

CONSORZIO IRRIGUO DI SECONDO GRADO
DESTRA PO – AGRO CASALESE
COUTENZA CANALI LANZA, MELLANA E ROGGIA FUGA
CANALI DEMANIALI DI IRRIGAZIONE
CASALE MONFERRATO (AL)

LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE DELLA TRAVERSA E
DEL CANALE LANZA, NONCHÈ DELLE RETI
IRRIGUE COLLEGATE
1° LOTTO FUNZIONALE – 1° STRALCIO
(LOTTO LAVORI 2: RETI IRRIGUE)

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE –
RELAZIONE GEOLOGICA



PROGETTISTI:
DOTT. ING.
FULVIO BERNABEI
DOTT. ING.
LORENZO BENINCASA STAGNI

GRUPPO DI LAVORO:
ALBERTO MELODIA
GIULIA ONGARO
SARA PELLEGRINI
GIANLUIGI SEVINI

GEOLOGO:
DOTT. GEOL.
CORRADO REGUZZI

DIZETA INGEGNERIA STUDIO ASSOCIATO

Via Bassini, 19 – 20133 MILANO Tel. 02-70600125
server@dizetaingegneria.it Fax 02-70600014

DATA FEBBRAIO 2022

COMMESSA N° 006/2021	REDATTO
CODICE COMMESSA ESCOUTENZA(2020)	CONTROLLATO
NOME FILE	APPROVATO

Mod. 8.3 F – Rev. 00

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTR.	APPR.
01	DIC 2022	RIMODULAZIONE A SEGUITO RICHIESTA REGIONE PIEMONTE DI DICEMBRE 2022			
02	GIU 2023	MODIFICHE INTERVENTI "D" A SEGUITO RICHIESTA CONSORZIO FRASSINETO PO			
03	LUG 2023	AGGIORNAMENTO PREZZI 2023 E SUDDIVISIONE LOTTI DI LAVORI			

**CONSORZIO IRRIGUO DI SECONDO GRADO
DESTRA PO – AGRO CASEALESE
COUTENZA CANALI LANZA, MELLANA E ROGGIA
FUGA - CANALI DEMANIALI DI IRRIGAZIONE**

CASALE MONFERRATO (AL)

**LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE DELLA TRAVERSA E
DEL CANALE LANZA, NONCHE' DELLE RETI IRRIGUE
COLLEGATE
1° LOTTO FUNZIONALE**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Corrado Reguzzi".

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almè (BG), marzo 2022

INDICE	Pag.
1	PREMESSA
1	1
2	LOCALIZZAZIONE DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO
2	1
3	DESCRIZIONE DI MASSIMA DEL PROGETTO.....
2	2
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....
3	3
5	ASSETTO GEOMORFOLOGICO.....
5	5
6	IDROGRAFIA SUPERFICIALE
5	5
7	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....
5	5
7.1	GENERALITÀ.....
5	5
7.2	PIEZOMETRIA LOCALE
6	6
8	INDAGINI IN SITO.....
7	7
8.1	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH
8	8
8.2	MICROPIEZOMETRI.....
9	9
8.3	MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)
9	9
8.4	MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE A STAZIONE SINGOLA HVSR
21	21
9	MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO
25	25
10	MONITORAGGIO DEL LIVELLO PIEZOMETRICO
29	29
11	MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO
30	30
11.1	CORRELAZIONI GEOTECNICHE UTILIZZATE.....
30	30
11.2	STIMA DELLA COESIONE DRENATA.....
31	31
11.3	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO.....
31	31
12	CARATTERIZZAZIONE SISMICA
34	34
12.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO.....
34	34
12.2	SISMICITÀ STORICA
34	34
12.3	CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE
39	39
12.4	DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA
39	39
12.5	PARAMETRI SISMICI.....
40	40
12.6	POSSIBILITÀ DI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE DEL TERRENO
46	46
13	DATI E GRAFICI.....
49	49
14	ELABORATI CARTOGRAFICI.....
49	49

1 PREMESSA

A seguito delle osservazioni riportate nel rapporto finale redatto dalla PROITER nell'ambito delle verifiche preventive sulla documentazione progettuale fornita riguardante gli interventi di ristrutturazione del Canale Lanza e delle reti irrigue collegate (1° Lotto funzionale), si è provveduto a controdedurre con la presente relazione geologica aggiornata.

Il documento è stato condotto ai sensi del D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", del D.M. 26.04.2014 "Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta" e del D.M. 11.03.88 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno, delle terre e delle opere di fondazione".

La relazione fa riferimento a quella redatta per il progetto definitivo e contiene alcuni approfondimenti relativi alla ricostruzione delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno (vedi Profilo geologico e geotecnico) e al monitoraggio dei livelli piezometrici della falda lungo il tracciato del canale esistente.

Lo studio è finalizzato a verificare le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche del terreno nell'ambito territoriale di intervento, attraverso l'analisi documentale reperita (studi geologici del P.R.G.C. dei Comuni di Casale Monferrato, Occimiano e Mirabello Monferrato, indagini pregresse effettuate in corrispondenza della traversa e il Canale Lanza, etc.) e le risultanze delle indagini geognostiche effettuate in sito dallo scrivente nel dicembre scorso (n. 20 prove penetrometriche dinamiche DPSH, n. 5 micropiezometri, n. 5 stendimenti sismici con metodologia MASW e n. 5 misure del microtremore sismico con tecnica HVSR).

2 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO

L'infrastrutturazione irrigua oggetto di intervento si stacca dalla traversa sul fiume Po situata a W di Casale Monferrato (prog. 0 m imbocco canale) e attraversa in direzione SE il centro abitato fino all'attraversamento ferroviario in località Casa

San Bernardino (prog. 4.252 m); da qui il Canale Lanza piega verso S, fino alla Cascina Nuova (prog. 7.960 m). Il tracciato continua a monte della frazione di Cantone Vallare in direzione E (prog. 9.595 m); proseguendo, l'andamento del canale si sposta nuovamente verso SE, attraversando il Comune di Occimiano fino a giungere nella porzione NE del territorio del Comune di Mirabello Monferrato (prog. 15.239 m). Il tratto terminale del Canale Lanza piega nuovamente verso ENE, mantenendosi all'incirca parallelo alla S.P. Giarole (prog. 16.040 m).

3 DESCRIZIONE DI MASSIMA DEL PROGETTO

Il progetto in esame prevede interventi di ristrutturazione e risanamento conservativo lungo il Canale Lanza, a partire dalla traversa di derivazione, per una lunghezza di 16 km.

Gli interventi lungo il Canale Lanza sono suddivisi nei seguenti tratti tipologici, partendo dall'imbocco del manufatto in corrispondenza della traversa di derivazione:

Intervento	Tratto tipologico	Lunghezza (m)
Rifacimento delle sponde con muri prefabbricati e nuovo fondo dell'alveo in cls	"1"	945
	"3"	518
	"4"	1.488
	"5"	865
	"6"	1.433
	"7"	1.480
	"8"	1.480
	"9"	1.513
	"10"	995
	"11"	973
Risanamento conservativo delle sponde e nuovo fondo dell'alveo in cls	"2"	1.325

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'assetto geologico dell'ambito territoriale in esame è caratterizzato dalla coltre alluvionale di età quaternaria su un substrato terziario, il cui andamento sepolto condiziona lo spessore dei depositi superficiali.

Con riferimento al Fogli n. 57 Vercelli e n. 58 Mortara della Carta Geologica d'Italia, il substrato è rappresentato dalle seguenti formazioni (dalla più antica alla più recente):

- Formazione di Casale Monferrato – flysch calcareo marnoso arenaceo eocenico in cui si alternano calcari più o meno marnosi, arenarie calcaree fini e argille plastiche bruno scure; tale formazione costituisce la fascia collinare a SW di Casale Monferrato e affiora nell'alveo di magra del fiume Po a valle della traversa di derivazione del Canale Lanza;
- Formazione delle Argille Azzurre – sabbie gialle e calcari in strati sottili alternati a argille e marne plioceniche, presenti a W di Occimiano e in una ristretta fascia a N di Mirabello Monferrato.

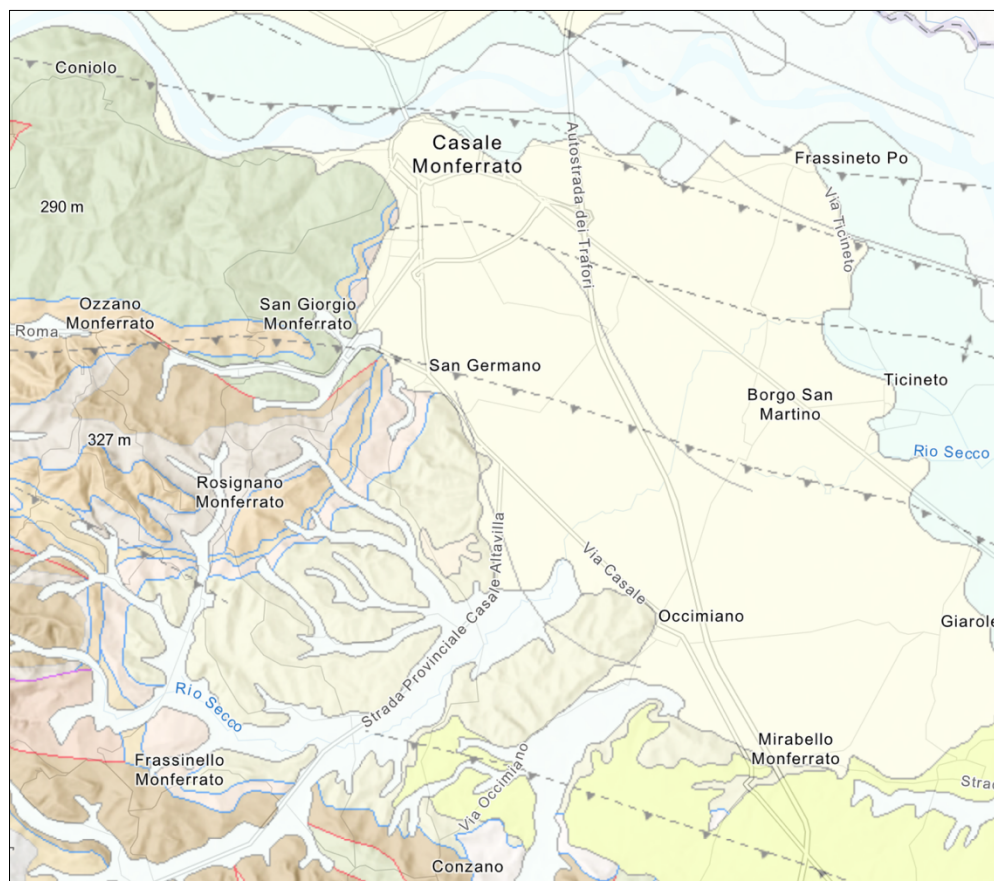
Per quanto riguarda i depositi quaternari, si rinvencono:

- depositi fluviali del Pleistocene inferiore, costituiti da sabbie e limi argillosi con alternanze ghiaiose, cartografati nella parte di pianura in Comune di Mirabello Monferrato;
- depositi alluvionali terrazzati dell'Olocene, costituiti da ghiaie, ghiaie sabbiose con lenti sabbiose argillose, localizzate in corrispondenza del fiume Po e delle aree ad esso adiacenti, compreso il tratto di pianura attraversato dal Canale Lanza oggetto di intervento.

Le unità strutturali presenti appartengono alla serie post-orogena terziaria, compresa tra l'Eocene medio inferiore e il Pliocene, sepolte dalle coperture quaternarie nelle zone di pianura; da indagini effettuate dall'AGIP in profondità, emerge la presenza di strutture di importanza regionale, costituite da sistemi di faglie inverse con andamento generale NW-SE e immersione a SW e da una faglia diretta con orientazione simile ma ad elevata inclinazione che separa il bacino padano a nord dal Monferrato a sud. Tale struttura ha determinato il ribassamento del bacino padano di più di 2 km. Trattasi di sforzi compressivi ascrivibili al Miocene-Pliocene che

hanno determinato il sistema di faglie inverse entro i depositi oligo-miocenici e l'attivazione della subsidenza del bacino padano. Nella fascia collinare che circonda Casale Monferrato sono presenti inoltre strutture plicative (anticlinali e sinclinali) diversamente orientate, interessate da lineamenti tettonici a scala locale.

Dalla carta geologica riportata nell'applicativo web di Arpa Piemonte, emerge la presenza di tre thrust orientati in direzione WNW-ESE, localizzati rispettivamente a nord di Casale Monferrato (inner Monferrato thrust front), a nord della località Cantone Vallare (Casale Monferrato-Valenza thrust) e a sud di Mirabello Monferrato (Montecastello thrust). Nella zona di pianura appena a SE di Casale Monferrato, è presente una piega anticlinale con asse parallelo all'andamento dei thrust sopra citati.



Carta geologica area di interesse – GeoPiemonte Arpa

Legenda:

verde: Flysch di Casale Monferrato; giallo intenso: Argille azzurre; giallo tenue: copertura quaternaria

5 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto morfologico dell'ambito territoriale in esame risulta modellato dalla dinamica fluviale del Po che ha determinato la formazione di diversi ordini di terrazzi, mediamente inclinati verso N e NE e sviluppati lungo la sponda destra del fiume, tra Casale e Mirabello Monferrato; tale morfologia tende a chiudersi a W di Casale, dove si stacca la fascia collinare costituita dal flysch eocenico.

In particolare, la traversa di derivazione sul fiume Po da cui si diparte il Canale Lanza, è stata realizzata al margine dei rilievi collinari a W del centro abitato di Casale Monferrato; il Canale Lanza percorre invece un'ampia area di pianura compresa tra i Comuni di Casale Monferrato, Occimiano e Mirabello Monferrato, caratterizzata da una superficie topografica debolmente pendente verso SE, con quote topografiche che si attestano tra 115 e 108 m s.l.m.; si osservano tracce di canali abbandonati, evidenziate dall'attuale andamento di strade, campi e corsi d'acqua artificiali più che dalle morfologie del territorio, vista l'intensa obliterazione delle reali forme da parte dell'azione antropica nel corso degli anni.

6 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

La rete idrografica è rappresentata dal fiume Po che scorre a N di Casale Monferrato, in corrispondenza del quale è stata realizzata la traversa di derivazione del Canale Lanza; sono altresì presenti altri corsi d'acqua che attraversano la pianura del basso monferrato tra i Comuni di Casale Monferrato, Occimiano e Mirabello Monferrato; trattasi dei torrenti Rotaldo, Grana e del Rio di Baldesco, affluenti in destra idrografica del fiume Po. Il Canale Lanza attraversa il torrente Rotaldo mediante sifone a valle del Cantone Vallare, mentre l'attraversamento del torrente Grana (sempre in sifone) si colloca a valle del centro abitato di Occimiano.

7 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

7.1 Generalità

Nell'ambito di pianura in esame, è presente un acquifero superficiale impostato entro le alluvioni oloceniche, delimitato alla base da strati argillosi che segnano

il passaggio al sottostante acquifero profondo. L'acquifero profondo è un sistema, confinato o semiconfinato, contenuto nelle sequenze sabbiose e ghiaiose, intervalate da limi ed argille del Villafranchiano. La base dell'acquifero superficiale è posta a pochi metri dal p.c. nelle aree a ridosso dei rilievi collinari, fino a 90 m circa nel settore NE di Casale Monferrato; l'alimentazione avviene principalmente dai corpi idrici superficiali.

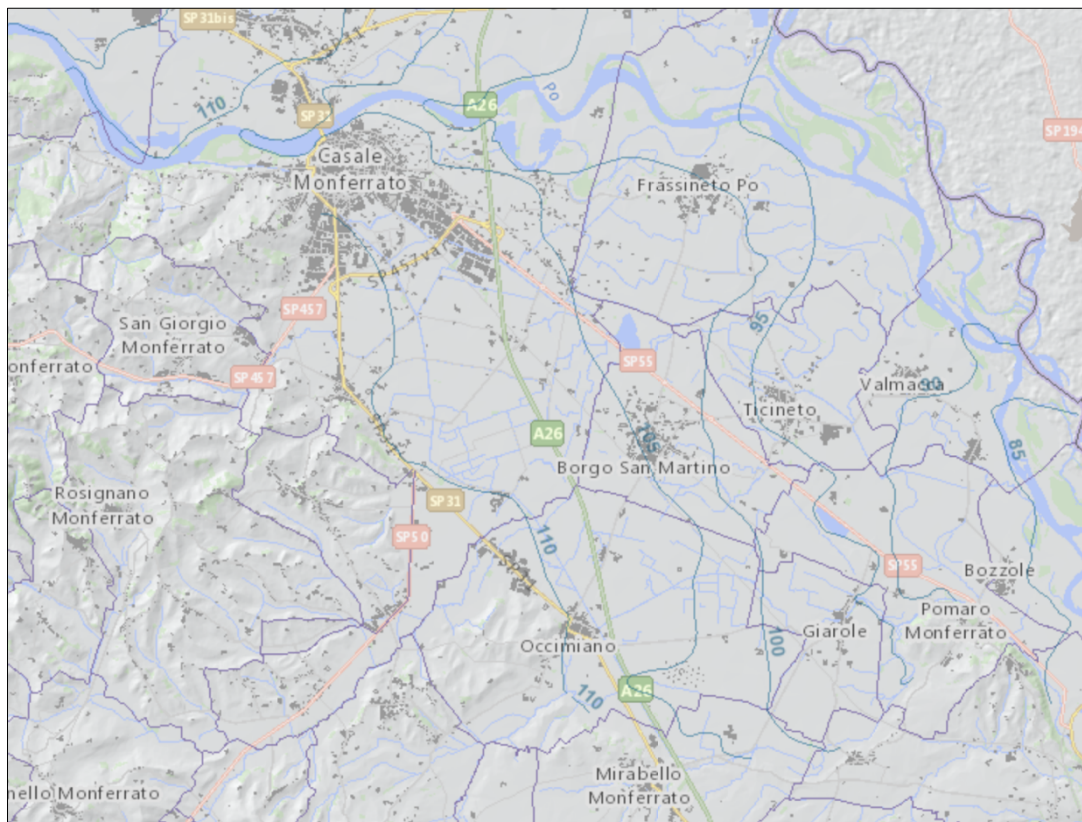
In genere, salvo anomalie locali, la falda superficiale mostra una direzione di deflusso verso NE, a sud del Po, e SE nella parte di pianura a nord del fiume. Il gradiente idraulico è compreso tra il 2 ‰ e il 4 ‰.

Come riferito nello studio geologico di Casale Monferrato, “la superficie libera della falda subisce notevoli variazioni di livello durante l'anno a causa dei differenti apporti meteorici e a causa delle attività agricole. Il periodo di massima soggiacenza risulta essere la fine dell'inverno, mentre all'inizio dell'estate la sommersione delle risaie si somma ad un massimo stagionale di piovosità e determina la massima risalita della piezometrica fino a meno di due metri dalla superficie topografica, in particolari condizioni fino a meno di un metro. Inoltre, l'apertura e chiusura dei canali artificiali può comportare modifiche alla superficie piezometrica a causa delle abbondanti perdite di fondo, con locali variazioni significative nella direzione di deflusso e nella soggiacenza”.

7.2 Piezometria locale

In corrispondenza della traversa il livello piezometrico è connesso con il livello idrico del fiume Po; la relazione geologica a supporto del progetto per la realizzazione di una centrale idroelettrica sulla sponda destra del fiume (datata settembre 2021) indica un livello di falda pari alla quota di 110,70 m s.l.m.

In corrispondenza del tracciato del Canale Lanza, alla luce della ricostruzione delle curve isopiezometriche riportata nell'applicativo webgis Arpa Piemonte “Idrogeologia della pianura piemontese”, la superficie di falda risulta posta a poco meno di 110 m s.l.m., con abbassamento (fino alla quota di 105 m s.l.m.) nel tratto a nord di Mirabello Monferrato, in corrispondenza dell'attraversamento del torrente Grana.



Estratto dalla cartografia “Idrogeologia della pianura piemontese” con individuazione delle linee isopiezometriche per l’ambito territoriale di intervento – fonte Arpa Piemonte

Per una valutazione più di dettaglio e per consentire il monitoraggio delle variazioni piezometriche stagionali lungo il Canale Lanza, sono stati messi in opera n. 5 micropiezometri.

8 INDAGINI IN SITO

Nel dicembre 2021 è stata eseguita dallo scrivente una campagna di indagini geognostiche, così articolata:

- n. 20 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n. 5 stendimenti sismici con metodologia MASW;
- n. 5 prove HVSR;
- n. 5 micropiezometri installati entro i fori delle prove penetrometriche dinamiche DPSH, protetti con chiusino lucchettabile.

L'ubicazione delle indagini è stata scelta secondo i criteri di massimo valore statistico, tenendo conto, contemporaneamente, delle peculiarità geologiche e dell'accessibilità dei luoghi (vedi Tav. 1 in allegato).

8.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH

L'attrezzatura con cui sono state eseguite le prove penetrometriche dinamiche standard, DPSH – ISSMFE, ha le seguenti caratteristiche:

- peso del maglio: 63,5 kg
- altezza di caduta: 75 cm
- lunghezza aste: 1,0 m
- diametro aste: 32 mm
- diametro della punta conica: 50,5 mm
- angolo della punta: 90°
- penetrazione standard: 20 cm

I valori e le relative profondità per l'avanzamento della punta sono riportati negli allegati. Lo 0,0 delle prove coincide con la quota del piano campagna esistente.

È stato controllato che le aste girassero liberamente durante l'avanzamento e non presentassero punti di attrito con le pareti del foro.

Nella fase di estrazione della strumentazione penetrometrica, è stata riscontrata la presenza di acqua sulle aste a partire dalle seguenti profondità (m da p.c. nel punto di esecuzione della prova):

n. prova penetrometrica dinamica DPSH	Osservate aste bagnate a partire da (m da p.c.)
6-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20	-
2	2,0
1	4,0
3-4	5,0
7-8	7,0
9	8,2
5	9,0

Trattasi di un'osservazione speditiva della presenza di acqua nel terreno; si rimanda alle successive misure piezometriche eseguite nei micropiezometri installati.

8.2 Micropiezometri

Per consentire il monitoraggio del livello di falda lungo il Canale Lanza nel tratto oggetto di intervento, entro n. 5 fori delle prove penetrometriche eseguite, sono stati installati dei tubi in PVC di 20 mm di diametro (identificati con la sigla Pz1-5), fenestrati dal fondo fino a 2 m dal p. c., aventi le seguenti profondità:

Sigla piezometro	Profondità (m da p.c.)
Pz1	5,0
Pz2	6,0
Pz3	9,0
Pz4	9,5
Pz5	8,5

I piezometri lasciati in posto sono protetti con chiusino metallico rosso, lucchettabile.

Si riporta in allegato l'ubicazione dei micropiezometri (vedi Tav. 1).

8.3 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

8.3.1 Localizzazione e caratteristiche geometriche degli stendimenti

Gli stendimenti MASW eseguiti presentano le seguenti caratteristiche:

MASW	Ubicazione	Lunghezza stendimento (m)	n. geofoni	Distanza intergeofonica (m)	Off-sets sorgenti (dagli estremi dello stendimento) (m)	
1	Sponda sinistra canale Lanza lungo la strada alla diga	46	24	2	10	2
2	Sponda sinistra canale Lanza all'altezza della Casa San Bernardino	46	24	2	10	2
3	Sponda sinistra canale Lanza in loc. Casa Magnano	46	24	2	10	2
4	Sponda sinistra canale Lanza a monte dell'attraversamento del torrente Grana	46	24	2	10	2
5	Sponda sinistra canale Lanza a valle dell'attraversamento del torrente Rotaldo	46	24	2	10	2

8.3.2 Metodologia

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde

superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse è stata utilizzata nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

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

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di

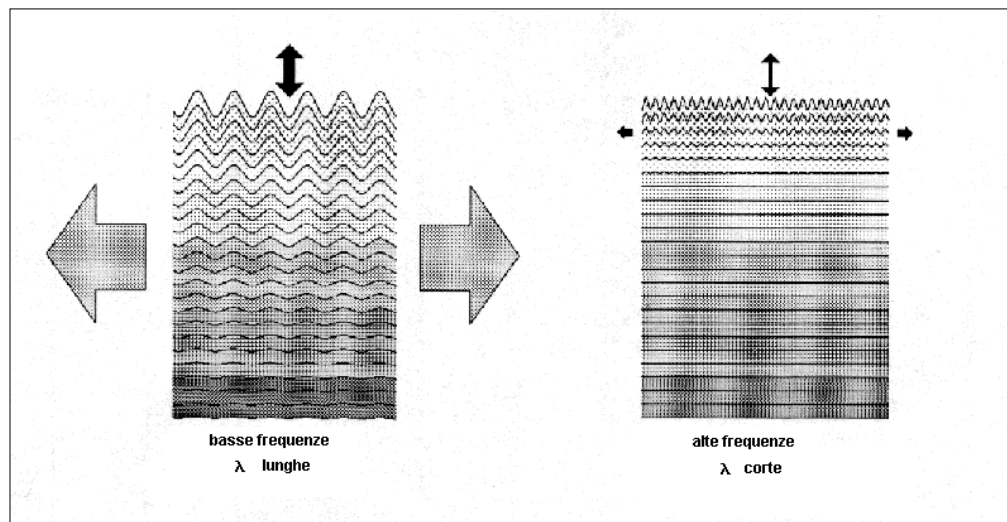
attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggiore accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. È anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza ($<10\text{Hz}$).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie.

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

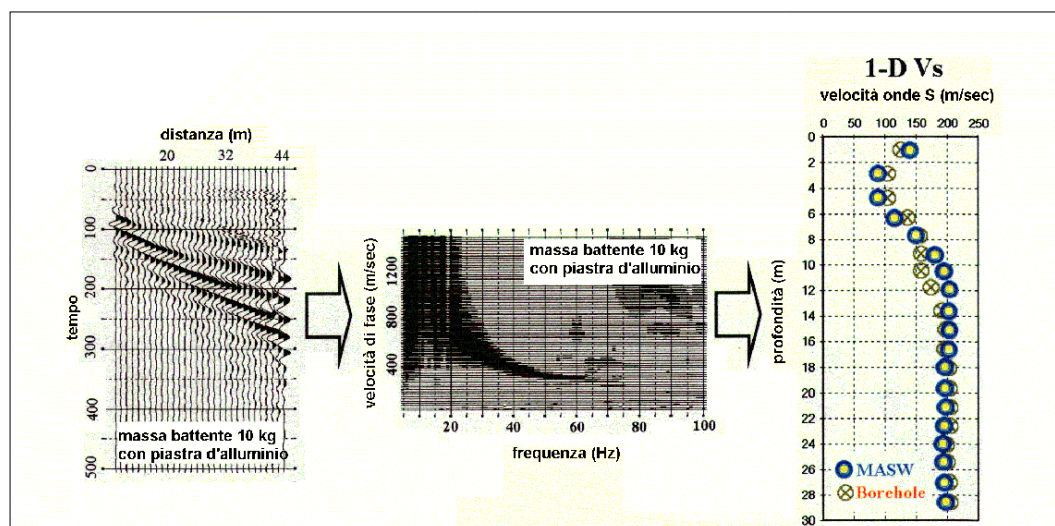
La strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sismografo BR24 24 canali;
- 24 geofoni a 4.5Hz con offset pari a 2 m;
- una mazza da 5 Kg.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di vari e differenti tipi di onde sismiche.

Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una

registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati di campo;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità. Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di Vs progressiva. Dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

8.3.3 Calcolo della $V_{s,eq}$

A fronte del profilo delle Vs ricavato mediante le prove MASW effettuate in sito, considerato a partire dal piano campagna, è possibile ricavare il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / (\sum_{i=1, N} h_i / V_i)$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati, e H è la profondità del substrato

definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La determinazione del valore di $V_{s,eq}$ consente di definire la categoria di suolo secondo il D.M. 17.01.2018, così come riportato nei paragrafi successivi.

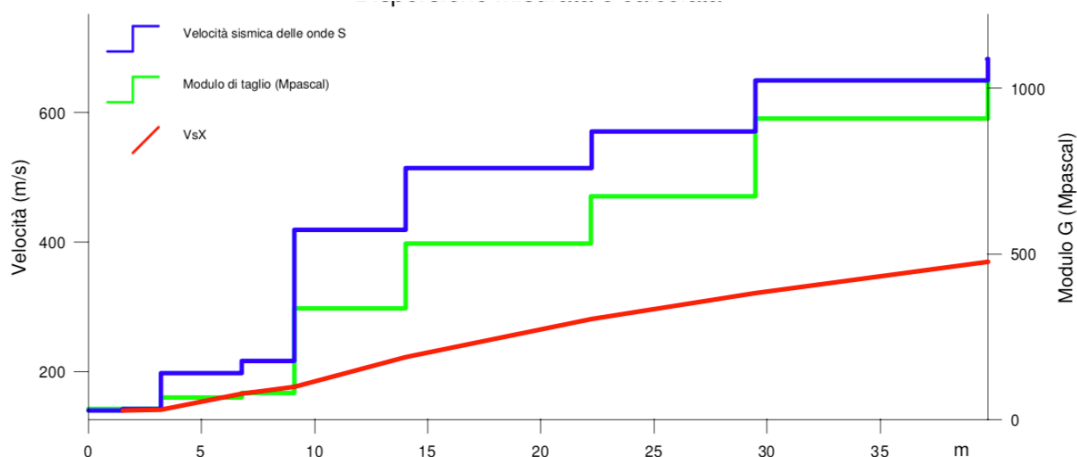
8.3.4 Risultati

Dai dati acquisiti in campagna è possibile ricavare l'immagine della dispersione dell'energia sismica nel terreno da cui si estrae la curva di dispersione.

Viene così ricostruito il modello del terreno, sia sotto forma di stratificazione V_s che di modulo di taglio (G).

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dagli stendimenti effettuati.

MASW 1



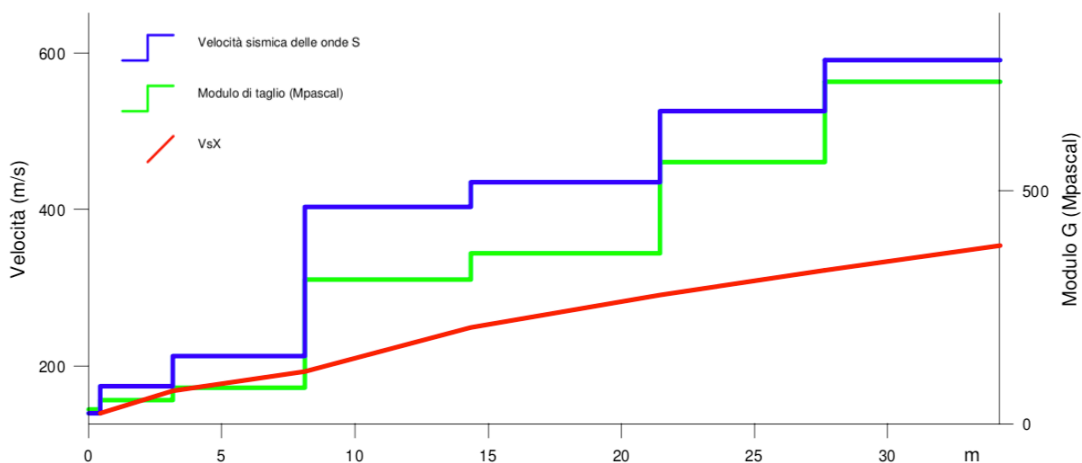
Modello del terreno

Dall'analisi del profilo sopra riportato, si evidenziano i seguenti sismostrati a partire dal piano campagna considerato nel punto di esecuzione dello stendimento:

- da 0,0 a 9 m di profondità il terreno è caratterizzato dalla presenza di terreni caratterizzati da bassi valori di V_s , fino a poco più di 200 m/s, tipici di terreni scarsamente addensati;
- a 9,1 m di profondità i valori di V_s aumentano bruscamente a 419 m/s, per crescere ulteriormente con la profondità: 570 m/s a 22 m circa, 650 m/s da 30 m.

