



## ***CITTÀ DI ALESSANDRIA***

*Settore Urbanistica e Patrimonio*

*Servizio Pianificazione Generale*

### **VARIANTE PARZIALE Marzo 2022 EX ART. 17 5° COMMA L.R. 56/77 E S.M.I. PROGETTO DEFINITIVO**

## **RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA**

COMMITTENTE: GRUPPO PAM S.p.A.

COMMESSA: PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO  
COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO  
DESTINATO AD ATTIVITÀ DI LOGISTICA E  
DEPOSITO IN COMUNE DI ALESSANDRIA

ELABORATO: RELAZIONE GEOLOGICA

DATA EMISSIONE: 06/12/2021

GRUPPO DI LAVORO: Geol. Andrea Cavalli

DIREZIONE TECNICA: Geol. Andrea Cavalli

REDAZIONE: Geol. Andrea Cavalli

## INDICE

<b>1. INQUADRAMENTO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E DELLA RELAZIONE GEOLOGICA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INDAGINI GEOGNOSTICHE E RELAZIONE GEOLOGICA – FASE 1 .....</b>	<b>5</b>
<b>3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E RELAZIONE GEOLOGICA – FASE 2 .....</b>	<b>6</b>

## **1. INQUADRAMENTO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E DELLA RELAZIONE GEOLOGICA**

Ethos engineering s.r.l. ha conferito al dott. Geol. Cavalli l'incarico per l'esecuzione delle indagini geognostiche e la redazione della relazione geologica a supporto delle opere civili contemplate nell'ambito del Piano Esecutivo Convenzionato. Tali opere sono sommariamente di seguito elencate:

- strutture civili del fabbricato adibito alle attività di deposito e logistica;
- infrastrutture stradali ed impiantistiche funzionali all'iniziativa;
- sistemi di infiltrazione nel sottosuolo delle acque di precipitazione;
- interventi di adeguamento dell'arginatura sinistra del Fiume Bormida in corrispondenza di tre forniche esistenti lungo la tangenziale di Alessandria.

Le attività di indagini geologiche - tecniche sono state condotte in due fasi:

- fase 1 (maggio-giugno 2021):
  - o esecuzione di un piano di indagini geognostiche articolato nelle prospezioni seguenti:
    - esecuzione di n. 12 prove penetrometriche dinamiche/statiche utilizzando un penetrometro statico-dinamico super pesante PAGANI TG 630-100 KN spinte ad una profondità d'indagine di variabile da 10 a 15 metri dal piano campagna fino a rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro;
    - esecuzione di n. 2 prospezioni sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la caratterizzazione dei parametri sismici del terreno;
    - esecuzione di n. 5 prove di permeabilità in foro, in zone circostanti l'area di edificazione in progetto, entro i primi 3 metri, per la misura della permeabilità delle argille e limi sabbiosi superficiali ed il top dello strato ghiaioso, utilizzando la sonda penetrometrica PAGANI TG 63-100 KN attrezzata di aste elicoidali;
    - esecuzione di n. 2 carotaggi stratigrafici continui spinti ad una profondità di 15 metri dal piano campagna, di cui uno attrezzato di piezometri in PVC a tubo aperto (diam 3");
    - esecuzione di n. 4 prove SPT (Standard Penetration Test) in ogni foro di sondaggio foro per acquisizione parametri geotecnici;

- esecuzione di n. 2 prove di permeabilità in foro a carico variabile a quote comprese tra -7 e -15 metri dal p.c;
- redazione di relazione interpretativa e geologica comprendente la caratterizzazione geologica, idrogeologica, stratigrafica e litotecnica delle aree indagate;
- fase 2 (luglio 2021):
  - approfondimento della caratterizzazione idrogeologica mediante esecuzione di n. 5 prove di permeabilità a carico variabile in fori di carotaggio, a quote comprese tra -3,00 e -5,00 metri dal piano campagna;
  - redazione di relazione interpretativa.

Si riportano nel seguito i rapporti geologico-tecnici di cui alle fasi 1 e 2.

## **2. INDAGINI GEOGNOSTICHE E RELAZIONE GEOLOGICA – FASE 1**

# Relazione geologica

STUDIO DI GEOLOGIA DOTT. CAVALLI ANDREA

Via Raffaello n.9 – 15048 Valenza (AL)

Mail: andrea.cavalli@geologiacavalli.it

Tel.0131950552 - Cell.3397226825 – 3474415525 FAX:0131952227

PIVA: 02258680061 CF: CVLNDR67D04A1820

www.geologiacavalli.it

 GEOLOGIA CAVALLI



***REGIONE PIEMONTE***

***PROVINCIA DI ALESSANDRIA***

***COMUNE DI ALESSANDRIA***

***OGGETTO***

***INTERVENTO DI SVILUPPO PER LA COSTRUZIONE DI UN  
EDIFICIO DESTINATO AD ATTIVITA' LOGISTICA/DEPOSITO  
IN ALESSANDRIA***

***TERRENI DI PROPRIETA'***

***SOC. CI CIEFFE SRL***

# INDICE

CAPITOLO 1.0 - Premessa	PG 3 - 5
CAPITOLO 2.0 - Lineamenti geologici ed idrogeologici del sito	PG 6 -11
CAPITOLO 3.0 - Pericolosità sismica del sito	PG 12 - 36
CAPITOLO 4.0 - Prove penetrometriche (P01-P012)	PG 37 - 75
CAPITOLO 5.0 - Caratterizzazione idrogeologica del terreno – Prove di permeabilità a carico variabile- L01-L05	PG 76- 86
CAPITOLO 6.0 - Carotaggi stratigrafici (S01-S02)	PG 87 - 109
CAPITOLO 7.0 - Unità litotecniche del sottosuolo	PG 110 - 113
CAPITOLO 8.0 – Conclusioni	PG 114 - 115

# CAPITOLO 1.0

## Premessa

A corredo degli atti di progetto inerenti al progetto di “INTERVENTO DI SVILUPPO PER LA COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO DESTINATO AD ATTIVITA’ LOGISTICA/DEPOSITO IN ALESSANDRIA. TERRENI DI PROPRIETA’ DELLA SOC. CI CIEFFE SRL nel Comune di Alessandria, la Soc. *ETHOS ENGINEERING S.r.l.* ha conferito allo scrivente l’incarico di elaborare la relazione geologica al fine di caratterizzare le peculiarità litologiche e litotecniche del sottosuolo, in ossequio al D.M. 17 gennaio 2018 N.T.C. (Norme Tecniche delle Costruzioni) e Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C.

L’area oggetto di indagine è ubicata a Sud Est del concentrico di Alessandria, ed interessa un vasto appezzamento di terreno a morfologia pianeggiante ad una quota media variabile da 91.00 a 91.60 m.s.l.m., ed occupa una superficie areale coperta di oltre 95 Ha circa. Tale area confina ad Est con la tangenziale (SP 30), ad Ovest con Via San Giovanni Bosco, a Nord verso Corso Giuseppe Romita, a Sud con la nuova centrale di teleriscaldamento Egea.

L’indagine si è articolata mediante l’esecuzione di un rilievo geologico della zona e di un vasto intorno significativo al fine di individuare le peculiarità geomorfologiche dell’area ed è proseguita mediante l’esecuzione delle seguenti indagini geognostiche concordate con la D.L.

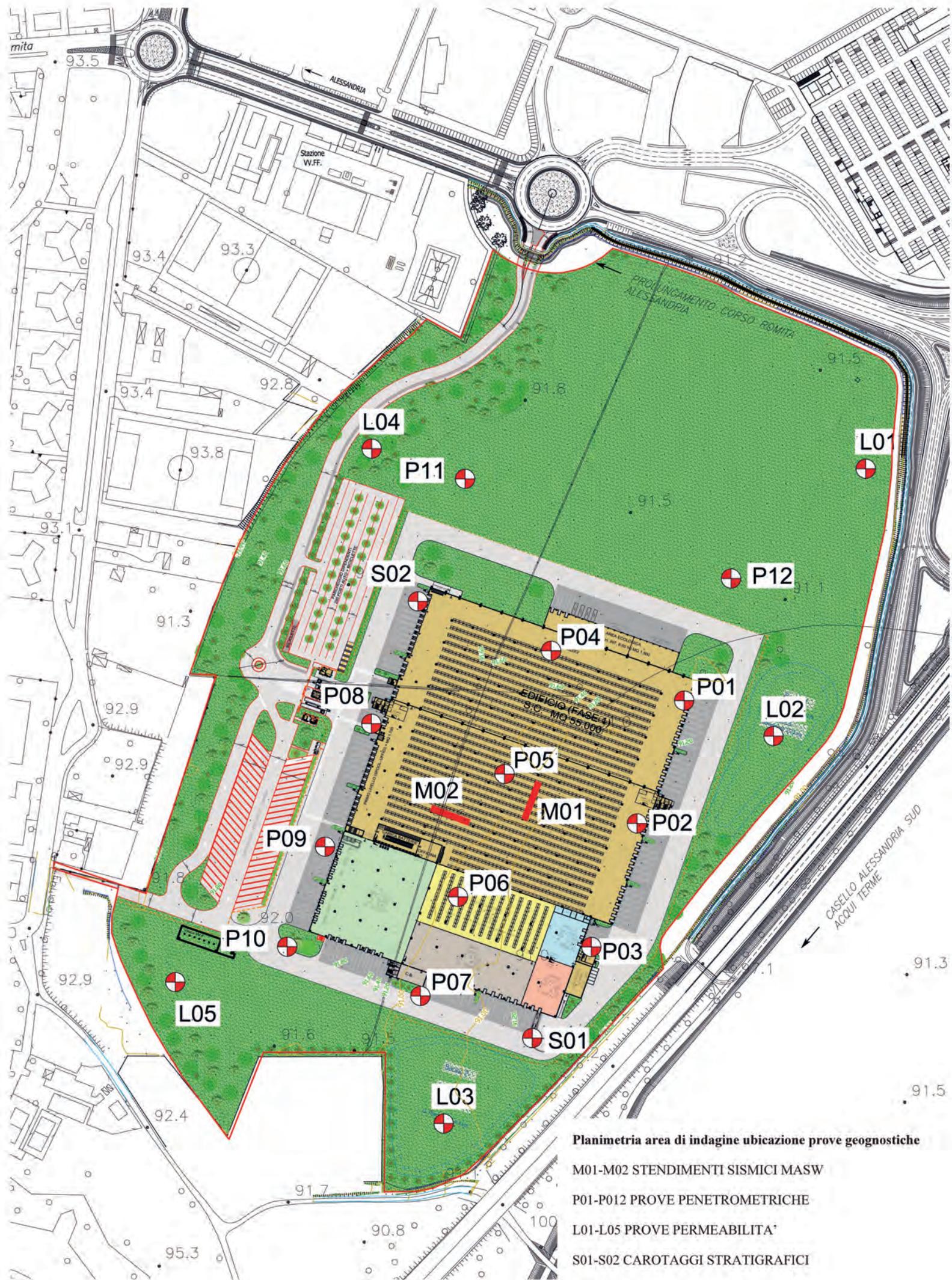
1) **Esecuzione di n.12 prove penetrometriche** dinamiche/statiche utilizzando un penetrometro statico-dinamico super pesante PAGANI TG 630-100 KN spinte ad una profondità d’indagine di variabile da 10 a 15 metri dal piano campagna fino a rifiuto all’avanzamento delle aste del penetrometro.

2) **Esecuzione di n.2 prospezioni sismiche MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la caratterizzazione dei parametri sismici del terreno come richiesto dalla Normativa (Vsequivalente e categoria di terreno).

3) **Esecuzione di n.5 prove di permeabilità in foro**, in zone circostanti l’area di edificazione in progetto, entro i primi 3 metri, per la misura della permeabilità delle argille e limi sabbiosi superficiali ed il top dello strato ghiaioso, utilizzando la sonda penetrometrica PAGANI TG 63-100 KN attrezzata di aste elicoidali.

4) **Esecuzione di n.2 carotaggi stratigrafici** continui spinti ad una profondità di 15 metri dal piano campagna, di cui uno attrezzato di piezometri in PVC a tubo aperto (diam 3”). Esecuzione di N.4 prove SPT (Standard Penetration Test) in ogni foro di sondaggio foro per acquisizione parametri geotecnici. Esecuzione di N.2 prove di permeabilità in foro a carico variabile a quote comprese tra -7 e -15 metri dal p.c.





**Planimetria area di indagine ubicazione prove geognostiche**

- M01-M02 STENDIMENTI SISMICI MASW
- P01-P012 PROVE PENETROMETRICHE
- L01-L05 PROVE PERMEABILITA'
- S01-S02 CAROTAGGI STRATIGRAFICI

## CAPITOLO 2.0

### Lineamenti geologici ed idrogeologici del sito

Per quanto riguarda gli aspetti geologici, sottostante la coltre il suolo agrario e la alterazione superficiale, nell'area affiorano terreni appartenenti alla formazione geologica conosciuta con il nome di *“Alluvioni prevalentemente argillose della superficie principale a Sud del Po, attribuibili in parte alle Alluvioni postglaciali ed in parte al Fluviale Recente”* (Foglio n.70 Alessandria della Carta Geologica d'Italia).

Trattasi di depositi lasciati durante l'Olocene inferiore (nelle fasi interglaciali) dai corsi d'acqua che scendevano con direzione Nord verso il centro della pianura alessandrina, formando estese conoidi di sedimenti prevalentemente fini su depositi più antichi anch'essi di origine fluviale ed aventi uno spessore di circa 20 m, successivamente erosi dagli attuali corsi d'acqua (Fiume Bormida in sponda orografica sinistra), i quali a loro volta hanno depositato altri sedimenti più recenti.

Nell'area oggetto d'indagine fino ad una profondità media di 3/4 metri circa dal piano campagna la successione stratigrafica locale è costituita terreni a granulometria fine a composizione prevalentemente sabbiosa-limosa, a cui seguono fino ad una profondità di 15 metri circa dal p.c. sabbie e sabbie ghiaiose e ghiaie con intercalazioni lentiformi di limi ed argille sabbiose caratterizzanti la parte sommitale della formazione geologica affiorante, mentre più in profondità seguono successioni di ghiaie e sabbie a granulometria più grossolana con intercalazioni lentiformi di limi argillosi ed argille tipiche di sequenze alluvionali pleistoceniche.

La falda freatica è alimentata in parte dalle acque d'infiltrazione di superficie ed in parte dalle acque di sub-alveo del fiume Bormida in sponda orografica sinistra ed essa è contenuta nelle sabbie e ghiaie sovrastanti le lenti argillose e limose che la separano dalla seconda falda in pressione presente ad una profondità di 33.50 metri dal p.c.

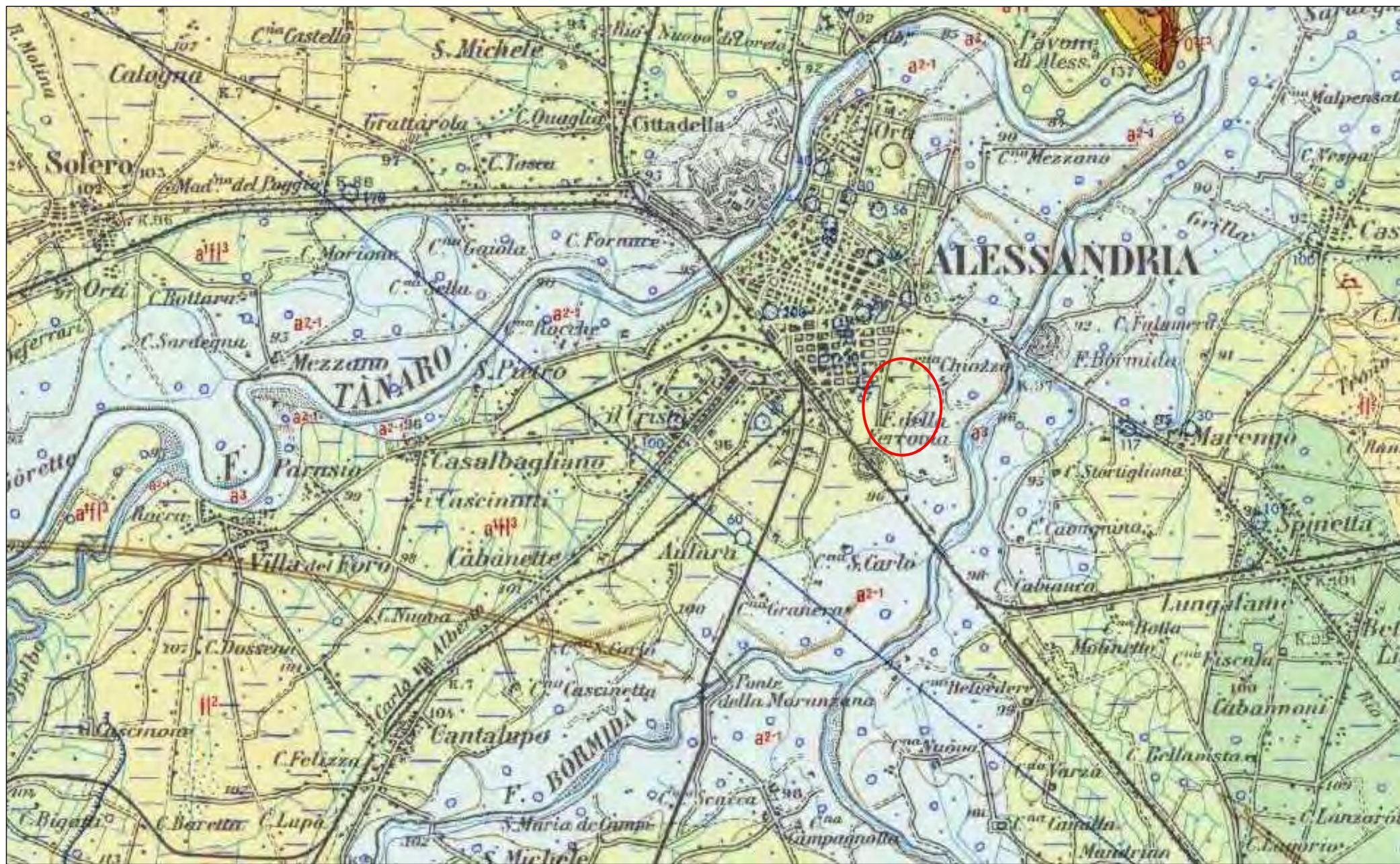
Tali falde risultano separate dalla falda freatica da livelli di argille impermeabili, come riscontrato dalle stratigrafie dei pozzi della zona. La Carta dell'Acquifero Superficiale (D.D. n.900 del 3/12/2012 – Regione Piemonte) segnala in questa parte della città la base dell'acquifero alla quota di 60 m.s.l.m., ovvero la base dell'acquifero si trova ad una quota media di 31,50 metri circa dal piano campagna.

La superficie libera della falda freatica si pone ad una quota media di -6,00/-7,00 metri dal piano campagna ed essa risulta soggetta ad escursioni stagionali. La Carta relativa alle isopiezometriche elaborata dalla Regione Piemonte (Geoportale ARPA) di cui allo stralcio allegato, individua la falda superficiale alla quota media di 85 m.s.l.m.

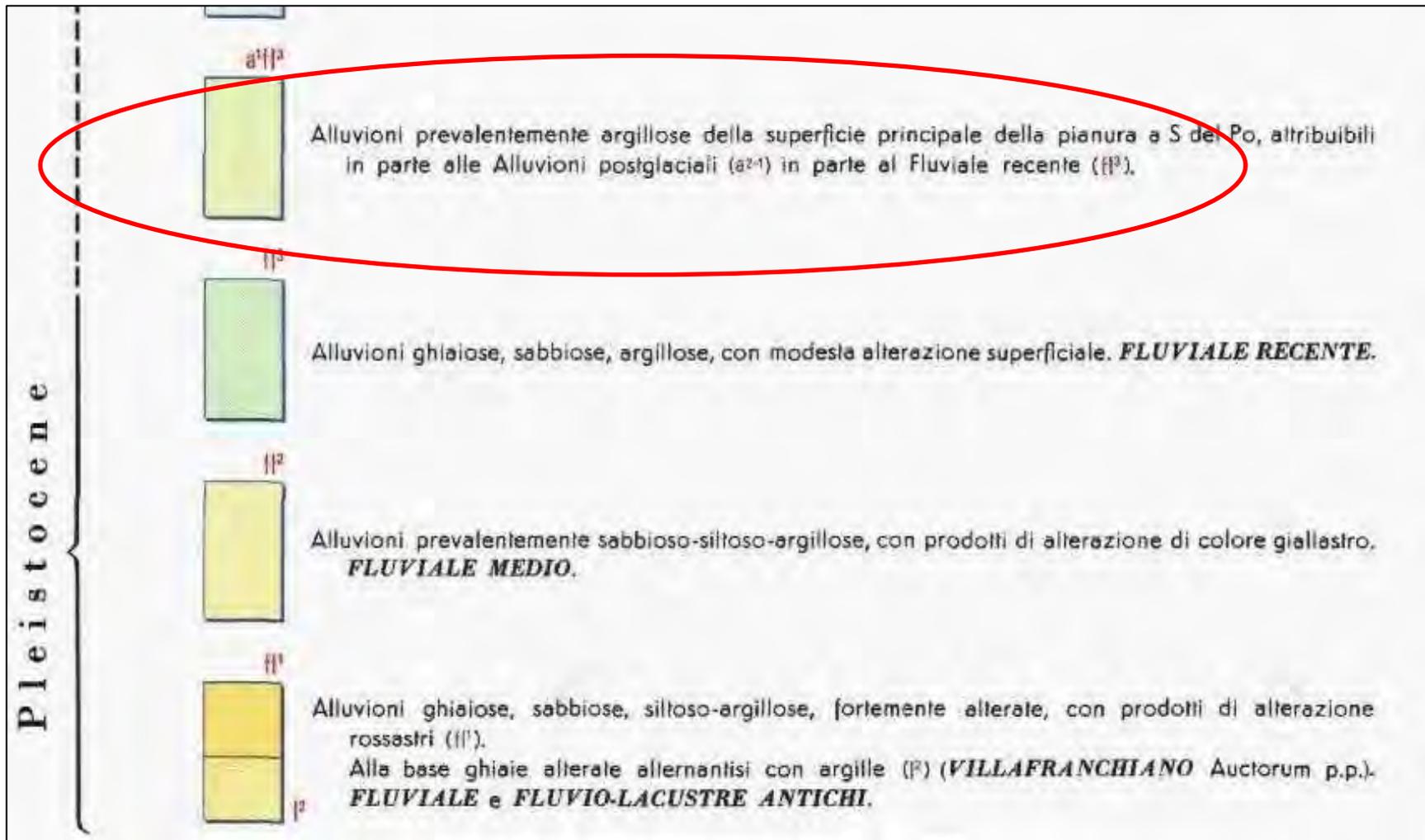
**Alla data del mese di maggio e giugno 2021 nel piezometro del carotaggio stratigrafico (S02) presso l'area oggetto d'indagine, è stata riscontrata acqua di falda alla quota di -7,00 metri dal p.c.**

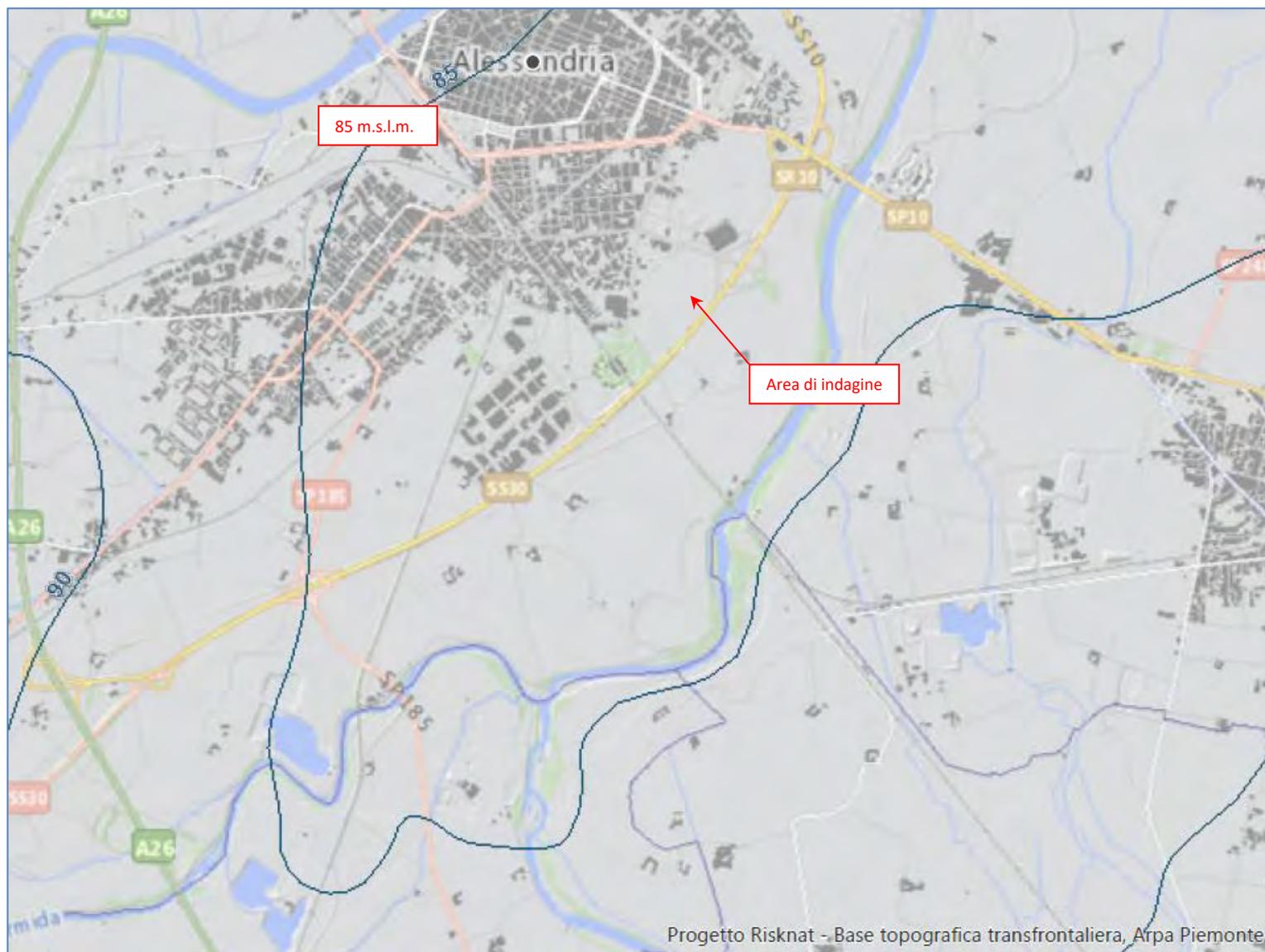


**Misura freaticometrica piezometro carotaggio S02**



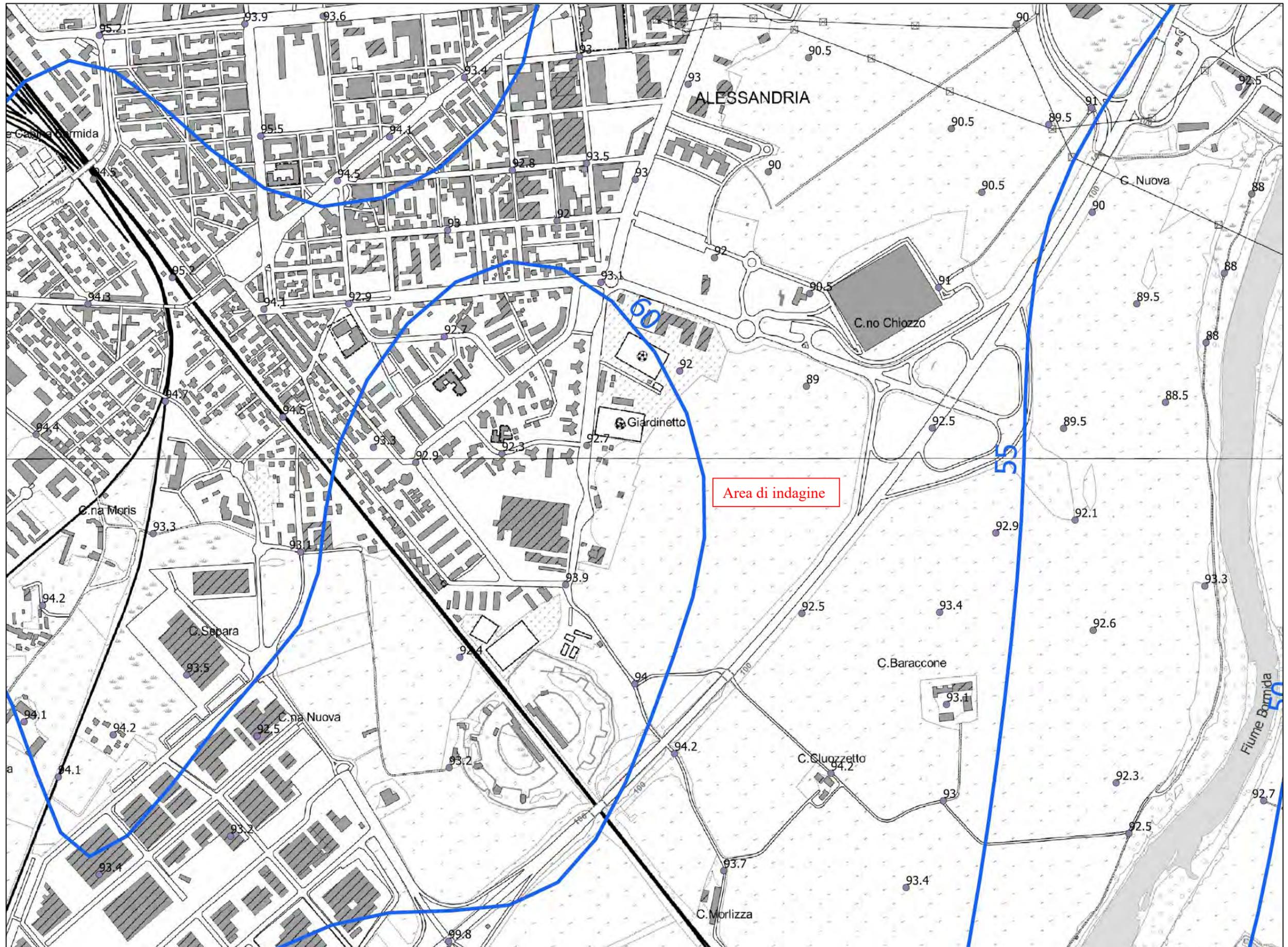
Stralcio Carta Geologica d'Italia in scala 1.100000 Foglio N.70 Alessandria





Stralcio carta isopiezometriche acquifero superficiale

(Isolinee m.s.l.m.)



