PROVINCIA DI SAVONA
COMUNE DI VADO LIGURE

Realizzazione bretella di collegamento tra via Bertola e via Trieste lungo la sponda destra del torrente Segno

Progetto di fattibilità tecnico economica

Relazione per parere ex art. 89 DPR 380/2001

COMMITTENTE

Comune di Vado Ligure
P.zza San Giovanni Battista, 5
17047 Vado Ligure

PROGETTO

STUDIO GOSO ASSOCIATI

Dott. Ing. Marco GOSO
Ordine Ingegneri Savona n. 1288

REV	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	DESCRIZIONE	ALLEGATO:	PAGINE:
D					S	.
C						
B						
A						
0	Giu. 2025	Dott. F. Saglietto	Ing. M. Goso	Emissione	FILE: PFTE_0S_Rel_art_89_RELAZ.docx	

Il presente elaborato è protetto da copyright. E' severamente vietata ogni forma di riproduzione anche parziale senza autorizzazione scritta dell'Ente proprietario.

SOMMARIO

PREMESSA 2
LOCALIZZAZIONE, EVOLUZIONE DEL TERRITORIO ED ASPETTI URBANISTICI 3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO – IDROGEOLOGICO 6
RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO E DEFINIZIONE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .. 13
AZIONI SISMICHE E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE 16
MODELLO GEOLOGICO N.T.C. 2018 26
INTERFERENZE CON IL PIANO DI BACINO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE PER LA GESTIONE DEL RISCHIO DA DISSESTI DI NATURA GEOMORFOLOGICA E AL PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) 27
NORMATIVA GEOLOGICA DI VADO LIGURE E VINCOLO IDROGEOLOGICO 35
CONCLUSIONI 36

PREMESSA

La presente relazione è stata svolta in relazione a quanto disposto dal'art.89 del DPR 380/2001 seguendo lo schema concettuale, per quanto applicabile, proposto dalle DGR 1745/2013 e DGR 714/2011 e alla circolare regionale n°4551 del 12/12/1989 a corredo del progetto di fattibilità tecnica economica per la realizzazione della bretella di collegamento tra via Bertola e via Trieste lungo la sponda destra del torrente Segno nel Comune di Vado Ligure.

In particolare soni stati considerati i vincoli specifici riportati nella pianificazione di bacino del Torrente Segno in cui il sito si localizza e negli aspetti sismici dei terreni del sottosuolo in cui si andrà ad operare.

LOCALIZZAZIONE, EVOLUZIONE DEL TERRITORIO ed ASPETTI URBANISTICI

✓ Generalità e localizzazione

Il comune di Vado Ligure è situato nella provincia di Savona, in Liguria. Il territorio comunale confina a est con Savona, a ovest con Bergeggi e Spotorno, e a nord con Quiliano. Oltre al capoluogo, il comune comprende le frazioni di Porto Vado, Sant'Ermete e Segno.

La pianura alluvionale di Vado Ligure rappresenta un eccezionale esempio di come la natura e l'azione umana si siano intrecciate nel corso dei secoli, trasformando radicalmente il paesaggio. Originata da processi geologici plio-olocenici , oggi è un nodo strategico per l'industria, la logistica e le infrastrutture, pur conservando tracce della sua storia passata.

Il progetto, allo stadio di PFTE (Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica), consiste nella realizzazione di una bretella stradale lungo la sponda destra del Torrente Segno, per collegare il ponte di Via Bertola/Via Piave al Centro Commerciale "Molo 8.44".

L'opera si pone come prosecuzione della viabilità esistente nelle aree ex OCV Italia S.r.l., al fine di migliorare la connessione con l'autostrada e servire gli insediamenti produttivi attuali e futuri. Il tratto di viabilità in progetto è evidenziato in colore giallo nella ortofoto

seguente, dove sono anche indicate in colore rosso le principali vie di comunicazione in corso di ristrutturazione (strada a scorrimento Savona - Vado Ligure), di nuova realizzazione (progetto P708 nuova via Trieste) ed in corso di approvazione (nuovo svincolo Autostrada A10 di Vado Ligure).

Planimetria generale pianificazione della viabilità nel comune di Vado Ligure

La nuova infrastruttura prevede la realizzazione di un tratto stradale lungo la sponda destra del torrente Segno, tra il ponte di Via Bertola/Via Piave e il Centro Commerciale "Molo 8.44".

La bretella rappresenterà la naturale estensione della viabilità già realizzata nelle aree ex OCV Italia S.r.l., con l'obiettivo di migliorare la connessione alla direttrice autostradale. Inoltre, essa servirà le attività produttive già presenti, oltre a quelle che verranno insediate in futuro.

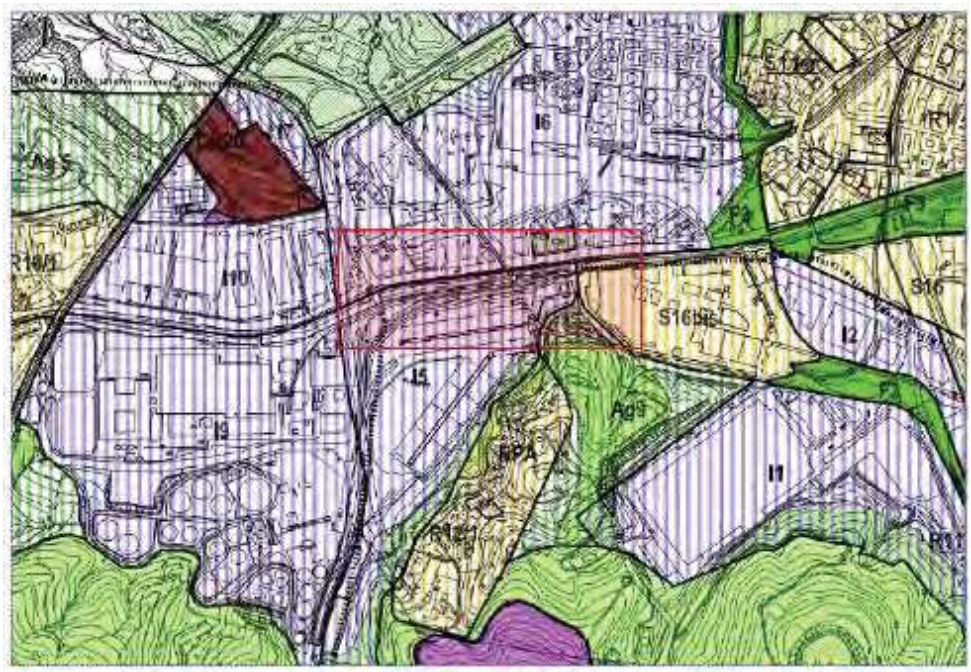
Nel tratto interessato dall'intervento, l'alveo del torrente Segno presenta, sulla sponda orografica sinistra, un argine formato da un muro in cemento armato e da un ampliamento di Via Piave realizzato su piloni. Sulla sponda destra, invece, è presente solo parzialmente

un argine artificiale. A partire dal ponte di Via Bertola, vi è un muro in cemento armato lungo circa 42 metri, che progressivamente restringe l'alveo, passando da una larghezza di 30 metri nella sezione immediatamente a monte del ponte a 24 metri alla fine del muro. Da quel punto fino a circa 25 metri a monte del ponte di Via Montegrappa, l'alveo presenta un argine a scarpata naturale, con una sezione che alla base non supera i 15 metri di larghezza, con alcuni tratti ancora più stretti.

- ✓ Aspetti urbanistici

Come si evince dal PRG, l'intervento di progetto ricade essenzialmente in zona industriale "I5" e marginalmente nelle zone semintensive "S16 bis" (rotatoria sovrapposta all'attuale area parcheggio).

Gli adeguamenti stradali (rampa di Via Montegrappa, innesto di Via Trieste) ricadono invece su viabilità esistenti e marginalmente in zona agricola di presidio ambientale "Ag9".



Estratto cartografico del PRG del Comune di Vado Ligure Tav. 7 – Assetto Generale

Il tracciato dalla nuova viabilità è altresì disciplinato dal "NUOVO STRUMENTO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA DELLA ZONA "S16 BIS" DEL VIGENTE STRUMENTO URBANISTICO GENERALE, IN VARIANTE CONNESSA ALLO S.U.G. AI SENSI DELL'ART. 8, L.R N. 24/1987 E S. M.", di cui si riporta di seguito uno stralcio, approvato dal Consiglio Comunale di Vado Ligure con la deliberazione n. 49 in data 30/11/2022.

Stralcio S.U.A. ddel vigente strumento urbanistico generale approvato dal Consiglio Comunale di Vado Ligure con la deliberazione n. 49 in data 30/11/2022.

L'approvazione del progetto della nuova viabilità costituisce quindi variante al P.R.G. vigente, in quanto comporta la puntuale localizzazione dell'opera nella cartografia del Piano, con conseguente apposizione del vincolo preordinato all'espropriazione e dichiarazione di pubblica utilità dell'intervento ai sensi degli articoli 9 e seguenti del D.P.R. 327/2001 e s.m.i.. Inoltre L'approvazione del progetto risulta anche in variante anche rispetto ai contenuti dello S.U.A. di iniziativa privata della zona "S16 BIS".

INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO – IDROGEOLOGICO

✓ Assetto geologico regionale

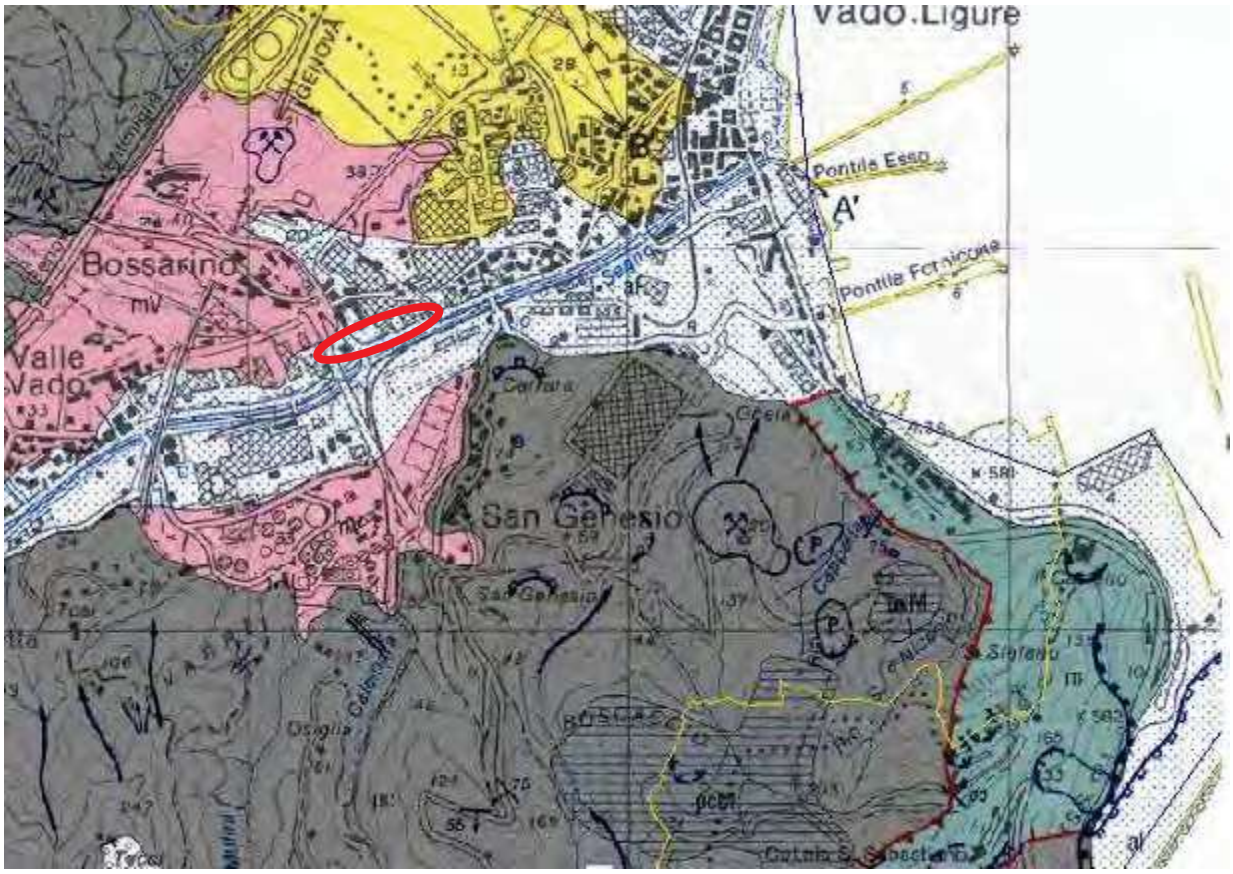
Nelle pubblicazioni scientifiche e nella cartografia geologica ufficiale l'area è stata trattata, tra l'altro, nei seguenti documenti:

- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - Scala1:100.000 (Fg. 92–93 – Albenga Savona).
- CARTA GEOLOGICA REGIONALE CON ELEMENTI DI GEOMORFOLOGIA (CGR) sc. 1:25000 - tav. 229.3 - Vado Ligure.
- BONI A., CERRO A., GIANOTTI R. & VANOSSI M. (1971) - Note illustrative della Carta geologica d'Italia. Foglio 92-93, Albenga-Savona. Serv. Geol. D'It.:pp. 143, Roma.
- VANOSSI M. e Alii –Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi , ipotesi (1984) – Mem.Soc.Geol. It.
- CAROBENE L. e Alii - Le variazioni ambientali nell'area di Vado Ligure dal Neolitico ad oggi (2008) - Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences

L'area in esame ricade in una zona del territorio ligure particolarmente complessa sotto il profilo geologico strutturale avendo subito e conseguentemente registrato, diverse fasi deformative riconducibili ai diversi periodi dell'orogenesi alpina sino ai movimenti relativi della costa più vicini a noi del Pliocene e del Pleistocene.

La piana del Torrente Segno, di superficie non molto estesa per quanto concerne l'origine e le prime fasi evolutive, è legata alla presenza di depressioni tettoniche, impostate su un sistema di faglie dirette e da riferirsi ad una ripresa della dinamica distensiva del bacino del Mar Ligure (Fannucci & alii 1987). I due sistemi di dislocazioni principali (60-65°e 145-150°) sono da riferire alla tettonica fragile che ha accompagnato il sollevamento dell'area durante il Plio-quaternario. Il sistema di faglie con direzione prevalente a 65° (circa parallela alla linea di costa), origina una struttura a "gradinata" verso il largo a mare o strutture tipo Horst e Graben.

CARTA GEOLOGICA REGIONALE CON ELEMENTI DI GEOMORFOLOGIA (CGR) -tav. 229.3 - Vado Ligure



QUATERNARIO

COPERTURE SCIOLTE: coltri eluvio-colluviali.

TERRE ROSSE: suoli arrossati da argilla residuale.
Olocene

ALLUVIONI: depositi fluviali attuali e recenti; depositi di spiaggia.
Olocene

ALLUVIONI ANTICHE: conglomerati, alternanze di argille sabbiose e/o conglomerati minuti; conglomerati con matrice rossastra argillosa.
Quaternario - Pliocene

COPERTURE PRE-QUATERNARIE

ARGILLE DI ORTOVERO: argille siltose con intercalazioni di sabbie e conglomerati; marne grigio azzurre; conglomerati minuti con matrice rossastra, argilla gialla, marne grigie e conglomerati minuti con matrice rossastra.
Pliocene

CALCARI DI FINALE: calcari vacuolari cloritici, di colore nerastro; minuti a rossastro, alternanze di conglomerati ad elementi con lenti fossilifere.
Miocene medio

MARNE DI SAN LORENZINO: marne o argille grigio giallastre, brecce monogeniche calcaree, conglomerati a blocchi poligenici.
Oligocene inferiore

FORMAZIONE DI MOLARE: depositi prevalentemente continentali o salmastri; conglomerati poligenici più o meno cementati, con ciottoli di dimensioni variabili, a tratti molto potenti; localmente alternati a livelli arenacei e marnosi; marne ed arenarie grigio azzurre, meno grossolane generalmente potenti. Intercalato a tratti arenacee e conglomeratiche intercalazioni di lenti di lignite.
Oligocene inferiore

DA PROTOLITI SEDIMENTARI

SCISTI DI GORRA: scisti quarzosi micacei (in parte originati da arenarie di origine mista da sedimentazione quarzo pelitica con notevole apporto di materiale vulcanico acido (tufiti, ignimbriti).
Scisti quarzosi micacei bianco-argentei, metaquarziti fini talvolta manganesifere, locali intercalazioni di metabasiti, della formazione di Ezio (pzG), con subordinata intercalazione di Porfiroidi del Melogno.
Permiano inferiore - Carbonifero superiore

FORMAZIONE DI VIOLA: scisti quarzoso micacei varicolori da verdi a scuri, localmente arricchiti in granati e rodite, localmente livelli di carniole e carboniti antracitici
Carbonifero superiore

FORMAZIONE DI MURIALDO: filladi scure grafitiche, con frequenti lenti e vene di quarzo, locali intercalazioni di metabasiti, della formazione di Ezio (pcM)
Carbonifero superiore

METASEDIMENTI PERMIANI: metasedimenti riferibili alle formazioni precedenti non cartografabili separatamente.
Permiano inferiore - Carbonifero superiore

✓ Assetto geologico locale

Le valli comprese tra Vado Ligure e Savona sono caratterizzate da allineamento di depositi pliocenici disposti in direzione N-E con ispessimenti più o meno marcati verso l'interno dei corsi d'acqua fluviali. In particolare in sinistra idrografica del T. Segno, lungo la fascia costiera verso Savona, affiora il Pliocene inferiore in facies argillosa (Argille di Ortovero). A volte le argille sono sormontate da sabbie e conglomerati. I rilievi collinari in destra idrografica del Segno sono viceversa costituiti da affioramenti di filladi e micascisti carboniosi con frequenti vene contorte di quarzo, il tutto ascritto alla "Formazione di Ollano" (Carbonifero medio e superiore) ed ai "Porfiroidi del Melogno" (Permiano inferiore).

Rocce che rappresentano il substrato geologico del materasso alluvionale della piana. Il substrato comprende in gran parte litotipi facilmente erodibili: filladi e argille e la sedimentazione continentale, durante le fasi di basso eustatico (periodi glaciali), è dominata da clasti spigolosi generati dalla degradazione fisica (favorita dalla scistosità e dalla fitta fratturazione), e dalla abbondante presenza, derivante da prevalenti processi di alterazione pedogenetica, della componente argilloso-siltoso-sabbiosa.

Il materasso alluvionale di spessore vario poggia su una superficie sepolta complessa e qui localmente costituita, dalle rocce filladiche carbonifere e/o marne argillose plioceniche.

I terreni alluvionali (pur tenendo conto dei rimaneggiamenti più o meno superficiali di natura antropica) sono rappresentati dalla tipica stratificazione irregolare delle sedimentazioni fluviali, con variazioni tessiturali / litologiche sia in verticale sia in orizzontale.

✓ Inquadramento geomorfologico

- *Assetti geomorfologici generali*

La piana alluvionale di Vado Ligure si è formata grazie all'azione di due principali corsi d'acqua a carattere torrentizio: il Torrente Segno a ovest e il Torrente Quiliano a est. Questi torrenti hanno trasportato e depositato a valle detriti erosi dai versanti montuosi circostanti, costituiti prevalentemente da rocce paleozoiche (filladi, micascisti) e, in parte, da formazioni più recenti.

L'area in oggetto è ubicata in un contesto di pianura franca all'interno del tessuto urbano di Vado Ligure in sponda destra del torrente Segno in fregio all'argine fluviale.

La zona si presenta fortemente antropizzata trattandosi di una ex-area industriale (utilizzata per circa un secolo come cokeria) che ha subito nel tempo notevoli trasformazioni e rimaneggiamenti; in particolare l'intervento si attuerà tra l'argine fluviale attuale e il confine della proprietà TRI SpA dove in precedenze era ubicato un tracciato ferroviario secondario a servizio della attività industriali in loco.

Non si evidenziano frane o forme erosive di una qualche importanza ed il contesto territoriale esaminato risulta a bassa vulnerabilità specifica senza particolari problemi geomorfologici in terreni pressoché pianeggianti.

- *Caratterizzazione geomorfologica del sito in relazione al grado di pericolosità al dissesto.*

Le aree in questione per quanto attiene alla zonizzazione riportata nel "Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" vigente dal 08/04/2024 sono "non cartografate" e nell'ex PdB del T.Segno in "PG0" a suscettività "molto bassa".

✓ Inquadramento idrogeologico

- *Acque superficiali*

Il territorio è caratterizzato del torrente Segno che scorre arginato nell'omonima valle per sfociare, poi, in mare e rappresenta il principale corso d'acqua della pianura alluvionale di Vado Ligure. L'intervento è ubicato in sponda sinistra del torrente Segno dove si segnala la presenza aree inondabili con tempo di ritorno duecentennale.

- *Acque sotterranee*

Lo schema delle acque sotterranee in questione interessa la piana alluvionale e l'acquifero presente risulta possedere una falda di sub-alveo alimentata dal torrente Segno che costituisce la struttura idrogeologica più importante della valle omonima.
Trattasi di una struttura idrogeologica del tipo "sistema globale acquifero/fiume" con rapporto diretto tra falda e sistema fluviale; l'alimentazione è garantita dai processi di dispersione in subalveo ed in parte con ricariche provenienti dal substrato roccioso fratturato o dalle zone fagliate.
Il materasso alluvionale è caratterizzato da una stratificazione irregolare con disomogeneità composizionali sia verticali che orizzontali con deposizione prevalente di ghiaie e sabbie anche grossolane in lenti nastriformi allungate nel senso della corrente intervallate da orizzonti di materiali fini a componente limosa o limo-argillosa.
La configurazione locale dell'acquifero contenuto nel materasso alluvionale risulta abbastanza complessa e non conosciuta nel dettaglio. Tuttavia dall'interpolazione dei dati che si possono ricavare dai numerosi sondaggi fatti all'interno dell'area TRI SPA ed integrati dai sondaggi eseguiti nel dicembre 2022 dalla ditta "Geofisica-Ambiente srls" si può delineare la seguente geometria:

- il limite superiore è costituito dalla superficie freatimetrica libera che si trova a bassa profondità (mediamente intorno ai -3 /-5 m) in relazione alle oscillazioni della falda stessa con i livelli delle acque fluviali. Misure eseguite durante i sondaggi nel mese di dicembre 2022 (periodo comunque di secca del torrente) hanno confermato un'altezza media di circa -4,5 m dal p.c..
- i limiti laterali sono costituiti dai rilievi collinari che definiscono morfologicamente la vallata.

