

**IMPIANTO PLUVIRRIGUO MEDOACO
TRASFORMAZIONE IRRIGUA SU 1.200 ETTARI NEI COMUNI DI
BASSANO DEL GRAPPA, ROSA' E CARTIGLIANO IN PROVINCIA DI VICENZA
1° LOTTO FUNZIONALE CENTRALE DI POMPAGGIO**



via Monte Pertica, 19
36061 Bassano del Grappa (VI)
tel. 0424-382714 - fax 0424-392791
P.IVA 02765080243
e-mail: Info@gencoltalia.net
<http://www.gencoltalia.net>

ALLEGATO	PROGETTO ESECUTIVO					
CS-C	- All.34 -		Data Maggio 2017		Pratica n° 1219	
	Relazione Geologica Geotecnica					
COMMITTENTE						
CONSORZIO DI BONIFICA "BRENTA" - Cittadella -						
						
PROGETTISTA						
	0	08/05/2017	Stesura originaria	MM	SG	SG
	Rev.	Data	Descrizione delle revisioni	Red.	Ver.	App.

Il presente documento non può essere riprodotto o copiato tutto o in parte senza l'autorizzazione di G.EN.CO. s.r.l. / Legge 22.04.41 n. 633 art. 2575 e segg. C.C.

Elaborazioni grafiche e consulenza tecnica: G.EN.CO. s.r.l. - General Engineering Consulting - Bassano del Grappa (VI)

DATA DI STAMPA: 12/05/2017

1219 - Esecutivo Strutture.dwg



Consorzio di Bonifica Brenta
- Cittadella -

Progetto di Impianto Pluvirriguo Medoaco

Trasformazione irrigua su 1200 ettari nei comuni di
Bassano del Grappa, Rosà e Cartigliano
in provincia di Vicenza - I° lotto funzionale

Progetto esecutivo

Dott. Geol. Jacopo De Rossi



aprile 2017



Studio associato Geodelta

Barchessa Villa Fini via Roma 28/3

35010 Limena (Padova)

Tel/fax: 049.8842616 e-mail: studio@geodelta.net

1. Premessa	2
2. Ubicazione ed estensione dell'area interessata dal progetto	4
3. Inquadramento geologico e idrogeologico.....	6
4. Caratteristiche del progetto della centrale	10
5. Indagine geognostiche eseguite.....	13
6. Situazione stratigrafica ottenuta delle indagini geognostiche	15
7. Indagine simica	16
8. Conclusioni.....	17
ALLEGATO 1: Stratigrafia della trincea	18
ALLEGATO 2: Risultati della prova DPSH	20
ALLEGATO 3: Documentazione Fotografica.....	22
ALLEGATO 4: Indagine Sismica	25

1. Premessa

La presente relazione, redatta su incarico e per conto del “Consorzio di Bonifica Brenta” di Cittadella (Padova) è finalizzata alla definizione delle caratteristiche geologiche geomorfologiche ed idrogeologiche di un’area, interessata dalla centrale di pompaggio facente parte di un progetto denominato: “Impianto pluvirriguo Medoaco – trasformazione irrigua su 1200 ha nei comuni di Bassano del Grappa, Rosà e Cartigliano in provincia di Vicenza – primo lotto funzionale”.

Detta centrale verrà ubicata nei pressi dell’esistente centrale idroelettrica di San Lazzaro in comune di Bassano del Grappa (Figura 1).

Di seguito si riferisce quindi dell’assetto geologico-stratigrafico ed idrogeologico locale presente nel territorio interessato dal progetto, delle conseguenti caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e delle eventuali prevedibili interazioni opera-terreno; ciò anche alla luce delle previsioni degli effetti dovuti a scosse sismiche.

In tal senso essa ottempera alle direttive di cui al D.M. LL. PP. 11/03/1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno, delle terre e delle opere di fondazione” (Pubbl. G.U. Suppl. ord. n°127, del 01/06/1988) delle successive istruzioni applicative ed integrazioni e modificazioni.

In accordo con i progettisti, l’indagine geognostica eseguita nell’area ha visto l’esecuzione di una prova penetrometrica dinamica super pesante (DPSH), l’esecuzione di una trincea esplorativa con escavatore meccanico ed una indagine geofisica di tipo sismico, con metodo attivo (MASW) e passivo (REMI) per la definizione della classificazione sismica del terreno.

In allegato sono riportate le documentazioni complete relative alle prove eseguite:

- Allegato 1: Stratigrafia della trincea esplorativa;
- Allegato 2: Risultati della prova DPSH;
- Allegato 3: Documentazione fotografica;
- Allegato 4: Indagine sismica

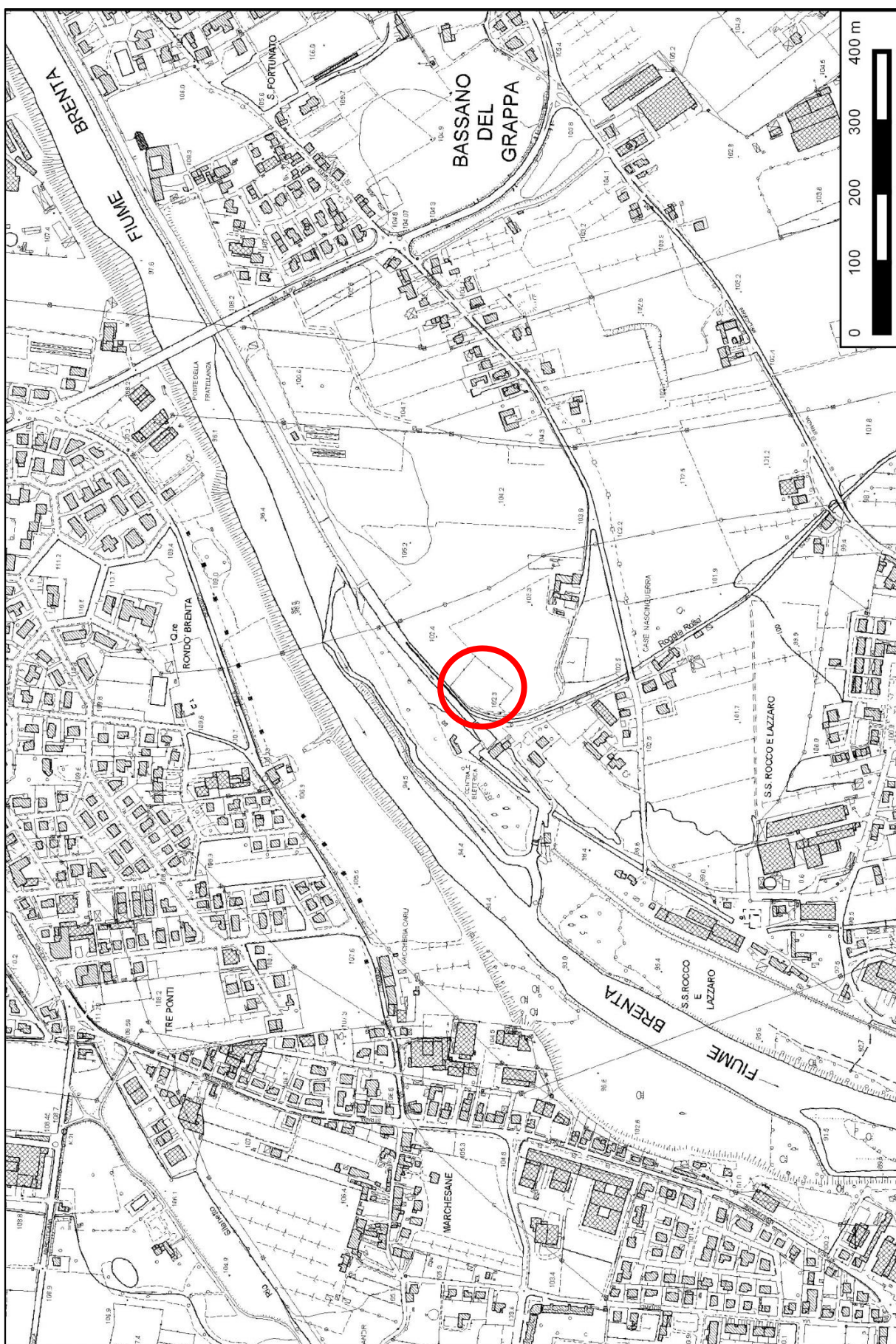


Figura 1: inquadramento dell'area, estratto da CTR (riduzione da 1:10.000)

2. Ubicazione ed estensione dell'area interessata dal progetto

Come già accennato in premessa l'indagine condotta è stata focalizzata nell'area interessata dalla realizzazione della centrale di pompaggio a servizio del “Nuovo impianto pluvirriguo Medoaco”.

In particolare, come già detto, l'area di progetto è localizzata in via SS Fortunato e Lazzaro (vedi Figura 2), in Figura 3 viene riportato un estratto di progetto.

