

COMUNE DI SETTIMO TORINESE

CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO
REGIONE PIEMONTE

Intervento di nuova costruzione nell'isolato
compreso tra le vie Garibaldi - Cavour - Mameli
Area urbanistica QT6/1

RELAZIONE GEOLOGICA

DATA:

04/05/2018

Committente: **GRUPPO CRIBARI SRL**
Via Cebrosa n. 96
10036 Settimo T.se (TO)
P.IVA: 10951890010

Il tecnico:

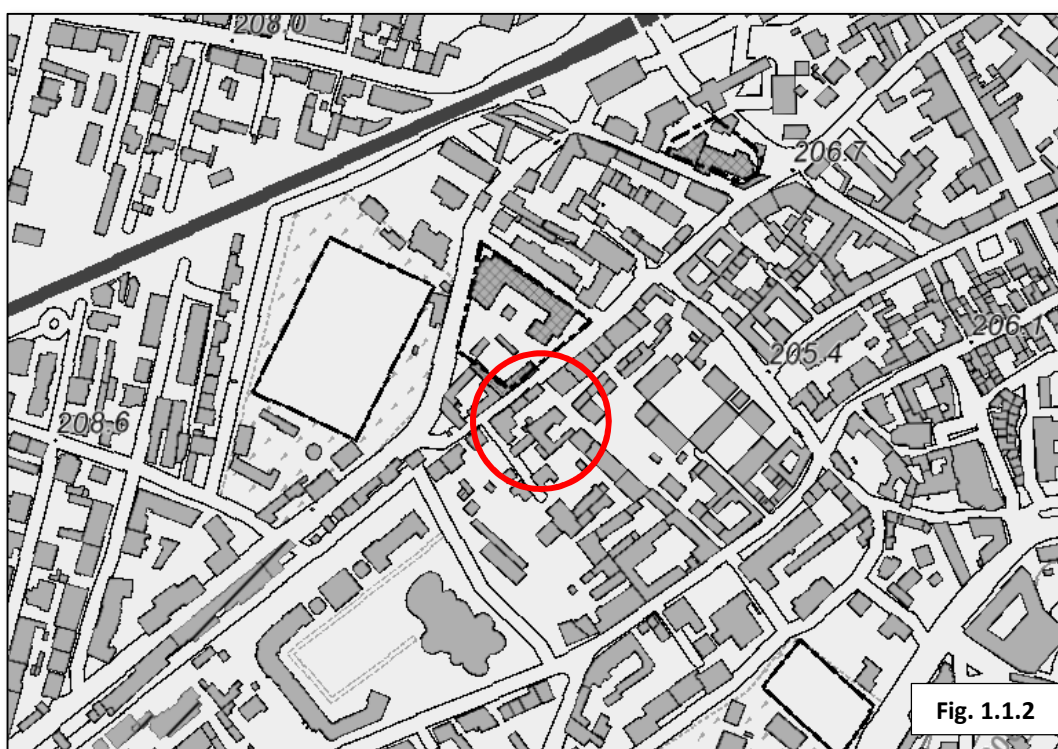


dott. MARCO BALESTRO
GEOLOGIA APPLICATA E TERRITORIO
Ordine Regionale Geologi del Piemonte - Sez. A n°431
C.F. BLSMRC65L29A326M - P.I. 07752160015 -
☎ 335.6312861 - ✉ marco.balestro@gmail.com

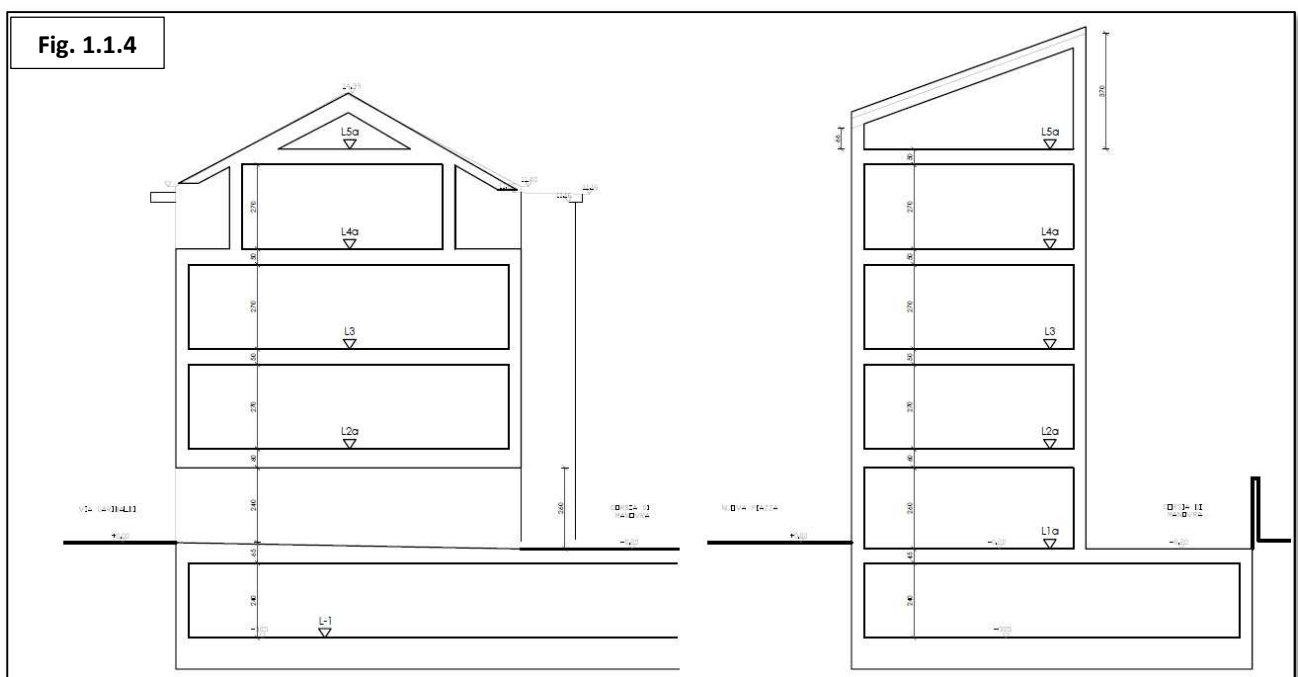
1. PREMESSA

1.1. Ubicazione e descrizione dell'intervento

La presente relazione ha per oggetto la realizzazione di un nuovo edificio nell'isolato compreso tra le vie Garibaldi - Cavour - Mameli, area urbanistica QT6/1, in Comune di Settimo Torinese (Fig. 1.1.1); il sito ricade nella Sezione n°134140 della BDTre della Regione Piemonte (Fig. 1.1.2) e comprende i mappali n°204, 205 e 246 del Foglio 29.



L'edificio in progetto (Fig. 1.1.3 e 1.1.4) avrà locali interrati e un'altezza fuori terra di circa 16.5 m; per ogni ulteriore dettaglio si rimanda agli elaborati di progetto a cura dell'Arch. A. Delli Gatti (Adstudio).



La presente relazione ottempera a quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»” con particolare riferimento alla Relazione Geologica (§ 6.2.1 delle NTC), che ha per oggetto la fattibilità dell'intervento e la definizione del modello geologico (il modello geotecnico e la progettazione delle opere di fondazione non sono trattati in questa sede).

Lo studio si basa sui dati esistenti, su quanto verificato nel corso del sopralluogo e su quanto accertato mediante le indagini realizzate: n°1 stendimento sismico a rifrazione in onde P ed S, n°1 stendimento MASW, (TAV 1, 2 e 3, report completo in **Allegato 1**).

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

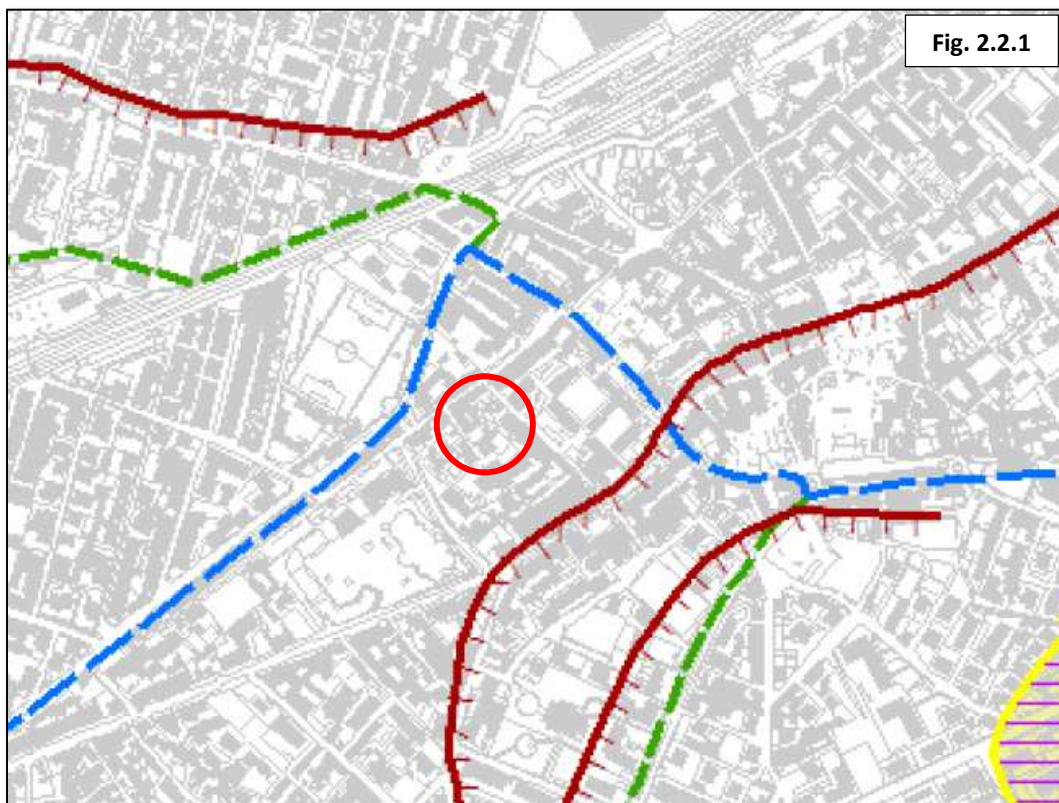
2.1. Inquadramento geomorfologico ed idrografico

Il sito ricade nel contesto pianeggiante e completamente antropizzato del concentrico di Settimo Torinese, ad una quota intorno a 205÷206 m s.l.m.. Nell'area non sono presenti elementi geomorfologici naturali di rilievo salvo la scarpata di terrazzo in corrispondenza di Via Italia (circa 110 m a SE).

Per quanto riguarda il reticolo idrografico si segnala solo la presenza del “Rio Furioso”, un canale intubato sotto Via della Repubblica che si trova ad una distanza minima dal lotto di circa 30 m (dall'angolo di Vicolo Mameli - Via Cavour).

2.2. Fenomeni di dissesto, pericolosità ed idoneità all'utilizzazione urbanistica

Dall'esame della “Carta del dissesto” del PRGC (Geol. R. De Vecchi Pellati, Fig. 2.2.1), si evince che il sito non è interessato da fenomeni di dissesto.



Nella “Carta di sintesi della pericolosità geologica e dell'idoneità all'uso urbanistico” del PRG (Geol. R. De Vecchi Pellati, Fig. 2.2.2), il sito ricade interamente nella **CLASSE II** - Aree con moderate limitazioni urbanistiche: “Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione, ispirate al D.M. 11/3/1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente

nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità".

Nel dettaglio si tratta della **SOTTOCLASSE II1** così definita: "Ogni nuova edificazione deve essere preceduta da un'indagine geologico-tecnica come previsto dal D.M. 14/01/2008 e specificatamente indirizzata alla valutazione degli aspetti legati alla presenza della falda idrica, alla sua massima oscillazione positiva, a quelli del drenaggio di superficie, nonché alla caratterizzazione geotecnica dei materiali del substrato".



