

PIANO ATTUATIVO CONFORME AL PGT
AMBITO DI TRASFORMAZIONE AdT n° 13

Allegato 1
Relazione geologica, geotecnica e sismica

PROPONENTE



Develog 6 s.r.l.
Via Durini 9
20122 Milano (Milano)

PROPRIETA'

Società agricola immobiliare fondi
agricoli di Gian Giacomo Medici di
Marignano & c. s.a.s

PROJECT MANAGEMENT E
PROGETTAZIONE DEL PIANO
ATTUATIVO

The Blossom Avenue Partners
Prof. Arch. Marco Facchinetti
Urb. Marco Dellavalle
Arch. Luca De Stefani
Corso Italia 13, 20122, Milano
Tel +39 (02) 365 20482
tbapartners@pec.it

CONSULENZA AMBIENTALE
TEA consulting

Ing. Massimo Moi
via G. B. Grassi, 15, 20157 - Milano
moi@territorioambiente.com
Invarianza idraulica
Ing. Michelangelo Aliverti

PROGETTAZIONE DEL PAESAGGIO E DEL VERDE

Studio Architettura Paesaggio di Luigino Pirola
Dott. Arch. Paesagg. Luigino Pirola
Via Piave 1 24040 - Bonate Sopra (BG)
info@studioarchitetturapaesaggio.it

Luglio 2022



Regione Lombardia



comune di Lonato del Garda



Provincia di Brescia

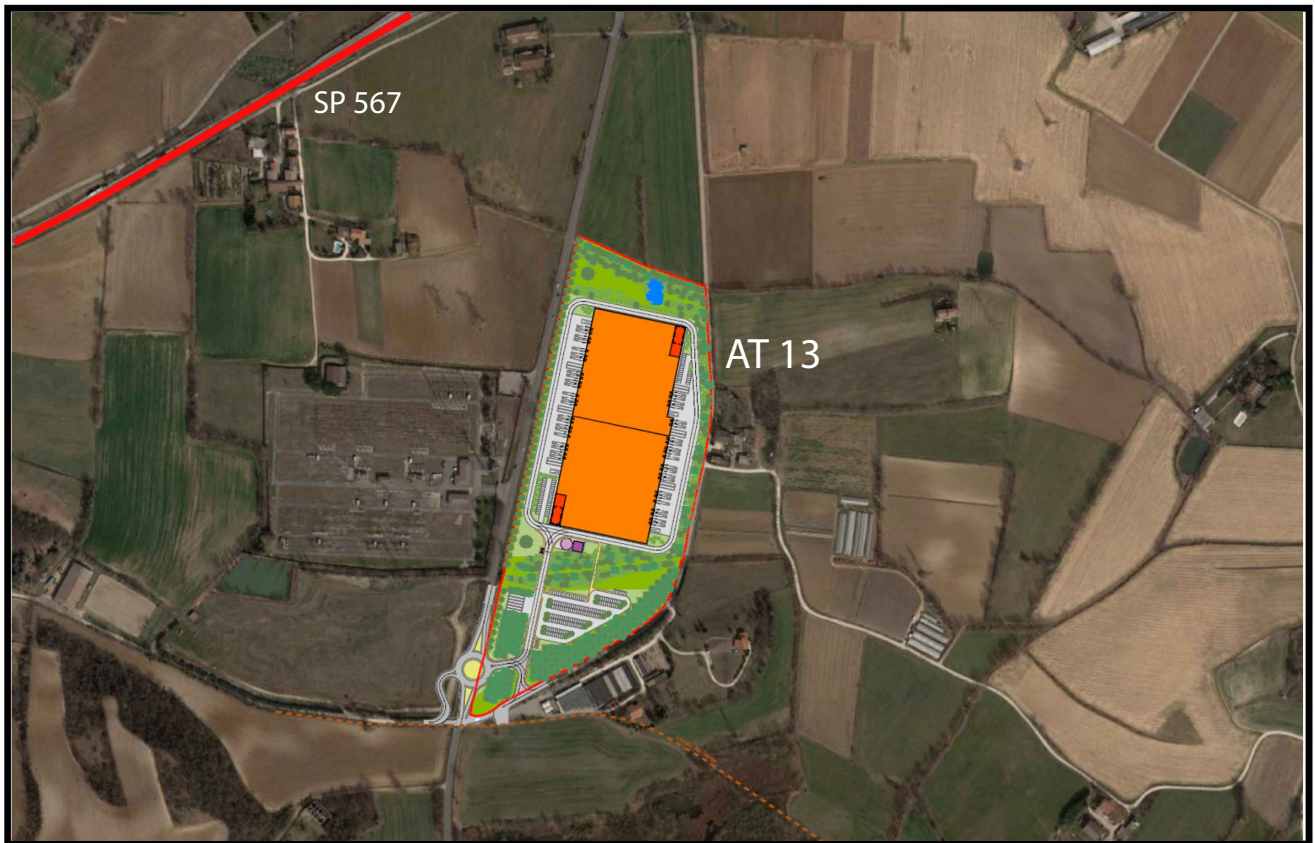
Progetto: costruzione struttura logistica

Documento: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

CON IPOTESI DI UN MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE A MEDIA SCALA

Normativa di riferimento: Paragrafo 6.2.1. NTC2018

Sito in esame : AMBITO DI TRASFORMAZIONE 13 – Lonato del Garda (BS)



Committente: Develog 6 Srl - Via Durini 9 20122 Milano P. IVA 10056030967



Il tecnico

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
3.GEOMORFOLOGIA.....	3
4.GEOLOGIA.....	5
5. IDROGEOLOGIA.....	7
6. IDROGRAFIA.....	9
7. LITOLOGIA DEL SOTTOSUOLO.....	10
8. SISMICA.....	18
9. VINCOLI DI NATURA GEO-IDROGEOLOGICA GRAVANTI SULL'AREA.....	23
10. CONCLUSIONI: MODELLO GEOLOGICO - IPOTESI DI MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE.....	25

1.PREMESSA

La presente relazione contiene lo studio geologico effettuato in una zona ora agricola situata al limite meridionale nel territorio del comune di Lonato del Garda, al confine con la Provincia di Mantova, dove il P.G.T. vigente prevede la trasformazione dell'area con insediamento di attività produttive integrate da attività commerciali di media distribuzione e vendita (AT13).

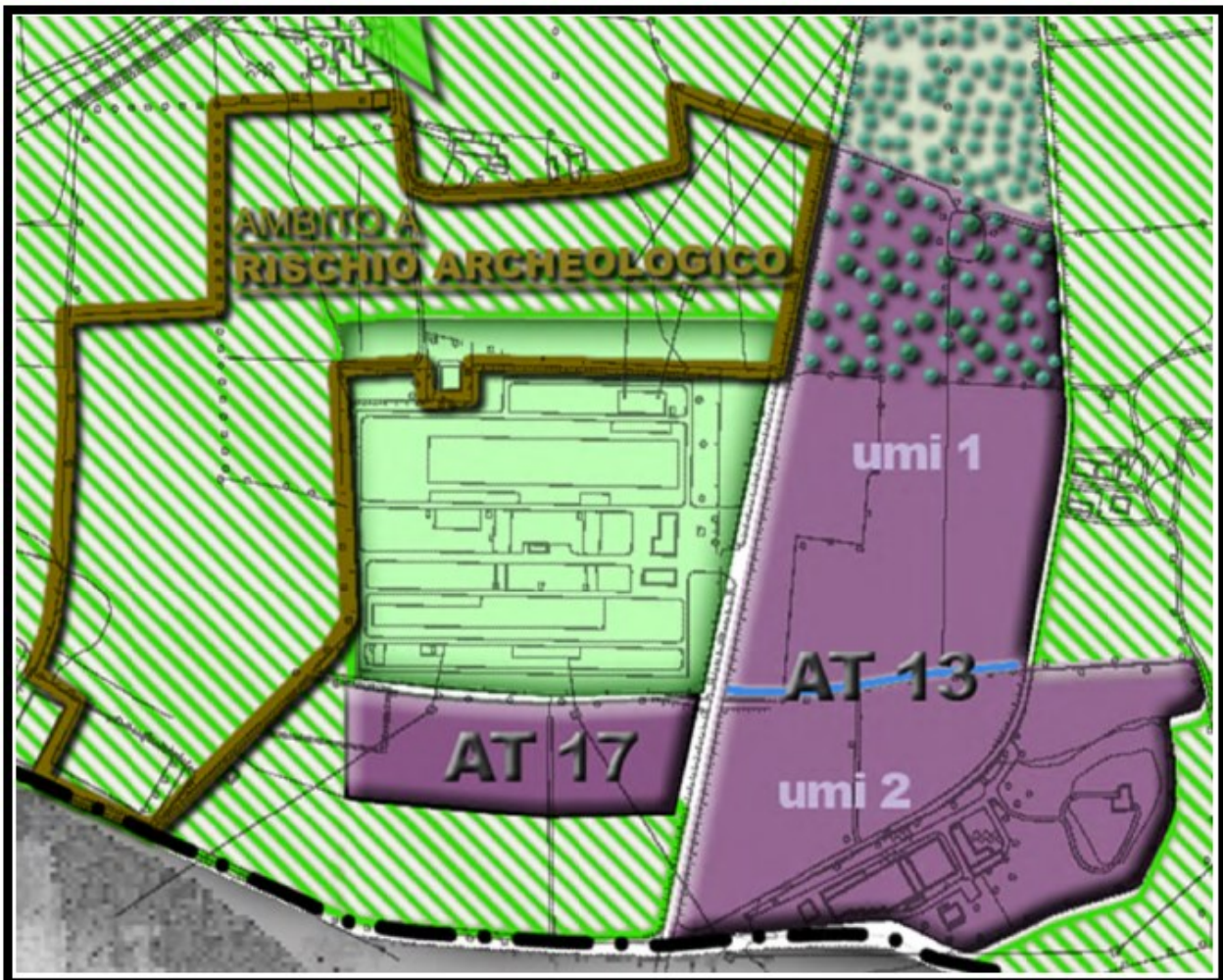


Fig. 1. estratto PGT vigente

La presente relazione geologica è richiesta dalla società Develog 6 Srl con sede legale in via Durini n. 9 - 20122 Milano, la quale ha richiesto che essa venisse rielaborata sulla base dei risultati ottenuti da diverse indagini in sito condotte dal sottoscritto nell'anno

2014. Si tratta di un **modello geologico elaborato ai sensi del paragrafo 6.2.1. delle NTC2018**, nel quale è descritta una ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio e delle conseguenti pericolosità geologiche: il tutto si basa sui dati delle prove eseguite dallo scrivente a questo fine esclusivo. Questa caratterizzazione e modellazione geologica del sito costituiscono l'elemento di riferimento per l'elaborazione di una ipotesi di *modello geotecnico preliminare* qui proposto, in cui sono evidenziati i problemi geotecnici e sulla cui base dovranno essere intraprese **più dettagliate indagini geotecniche**. Il programma e l'esecuzione di quest'ultime dovranno essere eseguiti solo dopo la definizione del tipo di opera e/o di intervento previsti, ai sensi del paragrafo 6.2.2. delle NTC2018.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio si trova nella porzione centrale del territorio comunale di Lonato, al confine con i comuni di Castiglione delle Stiviere (MN) e di Desenzano (BS). Si tratta di una zona periurbana attualmente a destinazione agricola. Essa è a forma vagamente trapezoidale allungata in direzione N-S e fa parte della Piana di Croce di Venzago-Campagnoli. Si tratta di un lotto con superficie di circa 26 ettari, con quota media indicata a 120 m.s.l.m. dalla CTR scala 1:10000 Regione Lombardia (fogli D6e3 D6e4) e dislivelli dell'ordine di 1-3 metri rispetto alle quote strada che la perimetrano. La principale via di comunicazione è posta ad occidente dell'appezzamento, Via Mantova (ex ss del Benaco) che collega il centro abitato di Castiglione d/S a Desenzano del Garda

3. GEOMORFOLOGIA

L'area in esame rientra in un ambito riconducibile all'ambiente deposizionale morenico ed alle sue varie fasi evolutive. Si tratta di una porzione di territorio con andamento piuttosto articolato. Sono presenti una cerchia collinare esterna piuttosto discontinua (Unità di Sedena) e poco pronunciata, cui si sovrappone in discordanza una cerchia piuttosto continua (cerchia esterna dell'Unità di Solferino) a cui sono legate le quote altimetricamente più rilevate del territorio comunale, e da alture collinari discontinue (cerchie interne dell'Unità di Solferino) poste tra questa ed il lago di Garda, a morfologia più blanda, che raggiungono quote di poco rilevate rispetto alle piane circostanti. Le alture collinari moreniche sono disposte in direzione dapprima circa NNW-SSE (cerchie esterne) e quindi variabile fino a circa NW-SE. In tale ambito risultano altresì molto marcate le piane inter moreniche delle quali l'area in esame fa parte. Esse sono state generate e ricalcano le antiche linee di deflusso degli scaricatori fluvio-glaciali, verso cui confluivano le acque di scioglimento dei ghiacciai durante le fasi di ritiro (piane fluvio-glaciali). Queste aree pseudo pianeggianti sono state poi modellate dai corsi d'acqua fluvio-glaciali e successivamente riprese da quelli olocenici, il quali hanno sfruttato in gran parte i lineamenti morfologici esistenti e scorrono talvolta ai margini o entro piane fluvio-glaciali più ampie dell'attuale alveo. E' questo il caso dei vari rami della Fossa Redone che interessa l'area in esame. La piana di cui fa parte il sito (Piana di Croce di Venzago e dei Campagnoli) evidenzia una morfologia fortemente modificata da un'intensa attività di escavazione (cave di ghiaia e sabbia). All'interno dell'area è presente infatti un piccolo laghetto di origine antropica che raccoglie le acque di deflusso sotterraneo della falda freatica esistente in sito

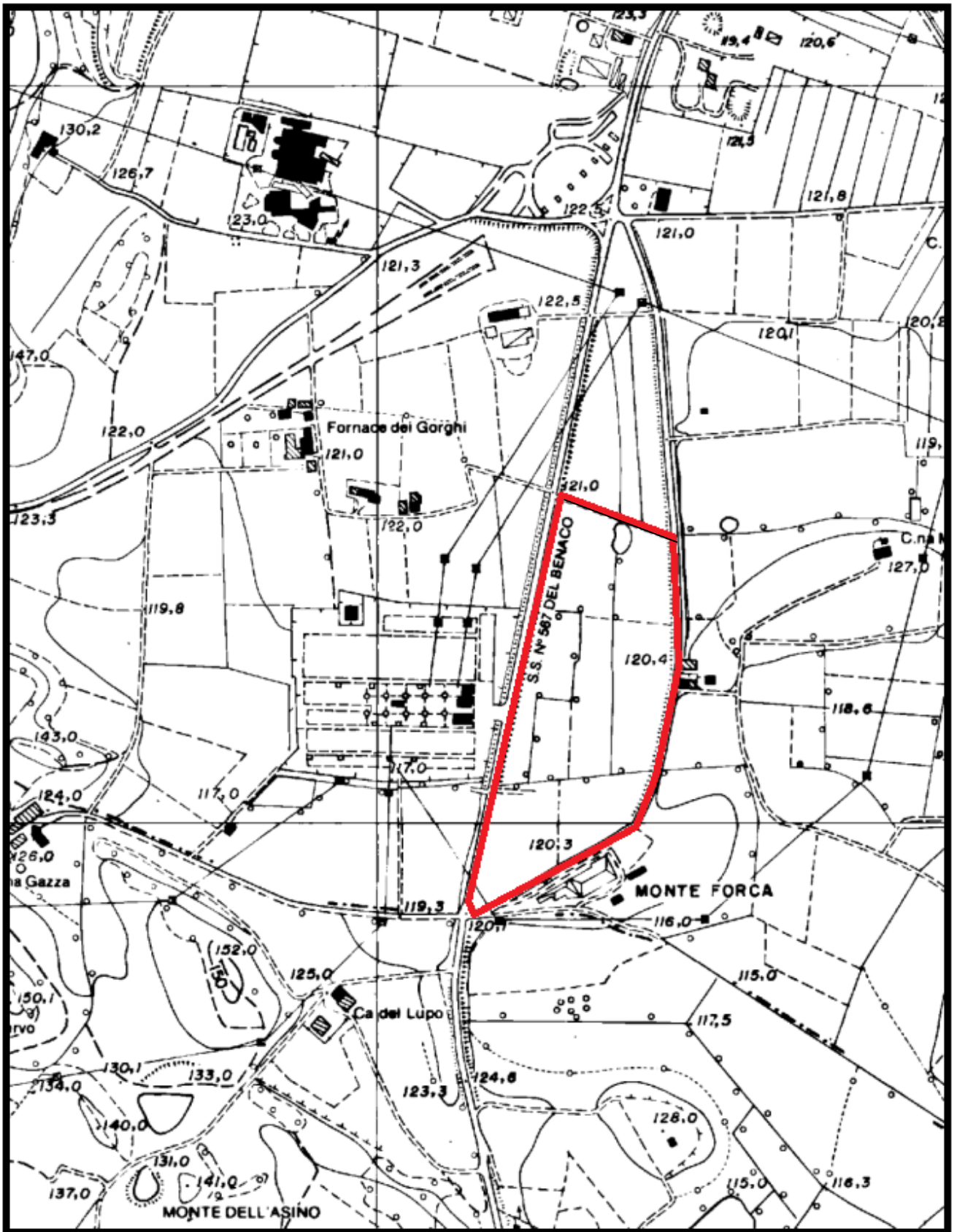


Fig. 2. Area da CTR Regione Lombardia scala 1:10000

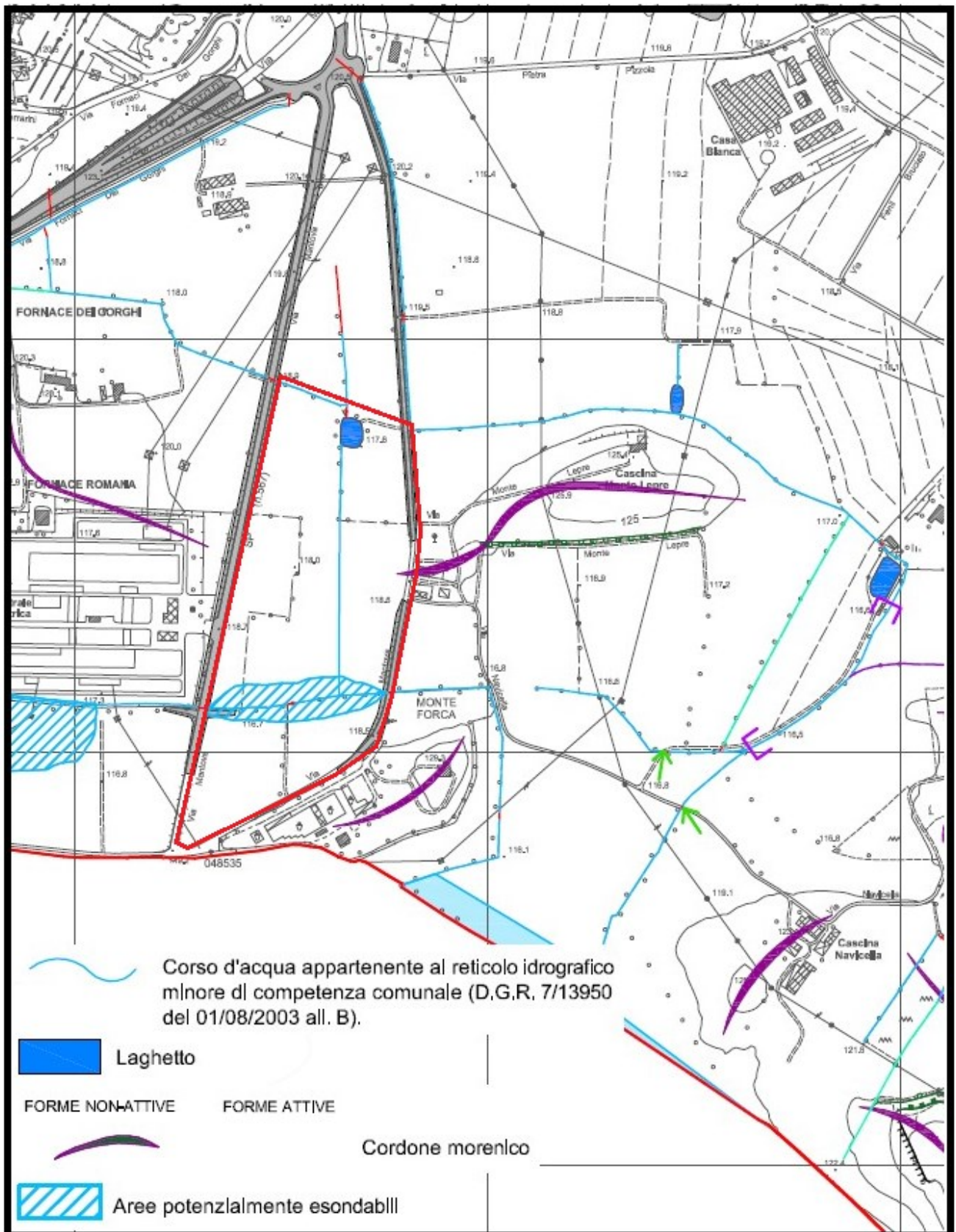


Fig. 3. Carta geomorfologica da PGT

4. GEOLOGIA

Nell'area in esame affiorano sedimenti riferibili al Quaternario che vengono assegnati alla Unità di Solferino – *Usif* (Pleistocene Superiore) Si tratta nel complesso di depositi glaciali e fluvioglaciali, arealmente estesi e articolati in unità moreniche in senso stretto