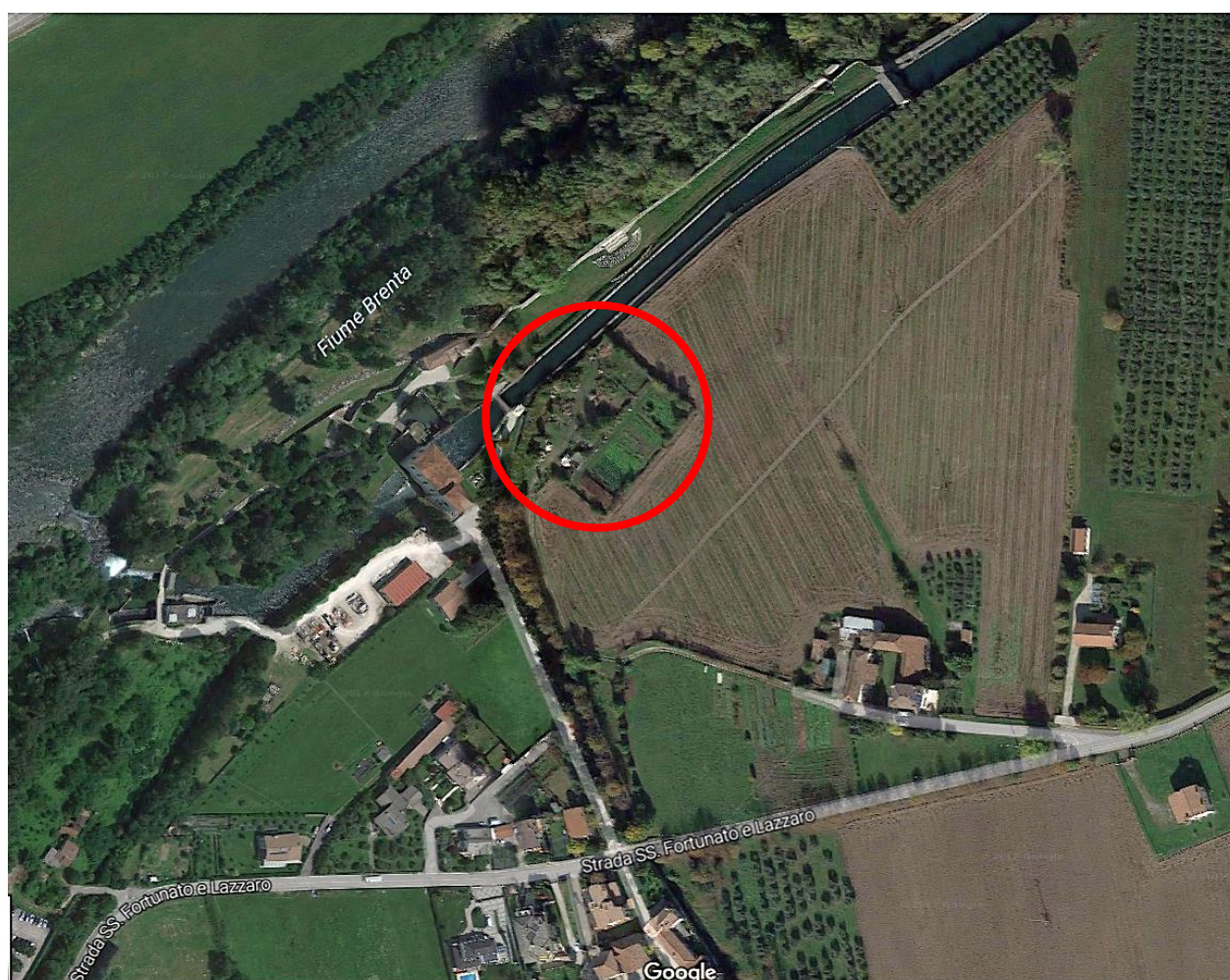
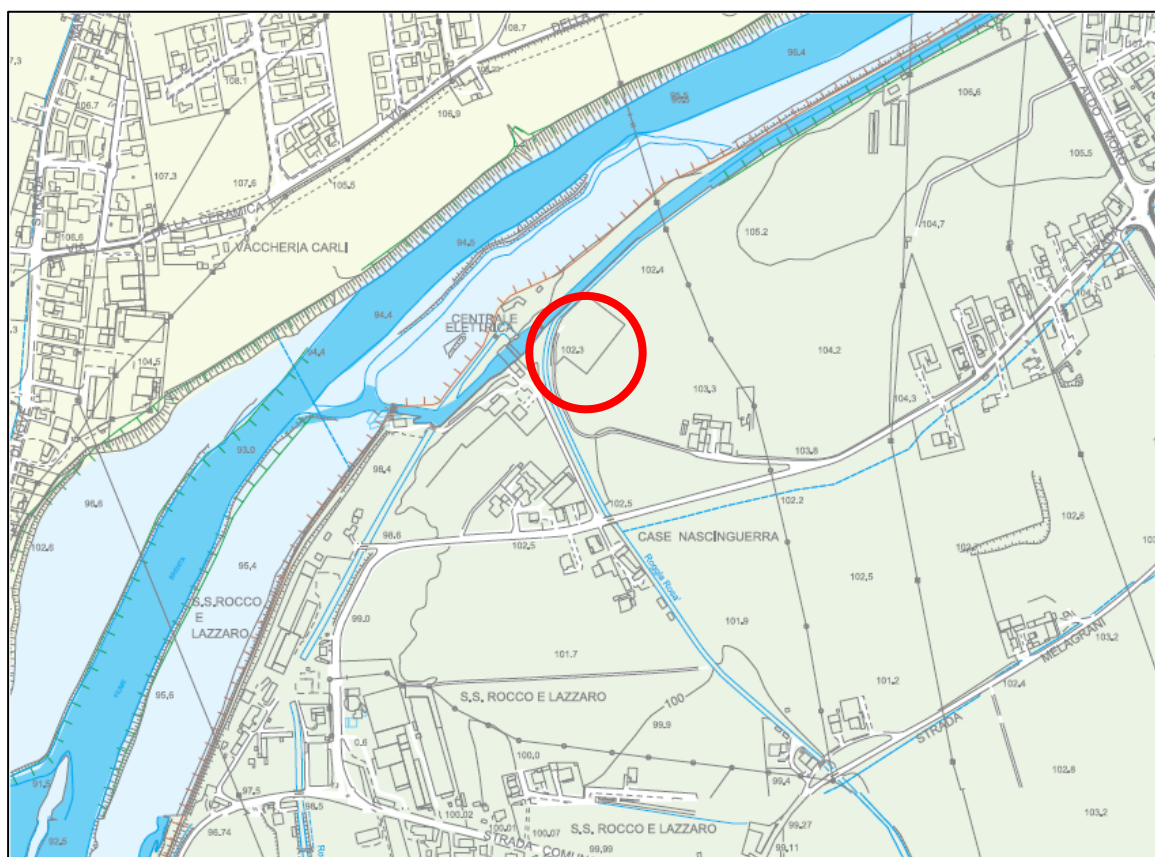


Figura 2: Vista aerea dell'area interessata dal nuovo impianto pluvirriguo



Figura 3: estratto dalla planimetria di progetto



FORME DI ACCUMULO DEI TERRAZZI FLUVIALI DEL FIUME BRENTA

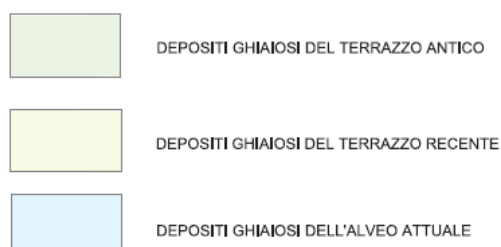
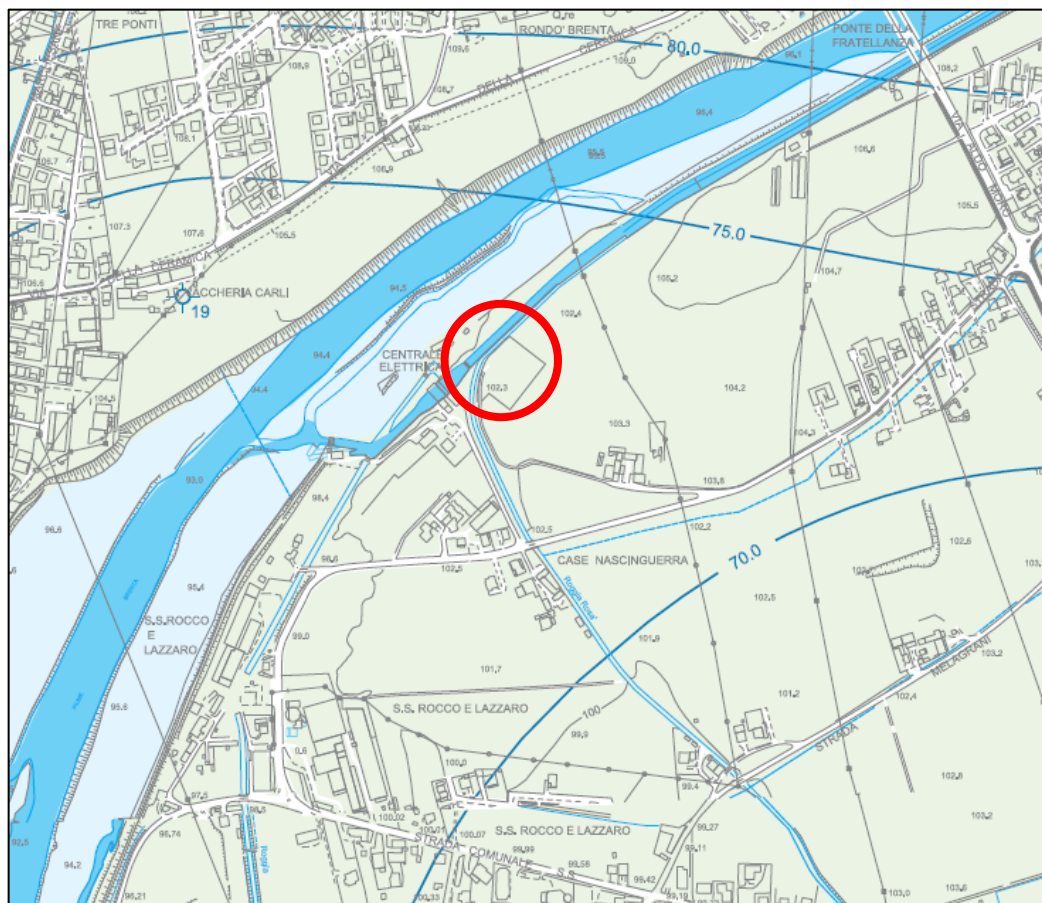


Figura 5: estratto della Carta geomorfologica del PRG comunale, riduzione da scala 1: 10.000

I materiali deposti sono generalmente granulari e grossolani (sabbia, ghiaie e ciottoli): essi infatti sono i primi ad essere abbandonati in conseguenza alla sempre minore energia di trasporto del fiume mano a mano che ci si allontana dallo sbocco vallivo verso la pianura.

