

PROGETTAZIONE

SOGGETTI

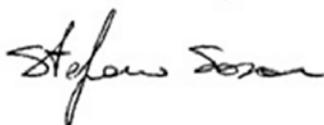
NORD MILANO CONSULT s.r.l.

Società d'ingegneria
IL DIRETTORE TECNICO
(dott. arch. Michela Di Mento)



STUDIO ASSOCIATO GREENLINE

(dott. arch. Stefano Sozzani)



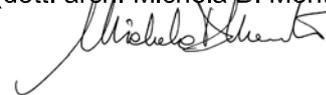
RESPONSABILI

PROGETTISTI

(dott. ing. Caterina Aliverti)

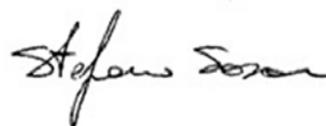


(dott. arch. Michela Di Mento)



COORDINATORE IN MATERIA DI SICUREZZA E DI SALUTE IN FASE DI PROGETTAZIONE

(dott. arch. Stefano Sozzani)



REV.	DATA	DIS.	CONTR.	APPR.	DESCRIZIONI REVISIONI
------	------	------	--------	-------	-----------------------

Stazione appaltante:



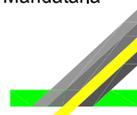
Comune di Carpignano Sesia
Provincia di Novara

Oggetto:

LAVORI DI REALIZZAZIONE ARGINE IN SINISTRA DEL FIUME SESIA - 1° LOTTO FUNZIONALE
RIGUARDANTE LA SISTEMAZIONE E RIPRISTINO DELLE DIFESE SPONDALI
CON FORMAZIONE DI MICROPELLENTI A PROTEZIONE DEL CORPO ARGINALE

Fase progettuale	PROGETTO ESECUTIVO	Allegato n.	2.2	Disegno n.	43785
		Scala		//	
Titolo	Relazione geologica e geotecnica	Data	MAGGIO 2017		

RTP
Mandataria



NORD
MILANO
CONSULT

21052 BUSTO ARSIZIO (VA)
via Bruno Raimondi, 5
tel. 0331/636702 - fax. 0331/636713
e-mail: segreteria@normil.com

Mandante

28100 NOVARA
Via Cairoli n°4
tel. 0321/613030 - fax. 0321/36660
e-mail: info@studiogreenline.it



PROGETTAZIONE

SOGGETTI

NORD MILANO CONSULT s.r.l.

Società d'ingegneria
IL DIRETTORE TECNICO
(dott. arch. Michela Di Mento)



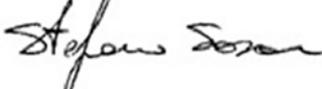
DOTT. ARCH. STEFANO UBOLDI

(dott.arch. Stefano Uboldi)



STUDIO ASSOCIATO GREENLINE

(dott. arch. Stefano Sozzani)



GEOAMBIENTE

Studio geologia Rogate
(dott. geol. Petra Rogate)



RESPONSABILI

PROGETTISTI

(dott. ing. Caterina Aliverti)

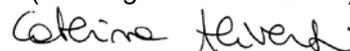


(dott. arch. Michela Di Mento)



PROGETTISTA DELLE OPERE IN C.A.

(dott. ing. Caterina Aliverti)



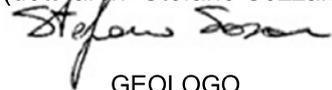
PROGETTISTA

(dott.arch. Stefano Uboldi)



COORDINATORE IN MATERIA DI SICUREZZA E DI SALUTE IN FASE DI PROGETTAZIONE

(dott. arch. Stefano Sozzani)



GEOLOGO

(dott. geol. Petra Rogate)



REV.	DATA	DIS.	CONTR.	APPR.	DESCRIZIONI REVISIONI

Stazione appaltante:



Comune di Carpignano Sesia
Provincia di Novara

Oggetto:

**LAVORI DI REALIZZAZIONE ARGINE IN SINISTRA
DEL FIUME SESIA - 1° LOTTO**

Fase progettuale	Allegato n.	Disegno n.
		Scala
Titolo	Data	

PROGETTO DEFINITIVO	2.2	42511
Relazione geologica e geotecnica	Aprile 2015	//

RTP Mandataria



NORD
MILANO
CONSULT
21052 BUSTO ARSIZIO (VA)
via Bruno Raimondi, 5
tel. 0331/636702 - fax. 0331/636713
e-mail: segreteria@normil.com

Mandante



28100 NOVARA
Via Cairoli n°4
tel. 0321/613030 - fax. 0321/36660
e-mail: info@studiogreenline.it

Mandante



arch. stefano uboldi
21043 CASTIGLIONE OLONA (VA)
Via C. Battisti n°13
tel. 335/6690887
e-mail: stefano.uboldi@gmail.com

Mandante



28100 NOVARA
Via Gnifetti n° 23
Tel./Fax: 0321.612474 - Cell: +39 338 3764777
e-mail: geoambiente.progate@tiscali.it



Comune di Carpignano Sesia
Provincia di Novara

LAVORI DI REALIZZAZIONE ARGINE IN SINISTRA DEL FIUME SESIA

1° LOTTO

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica e geotecnica

Aprile 2015

INDICE

PREMESSA.....	3
2. LINEAMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DELL'AREA.....	4
2.1 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI GENERALI.....	4
2.1.1 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL'AREA.....	6
2.2 IDROGEOLOGIA.....	7
2.3 IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	9
3. INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO - MODELLO GEOTECNICO LOCALE.....	9
3.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO.....	10
3.2 STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.).....	11
3.3. PERMEABILITA' – PROVE LEFRANC.....	12
3.4 PIEZOMETRO.....	14
4. INDAGINE SISMICA.....	15
4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E SPECIFICHE DI INDAGINE.....	15
4.2 UBICAZIONE INDAGINE SISMICA ED ELABORAZIONE DATI.....	17
4.3 PROFILO DI VELOCITA' E VALUTAZIONE DEL PARAMETRO VS30.....	18
5. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA.....	19
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	20
7. ANALISI DI STABILITA'.....	21
7.1 METODI DELL'EQUILIBRIO LIMITE – METODO DI SPENCER.....	21
7.2 RISULTATI DELLE VERIFICHE DI STABILITA'.....	23

ALLEGATI

PREMESSA

La presente relazione espone lo studio geologico-geotecnico ed i risultati delle indagini geognostiche condotte in sito, relativo alla progettazione definitiva degli interventi di risistemazione spondale di un tratto del fiume Sesia.

Le opere in progetto, relative al Lotto 1, saranno realizzate nel territorio comunale di Carpignano Sesia (NO), in sponda sinistra idrografica del Fiume Sesia, e riguarderanno la risagomatura ed il ringrosso di un tratto del corpo arginale, per una lunghezza complessiva di circa 1.300 m.

Lo studio è stato svolto con lo scopo di descrivere la zona di intervento da un punto di vista geologico, litostratigrafico, idrogeologico e di fornire una modellizzazione geotecnica locale.

La presente relazione è redatta in ottemperanza al D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche sulle costruzioni" ed alla circolare esplicativa n. 617 del 2 febbraio 2009.

La ricostruzione dell'assetto geomorfologico e litostratigrafico preliminare dell'area intervento è stata condotta sulla base dell'esame dei dati bibliografici e cartografici esistenti, su sopralluoghi ed indagini dirette in sito.

Lo studio è stato così articolato:

- Sopralluoghi di campagna finalizzati alla comprensione dei luoghi ed alla evidenziazione degli aspetti e zone maggiormente critiche.
- Raccolta e consultazione della documentazione disponibile:
 1. Elaborati geologici a corredo del P.R.G. comunale, redatti dal dott. Geol. Romano Gaetano di Vercelli, datati 2008 e 2009, con relative note ed osservazione della Regione Piemonte;
 2. Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, datato 2005;
 3. Cartografia tematica Web Gis Arpa Piemonte.
- Definizione del modello geotecnico locale:
 1. Indagini geognostiche in sito mediante esecuzione di due sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT in foro e prove di permeabilità Lefranc in foro;
 2. Indagine con stendimento sismico per definizione categoria sismica dei suoli e tomografia sismica del sottosuolo.

Il sito ha riscontro nelle seguenti tavole della cartografia ufficiale:

- Carta Tecnica Regionale, scala 1:10.000, Fogli 116010 e 116050
- Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000, Foglio N. 43 "Biella".

2. LINEAMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DELL'AREA

2.1 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI GENERALI

Tale aspetto è stato trattato ampiamente nella relazione geologica a corredo del Progetto Preliminare, alla quale si rimanda per eventuali approfondimenti.

In questa sede se ne riassumono i caratteri salienti.

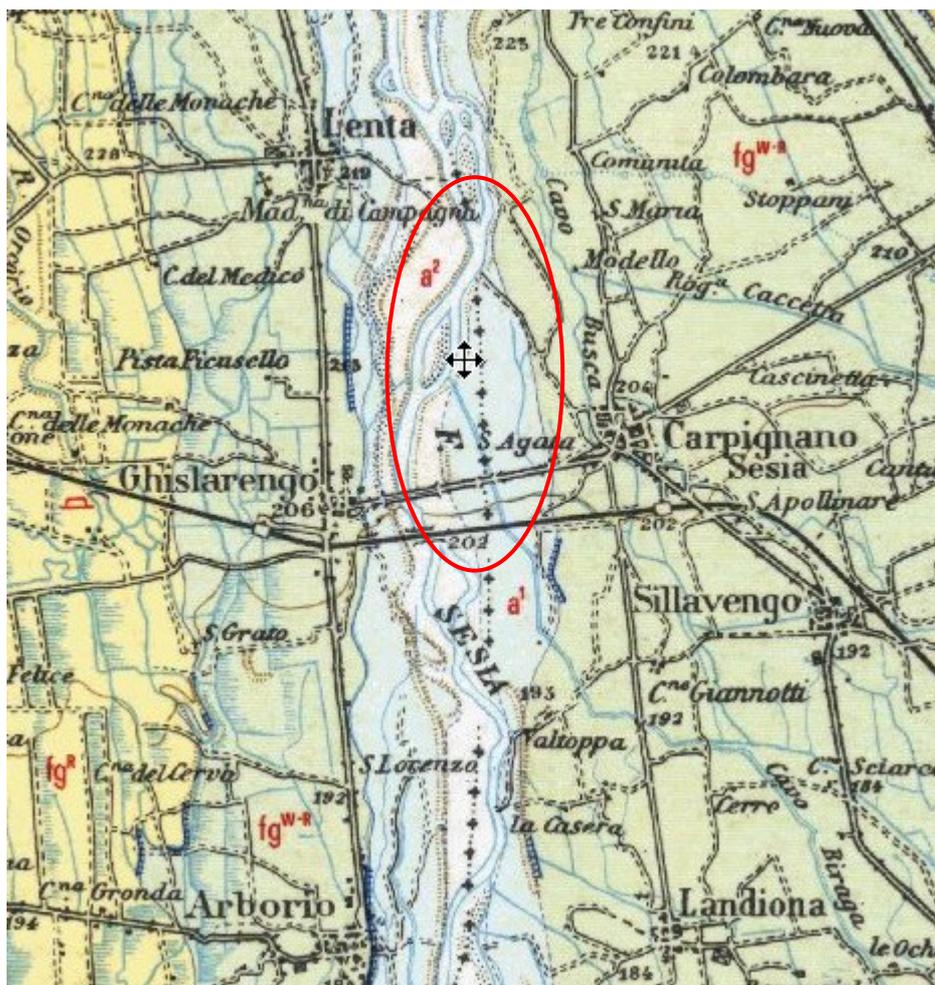
Per quanto riguarda la cartografia geologica, l'intero territorio comunale ricade nel Foglio n° 43 "Biella" della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000.

L'evoluzione morfologica del territorio provinciale è connessa alla successione dei fenomeni conseguenti all'attività fluvio glaciale quaternaria, fenomeni che hanno comportato ingenti azioni di erosione e di deposito di materiale detritico.

Il Quaternario alpino e prealpino è stato caratterizzato dalle grandi glaciazioni che, secondo la terminologia tradizionale, venivano divise in Gunz, Mindel, Riss e Würm, procedendo cronologicamente verso la più recente.

La glaciazione gunziana non è presente nel territorio provinciale; il cordone morenico più antico rilevato, cioè quello del Pleistocene inferiore-medio, si è spinto sino al limite del comune di Mezzomerico, testimoniando le tracce della sua massima avanzata glaciale nei rilievi fortemente alterati e pedogenizzati.

I massimi glaciali successivi sono stati meno imponenti del precedente, tant'è vero che i rispettivi cordoni morenici non si spingono mai più a sud dei precedenti e vanno dunque ad individuare le cerchie moreniche più interne (più settentrionali), costituendo i rilievi tra Veruno-Agrate, a sud, e l'incile del Lago Maggiore.



Stralcio Foglio n° 43 "Biella" della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000.

Negli intervalli interglaciali le aree dell'alta e media pianura sono state modellate e solcate dalle acque di fusione glaciale; i corsi d'acqua, che ad ogni periodo interglaciale percorrevano l'intera pianura andavano depositando sedimenti di tipico ambiente alluvionale: ghiaie, sabbie e subordinatamente lenti di materiale fine, limoso argilloso.

Per quanto riguarda la porzione meridionale del territorio provinciale, sono prevalenti i depositi in facies fluvioglaciale, formanti vari ordini di terrazzi, con assetto allungato in direzione Nord Sud: i più antichi presentano alla sommità spesse coltri pedogenetiche fortemente alterate.

Esse sono ben evidenti nella porzione meridionale del territorio comunale di Novara, nei rilievi collinari di Fara, Briona e Barengo in quelli di Bellinzago ed Oleggio, Marano, nei settori meridionali di Divignano e Bogogno.

2.1.1 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL'AREA

Sul territorio del Comune di Carpignano Sesia si riconoscono unicamente depositi continentali quaternari, di natura fluvioglaciale e fluviale, distinti in:

- *alluvioni fluviali recenti ed attuali (Olocene)*
- *alluvioni fluvioglaciali e fluviali del Würm*
- *alluvioni fluvioglaciali del Würm-Riss.*

Le alluvioni fluvioglaciali e fluviali recenti ed attuali (Olocene) sono costituite prevalentemente da ghiaie ciottolose in matrice sabbiosa. Tali depositi si rilevano nel settore occidentale del territorio comunale, lungo il corso del F. Sesia.

L'analisi geomorfologica a scala locale permette di collocare l'area oggetto del presente progetto preliminare entro questi depositi.

I depositi fluvioglaciali e fluviali würmiani (Pleistocene superiore), formati prevalentemente da ciottoli e ghiaie in matrice sabbioso-limosa, rappresentano l'episodio che ha preceduto il ritiro definitivo dei ghiacciai. Tali depositi si rilevano in una fascia di terreno, estesa alcune centinaia di metri, ricorrente ad Est dei depositi olocenici.

Le alluvioni fluvioglaciali del Würm-Riss (Pleistocene superiore) risultano costituite prevalentemente da ghiaie, con uno strato di alterazione brunastro, talora giallastro, di ridotto spessore.

L'assetto del territorio comunale di Carpignano Sesia è quello di una superficie sub pianeggiante, debolmente degradante da Nord verso Sud. Ad ovest è netta l'incisione del Fiume Sesia nei sedimenti che costituiscono la pianura; tale incisione è stata prodotta dall'attività erosiva fluviale, testimoniata dai terrazzamenti disposti subparallelamente all'andamento del corso d'acqua.

2.2 IDROGEOLOGIA

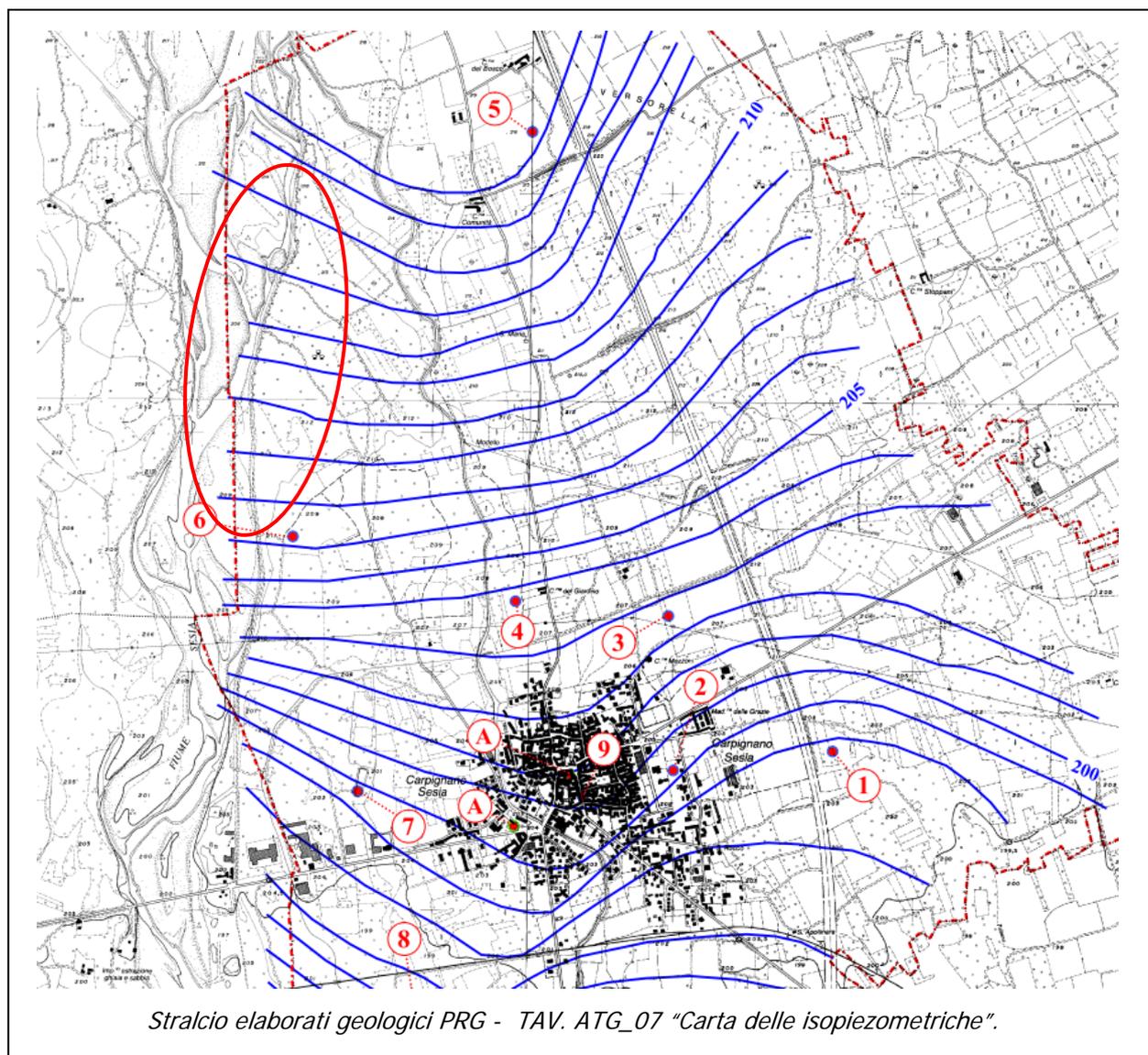
L'assetto idrogeologico è strettamente connesso alla sua caratterizzazione litostratigrafica e può essere schematizzato come segue, ai sensi delle nuove considerazioni definite dalla D.G.R. n.34-11524 del 3 giugno 2009 e suo aggiornamento D.D. 900 del dicembre 2012:

- Acquifero superficiale a falda libera, alimentato direttamente dalle precipitazioni meteoriche ed in diretta connessione con i corsi d'acqua superficiali. Costituito da ghiaie e sabbie a scarsa frazione limoso-argillosa associabili alla successione continentale würmiano rissiana (Complesso dei Depositi Grossolani Fluviali), potente circa 30-35 m.
- Acquiferi profondi, presenti alla base del precedente, sono costituiti dai seguenti complessi idrogeologici sovrapposti:
 - Complesso delle Alternanze Fluviali: formato da ghiaie e sabbie moderatamente alterate in matrice limoso-argillosa, associabile ai depositi fluvioglaciali mindeliani delimitato a tetto da un livello argilloso che lo isola dalla sovrastante falda freatica. Può essere definito come un acquifero monostrato multifalda, simile quello che nella bibliografia specifica dell'area lombarda viene descritto come acquifero tradizionale;
 - Complesso delle Alternanze Villafranchiane: rilevabile a profondità superiori di circa 90 m da pc, risulta costituito da un'alternanza di sabbie e argille e locali lenti ghiaiose, con spessore variabile da metrico a decametrico; l'unità è sede di un multiacquifero, con flussi generalmente confinati negli intervalli ghiaioso- sabbiosi.

