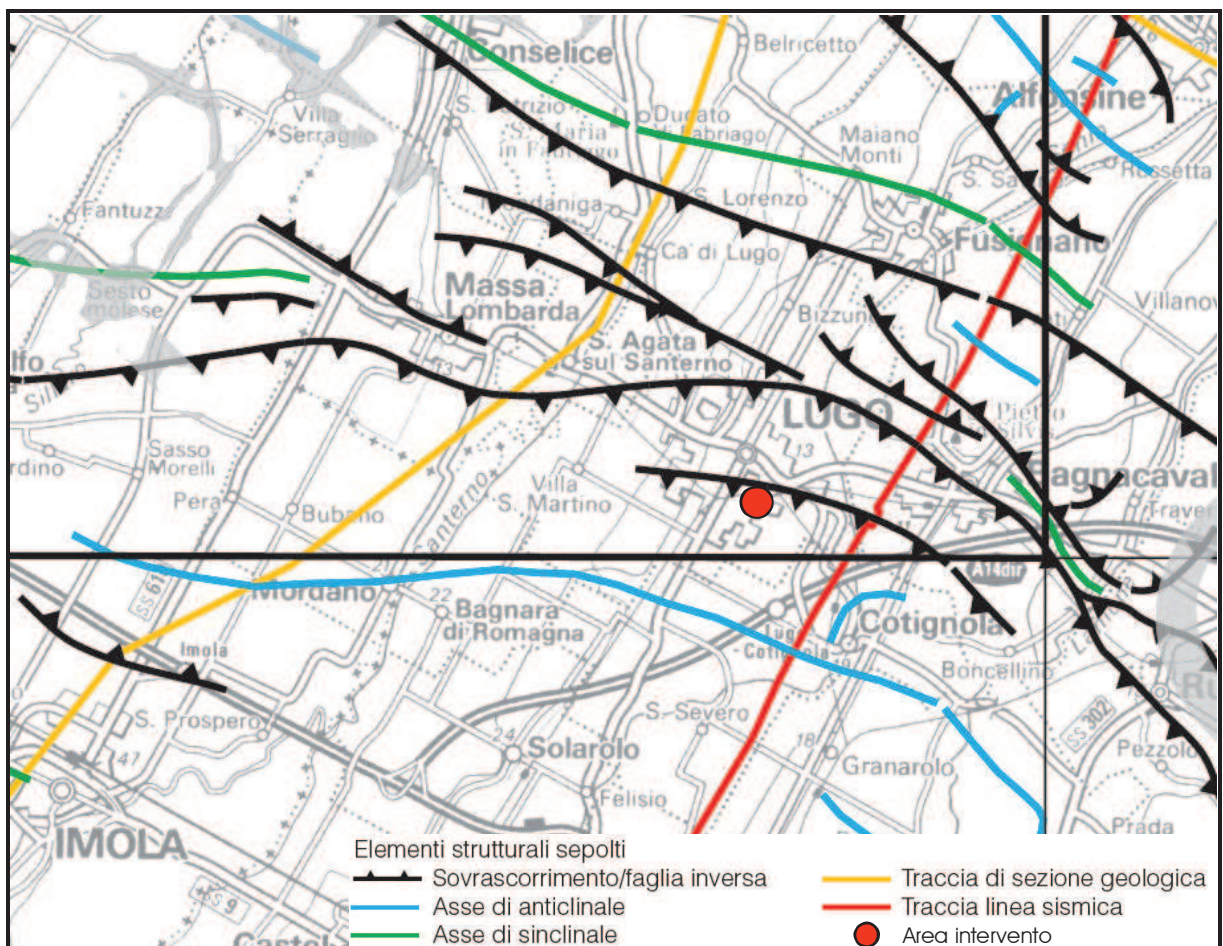


Fig. 3. – geologia e tettonica dell'area in oggetto

Sintetizzando, anche se la situazione risulta molto più complessa, nel territorio della pianura romagnola direttamente interessato si riconoscono i seguenti motivi strutturali principali:

- Sinclinale di Fusignano-Conselice;
- Anticlinale di Cotignola;

Le strutture Plioceniche sepolte sembrano influenzare l'assetto dei sedimenti pleistocenici, che si presentano abbastanza ondulati con una generale pendenza verso Sud-Est, seguendo l'immersione degli assi strutturali Pliocenici. Tale aspetto tende a diminuire con l'aumentare della profondità.

I sedimenti alluvionali recenti, infine, hanno un assetto irregolare e più complesso. Infatti, pur presentandosi in stratificazione generalmente subparallela (con una certa pendenza verso Nord-Est in direzione del flusso degli attuali corsi appenninici), presentano a volte notevoli variazioni di potenza, che sembrano dovute ad ondulazioni del letto con depressioni ad andamento appenninico e probabilmente influenzate dalla presenza di paleoalvei. Nella parte più superficiale sono stati del resto riconosciuti numerosi paleoalvei talora sovrapposti e variamente orientati, che complicano la già complessa situazione idrogeologica della pianura ed in particolare la rete idrica sotterranea

c. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

L'area oggetto d'indagine è interessata dalla Formazione sedimentaria continentale quaternaria di **piana alluvionale** (subsintema di Ravenna AS8) costituita da una coltre di depositi sabbiosi, limosi e argillosi e la cui superficie sommitale è generalmente interessata da pedogenesi, anche se il grado di alterazione (es. spessore e grado di decarbonatazione) decrescono progressivamente da Sud-Ovest a Nord-Est. Sono stati distinti i depositi di canale ed argine dai depositi di piana inondabile, sulla base dei dati tessiturali. Le relazioni geometriche tra gli elementi deposizionali (dossi fluviali ed aree interfluviali), tuttavia, rimangono in parte dubbie a causa dei processi di alterazione del sedimento e di parziale modificazione delle morfologie originarie per erosione e risedimentazione dei depositi superficiali.

Nell'area in esame si possono individuare 2 principali elementi caratterizzanti AES8:

1. Il limite inferiore è ben definito come contrasto di facies dove i primi depositi di AES8 sono caratterizzati da facies di piana alluvionale non drenata e palude e poggiano direttamente sui depositi di conoide alluvionale di AES7.
2. La porzione basale di AES8 è caratterizzata dalla frequente presenza di sedimenti ricchi di sostanza organica palustri e/o lagunari di natura trasgressiva che si accompagnano ad una generale disattivazione dei sistemi fluviali del ciclo sottostante ed ad un generale spostamento verso monte dei sistemi deposizionali. Questo intervallo basale costituisce pertanto un orizzonte stratigrafico di correlazione molto importante che caratterizza la base del subsintema. La sua età, definita su basi radiometriche, varia da 14.280 +/- 140 a 7.420 +/- 60 anni.

In questo subsistema viene distinta dalla RER una unità di rango gerarchico inferiore, l'unità di Modena (AES8a), la quale contiene i depositi più superficiali (sempre affioranti) e più recenti, compresi quelli attualmente in evoluzione. AES8a è un'unità pellicolare, che in zona raggiunge circa 6-7 metri di spessore. Nel settore di pianura interessato la base di AES8a è individuata dal contatto, in discontinuità, delle sue tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo o scarsamente calcareo di AES8 che contiene i reperti di epoca romana o più antica in posto. Il tetto di AES8a è dato da un suolo poco evoluto, calcareo, di pochi decimetri di spessore e generalmente di colore bruno olivastro o bruno grigiastro (Hue 2.5Y, Value 3-5, Chroma 2-6; profilo Ap-Bw/C: Entisuolo). Questa superficie di tetto è priva di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati ed è caratterizzata da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (ad esempio argini e piane inondabili).

Nella pianura alluvionale prevalgono i depositi di tracimazione fluviale, all'interno dei quali è possibile distinguere i depositi sabbioso-limosi di argine, canale e rotta fluviale dai depositi argillosi e limosi di piana inondabile. L'età di AES8a è riferita all'epoca post-romana, sulla base dei seguenti caratteri:

1. la presenza di abbondanti e frequenti reperti romani (e più antichi) al tetto dei depositi sottostanti, fra i quali si segnalano numerosi elementi infrastrutturali (edifici, strade, ecc.);
2. l'assenza di questi reperti all'interno dei depositi di AES8a o la loro presenza esclusivamente come elementi rimaneggiati;
3. l'alterazione pedogenetica modesta o del tutto assente della superficie affiorante di AES8a.

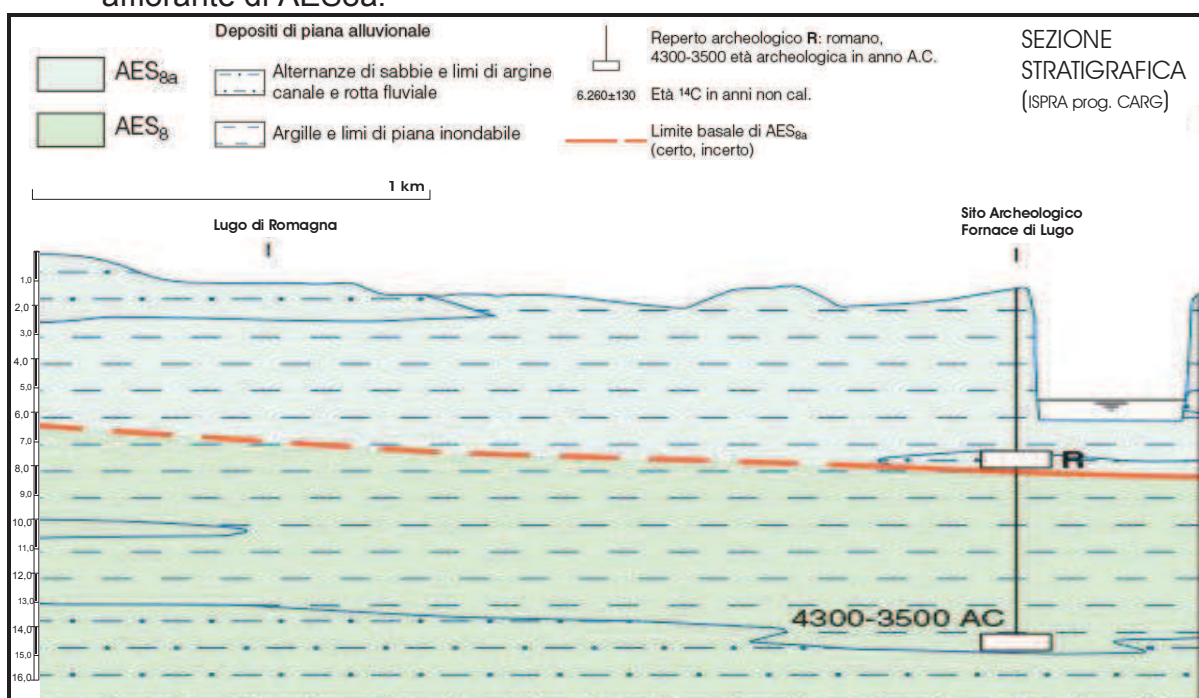


Fig. 4. – stratigrafia subsistema AS8-AES8a nei primi 20 metri dell'area in oggetto

Per inquadrare la stratigrafia in profondità si fa riferimento alla sezione geologica Imola-Comacchio (Progetto CARG Regione Emilia-Romagna) riportata di seguito utile per comprendere ulteriormente la litologia profonda del sottosuolo. La sezione geologica descrive tutte le unità stratigrafiche relative al Supersistema Emiliano-Romagnolo, i suoi rapporti con le sabbie di Imola e il “substrato” marino plio-pleistocenico e le geometrie dei principali corpi geologici.

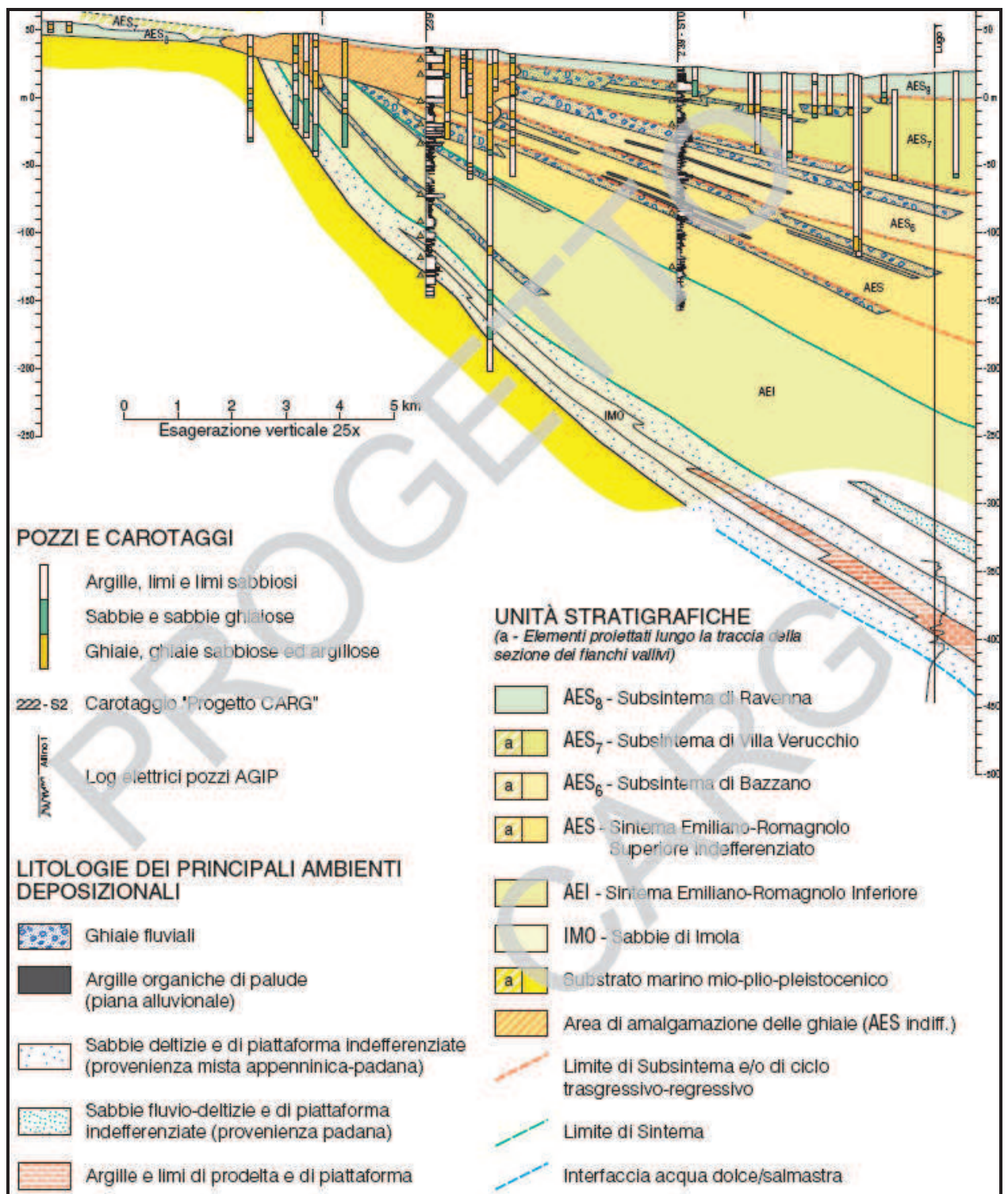


Fig. 5. – stratigrafia profonda sez. Imola-Comacchio

d. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La caratterizzazione geomorfologica è strettamente connessa al modello genetico di formazione del territorio.

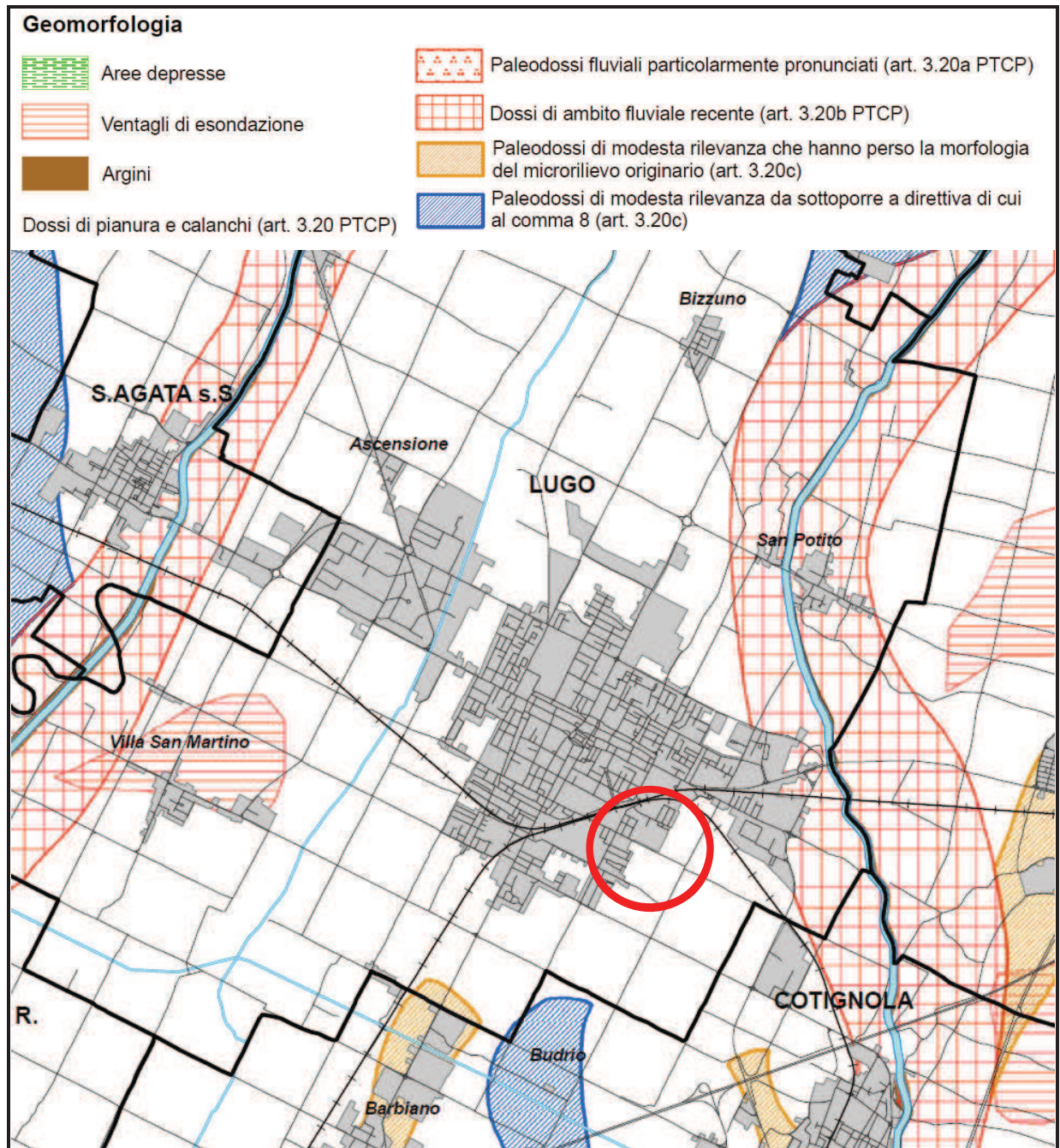


Fig. 6. – Carta Geomorfologica (da PSC2009)

In pianura gli effetti morfologici maggiori e più rilevanti sono quelli legati all'evoluzione del sistema idrografico, che a sua volta viene condizionato dai caratteri climatici prevalenti e dalle condizioni geologiche del sottosuolo. Nella formazione della pianura ravennate l'accrescimento trasversale per colmata avviene quando le piene fluviali straripano trasversalmente alla direzione principale dell'asta e, anziché,

giungere a mare, colmano le bassure. In questo caso la granulometria tende a diminuire in senso trasversale, quindi sabbie prevalenti nei pressi dell'asta e argille lontano dall'asta. Nella fig. 6 si può notare come nel territorio di indagine si individuano tratti di antichi alvei fluviali, paleocanali e diversi ventagli di rotta associati ai primi. In particolare sono riconoscibili i paleoalvei dei fiumi Senio e Lamone caratterizzati da quote topografiche di 25-20 m slm, che tendono a diminuire verso nord-est sino alle zone topograficamente depresse delle aree di bonifica.

e. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le caratteristiche idrogeologico-strutturali della zona in esame sono ben visibile dalla figura 7:

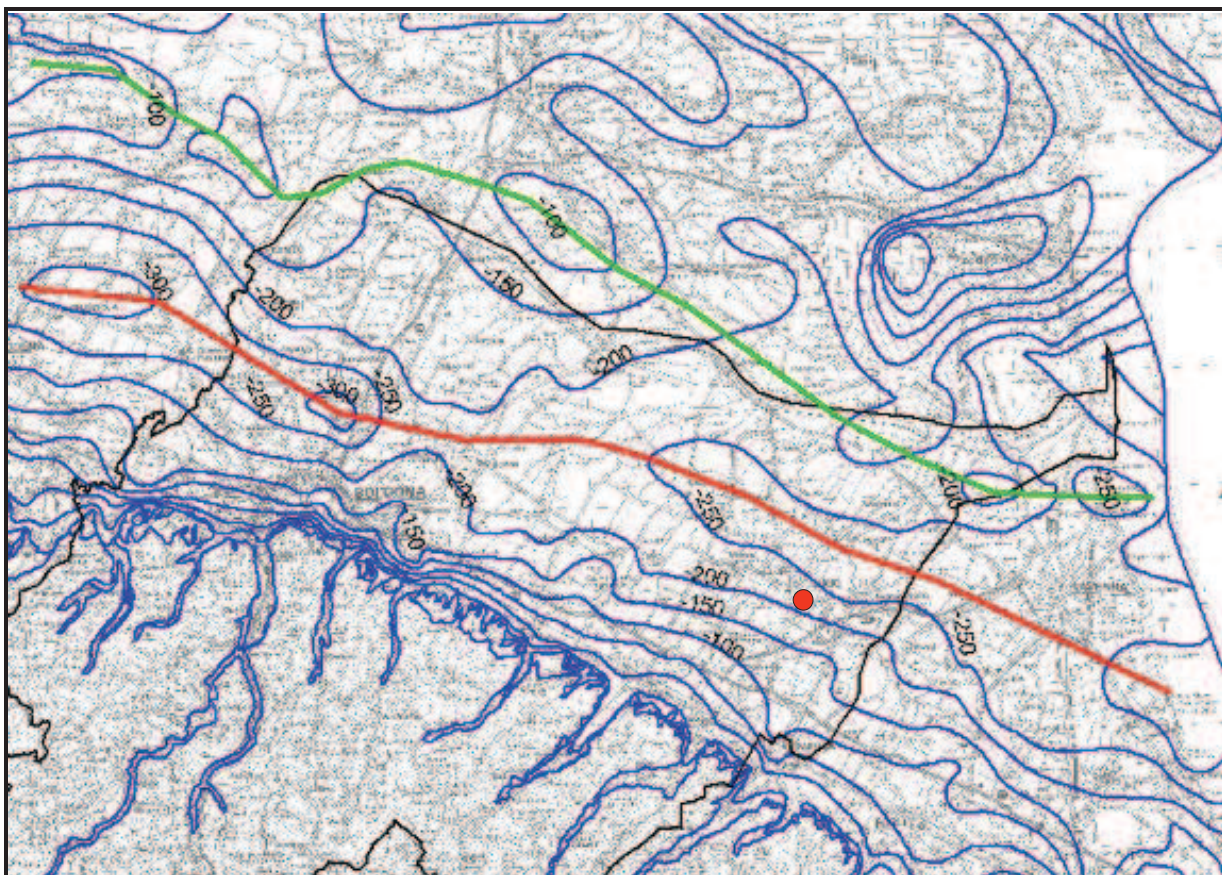


Figura 7: andamento della base del gruppo acquifero A

che identifica le isobate del gruppo acquifero A (linee blu in figura, isolinee ogni 50 metri). Come si vede l'area è caratterizzata da una ampia **sinclinale** il cui asse

(indicato in rosso in figura) corre in modo abbastanza regolare da ovest - nord ovest verso sud – sud est, da Nonantola sino a sud di Ravenna. Le zone più depresse sono nel settore centrale (zona di Lugo), dove si individuano delle aree in cui la base del gruppo acquifero A è a oltre – 200 dal livello del mare. La zona a sud della sinclinale è costituita da una monoclinale che scende dall'appennino, e che immerge in modo più dolce in tutto il settore romagnolo della zona. La zona nord della sinclinale è individuata dagli alti strutturali delle **pieghe ferraresi**. Il primo nucleo di queste pieghe, che limita la sinclinale sopra detta, è indicato in verde in figura, e come si vede è abbastanza articolato nel suo percorso. Evidentemente questo andamento a sinclinale ed anticlinale caratterizza, se pure in modo più blando, anche l'andamento dei depositi più recenti.