L'acquifero è strutturalmente unitario ma tende tuttavia a differenziarsi in sub-acquiferi locali in comunicazione tra loro in relazione all'andamento complesso delle stratificazioni fluviali tra sedimenti grossolani e fini.

RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO E DEFINIZIONE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

✓ Aspetti generali e stratigrafie

I dati stratigrafici sono stati desunti sia da quelli reperibili nella "storia" dell'area in questione che ha portato all'esecuzione nel tempo di diverse indagini geologiche e di caratterizzazione ambientale accompagnate da sondaggi di varia natura. A questo riguardo si è fatto riferimento alla "relazione geologica a supporto del progetto definitivo per la realizzazione del ponte di via alla Costa e relativa viabilità di accesso -anno 2021 Geol . D. Delucchi e L. Maldotti". Inoltre sono stati eseguiti nel mese di dicembre 2022 sondaggi geognostici in prossimità dell'argine sinistro del Segno della ditta specializzata Geofisica & Ambiente srls portati alla profondità di 15-20m.

Si rileva che il sottosuolo naturale è costituito, da sedimenti tipici degli ambienti fluviali delle piane alluvionali della Liguria occidentale. Sono presenti sabbie e ghiaie franche, sabbie anche con abbondante frazione grossolana in matrice limosa o limo- argillosa intervallati da lenti e orizzonti francamente pelitici discontinui.

L'assetto litostratigrafico così delineato permette di giustificare un modello deposizionale di ambiente fluviale - deltizio nel quale i terreni più grossolani sono interpretabili come riempimenti dell'alveo inciso ad alta energia, la cui ampia diffusione areale è legata alle diverse configurazioni morfologiche assunte dal paleoalveo.

La presenza di particolari conformazioni dei livelli limo-argillosi, caratterizzati localmente da contatti bruschi e poco graduali con gli orizzonti sabbiosi, è spiegabile attraverso successive e ripetute fasi erosivo/deposizionali di natura fluviale, determinate dalle diverse configurazioni areali assunte dall'alveo principale del corso d'acqua o dei canali secondari da esso alimentati. I livelli pelitici derivano da contesti a bassa energia

deposizionale, tipica delle zone palustri o delle piane alluvionali distali, quando le acque di tracimazione danno luogo a ristagni e langhe paludose poste in vicinanza con il l'alveo attivo.

I terreni sedimentari quaternari di natura fluviale soggiacciono in discordanza con contatto erosionale su un substrato roccioso metamorfico carbonifero a morfologia sepolta complessa e/o sulle argille plioceniche. Si deve tener conto anche del forte rimaneggiamento superficiale a seguito dell'attività industriale che ha interessato tutta la zona in sponda destra del Segno eseguita in passato ed in particolare nel secolo scorso.

Riassumendo l'orizzonte più superficiale, per uno spessore variabile tra 1,5-2 m, è costituito materiali rimaneggiati prevalentemente grossolani e riporti. I sottostanti sedimenti sono caratterizzati da sabbie medie-fini limose, passanti generalmente verso il basso a limi sabbiosi, a colorazione nocciola-brunastra, variamente addensati. Il bed-rock sepolto risulta a profondità variabile, che supera i 20-30 m in fregio alla sponda destra del T. Segno (infatti i sondaggi geognostici eseguiti nel 2022 non hanno mai intercettato il substrato).

- ✓ Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici-geomeccanici

Per valore caratteristico (Vk) di un parametro geotecnico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato; nello specifico quel valore quale è associata una prefissata probabilità di non superamento (non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove).

Secondo le Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) sulle NTC (comma C.6.2.2) si possono utilizzare le seguenti combinazioni:

A) Valori caratteristici circa uguali ai valori medi;

B) Valori caratteristici circa uguali ai valori minimi.

Secondo l'Eurocodice 7 e le NTC, i valori caratteristici "Xk" consistono in una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite. Il comma.C6.2.2.4 della Circolare LL.OO. 2/2/09 illustra chiaramente come tali valori debbano essere scelti.

Dalle informazioni raccolte e dei dati noti pregressi dell'area in questione, i terreni (fatta eccezione per i rimaneggiati e di riporto superficiali), sono costituiti da una successione di sedimenti fluviali, irregolare, con lenti e variazioni sia tessiturali sia granulometriche, in senso sia laterale sia verticale.

Dal punto di vista geotecnico sono prevalenti orizzonti "granulari" costituiti da sabbie grossolane e ghiaia con ciottoli di colore marrone chiaro o grigio, da sabbie limose debolmente ghiaiose, generalmente di colore marroncino e limi sabbiosi; i clasti eterometrici sono sub-arrotondati o arrotondati costituiti da micascisti, filladi, porfiroidi e quarziti.

I valori geotecnici medi dello strato sedimentario, così come elaborati e riportati in allegato possono essere così sintetizzati:

per i terreni sedimentari di natura alluvionale

- *peso volume naturale γ_n = 18– 19 kN /mc (valore medio 18 kN/mc)*
- *peso di volume saturo γ_s = 19 – 20 kN/mc (valore medio 19 kN/mc)*
- *angolo di attrito interno ϕ = 29°-31° (valore medio 30°)*
- *coesione efficace c '= 5 kN/mq (valore medio 0 -10 kN/mq in relazione al contenuto in fino)*
- *coesione non drenata c_u = 20 kN/mq (nei livelli e lenti di alluvioni medio fini)*

per i terreni di riporto

- *peso volume naturale γ_n = 17– 18 kN /mc (valore medio 18 kN/mc)*
- *angolo di attrito interno ϕ = 30°-34° (valore medio 32°)*
- *coesione efficace c '= 0 kN/mq*

AZIONI SISMICHE E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

✓ Generalità

Il capitolo è finalizzato alla caratterizzazione del modello sismico del sito in relazione al progetto di variante al PRG e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale in cui si opera.

✓ Sismicità della Liguria occidentale

La Liguria occidentale incastonata tra le Alpi Marittime e il Mar Ligure, è una parte della regione caratterizzata da una moderata ma persistente attività sismica in particolare per la provincia di Imperia e di Savona. Questa sismicità è il risultato di una complessa interazione di processi tettonici che hanno modellato il paesaggio per milioni di anni e che continuano a essere attivi. L'individuazione e la comprensione dei lineamenti sismici attivi sono fondamentali per la valutazione del rischio sismico in un'area densamente popolata e di grande importanza strategica. La sismotettonica della Liguria occidentale è condizionata dalla convergenza tra la placca africana e quella euroasiatica. Questo reciproco movimento ha portato nel passato alla formazione della catena alpina e appenninica. In particolare, la regione risente della rotazione antioraria del blocco sardo-corso e della conseguente apertura del bacino ligure-provenzale, un processo iniziato nell'Oligocene-Miocene. Questo assetto geostrutturale ha generato una dinamica tettonico complesso, prevalentemente di tipo traspressivo, con un asse di massima compressione orientato circa nord-sud. Ciò comporta che le strutture tettoniche non solo si comprimono, ma subiscono anche movimenti di scorrimento laterale. Le faglie presenti, sia a terra che in mare, sono il risultato di queste forze e rappresentano le principali sorgenti sismogenetiche della regione.

✓ Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione secondo quanto riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 e relativa circolare esplicativa del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7. Il territorio in esame è riportato nell'elenco regionale dei comuni in zona sismica 3 ai sensi dell'Opcm 3519/06 (nuova classific. sismica reg. Liguria) e della conseguente Dgr. n. 216/2017 e . n. 962/2018.

✓ *Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche*

È necessario tenere conto delle condizioni topografiche e delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale. Si definiscono:

Effetti stratigrafici

Legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;

Effetti topografici

Legati alla configurazione topografica del piano campagna.

Gli effetti della risposta sismica locale sono stati valutati con metodi semplificati, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs. Viene attribuito al sito la pertinente categoria di sottosuolo come definita nella Tabella 3.2.II e ad una delle categorie topografiche definite nella Tabella 3.2.III.

Tab. 3.2.II (NTC) Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Sulla base delle indagini sismiche tipo RE.MI (ed allegate a fine testo) eseguite in sito si può inserire il sottosuolo fondazione nella categoria 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.*". Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Per configurazioni morfologiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tab.3.2.III (NTC) Categorie topografiche

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

Sulla base dei dati morfologici del sito si può inserire la superficie topografica nella categoria T1 "Superficie pianeggiante".

✓ *Verifica alla liquefazione*

La presente relazione analizza il fenomeno della liquefazione sismica, con un focus specifico sulla sua potenziale occorrenza nei terreni alluvionali che caratterizzano la piana costiere e la valle fluviale del Segno della Liguria. La combinazione di una sismicità non trascurabile, la presenza di depositi granulari sciolti e saturi d'acqua, e un'elevata urbanizzazione in queste aree, rende la valutazione di tale rischio geotecnico un elemento cruciale per la progettazione di opere civili sicure e resilienti.

La liquefazione è un processo in seguito al quale un sedimento che si trova al di sotto del livello della falda perde temporaneamente resistenza e si comporta come un liquido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace a seguito di una scossa sismica.

Il meccanismo è il seguente:

- Le onde sismiche che si propagano nel terreno provocano una tendenza delle particelle solide a riassestarsi in una configurazione più densa.
- Nei terreni saturi, l'acqua presente nei pori tra le particelle non ha il tempo di drenare rapidamente.
- Questo impedimento al drenaggio causa un rapido e significativo aumento della pressione dell'acqua interstiziale (o sovrappressione porica).
- Quando la pressione interstiziale (u) eguaglia la tensione totale verticale (σv), la tensione efficace ($\sigma_{v'}$) si annulla: $\sigma_{v'} = \sigma_v - u \approx 0$
- L'annullamento della tensione efficace comporta la perdita totale della resistenza del terreno, che inizia a comportarsi come un fluido denso.

Le conseguenze in superficie possono essere catastrofiche e includono: cedimenti di fondazioni, ribaltamento di edifici, rottura di argini, subsidenza del suolo, e fenomeni di "spreading laterale" (scivolamento di porzioni di terreno liquefatto verso aree a minore confinamento).

Non tutti i terreni hanno la stessa predisposizione a liquefarsi, esiste infatti una serie di fattori di tipo geologico e geotecnico che possono rendere un deposito granulare più o

meno suscettibile alla liquefazione. Tali fattori sono elencati allo specifico paragrafo delle NTC 2018 a cui si rimanda.

I dati geo-stratigrafici acquisiti in loco hanno evidenziato la presenza di sedimenti alluvionali anche con sabbie con presenza di falda superficiale per cui si ritiene necessario eseguire una valutazione di potenziale liquefazione dei terreni in questione.

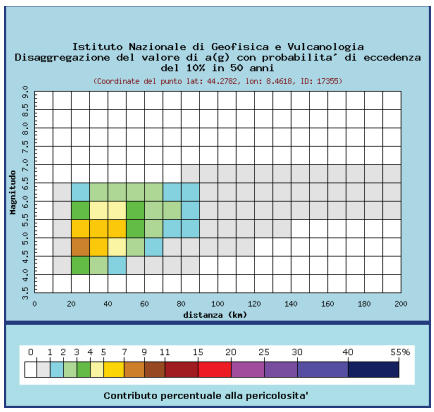
In relazione ai contenuti cui alla DGRL N° 535-2021 si evidenzia che il comune di Vado Ligure non risulti ad ora aver individuato nell'ambito dello strumento urbanistico attraverso studi di MS nell'ambito dello strumento urbanistico comunale la relativa zonizzazione di instabilità per liquefazione. Pertanto si è fatto riferimento all'appendice 2 della citata DGR valutando la fattibilità l'intervento in questione attraverso approfondimenti e verifiche inerenti al rischio liquefazione, secondo le vigenti Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC 2018).

I valori di Vs sono tratti da indagini geofisiche specifiche eseguite in loco dalla ditta specializzata "Geofisica & Ambiente " i cui risultati sono allegati a fondo testo.

Si è tenuto conto che risulta estremamente improbabile che si verifichi liquefazione oltre i 15 m di profondità. Innanzi tutto si è proceduto alla valutazione quantitativa della Magnitudo momento Mw attesa per il sito oggetto di studio, mediante il metodo di disaggregazione dei valori di a(g) il quale riporta, per ogni nodo della griglia di calcolo, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza.

Per ogni nodo della griglia sono anche riportati, dopo la tabella, i valori medi di M-D-ε. Questo tipo di analisi è utile per l'individuazione della sorgente sismo genetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici ed è utile per la determinazione del rischio di liquefazione.

Zone Sismogenetiche della Liguria - D.G.R.534 del 18.06.2021



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.2782, lon: 8.4618, ID: 17355)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.323	0.677	0.448	0.250	0.104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	3.360	7.880	6.060	3.850	1.770	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	2.190	6.100	5.830	4.470	2.380	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	1.430	4.580	5.060	4.040	2.460	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.689	2.810	3.720	3.380	2.310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.247	1.570	2.600	2.680	2.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.046	0.825	1.860	2.080	1.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.290	1.080	1.380	1.260	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.060	0.470	0.739	0.751	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.007	0.165	0.371	0.427	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.057	0.202	0.243	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.016	0.106	0.137	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.003	0.049	0.072	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.036	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.023	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.014	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.010	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.330	46.900	1.090

In genere, poiché trattasi di *Magnitudo locale media* M_L e non di *Magnitudo momento* **Mw,** si può utilizzare una magnitudo M_L che comprenda tuttavia una percentuale > 90% dei contributi (v. tabella Magnitudo-Distanza soprastante).

Tuttavia prudenzialmente la recente DGR 535 – 2021 alla appendice 1 definisce per il Comune di Vado Ligure una Mw pari a 6,5. Pertanto il valore di M_W assunto per la verifica risulta cautelativamente assunto pari a **6.5**.

L'accelerazione di base di ag è pari a 0,06 per lo stato SLV. Da cui:

$A_{max} = S_s * S_t * a_g = 1,2 * 1 * 0,06 = 0,072$

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.577	0.158
Danno (SLD)	50	0.025	2.539	0.189
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.060	2.602	0.305
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.078	2.629	0.322
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,54	1,40	1,38
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Tuttavia prudenzialmente la recente DGR 535/2021 all'app. 1 definisce per il Comune di Vado Ligure una Mw pari a 6,5. Pertanto il valore di MW assunto per la verifica risulta

cautelativamente assunto pari a 6.5.

La verifica a liquefazione è stata eseguita mediante specifico foglio di calcolo, a partire dai valori di Vs riportati nella relazione sismica con esecuzione di RE.MI. (ditta Geofisica & Ambiente srls), basato su metodi semplificati di carattere semi-empirico, i quali si pongono l'obiettivo di definire la **sicurezza alla liquefazione** (valutata localmente, a diverse profondità) definita come il rapporto tra la **resistenza ciclica del terreno alla liquefazione CRR** e la **sollecitazione ciclica indotta dall'azione sismica CSR.** In particolare:

Il **metodo di Andrus e Stokoe** è basato su dati provenienti da prove sismiche a rifrazione (V_S).
La velocità delle onde di taglio viene corretta con la formula (Robertson et al., 1992):

$$V_{s1} = V_S\left(\frac{100}{\sigma'_{v0}}\right)^{0.25}$$

La resistenza alla liquefazione è valutata mediante la formula di Andrus e Stokoe (1998):

$$CRR = 0.03\left(\frac{V_{S1}}{100}\right)^2 + 0.9\left[\frac{1}{(V_{S1})_{cs} - V_{S1}} - \frac{1}{(V_{S1})_{cs}}\right]$$

dove la presenza di fini FC (%) è tenuta in conto mediante la seguente procedura:

$(V_{S1})_{cs} = 220$ per $FC \leq 5\%$
$220 < (V_{S1})_{cs} \leq 200$ per $5\% < FC \leq 35\%$
$(V_{S1})_{cs} = 200$ per $FC \leq 35\%$

Il fattore di correzione della magnitudo MSF viene valutato come raccomandato dal NCEER

Magnitudo	NCEER (Seed R. B. et al.) (1997; 2003)
5.5	2,21
6.0	1,77
6.5	1,44
7.0	1,19
7.5	1,00
8.0	0,84
8.5	0,73

L'indice e il rischio di liquefazione sono valutati con il metodo proposto da Iwasaki et alii:

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

dove:

$F = 1 - F_S$ per $F_S \leq 1$

$F = 0$ per $F_S > 1$

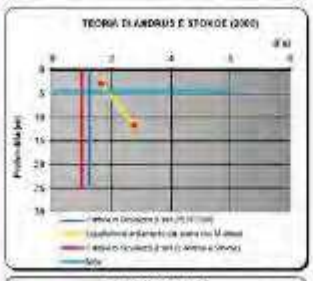
$W(z) = 10 - 0.5 \cdot z$

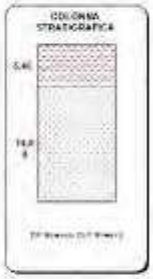
Per poter valutare la severità degli effetti viene proposta la scala della Tabella

Valori di I_L	Rischio di liquefazione
$I_L=0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 5$	Basso
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$15 < I_L$	Molto alto

La valutazione della possibilità di liquefazione è generalmente definibile fino a -20 m in condizioni per terreni pianeggianti o lievemente pendenti (fino al 6%) come nel nostro caso.

In ottemperanza a quanto riportato nelle N.T.C. 2018 la verifica ha evidenziato un rischio di liquefazione molto basso ed una suscettibilità di liquefazione incerta .





✓ *Classificazione sismica regione Liguria*

L'area insediativa ricade in Comune di Vado Ligure, ai sensi della DGR n. 216/2017e Dgr. n. 9962/2018, tale comune risulta inserito nella Classe Sismica 3. Si riporta la tabella e cartografia dove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ag, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Da DGR n. 962/2018 -ALLEGATO 2

ZONA 3 Pga = 0,15 g			
n° progress.	nr. ID del Comune su mappa	Provincia	Comune
159	47	SAVONA	PALLARE
160	49	SAVONA	PIETRA LIGURE
161	52	SAVONA	QUILIANO
162	53	SAVONA	RIALTO
163	56	SAVONA	SAVONA
164	57	SAVONA	SPOTORNO
165	60	SAVONA	TESTICO
166	61	SAVONA	TOIRANO
167	62	SAVONA	TOVO SAN GIACOMO
168	64	SAVONA	VADO LIGURE
169	66	SAVONA	VENDONE
170	67	SAVONA	VEZZI PORTIO
171	68	SAVONA	VILLANOVA D'ALBENGA
172	69	SAVONA	ZUCCARELLO

MODELLO GEOLOGICO N.T.C. 2018

Il modello geologico del sito risulta caratterizzato dalla presenza in superficie di depositi sedimentari limo - sabbiosi – ghiaiosi (fortemente rimaneggiati in superficie) con il bed-rock che si posiziona in profondità mediamente oltre –20/30 m lungo l'alveo del t. Segno. Presenza della falda con profondità intorno ai -3 /-5 m dal piano campagna attuale ed in relazione ai tiranti idrici diretti dell'alveo inciso del corso d'acqua.

L'area risulta non caratterizzata a livello geomorfologico (Area non perimetrata nel PAI app. sett. e "Pg0" ex PDB) mentre il sito ricade nella carta si pericolosità del PGRA nella fascia P2 inondabile con tempi di ritorno 200ennali.

La zona sismica in cui ricade il comune di Vado Ligure è 3 dove gli eventi sismici, seppur di intensità minore, possono comunque creare danni. La categoria del sottosuolo ai fini sismici è " B" e le condizioni topografiche in "T1".

INTERFERENZE CON IL PIANO DI BACINO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE PER LA GESTIONE DEL RISCHIO DA DISSESTI DI NATURA GEOMORFOLOGICA E AL PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

- ✓ *Generalità*
  - *Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica.*

Con deliberazione n. 39 del 28 marzo 2024, la Conferenza Istituzionale Permanente dell' Autorità di bacino distrettuale dell' Appennino Settentrionale ha adottato, ai sensi degli articoli 66,67 e 68 del d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152, il "Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" (PAI dissesti). Contestualmente all'adozione del PAI dissesti, al fine di garantire un' adeguata tutela del territorio e disciplinare il periodo transitorio nelle more dell' approvazione del PAI, con deliberazione n. 40 del 28 marzo 2024, la Conferenza Istituzionale Permanente ha adottato, ai sensi degli articoli 65 comma 7 e 8 e 67 comma 1 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, specifiche misure di salvaguardia. Tali misure sono entrate in vigore, per l'intero territorio distrettuale, il giorno 8 aprile 2024, data di pubblicazione dell'avviso di adozione sulla Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana e resteranno in vigore fino all'approvazione del PAI dissesti che avverrà con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri ai sensi dell'art. 57 del d.lgs. 152/2006 ed alla conseguente pubblicazione del D.P.C.M. sulla Gazzetta Ufficiale e, comunque, per un periodo non superiore a tre anni. In particolare si fa riferimento all'art.4 "… *Nelle more dell'emanazione da parte delle singole regioni delle disposizioni concernenti l'attuazione del nuovo PAI dissesti distrettuale*

nel settore urbanistico, con specifico riferimento alla definizione delle condizioni di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica e all'individuazione dei singoli interventi ammessi nelle aree a pericolosità, continuano ad applicarsi, ai sensi dell'art. 170 comma 11 del decreto legislativo 152/2006, le disposizioni dei PAI vigenti e le ulteriori disposizioni regionali adottate in attuazione dei medesimi, in quanto coerenti con la finalità del PAI dissesto"

– *Piano gestione rischio alluvioni (P.G.R.A.)*

In data 01/01/2024 è entrata in vigore la legge regionale 28 dicembre 2023, n. 20, recante "Disposizioni collegate alla legge di stabilità della Regione Liguria per l'anno finanziario 2024 (Disposizioni per la formazione del bilancio di previsione 2024-2026", che all'articolo 75 prevede: "1. Nelle more dell'entrata in vigore del regolamento previsto dall'articolo 91, comma 1 ter 2, della l.r. 18/1999, entro il 30 giugno 2024, ai fini di garantire le condizioni di gestione del rischio idraulico, continuano a trovare applicazione le norme dei piani di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico delle soppresse Autorità di bacino regionale ligure e interregionale del fiume Magra, per quanto non in contrasto con la disciplina del Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA).

