

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI NOVARA
COMUNE DI CASTELLETTO
SOPRA TICINO

CAVA DI SABBIA E GHIAIA
IN LOC. GLISENTE (M1808N)

NUOVA ISTANZA PER LA PROSECUZIONE E
L'AMPLIAMENTO DELL'ATTIVITÀ ESTRATTIVA
FASE DI VERIFICA (art. 19 del D.Lgs 152/06)

STUDIO GEOLOGICO
E GEOTECNICO

Revis.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	
	11/09/25	Prima emissione	Dott. Geol. Marco Mittino	Dott. Geol. Fabrizio Grioni	



TELLUS s.r.l.
Topografia • Geologia
Servizi per l'ingegneria

Ufficio amministrativo: Novara, Via Lagrange 28
Tel. 0321-49.97.42 • e-mail: info@tellussrl.it
PEC: tellus.srl@pec.it

Committente

LUNA ROSSA
s.r.l.

Identificativo del documento

CAVE : 25 - CASTELLETTO ST, GLISENTE, VERIFICA

N° 371

PREMESSA

Il presente studio geologico-tecnico, con i relativi elaborati, è redatto a supporto di una nuova istanza per la prosecuzione e l'ampliamento degli interventi estrattivi della “Cava di ghiaia e sabbia in località Glisente”, nel Comune di Castelletto Sopra Ticino (NO) (M1808N).

La cava è gestita dalla ditta “Luna Rossa s.r.l.”, che venne autorizzata dal Comune di Castelletto Sopra Ticino con determinazione n. 152AT del 24/07/2008 a seguito dell'esclusione del progetto dalla procedura di VIA, espressa dalla Provincia di Novara con determina 1185/2007 del 13/03/2007.

Successivamente la cava è stata rinnovata con determinazione n. 227AT del 24/09/2014, per la durata di 5 anni.

Il presente progetto di prosecuzione e ampliamento della cava, così come previsto dall'art.10 della L.R.23/2016, viene sottoposto alla “fase di verifica”, ai sensi dell'art.19 del D.Lgs 152/2006.

L'intervento riguarda l'attuale area di cava, per una superficie di circa 19.210 m², che sarà estesa principalmente verso S-SE per ulteriori 49.398 m², raggiungendo una superficie complessiva di circa 68.608 m².

Il giacimento sfruttabile risulta in parte costituito dai volumi residui già a suo tempo autorizzati, per circa 30.008 m³, localizzati sul piazzale di fondo cava e sul fianco occidentale, a cui si aggiungono i volumi di ampliamento per circa 436.576 m³ (volume totale di scavo in banco circa 466.584 m³).

Gli interventi di riprofilatura morfologica e recupero ambientale saranno progressivamente eseguiti mantenendo l'impostazione già autorizzata, con recupero di tipo naturalistico, con fasce boscate, arbustive e radure inerbite.

Si redige la seguente documentazione geologica secondo quanto previsto dal Regolamento regionale n. 11/R del 2 ottobre 2017, in particolare facendo riferimento all'“allegato D” (“Documentazione da allegare alla domanda di autorizzazione per ciascun comparto estrattivo”).

Nello specifico, si sono valutate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e idrografiche del sito e del suo intorno, unitamente a quelle geotecniche, al fine di realizzare interventi in condizioni di stabilità e compatibili con le condizioni ambientali dell'area e rispettosi dei criteri di lavoro vigenti (D.M. n. 8 del 17/01/2018 “Aggiornamento delle NTC” e Circolare esplicativa 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP).

INDICE

CAPITOLO N.	PAG.
--------------------	-------------

	PREMESSA		1
1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO		4
2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO		5
3	INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO		11
4	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO		14
5	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO		17
	5.1	<i>Identificazione degli acquiferi</i>	17
	5.2	<i>Rete di monitoraggio del sito</i>	24
	5.3	<i>Flusso delle acque sotterranee</i>	25
	5.4	<i>Vulnerabilità intrinseca della prima falda</i>	32
6	STUDIO GEOTECNICO		35
	6.1	<i>Indagini in sito</i>	35
		6.1.1 <i>Sondaggi</i>	35
		6.1.2 <i>Prove SPT</i>	35
		6.1.3 <i>Analisi granulometriche</i>	36
		6.1.4 <i>Stendimenti sismici</i>	36
	6.2	<i>Litostratigrafia del sito</i>	37
	6.3	<i>Caratterizzazione geotecnica dei terreni</i>	39
	6.4	<i>Caratterizzazione sismica</i>	41
		6.4.1 <i>Categoria di suolo di fondazione</i>	42
		6.4.2 <i>Condizioni topografiche</i>	42
		6.4.3 <i>Caratteristiche dell'opera</i>	43
		6.4.4 <i>Pericolosità sismica di base</i>	43
		6.4.5 <i>Pericolosità sismica di sito</i>	45
	6.5	<i>Analisi di stabilità</i>	46
		6.5.1 <i>Impostazione generale</i>	46

	6.5.2	<i>Descrizione dei fronti di scavo attuali</i>	46
	6.5.3	<i>Descrizione dei fronti di scavo in progetto</i>	47
	6.5.4	<i>Descrizione dei pendii finali di recupero ambientale</i>	48
	6.5.5	<i>Criteri di analisi</i>	48
	6.5.6	<i>Risultati delle verifiche</i>	49
7	CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE		50

ELENCO DEGLI ALLEGATI

ALLEGATO N.

SCALA

1	UBICAZIONE DELLE INDAGINI IN SITO	1:3.000
2	COLONNE STRATIGRAFICHE DEI SONDAGGI	1:100
3	ANALISI GRANULOMETRICHE	
4	INDAGINI GEOFISICHE	
	4a <i>Risultati delle analisi MASW e ReMi – Stendimento 1</i>	
	4b <i>Tomografia – Stendimento 1</i>	
	4c <i>Risultati delle analisi MASW e ReMi – Stendimento 2</i>	
	4d <i>Tomografia – Stendimento 2</i>	
	4e <i>Attrezzatura utilizzata per le indagini geofisiche</i>	
5	SEZIONI GEOLOGICHE	
	5a <i>Sezione geologica 1 (NNW-SSE)</i>	1:1.500 / 1:400
	5b <i>Sezione geologica 2 (N-S)</i>	1:1.500 / 1:400
6	VERIFICHE DI STABILITÀ	
	6a <i>Ubicazione delle sezioni di verifica</i>	1:3.000
	6b <i>Fronti attuali</i>	1:600
	6c <i>Fronti di scavo in progetto</i>	1:600
	6d <i>Pendii finali di recupero ambientale</i>	1:600

1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio in esame è compreso nel Foglio n° 31 "Varese" della Carta Geologica d'Italia, trovandosi circa 900 m a SW dell'estremità meridionale del Lago Maggiore, ricorrendo ad una quota di circa 243 m s.l.m. (piazzale di cava).

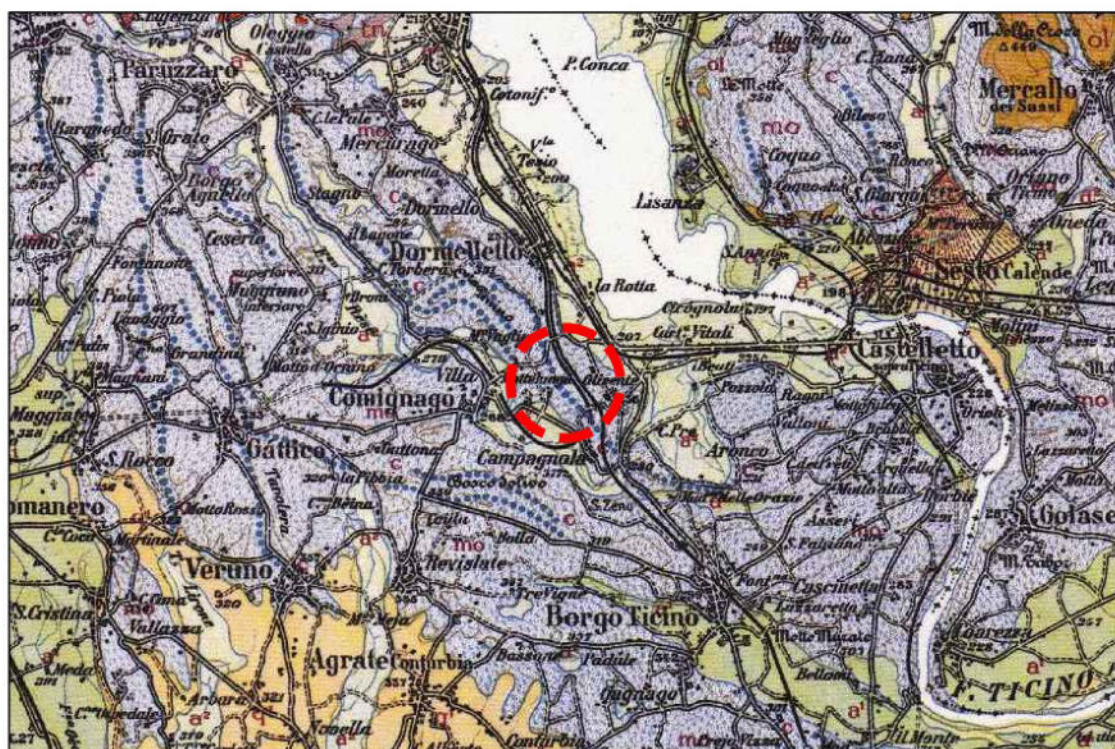
In generale, la zona appartiene al "*dominio Sudalpino*", con il basamento roccioso rappresentato localmente dal "*Massiccio dei laghi*" ed in particolare dall'unità strutturale della "*Serie dei laghi*", che nel il territorio comunale di Castelletto Sopra Ticino è ricoperta da depositi superficiali di varia natura e differente potenza (depositi glaciali, fluvioglaciali, fluviolacustri, ecc.).

L'area in cui si colloca il sito è caratterizzata dalla presenza di cordoni morenici, che localmente delimitano il Lago Maggiore; il bacino lacustre risulta infatti formato dallo sbarramento determinato dalle morene frontali dei ghiacciai quaternari, che costituiscono il cosiddetto "*anfiteatro morenico del Verbano*".

In particolare, il Foglio Geologico riconosce la presenza di "*cordoni morenici*" ("c") quaternari del "*wurmiano e degli stadi post-wurmiani*" ("mo"), con andamento orientato prevalentemente NW-SE, intervallati talora da depositi fluvioglaciali.

Nelle zone prossime al lago e in alcuni avvallamenti tra gli stessi cordoni morenici sono presenti alluvioni recenti ("a²"), perlopiù costituite dal rimaneggiamento dei terreni glaciali.

Carta Geologica d'Italia - Foglio n° 31 "Varese"



Area di intervento

Scala
1:100.000

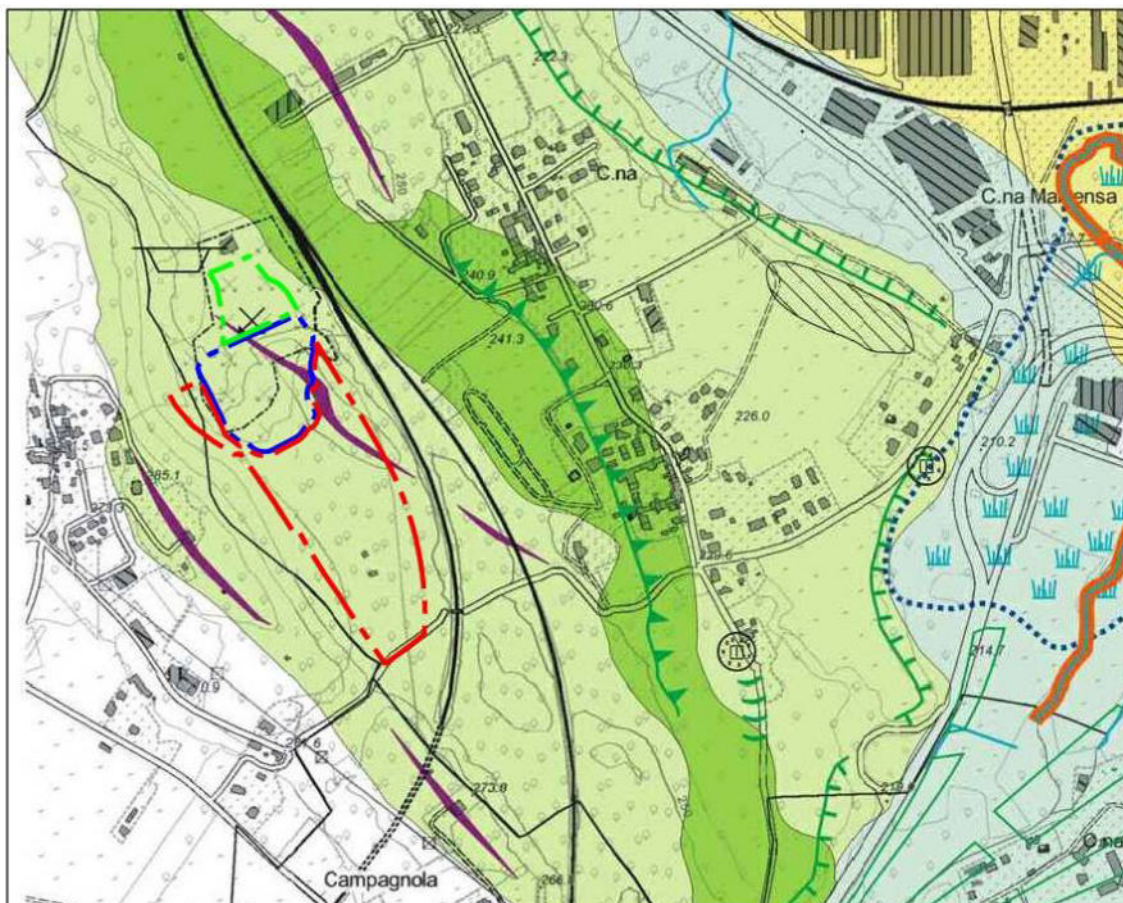


Morenico e cordoni morenici (c) del Würmiano e degli stadi post-würmiani, contenente talora parti fluvio-glaciali, specialmente minute sabbie micacee. Depositi interglaciali della valle della Tresa (Creva) e della Valtravaglia.

2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Secondo quanto riportato nello studio geologico del PRG di Castelletto Sopra Ticino (Tav. 1 - Carta geomorfologica con elementi litologici e del dissesto), in corrispondenza del sito attuale e dell'ampliamento in progetto viene confermata la presenza di un cordone morenico costituito da "Depositi fluvio-glaciali, glaciali e di contatto glaciale indifferenziati".

Comune di Castelletto Sopra Ticino - Piano Regolatore Variante Strutturale (agosto 2022)
Tav. 1 – Carta geomorfologica con elementi litologici e del dissesto



- Area ultima autorizzazione
 Area di ampliamento
 Area impianti

Scala
1:10.000

ELEMENTI GEOLITOGICI

Unità di Mornago ^()*

- Depositi fluvioglaciali, glaciali e di contatto glaciale indifferenziati: sabbie limose e sabbie ghiaiose, diamicton consolidati, con ciottoli e blocchi arrotondati. Creste moreniche da evidenti a poco distinte - (*Pleistocene superiore*)
 Depositi fluvioglaciali e di contatto glaciale: sabbie e sabbie limose, passanti inferiormente a ghiaie e sabbie limose con ciottoli - (*Pleistocene sup.*)

ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

N.B. Le sigle poste a fianco della simbologia si riferiscono ai codici della *Legenda Regionale* - Edizione 25/07/02

Forme di accumulo

- Cresta di cordone morenico

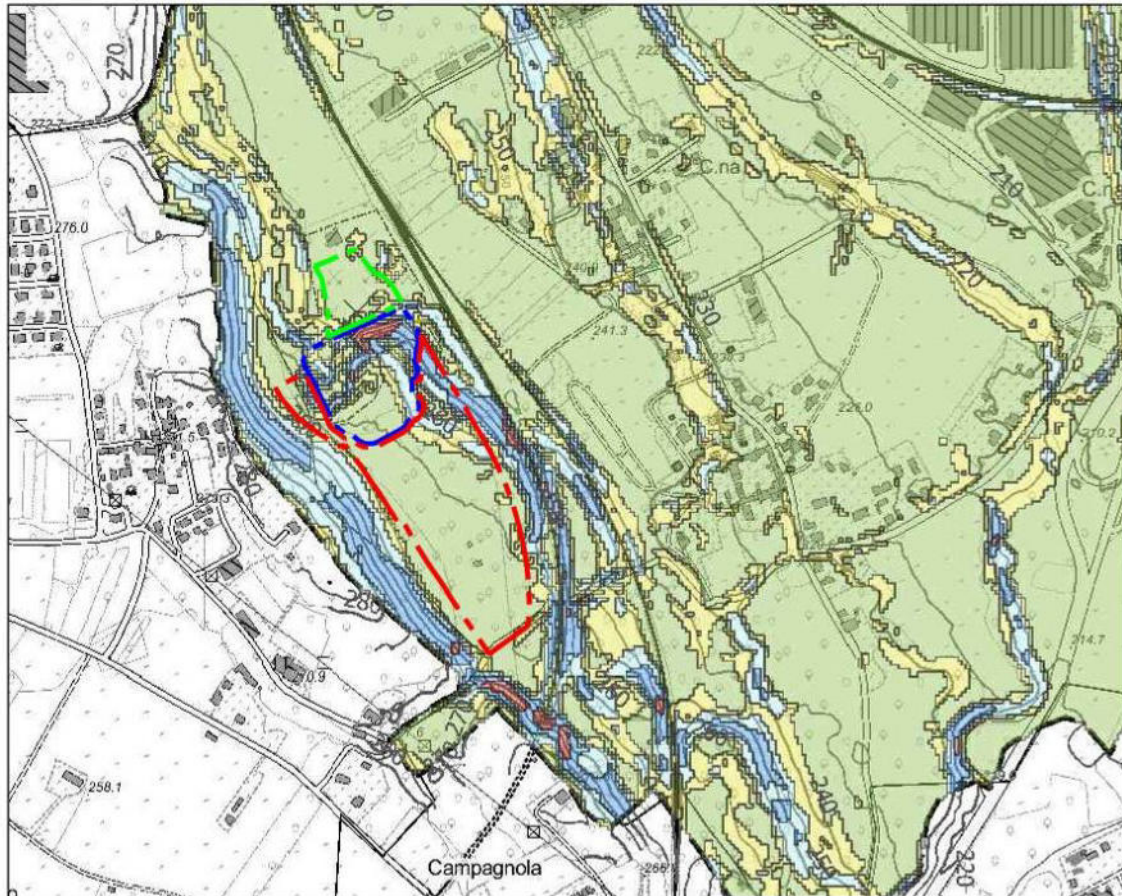
FORME ANTROPICHE

- Sito estrattivo dismesso

Come indicato nella Carta *geomorfologica dell'acclività* (Tav.9 dello studio geologico del PRG di Castelletto Sopra Ticino), l'area vasta in esame è generalmente caratterizzata da morfologia pianeggiante, con pendenze inferiori a 7°, interrotta da alcuni cordoni morenici orientati NW-SE, i cui fianchi possono avere acclività significative, anche superiori ai 21°.

La cava si colloca in un contesto caratterizzato da morfologie da sub-pianeggianti a collinari, debolmente ondulate, costituite da cordoni morenici alternati a piane fluvioglaciali.

Comune di Castelletto Sopra Ticino - Piano Regolatore Variante Strutturale (agosto 2022)
Tav. 9 – Carta dell'acclività



- Area ultima autorizzazione
Area di ampliamento
Area impianti

Classi di pendenza

- <7°
7°÷13°
13°÷21°
21°÷32°
>32°

Scala
1:10.000

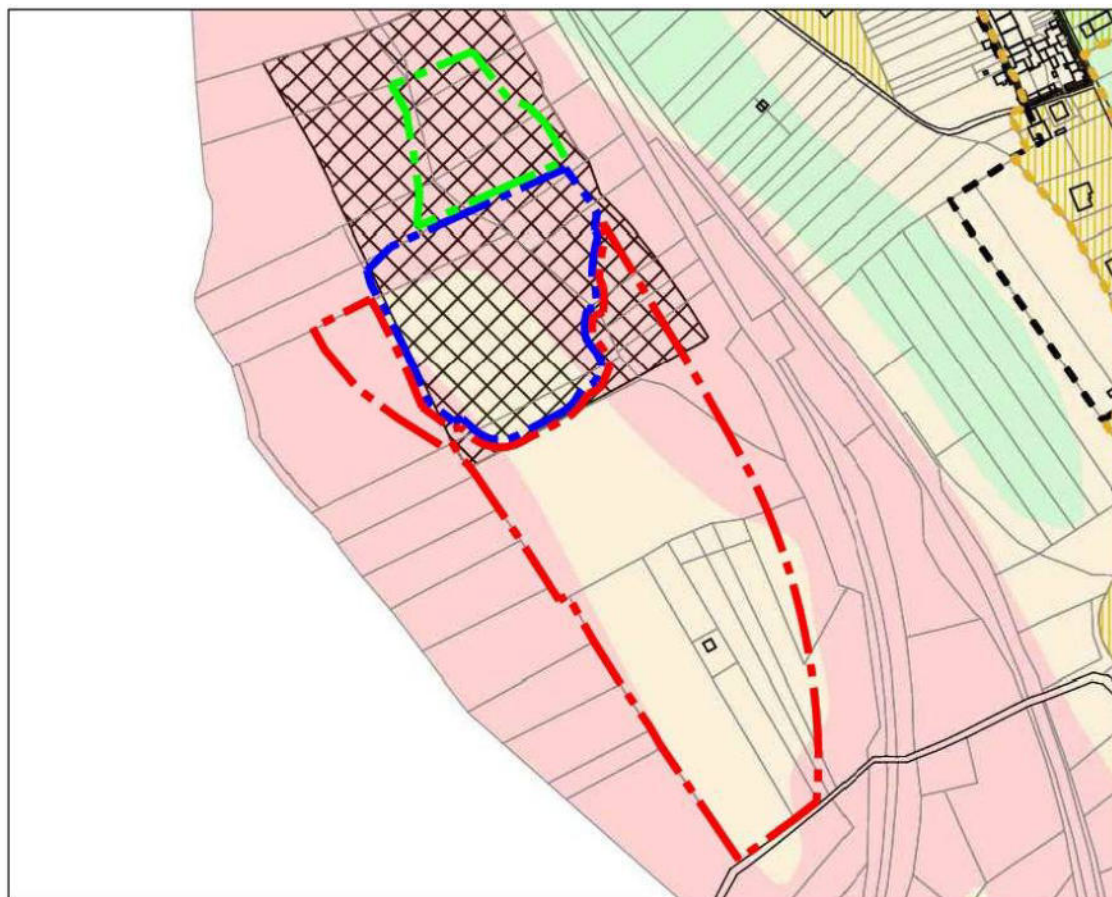
Il territorio in esame è complessivamente stabile, soggetto a fenomeni geomorfologici trascurabili e non esondabile (si veda il successivo § 3 – *“Inquadramento idrografico”*), tuttavia, relativamente alla pianificazione vigente (studio geologico del P.R.G. del Comune di Castelletto Sopra Ticino - Tav. PD.5 – *Carta di sintesi dell'idoneità urbanistica all'utilizzazione del suolo*) il sito attuale ed il suo intorno sono compresi prevalentemente nella “classe III” di idoneità urbanistica, ad eccezione della porzione centrale, individuata nella “classe II”.

L'area di ampliamento, posta prevalentemente a S-SE della cava attuale, risulta per lo più compresa nella “classe II”, mentre la fascia occidentale e quella orientale nella “classe III”.

La “classe III” comprende *“Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica ed idraulica e di rischio derivanti questi ultimi dall'urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo viceversa la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente.”*; in particolare, la classe “III” è stata localmente attribuita per l'acclività dei pendii e per la presenza dei fronti di scavo dell'attività estrattiva.

Le porzioni centrali del sito attuale e dell'ampliamento sono invece comprese nella “classe II”: *“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 (...)”*.

Comune di Castelletto Sopra Ticino - Piano Regolatore Variante Strutturale (luglio 2022)
Tav. PD.5 – Carta di sintesi dell'idoneità urbanistica all'utilizzazione del suolo



Area ultima autorizzazione



Area di ampliamento



Area impianti



ART. 35 - Aree destinate ad attività di escavazione



ART. 36 - Aree destinate ad attività agricole

CLASSIFICAZIONE DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA



ART.38 - Idoneità all'utilizzazione urbanistica - classe III



ART.38 - Idoneità all'utilizzazione urbanistica - classe II

Scala
1:5.000

Il territorio in esame si colloca in un ambito morenico collinare, complessivamente stabile, soggetto a fenomeni geomorfologici trascurabili; tuttavia, in riferimento alla stabilità dei versanti, si sono verificate diverse fonti riferite a tali tematismi:

- *BDGeo100 Aree instabili* (tratta da Geoportale Arpa Piemonte – Rischi Naturali)
- *BDGeo100 Frane* (tratta da Geoportale Arpa Piemonte – Rischi Naturali)
- *SIFraP - Sistema Informativo fenomeni franosi in Piemonte*
- *IFFI - Inventario dei fenomeni franosi in Italia*
- *Piano Assetto Idrogeologico PAI - Atlante dei Rischi idraulici e idrogeologici - Allegato 4 Delimitazione aree in dissesto scala 25.000*

Tale documentazione conferma l'assenza di fenomeni gravitativi per il sito e il suo intorno.

3 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

Come anticipato nel § 1, nell'area in esame il basamento roccioso sudalpino, costituito dalle rocce metamorfiche della “*Serie dei laghi*”, risulta ricoperto da depositi superficiali di varia natura e differente potenza (depositi glaciali, fluvioglaciali, fluviolacustri, ecc.).

In generale, nella zona è presente una sovrapposizione di cicli sedimentari in ambiente glaciale, alternati a cicli fluvioglaciali, fluviolacustri e lacustri, depositatisi a partire dalle fasi di ritiro dei ghiacciai.

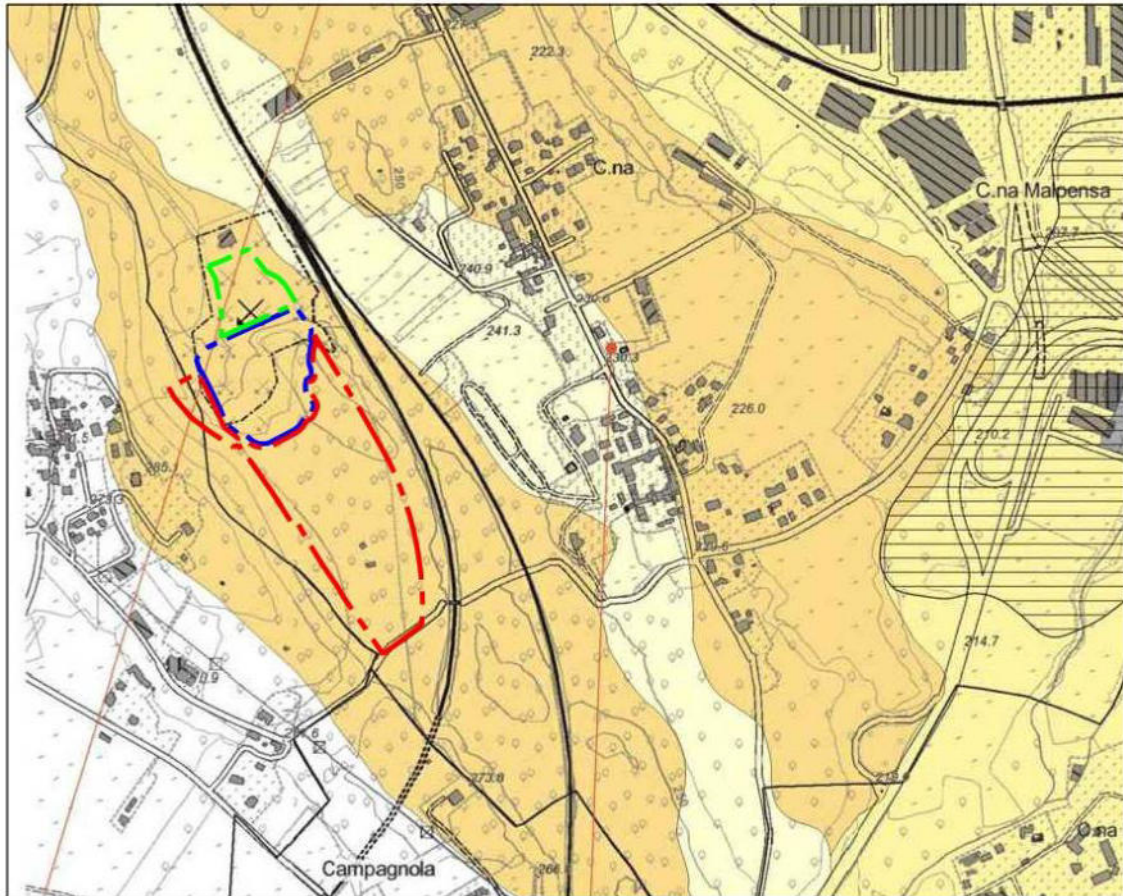
Secondo quanto riportato nello studio geologico del P.R.G. di Castelletto Sopra Ticino (Tav. 1 - *Carta geomorfologica con elementi litologici e del dissesto* – riportata in stralcio nel precedente § 1), nell'area in esame sono presenti i due membri della cosiddetta “*Unità di Mornago*” (Pleistocene Superiore): rappresentati dal cordone morenico dei “*Depositi fluvioglaciali, glaciali e di contatto glaciale indifferenziati*” e più a NE, esternamente all'area di cava, da “*Depositi fluvioglaciali e di contatto glaciale*”.




In particolare, l'area di intervento si colloca tra cordoni morenici, con terreni ridistribuiti per azione fluvioglaciale, che risultano costituiti da “*sabbie limose e sabbie ghiaiose, diamicton consolidati, con ciottoli e blocchi arrotondati*”; tali depositi corrispondono all'unità litotecnica definita: “*Depositi glaciali: Sabbie e sabbie limose con ciottoli e blocchi*” (P.R.G. di Castelletto Sopra Ticino - Tav. 3 - *Carta litotecnica*).

Si tratta di depositi a tessitura eterogenea, di cui vengono indicati i parametri geotecnici medi (si veda la legenda dello stralcio che segue).

La litostratigrafia di dettaglio del sito è descritta nel successivo § 6.2.



Comune di Castelletto Sopra Ticino - Piano Regolatore Variante Strutturale (agosto 2022)
Tav. 3 – Carta litotecnica



-  Area ultima autorizzazione
-  Area di ampliamento
-  Area impianti

Scala
1:10.000

UNITA' LITOTECNICHE

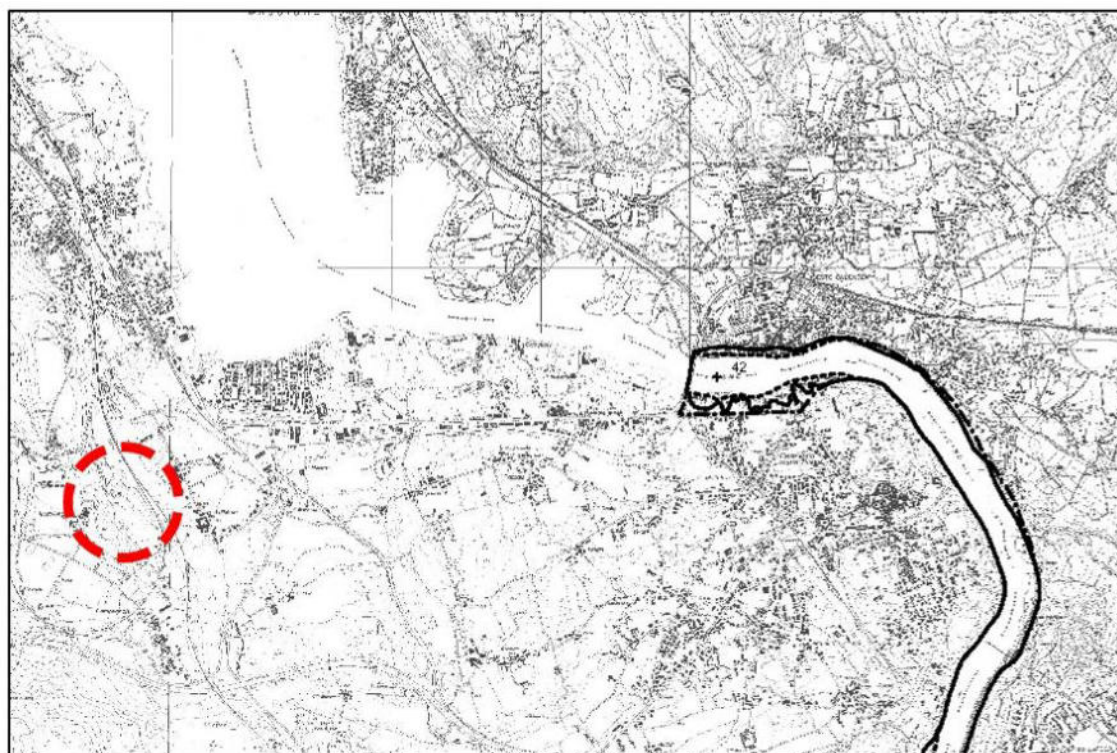
-  Depositi fluvioglaciali: ghiaia e sabbia limosa con ciottoli, passanti in superficie a sabbie limose (angolo di attrito di picco $33^\circ < \phi < 49^\circ$; angolo di attrito a volume costante $\phi' = 28^\circ - 30^\circ$; peso di volume $1,9 < \gamma < 2,0$ t/mc; $c_u = 0$ t/mq. Per le coperture fini, di spessore fino a circa 1,50 - 2,0 m, i valori di riferimento sono: angolo di attrito di picco $24^\circ < \phi < 28^\circ$; angolo di attrito a volume costante $\phi' = 22^\circ - 24^\circ$; peso di volume $1,7 < \gamma < 1,8$ t/mc; $c_u = 1-2$ t/mq)
-  Depositi glaciali: sabbie e sabbie limose con ciottoli e blocchi (angolo di attrito di picco $29^\circ < \phi < 38^\circ$; angolo di attrito a volume costante $\phi' = 22^\circ - 27^\circ$; peso di volume $1,7 < \gamma < 1,9$ t/mc; $c_u = 2-4$ t/mq)

4 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'area si trova a valle dell'estremità meridionale del Lago Maggiore, ad una distanza minima di circa 900 m dalla riva occidentale e ad una distanza di circa 2,2 km dal punto di emissione del Fiume Ticino, posto più a Est.