La distribuzione dei questi corpi sedimentari nel sottosuolo è schematicamente rappresentata nella sezione di Figura 8 che attraversa tutta la pianura da Sud a Nord, ovvero dal margine appenninico, che separa gli acquiferi montani da quelli di pianura, al Fiume Po. Procedendo quindi dal margine verso nord, si trovano nell'ordine: le **conoidi alluvionali**, la **pianura alluvionale appenninica** e la **pianura alluvionale e deltizia del Po**.

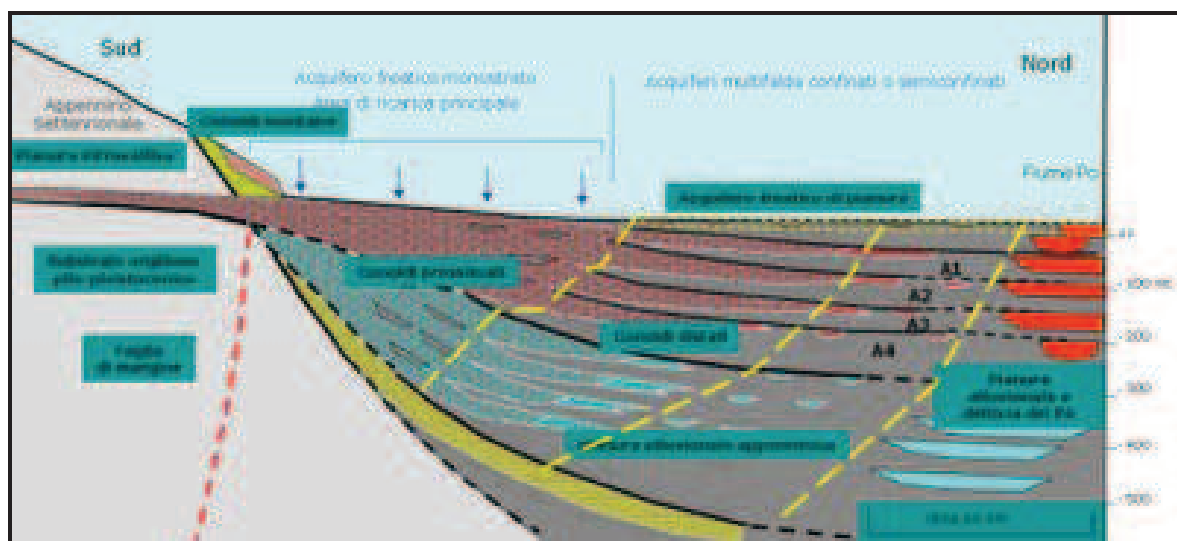


Figura 8: corpi sedimentari nel sottosuolo

La **pianura alluvionale** che rappresenta l'area in oggetto è formata dai sedimenti fini trasportati dai fiumi appenninici, costituiti da alternanze di limi più o meno argillosi, argille e sabbie limose. Essa inizia laddove i corpi ghiaiosi si chiudono e passano lateralmente a sabbie, presenti come singoli corpi nastriformi di pochi metri di

spessore, che rappresentano i depositi di riempimento di canale e di argine prossimale. Talvolta si ritrovano degli orizzonti argillosi molto ricchi di sostanza organica che testimoniano il succedersi degli eventi di trasgressione marina che hanno interessato la zona costiera dell'Emilia-Romagna durante il Pleistocene e che costituiscono dei veri e propri livelli guida.

Dal punto di vista idrogeologico i rari e discontinui depositi sabbiosi della pianura alluvionale appenninica, costituiscono degli acquiferi di scarso interesse, anche perché la loro ricarica è decisamente scarsa e deriva unicamente dall'acqua che, infiltratasi nelle zone di ricarica delle conoidi, riesce molto lentamente a fluire sino alla pianura.

Procedendo verso nord si passa alla **pianura alluvionale e deltizia del Fiume Po**, costituita dall'alternanza di corpi sabbiosi molto estesi e sedimenti fini. Le sabbie derivano dalla sedimentazione del Fiume Po e sono presenti in strati amalgamati tra loro a formare livelli spessi anche alcune decine di metri ed estesi per svariati chilometri.

Al di sopra dei depositi descritti, fatto salvo per le conoidi prossimali dove le ghiaie sono affioranti, si trova l'**acquifero freatico di pianura**, un sottile livello di sedimenti prevalentemente fini che prosegue verso nord su tutta la pianura. Si tratta dei depositi di canale fluviale, argine e pianura inondabile in diretto contatto con i corsi d'acqua superficiali e con gli ecosistemi che da esse dipendono, oltre che con tutte le attività antropiche. Data la litologia prevalentemente fine e lo spessore modesto (nell'ordine dei 10 m), l'**acquifero freatico di pianura** riveste un ruolo molto marginale per quanto concerne la gestione della risorsa a scala regionale. E' invece molto sfruttato nei contesti rurali, dove numerosi pozzi a camicia lo sfruttano per scopi prevalentemente domestici.

La pubblicazione del volume "**Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna**" (ENI-AGIP, 1998) ha proposto una stratigrafia valida a livello di bacino per i depositi alluvionali e marino marginali presenti nelle prime centinaia di metri del sottosuolo, riassunta schematicamente nella Figura 8:

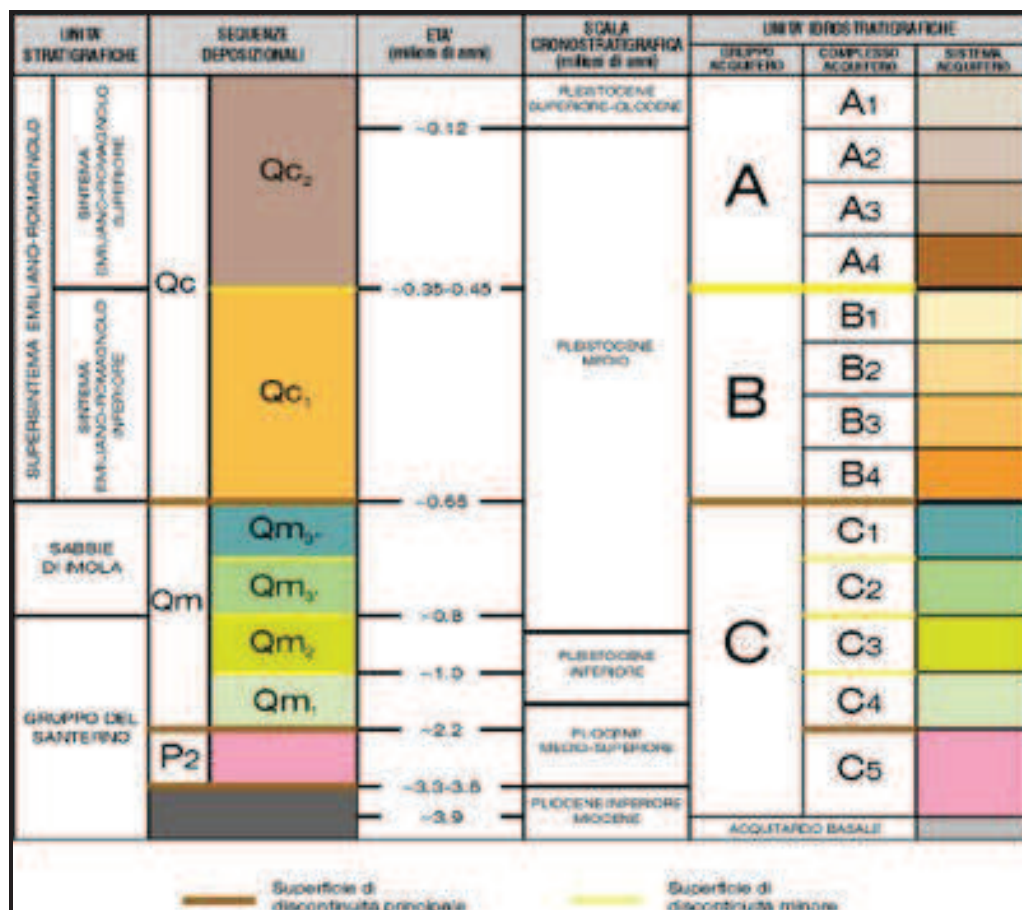


Figura 9: stratigrafia e idrogeologia pianura emiliano-romagnola

I depositi della pianura sono stati suddivisi in tre unità stratigrafiche, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C. Il Gruppo Acquifero A (corrispondente al Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore AES) ed il Gruppo Acquifero B (corrispondente al Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore AEI) sono costituiti principalmente da depositi alluvionali ed in particolare dalle ghiaie delle conoidi alluvionali, dai depositi fini di piana alluvionale e dalle sabbie della piana del Fiume Po; il gruppo acquifero C (corrispondente a diverse unità affioranti nell'Appennino la più recente delle quali è la Formazione delle Sabbie Gialle di Imola IMO) è formato principalmente da depositi costieri e marino marginali ed è costituito principalmente da pacchi di sabbie alternati a sedimenti più fini. Le Unità Idrostratigrafiche sono formate da una o più sequenze deposizionali caratterizzate da alternanze cicliche di depositi fini (alla base) e grossolani (al tetto) molto spessi. Una sequenza deposizionale è una successione di sedimenti geneticamente legati tra loro (sono depositi durante lo stesso intervallo di tempo e con meccanismi della sedimentazione legati tra loro), compresi alla base e al tetto da superfici di discontinuità della sedimentazione e da superfici di continuità

ad esse correlate. All'interno di ciascuna sequenza, si trovano depositi costituiti da differenti litologie, corrispondenti a vari sistemi e ambienti deposizionali. Alla base di ciascuna sequenza si trova un livello molto continuo a scarsa permeabilità che funge da acquicludo tra le diverse unità individuate.

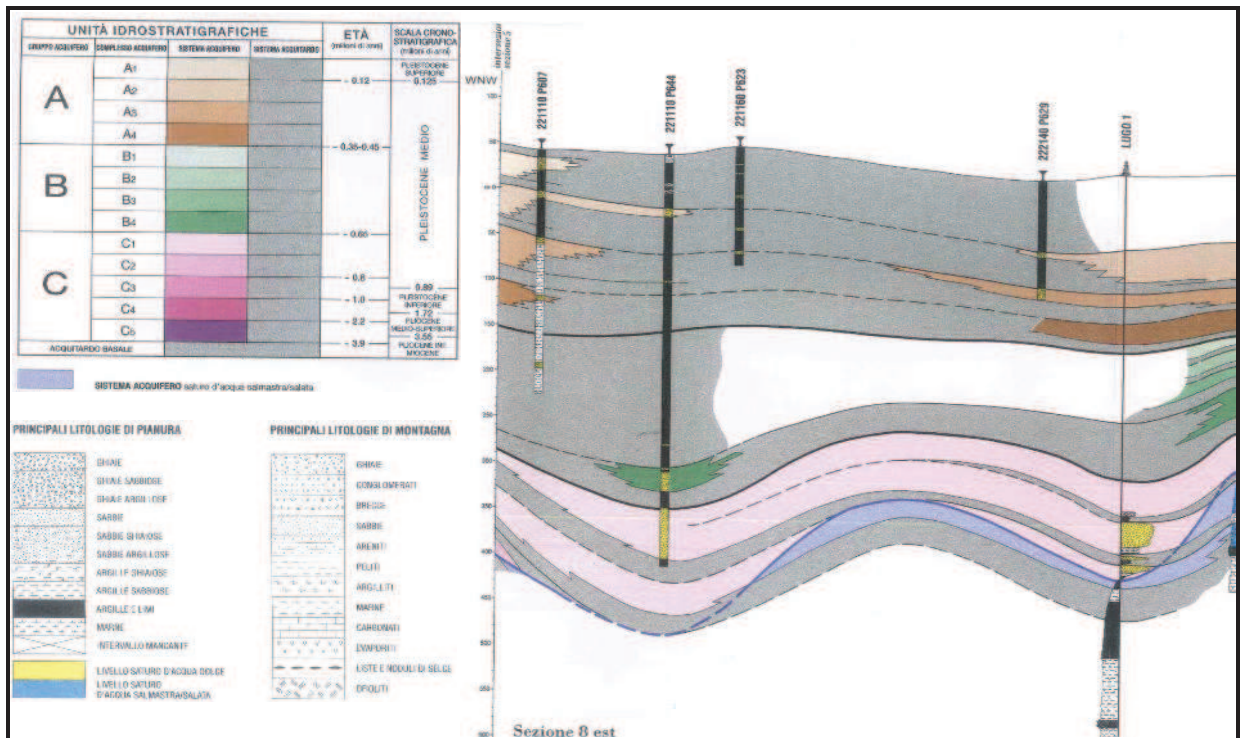


Figura 10: unità idrostratigrafiche

All'interno di ciascun Gruppo Acquifero vengono poi distinti diversi Complessi Acquiferi, unità gerarchicamente inferiori (a cui comunque corrisponde un'unità stratigrafica della Carta Geologica) identificate dal nome del Gruppo Acquifero di appartenenza, seguito da un numero progressivo (A0, A1 ecc.). Anche i Complessi Acquiferi sono Unità Idrostratigrafiche e come tali rappresentano una sequenza deposizionale contraddistinta da un acquitardo basale molto continuo, a cui fa seguito una sedimentazione più fine che diventa poi decisamente grossolana nella porzione terminale della sequenza. Viene proposta la stratigrafia che comprende l'area in esame rappresentata nella Figura 10, dove è ben visibile la suddivisione nel sottosuolo dei diversi Gruppi Acquiferi e la rispettiva distinzione dei vari Complessi Acquiferi.

Per l'area in esame viene riportata l'andamento delle isopieze ricavate dallo studio della falda idrica della provincia di Ravenna (Venturini-Zuppi-Bertoni, 1978) dove si riscontra un flusso idrico con direzione Est e Nord-Est con asse di drenaggio profondo verso Nord-Est.

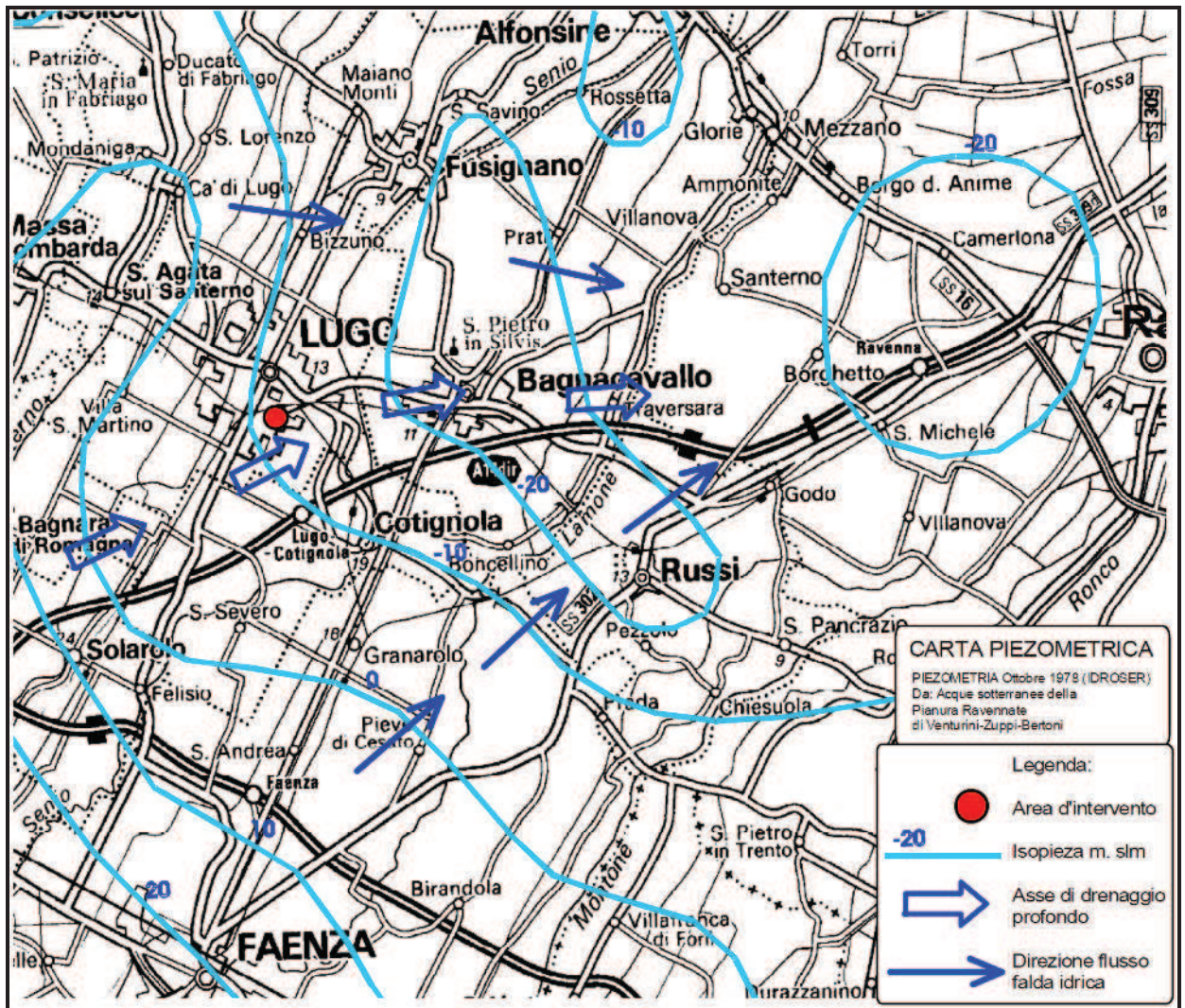


Figura 11: Carta Piezometrica Provincia di Ravenna

Nel corso dell'indagine geotecnica è stata rilevata una **falda freatica** con livello statico posto a m. 1,50-2,00 di profondità rispetto al piano campagna prove con escursione stagionale, da informazioni assunte, pari a m. 1,00-1,50 per periodi di precipitazioni ordinarie.

f. CARATTERISTICHE SISMICHE

Dal punto di vista sismico il territorio del comune di Lugo (Ra) è stato riferito alle norme contenute nell'Ordinanza del PCM n. 3274 del 20.03.2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". Tale provvedimento ha introdotto una nuova classificazione sismica del territorio nazionale, suddividendo il

territorio nazionale in quattro zone sismiche, in sostituzione delle precedenti tre categorie, il Comune di LUGO ricade nella **zona 2** a cui corrisponde una accelerazione orizzontale pari a **0.25 g**. Il rischio sismico di una determinata zona è in relazione alla sismicità di base dell'area, alla presenza di condizioni geologiche, geomorfologiche e litologiche, che possono indurre fenomeni di amplificazione, e alla vulnerabilità del patrimonio edilizio esistente. Per quanto riguarda la **pericolosità sismica** essa viene valutata attraverso la conoscenza delle zone o delle strutture geologiche responsabili della sismicità (zone o sorgenti sismogenetiche), la quantificazione del loro grado di attività e la stima dell'effetto provocato da tali sorgenti con la distanza. Studi sul rischio sismico sono stati condotti da gruppi di ricerca del CNR, dalle Università, dall'INGV e dal Dipartimento della Protezione Civile analizzando i dati già disponibili relativamente alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche e sismologiche. Il Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM n. 3274 del 20.03.2003-INGV) ha proposto una zonazione sismogenetica denominata ZS9.

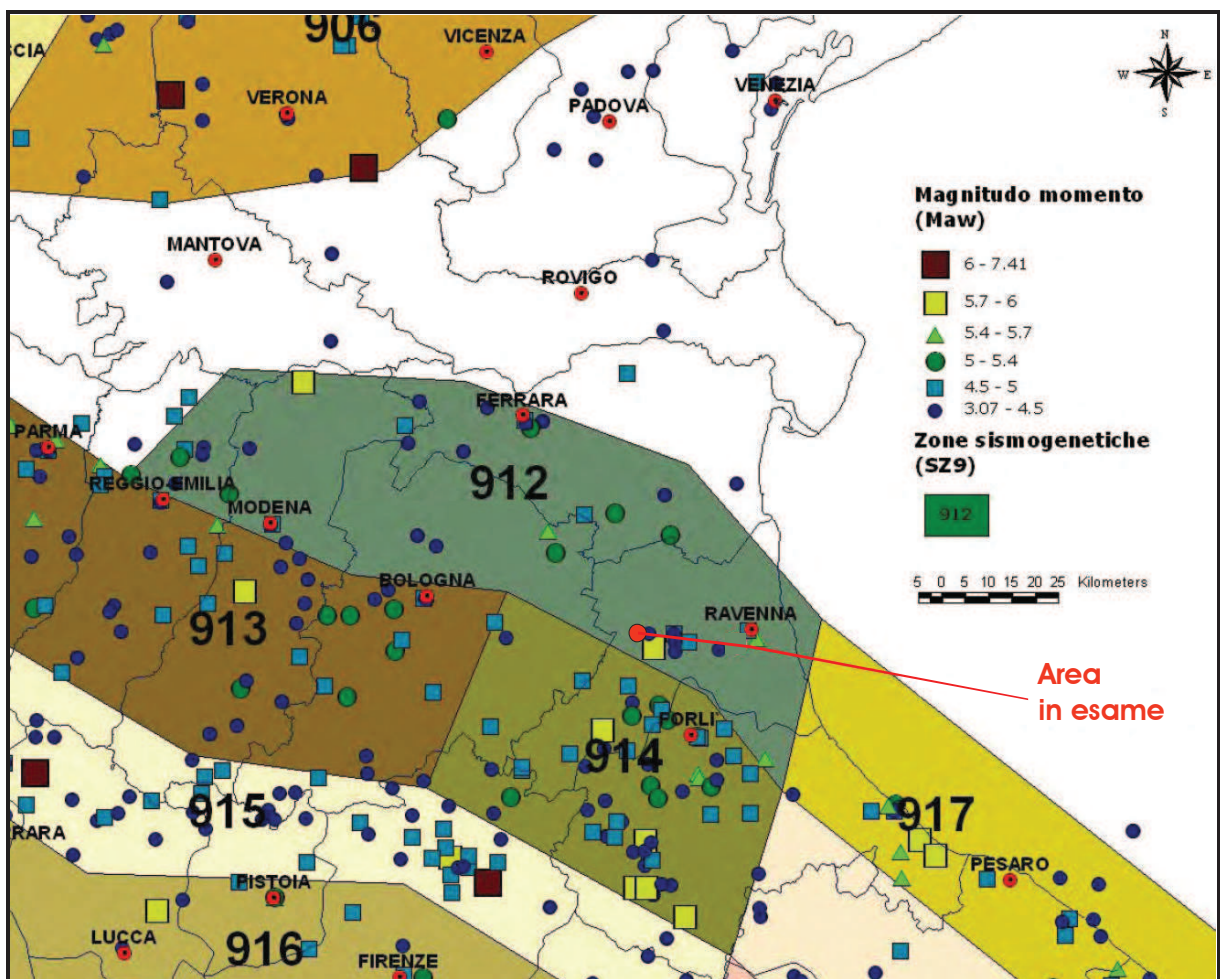


Fig. 12: Zonazione sismogenetica ZS9

LUGO DI ROMAGNA - ZONA SISMOGENETICA 912 Dorsale Ferrarese:

Magnitudo massima 5,91 - Profondità ipocentrale 5-10 Km

Si riporta di seguito la mappa della pericolosità sismica del territorio Nazionale e le massime intensità macrosismiche.