Per quanto sopra, a decorrere dal 1° gennaio 2024, i Piani di Bacino stralcio delle soppresse Autorità di Bacino sono superati per quanto riguarda la disciplina dell'assetto idraulico. In attesa dell'emanazione del regolamento regionale ex art.91, c.1 ter2 della l.r. 18/1999 trova applicazione la disciplina per l'Assetto idraulico dei previgenti Piani di bacino Stralcio regionali ed interregionale del f. Magra con riferimento alle aree ivi mappate, ad eccezione delle seguenti previsioni normative che risultano non compatibili con la normativa del PGRA:

a) Bacini regionali Liguri (territorio appartenente alla soppressa Autorità di Bacino

Regionale Ligure):

- Art. 15 bis (Derogabilità alla disciplina delle fasce di inondabilità per opere pubbliche);
- Art. 17 (interventi di sistemazione idrogeologica).

Con Prot.2025 – 0069283 del 06/02/2025 - Class./Fasc. 2024/13.12.5.0.0/4-1 Regione Liguria (DIREZIONE GENERALE DI AREA SVILUPPO E TUTELA DEL TERRITORIO, INFRASTRUTTURE E TRASPORTI - Direzione Generale Protezione Civile e Difesa Suolo) l'art. 4 della Legge Regionale 3 febbraio 2025, n. 1, recante "Interventi di adeguamento dell'ordinamento regionale", pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Liguria n. 1 del 05/02/2025, ha modificato l'articolo 75 della L.R. 28/12/2023 con il differimento del termine previsto in precedenza al 30.06.2025. Pertanto, nelle more della conclusione del procedimento di approvazione del nuovo regolamento regionale previsto dall'art. 91 - comma 1 ter2 - della L.R. 18/1999, continuano a trovare applicazione le norme dei piani di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico delle soppresse Autorità di bacino regionale ligure e interregionale del fiume Magra, per quanto non in contrasto con la disciplina del Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA) con le specifiche indicazioni a suo tempo fornite con nota prot. 2024-0118501 del 31.01.2024.

✓ *Zonazione aree di intervento rispetto al P.G.R.A e il P.A.I.*

– *P.A.I. Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale "Dissesti Geomorfologici"*

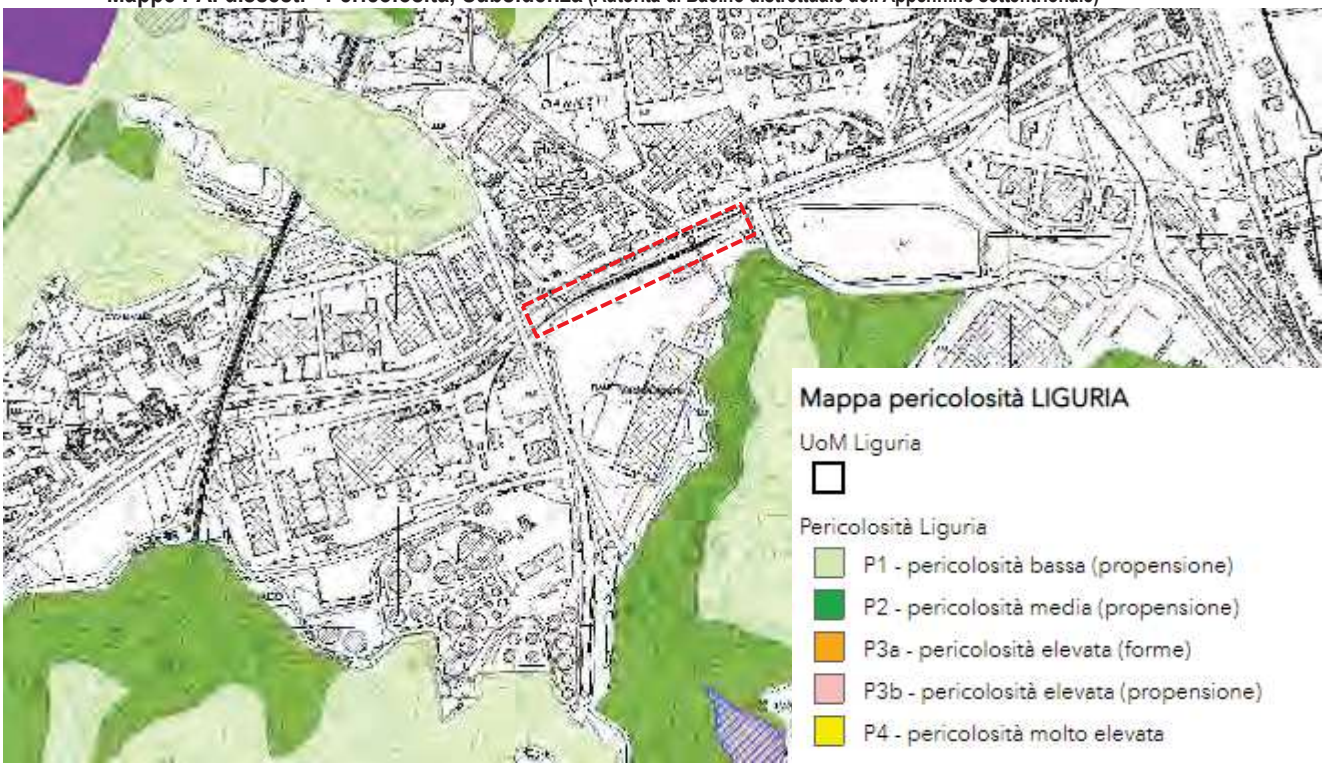
Le aree in questione per quanto attiene alla zonizzazione riportata nel "Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" vigente dal 08/04/2024 sono "*non cartografate*" e mentre nell'ex P.d.B del T. Segno in "PG0" a suscettività "molto

bassa".

In attesa dell'entrata in vigore delle nuova normativa del PAI si applicano le norme dell'ex PDB del Torrente Segno (DdDG n.176 del 25/06/2018) con le seguenti equivalenze:

PAI app.Sett. gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica.	DdDG n.176 del 25/06/2018 Ex PDB T.Segno suscettività al dissesto
Area non perimetrata	Pg0 (suscettività molto bassa)

Mappe PAI dissesti - Pericolosità, Subsidenza (Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale)



- *P.G.R.A. e ex P.d.B. del Torrente Segno*

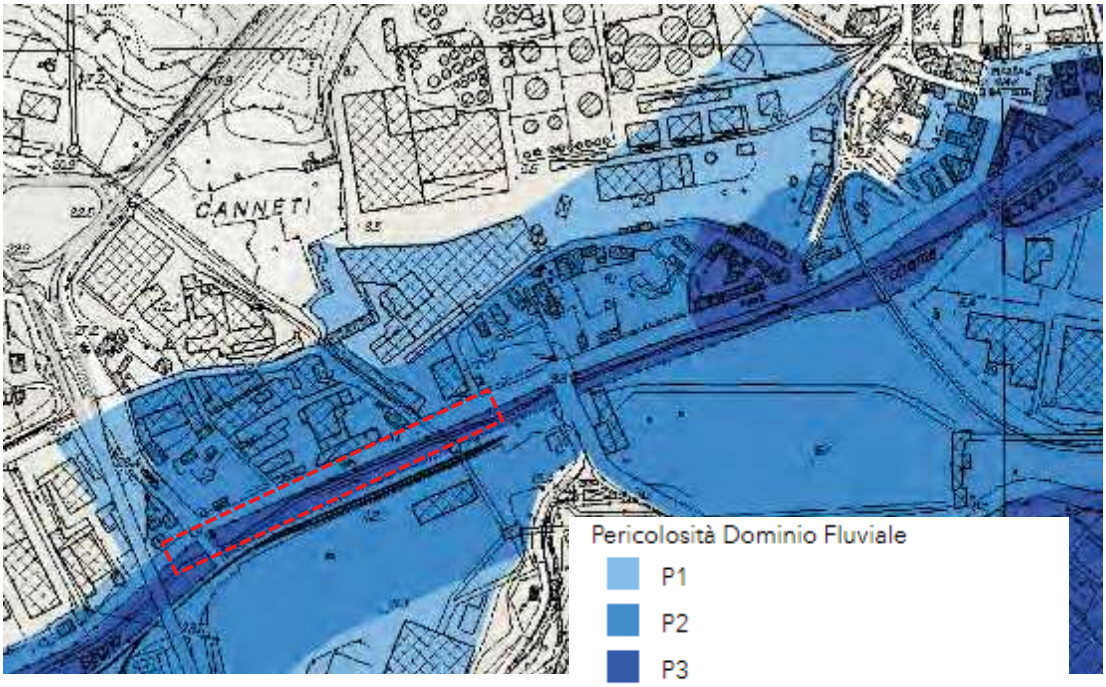
Le aree in questione per quanto attiene alla zonizzazione riportata nel "Piano gestione rischio alluvioni () sono cartografate nella "fascia P2" mentre nell'ex PdB del T. Segno "fascia B".

In attesa dell'entrata in vigore delle nuova normativa del P.G.R.A. si applicano le norme dell'ex PDB del Torrente Segno (DdDG n.176 del 25/06/2018) con le seguenti

equivalenze:

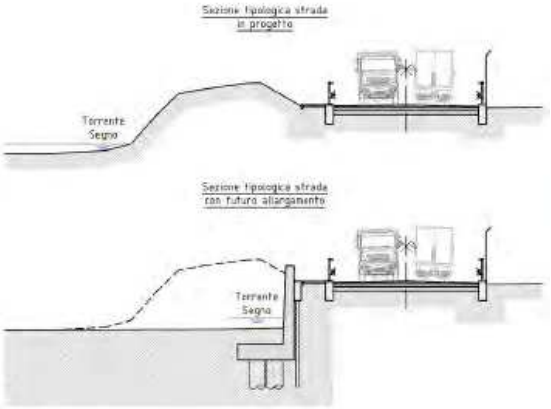
P.G.R.A, app. Sett. Mappa di pericolosità fluviale	DdDG n.176 del 25/06/2018 Ex PDB T.Segno Fasce inondazione
P2	Fascia B

PGRA - Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera (Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale)



I tratto di nuova viabilità sarà compreso tra un nuovo incrocio che verrà realizzato all'uscita del ponte di via Bertola ed una nuova rotatoria che verrà realizzata in via Montegrappa, di fronte al parcheggio esterno del C.C. Molo 8.44. Lo sviluppo del tratto di viabilità tra l'asse del nuovo incrocio di via Bertola e l'asse della nuova rotatoria "Molo 8.44" sarà pari a circa 365 metri.

Il tracciato della nuova strada è stato pensato in modo da non precludere la possibilità di allargamento, sempre in sponda destra, del Torrente Segno, già previsto dalla pianificazione del Piano di Bacino.



Sezione tipologica della nuova strada nella configurazione con T. Segno allargato a confronto con quella di progetto

Futuro allargamento del Torrente Segno è indicativamente riportato nell'immagine seguente (linea rossa).

Facendo riferimento alla norme dell'ex P.D.B. del Torrente Segno (DdDG n.176 del 25/06/2018) ed in attesa dell'entrata in vigore del nuovo regolamento regionale di applicazione del P.G.R.A. il progetto in questione ricade nell'applicazione dell'ex-Art. 15 – "Fasce di inondabilità" comma 3 lettera C che riporta "*Nella fascia B non sono consentiti:…gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture connesse alla mobilità non inquadrabili tra le opere di attraversamento, **salvi quelli progettati sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica (i cui contenuti corrispondano a quanto previsto al precedente punto 2, lett. c), che non aumentino le condizioni di rischio ed in relazione***

ai quali risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile…"

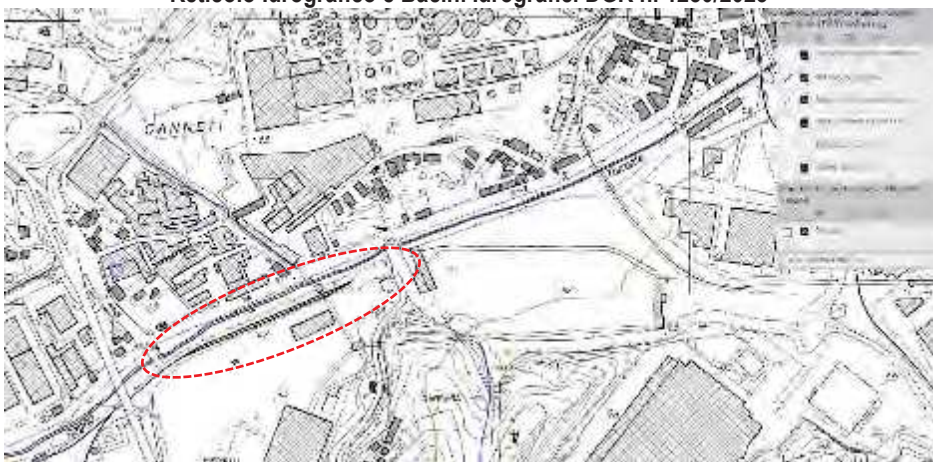
Dalle relazioni redatte dall'ing. Marco Goso quali "All.E Relazione sulla compatibilità idraulica" e "All.G Rapporto preliminare per verifica assoggettabilità alla V.A.S." cui si rimanda per competenza si evince che l'intervento previsto, a parere del progettista risulta assentibile e non in contrasto con la normativa in materia di pianificazione di bacino.

In conclusione si può affermare che l'intervento di realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste non presenta controindicazioni sotto il profilo idraulico, ma occorrerà ottenere in Conferenza dei Servizi l'Autorizzazione da parte degli Uffici competenti della Regione.

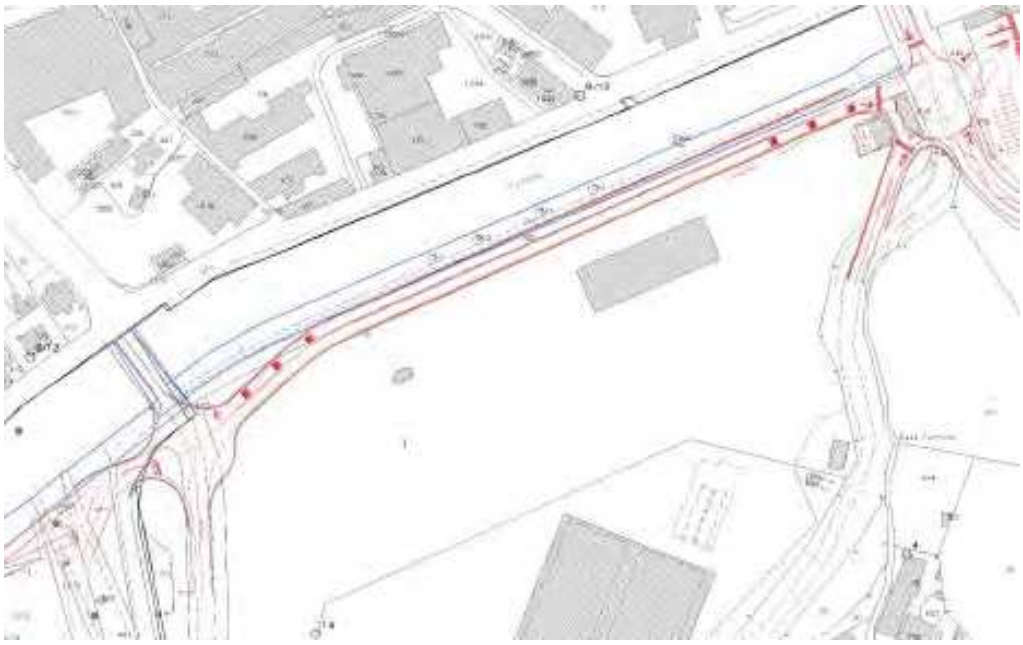
- ✓ *Interferenze con il reticolo idrografico significativo (capo I art.8 ex PDB - regolamento R.R. n.3/2011)*

Il torrente Segno risulta essere un corso d'acqua di I° livello indagato idraulicamente e pertanto si definisce, ai sensi del Regolamento Regionale n.3/201, la fascia di inedificabilità assoluta di metri 10 determinata secondo l'art. 4 del citato regolamento.

Reticolo Idrografico e Bacini Idrografici DGR n. 1280/2023



L'intervento di realizzazione della nuova viabilità , come dichiarato dal progettista, interessa solo marginalmente la fascia di inedificabilità assoluta dei 10 metri di rispetto stabilita dal R.R. 14/07/2011 n°3. I lavori previsti di realizzazione della nuova viabilità (anche per la parte ricadente nella fascia dei 10 m) non interferiscono con gli interventi futuri di sistemazione idraulica dell'alveo del Segno. Infatti il progetto del nuovo tracciato ha conto anche del futuro allargamento del T.Segno nel tratto in questione.
Il R.R. 14/07/2011 n°3 all'art. 5 comma 2 definisce che "….*Sono fatti salvi, previa autorizzazione della Provincia (oggi Regione) , gli interventi di realizzazione di strade di interesse pubblico, purché non interferenti con la sicurezza delle opere di protezione presenti e con la possibilità di attività di manutenzione degli alvei e delle opere stesse, né pregiudichino l'eventuale sistemazione definitiva del corso d'acqua.". Sarà quindi necessario acquisire specifico "nulla osta" da parte degli uffici competenti (regione Liguria) seguendo quanto anche riportato nella DGR. 1205-2019 del 27/12/2019 (Indirizzi in materia di autorizzazioni idrauliche).*



Limite fascia inedificabilità 10 metri (RR n°3/2011)

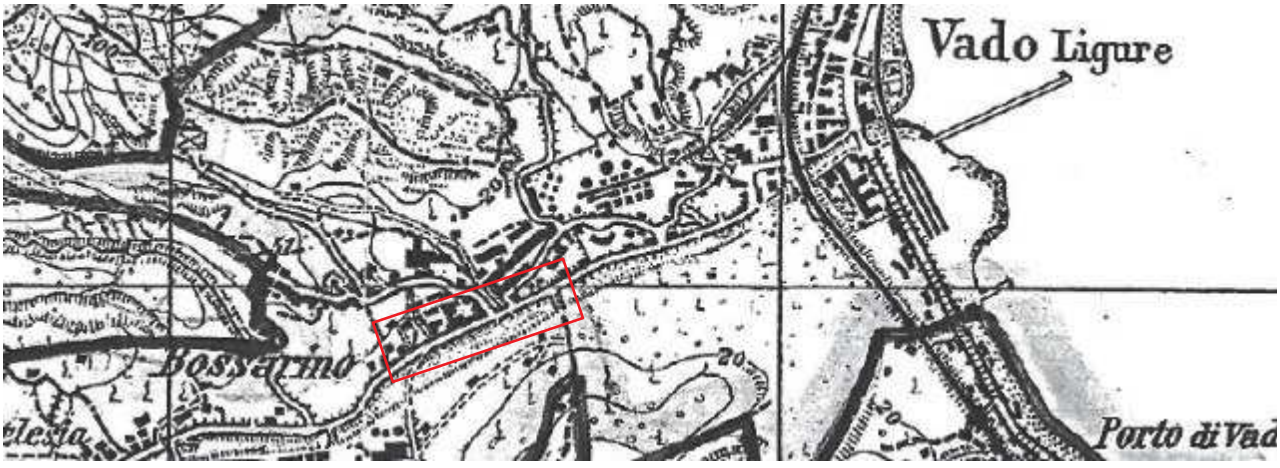
NORMATIVA GEOLOGICA DI VADO LIGURE e VINCOLO IDROGEOLOGICO

Norma tratta dalla CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ D'USO DEL TERRITORIO

A1	Aree di fondovalle con substrato costituito da depositi di spiaggia o da sedimenti fluviali attuali e recenti. Comportamento granulare e permeabilità medio alta. Assetto stabile
A2	Aree di fondovalle costituite da alluvioni antiche e da depositi pliocenici. Comportamento semi coesivo. Permeabilità bassa.
A3	Aree di media e bassa acclività su coperture detritiche da mediamente a molto potenti a comportamento granulare. Attualmente stabili
A4	Aree mediamente acclivi su coperture detritiche da mediamente a molto potenti a comportamento granulare e permeabilità variabile. Instabili o potenzialmente instabili
	Substrato in roccia in buone o discrete condizioni di conservazione e rapporto giunti/pendio favorevole o indifferente. Stabili
B1	Substrato in roccia in mediocri o discrete condizioni di conservazione e rapporto giunti/pendio sfavorevole. Instabili o potenzialmente instabili.
B2	Aree fortemente antropizzate con morfologica artificiale
C	

VINCOLO IDROGEOLOGICO

L'area in questione non risulta interessata dal Vincolo Idrogeologico di cui R.D. 3267/23.



CONCLUSIONI

La proposta progettuale è propedeutica alla realizzazione al progetto di realizzazione della bretella di collegamento tra via Bertola e via Trieste lungo la sponda destra del torrente Segno nel Comune di Vado Ligure.

La futura opera si localizza nel comune di Vado Ligure ad oltre 700 metri dalla linea di costa in fregio all'argine destro del Torrente Segno e risulta posta in un contesto di tipo "AM" cioè in terreni di montagna (Cir.Reg. n°004551 del 12/12/1989).

La geologia dell'area è caratterizzata da sedimenti di natura alluvionale di spessore vario poggiano su una superficie sepolta complessa e qui localmente costituita, dalle rocce filladiche carbonifere e/o marne argillose plioceniche. I terreni alluvionali (pur tenendo conto dei rimaneggiamenti più o meno superficiali di natura antropica) sono rappresentati dalla tipica stratificazione irregolare delle sedimentazioni fluviali, con variazioni tessiturali / litologiche sia in verticale sia in orizzontale.

Lo strato più superficiale, per uno spessore variabile tra 1,5-2 m, è costituito materiali rimaneggiati prevalentemente grossolani e riporti. I sottostanti sedimenti sono caratterizzati da sabbie medie-fini limose, passanti generalmente verso il basso a limi sabbiosi, a colorazione nocciola-brunastra, variamente addensati. Il bed-rock sepolto risulta a profondità variabile, che supera i 20-30 m in fregio alla sponda destra del T. Segno.

