

GEMA 96 S.p.A. in liquidazione

Via di Novella 1

00199 Roma

AREA EX SUPREMA

VIA GALLIERA 21 – VIA ROSSELLI 24/26

COMUNE DI FUNO DI ARGELATO (BO)

RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA



RELAZIONE TECNICA



Maria Villa

R1/0122/GMA/FAT/CP rev.1 | Gennaio 2022

INDICE

1. Premessa	5
2. Inquadramento territoriale e catastale	6
3. Inquadramento geologico geomorfologico e idrogeologico	9
3.1 Struttura idrogeologica	12
3.2 Il sottosuolo presso l'area di Via Galliera 21	14
3.3 Andamento del flusso idrico sotterraneo	16
4. Descrizione dell'opera in progetto	20
5. Pozzi acquedottistici esistenti nell'area	23
6. Compatibilità geologica del futuro edificio	24
6.1 Norme per la riduzione del rischio sismico	24
6.2 Vulnerabilità degli acquiferi	28
6.3 Pericolosità da rischio alluvione	29
7. Gestione acque meteoriche	33
8. Vincoli e rispetti	35
8.1 Tutela e vincoli di natura storico-culturale	35
8.2 Fasce di rispetto infrastrutture	36
9. Caratterizzazione sismica	37
9.1 Classificazione dell'intervento ai fini sismici	37
9.2 Classificazione dell'area ai fini sismici	38
9.3 Prescrizioni normative in materia sismica	38
9.4 Indagini sismiche	39
9.4.1 Prova MASW	40
9.4.2 Prova HVSR	40
9.5 Modellazione sismostratigrafica	41
9.6 Parametri sismici per il progetto delle fondazioni	42
9.7 Verifica di assoggettabilità all'analisi di stabilità per liquefazione	44
10. Caratterizzazione geotecnica	46
10.1 Indagini geotecniche	46
10.2 Prove penetrometriche CPT	47
10.3 Prove penetrometriche DPSH	48
11. Modellazione geotecnica	50
11.1 Natura del terreno	50
11.2 Peso di volume	53

11.3 Densità relativa.....	53
11.4 Angolo di resistenza al taglio	53
11.5 Modulo di deformazione edometrica/elastica.....	54
12. Modello geotecnico	55
13. Salubrità delle matrici ambientali	56
Conclusioni.....	59

INDICE FIGURE (in testo)

<i>Figura 1:</i> Carta Tecnica Regionale 1:5000 (tratta dal GEOportale della Regione Emilia-Romagna)	6
<i>Figura 2:</i> foto tratta banca dati di Google Earth.....	7
<i>Figura 3:</i> inquadramento catastale	8
<i>Figura 4:</i> Carta geologica della regione Emilia – Romagna.....	10
<i>Figura 5:</i> estratto Tavola AQC.1.5.3 “Carta geologica” allegata al PSC del Comune di Argelato	11
<i>Figura 6:</i> ubicazione sondaggio 221010P501.....	14
<i>Figura 7:</i> ricostruzione superficie piezometrica. I valori sono espressi in m s.l.m.....	16
<i>Figura 8:</i> piezometria orizzonte acquifero “superficiale” – novembre 2021.....	18
<i>Figura 9:</i> piezometria orizzonte acquifero “profondo” – novembre 2021.....	19
<i>Figura 10:</i> planimetria progetto edilizio	21
<i>Figura 11:</i> sezione tipo (NO - SE).....	22
<i>Figura 14:</i> stralcio “Carta di tutela delle acque superficiali e sotterranee – Tavola n. 2B” allegata al PTCP della Città Metropolitana di Bologna	23
<i>Figura 15:</i> estratto Tavola A “Pericolosità sismica: Tavola sovracomunale delle aree suscettibili di effetti locali” allegata al PSC del Comune di Argelato.....	25
<i>Figura 16:</i> estratto Tavola 1A “Pericolosità sismica: Tavola comunale delle aree suscettibili di effetti locali” allegata al PSC del Comune di Argelato	26
<i>Figura 17:</i> estratto Tavola 2a “Microzonazione sismica semplificata” allegata al PSC del Comune di Argelato	27
<i>Figura 18:</i> estratto “Carta di tutela delle acque superficiali e sotterranee – Tavola n. 2B” tratta dal PTCP della Città metropolitana di Bologna.....	28
<i>Figura 19:</i> estratto tavola allegata al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PRGA) - reticolo principale.....	29

<i>Figura 20: estratto tavola allegata al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PRGA) - reticolo secondario.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 21: estratto “Carta del rischio potenziale” inerente al reticolo naturale principale allegata al PGRA.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 22: estratto “Carta del rischio potenziale” inerente al reticolo naturale secondario allegata al PGRA.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 23: estratto Tavola 2A “Rischio di frana, assetto dei versanti e gestione delle acque meteoriche” PTCP Città metropolitana di Bologna.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 24: estratto da Tavola ArQC.2.1.1 “Carta Archeologica” allegata al PSC del Comune di Argelato</i>	<i>35</i>
<i>Figura 25: estratto “Tavola dei Vincoli” allegata al PSC del Comune di Argelato</i>	<i>36</i>
<i>Figura 26: ubicazione indagini sismiche.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 27: inquadramento area</i>	<i>43</i>
<i>Figura 28: aree suscettibili di liquefazione.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 29: ubicazione prove penetrometriche statiche (CPT) e dinamiche (DPSH)</i>	<i>46</i>
<i>Figura 30: Abaco di Begemann - In rosso l’area ove ricadono i terreni osservati in sito.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 31: Abaco di Searle - In rosso l’area ove ricadono i terreni osservati in sito.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 32: modello geotecnico</i>	<i>55</i>

INDICE ALLEGATI (fuori testo)

- Allegato 1: estratto mappa catastale
- Allegato 2: sezioni geologiche L07 e T08
- Allegato 3: stratigrafia pozzo 221010P501
- Allegato 4: grafici prova MASW
- Allegato 5: grafici prova HVSR
- Allegato 6: tabulato completo dei parametri sismici necessari alla progettazione
- Allegato 7: tabulati e grafici prove penetrometriche statiche
- Allegato 8: tabulati e grafici prove penetrometriche dinamiche

1. Premessa

Su incarico della Società Gema 96 S.p.A. in liquidazione, con sede legale in Via di Novella 1 in Comune di Roma e sede operativa in Via Altopiano, 56 Sasso Marconi (BO), GEOlogica, studio professionale associato di Geologia, con sede legale in Via Ambrogio da Bollate 13 e uffici in Via Tito Speri 16, entrambi in Comune di Bollate (MI), ha redatto la presente relazione di fattibilità geologica e geotecnica relativa alle attività di riqualificazione edilizia dell'area di Via Galliera n. 21, in Comune di Funo di Argelato (BO).

La programmazione di tale attività si è resa necessaria in previsione del nuovo progetto edilizio che prevede la demolizione delle strutture esistenti sul sito in oggetto e la conseguente realizzazione di un complesso residenziale costituito da 7 palazzine a diverse altezze fuori terra.

Tutto ciò premesso, per la predisposizione del presente documento è stata analizzata la documentazione esistente e più in particolare la cartografia allegata al PSC del Comune di Argelato nonché la cartografia allegata al PTCP della Città Metropolitana di Bologna.

Inoltre, per individuare le caratteristiche geotecniche e sismiche locali dei terreni è stata realizzata, in data 2 novembre 2021, una campagna d'indagine geognostica in sito in osservanza a quanto prescritto dalla vigente D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".

Nel corso di tale indagine sono state realizzate le seguenti prove:

- n. 4 prove penetrometriche statiche (CPT 1÷4) e n. 2 prove penetrometriche dinamiche (DPSH 1 e 2) che hanno consentito di caratterizzare dal punto di vista geotecnico l'intera area oggetto d'intervento;
- n. 1 prova geofisica di tipo HVSR con geofono triassiale;
- n. 1 prova geofisica di tipo MASW con stendimento di 24 geofoni (distanza tra geofoni di 2 m) al fine di classificare dal punto di vista sismico il sottosuolo locale.

Tutto ciò sopra premesso, nel presente elaborato sono descritti, in una prima parte, le caratteristiche e i vincoli ambientali del sito per la verifica della fattibilità geologica dell'intervento mentre, nella seconda parte, sono riportati i parametri geotecnici e sismici locali dei terreni calcolati sulla base dei dati acquisiti in campo.

2. Inquadramento territoriale e catastale

L'area in oggetto presenta una superficie pari a circa 30.000 m² e si colloca nel settore meridionale della frazione di Funo del Comune di Argelato (BO) a una quota pari a circa 28 m s.l.m..

Il sito, delimitato a Nord e a Ovest da Via Agucchi, ove è presente uno due accessi carrabili all'area, a Sud da Via Fratelli Rosselli e a Est da Via Galliera, ove è presente l'ingresso principale dell'ex area Suprema, è individuato nella corografia riportata in *Figura 1*, che rappresenta un estratto della Carta Tecnica della Regione Emilia Romagna (Castel Maggiore).

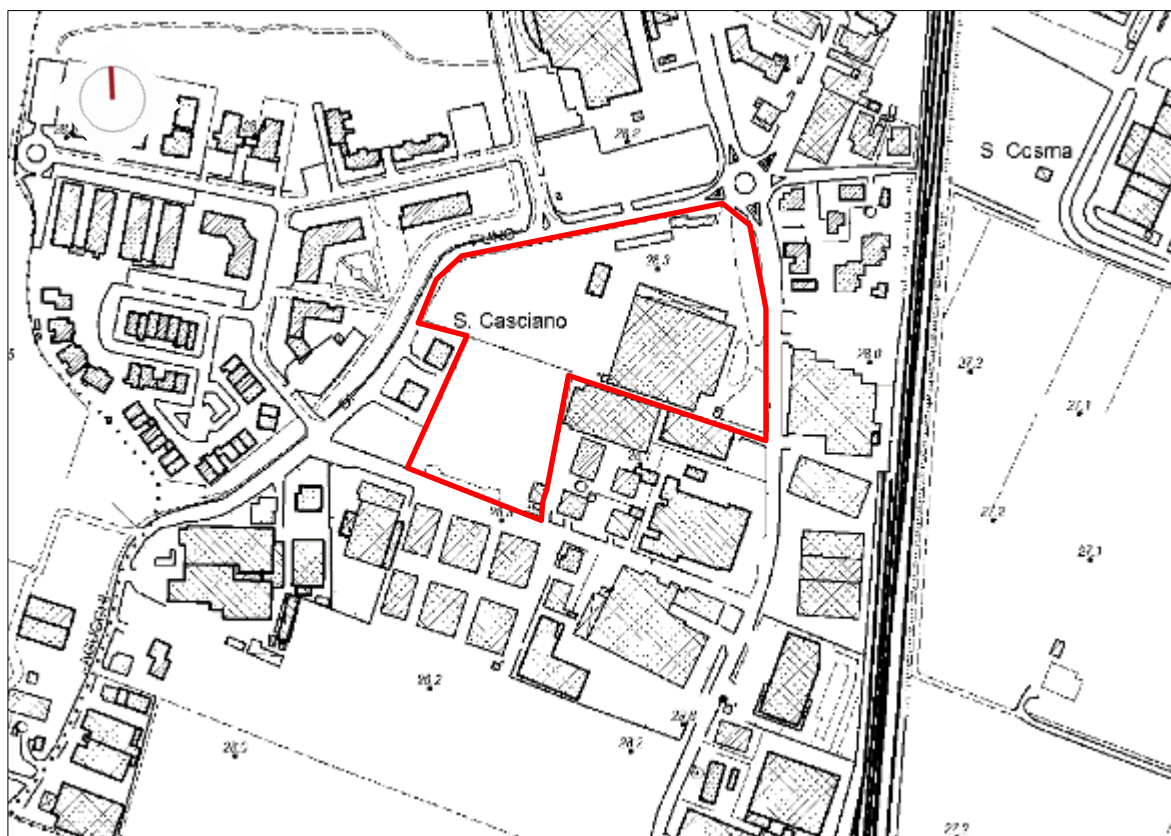


Figura 1: Carta Tecnica Regionale 1:5000 (tratta dal GEOportale della Regione Emilia-Romagna)

Nella seguente *Figura 2* viene inoltre riportato un estratto dell'ortofotocarta, tratta da Google Earth, nel quale è possibile visualizzare con maggior dettaglio l'area d'intervento.



Figura 2: foto tratta banca dati di Google Earth

Dal punto di vista catastale, infine, l'area ex Suprema è identificata al Foglio 41 particelle 183, 185, 247, 248 e 249, come visibile nella seguente *Figura 3* e in *Allegato 1*.

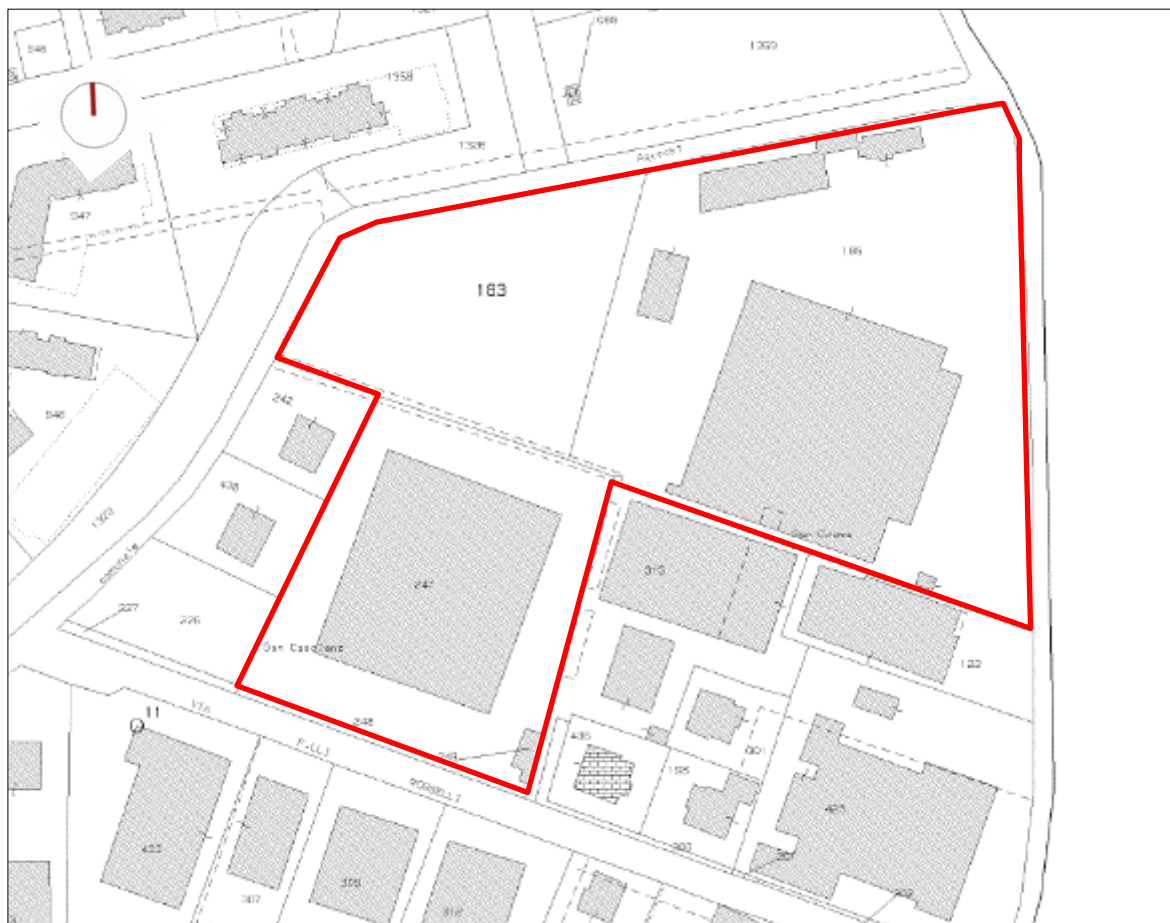


Figura 3: inquadramento catastale

3. Inquadramento geologico geomorfologico e idrogeologico

L'area in esame è situata nella porzione di alta pianura compresa all'interno della frazione di Funo del Comune di Argelato (BO) a una quota pari a circa 28 m s.l.m..

L'evoluzione della pianura è legata principalmente all'azione dei corsi d'acqua appenninici che, a valle delle conoidi pedemontane, poco attive durante l'Olocene e oggi prevalentemente in erosione, tendono a proseguire verso il collettore principale su alvei pensili formati da sedimenti che il corso d'acqua non è più in grado di portare in carico.

Nel caso di rotte e tracimazioni le acque invadono la pianura circostante depositando i sedimenti più grossolani nelle vicinanze dell'alveo e i sedimenti più fini (limi sabbiosi e limi) più lontano dall'alveo mentre, nelle conche morfologiche in cui le acque dispongono di un maggior tempo di decantazione, si depositano limi argillosi e argille.

Per corsi d'acqua di pianura non arginati artificialmente, rotte e tracimazioni sono un fenomeno ricorrente che crea le condizioni per modifiche e divagazioni dell'alveo, ciò avviene con frequenza assai alta nei bacini subsidenti che caratterizzano la pianura padana. La velocità di subsidenza naturale (circa 2 millimetri/anno nel bolognese) condiziona la velocità di accrezione verticale della pianura alluvionale, mentre la sua variazione geografica condiziona anche la distribuzione spaziale dei corsi d'acqua.

L'accrezione della pianura alluvionale avviene perciò sia orizzontalmente, con il giustapporsi di successivi corpi d'alveo, sia verticalmente a causa dei continui cicli di riempimento dei bacini di esondazione. Un immaginario profilo verticale della pianura risulterebbe dunque costituito da un intrecciarsi di lenti sabbiose, corrispondenti a corpi d'alveo sepolti (argini naturali), e da sedimenti a tessitura fine determinati dai riempimenti dei bacini interfluviali di esondazione.

La distribuzione delle litologie del primo sottosuolo nonché l'assetto morfologico della pianura sono quindi strettamente condizionati dai processi geo-strutturali profondi (attività delle pieghe romagnole) e di sedimentazione e alla loro disposizione nel tempo.

Dalla carta geologica dell'appennino Emiliano-Romagnolo, scala 1:10.000, sezione 221010 (fonte: sito web del servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia - Romagna), di cui si riporta un estratto in *Figura 4*, si osserva che la copertura quaternaria presente nell'area in esame è costituita dalle unità AES8 "Sub sintema di Ravenna" caratterizzata da "Conidi sabbioso limose" ossia corpi canalizzati, lenticolari allungati secondo la direzione delle strutture morfologiche (canali), che possono avere continuità con gli Argini Naturali della piana alluvionale nell'apparato distributore (conoide) attualmente inciso.



GGEOlogica | studio professionale associato di Geologia | via Ambrogio da Bollate, 13 | 20021 Bollate (MI) | tel. e fax 02.383.00.883 | C.F. e P. IVA 05628240961 | www.geo-logica.com | info@geo-logica.com

GGEOlogica | studio professionale associato di Geologia | via Ambrogio da Bollate, 13 | 20021 Bollate (MI) | tel. e fax 02.383.00.883 | C.F. e P. IVA 05628240961 | www.geo-logica.com | info@geo-logica.com

GGEOlogica | studio professionale associato di Geologia | via Ambrogio da Bollate, 13 | 20021 Bollate (MI) | tel. e fax 02.383.00.883 | C.F. e P. IVA 05628240961 | www.geo-logica.com | info@geo-logica.com

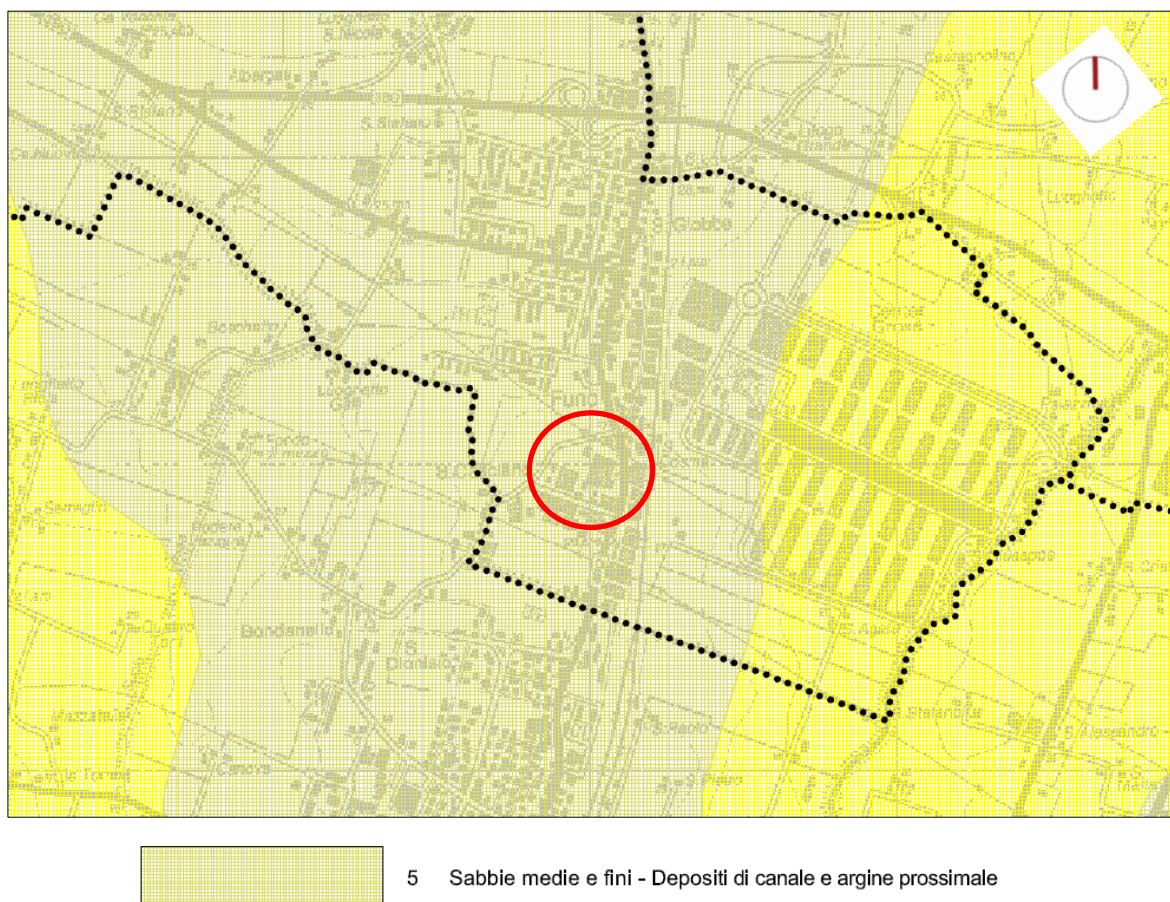


Figura 5: estratto Tavola AQC.1.5.3 "Carta geologica" allegata al PSC del Comune di Argelato

Dal punto di vista idrogeologico, la falda superficiale del bolognese è insediata in più acquiferi, per lo più sabbiosi, tra loro comunicanti, che generalmente sono dotati di modesta conducibilità e bassa trasmissività.

I rapporti idrogeologici tra le formazioni geologiche della catena e i sedimenti alluvionali della pianura sono regolati sia dalle proprietà intrinseche degli ammassi rocciosi del margine appenninico sia dalle strutture tettoniche. Il margine della catena appenninica immergente al di sotto della pianura costituisce, di fatto, il più evidente limite naturale al complesso di sedimenti porosi che formano gli acquiferi in cui si insediano le falde più significative dell'Emilia Romagna.

L'area oggetto di studio appartiene al Sistema Idrogeologico delle Alluvioni Recenti, formato dai sedimenti alluvionali del Wurm e successivo postglaciale fino all'attualità (circa 70.000 anni). Si tratta degli acquiferi dei primi 100 metri circa di sottosuolo della pianura bolognese

la cui principale fonte di ricarica è rappresentata dai corsi d'acqua superficiali, attraverso l'infiltrazione subalveo, dai fondovalle e apici dei grandi conoidi.

3.1 Struttura idrogeologica

I caratteri idrogeologici del sottosuolo della pianura Emiliana sono sostanzialmente noti in ragione della ricca bibliografia e della mole di dati esistenti, perlopiù derivata dalle numerose perforazioni effettuate con varie finalità.

Per la ricostruzione degli acquiferi presenti nel sottosuolo vengono adottati criteri distintivi basati sull'identificazione di Unità idrostratigrafiche, unità contraddistinte da una o più sequenze deposizionali caratterizzate da una successione di sedimenti geneticamente legati tra loro.

A livello generale si possono individuare, dal più recente al più antico, i seguenti Gruppi Acquiferi, separati da barriere di permeabilità:

- *Gruppo Acquifero A* (attuale - 450.000 anni);
- *Gruppo Acquifero B* (450.000 - 650.000 anni);
- *Gruppo Acquifero C* (650.000 – 3.000.000 anni).

Gruppo Acquifero A

L'unità idrostratigrafica in esame, attualmente sfruttata in modo intensivo, rappresenta il gruppo più recente ed è associata al Sintema Emiliano-Romagnolo superiore; dal punto di vista litologico è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali e più in particolare dalle ghiaie delle conoidi alluvionali, dai depositi fini di piana alluvionale e dalle sabbie della piana del fiume Po.

All'interno della presente unità, la cui base si attesta a circa 250 m da p.c., si rileva la presenza di 5 acquiferi diversi denominati A0, A1, A2, A3 e A4.

Gruppo Acquifero B

L'unità in esame, sfruttata solo localmente, è associata al Sintema Emiliano-Romagnolo inferiore; dal punto di vista litologico presenta caratteristiche simili a quelle osservate nell'unità Gruppo Acquifero A.

L'unità presenta uno spessore di circa 150 m (la base si attesta a circa 400 m da p.c.), e si suddivide in 4 differenti sotto unità denominate B1, B2, B3 e B4.

Gruppo Acquifero C

L'unità in esame rappresenta il gruppo più antico ed è associato a diverse unità affioranti nell'Appennino, la più recente delle quali è rappresentata dalla Formazione delle Sabbie Gialle di Imola (IMO); dal punto di vista litologico si rileva la presenza di depositi costieri e marini marginali costituiti prevalentemente da pacchi di sabbie associate a sedimenti più fini. All'interno della presente unità, è stata individuata la presenza di 5 acquiferi denominati C1, C2, C3, C4 e C5.

A fare da acquitardo basale alle sovrastanti unità idrogeologiche sono presenti un insieme di Unità complessivamente impermeabili che, estendendosi nel sottosuolo della pianura e affiorando sul Margine Appenninico Padano, costituiscono il limite della circolazione idrica sotterranea.

Per ricostruire con maggior dettaglio la struttura idrogeologica degli acquiferi presenti nell'area in esame sono state prese in considerazione le sezioni geologiche L07, passante per l'area di interesse, e la sezione T08 posta a circa 1,1 km a Sud del sito in oggetto (sezioni consultabili in *Allegato 2*).

Nello specifico, per quanto attiene la sezione geologica L07, la stessa si sviluppa per circa 14 km da Sud Ovest a Nord Est a partire dal Comune di Bologna fino quello di Fano mentre, la sezione T08 si sviluppa per circa 30 km da Nord Ovest a Sud Est dal Comune di San Giovanni in Persiceto fino al Torrente Quaderna.

Dalla disamina delle predette sezioni si evince la seguente successione di unità stratigrafiche:

- da p.c. a circa 300 m da p.c. il Sintema Emiliano-Romagnolo superiore (AES) costituito prevalentemente da ghiaie e conglomerati, sabbie e peliti di terrazzo e conoide alluvionale, organizzati in strati lenticolari di spessore estremamente variabile (Gruppo acquifero A);
- da circa 300 fino a circa 460 m da p.c. il Sintema Emiliano-Romagnolo inferiore (AEI) costituito da argille limose di pianura alluvionale con talora intercalati livelli discontinui di ghiaie (Gruppo acquifero B);
- oltre 460 m da p.c. è invece costituito da diverse unità affioranti nell'Appennino, la più recente delle quali è la Formazione delle Sabbie Gialle di Imola (IMO), caratterizzata da materiali a granulometria fine come sabbie e limi derivanti da depositi marino-marginali e costieri (Gruppo acquifero C).