Stralcio Carta Base dell'Acquifero Superficiale (D.D. n.900 del 3/12/2012 – Regione Piemonte) isolinee riferite a m.s.l.m.

## CAPITOLO 3.0

### Pericolosità sismica del sito

Per il Piemonte, l'elenco delle zone sismiche è stato in un primo momento aggiornato con la DGR n. 11-13058 del 19/01/2010, successivamente con la DGR n. 65-7656 del 21/05/2014 e per ultimo la DGR 30 dicembre 2019, n. 6-887 OPCM 3519/2006 (Preso d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656).

Tale ultima normativa delibera:

*“di approvare in sostituzione di quella approvata dalla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656, l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, allegata al presente atto quale sua parte integrante e sostanziale, che si compone di: i. Allegato 1 - Mappa di pericolosità sismica del territorio regionale per valori medi di PGA, per un periodo di ritorno di 475 anni, espressi in termini di massima componente in termini di massima componente orizzontale, (ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni), derivante dall'analisi di pericolosità condotta dal DISTAV dell'UNIGE; ii. Allegato 2 - Mappa di zonazione sismica del territorio della Regione Piemonte iii. Allegato 3 - Elenco dei Comuni sismici”.*

#### **L'area oggetto d'indagine è classificata in ZONA SISMICA 3.**

La magnitudo (M) dell'area d'indagine ottenuta con il processo di disaggregazione desunto dal sito internet dell'INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia) relativa agli eventi sismici attesi per il **Comune di Alessandria** con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, è risultata pari a 5.00.

Il contributo percentuale maggiore alla pericolosità è dato dalla coppia M-R (Magnitudo-Distanza epicentrale).

In questo caso:

$M = 4.5-5.0$  (15.10%)

$R = 10-20$  Km.

Seppure il valore medio M sia pari a 4.94, si assume  $M=5$  limite superiore di Magnitudo alla coppia di valori di M-R che OFFRE il contributo maggiore alla pericolosità: in questo caso il valore medio di magnitudo pari a 4,94 risulta poco cautelativo, quindi si assume  $M = 5$ .

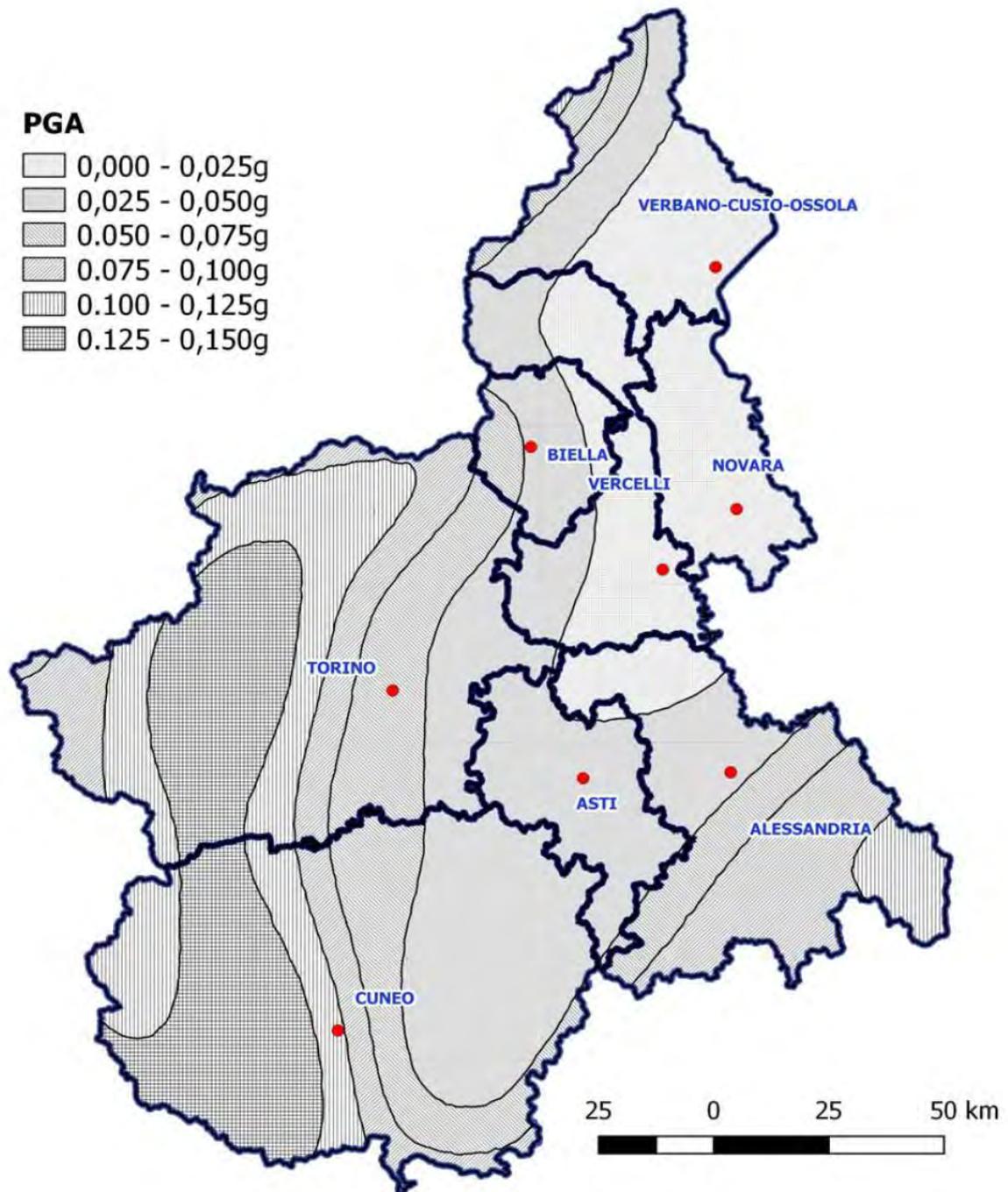
In base alle prove sismiche MASW effettuate nell'area oggetto d'indagine, i terreni appartengono alla **Categoria B**.

**Tab. 3.2.II –** *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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>

**ALLEGATO 1****MAPPA DI PERICOLOSITA' SISMICA**

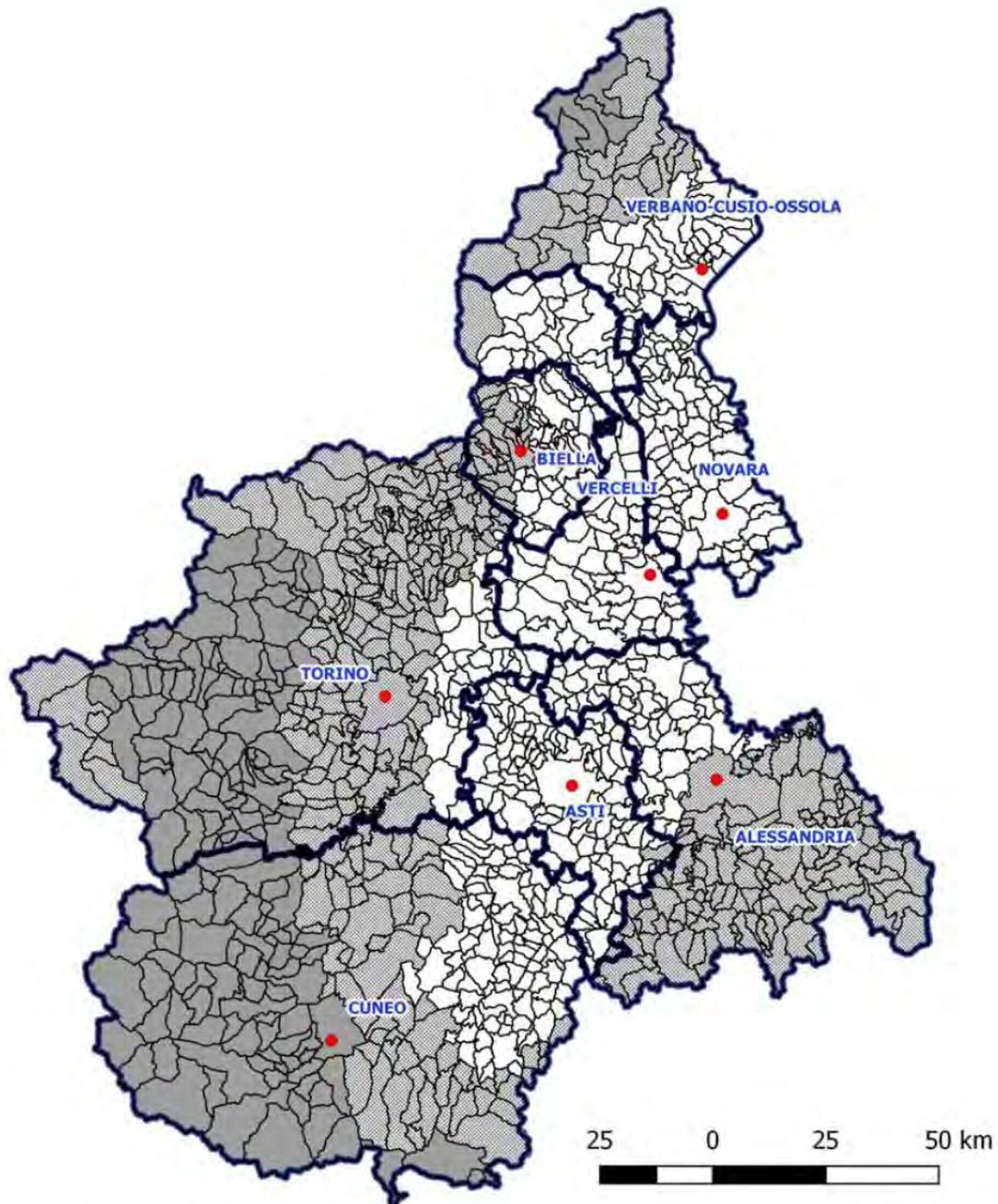
*DISTAV- Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita  
Università degli Studi di Genova*



## ALLEGATO 2

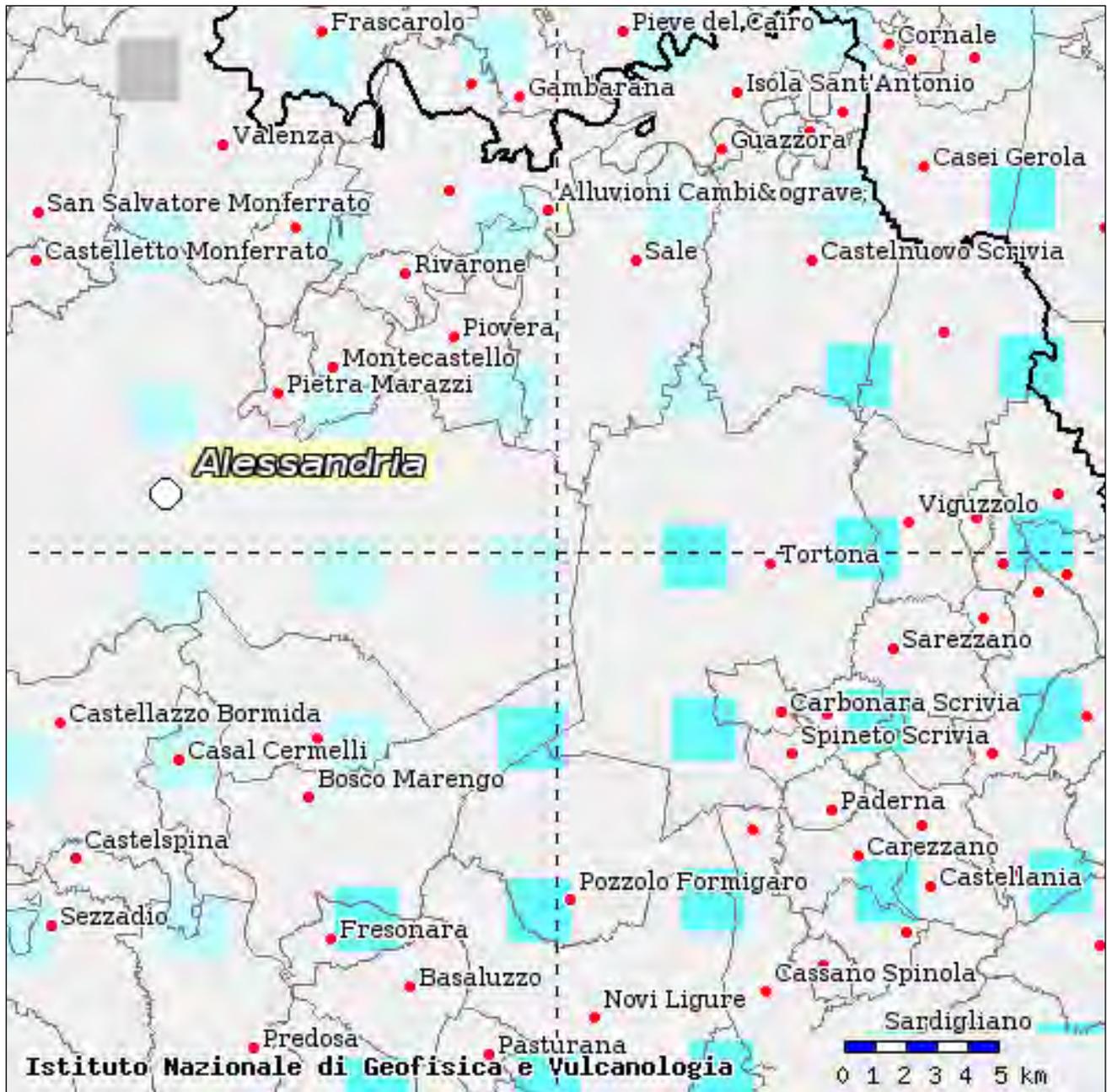
## MAPPA DI ZONAZIONE SISMICA

*La mappa è aggiornata alla situazione amministrativa esistente alla data del 6 febbraio 2019*

**Comuni [1181]**

- zona 3 [431]
- zona 3s [165]
- zona 4 [585]

**BDTRE - Ambiti amministrativi**





40-50	0.000	1.060	2.880	2.360	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.296	1.270	1.330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.020	0.509	0.770	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.129	0.389	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.020	0.301	0.258	0.256	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.031	0.536	0.725	0.629	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.031	0.642	1.080	0.918	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.002	0.450	1.060	1.010	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.264	0.972	1.070	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.122	0.786	0.996	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.040	0.577	0.801	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.002	0.165	0.214	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084	0.130	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.097	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.072	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.052	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.940	40.100	1.230

## CAPITOLO 4.1

### Prove sismiche MASW (M01-M02)

Alla data del mese di maggio 2021 in corrispondenza dell'area oggetto d'indagine sono state effettuate n.2 prospezioni sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), al fine di determinare velocità delle onde sismiche di taglio  $V_{\text{Sequivalente}}$  da cui ricavare la categoria di suolo in riferimento al D.M. 17-01-2018 (Norme Tecniche delle Costruzioni).

L'indagine MASW consiste nella registrazione delle onde superficiali di Rayleigh o delle onde superficiali di Love; l'analisi della dispersione di tali onde, e delle sue componenti, permette di ricostruire le  $V_r$  (velocità delle onde di Rayleigh) e gli spessori dei materiali presenti in profondità. La correlazione tra  $V_r$  e  $V_s$  è espressa secondo la formula:  $V_s = V_r * 1.1$ . Il valore di  $V_{s30}$  è il valore medio ponderato della  $V_s$  nei primi trenta metri di profondità.

Per lo stendimento sismico sono stati utilizzati n.12 geofoni verticali a 4,5 Hz infissi nel terreno, con distanza intergeofonica di 2,00 m per una lunghezza totale di 24,00 metri, mentre come energizzazione è stata utilizzata una mazza battente di 8 Kg. L'impatto è stato effettuato ad una distanza di 4,0 metri dal primo geofono.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;
- 3- inversione della curva di dispersione o modellazione diretta per ottenere il profilo delle  $V_s$ .

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.

Di seguito sono riportati i grafici relativi al modello del terreno, sotto forma di stratificazione  $V_s$ . Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità, non nota. La formula utilizzata è la seguente:

$$\text{Densità} = 1,5 + V_s/1000$$

Poiché il valore del modulo di taglio  $G$  in Mega-Pascal si ottiene dalla formula

$$G = V_s \times V_s \times \text{Densità} / 10^3$$

Il parametro  $V_{\text{Sequivalente}}$  è stato calcolato utilizzando la stratigrafia  $V_s$  e la formula

$$V_{\text{Sequivalente}} = \frac{H(30)}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

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 presenti nei 30,00 m metri.

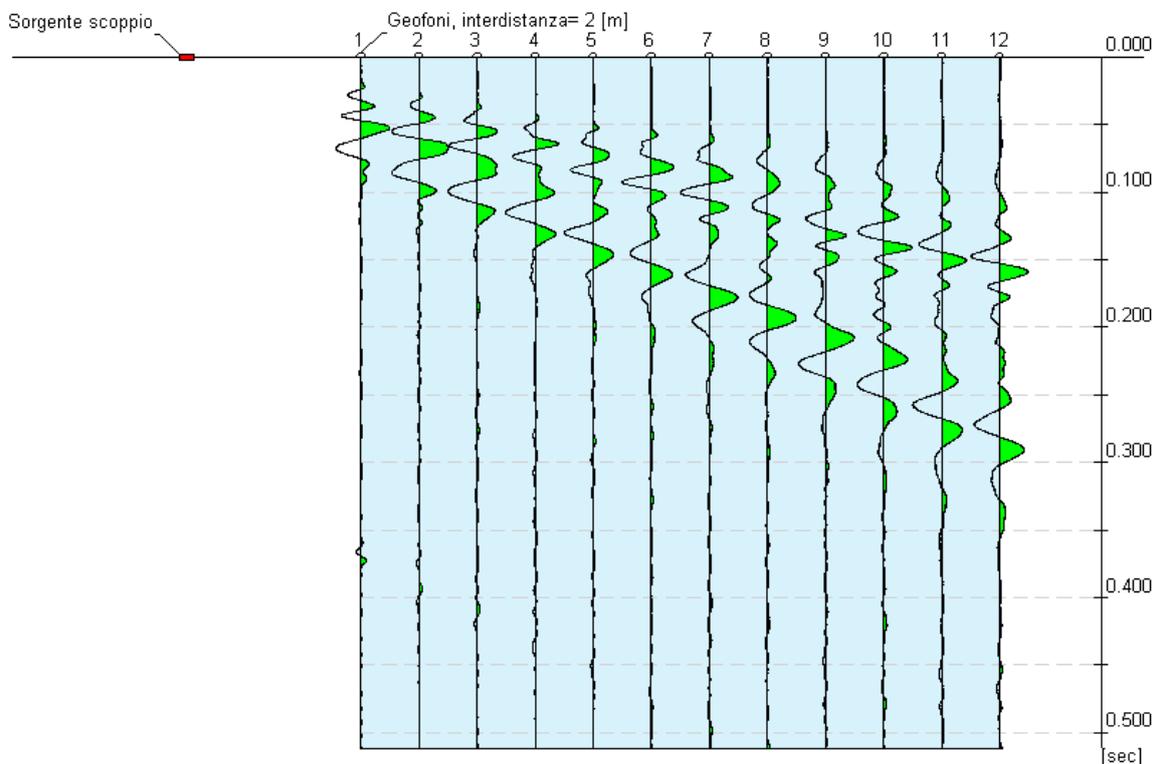


Stendimento prova sismica MASW 1

## Tracce MASW 1

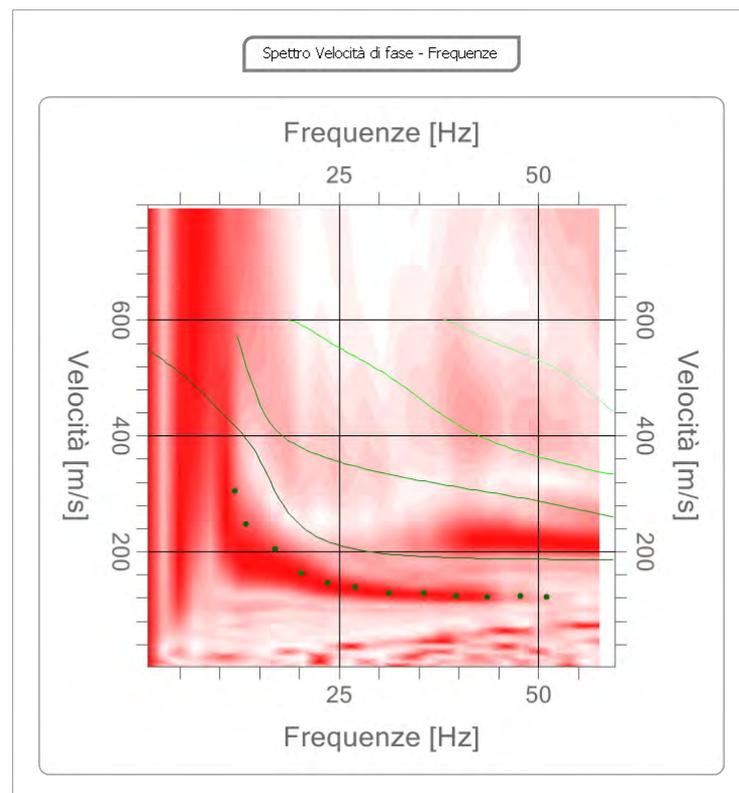
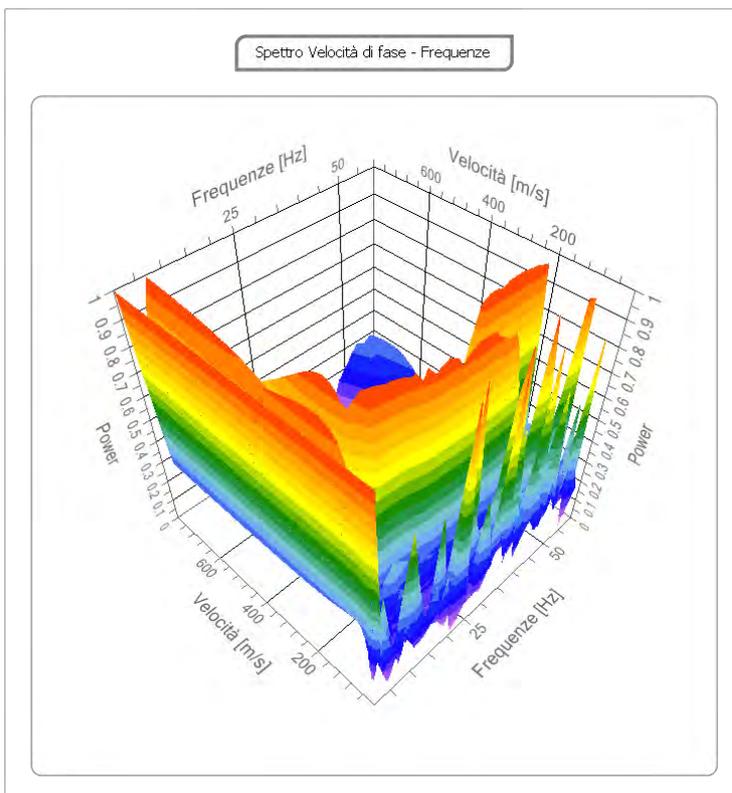
<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	512.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	0.125

Operatore: STUDIO CAVALLI ANDREA  
 Responsabile: ANDREA CAVALLI  
 Data: 07/05/2021



### Analisi spettrale MASW 1

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	60
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



## Inversione

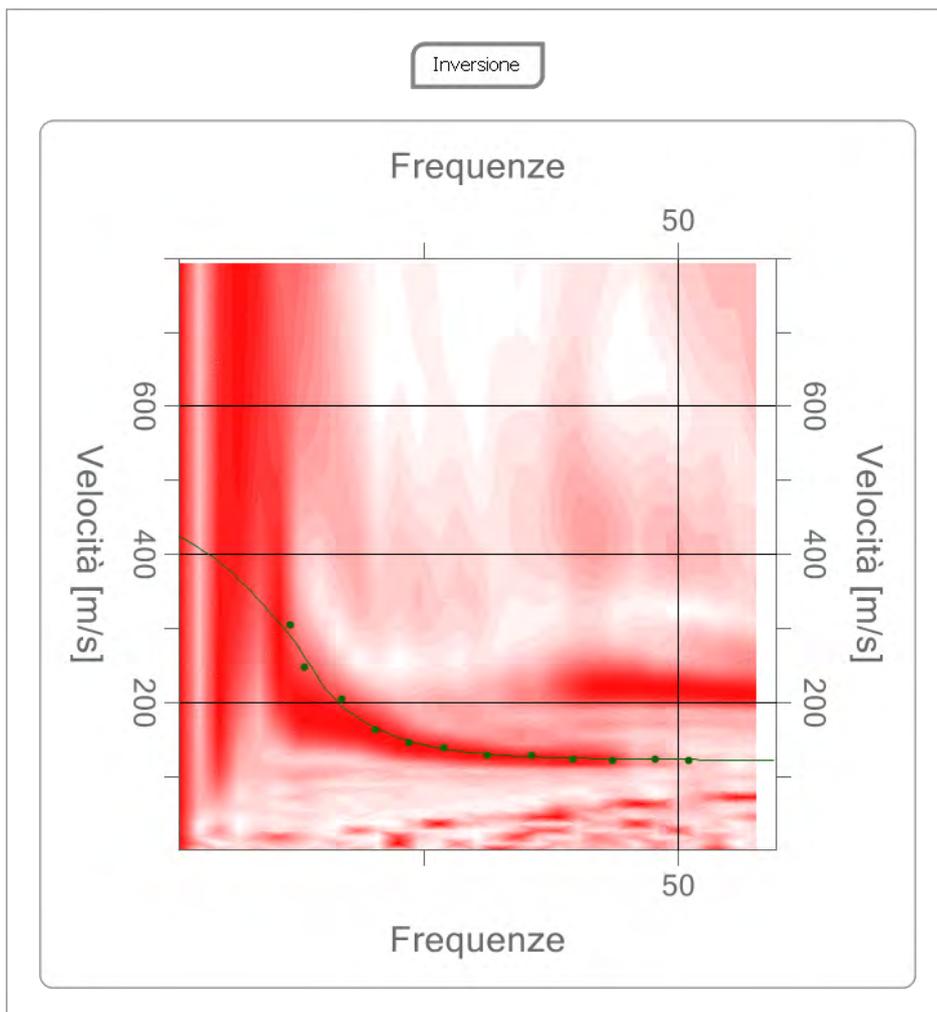
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vip [m/sec]	Vs [m/sec]
1	strato	2.49	2.49	1800.0	0.3	No	245.6	131.3
2	strato	6.49	4.00	1800.0	0.3	No	439.5	234.9
3	strato	oo	oo	1800.0	0.3	No	870.5	465.3

Percentuale di errore

0.162 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.028



**Risultati prova sismica MASW 1**

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs_equiv [m/sec]</b>	401,32
<b>Categoria del suolo</b>	B