Fig. 2.2.2

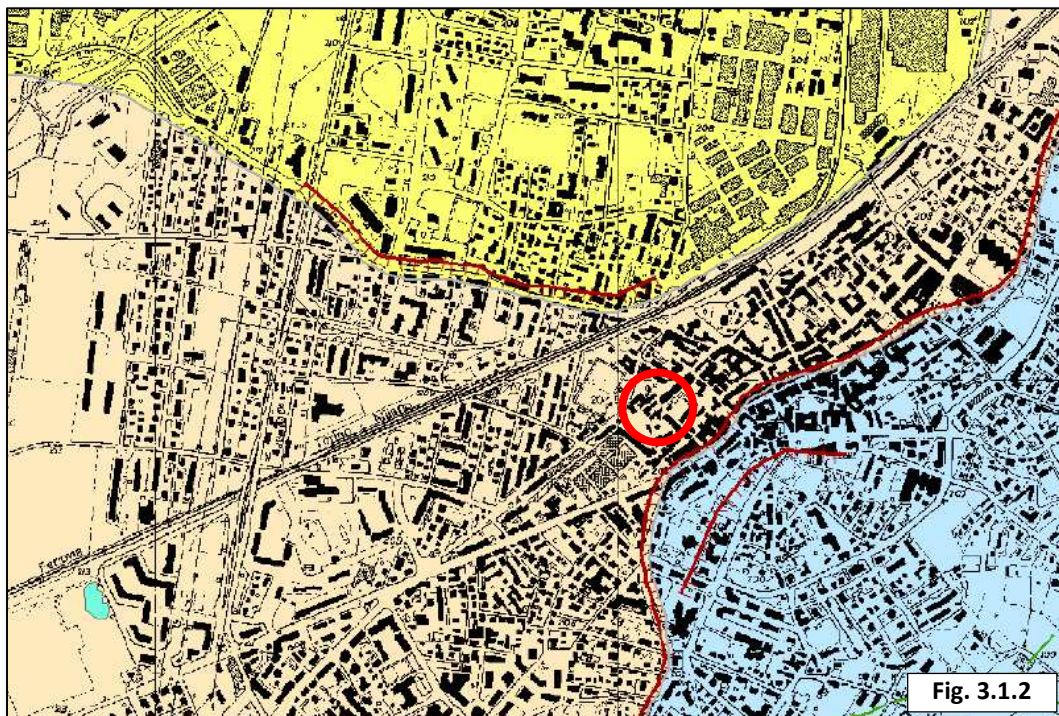
3. MODELLO GEOLOGICO

3.1. Inquadramento geologico e dati esistenti

Nel Foglio n°156 "Torino Est" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (CARG, APAT-ISPRA, stralcio in Fig. 3.1.1) il sito in esame ricade nel Bacino del F. Stura di Lanzo, **Sintema di Regia Mandria - Subsintema di Venaria Reale** così descritto:

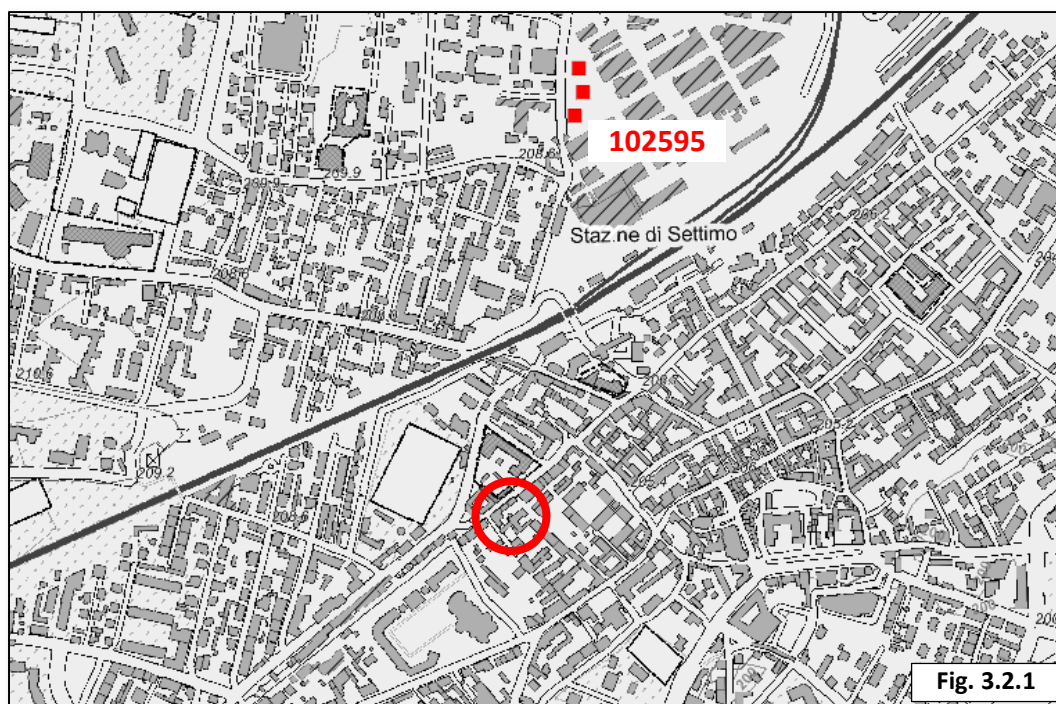
RGM_{1B}: Ghiaie alterate a pezzatura relativamente omogenea con scarsa matrice sabbiosa grossolana e con clasti costituiti prevalentemente da serpentiniti, ultrabasiti e gneiss, coperte da una coltre di spessore metrico di silt sabbiosi. Costituiscono superfici terrazzate sospese di circa 10-15 m sull'alveo attuale del F. Stura di Lanzo (depositi fluviali, parte inferiore del Pleistocene Sup.).

Tale dato viene confermato anche dalla "Carta geologica e geomorfologica" del PRG (Geol. R. De Vecchi Pellati, stralcio in Fig. 3.1.2), dove i depositi sono definiti come "ghiaie eterometriche con frazione sabbioso - limosa più o meno espressa. Coltre limoso - sabbiosa sommitale di spessore da decimetrico a metrico, con significativo grado di trasformazione pedogenetica".



3.2. Dati geognostici e assetto litostratigrafico locale

Per quanto concerne i dati di carattere generale, nella Banca Dati Geotecnica di ARPA Piemonte sono riportate le stratigrafie di alcuni sondaggi a Nord dell'area in esame (circa 480 m, Fig. 3.2.1), in analogo contesto geologico - stratigrafico; di seguito è riportata la stratigrafia del sondaggio n°102595 che evidenzia la presenza di depositi ghiaioso sabbiosi fino a circa 18 m di profondità, seguiti da sabbie fini limose (fino a circa 20 m).



Profondità (m)	102595	Descrizione
3.80		ghiaia con sabbia e ciottoli in matrice argillosa
18.20		ghiaia con sabbia e ciottoli
20.35		sabbia fine limosa

Per quanto riguarda l'assetto litostratigrafico locale è possibile fare riferimento anche ad alcune indagini già commissionate dalla committenza su un lotto adiacente ed eseguite dal Geol. N. Lauria nel 2007. Si tratta n°2 prove penetrometriche dinamiche eseguite sul lato NNE di Via Garibaldi (Fig. 3.2.2): la prima prova non viene considerata in quanto spinta sino a -1.6 m, mentre la seconda (DIN2, **ALLEGATO 2**), ha evidenziato la presenza di depositi poco addensati sino ad una profondità di 9.2 m (che furono interpretati come limi sabbiosi e sabbie ghiaiose), seguiti da ghiaie sabbiose fino a 10.4 m; tali depositi furono poi osservati durante le operazioni di scavo (Fig. 3.2.3, fronte di scavo lato Via Garibaldi, circa 15-20 m dall'angolo Est del lotto in esame).





Fig. 3.2.3

Al fine definire il modello geologico, e tenuto conto che il lotto è attualmente edificato, si è proceduto con l'esecuzione di uno stendimento per sismica a rifrazione in onde "P" ed "S" (esecuzione ed elaborazioni Geol. A. Daniele). Le sezioni tomografiche riportate in Tav. 1 e 2 (report completo in **ALLEGATO 1**) evidenziano velocità delle onde sismiche crescenti con la profondità, ad indicare la presenza di depositi via via più addensati.

In sintesi, tenuto conto dei dati disponibili e dei risultati delle indagini geofisiche, il modello geologico del sito prevede la presenza di depositi di origine fluviale con potenza fino a 20 -30 m (sondaggi ARPA e indagine MASW).

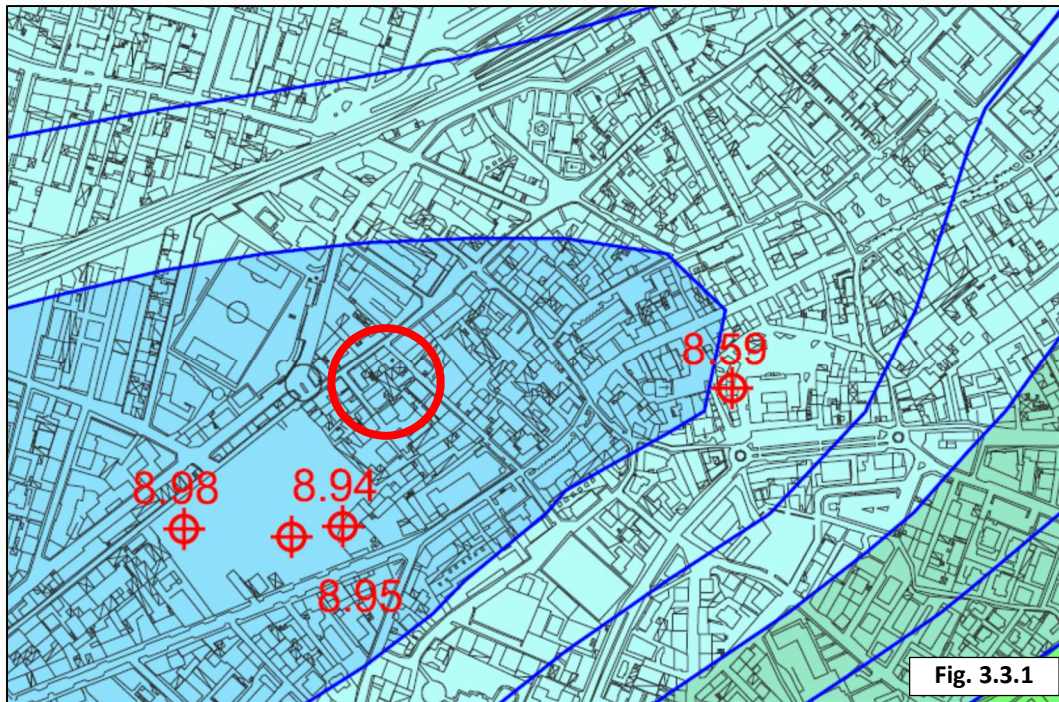
Tali depositi sono caratterizzati da significative eteropie laterali e verticali connesse all'ambiente genetico, con passaggi dalle facies ghiaioso - sabbiose con ciottoli a quelle sabbiose e limoso – sabbiose; si consiglia pertanto di effettuare opportune verifiche con indagini in sito da realizzarsi anche in corso d'opera.

3.3. Idrogeologia

Nella "Carta della soggiacenza della prima falda superficiale" del PRG del Comune di Settimo Torinese (Geol. G. Genovese, stralcio in Fig. 3.3.1), sono individuate le aree di ugual soggiacenza con equidistanza 0.5 m, elaborate da misure del periodo ottobre - novembre 2006. Per quanto concerne il lotto in esame si evince che:

- la soggiacenza è compresa fra 8.5 e 9.5 m dal piano campagna (vari pozzi nelle vicinanze indicano valori di soggiacenza da 8.59 a 8.98 m); si precisa che tale valore non rappresenta la minima soggiacenza, in quanto sono possibili risalite in concomitanza con precipitazioni intense e/o prolungate;
- il sito si colloca in un settore corrispondente ad un asse di drenaggio diretto verso SW.

Il valore di soggiacenza risulta coerente con quanto stimabile indirettamente dallo stendimento sismico a rifrazione in onde "P" (Tav. 2, **ALLEGATO 1**).