Dall'analisi degli elaborati del P.R.G. comunale Tav.ATG_07 "Carta delle Isopiezometriche", redatta dal dott.geol. Gaetano Romano di Vercelli, si evidenzia un flusso generale diretto verso Sud Sud Est, nella porzione settentrionale dell'abitato, con una chiara azione di alimentazione da parte del Fiume Sesia.

Nella porzione centrale e meridionale del territorio comunale la direzione prevalente del flusso mostra una deviazione verso Sud Sud Ovest, impostando un ruolo drenante da parte dell'asta fluviale.

La quota media del livello freatico nell'area di intervento è compresa tra circa 213,0 m s.l.m., nella porzione settentrionale (da CTR quota piano campagna argine 218,0 m sl.m.), e circa 206,0 m sl.m., nella porzione meridionale da CTR quota piano campagna argine circa 211,0 m sl.m.).



In data 4 agosto 2014 si è misurato il livello freatico entro i piezometri di proprietà della Ditta SCAPA Italia S.p.A.. I livelli medi di soggiacenza della falda sono risultati pari a circa 3,5 - 4,0 m da p.c..

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, condotti nel periodo 9-11 marzo 2015 il livello di falda è stato rilevato alla profondità di 7,1 m da p.c. (piano argine) nel sondaggio S1 ed a circa 6,5 m da p.c. (piano argine) nel sondaggio S2.

2.3 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il reticolo idrografico del comune di Carpignano è dettato dal F.Sesia, che delimita il confine ovest con il comune di Ghislarengo.

Oltre al suddetto corso idrico principale, il reticolo idrografico comunale è composto dalla Roggia Busca, e da un suo ramo secondario, e dalla Roggia Biraga.

Si rimanda alla relazione geologica del progetto preliminare per un inquadramento generale ed agli specifici studi idraulici a corredo del progetto definitivo.

3. INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO - MODELLO GEOTECNICO LOCALE

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalla realizzazione dell'intervento e per la definizione del modello geotecnico locale, nel mese di marzo 2015, sono state condotte le seguenti indagini in sito:

- Due sondaggi meccanici a carotaggio continuo spinti alla profondità di 20,0 m dal piano campagna;
- Prove SPT in foro di sondaggio;
- Prove Lefranc in foro di sondaggio;
- Stendimento MASW, con tomografia sismica.

L'ubicazione delle indagini condotte è cartografata nell'allegata tavola n.1.

3.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

I due sondaggi sono stati realizzati a rotazione a carotaggio continuo con diametro di perforazione 101 mm e diametro di rivestimento 127 mm.

Il materiale raccolto durante le operazioni di carotaggio è stato disposto in apposite cassette catalogatrici in PVC predisposte per l'alloggiamento di terreni sciolti e carote per una lunghezza di 5 m di sondaggio suddivisa in tratti da 1 m depositati in luogo riparato, presso il Comune di Carpignano Sesia.

Sondaggio S1

Prof. Base Strato (m)	Litologia
3,0	Ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata e Sabbia, con ciottoli (diametro max >10 cm). Molto addensata. Colore grigio
4,0	Sabbia medio grossolana, ghiaia eterometrica e ciottoli. Molto addensata. Colore grigio.
11,8	Ghiaia e Sabbia eterometrica, poligenica, subarrotondata e ciottoli (diametro max >10 cm). Molto addensata. Colore grigio
12,3	Ciottoli e ghiaia sabbiosa in matrice fine limosa. Colore ocra
17,0	Ghiaia e ciottoli poligenici, subarrotondati molto alterati (fantasmi di ciottoli) e noduli argillosi in matrice fine, da sabbiosa ad argillosa. Mediamente addensata. Colore ocra.
19,0	Ciottoli (diam. max 4-5 cm) non alterati o poco alterati in matrice sabbiosa compatta (quasi cementata). Colore giallo chiaro.
21,0	Sabbia medio fine argillosa con pochi ciottoli. Molto addensata. Colore ocra.

Sondaggio S2

Prof. Base Strato (m)	Litologia
12,0	Ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata e Sabbia, con ciottoli (diametro max >10 cm). Molto addensata. Colore grigio
15,0	Ciottoli eterometrici, poligenici, subarrotondati (diam. max >10 cm) non alterati e ghiaia in rara matrice sabbiosa. Colore grigio.
16,0	Ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata sabbiosa e ciottoli (diam. max 7-8 cm). Molto addensata. Colore grigio..
20,0	Sabbia grossolana e ghiaia con ciottoli eterometrici, poligenici, subarrotondati molto alterati, in abbondante matrice argillosa. Noduli ed addensamenti argillosi. Molto addensata. Colore oca.

3.2 STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite 5 prove S.P.T. per foro, a diverse profondità per caratterizzare il più uniformemente possibile il sottosuolo.

SONDAGGIO	PROFONDITÀ (M DA P.C.)	VALORI S.P.T.	N _{SPT}
S1	3,0	26-31-R7	>100
	6,0	R13	>100
	10,0	39-R10	>100
	15,0	10-10-14	24
	20,0	17-23-29	52
S2	3	11-14-19	33
	6	41-R12	>100
	10	R14	>100
	15,0	R10	>100
	20,0	34-40-45	85

Per l'esecuzione delle prove S.P.T. È stata impiegata una attrezzatura con caratteristiche conformi alle norme ASTM 1586/67 "Penetration test and split barrel sampling of soils" come di seguito definita:

- lunghezza totale campionatore tipo Raymond 685 mm;
- diametro interno 35 mm;
- peso totale 7 Kg;
- dispositivo automatico di percussione con maglio da 63,5 kg;
- altezza di caduta 76,2 cm.

Durante l'esecuzione delle prove sono stati contati i colpi del maglio necessari ad infiggere il campionatore di tre tratti consecutivi di 15 cm di lunghezza. Ai fini delle prove viene considerato il valore N_{spt} dato dalla somma dei colpi degli ultimi due tratti.

La prova veniva sospesa quando per il primo tratto di avanzamento di 15 cm si superavano i 50 colpi; superato il tratto di avviamento il campionatore veniva infisso per un secondo tratto di 30 cm, contando separatamente il numero dei colpi necessari per la penetrazione dei primi e dei secondi 15 cm fino al limite di 100 colpi; in tal caso si annotava il rifiuto alla penetrazione (R) e la penetrazione ottenuta, espressa in cm.

3.3. PERMEABILITA' – PROVE LEFRANC

Nei sondaggi S1 e S2 è stata eseguita una prova di permeabilità (tipo Lefranc) rispettivamente a carico variabile e costante alla profondità di 4,50 e 6,0 metri da piano campagna.

Le prove in foro di sondaggio permettono di determinare la permeabilità di terreni al di sopra o al di sotto del livello di falda. Possono essere eseguite durante la trivellazione del foro a diverse profondità oppure alla fine della trivellazione sul solo tratto terminale.

Le prove si dividono in prove a carico costante o a carico variabile.

Le prove a carico costante si eseguono misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro, in condizioni di regime costante. Se eseguite nel terreno al di sopra del livello di falda è necessario saturare preventivamente il terreno in modo da stabilire un regime di flusso permanente.

Nel calcolo della permeabilità mediante le Raccomandazioni A.G.I. (1977), il coefficiente di

permeabilità è dato dalla: $k = \frac{q}{mh}$

con

q = portata immessa;

h = livello dell'acqua in foro. Per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro.

m = coefficiente di forma = 2,85D

con D= diametro del foro

Le prove a carico variabile al di sopra del livello di falda sono dette anche prove di abbassamento; in questo caso il terreno deve essere preventivamente saturato. Le prove di abbassamento si eseguono riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello.

Nel calcolo della permeabilità mediante le Raccomandazioni A.G.I. (1977), per le prove a carico variabile il coefficiente di permeabilità è dato dalla:

$$k = \frac{A}{C_L(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

con

A = area di base del foro di sondaggio;

h1 e h2 = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t1 e t2;

t1 e t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2;

CL = coefficiente di forma dipendente dell'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.

Per il coefficiente CL sono suggeriti i seguenti valori:

$$L \gg d \quad C_L = L$$

$$L \leq d \quad C_L = 2\pi d + L$$

dove L è la lunghezza del tratto di foro scoperto e d il diametro del foro.

I risultati sono stati riassunti nella tabella seguente:

Sondaggio	Profondità esecuzione prova m da p.c.	Litologia prevalente	Coefficiente permeabilità media K (m/s)
S1	4,5	Ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata e Sabbia, con ciottoli (diametro max >10 cm). Molto addensata. Colore grigio . Sopra Falda.	$1,65 * 10^{-5}$

S2	6,0	Ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata e Sabbia, con ciottoli (diametro max >10 cm). Molto addensata. Colore grigio. Prossimità frangia capillare falda.	$6,85 \cdot 10^{-4}$
----	-----	---	----------------------

L'ordine di grandezza dei coefficienti di permeabilità desunti dalle prove è tipico dei depositi incoerenti sabbiosi, da sabbioso siltosi per quanto concerne i valori medi della prova nel sondaggio S1 sopra falda, mentre prettamente sabbiosi per la prova eseguita nel sondaggio S2, in prossimità della frangia capillare.

3.4 PIEZOMETRO

Al fine di determinare la presenza del livello freaticometrico nel sottosuolo si è provveduto ad installare nei sondaggi S1 una tubazione piezometrica a tubo aperto D. 2" in PVC, al termine della perforazione, completando l'intercapedine tra tubazione e parete del foro mediante l'interposizione di ghiaietto siliceo nel tratto microfessurato, di bentonite pellettizzata e boiacca cemento-bentonite fino a piano campagna, in corrispondenza del tratto cieco.

Livello falda in m da piano campagna:

SONDAGGIO	09/03/15	11/03/15
S1	7,20	7,10

4. INDAGINE SISMICA

4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E SPECIFICHE DI INDAGINE

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità DoReMi). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (surface waves multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, può essere suddiviso in tre fasi:

- Acquisizione (Figura 1);
- Elaborazione (Figura 4);
- Inversione (Figura 5).

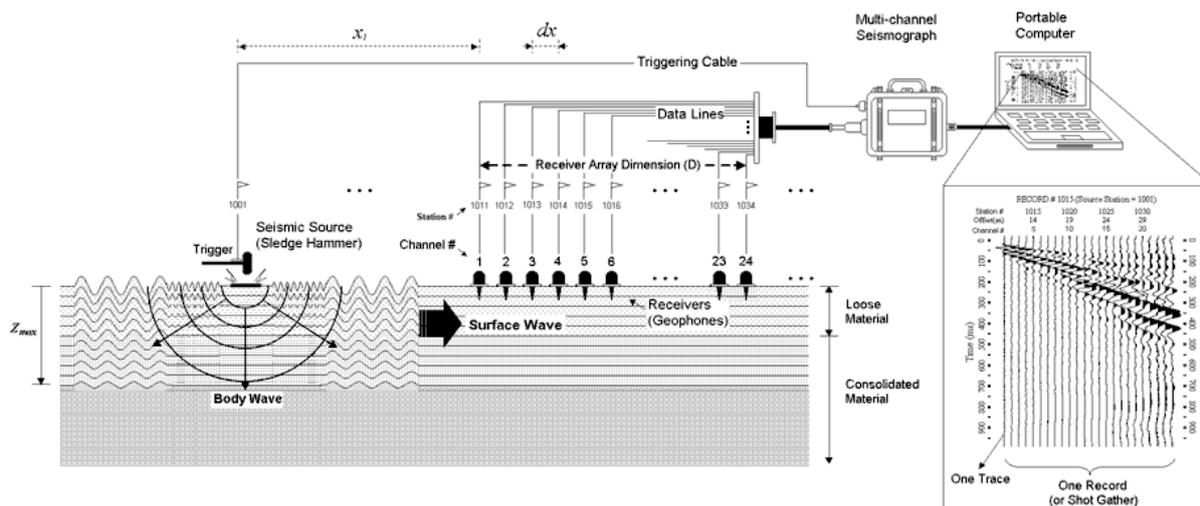
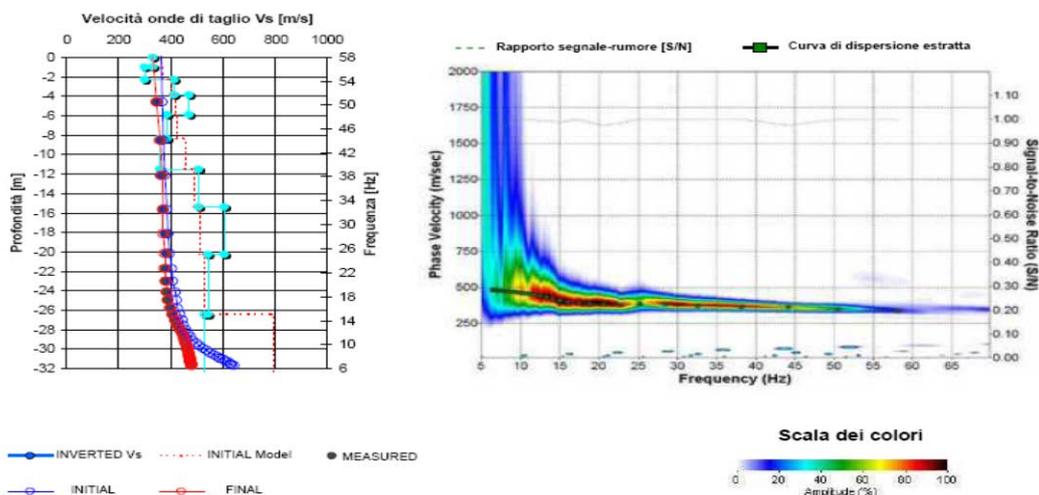


FIG. 1 - SCHEMA DI ACQUISIZIONE DATI MASW

FIGURA 2 MODELLO DI PROPAGAZIONE
DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE VSFIGURA 3 CURVA DI DISPERSIONE DELLA VELOCITÀ VS IN
FUNZIONE DELLA FREQUENZA E DELLA VELOCITÀ DI FASE

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza.

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di

ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_R , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori (V_R, f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 3). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica).

Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 2).

4.2 UBICAZIONE INDAGINE SISMICA ED ELABORAZIONE DATI

L'indagine è stata ubicata in una porzione baricentrica del tratto oggetto di intervento, lungo il piede dell'arginatura verso il lato campagna.

Lo stendimento è stato realizzato posizionando 24 geofoni a 4.5 Hz equispaziati di 2,0 m, per un totale di 48 m di linea.