**Altri parametri geotecnici**

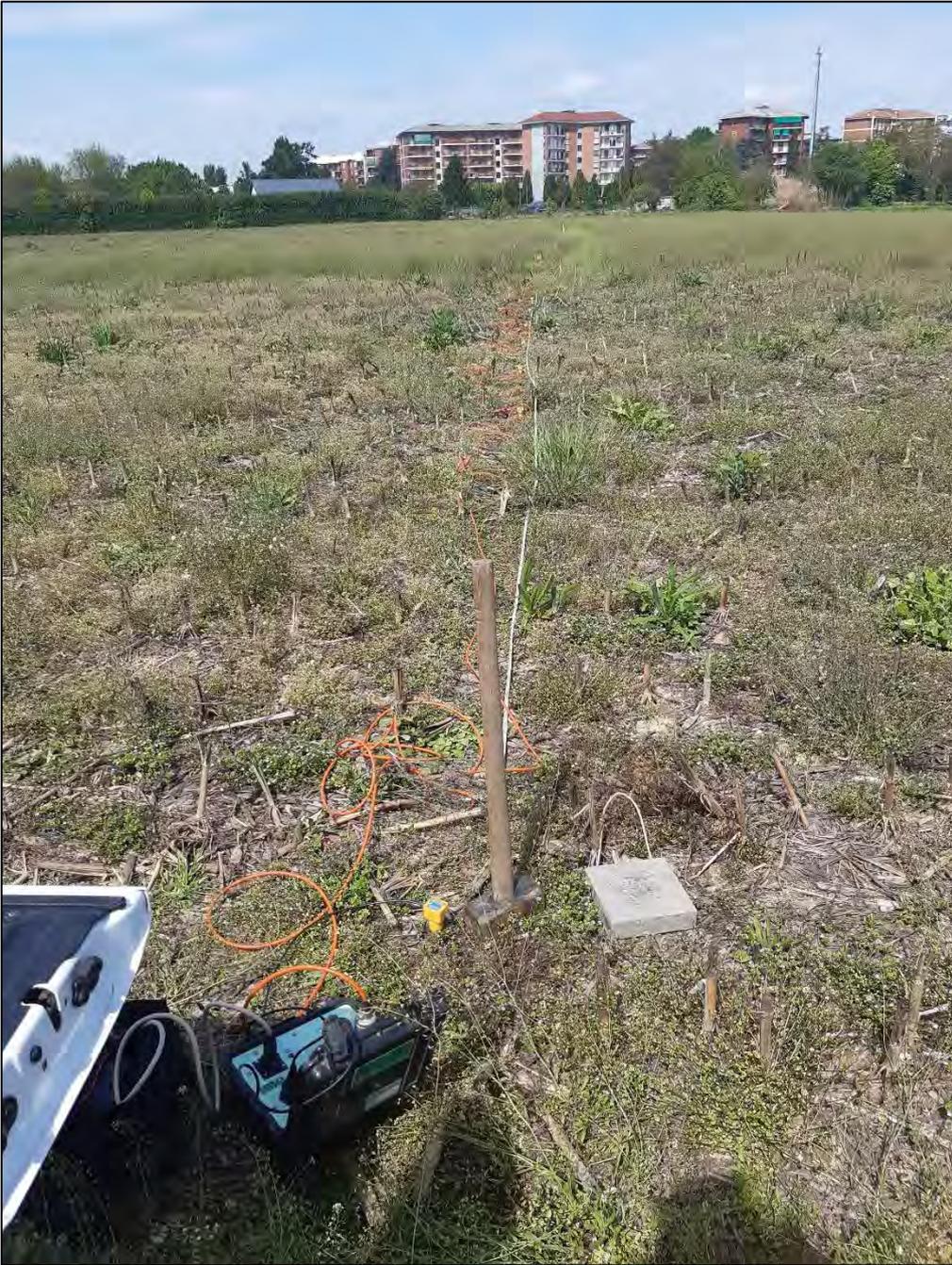
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	2.49	2.49	131.28	245.61	1800.00	0.40	31.02	108.58	67.22	80.66
2	6.49	4.00	234.91	439.47	1800.00	0.30	99.33	347.64	215.21	258.25
3	oo	oo	465.29	870.47	1800.00	0.30	389.69	1363.90	844.32	1013.18

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

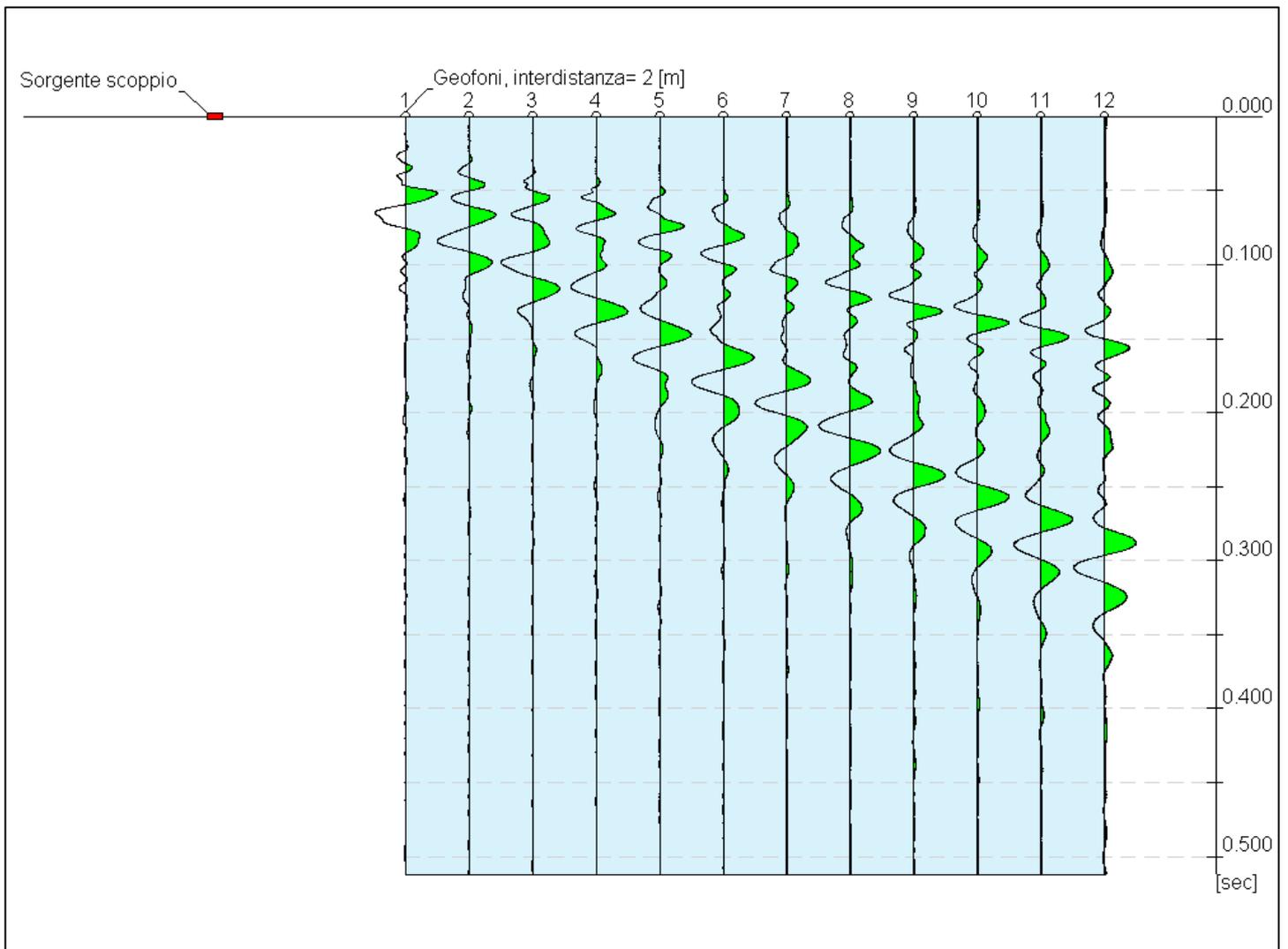
Ey: Modulo di Young;



Stendimento prova sismica MASW 2

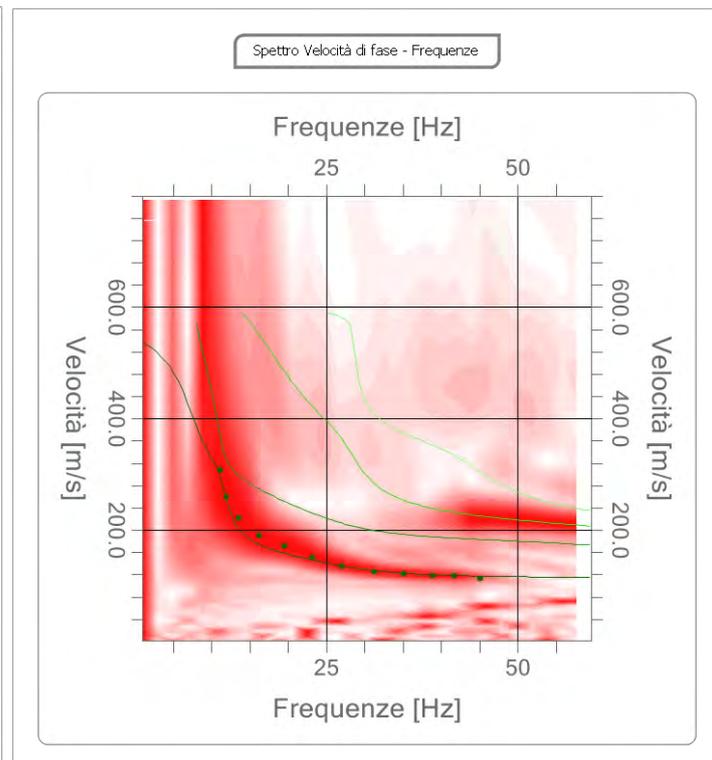
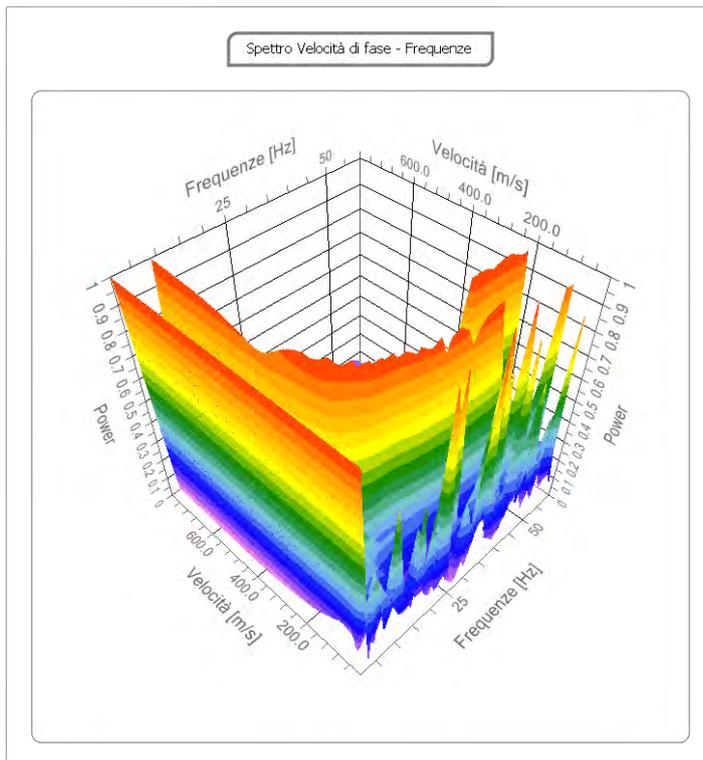
## Tracce MASW 2

<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	512.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	0.125



### Analisi spettrale MASW 2

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	60
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



## Inversione

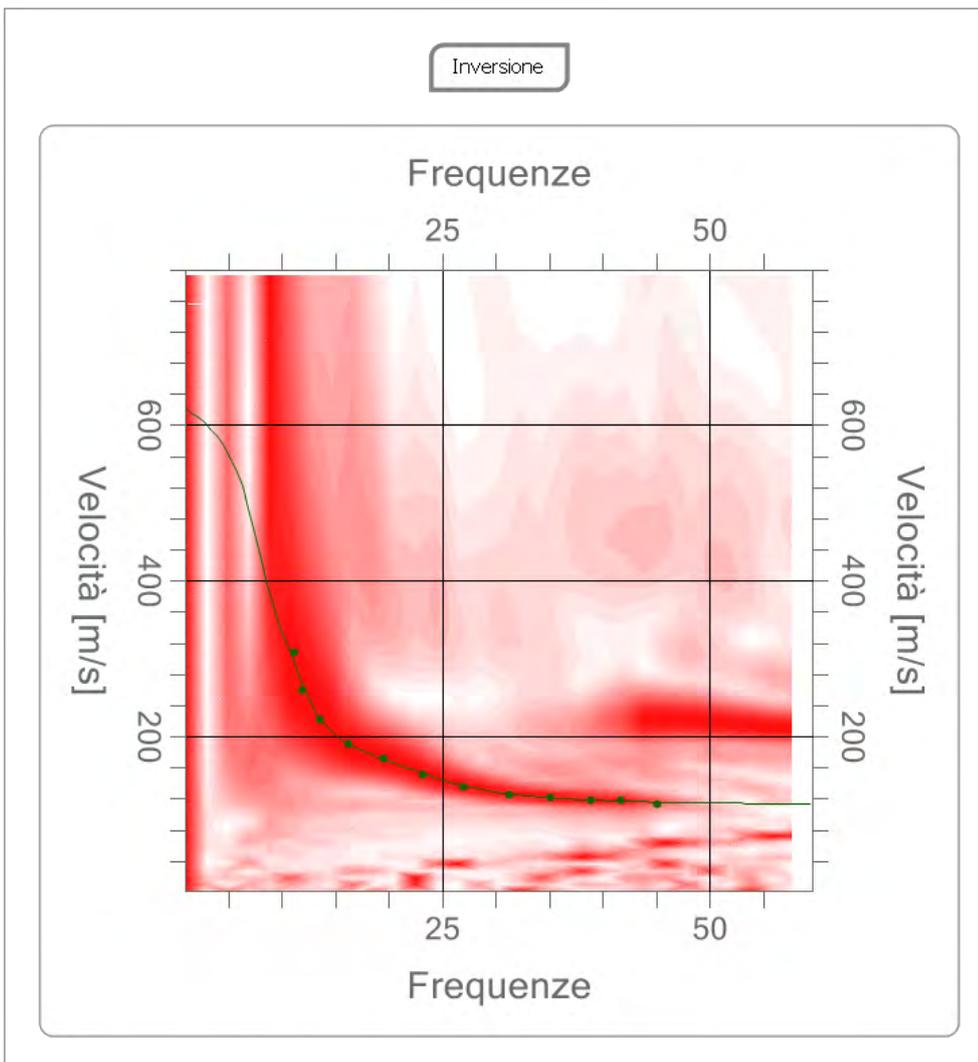
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.03	2.03	1800.0	0.3	No	227.2	121.4
2		7.02	4.99	1800.0	0.2	No	368.7	225.8
3		oo	oo	1800.0	0.3	No	1272.2	680.0

Percentuale di errore

0.077 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.019



**Risultati MASW 2**

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs-equiv [m/sec]</b>	410.93
<b>Categoria del suolo</b>	B

**Altri parametri geotecnici**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	2.03	2.03	121.42	227.16	1800.00	0.40	26.54	92.88	57.50	69.00
2	7.02	4.99	225.79	368.71	1800.00	0.20	91.77	244.71	122.35	220.24
3	oo	oo	580.00	1072.16	1800.00	0.30	432.32	1713.12	943.36	1064.03

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii/fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,899463

longitudine: 8,630455

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 14694 Lat: 44,8859 Lon: 8,6227 Distanza: 1625,837

Sito 2 ID: 14695 Lat: 44,8887 Lon: 8,6932 Distanza: 5085,018

Sito 3 ID: 14473 Lat: 44,9387 Lon: 8,6892 Distanza: 6353,240

Sito 4 ID: 14472 Lat: 44,9358 Lon: 8,6187 Distanza: 4147,124

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,019 g

Fo: 2,529

Tc\*: 0,161 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,025 g

Fo: 2,529

Tc\*: 0,196 [s]

**Salvaguardia della vita (SLV):**

**Probabilità di superamento: 10 %**

**Tr: 475 [anni]**

**ag: 0,060 g**

**Fo: 2,552**

**Tc\*: 0,277 [s]**

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,079 g

Fo: 2,546

Tc\*: 0,282 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200

Cc: 1,590

St: 1,000

Kh: 0,004

Kv: 0,002

Amax: 0,219

Beta: 0,200

## SLD:

Ss: 1,200  
Cc: 1,520  
St: 1,000  
Kh: 0,006  
Kv: 0,003  
Amax: 0,291  
Beta: 0,200

## SLV:

**Ss: 1,200**  
**Cc: 1,420**  
**St: 1,000**  
**Kh: 0,014**  
**Kv: 0,007**  
**Amax: 0,709**  
**Beta: 0,200**

## SLC:

Ss: 1,200  
Cc: 1,420  
St: 1,000  
Kh: 0,019  
Kv: 0,009  
Amax: 0,926  
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

## Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 44.898509

longitudine: 8.629394

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

## DAI INSERITI

$H_{falda} = 7$

$a_{max}/g = 0,072$

$R = 10$

$Mw = 5$



## TEORIE DI CALCOLO

[ANDRUS E STOKOE \(2000\)](#)

## STRATIGRAFIA TERRENO

S<sub>TOT.</sub> N.C.

### PRIMO STRATO

$H_1 = 2,49$

Parametri		Parametri calcolati	
$H_1$	= 2,49	$\gamma_{H_2O}$	= 1,00
$\gamma$	= 1,8	$\sigma_{vo}$	= 0,45
$V_s$	= 131,28	$\sigma_{vo'}$	= 0,45
$V_{S1C}$	= 215	P.neutra	= 0,00
$S_1$	= 2,49	$r_d$	= 0,98
FC	= 2	$K_C$	= 0,75
$V_{S1}$	= 160,45		

### SECONDO STRATO

$H_2 = 6,49$

Parametri		Parametri calcolati	
$H_2$	= 6,49	$\gamma_{H_2O}$	= 1,00
$\gamma$	= 1,8	$\sigma_{vo}$	= 1,17
$V_s$	= 234,91	$\sigma_{vo'}$	= 1,17
$V_{S1C}$	= 215	P.neutra	= 0,00
$S_2$	= 4	$r_d$	= 0,95
FC	= 2	$K_C$	= 1,05
$V_{S1}$	= 225,96		

### TERZO STRATO

$H_3 = 30$

Parametri		Parametri calcolati	
$H_3$	= 30	$\gamma_{H_2O}$	= 1,00
$\gamma$	= 1,8	$\sigma_{vo}$	= 5,40
$V_s$	= 465,29	$\sigma_{vo'}$	= 3,10
$V_{S1C}$	= 215	P.neutra	= 2,30
$S_3$	= 23,51	$r_d$	= 0,38
FC	= 2	$K_C$	= 1,63
$V_{S1}$	= 350,66		

Committente: SOC CI CIEFFE SRL

Riferimento: FABBRICATI LOGISTICI IN PROGETTO

Località: ALESSANDRIA

Prov.: AL

Oggetto: Verifica liquefazione terreni fondali

MENU PRINCIPALE

ANALISI  
METODO

## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove sismiche)

Metodo di Andrus e Stokoe (2000)



RISULTATI:

FORMULE:

$$V_{s1} = V_s \cdot \left( \frac{1}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$$

	1° Strato	2° Strato	3° Strato
Spessore	2,49	4	23,51

$V_{s1}$	160,447	225,955	350,658
----------	---------	---------	---------

$$CRR = 0,022 \cdot \left( \frac{K_c \cdot V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{2,8}{(V_{s1C} - K_c \cdot V_{s1})} - \frac{2,8}{V_{s1C}}$$

	1° Strato	2° Strato	3° Strato
CRR	0,048	-0,014	0,699

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

Mw = 5	CSR	0,012	0,012	0,008
--------	-----	-------	-------	-------

$r_d$

	0,98	0,95	0,38
--	------	------	------

1

<  $F_s = CRR/CSR$

Mw = 5

$F_s$

3,851	-1,127	83,446
Assenza di Falda	Assenza di Falda	Verificato

1,25

<  $F_s = CRR/CSR$

Mw = 5

$F_s (NTC08)$

3,851	-1,127	83,446
Assenza di Falda	Assenza di Falda	Verificato

RISCHIO di Liquefazione (wasaki et.al.,1978)

Nulla

PROBABILITA' di Liquefazione (Juang et. al., 2001) [P<sub>L</sub> (%)]

0,00	0,00	0,00
------	------	------

SUSCETTIBILITA' di Liquefazione (Juang et. al., 2001)

Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta
-----------------	-----------------	-----------------

Committente: SOC CI CIEFFE SRL

Riferimento: FABBRICATI LOGISTICI IN PROGETTO

Località: ALESSANDRIA

Prov.: AL

Oggetto: Verifica liquefazione terreni fondali

STRATIGRAFIA 3

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

## DAI INSERITI

$H_{falda} = 7$        $a_{max}/g = 0,072$

$R = 10$   
 $Mw = 5$



## TEORIE DI CALCOLO

[ANDRUS E STOKOE \(2000\)](#)

## STRATIGRAFIA TERRENO

S<sub>TOT.</sub>    N.C.

PRIMO STRATO		$H_1 = 2,03$
Parametri		Parametri calcolati
$H_1 = 2,03$		$\gamma_{H_2O} = 1,00$
$\gamma = 1,8$		$\sigma_{vo} = 0,37$
$V_S = 121,42$		$\sigma_{vo'} = 0,37$
$V_{S1C} = 215$		P.neutra = 0,00
$S_1 = 2,03$		$r_d = 0,98$
$FC = 2$		$K_C = 0,73$
$V_{S1} = 156,17$		

SECONDO STRATO		$H_2 = 7,02$
Parametri		Parametri calcolati
$H_2 = 7,02$		$\gamma_{H_2O} = 1,00$
$\gamma = 1,8$		$\sigma_{vo} = 1,26$
$V_S = 225,79$		$\sigma_{vo'} = 1,26$
$V_{S1C} = 215$		P.neutra = 0,00
$S_2 = 4,99$		$r_d = 0,95$
$FC = 2$		$K_C = 0,99$
$V_{S1} = 213,05$		

TERZO STRATO		$H_3 = 30$
Parametri		Parametri calcolati
$H_3 = 30$		$\gamma_{H_2O} = 1,00$
$\gamma = 1,8$		$\sigma_{vo} = 5,40$
$V_S = 580$		$\sigma_{vo'} = 3,10$
$V_{S1C} = 215$		P.neutra = 2,30
$S_3 = 22,98$		$r_d = 0,38$
$FC = 2$		$K_C = 2,03$
$V_{S1} = 437,11$		

Committente:

Riferimento:

Località:     Prov.:

Oggetto:

[MENU PRINCIPALE](#)

[ANALISI METODO](#)

## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove sismiche)

Metodo di Andrus e Stokoe (2000)



FORMULE:

RISULTATI:

		1° Strato	2° Strato	3° Strato		
		<b>Spessore</b>	2,03	4,99	22,98	
$V_{s1} = V_s \cdot \left( \frac{1}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$		$V_{s1}$	156,170	213,046	437,107	
$CRR = 0,022 \cdot \left( \frac{K_c \cdot V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{2,8}{(V_{s1C} - K_c \cdot V_{s1})} - \frac{2,8}{V_{s1C}}$		<b>CRR</b>	0,043	0,805	1,720	
$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$		Mw = 5	<b>CSR</b>	0,012	0,012	0,008
$r_d$			0,98	0,95	0,38	
<b>1</b>	$< F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	<b>F<sub>s</sub></b>	3,432	66,962	205,442
				Assenza di Falda	Verificato	Verificato
<b>1,25</b>	$< F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	<b>F<sub>s</sub> (NTC08)</b>	3,432	66,962	205,442
				Assenza di Falda	Verificato	Verificato
<b>RISCHIO</b> di Liquefazione (Iwasaki et.al., 1978)		<b>Nulla</b>				
<b>PROBABILITA'</b> di Liquefazione (Juang et. al., 2001) [P <sub>L</sub> (%)]		0,00	0,00	0,00		
<b>SUSCETTIBILITA'</b> di Liquefazione (Juang et. al., 2001)		Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta		

**Committente:** SOC CI CIEFFE SRL  
**Riferimento:** FABBRICATI LOGISTICI IN PROGETTO  
**Località:** ALESSANDRIA **Prov.:** AL  
**Oggetto:** Verifica liquefazione terreni fondali

STRATIGRAFIA 3

## CAPITOLO 4.0

### Prove penetrometriche (P01-P012)

Utilizzando un penetrometro super-pesante dinamico-statico PAGANI TG 63 da 100 KN tipo “EMILIA” conforme alle norme di misurazione AGI (Associazione Geotecnica Italiana - 1977), con il quale si determinano i principali parametri geotecnici del terreno suddividendolo in strati omogenei ad ugual capacità di carico, alla data mese di MAGGIO 2021, in corrispondenza dell’area oggetto di intervento, sono state effettuate n.12 prove penetrometriche (di cui n.8 prove dinamiche e n. 4 prove statiche mediante punta meccanica BEGEMANN).

Attraverso i dati di campagna ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche, mediante apposito programma di calcolo, sono stati ricavati relativamente ad ogni strato di terreno: il peso specifico del terreno ( $\gamma$ ), il peso specifico del terreno sotto-falda ( $\gamma'$ ), la pressione litostatica ( $\Sigma'V$ ) e la resistenza al taglio in condizioni non drenate ( $C_u$ ) delle argille sabbiose, l’angolo di attrito interno ( $\phi$ ), il coefficiente di compressibilità di volume ( $M_v$ ), il modulo di reazione orizzontale ( $K_{orizz}$ ), il coefficiente di permeabilità ( $Perm$ ).

**1) Peso specifico naturale ed efficace ( $\gamma$ ):** il peso specifico indicativo per ogni strato è stato calcolato, partendo dal valore  $R_p$  medio di ogni strato ed applicando relazioni ottenute sperimentalmente sui litotipi della pianura veneta (valori statistici) pubblicati nel “Corso di perfezionamento in Geotecnica A. A. 82-83 Università di Padova. Noto il peso specifico del terreno naturale ( $\gamma$ ) per il terreno sottofalda ( $\gamma'$ ), è stata applicata la seguente relazione:  $\gamma' = (\gamma - 1)$ .

**2) Pressione litostatica efficace ( $\Sigma'V$ ):** il calcolo della pressione litostatica efficace ( $\Sigma'V$ ) è stato ottenuto in modo automatico applicando la seguente relazione:

$$\Sigma'V = \sum \gamma' \cdot h'_{i,m} + \sum \gamma \cdot h_{i,m}$$

riferendosi alla pressione relativa al punto medio di ogni strato essendo  $h_{i,m}$  le quote relative a tale punto;

**3) Coesione non drenata ( $C_u$ ):** per quanto riguarda i terreni coerenti, caratterizzati da un valore di resistenza al taglio espressi in termini di angolo di attrito interno ( $\phi$ ) pari a zero, è stata adottata la relazione di De Beer (da Castelli Guidi – geotecnica e tecnica delle fondazioni 1° Hoepli Milano 1987 – e Righi – di geotecnica “Istituto di Strade Università di Bologna” 1980):

$$\text{Argille} \quad C_u = R_p/20$$

$$\text{Limi} \quad C_u = R_p/20;$$

**4) Angolo di attrito interno ( $\phi$ ):** la determinazione dell'angolo di attrito interno ( $\phi$ ) dei terreni incoerenti, aventi parametri di resistenza al taglio espressi per valori di coesione non drenata ( $C_u$ ) pari a zero e costituiti quindi da specifici valori di  $\phi$ , è stata impiegata una metodologia proposta da Durgunoglu e Mitchell (1975) rappresentata dal diagramma di "Gambini": manuale dei piloti – SCAC (Milano).