La falda si trova a bassa profondità (mediamente intorno ai -3 /-5 m) e la quota del pelo libero è connessa alle oscillazioni della falda stessa in relazione ai livelli delle acque fluviali del Torrente Segno.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla pianificazione di bacino si pone in aree inondabile duecentennale "P2" nel P.G.R.A. mentre ricade in area "non perimetrata"

nel “P.A.I. App. Sett. Dissesti Geomorfologici”.

Dal punto di vista sismico l’area in questione ricade in un comune classificato in zona 3 ed è stato inquadrato nella presente relazione generale il comportamento dei terreni in prospettiva sismica e valutato come basso il rischio di liquefazione.

Tutto ciò detto lo scrivente dott. geol. Flavio Saglietto, iscritto all’albo regionale dei Geologi della Liguria al n.116 corrente i Borgio Verezzi Via Matteotti n.5, dichiara le previsioni di trasformazione proposte nella presente progetto sono compatibili con le condizioni geologiche, geomorfologiche e sismiche del territorio interessato ai sensi della normativa vigente in materia ed in particolare in relazione ai contenuti dell’art.89 del DPR 380/2001.

Borgio Verezzi: Giugno 2025 Il tecnico

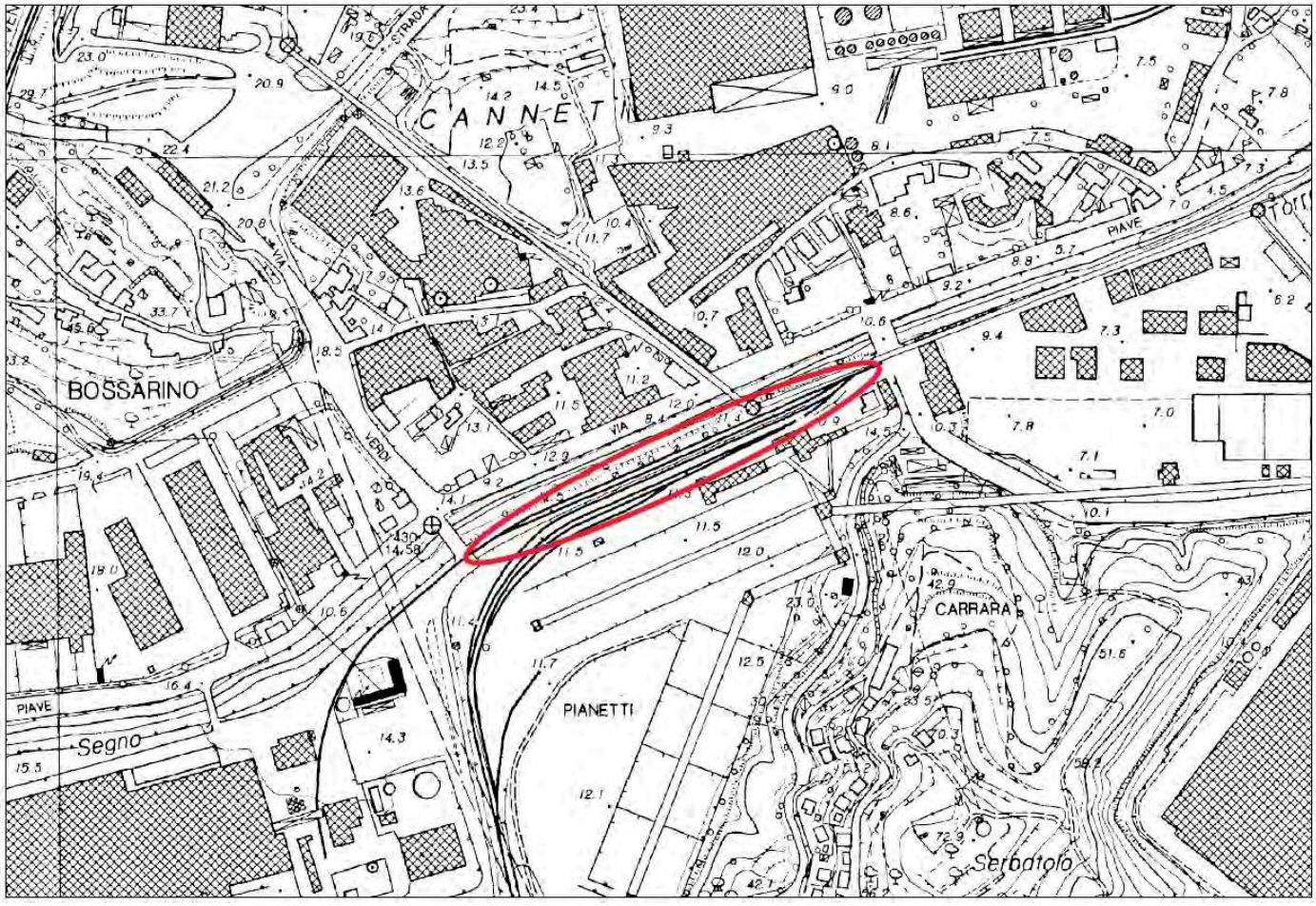
Dott. Geol. Flavio Saglietto(*)

(*) Il documento è firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e norme collegate e sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa.

Allegati:

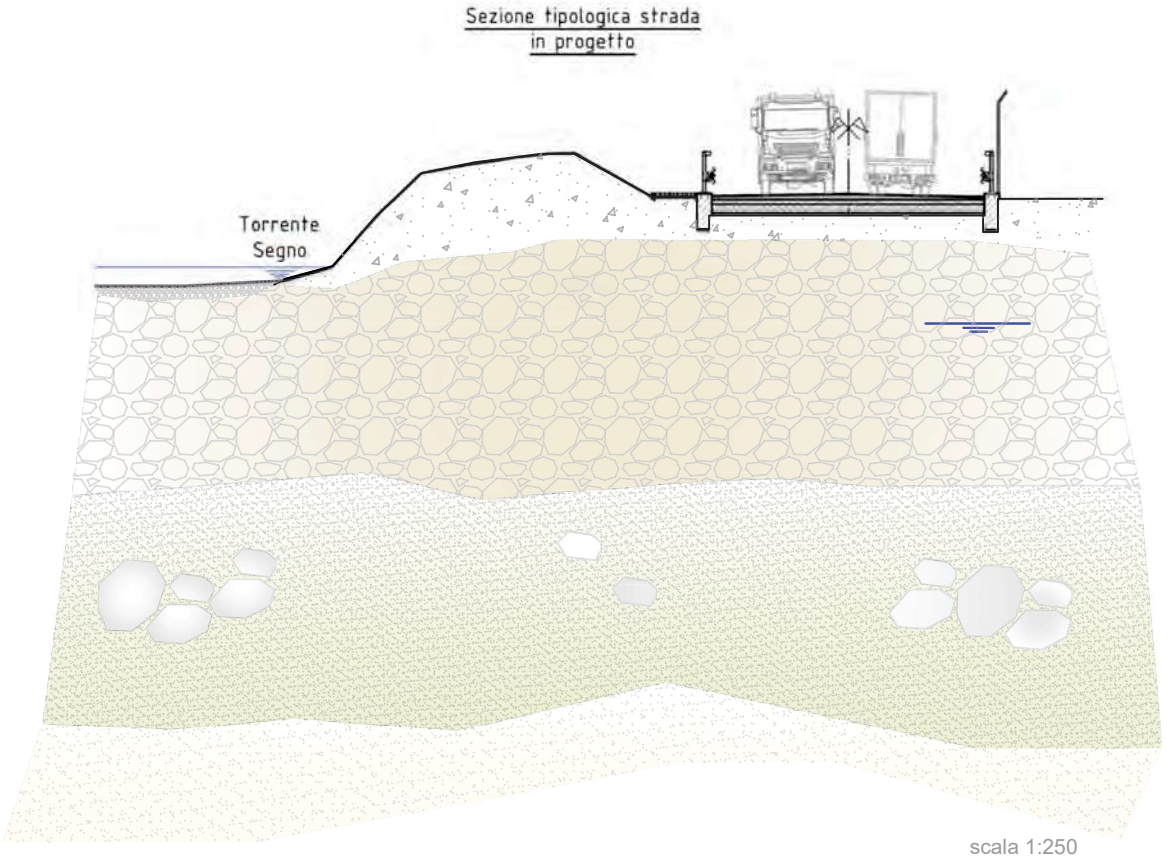
- Report indagini geognostiche e geofisiche eseguite ed elaborazioni relative.

INQUADRAMENTO SITO DI INTERVENTO SU C.T.R.



Individuazione del sito di intervento su estratto della Carte tecnica Regionale

Sezione geologica schematica



RIPORTO CON GHIAIA GROSSOLANA A SPIGHOLI VIVI E QUALCHE CIOTTOLO IN MA TRICELIMOSO SABBIOSA CON MATERIALI DERIVAZIONE ANTROPICA

GHIAIA ETEROMETRICA CON CIOTTOLI SIA A SPIGOLI SIA ARROTONDATI, IN MATRICE SABBIOSA, SABBIOSA LIMOSA, A TRATTI IN ORIZZONTI COMPATTI

SABBIA LIMOSA E SABBIA GROSSOLANA CON GHIAIA E QUALCHE CIOTTOLO

SABBIA LIMOSA ARGILLOSA COMPATTA, LIMO ARGILLOSO COMPATTO

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

SONDAGGI GEOGNOSTICI
ESEGUITI NEL COMUNE DI VADO LIGURE

ALL1

Committente: **Comune di Vado Ligure**
Piazza S. Giovanni Battista 51
17047 Vado Ligure (SV)

30/12/2022

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

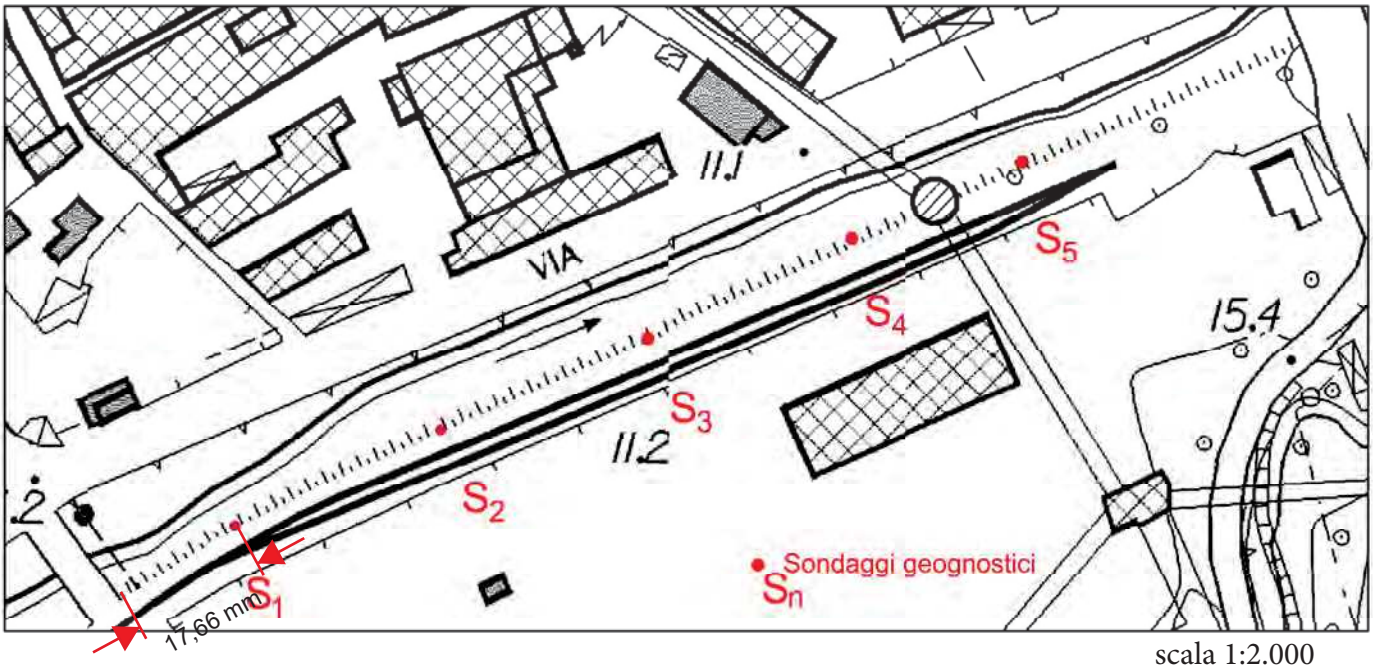
POSTAZIONI SONDAGGI

Committente: **Comune di Vado Ligure**
Piazza S. Giovanni Battista 51
17047 Vado Ligure (SV)

30/12/2022

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

ubicazione sondaggi geognostici

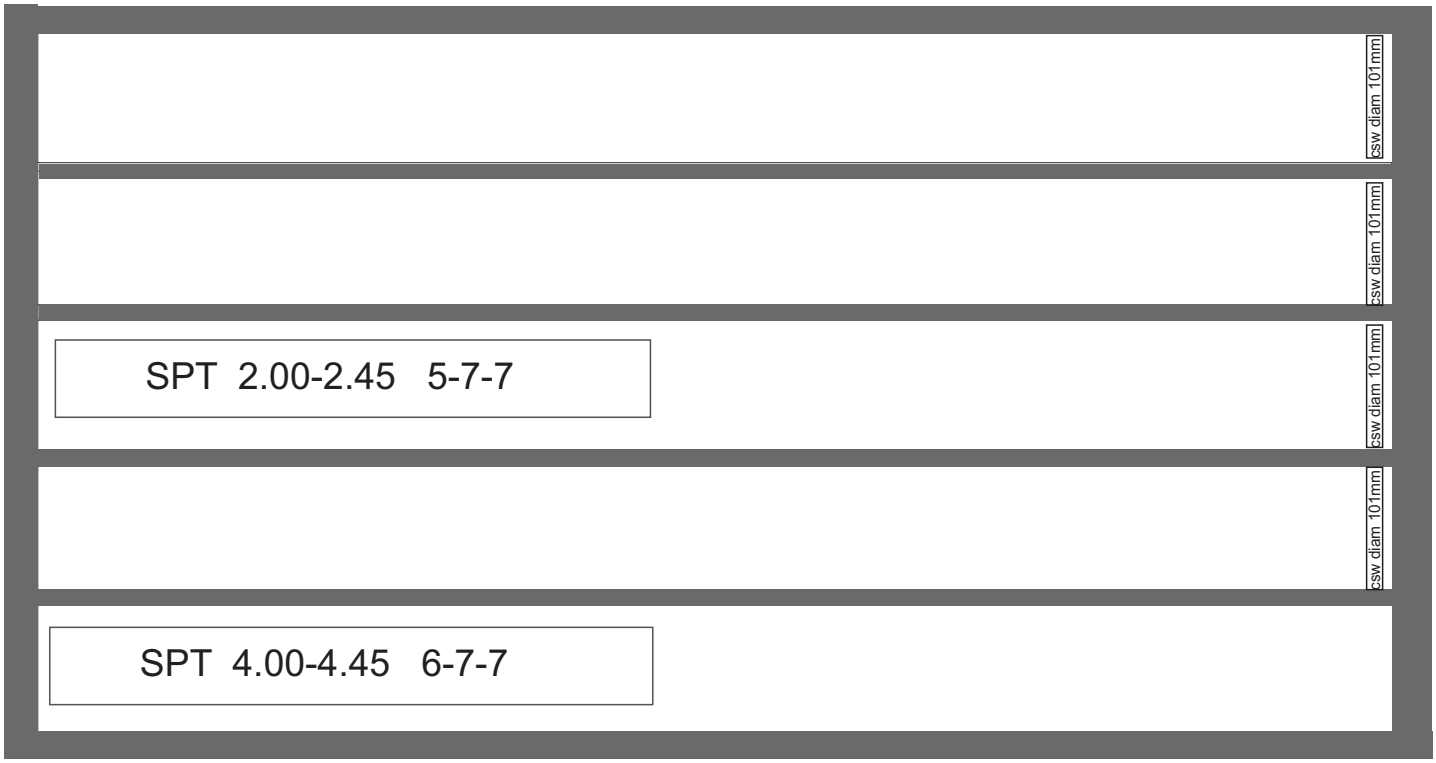


scala 1:2.000

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S1C1 Cassetta da 0,00 a 5,00 m



0,00 mt

MANOVRE

T6D diam 101mm — Carotiere doppio corona diamante

csw diam 101mm — Carotiere semplice corona widia

Rivw diam127mm — Rivestimento corona widia

Spezzoni di carota validi per RQD

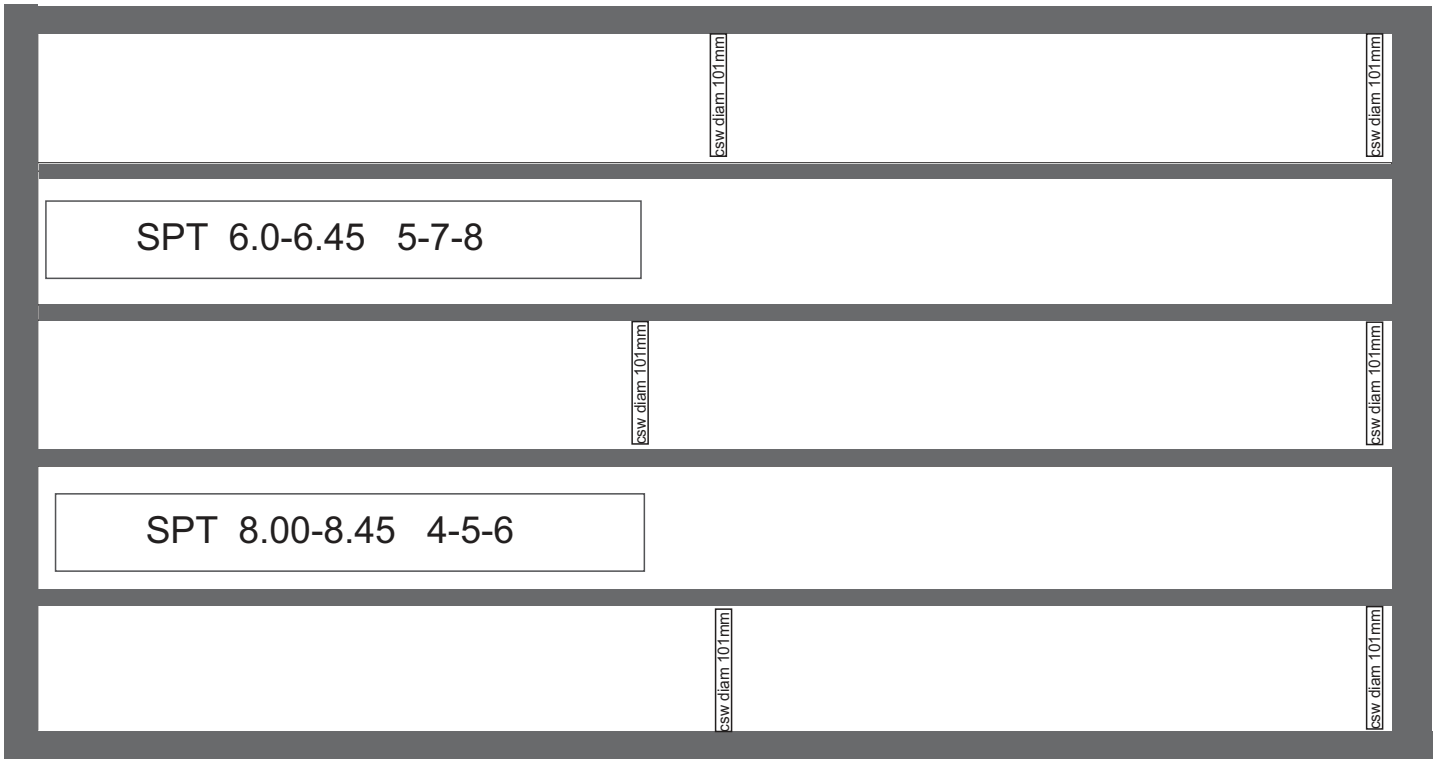
1,00 mt

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S1C2 Cassetta da 5,00 a 10,00 m



0,00 mt 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm Rivestimento corona widia

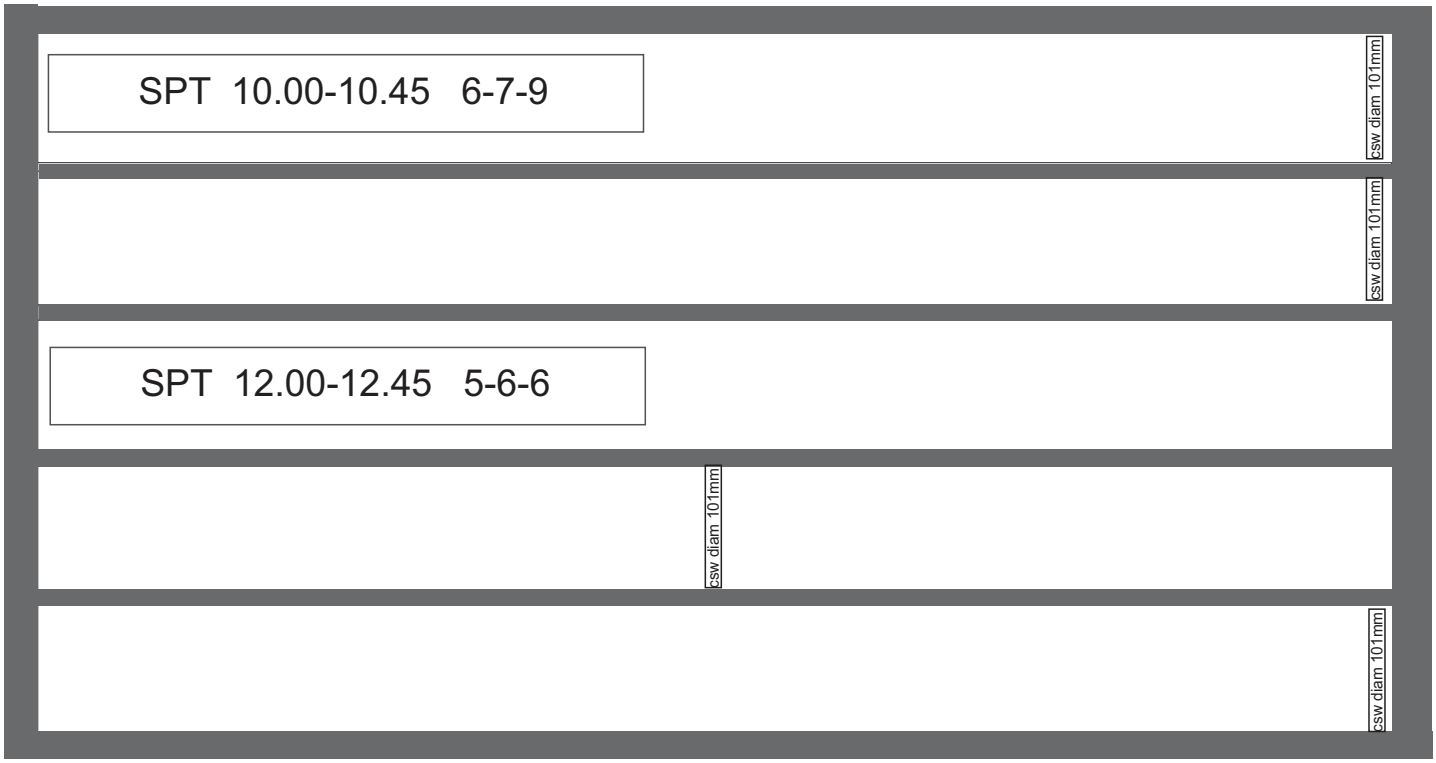
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S1C3 Cassetta da 10,00 a 15,00 m