Il sito è completamente esterno alle fasce fluviali del PAI per il fiume Ticino, definite a partire dal ponte, che collega gli abitati di Castelletto Sopra Ticino e Sesto Calende, posto circa 3,7 km a Est.

*Comune di Castelletto Sopra Ticino - Piano Regolatore Variante Strutturale (agosto 2022)
All. 3 – Stralcio del P.A.I.*



Area di intervento

Scala
1:50.000

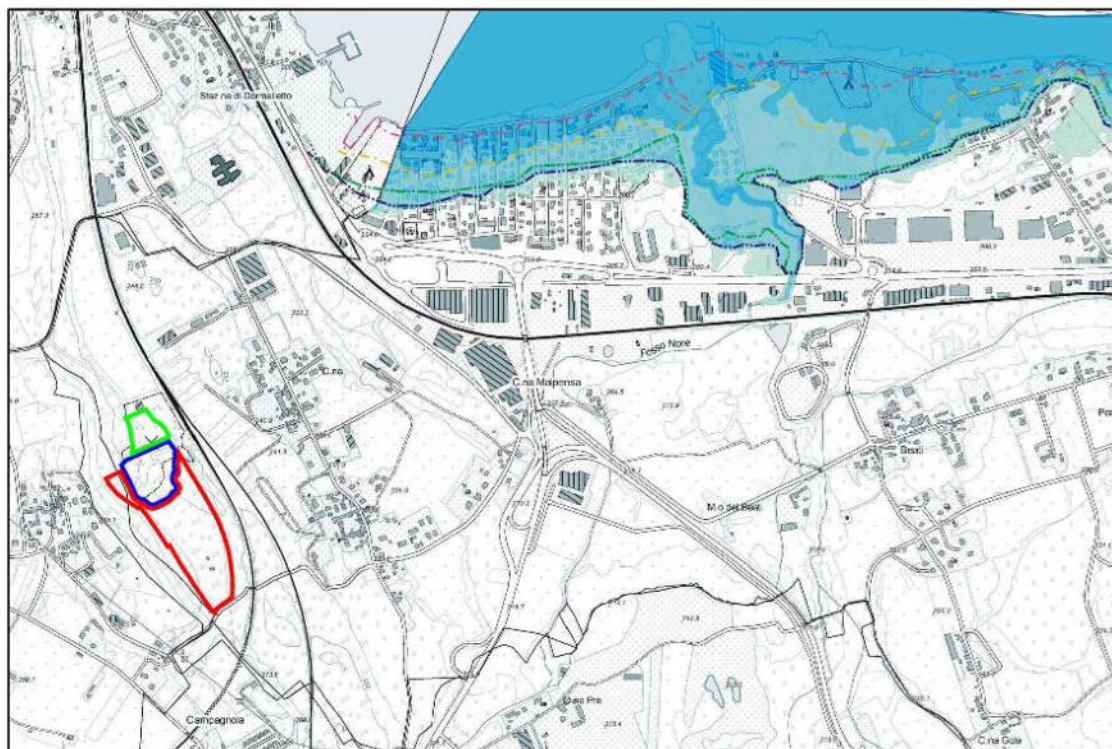
-----	limite (*) tra la Fascia A e la Fascia B
————	limite (*) tra la Fascia B e la Fascia C
.-.-.-.-.	limite (*) esterno della Fascia C
●●●●●●●●	limite (*) di progetto tra la Fascia B e la Fascia C




In riferimento ai dissesti individuati dal PAI, secondo i dati pubblicati dal portale regionale "Geopiemonte" (www.geoportale.piemonte.it), nel sito e nel suo intorno non ne risultano segnalati.

Nella zona non sono presenti corsi d'acqua di rilievo o reti irrigue; l'idrografia è caratterizzata da brevi vallecicole con corsi d'acqua a carattere stagionale.

L'area, distante circa 900 m dalla riva del lago Maggiore, risulta completamente esterna ai limiti delle oscillazioni lacustri.





Comune di Castelletto Sopra Ticino - Piano Regolatore Variante Strutturale (agosto 2022)
Tav. 1bis – Carta Direttiva Alluvioni






-  Area ultima autorizzazione
-  Area di ampliamento
-  Area impianti

Scala
1:20.000

**LINEE DI MASSIMA OSCILLAZIONE LACUSTRE PER
DIFFERENTI TEMPI DI RITORNO**

-  195.5 m s.l.m. - Tr 2 - 3 anni
-  196.5 m s.l.m. - Tr 6 - 10 anni
-  197.60 m s.l.m. - registrato il 14 .10.1993
-  197.94 m s.l.m. - registrato il 16.10.2000

Direttiva Alluvioni_003043

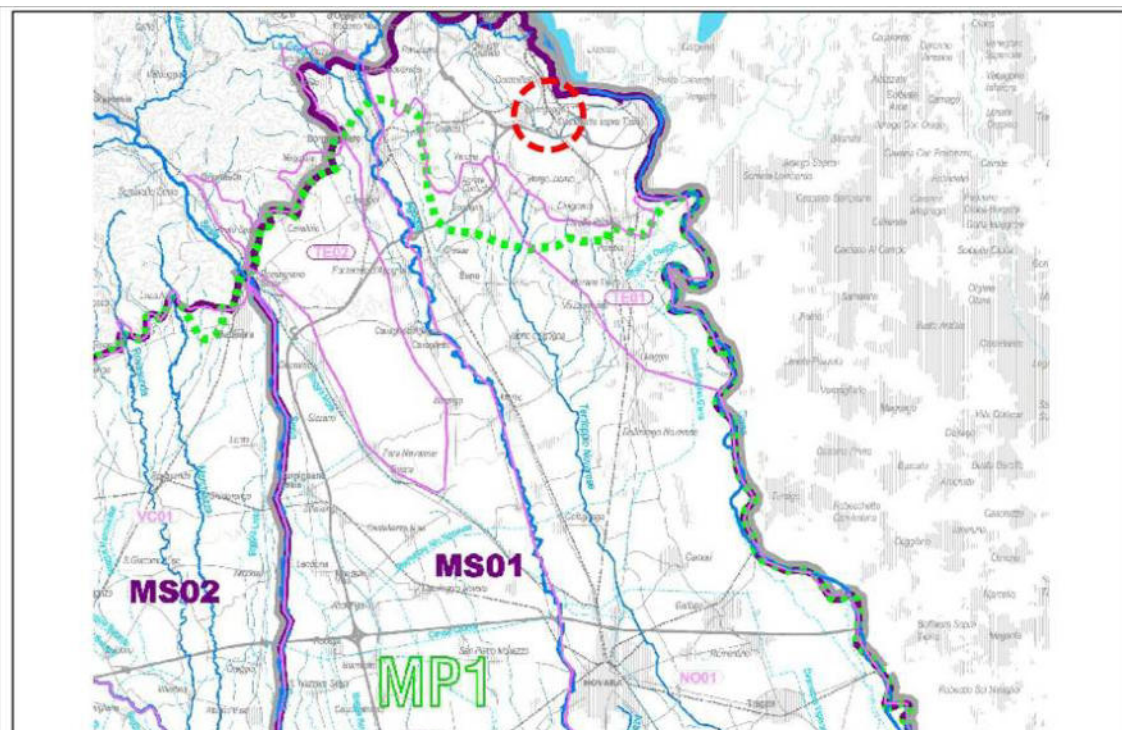
-  Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20)
-  Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200)
-  Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500)


5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

5.1 Identificazione degli acquiferi

Secondo quanto riportato nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte, la zona in esame si trova al margine settentrionale della macroarea idrogeologica di riferimento per l'acquifero superficiale denominata "*MS01 – Pianura Novarese*", esterna alla macroarea idrogeologica di riferimento per l'acquifero profondo denominata "*MP01 – Pianura Novarese-Biellese-Vercellese*".

*Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte
Tav. 1 – Inquadramento territoriale*



 Area di intervento

Scala
1:40.000

TAV. 1 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE



**Macroaree idrogeologiche di riferimento
acquifero superficiale**



MS01 Pianura Novarese



**Aree idrogeologicamente separate
(acquifero superficiale - corpo idrico
significativo)**



**Aree idrogeologicamente separate -
terrazzi (acquifero superficiale - corpi
idrici potenzialmente influenti sui corpi
idrici significativi)**



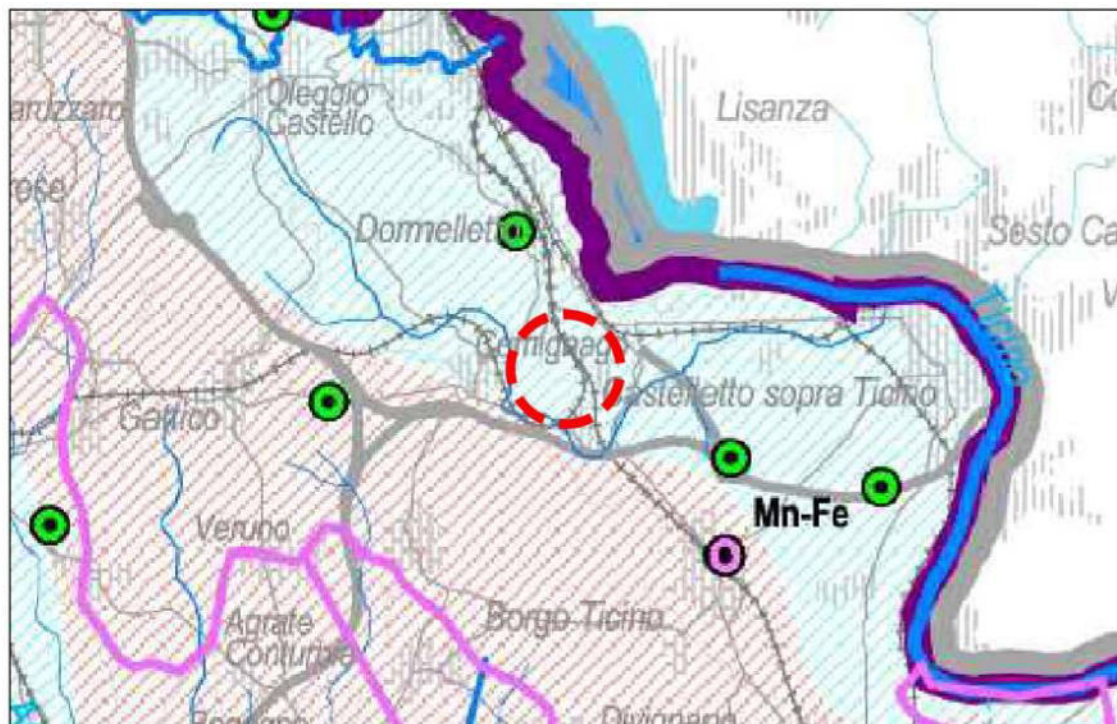
**Macroaree idrogeologiche di riferimento
(acquifero profondo - corpo idrico
significativo)**



MP1 Pianura Novarese - Biellese -
Vercellese

Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte, indica per la zona un elevato stato qualitativo delle acque sotterranee corrispondente alla "classe A":

*Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte
Tav. 4 – Indicatori di stato dei corpi idrici sotterranei*



Area di intervento

Scala
1:10.000

**TAV. 4 - INDICATORI DI STATO DEI
CORPI IDRICI SOTTERRANEI**

Stato quantitativo



Classe A - L'impatto antropico è nullo o trascurabile con condizioni di equilibrio idrogeologico. Le estrazioni di acqua o alterazioni della velocità naturale di ravvenamento sono sostenibili sul lungo periodo



Classe D - Impatto antropico nullo o trascurabile, ma con presenza di complessi idrogeologici con intrinseche caratteristiche di scarsa potenzialità idrica

Stato chimico



Classe 0

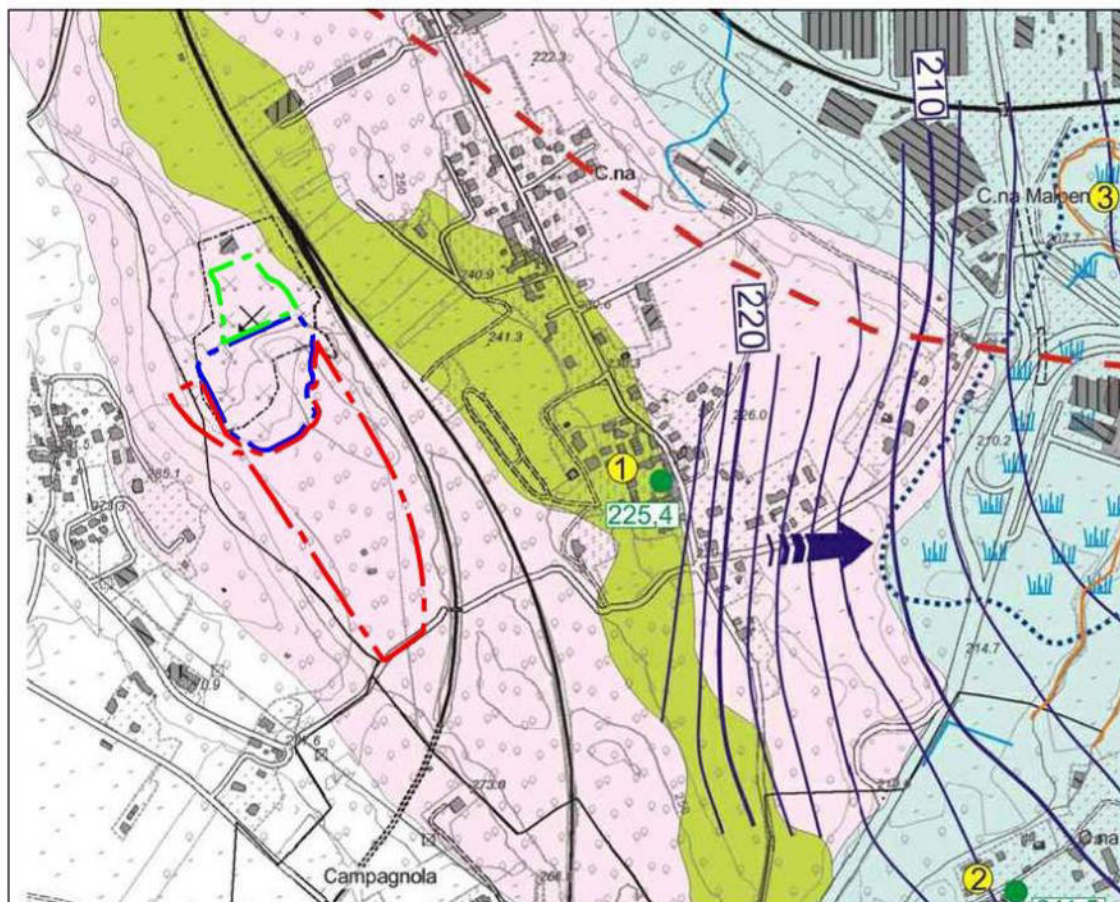


Classe 2




Secondo quanto riportato nello studio geologico del P.R.G. di Castelletto Sopra Ticino (Tav. 2 - *Carta geoidrologica*), l'area in esame risulta caratterizzata in superficie da depositi quaternari di origine glaciale e fluvioglaciale con differenti caratteristiche idrogeologiche.

Per il “*Complesso idrogeologico dei depositi glaciali*”, che caratterizza i cordoni morenici del sito, viene segnalata una permeabilità prevalentemente bassa (K da 10^{-5} a 10^{-9} m/sec) (Castany 1963), ma con variazioni locali nella granulometria dei sedimenti tali da modificare il valore del coefficiente di permeabilità.




Comune di Castelletto Sopra Ticino - Piano Regolatore Variante Strutturale (agosto 2022)
Tav. 2 – Carta geoidrologica





Scala
1:10.000

-  Area ultima autorizzazione
-  Area di ampliamento
-  Area impianti

ELEMENTI IDROGEOLOGICI

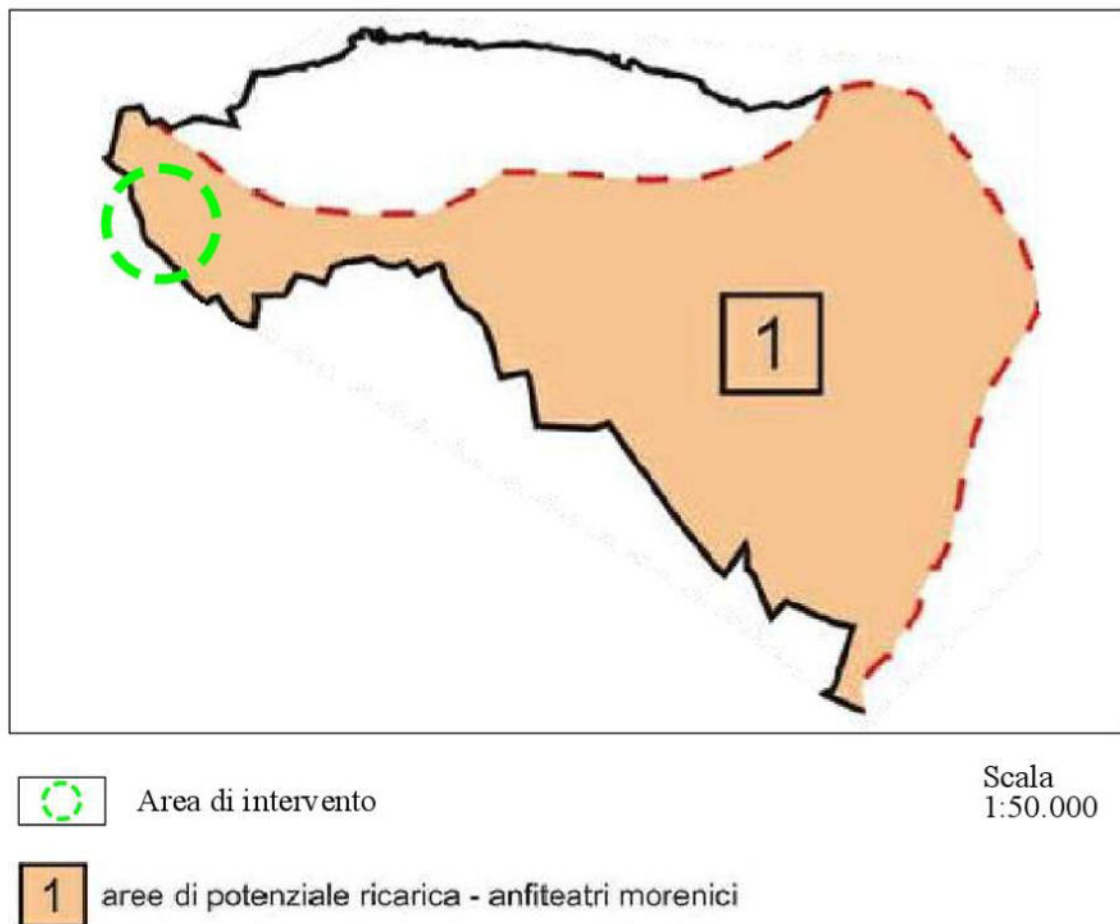
-  Captazione idrica privata, numerazione corrispondente e quota falda s.l.m.
-  Linea isofreatica e quota della falda freatica (m s.l.m.)
-  Direzione di flusso

COMPLESSI IDROGEOLOGICI

-  *Depositi fluvio-glaciali:* ghiaia e sabbia limosa con ciottoli, passanti in superficie a sabbie limose (permeabilità da buona a bassa: $10^{-4} < k < 10^{-7}$ m/s, secondo Castany, 1963)
-  *Depositi glaciali:* sabbie e sabbie limose con ciottoli e blocchi (permeabilità bassa: $10^{-5} < k < 10^{-9}$ m/s, secondo Castany, 1963)

Inoltre, l'intera area estrattiva attuale ricade nelle "Aree di ricarica degli acquiferi profondi" (N.T.A. art. 38.2.3).

*Comune di Castelletto Sopra Ticino - Piano Regolatore Variante Strutturale (agosto 2022)
Tav. 2 – Carta geoidrologica - Aree di ricarica degli acquiferi profondi*



A tal proposito le N.T.A. del P.R.G. rimandano alla "D.G.R. 2 febbraio 2018, n. 12-6441 (Aree di ricarica degli acquiferi profondi - Disciplina regionale ai sensi dell'art. 24, comma 6 delle Norme del Piano di Tutela delle Acque approvato con D.G.R. n. 117- 10731 del 13 marzo 2017)", in particolare con riferimento alle "Disposizioni per le aree di ricarica degli acquiferi profondi – § 2. Attività estrattive e recuperi ambientali".

Per la compatibilità del progetto con tali norme si rimanda a quanto descritto nel § 3.2 della *Relazione tecnica*.

Secondo quanto riportato nello studio geologico del P.R.G. di Castelletto Sopra Ticino (Rel. 1 – *Relazione geologica*), per il territorio comunale è possibile distinguere la presenza di un acquifero superficiale a carattere freatico (1° acquifero), captato dalla maggioranza dei pozzi privati, costituito da alternanze di sedimenti eterogenei, separato mediante un orizzonte a bassa permeabilità da un acquifero semiconfinato (2° acquifero), ghiaioso, captato dai pozzi idropotabili.

Alla base di questo secondo acquifero, ad una profondità compresa tra i 40 e i 50 da p.c., si rileva la presenza del substrato argilloso, costituito dai depositi marini e transizionali di età pliocenica, non affioranti nel territorio comunale.

In riferimento alla situazione locale, si sono utilizzate le colonne litostratigrafiche dei sondaggi realizzati in sito per elaborare le sezioni geologiche allegate (all.n.5), nelle quali si possono individuare le seguenti litozone, con caratteristiche idrogeologiche significativamente differenti:

- Litozona superficiale: risulta costituita da ghiaie e sabbie limose, non alterate, con locali lenti argillose di spessore metrico e limitata continuità, caratterizzata da buona permeabilità; nell'attuale area estrattiva e impiantistica lo spessore risulta variabile, da circa 7 m in corrispondenza del PZ 2, a SW del piazzale impianti, a oltre 21 m in corrispondenza del PZ 3, a N del piazzale impianti; nell'area di ampliamento, in base alle indagini sismiche, lo spessore varia da 15 m nella parte centrale a circa 20 m in quella più meridionale; in generale gli spessori minori si riscontrano al margine occidentale delle aree estrattive attuali e di ampliamento, aumentando verso l'asse della vallecola, che ospita l'area di intervento, orientata circa NNW-SSE;

- Litozona intermedia: posta al di sotto della precedente, risulta costituita da ghiaie e sabbie limoso-argillose alterate, con limitate lenti argillose ed è caratterizzata da minore permeabilità rispetto alla precedente; ospita la falda freatica, che nei recenti rilievi risulta avere una superficie piezometrica corrispondente all'incirca al contatto tra le due litozone descritte; la base di questa unità è identificabile a diverse profondità, evidenziando una natura erosionale, si individua infatti a circa 15 m in corrispondenza del PZ 2, a SW del piazzale impianti, e circa 21 m in corrispondenza del PZ 1, a E del piazzale.
- Litozona inferiore: è la più profonda tra quelle attraversate dai sondaggi, risulta costituita prevalentemente da alternanze di argille e argille sabbiose ed è caratterizzata da bassa permeabilità.

5.2 Rete di monitoraggio del sito

La rete di monitoraggio del sito è costituita da piezometri realizzati in diversi periodi, a partire dal 2002 fino alla recente realizzazione del "PZ6", ubicato al margine della strada interpoderale a SW del sito.

Nel successivo § 5.3 è riportata una planimetria con l'ubicazione dei piezometri (*"Elaborazione della piezometria riferite a luglio 2025"*).

Nella seguente tabella si riassumono le caratteristiche principali dei piezometri:

PIEZOMETRO	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ6
Data di realizzazione	Novembre 2003	Novembre 2003	Ottobre 2002	Giugno 2004	-	Aprile 2025
Posizione	Angolo SE del piazzale principale	Angolo SW del piazzale principale	Angolo NE del piazzale principale	Margine meridionale del piazzale principale	Angolo SW dell'area di cava	Margine strada vicinale a SW del sito
Posizione rispetto al flusso sotterraneo	A valle	A monte	Laterale	Laterale	A monte	Laterale
Quota di testa	241,74	241,27	-	240,31	254,21	253,65
Diametro	Tubo PVC DN 101 mm	Tubo PVC DN 101 mm	Tubo PVC DN 101 mm	Tubo PVC DN 101 mm	-	Tubo PVC DN 101 mm
Profondità	30 m	30 m	21 m	30 m	-	35 m
Posizione dei filtri	-	-	-	15-29,5 m	-	10-35
Acquifero captato	Falda freatica	Falda freatica	Falda freatica	Falda freatica	Falda freatica	Falda freatica
Stato attuale	Misurabile	Non misurabile	Non misurabile	Non misurabile (Trasformato in pozzo ad uso industriale)	Misurabile	Misurabile

5.3 Flusso delle acque sotterranee

Nello studio geologico del P.R.G. di Castelletto Sopra Ticino (Tav. 2 - *Carta geoidrologica*) (stralcio riportato nel precedente § 4.1), per l'area in esame non è riportata la piezometria della falda freatica, che risulta invece indicata più a Est del sito, a partire da località Glisente, con flusso rivolto verso Est.

Sempre secondo quanto riportato nello studio geologico del P.R.G. (Rel. 1 – *Relazione geologica*), nella parte orientale del territorio, si nota la presenza di un marcato asse di drenaggio, in corrispondenza della piana posta a Est di località Glisente, con raccordo della superficie freatica al livello del lago.

Per valutare il flusso sotterraneo locale, si riportano di seguito le misure freatimetriche, che vennero effettuate nel periodo novembre 2003 – novembre 2004 nei piezometri allora presenti, ubicati attorno al piazzale impianti:

PIEZOMETRO P1		
Quota bocca pozzo in m s.l.m.		241.81
Data rilevazione	Livello statico (m da p.c.)	Quota piezometrica assoluta (m s.l.m.)
18-nov-03	18.02	223.79
25-nov-03	18.10	223.71
13-gen-04	17.97	223.84
2-mar-04	18.11	223.70
16-apr-04	17.99	223.82
31-mag-04	18.03	223.78
13-lug-04	18.07	223.74
25-ago-04	18.06	223.75
8-ott-04	18.07	223.74
11-nov-04	17.67	224.14

PIEZOMETRO P2		
Quota bocca pozzo in m s.l.m.		241.27
Data rilevazione	Livello statico (m da p.c.)	Quota piezometrica assoluta (m s.l.m.)
18-nov-03	12.84	228.43
25-nov-03	12.40	228.87
13-gen-04	11.72	229.55
2-mar-04	11.77	229.50
16-apr-04	11.86	229.41
31-mag-04	11.65	229.62
13-lug-04	11.82	229.45
25-ago-04	11.98	229.29
8-ott-04	11.75	229.52
11-nov-04	11.39	229.88

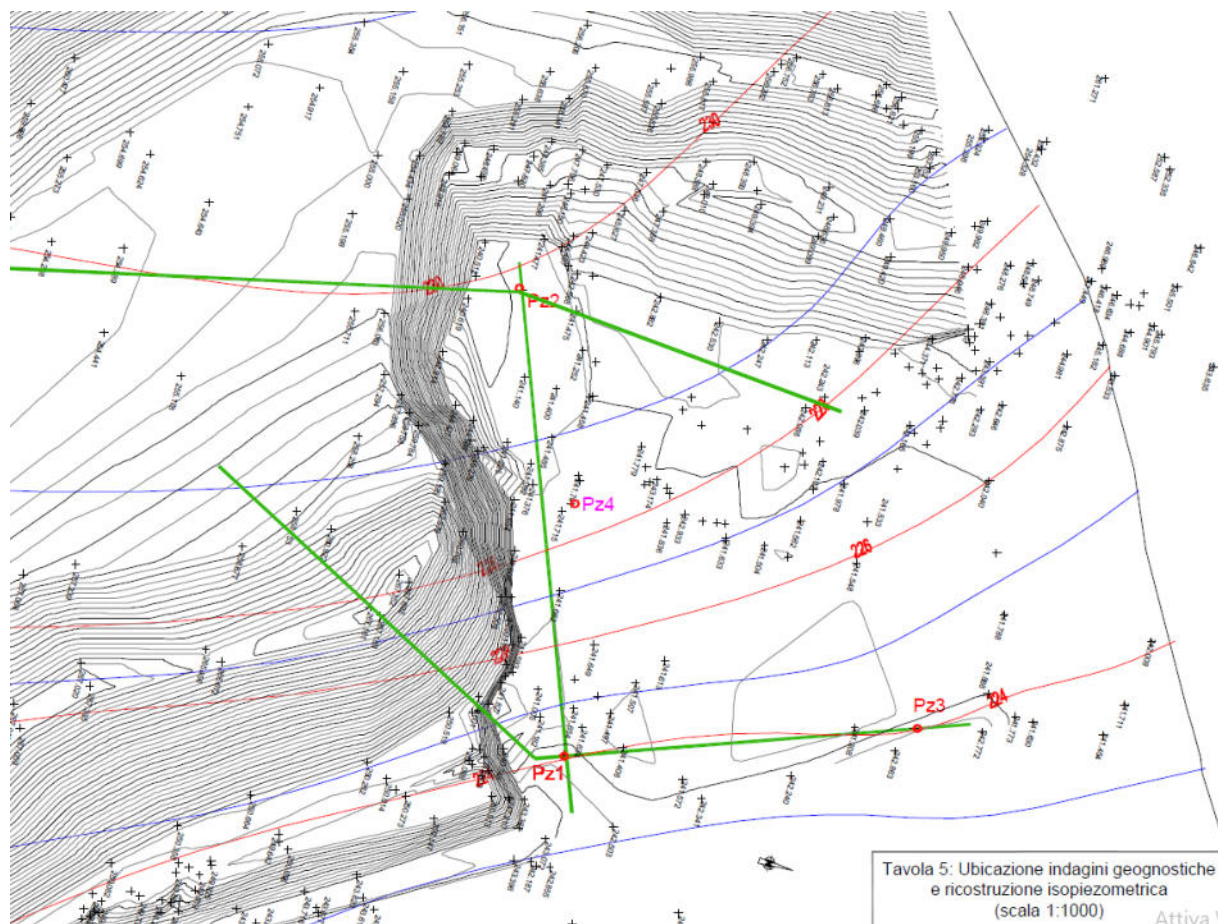
PIEZOMETRO P4		
Quota bocca pozzo in m s.l.m.		240.31
Data rilevazione	Livello statico (m da p.c.)	Quota piezometrica assoluta (m s.l.m.)
X		
X		
X		
X		
X		
29-giu-04	11.44	228.87
13-lug-04	11.68	228.63
25-ago-04	11.81	228.50
8-ott-04	11.99	228.32
11-nov-04	11.71	228.60

I tre piezometri considerati hanno quote di bocca pozzo, che corrispondono approssimativamente al piano campagna dell'area impianti e forniscono le seguenti indicazioni:

- un flusso orientato verso NE per l'area impianti e più verso Est per l'area estrattiva;
- una soggiacenza variabile da un minimo di circa 11,4 m in corrispondenza dei piezometri PZ2 e PZ4 a un massimo di circa 18,1 m in corrispondenza del piezometro PZ1;
- oscillazioni piezometriche stagionali variabili da decimetriche (PZ1 – lato orientale) a circa 1,5 m (PZ2 – lato occidentale).

Si riporta di seguito uno stralcio della planimetria del sito tratta dalla relazione geologica, che venne redatta nel giugno 2006, con la superficie freatica riferita a novembre 2004.

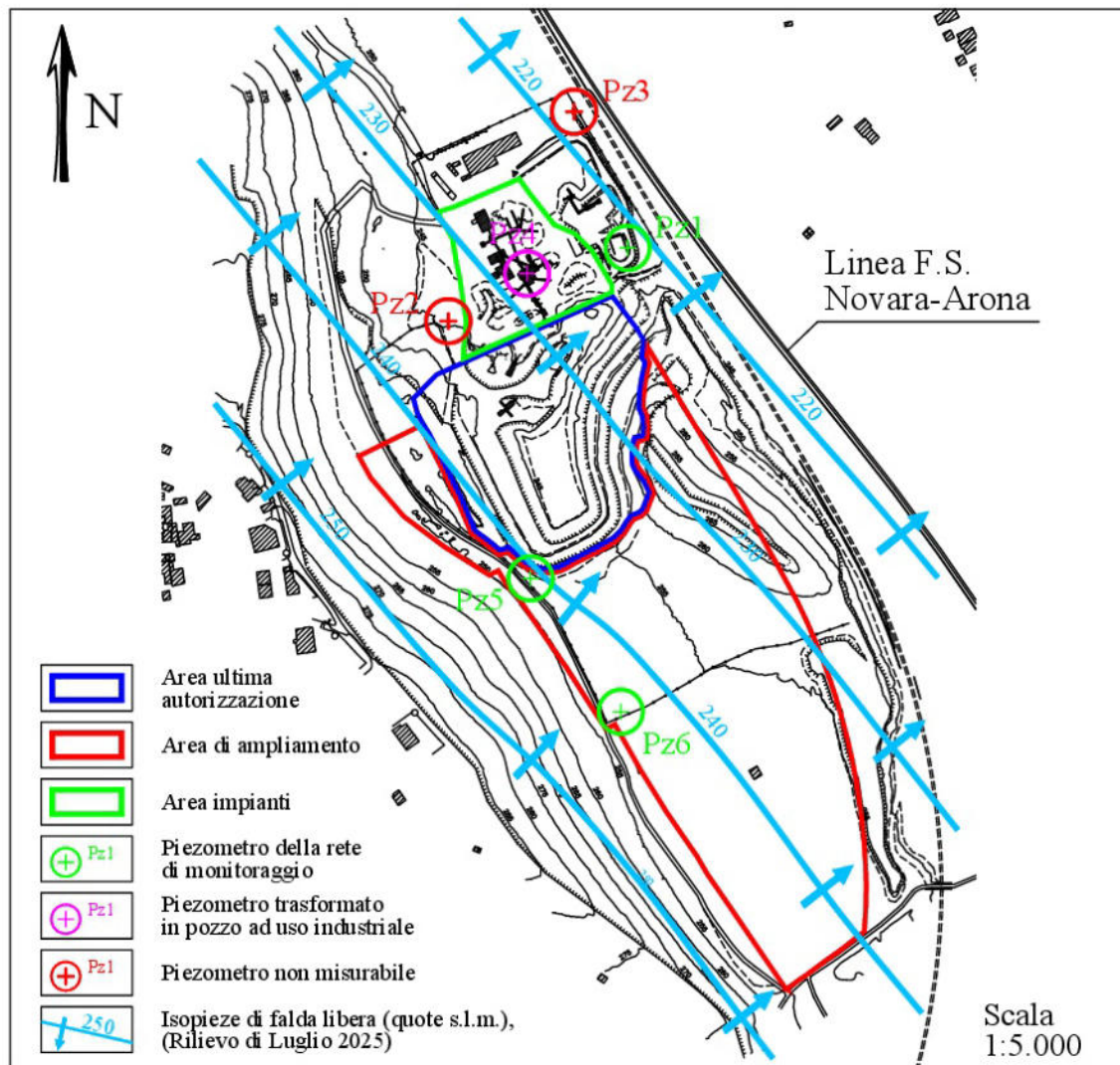
Elaborazione della piezometria riferite a novembre 2004



Si riportano i rilievi piezometrici dell'ultima campagna di misurazioni eseguita in data 17 luglio 2025, con la relativa elaborazione piezometrica per l'area di cava attuale e per l'area di ampliamento in progetto.