3.2 Il sottosuolo presso l'area di Via Galliera 21

Per la definizione del sottosuolo dell'area di Via Galliera 21 si è proceduto all'analisi del carotaggio 221010P501, ubicato in Comune di Castel Maggiore a circa 4 Km a Sud Est dell'area di studio (Cfr. *Figura 6*), le cui caratteristiche tecniche e la relativa stratigrafia sono riportate in *Allegato 3*.

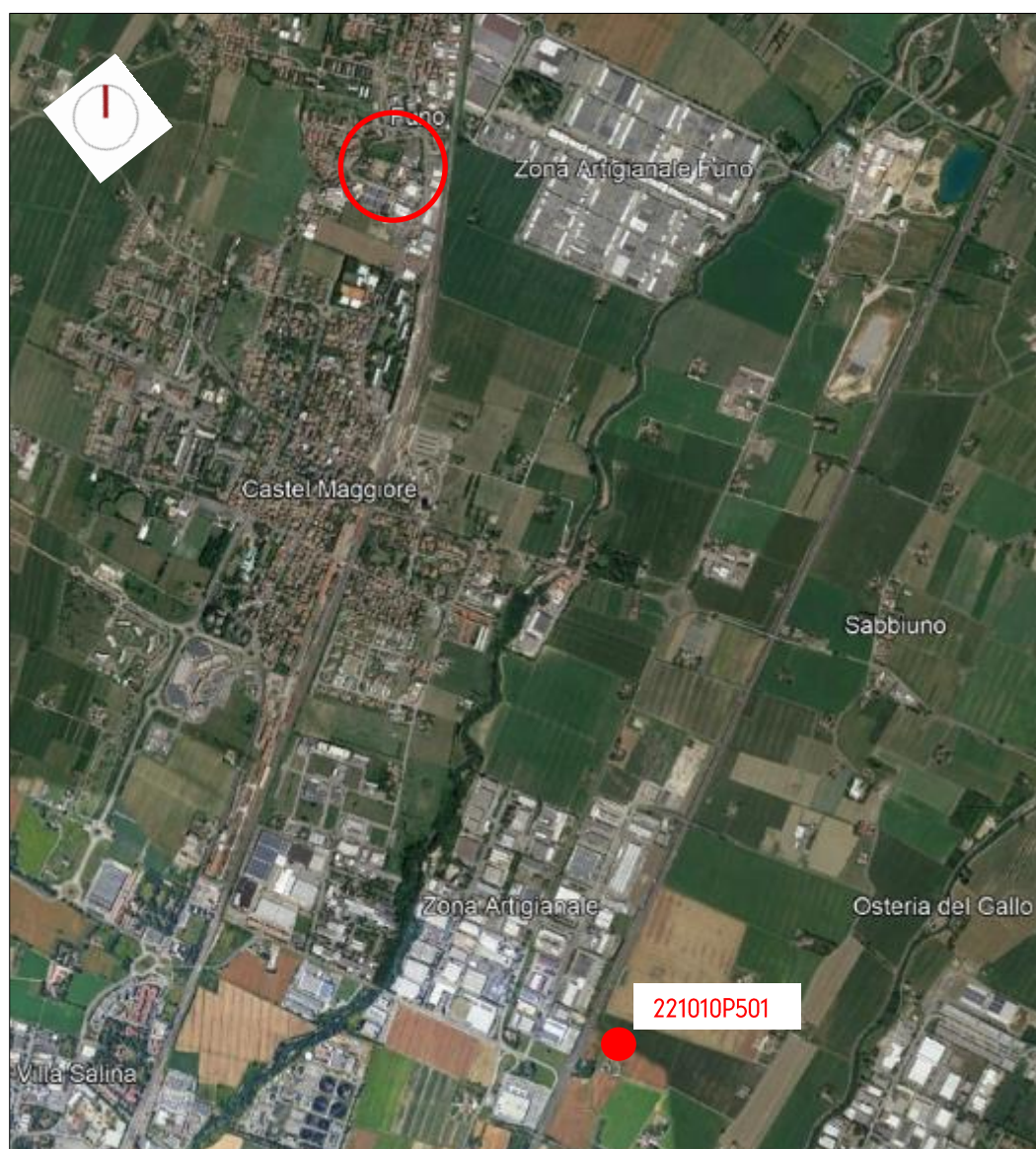


Figura 6: ubicazione sondaggio 221010P501

Sulla base di tali dati, è possibile rinvenire la seguente successione di unità stratigrafiche. Nei primi metri da p.c. la stratigrafia mostra degli orizzonti caratterizzati da litologie fini

rappresentativi dell'unità AES8 "Subsistema di Ravenna"; più in particolare da p.c. fino a 18.30 m si rinviene l'alternanza di sabbie limose e limi sabbiosi localmente argillosi alla cui base si rinviene la presenza di uno livello di torba (spessore 10 cm) seguito da un livello di argilla limosa-sabbiosa con frustoli carboniosi (presente tra 15 e 18.30 m da p.c.).

Da questo punto (18.30 m da p.c.) e per l'intera sezione rimanente dell'opera, la quale raggiunge la profondità di 60 m da p.c., si assiste all'alternanza tra sabbie da fini a grossolane localmente limose e limi argillosi.

La stratigrafia termina alla profondità di 60 m da p.c. all'interno di un orizzonte di sabbie limose e limi sabbiosi.

3.3 Andamento del flusso idrico sotterraneo

Per la ricostruzione della direzione del flusso idrico sotterraneo, è stata consultata la Tavola AC.1.2.a “Carta idrogeologica” allegata al PSC del Comune di Argelato, di cui si riporta un estratto nella seguente Figura 7.

Tale cartografia ricostruisce il campo di moto dell'insieme delle prime falde sulla base di misure delle quote d'acqua effettuate nei pozzi freatici distribuiti sul territorio (rilievi del 2003).

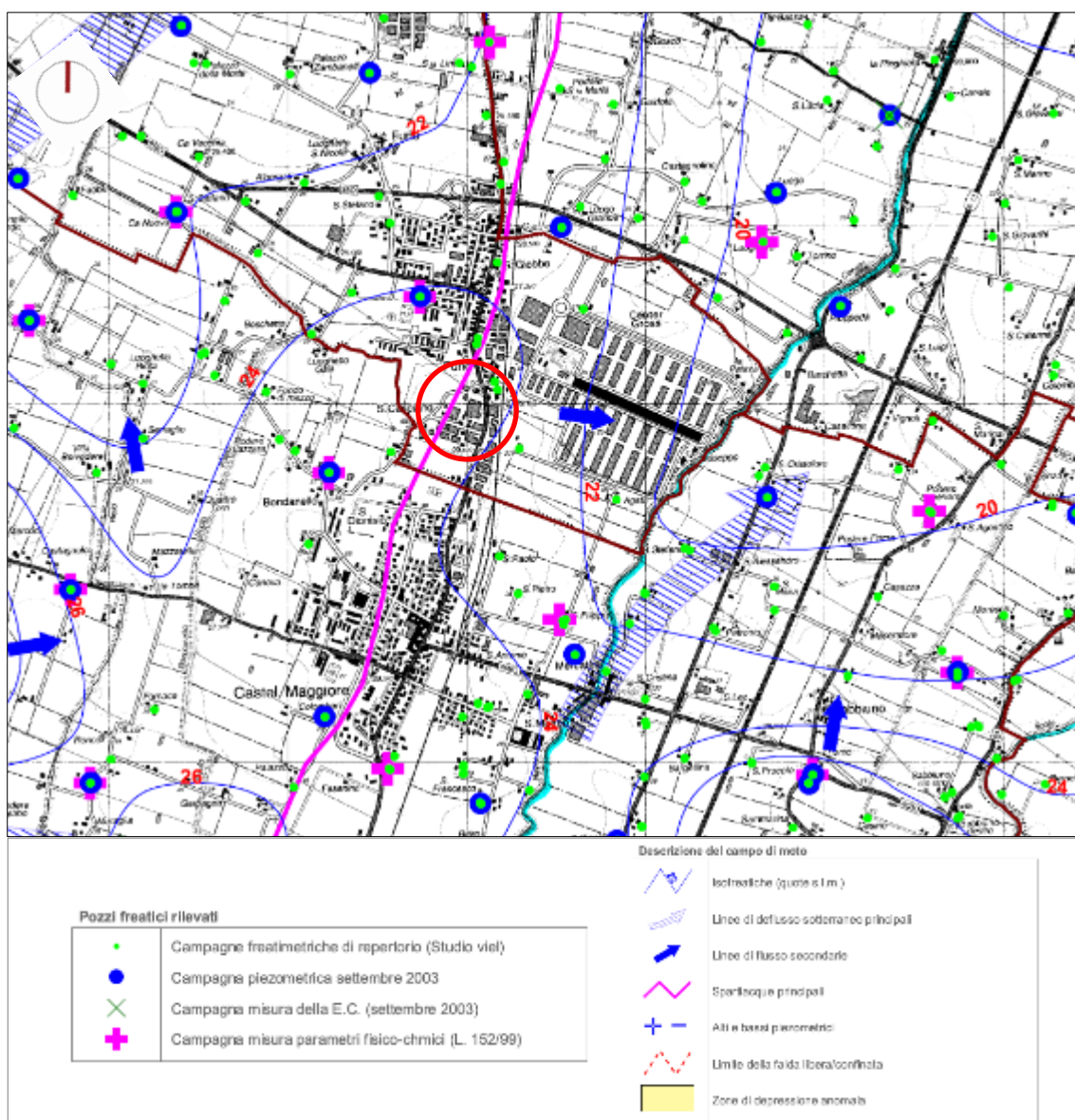


Figura 7: ricostruzione superficie piezometrica. I valori sono espressi in m s.l.m..

In linea generale, dall'elaborazione proposta, è possibile evidenziare come, in corrispondenza del settore in oggetto, la morfologia della superficie piezometrica determini una direzione di flusso idrico sotterraneo principale orientato all'incirca Sud Ovest – Nord Est. Nell'area di studio la quota della falda risulta essere approssimativamente di 24 m s.l.m., livello a cui corrisponde, tenuto conto di una quota media del piano campagna pari a 28 m s.l.m., una soggiacenza pari a circa 4 m da p.c..

Tale dato è stato confermato nel corso dei rilievi piezometrici condotti da GEOlogica in occasione delle campagne di monitoraggio eseguite in data 22 luglio 2019, 20 novembre 2019, 4 marzo 2020 e 2 novembre 2021 durante le quali è stato eseguito il rilievo piezometrico di tutti i pozzi e i piezometri presenti all'interno e all'esterno del sito ex Suprema.

L'acquisizione dei dati di campo ha permesso di ricostruire con maggior dettaglio la morfologia piezometrica e verificare l'andamento dei flussi idrici sotterranei.

Dai dati acquisiti emerge infatti la separazione del primo acquifero in due orizzonti idrogeologicamente separati dalla presenza di un setto limoso-argilloso/argilloso-limoso riscontrato, in tutte le indagini eseguite, a una profondità compresa tra circa 9 e 14 m da p.c..

Ciò premesso, di seguito si riportano le caratteristiche idrogeologiche dei due orizzonti acquiferi individuati all'interno del primo acquifero:

- l'orizzonte acquifero "superficiale", di tipo libero, presenta una soggiacenza attualmente pari a circa 4 m dal piano campagna e un andamento del flusso idrico diretto dall'esterno verso l'interno del sito con un gradiente idrico medio molto variabile in funzione degli apporti meteorici (luglio 2019 pari a 0.005%, novembre 2019 pari a 0.4%, marzo 2020 pari a 0.07% e novembre 2021 pari a 0.2%);
- l'orizzonte acquifero "profondo" è un acquifero di tipo confinato con base a 20 m e tetto tra 10 - 14 m da p.c.; all'interno del sito presenta un andamento all'incirca Nord Est - Sud Ovest e un gradiente idrico medio, all'incirca costante, pari a circa 0.07%.

Nelle seguenti *Figure 8 e 9* si riportano, rispettivamente, le ricostruzioni delle piezometrie dell'orizzonte acquifero "superficiale" e di quello "profondo" elaborate sulla base dei dati acquisiti nel corso dell'ultima campagna di monitoraggio eseguita a novembre 2021.

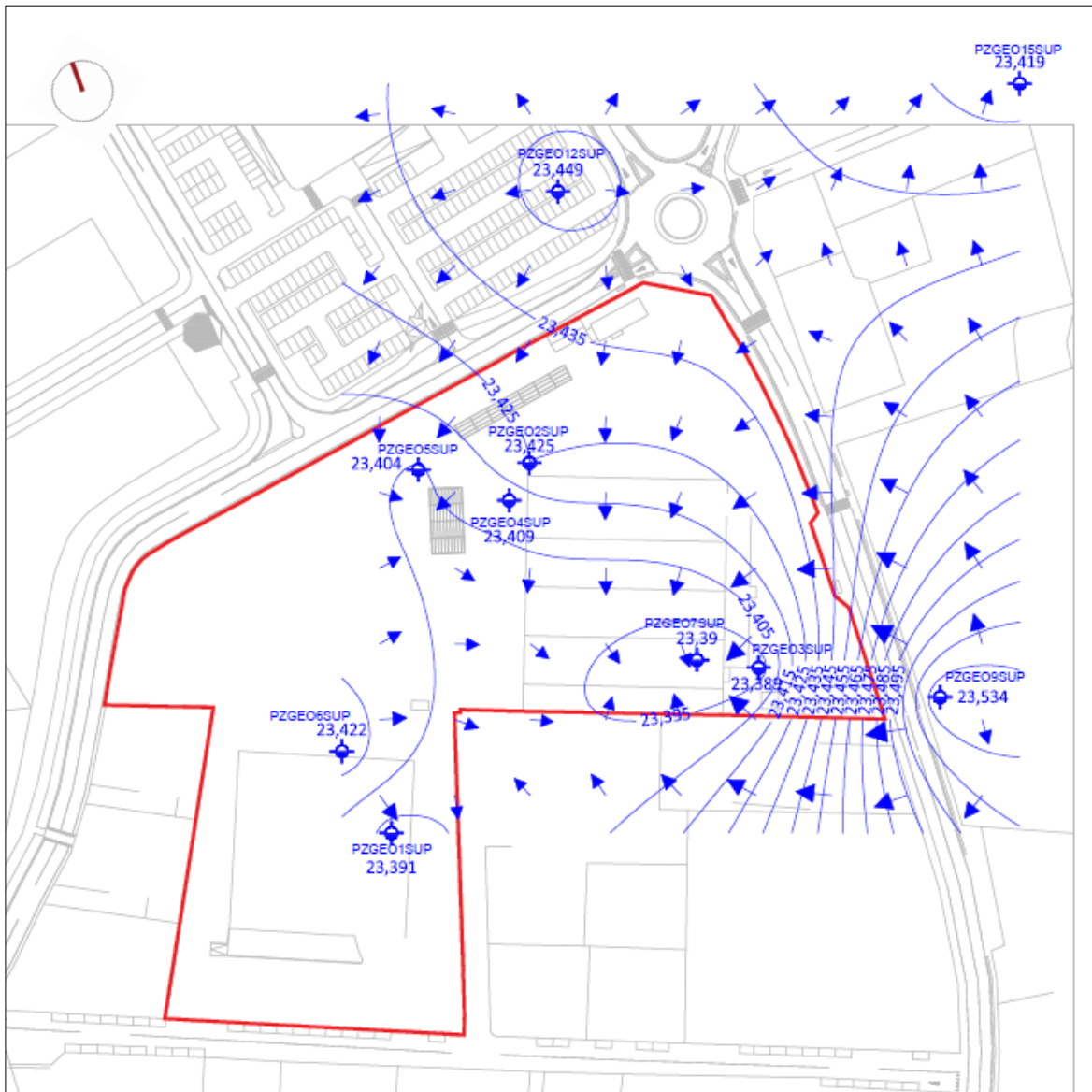


Figura 8: piezometria orizzonte acquifero "superficiale" – novembre 2021

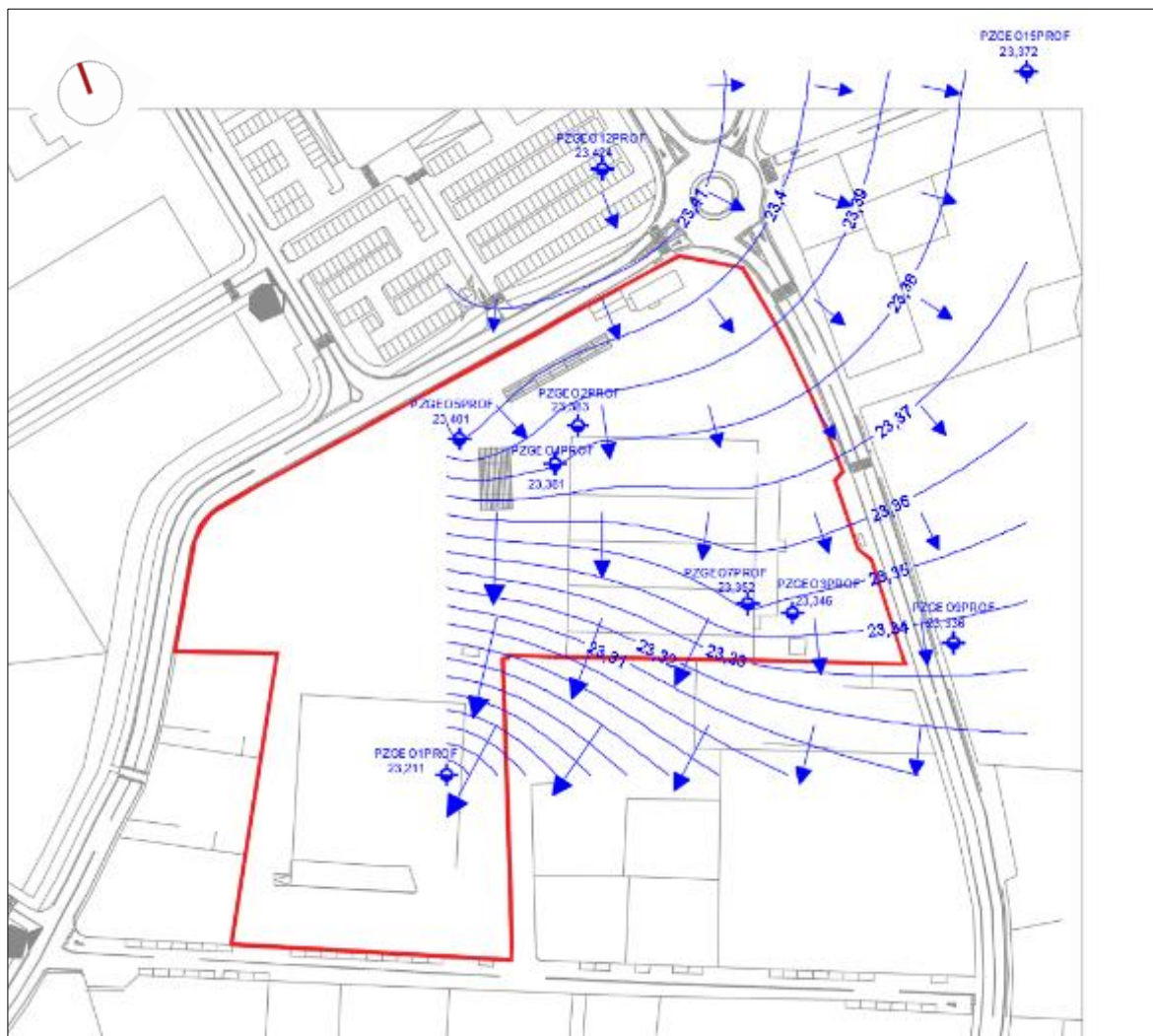


Figura 9: piezometria orizzonte acquifero “profondo” – novembre 2021

4. Descrizione dell'opera in progetto

Il nuovo progetto edilizio prevede la conversione della destinazione d'uso dell'intero sito da commerciale a residenziale con demolizione delle strutture esistenti e la realizzazione di un complesso residenziale e di un parco pubblico.

Più in particolare, come riportato nelle seguenti *Figure 10 e 11*, il progetto prevede la concentrazione dell'edificazione nel settore Ovest del sito con la realizzazione di n. 7 palazzine sviluppate con diverse altezze e la realizzazione di uno spazio verde (in cessione al Comune) e di un parcheggio pubblico in corrispondenza del settore Est.

La disposizione degli spazi abitativi, la loro altezza e le diverse specifiche tecniche sono da intendersi come puramente indicative in quanto il progetto edilizio risulta ancora in fase di presentazione/approvazione.





5. Pozzi acquedottistici esistenti nell'area

Un aspetto di rilevante importanza ai fini del presente studio riveste la verifica della possibile sovrapposizione tra il progetto e le Zone di Rispetto dei pozzi pubblici eventualmente presenti nell'intorno del sito.

Per l'analisi di questo elemento è stata analizzata la cartografia del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) della Città metropolitana di Bologna e in particolare la Tavola n. 2B "Carta di tutela delle acque superficiali e sotterranee" della quale si riporta un estratto nella seguente Figura 12.



Figura 12: stralcio "Carta di tutela delle acque superficiali e sotterranee – Tavola n. 2B" allegata al PTCP della Città Metropolitana di Bologna

Il PTCP della Provincia di Bologna ha adottato, quale primo criterio per la delimitazione delle ZDR, il criterio geometrico e ha quindi definito che le aree identificate dagli inviluppi delle circonferenze, aventi raggio pari a 200 m attorno ai singoli pozzi acquedottistici, debbano essere assoggettate alle limitazioni previste dalla normativa vigente (PTCP artt. 5.2 e 5.3). Tutto ciò premesso, risulta evidente, con riferimento alla Figura 12, come l'area di studio non sia vincolata dalla presenza dei pozzi acquedottistici.

6. Compatibilità geologica del futuro edificio

6.1 Norme per la riduzione del rischio sismico

La Regione Emilia-Romagna, attraverso le normative L.R. 20/2000 e D.A.L. n.112/2007 ("Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica"), ha imposto l'elaborazione degli studi di pericolosità e di microzonazione sismica nella pianificazione territoriale definendo i criteri di approfondimento a seconda del contesto di pericolosità locale riscontrato.

Nel caso dei Comuni dell'Unione Reno-Galliera (di cui fa parte il Comune di Argelato), la componente geologica elaborata per il Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale in forma associata, includeva, già nel 2006, un'analisi della pericolosità sismica equiparabile al "primo livello" da cui era emerso che i paleoalvei del Reno, ricostruiti tramite l'analisi dei dati dei sondaggi presenti in letteratura, ricadevano costantemente entro il fuso predisponente la liquefacibilità.

Gli approfondimenti degli studi geologici e sismici ("secondo livello" di approfondimento, ai sensi della D.A.L. n.112/2007) elaborati per il PSC del Comune di Argelato (Viel & Sangiorgi, 2008) hanno inoltre permesso di zonizzare il territorio anche in termini di amplificazione e potenziale propensione alla liquefazione.

Ciò premesso, per quanto attiene la compatibilità degli interventi edificatori in oggetto con le caratteristiche ambientali dell'area e, in particolare, relative alla riduzione del rischio sismico si è fatto riferimento a quanto riportato nel PSC e agli elaborati cartografici del Comune di Argelato.

Più in particolare, con riferimento alla Tavola A *"Pericolosità sismica: Tavola sovracomunale delle aree suscettibili di effetti locali"* (estratto riportato nella seguente *Figura 15*) l'area in esame ricade nella macroarea del I livello di approfondimento denominata L1 ossia *"area soggetta a amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione"*.

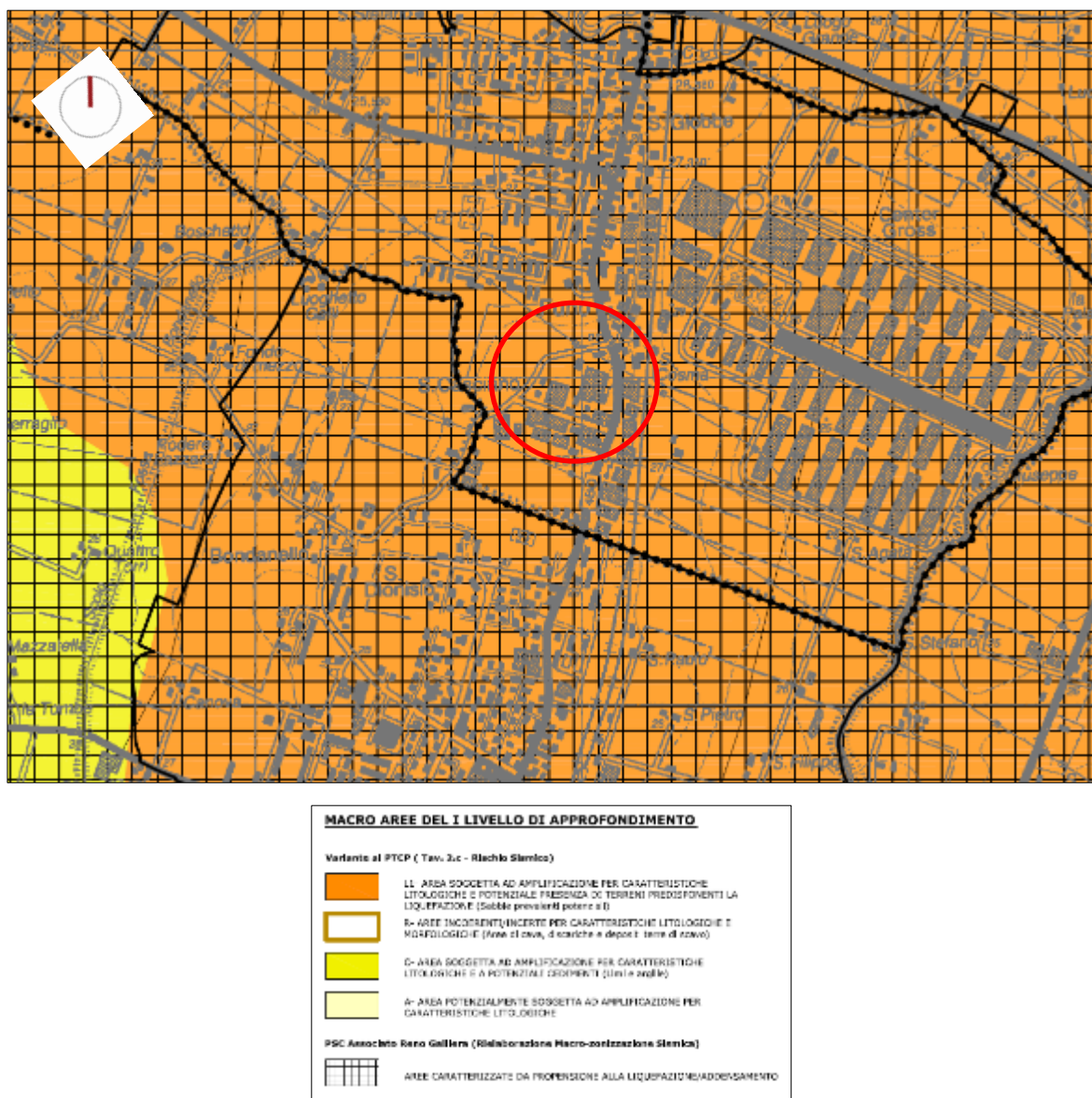


Figura 13: estratto Tavola A “Pericolosità sismica: Tavola sovracomunale delle aree suscettibili di effetti locali” allegata al PSC del Comune di Argelato

Gli approfondimenti sulle aree suscettibili di effetti locali hanno permesso l’individuazione di aree omogenee di pericolosità sismica come riportato in Tavola 1a “Pericolosità sismica: Tavola comunale delle aree suscettibili di effetti locali” allegata al PSC del Comune di Argelato (estratto riportato nella seguente Figura 16).

Secondo quanto riportato nella predetta Tavola, l’area è ricompresa all’interno dei limiti dei paleovalvei “Reno 3-4” e ricade prevalentemente nella zona I caratterizzata dalla “possibilità di liquefazione e di cedimenti significativi” e, in minima parte (settore Sud Ovest), nella zona

III "liquefazione poco probabile da verificare"; come indicato in cartografia, per tali aree sono richiesti analisi di terzo livello di approfondimento (D.A.L. n.112/2007).

