

**TELENERGIA**  
ALESSANDRIA  TELERISCALDAMENTO

PROVINCIA DI  
**ALESSANDRIA**  
COMUNE DI  
**ALESSANDRIA**

# COMPLETAMENTO DEL SISTEMA DI TELERISCALDAMENTO DELLA CITTÀ DI ALESSANDRIA

## PROGETTO DELLE OPERE *CENTRALE SUD*

Elaborato GEO V001

Professionisti:

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
Studio del terreno mediante n.10 prove  
penetrometriche e n.2 prove sismiche MASW



Codifica elaborato: B1 GEO V001  
Versione: A – Emissione: Giugno 2017  
File: B1\_GEO\_V001.A.PDF



## 1.0 Premessa ed inquadramento geologico

A integrazione degli atti di progetto relativi alla realizzazione di una centrale di cogenerazione inerente l'impianto di teleriscaldamento a servizio della Città di Alessandria, è stata richiesta allo scrivente la redazione della relazione geologica in ossequio dal D.M. 14 gennaio 2008 N.T.C. (Norme Tecniche delle Costruzioni).

L'area è ubicata ad Est, Sud-Est del centro abitato di Alessandria, presenta una morfologia sub-pianeggiante ed è posta in corrispondenza di un lotto di terreno avente una superficie di 10000 mq circa, in fregio a Via S. Giovanni Bosco e la tangenziale Sud Est di Alessandria.

L'indagine si è caratterizzata mediante l'esecuzione di n.10 prove penetrometriche posizionate in corrispondenza dell'area oggetto di edificazione della centrale di cogenerazione in progetto, le quali hanno permesso di caratterizzare le peculiarità litologiche e geotecniche del sottosuolo, mentre per quanto concerne gli aspetti sismici nella stessa area d'indagine sono state effettuate n.2 prospezioni sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la misura delle Vs30.

Sottostante al suolo agrario è presente il substrato della 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 10/15 m, successivamente erosi dagli attuali corsi d'acqua (fiume Bormida e fiume Tanaro), i quali a loro volta hanno depositato altri sedimenti più recenti, a cui seguono fino ad una profondità di oltre 20,00 sabbie ghiaiose e ghiaie caratterizzanti la parte sommitale della formazione geologica affiorante. 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.

Per quanto riguarda gli aspetti litotecnici, sono presenti fino ad una quota variabile da 3,50 a 4,00 m dal p.c. terreni argillosi e limosi a caratterizzati da mediocri parametri di resistenza al taglio con valori di "coesione non drenata" (Cu) variabili da 0,30 a 0,50 Kg/cmq, a cui seguono fino alla profondità media di 15,00 metri dal p.c. successioni di sabbie e ghiaie resistenti con valori medi di angolo di attrito interno ( $\phi$ ) variabili da 30° a 34° e densità relativa (Dr) variabili dal 20% a 60%, con intercalazioni lentiformi di limi argillosi meno resistenti, come riscontrato attraverso le prove penetrometriche effettuate nell'area oggetto d'indagine.

I terreni sono caratterizzati da medio alti valori di permeabilità ( $0,005 < K > 0,0005$  m/sec), per cui l'assetto idrogeologico del sottosuolo è rappresentato da una falda di tipo freatica superficiale alimentata in parte dalle acque di sub alveo del F. Bormida ed in parte dalle acque d'infiltrazione di superficie, contenute nelle sabbie e ghiaie sottostanti alle argille limose superficiali.

La superficie libera della falda freatica, soggetta a sensibili escursioni stagionali in periodi di intense piogge, si pone mediamente ad una quota variabile da -8,00 a -10,00 metri dal p.c., è caratterizzata da deflusso idrico sotterraneo orientato verso Nord-Est. Alla data del 10-11-12 novembre 2015 nei fori penetrometrici il livello della falda è stato riscontrato alla quota media di -9,00 m dal p.c.

La Carta di Sintesi del P.R.G.C. di cui allo stralcio allegato (III Variante Strutturale al PRGC, dicembre 2010), inserisce l'area oggetto d'indagine nella CLASSE III (PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ALTA) definita come *“Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischi, derivanti questi ultimi dalla urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedono viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente”*. L'area è inserita nella **CLASSE IIIb $\alpha$**  definita come *“Aree ubicate all'interno della Fascia C e/o a retro della Fascia B di Progetto e nelle Frazione di Spinetta Marengo e Litta (N.d.A. art. 51)”*.

Norme di Attuazione del P.R.G.C. (art. 51 prescrizioni geologiche):

*“Alle aree in Fascia C si intendono estese le norme della fascia B fino al completamento delle opere di difesa idraulica e/o riassetto territoriale In tali ambiti la fruibilità urbanistica avverrà in conformità ai disposti dell'art. 28, secondo le modalità precisate dal relativo “Regolamento di Attuazione” (adottato con D.C.I. n. 11 del 5/04/2006), e del comma 5 dell'art. 31 delle Norme di Attuazione del PAI, nonché, per quanto concerne il Ponte Cittadella, alla verifica della “Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B (adottata con D.C.I. n. 2 dell'11/05/1999, aggiornata con D.C.I. n. 10 del 5/04/2006.”*

*In seguito all'avvenuta realizzazione delle opere di difesa e/o di riassetto territoriale che l'Amministrazione Comunale riterrà sufficienti alla minimizzazione del rischio esistente, potranno essere consentite nuove edificazioni alle seguenti condizioni:*

- 1. accertamento geotecnico nel rispetto del D.M.L.P. 11/3/1988 e del D.M. 14/01/2008 e s.m.i., volto a determinare la quota di imposta delle fondazioni;*
- 2. esecuzione preventiva di una corretta regimazione delle acque superficiali e di falda, previa relazione geologica;*
- 3. l'edificazione finalizzata a destinazioni d'uso che comportano la presenza continuativa di persone dovranno essere realizzate in ambienti aventi il piano di calpestio ad una quota di sicurezza come 93 riportato indicativamente nell'allegata Tabella A e/o da valutazioni idrauliche puntuali. Tale valutazione può essere redatta a cura del soggetto attuatore dell'opera o, tramite iniziativa pubblica;*
- 4. è consentita la realizzazione di locali al piano terra, purché adibiti esclusivamente ad autorimessa, cantine o depositi, che non si approfondiscano oltre 0,30 m dal piano strada;*
- 5. le sistemazioni esterne relative alle recinzioni di proprietà ad eccezione del centro storico, sia su fronte stradale (pubblica o privata) sia sui confini laterali, devono essere formate con siepi vive di altezza non superiore a m. 2 con interposta eventuale rete metallica plastificata oppure con cancellata a giorno, con zoccolatura (minore o uguale a cm 20) provvista di idonei scoli per le acque;*
- 6. in queste aree è ammessa la costruzione di piani seminterrati o interrati, a una quota più bassa di quella di riferimento (Tabella A) o a quella della massima escursione della falda, purché adibiti esclusivamente ad autorimessa, cantine, depositi senza presenza continuativa di persone, previa esecuzione delle specifiche indagini di cui alla lettera H del D.M. 11 marzo 1988, il cui accesso avvenga comunque attraverso vie d'ingresso che si sviluppino a partire da quote superiori o uguali alla quota di riferimento (Tabella A);*

7. *la realizzazione di piani seminterrati o interrati non dovrà interferire con il regime della falda idrica e sarà pertanto subordinata ai risultati di preventive indagini volte alla verifica della soggiacenza della falda e della relativa escursione massima annuale e storica, dalla quale dovrà essere garantito un franco di almeno 50 cm. I locali seminterrati o interrati dovranno essere realizzati adottando gli accorgimenti tecnici atti a impedirne l'allagamento e a garantirne la fruizione in condizioni di sicurezza. Il ricorso all'innalzamento artificiale del piano campagna è permesso qualora sia accertato che tale intervento non provochi innalzamenti anomali del livello idrico, nel corso di fenomeni di allagamento, tali da provocare maggiori danni nelle aree adiacenti. Gli interventi devono assicurare il mantenimento e il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti. Come previsto dal comma 7 dell'art. 18 delle NTA del PAI, all'interno delle aree comprese in Fascia C il soggetto attuatore è tenuto a sottoscrivere un atto liberatorio che escluda ogni responsabilità dell'amministrazione pubblica in ordine a eventuali futuri danni a cose e a persone comunque derivanti da fenomeni di allagamento dei locali interrati.*

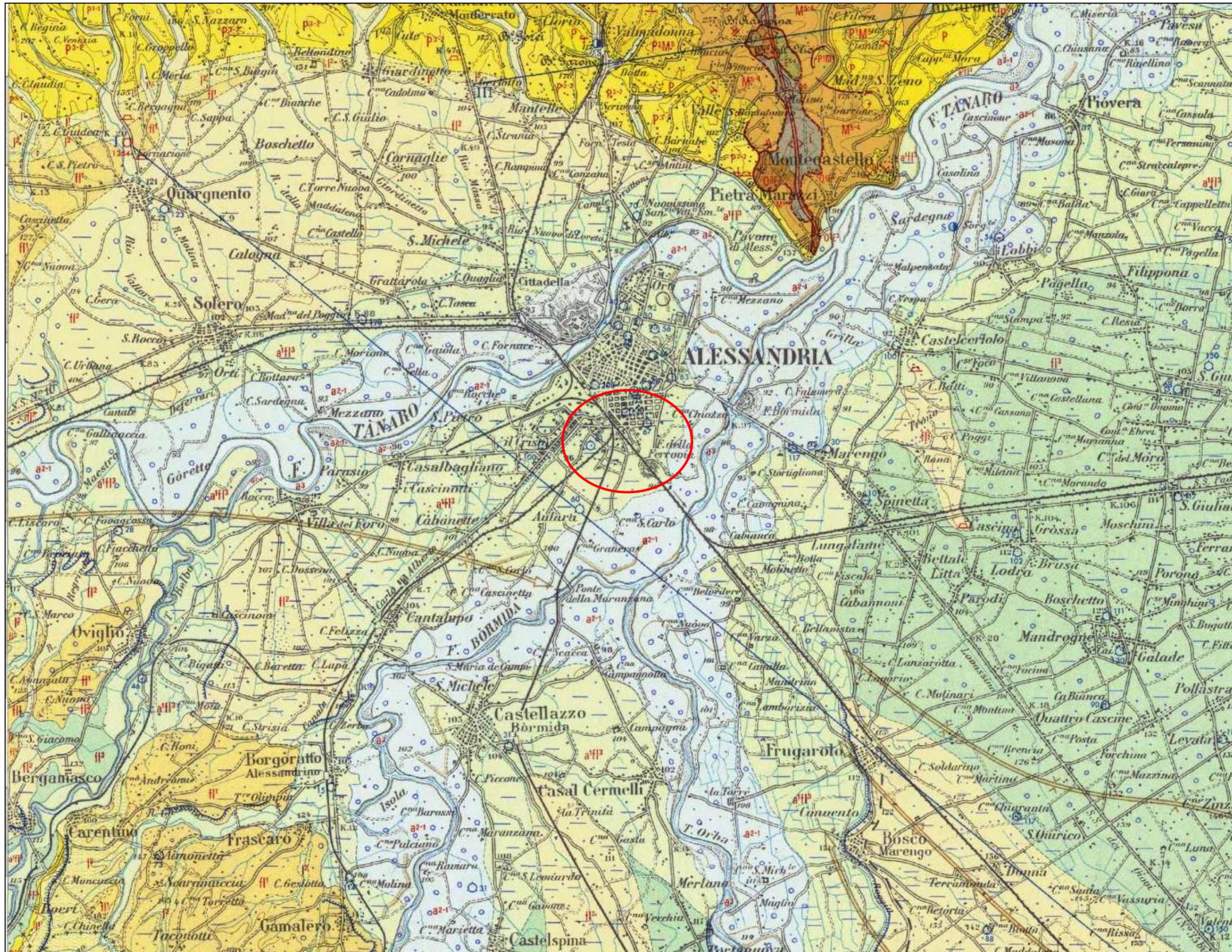
*.Come previsto dal comma 7 dell'art. 18 delle NTA del PAI il soggetto attuatore è tenuto a sottoscrivere un atto liberatorio che escluda ogni responsabilità dell'amministrazione pubblica in ordine a eventuali futuri danni a cose e a persone comunque derivanti da fenomeni di allagamento dei locali interrati.*

8. *in queste aree sono vietati lo stoccaggio e la realizzazione di discariche di ogni tipo di rifiuti.*

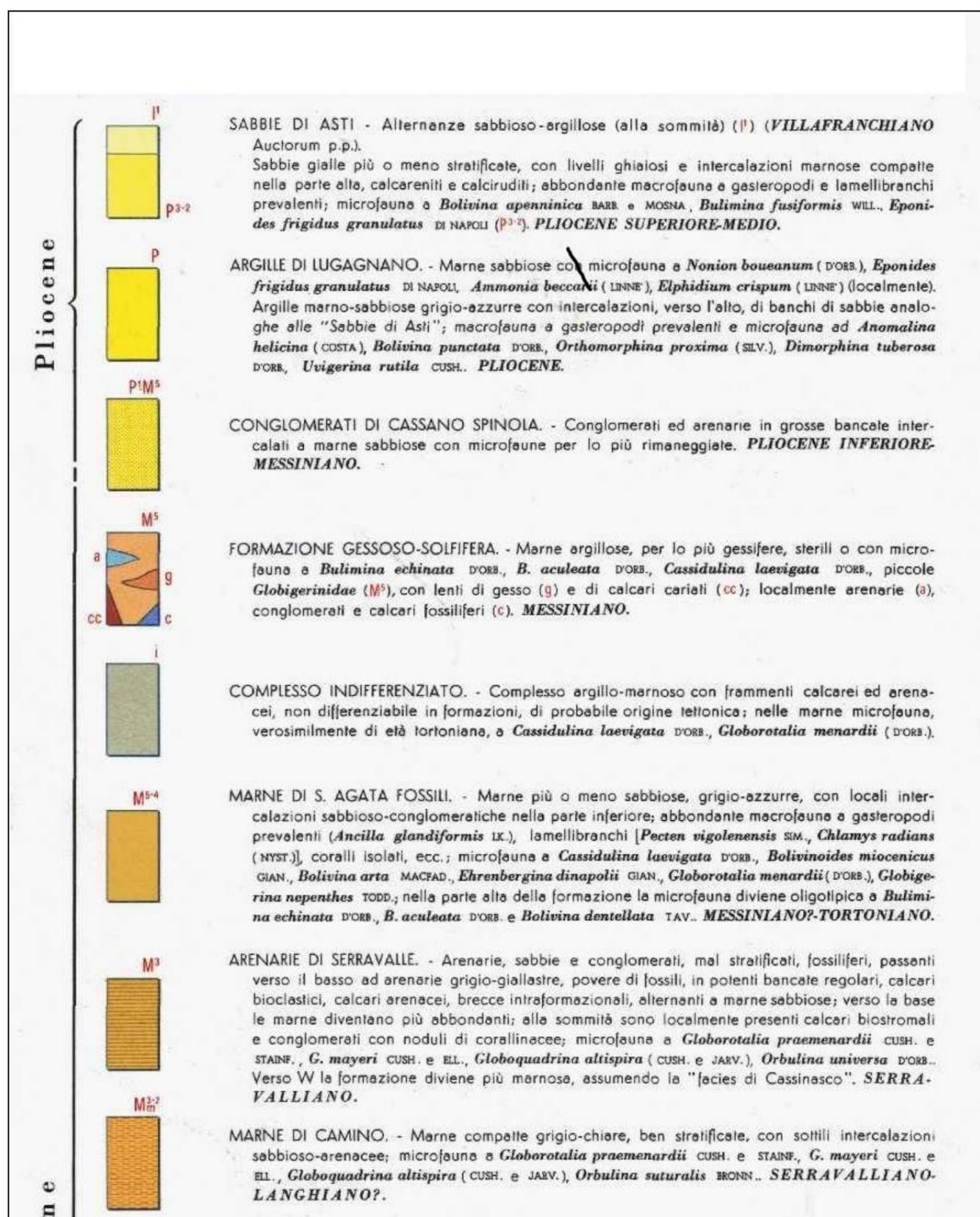
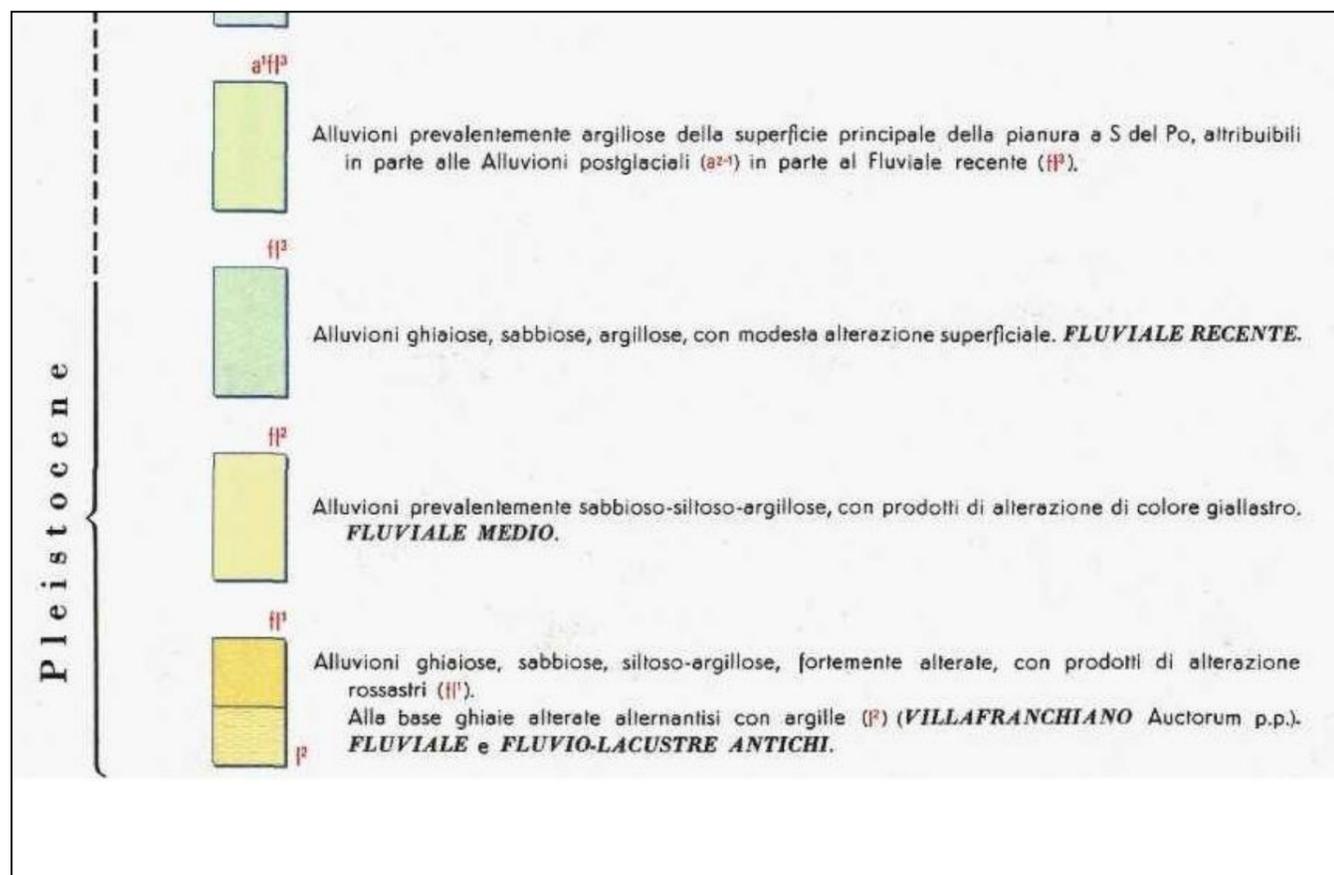


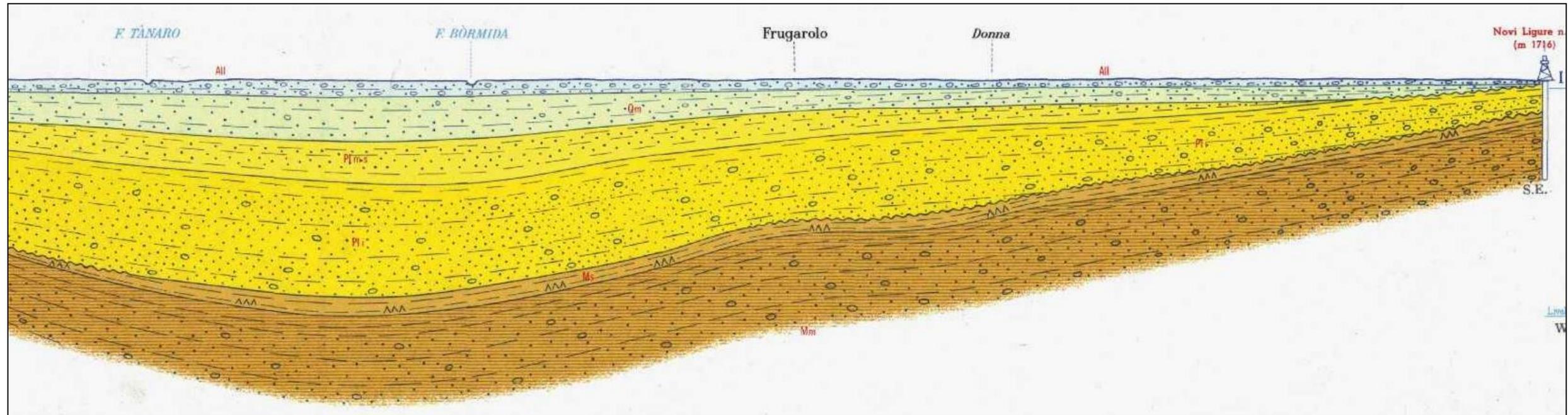






Stralcio Carta Geologica d'Italia Foglio N. 70 Alessandria





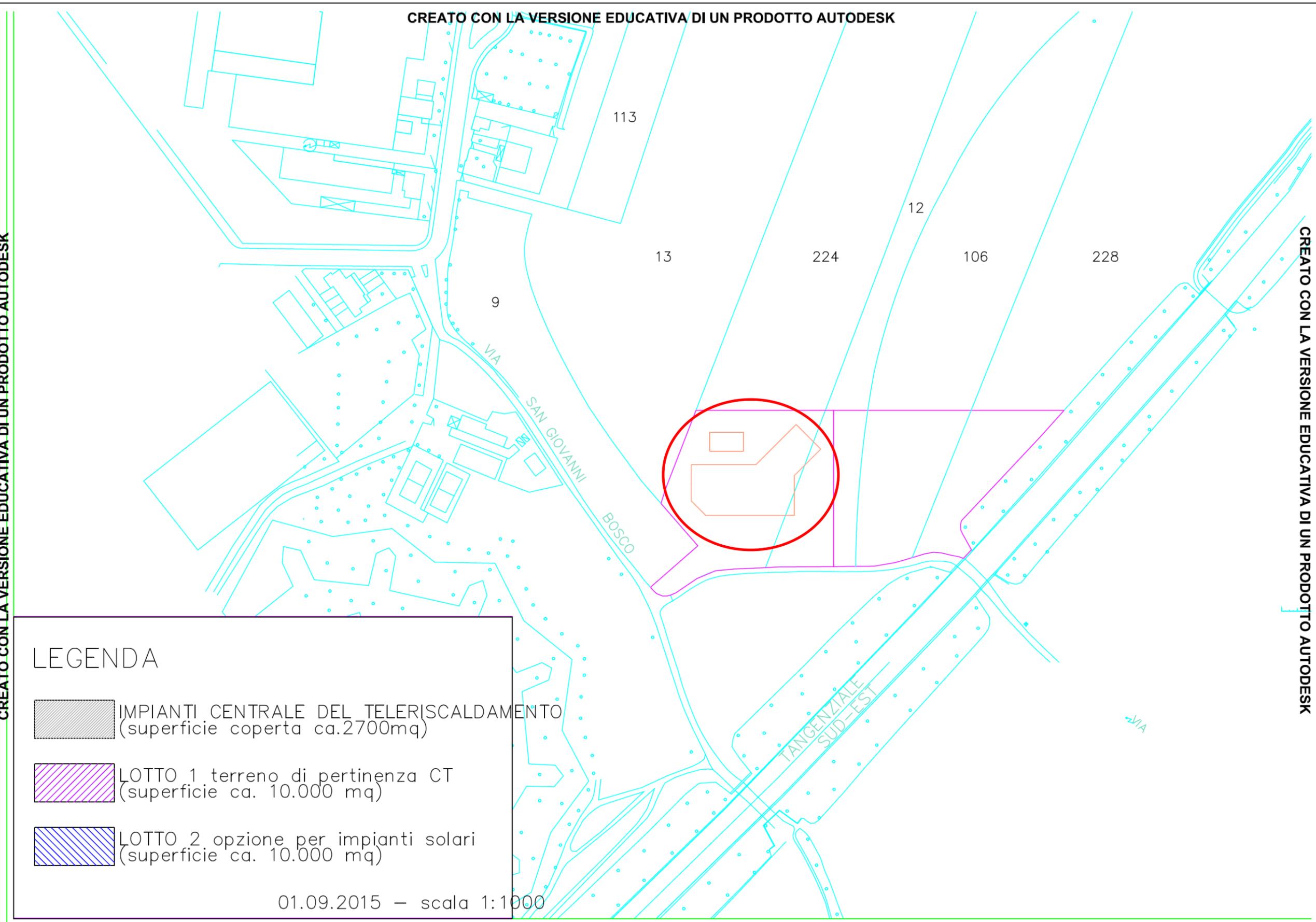
Stralcio sezione geologica Foglio N. 70 Alessandria



CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK

CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK

CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK



LEGENDA

-  IMPIANTI CENTRALE DEL TELERISCALDAMENTO  
(superficie coperta ca.2700mq)
-  LOTTO 1 terreno di pertinenza CT  
(superficie ca. 10.000 mq)
-  LOTTO 2 opzione per impianti solari  
(superficie ca. 10.000 mq)

01.09.2015 - scala 1:1000

CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK

## 2.0 Pericolosità sismica del sito e parametri sismici

Ottemperando alle disposizioni normative in ambito sismico di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" nonché alle prescrizioni di D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche delle Costruzioni e dalla Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010 n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006), nonché alla **DGR n.11 -13058 del 19 gennaio 2010, DGR n.4 -3084 del 12-12-2011 e DGR n.64-7417 del 07/04/2014 e DGR n.065-7656 del 21 maggio 2014**, l'area oggetto d'indagine è classificata in **ZONA SISMICA 3** a cui corrisponde un MEDIO BASSO grado di pericolosità sismica (accelerazione massima al suolo  $A_g$  compresa tra 0.05 e 0,075 g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi  $V_s < 800$  m/sec).

Il pregevole lavoro inerente la *ZONAZIONE SISMOGENETICA Z69 – APP.2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica – ORDINANZA PCM 20.03.03 N.3274 – ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (a cura di C. Meletti e G. Valensise, marzo 2004)*, non individua l'area d'indagine come ampia parte del Piemonte centro meridionale, all'interno di un'area/zona sismo genetica attiva e significativa.

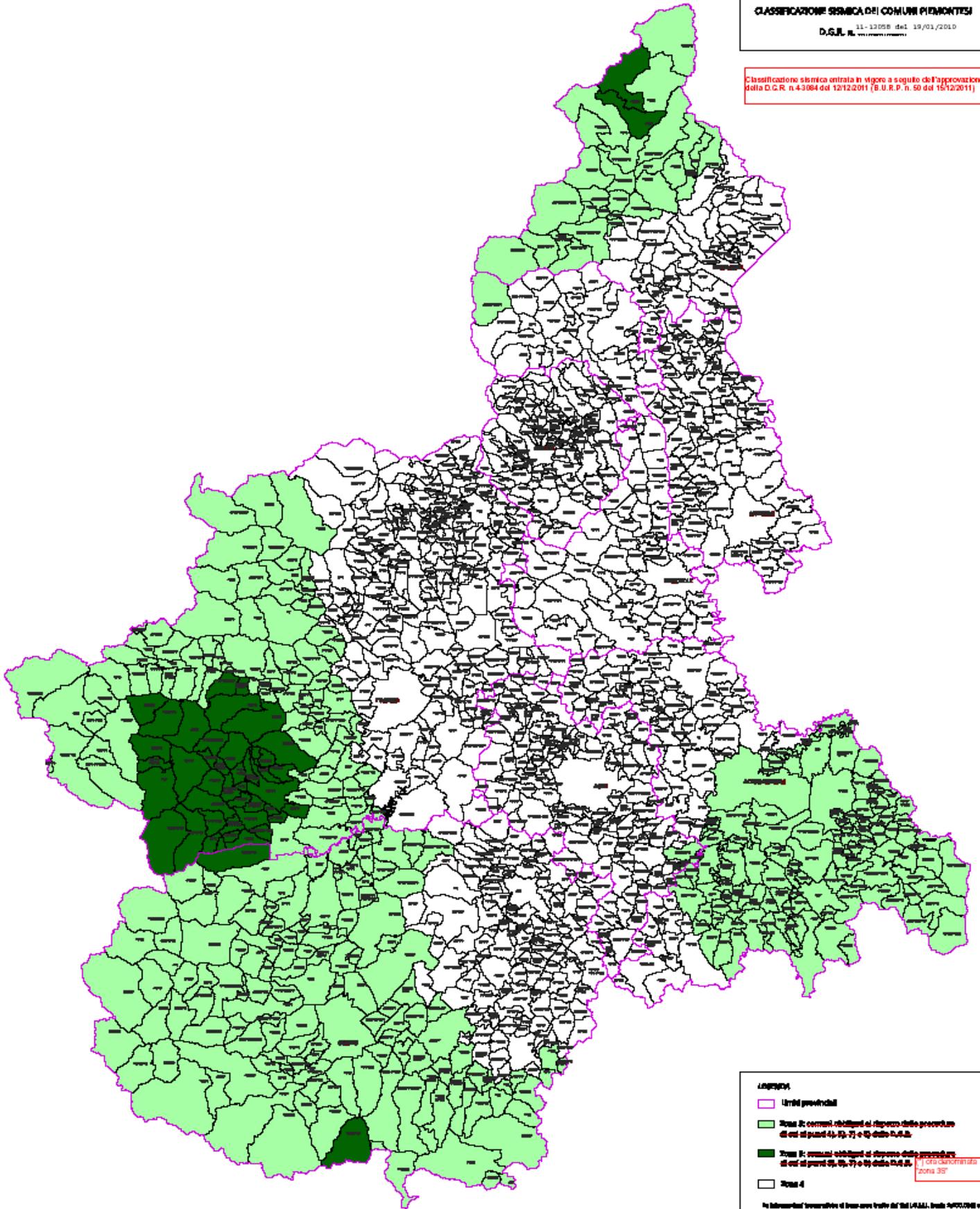
La magnitudo ( $M$ ) dell'area d'indagine, ottenuta con il processo di disaggregazione desunto dal sito internet dell'INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia) relativa agli eventi sismici attesi per il Comune di Alessandria con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, è risultata pari a 5.

