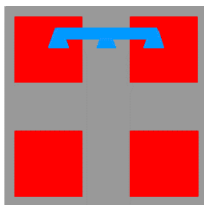




PROTEZIONE CIVILE

Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



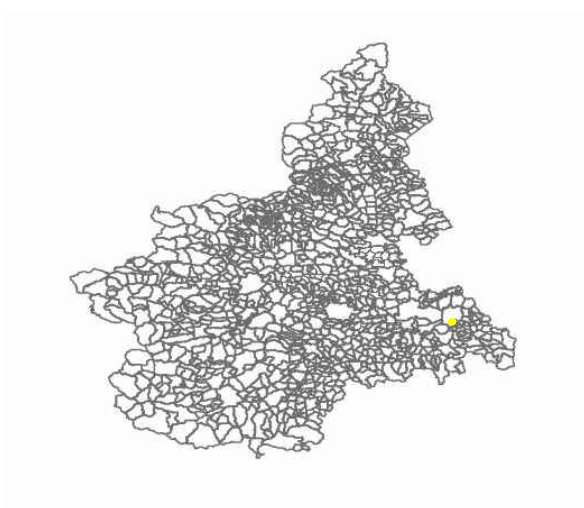
CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Risultanze indagini censite

Regione Piemonte Comune di Carbonara Scrivia



Elaborato 5.16

Soggetto realizzatore

Il geologo incaricato:
Dott. Geol. Massimo Baiardi
A.P. SEZ. A N. 354 Ordine Geologi Regione Piemonte

Il collaboratore:
Dott. Geol. Andrea Pontiroli
A.P. SEZ. A N. 869 Ordine Geologi Regione Piemonte

Studio Geologico
Via Marsala, 9 - 15057 Tortona (AL)
Tel. +39 0131 367681
Email: info@remgeologi.it
Sito web: www.remgeologi.it

Data

Dicembre 2016
Aggiornamento Giugno 2024

3.0. TECNICA MASW

3.1. DESCRIZIONE DEL METODO

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri e/o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde Rayleigh sono dispersive, presentano diverse lunghezze d'onda e si propagano con diverse velocità di fase e di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in “attivo” e “passivo” (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006):

- 1) Nel “**metodo attivo**” le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).
- 2) Nel “**metodo passivo**” lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “microtremori”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza 10 ÷ 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m). L'impulso della battuta viene trasmesso immediatamente al sismografo per consentire una registrazione sincronizzata al tempo 0. Normalmente, più di due terzi dell'energia sismica generata, come nel caso specifico, con la sopraccitata massa battente, viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, che costituiscono 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 (Vs), 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. Tale analisi fornisce i parametri basilari comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici. Rimandando alla bibliografia per la completa trattazione teorica, è possibile concludere che la procedura MASW può sintetizzarsi, come illustrato nella successiva schematizzazione grafica, secondo i tre seguenti stadi distinti:

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

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo delle velocità equivalenti nei primi 30 m di profondità V_{s30} e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

Riassunto modalità esecutive dello stendimento della prova MASW ATTIVA

ID SEZIONE	Lunghezza stendimento (m)	N. geofoni utilizzati	Interdistanza geofonica (m)	Energizzazioni del terreno eseguite
St1	34.5	24	1.5	2

3.2. ELABORAZIONE DATI

I dati sperimentali, acquisiti in formato SU/SG2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Easy MASW Rel. 2012.8.15.1.56, della Geostru Software), che permette di elaborare i dati acquisiti con il metodo attivo.

Nella seguente fig. VI sono riportati i sismogrammi delle 24 tracce associate agli altrettanti geofoni.

L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato.

Tale procedura viene eseguita laddove è possibile identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che tali onde si propagano con velocità che è funzione della frequenza.

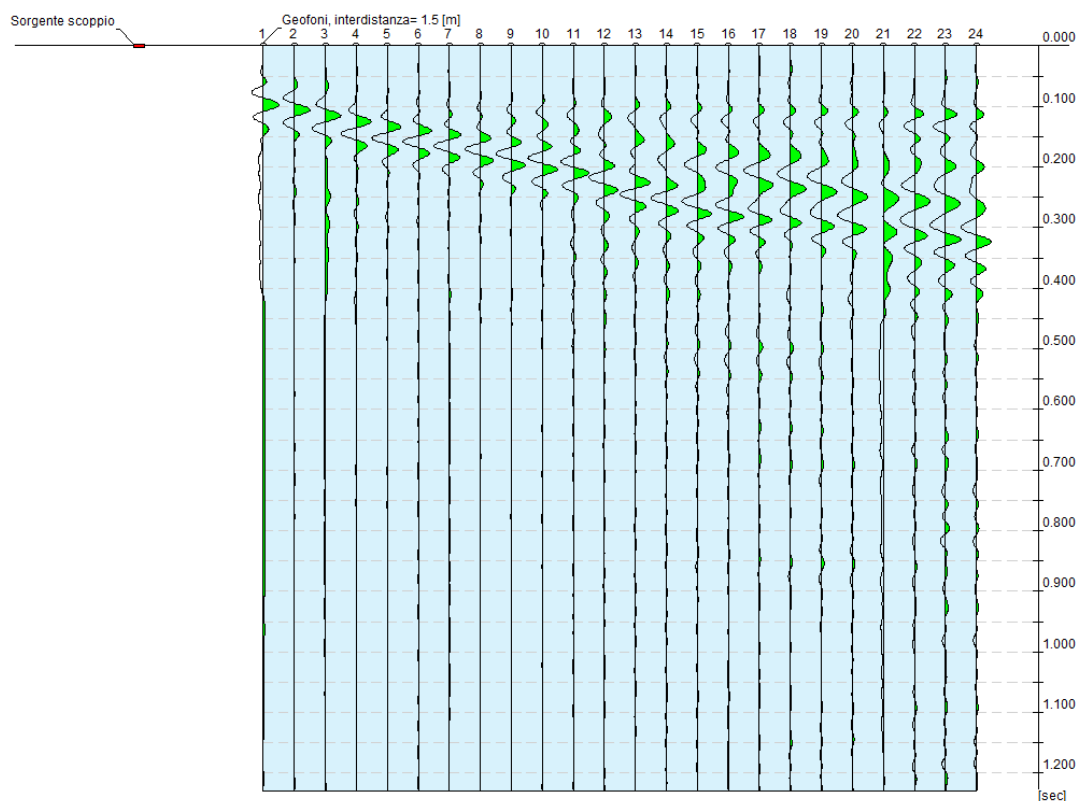


Fig. VI. Traccia registrazione MASW attiva con l'utilizzo di n. 24 geofoni, interdistanza 1.5 m e shot a 4,5 m.

N. tracce	Durata acquisizione [msec]	Interdistanza geofoni [m]	Periodo di campionamento [msec]
24	1228.8	1.5	1.2

Il legame velocità-frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione apparente sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un “picking” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze.

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	Frequenza massima di elaborazione [Hz]	Velocità minima di elaborazione [m/sec]	Velocità massima di elaborazione [m/sec]	Intervallo velocità [m/sec]
5	60	1	800	1

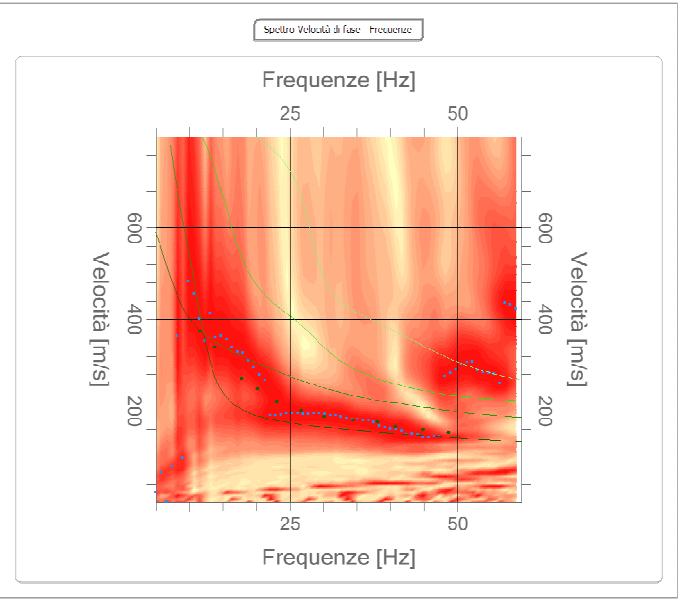
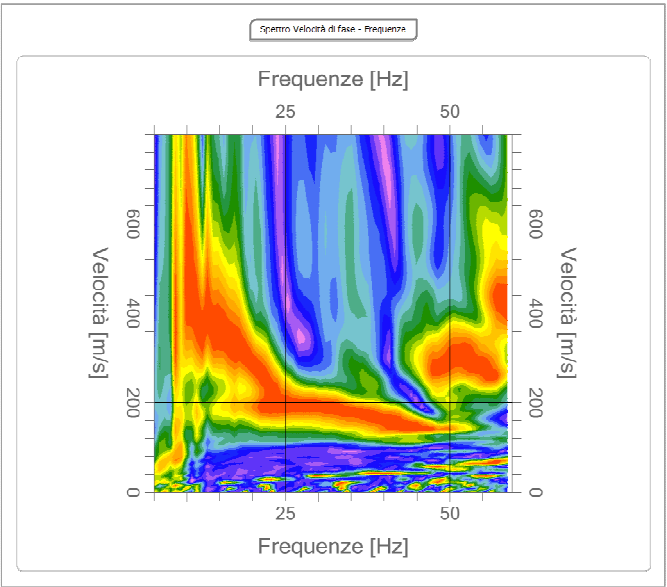


Fig. VII. Spettro bidimensionale "velocità di fase-frequenza" con individuazione dei primi quattro modi fondamentali delle onde Rayleigh.

Fig. VIII. Altra vista 2D dello spettro "velocità di fase-frequenza".



La seconda fase dell’analisi consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica: è possibile simulare, a partire da un modello litotecnico 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:

$$v = \lambda \times v$$

Per quanto riguarda il modello geologico-litotecnico, a partire dal quale si ricostruisce il modello sintetico sismostratigrafico monodimensionale del sottosuolo (Ved. Tabella seguente), si è fatto riferimento alle risultanze di terebrazioni condotte nell'intorno geologicamente significativo del sito d'interesse.

MODELLO SINTETICO DEL SOTTOSUOLO

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.01	2.01	1818.0	0.4	384.9	157.1
2	5.07	3.06	1914.0	0.4	569.0	232.3
3	6.70	1.63	2004.0	0.4	706.9	288.6
4	9.03	2.33	1943.0	0.2	535.6	328.0
5	27.06	18.04	2043.0	0.2	801.3	490.7
6	oo	oo	2250.0	0.2	1598.8	979.1

Modificando i parametri del modello sismostratigrafico 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 rigidezza.

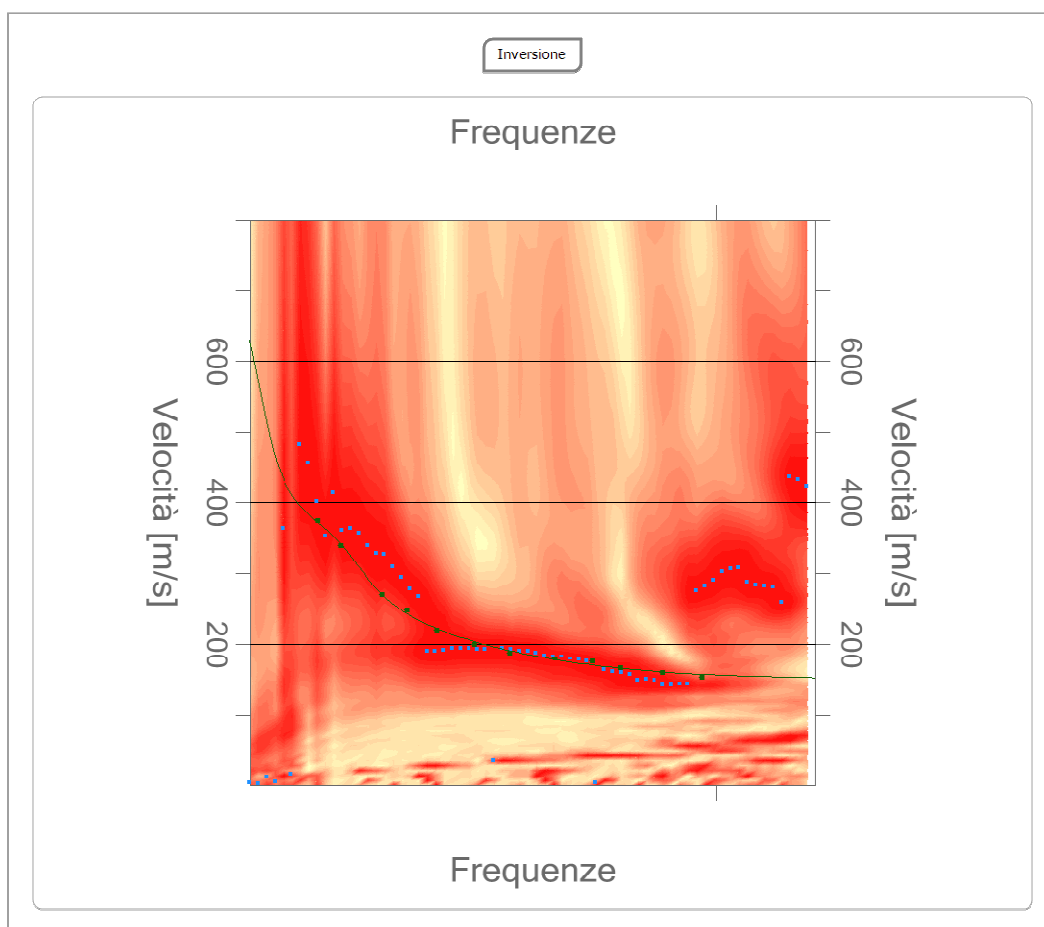


Fig. IX. Curva di dispersione. Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il modello medio di velocità delle Vs con la profondità.

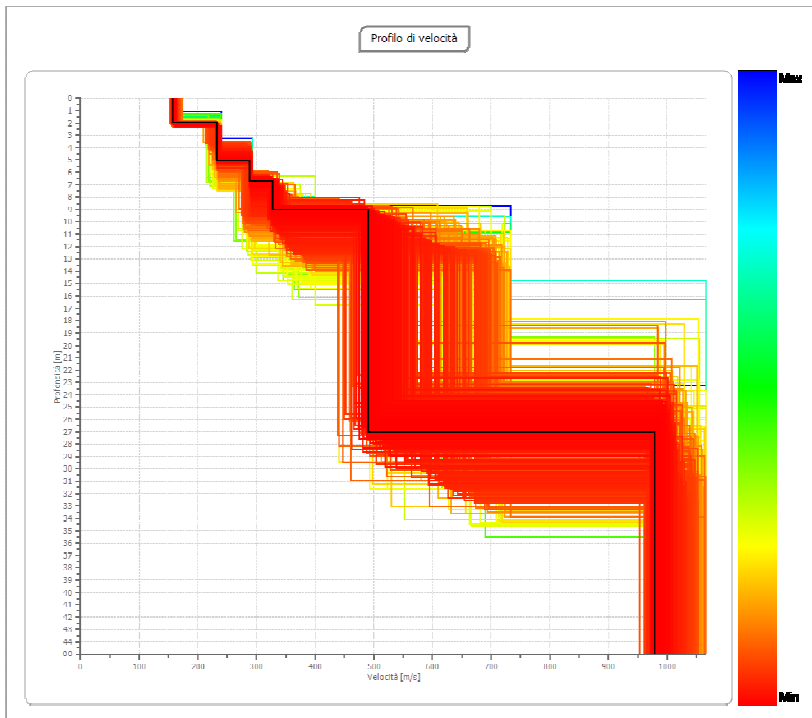


Fig. X. Modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio (V_{s30}) con la profondità.



Fig. XI. Vista dello stendimento MASW.

VALUTAZIONE DELLE VS30

A partire dal modello sismico riportato nel paragrafo precedente, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio. Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.01.2008 (“Nuove Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove: **h_i** e **V_i** indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo per un totale di **N** strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottengono i seguenti valori per gli stendimenti realizzati:

TABELLA DI CALCOLO VS30 – MASW1

sismostrato	prof. (m)	spessore (m)	Valore VS (m/s)
1	2.01	2.01	157.13
2	5.07	3.06	232.28
3	6.70	1.63	288.61
4	9.03	2.33	327.99
5	27.06	18.04	490.72
6	oo	oo	979.06

Valore calcolato **VS₃₀ = 382 m/s**

In riferimento allo specifico contesto litostratigrafico, tenuto conto della soggiacenza del substrato e considerata l'assenza di depositi di terreno liquefacibile o di argille sensitive, le risultanze delle determinazioni effettuate riconducono ad un **suolo di fondazione di categoria B** (ved. seguente tabella).

Categorie di sottosuolo di fondazione desunte dalle tabelle 3.2.II e 3.2.III del D.M. 14.01.2008

Sito	Descrizione geotecnica	Vs30 [m/s]
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	>800
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 Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	360-800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di 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 Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	180-360
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 Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	<180
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	<100
S2	Depositi di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1. Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.	

ALLEGATO 2

INDAGINE GEOFISICA COMBINATA RIFRAZIONE-MASW - RAPPORTO INTERPRETATIVO

1.0. SRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo;
- sorgente energizzante;
- trigger;
- apparecchiatura di ricezione.

1.1. SISMOGRAFO

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospektore sismico Dolang DBS280 a 24 canali avente le seguenti caratteristiche:

- Digitalizzatore a 24 bit
- Acquisizione del segnale con il sistema JEA24;
- Intervallo di campionamento selezionabile a: 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800 μ s;
- Frequenza di campionamento: da 250 Hz a 10922 Hz;
- Numero di campioni: da 256 a 10992 campioni;
- Possibilità di registrazione continua per controllo vibrazioni;
- Formato output: SU, SEGY e SEG2;
- Sistema Windows 7
- Porta USB 2.0.



Fig. I. Vista del sismografo DBS 280 e del NetbookPC portatile collegato tramite cavo USB per l'acquisizione del segnale. Il sistema si basa sulla acquisizione e conversione dei dati con tecnologia MAX, connessione e alimentazione USB.

1.2. SISTEMA ENERGIZZANTE, TRIGGER E APPARECCHIATURA DI RICEZIONE

Come sorgente energizzante per le onde P e di superficie è stata utilizzata una mazza da 10 kg battente su una piastra circolare in acciaio posta direttamente sul p.c.. Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter nell'istante in cui il sistema energizzante (mazza) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati. Infine, per la ricezione delle onde sono stati utilizzati 24 geofoni verticali a bobina mobile, con frequenza propria di 4,5 Hz.

Fig. II. Particolare del geofono elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza di 4,5 Hz, utilizzato per le prospezioni sismiche a rifrazione.



1.3. SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI

Con memoria dinamica a 24 bit, composto da 12 dataloggers a 2 canali ciascuno, per un totale di 24 canali, cavo sismico telemetrico di 130 m, MOM power con interfaccia USB, notebook PC Windows 7 con software W. GeoSoft Jacques G. Jenny a 24 canali; il sistema è in grado di convertire in digitale e registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale del sistema di ricezione. La conversione A/D avviene già dal primo metro di cavo: il sistema permette pertanto di eliminare molte fonti di disturbo dovute al trasferimento del segnale lungo centinaia di metri di cavo sismico ed è inoltre dotato di un sistema di filtraggio in tempo reale, da un hardware complesso, che comporta un anello di regolazione con diversi passaggi di digital signal processing.

2.0. SISMICA A RIFRAZIONE

2.1. CENNI TEORICI DEL METODO SISMICO A RIFRAZIONE

Le indagini indirette, ed in particolare la metodologia sismica a rifrazione, permettono la ricostruzione areale delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, la profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo), la verifica di eventuali discontinuità laterali, nonché di determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali attraverso la determinazione dei moduli elastici dinamici. Sono studiate, in specifico, le onde sismiche di volume (*body waves*) P ed S, e la loro propagazione su percorsi diretti e rifratti attraverso il mezzo stratificato preso in esame. La procedura adottata in campagna consiste nella generazione di un impulso sismico e la sua registrazione con apposita strumentazione. Come è noto, le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione, si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o di "compressione e dilatazione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (onde SH o di "taglio") per determinare spessori e andamento dei livelli presenti. La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) 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 dell'ottica (Legge di Snell), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

Le onde, infatti, rifrangendosi sulle superfici di confine dei mezzi fisici, caratterizzati da una differenza di velocità tra sismostrato (ovvero una porzione litologica riferita a valori di velocità sismiche costanti) superiore (V_0) e sismostrato ad esso sottostante (V_1), producono dei raggi rifratti, oltre che riflessi, i quali viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello stato più veloce) rifrangendo continuamente energia elastica verso l'alto, pertanto verso lo strato più lento.

Una delle condizioni essenziali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde aumenti con la profondità, ovvero $V_0 < V_1 < V_2$. L'acquisizione del segnale avviene mediante lo stendimento di cavi di trasmissione ai quali sono collegati trasduttori di movimento chiamati "geofoni". Quest'ultimi vengono infissi direttamente nel terreno o, quando l'infissione diretta non è possibile (su asfalto, cemento, pavimentazioni, ecc.), posti su un'apposita base d'appoggio. I geofoni sono disposti a spaziatura regolare chiamata "distanza intergeofonica".

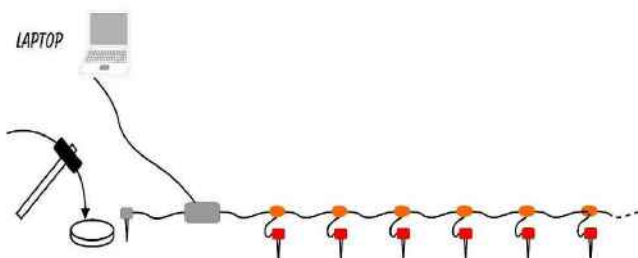


Fig. III. Schematizzazione esemplificativa dello stendimento.

La profondità massima di investigazione non può essere stabilita a priori con esattezza perché legata sia alla lunghezza dello stendimento che a fattori quali geometria e caratteristiche meccaniche degli strati. In prima approssimazione, il rapporto fra profondità raggiunta e lunghezza dello stendimento è compreso fra 1/3 e 1/4 .

Il sistema di registrazione è attivato da un dispositivo di start, chiamato "trigger", nell'istante dell'energizzazione sismica. L'energizzazione può essere eseguita con una massa battente, apposito cannoncino sismico o esplosivo. 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.

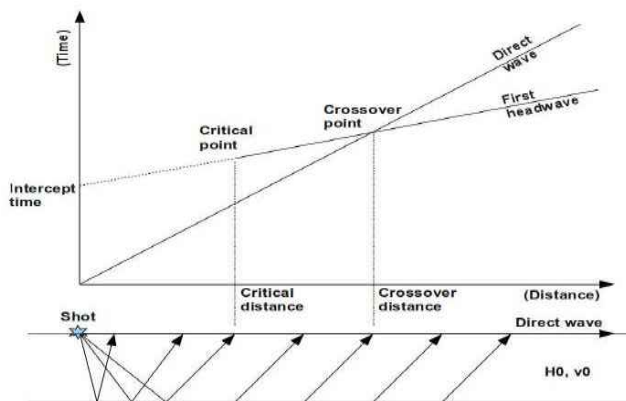


Fig. IV. Curva tempo-distanza.

Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p) o trasversali (V_s) dei mezzi attraversati ed il loro spessore. La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti; per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione. Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità V_p dell'ordine di 1400÷1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Il metodo sismico a rifrazione è soggetto inoltre alle seguenti limitazioni:

- ✓ un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulterà superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);
- ✓ un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;
- ✓ un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dallo strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");
- ✓ aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione, ma può ovviamente ridursi la precisione nella determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità

(crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile.

Prescindendo da queste limitazioni, che sono intrinseche al metodo e non possono essere superate né migliorando le procedure di acquisizione né utilizzando particolari procedure di trattamento dei dati e di interpretazione, la tecnica sismica a rifrazione può fornire il valore di velocità delle onde di compressione e delle onde di taglio anche nel caso di orizzonti rifrattori con andamento non piano e con variazioni laterali della velocità.

2.2. PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE

L'indagine in sito si è articolata in uno stendimento di lunghezza pari a circa 43,5 m (comprensiva degli spari esterni in andata e ritorno) lungo il quale sono stati posti alternativamente e collegati in serie 24 geofoni. Per quanto riguarda l'energizzazione è stata adottata una configurazione a 3 shots: 2 end-shots esterni allo stendimento di geofoni (S1 e S3) ed uno centrale tra il 12° e il 13° geofono (S2).

Di seguito si riportano, in modo sintetico, i parametri configurazionali (spaziali e temporali) dell'acquisizione in onde P. Per lo stendimento, in ognuna delle posizioni di shot, sono state eseguite 2 battute ed acquisiti i rispettivi segnali (ved. tabella seguente).

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI SISMICA A RIFRAZIONE – STENDIMENTO 1	
STENDIMENTO	ST1
ORIENTAZIONE	N-S
DISLIVELLO ALTIMETRICO TRA GLI END-SHOTS	0.0 m
LUNGHEZZA STENDIMENTO COMPRESI END-SHOTS	43.5 m
LUNGHEZZA STENDIMENTO RICEVITORI	34.5 m
NUMERO GEOFONI	24
DISTANZA INTERGEOFONICA	1.5 m
NUMERO PUNTI DI ENERGIZZAZIONE (SHOTS)	3
END-SHOTS	4.5 m
DURATA ACQUISIZIONE	6144 ms
INTERVALLO DI CAMPIONAMENTO	300 ms
NUMERO DI CAMPIONI PER TRACCIA	2048
FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO	3300 Hz

2.3. PROCEDURA DI ELABORAZIONE DATI

Il risultato finale della fase di acquisizione è costituito da una serie di files in formato SU e SEG-2. La successiva elaborazione dei dati attraverso il software Easy Refract Rel. 8.3.0.22 (della Geostru Software) si sviluppa secondo le seguenti fasi:

- ✓ I dati di campagna sono estratti direttamente dai file generati dagli acquisitori (file nei formati SEG2, SEG-Y, SU, etc.) e diagrammati per concedere all'utente l'individuazione dei primi arrivi;
- ✓ In funzione dell'individuazione dei primi arrivi, quindi, il software è in grado di operare l'analisi di regressione ed individuare le dromocrone, lasciando all'utente la possibilità di intervento nella definizione e modifica dei punti di ginocchio. Attraverso questa fase di analisi i tempi di arrivo sono assegnati ai rifrattori corretti;
- ✓ Dopo aver costruito le dromocrone ed individuato la velocità di propagazione del segnale sismico nei diversi strati di terreno, viene applicato il Metodo Reciproco Generalizzato. Tale metodo è basato sulla ricerca, nel diagramma tempi-distanze, di una distanza intergEOFONICA XY ottimale, tale cioè che i raggi sismici provenienti da opposti

punti di energizzazione, posizionati in modo simmetrico alle estremità dello stendimento, arrivino da uno stesso punto del rifrattore sui geofoni posti in X ed in Y. Oltre ad effettuare una ricerca automatica dell'XY ottimo, EasyRefract fornisce, per i valori di XY ammissibili, il grafico della funzione velocità con lo scarto quadratico medio per ogni regressione associata e il grafico della funzione tempo-profondità con il valore di rugosità;

- ✓ 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;
- ✓ output delle dromocrone sismiche e della sezione sismostratigrafica interpretativa.

2.4. COMMENTO AI RISULTATI DELLE PROSPEZIONI SISMICHE

Nel seguito, si riportano i parametri di configurazione dello stendimento ed il tempo di primo arrivo individuato su ciascun ricevitore per ciascun punto di scoppio:

GEOMETRIA GEOFONI

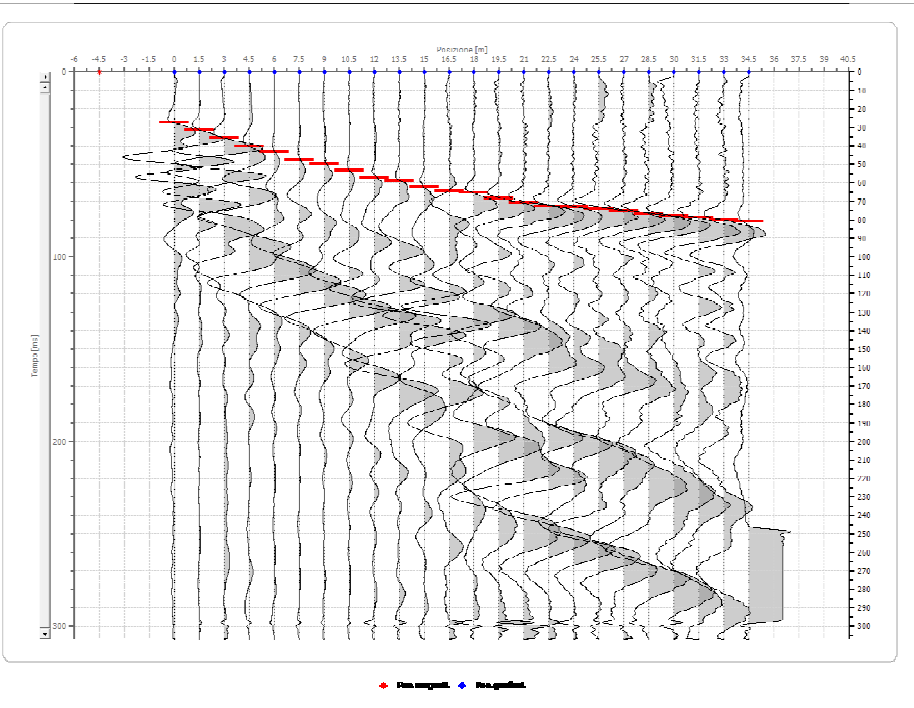
Geofono	Posizione X [m]	Posizione Z [m]	Geofono	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0	13	18.0	1.1
2	1.5	0.1	14	19.5	1.2
3	3.0	0.2	15	21.0	1.2
4	4.5	0.3	16	22.5	1.3
5	6.0	0.4	17	24.0	1.4
6	7.5	0.5	18	25.5	1.5
7	9.0	0.5	19	27.0	1.6
8	10.5	0.6	20	28.5	1.7
9	12.0	0.7	21	30.0	1.7
10	13.5	0.8	22	31.5	1.8
11	15.0	0.9	23	33.0	1.9
12	16.5	1.0	24	34.5	2.0

DATI BATTUTE

Battuta 1

Posizione sorgente -4.5 [m]

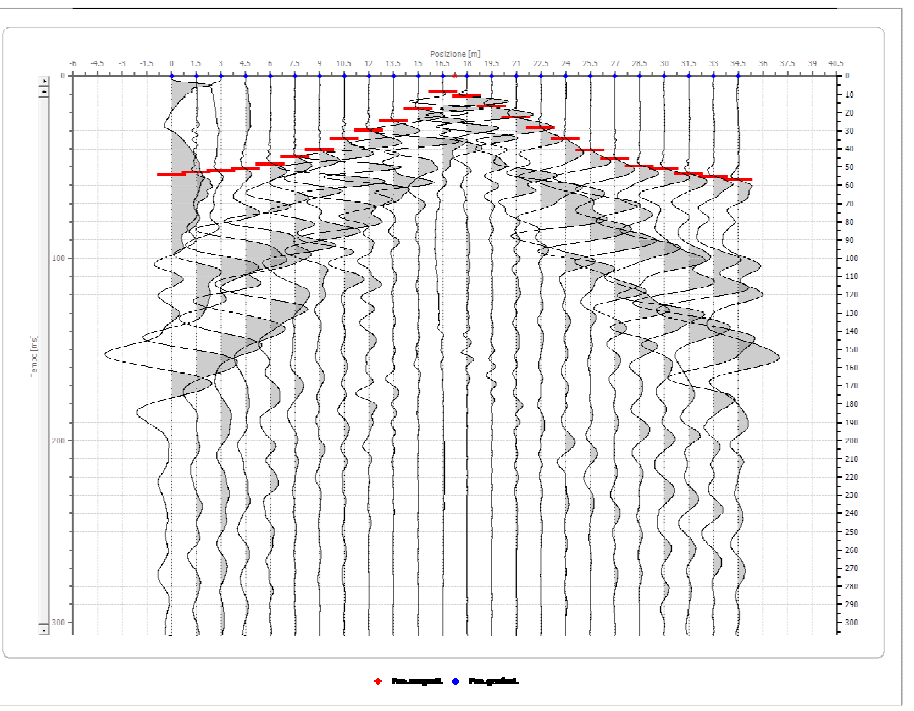
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	27.4514
1.5	31.4777
3.0	35.6869
4.5	40.2621
6.0	43.3733
7.5	47.7655
9.0	49.7786
10.5	53.2558
12.0	57.0990
13.5	58.7461
15.0	62.0403
16.5	64.2364
18.0	65.3344
19.5	68.2626
21.0	70.8247
22.5	72.8378
24.0	73.2039
25.5	73.7529
27.0	75.0340
28.5	76.6810
30.0	77.9621
31.5	78.6942
33.0	79.9752
34.5	80.7073



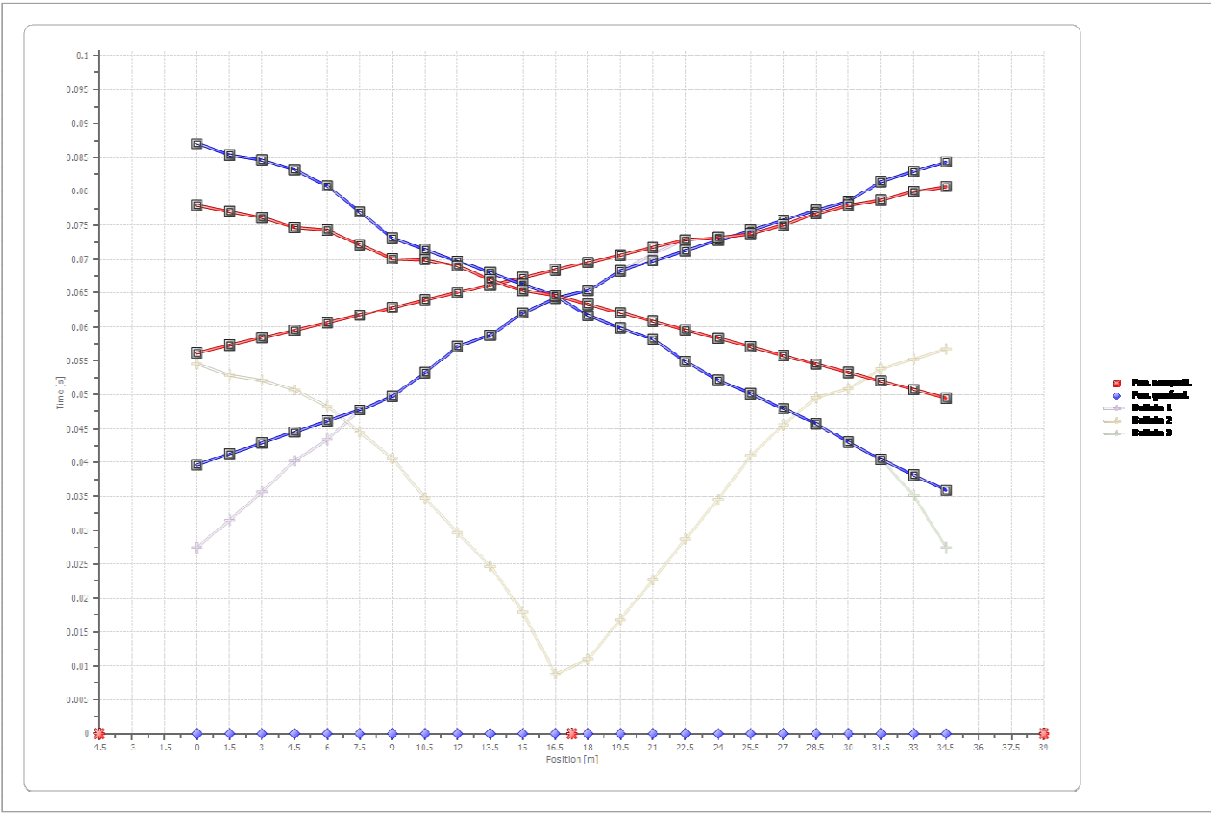
Battuta 2

Posizione sorgente 17 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	54.5369
1.5	52.8898
3.0	52.1578
4.5	50.6937
6.0	48.3146
7.5	44.4713
9.0	40.6281
10.5	34.7718
12.0	29.6476
13.5	24.7063
15.0	17.9349
16.5	8.7845
18.0	10.9806
19.5	16.8369
21.0	22.6932
22.5	28.7325
24.0	34.5888
25.5	40.9942
27.0	45.5694
28.5	49.5956
30.0	50.8767
31.5	53.8048
33.0	55.2689
34.5	56.7330