Il modello del terreno sopra riportato non evidenzia la presenza di inversioni di velocità.

MASW 2



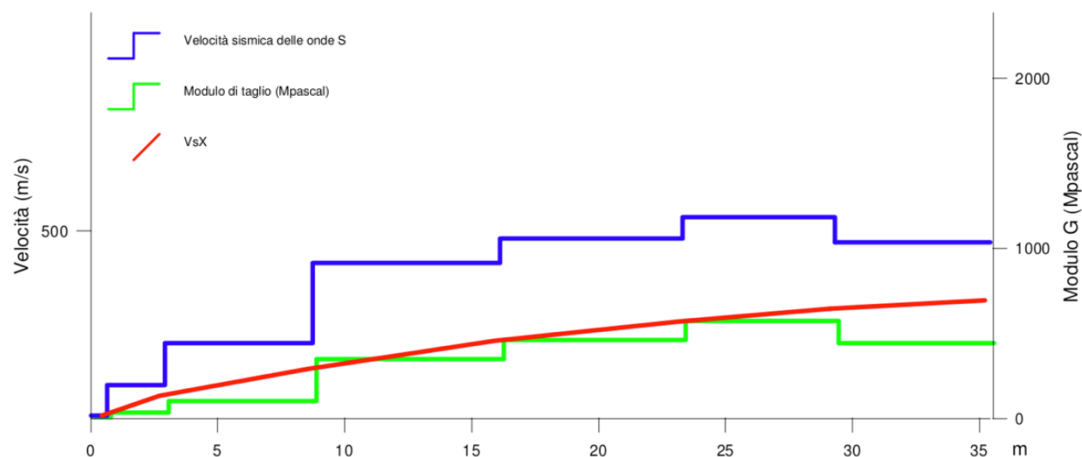
Modello del terreno

Il modello del terreno sopra riportato evidenzia i seguenti sismostrati a partire dal piano campagna considerato nel punto di esecuzione dello stendimento:

- da 0,0 a 8 m di profondità il terreno è caratterizzato dalla presenza di terreni caratterizzati da bassi valori di V_s , fino a poco più di 200 m/s, tipici di terreni scarsamente addensati;
- oltre gli 8 m di profondità, i valori di V_s crescono bruscamente, con valori compresi fra 400 e 590 m/s.

Il modello sismostratigrafico proposto non evidenzia la presenza di inversioni di velocità.

MASW 3



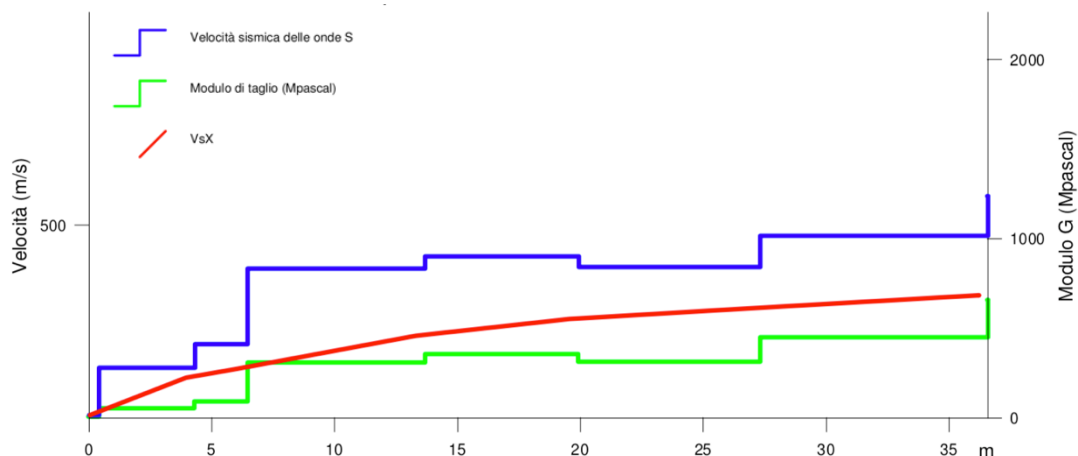
Modello del terreno

Il modello del terreno sopra riportato evidenzia i seguenti sismostrati a partire dal piano campagna considerato nel punto di esecuzione dello stendimento:

- da 0,0 a 2,9 m di profondità il terreno è caratterizzato dalla presenza di terreni con Vs inferiori a 200 m/s;
- da 2,9 a 8,7 m di profondità, i valori di Vs crescono a 244 m/s;
- da 8,7 m e fino alla profondità di calcolo raggiunta, a 35 m, si riscontra un brusco aumento dei valori di Vs con valori compresi fra 427 e 532 m/s.

Il modello sismostratigrafico proposto non evidenzia la presenza di inversioni di velocità.

MASW 4



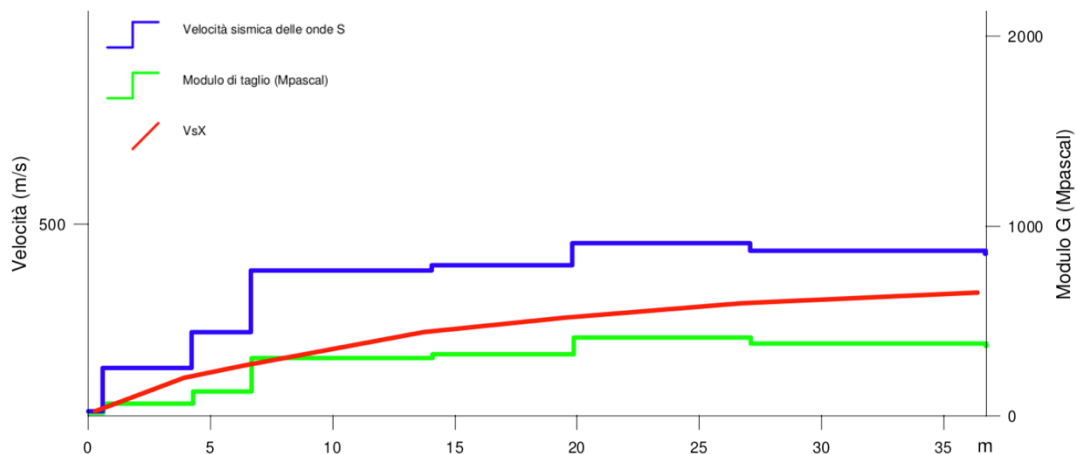
Modello del terreno

Il modello del terreno sopra riportato evidenzia i seguenti sismostrati a partire dal piano campagna considerato nel punto di esecuzione dello stendimento:

- da 0,0 a 4,3 m di profondità il terreno è caratterizzato dalla presenza di terreni con Vs pari a 180 m/s circa;
- da 4,3 a 6,5 m di profondità, i valori di Vs si attestano a 233 m/s circa;
- da 6,5 m e fino alla profondità di calcolo raggiunta, a 36,0 m, la velocità aumenta improvvisamente e si attesta sui medesimi valori per tutta la profondità (403-477 m/s).

Il modello sismostratigrafico proposto non evidenzia la presenza di inversioni di velocità.

MASW 5



Modello del terreno

Il modello del terreno sopra riportato evidenzia i seguenti sismostrati a partire dal piano campagna considerato nel punto di esecuzione dello stendimento:

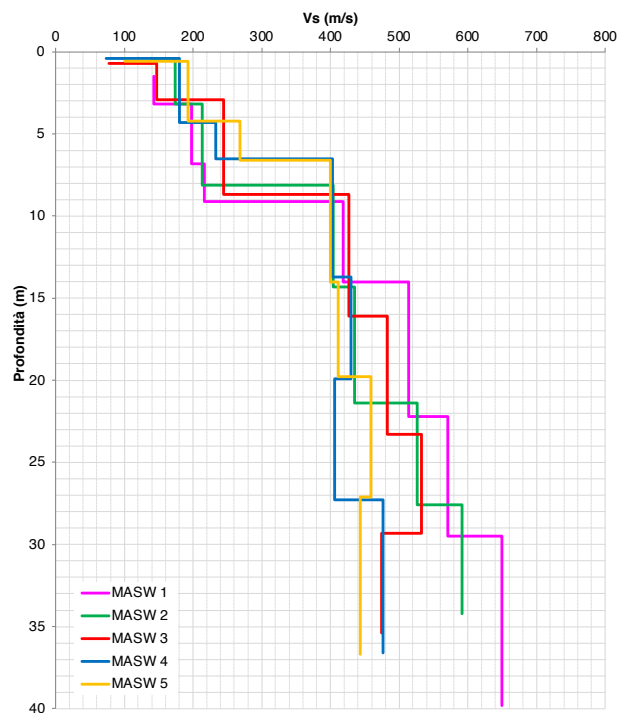
- da 0,0 a 4,2 m di profondità il terreno è caratterizzato dalla presenza di terreni con Vs al di sotto di 200 m/s circa;
- da 4,2 a 6,6 m di profondità, i valori di Vs si attestano a 268 m/s circa;
- da 6,6 m e fino alla profondità di calcolo raggiunta, a 36,0 m, la velocità aumenta improvvisamente e si attesta sui medesimi valori per tutta la profondità (400-459 m/s).

Il modello del terreno proposto non mostra inversioni nel profilo delle Vs.

8.3.5 Sintesi risultati

Si riportano nel seguente grafico i profili delle Vs elaborati a fronte delle MASW effettuate, con i valori di $V_{s_{eq}}$ calcolati a partire dal piano campagna.

Si precisa che nel caso in esame i valori di $V_{s_{eq}}$ coincidono con quelli di $V_{s_{30}}$ in quanto la profondità del bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s) è posta oltre i 30 m.



Profilo Vs MASW1÷5

MASW	Ubicazione	V _{seq} da p.c. (m/s)
1	Sponda sinistra canale Lanza lungo la strada alla diga	324
2	Sponda sinistra canale Lanza all'altezza della Casa San Bernardino	335
3	Sponda sinistra canale Lanza in loc. Casa Magnano	324
4	Sponda sinistra canale Lanza a monte dell'attraversamento del torrente Grana	323
5	Sponda sinistra canale Lanza a valle dell'attraversamento del torrente Rotaldo	338

Le MASW eseguite descrivono una condizione sismica (in termini di V_{seq}) piuttosto omogenea lungo lo sviluppo dell'infrastruttura, indicatrice di una sostanziale omogeneità stratigrafica sia areale (lungo il percorso di progetto) che verticale, fino alle profondità raggiunte, superiori a 30 m.

I valori di velocità si mantengono tra 200÷250 m/s entro i primi 7÷9 m di profondità dal p.c., per poi aumentare bruscamente a 400÷500 m/s con l'incremento della profondità; si segnala che le MASW nn. 1-2, hanno registrato valori fino a

600 m/s oltre i 22 m di profondità: non si esclude che tali valori di velocità delle onde di taglio possano essere riconducibili al substrato terziario.

8.4 Misure di rumore sismico ambientale a stazione singola HVSR

8.4.1 Ubicazione

Le prove HVSR sono state accoppiate alle MASW sopra descritte; la numerazione è pertanto la medesima di quella attribuita alle MASW. Ciascuna prova è stata effettuata a circa metà dello stendimento MASW. Il rumore sismico è stato registrato per non meno di 20 minuti circa in condizioni di assenza di vento e pioggia.

I risultati ottenuti dalle prove sono riportati nei successivi paragrafi.

8.4.2 Metodologia

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni naturali (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato artificialmente, come nelle energizzazioni della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari, ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno n è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4 h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.

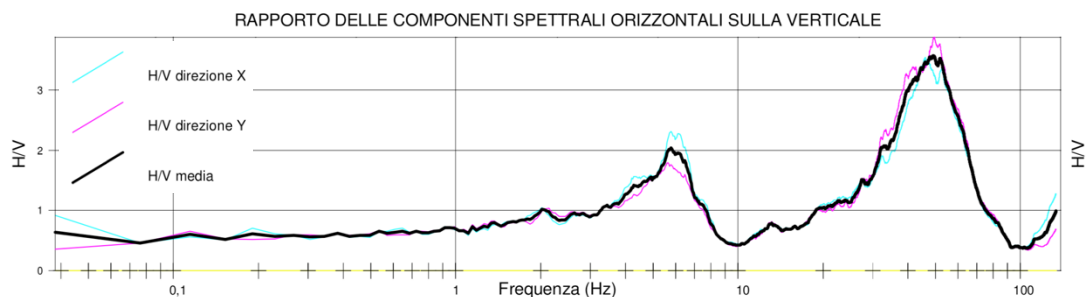
I risultati (grafici) visibili in allegato, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale ed elaborati con software dedicato; il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in sito per un tempo t , e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori. Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 26 s);
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra.

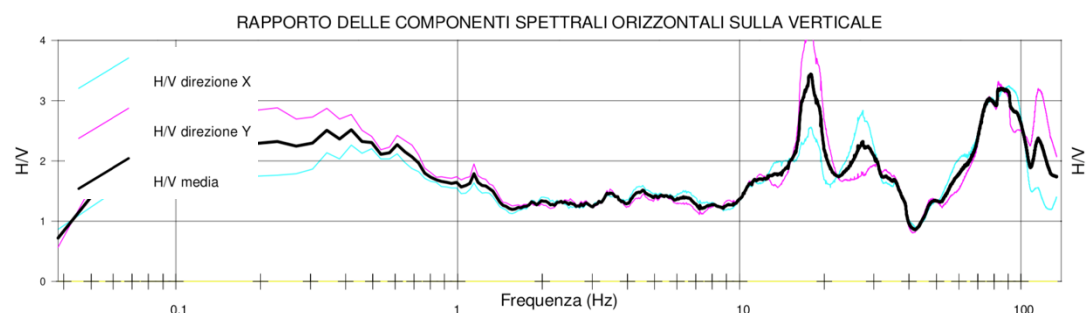
8.4.3 Risultati

HVSR 1



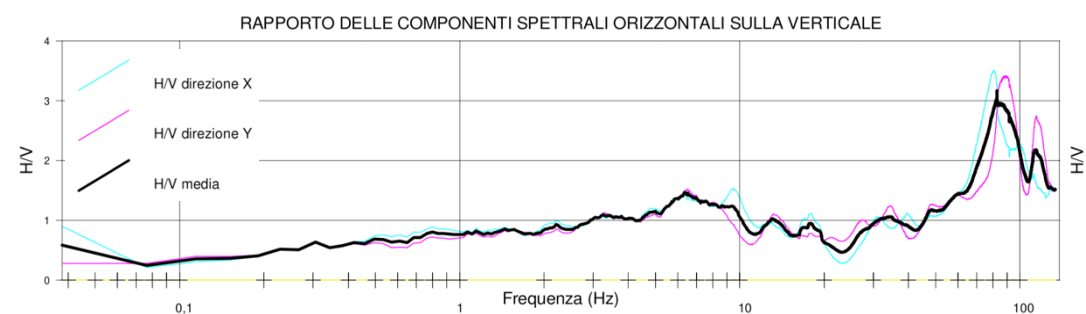
Picco alla frequenza di 5,84 Hz

HVSR 2



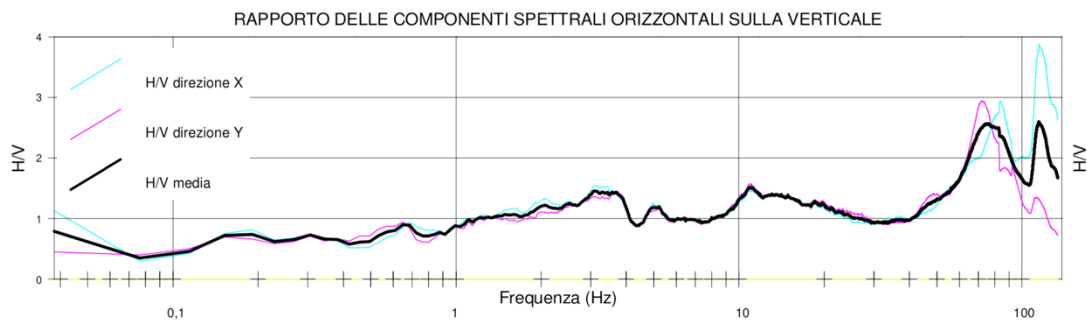
Nessun picco alle frequenze di interesse ingegneristico

HVSR 3



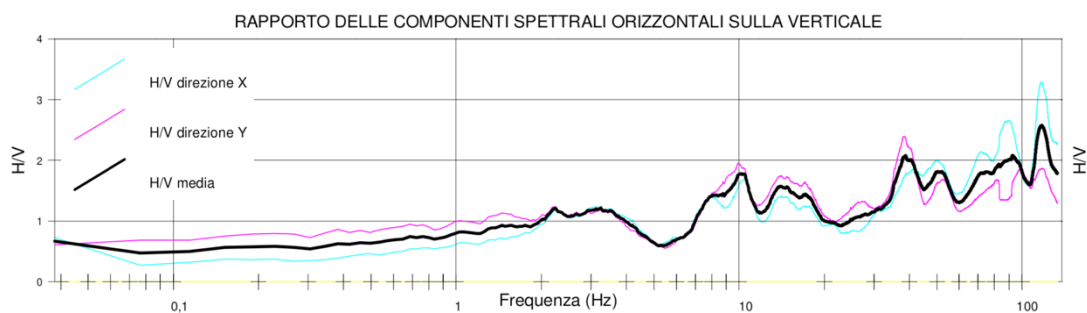
Picco alla frequenza di 6,07 Hz

HVSR 4



Nessun picco alle frequenze di interesse ingegneristico

HVSR 5



Nessun picco alle frequenze di interesse ingegneristico

8.4.4 Sintesi risultati

L'analisi degli HVSR effettuati mostra picchi spettrali alla frequenza di circa 6 Hz nel tratto iniziale del Canale Lanza (tratto tipologico "2" e "3"), probabilmente per il passaggio dallo strato "lento" ($V_s \sim 200$ m/s) a "veloce" ($V_s \sim 500$ m/s) tra gli 8 e i 9 m di profondità. Le restanti registrazioni non indicano la presenza di picchi alle frequenze di interesse ingegneristico; ciò suggerisce la mancanza di contrasti di impedenza acustica nel sottosuolo.

HVSR	Ubicazione	H/V (Hz)
1	Sponda sinistra canale Lanza lungo la strada alla diga	5,84
3	Sponda sinistra canale Lanza in loc. Casa Magnano	6,07
2	Sponda sinistra canale Lanza all'altezza della Casa San Bernardino	Assenza di picchi significativi alle frequenze di interesse ingegneristico
4	Sponda sinistra canale Lanza a monte dell'attraversamento del torrente Grana	
5	Sponda sinistra canale Lanza a valle dell'attraversamento del torrente Rotaldo	

9 MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO

Il tracciato di progetto è stato suddiviso in tratti tipologici, caratterizzati da prove omogenee fra loro o da una prova rappresentativa dell'intero tratto considerato.

L'esame dei dati e dei grafici delle prove penetrometriche eseguite, ha consentito di identificare per ciascun tratto di intervento una prova penetrometrica di riferimento, rappresentativa delle condizioni litostratigrafiche più gravose per l'esecuzione delle opere di progetto.

Sono state identificate unità litostratigrafiche con caratteristiche di resistenza penetrometrica simili nelle stratigrafie delle varie prove penetrometriche: ciò ha consentito di produrre una schematizzazione di singoli modelli geologici.

Sulla base dei valori di resistenza penetrometrica sono state definite le geometrie di ciascuna unità e sono state attribuite le caratteristiche granulometriche (mediante interpretazione, poiché la tipologia di prova non consente la constatazione visiva diretta del terreno investigato).

In generale, spostandosi da monte a valle del canale, i terreni investigati sono costituiti da sabbie limose da poco a discretamente addensate (UL 1-2a-2b) di spessore variabile da 3 a 6 m, che ricoprono terreni ghiaiosi ben addensati (UL3a) (talora direttamente il substrato roccioso terziario); nel tratto di pianura tra il Cantone Vallare e Mirabello Monferrato le unità UL 1-2a-2b ricoprono terreni limoso argillosi sabbiosi compatti (UL3b) (vedi Profilo geologico e geotecnico).

9.1.1 Tratto tipologico “1”

Prova penetrometrica di riferimento: **P.P. 2**

Dislivello con il fondo del canale: 3 m circa

- unità litostratigrafica 1 (UL1): sabbia limosa poco addensata (rinvenuta dal piano campagna esistente nel punto di prova) fino alla profondità di 5 m;
- unità litostratigrafica 2b (UL2b): sabbie limose ghiaiose caratterizzate da un grado di addensamento discreto, con uno spessore di 2 m;
- unità litostratigrafica 3a (UL3a): oltre i 7 m di profondità, è stato individuato un terreno molto compatto; l'elevato grado di addensamento del terreno ha determinato l'avanzamento della strumentazione di prova per una profondità limitata; può essere costituito da materiale ghiaioso grossolano in matrice fine; non si esclude che possa trattarsi della parte più superficiale del substrato terziario.

9.1.2 Tratto tipologico “2”

Prova penetrometrica di riferimento: **P.P. 4**

Dislivello con il fondo del canale: 2,5 m circa

- unità litostratigrafica 3a (UL3a): al di sotto di un primo sottile strato soffice, di spessore pari a 1, trascurabile ai fini del presente studio, è stato individuato un terreno ben addensato per tutta la profondità investigata (prof. max raggiunta 8,6 m da p.c.); non si esclude che possa trattarsi di materiale ghiaioso grossolano in matrice fine, sempre più addensato al crescere della profondità (forse cappellaccio del substrato terziario a partire dai 6 m di profondità?).

9.1.3 Tratto tipologico “3”

Prova penetrometrica di riferimento: **P.P. 6**

Dislivello con il fondo del canale: 3 m circa

- unità litostratigrafica 2a (UL2a): trattasi di sabbie limose caratterizzate da un grado di addensamento medio, con uno spessore di 5 m circa;

- unità litostratigrafica 3a (UL3a): da 5 a 9,6 m di profondità, è stato individuato un terreno molto compatto, ghiaioso limoso, analogo a quanto riscontrato nei tratti tipologici di intervento “1” e “2”.

9.1.4 Tratto tipologico “4”

Prova penetrometrica di riferimento: P.P. 8

Dislivello con il fondo del canale: 2,5 m circa

- unità litostratigrafica 1 (UL1): trattasi di sabbie limose caratterizzate da un grado di addensamento scarso, con uno spessore di 5 m circa;
- unità litostratigrafica 2a (UL2a): da 5,0 a 9,6 m di profondità, è stato individuato un terreno mediamente addensato, limoso debolmente ghiaioso.

9.1.5 Tratto tipologico “5”

Prova penetrometrica di riferimento: P.P. 9

Dislivello con il fondo del canale: 2,5 m circa

- unità litostratigrafica 2b (UL2b): dal p.c. nel punto di prova fino a 8,0 m di profondità, sabbie limose ghiaiose caratterizzate da un grado di addensamento discreto;
- unità litostratigrafica 3b (UL3b): da 8,0 a 9,6 m di profondità, è stato individuato un terreno ben addensato, a comportamento prevalentemente coesivo.

9.1.6 Tratto tipologico “6”

Prova penetrometrica di riferimento: P.P. 10

Dislivello con il fondo del canale: 2,5 m circa

- unità litostratigrafica 1 (UL1): dal p.c. nel punto di prova fino a 4,8 m di profondità, sabbie limose poco addensate;
- unità litostratigrafica 2a (UL2a): da 4,8 m a 6,6 m di profondità, sabbie limose mediamente addensate;
- unità litostratigrafica 2b (UL2b): da 6,6 a 8,0 m di profondità, sabbie limose ghiaiose caratterizzate da un grado di addensamento discreto.

9.1.7 Tratto tipologico “7”

Prova penetrometrica di riferimento: P.P. 12

Dislivello con il fondo del canale: 2,5 m circa

- unità litostratigrafica 1 (UL1): dal p.c. nel punto di prova fino a 5,2 m di profondità, sabbie limose poco addensate;
- unità litostratigrafica 2b (UL2b): da 5,2 a 9,6 m di profondità, sabbie limose ghiaiose addensate.

9.1.8 Tratto tipologico “8”

Prova penetrometrica di riferimento: P.P. 14

Dislivello con il fondo del canale: 2,2 m circa

- unità litostratigrafica 1 (UL1): dal p.c. nel punto di prova fino a 5,0 m di profondità, sabbie limose poco addensate;
- unità litostratigrafica 3b (UL3b): da 5,0 a 9,6 m di profondità, terreno limoso argilloso sabbioso ben addensato.

9.1.9 Tratto tipologico “9”

Prova penetrometrica di riferimento: P.P. 17

Dislivello con il fondo del canale: 2,0 m circa

- unità litostratigrafica 1 (UL1): dal p.c. nel punto di prova fino a 4,4 m di profondità, sabbie limose poco addensate;
- unità litostratigrafica 2a (UL2a): sottile intercalazione da 4,4 m a 5,6 m di profondità, di sabbie limose mediamente addensate;
- unità litostratigrafica 3b (UL3b): da 5,6 a 9,6 m di profondità, terreno limoso argilloso sabbioso ben addensato.

9.1.10 Tratto tipologico “10”

Prova penetrometrica di riferimento: P.P. 18

Dislivello con il fondo del canale: 1,5 m circa

- unità litostratigrafica 1 (UL1): dal p.c. nel punto di prova fino a 5,2 m di profondità, sabbie limose poco addensate;

- unità litostratigrafica 2a (UL2a): sottile intercalazione da 5,2 m a 6,0 m di profondità, di sabbie limose mediamente addensate;
- unità litostratigrafica 3b (UL3b): da 6,0 a 9,6 m di profondità, terreno limoso argilloso sabbioso ben addensato.

9.1.11 Tratto tipologico “11”

Prova penetrometrica di riferimento: P.P. 19

Dislivello con il fondo del canale: 1,5 m circa

- unità litostratigrafica 1 (UL1): dal p.c. nel punto di prova fino a 4,6 m di profondità, sabbie limose poco addensate; si segnala che la P.P. 20 ha attraversato un terreno molto soffice (affondamento per peso proprio della strumentazione di prova nel terreno) da 0,0 a 3,0 m di profondità;
- unità litostratigrafica 2a (UL2a): da 4,6 m a 6,0 m di profondità, sabbie limose mediamente addensate;
- unità litostratigrafica 3b (UL3b): da 6,0 a 9,6 m di profondità, terreno limoso argilloso sabbioso ben addensato.

10 MONITORAGGIO DEL LIVELLO PIEZOMETRICO

In data 09.02.2022 è stato eseguito il monitoraggio del livello della falda nei micropiezometri installati:

Piezometro	Quota piezometrica (m s.l.m.)
	09.02.2022
Pz1	108,86
Pz2	asciutto
Pz3	105,00
Pz4	106,64
Pz5	103,42

11 MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

L'individuazione dei parametri geotecnici del terreno è stata compiuta mediante l'utilizzo delle prove eseguite in sito e, secondariamente, attraverso l'impiego delle correlazioni note in letteratura.

11.1 Correlazioni geotecniche utilizzate

Di seguito si riportano le principali correlazioni utilizzate per ricavare i parametri geotecnici (possono essere utilizzate contemporaneamente mediando i valori ottenuti oppure singolarmente, in funzione delle caratteristiche del materiale).

Peso di volume naturale secco γ'_s

Stimato sulla base della granulometria

Angolo di attrito drenato ϕ'

Meyerhof, 1965

Peck, Hanson & Thornburn, 1953

Coesione drenata c'

Sellountou et al.

Modulo elastico E_s

Valutato sulla base di correlazioni dirette con i valori di N_{SPT} (considerato come N_{55}), scelte in funzione della granulometria del terreno, da Bowles ('88); per

sabbie NC	$500 * (N_{SPT} + 15)$
sabbie satura	$250 * (N_{SPT} + 15)$
sabbia ghiaiosa e ghiaia	$1.200 * (N_{SPT} + 6)$
se $N_{SPT} < 15$	$600 * (N_{SPT} + 6)$
se $N_{SPT} > 15$	$600 * (N_{SPT} + 6) + 2.000$
sabbia argillosa	$320 * (N_{SPT} + 15)$
sabbia limosa	$300 * (N_{SPT} + 6)$

Modulo di compressibilità mv

Corrispondente all'inverso del modulo elastico E_s

11.2 Stima della coesione drenata

Poiché le prove in sito effettuate forniscono un dato poco significativo ai fini della determinazione della coesione drenata, per stimare tale parametro è stata effettuata un'analisi di stabilità in back analysis in corrispondenza di una sezione-tipo del Canale Lanza, considerando il profilo dello stato di fatto delle scarpate libere che lo delimitano; tali scarpate risultano in condizioni di stabilità, osservata da decine di anni.

La simulazione è stata effettuata su una scarpata a 50° di pendenza su un'altezza di 2,4 m, secondo la Combinazione 2 dell'Approccio 1 delle NTC2018 (A2+M2+R2). Il supporto informatico utilizzato (Geo-TecB 8.0) ha permesso di individuare un certo numero di superfici di scivolamento circolari (metodo di Janbu), applicando diversi valori di c' , mantenendo fisso il valore di ϕ' individuato con le prove penetrometriche per l'unità litostratigrafica UL1, rappresentativa delle condizioni più gravose per la stabilità.

Utilizzando i valori $\phi' = 26,9^\circ$ e $c' = 10$ kPa, il F_s minimo risulta pari a 2,03, superiore a 1, indicativo di condizioni di stabilità nello stato attuale della scarpata-tipo (vedi All. 4).

Il valore di coesione drenata ricavato mediante back analysis trova riscontro anche nella correlazione di Sellountou et al.: $c' = a \times \tan \phi'$.

Attribuendo il valore $a = 20$ kPa, indicato per argille medie, la cui presenza è confermata anche dalle stratigrafie di sondaggi effettuati a W della frazione Cantone Vallare (riportate nella banca dati geotecnica di ARPA Piemonte), si ricava il valore di 10,14 kPa.

Queste considerazioni hanno portato ad adottare il valore di $c' = 10$ kPa.

11.3 Definizione dei parametri geotecnici del terreno

In base al modello geologico riportato in relazione, si riportano di seguito i parametri geotecnici riferiti alle unità litostratigrafiche individuate.