In base alle prove MASW effettuate nell'area oggetto d'intervento, il suolo di fondazione appartiene alla *categoria B* ovvero "**Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)**".



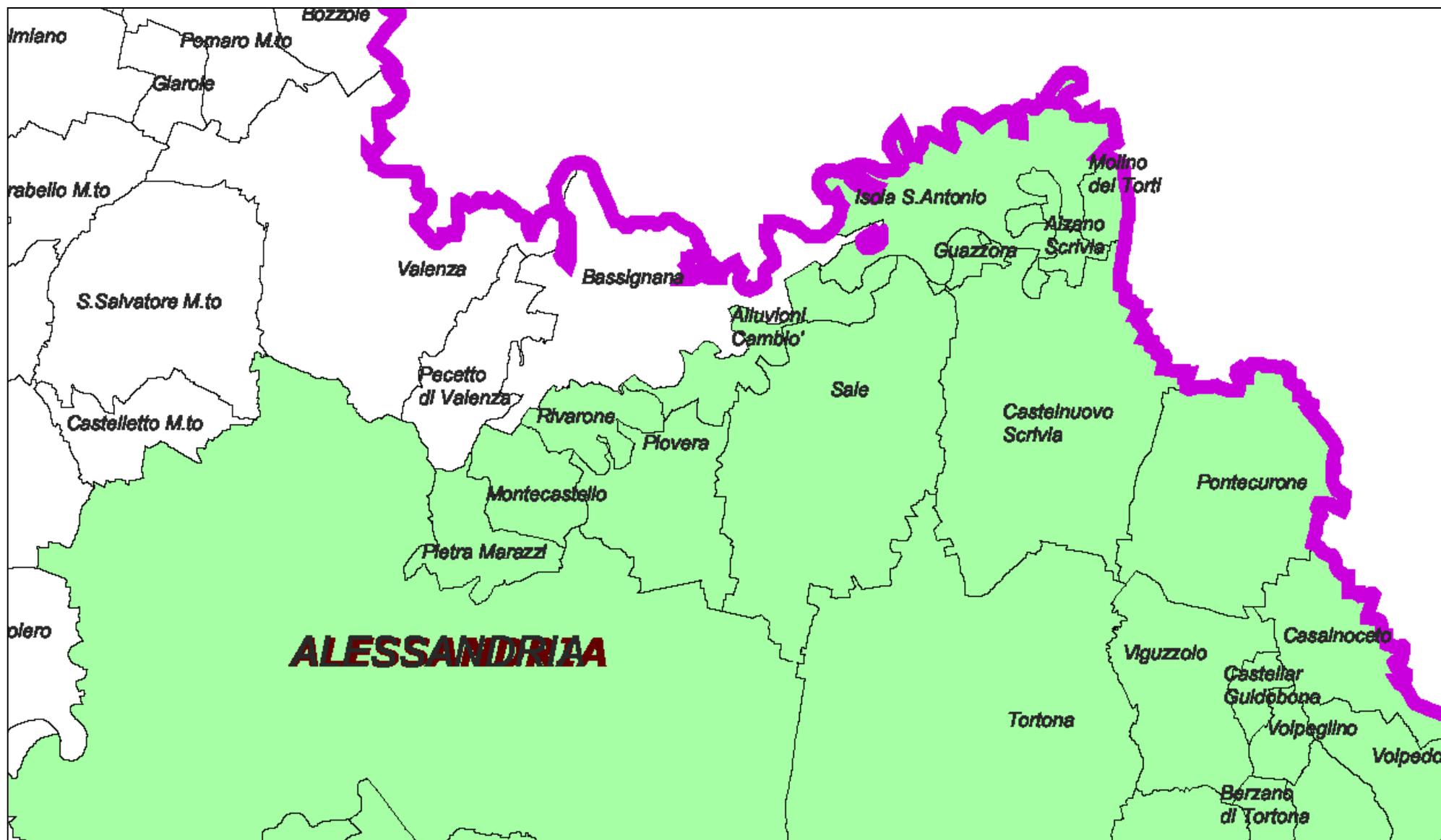
**REGIONE PIEMONTE**  
 STATO REGIONALE  
**CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI PIEMONTESI**  
 D.S.J.L. n. 11-12008 del 19/01/2010

Classificazione sismica entrata in vigore a seguito dell'approvazione della D.C.R. n.43084 del 12/12/2011 (G.U.R.P. n. 50 del 15/12/2011)



- Legenda**
- Limiti provinciali
  - Zona 2: comuni ricadenti al di fuori delle procedure di cui al paragrafo 4) 4) 7) e 8) della D.C.R.
  - Zona 1: comuni ricadenti al di fuori delle procedure di cui al paragrafo 4) 4) 7) e 8) della D.C.R. (ora denominata zona 3\*)
  - Zona 4

In collaborazione con l'Università di Ingegneria delle Strutture, delle Infrastrutture e delle Trasporti e con l'Università di Architettura di Torino.  
 Istituto di Ricerca per la Protezione Sismica.  
 Dipartimento di Ingegneria Strutturale.  
 Politecnico di Torino - Corso Duca degli Abruzzi, 101  
 10129 TORINO - ITALIA  
 Tel. 011/35970000



**LEGENDA**

 Limiti provinciali

 Zona 3: ~~comuni obbligati al rispetto delle procedure di cui ai punti 4), 5), 7) e 8) della D.G.R.~~

 Zona 3: ~~comuni obbligati al rispetto delle procedure di cui ai punti 3), 5), 7) e 8) della D.G.R.~~

(\*) ora denominata  
"zona 3S"

 Zona 4

Le informazioni topografiche di base sono tratte dai tiri I.G.M.I. (scala 1:100.000) e successivi aggiornamenti a cura della Regione.

Materiale di esclusiva proprietà della Regione Piemonte.

Riproduzione soggetta ad autorizzazione regionale.

Realizzazione e allestimento cartografico a cura di:

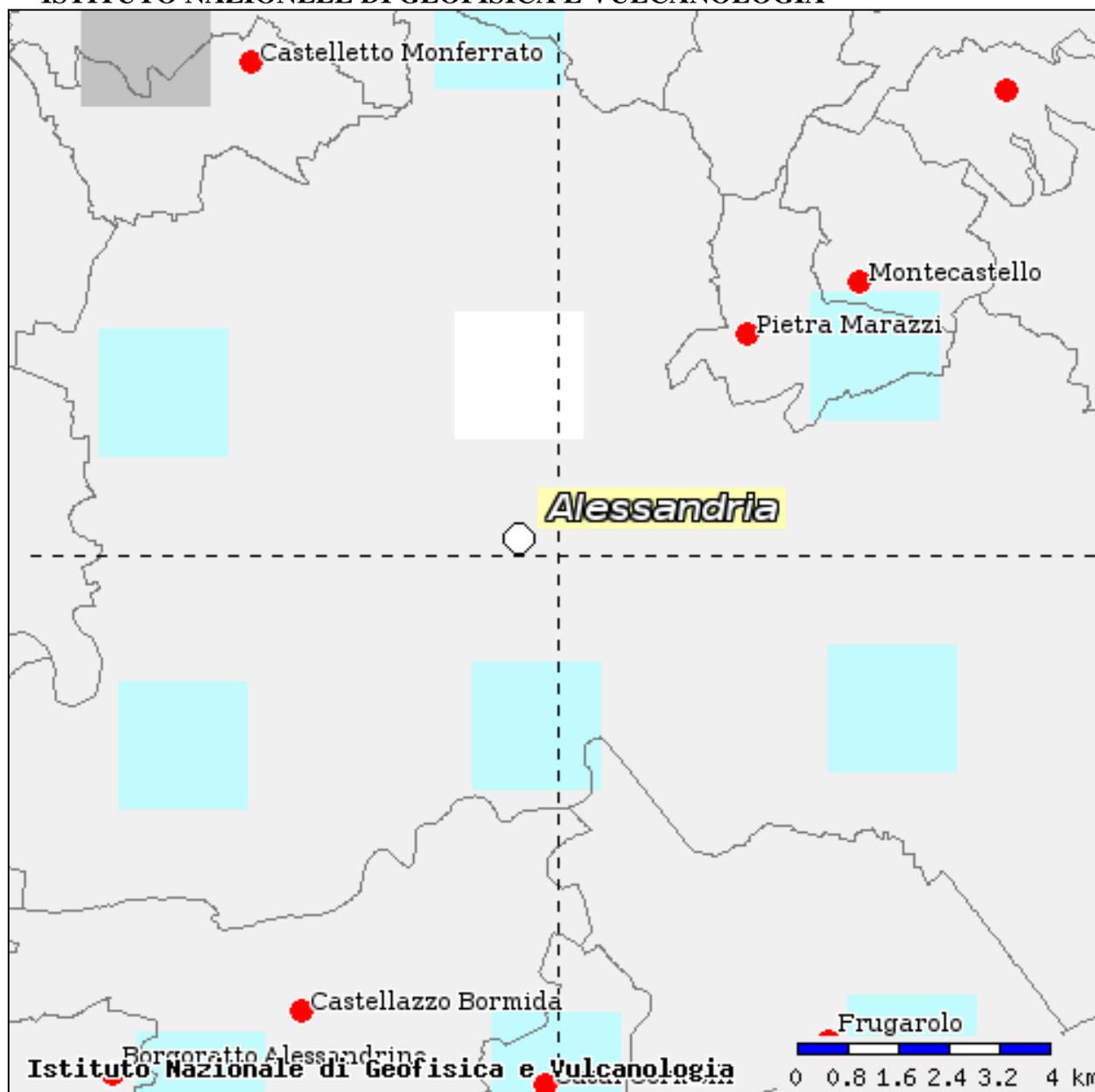
**Settore Tecnico Opere Pubbliche**

Scala 1:350.000

10 0 10 Kilometri



**MAPPE INETRATTIVE DI PERICOLOSITA' SISMICA  
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

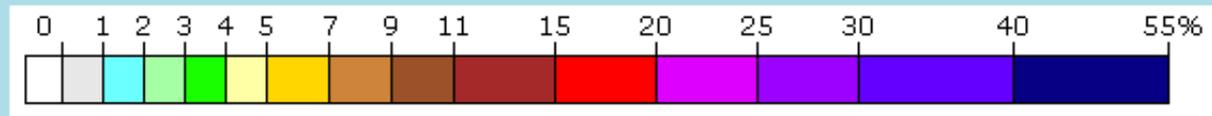
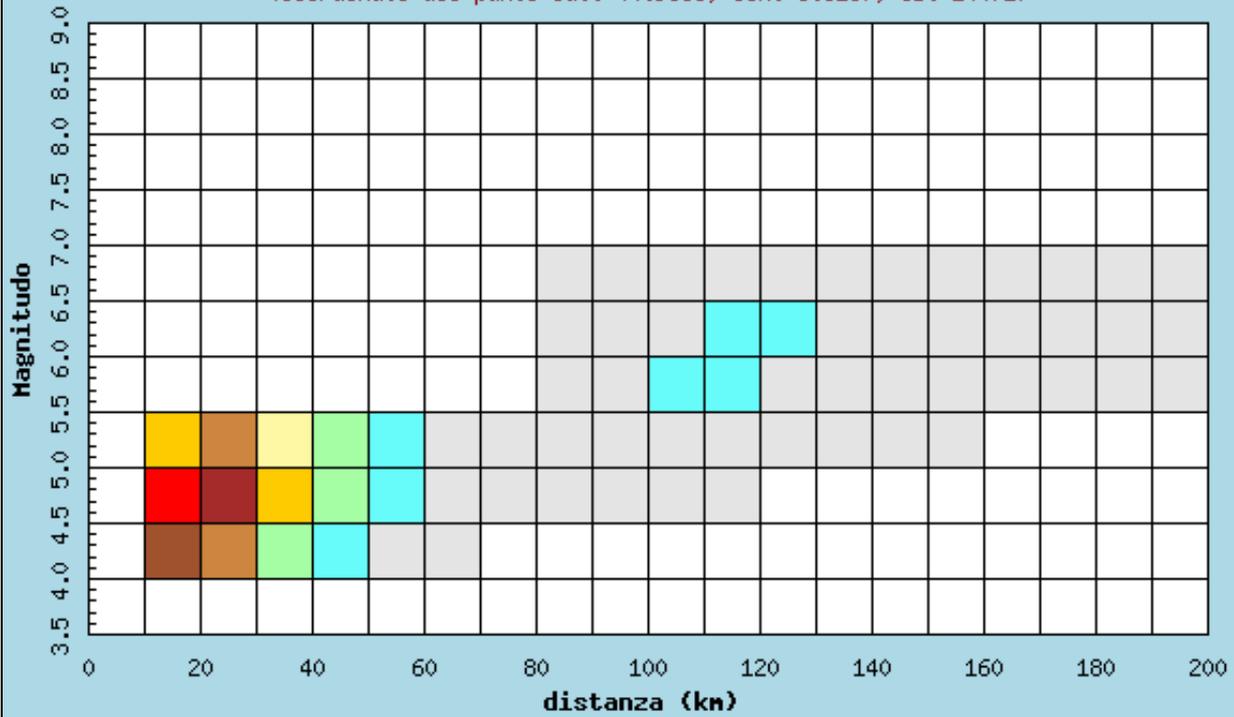


La magnitudo (M) dell'area d'indagine è stata ottenuta con il processo di disaggregazione desunto dal sito internet dell'INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia) relativa agli eventi sismici attesi per il Comune di Alessandria con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, trattandosi di un fabbricato in Classe II (D.M. 14/01/2008 punto 2.4.2-2.4.3) in cui il tempo di ritorno  $T_r$  corrispondente allo Stato limite (SLV) risulta pari a 475 anni.

Il contributo percentuale maggiore alla pericolosità è dato dalla coppia M-R:  $M = 4.5-5.0$  (15.10%)  $R = 10-20$  Km. Quindi si assume  $M=5$  limite superiore di Magnitudo alla coppia di valori di M-R che da il contributo maggiore alla pericolosità: in questo caso il valore medio di magnitudo pari a 4.94 risulta poco cautelativo, quindi si assume  $M = 5$ .

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia  
 Disaggregazione del valore di  $a(g)$  con probabilita' di eccedenza  
 del 10% in 50 anni

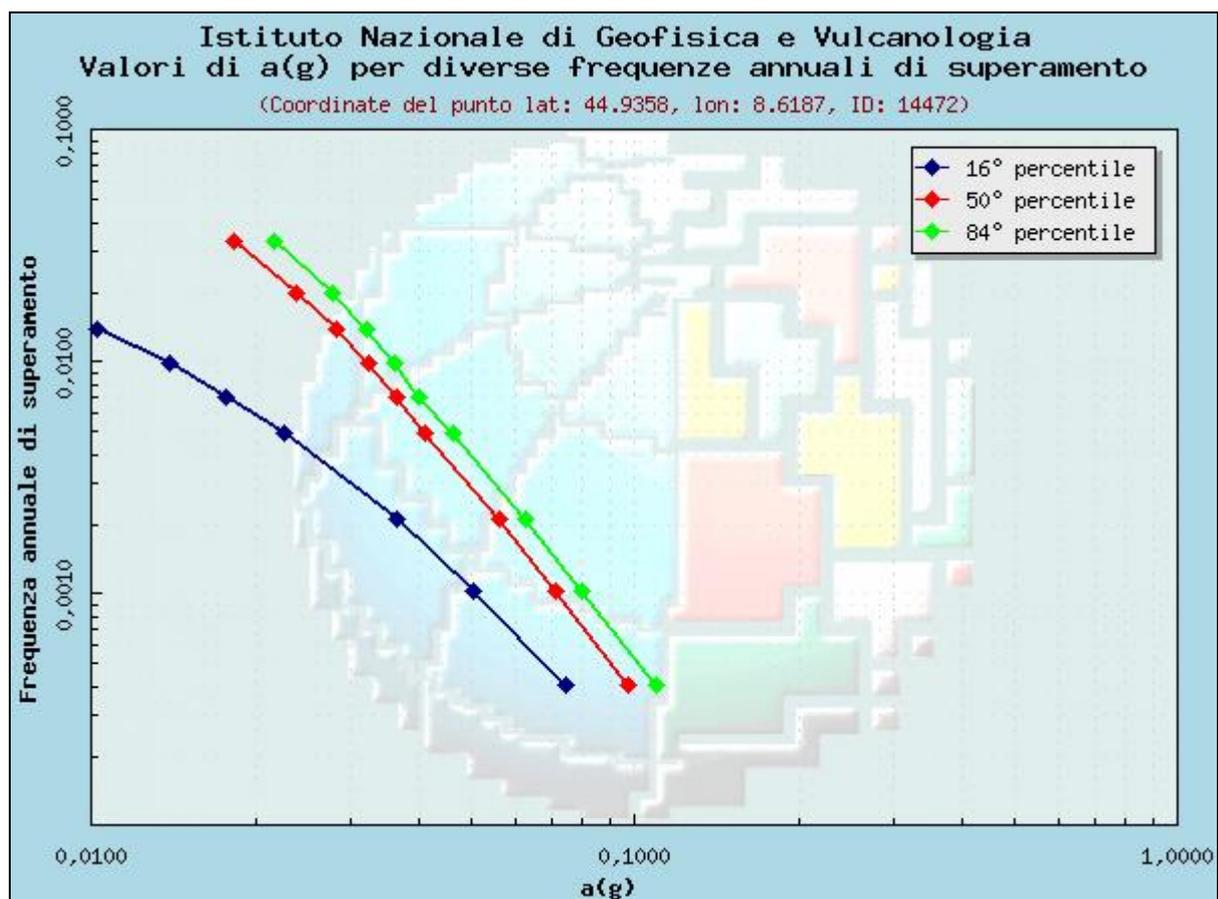
(Coordinate del punto lat: 44.9358, lon: 8.6187, ID: 14472)



Contributo percentuale alla pericolosita'

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.940	40.100	1.230

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.9358, lon: 8.6187, ID: 14472)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	10.200	<b>15.100</b>	5.980	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	7.830	14.100	7.320	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	2.940	6.400	4.210	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
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



Frequenza annuale di superamento	$a(g)$ (Coordinate del punto lat: 44.9358, lon: 8.6187, ID: 14472)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0744	0.0969	0.1092
0.0010	0.0505	0.0714	0.0799
0.0021	0.0363	0.0560	0.0626
0.0050	0.0227	0.0412	0.0464
0.0071	0.0177	0.0364	0.0399
0.0099	0.0139	0.0324	0.0360
0.0139	0.0102	0.0283	0.0320
0.0200	0.0000	0.0239	0.0277
0.0333	0.0000	0.0182	0.0216

## Prove sismiche MASW

In data 11 novembre 2015 presso l'area oggetto d'indagine ove prevista la nuova centrale di cogenerazione sita nel Comune di Alessandria in S. Giovanni Bosco, sono state effettuate n.2 prove sismiche MASW delle onde Rayleigh (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la determinazione nei primi 30 metri della colonna stratigrafica della velocità delle onde sismiche di taglio Vs30 da cui ricavare la categoria di suolo in riferimento al D.M. 14-01-2008 (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 Vr (velocità delle onde di Rayleigh) e gli spessori dei materiali presenti in profondità. La correlazione tra Vr e Vs è espressa secondo la formula:  $V_s = V_r * 1.1$  Il valore di Vs30 è il valore medio ponderato della Vs 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, gli impatti sono stati effettuati ad una distanza di 4,00 - 8,00 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 Vs.

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 (Vs) 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 Vs. 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 Vs30 è stato calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la formula :

$$VS30 = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove hi e Vi 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 superiori

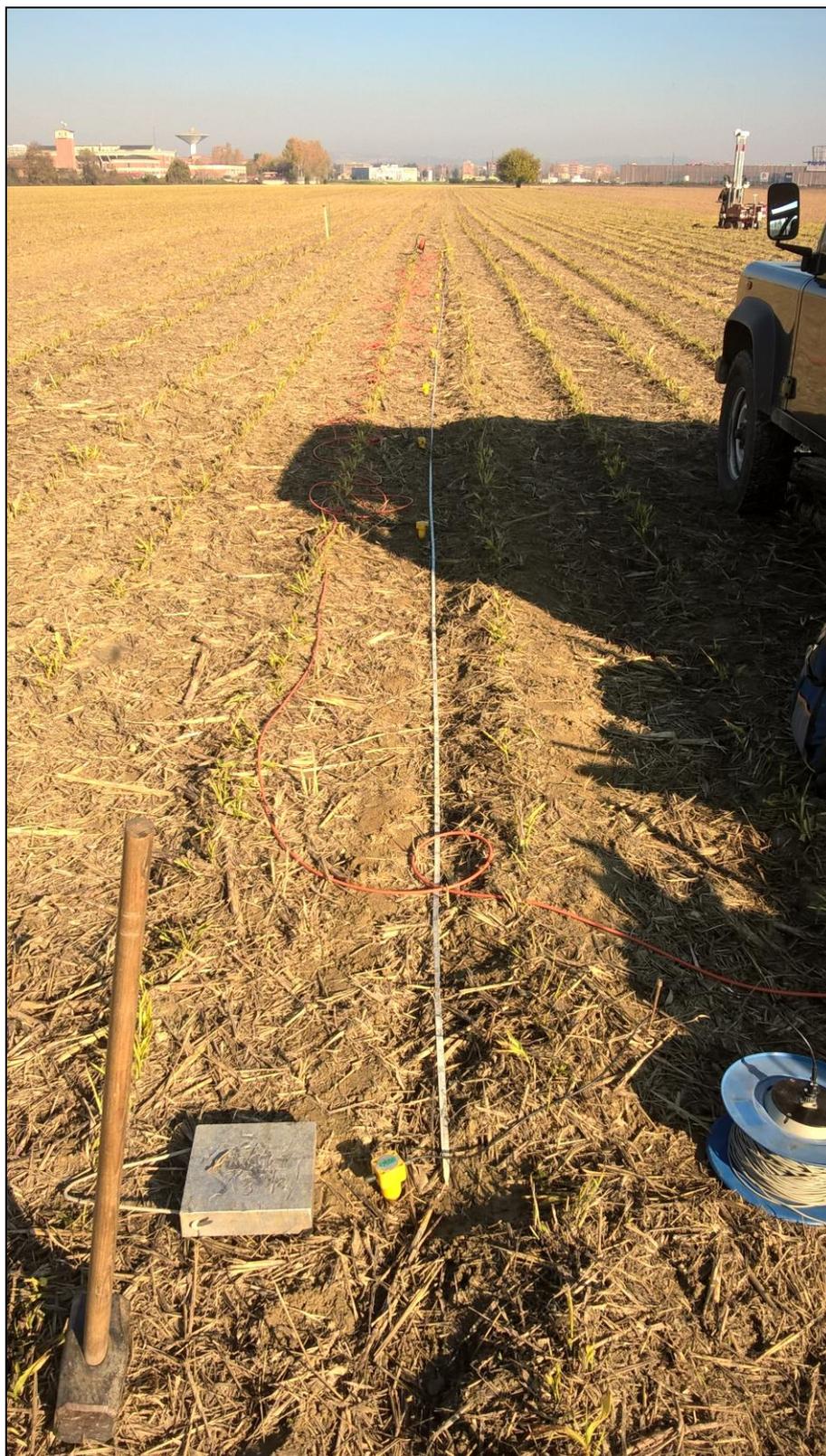
## FREQUENZA DI AMPLIFICAZIONE E PROFILO HVSR (Horizontal to Vertical Spectra Ratio)

Attraverso le onde superficiali Rayleigh e Love è possibile calcolare e modellare il rapporto spettrale H/V (Lune dei e Albarello 2009) per determinare la “Frequenza di risonanza del sito” ed il “Periodo proprio di sito”; la frequenza di risonanza viene determinata dal picco della curva dello spettro mentre il periodo è dato dalla formula  $T= 4H/V_s$  dove per  $V_s$  si intende la  $V_s$  media fino al bedrock e H è lo spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock.

### ELABORAZIONE

I dati MASW sono stati elaborati con il software Easy Masw ( Geostru) Professional utilizzando sia il metodo dell’”inversione” sia il metodo della “modellazione diretta” per poi utilizzare il modello matematico che rappresenta in modo più fedele le condizioni simo-stratigrafiche locali.

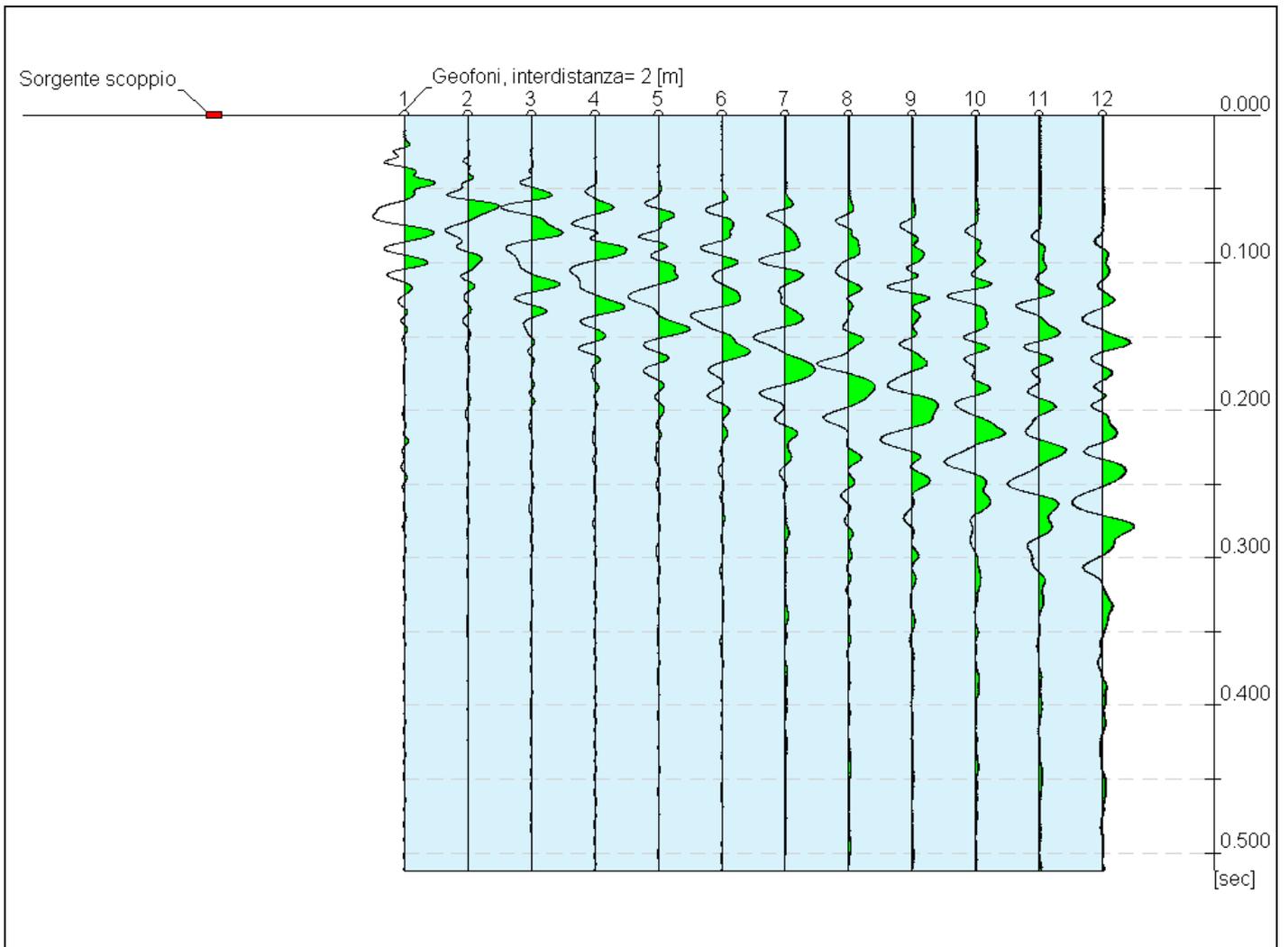
## MASW 1 (stendimento A-B)



Infissione nel terreno di geofoni per acquisizione Vs30 (stendimento sismico MASW 1)