intervallate da piani fluvioglaciali. L'area in esame è classificata all'interno di Depositi glacio-lacustri di depressione intermorenica o di fronte glaciale (Uslf2).

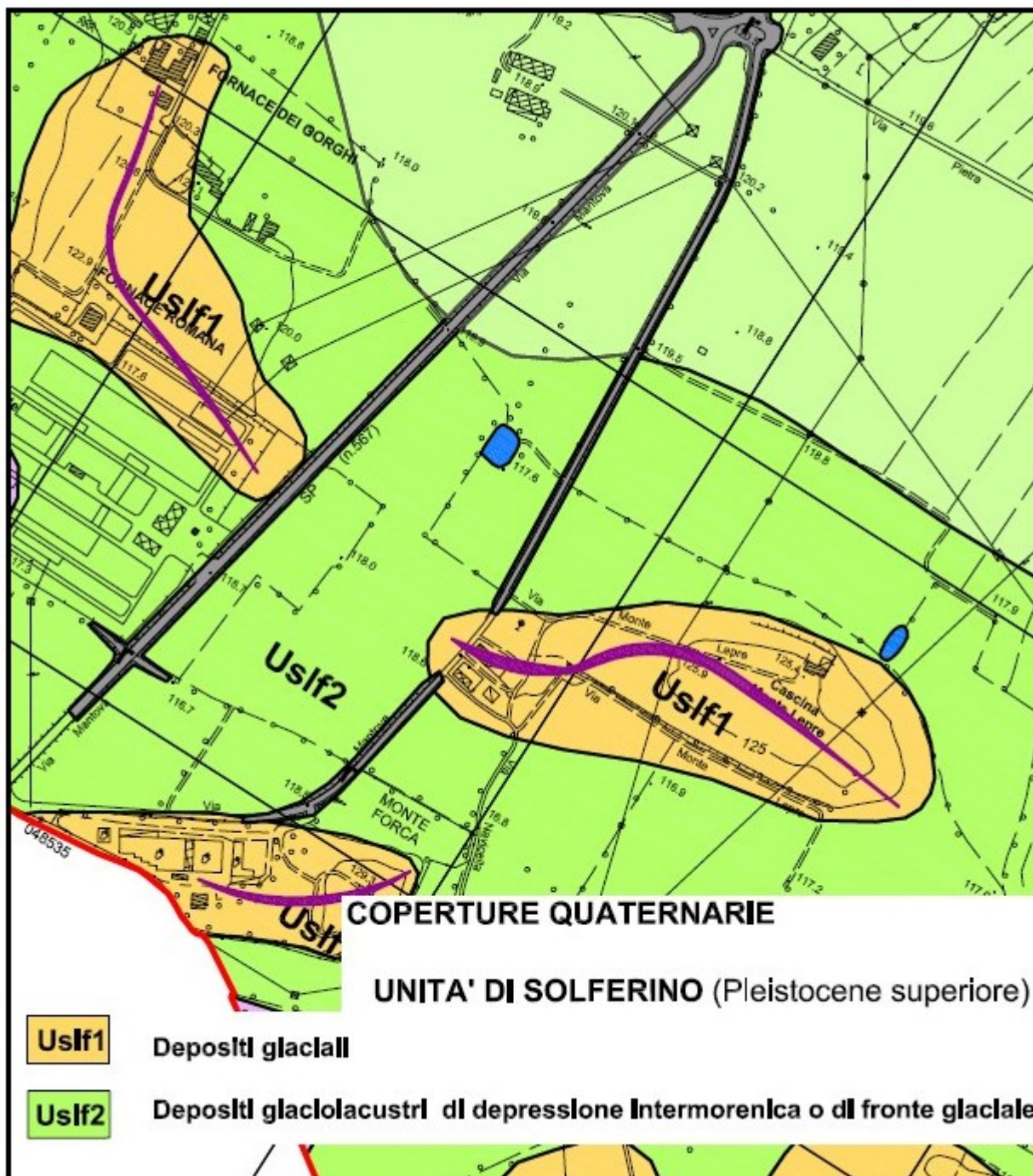


Fig. 4. Carta geologica da PGT

Essi occupano le porzioni più depresse entro i settori pianeggianti. In generale la granulometria è medio fine associata ad una litologia limo-sabbiosa con poca ghiaia ed è dovuta ad un ambiente deposizionale di bassa energia. Sono comunque presenti livelli più marcatamente ghiaio-sabbiosi, in relazione ad una modalità deposizionale impulsiva caratterizzata da brusche variazioni di energia. Tale variabilità ha determinato nel sottosuolo nette variazioni litologiche in senso verticale. E il caso dell'area in esame, dove i diversi rami della Fossa Redone, la cui genesi è legata a fasi di stazionamento del ghiacciaio, hanno generato piani allungate per lo più secondo i rilievi collinari, le quali sono frequentemente eteropiche a depositi di contatto glaciale e/o fluvioglaciali. Questo spiega a livello locale la variabilità riscontrata in sito dalle prove eseguite.

5. IDROGEOLOGIA

L'assetto idrogeologico del territorio di Lonato del Garda è distinto in due macro aree:

1. l'ambito morenico, caratterizzato da cerchie collinari interrotte da piane intramoreniche e/o fluvioglaciali con sedimenti di spessore variabile
2. l'ambito fluvioglaciale della piana occidentale

L'area in esame rientra nel primo contesto, in particolare all'interno di una piana dell'anfiteatro morenico interno

In essa si rinviene una falde superficiale freatica, collocata all'interno di depositi glaciolacustri di depressione intermorenica di modesto spessore.

Si tratta di un acquifero con discreta produttività.

L'alimentazione è legata agli apporti delle acque di diretta infiltrazione, dei corsi d'acqua, delle acque raccolte dai versanti delle cerchie moreniche e/o provenienti dalle falde sospese circolanti nei depositi glaciali dei settori collinari. L'acquifero presenta una bassa soggiacenza dal piano campagna e comunque variabile localmente anche di veri metri: il livello misurato in sito in data 31 luglio 2014 nella zona meridionale dell'area è di -1/1,2 m da p.c.

Il livello piezometrico subisce in ogni caso delle naturali oscillazioni stagionali in funzione della piovosità.

Il deflusso sotterraneo della falda freatica segue un debole gradiente topografico in direzione del centro della piana (dove si trova grosso modo ubicato il laghetto artificiale presente in sito) e degli elementi idrografici drenanti.



Fotografia 1. Piezometro posizionato in sito all'interno del foro prova CPT1

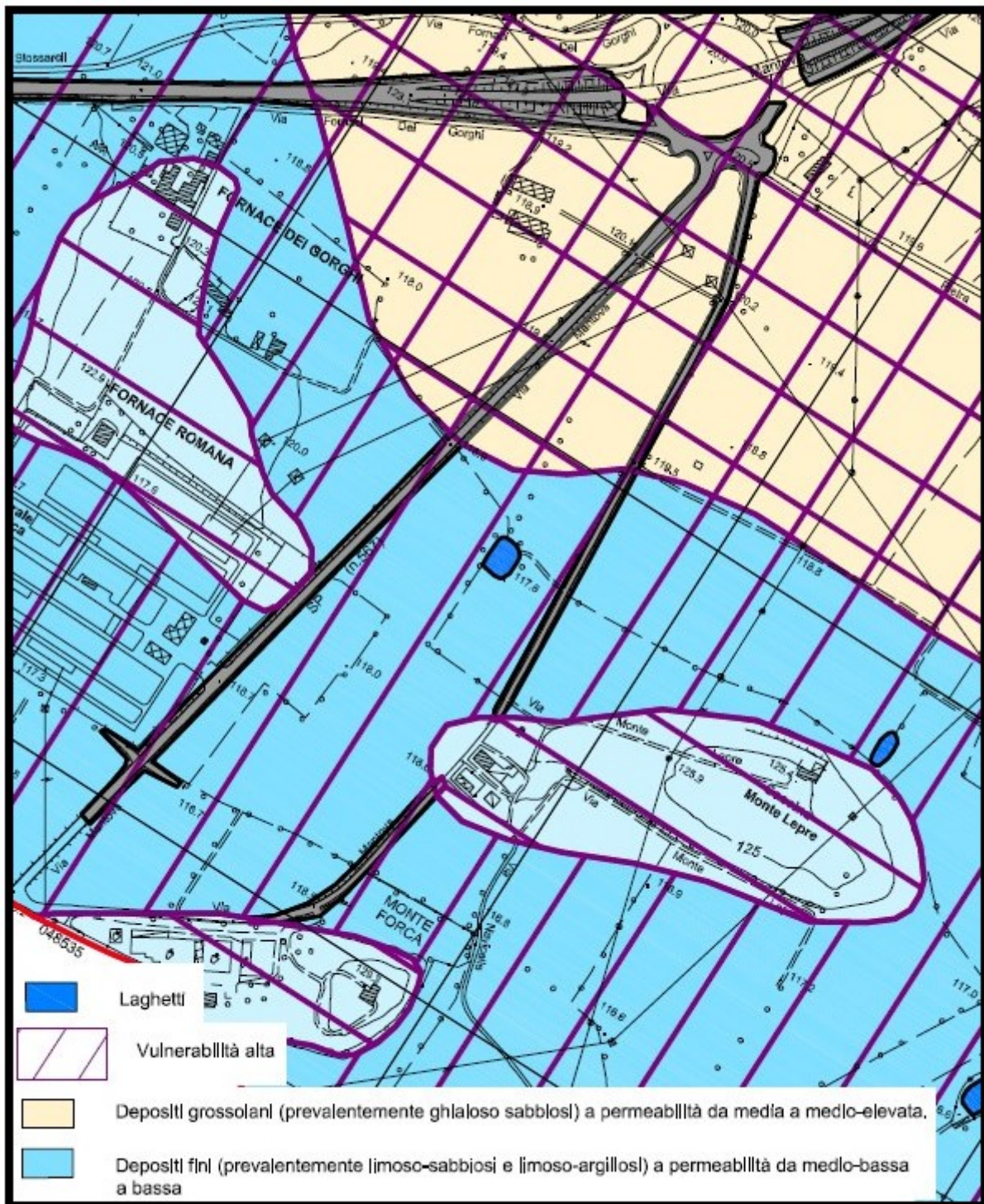


Fig. 5. Carta idrogeologica da PGT

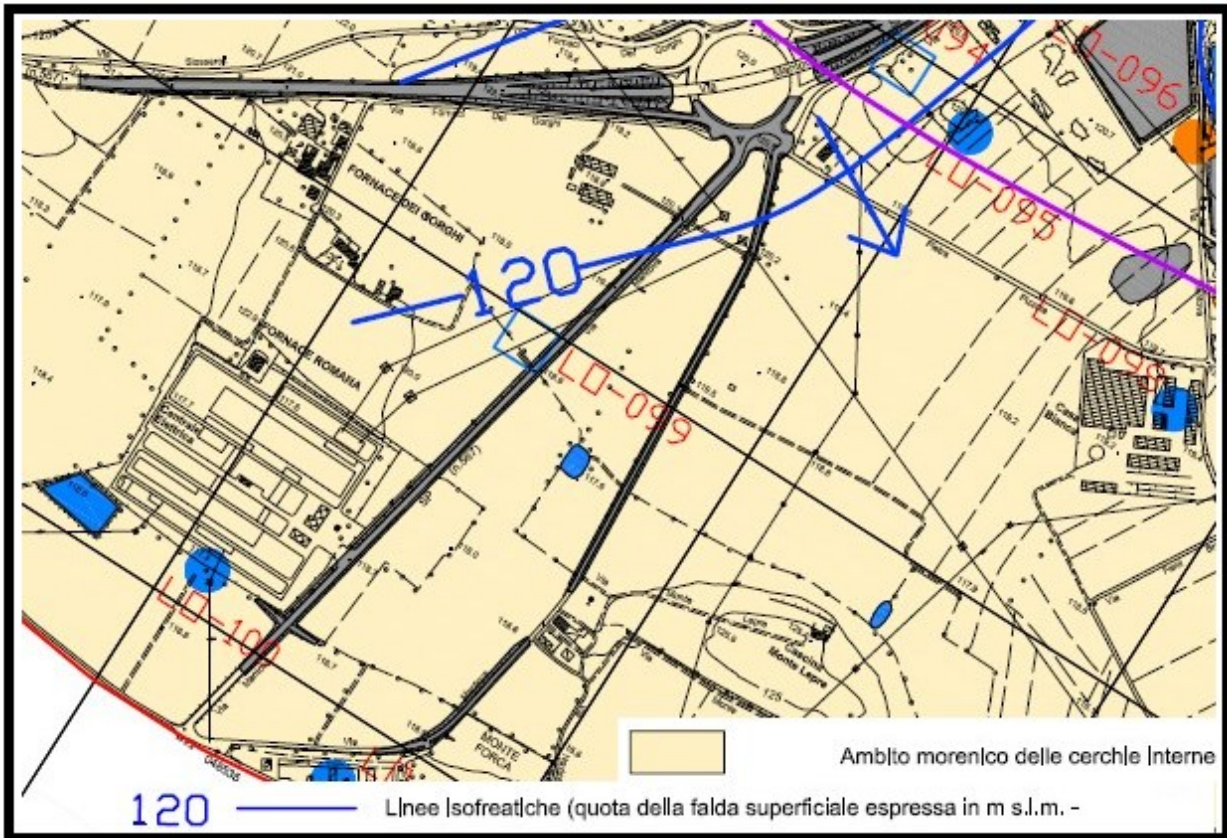


Fig. 6. Carta isofreatiche da PGT

6. IDROGRAFIA

Il territorio comunale di Lonato risulta interessato da una rete idrografica ridotta e poco articolata,.

L'ambito collinare dove è collocata l'area in esame è caratterizzato da elementi idrografici per lo più naturali (Fossa Redone il principale).

All'interno dell'appezzamento è presente un laghetto di origine antropica in conseguenza dell'affioramento della falda freatica circolante nella piana fluvioglaciale.

L'area è solcata, in posizione circa mediana, dalla Fossa Redone, la quale svolge **una funzione drenante sulla falda freatica presente.**

Esso fa parte del reticolo idrico minore di competenza comunale e sul quale è individuata una fascia a media tutela. Nell'porzione meridionale è individuata un'area di basso morfologico esondabile.



Fig. 7. Carta R.I.M. da PGT

7. LITOLOGIA DEL SOTTOSUOLO

Le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono state investigate in due riprese a mezzo di n. 7 indagini penetrometriche (n. 4 CPT ed n. 3 DPSH) effettuate in sito in due diversi momenti dell'anno 2014, integrate con n. 4 SEV estesi in direzione N-S (AE1-4). Il numero e tipologia delle indagini era stato richiesto dall'allora committente (società Ce.Di.): l'area indagata risulta essere in parte ridotta rispetto alla estensione massima in quanto allora non si è avuto accesso libero a tutto l'appezzamento, sia per la presenza di coltivazioni in fase finale di maturazione sia per lo stato del terreno fortemente impregnato dalle recenti piogge che ha impedito la libera circolazione del mezzo cingolato utilizzato.