4. GEODINAMICA E ASPETTI SISMICI

4.1. Classificazione sismica e sorgenti sismogenetiche

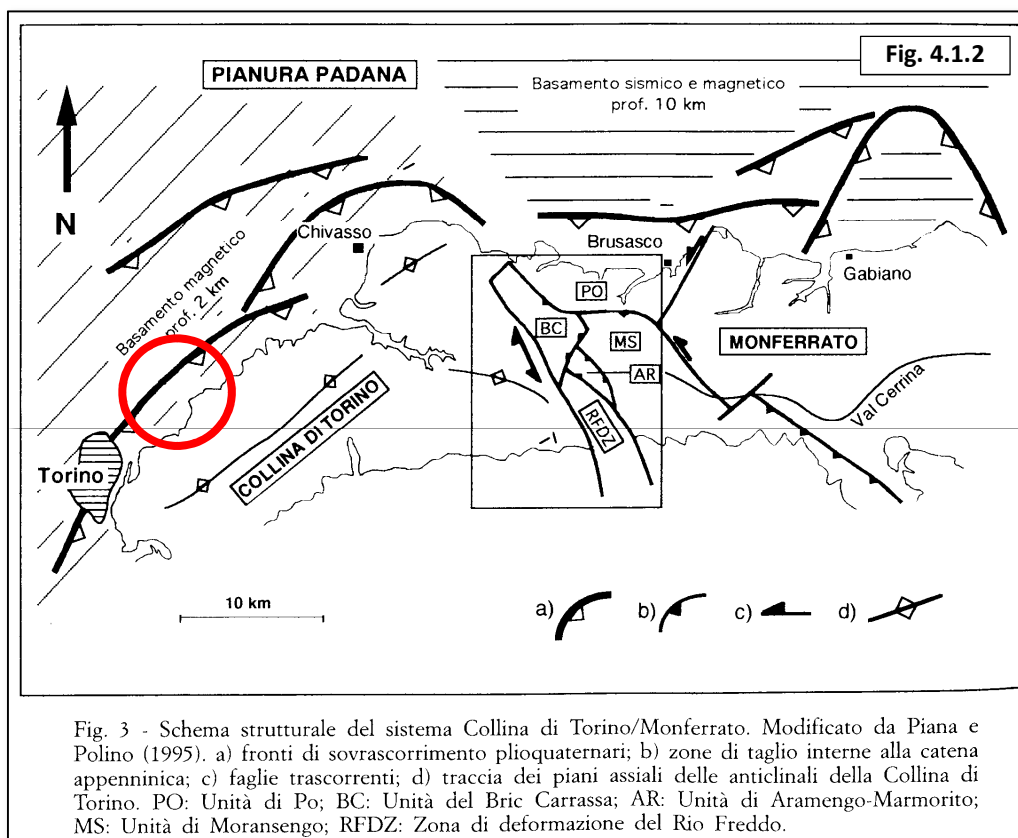
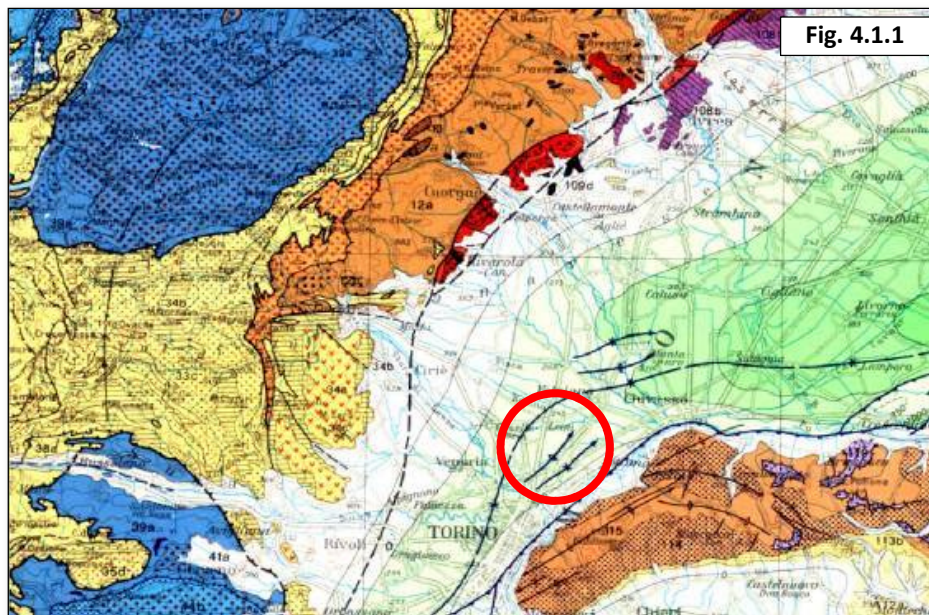
Sotto il profilo normativo, ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010 n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche", il Comune di Settimo Torinese è classificato in Zona 4, ovvero quella meno pericolosa, dove i terremoti sono rari e $a_g \leq 0.05$ (con a_g = accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni).

Il sito ricade circa 30 Km ad Est del limite orientale della Zona Sismogenetica (ZS9) n°908 "Piemonte", corrispondente all'arco sismico interno delle Alpi occidentali; dall'Appendice 2 al "Rapporto Conclusivo" dell'INGV ("Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica", 2004) risulta che tale zona è caratterizzata da: magnitudo durata massima $M_d=3.7$; $M_{w_{max1}}$ "osservata" = 5.68, $M_{w_{max2}}$ "cautelativa" = 6.14; classe di profondità 8÷12 Km; profondità efficace 10 Km (profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona); meccanismi focali prevalenti di tipo trascorrente.

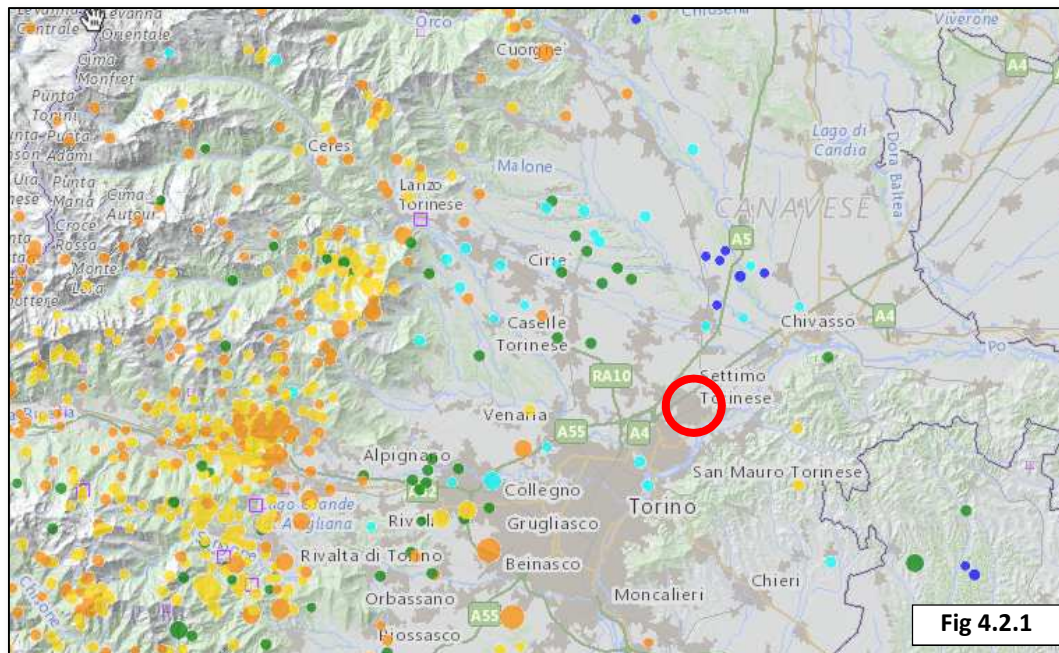
La zona di Settimo Torinese si colloca nel settore caratterizzato dalla presenza del fronte di scorrimento plio-quaternario della Collina di Torino, così come indicato nello "Structural Model Of Italy" (CNR 1990), (Fig. 4.1.1), e nello schema tratto da "La Zona transpressiva di Rio Freddo e l'evoluzione convergente della Collina di Torino e del Monferrato durante il Terziario" (Piana e Polino, 1994, Atti Tic. Sc. Terra), (Fig. 4.1.2). L'area in esame ricade inoltre in corrispondenza di due assi di piega minori (NE-SW), in un settore compreso fra l'asse della sinclinale principale (Torino - Volpiano - Saluggia), e la struttura ad anticlinale della Collina di Torino con asse NE-SW. Nel Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.2.0, INGV), tali strutture non sono considerate come faglie attive sismogenetiche.

4.2. Sismicità storica e recente

Per quanto riguarda i dati storici è possibile fare riferimento al "Catalogue of Strong Earthquake in Italy 461 B.C. - 1997 and Mediterranean Area 760 B.C. - 1500", nel quale l'evento più significativo per la zona in esame è quello accaduto alle ore 18:24 del 26/05/1767: nel webgis del CFTI⁴_{MED} l'epicentro è indicato nell'area fra Lanzo Torinese, Balangero e Cafasse, ed è stata stimata una magnitudo momento $M_w=5.14\pm0.34$, con intensità pari a $I_s=VIII$ grado della scala Mercalli. In Fig. 4.2.1 sono individuati anche gli epicentri dei principali eventi storici (simbolo □).



Relativamente alla distribuzione della sismicità recente nelle Alpi occidentali, la zona in esame risulta marginale rispetto ai due principali archi sismici lungo i quali la rete sismica ha rilevato la massima concentrazione di eventi. In Fig. 4.2.1 si riporta la distribuzione degli epicentri dal 1982 elaborata da ARPA Piemonte dove, entro un raggio di 30÷40 Km si osservano numerosi eventi con magnitudo generalmente inferiori a 3, oltre 30 eventi con magnitudo uguale o superiore a 3, e n°4 eventi con magnitudo superiore a 4 (max. 4.43, 2011 ad est di Giaveno e Cumiana).



4.3. Amplificazione topografica e categoria di sottosuolo

Poiché il lotto è pianeggiante il coefficiente di amplificazione topografica è $St = 1$.

Al fine di definire la categoria di sottosuolo si è proceduto nell'esecuzione di n°1 indagini MASW (Geol. A. Daniele, TAV. 3 Allegato 1), dalla quale si evince che il sito ricade nella **categoria B** ($V_{s,eq} = V_{s30} = 383 \text{ m/s}$):

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.

5. CONCLUSIONI

Lo studio condotto ha evidenziato che non sussistono fattori ostativi di carattere geologico alla fattibilità dell'intervento in oggetto; in sede di progettazione geotecnica e verifica delle opere di fondazione, su tutta l'area interessata dagli scavi dovrà essere verificato il persistere delle condizioni geologiche, idrogeologiche qui definite sulla base dei dati disponibili e delle indagini indirette di tipo geofisico.

GEOLOGO Andrea DANIELE
via Vincenzo Lancia 41,10141 TORINO
andrea.daniele2015@gmail.com
Cellulare 348 2715324

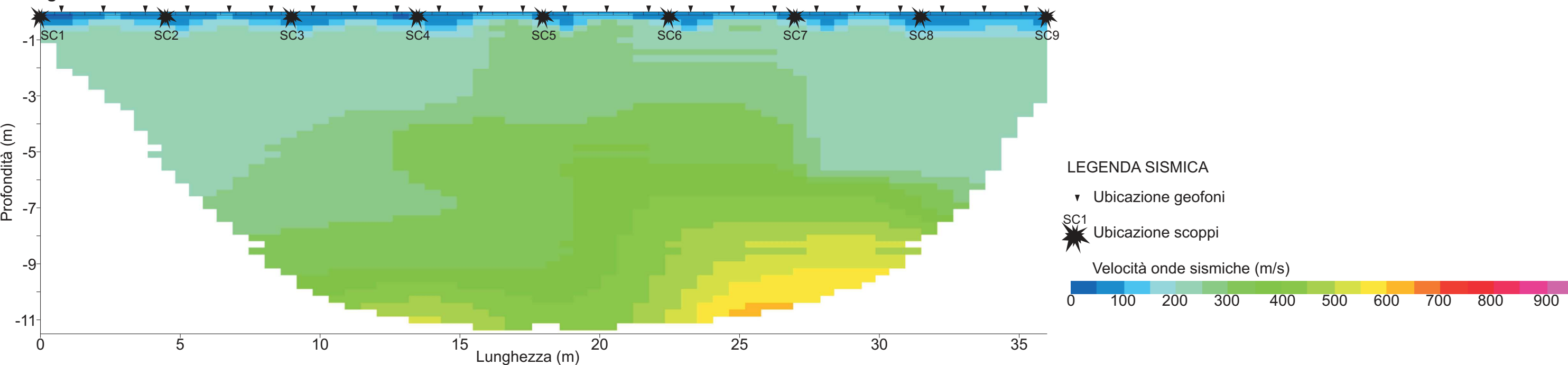
ELABORAZIONE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE S

COMMITTENTE: Dott. Geol. Marco BALESTRO
CANTIERE: Via Cavour
LOCALITA': Settimo Torinese (TO)
DATA: 16/04/2018