## INDAGINE MASW N.1 (A-B)

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

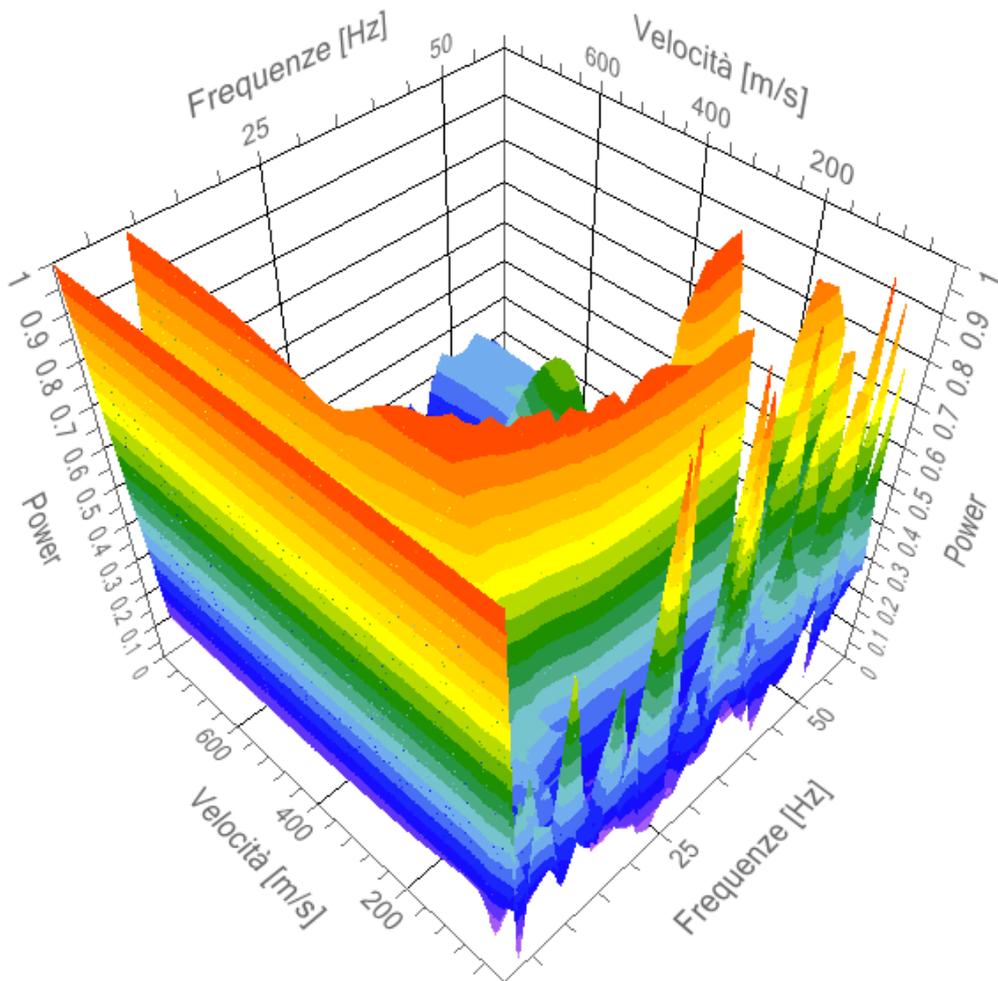


## INDAGINE MASW N.1 (A-B)

## Analisi spettrale

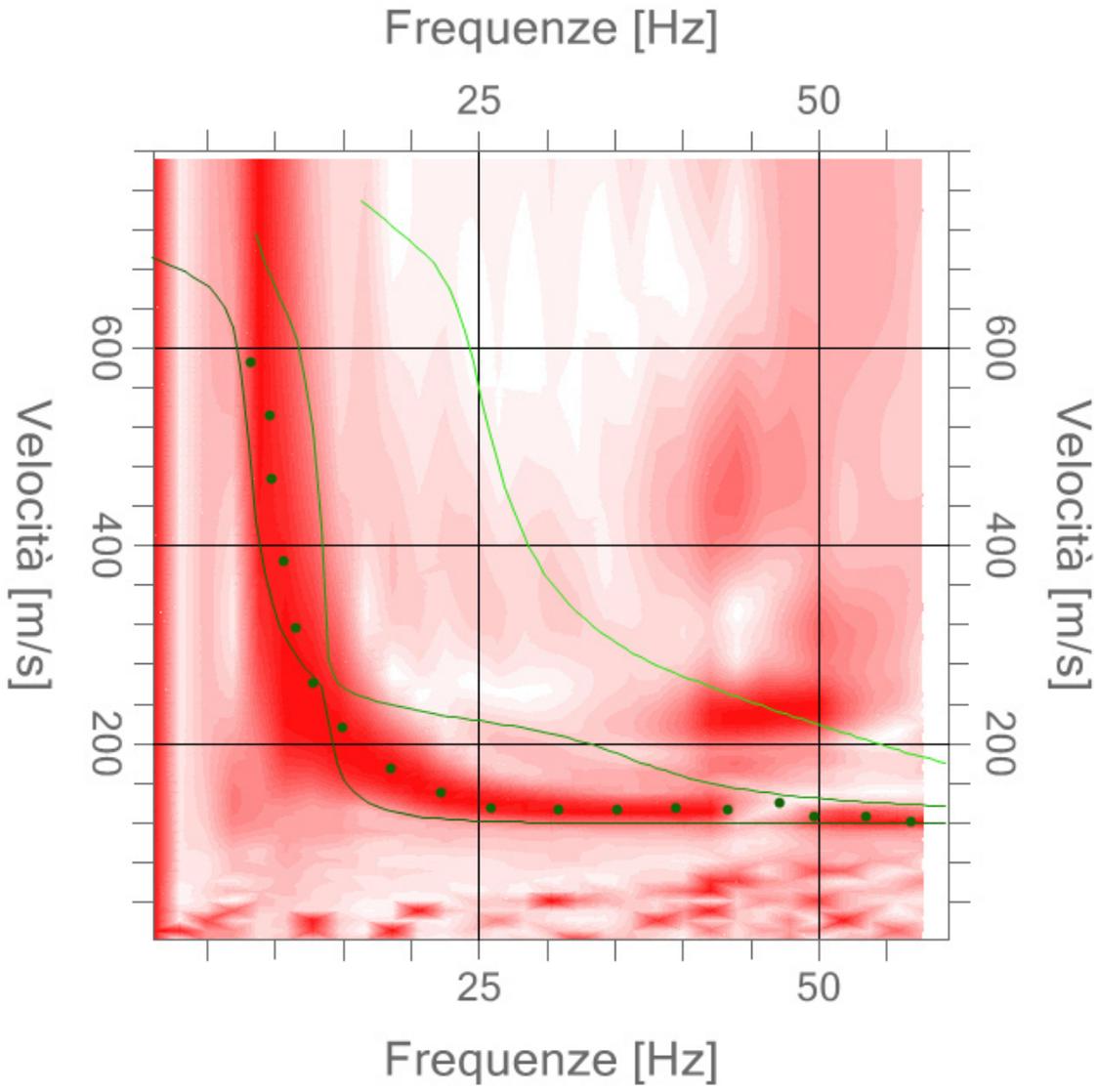
Frequenza minima di  
 elaborazione [Hz] 1  
 Frequenza massima di  
 elaborazione [Hz] 60  
 Velocità minima di  
 elaborazione [m/sec] 1  
 Velocità massima di  
 elaborazione [m/sec] 800  
 Intervallo velocità  
 [m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



INDAGINE MASW N.1 (A-B)

Spettro Velocità di fase - Frequenze



## INDAGINE MASW N.1 (A-B)

## Inversione

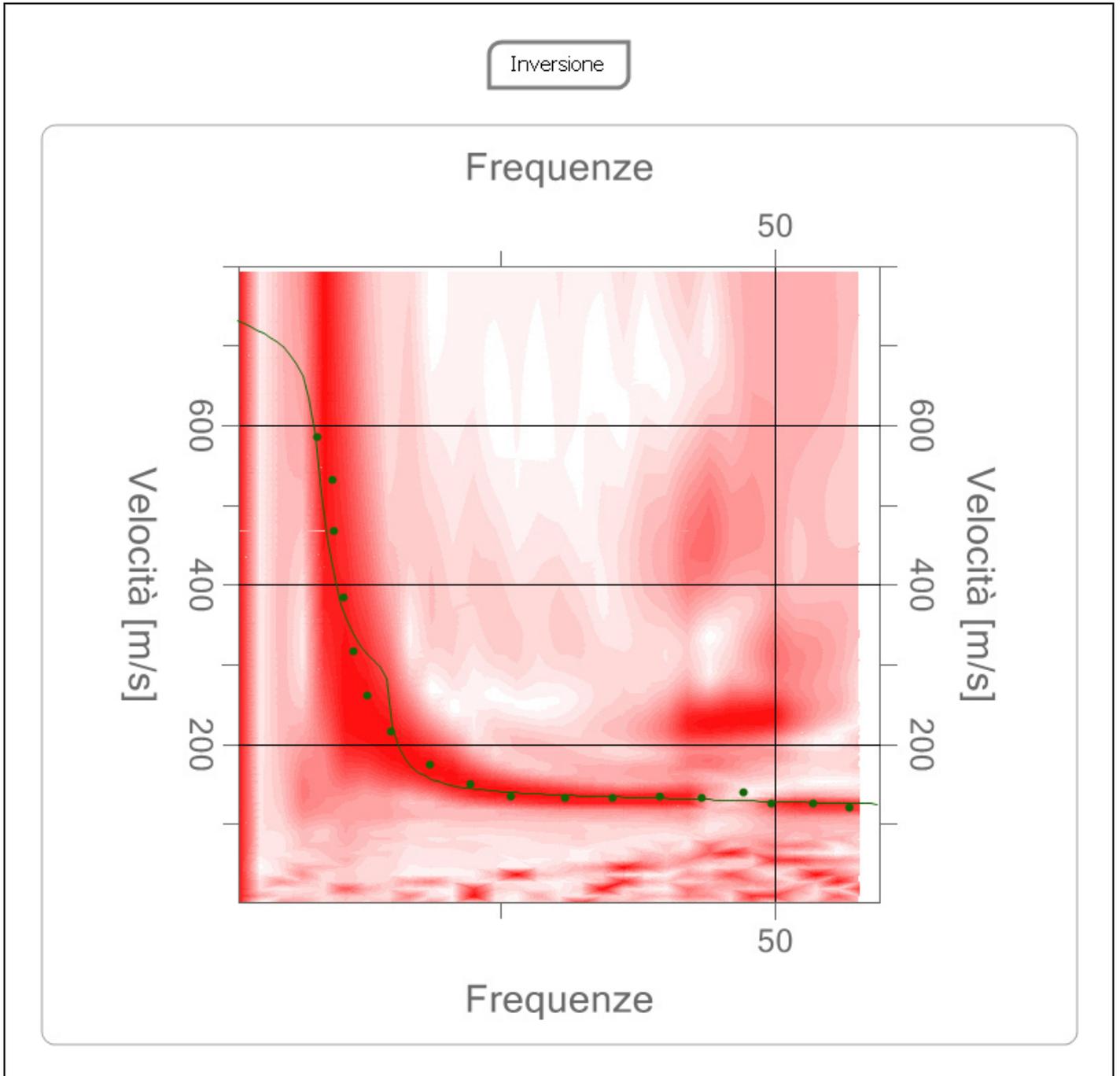
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.00	1.00	1660.0	0.3	No	236.9	126.6
2		4.63	3.63	1710.0	0.3	No	287.2	153.5
3		oo	oo	1800.0	0.3	Si	1485.3	793.9

Percentuale di errore

1.445 %

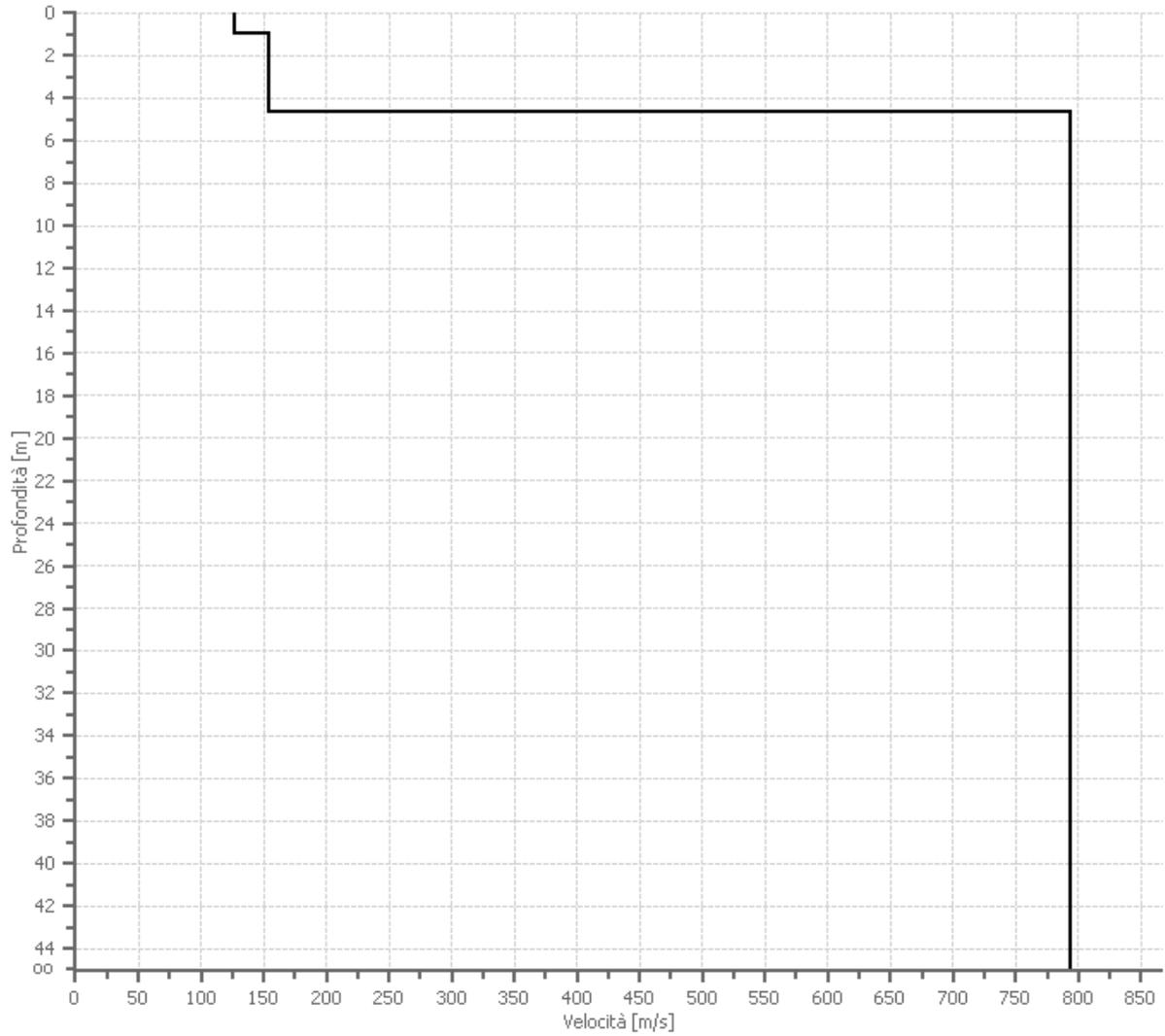
Fattore di disadattamento della soluzione

0.086



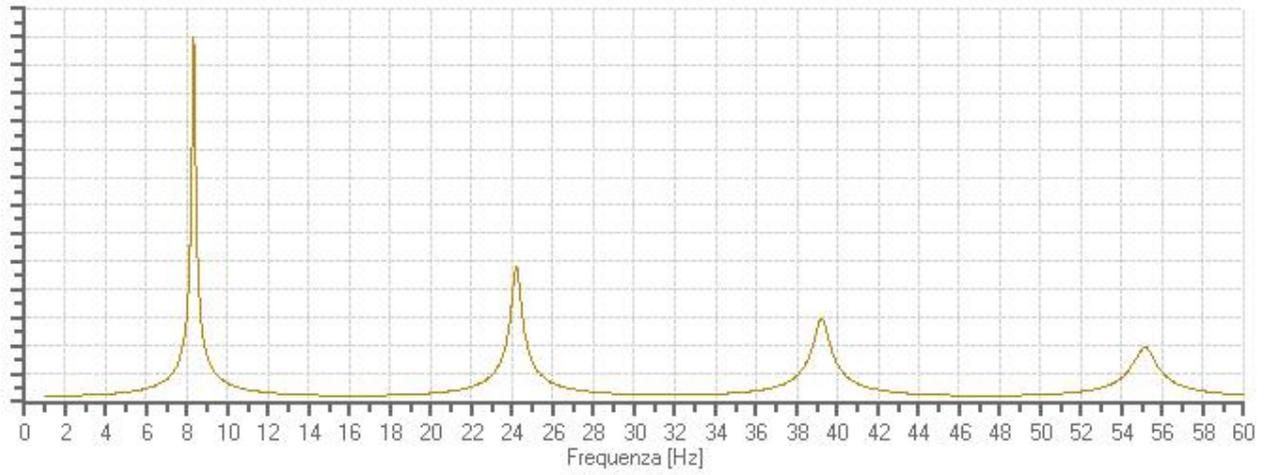
## INDAGINE MASW N.1 (A-B)

Profilo di velocità



**INDAGINE MASW N.1 (A-B)**

Funzione di trasferimento



**Risultati****INDAGINE MASW N.1 (A-B)**

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs30 [m/sec]</b>	472.59
<b>Categoria del suolo</b>	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

**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]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	126.65	236.94	1650.00	0.30	26.47	92.63	57.34	68.81	76	76.55
2	4.63	3.63	153.54	287.25	1700.00	0.30	40.08	140.27	86.83	104.20	34	201.44
3	oo	oo	793.93	1485.30	1810.00	0.30	1140.88	3993.09	2471.91	2966.29	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

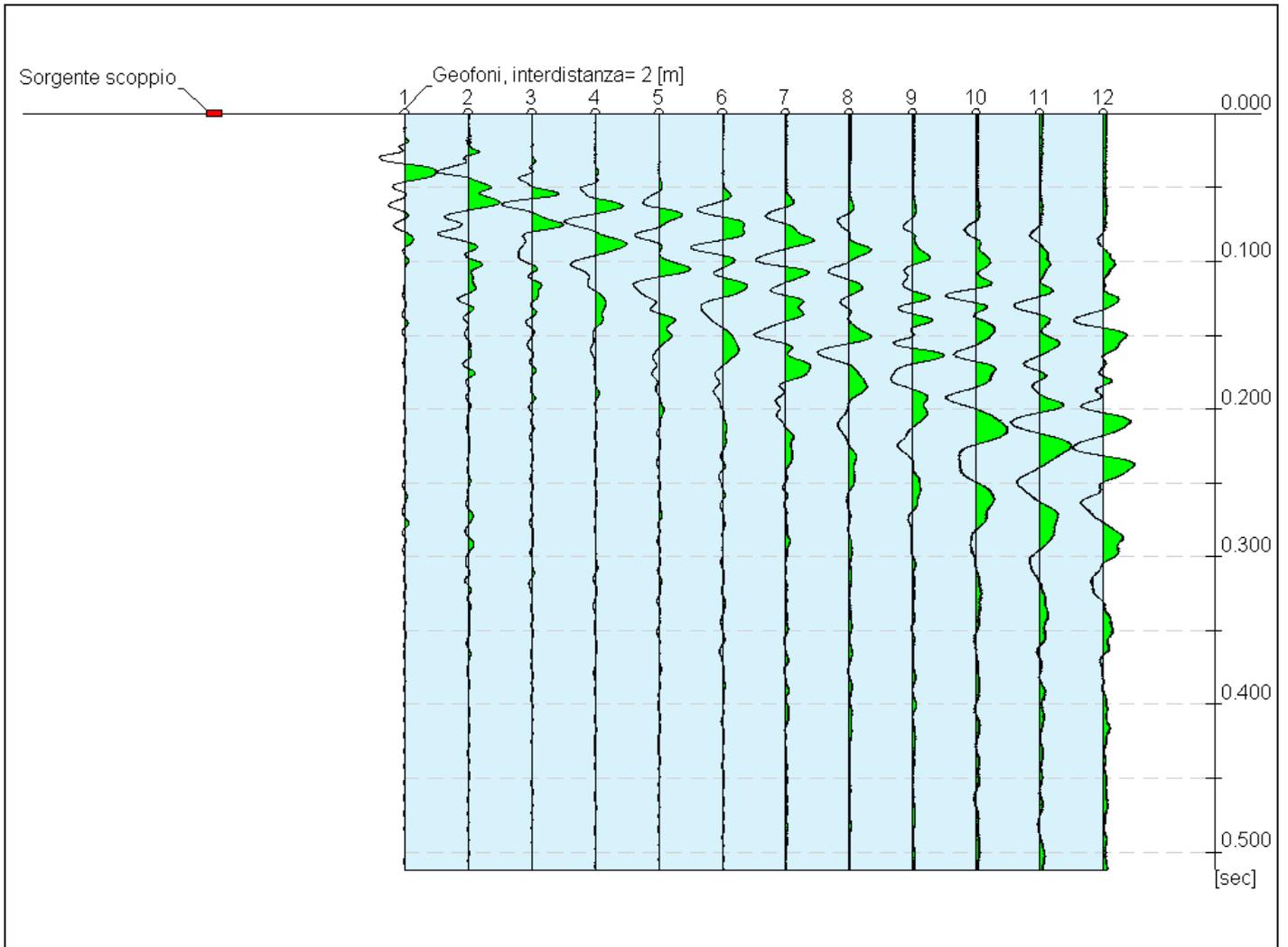
## MASW 2 (stendimento C-D)



Infissione nel terreno di geofoni per acquisizione Vs30 (stendimento sismico MASW 2)

## INDAGINE MASW N.2 (C-D)

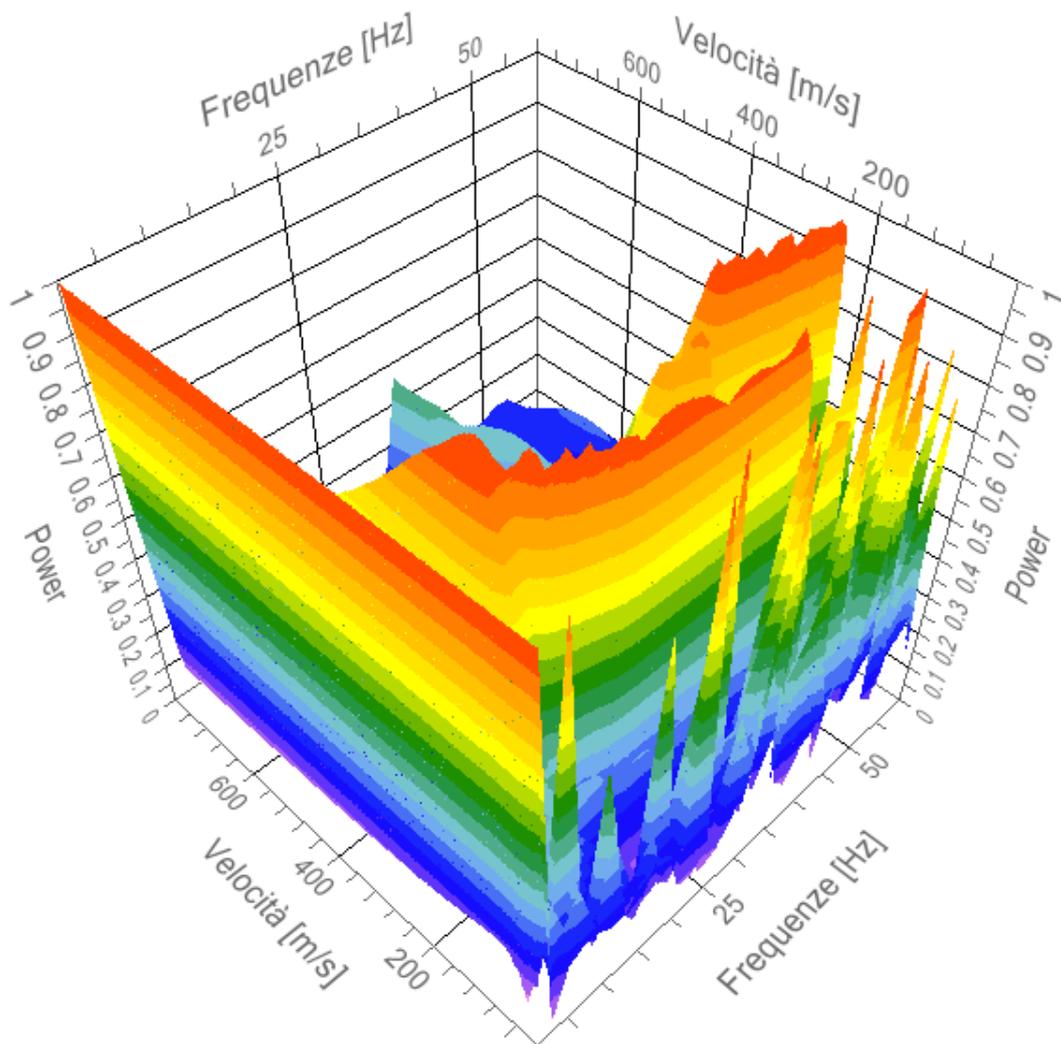
<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione</b> [msec]	512.0
<b>Interdistanza geofoni</b> [m]	2.0
<b>Periodo di campionamento</b> [msec]	0.125



**Analisi spettrale  
INDAGINE MASW N.2 (C-D)**

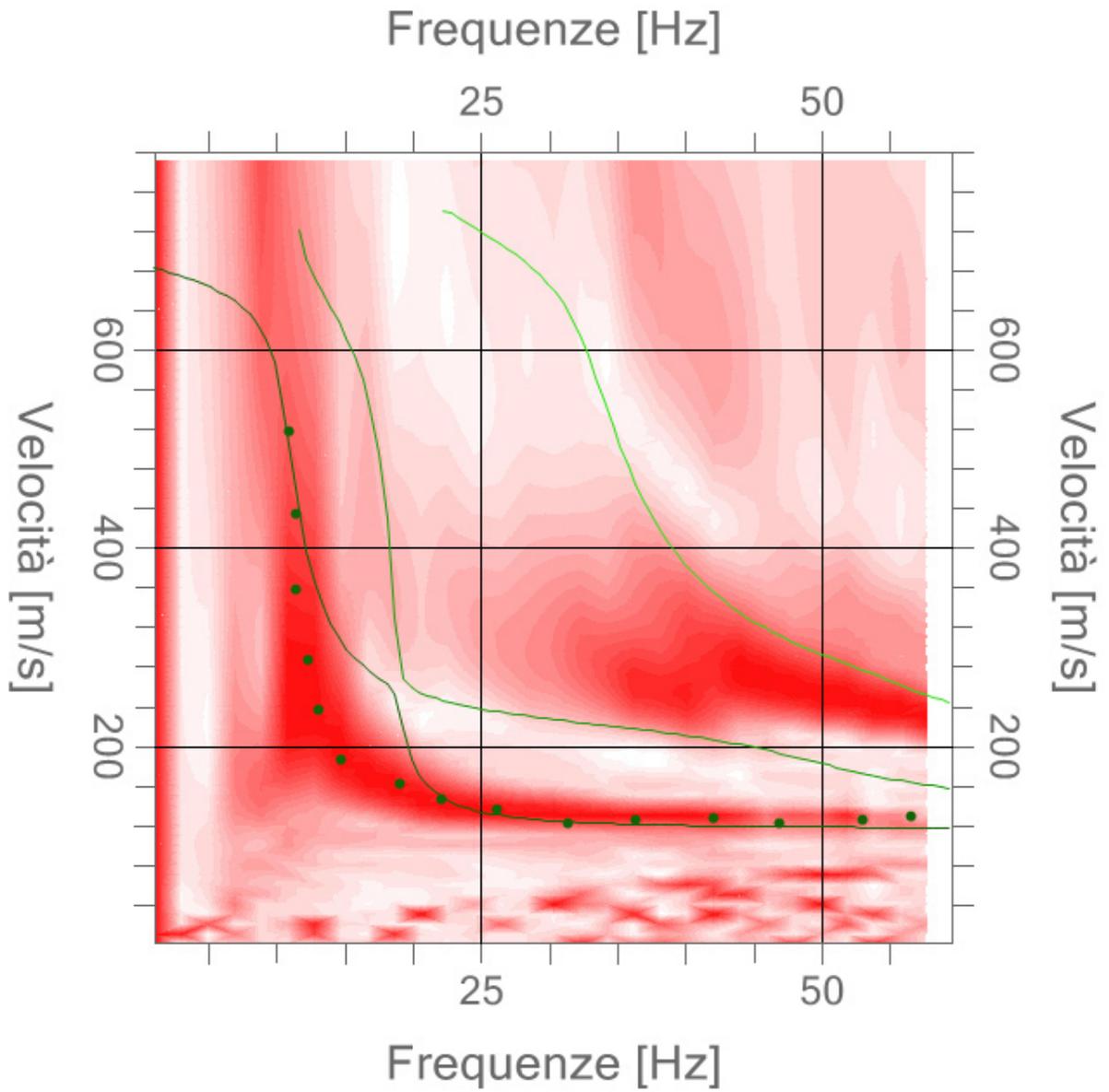
Frequenza minima di  
elaborazione [Hz] 1  
Frequenza massima di  
elaborazione [Hz] 60  
Velocità minima di  
elaborazione [m/sec] 1  
Velocità massima di  
elaborazione [m/sec] 800  
Intervallo velocità  
[m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



## INDAGINE MASW N.2 (C-D)

Spettro Velocità di fase - Frequenze



## INDAGINE MASW N.2 (C-D)

## Inversione

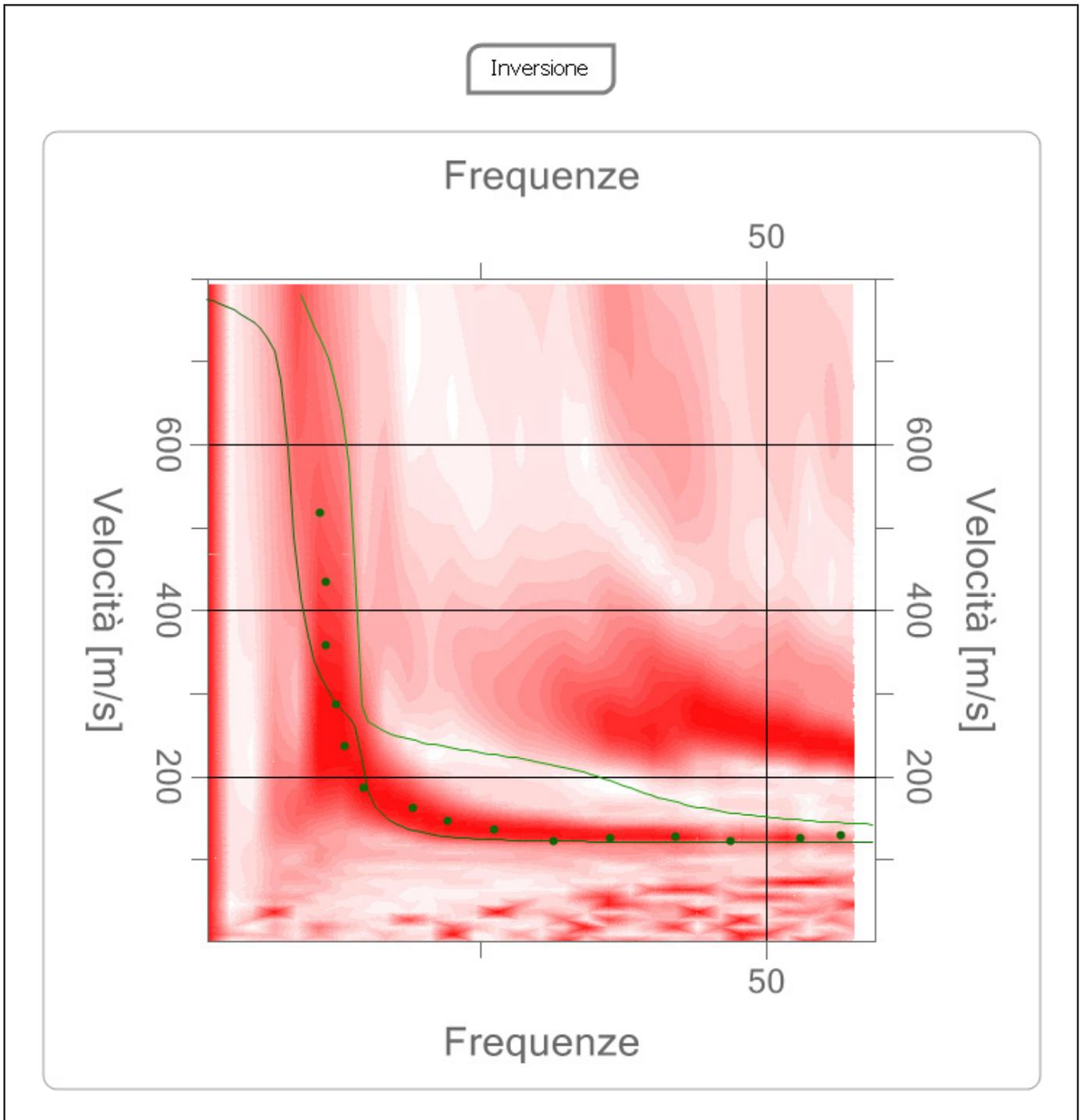
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4.00	4.00	1680.0	0.3	No	243.2	130.0
2		oo	oo	1800.0	0.3	Si	1572.1	840.3