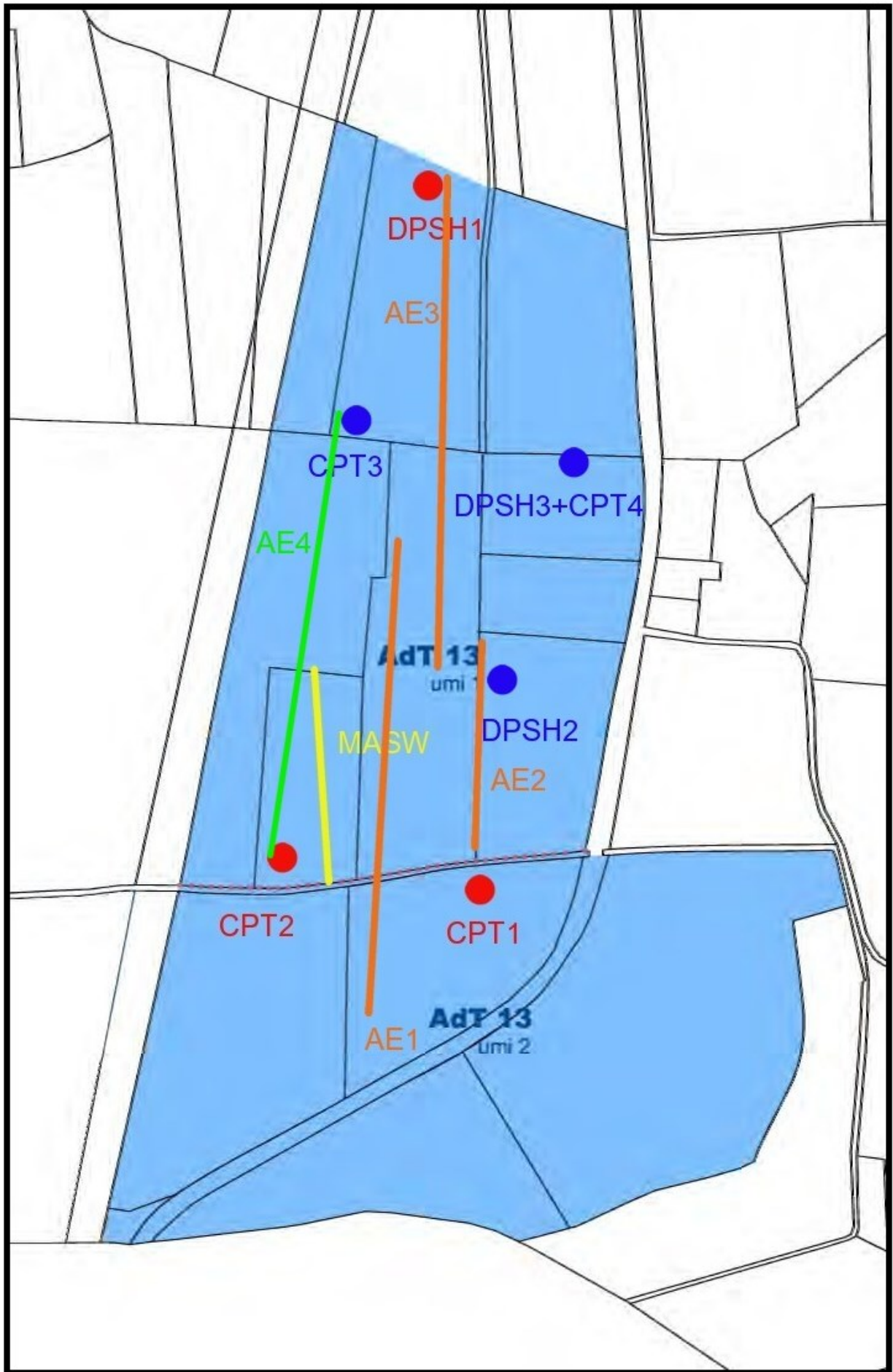


Fig. 8. Ubicazione prove eseguite

Il foro prova della prova penetrometrica statica CPT1 è stato attrezzato anche con un piezometro per la misura del livello della falda freatica (-1,12 m da pc alla data di esecuzione della prova). Inoltre è stata effettuata un'indagine con metodologia MASW per la definizione della categoria sismica del sottosuolo. Le prove eseguite sono così caratterizzate:

PROVE PENETROMETRICHE EFFETTUATE			
PROVA	PROFONDITA' RAGGIUNTA dal piano di campagna att. (m)	PROFONDITA' CHIUSURA FORO dal piano di campagna att. (m)	LIVELLO PIEZOMETRICO dal piano di campagna (m)
CPT1	7,0	-	-1,12
CPT2	8,6	-	-1,0
CPT3	11	-	-1,4
CPT4	9	-	-1,0
DPSH1	5,4 (a rifiuto)	-0,7	-
DPSH2	9	-	-1,24
DPSH3	9	-	-1,0

Nell'area in studio il sottosuolo evidenzia una notevole variabilità di comportamento, da francamente granulare a coesivo a misto granulare-coesivo: infatti a causa dei processi deposizionali (fluvio-glaciali) che li hanno messi in posto, sono caratterizzati da un'ampia variabilità di facies (granolumetrica e strutture sedimentarie) sia laterale che verticale. In base a ciò, a scala d'ambito è possibile solo ipotizzare un modello geologico generale del sottosuolo, ma rimane la necessità di procedere in fase esecutiva alla esecuzione di prove mirate ristrette al sedime d'intervento del nuovo edificio.



Fotografia 2. DPSH1



Fotografai 3. CPT1



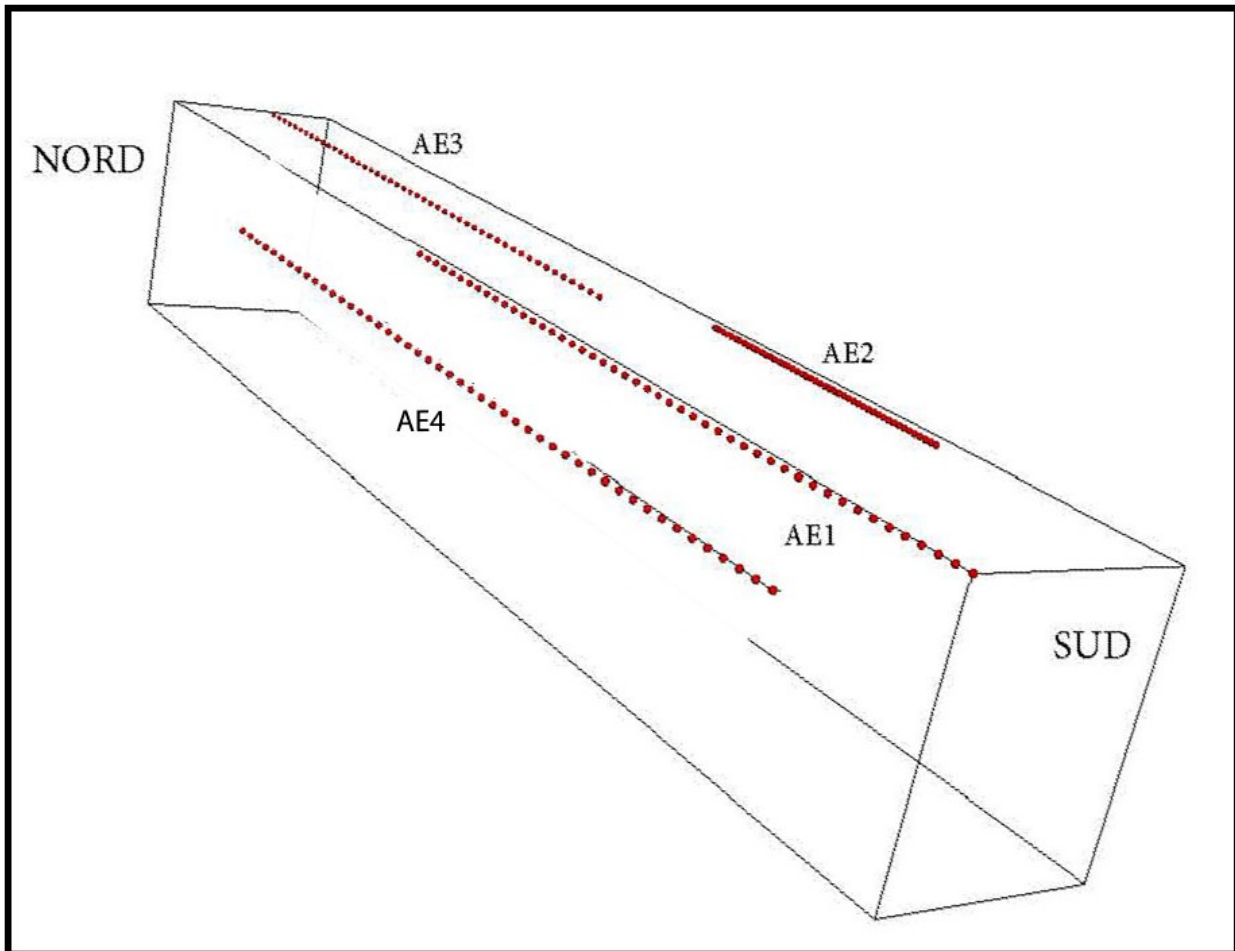
Fotografia 4. CPT2



Fotografia 5 Postazione CPT4_DPSH3



Fotografia 6 Postazione CPT3



Sono state eseguite n. 4 indagini geoelettriche 2D, AE1 con passo elettrodo 5m, AE2 con passo 2m ed AE3 e AE4 con passo 5m. In ciascun stendimento è stata realizzata una doppia acquisizione, la prima con metodo Wenner la seconda con metodo dipolo-dipolo, questo al fine di ottenere il miglior compromesso tra risoluzione e profondità d'indagine. La mesh di elaborazione 3D è costruita sulla base di un voxel di circa 2 m di lato, ed indaga con una discreta attendibilità una profondità di circa 15/18 m da p.c.



Fotografia 7 Array con picchetto di corrente



Fotografia 8 Stazione di misura

In linea generale si nota una differenziazione in direzione N-S, migliorando le caratteristiche del sottosuolo procedendo verso settentrione. Le considerazioni generali svolte sopra sono confermate anche nel PGT, in cui viene evidenziata questa graduazione di comportamento geotecnico procedendo da sud a nord. È possibile individuare un substrato a prevalente comportamento granulare (sabbie addensate con o senza ghiaia) il cui tetto è più superficiale man mano che si procede verso nord, passando da 7-8 m a sud ai 3,6 m da p.c. a nord. Al di sopra di esso il litotipo è medio fine, limo sabbioso e/o sabbio limoso con frequenti orizzonti argillosi, talora torbosi. **Il comportamento sforzi/deformazioni di tale copertura è misto granulare coesivo.**

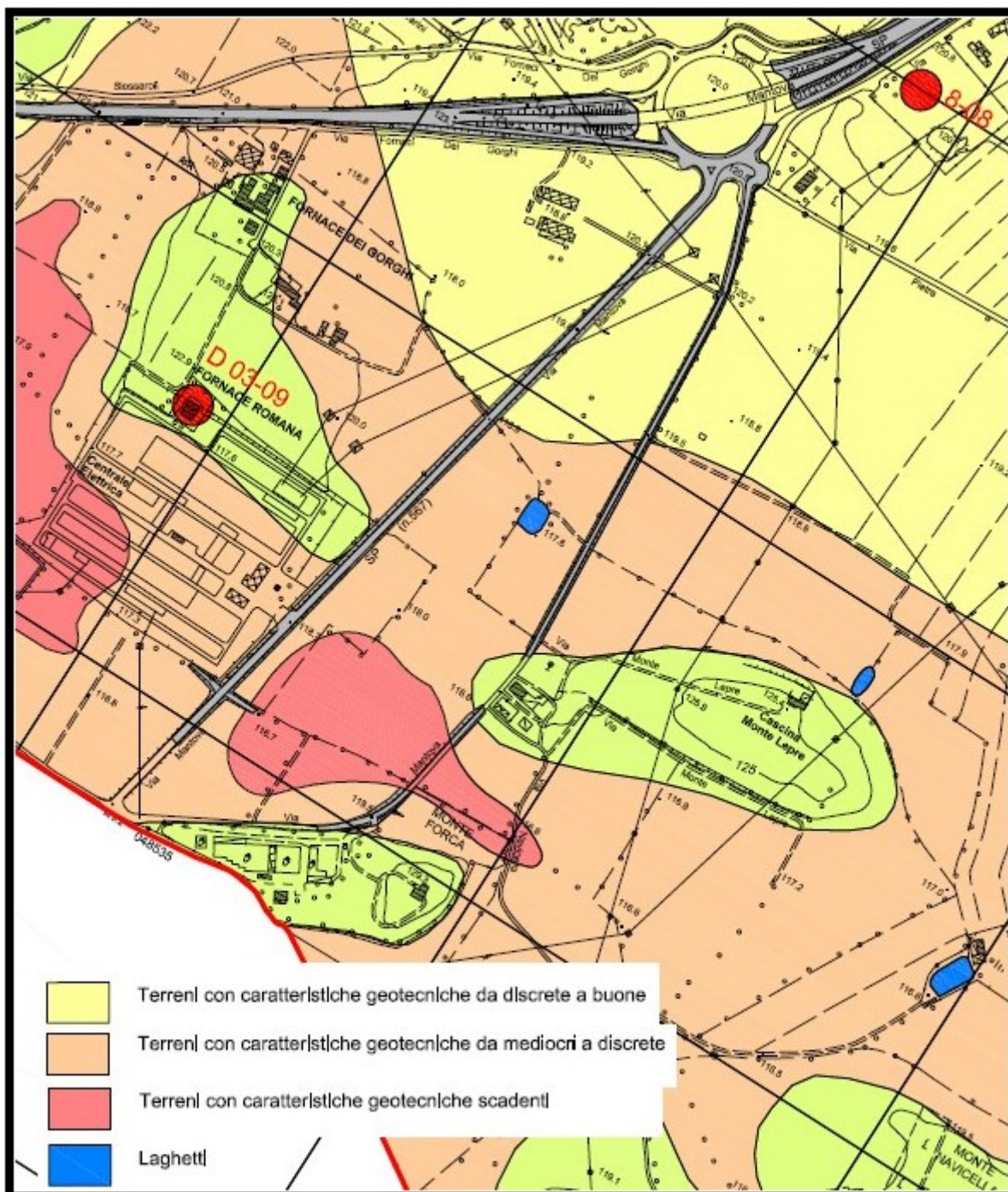


Fig.9 Unità geotecniche territorio comune di Lonato del Garda da PGT

8. SISMICA

Attualmente il territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche in funzione della pericolosità locale, descritta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa alla superficie di un sito rigido di riferimento (a_g). La **zona sismica** per il territorio di Lonato del Garda, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Lombardia n. 14964 del 7.11.2003. è la seguente

Zona sismica 2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
---------------------------	--

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante a_g , che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Allo scopo di verificare la categoria sismica del sottosuolo, là dove la situazione del sito lo ha permesso, è stata condotta una prova MASW. Tale indagine, messa a punto nel 1999 da ricercatori del *Kansas Geological Survey* (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di *Rayleigh*. Il metodo di indagine MASW utilizzato è quello "attivo" (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006):

1) Nel "metodo attivo" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica utilizzata = 3 m) Questo metodo consente di ottenere una curva di dispersione nell'intervallo di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo). L'analisi delle onde superficiali di *Rayleigh* è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 3 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit. Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato

utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico.



Fotografia 9 Sistema di energizzazione



Fotografia 10 Stazione di registrazione

Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di *stacking* . n. 5 stack impostati per ogni array).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 6 m dal primo geofono effettuando due energizzazioni ai vertici opposti dello stendimento ("*Optimum Field Parameters of an MASW Survey*", Park et al., 2005; Dal Moro, 2008, Dal Moro 2012), al fine di stabilire l'orizzontalità o meno degli strati indagati. La strumentazione utilizzata per la prova MASW è un sismografo SUMMIT DMT.

La frequenza di campionamento è stata 0,25 s e la durata di registrazione 2,45 s.

L'indagine con la metodologia MASW consente di ricostruire con un elevato dettaglio l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (V_s -z); i modelli sismici monodimensionali costituiscono infatti la base di partenza per la valutazione degli effetti di amplificazione sismica locale.

I dati sperimentali sono stati trasferiti su PC e interpretati attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione SWAN version 1.4 della ditta Geostudi Astier.

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "*phase velocity-frequency (c-f)*" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di *Rayleigh* presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

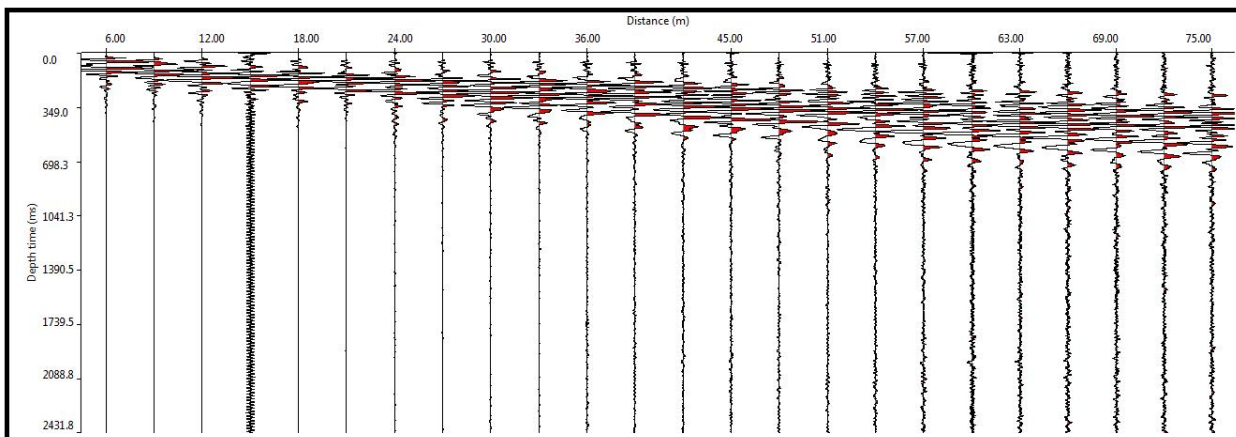


Fig.11 sismogramma

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "*picking*" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "*fitting*" con i valori sperimentali. L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità.

