

---

**Pro.Geo. s.a.s.**  
*di Biagioni Alessio, Moni Leonardo & C.*



**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE**

**COMUNE DI COREGLIA ANTELMINELLI**  
**PROVINCIA DI LUCCA**

**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ESEGUITE**  
**IN PIANO DI COREGLIA - VIA NAZIONALE**

**- RELAZIONE TECNICA -**

Committente:  
Sig. Federico LORENZI  
Sig. Michele Sebastiano LORENZI

PRO.GEO. s.a.s.  
Dott. Geol. ALESSIO BIAGIONI

GENNAIO 2011

Rif. PG11\_2011

## INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE.....	2
3. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P .....	4
3.1. La metodologia di indagine.....	4
3.2. Sistema di acquisizione .....	5
3.3. Elaborazione dei dati.....	6
3.4. Schema di acquisizione .....	7
3.5. Risultati della prospezione sismica .....	7
4. ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI .....	8
4.1. La metodologia di indagine.....	8
4.2. Strumentazione.....	11
4.3. Vantaggi della registrazione multicanale.....	12
4.4. Descrizione generale della procedura MASW .....	13
4.5. Schema di acquisizione .....	13
4.6. Risultati della prova sismica MASW .....	14

## Allegati

- all. 1: Inquadramento topografico dell'area (scala 1:10.000)
- all. 2: Planimetria di ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche (scala 1:1.000)
- all. 3: Tabulati e grafici delle prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
- all. 4: Prospezione sismica a rifrazione con onde P (sezione sismica ST1)
- all. 5: Prova sismica MASW (sezione sismica M1)
- all. 6: Documentazione fotografica

## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica riguarda le indagini geognostiche e geofisiche eseguite, per conto dei Sig.ri FEDERICO LORENZI e MICHELE SEBASTIANO LORENZI in via Nazionale, nella frazione di Piano di Coreglia, nel Comune di Coreglia Antelminelli (LU) (*all. 1*), allo scopo di ricostruire la locale successione stratigrafica <sup>(1)</sup> e valutare i parametri fisici e geotecnici dei terreni presenti.

Tali indagini, effettuate il giorno 19.01.2011, sono state svolte secondo il seguente programma (*all. 2*):

- esecuzione di n. 2 **prove penetrometriche dinamiche** superpesanti (DPSH) spinte rispettivamente alla profondità di 1,60 m (P<sub>1</sub>) e di 1,20 m (P<sub>2</sub>) dal p.c. (*all. 3*);
- esecuzione di n. 1 **prospezione sismica a rifrazione** con onde P, tramite stendimento di lunghezza pari a 46 metri (24 canali; interasse: 2,0 m) (*all. 4*);
- esecuzione di n. 1 **prova MASW** <sup>(2)</sup>, tramite stendimento di lunghezza pari a 46 metri (24 canali; interasse: 2,0 m) (*all. 5*); quest'ultima allo scopo di ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali (V<sub>s</sub>), dalla quale ricavare il parametro V<sub>s30</sub> (velocità media delle onde sismiche trasversali nei primi trenta metri sotto la superficie del terreno).

Si evidenzia come la scelta della metodologia di indagine sismica eseguita (onde P e MASW), consegua direttamente dalla morfologia dei luoghi, dalla loro accessibilità ed ampiezza; nel caso specifico, infatti, risulta impossibile localmente l'esecuzione di altri tipi di prove sismiche (in particolare onde SH), le quali richiedono, per indagare spessori di terreno tali da consentire il calcolo di V<sub>s30</sub>, sviluppi lineari e rettilinei superficiali non disponibili nell'area di studio.

## 2. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

### Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici

<i>Tipo</i>	<i>Sigla di riferimento</i>	<i>Peso massa battente M (Kg)</i>
Leggero	DPL (Light)	M < 10
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40
Pesante	DPH (Heavy)	40 < M < 60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M > 60

<sup>(1)</sup> Si ricorda che le classificazioni geologiche dei vari livelli individuati (ove proposte) sono puramente indicative. Le prove eseguite mirano infatti, unicamente, alla caratterizzazione geotecnica dei materiali attraversati.

<sup>(2)</sup> Multichannel Analysis of Surface Waves = Analisi Multicanale delle Onde Superficiali.

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche è stato utilizzato un penetrometro dinamico superpesante (DPSH) (PAGANI mod. TG 63-200) le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

Rif. Norme:	DIN 4094
Peso massa battente (maglio):	63,5 Kg
Altezza di caduta libera (volata):	0,75 m
Peso sistema di battuta (massa passiva):	0,63 Kg
Diametro punta conica:	51 mm
Area base punta conica:	20,43 cm <sup>2</sup>
Angolo apertura punta:	90°
Lunghezza singola asta:	1,0 m
Peso singola asta:	6,31 Kg
Profondità giunzione 1 <sup>a</sup> asta:	0,40 m
Avanzamento punta:	0,20 m
Numero di colpi punta:	N(20) (relativo all'avanzamento)
Rivestimento/Fanghi:	No
Coefficiente di correlazione:	1,489

Le prove penetrometriche dinamiche, i risultati delle quali sono esposti in dettaglio nei tabulati in *allegato 3*, hanno attraversato terreni prevalentemente incoerenti, appartenenti ai depositi alluvionali terrazzati di fondovalle per uno spessore massimo di 1,6 m; tali depositi sono costituiti in prevalenza da sabbie limose da sciolte a poco addensate, nei livelli più superficiali e da ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa addensata, più in profondità.

Entrambe le prove si sono interrotte, per "rifiuto", a profondità comprese tra 1,2 e 1,6 m dal p.c., in corrispondenza di probabili trovanti di grosse dimensioni.

Di seguito vengono riassunte le successioni stratigrafiche ottenute:

### ***Prova P1***

<u>prof. dal p.c. (m):</u>	<u>litotipo:</u>
0,00 – 0,60:	<i>Sabbie limose sciolte.</i>
0,60 – 1,20:	<i>Ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice sabbiosa addensata.</i>
<i>Assenza di Falda</i>	

### ***Prova P2***

<u>prof. dal p.c. (m):</u>	<u>litotipo:</u>
0,00 – 1,00:	<i>Sabbie sciolte/poco addensate (suolo).</i>
1,00 – 1,60:	<i>Ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice sabbiosa addensata.</i>
<i>Assenza di Falda</i>	

### 3. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P

#### 3.1. La metodologia di indagine

Nella prospezione sismica a rifrazione con onde P, si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (P) per determinare lo spessore e l'andamento dei diversi strati del terreno.

La prospezione consiste nel generare nel terreno un'onda sismica di compressione, attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo, ecc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo, dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*), seguendo le leggi di rifrazione (Legge di Snell), cioè considerando le rifrazioni che l'onda stessa subisce in corrispondenza delle superfici di separazione tra due strati sovrapposti aventi densità (ovvero moduli di elasticità) crescenti con la profondità.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (*geofoni*) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (*base sismica*) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono.

Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (*dromocrona*) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo.

Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali ( $V_p$ ), risalendo allo spessore dei terreni attraversati.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo dipende da diversi fattori; in uno stesso tipo di roccia, ad esempio, la velocità può diminuire od aumentare con la profondità in funzione del grado di alterazione e/o fratturazione.

Sensibili variazioni, inoltre, si possono avere nei terreni incoerenti saturi; la velocità delle onde P, infatti, è fortemente influenzata dalla presenza della falda e dal grado di saturazione.

Questo comporta che litotipi differenti possono avere uguali velocità delle onde P, per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Per il metodo sismico a rifrazione, inoltre, valgono le seguenti considerazioni:

- un livello a velocità intermedia, interposto fra uno strato superiore caratterizzato da velocità minore ed uno inferiore caratterizzato da velocità assai più elevata, può risultare non rilevabile, poiché mascherato dagli "arrivi" dello strato sottostante (effetto dello strato nascosto e/o "zona oscura");

- un determinato orizzonte può non essere individuato se la velocità di trasmissione delle onde P al suo interno risulterà inferiore a quella dei livelli sovrastanti (effetto della inversione della velocità);

- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni può non essere rilevabile;

- aumentando la spaziatura dei geofoni (e quindi la lunghezza della linea sismica), aumenta la profondità di investigazione, ma può ridursi la precisione nella determinazione della profondità e dello spessore dei vari orizzonti.

Il dato sismico può raggiungere una maggiore precisione ed una significatività più elevata se si dispone di sondaggi di taratura.