In Figura 6, si riporta un estratto della carta Geologica del PRG comunale, nella quale si evince che l'area di studio è caratterizzata dalla presenza di materiali granulari, più o meno addensati, del terrazzo fluviale della valle del Fiume Brenta, avente permeabilità generalmente elevata (ovverosia maggiore a 1 cm/sec).

La situazione idrogeologica dell'area è caratterizzata dalla presenza dell'acquifero libero indifferenziato, si rileva quindi la presenza di un'unica falda acquifera freatica ubicata nel deposito di ghiaie e sabbie; tale falda, in particolare nelle immediate vicinanze del fiume Brenta, è condizionata direttamente dal livello idrografico del fiume stesso.



PERMEABILITA' (cm/sec)

	Elevata	Media	Medio-bassa	Bassa
	>1	1 - 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁶	<10 ⁻⁶
ecg				
fca				
fka				
ags				
ala				

MATERIALI DELLA COPERTURA DETRITICA COLLUVIALE ED ELUVIALE, DEGLI ACCUMULI DI DETRITO E DEI DEPOSITI DI FRANA

Materiali granulari sciolti o poco addensati per alterazione o mobilizzati in seguito a degradazione del substrato o movimenti di masse, costituiti da elementi granulari sabbioso-ghiaiosi e da elementi litoidi immersi in matrice limoso-sabbiosa

MATERIALI ALLUVIONALI E FLUVIOGLACIALI

Materiali granulari più o meno addensati dei terrazzi fluviali e fluvio-glaciali della valle e della conoide del Fiume Brenta

Materiali alluvionali, morenici o fluvio-glaciali a tessitura prevalente limo-argillosa, delle valli minori

Figura 6: estratto della Carta geologica del PRG comunale, riduzione da scala 1: 10.000

In sintesi nell'area di studio è presente un potente e continuo deposito di ghiaie, sabbie e ciottoli oltre a numerosi trovanti di varie dimensioni e natura geologica, come ad esempio calcari e graniti, derivanti dai depositi del Fiume Brenta.

La presenza di matrice limoso-argillosa in proporzione prevalente risulta limitata al suolo e primo sottosuolo (per uno spessore variabile di circa 1-1,5 metri). Più in profondità, almeno fino a 35 metri si rileva la presenza nettamente prevalente di ciottoli ghiaie e sabbie .

4. Caratteristiche del progetto della centrale

Il consorzio di “Bonifica Brenta” prevede di realizzare una centrale di pompaggio a servizio del nuovo impianto pluvirriguo, che prevede di realizzare una struttura dotata di una vasca di accumulo dell’acqua (dimensioni circa 5 m di larghezza per 5,4 di lunghezza), da una vasca in cui verranno alloggiate le pompe sommerse (dimensioni circa 11 m di larghezza per 15 m di lunghezza), una condotta di collegamento (circa 12 m di lunghezza), tra la vasca di accumulo e la roggia Rosà, composta da scatolari per una lunghezza complessiva di circa 12 m, ed infine una serie di locali tecnici a piano campagna con una pianta di dimensioni 8 m di larghezza per una lunghezza di circa 10 m.

Le opere di fondazione sono poste a differente profondità rispetto al piano campagna: la massima profondità di posa corrisponde alle vasche di accumulo e di alloggio delle pompe sommerse, tali fondazioni sono poste ad una profondità corrispondente alla quota di circa 97,8 m s.l.m. (circa -4,5 m dal piano campagna attuale, il quale presenta una quota pari a circa 102,3 m s.l.m.).

La condotta di collegamento tra la roggia Rosà e le vasche hanno anch’esse fondazioni a platea in calcestruzzo armato poste alla quota di 99 m s.l.m..

Alcuni estratti di progetto (piante e sezioni) sono stati riportati in Figura 7, 8 e 9.

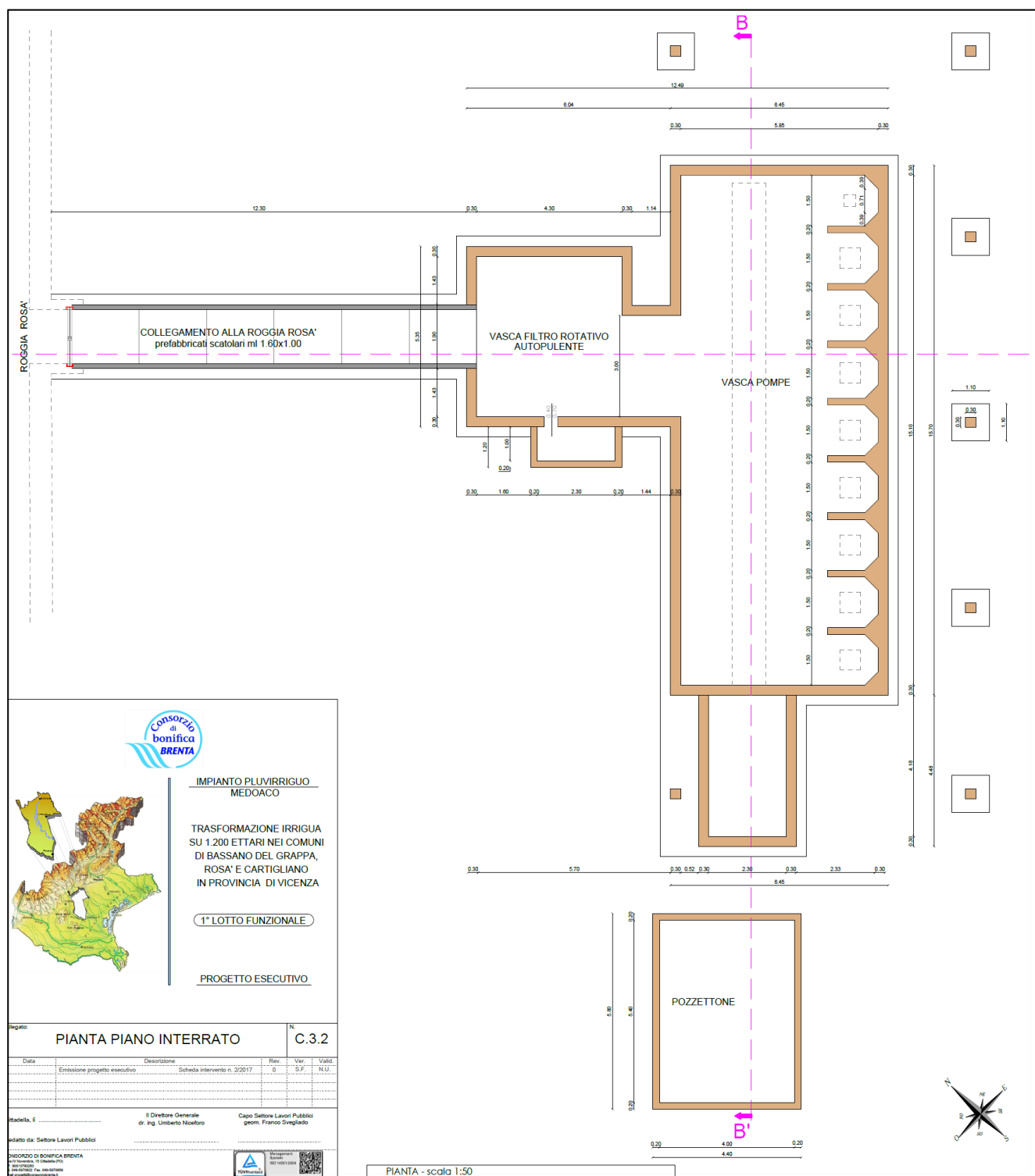


Figura 7: pianta della struttura in progetto

5. Indagine geognostiche eseguite

La definizione di dettaglio della situazione stratigrafica del terreno presente nel primo sottosuolo nell'area in esame è stata ottenuta mediante l'esecuzione di una trincea esplorativa eseguita per mezzo di escavatore idraulico.

Lo scavo della trincea è stato spinto fino a circa 3,8 m dal piano campagna.

A pochi metri dalla trincea è stata eseguita la prova penetrometrica super pesante (DPSH) la quale si è interrotta a 4,4 m per rifiuto alla penetrazione (numero di colpi maggiori a 60 per l'avanzamento di 20 cm da parte della punta).

In Figura 10 vengono riportate le ubicazioni delle due prove geologico-geotecniche.

Fino alla profondità di scavo e di esecuzione della prova non si è rilevata presenza di acqua di falda.



Figura 10: Planimetria con ubicazione delle indagini geologiche.

6. Situazione stratigrafica ottenuta delle indagini geognostiche

L'area è risultata essere caratterizzata dalla presente di terreno di riporto fino alla profondità di circa 3,4 - 3,5 m dal piano campagna, tale materiale di riporto consiste in terreno avente una matrice di limo-sabbioso con frammenti di materiale antropico (laterizi, calcestruzzo, asfalto) con abbondante ghiaia e ciottoli anche di grandi dimensioni (diametro maggiore a 20 cm).