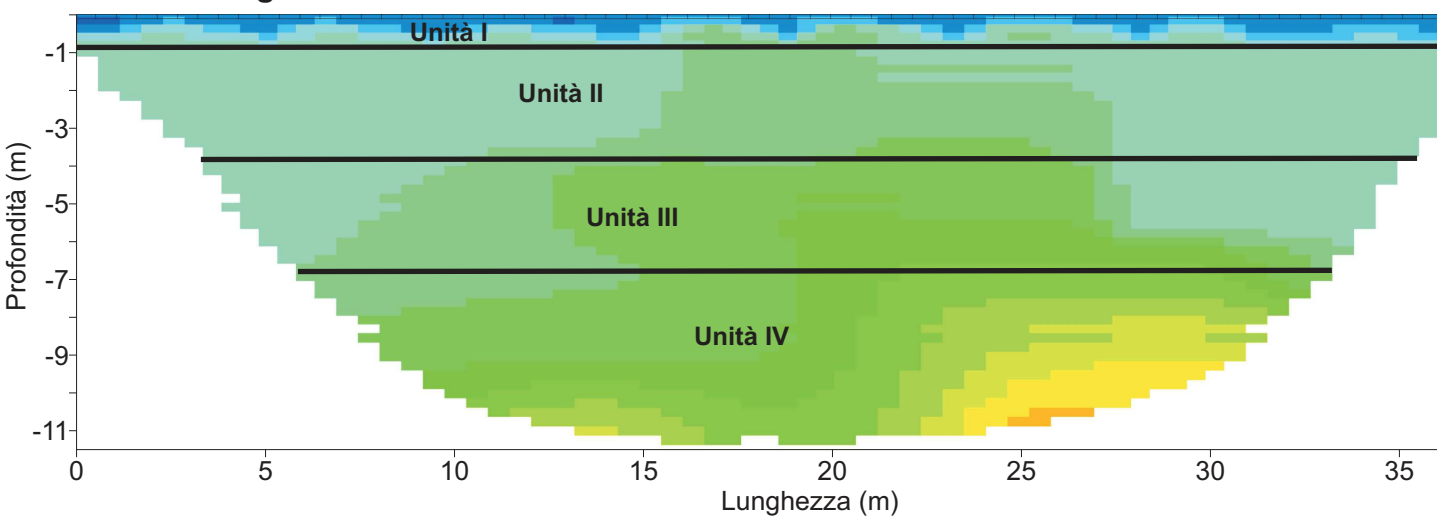
Lunghezza stesa: 36 m
Distanza intergeofonica: 1.5 m
N° geofoni: 24 a 4.5 Hz
Energizzazione: Mazza 10 Kg

STESA
1

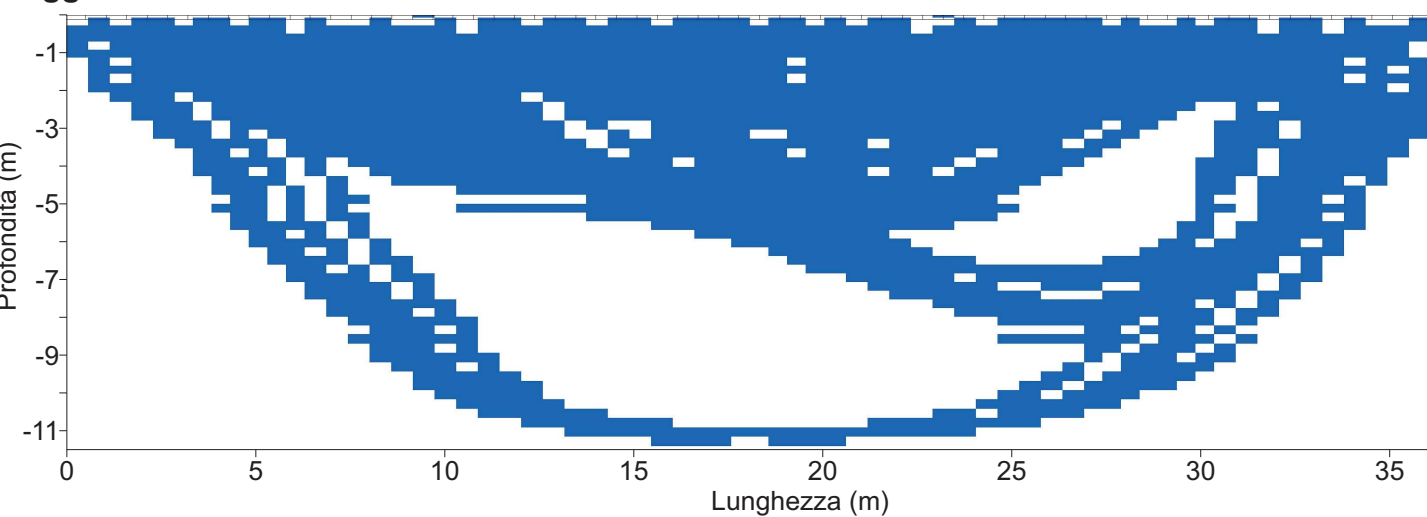
Tomografia sismica onde S



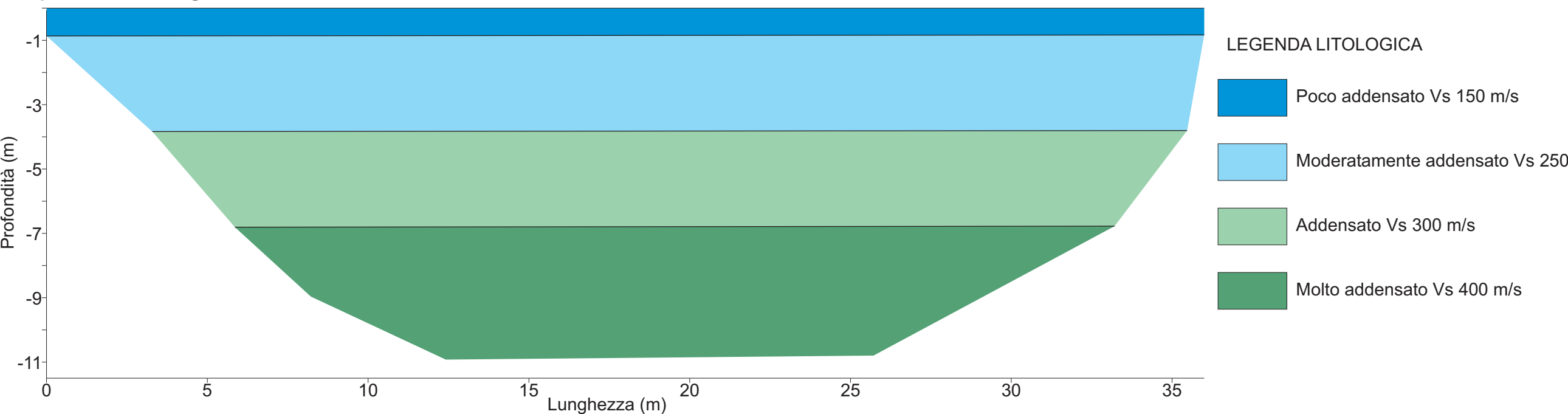
Unità sismostratigrafiche



Raggi sismici



Interpretazione tomografia sismica



GEOLOGO Andrea DANIELE
via Vincenzo Lancia 41,10141 TORINO
andrea.daniele2015@gmail.com
Cellulare 348 2715324

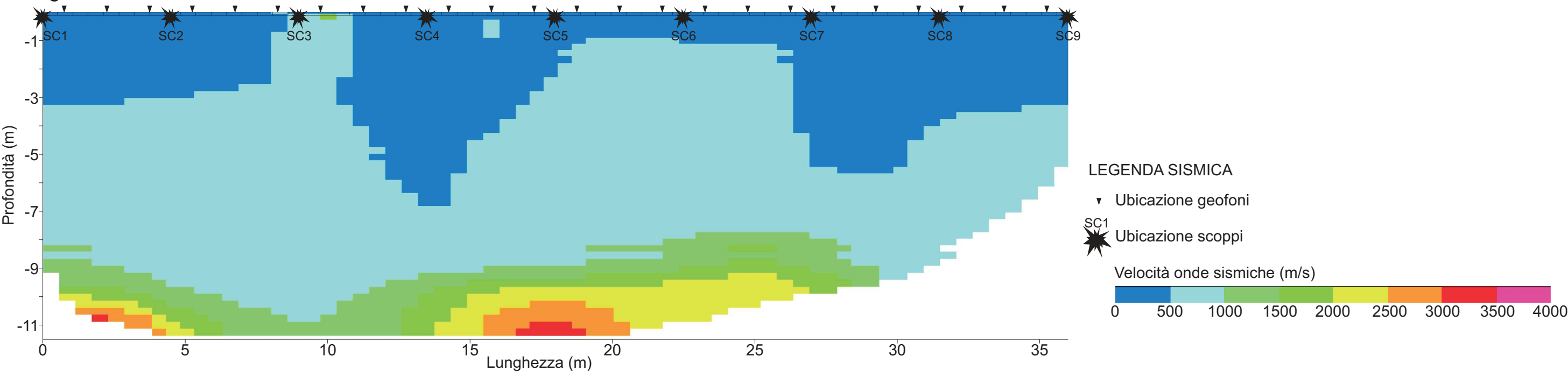
**ELABORAZIONE SISMICA
A RIFRAZIONE ONDE P**

COMMITTENTE: Dott. Geol. Marco BALESTRO
CANTIERE: Via Cavour
LOCALITA': Settimo Torinese (TO)
DATA: 16/04/2018

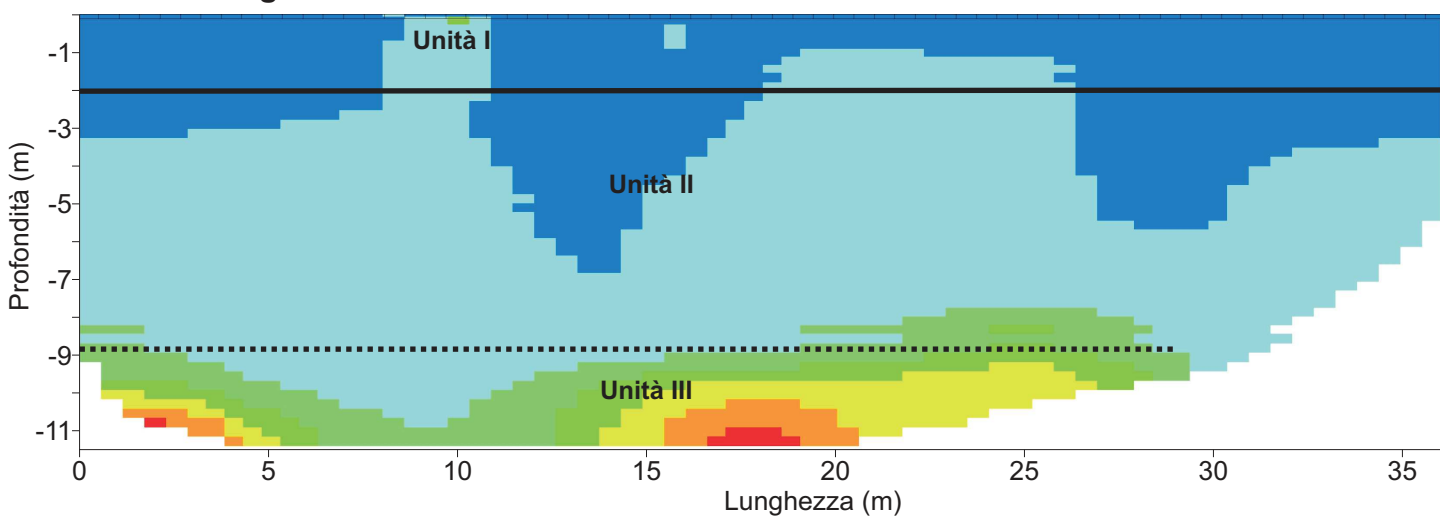
Lunghezza stesa: 36 m
Distanza intergeofonica: 1.5 m
N° geofoni: 24 a 4.5 Hz
Energizzazione: Mazza 10 Kg