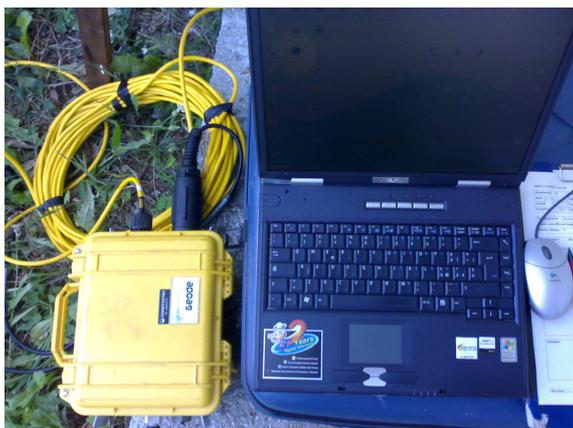
### **3.2. Sistema di acquisizione**

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- sismografo;
- sorgente energizzante (cannoncino sismico);
- trigger;
- apparecchiatura di ricezione (24 geofoni verticali per onde P).

#### ***Sismografo***

Registrazione:	Configurabile da 3 a 24 canali
Risoluzione:	24 bit
Larghezza di banda di ingresso:	1,75 Hz – 20.000 Hz
Intervalli di campionamento:	Selezionabili da 0,02 msec a 16 msec
Range dinamico di sistema:	144 dB (110 dB misurato a 2 msec)
Distorsione:	0,0005%
Accuratezza del trigger:	1/32 del passo di campionamento
Alimentazione:	Batterie esterne a 12 volt
Unità centrale di controllo:	Collegamento con PC notebook



Sismografo GEOMETRICS GEODE

### *Sorgente energizzante*

Per la generazione delle onde superficiali è stato utilizzato un cannoncino sismico (calibro 8 industriale), la testa del quale viene inserita in un preforo verticale, curando che la testa del cannoncino stesso sia ben solidale con il terreno; il contrasto al rinculo è garantito da una piastra saldata allo stelo ed ancorata al suolo.

### *Trigger*

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter) nell'istante in cui il sistema energizzante genera la perturbazione sismica, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso della durata di qualche secondo, che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

### *Apparecchiatura di ricezione*

Per la ricezione delle onde P sono stati utilizzati 24 geofoni verticali GS-20DM con frequenza propria di 14 Hz.

Le quote dei geofoni sono state rilevate mediante apposita livellazione.

### **3.3. Elaborazione dei dati**

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. determinazione dei primi arrivi (“picking”) attraverso il software interno del sismografo “Geode” e/o con il modulo “Pickwin” del programma *SeisImager/2D*, operata prima in automatico e successivamente con aggiustamenti manuali, con particolare attenzione alle fasi d'onda ed alla loro evoluzione;

2. inserimento dei dati ed interpretazione (inversione dei dati e generazione del modello di velocità) attraverso il modulo “Plotrefra” del programma *SeisImager/2D*;

3. “output” dei tabulati:

- dati di scoppio (ascissa e quota dei geofoni, ascissa e quota dei punti di energizzazione, tempi di primo arrivo);
- velocità calcolate per ciascun strato individuato;
- profondità calcolate per ciascun strato individuato.

4. “output” grafico delle dromocrone sismiche (misurate e calcolate), del modello di velocità sismiche dei terreni (sezione sismica) e della sezione sismostratigrafica interpretativa.

### 3.4. Schema di acquisizione

Per la prospezione sismica in questione, è stato effettuato un unico stendimento, ubicato all'interno dell'area d'interesse così come riportato in planimetria allegata (*all. 2*); per lo stendimento è stato scelto un interasse tra i geofoni pari a 2,0 m, per una lunghezza complessiva di 46,0 metri (analogo a quello della prova MASW).

Sono state effettuate 5 registrazioni in onde P, con 5 punti di scoppio posizionati secondo il seguente schema:

- due tiri esterni, ubicati rispettivamente alla distanza di - 10,0 m dal geofono G1 e + 10,0 m dal geofono G24;
- due tiri in corrispondenza dei geofoni estremi G1 e G24;
- un tiro interno, ubicato a metà dello stendimento.

La qualità delle registrazioni ottenute è stata generalmente buona e tale da consentire la sicura individuazione dei primi arrivi sui sismogrammi.

### 3.5. Risultati della prospezione sismica

Nel dettaglio, con riferimento al *modello tomografico 2D* ricavato per le velocità sismiche dei terreni e alla *sezione sismostratigrafica* (*all. 4*), la successione stratigrafica dei terreni ed i diversi intervalli di velocità delle onde P registrate ( $V_p$ ) possono essere correlati secondo lo schema seguente:

- *strato 1*: dalla superficie fino a profondità variabili da **1,0÷1,2** m sulla maggior parte della stesa, ad un massimo di **1,5÷1,6** m verso l'estremo G24, è presente uno strato caratterizzato da velocità basse ( $V_p \leq 400\div 500$  m/sec), corrispondente al *suolo* di alterazione e ai *depositi di copertura sciolti* più superficiali (sabbie limose sciolte con rari ciottoli) attraversati con le prove penetrometriche per uno spessore massimo di 1,0÷1,2 m (*all. 3*);

- **strato 2**: caratterizzato da velocità ( $V_p$ ) comprese tra 400 e 1.100 m/sec e correlabile con uno strato di *depositi alluvionali prevalentemente grossolani da poco a ben addensati* costituiti da *ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice sabbioso-limosa*; tale orizzonte, le cui caratteristiche migliorano gradualmente con la profondità, si rinviene, per spessore indefinito, a profondità superiori a **1,0÷1,2** m dal p.c. sulla maggior parte della stesa, ed a **1,5÷1,6** m verso G24.

In corrispondenza di quest'orizzonte si è verificato il "rifiuto" in entrambe le prove penetrometriche (*all. 3*);

Non sono stati rilevati rifrattori più veloci entro i primi 8÷9 m di profondità, corrispondente all'incirca alla massima profondità indagata con la prospezione sismica in questione.

#### **4. ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI**

##### **4.1. La metodologia di indagine**

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga.

Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ .

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali.

Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento.

Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente.

Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale.

Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

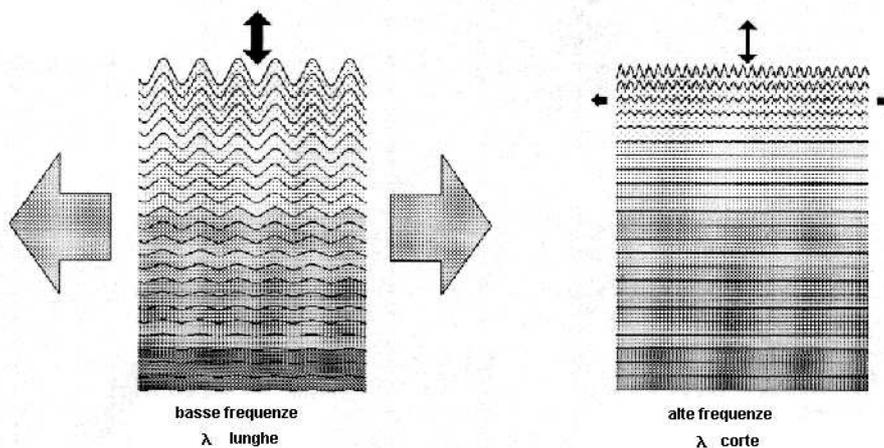
La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione.

È anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso la MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo Vs di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente o un cannoncino sismico.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione.

Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale.

Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

## 4.2. Strumentazione

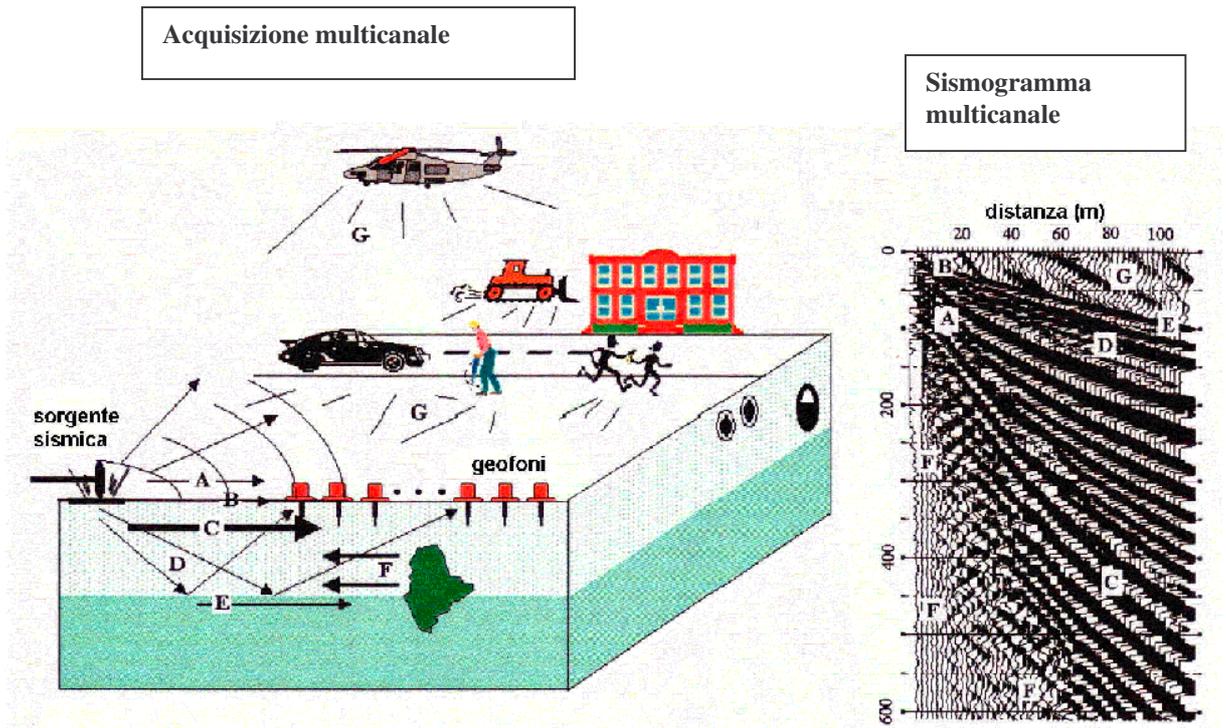
L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- sismografo GEOMETRICS GEODE a 24 canali, le cui caratteristiche tecniche sono riportate al paragrafo 3.2;
- sorgente energizzante (mazza su piastra metallica di battuta, solidale al suolo);
- trigger;
- apparecchiatura di ricezione (24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz).