Al di sotto di questo strato di materiale di riporto è presente terreno naturale in posto di natura sabbiosa, debolmente limosa, con abbondante ghiaia e ciottoli.

La prova penetrometrica dinamica super pesante, è stata svolta a circa 7-8 m di distanza dalla trincea eseguita con lo scavatore meccanico.

In generale, le prove penetrometriche dinamiche DPSH sono prove geotecniche puntuali e consistono nell'infiungere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio. L'energia di infissione è fornita da un maglio del peso di 63,5 kg che, battendo a caduta libera sulle aste, cade da un'altezza costante di 75 cm, per mezzo di un dispositivo di sganciamento.

Nel corso della prova si rileva il numero di colpi necessari per la penetrazione di 20 cm della punta, le informazioni fornite dalle prove penetrometriche dinamiche DPSH sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione.

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica è stato messo in evidenza la presenza di materiali sciolti poco consistenti fino a circa 4 m di profondità, oltre alla quale sono stati rilevati terreni più consistenti, infine a 4,4 m di profondità la prova è terminata in quanto è stato registrato il rifiuto alla penetrazione da parte della punta (n° di colpi maggiori a 60 per l'avanzamento di 20 cm).

Da quanto sopra descritto deriva il fatto che la prova DPSH ha interessato essenzialmente lo strato di materiale di riporto; per tale motivo nessuna valutazione quantitativa di parametri geotecnici può essere desunta da essa trattandosi, appunto, di deposito non naturale.

Dovendo comunque essere posizionato l'edificio su tale materiale, non si è ritenuto utile eseguire la suddetta prova su depositi naturali presenti in aree limitrofe.

In allegato 2 viene riportata il report della prova DPSH, mentre in allegato 3 è presente la documentazione fotografica della trincea.

7. Indagine sismica

Nell'area è stata eseguita un'indagine geofisica di tipo sismico, costituita da una metodologia di sismica "attiva" e da una metodologia sismica "passiva", le quali hanno permesso la caratterizzazione sismica secondo la normativa vigente dei terreni presenti nel sottosuolo.

Tale indagini sono state svolte sul terreno naturale in posto presente nella porzione più sud-orientale dell'area.

Ai fini delle prescrizioni della vigente normativa in materia (O.P.C.M. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni e D.M. 14.01.2008) e alla luce dell'indagine eseguita è stato possibile verificare come il suolo di fondazione del sito, oggetto di studio, ricada nella **classe B**.

Tale classe viene descritta dalla normativa come: *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da 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 $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

In allegato 4 viene inserito il report dell'indagine sismica.

8. Conclusioni

L'area di sedime della centrale di pompaggio in progetto risulta caratterizzata da un deposito di materiale di riporto, misto tra materiale naturale a diversa granulometria e materiale antropico di varia natura.

Lo spessore di tale deposito coincide grossomodo con quello delle vasche della centrale per cui le fondazioni più profonde delle opere da realizzare saranno poggiate sul materiale naturale in posto di natura ghiaioso-sabbiosa.

Il livello di falda locale, ancorché influenzabile da eventi di piena del Fiume Brenta è posto a profondità tali da non interessare gli scavi.

Si consiglia di valutare, laddove le fondazioni poggino sul riporto, l'opportunità di stabilizzare il materiale con iniezioni o lavorazioni a calce-cemento.

Particolare cautela dovrà essere adottata in relazione agli scavi, in quanto il materiale presente non garantisce stabilità delle scarpate neppure a breve termine, andranno pertanto adottati cautelativi angoli di scarpa o realizzate adeguate opere di sostegno.

Limena, aprile 2017

Dr. Geol. Jacopo De Rossi



ALLEGATO 1: Stratigrafia della trincea

Cantiere Bassano del Grappa - Via SS fortunato e Lazzaro			N. sondaggio T1	
Committente CONSORZIO DI BONIFICA BRENTA			Scala sondaggio 1:25	
Perforatore			Geologo Jacopo De Rossi	
Coord.			Quota (p.c.)	
Metodo perf. Trincea con escavatore meccanico			Data ultimazione 19/04/2017	
Scala 1:25	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Falda
0.1			TERRENO DI RIPOORTO IN MATRICE LIMOSA SABBIOSA CON FRAMMENTI DI LATERIZI, ASFALTO, CIOTTOLI E GHIAIA	
0.2				
0.3				
0.4				
0.5				
0.6				
0.7				
0.8				
0.9				
1.0				
1.1				
1.2				
1.3				
1.4				
1.5				
1.6				
1.7				
1.8				
1.9				
2.0				
2.1				
2.2				
2.3				
2.4				
2.5				
2.6				
2.7				
2.8				
2.9				
3.0				
3.1				
3.2				
3.3				
3.4				
3.5	3.50			
3.6				
3.7				
3.8	3.80		TERRENI SABBIOSI DEBOLMENTE LIMOSI, CON ABBONDANTE GHIAIA E CIOTTOLI	

ALLEGATO 2: Risultati della prova DPSH

Servizi Geologici s.r.l.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Certificato n°: 0132/17

Data emissione: 20/04/2017

COMMITTENTE: Geodelta Studio Associato

CANTIERE: Via SS Fortunato e Lazzaro

LOCALITA': Bassano del Grappa (VI)

RESPONSABILE DI SITO: Dott. Francesco Morbin

QUOTA P.C.: 0 m s.l.m.

QUOTA FALDA: 0,00 m da p.c.

DIRETTORE DI LABORATORIO: Dott. Francesco Morbin

Prova n° DPSH1

DATA INIZIO: 19/04/2017

DATA FINE: 19/04/2017

ATTREZZATURA: DPSH TG 63-200 PAGANI

Pagina: 1

Tot. Pagine: 2

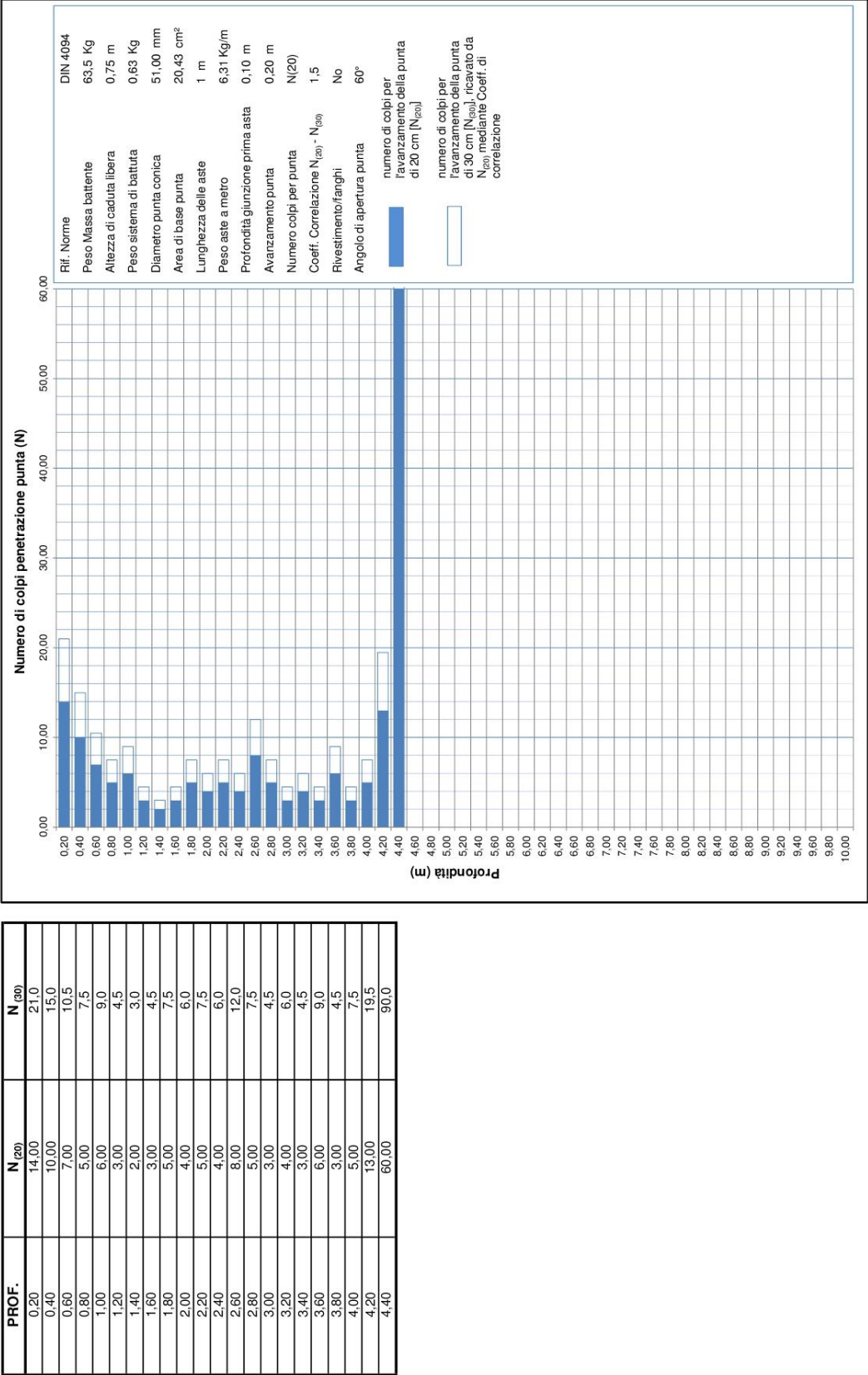
UBICAZIONE PUNTO DI INDAGINE: vedi Relazione

COORDINATE GEOGRAFICHE Lat. 0 N Long. 0 E

INFORMAZIONI SULLA PROVA Preforo 0,0 m Prof. Finale 4,4

OPERATORE: Massimiliano Mengato

ANOMALIE RISCOINTRATE ED EVENTUALI NOTE:



ALLEGATO 3: Documentazione Fotografica

TRINCEA 1
profondità scavo 3,8 m da p.c.