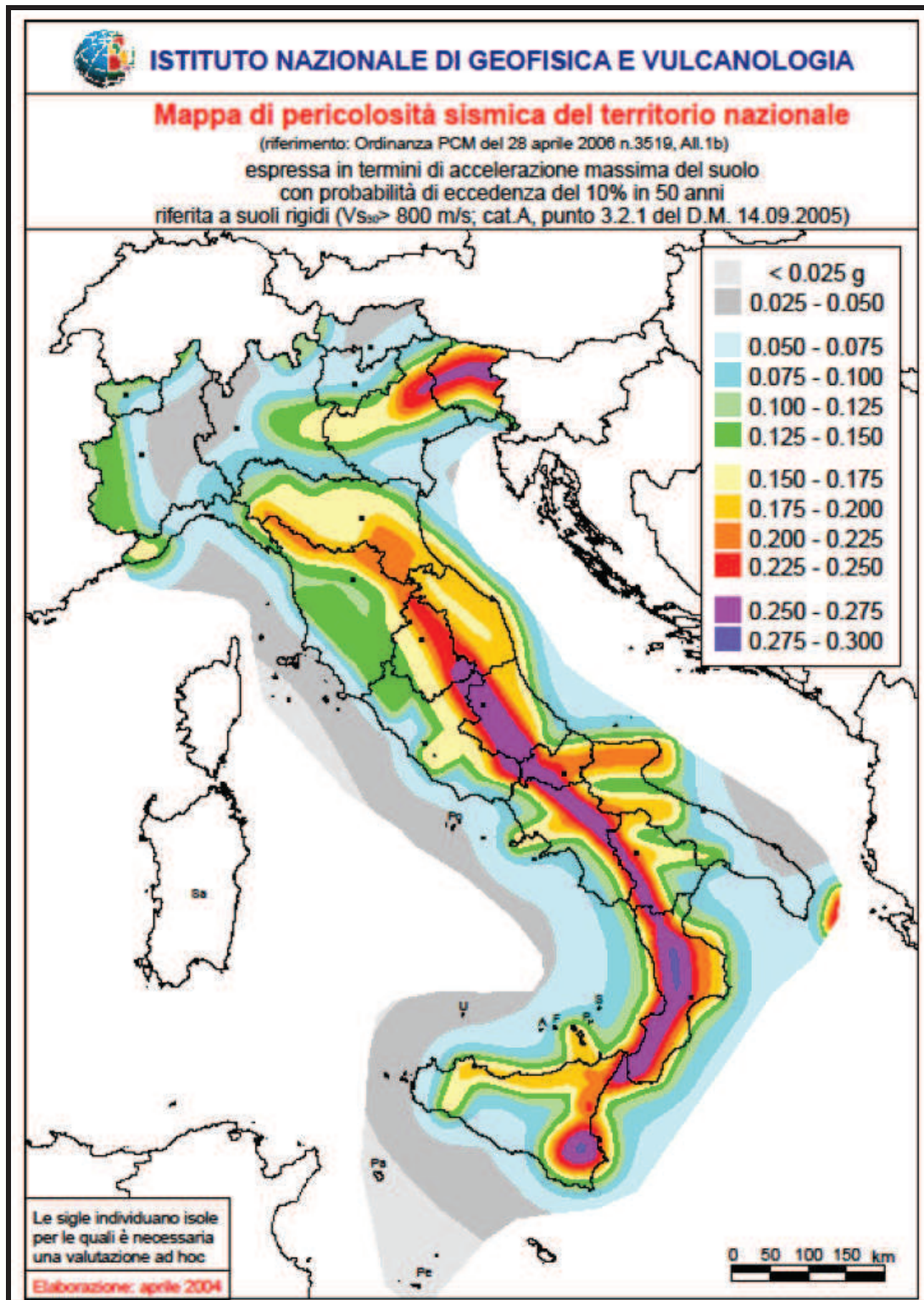


Fig. 13: Mappa di Pericolosità Sismica Nazionale

La sismicità dell'area viene inquadrata nella tabella sottostante dove vengono riportati i terremoti storici hanno interessato il comune di LUGO con le date dell'evento, l'ubicazione, l'intensità max e la magnitudo media strumentale e reale misurata direttamente:

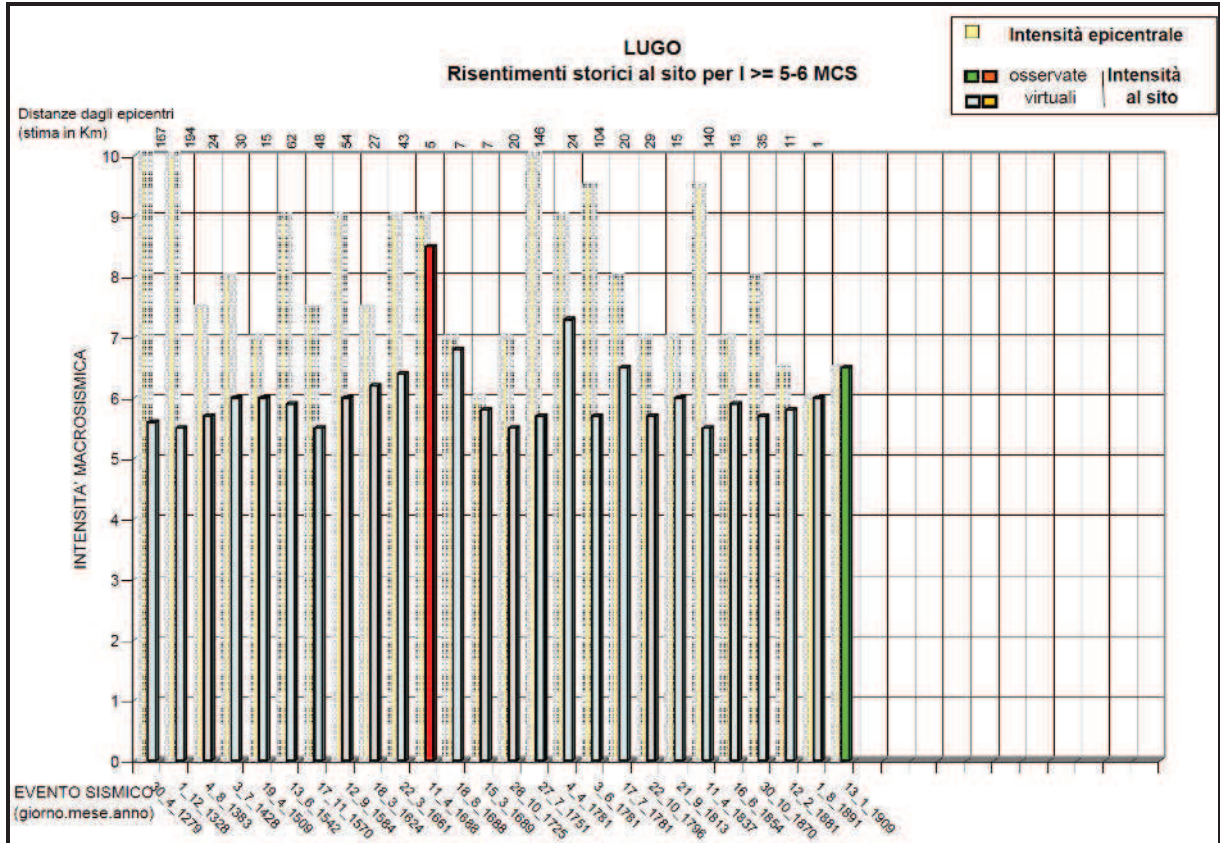


Figura 14: eventi sismici storici del comune di Lugo

Dalle informazioni acquisite risulta che alcune località appartenenti o vicine al Comune di Lugo sono state interessate negli ultimi secoli da vari terremoti che hanno raggiunto l'intensità massima del VII-VIII grado della Scala Mercalli nel 1689-1781. Ai fini della valutazione delle azioni sismiche di progetto, viene valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche del sito in esame. In questo caso la stratigrafia è stata osservata tramite le prove eseguite nell'area investigando così lo spessore dei terreni alluvionali di pianura ed utilizzando un'indagine sismica consistente in tre misurazioni con tromografo a stazione singola HVSR investigando così la velocità di taglio dei terreni (in allegato si riportano i grafici e le interpretazioni derivanti dalle misurazioni tromografiche di campagna). Dallo studio emerge che l'area presenta valori di $V_{s30} = 252-302$ m/sec compatibili con la **categoria C** (valore soglia pari a 360 m/sec) e quindi, considerando l'eterogeneità litologica e di sedimentazione del deposito alluvionale, si adotta una categoria di suolo:

C. Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a m. 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $0,70 < cu_{30} < 2,5$ daN/cm² nei terreni a grana fina)

Per la valutazione delle condizioni topografiche in questo caso siamo in una situazione semplice essendo la superficie suborizzontale per cui il sito in esame può rientrare nella categoria: **T1. Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$** da cui deriva un coefficiente di amplificazione topografico pari a **st = 1,00**.

La caratterizzazione sismica procede con la definizione dei parametri sismici relativi al sito di riferimento. Per il sito di interesse si riporta il reticolo di riferimento proposto nell'Allegato B delle NTC08, compreso nei quattro nodi identificati come indicato in figura e vengono calcolati i coefficienti sismici per la zona direttamente investigata:

The screenshot displays the GeoStru software interface. On the left, a map of Lugo, Italy, shows a red grid with four reference points labeled 1, 2, 3, and 4. The map includes street names and geographical features. On the right, the software's input and output panels are visible.

Coordinate ED50 (°)
 Latitudine: 44,415042
 Longitudine: 11,915700

Classe dell'edificio:
 II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Cu = 1

Vita nominale: 50
 (Opere provvisorie ≤ 10 , Opere ordinarie ≥ 50 , Grandi opere ≥ 100)

Interpolazione: Media ponderata

Calcola

Stato Limite	Tr [anni]	a_s [g]	Fo	Tc [s]
Operatività (SLO)	30	0,057	2,449	0,261
Danno (SLD)	50	0,072	2,492	0,273
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,185	2,406	0,307
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,240	2,409	0,314

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

Muri di sostegno Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m): 1
 us (m): 0,1

Categoria sottosuolo: A
 Categoria topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
Cc* Coeff. funz. categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
St* Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Accione massima attesa al sito [m/s²]: 0,6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,054	0,074
kv	0,006	0,007	0,027	0,037
Amax [m/s ²]	0,658	0,707	1,813	2,351
Beta	0,200	0,200	0,290	0,310

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.
 (2)* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

Figura 15: Vertici della griglia di riferimento e coefficienti sismici (da Geostru)

Per la scelta della strategia di progettazione, il progettista procede in funzione delle caratteristiche dell'opera progettata e definisce lo spettro di risposta.

Ai fini della normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- **Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- **T*c** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

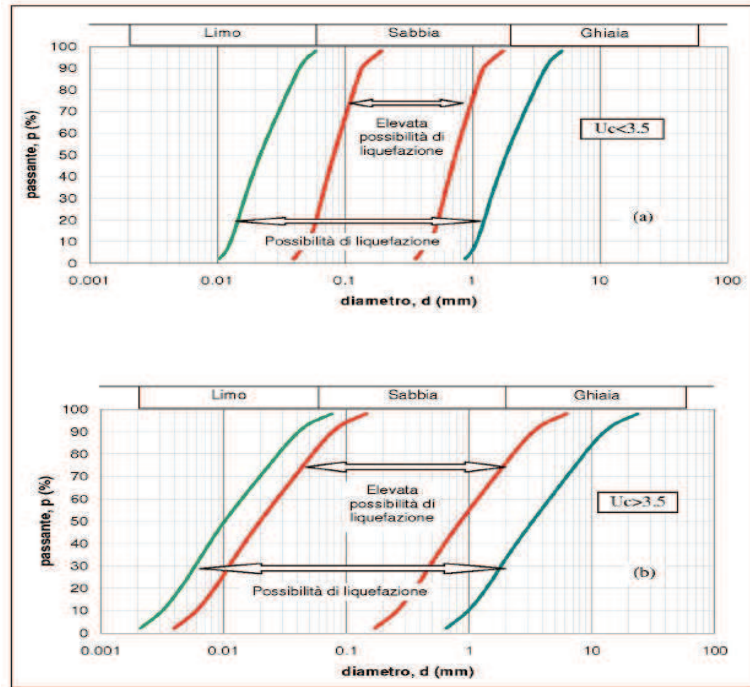
In questo caso si valutano i parametri spettrali a_g , F_0 e T^*c per il sito di progetto (approccio "sito-dipendente") considerando l'amplificazione stratigrafica e topografica (**T1**) (Cap. 3.2 del D.M.2008) la categoria del sottosuolo **C** verificando il tutto per le due classi d'uso in cui può rientrare la costruzione (**II**) e (**III**) (Cap. 2.4 del D.M. 2008).

g. VERIFICA POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Per liquefazione si intende l'annullamento di resistenza al taglio di terreni granulari saturi sotto sollecitazioni di taglio cicliche, in conseguenza delle quali il sedimento raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Il meccanismo di liquefazione è governato da molti fattori e tra questi i principali sono:

1. caratteristiche dell'impulso sismico (magnitudo $M > 5$);
2. densità relativa ($DR < 50 \div 60\%$);
3. pressioni di confinamento (non sono riportati casi in letteratura di liquefazione in strati granulari profondi oltre 15-20 metri);

4. fuso granulometrico;



5. falda superficiale.

Occorre anche evidenziare che la liquefazione di sedimenti saturi non sempre produce perdita di funzionalità o collasso delle strutture degli edifici. Riduzioni rilevanti di capacità portante e cedimenti significativi sono generalmente funzione:

- dell'ampiezza e tempo del carico ciclico del sisma;
- dello spessore ed estensione dello strato in liquefazione;
- dello spessore dei sedimenti non soggetti a liquefazione interposti tra fondazioni e strato in densificazione/liquefazione;
- delle condizioni morfologiche al contorno (acclività; presenza di scarpate o di variazioni di pendenza; vuoti di cava; incisioni fluviali; maceri).

L'indice del potenziale di liquefazione, I_L , definito dalla seguente relazione:

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

in cui z è la profondità dal piano di campagna in metri e $w(z)=10-0.5z$ Ad una quota z il fattore $F(z)=F$ vale:

$$F = 1 - F_L \text{ se } F_L \leq 1.0$$

$$F = 0 \text{ se } F_L > 1.0$$

dove FL è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata. In base alla sottostante tabella è possibile classificare il grado di potenziale liquefazione.

Potenziale Liquefazione I_{PL}	Classificazione
$I_{PL} = 0$	<i>Non liquefacibile</i>
$0 < I_{PL} \leq 2$	<i>Basso</i>
$2 < I_{PL} \leq 5$	<i>Moderato</i>
$5 < I_{PL} \leq 15$	<i>Alto</i>
$I_{PL} \geq 15$	<i>Molto Alto</i>

Dal punto di vista litologico, pur con le possibili e locali piccole variazioni, la stratigrafia dell'area di lottizzazione è caratterizzata dalla presenza di terreni argilloso-limoso e sabbioso-limosi cui sottostanno intercalazioni limoso-argillose-sabbiose consistenti. I materiali alluvionali si presentano in uno stato di medio addensamento ed in condizioni di presenza di falda freatica nei litotipi limoso-sabbiosi superficiali. L'analisi dei possibili fenomeni causati da un evento sismico si è limitata al potenziale di liquefazione che è stato valutato con modalità empirica, alla luce dei dati su esposti. Considerando quindi la presenza di falda idrica superficiale, l'addensamento dei terreni, la composizione litologica e granulometrica essenzialmente LIMOSO-SABBIOSA nei primi metri di profondità, la possibilità di drenaggio dell'acqua di falda attraverso gli strati sabbiosi fanno **escludere fenomeni di liquefazione**. In aggiunta si riporta in allegato il calcolo del potenziale di liquefazione con il metodo Tokimatsu-Yoshimi (1983) e Seed-Idriss, 1983 quantizzato tramite la penetrometria n° 6, con indicati gli indici I_{PL} . Come si può notare l'indice del potenziale di liquefazione risulta **NON LIQUEFACIBILE**. Si può affermare che la zona indagata destinata all'edificazione, è da ritenersi esente da penalizzazione dovuta a particolari situazioni che possono generare pericolosi fenomeni indotti da un terremoto.

h. INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Dovendo approfondire le caratteristiche geomeccaniche dei terreni riguardanti la lottizzazione sono state eseguite prove "in situ" utili alla caratterizzazione geotecnica dei litotipi.

Stratigrafia.

Sull'area è stato eseguito n° 1 sondaggio a carotaggio continuo con trivella MORI-M21 e punta a distruzione con prelievo di un campione indisturbato mediante campionatore semplice. La testa rotante montata su cingolato, consente di raggiungere una coppia massima pari a 350 kgm. La stratigrafia viene riportata in allegato e l'ubicazione è indicata in planimetria con un quadrato rosso.

Al termine del sondaggio è stata verificata presenza di acqua di falda nel foro con quota dal p.c.: **S1 = m. -1,50**. Considerate le caratteristiche dei terreni e la profondità del piano di posa delle fondazioni, si è prelevato un campione indisturbato di terreno alla profondità di m. 1,10 nel sondaggio n° 1 (**C1**), eseguendo prove di laboratorio (densità, umidità, porosità, prova di taglio con scatola di Casagrande) i cui risultati vengono riassunti qui di seguito:

		C1
- Peso unità di volume	kN/mc.	17,21
- Densità secca	kN/mc.	12,34
- Umidità	%	15,02
- Porosità	%	40,18
- Coesione	daN/cmq.	0,51
- Angolo attrito interno	gradi	22°30'

Prove penetrometriche statiche con punta elettrica.

Per l'indagine penetrometrica è stato utilizzato un penetrometro con cingoli auto-ancorante con potenza di spinta penetrometrica pari 20 tonnellate. L'uso della **punta elettrica "TECNO PENTA"** permette di superare diversi inconvenienti rispetto alla punta meccanica:

- non vi è accorciamento elastico delle astine e la lettura non viene influenzata dai vari attriti fra parti meccaniche (astine-aste cave, movimenti punta Begemann). La misura avviene nella zona di punta ed è continua permettendo di conoscere il dato meccanico nell'intervallo desiderato. In tutte le punte elettriche, a differenza della prova meccanica, i valori di resistenza del terreno non vengono più rilevati con un sistema di aste scorrevoli che trasmettono i carichi (di rottura del terreno) ad un manometro (o cella di carico) di superficie, bensì con degli estensimetri posti direttamente all'interno della punta. Questi estensimetri, con deformazioni millimetriche dei componenti della punta (cono e manicotto), producono dei segnali elettrici proporzionali alle variazioni di carico e quindi alle componenti di resistenza del terreno.
- le operazioni di taratura sono più celeri e precise. La punta è dotata di un sensore inclinometrico per controllare le deviazioni delle aste dalla verticale.

Descrizione del sistema.

Il sistema permette quindi di eseguire la prova penetrometrica statica con punta elettrica o piezocono; possono essere quindi monitorati per intervalli di 5 cm d'avanzamento i parametri seguenti:

- Q_c, F_s, U
- *inclinazione su due assi a 90°*
- *velocità d'avanzamento*
- *temperatura*

La Centralina di interfaccia con il computer è alloggiata in un bauletto metallico e contiene la scheda d'amplificazione-condizionamento dei segnali. Sul pannello sono sistemati i connettori per il collegamento ai dispositivi esterni. La centralina funziona sia come interfaccia tra la punta elettrica ed il personal computer, sia come un vero e proprio data logger e registra in una memoria interna, fino a 90 m di sondaggio effettuati con campionamento ogni 5 cm d'avanzamento. I trasduttori di forza per la misura della resistenza alla punta (R_p) e dell'attrito laterale (R_l), sono realizzati con ponti estensimetrici studiati per ridurre gli effetti prodotti da eccentricità del carico. Le due celle di misura sono meccanicamente indipendenti, in tal modo l'applicazione del carico sulla punta non dà luogo a letture apparenti sul carico del manicotto. Un termometro misura la temperatura degli elementi sottoposti a sforzo e permette, per mezzo d'algoritmi di calcolo, la compensazione termica delle grandezze in misura.

Ogni punta elettrica è dotata di un dispositivo per l'amplificazione dei segnali; esso è costituito da amplificatori estensimetrici e da un amplificatore del segnale proveniente dal trasduttore delle pressioni neutrali. Ogni amplificatore è tarato per fornire segnali predefiniti per i corrispondenti valori di fondo scala di R_p, R_l, P_n . La configurazione per la taratura delle grandezze è quindi costituita dalla punta elettrica e dalla scheda contenente gli amplificatori. Il sistema di misura d'avanzamento delle aste è costituito da un trasduttore di spostamento lineare. Un sottile cavetto in acciaio che esce dal dispositivo, è collegato alla testa di spinta e, durante la fase d'infissione delle aste, provoca la rotazione di un potenziometro multigiro. Il sistema meccanico dotato di una corsa di 120 cm, consente una buona precisione di misura. L'inclinazione assunta dal piezocono durante la sua infissione, è misurata per mezzo di un inclinometro biassiale. Le derive termiche sono compensate sia per mezzo d'opportuni dispositivi presenti sui sensori sia via software. Il programma PUNTA, in versione Windows, viene utilizzato per gestire il sistema di acquisizione dei segnali provenienti dal piezocono o punta elettrica; esso consente la visualizzazione in forma grafica dei valori della prova penetrometrica in corso o di una già effettuata, sul video di un personal computer.

L'esame dei grafici evidenzia, dopo un primo spessore di terreno intensamente rimaneggiato e/o di riporto pari a circa m. 1,20-1,60, si riscontrano terreni argilloso-limoso-sabbiosi normalconsolidati ($R_{pm} = 8-12 \text{ daN/cm}^2$); a circa m. 4,00-5,00 i

litotipi diventano maggiormente argillosi, maggiormente addensati (Rpm = 12-15 daN/cm^q) fino a m. 9-10 di profondità dove si riscontrano argille e limi sabbiosi variamente intercalati e di buona consistenza. Questa situazione garantisce l'edificazione senza particolari prescrizioni. La presenza di falda idrica è stata riscontrata alla profondità di **m. 1,50-2,00** dal piano campagna prove con escursione stagionale, da informazioni assunte, di m. 1,00-1,50.