**STESA
1**

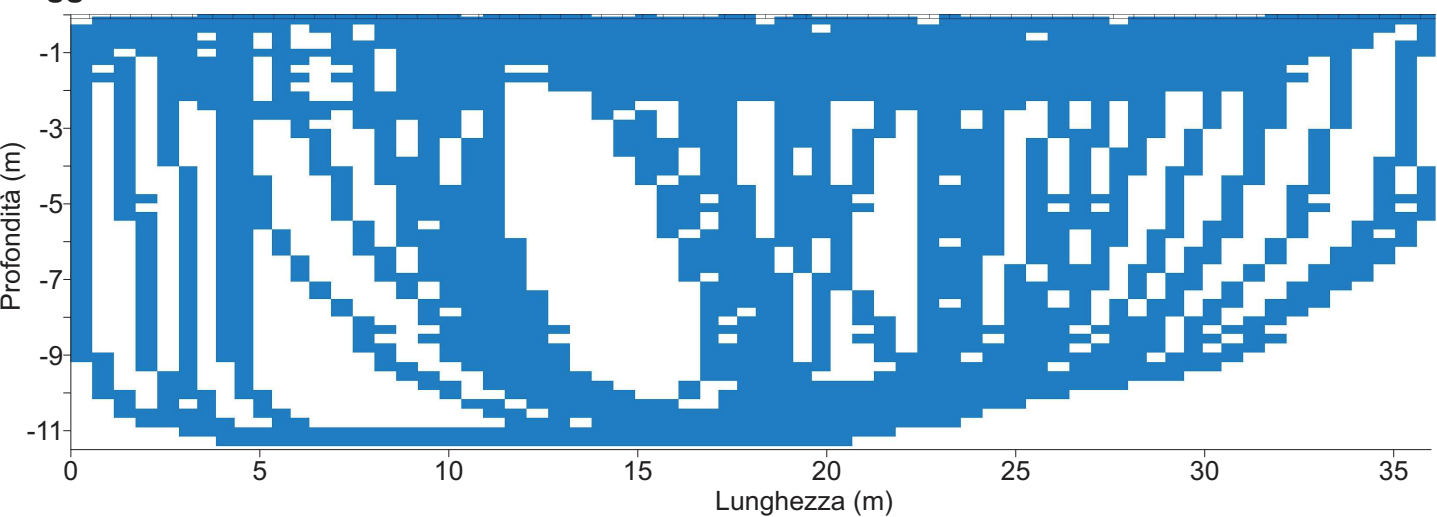
Tomografia sismica onde P



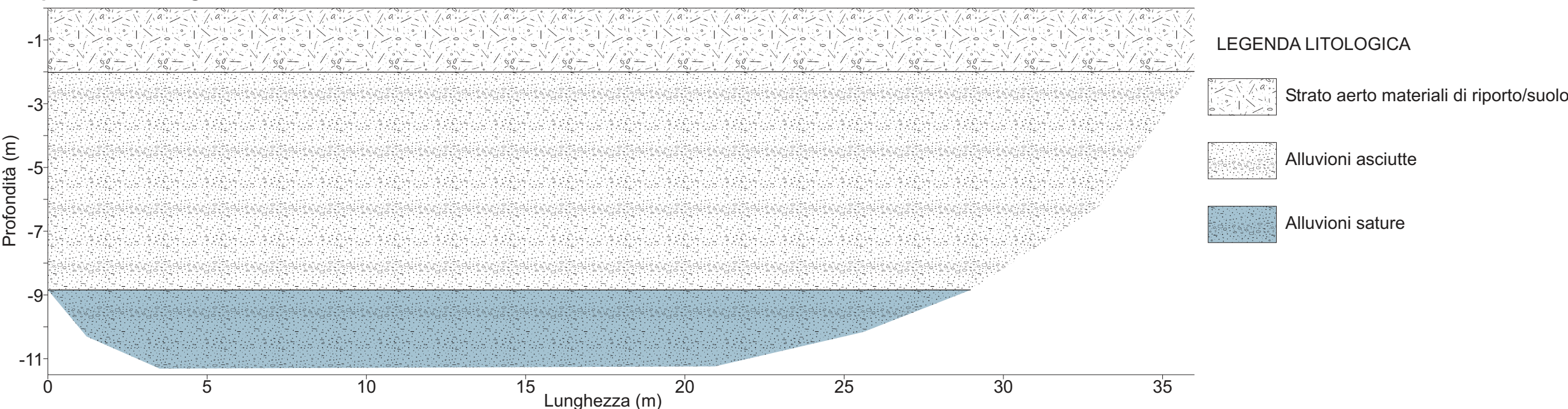
Unità sismostratigrafiche



Raggi sismici



Interpretazione tomografia sismica



GEOLOGO Andrea DANIELE
via Vincenzo Lancia 41,10141 TORINO
andrea.daniele2015@gmail.com
Cellulare 348 2715324

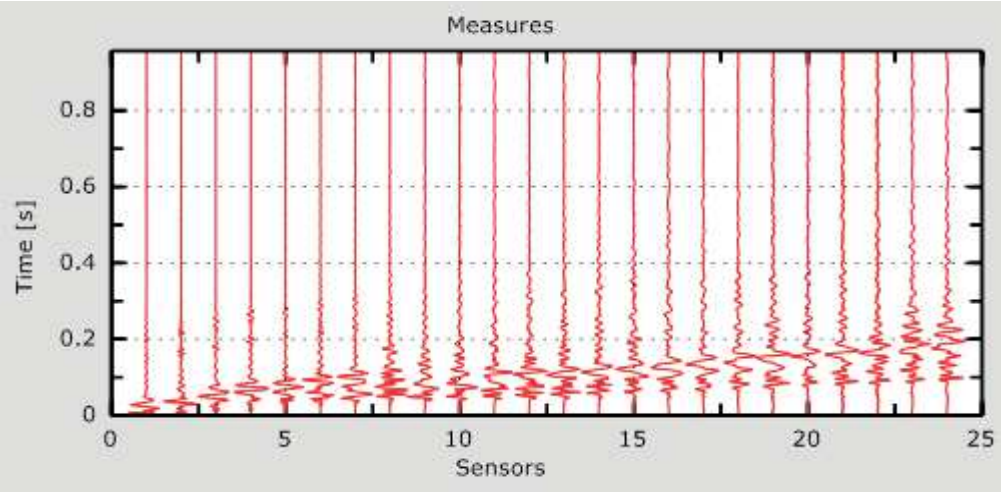
ELABORAZIONE PROVA MASW

COMMITTENTE: Dott. Geol. Marco BALESTRO
CANTIERE: Via Cavour
LOCALITA': Settimo Torinese (TO)
DATA: 16/04/2018

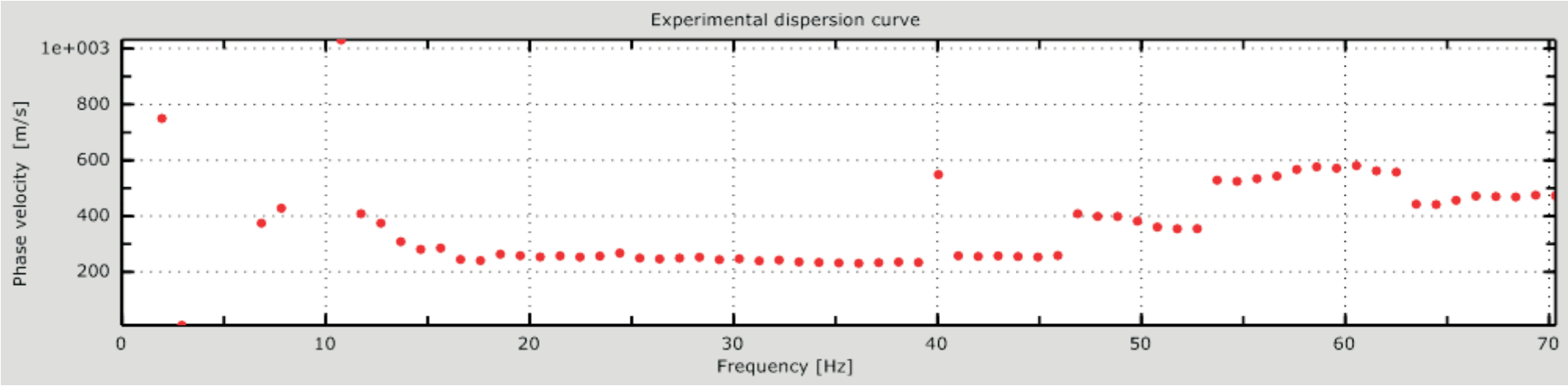
Lunghezza stesa: 36 m
Distanza intergeofonica: 1.5 m
N° geofoni: 24 a 4.5 Hz
Energizzazione: Mazza 10 Kg