Tratto tipologico "1"							
Unità litostratigrafica	N _{DPSH}	Profondità (m) 0,0 = +3 m da fondo canale	γ'_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E _s (kPa)	m _v (m ² /kN)
UL1	4	Da 0,0 a 5,0	17	26,9	10	3.830	2,61E-04
UL2b	13	Da 5,0 a 7,0	18	31,4	10	13.776	7,26E-05
UL3a	>20 e r	Da 7,0 a 7,6	19	36	-	47.699	2,10E-05

Tratto tipologico "2"							
Unità litostratigrafica	N _{DPSH}	Profondità (m) 0,0 = +2,5 m da fondo canale	γ'_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E _s (kPa)	m _v (m ² /kN)
UL3a	>20 e r	Da 0,0 a 8,6	19	36	-	48.079	2,08E-05

Tratto tipologico "3"							
Unità litostratigrafica	N _{DPSH}	Profondità (m) 0,0 = +3,0 m da fondo canale	γ'_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E _s (kPa)	m _v (m ² /kN)
UL2a	9	Da 0,0 a 4,8	17,5	30,3	10	6.368	1,57E-04
UL3a	>20	Da 4,8 a 9,6	19	34,5	-	41.219	2,43E-05

Tratto tipologico "4"							
Unità litostratigrafica	N _{DPSH}	Profondità (m) 0,0 = +2,5 m da fondo canale	γ'_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E _s (kPa)	m _v (m ² /kN)
UL1	4	Da 0,0 a 5,0	17	26,9	10	3.830	2,61E-04
UL2a	11	Da 5,0 a 9,6	18	31,5	10	13.999	7,14E-05

Tratto tipologico "5"							
Unità litostratigrafica	N _{DPSH}	Profondità (m) 0,0 = +2,5 m da fondo canale	γ'_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E _s (kPa)	m _v (m ² /kN)
UL2b	13	Da 0,0 a 8,0	18	31,4	10	14.229	7,03E-05
UL3b	>20	Da 8,0 a 9,6	19	36,6	-	25.876	3,86E-05

Tratto tipologico "6"							
Unità litostratigrafica	N _{DPSH}	Profondità (m) 0,0 = +2,5 m da fondo canale	γ'_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E _s (kPa)	m _v (m ² /kN)
UL1	4	Da 0,0 a 4,8	17	26,9	10	3.830	2,61E-04
UL2a	8	Da 4,8 a 6,6	17,5	29,7	10	5.724	1,75E-05
UL2b	19	Da 6,6 a 10,6	18	33,9	10	35.991	2,78E-05

Tratto tipologico "7"							
Unità litostratigrafica	N _{DPSH}	Profondità (m) 0,0 = +2,5 m da fondo canale	γ'_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E _s (kPa)	m _v (m ² /kN)
UL1	5	Da 0,0 a 5,2	17	27,6	10	4.338	2,31E-04
UL2b	17	Da 5,2 a 9,6	18	33,1	10	34.739	2,88E-05

Tratto tipologico "8"							
Unità litostratigrafica	N _{DPSH}	Profondità (m) 0,0 = +2,2 m da fondo canale	γ'_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E _s (kPa)	m _v (m ² /kN)
UL1	5	Da 0,0 a 5,0	17	27,6	10	4.338	2,31E-04
UL3b	>20	Da 5,0 a 9,6	19	36,6	-	27.063	3,70E-05

Tratto tipologico "9"							
Unità litostratigrafica	N _{DPSH}	Profondità (m) 0,0 = +2,0 m da fondo canale	γ'_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E _s (kPa)	m _v (m ² /kN)
UL1	3	Da 0,0 a 4,4	17	26,1	10	3.428	2,92E-04
UL2a	8	Da 4,4 a 5,6	17,5	29,7	10	5.916	1,69E-04
UL3b	>20	Da 5,6 a 9,6	19	35,7	-	23.933	4,18E-05

Tratto tipologico "10"							
Unità litostratigrafica	N _{DPSH}	Profondità (m) 0,0 = +1,5 m da fondo canale	γ'_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E _s (kPa)	m _v (m ² /kN)
UL1	3	Da 0,0 a 5,2	17	26,1	10	3.428	2,92E-04
UL2a	9	Da 5,2 a 6,0	17,5	30,3	10	6.215	1,61E-04
UL3b	>20	Da 6,0 a 9,6	19	35,4	-	22.653	4,41E-05

Tratto tipologico "11"							
Unità litostratigrafica	N _{DPSH}	Profondità (m) 0,0 = +1,5 m da fondo canale	γ'_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E _s (kPa)	m _v (m ² /kN)
UL1	3	Da 0,0 a 4,6	17	26,1	10	3.428	2,92E-04
UL1* solo P.P.20	0	Da 0,0 a 3,0	15	23,7	0	1.800	5,56E-04
UL2a	7	Da 4,6 a 6,0	17,5	29,0	10	5.234	1,91E-04
UL3b	>20	Da 6,0 a 9,6	19	35,4	-	22.653	4,41E-05

12 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

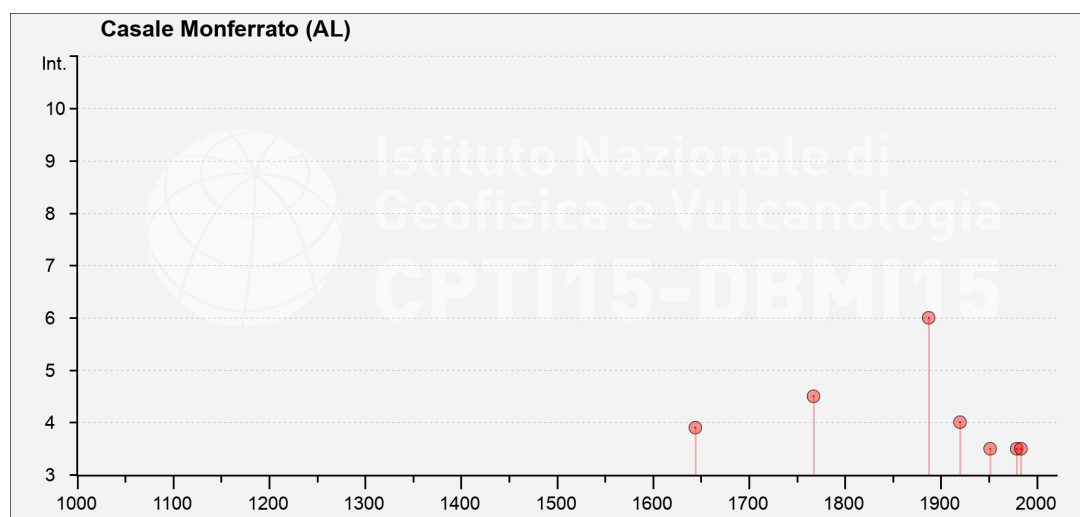
12.1 Classificazione sismica del territorio

I Comuni di Casale Monferrato, Occimiano e Mirabello Monferrato ricadono in zona sismica 4 (Classificazione sismica dei comuni italiani - Allegato A – D.G.R. n. 11/13058 del 19.01.2010).

12.2 Sismicità storica

I dati riferiti alla sismicità storica per il territorio in esame, considerando il Comune di Casale Monferrato come riferimento per le ricerche effettuate, sono stati estratti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. (2021). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0.) redatto dall'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Si riportano di seguito gli eventi sismici a partire dal 1000 al 2020 estratti dal catalogo sopra richiamato.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1644	02	15	04	30		Alpes Niçoises	29	8	5.74
4-5	1767	02	07	03	45		Genovese	10	6	4.98
2	1808	04	02	16	43		Val Pellice	105	8	5.64
6	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1912	05	31	21	40		Canavese	51	5-6	4.71
NF	1913	12	07	01	28		Valle Scrivia	56	5	4.57
4	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	750	10	6.53
3-4	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
2	1960	03	23	23	10		Vallese	178	7	5.00
3-4	1979	02	09	14	44		Bergamasco	73	6	4.78
3-4	1983	11	09	16	29	52	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1984	04	29	05	02	59	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	2001	07	18	22	47	1	Monferrato	253	5	4.23

EQs numero di eventi riportati

NMDP è il numero di Microseismic Data Point

Io è l'intensità epicentrale

Mw è la magnitudo momento

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
San Giorgio	2	4
Terruggia	3	6
Villanova Monferrato	1	6
Coniolo (Coniolo Bricco)	2	6
Ozzano Monferrato	1	7
Frassineto Po	3	7
Balzola	2	7
Rosignano Monferrato	4	7
Borgo San Martino	2	7
Morano Sul Po	1	8
Quarti	1	8
Cella Monte	3	8
Treville	2	8
Motta de' Conti	2	9
Ticineto	4	9
Occimiano	5	9
Pontestura	7	9
Rive	1	9
Sala Monferrato	2	10

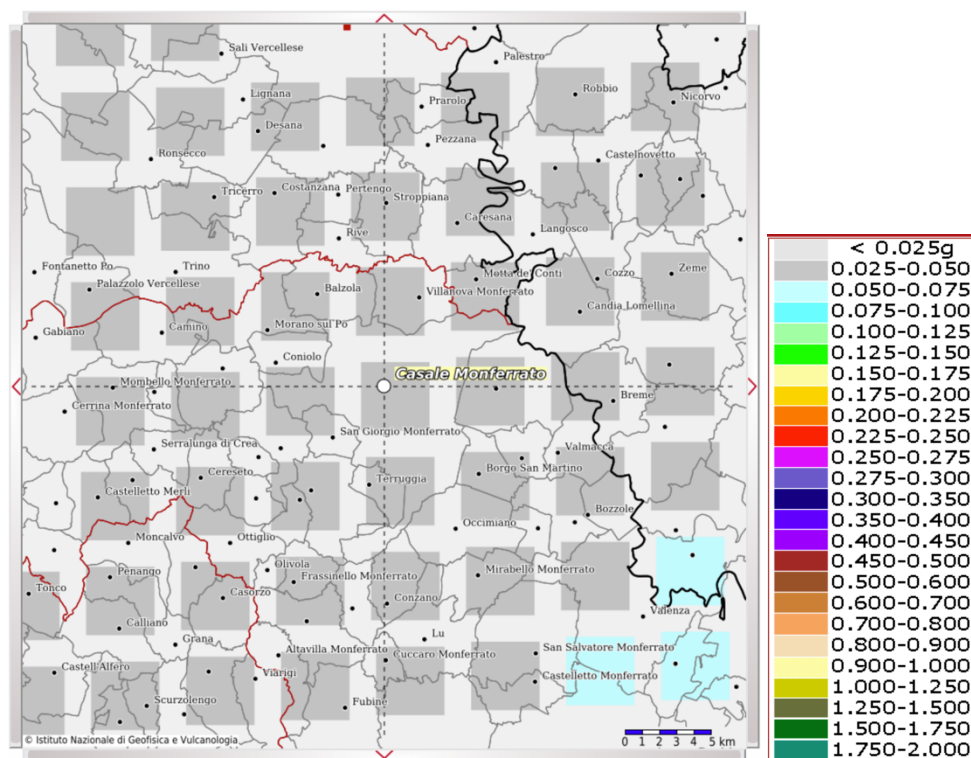
Dall'analisi dei dati sopra riportati, emerge che l'ambito del monferrato è stato interessato nel 2001 da un terremoto con una magnitudo momento di 4,23; a scala regionale, risulta anche il terremoto del 1808 nel pinerolese, di magnitudo momento di 5,64.

Per ottenere ulteriori elementi di riferimento in merito al sisma di riferimento per l'ambito in esame, è stata considerata anche la mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV per l'intero territorio nazionale; tale mappa tramite la disaggregazione della pericolosità sismica, consente di valutare i contributi che diverse sorgenti sismogenetiche poste a distanza definita R e capaci di generare terremoti di magnitudo M, determinano sulla pericolosità del sito.

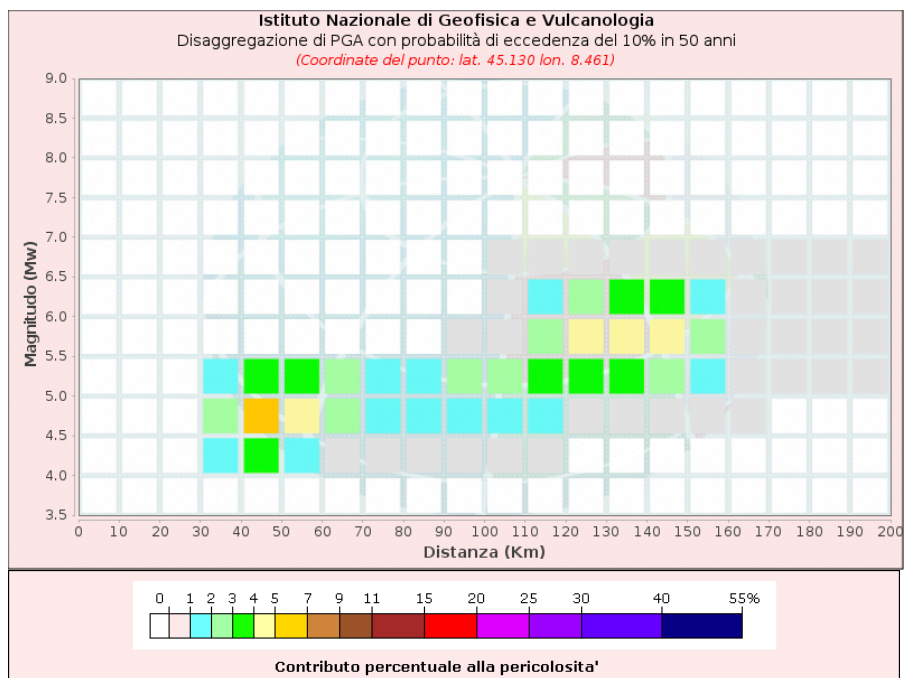
L'analisi è stata condotta facendo riferimento ai nodi di una griglia che ha suddiviso tutto il territorio nazionale, per ognuno dei quali sono a disposizione i valori disaggregati del valore di ag con probabilità di eccedenza del 10% nell'arco di 50

anni. Attraverso l'inserimento delle coordinate del sito è possibile evidenziare la mappa di pericolosità nell'ambito indagato ed i relativi nodi di riferimento. Si fornisce il valore di PGA specifico per il sito, calcolato come media ponderata tra i 4 nodi; si fornisce inoltre il terremoto che domina lo scenario di pericolosità, inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Per l'ambito territoriale in esame la mappa di disaggregazione – riportata sotto in stralcio – indica valori di a_g di riferimento compresi tra 0,025 a 0,050 a_g/g , con un contributo percentuale alla pericolosità sismica del 6 % per terremoti di magnitudo M tra 4,5-5,0 a distanza epicentrale R di 40-50 km, per $T_r = 475$ anni (il valore medio è di $M = 5,3$ e $R = 101$ km).



Stralcio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004) con indicata l'area in esame



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza	Magnitudo										
in Km	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	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	1.4000	2.5800	1.3800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	3.1200	6.3300	3.8200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	1.8700	4.3000	3.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.9610	2.5900	2.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.4280	1.4600	1.3800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.2430	1.5100	1.6200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0813	1.5700	2.0500	0.0564	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.1050	1.4000	2.4100	0.5800	0.2250	0.0369	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0304	1.3700	3.6000	2.5800	1.2100	0.0880	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.9830	3.8000	4.1500	2.2900	0.0715	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.5470	3.2100	4.6300	3.0000	0.0665	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.2290	2.3500	4.0800	3.0100	0.0712	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0544	1.0900	2.1700	1.7500	0.0718	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0036	0.3600	0.8730	0.6030	0.0703	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.1820	0.5770	0.3690	0.0672	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.1110	0.4850	0.3320	0.0618	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0573	0.3820	0.2820	0.0536	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.3 ; distanza = 101.0 ; epsilon = 1.9

Grafico e tabella di disaggregazione Tr 475 anni – il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata dal valore di PGA mediana per una probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni

12.3 Categoria di suolo di fondazione

Alla luce dell'indagine geofisiche effettuate in sito, sono stati calcolati i valori di V_{s30} a partire dalla quota di imposta delle fondazioni di progetto (considerata mediamente intorno ai 3 m da p.c. nel punto di esecuzione delle MASW).

Si riportano di seguito i valori di V_{seq} così calcolati e le corrispondenti categorie di suolo.

Canale Lanza Quota di riferimento: -3,0 m da p.c.	V_{seq} (m/s)	Categoria di suolo
M1 - Sponda sinistra canale Lanza lungo la strada alla diga	395	B
M2 - Sponda sinistra canale Lanza all'altezza della Casa San Bernardino	391	B
M3 - Sponda sinistra canale Lanza in loc. Casa Magnano	402	B
M4 - Sponda sinistra canale Lanza a monte dell'attraversamento del torrente Grana	390	B
M5 - Sponda sinistra canale Lanza a valle dell'attraversamento del torrente Rotaldo	368	B

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Tab. 3.2.II NTC 2018 – Categorie di suolo

12.4 Definizione della categoria topografica

In base alle caratteristiche geomorfologiche del sito in esame, la categoria topografica di riferimento per tutti gli interventi di progetto, è la T1.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T 1	Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 5^\circ$
T 2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base i inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base i inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 3.2.III NTC 2018 – Categorie topografiche

12.5 Parametri sismici

L'NTC 2018 stabilisce che l'azione sismica di progetto viene definita mediante un approccio "sito dipendente", ovvero i parametri spettrali vengono calcolati direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo riportato nella tabella 1 - allegato B del D.M. 17 gennaio 2018.

Il suddetto allegato fornisce, per ciascuno dei nodi della griglia e per i 9 valori del periodo di ritorno, i valori dei seguenti parametri:

- a_g – accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* – periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

necessari per la definizione dell'azione sismica.

Secondo quanto riportato nell'allegato A del succitato decreto, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, è possibile il calcolo dei suddetti parametri spettrali (per uno dei tempi di ritorno di interesse) mediante la media pesata dei 4 punti della griglia di accelerazioni che comprendono il sito in esame.

Mediante l'utilizzo dell'applicazione Parametri Sismici fornita dalla GeoStru Software, sono stati calcolati i parametri sismici per i siti di progetto.

12.5.1 Canale Lanza

Tratto tipologico “1-2”

Sito in esame

latitudine: 45,13

longitudine: 8,41

Classe: 4

Vita nominale: 50



Siti di riferimento

Sito 1	ID: 13581	Lat: 45,1267	Lon: 8,3906	Distanza: 2473,614
Sito 2	ID: 13582	Lat: 45,1297	Lon: 8,4612	Distanza: 3575,829
Sito 3	ID: 13360	Lat: 45,1796	Lon: 8,4569	Distanza: 5528,863
Sito 4	ID: 13359	Lat: 45,1766	Lon: 8,3862	Distanza: 4893,793

PARAMETRI SISMICI					
Categoria sottosuolo		B	Periodo di riferimento		100 anni
Categoria topografica		T1	Coefficiente cu		2,0
		Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
Probabilità di superamento	%	81	63	10	5
Tr	[anni]	60	101	949	1950
ag	g	0,021	0,025	0,045	0,053
Fo	-	2,517	2,575	2,708	2,791
Tc*	[s]	0,179	0,212	0,304	0,323

COEFFICIENTI SISMICI				
	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,200	1,200	1,200	1,200
Cc	1,550	1,500	1,400	1,380
St	1,000	1,000	1,000	1,000
Kh	0,005	0,006	0,011	0,013
Kv	0,002	0,003	0,005	0,006
Amax	0,242	0,297	0,535	0,625
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Tratto tipologico “3”

Sito in esame

latitudine: 45,12

longitudine: 8,45

Classe: 4

Vita nominale: 50



Siti di riferimento

Sito 1	ID: 13581	Lat: 45,1267	Lon: 8,3906	Distanza: 2473,614
Sito 2	ID: 13582	Lat: 45,1297	Lon: 8,4612	Distanza: 3575,829
Sito 3	ID: 13804	Lat: 45,0798	Lon: 8,4653	Distanza: 5150,937
Sito 4	ID: 13803	Lat: 45,0768	Lon: 8,3947	Distanza: 7385,484

PARAMETRI SISMICI					
Categoria sottosuolo		B	Periodo di riferimento		100 anni
Categoria topografica		T1	Coefficiente cu		2,0
		Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
Probabilità di superamento	%	81	63	10	5
Tr	[anni]	60	101	949	1950
ag	g	0,021	0,026	0,047	0,055
Fo	-	2,504	2,575	2,711	2,802
Tc*	[s]	0,184	0,212	0,303	0,320

COEFFICIENTI SISMICI				
	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,200	1,200	1,200	1,200
Cc	1,540	1,500	1,400	1,380
St	1,000	1,000	1,000	1,000
Kh	0,005	0,006	0,011	0,013
Kv	0,003	0,003	0,006	0,007
Amax	0,246	0,303	0,552	0,644
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Tratto tipologico “4-5-6”

Sito in esame

latitudine: 45,12

longitudine: 8,46

Classe: 4

Vita nominale: 50



Siti di riferimento

Sito 1	ID: 13582	Lat: 45,1297	Lon: 8,4612	Distanza: 1131,619
Sito 2	ID: 13583	Lat: 45,1326	Lon: 8,5318	Distanza: 5396,860
Sito 3	ID: 13805	Lat: 45,0827	Lon: 8,5359	Distanza: 6911,640
Sito 4	ID: 13804	Lat: 45,0798	Lon: 8,4653	Distanza: 4467,375

PARAMETRI SISMICI					
Categoria sottosuolo		B	Periodo di riferimento		100 anni
Categoria topografica		T1	Coefficiente cu		2,0
		Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
Probabilità di superamento	%	81	63	10	5
Tr	[anni]	60	101	949	1950
ag	g	0,021	0,026	0,048	0,056
Fo	-	2,511	2,573	2,714	2,806
Tc*	[s]	0,188	0,213	0,302	0,318

COEFFICIENTI SISMICI				
	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,200	1,200	1,200	1,200
Cc	1,540	1,500	1,400	1,380
St	1,000	1,000	1,000	1,000
Kh	0,005	0,006	0,011	0,013
Kv	0,003	0,003	0,006	0,007
Amax	0,249	0,307	0,563	0,658
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Tratto tipologico “7-8-9-10-11”

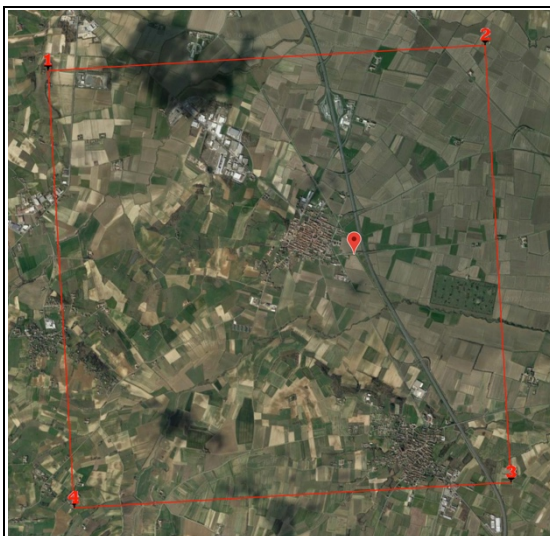
Sito in esame

latitudine: 45,05

longitudine: 8,51

Classe: 4

Vita nominale: 50



Siti di riferimento

Sito 1	ID: 13804	Lat: 45,0798	Lon: 8,4653	Distanza: 4529,686
Sito 2	ID: 13805	Lat: 45,0827	Lon: 8,5359	Distanza: 3133,556
Sito 3	ID: 14027	Lat: 45,0328	Lon: 8,5401	Distanza: 3510,094
Sito 4	ID: 14026	Lat: 45,0298	Lon: 8,4696	Distanza: 4793,807

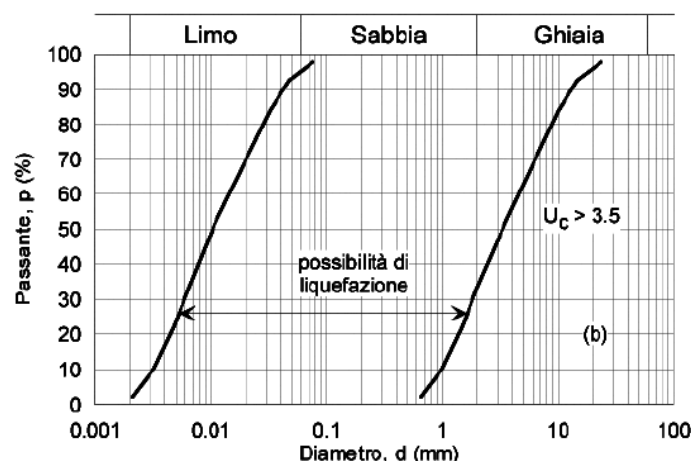
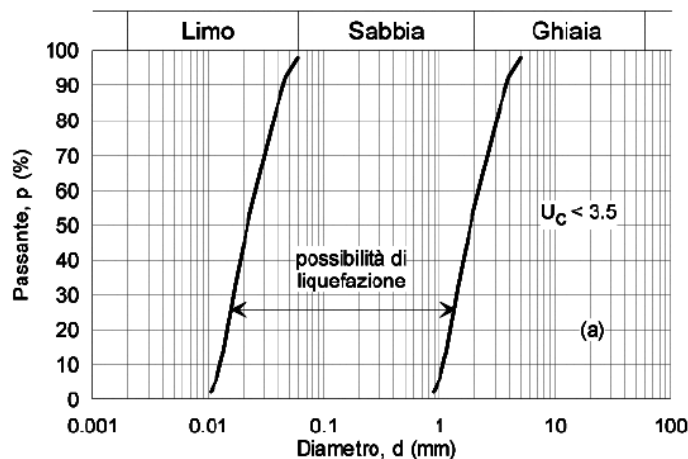
PARAMETRI SISMICI					
Categoria sottosuolo		B	Periodo di riferimento		100 anni
Categoria topografica		T1	Coefficiente cu		2,0
		Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
Probabilità di superamento	%	81	63	10	5
Tr	[anni]	60	101	949	1950
ag	g	0,022	0,027	0,052	0,061
Fo	-	2,533	2,578	2,706	2,791
Tc*	[s]	0,196	0,213	0,299	0,313

COEFFICIENTI SISMICI				
	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,200	1,200	1,200	1,200
Cc	1,520	1,500	1,400	1,390
St	1,000	1,000	1,000	1,000
Kh	0,005	0,007	0,012	0,015
Kv	0,003	0,003	0,006	0,007
Amax	0,261	0,323	0,609	0,719
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

12.6 Possibilità di fenomeni di liquefazione del terreno

Secondo la normativa vigente in materia, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nei grafici sottostanti.



Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Per la verifica delle suddette condizioni, si pongono pertanto a confronto le caratteristiche sismiche del sito riportate nei paragrafi precedenti.

- **Condizione 1:** L'accelerazione massima attesa in superficie è calcolata con la formula $a_{gmax} = a_g \times S_s \times S_t$, dove S_s è il coefficiente stratigrafico pari a 1,2, S_t è quello topografico pari a 1,0 e a_g è uguale all'accelerazione massima al bedrock per i diversi stati limite; il valore di a_g è sempre inferiore a 0,1.

La condizione 1 risulta verificata.

Ciò consente di omettere la verifica a liquefazione del terreno per l'ambito territoriale oggetto del presente progetto.



DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almé (BG), marzo 2022

13 DATI E GRAFICI

- All. 1 Dati e grafici prove penetrometriche dinamiche DPSH
- All. 2a-e Dati e grafici MASW
- All. 3a-e Dati e grafici HVSR
- All. 4 Analisi di stabilità sezione-tipo sponda Canale Lanza – stato di fatto

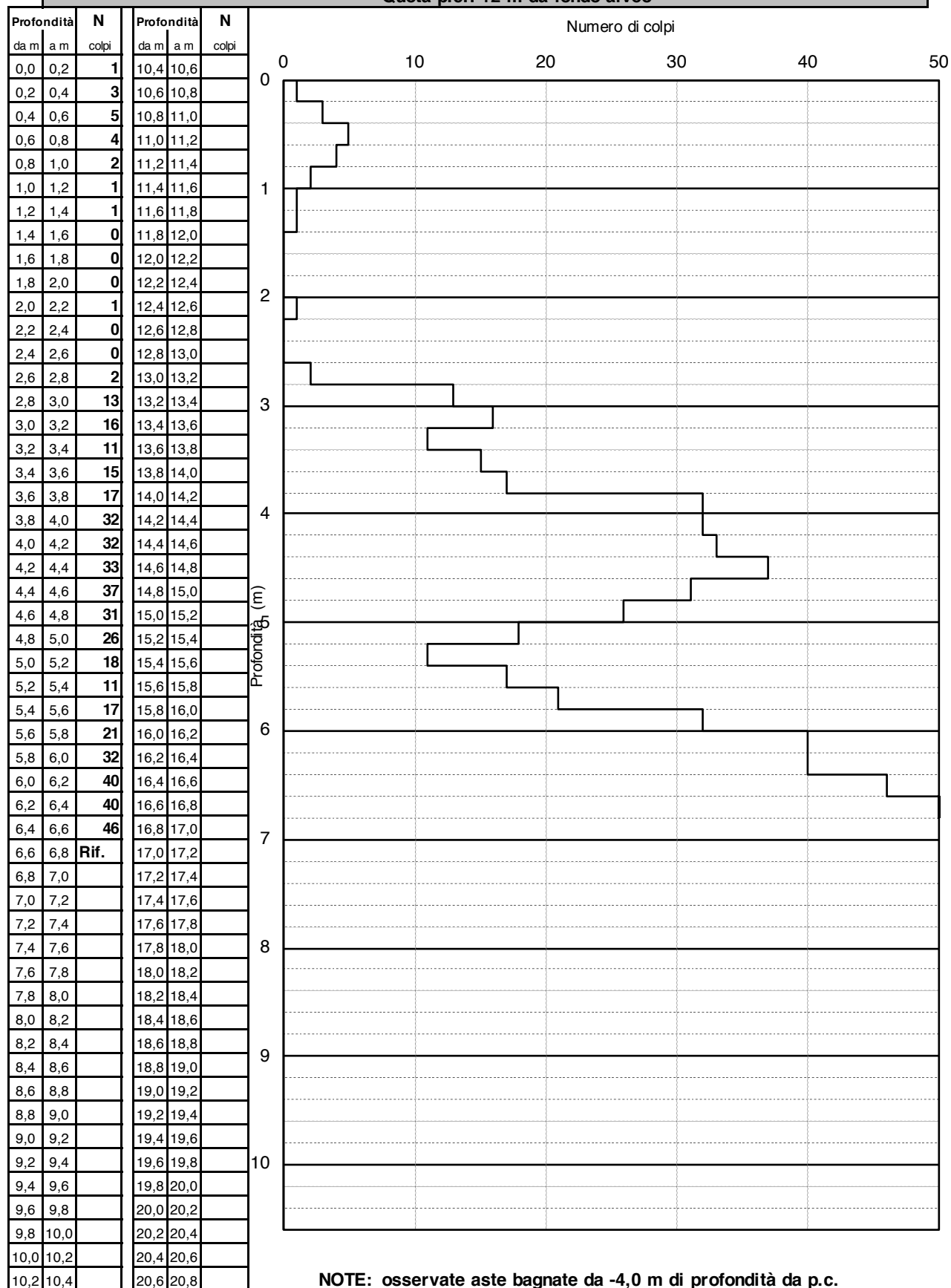
14 ELABORATI CARTOGRAFICI

- All(RG).1 Planimetria ubicazione indagini geologiche – 1:15.000
- All(RG).2 – rev.1 Carta geologica – 1:15.000
- All(RG).3 – rev.1 Carta geomorfologica – 1:15.000
- All(RG).4 – rev.1 Carta idrogeologica – 1:15.000
- All(RG).5 Profilo geologico geotecnico – 1:5.000/1:200

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 1

Quota p.c.: +2 m da fondo alveo

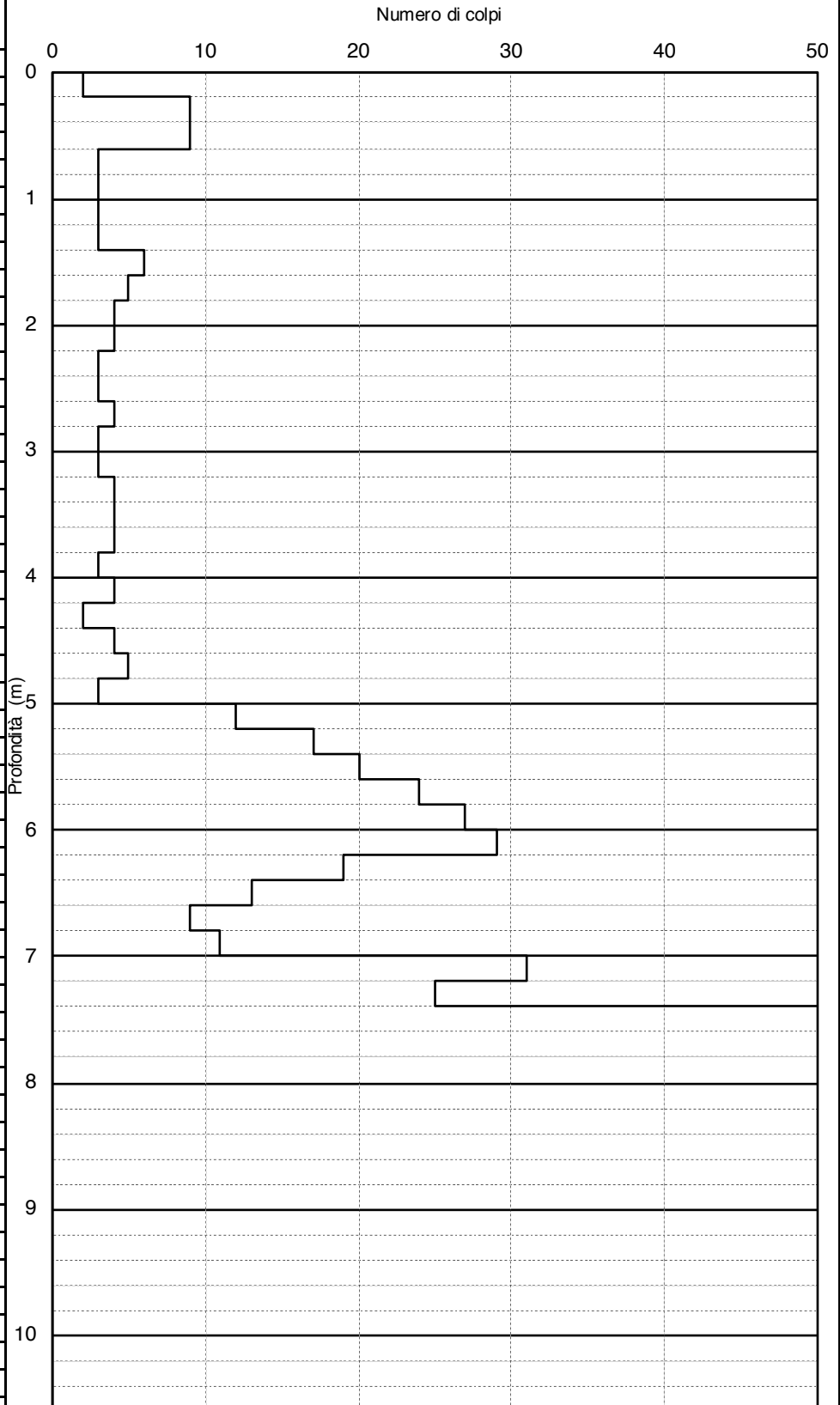


NOTE: osservate aste bagnate da -4,0 m di profondità da p.c.

Committente:	Studio DiZeta Ingegneria
Progetto:	Ristrutturazione del Canale Lanza
Località:	Casale Monferrato (AL)
Data:	dicembre 2021

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 2
Quota p.c.: +4,5 m da fondo alveo

Profondità			N	Profondità			N
da m	a m	colpi		da m	a m	colpi	
0,0	0,2		2	10,4	10,6		
0,2	0,4		9	10,6	10,8		
0,4	0,6		9	10,8	11,0		
0,6	0,8		3	11,0	11,2		
0,8	1,0		3	11,2	11,4		
1,0	1,2		3	11,4	11,6		
1,2	1,4		3	11,6	11,8		
1,4	1,6		6	11,8	12,0		
1,6	1,8		5	12,0	12,2		
1,8	2,0		4	12,2	12,4		
2,0	2,2		4	12,4	12,6		
2,2	2,4		3	12,6	12,8		
2,4	2,6		3	12,8	13,0		
2,6	2,8		4	13,0	13,2		
2,8	3,0		3	13,2	13,4		
3,0	3,2		3	13,4	13,6		
3,2	3,4		4	13,6	13,8		
3,4	3,6		4	13,8	14,0		
3,6	3,8		4	14,0	14,2		
3,8	4,0		3	14,2	14,4		
4,0	4,2		4	14,4	14,6		
4,2	4,4		2	14,6	14,8		
4,4	4,6		4	14,8	15,0		
4,6	4,8		5	15,0	15,2		
4,8	5,0		3	15,2	15,4		
5,0	5,2		12	15,4	15,6		
5,2	5,4		17	15,6	15,8		
5,4	5,6		20	15,8	16,0		
5,6	5,8		24	16,0	16,2		
5,8	6,0		27	16,2	16,4		
6,0	6,2		29	16,4	16,6		
6,2	6,4		19	16,6	16,8		
6,4	6,6		13	16,8	17,0		
6,6	6,8		9	17,0	17,2		
6,8	7,0		11	17,2	17,4		
7,0	7,2		31	17,4	17,6		
7,2	7,4		25	17,6	17,8		
7,4	7,6		68	17,8	18,0		
7,6	7,8			18,0	18,2		
7,8	8,0			18,2	18,4		
8,0	8,2			18,4	18,6		
8,2	8,4			18,6	18,8		
8,4	8,6			18,8	19,0		
8,6	8,8			19,0	19,2		
8,8	9,0			19,2	19,4		
9,0	9,2			19,4	19,6		
9,2	9,4			19,6	19,8		
9,4	9,6			19,8	20,0		
9,6	9,8			20,0	20,2		
9,8	10,0			20,2	20,4		
10,0	10,2			20,4	20,6		
10,2	10,4			20,6	20,8		

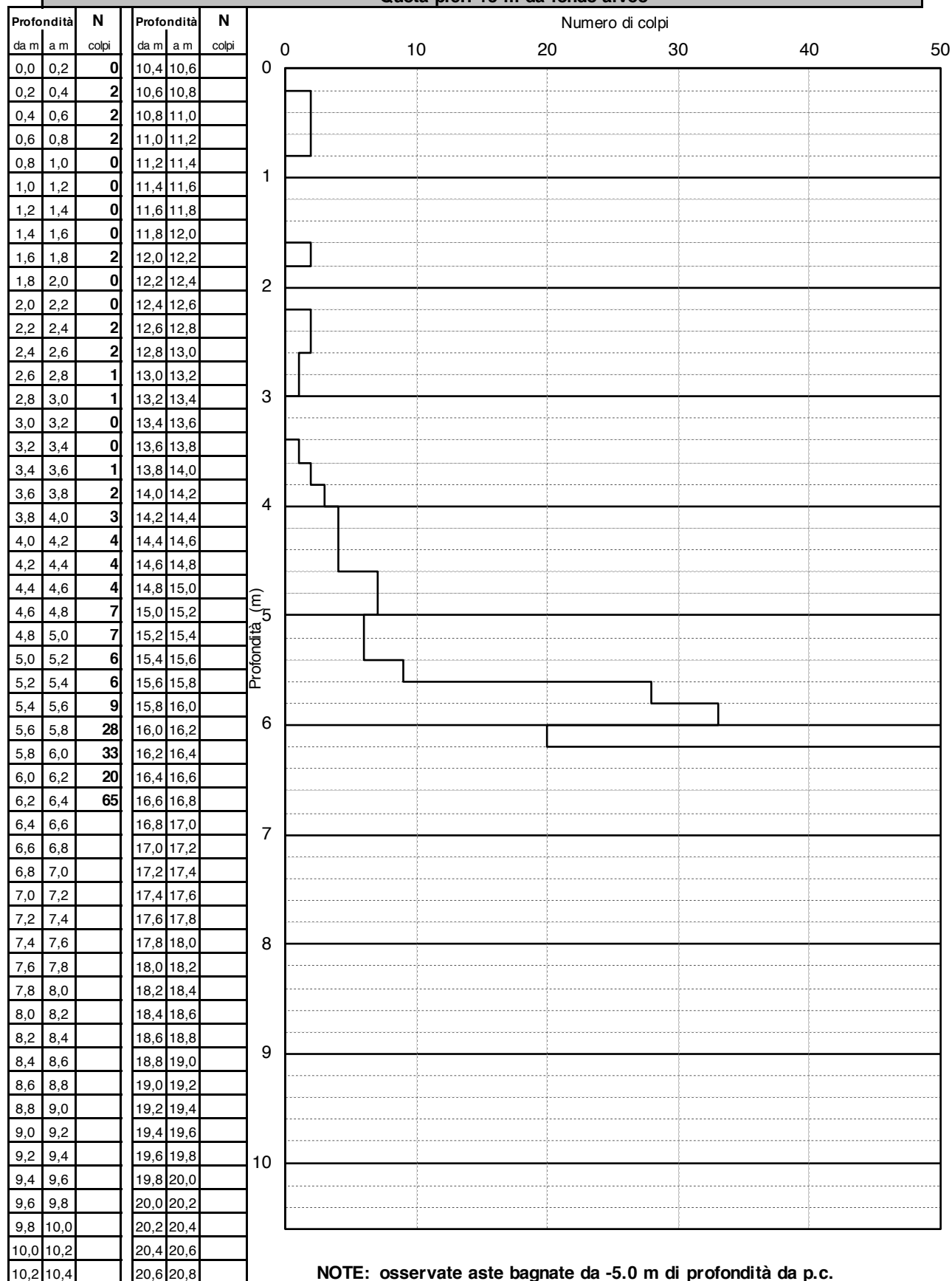


NOTE: osservate aste bagnate da -2,0 m di profondità da p.c.

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 3

Quota p.c.: +3 m da fondo alveo



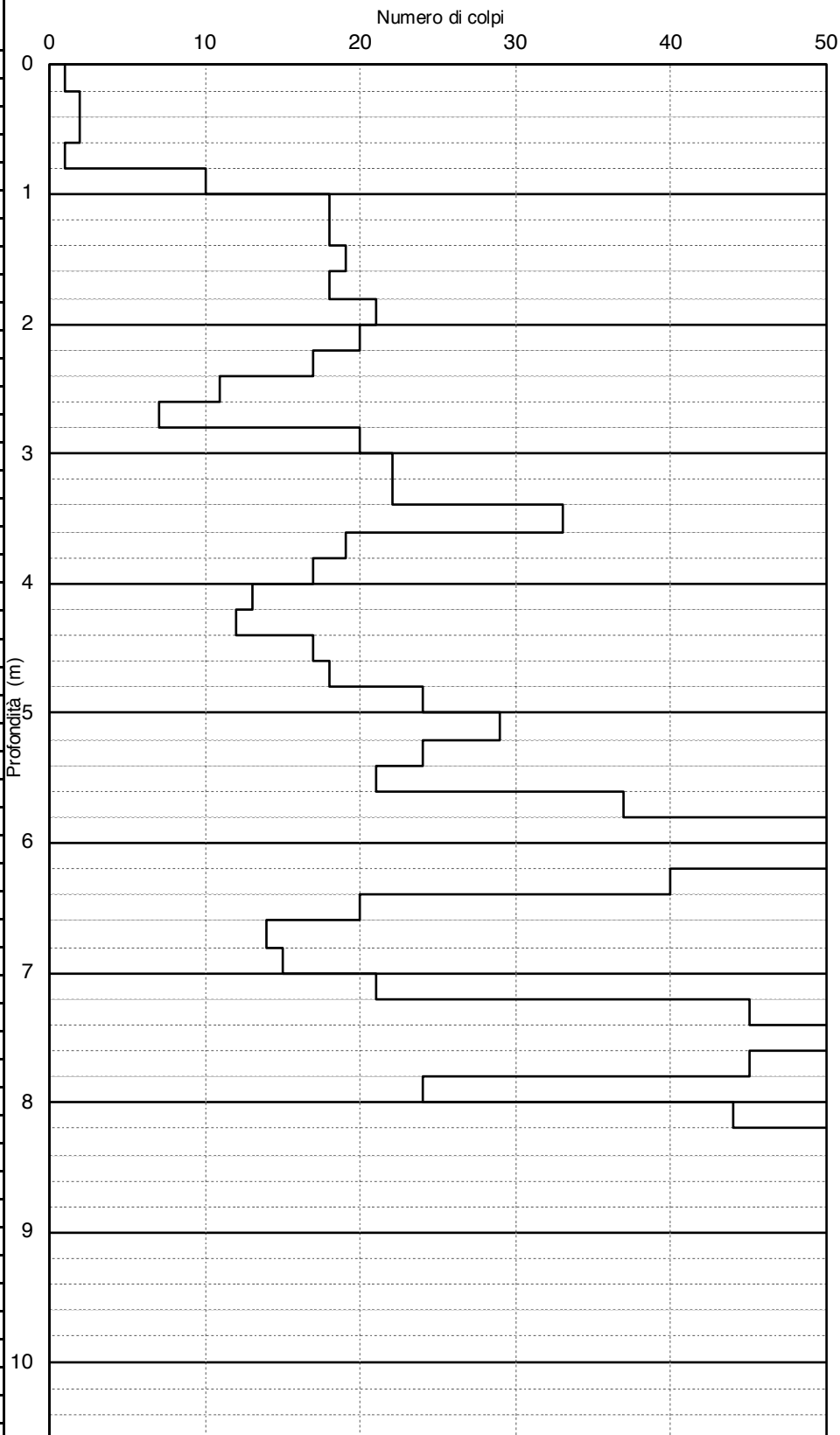
NOTE: osservate aste bagnate da -5.0 m di profondità da p.c.

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 4

Quota p.c.: +2,5 m da fondo alveo

Profondità da m	a m	N colpi	Profondità da m	a m	N colpi
0,0	0,2	1	10,4	10,6	
0,2	0,4	2	10,6	10,8	
0,4	0,6	2	10,8	11,0	
0,6	0,8	1	11,0	11,2	
0,8	1,0	10	11,2	11,4	
1,0	1,2	18	11,4	11,6	
1,2	1,4	18	11,6	11,8	
1,4	1,6	19	11,8	12,0	
1,6	1,8	18	12,0	12,2	
1,8	2,0	21	12,2	12,4	
2,0	2,2	20	12,4	12,6	
2,2	2,4	17	12,6	12,8	
2,4	2,6	11	12,8	13,0	
2,6	2,8	7	13,0	13,2	
2,8	3,0	20	13,2	13,4	
3,0	3,2	22	13,4	13,6	
3,2	3,4	22	13,6	13,8	
3,4	3,6	33	13,8	14,0	
3,6	3,8	19	14,0	14,2	
3,8	4,0	17	14,2	14,4	
4,0	4,2	13	14,4	14,6	
4,2	4,4	12	14,6	14,8	
4,4	4,6	17	14,8	15,0	
4,6	4,8	18	15,0	15,2	
4,8	5,0	24	15,2	15,4	
5,0	5,2	29	15,4	15,6	
5,2	5,4	24	15,6	15,8	
5,4	5,6	21	15,8	16,0	
5,6	5,8	37	16,0	16,2	
5,8	6,0	60	16,2	16,4	
6,0	6,2	57	16,4	16,6	
6,2	6,4	40	16,6	16,8	
6,4	6,6	20	16,8	17,0	
6,6	6,8	14	17,0	17,2	
6,8	7,0	15	17,2	17,4	
7,0	7,2	21	17,4	17,6	
7,2	7,4	45	17,6	17,8	
7,4	7,6	54	17,8	18,0	
7,6	7,8	45	18,0	18,2	
7,8	8,0	24	18,2	18,4	
8,0	8,2	44	18,4	18,6	
8,2	8,4	71	18,6	18,8	
8,4	8,6	65	18,8	19,0	
8,6	8,8		19,0	19,2	
8,8	9,0		19,2	19,4	
9,0	9,2		19,4	19,6	
9,2	9,4		19,6	19,8	
9,4	9,6		19,8	20,0	
9,6	9,8		20,0	20,2	
9,8	10,0		20,2	20,4	
10,0	10,2		20,4	20,6	
10,2	10,4		20,6	20,8	

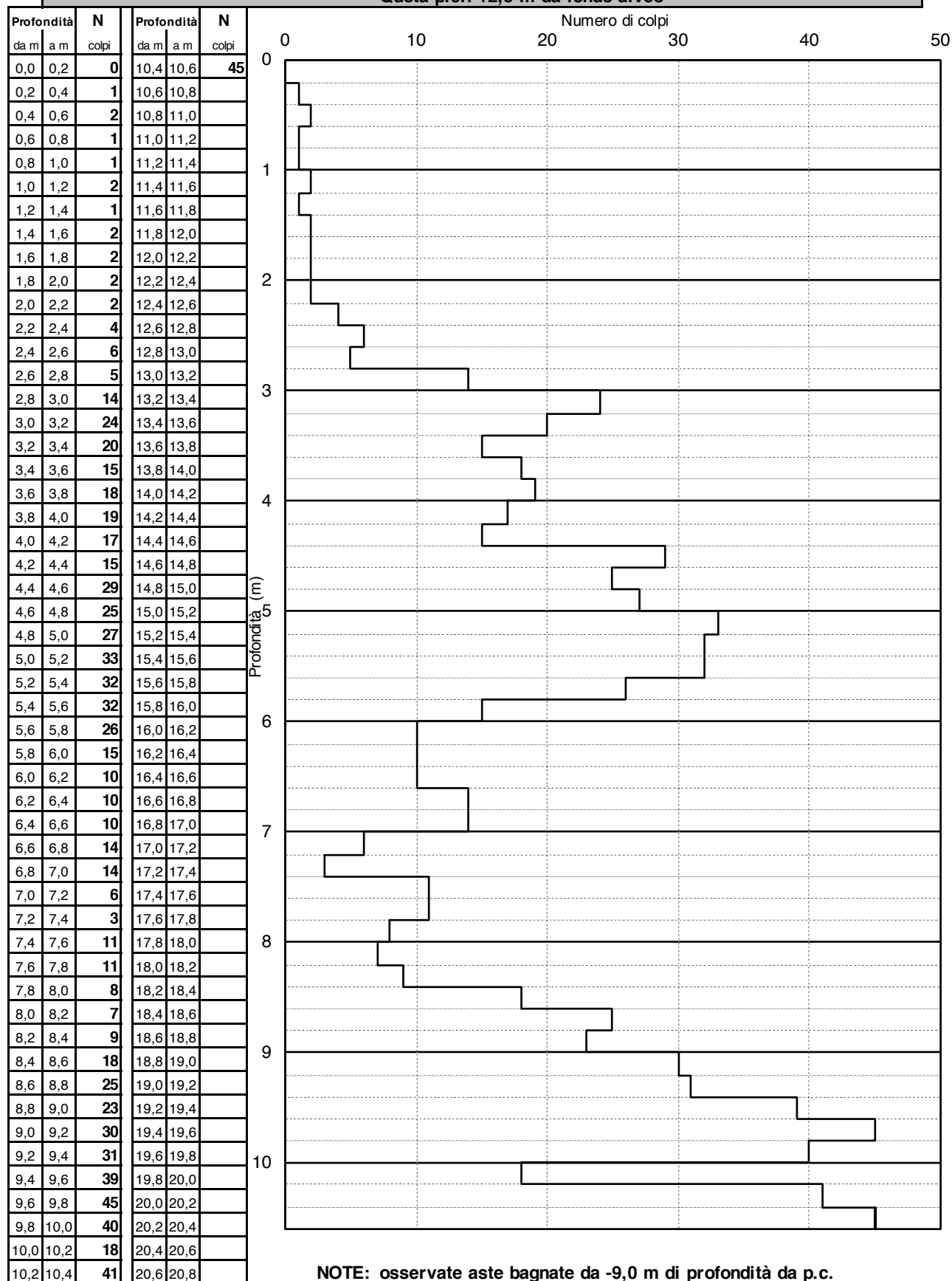


NOTE: osservate aste bagnate da -5,0 m di profondità da p.c.

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 5

Quota p.c.: +2,5 m da fondo alveo

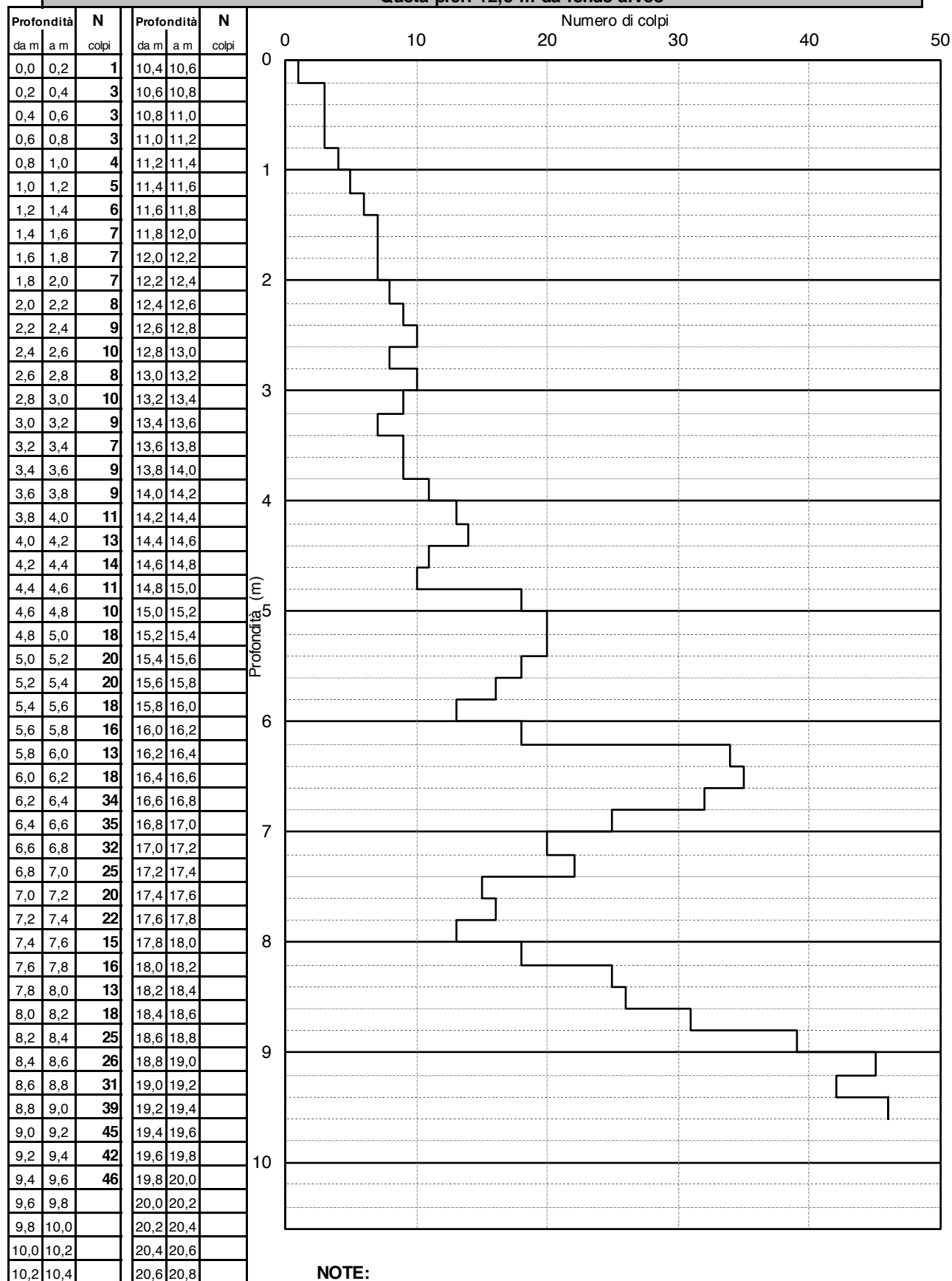


NOTE: osservate aste bagnate da -9,0 m di profondità da p.c.

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 6

Quota p.c.: +2,5 m da fondo alveo



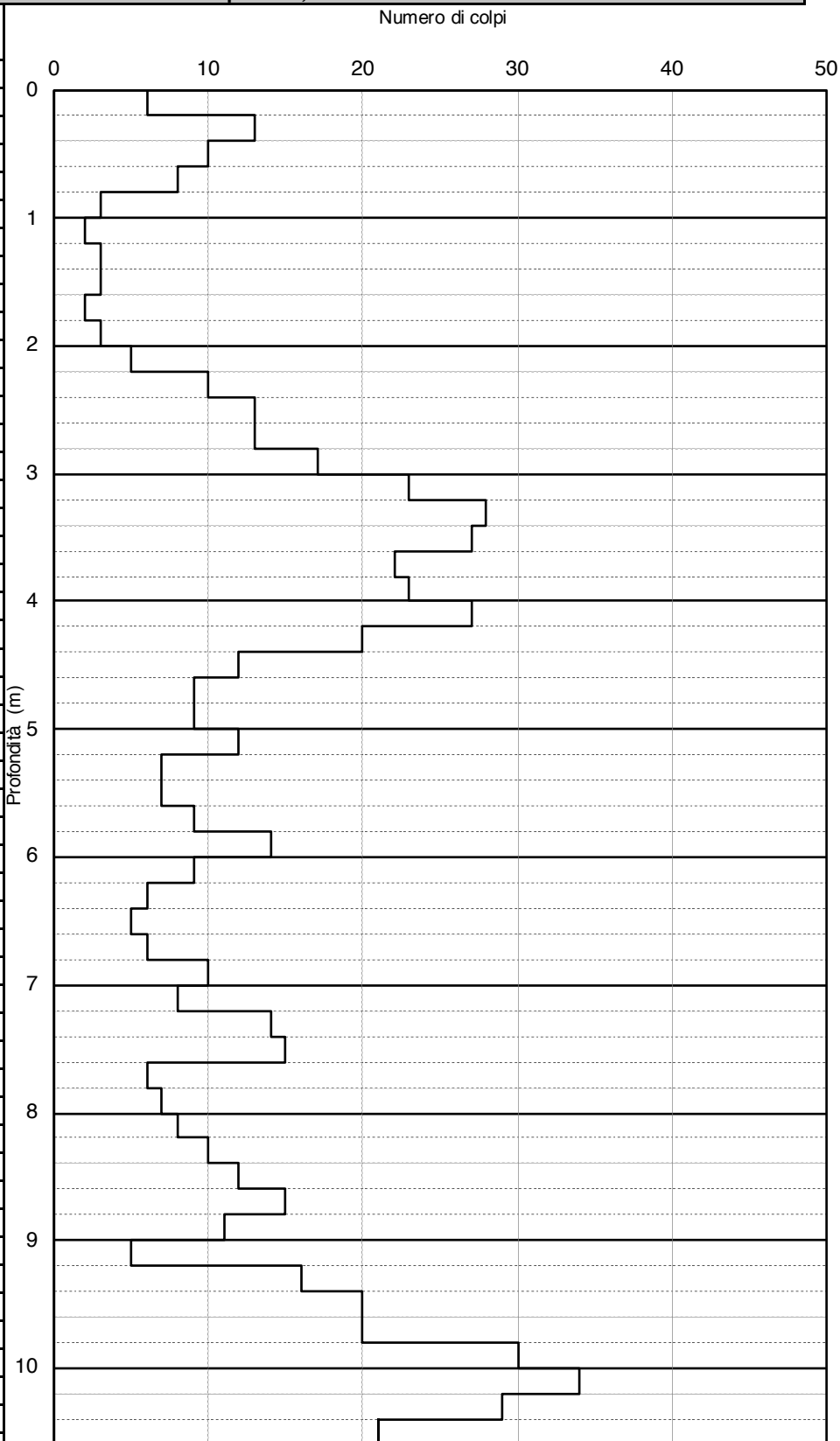
NOTE:

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 7

Quota p.c.: +2,5 m da fondo alveo

Profondità da m	a m	N colpi	Profondità da m	a m	N colpi
0,0	0,2	6	10,4	10,6	21
0,2	0,4	13	10,6	10,8	
0,4	0,6	10	10,8	11,0	
0,6	0,8	8	11,0	11,2	
0,8	1,0	3	11,2	11,4	
1,0	1,2	2	11,4	11,6	
1,2	1,4	3	11,6	11,8	
1,4	1,6	3	11,8	12,0	
1,6	1,8	2	12,0	12,2	
1,8	2,0	3	12,2	12,4	
2,0	2,2	5	12,4	12,6	
2,2	2,4	10	12,6	12,8	
2,4	2,6	13	12,8	13,0	
2,6	2,8	13	13,0	13,2	
2,8	3,0	17	13,2	13,4	
3,0	3,2	23	13,4	13,6	
3,2	3,4	28	13,6	13,8	
3,4	3,6	27	13,8	14,0	
3,6	3,8	22	14,0	14,2	
3,8	4,0	23	14,2	14,4	
4,0	4,2	27	14,4	14,6	
4,2	4,4	20	14,6	14,8	
4,4	4,6	12	14,8	15,0	
4,6	4,8	9	15,0	15,2	
4,8	5,0	9	15,2	15,4	
5,0	5,2	12	15,4	15,6	
5,2	5,4	7	15,6	15,8	
5,4	5,6	7	15,8	16,0	
5,6	5,8	9	16,0	16,2	
5,8	6,0	14	16,2	16,4	
6,0	6,2	9	16,4	16,6	
6,2	6,4	6	16,6	16,8	
6,4	6,6	5	16,8	17,0	
6,6	6,8	6	17,0	17,2	
6,8	7,0	10	17,2	17,4	
7,0	7,2	8	17,4	17,6	
7,2	7,4	14	17,6	17,8	
7,4	7,6	15	17,8	18,0	
7,6	7,8	6	18,0	18,2	
7,8	8,0	7	18,2	18,4	
8,0	8,2	8	18,4	18,6	
8,2	8,4	10	18,6	18,8	
8,4	8,6	12	18,8	19,0	
8,6	8,8	15	19,0	19,2	
8,8	9,0	11	19,2	19,4	
9,0	9,2	5	19,4	19,6	
9,2	9,4	16	19,6	19,8	
9,4	9,6	20	19,8	20,0	
9,6	9,8	20	20,0	20,2	
9,8	10,0	30	20,2	20,4	
10,0	10,2	34	20,4	20,6	
10,2	10,4	29	20,6	20,8	

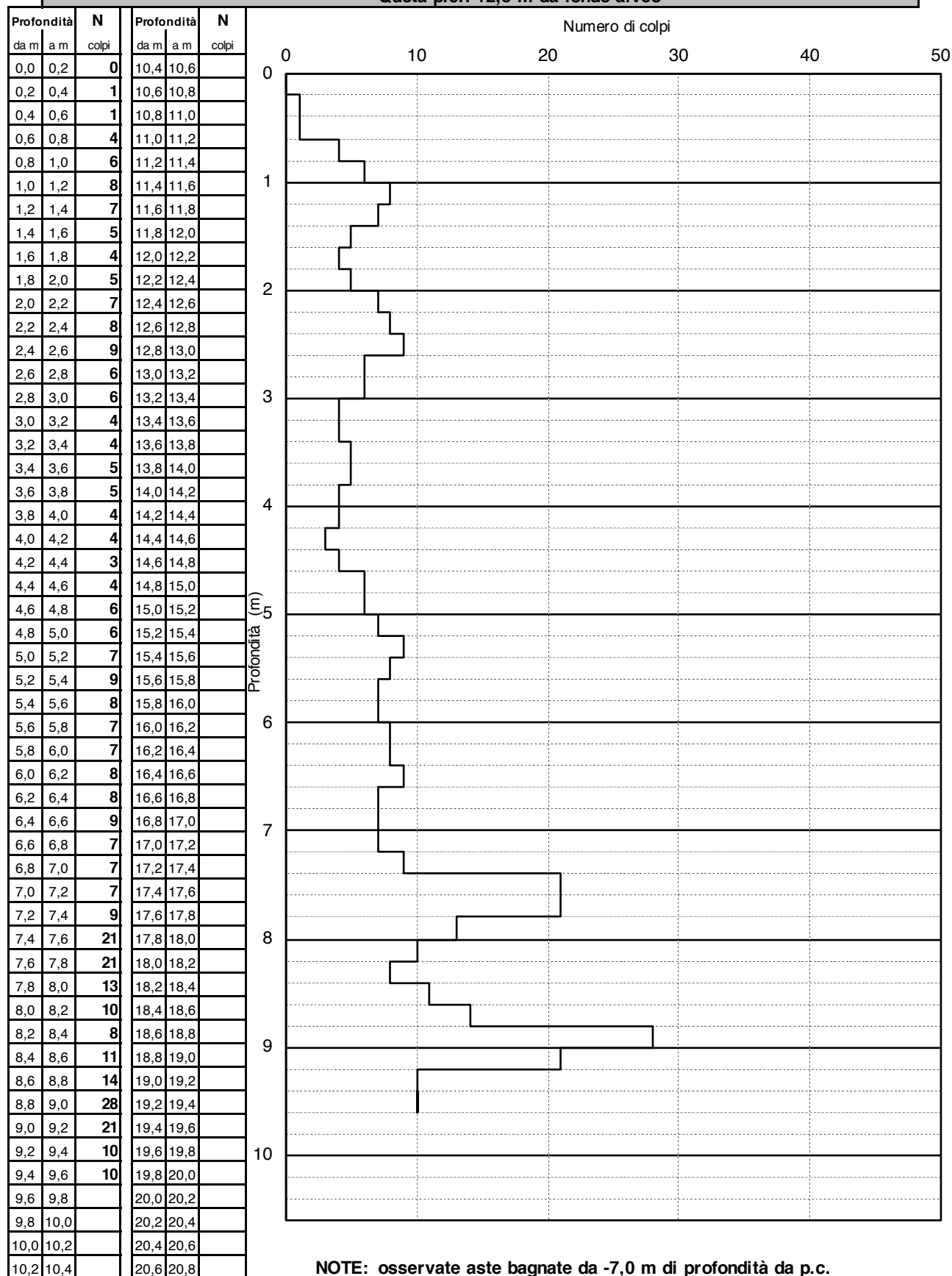


NOTE: osservate aste bagnate da -7,0 m di profondità da p.c.