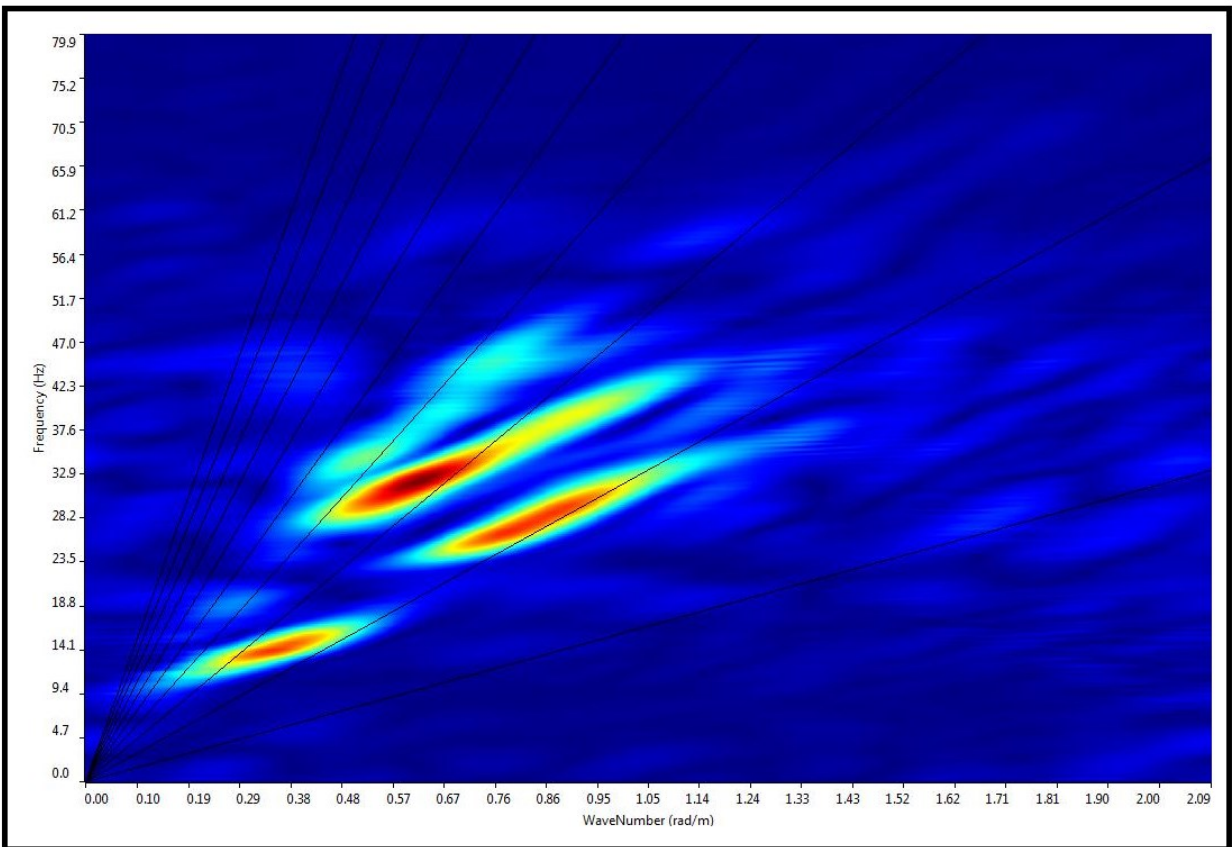


Fig. 12. curva di dispersione FK

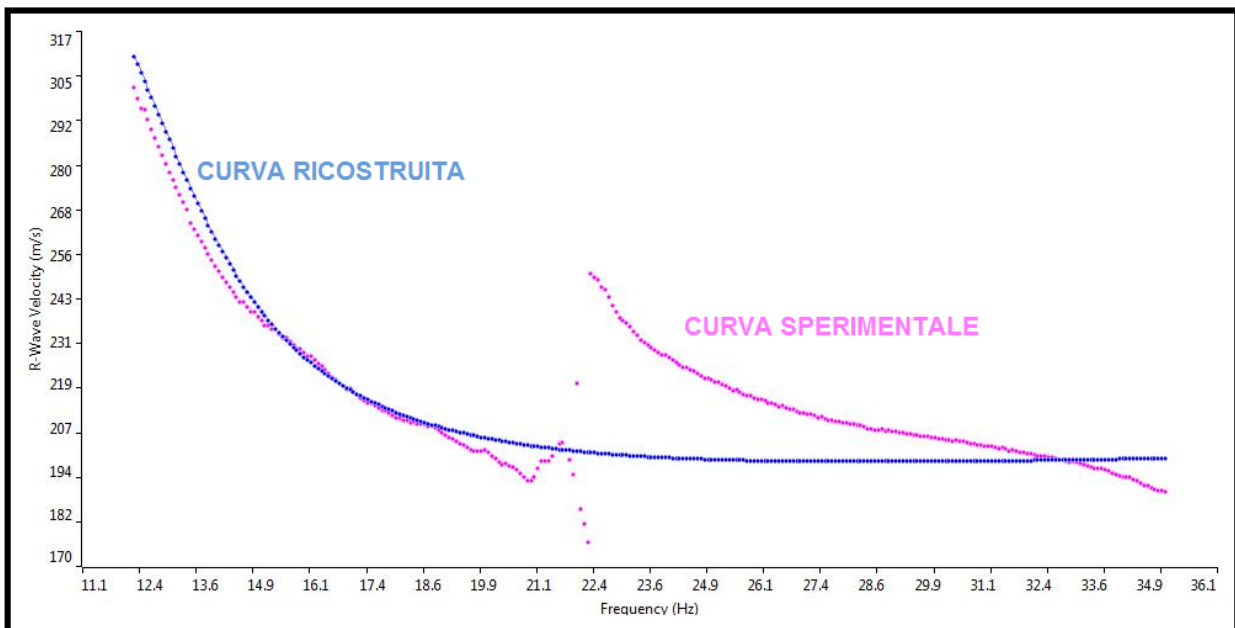


Fig. 13 curva di fitting

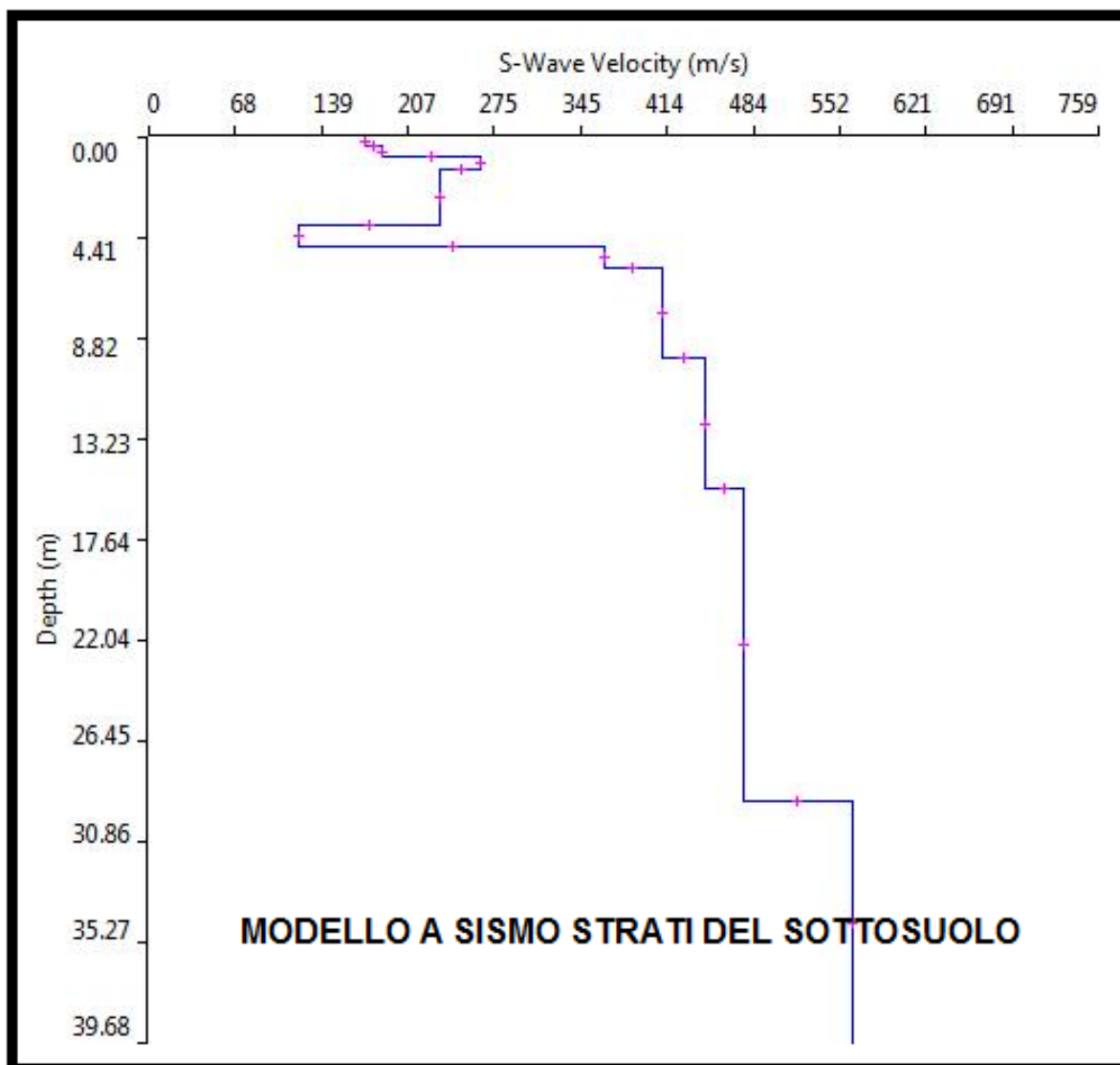


Fig. 14. modello sismico monodimensionale del sottosuolo

Dall'inversione delle curve di dispersione si ottengono i modelli medi di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, ciascuno rappresentativo dell'area investigata.

<i>diretta</i>						
strato n.	Thickness [m]	Depth [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	coef.Poisson	Density [t/mc]
1	0,38	0,00	173,00	258,00	0.333000	1,80
2	0,51	0,38	186,00	346,00	0.333000	1,80
3	0,48	0,00	265,00	372,00	0.333000	1,80
4	2,48	1,37	233,00	530,00	0.333000	1,80
5	0,89	3,85	120,00	466,00	0.333000	1,80
6	1,00	4,74	364,00	240,00	0.333000	1,80
7	3,93	5,74	410,00	727,00	0.333000	1,80
8	5,70	9,67	445,00	819,00	0.333000	1,80
9	13,71	15,37	476,00	889,00	0.333000	1,80
10	INF.	29,09	562,00	951,00	0.333000	1,80
Vs30[m/s]			373			
possibili inversioni di velocità						

La teoria interpretativa del metodo sismico MASW fa riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi il profilo stratigrafico delle onde di

taglio (V_s) ottenuto è da considerarsi un dato mediato, monodimensionale, riferito per convenzione al centro dello stendimento, che non tiene conto di eventuali eterogeneità laterali nelle caratteristiche elasto-dinamiche e della presenza di pendenze significative. Il valore di V_{s30} pertanto, riferito al p.c., è risultato compreso nell'intervallo 373 m/s, valore che pone il sito nella categoria di sottosuolo B secondo il D.M. 17.01.2018.

Categoria sottosuolo	Descrizione	spessore	$V_{s,eq}$ (m/s)	
		m	da	a
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	Qualsiasi	Qualsiasi	≥ 800
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente, compresi fra 360 m/s e 800 m/s.	> 30 m	360	800
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori delle velocità equivalenti compresi fra 180 e 360 m/s.	> 30 m	180	360
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori delle velocità equivalenti compresi fra 100 e 180 m/s.	> 30 m	100	180
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.	Fino a 30 m	D	C

9. VINCOLI DI NATURA GEO-IDROGEOLOGICA GRAVANTI SULL'AREA

Dal punto di vista geologico il PGT attribuisce l'area in esame in parte **alla classe di fattibilità 2**, classe di edificabilità con modeste limitazioni, ed in parte **alla classe 3**, classe di edificabilità con consistenti limitazioni, così definite:

1. **2a - Aree ad alta vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda, non sfruttata ad uso idropotabile).** *In questa sottoclasse si riconosce una limitazione alla modifica delle destinazioni d'uso correlata alla vulnerabilità degli acquiferi. Sono consentite tutte le tipologie di intervento. La loro realizzazione è in ogni caso subordinata ad uno studio idrogeologico che accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee, valutando il possibile impatto sulle acque sotterranee, e che preveda, se necessario, l'adozione di accorgimenti in grado di tutelare la falda acquifera e di sistemi di controllo.*

2. **3c - Area con terreni aventi caratteristiche geotecniche scadenti.** *La presenza in superficie di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti (depositi di piana intermorenica, depositi torbosi e materiali di riporto) associata talora a fenomeni di circolazione idrica a scarsa profondità dal p.c. può comportare l'utilizzo di opere di fondazione speciali o tecniche di consolidamento. Sono consentiti:*

- opere di urbanizzazione e reti tecnologiche
- interventi di rimodellamento del terreno
- interventi di viabilità privata e pubblica
- nuove edificazioni
- interventi di ricostruzione
- ampliamenti in planimetria ed in elevazione
- attività produttive

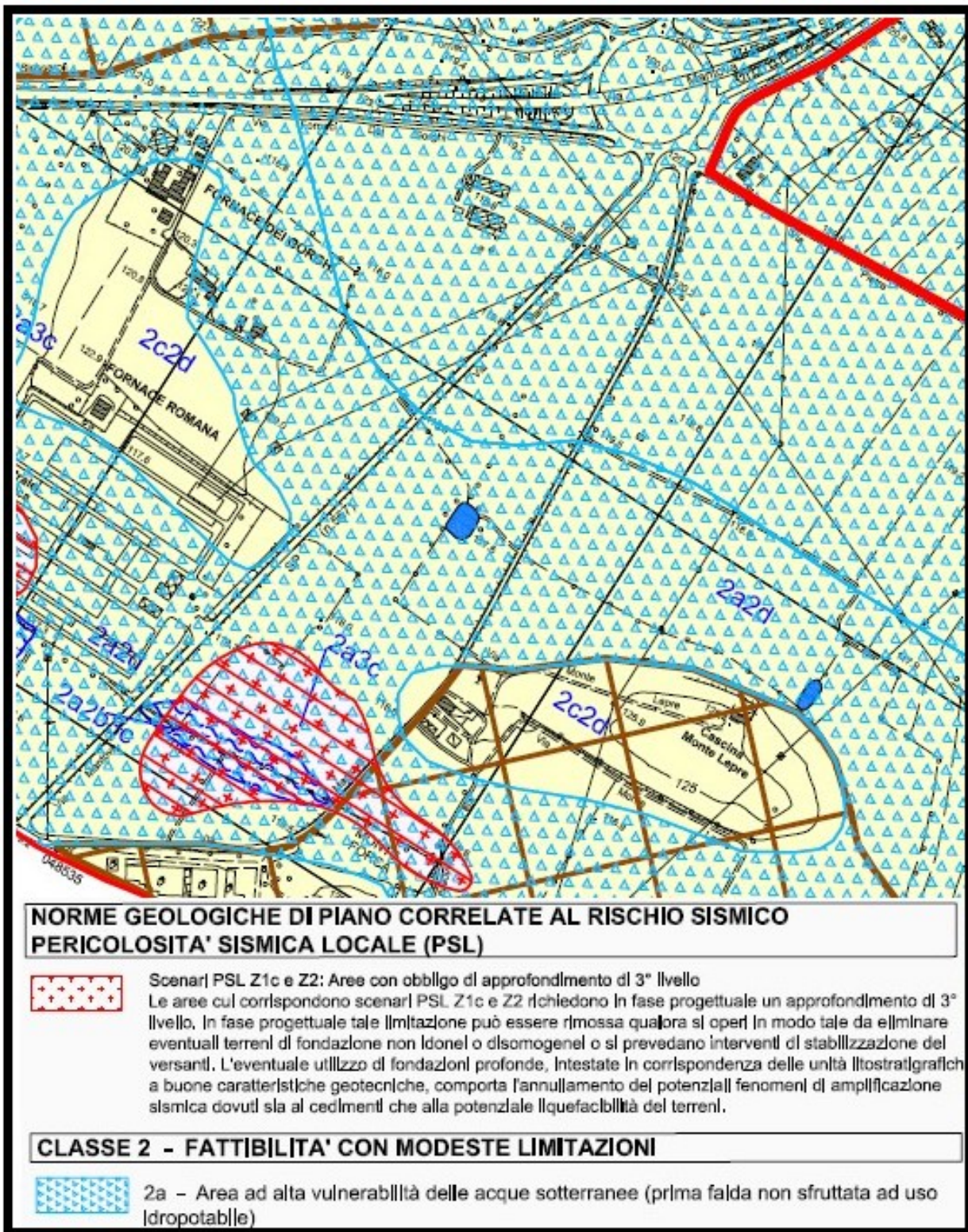


Fig.15. classe di fattibilità geologica da PGT

La realizzazione di ogni intervento è in ogni caso subordinata alla predisposizione di una relazione geologica eseguita ai sensi del D.M.LL.PP. 14/01/2008, supportata da indagini geognostiche mediante prove in situ (sondaggi, prove penetrometriche dinamiche standard o statiche, indagini sismostratigrafiche, ecc.) e/o in laboratorio su campioni di terreno. Lo studio geologico dovrà valutare la compatibilità dell'intervento con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area, con particolare attenzione alla definizione delle caratteristiche geotecniche e dello spessore dei depositi a caratteristiche scadenti e/o dei materiali di riporto presenti. al fine di valutare in fase progettuale le problematiche realizzative e la necessità di utilizzare opere di fondazioni profonde (pali, micropali, ecc.). Si ritiene, quindi, opportuno che le

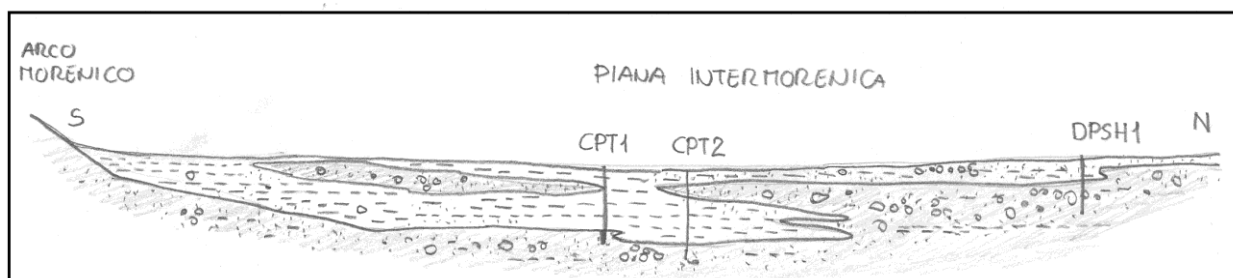
indagini comprendano almeno un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alle unità a buone caratteristiche geotecniche, eventualmente attrezzato a piezometro per la verifica della presenza di fenomeni di circolazione d'acqua. Poiché a questa classe sono frequentemente associati potenziali fenomeni di amplificazione sismica correlati alla litologia e/o a fenomeni di cedimento e/o liquefazione dei terreni (vedi Normative inerenti il Rischio Sismico), si ritiene opportuno che siano eseguite indagini sismiche in situ, per la definizione del profilo sismostratigrafico dei terreni e della Categoria di Sottosuolo. Si sottolinea che l'utilizzo di fondazioni profonde comporta l'annullamento dei potenziali fenomeni di amplificazione correlati a cedimenti e/o liquefazione.

10. CONCLUSIONI: MODELLO GEOLOGICO - IPOTESI DI MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

Mediante l'interpretazione di dati reperiti in letteratura e sulla base dei risultati ottenuti con le prove eseguite è stata costruita una modellazione geologica dell'area dell'Ambito di Trasformazione 13 inserito nel PGT del comune di Lonato del Garda (BS).