I dati acquisiti sono stati elaborati con un software specifico che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

4.3 PROFILO DI VELOCITA' E VALUTAZIONE DEL PARAMETRO VS30

L'analisi dei profili stratigrafici, riportati in Figura 4, derivante dai dati ottenuti in sito (Allegato A), evidenzia la presenza di nove livelli sismici principali, correlabili ad altrettanti strati geolitologici:

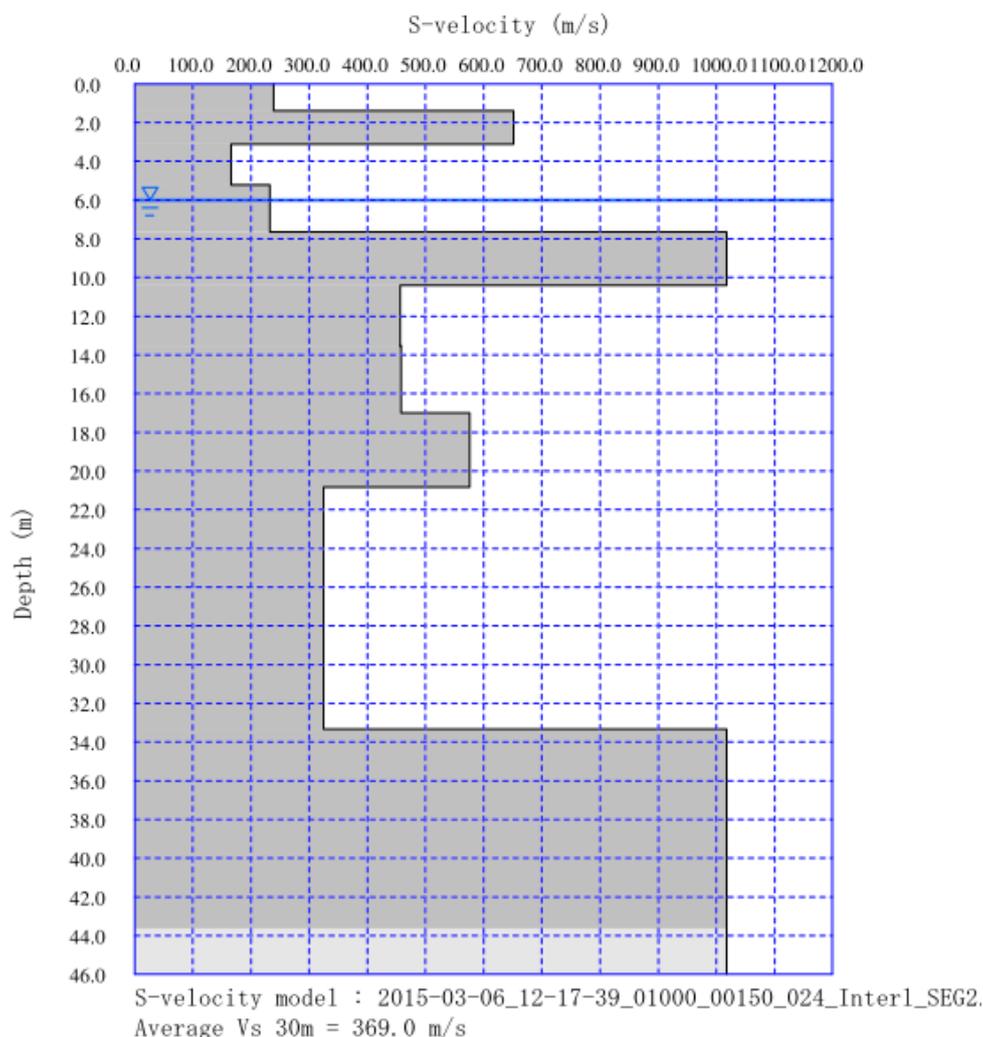


Figura 4 - Profilo Vs

1. un livello molto superficiale, fino a circa 1 m di profondità, con V_s pari a circa 220 m/s consistente nel terreno coltivato poco addensato;
2. un livello fino a circa 3 m di profondità, con V_s medie pari a 550 m/s consistente in depositi ghiaioso sabbiosi e ciottolosi addensati;
3. un livello fino a circa 5 m di profondità, con V_s medie pari a 210 m/s consistente in depositi sabbiosi a matrice fine, poco addensati;
4. un livello presumibilmente sabbioso ghiaioso, esteso sino a 7,0 m di profondità caratterizzato da valori di velocità V_s medie pari a circa 250 m/s.
5. un livello esteso sino a circa 10 m di profondità, con V_s molto elevate, comprese tra 700 e

- 1200 m/s consistente in depositi ghiaioso-ciottolosi molto addensati;
6. il sesto strato è esteso sino a circa 20 m di profondità e presenta V_s medie pari a 450 m/s consistente in depositi sabbiosi ghiaiosi mediamente addensati;
 7. il settimo strato sismico individuato si estende sino a circa 33 m, con V_s medie pari a 320 m/s ragionevolmente consistente in depositi con una componente della matrice fine limoso argillosa;
 8. l'ottavo e l'ultimo strato sismico, che si spingono a profondità superiori ai 30-33 m, mostrano velocità delle onde sismiche con valori massimi di circa 1200-1300 m/s. Tali velocità sono rappresentative di un deposito ghiaioso-ciottoloso estremamente addensato.

I valori di V_{s30} calcolati al piano campagna sono pari a 369 m/s: pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "B".

5. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

I risultati delle indagini condotte, comprese quelle svolte nella fase preliminare, hanno consentito di sviluppare un modello geolitologico e geotecnico che può essere schematizzato nella sezione allegata e che evidenzia:

- un'unità costituita prevalentemente da Ghiaie e Sabbie con ciottoli eterometrici non alterati, molto addensata, estesa sino a circa 8,0 -10,0 m dal piano della campagna; la permeabilità di questi materiali è variabile tra $k=1,65 \cdot 10^{-5}$ m/s a $k=6,85 \cdot 10^{-4}$ m/s. Tali materiali sono sede di una falda freatica, la cui soggiacenza è variabile in funzione del regime fluviale e stagionale.
- un'unità costituita prevalentemente da Sabbie e Ghiaie con ciottoli molto alterati e noduli di argilla, in abbondante matrice argillosa, da mediamente addensati ad addensati. Tale unità raggiunge la profondità compresa tra circa 15,0 e 20,0 m dal piano della campagna.
- un'unità prettamente argillosa, rilevata solo dalle indagini sismiche ed elettriche, estesa sino alla profondità di oltre 30,0 m.

Questa unità argillosa poggia su depositi presumibilmente ghiaioso ciottolosi estremamente addensati, rilevati solo dall'indagine sismica.

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

L'analisi e l'elaborazione dalle indagini di terreno ha consentito di formulare il Modello geotecnico dell'area di intervento.

Unità Litotecnica A: rilevata nei sondaggi S1 e S2

Ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata e Sabbia, con ciottoli (diametro max >10 cm). Molto addensata. Colore grigio .

Ciottoli eterometrici, poligenici, subarrotondati (diam. max >10 cm) non alterati e ghiaia in rara matrice sabbiosa. Colore grigio.

Nspt	Prof. Strato (m)	Densità relativa (%)	Angolo di attrito (°)	Peso di volume (t/m3)
33 – 81 - Rifiuto	11,8 -16,0	100	da 35,5 a 43,7	2,1 – 3,5

Unità Litotecnica B: rilevata nel sondaggio S1

Ghiaia e ciottoli poligenici, subarrotondati molto alterati (fantasmi di ciottoli) e noduli argillosi in matrice fine, da sabbiosa ad argillosa. Mediamente addensata. Colore ocra.

Nspt	Prof. Strato (m)	Densità relativa (%)	Angolo di attrito (°)	Peso di volume (t/m3)
24	17,0	100	32,5	1,98

Unità Litotecnica C: rilevata nei sondaggio S1.

Sabbia medio fine argillosa con pochi ciottoli. Molto addensata. Colore ocra.

Nspt	Prof. Strato (m)	Densità relativa (%)	Angolo di attrito (°)	Peso di volume (t/m3)
52	20,0	100	36	2,17

Unità Litotecnica D: rilevata nei sondaggio S2

Sabbia grossolana e ghiaia con ciottoli eterometrici, poligenici, subarrotondati molto alterati, in abbondante matrice argillosa. Noduli ed addensamenti argillosi. Molto addensata. Colore ocra

Nspt	Prof. Strato (m)	Densità relativa (%)	Angolo di attrito (°)	Peso di volume (t/m3)
85	20,0	100	37,2	2,24

7. ANALISI DI STABILITA'

Lungo il tratto di intervento sono state individuate tre sezioni tipo sulle quali è stata condotta un'analisi di stabilità nella configurazione attuale.

Le verifiche di stabilità allo SLU sono state effettuate secondo l'Approccio 1 in Combinazione 2 (A2+M2+R2) delle NTC (TU 2008 e s.m.i).

Le verifiche di sicurezza si intendono soddisfatte se la condizione (6.2.1) delle NTC risulta soddisfatta per tutti i possibili cinematismi di collasso:

$$\gamma_R \leq \frac{R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]}{E_d}$$

in cui $\gamma_R = 1,1$ è il valore minimo del coefficiente di sicurezza globale che deve risultare dal rapporto delle resistenza calcolata con i parametri di progetto e l'azione (o effetto dell'azione) instabilizzante di progetto.

Le verifiche sono state eseguite in condizione statica.

7.1 METODI DELL'EQUILIBRIO LIMITE – METODO DI SPENCER

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Spencer, Bishop, Janbu ecc.).

Nel caso in oggetto l'analisi è stata condotta con il metodo di Spencer.

Nel metodo di Spencer si pone la condizione che le forze d'interazione lungo le superfici di divisione dei singoli conci siano orientate parallelamente fra loro ed applicate nel punto medio della base del concio. Si tratta, nella sua espressione analitica, di un'estensione del metodo di Bishop semplificato, ed è quindi valido per superfici di scivolamento sub-circolari.

E' un metodo rigoroso in quanto basato sia sull'equilibrio dei momenti che delle forze agenti.

La forza d'interazione fra i conci applicata nel punto medio della base del concio i-esimo è data da:

$$Q_i = [(c \times l / F_s) \times (W \cos \alpha - h \times g_w \times l \times \sec \alpha) \times \tan \varphi / F_s - W \sin \alpha] / (\cos(\alpha - \theta)) \times m_a$$

con $m_a = 1 + [\tan \varphi \times \tan(\alpha - \theta)] / F_s$

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$\sum Q_i \times R \times \cos(\alpha - \theta) = 0;$$

con R = raggio dell'arco di cerchio.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum Q_i \cos \theta = 0;$$

$$\sum Q_i \sin \theta = 0.$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$\sum Q_i = 0.$$

Il metodo è valido per superfici di scivolamento circolari e di forma qualsiasi.

Le verifiche di stabilità sono state condotte mediante il programma tecnico Soils2 della ProgramGeo.

7.2 RISULTATI DELLE VERIFICHE DI STABILITA'

Le sezioni tipo individuate per la verifica di stabilità allo stato attuale sono caratterizzate da un profilo verso fiume e/o verso lato campagna con pendenze superiori a 2:1.

Sono state individuate le Sezione N.2, N.18 e N. 25.

Nelle verifiche si sono adottati i seguenti parametri geotecnici del modello locale:

Unità Litotecnica A:

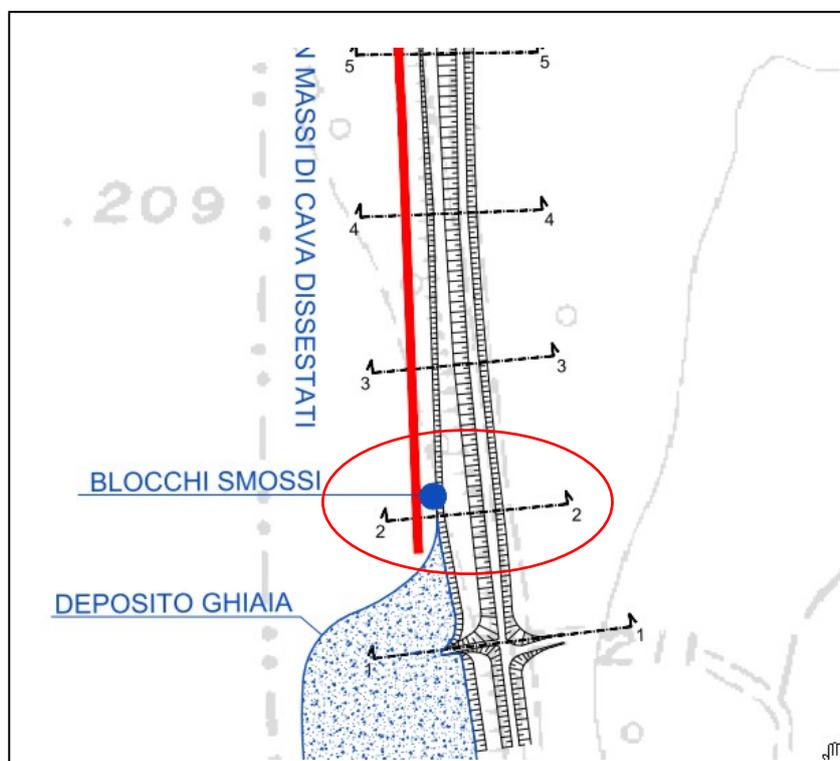
angolo di resistenza al taglio	φ medio = 40 °
coesione	C = 0 kN/m ²
peso di volume	γ = 2,2 t/m ³
modulo Edometrico	E = 750 kg/cm ²
modulo di Poisson	0,19
Permeabilità	K = 1,65*10 ⁻⁵ m/s

Terreni in condizione insatura.

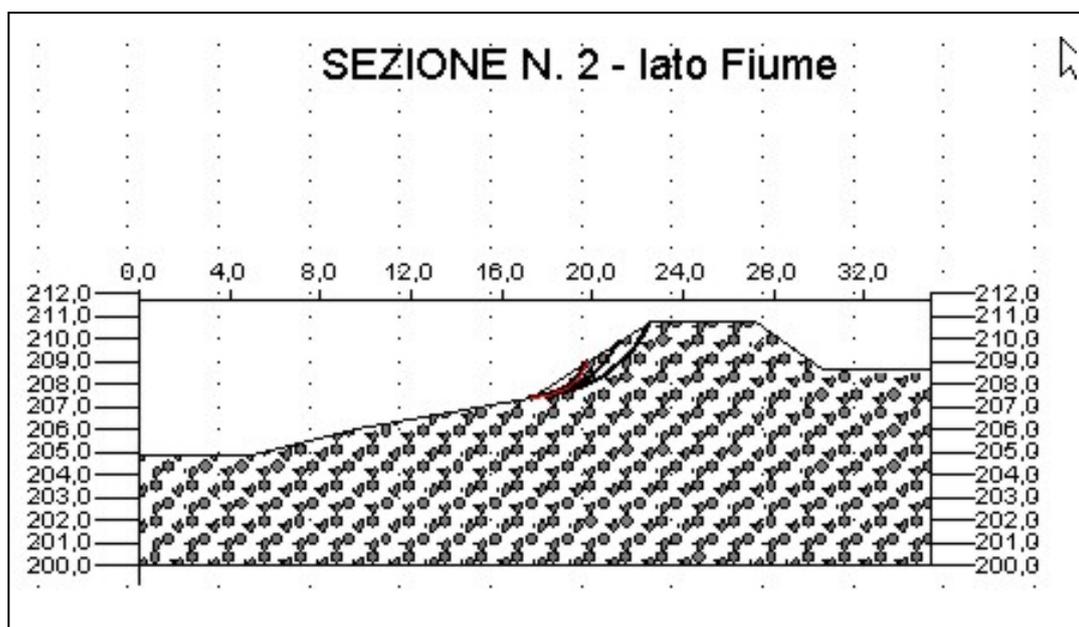
SEZIONE N.2

Sia il paramento arginale verso fiume che verso campagna presentano una pendenza superiore a 2/1.

La sezione N.2 è ubicata a circa 280 m a sud della posizione in cui è stato realizzato il sondaggio S1.

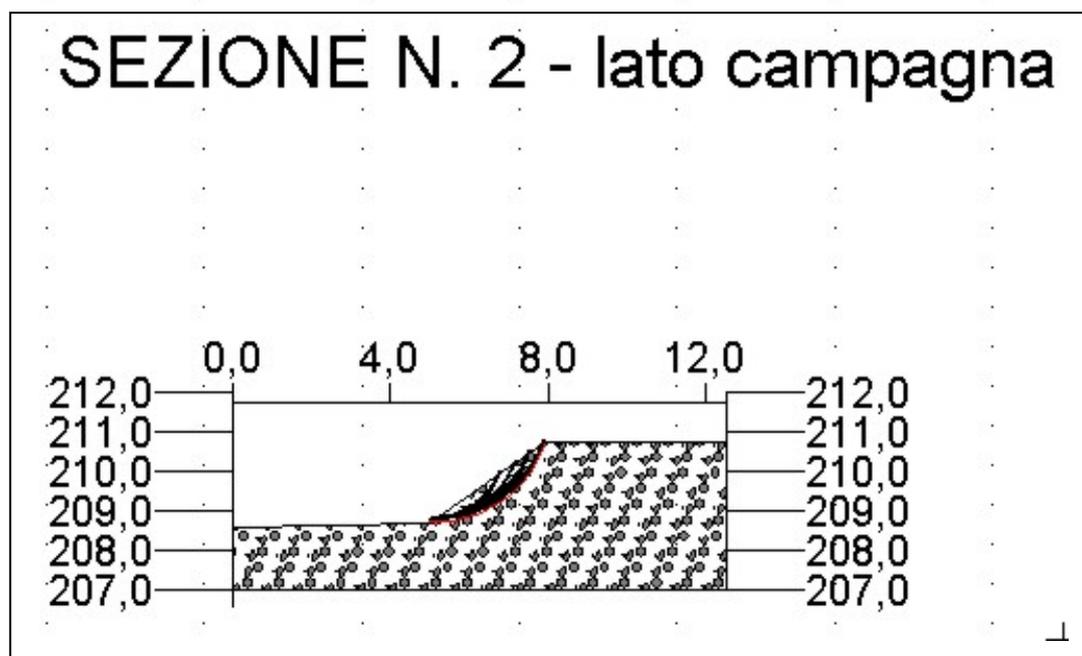


Si sono verificate 50 superfici di scivolamento superficiale che coinvolgono il paramento arginale superiore, rivolto verso il decorso del fiume.



Come si evidenzia dal tabulato sottostante, il fattore di sicurezza minimo è pari a F_s 1,165 e risulta dunque verificato.

Anche per il paramento rivolto verso la campagna si sono verificate 50 superfici di scivolamento superficiale; come si evidenzia dal tabulato sottostante, il fattore di sicurezza minimo è pari a F_s 1,106 e risulta dunque verificato.