Dromocrone traslate



Interpretazione G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	0.9	9.8	--
G= 1.5 [m]	1.0	9.3	--
G= 3.0 [m]	1.1	9.5	--
G= 4.5 [m]	1.1	9.7	--
G= 6.0 [m]	1.3	8.8	--
G= 7.5 [m]	1.4	8.5	--
G= 9.0 [m]	1.5	8.3	--
G= 10.5 [m]	1.6	8.3	--
G= 12.0 [m]	1.8	8.1	--
G= 13.5 [m]	1.8	8.5	--
G= 15.0 [m]	1.5	9.7	--
G= 16.5 [m]	1.8	9.2	--
G= 18.0 [m]	2.0	8.3	--
G= 19.5 [m]	2.2	8.0	--
G= 21.0 [m]	2.5	6.3	--
G= 22.5 [m]	2.6	6.3	--
G= 24.0 [m]	2.9	5.3	--
G= 25.5 [m]	2.8	6.1	--
G= 27.0 [m]	2.8	6.3	--
G= 28.5 [m]	2.7	6.5	--
G= 30.0 [m]	2.5	7.8	--
G= 31.5 [m]	2.6	8.2	--
G= 33.0 [m]	2.6	8.4	--
G= 34.5 [m]	2.6	8.0	--
Velocità [m/sec]	241.6	1045.6	2694.8

Grafico della funzione velocità con lo scarto quadratico medio per ogni regressione associata

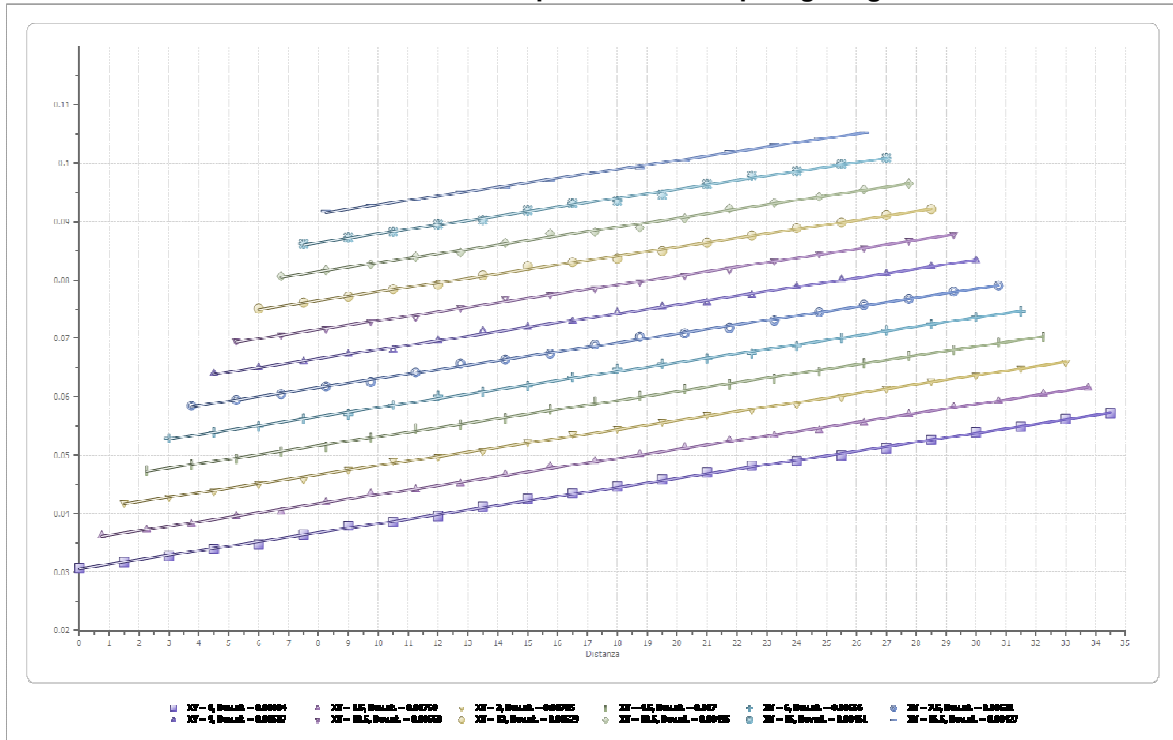
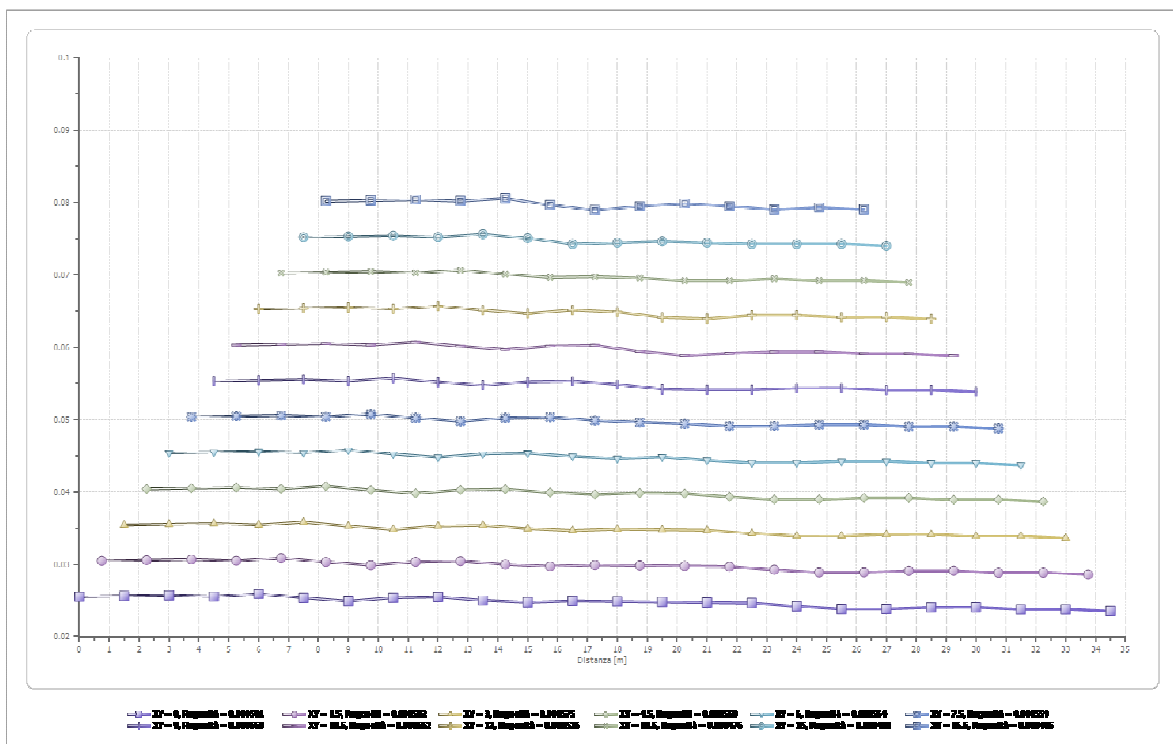


Grafico della funzione tempo-profondità con il valore di rugosità



Di seguito (Ved. Fig. V) si riporta la sezione geofisica interpretativa ottenuta scegliendo un modello interpretativo a 3 strati. L'esame delle dromocrone, ha permesso di individuare tre superfici principali di discontinuità tramite l'analisi delle distanze critiche e della variazione di velocità di propagazione delle onde sismiche nei vari mezzi attraversati.

La velocità delle onde P degli strati riconosciuti, da intendere come velocità medie all'interno di ciascuna unità geofisica individuata, sono le seguenti:

N. Strato	Velocità [m/s]
1	208
2	700
3	1292

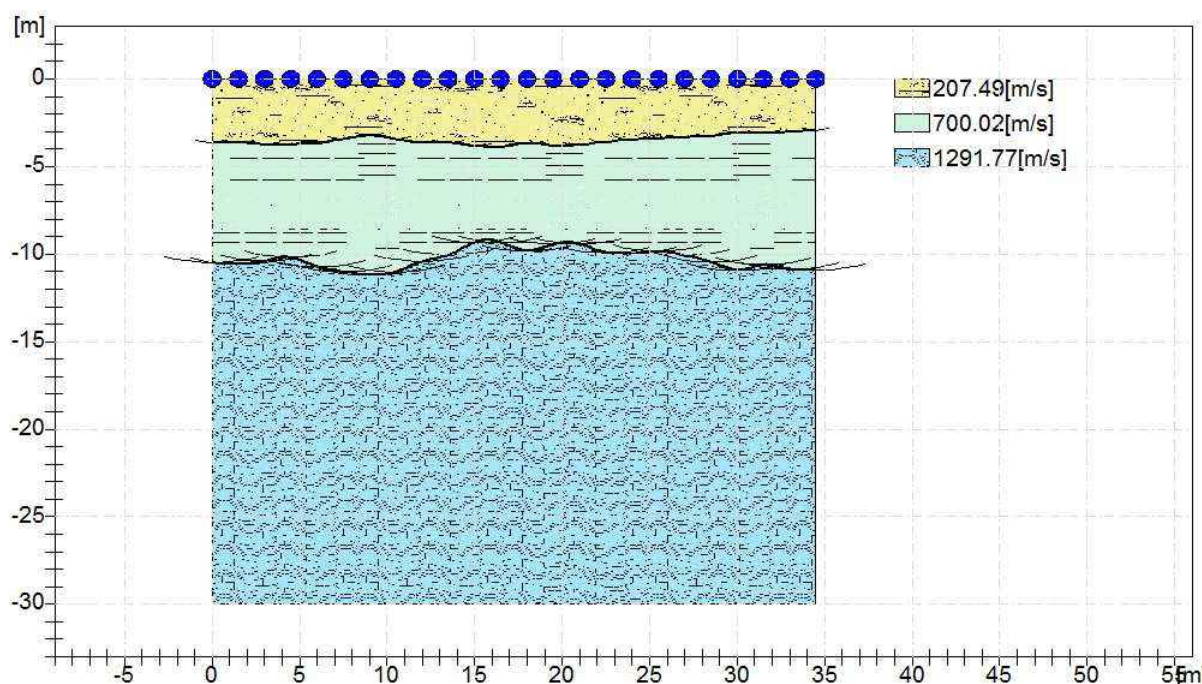


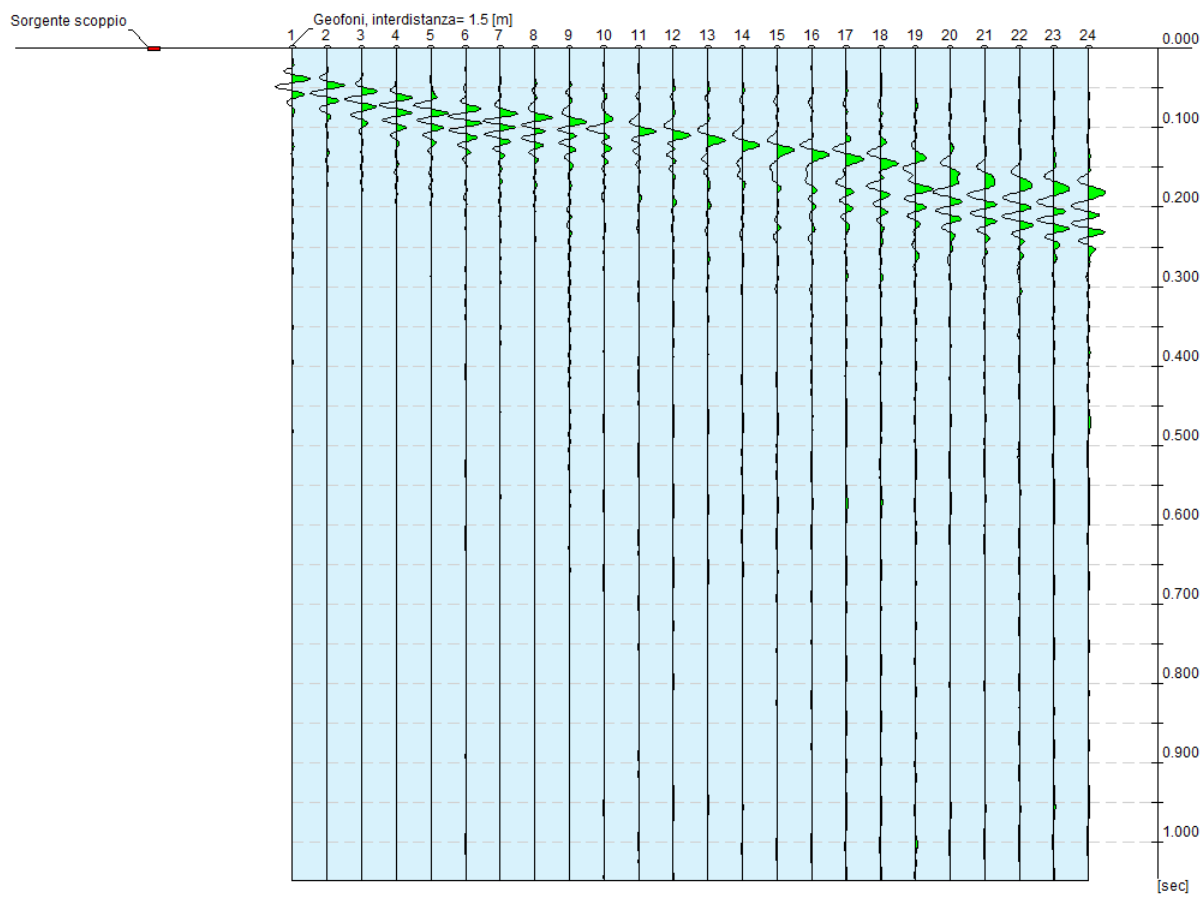
Fig. V. Sezione sismostratigrafica (N-S): al di sotto della superficie topografica l'involuppo dei cerchi rappresenta l'interfaccia tra uno strato ed un altro. I metodi di interpretazione in sismica a rifrazione forniscono, infatti, gli spessori degli strati valutando la distanza minima tra i sensori ed il rifrattore sulla perpendicolare allo strato e non sulla sua verticale; di conseguenza la superficie rifrangente, al di sotto di ogni dato punto, può giacere ovunque su di un cerchio centrato in quel punto e con raggio uguale allo spessore dello strato.

2.5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dall'esame delle risultanze dello stendimento sismico condotto in sito, si deduce quanto segue: nel profilo sismico del suolo di fondazione si evidenzia la presenza di tre sismostrati, uno superficiale con velocità V_p media di ~ 200 m/s e spessore variabile compreso entro i 4 m; tale sismostrato è attribuibile agli strati più superficiali del terreno di fondazione, comprensivi di suolo e terreno vegetale. Il sismostrato intermedio, caratterizzato da V_p media di ~ 700 m/s rinvenuto sino ad una profondità di $-9 \div -12$ m dall'attuale p.c. è associabile alla presenza di depositi prevalentemente limoso-argillosi, limoso-sabbiosi e, subordinatamente, ghiaioso-pseudociottolosi. Il sismostrato profondo, avente V_p media di ~ 1290 m/s, è attribuibile al substrato prevalentemente marnoso, dapprima degradato poi progressivamente più compatto.

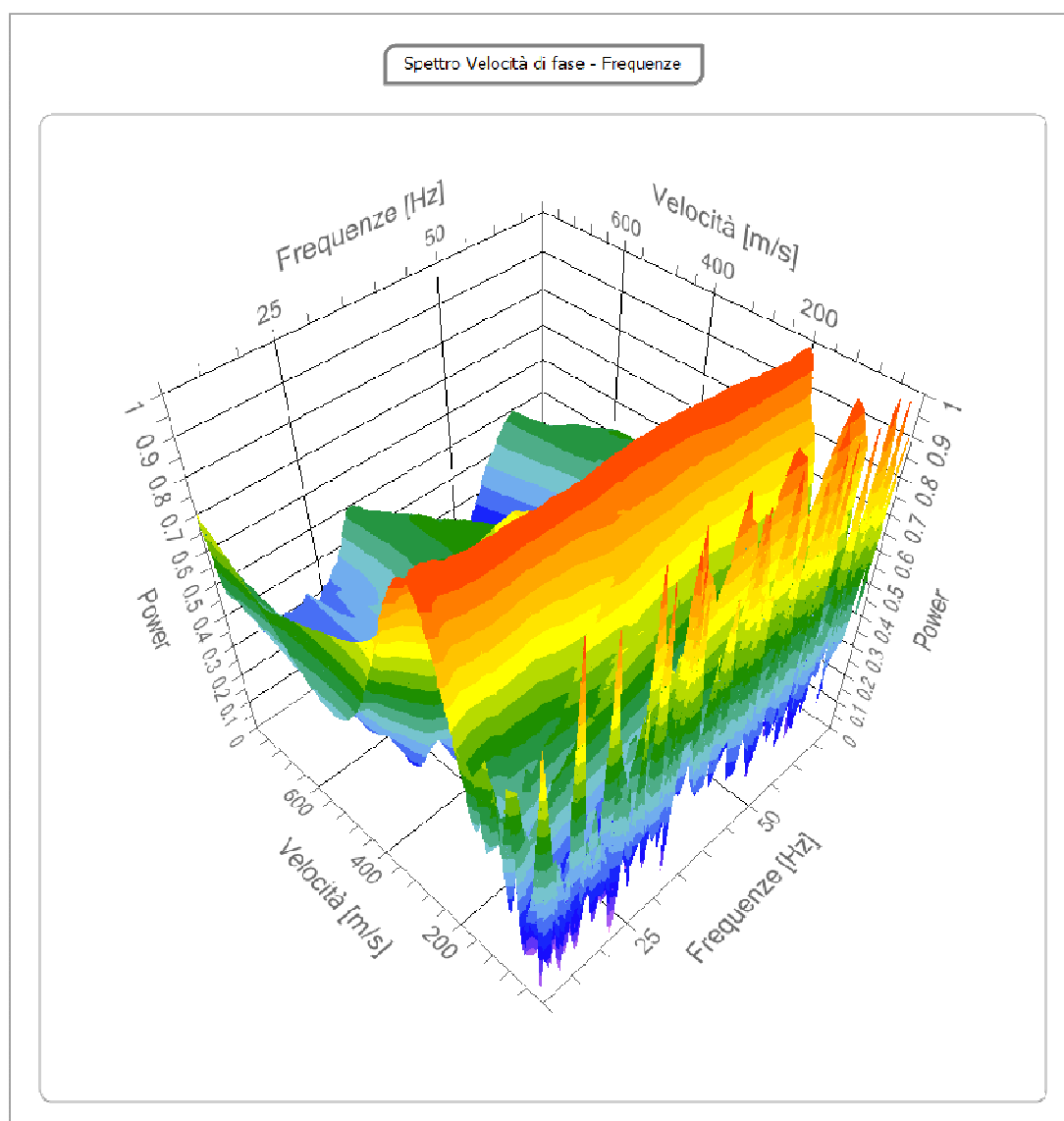
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1048.6
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.024



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	10
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	70
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

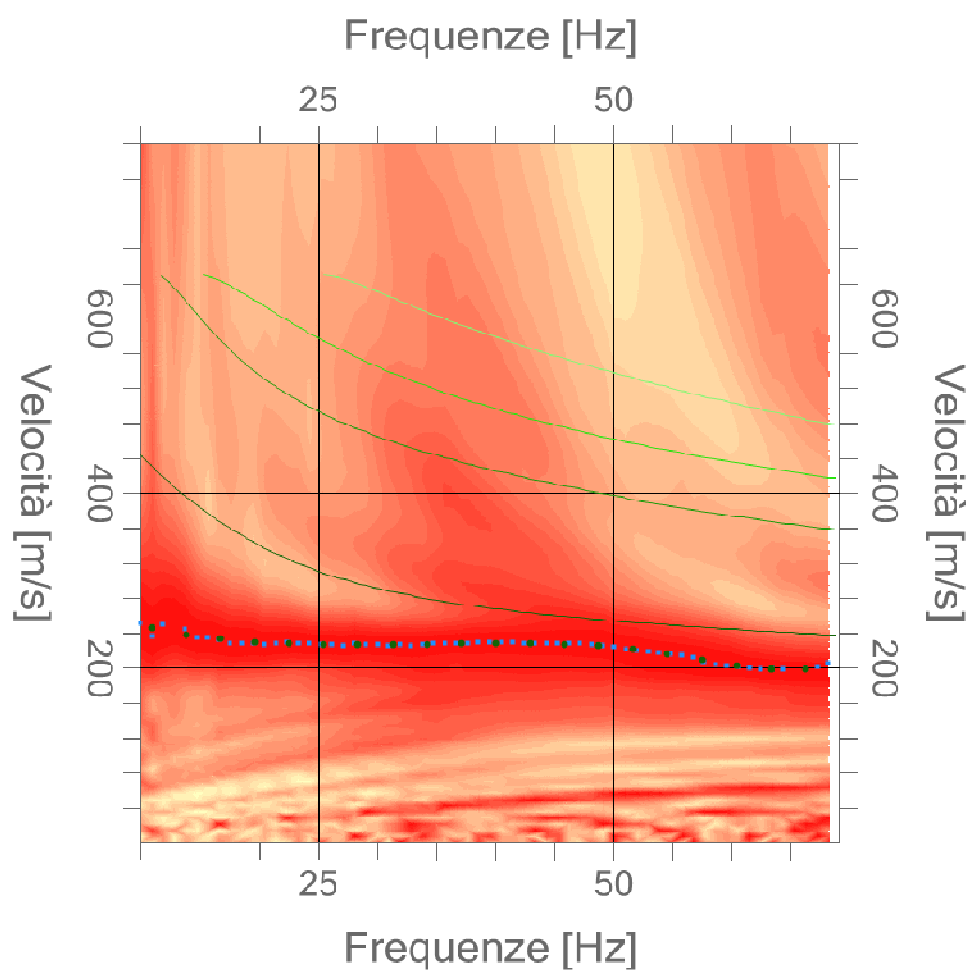


Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	11.0	246.0	0
2	13.9	238.4	0
3	16.8	233.3	0
4	19.7	229.8	0
5	22.6	227.7	0
6	25.5	226.7	0

7	28.4	226.5	0
8	31.3	226.8	0
9	34.2	227.2	0
10	37.1	227.8	0
11	40.1	228.1	0
12	43.0	228.1	0
13	45.9	227.5	0
14	48.8	225.8	0
15	51.7	221.5	0
16	54.6	215.6	0
17	57.5	208.8	0
18	60.4	202.3	0
19	63.3	198.2	0
20	66.2	198.8	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	0.3	No	328.2	175.4
2		2.76	1.76	1800.0	0.3	No	502.1	268.4
3		6.56	3.79	1800.0	0.3	No	497.4	265.9
4		10.40	3.84	1800.0	0.3	No	498.1	266.3
5		13.87	3.47	1800.0	0.3	No	498.5	266.5
6		19.84	5.97	1800.0	0.3	No	545.2	291.4
7		27.86	8.02	1800.0	0.3	No	1103.5	589.9
8		35.59	7.73	1800.0	0.3	No	1221.3	652.8
9		42.21	6.62	1800.0	0.3	No	1254.7	670.7
10		oo	oo	1800.0	0.3	No	1502.2	803.0

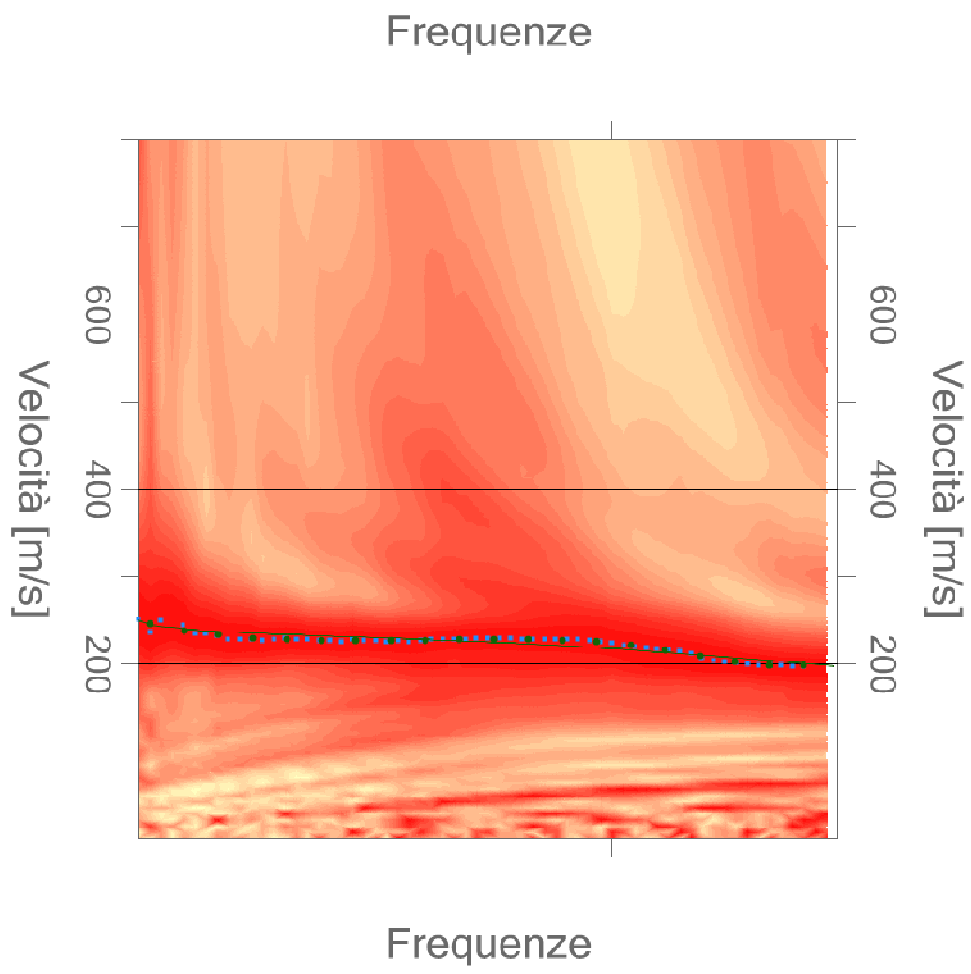
Percentuale di errore

0.036 %

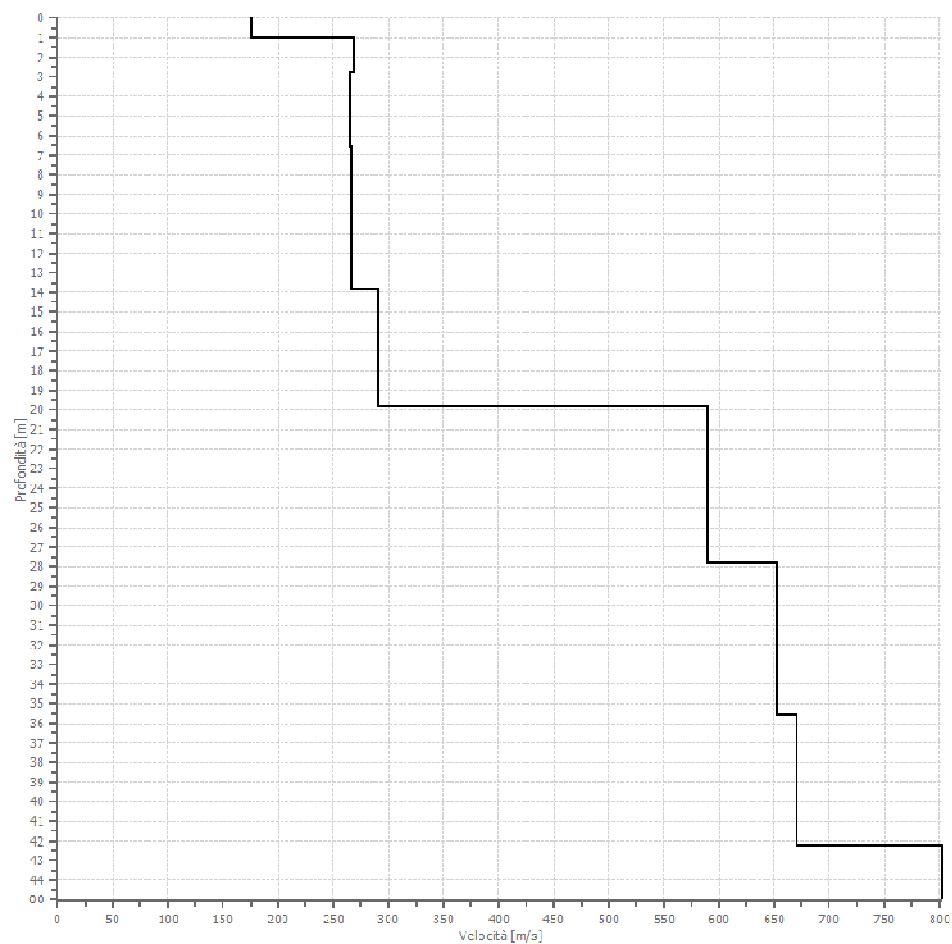
Fattore di disadattamento della soluzione

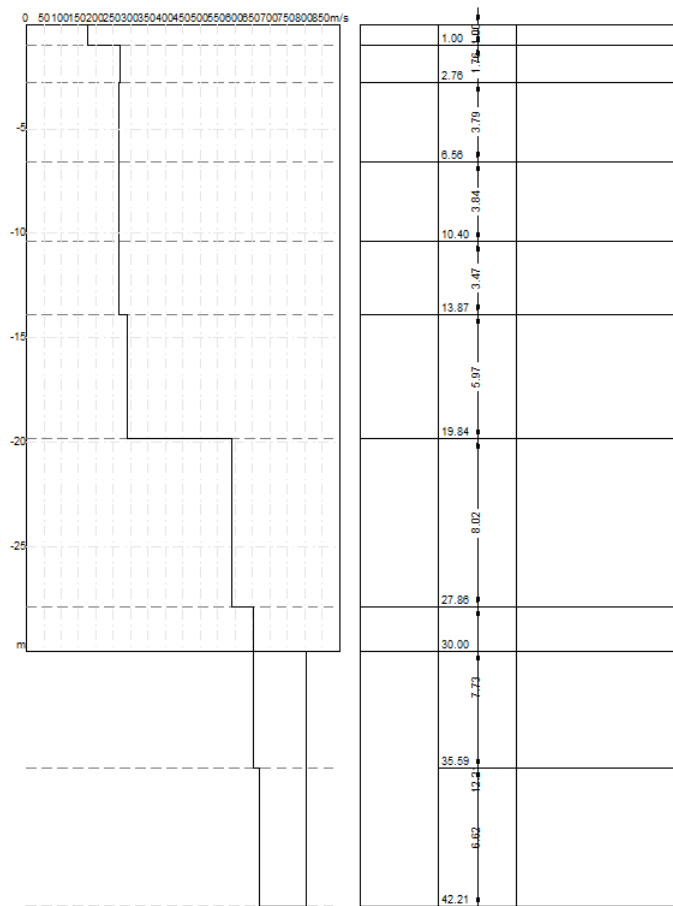
0.019

Inversione



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	328.37
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo 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 Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT}_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < \text{cu}_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	175.41	328.16	1800.00	0.30	55.38	193.84	119.99	143.99	N/A	393.31
2	2.76	1.76	268.39	502.12	1800.00	0.30	129.66	453.83	280.94	337.13	N/A	3334.39
3	6.56	3.79	265.87	497.40	1800.00	0.30	127.24	445.33	275.68	330.82	N/A	3179.74
4	10.40	3.84	266.26	498.13	1800.00	0.30	127.61	446.64	276.49	331.79	N/A	3203.33
5	13.87	3.47	266.47	498.52	1800.00	0.30	127.81	447.33	276.92	332.30	N/A	3215.80
6	19.84	5.97	291.41	545.17	1800.00	0.30	152.85	534.99	331.18	397.42	N/A	N/A

7	27.86	8.02	589.85	1103.5 1	1800.0 0	0.30	626.26	2191.9 2	1356.9 1	1628.2 9	N/A	N/A
8	35.59	7.73	652.79	1221.2 6	1800.0 0	0.30	767.05	2684.6 8	1661.9 4	1994.3 3	N/A	N/A
9	42.21	6.62	670.66	1254.6 9	1800.0 0	0.30	809.62	2833.6 6	1754.1 7	2105.0 1	N/A	N/A
10	oo	oo	802.99	1502.2 5	1800.0 0	0.30	1160.6 2	4062.1 5	2514.6 7	3017.6 0	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

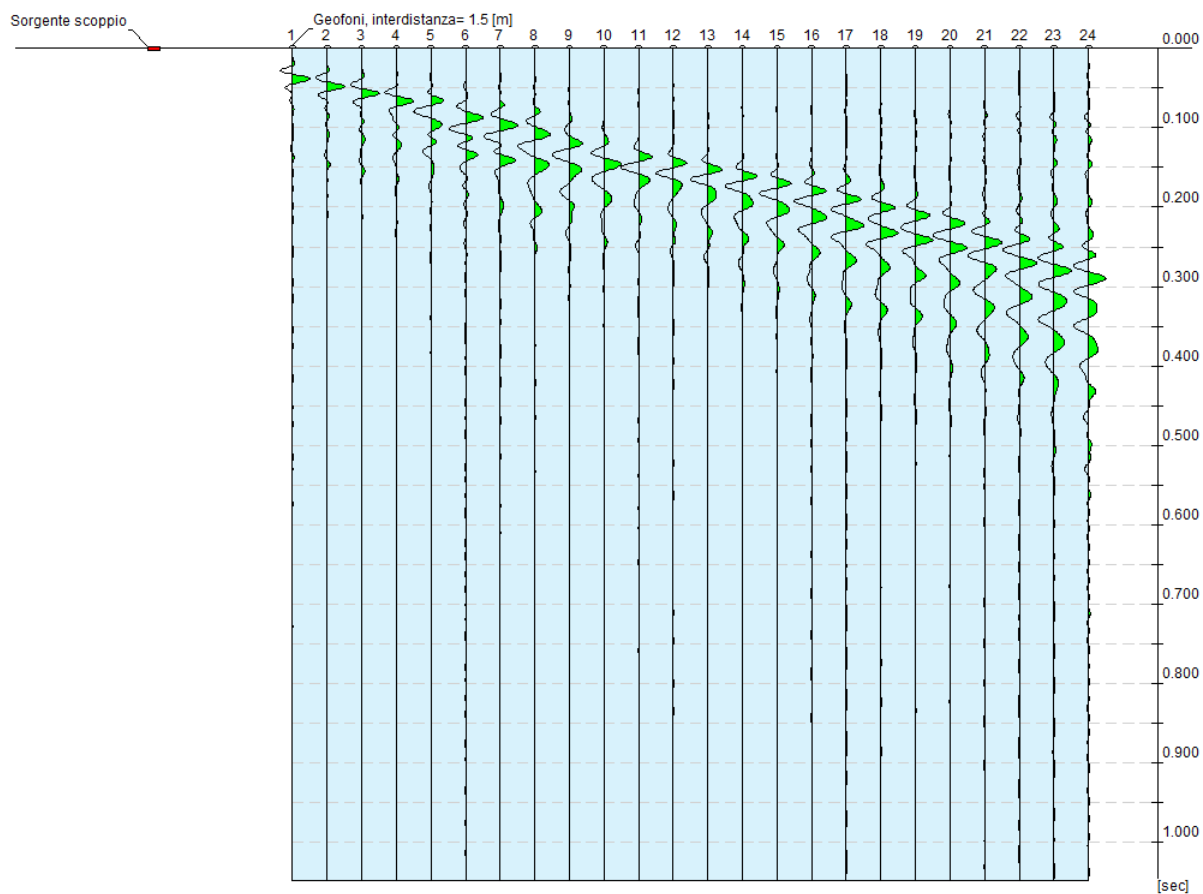
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