0,00 mt — 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm — Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm — Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm — Rivestimento corona widia

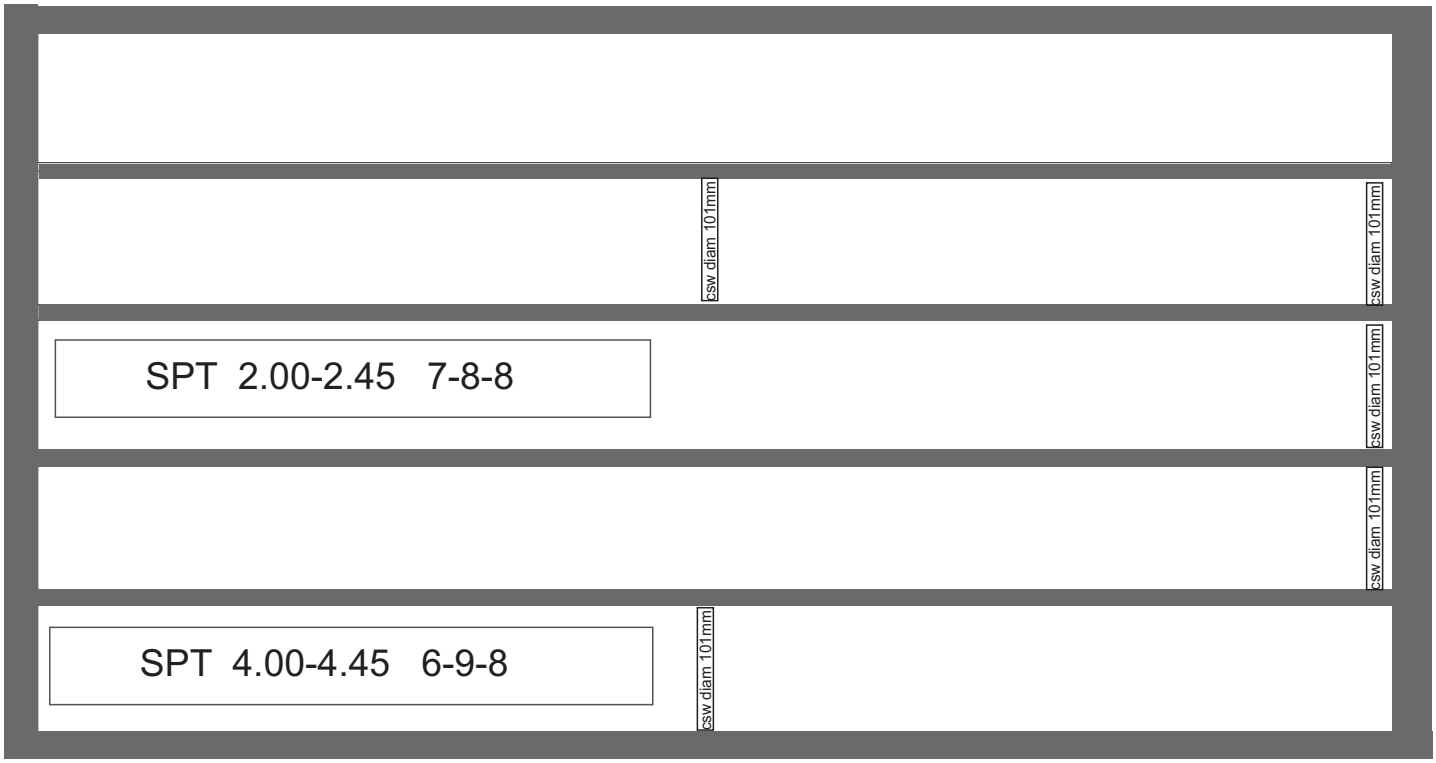
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S2C1 Cassetta da 0,00 a 5,00 m



0,00 mt 1,00 mt

MANOVRE T6D diam 101mm Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm Rivestimento corona widia

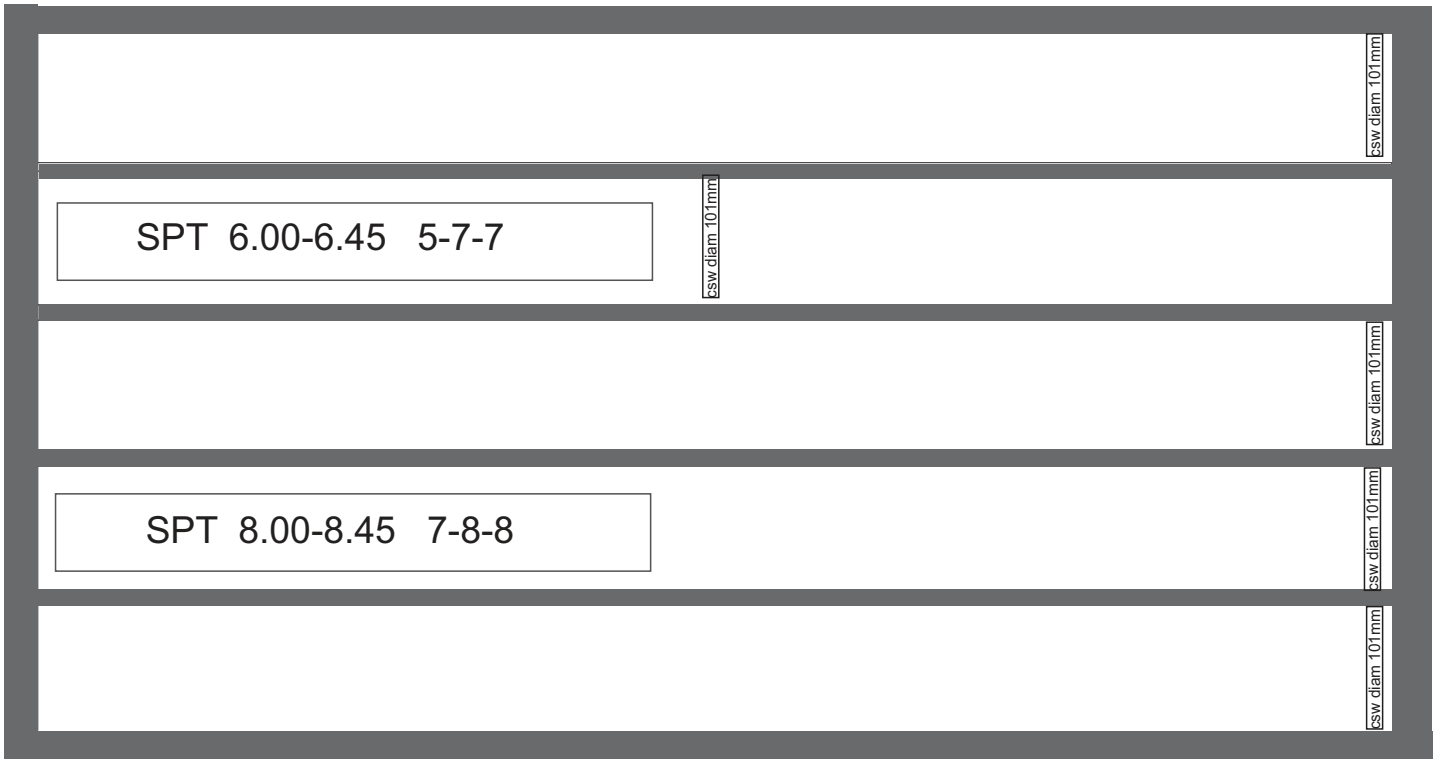
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S2C2 Cassetta da 5,00 a 10,00 m



0,00 mt 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm Rivestimento corona widia

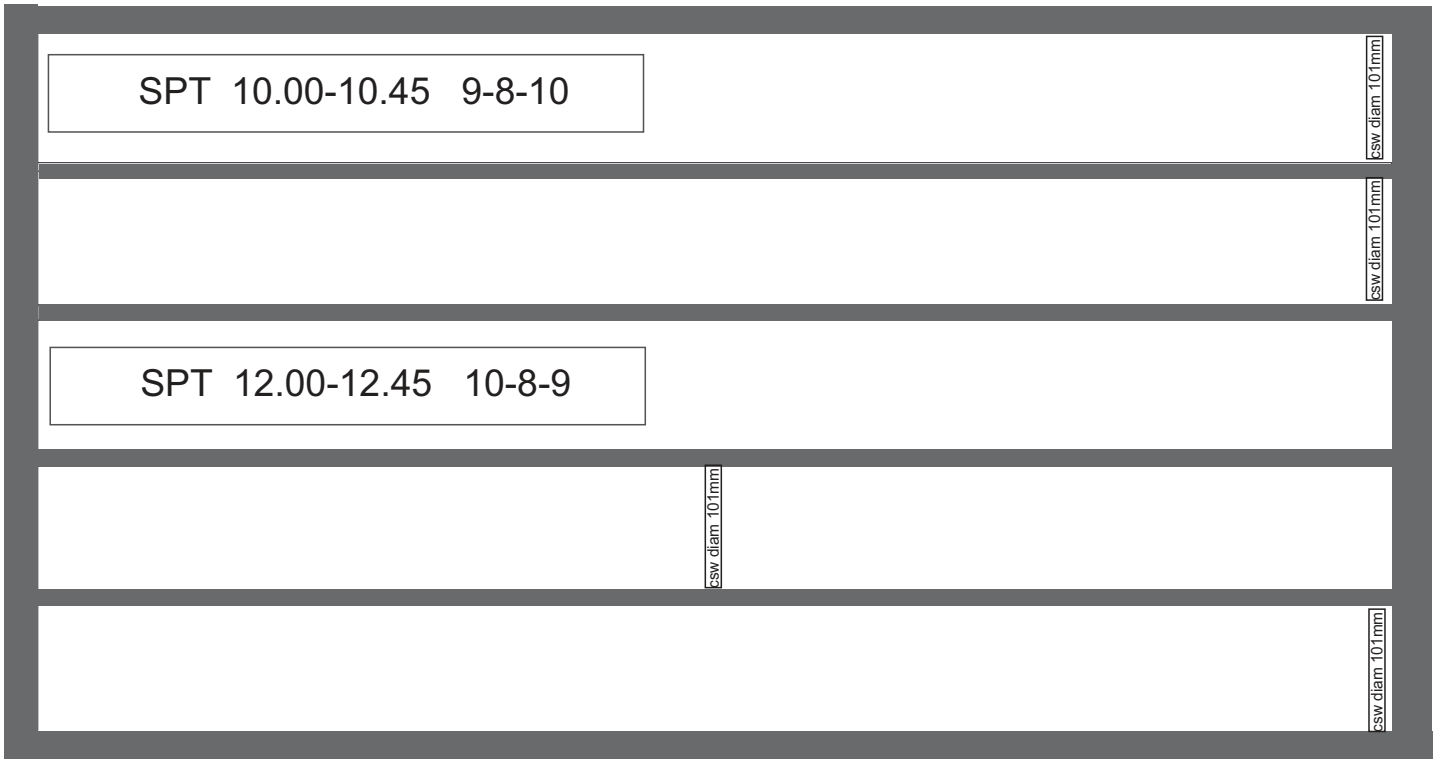
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S2C3 Cassetta da 10,00 a 15,00 m



0,00 mt — 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm — Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm — Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm — Rivestimento corona widia

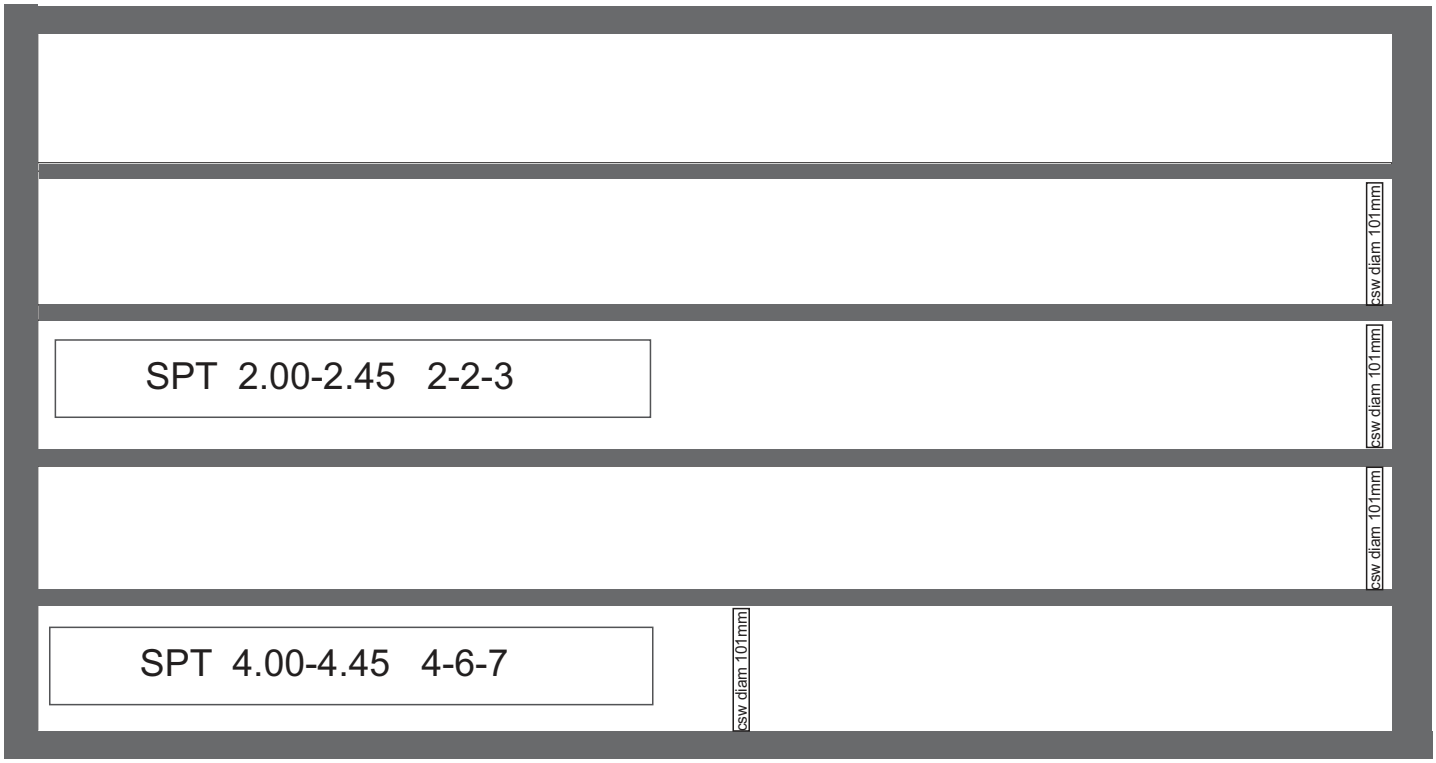
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S3C1 Cassetta da 0,00 a 5,00 m



0,00 mt 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm Rivestimento corona widia

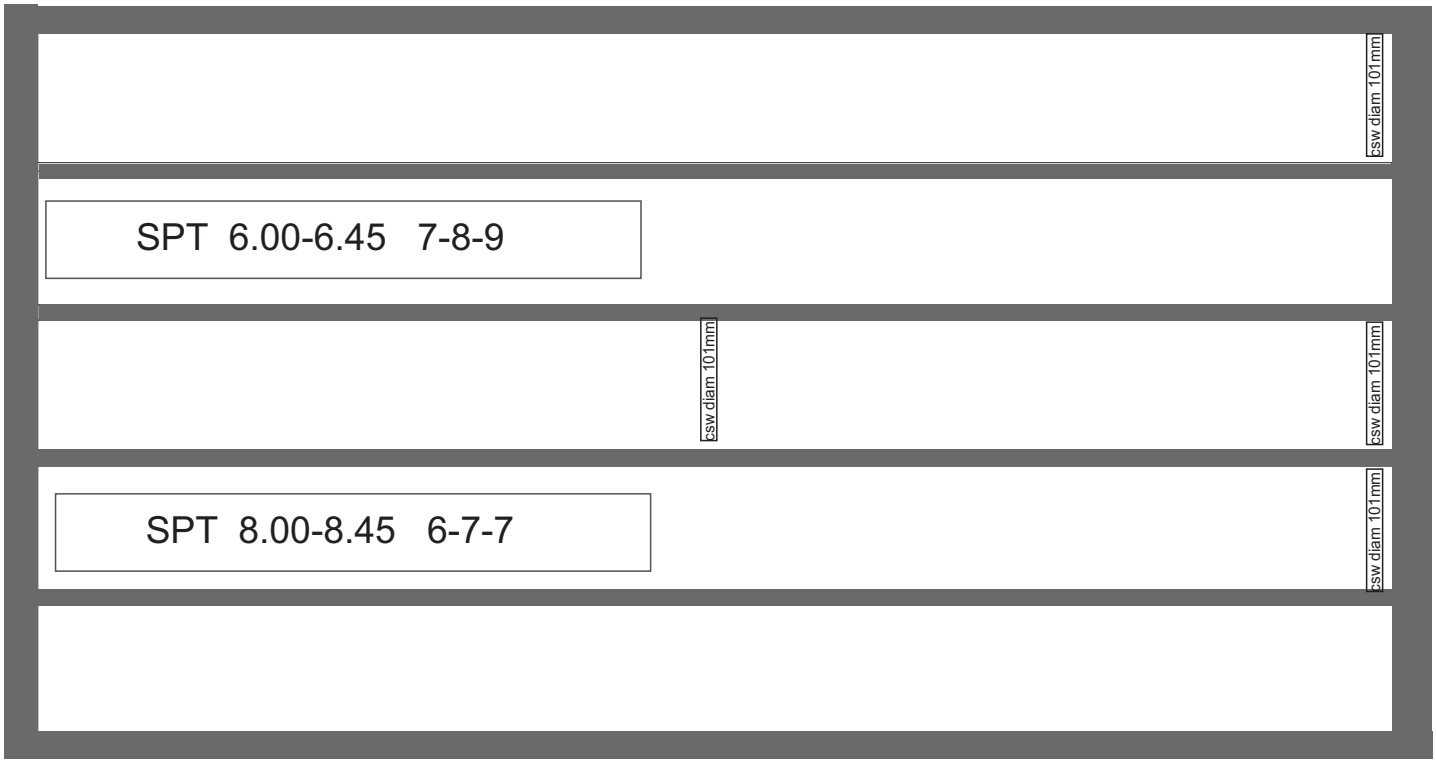
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S3C2 Cassetta da 5,00 a 10,00 m



0,00 mt 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm Rivestimento corona widia

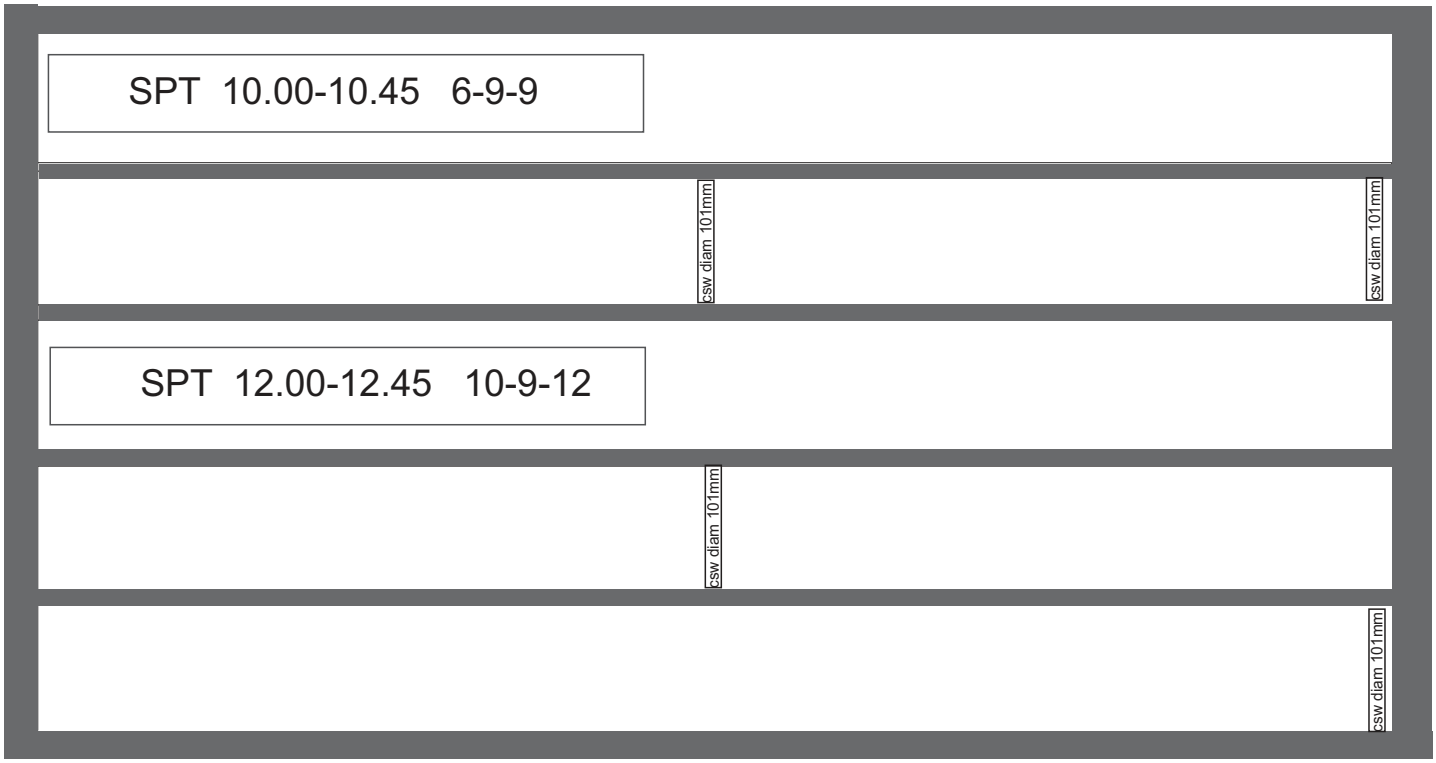
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S3C3 Cassetta da 10,00 a 15,00 m