ALLEGATO 4: Indagine Sismica



Geodelta Studio Associato	Via: Roma, 28/3 - Barchessa Villa Fini
P.IVA: 03516360280	Tel: 049 8842616
	Fax: 049 8842616
	Email: studio@geodelta.net

	Data: aprile 2017
	IL Tecnico Dott. Lorenzo Facco Dott.ssa Geol. Maria Soppelsa
	Il Progettista: Dott. Geol. Jacopo de Rossi

Indagine geofisica tramite tecnica MASW e ReMi

Indice

Premessa
Strumentazione di acquisizione
Indagini sismiche Masw
Indagini sismiche
Dati generali
Dati Masw-Report
Dati ReMi Report
Risultati indagini Masw e ReMi
Atlante fotografico

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l’analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Modellizzazione

E’ possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d’onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l’aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d’onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d’onda. Piccole lunghezze d’onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d’onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Strumentazione di acquisizione

Per l'acquisizione del dato MASW e ReMi, è stato utilizzato il sismografo MAE - Sysmatrack a 12 canali (risoluzione a 24 bit), equipaggiato con 12 geofoni a frequenza naturale 4.5 Hz.



Figura-Sismografo MAE-Sysmatrack

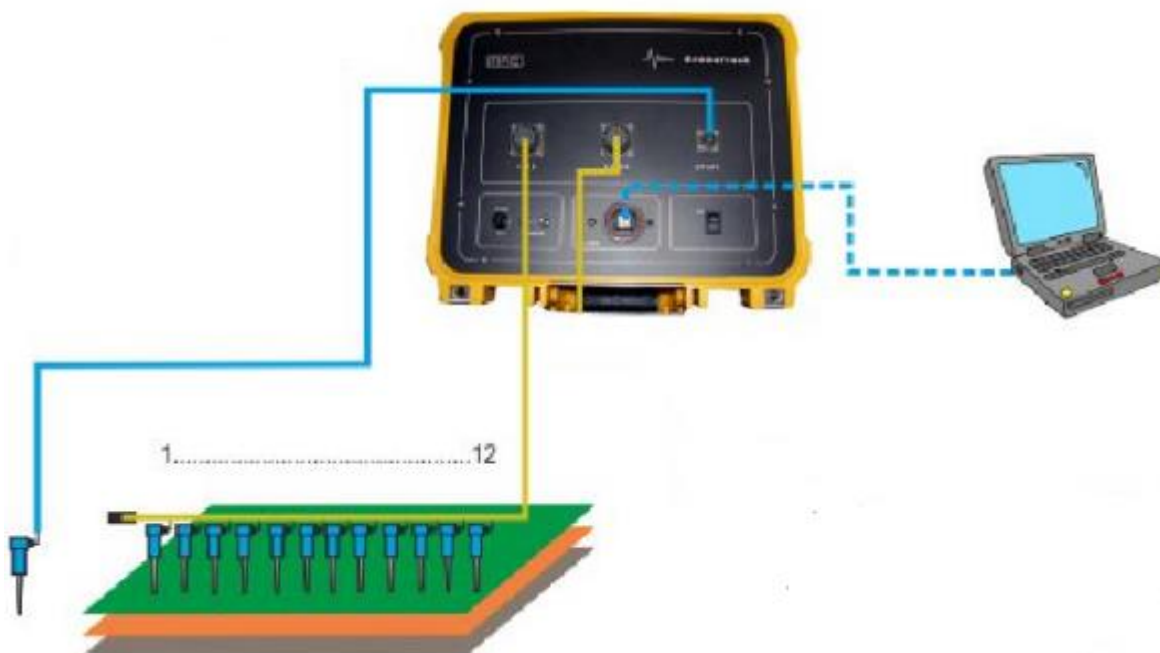


Figura-Schematizzazione della strumentazione di acquisizione

Indagini sismiche Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves)

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basa sull'elaborazione delle proprietà spettrali delle onde di superficie (Rayleigh o pseudo-Rayleigh) per la costruzione di un modello verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s).

Tramite l'analisi della velocità di propagazione delle onde di superficie, si determina un profilo di rigidezza del sito che consente di stimare indirettamente la distribuzione delle V_s .

La prova consiste nel produrre in superficie del terreno una sollecitazione dinamica verticale e nel registrare le vibrazioni prodotte, in superficie, a distanze note e prefissate.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di rigidezza può scomporsi in due fasi fondamentali:

- deduzione della curva di dispersione (velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza) caratteristica del sito in esame;
- processo di inversione, finalizzato a ottenere partendo dalla curva suddetta una stima del profilo di rigidezza a essa associato.

Ai fini di questa prova, di tutte le componenti di moto prodotte nel terreno dalla sorgente, interessano quelle che si trasmettono lungo la superficie (onde superficiali) e di queste quelle di Rayleigh, polarizzate sul piano verticale e caratterizzate da componenti sia longitudinali sia trasversali.

Tali onde si propagano lungo fronti d'onda cilindrici, coassiali rispetto alla sorgente, con attenuazione proporzionale all'inverso della radice di r (dove r è la distanza dalla sorgente); poichè l'attenuazione delle onde di volume è proporzionale a $1/r$, a distanze non molto grandi le onde di superficie tendono a prevalere nettamente su quelle di volume.

La velocità V_R risulta sperimentalmente assai prossima a quella delle onde di taglio V_s (variando in funzione del coefficiente di Poisson tra 0.86 e 0.95).

La configurazione utilizzata per l'esecuzione delle MASW era composta di 12 geofoni con spaziatura geofonica di 5 m e punto di energizzazione delle onde sismiche a 5 m dal primo geofono; la sorgente sismica utilizzata è stata una massa battente di 8kg.

I dati sono stati elaborati tramite il software "Easy MASW" prodotto da Geostru.

Indagini sismiche ReMi (Refraction Microtremors)

Le tecnica ReMi è una derivazione delle tecniche SASW (Spectral Analysis of Surface Waves) e MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) che si basa sull'elaborazione delle proprietà spettrali delle onde di superficie (onde di Rayleigh o pseudo-Rayleigh) per la costruzione di un modello verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio. La VS viene stimata sulla base della relazione analitica $V_S = 0.9 * V_{RAYLEIGH}$

Il metodo ReMi combina la semplicità operativa del SASW con l'elevata risoluzione nei terreni più superficiali propria del MASW.

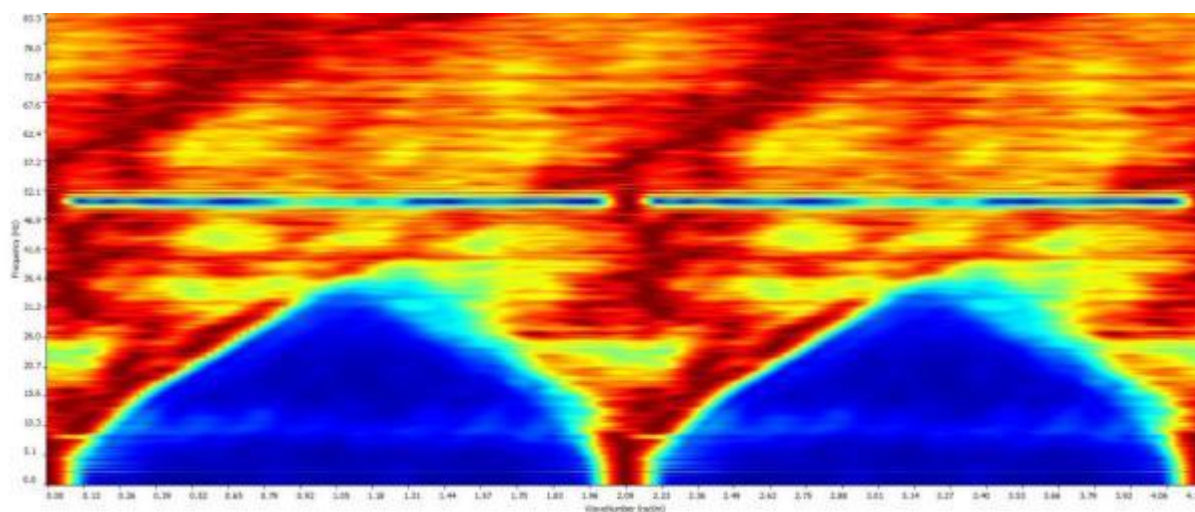


Figura-Esempio di Spettro f-k di onde di superficie

I microtremori vengono generalmente registrati mediante uno stendimento lineare da 12 o più geofoni a bassa frequenza senza la necessità di dover operare con un sorgente attiva. I dati vengono acquisiti mediante la classica strumentazione impiegata per i rilievi a rifrazione.

Generalmente si impiegano geofoni con frequenza variabile da 4 a 14 Hz e tempi di registrazione di 15-30 s. L'impiego di campionatori di elevata dinamica (cioè superiori a 144 dB) consente poi di dimezzare la frequenza utile campionabile rispetto a quella nominale dei geofoni.

È quindi teoricamente possibile registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza è compreso nell'intervallo tra 2 Hz e 25-30 Hz. Questo intervallo di frequenza, in condizioni ottimali, può consentire di stimare, con buon dettaglio, il profilo della VS nei primi cento metri di profondità. Il rumore registrato viene convertito dal dominio x-t al dominio - fk nel quale viene rappresentato lo spettro di potenza delle onde di superficie ed individuata la curva di dispersione.