Committente: Comune di Carpignano Sesia										
Località: Argine sinistro F. Sesia					Data: marzo 2015					
Riferimenti: SEZIONE N.2 - LATO FIUME										
Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza										
Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	17,29	207,4	19,9	209,03						1,166
2	17,29	207,4	21,3	209,9						1,256
3	17,29	207,4	22,7	210,75						1,233
4	17,3	207,4	19,9	209,03						1,166
5	17,3	207,4	21,3	209,9						1,256
6	17,3	207,4	22,7	210,75						1,233
7	17,3	207,4	19,9	209,03						1,165
8	17,3	207,4	21,3	209,9						1,255
9	17,3	207,4	22,7	210,75						1,232
10	17,29	207,4	19,9	209,03						1,178
11	17,29	207,4	21,3	209,9						1,297
12	17,29	207,4	22,7	210,75						1,241
13	17,3	207,4	19,9	209,03						1,178
14	17,3	207,4	21,3	209,9						1,296
15	17,3	207,4	22,7	210,75						1,24
16	17,3	207,4	19,9	209,03						1,177
17	17,3	207,4	21,3	209,9						1,296
18	17,3	207,4	22,7	210,75						1,24
19	17,29	207,4	19,9	209,03						1,249
20	17,29	207,4	21,3	209,9						1,293
21	17,29	207,4	22,7	210,75						1,303
22	17,3	207,4	19,9	209,03						1,248
23	17,3	207,4	21,3	209,9						1,292
24	17,3	207,4	22,7	210,75						1,302
25	17,3	207,4	19,9	209,03						1,248
26	17,3	207,4	21,3	209,9						1,292
27	17,3	207,4	22,7	210,75						1,302
28	17,29	207,4	19,9	209,03						1,265
29	17,29	207,4	21,3	209,9						1,31
30	17,29	207,4	22,7	210,75						1,32
31	17,3	207,4	19,9	209,03						1,265
32	17,3	207,4	21,3	209,9						1,309
33	17,3	207,4	22,7	210,75						1,32
34	17,3	207,4	19,9	209,03						1,264
35	17,3	207,4	21,3	209,9						1,309
36	17,3	207,4	22,7	210,75						1,319
37	17,29	207,4	19,9	209,03						1,282
38	17,29	207,4	21,3	209,9						1,328
39	17,29	207,4	22,7	210,75						1,307
40	17,3	207,4	19,9	209,03						1,282
41	17,3	207,4	21,3	209,9						1,328
42	17,3	207,4	22,7	210,75						1,307
43	17,3	207,4	19,9	209,03						1,281
44	17,3	207,4	21,3	209,9						1,328
45	17,3	207,4	22,7	210,75						1,306
46	17,29	207,4	19,9	209,03						1,285
47	17,29	207,4	21,3	209,9						1,365
48	17,29	207,4	22,7	210,75						1,313
49	17,3	207,4	19,9	209,03						1,284
50	17,3	207,4	21,3	209,9						1,364

Committente: Comune di Carpignano Sesia

Località: Argine sinistro F. Sesia

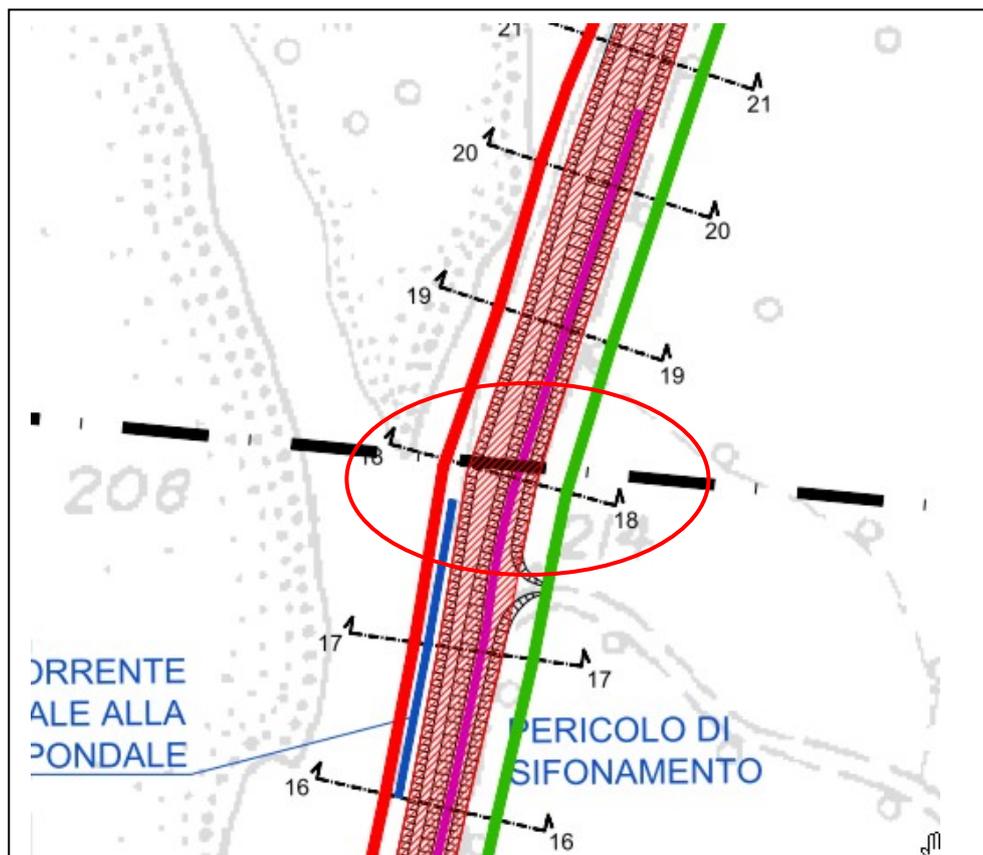
Data: marzo 2015

Riferimenti: SEZIONE N.2 - LATO CAMPAGNA

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	5,03	208,72	6,86	209,99						1,122
2	5,03	208,72	7,22	210,25						1,107
3	5,03	208,72	7,59	210,5						1,16
4	5,03	208,72	7,95	210,75						1,131
5	5,05	208,73	6,86	209,99						1,122
6	5,05	208,73	7,22	210,25						1,107
7	5,05	208,73	7,59	210,5						1,16
8	5,05	208,73	7,95	210,75						1,131
9	5,07	208,75	6,86	209,99						1,108
10	5,07	208,75	7,22	210,25						1,107
11	5,07	208,75	7,59	210,5						1,16
12	5,07	208,75	7,95	210,75						1,131
13	5,1	208,77	6,86	209,99						1,15
14	5,1	208,77	7,22	210,25						1,107
15	5,1	208,77	7,59	210,5						1,16
16	5,1	208,77	7,95	210,75						1,131
17	5,03	208,72	6,86	209,99						1,136
18	5,03	208,72	7,22	210,25						1,121
19	5,03	208,72	7,59	210,5						1,165
20	5,03	208,72	7,95	210,75						1,122
21	5,05	208,73	6,86	209,99						1,136
22	5,05	208,73	7,22	210,25						1,121
23	5,05	208,73	7,59	210,5						1,165
24	5,05	208,73	7,95	210,75						1,145
25	5,07	208,75	6,86	209,99						1,136
26	5,07	208,75	7,22	210,25						1,121
27	5,07	208,75	7,59	210,5						1,165
28	5,07	208,75	7,95	210,75						1,145
29	5,1	208,77	6,86	209,99						1,136
30	5,1	208,77	7,22	210,25						1,121
31	5,1	208,77	7,59	210,5						1,176
32	5,1	208,77	7,95	210,75						1,145
33	5,03	208,72	6,86	209,99						1,152
34	5,03	208,72	7,22	210,25						1,135
35	5,03	208,72	7,59	210,5						1,161
36	5,03	208,72	7,95	210,75						1,106
37	5,05	208,73	6,86	209,99						1,152
38	5,05	208,73	7,22	210,25						1,135
39	5,05	208,73	7,59	210,5						1,152
40	5,05	208,73	7,95	210,75						1,106
41	5,07	208,75	6,86	209,99						1,152
42	5,07	208,75	7,22	210,25						1,135
43	5,07	208,75	7,59	210,5						1,152
44	5,07	208,75	7,95	210,75						1,106
45	5,1	208,77	6,86	209,99						1,152
46	5,1	208,77	7,22	210,25						1,135
47	5,1	208,77	7,59	210,5						1,181
48	5,1	208,77	7,95	210,75						1,138
49	5,03	208,72	6,86	209,99						1,167
50	5,03	208,72	7,22	210,25						1,15

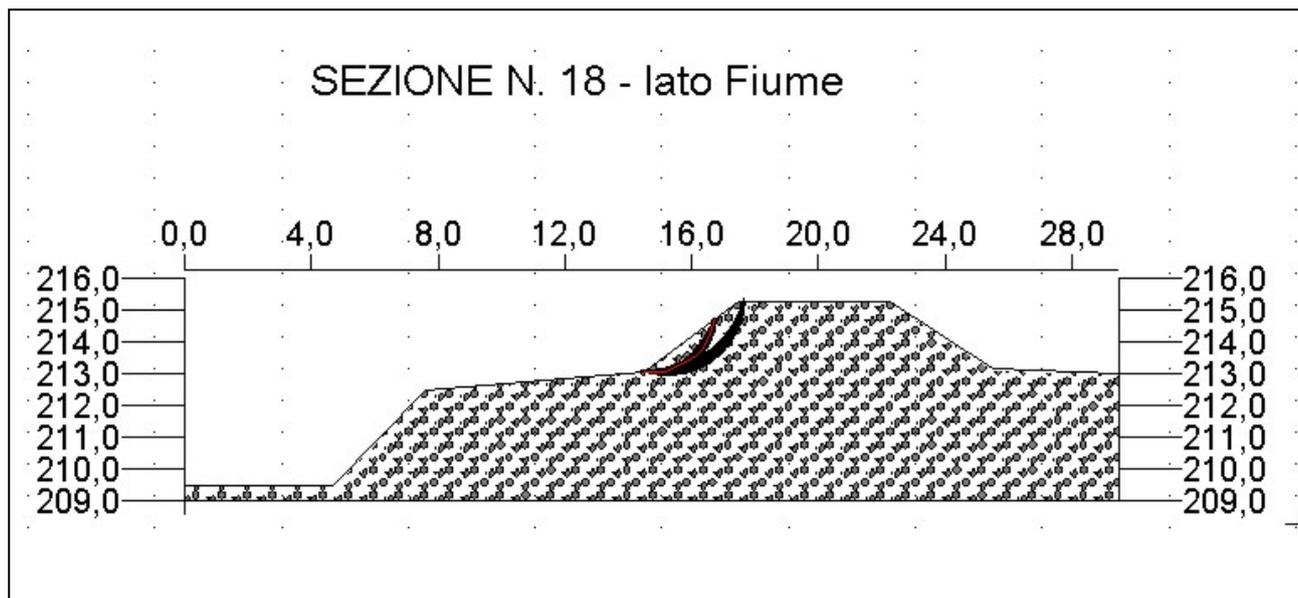
Lavori di realizzazione argine in sinistra del Fiume Sesia. Progetto Definitivo.
Relazione geologica e geotecnica

SEZIONE N.18

Anche la sezione tipo N. 18 presenta i due paramenti arginali, verso fiume e verso campagna, con una pendenza superiore a 2/1.

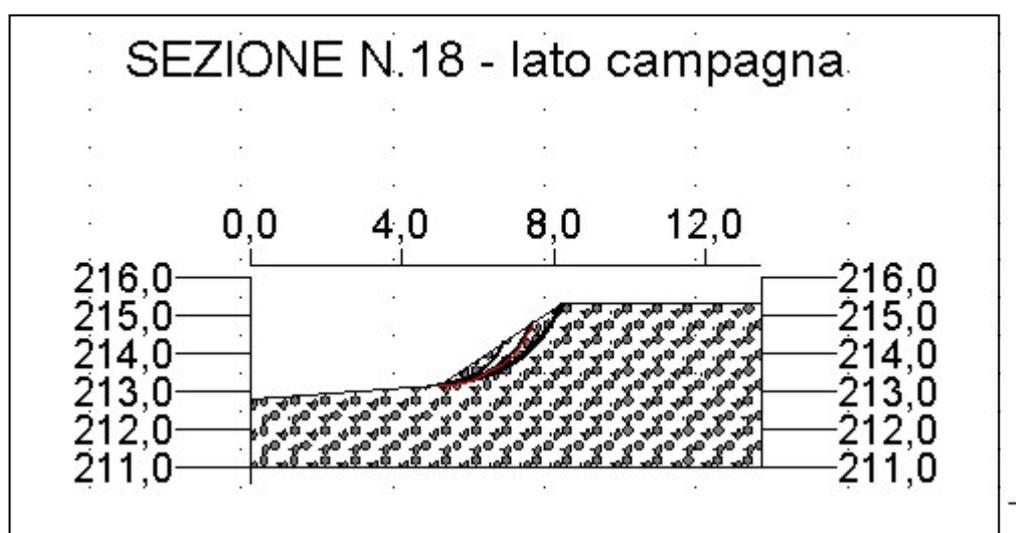
Si sono verificate 50 superfici di scivolamento superficiale per ciascuna delle due sponde dell'arginatura.

La sezione è ubicata nella porzione più critica dell'intervento, ove cioè il Fiume inizia a tendere ad incidere la sponda ad angolo retto.



Come si evidenzia dal tabulato sottostante, il fattore di sicurezza minimo è pari a F_s 1,139 e risulta dunque verificato.

Anche per il paramento rivolto verso la campagna si sono verificate 50 superfici di scivolamento superficiale; come si evidenzia dal tabulato sottostante, il fattore di sicurezza minimo è pari a F_s 1,145 e risulta dunque verificato.



Committente: Comune di Carpignano Sesia

Località: Argine sinistro F. Sesia

Data: marzo 2015

Riferimenti: SEZIONE N.18 - lato fiume

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	14,45	213,05	16,75	214,74						1,145
2	14,45	213,05	17,7	215,3						1,153
3	14,5	213,05	16,75	214,74						1,154
4	14,5	213,05	17,7	215,3						1,237
5	14,45	213,05	16,75	214,74						1,163
6	14,45	213,05	17,7	215,3						1,229
7	14,5	213,05	16,75	214,74						1,139
8	14,5	213,05	17,7	215,3						1,256
9	14,45	213,05	16,75	214,74						1,162
10	14,45	213,05	17,7	215,3						1,272
11	14,5	213,05	16,75	214,74						1,157
12	14,5	213,05	17,7	215,3						1,267
13	14,45	213,05	16,75	214,74						1,18
14	14,45	213,05	17,7	215,3						1,274
15	14,5	213,05	16,75	214,74						1,177
16	14,5	213,05	17,7	215,3						1,27
17	14,45	213,05	16,75	214,74						1,201
18	14,45	213,05	17,7	215,3						1,295
19	14,5	213,05	16,75	214,74						1,197
20	14,5	213,05	17,7	215,3						1,312
21	14,45	213,05	16,75	214,74						1,221
22	14,45	213,05	17,7	215,3						1,338
23	14,5	213,05	16,75	214,74						1,217
24	14,5	213,05	17,7	215,3						1,334
25	14,45	213,05	16,75	214,74						1,242
26	14,45	213,05	17,7	215,3						1,335
27	14,5	213,05	16,75	214,74						1,239
28	14,5	213,05	17,7	215,3						1,3
29	14,45	213,05	16,75	214,74						1,264
30	14,45	213,05	17,7	215,3						1,325
31	14,5	213,05	16,75	214,74						1,299
32	14,5	213,05	17,7	215,3						1,322
33	14,45	213,05	16,75	214,74						1,288
34	14,45	213,05	17,7	215,3						1,349
35	14,5	213,05	16,75	214,74						1,284
36	14,5	213,05	17,7	215,3						1,358
37	14,45	213,05	16,75	214,74						1,31
38	14,45	213,05	17,7	215,3						1,385
39	14,5	213,05	16,75	214,74						1,263
40	14,5	213,05	17,7	215,3						1,383
41	14,45	213,05	16,75	214,74						1,289
42	14,45	213,05	17,7	215,3						1,411
43	14,5	213,05	16,75	214,74						1,291
44	14,5	213,05	17,7	215,3						1,381
45	14,45	213,05	16,75	214,74						1,317
46	14,45	213,05	17,7	215,3						1,409
47	14,5	213,05	16,75	214,74						1,284
48	14,5	213,05	17,7	215,3						1,408
49	14,45	213,05	16,75	214,74						1,308
50	14,45	213,05	17,7	215,3						1,437

Committente: Comune di Carpignano Sesia

Località: Argine sinistro F. Sesia

Data: marzo 2015

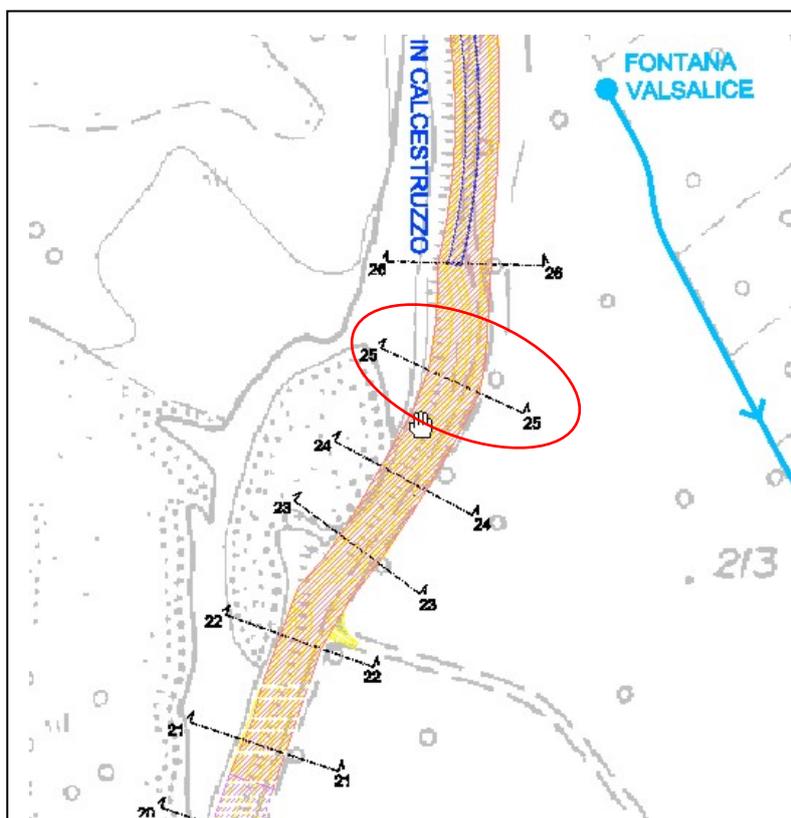
Riferimenti: SEZIONE N.18 - lato campagna