La valutazione congiunta delle indagini geoelettriche e penetrometriche mette in evidenza i seguenti aspetti:

- è identificata la presenza di all'interno dell'area in esame di un materasso a comportamento granulare costituito da un litotipo ben addensato (sabbia con o senza ghiaia) posto a profondità variabile. Il tetto è individuabile tra 8 e 15 m da pc (settore mediano): non è chiaro come si sviluppi in direzione WE ma pare risalire da 9 m fino a poco più di 6 m di profondità procedendo da W verso E



- L'area è caratterizzata dal punto di vista geomeccanico da una formazione a prevalente matrice fine che ingloba una frazione granulare significativa. Trattasi di un limo sabbio-argilloso poco addensato a componente coesiva importante ($> 50\%$). Le indagini in situ hanno permesso di evidenziare la presenza di tale strato anche nel settore nord dell'area, al di sotto di un orizzonte superficiale di circa 2 metri di sabbia addensata con ciottoli
- Le transizioni litologiche sembrano essere caratterizzate da limiti eteropici piuttosto complessi. Questa variabilità si traduce nella definizione di un modello geologico del sottosuolo alla scala dell'intera area piuttosto aleatorio. Risulta più vicino alla realtà la caratterizzazione per settori (sud-mediano-nord-est)
- È confermata la bassa soggiacenza della falda rispetto al piano campagna (circa 1 m di profondità in periodo autunnale)
- il quarto stendimento elettrico AE_4 evidenzia un'area anomala dal punto di vista della resistività apparente del sottosuolo nella porzione settentrionale della linea, che associata ad analoga situazione riscontrata nello stendimento elettrico AE_3 definisce un lineamento. Tale area ricade in una zona di alto morfologico del sito e data l'estensione (≥ 25 m in direzione NS) potrebbe essere legata a presenza di lenti di

materiale granulare grossolano o a cumuli di origine antropica dello stesso materiale a seguito di escavazione

- non sono evidenti fenomeni geomorfologici attivi
- la categoria sismica di sottosuolo verificata nella zona litologicamente più scadente è la B

(**) In considerazione della elevata variabilità dei dati litostratigrafici e del fatto che una porzione dell'area non è stata indagata, oltre al fatto che mancano informazioni esecutive sulla nuova struttura logistica, è possibile alla data odierna formulare solo una ipotesi di modello geologico tecnico preliminare dell'area, **da sottoporre a verifica con prove localizzate sul sedime d'intervento** quando saranno stabilite le caratteristiche strutturali definitive del nuovo edificio.

Si consigliano allo scopo almeno n. 5 CPTU e indagini geofisiche aggiuntive quali HVSR e sismica a rifrazione.

MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE (**)

Da m: a m:	descrizione litologica	Φ (°)	Cu (kPa)	γ_{nat} (t/m ³)	Dr (%)	E_{γ}/M_o (kg/cm ²)
0,4/1,0÷2,0/2,5	SG <i>Sabbia e ghiaia</i>	30	-	1,85	70	100
2,0/2,5÷6,5/9,5	LSA <i>Limo argillo sabbioso</i>	-	50	1,90	-	50
6,5/9,5 ÷ 9/11	SG <i>Sabbia ghiaia</i>	33	-	2,00	90	300



Sarginesco (MN), li 5/10/2021

ALLEGATI

N

S

(sprofittata)

(sprofittate)

DPSH1

DPSH2

CPT2

CPT1

CPT3

CPT4

AREA NON
INDAGATA

possibili eteropie

possibili eteropie

limo e argilla

sabbia e ghiaia

1 -m

2 -m

3 -m

?

