

00	09/2022	PRIMA EMISSIONE	Bertani	Bertani	ETC
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
PROGETTO W01M Revamping dell'impianto di depurazione di Bellinzago Novarese - Via Ticino (NO)					
LIVELLO DI PROGETTAZIONE PROGETTO DEFINITIVO					
TITOLO ELABORATO Relazione geologica					
COMMESSA 10043353		CODICE ELABORATO D-R-340-05		CUP D11D22000130006	
				SCALA -	
IL PROGETTISTA <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="margin-left: 20px;">  </div> </div> <p> Dott. Geol. MATTIA BERTANI Ordine dei Geologi del Piemonte n.588 Sezione A Casale Tabuloni, 32 – 28021 Borgomanero (No) tel. 0322 843722 – fax. 0322 060155 – cell. 349 1884498 e-mail: mattia.bertani@atdot.it – www.studiobertani.it P.I. 01922860034 </p>				DATA 09/2022	
 Via generali, 91 28100 Novara (NO) Tel: 0321.413790		IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Ing. Giuseppe Caranti		DATA 09/2022	
		IL DIRETTORE DEI LAVORI		DATA 09/2022	
				PAG. N° DI 1 1	
<small>MO0109-Cartiglio-Rev.00</small>					

Il presente elaborato non potrà essere riprodotto, nè distribuito senza l'autorizzazione scritta di questa Società che ne detiene la proprietà.

Indice

Premessa.....	2
1.UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO.....	3
1.1.Ubicazione geografica.....	3
1.2.Ubicazione carta di sintesi dello studio geologico di PRGC.....	3
1.3.Vincoli di tipo geologico.....	3
1.4.Inquadramento nel PGRA.....	3
2.DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	4
3.CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	4
3.1.Evoluzione geomorfologica in atto e vulnerabilità geomorfologica.....	4
4.CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.....	5
5.CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROLOGICHE.....	5
6.CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E LITOSTRATIGRAFICHE.....	6
6.1.Caratteristiche idrogeologiche del territorio e permeabilità dei terreni.....	6
6.2.Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo.....	6
6.3.Caratteristiche del deflusso idrico sotterraneo.....	6
6.3.1.Vulnerabilità della falda superficiale.....	7
7.CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E DI ADDENSAMENTO DEI TERRENI.....	8
7.1.Sondaggio a carotaggio continuo.....	8
7.2.Prove penetrometriche dinamiche.....	9
7.3.Modello geologico-tecnico del primo sottosuolo.....	13
7.3.1.Caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni.....	13
7.3.2.Attribuzione parametri geologico-tecnici fondamentali.....	14
7.3.3.Attribuzione valori caratteristici dei parametri geologico-tecnici.....	14
8.CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO.....	17
8.1.Ubicazione sismica.....	17
8.2.Pericolosità sismica di base.....	18
8.3.Analisi di risposta sismica locale del sito.....	19
8.3.1.Determinazione del profilo verticale della velocità delle onde di taglio.....	19
8.3.2.Amplificazione stratigrafica.....	21
8.3.3.Amplificazione topografica.....	21
8.3.4.Definizione dell'accelerazione massima attesa in superficie.....	22
8.3.5.Spgetti di risposta elastici.....	22
8.4.Sicurezza nei confronti della liquefazione.....	23
9.GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	23
10.CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE CONCLUSIVE SUGLI INTERVENTI IN PROGETTO E INCERTEZZE DEL MODELLO.....	24

TAVOLE:

- Tavola 1: Corografia – scala 1:10.000;
- Tavola 2: Inquadramento geologico e geomorfologico – scala 1:10.000;
- Tavola 3: Idrografia e inquadramento idrogeologico – scala 1:10.000;
- Tavola 4: Ubicazione indagini in sito – scala 1:300.

ALLEGATI:

- Allegato 1: Estratto Carta di sintesi di PRGC – scala 1:5.000;
- Allegato 2: Sondaggi a carotaggio continuo;
- Allegato 3: Elaborati prove penetrometriche dinamiche;
- Allegato 4: Report stendimento sismico MASW.

Premessa

Il presente studio ha la finalità di analizzare la fattibilità geologica degli interventi di revamping dell'impianto di depurazione di Bellinzago Novarese (No), ubicato in Via Ticino n°302.

Per la sua stesura si sono seguite in via prioritaria le indicazioni contenute nei seguenti riferimenti normativi:

- Norme geologiche di Piano Regolatore Comunale (PRGC);
- D.M. 17.01.2018 *"Norme Tecniche per le Costruzioni"* (NTC) e sua Circolare esplicativa n. 7 C.S.LL.PP. del 21.01.2019;
- D.M. 11.03.1988 *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"* e sua Circolare esplicativa n. 30487 del 24.09.1988.

La relazione analizza le caratteristiche di una zona significativamente estesa in relazione al tipo di opere e al contesto geologico in cui queste si collocano (intorno geologico significativo), e in particolare descrive:

- o l'ubicazione geografica del sito e la sua collocazione nelle cartografie comunali di PRGC e del PGRA;
- o le principali morfologie presenti nel territorio, i dissesti in atto o potenziali, la loro tendenza evolutiva e il grado di pericolosità geomorfologica del sito;
- o il quadro geologico e strutturale del territorio con la distribuzione spaziale dei litotipi affioranti, la loro origine e le loro principali caratteristiche, e l'eventuale presenza di superfici di discontinuità;
- o le caratteristiche di circolazione idrica superficiale e sotterranea e l'assetto litostratigrafico locale;
- o le caratteristiche litologiche e di addensamento dei terreni, con la ricostruzione del modello geologico-tecnico del primo sottosuolo;
- o la caratterizzazione della pericolosità sismica del sito;
- o la modalità di gestione delle terre e rocce da scavo prodotte in cantiere;
- o considerazioni geologiche relative agli specifici interventi in progetto, con evidenziate le eventuali incertezze del modello elaborato;
- o la compatibilità dei nuovi interventi con l'assetto geologico locale.

A corredo dello studio sono presenti opportuni elaborati grafici ed allegati, volti a meglio illustrare le considerazioni espresse nella presente relazione tecnica e le attività di indagine svolte.

1. UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO

1.1. Ubicazione geografica

L'area d'intervento è ubicata nel settore orientale del territorio comunale di Bellinzago Novarese (No), alle seguenti coordinate geografiche medie (tav. 1):

- WGS84: lat. 45,568640° long. 8,672224°;
- ED50: lat. 45,569577° long. 8,673297°.

Per la redazione delle tavole di inquadramento geomorfologico, geologico e idrogeologico è stata utilizzata la BDTRE della Regione Piemonte alla scala 1:10.000.

1.2. Ubicazione carta di sintesi dello studio geologico di PRGC

Come si può osservare dalla vigente *“Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica”* di PRGC, della quale è stato allegato un estratto (all. 1), l'area d'intervento appartiene a due distinte classi.

La porzione orientale dell'impianto appartiene alla *“Classe I di idoneità geomorfologica all'utilizzazione urbanistica”*, che individua *“porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche; gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11 Marzo 1988”*.

La porzione occidentale, invece, ubicata in prossimità del piede di un modesto terrazzamento morfologico, appartiene alla *“Classe II di idoneità geomorfologica all'utilizzazione urbanistica”*, che individua *“porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di Norme di attuazione ispirate al D.M. 11 marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto; tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionare la propensione all'edificabilità”*.

1.3. Vincoli di tipo geologico

Dall'esame delle tavole dello studio geologico di PRGC si evince come l'area di intervento sia priva di vincoli di carattere geologico.

In particolare è esterna alle aree di salvaguardia di opere di captazione idropotabile, definite ai sensi del D.Lgs. 152/06 e della D.G.R. 11.12.2006 n.15/R e s.m.i., e alle porzioni di territorio sottoposte a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. 3267/1923.

1.4. Inquadramento nel PGRA

Nel presente paragrafo viene analizzata la compatibilità dell'intervento in progetto con il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) relativo al distretto idrografico del Fiume Po di cui all'art. 7 del D.Lgs. 49/2010, in attuazione della Direttiva 2007/60/CE e approvato con D.G.R. 14.12.2015 n.8-2588 e s.m.i..

Il PGRA ha la finalità di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, il paesaggio, i beni culturali, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche.

Nel dettaglio sono state esaminate le carte di pericolosità e di rischio, che rappresentano la parte fondante del Piano, e sono state formulate considerazioni in merito agli scenari restituiti da questi elaborati grafici, confrontandoli con il quadro di dissesto contenuto nello studio geologico di PRGC.

Dall'analisi degli elaborati grafici si evince come per l'area di intervento non siano indicati scenari di pericolosità o di rischio.

2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi in progetto, per la cui descrizione si rimanda agli elaborati progettuali, sono grosso modo i seguenti:

- realizzazione, nelle vicinanze dell'ingresso all'impianto, di una nuova sezione pretrattamenti, rappresentata da una struttura in c.a. gettata in opera, composta da una sezione di grigliatura grossolana e una di grigliatura fine, su fondazione a platea posta a -0,94 m dal piano campagna di progetto;
- realizzazione di un nuovo dissabbiatore longitudinale areato; le strutture di fondazione dell'opera risulteranno due platee di spessore 50 cm relativamente alla sezione di ingresso e per la sezione di dissabbiatura, situate rispettivamente alla quota di 3,86 e 5,36 m di profondità dal p.c.;
- realizzazione di una nuova vasca di disinfezione, posta su platea di fondazione alla profondità di circa -3,15 m dal piano campagna di progetto.

Le specifiche tecniche delle opere, così come definite dal Progettista e dalla Committenza, sono riportate nella tabella seguente (tab. 2.1).

Tipo di costruzione	Tipo 2
Vita Nominale (V_N)	50 anni
Classe d'uso (C_U)	Classe II
Periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R)	50 anni

Tab. 2.1 – Specifiche tecniche delle opere (§ 2.4 NTC).

3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area d'intervento è situata nella porzione occidentale della valle del Fiume Ticino, che scorre ad una distanza di circa 1,8 km, ribassato di circa una quarantina di metri.

La conformazione topografica è strettamente connessa alla sua genesi glaciale e post-glaciale: la morfologia del territorio è infatti il risultato della successione dei fenomeni di deposito ed erosione che si sono verificati durante il Quaternario, seguita al sollevamento post-pliocenico. In particolare si ritrovano morfologie di chiara origine fluvioglaciale, come i vasti sistemi terrazzati che si sviluppano senza soluzione di continuità al margine della valle del Ticino, con grado di alterazione in aumento allontanandosi dal suo corso.

Dall'esame della carta geomorfologica (tav. 2) è possibile osservare come l'impianto di depurazione si collochi ad una quota topografica media di circa 182 m s.l.m. (dato da BDTRE), ai piedi di un pronunciato terrazzo morfologico che, con sviluppo grosso modo Nord-Sud, dislivello di alcuni metri e immersione verso Est, mette in contatto depositi fluvioglaciali con differenti età deposizionali, dove i più antichi affiorano ad Ovest. Il sito è stato oggetto di significativi interventi antropici per la messa in opera dei manufatti preposti alla depurazione, e allo stato attuale il luogo dove verranno realizzati i nuovi interventi si presenta pressoché pianeggiante.

3.1. Evoluzione geomorfologica in atto e vulnerabilità geomorfologica

La tendenza evolutiva del sito di intervento è a grande scala strettamente connessa con l'azione degli agenti erosivi (principalmente ruscellamento delle acque superficiali e azione eolica), che interagiscono andando a modificare lentamente il profilo morfologico dei terreni attuali e del terrazzamento retrostante. Tuttavia l'area non è interessata da rilevanti processi geomorfologici accelerati, in quanto priva di asperità tali da dare origine a processi gravitativi, ed esterna alla fascia di influenza dei principali elementi idrografici superficiali. Inoltre nell'intorno geologico significativo non si

segnala la presenza di dissesti in atto o potenziali.

Il grado di vulnerabilità geomorfologica attribuibile al sito di intervento è basso, in accordo con quanto già evidenziato nella cartografia geologica di PRGC.

4. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Le formazioni geologiche affioranti nell'area di studio sono principalmente di origine fluvioglaciale e glaciale (tav. 2) e più precisamente, a partire dall'unità più antica:

- depositi fluvioglaciali del Pleistocene Medio (Complesso di Oleggio);
- depositi fluvioglaciali del Würm-Riss (Ghiaie di San Gaudenzio).

Depositi fluvioglaciali del Pleistocene Medio (Complesso di Oleggio)

Questi depositi sono costituiti prevalentemente da ghiaie fortemente alterate a supporto clastico, in matrice sabbioso-limosa e con paleosuolo argilloso di colore giallo oca con potenza di circa 1÷3 metri, ricoperto da depositi löessici. Alle ghiaie si possono intercalare lenti di materiale a granulometria maggiormente fine. La loro origine viene fatta risalire al periodo cataglaciale rissiano. Affiorano nella porzione occidentale dell'area di studio, altimetricamente rilevata, a monte del terrazzo che segna il passaggio dal settore collinare al primo pianalto della Valle del Ticino.

Depositi alluvionali del Würm-Riss (Ghiaie di San Gaudenzio)

Questi depositi sono costituiti prevalentemente da ghiaie e ciottoli poligenici a supporto clastico mal selezionati e discretamente arrotondati (diametro medio di circa 20 cm), con debole alterazione e matrice rappresentata da sabbia grossolana di colore grigio. Appartengono al Complesso di Varallo Pombia e affiorano in corrispondenza della porzione orientale dell'area di studio.

L'area d'intervento si colloca proprio al contatto tra queste due unità geologiche, evidenziato dalla presenza del terrazzamento fluvioglaciale precedentemente descritto. Dalle osservazioni condotte durante l'esecuzione delle indagini in sito è possibile affermare che i terreni affioranti in corrispondenza del depuratore siano attribuibili per lo più all'unità dei depositi alluvionali del Würm-Riss.

5. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROLOGICHE

Nell'area di studio non si segnala la presenza di corsi d'acqua significativi, ad eccezione del Fiume Ticino che scorre ad una distanza di circa 1,8 km più ad Est, ribassato di circa una quarantina di metri rispetto al sito di intervento. Questo corso d'acqua è stato oggetto di studio idraulico a scala di bacino (Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po), con la conseguente definizione delle fasce di rispetto relative a diversi episodi alluvionali con differenti tempi di ritorno. L'area di intervento è esterna a queste fasce fluviali, e quindi non risulta raggiungibile dalle loro eventuali acque di esondazione.

Gli unici elementi idrografici presenti sul territorio sono rappresentati da canali irrigui, come il Canale Regina Elena e lo Scaricatore Ticino, che scorrono circa 350 m più a Est del sito d'intervento. Proprio per l'assenza di adeguati corpi ricettori nell'area, le acque reflue in uscita dall'impianto vengono scaricate, per mezzo di una condotta dedicata, nel Fiume Ticino.

La direzione di scorrimento delle acque superficiali ruscellanti, inoltre, è influenzata dalla locale conformazione topografica del sito e dalle modificazioni indotte dall'attività antropica, e tende a dirigersi principalmente a Est, verso il fondovalle del Fiume Ticino.

6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E LITOSTRATIGRAFICHE

6.1. Caratteristiche idrogeologiche del territorio e permeabilità dei terreni

La circolazione idrica sotterranea è profondamente condizionata dalle caratteristiche litologiche e tessiture dei depositi presenti. In particolare, nell'area di studio affiorano i seguenti Complessi idrogeologici, cioè zone idrogeologicamente omogenee (tav. 3):

- Complesso a permeabilità media, rappresentato dai depositi fluvioglaciali rissiani dove il grado di permeabilità ($k = 10^{-5}$ m/s) è influenzato dal loro grado di alterazione e dalla presenza di una componente fine nella matrice;
- Complesso a permeabilità alta, rappresentato dai depositi fluvioglaciali würmiani-rissiani, dove il grado di permeabilità ($k = 10^{-4}$ m/s) è buono; affiora in corrispondenza dell'area di nuovo intervento.

In profondità questi complessi poggiano ovunque sul Complesso dei Depositi Villafranchiani (Serie dei Depositi di Transizione, Pliocene medio – Pleistocene inferiore), affiorante localmente in corrispondenza della scarpata orientale che si raccorda alla piana del Fiume Ticino e in alcune incisioni torrentizie. È costituito da depositi di ambiente da fluviolacustre a lacustre-palustre a deltizio, rappresentati da un'alternanza di materiali argilloso-sabbiosi dominanti, con subordinati livelli ghiaioso-sabbiosi.

6.2. Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo

Dall'esame delle stratigrafie disponibili si evince come l'assetto litostratigrafico del sottosuolo sia il seguente:

- dal p.c. fino a circa 30-40 m: ghiaie e sabbie con ciottoli e subordinata presenza di materiale fine, dove si imposta la falda libera superficiale;
- più in profondità fino almeno a circa 70-100 m dal p.c.: alternanza di depositi ghiaioso-sabbiosi con orizzonti limoso-argillosi di vario spessore, in aumento con la profondità, dove si imposta un acquifero multistrato sede di falde confinate sovrapposte, da confinate a semiconfinite, in diverso rapporto tra di loro (villafranchiano).

6.3. Caratteristiche del deflusso idrico sotterraneo

Dall'esame dello studio della Regione Piemonte (2005) sulle caratteristiche idrogeologiche dei depositi di pianura, riportato sulla cartografia di Tavola 3, si evince come nell'area di studio la direzione prevalente di deflusso relativa alla falda superficiale sia WNW-ESE, con valori di soggiacenza di circa 9 m dal p.c..

Per un quadro più dettagliato delle caratteristiche del deflusso è stata anche consultata la carta idrogeologica di PRGC (aprile 1998), riportata in stralcio in fig. 6.1, dalla quale si evincono un'analogia direzione di deflusso e valori di soggiacenza sensibilmente più elevati, di circa 17 metri; queste caratteristiche di deflusso sono suffragate dal valore del pozzo 23, ubicato circa 360 m più a Nord-Est in terreni geologicamente confrontabili, che ha fatto registrare un valore di soggiacenza di 20,22 m.

Durante i sondaggi eseguiti in sito, spinti fino alla profondità di 15 m, non è stata rilevata la falda. Si segnala tuttavia che in corrispondenza del sondaggio S1 e della prova penetrometrica P6 è stata rilevata la presenza di acqua alla profondità di circa 2,8 m, riconducibile verosimilmente ad acqua di infiltrazione.

Dai dati di letteratura a disposizione si evince che le oscillazioni della falda, stagionali e annuali, rientrano nell'ordine di grandezza metrico.

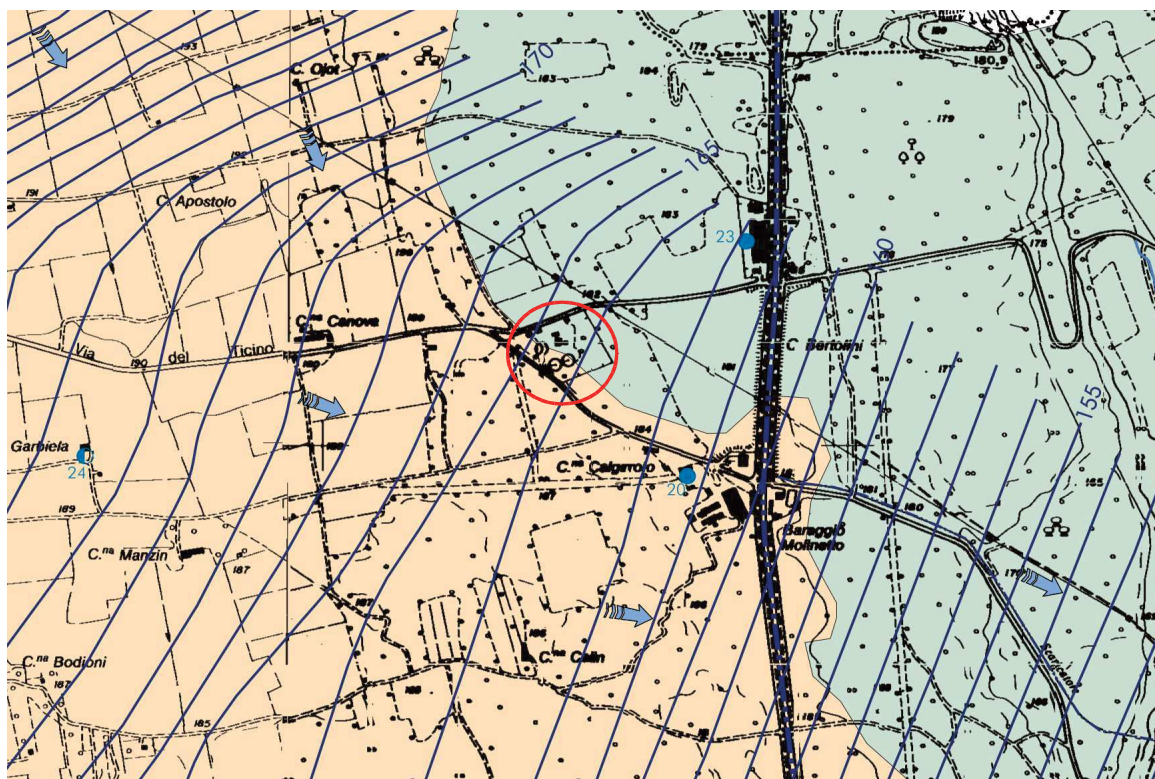


Fig. 6.1 – Estratto carta geoidrologica di PRGC.

6.3.1. Vulnerabilità della falda superficiale

Per la definizione del grado di vulnerabilità dell'acquifero superficiale, cioè la *“susceptibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche e idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo”* (Civita 1987), è stato applicato il metodo di valutazione di tipo parametrico G.O.D. (Foster et al. 2002).

Il metodo G.O.D. valuta la vulnerabilità intrinseca di un acquifero come il prodotto dei seguenti fattori:

- Groundwater confinement (G): grado di confinamento dell'acquifero;
- Overlaying strata (O): caratteristiche litologiche e grado di coesione delle rocce della zona non satura (per gli acquiferi non confinati) e dei livelli confinanti a tetto (per gli acquiferi confinati);
- Depth to groundwater table (D): soggiacenza della falda a superficie libera nel caso di acquifero non confinato o tetto dell'acquifero per gli acquiferi confinati.

L'assegnazione dei corrispettivi punteggi a questi tre parametri in relazione alle locali condizioni idrogeologiche, riportata nella tabella seguente (tab. 6.1), attribuisce all'acquifero superficiale un Indice G.O.D. pari a 0,56, che identifica un medio-alto grado di vulnerabilità.

parametro	valore	punteggio
G	acquifero non confinato	1,000
O	sabbie limose e ghiaie sabbiose	0,700
D	soggiacenza tra 5 e 20 metri	0,800
Indice G.O.D. = G x O x D		0,560

Tab. 6.1 – Calcolo del grado di vulnerabilità della falda superficiale;
 applicazione metodo G.O.D. (Foster et al. 2002).

7. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E DI ADDENSAMENTO DEI TERRENI

I terreni naturali affioranti in corrispondenza del sito d'intervento, come evidenziato al cap. 4, sono costituiti dai depositi fluvioglaciali würmiani-rissiani del Complesso di Varallo Pombia, formati da ghiaie e ciottoli a supporto clastico, con paleosuolo sabbioso-argilloso di spessore modesto.

Per indagare nel dettaglio le caratteristiche litologiche e di addensamento dei terreni che formano il primo sottosuolo sono state eseguite le seguenti indagini in sito, con ubicazione riportata in Tavola 4:

- n°2 sondaggi a carotaggio continuo della profondità di 15 m dal p.c., con prelievo di campioni e analisi granulometriche di laboratorio, ed esecuzione di n°10 prove S.P.T. in foro;
- n°7 prove penetrometriche dinamiche superpesanti, spinte fino alla profondità massima di 10 m dal p.c.. o fino a rifiuto.

7.1. Sondaggio a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati eseguiti con perforazione a rotoperussione e carotiere del diametro di 131 mm, spinto fino alla profondità di 15 m dal p.c..

Durante le attività sono stati compilati i moduli stratigrafici riportati in Allegato 2 unitamente alla documentazione fotografica sulle cassette catalogatrici delle carote estratte.

Le stratigrafie semplificate sono riportate nelle tabelle 7.1 e 7.2, dove è stata utilizzata la terminologia descrittiva ASTM (*American Standard for Testing and Materials*) e la classificazione U.S.C.S. (Unified Soil Classification System). Per la descrizione ci si è serviti anche dei risultati delle analisi granulometriche di laboratorio condotte sui seguenti campioni prelevati.