Percentuale di errore

1.047 %

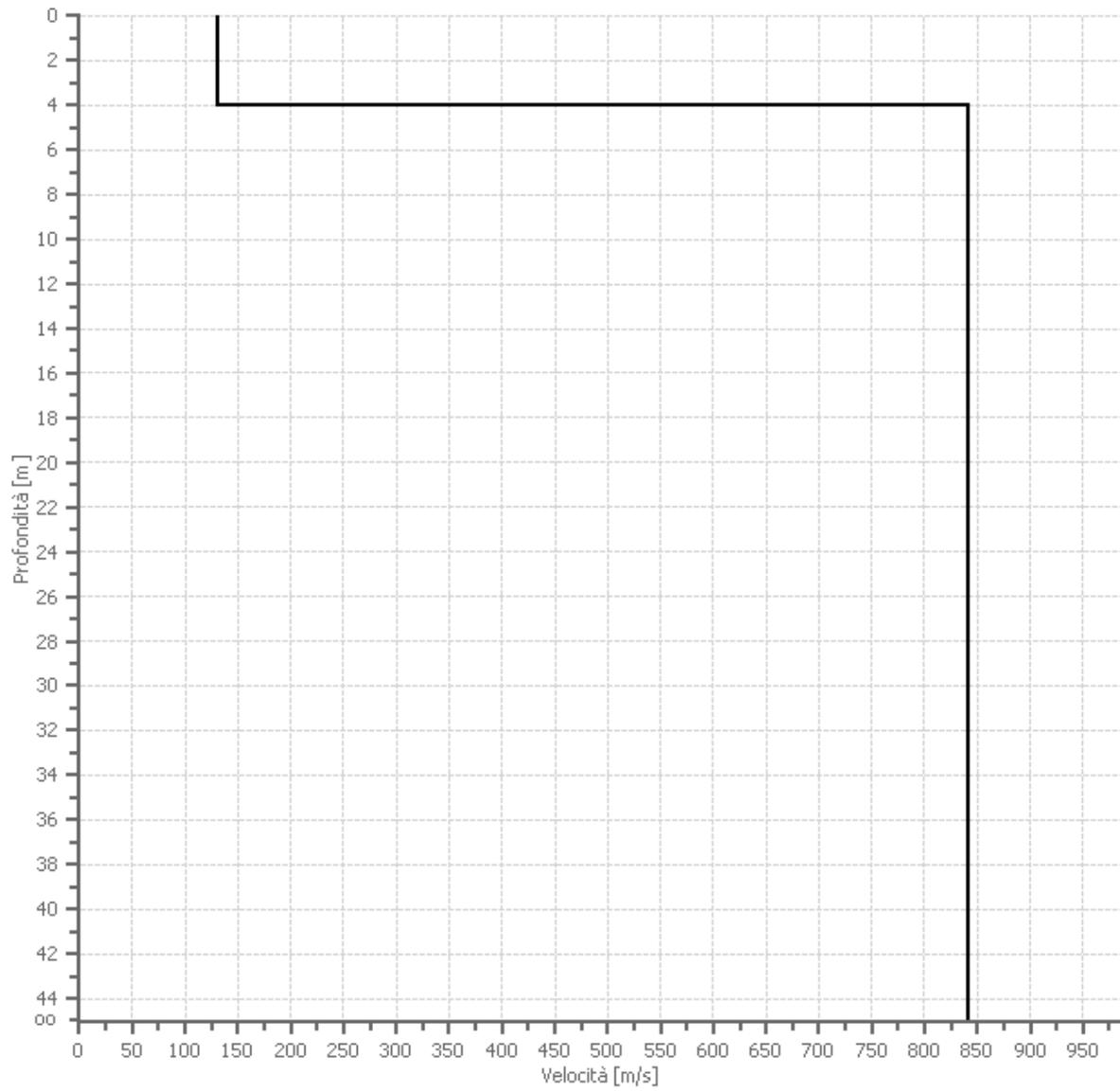
Fattore di disadattamento della soluzione

0.137



INDAGINE MASW N.2 (C-D)

## Profilo di velocità



**Risultati**  
**INDAGINE MASW N.2 (C-D)**

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs30 [m/sec]</b>	486.15
<b>Categoria del suolo</b>	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

**Altri parametri geotecnici**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	4.00	4.00	130.00	243.21	1650.00	0.30	27.89	97.60	60.42	72.50	19	87.29
2	oo	oo	840.32	1572.10	1810.00	0.30	1278.12	4473.42	2769.26	3323.11	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

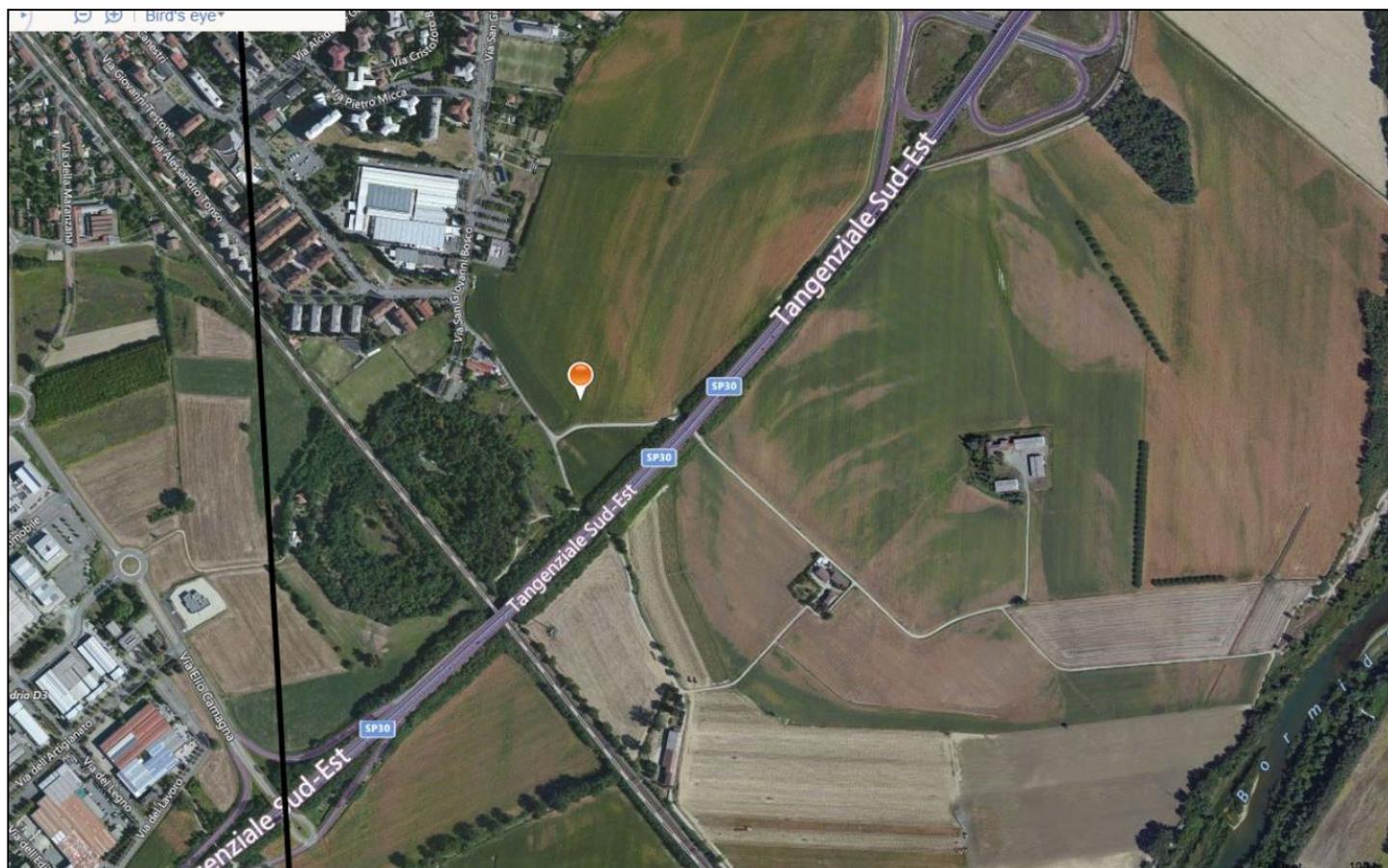
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

GeoStru software



Vita nominale ( $V_n$ ): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso ( $C_u$ ): 1

Periodo di riferimento ( $V_r$ ): 50 [anni]

Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44,8951500 [°]

Longitudine (WGS84): 8,6268560 [°]

Latitudine (ED50): 44,8961000 [°]

Longitudine (ED50): 8,6279170 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]
1	14694	44,885900	8,622745
2	14695	44,888740	8,693209
3	14473	44,938660	8,689162
4	14472	44,935820	8,618711

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,019	2,531	0,161
SLD	50	0,025	2,532	0,196
	72	0,029	2,509	0,211
	101	0,034	2,525	0,226
	140	0,038	2,543	0,246
	201	0,044	2,502	0,262
SLV	475	0,061	2,554	0,277
SLC	975	0,080	2,546	0,281
	2475	0,112	2,495	0,289

### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,020	2,529	0,161
SLD	50	0,026	2,513	0,200
	72	0,031	2,503	0,216
	101	0,036	2,525	0,228
	140	0,041	2,530	0,250
	201	0,048	2,483	0,267
SLV	475	0,068	2,498	0,276
SLC	975	0,090	2,486	0,279
	2475	0,128	2,478	0,283

### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,019	2,524	0,161
SLD	50	0,025	2,528	0,198
	72	0,030	2,501	0,214

	101	0,034	2,524	0,227
	140	0,039	2,541	0,246
	201	0,045	2,496	0,268
SLV	475	0,061	2,556	0,277
SLC	975	0,079	2,553	0,281
	2475	0,111	2,505	0,290

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,527	0,161
SLD	50	0,024	2,528	0,195
	72	0,028	2,528	0,209
	101	0,032	2,533	0,223
	140	0,036	2,551	0,234
	201	0,041	2,549	0,258
SLV	475	0,056	2,566	0,278
SLC	975	0,071	2,568	0,287
	2475	0,097	2,566	0,294

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,019	2,530	0,161
SLD	50	0,025	2,530	0,196
<b>SLV</b>	<b>475</b>	<b>0,060</b>	<b>2,552</b>	<b>0,277</b>
SLC	975	0,079	2,546	0,282

**PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO**

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

Categoria sottosuolo:

B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e  $cu_{30}$  maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Coefficienti sismici per muri di sostegno**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,005	0,013	0,017
kv	0,002	0,003	0,007	0,009
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,219	0,291	0,710	0,928
Beta	0,180	0,180	0,180	0,180

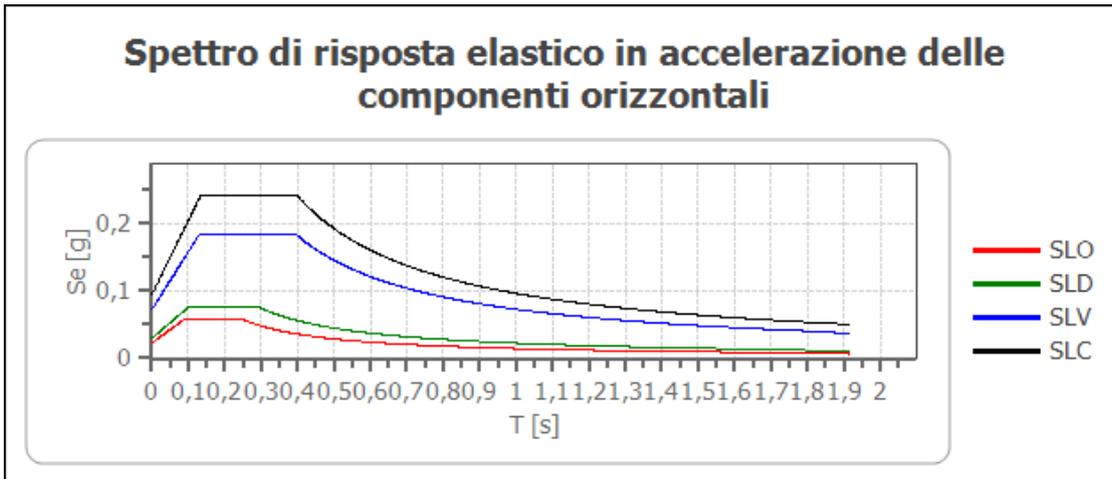
**Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,022	0,030	0,072	0,095
kv	0,011	0,015	0,036	0,047
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,219	0,291	0,710	0,928
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,006	0,014	0,019
kv	0,002	0,003	0,007	0,009
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,219	0,291	0,710	0,928
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



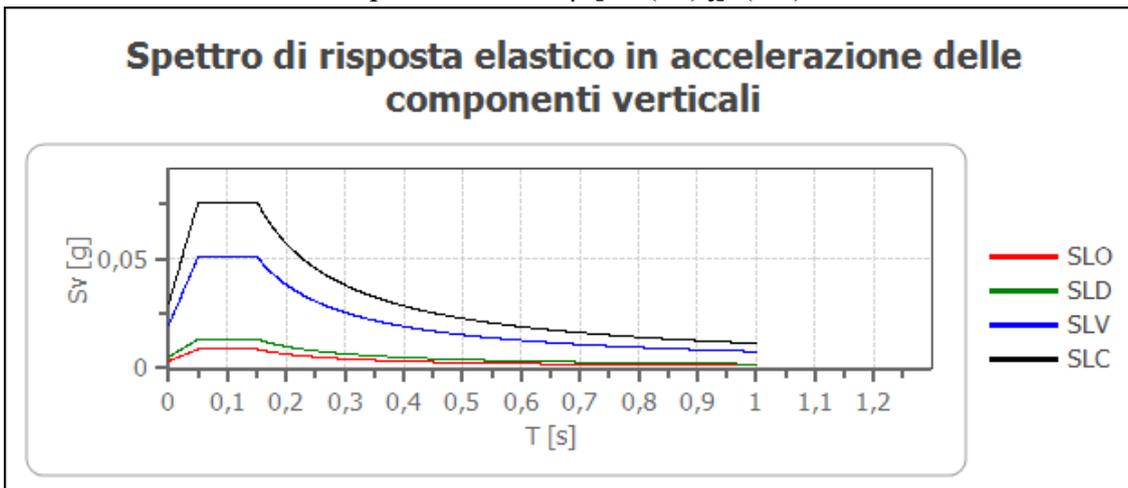
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,019	2,530	0,161	1,200	1,580	1,000	1,200	1,000	0,085	0,254	1,674	0,022	0,057
SLD	1,0	0,025	2,530	0,196	1,200	1,520	1,000	1,200	1,000	0,099	0,298	1,699	0,030	0,075
SLV	1,0	0,060	2,552	0,277	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,131	0,394	1,841	0,072	0,185
SLC	1,0	0,079	2,546	0,282	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,133	0,400	1,915	0,095	0,241

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$ : 1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,019	2,530	0,161	1	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,003	0,009
SLD	1,0	0,025	2,530	0,196	1	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,005	0,013
SLV	1,0	0,060	2,552	0,277	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,020	0,051
SLC	1,0	0,079	2,546	0,282	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,030	0,076

## VERIFICA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI AD AZIONE SISMICA

La normativa prevede le seguenti condizioni geologiche che consentano l'esclusione da verifica a liquefazione come da paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC.

### 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{cIN} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{cIN}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

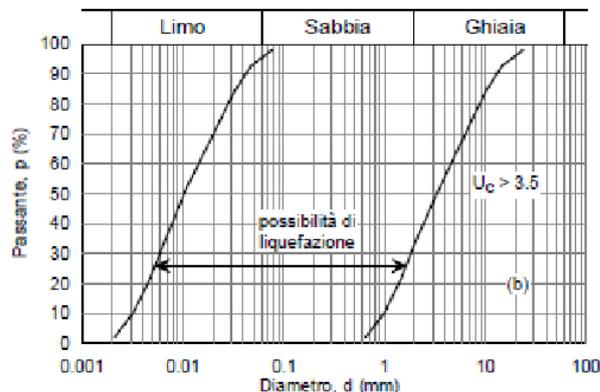
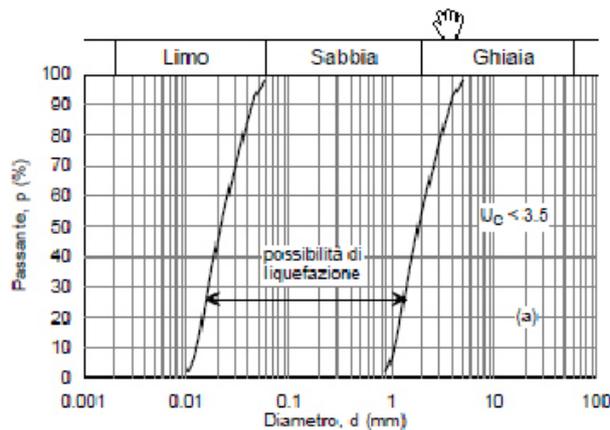


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Quando le condizioni 1 e 2 non risultino soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici **la condizione di cui la punto (1) non risulta soddisfatta**, in quanto la magnitudo (M), 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.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici **la condizione di cui la punto (2) risulta soddisfatta**, in quanto le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risultano inferiori a 0.1 g.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici **la condizione di cui la punto (3) non risulta soddisfatta**, in quanto la soggiacenza media della falda freatica è superiore a 15 metri.

Le verifiche geotecniche alla liquefazione condotte utilizzando sia i dati ottenuti dalle prove MASW e dalle prove penetrometriche, non hanno riscontrato terreni suscettibili a liquefazione ad azione sismica, come indicato nei diagrammi e tabelle di calcolo di seguito riportati.

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

## DATI INSERITI

$H_{falda}$  = 9

$a_{max}/g$  = 0,09

R =

Mw = 5



## TEORIE DI CALCOLO

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

## STRATIGRAFIA TERRENO

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

PRIMO STRATO		H <sub>1</sub> = 1
Parametri		Parametri calcolati
H <sub>1</sub> = 1		$\gamma_{H2O}$ = 1,00
$\gamma$ = 1,65		$\sigma_{vo}$ = 0,17
V <sub>S</sub> = 126,65		$\sigma_{vo'}$ = 0,17
V <sub>S1C</sub> = 215		P.neutra = 0,00
S <sub>1</sub> = 1		$r_d$ = 0,99
FC = 2		K <sub>C</sub> = 0,80
V <sub>S1</sub> = 198,72		

SECONDO STRATO		H <sub>2</sub> = 4,63
Parametri		Parametri calcolati
H <sub>2</sub> = 4,63		$\gamma_{H2O}$ = 1,00
$\gamma$ = 1,7		$\sigma_{vo}$ = 0,78
V <sub>S</sub> = 153,54		$\sigma_{vo'}$ = 0,78
V <sub>S1C</sub> = 215		P.neutra = 0,00
S <sub>2</sub> = 3,63		$r_d$ = 0,96
FC = 2		K <sub>C</sub> = 0,80
V <sub>S1</sub> = 163,27		

TERZO STRATO		H <sub>3</sub> = 30
Parametri		Parametri calcolati
H <sub>3</sub> = 30		$\gamma_{H2O}$ = 1,00
$\gamma$ = 1,81		$\sigma_{vo}$ = 5,37
V <sub>S</sub> = 793,03		$\sigma_{vo'}$ = 3,27
V <sub>S1C</sub> = 215		P.neutra = 2,10
S <sub>3</sub> = 25,37		$r_d$ = 0,38
FC = 2		K <sub>C</sub> = 0,8
V <sub>S1</sub> = 589,55		

Committente: SOC EGEA SRL

Riferimento: CENTRALE COGENERAZIONE IMPIANTO TELERISCALD

Località: ALESSANDRIA VIA S.G. BOSCO Prov.: AL

Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

MENU PRINCIPALE

ANALISI  
METODO

## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE SISMICHE)



METODO DI ANDRUS E STOKOE (2000)

RISULTATI:

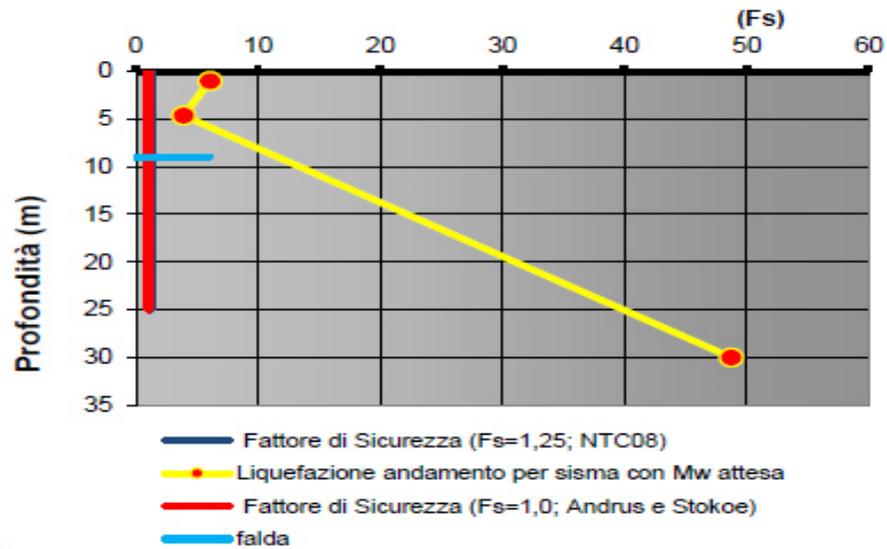
FORMULE:

		RISULTATI:		
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
$V_{s1} = V_s \cdot \left( \frac{1}{\sigma'_{v0}} \right)^{0,25}$		Spessore 1	3,63	25,37
		$V_{s1}$	198,717	163,270
$CRR = 0,022 \cdot \left( \frac{K_c \cdot V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{2,8}{(V_{s1C} - K_c \cdot V_{s1})} - \frac{2,8}{V_{s1C}}$		$CRR$	0,093	0,058
$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$		Mw = 5	$CSR$	0,015
$r_d$		0,99	0,96	0,38
1	$< F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	$F_s$	6,077
			Assenza di Falda	Assenza di Falda
			Assenza di Falda	Verificato
1,25	$< F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	$F_s (NTC08)$	6,077
			Assenza di Falda	Assenza di Falda
			Assenza di Falda	Verificato
RISCHIO di Liquefazione (Iwasaki et.al., 1978)		Molto Basso		
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

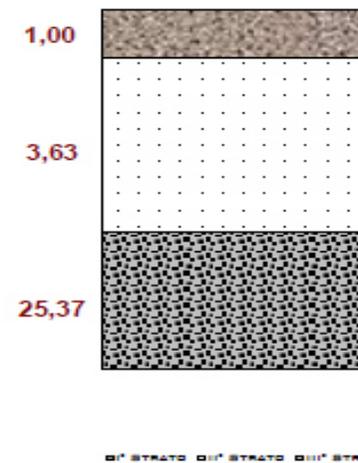
**Committente:** SOC EGEA SRL  
**Riferimento:** CENTRALE COGENERAZIONE IMPIANTO TELERISCALDAMI  
**Località:** ALESSANDRIA VIA S.G. BOSCO      **Prov.:** AL  
**Oggetto:** STUDIO GEOLOGICO

STRATIGRAFIA 3

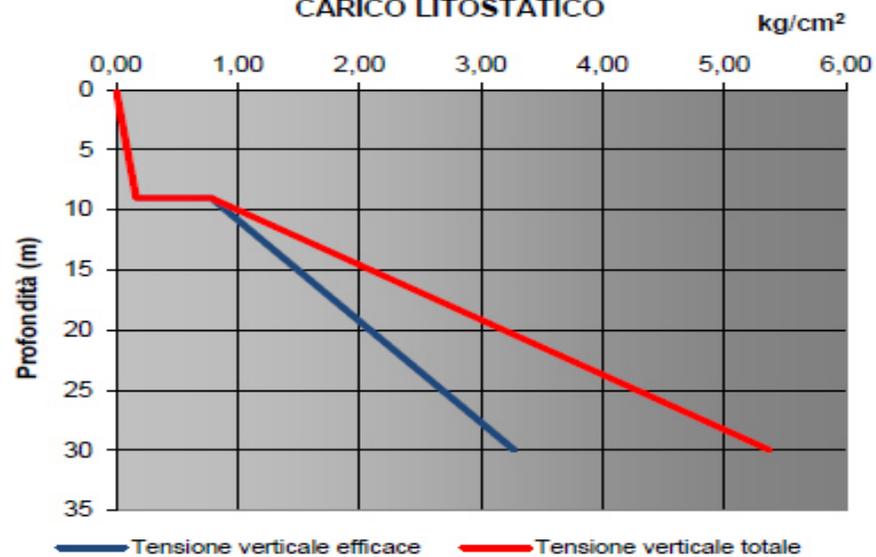
### TEORIA DI ANDRUS E STOKOE (2000)



### COLONNA STRATIGRAFICA



### CARICO LITOSTATICO



Committente: **SOC EGEA SRL**  
 Riferimento: **CENTRALE COGENERAZIONE IMPIANTO**  
 Località: **ALESSANDRIA VIA S.G. BOSCO** Prov.: **AL**  
 Oggetto: **STUDIO GEOLOGICO**



## ANALISI

Metodi che utilizzano	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento (Mw)	Indice del Potenziale di Liquefazione (PL)	Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978)
	Fs (Autore)	NTC08			
Prove Sismiche (Vs)					
<b>Andrus e Stokoe (2000)</b>	<b>&gt; 1,0</b>	<b>&gt;1,25</b>	<b>5</b>	<b>0,000</b>	<b>Molto Basso</b>

STRATIGRAFIA 3

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

## DATI INSERITI

$H_{falda} = 9$

$a_{max}/g = 0,09$

$R = 10$

$M_W = 5$



## TEORIE DI CALCOLO

[Tokimatsu and Yoshimi \(1983\)](#)

[Boulanger and Idriss \(2004\)](#)

[Youd e Idriss \(2001\)](#)

[Seed et al. \(1985\)](#)

[Yegian e Whitman \(1978\)](#)

[Seed e Idriss \(1982\)](#)

[Rauch \(1998\)](#)

[Iwasaki et al. \(1984\)](#)

[Eurocodice 8](#)

## STRATIGRAFIA TERRENO

$S_{TOT.} = 14,00$

PRIMO STRATO		$H_1 = 3,6$	SECONDO STRATO		$H_2 = 6,4$		
Parametri da inserire		Parametri calcolati		Parametri da inserire		Parametri calcolati	
$H_1 = 3,6$	$\gamma = 1,725$	$\gamma_{H2O} = 1,00$	$H_2 = 6,4$	$\gamma = 1,8$	$\gamma_{H2O} = 1,00$	$N_{SPT} = 10,07$	$\sigma_{vo} = 1,15$
$N_{SPT} = 4,78$	$d_{50} = 0,2$	$\sigma_{vo'} = 0,62$	$\gamma = 1,8$	$N_{SPT} = 10,07$	$\sigma_{vo'} = 1,15$	$d_{50} = 0,2$	$P_{neutra} = 0,00$
$S_1 = 3,6$	$FC = 2$	$P_{neutra} = 0,00$	$d_{50} = 0,2$	$d_{50} = 0,2$	$P_{neutra} = 0,00$	$S_2 = 2,8$	$r_d = 0,97$
		$r_d = 0,97$	$S_2 = 2,8$	$S_2 = 2,8$	$r_d = 0,95$	$FC = 2$	$N_1 = 0,00$
		$N_1 = 0,00$	$FC = 2$	$FC = 2$	$N_1 = 0,00$		$N_1 = 0,00$
		$N_1 = 0,00$			$N_1 = 0,00$		$N_1 = 0,00$
		$N_1 = 7,5$			$N_1 = 7,5$		$N_1 = 7,5$

TERZO STRATO		$H_3 = 8,4$	QUARTO STRATO		$H_4 = 14$		
Parametri da inserire		Parametri calcolati		Parametri da inserire		Parametri calcolati	
$H_3 = 8,4$	$\gamma = 1,8$	$\gamma_{H2O} = 1,00$	$H_4 = 14$	$\gamma = 1,8$	$\gamma_{H2O} = 1,00$	$N_{SPT} = 13,14$	$\sigma_{vo} = 2,52$
$N_{SPT} = 21,2$	$d_{50} = 1,5$	$\sigma_{vo'} = 1,51$	$\gamma = 1,8$	$N_{SPT} = 13,14$	$\sigma_{vo'} = 2,02$	$d_{50} = 1,5$	$P_{neutra} = 0,50$
$d_{50} = 1,5$	$S_3 = 2$	$P_{neutra} = 0,00$	$d_{50} = 1,5$	$d_{50} = 1,5$	$P_{neutra} = 0,50$	$S_3 = 5,6$	$r_d = 0,80$
$S_3 = 2$	$FC = 2$	$r_d = 0,94$	$S_3 = 5,6$	$S_3 = 5,6$	$r_d = 0,80$	$FC = 2$	$N_1 = 0,00$
		$N_1 = 0,00$	$FC = 2$	$FC = 2$	$N_1 = 0,00$		$N_1 = 0,00$
		$N_1 = 0,00$			$N_1 = 0,00$		$N_1 = 0,00$
		$N_1 = 0$			$N_1 = 0$		$N_1 = 0$