Stratigrafia ricavata da prove "in situ" correlata con prove profonde eseguite dalla RER (prova SCPTU n° 222150U510 – pozzo per acqua n° 222150P618 – sondaggio n° 222105P403):

Spessore ml.	LITOLOGIA	Peso Yt daN/mc	Resistenza alla rottura Rpm daN/cm ^q	Coesione caratteristica ck daN/cm ^q	Angolo attrito caratteristico gradi	Modulo di Winkler daN/cm ^c
1,20-1,60	Terreno rimaneggiato	-	-	-	-	
3,00-4,00	Limo argilloso- sabbioso	1.710-1.740	8-12	0,50-0,65	20°-24°	2-3
4,00-5,00	Argilla limoso- sabbiosa	1.750-1.770	12-15	0,60-0,70	12°-16°	3-4
fino a m. 31	Sabbia-limosa	1.800-1.860	20-45	0,15-0,25	29°-32°	7-8
	Intercalata Argilla limosa	1.870-1.880	15-20	0,85-0,95	16°-18°	5-6

Sulla base delle risultanze riscontrate sull'area interessata, si deduce la parte più superficiale risulta rimaneggiata e/o di riporto fino a circa m. 1,20-1,60 di profondità; seguono terreni essenzialmente **limoso-argilloso-sabbiosi dotati di sufficiente consistenza** con intercalazioni di sabbie-limose addensate e argille limose. Si può quindi procedere all'edificazione dell'area potendo adottare sia fondazioni **a trave rovescia** che **a platea**; essendo previsto piano interrato per tutte le strutture in

progetto si eviterà lo spessore di terreno argilloso-limoso intensamente rimaneggiato approfondendo il piano di posa fino a ml. 2,20-2,50 dal piano campagna prove.

La valutazione orientativa del carico limite rispetto alla rottura localizzata del terreno viene eseguita adottando la Formula del Terzaghi per una fondazione a trave rovescia, inserendo nel calcolo i parametri geotecnici caratteristici precedentemente elencati, confrontando il valore ottenuto con il carico massimo ricavato direttamente dalle prove penetrometriche da cui deriva un carico limite di **daN/cm² 3,16** (resistenza limite del terreno riferita all'approccio 2 - coefficienti parziali M1; per ottenere la resistenza di progetto Rd, tale valore dovrà essere ridotto con il coefficiente R3 - gr = 2,3 come previsto alla tabella 6.4.I delle NTC2008 per l'approccio 2). I cedimenti calcolati con i carichi massimi di esercizio ipotizzati pari a **Kmax. = 1,10 daN/cm²** risultano contenuti ed uniformi:

	Boussinesq
Fondazione a trave rovescia (prova n° 6)	cm. 2,892

Interferendo il piano di posa delle fondazioni con la falda idrica, considerando le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, per la stabilità dello scavo stesso e al fine di tutelare il fabbricato in progetto dall'umidità, **occorre prevedere opportune opere di sostegno, impermeabilizzazione e di abbassamento livello idrico** (esempio: palancole, diaframmi, drenaggio, well-point, aggotamento con pompe, ecc.). Se si verificassero localmente delle situazioni **litologiche e/o di addensamento discordanti** da quelle descritte nella presente relazione, occorrerà avvertire lo scrivente che, dopo la valutazione del caso, deciderà gli opportuni interventi.

I. VALUTAZIONE PRELIMINARE SULLA QUALITA' DELLE ACQUE E DEI TERRENI SUPERFICIALI

La falda libera superficiale ha una particolare incidenza ed un ruolo peculiare ai fini edificatori, sia per quanto riguarda la possibile influenza sui parametri del carico ammissibile, sia per la salubrità degli edifici, sia per le possibili invasioni di acqua in eventuali scantinati, sia per la sua influenza sulla risposta sismica del terreno. Al fine di caratterizzare la falda freatica della zona di interesse lo studio geologico ha analizzato la freatimetria eseguendo opportune verifiche di campagna. Per l'area in esame si evidenziano valori di circolazione idrica sotterranea compresi tra i -1.5 m e -

2.0 m dal piano di campagna (livelli misurati nelle prove eseguite all'interno della lottizzazione) e in alcuni pozzi limitrofi risultano nel complesso coerenti ed hanno consentito la realizzazione della carta delle isobate della superficie freatica dal p.c.

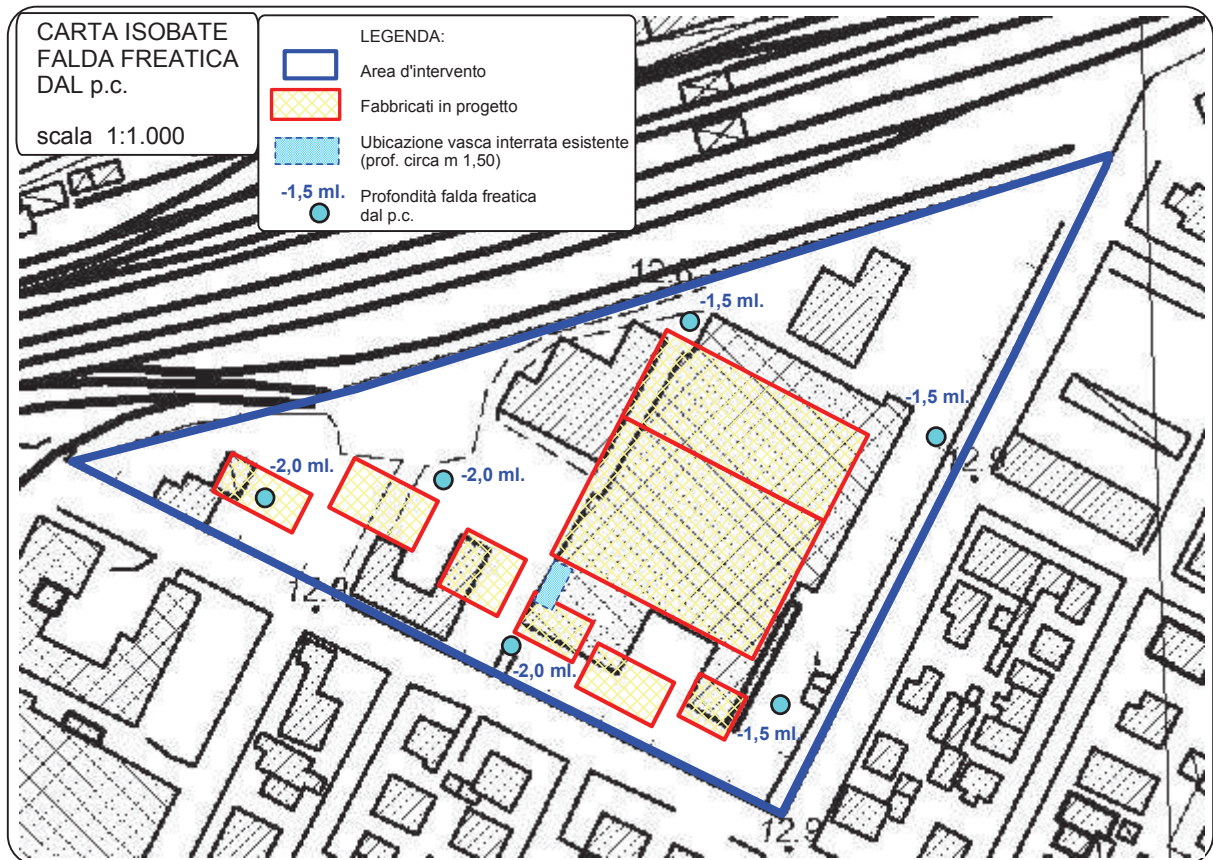


Figura 16: Carta Isobate superficie freatica dal p.c.

Allo stato attuale l'area è caratterizzata da fabbricati e piazzali di servizio utilizzati nella precedente attività industriale dall'ex-acetificio Venturi. Un elemento che poteva generare rischio di inquinamento può essere considerata la **vasca in cemento** dove avveniva lo scarico-carico del materiale (indicata in planimetria) profonda circa m. 1,50 che comunque risulta integra, priva di dispersioni evidenti, per cui si esclude che possa aver generato infiltrazioni in profondità; questa valutazione viene confermata anche dalle valutazioni preliminari sui campioni di acqua e di suolo prelevati nel corso dell'indagine geologico-geotecnica che non hanno evidenziato anomalie di colorazione e olfattive. Occorre inoltre sottolineare che nella zona investigata il principale acquifero può essere considerato quello con tetto a profondità superiore a 10-12 metri, acquifero che ospita la falda permanente e che, vista la presenza di terreni essenzialmente argillosi impermeabili posti al disopra dell'acquifero considerato, risulta ulteriormente protetto riguardo a eventuali fenomeni inquinanti. Le considerazioni preliminari sulla qualità del suolo e sottosuolo fanno quindi ipotizzare l'assenza di forme di inquinamento organico ed inorganico.

I. Area Venturi - "Via Piano Caricatore": Prescrizioni conclusive

Al fine di evitare cedimenti differenziali elevati occorre innestare le fondazioni entro litotipi alluvionali con caratteristiche geomeccaniche omogenee posti al disotto del terreno rimaneggiato e/ di riporto superficiale, e comunque dotati di un sufficiente grado di consistenza.

1. Si possono innestare le fondazioni nei litotipi argilloso-sabbioso-limosi alluvionali omogenei dal punto di vista geomeccanico utilizzando una fondazione sia **nastriforme** che **a platea** con piano di posa posto a m. 2,20-2,50 dal p.c. prove (presenza di piano interrato. Nonostante l'omogeneità laterale dello stato litologico e di addensamento dei terreni andranno comunque valutati i cedimenti differenziali rispetto alle strutture previste.
2. Innestando le fondazioni entro i litotipi limoso-sabbioso-argillosi omogenei si può indicativamente adottare un **carico limite rispetto alla rottura localizzata del terreno** compreso tra **daN/cm^q 3,00-3,20** (corrispondente alla resistenza di progetto riferita all'approccio 1 – combinazione 1).
3. Come verificato nel corso delle prove utilizzate per l'area interessata, **la falda freatica** è correlata allo spessore limoso-sabbioso riscontrato nei primi metri di profondità e presenta un **livello statico di m. 1,50-2,00** dal piano campagna attuale. Questa falda idrica presenta una escursione stagionale di m. 1,00-1,50 correlata con le precipitazioni meteoriche stagionali, deve essere tenuta in considerazione nello scavo di fondazione prevedendo **opportune opere di sostegno allo scavo, impermeabilizzazione e abbassamento del livello idrico.**
4. La natura litologica e granulometrica sabbioso-argilloso-limosa dei litotipi interessati dal bulbo di carico, l'omogeneità e il grado di addensamento dei terreni alluvionali posti nei primi 20 metri profondità che presentano al loro interno la falda freatica, **esclude la possibilità di liquefazione** in caso di evento sismico come dimostrato nella verifica allegata.

5. La **caratterizzazione sismica dei terreni alla luce del D.M. 14.01.2008** presenta una categoria del suolo di fondazione:

C. *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a m. 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $0,70 < cu_{30} < 2,5$ daN/cm² nei terreni a grana fina)*

CastelBolognese 04.05.2016

Dott.Geol. Andreatta Giancarlo



- CAPACITA' PORTANTE PER FONDAZIONI SUPERFICIALI NASTRIFORMI

Elementi di progetto :	terreno considerato	prevalentemente	coerente
1) Profondità piano di posa	Df = cm.	250	
2) Larghezza fondazione	B = cm.	100	
3) Coesione efficace	c = daN/cm ^q	0.55	
4) Angolo attrito efficace	P° = gradi	0	
5) Peso di volume terreno sopra falda	Y = daN/cm ^c	0.00172	
6) Peso di volume terreno immerso	Y' = daN/cm ^c	0.00072	
7) Profondità falda idrica dal p.c.	Dw = cm.	150	

A) Calcolo della pressione di rottura (TERZAGHI-MAJERHOF) : terreni densi o compatti

$$q_r = c * N_c + Y * D_f * N_q + 0,5 * Y * B * N_y = 3.26 \text{ daN/cm}^q$$

dove : N_c, N_q e N_y = fattori di capacità portante funzioni dell'angolo di attrito.

La profondità della zona di taglio al disotto della fondazione nella quale si risente l'eventuale presenza della falda idrica è data da :

$$H_w = 0,5 * B * \text{tang} (45 + P^\circ/2) = 50.00 \text{ cm.} \quad D_f + H_w = 300.00 \text{ cm.}$$

Quindi si ha: D_f + H_w > D_w **Considerando l'effetto della falda :**

$$q_{limw} = c * N_c + Y_e * D_f * N_q + 0,5 * Y_e * B * N_y = \text{daN/cm}^q \quad 3.1570$$

B) Verifica alle prime plasticizzazioni del terreno (carico critico) :

I primi fenomeni di plasticizzazione si manifestano in prossimità dei bordi della fondazione con rigonfiamento e rifluimento laterale del terreno.

Il carico critico P_{oc} rappresenta il carico massimo sopportabile oltre cui si producono deformazioni plastiche del suolo sotto il piano di fondazione ed è dato dalla formula di Frölich :

$$P_{oc} = N_{qcrit.} * (Y_e * D_f + c * \text{cotg} P^\circ) = 6.68 \text{ daN/cm}^q$$

Il coefficiente N_{qcrit.} dipende dall'angolo di attrito interno : P° = 15

In questo caso il valore di P° si deduce, seppur in modo approssimato, dalla natura del materiale argilloso assumendo P°= 8°-10° per argille grasse, P°= 11°-15° per argille normali e P°= 16-20° per argille limose e/o sabbiose.

Il grado di sicurezza in condizioni di esercizio è definito dal rapporto tra il carico critico P_{oc} ed il carico limite deve essere maggiore di 1. Quindi risulta che :

$$F_s = P_{oc} / q_{lim} = 2.11 \quad q_{lim} = 3.16 \text{ daN/cm}^q$$

C) Calcolo dei cedimenti.

Per una valutazione orientativa dei cedimenti, si è impostato il calcolo considerando la teoria del Boussinesq in relazione ad una fondazione nastriforme che sovraccarica il terreno al piano di appoggio :

$$K_{esercizio} = \text{ipotizzato o fornito dal progettista} = 1.10 \text{ daN/cm}^q$$

Per il calcolo analitico dei cedimenti si è utilizzata la ben nota relazione : $H' = D_H * P' * m_v$

Dove :

H' =	Cedimento dello strato
DH =	Spessore dello strato
P' =	Incremento di carico in corrispondenza dello strato considerato
mv =	coefficiente di compressibilità volumetrica (ricavato dalle correlazioni con natura del terreno e resistenza alla punta del penetrometro)

Si è pertanto suddiviso il substrato in livelli omogenei dal punto di vista della resistenza meccanica, sulla base delle risultanze delle penetrometrie eseguite.

Il calcolo, a tutto vantaggio della sicurezza, è stato eseguito utilizzando i dati della prova che ha evidenziato i più bassi valori di portanza, con inizio dei conteggi da : - m. dalla quota della prova dal p. c.

prova n° 6
2.50

Prova n° 6						
Profondità dal p.c. cm	Spessore strato cm	Profondità Z mezz. strato cm	Rpm daN/cm ²	mv	P' daN/cm ²	H' cm
400	150	75	10	0.0136	0.797	1.627
650	250	275	13	0.0128	0.219	0.704
1300	650	725	16	0.0121	0.052	0.405
1500	200	1150	20	0.0111	0.025	0.055
1700	200	1350	13	0.0128	0.019	0.049
2000	300	1600	16	0.0121	0.014	0.052
2000		1750				
Totale cedimenti calcolati					H' = cm.	2.892

- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Metodo Tokimatsu e Yoshimi, 1983).

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

SISMA DI PROGETTO

Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su
Lugo .Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **6** ° grado
della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km **10** di profondità
(R = distanza dal fuoco) . In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M)
è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 5,00$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 4,14 \quad \text{Per la verifica assumiamo } M = 4,57$$

Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

- 1) Depositi consolidati
- 2) Depositi medio-consolidati
- 3) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : **>** **Distanza dall'epicentro** **5** Km.
1) **Depositi consolidati**

- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Metodo Seed e Idriss, 1983).

a max = accelerazione massima al suolo * F.A. = 243.00

pari a quella di progetto per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione : **Fs liq.=R/L** che deve risultare maggiore di 1,3 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

$$L = a \max / g * \sigma' v / \sigma' v * rd * rn$$

$$R = 0,45 * 0,57 * [(16 * (N1 + DNf)^{0,5}) / 100 + [(16 * (N1 + DNf)^{0,5} / 75)^{14}]$$

Dove :

- rd** = coeff. di smorzamento in funzione della profondità = 1-0,015*z
- rn** = coeff. correttivo in funzione della magnitudo = 0,1*(M-1)
- N1** = (1,7/(sigma'v+0,7))* Nspt
- DNf** = "2" per le sabbie poco limose a spigoli arrotondat

Prova CPTÉ 6 Prof.falda idrica ml. 1.50

Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm ^q	Sigma' v daN/cm ^q	Rp kg/cm ^q	N1	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	Fsliq
1.2	0.168	0.168	8	5	0.98	0.36	2	IMPOSSIBILE	1.27
1.4	0.196	0.196	10	6	0.98	0.36	2	IMPOSSIBILE	1.37
1.6	0.224	0.220	11	7	0.98	0.36	2	IMPOSSIBILE	1.39
1.8	0.252	0.240	12	7	0.97	0.36	2	IMPOSSIBILE	1.39
1.9	0.266	0.250	11	7	0.97	0.36	2	IMPOSSIBILE	1.32

Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

Rp2 = Rp1 +26 LOG C

Dove : **C** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **9** %
Rp1 = (Nspt*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp = **3**

L'indice del potenziale di liquefazione viene valutato con la relazione: IL = da 0 a 20 - F(z) * w(z) * dz:
con: F(z)=0 per Fsl>1 e F(z)=(1-Fsl) per Fsl<1 - w(z)=(10-0,5z) con z profondità strato

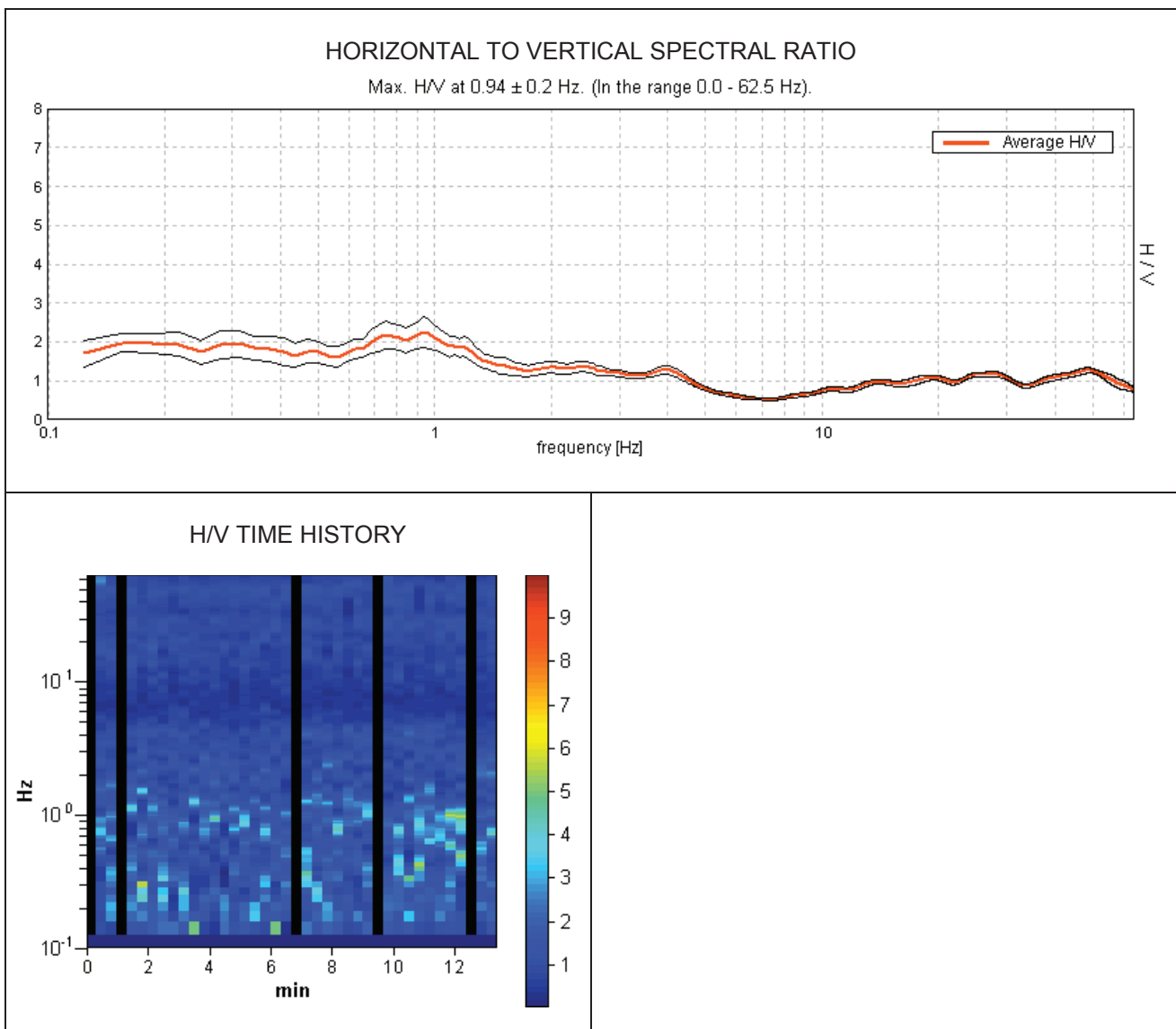
Prof. z (ml.)	Fsl	F(z)	w(z)	IL	da cui deriva il rischio di liquefazione
1.20	1.27	0.00	9.40	0.00	NON LIQUEFACIBILE
1.40	1.37	0.00	9.30	0.00	NON LIQUEFACIBILE
1.60	1.39	0.00	9.20	0.00	NON LIQUEFACIBILE
1.80	1.39	0.00	9.10	0.00	NON LIQUEFACIBILE
1.90	1.32	0.00	9.05	0.00	NON LIQUEFACIBILE

(Atto di Indirizzo in Materia di Microzonazione Sismica Regione Emilia-Romagna, 2007).