STESA
1

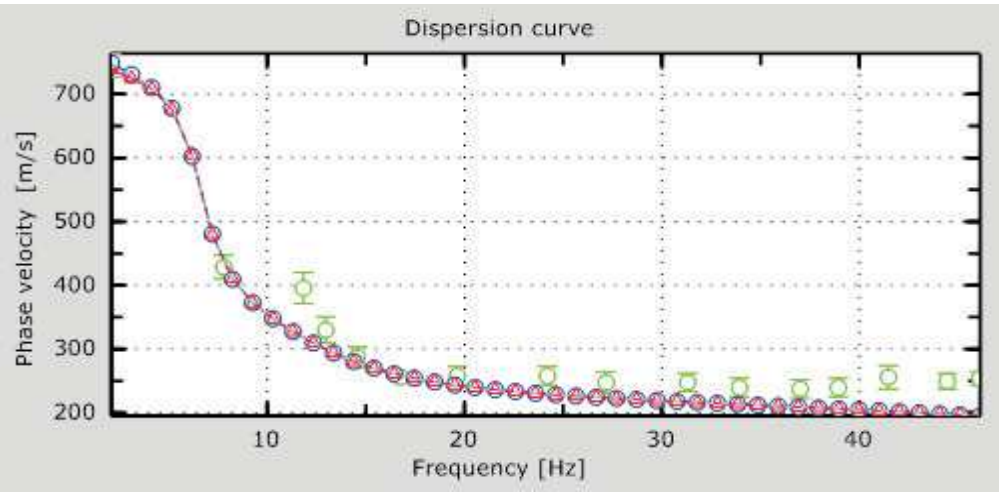
Tracce acquisizioni



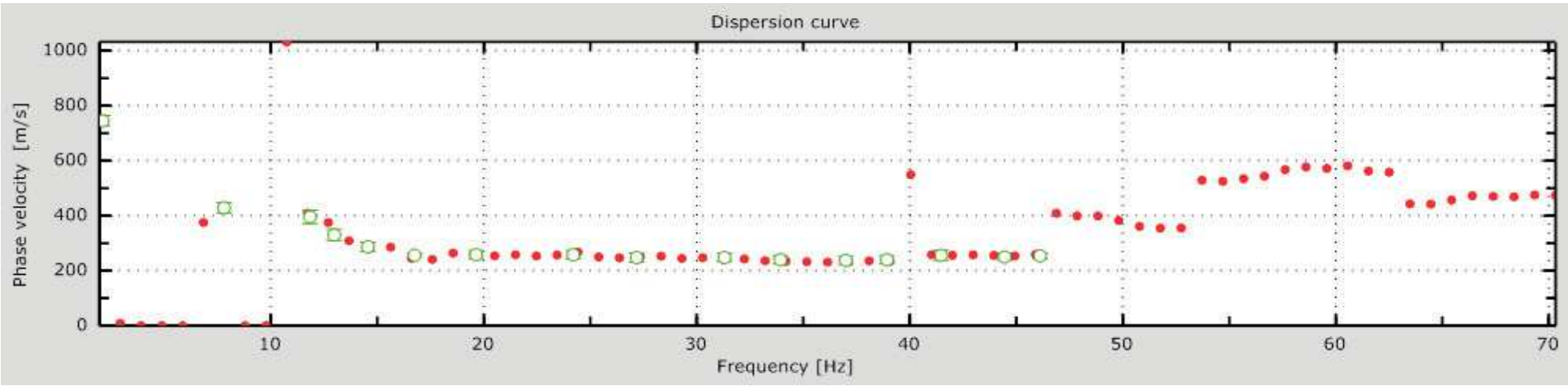
Curva di dispersione sperimentale



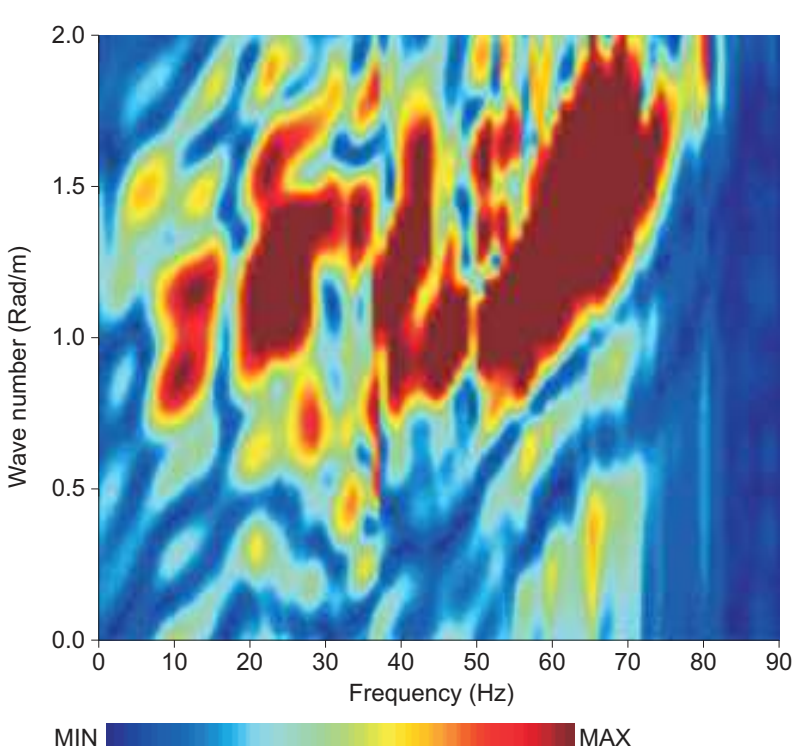
Curve di dispersione elaborate



Curva di dispersione

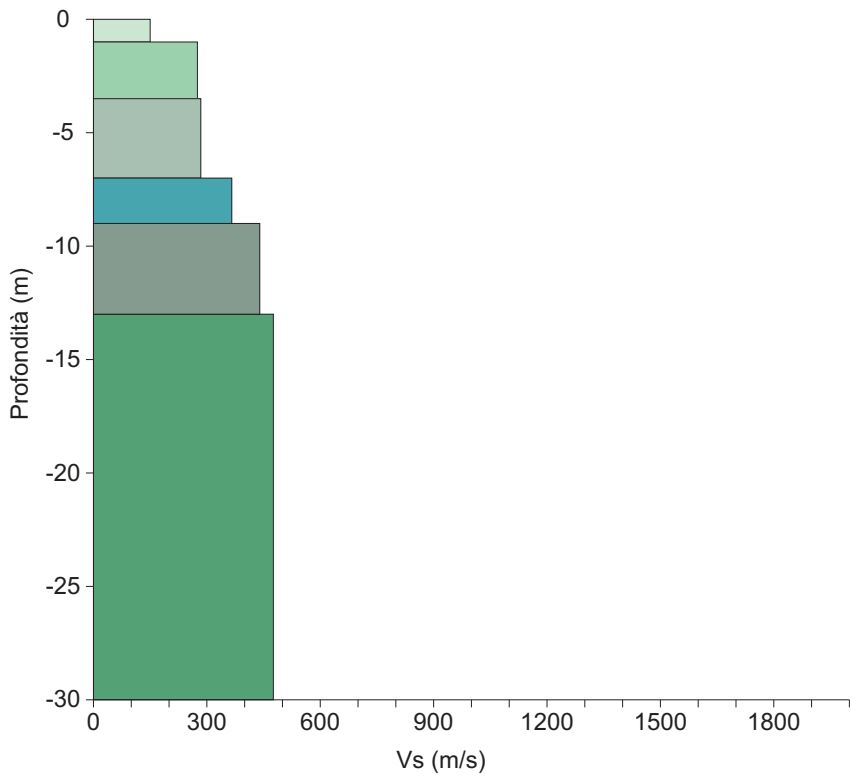


Spettro f/k



CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m)		Vs (m/s)
	da	a	
1	0.0	-1.0	150
2	-1.0	-3.5	275
3	-3.5	-7.0	284
4	-7.0	-9.0	366
5	-9.0	-13.0	440
6	-13.0	-30.0	476



Vs30 = 383 m/s

Vs,eq = 383 m/s

Classe di suolo B

D.M. 17/01/2018

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.

REGIONE PIEMONTE

CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

COMUNE DI SETTIMO TORINESE

COMMITTENTE: STUDIO DOTT. GEOL. MARCO BALESTRO

OGGETTO: INDAGINE SISMICA IN UN'AREA DELIMITATA DA VIA CAVOUR A NORD,
VICOLO MAMELI A OVEST E VIA GARIBALDI AD EST NEL COMUNE DI SETTIMO
TORINESE

REPORT INDAGINE

TORINO 24/04/2018

Dott. Geol. **Andrea DANIELE**
Via Vincenzo Lancia 41, 10141 TORINO
N° 421 Ordine Regionale del Piemonte
Cell. +39 348 2715324
CF DNLNDR69S15L219T
P/IVA 07780960014
Mail andrea.daniele2015@gmail.com
PEC andrea.daniele@pec.geologipiemonte.it

Sommario

1.	PREMESSA.....	2
2.	UBICAZIONE INDAGINE	3
3.	MODALITA' ESECUTIVA	4
3.1.	SISMICA A RIFRAZIONE.....	4
3.1.1.	Principi di base.....	4
3.1.2.	Strumentazione utilizzata	5
3.1.3.	Geometria stese	6
3.1.4.	Metodologia elaborazione metodo tomografico	6
3.1.5.	Velocità delle onde elastiche nei terreni e nelle rocce	7
3.1.6.	Elaborati indagine sismica a rifrazione.....	8
3.2.	PROVA MASW	11
3.2.1.	Note metodologiche	11
3.2.2.	Strumentazione utilizzata	12
3.2.3.	Geometria stesa	12
3.2.4.	Risultato indagine.....	12
4.	CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO	13
5.	TAV A3 SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P	14
6.	TAV A3 SISMICA A RIFRAZIONE ONDE S	15
7.	TAV A3 PROVA MASW	16
8.	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	17

1. PREMESSA

Su incarico dello Studio del Dott. Geol. Marco Balestro, è stata realizzata una indagine sismica in un'area delimitata da via Cavour a nord, Vicolo Mameli a ovest e via Garibaldi ad est nel Comune di Settimo Torinese.

L'indagine ha perseguito l'obiettivo di fornire la caratterizzazione sismica dell'area, a tal fine sono state realizzate le seguenti prove:

- Esecuzione di stendimento di sismica a rifrazione con onde P;
- Esecuzione di stendimento di sismica a rifrazione con onde S;
- Esecuzione di prova MASW;
- Esecuzione di prova HVSR.

La presente relazione illustra e commenta i risultati delle prove eseguite.

2. UBICAZIONE INDAGINE

La prova realizzata è ubicata nel Comune di Settimo Torinese.

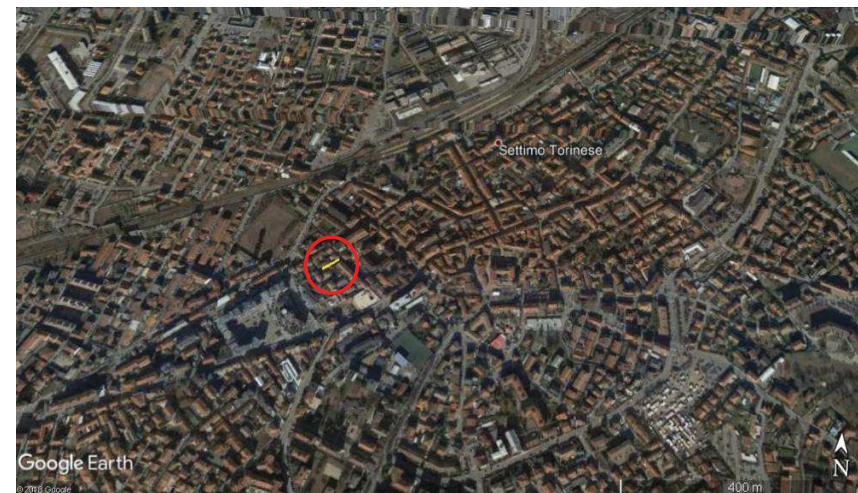


Figura 1 Foto aerea con indicazione area di indagine.

Nella seguente foto aerea è evidenziata l'esatta ubicazione della stesa sismica con indicate le posizioni degli scoppi esterni.



Figura 2 Foto aerea con ubicazione stesa.

3. MODALITA' ESECUTIVA

3.1. SISMICA A RIFRAZIONE

3.1.1. Principi di base

Le indagini sismiche si basano sulla misura della velocità di propagazione delle onde elastiche in rocce e terreni. Le onde elastiche vengono create artificialmente e la loro propagazione viene rilevata in punti diversi in superficie tramite trasduttori veloci metrici (geofoni) che generano un segnale elettrico misurabile corrispondente alla sollecitazione elastica del terreno nel punto di misura.

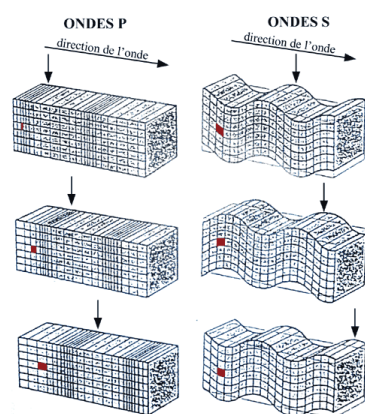


Figura 3 Schema di propagazione onde sismiche

Le prospezioni sismiche sono fondate sul fatto che i diversi tipi di onde si propagano con velocità differente all'interno del corpo in oggetto di indagine e che le velocità di propagazione sono correlabili con i moduli elastici del mezzo. Lo studio della propagazione delle onde consente quindi di ottenere informazioni sulle caratteristiche meccaniche e sulle loro variazioni nello spazio all'interno del corpo.

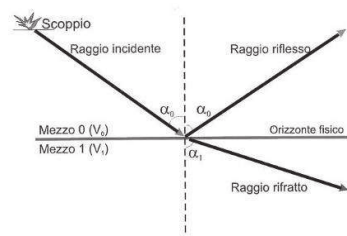


Figura 4 Schema legge di Snell

La sismica a rifrazione misura sia la velocità delle onde longitudinali o di compressione dette onde P, sia la velocità delle onde S trasversali.

Le onde longitudinali (che sono le più veloci), la cui vibrazione avviene nella stessa direzione della propagazione dell'onda, sono spesso più facilmente individuabili e sono quindi state tradizionalmente le più utilizzate per le prospezioni.

Le onde trasversali sono generate da forze di taglio e provocano nelle rocce variazioni di forma, ma non di volume; sono dette trasversali perché provocano oscillazioni delle particelle delle rocce dal basso verso l'alto e viceversa, perpendicolarmente alla direzione di propagazione.

La sismica a rifrazione rappresenta, nell'ambito delle prospezioni geofisiche, la metodologia più speditiva ed affidabile. La metodologia sfrutta la legge di Snell, per cui le onde rifrangendosi sulle superfici di confine dei mezzi fisici, caratterizzati da una differenza di velocità tra sismostato superiore (V_0) e sismostato ad esso sottostante (V_1), producono dei raggi rifratti, oltre che riflessi, che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato più veloce) rifrangendo continuamente energia elastica verso l'alto.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità delle onde aumenti con la profondità ($V_0 < V_1 < V_2$). La figura mostra l'incidenza di un raggio sismico su una superficie di transizione elastica (orizzonte fisico) e la produzione di riflessione e rifrazione al cambiamento di velocità tra i due mezzi coinvolti.

Operativamente, ciò che viene eseguito in campagna è una disposizione in linea di geofoni posizionati seguendo una ripetitività geometrica (equidistanti) lungo l'allineamento che si desidera ispezionare. I punti di produzione dell'energia elastica saranno piazzati in funzione della risoluzione e delle profondità ricercate.

Come accennato lo scopo della sismica a rifrazione è di ricostruire un profilo sismo stratigrafico lungo l'allineamento geofonico di investigazione. Secondo i tempi di primo arrivo delle onde longitudinali P e le distanze relative alla configurazione geometrica adottata sarà possibile dimensionare gli spessori dei sismo strati attraversati dalla radiazione elastica.