	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ6
17/07/2025	< 221,5 m s.l.m.	Non utilizzabile	Non utilizzabile	Adibito a pozzo	240,73 m s.l.m.	243,50 m s.l.m.

Elaborazione della piezometria riferite a luglio 2025



Dall'elaborazione sopra riportata, si possono trarre le seguenti indicazioni:

- una direzione di flusso orientata prevalentemente verso NE;
- un gradiente di circa $i = 10\%$, che unitamente alla morfologia dell'area determina soggiacenze variabili nelle diverse aree considerate:
 - tra i 12 e i 22 m in corrispondenza dell'area impianti;
 - tra i 7 e i 18 m in corrispondenza del piazzale di cava dell'attuale area estrattiva;
 - tra i 8 e i 30 m in corrispondenza del p.c. principale (fondo della vallecola) dell'area di ampliamento;

Dal confronto tra le misurazioni condotte nel 2003-2004 e quelle effettuate recentemente (luglio 2025), si osserva una sostanziale corrispondenza, con flussi sotterranei alimentati dai rilievi morenici a SW del sito e con flusso rivolto verso NE, in accordo con l'andamento descritto dallo studio geologico del P.R.G. a scala comunale.

I flussi sono caratterizzati da gradienti elevati (10%), probabilmente dovuti alla componente più fine dei depositi, che limita la permeabilità.

L'attuale progetto prevede l'ampliamento dell'area estrattiva verso S-SE, profilando il piano di fondo scavo in modo da conservare un franco di almeno 2,1 m rispetto alla prevedibile massima risalita della falda freatica (*Relazione tecnica*, § 5.1 "Completamento e ampliamento degli scavi estrattivi").

Tale profilatura del piano di fondo, con ridistribuzione superficiale del terreno umico, sarà mantenuta anche per il recupero ambientale, favorendo la raccolta e il drenaggio delle acque di scorrimento superficiale (*Relazione tecnica*, § 5.4 "Sistema di drenaggio delle acque meteoriche superficiali").

5.4 Vulnerabilità intrinseca della prima falda

La vulnerabilità intrinseca di un acquifero rappresenta la facilità con cui può essere raggiunto da un eventuale inquinante per infiltrazione dalla superficie topografica o, ancora, la suscettività specifica di questo ad ingerire o diffondere un inquinante liquido idrotrasportato (Albinet e Margat, 1970).

La valutazione viene espressa considerando le condizioni intrinseche dell'acquifero, in funzione delle sue caratteristiche granulometriche, tessiturali e idrauliche, nello stato attuale.

Per la valutazione della vulnerabilità, si è adottato il metodo G.O.D. (Foster, 1987), che permette una significativa stima della possibilità di diffusione degli inquinanti dalla zona insatura al terreno saturo.

Il metodo si basa sull'identificazione dei seguenti fattori:

- tipo di falda;
- composizione dell'acquifero;
- soggiacenza della falda.

A ciascuno dei parametri si assegna un valore, variabile da 0 a 1, ed il prodotto fornisce il grado di vulnerabilità dell'acquifero, in termini relativi e quantitativi.

Il metodo consente di distinguere i seguenti gradi di vulnerabilità intrinseca della prima falda:

Estrema
Alta
Moderata
Bassa
Trascurabile

La valutazione è stata elaborata considerando lo stato attuale dei luoghi per l'area di cava precedentemente autorizzata e per l'area di ampliamento; viene inoltre considerato lo stato finale di recupero ambientale del progetto.

L'applicazione del metodo ha fornito i seguenti gradi di vulnerabilità:

Stato attuale dell'area di cava precedentemente autorizzata	
Zona di analisi	Piazzale di fondo cava (quota 243 m s.l.m.)
Acquifero	Primo acquifero (<i>Complesso idrogeologico dei depositi glaciali</i>)
Tipo di falda	Libera
Composizione dell'acquifero	Depositi glaciali senza copertura pedogenizzata (<i>depositi prevalentemente grossolani, ghiaioso-sabbiosi, non alterati</i>)
Profondità media della falda in condizioni di minima soggiacenza	7 m
Indice G.O.D.	0,4
Classe di vulnerabilità	Moderata

Stato attuale dell'area di ampliamento	
Zona di analisi	Piano campagna indisturbato della parte meridionale dell'ampliamento (quota 253 m s.l.m.)
Acquifero	Primo acquifero (<i>Complesso idrogeologico dei depositi glaciali</i>)
Tipo di falda	Libera
Composizione dell'acquifero	Depositi glaciali con copertura pedogenizzata (<i>depositi prevalentemente grossolani, ghiaioso-sabbiosi, non alterati, coperti da suolo</i>)
Profondità media della falda in condizioni di minima soggiacenza	16 m
Indice G.O.D.	0,4
Classe di vulnerabilità	Moderata

Nello stato attuale, pur con differenti spessori dell'insaturo, sia l'area di cava, che quella oggetto di ampliamento risultano individuabili nella classe di vulnerabilità: "moderata" dell'acquifero superficiale.

Si procede all'applicazione del metodo per la valutazione della vulnerabilità per il piano di fondo del sito nella condizione finale di recupero ambientale.

Stato finale di recupero ambientale	
Zona di analisi	Piazzale di fondo cava (quota media 243 m s.l.m.)
Acquifero	Primo acquifero (<i>Complesso idrogeologico dei depositi glaciali</i>)
Tipo di falda	Libera
Composizione dell'acquifero	Depositi glaciali con ripristino della copertura pedogenizzata (<i>depositi prevalentemente grossolani, ghiaioso-sabbiosi, non alterati, coperti da suolo</i>)
Profondità media della falda in condizioni di minima soggiacenza	7 m
Indice G.O.D.	0,4
Classe di vulnerabilità	Moderata

Nello stato finale di recupero ambientale, le condizioni medie del piano di fondo del sito risultano individuabili nella classe di vulnerabilità "moderata" dell'acquifero superficiale, la stessa classe individuata per lo stato attuale.

6 STUDIO GEOTECNICO

6.1 Indagini in sito

6.1.1 Sondaggi

Come descritto nel precedente § 5.2, in vari periodi sono stati realizzati complessivamente n. 6 sondaggi geognostici completati come piezometri.

Per l'ubicazione dei sondaggi si veda la planimetria riportata nel precedente § 5.2.

I sondaggi da 1 a 4 vennero realizzati a partire dal piano del piazzale, che ospita gli impianti di lavorazione, quindi con quote di p.c. comprese tra circa 241 e 242 m s.l.m., per profondità fino a circa 30 m; l'ultimo sondaggio n. 6, di recente realizzazione (aprile 2025), è stato ubicato a S dell'attuale area estrattiva, lungo la strada vicinale, che percorre il fianco occidentale dell'area di ampliamento in progetto, ad una quota di piano campagna di circa 253,8 m s.l.m., per una profondità di circa 35 m dal p.c.

Si allegano le stratigrafie disponibili, dei sondaggi n. S1, S2, S3 e S6 (all.n.2).

6.1.2 Prove SPT

Durante la realizzazione dei sondaggi S1, S2, S3, vennero realizzate n. 2 prove SPT a fondo foro per ciascun sondaggio.

SONDAGGIO	PROFONDITÀ DI INIZIO PROVA (m da p.c.)
1	4,0
	8,0
2	4,0
	8,0
3	4,0
	8,0

6.1.3 Analisi granulometriche

Durante la campagna di indagini condotta nel 2003, vennero effettuate le seguenti analisi granulometriche, che si allegano (all.n.3):

- n. 2 campioni riferiti al sondaggio S1 (profondità -4,5 e -10,5 m da p.c.);
- n. 2 campioni riferiti al sondaggio S2 (profondità -8,7 e -11,5 m da p.c.);
- n. 6 campioni prelevati dal fronte di scavo (campioni A, B, C, D, E, F), che in quel momento era ubicato all'incirca al margine meridionale dell'area impianti.

In particolare, i campioni che vennero prelevati dal fronte risultano rappresentativi della "litozona superficiale" (descritta nel precedente § 5.1), che costituisce la successione di terreni oggetto di estrazione e che è interessata dall'ampliamento in progetto.

6.1.4 Stendimenti sismici

In tempi recenti, in data 30/04/2025, si sono realizzati n. 2 stendimenti sismici per l'analisi MASW ReMi e per la tomografia in corrispondenza dell'area di ampliamento (all.n.4).

Tali indagini hanno lo scopo di caratterizzare i litotipi nell'area d'interesse tramite la misura delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s), ricavando la successione stratigrafica sismica fino alla profondità approssimativa di 35 m.

Per ogni stendimento sono stati utilizzati 24 ricevitori, con distanza intergeofonica di 2 m (all.n.3), utile per ricavare il parametro $V_{s,eq}$ ed identificare la "categoria del sotto-suolo di fondazione", secondo quanto indicato nelle recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. n. 8 del 17/01/2018 "Aggiornamento delle NTC" e Circolare esplicativa 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP).

Nei due stendimenti sono state realizzate altrettante tomografie per contribuire alla definizione della stratigrafia locale.

6.2 Litostratigrafia del sito

La cava si trova in un'area caratterizzata da depositi quaternari di natura glaciale; in particolare la coltivazione risulta impostata lungo il fondo di una vallecola posta tra cordoni morenici, orientati circa NNW-SSE.

In base alle indagini geognostiche condotte in passato, integrate con le ulteriori recenti indagini, si è individuata la litostratigrafia dei fronti attuali e dell'area di ampliamento, riportata nelle sezioni geologiche allegate (all.n.5).

In particolare, la recente campagna di indagini ha permesso di evidenziare i seguenti aspetti:

- Sondaggio completato come piezometro PZ 6: il sondaggio a carotaggio continuo ha permesso l'osservazione diretta della stratigrafia locale, riferita al margine occidentale della vallecola; in tale posizione, il giacimento di inerti ha localmente una profondità di circa 7,6 m ed è costituito prevalentemente da "*Ghiaia con sabbia limosa*".
- Stendimenti sismici: le indagini geofisiche, ubicate lungo l'asse della vallecola, hanno fornito indicazioni indirette sulla stratigrafia; in particolare, dall'andamento delle "velocità di taglio verticale" è possibile osservare una significativa variazione con la profondità, che indica il passaggio da terreni prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, presenti in superficie, a terreni più sabbioso-limosi, presenti in profondità. I terreni ghiaioso-sabbiosi prevalgono fino ad una profondità di circa 15 m nello stendimento 1 e circa 20 m nello stendimento 2.

Inoltre, lo sfruttamento eseguito ha esposto fronti di scavo con altezze comprese tra 16 e 23 m, permettendo l'osservazione diretta della successione.

In generale, il giacimento utile coltivato fino ad ora risulta costituito da depositi, in cui la frazione ghiaiosa risulta preponderante, con clasti di pezzatura piuttosto eterometrica.

La matrice è prevalentemente costituita da sabbie, la cui granulometria varia da sabbia grossolana a fine, con scarsi limi e argille.

Durante la campagna di indagini condotta nel 2003, venne effettuata l'analisi granulometrica di alcuni campioni di terreno ubicati all'interno dello spessore dei depositi oggetto di coltivazione (all.n.3), ovvero all'interno della "litozona superficiale" descritta nel precedente § 5.1.

Da tali campioni risultò la seguente distribuzione granulometrica:

CAMPIONE	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO + ARGILLA
A	67,58	31,47	0,95
B	67,73	31,40	0,87
C	12,47	56,10	31,43
D	15,55	58,50	25,95
E	46,38	51,73	1,89
F	14,32	75,96	9,72

I campioni A, B, E rappresentano i terreni prevalenti nel giacimento, costituiti da ghiaie e sabbie limose ciottolose, non alterate, mentre i campioni C, D, F rappresentano lenti di sterili di cava.

Per tali lenti, si stima una presenza di circa il 10 % del volume complessivo, con riutilizzo dei terreni in sito per gli interventi di recupero ambientale.

Pertanto, dal punto di vista litologico, localmente il giacimento utile corrisponde alla "litozona superficiale", costituita da depositi prevalentemente grossolani, ghiaioso-sabbiosi, non alterati.

Tale giacimento, già coltivato da tempo, risulta presente anche a Sud dell'attuale area estrattiva.

L'ampliamento in progetto interessa la sola "litozona superficiale" e sarà realizzato con profondità variabili: nella parte più meridionale gli scavi interesseranno una profondità fino a circa 10 m dal p.c., mentre in corrispondenza dell'area precedentemente autorizzata saranno riattivati i fronti attuali, con una profondità di circa 15 m dall'originario p.c. del fondo valle, mentre in corrispondenza del cordone morenico, al margine orientale del sito, il fronte di scavo raggiungerà l'altezza maggiore, fino a 23 m.

In generale, le quote di fondo scavo del piazzale di fondo diminuiranno da Sud verso Nord, delineando un piano inclinato con pendenza di circa 0,5 %; nella parte meridionale dell'ampliamento la superficie di fondo scavo sarà posta a quote di circa 243,6 m s.l.m., che andranno diminuendo gradualmente verso Nord, fino al raccordo con il piano di fondo scavo già previsto dalla precedente autorizzazione, posto a quota di 240,5 m s.l.m.

6.3 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

La coltivazione sarà proseguita e ampliata nell'ambito della sola "litozona superficiale", composta dalle seguenti unità geotecniche (all.n.5), a geometria lentiforme e spessore variabile:

- Unità A: rappresenta la parte superiore della litozona, con spessore indicativamente decametrico, ed è composta prevalentemente da ghiaia con sabbia limosa
- Unità B: si colloca al di sotto della precedente, con spessori tra i 5 e i 9 m, ed è composta prevalentemente da sabbia e ghiaia
- Unità C: è alla base della litozona ed è composta prevalentemente da ghiaia e sabbia ciottolosa

Sulla base delle indagini descritte e dal confronto con i dati riportati in letteratura per terreni analoghi (sottoposti alle stesse condizioni geologico-tecniche), le unità geotecniche che costituiscono la "litozona superficiale" si possono cautelativamente caratterizzare nel modo seguente ("valori caratteristici", D.M. n. 8 del 17/01/2018 e *Circolare esplicativa* 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP):

unità A

Angolo di attrito (Meyerhof)
Coesione non drenata
Peso di volume

Ghiaia con sabbia limosa

ϕ = 32°
Cu = 0 t/m²
 γ = 2,0 t/m³

unità B

Angolo di attrito (Meyerhof)
Coesione non drenata
Peso di volume

Sabbia e ghiaia

ϕ = 31°
Cu = 0 t/m²
 γ = 1,9 t/m³

unità C

Angolo di attrito (Meyerhof)
Coesione non drenata
Peso di volume

Ghiaia e sabbia ciottolosa

ϕ = 33°
Cu = 0 t/m²
 γ = 2,0 t/m³

Il progetto prevede l'estrazione condotta con fronti gradonati, con alzate alte 8 m, inclinate a 30°, e pedate larghe 5 m, come previsto dall'art. 18 del PAEP (*"Cave sopra falda"*); tali fronti saranno successivamente rimodellati con riporti per formare un profilo di recupero ambientale gradonato con alzate a 20°, come previsto dall'art. 39 del PAEP (*"Indicazioni per il recupero delle Cave fuori falda coltivate a fossa"*) e pedate larghe 3 m (*Relazione tecnica § 5.2*).

Per tali riprofilature saranno utilizzati i rifiuti di estrazione del giacimento, costituiti da sterili di cava e fanghi derivanti dalla lavorazione del talquale.

Ai fini delle verifiche di stabilità dei pendii finali di recupero ambientale, si assume la seguente caratterizzazione geotecnica, cautelativa, per i terreni da utilizzare:

<u>unità R</u>	<u>Terreni di riporto sabbioso-limosi</u>
Angolo di attrito (Meyerhof)	$\phi = 27^\circ$
Coesione non drenata	$C_u = 2,0 \text{ t/m}^2$
Peso di volume	$\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$

6.4 Caratterizzazione sismica

Ai fini della classificazione sismica del territorio nazionale, il Comune di Castelletto sopra Ticino (secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 4-3084 del 12/12/2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21/05/2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30/12/2019) appartiene alla "zona sismica 4".

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

Alla "zona sismica 4" corrispondono valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastica $ag/g = 0,05$.

6.4.1 Categoria di suolo di fondazione

In base alle 2 prospezioni sismiche eseguite in sito, si individuano le seguenti categorie di suolo:

Stendimento n. 1 (Nord):

"B": "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."

Stendimento n. 2 (Sud):

"C": "Depositati 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."

Ai fini delle verifiche di stabilità, si considera cautelativamente che i terreni del sito appartengano alla categoria di suolo "C".

6.4.2 Condizioni topografiche

Complessivamente, le caratteristiche di acclività dei fronti di scavo e dei pendii di recupero rientrano nella Categoria T2, ovvero *"Pendii con inclinazione media maggiore di 15°"*.

6.4.3 Caratteristiche dell'opera

L'intervento in oggetto consiste nella prosecuzione e ampliamento di una cava di inerti in cui le opere da sottoporre a verifica di stabilità sono costituite dai fronti di scavo e dai pendii finali di recupero.

Tali opere, realizzate con movimenti terra, appartengono alla Classe II, ovvero *“costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali (...)”*.

Alla Classe d'uso II è associato il coefficiente d'uso $CU = 1$.

6.4.4 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati l'accelerazione orizzontale massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale:

ag: accelerazione orizzontale massima di riferimento del terreno

Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dell'accelerazione orizzontale dello spettro

Tc*: periodo di inizio del tratto a velocità costante dell'accelerazione orizzontale dello spettro

I valori di questi parametri sono definiti in funzione del tempo di ritorno.

Per ogni altro punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare contenente il punto in esame.

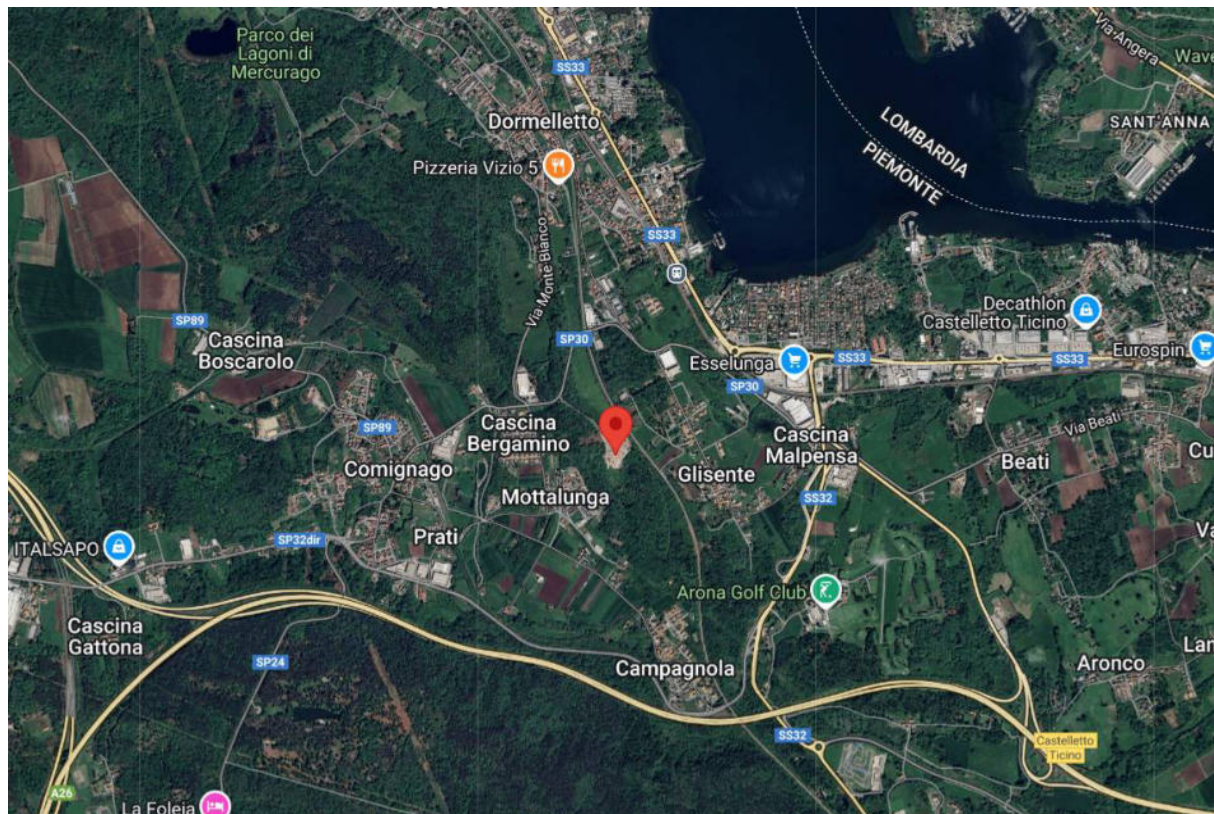
I parametri sismici di base, riportati in allegato, sono calcolati sulla base delle coordinate geografiche del sito, la classe d'uso della costruzione, il relativo coefficiente d'uso e la vita nominale della costruzione.

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
Classe d'uso: II
Coefficiente d'uso (Cu): 1
Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]
Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del sito

Latitudine (WGS84): 45, 715160 [°]

Longitudine (WGS84): 8, 578287 [°]



Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per il punto di indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.014	2.583	0.159
SLD	50	0.018	2.548	0.168
SLV	475	0.038	2.641	0.279
SLC	975	0.046	2.692	0.305

6.4.5 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in una zona dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche, dalla successione litostratigrafica e dalle proprietà fisiche e meccaniche delle litologie, che la costituiscono.

Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche, che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Di seguito, sono riportati i valori delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche definite ai vari stati limite.

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.007	0.014	0.016
kv	0.003	0.003	0.007	0.008
amax [m/s ²]	0.255	0.320	0.671	0.804
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

6.5 Analisi di stabilità

6.5.1 Impostazione generale

Il caso in esame riguarda un'attività di cava con estrazioni, che già costituiscono fronti di scavo e per il cui proseguimento è prevista la riattivazione, con l'ampliamento di tali fronti.

I fronti finali saranno riprofilati con riporti, per ricavare la morfologia di recupero ambientale, in condizioni di equilibrio e adatta ad ospitare gli interventi di rinverdimento.

Pertanto, si procede all'analisi di stabilità dei seguenti casi, utilizzando le condizioni più gravose, che si possono presentare:

- fronti di scavo attuali;
- fronti di scavo in progetto (fronte occidentale e fronte orientale);
- pendii finali di recupero ambientale in progetto (pendio occidentale e pendio orientale).

Per l'esecuzione delle verifiche di stabilità, si considera la caratterizzazione geotecnica dei terreni in sito e dei riporti secondo i parametri descritti nel § 6.3.

6.5.2 Descrizione dei fronti di scavo attuali

Gli scavi eseguiti hanno determinato la formazione di fronti disposti ad anfiteatro con le seguenti caratteristiche:

IDENTIFICAZIONE E ORIENTAZIONE DEL FRONTE	LUNGHEZZA (m)	ALTEZZA COMPLESSIVA (m)	INCLINAZIONE DELLE ALZATE (°)	TIPO DI PENDIO
Fronte orientale	150	23	Tra 26° e 30°	Tre gradoni
Fronte meridionale	70	10	Tra 25° e 28°	Due gradoni
Fronte occidentale	140	12	Tra 27° e 30°	Due gradoni

I fronti di scavo provvisori appaiono realizzati con geometrie regolari, le superfici sono ricoperte da rada vegetazione spontanea e non risultano interessati da dissesti.

Ai fini delle verifiche di stabilità, cautelativamente si considera la situazione attualmente più gravosa, che corrisponde al tratto centrale del fronte orientale, caratterizzato dalla maggiore altezza:

- altezza massima = 23 m;
- fronte gradonato: formato da alzate di circa 6-8 m e pedate di 5 m;
- inclinazione dell'alzata dei gradoni = 30°.

6.5.3 Descrizione dei fronti di scavo in progetto

Il progetto prevede la riattivazione e l'ampliamento dei fronti di scavo (tav.n.6VER); si considerano cautelativamente i due fronti più rappresentativi:

- **Fronte orientale:** alto complessivamente 23 m (parte centrale del fronte), con tre gradoni caratterizzati da alzate di circa 8 m, inclinate a 30°, con interposte due pedate larghe 5 m.
- **Fronte occidentale:** alto complessivamente 23 m con due gradoni caratterizzati da alzate di circa 8 m, inclinate a 30°, con interposta una pedata larga 5 m; il fronte è sormontato dalla strada vicinale e dal pendio, inclinato normalmente tra 22° e 25°, del cordone morenico, su cui è ubicata la frazione Mottalunga del Comune di Dormelletto.

6.5.4 Descrizione dei pendii finali di recupero ambientale

Per il recupero ambientale del sito, si prevede di riprofilare, con riporti, i fronti perimetrali di scavo con inclinazione costante di 20° , interrotta da una pedata larga circa 3 m, da realizzare a metà del pendio (tav.n.8VER).

Ai fini dell'analisi di stabilità, per le condizioni più cautelative, si considera la sezione del tratto centrale del fronte orientale, caratterizzato dalla maggiore altezza:

- altezza massima = 23 m;
- fronte gradonato: formato da alzate di 8 m con pedata di 3 m;
- inclinazione massima delle alzate (costante) = 20° ;

6.5.5 Criteri di analisi

Per quanto previsto dalla normativa (D.M. n. 8 del 17/01/2018 “*Aggiornamento delle NTC*” e *Circolare esplicativa 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP*), nel caso di “*progettazione per azioni sismiche*” di “*opere e sistemi geotecnici*”, nelle verifiche di sicurezza si deve controllare, che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni, “*ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1,2$* ” (NTC 2018, § 7.11.4 e Circ. 2019 § C7.11.4).

Le verifiche vengono condotte esaminando le “sezioni tipo”, perpendicolari ai pendii, rappresentative delle condizioni più gravose per ciascuna situazione.

Per l'analisi si è applicato il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi (SLU); in particolare, utilizzando il coefficiente sismico $K_h = 0,014$ (SLV - Stati Limite di salvaguardia della Vita).

Per tali verifiche, si è utilizzato il metodo di Sarma (1974 - 1978), sviluppato da Hoek (1981, 1983, 1987), prevedendo superfici di rottura circolari, al piede delle scarpate.

In dettaglio, l'analisi è articolata nel seguente modo:

- individuazione, per successivi tentativi, delle superfici di scorrimento critiche;
- assunzione di una distribuzione di tensioni lungo tali superfici;
- risoluzione mediante un'equazione di equilibrio globale del terreno (considerato come corpo rigido), all'interno delle superfici di scorrimento.

Come descritto nel § 6.3, la coltivazione sarà proseguita e ampliata nell'ambito della "litozona superficiale", in cui possono essere distinte tre unità geotecniche.

Tali unità sono caratterizzate da geometria lentiforme e spessori variabili nell'ambito della litozona; pertanto, ai fini delle verifiche di stabilità (§ 6), i terreni della successione interessata dagli scavi in progetto saranno caratterizzati con i parametri geotecnici dell'unità B, risultando quelli più cautelativi.

Poiché gli scavi saranno condotti fuori falda, mantenendo un franco di 2,1 m dalla prevedibile massima risalita freatica, i terreni interessati dalle verifiche di stabilità sono considerati non saturi.

Per le verifiche si è valutata la stabilità attraverso l'utilizzo dei valori caratteristici dei parametri geotecnici dei terreni, con applicazione dei coefficienti parziali di sicurezza, considerando accettabile un fattore di sicurezza finale $F_s > 1,2$.

6.5.6 Risultati delle verifiche

Secondo le analisi di stabilità eseguite ed in riferimento alla normativa vigente (D.M. n. 8 del 17/01/2018 "*Aggiornamento delle NTC*" e *Circolare esplicativa 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP*), risulta quanto segue:

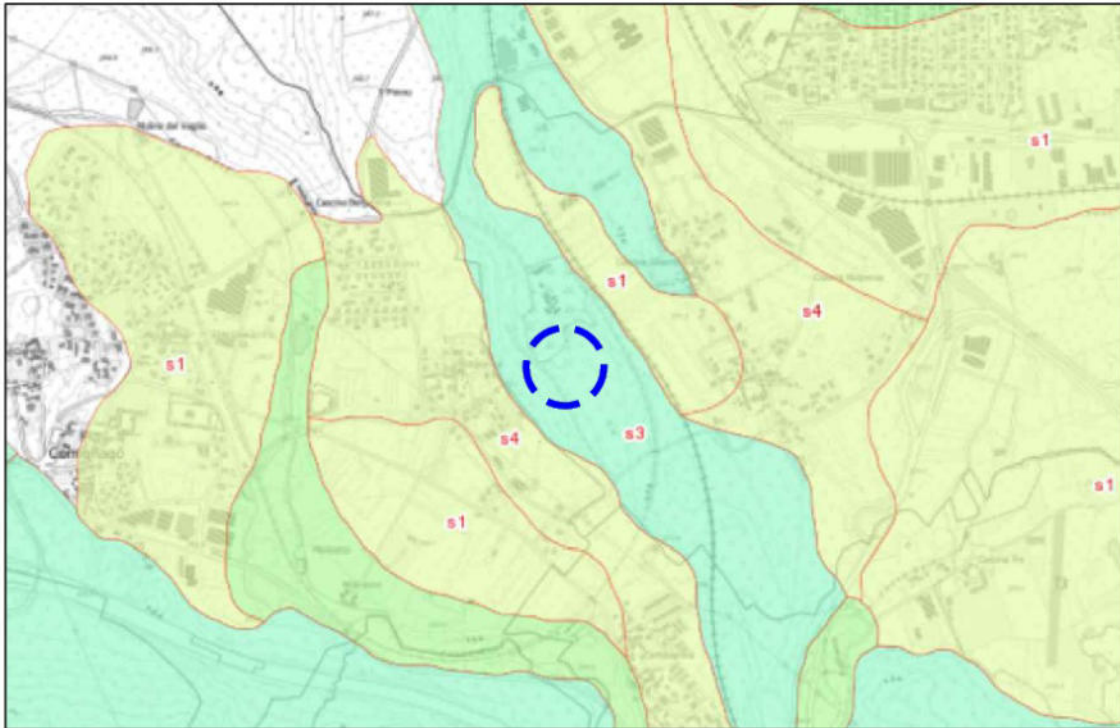
- i fronti di scavo attuali, considerato quello più gravoso per la maggiore altezza (21 m), ubicato al perimetro orientale dell'attuale area di cava, presentano condizioni di equilibrio, con $F_s > 1,2$ (all.n.6a, 6b);
- i fronti di scavo in progetto, considerato le due situazioni più gravose sopra descritte del fronte occidentale e di quello orientale, presentano condizioni di equilibrio, con $F_s > 1,2$ (all.n.6a, 6c);
- i pendii finali di recupero ambientale, considerato le due situazioni più gravose sopra descritte del pendio occidentale e del pendio orientale, presentano condizioni di equilibrio, con $F_s > 1,2$ (all.n.6a, 6d);

Pertanto, tutti i casi sottoposti a verifica di stabilità presentano condizioni di equilibrio, con $F_s > 1,2$ ovvero maggiore del valore minimo del fattore di sicurezza considerato accettabile (D.M. n. 8 del 17/01/2018 "*Aggiornamento delle NTC*" e *Circolare esplicativa 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP*).

7 CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE

In riferimento ai suoli, secondo i dati pubblicati dal portale regionale "Geopiemonte" (www.geoportale.piemonte.it), fonte IPLA, nell'intorno del sito e in corrispondenza dell'area di ampliamento sono presenti i seguenti suoli, con le relative caratteristiche:

*Portale Geopiemonte
Capacità d'uso dei suoli*



Area di intervento

Scala
1:5.000

- I - Prima
- II - Seconda
- III - Terza
- IV - Quarta
- V - Quinta
- VI - Sesta
- VII - Settima
- VIII - Ottava

Carta dei suoli e carte derivate - scala 1:250.000	
Suoli (IPLA – Sistema informativo pedologico)	
Sottogruppo	2330_06
Nome	Typic Dystrudept, profondi e grossolani, delle piane alluvionali
Classificazione	Typic Dystrudept
Legenda	Inceptisuoli di pianura non idromorfi e non ghiaiosi
Fase di riferimento	GUARABIONE franco-grossolana, fase tipica
Pedon di riferimento	ARBO0087
Morfologia	<p>Questo suolo si trova su alcuni terrazzi alluvionali relativamente recenti, in alcune profonde incisioni dei terrazzi antichi e su superfici pianeggianti intermoreniche di antichi scaricatori glaciali.</p> <p>La sua genesi è da attribuire all'azione deposizionale di corsi d' acqua a prevalente regime torrentizio che hanno formato il livello principale della pianura o hanno eroso gli antichi terrazzi alluvionali (o i dossi morenici) apportando dai retrostanti rilievi depositi sabbiosi non calcarei.</p> <p>L'uso del suolo è prevalentemente costituito da prati e coltivi in rotazione (risaie in aree limitate); nelle incisioni dei terrazzi antichi sono presenti cave di argilla con qualche porzione di bosco planiziale.</p>
Suolo	<p>Si tratta di suoli a medio grado evolutivo, non calcarei e profondi, con una profondità utile relativamente elevata (mediamente superiore agli 80-100 cm).</p> <p>La disponibilità di ossigeno è buona, il drenaggio è buono e la permeabilità moderatamente alta.</p> <p>La falda è relativamente profonda e non influenza le dinamiche idrologiche del suolo.</p> <p>L'orizzonte superficiale (topsoil) è nella maggior parte dei casi privo di scheletro, ha colore da bruno giallastro scuro a bruno giallastro, ha tessitura franco-sabbiosa, franca o franco-limosa e reazione acida o subacida.</p> <p>Gli orizzonti sottostanti, anch'essi generalmente privi di scheletro, hanno colore in prevalenza bruno giallastro e tessiture da franco-sabbiose a franco-limose (fino a sabbioso-franche), la reazione è acida o subacida.</p>
Note	Se sottoposti alla coltura del riso in sommersione divengono rapidamente attribuibili al Sottogruppo degli Anthraquic.
Cenni sulla gestione	Questi suoli soffrono di una scarsa fertilità e necessitano di calcitazioni ed apporti nutrizionali ed irrigui per fornire produzioni soddisfacenti. Sarebbe da evitare il loro utilizzo per la coltivazione del riso a causa delle tessiture grossolane che determinano una eccessiva perdita delle acque di irrigazione. Sono da considerare discreti per i cereali autunno-vernini, per la praticoltura e per l'arboricoltura da legno con specie di pregio (da preferire le acidofile).