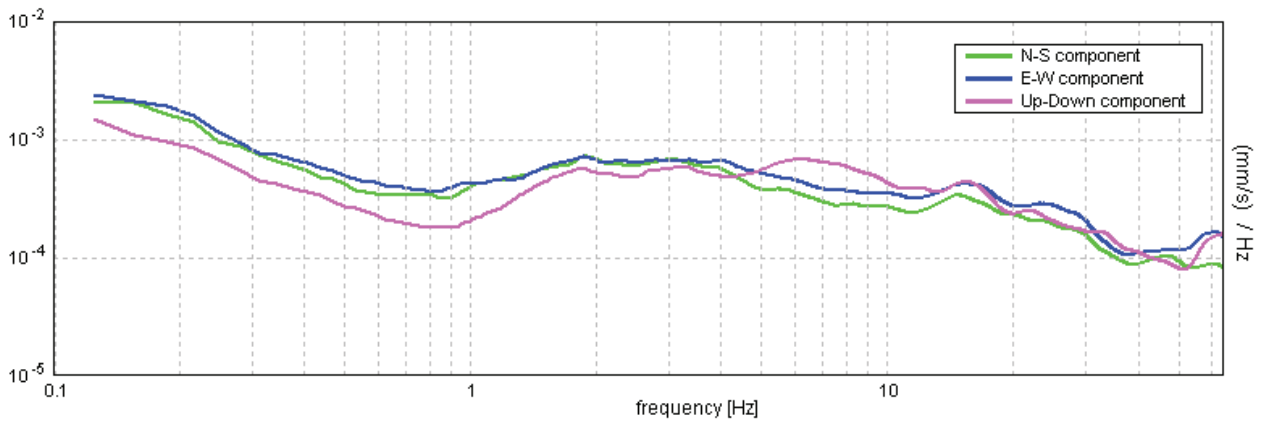
TRACCIA 0018, LUGO

Start recording: 29/03/08 16:48:02 End recording: 29/03/08 17:01:32
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h13'24". Analyzed 88% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

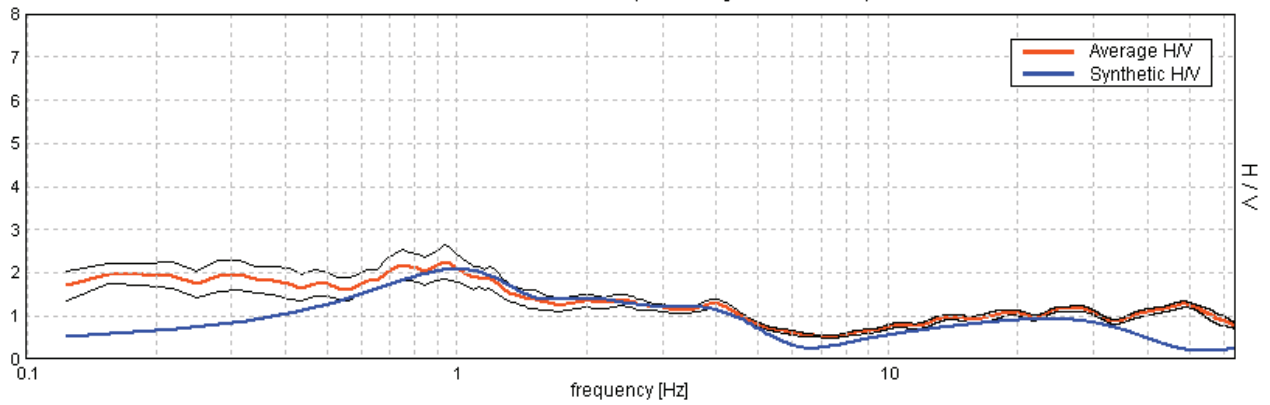


SINGLE COMPONENT SPECTRA

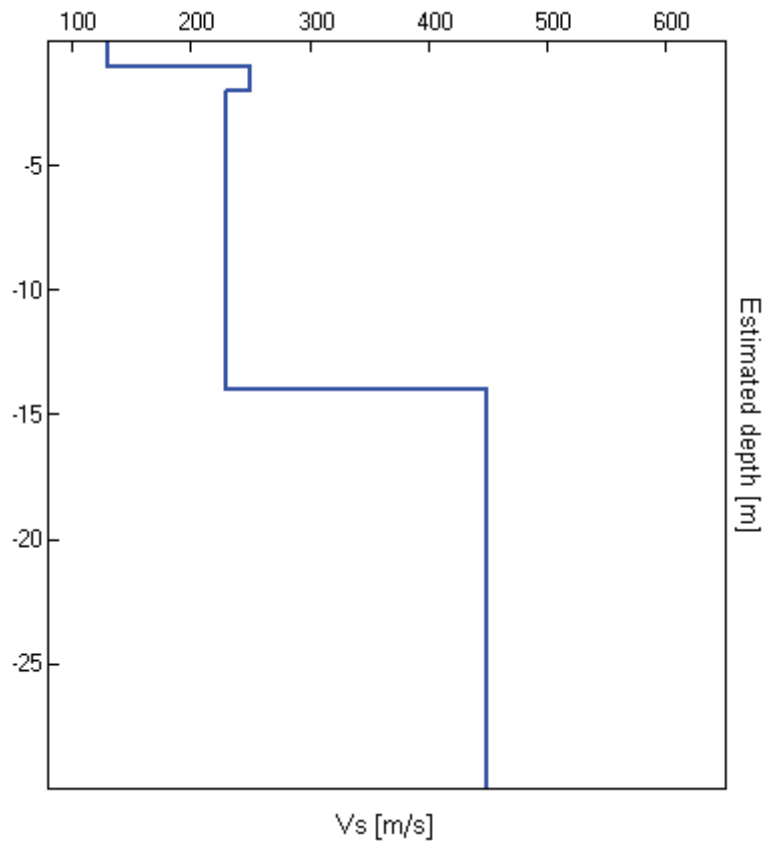


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 0.94 ± 0.2 Hz. (In the range 0.0 - 62.5 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.00	1.00	130
2.00	1.00	250
14.00	12.00	230
59.00	45.00	450
179.00	120.00	700
inf.	inf.	1100



Vs30=302m/s, categoria di suolo = C

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

Max. HVSR at 0.94 ± 0.2 Hz. (in the range 0.0 - 62.5 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$656.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 46 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.26 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$|0.10408| < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.09758 < 0.14063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1878 < 2.0$	OK	

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

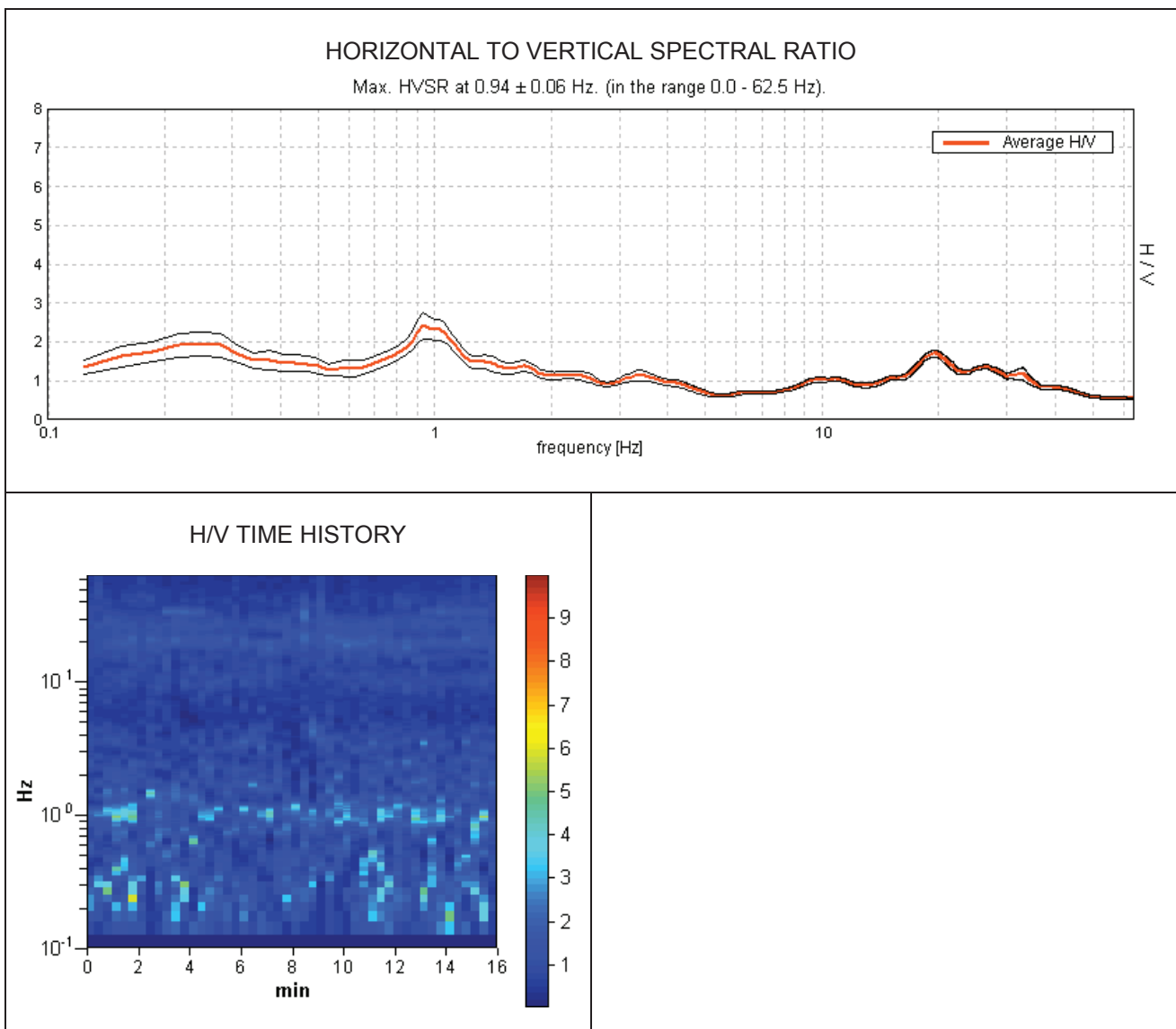
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

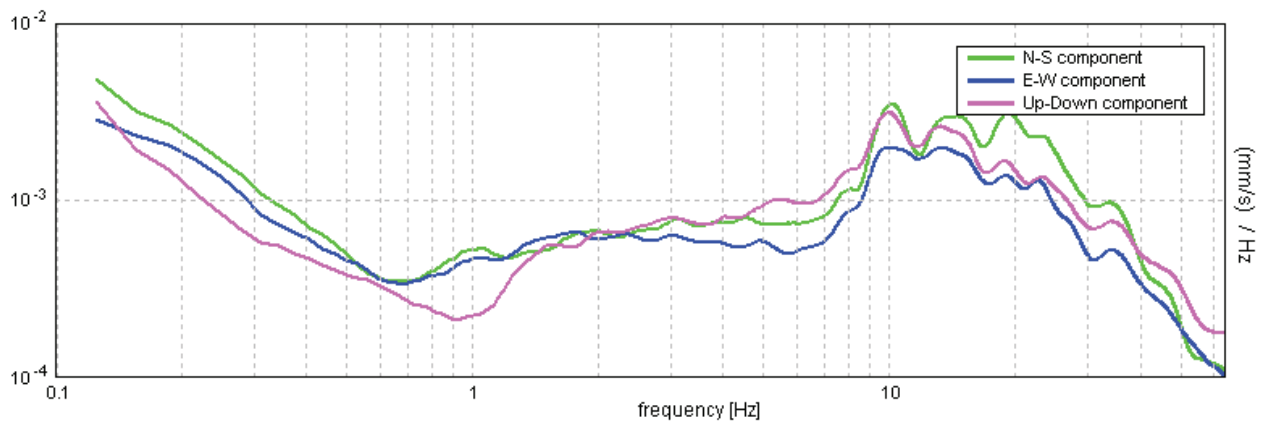
TRACCIA 0019, LUGO

Start recording: 29/03/08 17:11:07 End recording: 29/03/08 17:27:19
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

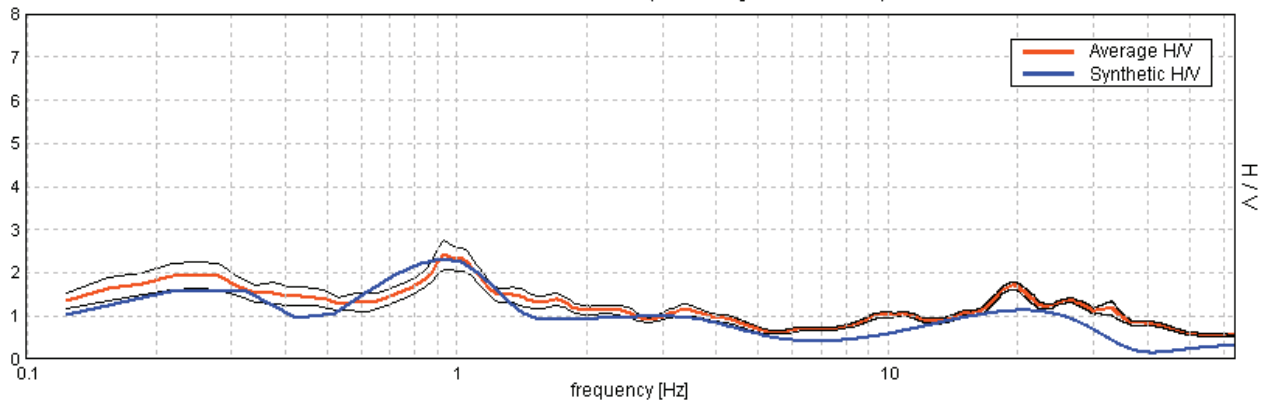


SINGLE COMPONENT SPECTRA

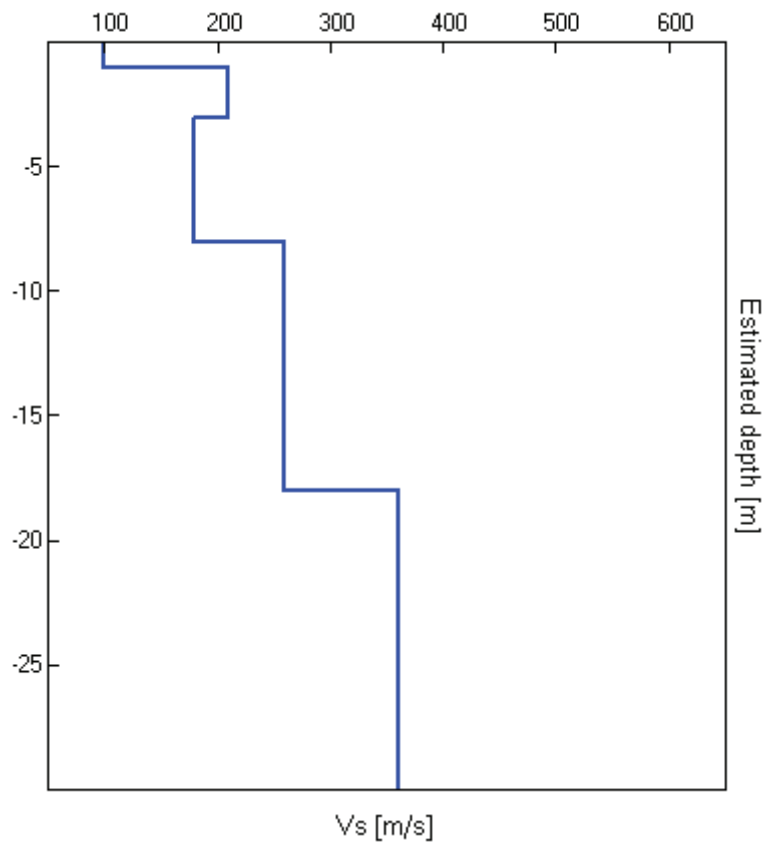


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. HVSR at 0.94 ± 0.06 Hz. (in the range 0.0 - 62.5 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.00	1.00	100
3.00	2.00	210
8.00	5.00	180
18.00	10.00	260
58.00	40.00	360
138.00	80.00	500
688.00	550.00	800
inf.	inf.	1400



Vs30 = 252 m/s, categoria di suolo = C

[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the [Grilla](#) manual before interpreting the following tables.]

Max. HVSR at 0.94 ± 0.06 Hz. (in the range 0.0 - 62.5 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$0.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$900.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 46 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.42 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$|0.03089| < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02895 < 0.14063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1686 < 2.0$	OK	

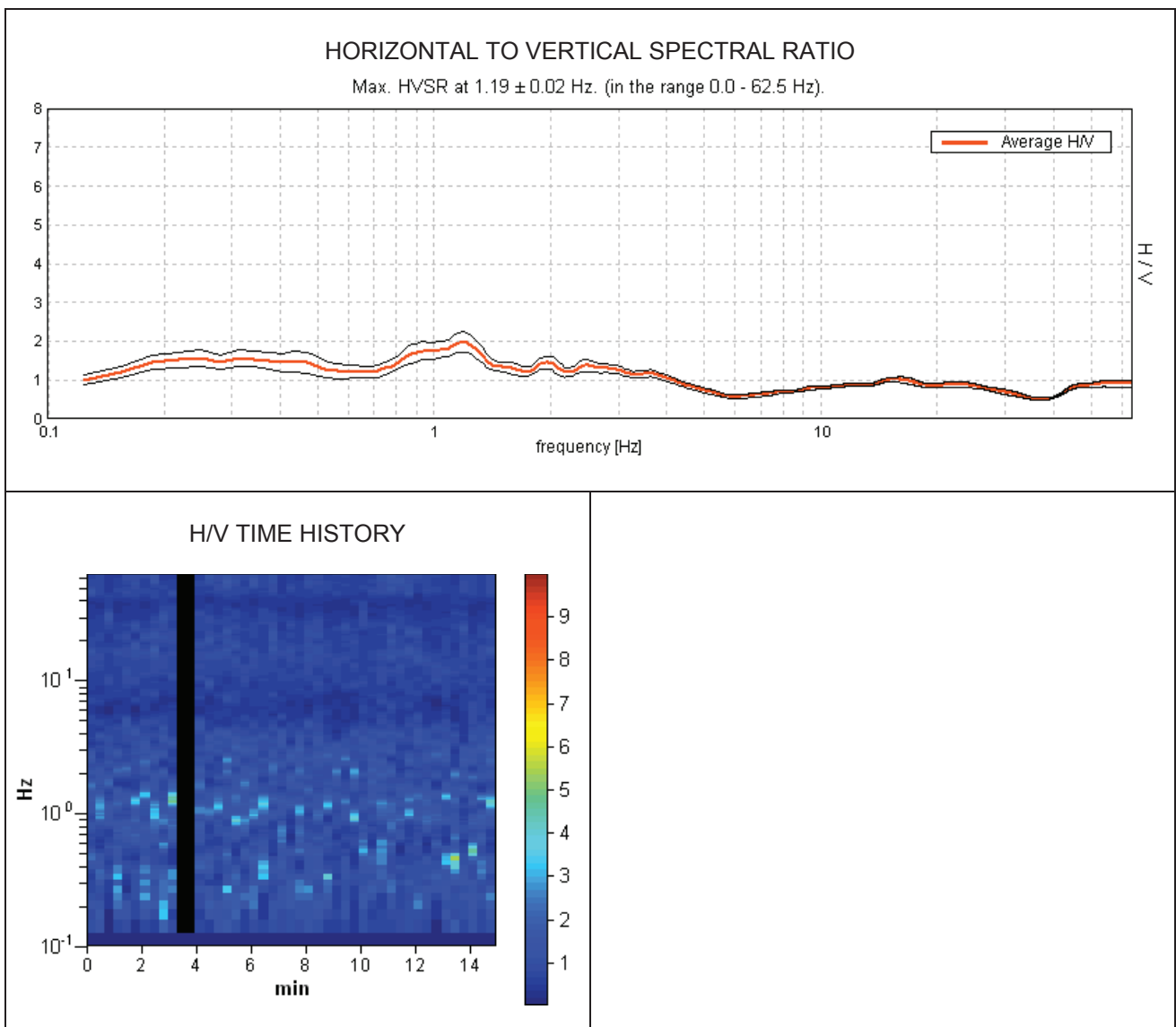
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak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

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

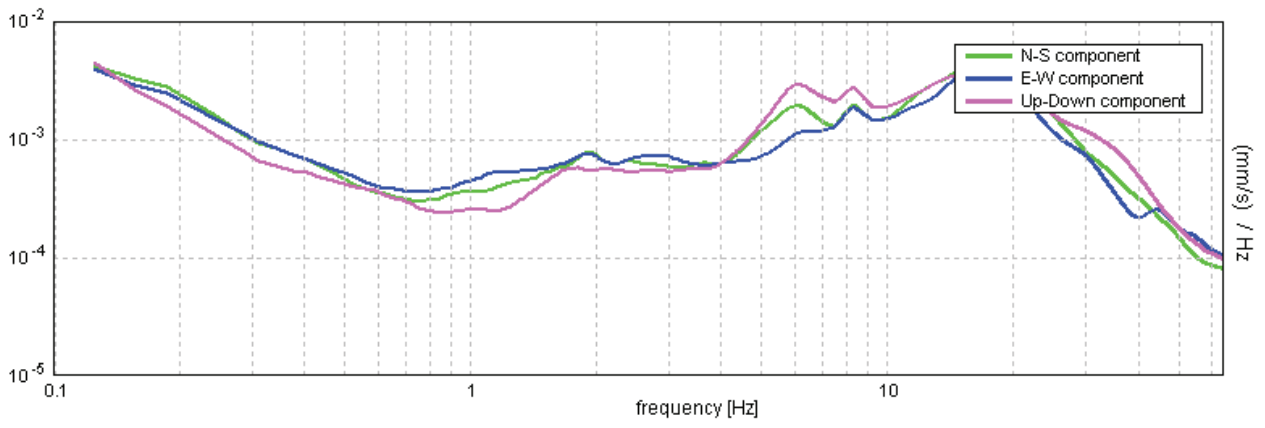
TRACCIA 0020, LUGO

Start recording: 29/03/08 17:36:43 End recording: 29/03/08 17:51:49
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h15'00". Analyzed 96% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

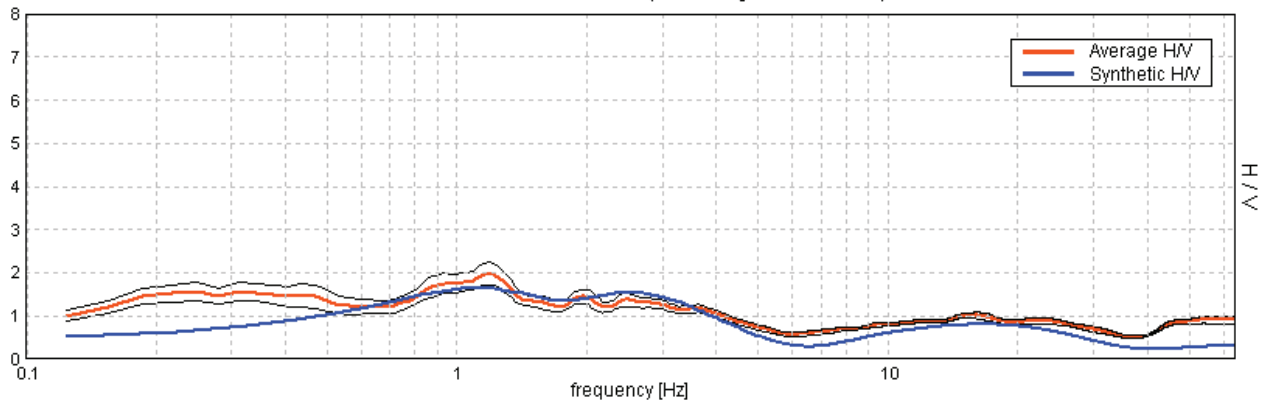


SINGLE COMPONENT SPECTRA

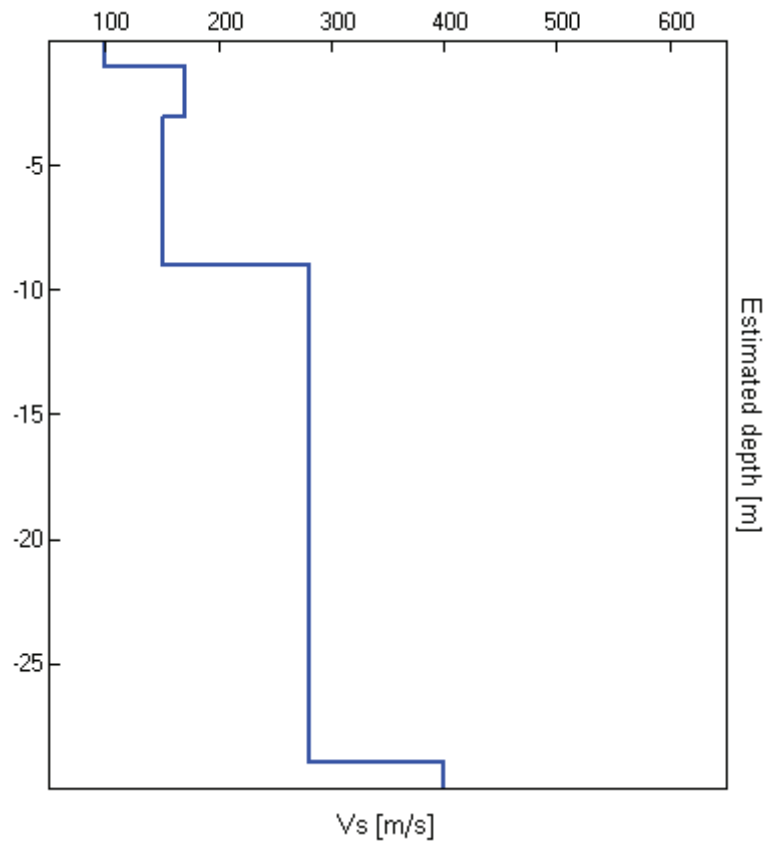


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. HVSR at 1.19 ± 0.02 Hz. (in the range 0.0 - 62.5 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.00	1.00	100
3.00	2.00	170
9.00	6.00	150
29.00	20.00	280
89.00	60.00	400
inf.	inf.	600



Vs30 = 221 m/s, categoria di suolo = C

[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the [Grilla](#) manual before interpreting the following tables.]