Particolare di stesa con geofoni a 4,5 Hz per prova MASW

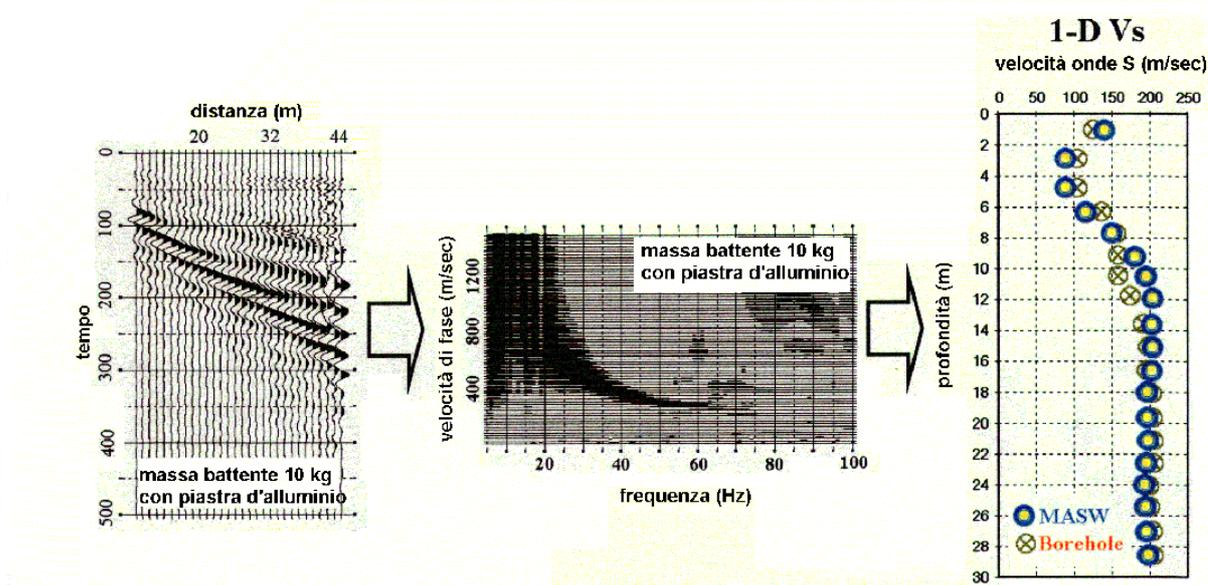
### 4.3. Vantaggi della registrazione multicanale



- |                      |                  |                       |
|----------------------|------------------|-----------------------|
| A: onde in aria      | B: onde dirette  | C: onde di superficie |
| D: onde riflesse     | E: onde rifratte | F: onde riverberate   |
| G: rumore ambientale |                  |                       |

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

#### 4.4. Descrizione generale della procedura MASW



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;
- 3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

#### 4.5. Schema di acquisizione

Per la prova MASW in questione è stato effettuato uno stendimento (M1), ubicato nell'area d'interesse, come riportato in planimetria allegata (*all. 2*); per tale stendimento è stato scelto un interasse tra i geofoni pari a 2,0 m, per una lunghezza complessiva di 46,0 metri, analogo a quello eseguito per la rifrazione con onde P.

Sono state effettuate 4 registrazioni, con 2 punti di energizzazione posizionati secondo il seguente schema:

- due tiri esterni, ubicati rispettivamente alla distanza di - 10,0 m dal geofono G1 e + 10,0 m dal geofono G24.

La qualità delle registrazioni ottenute è stata generalmente buona.

#### 4.6. Risultati della prova sismica MASW

In *allegato 5* sono riportati i risultati della prova MASW.

In alto a sinistra (*figura 1*) sono riportati lo spettro delle velocità e le curve di dispersione (di “picking”, di “best model” e di “mean model”); in alto a destra (*figura 2*) è riportato il sismogramma acquisito durante la prova di campagna.

A centro pagina, lato sinistro (*figura 3*), si ha il profilo verticale delle velocità; a centro pagina, lato destro, in *figura 4* sono riportati, in colonna stratigrafica, per ogni orizzonte definito, i valori di velocità delle onde trasversali ( $V_s$ ) e di densità dei materiali, nonché lo spessore dell’orizzonte stesso.

A fondo pagina si hanno, per ogni singolo orizzonte definito, valori relativi a:

- quote di testa e di base dell’orizzonte sismico;
- valore di  $V_s$  relativo ad ogni singolo orizzonte sismico;
- valore di  $V_{S_x}$  alle diverse profondità (valore di  $V_{S_{10}}$ ,  $V_{S_{20}}$  e così via);
- densità dei materiali costituenti ogni singolo orizzonte sismico;
- spessore di ogni singolo orizzonte;
- valore del modulo di taglio e valori stimati di Modulo di Poisson, Modulo di compressibilità, Modulo di Young, Modulo di Lamé dei materiali di ogni singolo orizzonte.

Il valore del parametro  $V_{S_x}$ , calcolato alle diverse profondità ( $x$ ), è ricavato utilizzando la stratigrafia di  $V_s$  e la seguente formula:

$$V_{S_x} = \frac{x}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti.

Sulla base delle specifiche indagini geofisiche eseguite (prova MASW) è stato possibile definire la categoria di sottosuolo propria del sito di intervento, in ottemperanza a quanto riportato dal **D.M. 14 gennaio 2008 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (capitolo 3 – comma 3.2.2)**.

#### **Categorie di sottosuolo**

**A** - *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di  $V_{S_{30}}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

**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  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

**C** - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

**D** - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT_{30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

**E** - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

Lo stendimento sismico MASW ha permesso di individuare, in buona corrispondenza con i risultati della sismica a rifrazione in onde P, orizzonti sismici sovrapposti, caratterizzati, nell'ambito di circa 34 metri sotto il piano campagna, dalla seguente successione:

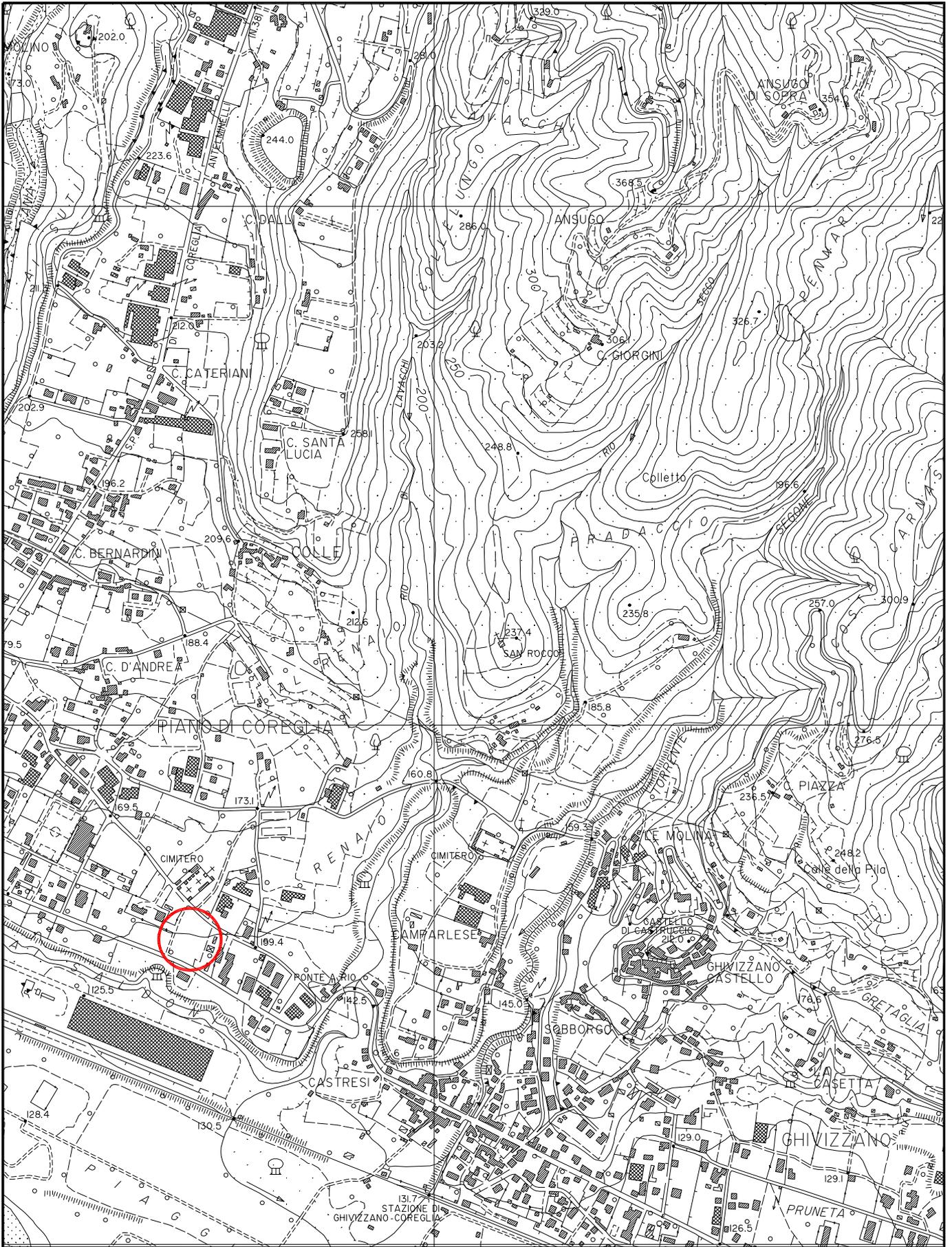
spessore orizzonte		profondità progressiva dal piano di campagna
1,7 m	→ $V_s = 165$ m/sec	1,7 m
2,0 m	→ $V_s = 323$ m/sec	3,7 m
2,7 m	→ $V_s = 397$ m/sec	6,4 m
4,5 m	→ $V_s = 445$ m/sec	10,9 m
4,8 m	→ $V_s = 502$ m/sec	15,7 m
6,9 m	→ $V_s = 735$ m/sec	22,6 m
11,4 m	→ $V_s = 649$ m/sec	34,0 m

Nel caso in esame, sulla base di quanto definito nelle NTC 2008, la **categoria di sottosuolo** localmente individuata, essendo caratterizzata da un valore di  $V_{S30}$  (dal piano di campagna) dell'ordine di **471** m/sec, è la **B**, corrispondente a: *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  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Nel caso che il piano di fondazione venga posto alla profondità di - 2,0 m dall'attuale piano di campagna si ottiene un valore di  $V_{S30}$  (dal piano di fondazione) dell'ordine di **539** m/sec, confermando naturalmente una **categoria di sottosuolo** di tipo **B**.

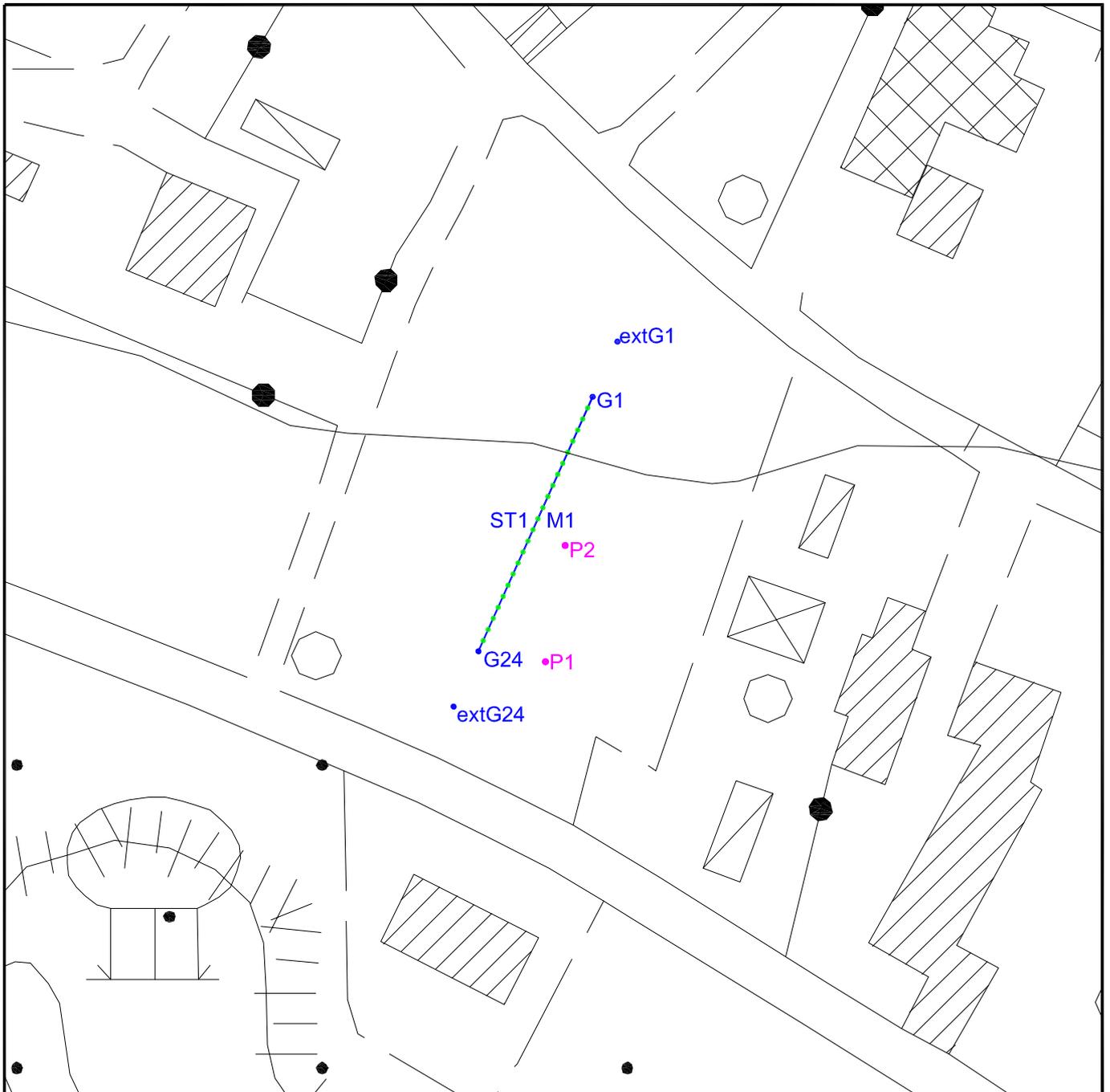
Castelnuovo di Garfagnana, Gennaio 2011

PRO.GEO. s.a.s.  
Dott. Geol. ALESSIO BIAGIONI



Allegato 1: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO in scala 1:10000

Allegato 2: PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE in scala 1:1000



•P1-P2 Prove penetrometriche dinamico pesanti

ST1 / M1 G1 Stendimenti sismici (onde P - MASW)

**Allegato 3: PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

Committente: Sig.ri Federico LORENZI - Michele Sebastiano LORENZI  
Cantiere: Nuovo edificio  
Località: Piano di Coreglia - Via Nazionale (Coreglia Antelminelli)

**Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI**

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,489
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 19/01/2011  
 Profondità prova 1,60 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	2	0,855	17,96	21,01	0,90	1,05
0,40	2	0,851	17,88	21,01	0,89	1,05
0,60	2	0,847	16,34	19,29	0,82	0,96
0,80	5	0,843	40,66	48,22	2,03	2,41
1,00	3	0,840	24,29	28,93	1,21	1,45
1,20	18	0,786	136,48	173,58	6,82	8,68
1,40	25	0,733	176,68	241,09	8,83	12,05
1,60	50	0,630	280,49	445,54	14,02	22,28

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Sabbie limose sciolte	4,17	1,00	4,17	Gibbs & Holtz 1957	49,03
[2] - Ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice sabbiosa addensata	46,16	1,60	46,16	Gibbs & Holtz 1957	100

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[Strato 1]	4,17	1,00	4,17	Sowers (1961)	29,17
[Strato 2]	46,16	1,60	46,16	Sowers (1961)	40,92

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[Strato 1]	4,17	1,00	4,17	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[Strato 2]	46,16	1,60	46,16	Bowles (1982) Sabbia Media	305,80

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[Strato 1]	4,17	1,00	4,17	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	36,03
[Strato 2]	46,16	1,60	46,16	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	122,28