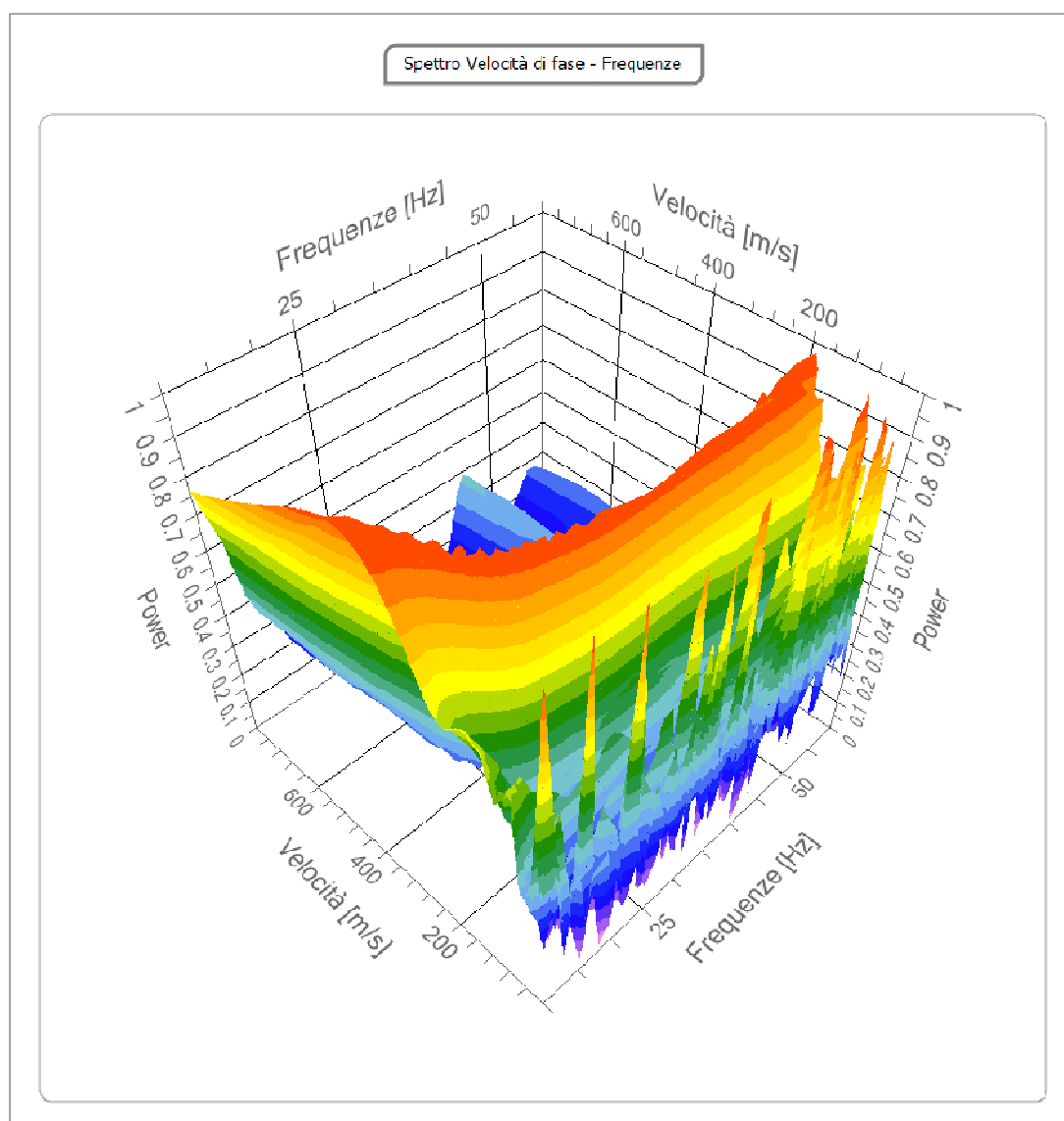
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1048.6
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.024



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	10
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

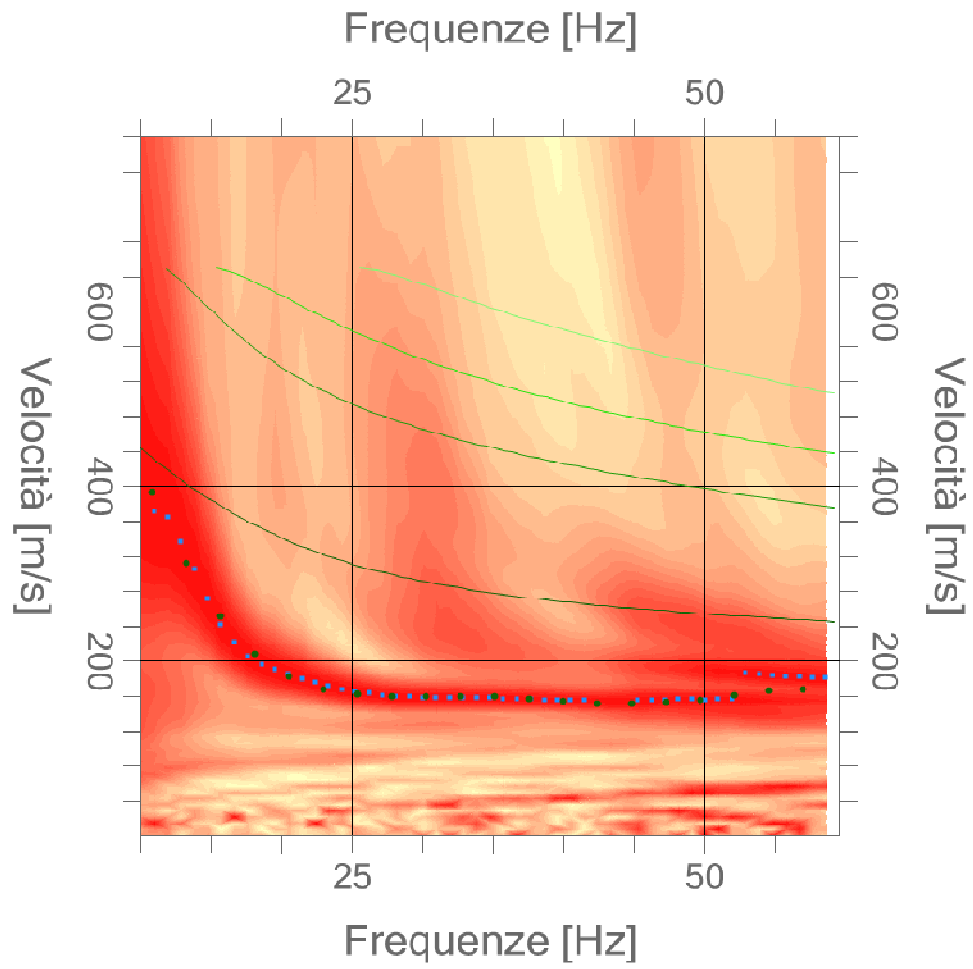


Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.8	393.3	0
2	13.2	311.5	0
3	15.7	250.7	0
4	18.1	208.7	0
5	20.5	182.4	0
6	23.0	167.9	0

7	25.4	161.5	0
8	27.8	159.9	0
9	30.3	160.0	0
10	32.7	160.0	0
11	35.1	159.2	0
12	37.6	157.0	0
13	40.0	154.0	0
14	42.4	151.7	0
15	44.9	151.3	0
16	47.3	152.7	0
17	49.7	156.0	0
18	52.2	160.8	0
19	54.6	165.7	0
20	57.0	167.9	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	0.3	No	313.7	167.7
2		2.75	1.75	1800.0	0.3	No	311.2	166.3
3		3.76	1.01	1800.0	0.3	No	360.4	192.7
4		4.98	1.23	1800.0	0.3	No	424.4	226.9
5		6.12	1.14	1800.0	0.3	No	452.7	242.0
6		7.62	1.50	1800.0	0.3	No	902.8	482.6
7		17.57	9.95	1800.0	0.3	No	991.3	529.9
8		23.01	5.43	1800.0	0.3	No	1056.7	564.8
9		28.01	5.00	1800.0	0.3	No	1199.7	641.3
10		oo	oo	1800.0	0.3	No	1521.5	813.3

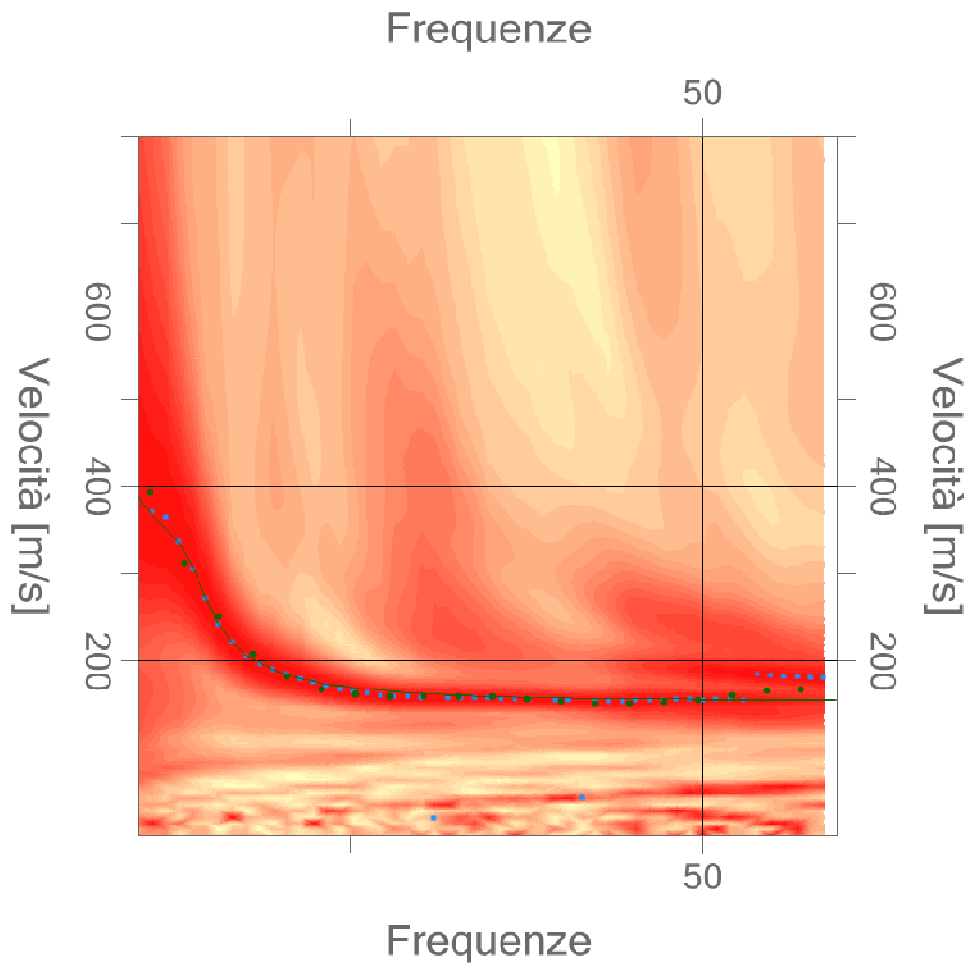
Percentuale di errore

0.176 %

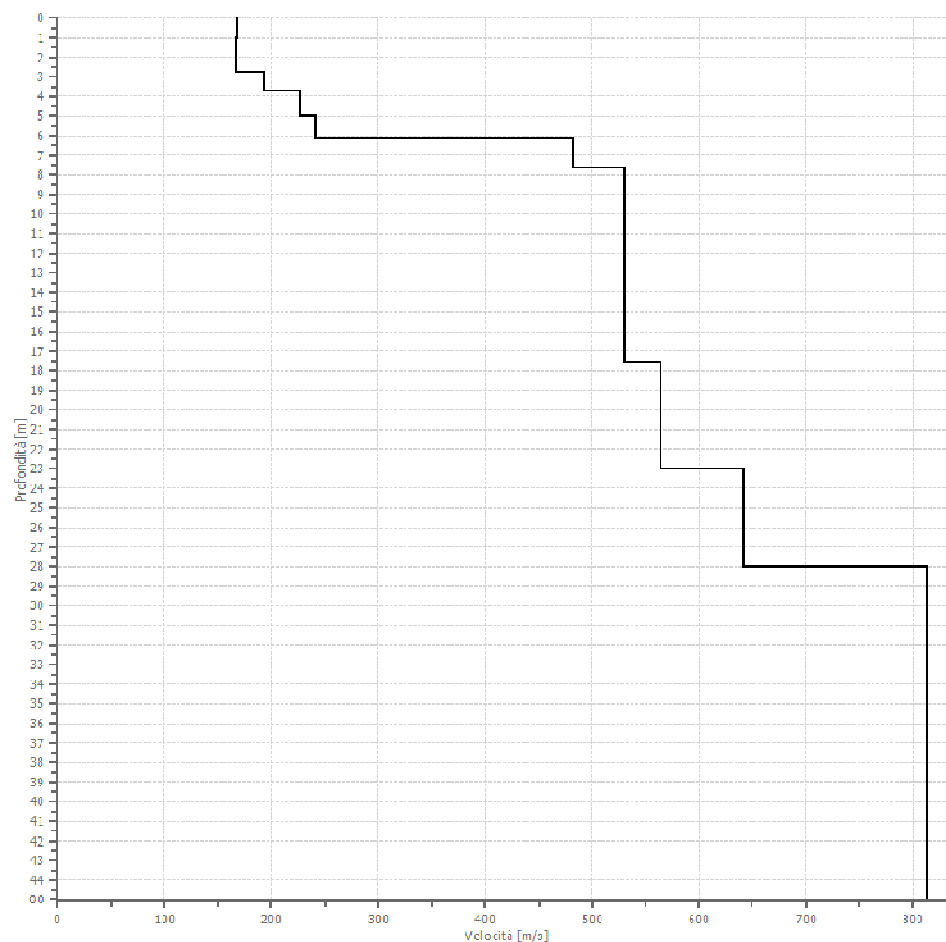
Fattore di disadattamento della soluzione

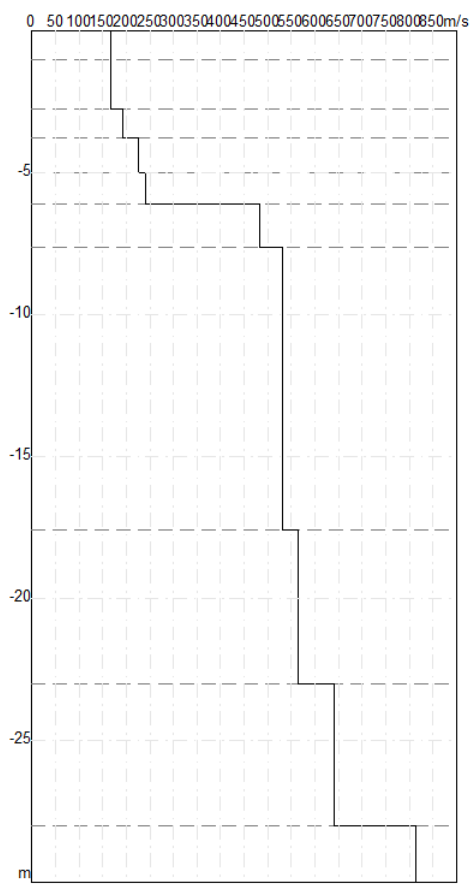
0.037

Inversione



Profilo di velocità





	1.00	
	2.75	
	3.76	
	4.98	
	6.12	
	7.62	
	17.57	
	23.01	
	28.01	
	30.00	

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	407.74
Categoria del suolo	B

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

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	167.67	313.69	1800.00	0.30	50.61	177.12	109.64	131.57	N/A	313.56
2	2.75	1.75	166.34	311.20	1800.00	0.30	49.81	174.32	107.91	129.50	84	301.28
3	3.76	1.01	192.65	360.42	1800.00	0.30	66.81	233.83	144.75	173.70	N/A	630.12
4	4.98	1.23	226.88	424.45	1800.00	0.30	92.65	324.28	200.74	240.89	N/A	1433.04
5	6.12	1.14	241.96	452.66	1800.00	0.30	105.38	368.82	228.32	273.98	N/A	1980.22
6	7.62	1.50	482.56	902.79	1800.00	0.30	419.15	1467.04	908.17	1089.80	N/A	N/A
7	17.57	9.95	529.88	991.32	1800.00	0.30	505.39	1768.8	1095.0	1314.0	N/A	N/A

					0			7	2	2		
8	23.01	5.43	564.82	1056.68	1800.00	0.30	574.23	2009.81	1244.17	1493.00	N/A	N/A
9	28.01	5.00	641.27	1199.71	1800.00	0.30	740.21	2590.75	1603.79	1924.55	N/A	N/A
10	oo	oo	813.29	1521.53	1800.00	0.30	1190.60	4167.10	2579.64	3095.56	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

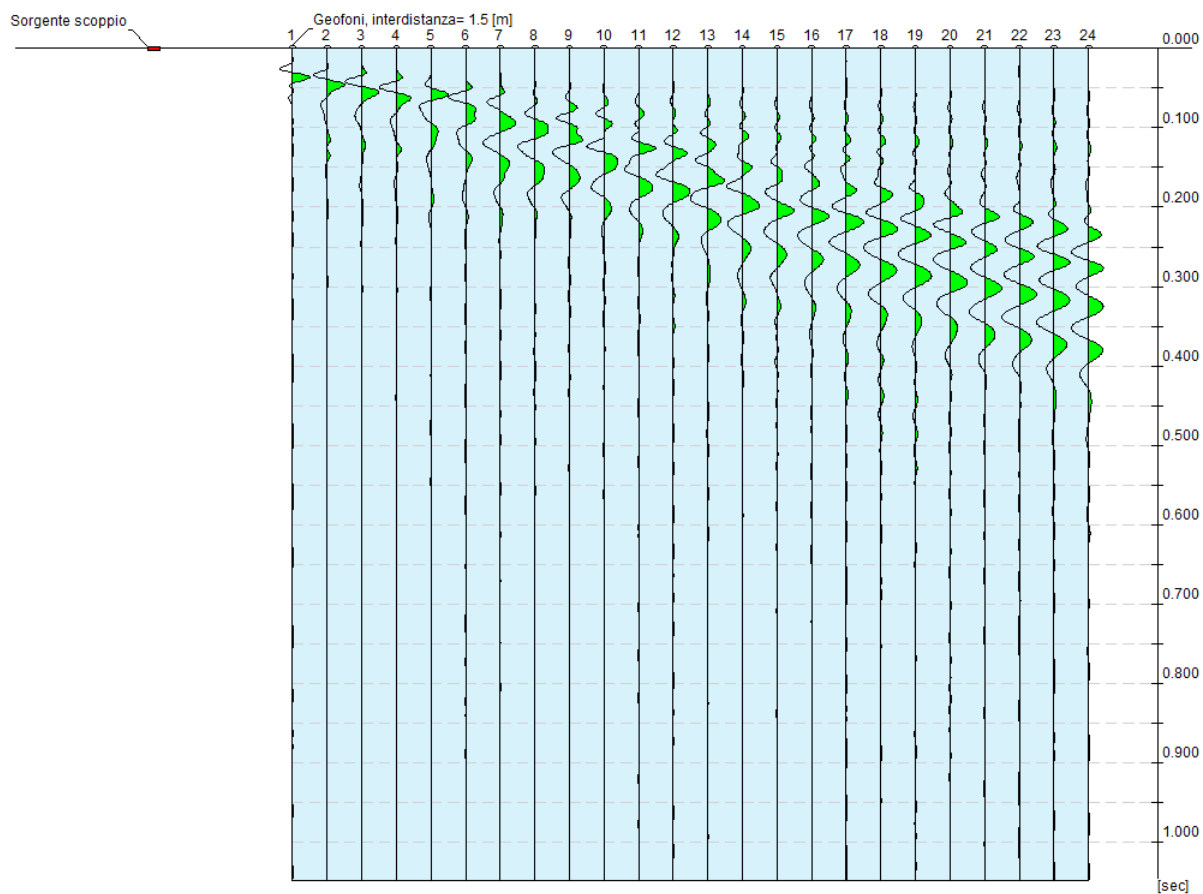
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

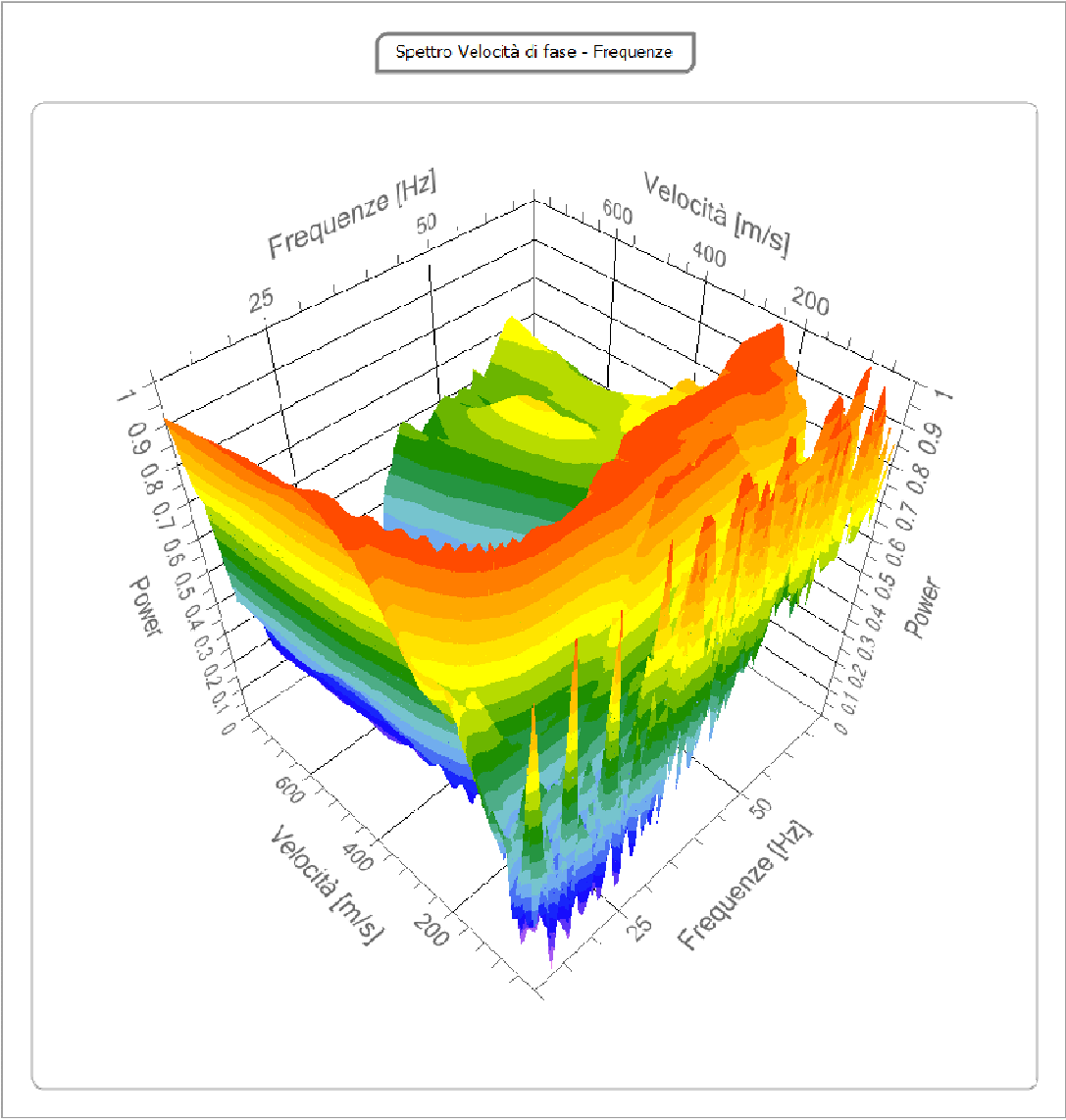
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1048.6
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.024



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	10
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	70
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

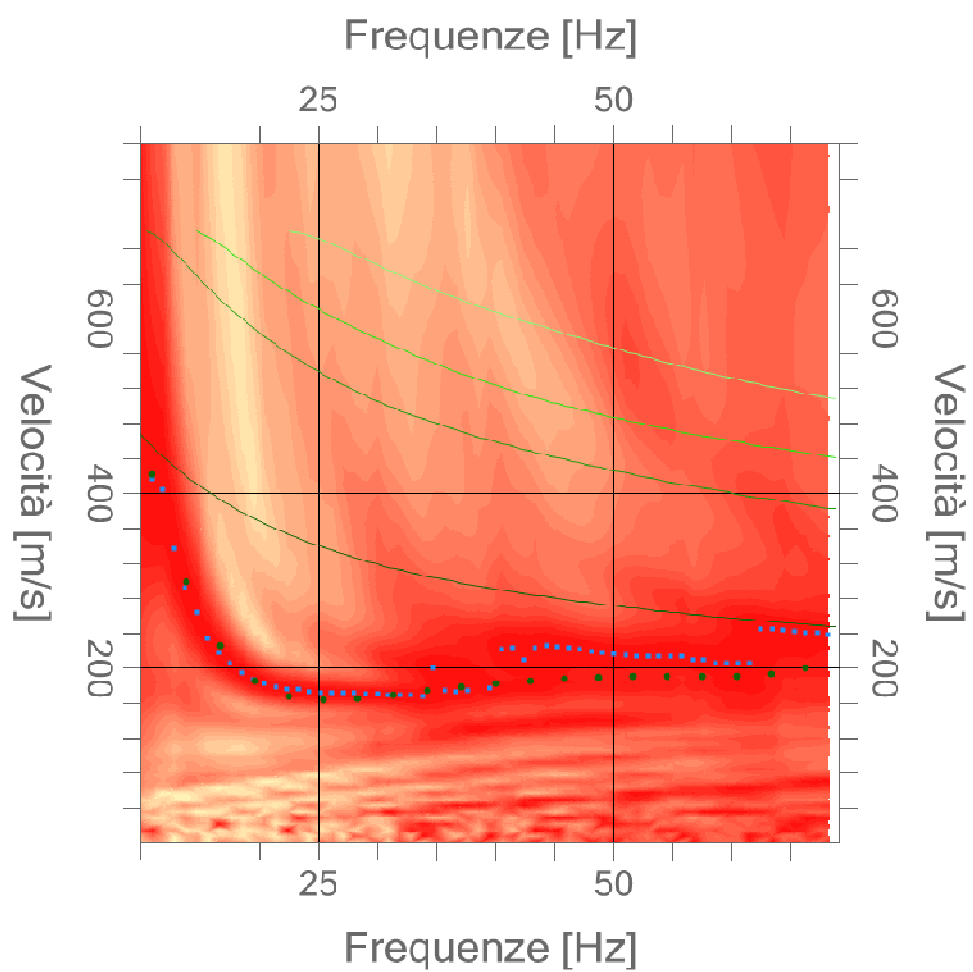


Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	11.0	421.9	0
2	13.9	299.1	0
3	16.8	225.3	0
4	19.7	185.1	0
5	22.6	167.2	0
6	25.5	163.2	0

7	28.4	165.2	0
8	31.3	169.3	0
9	34.2	174.0	0
10	37.1	178.6	0
11	40.1	182.6	0
12	43.0	185.8	0
13	45.9	188.1	0
14	48.8	189.4	0
15	51.7	190.0	0
16	54.6	190.0	0
17	57.5	189.9	0
18	60.4	190.6	0
19	63.3	193.4	0
20	66.2	200.2	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	0.3	No	366.4	195.9
2		2.15	1.15	1800.0	0.3	No	366.1	195.7
3		3.24	1.09	1800.0	0.3	No	365.7	195.4
4		4.89	1.65	1800.0	0.3	No	366.0	195.6
5		5.90	1.01	1800.0	0.3	No	402.2	215.0
6		7.44	1.54	1800.0	0.3	No	697.1	372.6
7		11.60	4.16	1800.0	0.3	No	945.0	505.1
8		14.38	2.77	1800.0	0.3	No	1367.0	730.7
9		22.50	8.12	1800.0	0.3	No	1482.6	792.5
10		48.02	25.52	1800.0	0.3	No	1610.6	860.9
11		oo	oo	1800.0	0.3	No	1679.3	897.7

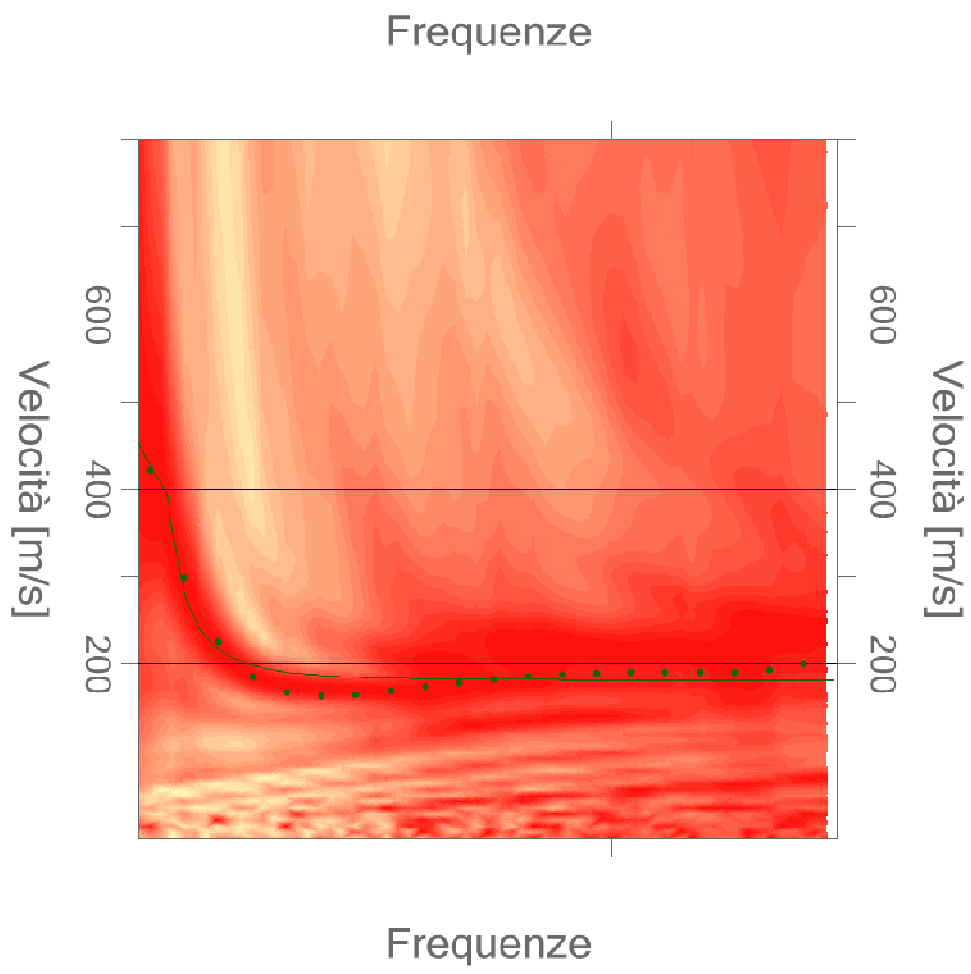
Percentuale di errore

0.360 %

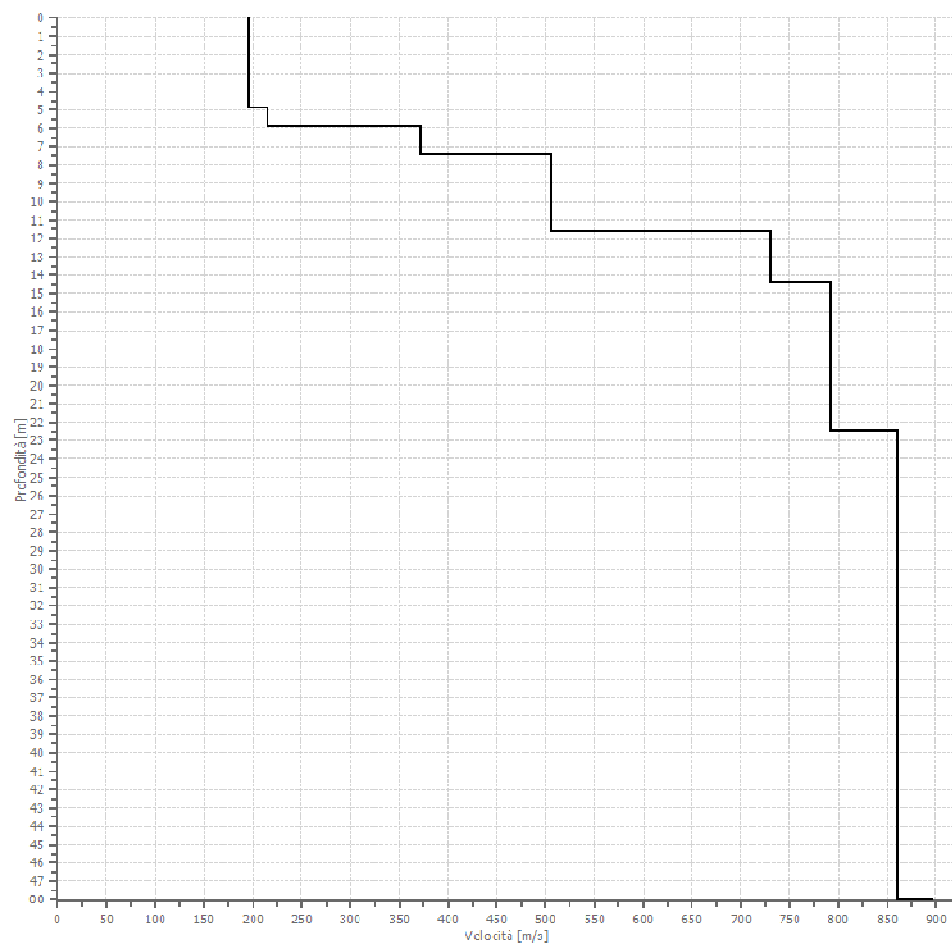
Fattore di disadattamento della soluzione

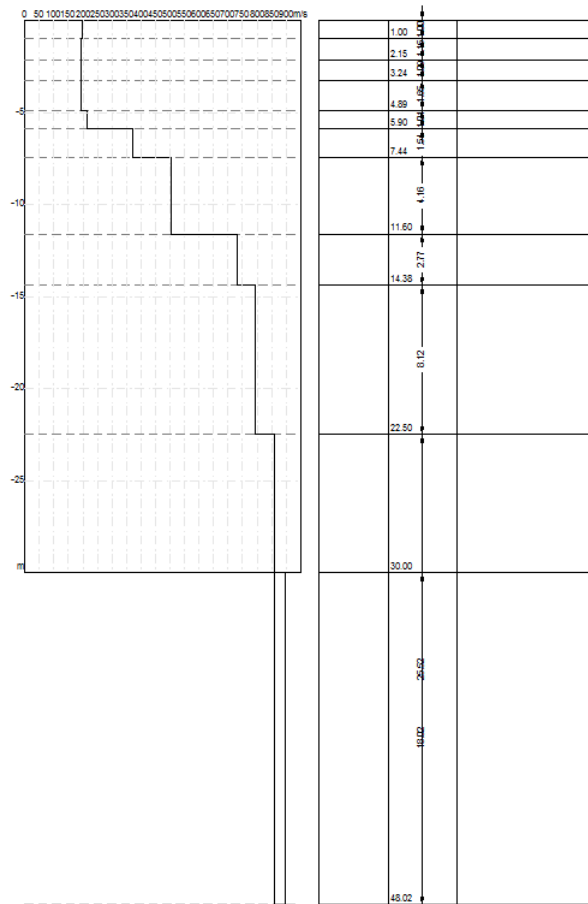
0.070

Inversione



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	462.75
Categoria del suolo	B