3.1.2. Strumentazione utilizzata

Per la realizzazione di una stesa sismica a rifrazione è necessaria la seguente strumentazione:

1. Sismografo acquisitore;
2. Geofoni;
3. Sorgente;
4. Cavi sismici
5. Trigger e cavo del trigger.

Le indagini sono state eseguite mediante sistema di acquisizione a 24 canali, costituito da sismografo digitale AMBROGEO modello ECHO 24/2002, collegato ad una catena di 24 geofoni con una frequenza di 4.5Hz, verticali per lo studio delle onde P, orizzontali per le S. Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza battente di 10 kg

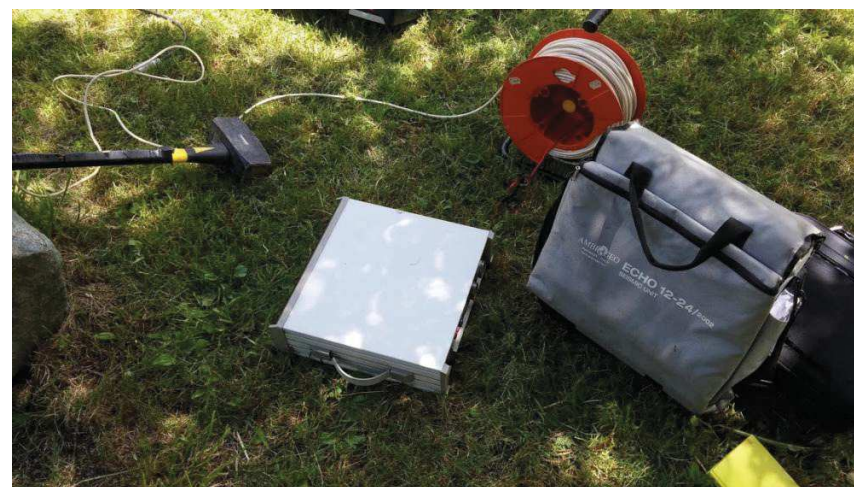


Figura 5 Strumentazione utilizzata

3.1.3. Geometria stese

La geometria utilizzata è caratterizzata da n°24 geofoni e n°9 scoppi, ubicati simmetricamente rispetto al centro, come evidenziato nella tabella sottostante non sono state apportate modifiche topografiche:

Geofono/scoppio	Ubicazione (m)	Quota (m s.l.m.)	Geofono/scoppio	Ubicazione (m)	Quota (m s.l.m.)
Posizione scoppio 1	0.00	0.00	Posizione scoppio 5	18.00	0.00
Geofono 1	0.75	0.00	Geofono 13	18.75	0.00
Geofono 2	2.25	0.00	Geofono 14	20.25	0.00
Geofono 3	3.75	0.00	Geofono 15	21.75	0.00
Posizione scoppio 2	4.50	0.00	Posizione scoppio 6	22.50	0.00
Geofono 4	5.25	0.00	Geofono 16	23.25	0.00
Geofono 5	6.75	0.00	Geofono 17	24.75	0.00
Geofono 6	8.25	0.00	Geofono 18	26.25	0.00
Posizione scoppio 3	9.00	0.00	Posizione scoppio 7	27.00	0.00
Geofono 7	9.75	0.00	Geofono 19	27.75	0.00
Geofono 8	11.25	0.00	Geofono 20	29.25	0.00
Geofono 9	12.75	0.00	Geofono 21	30.75	0.00
Posizione scoppio 4	13.50	0.00	Posizione scoppio 8	31.50	0.00
Geofono 10	14.25	0.00	Geofono 22	32.25	0.00
Geofono 11	15.75	0.00	Geofono 23	33.75	0.00
Geofono 12	17.25	0.00	Geofono 24	35.25	0.00
Posizione scoppio 5	18.00	0.00	Posizione scoppio 9	36.00	0.00

3.1.4. Metodologia elaborazione metodo tomografico

La procedura esecutiva dello stendimento sismico a rifrazione ha seguito una prassi standardizzata per permettere l'elaborazione dei dati con il metodo tomografico, tale procedura consiste nell'ubicare i punti di energizzazione simmetricamente rispetto al centro dello stendimento, in modo da avere una copertura dei raggi sismici sia in andata che in ritorno. In particolare nella realizzazione dell'indagine sono stati realizzati n°9 scoppi per ogni stesa sismica.

Ad energizzazione avvenuta i tempi di arrivo delle onde generate vengono registrati e visualizzati nel contempo, tramite il software specifico di acquisizione e gestione dei sismogrammi; tale metodologia permette un'analisi immediata della validità delle tracce sismiche ricavate ed una valutazione dell'eventuale "disturbo" del segnale primario, così da offrire, a discrezione dell'operatore, la possibilità di ripetere e/o integrare l'energizzazione per ottenere un segnale più chiaramente interpretabile. Il sistema infatti consente la sommatoria del segnale in seguito a più energizzazioni dallo stesso punto.

Successivamente alla fase di acquisizione è stato effettuato il picking dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche utilizzando il programma WINSISM 2013, i tempi ottenuti sono stati elaborati ed interpretati tramite il metodo delle tomografia sismica, utilizzando la metodologia di calcolo - G. S. A. O. (Generalized Simulated Annealing Optimization) con il programma SeisOpt 2v.

Il G.S.A.O. è un modello di calcolo che consente l'ottimizzazione non lineare dell'inversione dei tempi di primo arrivo delle fasi dirette e rifratte delle onde sismiche registrate durante una prospezione sismica superficiale a rifrazione.

Il vantaggio di tale tecnica è nell'assoluta indipendenza dal modello iniziale di velocità.

Le fasi di calcolo che vengono eseguite nel processo d'elaborazione dei dati, possono essere così sintetizzate:

Calcolo dei travel-time attraverso un modello iniziale di velocità e determinazione dell'errore minimo quadrato (E_0 = least-square error), tra il travel – time calcolato e quello osservato. Per ogni iterazione i è possibile definire il "least – square error" secondo la formula:

$$E_i = \frac{1}{N} \left[\sum_{j=1}^N (t_j^{obs} - t_j^{cal})^2 \right] \quad (1)$$

dove N è il numero di campioni, j denota ogni osservazione, e t^{obs} e t^{cal} sono rispettivamente il tempo osservato e calcolato.

Perturbazione del modello di velocità mediante l'inserimento di una costante di velocità casuale, mantenendo la non linearità del sistema, e calcolo del nuovo "least – square error" E_1 .

Determinazione della probabilità P di ammettere il nuovo modello (cioè che il modello sia accettabile):

$$P = 1; \quad E_1 \leq E_0 \quad (2)$$

$$P = P_c = \exp \left[\frac{(E_{min} - E_1)^q \Delta E}{T} \right]; \quad E_1 > E_0 \quad (3)$$

dove P_c è la probabilità di accettare la condizione, $\Delta E = E_0 - E_1$, q è una costante d'integrazione (che si determina empiricamente), ed E_{min} è il valore oggettivo della funzione dei minimi totali. Teoricamente si ha $E_{min} = 0$. L'equazione (2), media tutti i valori accettati dal nuovo modello, laddove l'errore minimo quadrato (least – square error) è minore nell'iterazione prevista. Ciò consente, durante l'inversione dei dati, di sfuggire dall'intorno dei minimi, andando alla ricerca del minimo globale.

Ripetizione delle inversioni fino al raggiungimento della convergenza richiesta tra la differenza dell'errore minimo quadrato ed il successivo modello e la probabilità di accettare nuovi modelli di velocità a minimo errore.

Nella elaborazione sono state effettuate correzioni topografiche.

3.1.5. Velocità delle onde elastiche nei terreni e nelle rocce

Poiché la velocità di propagazione delle onde sismiche dipende dalle caratteristiche meccaniche dei mezzi, è possibile associare dei range di valori di velocità ai diversi litotipi e ai fluidi che essi possono contenere. Al fine di meglio valutare i risultati ottenuti si riportano i range delle velocità delle onde P dei principali materiali desunti dalla bibliografia scientifica.

Rifiuti di discarica	200-800 m/s
Calcestruzzo	3000-3500 m/s
Basalti	5000-7000 m/s
Marmi	3800-7000 m/s
Gneiss	3500-7500 m/s
Graniti	4000-6000 m/s
Arenarie	2000-4500 m/s
Calcari	1800-6000 m/s

Lave	2500-4000 m/s
Terreni sedimentari profondi	3000-3500 m/s
Terreni alluvionali sciolti (superficiali)	400-2000 m/s
Argilla	1000-2900 m/s
Sabbia umida	1200-1800 m/s
Sabbia asciutta	300-1000 m/s
Terreno superficiale areato	100-500 m/s
Petrolio	1300-1400 m/s
Neve	350-3000 m/s
Acqua	1450-1500 m/s
Aria	330 m/s

Nei dati riportati è importante notare che i valori di velocità per ogni materiale possono variare in intervalli abbastanza ampi, al variare delle condizioni del materiale stesso (fatturazione, compattazione, presenza di fluidi, saturazione, stato tensionale, ecc...) e che i valori di velocità non identificano univocamente un particolare litotipo, ma che materiali diversi possono presentare analoghi valori di velocità di propagazione delle onde sismiche.

3.1.6. Elaborati indagine sismica a rifrazione

Per le stese realizzate vengono forniti i seguenti elaborati:

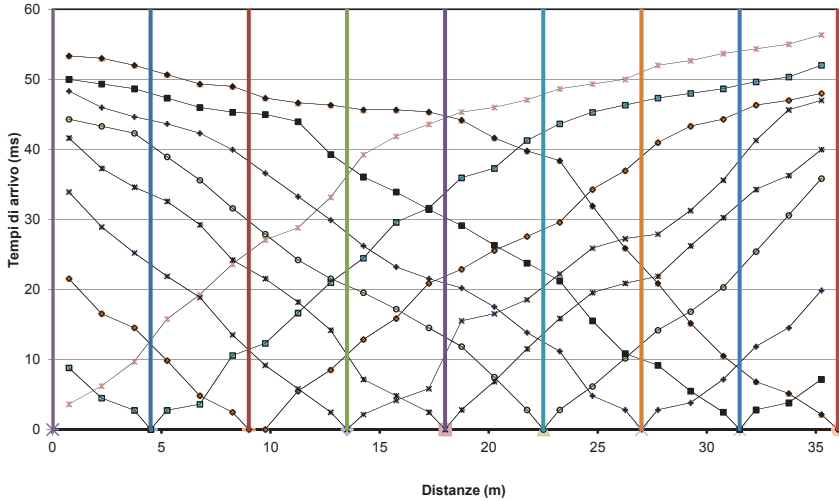
- 1. Tabella con tempi di primo arrivo;
- 2. Grafico delle dromocrone;
- 3. Profilo con distribuzione raggi sismici;
- 4. Profilo tomografico velocità sismiche;
- 5. Profilo interpretativo.

Gli ultimi tre si ritrovano nella tavola A3 relativa, al fondo della presente.

3.1.6.1 Tempi di primo arrivo tomografia onde P

	Shot 1	Shot 2	Shot 3	Shot 4	Shot 5
Geo. 1	3.60	8.81	21.54	33.93	41.63
Geo. 2	6.21	4.48	16.53	28.92	37.29
Geo. 3	9.68	2.74	14.52	25.23	34.61
Geo. 4	15.77	2.74	9.84	21.88	32.59
Geo. 5	19.25	3.60	4.82	18.87	29.25
Geo. 6	23.60	10.56	2.47	13.52	24.22
Geo. 7	27.07	12.30	0.00	9.17	21.54
Geo. 8	28.81	16.64	5.48	5.82	18.20
Geo. 9	33.15	20.98	8.50	2.47	14.18
Geo. 10	39.25	24.46	12.85	2.14	7.15
Geo. 11	41.86	29.59	15.85	4.15	4.82
Geo. 12	43.59	31.60	20.88	5.82	2.47
Geo. 13	45.33	35.95	22.88	15.52	2.80
Geo. 14	45.99	37.29	25.56	16.53	6.82
Geo. 15	47.06	41.29	27.57	18.54	11.51
Geo. 16	48.66	43.65	29.59	22.21	15.85
Geo. 17	49.34	45.31	34.27	25.90	19.54
Geo. 18	50.00	46.33	36.95	27.25	20.88
Geo. 19	52.02	47.33	40.97	27.90	21.88
Geo. 20	52.68	48.00	43.31	31.26	26.23
Geo. 21	53.68	48.66	44.31	35.61	30.26
Geo. 22	54.36	49.66	46.33	41.29	34.27
Geo. 23	55.02	50.34	47.00	45.65	36.27
Geo. 24	56.36	52.02	48.00	47.00	39.97