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[Strato 1]	4,17	1,00	4,17	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[Strato 2]	46,16	1,60	46,16	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[Strato 1]	4,17	1,00	4,17	Meyerhof ed altri	1,50
[Strato 2]	46,16	1,60	46,16	Meyerhof ed altri	2,22

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[Strato 1]	4,17	1,00	4,17	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
[Strato 2]	46,16	1,60	46,16	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

**Modulo di Poisson**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[Strato 1]	4,17	1,00	4,17	(A.G.I.)	0,35
[Strato 2]	46,16	1,60	46,16	(A.G.I.)	0,26

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[Strato 1]	4,17	1,00	4,17	Ohsaki (Sabbie pulite)	248,79
[Strato 2]	46,16	1,60	46,16	Ohsaki (Sabbie pulite)	2384,09

**Modulo di reazione Ko**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm <sup>3</sup> )
[Strato 1]	4,17	1,00	4,17	Navfac 1971-1982	0,79
[Strato 2]	46,16	1,60	46,16	Navfac 1971-1982	7,66

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

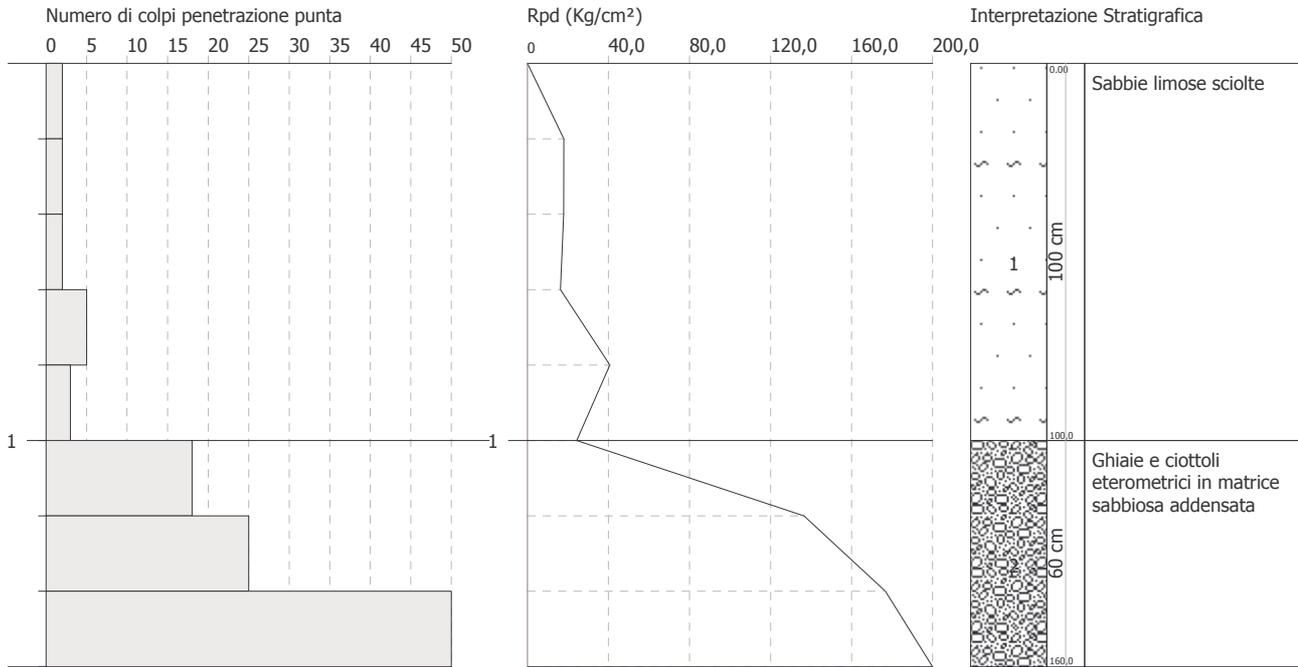
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[Strato 1]	4,17	1,00	4,17	Robertson 1983	8,34
[Strato 2]	46,16	1,60	46,16	Robertson 1983	92,32

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Sig.ri Federico LORENZI - Michele Sebastiano LORENZI  
Cantiere: Nuovo edificio  
Località: Piano di Coreglia - Via Nazionale (Coreglia Antelminelli)

Data: 19/01/2011

Scala 1:20



**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 19/01/2011  
 Profondità prova 1,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	2	0,855	17,96	21,01	0,90	1,05
0,40	6	0,851	53,64	63,04	2,68	3,15
0,60	10	0,847	81,68	96,43	4,08	4,82
0,80	15	0,793	114,76	144,65	5,74	7,23
1,00	25	0,740	178,34	241,09	8,92	12,05
1,20	50	0,636	306,79	482,17	15,34	24,11

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Sabbie limose sciolte	8,93	0,60	8,93	Gibbs & Holtz 1957	73
[2] - Ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice sabbiosa addensata	44,67	1,20	44,67	Gibbs & Holtz 1957	100

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[Strato 1]	8,93	0,60	8,93	Sowers (1961)	30,5
[Strato 2]	44,67	1,20	44,67	Sowers (1961)	40,51

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[Strato 1]	8,93	0,60	8,93	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[Strato 2]	44,67	1,20	44,67	Bowles (1982) Sabbia Media	298,35

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[Strato 1]	8,93	0,60	8,93	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	45,81
[Strato 2]	44,67	1,20	44,67	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	119,22

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[Strato 1]	8,93	0,60	8,93	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[Strato 2]	44,67	1,20	44,67	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[Strato 1]	8,93	0,60	8,93	Meyerhof ed altri	1,69
[Strato 2]	44,67	1,20	44,67	Meyerhof ed altri	2,22

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[Strato 1]	8,93	0,60	8,93	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
[Strato 2]	44,67	1,20	44,67	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

**Modulo di Poisson**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[Strato 1]	8,93	0,60	8,93	(A.G.I.)	0,34
[Strato 2]	44,67	1,20	44,67	(A.G.I.)	0,26

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[Strato 1]	8,93	0,60	8,93	Ohsaki (Sabbie pulite)	509,00
[Strato 2]	44,67	1,20	44,67	Ohsaki (Sabbie pulite)	2311,68

**Modulo di reazione Ko**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm <sup>3</sup> )
[Strato 1]	8,93	0,60	8,93	Navfac 1971-1982	1,87
[Strato 2]	44,67	1,20	44,67	Navfac 1971-1982	7,47

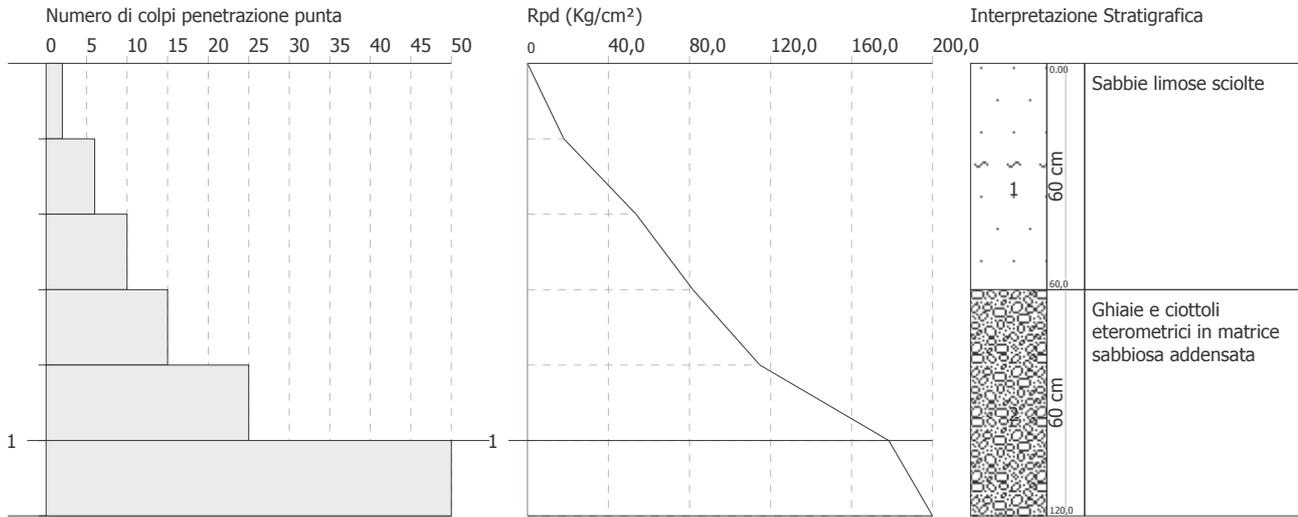
**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[Strato 1]	8,93	0,60	8,93	Robertson 1983	17,86
[Strato 2]	44,67	1,20	44,67	Robertson 1983	89,34

Committente: Sig.ri Federico LORENZI - Michele Sebastiano LORENZI  
Cantiere: Nuovo edificio  
Località: Piano di Coreglia - Via Nazionale (Coreglia Antelminelli)