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 8

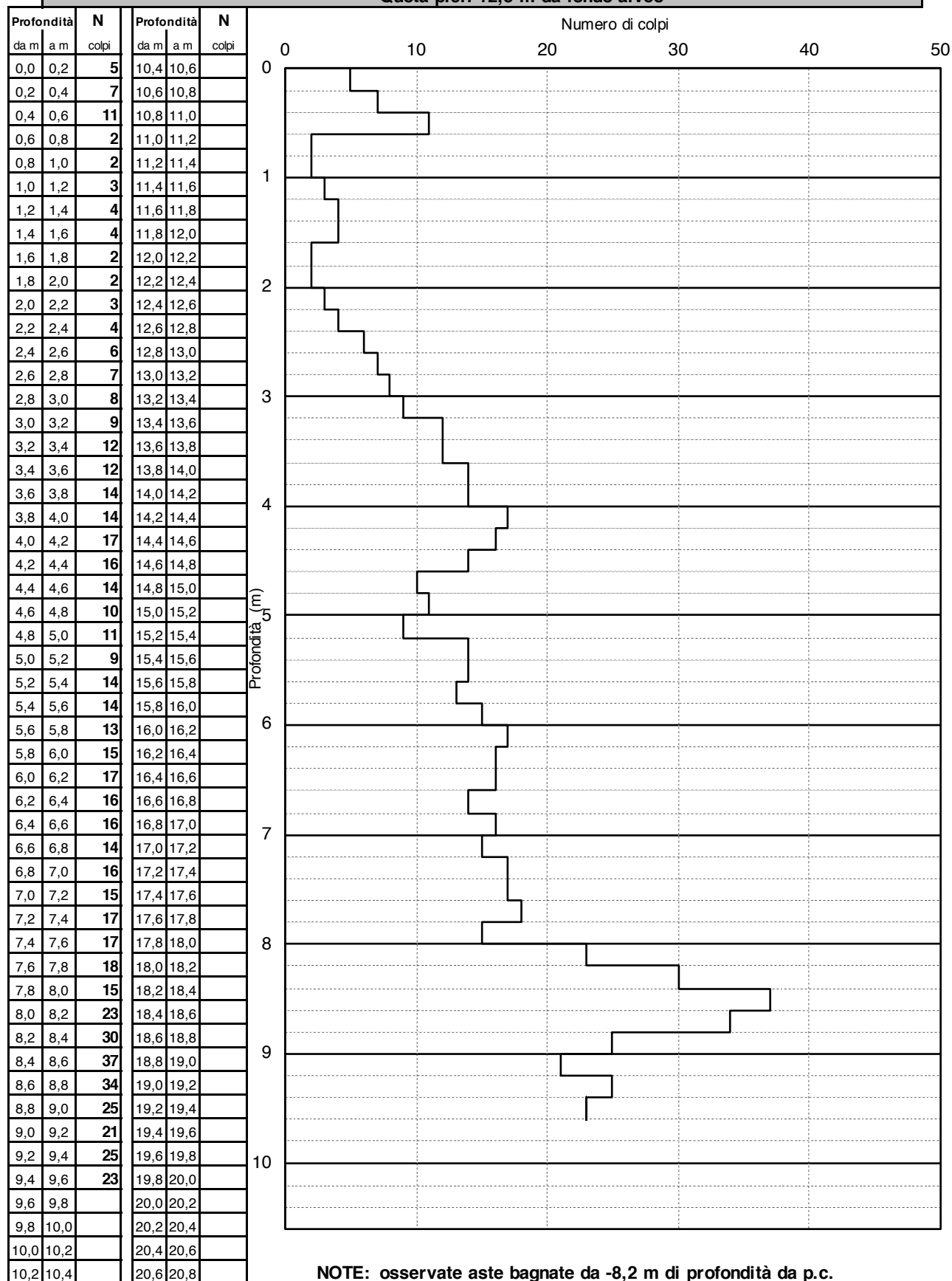
Quota p.c.: +2,5 m da fondo alveo



Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 9

Quota p.c.: +2,5 m da fondo alveo



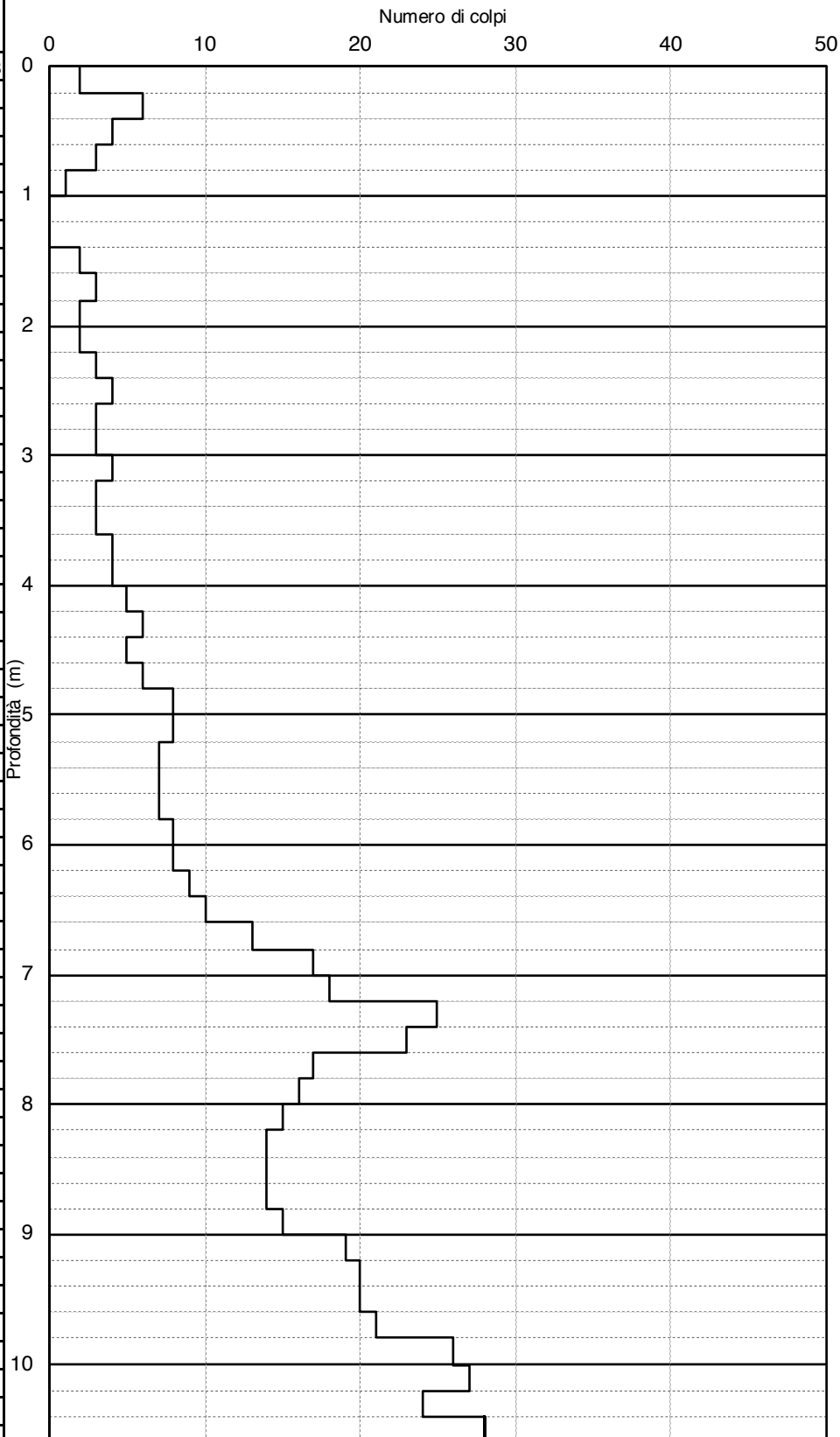
NOTE: osservate aste bagnate da -8,2 m di profondità da p.c.

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 10

Quota p.c.: +2,5 m da fondo alveo

Profondità da m	a m	N colpi	Profondità da m	a m	N colpi
0,0	0,2	2	10,4	10,6	28
0,2	0,4	6	10,6	10,8	
0,4	0,6	4	10,8	11,0	
0,6	0,8	3	11,0	11,2	
0,8	1,0	1	11,2	11,4	
1,0	1,2	0	11,4	11,6	
1,2	1,4	0	11,6	11,8	
1,4	1,6	2	11,8	12,0	
1,6	1,8	3	12,0	12,2	
1,8	2,0	2	12,2	12,4	
2,0	2,2	2	12,4	12,6	
2,2	2,4	3	12,6	12,8	
2,4	2,6	4	12,8	13,0	
2,6	2,8	3	13,0	13,2	
2,8	3,0	3	13,2	13,4	
3,0	3,2	4	13,4	13,6	
3,2	3,4	3	13,6	13,8	
3,4	3,6	3	13,8	14,0	
3,6	3,8	4	14,0	14,2	
3,8	4,0	4	14,2	14,4	
4,0	4,2	5	14,4	14,6	
4,2	4,4	6	14,6	14,8	
4,4	4,6	5	14,8	15,0	
4,6	4,8	6	15,0	15,2	
4,8	5,0	8	15,2	15,4	
5,0	5,2	8	15,4	15,6	
5,2	5,4	7	15,6	15,8	
5,4	5,6	7	15,8	16,0	
5,6	5,8	7	16,0	16,2	
5,8	6,0	8	16,2	16,4	
6,0	6,2	8	16,4	16,6	
6,2	6,4	9	16,6	16,8	
6,4	6,6	10	16,8	17,0	
6,6	6,8	13	17,0	17,2	
6,8	7,0	17	17,2	17,4	
7,0	7,2	18	17,4	17,6	
7,2	7,4	25	17,6	17,8	
7,4	7,6	23	17,8	18,0	
7,6	7,8	17	18,0	18,2	
7,8	8,0	16	18,2	18,4	
8,0	8,2	15	18,4	18,6	
8,2	8,4	14	18,6	18,8	
8,4	8,6	14	18,8	19,0	
8,6	8,8	14	19,0	19,2	
8,8	9,0	15	19,2	19,4	
9,0	9,2	19	19,4	19,6	
9,2	9,4	20	19,6	19,8	
9,4	9,6	20	19,8	20,0	
9,6	9,8	21	20,0	20,2	
9,8	10,0	26	20,2	20,4	
10,0	10,2	27	20,4	20,6	
10,2	10,4	24	20,6	20,8	

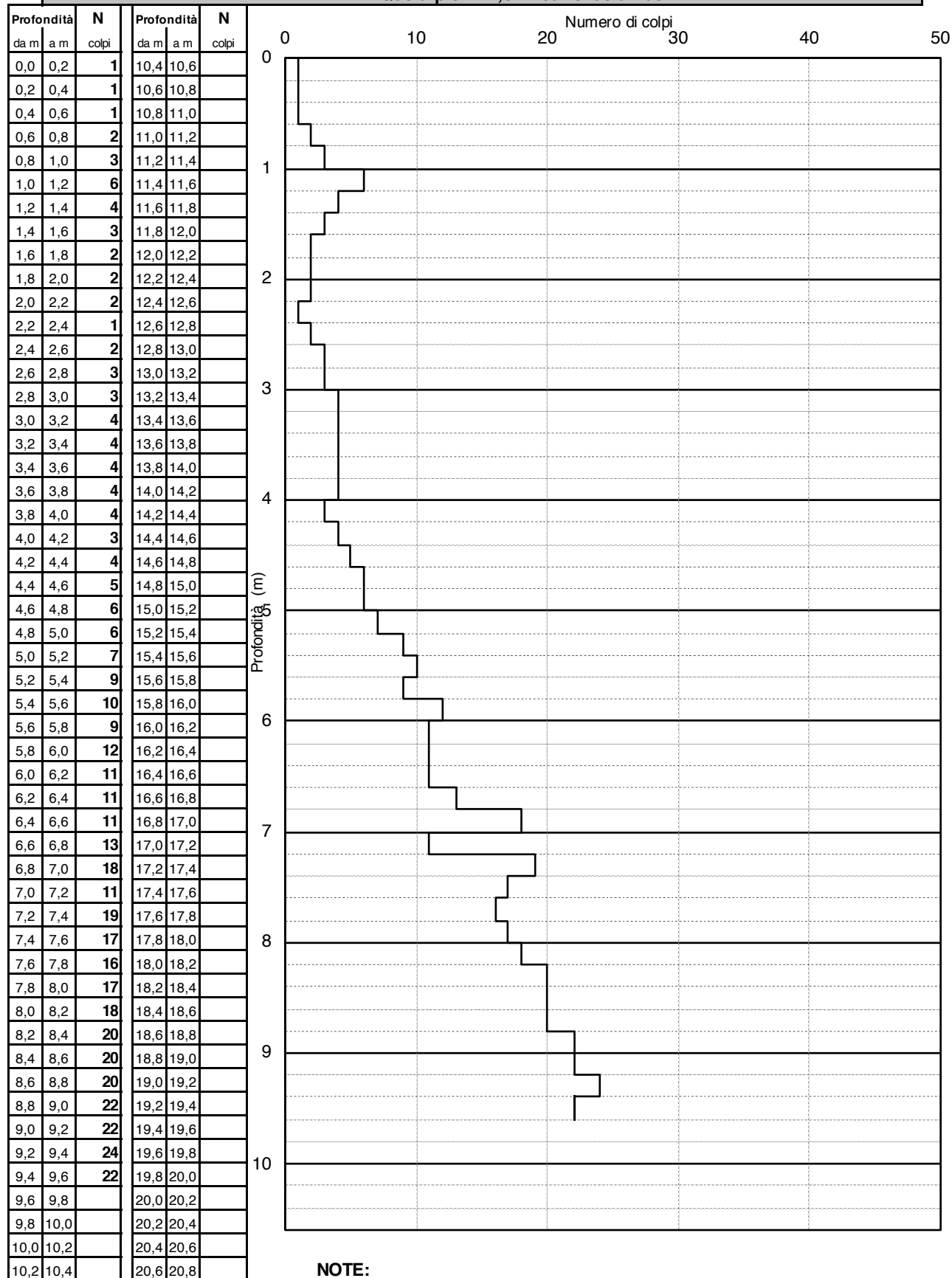


NOTE:

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 11

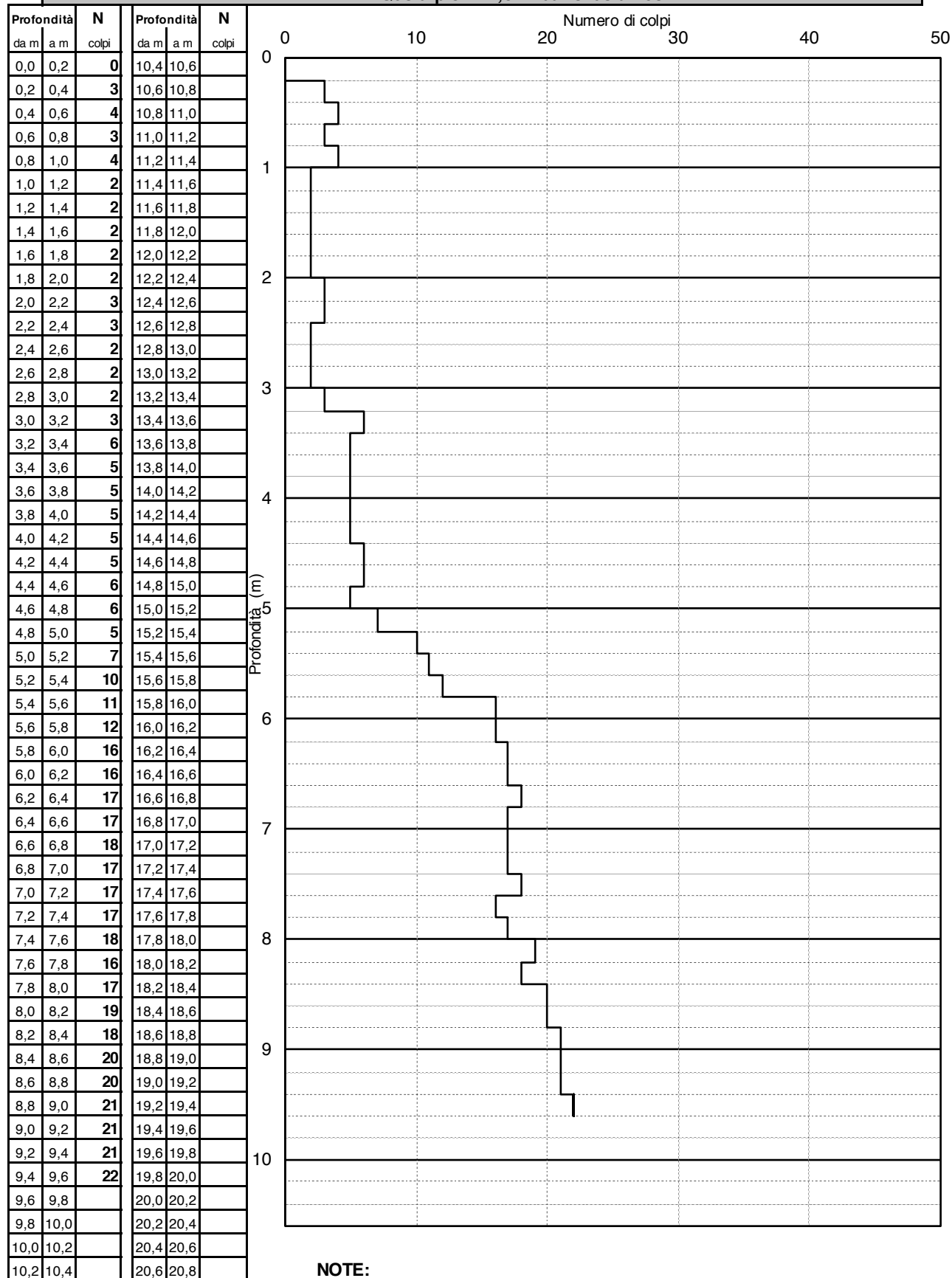
Quota p.c.: +2,5 m da fondo alveo



Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 12

Quota p.c.: +2,5 m da fondo alveo



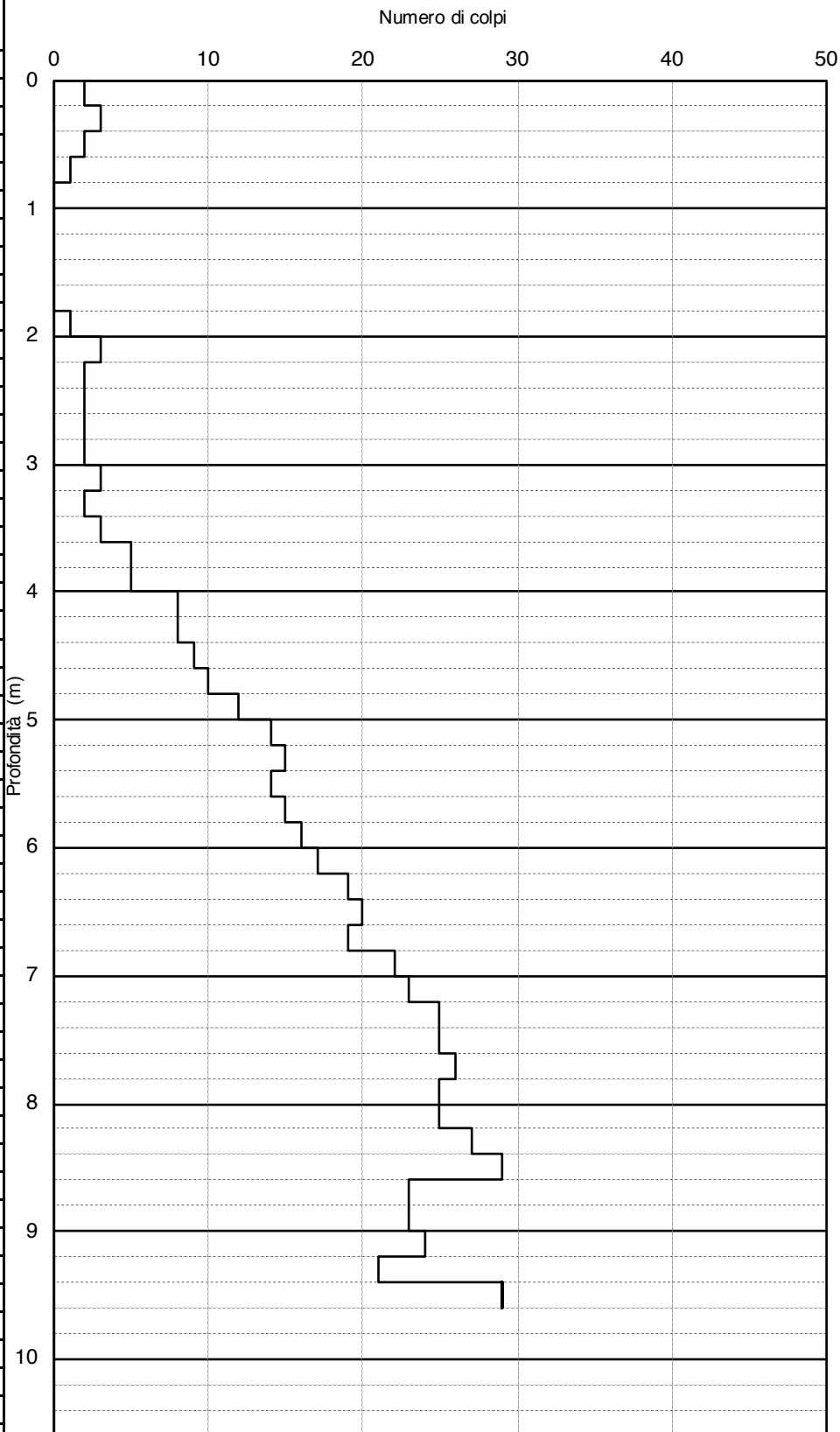
NOTE:

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 13

Quota p.c.: +2,5 m da fondo alveo

Profondità			N	Profondità			N
da m	a m	colpi		da m	a m	colpi	
0,0	0,2	2		10,4	10,6		
0,2	0,4	3		10,6	10,8		
0,4	0,6	2		10,8	11,0		
0,6	0,8	1		11,0	11,2		
0,8	1,0	0		11,2	11,4		
1,0	1,2	0		11,4	11,6		
1,2	1,4	0		11,6	11,8		
1,4	1,6	0		11,8	12,0		
1,6	1,8	0		12,0	12,2		
1,8	2,0	1		12,2	12,4		
2,0	2,2	3		12,4	12,6		
2,2	2,4	2		12,6	12,8		
2,4	2,6	2		12,8	13,0		
2,6	2,8	2		13,0	13,2		
2,8	3,0	2		13,2	13,4		
3,0	3,2	3		13,4	13,6		
3,2	3,4	2		13,6	13,8		
3,4	3,6	3		13,8	14,0		
3,6	3,8	5		14,0	14,2		
3,8	4,0	5		14,2	14,4		
4,0	4,2	8		14,4	14,6		
4,2	4,4	8		14,6	14,8		
4,4	4,6	9		14,8	15,0		
4,6	4,8	10		15,0	15,2		
4,8	5,0	12		15,2	15,4		
5,0	5,2	14		15,4	15,6		
5,2	5,4	15		15,6	15,8		
5,4	5,6	14		15,8	16,0		
5,6	5,8	15		16,0	16,2		
5,8	6,0	16		16,2	16,4		
6,0	6,2	17		16,4	16,6		
6,2	6,4	19		16,6	16,8		
6,4	6,6	20		16,8	17,0		
6,6	6,8	19		17,0	17,2		
6,8	7,0	22		17,2	17,4		
7,0	7,2	23		17,4	17,6		
7,2	7,4	25		17,6	17,8		
7,4	7,6	25		17,8	18,0		
7,6	7,8	26		18,0	18,2		
7,8	8,0	25		18,2	18,4		
8,0	8,2	25		18,4	18,6		
8,2	8,4	27		18,6	18,8		
8,4	8,6	29		18,8	19,0		
8,6	8,8	23		19,0	19,2		
8,8	9,0	23		19,2	19,4		
9,0	9,2	24		19,4	19,6		
9,2	9,4	21		19,6	19,8		
9,4	9,6	29		19,8	20,0		
9,6	9,8			20,0	20,2		
9,8	10,0			20,2	20,4		
10,0	10,2			20,4	20,6		
10,2	10,4			20,6	20,8		

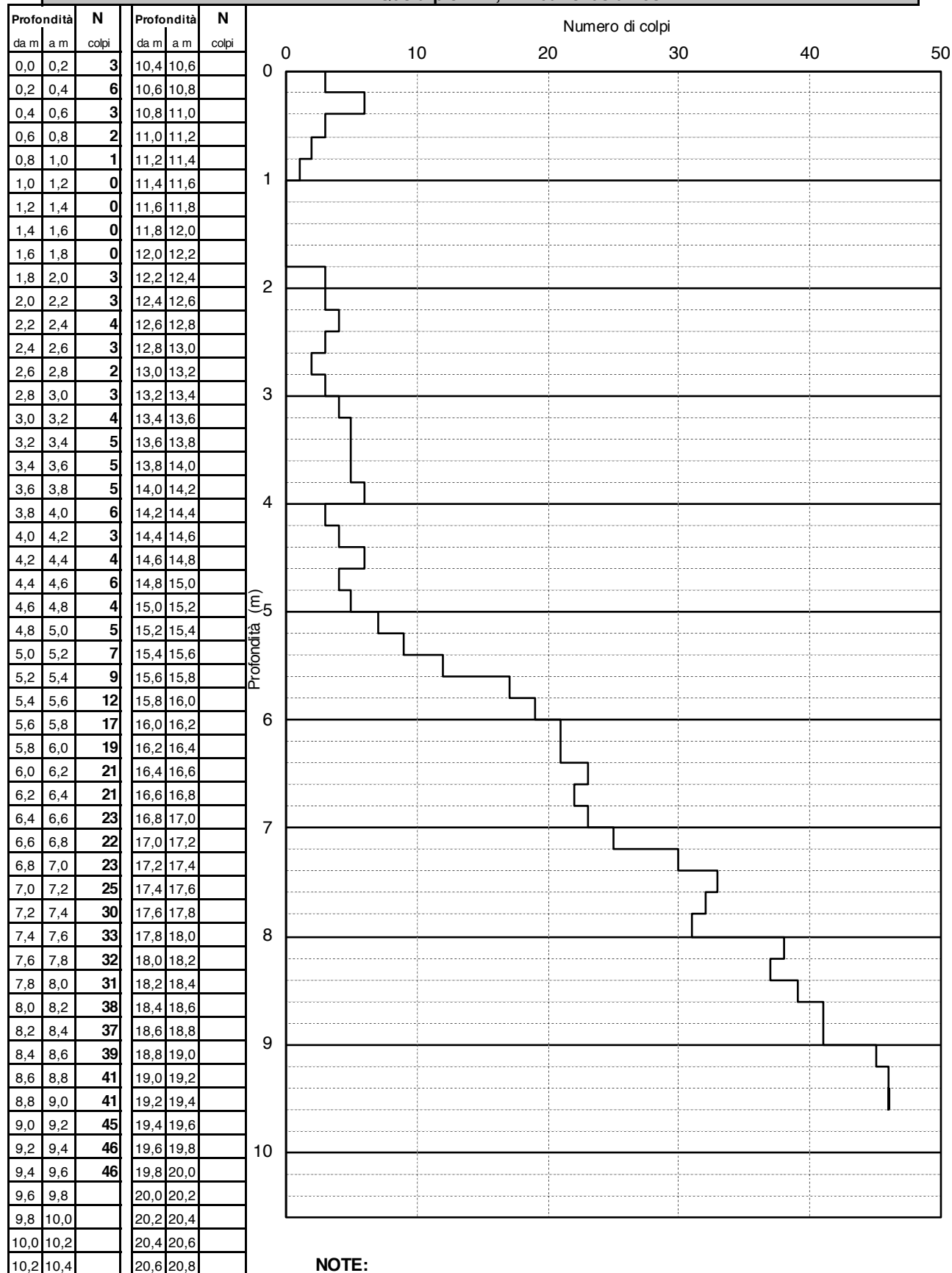


NOTE:

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 14

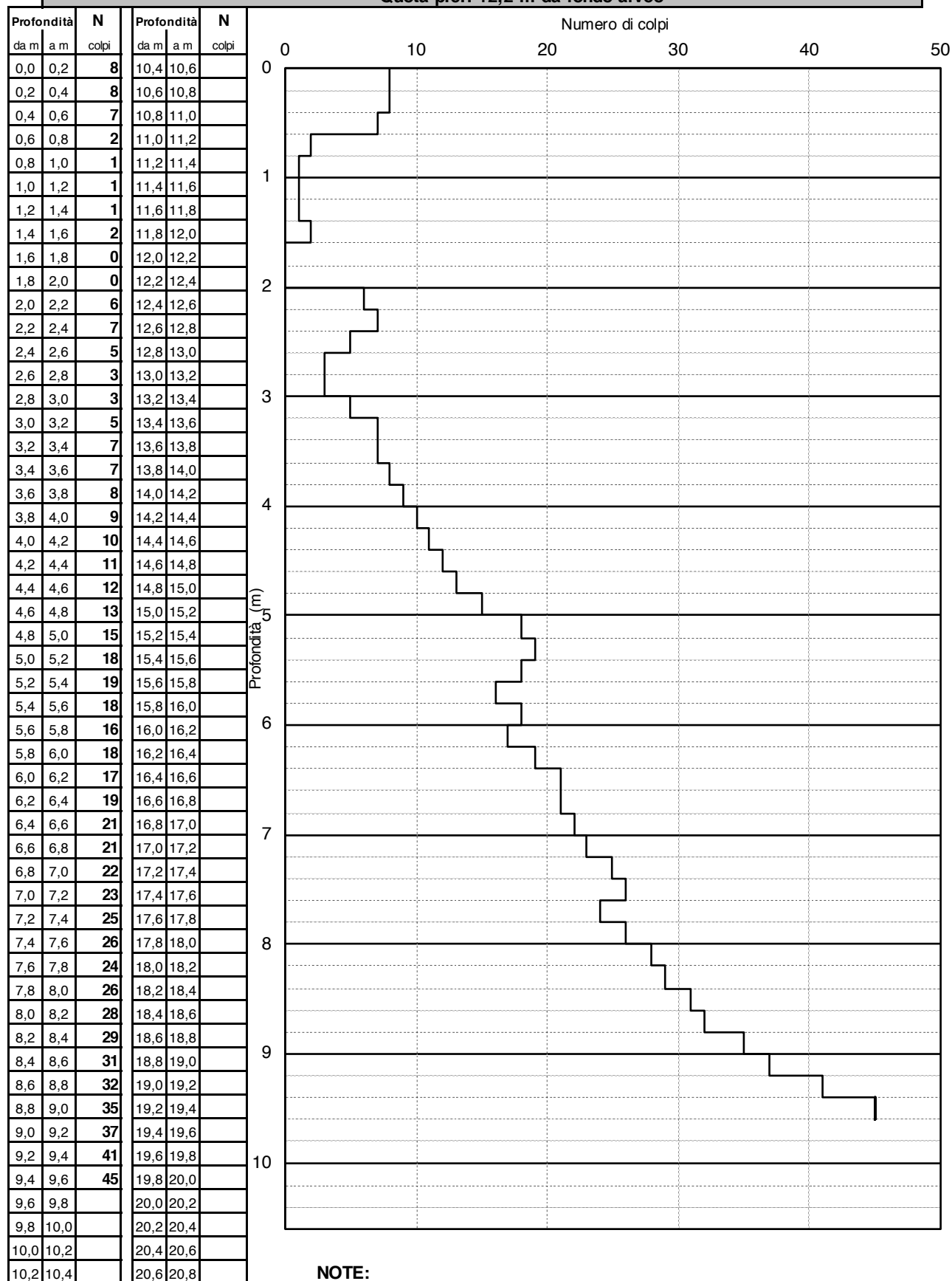
Quota p.c.: +2,2 m da fondo alveo



Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 15

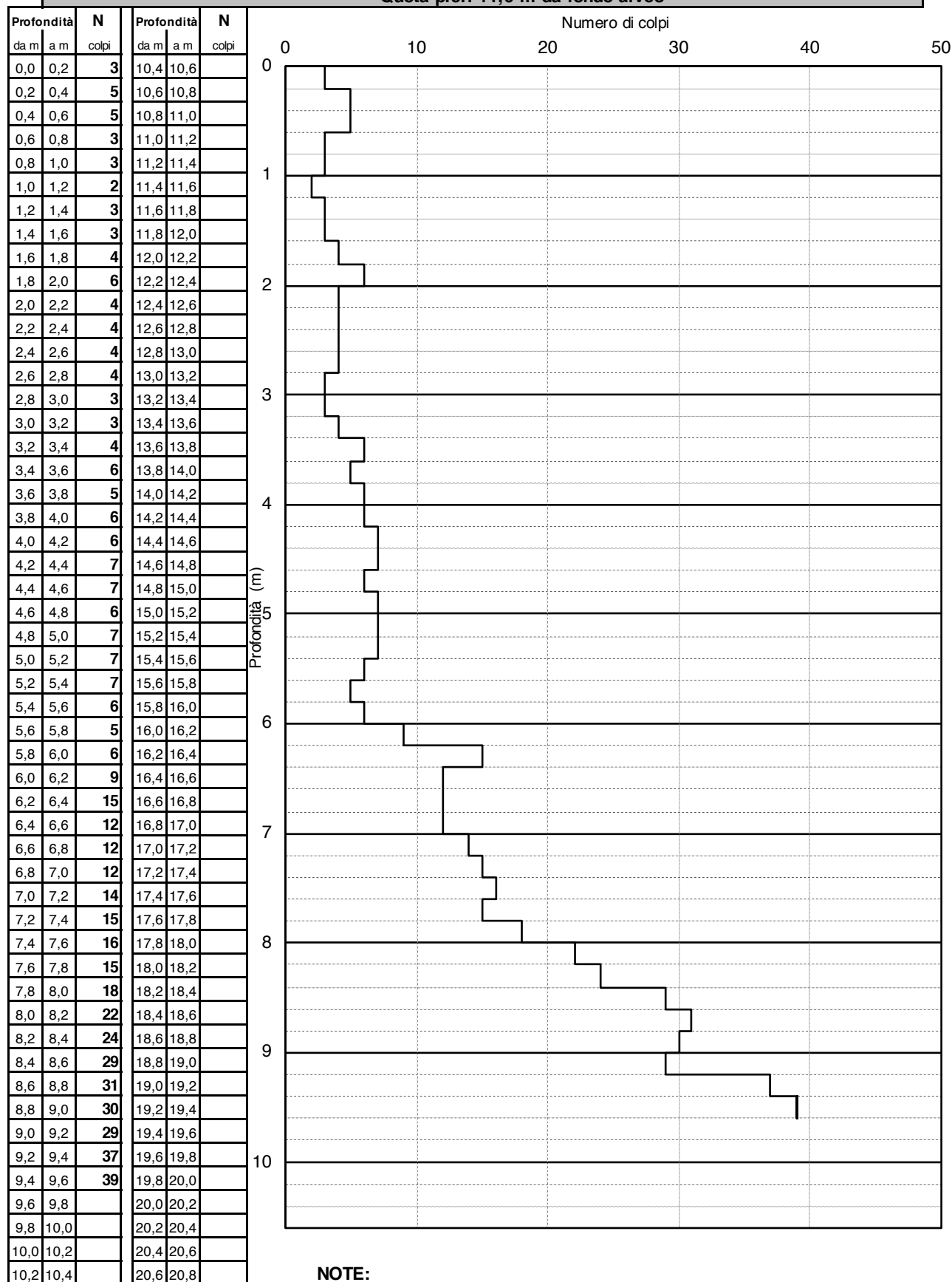
Quota p.c.: +2,2 m da fondo alveo



Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 16

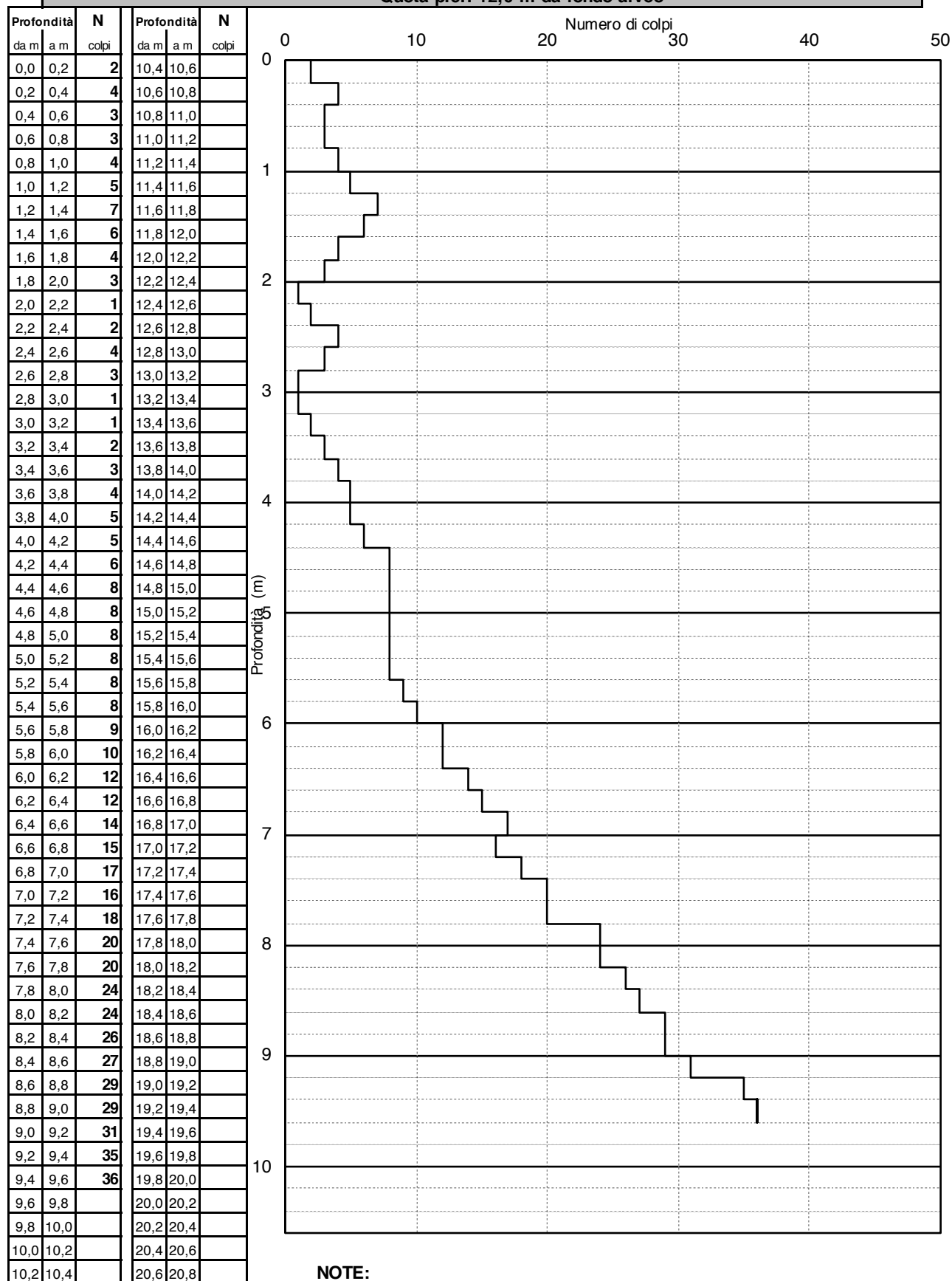
Quota p.c.: +1,6 m da fondo alveo



Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 17

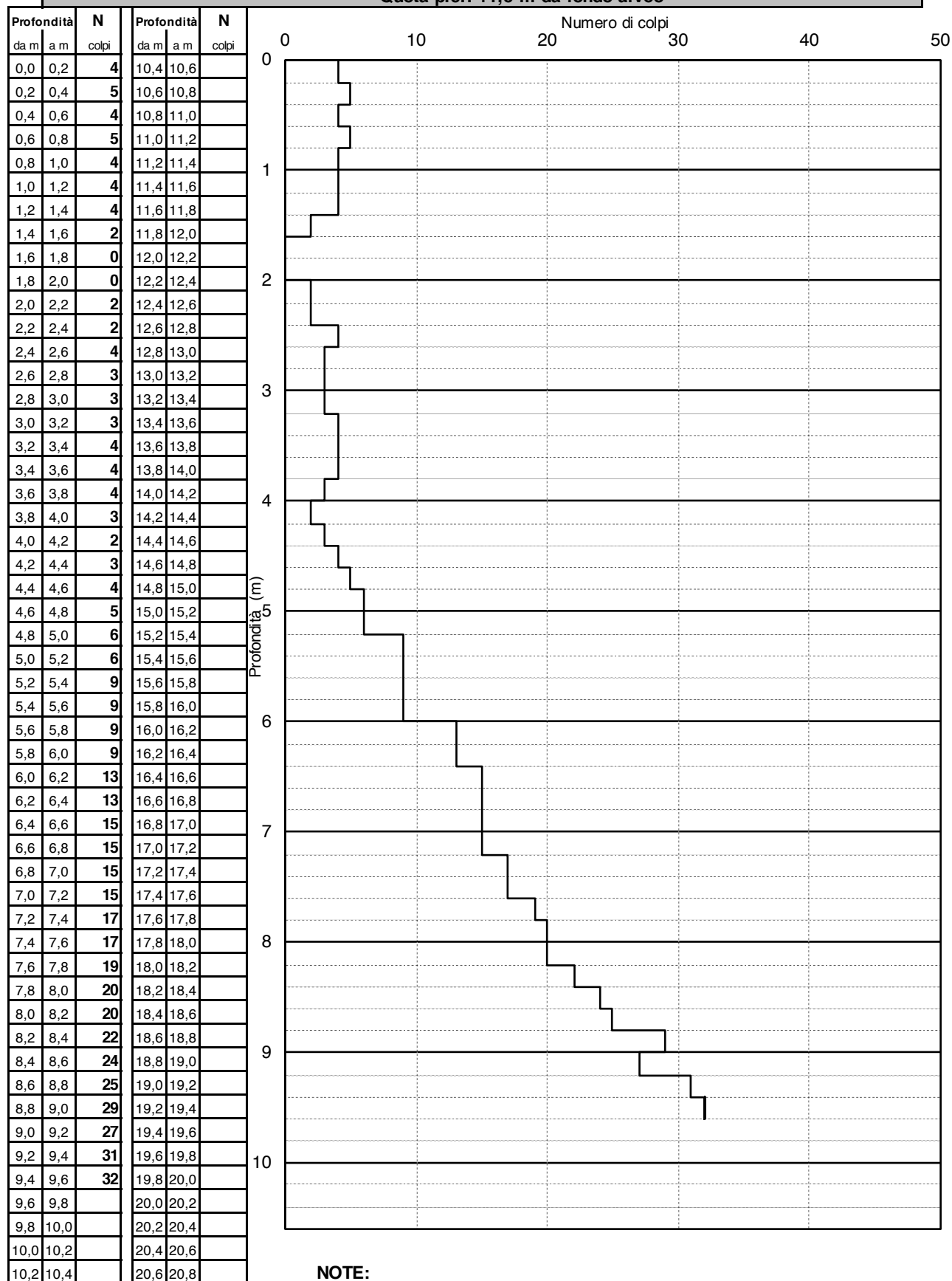
Quota p.c.: +2,0 m da fondo alveo



Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 18

Quota p.c.: +1,5 m da fondo alveo



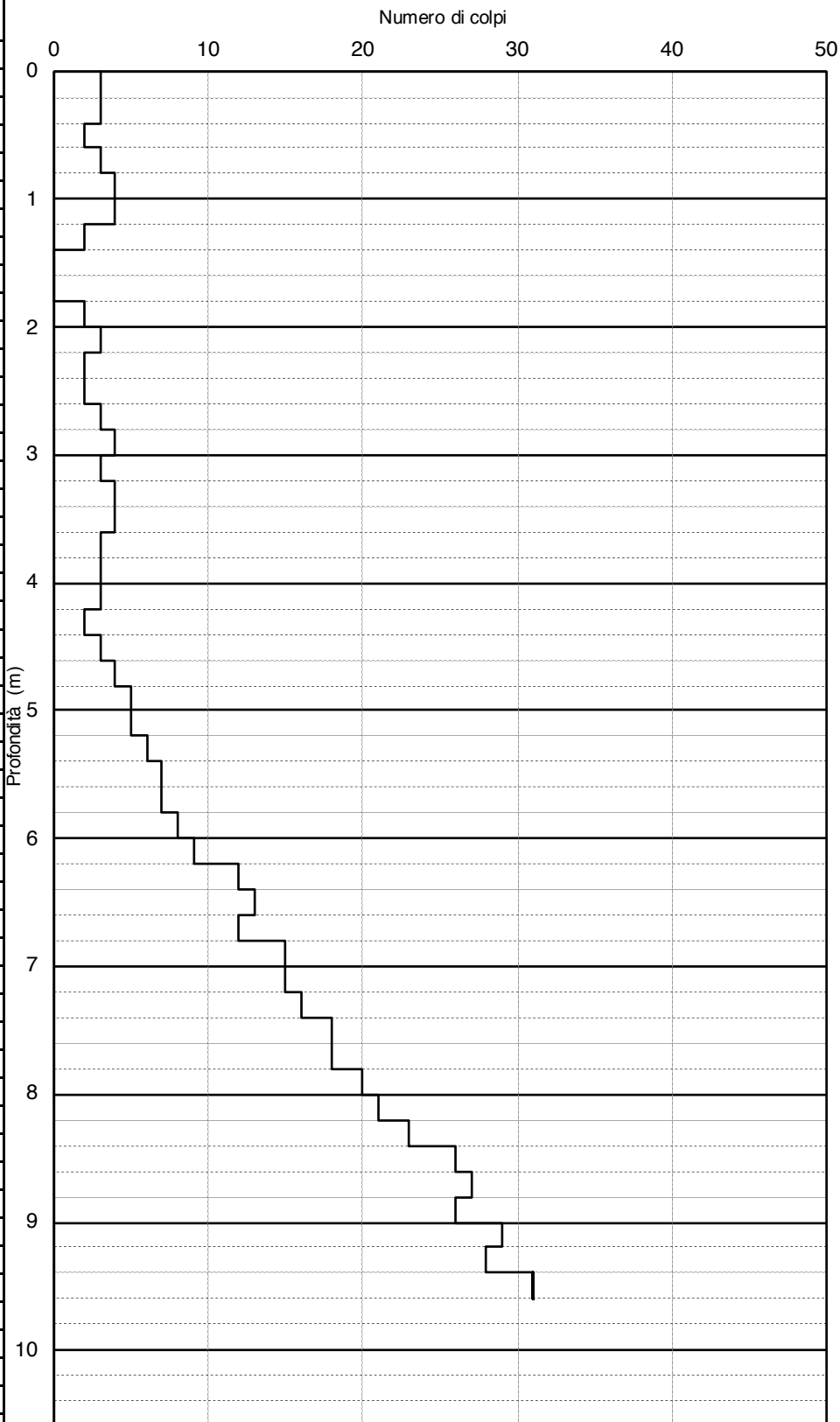
NOTE:

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 19

Quota p.c.: +1,5 m da fondo alveo

Profondità da m	a m	N colpi	Profondità da m	a m	N colpi
0,0	0,2	3	10,4	10,6	
0,2	0,4	3	10,6	10,8	
0,4	0,6	2	10,8	11,0	
0,6	0,8	3	11,0	11,2	
0,8	1,0	4	11,2	11,4	
1,0	1,2	4	11,4	11,6	
1,2	1,4	2	11,6	11,8	
1,4	1,6	0	11,8	12,0	
1,6	1,8	0	12,0	12,2	
1,8	2,0	2	12,2	12,4	
2,0	2,2	3	12,4	12,6	
2,2	2,4	2	12,6	12,8	
2,4	2,6	2	12,8	13,0	
2,6	2,8	3	13,0	13,2	
2,8	3,0	4	13,2	13,4	
3,0	3,2	3	13,4	13,6	
3,2	3,4	4	13,6	13,8	
3,4	3,6	4	13,8	14,0	
3,6	3,8	3	14,0	14,2	
3,8	4,0	3	14,2	14,4	
4,0	4,2	3	14,4	14,6	
4,2	4,4	2	14,6	14,8	
4,4	4,6	3	14,8	15,0	
4,6	4,8	4	15,0	15,2	
4,8	5,0	5	15,2	15,4	
5,0	5,2	5	15,4	15,6	
5,2	5,4	6	15,6	15,8	
5,4	5,6	7	15,8	16,0	
5,6	5,8	7	16,0	16,2	
5,8	6,0	8	16,2	16,4	
6,0	6,2	9	16,4	16,6	
6,2	6,4	12	16,6	16,8	
6,4	6,6	13	16,8	17,0	
6,6	6,8	12	17,0	17,2	
6,8	7,0	15	17,2	17,4	
7,0	7,2	15	17,4	17,6	
7,2	7,4	16	17,6	17,8	
7,4	7,6	18	17,8	18,0	
7,6	7,8	18	18,0	18,2	
7,8	8,0	20	18,2	18,4	
8,0	8,2	21	18,4	18,6	
8,2	8,4	23	18,6	18,8	
8,4	8,6	26	18,8	19,0	
8,6	8,8	27	19,0	19,2	
8,8	9,0	26	19,2	19,4	
9,0	9,2	29	19,4	19,6	
9,2	9,4	28	19,6	19,8	
9,4	9,6	31	19,8	20,0	
9,6	9,8		20,0	20,2	
9,8	10,0		20,2	20,4	
10,0	10,2		20,4	20,6	
10,2	10,4		20,6	20,8	

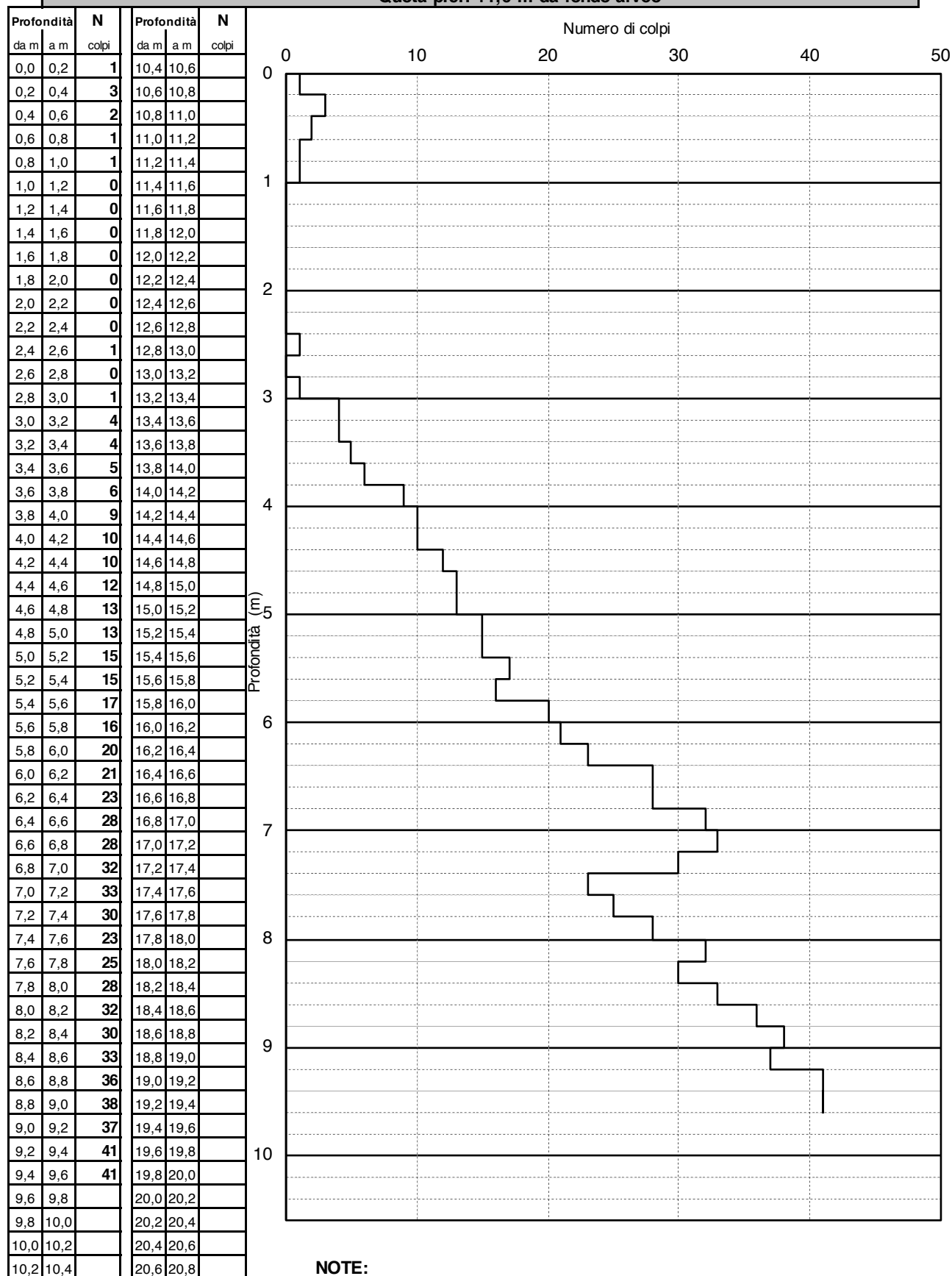


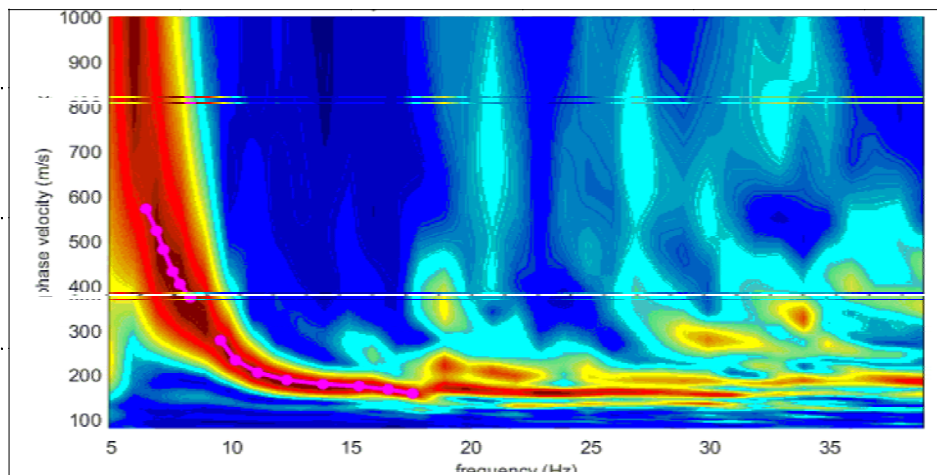
NOTE:

Committente: **Studio DiZeta Ingegneria**
 Progetto: **Ristrutturazione del Canale Lanza**
 Località: **Casale Monferrato (AL)**
 Data: **dicembre 2021**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE N. 20

Quota p.c.: +1,6 m da fondo alveo

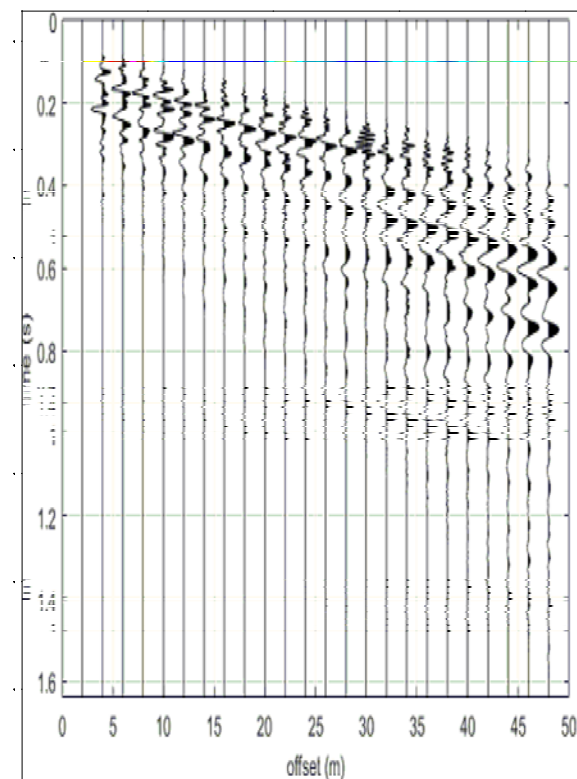




LEGENDA

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

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



Sismogramma

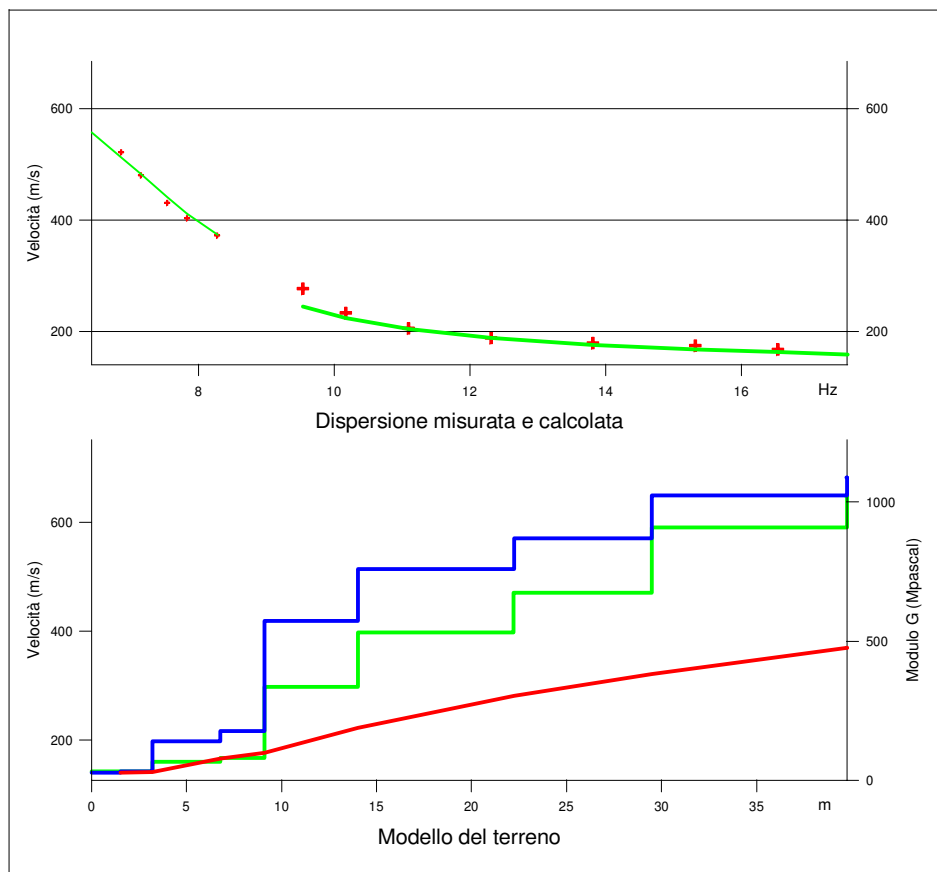


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.5	140	.011	140	32
1.5	3.2	143	.0117	142	34
3.2	6.8	198	.0181	167	67
6.8	9.1	217	.0106	177	81
9.1	14	419	.0118	222	337
14	22.2	514	.016	281	532
22.2	29.5	571	.0127	321	675
29.5	39.8	650	.0158	369	908