Sondaggio S1:

- campione C1, prelevato all'intervallo stratigrafico 4,0-4,5 m: sabbia 36,26% (sabbia fine 18,41%), limo 26,9%, argilla 22,54% e ghiaia 14,3%.
- campione C2, prelevato all'intervallo stratigrafico 7,5-8,0 m: ghiaia 70,01% (ghiaia grossolana 38,42%), sabbia 23,88%, limo 3,32% e argilla 2,78%; Cu = 98,8 e Cc = 6,8.

Sondaggio S2:

- campione C1, prelevato all'intervallo stratigrafico 3,0-3,5 m: sabbia 63,55% (sabbia fine 20,64%), ghiaia 24,65%, limo 11,21% e argilla 2,9%; Cu = 11,4 e Cc = 2,9.
- campione C2, prelevato all'intervallo stratigrafico 7,0-7,5 m: ghiaia 49,11%, sabbia 46,00%, limo 4,53% e argilla 0,37; Cu = 41,3 e Cc = 0,6.

Per la descrizione dello stato di addensamento ci si è serviti dei risultati delle prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*) in foro., che consistono nel misurare la resistenza alla penetrazione di un campionatore sotto il peso di un maglio da 63,5 kg lasciato cadere liberamente da 76 cm. L'energia indotta dal maglio viene trasmessa al campionatore per mezzo di una batteria d'aste. Nel caso di terreni composti prevalentemente da ghiaia con anche granulometria di diametro maggiore rispetto a quello del tubo campionatore, questo viene sostituito da una punta conica con apertura di 60°.

Durante la prova vengono annotate le seguenti misure:

- N_0 : numero di colpi necessari per una prima infissione dinamica di 15 cm;
- N_1 : numero di colpi necessari per una seconda infissione dinamica di 15 cm;
- N_2 : numero di colpi necessari per una terza infissione dinamica di 15 cm.

Il valore N_{SPT} , riferito ad una infissione di 15+15 cm (30 cm), è dato dalla seguente somma:

$$N_{SPT} = N_1 + N_2$$

S1			
Profondità dal p.c.	Caratteristiche litologiche	Probabile classificazione USCS	Stato di addensamento/consistenza
0,0 – 1,0	Terreno vegetale e sabbia limosa (riporto)	SM	molto sciolto
1,0 – 2,8	Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli (riporto)	SM	sciolto (Nspt=7)
2,8 – 7,2	Sabbia con limo e argilla (riporto)	SM-SC	molto sciolto (Nspt,medio=3)
7,2 – 15,0	Ghiaia con sabbia debolmente limoso-argillosa	GW-GM-GC	medio-alto (Nspt,medio=23)

Tab. 7.1 – Stratigrafia semplificata sondaggio S1.

S2			
Profondità dal p.c.	Caratteristiche litologiche	Probabile classificazione USCS	Stato di addensamento/consistenza
0,0 – 0,1	Terreno vegetale		molto sciolto
0,1 – 1,0	Sabbia limosa ghiaiosa (riporto)	SM	sciolto
1,0 – 1,5	Sabbia limosa priva di clasti	SM	sciolto
1,5 – 3,5	Sabbia con ghiaia	SW-SM-SC	medio-alto (Nspt=26)
3,5 – 15,0	Ghiaia e sabbia	GW	medio-alto (Nspt=19)

Tab. 7.2 – Stratigrafia semplificata sondaggio S2.

7.2. Prove penetrometriche dinamiche

Le *prove penetrometriche* sono indagini indirette che vengono realizzate per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni, mediante la misura della *resistenza alla penetrazione* nel terreno da parte di uno strumento (il *penetrometro*) che viene infisso con mezzi differenti.

In particolare le *prove penetrometriche dinamiche* (*Dynamic Probing*) vengono eseguite infiggendo verticalmente nel terreno una punta conica posta all'estremità di una batteria di aste, per mezzo di un maglio che cade da un'altezza costante e nota. Durante l'infissione viene misurato il numero di colpi necessari (N_{DP}) per ottenere successivi affondamenti, di lunghezza costante e nota, della punta. Questo tipo di prove fornisce informazioni di tipo continuo, poiché le misure della resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione, facilitando così la possibilità di correlare i risultati ottenuti.

L'analisi dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati e permette di risalire indirettamente, sulla base di numerose esperienze locali, alla loro natura litologica, ed empiricamente alle loro principali caratteristiche geotecniche.

In corrispondenza del punto di ubicazione dei nuovi manufatti sono state eseguite n°2 prove con *Penetrometro Dinamico Superpesante TG 63-100* della *Pagani Geotechnical Equipment*, spinte fino alla profondità massima di 10 m dal p.c. o fino a rifiuto ($N_{SPT} = 100$).

I valori misurati con questa attrezzatura (N_{20}) sono standardizzati e del tutto confrontabili, sulla base anche di numerose esperienze locali, con quelli acquisiti durante una prova Standard Penetration Test (N_{SPT}). In particolare, l'efficienza del penetrometro, misurata in alcuni siti sperimentali dalla società ISMES, ha evidenziato che il rapporto tra N_{SPT} e N_{20} , normalizzato al 60% del rendimento, è il seguente:

$$N_{SPT} = 1,5 \div 4 N_{20}$$

Il rapporto è prossimo a 1,5 per i terreni sabbioso ghiaiosi, ed aumenta con l'aumentare della frazione fine raggiungendo valori superiori a 4 nei terreni argillosi non saturi.

Tale correlazione, di natura sperimentale, viene confermata dal confronto dell'energia teorica specifica per colpo (Q) delle due prove:

$$Q_{TG63-100} = 11,66 \text{ kg/cm}^2 \qquad Q_{SPT} = 7,83 \text{ kg/cm}^2$$

Infatti il coefficiente teorico di energia β_t , dato dal rapporto tra $Q_{TG63-100}$ e Q_{SPT} , è pari a 1,489 e risulta quindi praticamente identico al valore sperimentale più cautelativo.

I dati di campagna registrati durante le prove sono stati riportati nei diagrammi penetrometrici dell'Allegato 3, dove il numero di colpi misurati (N_{DP}) è stato messo in relazione con la profondità di avanzamento, e sono riassunti in fig. 7.1.

Poiché i dati derivanti dalle prove penetrometriche sono spesso caratterizzati dalla presenza di picchi dovuti a contingenze locali, i valori misurati sono stati normalizzati scartando manualmente i dati anomali e applicando sulle serie così ottenute la funzione di smussamento dei picchi (*filtering*) proposta da Crespellani e Loi.

I valori così depurati sono stati correlati con gli N_{SPT} utilizzando la correlazione propria dell'attrezzatura di indagine utilizzata ($N_{SPT} = 1,489 N_{20}$).

I valori di N_{SPT} sono stati poi corretti per un'efficienza standardizzata del 60% (N_{60}), seguendo la seguente equazione di Skempton (1986):

$$N_{60} = N_{SPT} \times C_E \times C_B \times C_R$$

dove:

- C_E è un fattore correttivo per il rapporto di energia, del quale per il penetrometro in uso si è già tenuto conto nella formula di correlazione con gli N_{SPT} ;
- C_B è un fattore correttivo per il diametro del foro;
- C_R è un fattore correttivo per la lunghezza delle aste.

I valori di N_{60} sono stati infine normalizzati per la pressione litostatica efficace attraverso l'equazione

$$N_{1(60)} = C_N \times N_{60}$$

dove C_N è il seguente coefficiente di Liao & Whitman (1986), in cui σ'_v è la tensione litostatica efficace:

$$C_N = \sqrt{\frac{98,1}{\sigma'_v}}$$

Analizzando i valori ottenuti è stato possibile individuare per ogni prova gli strati che assumono omogenea resistenza all'avanzamento delle aste.

P1					
Profondità strato (m da p.c.)	Valori medi				Grado di addensamento
	N_{20}	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1(60)}$	
0,0 – 2,0	2,5	3,7	2,8	4,2	da molto sciolto a sciolto
2,0 – 5,0	14,2	21,2	17,4	22,3	da mediamente addensato ad addensato

Tab. 7.3 – Prova penetrometrica P1.

P2					
Profondità strato (m da p.c.)	Valori medi				Grado di addensamento
	N_{20}	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1(60)}$	
0,0 – 0,4	9,3	13,9	10,4	15,6	mediamente addensato
0,4 – 1,6	3,7	5,5	4,1	6,1	da molto sciolto a sciolto
1,6 – 9,4	20,7	30,9	27,2	29,0	da mediamente addensato ad addensato

Tab. 7.4 – Prova penetrometrica P2.

P3					
Profondità strato (m da p.c.)	Valori medi				Grado di addensamento
	N ₂₀	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎	
0,0 – 1,4	3,2	4,8	3,6	5,4	da molto sciolto a sciolto
1,4 – 5,8	18,7	27,9	23,2	28,6	da mediamente addensato ad addensato

Tab. 7.5 – Prova penetrometrica P3.

P4					
Profondità strato (m da p.c.)	Valori medi				Grado di addensamento
	N ₂₀	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎	
0,0 – 1,6	3,4	5,1	3,8	5,7	da molto sciolto a sciolto
1,6 – 10,0	22,0	32,7	29,8	29,3	da mediamente addensato a molto addensato

Tab. 7.6 – Prova penetrometrica P4.

P5					
Profondità strato (m da p.c.)	Valori medi				Grado di addensamento
	N ₂₀	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎	
0,0 – 1,2	11	16,4	12,3	18,5	mediamente addensato
1,2 – 2,2	3,9	5,7	4,3	6,5	da molto sciolto a sciolto
2,2 – 7,2	20,2	30,1	26,4	29,0	da mediamente addensato a molto addensato

Tab. 7.7 – Prova penetrometrica P5.

P6					
Profondità strato (m da p.c.)	Valori medi				Grado di addensamento
	N ₂₀	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎	
0,0 – 0,6	13	19,4	14,5	21,8	da sciolto a mediamente addensato
0,6 – 2,4	3,2	4,7	3,6	5,3	da molto sciolto a sciolto
2,4 – 6,6	22,6	33,6	29,7	33,1	da mediamente addensato a molto addensato

Tab. 7.8 – Prova penetrometrica P6.

P7					
Profondità strato (m da p.c.)	Valori medi				Grado di addensamento
	N ₂₀	N _{SPT}	N ₆₀	N ₁₍₆₀₎	
0,0 – 2,4	15,5	23,1	17,3	26,0	da sciolto ad addensato
2,4 – 7,2	20,2	30,1	26,7	28,2	da mediamente addensato ad addensato

Tab. 7.9 – Prova penetrometrica P7.

Durante l'esecuzione delle prove, condotte in seguito a prolungati giorni di tempo atmosferico non piovoso, non è stata intercettata acqua di falda. Tuttavia, in corrispondenza della sola prova P6, è stata rilevata la presenza di acqua d'infiltrazione alla profondità di circa 2,8 m dal p.c..

L'analisi comparativa dei segnali delle penetrometrie misurate ha evidenziato la presenza di una buona omogeneità laterale: i dati ottenuti, pertanto, possono essere trattati congiuntamente per la definizione del modello.

Acqua Novara.VCO S.p.A.
 Revamping dell'impianto di depurazione di Bellinzago Novarese (No) – Via Ticino
 Relazione geologica

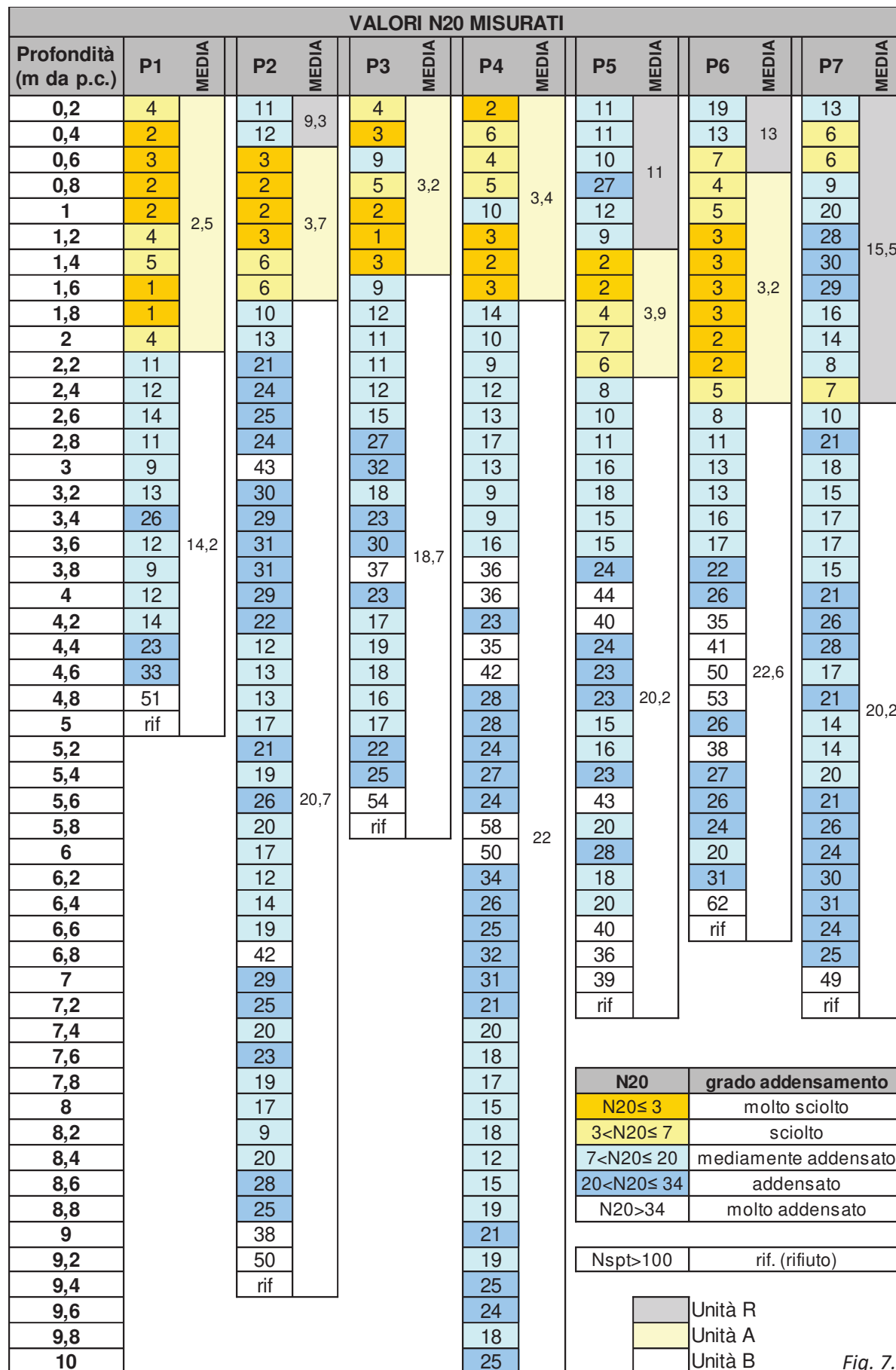


Fig. 7.1

7.3. Modello geologico-tecnico del primo sottosuolo

Correlando i risultati delle prove effettuate è stato elaborato il seguente modello geologico-tecnico del primo sottosuolo, a partire dal piano campagna:

- **Unità R: Terreno di riporto mediamente addensato** (spessore massimo rilevato di 2,4 m): terreno granulare formato principalmente da sabbie e ghiaie con ciottoli, eterogeneo e con grado di addensamento variabile, ma in genere abbastanza buono ($N_{SPT,medio} = 14-23$);
- **Unità A: Sabbia limosa con ghiaia** (fino alla profondità rilevata di circa -2,4 m): terreno almeno in parte rimaneggiato, da molto sciolto a sciolto ($N_{SPT,medio} = 3,7-5,7$);
- **Unità B: Substrato ghiaioso-ciottoloso** (da -1,4/-2,4 m fino almeno alla massima profondità indagata di 15 m): ghiaie con sabbie debolmente limose-argillose, da mediamente addensate a molto addensate ($N_{SPT,medio} = 21-34$). Questo litotipo, con riferimento alla classificazione U.S.C.S. (*Unified Soil Classification System*), appartiene alle tipologie GW-GM-GC-SW-SM-SC.

7.3.1. Caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni

I risultati delle indagini condotte sono stati utilizzati per effettuare una caratterizzazione geologico-tecnica quantitativa dei terreni di fondazione. Di seguito vengono riportate le correlazioni e i metodi di calcolo adottati.

Peso di volume

I pesi di volume naturale sono stati stimati da valori di letteratura riferiti alla presunta litologia dei terreni ed alle loro condizioni di saturazione (Bruschi 1980, Bowles 1982 e Lancellotta 1993), e con l'esperienza maturata in contesti analoghi situati in zone limitrofe.

Densità relativa

Una prima valutazione qualitativa sullo stato di addensamento può essere effettuata dall'analisi della seguente tabella proposta da Terzaghi e Peck (1967), basata sul valore di N_{SPT} .

N_{SPT}	Addensamento	Densità relativa [%]
0 – 4	molto sciolti	0 – 15
4 – 10	sciolti	15 – 35
10 – 30	mediamente addensati	35 – 65
30 – 50	addensati	65 – 85
> 50	molto addensati	85 – 100

Correlazione tra N_{SPT} e D_R , Terzaghi e Peck (1967).

Un valore puntuale di D_R può invece essere ricavato dalla correlazione di Terzaghi e Peck (1967), rivista da Skempton (1986):

$$D_R = 100 \sqrt{\frac{N_{1(60)}}{60}}$$

Resistenza al taglio

La capacità di un materiale granulare ad opporsi alla deformazione è nota come resistenza al taglio. Viene espressa comunemente dall'equazione di Coulomb (1973)

$$\tau = c + (\sigma - u) \cdot \tan \varphi$$

che lega la resistenza al taglio τ disponibile lungo una superficie di scorrimento al valore della tensione normale σ agente sul piano medesimo (al netto dell'eventuale spinta idrostatica u), ed al valore assunto da due parametri caratteristici del terreno stesso per un dato grado di addensamento: la coesione c e l'angolo di resistenza al taglio φ .

L'elevata componente sabbiosa dei depositi presenti permette di eseguire le analisi in termini di tensioni efficaci (φ' e c'), trascurando cautelativamente la componente coesiva ($c' = 0$).

I valori dell'angolo di resistenza al taglio di picco φ' sono stati determinati dal valore più cautelativo ottenuto dalle seguenti correlazioni, comunemente utilizzate in letteratura:

- correlazione di Peck-Hanson & Thornburn (1974):

$$\varphi' = 21,2 + 2,7 \sqrt{N_{60}}$$

- correlazione di Hatanaka e Uchida (1996):

$$\varphi' = 20 + \sqrt{15,4 N_{1(60)}} \quad \text{con} \quad \varphi'_{MAX} = 40^\circ$$

- correlazione di Wolff (1989):

$$\varphi' = 27,1 + 0,3 N_{1(60)} - 0,00054 N_{1(60)}^2$$

Per quanto concerne invece i valori di angolo di resistenza al taglio a volume costante φ_{cv} , che dipende principalmente dalla componente mineralogica del deposito, si è fatto riferimento a valori di letteratura (Lancellotta 2004, Bruschi 2010).

Modulo elastico

Il modulo elastico (di Young) può essere ricavato, in assenza di prove di laboratorio, da una media tra le correlazioni empiriche proposte dai seguenti autori, sulla base della diversa litologia dei depositi:

- correlazioni proposte da Bowles (1991), sulla base dei valori N_{60} convertiti in N_{55} ;
- correlazioni proposte da AASHTO (1996), sulla base dei valori $N_{1(60)}$.

Coefficiente di Poisson

Il valore del Coefficiente di Poisson è stato ricavato dalle correlazioni fornite dall'A.G.I..

7.3.2. Attribuzione parametri geologico-tecnici fondamentali

Con le modalità descritte al paragrafo precedente è stato possibile assegnare ai terreni di fondazione i valori medi dei parametri geologico-tecnici fondamentali riportati nella tabella seguente (tab. 7.10) in termini di tensioni efficaci. Per il loro carattere eterogeneo, poco addensato e rimaneggiato non sono stati attribuiti valori elastici e di resistenza al taglio alle unità di copertura (R e A), che non dovranno essere interessate dai nuovi carichi.

Unità geologico-tecnica	Peso di volume		Densità relativa	Angolo di resistenza al taglio		Coesione	Modulo elastico	Coefficiente di Poisson
	Naturale	Saturo		di picco	a volume costante			
	γ_d [kN/m ³]	γ_{SAT} [kN/m ³]		φ' [°]	φ_{cv} [°]			
Unità R	18	20	50-66	-	-	-	-	-
Unità A	15,5	18	26-33	-	-	-	-	-
Unità B	19	21	60-74	32-36	30	0	27-40	0,30

Tab. 7.10 – Caratteristiche geologico-tecniche medie dei terreni di fondazione.

7.3.3. Attribuzione valori caratteristici dei parametri geologico-tecnici

Nel presente paragrafo vengono determinati in via preliminare i valori caratteristici dei parametri geotecnici fondamentali dei terreni di fondazione, riferiti al volume geotecnico significativo interessato dalle nuove strutture, considerando come campione statistico l'intera unità B fino alla massima profondità indagata.

Con il termine “valore caratteristico” si intende “una stima ragionata e cautelativa del valore medio del parametro nello stato limite considerato” (par. 6.2.2 NTC). Una stima corretta, secondo l'Eurocodice 7, è rappresentata dal “valore medio con una probabilità del 95% che il valore medio che governa

l'insorgere di uno stato limite nel suolo sia più favorevole del valore caratteristico". Questo valore, nel caso di opere che coinvolgono grandi superfici di rottura o in presenza di compensazione strutturale delle fondazioni (come nel caso di platee o plinti/travi collegati rigidamente tra di loro), corrisponde al 5° percentile del valore medio della distribuzione dei dati misurati.

Per la determinazione dei valori caratteristici dell'angolo di resistenza al taglio e del modulo elastico si è eseguita un'elaborazione statistica dei dati raccolti in sito durante la campagna di indagine, assumendo che la singola unità geotecnica sia assimilabile ad uno strato omogeneo da un punto di vista geomeccanico, dove i valori dei parametri geotecnici presentano fluttuazioni stocastiche attorno ad un valore medio o ad un trend.

Il valore caratteristico del parametro geotecnico considerato (X_k) è stato determinato, come suggerito nel *Quaderno 2* delle *Linee Guida NTC 08-Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi*, mediante la seguente espressione (Frank et al., 2004):

$$X_k = X_{mean} (1 - K \cdot s)$$

in cui:

- X_{mean} è il valore medio aritmetico relativo ad una serie n di valori ottenuti da indagini eseguite sul volume di terreno interessato;
- K è la variabile dipendente dalla legge di distribuzione di Student e dalla probabilità di non superamento adottata;
- s è il coefficiente di variazione COV , dato dal rapporto tra la deviazione standard della distribuzione e X_{mean} .

Per strati di terreno dove il parametro geotecnico considerato non mostra una significativa e sistematica variabilità in direzione orizzontale o con la profondità, senza la presenza di significative zone di terreno con proprietà più scadenti (coefficiente di variazione $COV < 10\%$ per φ' e $COV < 30-40\%$ per E), è possibile riferirsi ad una stima cautelativa del valore medio della popolazione statistica, utilizzando nell'espressione il valore di K ottenuto da:

$$K_{n,mean} = t_{n-1}^{0,95} \sqrt{1/n}$$

In questo modo si assume che il volume della zona di rottura generato dall'applicazione del carico di progetto sia maggiore della scala delle fluttuazioni stocastiche, o che comunque le strutture di fondazione possiedano una rigidità tale da consentire una compensazione delle oscillazioni (compensazione delle resistenze).

Al contrario, nel caso in cui il parametro geotecnico considerato mostra una significativa variabilità, o comunque il volume di terreno interessato dallo stato limite è piccolo, occorre riferirsi ai valori minimi, ottenuti utilizzando nell'espressione il valore di K ottenuto da:

$$K_{n,low} = t_{n-1}^{0,95} \sqrt{(1/n) + 1}$$

In questo modo si assume che il volume della zona di rottura generato dall'applicazione del carico di progetto sia minore della scala delle fluttuazioni stocastiche (resistenze non compensate).

Nel caso specifico, pur in presenza di fondazioni a platea in grado di garantire presumibilmente una compensazione delle resistenze, si è deciso cautelativamente di riferirsi ai valori minimi.