0,00 mt — 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm — Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm — Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm — Rivestimento corona widia

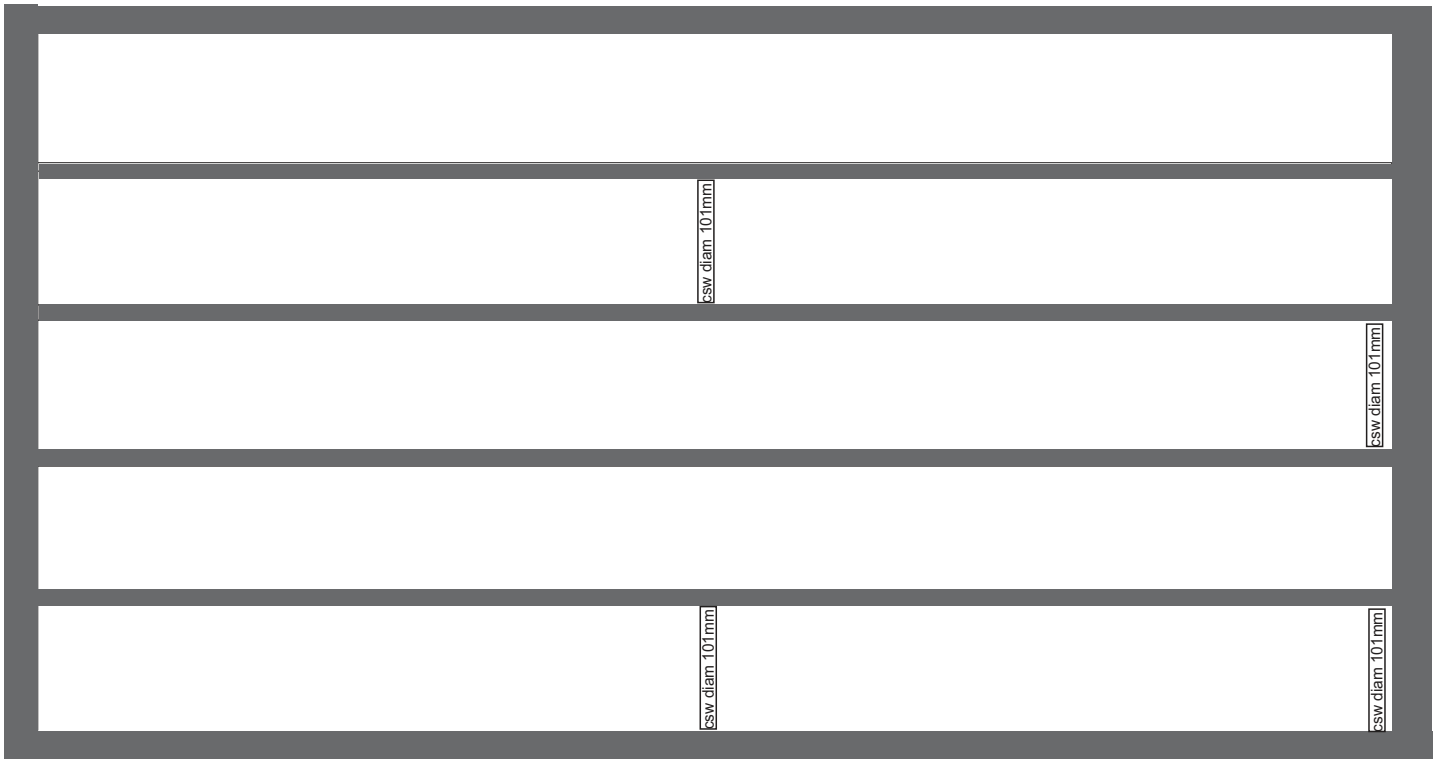
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S3C4 Cassetta da 15,00 a 20,00 m



0,00 mt — 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm — Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm — Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm — Rivestimento corona widia

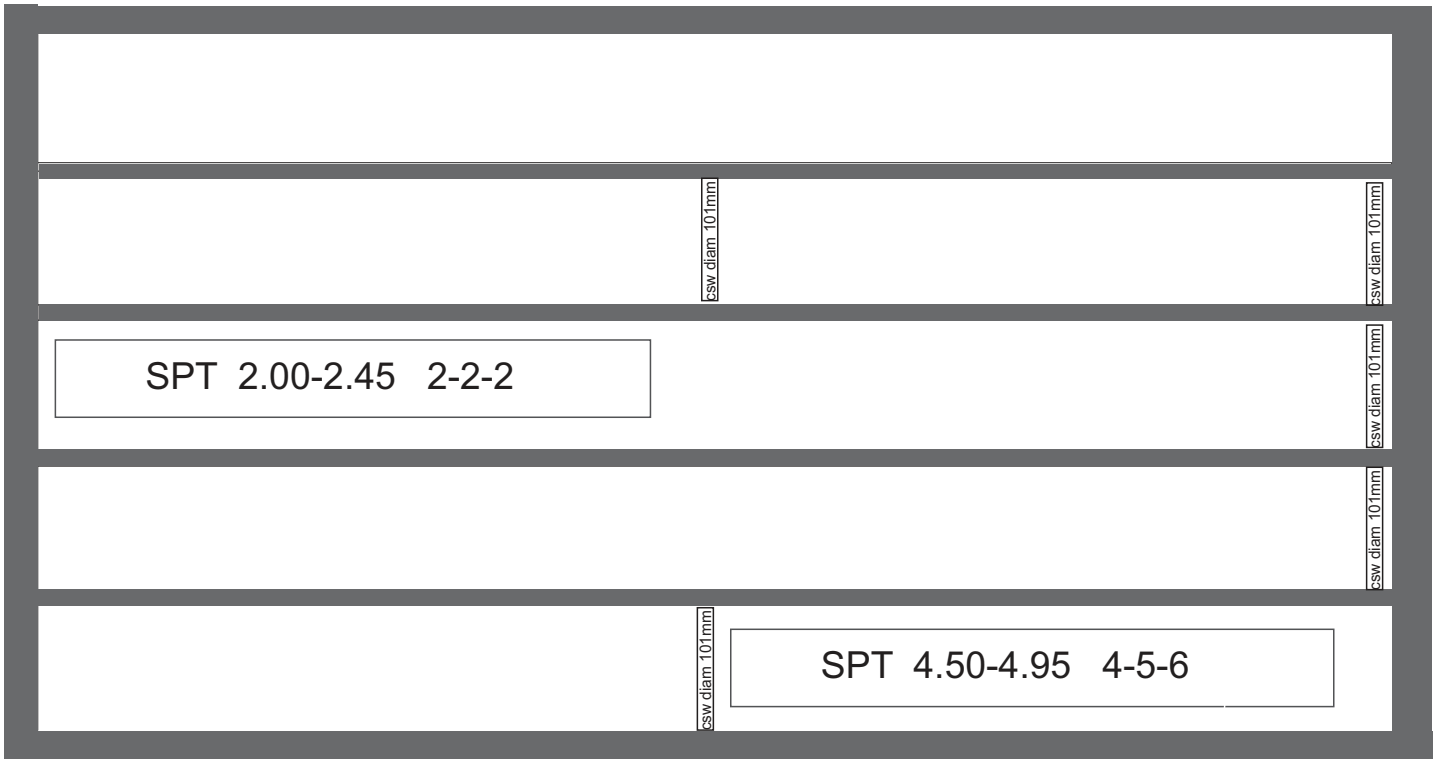
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S4C1 Cassetta da 0,00 a 5,00 m



0,00 mt 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm Rivestimento corona widia

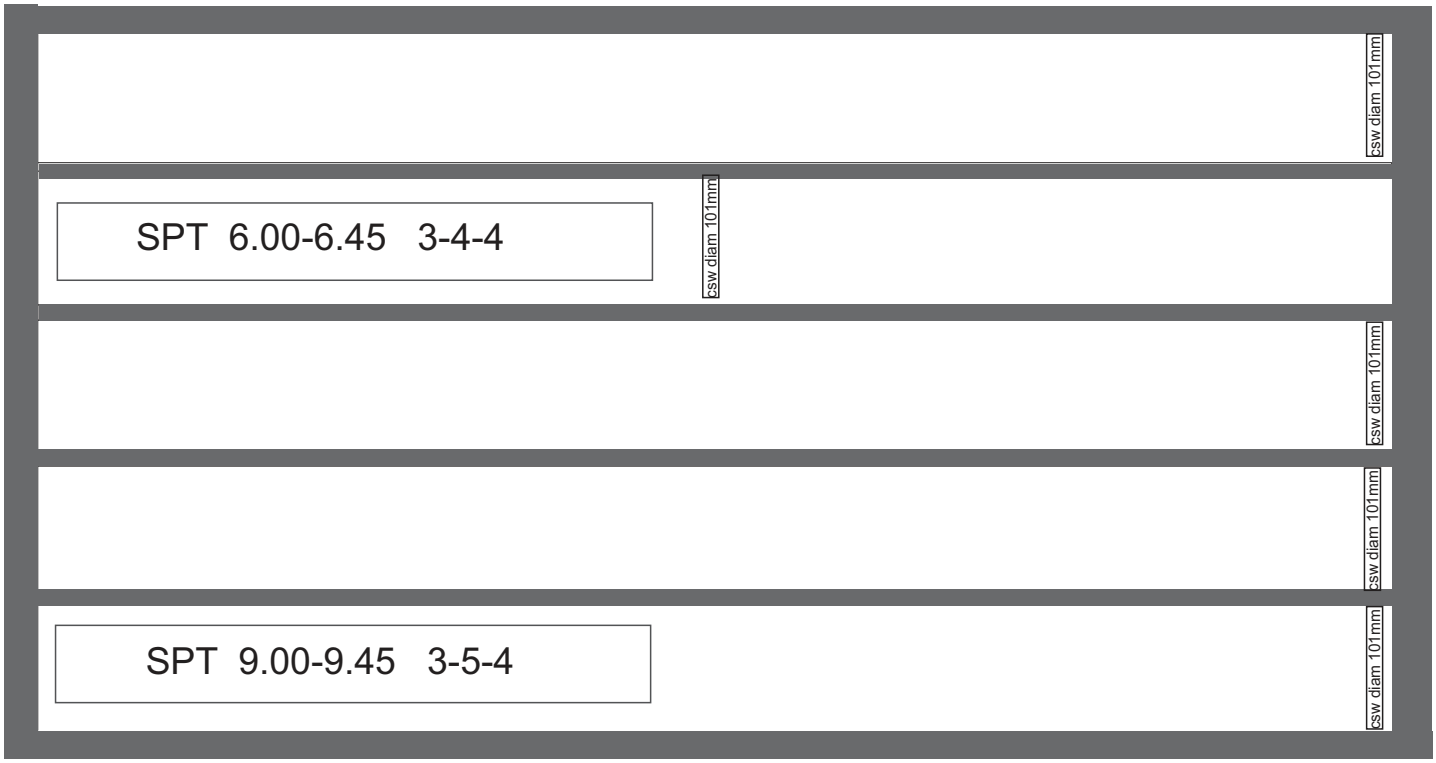
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S4C2 Cassetta da 5,00 a 10,00 m



0,00 mt 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm Rivestimento corona widia

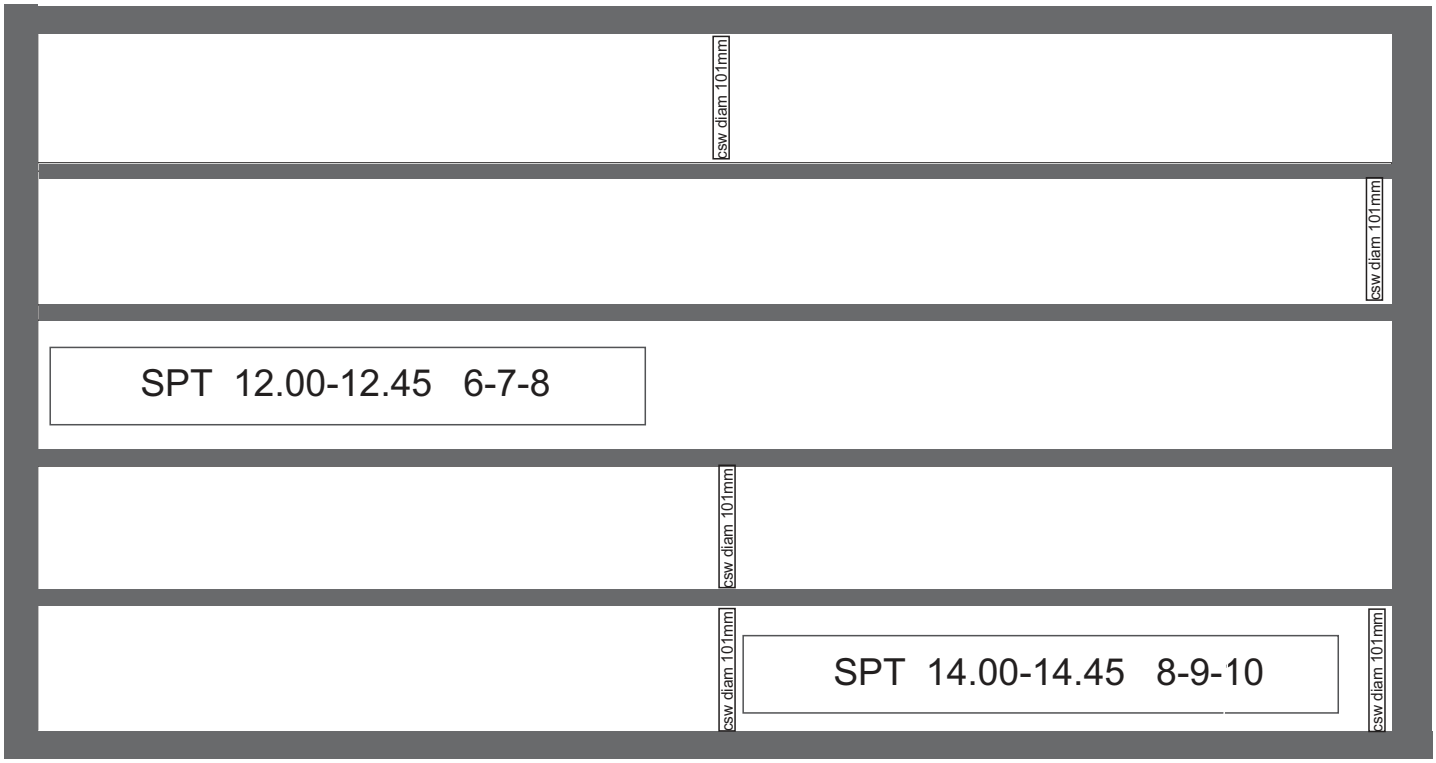
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S4C3 Cassetta da 10,00 a 15,00 m



0,00 mt — 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm — Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm — Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm — Rivestimento corona widia

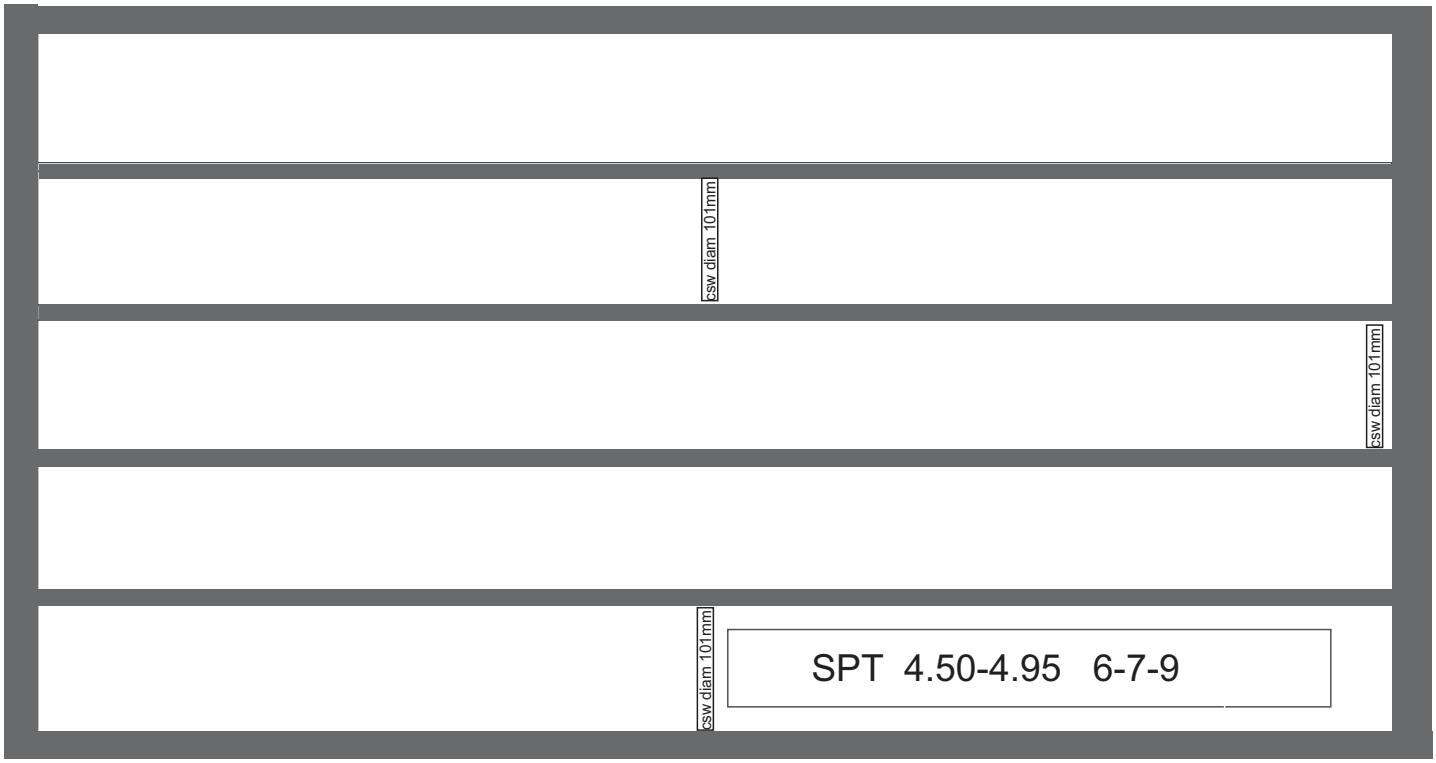
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S5C1 Cassetta da 0,00 a 5,00 m



0,00 mt 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm — Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm — Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm — Rivestimento corona widia

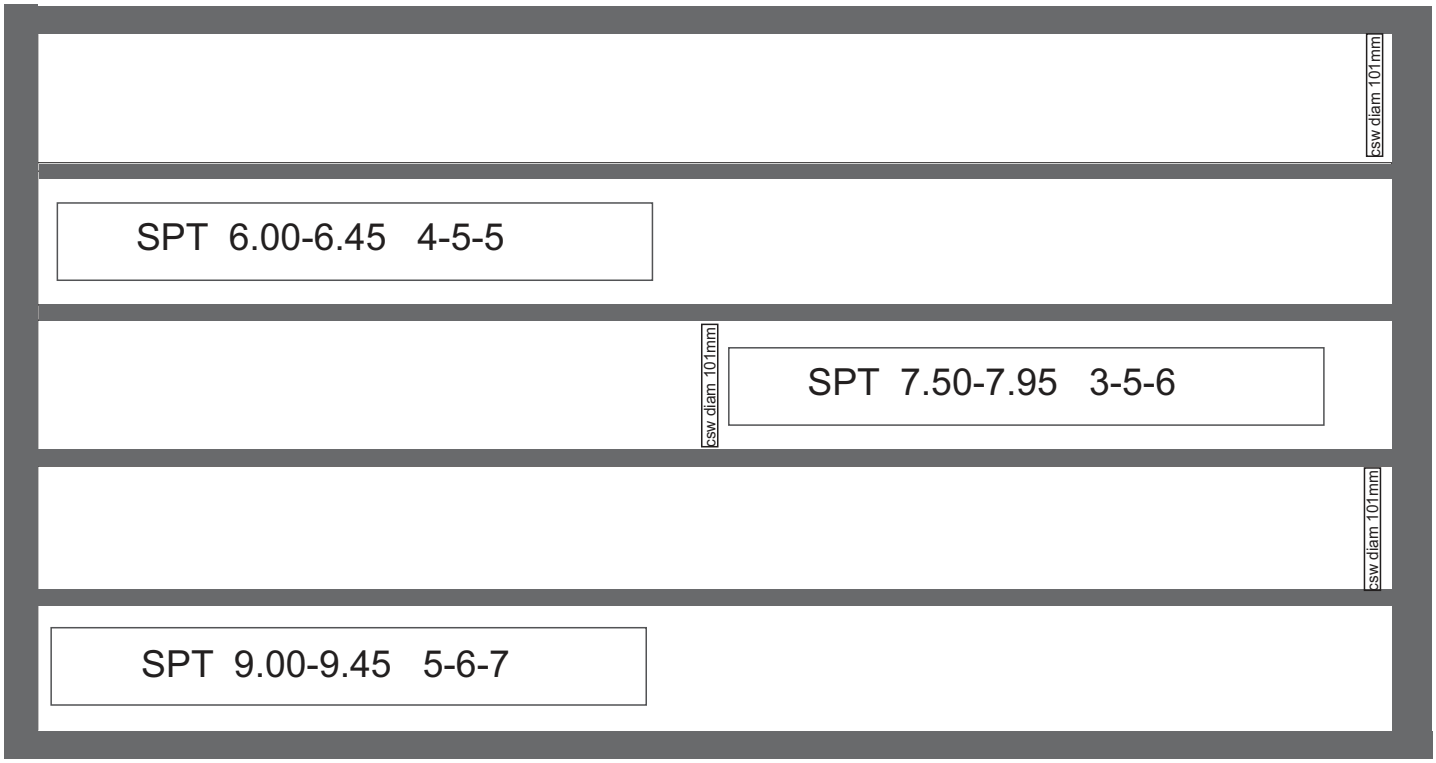
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S5C2 Cassetta da 5,00 a 10,00 m