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	4,99	213,15	6,75	214,31						1,158
2	4,99	213,15	7,5	214,8						1,147
3	4,99	213,15	8,25	215,3						1,204
4	4,99	213,15	6,75	214,31						1,156
5	4,99	213,15	7,5	214,8						1,146
6	4,99	213,15	8,25	215,3						1,203
7	5	213,15	6,75	214,31						1,155
8	5	213,15	7,5	214,8						1,145
9	5	213,15	8,25	215,3						1,201
10	4,99	213,15	6,75	214,31						1,172
11	4,99	213,15	7,5	214,8						1,161
12	4,99	213,15	8,25	215,3						1,248
13	4,99	213,15	6,75	214,31						1,17
14	4,99	213,15	7,5	214,8						1,159
15	4,99	213,15	8,25	215,3						1,248
16	5	213,15	6,75	214,31						1,169
17	5	213,15	7,5	214,8						1,158
18	5	213,15	8,25	215,3						1,247
19	4,99	213,15	6,75	214,31						1,187
20	4,99	213,15	7,5	214,8						1,175
21	4,99	213,15	8,25	215,3						1,267
22	4,99	213,15	6,75	214,31						1,154
23	4,99	213,15	7,5	214,8						1,173
24	4,99	213,15	8,25	215,3						1,266
25	5	213,15	6,75	214,31						1,151
26	5	213,15	7,5	214,8						1,172
27	5	213,15	8,25	215,3						1,265
28	4,99	213,15	6,75	214,31						1,169
29	4,99	213,15	7,5	214,8						1,19
30	4,99	213,15	8,25	215,3						1,286
31	4,99	213,15	6,75	214,31						1,167
32	4,99	213,15	7,5	214,8						1,333
33	4,99	213,15	8,25	215,3						1,285
34	5	213,15	6,75	214,31						1,166
35	5	213,15	7,5	214,8						1,332
36	5	213,15	8,25	215,3						1,284
37	4,99	213,15	6,75	214,31						1,205
38	4,99	213,15	7,5	214,8						1,239
39	4,99	213,15	8,25	215,3						1,304
40	4,99	213,15	6,75	214,31						1,205
41	4,99	213,15	7,5	214,8						1,239
42	4,99	213,15	8,25	215,3						1,304
43	5	213,15	6,75	214,31						1,203
44	5	213,15	7,5	214,8						1,237
45	5	213,15	8,25	215,3						1,303
46	4,99	213,15	6,75	214,31						1,156
47	4,99	213,15	7,5	214,8						1,258
48	4,99	213,15	8,25	215,3						1,305
49	4,99	213,15	6,75	214,31						1,154
50	4,99	213,15	7,5	214,8						1,256

SEZIONE N.25

La sezione N. 25 presenta solo il pendio arginale rivolto verso fiume con pendenze superiori a 2/1.
La sezione N. 25 è ubicata a circa 120 m a nord rispetto alla posizione in cui è stato realizzato il sondaggio S2.



In questo tratto, il ramo principale del Fiume Sesia risulta distante dall'argine, separato da un'ampia barra ghiaiosa e ghiaioso sabbiosa parzialmente colonizzata dalla vegetazione spontanea, che viene occupata dalle acque solo in caso di piene particolarmente importanti.

Questo tratto di sponda non ha subito danneggiamenti durante l'ultimo evento di novembre.

Tutte le superfici di scivolamento risultano verificate, come risulta dalla seguente tabella dei Coefficienti di sicurezza. La superficie colorata in rosso rappresenta quella con coefficiente di sicurezza minimo, pari a 1,103 e dunque anch'essa verificata nel rispetto della normativa.

Committente: Comune di Carpignano Sesia

Località: Argine sinistro F. Sesia

Data: marzo 2015

Riferimenti: SEZIONE N.25 - lato fiume

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	14,04	213,43	17,35	216,13						1,107
2	14,04	213,43	17,7	216,41						1,136
3	14,04	213,43	18,05	216,7						1,103
4	14,05	213,43	17,35	216,13						1,107
5	14,05	213,43	17,7	216,41						1,136
6	14,05	213,43	18,05	216,7						1,103
7	14,05	213,43	17,35	216,13						1,107
8	14,05	213,43	17,7	216,41						1,136
9	14,05	213,43	18,05	216,7						1,103
10	14,04	213,43	17,35	216,13						1,137
11	14,04	213,43	17,7	216,41						1,138
12	14,04	213,43	18,05	216,7						1,105
13	14,05	213,43	17,35	216,13						1,137
14	14,05	213,43	17,7	216,41						1,137
15	14,05	213,43	18,05	216,7						1,104
16	14,05	213,43	17,35	216,13						1,137
17	14,05	213,43	17,7	216,41						1,137
18	14,05	213,43	18,05	216,7						1,104
19	14,04	213,43	17,35	216,13						1,161
20	14,04	213,43	17,7	216,41						1,159
21	14,04	213,43	18,05	216,7						1,127
22	14,05	213,43	17,35	216,13						1,161
23	14,05	213,43	17,7	216,41						1,159
24	14,05	213,43	18,05	216,7						1,127
25	14,05	213,43	17,35	216,13						1,16
26	14,05	213,43	17,7	216,41						1,159
27	14,05	213,43	18,05	216,7						1,127
28	14,04	213,43	17,35	216,13						1,183
29	14,04	213,43	17,7	216,41						1,144
30	14,04	213,43	18,05	216,7						1,148
31	14,05	213,43	17,35	216,13						1,183
32	14,05	213,43	17,7	216,41						1,144
33	14,05	213,43	18,05	216,7						1,148
34	14,05	213,43	17,35	216,13						1,183
35	14,05	213,43	17,7	216,41						1,143
36	14,05	213,43	18,05	216,7						1,148
37	14,04	213,43	17,35	216,13						1,203
38	14,04	213,43	17,7	216,41						1,165
39	14,04	213,43	18,05	216,7						1,153
40	14,05	213,43	17,35	216,13						1,202
41	14,05	213,43	17,7	216,41						1,165
42	14,05	213,43	18,05	216,7						1,152
43	14,05	213,43	17,35	216,13						1,202
44	14,05	213,43	17,7	216,41						1,165
45	14,05	213,43	18,05	216,7						1,152
46	14,04	213,43	17,35	216,13						1,201
47	14,04	213,43	17,7	216,41						1,187
48	14,04	213,43	18,05	216,7						1,166
49	14,05	213,43	17,35	216,13						1,201
50	14,05	213,43	17,7	216,41						1,187

Lavori di realizzazione argine in sinistra del Fiume Sesia. Progetto Definitivo.

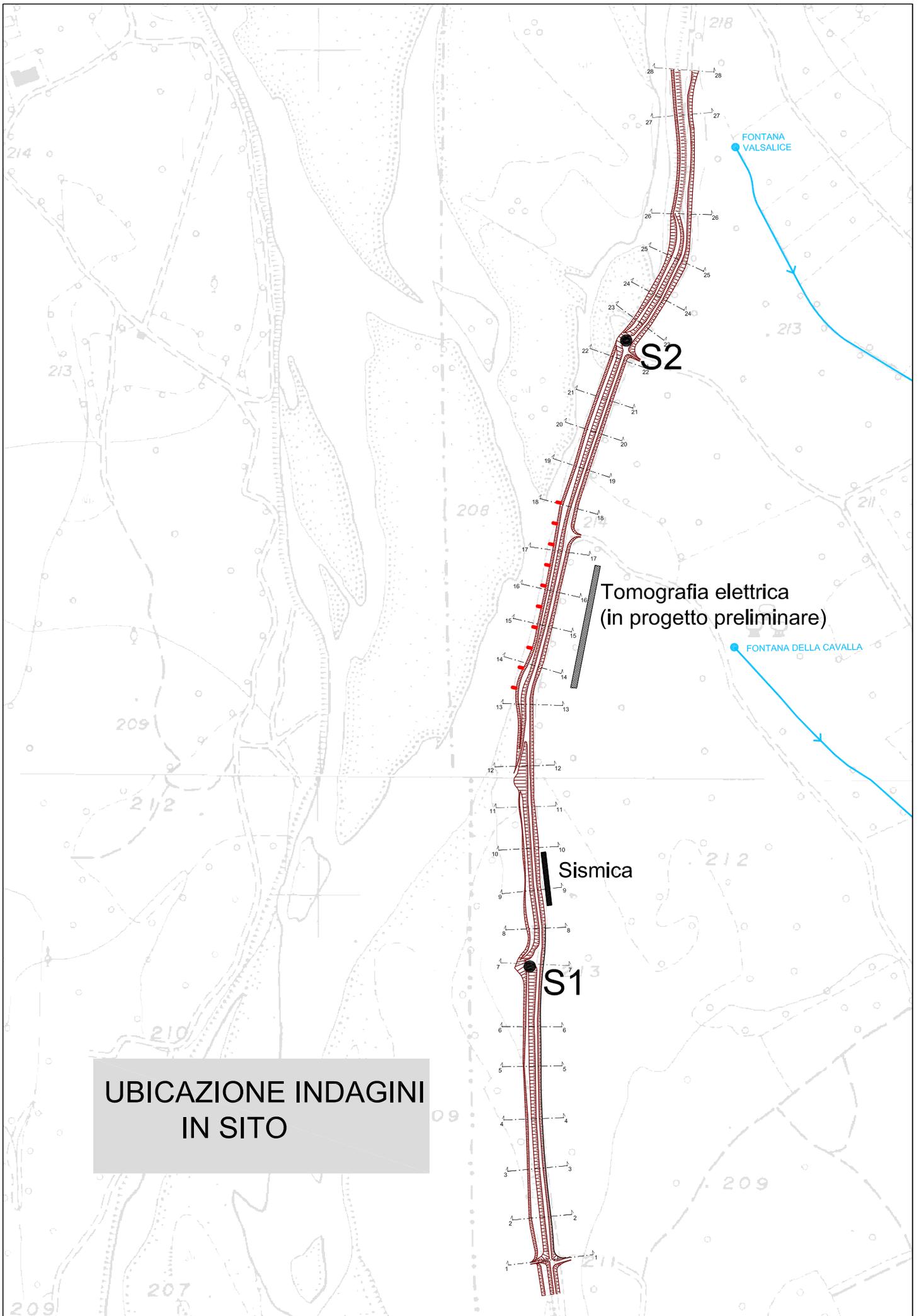
Relazione geologica e geotecnica

ALLEGATI

1. Tavola ubicazione indagini geognostiche;
2. Documentazione fotografia sondaggio S1;
3. Schema stratigrafico sondaggio S1;
4. Documentazione fotografia sondaggio S2;
5. Schema stratigrafico sondaggio S2;
6. Elaborazione prova Lefranc in S1;
7. Grafico prova Lefranc in S1;
8. Elaborazione prova Lefranc in S2;
9. Parametri geotecnici da elaborazione prove SPT in foro;
10. Sezione di dettaglio – Modello geotecnico;
11. Sezione Modello Litostratigrafico;
12. Elaborazione Rilievo Sismico.

GEOLOGO
(dott. geol. Petra Rogate)





**UBICAZIONE INDAGINI
IN SITO**

**Tomografia elettrica
(in progetto preliminare)**

Sismica

S2

S1

FONTANA VALSALICE

FONTANA DELLA CAVALLA

SONDAGGIO S1



Comune di Carpignano Sesia
Argine Sinistro F. Sesia
SONDAGGIO S1
Cassa n.1
Da 0,00 a 5,00 m



Comune di Carpignano Sesia
Argine Sinistro F. Sesia
SONDAGGIO S1
Cassa n.2
Da 5,00 a 10,00 m



Comune di Carpignano Sesia
Argine Sinistro F. Sesia
SONDAGGIO S1
Cassa n.3
Da 10,00 a 15,00 m



Comune di Carpignano Sesia
Argine Sinistro F. Sesia
SONDAGGIO S1
Cassa n.4
Da 15,00 a 20,00 m

Sondaggio S1

Località: Argine sinistro F.Sesia - Carpignano Sesia

Data: 9-10 Marzo 2015

Scala	Profondità	Stratigrafia	Descrizione litologia	Spessore	Piezometro	Falda	N _{SPR}	
1,0			Ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata e Sabbia, con ciottoli (diam. Max >10 cm). Molto Addensata Colore grigio	3,0	Tubazione 2"	Lefranc K=1,65*10 ⁻⁵ m/s		
2,0								
3,0	3,0		Sabbia medio grossolana, ghiaia e ciottoli. Molto Addensata. Colore grigio	1,0			A 3,0 m (26-31-R7)	
4,0	4,0							
5,0								
6,0								A 6,0 m (R13)
7,0			Ghiaia e Sabbia eterometrica, poligenica, subarrotondata, con ciottoli (diam. Max >10 cm), in rara matrice fine limosa. Molto Addensata Colore grigio	7,8			7,1	
8,0								
9,0								
10,0								A 10,0 m (39-R10)
11,0			Ciottoli e ghiaia sabbiosa in matrice fine limosa. Colore ocra.	0,5				
11,8	12,0							
12,0	12,3							
12,3			Ghiaia e ciottoli poligenici, subarrotondati molto alterati (fantasmi di ciottoli) e noduli argillosi in matrice fine da sabbiosa ad argillosa. Mediamente addensata. Colore ocra.	4,7		A 15,0 m (10-10-14)		
13,0								
14,0								
15,0								
16,0								
17,0	17,0							
17,0			Ciottoli (diam. Max 4-5 cm) non alterati o poco alterati in matrice sabbiosa compatta (quasi cementata). Colore giallo chiaro.	2,0				
18,0								
19,0	19,0		Sabbia medio fine argillosa con pochi ciottoli. Molto addensata. Colore ocra.	1,0				
19,0								
20,0						A 20,0 m (17-23-29)		

SONDAGGIO S2



Comune di Carpignano Sesia
Argine Sinistro F. Sesia
SONDAGGIO S2
Cassa n.1
Da 0,00 a 5,00 m



Comune di Carpignano Sesia
Argine Sinistro F. Sesia
SONDAGGIO S2
Cassa n.2
Da 5,00 a 10,00 m



Comune di Carpignano Sesia
Argine Sinistro F. Sesia
SONDAGGIO S2
Cassa n.3
Da 10,00 a 15,00 m



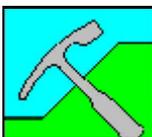
Comune di Carpignano Sesia
Argine Sinistro F. Sesia
SONDAGGIO S2
Cassa n.4
Da 15,00 a 20,00 m

Sondaggio S2

Località: Argine sinistro F.Sesia - Carpignano Sesia

Data: 10-11 Marzo 2015

Scala	Profondità	Stratigrafia	Descrizione litologica	Spessore	Piezometro	Prove K	N _{SPT}
1,0			<p>Ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata e Sabbia, con ciottoli (diam. Max 10 cm). Da Addensata a Molto Addensata Colore grigio</p> <p>Da circa 6,5 falda</p>	12,0		Lefranc K=6,85*10 ⁻⁴ m/s	A 3,0 m (11-14-19)
2,0							
3,0	3,0						
4,0							
5,0							
6,0							
7,0							
8,0							
9,0							
10,0							
11,0							
12,0	12,0						
13,0		<p>Ciottoli eterometrici, poligenici subarrotondati non alterati (diam. Max >10 cm) e ghiaia in rara matrice sabbiosa. Colore grigio.</p>	3,0				
14,0							
15,0	15,0	<p>Ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata, sabbiosa e ciottoli (diam. Max 7-8 cm). Molto Addensata. Colore grigio</p>	1,0				A 15,0 m (R10)
16,0	16,0						
17,0		<p>Sabbia grossolana e ghiaia con ciottoli eterometrici, poligenici subarrotondati, molto alterati in abbondante matrice argillosa. Noduli ed addensamenti argillosi. Molto addensata. Colore oca.</p>	4,0				
18,0							
19,0							
20,0							
							A 20,0 m (34-40-45)



GeoAmbiente

via Gnifetti 23 -Novara-

Committente: Comune di Carpignano Sesia

Località: Argine sinistro F.Sesia

Descrizione: sondaggio S1

Note:

Sigla: Prova1

Prova di permeabilità in foro di sondaggio a carico variabile

<i>Tempo (s)</i>	<i>Livello dell'acqua(m)</i>	<i>Permeabilità (m/s)</i>
60	3,93	0
120	3,88	5,75E-6
180	3,81	8,18E-6
240	3,74	8,33E-6
360	3,63	6,71E-6
480	3,49	8,84E-6
600	3,34	9,87E-6
720	3,38	2,67E-6
900	2,91	2,24E-5
1200	2,62	9,43E-6
1500	1,84	3,18E-5
1800	0,95	5,94E-5

Diametro del foro (mm):

131

Profondità della falda dal p.c.(m):

7

Profondità del foro (m):

4,5

Lunghezza del tratto filtrante (m):

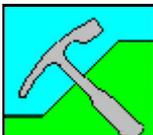
0,5

Metodo di calcolo:

Raccomandazioni A.G.I.