Carta dei suoli e carte derivate - scala 1:50.000	
Unità cartografica	U1290
Reazione del subsoil	4,5-5,4 - Acido
Reazione del topsoil	< 4,5 - Fortemente Acido
Calcare del subsoil	Assente – Non calcareo
Calcare del topsoil	Assente – Non calcareo
Pietrosità del subsoil	Abbondante
Pietrosità del topsoil	Comune
Tessitura del subsoil	Franco-sabbioso
Tessitura del topsoil	Franco-sabbioso
Drenaggio	Moderatamente rapido. L'acqua è rimossa dal suolo rapidamente I suoli hanno comunemente tessitura grossolana (sabbioso-franca o franco-sabbiosa grossolana) e sono superficiali. Sono suoli soggetti saltuariamente a deficit idrico stagionale.
Capacità d'uso dei suoli	IV – Quarta Suoli con molte limitazioni che restringono la scelta delle colture agrarie e richiedono specifiche pratiche agronomiche.
Limitazioni	S3 - Pietrosità
Capacità protettiva dei suoli	Capacità protettiva moderatamente bassa e basso potenziale di adsorbimento. Suoli con una o più delle seguenti caratteristiche: presenza di scheletro in percentuali comprese tra 36 e 60%, tessitura franco-sabbiosa, presenza di crepacciature irreversibili nel topsoil, orizzonti permanentemente ridotti tra 50 e 100 cm di profondità. Suoli acidi oppure suoli da subacidità alcalini poco dotati in carbonio organico (<1.6%) e con basso tenore in argilla (<18%).

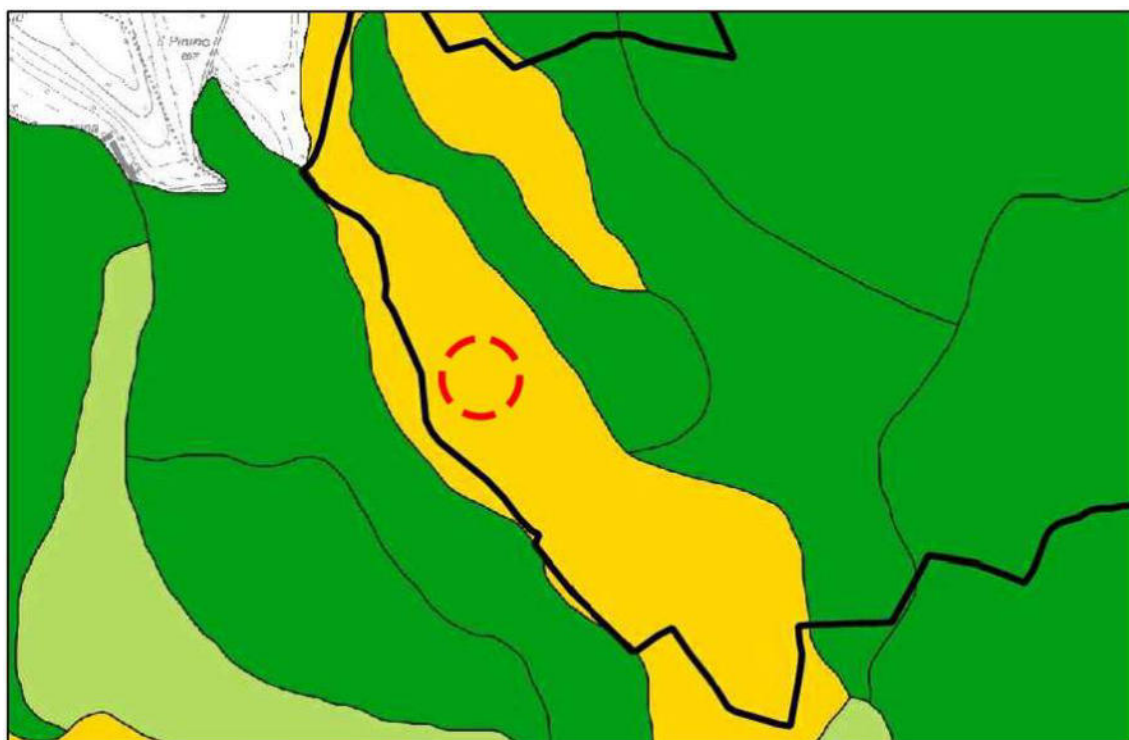
In sintesi, in riferimento al sito e al suo intorno, viene indicata la presenza di suoli classificati “*Typic Dystrudept*”, profondi e grossolani, non calcarei, delle pianure alluvionali, appartenenti alla IV° classe di capacità d'uso, con molte limitazioni, che restringono la scelta

delle colture agrarie e richiedono specifiche pratiche agronomiche; le limitazioni sono legate soprattutto alla pietrosità.

Si tratta di suoli a tessitura franco-sabbiosa e drenaggio moderatamente rapido, con capacità protettiva moderatamente bassa nei confronti delle acque sotterranee.

Lo stesso PRG di Castelletto Sopra Ticino, nell'ambito degli *"Studi agronomici e forestali sul territorio comunale"*, fornisce una indicazione della capacità d'uso dei suoli, confermando l'appartenenza dell'area di indagine alla IV° classe.

Comune di Castelletto Sopra Ticino - Piano Regolatore Variante Strutturale (agosto 2022)
Studi agronomici e forestali sul territorio comunale
Tav. 1 – Capacità d'uso e uso del suolo in atto a fini agricoli forestali ed estrattivi



Area di intervento

Scala
1:15.000

CLASSI DI CAPACITA' D'USO DEI SUOLI

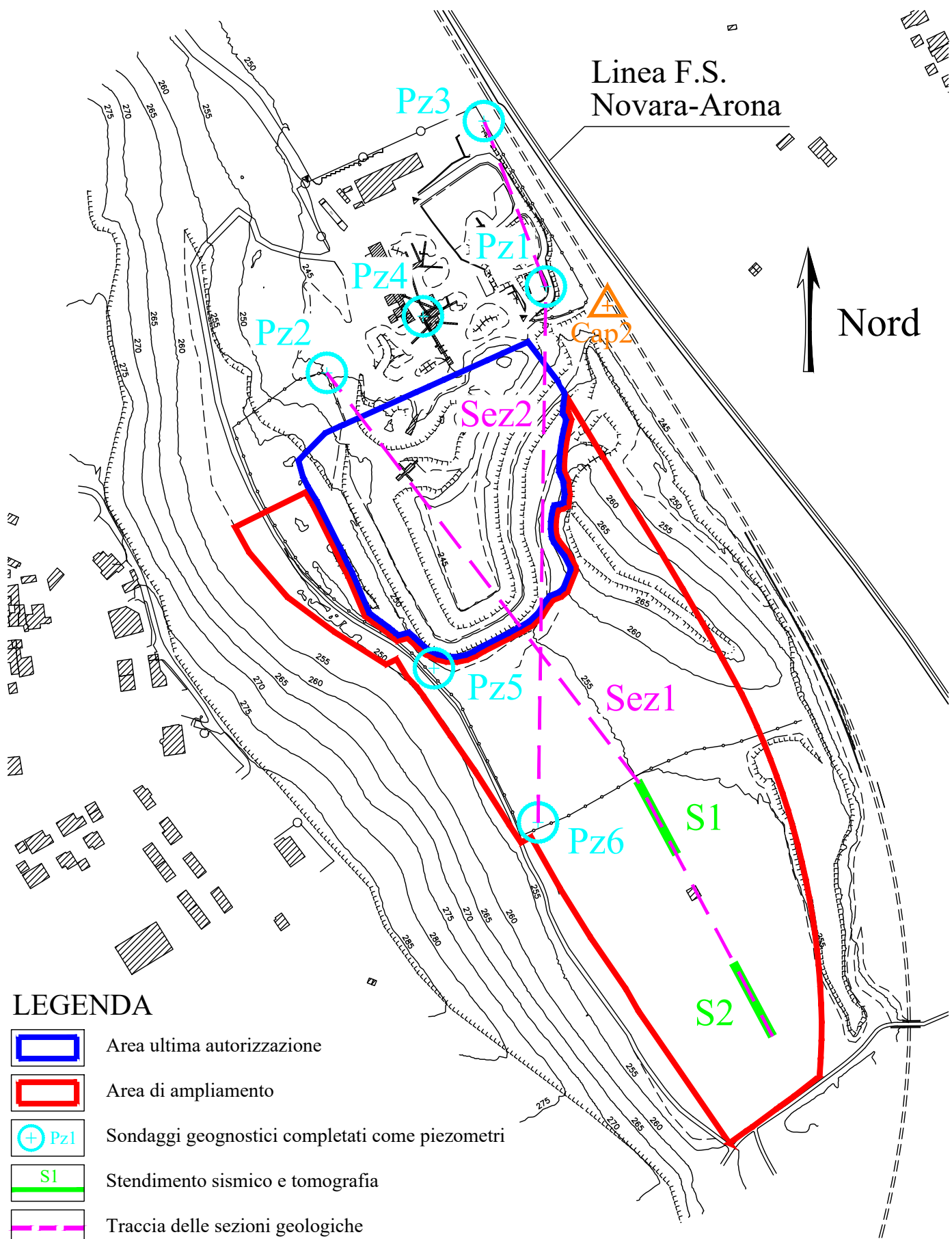


2



4

Il terreno umico rimosso per le precedenti attività estrattive risulta temporaneamente stoccato in un cumulo ubicato al margine occidentale del sito.



 TELLUS s.r.l. Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria	Data: 11-09-2025	Allegato N.: 1	Scala: 1:3.000
Ubicazione delle indagini in sito			



TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 2


COLONNE STRATIGRAFICHE DEI SONDAGGI




Committente	Castelletto Ticino (NO)	
Cantiere	Sondaggio 1	
Località	LUNA ROSSA S.R.L.	
Data Inizio	1 : 100	Data Fine

SONDAGGIO	
17 / 11 /2003	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Profondita'	S.P.T.	Perforazione
		Orizzonte pedogenetico,terreno organico con resti di foglie,radici,...		10 20 30 40	
	1	Riparto formato da sabbia con ghiaia e ciotoli anche centimetrici,non alterati,sub-arrotondati (anche frammenti di laterizi)colore marrone chiaro	0.60 1.00		
	2	Sabbia fine con ghiaia e ciotoli centimetrici non alterati,sub-arrotondati colore grigio-giallastro	1.60		
		Sabbia e ghiaia debolmente limosa di color marroncino chiaro con ciotoli poligenici non alterati fino a 5 cm	1.90		
	3	Sabbia fine limosa con poca ghiaia di colore nocciola	2.40		
		Grosso blocco granitoide(masso erratico) con altri blocchi decimetrici soprastanti			
			3.20		
	4	Limo e argilla con ciotoli colore nocciola,mediamente plastico,stato di consistenza medio-basso,cede poca acqua alla compressione	3.70	4.00	
		Sabbia e ghiaia con una piccola frazione limosa e grossi ciotoli gneissici e micascistosi poco alterati fino a 8 cm,colore grigio-marrone			
	5	Sabbia con ghiaia e ciotoli(3-4 cm mediamente)sub-arrotondati e non alterati,colore grigio	4.60	4.45	
	6	Ghiaia e ciotoli (porfiritici rosati)con matrice sabbiosa debolm.limosa-argillosa di color brunoastro	5.20		
	7				
			7.10		
	8	Ghiaia sabbiosa con ciotoli centimetrici non alterati di colore grigiastro			
			8.00	8.00	
		Ghiaia e sabbia fine di color marroncino chiaro			
	9	Sabbia e ghiaia con rari ciotoli non alterati,sub-arrotondati a matrice limosa,colore marrone nocciola	8.30	8.45	
	10	Sabbia debolmente limosa con ghiaia e rari ciotoli	9.50		
	11				
	12				
		Ghiaia e sabbia in matrice limosa-argillosa plastica con ciotoli poligenici sub-arrotondati poco alterati	12.00		
	13	Ghiaia,sabbia e ciotoli in matrice argillosa di color marrone con ciotoli non alterati,sub-arrotondati	12.50		
	14	Ghiaia e ciotoli in matrice limosa -argillosa,ciotoli sub-arrotondati,non alterati quelli di origine gneissica,da alterati a decomposti i micascistosi,colore da grigio a bruno	13.50		
	15				
			15.00		
	16	Ghiaia e ciotoli poligenici (anche calcarei) mediamente alterati in matrice sabbioso-argillosa			
			16.00		
	17	Sabbia fine con ghiaia e ciotoli poligenici da poco a totalmente alterati,colore da marroncino a ocra-rossiccio			
	18				
			18.00		
	19	Livello di ghiaia e ciotoli in matrice sabbioso-argillosa	18.30		
		Sabbia fine con ghiaia e ciotoli poligenici molto alterati			
			19.00		
	20	Ciotoli in matrice sabbiosa-argillosa,ciotoli gneissici poco alterati,micascistosi totalmente decomposti in sabbie rossiccie	19.75		
		Argilla sabbiosa con ghiaia e ciotoli totalmente decomposti in sabbie,argilla ben consolidata,mediam.plastica,color nocciola con patine di ossidazione ocra-rossiccio	20.30		
	21	Ghiaia e ciotoli in matrice sabbiosa con ciotoli molto alterati di colore ocra-rossiccio	20.90		
	22	Alternanze di argille e argille sabbiose ben consolidate e plastiche con rari ciotoli poligenici(anche di origine calcarea) da mediamente a molto alterati,colore nocciola con patine di ossidazione ocra-rossiccio			
	23				
	24				
	25				
			25.00		
	26	Ghiaia e ciotoli immersi in matrice sabbiosa-argillosa			
			26.00		
	27	Argille prevalenti,sovracconsolidate e plastiche alternate ad argille sabbiose di colore nocciola con patine di ossidazione di colore ocra-rossiccio			
	28				
	29				
	30		30.00		

	Committente	Castelletto Ticino (NO)		SONDAGGIO	
	Cantiere	Sondaggio 2			
	Località	LUNA ROSSA S.R.L.			
	Data Inizio	1 : 100	Data Fine		

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Profondita'	S.P.T.	Perforazione
				10 20 30 40	
1		Limo sabbioso di colore marrone con rari ciotoli e inerti da demolizione(calcestruzzi e laterizi),ciotoli da 5 a 10 cm ,rari resti di apparati radicali organici			
2					
3		Limi argillosi di colore scuro con abbondante frazione organica rara ghiaia e ciotoli,buona plasticità			
4		Sabbia fine di riporto con limo di colore grigiastro			
5		limo con sabbia fine e con ghiaia e ciotoli centimetrici(max 5 cm)di colore marrone (diametro medio 5-6 mm)	4.65	4.00 4.45	
6		Limo argilloso con ciotoli centimetrici,media plasticità,cede poca acqua alla compressione,stato di consistenza medio-basso			
7		Sabbia e ghiaia con ciotoli sub-arrotondati per lo più gneissici e quarzosi poco alterati	5.55		
8		Argilla di colore grigio-verdastro con sabbia e ghiaia e rari ciotoli poligenici da poco a molto alterati-argilla di media consistenza,buona plasticità	7.00		
9		Masso erratico di gneiss occhiadino tipo "ghiandone" non alterato	8.20	8.00	
10		Para ghiaia e ciotoli in matrice argillosa e sabbiosa,ciotoli centimetrici gneissici sub-arrotondati non alterati,ciotoli micascistos totalmente alterati in sabbie di colore ocr-rossiccio	8.50	8.45	
11					
12					
13		Argilla sovraconsolidata di colore nocciola	12.20		
		Ghiaia e ciotoli in matrice argillosa e sabbiosa	12.50		
		Ghiaia e ciotoli lavati con poca sabbia con possibile gradazione inversa			
14		Sabbia e ghiaia con poco limo	13.40		
		Argilla sovraconsolidata sabbiosa e ciotoli completamente alterati in sabbie color nocciola	13.70		
15					
16		Sabbia e ghiaia con ciotoli sub-arrotondati,poco alterati,anche calcarei (diametro medio 3-4 cm)	15.00		
17		Limo sabbioso rossiccio con alto contenuto in elementi micacei ,cede acqua alla compressione,pre-senza di ciotoli poligenici (calcarei molto alterati,gneissici poco alterati,micascistos totalmente de-composti in sabbie)	15.60		
18					
19					
20		Ghiaia e ciotoli in matrice argillosa e sabbiosa,color grigiastro,ciotoli da poco a completamente alterati	19.00		
21		Argilla sabbiosa da mediamente a sovraconsolidata,media plasticità,color nocciola	19.80		
22		Sabbia e ghiaia in matrice limosa di color nocciola	20.40		
23		Sabbia,ghiaia e ciotoli in matrice limoso-sabbiosa,ciotoli da poco a molto alterati	21.30		
24		Argilla sabbiosa con presenza di ciotoli poligenici (calcarei molto alterati,gneissici poco alterati,mi-cascistos totalmente decomposti in sabbie di color rossiccio)	23.60		
25					
26					
27					
28		Intercalazione di sabbie e ghiaie con ciotoli da poco a molto alterati	27.80		
29		Sabbia e ghiaia in matrice argillosa e sabbiosa con ciotoli da non alterati a decomposti in sabbie di co-lor ocr-rossiccio	28.30		
30			30.00		

	Committente	Castelletto Ticino (NO)			
	Cantiere	Piezometro 3 - vecchio			
	Località	LUNA ROSSA S.R.L.			
	Data Inizio	1 : 100	Data Fine	GEODRILL	
				SONDAGGIO	
				242.27	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Profondita'	S.P.T.	Perforazione
		Sabbia da media a grossolana giallastra		10 20 30 40	
1					
2					
3					
4				4.00	
5				4.45	
6					
7					
8				8.00	
9				8.45	
10		Ghiaia in matrice sabbiosa da media a grossolana giallastra	9.00		
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19		Sabbia da media a grossolana giallastra con ghiaia	18.00		
20		Sabbia da media a grossolana giallastra con ghiaia e ciottoli	19.00		
21		masso erratico	20.00		
			21.00		



Committente: Luna Rossa Srl	Sondaggio: S1
Riferimento: Cava Glisente - Casteletto Sopra Ticino	Data: 04-09/04/2025
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Perforazione a carotaggio continuo 101/127	

SCALA 1 :200

STRATIGRAFIA

Pagina 1/1

Ø mm	R v	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
		1		0,6	Sabbia medio-fine, ghiaiosa eterometrica, Ø max 4 cm, poligenica, da arrotondata a subarrotondata, qualche ciottolo Ø max 10 cm, limosa marrone scuro. Presenza di resti vegetali.
		2			Ghiaia eterometrica, Ø max 6 cm, poligenica, da arrotondata a subarrotondata, da pochi a rari ciottoli, potenza max 13 cm, con sabbia media-grossolana grigio marrone, limosa grigio-marrone scuro tra 6.00 e 7.60 m.
		3			
		4			
		5			
		6			
		7		7,6	
		8			Sabbia medio-fine, limosa grigio-marrone con intercalazioni di livelli centrimetrici rossastri tra 9.00 e 10.00 m, debolmente ghiaiosa tra 7.60 e 9.60 m e rari ciottoli, potenza max. 10 cm.
		9			
		10			
		11		11,0	
		12			Sabbia medio-fine, da ghiaiosa a con ghiaia eterometrica, Ø max 6 cm, poligenica, da arrotondata a subarrotondata, da alterata ad intensamente alterata, rari ciottoli, Ø max 10 cm, da limosa a con limo grigio-marrone con intercalazioni di livelli centrimetrici rossastri.
		13			
		14			
		15			
		16			
		17			
		18		18,0	
		19		19,0	Sabbia fine, con limo marrone-rossastro chiaro, con un livello centimetrico con ghiaia eterometrica, Ø max 4 cm, poligenica, arrotondata, tra 18.40 e 18.50 m.
		20			Sabbia medio fine, limosa marrone rossastro chiaro con un livello rossastro tra 19.20 e 19.40 cm.
		21			
		22		22,5	
		23			Sabbia eterometrica, con ghiaia eterometrica, Ø max 6 cm, poligenica, da arrotondata a subarrotondata, da alterata ad intensamente alterata, limosa, localmente con limo grigio-marrone con intercalazioni di livelli centrimetrici rossastri.
		24			
		25			
		26			
		27			
		28			
		29			
		30		30,0	
		31			Sabbia medio-fine, debolmente limosa, rossastra, con intercalazioni di un livello tra 30.50 e 30.80 di sabbia medio-fine, con ghiaia eterometrica, Ø max 6 cm, poligenica, da arrotondata a subarrotondata, da alterata ad intensamente alterata, da limosa a con limo grigio-marrone.
		32		32,0	
		33			Sabbia eterometrica, con ghiaia eterometrica, Ø max 6 cm, poligenica, da arrotondata a subarrotondata, da alterata ad intensamente alterata, rari ciottoli, Ø max 9 cm, limosa grigio-marrone con livelli centrimetrici rossastri, con screziature vari colori.
		34			
101		35		35,0	

Installato piezometro a tubo aperto diam 3 pollici (fessurato tra 10-35 m da p.c.).
Installato chiusino rosso fuori terra (funghetto rosso) a protezione del piezometro.
Eseguito spurgo di sviluppo del piezometro.



TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 3

ANALISI GRANULOMETRICHE

ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA MECCANICA E SEDIMENTAZIONE (METODO DEL DENSIMETRO)

Località: Castelletto Ticino

Committente:

Data: 19/11/2003

CAMPIONE : S2 -11,50 m

PESO NETTO SECCO (g) = 1089.60

SETACCIO (N°)	APERTURA (mm) (diametro dei grani)	TRATTENUTO (g)	TRATTENUTO (o sedimentato) %	PASSANTE (o in sospensione)%
1	19	20.20	1.85	98.15
2	9.5	77.80	7.14	91.01
3	6.3	30.70	2.82	88.19
4	4.75	13.10	1.20	86.99
5	2	75.20	6.90	80.08
6	0.85	99.10	9.10	70.99
7	0.425	97.50	8.95	62.04
8	0.212	140.40	12.89	49.16
9	0.15	64.70	5.94	43.22
10	0.075	82.40	7.56	35.66
ANALISI	0.01959	\	0.04	35.61
	0.01404	\	2.45	33.17
	0.01018	\	4.70	28.46
	0.00738	\	4.70	23.76
	0.00531	\	3.76	19.99
PER	0.00395	\	3.76	16.23
	0.00284	\	3.76	12.47
	0.00204	\	3.76	8.70
	0.00146	\	1.79	6.92
SEDIMENTAZIONE	0.00094	\	3.81	3.10
	0.00074	\	0.42	2.68
	0.00043	\	0.33	2.35

ASTM: SC-SM sabbia limoso-argilloso

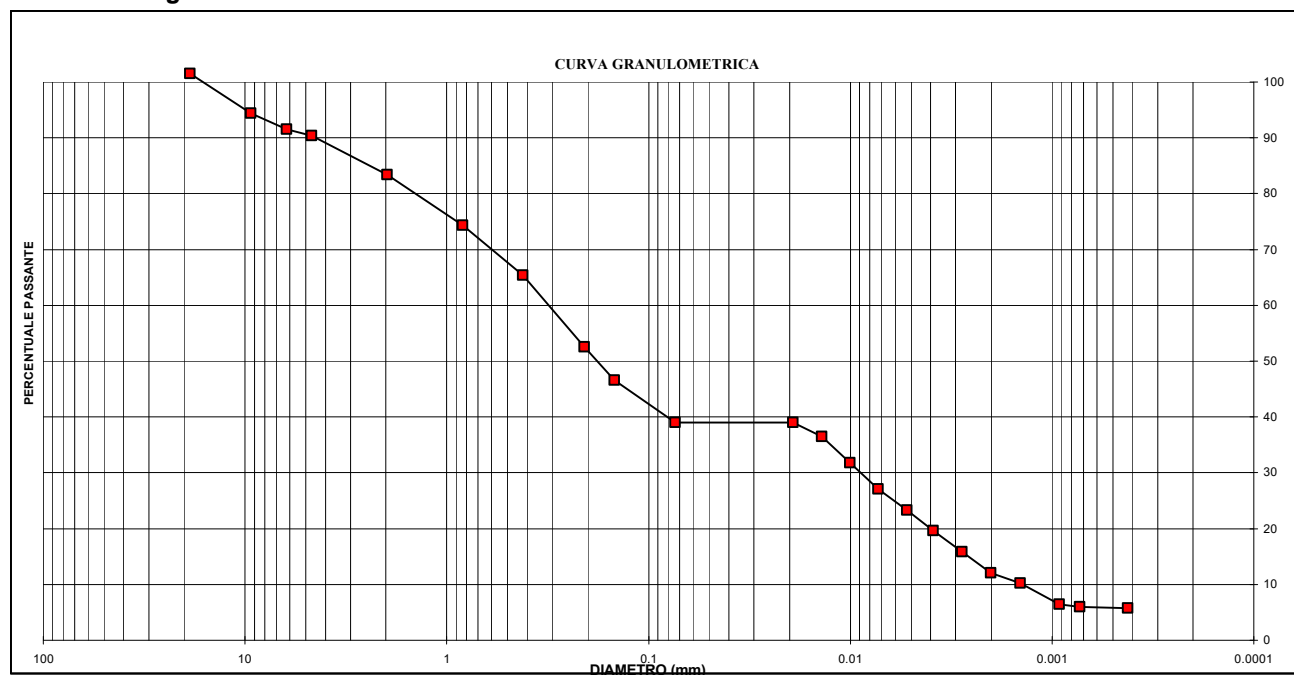
% Ghiaia = 13.01

% Sabbia = 51.33

% Limo + Argilla = 35.66

$C_u=140$

$C_c=1,78$



ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA MECCANICA E SEDIMENTAZIONE (METODO DEL DENSIMETRO)

Località: Castelletto Ticino

Committente:

Data: 19/11/2003

Campione : S2 -8,70 m

PESO NETTO SECCO (g) = 921.70

SETACCIO (N°)	APERTURA (mm) (diametro dei grani)	TRATTENUTO (g)	TRATTENUTO (o sedimentato) %	PASSANTE (o in sospensione)%
1	19	12.70	1.38	98.62
2	9.5	79.90	8.67	89.95
3	6.3	49.40	5.36	84.59
4	4.75	12.20	1.32	83.27
5	2	67.90	7.37	75.90
6	0.85	60.30	6.54	69.36
7	0.425	56.90	6.17	63.19
8	0.212	96.40	10.46	52.73
9	0.15	42.80	4.64	48.09
10	0.075	102.00	11.07	37.02
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	0.01959	\	0.04	36.97
	0.01392	\	0.98	36.00
	0.01013	\	5.47	30.53
	0.00738	\	5.86	24.67
	0.00531	\	3.91	20.76
	0.00399	\	5.86	14.90
	0.00285	\	2.93	11.97
	0.00205	\	3.91	8.06
	0.00146	\	0.93	7.13
	0.00094	\	3.91	3.22
	0.00074	\	1.71	1.51
	0.00043	\	0.05	1.47

ASTM: SM sabbia limoso-argilloso con ghiaia

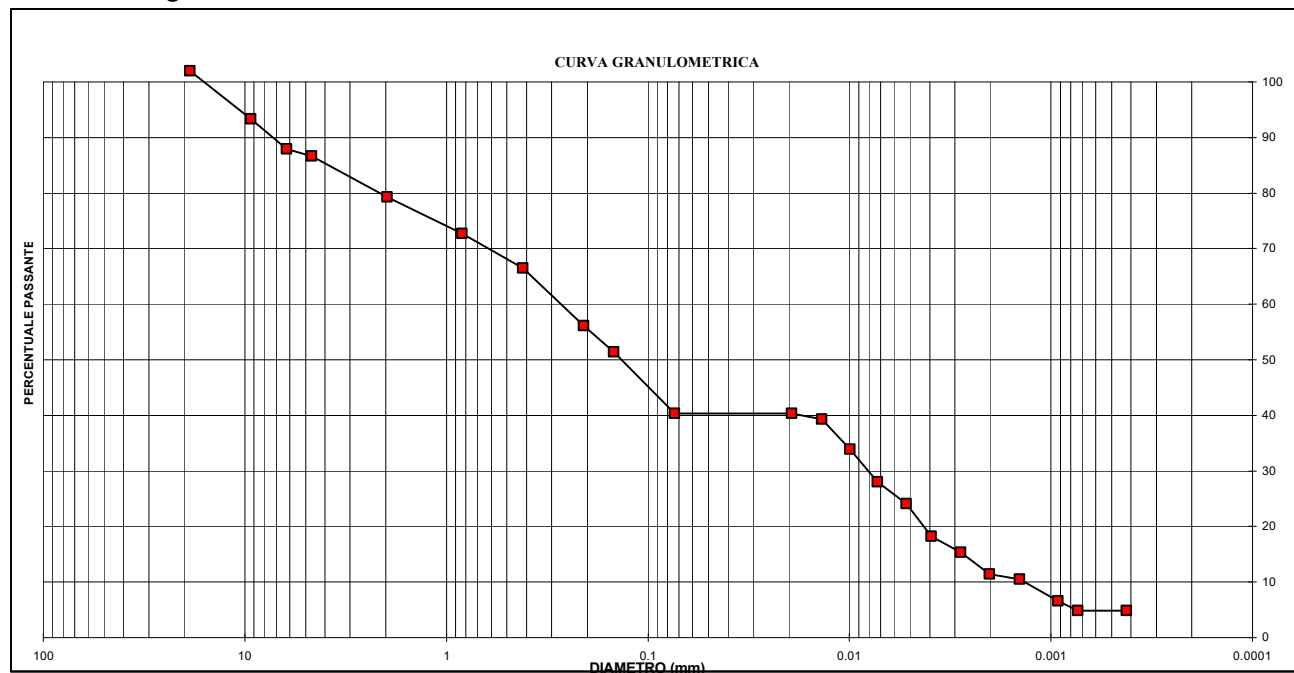
% Ghiaia = 16.73

% Sabbia = 46.25

% Limo + Argilla= 37.02

$C_u=10,4$

$C_c=0,016$



ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA MECCANICA

Località: *Castelletto Ticino*

Committente:

Data: 19/11/2003

CAMPIONE : S1 -10,50 m

PESO NETTO SECCO (g) = 1392.90

SETACCIO (N°)	APERTURA (mm) (diametro dei grani)	TRATTENUTO (g)	TRATTENUTO (o sedimentato) %	PASSANTE (o in sospensione)%
1	19	93.20	6.69	93.31
2	9.5	165.40	11.87	81.43
3	6.3	76.00	5.46	75.98
4	4.75	24.80	1.78	74.20
5	2	133.60	9.59	64.61
6	0.85	141.30	10.14	54.46
7	0.425	124.30	8.92	45.54
8	0.212	146.30	10.50	35.03
9	0.15	46.30	3.32	31.71
10	0.075	106.30	7.63	24.08
ANALISI	0.02404	\	0.00	0.00
	0.01700	\	0.00	0.00
	0.01202	\	0.00	0.00
	0.00850	\	0.00	0.00
PER	0.00601	\	0.00	0.00
	0.00439	\	0.00	0.00
	0.00310	\	0.00	0.00
	0.00219	\	0.00	0.00
SEDIMENTAZIONE	0.00155	\	0.00	0.00
	0.00098	\	0.00	0.00
	0.00077	\	0.00	0.00
	0.00045	\	0.00	0.00

ASTM: SM Sabbia limosa con ghiaia

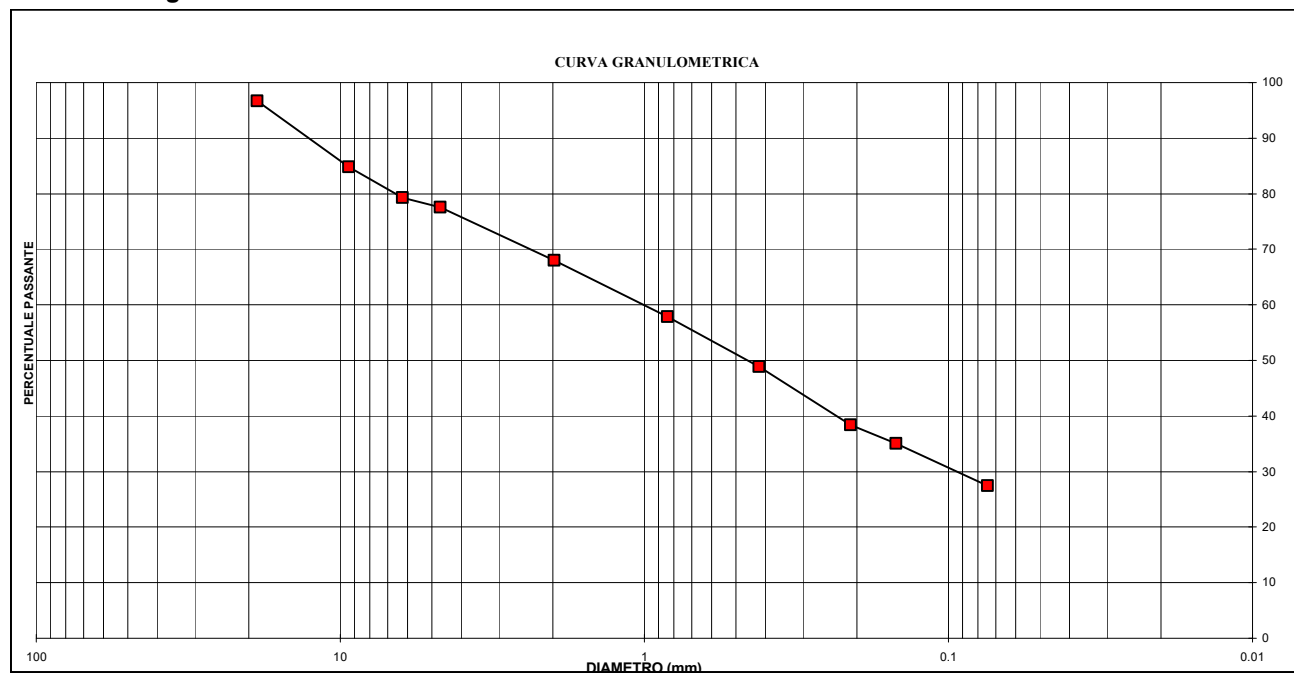
% Ghiaia = 25.80

% Sabbia = 50.12

% Limo + Argilla= 24.08

$C_u=37,5$

$C_c=0,28$



ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA MECCANICA

Località: Castelletto Ticino

Committente:

Data: 19/11/2003

Campione : S1 -4,50 m

PESO NETTO SECCO (g) = 1234.20

SETACCIO (N°)	APERTURA (mm) (diametro dei grani)	TRATTENUTO (g)	TRATTENUTO (o sedimentato) %	PASSANTE (o in sospensione)%
1	19	289.10	23.42	76.58
2	9.5	113.10	9.16	67.41
3	6.3	77.20	6.26	61.16
4	4.75	26.80	2.17	58.99
5	2	131.20	10.63	48.36
6	0.85	144.70	11.72	36.63
7	0.425	132.20	10.71	25.92
8	0.212	97.30	7.88	18.04
9	0.15	34.30	2.78	15.26
10	0.075	51.70	4.19	11.07
ANALISI	0.02006	\	0.00	0.00
	0.01441	\	0.00	0.00
	0.01061	\	0.00	0.00
	0.00779	\	0.00	0.00
PER	0.00559	\	0.00	0.00
	0.00412	\	0.00	0.00
	0.00293	\	0.00	0.00
	0.00209	\	0.00	0.00
SEDIMENTAZIONE	0.00148	\	0.00	0.00
	0.00094	\	0.00	0.00
	0.00075	\	0.00	0.00
	0.00043	\	0.00	0.00

ASTM: SW Sabbia ben gradata con limo e ghiaia

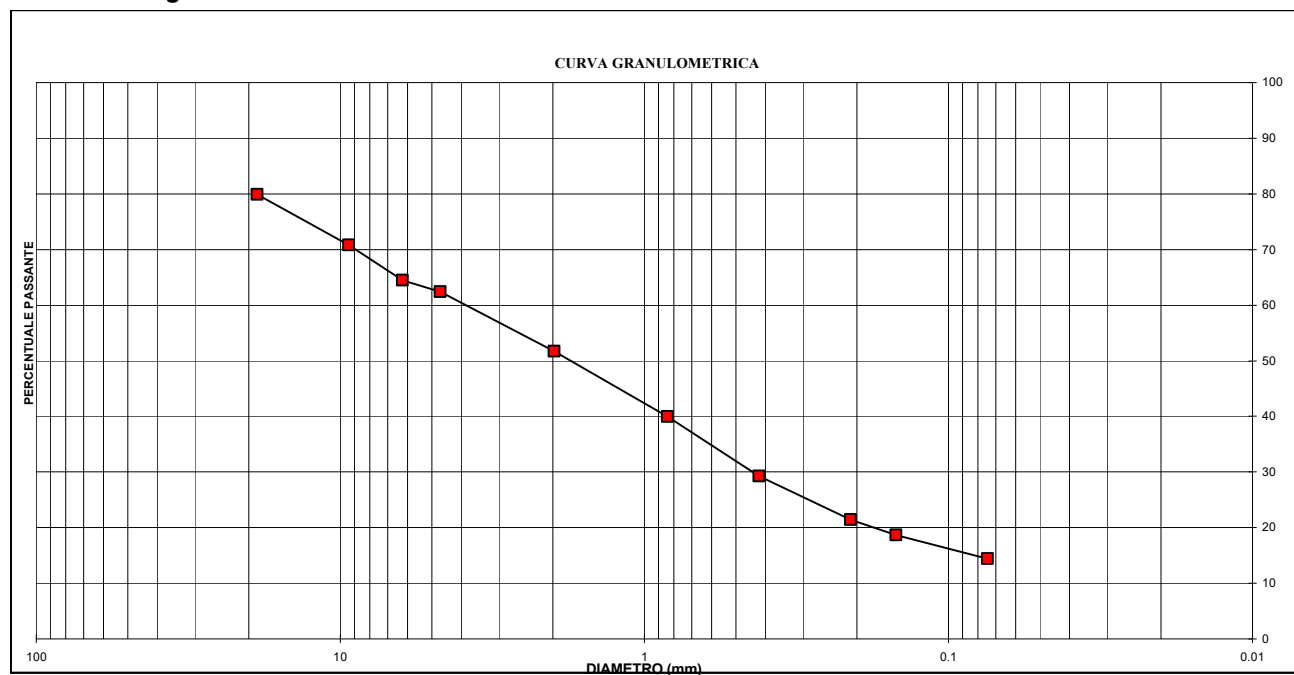
% Ghiaia = 41.01

% Sabbia = 47.92

% Limo + Argilla= 11.07

Cc=64

Cu=0,87



ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA MECCANICA

Località: Castelletto T. (NO)

Campione: A

Committente: Luna Rossa s.r.l.

Data: gen 2003

PESO NETTO SECCO (g) = 1377.39

SETACCIO (N°)	APERTURA (mm) (diametro dei grani)	TRATTENUTO (g)	TRATTENUTO (o sedimentato) %	PASSANTE (o in sospensione)%
1	30	291.90	21.19	78.81
2	15	377.30	27.39	51.42
3	7	235.30	17.08	34.33
4	4.75	26.40	1.92	32.42
5	2	102.20	7.42	25.00
6	0.85	131.40	9.54	15.46
7	0.42	165.90	12.04	3.41
8	0.25	16.20	1.18	2.24
9	0.15	12.40	0.90	1.34
10	0.075	5.30	0.38	0.95
11	0.053	1.20	0.09	0.86
12	0	2.80	0.20	0.66
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\

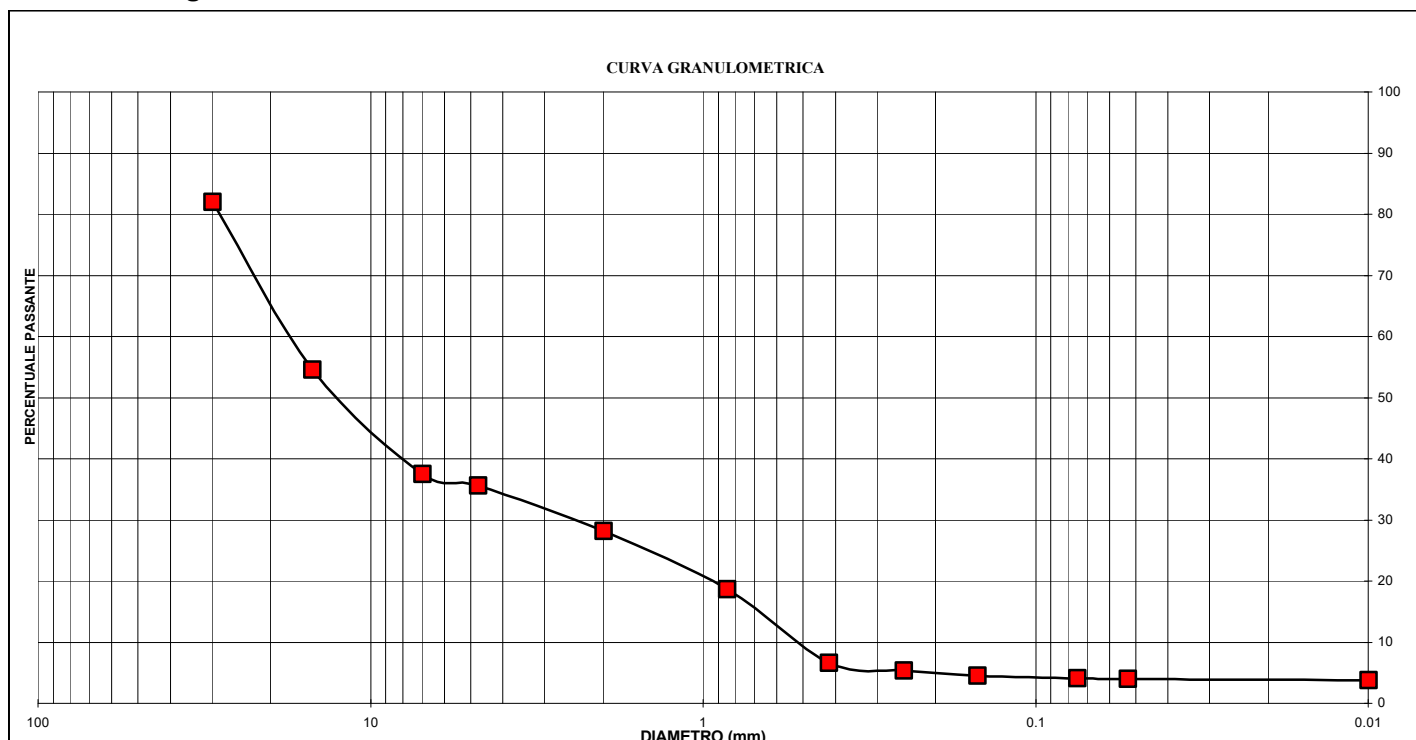
ASTM: GW Ghiaia ben gradata con sabbia

% Ghiaia = 67.58

Cu= 29,6

% Sabbia = 31.47

% Limo + Argilla= 0.95



ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA MECCANICA

Località: Castelletto T. (NO)

Campione: B

Committente: Luna Rossa s.r.l.

Data: gen 2003

PESO NETTO SECCO (g) = 881.78

SETACCIO (N°)	APERTURA (mm) (diametro dei grani)	TRATTENUTO (g)	TRATTENUTO (o sedimentato) %	PASSANTE (o in sospensione)%
1	30	276.30	31.33	68.67
2	15	161.30	18.29	50.37
3	7	138.10	15.66	34.71
4	4.75	21.50	2.44	32.27
5	2	55.50	6.29	25.98
6	0.85	21.40	2.43	23.55
7	0.42	81.90	9.29	14.26
8	0.25	76.60	8.69	5.58
9	0.15	31.00	3.52	2.06
10	0.075	10.50	1.19	0.87
11	0.053	3.40	0.39	0.49
12	0	5.10	0.58	0.09
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\

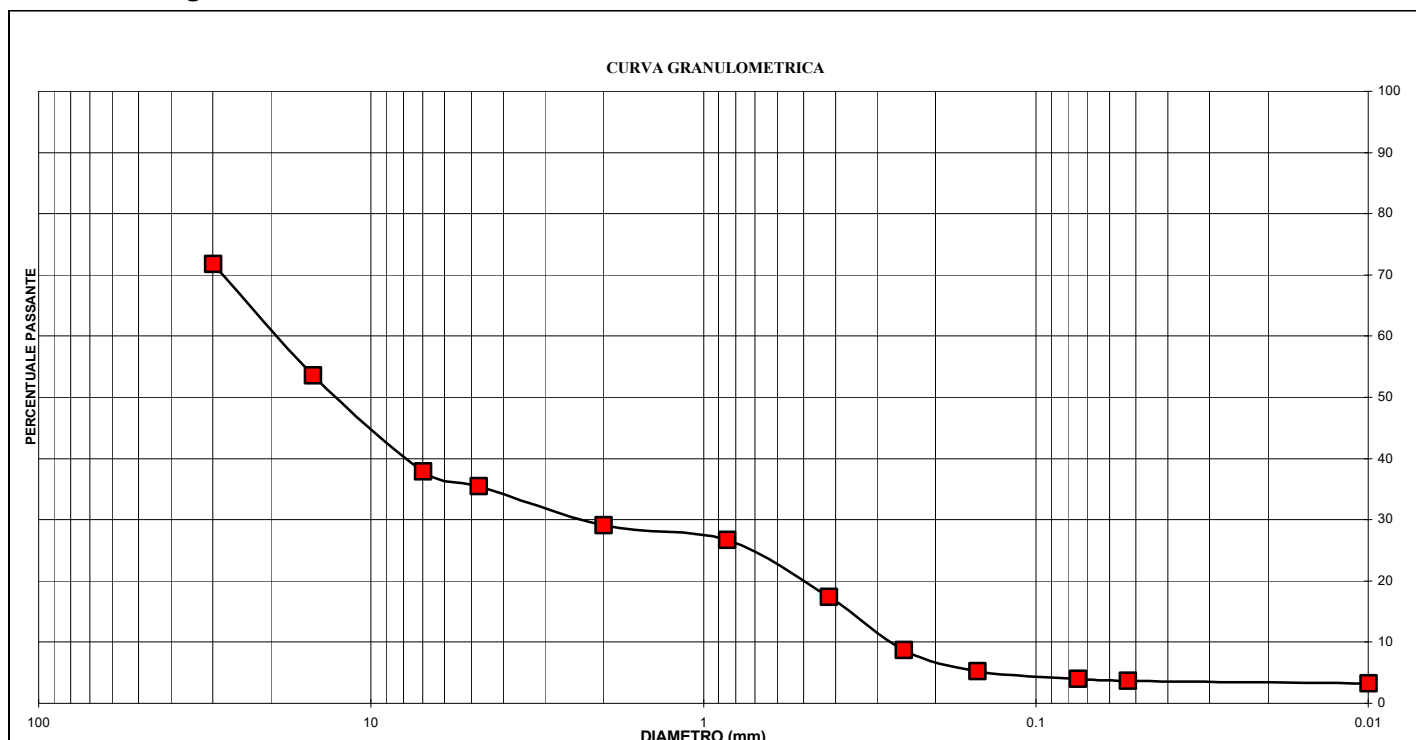
ASTM: GW Ghiaia ben gradata con sabbia

% Ghiaia = 67.73

Cu= 63

% Sabbia = 31.40

% Limo + Argilla= 0.87



ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA MECCANICA

Località: Castelletto T. (NO)

Campione: C

Committente: Luna Rossa s.r.l.

Data: gen 2003

PESO NETTO SECCO (g) = 203.20

SETACCIO (N°)	APERTURA (mm) (diametro dei grani)	TRATTENUTO (g)	TRATTENUTO (o sedimentato) %	PASSANTE (o in sospensione)%
1	30	0.00	0.00	100.00
2	15	19.64	9.67	90.33
3	7	3.60	1.77	88.56
4	4.75	2.10	1.03	87.53
5	2	6.80	3.35	84.18
6	0.85	8.10	3.99	80.20
7	0.42	12.50	6.15	74.05
8	0.25	11.30	5.56	68.48
9	0.15	26.30	12.94	55.54
10	0.075	49.00	24.11	31.43
11	0.053	29.60	14.57	16.86
12	0	33.80	16.63	14.72
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\

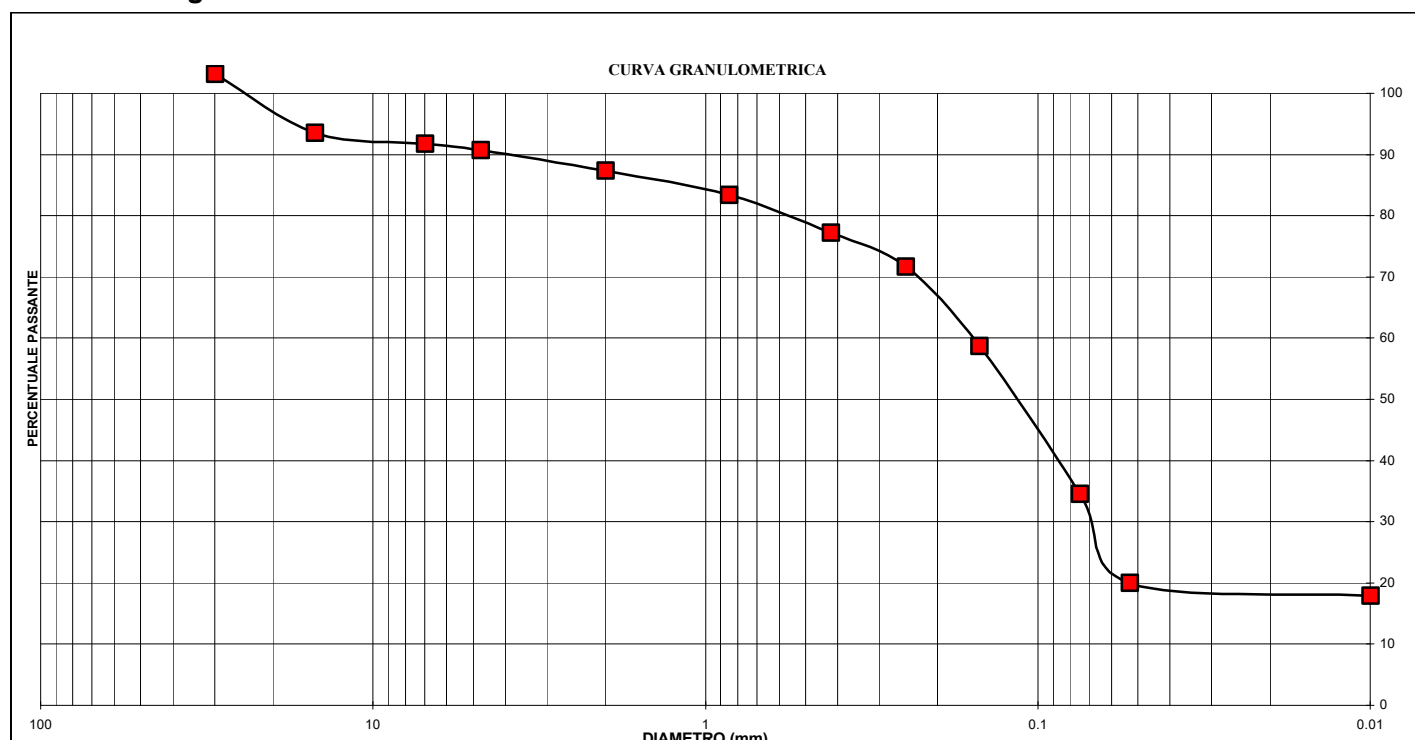
ASTM: SM Sabbia limosa

% Ghiaia = 12.47

% Sabbia = 56.10

% Limo + Argilla= 31.43

Cu= 4



ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA MECCANICA

Località: Castelletto T. (NO)

Campione: D

Committente: Luna Rossa s.r.l.

Data: gen 2003

PESO NETTO SECCO (g) = 109.23

SETACCIO (N°)	APERTURA (mm) (diametro dei grani)	TRATTENUTO (g)	TRATTENUTO (o sedimentato) %	PASSANTE (o in sospensione)%
1	30	0.00	0.00	100.00
2	15	12.79	11.71	88.29
3	7	2.90	2.65	85.64
4	4.75	1.30	1.19	84.45
5	2	4.40	4.03	80.42
6	0.85	4.40	4.03	76.39
7	0.42	6.60	6.04	70.35
8	0.25	6.50	5.95	64.40
9	0.15	14.60	13.37	51.03
10	0.075	27.40	25.08	25.95
11	0.053	11.20	10.25	15.69
12	0	17.10	15.66	10.29
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\

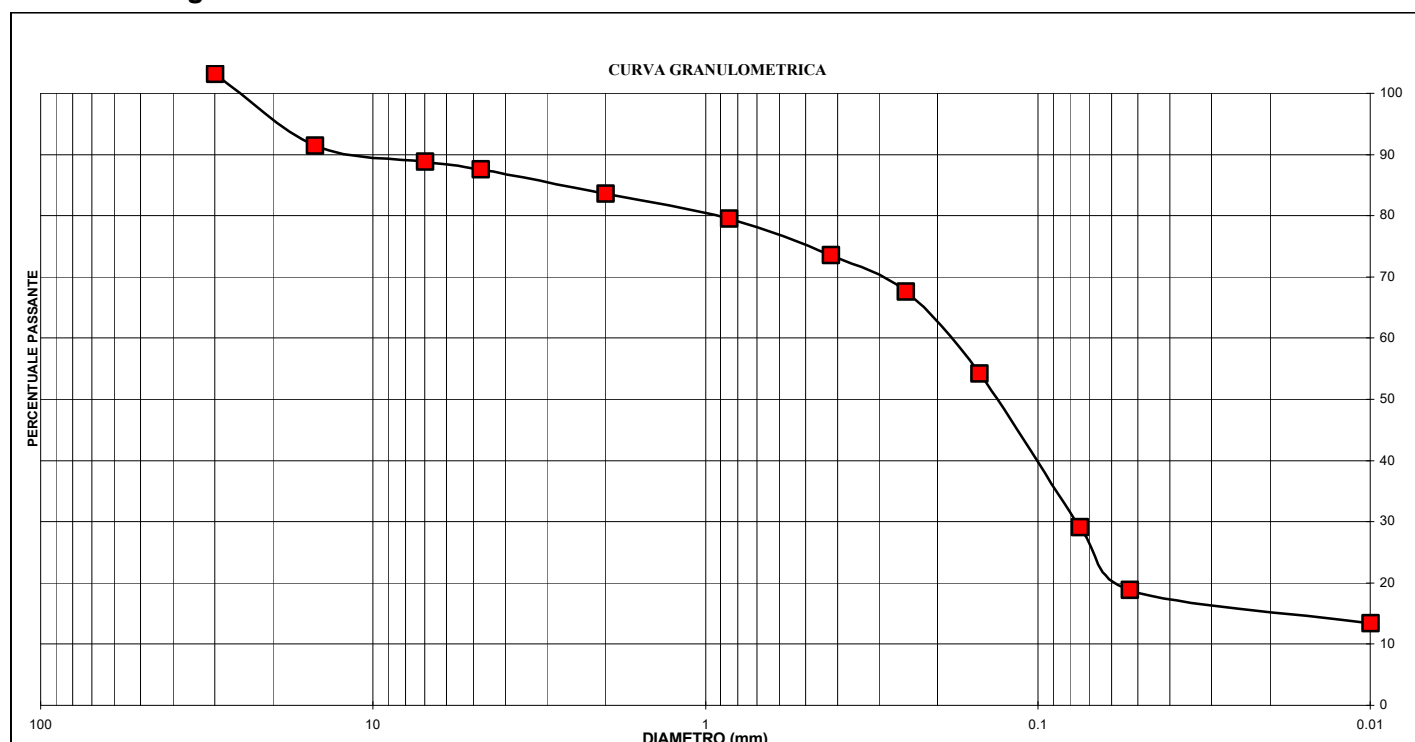
ASTM: SM Sabbia limosa con ghiaia

% Ghiaia = 15.55

Cu= 20

% Sabbia = 58.50

% Limo + Argilla= 25.95



ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA MECCANICA

Località: Castelletto T. (NO)

Campione: E

Committente: Luna Rossa s.r.l.

Data: gen 2003

PESO NETTO SECCO (g) = 908.60

SETACCIO (N°)	APERTURA (mm) (diametro dei grani)	TRATTENUTO (g)	TRATTENUTO (o sedimentato) %	PASSANTE (o in sospensione)%
1	30	224.30	24.69	75.31
2	15	119.30	13.13	62.18
3	7	61.50	6.77	55.41
4	4.75	16.30	1.79	53.62
5	2	75.20	8.28	45.34
6	0.85	112.70	12.40	32.94
7	0.42	167.70	18.46	14.48
8	0.25	49.10	5.40	9.08
9	0.15	41.60	4.58	4.50
10	0.075	23.70	2.61	1.89
11	0.053	6.70	0.74	1.16
12	0	9.00	0.99	0.90
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\

ASTM: SW Sabbia ben gradata con ghiaia

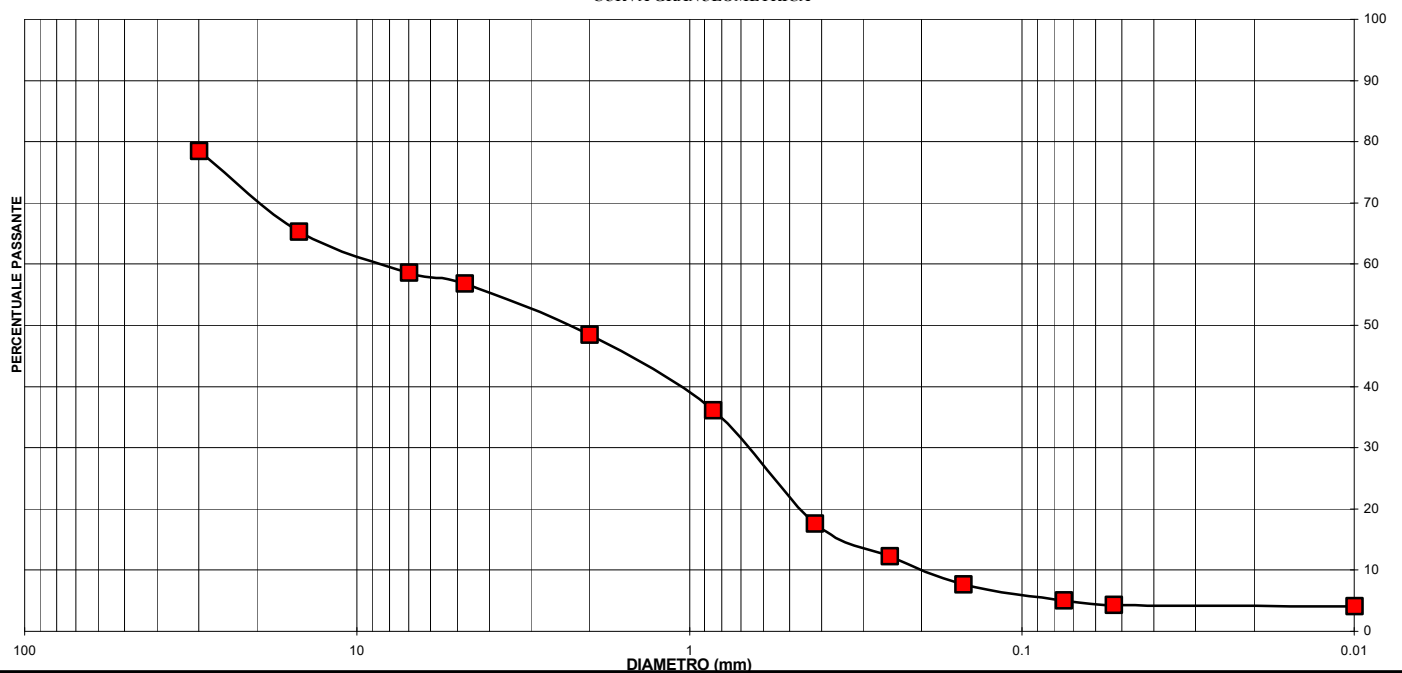
% Ghiaia = 46.38

Cu= 40

% Sabbia = 51.73

% Limo + Argilla= 1.89

CURVA GRANULOMETRICA



ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA MECCANICA

Località: Castelletto T. (NO)

Campione: F

Committente: Luna Rossa s.r.l.

Data: gen 2003

PESO NETTO SECCO (g) = 337.00

SETACCIO (N°)	APERTURA (mm) (diametro dei grani)	TRATTENUTO (g)	TRATTENUTO (o sedimentato) %	PASSANTE (o in sospensione)%
1	30	0.00	0.00	100.00
2	15	19.42	5.76	94.24
3	7	22.83	6.77	87.46
4	4.75	6.00	1.78	85.68
5	2	24.40	7.24	78.44
6	0.85	20.50	6.08	72.36
7	0.42	28.40	8.43	63.93
8	0.25	21.00	6.23	57.70
9	0.15	80.10	23.77	33.93
10	0.075	81.60	24.21	9.72
11	0.053	10.70	3.18	3.37
12	0	22.10	6.56	3.16
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\
	\	\	\	\

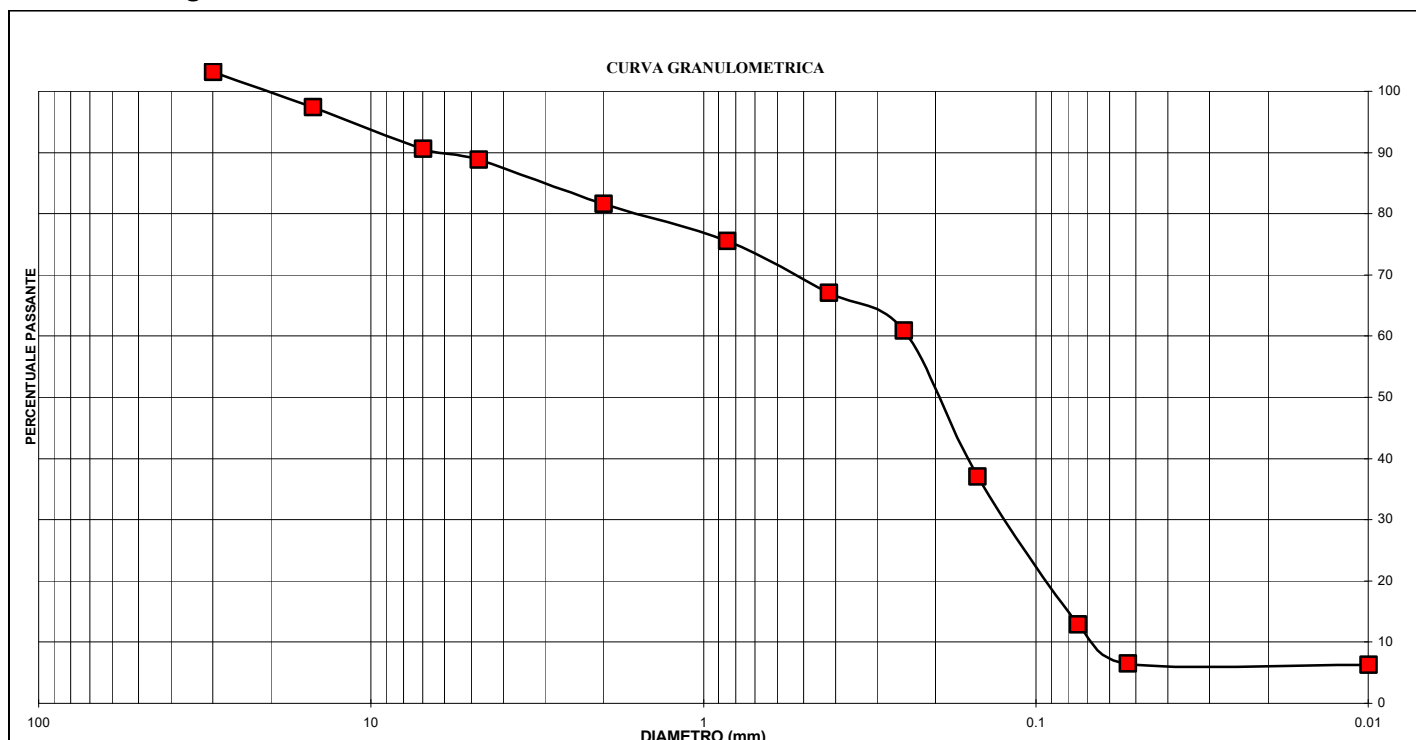
ASTM: SP-SM Sabbia poco gradata con limo e ghiaia

% Ghiaia = 14.32

Cu= 4

% Sabbia = 75.96

% Limo + Argilla= 9.72





TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 4

INDAGINI GEOFISICHE

**4a Risultati delle analisi MASW e ReMi
Stendimento 1**

4b Tomografia – Stendimento 1

**4c Risultati delle analisi MASW e ReMi
Stendimento 2**

4d Tomografia – Stendimento 2

**4e Attrezzatura utilizzata per le indagini
geofisiche**



TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 4a

RISULTATI DELLE ANALISI MASW E ReMi - STENDIMENTO 1

Risultati delle analisi MASW e ReMi

Autore: Giovanni Rodina
Sito: Glisente
Data: 30 aprile 2025

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24
Distanza tra i sensori:.....2m
Numero di campioni temporali2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