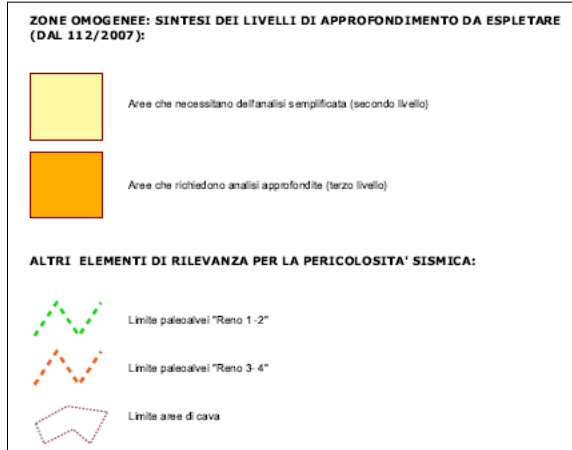
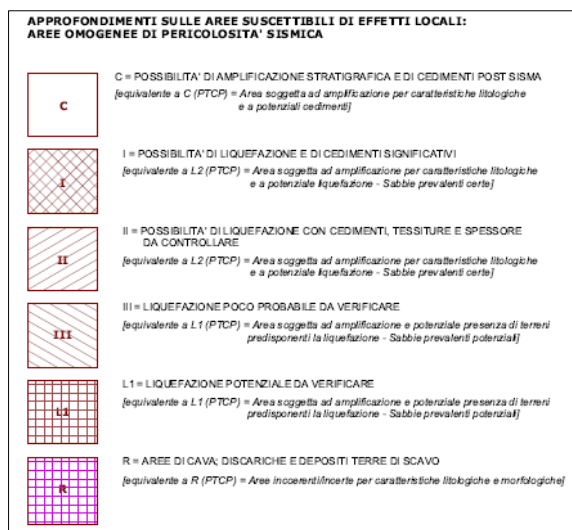
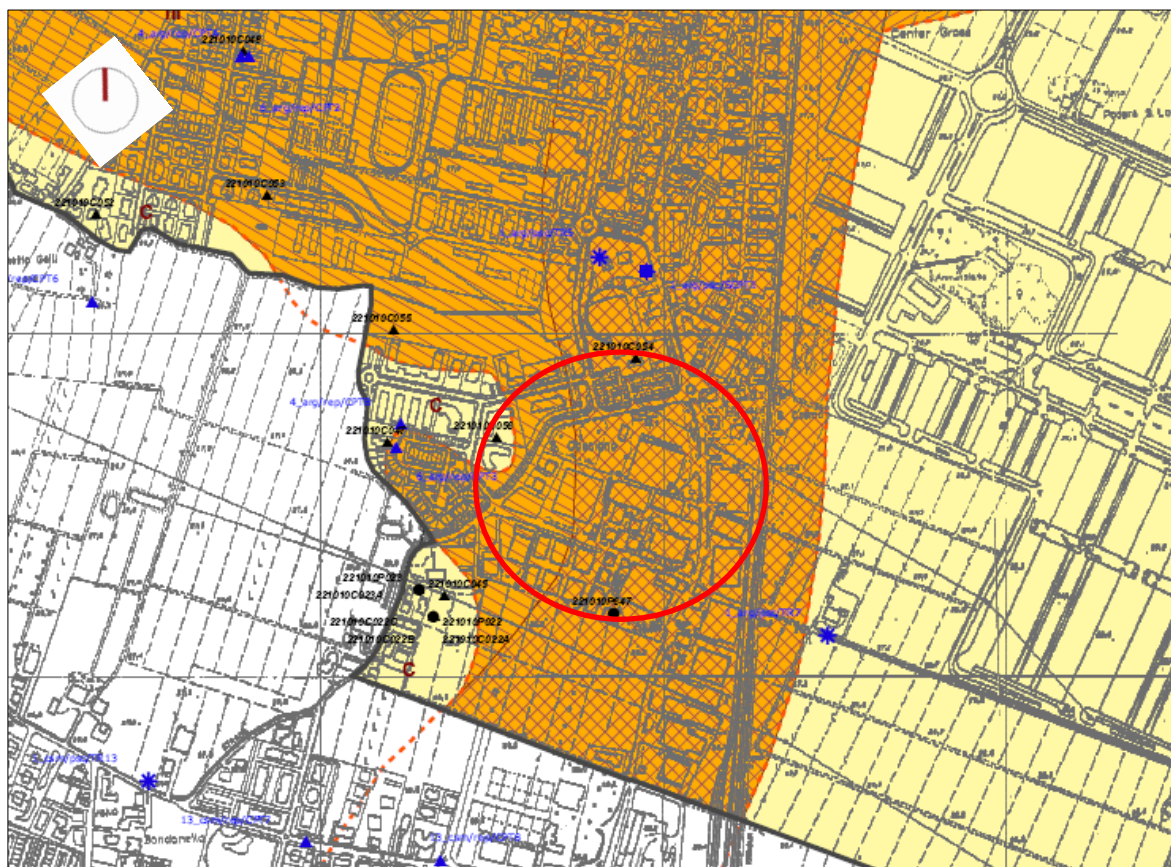
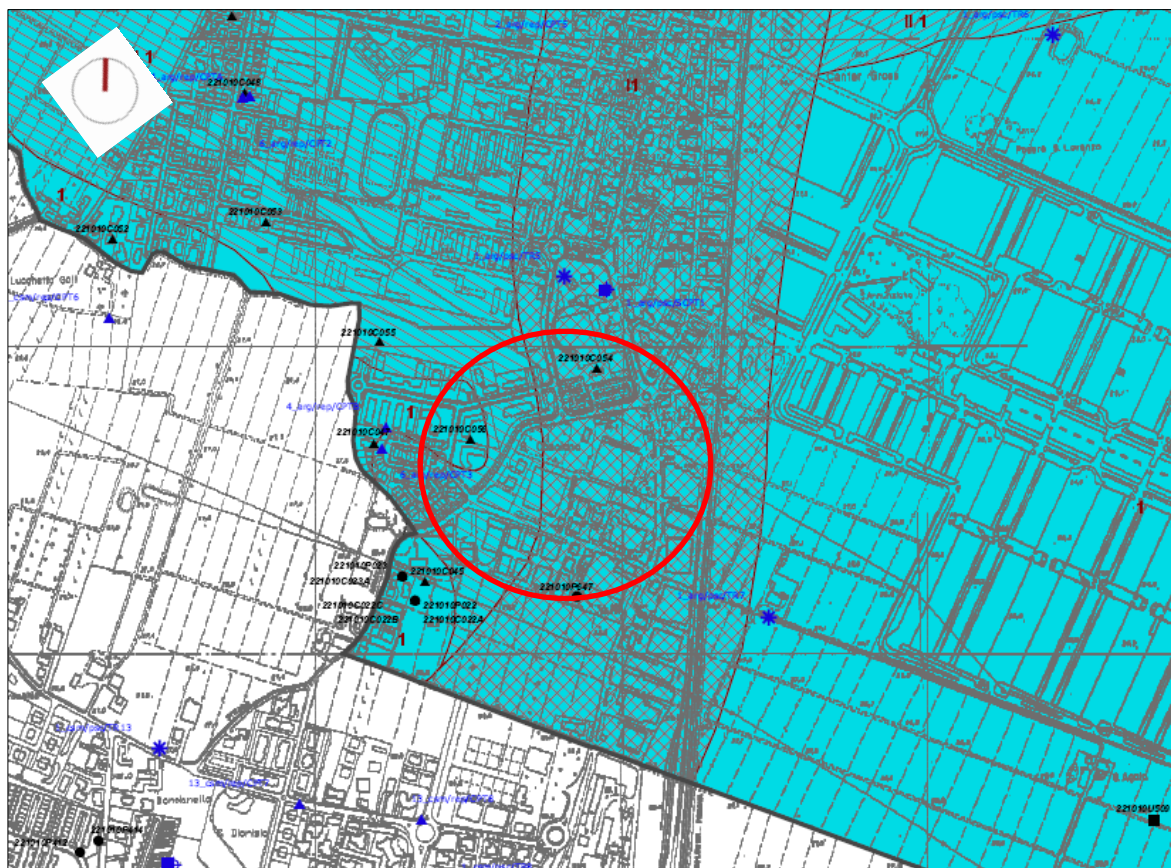


Figura 14: estratto Tavola 1A "Pericolosità sismica: Tavola comunale delle aree suscettibili di effetti locali" allegata al PSC del Comune di Argelato

Il Comune di Argelato dispone inoltre di uno studio di microzonazione sismica elaborata per il PSC i cui risultati sono sintetizzati in Tavola 2a “Microzonazione sismica semplificata” (estratto in Figura 17).



MICROZONAZIONE SEMPLIFICATA: ZONE OMOGENEE	
	CONTESTO = "PIANURA 1" [VS30 = 200 m/s] AMPLIFICAZIONE = FA (P _{gs}) = 1.7 FA SI (0.1s-0.5s) = 1.9 FA SI (0.5s-1s) = 2.6 LIQUEFAZIONE = NON RICONTRATA
	CONTESTO = "PIANURA 1" [VS30 = 200 m/s] AMPLIFICAZIONE = FA (P _{gs}) = 1.7 FA SI (0.1s-0.5s) = 1.9 FA SI (0.5s-1s) = 2.6 LIQUEFAZIONE = POSSIBILITA' DI LIQUEFAZIONE POCO PROBABILE DA VERIFICARE (RICHIESE APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO)
	CONTESTO = "PIANURA 1" [VS30 = 200 m/s] AMPLIFICAZIONE = FA (P _{gs}) = 1.7 FA SI (0.1s-0.5s) = 1.9 FA SI (0.5s-1s) = 2.6 LIQUEFAZIONE = POSSIBILITA' DI LIQUEFAZIONE CON CEDIMENTI, TESSITURE E SPESORI DA CONTROLLARE (RICHIESE APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO)
	CONTESTO = "PIANURA 1" [VS30 = 200 m/s] AMPLIFICAZIONE = FA (P _{gs}) = 1.7 FA SI (0.1s-0.5s) = 1.9 FA SI (0.5s-1s) = 2.6 LIQUEFAZIONE = POSSIBILITA' DI LIQUEFAZIONE E DI CEDIMENTI SIGNIFICATIVI (RICHIESE APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO)

Figura 15: estratto Tavola 2a “Microzonazione sismica semplificata” allegata al PSC del Comune di Argelato

Analizzando la carta dei vincoli riportata nella seguente *Figura 18* (estratto della “*Carta di tutela delle acque superficiali e sotterranee – Tavola n. 2B*” tratta dal PTCP della Città metropolitana di Bologna), l’area oggetto d’indagine non ricade né all’interno delle fasce di rispetto dei pozzi appartenenti alle centrali acquedottistiche, come già riportato in un precedente paragrafo (Cfr. Paragrafo § 5), né risulta ricompresa in zone di protezione della risorsa idrica sotterranea.

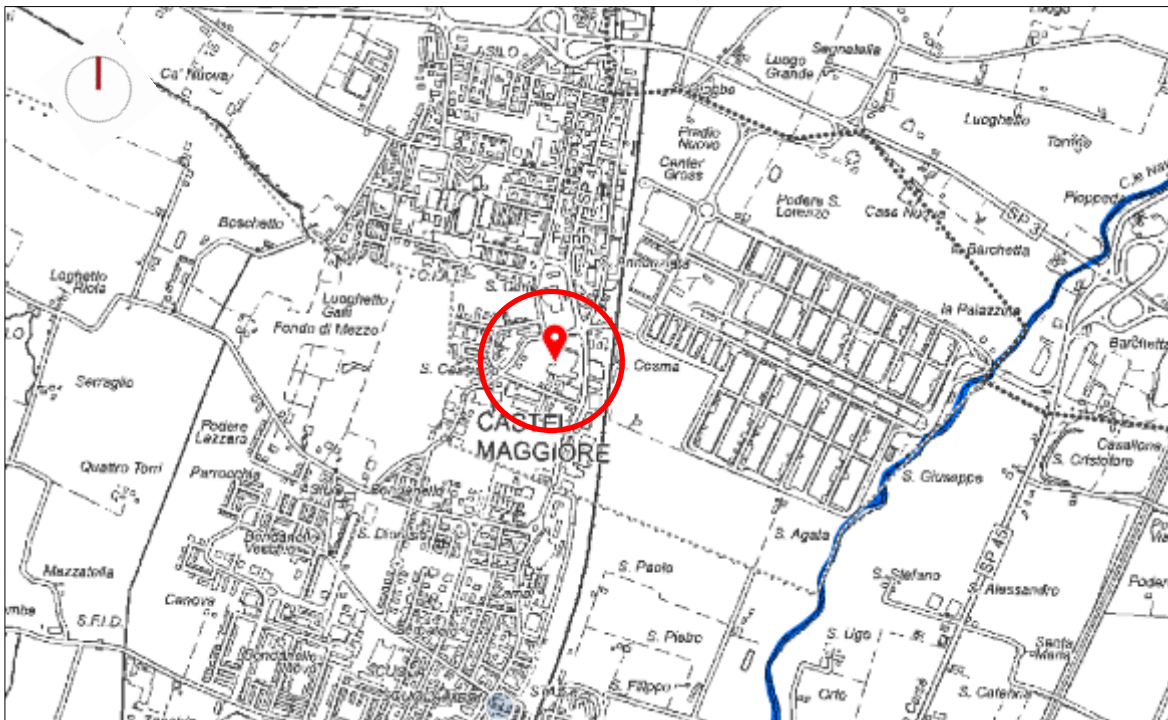
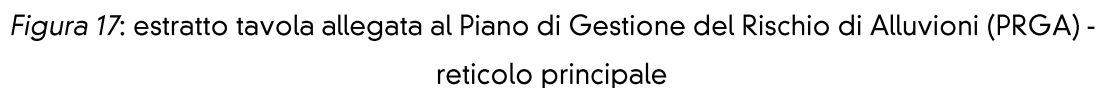
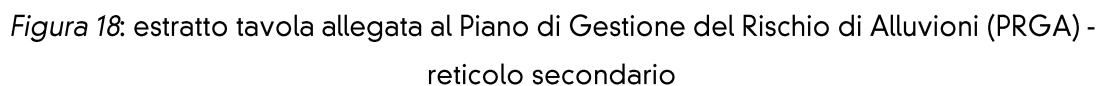


Figura 16: estratto “Carta di tutela delle acque superficiali e sotterranee – Tavola n. 2B” tratta dal PTCP della Città metropolitana di Bologna

Per quanto attiene le aree soggette a pericolosità da rischio alluvione, nelle seguenti *Figure 19 e 20* si riportano gli estratti delle tavole allegate al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), tratte dal Geoportale della Regione Emilia Romagna, rispettivamente per il reticolo idrografico principale e per quello secondario.





Inoltre, secondo quanto riportato nella “*Carta del rischio potenziale*” inerente al reticolo naturale principale allegata al PGRA (estratto in *Figura 21*), il settore Nord Est dell’area in esame ricade nella classe di rischio R3 ossia di rischio elevato mentre il settore Sud Ovest ricade nella classe di rischio R1 ossia rischio moderato o nullo.

Per quanto attiene il rischio potenziale inerente al reticolo secondario (estratto in *Figura 22*) l'area ricade in parte nella classe di rischio R1 ossia rischio moderato o nullo e in parte nella classe di rischio R2 ossia rischio medio.



Figura 19: estratto "Carta del rischio potenziale" inerente al reticolo naturale principale allegata al PGRA

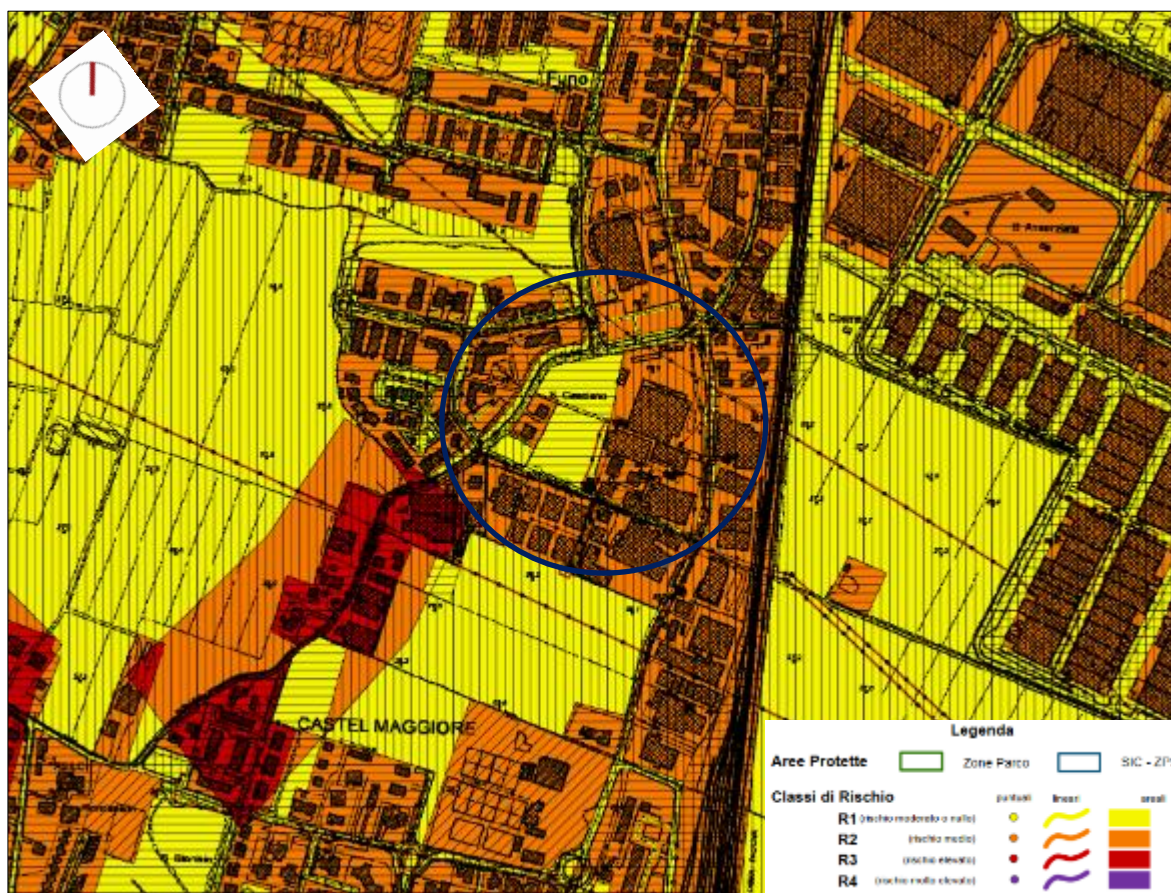


Figura 20: estratto "Carta del rischio potenziale" inerente al reticolo naturale secondario allegata al PGRA

Ciò premesso si precisa che, al fine di valutare il reale rischio idraulico dell'area, la Committente ha già dato incarico a un Professionista di redigere lo studio di rischio idraulico che sarà parte integrante dei documenti connessi alla nuova proposta di riqualificazione urbanistica del sito e del documento nel quale saranno eventualmente previste le limitazioni all'uso dell'area o le prescrizioni da adottare al fine di rendere compatibile l'intervento con le caratteristiche di rischio idraulico sopra descritte.

7. Gestione acque meteoriche

Secondo quanto riportato nella cartografia del PTCP della Città metropolitana di Bologna e in particolare in Tavola 2A "Rischio di frana, assetto dei versanti e gestione delle acque meteoriche" (estratto riportato in Figura 23) l'area di interesse ricade nell'ambito di controllo degli apporti d'acqua in pianura (art. 4.8 del PTCP).

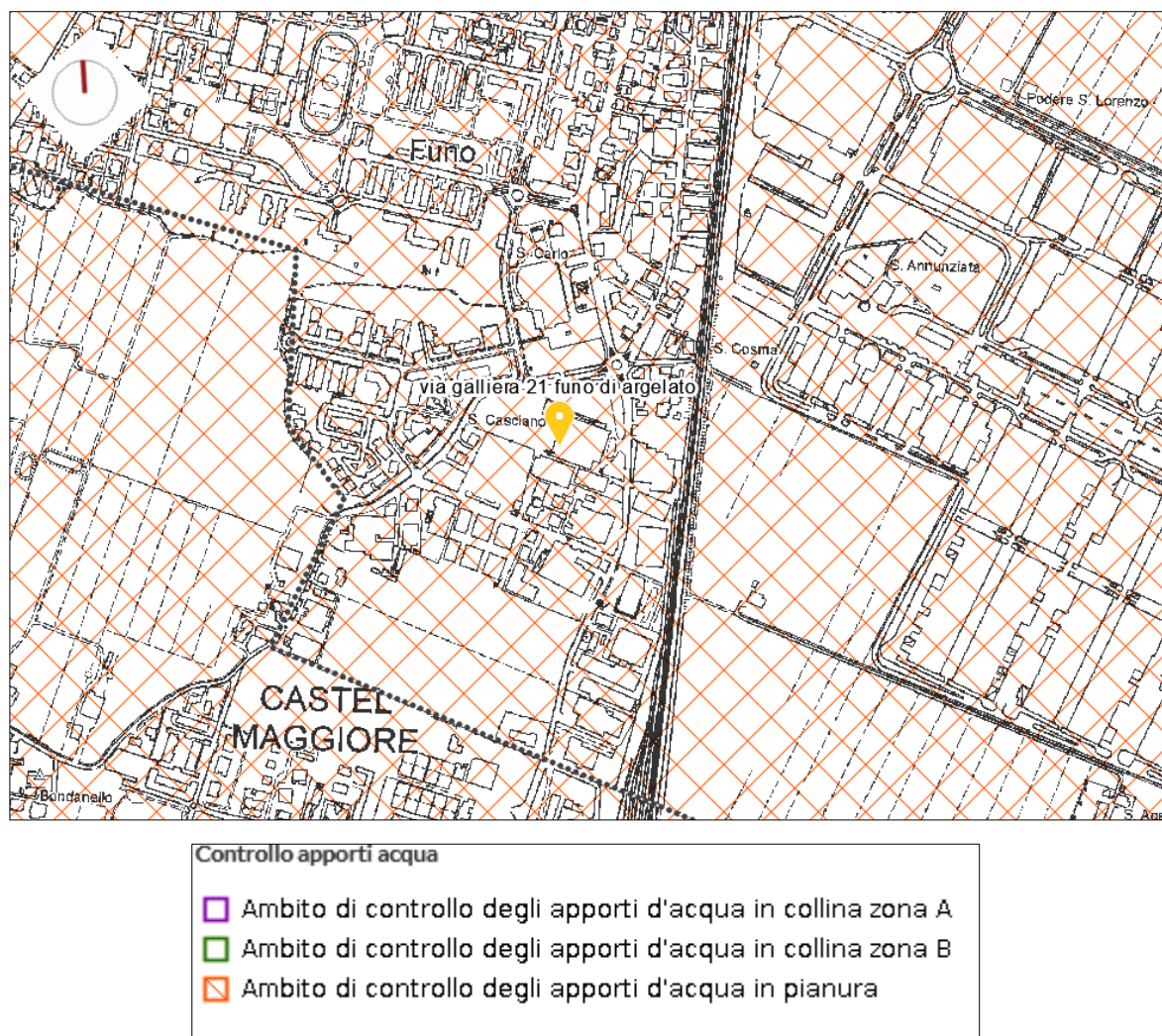


Figura 21: estratto Tavola 2A "Rischio di frana, assetto dei versanti e gestione delle acque meteoriche" PTCP Città metropolitana di Bologna

In accordo con quanto riportato all'art.4.8 del PTCP, a cui si demanda per maggiori dettagli, al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento e di favorire il riuso di tale acqua i Comuni, negli ambiti di controllo degli apporti d'acqua come individuati

alla predetta Tavola 2A, prevedono, per nuovi interventi urbanistici, specifici interventi tecnici tra cui la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque di tipo duale, ossia composte da un sistema minore costituito dalle reti fognarie per le acque nere e le acque bianche contaminate e un sistema maggiore costituito da sistemi di laminazione per le acque bianche non contaminate le cui specifiche tecniche sono riportate nel succitato articolo 4.8.

In merito alla gestione delle acque meteoriche si precisa che la Committente ha già dato incarico a un Professionista di redigere lo studio di progettazione delle reti che sarà parte integrante dei documenti connessi alla nuova proposta di riqualificazione urbanistica del sito.

8. Vincoli e rispetti

8.1 Tutela e vincoli di natura storico-culturale

Dall'analisi dell'elaborato ArQC.2.1.1 "Carta Archeologica" allegata al PSC del Comune di Argelato, di cui si riporta un estratto nella seguente *Figura 24*, emerge come, nei pressi dell'area di Via Galliera 21, non esista alcun tipo di vincolo di tipo storico-culturale.

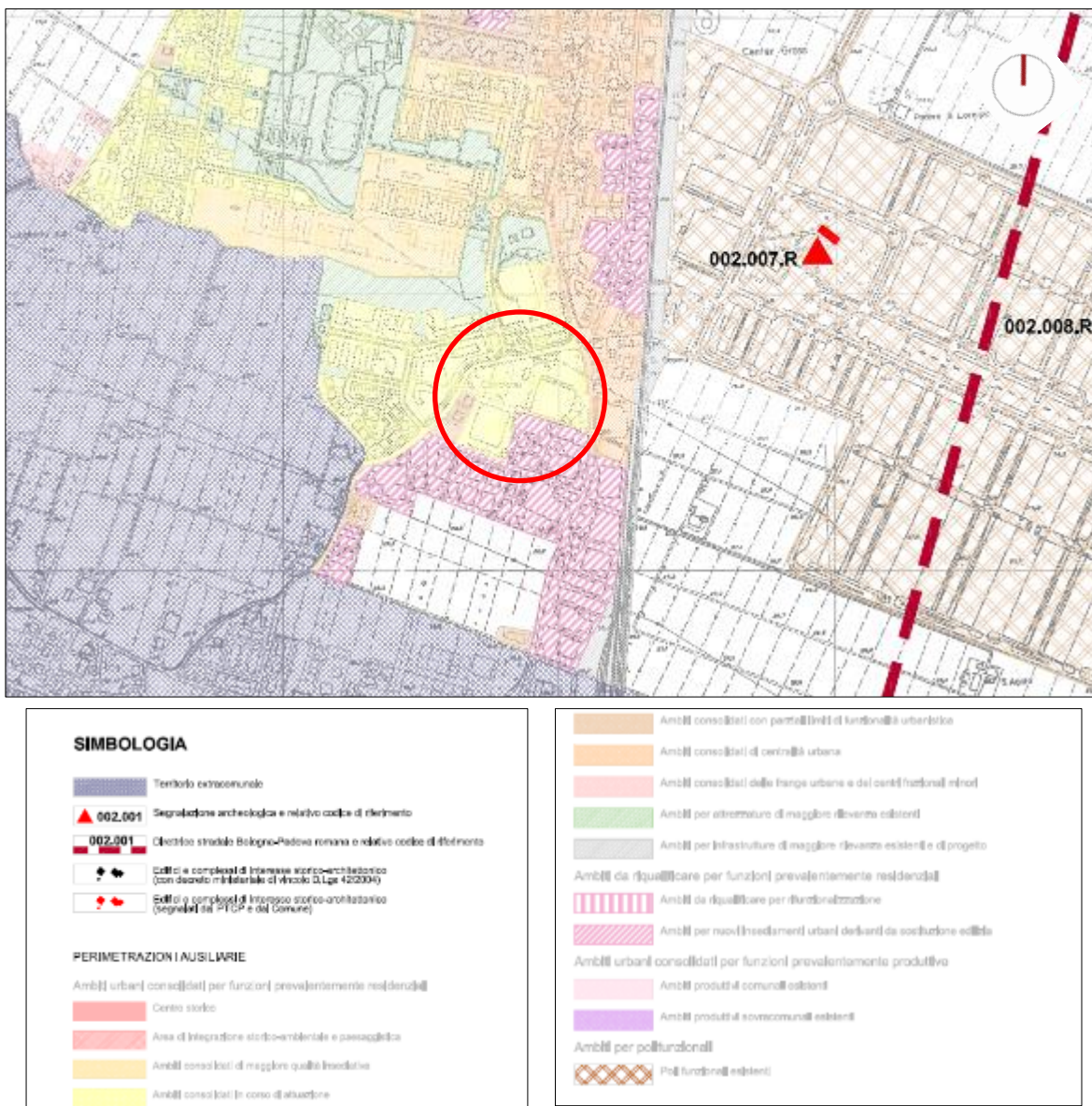


Figura 22: estratto da Tavola ArQC.2.1.1 "Carta Archeologica" allegata al PSC del Comune di Argelato

8.2 Fasce di rispetto infrastrutture

Dalla disamina della cartografia disponibile “*Tavola dei Vincoli*” allegata al PSC del Comune di Argelato (estratto in *Figura 25*), si evince che la parte più settentrionale del sito risultata vincolata al rispetto delle fasce di rispetto dell’elettrodotto di alta tensione (linea 220 KV Ostiglia – Colunga), inoltre, in corrispondenza del settore Sud, è segnalata la presenza di cavi interrati dell’elettrodotto di media tensione.