Per l'attribuzione dei valori caratteristici di φ_{cv} è stato invece adottato l'approccio Bayesiano proposto da Cherubini e Orr (1999), basato sulla seguente equazione:

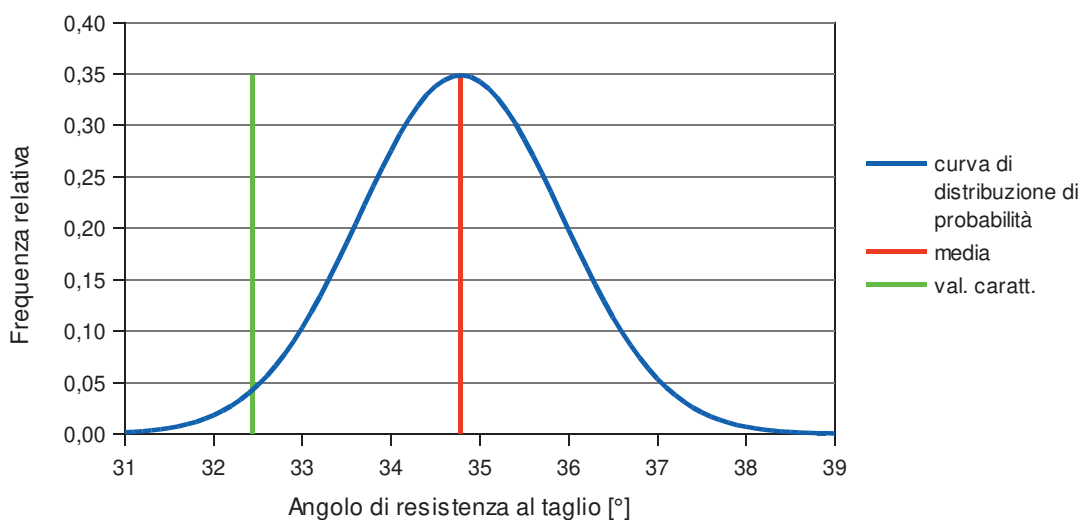
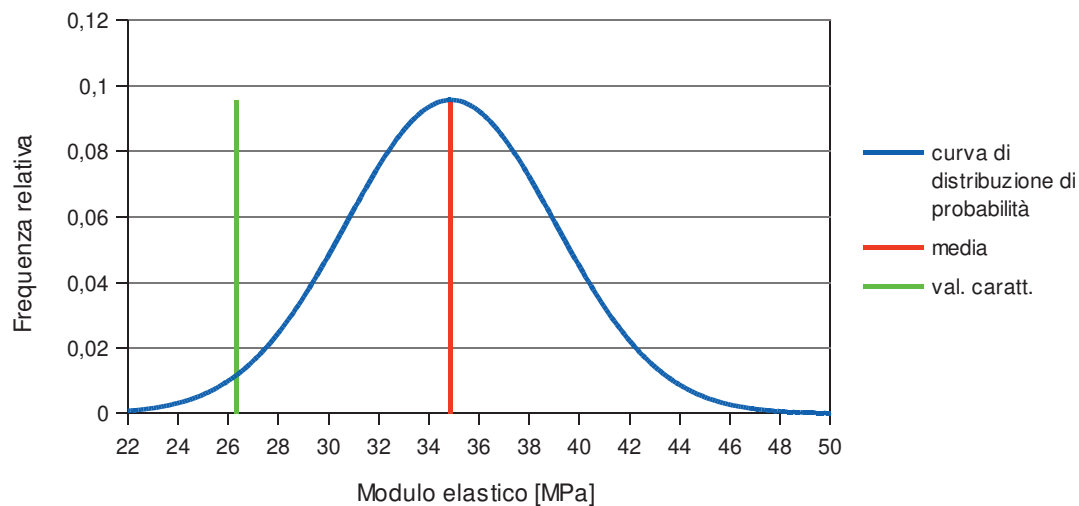
$$X_k = X_{mean} (1 - COV/2)$$

Per i valori caratteristici del peso di volume e del modulo di Poisson, essendo grandezze caratterizzate da piccoli coefficienti di variazione, si sono considerati frattili al 50%, pari ai valori mediani più cautelativi.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente (tab. 7.11).

Unità geologico- tecnica	Peso di volume		Angolo di resistenza al taglio		Coesione	Modulo elastico	Coefficiente di Poisson
	Naturale	Saturo	di picco	a volume costante			
	$\gamma_{d,k}$ [kN/m ³]	$\gamma_{SAT,k}$ [kN/m ³]	φ'_k [°]	$\varphi_{CV,k}$ [°]			
Unità B	19	21	32	30	0	26.331	0,30

Tab. 7.11 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici fondamentali.

UNITA' B - Determinazione valore caratteristico angolo di resistenza al taglio**UNITA' B - Determinazione valore caratteristico modulo elastico**

8. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

L'analisi della pericolosità sismica del sito costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche e consiste nella determinazione della pericolosità sismica di base e della risposta sismica locale, qui ottenuta mediante la ricostruzione del profilo verticale della velocità delle onde di taglio mediante una misura MASW.

8.1. Ubicazione sismica

Nell'Allegato 1 *“Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone”* dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”* e s.m.i., viene definita, per ogni comune del territorio italiano, la zona sismica di appartenenza, in funzione del valore di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Il Comune di Bellinzago Novarese appartiene alla *“zona 4”*, contraddistinta da un grado di sismicità molto basso.

La Regione Piemonte, sulla base dei risultati di uno studio affidato al Politecnico di Torino in collaborazione con il Centro Eucentre di Pavia, ha proceduto all'adeguamento delle zone sismiche con D.G.R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010, D.G.R. n. 65-7656 del 21.05.2014 e D.G.R. n. 6-887 del 30.12.2019. Il Comune di Bellinzago Novarese resta classificato in *“zona 4”* (Peak Ground Acceleration inferiore a 0,025g).

Vengono di seguito riportate alcune considerazioni sulla pericolosità del sito desunte dalla consultazione della documentazione esistente in materia.

Zonazione sismogenetica ZS9

L'area di studio non risulta appartenere a nessuna delle zone sismogenetiche individuate nell'ambito della zonazione ZS9 (Gruppo di Lavoro MPS per la redazione della mappa di pericolosità sismica O.P.C.M. 20.03.2003 n. 3274, INGV 2004).

Catalogo DISS 3

Nell'area di studio non si rileva la presenza di sorgenti sismogenetiche isolate, così come riportate nel catalogo Database of Individual Seismogenic Sources (DISS vers. 3.2.0, INGV).

Catalogo DBMI15^(*)

Il Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) non riporta alcun evento sismico per il territorio comunale di Bellinzago Novarese, ei seguenti n°7 eventi per il vicino Comune di Oleggio, con un'intensità massima pari a 5 (*“forte”*) secondo la Scala Macrosismica Europea (EMS98).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
2	1905	04	29	01	46	45	Haute-Savoie, Valloraine	267	7-8	5.10
3	1908	05	24	08	37		Piemonte centro-settentrionale	36	4	4.10
3	1918	04	24	14	21		Lecchese	34	6	4.95
4	1960	03	23	23	10		Vallese	178	7	5.00
3	1983	11	09	16	29	52	Parmense	850	6-7	5.04
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21

^(*)Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertuliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroscopic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

Disaggregazione della pericolosità sismica

L'analisi di disaggregazione della pericolosità sismica dedotta dal catalogo INGV (*Progetto S1*) evidenzia una bassa pericolosità sismica, data da eventi di forte intensità (valori di magnitudo medi attesi compresi tra 4 e 6,5) posti a distanze considerevoli (valori medi attesi superiori ai 60 km).

8.2. Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato, denominato “*periodo di riferimento*” (V_R); la relativa probabilità è detta “*probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento*” (P_{VR}).

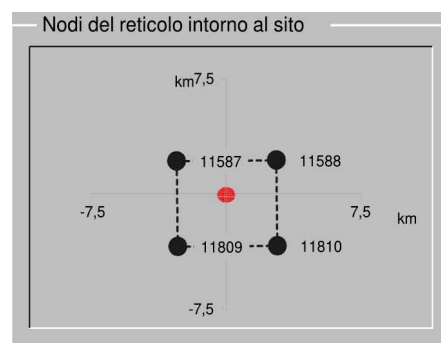
Ai sensi delle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero.

In funzione delle coordinate geografiche del sito (rif. par. 1.1), servendosi dei dati elaborati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e tabulati nell'Allegato B alle NTC, è possibile ricavare i seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

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

I valori sono stati ottenuti mediante interpolazione per media ponderata, utilizzando il software “*Spettri NTC ver. 1.0.3*” fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. I valori così determinati vengono riportati nella tabella seguente (tab. 8.1) in funzione del “*periodo di ritorno del sisma*” (T_R).

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,014	2,550	0,160
50	0,018	2,519	0,169
72	0,021	2,556	0,180
101	0,024	2,572	0,212
140	0,027	2,582	0,225
201	0,030	2,591	0,238
475	0,037	2,609	0,276
975	0,045	2,617	0,303
2475	0,055	2,738	0,325



Tab. 8.1 – Pericolosità sismica di base del sito per i diversi T_R .

I valori relativi ai periodi di ritorno del sisma T_R associati ai diversi stati limite relativi ad un suolo di riferimento rigido orizzontale, per una strategia progettuale di norma e per le specifiche dell'opera indicate in tab. 2.1, sono riportati in tab. 8.2, mentre i relativi spettri di risposta sono riportati in fig. 8.1.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,014	2,550	0,160
SLD	50	0,018	2,519	0,169
SLV	475	0,037	2,609	0,276
SLC	975	0,045	2,617	0,303

Tab. 8.2 – Pericolosità sismica di base del sito relativa ai diversi stati limite.

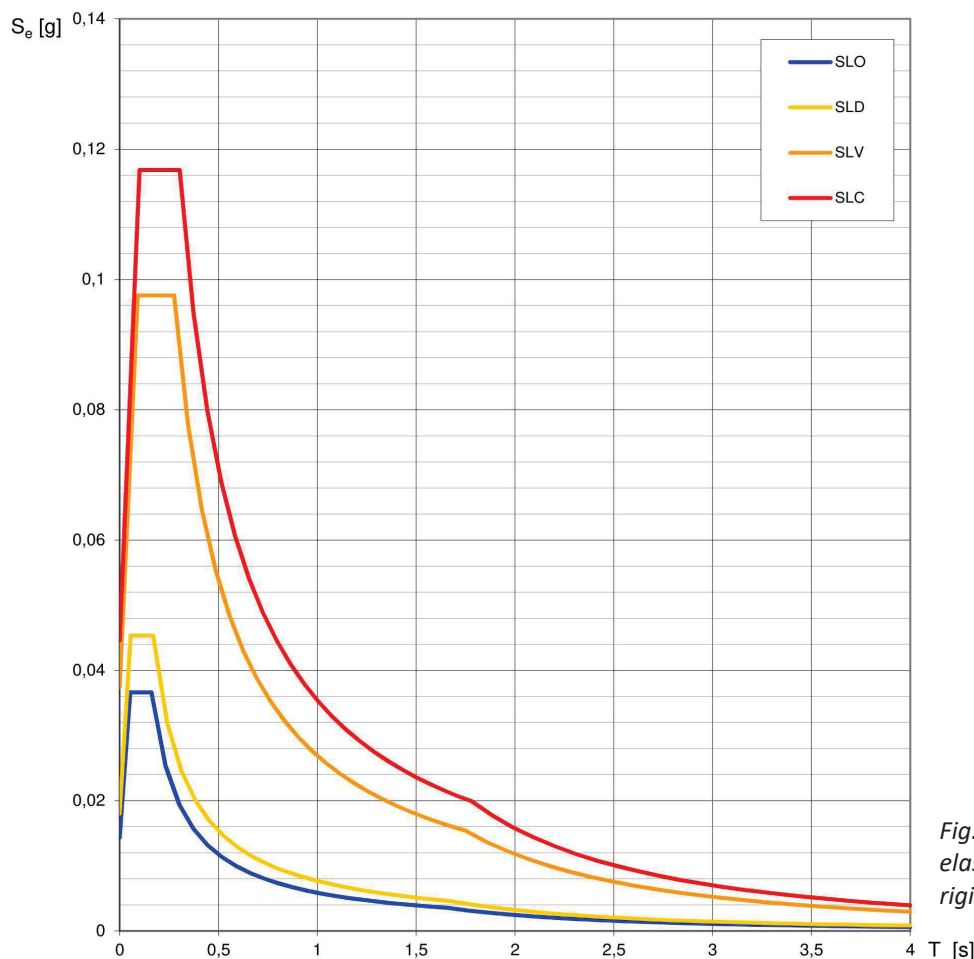


Fig. 8.1 – Spettri di risposta elastici su suolo di riferimento rigido orizzontale.

8.3. Analisi di risposta sismica locale del sito

La risposta sismica locale è stata effettuata secondo l'approccio semplificato descritto al §3.2.2 delle NTC, ed è consistita nella determinazione dell'amplificazione stratigrafica e morfologica del sito, rispetto alla condizione del sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A e T1) precedentemente analizzata.

8.3.1. Determinazione del profilo verticale della velocità delle onde di taglio

La determinazione del profilo verticale della velocità delle onde di taglio è stata ottenuta mediante l'esecuzione, in data 01.07.2021, di una prova geofisica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

La metodologia MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine geofisica non invasiva che si basa sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante delle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè ciascuna componente di frequenza dell'onda ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. In particolare le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori) sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) hanno energia minore ed una penetrazione superficiale.

La proprietà dispersiva delle onde superficiali può essere utilizzata per studiare le proprietà

elastiche dei terreni superficiali al variare della profondità, ed una delle applicazioni più comuni è la ricostruzione del profilo verticale della velocità delle onde di taglio V_s , il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione, dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh.

Il metodo MASW consiste in tre fasi successive:

- acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- costruzione della curva di dispersione (grafico della velocità di fase in funzione della frequenza);
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga, generato da una sorgente sismica quale, ad esempio, una massa battente o un fucile sismico, e registrarlo attraverso appositi geofoni, minimizzando il rumore. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP).

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh vengono prodotte simultaneamente anche una molteplicità di tipi diversi di onde, con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali; tra queste: le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. L'impiego di un metodo di registrazione multicanale consente il riconoscimento dei diversi comportamenti delle onde in arrivo, permettendo di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti onde sismiche.

L'inversione della curva di dispersione è stata realizzata mediante processo iterativo, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Sul campo la campagna di indagine ha previsto l'esecuzione in sito, con ubicazione riportata in tav. 4, di una prova MASW costituita da un'acquisizione di 24 punti di misura con interdistanza geofonica di 2 metri, a formare uno stendimento con lunghezza complessiva di 46 m e direzione circa WNW-ESE; le onde sismiche sono state generate mediante energizzazione con mazza battente da 8 kg con offset 5-10 m dal geofono più esterno. L'acquisizione è stata effettuata mediante elevati tempi di misura, poiché nell'elaborazione dei dati non viene considerato solamente il tempo di primo arrivo delle onde, ma l'intero segnale registrato.

I risultati ottenuti sono riportati in Allegato 4 dove è stato determinato il profilo di velocità delle onde di taglio V_s riportato in tab. 8.3.

Profondità strato [m dal p.c.]	V_s [m/s]
0,0 – 1,7	143
1,7 – 4,2	255
4,2 – 8,6	205
8,6 – 13,5	372
13,5 – 18,3	343
18,3 – 22,9	477
22,9 – 27,0	535
27,0 – 30,0	575

Tab. 8.3 – Profilo di velocità V_s .

I risultati ottenuti sono compatibili con l'assetto litostratigrafico locale. Si sottolinea il fatto che la stratigrafia V_s elaborata è sismicamente equivalente e ragionevolmente prossima alla stratigrafia reale, anche se probabilmente non esattamente coincidente.

8.3.2. Amplificazione stratigrafica

L'approccio semplificato previsto dalle NTC considera gli effetti di amplificazione stratigrafica in funzione della categoria di sottosuolo di riferimento (§ tab. 3.2.II NTC), scelta sulla base del valore di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) a partire dal piano di imposta delle fondazioni, data dalla seguente espressione:

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

dove:

- h_i è lo spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$ è la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N: numero di strati;
- H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o da terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, come nel caso in esame, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Secondo le NTC i valori di V_s devono essere ottenuti mediante specifiche misure oppure, con giustificata motivazione, valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche che tuttavia nel contesto geologico di intervento hanno il limite di non raggiungere i trenta metri di profondità.

Dalla ricostruzione del profilo di velocità delle onde di taglio effettuata al par. 8.3.1, si calcola il seguente valore di $V_{s,30}$, riferito cautelativamente alla quota del piano campagna, da cui si determina una categoria di sottosuolo C, che individua *"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"*.

CALCOLO $V_{s,eq}$				
da m	a m	V_s [m/s]	H_i [m]	H_i/V_i
0,0	1,7	143	1,7	0,0119
1,7	4,2	255	2,5	0,0098
4,2	8,6	205	4,4	0,0215
8,6	13,5	372	4,9	0,0132
13,5	18,3	343	4,8	0,0140
18,3	22,9	477	4,6	0,0096
22,9	27,0	535	4,1	0,0077
27,0	30,0	575	3,0	0,0052
SOMMA			30,0	0,0928
$V_{s,eq}$ [m/s]				323

8.3.3. Amplificazione topografica

L'approccio semplificato previsto dalle NTC considera gli effetti di amplificazione topografica in funzione della categoria topografica di riferimento (§ tab. 3.2.III NTC), scelta sulla base della conformazione del piano campagna, che devono essere considerate quando vi sono configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, con altezza maggiore di 30 m.

Da osservazioni geomorfologiche e topografiche condotte sulla C.T.R. alla scala 1:10.000 il sito appartiene alla categoria topografica T1, che individua “*superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* ”.

8.3.4. Definizione dell'accelerazione massima attesa in superficie

Il valore dell'accelerazione massima attesa in superficie a_{\max} può essere ottenuto dalla seguente relazione:

$$a_{\max} = S_s \times S_T \times a_g$$

I risultati ottenuti, relativi ai diversi stati limite, sono riportati nella tabella seguente (tab. 8.4).

	S_s	S_T	$a_{\max} [g]$
SLO	1,50	1,00	0,0210
SLD	1,50	1,00	0,0270
SLV	1,50	1,00	0,0555
SLC	1,50	1,00	0,0675

Tab. 8.4 – Valori dell'accelerazione massima attesa in superficie per i diversi stati limite.

8.3.5. Spettri di risposta elastici

Gli spettri di risposta elastici in accelerazione per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), riferiti ad uno smorzamento convenzionale del 5%, sono riportati nella figura seguente (fig. 8.2).

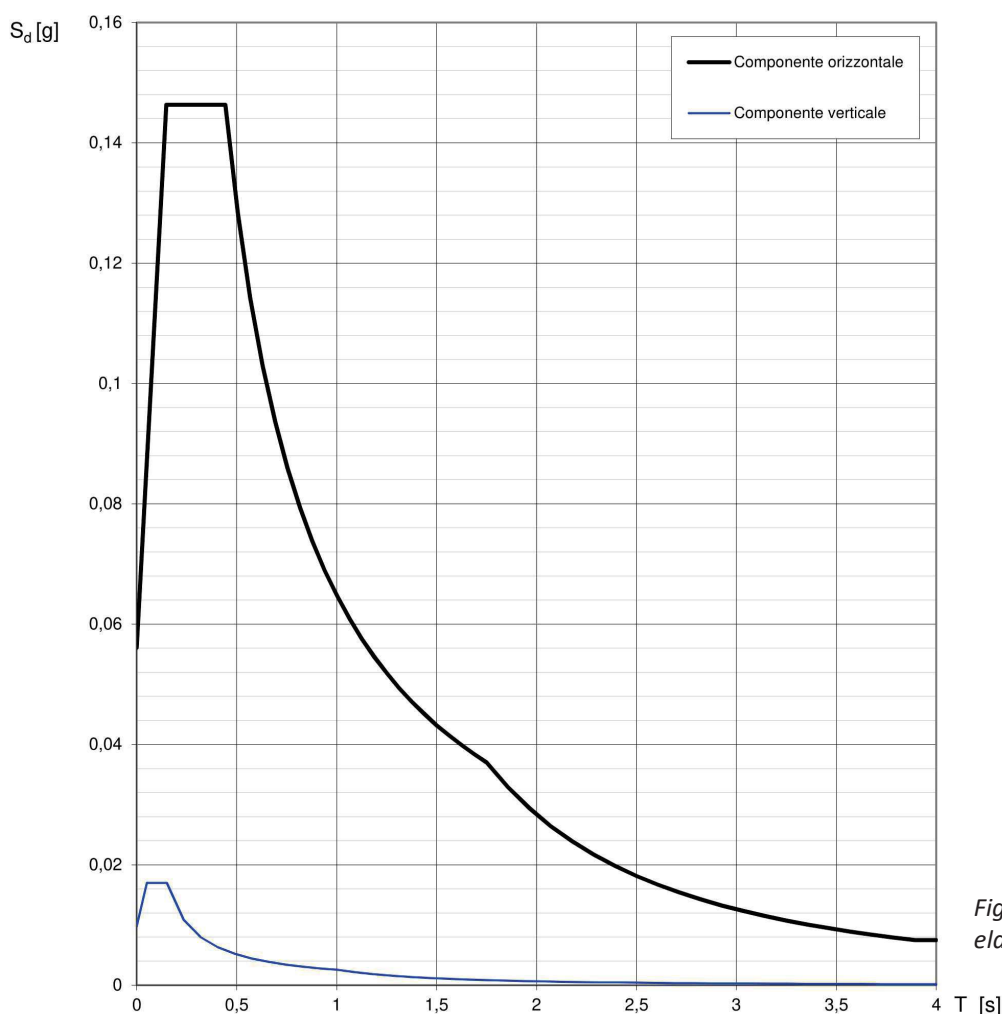


Fig. 8.2 – Spettri di risposta elastici allo SLV.

8.4. Sicurezza nei confronti della liquefazione

La verifica alla liquefazione può essere omessa, ai sensi del §7.11.3.4.2 NTC, in quanto nel sito di interesse l'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) allo SLV di progetto, calcolata al par. 8.3.4, è minore di 0,1g.

9. GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Durante la realizzazione dei lavori in oggetto verrà prodotto un quantitativo di terre e rocce da scavo limitato alla messa in opera dei nuovi manufatti interrati, che sarà rappresentato verosimilmente da terreno non contaminato.

Dalle informazioni fornite dal Progettista, questo materiale verrà gestito interamente come rifiuto, con conferimento ad impianto di recupero, o eventualmente a discarica, nel rispetto della Parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i..

Nel caso in cui, in un'ottica di risparmio della risorsa terreno, si renda invece disponibile un sito di conferimento autorizzato per il suo riutilizzo come sottoprodotto, prima dell'inizio dei lavori di scavo dovrà essere trasmessa idonea dichiarazione agli Enti competenti che ne attesti i requisiti previsti dalla legge, seguendo le procedure previste dal D.P.R. 13.06.2017 n. 120 per i cantieri di piccole dimensioni (art. 20 e 21), previo accertamento della qualità ambientale dei terreni, come da linee guida nazionali.

Inoltre si ricorda che il riutilizzo di parte delle terre e rocce da scavo nel sito di produzione per il ripristino dell'area interessata dai lavori è un'attività liberamente consentita ai sensi dell'art. 185 del D.Lgs. 152/06 *“Norme in materia ambientale”* e s.m.i., che tra le *“esclusioni dal campo di applicazione”* del Decreto, al comma 1 lettera c) riporta: *“il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato”*, previa verifica dell'assenza di contaminazione in relazione alla destinazione d'uso del sito, ai sensi dell'art. 24 del D.P.R. 120/2017.

Infine, per una corretta gestione delle terre e rocce da scavo in cantiere, si ricorda che:

- nel caso l'esecuzione degli scavi richieda l'utilizzo di additivi, questi devono essere conformi alle CSC di cui alla Colonna B del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- nel caso in cui durante gli scavi si rinvenissero terreni potenzialmente contaminati, questi devono essere caratterizzati ed analizzati con le procedure previste dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- nel caso in cui durante gli scavi si rinvenissero materiali di riporto, dovrà essere verificata la loro assimilabilità alla disciplina delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art. 4 comma 3 del D.P.R. 13.06.2017 n. 120, ed eseguito un test di cessione sul campione *“tal quale”* ai sensi del D.M. 05.02.1998 per i parametri pertinenti ad esclusione del parametro amianto, con riferimento alle CSC delle acque sotterranee. Nel caso di non assimilabilità o di non superamento del test di cessione questi materiali non potranno restare in sito ma dovranno in ogni caso essere gestiti come rifiuto.