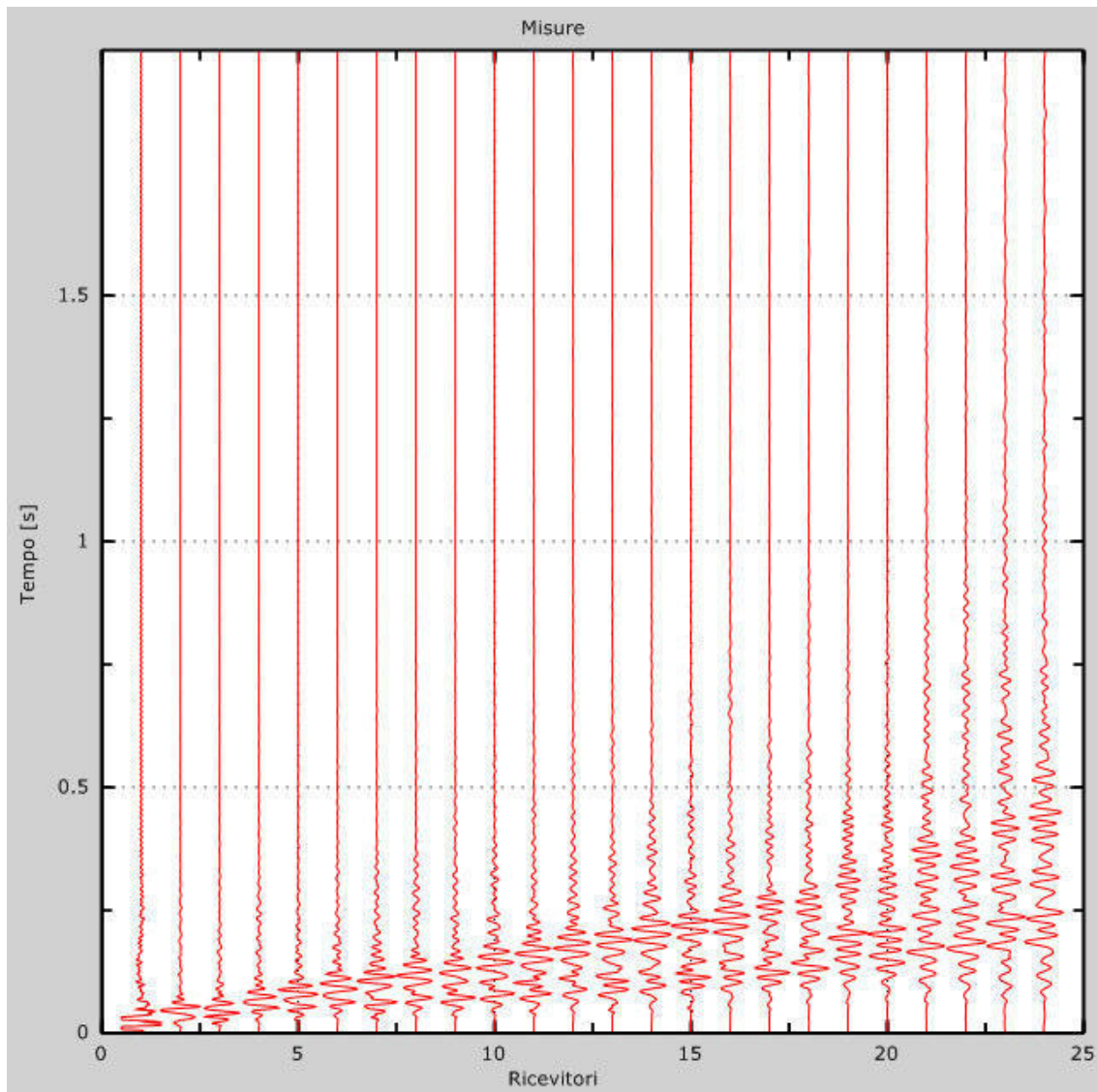


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz

Frequenza iniziale 2Hz

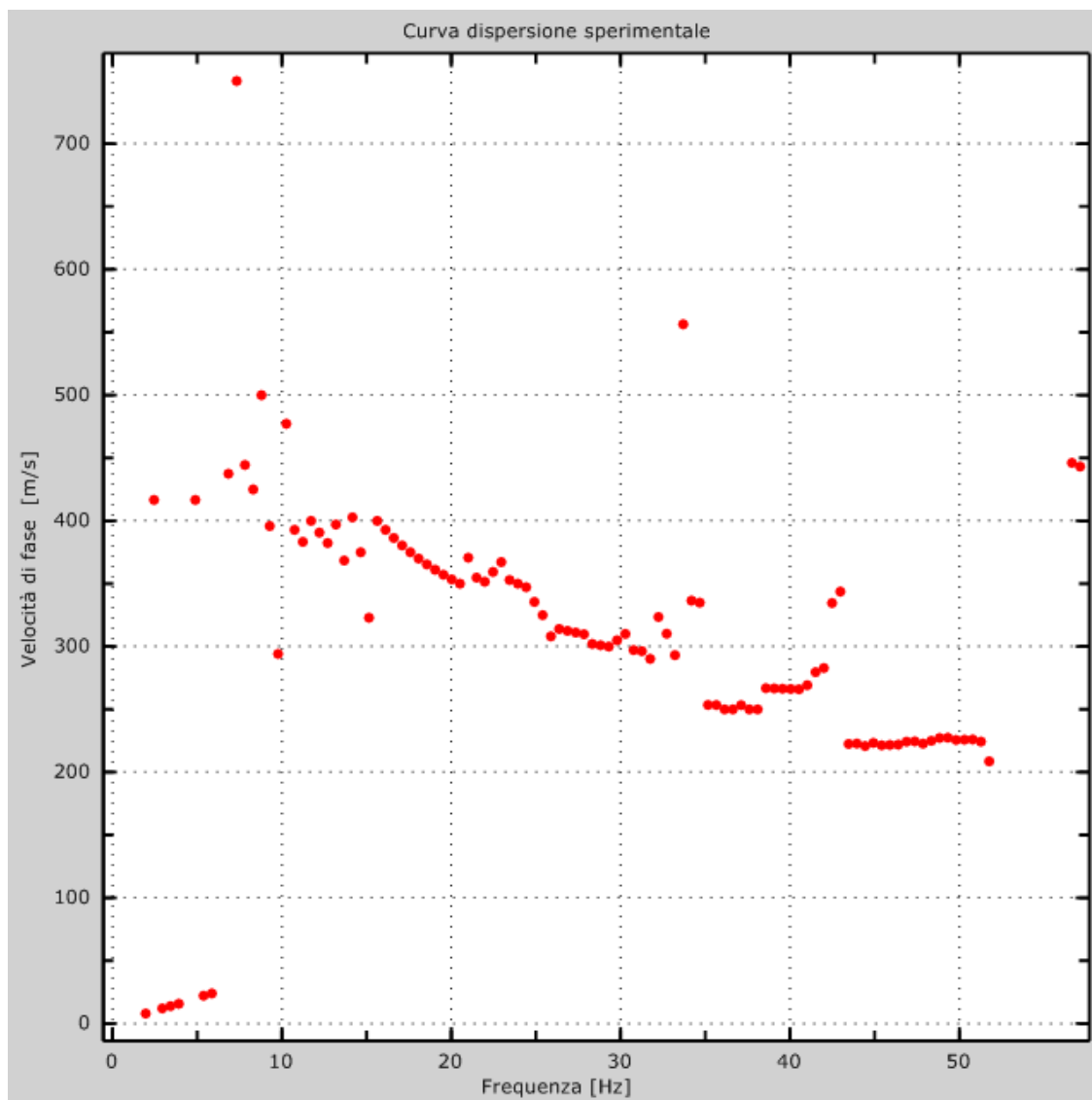


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori.....24
Numero di campioni temporali3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 59998ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

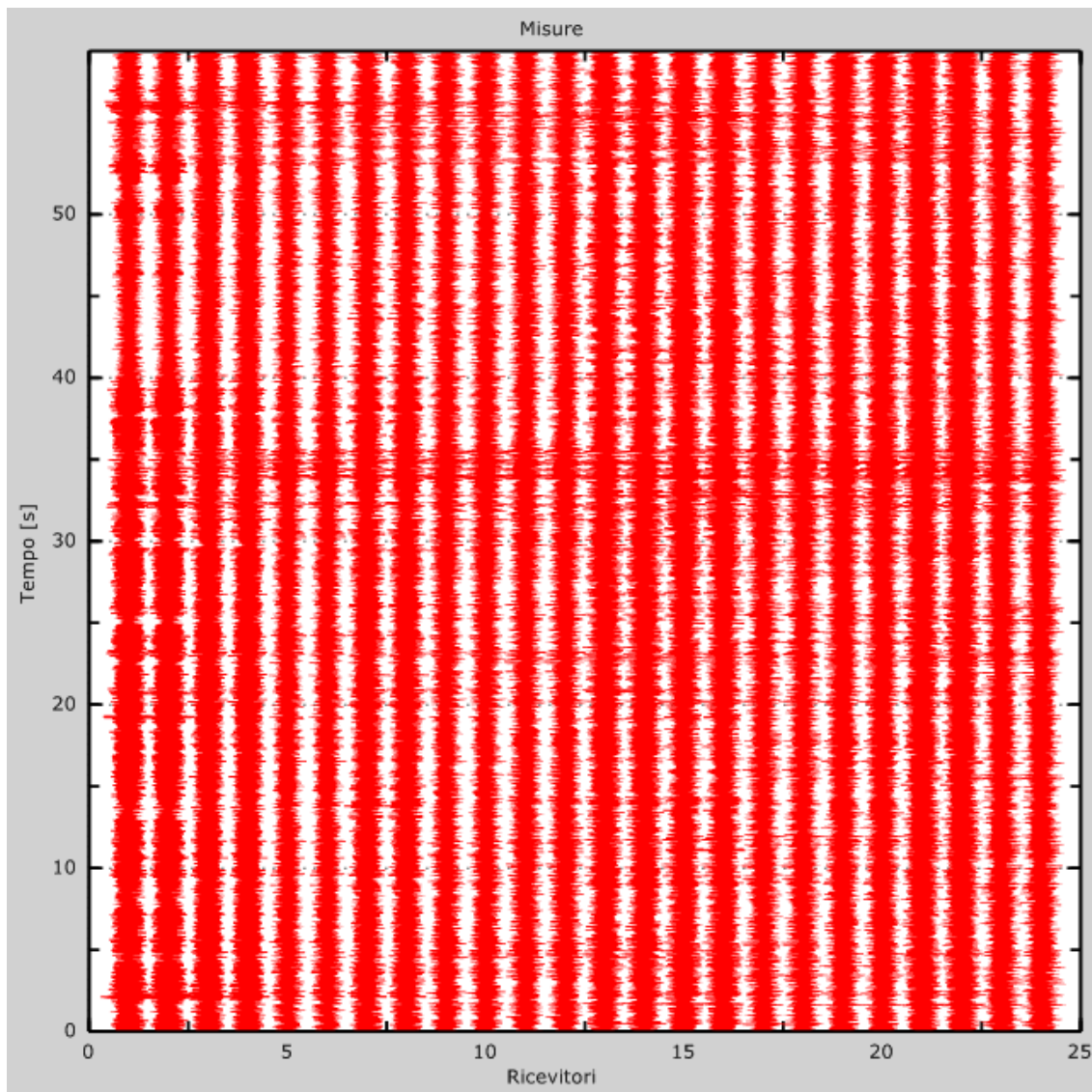


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
6.51547	457.71	393.797	521.623
13.6637	371.428	329.885	412.971
25.8157	307.515	256.385	358.645
43.5076	230.82	189.276	272.363

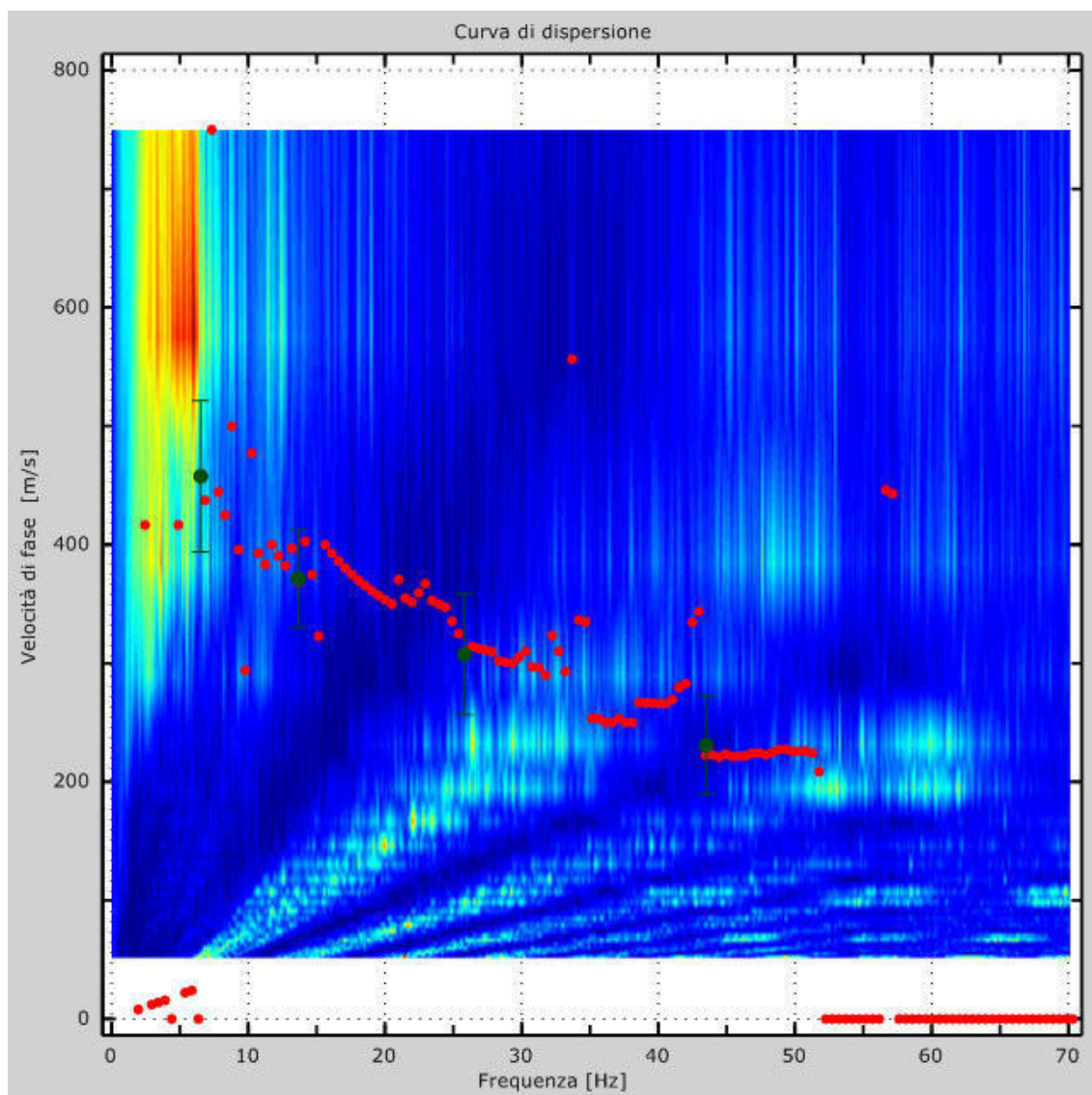


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	9
Spaziatura ricevitori [m]	2m
Numero ricevitori	24
Numero modi	1

Strato 1

h [m]	2
z [m]	-2
Densità [kg/m ³]	1708
Poisson.....	0.2
Vs [m/s]	230
Vp [m/s].....	376
Vs min [m/s]	128
Vs max [m/s]	345

Strato 2

h [m]	2
z [m]	-4
Densità [kg/m ³]	1825
Poisson.....	0.2
Vs [m/s]	280
Vp [m/s].....	457
Vs min [m/s]	171
Vs max [m/s]	420

Strato 3

h [m]	2
z [m]	-6
Densità [kg/m ³]	1886
Poisson.....	0.2
Vs [m/s]	370
Vp [m/s].....	604
Vs min [m/s]	171
Vs max [m/s]	555

Strato 4

h [m]	3
z [m]	-9
Densità [kg/m ³]	2273
Poisson.....	0.2
Vs [m/s]	430
Vp [m/s].....	702
Vs min [m/s]	206
Vs max [m/s]	645

Strato 5

h [m]	6
z [m]	-15
Densità [kg/m ³]	2284
Poisson.....	0.2
Vs [m/s]	450

Vp [m/s].....	735
Vs min [m/s].....	206
Vs max [m/s]	675

Strato 6

h [m]	5
z [m]	-20
Densità [kg/m ³]	2394
Poisson.....	0.2
Vs [m/s]	540
Vp [m/s].....	882
Vs min [m/s].....	206
Vs max [m/s]	810

Strato 7

h [m]	5
z [m]	-25
Densità [kg/m ³]	2470
Poisson.....	0.3
Vs [m/s]	540
Vp [m/s].....	1010
Vs min [m/s]	37
Vs max [m/s]	810

Strato 8

h [m]	6
z [m]	-31
Densità [kg/m ³]	2488
Poisson.....	0.48
Vs [m/s]	550
Vp [m/s].....	2804
Vs min [m/s].....	254
Vs max [m/s]	825

Falda presente nello strato

Strato 9

h [m]	0
z [m]	-∞
Densità [kg/m ³]	2414
Poisson.....	0.48
Vs [m/s]	560
Vp [m/s].....	2855
Vs min [m/s]	254
Vs max [m/s]	840

Falda presente nello strato

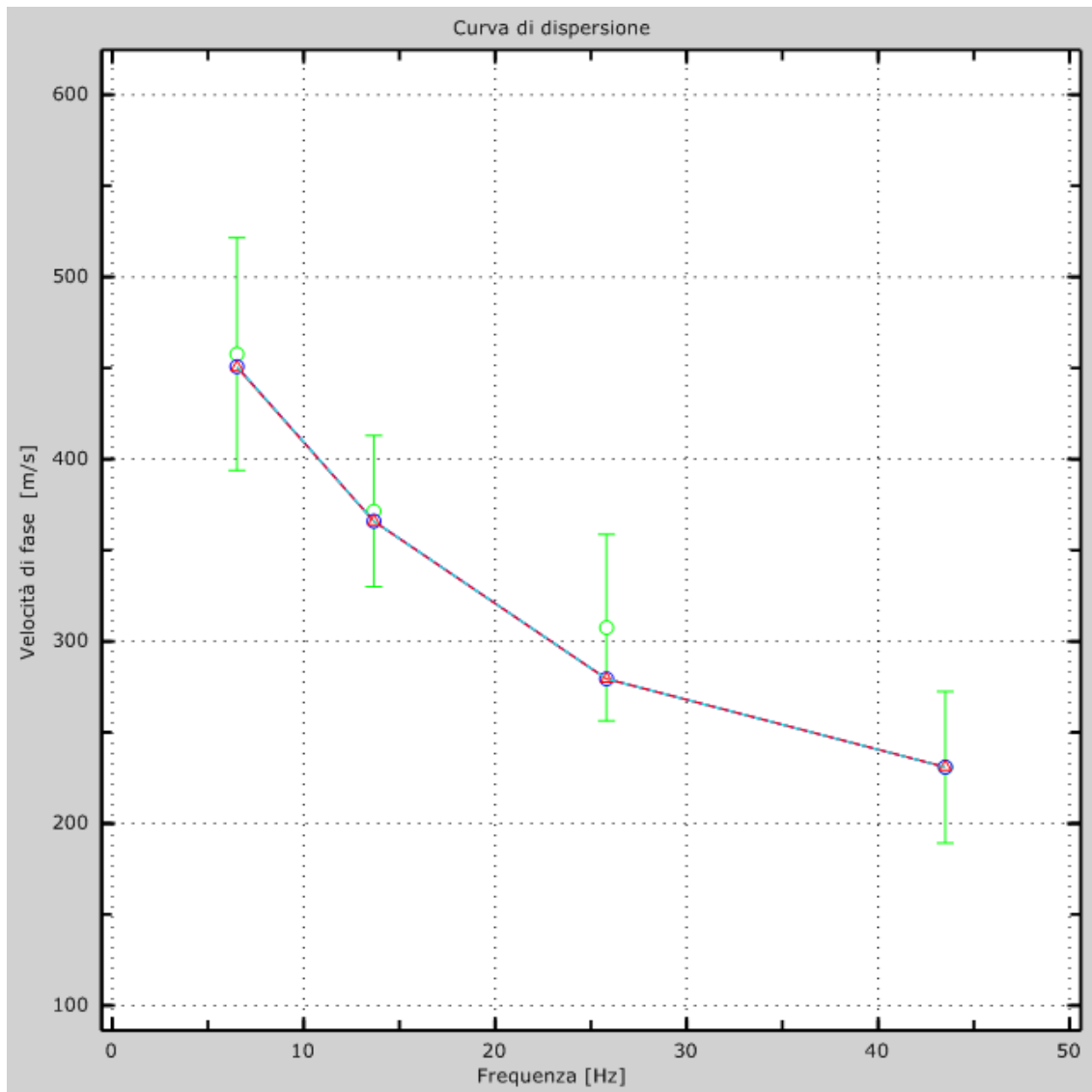


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

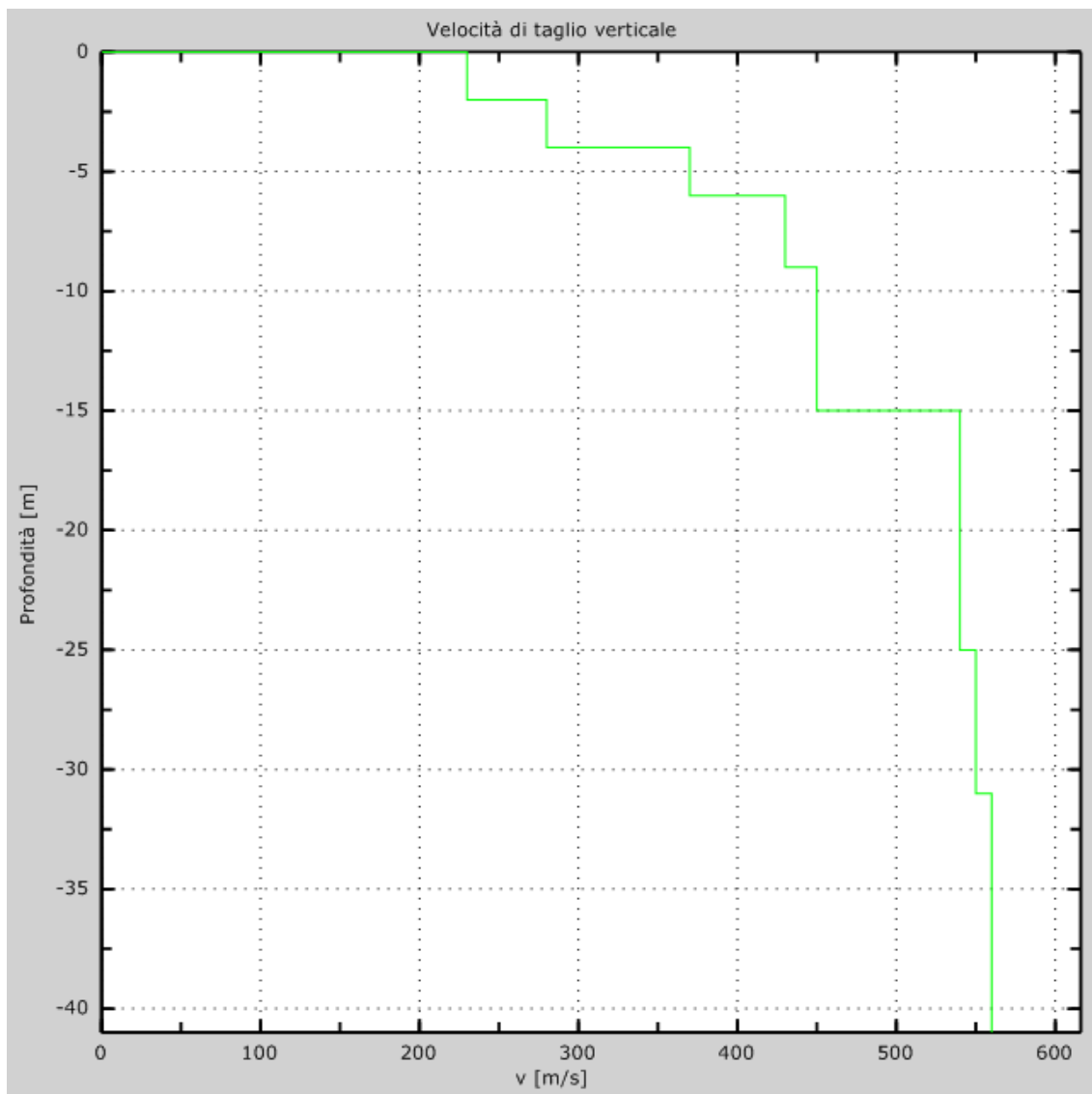


Figura 6: Profilo Vs numerico

6 - Risultati finali

La normativa applicata è il D.M. n°8 del 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.

Piano di riferimento z (m) = 0

L'unità geotecnica dello strato rigido non è stata rilevata entro 30 metri di profondità dal piano di riferimento.

Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano con la profondità.

V_s equivalente [m/s] 433

Tipo di suolo **B**

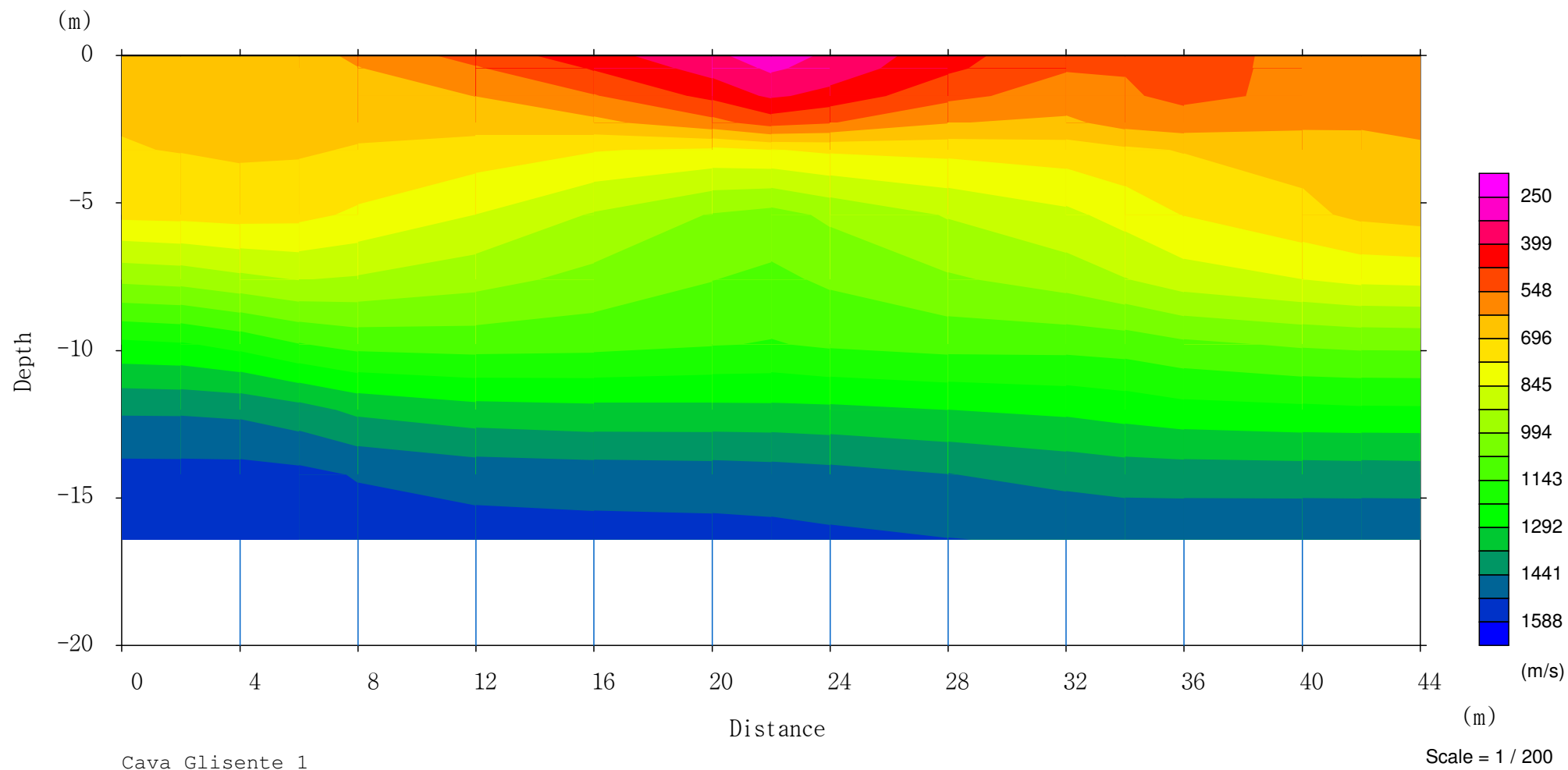
Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

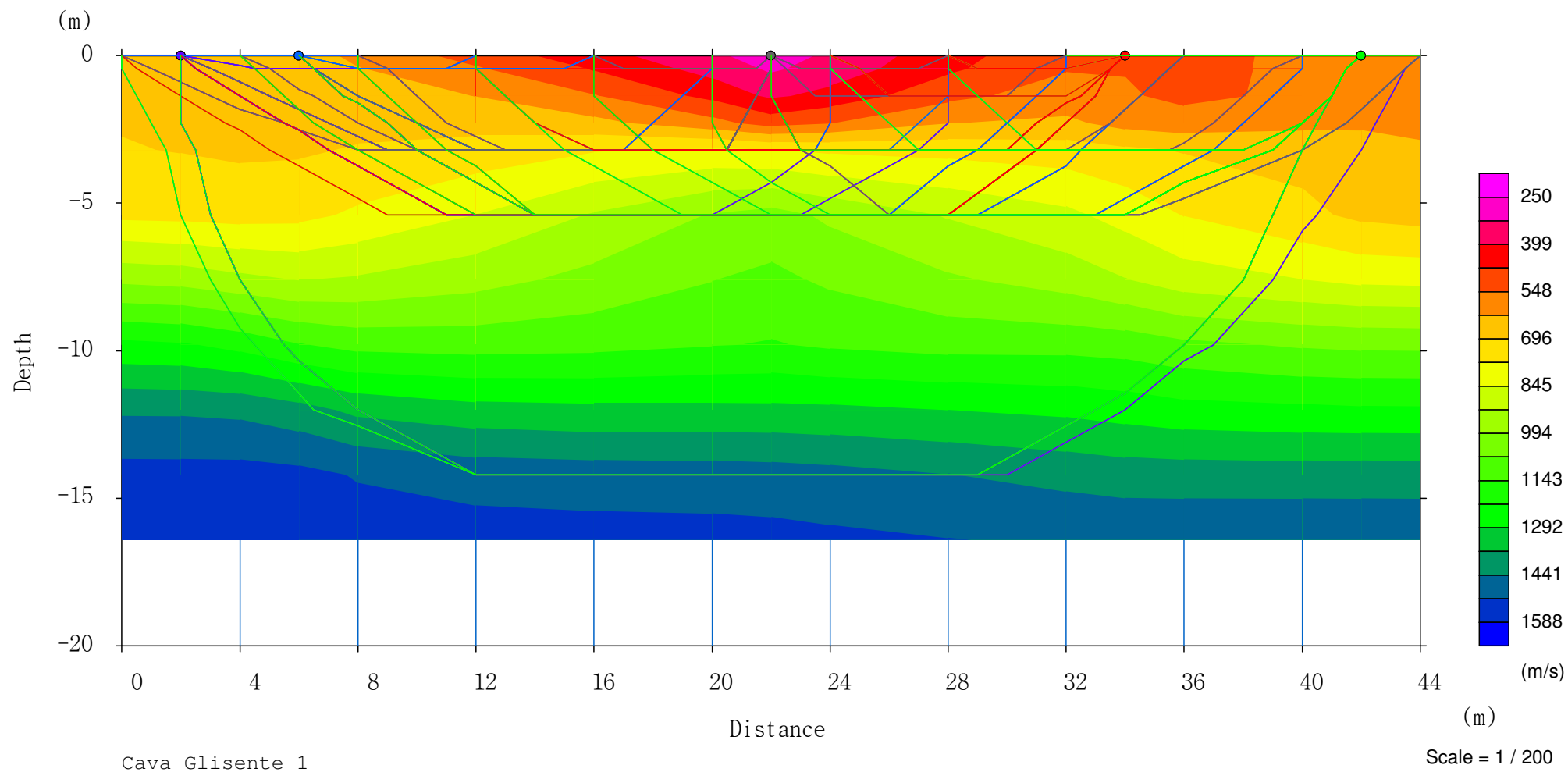


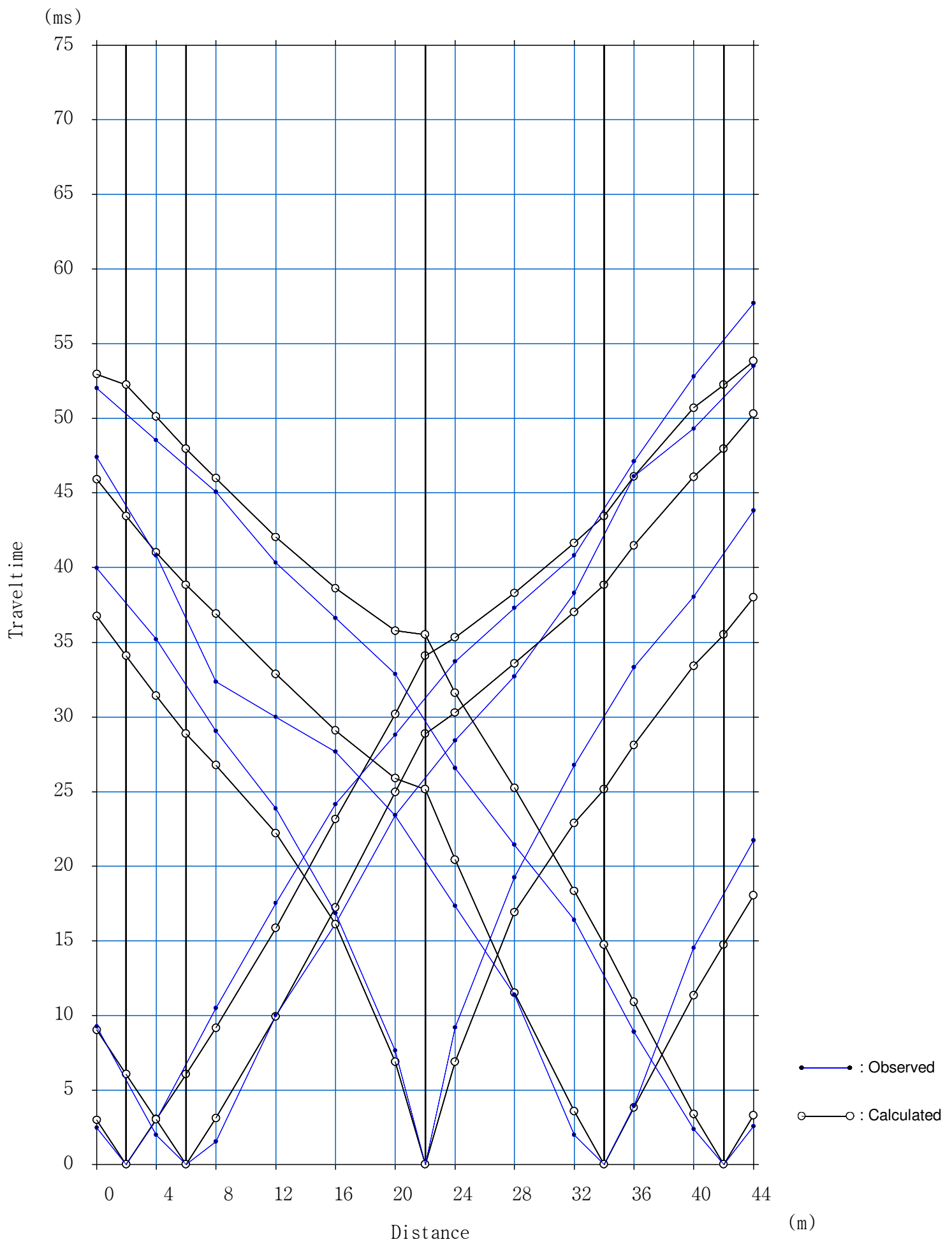
TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 4b

TOMOGRAFIA - STENDIMENTO 1







Cava Glisente 1

Scale = 1 / 323



TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 4c

RISULTATI DELLE ANALISI MASW E REMI - STENDIMENTO 2

Risultati delle analisi MASW e ReMi

Autore: Giovanni Rodina
Sito: Glisente
Data: 30 aprile 2025

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24
Distanza tra i sensori:.....2m
Numero di campioni temporali2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