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

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	195.86	366.43	1800.00	0.30	69.05	241.68	149.61	179.54	N/A	684.66
2	2.15	1.15	195.67	366.07	1800.00	0.30	68.92	241.21	149.32	179.18	N/A	681.30
3	3.24	1.09	195.45	365.65	1800.00	0.30	68.76	240.66	148.98	178.78	N/A	677.42
4	4.89	1.65	195.63	365.99	1800.00	0.30	68.89	241.11	149.26	179.11	91	680.58
5	5.90	1.01	215.00	402.23	1800.00	0.30	83.21	291.22	180.28	216.34	N/A	1093.79
6	7.44	1.54	372.59	697.05	1800.00	0.30	249.88	874.59	541.41	649.69	N/A	N/A
7	11.60	4.16	505.10	944.96	1800.00	0.30	459.23	1607.3	995.00	1194.0	N/A	N/A

					0			0		0		
8	14.38	2.77	730.67	1366.96	1800.00	0.30	960.98	3363.44	2082.13	2498.55	N/A	N/A
9	22.50	8.12	792.48	1482.60	1800.00	0.30	1130.45	3956.59	2449.31	2939.18	N/A	N/A
10	48.02	25.52	860.88	1610.56	1800.00	0.30	1334.01	4669.03	2890.35	3468.42	N/A	N/A
11	oo	oo	897.65	1679.35	1800.00	0.30	1450.40	5076.39	3142.53	3771.03	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

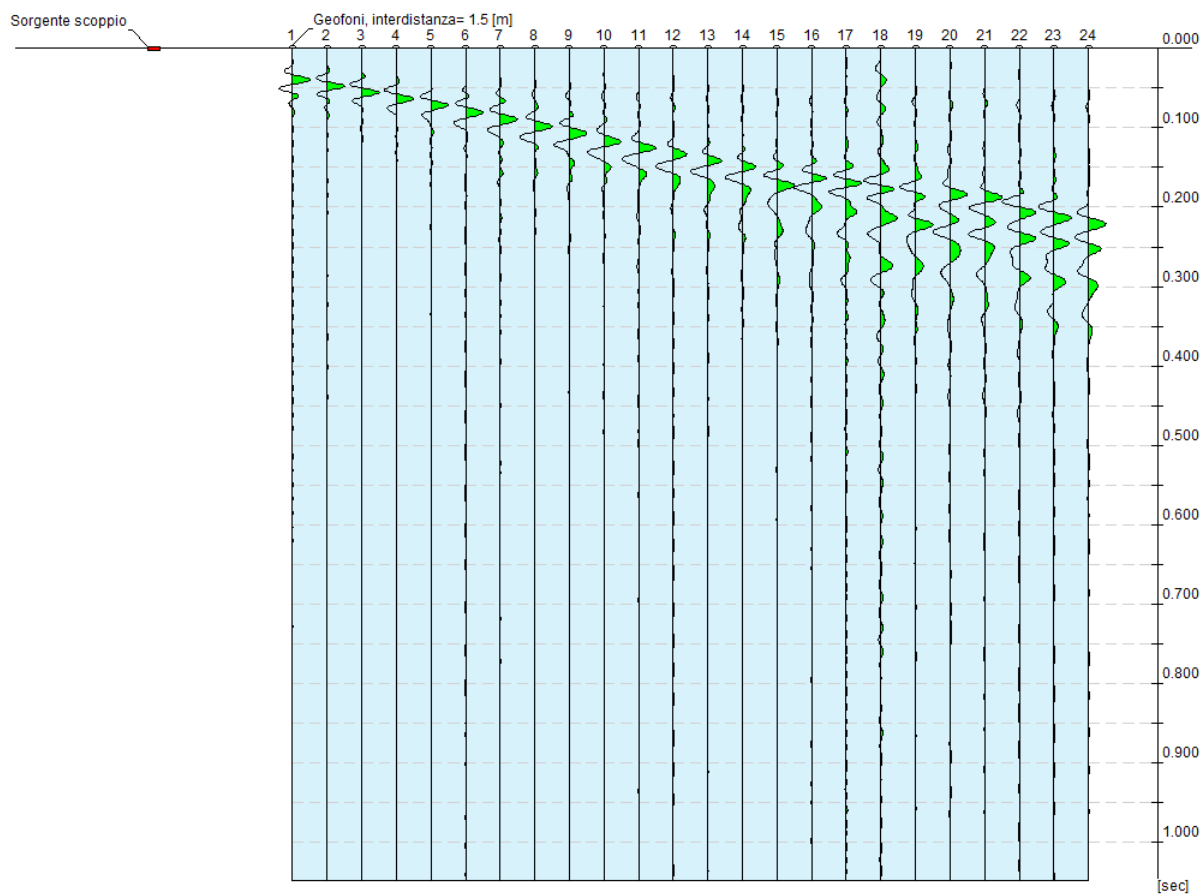
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Tracce

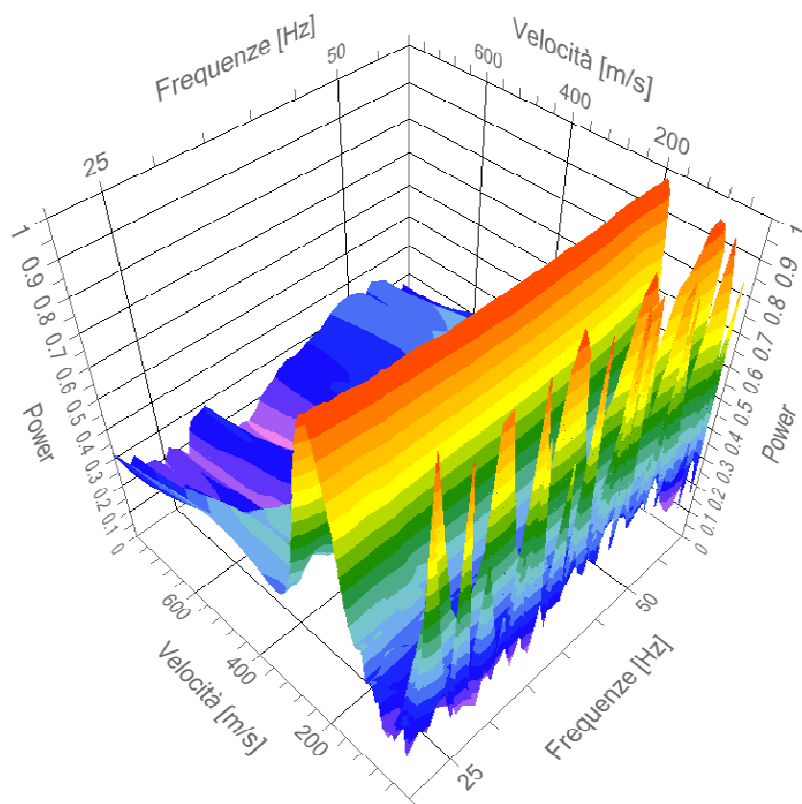
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1048.6
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.024



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	20
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze

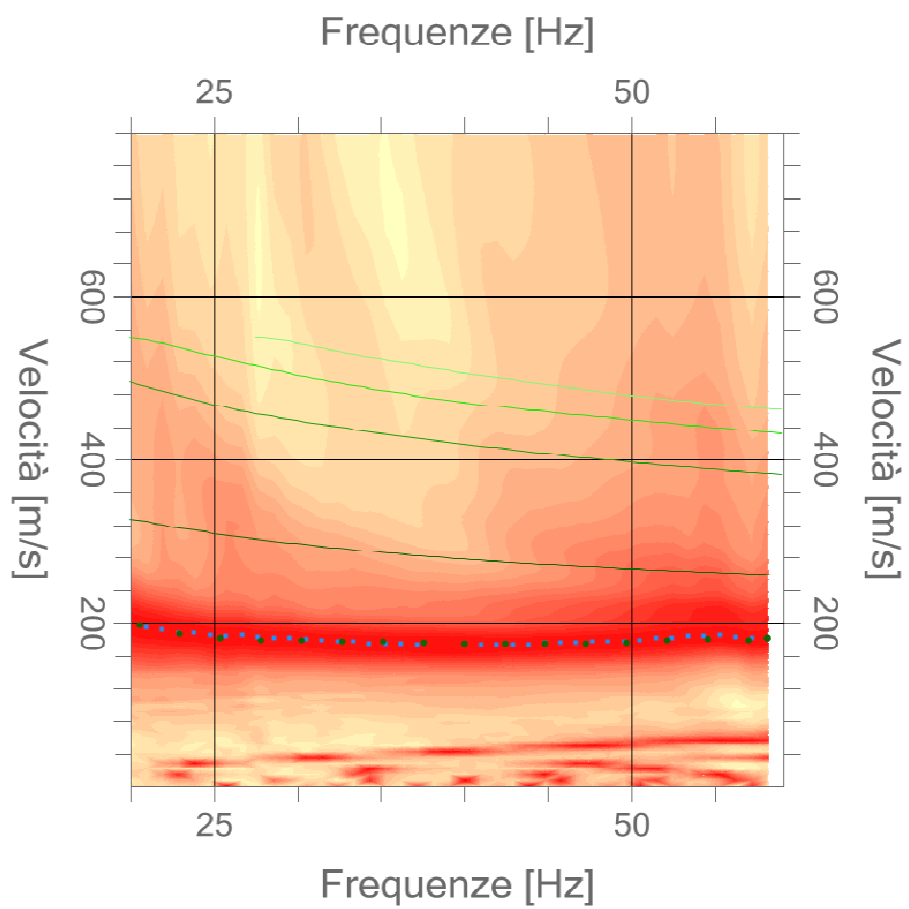


Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.8	338.6	0
2	13.2	285.4	0
3	15.7	245.3	0
4	18.1	216.9	0
5	20.5	198.3	0
6	23.0	187.2	0
7	25.4	181.5	0

8	27.8	179.1	0
9	30.3	178.3	0
10	32.7	178.1	0
11	35.1	177.6	0
12	37.6	176.6	0
13	40.0	175.4	0
14	42.4	174.4	0
15	44.9	174.3	0
16	47.3	175.0	0
17	49.7	176.4	0
18	52.2	178.2	0
19	54.6	179.7	0
20	57.0	179.1	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	0.3	No	486.5	260.0
2		2.00	1.00	1800.0	0.3	No	238.9	127.7
3		4.41	2.41	1800.0	0.3	No	417.5	223.2
4		6.69	2.29	1800.0	0.3	No	436.2	233.2
5		12.23	5.54	1800.0	0.3	No	836.1	446.9
6		29.32	17.09	1800.0	0.3	No	859.9	459.6
7		38.93	9.61	1800.0	0.3	No	617.4	330.0
8		oo	oo	1800.0	0.3	No	694.0	371.0

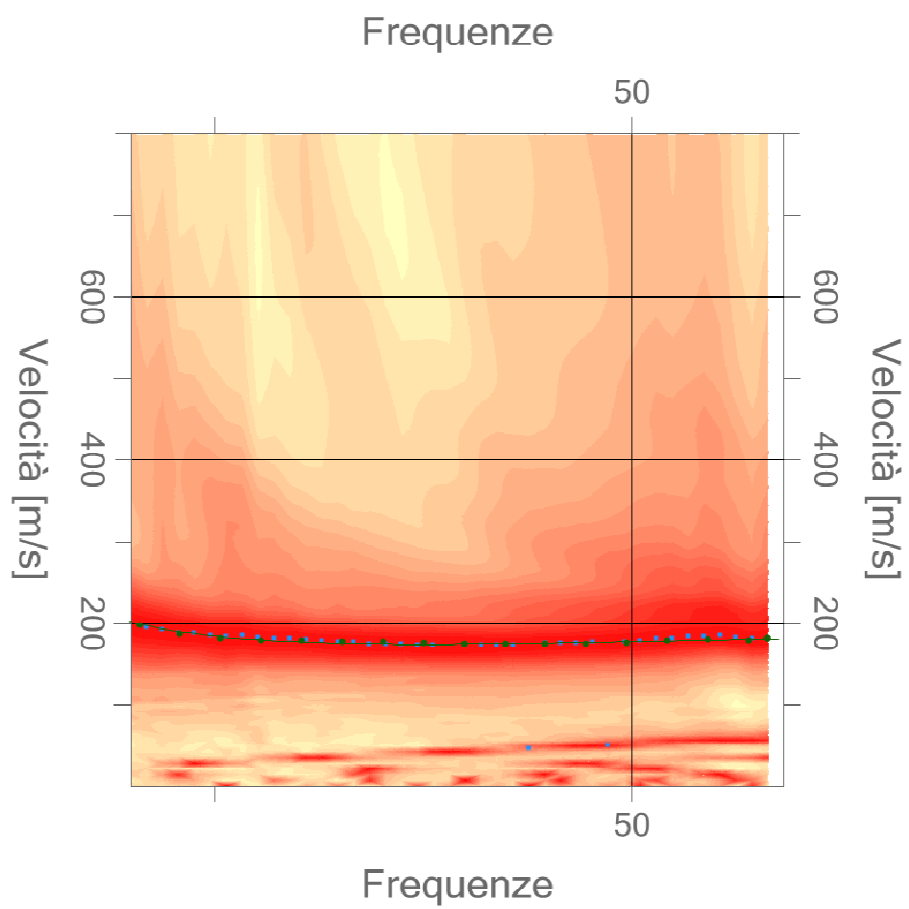
Percentuale di errore

0.013 %

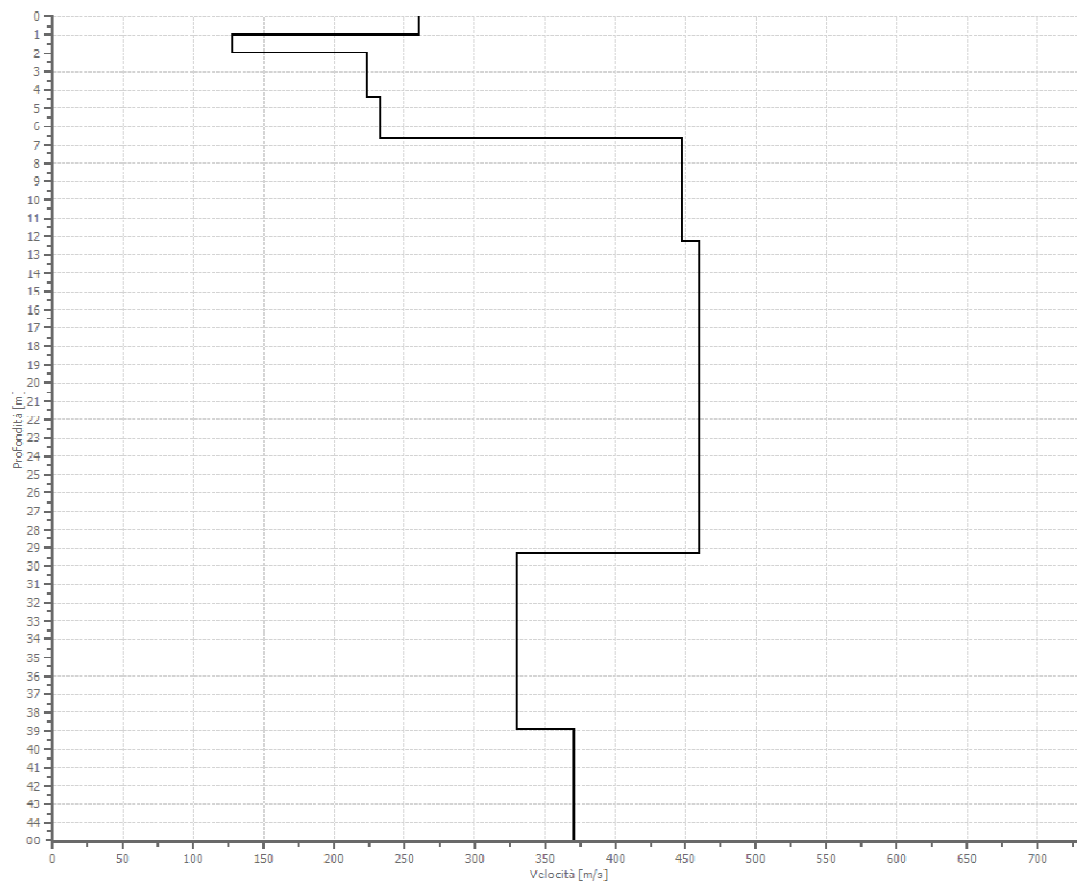
Fattore di disadattamento della soluzione

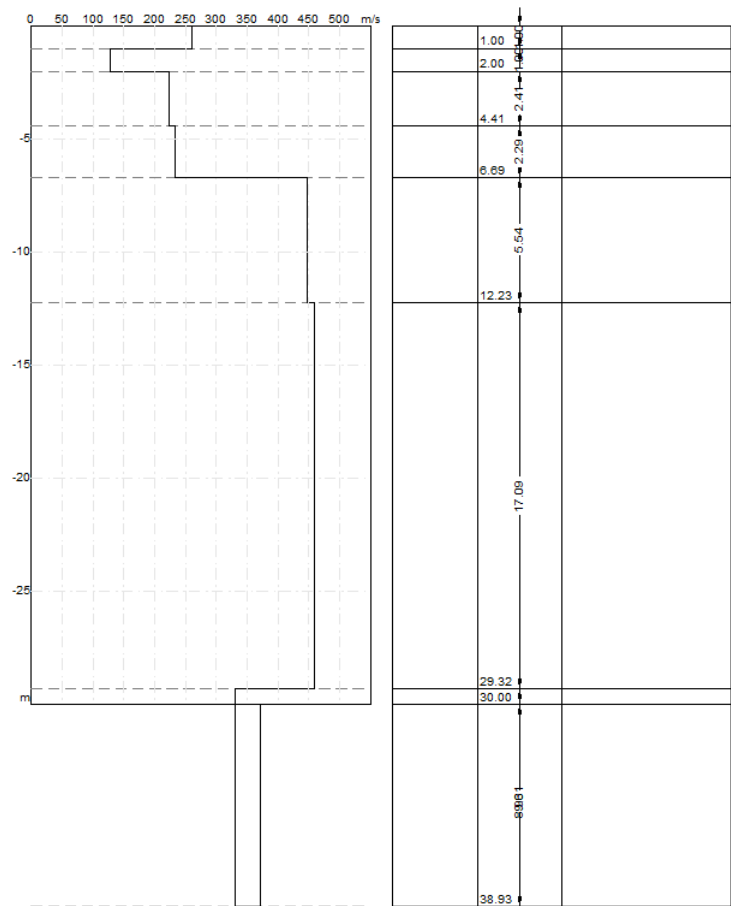
0.011

Inversione



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	357.57
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo 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 Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT}_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	260.04	486.49	1800.00	0.30	121.72	426.01	263.72	316.47	N/A	2844.50
2	2.00	1.00	127.70	238.91	1800.00	0.30	29.36	102.74	63.60	76.32	23	79.81
3	4.41	2.41	223.16	417.49	1800.00	0.30	89.64	313.74	194.22	233.06	N/A	1318.86
4	6.69	2.29	233.16	436.20	1800.00	0.30	97.85	342.49	212.02	254.42	N/A	1643.93
5	12.23	5.54	446.89	836.05	1800.00	0.30	359.48	1258.17	778.87	934.64	N/A	N/A
6	29.32	17.09	459.62	859.86	1800.00	0.30	380.24	1330.85	823.86	988.63	N/A	N/A

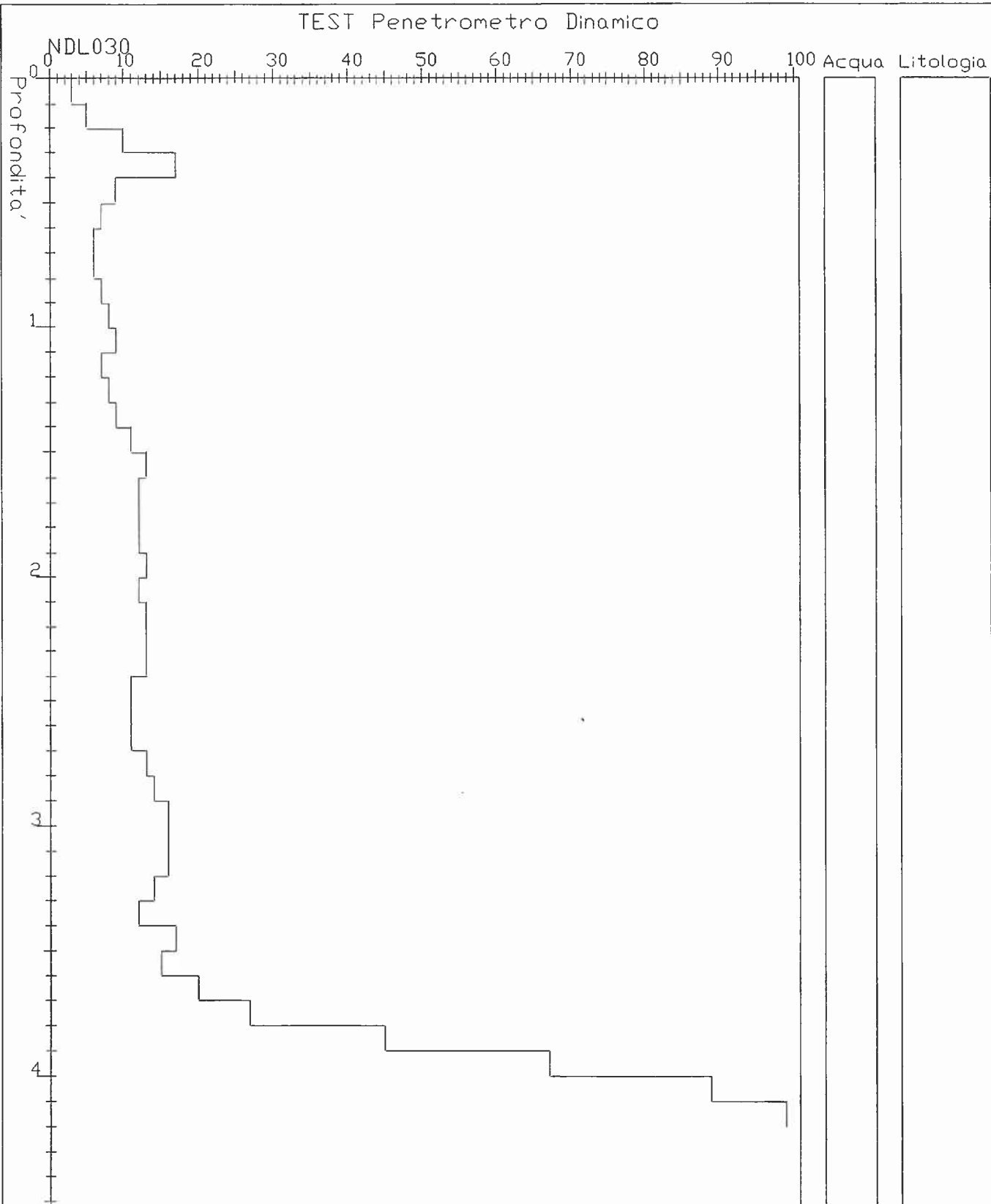
7	38.93	9.61	330.01	617.39	1800.00	0.30	196.03	686.11	424.73	509.68	N/A	N/A
8	oo	oo	370.96	694.00	1800.00	0.30	247.70	866.94	536.68	644.02	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



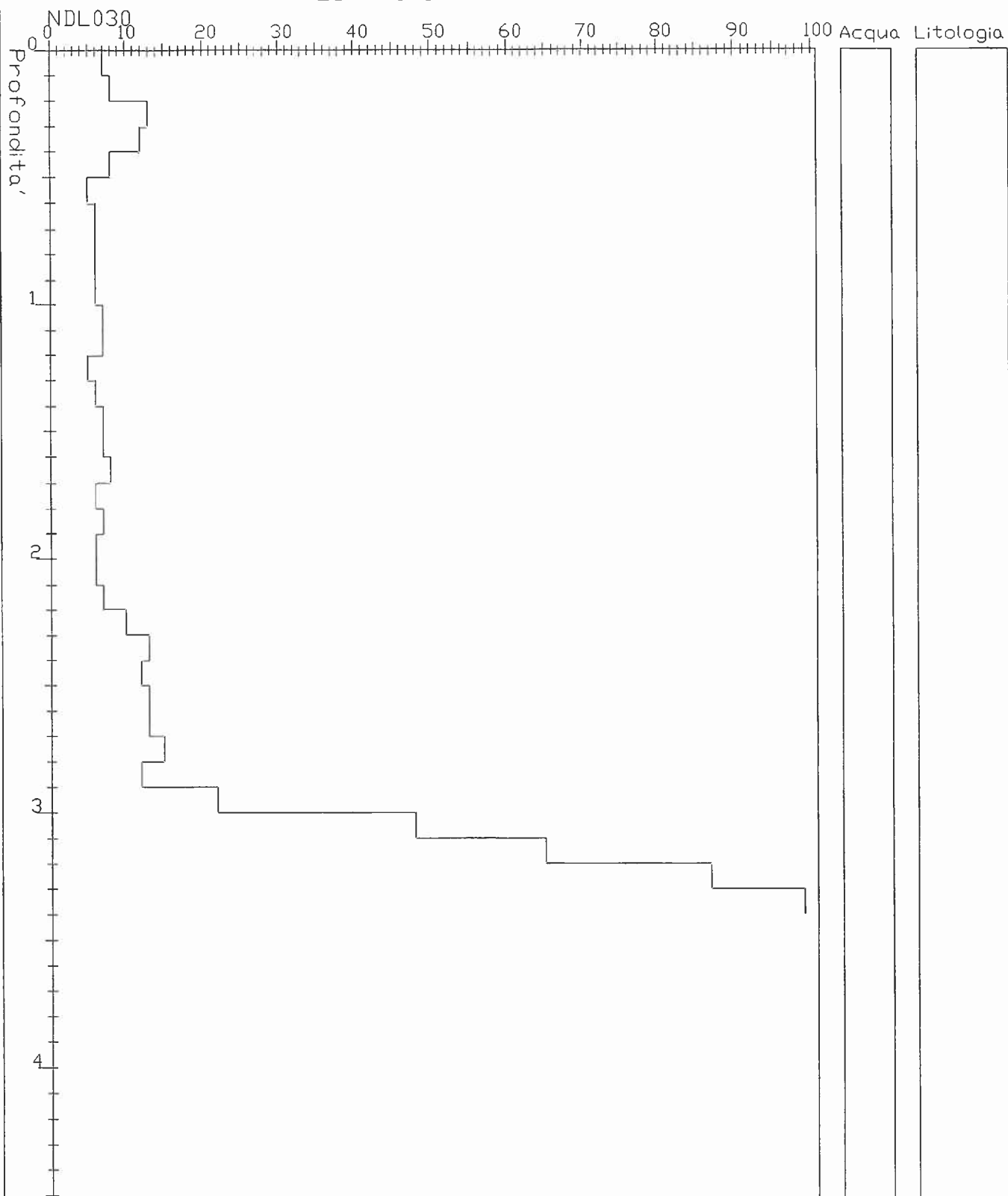
Descrizione:

PROVA PENETROMETRICA P1

Dott.Geol.
Francesca Cortemiglia
Via Massa Saluzzo 11
15057 Tortona (AL)
Tel/Fax 0131-820883

Committente:
IVYCOL S.n.C.
Sondaggio:
Località S.S. 35 bis dei Giovi - C.ne Carbonara Scrivia (AL)
Data 19/1/93

TEST Penetrometro Dinamico

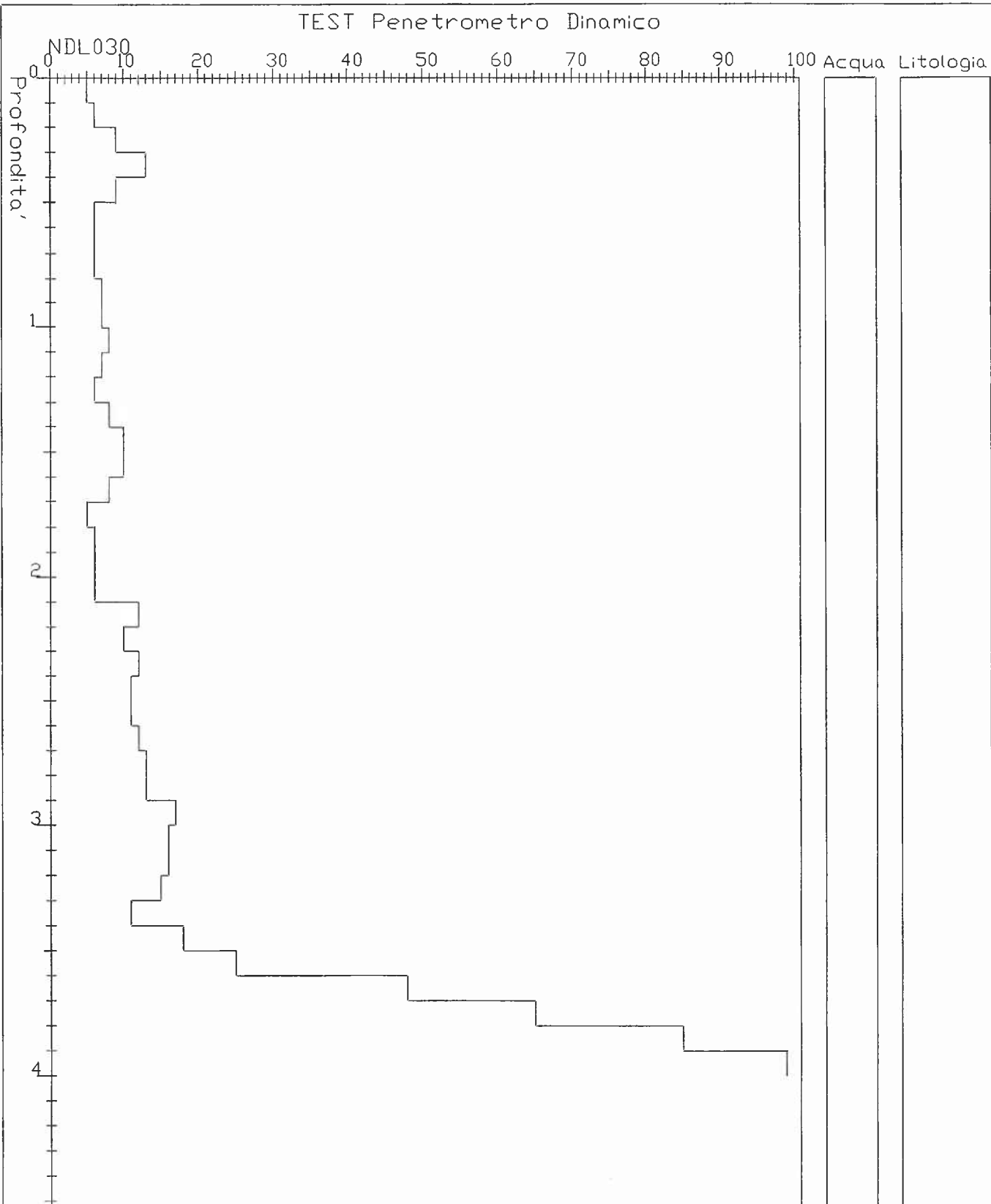


Descrizione:

PROVA PENETROMETRICA P2

Dott.Geol.
Francesca Cortemiglia
Via Massa Saluzzo 11
15057 Tortona (AL)
Tel/Fax 0131-820883

Committente:
IVYCOL S.n.c.
Sondaggio:
Localita' S.S. 35 bis dei Giovi - C.ne Carbonara Scrivia (AL)
Data 19/1/93

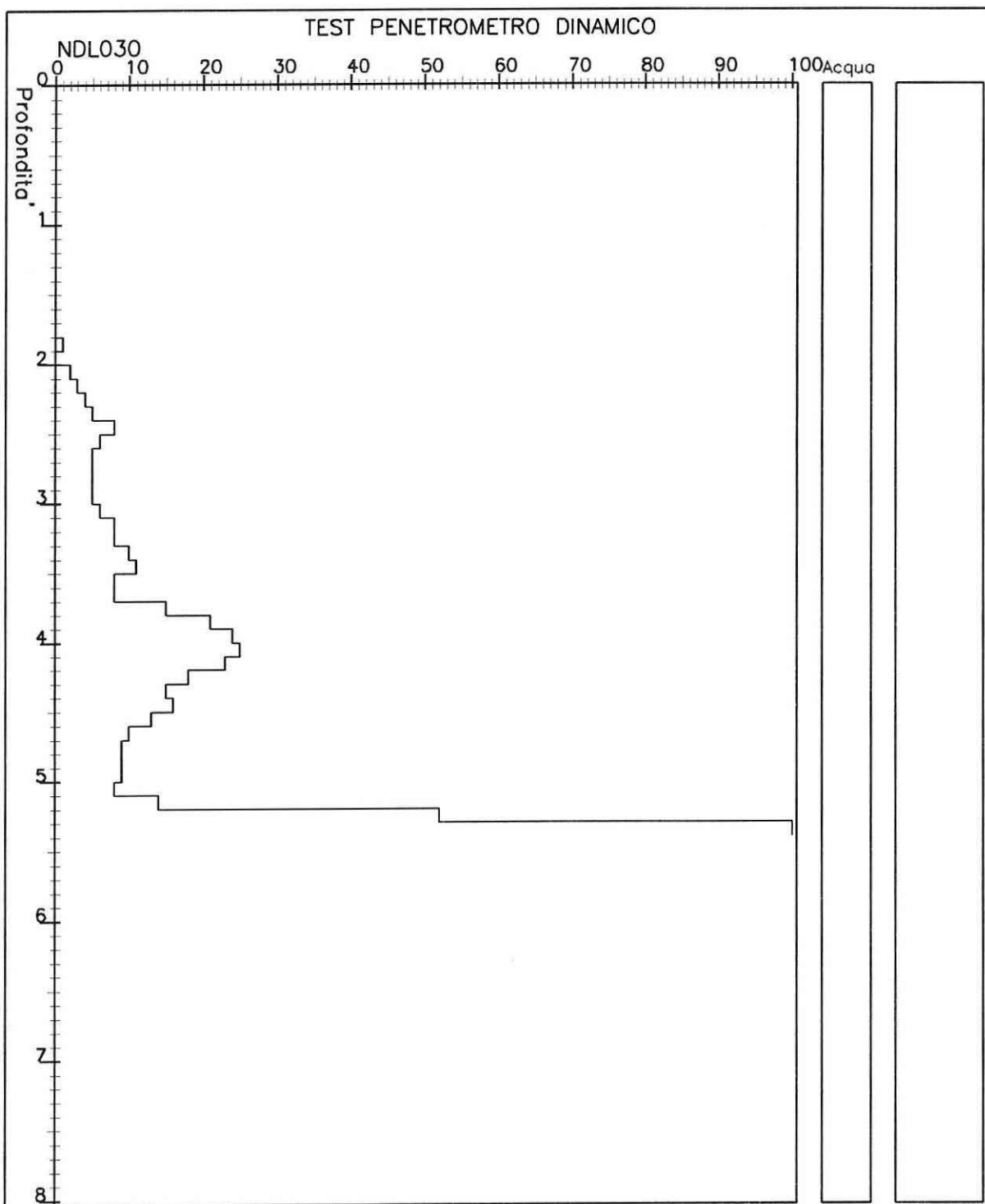


Descrizione:

PROVA PENETROMETRICA P3

Dott.Geol.
Francesca Cortemiglia
Via Massa Saluzzo 11
15057 Tortona (AL)
Tel/Fax 0131-820883

Committente:
IVYCOL s.n.c.
Sondaggio:
Localita' S.S. 35 bis dei Giovi - C.ne Carbonara Scrivia (AL)
Data 19/1/93

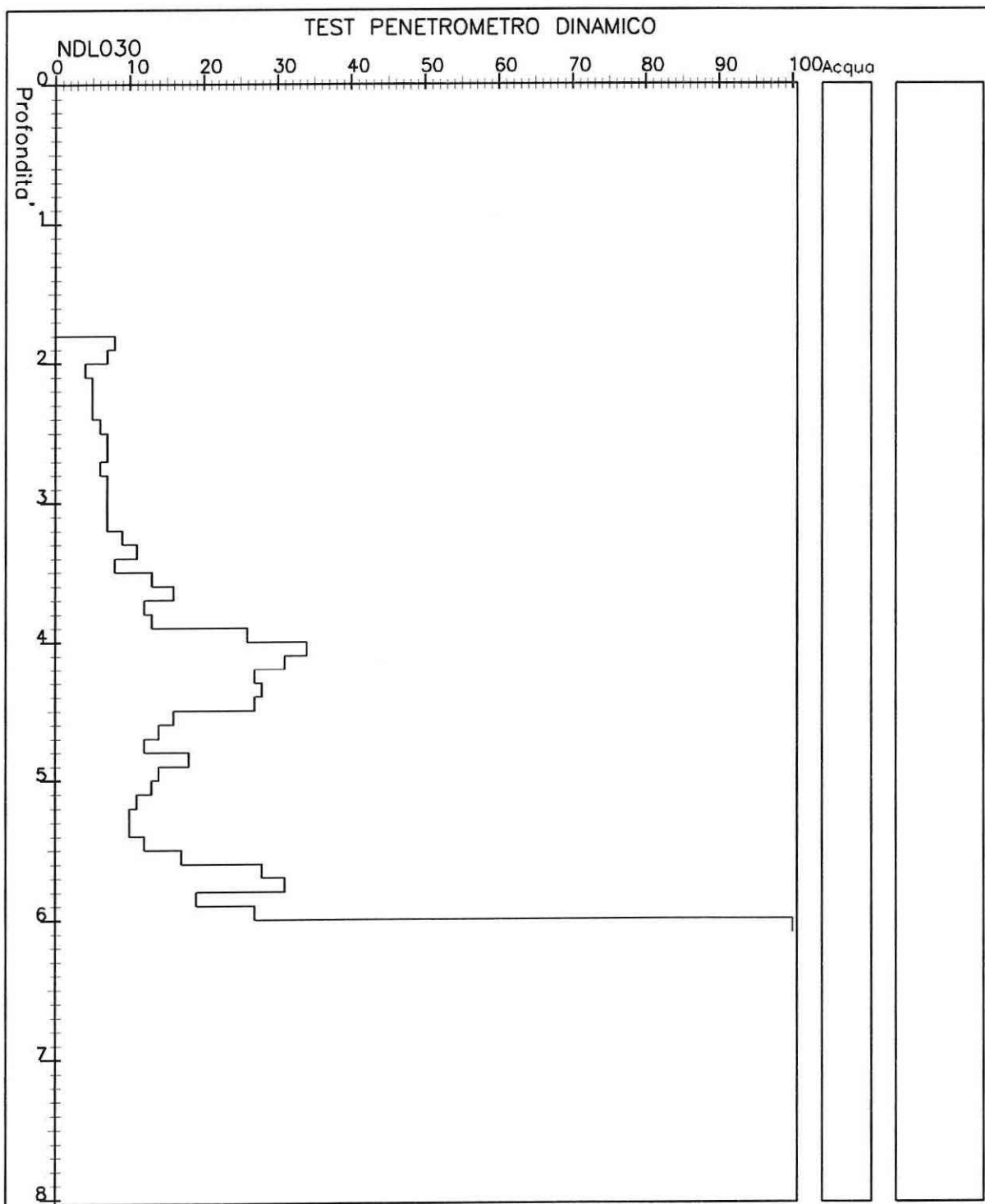


Descrizione:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
(riferimento: attuale p.c.)