Si ricorda che la normativa ambientale prevede che la responsabilità della corretta gestione dei rifiuti e delle terre e rocce da scavo sia in capo al soggetto che materialmente eseguirà i lavori di scavo.

10. CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE CONCLUSIVE SUGLI INTERVENTI IN PROGETTO E INCERTEZZE DEL MODELLO

Il sito d'intervento è ubicato nella porzione occidentale della valle fluvioglaciale del Fiume Ticino, che scorre circa 1,8 km più ad Est ribassato di una quarantina di metri, in un contesto sub-pianeggiante al piede di un evidente terrazzo morfologico che, con dislivello di alcuni metri e blande pendenze, separa depositi fluvioglaciali relativi a diversi episodi glaciali.

Il sito è esente da problematiche di tipo idrologico, in quanto non raggiungibile dalle acque di esondazione di elementi idrografici superficiali, e gravitativo, in quanto pressoché pianeggiante. Potrebbe essere localmente interessato dal ruscellamento delle acque superficiali provenienti dal terrazzo occidentale che tuttavia, data la sua ridotta estensione, non sono in grado di comportare una significativa concentrazione dei deflussi.

Appartiene in parte alla “Classe I” ed in parte alla “Classe II” di pericolosità geomorfologica e di idoneità all'utilizzazione urbanistica di PRGC che identificano un grado di pericolosità rispettivamente da basso a moderato. Gli interventi in progetto sono compatibili con le NTdA di PRGC per queste classi, previo approfondimento d'indagine.

Nello specifico sono stati eseguiti n°2 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15 m dal p.c., e n°7 prove penetrometriche dinamiche spinte fino alla profondità massima di 10 m dal p.c., anche se la maggior parte è andata a rifiuto prima.

Il sondaggio S1 ha evidenziato la presenza, fino alla profondità rilevata di circa 7,2 m dal p.c., di depositi di riporto scarsamente addensati riconducibili da un punto di vista granulometrico a sabbie con limo e argilla, dall'aspetto quasi fangoso, con caratteristiche geotecniche estremamente scadenti. Da una ricerca documentale effettuata successivamente da Acqua Novara.Vco si è evinto che questo materiale è un riporto riconducibile alla presenza in passato, nella posizione identificata dal progetto originario per la posa del dissabbiatore, di una vasca imhoff interrata. Proprio per questo motivo si è provveduto a modificare il progetto iniziale con una nuova ubicazione del dissabbiatore, tale da impostarsi in terreni naturali con adeguato grado di addensamento, come rilevato in corrispondenza del sondaggio S2 e delle prove penetrometriche P3-P4-P5-P6-P7.

Le indagini hanno rilevato, sotto uno strato superficiale costituito da terreni di riporto (Unità R mediamente addensata, e Unità A da molto sciolta a sciolta), la presenza del substrato ghiaioso-ciottoloso, con matrice sabbiosa debolmente limoso-argillosa, caratterizzato da buone caratteristiche di resistenza. Questo litotipo, che con riferimento alla classificazione U.S.C.S. (*Unified Soil Classification System*) appartiene alle tipologie GW-GM-GC-SW-SM-SC, ha un grado di addensamento medio-alto ($N_{SPT, medio} = 21-34$), e rappresenta un valido terreno di fondazione.

Dall'interpretazione statistica dei risultati delle prove penetrometriche eseguite, considerando i valori misurati durante l'esecuzione delle prove penetrometriche, sono stati attribuiti i principali parametri geologico-tecnici dei terreni di fondazione sia in termini di valori medi (tab. 7.10) che, in prima analisi, di valori caratteristici (tab. 7.11).

Durante l'esecuzione delle indagini in sito non è stata intercettata la falda che, dalle considerazioni idrogeologiche riportate al cap. 6, dovrebbe impostarsi ad una profondità media di circa 17 m (dato da PRGC), con oscillazioni, stagionali ed annuali, di ordine di grandezza metrico. Si segnala tuttavia che, in corrispondenza del sondaggio S1 e della prova penetrometrica P6, è stata rilevata la presenza di acqua alla profondità di circa 2,8 m, riconducibile verosimilmente ad acqua di infiltrazione.

Per quanto concerne la valutazione della pericolosità sismica, il Comune di Bellinzago Novarese appartiene alla “zona 4”, caratterizzata da un grado di pericolosità molto basso; l'analisi di risposta sismica locale ha tuttavia evidenziato la possibilità che si possano verificare amplificazioni di tipo stratigrafico. Con riferimento all'approccio semplificato previsto dal §3.2.2 delle NTC, è possibile attribuire al sito le seguenti categorie:

- categoria di sottosuolo C;
- categoria topografica T1.

L'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) allo SLV di progetto è piuttosto bassa ($< 0,1g$), e permette di omettere la verifica alla liquefazione ai sensi del §7.11.3.4.2 delle NTC.

L'incertezza del modello elaborato dipende principalmente dal carattere puntuale delle indagini eseguite in sito per la ricostruzione delle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni che formano il primo sottosuolo, che andranno valutate in ultima analisi in fase esecutiva con la visione diretta dei terreni.

Le nuove fondazioni dovranno impostarsi in terreni con caratteristiche geotecniche adeguate, sotto lo strato di gelo-disgelo, la cui idoneità andrà verificata in funzione dei carichi di progetto (verifiche geotecniche di sicurezza §6.2.4 NTC).

In fase esecutiva si ricorda che, anche ai sensi della normativa vigente (D.Lgs. 81/08), per scavi con profondità superiore a 1,50 m con permanenza all'interno di operai è necessario provvedere al sostenimento delle pareti di scavo. Per scavi in corrispondenza di strutture esistenti la quota di imposta delle nuove fondazioni dovrà essere tale da non generare o subire interferenze di carico con l'esistente, e in questo caso questo aspetto andrà attentamente considerato in fase di calcolo geotecnico. Inoltre in fase esecutiva si dovrà prestare particolare attenzione all'esecuzione degli scavi nelle vicinanze delle strutture esistenti, evitando di andare ad interferire con i bulbi di carico, di portare a giorno le fondazioni e di generare vibrazioni significative che possano alterarne l'integrità strutturale.

In conclusione, dopo aver analizzato nel dettaglio gli elementi geologici dell'area di studio, si può affermare che l'insieme delle osservazioni condotte evidenzia un quadro sostanzialmente idoneo per l'esecuzione degli interventi in progetto, non rilevandosi particolari limitazioni di carattere geologico che non possano essere compensate con provvedimenti particolari; l'intervento è quindi compatibile con l'assetto geologico ed idrogeologico locale.

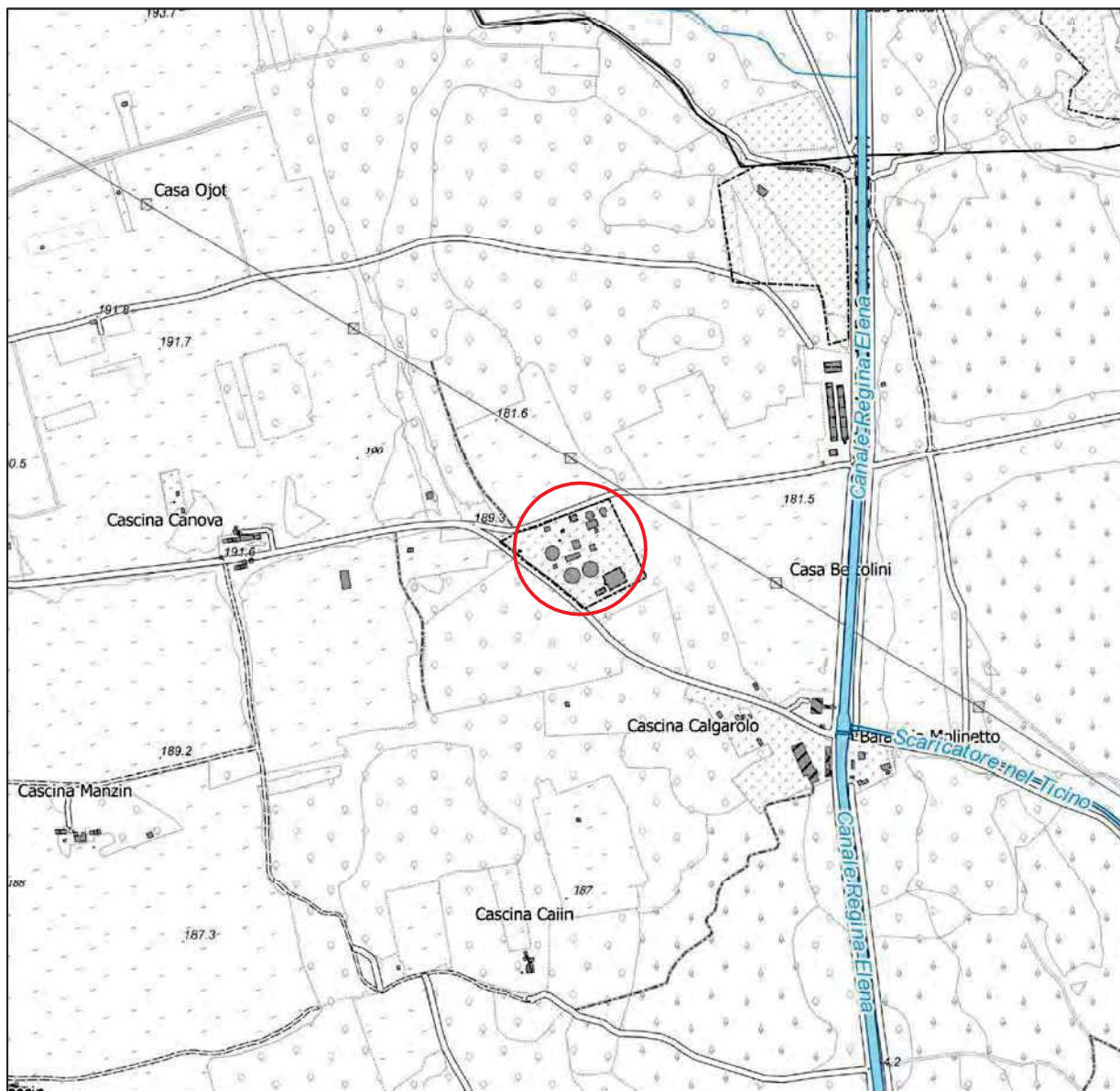
Se durante l'esecuzione dell'opera si dovessero rinvenire condizioni geologiche difformi da quanto previsto in questa relazione sarà opportuno rivedere le conclusioni e contattare il consulente geologo. Inoltre qualsiasi significativa variante che si voglia adottare all'attuale progetto cui si è fatto riferimento dovrà essere analizzata anche sotto il profilo geologico.

TAVOLE E ALLEGATI

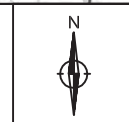
Rif. 966-20



Dott. Geol. Mattia BERTANI
Casale Tabuloni, 32
28021 Borgomanero (No)
tel. 0322 843722 – fax. 0322 060155
www.studiobertani.it



Stralcio BDTRE Regione Piemonte



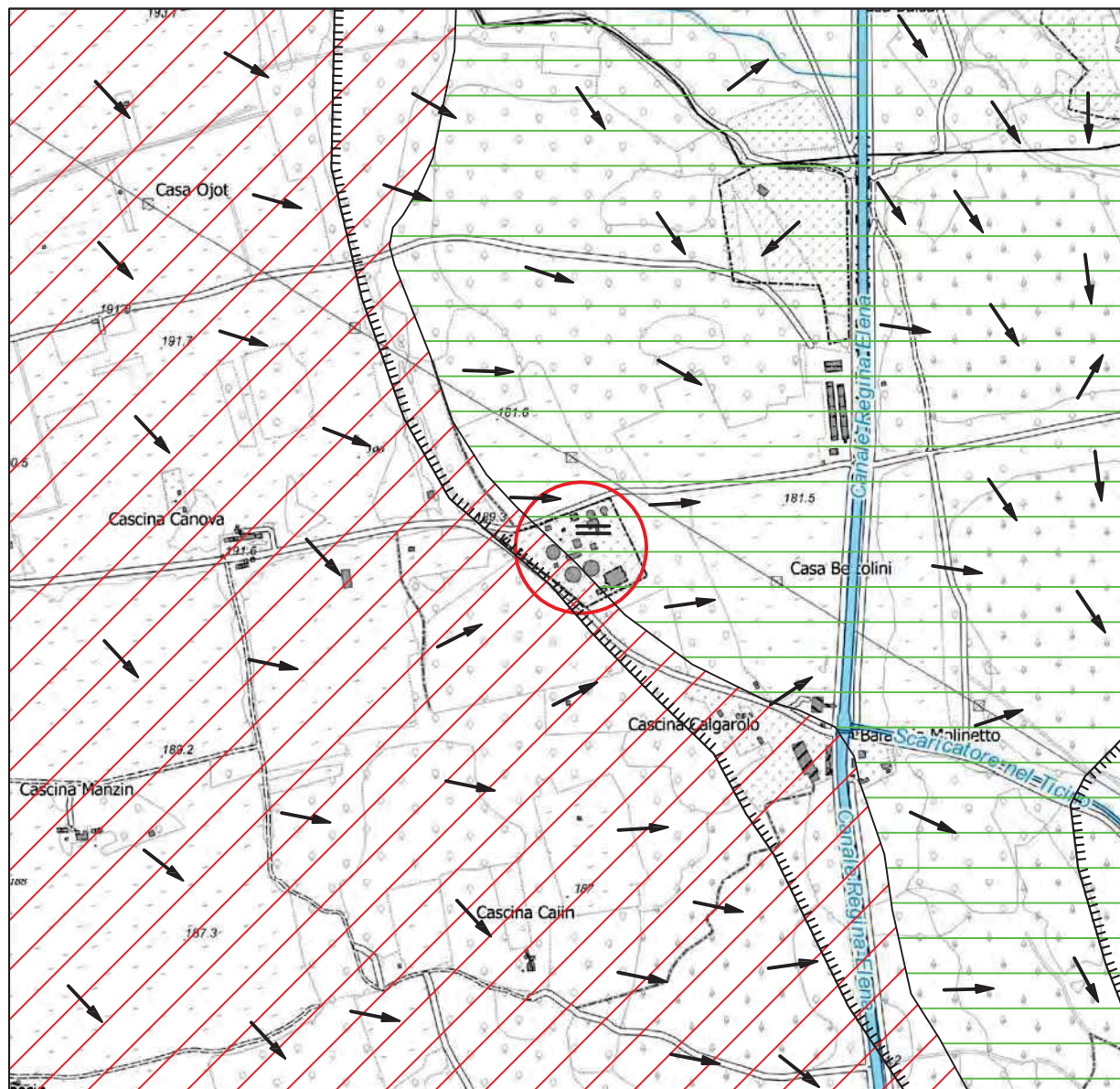
Ubicazione area di intervento

Coordinate geografiche medie:

WGS84 lat. 45,568640°
long. 8,672224°

ED50 lat. 45,569577°
long. 8,673297°

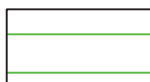
 <p>Dott. Geol. Mattia BERTANI Ordine dei Geologi del Piemonte n.588 Casale Tabuloni, 32 - 28021 Borgomanero (No) tel. 0322 843722 - fax. 0322 060155 - cell. 349 1884498 www.studiobertani.it - e-mail: mattia.bertani@atdot.it</p>			
Località: Depuratore Via Ticino n°302 Comune di Bellinzago Novarese			
Titolo: Corografia			N. Tavola: 1
Commissa: rif: 966-20	File: bellinzago_depuratore_geo_tav1.pdf		
Rev: 00	Data emissione: Ottobre 2021	Foglio: A4	Scala: 1:10.000



Stralcio BDTRE Regione Piemonte



Area di intervento



Ghiaie di S. Gaudenzio - Complesso di Varallo Pombia
Pleistocene Superiore



Complesso di Oleggio
Pleistocene Medio



Pendenza superficie topografica



Piana



Orlo di terrazzo



Dott. Geol. Mattia BERTANI
Ordine dei Geologi del Piemonte n.588
Casale Tabuloni, 32 - 28021 Borgomanero (No)
tel. 0322 843722 - fax. 0322 060155 - cell. 349 1884498
www.studiobertani.it - e-mail: mattia.bertani@atdot.it

Località: **Depuratore Via Ticino n°302**
Comune di Bellinzago Novarese

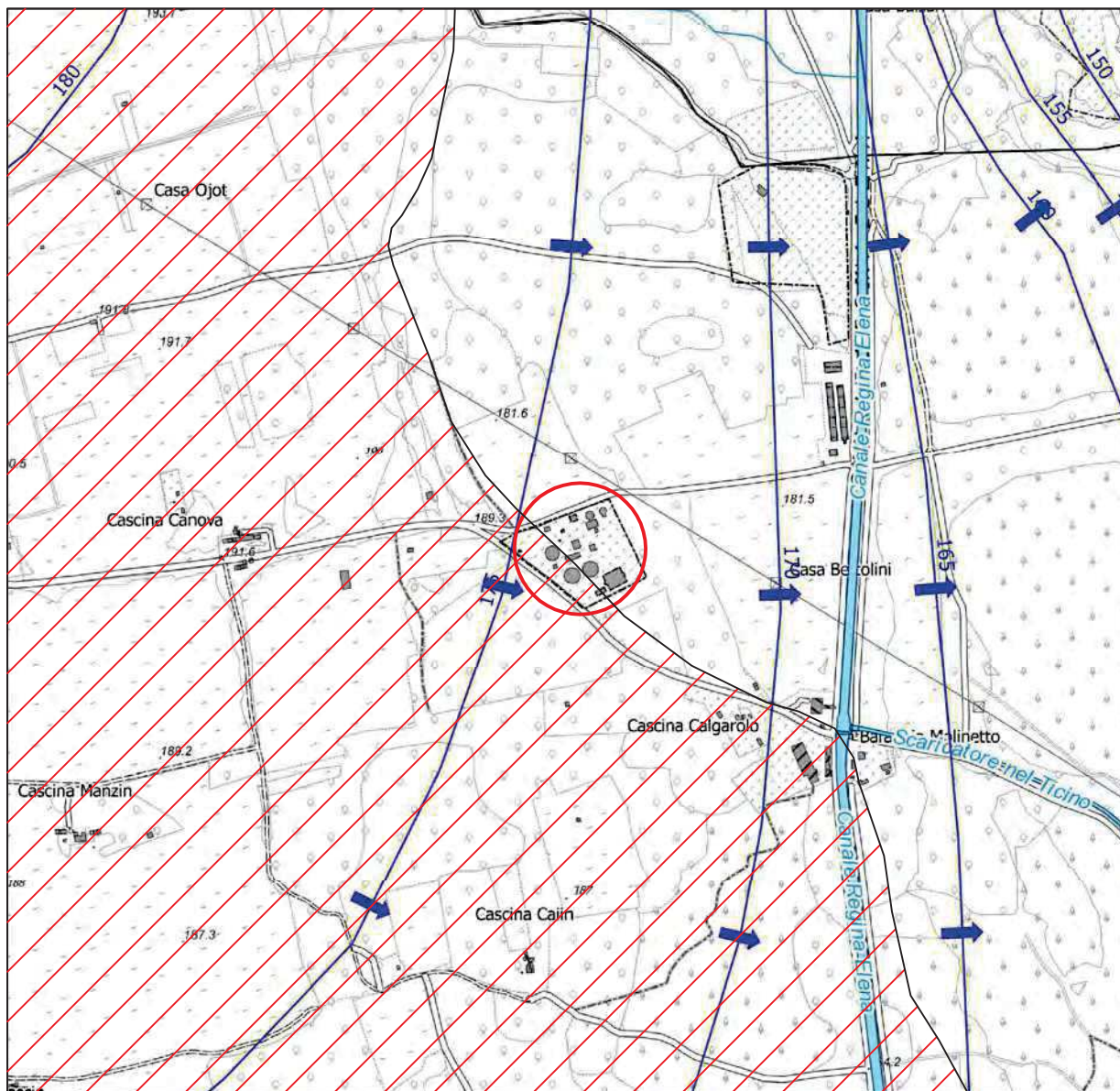
Titolo: **Inquadramento geologico
e geomorfologico**

N. Tavola:

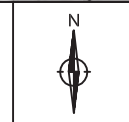
2

Commissa: rif. 966-20 File: bellinzago_depuratore_geo_tav2.pdf

Rev: 00 Data emissione: Ottobre 2021 Foglio: A4 Scala: 1:10.000



Stralcio BDTRE Regione Piemonte



Area di intervento



Complesso idrogeologico a permeabilità media
($k = 10^{-5}$ m/s)



Complesso idrogeologico a permeabilità alta
($k = 10^{-4}$ m/s)



Isofreatica con quota in m s.l.m.
(rif. studio Regione Piemonte, 2005)



Direzione prevalente di flusso idrico
sotterraneo



Elemento idrografico superficiale



Dott. Geol. Mattia BERTANI
Ordine dei Geologi del Piemonte n.588
Casale Tabuloni, 32 - 28021 Borgomanero (No)
tel. 0322 843722 - fax. 0322 060155 - cell. 349 1884498
www.studiobertani.it - e-mail: mattia.bertani@atdot.it

Località: **Depuratore Via Ticino n°302**
Comune di Bellinzago Novarese

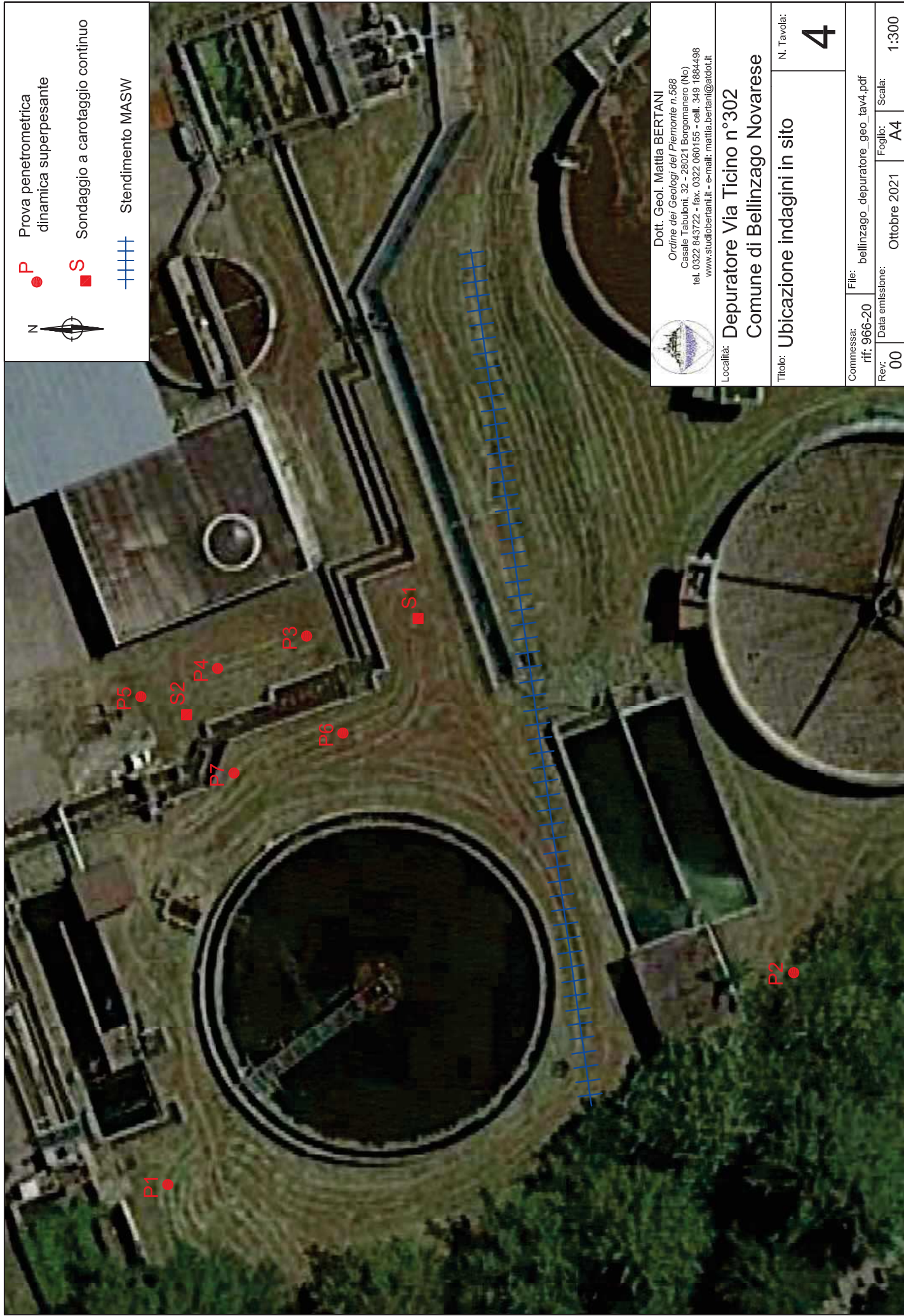
Titolo: **Idrografia e inquadramento
idrogeologico**