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 324 m/s

PROVA SISMICA VS30

Località: Casale Monferrato

Studio DZ Ingegneria

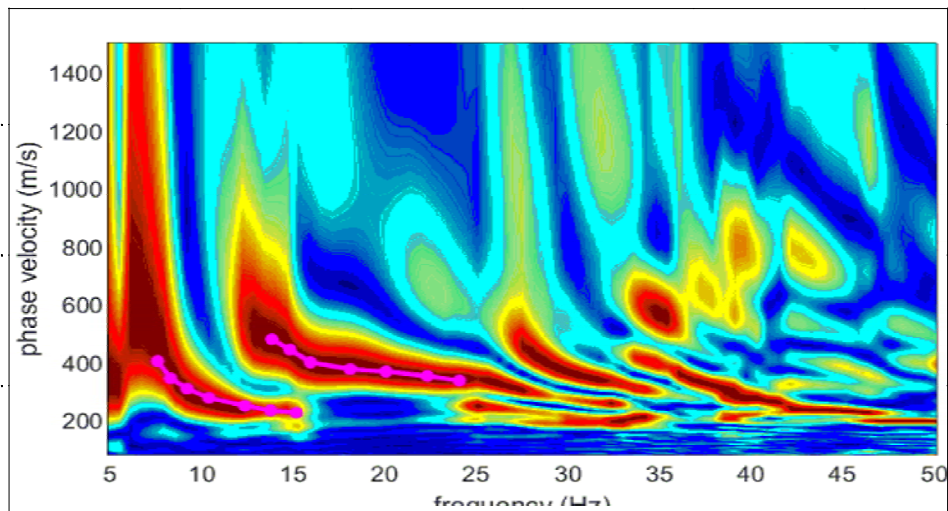
Ristrutturazione Canale Lanza

**VELOCITA' DELLE ONDE S
MASW 1**

All. 2/a

Dicembre 2021

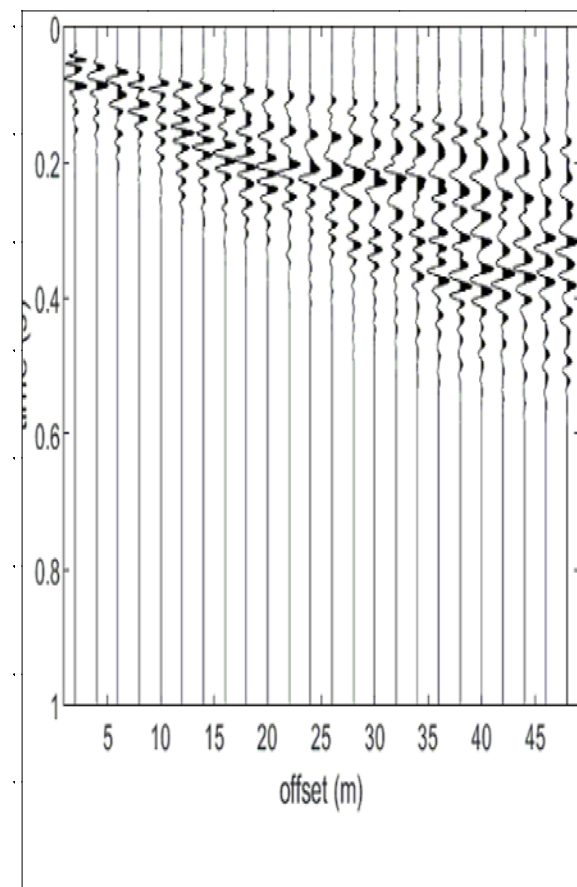
EEG
GEOFISICA
ELABORAZIONE DATI



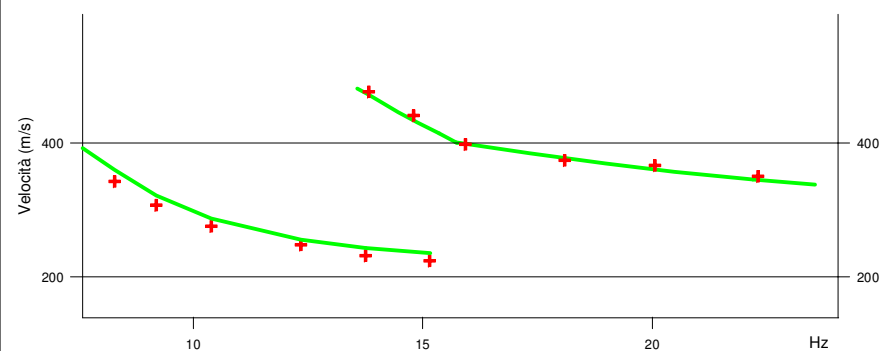
LEGENDA

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

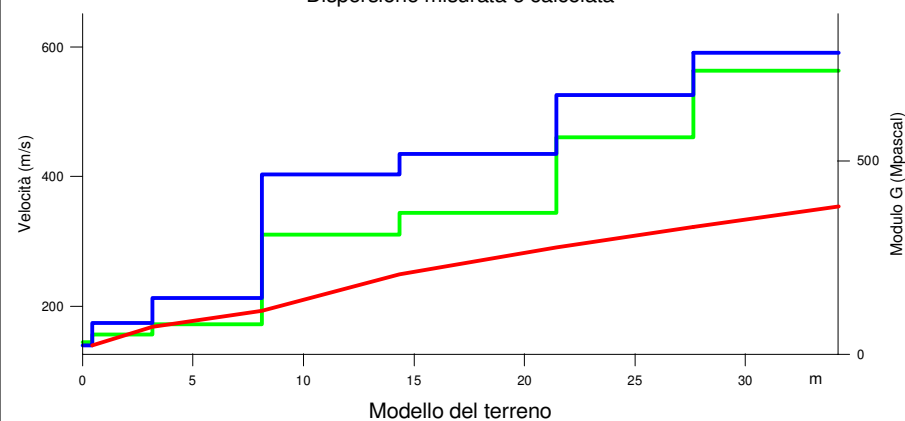
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.4	139	.0032	139	32
.4	3.2	174	.0156	168	51
3.2	8.1	213	.0233	193	77
8.1	14.3	404	.0154	249	310
14.3	21.4	435	.0164	290	365
21.4	27.6	526	.0118	323	560
27.6	34.2	592	.0112	354	732
34.2	76.9	499	.0854	422	498

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 335 m/s

PROVA SISMICA VS30

Località: Casale Monferrato

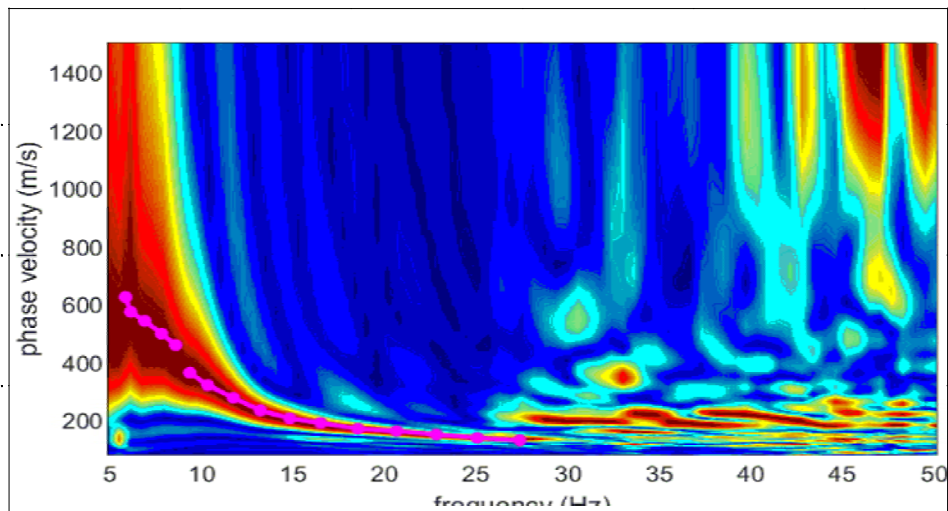
Studio DZ Ingegneria

Ristrutturazione Canale Lanza

VELOCITA' DELLE ONDE S MASW 2

All. 2/b

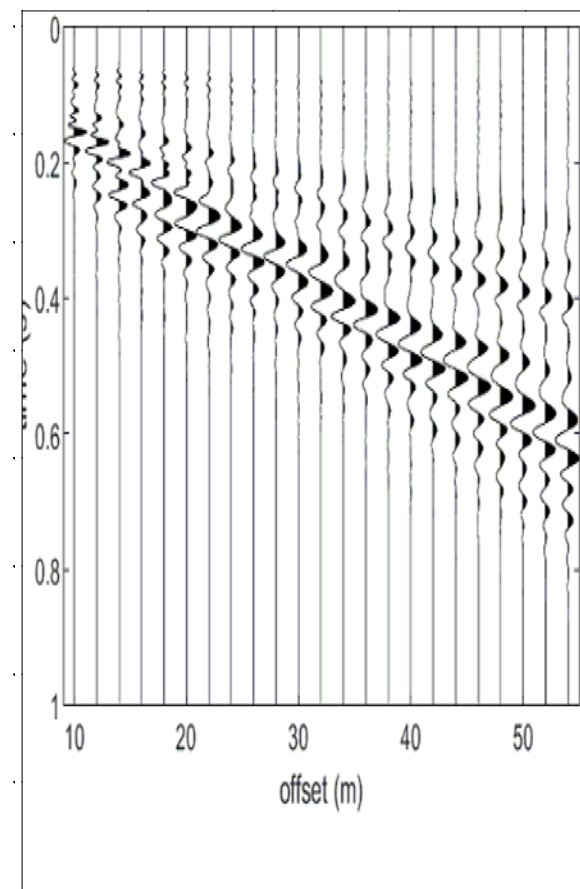
Dicembre 2021



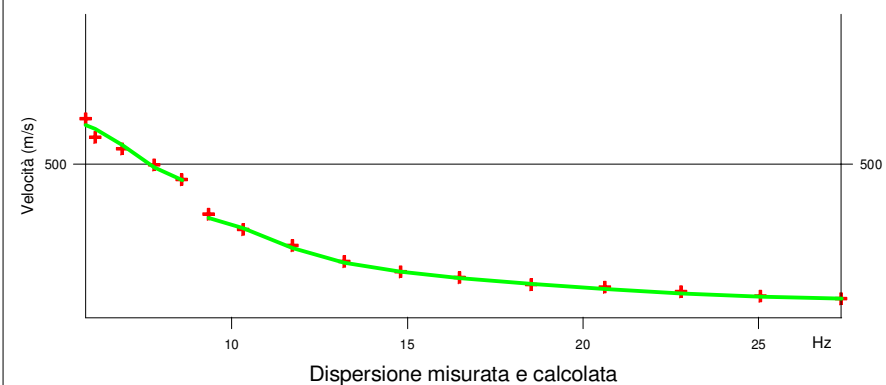
LEGENDA

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

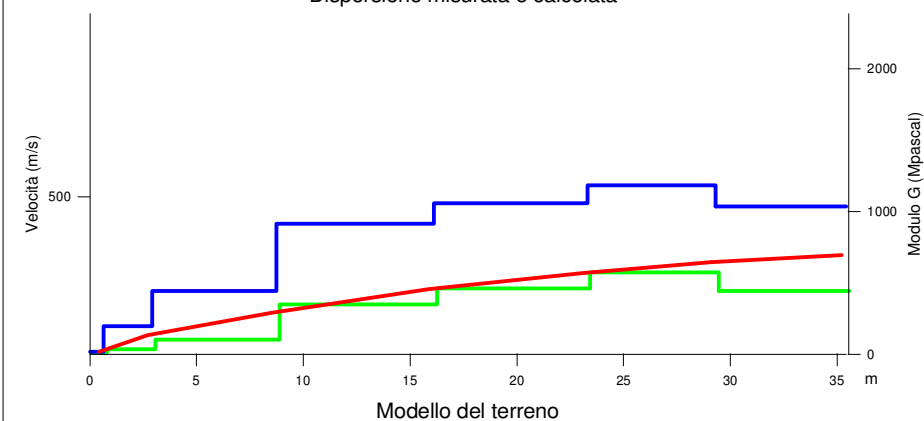
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D = 1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.7	78	.0084	78	10
.7	2.9	147	.0154	123	36
2.9	8.7	244	.0239	183	104
8.7	16.1	427	.0172	248	351
16.1	23.3	483	.0149	292	463
23.3	29.3	532	.0113	322	575
29.3	35.4	475	.0129	341	446

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 324 m/s

PROVA SISMICA VS30

Località: Casale Monferrato

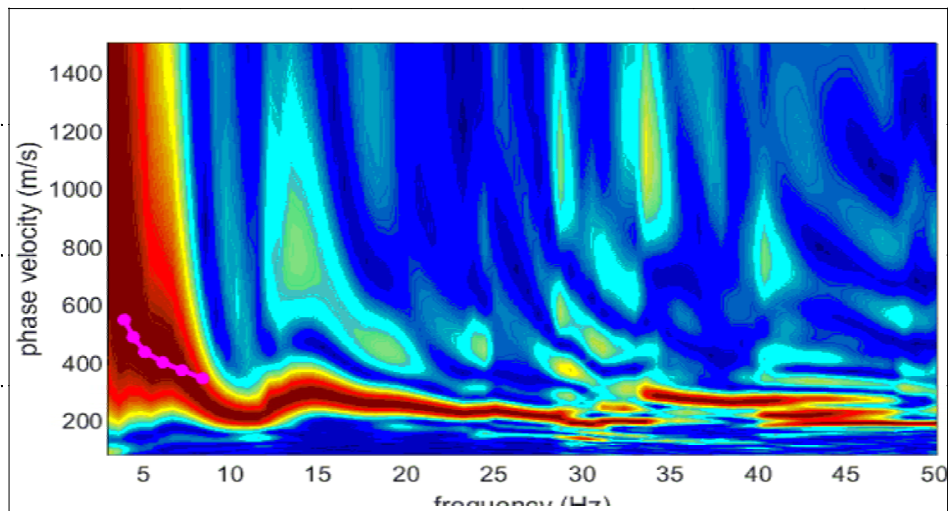
Studio DZ Ingegneria

Ristrutturazione Canale Lanza

**VELOCITA' DELLE ONDE S
MASW 3**

All. 2/c

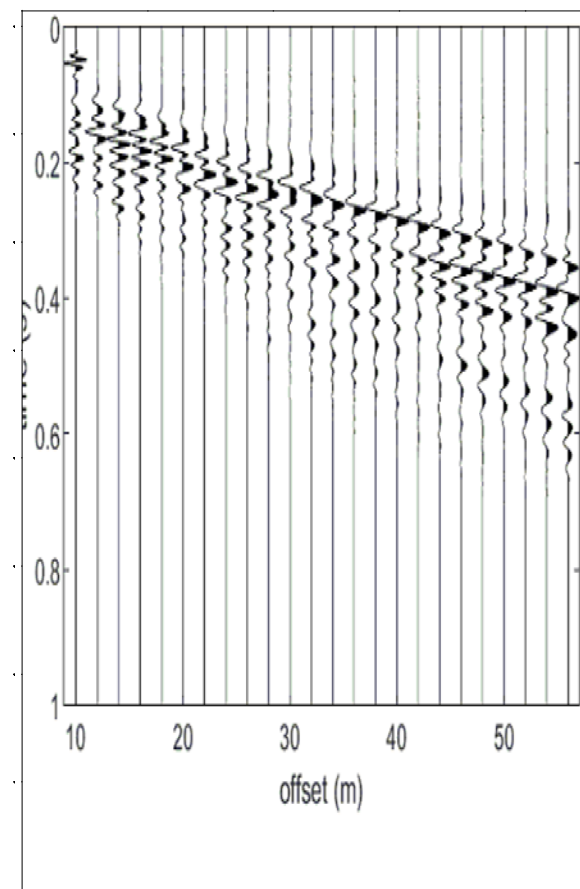
Dicembre 2021



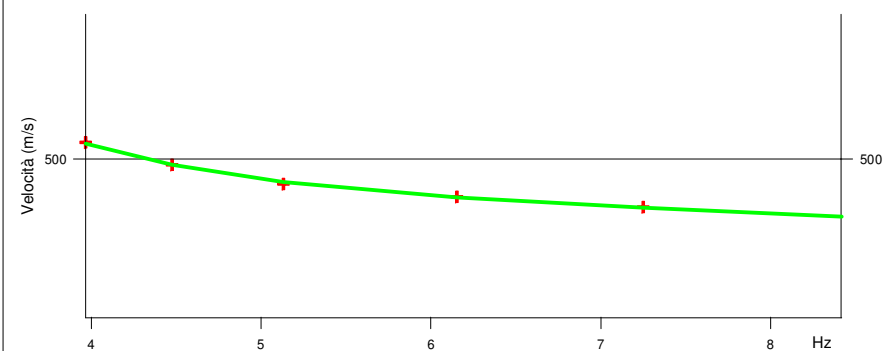
LEGENDA

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

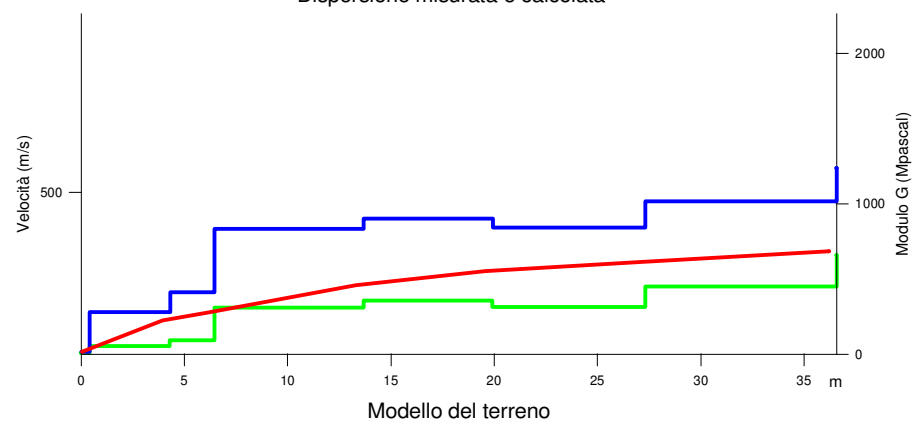
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.4	74	.0056	74	9
.4	4.3	180	.0216	158	54
4.3	6.5	233	.0093	177	94
6.5	13.7	403	.0179	252	309
13.7	19.9	430	.0145	289	356
19.9	27.3	406	.0182	313	314
27.3	36.6	477	.0194	343	450

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 323 m/s

PROVA SISMICA VS30

Località: Casale Monferrato

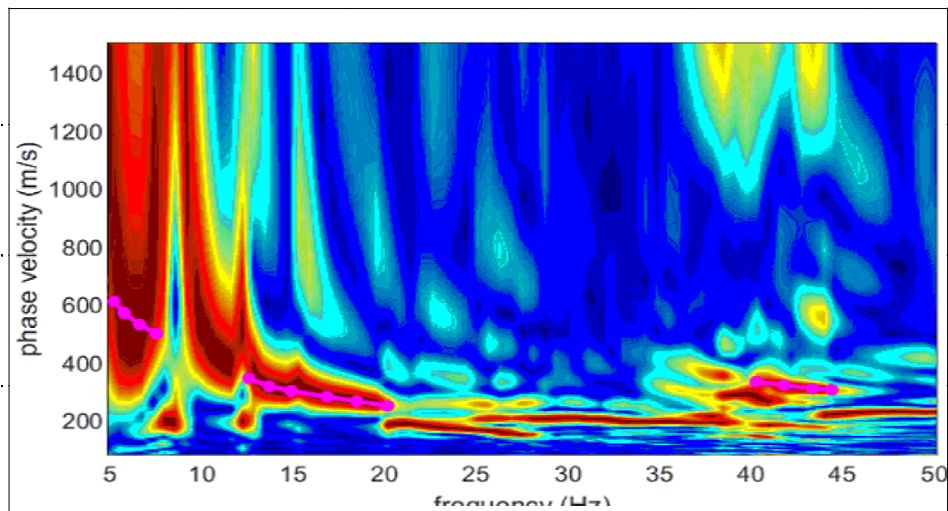
Studio DZ Ingegneria

Ristrutturazione Canale Lanza

**VELOCITA' DELLE ONDE S
MASW 4**

All. 2/d

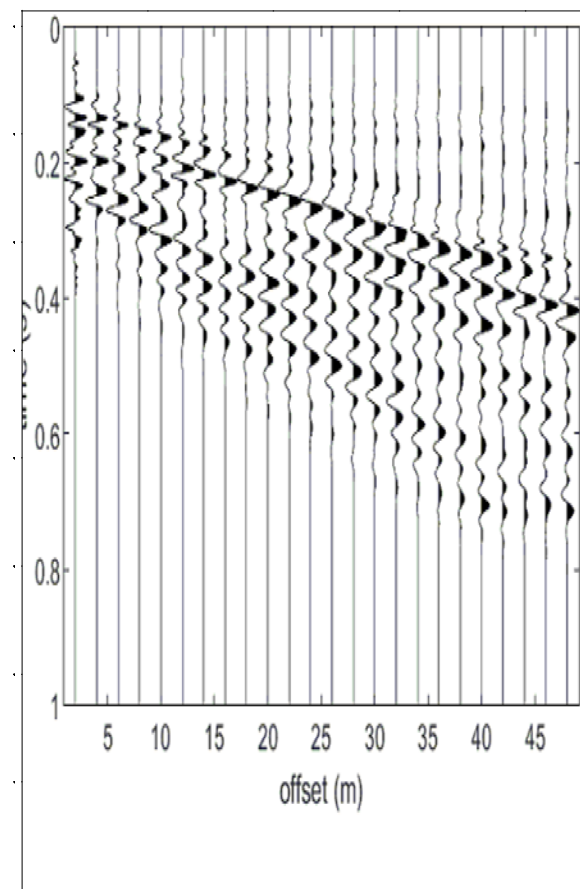
Dicembre 2021



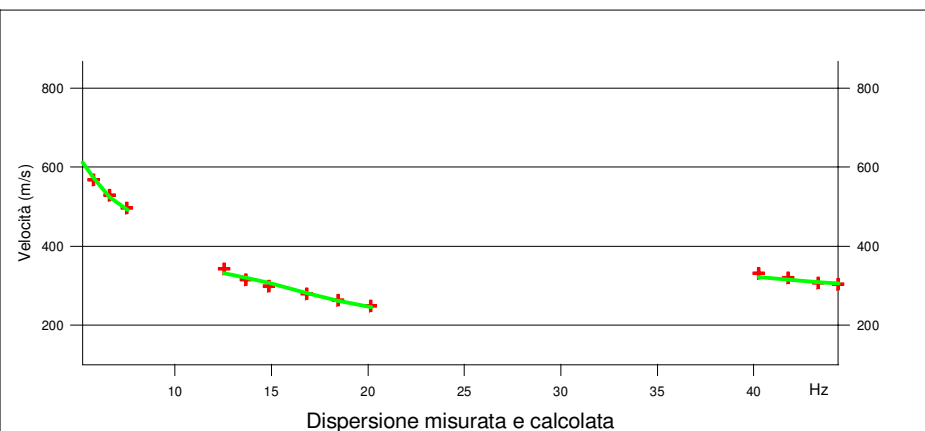
LEGENDA

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

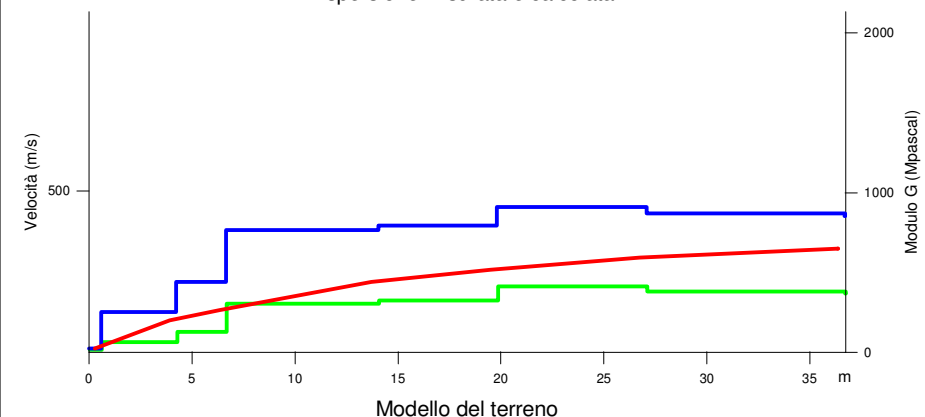
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D = 1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.6	100	.0059	100	16
.6	4.2	193	.0189	171	63
4.2	6.6	268	.009	197	127
6.6	14	400	.0185	269	305
14	19.8	411	.014	299	323
19.8	27.1	459	.0158	330	413
27.1	36.7	443	.0217	353	381

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 338 m/s

PROVA SISMICA VS30

Località: Casale Monferrato

Studio DZ Ingegneria

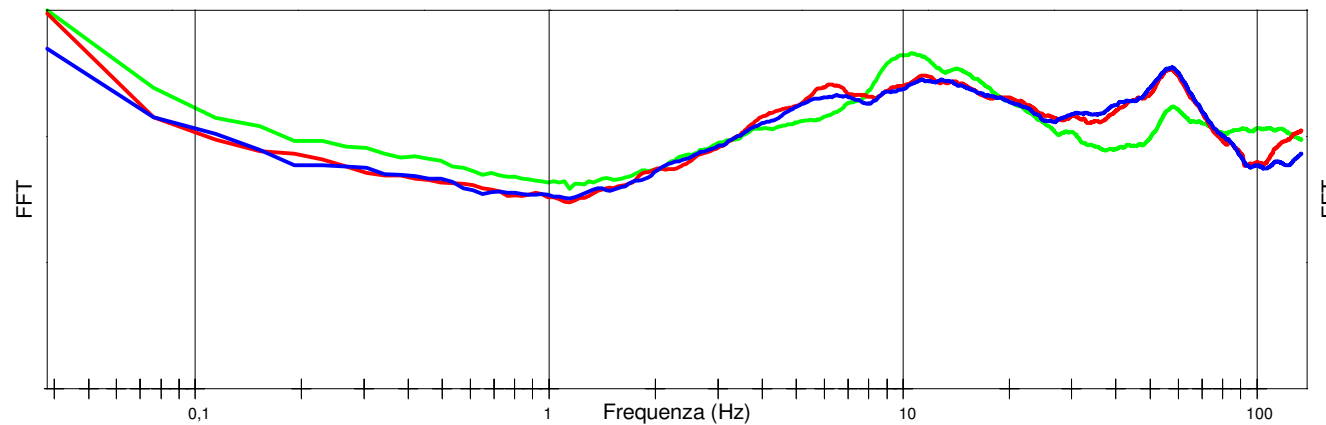
Ristrutturazione Canale Lanza

**VELOCITA' DELLE ONDE S
MASW 5**

All. 2/e

Dicembre 2021

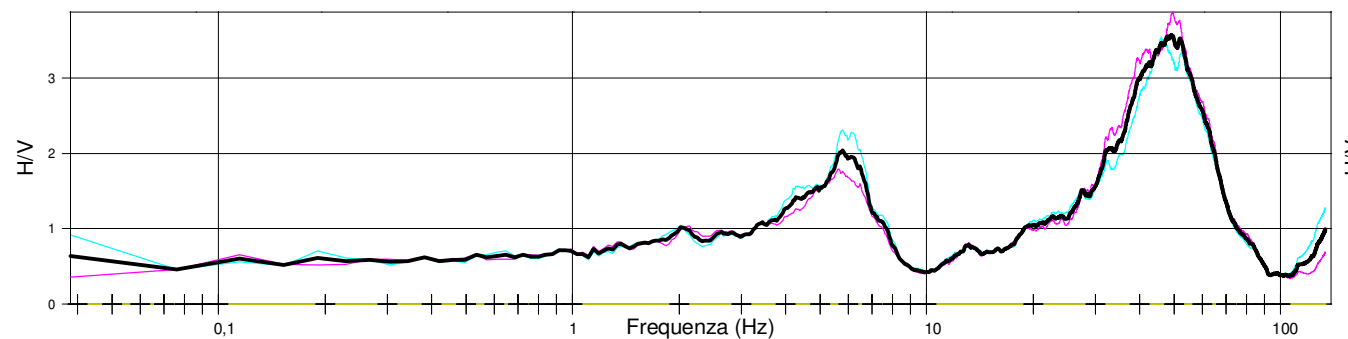
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA

- Spettro asse Z (verticale)
- Spettro asse X
- Spettro asse Y
- H/V direzione X
- H/V direzione Y
- H/V media

RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



Durata della registrazione 20' 32.1"

Campionamento 10 KHz

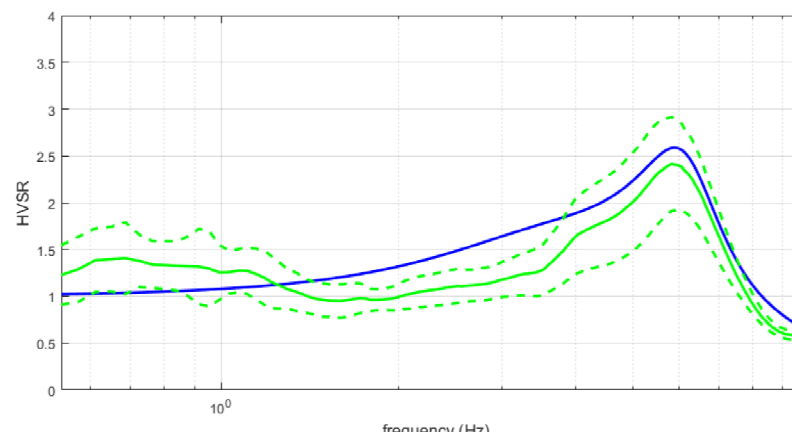
Finestra di campionamento 26,2 s

Picco alla frequenza: 5.84 Hz

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.5	140	.011	140	32
1.5	3.2	143	.0117	142	34
3.2	6.8	198	.0181	167	67
6.8	9.1	217	.0106	177	81
9.1	14	419	.0118	222	337
14	22.2	514	.016	281	532
22.2	29.5	571	.0127	321	675
29.5	39.8	650	.0158	369	908