Dott. Geol.
Ferretti Riccardo
Via Cav.V.Veneto n.10
Tel./Fax 0131/821.711
15057 Tortona (AL)

Committente:
MINERALSIDER S.p.A.
Cantiere:
CARBONARA SCRIVIA (AL)
Data 18/07/96

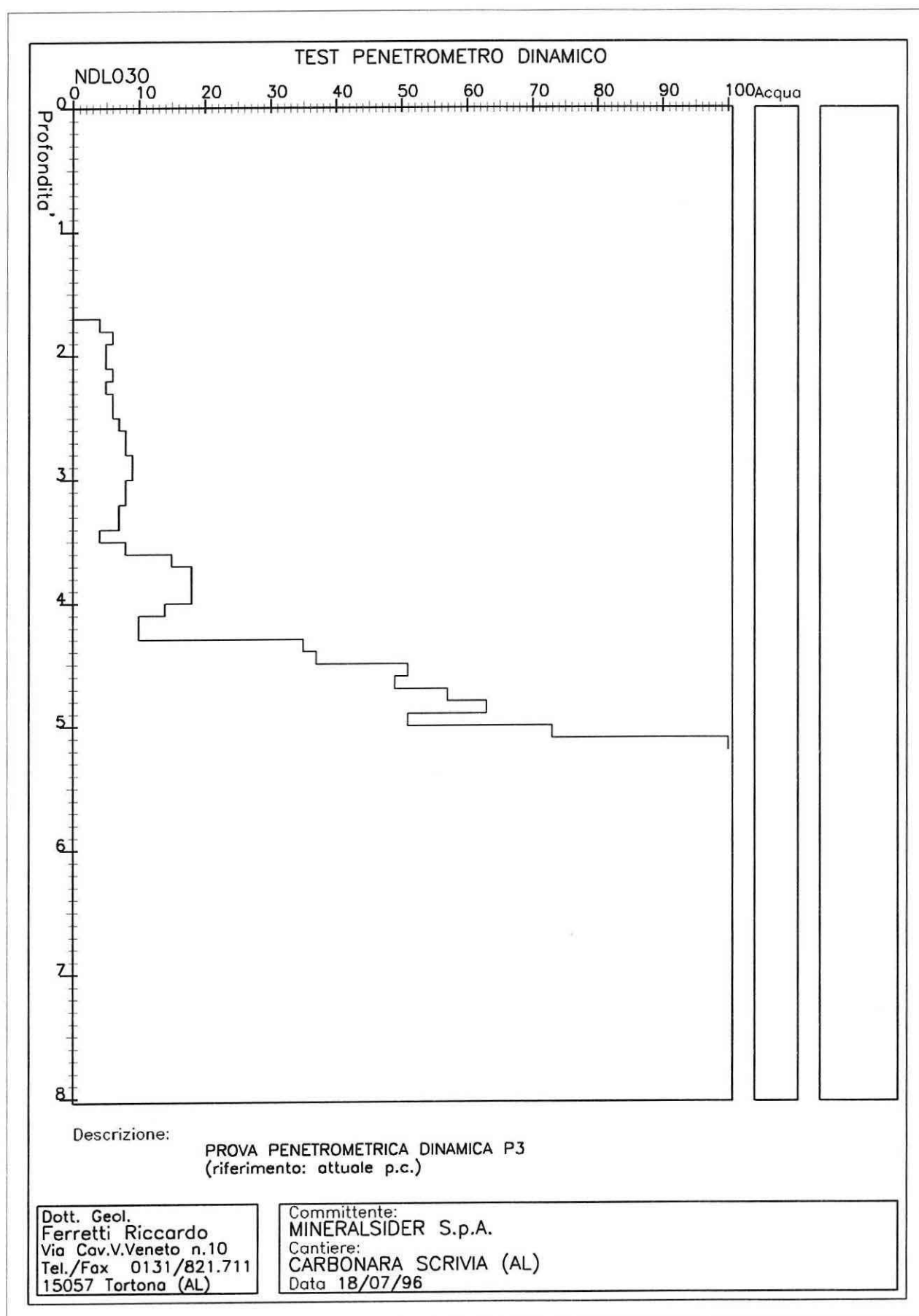


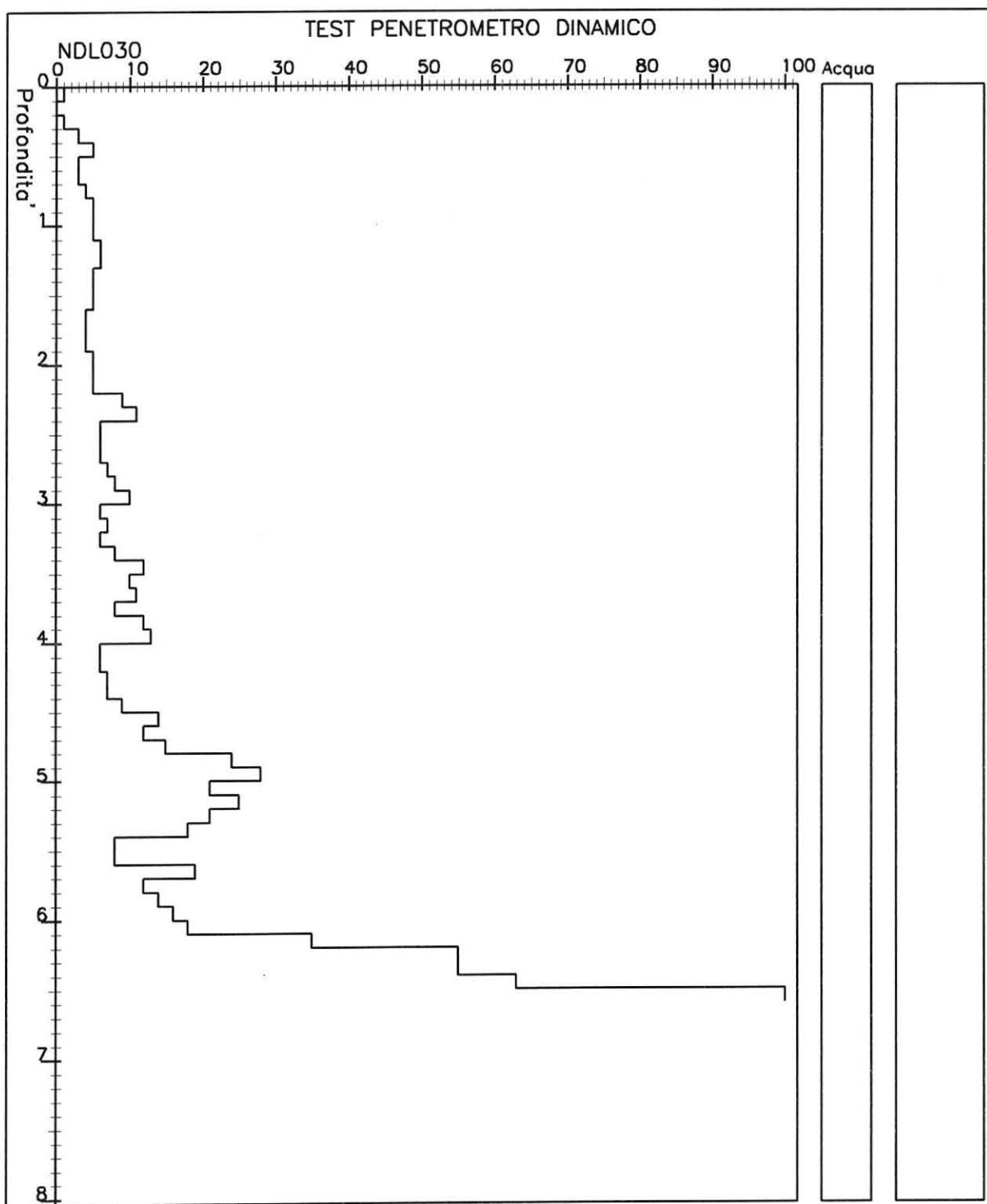
Descrizione:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
(riferimento: attuale p.c.)

Dott. Geol.
Ferretti Riccardo
Via Cav.V.Veneto n.10
Tel./Fax 0131/821.711
15057 Tortona (AL)

Committente:
MINERALSIDER S.p.A.
Cantiere:
CARBONARA SCRIVIA (AL)
Data 18/07/96



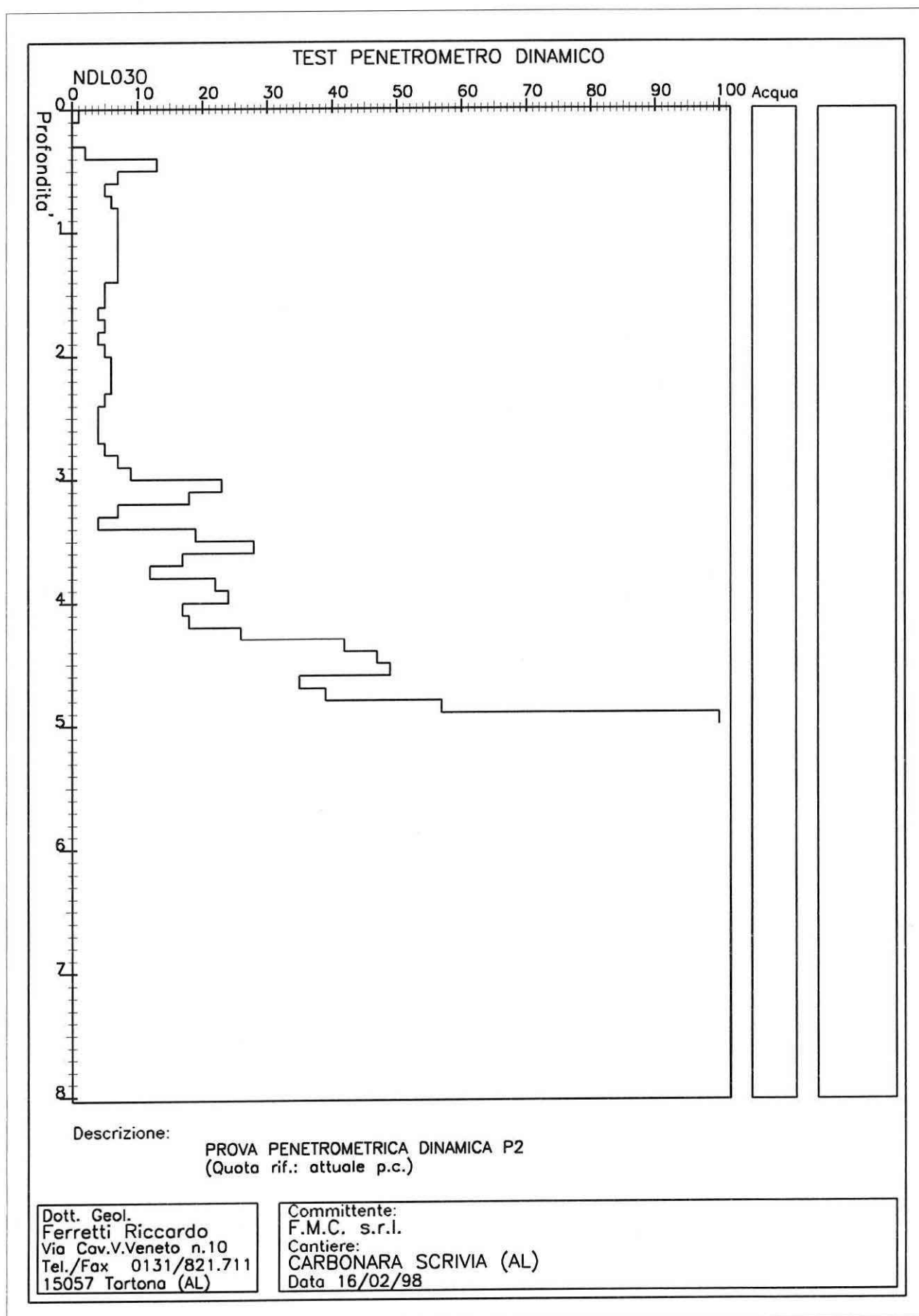


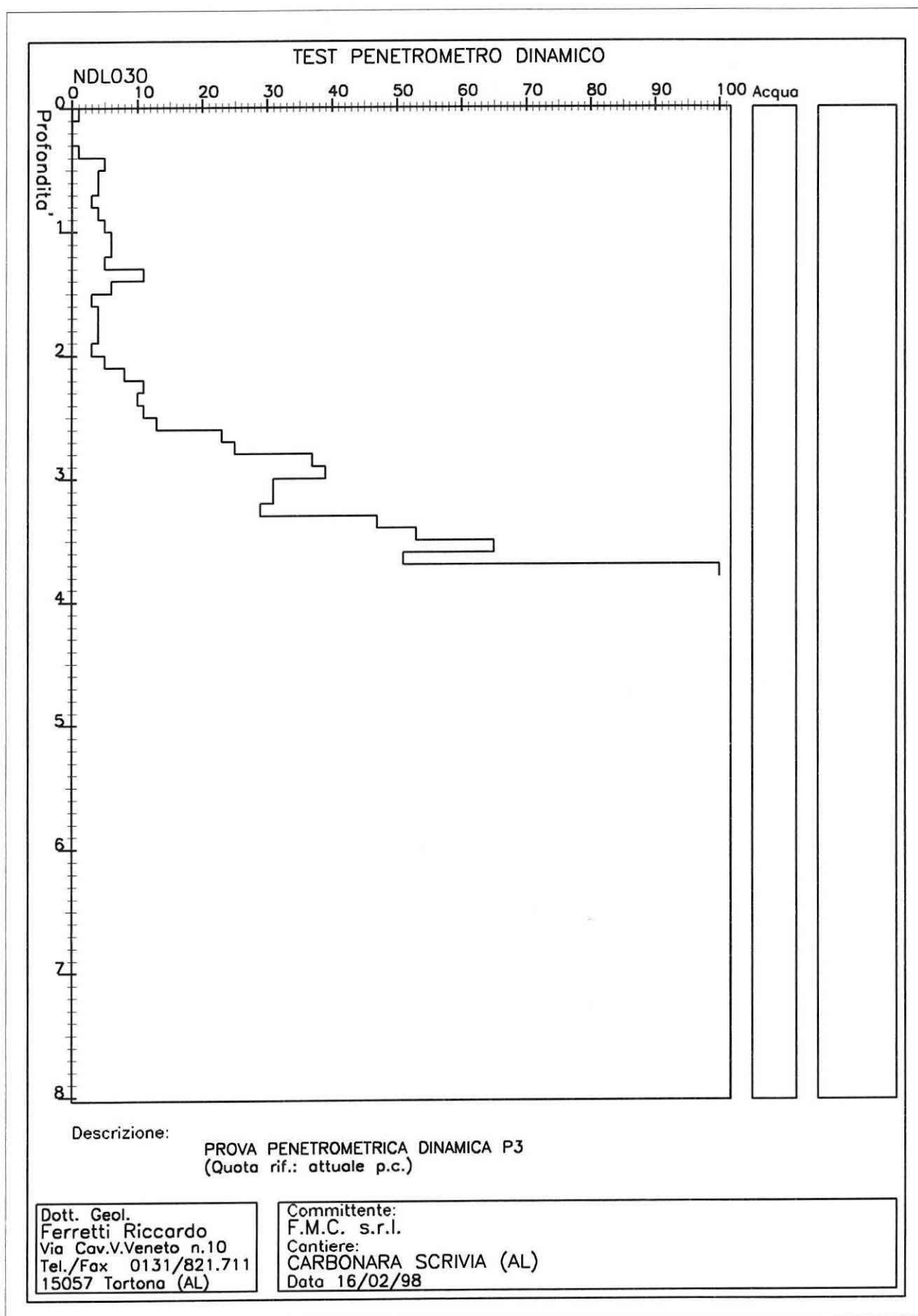
Descrizione:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
(Quota rif.: attuale p.c.)

Dott. Geol.
Ferretti Riccardo
Via Cav.V.Veneto n.10
Tel./Fax 0131/821.711
15057 Tortona (AL)

Committente:
F.M.C. s.r.l.
Cantiere:
CARBONARA SCRIVIA (AL)
Data 16/02/98



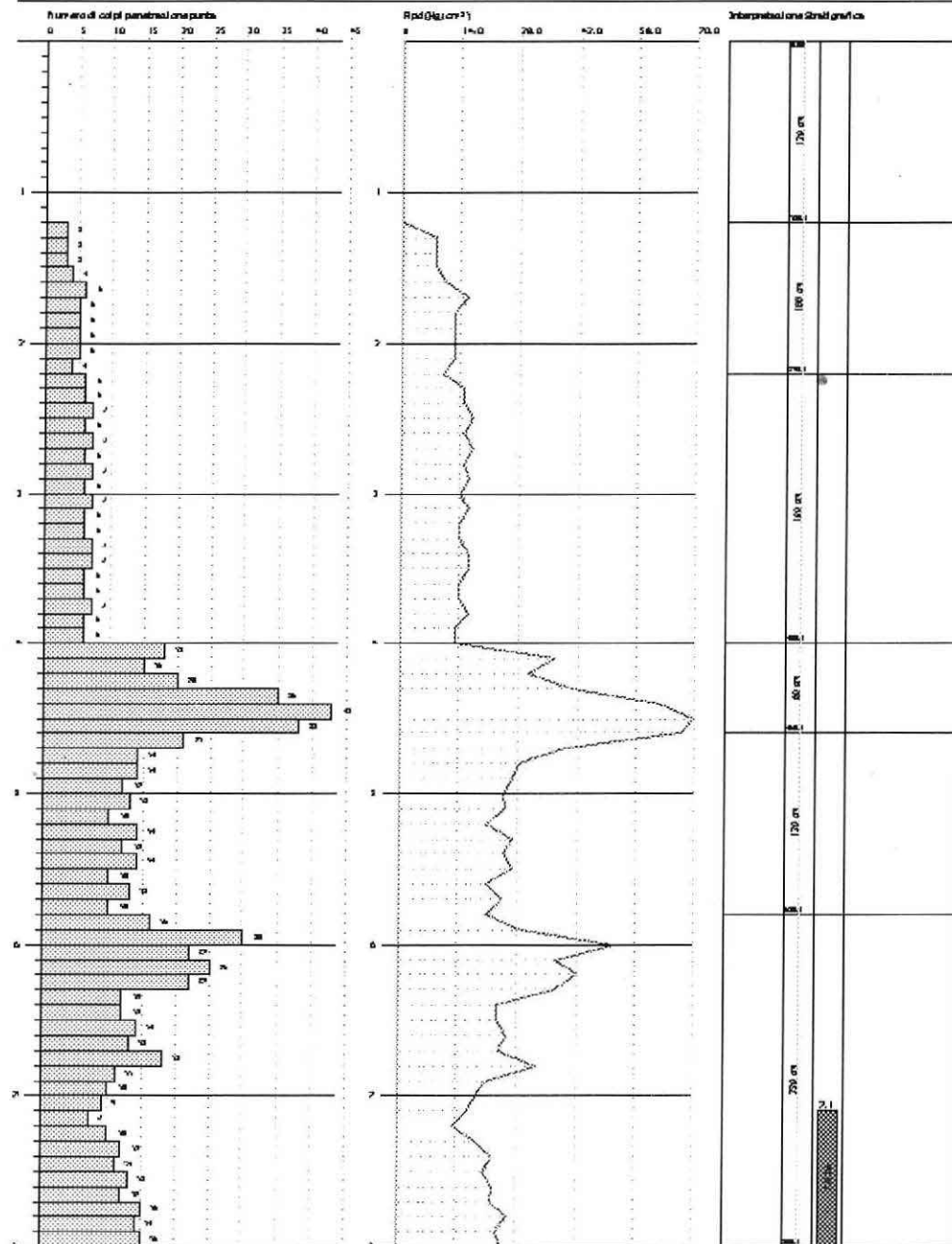


Dott. Geol. Massimo Baiardi
Via Firenze, 7
15027 Tortona

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P.1
Strumento utilizzato: DPH (DUEGO 303) (Modulim)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Coordinate : AMO 500 / MATINO 300
Data : 12/03/2010
Località : CANTIERA S. GIOVANNI (AV)

Data : 12/03/2010

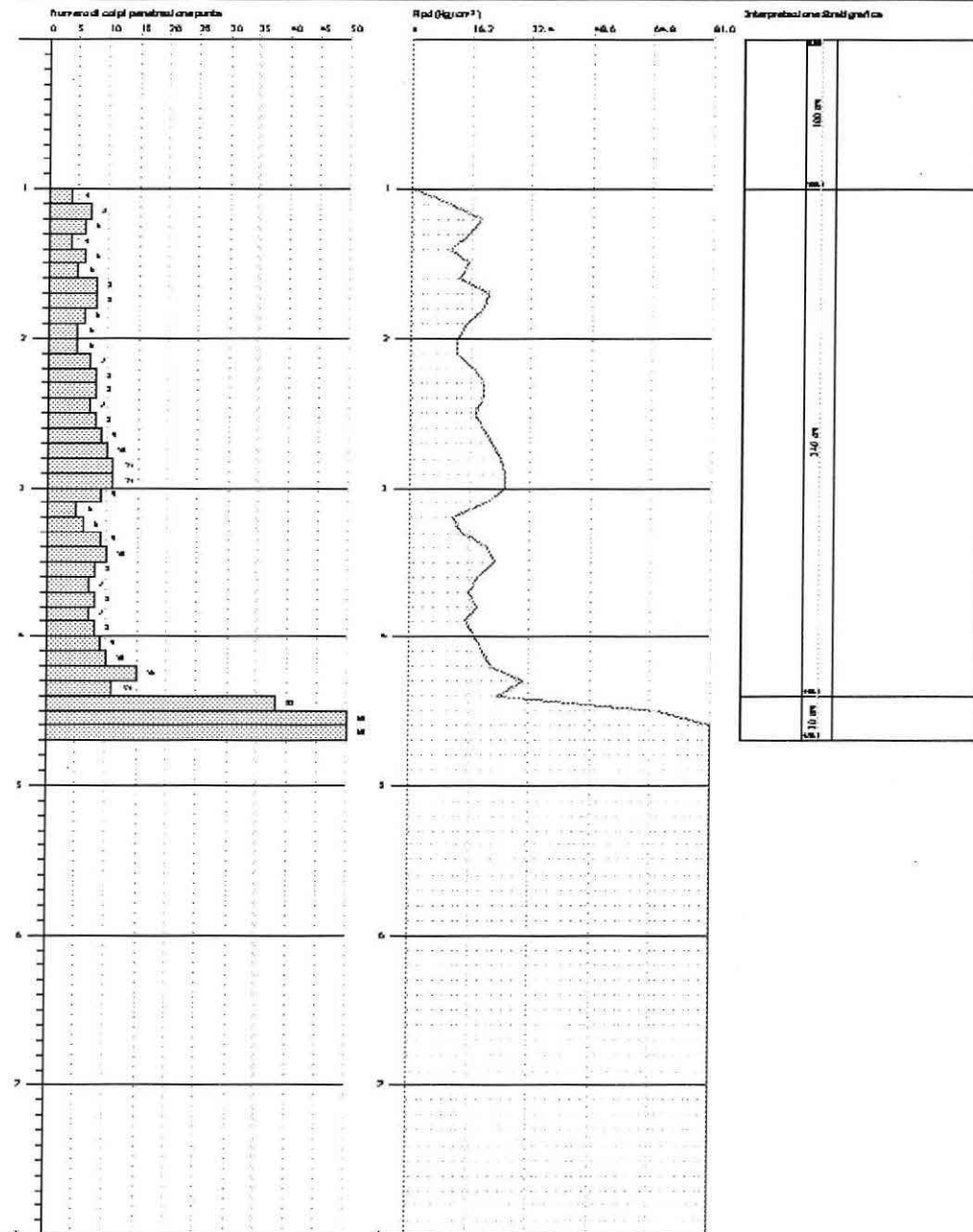


Batt. Geol. Roberto Farnelli
Via Farnelli, 9
11057 Tortona

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato: DPN (DURO 10) (Medium)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Completata da: ANTO SEI / PATRIZIA SEI
Disegnata da: FABRICATO ARTIGIANALE
Scala da: CASSINARA SCRIVIA (AO)

Data: 12.12.2003



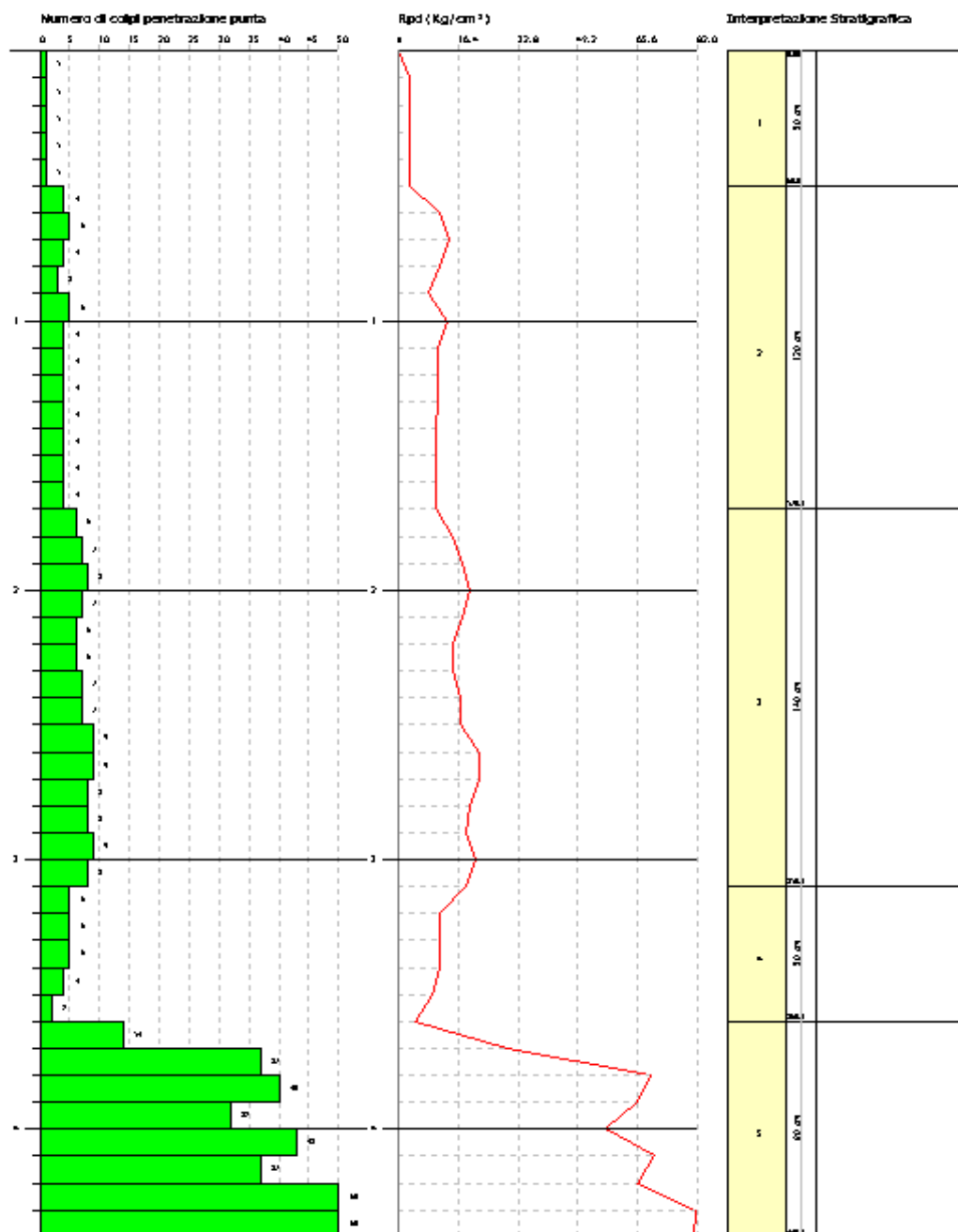
Dott. Geol. Massimo Baiardi
Via Marzola, 9
25057 Tortona

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA MEDIA
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Immobiliare Patrizia srl
Cantiere : Fabbricato artigianale/industriale
località : Carbonara Scrivia

Data 28.03.2004

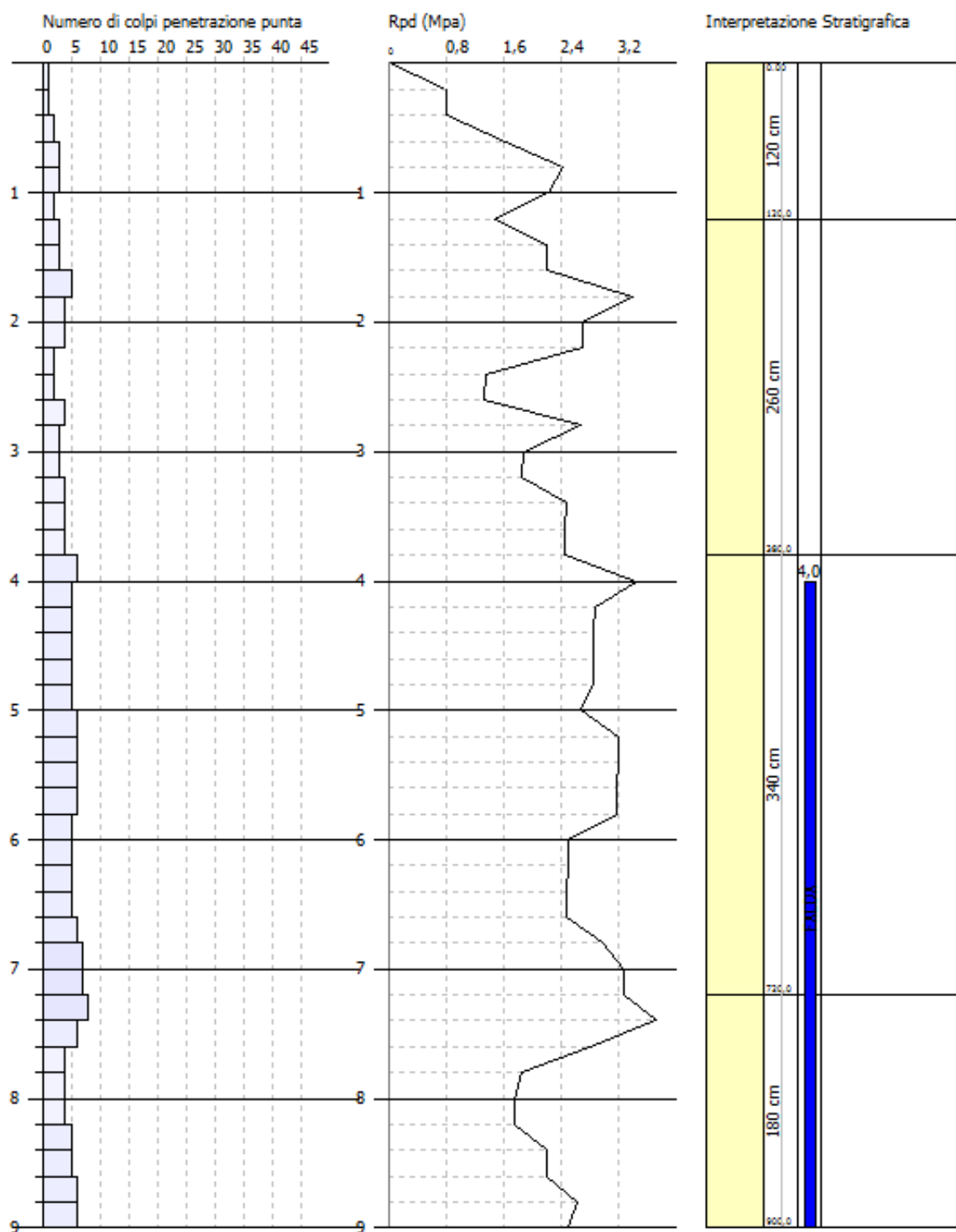
Scale 1:21



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Impresa Cali
Cantiere: via Scopelli
Località: Carbonara Scrivia