7 -m

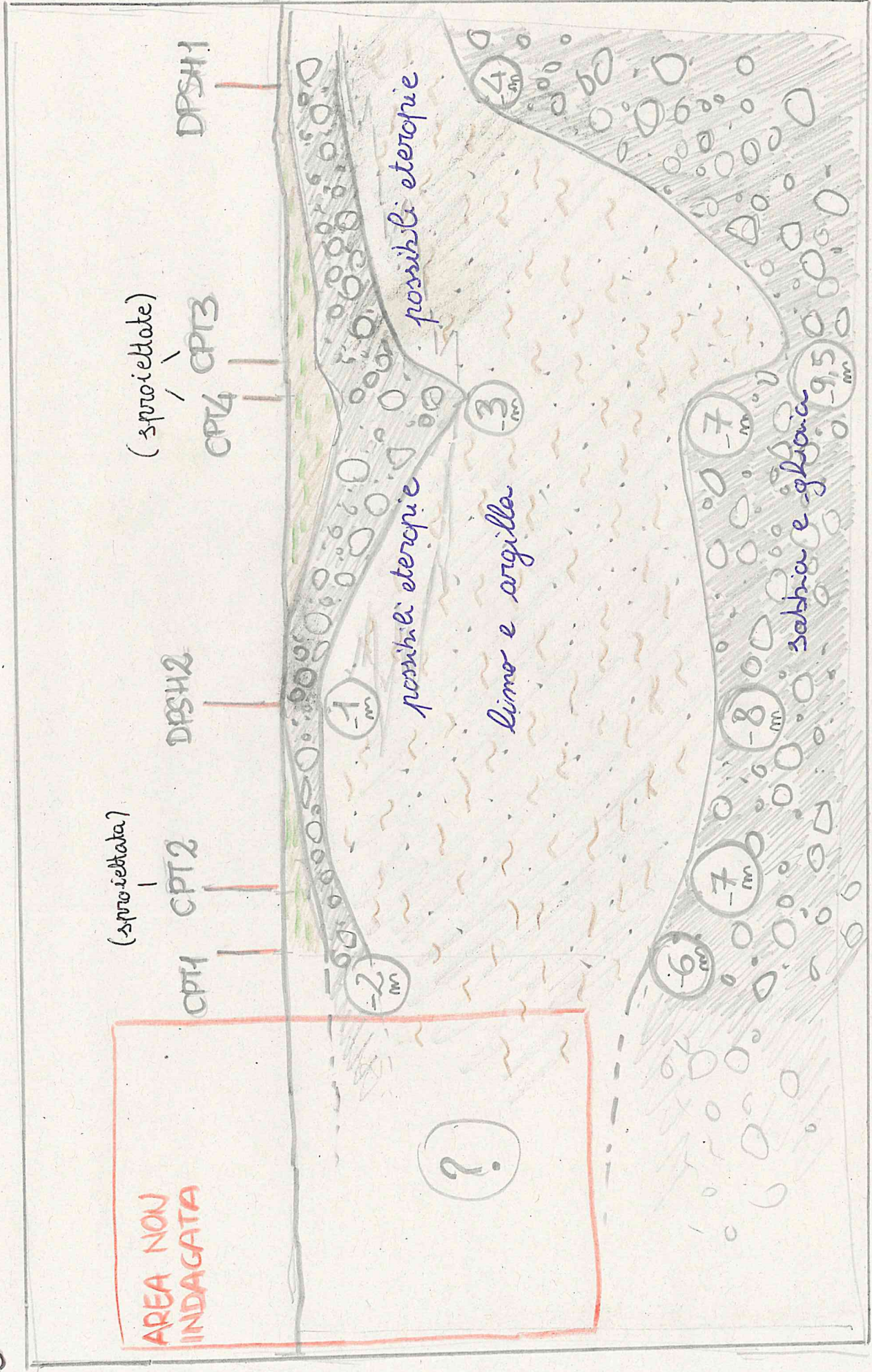
8 -m

6 -m

7 -m

9,5 -m

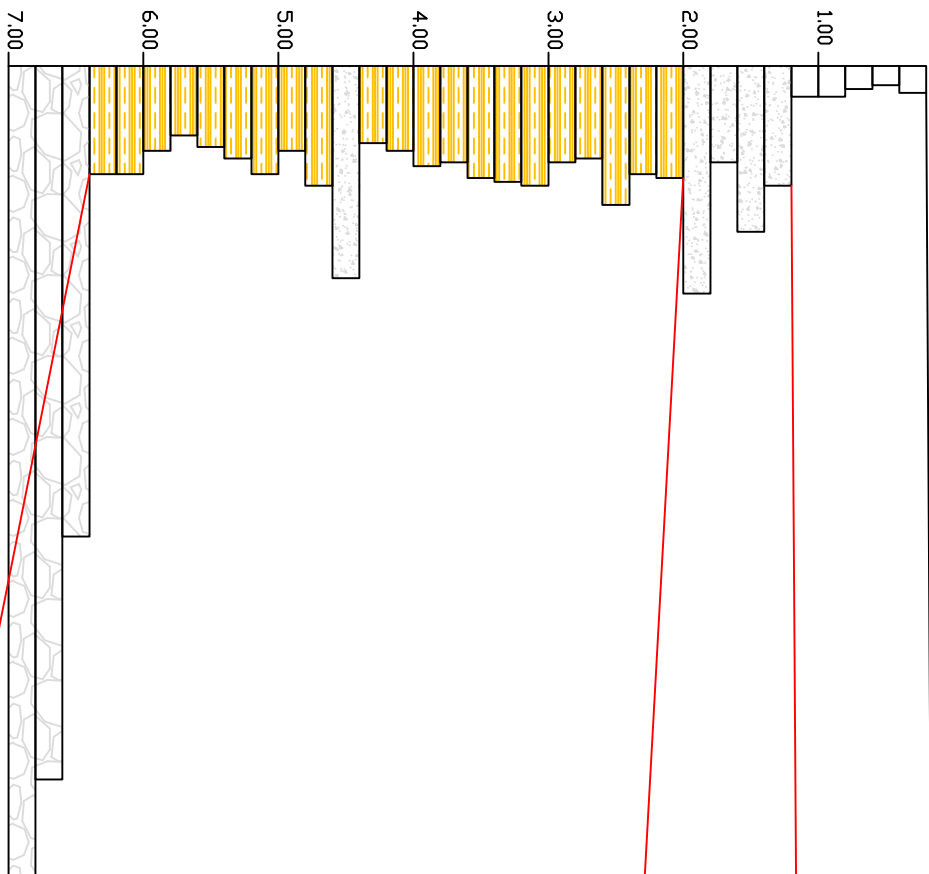
4 -m



SEZIONE S-N

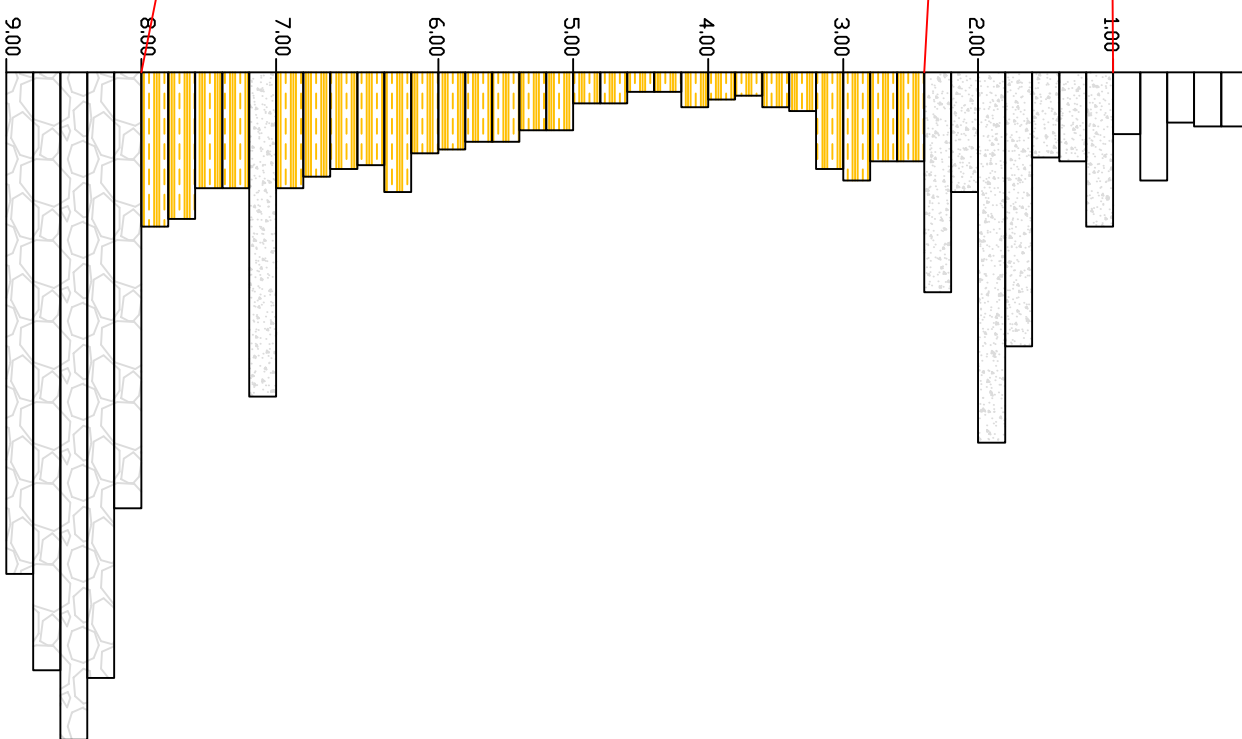
CPT1

0.00_



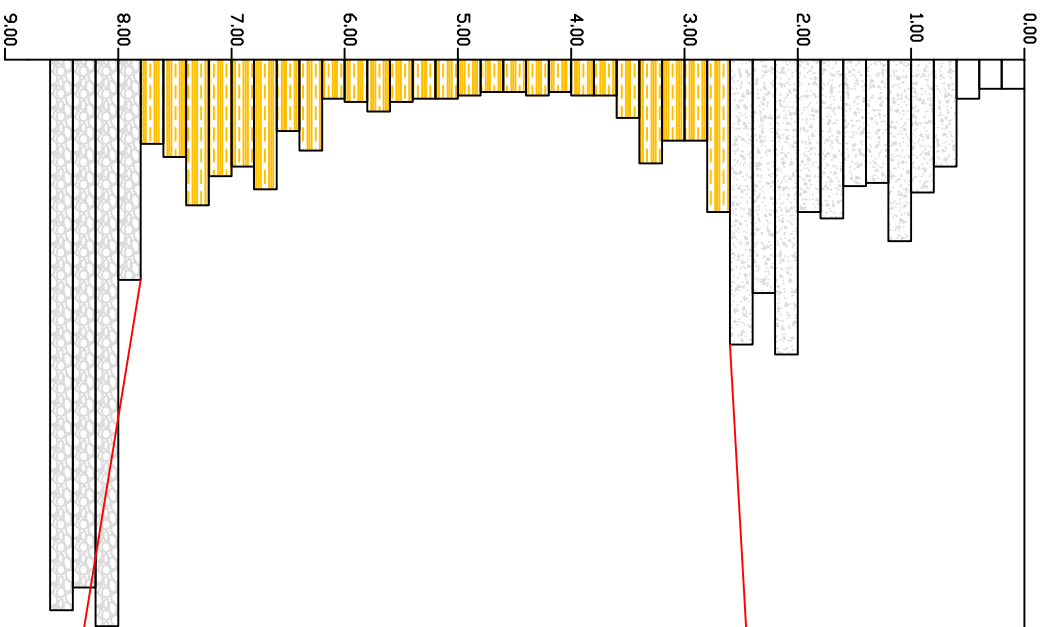
CPT4

0.00

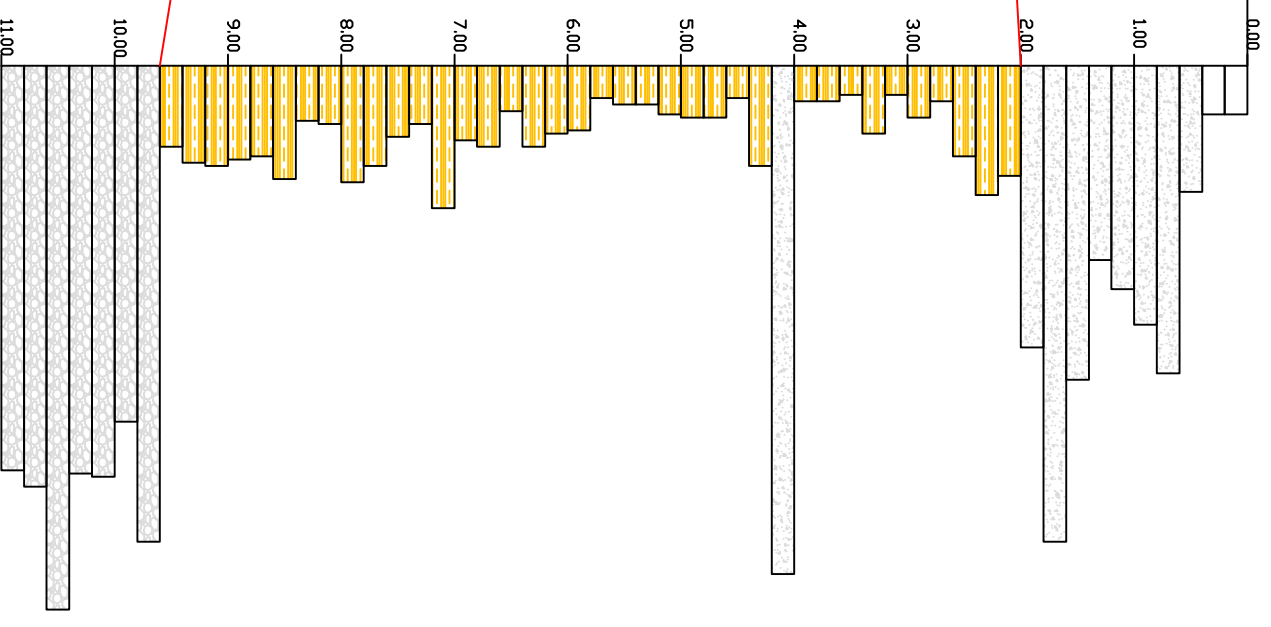


SEZIONE S-N

CPT2

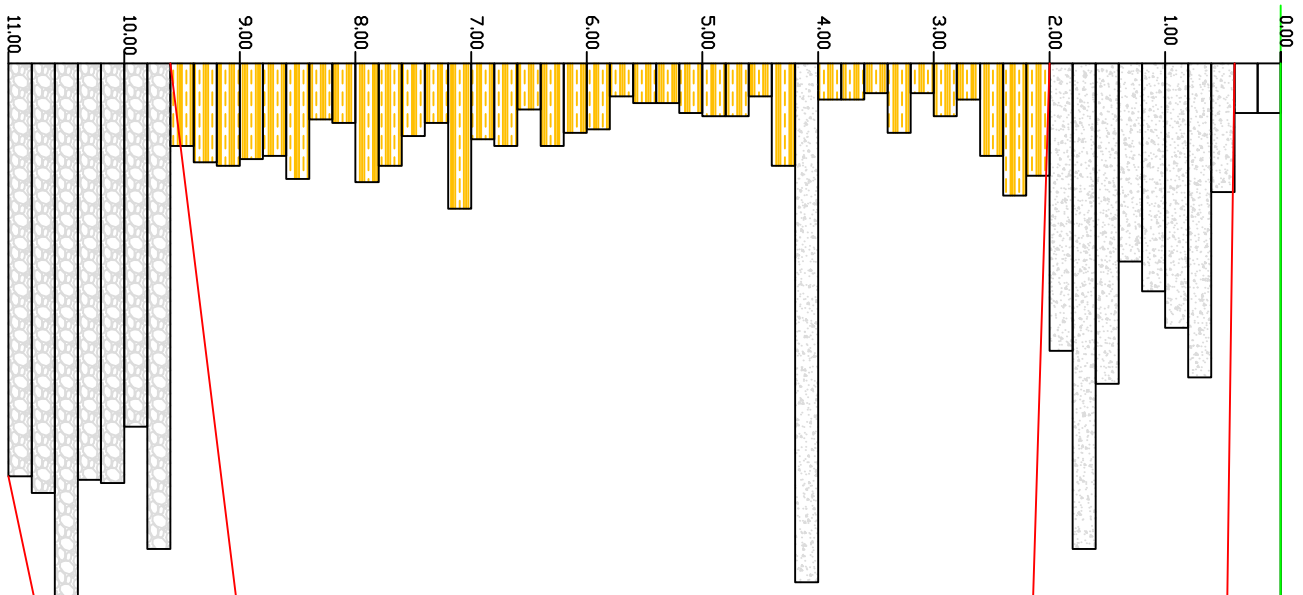


CPT3

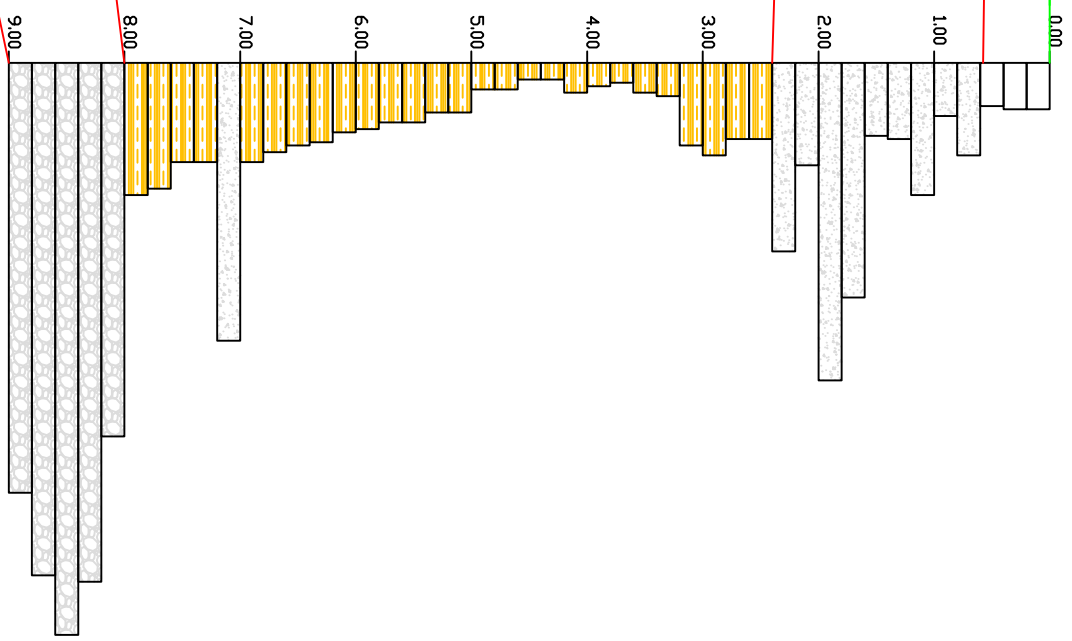


SEZIONE WNW-ESE

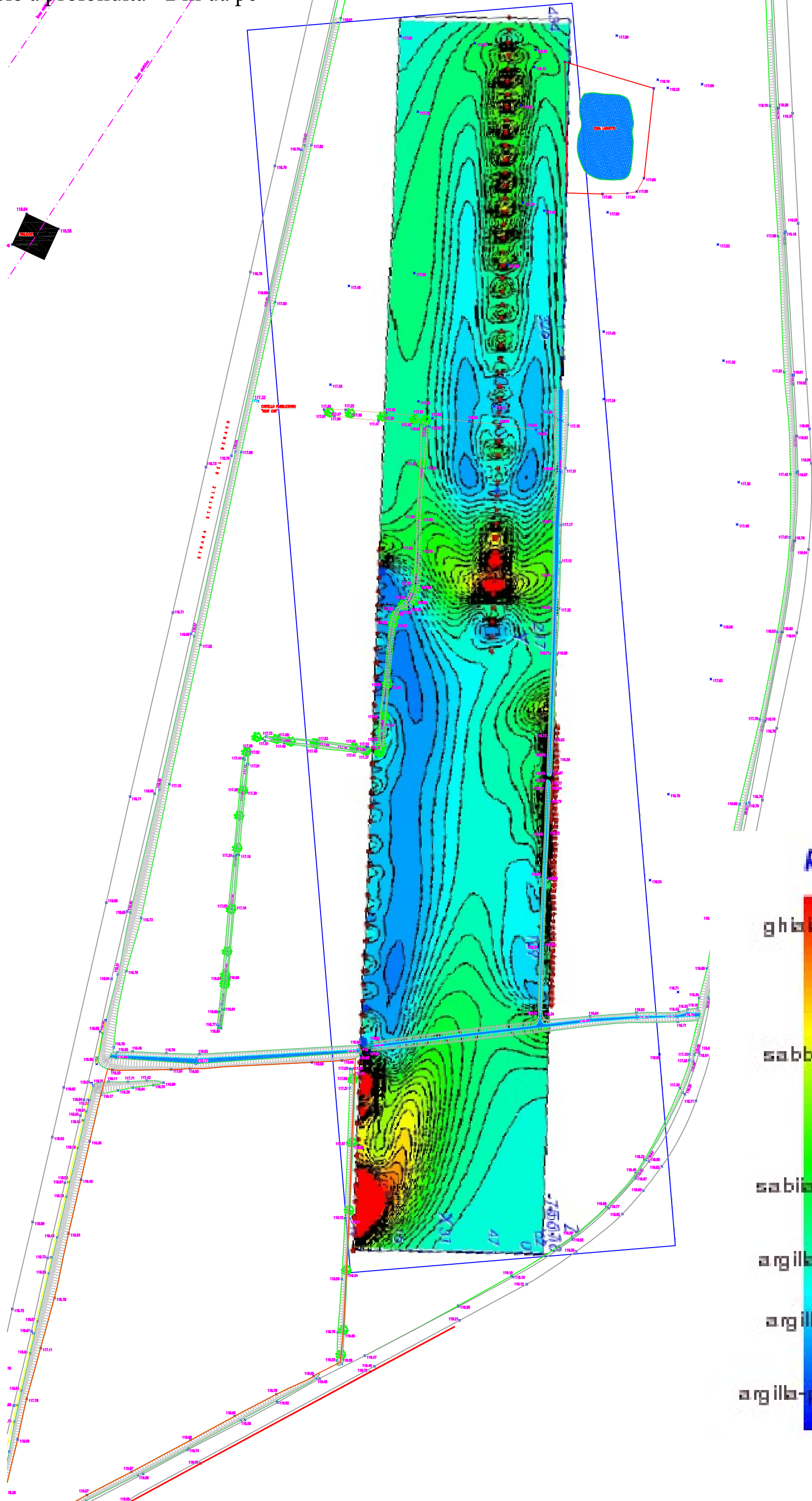
CPT3



CPT4



sottosuolo a profondità - 2 m da pc



Resistivity

150.

ghiaia-sabbia

115.

sabbia-ghiaia

80.0

sabbia in falda

argilla sabbia

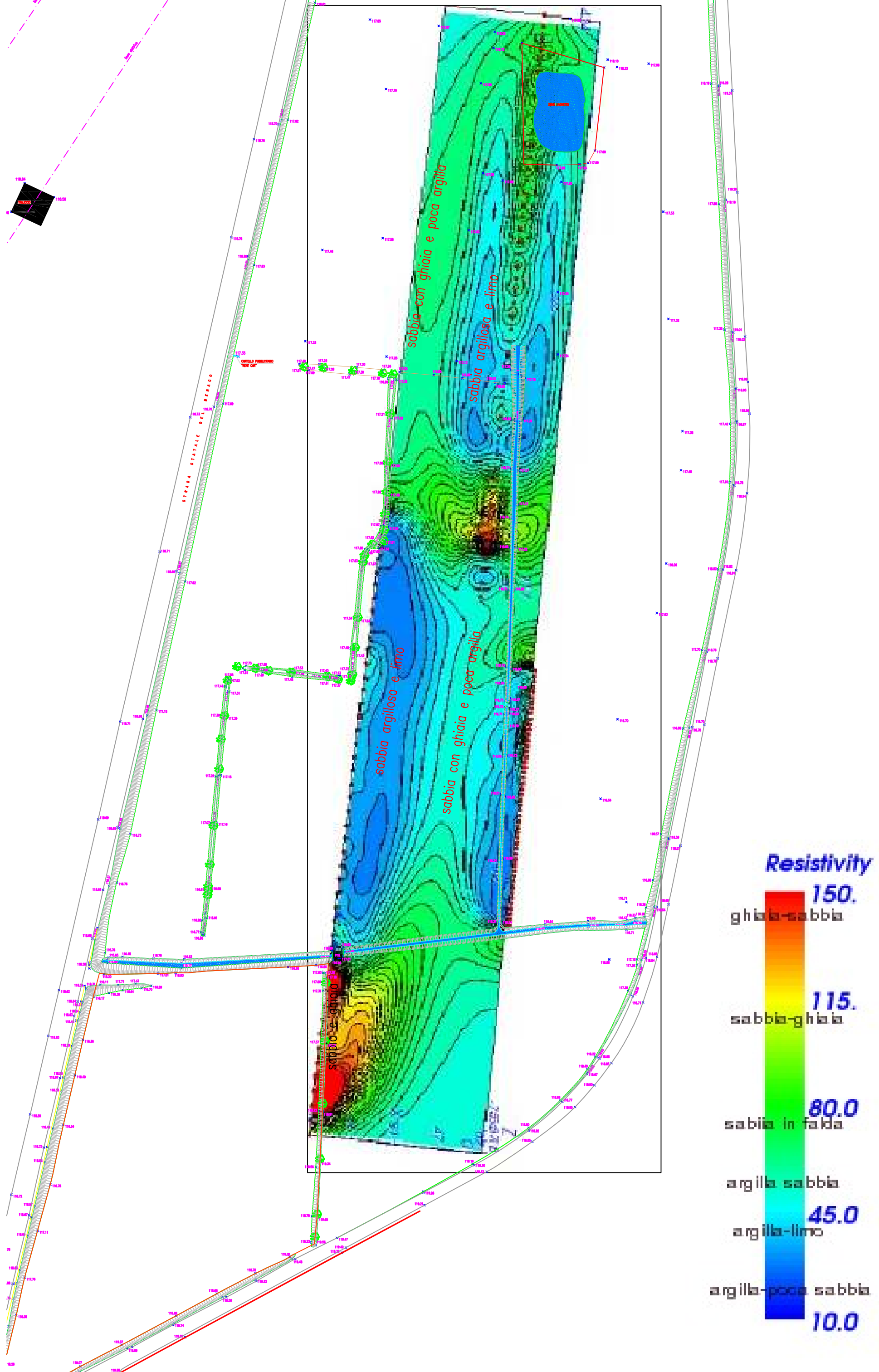
45.0

argilla-limo

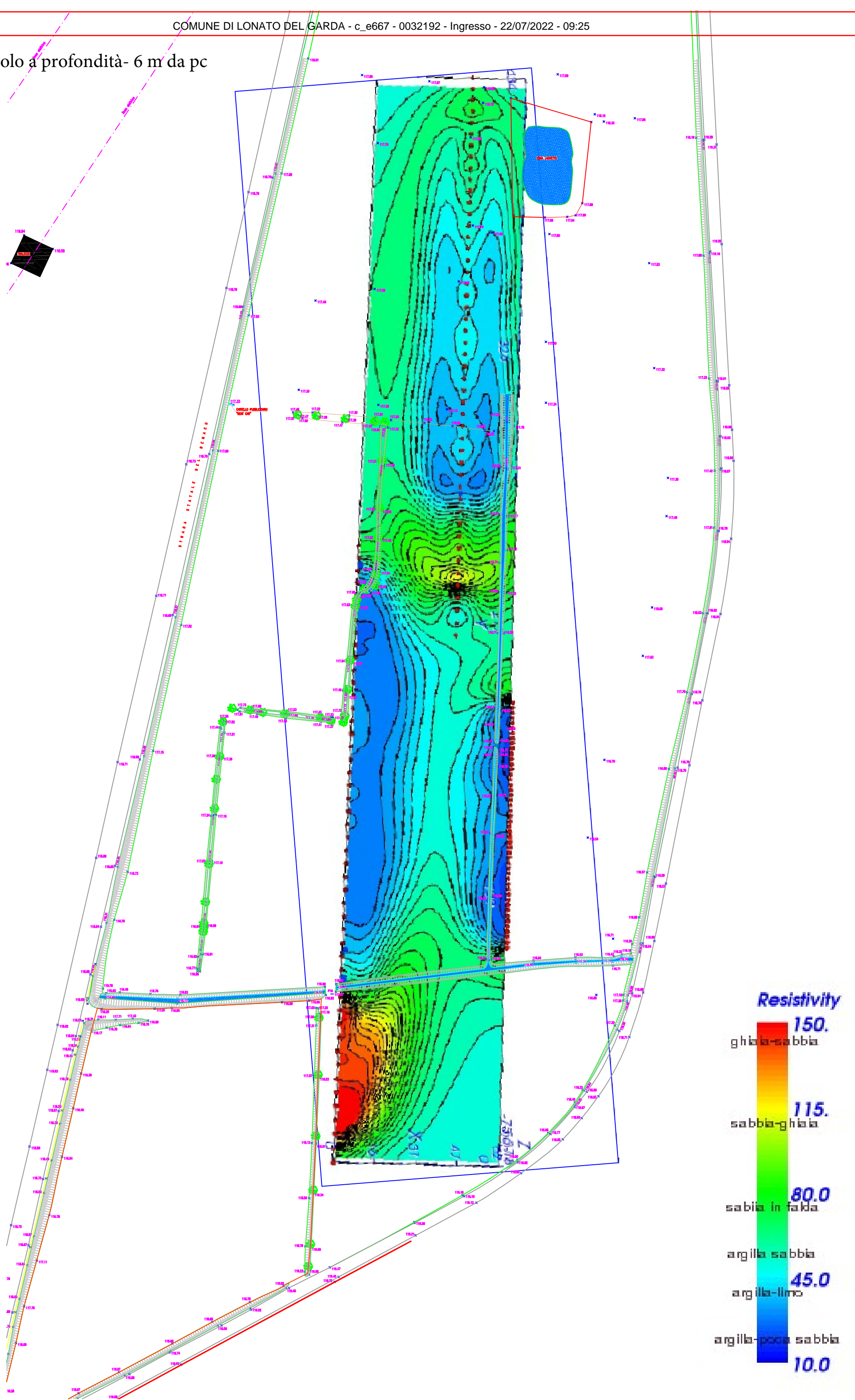
argilla-poca sabbia

10.0

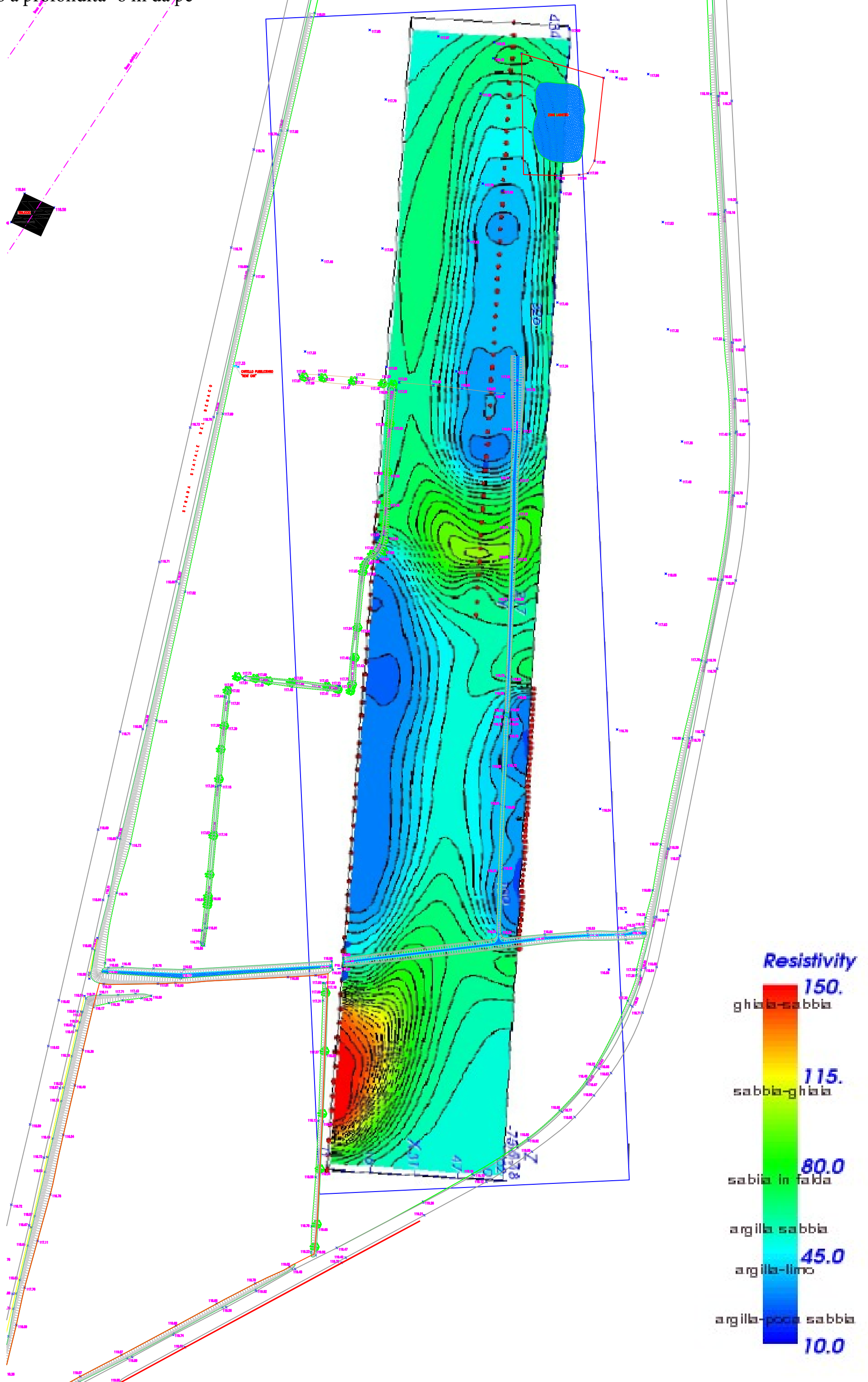
situazione del sottosuolo a circa - 4 m da pc attuale