Permeabilità media (m/s):

1,65E-5



GeoAmbiente

via Gnifetti 23 -Novara-

Committente: Comune di Carpignano Sesia

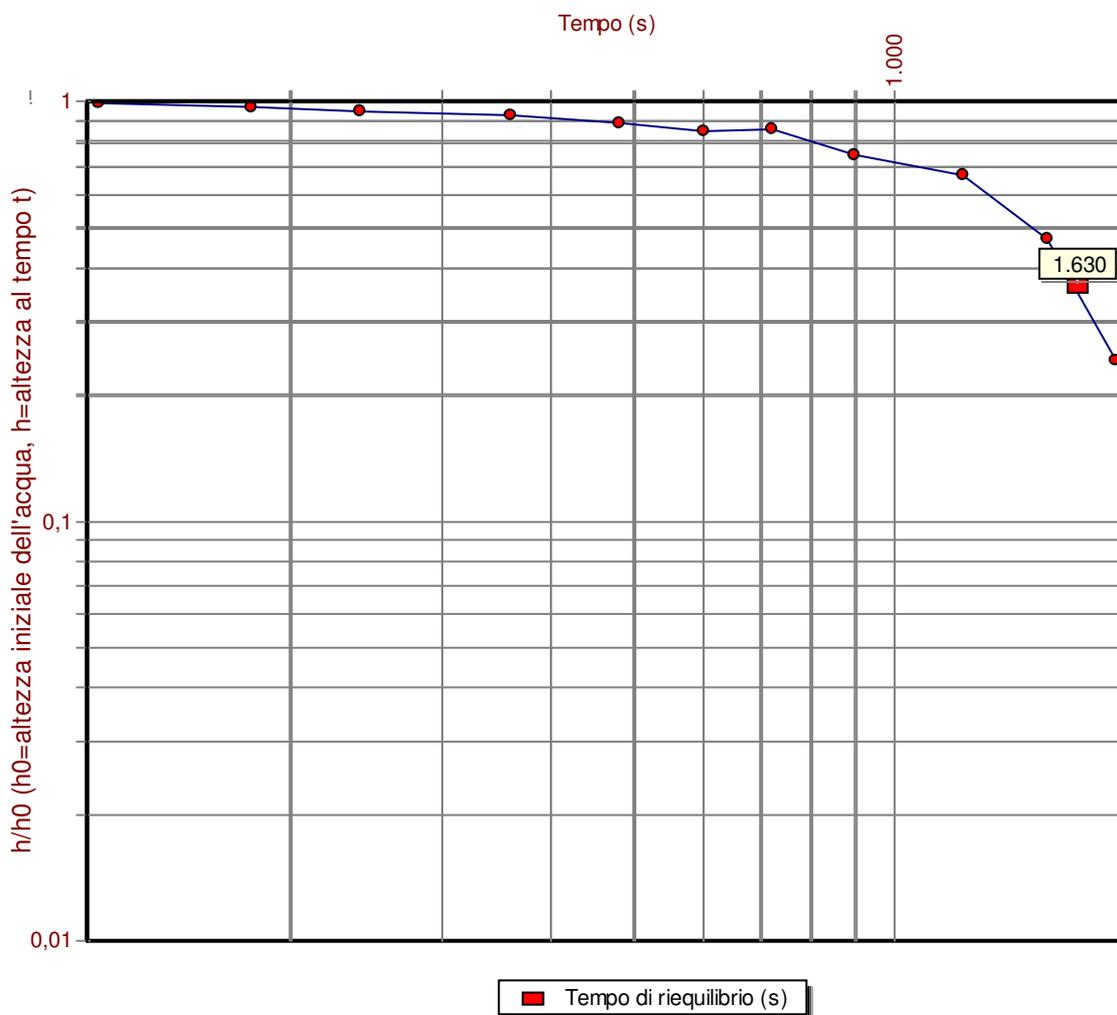
Località: Argine sinistro F.Sesia

Descrizione: sondaggio S1

Note:

Sigla: Prova1

Grafico della prova di permeabilità in foro di sondaggio a carico variabile



Diametro del foro (mm):

131

Profondità della prova (m):

4,5

Profondità della falda dal p.c.(m):

7

Lunghezza del tratto filtrante (m):

0,5

Metodo di calcolo:

Raccomandazioni A.G.I.

Permeabilità media (m/s):

1,65E-5

LEGENDA

p=profondità della prova;

f=profondità della falda;

l=tratto filtrante;

h=altezza acqua;

Committente: Comune di Carpignano Sesia

Località: Argine sisnistro F. Sesia

Descrizione: Sondaggio 2

Note:

Sigla: Prova2

Prova di permeabilità in foro di sondaggio a carico costante

<i>Profondità prova(m)</i>	<i>Lunghezza filtro(m)</i>	<i>Altezza acqua in foro(m)</i>	<i>Portata (l/s)</i>	<i>Permeabilità (m/s)</i>
6	0,5	6	3,3	0,00147
6	0,5	6	1,84	0,000821
6	0,5	6	1,34	0,000598
6	0,5	6	1,16	0,000518
6	0,5	6	1,08	0,000482
6	0,5	6	1,03	0,00046
6	0,5	6	1	0,000446

Diametro del foro (mm):

131

Profondità della falda dal p.c. (m):

7

Permeabilità media (m/s):

6,85E-4

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Comune Carpignano Sesia
Cantiere: Argine Sinistro F.Sesia

OPERATORE Eurogeo

PROVA ...S1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 09/03/2015

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	26
3,30	31
3,45	50
6,15	50
6,30	50
6,45	50
10,15	39
10,30	50
10,45	50
15,15	10
15,30	10
15,45	14
20,15	17
20,30	23
20,45	29

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	81	3,45	81	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 2	100	6,45	100	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 3	100	10,45	57,5	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 4	24	15,45	19,5	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 5	52	20,45	33,5	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	81	3,45	81	Meyerhof (1965)	38,90
Strato 2	100	6,45	100	Meyerhof (1965)	43,47
Strato 3	100	10,45	57,5	Meyerhof (1965)	42,69
Strato 4	24	15,45	19,5	Meyerhof (1965)	32,53
Strato 5	52	20,45	33,5	Meyerhof (1965)	36,06

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	81	3,45	81	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	795,30
Strato 2	100	6,45	100	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	994,80
Strato 3	100	10,45	57,5	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	548,55
Strato 4	24	15,45	19,5	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	149,55
Strato 5	52	20,45	33,5	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	396,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	81	3,45	81	Begemann (1974)	830,10
Strato 2	100	6,45	100	Begemann (1974)	1003,00
Strato 3	100	10,45	57,5	Begemann (1974)	616,25
Strato 4	24	15,45	19,5	Begemann (1974)	270,45
Strato 5	52	20,45	33,5	Begemann (1974)	397,85

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	81	3,45	81	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
Strato 2	100	6,45	100	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
Strato 3	100	10,45	57,5	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
Strato 4	24	15,45	19,5	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 5	52	20,45	33,5	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	81	3,45	81	Meyerhof ed altri	2,65
Strato 2	100	6,45	100	Meyerhof ed altri	3,55
Strato 3	100	10,45	57,5	Meyerhof ed altri	2,27
Strato 4	24	15,45	19,5	Meyerhof ed altri	1,98
Strato 5	52	20,45	33,5	Meyerhof ed altri	2,17

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	81	3,45	81	(A.G.I.)	0,19
Strato 2	100	6,45	100	(A.G.I.)	0,15
Strato 3	100	10,45	57,5	(A.G.I.)	0,24
Strato 4	24	15,45	19,5	(A.G.I.)	0,32
Strato 5	52	20,45	33,5	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	81	3,45	81	Ohsaki (Sabbie pulite)	4044,73
Strato 2	100	6,45	100	Ohsaki (Sabbie pulite)	4930,75
Strato 3	100	10,45	57,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	2930,90
Strato 4	24	15,45	19,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	1060,59
Strato 5	52	20,45	33,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	1763,82

PROVA ...S2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 11/03/2015

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	11
3,30	14
3,45	19
6,15	41
6,30	50
6,45	50
10,15	50
10,30	50
10,45	50
15,15	50
15,30	50
15,45	50
20,15	34
20,30	40
20,45	45

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	33	3,45	33	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 2	100	6,45	100	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 3	100	10,45	57,5	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 4	100	15,45	57,5	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 5	85	20,45	50	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	33	3,45	33	Meyerhof (1965)	35,59
Strato 2	100	6,45	100	Meyerhof (1965)	43,42
Strato 3	100	10,45	57,5	Meyerhof (1965)	42,69
Strato 4	100	15,45	57,5	Meyerhof (1965)	42,69
Strato 5	85	20,45	50	Meyerhof (1965)	37,2

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	33	3,45	33	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	291,30
Strato 2	100	6,45	100	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	994,80
Strato 3	100	10,45	57,5	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	548,55
Strato 4	100	15,45	57,5	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	548,55
Strato 5	85	20,45	50	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	469,80

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	33	3,45	33	Begemann (1974)	393,30
Strato 2	100	6,45	100	Begemann (1974)	1003,00
Strato 3	100	10,45	57,5	Begemann (1974)	616,25
Strato 4	100	15,45	57,5	Begemann (1974)	616,25
Strato 5	85	20,45	50	Begemann (1974)	548,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	33	3,45	33	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
Strato 2	100	6,45	100	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
Strato 3	100	10,45	57,5	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
Strato 4	100	15,45	57,5	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
Strato 5	85	20,45	50	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

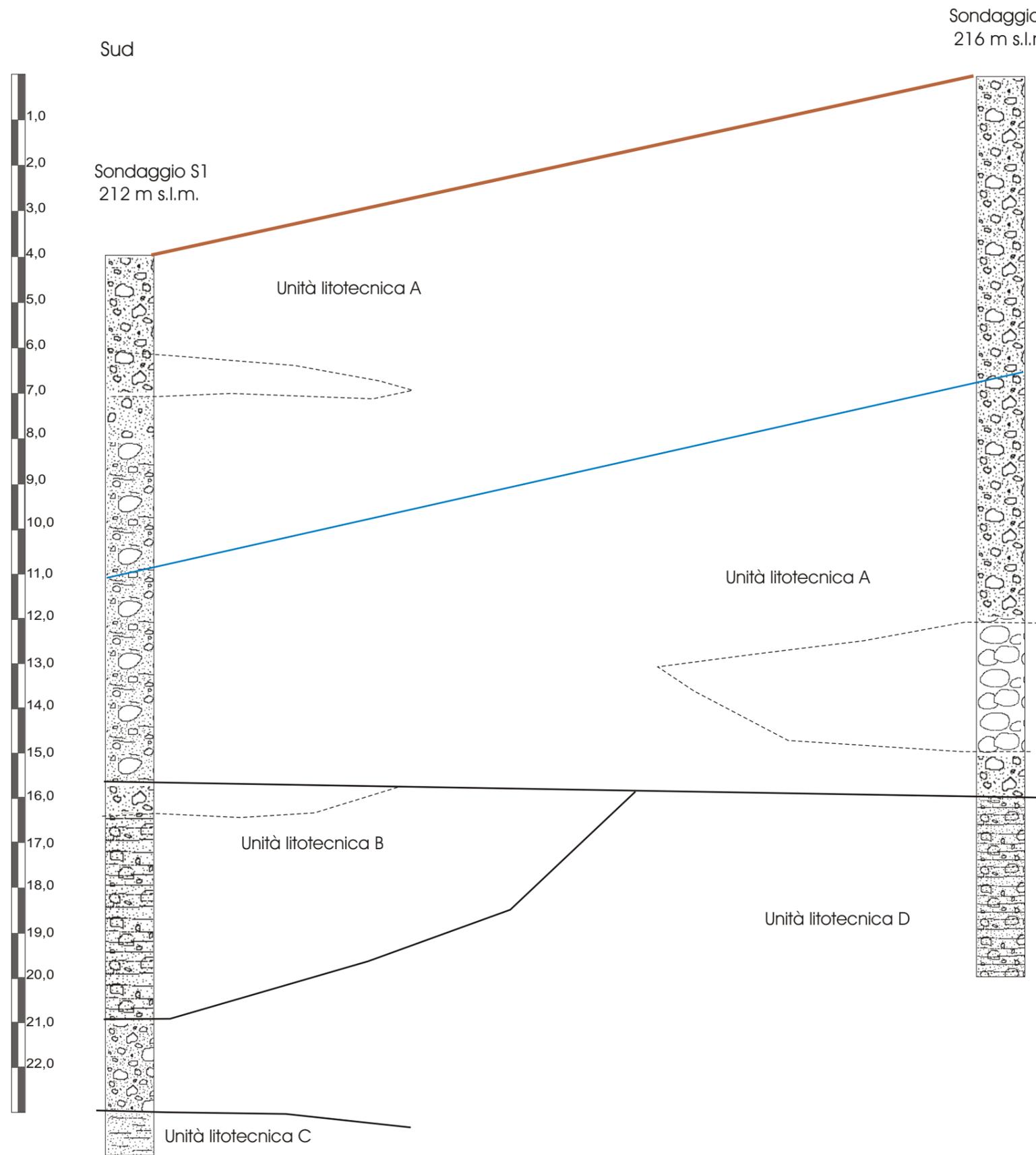
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	33	3,45	33	Meyerhof ed altri	2,16
Strato 2	100	6,45	100	Meyerhof ed altri	3,55
Strato 3	100	10,45	57,5	Meyerhof ed altri	2,27
Strato 4	100	15,45	57,5	Meyerhof ed altri	2,27
Strato 5	85	20,45	50	Meyerhof ed altri	2,24

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	33	3,45	33	(A.G.I.)	0,29
Strato 2	100	6,45	100	(A.G.I.)	0,15
Strato 3	100	10,45	57,5	(A.G.I.)	0,24
Strato 4	100	15,45	57,5	(A.G.I.)	0,24
Strato 5	85	20,45	50	(A.G.I.)	0,25

Modulo di deformazione a taglio

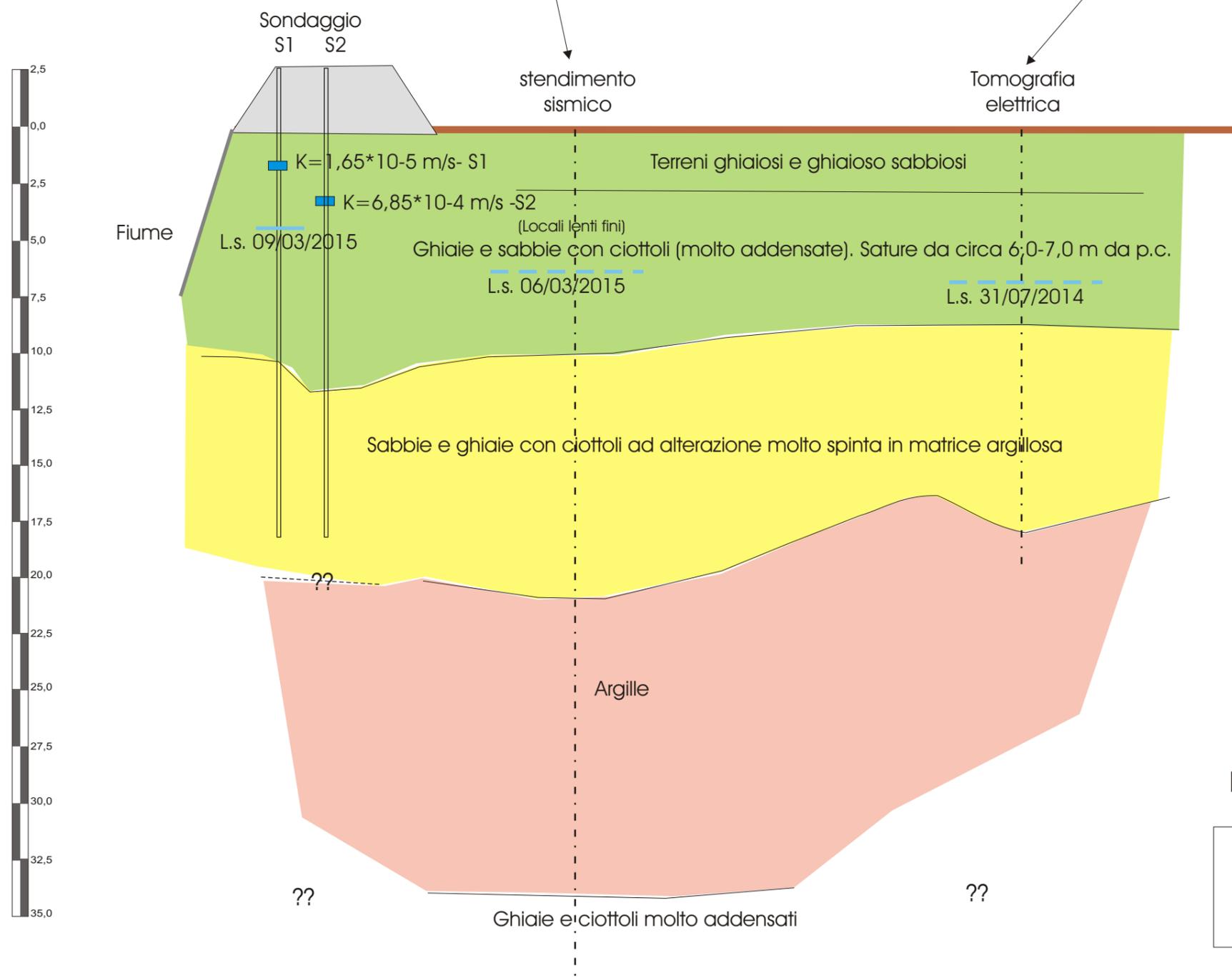
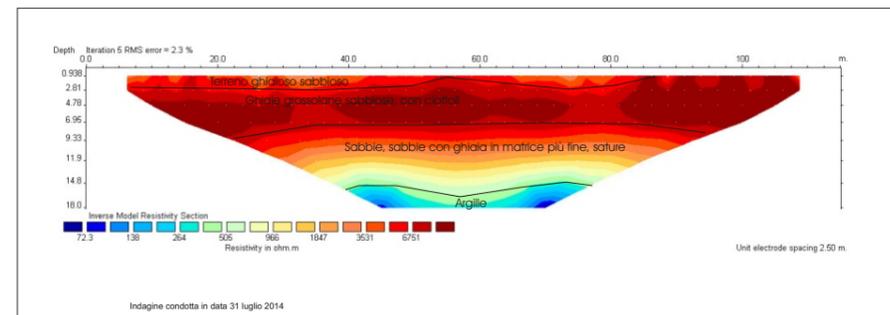
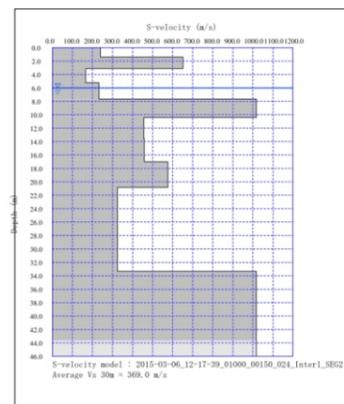
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	33	3,45	33	Ohsaki (Sabbie pulite)	1739,07
Strato 2	100	6,45	100	Ohsaki (Sabbie pulite)	4930,75
Strato 3	100	10,45	57,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	2930,90
Strato 4	100	15,45	57,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	2930,90
Strato 5	85	20,45	50	Ohsaki (Sabbie pulite)	2570,07