Data: 19/01/2011

Scala 1:20



## Allegato 4: PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P – ST1

Committente: Sig.ri FEDERICO LORENZI – MICHELE SEBASTIANO LORENZI  
Località: Piano di Coreglia – Via Nazionale (Coreglia Antelminelli)  
Data: 19.01.2011  
Linea sismica: ST1

### Sistema di acquisizione

SISMOGRAFO: Geometrics GEODE 24 canali

### Caratteristiche tecniche

Registrazione: Configurabile da 3 a 24 canali  
Risoluzione: 24 bit  
Larghezza di banda di ingresso: 1,75 Hz – 20.000 Hz  
Intervalli di campionamento: Selezionabili da 0,02 msec a 16 msec  
Range dinamico di sistema: 144 dB (110 dB misurato a 2 msec)  
Distorsione: 0,0005%  
Accuratezza del trigger: 1/32 del passo di campionamento  
Alimentazione: Batterie esterne a 12 Volt  
Unità centrale di controllo: Collegamento con PC notebook

### PianoDiCoreglia\_ST1 - TABELLA RISULTATI – modello tomografico

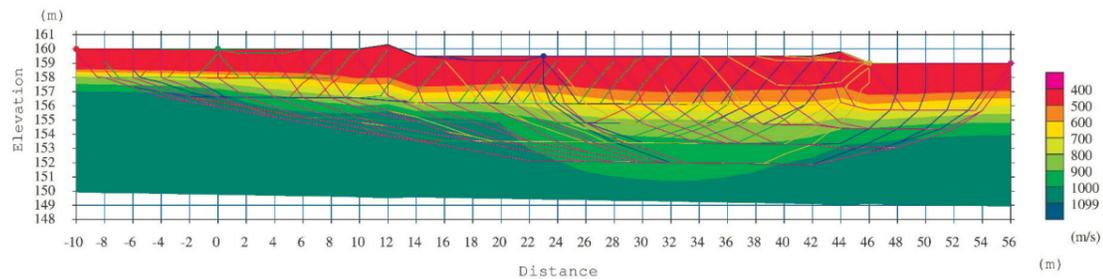
The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth
1	160.00	-10.00	0.00	0.00
2	160.00	0.00	0.00	0.00
3	159.50	23.00	0.00	0.00
4	159.00	46.00	0.00	0.00
5	159.00	56.00	0.00	0.00

Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5
1	160.00	0.00	0.00	18.04 1	0.00 1	33.97 1	59.52 1	67.77 1
2	160.00	2.00	0.00	20.03 1	4.96 1	32.32 1	57.99 1	66.23 1
3	160.00	4.00	0.00	22.17 1	9.91 1	30.66 1	56.43 1	64.68 1
4	160.00	6.00	0.00	24.59 1	14.81 1	29.04 1	54.88 1	63.14 1
5	160.00	8.00	0.00	27.18 1	18.33 1	27.53 1	53.40 1	61.67 1
6	160.00	10.00	0.00	29.58 1	21.36 1	25.91 1	51.90 1	60.21 1
7	160.30	12.00	0.00	32.59 1	24.39 1	24.99 1	50.98 1	59.29 1
8	159.50	14.00	0.00	33.29 1	25.09 1	22.26 1	48.41 1	56.74 1
9	159.50	16.00	0.00	35.95 1	27.75 1	17.33 1	46.36 1	54.74 1
10	159.50	18.00	0.00	37.65 1	29.45 1	12.39 1	44.31 1	52.73 1
11	159.50	20.00	0.00	39.28 1	31.08 1	7.43 1	42.47 1	50.92 1
12	159.50	22.00	0.00	41.16 1	32.96 1	2.48 1	40.84 1	49.36 1
13	159.50	24.00	0.00	43.28 1	35.09 1	2.48 1	39.17 1	47.87 1
14	159.50	26.00	0.00	45.69 1	37.50 1	7.43 1	37.28 1	46.25 1
15	159.50	28.00	0.00	48.29 1	40.10 1	12.39 1	35.26 1	44.40 1
16	159.50	30.00	0.00	51.01 1	42.81 1	17.35 1	33.12 1	42.55 1
17	159.50	32.00	0.00	53.72 1	45.59 1	22.30 1	30.64 1	40.59 1
18	159.50	34.00	0.00	56.12 1	48.04 1	27.03 1	27.87 1	38.36 1
19	159.50	36.00	0.00	58.00 1	49.92 1	29.45 1	24.68 1	35.87 1
20	159.50	38.00	0.00	59.82 1	51.74 1	31.65 1	19.84 1	33.50 1
21	159.50	40.00	0.00	61.89 1	53.81 1	33.78 1	14.91 1	31.25 1
22	159.50	42.00	0.00	64.15 1	56.07 1	36.16 1	9.99 1	29.18 1
23	159.80	44.00	0.00	67.05 1	58.96 1	39.21 1	5.34 1	27.96 1
24	159.00	46.00	0.00	67.57 1	59.52 1	39.99 1	0.00 1	24.03 1

X (m)	Y (m)	V (m/s)	X (m)	Y (m)	V (m/s)	X (m)	Y (m)	V (m/s)
0,0	160,0	403,6	12,0	152,4	1065,9	26,0	154,8	909,6
0,0	159,7	406,5	12,0	151,0	1066,9	26,0	153,5	974,8
0,0	159,1	431,5	14,0	159,5	403,6	26,0	152,1	997,0
0,0	158,6	440,9	14,0	159,2	403,6	26,0	150,7	1015,7
0,0	158,0	948,1	14,0	158,7	403,6	28,0	159,5	403,6
0,0	156,6	1061,6	14,0	158,1	403,6	28,0	159,2	404,3
0,0	155,3	1063,9	14,0	157,6	487,7	28,0	158,6	408,3
0,0	153,9	1065,9	14,0	156,2	1060,0	28,0	158,1	408,6
0,0	152,5	1065,9	14,0	154,9	1061,0	28,0	157,5	470,5
0,0	151,1	1065,9	14,0	153,6	1065,4	28,0	156,2	783,6
2,0	160,0	403,6	14,0	152,2	1065,4	28,0	154,8	901,5
2,0	159,7	406,3	14,0	150,9	1067,4	28,0	153,4	959,0
2,0	159,1	436,7	16,0	159,5	403,6	28,0	152,1	994,7
2,0	158,6	443,2	16,0	159,2	403,6	28,0	150,7	1014,2
2,0	158,0	848,2	16,0	158,7	407,4	30,0	159,5	403,6
2,0	156,6	1052,3	16,0	158,1	408,5	30,0	159,2	403,9
2,0	155,2	1063,9	16,0	157,6	536,7	30,0	158,6	404,9
2,0	153,9	1065,9	16,0	156,2	1046,3	30,0	158,1	405,0
2,0	152,5	1065,9	16,0	154,9	1047,3	30,0	157,5	444,0
2,0	151,1	1065,9	16,0	153,6	1059,8	30,0	156,1	792,7
4,0	160,0	404,4	16,0	152,2	1059,8	30,0	154,8	903,2
4,0	159,7	411,3	16,0	150,9	1061,8	30,0	153,4	942,1
4,0	159,1	438,0	18,0	159,5	403,6	30,0	152,0	989,9
4,0	158,6	441,7	18,0	159,2	403,6	30,0	150,7	1014,3
4,0	158,0	765,7	18,0	158,7	416,2	32,0	159,5	403,6
4,0	156,6	1037,0	18,0	158,1	420,7	32,0	159,2	403,6
4,0	155,2	1063,9	18,0	157,5	583,3	32,0	158,6	403,6
4,0	153,8	1065,9	18,0	156,2	1018,4	32,0	158,1	403,9
4,0	152,5	1065,9	18,0	154,9	1019,4	32,0	157,5	435,4
4,0	151,1	1065,9	18,0	153,5	1044,7	32,0	156,1	806,0
6,0	160,0	405,3	18,0	152,2	1044,7	32,0	154,8	898,7
6,0	159,7	412,9	18,0	150,9	1048,0	32,0	153,4	931,3
6,0	159,1	429,3	20,0	159,5	403,6	32,0	152,0	989,3
6,0	158,6	431,2	20,0	159,2	405,2	32,0	150,6	1015,4
6,0	158,0	693,6	20,0	158,7	421,2	34,0	159,5	403,6
6,0	156,6	1027,0	20,0	158,1	426,9	34,0	159,2	404,0
6,0	155,2	1063,9	20,0	157,5	596,3	34,0	158,6	406,5
6,0	153,8	1065,9	20,0	156,2	973,1	34,0	158,1	409,8
6,0	152,4	1065,9	20,0	154,9	982,5	34,0	157,5	453,5
6,0	151,0	1065,9	20,0	153,5	1023,6	34,0	156,1	801,2
8,0	160,0	404,4	20,0	152,2	1023,6	34,0	154,7	884,8
8,0	159,7	408,3	20,0	150,8	1033,8	34,0	153,4	929,0
8,0	159,1	415,3	22,0	159,5	403,6	34,0	152,0	997,2
8,0	158,6	416,3	22,0	159,2	410,5	34,0	150,6	1017,9
8,0	158,0	618,7	22,0	158,7	420,1	36,0	159,5	403,6
8,0	156,6	1031,0	22,0	158,1	423,0	36,0	159,2	404,5
8,0	155,2	1063,9	22,0	157,5	570,6	36,0	158,6	413,4
8,0	153,8	1065,9	22,0	156,2	911,3	36,0	158,1	419,3
8,0	152,4	1065,9	22,0	154,8	952,4	36,0	157,5	482,7
8,0	151,0	1065,9	22,0	153,5	1003,5	36,0	156,1	777,4
10,0	160,0	403,6	22,0	152,1	1009,6	36,0	154,7	870,0
10,0	159,7	404,4	22,0	150,8	1025,5	36,0	153,3	932,7
10,0	159,1	405,9	24,0	159,5	403,6	36,0	152,0	1013,2
10,0	158,5	406,4	24,0	159,2	412,5	36,0	150,6	1024,3
10,0	158,0	537,8	24,0	158,7	417,0	38,0	159,5	403,6
10,0	156,6	1045,9	24,0	158,1	417,9	38,0	159,2	404,2
10,0	155,2	1064,1	24,0	157,5	531,8	38,0	158,6	418,8
10,0	153,8	1065,9	24,0	156,2	844,7	38,0	158,1	422,3
10,0	152,4	1065,9	24,0	154,8	929,7	38,0	157,5	501,2
10,0	151,0	1065,9	24,0	153,5	988,2	38,0	156,1	754,2
12,0	160,3	403,6	24,0	152,1	1000,9	38,0	154,7	860,6
12,0	160,0	403,6	24,0	150,8	1019,9	38,0	153,3	950,9
12,0	159,4	403,6	26,0	159,5	403,6	38,0	151,9	1031,6
12,0	158,8	403,7	26,0	159,2	407,6	38,0	150,6	1035,0
12,0	158,2	482,3	26,0	158,7	412,7	40,0	159,5	403,6
12,0	156,7	1059,4	26,0	158,1	413,4	40,0	159,2	403,7
12,0	155,3	1064,6	26,0	157,5	499,7	40,0	158,6	419,2
12,0	153,9	1065,9	26,0	156,2	797,9	40,0	158,1	420,2