Committente:

Riferimento:

Località:  Prov.:

Oggetto:

MENU PRINCIPALE

(N1)60

CONFRONTO  
METODI

## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE DINAMICHE SPT)

METODO DI IWASAKI ET AL. (1978-1984)



FORMULE:

RISULTATI:

		RISULTATI:					
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO		
		Spessore	3,6	2,8	2	5,6	
$CRR = 0.0882 \cdot \sqrt{[N'_{SPT}/(\sigma'_{vo} + 0.7)] + 0.225 \cdot \log_{10}(0.35/d_{50})}$	A) per $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$	0,210	0,238	0,085	1,135		
$CRR = 0.0882 \cdot \sqrt{[N'_{SPT}/(\sigma'_{vo} + 0.7)]} - 0.05$	B) per $0,60 < d_{50} \leq 1,5$	0,105	0,133	0,177	0,104		
$CSR = 0.65 \cdot (a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo}) \cdot r_d \cdot (1/MSF)$	M = 5    CSR	0,015	0,015	0,014	0,015		
$r_d$		0,97	0,95	0,94	0,80		
1,0	$< F_s = CRR/CSR$	M = 5	$F_s$	14,050 Verificato	16,301 Verificato	12,346 Verificato	6,788 Verificato
1,25	$< F_s = CRR/CSR$	M = 5	$F_s (NTC 08)$	14,050 Verificato	16,301 Verificato	12,346 Verificato	6,788 Verificato
RISCHIO di Liquefazione (Iwasaki et al., 1978)		Molto Basso					
PROBABILITA' di Liquefazione (Juang et al., 2001) [P <sub>L</sub> (%)]		0,00	0,00	0,00	0,00		
SUSCETTIBILITA' di Liquefazione (Juang et al., 2001)		Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta		

**Committente:** SOC EGEA SRL

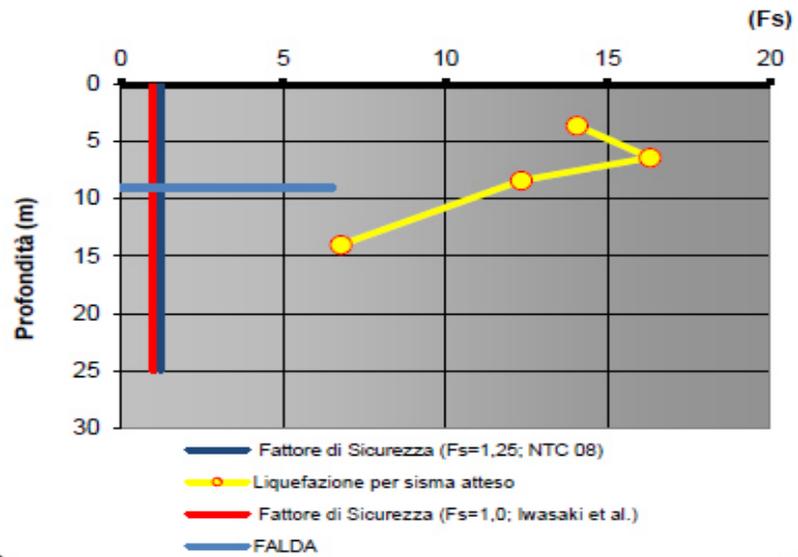
**Riferimento:** CENTRALE COGENERAZIONE IMPIANTO TELERISCALDAMENTO

**Località:** ALESSANDRIA VIA S.G. BOSCO      **Prov.:** AL

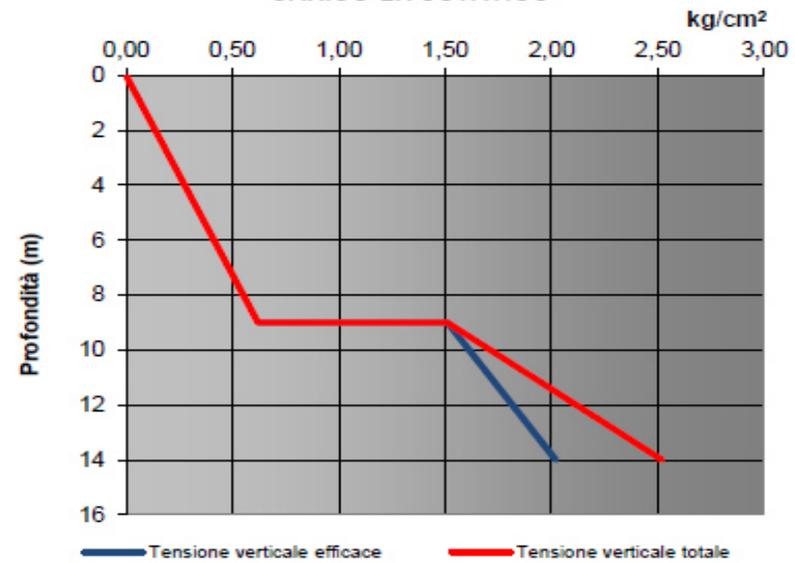
**Oggetto:** STUDIO GEOLOGICO

STRATIGRAFIA 4

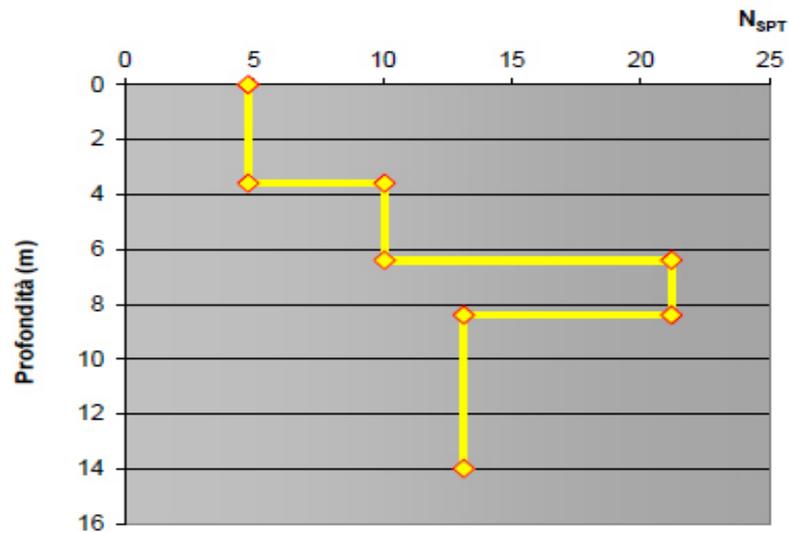
## TEORIA DI IWASAKI ET AL. (1978-1984)



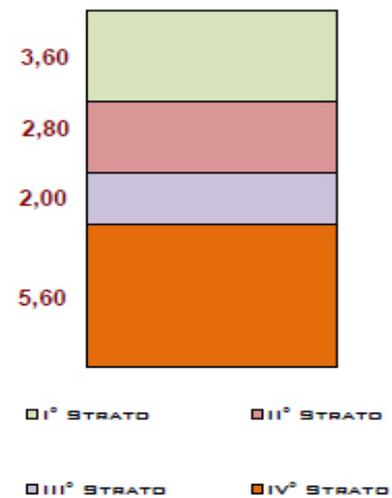
## CARICO LITOSTATICO



## DIAGRAMMA PROVA SPT



## COLONNA STRATIGRAFICA



Committente: SOG EGEA SRL  
 Riferimento: CENTRALE COGENERAZIONE IMPIANTO TELERISCALDAMENTO  
 Località: ALESSANDRIA VIA S.G. BOSCO Prov.: AL  
 Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

## ANALISI E CONFRONTO FRA LE DIVERSE METODOLOGIE

Metodi che utilizzano	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento (M <sub>w</sub> )	Indice del Potenziale di Liquefazione (IP <sub>L</sub> )	Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978)
	Fs (Autore)	NTC 2008			
Prove Penetrometriche dinamiche (SPT)					
Youd and Idriss (2001)	> 1,3	>1,25	5	0,000	#VALORE!
Iwasaki et al. (1978;1984)	> 1,0	>1,25	5	0,000	Molto Basso
Boulangier and Idriss (2004)	> 1,0	>1,25	5	0,000	Molto Basso
Seed and Idriss (1982)	> 1,3	>1,25	5	0,000	#VALORE!
Seed et al. (1985)	> 1,0	>1,25	5	0,000	Molto Basso
Rauch (1998)	> 1,0	>1,25	5	0,000	Molto Basso
Eurocodice 8	> 1,0	>1,25	5	M <sub>w</sub> <5.5	Non Definibile per M<5.5

Metodi che utilizzano	Fattore di sicurezza (Autore)	Magnitudo di riferimento (M <sub>w</sub> )	Livello stratigrafico interessato	Indice di Liquefazione Potenziale (IL <sub>p</sub> )	Possibilità di liquefazione
Yegian e Whitman (1978)	< 1,0	5	1° Strato	0,611	Verificato
			2° Strato	0,586	Verificato
			3° Strato	0,586	Verificato
			4° Strato	0,731	Non Liquefacibile

(N1)60

STRATIGRAFIA 4

### 3.0 Prove penetrometriche dinamiche

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 10-11 e 12 novembre 2015 nell'area oggetto d'indagine dove verrà realizzata la centrale di cogenerazione in progetto, sono state effettuate n.10 prove penetrometriche, come indicato nella planimetria allegata.

#### **Prove statiche-P4-P5-P7 (metodologia d'indagine)**

Misura della resistenza alla punta  $R_p$  e resistenza per attrito laterale  $f_s$  (friction) ogni 20 cm di affondamento delle aste, alla penetrazione di una punta conica infissa a velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste esterna ed interna, alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

#### **Dispositivo di spinta**

Martinetto idraulico applicato al penetrometro in grado di esercitare sulla duplice batteria di aste una spinta massima di 10 t, con una corsa di 1,00 m ed una velocità costante di spinta pari a 2,00 cm/sec.

#### **Punta conica – Begemann -**

Punta conica telescopica avente le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono 37,5 mm;
- angolo di apertura del cono: 60°;

\* la punta Begemann permette di misurare:

- la resistenza alla punta  $R_p$ ;
- la resistenza per attrito laterale  $f_s$  (friction) in corrispondenza del manicotto della punta meccanica Begemann, avente una superficie laterale pari a 150 cmq;

#### **Aste**

Aste di tipo cavo,  $\varnothing$  36 x 1.000 mm;  
Astine interne a sezione piena  $\varnothing$  15 x 1.000 mm.

#### **Dispositivo di misura**

Selettore idraulico con cella di carico da 10.000 Kg ed indicatore digitale.

#### **Diagrammi penetrometrici**

Nei diagrammi penetrometrici statici di seguito riportati, sono indicati la resistenza di punta  $R_p$  all'avanzamento della punta meccanica Begemann e la resistenza laterale  $f_s$  (FRICTION) misurata sul manicotto laterale della punta. Oltre al diagramma di campagna segue un diagramma interpretativo dei dati, elaborato mediante il programma di calcolo "Geotec-A" fornito su licenza d'uso dalla Soc. "Interstudio" di Pistoia, dove è indicato oltre al valore di punta  $R_p$ , il valore della resistenza laterale  $R_l$  ottenuta dividendo la spinta esercitata depurata del valore misurato  $R_p$  per l'area della superficie laterale del manicotto.

### **Prove dinamiche P1-P2-P3-P6-P8-P9-P10 (metodologia ed attrezzatura)**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infissione di una punta conica montata su una batteria di aste per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi N<sub>20</sub> necessari all'avanzamento delle aste.

#### **Attrezzatura prova penetrometrica dinamica**

Batteria di aste aventi  $\varnothing$  32 x 1.000 mm con peso pari a 6,4 Kg;

Punta conica collegata alla base delle aste, con:

- angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$
- diametro di base  $d = 50,50$  mm
- superficie punta conica da 20 cmq;

Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:

- massa battente: 63,5 Kg (AGI);
- altezza di caduta: 750 mm;

#### **Interpretazione dati penetrometrici parametri geotecnici dei terreni**

L'interpretazione dei parametri geotecnici del terreno è stata supportata mediante le seguenti correlazioni, riferite al numero di colpi N<sub>spt</sub> (Standard Penetrometion Test in foro):

$$1) N_{Spt} = 1,50 \times N_{20}$$

dove:

N<sub>20</sub> = numero di colpi misurato all'affondamento ogni 20,00 cm delle aste penetrometriche;

$$2) R_p = A \times N_{spt} \text{ (Robertson 1982)}$$

Dove:

A (coefficiente Robertson, 1982) risulta pari a:

- 2,00 per terreni coerenti, tipo argille e limi sabbiosi;
- 4,00 per terreni incoerenti tipo sabbie e ghiaie;

R<sub>p</sub> = resistenza statica alla punta Begemann;

$$3) R_l = R_p / (C_1 \times K_2 + C_2)$$

dove:

K = coefficiente di Robertson;

C<sub>1</sub> = 3,00;

C<sub>2</sub> = 10,00;

R<sub>l</sub> = resistenza statica laterale Begemann

I dati misurati in campagna sono stati elaborati mediante il programma di calcolo, il quale ha estrapolato i valori di resistenza del terreno riferito alla punta meccanica Begemann.

Attraverso tali valori ed in funzione al rapporto  $R_p/R_l$  (resistenza alla punta/atrito laterale punta Begemann), ad ogni strato è stata attribuita una definizione litologica secondo la classificazione standard BEGEMANN (da De Simone: FONDAZIONI – Liguori Editore Napoli 1981 -):

$R_p/R_l \leq 15$	Torbe ed argille organiche;
$15 < R_p/R_l \leq 30$	Limi ed argille;
$30 < R_p/R_l \leq 60$	Limi sabbiosi e sabbie limose;
$60 > R_p/R_l$	Sabbie e sabbie con ghiaie;

Per quanto riguarda le prove dinamiche è stato calcolato inoltre, attraverso le formule sperimentali degli “Olandesi”, il valore della resistenza dinamica del terreno all’avanzamento delle aste, mediante la seguente relazione:

$$\text{Resistenza dinamica} = \frac{(M^2 \times H)}{A \times h \times (M+m)} \times N20$$

dove:

M = peso della mazza battente (63,50 Kg);

H = altezza di volata della mazza (75,00 cm);

A = superficie della punta penetrometrica (20,00 cm<sup>2</sup>);

h = affondamento costante delle aste di battuta (20,00 cm);

m = numero delle aste alle varie quote di misura + il peso unitario delle singole aste di lunghezza di 1,00 m corrispondente a 6,50 kg;

N = numero dei colpi registrati per ogni tratto costante di 20,00 cm.

I valori ricavati alle varie quote della colonna stratigrafica rappresentano la media di successioni di terreni aventi le caratteristiche più omogenee possibili, mentre le quote dei vari strati sono riferite al piano campagna ove è stato posizionato il penetrometro.

## PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

Il programma di calcolo ha permesso inoltre di calcolare: 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 sotto falda ( $\gamma'$ ), 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):

Argille	$C_u = R_p/20$
Limi	$C_u = R_p/20;$

**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  $\phi$

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

**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 compressibilitè 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:

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

dove:

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

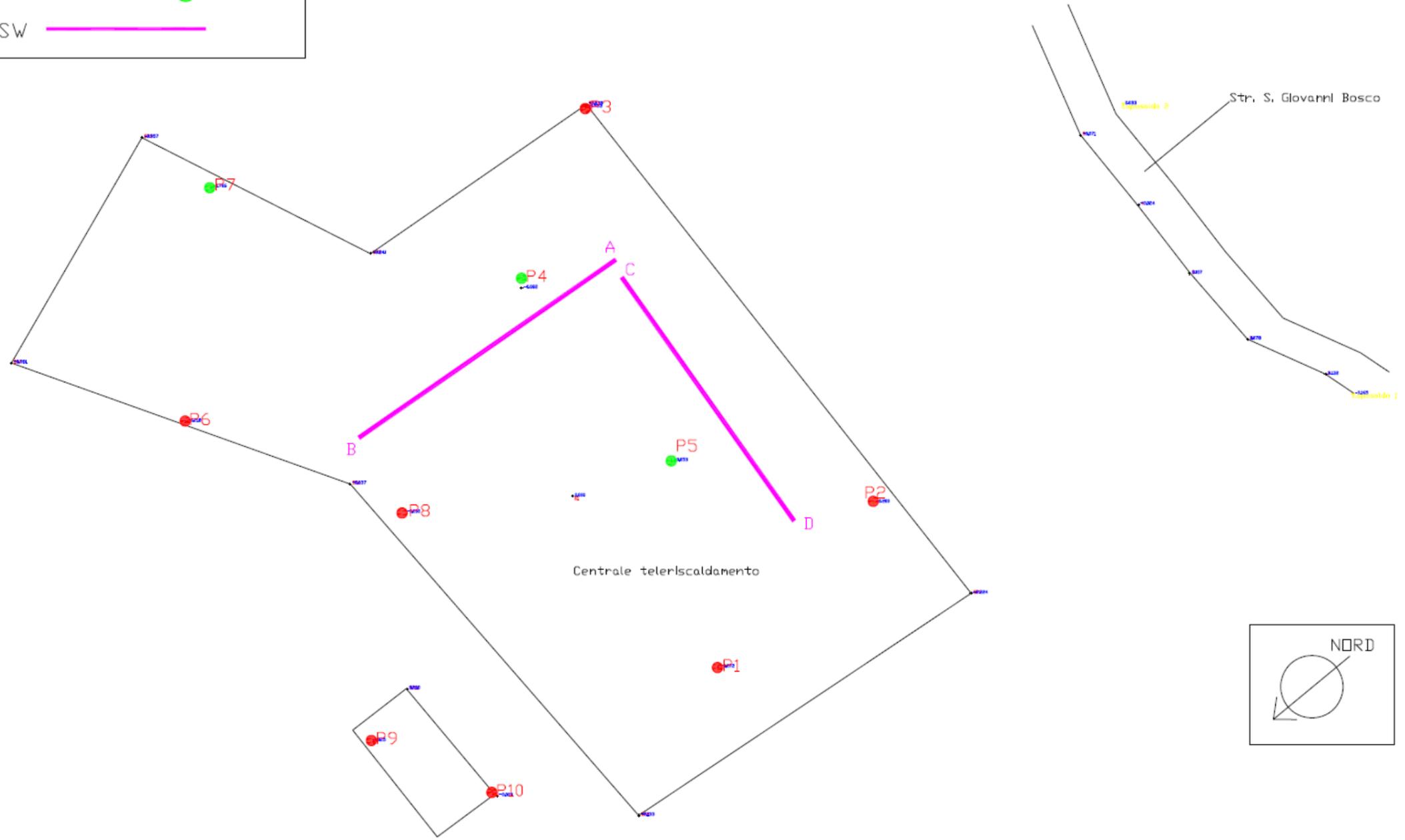
$C_h = 0,2$ ;

$C_k = 1$  per terreni argillosi;

$C_k = 4$  per terreni sabbiosi e ghiaiosi;

COMUNE DI ALESSANDRIA  
Progetto per impianto di tele  
riscaldamento  
Rilievo planimetrico schematico  
area oggetto d'intervento

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE ●  
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE ●  
INDAGINI SISMICHE MASW —



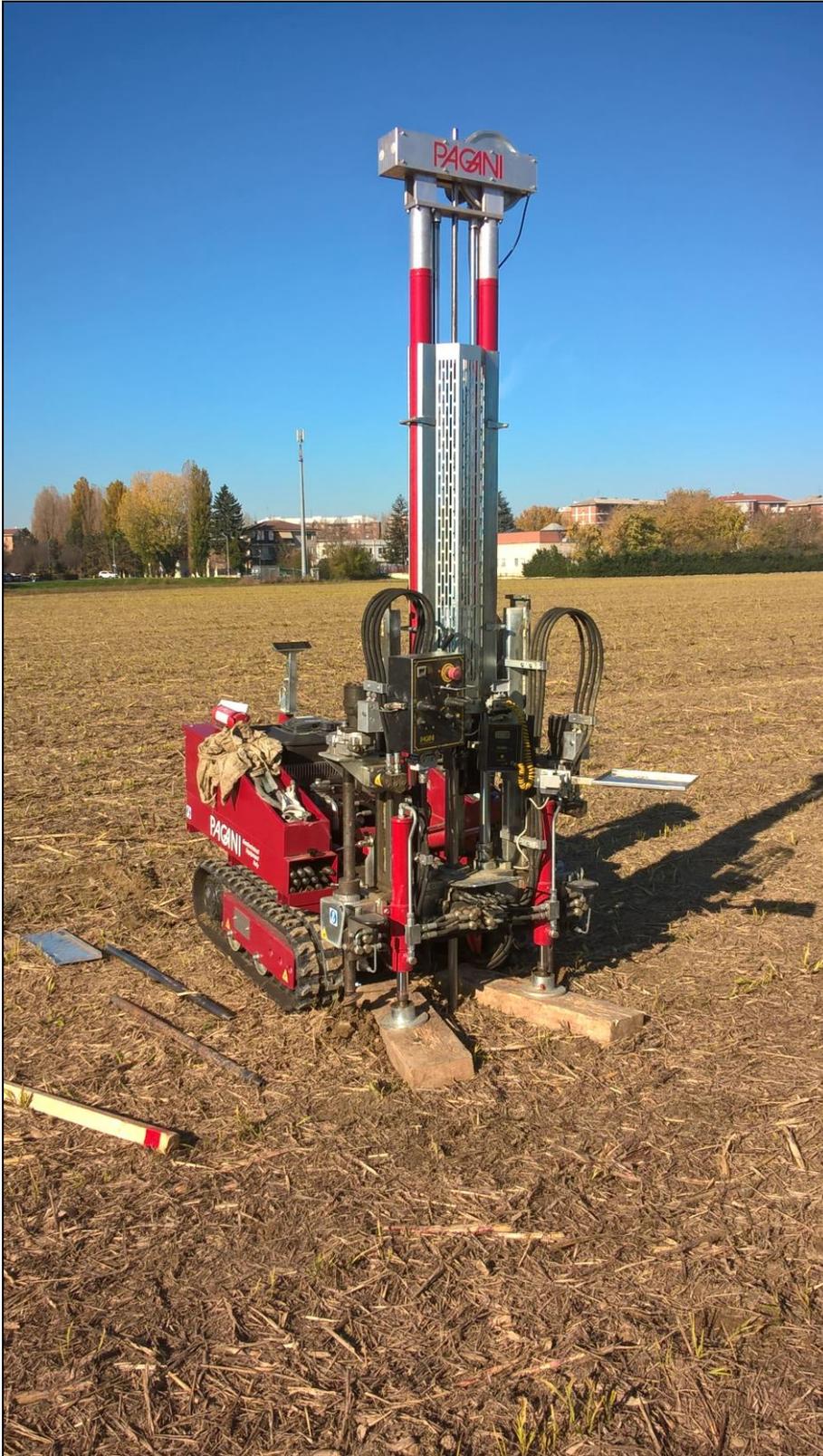


Penetrometro dinamico PAGANI TG-63 -100 Kn

Centrale EGEA IN PROGETTO Comune di Alessandria Via S. G. Bosco (11 novembre 2015)



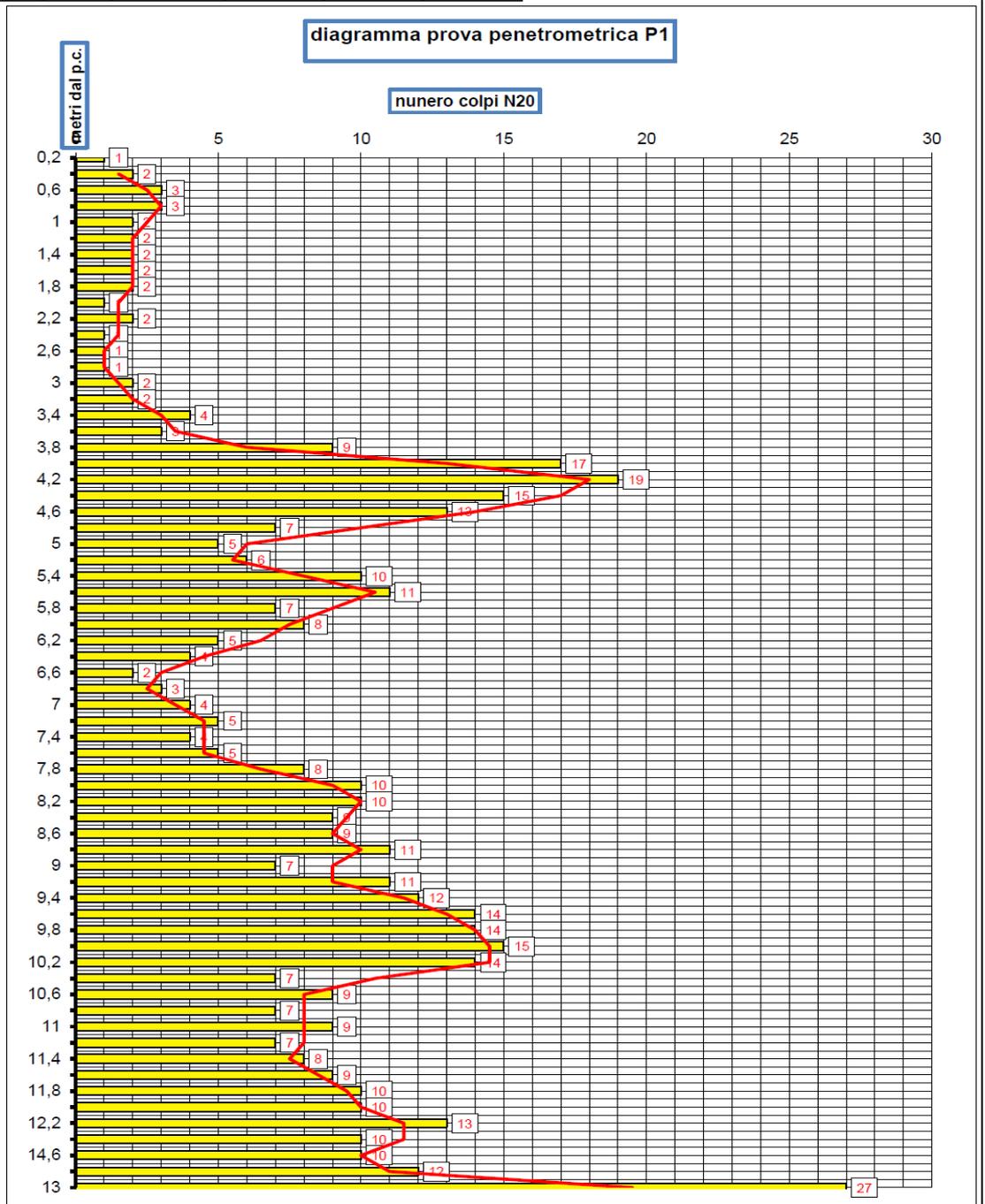
Penetrometro dinamico PAGANI TG-63 -100 Kn  
Centrale EGEA IN PROGETTO Comune di Alessandria Via S. G. Bosco



Penetrometro statico PAGANI TG-63 -100 Kn  
Centrale EGEA IN PROGETTO Comune di Alessandria Via S. G. Bosco

<b>COMUNE DI ALESSANDRIA VIA SAN GIOVANNI BOSCO</b>			
<b>Prova penetrometrica dinamica P1 - area centrale teleriscaldamento in progetto</b>			
penetrometro TG 63.5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI			
P = peso del maglio 63,5 Kg		piano campagna (posa penetrometro)	
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			
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 novembre 2015</b>			
profondità dal p.c.	colpi	Rd	<b>Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.</b>
(metri)	DPHS N20	Kg/cmq	

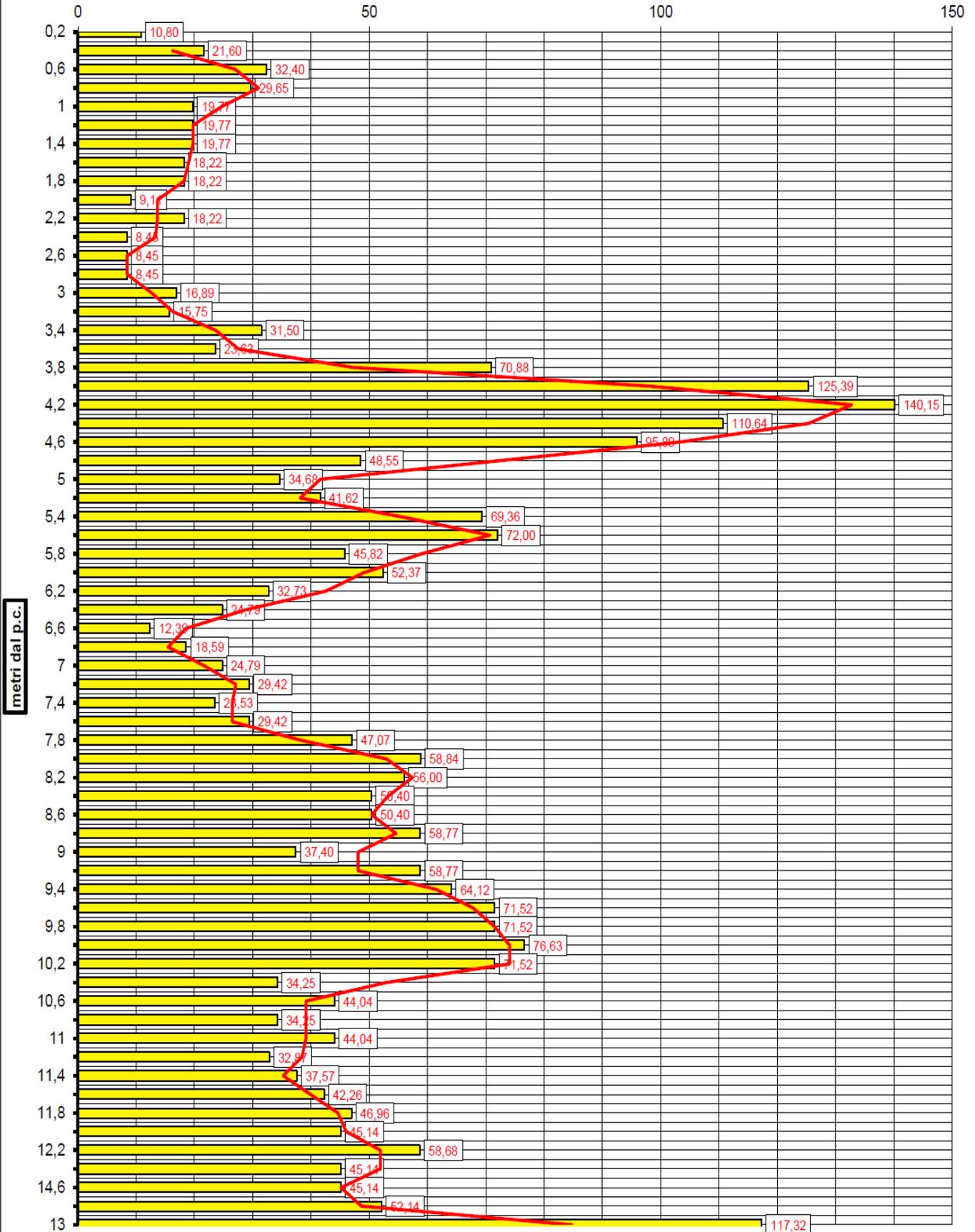
0,2	1	10,8
0,4	2	21,6
0,6	3	32,4
0,8	3	29,6
1	2	19,8
1,2	2	19,8
1,4	2	19,8
1,6	2	18,2
1,8	2	18,2
2	1	9,11
2,2	2	18,2
2,4	1	8,45
2,6	1	8,45
2,8	1	8,45
3	2	16,9
3,2	2	15,8
3,4	4	31,5
3,6	3	23,6
3,8	9	70,9
4	17	125
4,2	19	140
4,4	15	111
4,6	13	95,9
4,8	7	48,6
5	5	34,7
5,2	6	41,6
5,4	10	69,4
5,6	11	72
5,8	7	45,8
6	8	52,4
6,2	5	32,7
6,4	4	24,8
6,6	2	12,4
6,8	3	18,6
7	4	24,8
7,2	5	29,4
7,4	4	23,5
7,6	5	29,4
7,8	8	47,1
8	10	58,8
8,2	10	56
8,4	9	50,4
8,6	9	50,4
8,8	11	58,8
9	7	37,4
9,2	11	58,8
9,4	12	64,1
9,6	14	71,5
9,8	14	71,5
10	15	76,6
10,2	14	71,5
10,4	7	34,3
10,6	9	44
10,8	7	34,3
11	9	44
11,2	7	32,9
11,4	8	37,6
11,6	9	42,3
11,8	10	47
12	10	45,1
12,2	13	58,7
12,4	10	45,1
14,6	10	45,1
12,8	12	52,1
13	27	117



Rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro

## diagramma prova penetrometrica P1

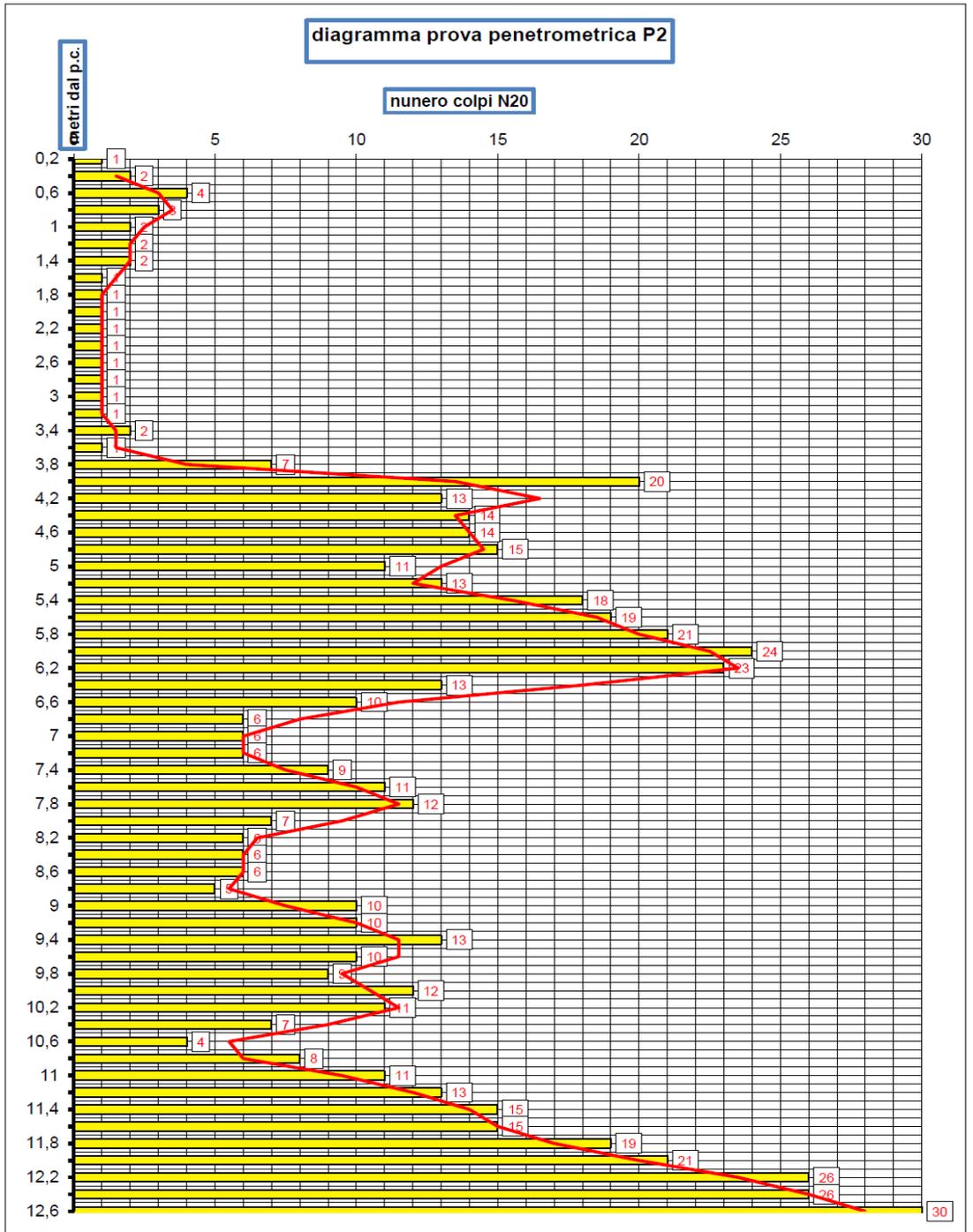
## resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)





<b>COMUNE DI ALESSANDRIA VIA SAN GIOVANNI BOSCO</b>			
<b>Prova penetrometrica dinamica P2 - area centrale teleriscaldamento in progetto</b>			
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI			
P = peso del maglio 63,5 Kg	piano campagna (posa penetrometro)		
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			
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: 10 novembre 2015</b>			
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPSH N20	Rd Kg/cmq	Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.

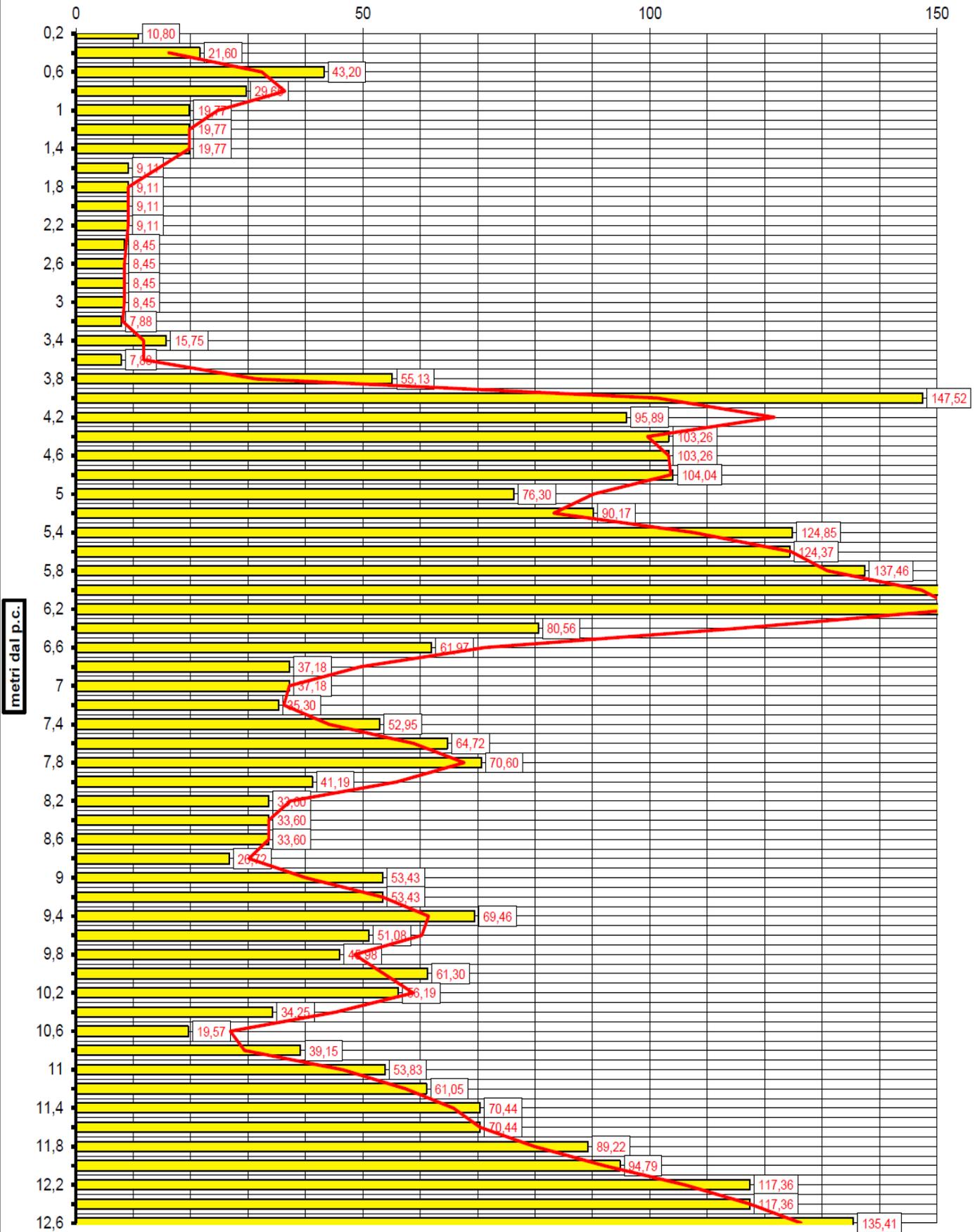
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPSH N20	Rd Kg/cmq
0,2	1	10,8
0,4	2	21,6
0,6	4	43,2
0,8	3	29,6
1	2	19,8
1,2	2	19,8
1,4	2	19,8
1,6	1	9,11
1,8	1	9,11
2	1	9,11
2,2	1	9,11
2,4	1	8,45
2,6	1	8,45
2,8	1	8,45
3	1	8,45
3,2	1	7,88
3,4	2	15,8
3,6	1	7,88
3,8	7	55,1
4	20	148
4,2	13	95,9
4,4	14	103
4,6	14	103
4,8	15	104
5	11	76,3
5,2	13	90,2
5,4	18	125
5,6	19	124
5,8	21	137
6	24	157
6,2	23	151
6,4	13	80,6
6,6	10	62
6,8	6	37,2
7	6	37,2
7,2	6	35,3
7,4	9	53
7,6	11	64,7
7,8	12	70,6
8	7	41,2
8,2	6	33,6
8,4	6	33,6
8,6	6	33,6
8,8	5	26,7
9	10	53,4
9,2	10	53,4
9,4	13	69,5
9,6	10	51,1
9,8	9	46
10	12	61,3
10,2	11	56,2
10,4	7	34,3
10,6	4	19,6
10,8	8	39,1
11	11	53,8
11,2	13	61
11,4	15	70,4
11,6	15	70,4
11,8	19	89,2
12	21	94,8
12,2	26	117
12,4	26	117
12,6	30	135



rifiuto avanzamento aste del penetrometro

diagramma prova penetrometrica P2

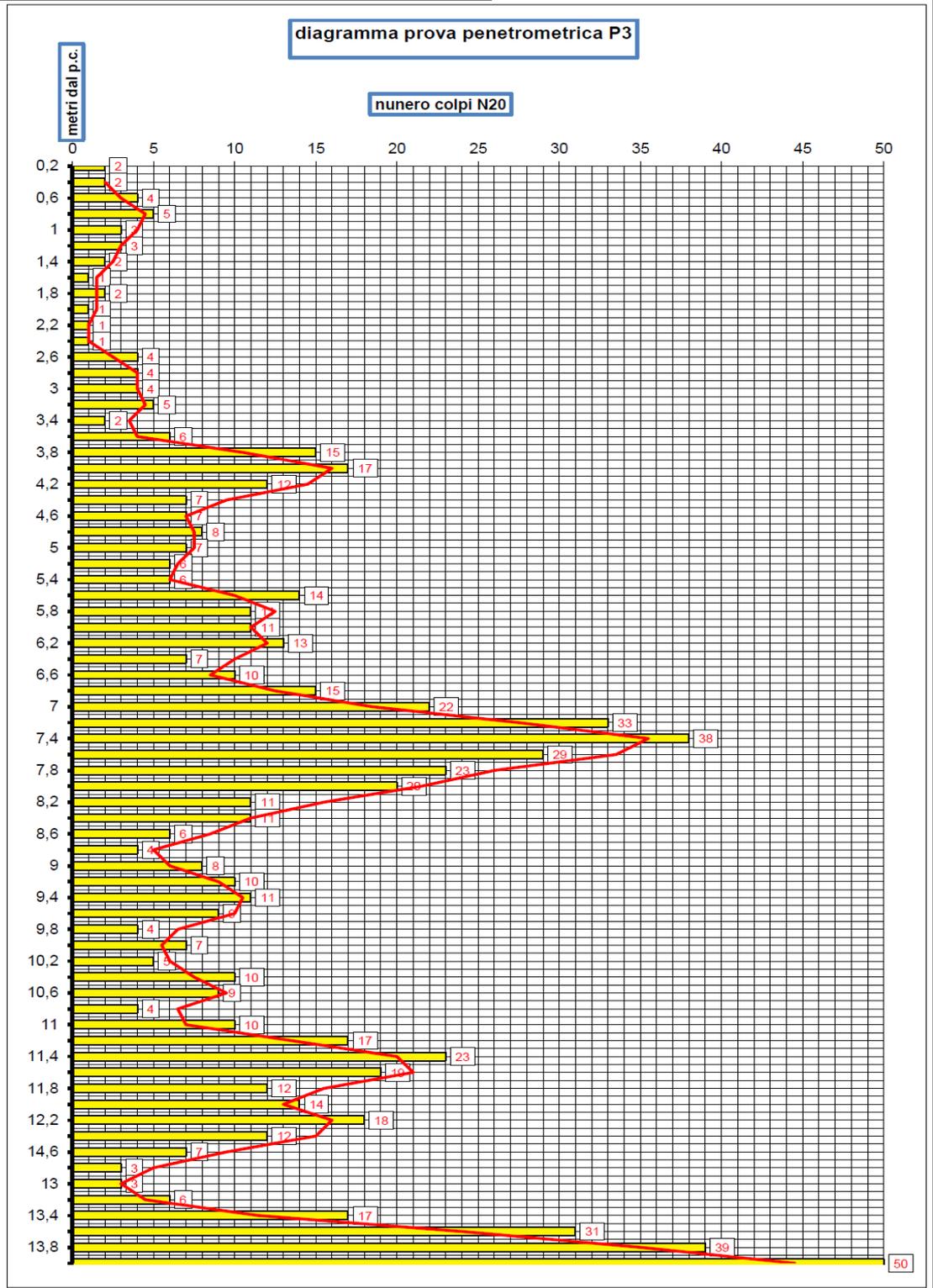
resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)





<b>COMUNE DI ALESSANDRIA VIA SAN GIOVANNI BOSCO</b>			
<b>Prova penetrometrica dinamica P3 - area centrale teleriscaldamento in progetto</b>			
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI			
P = peso del maglio 63,5 Kg   piano campagna (posa penetrometro)			
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			
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 novembre 2015</b>			
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20	Rd Kg/cmq	Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.

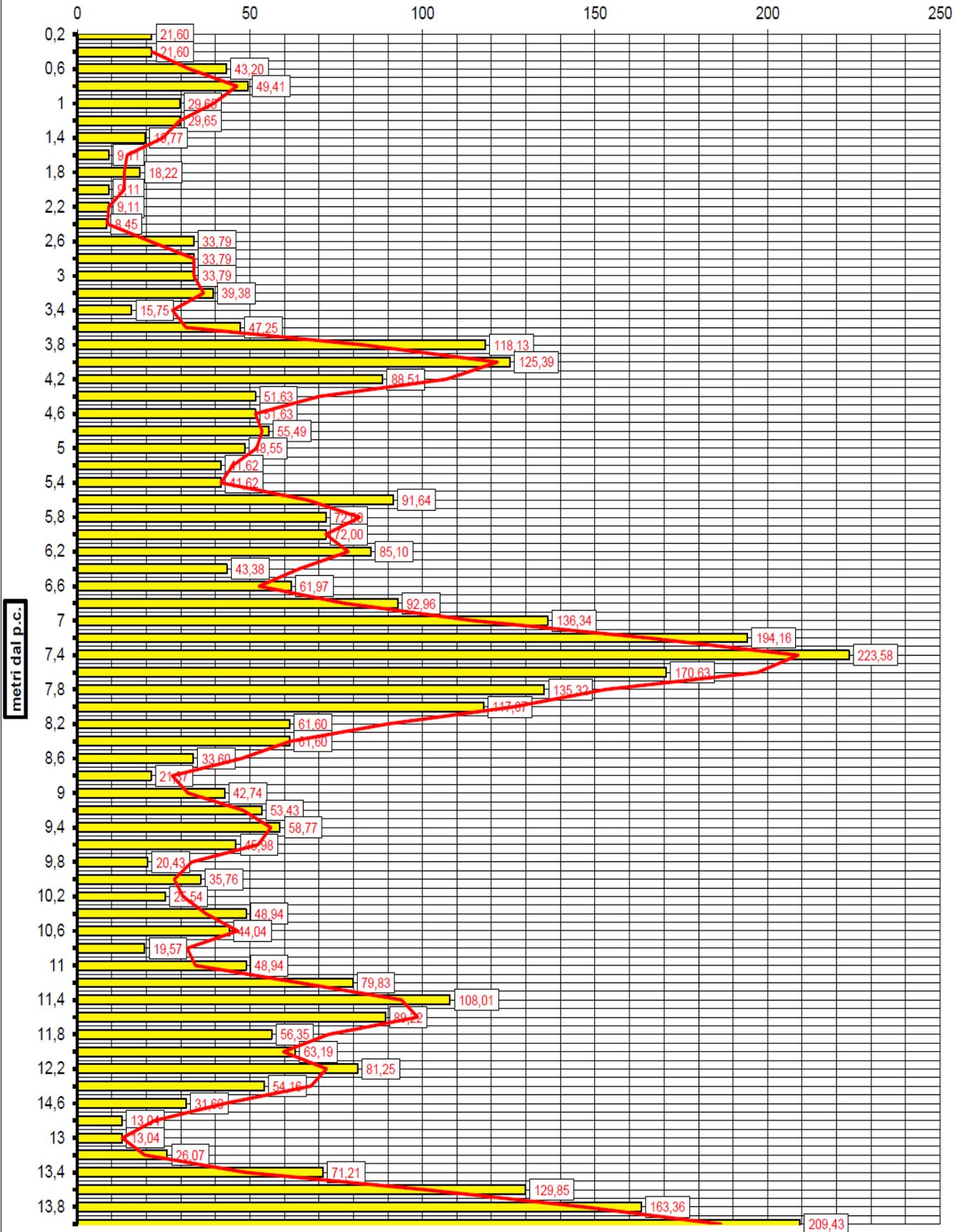
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20	Rd Kg/cmq
0,2	2	21,6
0,4	2	21,6
0,6	4	43,2
0,8	5	49,41
1	3	29,65
1,2	3	29,65
1,4	2	19,77
1,6	1	9,109
1,8	2	18,22
2	1	9,109
2,2	1	9,109
2,4	1	8,447
2,6	4	33,79
2,8	4	33,79
3	4	33,79
3,2	5	39,38
3,4	2	15,75
3,6	6	47,25
3,8	15	118,1
4	17	125,4
4,2	12	88,51
4,4	7	51,63
4,6	7	51,63
4,8	8	55,49
5	7	48,55
5,2	6	41,62
5,4	6	41,62
5,6	14	91,64
5,8	11	72
6	11	72
6,2	13	85,1
6,4	7	43,38
6,6	10	61,97
6,8	15	92,96
7	22	136,3
7,2	33	194,2
7,4	38	223,6
7,6	29	170,6
7,8	23	135,3
8	20	117,7
8,2	11	61,6
8,4	11	61,6
8,6	6	33,6
8,8	4	21,37
9	8	42,74
9,2	10	53,43
9,4	11	58,77
9,6	9	45,98
9,8	4	20,43
10	7	35,76
10,2	5	25,54
10,4	10	48,94
10,6	9	44,04
10,8	4	19,57
11	10	48,94
11,2	17	79,83
11,4	23	108
11,6	19	89,22
11,8	12	56,35
12	14	63,19
12,2	18	81,25
12,4	12	54,16
14,6	7	31,6
12,8	3	13,04
13	3	13,04
13,2	6	26,07
13,4	17	71,21
13,6	31	129,8
13,8	39	163,4
14	50	209,4



rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro

diagramma prova penetrometrica P3

resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)





**Comune di Alessandria Via S. Giovanni Bosco**  
**Area centrale teleriscaldamento in progetto (EGEA)**  
**Data: 10 novembre 2015**

**Dati campagna prova penetrometrica statica P4**

**Falda idrica: non riscontrata**

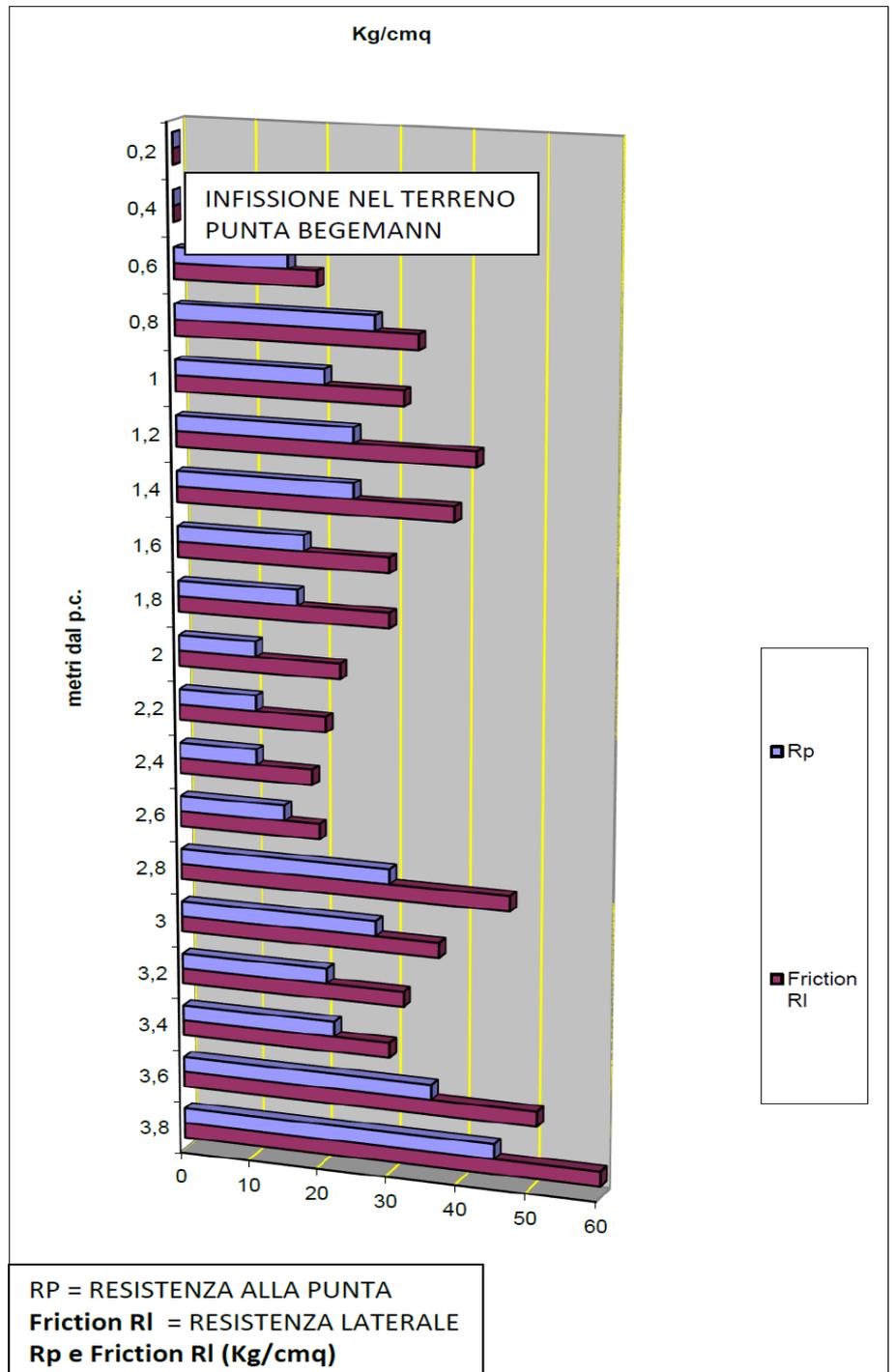
penetrometro dinamico statico Pagani da 100 KN  
 punta meccanica Begemann  
 spinta in infissione 10.000 kg  
 spinta in estrazione 11.000 Kg  
 sezione punta 10,00 cmq

**Piano di posa del penetrometro: piano campagna**

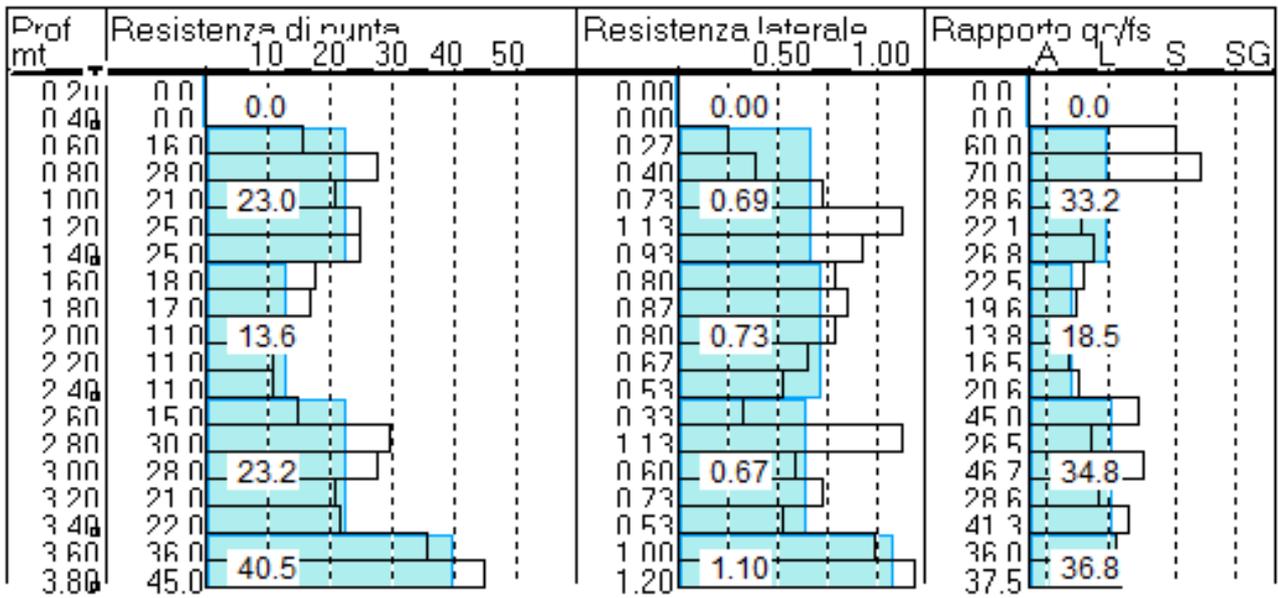
**Rp e Friction RI (Kg/cmq)**

Profondità	Rp	Friction RI
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	16	20
0,8	28	34
1	21	32
1,2	25	42
1,4	25	39
1,6	18	30
1,8	17	30
2	11	23
2,2	11	21
2,4	11	19
2,6	15	20
2,8	30	47
3	28	37
3,2	21	32
3,4	22	30
3,6	36	51
3,8	45	63

rifiuto avanzamento delle aste del  
 penetrometro  
 (inizio terreni incoerenti sabbiosi  
 e ghiaiosi)



Comune di Alessandria Via S. Giovabbi Bosco - Area progetto centrale teleriscaldamento  
 Interpretazione dati campagna prova penetrometrica statica P4  
 Data: 10 novembre 2015





Comune di Alessandria Via S. Giovanni Bosco  
 Area centrale teleriscaldamento in progetto (EGEA)  
 Data: 10 novembre 2015

### Dati campagna prova penetrometrica statica P5

Falda idrica: non riscontrata

penetrometro dinamico statico Pagani da 100 KN  
 punta meccanica Begemann  
 spinta in infissione 10.000 kg  
 spinta in estrazione 11.000 Kg  
 sezione punta 10,00 cmq