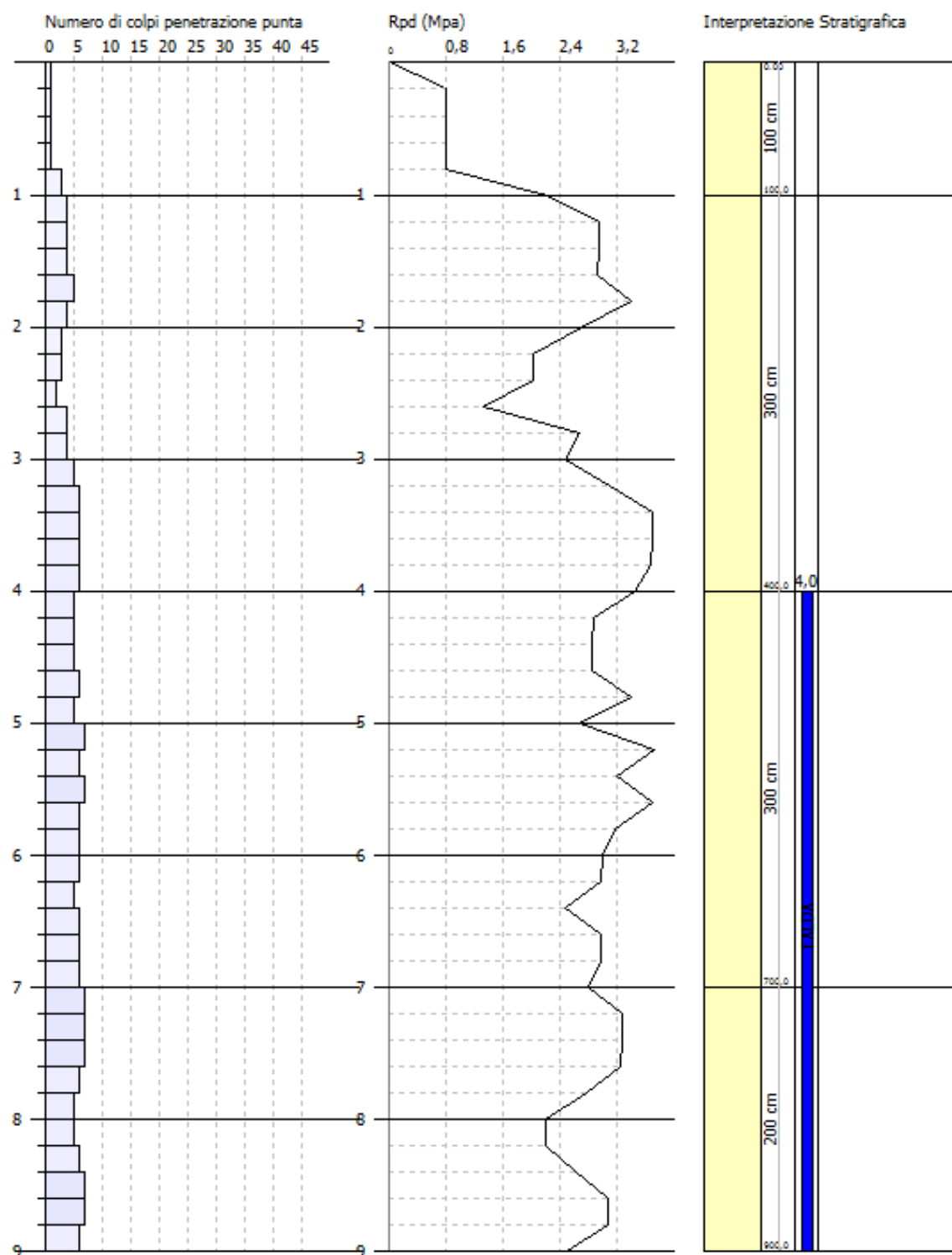
Data: Febbraio 2011



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Impresa Cali
Cantiere: via Scopelli
Località: Carbonara Scrivia

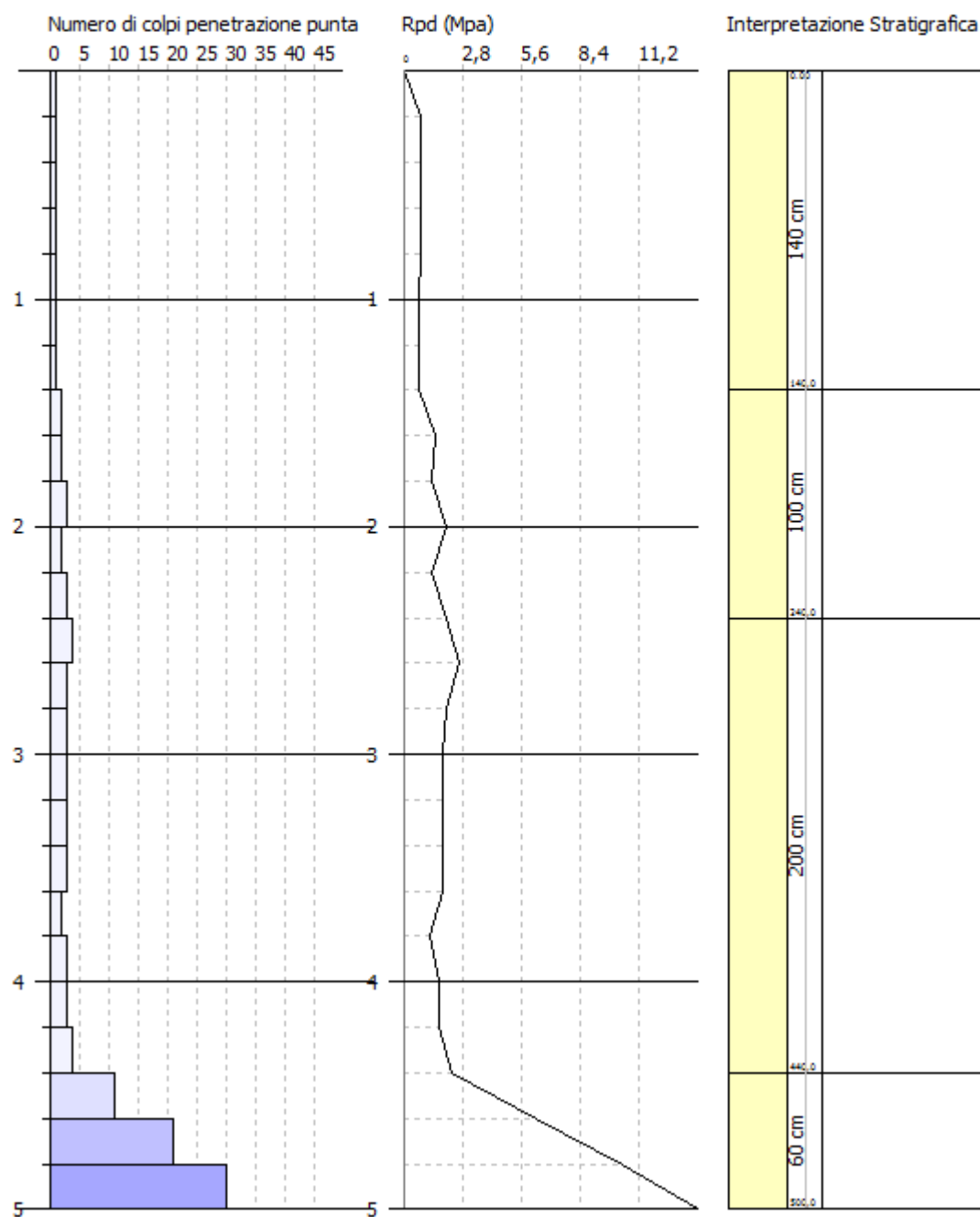
Data: Febbraio 2011



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Mectra
Cantiere: ex stazione Carbonara S.
Località: Carbonara Scrivia

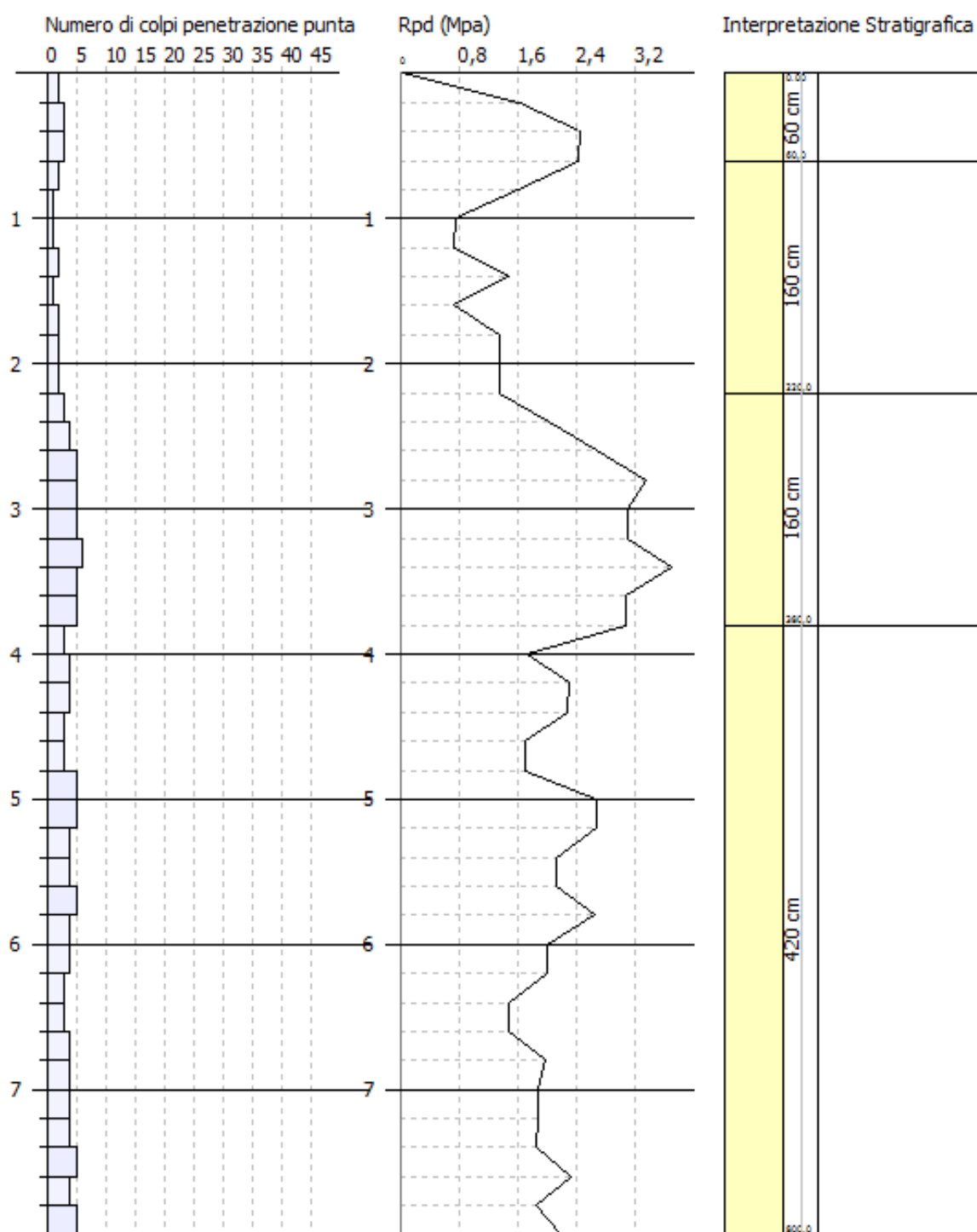
Data: 10/03/2011



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH (P1)

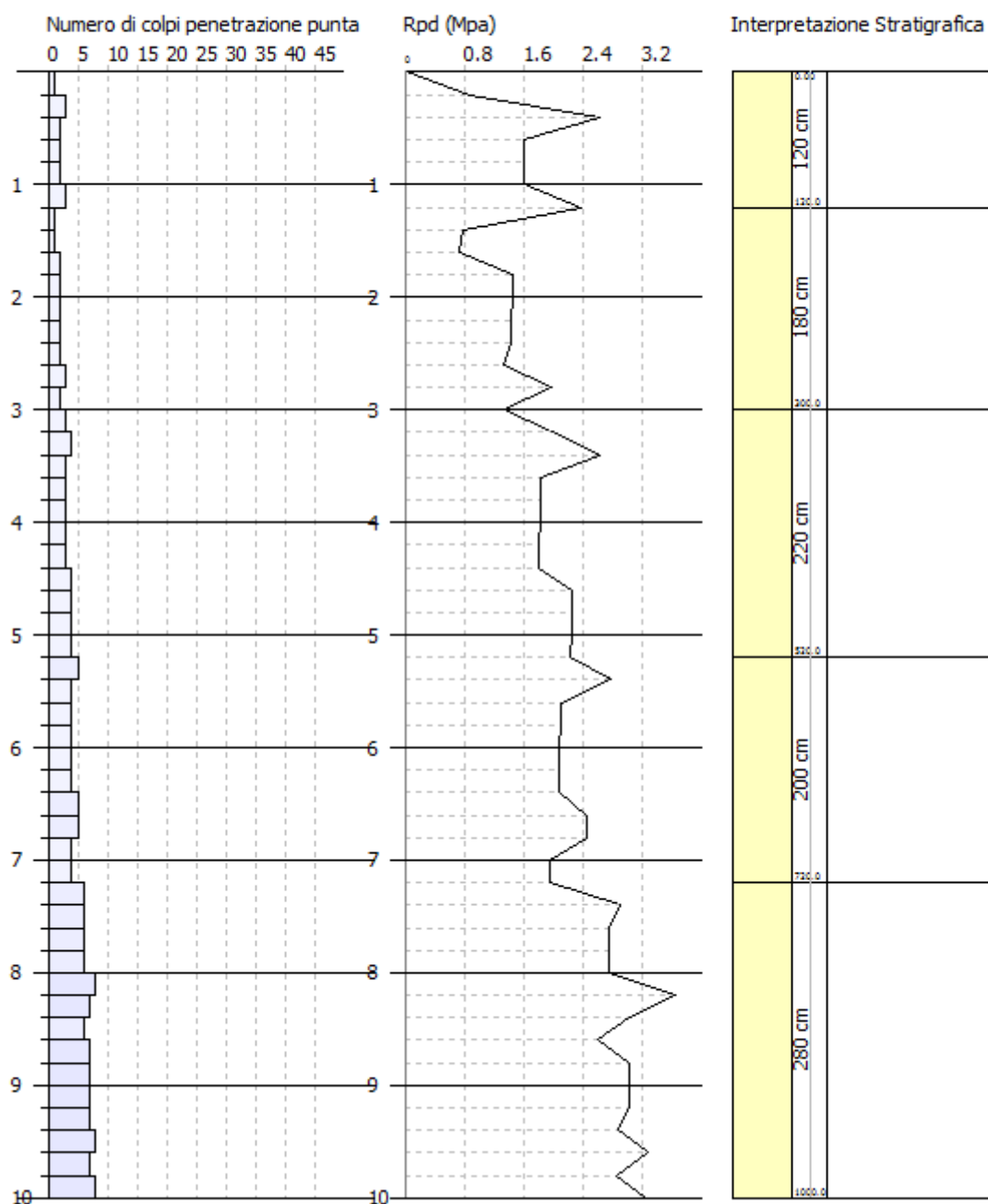
Committente: sigg. Codecco e Moro
 Cantiere:
 Località: Carbonara Scrivia

Data: 18/05/2011



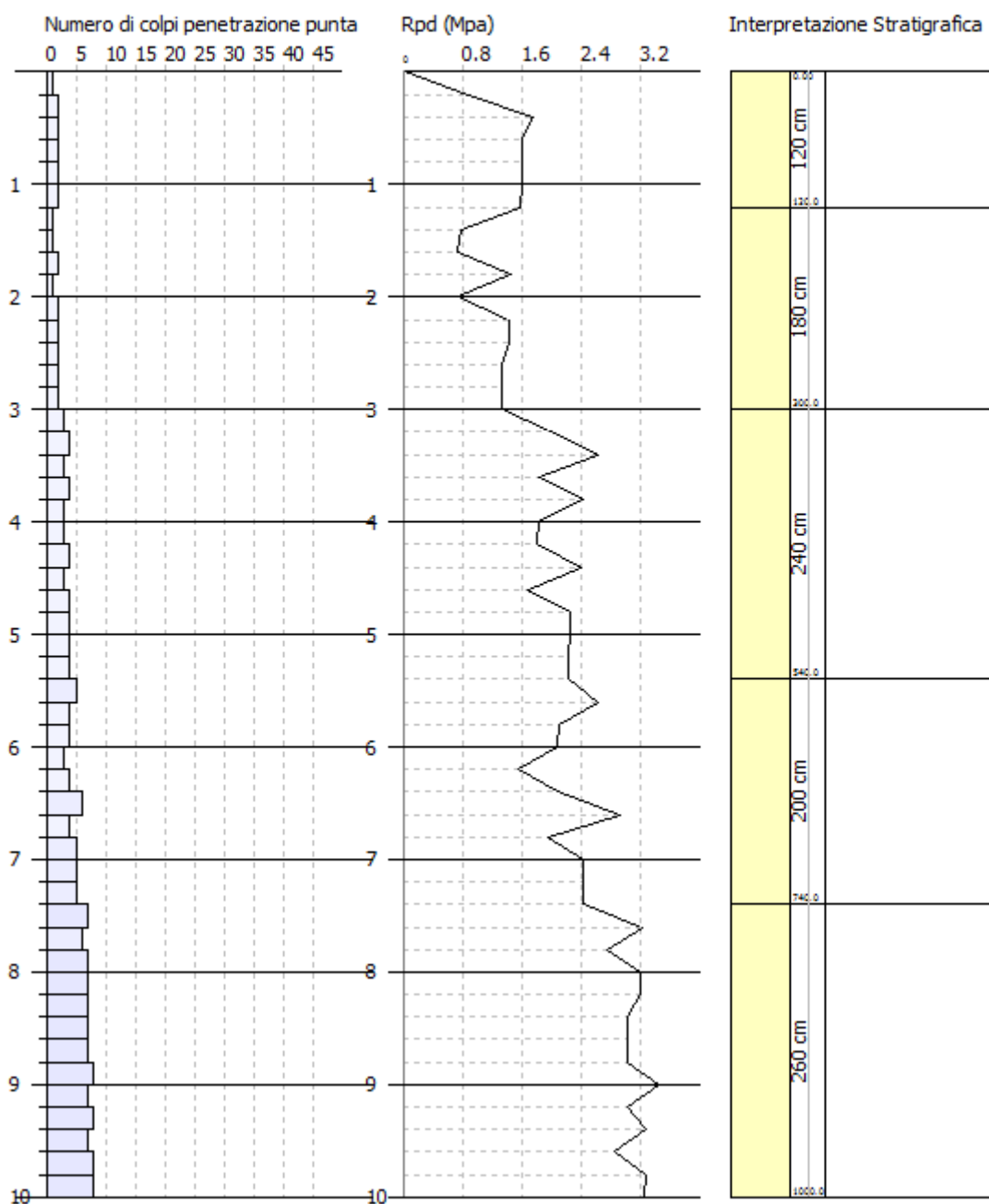
Committente: Sig.ri Guerra
 Cantiere: via Spineto 5
 Località: Carbonara Scrivia

Data: 15.06.2011



Committente: Sig.ri Guerra
Cantiere: via Spineto 5
Località: Carbonara Scrivia

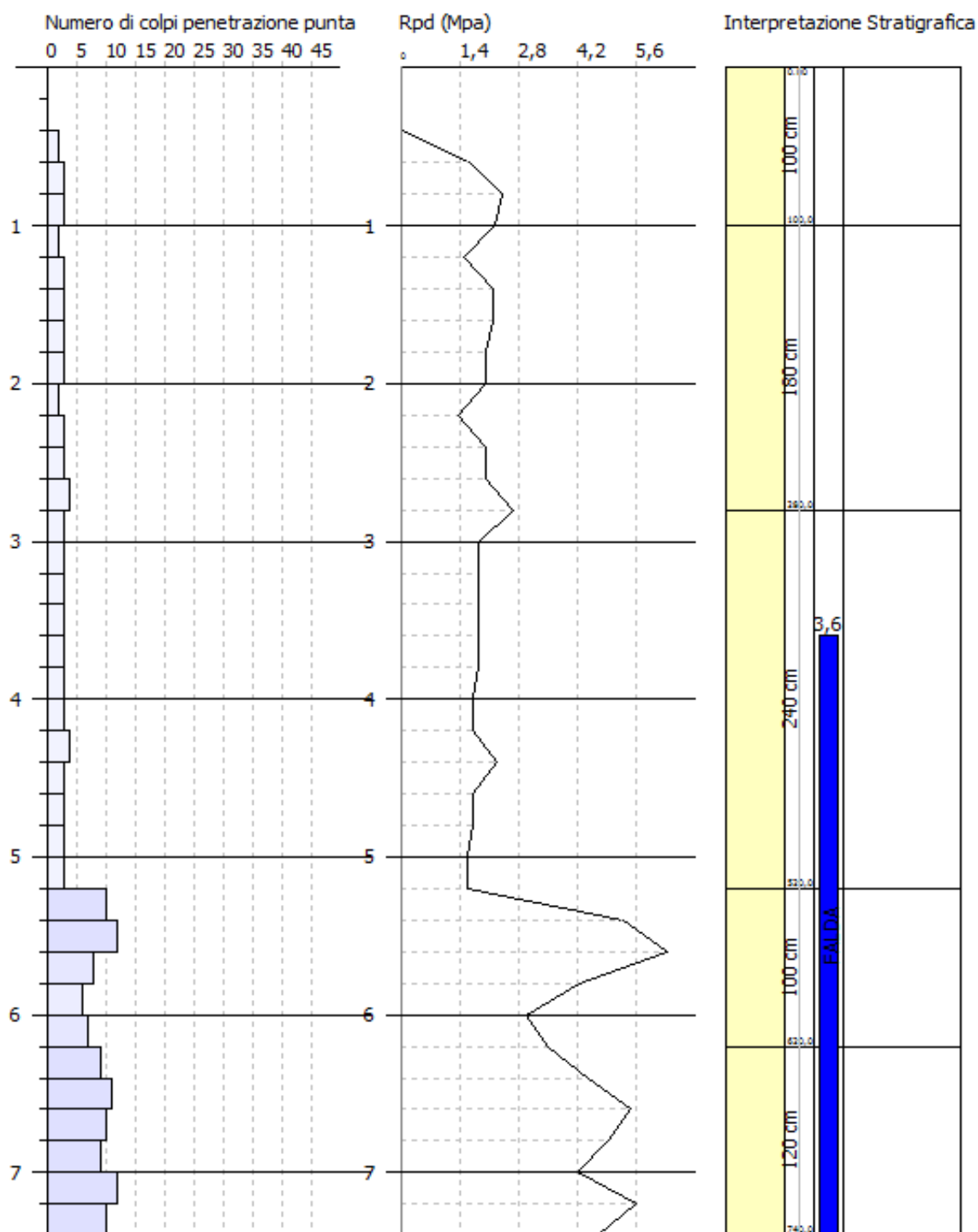
Data: 15.06.2011



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Sig. Bruno Gualdi
Cantiere: Strada per Villaromagnano
Località: Carbonara Scrivia

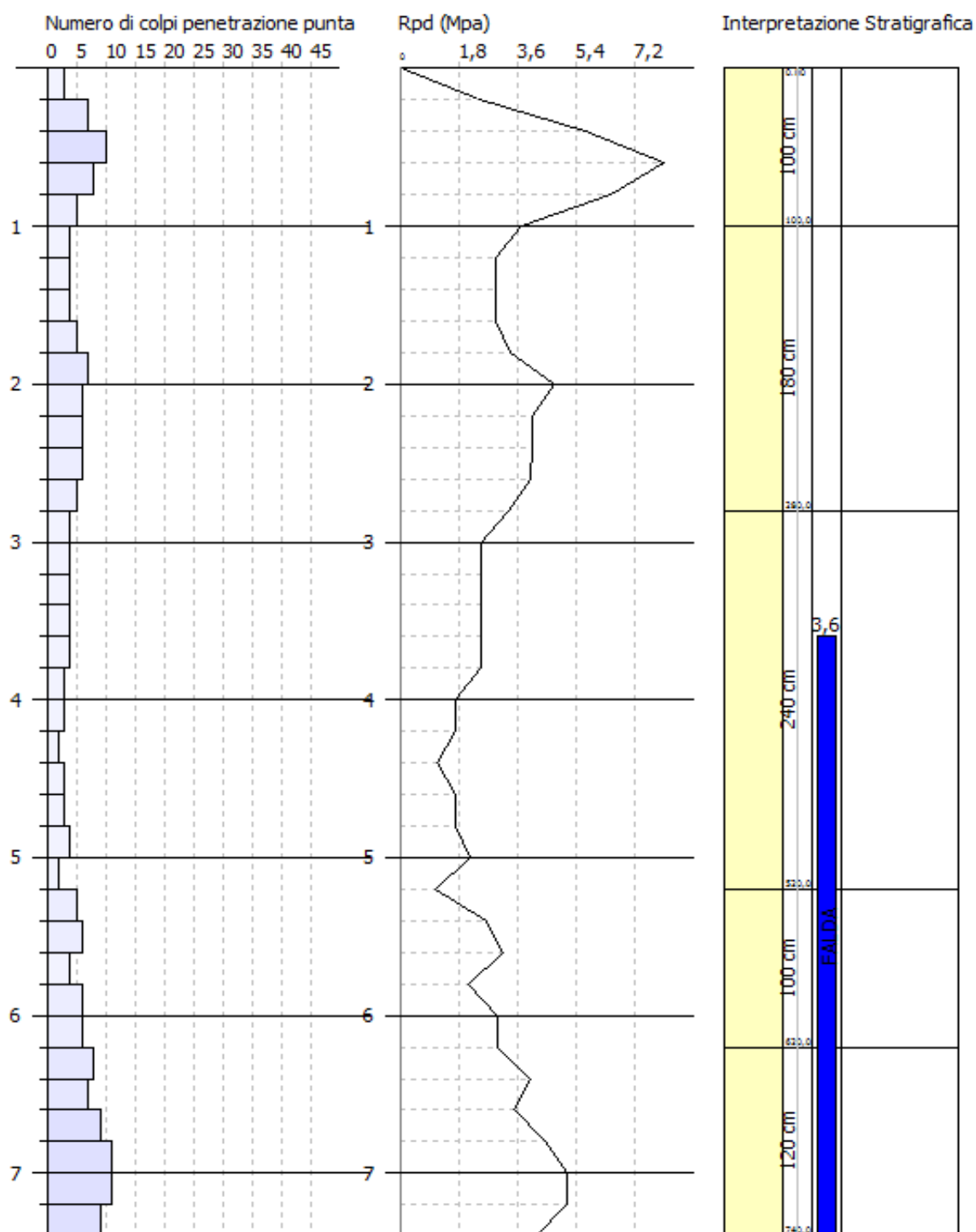
Data: 02/10/2010



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Sig. Bruno Gualdi
Cantiere: Strada per Villaromagnano
Località: Carbonara Scrivia

Data: 02/10/2010

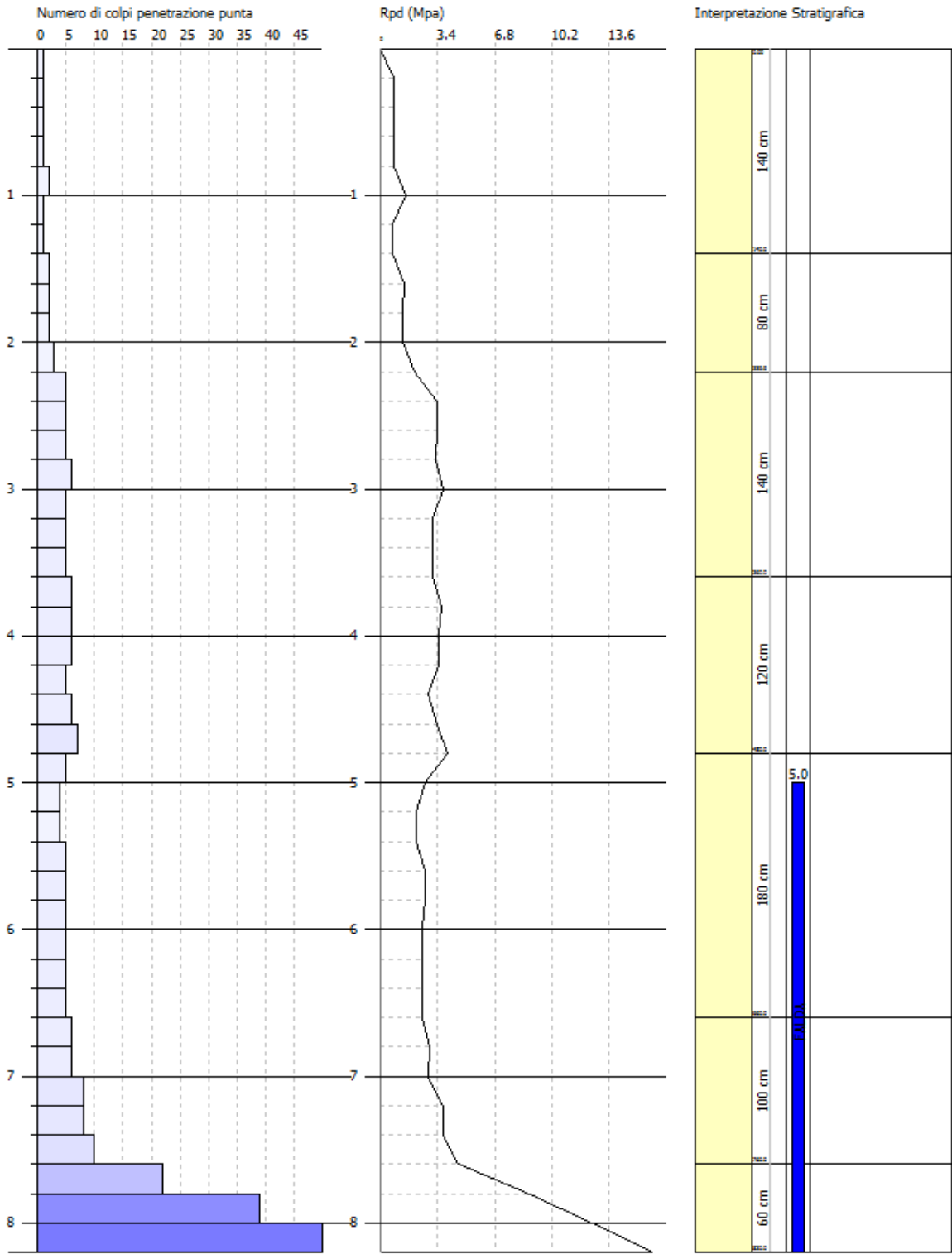


PROVA P1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Galanzino & c.
Cantiere: Via della Costa
Località: Carbonara Scrivia

Data: 06.02.2012



PROVA P1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1

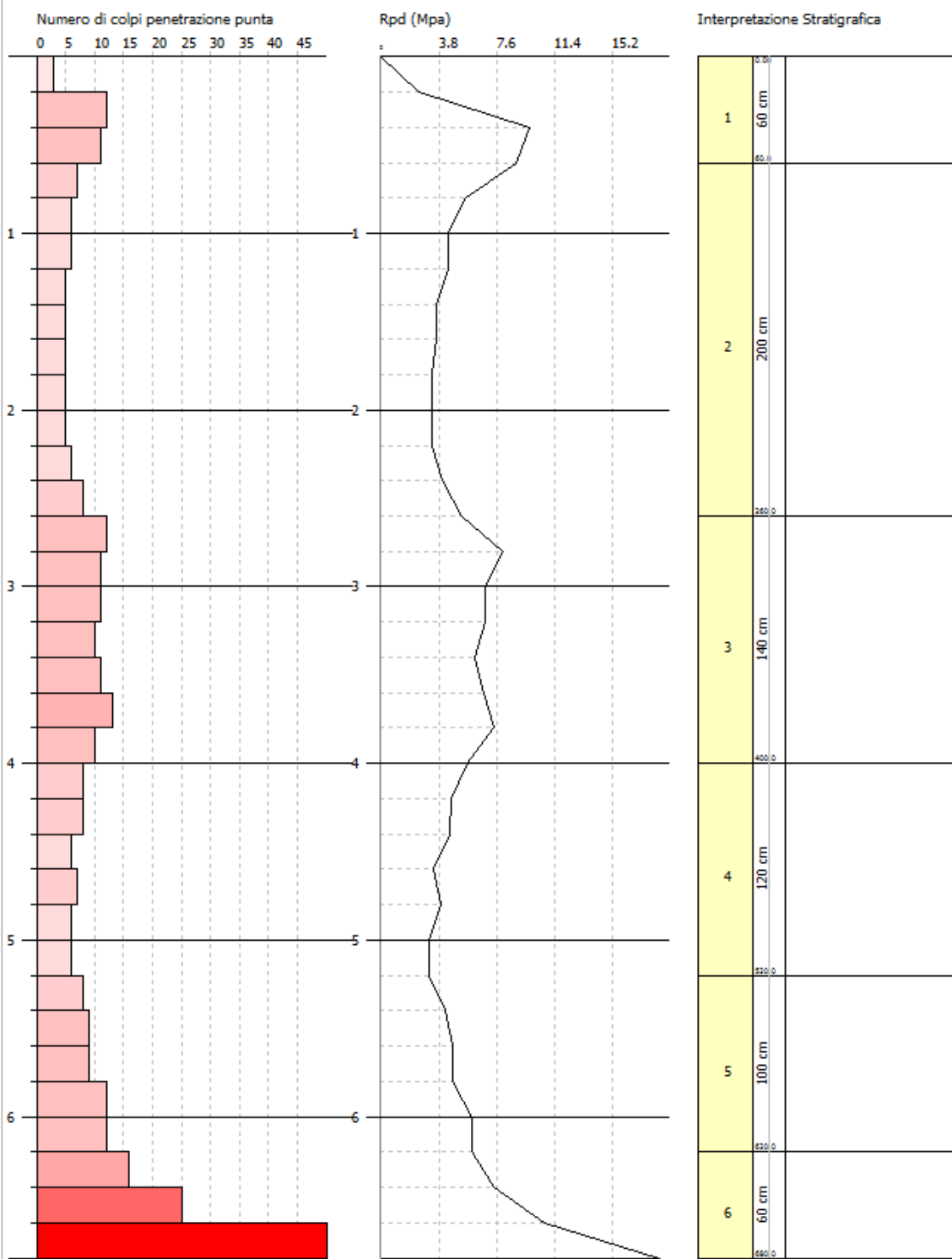
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Carboz s.a.s.