0,00 mt — 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm — Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm — Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm — Rivestimento corona widia

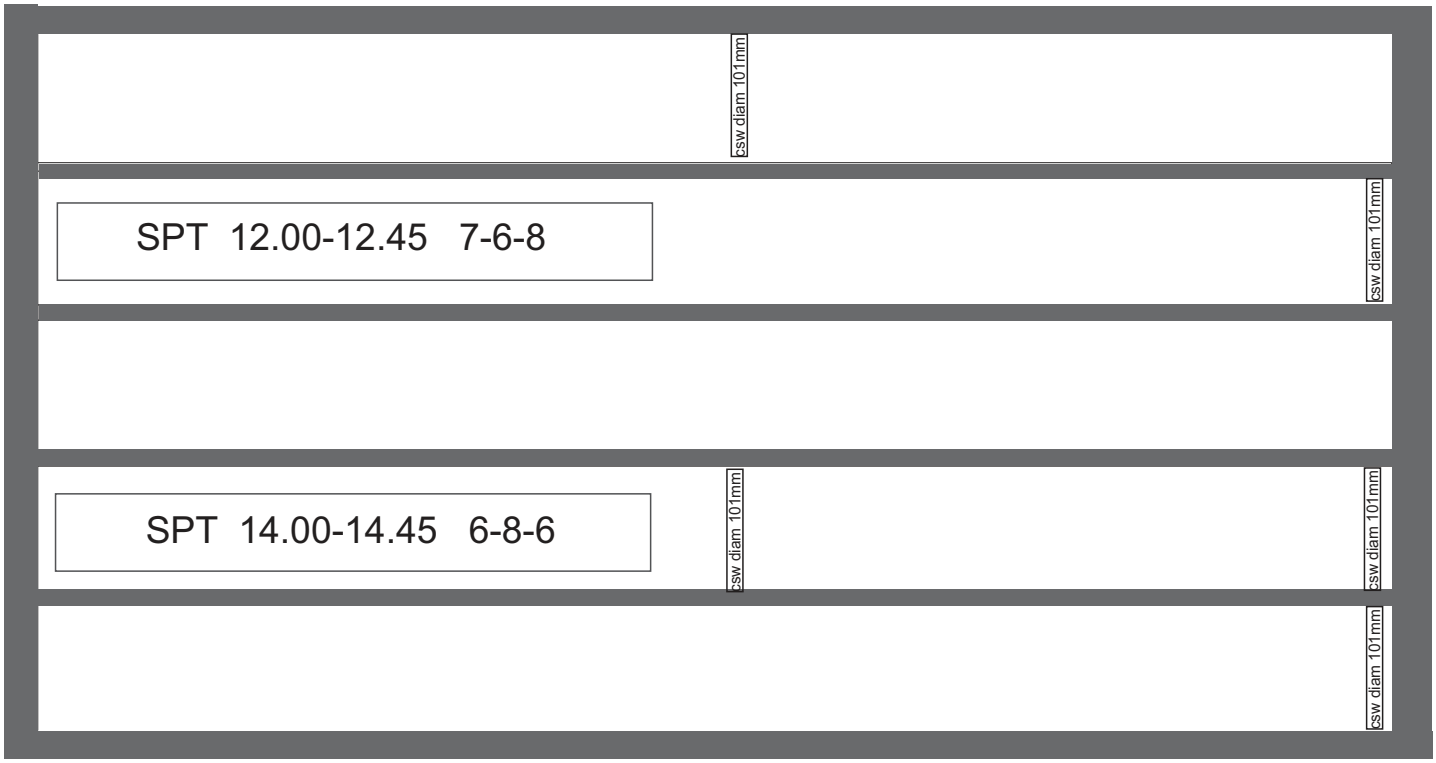
Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA
E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Sondaggio S5C23 Cassetta da 10,00 a 15,00 m



0,00 mt — 1,00 mt

MANOVRE
T6D diam 101mm — Carotiere doppio corona diamante
csw diam 101mm — Carotiere semplice corona widia
Rivw diam127mm — Rivestimento corona widia

Spezzoni di carota validi per RQD

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

GEOFISICA E AMBIENTE
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Committente	Comune di Vado Ligure
Cantiere	Via Trento Via Trieste
Località	Comune di Vado Ligure
Data Inizio	01/12/2022
Data Fine	02/12/2022

SONDAGGIO	FOGLIO
S1	1

GEOLOGO
Laura Spalluto

Scala 1:75	Rivestimento	carotiere	manovre	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Prova S.P.T.
0.5			CSW			BLOCCHI E CIOTTOLI A SPIGOLI VIVI, CON GHIAIA E SABBIA LIMOSA, COLORE MARRONE GRIGIO CHIARO.	
1.0		101					
1.5			CSW	1.50			
2.0						GHIAIA CON CIOTTOLI E MINORE PRESENZA DI BLOCCHI A SPIGOLI VIVI, IN MATRICE SABBIOSO LIMOSA, COLORE MARRONE.	2.00
2.5		101	CSW				5-7-7
3.0							2.45
3.5		101	CSW	3.00		BLOCCHI CON CIOTTOLI E DETRIZIONE DEGLI STESSI FINO ALLE DIMENSIONI DII SABBIA LIMOSA, COLORE BIANCO GRIGIO CHIARO.	
4.0		101		3.80			4.00
4.5			CSW			GHIAIA, SABBIA LIMOSA CON CIOTTOLI SIA A SPIGOLI VIVI CHE ARROTONDATI COLORE MARRONE	6-7-7
5.0							4.45
5.5		101					
6.0			CSW				
6.5		101	CSW				6.00
7.0	127						5-7-8
7.5		101					6.45
8.0			CSW				
8.5		101	CSW				8.00
9.0							4-5-6
9.5				9.00		LIMO SABBIOSO COMPATTO, COLORE MARRONE.	8.45
10.0		101	CSW			GHIAIA CON CIOTTOLI SIA A SPIGOLI VIVI CHE ARROTONDATI E RARI BLOCCHI IN MATRICE SABBIOSO LIMOSA, COLORE MARRONE GRIGIO CHIARO.	
10.5		101	CSW				10.00
11.0							6-7-9
11.5		101	CSW	11.00		SABBIA LIMOSA CON POCHI CIOTTOLI A TRATTI COMPATTA, COLORE MARRONE.	10.45
12.0							
12.5		101	CSW				12.00
13.0							5-6-6
13.5				13.10		SABBIA SCIOLTA CON MINORE PRESENZA DI GHIAIA, COLORE MARRONE.	12.45
14.0		101	CSW				
14.5							
15.0		101		15.00			

GEOFISICA E AMBIENTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Committente	Comune di Vado Ligure
Cantiere	Via Trento Via Trieste
Località	Comune di Vado Ligure
Data Inizio	02/12/2022
Data Fine	05/12/2022

SONDAGGIO	FOGLIO
S2	1

GEOLOGO
Laura Spalluto

Scala 1:75	Rivestimento	carotiere	manovre	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Prova S.P.T.
0.5			CSW			BLOCCHI E CIOTTOLI A SPIGOLI VIVI, CON GHIAIA E SABBIA LIMOSA, COLORE MARRONE GRIGIO.	
1.0							
1.5		101					
2.0			CSW	1.80			
2.5		101				GHIAIA CON CIOTTOLI A SPIGOLI VIVI, IN MATRICE SABBIOSA, COLORE MARRONE.	2.00 7-8-8 2.45
3.0			CSW				
3.5		101		3.00		GHIAIA ETEROGENEA CON CIOTTOLI SIA A SPIGOLI VIVI CHE ARROTONDATI E RARI BLOCCHI IN MATRICE SABBIOSO LIMOSA A TRATTI COMPATTA, COLORE MARRONE.	
4.0			CSW				4.00 6-9-8 4.45
4.5		101					
5.0		101	CSW				
5.5							
6.0							
6.5		101	CSW				6.00 5-7-7 6.45
7.0	127						
7.5			CSW				
8.0							
8.5		101					8.00 7-8-8 8.45
9.0			CSW				
9.5		101					
10.0							
10.5		101	CSW				10.00 9-8-10 10.45
11.0							
11.5		101	CSW			SABBIA SCIOLTA E ATRATTI COMPATTA CON MINORE PRESENZA DI GHIAIA, COLORE MARRONE.	
12.0							
12.5		101	CSW				12.00 10-8-9 12.45
13.0				12.50			
13.5							
14.0		101	CSW				
14.5							
15.0		101		15.00			

GEOFISICA E AMBIENTE
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Committente	Comune di Vado Ligure
Cantiere	Via Trento Via Trieste
Località	Comune di Vado Ligure
Data Inizio	06/12/2022
Data Fine	06/12/2022

SONDAGGIO	FOGLIO
S3	1

GEOLOGO
Laura Spalluto

Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Rivestimento	carotiere	manovre	Prova S.P.T.	Piezometro c/f
0.00		CIOTTOLI A SPIGOLI VIVI, CON GHIAIA E SABBIA, COLORE GRIGIO.		101	CSW		
1.50		GHIAIA CON CIOTTOLI E QUALCHE BLOCCO SIA A SPIGOLI VIVI CHE ARROTONDATI, IN MATRICE SABBIOSA, COLORE MARRONE GRIGIO..		101	CSW	2.00 2-2-3 2.45	
				101	CSW		
				101	CSW	4.00 4-6-7 4.45	
				101	CSW		
5.50		GHIAIA ETEROGENEA CON CIOTTOLI SIA A SPIGOLI VIVI CHE ARROTONDATI E RARI BLOCCHI IN MATRICE SABBIOSO LIMOSA A TRATTI COMPATTA, COLORE MARRONE.	127	101	CSW	6.00 7-8-9 6.45	
				101	CSW		
				101	CSW	8.00 6-7-7 8.45	
				101	CSW		
				101	CSW	10.00 6-9-9 10.45	
10.80		SABBIA LIMOSA CON GHIAIA E POCHI CIOTTOLI, COLORE GRIGIO.		101	CSW		
12.00		SABBIA LIMOSA E SABBIA GROSSOLONA CON GHIAIA E POCHI CIOTTOLI, COLORE MARRONE.		101	CSW	12.00 10-9-12 12.45	
14.00		SABBIA LIMOSA E SABBIA GROSSOLANA A TRATTI COMPATTA, COLORE MARRONE.		101	CSW		
15.00		SABBIA LIMOSA CON CIOTTOLI E GHIAIA COLORE MARRONE.		101			
16.50		SABBIA LIMOSA CON GHIAIA E QUALCHE CIOTTOLO, COLORE MARRONE.					
18.60		SABBIA LIMOSA ARGILLOSA COMPATTA E LIMO ARGILLOSO COMPATTO DA 19.50 A 20.00 m, COLORE MARRONE.					
20.00							

GEOFISICA E AMBIENTE
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

Committente	Comune di Vado Ligure
Cantiere	Via Trento Via Trieste
Località	Comune di Vado Ligure
Data Inizio	13/12/2022
Data Fine	13/12/2022

SONDAGGIO	FOGLIO
S4	1

GEOLOGO
Laura Spalluto

Scala 1:75	Rivestimento	carotiere	manovre	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Prova S.P.T.
0.5			CSW			CIOTTOLI A SPIGOLI VIVI, CON GHIAIA E SABBIA LIMOSA, COLORE MARRONE GRIGIO.	
1.0							
1.5		101					
2.0			CSW	2.00		SABBIA LIMOSA E LIMO SABBIOSO CON GHIAIA E RARI CIOTTOLI, COLORE MARRONE.	2.00 2-2-2 2.45
2.5							
3.0		101					
3.5			CSW				
4.0							
4.5		101					4.45
5.0			CSW				4-5-6 4.95
5.5				5.20		LIMO SABBIOSO E SABBIA LIMOSA A TRATTI COMPATTA CON SCARSA GHIAIA , COLORE MARRONE.	
6.0		101					6.00
6.5			CSW				3-4-4 6.45
7.0	127						
7.5		101					
8.0			CSW			SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA CON GHIAIA E QUALCHE CIOTTOLI, COLORE MARRONE	
8.5							
9.0				8.60			9.00
9.5		101	CSW				3-5-4 9.45
10.0							
10.5		101					
11.0			CSW				
11.5							
12.0		101					12.00
12.5			CSW				6-7-8 12.45
13.0							
13.5		101		13.00		SABBIA LIMOSA CON GHIAIA E POCHI CIOTTOLI, COLORE GRIGIO.	
14.0			CSW	14.00		SABBIA LIMOSA COMPATTA NEL LIVELLO 14,60 15,00 m, COLORE MARRONE CHIARO.	
14.5		101					14.50
15.0		101	CSW	15.00			8-9-10 14.95

GEOFISICA E AMBIENTE
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E FONDAZIONI SPECIALI

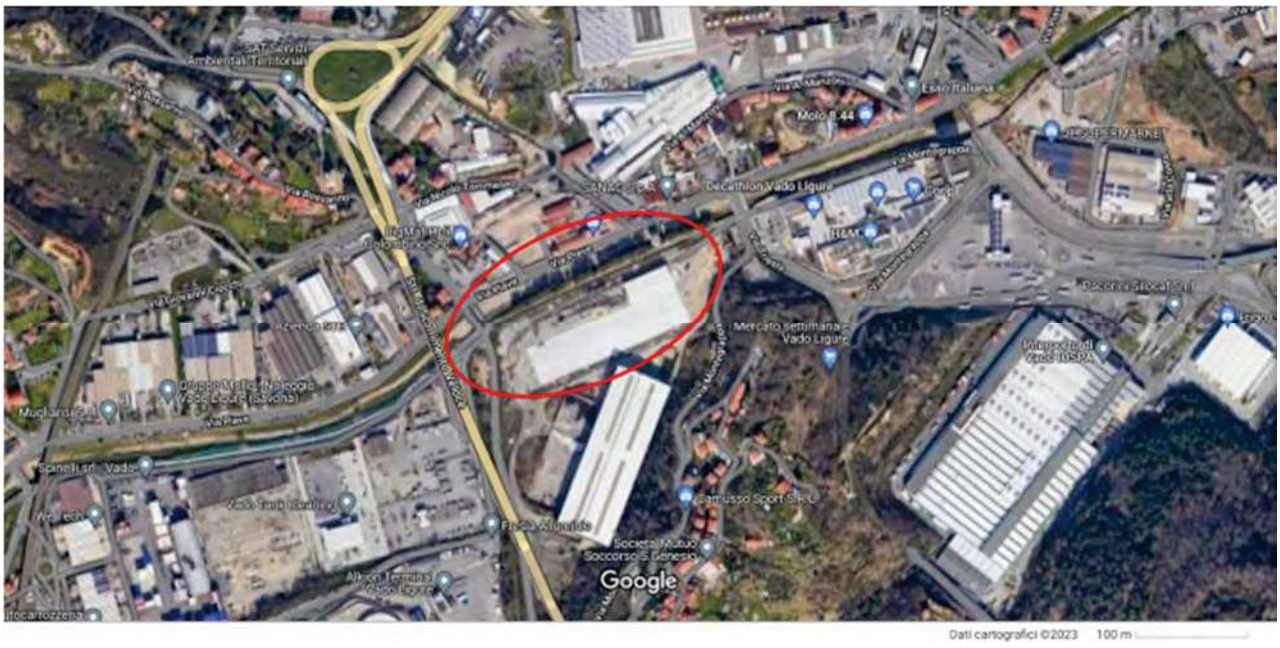
Committente	Comune di Vado Ligure
Cantiere	Via Trento Via Trieste
Località	Comune di Vado Ligure
Data Inizio	14/12/2022
Data Fine	15/12/2022

SONDAGGIO	FOGLIO
S5	1

GEOLOGO
Laura Spalluto

Scala 1:75	Rivestimento	carotiere	manovre	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Prova S.P.T.
0.5			CSW			RIPORTO COMPOSTO DA GHIAIA GROSSOLANA A SPIGHOLI VIVI E QUALCHE CIOTTOLO IN MATRICE LIMOSO SABBIOSA CON MATERIALI DI DERIVAZIONE ANTROPICA, COLORE GRIGIO CHIARO ., COLORE MARRONE GRIGIO.	
1.0							
1.5		101					
2.0			CSW				
2.5							
3.0		101		3.00			
3.5			CSW			SABBIA LIMOSA CON MINORE GHIAIA, COLORE MARRONE.	
4.0				3.70		SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA CON GHIAIA, COLORE MARRONE GRIGIO.	
4.5		101					4.45
5.0			CSW	4.70		SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA CON GHIAIA E QUALCHE CIOTTOLI, COLORE MARRONE	6-7-9 4.95
5.5							
6.0		101					6.00
6.5			CSW				4-5-5 6.45
7.0	127						
7.5		101					7.50
8.0			CSW				3-5-6 7.95
8.5							
9.0		101					9.00
9.5			CSW				5-6-7 9.45
10.0				9.55		SABBIA LIMOSA CON CIOTTOLI, COLORE GRIGIO MARRONE.	
10.5		101		10.00		ALTERNANZE DI LIVELLI SABBIOSO LIMOSI ANCHE COMPATTI E LIVELLI SABBIOSO LIMOSI CON GHIAIA E CIOTTOLI ANCHE ARROTONDATI E MINORE PRESENZA DI BLOCCHI, COLORE MARRONE.	
11.0			CSW				
11.5							
12.0		101					12.00
12.5			CSW				7-6-8 12.45
13.0							
13.5		101					
14.0			CSW				
14.5		101	CSW				14.00 6-8-6 14.45
15.0		101		15.00			

ACCERTAMENTI GEOGNOSTICI, GEOTECNICI E SISMICI A CORREDO DEL PROGETTO DI REALIZZAZIONE BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA VIA BERTOLA E VIA TRIESTE LUNGO LA SPONDA DESTRA DEL TORRENTE SEGNO E VIA TRIESTE LUNGO LA SPONDA DESTRA DEL TORRENTE SEGNO



Committente: Comune di Vado Ligure

P.zza S. Giovanni Battista 5

17047 Vado Ligure (SV)

09/01/2023

Geofisica e Ambiente srls Cascina Mimia inf 56 sub 2 presso civ. 49 – Tagliolo Monferrato (Al) - P.I. 02588190062 - Tel. 3482658650-649
lauraspalluto@geofisicaeambiente.com - giovannibaudoino@geofisicaeambiente.com - geofisicaeambientesrls@gmail.com

PREMESSA

Nel mese di dicembre 2022 è stata eseguita, lungo la sponda destra del Torrente Segno, all'altezza di via Trieste, Comune di Vado Ligure a corredo del progetto di realizzazione della bretella di collegamento tra via Bertola e via Trieste lungo la sponda destra del torrente Segno e Via Trieste lungo la sponda destra del torrente Segno, un'indagine sismica realizzata tramite tre profili di tipo Re.Mi, indagine basata sulle onde di Rayleigh al fine di determinare la Velocità delle onde S (onde di taglio) equivalente, e cinque sondaggi geognostico, durante il quale sono stati prelevati dei campioni sottoposti a prove geotecniche di laboratorio i cui certificati sono allegati alla presente relazione e relative indagini geotecniche in sito (Standard Petetration Test).

Indagini Geognostiche

Sono stati realizzati cinque sondaggi a carotaggio continuo, le cui foto delle cassette catalogatrici e relative stratigrafie sono riportate nell' ALL 1.

Indagini Geofisiche

Descrizione del metodo ReMi - MASW

Il metodo d'indagine sismica passiva denominato ReMi (Refraction Microtremor), si basa sulle particolari leggi fisico-matematiche, che governano la propagazione delle onde sismiche superficiali, in mezzi stratificati (monodimensionali o 1-D) Ciò che tale metodo analizza è la dispersione delle onde di superficie che vengono prodotte da sorgenti di cui non si sa la provenienza ad esempio il traffico urbano attività varie ecc… In tali condizioni, sia le onde di Love sia le onde di Rayleigh, hanno carattere dispersivo: si ha una forte dipendenza della velocità di propagazione (V_R per le onde di Rayleigh e V_R per le onde di Love) dalla frequenza del moto sismico. In ipotesi di mezzo stratificato, le caratteristiche della "curva di dispersione" $V_R = V_R(f)$ sono strettamente collegate alle caratteristiche stratigrafiche dell'area indagata: la struttura della curva di dispersione dipende quasi esclusivamente dal profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio $Vs = Vs(z)$. Ad esempio, nel caso di un aumento di velocità di propagazione delle onde di taglio con la profondità, la curva di dispersione assume un andamento caratteristico, evidenziando bassi valori di velocità di propagazione delle onde di Rayleigh in corrispondenza di alte frequenze mentre mostrano alti valori di velocità in corrispondenza di basse frequenze. La totalità dei metodi d'indagine sismologica basati sull'analisi delle onde superficiali, sia essi passivi sia attivi, prevedono specifiche tecniche d'acquisizione dei segnali sismici, identificazione delle onde superficiali, stima della curva di dispersione ed inversione o modeling di questa ultima, al fine di ottenere il Profilo Vs.