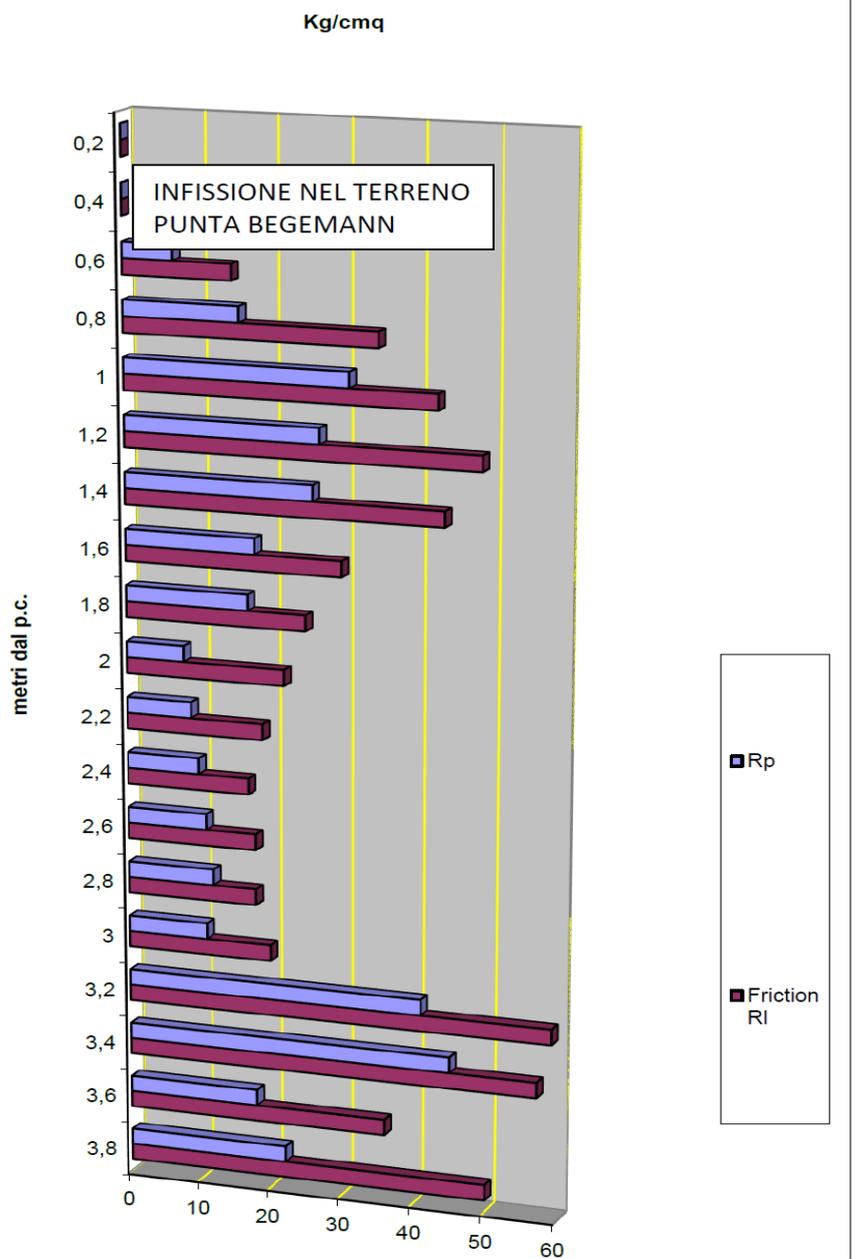
Piano di posa del penetrometro: piano campagna

Rp e Friction RI (Kg/cmq)

Profondità	Rp	Friction RI
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	7	15
0,8	16	35
1	31	43
1,2	27	49
1,4	26	44
1,6	18	30
1,8	17	25
2	8	22
2,2	9	19
2,4	10	17
2,6	11	18
2,8	12	18
3	11	20
3,2	41	59
3,4	45	57
3,6	18	36
3,8	22	50

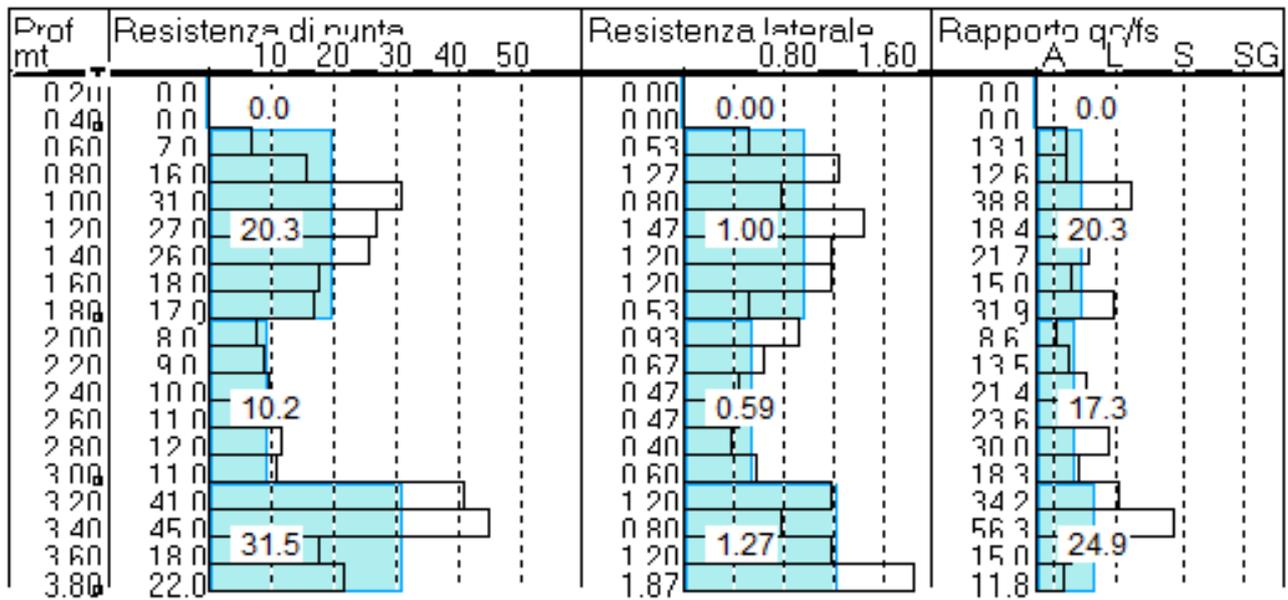
rifiuto avanzamento delle aste del  
 penetrometro  
 (inizio terreni incoerenti sabbiosi  
 e ghiaiosi)

infissione punta Begemann  
 infissione punta Begemann



RP = RESISTENZA ALLA PUNTA  
 Friction RI = RESISTENZA LATERALE  
 Rp e Friction RI (Kg/cmq)

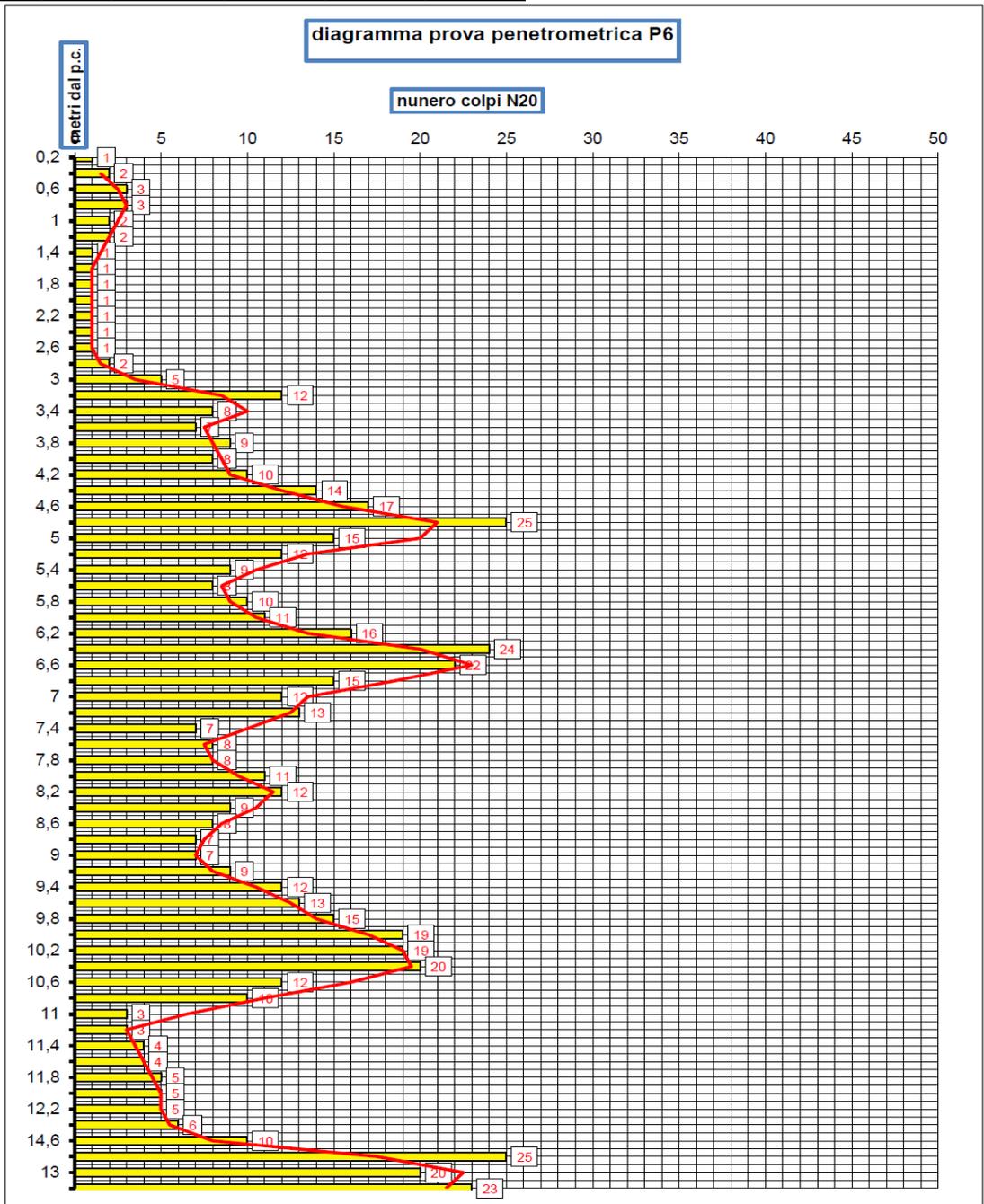
Comune di Alessandria Via S. Giovabbi Bosco - Area progetto centrale teleriscaldamento  
 Interpretazione dati di campagna prova penetrometrica statica P5  
 Data: 10 novembre 2015





COMUNE DI ALESSANDRIA VIA SAN GIOVANNI BOSCO		
<b>Prova penetrometrica dinamica P6 - area centrale teleriscaldamento in progetto</b>		
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI		
P = peso del maglio 63,5 Kg piano campagna (posa penetrometro)		
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		
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: 11 novembre 2015</b>		
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20	Rd Kg/cmq
<b>Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.</b>		

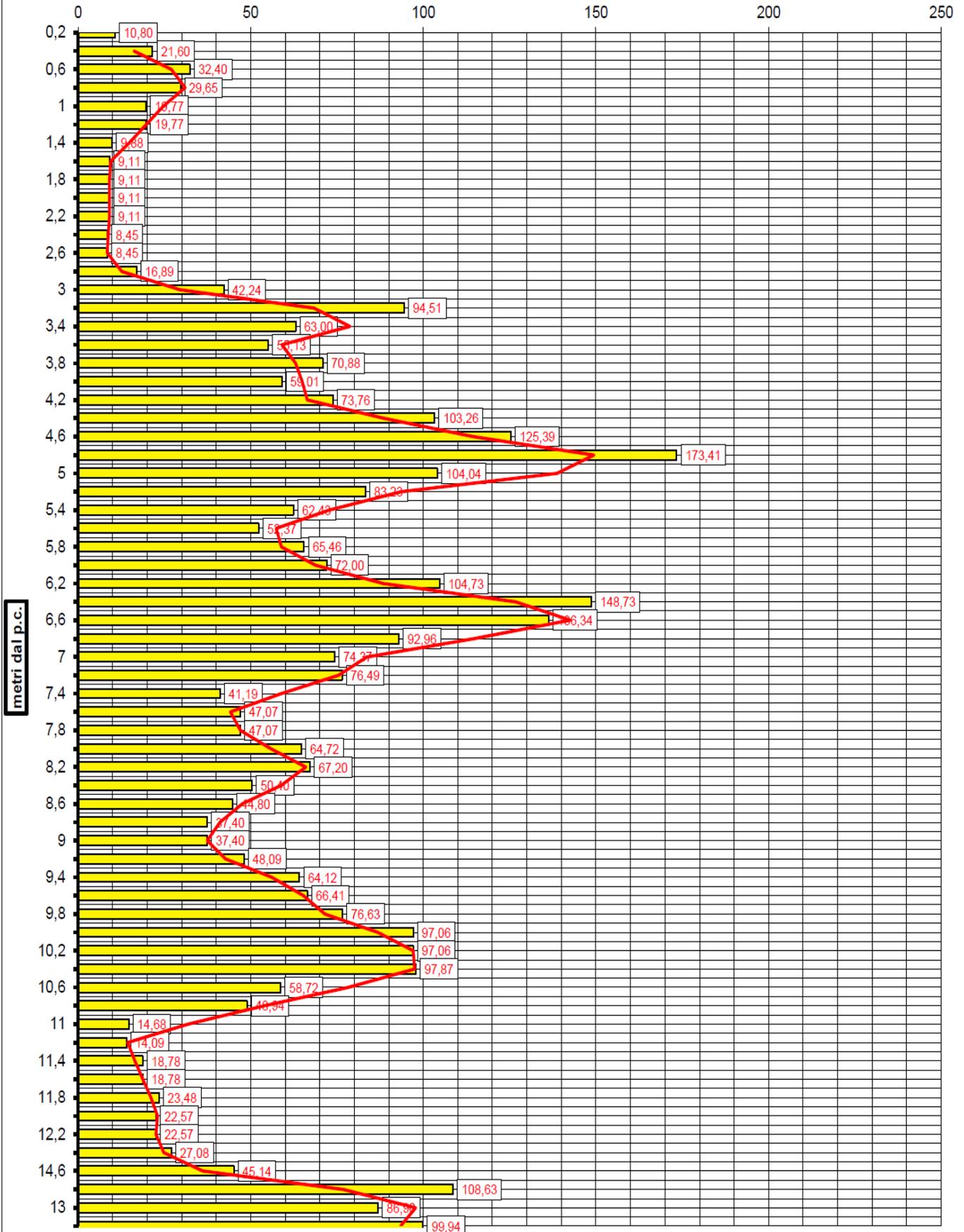
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20	Rd Kg/cmq
0,2	1	10,8
0,4	2	21,6
0,6	3	32,4
0,8	3	29,6
1	2	19,8
1,2	2	19,8
1,4	1	9,88
1,6	1	9,11
1,8	1	9,11
2	1	9,11
2,2	1	9,11
2,4	1	8,45
2,6	1	8,45
2,8	2	16,9
3	5	42,2
3,2	12	94,5
3,4	8	63
3,6	7	55,1
3,8	9	70,9
4	8	59
4,2	10	73,8
4,4	14	103
4,6	17	125
4,8	25	173
5	15	104
5,2	12	83,2
5,4	9	62,4
5,6	8	52,4
5,8	10	65,5
6	11	72
6,2	16	105
6,4	24	149
6,6	22	136
6,8	15	93
7	12	74,4
7,2	13	76,5
7,4	7	41,2
7,6	8	47,1
7,8	8	47,1
8	11	64,7
8,2	12	67,2
8,4	9	50,4
8,6	8	44,8
8,8	7	37,4
9	7	37,4
9,2	9	48,1
9,4	12	64,1
9,6	13	66,4
9,8	15	76,6
10	19	97,1
10,2	19	97,1
10,4	20	97,9
10,6	12	58,7
10,8	10	48,9
11	3	14,7
11,2	3	14,1
11,4	4	18,8
11,6	4	18,8
11,8	5	23,5
12	5	22,6
12,2	5	22,6
12,4	6	27,1
14,6	10	45,1
12,8	25	109
13	20	86,9
13,2	23	99,9



rifiuto avanzamento delle aste  
del penetrometro

diagramma prova penetrometrica P6

resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)





**Comune di Alessandria Via S. Giovanni Bosco**  
**Area centrale teleriscaldamento in progetto (EGEA)**  
**Data: 10 novembre 2015**

**Dati campagna prova penetrometrica statica P7**

**Falda idrica: non riscontrata**

penetrometro dinamico statico Pagani da 100 KN  
 punta meccanica Begemann  
 spinta in infissione 10.000 kg  
 spinta in estrazione 11.000 Kg  
 sezione punta 10,00 cmq

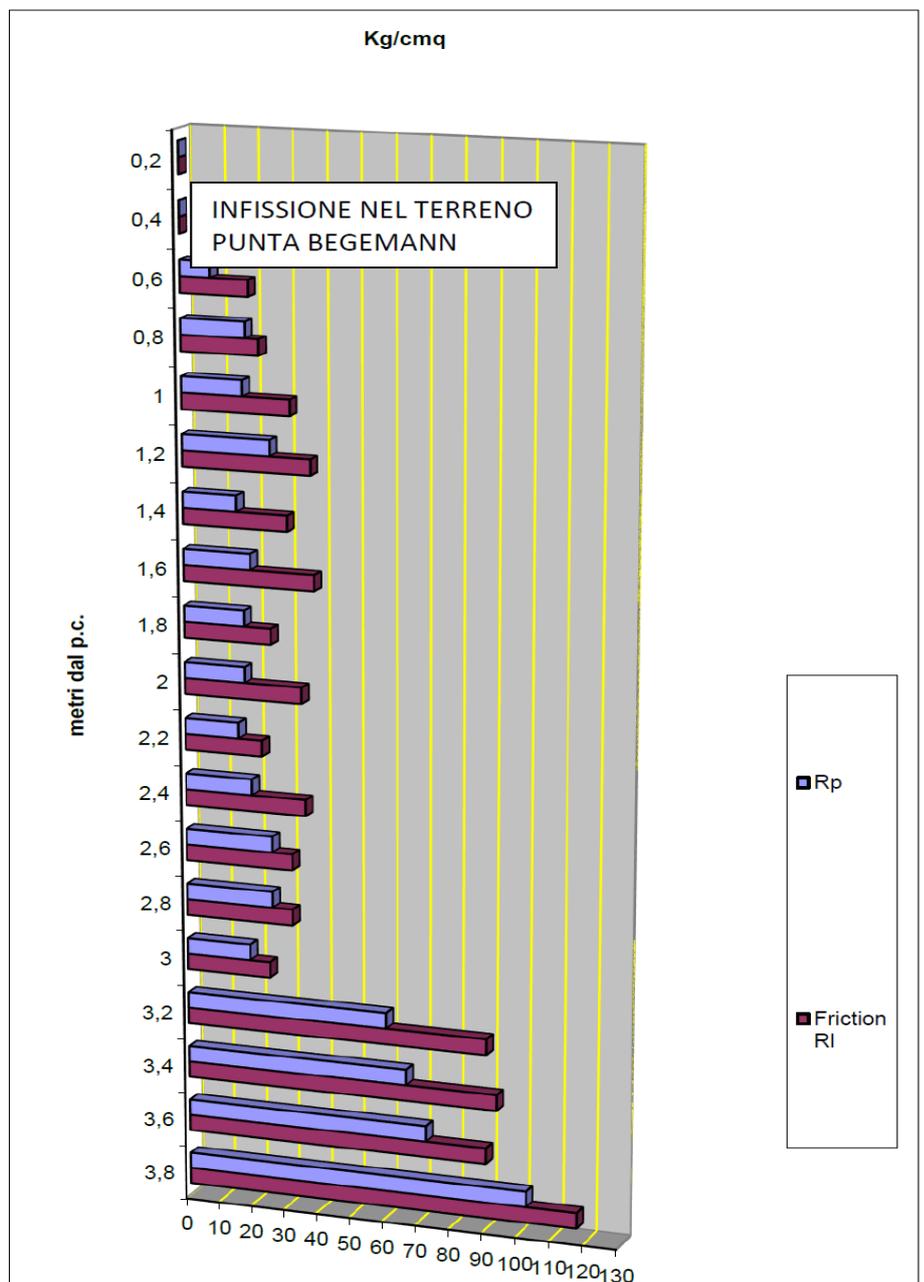
**Piano di posa del penetrometro: piano campagna**

**Rp e Friction RI (Kg/cmq)**

Profondità	Rp	Friction RI
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	9	20
0,8	19	23
1	18	32
1,2	26	38
1,4	16	31
1,6	20	39
1,8	18	26
2	18	35
2,2	16	23
2,4	20	36
2,6	26	32
2,8	26	32
3	19	25
3,2	60	90
3,4	66	93
3,6	72	90
3,8	102	117

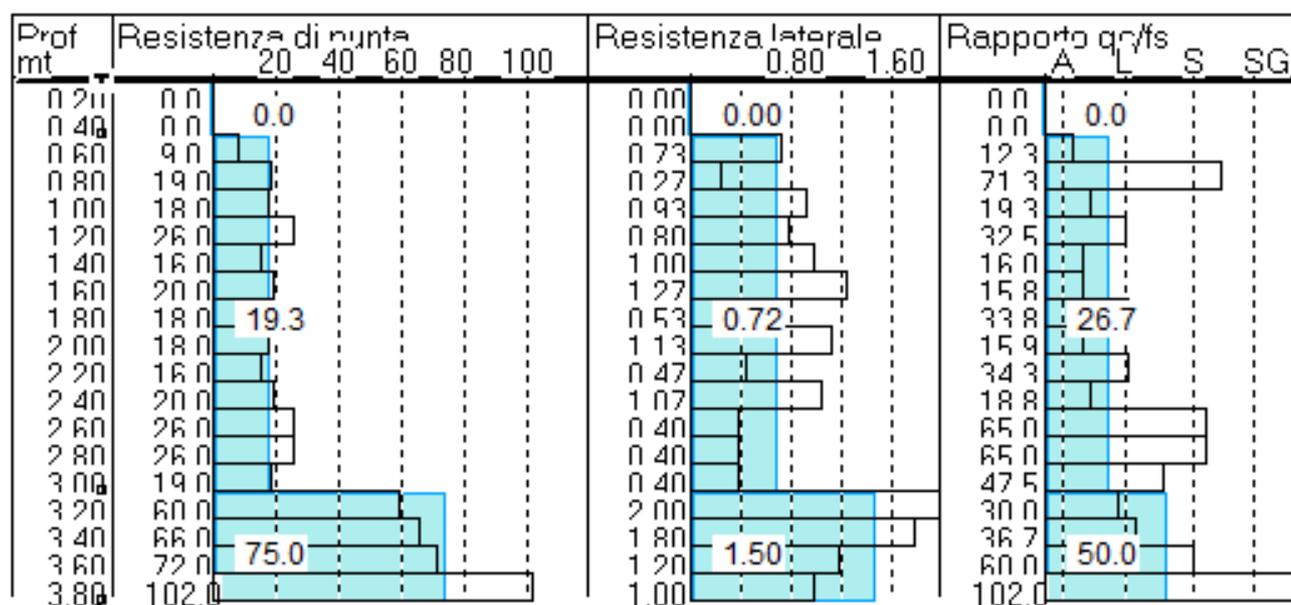
rifiuto avanzamento delle aste del  
 penetrometro  
 (inizio terreni incoerenti sabbiosi  
 e ghiaiosi)

infissione punta Begemann  
 infissione punta Begemann



RP = RESISTENZA ALLA PUNTA  
 Friction RI = RESISTENZA LATERALE  
**Rp e Friction RI (Kg/cmq)**

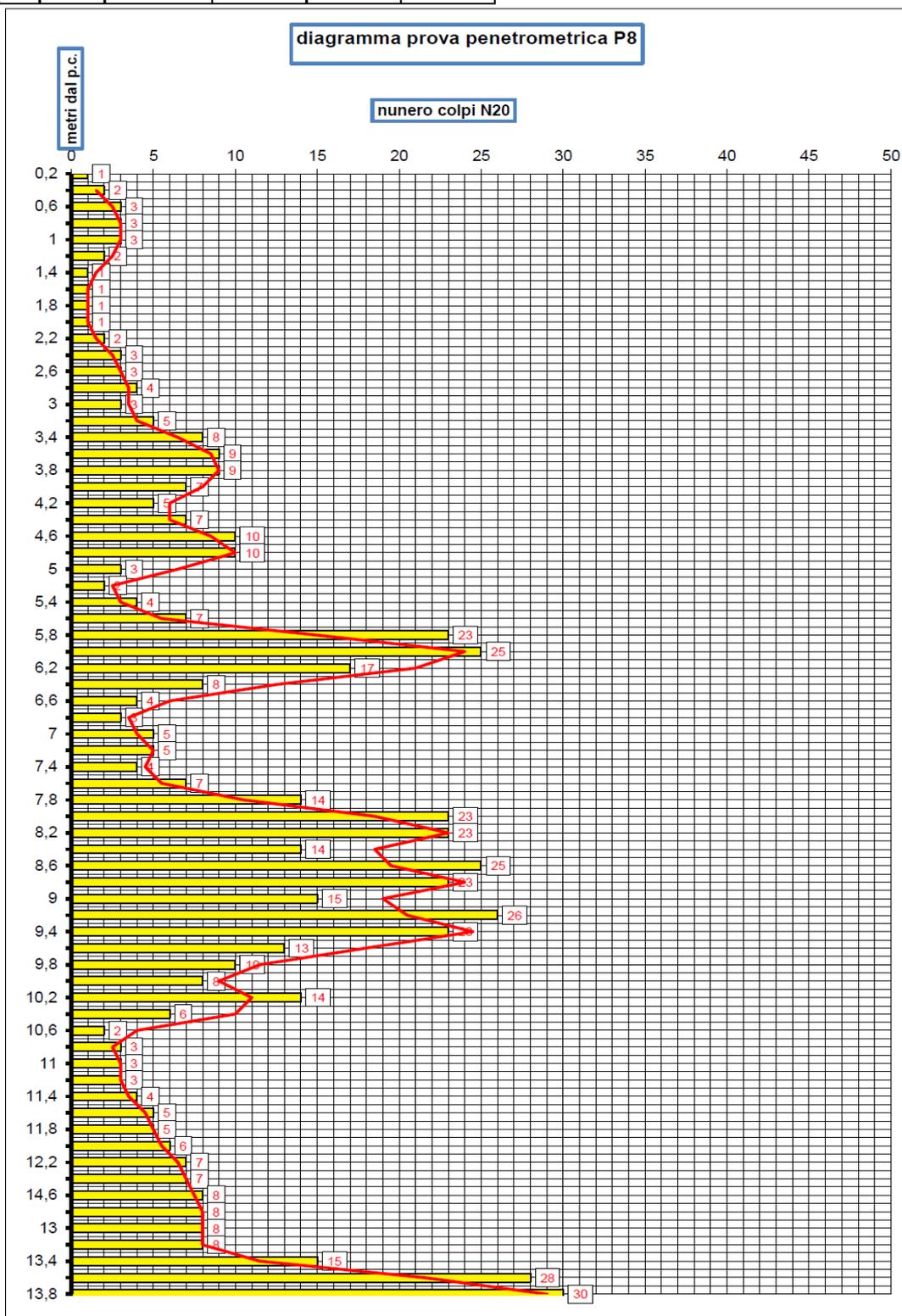
Comune di Alessandria Via S. Giovabbi Bosco - Area progetto centrale teleriscaldamento  
 Interpretazione dati di campagna prova penetrometrica statica P7  
 Data: 20 novembre 2015





COMUNE DI ALESSANDRIA VIA SAN GIOVANNI BOSCO			
<b>Prova penetrometrica dinamica P8 - area centrale teleriscaldamento in progetto</b>			
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI			
P = peso del maglio 63,5 Kg	piano campagna (posa penetrometro)		
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			
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 $t = Q / Q_{spt} = 1,52$			
<b>Data: 11 novembre 2015</b>			
profondità dal p.c.	colpi	Rd	<b>Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.</b>
(metri)	DPHS N20	Kg/cmq	