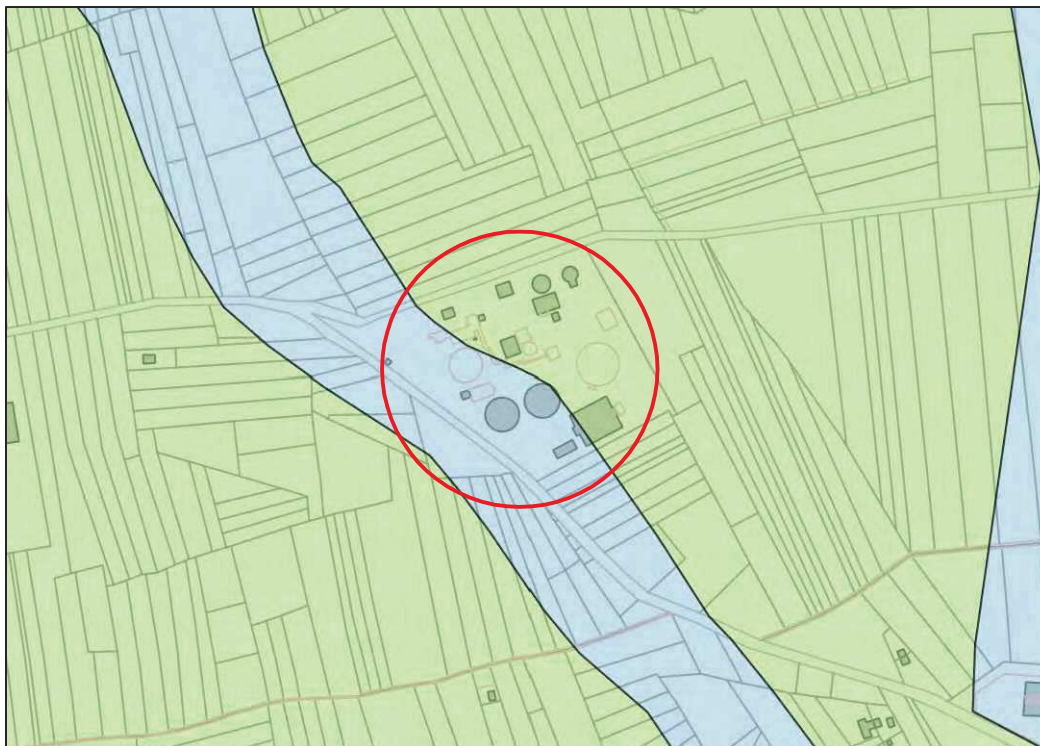
N. Tavola:

3

Commissa: rif. 966-20 File: bellinzago_depuratore_geo_tav3.pdf

Rev: 00 Data emissione: Ottobre 2021 Foglio: A4 Scala: 1:10.000

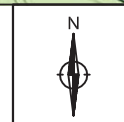




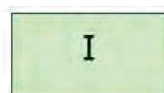
Estratto Carta di Sintesi di PRGC



Area di intervento



**CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITA'
ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA RELATIVE ALL'AREA DI INTERVENTO:**



Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche



Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici, realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità



Dott. Geol. Mattia BERTANI
Ordine dei Geologi del Piemonte n.588
Casale Tabuloni, 32 - 28021 Borgomanero (No)
tel. 0322 843722 - fax. 0322 060155 - cell. 349 1884498
www.studiobertani.it - e-mail: mattia.bertani@atdot.it

Località: Via Ticino n°302			
Comune di Bellinzago Novarese			
Titolo: Estratto Carta di sintesi di PRGC			N. Allegato: 1
Commissa: rif: 966-20		File: bellinzago_depuratore_geo_all1.pdf	
Rev: 00	Data emissione: Luglio 2021	Foglio: A4	Scala: 1:5.000

ALLEGATO	2
Sondaggi a carotaggio continuo	

Rif. 966-20



Dott. Geol. Mattia BERTANI
Casale Tabuloni, 32
28021 Borgomanero (No)
tel. 0322 843722 – fax. 0322 060155
www.studiobertani.it

SONDAGGIO S1

Committente Acqua Novara.Vco S.p.A.	Cantiere Depuratore di Via Ticino n°302 - Bellinzago Novarese (No)		
Indagine Geologica - Geotecnica	Coordinate X Y	Quota Ass. P.C. 182 m s.l.m.	Inizio/Fine Esecuzione 01/07/2021
Sondaggio Sondaggio a carotaggio continuo diam. 131 - R 152 mm	Impresa A4E S.r.l.	Profondità raggiunta 15 m	Pagina 1/1

Scala (m dal PC)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kPa	Vane Test kPa	Campioni	Cass. Catalog.	Piezometro o	Falda
-1		TERRENO VEGETALE e SABBIA LIMOSA di colore marrone-grigio (RIPORTO: presenza di qualche frammento di laterizio)	-1.00							
-2		SABBIA LIMOSA CON GHIAIA E CIOTTOLI colore marrone chiaro, asciutta clasti allungati, subarrotondati, debolmente alterati diametro massimo significativo 5 cm (RIPORTO)	-2.80	3-3-4 -1.50 PC	300	300				
-3		SABBIA CON LIMO E ARGILLA di colore grigio scuro inglobante qualche ciottolo (GHIAIOSA) diametro massimo significativo 5 cm aspetto fangoso estremamente inconsistente presenza di qualche frammento di laterizio (RIPORTO)		1-1-1 -3.00 PC						
-4				1-2-1 -4.50 PC			-4.00 R -4.50			
-5		tra -2,8m e -3,5m, dove il terreno è più ghiaioso, è stata rilevata la presenza di acqua d'infiltrazione						1 / 3		
-6				1-2-2 -6.50 PC						
-7		GHIAIA CON SABBIA DEBOLMENTE LIMOSO-ARGILLOSA di colore marrone chiaro, asciutta clasti allungati, da subarrotondati a subangolosi, poco alterati, con diametro massimo significativo di circa 5cm	-7.20	6-9-13 -7.50 PC			-7.50 R -8.00			
-8				13-13-11 -9.00 PC						
-9										
-10								2 / 3		
-11		tra -11m e -14m: presenza preponderante di ghiaie e ciottoli								
-12										
-13										
-14				RIF -13.50 PC						
-15			-15.00							
								3 / 3		

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Note:
Falda non rilevata

Committente: Acqua Novara.Vco S.p.A.	Sondaggio: Diametri C131 – R152 mm
Indagine: Sondaggio a carotaggio continuo	Data: 01/07/2021
Impresa: A4E S.r.l.	Pagina: 1/2
Cantiere: Depuratore di Bellinzago Novarese (No), Via Ticino n°302	



Cassetta catalogatrice 0 – 5 m



Cassetta catalogatrice 5 – 10 m

Dott. Geol. Mattia Bertani
Casale Tabuloni, 32 – 28021 Borgomanero (No)
www.studiobertani.it

S1

Committente: Acqua Novara.Vco S.p.A.	Sondaggio: Diametri C131 – R152 mm
Indagine: Sondaggio a carotaggio continuo	Data: 01/07/2021
Impresa: A4E S.r.l.	Pagina: 2/2
Cantiere: Depuratore di Bellinzago Novarese (No), Via Ticino n°302	



Cassetta catalogatrice 10 – 15 m



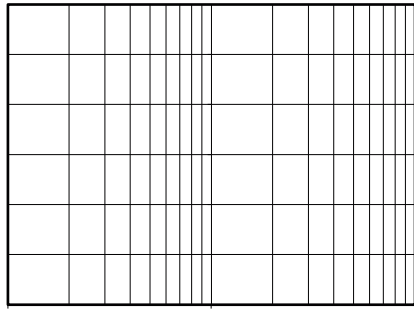
Certificato n. 2657	del 29/07/2021	Accettazione n. 2852	del 14/07/2021
SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)		data inizio prova 14/07/2021	data fine prova 29/07/2021

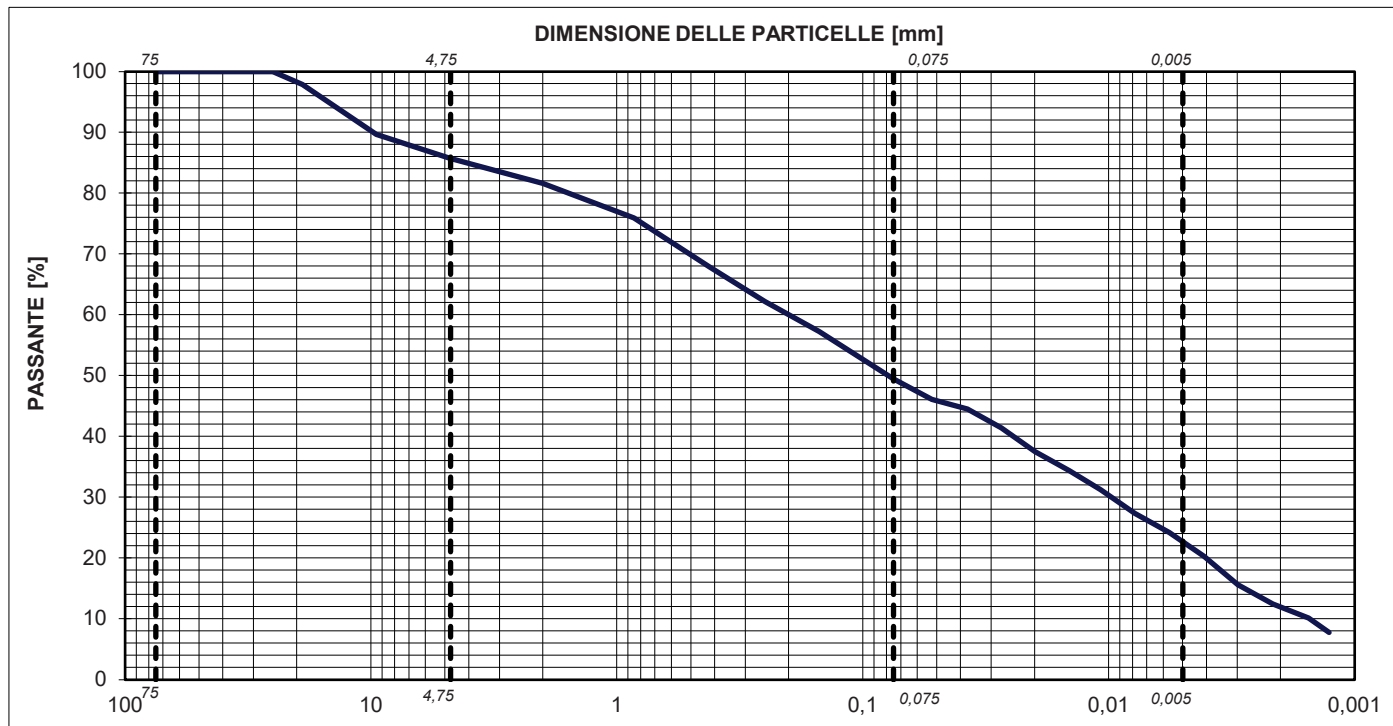
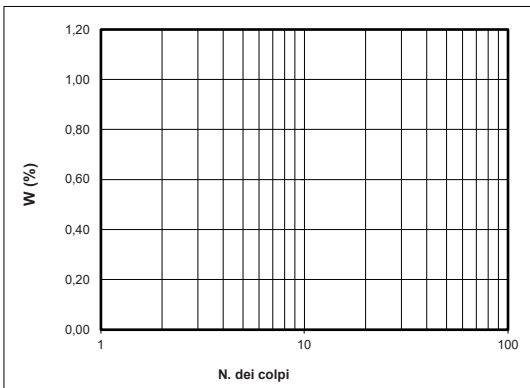
COMMITTENTE:	A4E SRL		
COMMESSA:	-		
LOCALITA':	BELLINZAGO		
SONDAGGIO :	-	CAMPIONE: C1 IN CLASSE Q3	PROFONDITA' : 4,00-4,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA			
Peso iniziale		1540,8	g
Diametro massimo		40	mm
Diametro minimo		10	mm
Contenuto d'acqua		-	%
	mm	Set. in.- No.	Percentuale passante
Passante	75,0	3	100,00 %
Passante	50,8	2	100,00 %
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %
Passante	25,4	1	100,00 %
Passante	19,0	3/4	97,89 %
Passante	9,5	3/8	89,64 %
Passante	4,75	No. 4	85,70 %
Passante	2,0	No. 10	81,59 %
Passante	0,850	No. 20	75,94 %
Passante	0,425	No. 40	67,85 %
Passante	0,254	No. 60	62,19 %
Passante	0,150	No. 100	57,23 %
Passante	0,075	No. 200	49,44 %
Ghiaia g	(19-75)	2,11	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	12,19	%
Sabbia g	(2-4,75)	4,10	%
Sabbia m	(0,425-2)	13,75	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	18,41	%
Limo+argilla	(< 0,075)	49,44	%
Limo	(0,005-0,075)	26,90	%
Argilla	(< 0,005)	22,54	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			
Peso iniziale		50	g
Diametro massimo		0,075	mm
Diametro	u.m.	Percentuale	
0,0523	mm	46,07	%
0,0375	mm	44,51	%
0,0273	mm	41,38	%
0,0199	mm	37,47	%
0,0144	mm	34,35	%
0,0108	mm	31,22	%
0,0078	mm	27,31	%
0,0057	mm	24,18	%
0,0041	mm	20,27	%
0,0030	mm	15,58	%
0,0021	mm	12,46	%
0,0015	mm	10,11	%
0,0013	mm	7,77	%

LIMITI DI CONSISTENZA					
Limite Liquido		(WL)		%	
Limite Plastico		(WP)		%	
Indice di Plasticità		(IP)		%	
Indice di Consistenza		(IC)		%	
LL LP	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi

W (%)																				
	1																			
	10																			
	100																			
	N. dei colpi																			





Certificato n.	2658	del	29/07/2021	Accettazione n.	2852	del	14/07/2021
----------------	------	-----	------------	-----------------	------	-----	------------

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova	14/07/2021	data fine prova	29/07/2021
---	-------------------	------------	-----------------	------------

COMMITTENTE:	A4E SRL		
COMMESSA:	-		
LOCALITA':	BELLINZAGO		
SONDAGGIO :	-	CAMPIONE: C2 IN CLASSE Q3	PROFONDITA' : 7,50-8,00 m

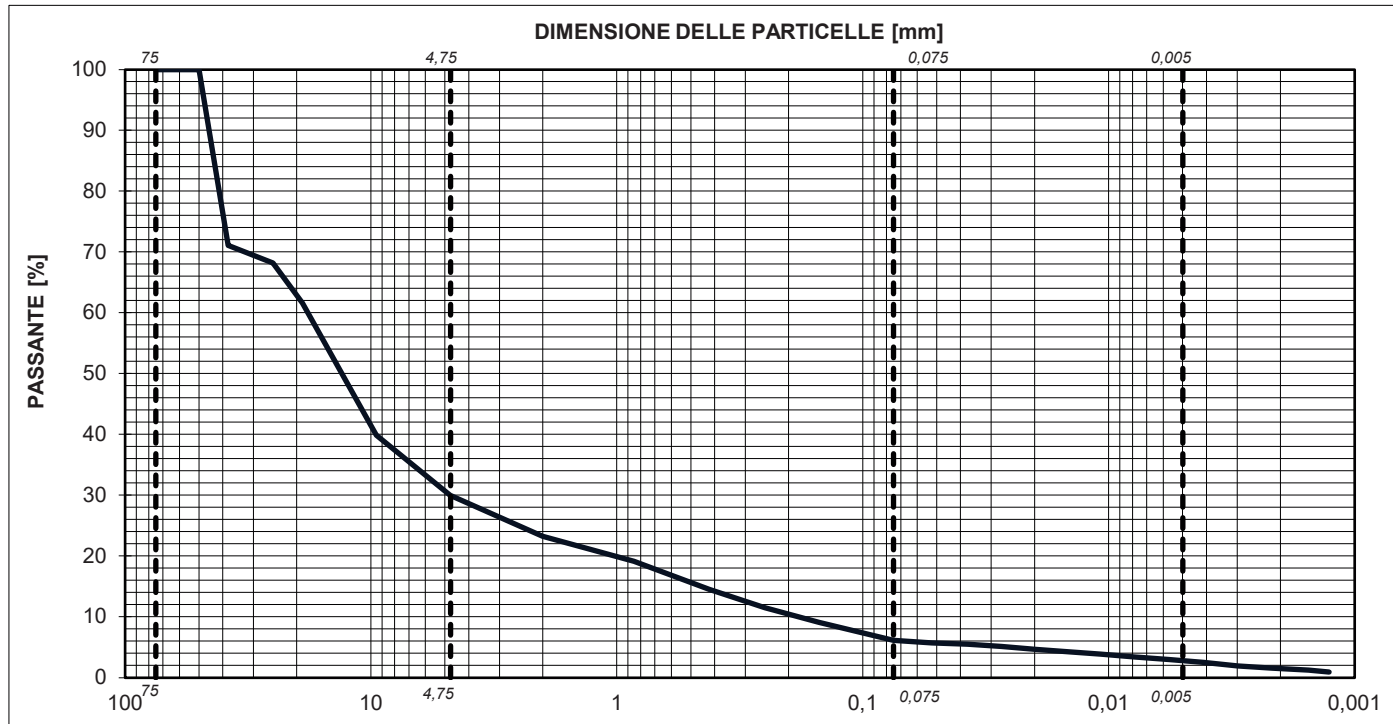
ANALISI PER SETACCIATURA			
Peso iniziale		1323	g
Diametro massimo		75	mm
Diametro minimo		30	mm
Contenuto d'acqua		-	%
	mm	Set. in.- No.	Percentuale passante
Passante	75,0	3	100,00 %
Passante	50,8	2	100,00 %
Passante	38,1	1 1/2	71,10 %
Passante	25,4	1	68,17 %
Passante	19,0	3/4	61,58 %
Passante	9,5	3/8	39,87 %
Passante	4,75	No. 4	29,98 %
Passante	2,0	No. 10	23,24 %
Passante	0,850	No. 20	19,14 %
Passante	0,425	No. 40	14,50 %
Passante	0,254	No. 60	11,48 %
Passante	0,150	No. 100	9,06 %
Passante	0,075	No. 200	6,11 %
Ghiaia g	(19-75)		38,42 %
Ghiaia f	(4,75-19,0)		31,59 %
Sabbia g	(2-4,75)		6,74 %
Sabbia m	(0,425-2)		8,74 %
Sabbia f	(0,075-0,425)		8,40 %
Limo+argilla	(< 0,075)		6,11 %
Limo	(0,005-0,075)		3,32 %
Argilla	(< 0,005)		2,78 %

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			
Peso iniziale		50	g
Diametro massimo		0,075	mm
Diametro	u.m.	Percentuale	
0,0523	mm	5,69	%
0,0375	mm	5,50	%
0,0273	mm	5,11	%
0,0199	mm	4,63	%
0,0144	mm	4,24	%
0,0108	mm	3,86	%
0,0078	mm	3,37	%
0,0057	mm	2,99	%
0,0041	mm	2,50	%
0,0030	mm	1,93	%
0,0021	mm	1,54	%
0,0015	mm	1,25	%
0,0013	mm	0,96	%
ASTM CLASSIFICATION GW-GM GW-GC AASHTO M 145-82 -			
γs	-	Mg/mc	
CU	98,8	-	
CC	6,8	-	

LIMITI DI CONSISTENZA				
Limite Liquido (WL)			%	
Limite Plastico (WP)			%	
Indice di Plasticità (IP)			%	
Indice di Consistenza (IC)			%	
LL LP	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)

W (%)

<



SONDAGGIO S2

Committente Acqua Novara.Vco S.p.A.	Cantiere Depuratore di Via Ticino n°302 - Bellinzago Novarese (No)		
Indagine Geologica - Geotecnica	Coordinate X Y	Quota Ass. P.C. 181 m s.l.m.	Inizio/Fine Esecuzione 24/09/2021
Sondaggio Sondaggio a carotaggio continuo diam. 131 - R 152 mm	Impresa A4E S.r.l.	Profondità raggiunta 15 m	Pagina 1/1

Scala (m dal PC)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kPa	Vane Test kPa	Campioni	Cass. Catalog.	Piezomet o	Falda
		TERRENO VEGETALE	-0.10							
		SABBIA LIMOSA GHIAIOSA colore bruno (RIPORTO)	-1.00							
-1		SABBIA LIMOSA di colore bruno priva di clasti e scarsamente addensata	-1.50							
-2		SABBIA CON GHIAIA di colore marrone chiaro clasti allungati, subarrotondati, poco alterati, con diametro medio di circa 1,5 cm								
-3			-3.50	13-13-13 -3.00 PC			-3.00 R -3.50			
-4		GHIAIA E SABBIA di colore marrone chiaro, asciutta clasti allungati, da subarrotondati a subangolosi, poco alterati, con diametro massimo significativo di circa 10 cm.		20-11-8 -4.50 PC				1/3		
-5										
-6										
-7							-7.00 R -7.50			
-8										
-9										
-10								2/3		
-11										
-12				RIF -12.00 PC						
-13										
-14										
-15			-15.00					3/3		

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Note:
 Falda non rilevata

Committente: Acqua Novara.Vco S.p.A.	Sondaggio: Diametri C131 – R152 mm
Indagine: Sondaggio a carotaggio continuo	Data: 24/09/2021
Impresa: A4E S.r.l.	Pagina: 1/2
Cantiere: Depuratore di Bellinzago Novarese (No), Via Ticino n°302	



Cassetta catalogatrice 0 – 5 m



Cassetta catalogatrice 5 – 10 m

Dott. Geol. Mattia Bertani
Casale Tabuloni, 32 – 28021 Borgomanero (No)
www.studiobertani.it

S2

Committente: Acqua Novara.Vco S.p.A.	Sondaggio: Diametri C131 – R152 mm
Indagine: Sondaggio a carotaggio continuo	Data: 24/09/2021
Impresa: A4E S.r.l.	Pagina: 2/2
Cantiere: Depuratore di Bellinzago Novarese (No), Via Ticino n°302	



Certificato n. 4002 del 07/10/2021	Accettazione n. 2911 del 29/09/2021
SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova 30/09/2021 data fine prova 06/10/2021