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 324 m/s



PROVA H/V

Località: Casale Monferrato

Studio DZ Ingegneria

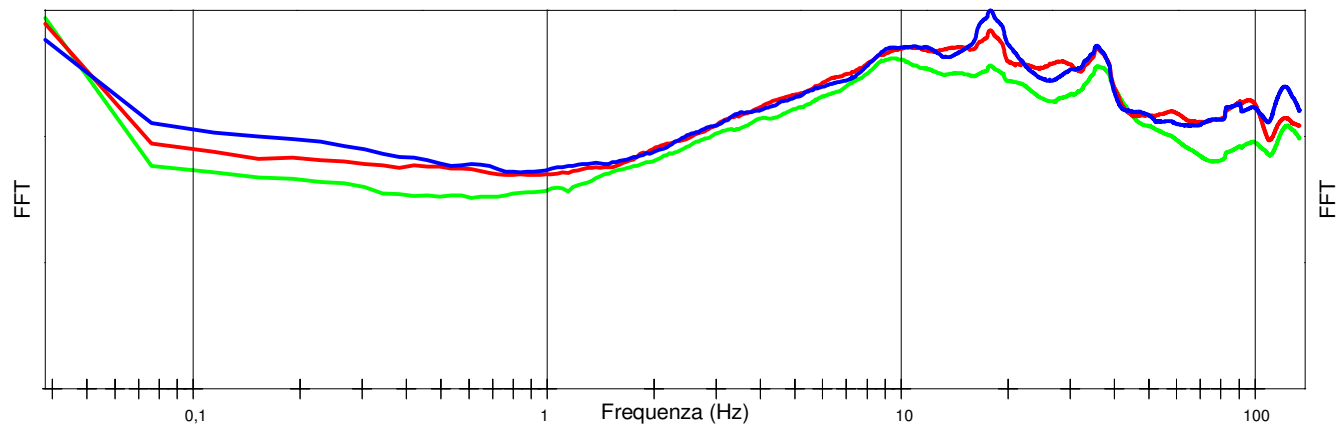
Ristrutturazione Canale Lanza

**SPETTRI DI FREQUENZA
PROVA 1 (B1697)**

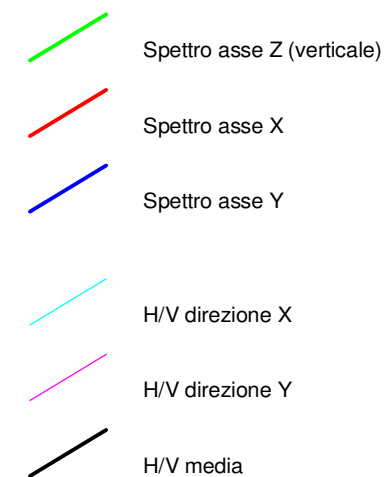
All. 3/a

Dicembre 2021

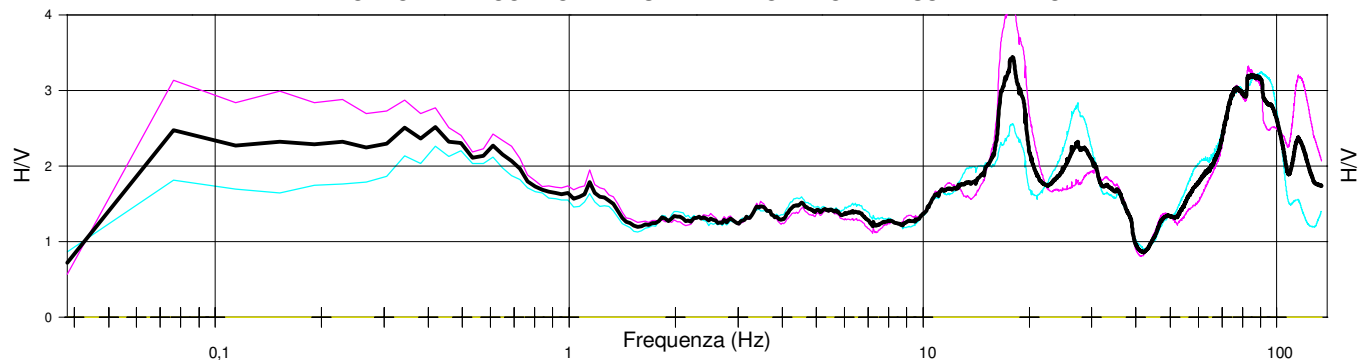
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



Durata della registrazione 20' 32.1"

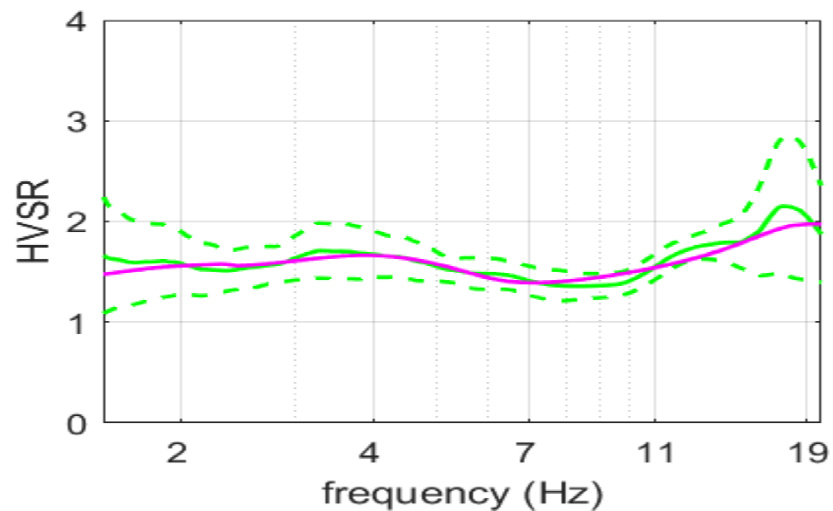
Campionamento 10 KHz

Finestra di campionamento 26,2 s

Assenza di picchi significativi alle frequenze d'interesse Ingegneristico

TABELLA DI CALCOLO

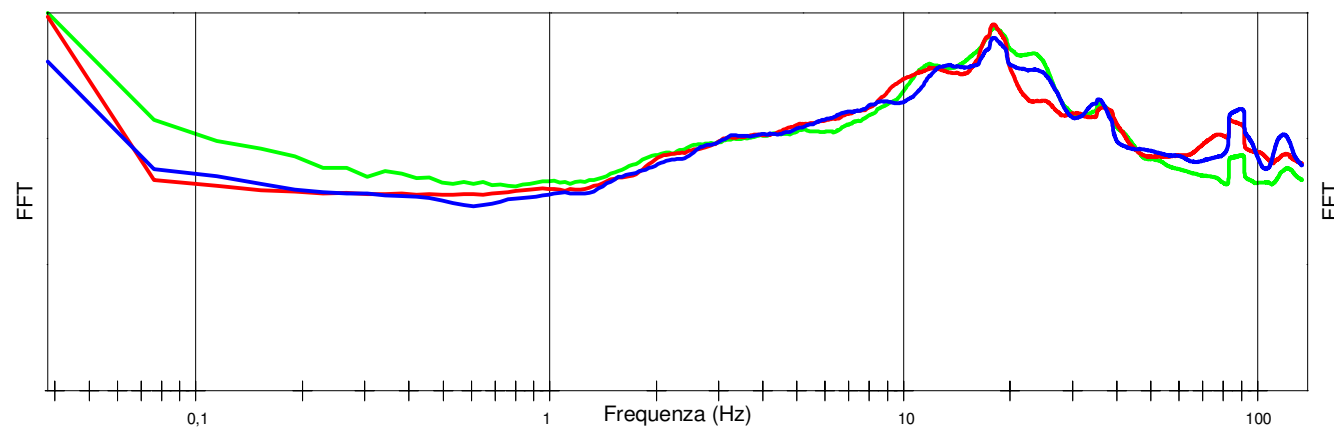
Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.4	139	.0032	139	32
.4	3.2	174	.0156	168	51
3.2	8.1	213	.0233	193	77
8.1	14.3	404	.0154	249	310
14.3	21.4	435	.0164	290	365
21.4	27.6	526	.0118	323	560
27.6	34.2	592	.0112	354	732
34.2	76.9	499	.0854	422	498

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 335 m/s**PROVA H/V****Località: Casale Monferrato****Studio DZ Ingegneria****Ristrutturazione Canale Lanza****SPETTRI DI FREQUENZA
PROVA 2 (B1709)**

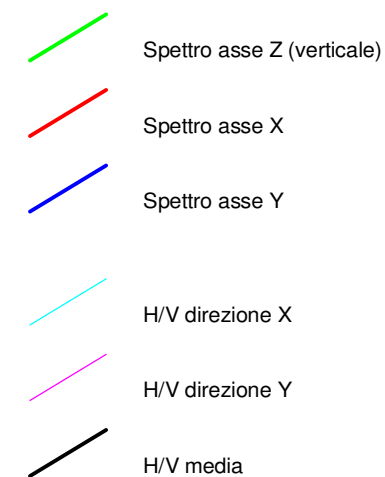
All. 3/b

Dicembre 2021

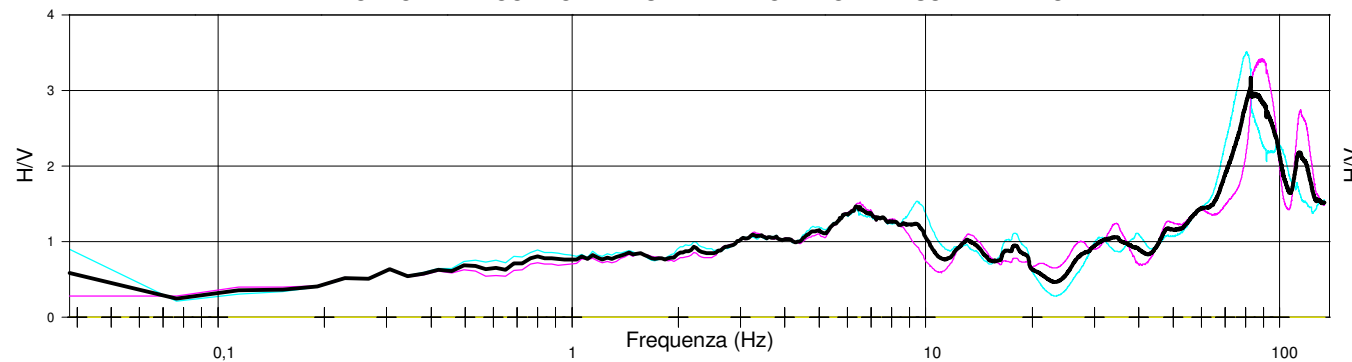
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



Durata della registrazione 20' 32.1"

Campionamento 10 Khz

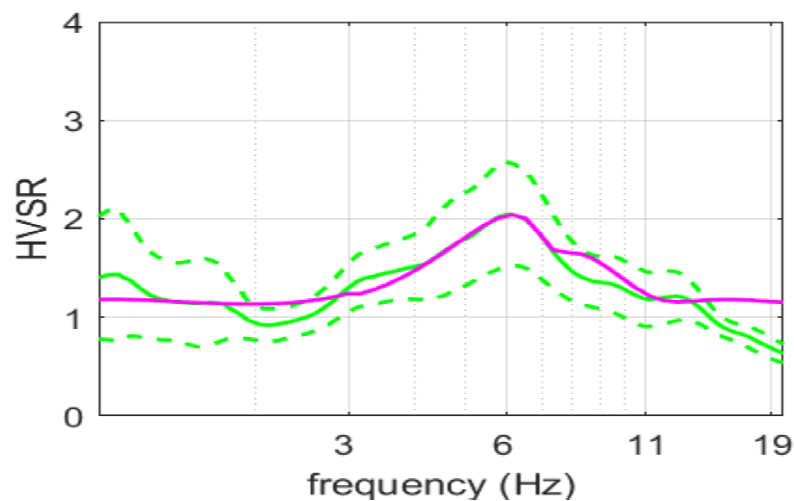
Finestra di campionamento 26,2 s

Picco alla frequenza: 6.07 Hz

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.7	78	.0084	78	10
.7	2.9	147	.0154	123	36
2.9	8.7	244	.0239	183	104
8.7	16.1	427	.0172	248	351
16.1	23.3	483	.0149	292	463
23.3	29.3	532	.0113	322	575
29.3	35.4	475	.0129	341	446

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 324 m/s

**PROVA H/V**

Località: Casale Monferrato

Studio DZ Ingegneria

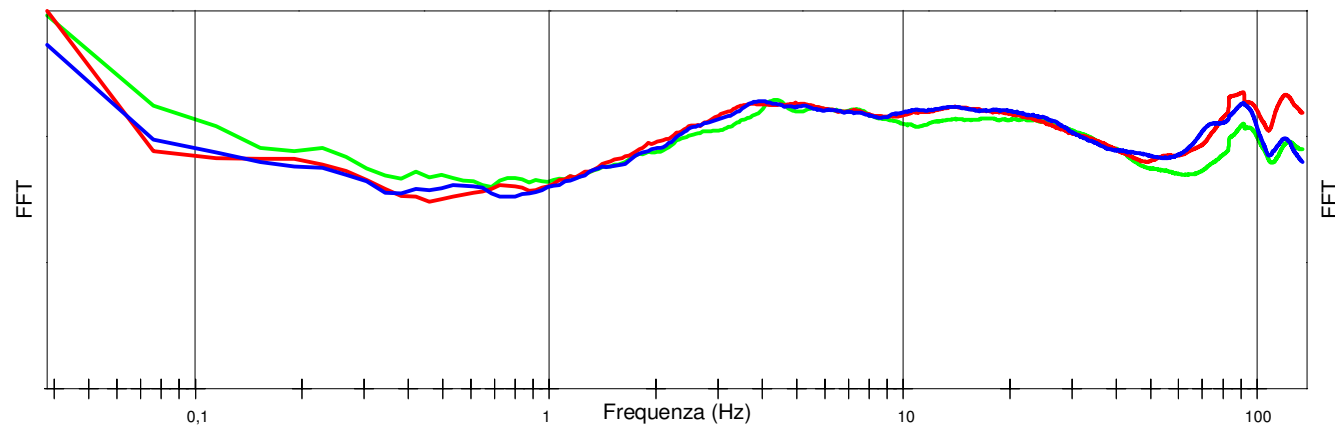
Ristrutturazione Canale Lanza

**SPETTRI DI FREQUENZA
PROVA 3 (B1720)**

All. 3/c

Dicembre 2021

COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA



Durata della registrazione 20' 32.1"

Campionamento 10 KHz

Finestra di campionamento 26,2 s

Assenza di picchi significativi alle frequenze d'interesse Ingegneristico

RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE

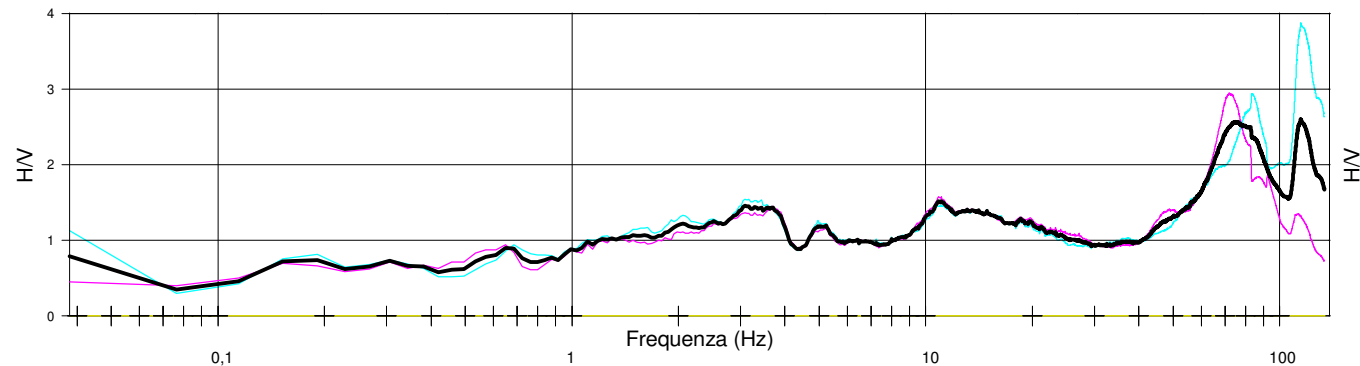
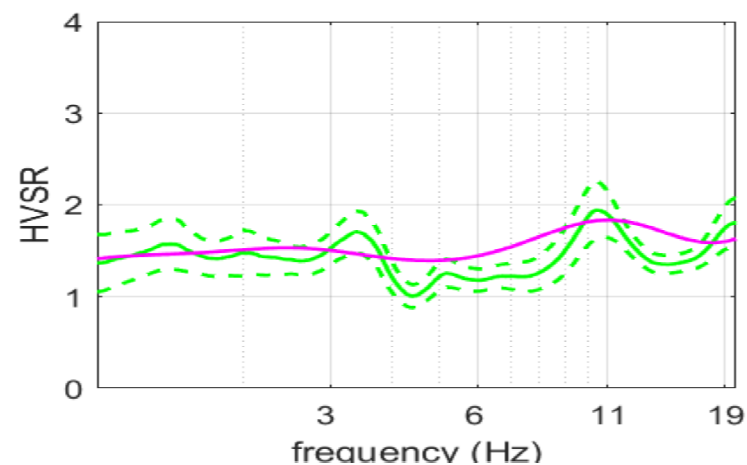


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.4	74	.0056	74	9
.4	4.3	180	.0216	158	54
4.3	6.5	233	.0093	177	94
6.5	13.7	403	.0179	252	309
13.7	19.9	430	.0145	289	356
19.9	27.3	406	.0182	313	314
27.3	36.6	477	.0194	343	450

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 323 m/s

**PROVA H/V**

Località: Casale Monferrato

Studio DZ Ingegneria

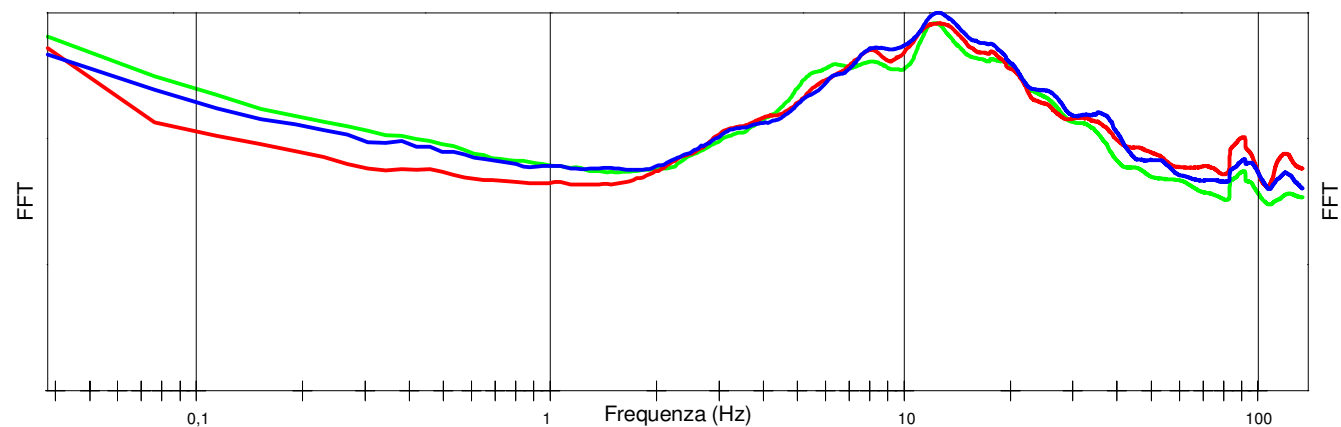
Ristrutturazione Canale Lanza

**SPETTRI DI FREQUENZA
PROVA 4 (B1770)**

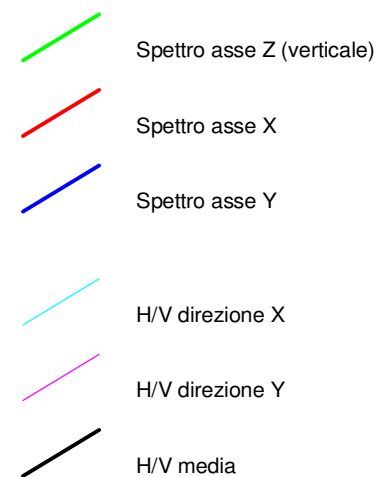
All. 3/d

Dicembre 2021

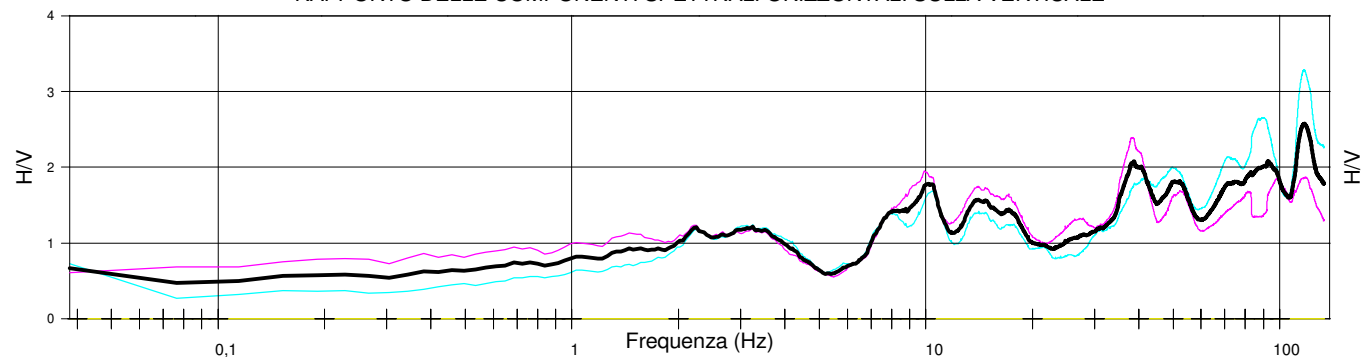
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



Durata della registrazione 20' 32.1"

Campionamento 10 Khz

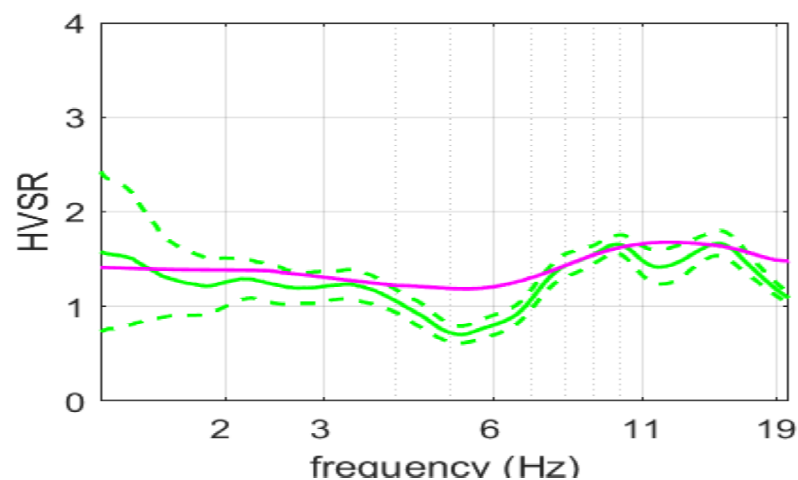
Finestra di campionamento 26,2 s

Assenza di picchi significativi alle frequenze d'interesse Ingegneristico

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.6	100	.0059	100	16
.6	4.2	193	.0189	171	63
4.2	6.6	268	.009	197	127
6.6	14	400	.0185	269	305
14	19.8	411	.014	299	323
19.8	27.1	459	.0158	330	413
27.1	36.7	443	.0217	353	381

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 338 m/s

**PROVA H/V**

Località: Casale Monferrato

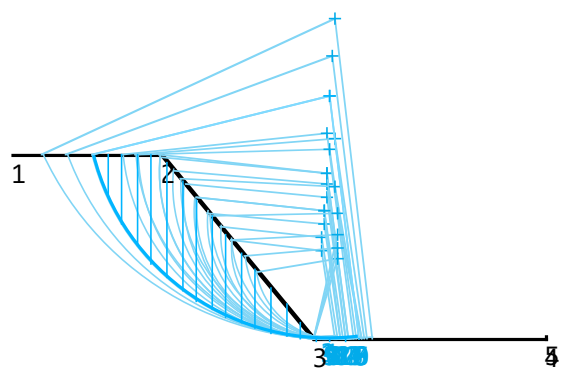
Studio DZ Ingegneria

Ristrutturazione Canale Lanza

**SPETTRI DI FREQUENZA
PROVA 5 (B1759)**

All. 3/e

Dicembre 2021



S1 GAMMA=1700.0
FI=26.9 CU=0.10

CARATTERISTICHE DEGLI STRATI

Num	Descrizione	Gamma	CU	FI	Porosità
1		1700.0	0.10	26.90	0.00

Coefficiente di sicurezza minimo = 2.030

da 0.00 a 0.70



da 0.70 a 0.90



da 0.90 a 1.10



da 1.10 a 1.30



da 1.30 a 1.60



Altri valori



VERIFICA STABILITA' DEI PENDII

DATI GENERALI

Unità di misura utilizzate: lunghezza: m; pressione: Kg/cm²; peso specifico: kg/m³; forza lineare: Kg/m.

Massima larghezza concio di calcolo: 0.200
Prodotto dei coefficienti sismici : 0.000
Coefficiente sismico verticale : 0.000
Coefficiente riduzione attrito : 1.250
Coefficiente riduzione coesione : 1.250
Coeff. amplif. carichi esercizio : 1.000
Coeff. carichi esercizio per sisma : 0.300

COORDINATE DEI PROFILI

Profilo Nodo		X	Y
Pendio	1	5.470	21.170
Pendio	2	7.430	21.150
Pendio	3	9.460	18.730
Pendio	4	12.520	18.730
Pendio	5	12.520	18.770

CARATTERISTICHE DEGLI STRATI

Num	Descrizione	Gamma	CU	FI	Porosità
1		1700.0	0.10	26.90	0.00

GEOMETRIA DEI CERCHI DI SCORRIMENTO

num	X centro	Y centro	Raggio
1	9.56	19.91	1.19
2	9.65	20.94	2.22
3	9.57	20.08	1.37
4	9.59	20.25	1.54
5	9.60	20.42	1.71
6	9.62	20.59	1.88
7	9.63	20.77	2.05
8	9.74	22.97	4.27
9	9.59	20.42	1.71
10	9.62	20.93	2.22
11	9.65	21.44	2.73
12	9.68	21.95	3.25
13	9.71	22.46	3.76
14	9.66	21.23	2.53

15	9.78	19.78	1.08
16	9.73	21.36	2.66
17	9.75	20.76	2.06
18	9.76	20.38	1.68
19	9.77	20.12	1.42
20	9.77	19.93	1.23

COORDINATE DELLE SUPERFICI DI SCORRIMENTO

num	Nodo	X	Y
-----	------	---	---

CARICHI SUL PENDIO

Tratto strutt	Lungh. Variabile	Struttura sinistra	Non Strutt sinistra	Variabile sinistra	Struttura destra	Non
destra	destra					

RISULTATI

Calcolo effettuato con il metodo di Bishop
RIEPILOGO CERCHI

num	X centro	Y centro	Raggio	F	Sit Carico
1	9.56	19.91	1.19	4.012	1
2	9.65	20.94	2.22	2.416	1
3	9.57	20.08	1.37	3.588	1
4	9.59	20.25	1.54	3.253	1
5	9.60	20.42	1.71	2.984	1
6	9.62	20.59	1.88	2.762	1
7	9.63	20.77	2.05	2.575	1
8	9.74	22.97	4.27	2.065	1
9	9.59	20.42	1.71	2.932	1
10	9.62	20.93	2.22	2.358	1
11	9.65	21.44	2.73	2.102	1
12	9.68	21.95	3.25	2.030	1
13	9.71	22.46	3.76	2.031	1
14	9.66	21.23	2.53	2.225	1
15	9.78	19.78	1.08	6.307	1
16	9.73	21.36	2.66	2.268	1
17	9.75	20.76	2.06	3.031	1
18	9.76	20.38	1.68	4.071	1
19	9.77	20.12	1.42	4.016	1
20	9.77	19.93	1.23	5.032	1

CERCHIO CRITICO N° 12

Larghezza del concio.....=0.197

Situazione di carico numero 1

Coefficiente di sicurezza F =2.030

Numero iterazioni = 2

Precisione =0.00648

Concio n°	Alfa °	L ml	CU kg/cm2	FI °	W kg/ml	WS kg/ml
1	-70.61	0.593	0.080	26.9	106.7	0.0
2	-61.70	0.415	0.080	26.9	252.1	0.0
3	-55.01	0.343	0.080	26.9	357.7	0.0
4	-49.31	0.302	0.080	26.9	441.5	0.0
5	-44.22	0.275	0.080	26.9	510.8	0.0
6	-39.54	0.255	0.080	26.9	497.7	0.0
7	-35.17	0.241	0.080	26.9	469.4	0.0
8	-31.01	0.230	0.080	26.9	433.8	0.0
9	-27.04	0.221	0.080	26.9	391.7	0.0
10	-23.20	0.214	0.080	26.9	344.0	0.0
11	-19.46	0.209	0.080	26.9	291.2	0.0
12	-15.82	0.205	0.080	26.9	233.6	0.0
13	-12.23	0.201	0.080	26.9	171.5	0.0
14	-8.70	0.199	0.080	26.9	105.1	0.0
15	-5.20	0.198	0.080	26.9	34.5	0.0
16	-1.71	0.197	0.080	26.9	7.6	0.0
17	1.76	0.197	0.080	26.9	7.6	0.0
18	5.24	0.198	0.080	26.9	3.5	0.0

Σ	3754.5
---	--------

Concio n°	C*Lc+(Wc+u*Lc)*tg(ø) kg/ml	m	Ms kg/ml	Mr kg/ml
1	200.8	0.1	385.3	-100.7
2	259.8	0.3	399.3	-222.0
3	302.7	0.4	410.2	-293.0
4	336.7	0.5	418.8	-334.8
5	364.8	0.6	426.0	-356.3
6	359.5	0.6	400.0	-316.9
7	348.0	0.7	373.0	-270.4
8	333.6	0.8	347.3	-223.5
9	316.5	0.8	322.3	-178.1
10	297.1	0.8	297.7	-135.5
11	275.7	0.9	273.1	-97.0
12	252.3	0.9	248.1	-63.7
13	227.1	0.9	222.7	-36.3
14	200.2	1.0	196.5	-15.9
15	171.5	1.0	169.1	-3.1
16	160.6	1.0	159.7	-0.2
17	160.6	1.0	161.7	0.2
18	158.9	1.0	162.6	0.3

 Σ

5373.5

-2646.7