Da tale diagramma è stata ricavata un'equazione in funzione di  $R_p$  e  $\phi$

$$\Sigma'V: \phi = \phi(R_p; (\Sigma'V))$$

**5) Coefficiente di compressibilità di volume ( $M_v$ ):** è stata impiegata la relazione derivata dalle correlazioni di Buisman e riprese da Sanglerat ed altri, che collega il parametro al valore  $R_p$  della resistenza alla punta:  $M_v = 1/(\alpha \cdot R_p)$ . I valori di  $\alpha$  che il programma di calcolo assegna in automatico derivano dalle seguenti pubblicazioni: Buisman – Grondmechanica – Bandoeng 1941 Sanglerat ed altri – Le pènetromètrè statique et la compressibilité des sols – A.I.T.B.T.P. n°298 Paris –1972;

**6) Modulo di reazione orizzontale ( $K_{orizz.}$ )** necessario per il calcolo dei cedimenti:

$$K_{orizz.} = Ch \times R_p / C_k \text{ (da manuale Geo-Tec A 2.0, Interstudio s.r.l., 1992)}$$

dove:

$R_p$  = valore di resistenza statica alla punta Begemann ricavata da N30;

$$Ch = 0,2$$

$C_k = 1$  per terreni argillosi;

$C_k = 4$  per terreni sabbiosi e ghiaiosi;

**legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche**

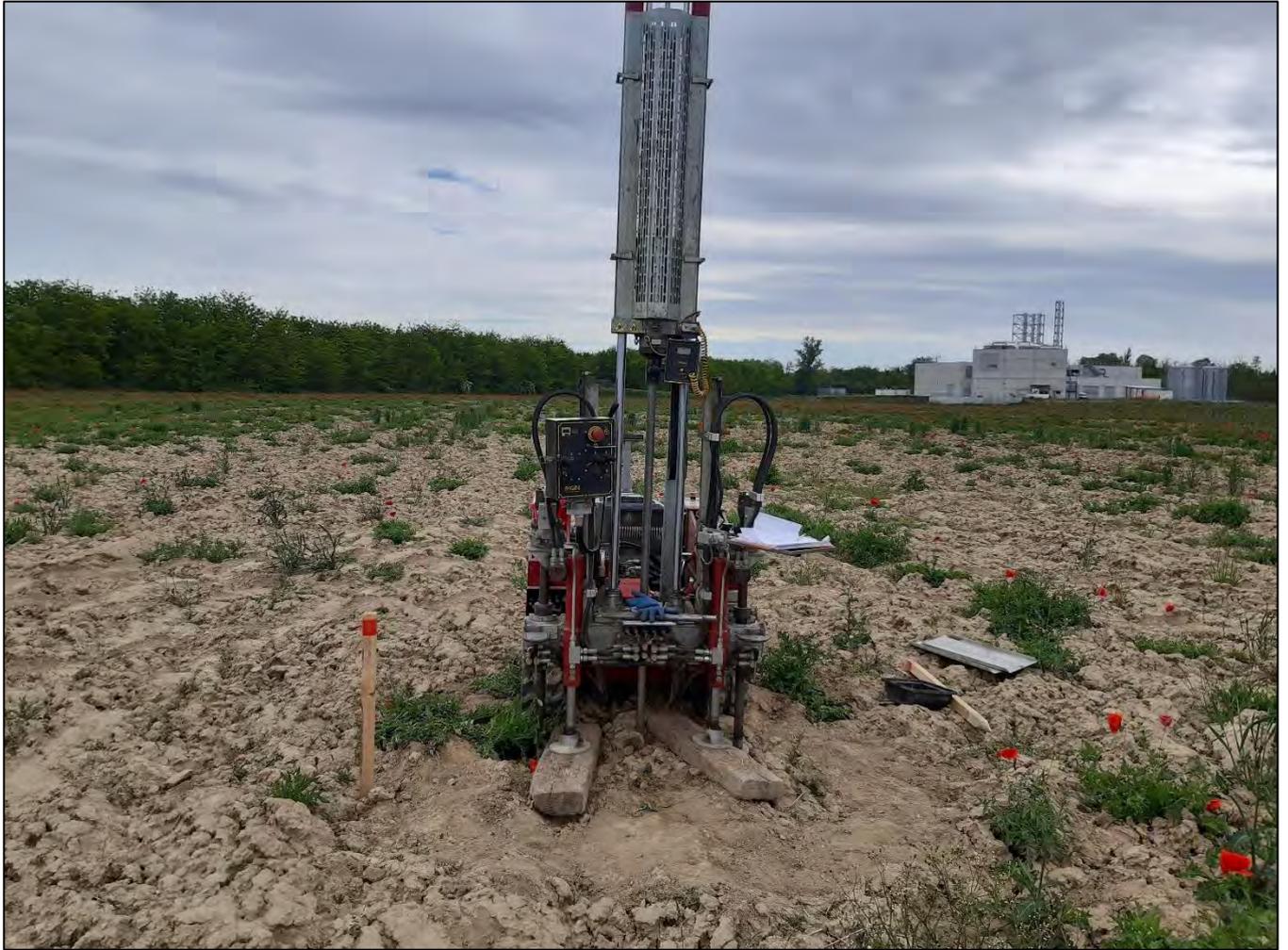
$\gamma$ = peso di volume	$K_{orizz.}$ = moulo reaz. orizz.						
$\gamma'$ = peso di volume	$\Phi$ = angolo attrito						
$\Sigma$ = pressione litostatica	$M_v$ = coefficiente di compressibilità di volume						
$C_u$ = coesione non drenata	$K$ Winkler (formula di Bowles capacità portante)						
$D_r$ = densità relativa (%)							

**PROVA PENETROMETRICA P01**





# PROVA PENETROMETRICA P02



**EDIFICIO DESTINATO AD ATTIVITA' LOGISTICA/DEPOSITO IN ALESSANDRIA.  
TERRENI DI PROPRIETA' DELLA SOC. CI CIEFFE SRL  
PROVA PENETROMETRICA STATICA P2**

Data: 18 maggio 2021

**Falda idrica: NON RISCONTRATA**

penetrometro statico Pagani da 100 KN

punta meccanica Begemann - Rp = resistenza alla punta; FRICTION RI = resistenza manicotto laterale  
spinta in infissione 10.000 kg

spinta in estrazione 11.000 Kg

sezione punta 10,00 cmq

Piano di posa del penetrometro: piano campagna

Rp - Kg/cmq - resistenza punta Begemann

Friction RI - Kg/cmq - resistenza laterale punta Begemann

Esecuzione prova: Dott. Cavalli Andrea

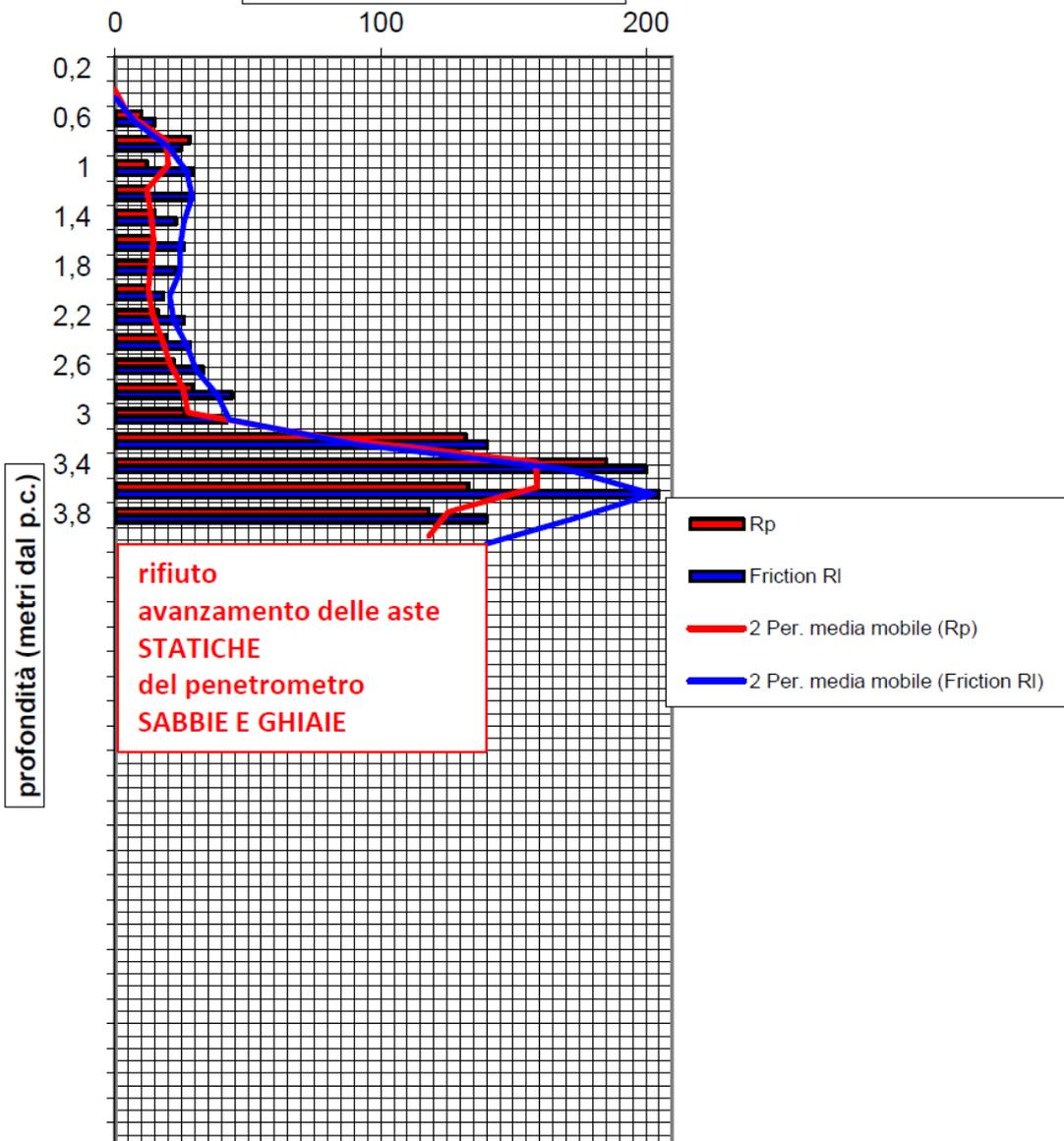
**PROVA  
STATICA P2**

metri dal p.c.	Rp	Friction RI
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	10	15
0,8	28	25
1	12	29
1,2	12	29
1,4	15	23
1,6	14	26
1,8	13	23
2	12	18
2,2	16	26
2,4	19	28
2,6	22	33
2,8	29	44
3	26	42
3,2	132	140
3,4	185	200
3,6	133	205
3,8	118	140

rifiuto  
avanzamento delle aste  
STATICHE  
del penetrometro  
SABBIE E GHIAIE

diagramma campagna prova statica P2

Rp - FRICTION RL (Kg/cmq)



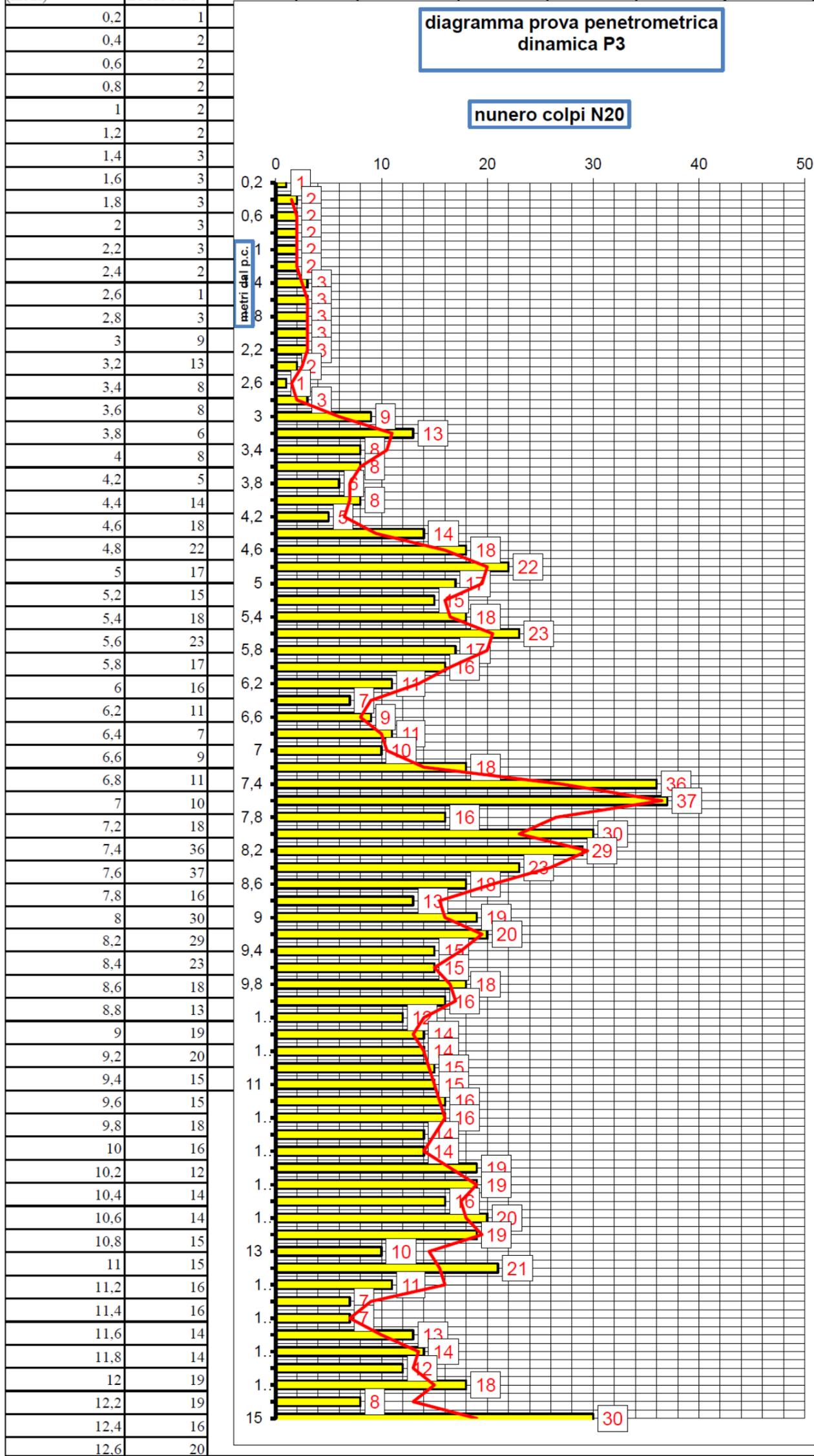


**PROVA PENETROMETRICA P03**

EDIFICIO DESTINATO AD ATTIVITA' LOGISTICA/DEPOSITO IN ALESSANDRIA	
TERRENI DI PROPRIETA' DELLA SOC. CI CIEFFE SRL	
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI	
P = peso del maglio 63,5 Kg	<b>PROVA DINAMICA P3</b>
H = altezza caduta maglio 75 cm	
d = diametro aste piene 32 mm	
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq	
p = penetrazione 20 cm (N20)	
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste	
<b>PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA</b>	
Energia specifica colpo penetrometro SPT = Q = 7,83 Kg/cmq	
Energia specifica colpo penetrometro DPHS N20 = Q = (M x H) / (A x p) = 11,90 Kg/cmq	
Coefficiente teorico di energia t = Q / Qspt = 1,52	
<b>Data: 18 MAGGIO 2021</b>	Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20

diagramma prova penetrometrica dinamica P3

numero colpi N20



12.8	19
13	10
13.2	21
13.4	11
13.6	7
13.8	7
14	13
14.2	14
14.4	12
14.6	18
14.8	8
15	30



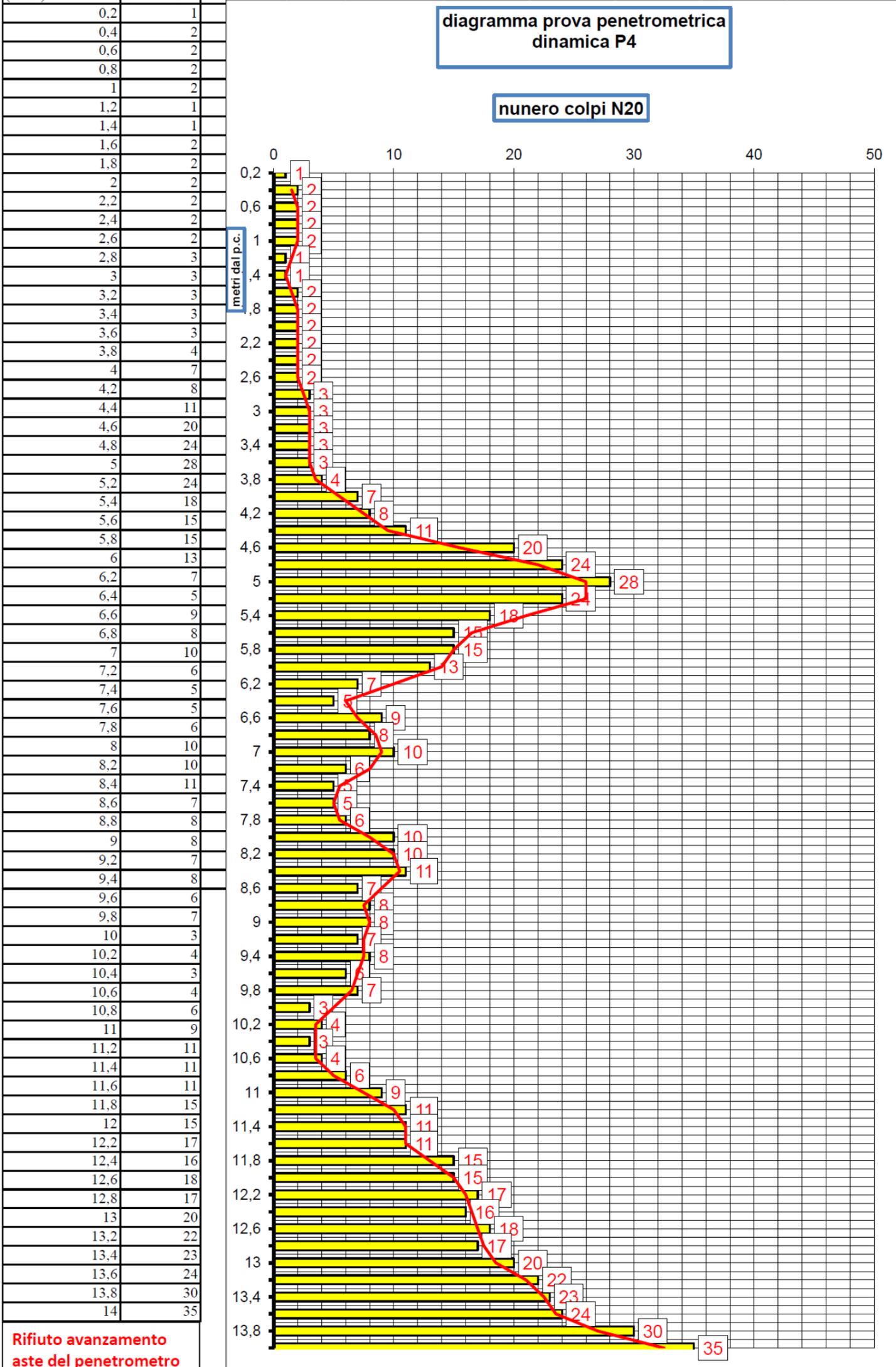
**PROVA PENETROMETRICA P04**

<b>COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO</b>	
<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P4</b>	
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI	
P = peso del maglio 63,5 Kg	
H = altezza caduta maglio 75 cm	
d = diametro aste piene 32 mm	
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq	
p = penetrazione 20 cm (N20)	
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste	
<b>PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA</b>	
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$	
Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$	
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$	
<b>Data: 13 MAGGIO 2021</b>	<b>Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA</b>
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20

**PROVA DINAMICA P4**

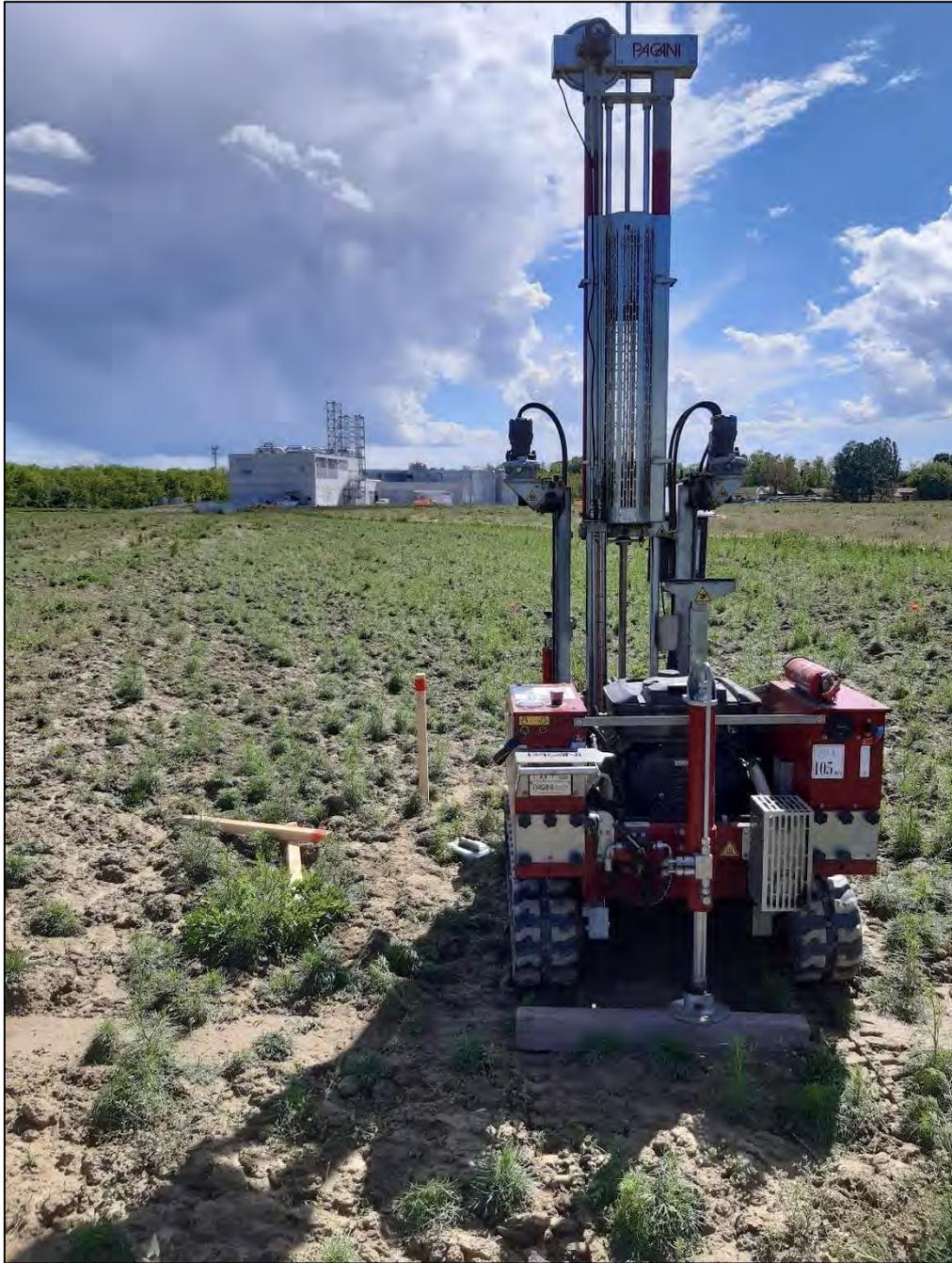
diagramma prova penetrometrica dinamica P4

numero colpi N20



Rifiuto avanzamento aste del penetrometro



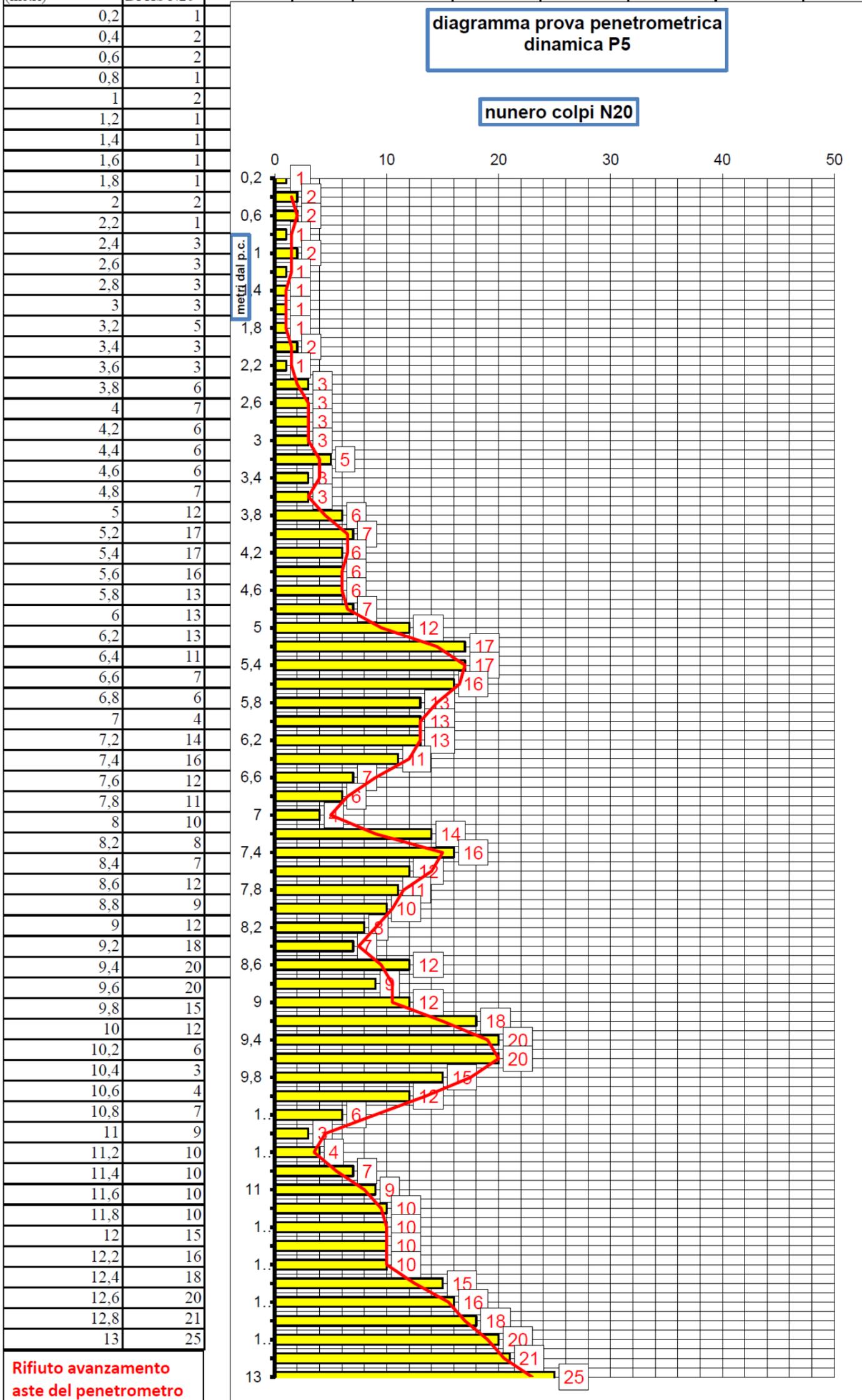
**PROVA PENETROMETRICA P05**

<b>COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO</b>	
<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P5</b>	
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI	
P = peso del maglio 63,5 Kg	
H = altezza caduta maglio 75 cm	
d = diametro aste piene 32 mm	
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq	
p = penetrazione 20 cm (N20)	
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste	
<b>PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA</b>	
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$	
Energia specifica colpo penetrometro DPHS N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$	
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$	
<b>Data: 13 MAGGIO 2021</b>	Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20

**PROVA DINAMICA P5**

diagramma prova penetrometrica dinamica P5

numero colpi N20



Rifiuto avanzamento aste del penetrometro

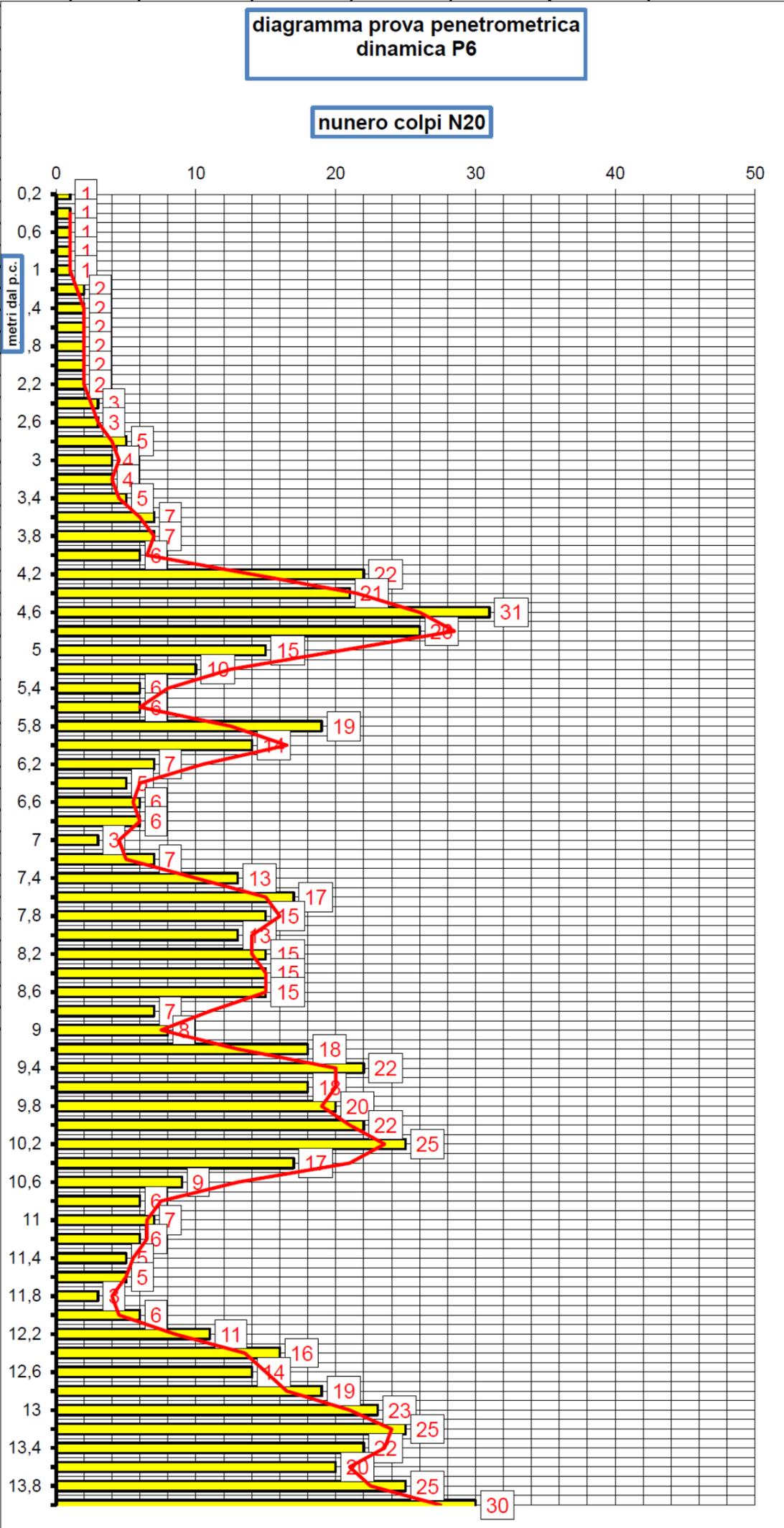
COMUNE DI ALESSANDRIA												
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P5												
Data: 13 MAGGIO 2021												
prof	strati	tipologia	$\gamma$	$\gamma'$	$\Sigma$	Cu	Mv	$\phi$	Dr	K orizz	K Winkle	Perm
metri	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cm <sup>q</sup>	Kg/cm <sup>q</sup>	cm <sup>q</sup> /Kg	°	%	Kg/cm <sup>q</sup>	Kg/cm <sup>q</sup>	cm/sec
		Limi sabbiosi poco compatti	1620	1620	0,36	0,19	0,02897	26	0	0,41	0,38	1,14E-02
2,20		Limi sabbiosi più compatti	1751	1751	0,6	0,46	0,01548	27	0	0,67	0,95	1,12E-02
3,60		Sabbie e ghiaie mediamente addensate e costipate	1800	1800	1,11	0,00	0,01712	32	33	1,95	2,20	4,38E-02
6,40		Ghiaie e sabbie con intercalazioni di limi e sabbie, con rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,63	0,00	0,01381	31	33	2,41	2,47	5,77E-02
13,00												

superficie libera della falda freatica rilevata nel foro penetrometrico alla quota di -7,00 metri dal p.c. alla data del 13/5/2021