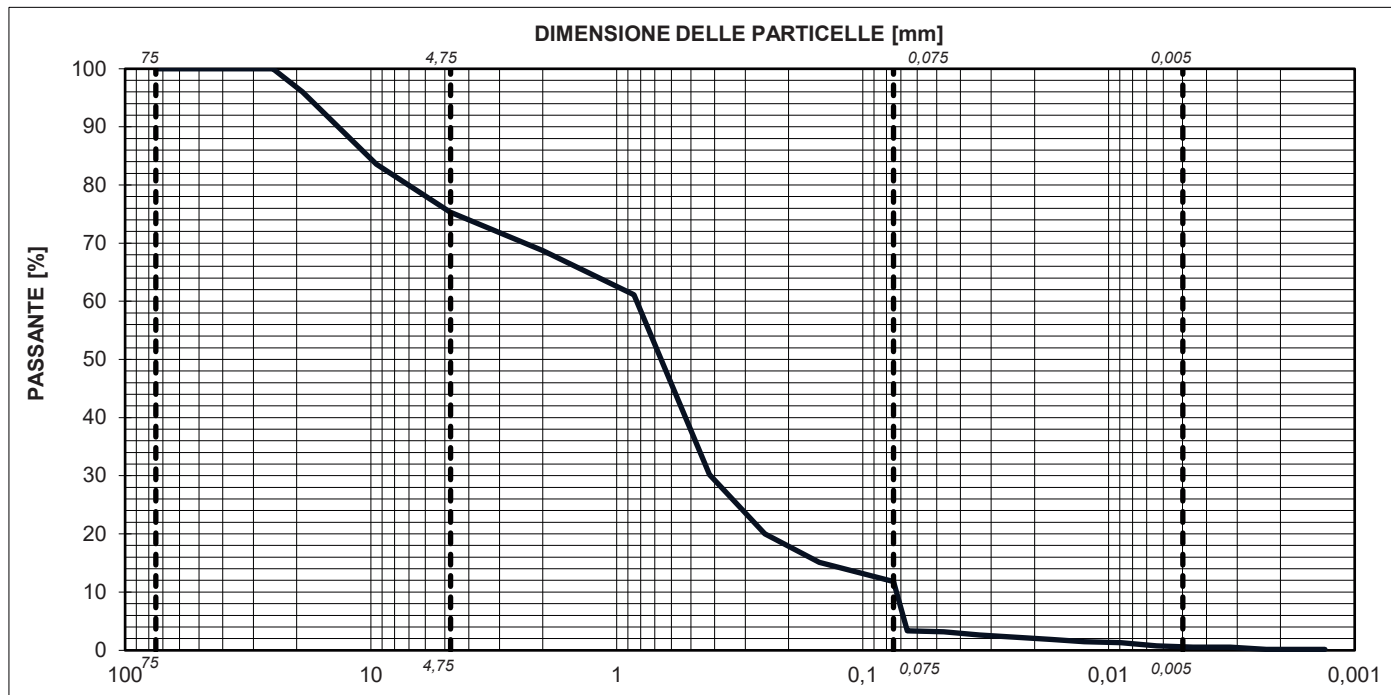
COMMITTENTE:	ACQUA NOVARA		
COMMESSA:	-		
LOCALITA':	BELLINZAGO NOVARESE		
SONDAGGIO :	S2	CAMPIONE: C1 IN CLASSE Q3	PROFONDITA' : 3,00-3,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA			
Peso iniziale		1644	g
Diametro massimo		35	mm
Diametro minimo		20	mm
Contenuto d'acqua		-	%
	mm	Set. in.- No.	Percentuale passante
Passante	75,0	3	100,00 %
Passante	50,8	2	100,00 %
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %
Passante	25,4	1	100,00 %
Passante	19,0	3/4	95,99 %
Passante	9,5	3/8	83,58 %
Passante	4,75	No. 4	75,35 %
Passante	2,0	No. 10	68,73 %
Passante	0,850	No. 20	61,11 %
Passante	0,425	No. 40	30,21 %
Passante	0,254	No. 60	20,03 %
Passante	0,150	No. 100	15,10 %
Passante	0,075	No. 200	11,80 %
Ghiaia g	(19-75)		4,01 %
Ghiaia f	(4,75-19,0)		20,64 %
Sabbia g	(2-4,75)		6,61 %
Sabbia m	(0,425-2)		38,53 %
Sabbia f	(0,075-0,425)		18,41 %
Limo+argilla	(< 0,075)		11,80 %
Limo	(0,005-0,075)		11,21 %
Argilla	(< 0,005)		0,59 %

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			
Peso iniziale		50	g
Diametro massimo		0,075	mm
Diametro	u.m.	Percentuale	
0,0659	mm	3,35	%
0,0468	mm	3,16	%
0,0336	mm	2,60	%
0,0239	mm	2,23	%
0,0171	mm	1,85	%
0,0126	mm	1,48	%
0,0089	mm	1,29	%
0,0064	mm	0,73	%
0,0045	mm	0,55	%
0,0032	mm	0,55	%
0,0023	mm	0,17	%
0,0016	mm	0,17	%
0,0013	mm	0,17	%

LIMITI DI CONSISTENZA				
Limite Liquido		(WL)		%
Limite Plastico		(WP)		%
Indice di Plasticità		(IP)		%
Indice di Consistenza		(IC)		%
	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)
LL				
LP				

ASTM CLASSIFICATION		
SW-SM SW-SC		
AASHTO M 145-82		
-		
γ _s	-	Mg/mc
CU	11,4	-
CC	2,9	-



Note
Sedimentazione flocculata.

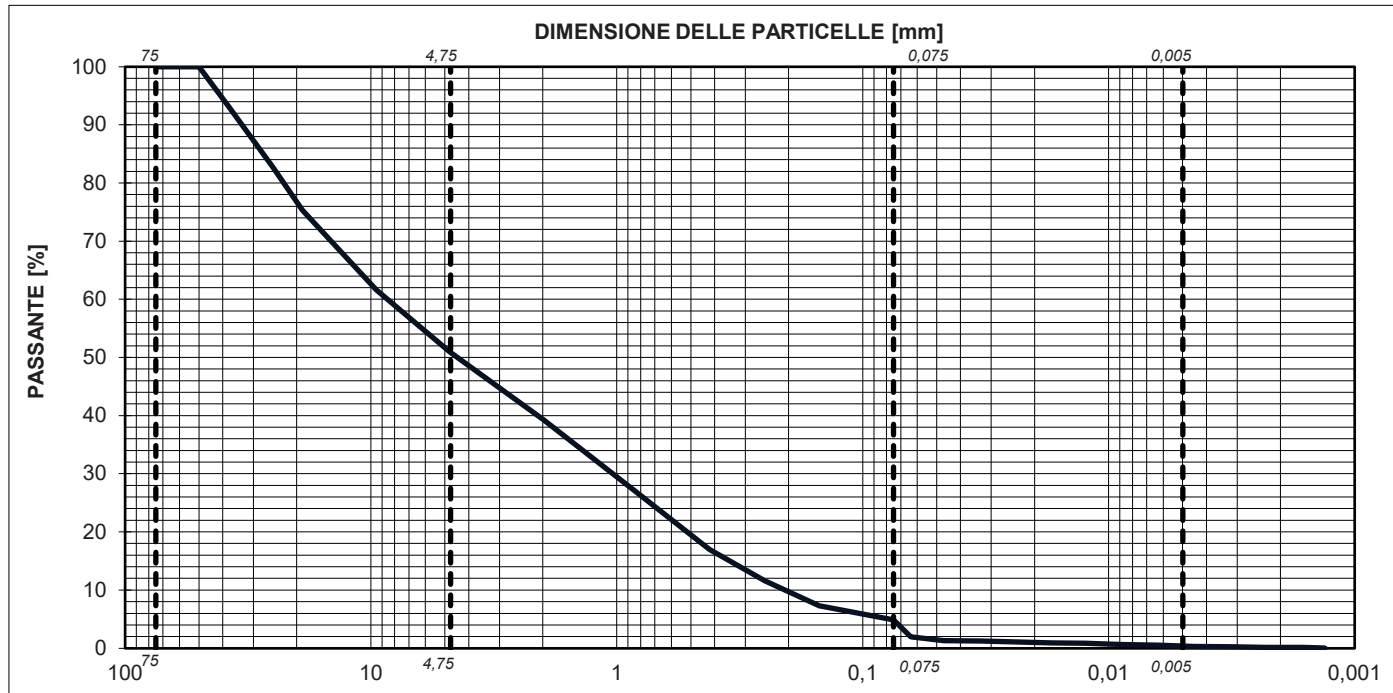
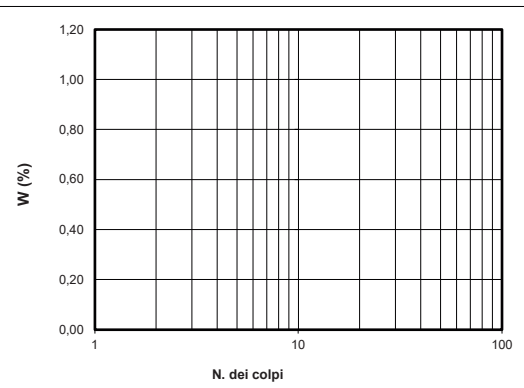


Certificato n. 4003	del 07/10/2021	Accettazione n. 2911	del 29/09/2021
----------------------------	-----------------------	-----------------------------	-----------------------

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova 30/09/2021	data fine prova 06/10/2021
--	-------------------------------------	-----------------------------------

COMMITTENTE:	ACQUA NOVARA		
COMMESSA:	-		
LOCALITA':	BELLINZAGO NOVARESE		
SONDAGGIO :	S2	CAMPIONE:	C2 IN CLASSE Q3
		PROFONDITA' :	7,00-7,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA					ANALISI PER SEDIMENTAZIONE					LIMITI DI CONSISTENZA				
Peso iniziale	1585		g		Peso iniziale	50		g		Limite Liquido (WL)			%	
Diametro massimo	65		mm		Diametro massimo	0,075		mm		Limite Plastico (WP)			%	
Diametro minimo	30		mm							Indice di Plasticità (IP)			%	
Contenuto d'acqua	-		%							Indice di Consistenza (IC)			%	
	mm	Set. in. - No.	Percentuale passante		Diametro	u.m.	Percentuale				Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)
Passante	75,0	3	100,00	%	0,0638	mm	1,93	%						
Passante	50,8	2	100,00	%	0,0468	mm	1,31	%						
Passante	38,1	1 1/2	93,26	%	0,0333	mm	1,23	%						
Passante	25,4	1	82,68	%	0,0237	mm	1,08	%						
Passante	19,0	3/4	75,33	%	0,0169	mm	0,92	%						
Passante	9,5	3/8	61,63	%	0,0124	mm	0,85	%						
Passante	4,75	No. 4	50,90	%	0,0089	mm	0,61	%						
Passante	2,0	No. 10	39,39	%	0,0063	mm	0,54	%						
Passante	0,850	No. 20	27,17	%	0,0045	mm	0,30	%						
Passante	0,425	No. 40	17,00	%	0,0032	mm	0,23	%						
Passante	0,254	No. 60	11,58	%	0,0023	mm	0,15	%						
Passante	0,150	No. 100	7,30	%	0,0016	mm	0,15	%						
Passante	0,075	No. 200	4,90	%	0,0013	mm	0,07	%						
Ghiaia g	(19-75)		24,67	%	ASTM CLASSIFICATION GW AASHTO M 145-82 -									
Ghiaia f	(4,75-19,0)		24,44	%										
Sabbia g	(2-4,75)		11,50	%	γs - Mg/mc CU 41,3 - CC 0,6 -									
Sabbia m	(0,425-2)		22,40	%										
Sabbia f	(0,075-0,425)		12,10	%										
Limo+argilla	(< 0,075)		4,90	%										
Limo	(0,005-0,075)		4,53	%										
Argilla	(< 0,005)		0,37	%										



Note
Sedimentazione flocculata.

ALLEGATO	3
Elaborati prove penetrometriche dinamiche	

Rif. 966-20



Dott. Geol. Mattia BERTANI
Casale Tabuloni, 32
28021 Borgomanero (No)
tel. 0322 843722 – fax. 0322 060155
www.studiobertani.it

**CERTIFICATO DI PROVA
NR. 21/087**

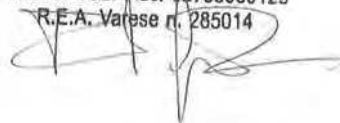
COMPOSTO DA NR. 03 PROVE

COMPOSTO DA NR. 06 PAGINE

Committente: *Acqua Novara VCO S.p.A.*

Località: *Bellinzago Novarese (NO) - Via Ticino n. 302*

A4E s.r.l.
Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE
P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129
R.E.A. Varese n. 285014

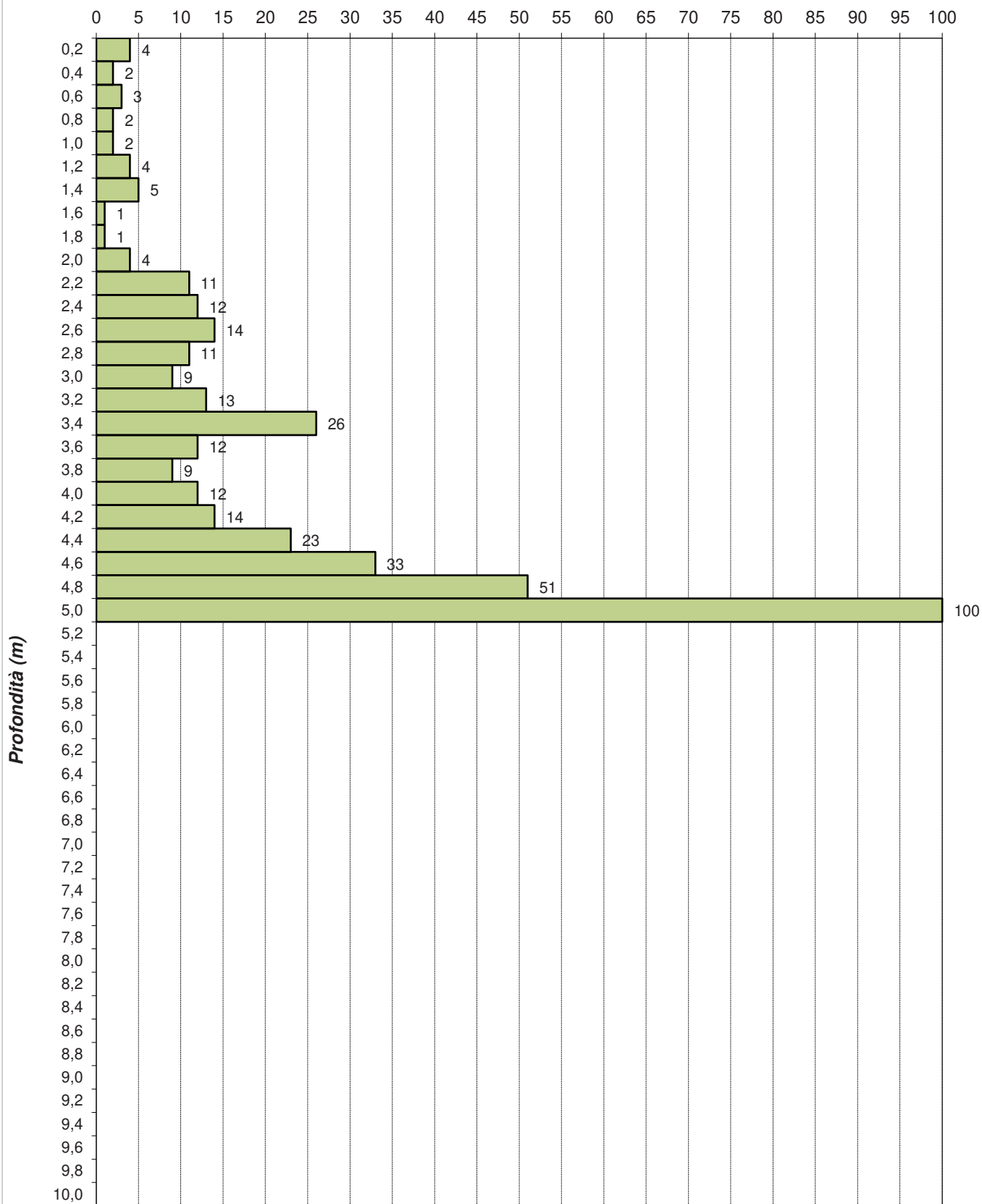


Prova penetrometrica 1

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

01/07/2021



ANNOTAZIONI:

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

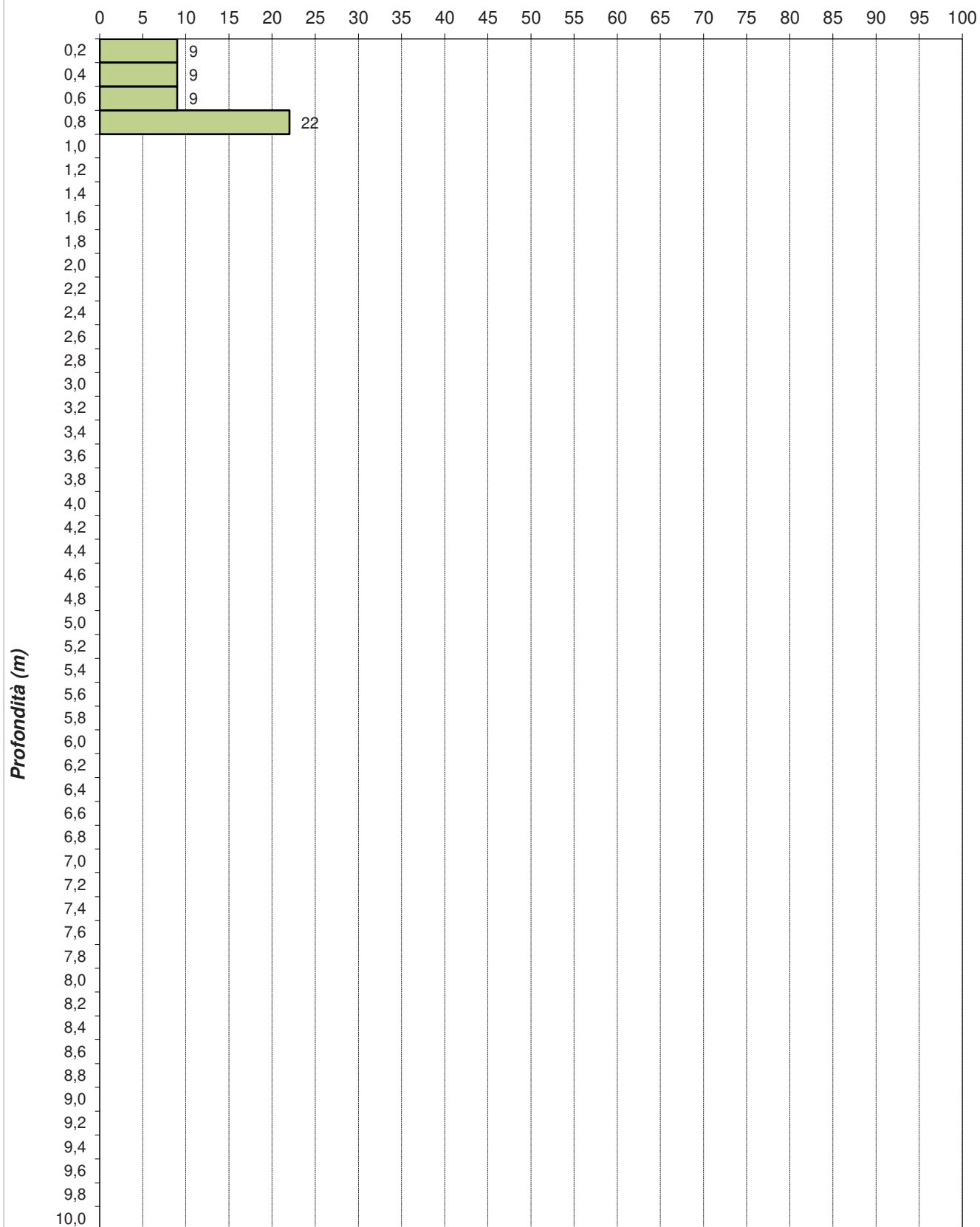
R.E.A. Varese n. 285014

Prova penetrometrica 2

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

01/07/2021

**ANNOTAZIONI:**

La prova é stata interrotta a 0,80 metri per presenza di trovanti.

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

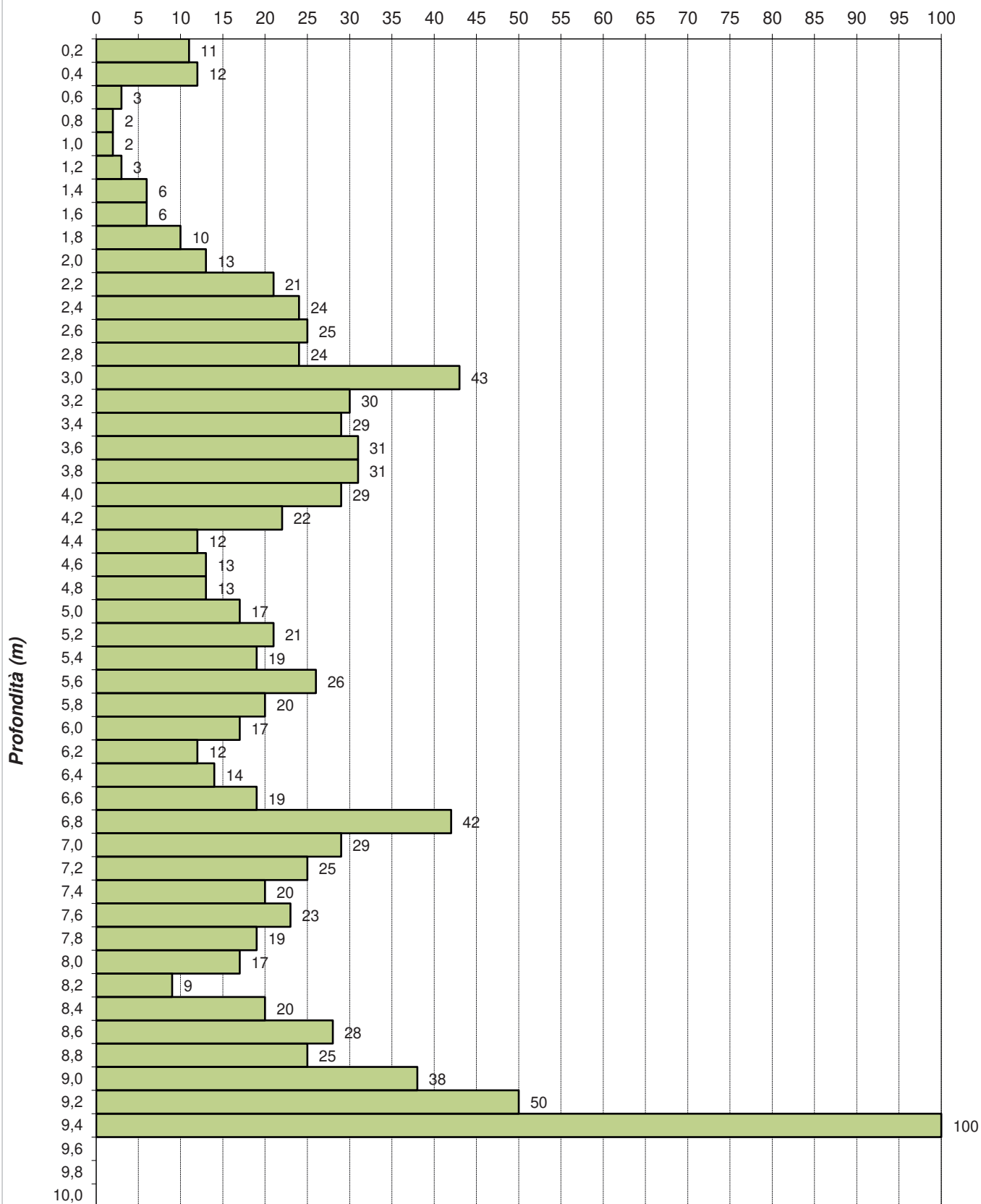
R.E.A. Varese n. 285014

Prova penetrometrica 2 bis

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

01/07/2021



ANNOTAZIONI:

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

R.E.A. Varese n. 285014

Profondità	P1	P2	P2 bis	P3	P4	P5	P6	P7	P8
0,20	4	9	11						
0,40	2	9	12						
0,60	3	9	3						
0,80	2	22	2						
1,00	2		2						
1,20	4		3						
1,40	5		6						
1,60	1		6						
1,80	1		10						
2,00	4		13						
2,20	11		21						
2,40	12		24						
2,60	14		25						
2,80	11		24						
3,00	9		43						
3,20	13		30						
3,40	26		29						
3,60	12		31						
3,80	9		31						
4,00	12		29						
4,20	14		22						
4,40	23		12						
4,60	33		13						
4,80	51		13						
5,00	100		17						
5,20			21						
5,40			19						
5,60			26						
5,80			20						
6,00			17						
6,20			12						
6,40			14						
6,60			19						
6,80			42						
7,00			29						
7,20			25						
7,40			20						
7,60			23						
7,80			19						
8,00			17						
8,20			9						
8,40			20						
8,60			28						
8,80			25						
9,00			38						
9,20			50						
9,40			100						
9,60									
9,80									
10,00									

CERTIFICATO DI PROVA NR. 21/087

COMMESSA: 21192

Committente: **Acqua Novara VCO S.p.A.**
Via L. Triggiani n. 9
28100 Novara (NO)

Località: Bellinzago Novarese (NO)
Via Ticino n. 302

Data: 01/07/2021

Operatori: Arnaud Job Houessou

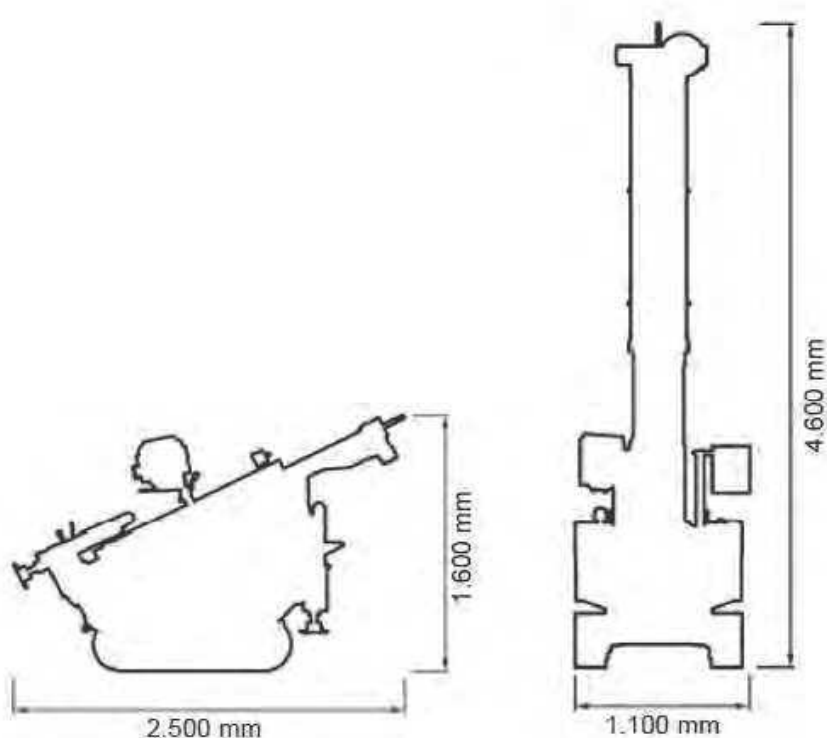
LEGENDA:
100 = RIFIUTO
— = acqua
..... = umidità

L'eventuale indicazione della presenza dell'acqua è puramente orientativa, in quanto la rilevazione corretta dovrebbe essere effettuata mediante la posa di tubo piezometrico.