X (m)	Y (m)	V (m/s)
40,0	157,5	503,2
40,0	156,1	743,3
40,0	154,7	869,4
40,0	153,3	989,3
40,0	151,9	1043,1
40,0	150,5	1043,6
42,0	159,5	403,6
42,0	159,2	403,6
42,0	158,6	413,7
42,0	158,0	414,2
42,0	157,5	498,8
42,0	156,1	752,2
42,0	154,7	913,5
42,0	153,3	1029,3
42,0	151,9	1046,1
42,0	150,5	1049,1
44,0	159,8	403,6
44,0	159,5	403,6
44,0	158,9	406,4
44,0	158,3	406,5
44,0	157,7	502,5
44,0	156,3	785,2
44,0	154,8	976,3
44,0	153,4	1053,5
44,0	151,9	1053,5
44,0	150,5	1057,6
46,0	159,0	403,6
46,0	158,7	403,6
46,0	158,2	403,6
46,0	157,6	403,6
46,0	157,1	515,8
46,0	155,7	827,3
46,0	154,4	1018,9
46,0	153,1	1062,4
46,0	151,8	1062,4
46,0	150,4	1062,7



Modello tomografico esteso - Percorso dei raggi in scala 1:500

—•— : Observed  
 —○— : Calculated

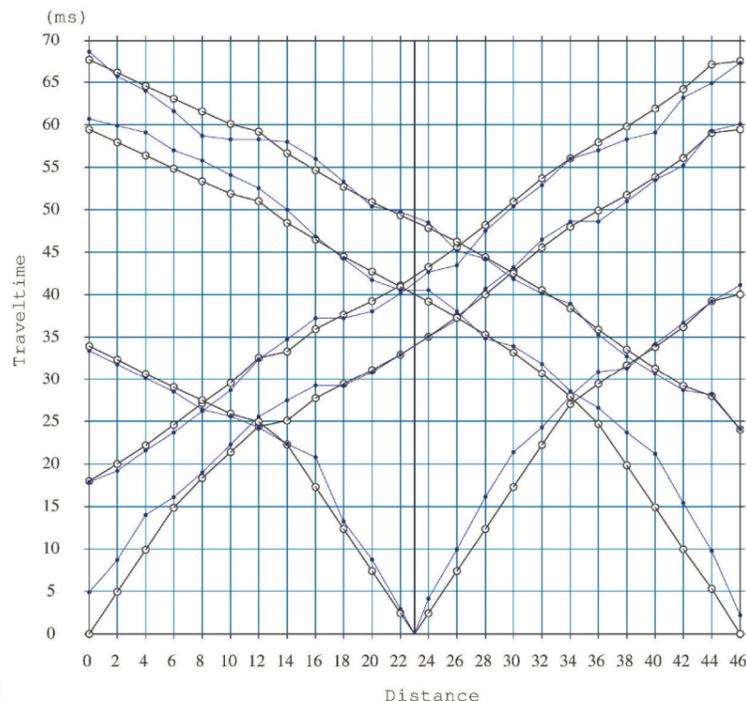
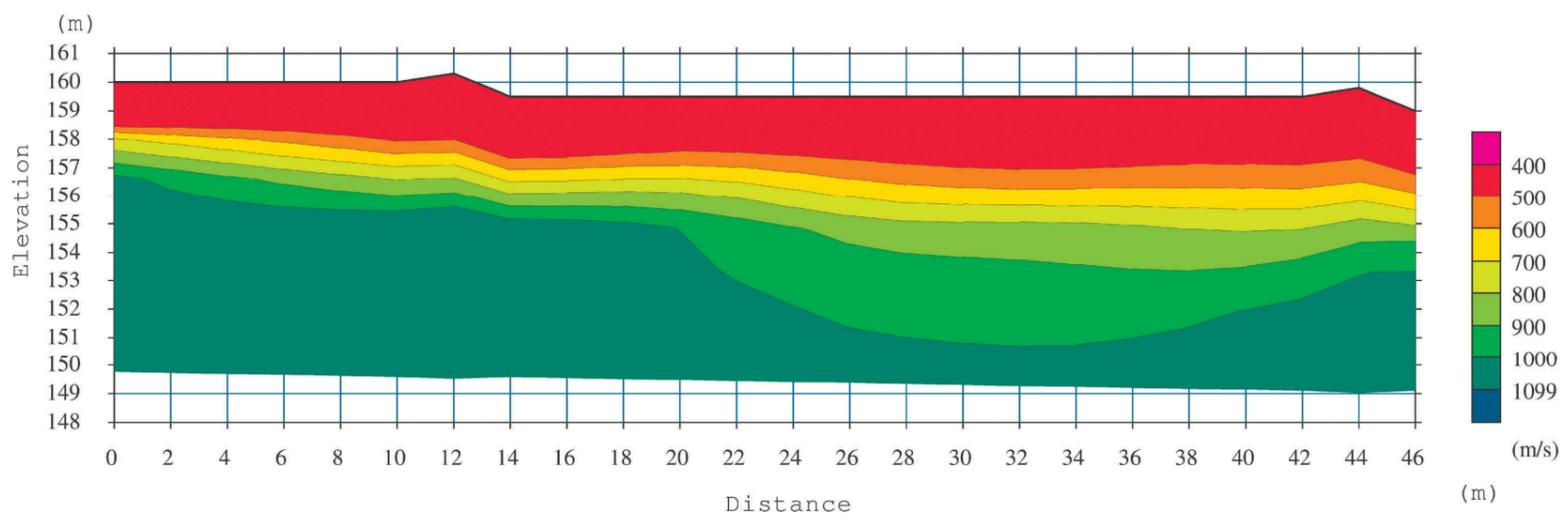
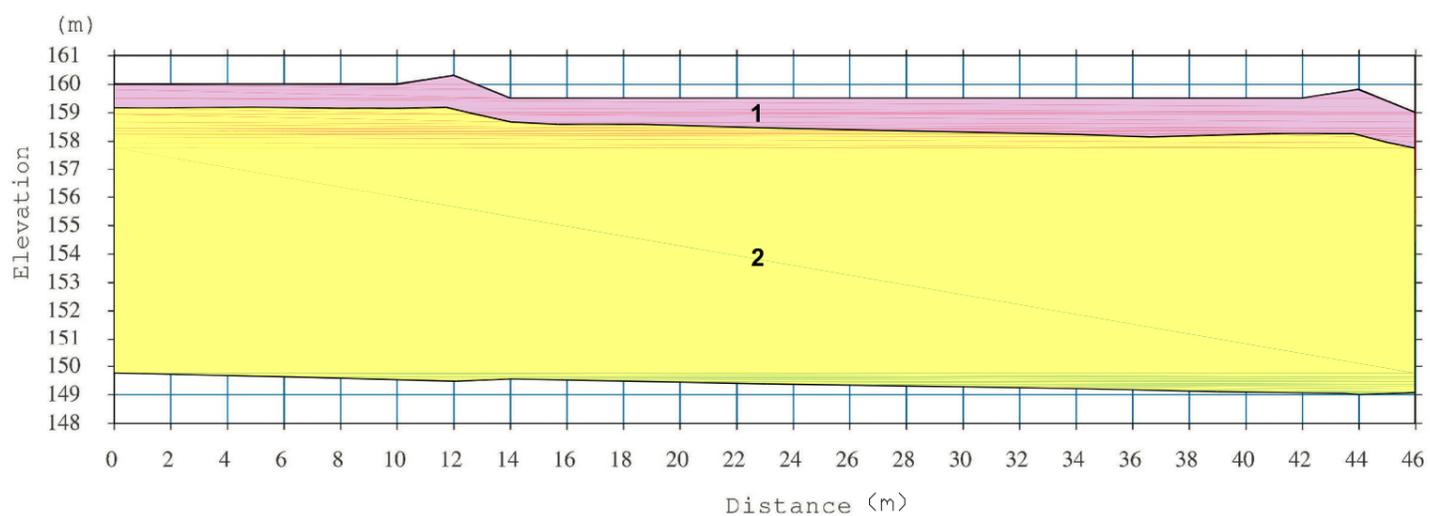