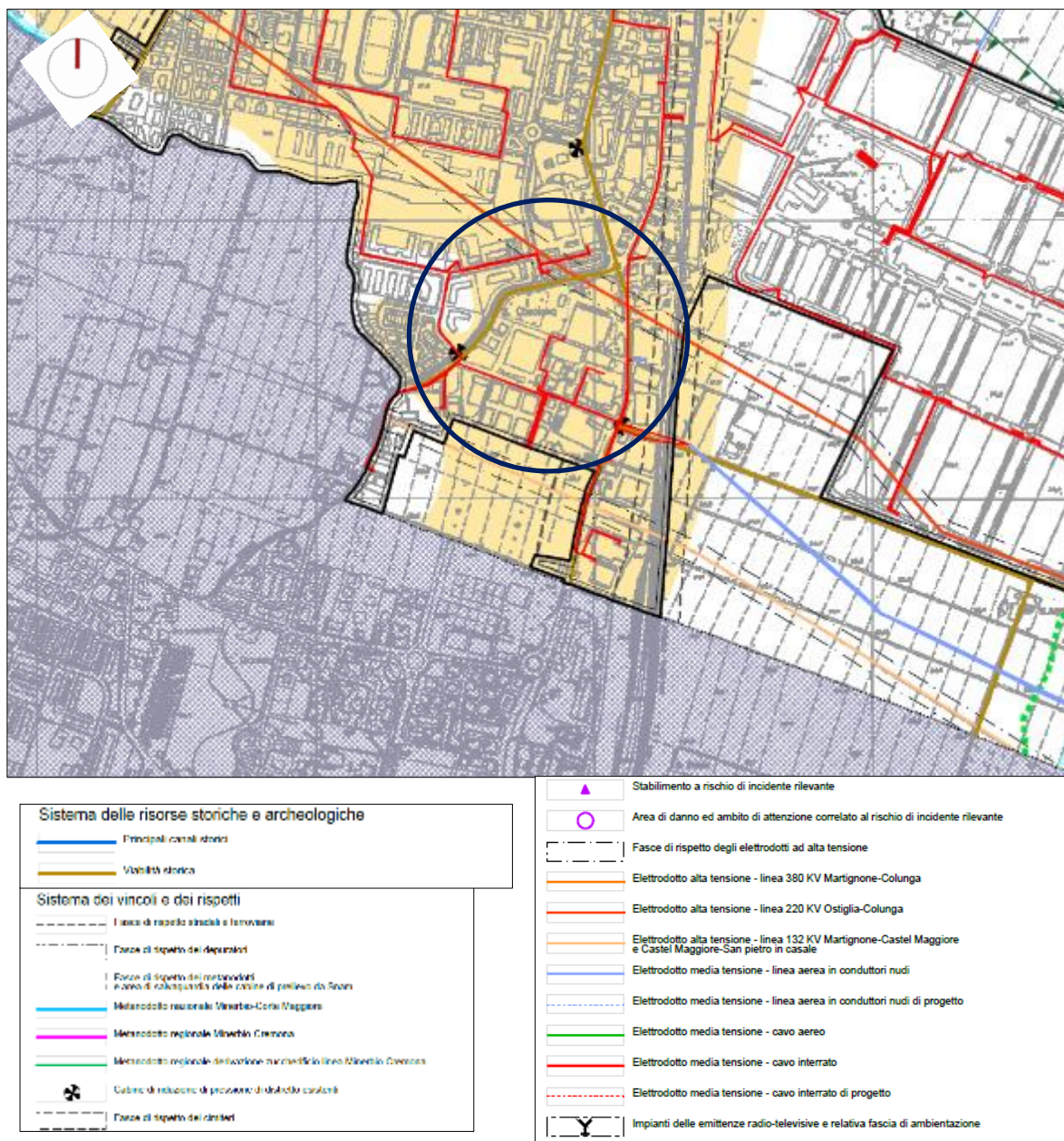


Figura 23: estratto “*Tavola dei Vincoli*” allegata al PSC del Comune di Argelato

9. Caratterizzazione sismica

Per sviluppare la caratterizzazione sismica è stato applicato il seguente schema di lavoro:

1. classificazione dell'intervento ai fini sismici;
2. classificazione dell'area ai fini sismici;
3. valutazione delle prescrizioni normative in materia sismica;
4. esecuzione ed elaborazioni delle indagini sismiche;
5. modellazione sismostratigrafica;
6. definizione dei parametri sismici di progetto ai diversi stati limite;
7. verifica di assoggettabilità all'analisi di stabilità per liquefazione.

9.1 Classificazione dell'intervento ai fini sismici

L'intervento in esame è stato assunto con le seguenti caratteristiche:

- nuova costruzione, ai sensi delle NTC cap. 2
- livelli di prestazione ordinari ($V_N=50$) ai sensi delle NTC tab. 2.4.I

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

- costruzione in Classe d'uso 2 ai sensi delle NTC Cap. 2.4.2

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

- costruzione con Coefficiente d'uso $C_u=1,0$ ai sensi delle NTC tabella 2.4.II

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u				
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

- opera per cui è necessaria la progettazione geotecnica ai sensi delle NTC Cap 6.1.1

– opere di fondazione; – opere di sostegno; – opere in sotterraneo; – opere e manufatti di materiali sciolti naturali o di provenienza diversa; – fronti di scavo; – consolidamento; – miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi; – consolidamento di opere esistenti.

- opera di minore rilevanza ai fini della pubblica incolumità ai sensi del DPR 380/2001 Art. 94 bis

9.2 Classificazione dell'area ai fini sismici

Il Comune di Argelato è inserito in zona sismica 3 (bassa sismicità), ai sensi e per gli effetti della L.R. 19/2008 e s.m.i..

9.3 Prescrizioni normative in materia sismica

I progetti di interventi di minore rilevanza in zona sismica ai fini sismici ricadenti in zona sismica 3 sono soggetti a deposito sismico prima dell'inizio dei lavori, da effettuare presso l'autorità competente che, nel caso in esame, è l'Unione Reno Galliera.

Per sviluppare gli approfondimenti necessari si è provveduto a:

- valutare i fenomeni di amplificazione sismica locale, attraverso indagini in sito per la misura della V_{s30} e delle condizioni topografiche di sito;

- valutare l'assoggettabilità dei terreni alla verifica a liquefazione in presenza di sabbie fini sature, attraverso indagini in sito per la misura del potenziale di liquefazione.

Attraverso queste analisi sono stati determinate la categoria di sottosuolo, la categoria topografica e, di conseguenza i valori di A_{max} e di k_h che consentono di calcolare l'azione sismica agente sulle strutture, nonché è stato valutato se i terreni sono suscettibili al fenomeno di liquefazione.

9.4 Indagini sismiche

Per sviluppare l'analisi sismica di 1° livello è stata eseguita una prova sismica di tipo MASW e una prova sismica di tipo HVSR la cui ubicazione è riportata nella seguente *Figura 26*.

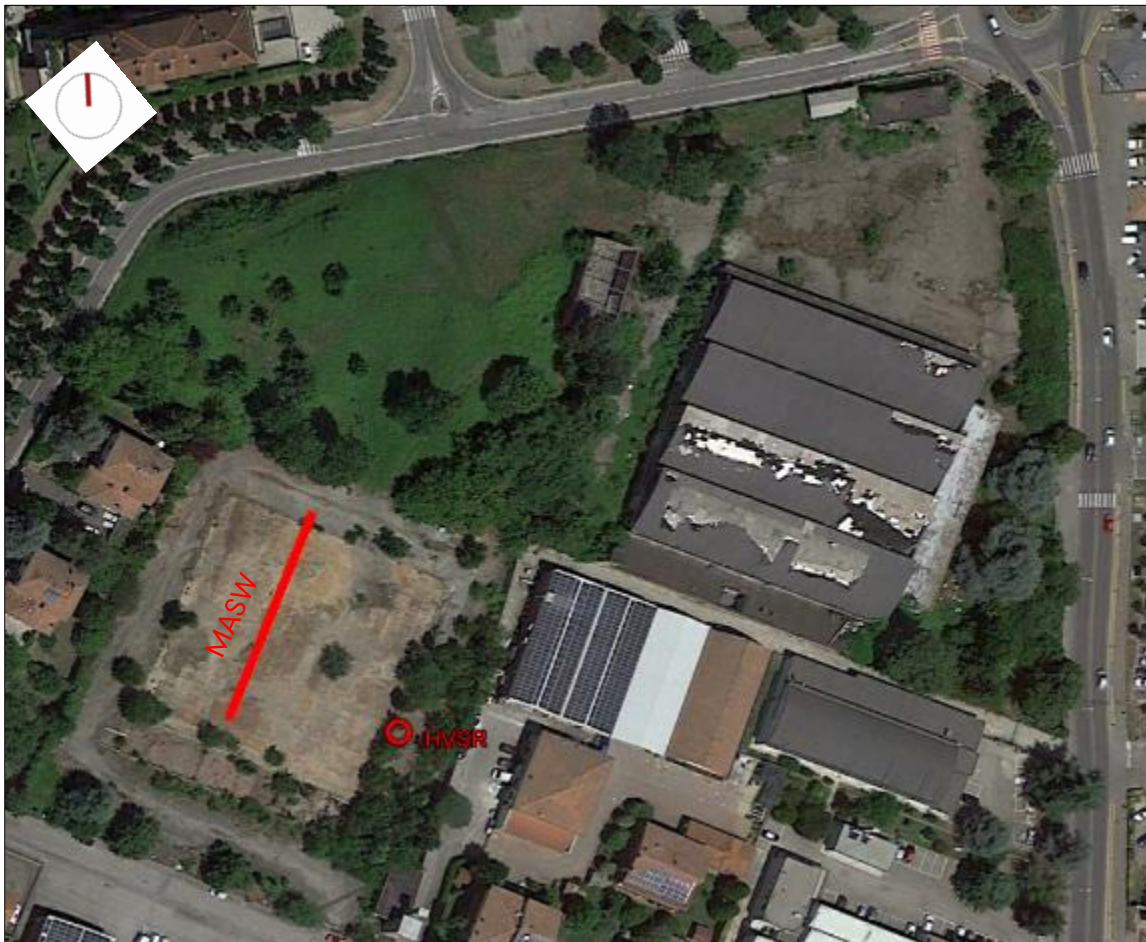


Figura 24: ubicazione indagini sismiche

9.4.1 Prova MASW

L'indagine sismica di tipo MASW consiste nel misurare, mediante una serie di geofoni, la velocità delle onde di taglio V_s generate artificialmente nel terreno da un operatore e registrate da un sismografo.

Attraverso l'elaborazione e l'analisi del tracciato è possibile desumere un modello sismostratigrafico del sottosuolo basato sulla velocità delle onde di taglio V_s .

L'indagine è stata elaborata fino a 30 m di profondità, non essendo stato possibile raggiungere il substrato (formazione rocciosa o di terreno con $V_s > 800$ m/s).

L'esito della prova ha permesso di definire che il substrato è più profondo di 30 m, che la V_s è gradualmente crescente con l'aumentare della profondità e che la V_{s30} assume un valore di circa 327 m/s.

I grafici di prova sono disponibili in *Allegato 4*.

9.4.2 Prova HVSR

L'indagine sismica di tipo HVSR consiste nel registrare, attraverso una stazione di misura posta a diretto contatto con il suolo, le frequenze delle onde di taglio V_s naturalmente presenti nel terreno che subiscono il fenomeno della risonanza.

Il fenomeno della risonanza si verifica per quelle lunghezza d'onda di dimensioni analoghe allo spessore di uno o più degli strati attraversati; l'elaborazione dei tracciati di misura, l'analisi delle frequenze di risonanza permette quindi di avere informazioni indirette sulla stratigrafia del terreno.

L'indagine è stata elaborata fino a 30 m di profondità, non essendo stato possibile raggiungere il substrato (formazione rocciosa o di terreno con $V_s > 800$ m/s)

L'analisi del tracciato della prova eseguita, elaborata su un diagramma H/V, ha permesso di definire che:

- nei primi 30 m di profondità non sono presenti interfacce stratigrafiche con decisi aumenti della velocità delle onde S;
- nei primi 30 m di profondità non sono presenti interfacce stratigrafiche con inversione della velocità delle onde S.

In effetti le interfacce stratigrafiche riconosciute con le prove penetrometriche non sono caratterizzate da un aumento rilevante della densità dei terreni.

I grafici di prova sono disponibili in *Allegato 5*.

9.5 Modellazione sismostratigrafica

Dal confronto tra i dati geologici esistenti e i risultati delle prove sismiche e geotecniche, è stato elaborato il seguente modello sismostratigrafico semplificato, compatibile con il sito in esame.

MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO		
	profondità (m)	Vs (m/s)
US1	0.0-5.9	218
US2	5.9-9.1	237
US3	9.1-12.9	255
US4	12.9-18.3	287
US5	18.3-26.9	321
US6	26.9-33.9	334
US = Unità sismica		

Sulla base del modello sismostratigrafico descritto, la Vs30 risultante è di circa 327 m/s, pertanto, in accordo con la Tabella 3.2.II delle NTC 2018, **al sito è stata attribuita una categoria stratigrafica C.**

Tab. 3.2.II – <i>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.</i>	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Annessi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

L'analisi topografica, condotta sulla CTR 1:10.000 della Regione Emilia Romagna, ha permesso di escludere la presenza di rilievi, creste o pendii con altezza > 30 m ed inclinazioni > 15°, pertanto alla morfologia del sito è attribuita una categoria topografica T1.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

9.6 Parametri sismici per il progetto delle fondazioni

Tenuto conto della vita nominale dell'opera V_n e della sua classe d'uso C_u , il valore della vita di riferimento dell'opera è pari a $V_r=50$ anni, poiché $V_r=C_u \times V_n$.

Con questo valore di V_r , il periodo di ritorno con cui considerare l'azione sismica allo stato limite SLV risulta essere 475 anni, come indicato nell'Allegato A alle NTC 2008.

Il sito in esame, inquadrato in *Figura 27*, è ubicato alle seguenti coordinate geografiche Ed 50:

- Latitudine N = 44,587772
- Longitudine E = 11,368315

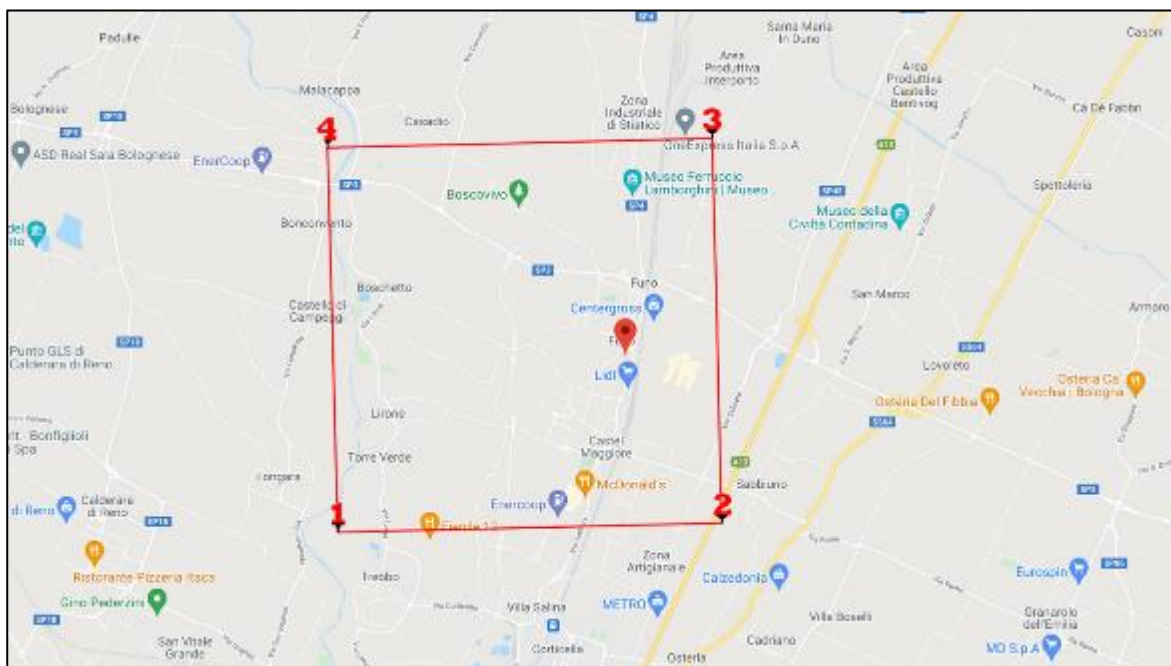


Figura 25: inquadramento area

A partire dalle coordinate geografiche così definite e tenuto conto del valore del tempo di ritorno T_r associato alla classe d'uso dell'edificio va definita l'accelerazione sismica di base A_g , desumibile dal reticolo di riferimento della mappa di pericolosità sismica nazionale di cui alla OPCM 3519/2006 o dall'allegato B delle NTC 2008; con tali assunzioni il valore di A_g di base, su suolo libero di tipo A e per lo stato limite SLV è pari a **$A_g = 0.165 g$** .

In funzione delle classificazioni stratigrafica e topografica attribuite al sito in esame, il coefficiente S_s è pari a $S_s=1.5$, mentre il coefficiente S_t è pari a $S_t=1.0$, perciò il valore di A_{max} atteso al suolo allo stato limite SLV, tenuto conto degli aspetti di amplificazione di sito, risulta essere **$A_{max} = 2.353 m/s = 0.239 g$** .

Il coefficiente di amplificazione sismica orizzontale per la verifica delle fondazioni allo stato limite SLV risulta essere **$k_h = 0.058$** , mentre quello verticale, per lo stesso stato limite risulta essere **$k_v = 0.029$** .

Il tabulato completo di tutti i parametri sismici necessari alla progettazione, per i diversi stati limite, è disponibile in *Allegato 6*.

In sintesi, le indagini sismiche hanno permesso di ricavare i seguenti i parametri sismici di progetto (allo stato limite SLV):

- $A_g = 0.165 g$;

- $A_{max} = 0.239 \text{ g}$;
- $F_0 = 2.491$;
- $T_c = 0.283 \text{ s}$;
- $K_h = 0.058$;
- $K_v = 0.029$.

Come meglio riportato nel successivo paragrafo, si raccomanda di eseguire le verifiche di stabilità alla liquefazione in fase di progettazione definitiva degli edifici tenendo conto della profondità delle fondazioni.

9.7 Verifica di assoggettabilità all'analisi di stabilità per liquefazione

Il Comune di Argelato non figura tra quelli classificati come aventi aree suscettibili di liquefazione, come risulta nella seguente *Figura 28*.

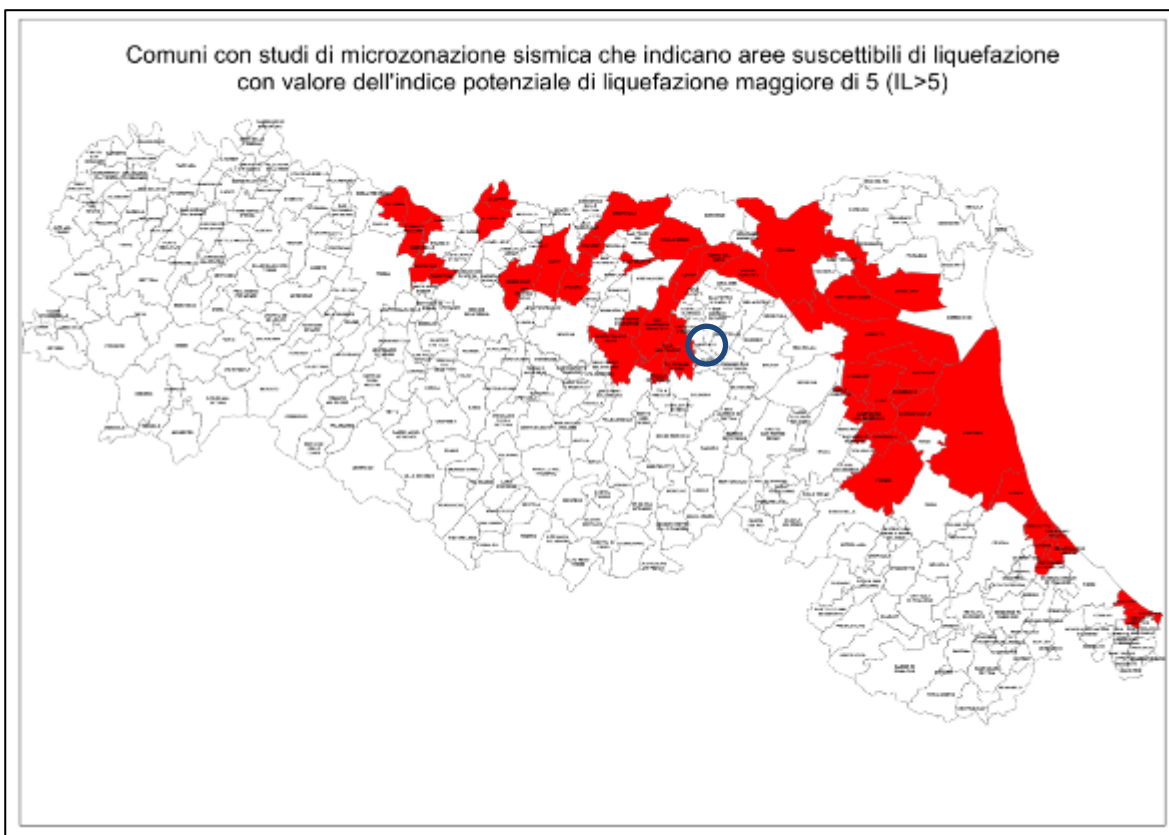


Figura 26: aree suscettibili di liquefazione

Tuttavia, il Cap. 7.11.3.4.2 delle NTC prevede che l'analisi di stabilità alla liquefazione possa essere omessa solo quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Poiché nel caso in esame i 4 requisiti richiesti non si verificano con continuità su tutta l'area, è consigliabile sviluppare un approfondimento sul punto, conducendo in fase di progetto la verifica di liquefazione sui terreni, tenendo conto della profondità delle fondazioni che, al momento dell'esecuzione delle prove, risulta non nota.

10. Caratterizzazione geotecnica

Per sviluppare la caratterizzazione geotecnica è stato applicato il seguente schema di lavoro:

1. esecuzione ed elaborazioni delle indagini geotecniche;
2. modellazione geotecnica.

10.1 Indagini geotecniche

Sono state elaborate n. 4 prove penetrometriche statiche tipo CPT e n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPSH, la cui ubicazione è riportata nella seguente *Figura 29*.

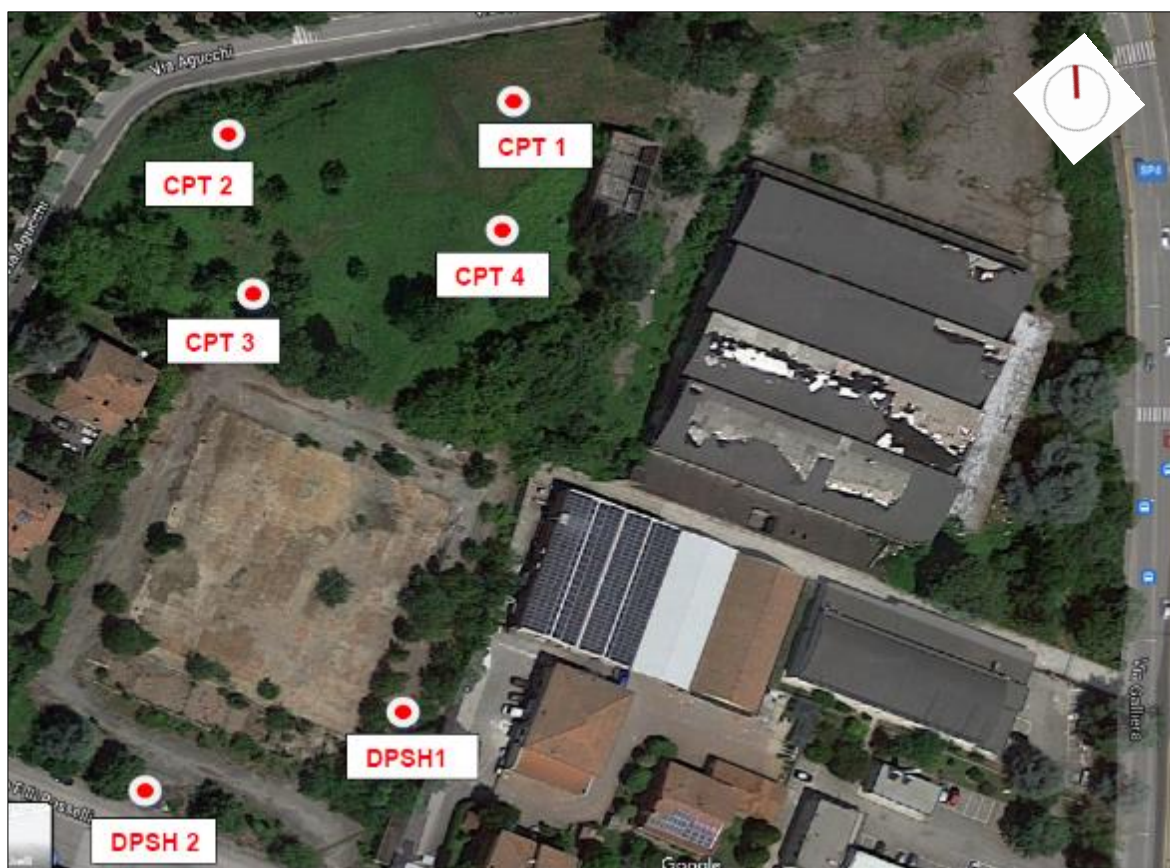


Figura 27: ubicazione prove penetrometriche statiche (CPT) e dinamiche (DPSH)

10.2 Prove penetrometriche CPT

La prova penetrometrica statica CPT consiste nell'infissione continua nel terreno della punta penetrometrica sotto l'azione di un dispositivo di spinta idraulico ancorato al suolo, la geometria della punta e delle aste sono standardizzati secondo le normative di riferimento; la pressione necessaria per affondare le diverse sezioni della punta penetrometrica (punta e manicotto) di 20 cm è direttamente proporzionale alla resistenza del terreno.

È possibile attrezzare il penetrometro statico con diversi tipo di punte di seguito riportate:

- la punta meccanica tipo Begemann;
- la punta elettrica;
- il piezocono.

Nel caso specifico è stata utilizzata la punta meccanica tipo Begemann e sono state misurate la resistenza della punta R_P e la resistenza del manicotto R_L , entrambe espresse in kg/cm^2 .

I parametri indice della prova consentono di ricavare informazioni sulla natura del terreno, sulla resistenza alla penetrazione e, più in generale, sui parametri geotecnici.

A partire dai valori di R_P e R_L si sono calcolati:

- q_c , resistenza alla punta (kg/cm^2);
- f_s , resistenza al manicotto (kg/cm^2);
- q_c/f_s , rapporto tra le resistenze;
- RF , rapporto di attrito.

A partire da questi valori, attraverso correlazioni note in letteratura, è possibile stimare i parametri geotecnici dei terreni necessari alle verifiche di stabilità.

Gli esiti delle prove penetrometriche statiche sono riportate in sintesi nella seguente *Tabella 1* e, in dettaglio, nei tabuati in *Allegato 7*; è stato scelto di accorpare le misure registrate in 4 unità geotecniche, relativamente omogenee per caratteristiche meccaniche e di indicare i valori medi.