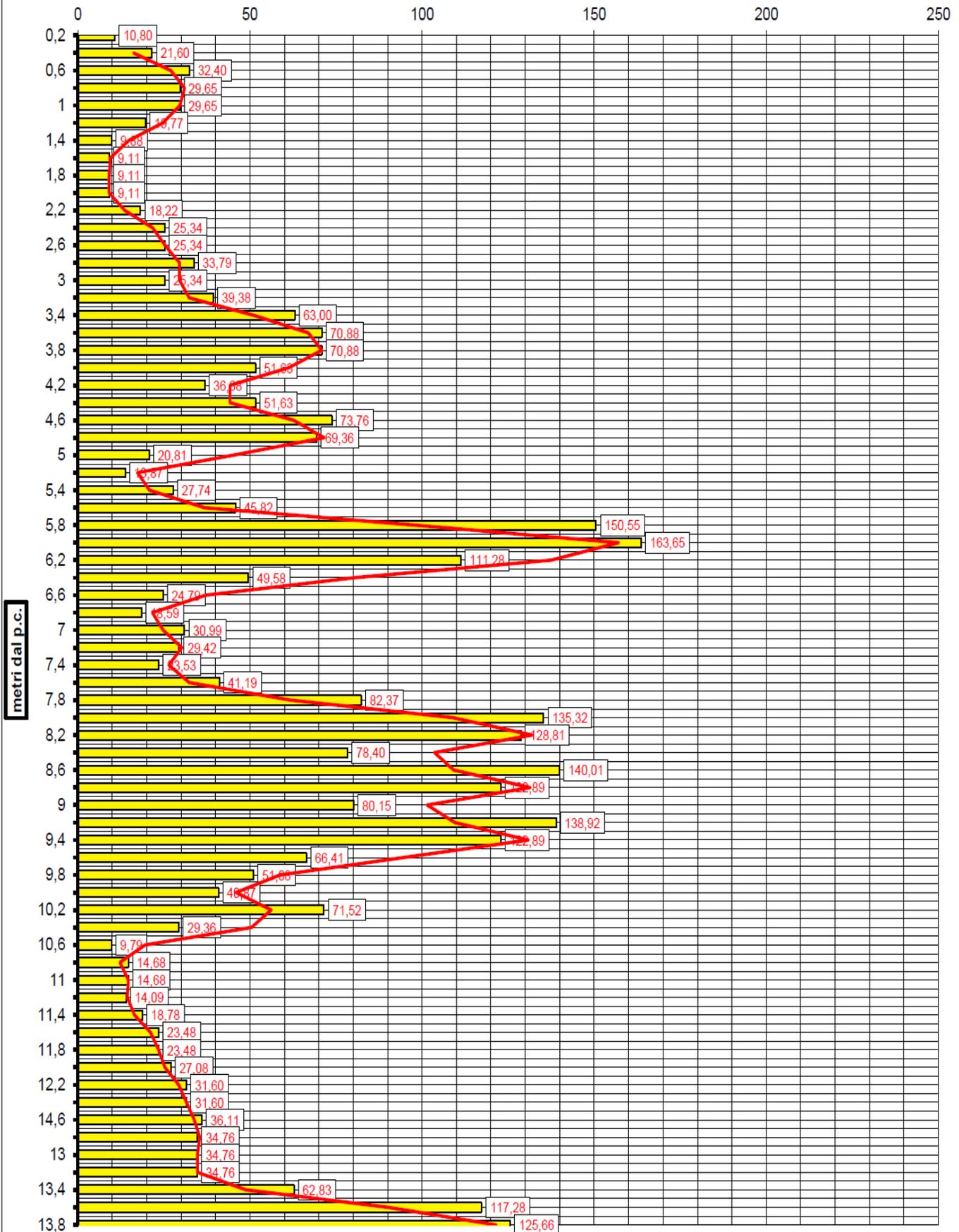
0,2	1	10,8
0,4	2	21,6
0,6	3	32,4
0,8	3	29,65
1	3	29,65
1,2	2	19,77
1,4	1	9,883
1,6	1	9,109
1,8	1	9,109
2	1	9,109
2,2	2	18,22
2,4	3	25,34
2,6	3	25,34
2,8	4	33,79
3	3	25,34
3,2	5	39,38
3,4	8	63
3,6	9	70,88
3,8	9	70,88
4	7	51,63
4,2	5	36,88
4,4	7	51,63
4,6	10	73,76
4,8	10	69,36
5	3	20,81
5,2	2	13,87
5,4	4	27,74
5,6	7	45,82
5,8	23	150,6
6	25	163,6
6,2	17	111,3
6,4	8	49,58
6,6	4	24,79
6,8	3	18,59
7	5	30,99
7,2	5	29,42
7,4	4	23,53
7,6	7	41,19
7,8	14	82,37
8	23	135,3
8,2	23	128,8
8,4	14	78,4
8,6	25	140
8,8	23	122,9
9	15	80,15
9,2	26	138,9
9,4	23	122,9
9,6	13	66,41
9,8	10	51,08
10	8	40,87
10,2	14	71,52
10,4	6	29,36
10,6	2	9,787
10,8	3	14,68
11	3	14,68
11,2	3	14,09
11,4	4	18,78
11,6	5	23,48
11,8	5	23,48
12	6	27,08
12,2	7	31,6
12,4	7	31,6
14,6	8	36,11
12,8	8	34,76
13	8	34,76
13,2	8	34,76
13,4	15	62,83
13,6	28	117,3
13,8	30	125,7



rifiuto avanzamento delle aste  
del penetrometro

diagramma prova penetrometrica P8

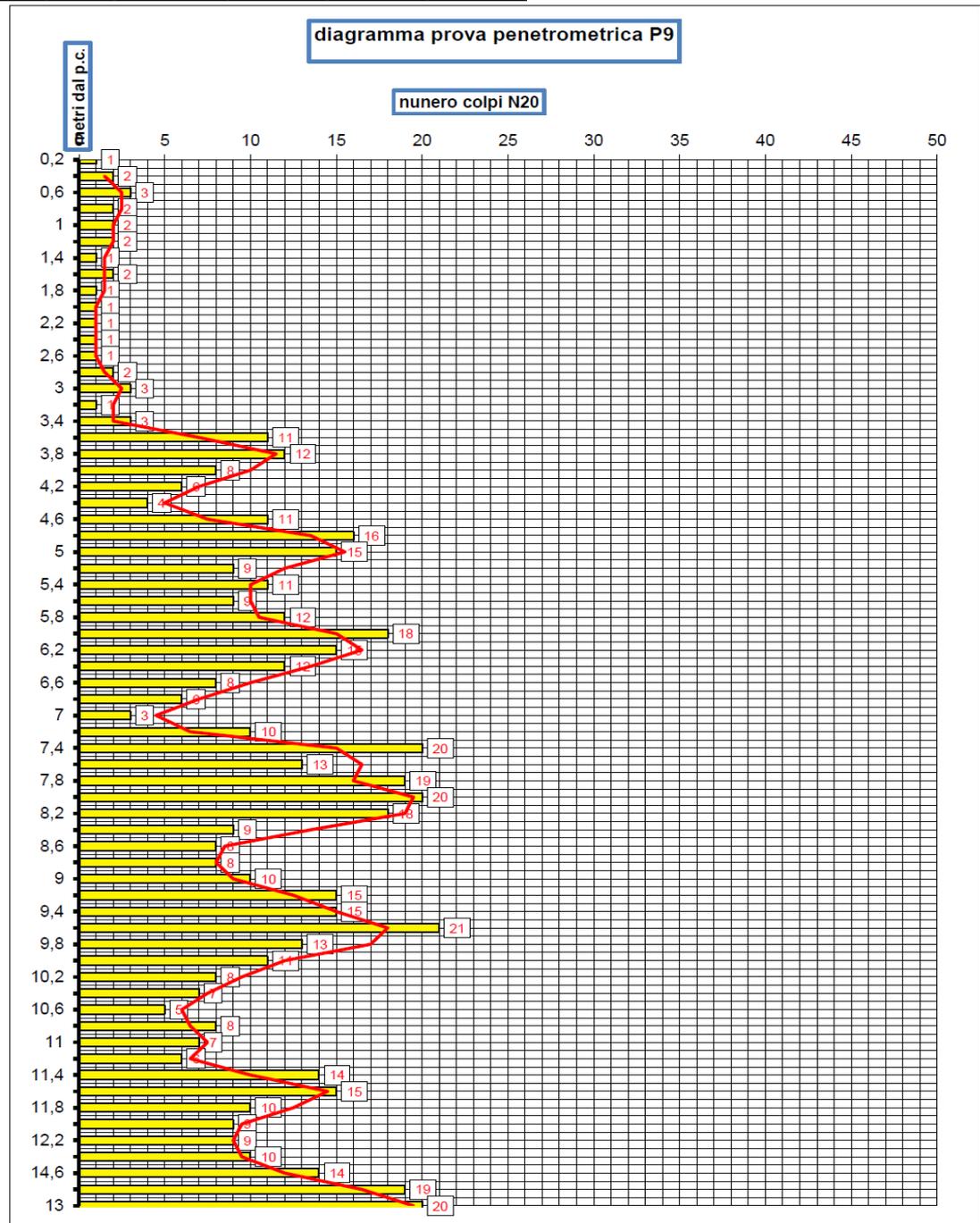
resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)





<b>COMUNE DI ALESSANDRIA VIA SAN GIOVANNI BOSCO</b>			
<b>Prova penetrometrica dinamica P9- area centrale teleriscaldamento in progetto</b>			
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI			
P = peso del maglio 63,5 Kg	piano campagna (posa penetrometro)		
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			
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: 12 novembre 2015</b>			
profondità dal p.c.	colpi	Rd	<b>Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.</b>
(metri)	DPHS N20	Kg/cmq	

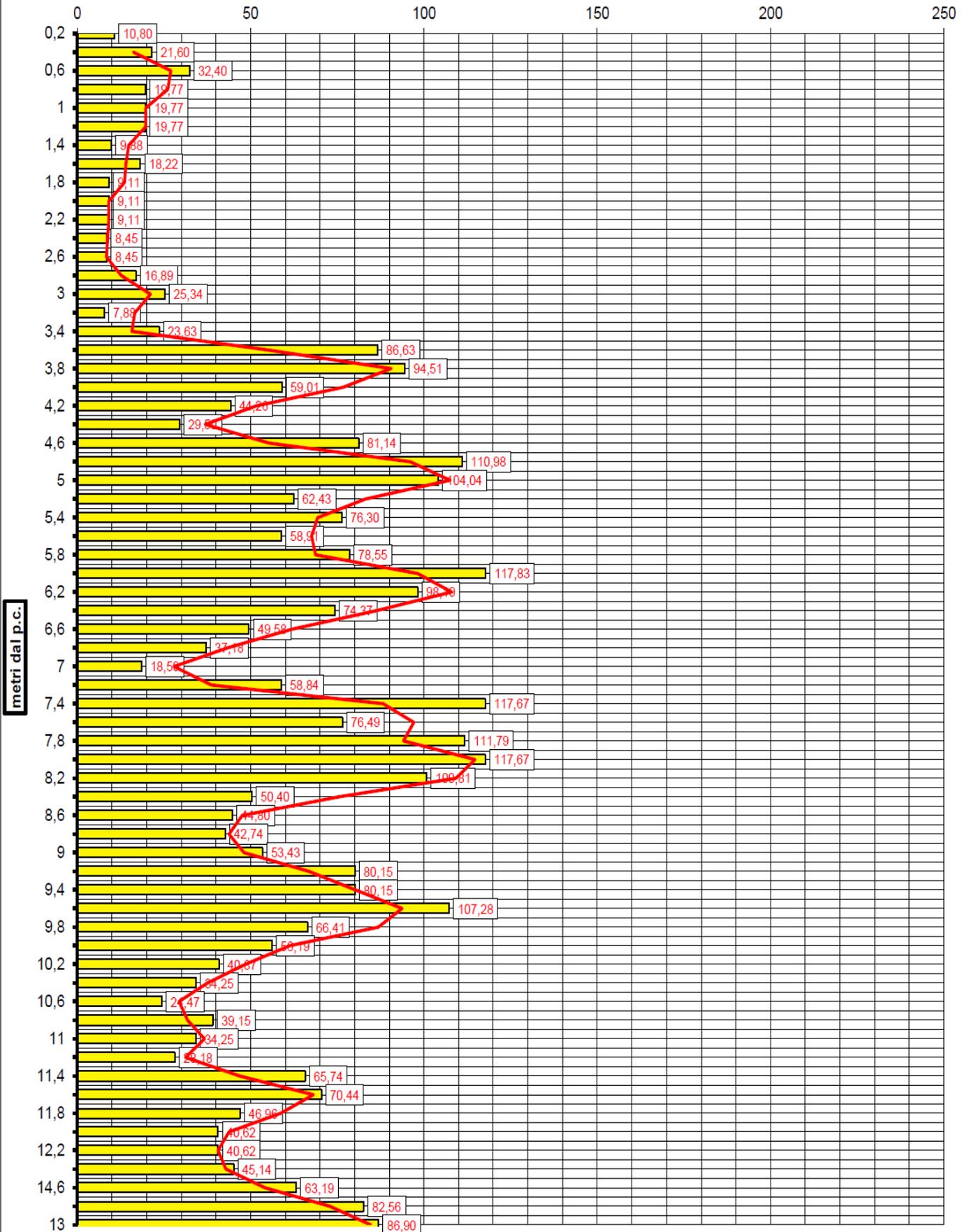
0,2	1	10,8
0,4	2	21,6
0,6	3	32,4
0,8	2	19,8
1	2	19,8
1,2	2	19,8
1,4	1	9,88
1,6	2	18,2
1,8	1	9,11
2	1	9,11
2,2	1	9,11
2,4	1	8,45
2,6	1	8,45
2,8	2	16,9
3	3	25,3
3,2	1	7,88
3,4	3	23,6
3,6	11	86,6
3,8	12	94,5
4	8	59
4,2	6	44,3
4,4	4	29,5
4,6	11	81,1
4,8	16	111
5	15	104
5,2	9	62,4
5,4	11	76,3
5,6	9	58,9
5,8	12	78,6
6	18	118
6,2	15	98,2
6,4	12	74,4
6,6	8	49,6
6,8	6	37,2
7	3	18,6
7,2	10	58,8
7,4	20	118
7,6	13	76,5
7,8	19	112
8	20	118
8,2	18	101
8,4	9	50,4
8,6	8	44,8
8,8	8	42,7
9	10	53,4
9,2	15	80,1
9,4	15	80,1
9,6	21	107
9,8	13	66,4
10	11	56,2
10,2	8	40,9
10,4	7	34,3
10,6	5	24,5
10,8	8	39,1
11	7	34,3
11,2	6	28,2
11,4	14	65,7
11,6	15	70,4
11,8	10	47
12	9	40,6
12,2	9	40,6
12,4	10	45,1
14,6	14	63,2
12,8	19	82,6
13	20	86,9



Rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro

diagramma prova penetrometrica P9

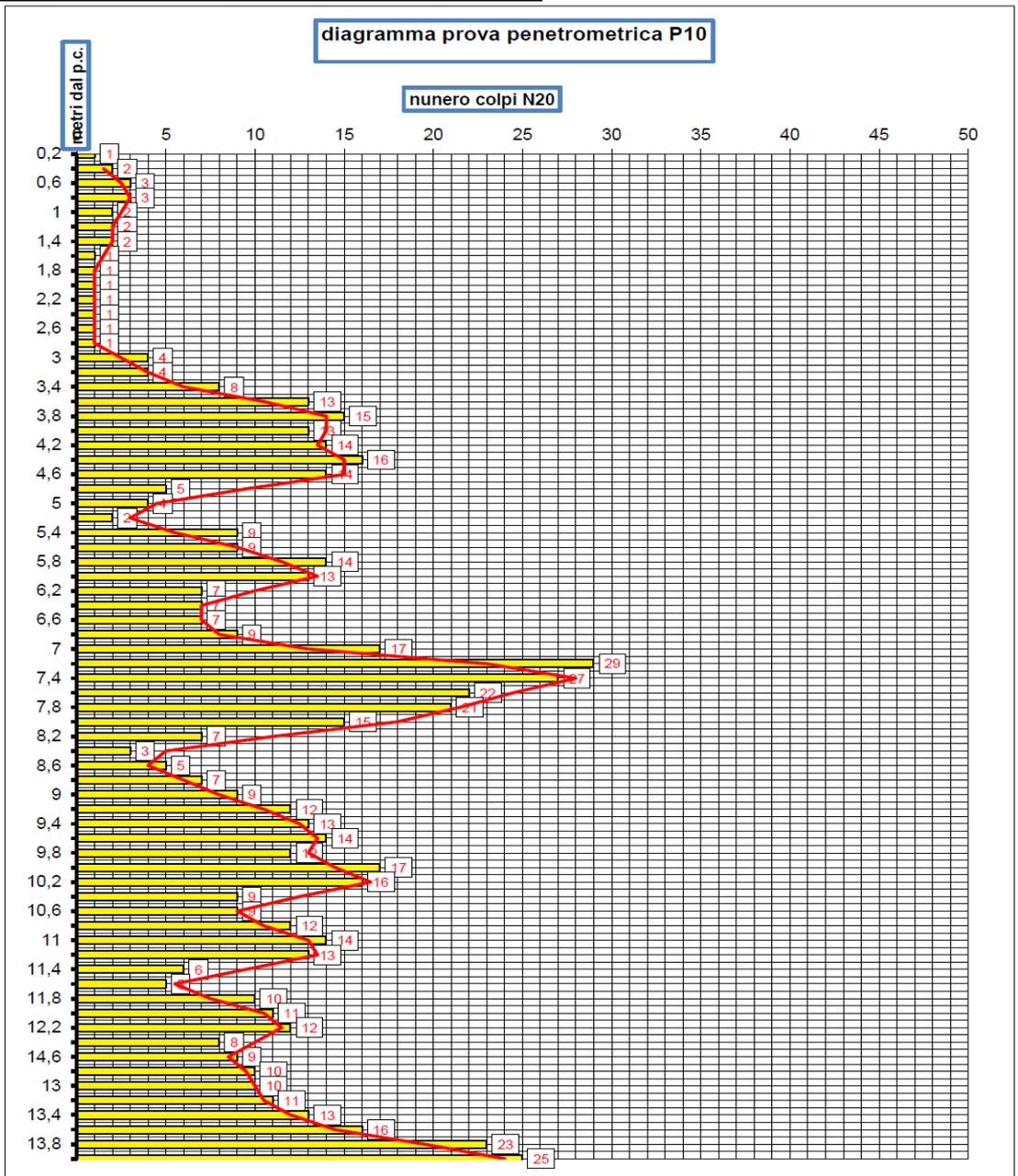
resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)





<b>COMUNE DI ALESSANDRIA VIA SAN GIOVANNI BOSCO</b>				
<b>Prova penetrometrica dinamica P10- area centrale teleriscaldamento in progetto</b>				
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI				
P = peso del maglio 63,5 Kg		piano campagna (posa penetrometro)		
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				
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: 11 novembre 2015</b>				
profondità dal p.c.	colpi	Rd	<b>Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.</b>	
(metri)	DPHS N20	Kg/cmq		

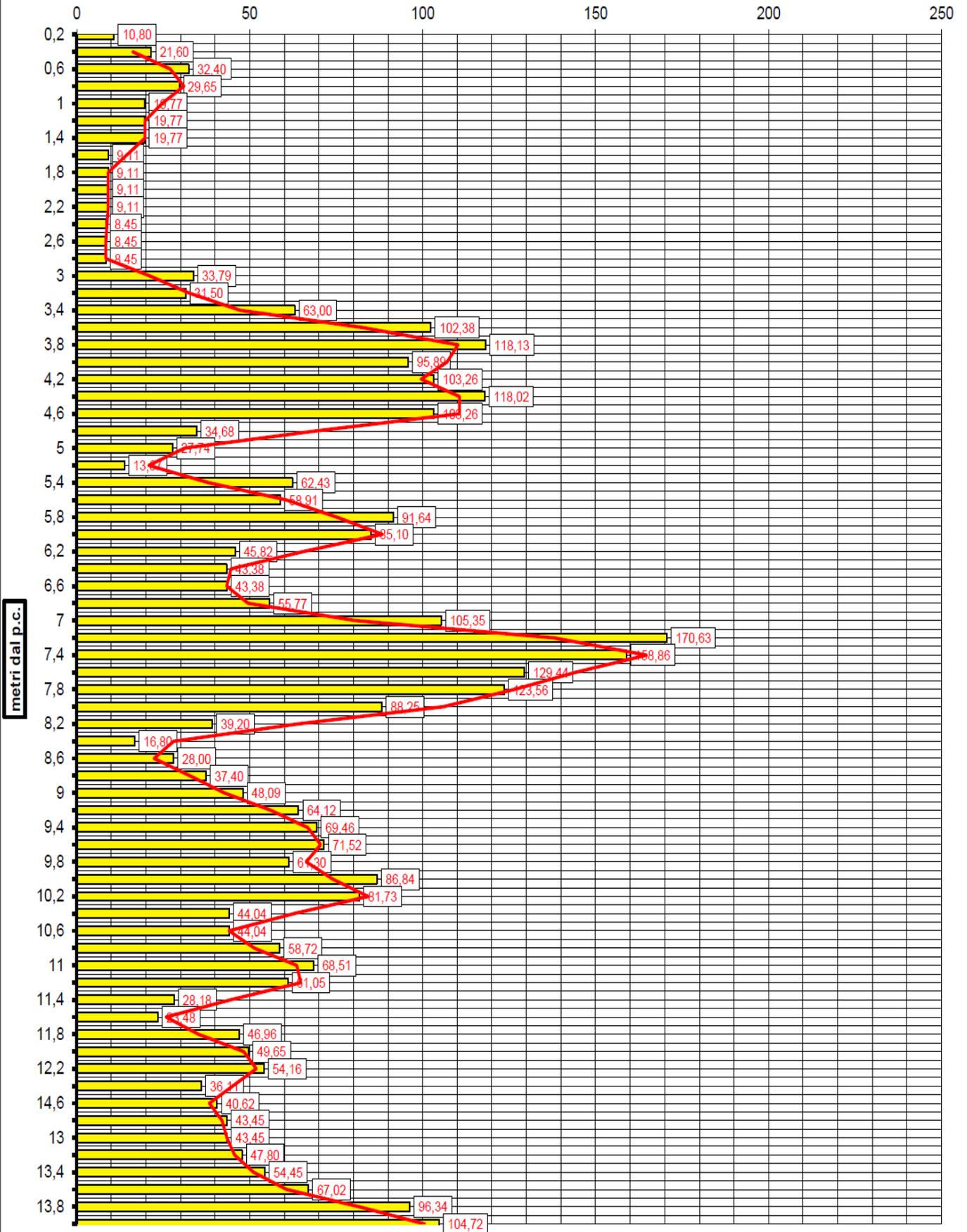
0,2	1	10,8
0,4	2	21,6
0,6	3	32,4
0,8	3	29,65
1	2	19,77
1,2	2	19,77
1,4	2	19,77
1,6	1	9,109
1,8	1	9,109
2	1	9,109
2,2	1	9,109
2,4	1	8,447
2,6	1	8,447
2,8	1	8,447
3	4	33,79
3,2	4	31,5
3,4	8	63
3,6	13	102,4
3,8	15	118,1
4	13	95,89
4,2	14	103,3
4,4	16	118
4,6	14	103,3
4,8	5	34,68
5	4	27,74
5,2	2	13,87
5,4	9	62,43
5,6	9	58,91
5,8	14	91,64
6	13	85,1
6,2	7	45,82
6,4	7	43,38
6,6	7	43,38
6,8	9	55,77
7	17	105,4
7,2	29	170,6
7,4	27	158,9
7,6	22	129,4
7,8	21	123,6
8	15	88,25
8,2	7	39,2
8,4	3	16,8
8,6	5	28
8,8	7	37,4
9	9	48,09
9,2	12	64,12
9,4	13	69,46
9,6	14	71,52
9,8	12	61,3
10	17	86,84
10,2	16	81,73
10,4	9	44,04
10,6	9	44,04
10,8	12	58,72
11	14	68,51
11,2	13	61,05
11,4	6	28,18
11,6	5	23,48
11,8	10	46,96
12	11	49,65
12,2	12	54,16
12,4	8	36,11
14,6	9	40,62
12,8	10	43,45
13	10	43,45
13,2	11	47,8
13,4	13	54,45
13,6	16	67,02
13,8	23	96,34
14	25	104,7



Rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro

diagramma prova penetrometrica P10

resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)

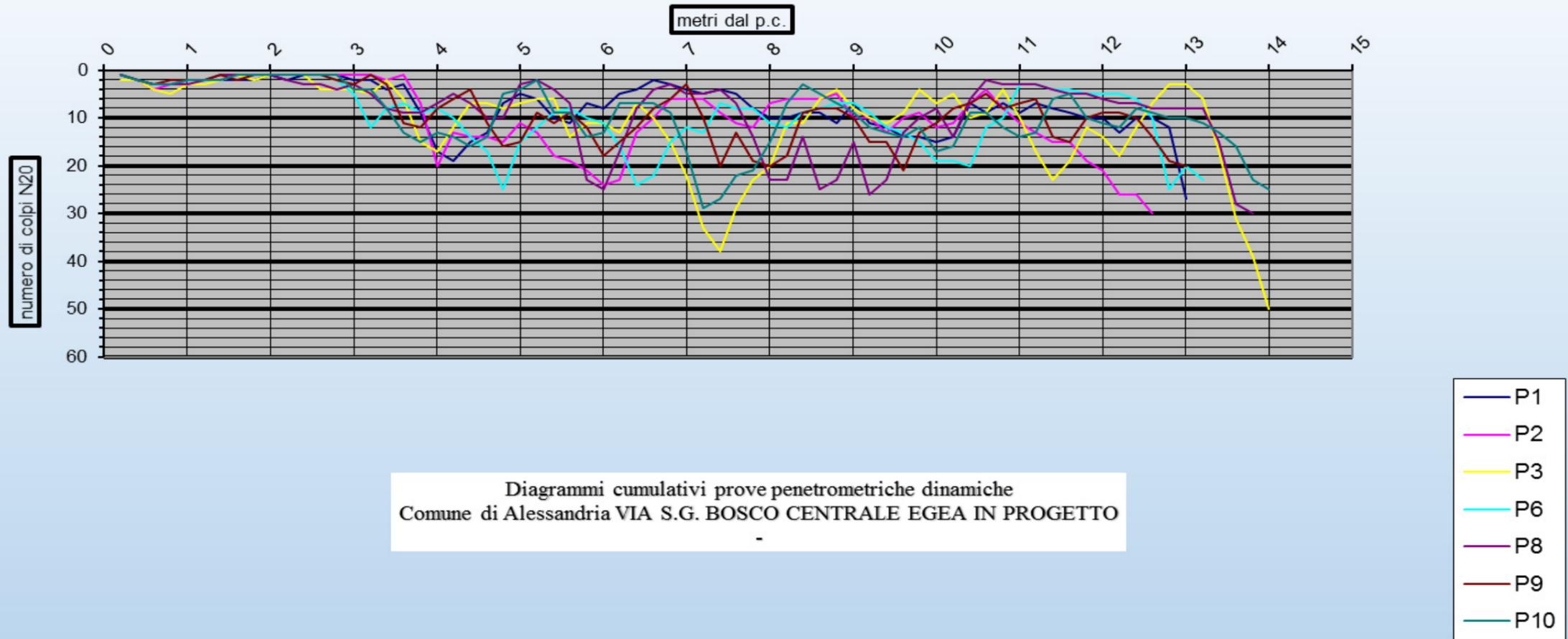


**COMUNE DI ALESSANDRIA VIA S. G. BOSCO - AREA CENTRALE TELERISCALDAMENTO IN PROGETTO  
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P10- Data 11 novembre 2015**

prof	strati	tipologia	$\gamma$	$\gamma'$	$\Sigma$	Cu	Mv	Dr	$\phi$	K orizz	K perm	K Winkler
METRI	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cmq	Kg/cmq	cmq/Kg	%	°	Kg/cmq	cm/sec	Kg/cm
0,80		Suolo e coltre superficiale										
2,80		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1613	1613	0,46	0,32	0,02999		26	0,39	1,14E-02	0,67
6,80		Sabbie e ghiaie fini a matrice limosa, poco addensate e costipate	1800	1800	1,18		0,018832		28 31	1,77	4,39E-02	2,80
11,60		Sabbie e ghiaie a matrice limoso argillosa mediamente addensate	1800	800	1,56		0,013083		36 31	2,548	5,05E-02	3,90
superficie libera della falda freatica misurata nel foro penetrometrico alla quota di -9,00 metri dal p.c. alla data del 11 novembre 2015												
14,00		Sabbie e ghiaie con rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,75		0,012658		35 31	2,63	5,77E-02	4,00

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

$\gamma$ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.						
$\gamma'$ = peso di volume	$\Phi$ = angolo attrito						
$\Sigma$ = pressione litostatica	Mv = coefficiente di compressibilità di volume						
Cu = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)						
Dr = densità relativa (%)							



#### 4.0 Interpretazione dati penetrometrici e conclusioni

L'elaborazione dei dati delle prove penetrometriche ha permesso di ottenere i parametri geotecnici del sottosuolo relativamente ad ogni unità litotecnica attraverso un'operazione di discretizzazione dei singoli valori del numero di colpi ogni 20 cm di avanzamento delle aste del penetrometro dinamico e statico. I parametri geotecnici sono stati inoltre ricavati mediante un'analisi di correlazione con altri dati penetrometrici e stratigrafici in aree limitrofe a quella oggetto d'indagine (ovvero sulla base all'esperienza personale).

I valori dei **parametri geotecnici caratteristici** sono stati ottenuti attraverso elaborazioni statistiche con determinazione del 5 percentile della distribuzione normale (F con COV del 10%) e logonormale (E, con COV del 30%) della media in presenza di pochi dati e piccoli volumi di rottura (da foglio di calcolo McCoy, aprile 2007): tale ultima assunzione di analisi di calcolo è compatibile alla tipologia di fondazioni che verranno presumibilmente realizzate, ovvero fondazioni indirette in c.a. tipo pali, coinvolgenti quindi piccoli volumi di rottura di terreno con resistenze non compensate.

Le prove hanno individuato le seguenti unità litotecniche del sottosuolo, sottostanti al suolo agrario ed a una coltre superficiale argillosa avente uno spessore medio di 0,80metri:

##### **UNITA' LITOTECNICA 1**

Fino ad una profondità variabile da 2,80 a 3,40 m dal p.c. **limi sabbiosi ed argillosi poco compatti**, dotati di un valore medio di coesione non drenata ( $C_u$ ) pari a 0,39 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno ( $\phi$ ) pari a 26,9°, un valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) pari a 1705,40 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0232887 cmq/Kg.

##### **PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO**

Coesione non drenata:  $C_{uk} = 23.00$  (KPa)

Angolo di attrito:  $\phi_k = 22.5^\circ$

##### **UNITA' LITOTECNICA 2**

Fino ad una profondità variabile da 6,40 a 7,60 m dal p.c. **successioni di sabbie e ghiaie fini, mediamente addensate, a matrice limoso argillosa**, dotate di un valore medio di coesione non drenata ( $C_u$ ) 0,84 pari a Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno ( $\phi$ ) pari a 32,20°, un valore di densità relativa ( $D_r$ ) pari al 34,77%, un valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) pari a 1722,40 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0138033 cmq/Kg.

##### **PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO**

Coesione non drenata:  $C_{uk} = 49.60$  (KPa)

Angolo di attrito:  $\phi_k = 27.00^\circ$

### UNITA' LITOTECNICA 3

Fino ad una profondità variabile da 8,80 a 12,60 m dal p.c. **ghiaie e sabbie mediamente addensate con intercalazioni di limi sabbiosi poco compatti**, dotate di un valore medio di coesione non drenata ( $C_u$ ) 0,765 pari a Kg/cm<sup>2</sup>, di un valore medio di angolo di attrito interno ( $\phi$ ) pari a 30,14°, un valore di densità relativa ( $D_r$ ) pari al 35,00%, un valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) pari a 1763,14 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,012863 cm<sup>2</sup>/Kg.

#### PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Coesione non drenata:  $C_{uk} = 45.20$  (KPa)

Angolo di attrito:  $\phi_k = 25.20^\circ$

### UNITA' LITOTECNICA 4

Fino alla massima profondità d'investigazione pari a 14,00 m dal p.c. **successioni di sabbie e ghiaie addensate con rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro ed intercalazioni di limi argillosi**, dotate di un valore medio di angolo di attrito interno ( $\phi$ ) pari a 31,00°, di un valore di densità relativa ( $D_r$ ) pari al 34,28%, un valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) pari a 1800,00 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0118258 cm<sup>2</sup>/Kg.

#### PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Angolo di attrito:  $\phi_k = 25.90^\circ$

Le prove penetrometriche hanno evidenziato in sintesi, fino ad una profondità media di 3,00 metri dal p.c. terreni coerenti limosi ed argillosi caratterizzati da mediocri parametri di resistenza al taglio, mentre fino alla massima profondità d'investigazione pari a 14,00 metri dal p.c. sono state individuate successioni di sabbie e ghiaie addensate e costipate con intercalazioni di limi argillosi meno compatti, tipiche di sequenze litologiche alluvionali pleistoceniche eterogenee ed eterometriche, depositati in questa parte Città in sponda orografica sinistra del F. Bormida.

La superficie libera della falda freatica è stata riscontrata nei fori penetrometrici ad una quota media di -9,00 metri dal p.c. alla data del mese di novembre 2015. Essa risulta soggetta a escursioni stagionali in relazione alle precipitazioni atmosferiche locali.

Le prove sismiche MASW hanno misurato in valore di  $V_{s30}$  del sottosuolo pari a 472,59 m/sec (**INDAGINE MASW N.1**) e 486,15 m/sec (**INDAGINE MASW N.2**) cui corrisponde un terreno in classe B (NTC 2008).