In corrispondenza della stazione ReMi sono state acquisite 10 sessioni di registrazione, con controllo in tempo reale dei dati. I dati di scarsa qualità oppure quelli caratterizzati dalla presenza di rumore polarizzato sono stati scartati direttamente in campo. Le singole sessioni di registrazione, sono state quindi aggregate in uno spettro medio.

La pre-elaborazione di campo ed il controllo di qualità in tempo reale sono di estrema importanza in questo tipo di misure in quanto qualora il modo fondamentale delle onde si superficie non venga campionato correttamente risulta impossibile stimare la curva di dispersione e costruire il modello verticale di velocità delle onde si taglio (VS).

I dati sono stati elaborati mediante il software commerciale “SWAN – Surface Waves Analysis” prodotto dal Geostudi Astier srl.

Dati generali

Cantiere	San Lazzaro
Località	Bassano del Grappa
Operatore	Dott.ssa Geol. Maria Soppelsa Dott. Lorenzo Facco
Responsabile	Dott. Lorenzo Facco
Data	19/04/2017 09:55

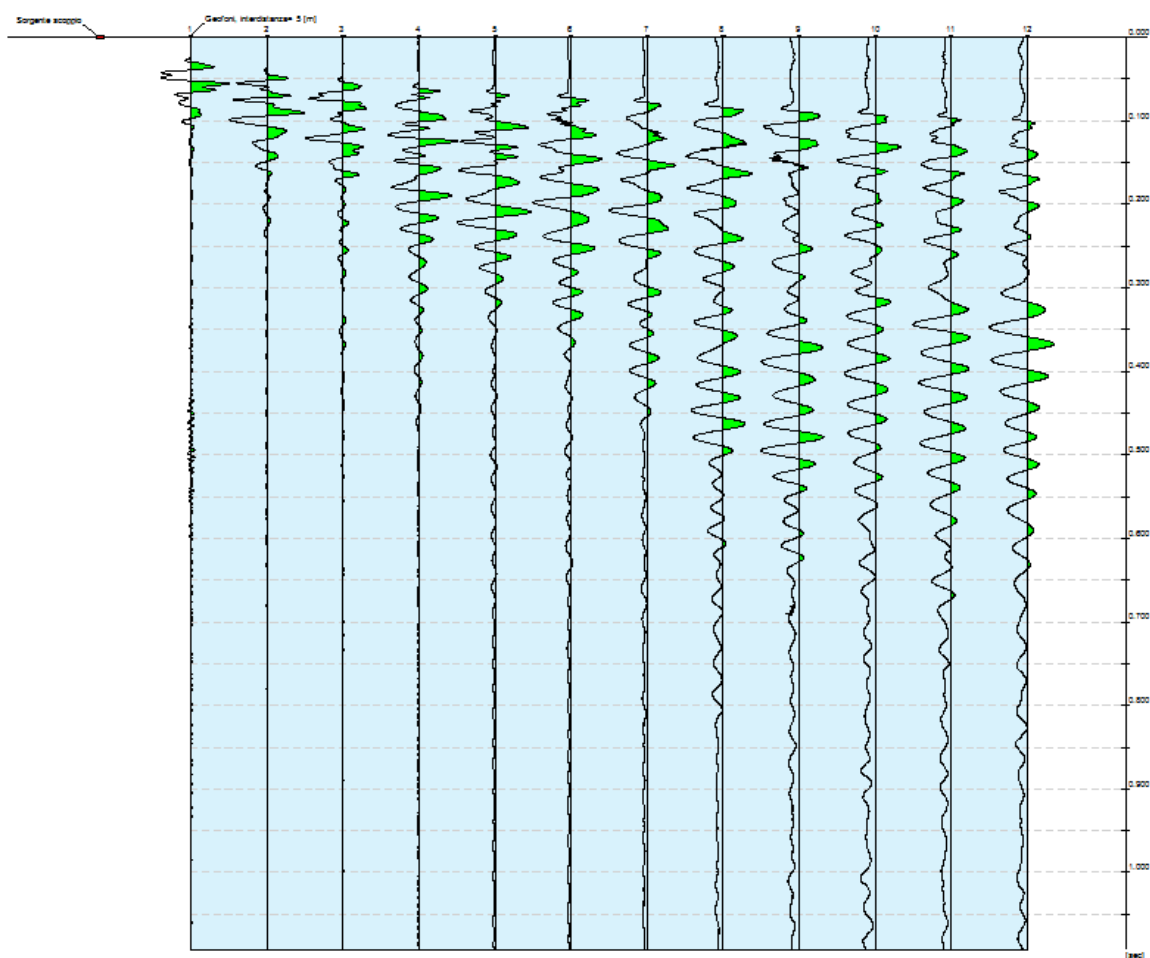


Figura-Ubicazione dello stendimento Masw e ReMi

Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1093.6
Interdistanza geofoni [m]	5.0
Periodo di campionamento [msec]	0.267

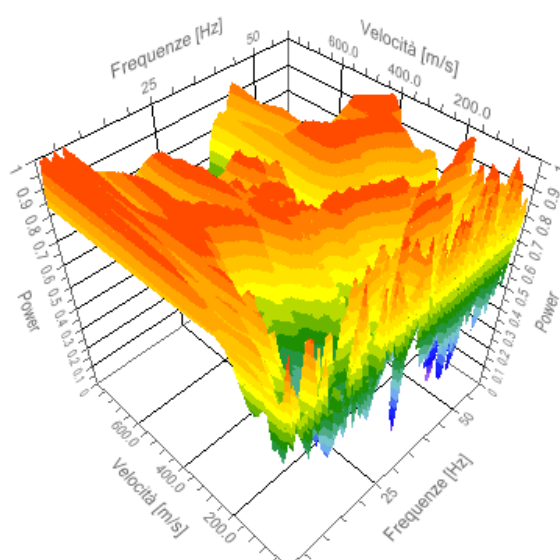
Cantiere: San Lazzaro
 Località: Bassano del Grappa
 Operatore: Dott.ssa Geol. Maria SoppelsaDott. Lorenzo Facco
 Responsabile: Dott. Lorenzo Facco
 Data: 19/04/2017



Analisi spettrale

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

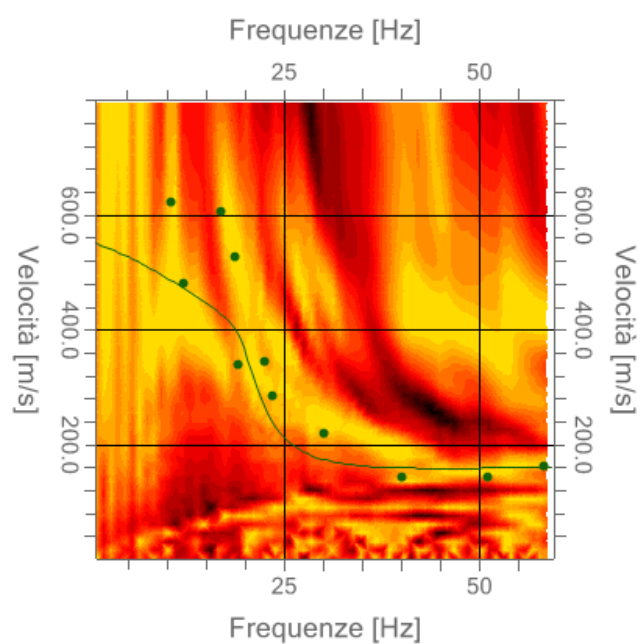
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.6	621.5	0
2	12.1	481.0	0
3	17.1	606.8	0
4	18.8	527.8	0
5	19.2	340.5	0
6	22.7	343.4	0
7	23.5	284.9	0
8	30.2	220.5	0
9	40.2	141.5	0
10	51.2	141.5	0
11	58.2	162.0	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