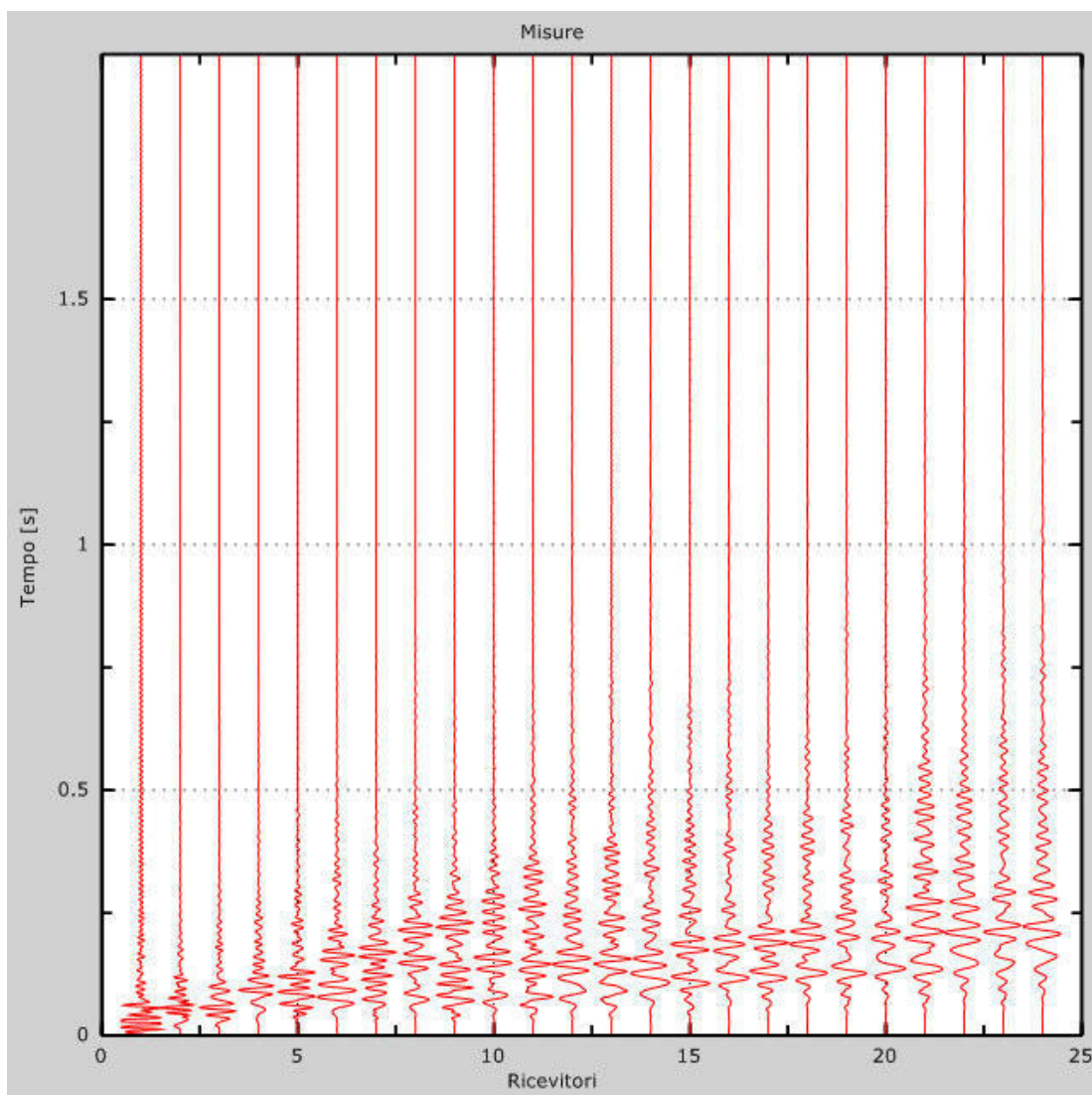


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

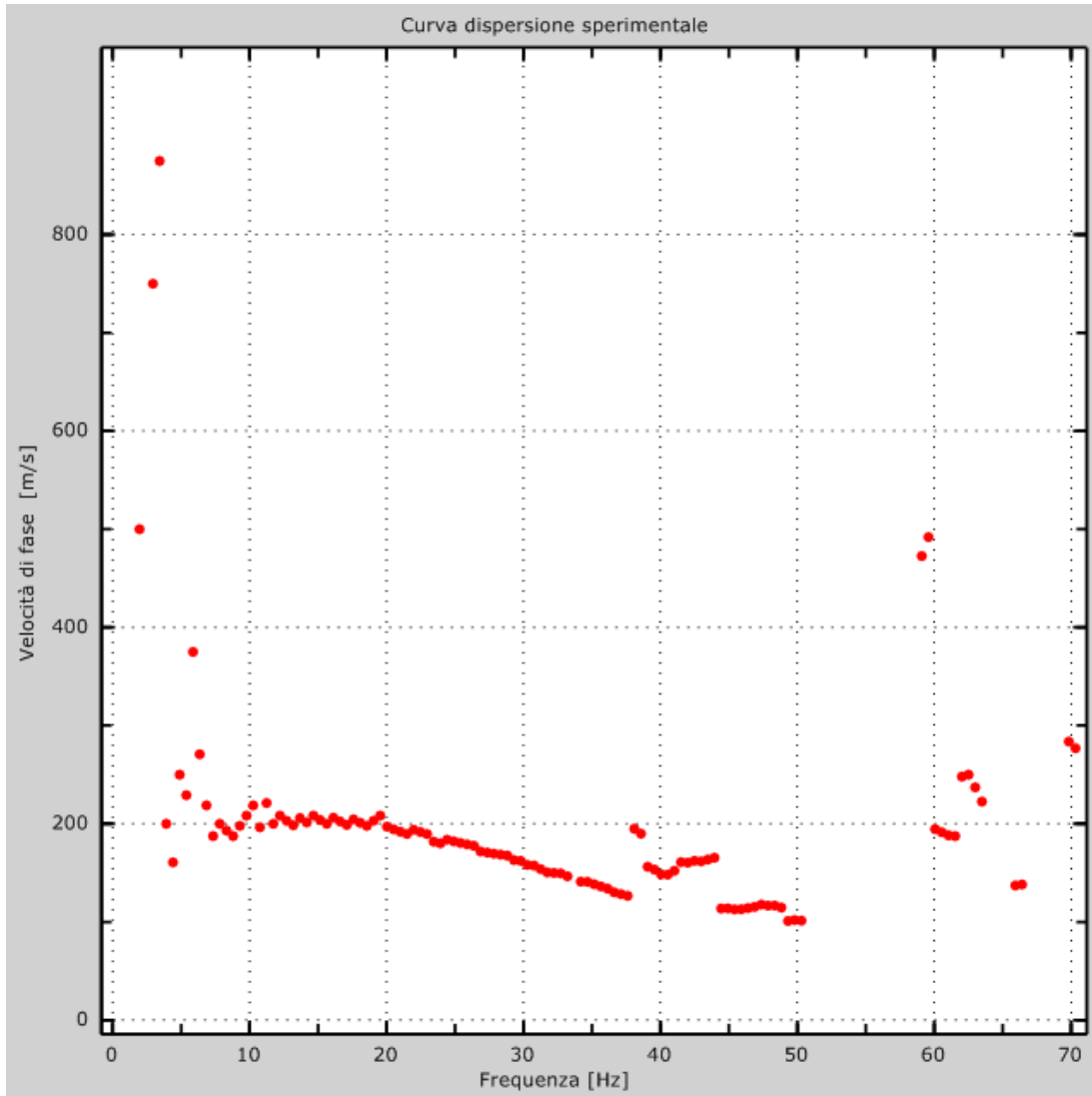


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori.....24
Numero di campioni temporali3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 59998ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

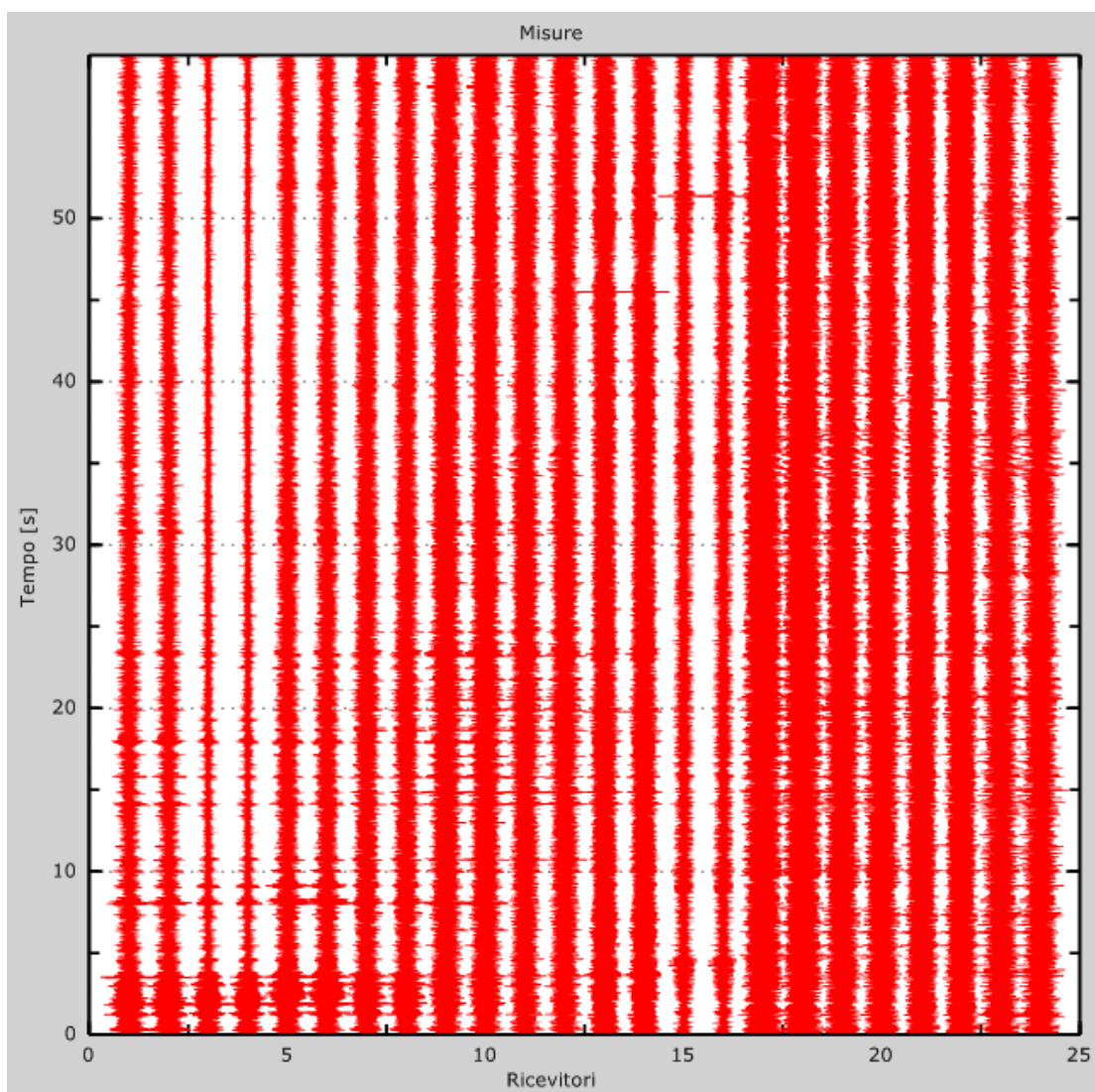


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
2.01123	498.393	354.736	642.051
4.87937	249.621	141.003	358.24
7.31729	193.56	112.972	274.148
8.80873	186.552	123.484	249.621

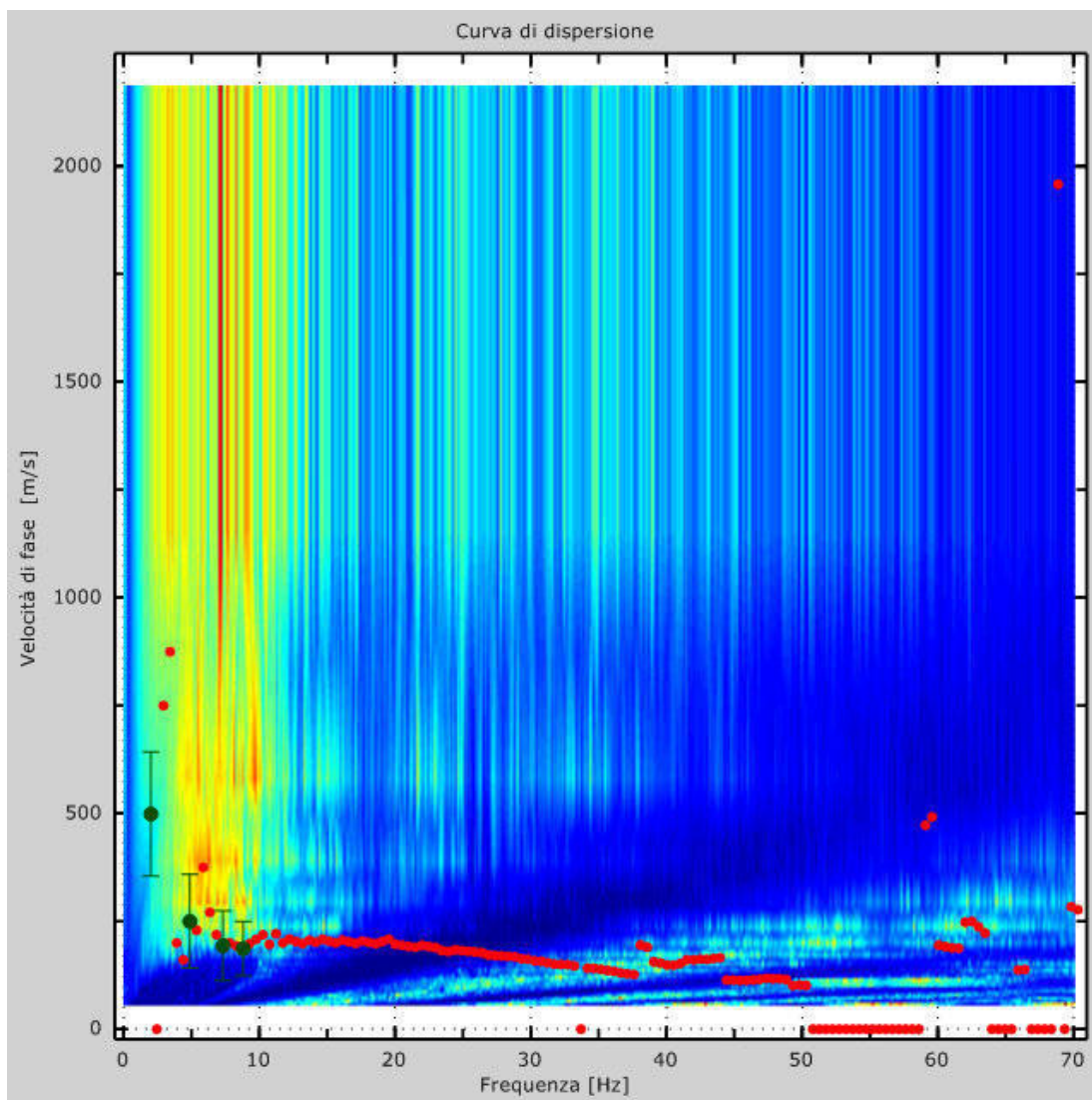


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	9
Spaziatura ricevitori [m]	1m
Numero ricevitori.....	24
Numero modi	1

Strato 1

h [m]	2
z [m]	-2
Densità [kg/m ³]	1606
Poisson	0.2
Vs [m/s]	180
Vp [m/s].....	294
Vs min [m/s].....	104
Vs max [m/s]	270

Strato 2

h [m]	3
z [m]	-5
Densità [kg/m ³]	1628
Poisson	0.2
Vs [m/s]	190
Vp [m/s].....	310
Vs min [m/s].....	104
Vs max [m/s]	285

Strato 3

h [m]	3
z [m]	-8
Densità [kg/m ³]	1649
Poisson	0.2
Vs [m/s]	200
Vp [m/s].....	327
Vs min [m/s].....	104
Vs max [m/s]	300

Strato 4

h [m]	4
z [m]	-12
Densità [kg/m ³]	1649
Poisson	0.2
Vs [m/s]	200
Vp [m/s].....	327
Vs min [m/s].....	108
Vs max [m/s]	300

Strato 5

h [m]	4
z [m]	-16

Densità [kg/m ³]	1761
Poisson	0.2
Vs [m/s]	240
Vp [m/s].....	392
Vs min [m/s].....	108
Vs max [m/s]	360

Strato 6

h [m]	4
z [m]	-20
Densità [kg/m ³]	1789
Poisson	0.2
Vs [m/s]	240
Vp [m/s].....	392
Vs min [m/s].....	139
Vs max [m/s]	360

Strato 7

h [m]	4
z [m]	-24
Densità [kg/m ³]	2020
Poisson	0.2
Vs [m/s]	500
Vp [m/s].....	816
Vs min [m/s].....	139
Vs max [m/s]	750

Strato 8

h [m]	5
z [m]	-29
Densità [kg/m ³]	2020
Poisson	0.48
Vs [m/s]	530
Vp [m/s].....	2702
Vs min [m/s].....	139
Vs max [m/s]	795
Falda presente nello strato	

Strato 9

h [m]	0
z [m]	-∞
Densità [kg/m ³]	2763
Poisson	0.48
Vs [m/s]	540
Vp [m/s].....	2753
Vs min [m/s].....	277
Vs max [m/s]	810
Falda presente nello strato	

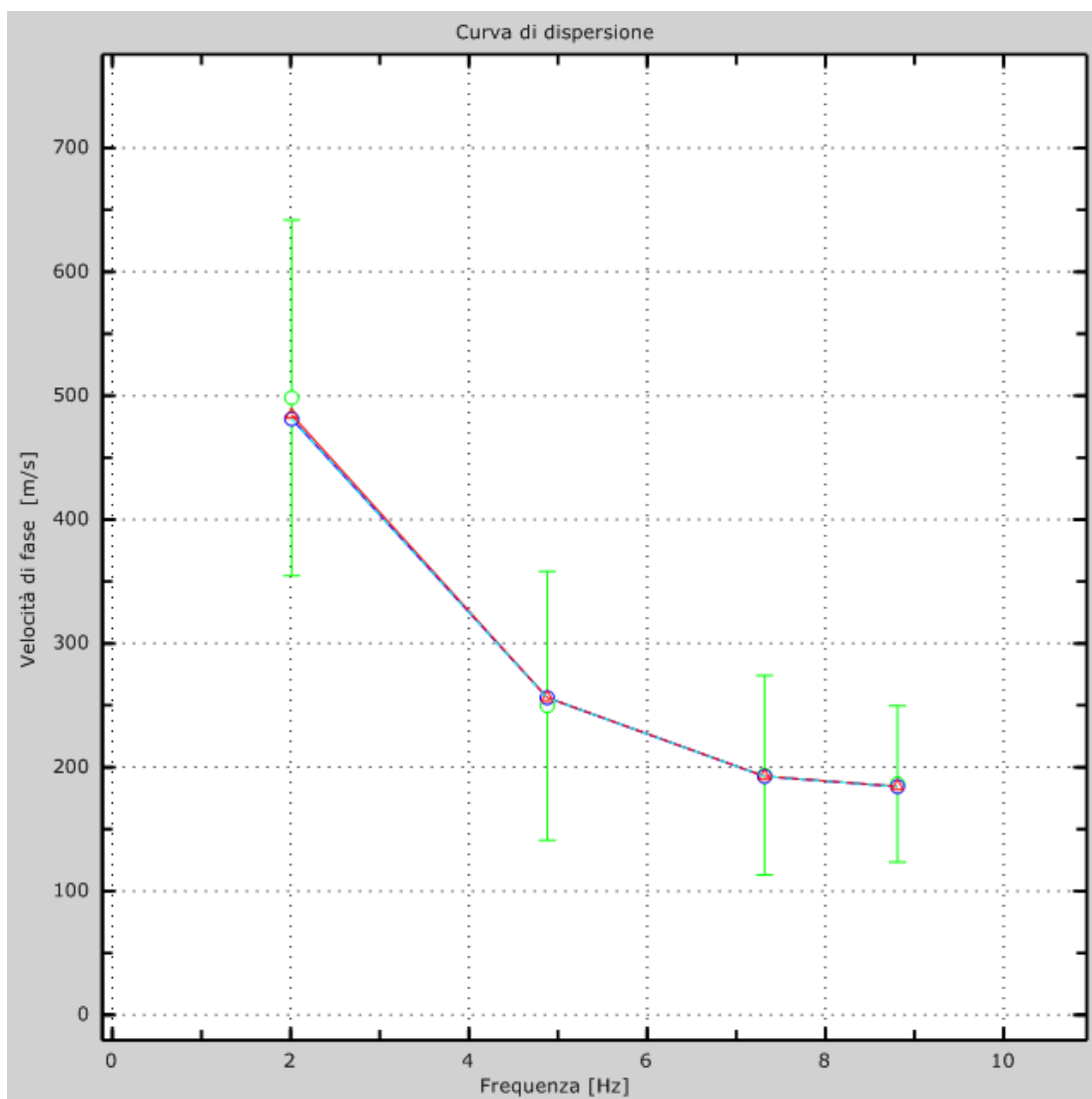


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

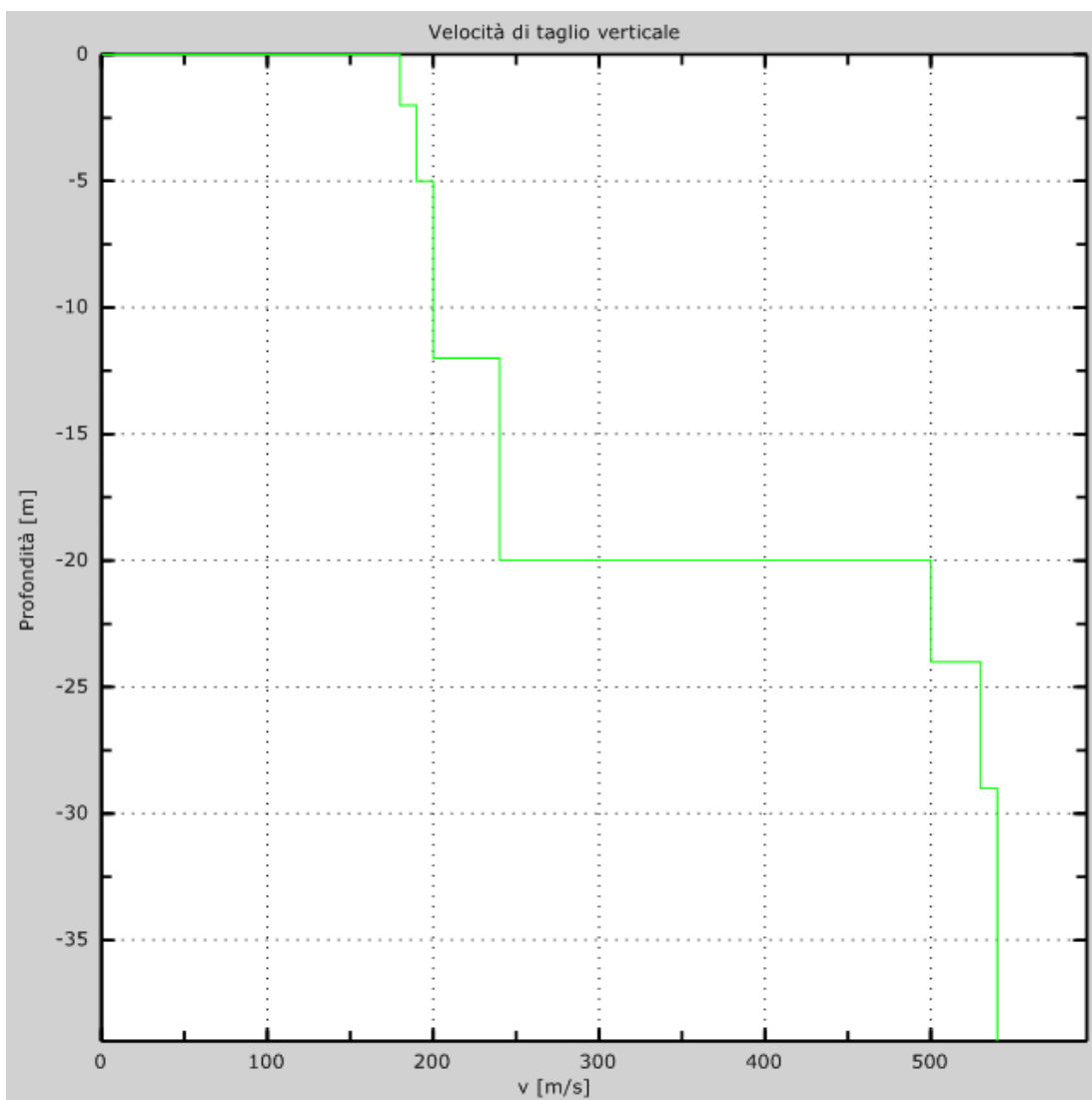


Figura 6: Profilo Vs numerico

6 - Risultati finali

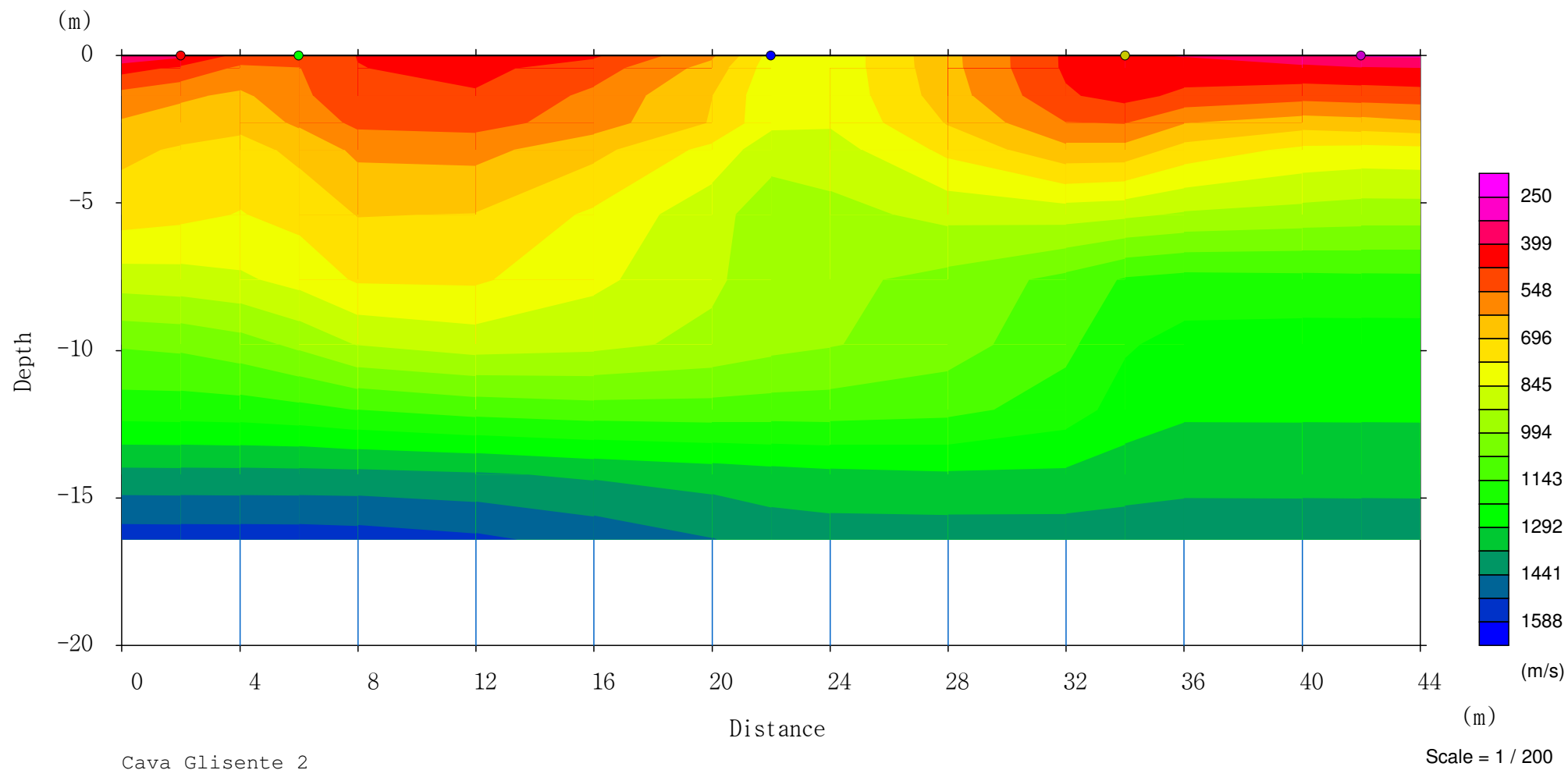
Piano di riferimento $z=0$ [m].....	0
Vs30 [m/s].....	261
La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008	
Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).	
Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.	
L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 9	
Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità	
Tipo di suolo	C

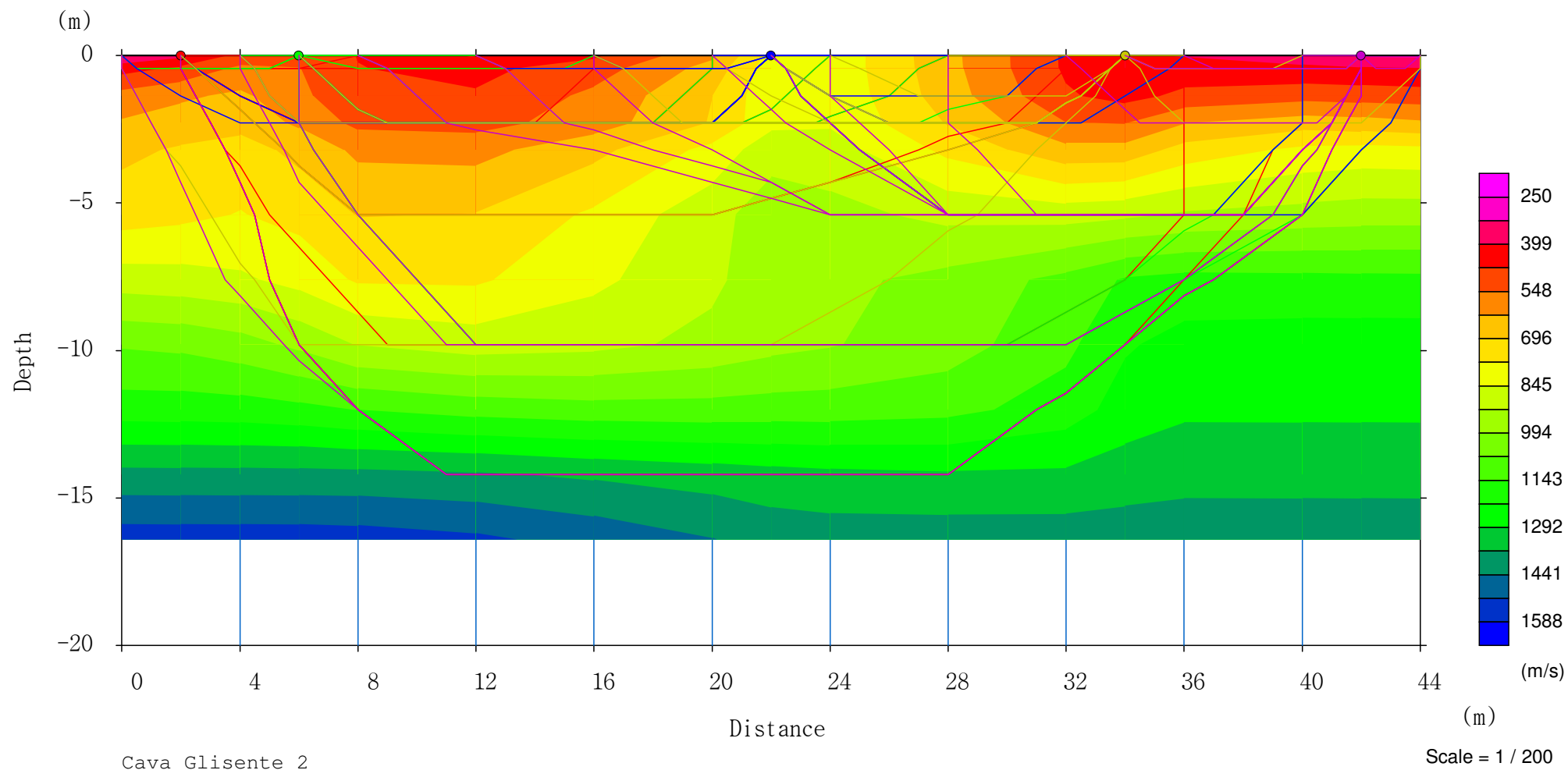


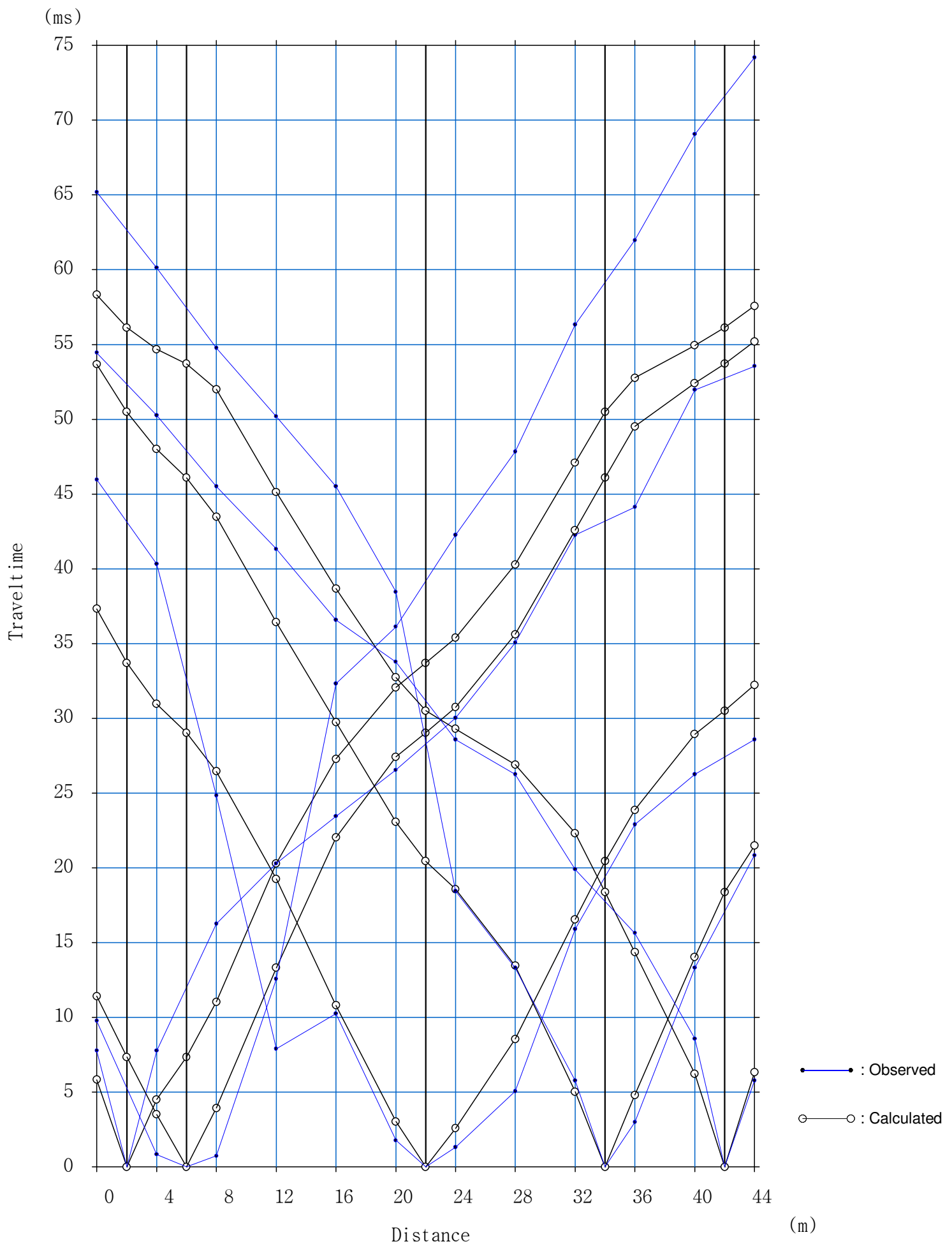
TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 4d

TOMOGRAFIA - STENDIMENTO 2









TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 4c

**ATTREZZATURA UTILIZZATA
PER LE INDAGINI GEOFISICHE**

DoReMi



L'apparecchiatura utilizzata per le misurazioni è il sismografo DoReMi prodotto dalla Ditta SARA Electronic srl: è uno strumento ad alte prestazioni in grado di acquisire un segnale sismico per misure sismologiche e geofisiche.