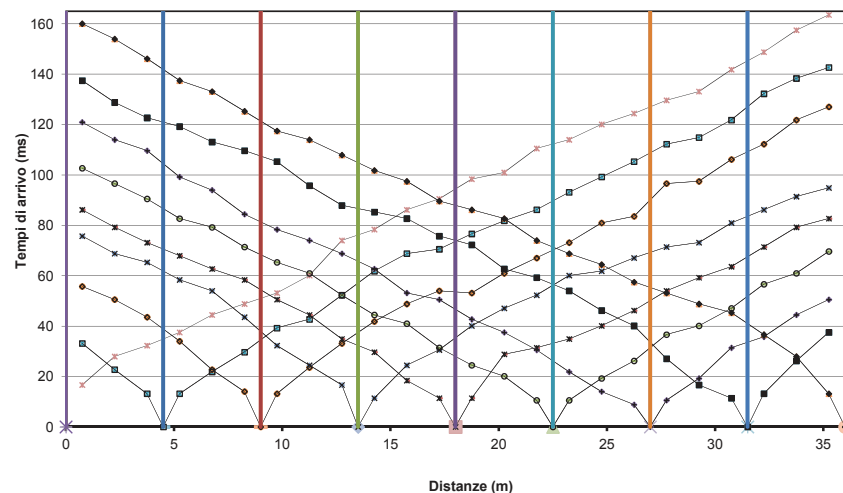
3.1.6.2 Grafico delle dromocrone tomografia onde P



3.1.6.3 Tempi di primo arrivo tomografia onde S

	Shot 1	Shot 2	Shot 3	Shot 4	Shot 5
Geo. 1	16.64	33.16	55.76	75.76	86.19
Geo. 2	27.95	22.73	50.55	68.80	79.23
Geo. 3	32.29	13.17	43.59	65.33	73.15
Geo. 4	37.51	13.17	34.03	58.37	67.93
Geo. 5	44.46	21.86	22.73	54.03	62.72
Geo. 6	48.81	29.69	14.03	43.59	58.37
Geo. 7	53.15	39.25	13.17	32.29	50.55
Geo. 8	60.11	42.72	23.60	24.47	44.46
Geo. 9	74.01	52.29	33.15	16.65	34.90
Geo. 10	78.36	61.84	41.86	11.43	29.69
Geo. 11	86.19	68.80	48.81	24.47	18.39
Geo. 12	90.52	70.54	54.02	30.56	11.43
Geo. 13	98.36	76.62	53.15	40.12	11.43
Geo. 14	100.97	81.83	60.97	47.07	28.82
Geo. 15	110.52	86.19	67.05	52.29	31.42
Geo. 16	114.00	93.13	73.15	60.11	34.90
Geo. 17	120.08	99.23	80.97	61.85	40.12
Geo. 18	124.44	105.30	83.58	67.06	46.20
Geo. 19	129.64	112.26	96.62	71.41	54.03
Geo. 20	133.13	114.87	97.48	73.15	59.24
Geo. 21	141.82	121.83	106.18	80.97	63.59
Geo. 22	148.77	132.25	112.26	86.19	71.41
Geo. 23	157.47	138.33	121.83	91.40	79.23
Geo. 24	163.55	142.69	127.04	94.88	82.71

3.1.6.4 Grafico delle dromocrona tomografia onde S

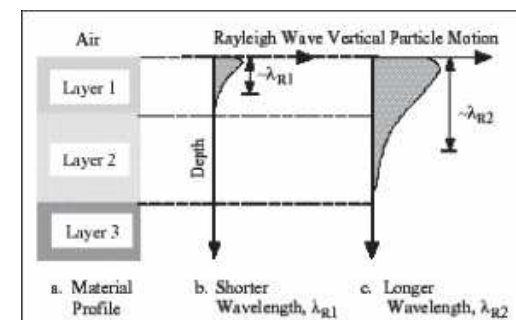


3.2. PROVA MASW

3.2.1. Note metodologiche

La prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagini non invasiva utile al calcolo del parametro Vs30 basata sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo



Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002):

1. la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica;
3. la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

3.2.2. Strumentazione utilizzata

Per la realizzazione di una stesa sismica MASW è stata utilizzata la stessa strumentazione della sismica a rifrazione.

In fase di elaborazione è stato utilizzato il Programma MASW2007.

3.2.3. Geometria stesa

Nello stendimento di sismica MASW sono state utilizzate le posizioni degli scoppi 1 e 9 della sismica a rifrazione. Per ogni postazione sono stati effettuati e registrati 3 scoppi.

3.2.4. Risultato indagine

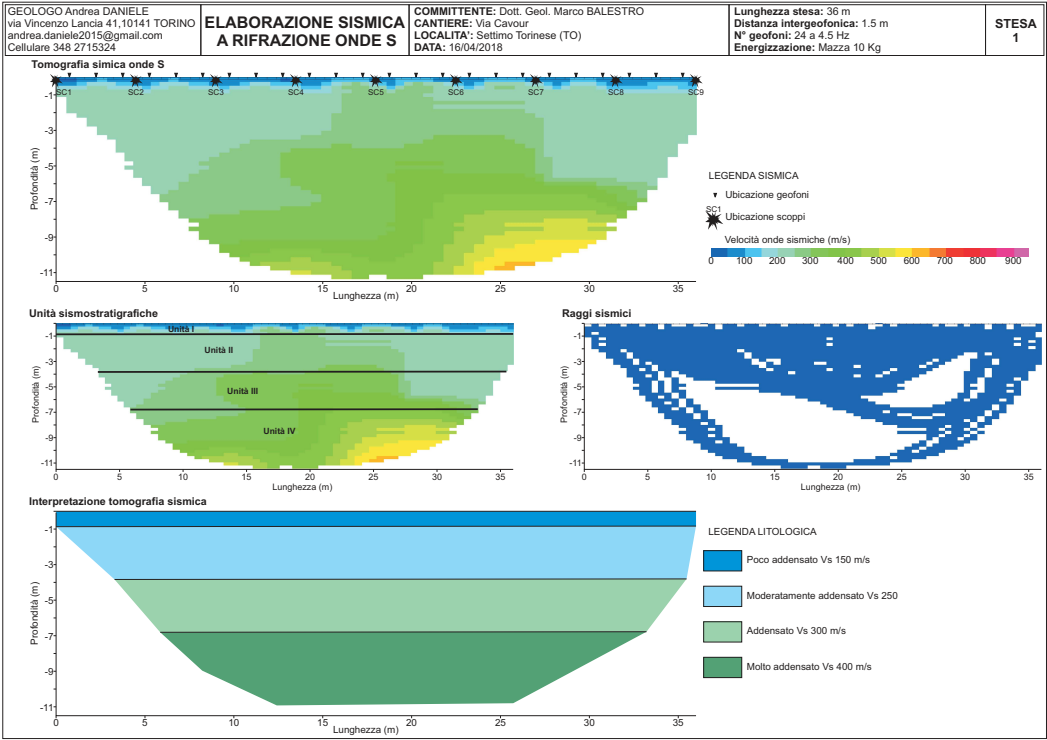
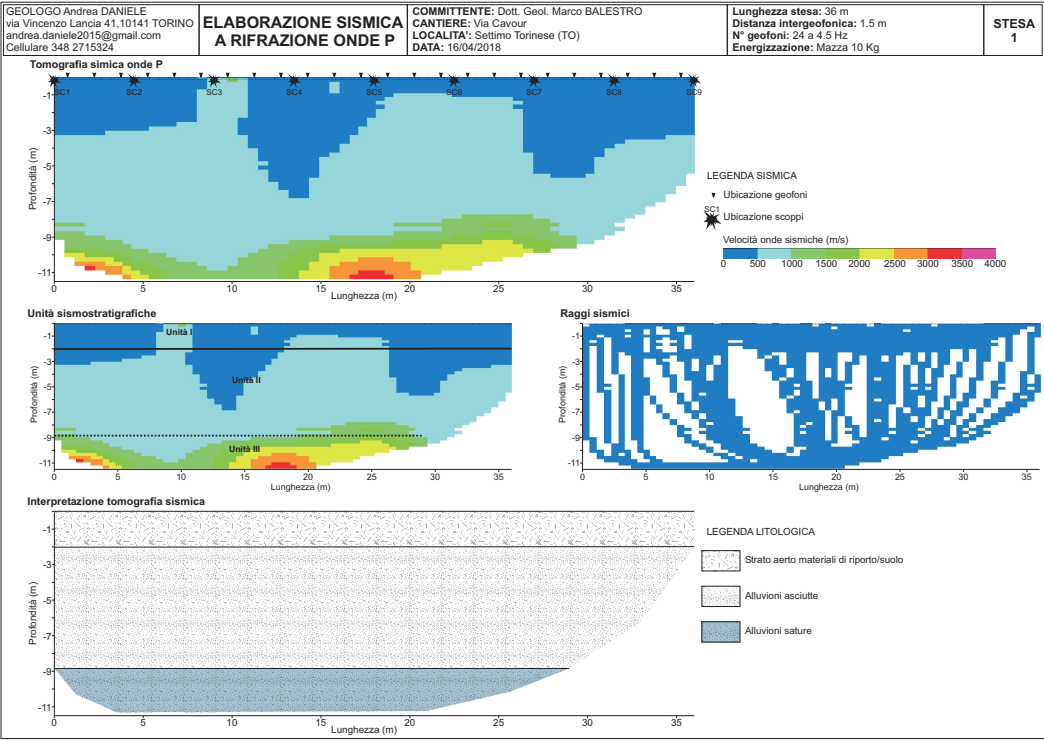
Nella Tavola A3 relativa alla prova MASW sono riportati i seguenti elaborati

- Tracce acquisizione;
- Curva di dispersione sperimentale;
- Curva di dispersione non elaborata;
- Curva di dispersione elaborata;
- Spettro;
- Calcolo V_{s30} .

4. CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Dai risultati ottenuti il sottosuolo indagato risulta verosimilmente attribuibile alla categoria **B**, così definita nella normativa sismica vigente:

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





ALLEGATO 2

Prova penetrometrica DIN 2 - Area QT4

GEA S.r.l.
Via Casale, 8
10015 Ivrea (TO)

Certificato: 070730

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- cantiere : PEC zona Qr4
- lavoro : Proponenti PEC
- località : Settimo T.se (To)

- data prova : 30/07/2007
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : 8.00 m da quota inizio
- data emiss. : 31/07/2007

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0.00 - 0.20	9	94.6	1	5.20 - 5.40	6	43.5	6
0.20 - 0.40	11	115.6	1	5.40 - 5.60	6	41.0	7
0.40 - 0.60	6	57.9	2	5.60 - 5.80	6	41.0	7
0.60 - 0.80	4	38.6	2	5.80 - 6.00	6	41.0	7
0.80 - 1.00	2	19.3	2	6.00 - 6.20	7	47.8	7
1.00 - 1.20	3	28.9	2	6.20 - 6.40	6	41.0	7
1.20 - 1.40	3	28.9	2	6.40 - 6.60	6	38.7	8
1.40 - 1.60	5	44.6	3	6.60 - 6.80	7	45.2	8
1.60 - 1.80	6	53.5	3	6.80 - 7.00	7	45.2	8
1.80 - 2.00	5	44.6	3	7.00 - 7.20	5	32.3	8
2.00 - 2.20	5	44.6	3	7.20 - 7.40	5	32.3	8
2.20 - 2.40	5	44.6	3	7.40 - 7.60	5	30.6	9
2.40 - 2.60	5	41.4	4	7.60 - 7.80	5	30.6	9
2.60 - 2.80	6	49.7	4	7.80 - 8.00	2	12.2	9
2.80 - 3.00	7	58.0	4	8.00 - 8.20	2	12.2	9
3.00 - 3.20	5	41.4	4	8.20 - 8.40	2	12.2	9
3.20 - 3.40	4	33.1	4	8.40 - 8.60	2	11.6	10
3.40 - 3.60	5	38.7	5	8.60 - 8.80	3	17.5	10
3.60 - 3.80	4	30.9	5	8.80 - 9.00	3	17.5	10
3.80 - 4.00	5	38.7	5	9.00 - 9.20	2	11.6	10
4.00 - 4.20	5	38.7	5	9.20 - 9.40	6	34.9	10
4.20 - 4.40	4	30.9	5	9.40 - 9.60	13	72.1	11
4.40 - 4.60	5	36.3	6	9.60 - 9.80	13	72.1	11
4.60 - 4.80	5	36.3	6	9.80 - 10.00	16	88.7	11
4.80 - 5.00	4	29.0	6	10.00 - 10.20	20	110.8	11
5.00 - 5.20	5	36.3	6	10.20 - 10.40	35	194.0	11



Prova DIN2: Elaborazione dell'istogramma penetrometrico