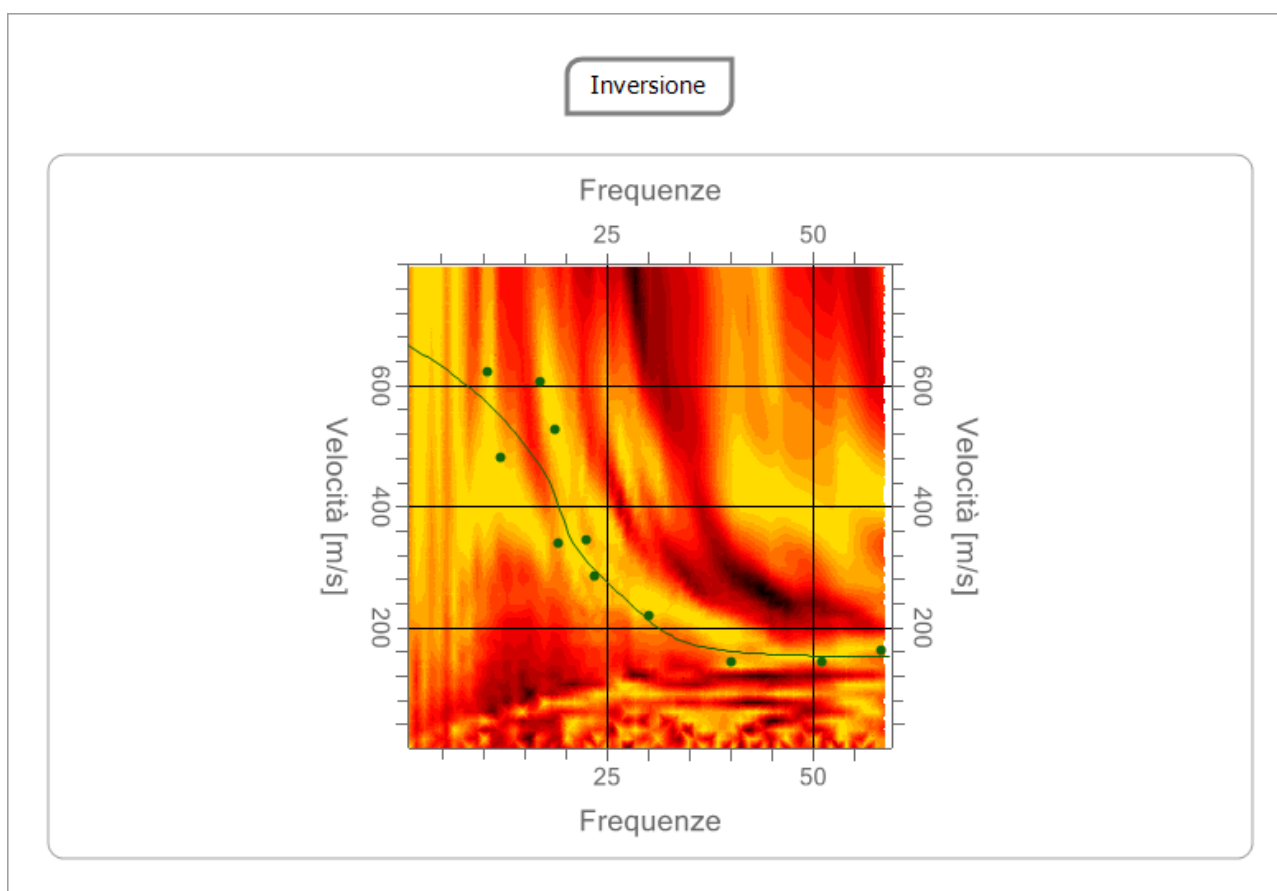
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.00	1.00	1800.0	0.5	No	563.7	170.0
2		2.00	1.00	2400.0	0.4	No	322.8	131.8
3		4.71	2.71	2000.0	0.4	No	816.4	333.3
4		7.49	2.78	1800.0	0.4	No	832.9	340.0
5		oo	oo	1800.0	0.3	No	1360.0	727.0

Percentuale di errore

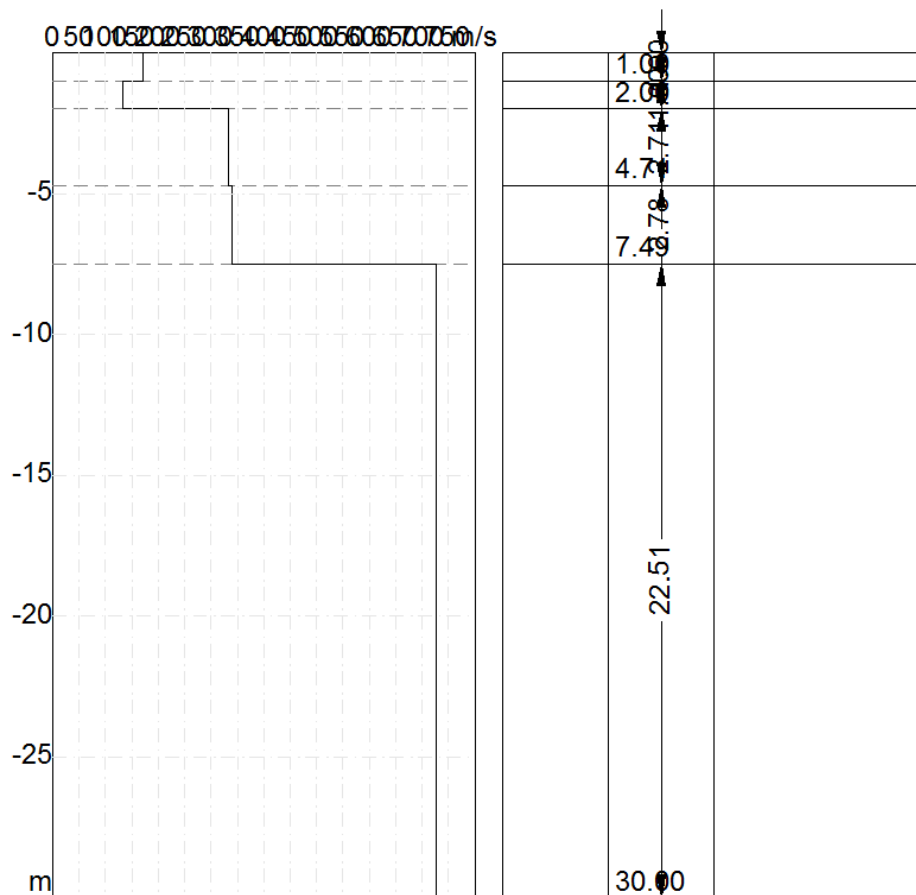
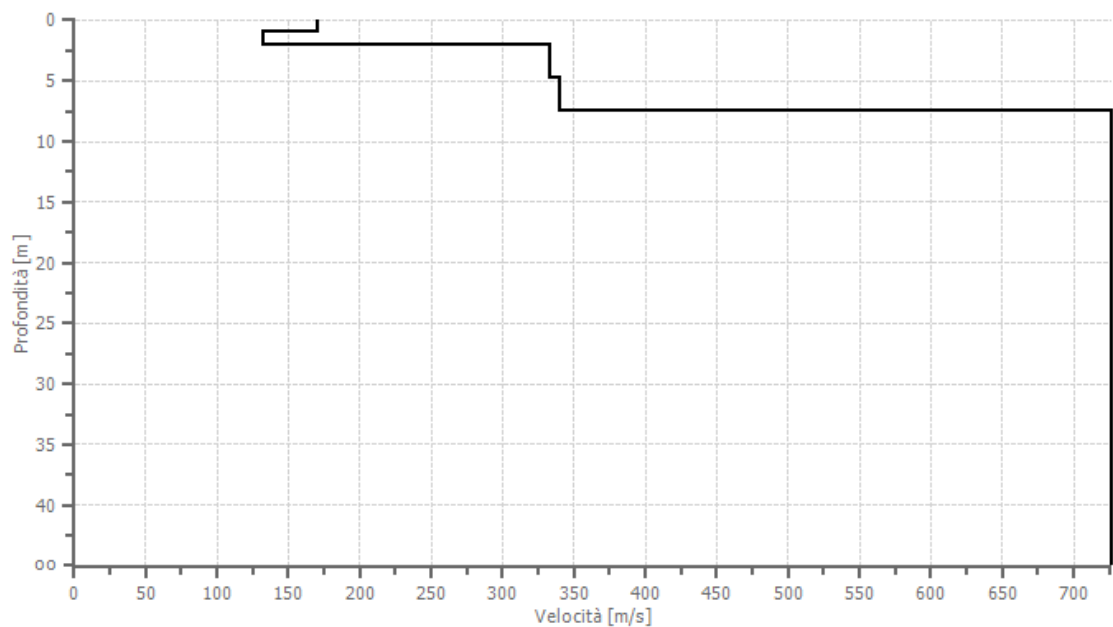
2.703 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.134



Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di	0.00
posa [m]	
Vs30 [m/sec]	493.82

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeff. Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	169.97	563.73	2000.00	0.45	57.78	635.57	558.53	167.56	N/A	335.75
2	2.00	1.00	131.79	322.81	2100.00	0.40	36.47	218.84	170.21	102.12	28	93.49
3	4.71	2.71	333.30	816.41	2000.00	0.40	222.17	1333.04	1036.81	622.08	N/A	N/A
4	7.49	2.78	340.02	832.87	1800.00	0.40	208.10	1248.60	971.13	582.68	N/A	N/A
5	oo	oo	726.96	1360.03	1900.00	0.30	1004.11	3514.38	2175.57	2610.68	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Dati ReMi-Report

La prima fase di elaborazione del dato ReMi è semiautomatica e l'analista inserisce i parametri geometrici e decide la frequenza massima da indagare, la velocità di fase minima di partenza ed il numero di vettori "slowness" ($np=2*n$ geofoni). Questi ultimi tre parametri, opportunamente scelti, concorrono ad aumentare il dettaglio dello spettro ed a renderlo più adatto ad una campionatura meno ambigua della curva di dispersione.

La fase successiva consiste nella stima della curva di dispersione. A parità di frequenza la velocità scelta non deve essere quella coincidente con il picco massimo di intensità del segnale, come accade nel MASW, bensì quella più bassa prossima al confine tra incoerenza propria del rumore e segnale.

Questo è determinato dal fatto che i microtremiti non provengono da un'unica sorgente e che l'energia del rumore che attraversa obliquamente lo stendimento appare nell'immagine f-k con una velocità apparente (V_a) più elevata di quella reale (V_r) osservabile in linea.

Al fine di incrementare la qualità dell'immagine spettrale i piani di migliore qualità sono stati combinati per costruire uno spettro medio.