SINTESI DEI RISULTATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT								
	CPT1	CPT2	CPT3	CPT	qc	fs	qc/fs	FR
	prof. (m)	prof. (m)	prof. (m)	prof. (m)	kg/cm ²	kg/cm ²	-	-
UT1	0.0-2.4	0.0-2.2	0.0-3.4	0.0-2.8	40	1.6	25	4.4
UT2	2.4-5.0	2.2-6.2	3.4-4.8	2.8-5.4	10	0.6	20	6.0
UT3	5.0-15.0	6.2-10.0	4.8-15.0	5.4-10.2	15	0.8	22	5.0
UT4	-	10.0-15.0	-	10.2-15.0	46	1.5	31	3.5

Tabella 1: esiti prove penetrometriche

10.3 Prove penetrometriche DPSH

La prova penetrometrica dinamica DPSH consiste nell'infissione continua nel terreno della punta penetrometrica sotto l'azione di un maglio che batte sulla testa delle aste di trasmissione; la geometria della punta, il peso del maglio, l'altezza di caduta del maglio sono standardizzati secondo le normative di riferimento. Il numero di colpi necessario per affondare la punta penetrometrica è direttamente proporzionale alla resistenza del terreno ed è identificato dalla sigla Ndp.

Per elaborare i dati di prova è necessario fare una serie di correzioni al valore di Ndp, tenendo conto:

- dell'efficienza energetica del dispositivo di battitura $Ndp \rightarrow N_{spt_{60}}$;
- dell'eventuale presenza di acqua sotterranea (solo se in sabbie fini) $N_{spt} \rightarrow N'_{spt_{60}}$;
- della pressione litostatica alla profondità di misurazione $N'_{spt} \rightarrow N1_{60}$.

A partire da questi valori, attraverso correlazioni note in letteratura, è possibile stimare i parametri geotecnici dei terreni necessari alle verifiche di stabilità.

Gli esiti delle prove penetrometriche dinamiche sono riportate in sintesi nella seguente Tabella 2 e, in dettaglio, nei tabuati riportati in Allegato 8; è stato scelto di accorpate le misure registrate nelle stesse unità geotecniche utilizzate per le prove CPT e di indicare i valori medi.

SINTESI DEI RISULTATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH				
	DP1	DP2	Resistenza avanzamento	Resistenza avanzamento*
	prof. (m)	prof. (m)	N ₁₆₀ (c/p)	N ₁₆₀ (c/p)
UT1	0.0-2.4	0.0-2.4	10-20	13
UT2	2.4-5.4	2.4-5.4	3-5	3
UT3	5.4-12.6	5.4-12.6	10-15	11
UT4	-	-	-	-
* = valore consigliato				

Tabella 2: risultati prove penetrometriche dinamiche

11. Modellazione geotecnica

La modellazione geotecnica del terreno è stata condotta a partire dai dati desunti sia dalle prove statiche CPT sia dalle prove dinamiche DPSH.

11.1 Natura del terreno

La stima della natura del terreno è stata condotta a partire dai dati delle prove CPT, confrontati con le analisi dirette (sondaggi) disponibili dalle precedenti indagini di caratterizzazione ambientale.

I valori di q_c/f_s e di FR desunti dalle prove statiche hanno permesso di utilizzare gli abachi di Begemann (Cfr. *Figura 30*) e di Searle (Cfr. *Figura 31*) per la definizione della natura granulometrica dei terreni.

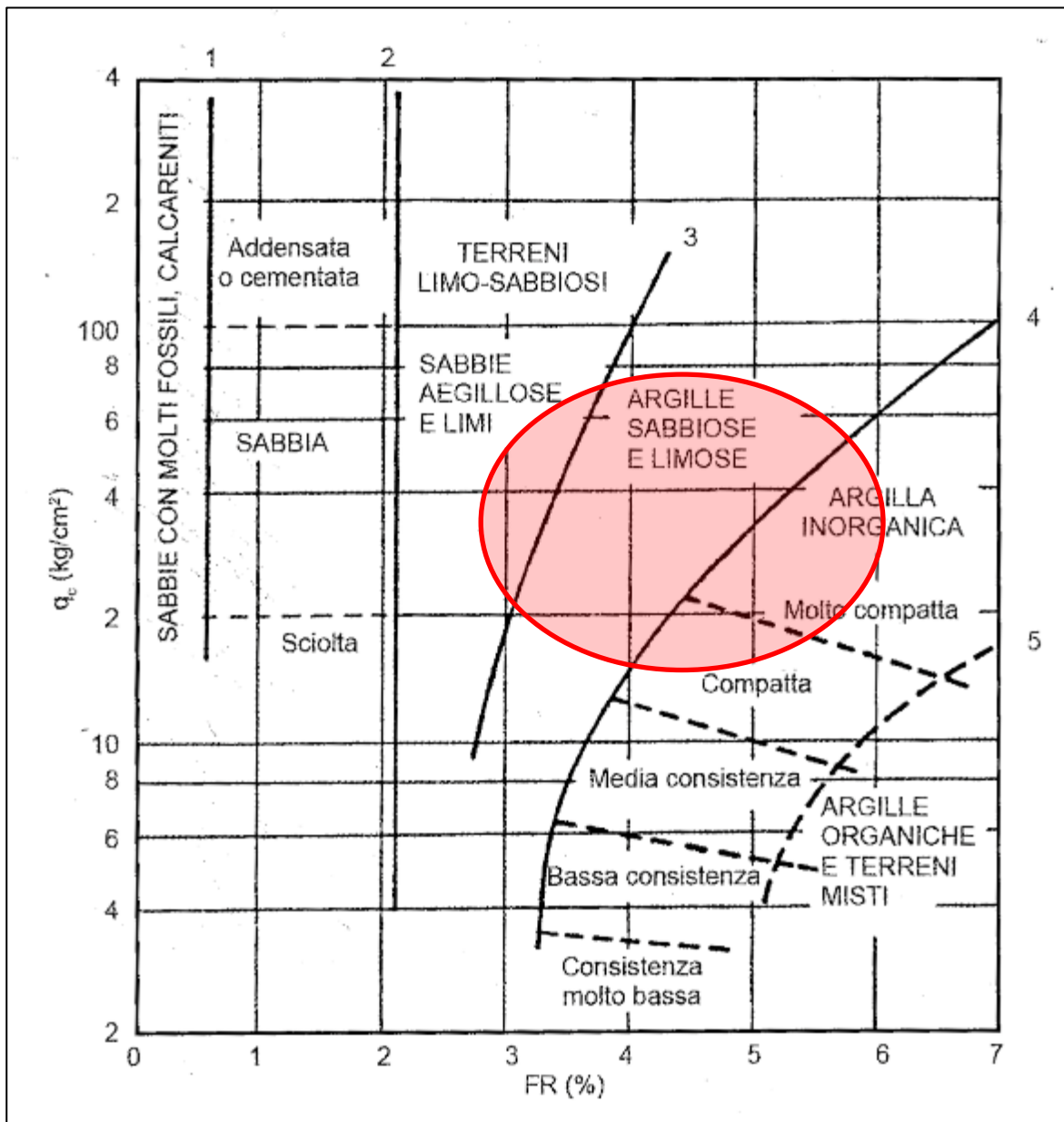


Figura 28: Abaco di Begemann - In rosso l'area ove ricadono i terreni osservati in sito

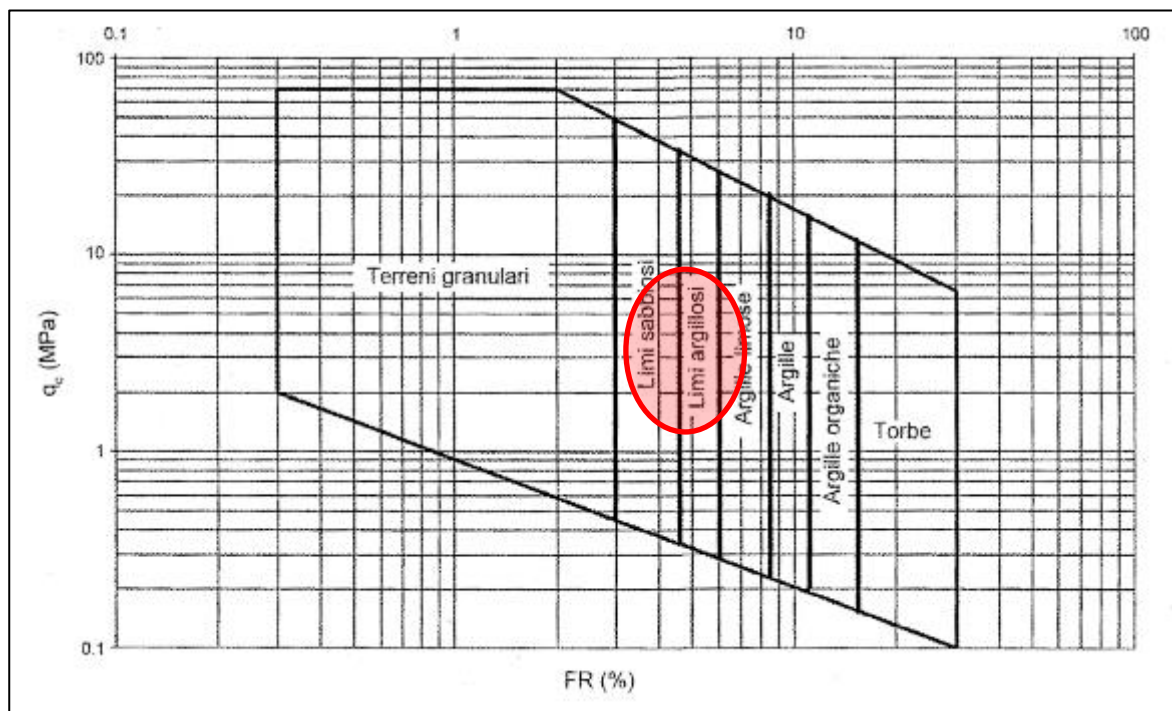


Figura 29: Abaco di Searle - In rosso l'area ove ricadono i terreni osservati in sito

Come è possibile osservare, i terreni riscontrati risultano essere intermedi tra terreni a prevalente comportamento attritivo (limi sabbiosi, sabbie argillose) e terreni a prevalente comportamento coesivo (argille sabbiose, limi argillosi).

Ciò comporta una certa incertezza nello scegliere il comportamento reologico prevalente, passaggio necessario al fine di utilizzare, per i calcoli geotecnici, modelli teorici compatibili con la tipologia di terreno.

È comunque indubbio che l'alternanza tra le due tipologie di terreno è diffusa su tutta l'area investigata ed è anche relativamente discontinua; a ogni modo, quale che sia la scelta operata, si tratta di terreni dalle caratteristiche meccaniche mediocri.

A partire dai valori desunti dalle prove penetrometriche sono stati stimati i parametri geotecnici seguenti, applicando una serie di correlazioni ritenute sufficientemente affidabili per i terreni in esame:

- peso di volume γ ;
- densità relativa D_r ;
- angolo di resistenza al taglio ϕ' ;
- modulo di deformazione edometrica M_0 .

11.2 Peso di volume

La stima del peso di volume è stata condotta attraverso l'applicazione della correlazione di Mayne & Peuchen (2012, da prove CPT) che mette in relazione il valore di f_s con il parametro γ e dalla correlazione di Shioi & Fukui (1982, da prove SPT) che mette in relazione il valore di N con il parametro γ .

Attraverso una stima ragionata e cautelativa dei risultati ottenuti è stato poi scelto un valore intermedio tra quelli ottenuti ed è stato adottato come valore caratteristico del peso di volume, ripetendo la valutazione per ognuna delle unità geotecniche rilevate.

I parametri scelti sono indicati nel modello geotecnico al Paragrafo § 11.

11.3 Densità relativa

La stima della densità relativa è stata condotta attraverso l'applicazione della correlazione di Lancellotta (1983, da prove CPT) che mette in relazione il valore di q_c con il parametro D_r e dalla correlazione di Terzaghi & Peck (1967, da prove SPT) che mette in relazione il valore di N con il parametro D_r .

Attraverso una stima ragionata e cautelativa dei risultati ottenuti è stato poi scelto un valore intermedio tra quelli ottenuti ed è stato adottato come valore caratteristico della densità relativa, ripetendo la valutazione per ognuna delle unità geotecniche rilevate.

I parametri scelti sono indicati nel modello geotecnico al Paragrafo § 11.

11.4 Angolo di resistenza al taglio

La stima dell'angolo di resistenza al taglio è stata condotta attraverso l'applicazione della correlazione di Caquot (1933, da prove CPT) che mette in relazione il valore di q_c con il parametro ϕ e dalla correlazione di Meyerhof (1956, da prove SPT) che mette in relazione il valore di N con il parametro ϕ .

Attraverso una stima ragionata e cautelativa dei risultati ottenuti è stato poi scelto un valore intermedio tra quelli ottenuti ed è stato adottato come valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio, ripetendo la valutazione per ognuna delle unità geotecniche rilevate.

I parametri scelti sono indicati nel modello geotecnico al Paragrafo § 11.

11.5 Modulo di deformazione edometrica/elastica

La stima del modulo edometrico/elastico è stata condotta attraverso l'applicazione della correlazione di Sanglerat (1972, da prove CPT) che mette in relazione il valore di q_c con il parametro M_o e dalla correlazione di Jamalkowski (1988, da prove SPT) che mette in relazione il valore di N con il parametro E_{25} .

Attraverso una stima ragionata e cautelativa dei risultati ottenuti è stato poi scelto un valore intermedio tra quelli ottenuti ed è stato adottato come valore caratteristico del modulo elastico, ripetendo la valutazione per ognuna delle unità geotecniche rilevate.

I parametri scelti sono indicati nel modello geotecnico al Paragrafo § 11.

12. Modello geotecnico

Sulla base dei risultati delle prove condotte è stato sviluppato un modello geotecnico composto da 3 unità omogenee per caratteristiche geotecniche, come da seguente *Figura 32*.

Prof. tetto	Prof. base	Unità geot.	Descrizione sintetica	Zw	qc	fs	qc/fs	FR	N ₁ (60)	γ _n	Dr	c'	φ'	Mo/E
				m					-	kN/m ³	%	kPa	deg	MPa
0.0	2.8	UT1	Sabbia limosa argillosa poco addensata		4.0	1.6	25	4.4	13	19.0	40	0	32	10
2.8	5.6	UT2	Argilla limosa sabbiosa poco consistente		10.0	0.6	20	6.0	4	18.0	25	nd	24	4
5.6	15.0	UT3	Limo sabbioso argilloso poco consistente		15.0	0.8	22	5.0	11	18.5	30	nd	26	6
15.0	-	-	Base modello											
.... Zf = prof. piano posa fondazioni da p.c. (nd) Zw = prof. sup. piezometrica da p.c. (>10)														

Figura 30: modello geotecnico

In alcune zone (CPT 2 e CPT4) sono stati riscontrati livelli più francamente sabbiosi e maggiormente addensati, quindi con caratteristiche geotecniche migliori rispetto a quelle rappresentate in tabella. La mancanza di continuità areale di questi livelli e la relativa profondità osservata (tra 10.0 e 15.0 m) induce, almeno in questa fase, a trascurarne in via cautelativa la presenza nel modello geotecnico generale.

Alla luce delle indagini condotte, si ritiene che l'intervento in esame sia fattibile sotto il profilo sismico e geotecnico, fatto salvo il superamento delle verifiche di capacità portante, di cedimento e di liquefazione, da verificare in funzione delle tipologie di fondazione previste e dei carichi trasmessi dalle sovrastruttura.

13. Salubrità delle matrici ambientali

L'area di Via Galliera 21 è stata oggetto di diverse campagne di indagini ambientali condotte, anche in contraddittorio con gli Enti di Controllo, da Società Terze (Studio Viel & Sangiorgi e Arcadis Italia S.r.l.), nel periodo 2006 ÷ 2011, nel corso delle quali sono state investigate le matrici ambientali suolo/sottosuolo e acque di falda.

Dal punto di vista chimico, le indagini hanno permesso di rilevare una contaminazione diffusa delle acque di falda a opera di Alifatici clorurati, mentre, in corrispondenza della matrice insatura, sono stati riscontrati dei superamenti (sia delle CSC per aree a uso residenziale/verde pubblico sia di quelle per aree a uso commerciale/industriale) a opera di Solventi Clorurati, nel settore più settentrionale del sito, e di Idrocarburi e Xileni in corrispondenza di un unico hotspot di contaminazione correlabile con la presenza di cisterne interrato rinvenute in corrispondenza del lato Est del settore meridionale del sito e asportate nel 2011.

In seguito alla caratterizzazione del sito è stata elaborata l'Analisi di Rischio sito specifica a cui hanno fatto seguito due integrazioni; il documento comprensivo delle successive integrazioni è stato approvato con Delibera di Giunta Provinciale n. 195 del 15/04/2008.

Successivamente per conto della Committente, nel luglio 2008 è stato presentato, dallo Studio Viel & Sangiorgi, il Progetto di Bonifica in cui si proponevano due tipologie di interventi di bonifica mirati al risanamento delle acque di falda mediante il dimensionamento di un sistema di Pump & Treat, e della matrice insatura mediante Soil Vapor Extraction.

In seguito all'approvazione del predetto Progetto di Bonifica (Delibera n. 473 del 23 settembre 2008), nei mesi di febbraio - marzo 2009 sono stati avviati, in sinergia, l'impianto Pump & Treat, per il prelievo e il trattamento delle acque sotterranee, e l'impianto Soil Vapor Extraction per la bonifica dei solventi clorurati nella matrice insatura; l'intervento di ventilazione è stato mantenuto attivo sino al raggiungimento del suo limite tecnologico.

Successivamente, al fine di accelerare la bonifica delle acque di falda, nel 2011 è stata presentata una variante progettuale "Variante al Progetto di Bonifica del sito Ex Suprema, Studio Viel & Sangiorgi – aprile 2011" che affiancava al sistema di barriera idraulico un intervento di ISCO (Ossidazione Chimica in situ) progettato dalla Società Arcadis Italia S.r.l.; contestualmente, è stata presentata, da Arcadis, anche la revisione dell'Analisi di Rischio.

Entrambi i documenti sono stati approvati con Delibera di Giunta Provinciale n. 457 del 31/10/2011.

In seguito alle attività di scavo e di rimozione del parco serbatoi interrato, operazione svolta nel settembre 2011, è stata presentata la II Variante al Progetto di Bonifica "Report tecnico –

attività di scavo per la rimozione serbatoio e proposta attività future. Arcadis Italia Srl – Febbraio 2012” in cui si proponeva il trattamento del terreno contaminato mediante la realizzazione di biopile. Si precisa che, tale intervento nonostante sia stato approvato dagli Enti Competenti con Delibera di Giunta Provinciale n. 281 del 31/17/2012, non è mai stato avviato.

Per quanto attiene invece le acque di falda, in seguito agli scarsi risultati ottenuti, per il risanamento delle stesse, mediante il funzionamento del sistema di barriera idraulico e l’attuazione degli interventi di ISCO (realizzati nel periodo maggio 2014 – febbraio 2015 e settembre 2016), nel mese di giugno 2018 sono stati presentati il documento di “Terza Variante al Progetto Operativo di Bonifica sito ex Suprema, Arcadis Italia S.p.A. - 05 giugno 2018”, nel quale si proponeva la revisione degli interventi di bonifica, in particolare del sistema di Pump & Treat, e il documento di revisione relativo all’Analisi di Rischio.

Entrambi i documenti sono stati respinti dagli Enti Competenti che non hanno condiviso le modalità di sviluppo tecnico del progetto.

Visto lo stallo del procedimento di bonifica e viste le difficoltà riscontrate per addivenire a una possibile certificazione degli interventi di bonifica la Committente, in data 19/09/2018, ha ritenuto necessario formalizzare l’incarico di Direzione Lavori a GEOlogica, con la contestuale richiesta alla stessa di verificare tutto l’iter amministrativo e tecnico.

In seguito all’attenta disamina di tutti i documenti agli atti, GEOlogica ha evidenziato una serie di incongruenze tecniche tali per cui sono insorti forti dubbi relativamente al modello concettuale della contaminazione finora adottato e, soprattutto, alla ricostruzione idrogeologica dell’area.

In seguito alle indagini integrative condotte a maggio e novembre 2019 (attività che hanno previsto la realizzazione di nuovi piezometri, sia interni che esterni al sito, e il campionamento delle acque di falda) e alla revisione del modello idrogeologico e del modello concettuale della contaminazione, GEOlogica, per conto della Committente, ha presentato agli Enti di Controllo, con PEC del 22 aprile 2020, il nuovo Progetto di Bonifica con Misure di Messa In Sicurezza Permanente (GEOlogica Rif. n. R1/0420/GMA/MIP/DL/CP, aprile 2020).

Tale progetto è stato valutato in sede di Conferenza dei Servizi del 21 maggio 2020 e approvato da ARPAE con DET- AMB-2021-1 del 4/1/2021.

Alla luce di quanto sopra, dal punto di vista ambientale la soluzione progettuale approvata consentiva una fruizione dell’area secondo le precedenti destinazioni urbanistiche (in parte residenziale in parte commerciale).

Ciò premesso la necessità di modificare, secondo le indicazioni avanzate dal Comune, la fruizione dell’area stessa, individuando per l’intero lotto ex Suprema una futura fruizione

residenziale, ha obbligato a rivedere il Progetto di Bonifica che, tuttavia, nelle sue connotazioni di base è rimasto identico a quello precedentemente approvato dagli Enti (alla data di redazione del presente studio di fattibilità geologica geotecnica il documento non è ancora stato protocollato agli Enti di Controllo).

Demandando per maggiori dettagli alla predetta variante al Progetto di Bonifica si prevede la realizzazione di un barrieramento fisico della porzione superficiale del primo sistema acquifero nonché una impermeabilizzazione delle aree nelle quali è stata individuata una contaminazione residua anche in capo alla matrice insatura.

Una volta attuato il progetto di bonifica, che dovrà essere necessariamente approvato dalla Conferenza dei Servizi, si ritiene che non sussistano elementi ostativi a una fruizione residenziale del sito.

Conclusioni

Su incarico della Società Gema 96 S.p.A. in liquidazione, con sede legale in Via di Novella 1 in Comune di Roma e sede operativa in Via Altopiano, 56 Sasso Marconi (BO), GEOlogica, studio professionale associato di Geologia, con sede legale in Via Ambrogio da Bollate 13 e uffici in Via Tito Speri 16, entrambi in Comune di Bollate (MI), ha redatto la presente relazione di fattibilità geologica e geotecnica relativa alle attività di riqualificazione edilizia dell'area di Via Galliera n. 21, in Comune di Funo di Argelato (BO).

Si precisa che per tale area era già stata presentata la documentazione necessaria elaborata sulla base della futura fruizione della stessa che prevedeva, in parte, un uso terziario con realizzazione di un centro commerciale e del parcheggio annesso e, per la restante parte, la cessione di aree a verde al Comune di Argelato.

Tale previsione, ancorché preventivamente discussa con gli Uffici tecnici del Comune di Argelato è stata disattesa dal nuovo strumento urbanistico che, per l'area ex Suprema, allo stato attuale, prevede una destinazione d'uso unicamente residenziale.

Alla luce di quanto sopra è stato necessario modificare integralmente il progetto edilizio prevedendo la realizzazione, nel settore Ovest, di un complesso residenziale costituito da n. 7 palazzine a uso abitativo e, nel settore Est, di un parcheggio pubblico e di un'area a verde che sarà ceduta al Comune e adibita a parco pubblico.

In considerazione di tutto quanto sopra è stato necessario redigere e presentare i nuovi documenti tecnici al fine di verificare la fattibilità dell'opera sotto i vari aspetti.

Tutto ciò premesso, per la predisposizione del presente documento è stata analizzata la documentazione esistente e più in particolare la cartografia allegata al PSC del Comune di Argelato nonché la cartografia allegata al PTCP della Città Metropolitana di Bologna.

Per la parte relativa alla fattibilità geotecnica e sismica dell'intervento sono state inoltre eseguite ed elaborate delle prove penetrometriche (statiche e dinamiche) e delle prove sismiche (MASW e HVSR).

Dalla disamina della documentazione esistente e delle elaborazioni delle prove geotecniche/sismiche di campo è stato verificato che l'area presenta una serie di vincolistiche di tipo idraulico, ambientale e geotecnico/sismico.

Si ricorda tuttavia che relativamente ad alcuni dettagli tecnici (es. geotecnica), le prescrizioni da adottare per rendere fattibile l'opera in progetto potranno essere definite solo a valle della presentazione dei progetti esecutivi delle opere in progetto.

Alla luce di tutto quanto sopra esposto, fatta salva l'esecuzione delle prescrizioni riportate nei distinti studi specialistici, non si ravvedono, dal punto di vista geologico/geotecnico e ambientale, elementi ostativi alla fattibilità dell'opera in progetto.