Grafico delle domocrone misurate e calcolate in scala 1:500



Modello tomografico 2D - Velocità sismica dei terreni 1:150



Sezione sismostratigrafica in scala 1:250

- 1 Suolo e depositi di copertura superficiali (sabbie limose sciolte con rari ciottoli)
- 2 Depositi alluvionali grossolani da poco addensati a ben addensati (ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice sabbiosa)

## INDAGINE GEOFISICA

Sig.ri Federico Lorenzi - Michele Sebastiano Lorenzi

Via Nazionale - Piano di Coreglia (Coreglia Antelminelli)

Nuovo edificio

### Sezione sismica ST1

All. 4

Gennaio 2011

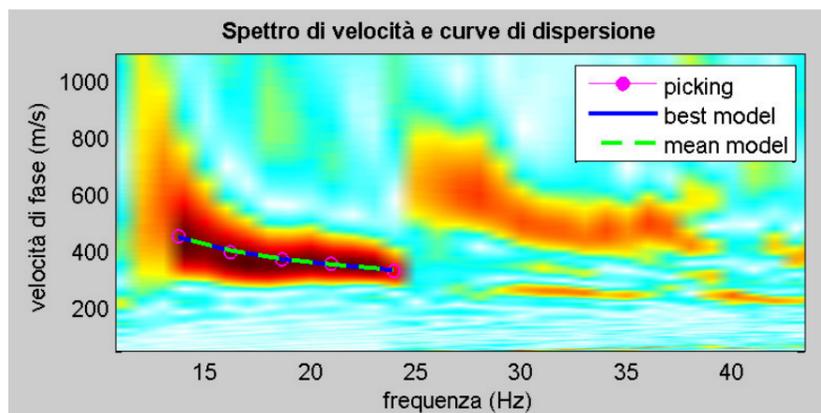


Figura 1 – Spettro di velocità calcolato

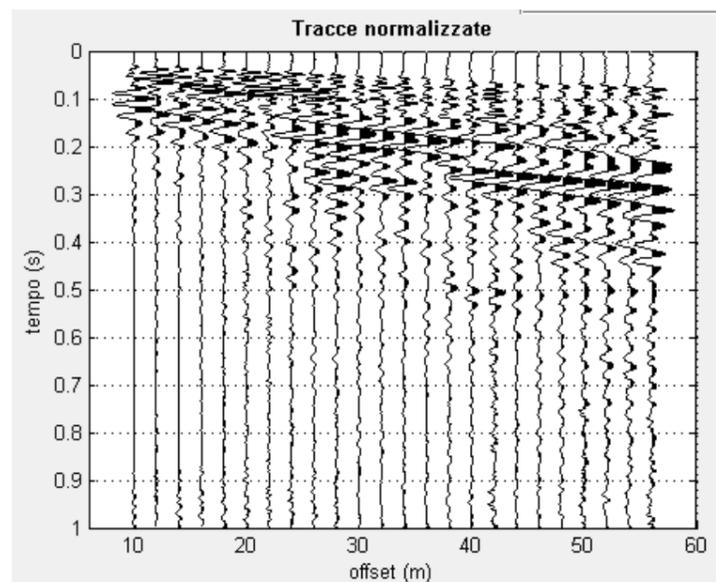


Figura 2 - Sismogramma

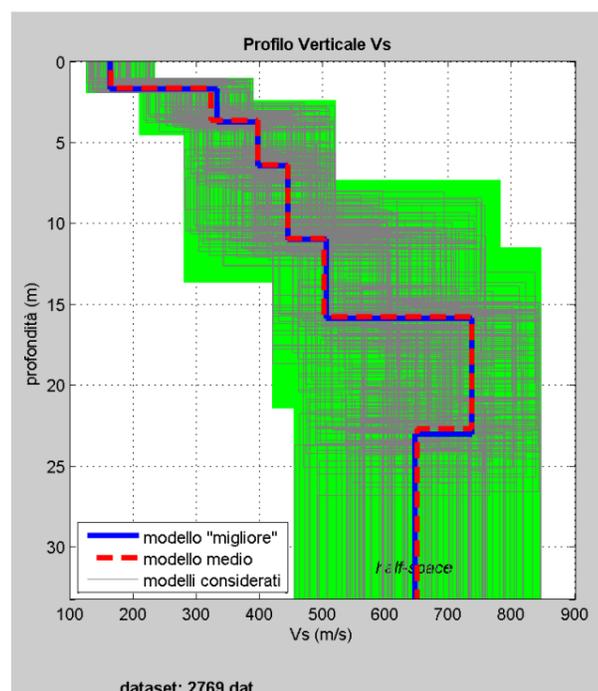


Figura 3 - Profilo verticale delle velocità

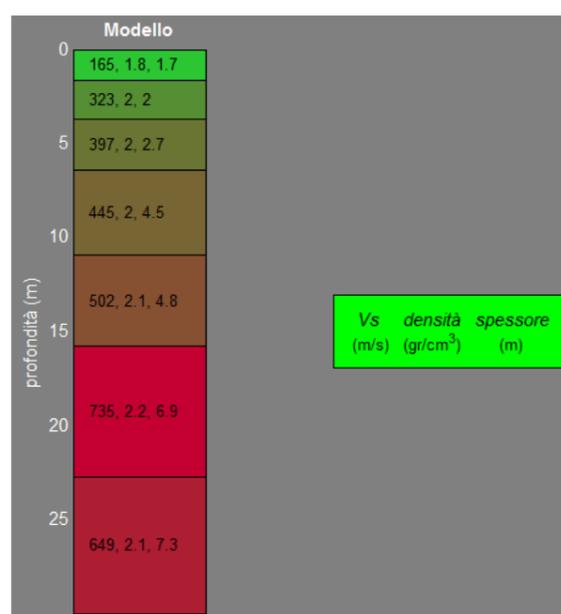


Figura 4 - Colonna stratigrafica (Vs - densità - spessore)

$$Vs_{30} = 471 \text{ m/sec}$$

Da Prof. (m)	A Prof. (m)	Vs (m/sec)	Vs <sub>x</sub> (m/sec)	Densità (gr/cm³)	Spessore (m)	Modulo di taglio (MPa)	Stima Modulo Poisson	Stima Modulo compressibilità (MPa)	Stima Modulo di Young (MPa)	Stima Modulo Lamè (MPa)
0	1.7	165	165	1.80	1.7	218	0.35	146	132	113
1.7	3.7	323	224	1.96	2.0	290	0.35	612	551	476
3.7	6.4	397	275	2.01	2.7	334	0.35	948	854	737
6.4	10.9	445	326	2.04	4.5	271	0.35	1208	1088	939
10.9	15.7	502	365	2.06	4.8	208	0.35	1561	1405	1214
15.7	22.6	735	432	2.16	6.9	813	0.35	3496	3147	2719
22.6	34.0	649	486	2.10	11.4	980	0.30	1917	2301	1327



## INDAGINI GEOFISICHE

Piano di Coreglia – Via Nazionale

Sig. Federico Lorenzi  
Sig. Michele Sebastiano Lorenzi

Nuovo edificio

### MASW

All. 5

Gennaio 2011

Allegato 6 Documentazione fotografica



**Figura 1** – Prova penetrometrica dinamica superpesante P1



**Figura 2** – Prova penetrometrica dinamica superpesante P2



**Figura 3** – Stendimento sismico ST1 - M1