**PROVA PENETROMETRICA P06**

<b>COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO</b>	
<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P6</b>	
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI	
P = peso del maglio 63,5 Kg	<b>PROVA DINAMICA P6</b>
H = altezza caduta maglio 75 cm	
d = diametro aste piene 32 mm	
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq	
p = penetrazione 20 cm (N20)	
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste	
<b>PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA</b>	
Energia specifica colpo penetrometro SPT = Q = 7,83 Kg/cmq	
Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = Q = (M x H) / (A x p) = 11,90 Kg/cmq	
Coefficiente teorico di energia t = Q / Qspt = 1,52	
<b>Data: 18 MAGGIO 2021</b>	<b>Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA</b>
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPSH N20

profondità dal p.c. (metri)	colpi DPSH N20
0,2	1
0,4	1
0,6	1
0,8	1
1	1
1,2	2
1,4	2
1,6	2
1,8	2
2	2
2,2	2
2,4	3
2,6	3
2,8	5
3	4
3,2	4
3,4	5
3,6	7
3,8	7
4	6
4,2	22
4,4	21
4,6	31
4,8	26
5	15
5,2	10
5,4	6
5,6	6
5,8	19
6	14
6,2	7
6,4	5
6,6	6
6,8	6
7	3
7,2	7
7,4	13
7,6	17
7,8	15
8	13
8,2	15
8,4	15
8,6	15
8,8	7
9	8
9,2	18
9,4	22
9,6	18
9,8	20
10	22
10,2	25
10,4	17
10,6	9
10,8	6
11	7
11,2	6
11,4	5
11,6	5
11,8	3
12	6
12,2	11
12,4	16
12,6	14
12,8	19
13	23
13,2	25
13,4	22
13,6	20
13,8	25
14	30



**Rifiuto avanzamento aste del penetrometro**



**PROVA PENETROMETRICA P07**

**EDIFICIO DESTINATO AD ATTIVITA' LOGISTICA/DEPOSITO IN ALESSANDRIA.  
TERRENI DI PROPRIETA' DELLA SOC. CI CIEFFE SRL  
PROVA PENETROMETRICA STATICA P7**

Data: 18 maggio 2021

**Falda idrica: NON RISCONTRATA**

penetrometro statico Pagani da 100 KN

punta meccanica Begemann - Rp = resistenza alla punta; FRICTION RI = resistenza manicotto laterale  
spinta in infissione 10.000 kg

spinta in estrazione 11.000 Kg

sezione punta 10,00 cmq

Piano di posa del penetrometro: piano campagna

Rp - Kg/cm<sup>2</sup> - resistenza punta Begemann

Friction RI - Kg/cm<sup>2</sup> - resistenza laterale punta Begemann

Esecuzione prova: Dott. Cavalli Andrea

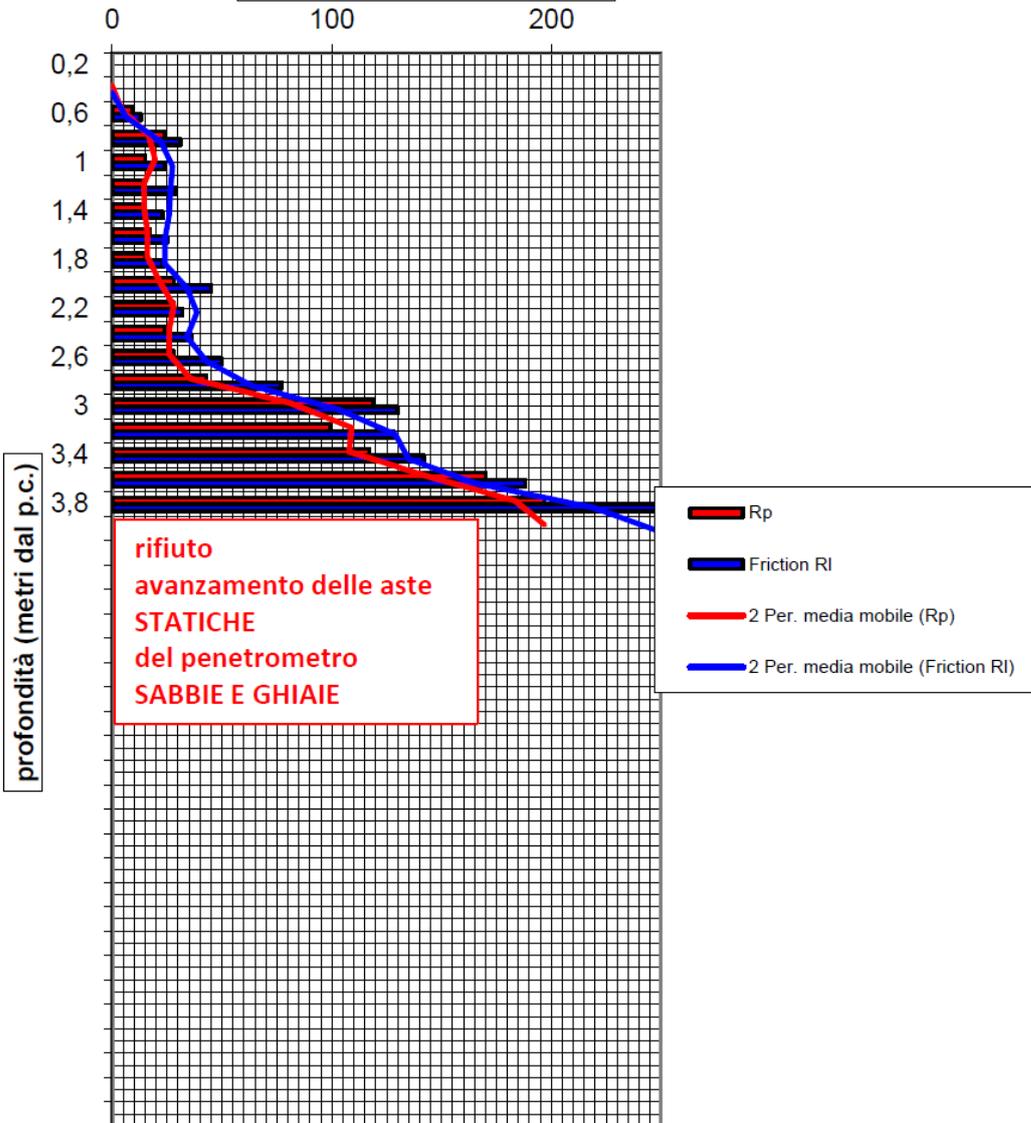
**PROVA  
STATICA P7**

metri dal p.c.	Rp	Friction RI
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	9	13
0,8	24	31
1	15	24
1,2	14	29
1,4	15	23
1,6	17	25
1,8	15	23
2	28	45
2,2	28	32
2,4	24	36
2,6	28	50
2,8	43	77
3	119	130
3,2	99	128
3,4	117	142
3,6	170	188
3,8	197	250

infissione punta Begemann  
infissione punta Begemann

diagramma campagna prova statica P7

Rp - FRICTION RI (Kg/cm<sup>2</sup>)



rifiuto  
avanzamento delle aste  
STATICHE  
del penetrometro  
SABBIE E GHIAIE

rifiuto  
avanzamento delle aste  
STATICHE  
del penetrometro  
SABBIE E GHIAIE



**PROVA PENETROMETRICA P08**

## COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P8

penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI

P = peso del maglio 63,5 Kg

H = altezza caduta maglio 75 cm

d = diametro aste piene 32 mm

A = sezione punta conica (60°) 20 cmq

p = penetrazione 20 cm (N20)

Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste

## PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA

Energia specifica colpo penetrometro SPT = Q = 7,83 Kg/cmq

Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = Q = (M x H) / (A x p) = 11,90 Kg/cmq

Coefficiente teorico di energia t = Q / Qspt = 1,52

Data: 6 MAGGIO 2021

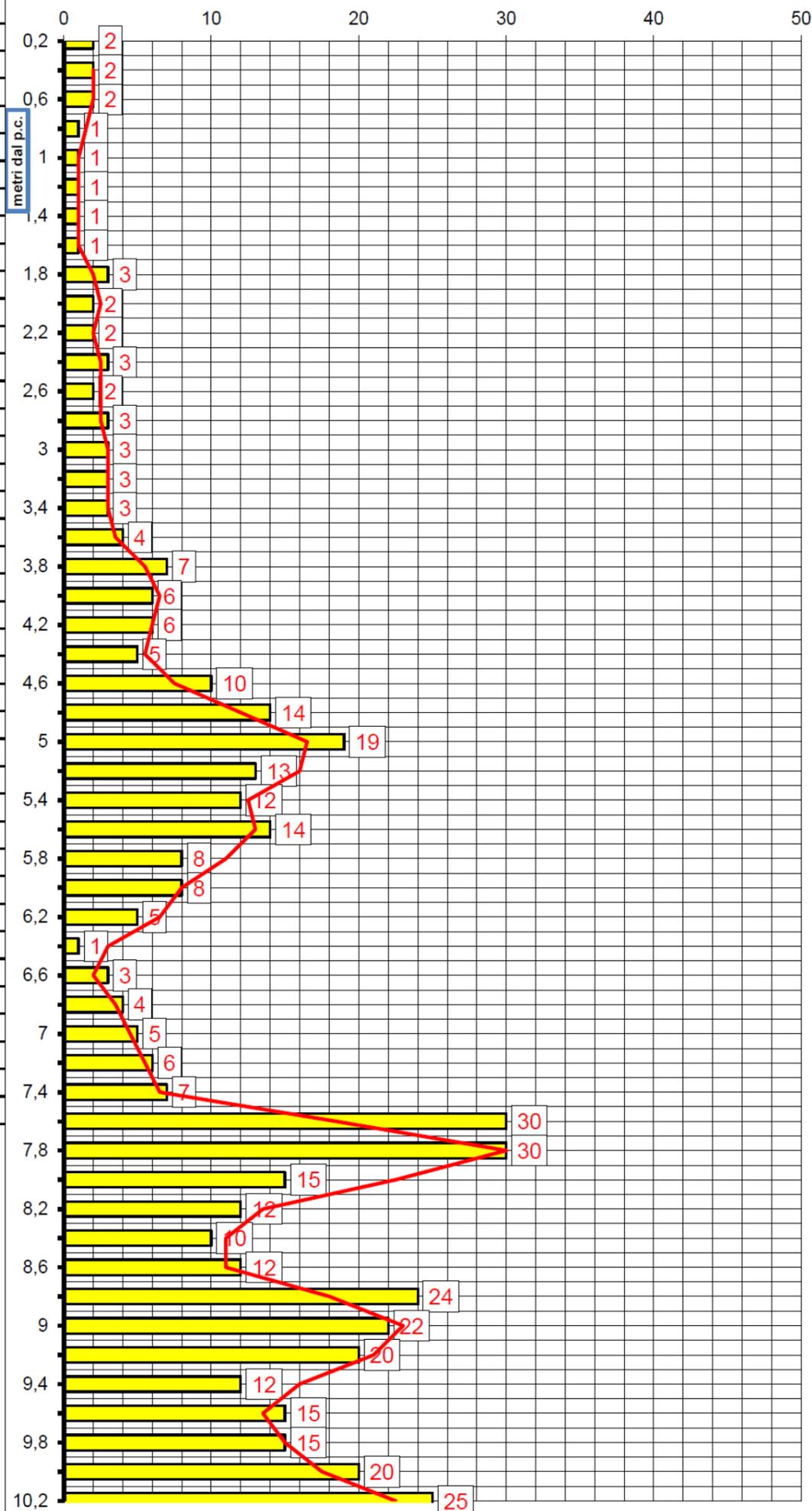
Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA

PROVA DINAMICA  
P8profondità dal p.c.  
(metri)colpi  
DPHS N20

0,2	2
0,4	2
0,6	2
0,8	1
1	1
1,2	1
1,4	1
1,6	1
1,8	3
2	2
2,2	2
2,4	3
2,6	2
2,8	3
3	3
3,2	3
3,4	3
3,6	4
3,8	7
4	6
4,2	6
4,4	5
4,6	10
4,8	14
5	19
5,2	13
5,4	12
5,6	14
5,8	8
6	8
6,2	5
6,4	1
6,6	3
6,8	4
7	5
7,2	6
7,4	7
7,6	30
7,8	30
8	15
8,2	12
8,4	10
8,6	12
8,8	24
9	22
9,2	20
9,4	12
9,6	15
9,8	15
10	20
10,2	25

Rifiuto avanzamento  
aste del penetrometrodiagramma prova penetrometrica  
dinamica P8

## numero colpi N20



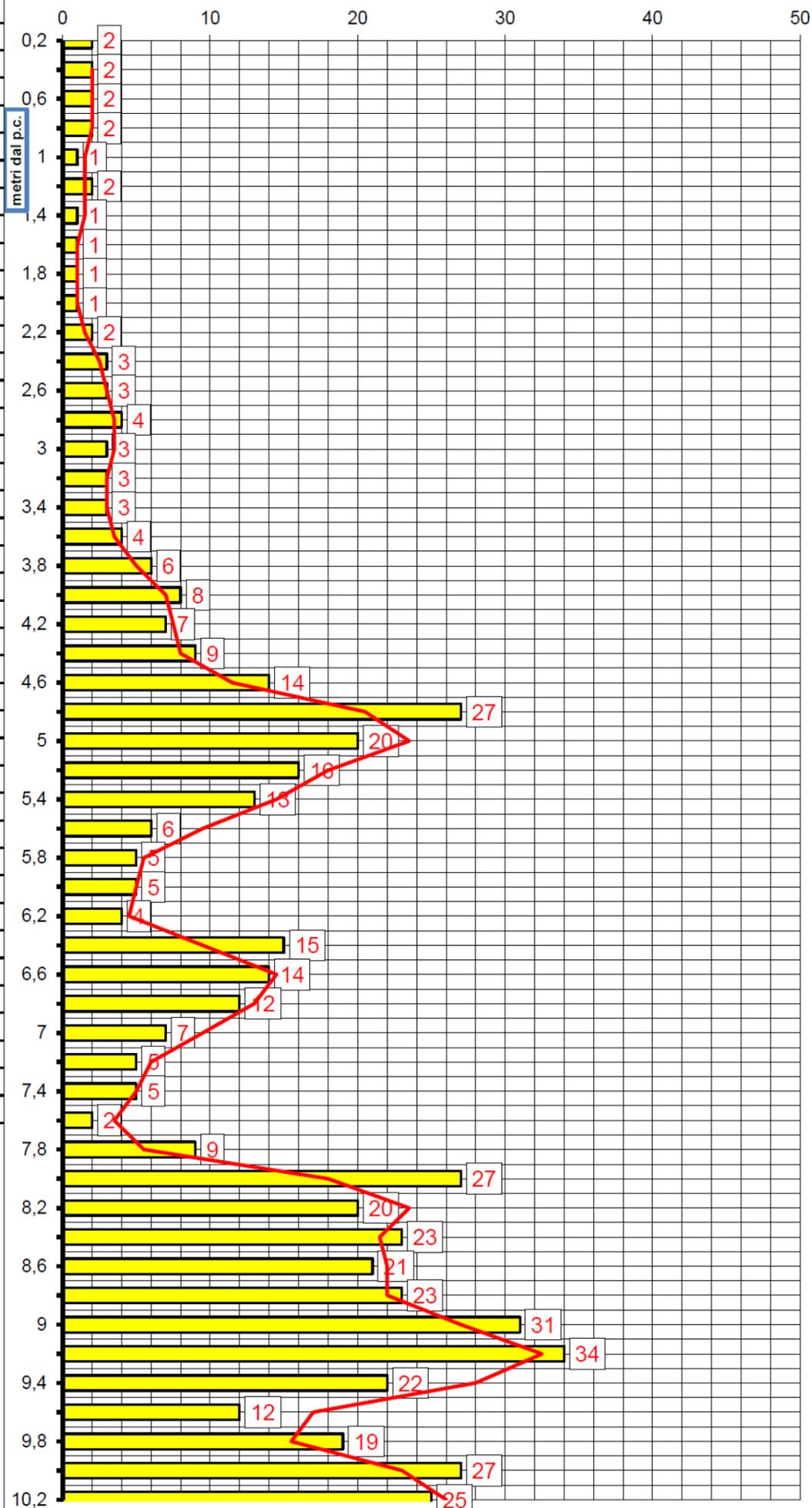


**PROVA PENETROMETRICA P09**

<b>COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO</b>					
<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P9</b>					
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI					
P = peso del maglio 63,5 Kg					<b>PROVA DINAMICA P9</b>
H = altezza caduta maglio 75 cm					
d = diametro aste piene 32 mm					
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq					
p = penetrazione 20 cm (N20)					
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste					
<b>PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA</b>					
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$					
Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$					
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$					
<b>Data: 10 MAGGIO 2021</b>		Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA			
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20				

diagramma prova penetrometrica dinamica P9

numero colpi N20



Rifiuto avanzamento  
aste del penetrometro



**PROVA PENETROMETRICA P010**

## COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P10

penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI

P = peso del maglio 63,5 Kg

H = altezza caduta maglio 75 cm

d = diametro aste piene 32 mm

A = sezione punta conica (60°) 20 cmq

p = penetrazione 20 cm (N20)

PROVA DINAMICA  
P10

Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste

## PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA

Energia specifica colpo penetrometro SPT =  $Q = 7,83 \text{ Kg/cm}^2$ Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 =  $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cm}^2$ Coefficiente teorico di energia  $t = Q / Q_{spt} = 1,52$ 

Data: 10 MAGGIO 2021

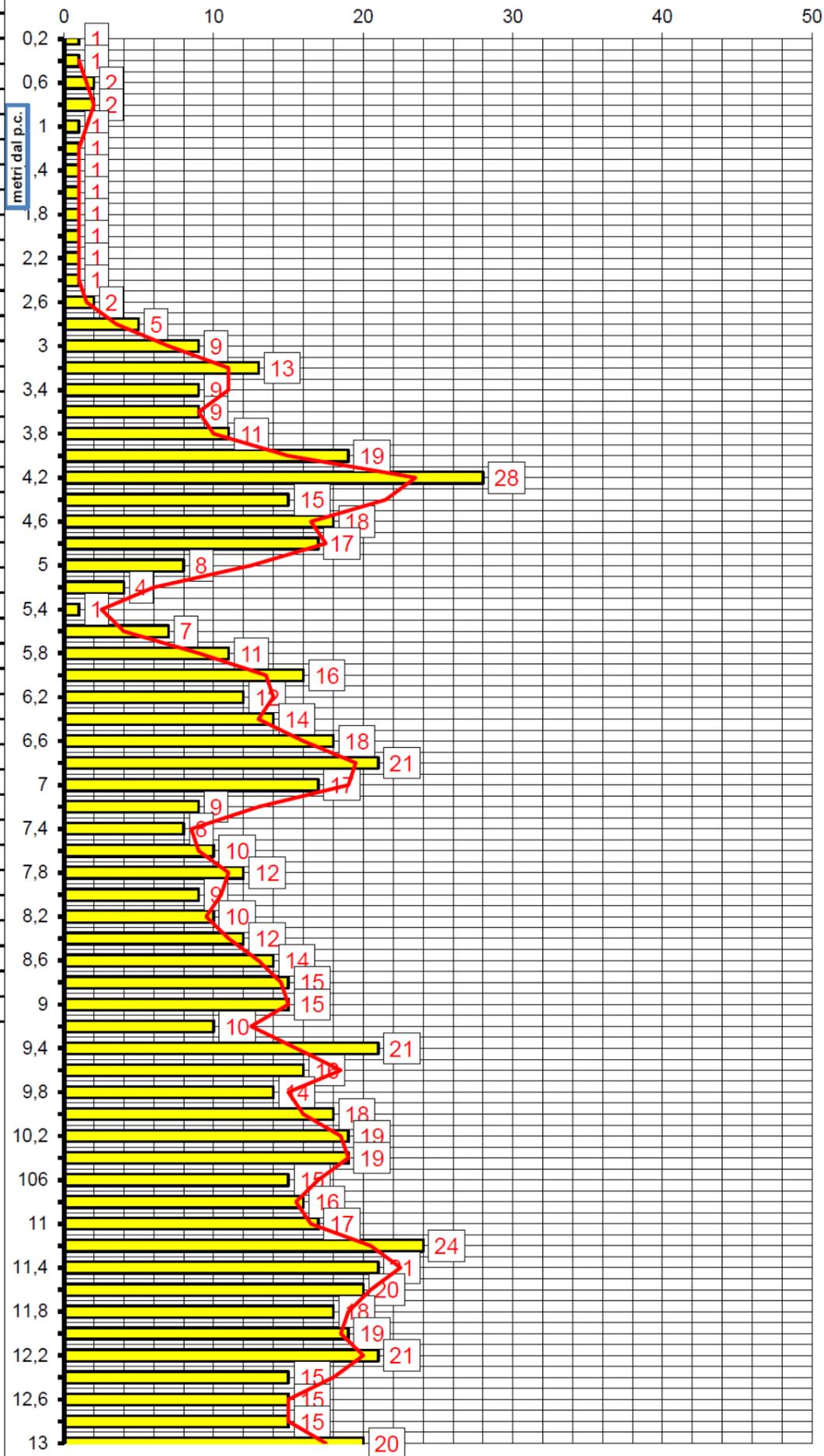
Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA

profondità dal p.c.  
(metri)colpi  
DPSH N20

0,2	1
0,4	1
0,6	2
0,8	2
1	1
1,2	1
1,4	1
1,6	1
1,8	1
2	1
2,2	1
2,4	1
2,6	2
2,8	5
3	9
3,2	13
3,4	9
3,6	9
3,8	11
4	19
4,2	28
4,4	15
4,6	18
4,8	17
5	8
5,2	4
5,4	1
5,6	7
5,8	11
6	16
6,2	12
6,4	14
6,6	18
6,8	21
7	17
7,2	9
7,4	8
7,6	10
7,8	12
8	9
8,2	10
8,4	12
8,6	14
8,8	15
9	15
9,2	10
9,4	21
9,6	16
9,8	14
10	18
10,2	19
10,4	19
10,6	15
10,8	16
11	17
11,2	24
11,4	21
11,6	20
11,8	18
12	19
12,2	21
12,4	15
12,6	15
12,8	15
13	20

diagramma prova penetrometrica  
dinamica P10

numero colpi N20

Rifiuto avanzamento  
aste del penetrometro



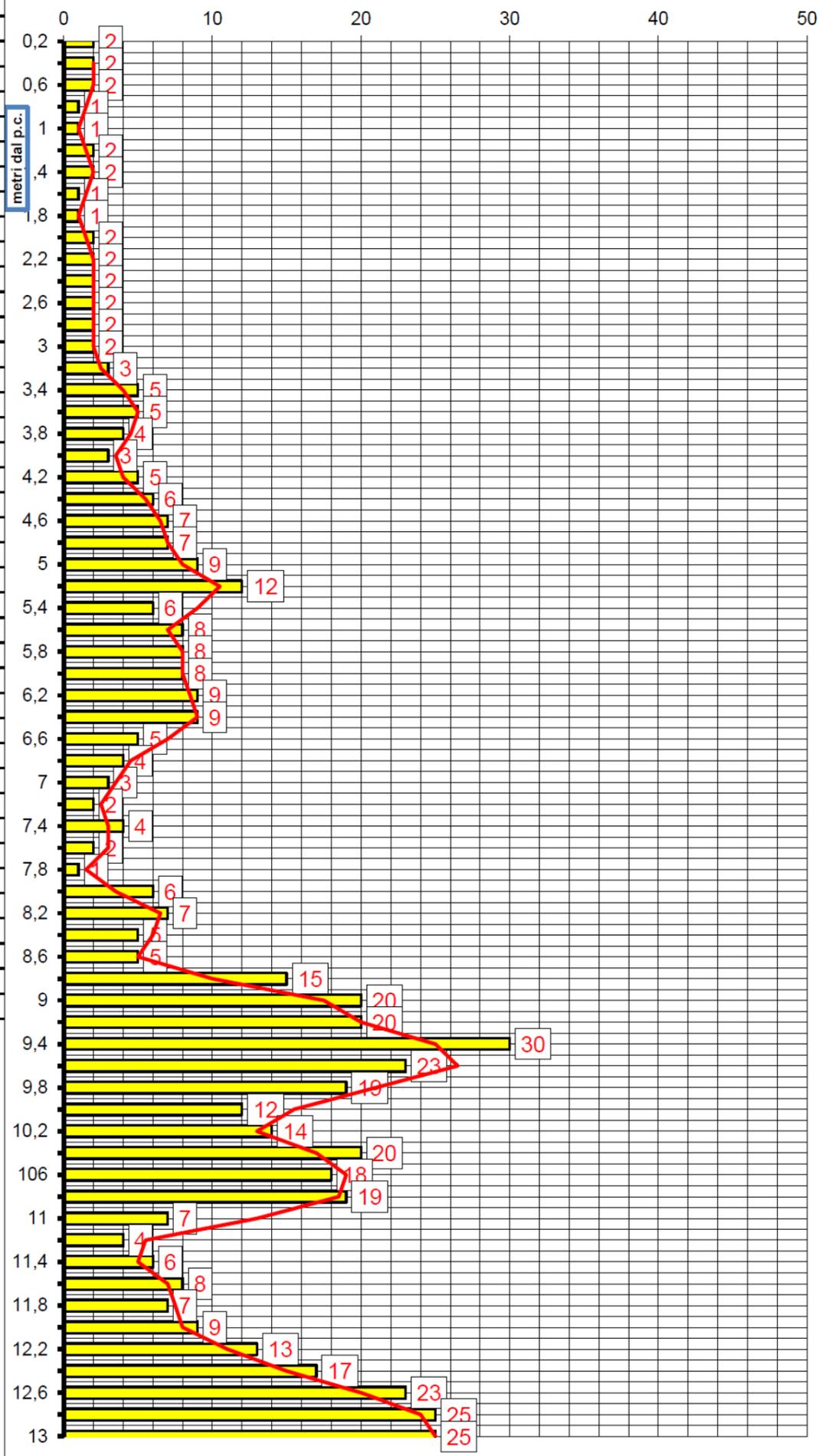
**PROVA PENETROMETRICA P011**

<b>COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO</b>	
<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P11</b>	
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI	
P = peso del maglio 63,5 Kg	
H = altezza caduta maglio 75 cm	
d = diametro aste piene 32 mm	
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq	
p = penetrazione 20 cm (N20)	
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste	
<b>PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA</b>	
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$	
Energia specifica colpo penetrometro DPHS N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$	
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$	
<b>Data: 6 MAGGIO 2021</b>	<b>Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA</b>
profondità dal p.c.	colpi
(metri)	DPHS N20

## PROVA DINAMICA P11

diagramma prova penetrometrica  
dinamica P11

numero colpi N20



Rifiuto avanzamento  
aste del penetrometro



**PROVA PENETROMETRICA P012**





## CAPITOLO 5.0

### Caratterizzazione idrogeologica del terreno – Prove di permeabilità a carico variabile- L01-L05

Utilizzando la stessa sonda penetrometrica, mediante la perforazione del terreno con aste elicoidali infisse a rotazione e l'installazione nel foro di un rivestimento in acciaio avente un diametro di 3,50 cm, nell'area sono state effettuate n.5 **prove di permeabilità in foro (L01-L05)** a quote comprese tra -1,50 e -3,50 metri dal piano campagna.

La prova di permeabilità (anche detta di percolazione) consiste nel riempire il permeametro (a terreno saturo) e misurare gli abbassamenti di livello a tempi prestabiliti.