Cantiere: via T. Carbone

Località: Carbonara Scrivia

Data: 17.07.2012

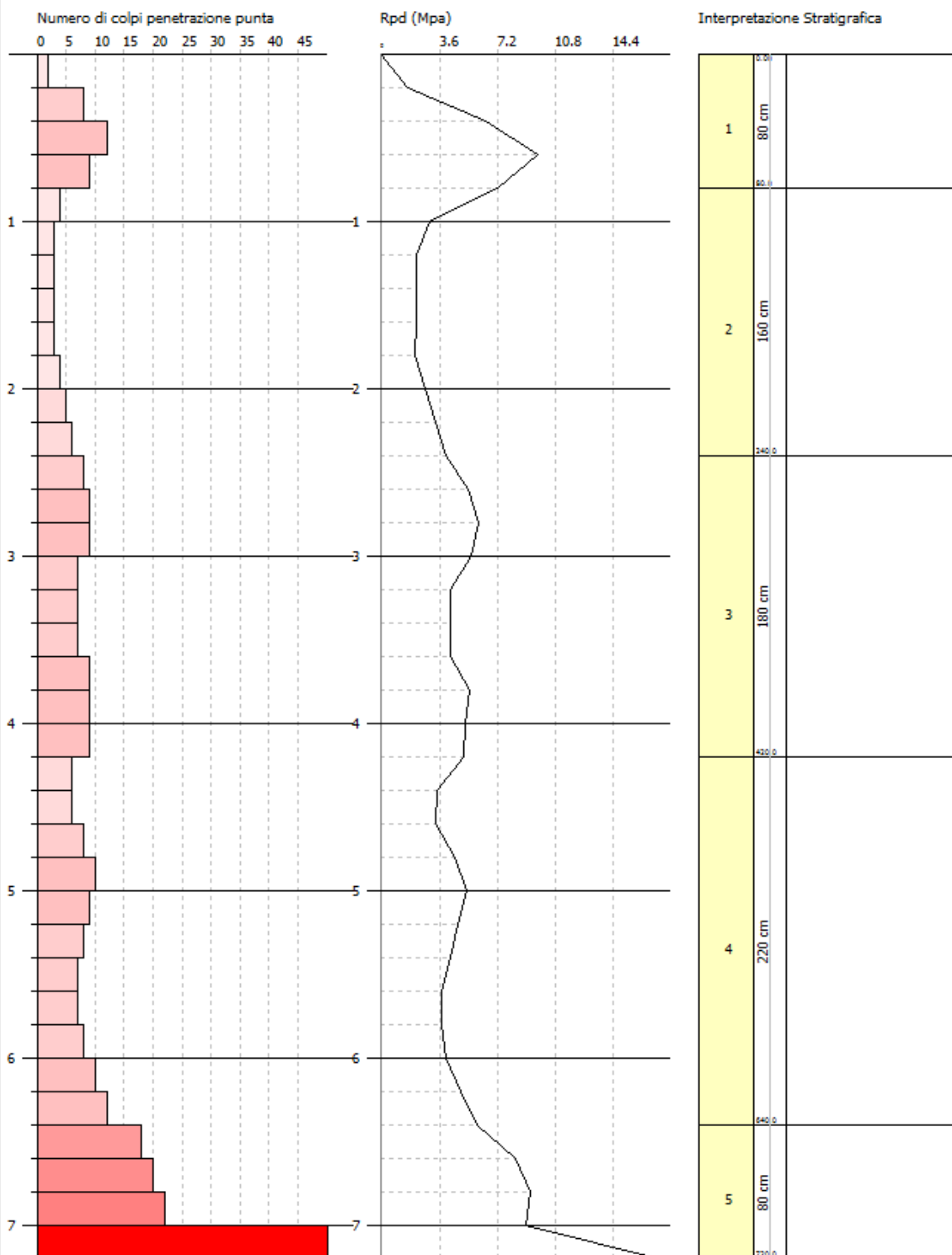


PROVA P2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Carboz s.a.s.
Cantiere: via T. Carbone
Località: Carbonara Scrivia

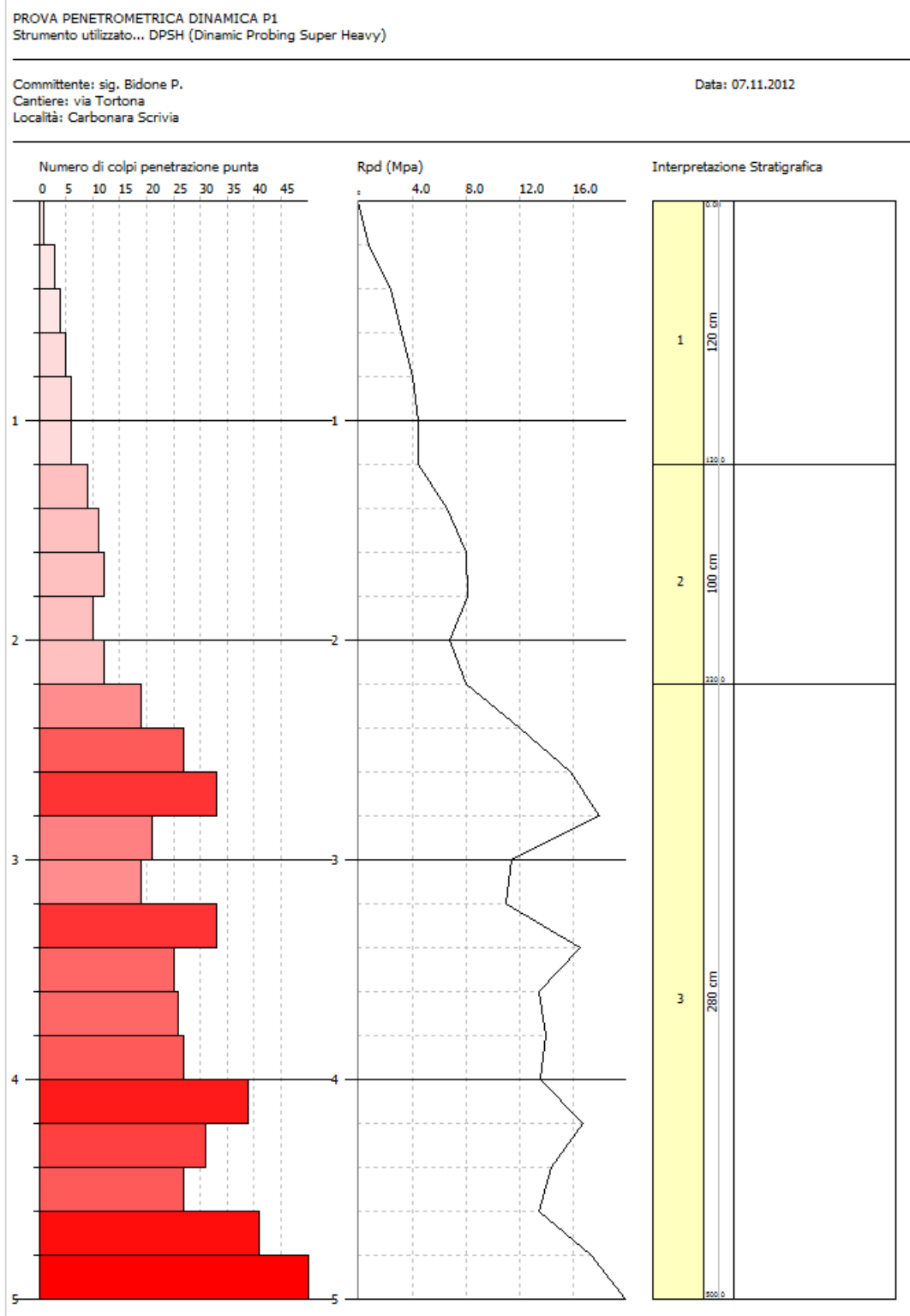
Data: 17.07.2012



ALLEGATO 1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-B E STIMA DEI VALORI CARATTERISTICI DEL TERRENO

PROVA P1

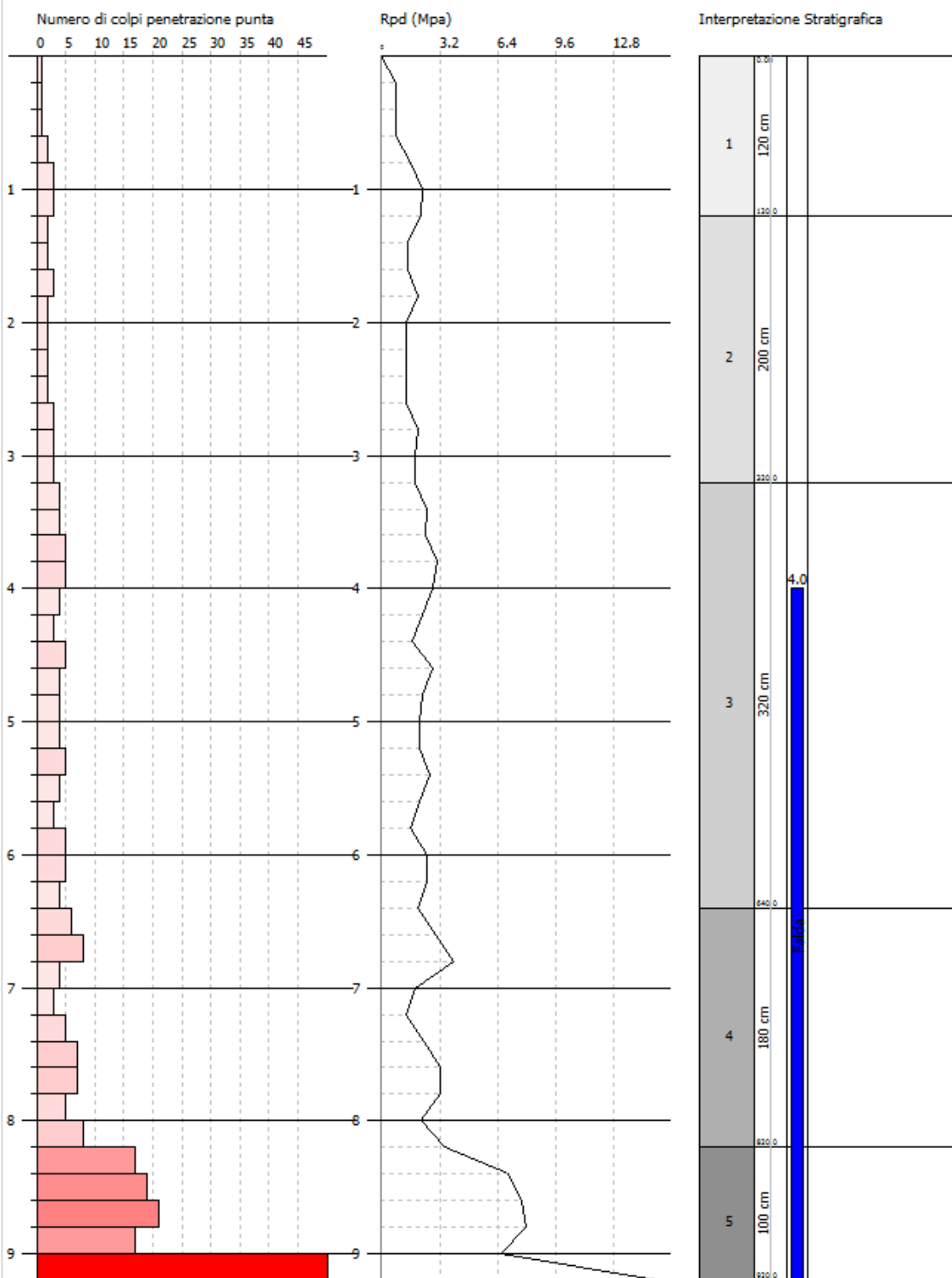


PROVA P1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Carbonara S.
Cantiere: Asilo comunale
Località: Carbonara S.

Data: 21.11.2012

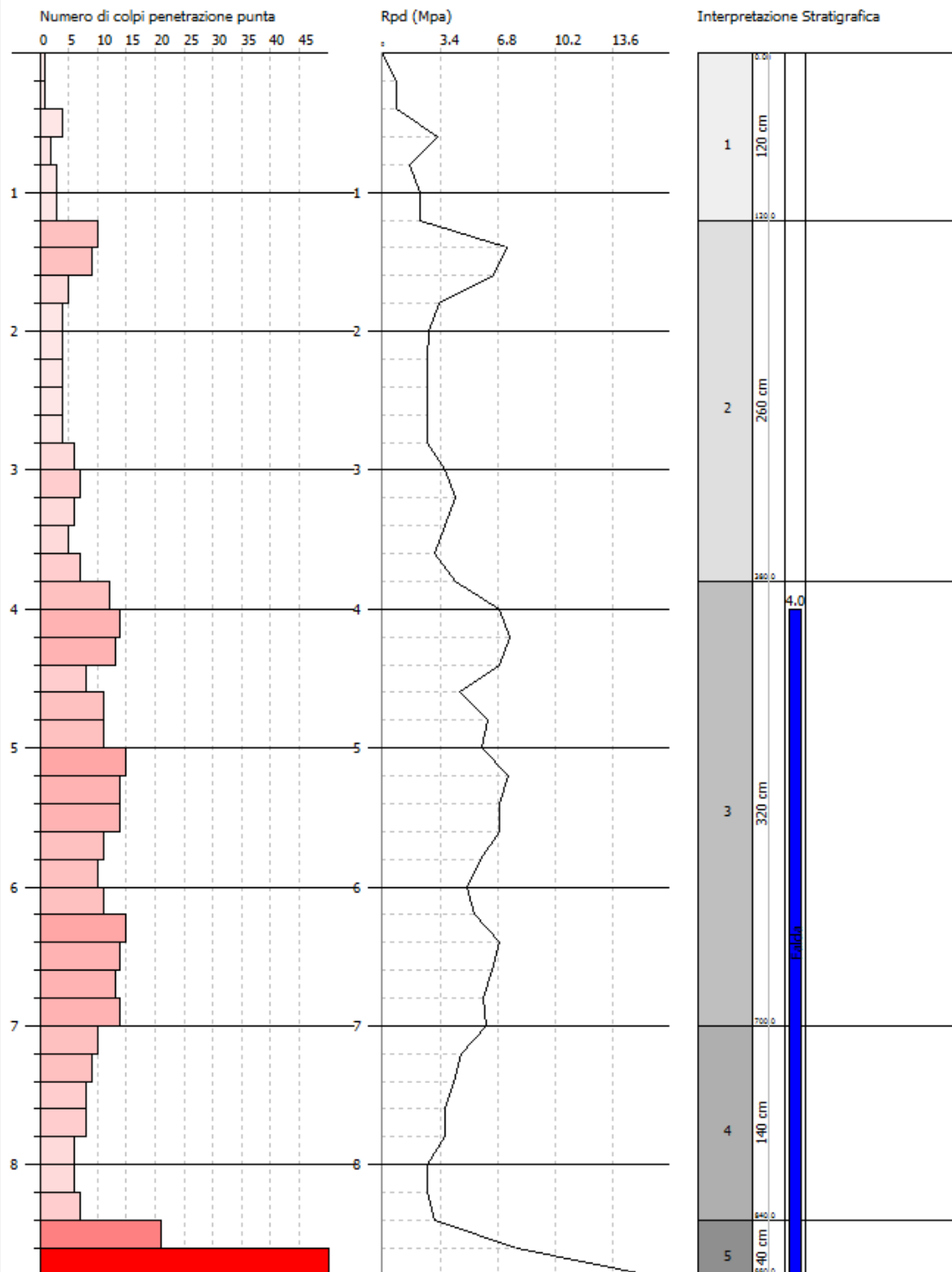


PROVA P2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Carbonara S.
Cantiere: Asilo comunale
Località: Carbonara S.

Data: 21.11.2012

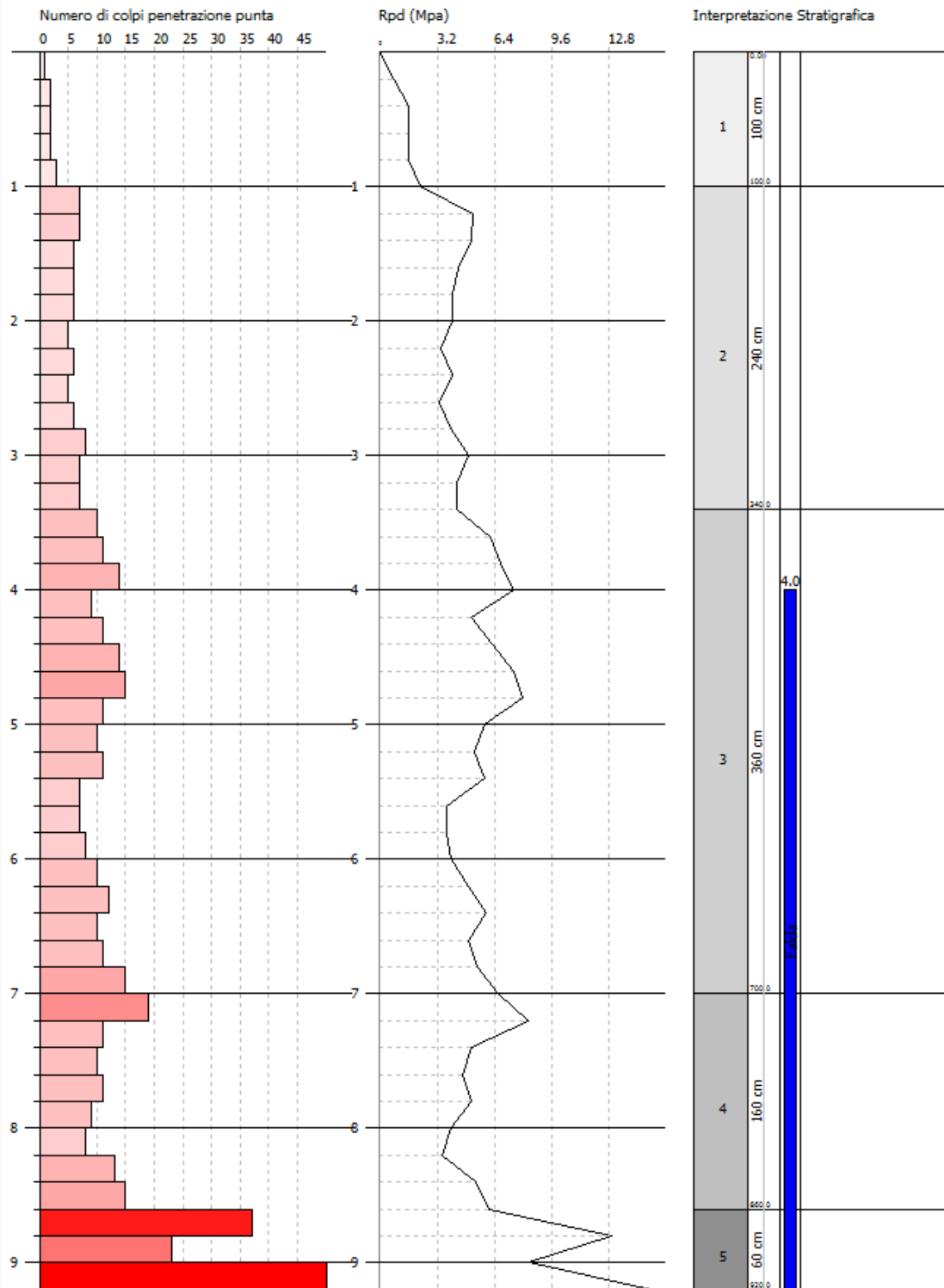


PROVA P3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Carbonara S.
Cantiere: Asilo comunale
Località: Carbonara S.

Data: 21.11.2012



ALLEGATO 1

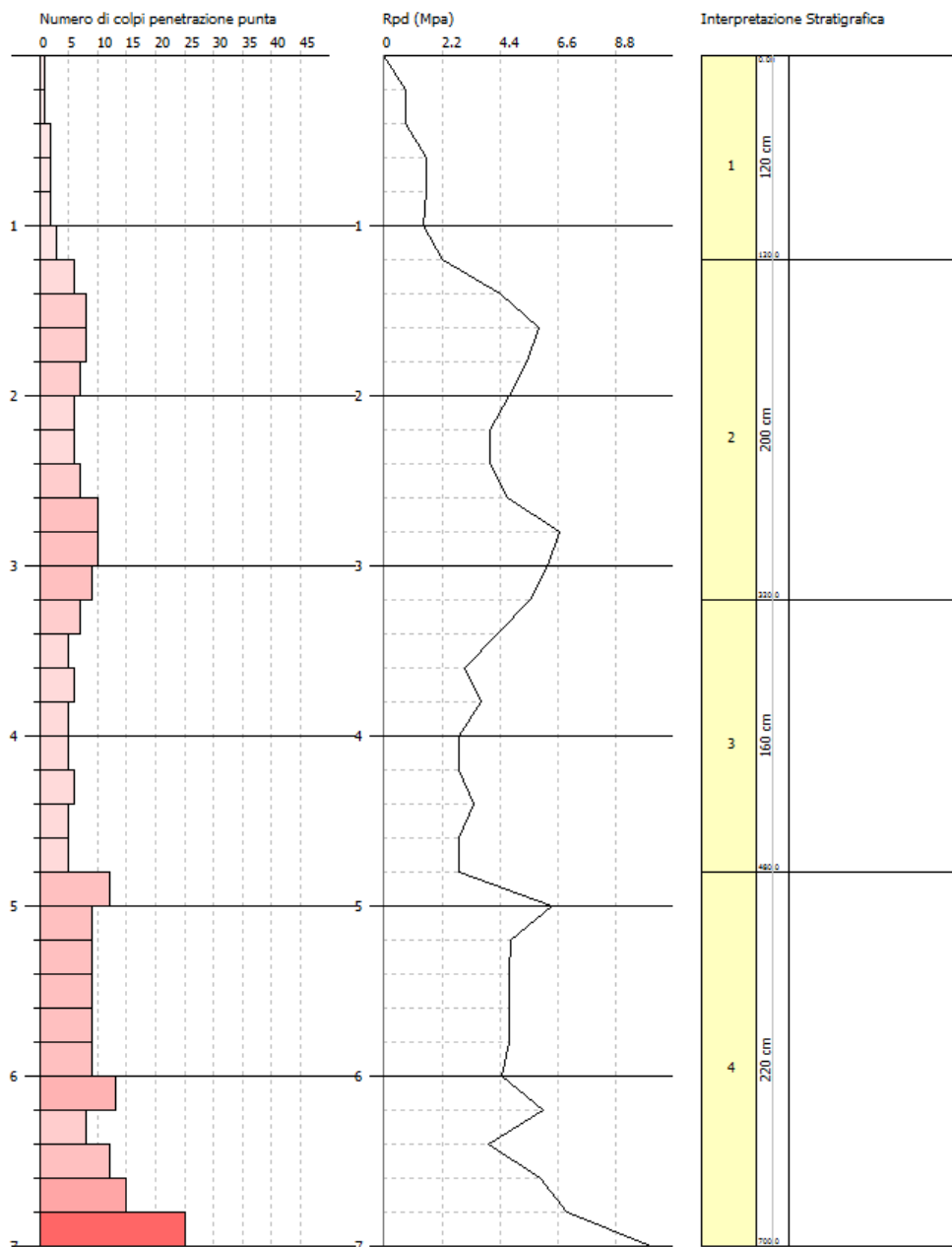
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH-B E STIMA DEI VALORI CARATTERISTICI DEL TERRENO

PROVA P1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: BIGIORNO Impresa s.a.s. di BIGIORNO Marco P.R. & C.
Cantiere: COSTRUZIONE NUOVA VILLA UNIFAMILIARE
Località: Carbonara Scrivia (AL)

Data: 14.04.2016

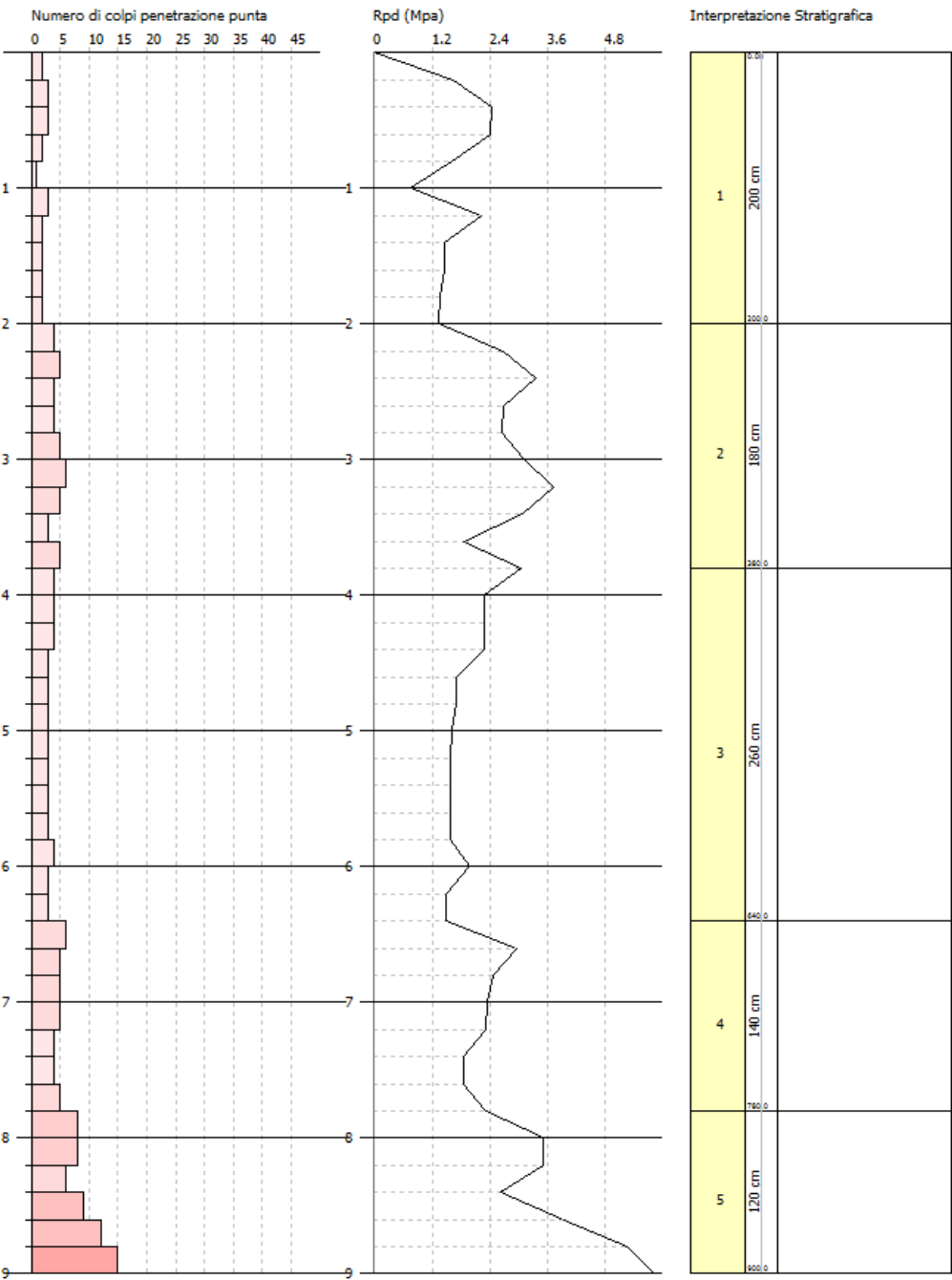


PROVA P2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: BIGIORNO Impresa s.a.s. di BIGIORNO Marco P.R. & C.
Cantiere: COSTRUZIONE NUOVA VILLA UNIFAMILIARE
Località: Carbonara Scrivia (AL)

Data: 14.04.2016



SONDAGGIO S1

0



5 m

5



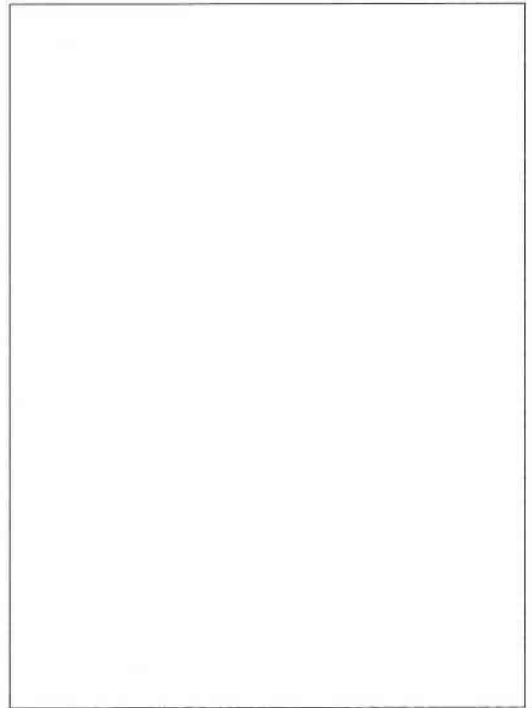
10 m

10



15 m

15



20 m

Committente:		CARBOGAM S.p.A.		
Sondaggio N.		S2		
Ditta esecutrice:		Inda.G.A. di Paolo Balordi - Carmiano di Vigolzone (PC)		
Tipo sonda:		Klemm 801		
Inizio:	18.11.09	Quota assoluta T.F.:	-	Note:
Fine:	18.11.09	Lunghezza foro:	15 m	

profondità dal p.c. (m)	potenza atrato (m)	STRATIGRAFIA		Campioni		Falda	Pocket-penetro meter	Prova SPT		Stima % recupero del carotaggio											diam. carotaggio (mm)	metodo di perf.	rivestimento
		simbologia	descrizione litologica	profondità di prelievo e tipo di campionamento	campionatore	profondità (m)	Rp (Kg/cmq)	prof. (m)	N1 (0-15 cm)	N2 (15-30 cm)	N3 (30-45 cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		

0,50	0,50		Suolo argilloso-limoso marrone scuro																				
			Limo sabbioso e sabbia limosa mediamente consistente di colore marrone chiaro																				
2,50	2,00		Ghiaia alluvionale medio-grossolana con scarsa matrice sabbiosa																				
3,00	0,50		Sabbia fine limosa bruno-giallastra mediamente addensata																				
4,10	1,10		Limo sabbioso marrone chiaro mediamente consistente																				
4,80	0,70		Ghiaia medio-grossolana, eterometrica, in matrice sabbiosa localmente sabbioso-argillosa con clasti in genere ben arrotondati (Fmax=6 cm)																				
8,70	1,90		Argilla grigio-azzurra compatta a struttura massiva con resti fossili																				
15,00	8,30		[FINE SONDAGGIO]																				

Φ = 101 mm

Carotaggio continuo a secco con carotiere semplice con corona Widia

Φ = 127 mm

SONDAGGIO S2

5



0 m

10 m



5 m

15



10 m

20



15 m

SONDAGGIO S3

0



5 m

5



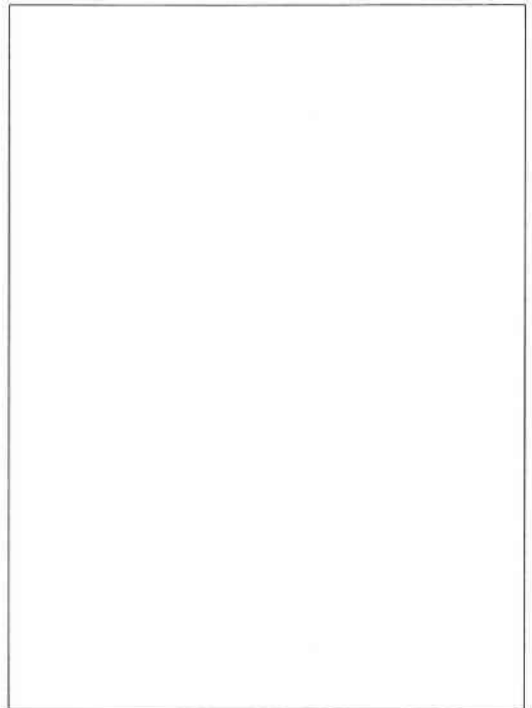
10 m

10





15 m

15



20 m

CARBONARA SCRIVIA		Mineralsider spa		AL/280 N. 1
Tav. Inor Cat Cavo p. curv.	Intorno AL 46°51'40" N 3°35'55" W 135	0.00 5.00 10.00 10.60 16.80 18.00 19.50 30.00	 Terreno di riporto Argilla gialla Ghiaia asciutta Ghiaia e argilla compatta Ghiaia con argilla Ghiaia e argilla compatta Ghiaia Argilla gialla	qt. = 137 data = 1968 ls. = 7.50 ld. = 11.70 l" = 4.6 Ø 335 Fenestrati: 11.00/19.00 16 m³/h
				Giardini

CARBONARA SCRIVIA		Immobiliare San Rocco		AL/236 N. 2	
var. not. lat. long. p. camp.	Terzonia	1.00		Argilla gialla	qt. = 139 data = 1953 ls. = 7.50 ld. = 11 l" = 5 Ø 300 Fenestrati: 30.00/34.00 18 m ³ / ₄
	AL			Ghiaia asciutta	
	64°51'37" N	10.00			
	3°35'48" W			Argilla colorata compatta	
	135				
		30.00			
		32.00		Ghinietto piccolo e acqua	
		40.00		Argilla compatta scura	
Giardini					

18 m³/h

Giardini

Pozzo: P 2

proprietario: immobiliare Rosa s.r.l.

anno di esecuzione: 1982

ubicazione catastale: foglio 3 mapp. 154-422

uso: servizi sanitari ed impianto antincendio

profondità: m 12

diametro tubazione: mm 220

livello statico: m 6 livello dinamico: m 7

pompa sommersa 2HP

portata 12 l/sec

stratigrafia: dal p.c. 1 - 4 m argilla compatta

4 - 7,5 m ghiaia idrica

7,5 - 12 m argilla azzurra

Pozzo: P 3A

proprietario: Tubicar

anno di esecuzione: 1972

uso: industriale

ubicazione catastale: foglio 1 mappale 76

avampo: m 2

profondità m 7

livello statico m 5,3 livello dinamico m 6,5

pompa di sollevamento: elettropompa 10 HP

portata: 3,6 l/sec

stratigrafia: dal p.c. 1 - 4,5 m argilla
 4 - 7 m ghiaia idrica

uso: industriale

ubicazione catastale: mappale 76

avampozzo: m 2

profondità m 33

livello statico m 5,3 livello dinamico m 6,5

pompa di sollevamento: elettropompa 5,9 HP

diametro di perforazione: mm 450

portata: 4 l/sec

stratigrafia: dal p.c. 1 - 4,5 m argilla

4 - 7,5 m ghiaia idrica

7,5 -33 m argilla

Pozzo: P 3C

proprietario: Tubicar

anno di esecuzione: 1972

uso: industriale

ubicazione catastale: mappale 76

profondità m 8

livello statico m 5,3 livello dinamico m 6,5

portata: 4 l/sec

stratigrafia: dal p.c. 1 - 4,5 m argilla
 4 - 7,5 m ghiaia idrica
 oltre 7,5 m argilla

Pozzo: P 4

proprietario: Mineralsider

anno di esecuzione: 1968

uso: industriale

ubicazione catastale: foglio 1 mappale 129

profondità m 30

livello statico m 7,5 livello dinamico m 11,5

portata: 4,6 l/sec

diametro di perforazione mm 335

stratigrafia: dal p.c. 0 - 2 m terreno di riporto
 2 - 5 m argilla giallastra
 5 - 10 m ghiaia asciutta
 10 - 10,6 m ghiaia e argilla compatta

Studio di Geologia - Dott. Geol. Gian Mario Repregosi

10,6 - 16,8 m ghiaia mista con argilla ed acqua
16,8 - 18 m ghiaia e argilla compatta
18 - 19,5 m ghiaia idrica
19,5 - 30 m argilla giallastra

Pozzo: P 5

proprietario: Immobiliare S. Rocco

anno di esecuzione: 1968

uso: potabile

ubicazione catastale: foglio 2 mappale 14

profondità m 40

livello statico m 7,5 livello dinamico m 11

portata: 5 l/sec

diametro di perforazione mm 300

ubicazione filtri nella colonna: 30-34 m

stratigrafia: dal p.c. 0 - 4 m argilla gialla compatta

4 - 10 m ghiaia asciutta

10 - 30 m argilla varicolori compatta

30 - 32 m ghiaietto piccolo con acqua

32 - 40 m argilla scura compatta

CARBONARA SCRIVIA, VIA SPINETO 15 TERRENO

Strumento: TRZ-0152/01-11

Inizio registrazione: 25/01/13 16:53:28 Fine registrazione: 25/01/13 17:13:28

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

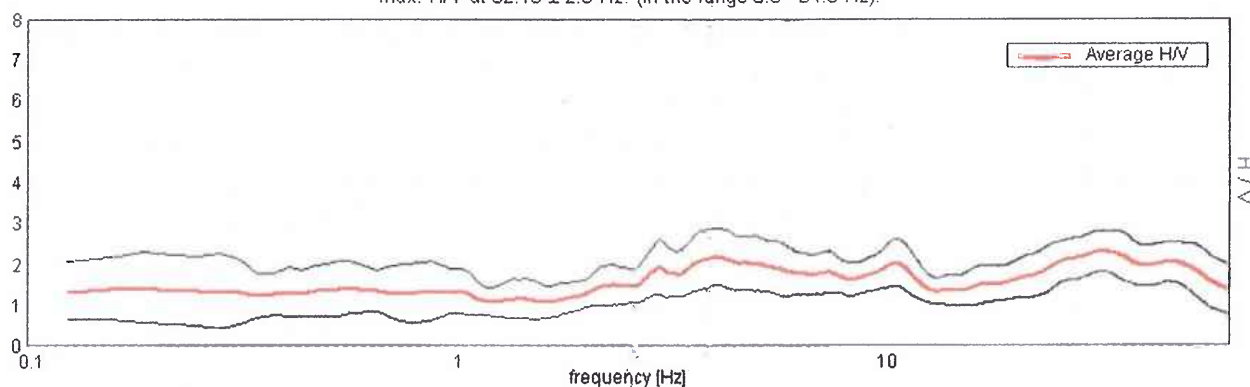
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