La sua principale applicazione è la rilevazione di vibrazioni naturali e artificiali, dal rumore di fondo ai forti terremoti; risulta particolarmente adatto all'esecuzione di prove MASW e ReMi.

In fase di misura il DoReMi, tramite un modulo software, è collegato a un comune PC costituendo così una stazione sismica, che permette di eseguire una vasta gamma di misure vibrometriche.

Il software di gestione permette la visualizzazione delle tracce sperimentali in tempo reale; inoltre garantisce la massima efficienza di esecuzione potendo controllare istantaneamente la qualità del dato raccolto.

Caratteristiche tecniche generali

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica

Alimentazione: batteria interna ricaricabile, consumo totale per 12 canali 510mA

Numero massimo di canali per tratta: 255

Contenitore: Monoblocco in materiale plastico

Dimensioni e peso: 80x55x18mm, 250g

Temperatura operativa: -20/+50°C

Conformità: CE

Campionamento

Memoria: 64kByte (>30000 campioni)

Frequenze in Hz: 200,300,400,500,800, 1000, 2000, 3000, 4000, 8000, 10000, 20000

Intervalli relativi in ms: 5, 3.33, 2.5, 2, 1.25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05

Impostazioni generali di campionamento

ReMi: 500Hz, 60secondi

MASW: 1000Hz, 2secondi

Rifrazione: 5000Hz, 0.25secondi

Convertitore A/D

Tipologia: SAR

Risoluzione: 16 bit

Dinamica: 96 dB

Geofoni



I geofoni da campo sono usati sia per esplorazione superficiale che profonda. In funzione del tipo di setup di campagna e di energizzazione al suolo, diversi tipi di segnali possono essere registrati ottenendo informazioni sulla morfologia del sottosuolo.

Caratteristiche tecniche generali

Tipo: sensore verticale

Frequenza propria: 4.5Hz

Banda utilizzabile: 0.2-240Hz

Sensibilità: 28m/s

Massa inerziale: 11g

Peso: 275g



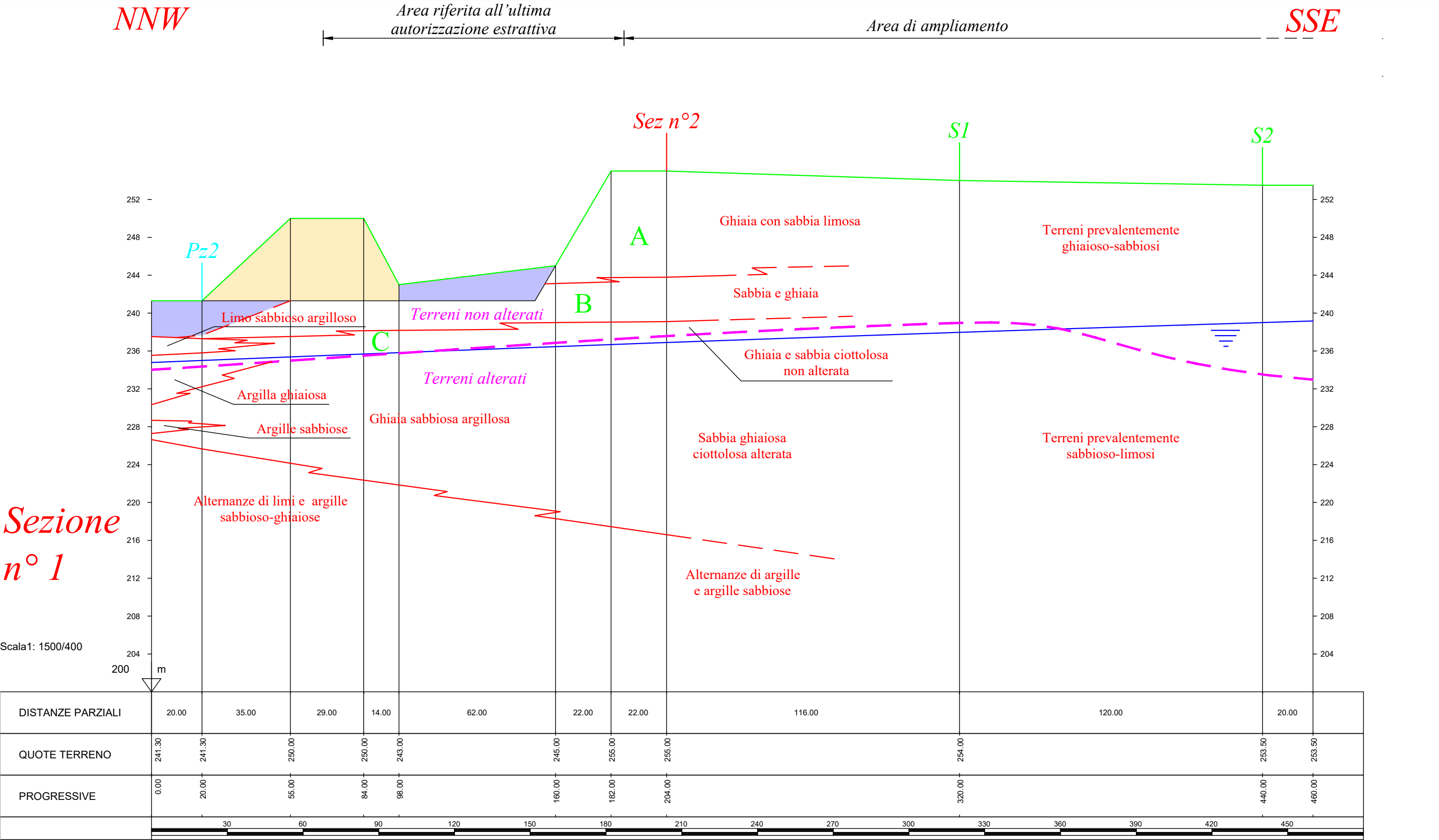
TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 5

SEZIONI GEOLOGICHE

5a Sezione geologica NNW-SSE

5b Sezione geologica N-S



LEGENDA

- Profilo attuale
- A

Unità geotecnica
- Base della litozona superficiale
- Deposito di terreni e/o prodotti
- Riporti con terreno sterile
- Livello freaticometrico misurato (Rilievo del mese di Luglio 2025)

T

TELLUS s.r.l.

Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

Data:

11-09-2025

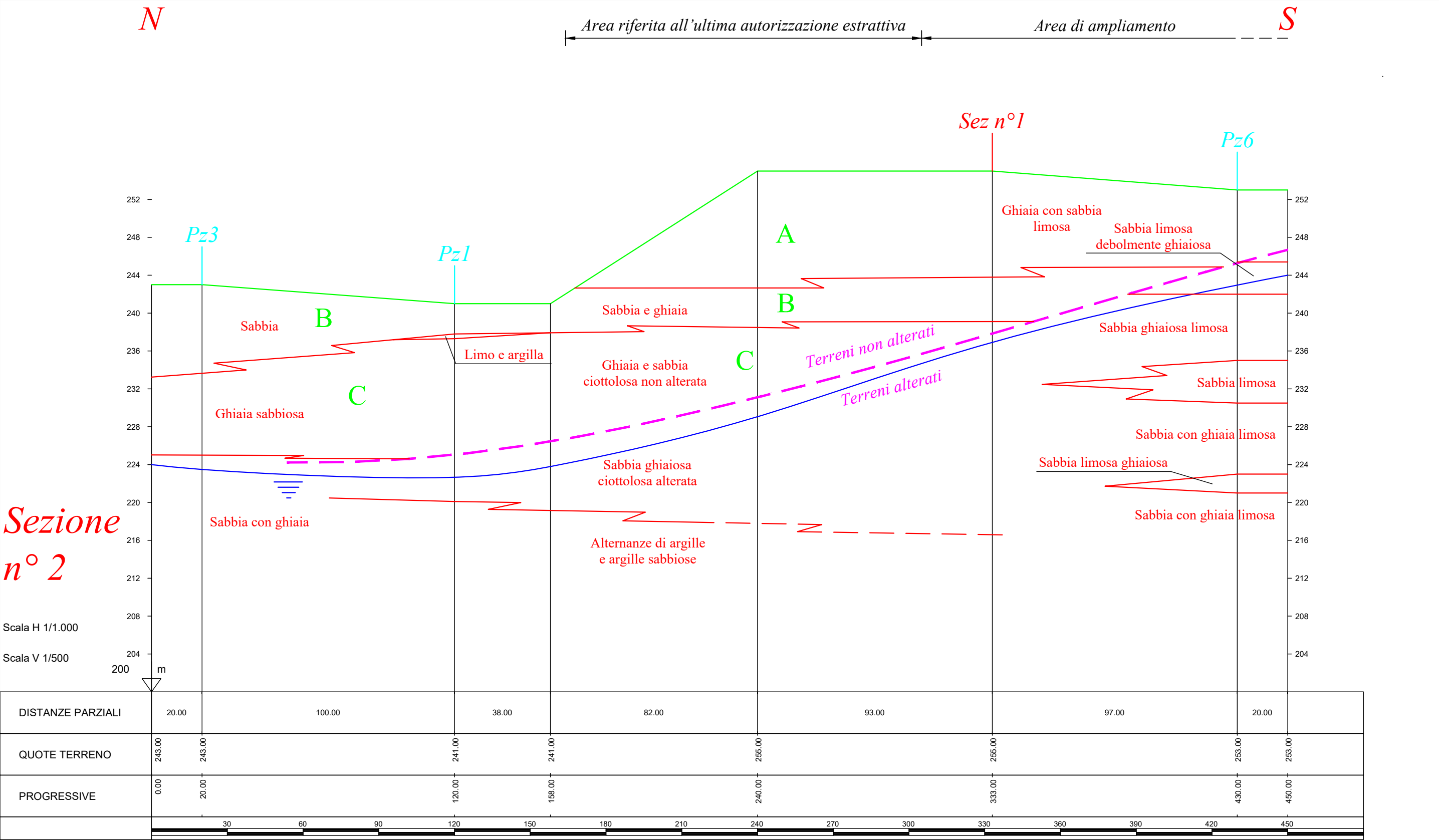
Allegato N.:

5a

Scala h: 1:1.500

Scala v: 1:400

Sezione geologica 1 (NNW-SSE)



LEGENDA

Profilo attuale

A

Unità geotecnica

Base della litozona superficiale

Deposito di terreni e/o prodotti

Riporti con terreno sterile

Livello freaticometrico misurato
(Rilievo del mese di Luglio 2025)

TELLUS s.r.l.

Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

Data:

11-09-2025

Allegato N.:

5b

Scala h: 1:1.500

Scala v: 1:400

Sezione geologica 2 (N-S)



TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 6

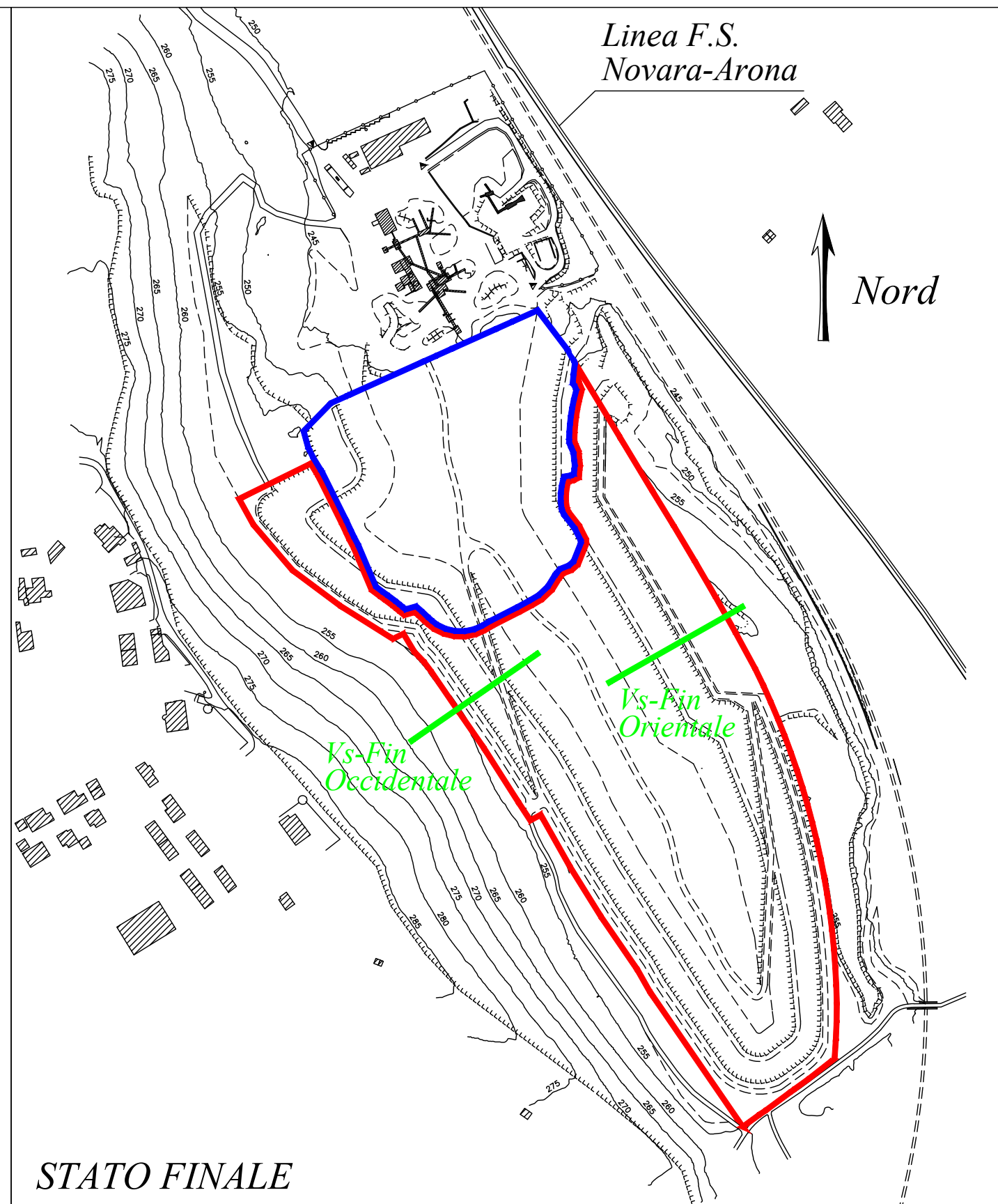
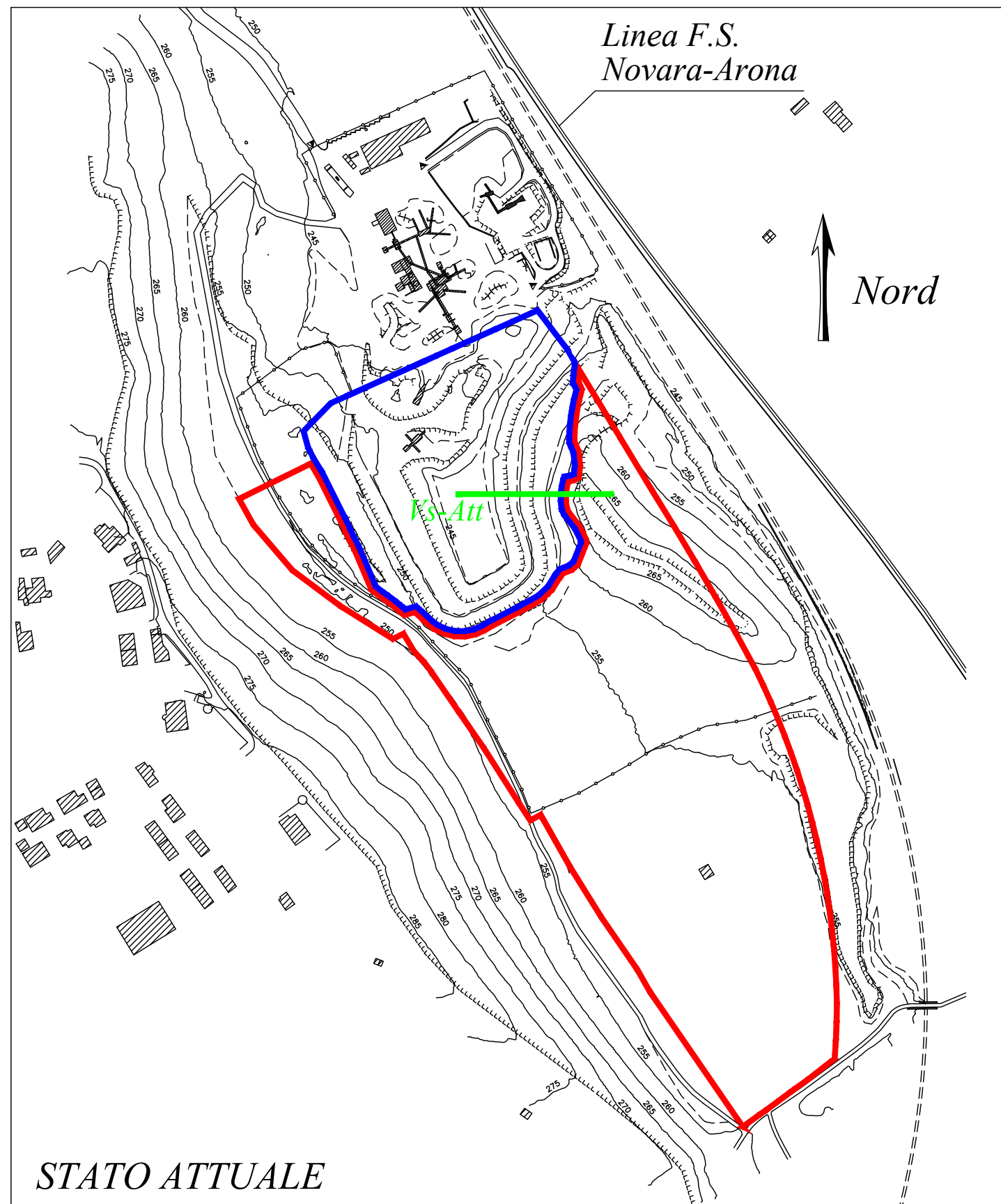
VERIFICHE DI STABILITÀ

6a Ubicazione delle sezioni di verifica

6b Fronti attuali

6c Fronti di scavo in progetto

6d Pendii finali di recupero ambientale



LEGENDA

- Area ultima autorizzazione
- Area di ampliamento
- Traccia delle verifiche di stabilità



TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

Data:
11-09-2025

Allegato N.:
6a

Scala:
1:3.000

Ubicazione delle sezioni di verifica



TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 6b

FRONTI ATTUALI

Comune di Castelletto sopra Ticino (NO)

Cava di inerti in loc. Glisente

Fronti di scavo attuali

Tratto centrale del fronte orientale

Verifica di stabilità

Scala 1:600

Litotipo 1: ϕ [°] = 31

c [kN/m²] = 0

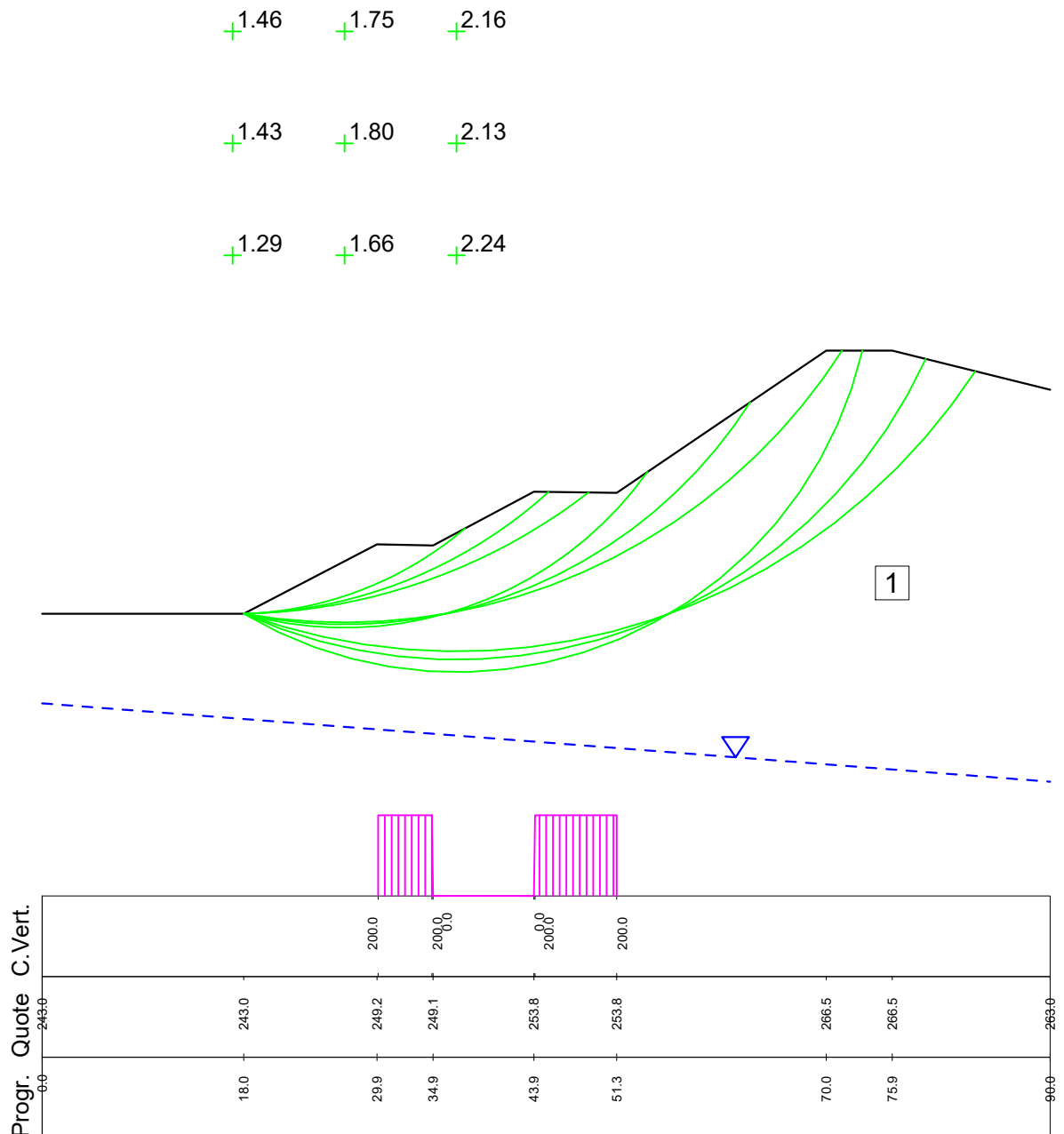
γ [kN/m³] = 19

Gamma acqua [kN/m³] = 10

Comp. sismica orizz.=0.014

Comp. sismica vert.=0.007

Metodo: Sarma





TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 6c

FRONTI DI SCAVO IN PROGETTO

Comune di Castelletto sopra Ticino (NO)

Cava di inerti in loc. Glisente

Fronti di scavo in progetto

Fronte orientale

Verifica di stabilità

Scala 1:600

Litotipo 1:

phi [°] = 31

c [kN/m²] = 0

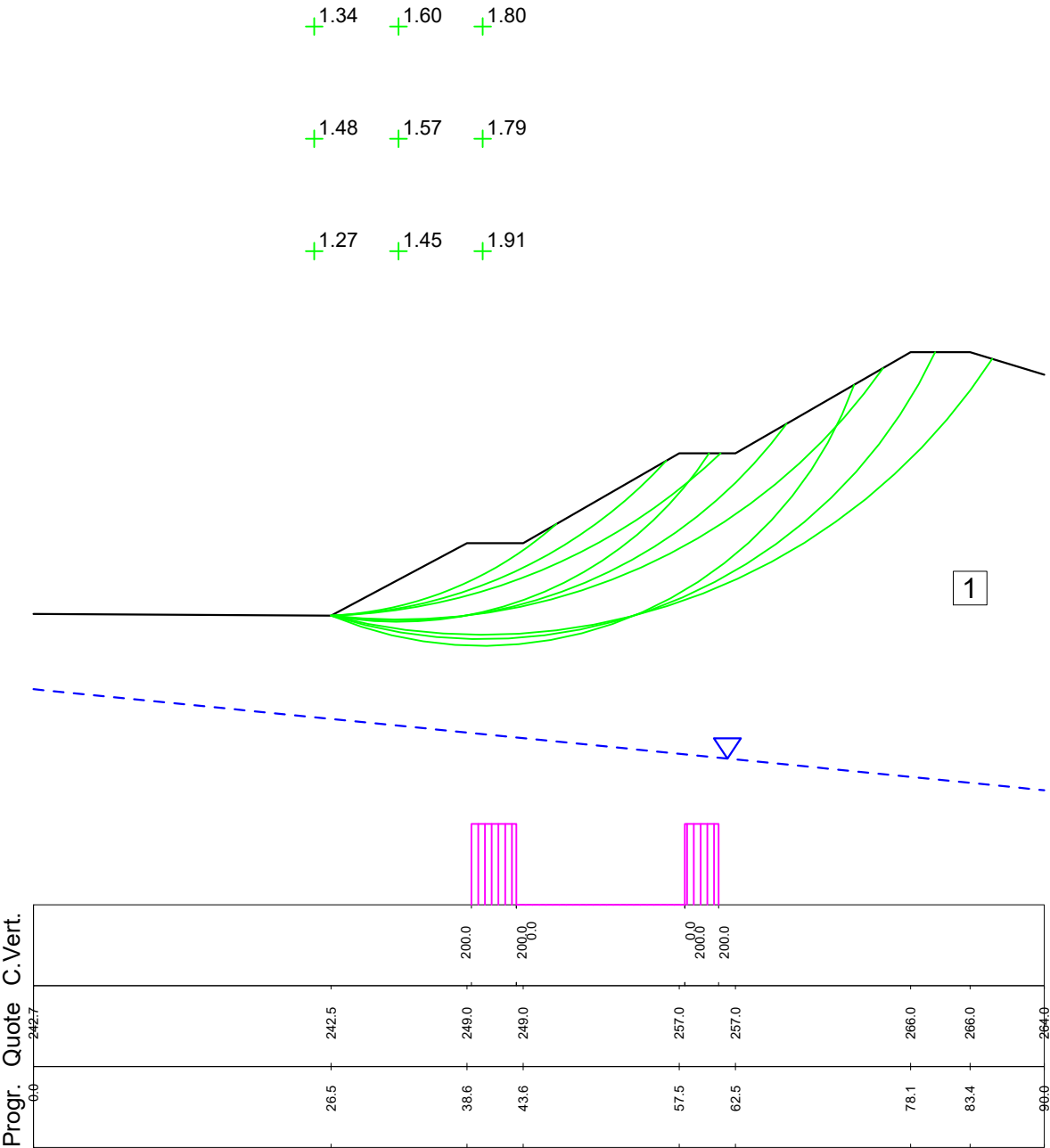
gamma [kN/m³] = 19

Gamma acqua [kN/m³] = 10

Comp. sismica orizz.=0.014

Comp. sismica vert.=0.007

Metodo: Sarma



Comune di Castelletto sopra Ticino (NO)

Cava di inerti in loc. Glisente

Fronti di scavo in progetto

Fronte occidentale

Verifica di stabilità

Scala 1:600

Litotipo 1: ϕ [°] = 31

c [kN/m²] = 0

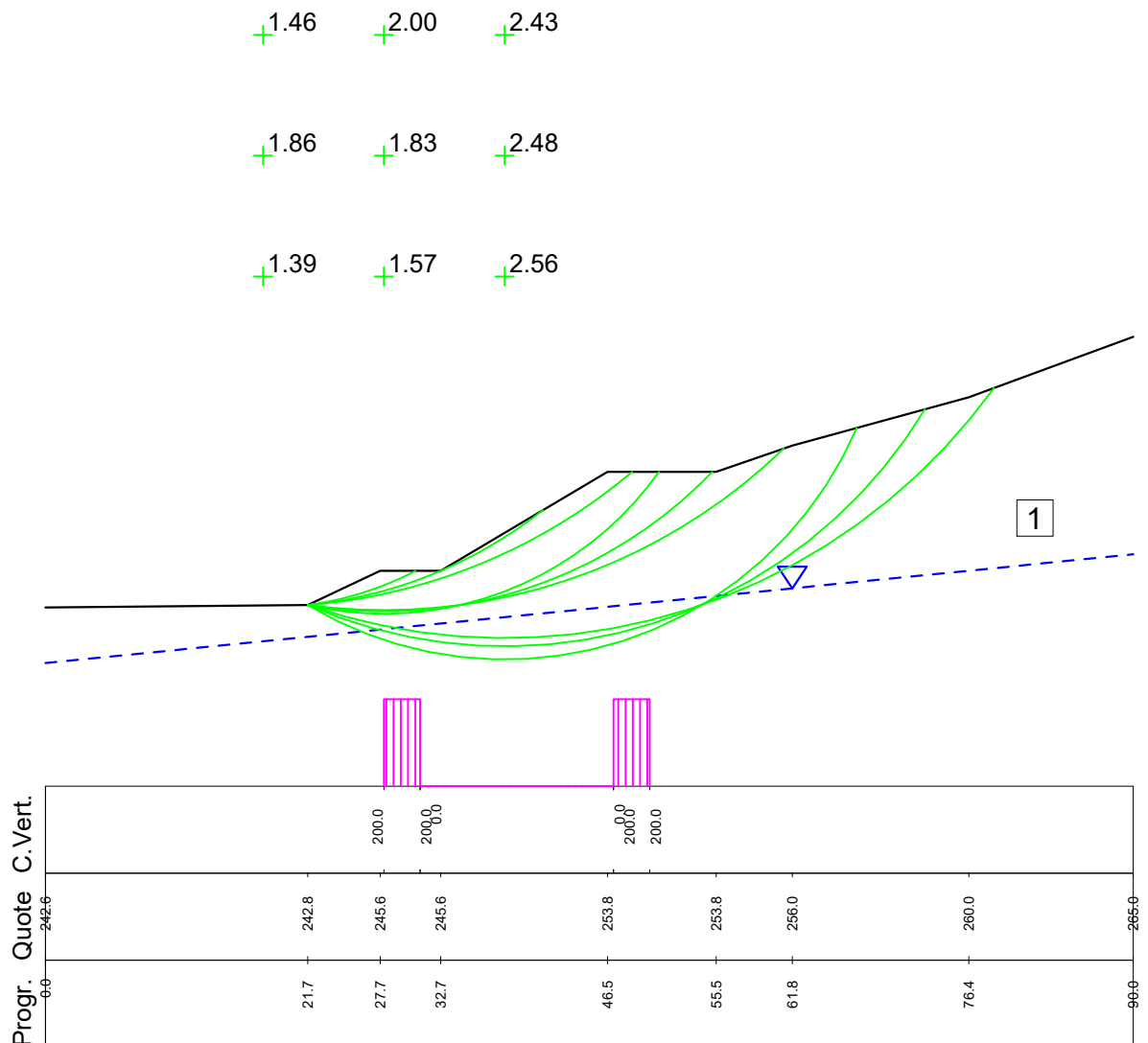
γ [kN/m³] = 19

Gamma acqua [kN/m³] = 10

Comp. sismica orizz.=0.014

Comp. sismica vert.=0.007

Metodo: Sarma





TELLUS s.r.l.
Topografia · Geologia · Servizi per l'ingegneria

ALLEGATO N. 6d

PENDII FINALI DI RECUPERO AMBIENTALE

Comune di Castelletto sopra Ticino (NO)

Cava di inerti in loc. Glisente

Pendii finali di recupero ambientale

Pendio orientale

Verifica di stabilità

Scala 1:600

Litotipo R: $\phi [^\circ] = 27$

$c [kN/m^2] = 20$

$\gamma [kN/m^3] = 18$

Litotipo 1: $\phi [^\circ] = 31$

$c [kN/m^2] = 0$

$\gamma [kN/m^3] = 19$

Gamma acqua $[kN/m^3] = 10$

Comp. sismica orizz.=0.014

Comp. sismica vert.=0.007

Metodo: Sarma