Bollate, gennaio 2022

Dott. Geol. Luca M. Pizzi



Dott.ssa Geol. Ilaria Villa



GEMA 96 S.p.A. in liquidazione

Via di Novella 1

00199 Roma

AREA EX SUPREMA

VIA GALLIERA 21 – VIA ROSSELLI 24/26

COMUNE DI FUNO DI ARGELATO (BO)

RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA



ALLEGATI



Maria Villa

R1/0122/GMA/FAT/CP rev.1 | Gennaio 2022



ALLEGATO 1



N=4939600

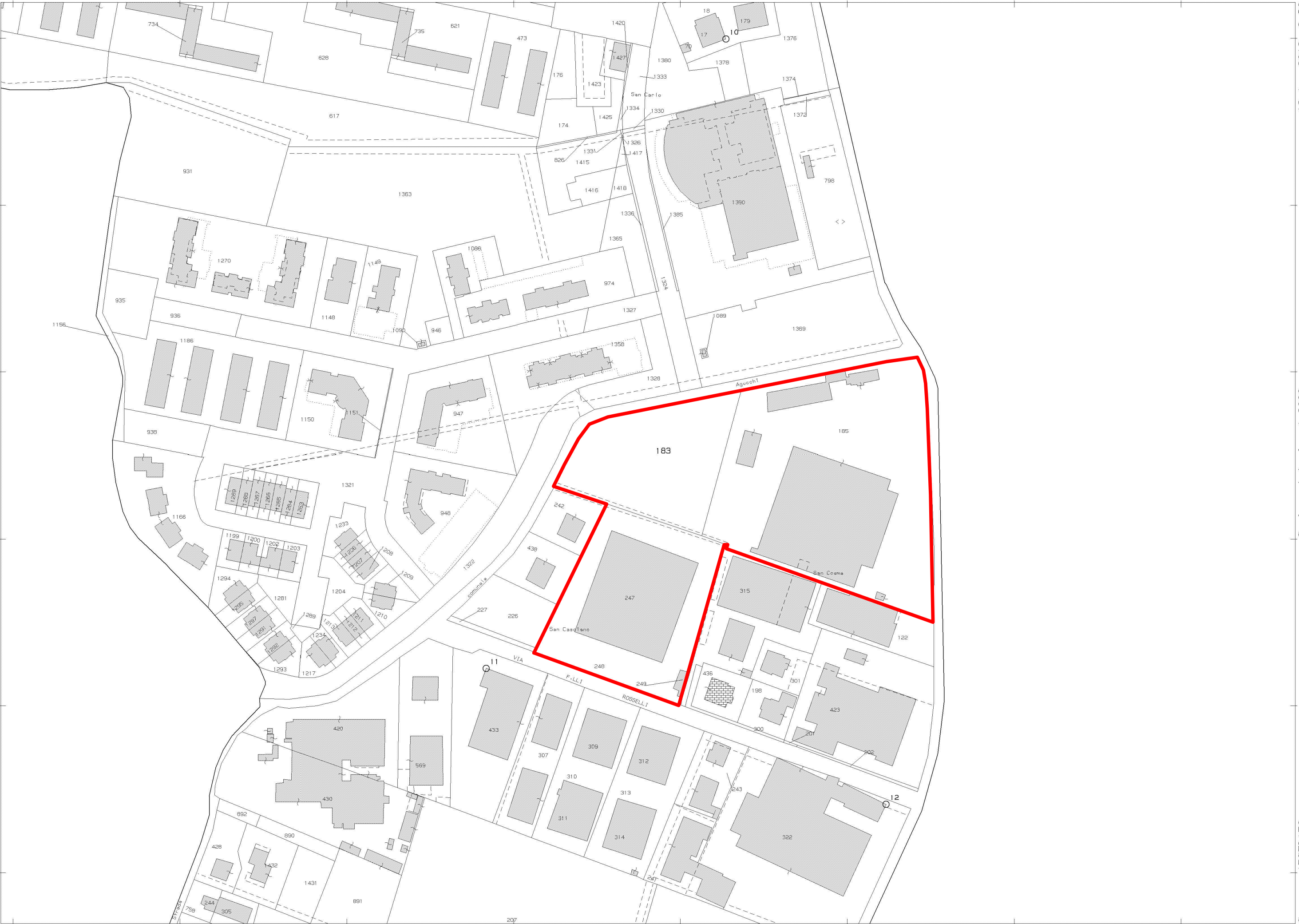
E=1687500

13-Apr-2012 8:56
Prot. n. T28557/2012

Scala originale: 1:2000
Dimensione cornice: 776.000 x 552.000 metri

Comune: ARGELATO
Foglio: 41

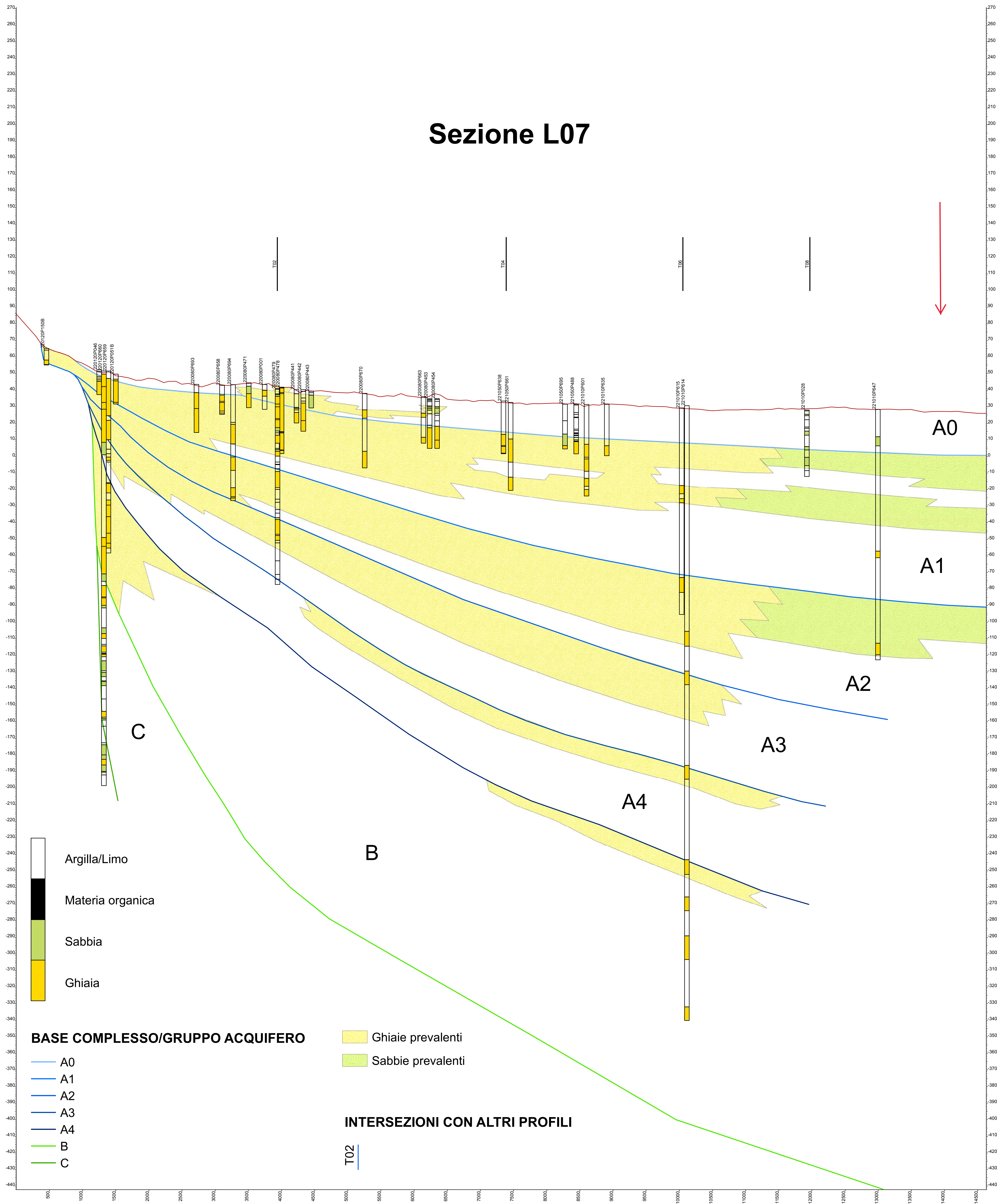
Particella: 183



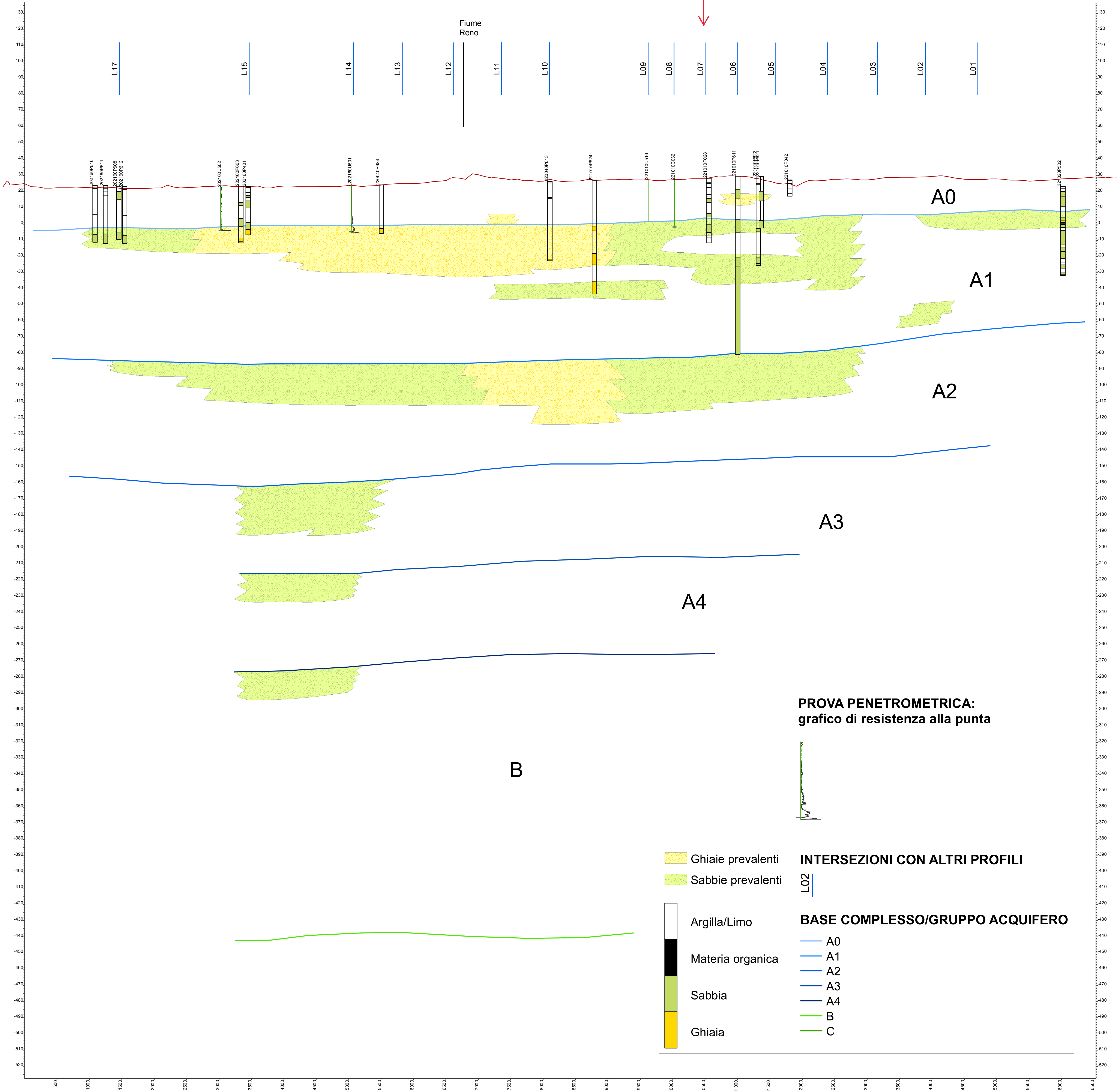


ALLEGATO 2

Sezione L07



Sezione T08





ALLEGATO 3

PROFILO RIASSUNTIVO
DEL SONDAGGIO STRATIGRAFICO

221 S11SAN PANCRAZIO

Scala 1:100

221010P501identificativo Banca Dati Geognostici

LOCALIZZAZIONE TERRITORIALE 1:50.000

PROVINCIA : BOLOGNA
COMUNE : CASTEL MAGGIORE

SEZIONE C.T.R. 1:10.000 : 221010 CASTEL MAGGIORE
TAVOLA 1:25.000 : 221 NO
FOGLIO 1:50.000 : 221 BOLOGNA EST

QUOTA m s.l.m. : 30

RESPONSABILE DEL PROGETTO : R. PIGNONE (Regione Emilia-Romagna)
COORDINATORE DEL FOGLIO : P. SEVERI (Regione Emilia-Romagna)
DIREZIONE LAVORI : P. SEVERI (Regione Emilia-Romagna)
RILEVATORE : A. AMOROSI (Consulente Regione Emilia-Romagna)
IMPIANTO : GEOPERVIUS (BO)
RESPONSABILE DI CANTIERE : P.P. REGAZZI (Geopervius)
INIZIO PERFORAZIONE : 06/04/94
FINE PERFORAZIONE : 13/04/94

ELABORAZIONE CAD : P. MINGOLINI (Consulente Regione Emilia-Romagna)
AGGIORNAMENTO : 15/07/96

Realizzato nell'ambito del Progetto CARG (L.305/89) Convenzione tra S.G.N. e R.E–R

MODALITA' DI PERFORAZIONE

A DISTRUZIONE

CAROTIERE TRIPLO

A DISTRUZIONE
METODO WIRELINE

CAROTIERE SEMPLICE

CAROTIERE DOPPIO
METODO WIRELINE

CAROTIERE DOPPIO

CAROTIERE TRIPLO
METODO WIRELINE

NOTE

ASSORBIMENTI

PERDITE DI CIRCOLAZIONE

RIVESTIMENTI "PRESI"

TRACCE DI GAS

ACQUA SALATA O SALMASTRA

COMPLETAMENTO

FILTRI

FILTRI CON CALZA
IN GEOTESSILE

RIEMPIMENTO

TAPPO IMPERMEABILE

CEMENTAZIONE

DRENO

GRANULOMETRIA

I RISULTATI DELLE PROVE SONO ALLEGATI DI SEGUITO

G : GHIAIA (%) > 2 mm

S : SABBIA (%) 0.006 < S < 2 mm

L : LIMO (%) 0.002 < L < 0.06 mm

A : ARGILLA (%) <0.002 mm

LITOLOGIA E TESSITURA

GHIAIA

SABBIA FINE

LIMO ARGILLOSO

GHIAIA IN MATRICE

SABBIA LIMOSA

ARGILLA LIMOSA

SABBIA GHIAIOSA

LIMO SABBIOSO

ARGILLA

SABBIA

LIMO

TORBA

ORIZZONTI PEDOLOGICI

LIMITE NETTO

LIMITE TRANSIZIONALE

STRATIFICAZIONE E
STRUTTURE SEDIMENTARIE

STRATIFICAZIONE MASSICCIA

STRATI MOLTO SPESSI

STRATI SPESSI

STRATI MEDI

STRATI SOTTILI

STRATI MOLTO SOTTILI

STRATI LENTICOLARI

STRATI GRADATI

LAMINAZIONI PARALLELE

LAMINAZIONI OBLIQUE

LAMINAZIONI CONVOLUTE

RIPPLE DA CORRENTE

CLASTI D'ARGILLA

FRUSTOLI VEGETALI

AMALGAMAZIONI

DOLCE D'EROSIONE

STRUTTURE DA CARICO

FLUIDIFICAZIONI – SFUGGITE D'ACQUA

FESSURE DI ESSICCAZIONE

BIOTURBAZIONI

RADICI

FOSSILI

FOSSILI MARINI

FOSSILI CONTINENTALI

CaCO₃

0 : NON CALCAREO (MENO DELLO 0.5 %)

1 : MOLTO SCARSAMENTE
CALCAREO (0.5–1%)

2 : SCARSAMENTE
CALCAREO (1–5%)

3 : CALCAREO (5–10%)

4 : MOLTO CALCAREO (>10%)

FIGURE

Pa : PELLICOLE DI ARGILLA

Pp : PELLICOLE PER PRESSIONE

Ps : PELLICOLE PER PRESSIONE E SCORRIMENTO

Cs : CONCENTRAZIONI SOFFICI

C : CONCREZIONI

N : NODULI DI FERRO E MANGANESE

Cg : CRISTALLI DI GESSO

TIPO EVOLUTIVO

I–V : ENTISUOLI–INCEPTISUOLI

VI–VII : ALFISUOLI

VERT. : VERTISUOLI

CAMPIONI

A = CAMPIONI PER ANALISI PETROGRAFICHE

B = CAMPIONI PER ANALISI BIOSTRATIGRAFICHE

C = CAMPIONI PER DATAZIONI RADIOMETRICHE

P = CAMPIONI PER ANALISI PALINOLOGICHE

G = CAMPIONI PER ANALISI GRANULOMETRICHE

CAMPIONI INDISTURBATI

s = SHELBY

o = OSTEMBERG

d = DENISON

m = MAZIER

p = PERCUSSIONE

PROVE IN SITO

P.L. : PROVA LEFRANC

P.P. : PROVA DI POMPAGGIO

P.S. : PROVA PRESSOMETRICA

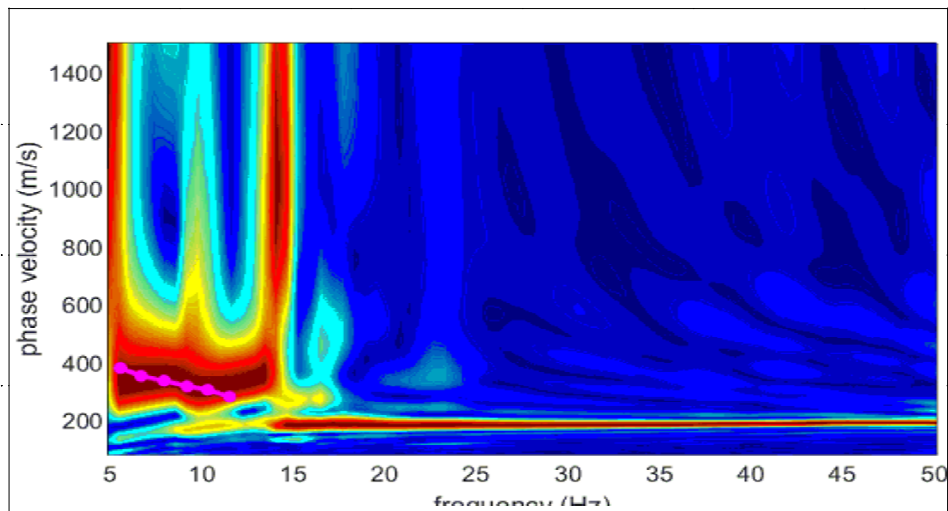
S.P.T. : STANDARD PENETRATION TEST

PROFONDITA' *												
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

RILEVAMENTO FALDA				
DATA	ORA	PROF. FORO	PROF. RIVES.	LIV. ACQUA



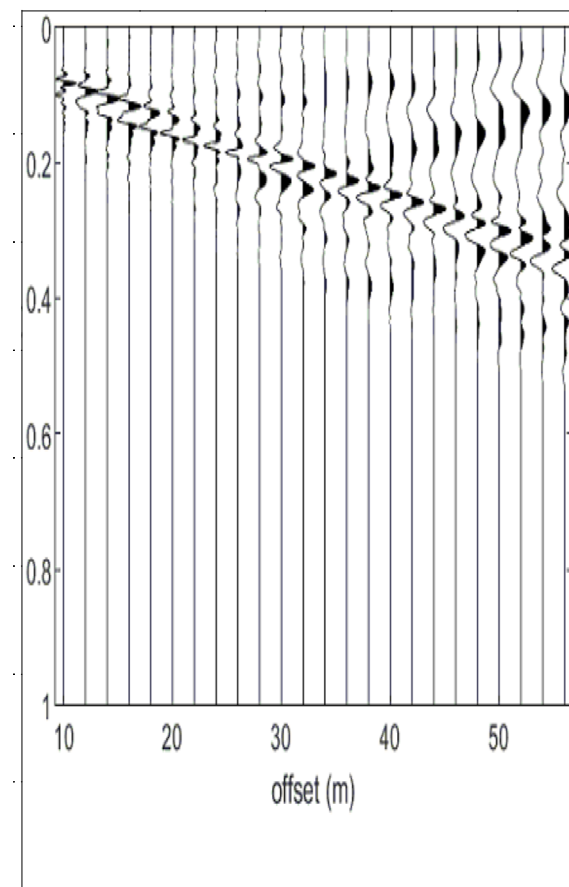
ALLEGATO 4



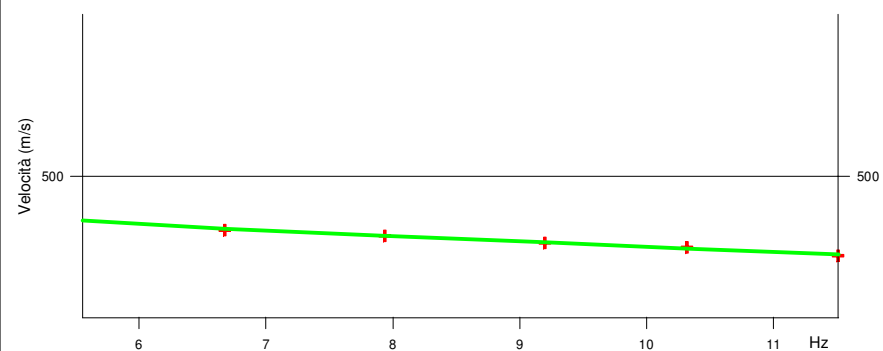
LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

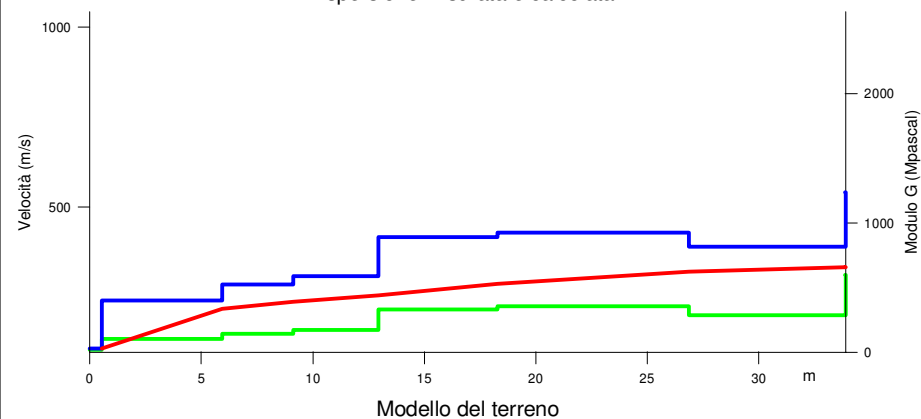
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.5	108	.0049	108	19
.5	5.9	242	.0224	218	102
5.9	9.1	285	.0112	237	145
9.1	12.9	308	.0124	255	172
12.9	18.3	416	.0128	287	332
18.3	26.9	430	.0199	321	357
26.9	33.9	391	.018	334	289

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 327 m/s

PROVA SISMICA VS30

Via Galliera 21 Comune di Argelato

GEOlogica | Studio Associato di Geologia

Metodologia MASW

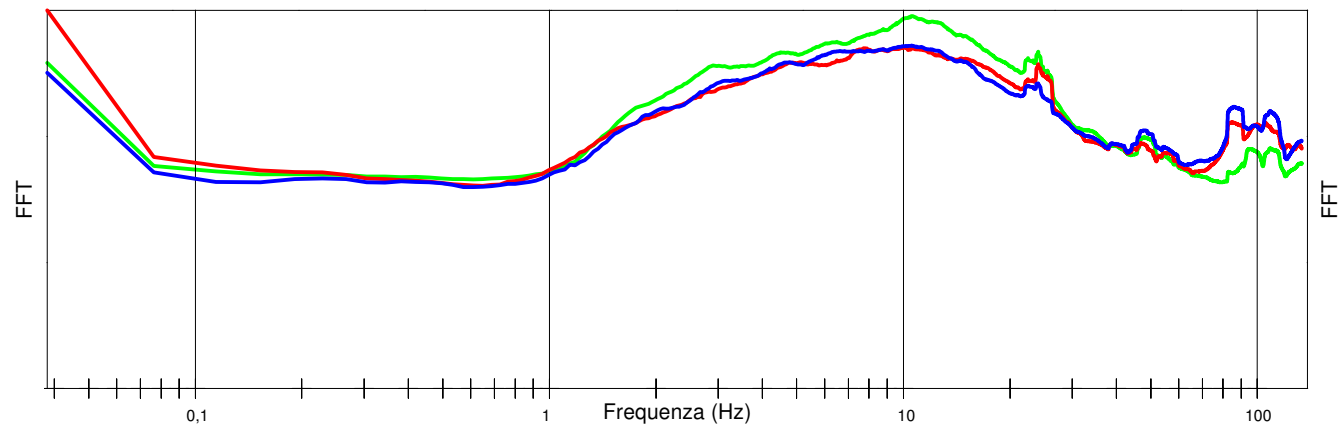
VELOCITA' DELLE ONDE S

Novembre 2021

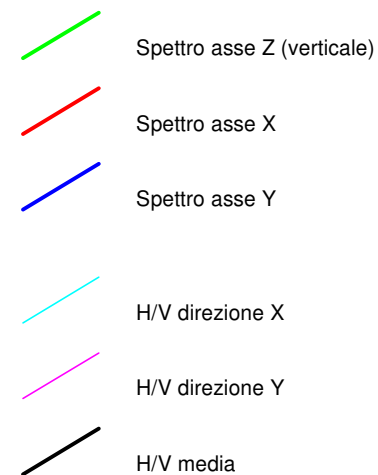


ALLEGATO 5

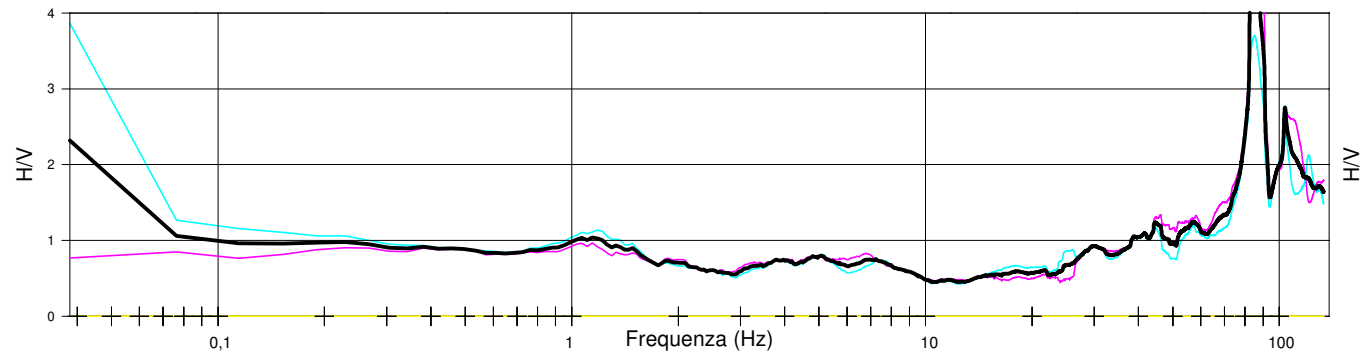
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



Durata della registrazione 24' 1.8"

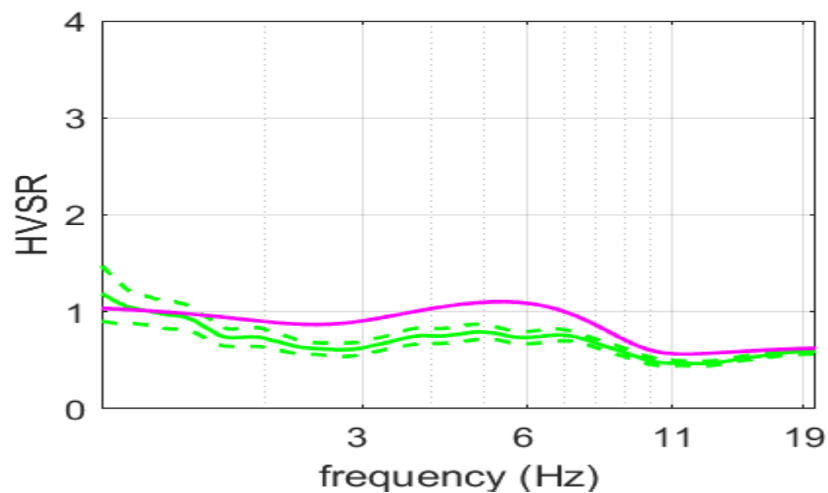
Campionamento 10 KHz

Finestra di campionamento 26,2 s

Assenza di picchi significativi alle frequenze d'interesse Ingegnistico

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.5	108	.0049	108	19
.5	5.9	242	.0224	218	102
5.9	9.1	285	.0112	237	145
9.1	12.9	308	.0124	255	172
12.9	18.3	416	.0128	287	332
18.3	26.9	430	.0199	321	357
26.9	33.9	391	.018	334	289

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 327 m/s**PROVA H/V****Via Galliera 21 Comune di Argelato****GEOlogica | Studio Associato di Geologia****Metodo Nakamura****SPETTRI DI FREQUENZA
PROVA SA-2400****Novembre 2021**



ALLEGATO 6



Studio Professionale Associato di Geologia

Sede legale: Via Ambrogio da Bollate 13 - Bollate (MI)

Uffici: Via Tito Speri 16 - Bollate (MI)

PARAMETRI SISMICI PER IL PROGETTO DELLE FONDAZIONI

Rif.: 211105

Nel foglio di calcolo sono riepilogati i parametri sismici di progetto calcolati a partire dalle coordinate geografiche del sito, tenuto conto della mappa di pericolosità sismica del territorio, della classe d'uso dell'edificio, della categoria di sottosuolo, della categoria topografica e per i diversi stati limite previsti dalle NTC.