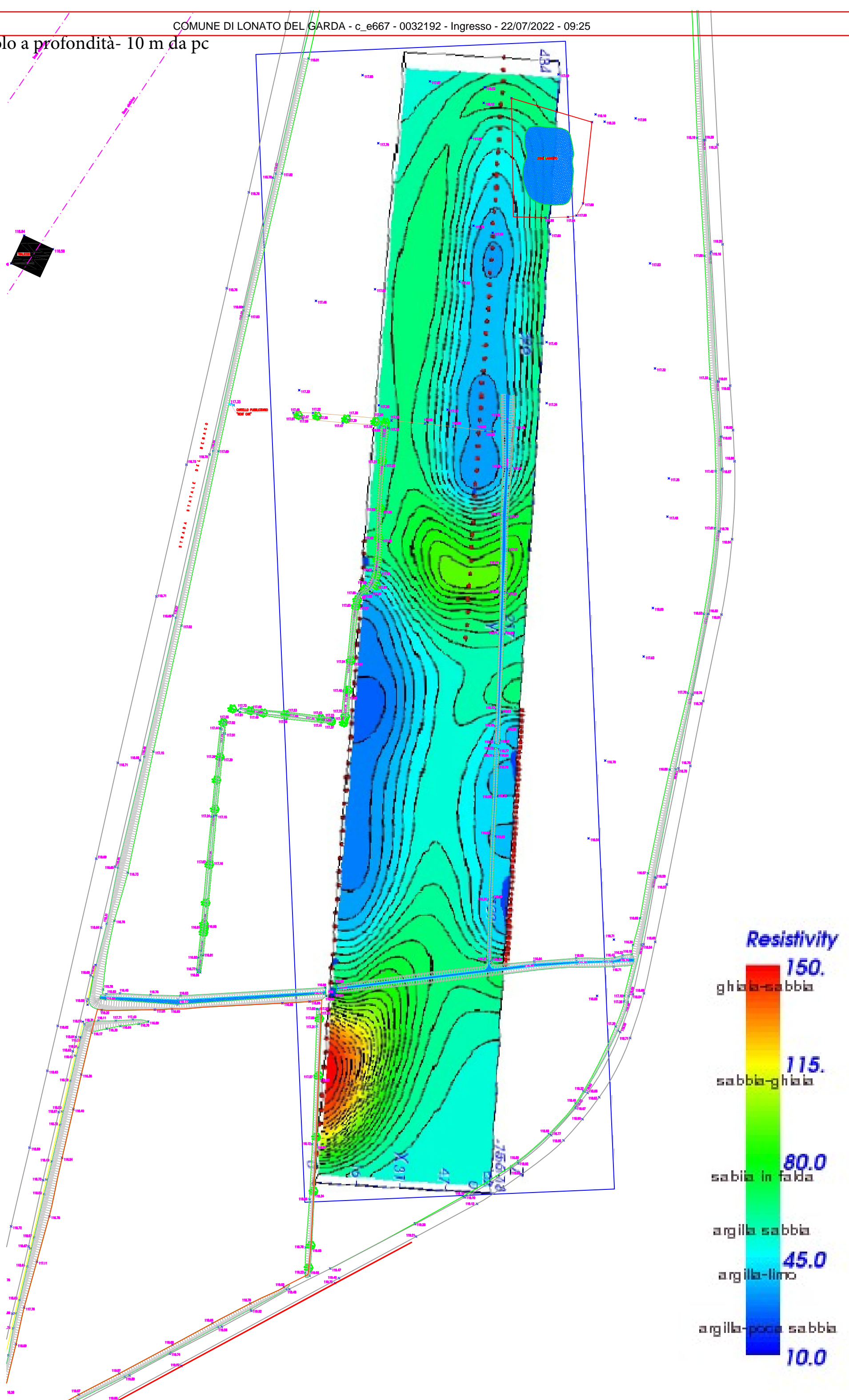
sottosuolo a profondità- 6 m da pc



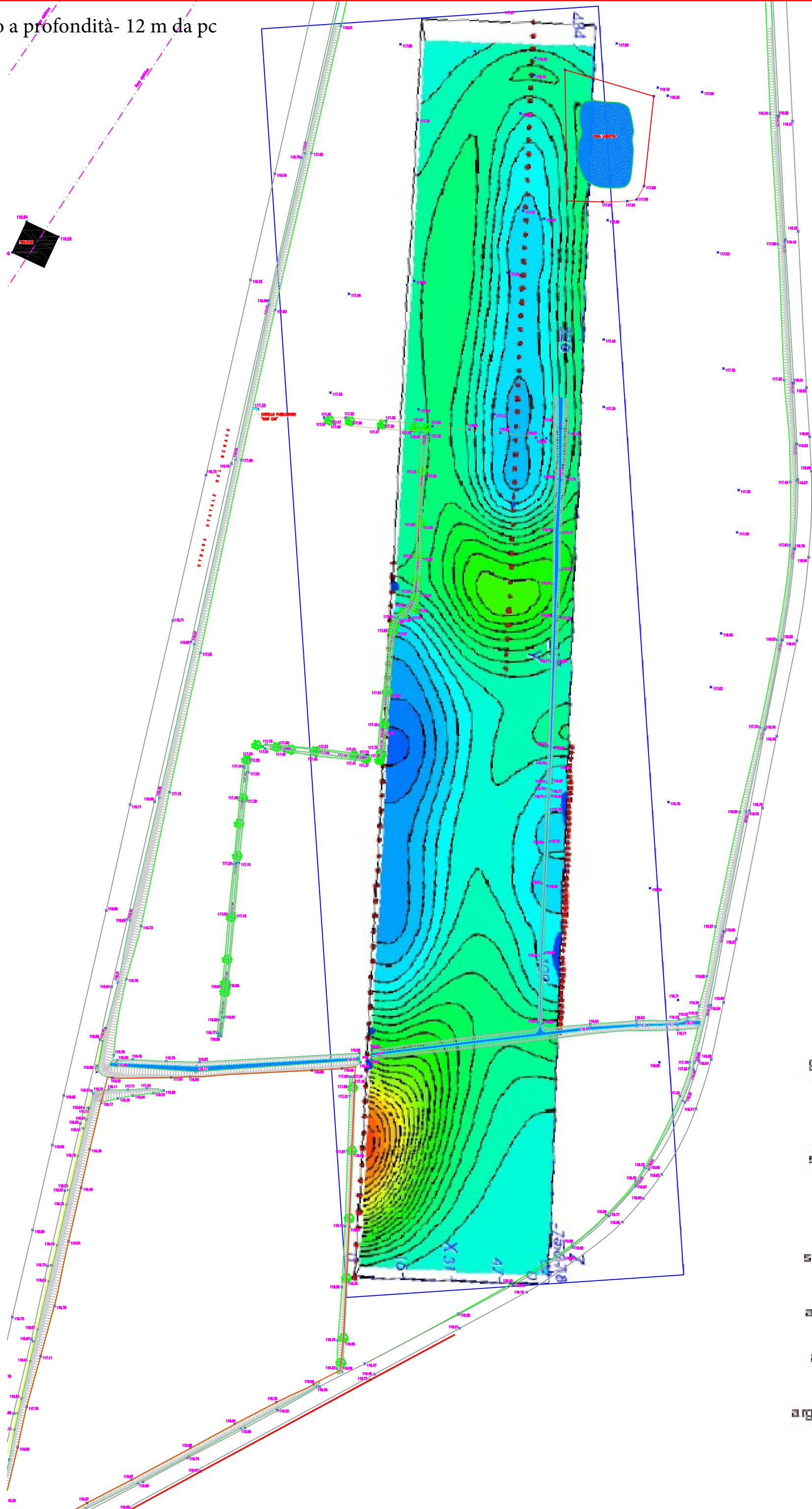
sottosuolo a profondità- 8 m da pc



sottosuolo a profondità- 10 m da pc



sottosuolo a profondità- 12 m da pc

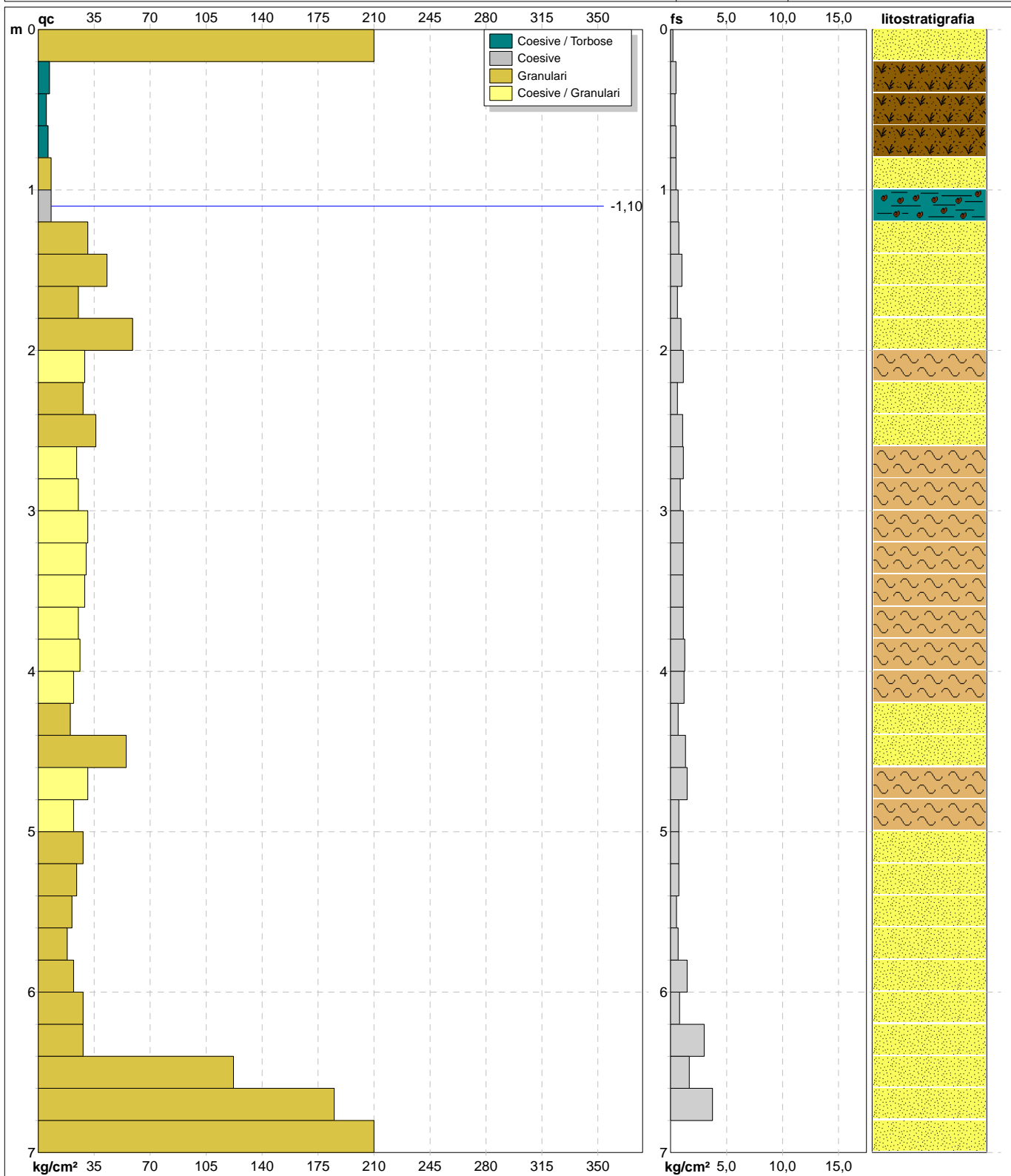




PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	013-2014
certificato n°	
n° verb. accett.	

Committente:		U.M.: kg/cm²	Data esec.: 31/07/2014
Cantiere: AT13-Via Mantova		Scala: 1:35	Data certificato: 31/07/2014
Località: Lonato		Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: -1,10 m da p.c.



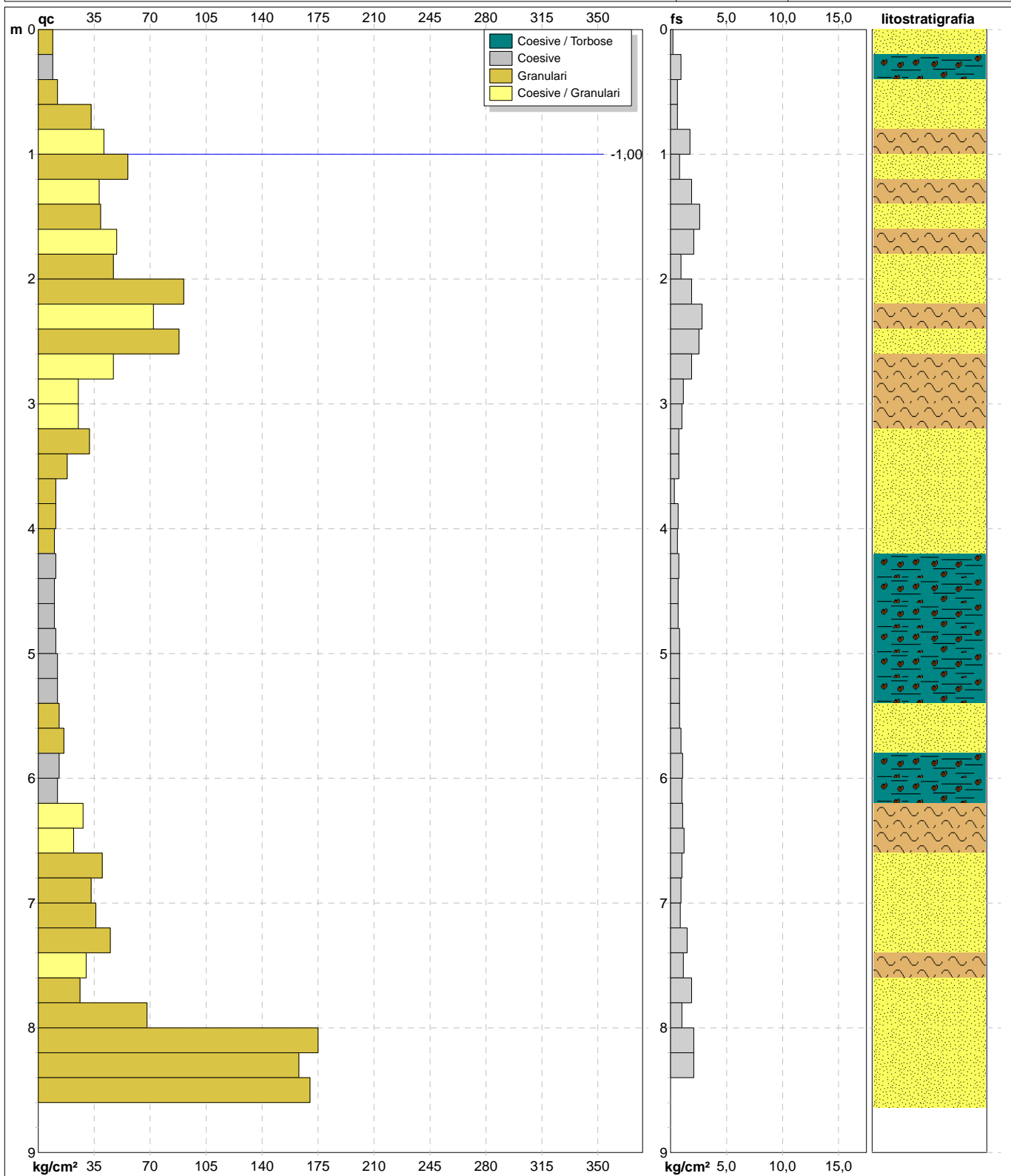
Litologia:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo:	m
Penetrometro:	TG63-200S	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:		Cod.ISTAT:	020017
Assistente:		Cod. punta:	



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	2
riferimento	013-2014
certificato n°	
n° verb. accett.	

Committente:		U.M.: kg/cm²	Data esec.: 31/07/2014
Cantiere: AT13-Via Mantova		Scala: 1:45	Data certificato: 31/07/2014
Località: Lonato		Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: -1,00 m da p.c.



Litologia:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo:	m
Penetrometro:	TG63-200S	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:		Cod.ISTAT:	020017
Assistente:		Cod. punta:	



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN

3

riferimento **013-2014**

certificato n°

n° verb. accett.

Committente:

Cantiere: **AT13-Via Mantova**

Località: **Lonato**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:45**

Pagina: **1**

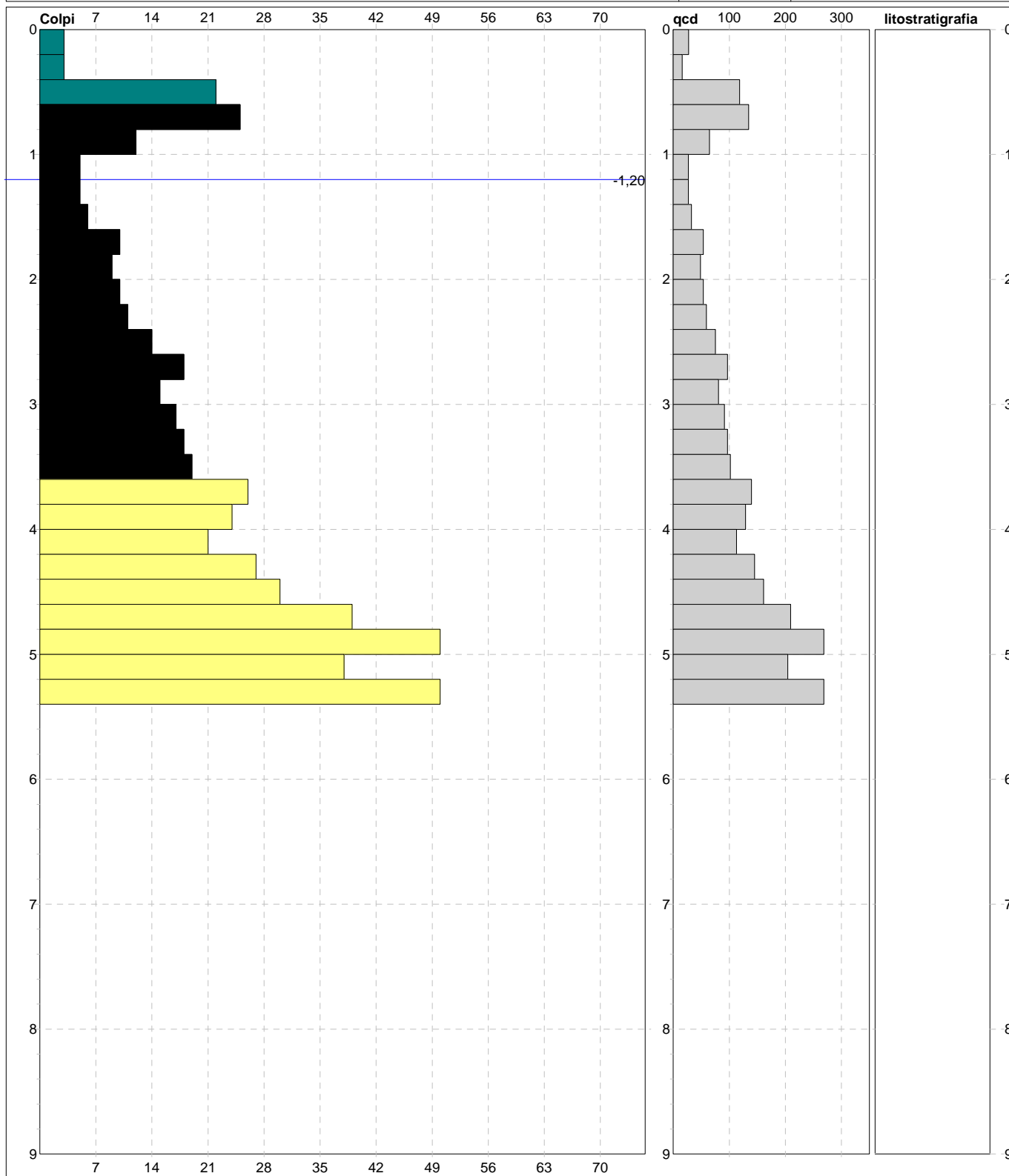
Elaborato:

Data esec.: **31/07/2014**

Data certificato: **31/07/2014**

Quota ass.:

Falda: **-1,20 m** da p.c.