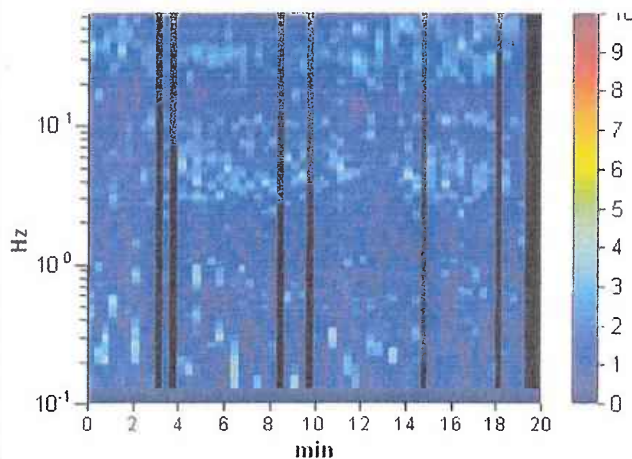
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

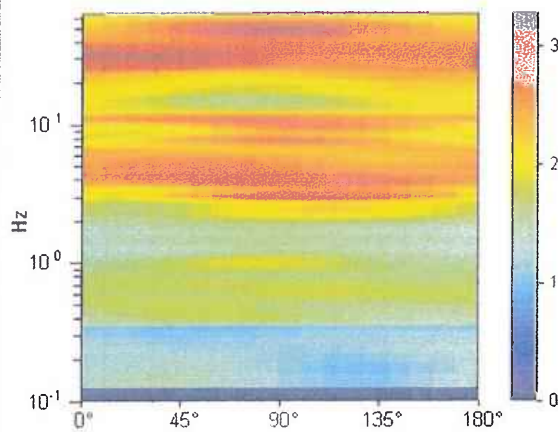
Max. H/V at 32.13 ± 2.5 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



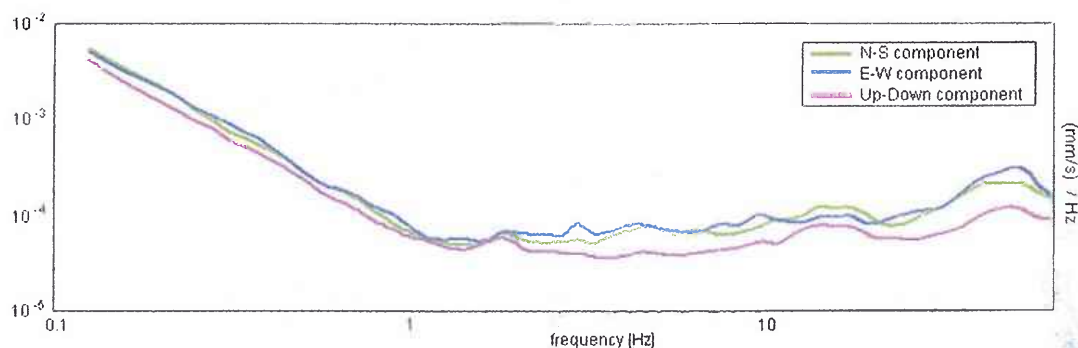
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

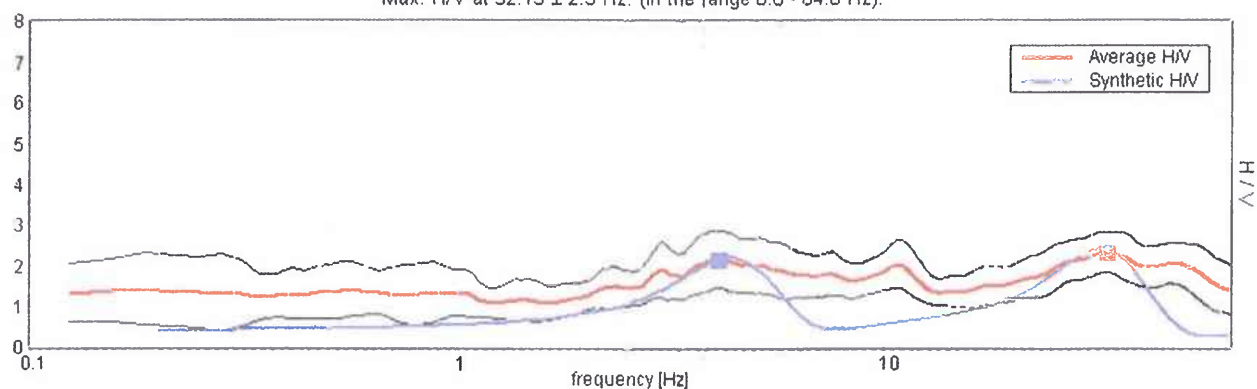


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



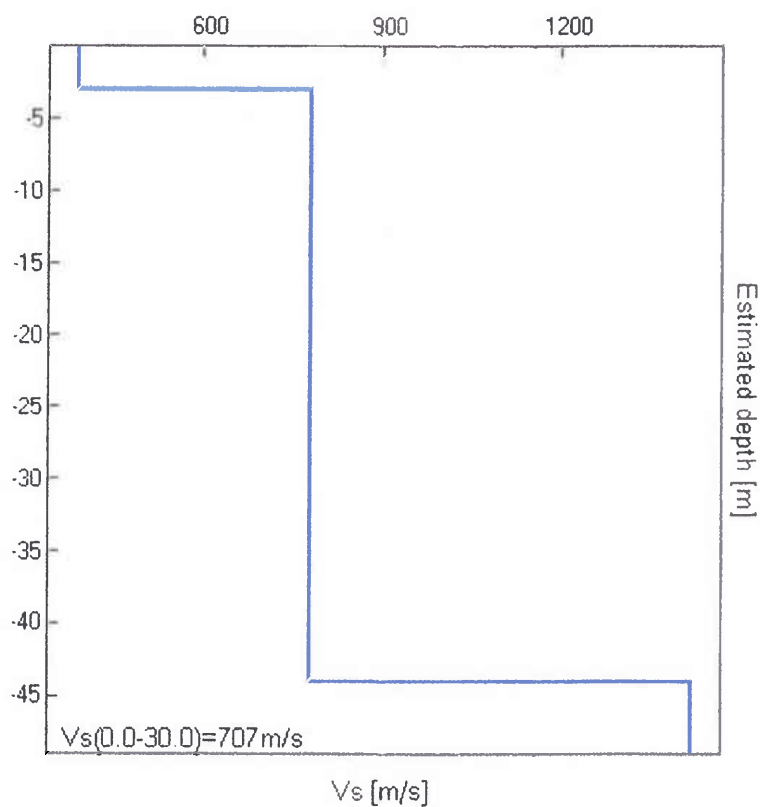
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 32.13 ± 2.5 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
3.00	3.00	389	0.42
44.00	41.00	778	0.42
inf.	inf.	1416	0.40

$V_s(0.0-30.0)=707\text{m/s}$



Andrea Basso geologo

Via Lung'Orba Mazzini. 95/2-15076 Ovada (AL)-0143.86310

Committente: Soc. CRI.MU s.r.l.

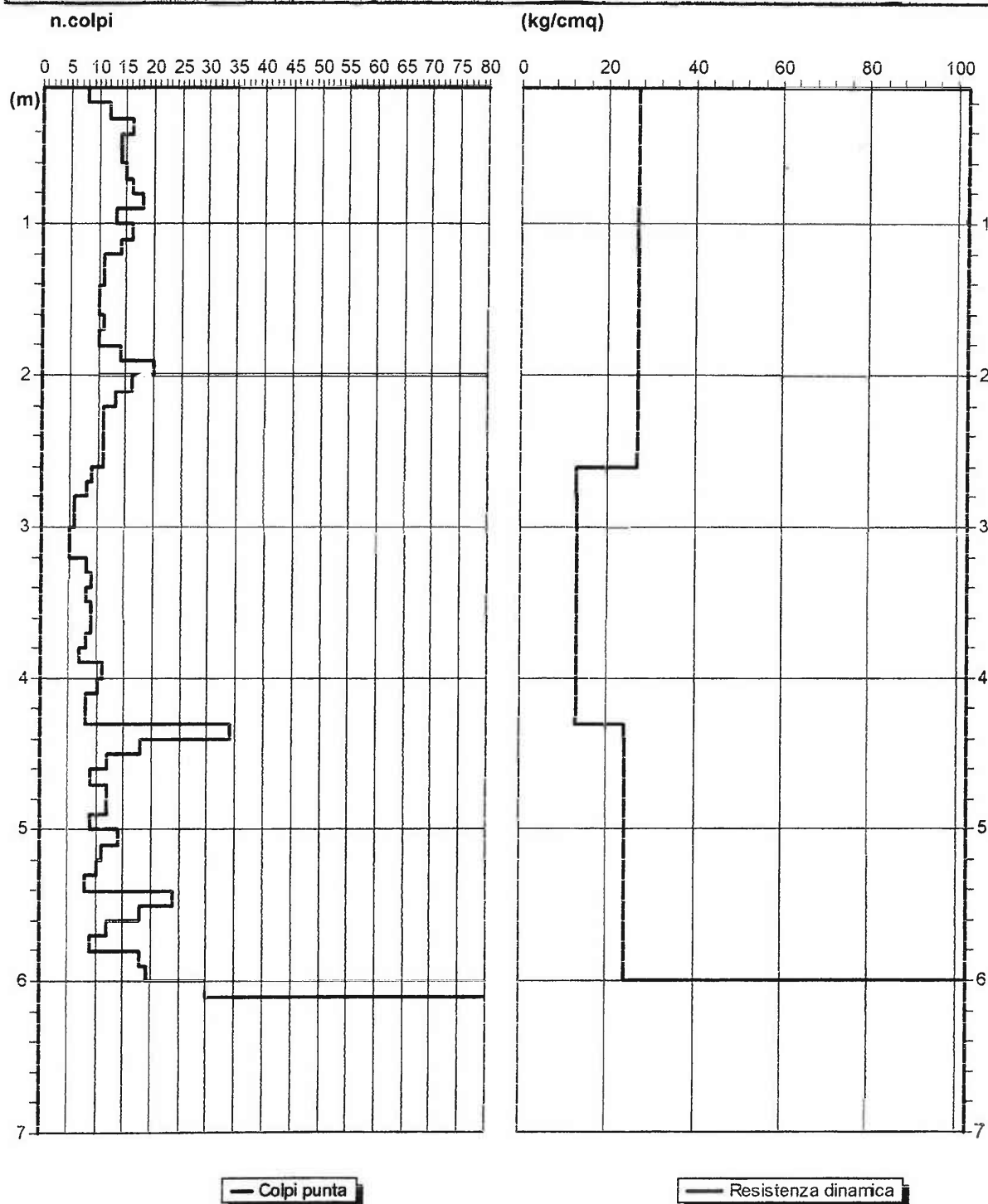
Località: Carbonara Scrivia (AL)

Attrezzatura: Pagani DL30IT

Sigla cantiere:

Sigla: P1

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: 16.09.2003

Andrea Basso geologo

Via Lung'Orba Mazzini, 95/2-15076 Ovada (AL)-0143.86310

Committente: Soc. CRI.MU s.r.l.

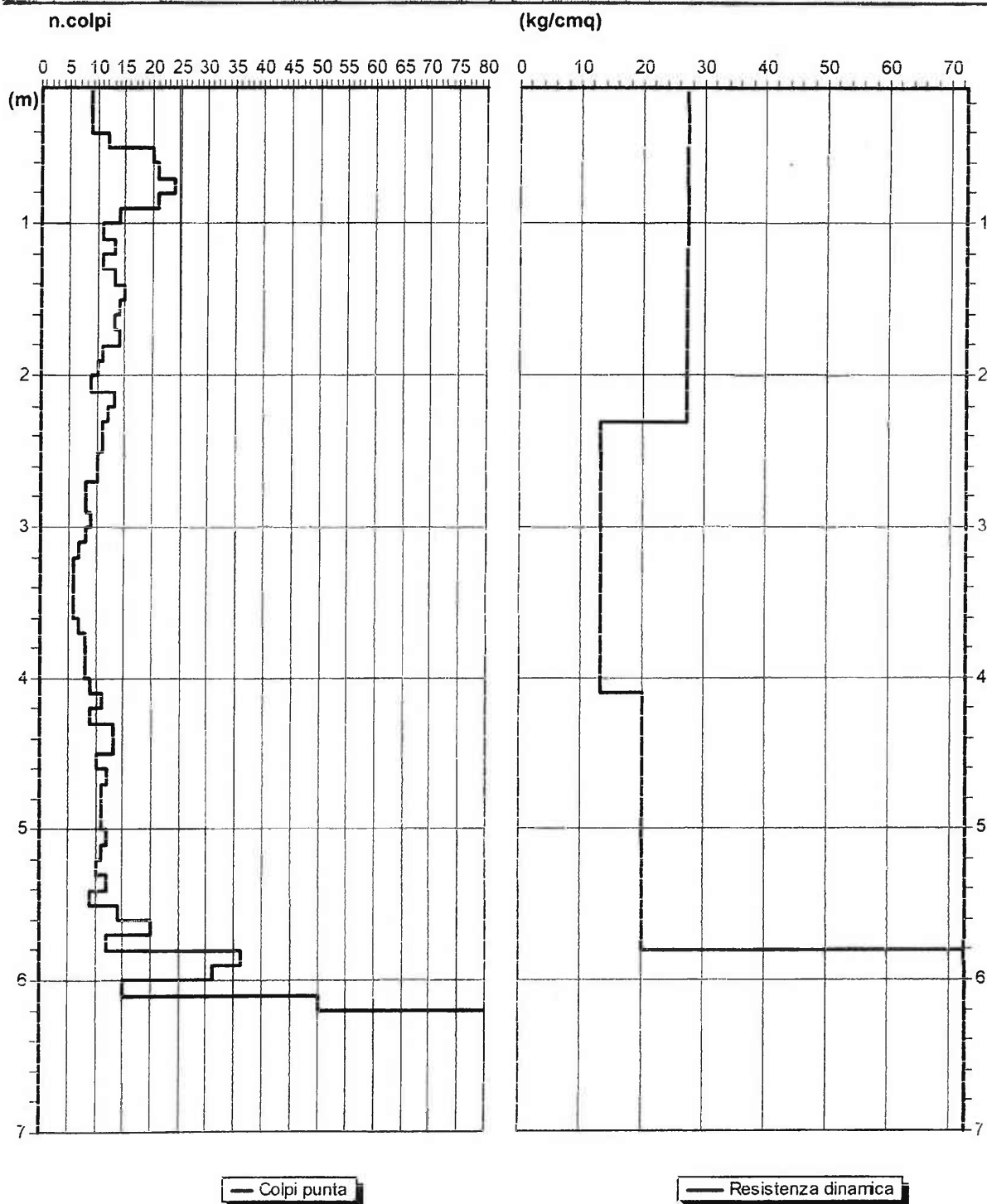
Località: Carbonara Scrivia (AL)

Sigla cantiere:

Attrezzatura: Pagani DL30IT

Sigla: P2

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: 16.09.2003

Andrea Basso geologo

Via Lung'Orba Mazzini, 95/2-15076 Ovada (AL)-0143.86310

Committente: Soc. CRI.MU s.r.l.

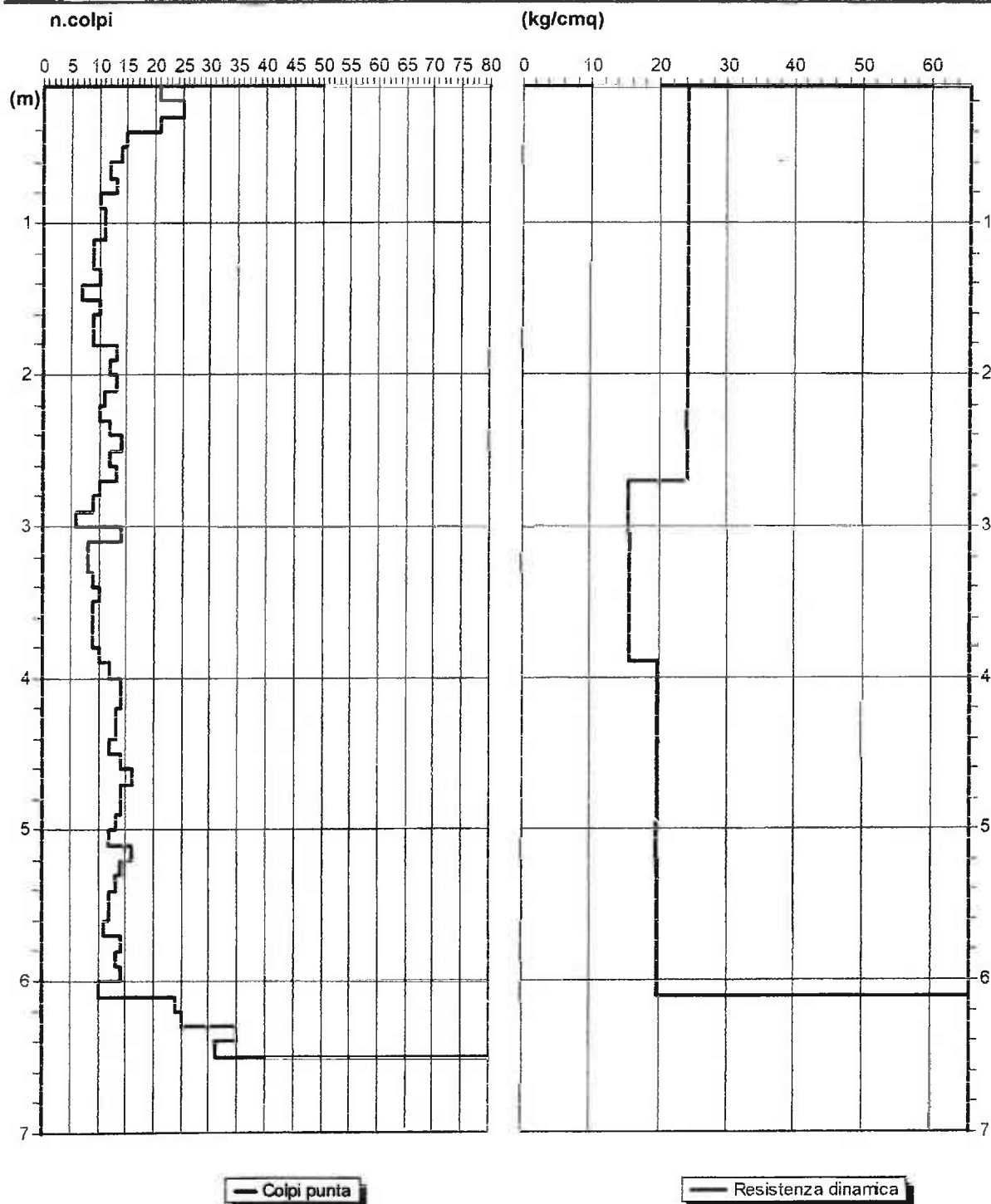
Località: Carbonara Scrivia (AL)

Attrezzatura: Pagani DL30IT

Sigla cantiere:

Sigla: P3

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: 16.09.2003

Andrea Basso geologo

Via Lung'Orba Mazzini, 95/2-15076 Ovada (AL)-0143.86310

Committente: Soc. CRI.MU s.r.l.

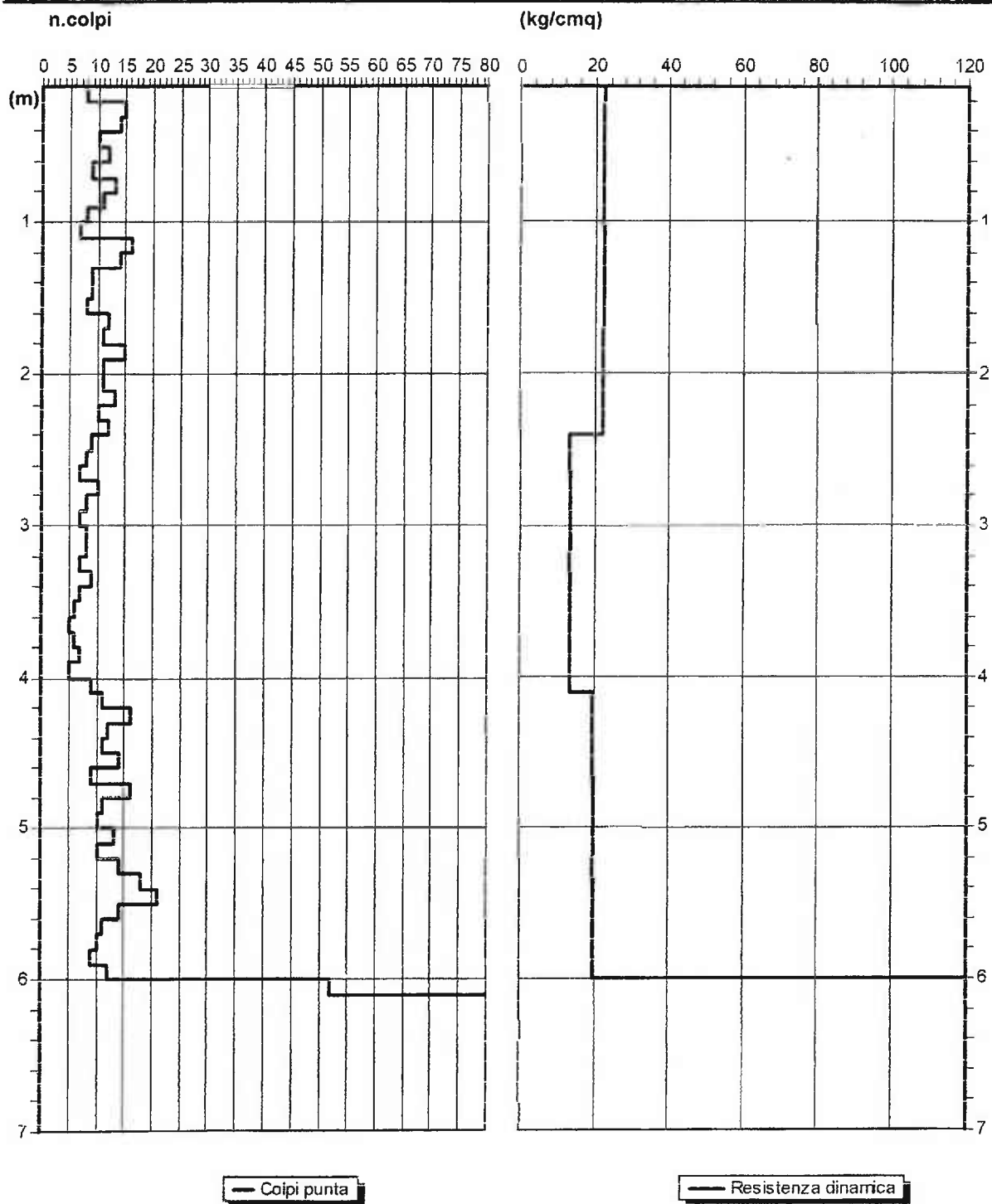
Località: Carbonara Scrivia (AL)

Attrezzatura: Pagani DL30IT

Sigla cantiere:

Sigla: P4

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: 16.09.2003

Andrea Basso geologo

Via Lung'Orba Mazzini, 95/2-15076 Ovada (AL)-0143.86310

Committente: Soc. CRI.MU s.r.l.

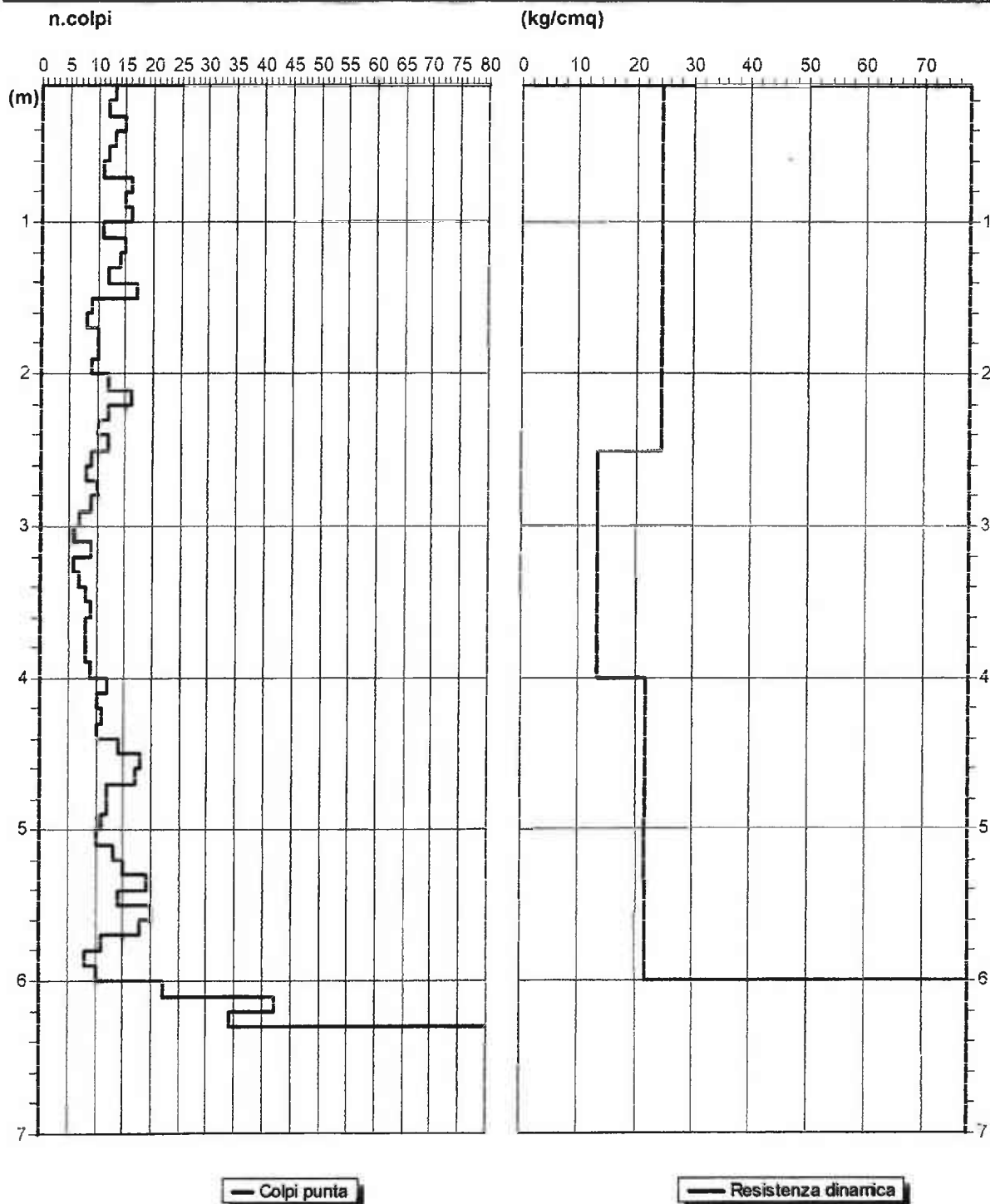
Località: Carbonara Scrivia (AL)

Attrezzatura: Pagani DL30IT

Sigla cantiere:

Sigla: P5

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Data: 16.09.2003

5 CAMPAGNA GEOGNOSTICA - ELABORAZIONE E DEFINIZIONE**NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

D.M. LL.PP. del 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

D.M. LL.PP. del 14/02/1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. 9 Gennaio 1996 - Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Norme tecniche per le Costruzioni 2008 - Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

D.G.R. 19.01.2010 n. 11-13058 - Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)".

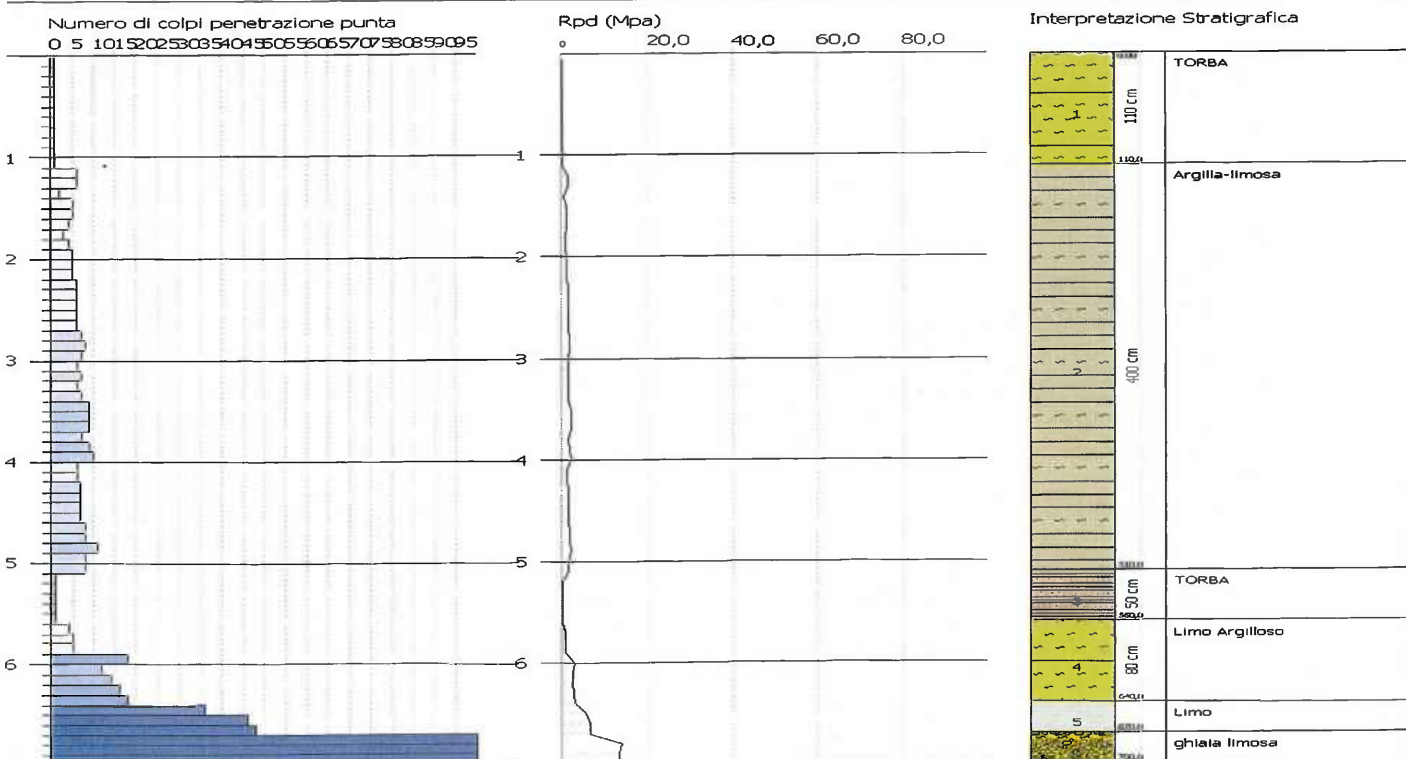
Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DL-30 (60°)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	18 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0.757
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60°

PROVA

Strumento utilizzato...DPM (DL030 10) (Medium) - Prova eseguita in data 12/12/2013 - Profondità prova 7 mt
Quota 172,00 mt - Falda non rilevata - Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Scale 1:50



15

DOTT. FABIO GEOLOGO BOVERI

*Quando il lavoro dell'uomo garantisce il futuro della Terra***Studio & Consulenza AMBIENTALE e GEOTECNICA - Impresa per Prove, Campionamenti ed Indagini GEOGNOSTICHE**

Frazione Montale Celli, Via Costa Vescovato n. 19, Cap. 15050 Costa Vescovato (AL) ITALY

C.F. BVR FBA 76A17 M109F -- P.IVA 02082880069

Cell. 335.6695808 - Telefax 0131.838195 E_mail: fabio.boveri@geologipiemonte.it

dicembre 2013

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	1	0,857	0,28	0,33	14,03	16,37
0,20	1	0,855	0,28	0,33	13,99	16,37
0,30	1	0,853	0,28	0,33	13,96	16,37
0,40	1	0,851	0,28	0,33	13,93	16,37
0,50	1	0,849	0,28	0,33	13,90	16,37
0,60	1	0,847	0,28	0,33	13,87	16,37
0,70	1	0,845	0,28	0,33	13,84	16,37
0,80	1	0,843	0,28	0,33	13,81	16,37
0,90	1	0,842	0,26	0,31	13,08	15,54
1,00	1	0,840	0,26	0,31	13,05	15,54
1,10	1	0,838	0,26	0,31	13,02	15,54
1,20	6	0,836	1,56	1,86	77,97	93,23
1,30	6	0,835	1,56	1,86	77,81	93,23
1,40	2	0,833	0,52	0,62	25,88	31,08
1,50	5	0,831	1,29	1,55	64,58	77,69
1,60	5	0,830	1,29	1,55	64,45	77,69
1,70	4	0,828	1,03	1,24	51,46	62,15
1,80	3	0,826	0,77	0,93	38,52	46,62
1,90	4	0,825	0,98	1,18	48,77	59,14
2,00	5	0,823	1,22	1,48	60,85	73,92
2,10	5	0,822	1,21	1,48	60,74	73,92
2,20	5	0,820	1,21	1,48	60,62	73,92
2,30	6	0,819	1,45	1,77	72,61	88,70
2,40	6	0,817	1,45	1,77	72,48	88,70
2,50	6	0,816	1,45	1,77	72,35	88,70
2,60	6	0,814	1,44	1,77	72,23	88,70
2,70	6	0,813	1,44	1,77	72,10	88,70
2,80	7	0,811	1,68	2,07	83,97	103,49
2,90	8	0,810	1,83	2,26	91,37	112,79
3,00	7	0,809	1,60	1,97	79,81	98,69
3,10	6	0,807	1,37	1,69	68,30	84,59
3,20	7	0,806	1,59	1,97	79,55	98,69
3,30	6	0,805	1,36	1,69	68,07	84,59
3,40	7	0,803	1,59	1,97	79,29	98,69
3,50	9	0,802	2,04	2,54	101,78	126,89
3,60	9	0,801	2,03	2,54	101,62	126,89
3,70	9	0,800	2,03	2,54	101,47	126,89
3,80	7	0,798	1,58	1,97	78,80	98,69
3,90	9	0,797	1,93	2,43	96,68	121,27
4,00	10	0,796	2,15	2,69	107,26	134,75
4,10	6	0,795	1,29	1,62	64,26	80,85
4,20	6	0,794	1,28	1,62	64,17	80,85
4,30	7	0,793	1,50	1,89	74,76	94,32
4,40	7	0,791	1,49	1,89	74,65	94,32
4,50	7	0,790	1,49	1,89	74,55	94,32
4,60	7	0,789	1,49	1,89	74,44	94,32
4,70	8	0,788	1,70	2,16	84,96	107,80
4,80	8	0,787	1,70	2,16	84,85	107,80
4,90	11	0,786	2,23	2,84	111,57	141,94
5,00	8	0,785	1,62	2,06	81,04	103,23
5,10	8	0,784	1,62	2,06	80,93	103,23
5,20	1	0,783	0,20	0,26	10,10	12,90
5,30	1	0,782	0,20	0,26	10,09	12,90
5,40	1	0,781	0,20	0,26	10,08	12,90
5,50	1	0,780	0,20	0,26	10,07	12,90
5,60	1	0,779	0,20	0,26	10,05	12,90
5,70	4	0,778	0,80	1,03	40,17	51,61
5,80	5	0,777	1,00	1,29	50,15	64,52
5,90	5	0,776	0,96	1,24	48,05	61,89
6,00	18	0,725	3,23	4,46	161,65	222,82
6,10	12	0,775	2,30	2,97	115,06	148,54
6,20	14	0,724	2,51	3,47	125,42	173,30
6,30	16	0,723	2,86	3,96	143,17	198,06
6,40	18	0,722	3,22	4,46	160,88	222,82

16

DOTT. FABIO GEOLOGO BOVERI

*Quando il lavoro dell'uomo garantisce il futuro della Terra***Studio & Consulenza AMBIENTALE e GEOTECNICA - Impresa per Prove, Campionamenti ed Indagini GEOGNOSTICHE**

Frazione Montale Celli, Via Costa Vescovato n. 19, Cap. 15050 Costa Vescovato (AL) ITALY

C.F. BVR FBA 76A17 M109F -- P.IVA 02082880069

Cell. 335.6695808 - Telefax 0131.838195 E_mail: fabio.boveri@geologipiemonte.it

dicembre 2013