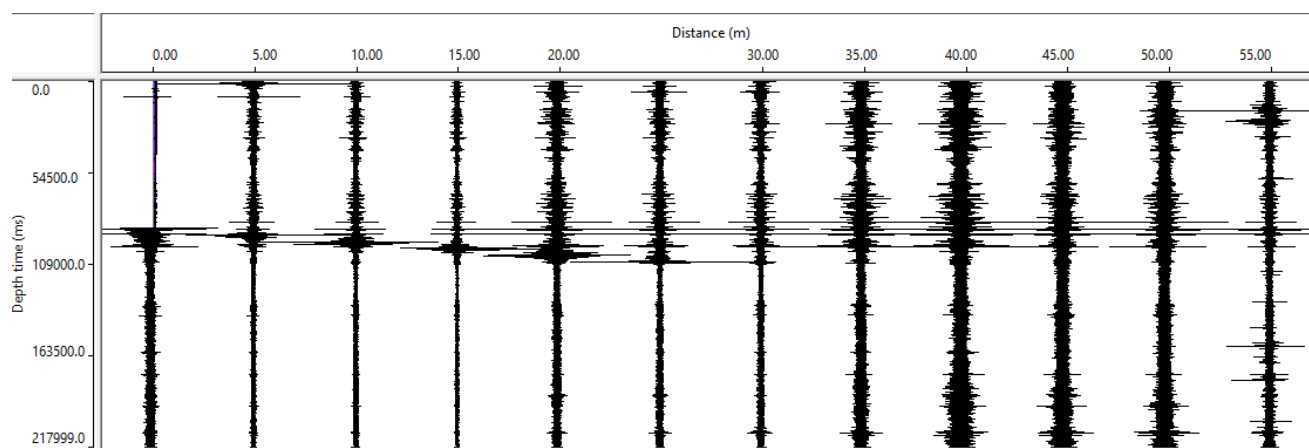


Figura-Mean Seismogram-Bassano del Grappa

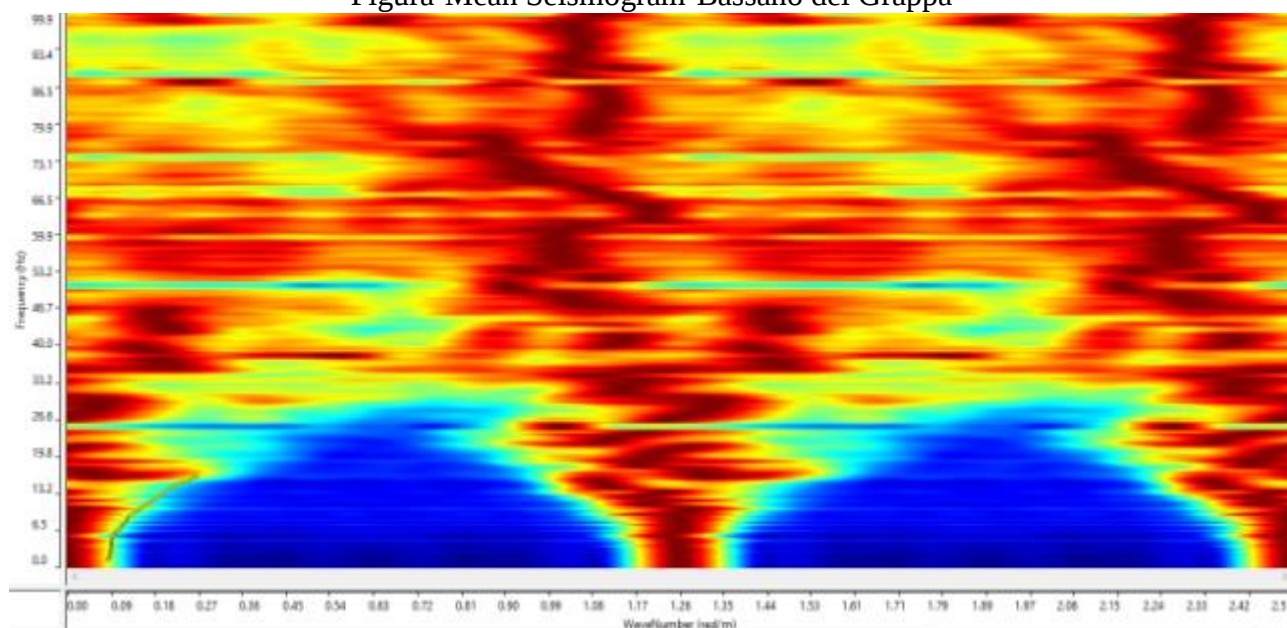
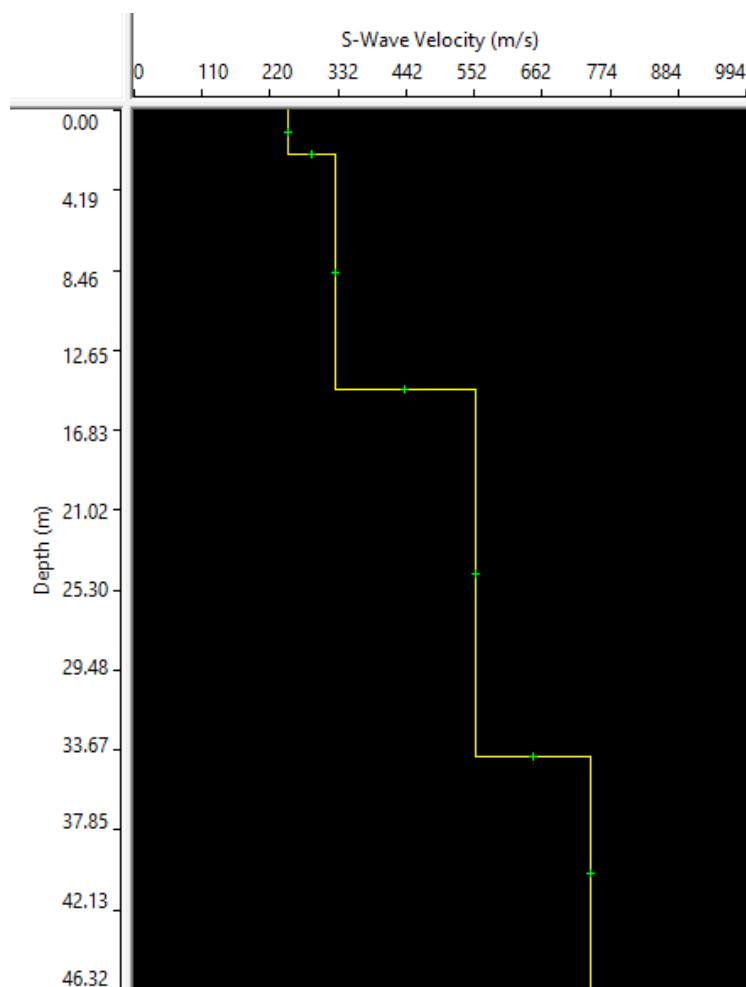


Figura-Spectrum f-k-Bassano del Grappa

I dati selezionati dall'immagine f-k vengono riportati su un diagramma nel quale compare anche una curva di dispersione calcolata a partire da un modello di VS che è modificabile dall'analista.

Variando numero di strati, spessore e velocità di ciascuno strato del modello è possibile adattare la curva calcolata a quella sperimentale ottenuta mediante l'analisi spettrale.

In questo tipo di approccio (modellazione diretta) sono ovviamente insite delle ambiguità interpretative nel senso che, valendo un principio di equivalenza, lo stesso risultato può essere ottenuto con diverse coppie "spessore-velocità". Questa ambiguità non sussiste più qualora la determinazione riguardi non tanto la VS del singolo strato ma il valore medio della VS su un certo numero di strati (sino a 30 m di profondità) come peraltro indicato nella normativa.



	Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
Layer 1	2.32	0.00	250	501	0.333	1.800
Layer 2	12.39	2.32	326	652	0.333	1.800
Layer 3	19.33	14.71	555	1110	0.333	1.800
Layer 4	INF	34.04	740	1479	0.333	1.800

Figura-Profilo Vs30

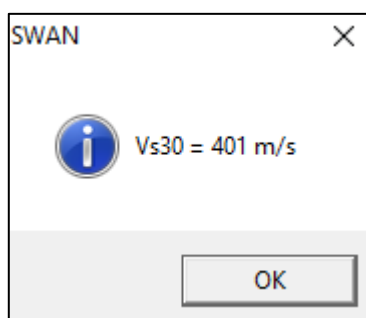


Figura-Vs30 ReMi-Bassano del Grappa

Risultati Indagine Masw e Remi

Dalla modellazione diretta della curva di dispersione dei profili sismici, acquisiti con la tecnica MASW e ReMi, è stato possibile stimare il profilo verticale della VS nel sito di indagine. In particolare sono state analizzate le caratteristiche della stratificazione elastico-acustica del sottosuolo nei primi 30 m di profondità. In tutti i casi al fine di ottenere una maggiore rappresentatività dei dati sono stati sommati gli spettri delle diverse registrazioni effettuate per il sito per ottenere uno spettro medio. Nella fase di stima della curva di dispersione si è scelto cautelativamente di sottostimare leggermente la VS il cui valore medio sui 30 m di profondità.

Il valore medio del parametro V_{s30} , determinato con l'elaborazione dei dati MASW, è risultato pari:

Stazione	V_{s30}
MASW-1	493.82 m/s

Il valore medio del parametro V_{s30} , determinato con l'elaborazione dei dati ReMi, è risultato pari:

Stazione	V_{s30}
ReMi-1	401 m/s

Dall'analisi dei profili dei modelli ottenuti è possibile verificare quanto segue le velocità medie V_{s30} risultano dello stesso ordine di grandezza.

Ai fini delle prescrizioni della vigente normativa in materia (O.P.C.M 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni e D.M. 14.01.2008) e alla luce di quanto sopra è possibile verificare come il suolo di fondazione del sito, oggetto di studio, vada a ricadere tra la classe B.

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 $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
----------	--

**ATLANTE FOTOGRAFICO
DELL'INDAGINE SISMICA**



Figura-Stendimento MASW



Figura- Geofoni da 4,5 Hz utilizzati.



Figura- Strumentazione d'acquisizione



Figura- Strumentazione di energizzazione.