Penetrometro: DPSH73
Massa battente: 73,00 m
Altezza caduta: 0,75 m
Avanzamento: 0,30 m

Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
Responsabile:
Assistente:

Preforo: m
Corr.astine: kg/ml
Cod.ISTAT: 0



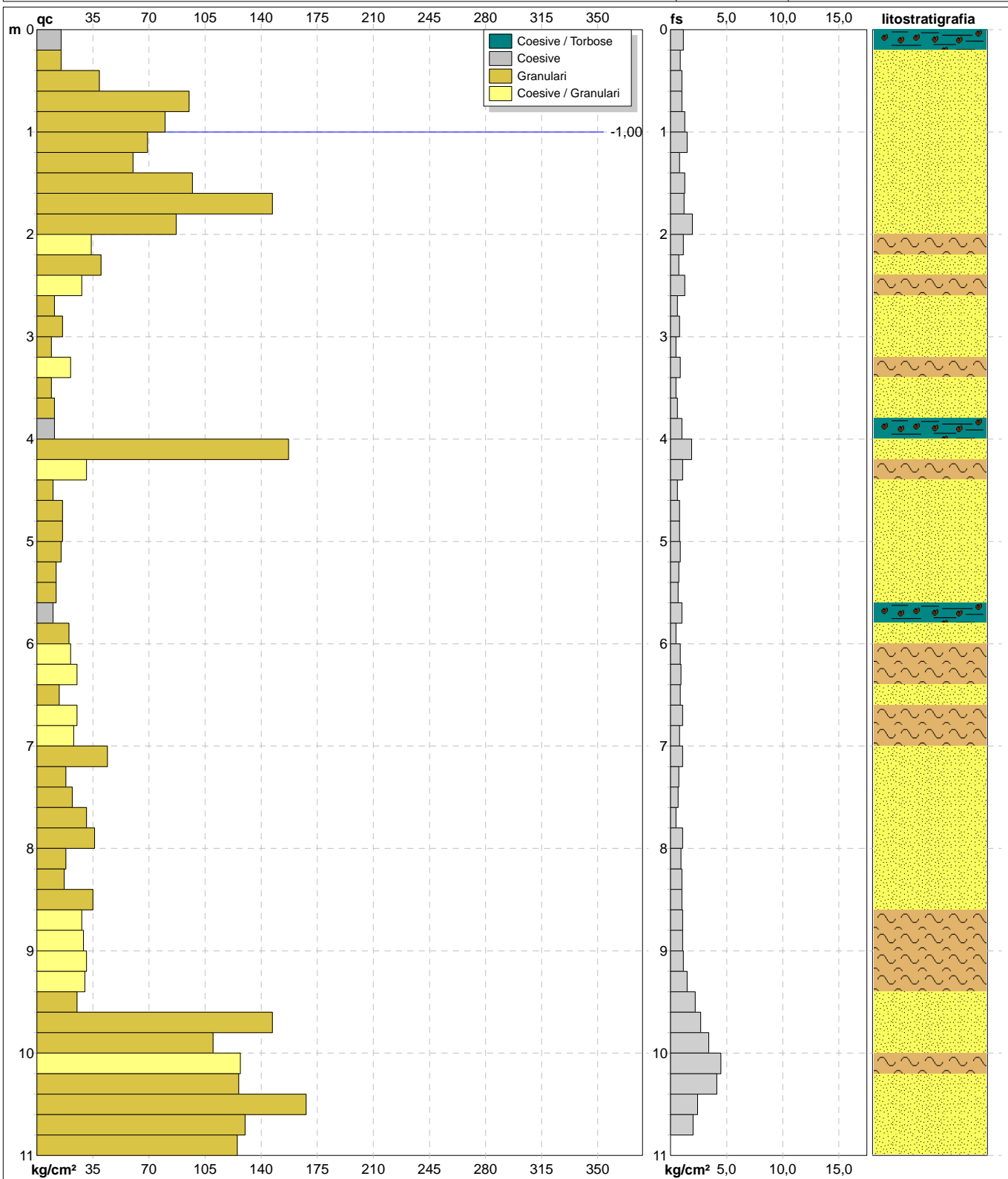
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	3
riferimento	014-2014
certificato n°	
n° verb. accett.	

Committente: **Studio Squassabia MN**
Cantiere:
Località: **Lonato**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: 14/10/2014
Scala: 1:55 Data certificato: 14/10/2014
Pagina: 1 Quota inizio:
Elaborato: Falda: -1,40 m da p.c.



Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
Penetrometro: SP200
Responsabile:
Assistente:

Preforo: m
Corr.astine: kg/ml
Cod.ISTAT: 017092
Cod. punta:

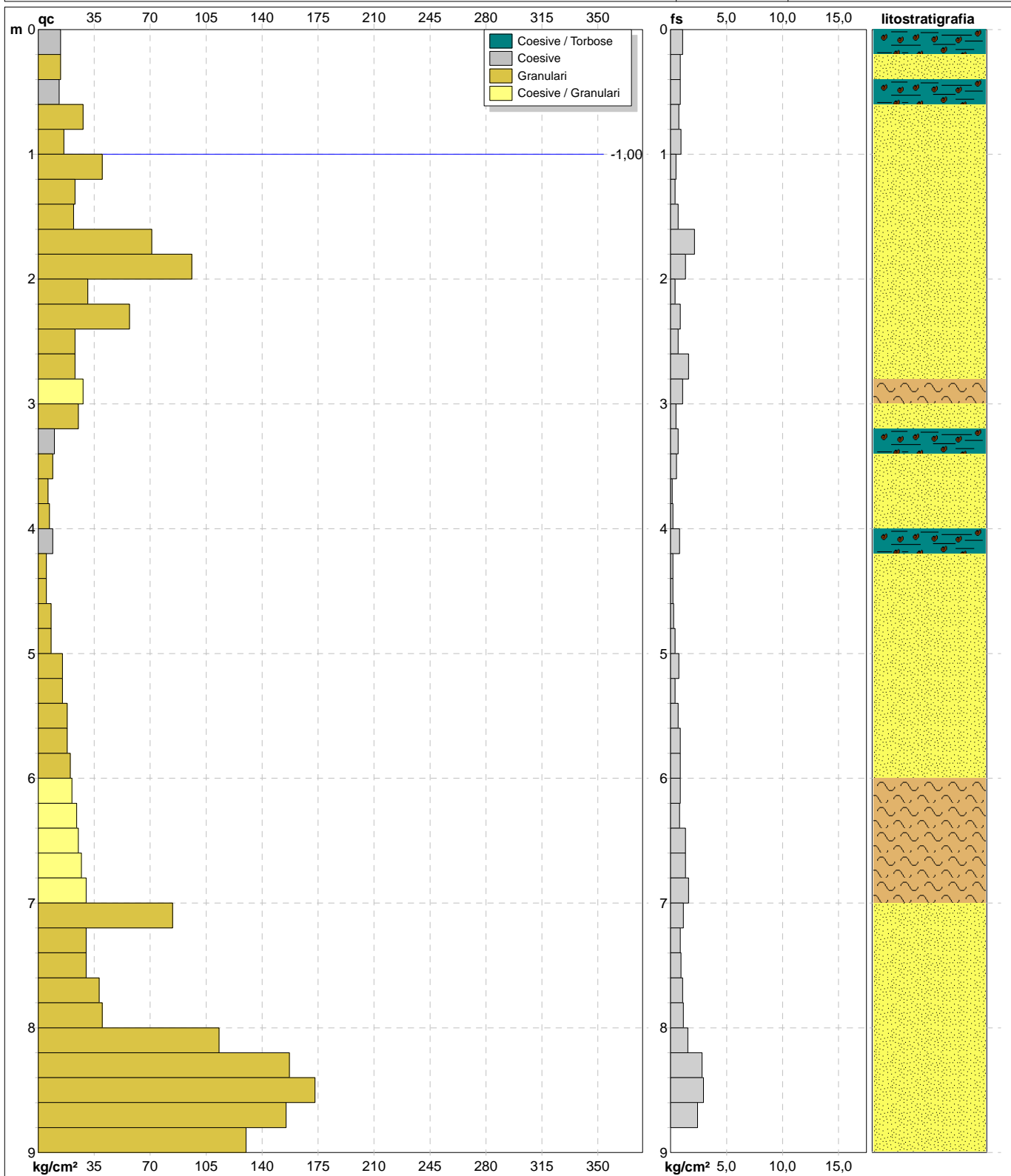


PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	4
riferimento	014-2014
certificato n°	
n° verb. accett.	

Committente: **Studio Squassabia MN**
 Cantiere:
 Località: **Lonato**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: 14/10/2014
 Scala: 1:45 Data certificato: 14/10/2014
 Pagina: 1 Quota inizio:
 Elaborato: Falda: -1,00 m da p.c.



Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
 Penetrometro: SP200
 Responsabile:
 Assistente:

Preforo: m
 Corr.astine: kg/ml
 Cod.ISTAT: 017092
 Cod. punta:



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN

2

riferimento **014-2014**

certificato n°

n° verb. accett.

Committente: **Studio Squassabia MN**

Cantiere:

Località: **Lonato**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:45**

Pagina: **1**

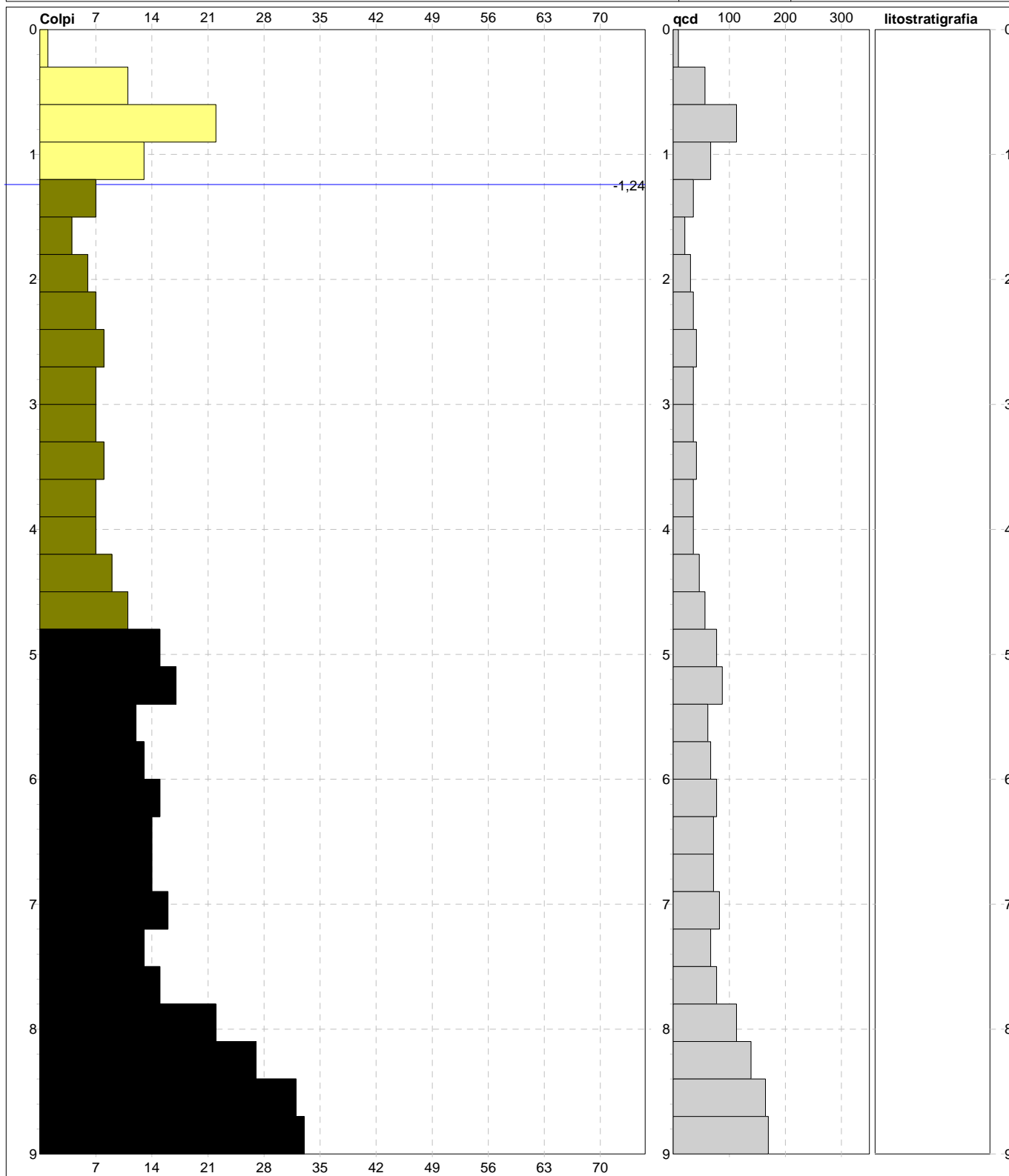
Elaborato:

Data esec.: **14/10/2014**

Data certificato: **14/10/2014**

Quota ass.:

Falda: **-1,24 m** da p.c.



Penetrometro: DPSH73
Massa battente: 73,00 m
Altezza caduta: 0,75 m
Avanzamento: 0,30 m

Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
Responsabile:
Assistente:

Preforo: m
Corr.astine: kg/ml
Cod.ISTAT: 0



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN

3

riferimento **014-2014**

certificato n°

n° verb. accett.

Committente: **Studio Squassabia MN**

Cantiere:

Località: **Lonato**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:45**

Pagina: **1**

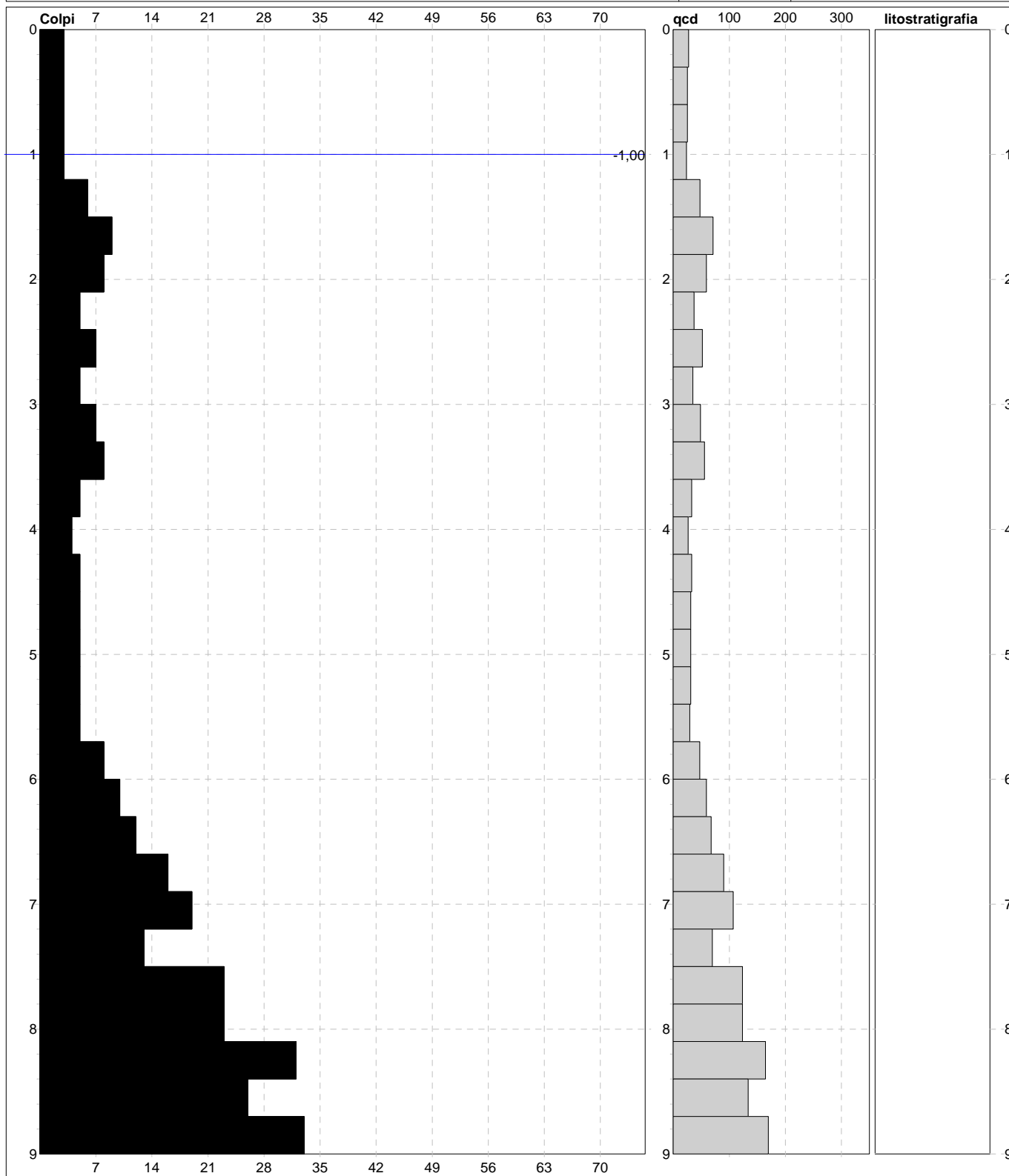
Elaborato:

Data esec.: **14/10/2014**

Data certificato: **14/10/2014**

Quota ass.:

Falda: **-1,00 m** da p.c.



Penetrometro: DPSH73
Massa battente: 73,00 m
Altezza caduta: 0,75 m
Avanzamento: 0,30 m

Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
Responsabile:
Assistente:

Preforo: m
Corr.astine: kg/ml
Cod.ISTAT: 0