Max. HVSR at 1.19 ± 0.02 Hz. (in the range 0.0 - 62.5 Hz).

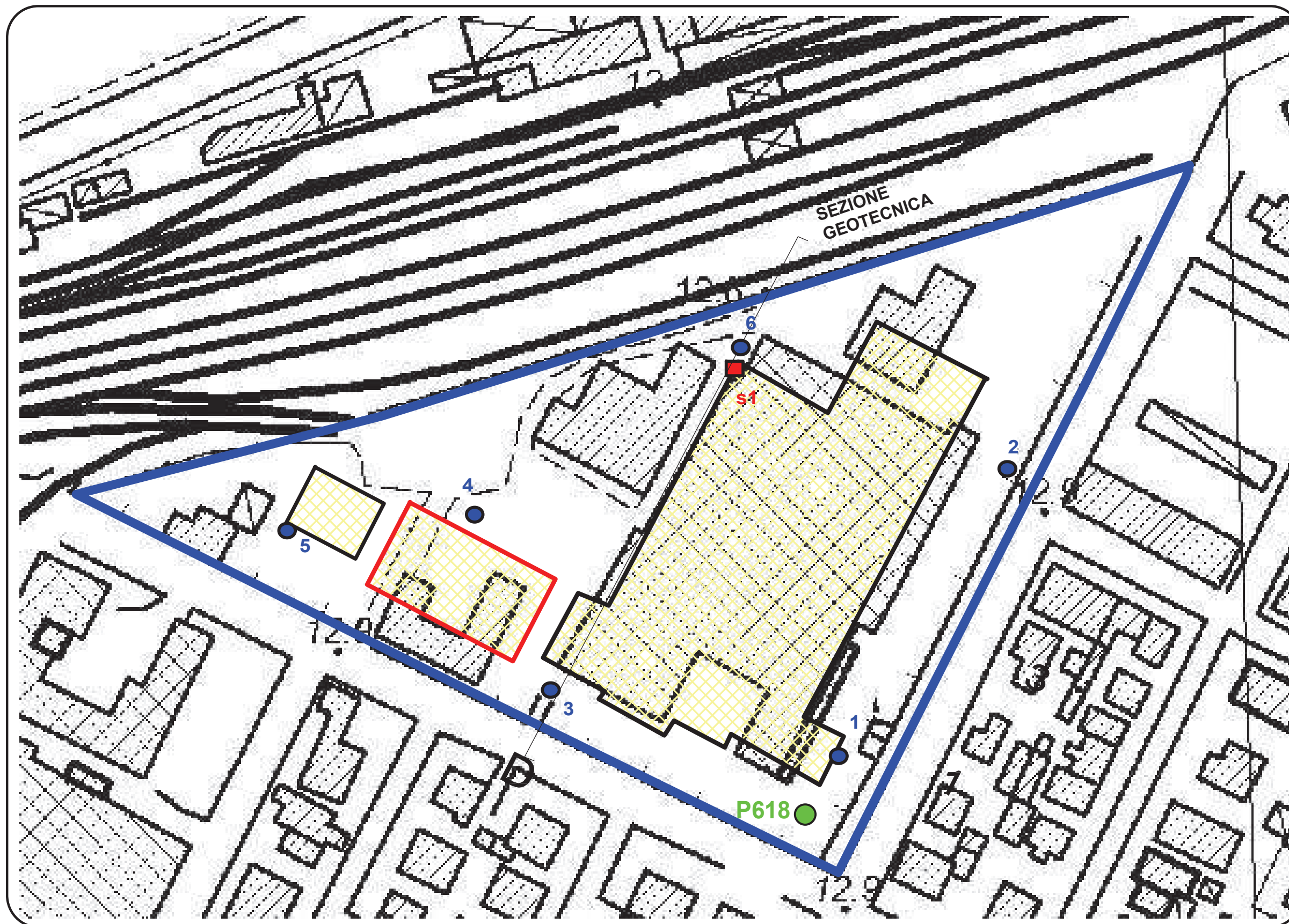
Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1021.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 58 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.98 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$|0.00868| < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0103 < 0.11875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1285 < 1.78$	OK	

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






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

PLANIMETRIA UBICAZIONE PROVE

scala 1:1.000



LEGENDA:

-  Area d'intervento
-  Fabbricati in progetto
-  Lotto Casa Salute
-  1 Prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTE
-  s1 Sondaggio a carotaggio continuo

Committente: COOPROGETTO
 Data: 25.03.2016
 Località: Acetificio Ex-Venturi
 Comune: LUGO (Ra)
 Attrezzatura: carotaggio continuo diam. mm. 650

Dott. Geologo ANDREATTA GIANCARLO
 Via XX Aprile n° 140
 CASTELBOLOGNESE (Ra)
 Tel. 0546-656362

SONDAGGIO n° 1 - scala 1:50

Profondità	Colonna stratigrafica	Descrizione stratigrafica	Prof. parziale ml.	Pocket Penetrometer daN/cm ² Vane Test	RECUPERO % R.Q.D. %	CAMPIONI		S.P.T.		Profondità falda	Data di lettura
						Indisturbati	Semindisturbati	n° colpi	Profondità		
0,5		Riporto detritico (macerie, ghiaio, asfalto)	0,60								
1,0		Limo-argilloso nocciola-giallastro con livelli sabbiosi sciolti, umidità elevata		1.5 - 0.2							
1,5				1.4 - 0.5							
2,0											
2,5		Limo sabbioso-argilloso giallastro con livelli argillosi grigiastri, consistente		1.2 - 0.6							
3,0											
3,5			3,50								
4,0				1.8 - 0.7							
4,5				1.5 - 0.8							
5,0											
5,5											
6,0		Argilla-limosa nocciola-grigiastra consistente con livelli limoso-sabbiosi sciolti									
6,5											
7,0											
7,5											
8,0											
8,5											
9,0											
9,5											
10,0											

C1
 Campione indisturbato

FALDA IDRICA
 ml. 1,50

PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 1

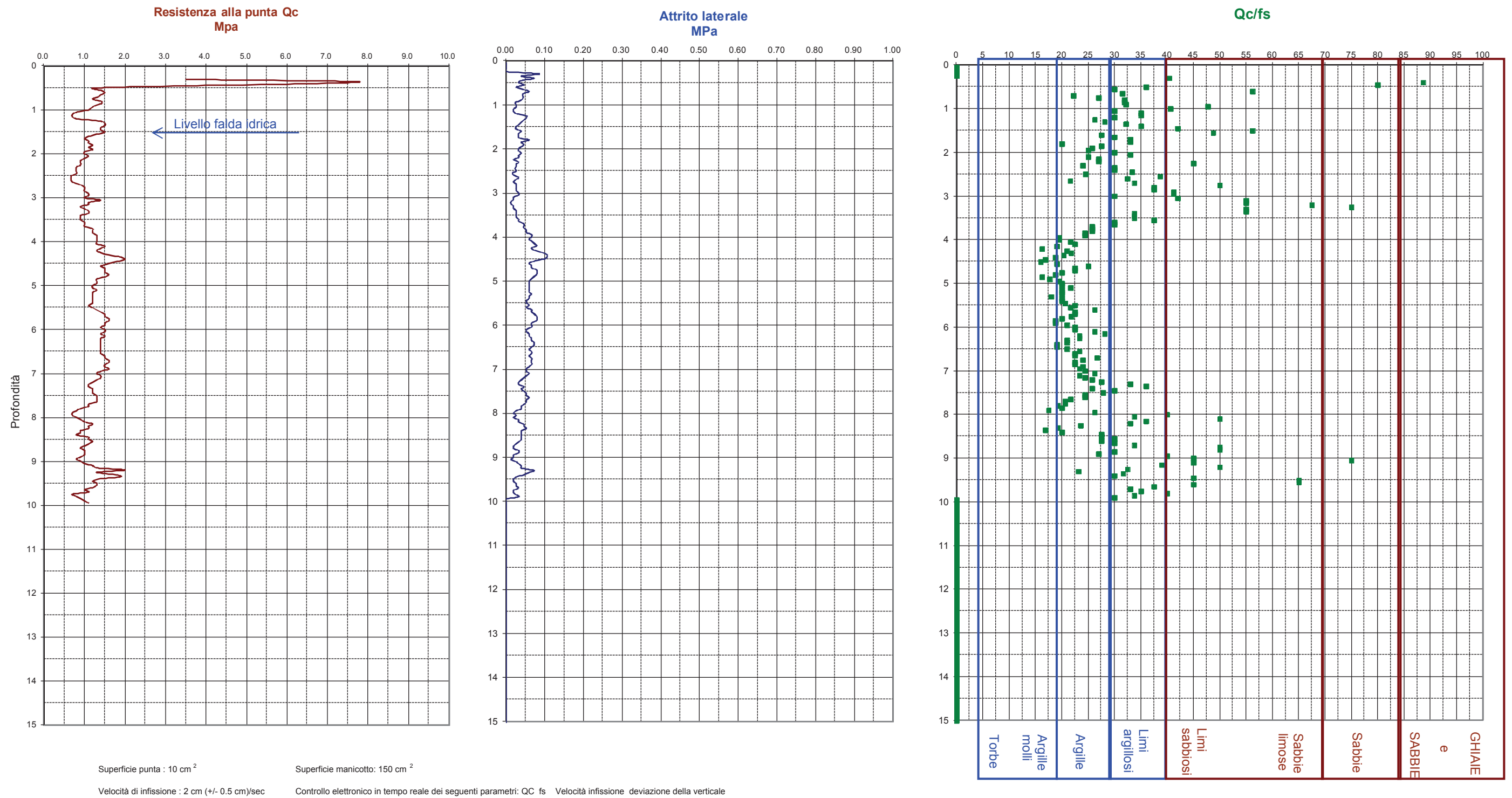
Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

Committente: Cooprogetto

Località: Ex Venturi - LUGO

Data: 24.03.2016

Profondità falda dal p.c. prova: 1.50 ml.



PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 2

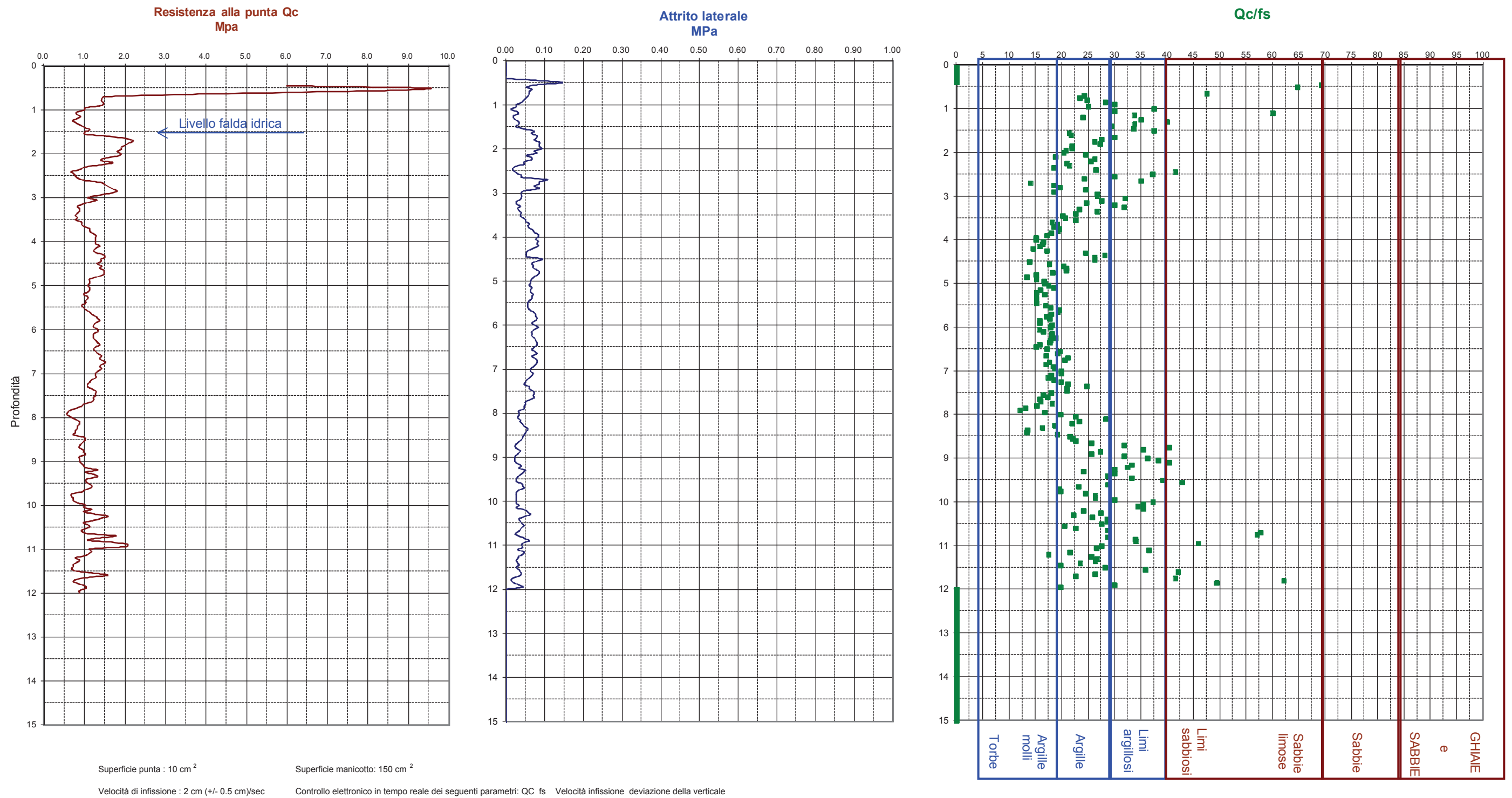
Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

Committente: Cooprogetto

Località: Ex Venturi - LUGO

Data: 24.03.2016

Profondità falda dal p.c. prova: 1.50 ml.



PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 3

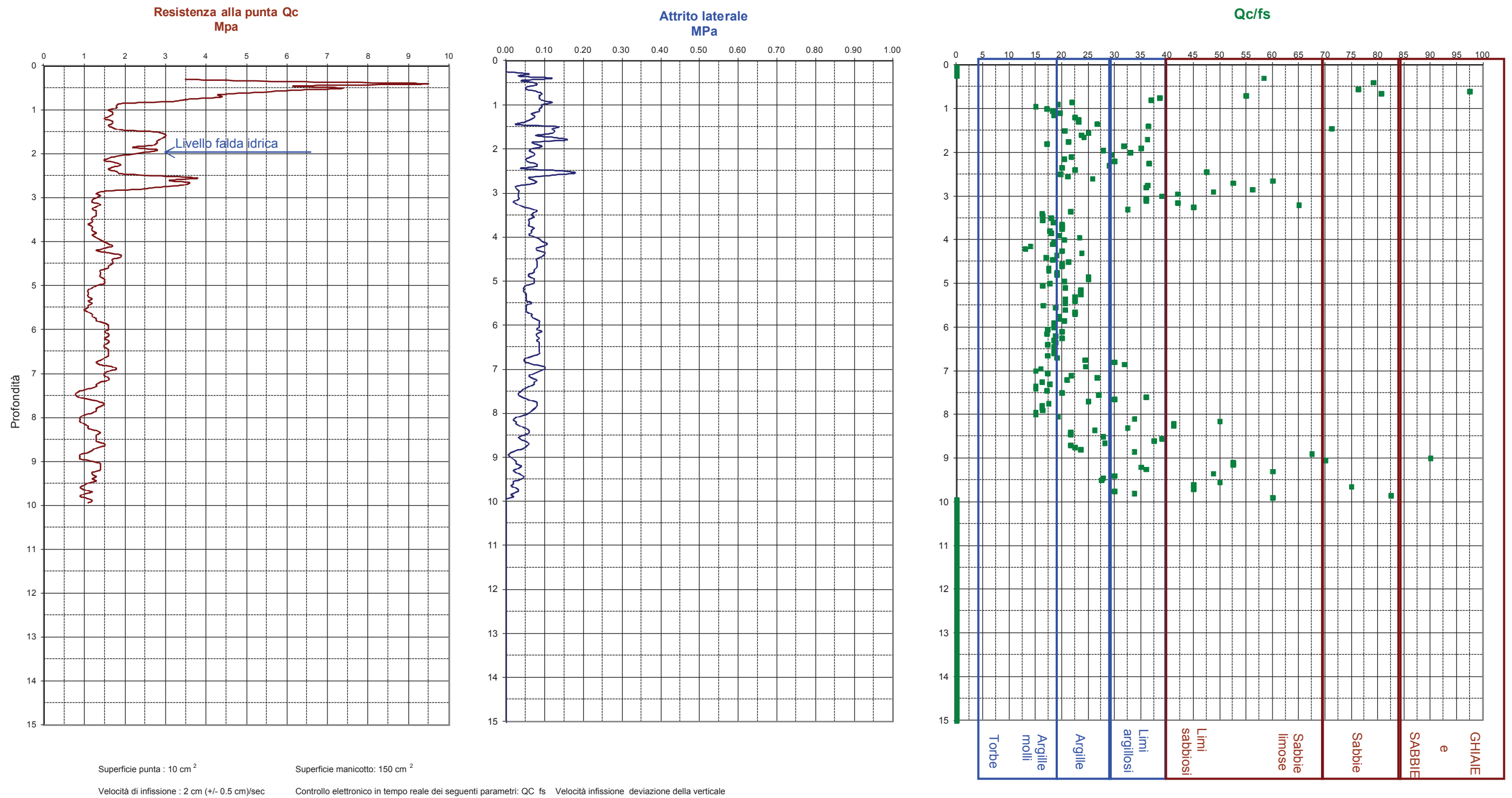
Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

Committente: Cooprogetto

Località: Ex Venturi - LUGO

Data: 24.03.2016

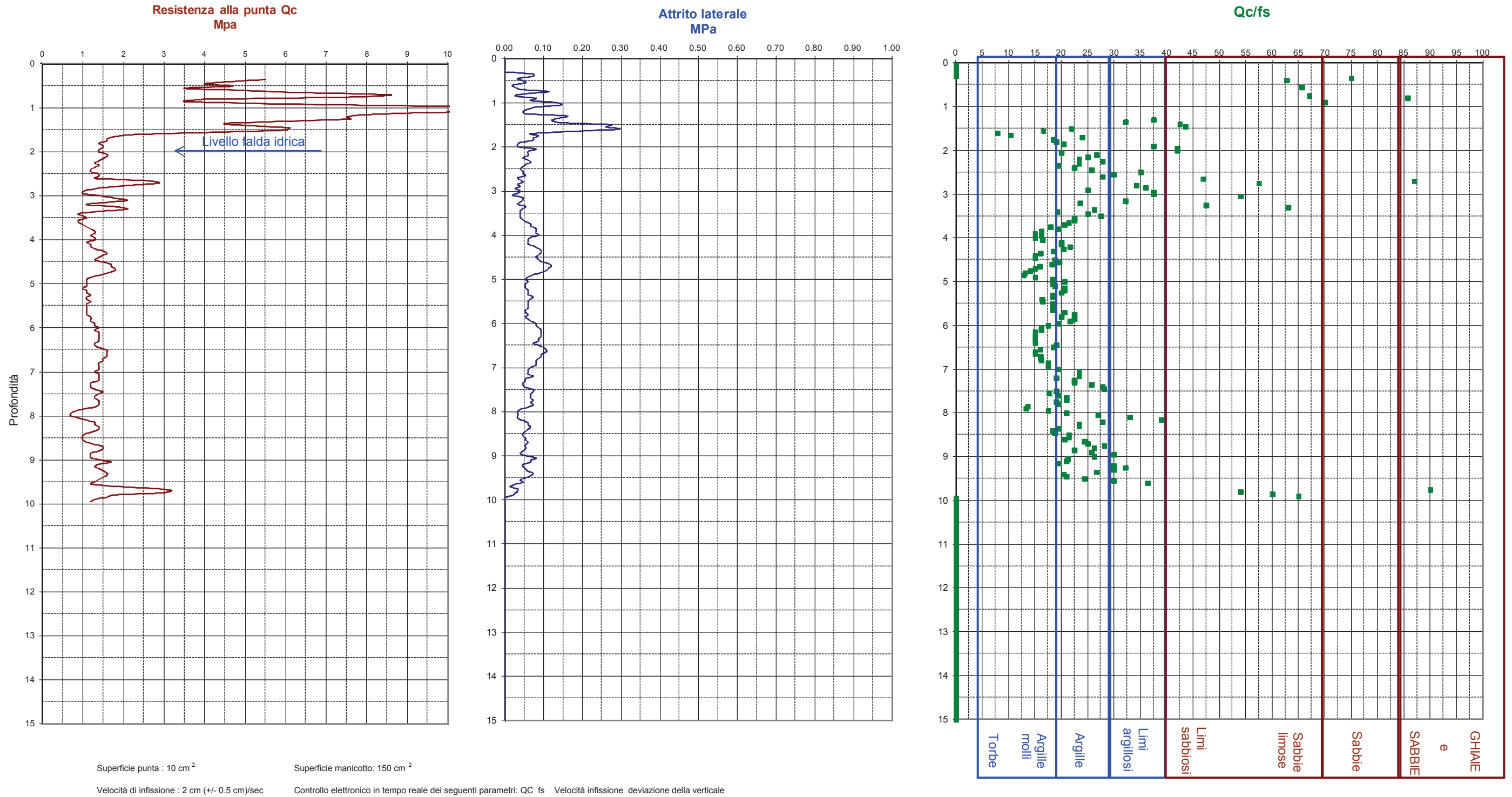
Profondità falda dal p.c. prova: 2.00 ml.



PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 4

Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

Committente: Cooprogetto
 Località: Ex Venturi - LUGO
 Data: 24.03.2016
 Profondità falda dal p.c. prova: 2.00 ml.



PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 5

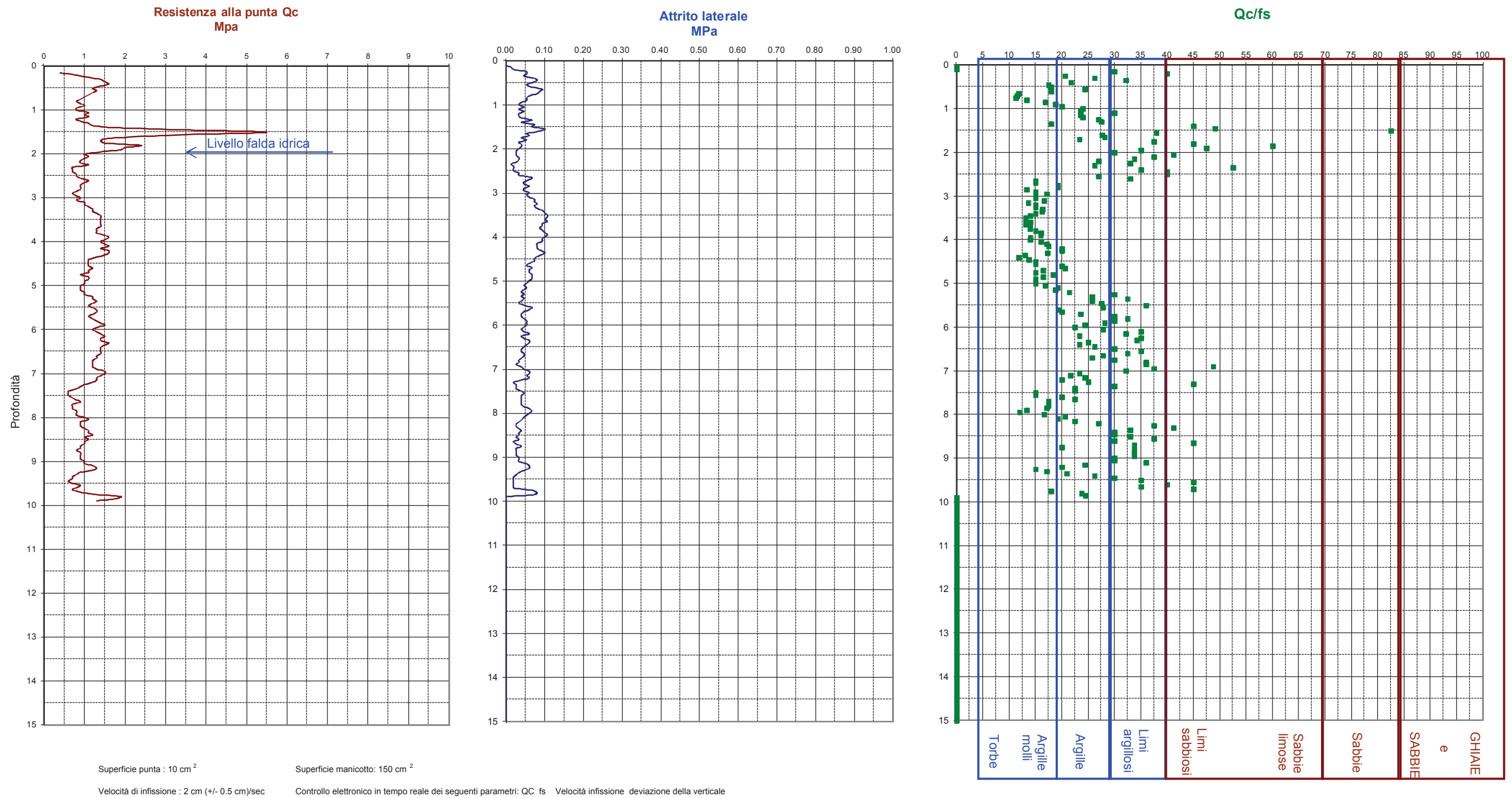
Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

Committente: Cooprogetto

Località: Ex Venturi - LUGO

Data: 24.03.2016

Profondità falda dal p.c. prova: 2.00 ml.



PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 6

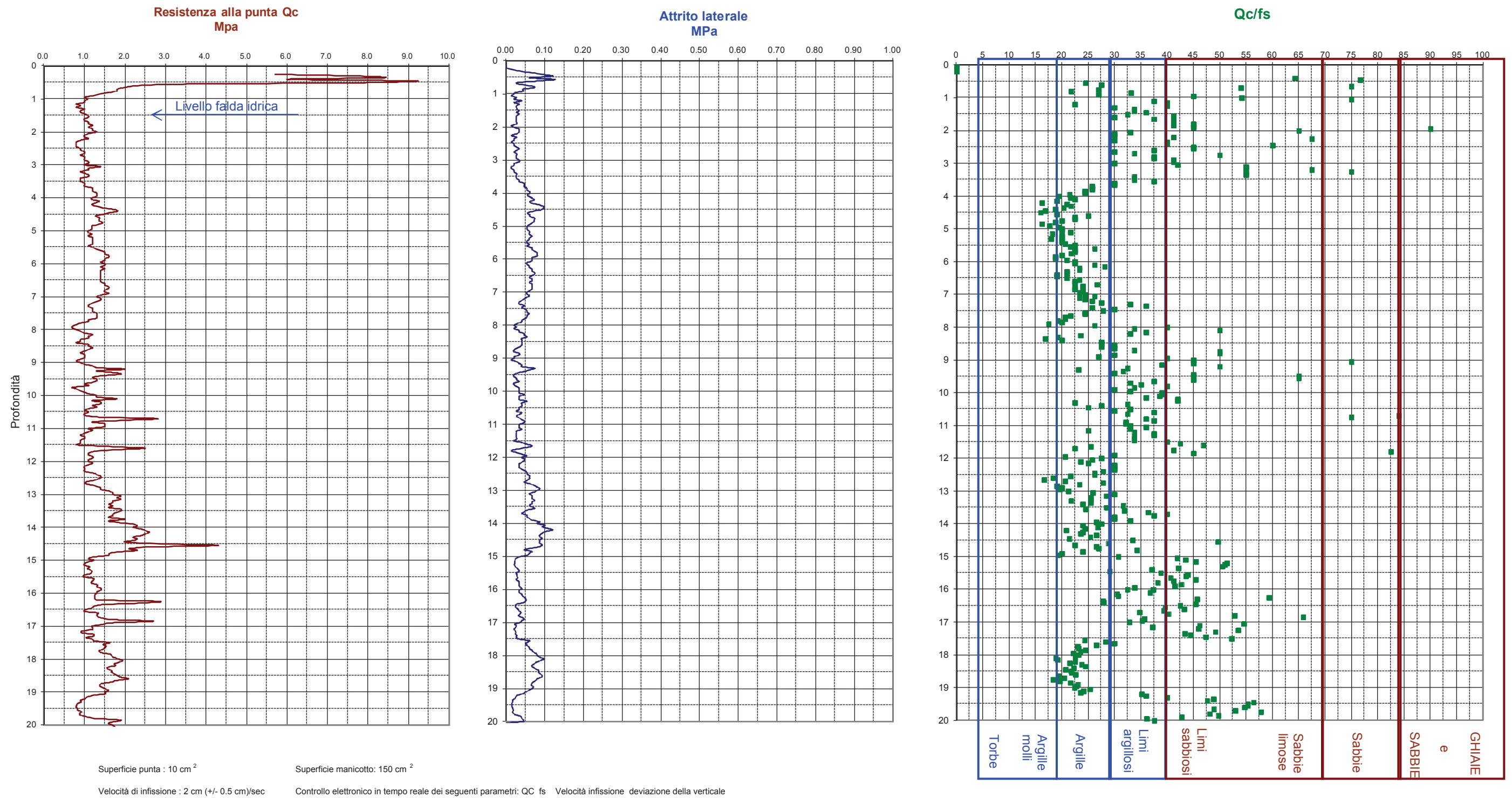
Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

Committente: Cooprogetto

Località: Ex Venturi - LUGO

Data: 24.03.2016

Profondità falda dal p.c. prova: 1.50 ml.



PARAMETRI GEOTECNICI CPT-E	PROVA N° 2	Località : Ex Venturi - LUGO	Committente :	Cooprogetto	Data: 24.03.2016
-----------------------------------	-------------------	-------------------------------------	----------------------	--------------------	-------------------------

Prof. ml.	Rp daN/cmq	Rl	STRATIGRAFIA Schmertmann mod.	Colonna stratigrafica	Falda idrica	ADDENSAMENTO (sabbia) CONSISTENZA (argilla)	Y't daN/mc	Densità e indice di consistenza	Phi°-coesione (Benassi)	Kw daN/cm	Kh
0.1											
0.2											
0.3											
0.4											
0.5	95	1.496	SABBIA LIMOSA	.....		ADDENSATA	1900	69 %	37 °	11.0	5.4
0.6	60	0.544	SABBIA-GHIAIA	O:O:O:O:O:(O:O:O:		MEDIAMENTE ADDENSATA	1800	46 %	33 °	5.0	3.4
0.7	15	0.619	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	1811	0.5 Molle-plastica	0.8724 daN/cm	4.0	1.5
0.8	14	0.585	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	1806	0.43 Molle-plastica	0.851 daN/cm	3.5	1.4
0.9	14	0.476	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	1803	0.43 Molle-plastica	0.8424 daN/cm	3.5	1.4
1	10	0.272	LIMO SABBIOSO	:::>:::>:::>:::>:::>:::		POCO ADDENSATA	1550	19 %	28 °	1.5	0.6
1.1	8	0.136	SABBIA LIMOSA	.....		SCARSAMENTE ADDENSATA	1500	16 %	26 °	0.6	0.5
1.2	8	0.340	Argilla limosa	|||||		Scarsamente consistente	1720	0.25 Fluido-plastica	0.5464 daN/cm	2.0	0.8
1.3	8	0.204	LIMO SABBIOSO	:::::~:>:::>:::>:::>:::>:::		SCARSAMENTE ADDENSATA	1550	18 %	26 °	0.8	0.5
1.4	10	0.347	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	1753	0.31 Molle-plastica	0.6536 daN/cm	2.5	1.0
1.5	10	0.272	LIMO SABBIOSO	:::::~:>:::>:::>:::>:::>:::	<H2O=>	POCO ADDENSATA	550	19 %	28 °	1.5	0.6
1.6	16	0.748	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	823	0.5 Molle-plastica	0.9259 daN/cm	4.0	1.6
1.7	22	0.816	Limo argilloso	|||||		Consistente (compatta)	871	0.64 Plastica	1.1423 daN/cm	7.0	2.2
1.8	20	0.748	Limo argilloso	|||||		Consistente (compatta)	857	0.61 Plastica	1.0753 daN/cm	6.0	2.0
1.9	19	0.884	Argilla limosa	|||||		Consistente (compatta)	849	0.57 Plastica	1.04 daN/cm	5.0	1.9
2	19	0.952	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	849	0.64 Plastica	1.04 daN/cm	7.0	1.9
2.1	15	0.816	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	814	0.57 Plastica	0.885 daN/cm	5.0	1.5
2.2	17	0.680	Argilla limosa	|||||		Consistente (compatta)	832	0.53 Plastica	0.9654 daN/cm	4.5	1.7
2.3	10	0.476	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	753	0.31 Molle-plastica	0.6536 daN/cm	2.5	1.0
2.4	7	0.258	Limo argilloso	|||||		Scarsamente consistente	693	0.15 Fluido-plastica	0.4715 daN/cm	1.5	0.7
2.5	8	0.211	LIMO SABBIOSO	:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	26 °	0.8	0.4
2.6	10	0.408	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	749	0.31 Molle-plastica	0.6381 daN/cm	2.5	1.0
2.7	15	1.088	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	814	0.75 Plastica	0.885 daN/cm	8.0	1.5
2.8	17	0.884	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	832	0.61 Plastica	0.9654 daN/cm	6.0	1.7
2.9	16	0.884	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	823	0.57 Plastica	0.9259 daN/cm	5.0	1.6
3	11	0.408	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	763	0.31 Molle-plastica	0.6889 daN/cm	2.5	1.1
3.1	11	0.415	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	770	0.37 Molle-plastica	0.7136 daN/cm	3.0	1.1
3.2	8	0.279	Limo argilloso	|||||		Scarsamente consistente	723	0.25 Fluido-plastica	0.5576 daN/cm	2.0	0.8
3.3	9	0.381	Argilla limosa	|||||		Scarsamente consistente	732	0.25 Fluido-plastica	0.585 daN/cm	2.0	0.9
3.4	8	0.347	Argilla limosa	|||||		Scarsamente consistente	714	0.25 Fluido-plastica	0.5295 daN/cm	2.0	0.8
3.5	8	0.381	Argilla	|||||		Mediamente consistente	714	0.31 Molle-plastica	0.5295 daN/cm	2.5	0.8
3.6	9	0.517	Argilla	|||||		Mediamente consistente	741	0.37 Molle-plastica	0.6119 daN/cm	3.0	0.9
3.7	11	0.619	Argilla	|||||		Mediamente consistente	770	0.43 Molle-plastica	0.7136 daN/cm	3.5	1.1
3.8	12	0.619	Argilla	|||||		Mediamente consistente	777	0.43 Molle-plastica	0.7377 daN/cm	3.5	1.2
3.9	13	0.755	Argilla	|||||		Mediamente consistente	789	0.5 Molle-plastica	0.7844 daN/cm	4.0	1.3
4	13	0.857	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	789	0.64 Plastica	0.7844 daN/cm	7.0	1.3
4.1	14	0.857	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	800	0.53 Plastica	0.8292 daN/cm	4.5	1.4
4.2	12	0.857	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	783	0.64 Plastica	0.7613 daN/cm	7.0	1.2
4.3	15	0.612	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	811	0.5 Molle-plastica	0.8724 daN/cm	4.0	1.5
4.4	14	0.544	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	803	0.43 Molle-plastica	0.8424 daN/cm	3.5	1.4
4.5	13	0.959	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	792	0.68 Plastica	0.798 daN/cm	8.0	1.3
4.6	14	0.687	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	800	0.53 Plastica	0.8292 daN/cm	4.5	1.4
4.7	15	0.721	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	811	0.53 Plastica	0.8724 daN/cm	4.5	1.5
4.8	13	0.891	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	795	0.68 Plastica	0.807 daN/cm	8.0	1.3
4.9	11	0.755	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	770	0.61 Plastica	0.7136 daN/cm	6.0	1.1
5	11	0.653	Argilla	|||||		Mediamente consistente	763	0.43 Molle-plastica	0.6889 daN/cm	3.5	1.1
5.1	11	0.619	Argilla	|||||		Mediamente consistente	770	0.43 Molle-plastica	0.7136 daN/cm	3.5	1.1
5.2	10	0.653	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	749	0.53 Plastica	0.6381 daN/cm	4.5	1.0
5.3	11	0.721	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	763	0.57 Plastica	0.6889 daN/cm	5.0	1.1
5.4	10	0.687	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	756	0.57 Plastica	0.6638 daN/cm	5.0	1.0
5.5	10	0.585	Argilla	|||||		Mediamente consistente	749	0.37 Molle-plastica	0.6381 daN/cm	3.0	1.0
5.6	11	0.585	Argilla	|||||		Mediamente consistente	770	0.43 Molle-plastica	0.7136 daN/cm	3.5	1.1
5.7	13	0.721	Argilla	|||||		Mediamente consistente	789	0.5 Molle-plastica	0.7844 daN/cm	4.0	1.3
5.8	14	0.789	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	800	0.53 Plastica	0.8292 daN/cm	4.5	1.4
5.9	12	0.789	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	783	0.64 Plastica	0.7613 daN/cm	7.0	1.2
6	13	0.755	Argilla	|||||		Mediamente consistente	795	0.5 Molle-plastica	0.807 daN/cm	4.0	1.3
6.1	12	0.755	Argilla	|||||		Mediamente consistente	783	0.5 Molle-plastica	0.7613 daN/cm	4.0	1.2
6.2	12	0.687	Argilla	|||||		Mediamente consistente	783	0.5 Molle-plastica	0.7613 daN/cm	4.0	1.2
6.3	13	0.755	Argilla	|||||		Mediamente consistente	795	0.5 Molle-plastica	0.807 daN/cm	4.0	1.3
6.4	13	0.823	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	789	0.64 Plastica	0.7844 daN/cm	7.0	1.3
6.5	13	0.755	Argilla	|||||		Mediamente consistente	789	0.5 Molle-plastica	0.7844 daN/cm	4.0	1.3
6.6	14	0.755	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	806	0.53 Plastica	0.851 daN/cm	4.5	1.4
6.7	14	0.687	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	806	0.43 Molle-plastica	0.851 daN/cm	3.5	1.4
6.8	14	0.823	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	806	0.53 Plastica	0.851 daN/cm	4.5	1.4
6.9	14	0.789	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	806	0.53 Plastica	0.851 daN/cm	4.5	1.4
7	13	0.653	Argilla	|||||		Mediamente consistente	789	0.5 Molle-plastica	0.7844 daN/cm	4.0	1.3
7.1	13	0.721	Argilla	|||||		Mediamente consistente	789	0.5 Molle-plastica	0.7844 daN/cm	4.0	1.3
7.2	11	0.619	Argilla	|||||		Mediamente consistente	770	0.43 Molle-plastica	0.7136 daN/cm	3.5	1.1
7.3	11	0.517	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	763	0.31 Molle-plastica	0.6889 daN/cm	2.5	1.1
7.4	13	0.619	Argilla	|||||		Mediamente consistente	789	0.5 Molle-plastica	0.7844 daN/cm	4.0	1.3
7.5	13	0.721	Argilla	|||||		Mediamente consistente	789	0.5 Molle-plastica	0.7844 daN/cm	4.0	1.3
7.6	12	0.721	Argilla	|||||		Mediamente consistente	783	0.5 Molle-plastica	0.7613 daN/cm	4.0	1.2
7.7	10	0.619	Argilla organica	|||||		Consistente (compatta)	749	0.53 Plastica	0.6381 daN/cm	4.5	1.0
7.8	8	0.517	Argilla organica	|||||		Mediamente consistente	714	0.43 Molle-plastica	0.5295 daN/cm	3.5	0.8
7.9	6	0.483	Argilla organica	|||||		Mediamente consistente	669	0.31 Molle-plastica	0.4106 daN/cm	2.5	0.6
8	7	0.347	Argilla	|||||		Scarsamente consistente	693	0.25 Fluido-plastica	0.4715 daN/cm	2.0	0.7
8.1	9	0.313	Limo argilloso	|||||		Scarsamente consistente	732	0.25 Fluido-plastica	0.585 daN/cm	2.0	0.9
8.2	8	0.381	Argilla limosa	|||||		Scarsamente consistente	723	0.25 Fluido-plastica	0.5576 daN/cm	2.0	0.8
8.3	8	0.483	Argilla	|||||		Mediamente consistente	714	0.31 Molle-plastica	0.5295 daN/cm	2.5	0.8
8.4	7	0.551	Argilla organica	|||||		Mediamente consistente	704	0.43 Molle-plastica	0.5008 daN/cm	3.5	0.7
8.5	10	0.483	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	756	0.31 Molle-plastica	0.6638 daN/cm	2.5	1.0
8.6	9	0.415	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	741	0.31 Molle-plastica	0.6119 daN/cm	2.5	0.9
8.7	9	0.279	Limo argilloso	|||||		Scarsamente consistente	732	0.25 Fluido-plastica	0.585 daN/cm	2.0	0.9
8.8	10	0.279	LIMO SABBIOSO	:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	27 °	0.8	0.6
8.9	9	0.347	Argilla limosa	|||||		Scarsamente consistente	732	0.25 Fluido-plastica	0.585 daN/cm	2.0	0.9
9	9	0.245	LIMO SABBIOSO	:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	27 °	0.8	0.5
9.1	10	0.245	LIMO SABBIOSO	:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	27 °	0.8	0.6
9.2	13	0.415	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	795	0.43 Molle-plastica	0.807 daN/cm	3.5	1.3
9.3	12	0.517	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	783	0.37 Molle-plastica	0.7613 daN/cm	3.0	1.2
9.4	11	0.381	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	763	0.31 Molle-plastica	0.6889 daN/cm	2.5	1.1
9.5	11	0.279	LIMO SABBIOSO	:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::		POCO ADDENSATA	550	19 %	28 °	1.5	0.6
9.6	12	0.415	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	777	0.37 Molle-plastica	0.7377 daN/cm	3.0	1.2
9.7	9	0.483	Argilla	|||||		Mediamente consistente	741	0.37 Molle-plastica	0.6119 daN/cm	3.0	0.9
9.8	7	0.279	Argilla limosa	|||||		Scarsamente consistente	693	0.15 Fluido-plastica	0.4715 daN/cm	1.5	0.7
9.9	7	0.279	Limo argilloso	|||||		Scarsamente consistente	704	0.15 Fluido-plastica	0.5008 daN/cm	1.5	0.7
10	10	0.279	LIMO SABBIOSO	:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::		POCO ADDENSATA	550	19 %	28 °	1.5	0.6
10.1	12	0.347	LIMO SABBIOSO	:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::		POCO ADDENSATA	550	19 %	28 °	1.5	0.7
10.2	12	0.517	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	783	0.37 Molle-plastica	0.7613 daN/cm	3.0	1.2
10.3	14	0.653	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	806	0.43 Molle-plastica	0.851 daN/cm	3.5	1.4
10.4	10	0.347	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	749	0.31 Molle-plastica	0.6381 daN/cm	2.5	1.0
10.5	11	0.415	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	770	0.37 Molle-plastica	0.7136 daN/cm	3.0	1.1
10.6	9	0.415	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	741	0.31 Molle-plastica	0.6119 daN/cm	2.5	0.9
10.7	18	0.313	SABBIA LIMOSA	.....		POCO ADDENSATA	600	27 %	30 °	2.2	1.0
10.8	11	0.381	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	763	0.31 Molle-plastica	0.6889 daN/cm	2.5	1.1
10.9	21	0.619	LIMO SABBIOSO	:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::		POCO ADDENSATA	650	35 %	31 °	3.0	1.2
11	11	0.415	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	770	0.37 Molle-plastica	0.7136 daN/cm	3.0	1.1
11.1	11	0.313	LIMO SABBIOSO	:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::::~:>:::		POCO ADDENSATA	550	19 %	28 °	1.5	0.6
11.2	8	0.449	Argilla	|||||		Mediamente consistente	714	0.31 Molle-plastica	0.5295 daN/cm	2.5	0.8
11.3	8	0.313									