Unità	Litologia presunta	Valori medi			
		N _{SPT}	C (kg/cm ²)	φ (°)	Γ _d (t/m ³)
A	Ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata e Sabbia, con ciottoli (diam. Max > 10 cm). Ciottoli eterometrici, poligenici subarrotondati in rara matrice sabbiosa. Non alterati. Molto addensati Colore grigio	33-81 rifiuto	0	40,3	2,2
B	Ghiaia e ciottoli poligenici, subarrotondati molto alterati e noduli argillosi in matrice fine da sabbiosa ad argillosa. Mediamente addensati. Colore ocra.	24	0	32,5	1,98
C	Sabbia medio fine argillosa con pochi ciottoli. Molto Addensata. Colore ocra	52	0	36	2,17
D	Sabbia grossolana e ghiaia con ciottoli eterometrici, poligenici, subarrotondati, molto alterati, in matrice argillosa. Noduli e addensamenti argillosi. Molto Addensata. Colore ocra	85	0	37,2	2,24

 Livello Falda - 9-11 marzo 2015

Sezione di dettaglio
Modello Geotecnico



Distanze orizzontali non in scala

Sezione schematica
modello litostратigrafico

Risultati delle analisi MASW e ReMi

Autore: Giovanni Rodina
Sito: Carpignano sesia
Data: 6 marzo 2015

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	24
Numero di campioni temporali	1500
Passo temporale di acquisizione.....	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	1499ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	

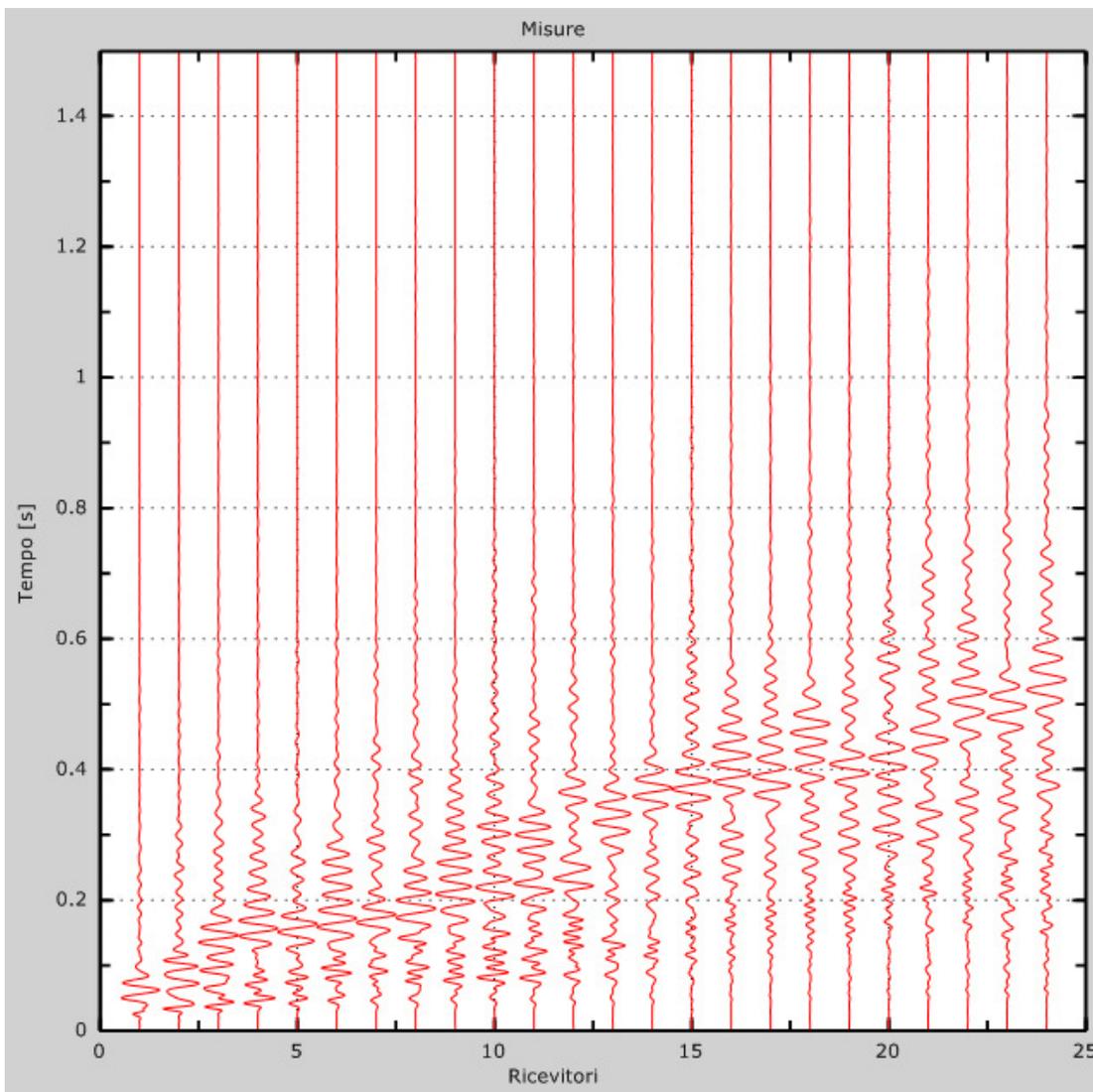


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale70Hz
Frequenza iniziale2Hz

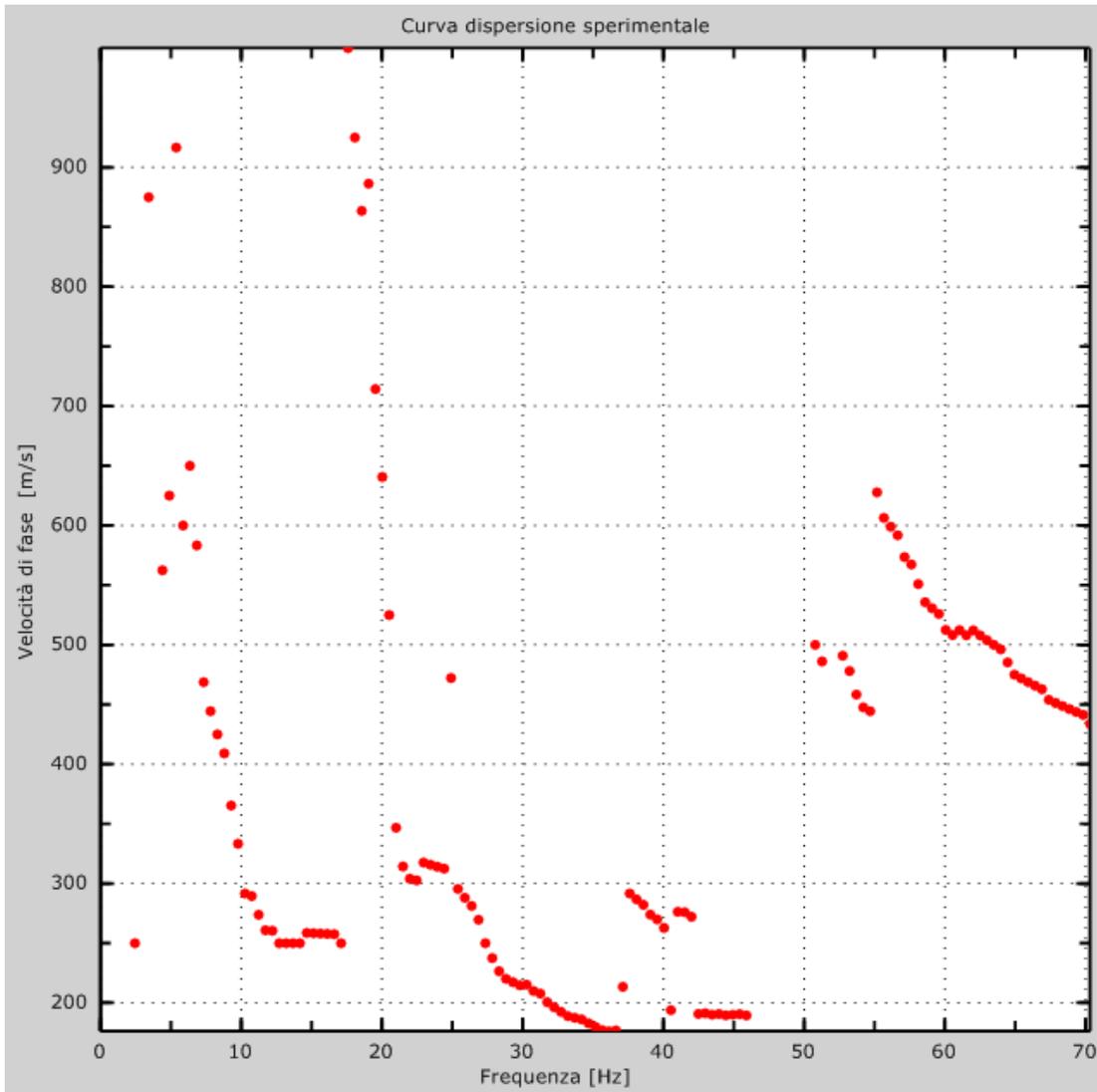


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori..... 12
Numero di campioni temporali3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione..... 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 179998ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

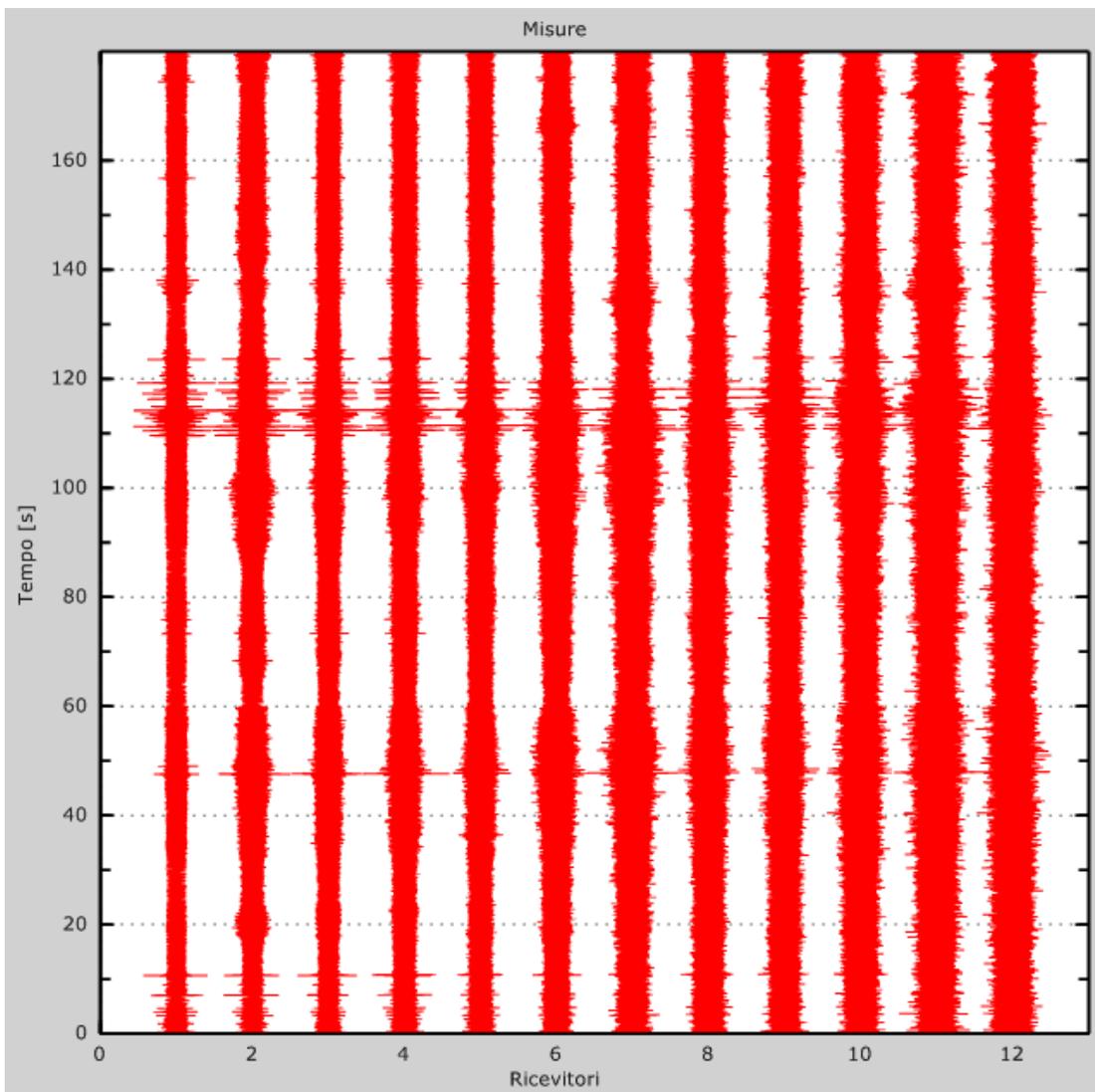


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
5.39551	900.833	810.75	990.917
8.83789	404.72	364.248	445.192
12.2803	258.854	232.969	284.74
15.7227	258.014	232.213	283.816
19.165	843.344	759.01	927.679
22.6074	307.112	276.401	337.824
26.0498	285.666	257.099	314.232
29.4922	216.35	194.715	237.985
32.9346	190.891	171.802	209.98
36.377	176.539	158.885	194.192
39.8193	266.051	239.446	292.656
43.2617	190.624	171.562	209.687
53.5889	463.268	416.941	509.594
57.0312	577.191	519.472	634.91
60.4736	508.842	457.958	559.726
63.916	496.591	446.932	546.25
67.3584	454.392	408.953	499.831

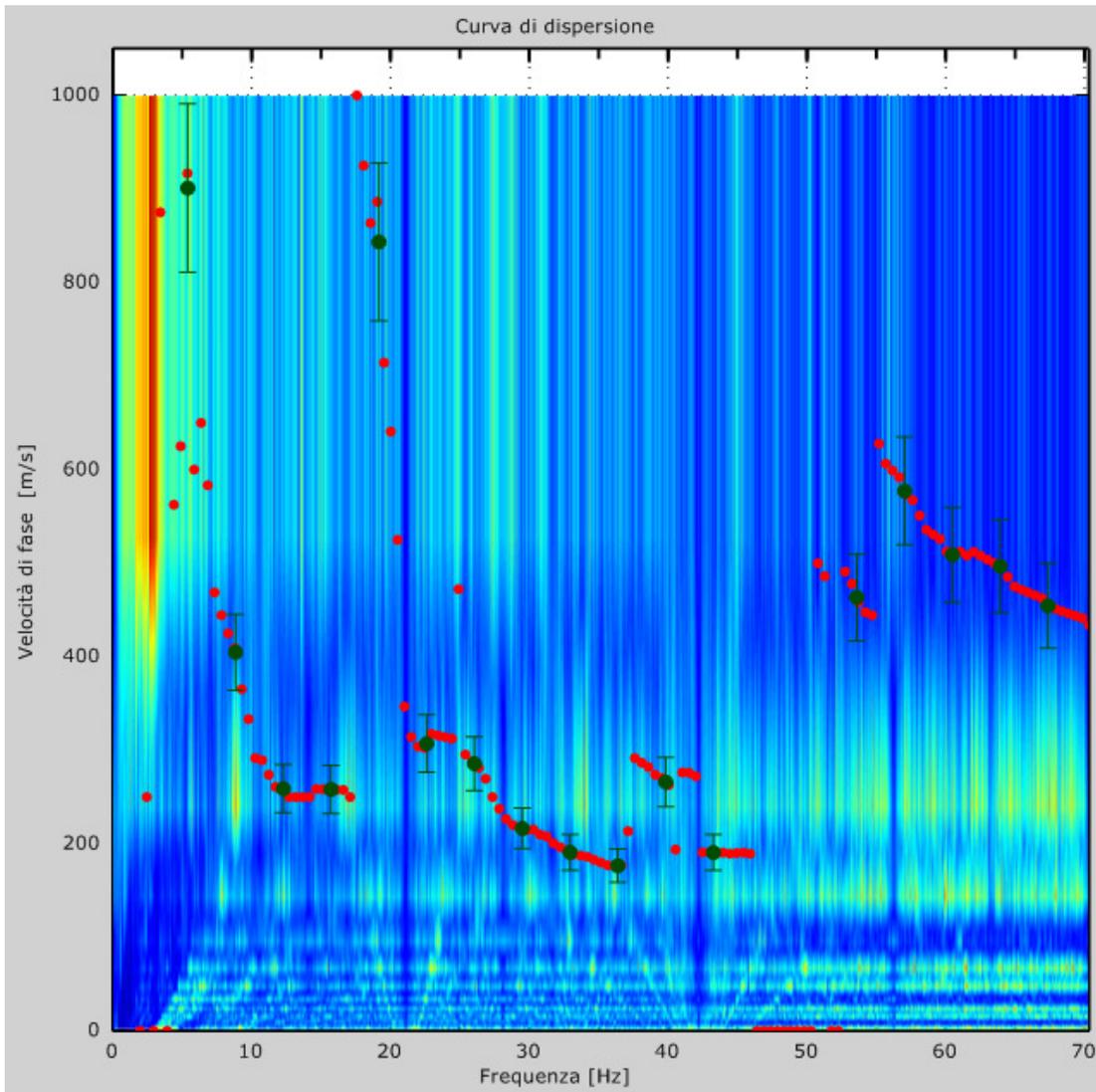


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio).....	9
Spaziatura ricevitori [m]	2m
Numero ricevitori	24
Numero modi.....	1

Strato 1

h [m].....	1
z [m]	-1
Densità [kg/m ³].....	1.705
Poisson.....	0.2
Vp [m/s]	359.26
Vs min [m/s]	150
Vs max [m/s]	300
Falda non presente nello strato	
Vs fin.[m/s].....	220.000

Strato 2

h [m].....	2
z [m]	-3
Densità [kg/m ³].....	1.917
Poisson.....	0.2
Vp [m/s]	898.15
Vs min [m/s]	450
Vs max [m/s]	600
Falda non presente nello strato	
Vs fin.[m/s].....	550.000

Strato 3

h [m].....	3
z [m]	-6
Densità [kg/m ³].....	1.850
Poisson.....	0.48
Vp [m/s]	1070.79
Vs min [m/s]	150
Vs max [m/s]	300
Falda presente nello strato	
Vs fin.[m/s].....	210.000

Strato 4

h [m].....	1
z [m]	-7
Densità [kg/m ³].....	1.993
Poisson.....	0.48
Vp [m/s]	1274.75
Vs min [m/s]	150
Vs max [m/s]	350
Falda presente nello strato	
Vs fin.[m/s].....	250.000