La formula di calcolo utilizzata è la seguente (dal sito FORMULA GEO manuale operativo).

$$K = A / CL \times (t^2 - t^1) \times \ln(h^1/h^2)$$

Dove:

A = area di base elemento drenante (rivestimento acciaio diametro 3,50 cm);

h1 e h2 = altezze idrauliche rivestimento rispetto i tempi t1 e t2

Cl = costante di forma:  $2\pi D + L = 0,2548$  (metri)

h1 e h2 = altezze dell'acqua nel pozzetto, misurate dalla base del pozzetto, all'inizio e alla fine della prova a carico variabile;

t2-t1 = durata della prova a carico variabile;

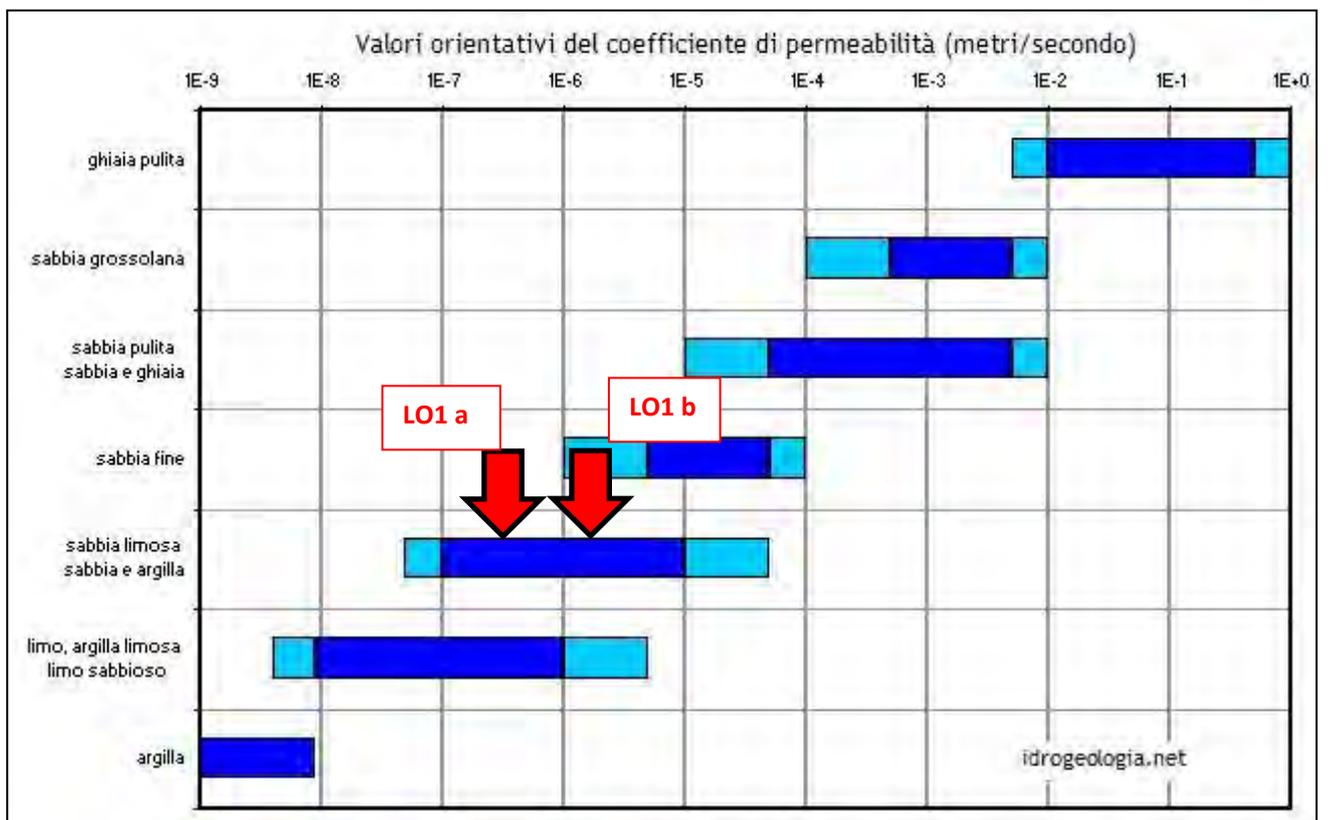
Nelle formule tutte le distanze sono espresse in metri, i tempi in secondi e le portate in mc/sec.

Il valore risultante della permeabilità è espresso quindi in metri/sec.

**DATI MISURE PROVE PERMEABILITA'****PROVA L01 - 20/05/2021**

<b>PERMEABILITA' L01 a</b>			
<b>PROFONDITA' 1,00 METRI</b>			
<b>TERRENI SABBIOSI E LIMOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 150 cm		
300	10	Permeabilità K (m/sec)	8.68 x 10 <sup>-7</sup>
600	15	Permeabilità K (m/sec)	4.57 x 10 <sup>-7</sup>
900	20	Permeabilità K (m/sec)	4.74 x 10 <sup>-7</sup>
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b>5.99 x 10<sup>-7</sup></b>

<b>PERMEABILITA' L01 b</b>			
<b>PROFONDITA' 4,00 METRI</b>			
<b>TERRENI SABBIOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 400 cm		
300	50	Permeabilità K (m/sec)	$1.67 \times 10^{-6}$
600	100	Permeabilità K (m/sec)	$1.93 \times 10^{-6}$
900	170	Permeabilità K (m/sec)	$3.34 \times 10^{-6}$
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b><math>2.31 \times 10^{-6}</math></b>

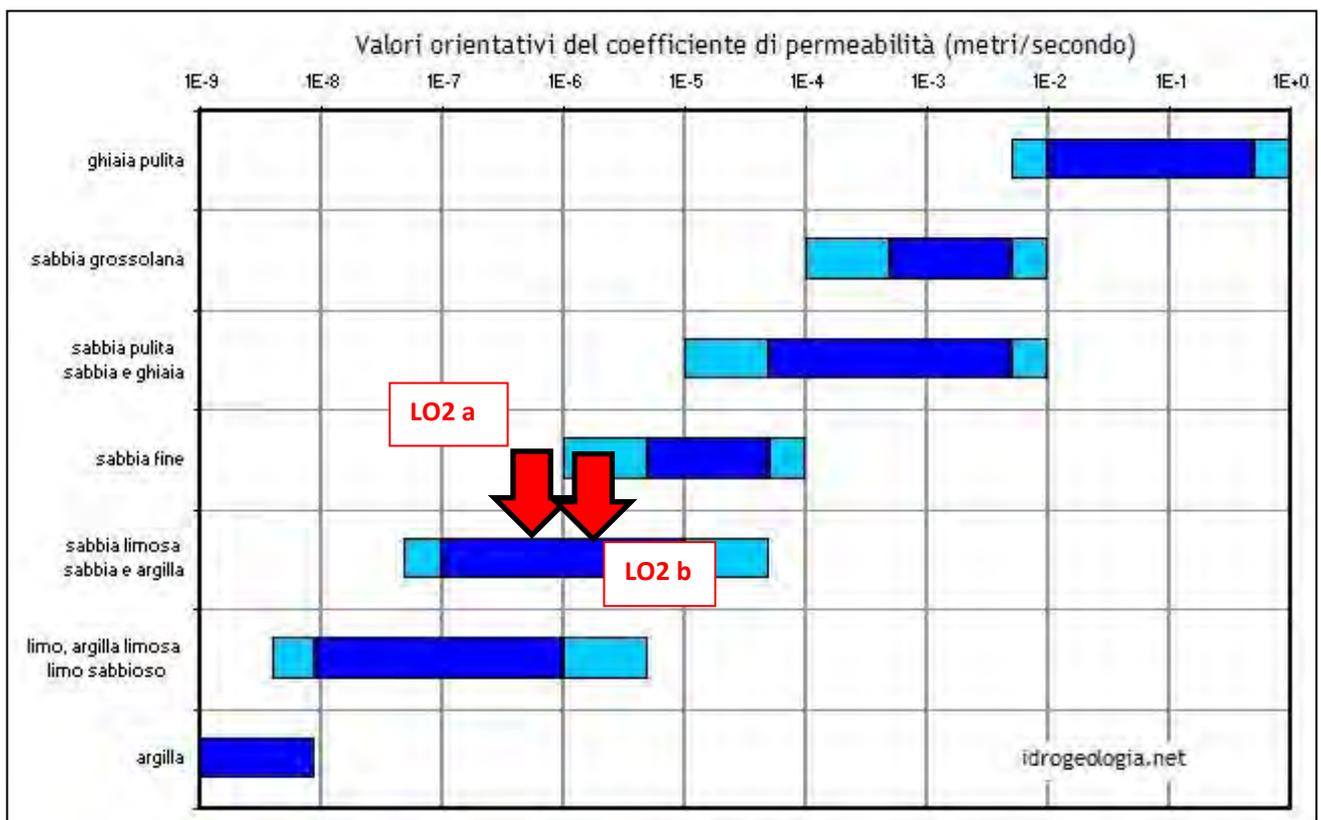


**DATI MISURE PROVE PERMEABILITA'****PROVA L02 -19/05/2021**

<b>PERMEABILITA' L02 a</b>			
<b>PROFONDITA' 1,50 METRI</b>			
<b>TERRENI LIMOSI SABBIOSI E ARGILLOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 150 cm		
300	10	Permeabilità K (m/sec)	8.68 x 10 <sup>-7</sup>
600	19	Permeabilità K (m/sec)	8.35 x 10 <sup>-7</sup>
900	24	Permeabilità K (m/sec)	4.89 x 10 <sup>-7</sup>
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b>7.30 x 10<sup>-7</sup></b>

<b>PERMEABILITA' L02 b</b>			
<b>PROFONDITA' 2,50 METRI</b>			
<b>TERRENI SABBIOSI LIMOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 300 cm		
300	61	Permeabilità K (m/sec)	$2.85 \times 10^{-6}$
600	101	Permeabilità K (m/sec)	$2.30 \times 10^{-6}$
900	180	Permeabilità K (m/sec)	$6.36 \times 10^{-6}$
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b><math>3.83 \times 10^{-6}</math></b>

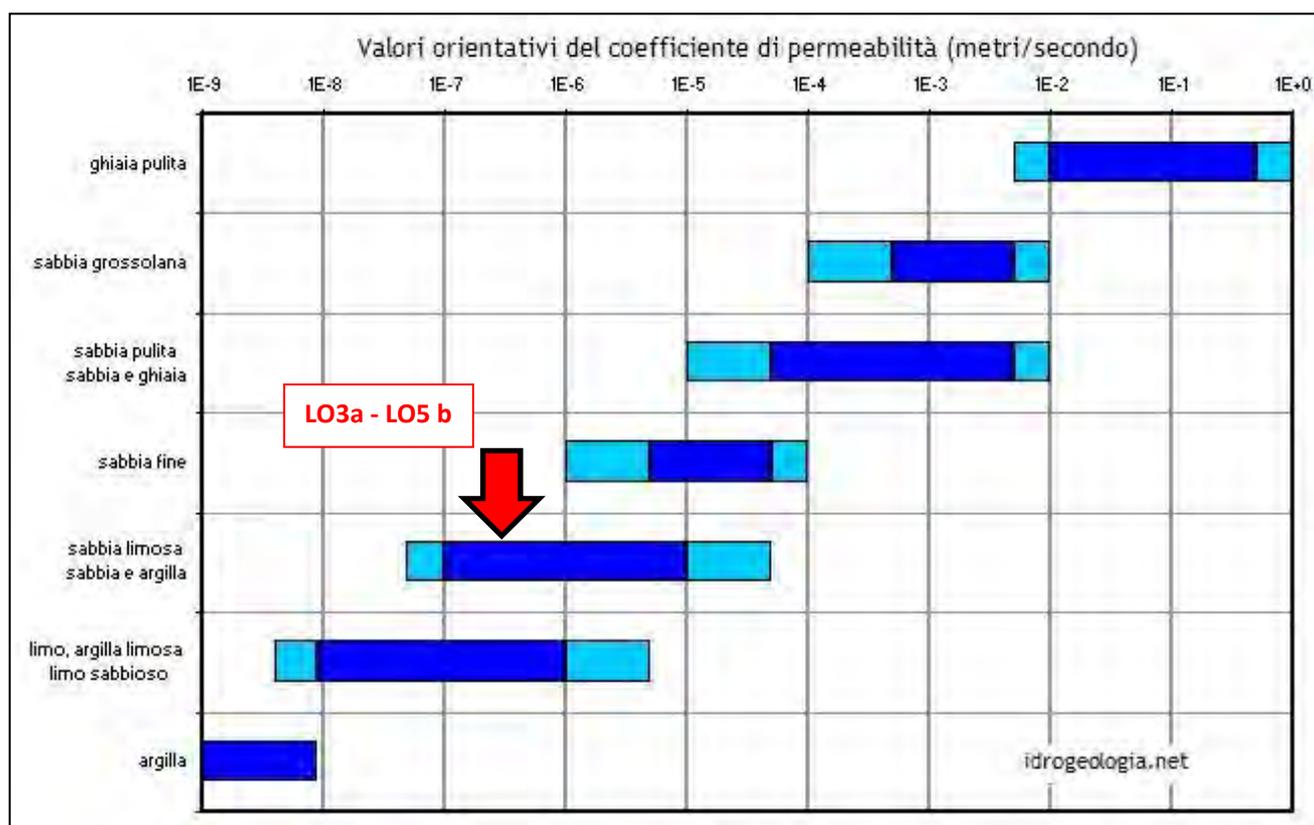
0.00

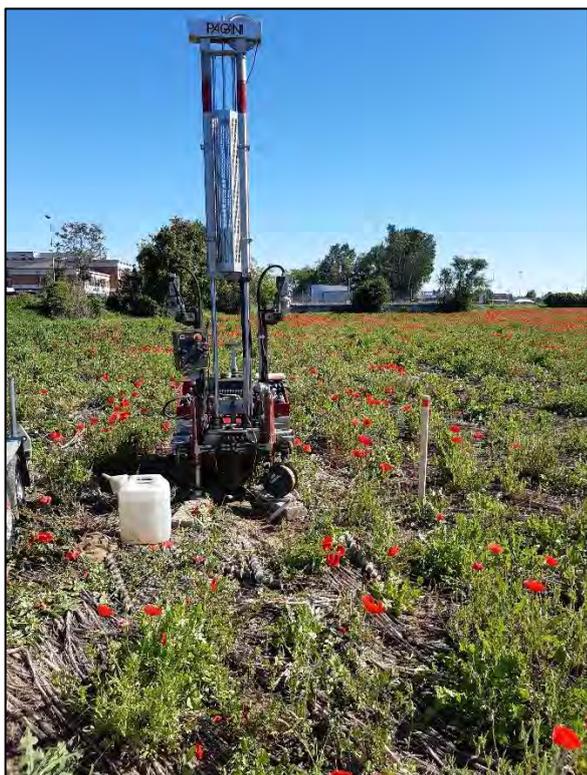


**DATI MISURE PROVE PERMEABILITA'****PROVA L03 - 20/05/2021**

<b>PERMEABILITA' L03 a</b>			
<b>PROFONDITA' 1,50 METRI</b>			
<b>TERRENI SABBIOSI E LIMOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm) CARICO IDRAULICO INIZIALE 200 cm		
300	3	Permeabilità K (m/sec)	1.89 x 10 <sup>-7</sup>
600	7	Permeabilità K (m/sec)	2.57 x 10 <sup>-7</sup>
900	10	Permeabilità K (m/sec)	1.97 x 10 <sup>-7</sup>
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b>2.14 x 10<sup>-7</sup></b>

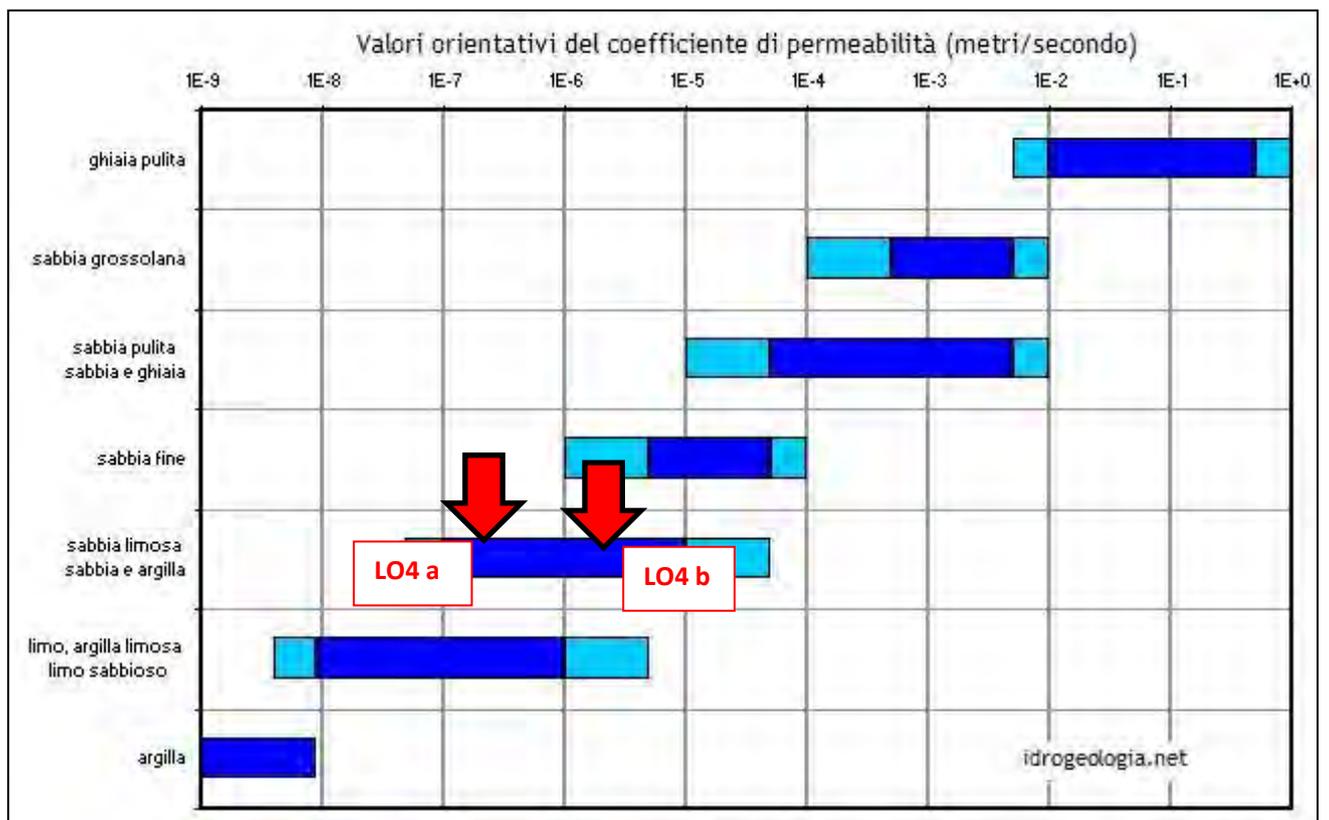
<b>PERMEABILITA' L03 b</b>			
<b>PROFONDITA' 2,80 METRI</b>			
<b>TERRENI SABBIOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 400 cm		
300	15	Permeabilità K (m/sec)	$4.80 \times 10^{-7}$
600	37	Permeabilità K (m/sec)	$7.39 \times 10^{-7}$
900	52	Permeabilità K (m/sec)	$5.30 \times 10^{-7}$
1200	60	Permeabilità K (m/sec)	$2.80 \times 10^{-7}$
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b><math>5.07 \times 10^{-7}</math></b>



**DATI MISURE PROVE PERMEABILITA'****PROVA L04 – 20/05/2021**

<b>PERMEABILITA' L04 a</b>			
<b>PROFONDITA' 0,80 METRI</b>			
<b>TERRENI LIMOSI ARGILLOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm) CARICO IDRAULICO INIZIALE 100 cm		
300	2	Permeabilità K (m/sec)	$2.54 \times 10^{-7}$
600	3	Permeabilità K (m/sec)	$1.29 \times 10^{-7}$
900	10	Permeabilità K (m/sec)	$9.42 \times 10^{-7}$
1800	15	Permeabilità K (m/sec)	$2.42 \times 10^{-7}$
		Perm medio K (m/sec)	$3.91 \times 10^{-7}$

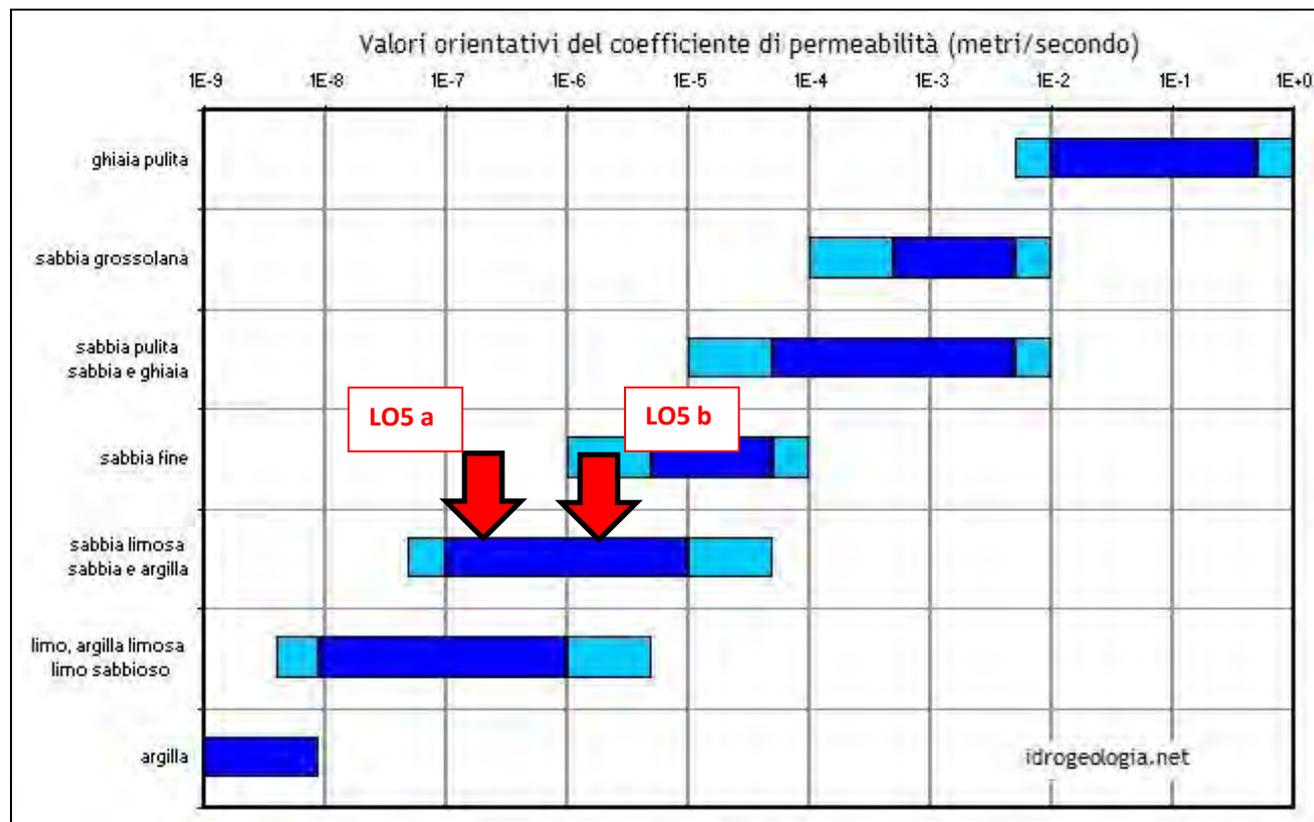
<b>PERMEABILITA' L04 b</b> <b>PROFONDITA' 1,30 METRI</b> <b>TERRENI SABBIOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 200 cm		
300	30	Permeabilità K (m/sec)	$2.04 \times 10^{-6}$
600	56	Permeabilità K (m/sec)	$2.08 \times 10^{-6}$
900	73	Permeabilità K (m/sec)	$1.58 \times 10^{-6}$
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b><math>1.90 \times 10^{-6}</math></b>



**DATI MISURE PROVE PERMEABILITA'****PROVA L05 - 20/05/2021**

<b>PERMEABILITA' L05 a</b>			
<b>PROFONDITA' 1,50 METRI</b>			
<b>TERRENI LIMOSI ARGILLOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)  CARICO IDRAULICO INIZIALE 200 cm		
300	5	Permeabilità K (m/sec)	3.18 x 10 <sup>-7</sup>
600	7	Permeabilità K (m/sec)	1.29 x 10 <sup>-7</sup>
900	15	Permeabilità K (m/sec)	5.32 x 10 <sup>-7</sup>
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b>3.26 x 10<sup>-7</sup></b>

<b>PERMEABILITA' L05 b</b>			
<b>PROFONDITA' 3,50 METRI</b>			
<b>TERRENI SABBIOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 400 cm		
300	90	Permeabilità K (m/sec)	$3.20 \times 10^{-6}$
600	120	Permeabilità K (m/sec)	$1.28 \times 10^{-6}$
900	132	Permeabilità K (m/sec)	$5.54 \times 10^{-7}$
1200	150	Permeabilità K (m/sec)	$8.74 \times 10^{-7}$
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b><math>1.47 \times 10^{-6}</math></b>



## CAPITOL00. 6.0

### Carotaggi stratigrafici (S01-S02)

Tra la data del 25 e 27 maggio 2021 in corrispondenza dell'area oggetto d'indagine sono stati effettuati n.2 carotaggi stratigrafici continui (S01 e S02 di cui alla planimetria allegata) spinti ad una profondità di 15,00 metri dal piano campagna, al fine di acquisire le peculiarità litostratigrafiche del sottosuolo.

Nel foro del carotaggio S02 è stato installato un piezometro micro fessurato in PVC (diam. 60 cm) per la misura del livello della falda, con chiusino in acciaio munito di lucchetto.

Attrezzatura utilizzata per esecuzione carotaggi:

- \* sonda rotativa cingolata;
- \* utensile di perforazione:
  - \* carotiere semplice T1, lunghezza utile 150 cm e diametro esterno 101 mm;
  - \* aste di rivestimento esterne, lunghezza utile 150 cm e diametro esterno 127 mm;
  - \* aste di perforazione: con filettatura tronco-conica, diametro esterno 70 mm;
  - \* corone di perforazione: in widia;

I campioni estratti sono stati depositati entro le cassette in pvc di dimensioni 1,00x0,50x0,10 metri e depositate presso l'edificio Panorama, mentre tutte le quote di cui alle stratigrafie di seguito allegate, sono riferite al piano campagna.

In ogni foro di sondaggio sono state effettuate n.4 prove S.P.T. (Standard Penetration Test).

La prova S.P.T. consiste nell'infliggere nel terreno, all'interno delle aste di rivestimento del foro del sondaggio, una punta conica mediante una batteria di aste, per tratti consecutivi di cui un primo corrispondente a 150 mm (N1), un secondo corrispondente a 300 mm (N2) ed un terzo corrispondente a 450 mm (N3) totali, annotando il numero di colpi necessario alla penetrazione.

Attrezzatura prova S.P.T.:

- aste in acciaio diametro esterno 50 mm;
- dispositivo di sollevamento automatico con peso della massa battente pari a 63,50 Kg ed altezza di caduta pari a 75 cm;
- PUNTA CHIUSA

**Normalizzazione del valore  $N_{SPT}$  per le procedure esecutive**

La correzione tiene conto dei differenti dispositivi di infissione utilizzati e delle procedure esecutive. Il valore di  $N_{SPT}$ , corretto secondo la formula proposta da Skempton, assume il valore

$$N_{60} = C_{ER} C_B C_S C_R N_{SPT}$$

in cui

$N_{60}$  = valore corretto per le procedure esecutive

$C_{ER}$  = fattore di correzione per il rapporto di energia

$C_B$  = fattore di correzione per il diametro del foro

$C_S$  = fattore di correzione per il tipo di campionatore

$C_R$  = fattore di correzione per la lunghezza della fune

$N_{SPT}$  = valore misurato

I valori dei fattori di correzione proposti da Skempton sono elencati nella tabella seguente.