Prof. ml.	Rp daN/cm ²	RI	STRATIGRAFIA Schmertmann mod.	Colonna stratigrafica	Falda idrica	ADDENSAMENTO (sabbia) CONSISTENZA (argilla)	Y't daN/mc	Densità e indice di consistenza	Phi°-coesione (Benassi)	Kw daN/cm ²	Kh
0.1											
0.2											
0.3	78	0.340	SABBIA-GHIAIA	O:O:O:O:O(O:O:O		MEDIAMENTE ADDENSATA	1850	54 %	34 °	6.0	4.5
0.4	60	0.952	SABBIA LIMOSA	.....		MEDIAMENTE ADDENSATA	1850	57 %	34 °	6.5	3.4
0.5	80	0.612	SABBIA-GHIAIA	O:O:O:O:O(O:O:O		MEDIAMENTE ADDENSATA	1850	55 %	34 °	6.5	4.6
0.6	22	0.816	Limo argilloso	|||||		Consistente (compatta)	1871	0.64 Plastica	1.1423 daN/cm ²	7.0	2.2
0.7	18	0.340	SABBIA LIMOSA	.....		POCO ADDENSATA	1600	27 %	30 °	2.2	1.0
0.8	16	0.748	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	1823	0.5 Molle-plastica	0.9259 daN/cm ²	4.0	1.6
0.9	12	0.453	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	1780	0.37 Molle-plastica	0.7519 daN/cm ²	3.0	1.2
1	11	0.204	SABBIA LIMOSA	.....		SCARSAMENTE ADDENSATA	1550	18 %	28 °	0.8	0.6
1.1	10	0.272	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	1550	19 %	28 °	1.5	0.6
1.2	9	0.408	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	1737	0.31 Molle-plastica	0.6012 daN/cm ²	2.5	0.9
1.3	10	0.340	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	1753	0.31 Molle-plastica	0.6536 daN/cm ²	2.5	1.0
1.4	9	0.272	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	1737	0.31 Molle-plastica	0.6012 daN/cm ²	2.5	0.9
1.5	11	0.340	Limo argilloso	|||||	<H2O==	Mediamente consistente	765	0.37 Molle-plastica	0.6956 daN/cm ²	3.0	1.1
1.6	10	0.340	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	753	0.31 Molle-plastica	0.6536 daN/cm ²	2.5	1.0
1.7	11	0.272	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	550	19 %	28 °	1.5	0.6
1.8	12	0.272	SABBIA LIMOSA	.....		POCO ADDENSATA	550	19 %	29 °	1.5	0.7
1.9	12	0.272	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	550	19 %	29 °	1.5	0.7
2	13	0.204	SABBIA LIMOSA	.....		POCO ADDENSATA	550	19 %	29 °	1.5	0.7
2.1	10	0.340	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	753	0.31 Molle-plastica	0.6536 daN/cm ²	2.5	1.0
2.2	11	0.272	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	550	19 %	28 °	1.5	0.6
2.3	8	0.272	Limo argilloso	|||||		Scarsamente consistente	720	0.25 F-luido-plastica	0.5464 daN/cm ²	2.0	0.8
2.4	8	0.204	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	26 °	0.8	0.5
2.5	9	0.204	SABBIA LIMOSA	.....		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	27 °	0.8	0.5
2.6	10	0.272	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	550	19 %	28 °	1.5	0.6
2.7	9	0.272	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	737	0.31 Molle-plastica	0.6012 daN/cm ²	2.5	0.9
2.8	10	0.272	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	550	19 %	28 °	1.5	0.6
2.9	11	0.272	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	550	19 %	28 °	1.5	0.6
3	10	0.340	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	753	0.31 Molle-plastica	0.6536 daN/cm ²	2.5	1.0
3.1	11	0.204	SABBIA LIMOSA	.....		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	28 °	0.8	0.6
3.2	9	0.136	SABBIA FINE	.....		SCARSAMENTE ADDENSATA	500	16 %	27 °	0.6	0.5
3.3	11	0.204	SABBIA LIMOSA	.....		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	28 °	0.8	0.6
3.4	9	0.272	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	737	0.31 Molle-plastica	0.6012 daN/cm ²	2.5	0.9
3.5	9	0.272	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	737	0.31 Molle-plastica	0.6012 daN/cm ²	2.5	0.9
3.6	10	0.340	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	753	0.31 Molle-plastica	0.6536 daN/cm ²	2.5	1.0
3.7	12	0.476	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	780	0.37 Molle-plastica	0.7519 daN/cm ²	3.0	1.2
3.8	12	0.476	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	780	0.37 Molle-plastica	0.7519 daN/cm ²	3.0	1.2
3.9	13	0.544	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	792	0.43 Molle-plastica	0.798 daN/cm ²	3.5	1.3
4	12	0.618	Argilla	|||||		Mediamente consistente	778	0.43 Molle-plastica	0.7433 daN/cm ²	3.5	1.2
4.1	14	0.618	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	799	0.43 Molle-plastica	0.8264 daN/cm ²	3.5	1.4
4.2	12	0.742	Argilla	|||||		Mediamente consistente	778	0.43 Molle-plastica	0.7433 daN/cm ²	3.5	1.2
4.3	15	0.680	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	809	0.5 Molle-plastica	0.8658 daN/cm ²	4.0	1.5
4.4	18	0.989	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	842	0.64 Plastica	1.0101 daN/cm ²	7.0	1.8
4.5	15	0.927	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	809	0.53 Plastica	0.8658 daN/cm ²	4.5	1.5
4.6	14	0.556	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	799	0.43 Molle-plastica	0.8264 daN/cm ²	3.5	1.4
4.7	14	0.618	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	799	0.43 Molle-plastica	0.8264 daN/cm ²	3.5	1.4
4.8	14	0.742	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	799	0.53 Plastica	0.8264 daN/cm ²	4.5	1.4
4.9	12	0.680	Argilla	|||||		Mediamente consistente	778	0.43 Molle-plastica	0.7433 daN/cm ²	3.5	1.2
5	11	0.556	Argilla	|||||		Mediamente consistente	766	0.43 Molle-plastica	0.6993 daN/cm ²	3.5	1.1
5.1	12	0.556	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	778	0.37 Molle-plastica	0.7433 daN/cm ²	3.0	1.2
5.2	12	0.612	Argilla	|||||		Mediamente consistente	780	0.5 Molle-plastica	0.7519 daN/cm ²	4.0	1.2
5.3	12	0.680	Argilla	|||||		Mediamente consistente	780	0.5 Molle-plastica	0.7519 daN/cm ²	4.0	1.2
5.4	12	0.612	Argilla	|||||		Mediamente consistente	780	0.5 Molle-plastica	0.7519 daN/cm ²	4.0	1.2
5.5	12	0.544	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	780	0.37 Molle-plastica	0.7519 daN/cm ²	3.0	1.2
5.6	14	0.544	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	803	0.43 Molle-plastica	0.8424 daN/cm ²	3.5	1.4
5.7	15	0.680	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	814	0.5 Molle-plastica	0.885 daN/cm ²	4.0	1.5
5.8	16	0.816	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	823	0.57 Plastica	0.9259 daN/cm ²	5.0	1.6
5.9	15	0.816	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	814	0.57 Plastica	0.885 daN/cm ²	5.0	1.5
6	15	0.680	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	814	0.5 Molle-plastica	0.885 daN/cm ²	4.0	1.5
6.1	14	0.544	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	803	0.43 Molle-plastica	0.8424 daN/cm ²	3.5	1.4
6.2	14	0.612	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	803	0.43 Molle-plastica	0.8424 daN/cm ²	3.5	1.4
6.3	14	0.680	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	803	0.43 Molle-plastica	0.8424 daN/cm ²	3.5	1.4
6.4	14	0.748	Argilla	|||||		Consistente (compatta)	803	0.53 Plastica	0.8424 daN/cm ²	4.5	1.4
6.5	14	0.680	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	803	0.43 Molle-plastica	0.8424 daN/cm ²	3.5	1.4
6.6	15	0.680	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	814	0.5 Molle-plastica	0.885 daN/cm ²	4.0	1.5
6.7	16	0.612	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	823	0.5 Molle-plastica	0.9259 daN/cm ²	4.0	1.6
6.8	15	0.680	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	814	0.5 Molle-plastica	0.885 daN/cm ²	4.0	1.5
6.9	16	0.680	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	823	0.5 Molle-plastica	0.9259 daN/cm ²	4.0	1.6
7	13	0.544	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	792	0.43 Molle-plastica	0.798 daN/cm ²	3.5	1.3
7.1	14	0.612	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	803	0.43 Molle-plastica	0.8424 daN/cm ²	3.5	1.4
7.2	12	0.476	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	780	0.37 Molle-plastica	0.7519 daN/cm ²	3.0	1.2
7.3	11	0.340	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	767	0.37 Molle-plastica	0.7038 daN/cm ²	3.0	1.1
7.4	12	0.476	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	780	0.37 Molle-plastica	0.7519 daN/cm ²	3.0	1.2
7.5	13	0.476	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	792	0.43 Molle-plastica	0.798 daN/cm ²	3.5	1.3
7.6	13	0.544	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	792	0.43 Molle-plastica	0.798 daN/cm ²	3.5	1.3
7.7	11	0.544	Argilla	|||||		Mediamente consistente	767	0.43 Molle-plastica	0.7038 daN/cm ²	3.5	1.1
7.8	9	0.476	Argilla	|||||		Mediamente consistente	737	0.37 Molle-plastica	0.6012 daN/cm ²	3.0	0.9
7.9	7	0.408	Argilla	|||||		Scarsamente consistente	700	0.25 F-luido-plastica	0.4892 daN/cm ²	2.0	0.7
8	8	0.204	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	26 °	0.8	0.5
8.1	10	0.204	SABBIA LIMOSA	.....		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	28 °	0.8	0.6
8.2	11	0.340	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	767	0.37 Molle-plastica	0.7038 daN/cm ²	3.0	1.1
8.3	9	0.476	Argilla	|||||		Mediamente consistente	737	0.37 Molle-plastica	0.6012 daN/cm ²	3.0	0.9
8.4	8	0.408	Argilla	|||||		Mediamente consistente	720	0.31 Molle-plastica	0.5464 daN/cm ²	2.5	0.8
8.5	11	0.408	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	767	0.37 Molle-plastica	0.7038 daN/cm ²	3.0	1.1
8.6	11	0.408	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	767	0.37 Molle-plastica	0.7038 daN/cm ²	3.0	1.1
8.7	9	0.272	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	737	0.31 Molle-plastica	0.6012 daN/cm ²	2.5	0.9
8.8	10	0.204	SABBIA LIMOSA	.....		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	28 °	0.8	0.6
8.9	9	0.340	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	737	0.31 Molle-plastica	0.6012 daN/cm ²	2.5	0.9
9	9	0.204	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	27 °	0.8	0.5
9.1	12	0.272	SABBIA LIMOSA	.....		POCO ADDENSATA	550	19 %	29 °	1.5	0.7
9.2	20	0.408	SABBIA LIMOSA	.....		POCO ADDENSATA	650	31 %	30 °	2.6	1.1
9.3	17	0.748	Argilla limosa	|||||		Consistente (compatta)	832	0.53 Plastica	0.9654 daN/cm ²	4.5	1.7
9.4	14	0.476	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	803	0.43 Molle-plastica	0.8424 daN/cm ²	3.5	1.4
9.5	13	0.204	SABBIA LIMOSA	.....		POCO ADDENSATA	550	19 %	29 °	1.5	0.7
9.6	12	0.272	SABBIA LIMOSA	.....		POCO ADDENSATA	550	19 %	29 °	1.5	0.7
9.7	11	0.340	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	767	0.37 Molle-plastica	0.7038 daN/cm ²	3.0	1.1
9.8	8	0.204	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18 %	26 °	0.8	0.5
9.9	10	0.340	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	753	0.31 Molle-plastica	0.6536 daN/cm ²	2.5	1.0
10	13	0.340	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	600	23 %	29 °	1.9	0.7
10.1	18	0.476	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	650	31 %	30 °	2.6	1.0
10.2	14	0.340	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	600	23 %	29 °	1.9	0.8
10.3	12	0.544	Argilla limosa	|||||		Mediamente consistente	780	0.37 Molle-plastica	0.7519 daN/cm ²	3.0	1.2
10.4	11	0.408	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	767	0.37 Molle-plastica	0.7038 daN/cm ²	3.0	1.1
10.5	11	0.340	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	767	0.37 Molle-plastica	0.7038 daN/cm ²	3.0	1.1
10.6	10	0.272	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	550	19 %	28 °	1.5	0.6
10.7	28	0.340	SABBIA-GHIAIA	O:O:O:O:O(O:O:O		POCO ADDENSATA	650	31 %	30 °	2.6	1.6
10.8	12	0.340	LIMO SABBIOSO	:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-		POCO ADDENSATA	550	19 %	29 °	1.5	0.7
10.9	15	0.476	Limo argilloso	|||||		Mediamente consistente	814	0.5 Molle-plastica	0.885 daN/cm ²	4.0	1.5

11.3	10	0.272	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSA I A	550	19	%	28	°	1.5	0.6
11.4	9	0.272	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	737	0.31	Molle-plastica	0.6012	daN/cm	2.5	0.9
11.5	8	0.204	LIMO SABBIOSO	=====	SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	%	26	°	0.8	0.5
11.6	25	0.544	SABBIA LIMOSA	=====	POCO ADDENSA I A	650	35	%	31	°	3.0	1.4
11.7	12	0.544	Argilla limosa	|||||	Mediamente consistente	780	0.37	Molle-plastica	0.7519	daN/cm	3.0	1.2
11.8	11	0.136	SABBIA-GHIAIA	O:O:O:O:O:O:O:O	SCARSAMENTE ADDENSATA	500	16	%	28	°	0.6	0.6
11.9	12	0.408	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	780	0.37	Molle-plastica	0.7519	daN/cm	3.0	1.2
12	11	0.408	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	767	0.37	Molle-plastica	0.7038	daN/cm	3.0	1.1
12.1	11	0.476	Argilla limosa	|||||	Mediamente consistente	767	0.37	Molle-plastica	0.7038	daN/cm	3.0	1.1
12.2	10	0.340	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	753	0.31	Molle-plastica	0.6536	daN/cm	2.5	1.0
12.3	10	0.340	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	753	0.31	Molle-plastica	0.6536	daN/cm	2.5	1.0
12.4	13	0.476	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	792	0.43	Molle-plastica	0.798	daN/cm	3.5	1.3
12.5	14	0.544	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	803	0.43	Molle-plastica	0.8424	daN/cm	3.5	1.4
12.6	11	0.612	Argilla	|||||	Mediamente consistente	767	0.43	Molle-plastica	0.7038	daN/cm	3.5	1.1
12.7	11	0.544	Argilla	|||||	Mediamente consistente	767	0.43	Molle-plastica	0.7038	daN/cm	3.5	1.1
12.8	14	0.612	Argilla limosa	|||||	Mediamente consistente	803	0.43	Molle-plastica	0.8424	daN/cm	3.5	1.4
12.9	16	0.816	Argilla	|||||	Consistente (compatta)	823	0.57	Plastica	0.9259	daN/cm	5.0	1.6
13	17	0.816	Argilla limosa	|||||	Consistente (compatta)	832	0.53	Plastica	0.9654	daN/cm	4.5	1.7
13.1	18	0.612	Limo argilloso	|||||	Consistente (compatta)	841	0.57	Plastica	1.0033	daN/cm	5.0	1.8
13.2	17	0.680	Argilla limosa	|||||	Consistente (compatta)	832	0.53	Plastica	0.9654	daN/cm	4.5	1.7
13.3	16	0.748	Argilla limosa	|||||	Mediamente consistente	823	0.5	Molle-plastica	0.9259	daN/cm	4.0	1.6
13.4	16	0.680	Argilla limosa	|||||	Mediamente consistente	823	0.5	Molle-plastica	0.9259	daN/cm	4.0	1.6
13.5	19	0.680	Limo argilloso	|||||	Consistente (compatta)	849	0.57	Plastica	1.04	daN/cm	5.0	1.9
13.6	17	0.544	Limo argilloso	|||||	Consistente (compatta)	832	0.53	Plastica	0.9654	daN/cm	4.5	1.7
13.7	16	0.408	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSATA	600	27	%	30	°	2.2	0.9
13.8	16	0.544	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	823	0.5	Molle-plastica	0.9259	daN/cm	4.0	1.6
13.9	22	0.680	Limo argilloso	|||||	Consistente (compatta)	871	0.64	Plastica	1.1423	daN/cm	7.0	2.2
14	22	0.816	Limo argilloso	|||||	Consistente (compatta)	871	0.64	Plastica	1.1423	daN/cm	7.0	2.2
14.1	25	0.952	Limo argilloso	|||||	Consistente (compatta)	890	0.68	Plastica	1.2346	daN/cm	8.0	2.5
14.2	25	1.224	Argilla	|||||	Molto consistente	890	0.77	Solido-plastica	1.2346	daN/cm	9.0	2.5
14.3	22	0.952	Argilla limosa	|||||	Consistente (compatta)	871	0.64	Plastica	1.1423	daN/cm	7.0	2.2
14.4	22	0.884	Argilla limosa	|||||	Consistente (compatta)	871	0.64	Plastica	1.1423	daN/cm	7.0	2.2
14.5	29	0.884	Limo argilloso	|||||	Molto consistente	912	0.77	Solido-plastica	1.3445	daN/cm	9.0	2.9
14.6	25	0.884	Limo argilloso	|||||	Consistente (compatta)	890	0.68	Plastica	1.2346	daN/cm	8.0	2.5
14.7	23	0.884	Limo argilloso	|||||	Consistente (compatta)	878	0.64	Plastica	1.1741	daN/cm	7.0	2.3
14.8	16	0.476	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSATA	600	27	%	30	°	2.2	0.9
14.9	12	0.612	Argilla	|||||	Mediamente consistente	780	0.5	Molle-plastica	0.7519	daN/cm	4.0	1.2
15	12	0.408	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	784	0.37	Molle-plastica	0.7659	daN/cm	3.0	1.2
15.1	10	0.235	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSATA	550	19	%	28	°	1.5	0.6
15.2	11	0.224	SABBIA LIMOSA	=====	POCO ADDENSA I A	550	19	%	28	°	1.5	0.6
15.3	12	0.235	SABBIA LIMOSA	=====	POCO ADDENSA I A	550	19	%	28	°	1.5	0.7
15.4	11	0.316	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSATA	550	19	%	28	°	1.5	0.7
15.5	10	0.255	LIMO SABBIOSO	=====	SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	%	27	°	0.8	0.6
15.6	12	0.286	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSATA	550	19	%	29	°	1.5	0.7
15.7	12	0.265	SABBIA LIMOSA	=====	POCO ADDENSATA	550	19	%	28	°	1.5	0.7
15.8	13	0.347	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSA I A	600	23	%	29	°	1.9	0.7
15.9	14	0.347	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSATA	600	23	%	29	°	1.9	0.8
16	13	0.408	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	792	0.43	Molle-plastica	0.798	daN/cm	3.5	1.3
16.1	13	0.347	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSA I A	600	23	%	29	°	1.9	0.7
16.2	13	0.428	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	791	0.43	Molle-plastica	0.7935	daN/cm	3.5	1.3
16.3	23	0.520	SABBIA LIMOSA	=====	POCO ADDENSA I A	650	35	%	31	°	3.0	1.3
16.4	12	0.449	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	784	0.37	Molle-plastica	0.7659	daN/cm	3.0	1.2
16.5	10	0.245	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSATA	550	19	%	28	°	1.5	0.6
16.6	13	0.316	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSA I A	600	23	%	29	°	1.9	0.8
16.7	13	0.388	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSA I A	600	23	%	29	°	1.9	0.8
16.8	17	0.326	SABBIA LIMOSA	=====	POCO ADDENSATA	600	27	%	30	°	2.2	1.0
16.9	16	0.469	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSA I A	600	27	%	30	°	2.2	0.9
17	12	0.367	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	778	0.37	Molle-plastica	0.7424	daN/cm	3.0	1.2
17.1	12	0.265	SABBIA LIMOSA	=====	POCO ADDENSATA	550	19	%	29	°	1.5	0.7
17.2	9	0.204	SABBIA LIMOSA	=====	SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	%	27	°	0.8	0.5
17.3	12	0.255	SABBIA LIMOSA	=====	POCO ADDENSATA	550	19	%	29	°	1.5	0.7
17.4	12	0.275	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSATA	550	19	%	29	°	1.5	0.7
17.5	16	0.316	SABBIA LIMOSA	=====	POCO ADDENSA I A	600	23	%	29	°	1.9	0.9
17.6	15	0.551	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	817	0.5	Molle-plastica	0.8974	daN/cm	4.0	1.5
17.7	15	0.561	Limo argilloso	|||||	Mediamente consistente	810	0.5	Molle-plastica	0.8681	daN/cm	4.0	1.5
17.8	14	0.622	Argilla limosa	|||||	Mediamente consistente	804	0.43	Molle-plastica	0.8467	daN/cm	3.5	1.4
17.9	17	0.724	Argilla limosa	|||||	Consistente (compatta)	830	0.53	Plastica	0.9537	daN/cm	4.5	1.7
18	19	0.816	Argilla limosa	|||||	Consistente (compatta)	845	0.57	Plastica	1.0218	daN/cm	5.0	1.9
18.1	18	0.989	Argilla	|||||	Consistente (compatta)	843	0.64	Plastica	1.0145	daN/cm	7.0	1.8
18.2	18	0.796	Argilla limosa	|||||	Consistente (compatta)	838	0.53	Plastica	0.9883	daN/cm	4.5	1.8
18.3	16	0.673	Argilla limosa	|||||	Mediamente consistente	820	0.5	Molle-plastica	0.9138	daN/cm	4.0	1.6
18.4	17	0.765	Argilla limosa	|||||	Consistente (compatta)	830	0.53	Plastica	0.9537	daN/cm	4.5	1.7
18.5	18	0.847	Argilla limosa	|||||	Consistente (compatta)	842	0.57	Plastica	1.0071	daN/cm	5.0	1.8
18.6	21	0.938	Argilla limosa	|||||	Consistente (compatta)	863	0.61	Plastica	1.1026	daN/cm	6.0	2.1
18.7	17	0.826	Argilla	|||||	Consistente (compatta)	829	0.61	Plastica	0.9498	daN/cm	6.0	1.7
18.8	14	0.714	Argilla	|||||	Consistente (compatta)	800	0.53	Plastica	0.8292	daN/cm	4.5	1.4
18.9	15	0.663	Argilla limosa	|||||	Mediamente consistente	814	0.5	Molle-plastica	0.885	daN/cm	4.0	1.5
19	15	0.683	Argilla limosa	|||||	Mediamente consistente	814	0.5	Molle-plastica	0.885	daN/cm	4.0	1.5
19.1	12	0.520	Argilla limosa	|||||	Mediamente consistente	784	0.37	Molle-plastica	0.7659	daN/cm	3.0	1.2
19.2	10	0.296	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSA I A	550	19	%	28	°	1.5	0.6
19.3	9	0.235	LIMO SABBIOSO	=====	SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	%	27	°	0.8	0.5
19.4	8	0.173	SABBIA LIMOSA	=====	SCARSAMENTE ADDENSATA	500	16	%	26	°	0.6	0.5
19.5	8	0.153	SABBIA LIMOSA	=====	SCARSAMENTE ADDENSATA	500	16	%	26	°	0.6	0.5
19.6	9	0.173	SABBIA LIMOSA	=====	SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	%	27	°	0.8	0.5
19.7	9	0.173	SABBIA LIMOSA	=====	SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	%	27	°	0.8	0.5
19.8	13	0.265	SABBIA LIMOSA	=====	POCO ADDENSATA	550	19	%	29	°	1.5	0.7
19.9	17	0.408	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSATA	600	27	%	30	°	2.2	1.0
20	17	0.459	LIMO SABBIOSO	=====	POCO ADDENSA I A	600	27	%	30	°	2.2	1.0

Committente: COOPROGETTO
 Data: -
 Località: Via Piano Caricatore
 Comune: LUGO (Ra)
 Attrezzatura: Pozzo per acqua +
 SONDAGGIO

SONDAGGIO P618
+ sondaggio p403

Profondità	Colonna stratigrafica	Descrizione stratigrafica	Poket Penetrometer daN/cm ^q	Vane Test daN/cm ^q	S.P.T.		RECUPERO %		CAMPIONI		Profondità falda	Data di lettura
					n° colpi	Profondità	R.Q.D. %	Indisturbati	Semindisturbati			
0,0		Sabbia limosa con resti vegetali	0.50									
1,0		Limo-sabbioso debolmente argilloso nocciola, mediamente consistente	1.4	0.60								
2,0			1.0	0.28								
3,0			0.7									
4,0			1.4	0.70								
5,0			1.8	1.00								
6,0		Argilla debolmente limosa grigio-nocciola, con livelletti di sabbia, consistente	1.8	1.08								
7,0			2.1	1.60								
8,0			2.2	0.80								
9,0			1.8	0.78								
10,0			1.9	0.70								
11,0			2.0	0.80								
12,0		Limo sabbioso e sabbia-limosa nocciola-grigio, consistente	10.00	1.6	0.80							
13,0		Argilla limoso grigia, consistente	12.00									
14,0			13.00	2.0	1.05							
15,0		Sabbia limosa nocciola con livelli argillosi grigiastri consistenti		1.2								
16,0			15.80			14.00						
17,0		Intercalazioni di limo e argille con livelletti di sabbia fine		1.7		4						
18,0				1.0		7						
19,0			19.00	1.1		7						
20,0		Argilla-limosa grigiastra, consistente		1.2		14.45						
21,0			20.80	1.0								
22,0		Limo-argilloso nocciola-grigio, consistente	21.60	1.1								
23,0		Argilla-limosa nocciola con livelli sabbiosi grigiastri, consistente		1.2								
24,0			24.30	1.1								
25,0		Sabbia limosa nocciola		1.2								
26,0				2.2								
27,0				2.0								
28,0				2.0								
29,0				1.4								
30,0												

Falda idrica
 Profondità m. 4,00

Committente: COOPROGETTO - 14.03.2016
Località: Ex acetificio - LUGO (Ra)