Strato 5

h [m].....	3
z [m].....	-10
Densità [kg/m ³].....	2.669
Poisson.....	0.48
Vp [m/s].....	4589.12
Vs min [m/s].....	700
Vs max [m/s].....	1200
Falda presente nello strato	
Vs fin.[m/s].....	900.000

Strato 6

h [m].....	10
z [m].....	-20
Densità [kg/m ³].....	2.201
Poisson.....	0.48
Vp [m/s].....	2294.56
Vs min [m/s].....	350
Vs max [m/s].....	550
Falda presente nello strato	
Vs fin.[m/s].....	450.000

Strato 7

h [m].....	13
z [m].....	-33
Densità [kg/m ³].....	1.964
Poisson.....	0.48
Vp [m/s].....	1631.69
Vs min [m/s].....	250
Vs max [m/s].....	400
Falda presente nello strato	
Vs fin.[m/s].....	320.000

Strato 8

h [m].....	11
z [m].....	-44
Densità [kg/m ³].....	2.659
Poisson.....	0.48
Vp [m/s].....	4538.13
Vs min [m/s].....	600
Vs max [m/s].....	1200
Falda presente nello strato	
Vs fin.[m/s].....	890.000

Strato 9

h [m].....	0
z [m].....	-∞
Densità [kg/m ³].....	2.669
Poisson.....	0.48
Vp [m/s].....	4589.12
Vs min [m/s].....	800
Vs max [m/s].....	1300
Falda presente nello strato	

Vs fin.[m/s].....900.000

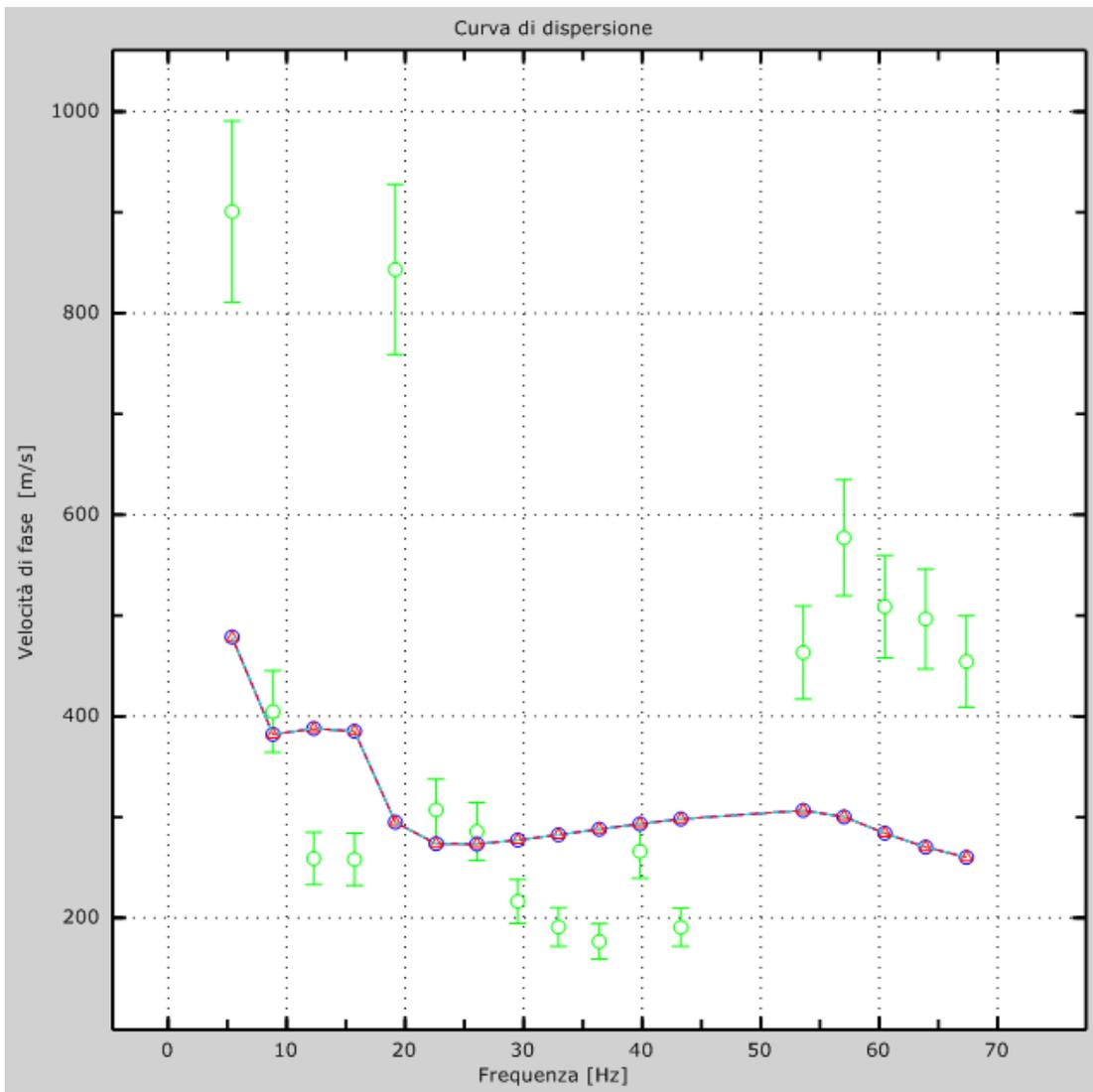


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

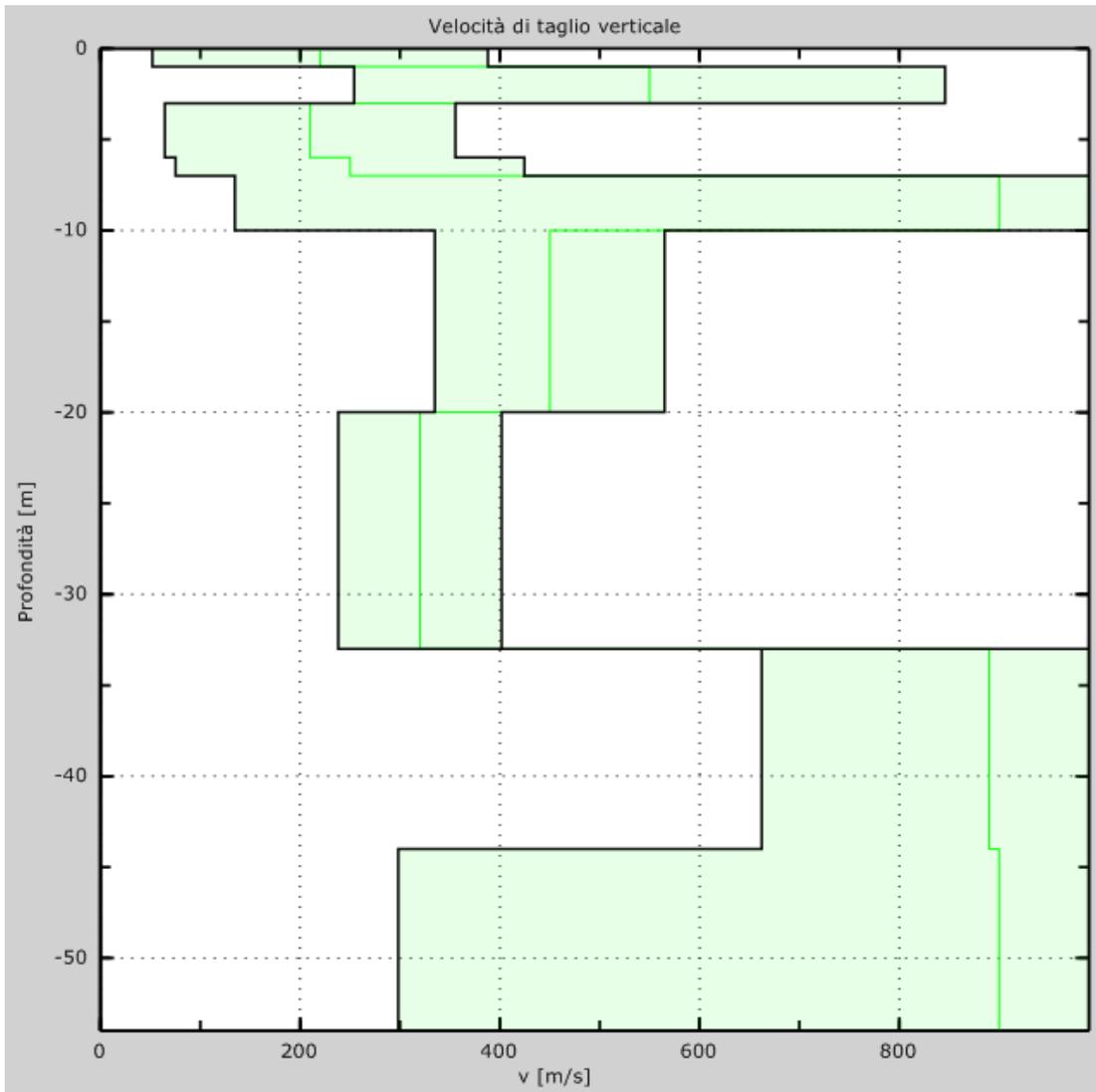


Figura 6: Profilo Vs numerico

6 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m] 0

V_{s30} [m/s] 369

La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008

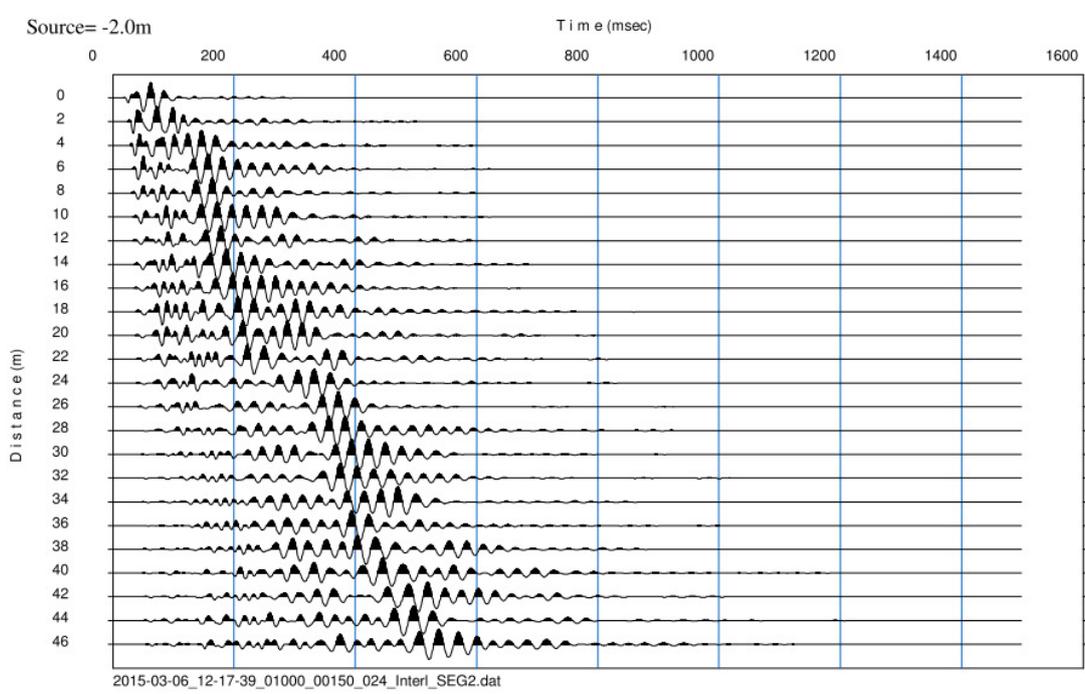
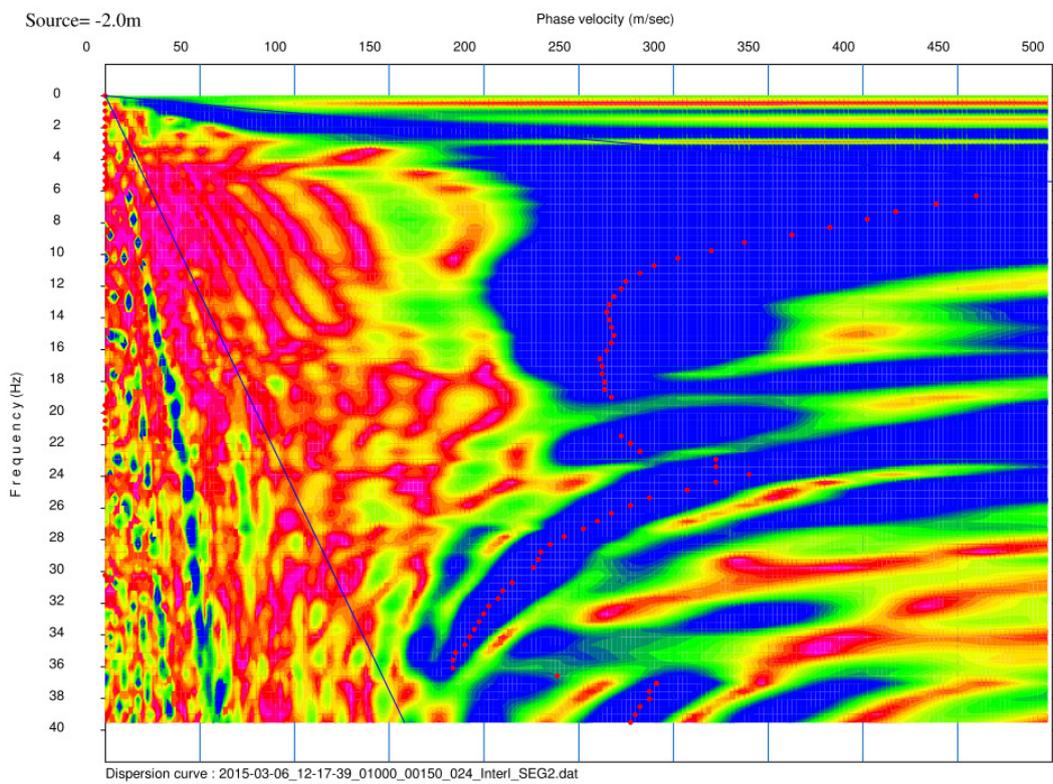
Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

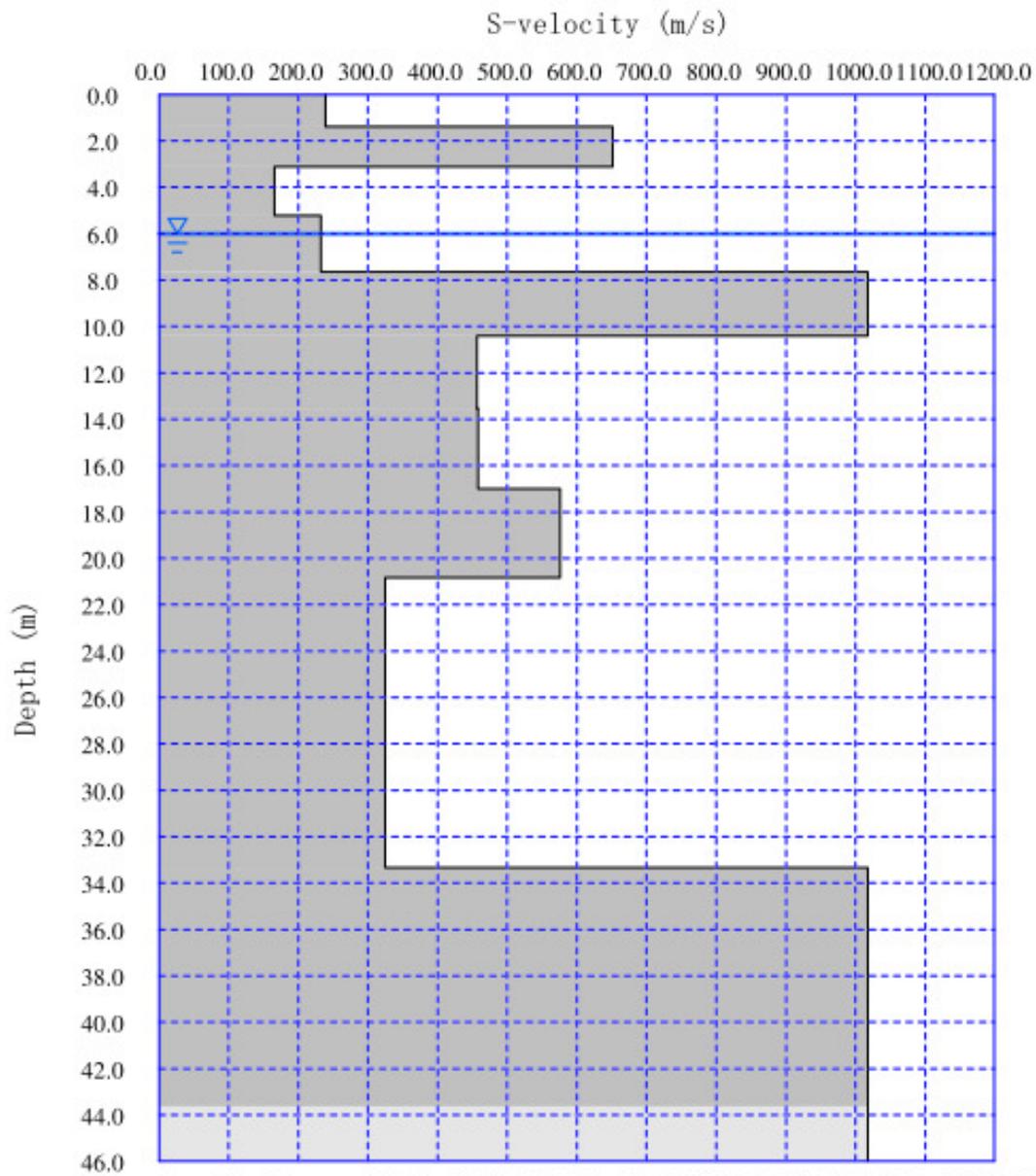
Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

L'unità geotecnica dello strato rigido non è stata rilevata.

Tipo di suolo B

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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).





S-velocity model : 2015-03-06_12-17-39_01000_00150_024_Interl_SEG2.

Average Vs 30m = 369.0 m/s