**Fattori di correzione per le procedure esecutive (da Skempton)**

Fattore	Procedure-strumentazione	Termine	Valore
Rapporto di energia	Safety hammer	$C_{ER}$	0.9
	Donut hammer	$C_{ER}$	0.75
Diametro del foro	65÷115 mm	$C_B$	1.0
	115÷150 mm	$C_B$	1.05
	150÷200 mm	$C_B$	1.15
Tipo di campionatore	Standard sampler	$C_B$	1.0
	Sampler without liner	$C_S$	1.2
Lunghezza della fune	> 10 m	$C_R$	1.0
	6÷10 m	$C_R$	0.95
	4÷6 m	$C_R$	0.85
	3÷4 m	$C_R$	0.75

**Correzione del valore di  $N_{SPT}$  per le tensioni litostatiche**

Viene utilizzata la seguente correzione proposta in letteratura

$$(N)_{60} = C_N N_{60}$$

in cui

$(N)_{60}$  = valore corretto per le tensioni litostatiche e per le procedure esecutive

$N_{60}$  = valore corretto per le procedure esecutive

$C_N$  = fattore di correzione per la tensione litostatica

Il valore del fattore  $C_N$  proposto da Liao e Whitman è

$$C_N = \frac{1}{\sqrt{\sigma_{vo}}}$$

in cui

$\bar{\sigma}_{vo}$  = tensione verticale efficace in  $\text{kg/cm}^2$

Da Ordine Geologi del Lazio (L'interpretazione delle indagini in sito. Criteri e riferimenti per interpretazione delle indagini alla luce delle NTC 2008- Geologo Ing. Massimo Pietrantoni)

PRESSIONI INTERSTIZIALI (falda)

$$N' = 15 + 0.5 \times (NSPT - 15) \text{ (Terzaghi e Peck, 1948)}$$

Dove:

$N$  = SPT misurati

$N' = \text{SPT corretto PRESSIONI INTERSTIZIALI (finale)}$

**DETERMINAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI PROVE SPT**

**Terreni coerenti**

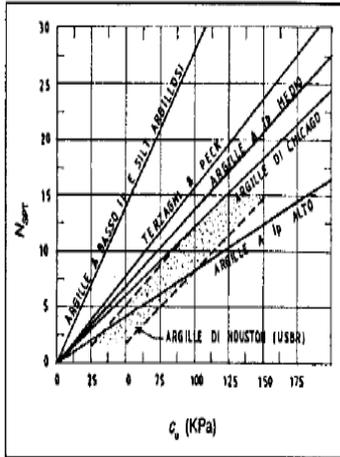


Figura 51. Correlazioni tra  $N_{SPT}$  e  $c_u$  (Schmertmann, 1975).

Casadio-Elmi -Bologna - 1995

TABELLA 1.3  
Parametri geotecnici dei terreni coerenti

Stato di consistenza	Numero dei colpi	Indice di consistenza	Coesione non drenata
	$N_{SPT}$	$I_c$	$C_u$
Molto soffice	<2	circa 0	<0.1
Soffice	2-4	0-0.25	0.1-0.25
Plastico	4-8	0.25-0.5	0.25-0.5
Compatto	8-15	0.5-0.75	0.5-1.0
Molto compatto	15-30	0.75-1.0	1.0-2.0
Estrem. compatto	>30	>1.0	>2.0

Fonte: F.Cestari, Benevento 1986

Tab. 3.1: Relazione fra  $N_{SPT}$ , consistenza e resistenza non drenata (TERZAGHI E PECK 1948)

Consistenza	Molto bassa	Bassa	Media	Elevata	Molto elevata	Argille dure
$N_{SPT}$	<2	2-4	4-8	8-15	15-30	>30
$C_u$ (kPa)	<12	12-25	25-50	50-100	100-200	>200

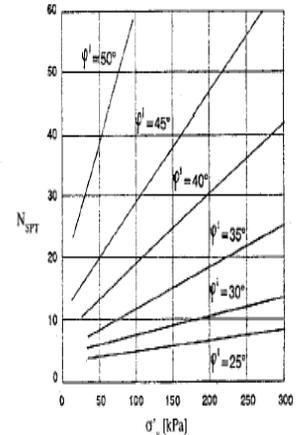
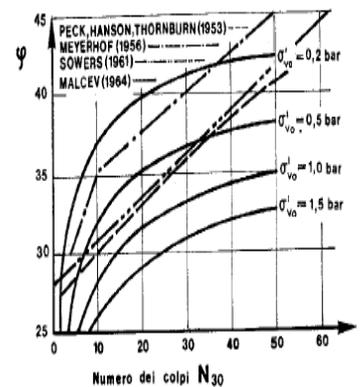


Fig. 4.4.1. Correlazione tra il numero di colpi  $N_{SPT}$  e l'angolo di attrito  $\phi'$  (adattata da Viggiani, 1993).



Angolo di attrito di terreni coerenti correlato al numero di colpi dello S.P.T.  
Fonte: Cestelli-Guidi 1987

*Coesione non drenata*

$c_u = \alpha \cdot N_{SPT}$   
con  $\alpha$  coefficiente che varia a seconda degli autori (tra 3.8 e 12.5, in kPa)

*Modulo edometrico*

$M = \beta \cdot N_{SPT}$   
con  $\beta$  che varia tra 500 e 600, in kPa)

Da Ordine Geologi del Lazio (L'interpretazione delle indagini in sito. Criteri e riferimenti per interpretazione delle indagini alla luce delle NTC 2008- Geologo Ing. Massimo Pietrantoni)

$\phi'$  = angolo di attrito interno (condizioni drenate)

relazione Gibbs e Holts (1957)

a)  $\phi' = (\sqrt{15x N_{60}}) + 15$

relazione Di Mello (1971)

$$b) \quad \phi' = 0.3 \times N_{60} + 27$$

$E'$  = modulo di deformazione DRENATO

### Correlazioni per la stima del modulo di deformabilità

"Manual on estimating soil properties" (Cornell University, 1990)

$$E = 10 \cdot N_{60} \quad \text{valida per "clean NC sands"}$$

$$E = 15 \cdot N_{60} \quad \text{valida per "clean OC sands"}$$

( $E$  = modulo di deformabilità in  $\text{kg/cm}^2$ )

*D'Appolonia et al. (1970)*

$$E = 0.756 N_{\text{SPT}} + 18.75 \quad (\text{MPa}) \text{ per sabbia e ghiaia NC}$$

$$E = 1.043 N_{\text{SPT}} + 36.79 \quad (\text{MPa}) \text{ per sabbia OC}$$

*Schultze & Menzenbach (1961)*

$$E = 0.517 N_{\text{SPT}} + 7.46 \quad \text{in MPa}$$

*Pasqualini (Politecnico di Torino, 1983)*

Da correlazioni tra SPT e pressiometriche (Tornagli, Franke, Ghionna-Lancellotta-Maniscalco, Albert-Hegg-Manassero.

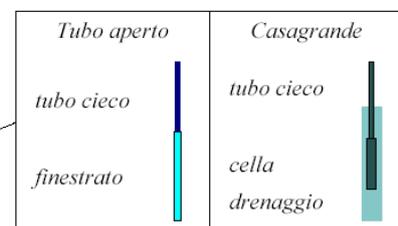
$$E = B \sqrt{N_{\text{SPT}}} \quad \text{con } B = 7 \text{MPa}$$

Da Ordine Geologi del Lazio (L'interpretazione delle indagini in sito. Criteri e riferimenti per interpretazione delle indagini alla luce delle NTC 2008- Geologo Ing. Massimo Pietrantoni)

## LEGENDA STRATIGRAFIA

o mm	R r	A s	Pz	metri bat	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	SPT S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta ( $\text{kg/cm}^2$ )
- 9) Vane test ( $\text{kg/cm}^2$ )
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di  $N_{\text{spt}}$
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



*She* = Shelby  
*Den* = Denison  
*Ost* = Osterberg  
*Maz* = Mazier  
*Crp* = Craps  
*nk3* = NK3  
*Ind* = Indisturbato  
*Dis* = Disturbato  
*SDi* = Semi disturbato  
*SPT* = SPT



Carotaggio stratigrafico S1 (26 maggio 2021)



Carotaggio stratigrafico S1 (26 maggio 2021)

**STRATIGRAFIA - S1**

SCALA 1 : 50

Pagina 1/2

Riferimento: PROPRIETA' SOC CI CIEFFE SRL	Sondaggio: S1
Località: COMUNE DI ALESSANDRIA AREA TRA CORSO ROMITA E TANGENZIALE	Quota: 93,5 m,s,l,m,
Impresa esecutrice: STUDIO GEOLOGIA CAVALLI	Data: 26 maggio 2021
Coordinate: planimetria georeferenziata planimetria georeferenziata	Redattore: DOTT CAVALLI ANDREA
Perforazione: CAROTAGGIO STRATIGRAFICO CONTINUO	

σ mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	PreI. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	
										S.P.T.	N				
				1										SUOLO E LIMI SABBIOSI BRUNO GIALLO	
				2										1.7	SABBIE LIMOSE A GRANULOMETRIA FINE CON GHIAIE
				3						21-21-20	41			2.9	SABBIE CON GHIAIETTO E GHIAIE ETEROGENEE (DIAM. CLASTI 1.5/3.0 CM) A MORFOLOGIA POCO ARROTONDATA
				4											
				5										5.0	GHIAIE A GRANULOMETRIA MEDIO GROSSOLANA (DIAM. CLASTI 3/5 CM) A MATRICE SABBIOSA E LIMOSA COLORE GIALLO BRUNO
				6											
				7											
				8											
				9											
				10											
				11											
				12											
										3750/7cm	Rif				
										50/11cm	Rif				

**STRATIGRAFIA - S1**

SCALA 1 : 50

Pagina 2/2

Riferimento: PROPRIETA' SOC CI CIEFFE SRL	Sondaggio: S1
Località: COMUNE DI ALESSANDRIA AREA TRA CORSO ROMITA E TANGENZIALE	Quota: 93,5 m,s,l,m,
Impresa esecutrice: STUDIO GEOLOGIA CAVALLI	Data: 26 maggio 2021
Coordinate: planimetria georeferenziata planimetria georeferenziata	Redattore: DOTT CAVALLI ANDREA
Perforazione: CAROTAGGIO STRATIGRAFICO CONTINUO	

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				13									13.0	GHIAIE A GRANULOMETRIA MEDIO GROSSOLANA (DIAM. CLASTI 3/5 CM) A MATRICE SABBIOSA E LIMOSA COLORE GIALLO BRUNO
				14									14.0	SABBIE A GRANULOMETRIA MEDIO FINE A MATRICE LIMOSA, CON GHIATTO E CIOTTOLI, COLORE GIALLO BRUNO
				15									15.0	GHIAIE A MATRICE SABBIOSA A GRANULOMETRIA MEDIO GROSSOLANA, ETEROMETRICHE ED A MORFOLOGIA POCO ARROTONDATA

PIEZOMETRO ASSENTE



Carotaggio S1

Da 0.00 a 5.00 metri dal p.c.



Carotaggio S1

Da 5.00 a 10.00 metri dal p.c.



Carotaggio S1

Da 10.00 a 15.00 metri dal p.c.

**PROVE S.P.T. dati campagna CAROTAGGIO S1**

Prove SPT	Profondità (metri dal piano campagna)	N1 numero colpi primi 15 cm affondamento delle aste	N2 numero colpi dopo 30 cm affondamento delle aste	N3 numero colpi dopo 45 cm affondamento delle aste	NSPT N2+N3 (misurato campagna)	N'SPT (corretto falda)	<b>N60</b>
1	3.50	21	22	20	42		<b>26.88</b>
2	6.00	25	25	27	52		<b>33.28</b>
3	9.00	37	50 RIFIUTO 7 cm		50	32.50	<b>20.80</b>
4	12.00	50 RIFIUTO 11 cm			50	32.50	<b>20.80</b>

**PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DA PROVE SPT CAROTAGGIO S1**

Prove SPT	Profondità (metri)	N60	Cu KPa	E MPa	$\phi'$ (°)
1	3.50	26.88	<b>102.14</b>	<b>36.29</b>	<b>35.06</b>
2	6.00	33.28		<b>40.38</b>	<b>37.16</b>
3	9.00	20.80		<b>31.92</b>	<b>32.95</b>
4	12.00	20.80		<b>31.92</b>	<b>32.95</b>

Note:

\*(1) calcolo  $\phi'$ (°) relazione Gibbs e Holts (1957);

\*(2) calcolo Cu relazioni Terzaghi e Peck (1948);

\*(4) calcolo E relazione Pasqualini -Politecnico di Torino (1983)

<b>PERMEABILITA' CAROTAGGIO S01</b>			
<b>PROFONDITA' 1,50 METRI</b>			
<b>TERRENI SABBIOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)  CARICO IDRAULICO COLONNA RIVESTIMENTO 200 cm  (DIAMETRO RIVESTIMENTO 127 mm)		
15	17	Permeabilità K (m/sec)	9.05 x 10-5
30	30	Permeabilità K (m/sec)	7.58 x 10-5
60	31	Permeabilità K (m/sec)	3.03 x 10-6
180	32.5	Permeabilità K (m/sec)	1.14 x 10-6
300	34	Permeabilità K (m/sec)	1.15 x 10-6
600	39	Permeabilità K (m/sec)	1.57 x 10-6
900	44	Permeabilità K (m/sec)	1.62x 10-6
1800	53	Permeabilità K (m/sec)	1.01 x 10-6
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b>2.19 x 10-5</b>



Carotaggio stratigrafico S2 (25 maggio 2021)



Carotaggio stratigrafico S2 (25 maggio 2021)

Esecuzione prove SPT in foro



Carotaggio stratigrafico S2 (25 maggio 2021)

Chiusino piezometro

**STRATIGRAFIA - S2**

SCALA 1 : 50

Pagina 1/2

Riferimento: PROPRIETA' SOC CI CIEFFE SRL	Sondaggio: S2
Località: COMUNE DI ALESSANDRIA AREA TRA CORSO ROMITA E TANGENZIALE	Quota: 93,5 m.s.l.m.
Impresa esecutrice: STUDIO GEOLOGIA CAVALLI	Data: 25 maggio 2021
Coordinate: planimetria georeferenziata planimetria georeferenziata	Redattore: DOTT CAVALLI ANDREA
Perforazione: CAROTAGGIO STRATIGRAFICO CONTINUO	

ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	SPT		RQD % 0 --- 100	prof m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
														SUOLO E LIMI SABBIOSI COLORE BRUNO GIALLO
				1										
				2										
				2.5										SABBIE LIMOSE A GRANULOMETRIA FINE, COLORE BRUNO GIALLO
				3					7-6-6		12			SABBIE LIMOSE CON GHIAIETTO A GRANULOMETRIA FINE (DIAM. CLASTI 1/7 CM) ETEROMETRICO A MORFOLOGIA POCO ARROTONDATA
				4										
				5										
				5.0										GHIAIE SABBIOSE A GRANULOMETRIA MEDIO FINE (DIAM. 1.5/3.0 CM) ETEROMETRICHE A MORFOLOGIA POCO ARROTONDATA
				6					19-21-21		42			GHIAIE A GRANULOMETRIA MEDIA (DIAM. 2.5/3.5 CM) A MATRICE LIMOSA SABBIOSA COLORE GIALLO BRUNO, A MORFOLOGIA POCO ARROTONDATA
				7										
				8										
				9										
				9					35-50/12cm		Rif			
				10										
				11										
				11.0										LIMO SABBIOSO ED ARGILLOSO COLORE BRUNO GIALLO, PLASTICO E POCO COMPATTO
				12										
				12					9-4-5		9			





Carotaggio S2

Da 0.00 a 5.00 metri dal p.c.



Carotaggio S2

Da 5.00 a 10.00 metri dal p.c.



Carotaggio S2

Da 10.00 a 15.00 metri dal p.c.

**PROVE S.P.T. dati campagna CAROTAGGIO S2**

Prove SPT	Profondità (metri dal piano campagna)	N1 numero colpi primi 15 cm affondamento delle aste	N2 numero colpi dopo 30 cm affondamento delle aste	N3 numero colpi dopo 45 cm affondamento delle aste	NSPT N2+N3 (misurato campagna)	N'SPT (corretto falda)	<b>N60</b>
1	3.50	7	6	6	12		<b>7.68</b>
2	6.00	19	21	21	42		<b>26.88</b>
3	9.00	37	50 RIFIUTO 7 cm		50	32.50	<b>20.80</b>
4	12.00	50 RIFIUTO 11 cm			50	32.50	<b>20.80</b>

**PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DA PROVE SPT CAROTAGGIO S1**

Prove SPT	Profondità (metri)	N60	Cu KPa	E MPa	$\phi'$ (°)
1	3.50	7.68	<b>28.18</b>	<b>19.39</b>	
2	6.00	26.88		<b>36.29</b>	<b>35.06</b>
3	9.00	20.80		<b>31.92</b>	<b>32.95</b>
4	12.00	20.80		<b>31.92</b>	<b>32.95</b>

Note:

\*(1) calcolo  $\phi'$ (°) relazione Gibbs e Holts (1957);

\*(2) calcolo Cu relazioni Terzaghi e Peck (1948);

\*(4) calcolo E relazione Pasqualini -Politecnico di Torino (1983)

<b>PERMEABILITA' CAROTAGGIO S02</b>			
<b>PROFONDITA' 1,50 METRI</b>			
<b>TERRENI SABBIOSI</b>			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)  CARICO IDRAULICO COLONNA RIVESTIMENTO 200 cm  (DIAMETRO RIVESTIMENTO 127 mm)		
15	20	Permeabilità K (m/sec)	1.08 x 10-4
30	35	Permeabilità K (m/sec)	8.95 x 10-5
60	36	Permeabilità K (m/sec)	3.13 x 10-6
180	36.5	Permeabilità K (m/sec)	3.98 x 10-7
300	38	Permeabilità K (m/sec)	1.18 x 10-6
600	44	Permeabilità K (m/sec)	1.94 x 10-6
900	49	Permeabilità K (m/sec)	1.67 x 10-6
1800	53,5	Permeabilità K (m/sec)	5.19 x 10-7
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b>2.57 x 10-5</b>

## CAPITOLO 7.0

### Unità litotecniche del sottosuolo

L'elaborazione dei dati delle prove penetrometriche, ha permesso di ottenere i parametri geotecnici relativamente ad ogni unità litotecnica del sottosuolo attraverso un'operazione di discretizzazione ed omogeneizzazione dei valori del numero di colpi ogni 20 cm delle aste del penetrometro. I parametri geotecnici sono stati inoltre ricavati sulla base all'esperienza personale.

I valori dei **parametri geotecnici caratteristici** sono stati calcolati, come prescritto dalla Normativa (NTC 2018), a partire dai valori medi ottenuti dalle prove GEOGNOSTICHE e successivamente elaborati secondo appropriate equazioni statistiche e probabilistiche (stabilite dagli Eurocodici EC7), ovvero determinazione del 5 percentile della media di pochi dati per grandi volumi di rottura del terreno con distribuzione log-normale ( $C_u$ , con COV del 30%) e distribuzione normale ( $\Phi$  con COV del 10%) - (foglio di calcolo McCoy, aprile 2007) considerando per le opere in progetto tipologie fondazionali dirette continue in c.a., le quali interessano grandi volumi di terreno con resistenze compensate (parametri geotecnici  $C_{uk1}$  e  $\phi_{k1}$ ).

I sondaggi geognostici e prove penetrometriche hanno evidenziato le seguenti unità litotecniche del sottosuolo.

#### UNITA' LITOTECNICA 1

Fino ad una profondità media di 2,40 di metri dal p.c. **limi sabbiosi poco compatti**, dotati di un valore medio di coesione non drenata ( $C_u$ ) pari a 0,3133 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno ( $\phi$ ) pari a 26,92° un valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) pari a 1700,33 Kg/mc, ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,025 cmq/Kg.

#### PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Coesione non drenata:  $C_{uk} = 27.20$  (KPa)

Angolo di attrito:  $\phi_k = 25.60^\circ$

#### UNITA' LITOTECNICA 2

Fino ad una profondità media di 3,40 metri dal p.c. **limi sabbiosi e sabbie più compatte**, dotate di un valore medio di coesione non drenata ( $C_u$ ) pari a 0,5786 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno ( $\phi$ ) pari a 27,14° un valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) pari a 1788,28 Kg/mc, ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0146 cmq/Kg.

#### PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Coesione non drenata:  $C_{uk} = 48.00$  (KPa)

Angolo di attrito:  $\phi_k = 25.50^\circ$

### UNITA' LITOTECNICA 3

Fino ad una profondità media di 6,40 metri dal p.c. **sabbie e ghiaie fini eterogenee addensate a matrice limosa (rifiuto avanzamento delle aste statiche/punta Begemann)**, dotati di un valore medio di coesione non drenata ( $C_u$ ) pari a 1,00 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno ( $\phi$ ) pari a 33,77°, un valore medio di densità relativa ( $D_r$ ) pari al 54,09%, un valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) pari a 0,0118 Kg/mc, ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0216252 cmq/Kg.

#### PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Coesione non drenata:  $C_{uk} = 70.10$  (KPa)

Angolo di attrito:  $\phi_k = 32.20^\circ$

### UNITA' LITOTECNICA 4

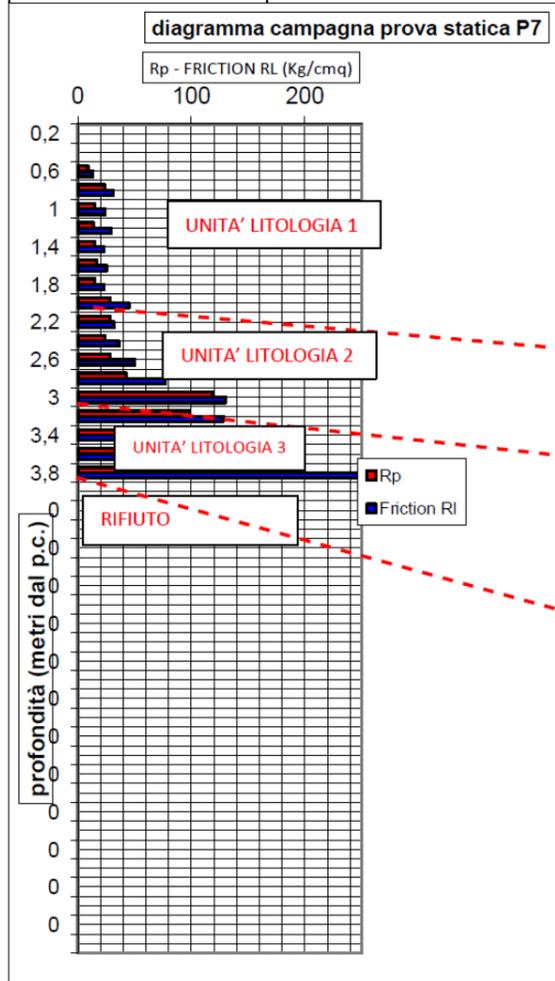
Fino alla massima profondità d'investigazione pari a 15,00 metri dal p.c. **successioni di ghiaie sabbiose eterogenee con intercalazioni di sabbie limose**, dotate di un valore medio di angolo di attrito interno ( $\phi$ ) pari a 30,87°, un valore medio di densità relativa ( $D_r$ ) pari al 33,73 %, un valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) pari a 1800 Kg/mc, ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0178 cmq/Kg.

#### PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Angolo di attrito:  $\phi_k = 29.60^\circ$

### CORRELAZIONE GEOTECNICA SCHEMATICA TRE LE PROVE PENETROMETRICHE P7-P6-P5-P4

Prova penetrometrica dinamica P07



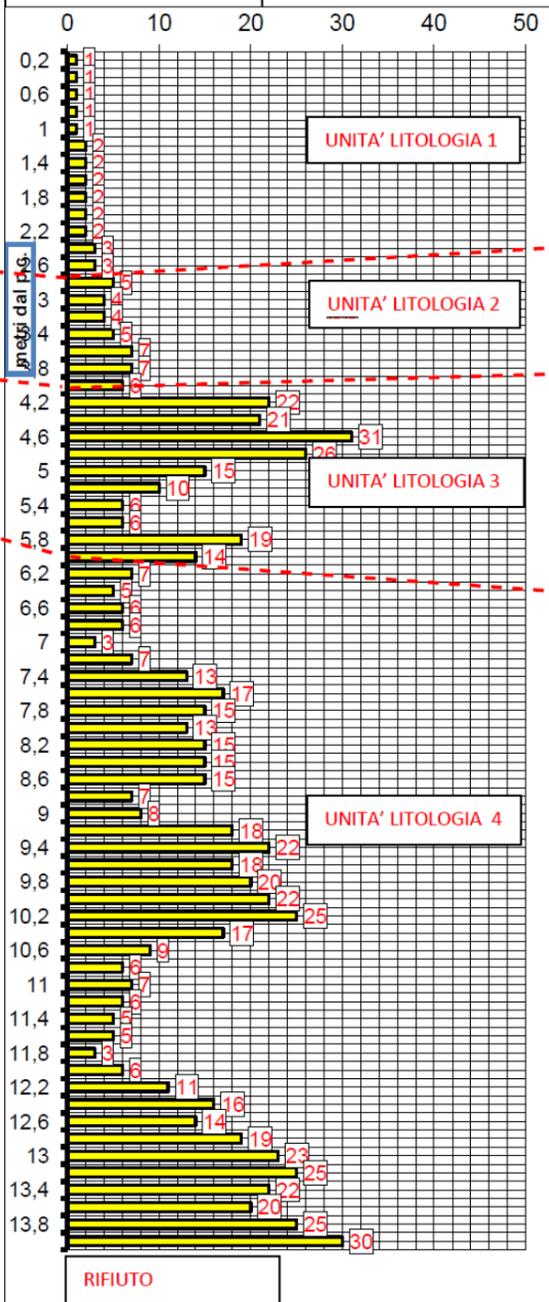
**UNITA' LITOLOGICA 1**  
limi argillosi poco compatti

**UNITA' LITOLOGICA 2**  
limi sabbiosi e sabbie più compatte

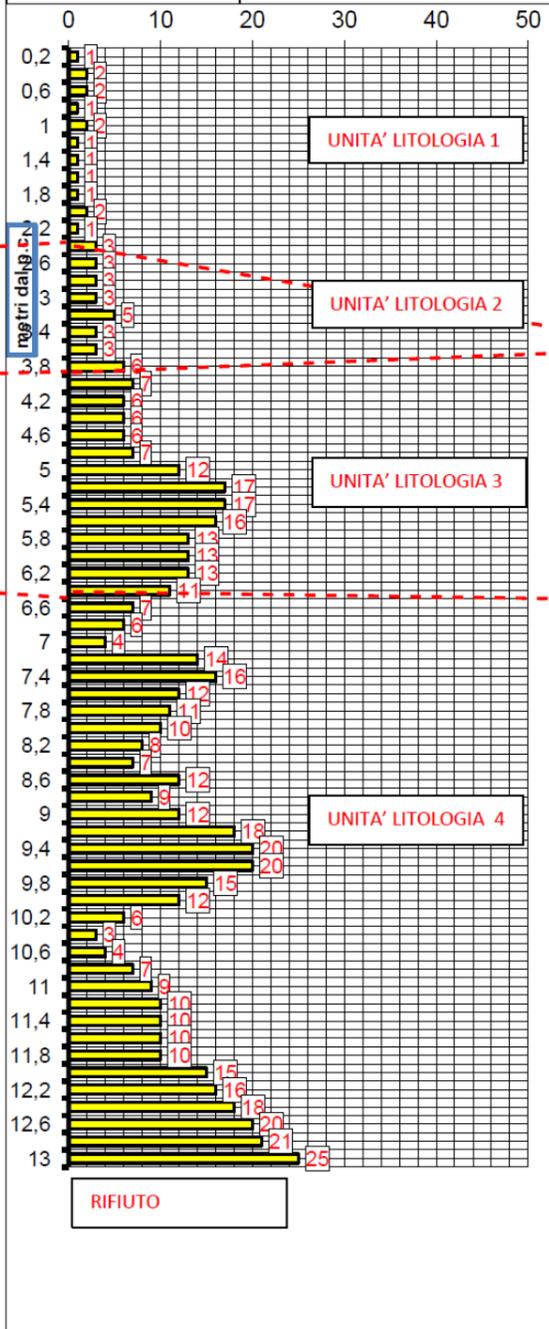
**UNITA' LITOLOGICA 3**  
sabbie e ghiaie fini eterogenee addensate a matrice limosa (rifiuto avanzamento delle aste statiche/punta Begemann)