ELABORAZIONE

EDIFICIO IN ESAME

Classe d'uso:	3
Vita nominale:	50 [anni]
Coefficiente cu:	1.5
Periodo di riferimento:	50 [anni]

PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

SITO IN ESAME

Latitudine Ed50:	44,587772
Longitudine Ed50:	11,368315
Latitudine Wgs84:	44,586835
Longitudine Wgs84:	11,367321

COEFFICIENTI SISMICI

SLO	Tr:	30 [anni]	SLD	Ss:	1,500
	ag:	0,050 g		Cc:	1,640
	Fo:	2,476		St:	1,000
	Tc*:	0,258 [s]		Kh:	0,015
				Kv:	0,007
SLD	Tr:	50 [anni]	SLV	Amax:	0,733
	ag:	0,061 g		Beta:	0,200
	Fo:	2,505		Ss:	1,500
	Tc*:	0,273 [s]		Cc:	1,610
				St:	1,000
SLV	Tr:	475 [anni]	SLC	Kh:	0,018
	ag:	0,165 g		Kv:	0,009
	Fo:	2,491		Amax:	0,904
	Tc*:	0,283 [s]		Beta:	0,200
				Ss:	1,450
SLC	Tr:	975 [anni]		Cc:	1,590
	ag:	0,217 g		St:	1,000
	Fo:	2,474		Kh:	0,058
	Tc*:	0,287 [s]		Kv:	0,029
				Amax:	2,353
				Beta:	0,240



ALLEGATO 7

RAPPORTO DI PROVA PENETROMETRICA STATICA

CPT 1a

Comune Funo di Argelato (BO)

Cantiere Via Galliera

Data 02/11/21

Area punta (cmq) 10

Area manicotto (cmq) 150

Apertura punta (°) 60

Velocità infissione (cm/s) 20

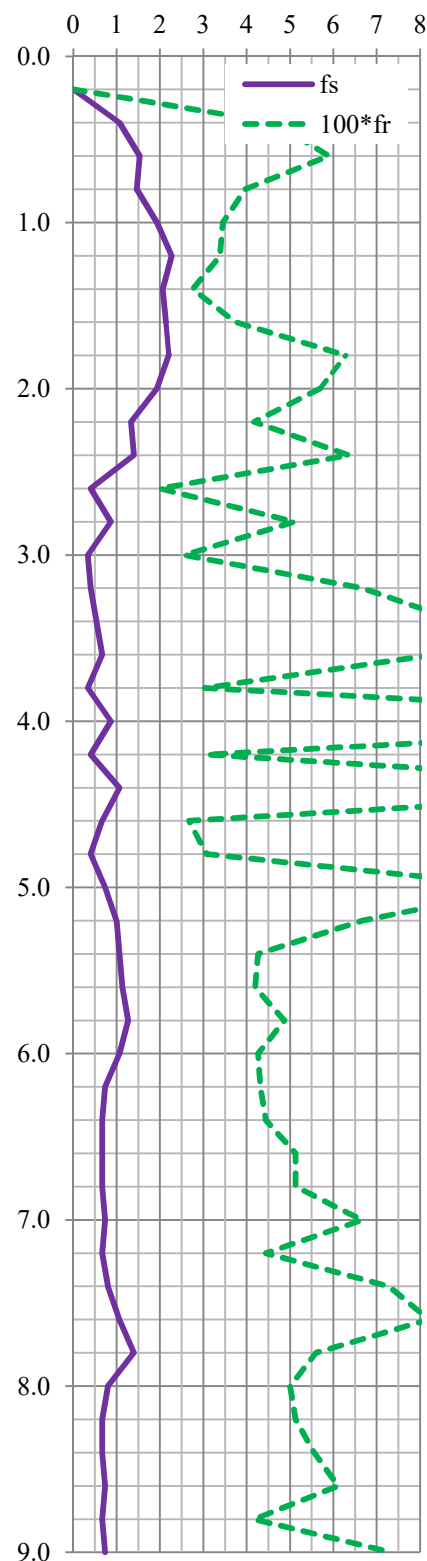
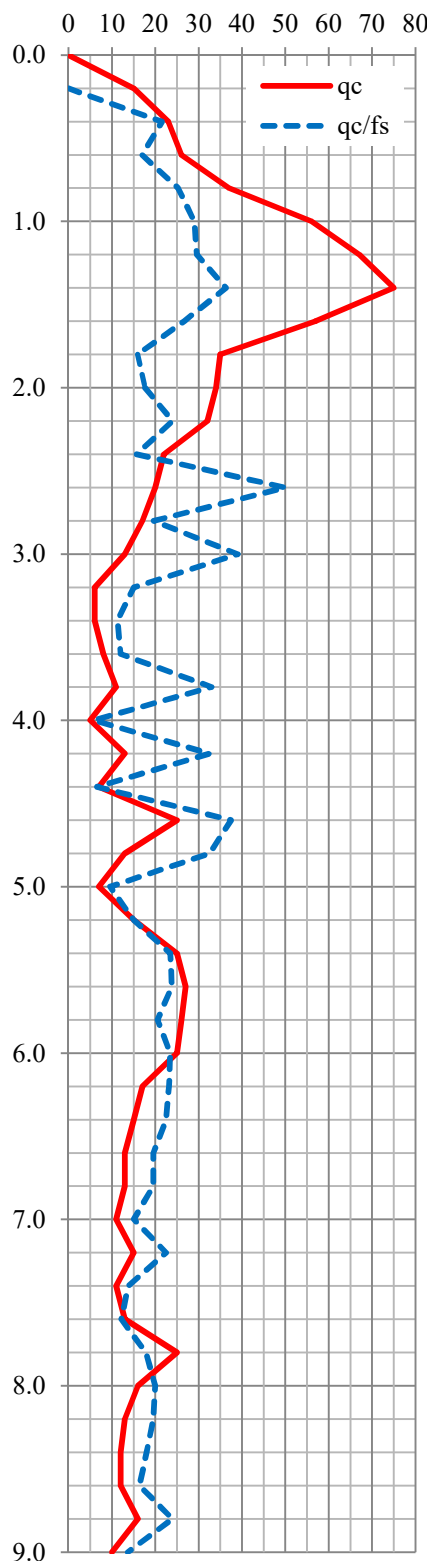
Quota di riferimento (m slm) 27.5

Quota del piano di prova (m slm) 27.5

Profondità della falda Zw (m) 3.3

Costante di trasformazione (-) 10

Prof	RP	RL	qc	fs	qc/fs	100*fr
m	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	%	%
0.0	0	0	0			
0.2	15	0	15	0.0	0.0	0.0
0.4	23	0	23	1.1	21.6	4.6
0.6	26	42	26	1.5	17.0	5.9
0.8	37	60	37	1.5	25.2	4.0
1.0	56	78	56	1.9	29.0	3.5
1.2	67	96	67	2.3	29.6	3.4
1.4	75	109	75	2.1	36.3	2.8
1.6	57	88	57	2.1	26.7	3.7
1.8	35	67	35	2.2	15.9	6.3
2.0	34	67	34	1.9	17.6	5.7
2.2	32	61	32	1.3	24.0	4.2
2.4	22	42	22	1.4	15.7	6.4
2.6	20	41	20	0.4	50.0	2.0
2.8	17	23	17	0.9	19.6	5.1
3.0	13	26	13	0.3	39.0	2.6
3.2	6	11	6	0.4	15.0	6.7
3.4	6	12	6	0.5	11.3	8.9
3.6	8	16	8	0.7	12.0	8.3
3.8	11	21	11	0.3	33.0	3.0
4.0	5	10	5	0.9	5.8	17.3
4.2	13	26	13	0.4	32.5	3.1
4.4	7	13	7	1.1	6.6	15.2
4.6	25	41	25	0.7	37.5	2.7
4.8	13	23	13	0.4	32.5	3.1
5.0	7	13	7	0.7	9.5	10.5
5.2	15	26	15	1.0	15.0	6.7
5.4	25	40	25	1.1	23.4	4.3
5.6	27	43	27	1.1	23.8	4.2
5.8	26	43	26	1.3	20.5	4.9
6.0	25	44	25	1.1	23.4	4.3
6.2	17	33	17	0.7	23.2	4.3
6.4	15	26	15	0.7	22.5	4.4
6.6	13	23	13	0.7	19.5	5.1
6.8	13	23	13	0.7	19.5	5.1
7.0	11	21	11	0.7	15.0	6.7
7.2	15	26	15	0.7	22.5	4.4
7.4	11	21	11	0.8	13.8	7.3
7.6	13	25	13	1.1	12.2	8.2
7.8	25	41	25	1.4	17.9	5.6
8.0	16	37	16	0.8	20.0	5.0
8.2	13	25	13	0.7	19.5	5.1
8.4	12	22	12	0.7	18.0	5.6
8.6	12	22	12	0.7	16.4	6.1
8.8	16	27	16	0.7	24.0	4.2
9.0	10	20	10	0.7	13.6	7.3



Comune Fano di Argelato (BO)

Cantiere Via Galliera

Data 02/11/21

Area punta (cmq) 10

Area manicotto (cmq) 150

Apertura punta (°) 60

Velocità infissione (cm/s) 20

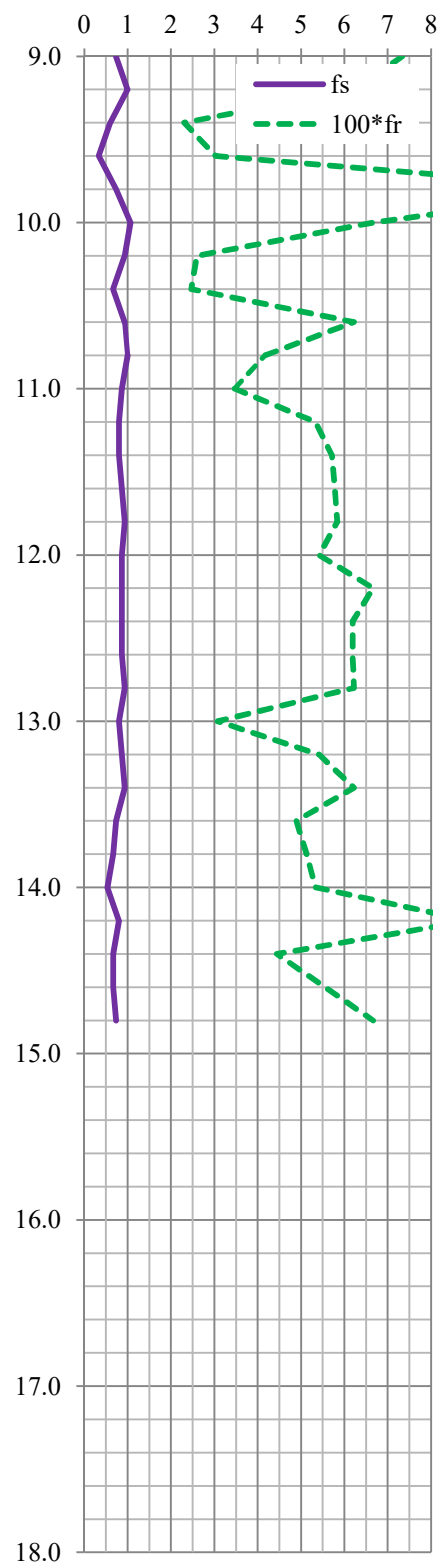
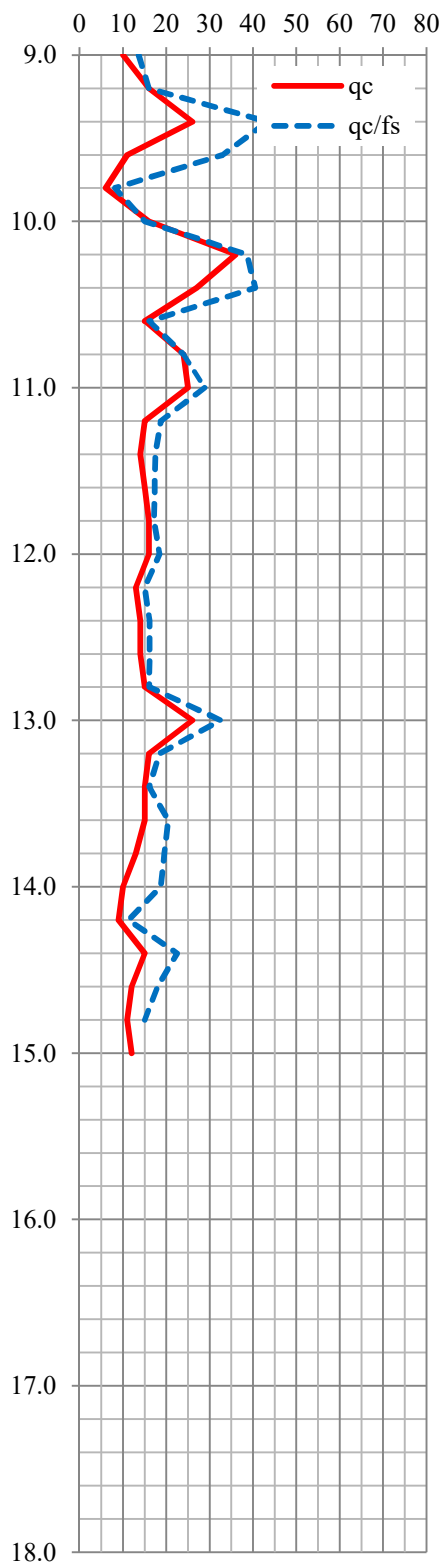
Quota di riferimento (m slm) 27.5

Quota del piano di prova (m slm) 27.5

Profondità della falda Zw (m) 3.3

Costante di trasformazione (-) 10

Prof	RP	RL	qc	fs	qc/fs	100*fr
m	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%	%
9.0	10	20	10	0.7	13.6	7.3
9.2	16	27	16	1.0	16.0	6.3
9.4	26	41	26	0.6	43.3	2.3
9.6	11	20	11	0.3	33.0	3.0
9.8	6	11	6	0.7	8.2	12.2
10.0	16	27	16	1.1	15.0	6.7
10.2	36	52	36	0.9	38.6	2.6
10.4	27	41	27	0.7	40.5	2.5
10.6	15	25	15	0.9	16.1	6.2
10.8	24	38	24	1.0	24.0	4.2
11.0	25	40	25	0.9	28.8	3.5
11.2	15	28	15	0.8	18.8	5.3
11.4	14	26	14	0.8	17.5	5.7
11.6	15	27	15	0.9	17.3	5.8
11.8	16	29	16	0.9	17.1	5.8
12.0	16	30	16	0.9	18.5	5.4
12.2	13	26	13	0.9	15.0	6.7
12.4	14	27	14	0.9	16.2	6.2
12.6	14	27	14	0.9	16.2	6.2
12.8	15	28	15	0.9	16.1	6.2
13.0	26	40	26	0.8	32.5	3.1
13.2	16	28	16	0.9	18.5	5.4
13.4	15	28	15	0.9	16.1	6.2
13.6	15	29	15	0.7	20.5	4.9
13.8	13	24	13	0.7	19.5	5.1
14.0	10	20	10	0.5	18.8	5.3
14.2	9	17	9	0.8	11.3	8.9
14.4	15	27	15	0.7	22.5	4.4
14.6	12	22	12	0.7	18.0	5.6
14.8	11	21	11	0.7	15.0	6.7
15.0	12	23	12			



RAPPORTO DI PROVA PENETROMETRICA STATICA

CPT 2a

Comune Funo di Argelato (BO)

Cantiere Via Galliera

Data 02/11/21

Area punta (cmq) 10

Area manicotto (cmq) 150

Apertura punta (°) 60

Velocità infissione (cm/s) 20

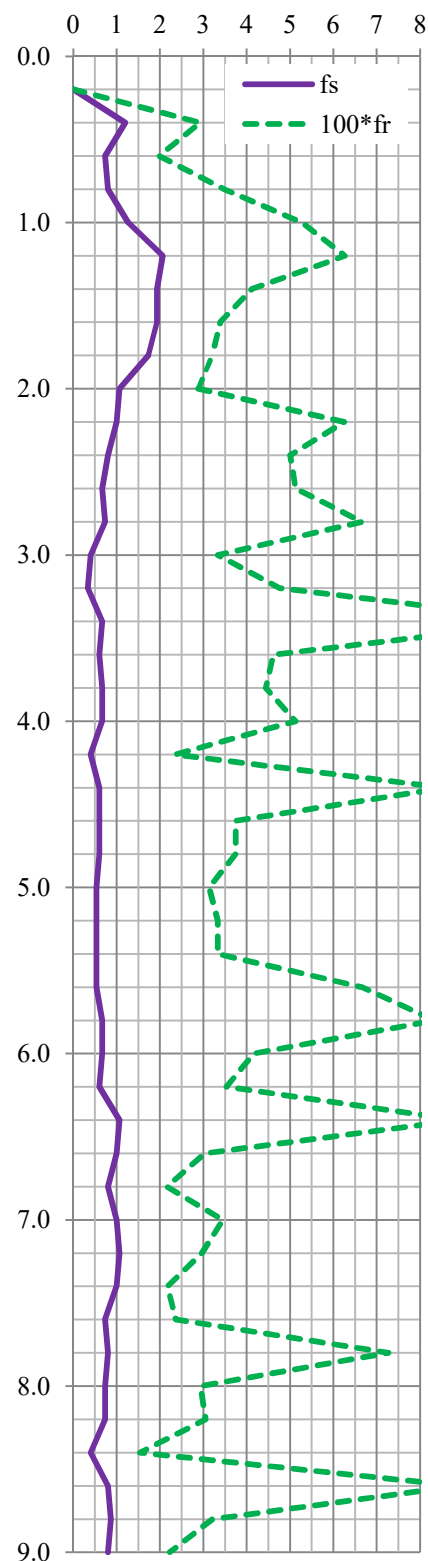
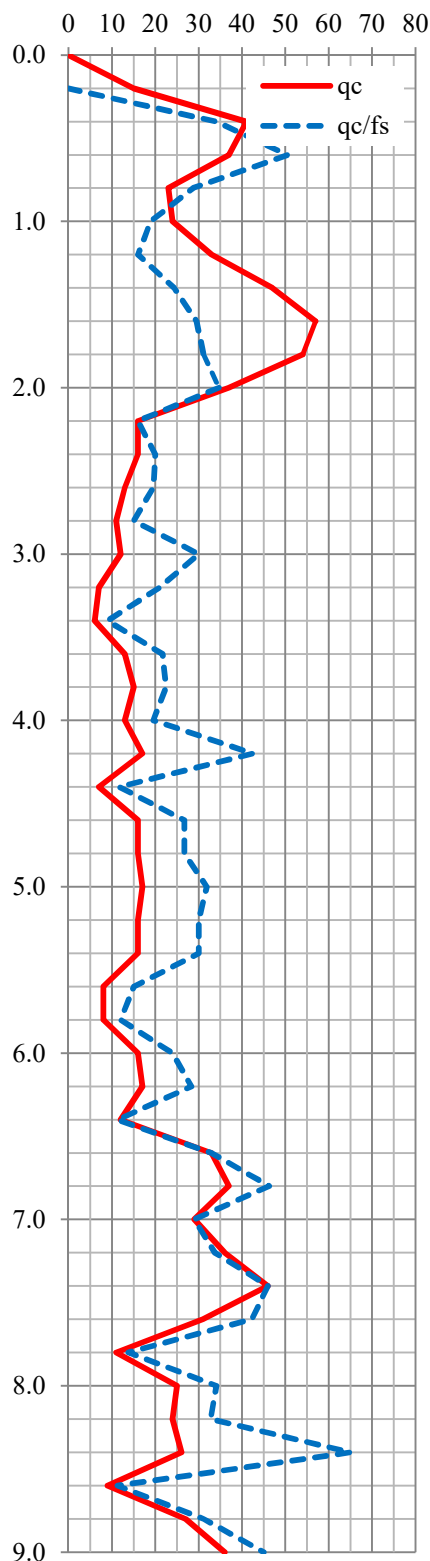
Quota di riferimento (m slm) 27.5

Quota del piano di prova (m slm) 27.5

Profondità della falda Zw (m) 3.8

Costante di trasformazione (-) 10

Prof	RP	RL	qc	fs	qc/fs	100*fr
m	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	%	%
0.0	0	0	0			
0.2	15	0	15	0.0	0.0	0.0
0.4	41	0	41	1.2	34.2	2.9
0.6	37	55	37	0.7	50.5	2.0
0.8	23	34	23	0.8	28.8	3.5
1.0	24	36	24	1.3	18.9	5.3
1.2	33	52	33	2.1	16.0	6.3
1.4	47	78	47	1.9	24.3	4.1
1.6	57	86	57	1.9	29.5	3.4
1.8	54	83	54	1.7	31.2	3.2
2.0	37	63	37	1.1	34.7	2.9
2.2	16	32	16	1.0	16.0	6.3
2.4	16	31	16	0.8	20.0	5.0
2.6	13	25	13	0.7	19.5	5.1
2.8	11	21	11	0.7	15.0	6.7
3.0	12	23	12	0.4	30.0	3.3
3.2	7	13	7	0.3	21.0	4.8
3.4	6	11	6	0.7	9.0	11.1
3.6	13	23	13	0.6	21.7	4.6
3.8	15	24	15	0.7	22.5	4.4
4.0	13	23	13	0.7	19.5	5.1
4.2	17	27	17	0.4	42.5	2.4
4.4	7	13	7	0.6	11.7	8.6
4.6	16	25	16	0.6	26.7	3.8
4.8	16	25	16	0.6	26.7	3.8
5.0	17	26	17	0.5	31.9	3.1
5.2	16	24	16	0.5	30.0	3.3
5.4	16	24	16	0.5	30.0	3.3
5.6	8	16	8	0.5	15.0	6.7
5.8	8	16	8	0.7	12.0	8.3
6.0	16	26	16	0.7	24.0	4.2
6.2	17	27	17	0.6	28.3	3.5
6.4	12	21	12	1.1	11.3	8.9
6.6	33	49	33	1.0	33.0	3.0
6.8	37	52	37	0.8	46.3	2.2
7.0	29	41	29	1.0	29.0	3.4
7.2	36	51	36	1.1	33.8	3.0
7.4	46	62	46	1.0	46.0	2.2
7.6	31	46	31	0.7	42.3	2.4
7.8	11	22	11	0.8	13.8	7.3
8.0	25	37	25	0.7	34.1	2.9
8.2	24	35	24	0.7	32.7	3.1
8.4	26	37	26	0.4	65.0	1.5
8.6	9	15	9	0.8	11.3	8.9
8.8	27	39	27	0.9	31.2	3.2
9.0	36	49	36	0.8	45.0	2.2



Comune Fano di Argelato (BO)

Cantiere Via Galliera

Data 02/11/21

Area punta (cmq) 10

Area manicotto (cmq) 150

Apertura punta (°) 60

Velocità infissione (cm/s) 20

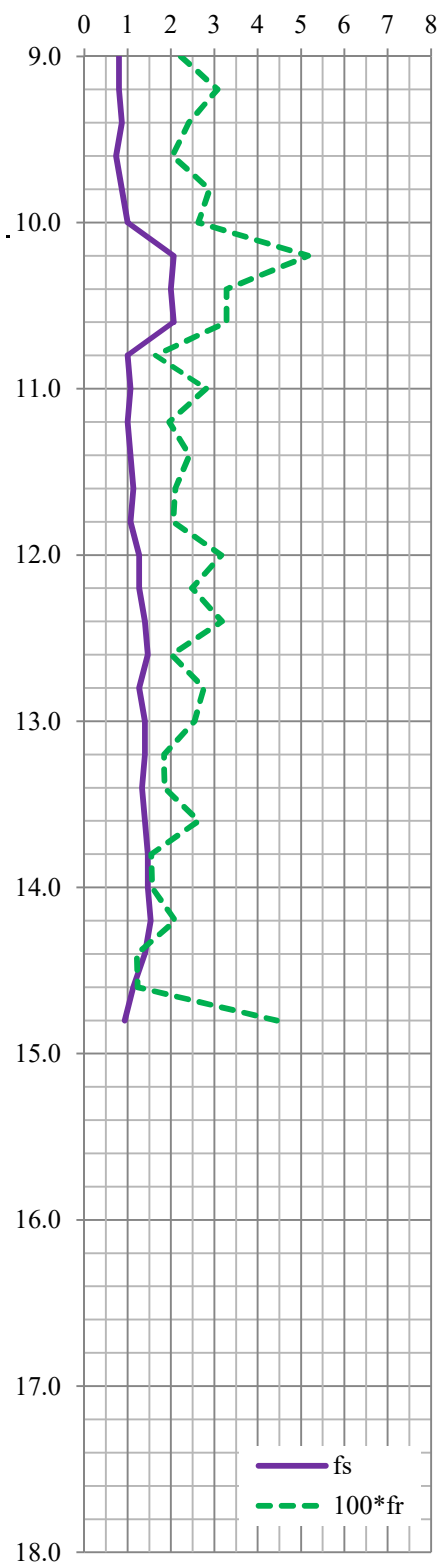
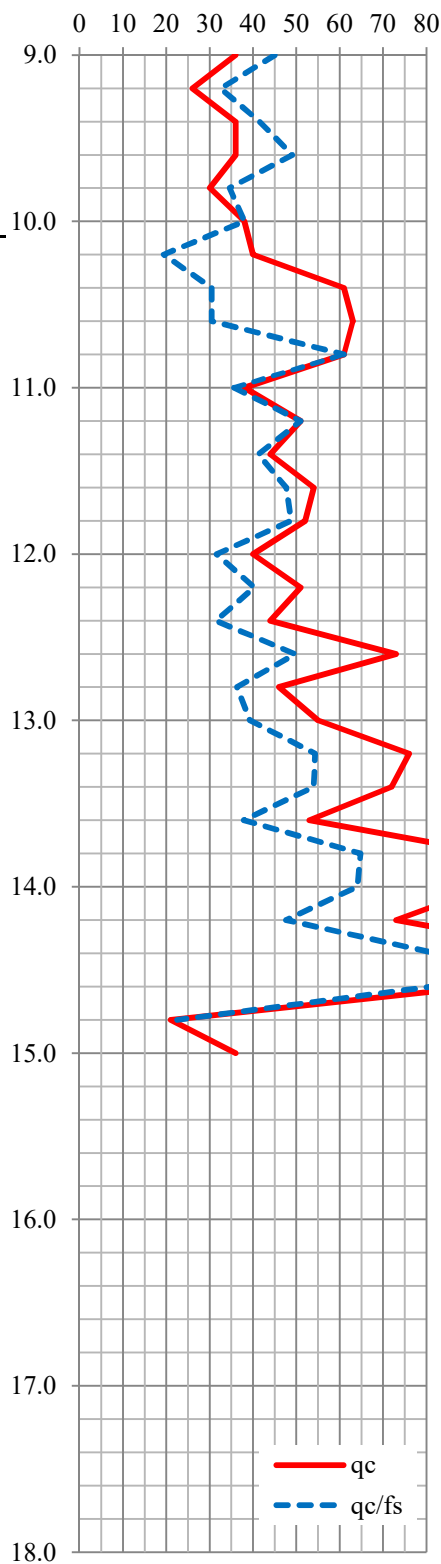
Quota di riferimento (m slm) 27.5

Quota del piano di prova (m slm) 27.5

Profondità della falda Zw (m) 3.8

Costante di trasformazione (-) 10

Prof	RP	RL	qc	fs	qc/fs	100*fr
m	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	%	%
9.0	36	49	36	0.8	45.0	2.2
9.2	26	38	26	0.8	32.5	3.1
9.4	36	48	36	0.9	41.5	2.4
9.6	36	49	36	0.7	49.1	2.0
9.8	30	41	30	0.9	34.6	2.9
10.0	38	51	38	1.0	38.0	2.6
10.2	40	55	40	2.1	19.4	5.2
10.4	61	92	61	2.0	30.5	3.3
10.6	63	93	63	2.1	30.5	3.3
10.8	61	92	61	1.0	61.0	1.6
11.0	38	53	38	1.1	35.6	2.8
11.2	51	67	51	1.0	51.0	2.0
11.4	44	59	44	1.1	41.3	2.4
11.6	54	70	54	1.1	47.6	2.1
11.8	52	69	52	1.1	48.8	2.1
12.0	40	56	40	1.3	31.6	3.2
12.2	51	70	51	1.3	40.3	2.5
12.4	44	63	44	1.4	31.4	3.2
12.6	73	94	73	1.5	49.8	2.0
12.8	46	68	46	1.3	36.3	2.8
13.0	55	74	55	1.4	39.3	2.5
13.2	76	97	76	1.4	54.3	1.8
13.4	72	93	72	1.3	54.0	1.9
13.6	53	73	53	1.4	37.9	2.6
13.8	95	116	95	1.5	64.8	1.5
14.0	94	116	94	1.5	64.1	1.6
14.2	73	95	73	1.5	47.6	2.1
14.4	115	138	115	1.4	82.1	1.2
14.6	92	113	92	1.1	81.2	1.2
14.8	21	38	21	0.9	22.5	4.4
15.0	36	50	36			



Comune Funo di Argelato (BO)