L'analisi sperimentale dei microtremori ha, infatti, evidenziato che il rumore sismico presente nell'ambiente possiede, in genere, caratteristiche spettrali particolarmente adatte all'esplorazione del primo sottosuolo (significativa densità di energia nella banda 3 – 25 Hz).

Nel metodo attivo MASW a differenza del metodo chiamato ReMi, si utilizza una sorgente puntuale a geometria nota.

L'acquisizione dei dati per prospezioni MASW è simile a quella utilizzata per la realizzazione del profilo ReMi o a rigrazione; si utilizza infatti uno stendimento sismico lineare multicanale con geofoni verticali (4.5 Hz) e sorgente a impatto ortogonale (mazza o massa battente di varie dimensioni) per il rilievo delle onde di Rayleigh o a componente orizzontale e sorgente di taglio per le onde di Love. Nel sito in esame caratterizzato da un notevole rumore di fondo, si è preferito interpretare I dati acquisiti con il metodo ReMi.

Acquisizione ed elaborazione

Strumentazione

- sismometro Abem Terraloc Mark 8 - 24 canali;
- 12 geofoni di frequenza caratteristica pari a 4.5 Hz;
- 1 cavi geofonico da 12 prese.

Le tracce sismiche sono state acquisite per tutte le tre stese con g-spacing, di 5 m, per una lunghezza totale pari a 55 m.

Nell'indagine ReMi il segnale sismico è stato acquisito con passo di campionamento di 2 ms e con numero di campioni di 16384, tali parametri hanno consentito di registrare segnali sismici di lunghezza pari a 32768 ms.

Le principali fasi di "processing" possono essere riassunti nei seguenti punti:

- Pre-processing dei records del segnale sismico (analisi delle caratteristiche medie del "noise", per verificarne la qualità sia in termini di stazionarietà spazio-temporale e sia in termini di coerenza spettrale) che consente di individuare il range di frequenze ottimale (2.5 – 25 Hz) da utilizzare nelle fasi successive di elaborazione.
- Trasformazione dei records secondo due passaggi successivi. In primo luogo è stata operata la trasformazione dal dominio T-X (tempo – distanza) al dominio tau-p (tempo intercetta -"slowness" o reciproco della velocità apparente) e successivamente dal dominio tau-p al dominio f-p (frequenza - 1/V) p-f Image (un'elaborazione statistica di tutti i records di tipo p-f ed una procedura di normalizzazione hanno consentito di ottenere il diagramma indicato come p-f image).

- picking della curva di dispersione, è associato ad un certo numero di punti uno o più rapporti 1/V per alcune frequenze.

Nell'immagine "1/V-frequency" (p-f) (spettro di potenza normalizzato in funzione della frequenza f e del parametro p), sono messi in evidenza gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase, che una potenza significativa ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle associabili ad altri tipi di onde (onde di Rayleigh di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

La curva di dispersione $V_R = V_R(f)$ è stata utilizzata per stimare il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio, adottando una metodologia di modeling diretto (Saito 1984), che consente di ottenere, attraverso approssimazioni successive ("trial and error"), una funzione $Vs = Vs(z)$, tale da minimizzare il misfit tra la curva di dispersione teorica e curva di dispersione osservata.

Risultati

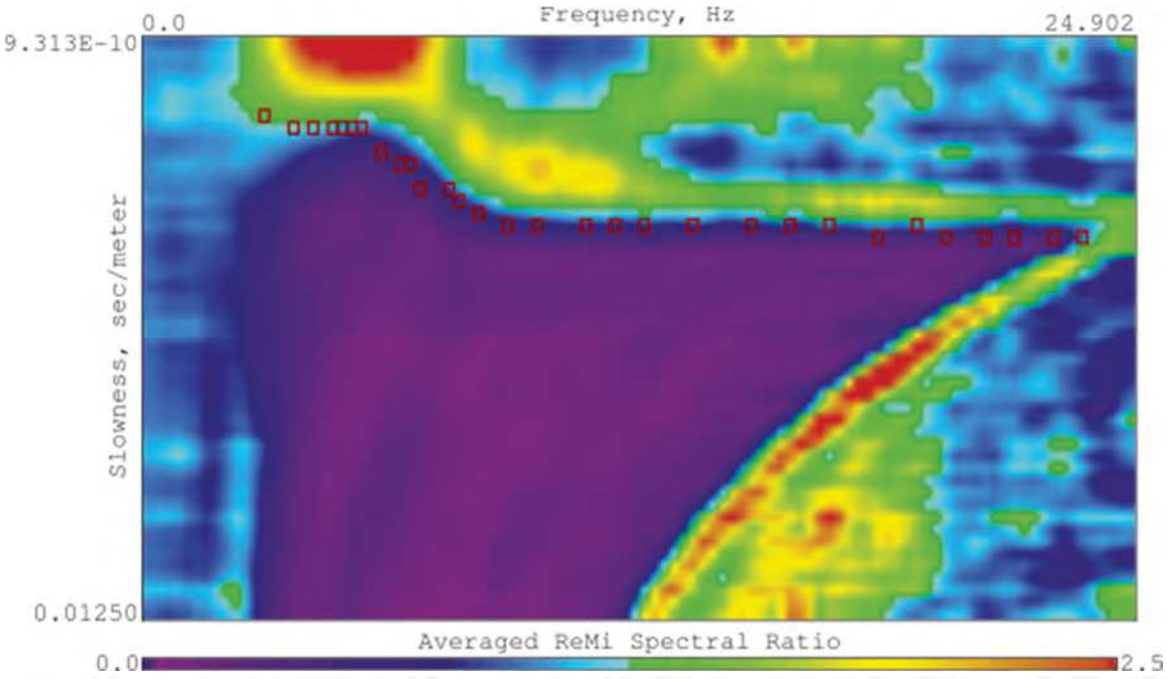
Per ogni indagine di tipo ReMi verranno di seguito riportati:

a) Rappresentazione in scala cromatica dello spettro di potenza "p-f Image" utilizzato per fare il "picking" della curva di dispersione sperimentale.

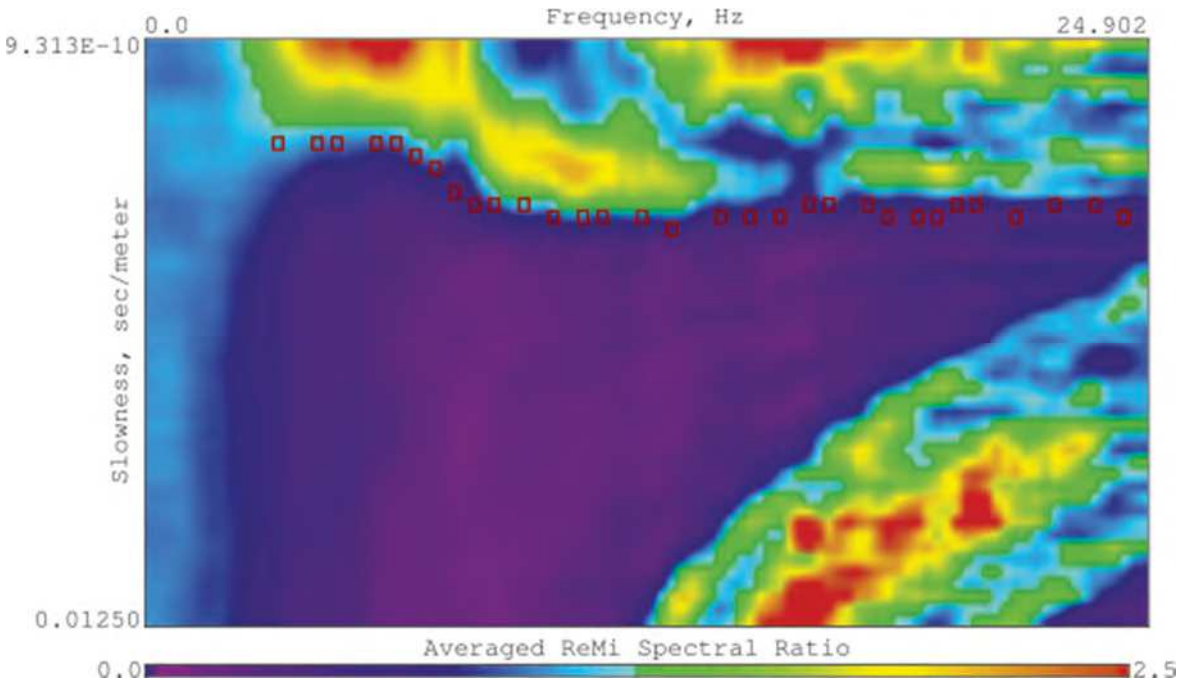
b) Profilo di Velocità Vs.

a)

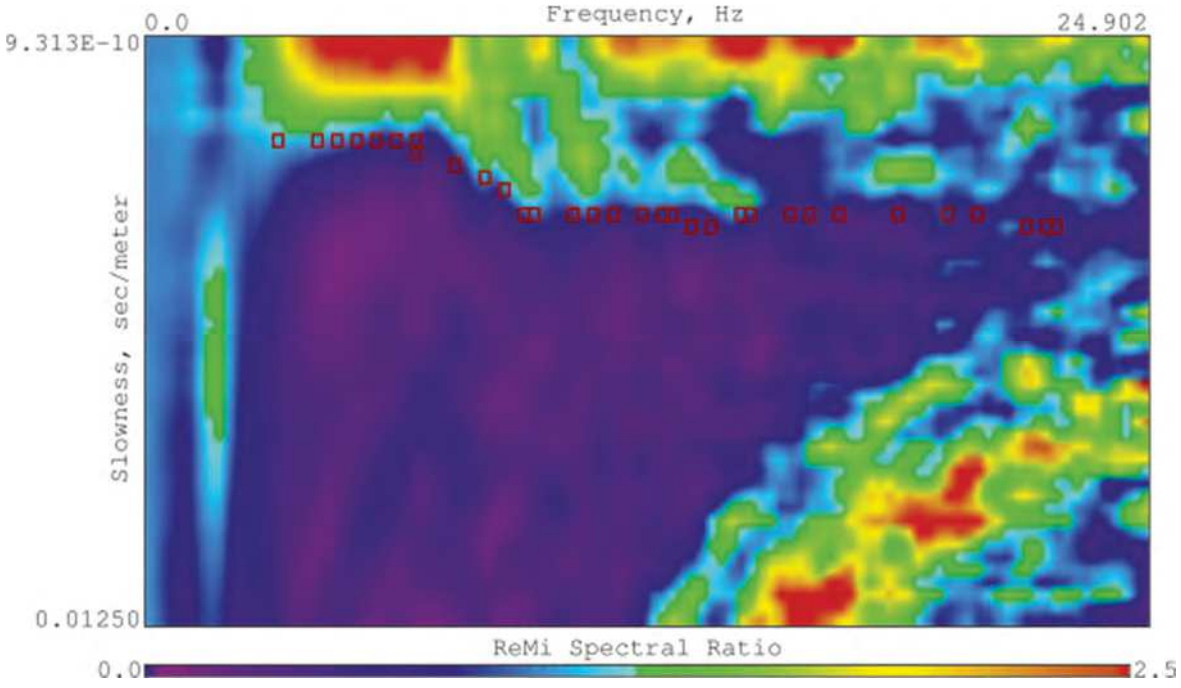
Profilo 1



Profilo 2

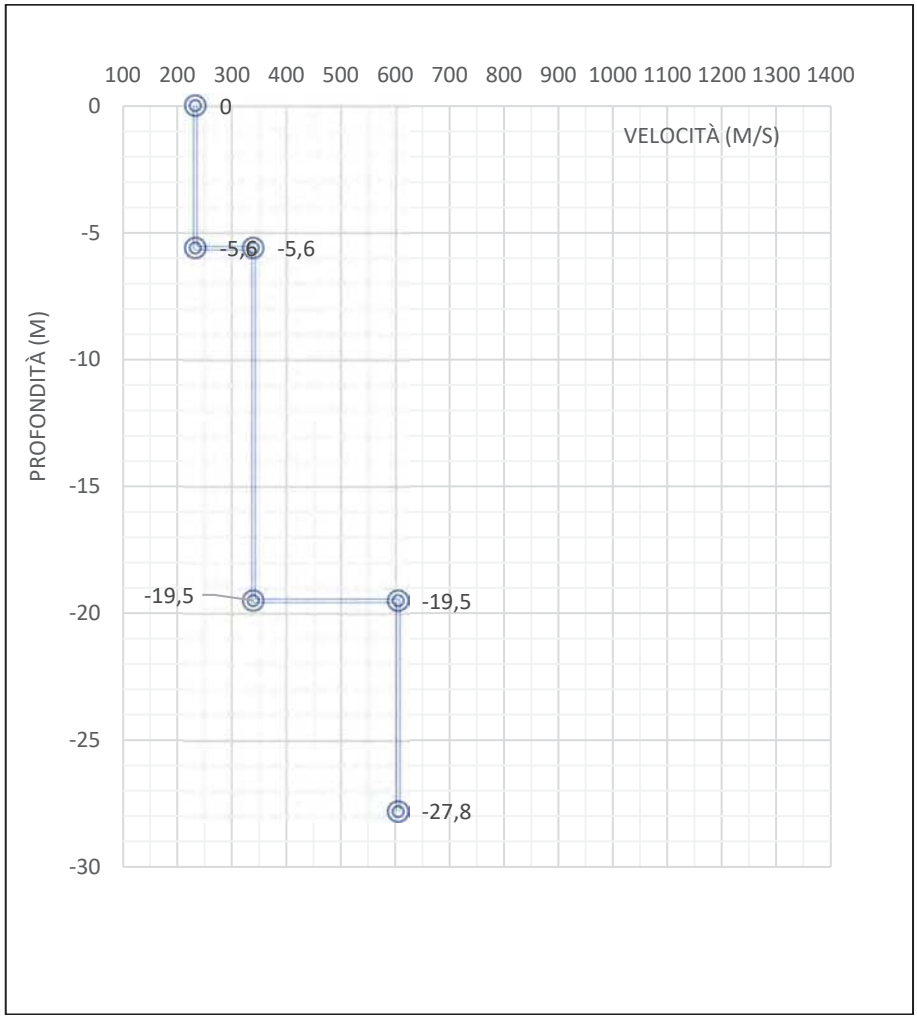


Profilo 3

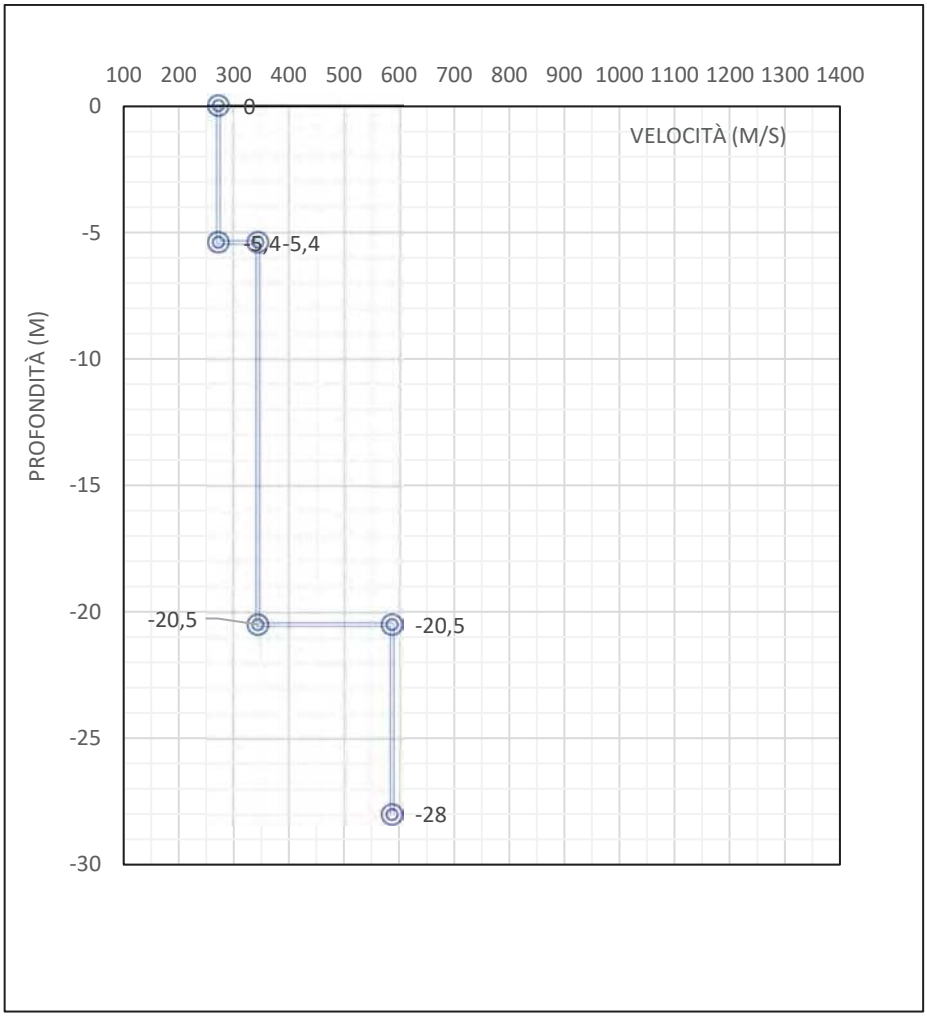


b)

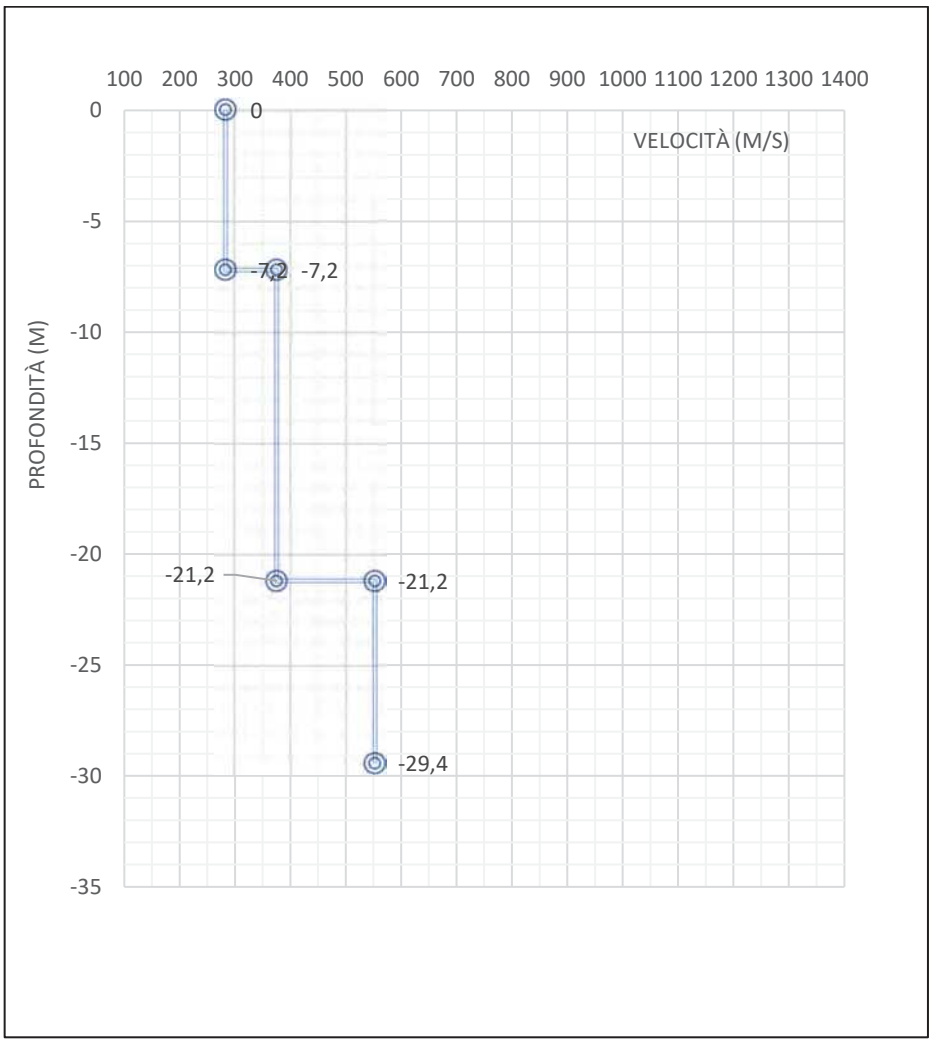
	ReMi 1	
strato	**Profondità (m)**	**Vs (m/s)**
1	0	234
1	-5,6	234
2	-5,6	340
2	-19,5	340
3	-19,5	605
3	-27,8	605
4	-27,8	820
4	-30	820



	ReMi 2	
strato	Profondità (m)	Vs (m/s)
1	0	274
1	-5,4	274
2	-5,4	345
2	-20,5	345
3	-20,5	586
3	-28	586
4	-28	740
4	-30	740



	ReMi 3	
strato	Profondità (m)	Vs (m/s)
1	0	285
1	-7,2	285
2	-7,2	376
2	-21,2	376
3	-21,2	552
3	-29,4	552
4	-29,4	760
4	-30	760



Decreto del 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni

Categoria A
Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

Categoria 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.

Categoria C
Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Categoria D
Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

Categoria E
Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$Vs,eq = \frac{H}{\sum_{strato=1}^{N} \frac{h(strato)}{Vs(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs(strato). Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs30 , ottenuto ponendo H=30 m nella precedente

espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Dati ReMi	**Profilo 1**	
Numero di strati	3	
Profondità piano di posa	0,00 m	
Profondità complessiva	**27,80 m**	
Vs, eq	**384**	**m/s**
Categoria del suolo	**B**	

Dati ReMi	**Profilo 2**	
Numero di strati	4	
Profondità piano di posa	0,00 m	
Profondità complessiva	**30,00 m**	
Vs, eq	**380**	**m/s**
Categoria del suolo	**B**	

Dati ReMi	**Profilo 3**	
Numero di strati	4	
Profondità piano di posa	0,00 m	
Profondità complessiva	**30,00 m**	
Vs, eq	**384**	**m/s**
Categoria del suolo	**B**	

CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO B in base al Decreto del 17 gennaio 2018 NTC

09/01/2023

Eseguito Per **Geofisica e Ambiente srls**
Geol. Laura Spalluto
Controllato da: Dott. Giovanni Baudoino