A4E s.r.l.
Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE
P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129
R.E.A. Varese n. 285014

PENETROMETRO STATICO/DINAMICO
Modello **TG 63-100** - Pagani Geotechnical Equipment

DIMENSIONI:



CARATTERISTICHE TECNICHE: TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M	= 63,50 kg	
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H	= 0,75 m	
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms	= 0,63 kg	
DIAMETRO PUNTA CONICA	D	= 51,00 mm	
AREA BASE PUNTA CONICA	A	= 20,43 cm ²	
ANGOLO APERTURA PUNTA	α	= 90 °	
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La	= 1,00 m	
PESO ASTE PER METRO	Ma	= 6,50 kg	
AVANZAMENTO PUNTA	δ	= 0,20 m	
NUMERO DI COLPI PUNTA	N	= N(20)	⇒ relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI		

ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q	= (MH)/(A δ)	= 11,66 kg/cm ²	(prova SPT: Qspt=7,83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	β_t	= Q/Qspt	= 1,489	(teoricamente: Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE):

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)	
1 kg/cm ²	= 0,098067 MPa
1 MPa	= 1 MN/m ² = 10.197 kg/cm ²
1 bar	= 1.0197 kg/cm ² = 0.1 MPa
1 kN	= 0.001 MN = 101.97 kg

**CERTIFICATO DI PROVA
NR. 21/115**

COMPOSTO DA NR. 09 PROVE

COMPOSTO DA NR. 12 PAGINE

Committente: *Acqua Novara VCO S.p.A.*

Località: *Bellinzago Novarese (NO) - Via Ticino n. 302*

A4E s.r.l.
Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE
P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129
R.E.A. Varese n. 285014

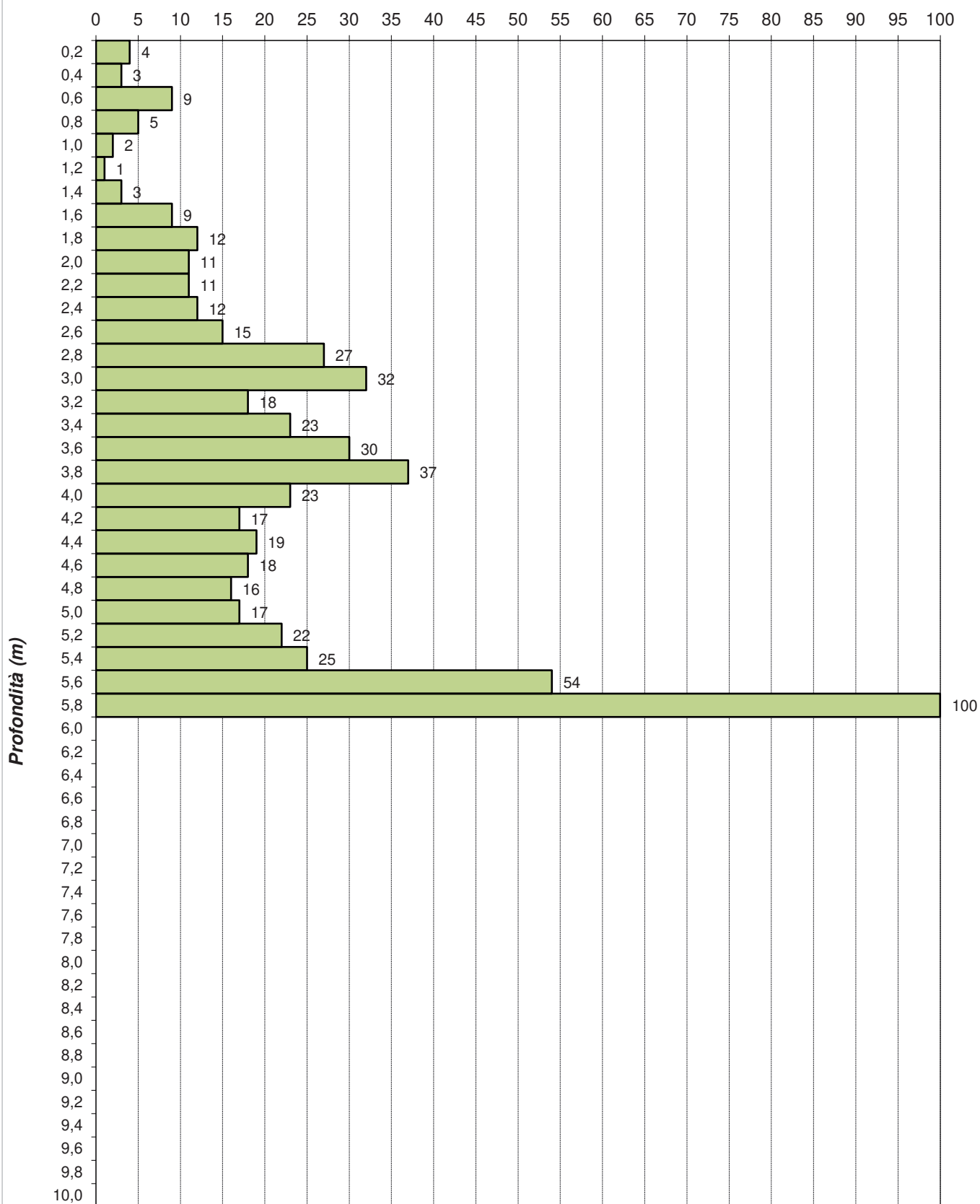


Prova penetrometrica 3

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

15/09/2021



ANNOTAZIONI:

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

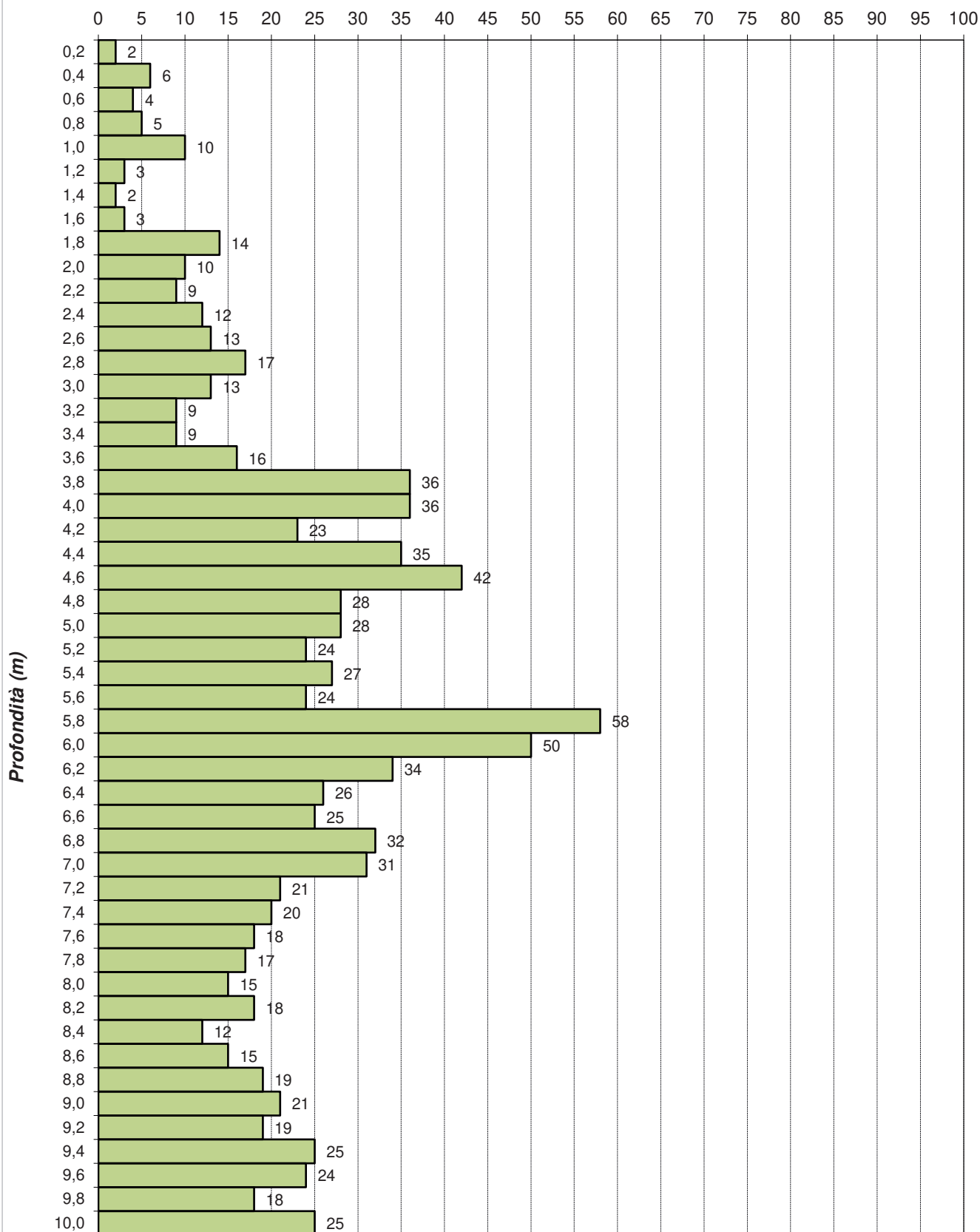
R.E.A. Varese n. 285014

Prova penetrometrica 4

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

15/09/2021

**ANNOTAZIONI:**

La prova é stata interrotta a 10,00 metri su richiesta del Committente

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

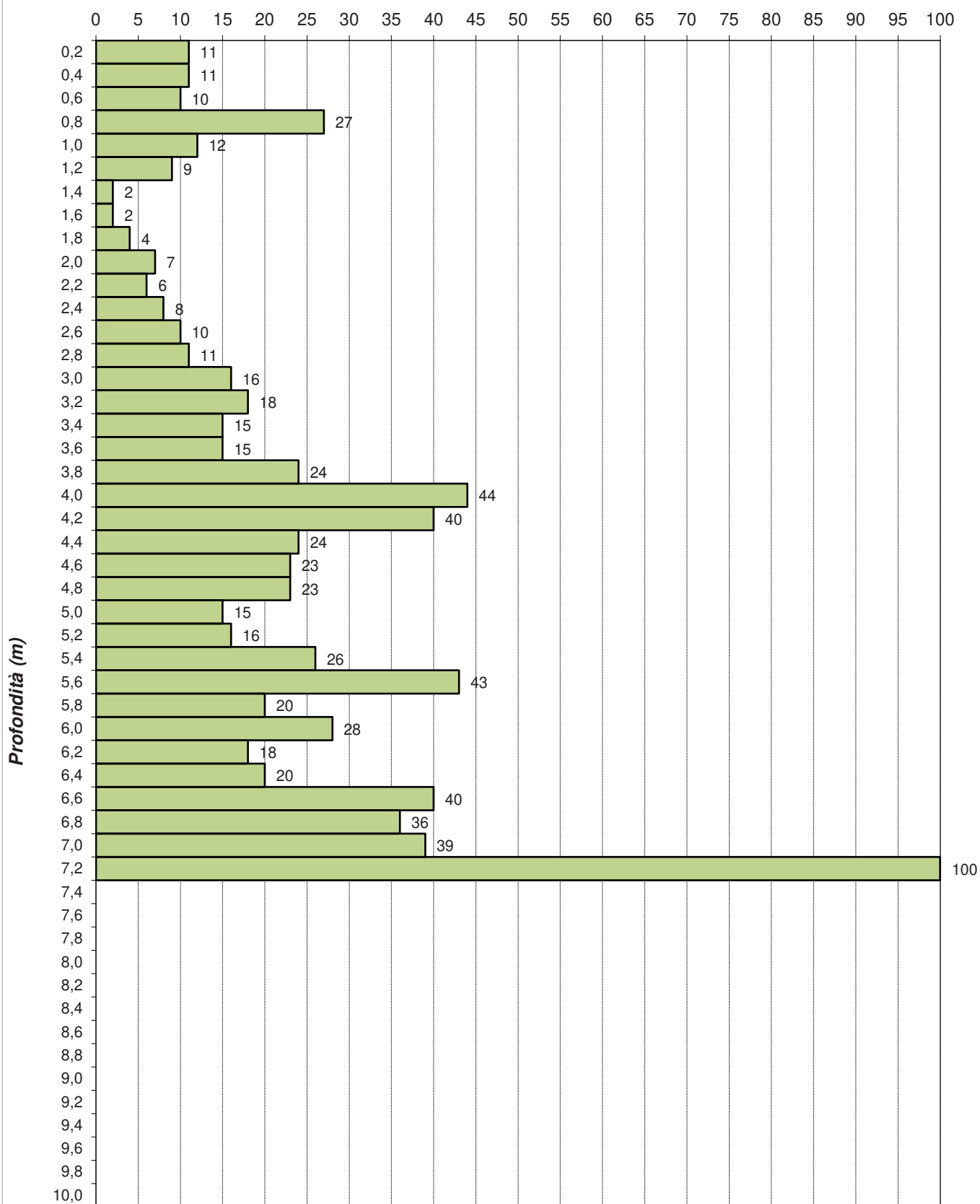
R.E.A. Varese n. 285014

Prova penetrometrica 5

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

15/09/2021



ANNOTAZIONI:

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

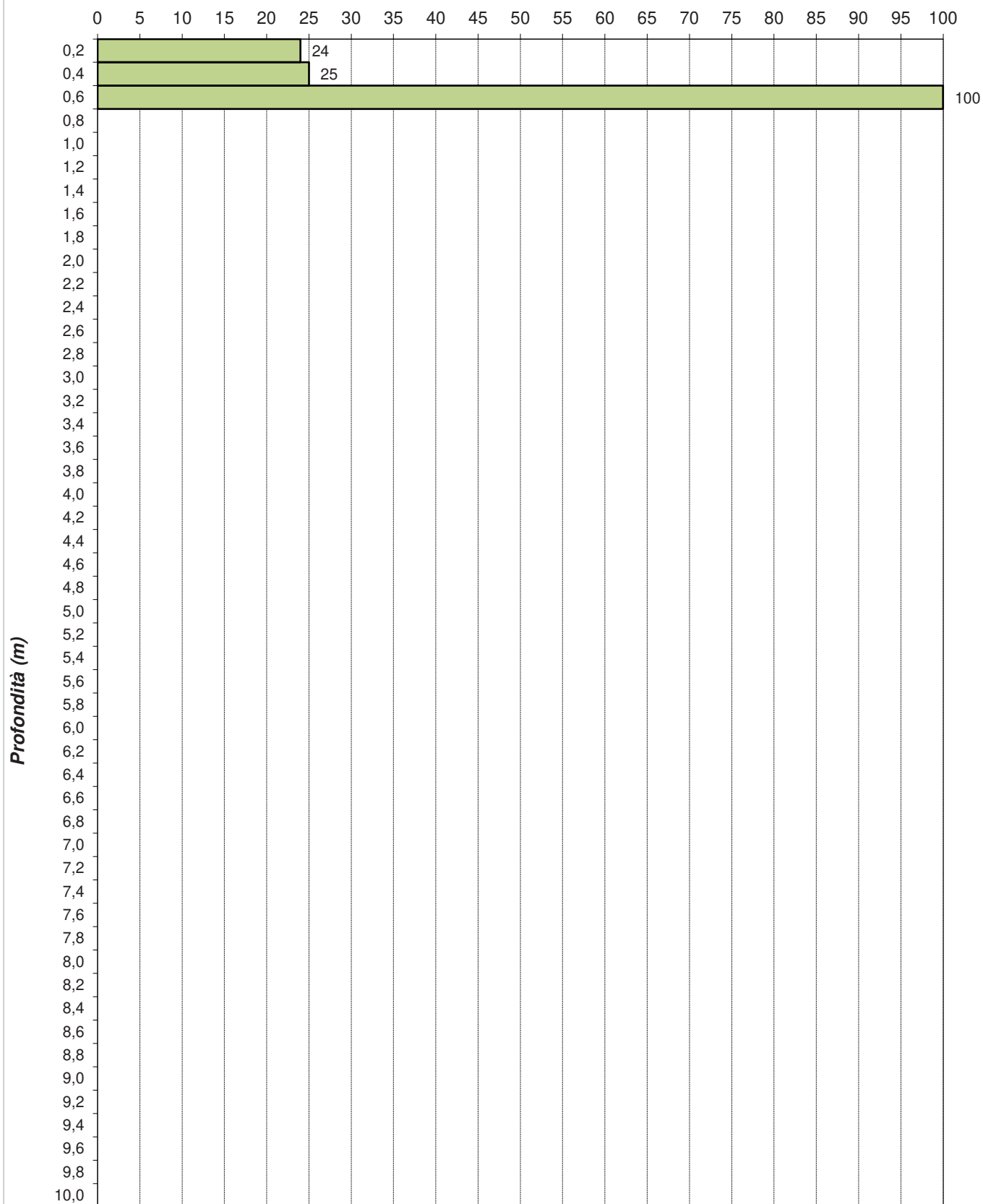
R.E.A. Varese n. 285014

Prova penetrometrica 6

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

15/09/2021

**ANNOTAZIONI:**

La prova é stata interrotta a 0,60 metri per presenza di trovanti.

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

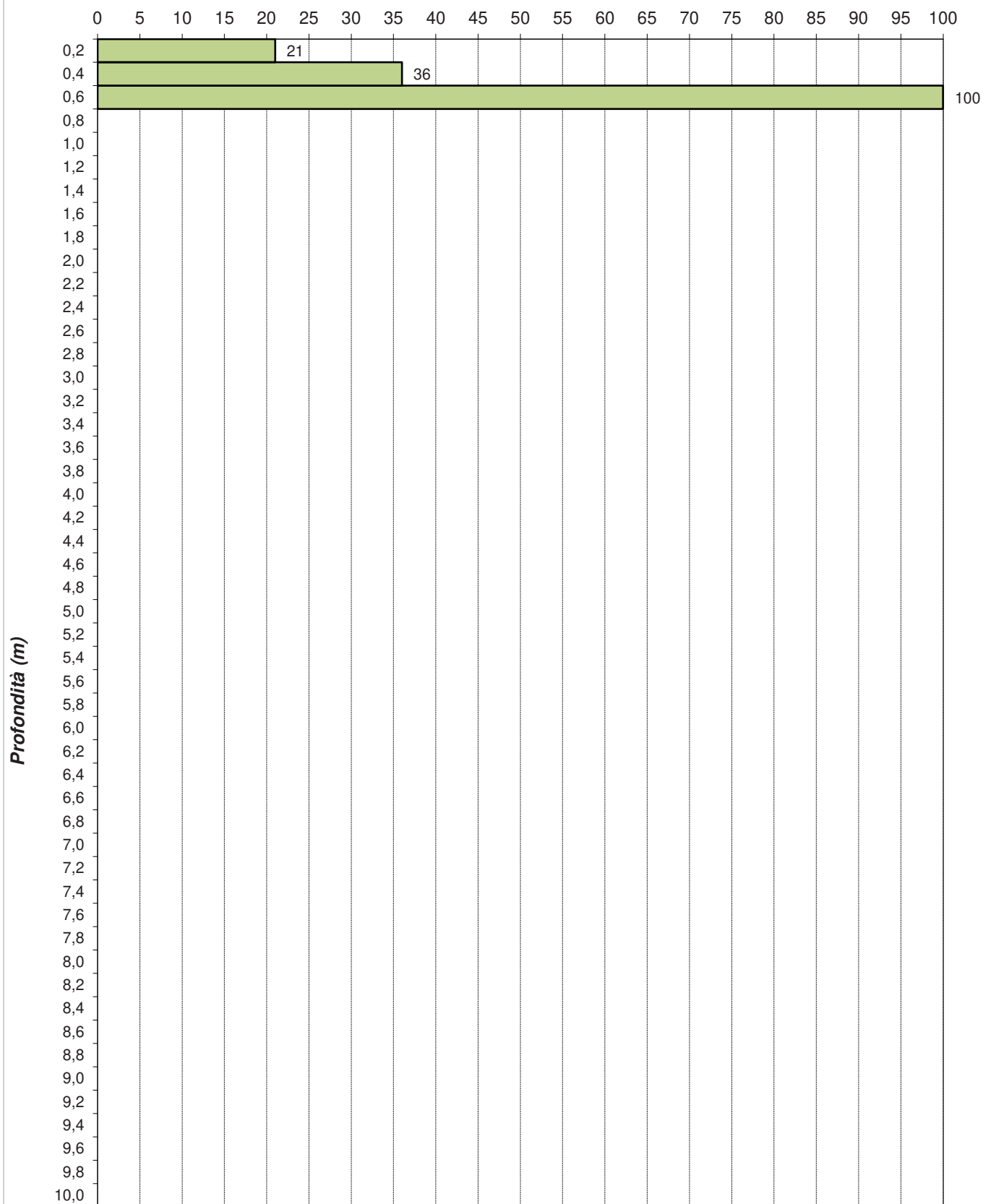
R.E.A. Varese n. 285014

Prova penetrometrica 6bis

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

15/09/2021

**ANNOTAZIONI:**

La prova é stata interrotta a 0,60 metri per presenza di trovanti.