Cantiere Via Galliera

Data 02/11/21

Area punta (cmq) 10

Area manicotto (cmq) 150

Apertura punta (°) 60

Velocità infissione (cm/s) 20

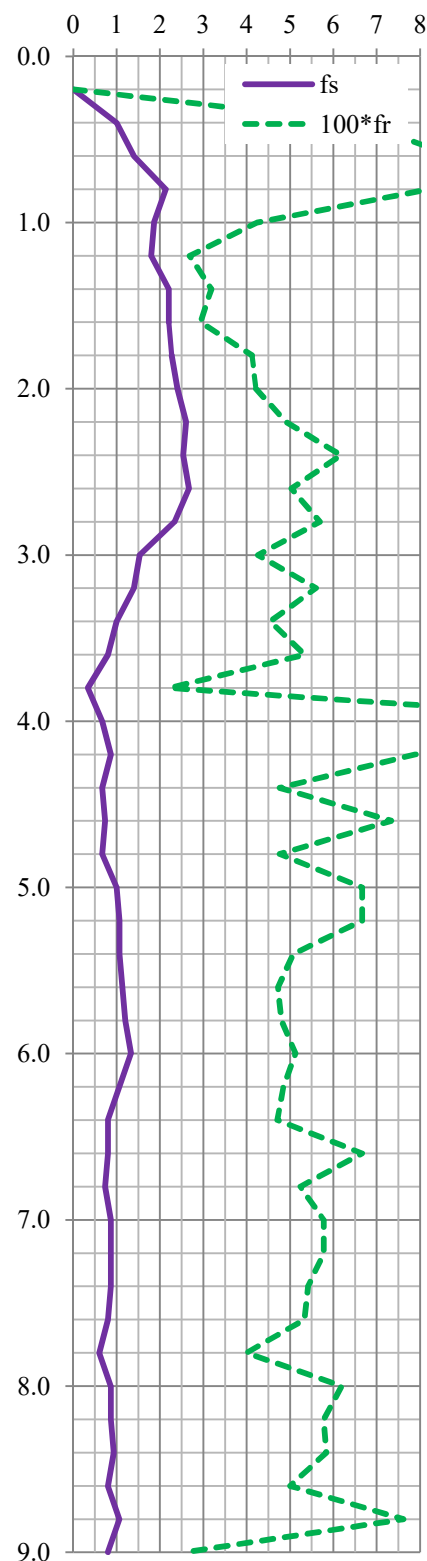
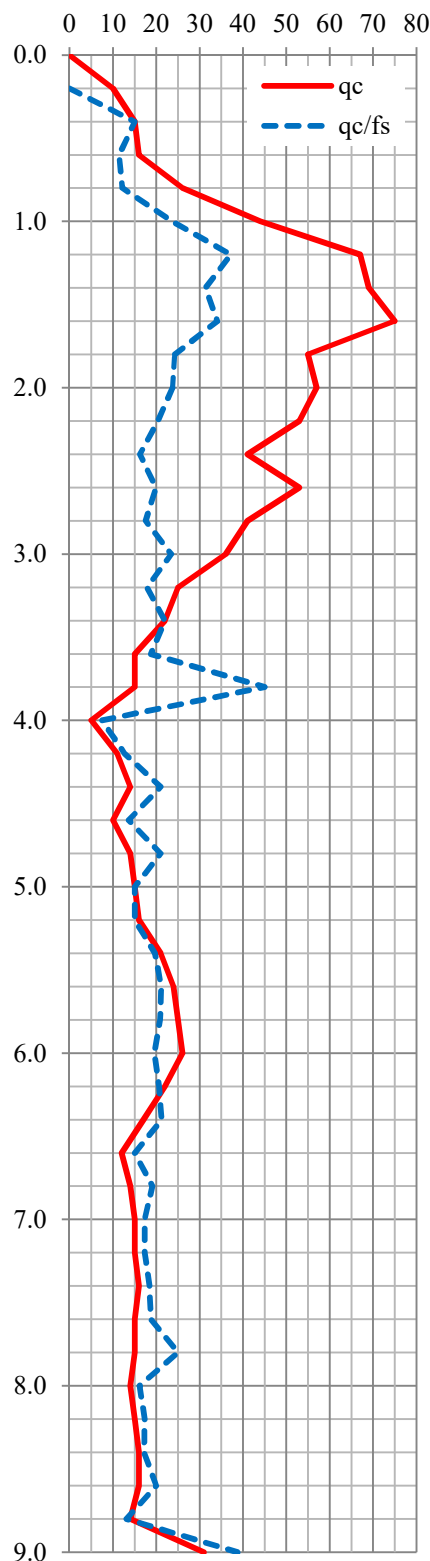
Quota di riferimento (m slm) 27.5

Quota del piano di prova (m slm) 27.5

Profondità della falda Zw (m) 3.4

Costante di trasformazione (-) 10

Prof	RP	RL	qc	fs	qc/fs	100*fr
m	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	%	%
0.0	0	0	0			
0.2	10	0	10	0.0	0.0	0.0
0.4	15	0	15	1.0	15.0	6.7
0.6	16	31	16	1.4	11.4	8.8
0.8	26	47	26	2.1	12.2	8.2
1.0	44	76	44	1.9	23.6	4.2
1.2	67	95	67	1.8	37.2	2.7
1.4	69	96	69	2.2	31.4	3.2
1.6	75	108	75	2.2	34.1	2.9
1.8	55	88	55	2.3	24.3	4.1
2.0	57	91	57	2.4	23.8	4.2
2.2	53	89	53	2.6	20.4	4.9
2.4	41	80	41	2.5	16.2	6.2
2.6	53	91	53	2.7	19.9	5.0
2.8	41	81	41	2.3	17.6	5.7
3.0	36	71	36	1.5	23.5	4.3
3.2	25	48	25	1.4	17.9	5.6
3.4	22	43	22	1.0	22.0	4.5
3.6	15	30	15	0.8	18.8	5.3
3.8	15	27	15	0.3	45.0	2.2
4.0	5	10	5	0.7	7.5	13.3
4.2	11	21	11	0.9	12.7	7.9
4.4	14	27	14	0.7	21.0	4.8
4.6	10	20	10	0.7	13.6	7.3
4.8	14	25	14	0.7	21.0	4.8
5.0	15	25	15	1.0	15.0	6.7
5.2	16	31	16	1.1	15.0	6.7
5.4	21	37	21	1.1	19.7	5.1
5.6	24	40	24	1.1	21.2	4.7
5.8	25	42	25	1.2	20.8	4.8
6.0	26	44	26	1.3	19.5	5.1
6.2	22	42	22	1.1	20.6	4.8
6.4	17	33	17	0.8	21.3	4.7
6.6	12	24	12	0.8	15.0	6.7
6.8	14	26	14	0.7	19.1	5.2
7.0	15	26	15	0.9	17.3	5.8
7.2	15	28	15	0.9	17.3	5.8
7.4	16	29	16	0.9	18.5	5.4
7.6	15	28	15	0.8	18.8	5.3
7.8	15	27	15	0.6	25.0	4.0
8.0	14	23	14	0.9	16.2	6.2
8.2	15	28	15	0.9	17.3	5.8
8.4	16	29	16	0.9	17.1	5.8
8.6	16	30	16	0.8	20.0	5.0
8.8	14	26	14	1.1	13.1	7.6
9.0	31	47	31	0.8	38.8	2.6

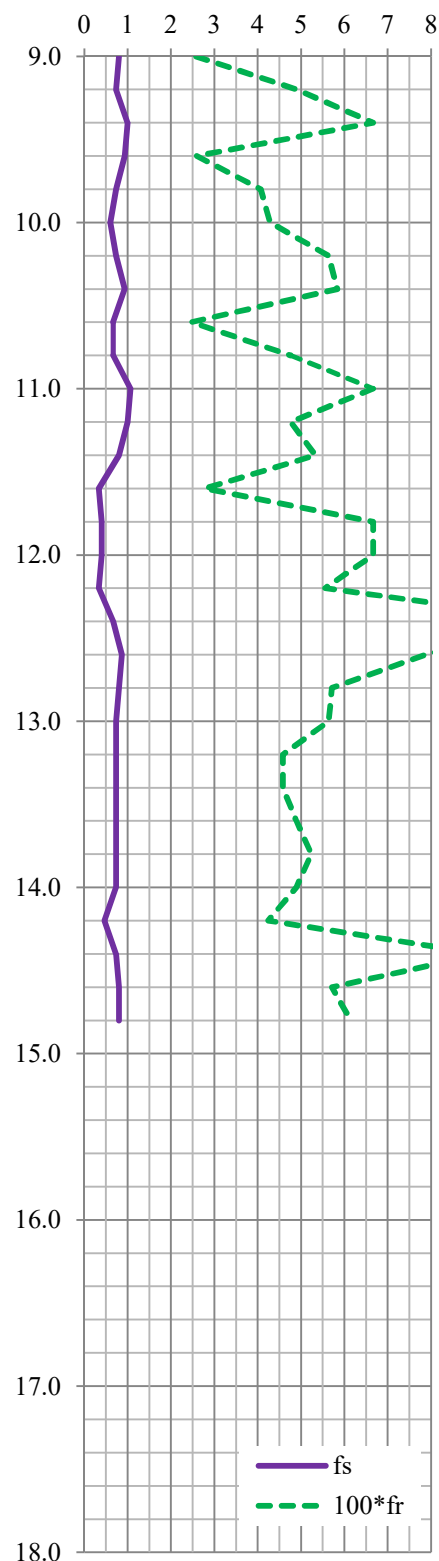
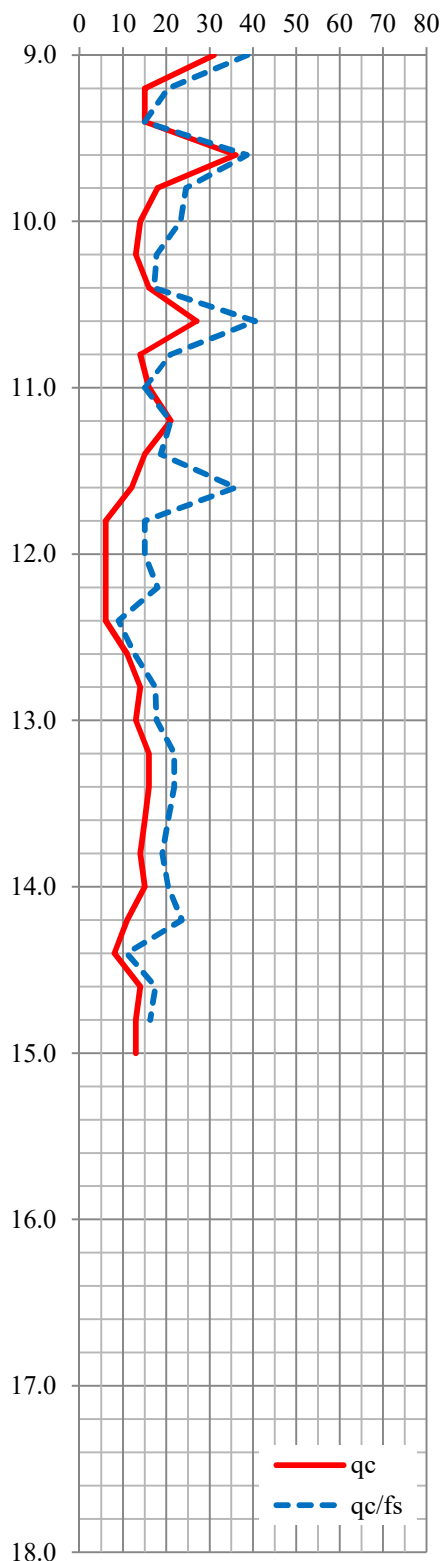


Comune Fano di Argelato (BO)
 Cantiere Via Galliera
 Data 02/11/21

Area punta (cmq) 10
 Area manicotto (cmq) 150
 Apertura punta (°) 60
 Velocità infissione (cm/s) 20

Quota di riferimento (m slm) 27.5
 Quota del piano di prova (m slm) 27.5
 Profondità della falda Zw (m) 3.4
 Costante di trasformazione (-) 10

Prof	RP	RL	qc	fs	qc/fs	100*fr
m	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%	%
9.0	31	47	31	0.8	38.8	2.6
9.2	15	27	15	0.7	20.5	4.9
9.4	15	26	15	1.0	15.0	6.7
9.6	36	51	36	0.9	38.6	2.6
9.8	18	32	18	0.7	24.5	4.1
10.0	14	25	14	0.6	23.3	4.3
10.2	13	22	13	0.7	17.7	5.6
10.4	16	27	16	0.9	17.1	5.8
10.6	27	41	27	0.7	40.5	2.5
10.8	14	24	14	0.7	21.0	4.8
11.0	16	26	16	1.1	15.0	6.7
11.2	21	37	21	1.0	21.0	4.8
11.4	15	30	15	0.8	18.8	5.3
11.6	12	24	12	0.3	36.0	2.8
11.8	6	11	6	0.4	15.0	6.7
12.0	6	12	6	0.4	15.0	6.7
12.2	6	12	6	0.3	18.0	5.6
12.4	6	11	6	0.7	9.0	11.1
12.6	11	21	11	0.9	12.7	7.9
12.8	14	27	14	0.8	17.5	5.7
13.0	13	25	13	0.7	17.7	5.6
13.2	16	27	16	0.7	21.8	4.6
13.4	16	27	16	0.7	21.8	4.6
13.6	15	26	15	0.7	20.5	4.9
13.8	14	25	14	0.7	19.1	5.2
14.0	15	26	15	0.7	20.5	4.9
14.2	11	22	11	0.5	23.6	4.2
14.4	8	15	8	0.7	10.9	9.2
14.6	14	25	14	0.8	17.5	5.7
14.8	13	25	13	0.8	16.3	6.2
15.0	13	25	13			



RAPPORTO DI PROVA PENETROMETRICA STATICA

CPT 4a

Comune Funo di Argelato (BO)

Cantiere Via Galliera

Data 02/11/21

Area punta (cmq) 10

Area manicotto (cmq) 150

Apertura punta (°) 60

Velocità infissione (cm/s) 20

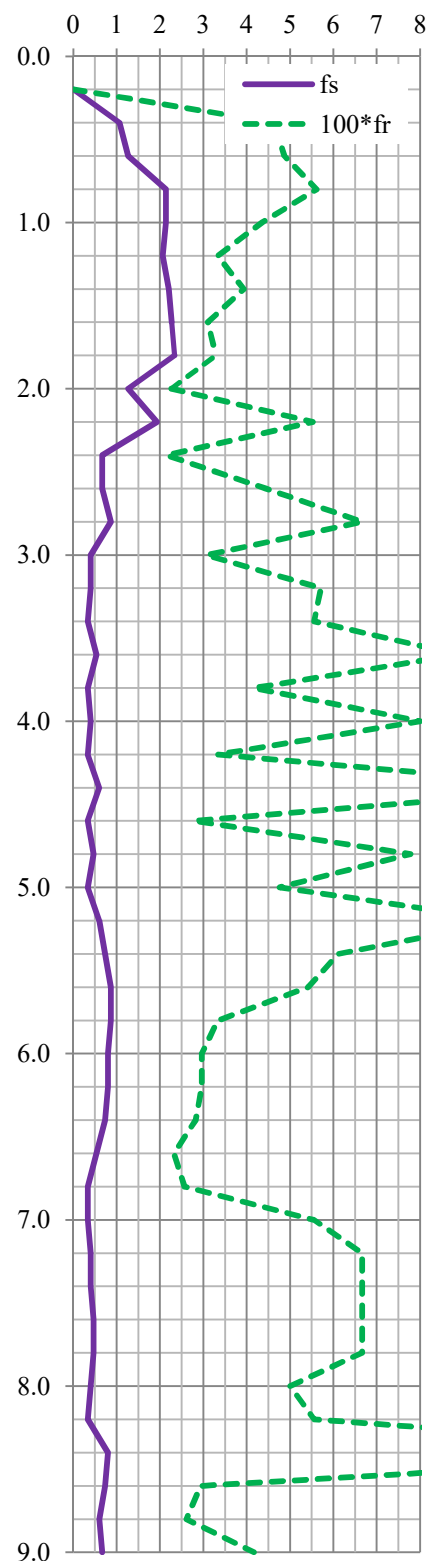
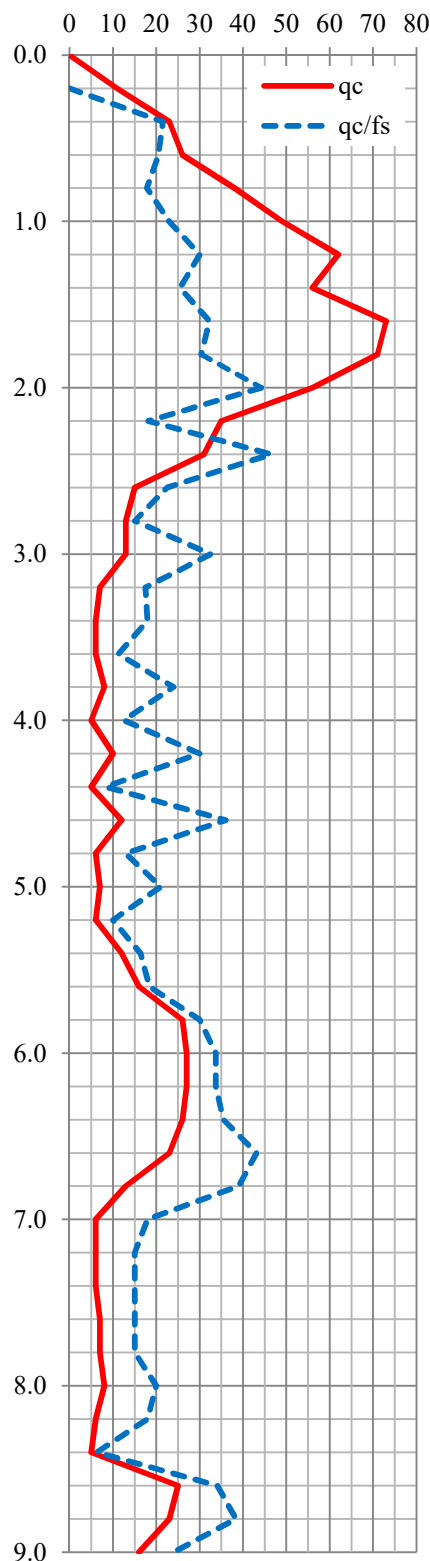
Quota di riferimento (m slm) 27.5

Quota del piano di prova (m slm) 27.5

Profondità della falda Zw (m) 3.8

Costante di trasformazione (-) 10

Prof	RP	RL	qc	fs	qc/fs	100*fr
m	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	%	%
0.0	0	0	0			
0.2	11	0	11	0.0	0.0	0.0
0.4	23	0	23	1.1	21.6	4.6
0.6	26	42	26	1.3	20.5	4.9
0.8	38	57	38	2.1	17.8	5.6
1.0	49	81	49	2.1	23.0	4.4
1.2	62	94	62	2.1	30.0	3.3
1.4	56	87	56	2.2	25.5	3.9
1.6	73	106	73	2.3	32.2	3.1
1.8	71	105	71	2.3	30.4	3.3
2.0	56	91	56	1.3	44.2	2.3
2.2	35	54	35	1.9	18.1	5.5
2.4	31	60	31	0.7	46.5	2.2
2.6	15	25	15	0.7	22.5	4.4
2.8	13	23	13	0.9	15.0	6.7
3.0	13	26	13	0.4	32.5	3.1
3.2	7	13	7	0.4	17.5	5.7
3.4	6	12	6	0.3	18.0	5.6
3.6	6	11	6	0.5	11.3	8.9
3.8	8	16	8	0.3	24.0	4.2
4.0	5	10	5	0.4	12.5	8.0
4.2	10	16	10	0.3	30.0	3.3
4.4	5	10	5	0.6	8.3	12.0
4.6	12	21	12	0.3	36.0	2.8
4.8	6	11	6	0.5	12.9	7.8
5.0	7	14	7	0.3	21.0	4.8
5.2	6	11	6	0.6	10.0	10.0
5.4	12	21	12	0.7	16.4	6.1
5.6	16	27	16	0.9	18.5	5.4
5.8	26	39	26	0.9	30.0	3.3
6.0	27	40	27	0.8	33.8	3.0
6.2	27	39	27	0.8	33.8	3.0
6.4	26	38	26	0.7	35.5	2.8
6.6	23	34	23	0.5	43.1	2.3
6.8	13	21	13	0.3	39.0	2.6
7.0	6	11	6	0.3	18.0	5.6
7.2	6	11	6	0.4	15.0	6.7
7.4	6	12	6	0.4	15.0	6.7
7.6	7	13	7	0.5	15.0	6.7
7.8	7	14	7	0.5	15.0	6.7
8.0	8	15	8	0.4	20.0	5.0
8.2	6	12	6	0.3	18.0	5.6
8.4	5	10	5	0.8	6.3	16.0
8.6	25	37	25	0.7	34.1	2.9
8.8	23	34	23	0.6	38.3	2.6
9.0	16	25	16	0.7	24.0	4.2



Comune Funo di Argelato (BO)

Cantiere Via Galliera

Data 02/11/21

Area punta (cmq) 10

Area manicotto (cmq) 150

Apertura punta (°) 60

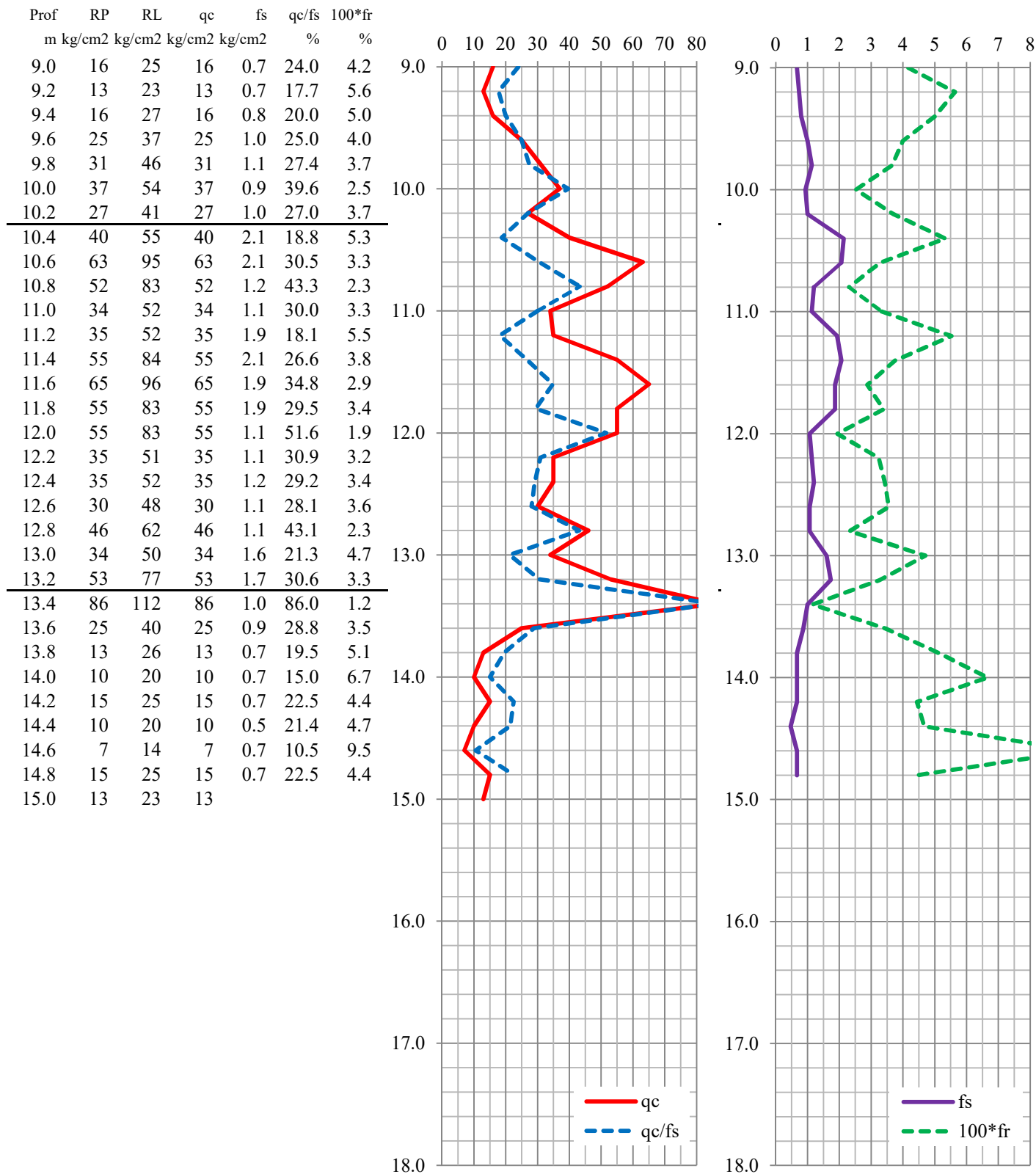
Velocità infissione (cm/s) 20

Quota di riferimento (m slm) 27.5

Quota del piano di prova (m slm) 27.5

Profondità della falda Zw (m) 3.8

Costante di trasformazione (-) 10





ALLEGATO 8

Comune Funo di Argelato

Cantiere Via Galliera

Data 02/11/21

Massa del maglio (kg) 73

Altezza di caduta (cm) 75

Diametro del cono (cm) 5.1

Prof. di infissione (cm) 30

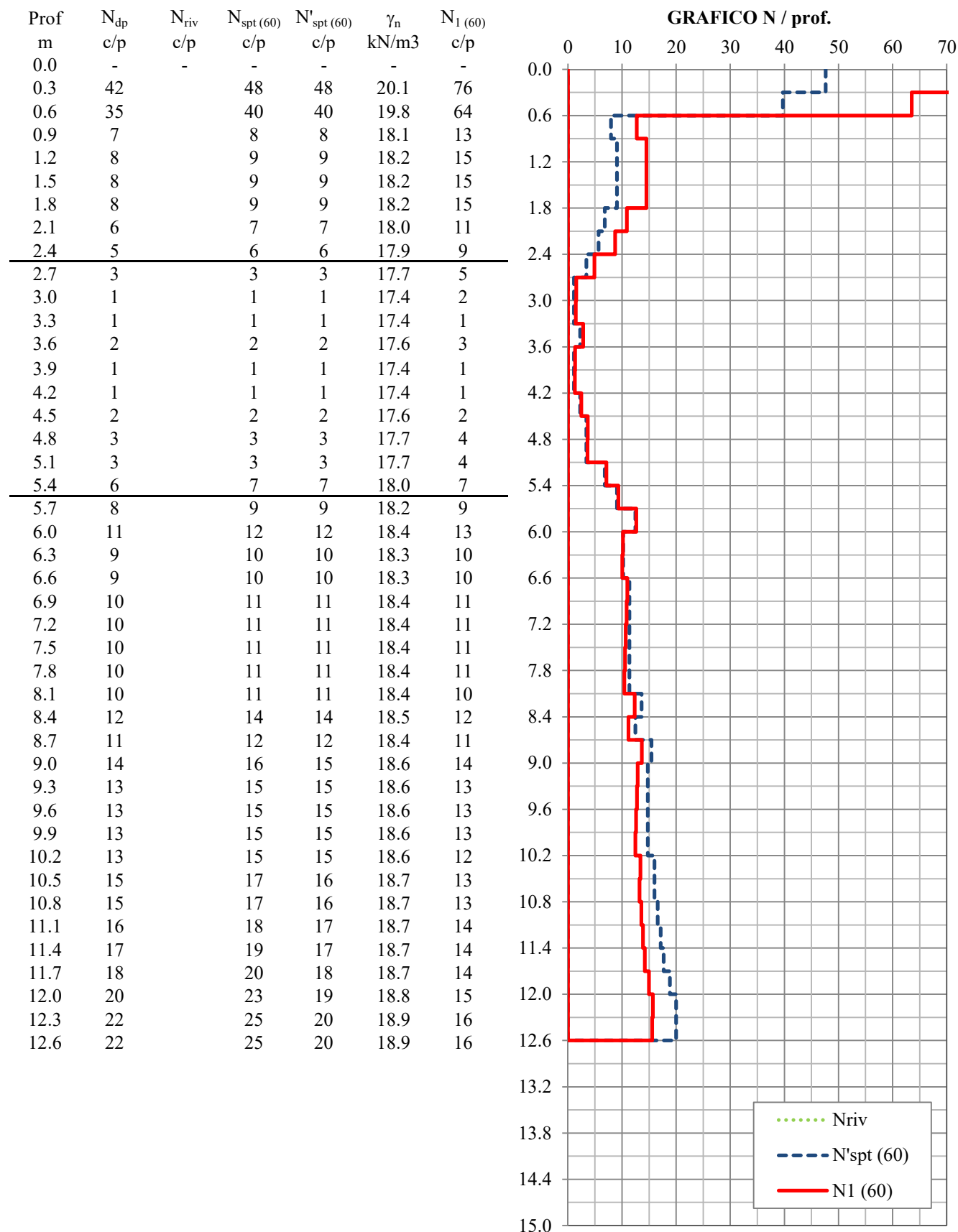
Quota di riferimento (m slm) 28.1

Quota del piano di prova (m slm) 28.1

Profondità della falda Zw (m) 4.5

Correzione di Terzaghi f (Zw) si

Costante di trasformazione (-) 1.13



Comune Funo di Argelato

Cantiere Via Galliera

Data 02/11/21

Massa del maglio (kg) 73

Altezza di caduta (cm) 75

Diametro del cono (cm) 5.1

Prof. di infissione (cm) 30

Quota di riferimento (m slm) 28.1

Quota del piano di prova (m slm) 28.1

Profondità della falda Zw (m) 4.5

Correzione di Terzaghi f (Zw) si

Costante di trasformazione (-) 1.13