**UNITA' LITOLOGICA 4**  
successioni di ghiaie sabbiose eterogenee con intercalazioni di sabbie limose

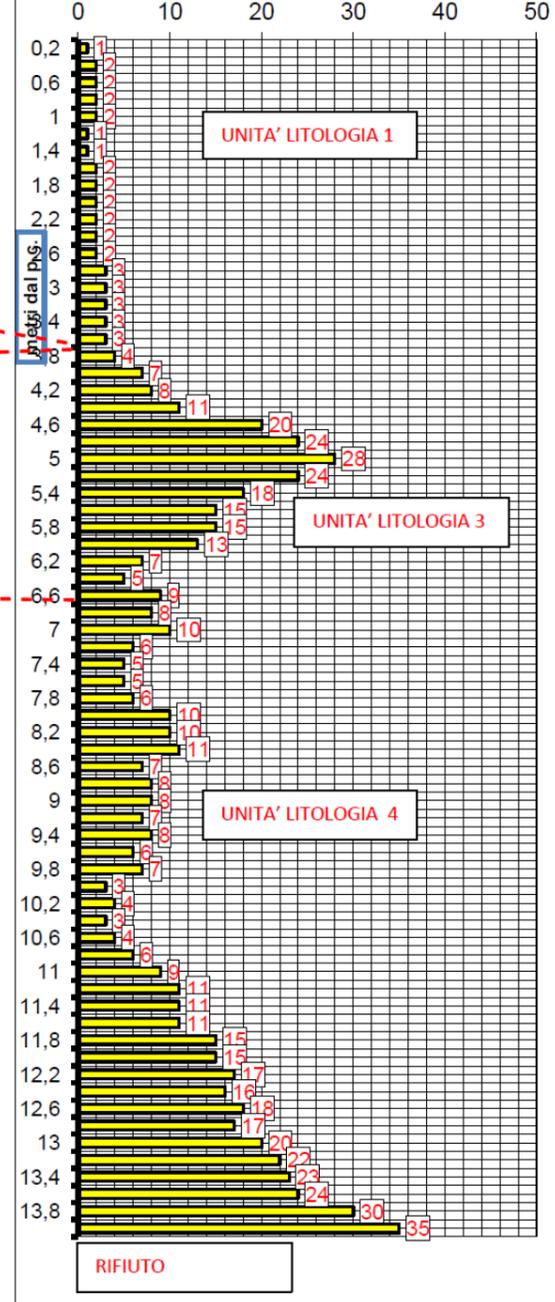
Prova penetrometrica dinamica P06



Prova penetrometrica dinamica P05



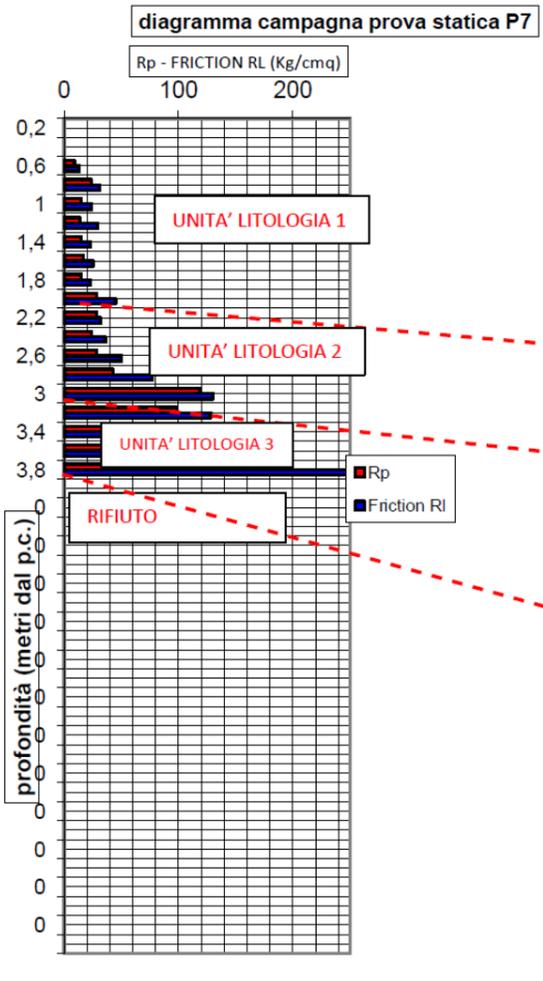
Prova penetrometrica dinamica P04



UNITA' LITOLOGICA 4

**CORRELAZIONE GEOTECNICA SCHEMATICA TRE LE PROVE PENETROMETRICHE P7-P6-P5-P4**

Prova penetrometrica dinamica P07



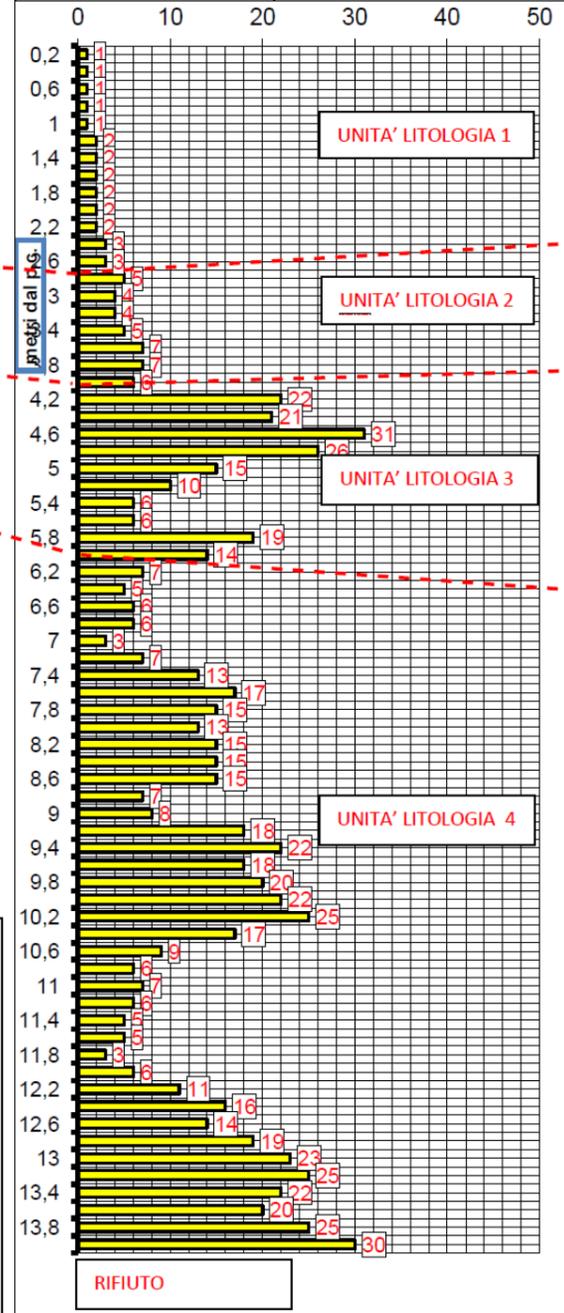
**UNITA' LITOLÓGICA 1**  
limi argillosi poco compatti

**UNITA' LITOLÓGICA 2**  
limi sabbiosi e sabbie più compatte

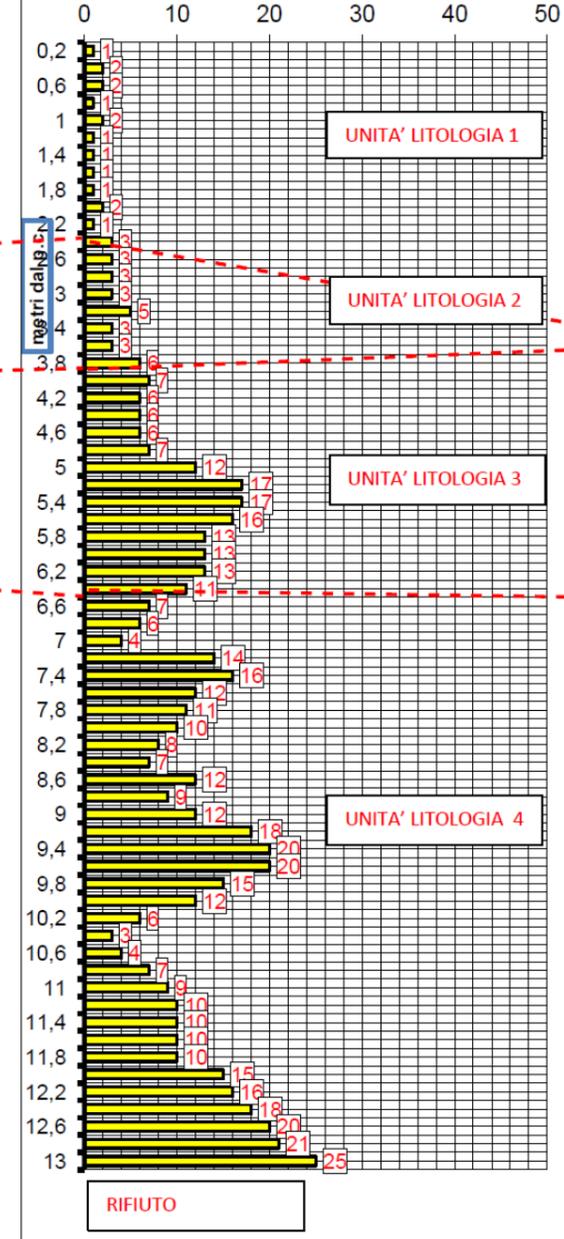
**UNITA' LITOLÓGICA 3**  
sabbie e ghiaie fini eterogenee addensate a matrice limosa (rifiuto avanzamento delle aste statiche/punta Begemann)

**UNITA' LITOLÓGICA 4**  
successioni di ghiaie sabbiose eterogenee con intercalazioni di sabbie limose

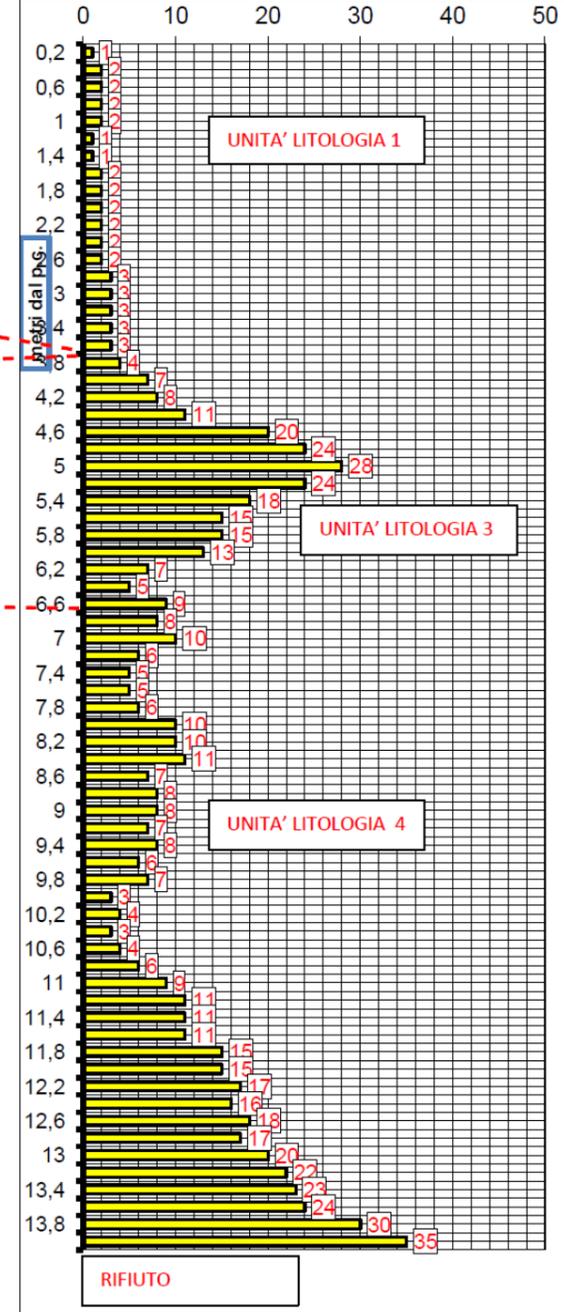
Prova penetrometrica dinamica P06



Prova penetrometrica dinamica P05



Prova penetrometrica dinamica P04



UNITA' LITOLÓGICA 4

## CAPITOLO 8.0

### Conclusioni

Le indagini geognostiche hanno permesso di acquisire i principali parametri geotecnici del terreno necessari al Progettista al dimensionamento delle strutture di fondazione delle opere previste.

Nell'area oggetto d'indagine sono presenti fino ad una profondità media di 3,00 metri dal p.c. limi sabbiosi e sabbie poco compatte caratterizzate da scadenti parametri geotecnici e nel complesso poco permeabili. A partire da tale quota fino alla massima profondità d'investigazione pari a 15,00 m dal p.c. sono state riscontrate sabbie ghiaiose e ghiaie eterogenee addensate e costipate, con intercalazioni di limi sabbiosi lentiformi.

L'area ricade in **ZONA SISMICA 3**, mentre le prove sismiche MASW hanno riscontrato terreni appartenenti alla **Categoria B**, di cui alla tabella del D.M. 17/01/2018.

Il piezometro a tubo aperto installato nel foro del carotaggio S02 (spinto fino alla quota di -15,00 metri dal p.c.) ha permesso di misurare la superficie della falda freatica alla quota di -7,00 metri dal piano campagna alla data del mese di maggio e giugno 2021.

In tale contesto geologico il piano di posa delle fondazioni delle strutture in progetto (continue in c.a.) dovranno superare il primo strato di terreno limoso sabbioso poco compatto ed esse potranno essere appoggiate ad una quota presunta minima di -3,00 metri dal piano campagna (UNITA' LITOTECNICA 2).

Considerando la situazione geotecnica per cui la rottura del terreno avvenga in condizioni non drenate (terreno coerente) e quindi la relativa resistenza possa essere espressa in termine di tensioni totali, il valore di **Q-Lim del terreno** alla profondità d'imposta di -3,00 metri dal p.c corrisponde a:

$$Q_{lim} = (\sigma'V \times Nq) + (Cu \times Nc)$$

$$APPROCCIO 2 (A1+MI+R3)$$

$$Q_{lim} = 297.73 \text{ KPa}$$

$$Rd (SLU) = Q_{lim}/2,3 = 129.44 \text{ KPa}$$

dove:

$\sigma'V$  medio = pressione litostatica alla profondità di 1,00 m dal piano campagna pari a 51.01 KPa;

$Nq = 1,00$  (primo parametro adimensionale equazione binomia di Terzaghi);

Valore medio di coesione tra UNITA' LITOTECNICA 2

$Cu = 48.00 \text{ KPa}$ ;

$Nc = 5,14$  (secondo parametro adimensionale equazione binomia di Terzaghi);

Per quanto riguarda i cedimenti, i valori del modulo di sottofondo (K di Winkler) di cui alle stratigrafie allegate, permetterà di calcolarne i valori in relazione ai carichi agenti in riferimento agli SLE.

Valenza, 18 luglio 2021

In fede

Dott. Cavalli Andrea



### **3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E RELAZIONE GEOLOGICA – FASE 2**

# Prove di permeabilità in foro di carotaggio L01-L02-L03-L04-L05 RELAZIONE TECNICA

STUDIO DI GEOLOGIA DOTT. CAVALLI ANDREA

Via Raffaello n.9 – 15048 Valenza (AL)

Mail: [andrea.cavalli@geologiacavalli.it](mailto:andrea.cavalli@geologiacavalli.it)

Tel.0131950552 - Cell.3397226825 – 3474415525 FAX:0131952227

PIVA: 02258680061 CF: CVLNDR67D04A182O

[www.geologiacavalli.it](http://www.geologiacavalli.it)



***REGIONE PIEMONTE***

***PROVINCIA DI ALESSANDRIA***

***COMUNE DI ALESSANDRIA***

***OGGETTO***

***INTERVENTO DI SVILUPPO PER LA COSTRUZIONE  
DI UN EDIFICIO DESTINATO AD ATTIVITA'  
LOGISTICA/DEPOSITO IN ALESSANDRIA***

***TERRENI DI PROPRIETA'***

***SOC. CI CIEFFE SRL***

## Premessa

Alla data del 28 luglio 2021 presso l'area oggetto d'indagine sono state effettuate n.5 **prove di permeabilità a carico variabile** nei fori di carotaggio in corrispondenza dei punti L01-L02-L03-L04-L05 indicati in planimetria, a quote comprese tra -3,00 e -5,00 metri dal piano campagna.

Le prove sono state effettuate seguendo le seguenti specifiche tecniche.

### 1) Preparazione foro:

- a) Posizionamento su ogni punto d'indagine di apposita sonda carotatrice.
- b) Esecuzione di una perforazione verticale, a secco, utilizzando un carotiere (diam 101 mm) fino alla quota di -3,00/-5,00 metri dal piano campagna.
- c) Infissione nel foro di sondaggio di un rivestimento metallico (diam 127 mm) a sostegno della parete del foro.
- d) Esecuzione di una perforazione di 0,20 cm circa di spessore a fondo foro, al fine di eliminare i residui di terreno fine e/o tappi di fondo foro (a secco).
- e) Immissione nel rivestimento di acqua fino all'estremità superiore ed attesa del tempo di saturazione del terreno (circa 10 min).
- f) Rabbocco acqua nel rivestimento fino al raggiungimento del livello massimo del rivestimento estremità superiore.

### 2) Inizio prova;

Acquisizione misure livelli piezometrici (abbassamenti livelli idrici nel foro di sondaggio) mediante strumentazione freaticometrica Pasi (water level indicator) MOD. BFK50 1 cm.

### 3) Metodologia

La formula di calcolo della permeabilità è la seguente

$$K = A / CL \times (t^2 - t^1) \times \ln(h^1/h^2)$$

Dove:

A = area di dase elemento drenante (rivestimento acciaio diametro 127 mm), pari a 0,01267 m<sup>2</sup>;

h1 e h2 = altezze idrauliche rivestimento rispetto i tempi t1 e t2.

Cl = costante di forma:  $2\pi D + L = 0,2$  (metri)

t2-t1 = durata della prova a carico variabile;

Nelle formule tutte le distanze sono espresse in metri, i tempi in secondi e le portate in mc/sec.

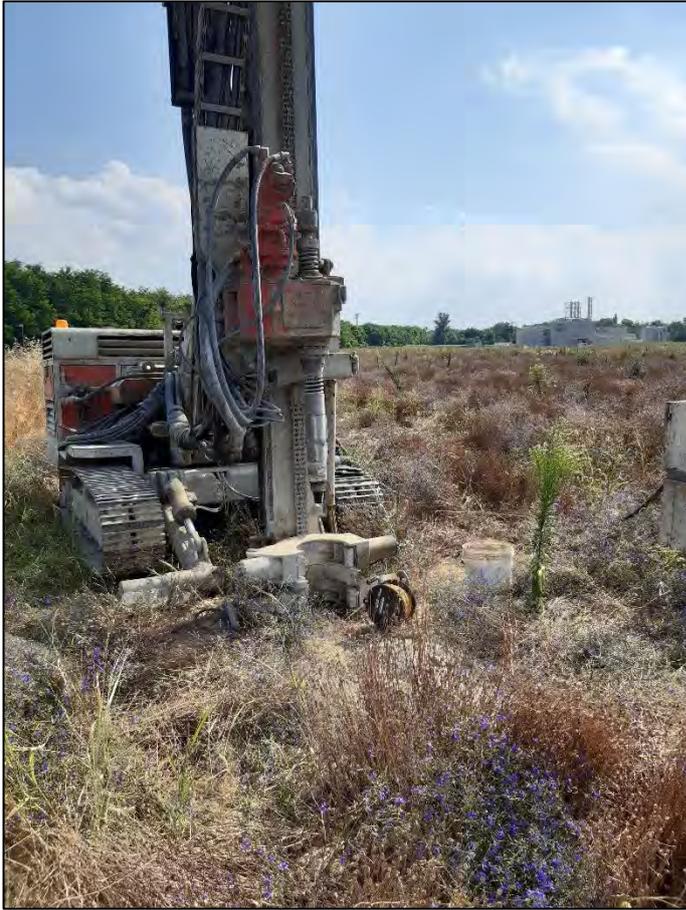
Il valore risultante della permeabilità è espresso quindi in metri/sec.

<b>PERMEABILITA' CAROTAGGIO L01</b> <b>PROFONDITA' 5,00 METRI</b> <b>TERRENI SABBIOSI E GHIAIOSI</b>			
DATA			
28/07/2021			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)  CARICO IDRALICO COLONNA RIVESTIMENTO 500 cm  (DIAMETRO RIVESTIMENTO 127 mm)		
30	2,00	Permeabilità K (m/sec)	8,46 x 10-6
60	3,80	Permeabilità K (m/sec)	7,64 x 10-6
120	6,90	Permeabilità K (m/sec)	6,62 x 10-6
180	9,60	Permeabilità K (m/sec)	5,80 x 10-6
300	15,50	Permeabilità K (m/sec)	6,39 x 10-6
600	31,60	Permeabilità K (m/sec)	7,14 x 10-6
900	44,50	Permeabilità K (m/sec)	5,90 x 10-6
1800	80,50	Permeabilità K (m/sec)	5,79 x 10-6
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b>6,72 x 10-6</b>



Prova permeabilità L01

<b>PERMEABILITA' CAROTAGGIO L02</b>			
<b>PROFONDITA' 5,00 METRI</b>			
<b>TERRENI SABBIOSI E LIMOSI</b>			
DATA			
28/07/2021			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)  CARICO IDRALICO COLONNA RIVESTIMENTO 500 cm  (DIAMETRO RIVESTIMENTO 127 mm)		
30	5,00	Permeabilità K (m/sec)	2,12 x 10 <sup>-5</sup>
60	13,00	Permeabilità K (m/sec)	3,44 x 10 <sup>-5</sup>
120	25,50	Permeabilità K (m/sec)	2,74 x 10 <sup>-5</sup>
180	37,00	Permeabilità K (m/sec)	2,59 x 10 <sup>-5</sup>
300	73,50	Permeabilità K (m/sec)	4,33 x 10 <sup>-5</sup>
600	126,3	Permeabilità K (m/sec)	2,79 x 10 <sup>-5</sup>
900	171,0	Permeabilità K (m/sec)	2,69 x 10 <sup>-5</sup>
1800	271,0	Permeabilità K (m/sec)	2,55 x 10 <sup>-5</sup>
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b>2,91 x 10<sup>-5</sup></b>



Prova permeabilità L02

<b>PERMEABILITA' CAROTAGGIO L03</b> <b>PROFONDITA' 3,00 METRI</b> <b>TERRENI GHIAIOSI E SABBIOSI A MATRICE LIMOSA</b>			
DATA			
28/07/2021			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)  CARICO IDRALICO COLONNA RIVESTIMENTO 300 cm  (DIAMETRO RIVESTIMENTO 127 mm)		
30	0,50	Permeabilità K (m/sec)	3,52 x 10 <sup>-6</sup>
60	1,20	Permeabilità K (m/sec)	4,94 x 10 <sup>-6</sup>
120	2,60	Permeabilità K (m/sec)	4,96 x 10 <sup>-6</sup>
180	4,10	Permeabilità K (m/sec)	5,34 x 10 <sup>-6</sup>
300	7,10	Permeabilità K (m/sec)	5,38 x 10 <sup>-6</sup>
600	15,30	Permeabilità K (m/sec)	6,00 x 10 <sup>-6</sup>
900	24,10	Permeabilità K (m/sec)	6,63 x 10 <sup>-6</sup>
1800	49,50	Permeabilità K (m/sec)	6,80 x 10 <sup>-6</sup>
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b>5,44 x 10<sup>-6</sup></b>



Prova permeabilità L03

<b>PERMEABILITA' CAROTAGGIO L04</b>			
<b>PROFONDITA' 4,00 METRI</b>			
<b>TERRENI LIMOSI E SABBIOSI</b>			
DATA			
28/07/2021			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)  CARICO IDRALICO COLONNA RIVESTIMENTO 400 cm  (DIAMETRO RIVESTIMENTO 127 mm)		
30	0,50	Permeabilità K (m/sec)	2,64 x 10-6
60	1,00	Permeabilità K (m/sec)	2,64 x 10-6
180	4,50	Permeabilità K (m/sec)	4,65 x 10-6
300	8,00	Permeabilità K (m/sec)	4,69 x 10-6
600	9,80	Permeabilità K (m/sec)	9,72 x 10-7
900	18,20	Permeabilità K (m/sec)	4,59 x 10-6
1800	34,60	Permeabilità K (m/sec)	3,09 x 10-6
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b>3,33 x 10-6</b>



Prova permeabilità L04

<b>PERMEABILITA' CAROTAGGIO L05</b>			
<b>PROFONDITA' 4,00 METRI</b>			
<b>TERRENI SABBIOSI E LIMOSI</b>			
DATA			
28/07/2021			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)  CARICO IDRALICO COLONNA RIVESTIMENTO 400 cm  (DIAMETRO RIVESTIMENTO 127 mm)		
15	0,10	Permeabilità K (m/sec)	1,06 x 10 <sup>-6</sup>
30	0,20	Permeabilità K (m/sec)	1,06 x 10 <sup>-6</sup>
60	0,30	Permeabilità K (m/sec)	5,28 x 10 <sup>-7</sup>
180	0,70	Permeabilità K (m/sec)	5,28 x 10 <sup>-7</sup>
300	0,90	Permeabilità K (m/sec)	2,64 x 10 <sup>-7</sup>
600	1,80	Permeabilità K (m/sec)	4,77 x 10 <sup>-7</sup>
900	4,00	Permeabilità K (m/sec)	1,17 x 10 <sup>-6</sup>
1800	8,00	Permeabilità K (m/sec)	7,14 x 10 <sup>-7</sup>
6300	32,00	Permeabilità K (m/sec)	8,89 x 10 <sup>-7</sup>
		<b>Perm medio K (m/sec)</b>	<b>7,43 x 10<sup>-7</sup></b>



Prova permeabilità L05

# Conclusioni

Le prove di permeabilità in foro effettuate nei fori di carotaggio a profondità variabili da -3 a -5 metri dal piano campagna alla data del 28 luglio 2021. hanno individuato valori i seguenti valori medi permeabilità (K).

L01

**K = 6,72 x 10<sup>-6</sup> m/sec**

L02

**K = 2,91 x 10<sup>-5</sup> m/sec**

L03

**K = 5,44 x 10<sup>-6</sup> m/sec**

L04

**K = 3,33 x 10<sup>-6</sup> m/sec**

L05

**K = 7,43 x 10<sup>-7</sup> m/sec**

I valori di K evidenziano un terreno dotato maggiore permeabilità in corrispondenza del punto L02 e secondariamente nel punto L01, mentre il valore più basso di K è stato riscontrato in corrispondenza del punto L04.

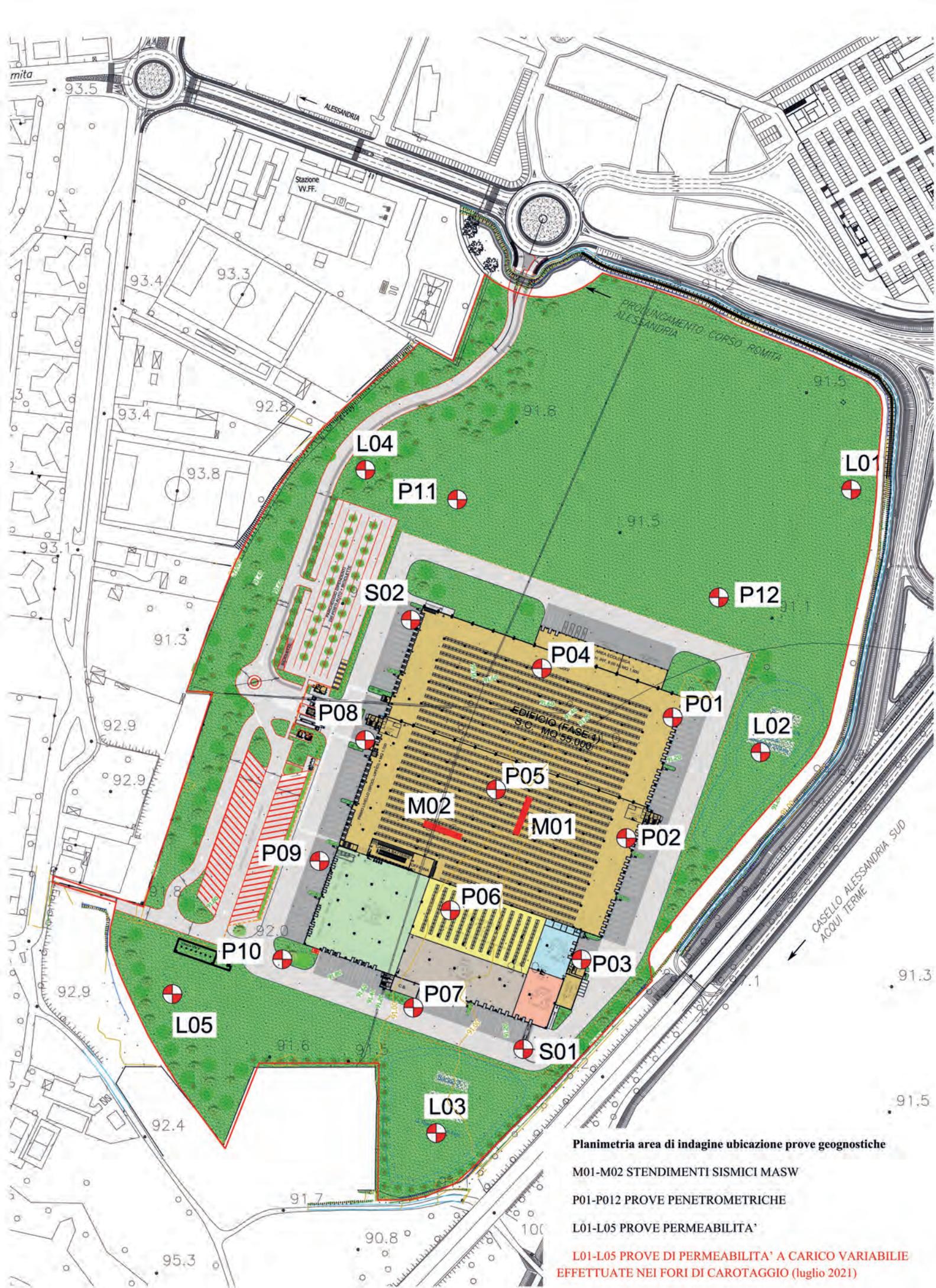
Nel complesso trattasi di terreni alluvionali incoerenti dotati di medio bassi valori di permeabilità intrinseca, a causa della presenza di elevata frazione fine (limi, limi sabbiosi e sabbie) soprattutto entro i primi 3/4 metri della colonna stratigrafica.

Valenza, 3 agosto 2021

In fede

Dott. Cavalli Andrea





**Planimetria area di indagine ubicazione prove geognostiche**

M01-M02 STENDIMENTI SISMICI MASW

P01-P012 PROVE PENETROMETRICHE

L01-L05 PROVE PERMEABILITA'

**L01-L05 PROVE DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE  
EFFETTUATE NEI FORI DI CAROTAGGIO (luglio 2021)**

S01-S02 CAROTAGGI STRATIGRAFICI