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

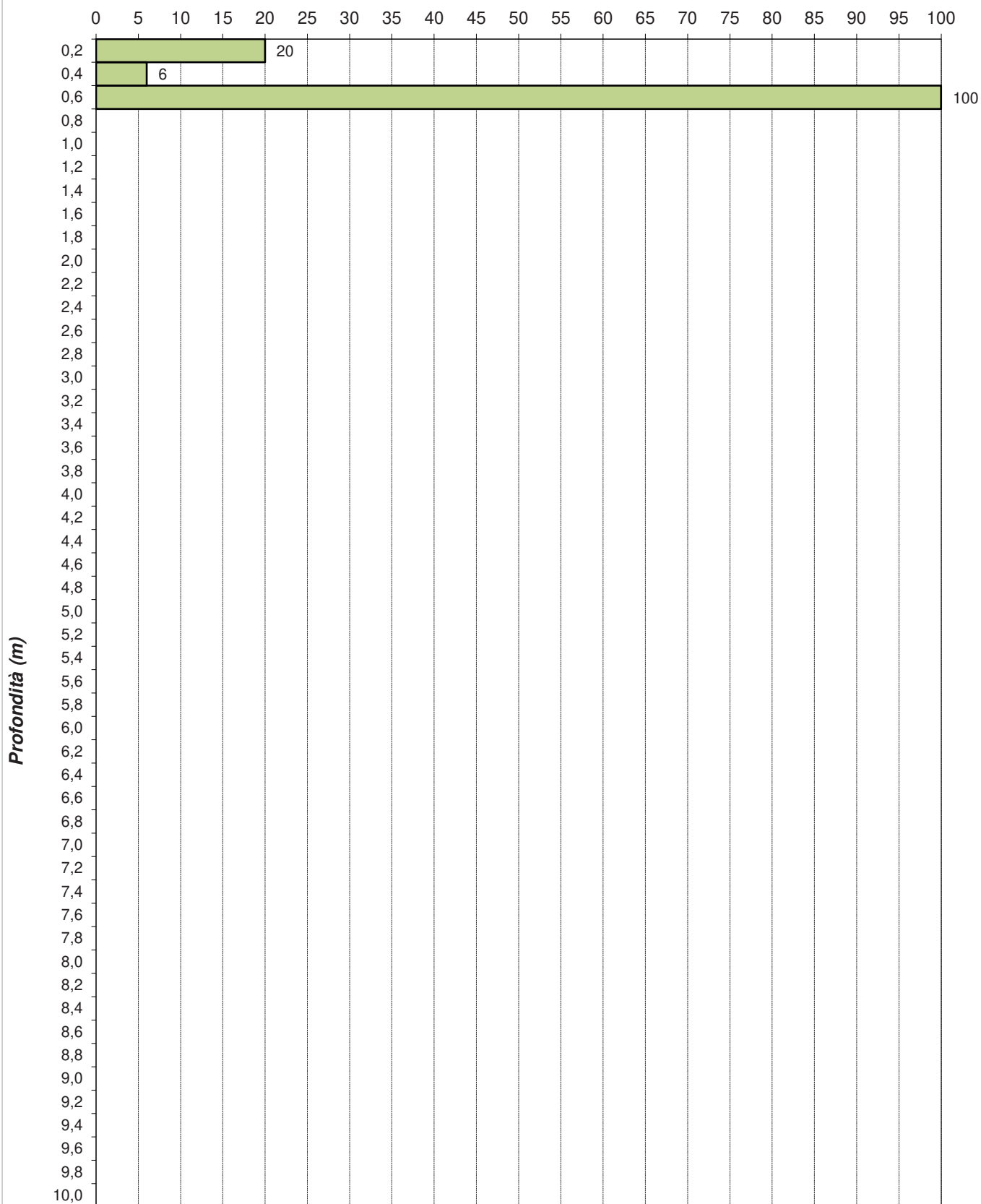
R.E.A. Varese n. 285014

Prova penetrometrica 6tris

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

15/09/2021

**ANNOTAZIONI:**

La prova é stata interrotta a 0,60 metri per presenza di trovanti.

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

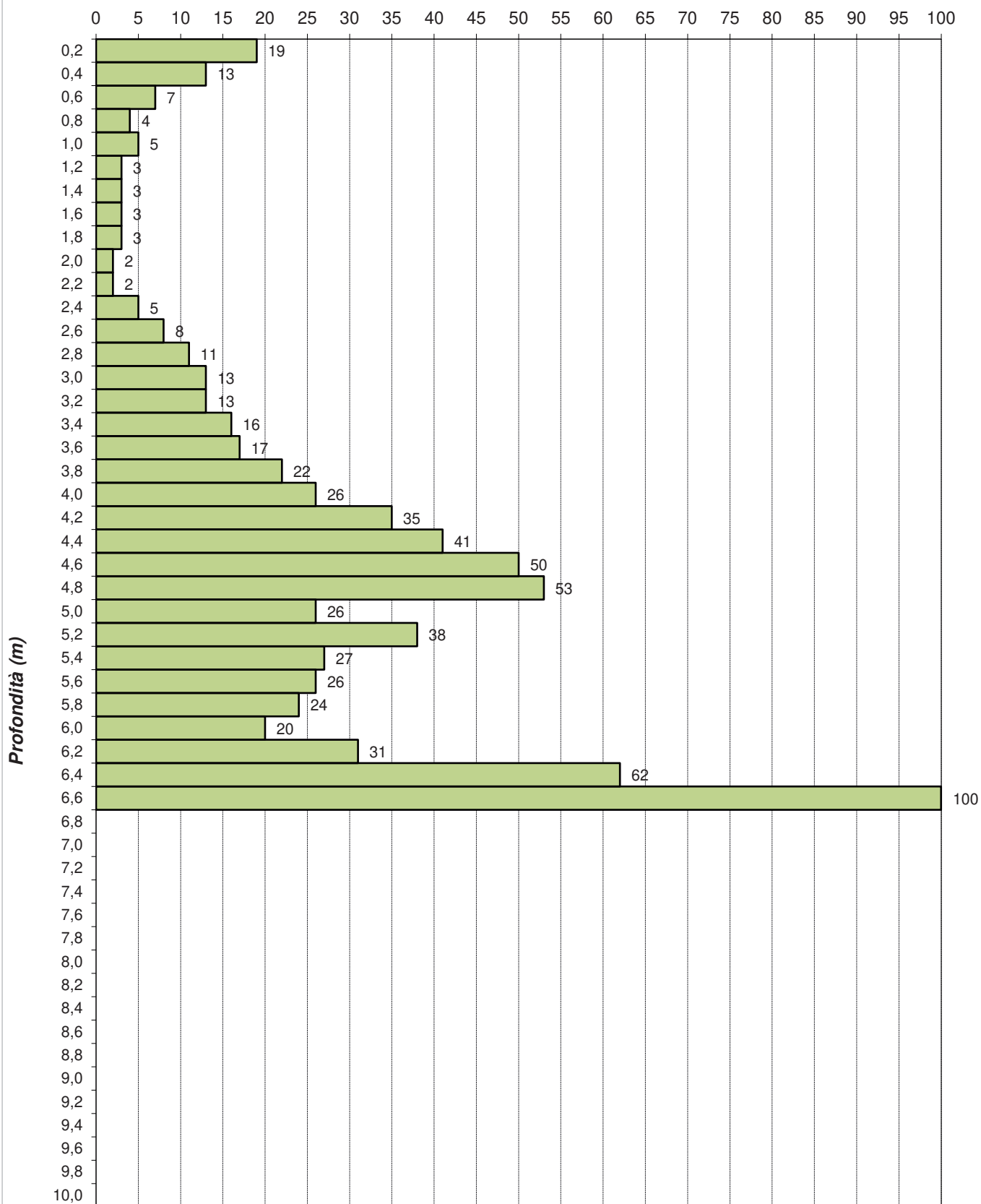
R.E.A. Varese n. 285014

Prova penetrometrica 6ter

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

15/09/2021

**ANNOTAZIONI:**

La presenza di acqua sotterranea è stata rilevata indicativamente a ca 2,80 metri di profondità.

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

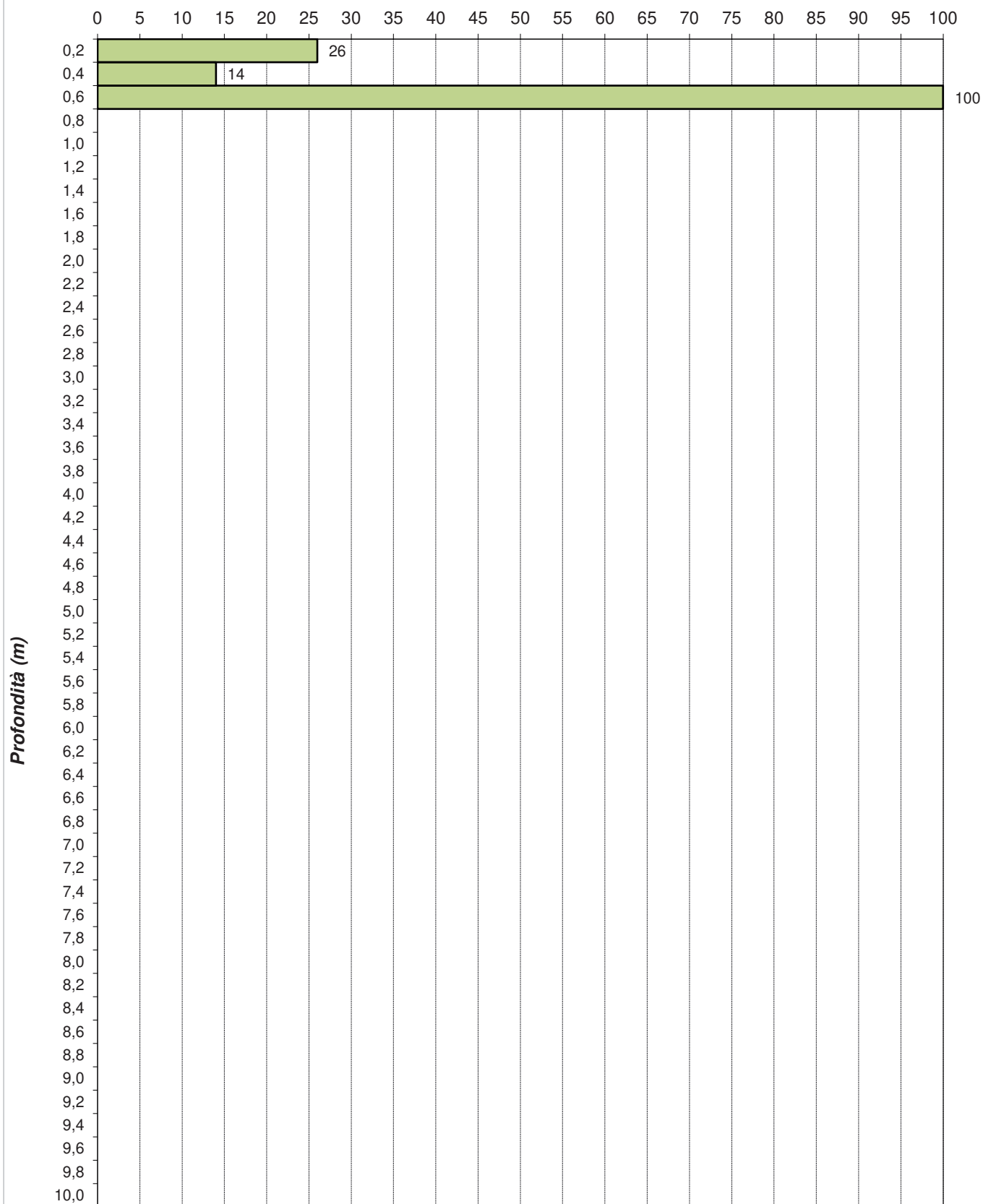
R.E.A. Varese n. 285014

Prova penetrometrica 7

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

15/09/2021

**ANNOTAZIONI:**

La prova é stata interrotta a 0,60 metri per presenza di trovanti.

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

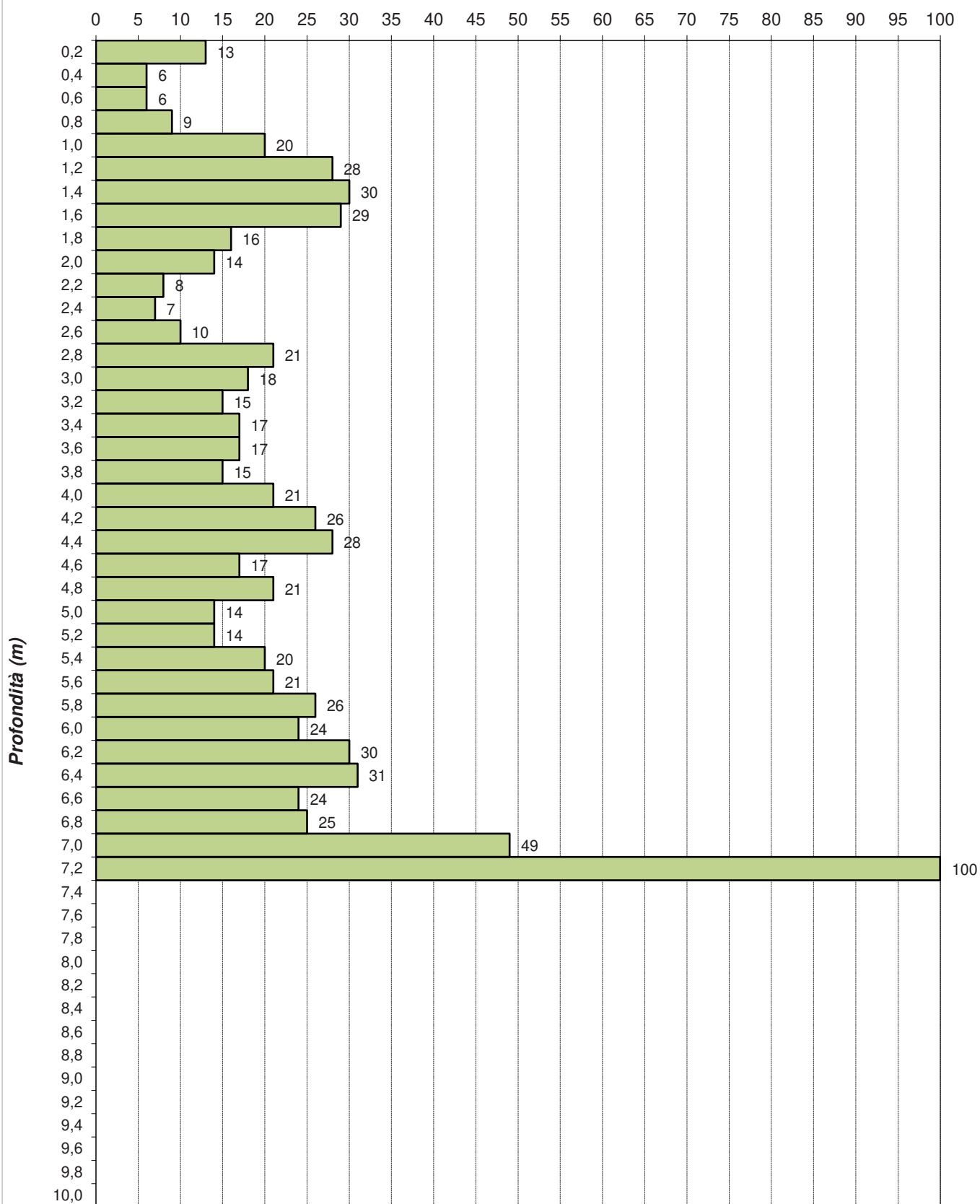
R.E.A. Varese n. 285014

Prova penetrometrica 7bis

Bellinzago Novarese (NO) -
Via Ticino n. 302

Numero di colpi

15/09/2021



ANNOTAZIONI:

A4E s.r.l.

Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE

P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129

R.E.A. Varese n. 285014

Profondità	P3	P4	P5	P6	P6bis	P6tris	P6ter	P7	P7bis
0,20	4	2	11	24	21	20	19	26	13
0,40	3	6	11	25	36	6	13	14	6
0,60	9	4	10	100	100	100	7	100	6
0,80	5	5	27				4		9
1,00	2	10	12				5		20
1,20	1	3	9				3		28
1,40	3	2	2				3		30
1,60	9	3	2				3		29
1,80	12	14	4				3		16
2,00	11	10	7				2		14
2,20	11	9	6				2		8
2,40	12	12	8				5		7
2,60	15	13	10				8		10
2,80	27	17	11				11		21
3,00	32	13	16				13		18
3,20	18	9	18				13		15
3,40	23	9	15				16		17
3,60	30	16	15				17		17
3,80	37	36	24				22		15
4,00	23	36	44				26		21
4,20	17	23	40				35		26
4,40	19	35	24				41		28
4,60	18	42	23				50		17
4,80	16	28	23				53		21
5,00	17	28	15				26		14
5,20	22	24	16				38		14
5,40	25	27	26				27		20
5,60	54	24	43				26		21
5,80	100	58	20				24		26
6,00		50	28				20		24
6,20		34	18				31		30
6,40		26	20				62		31
6,60		25	40				100		24
6,80		32	36						25
7,00		31	39						49
7,20		21	100						100
7,40		20							
7,60		18							
7,80		17							
8,00		15							
8,20		18							
8,40		12							
8,60		15							
8,80		19							
9,00		21							
9,20		19							
9,40		25							
9,60		24							
9,80		18							
10,00		25							

CERTIFICATO DI PROVA NR. 21/115

COMMESSA: 21268

Committente: **Acqua Novara VCO S.p.A.**
Via L. Triggiani n. 9
28100 Novara (NO)

Località: Bellinzago Novarese (NO)
Via Ticino n. 302

Data: 15/09/2021

Operatori: Ivan Franzosi

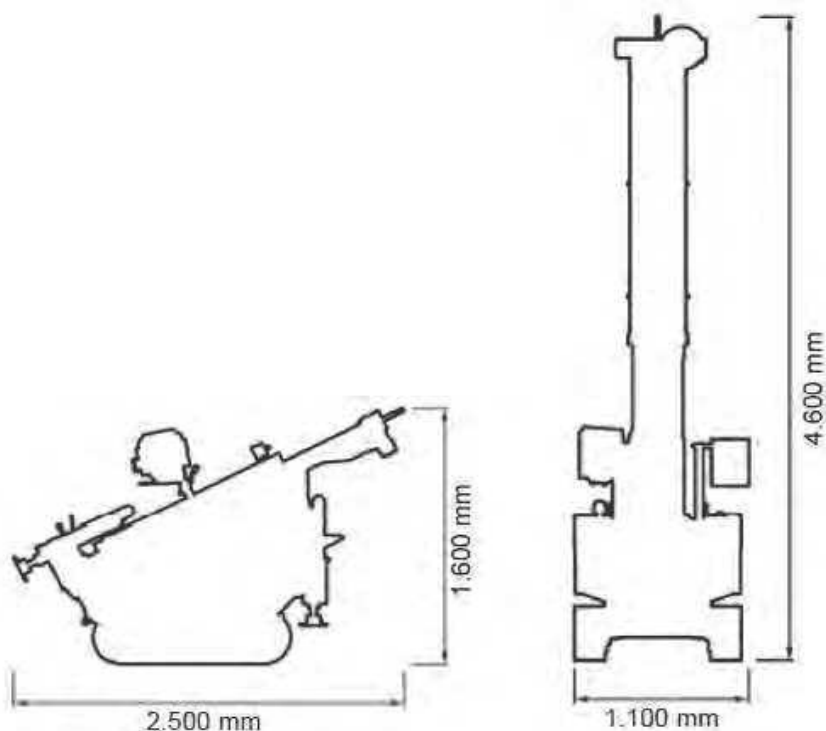
LEGENDA:
100 = RIFIUTO
— = acqua
..... = umidità

L'eventuale indicazione della presenza dell'acqua è puramente orientativa, in quanto la rilevazione corretta dovrebbe essere effettuata mediante la posa di tubo piezometrico.

A4E s.r.l.
Via Dandolo, 5 - 21100 VARESE
P. IVA / Cod. Fisc. 02758060129
R.E.A. Varese n. 285014

PENETROMETRO STATICO/DINAMICO
Modello **TG 63-100** - Pagani Geotechnical Equipment

DIMENSIONI:



CARATTERISTICHE TECNICHE: TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M	= 63,50 kg	
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H	= 0,75 m	
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms	= 0,63 kg	
DIAMETRO PUNTA CONICA	D	= 51,00 mm	
AREA BASE PUNTA CONICA	A	= 20,43 cm ²	
ANGOLO APERTURA PUNTA	α	= 90 °	
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La	= 1,00 m	
PESO ASTE PER METRO	Ma	= 6,50 kg	
AVANZAMENTO PUNTA	δ	= 0,20 m	
NUMERO DI COLPI PUNTA	N	= N(20)	⇒ relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI		

ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q	= (MH)/(A δ)	= 11,66 kg/cm ²	(prova SPT: Qspt=7,83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	β_t	= Q/Qspt	= 1,489	(teoricamente: Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE):

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)	
1 kg/cm ²	= 0,098067 MPa
1 MPa	= 1 MN/m ² = 10.197 kg/cm ²
1 bar	= 1.0197 kg/cm ² = 0.1 MPa
1 kN	= 0.001 MN = 101.97 kg

ALLEGATO	4
Report stendimento sismico MASW	

Rif. 966-20



Dott. Geol. Mattia BERTANI
Casale Tabuloni, 32
28021 Borgomanero (No)
tel. 0322 843722 – fax. 0322 060155
www.studiobertani.it

**REPORT
STENDIMENTO SISMICO MASW**

Committente: ***Acqua Novara VCO S.p.A.***

Località: *Bellinzago Novarese (NO)*
Via Ticino n. 302

L'indagine sismica secondo la metodologia MASW permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh, che rappresentano più di due terzi dell'energia sismica generata nel corso di una prova.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo rappresentati dalle onde superficiali;
2. costruzione della curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale che descrive la variazione di v_s con la profondità.

Per ottenere un profilo della velocità delle onde sismiche di taglio (v_s) bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Le onde di superficie sono state generate tramite una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico posta ad una distanza compresa tra m 4 e 8 dai geofoni esterni dello stendimento effettuando più energizzazioni; per la registrazione sono stati utilizzati geofoni da 4,5 Hz collegati ad un sismografo ECHO12-24/2010 a 24 canali della AMBRO-GEO.

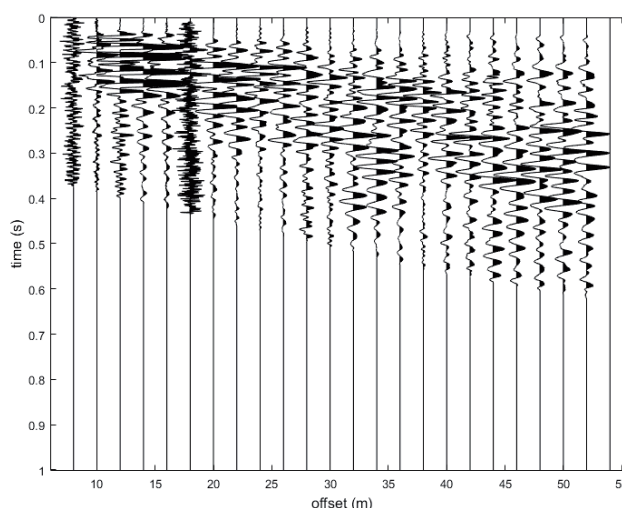
L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 2 m.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

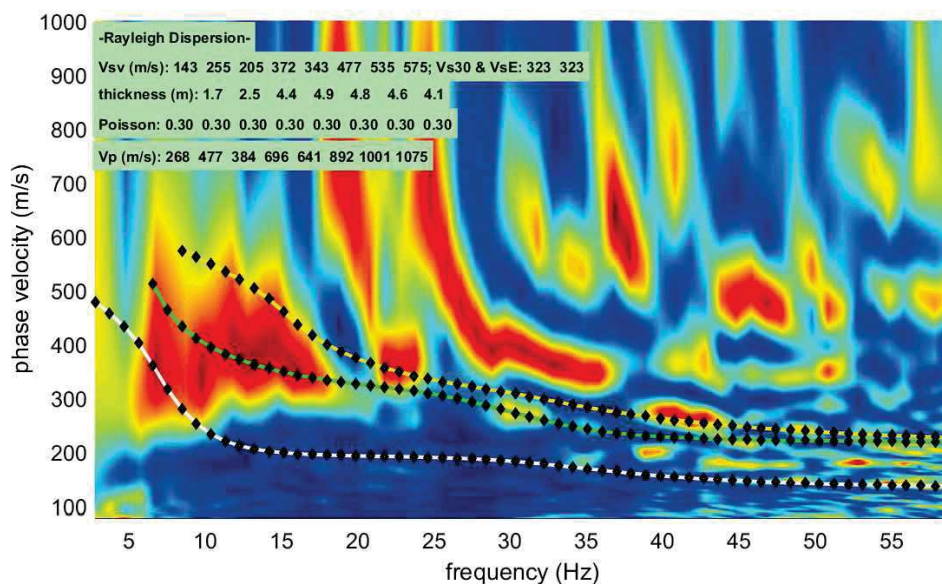
Per ottenere il profilo verticale della v_s dalla curva di dispersione viene stimato un valore di densità del terreno sulla base della tipologia dei materiali attraversati.

Elaborazione dati e risultati

Data	01/07/2021
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1000,0
Interdistanza geofoni [m]	2,0
Periodo di campionamento [msec]	0,131



Curva di dispersione e inversione



L'analisi sismica con metodologia MASW ha permesso la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità [m]		Spessore [m]	Vs [m/s]
	da	a		
1	0,0	1,7	1,7	143
2	1,7	4,2	2,5	255
3	4,2	8,6	4,4	205
4	8,6	13,5	4,9	372
5	13,5	18,3	4,8	343
6	18,3	22,9	4,6	477
7	22,9	27,0	4,1	535
8	27,0	∞	∞	575

