

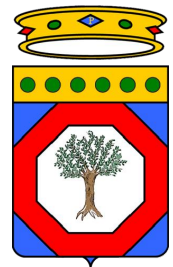


# REGIONE PUGLIA

COMUNE DI GUAGNANO

PROVINCIA DI LECCE

Località: Masseria Poggi



## IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA PER CONVERSIONE FOTOVOLTAICA DELLA FONTE SOLARE "LI POGGI" - POTENZA DI PICCO 30,06 MW<sub>p</sub>

OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI: GUAGNANO (LE), SAN PANCRAZIO SALENTINO (BR), ERCHIE (BR)

PROGETTO DEFINITIVO - CODICE AU V1YFCO5

PROGETTAZIONE:



Viale M. Chiatante n. 60 - 73100 LECCE  
Tel. 0832-242193  
e-mail: info@iaing.it

COMMITTENTE:



ACCIONA Energia Global Italia S.r.l.  
Via Achille Campanile, n. 73 - 00144 ROMA  
Tel. +39 06 5051 4225

Dott. geol. Giovanni Paolo Mega



Titolo elaborato

### RELAZIONE GEOLOGICA E INDAGINI GEOGNOSTICHE

<small>Questo elaborato è di proprietà della IA.ING s.r.l. e dei rispettivi autori pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito</small>	Data	Codice Pratica	Codice Ident. Elaborato	Scala	N. Elaborato
	24/06/2021	V1YFCO5_RelazioneGeologica			ED.08.00
	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione	
C.M.			Elaborato Descrittivo		
N° revisione	Data Revisione	Oggetto revisione			
0	24/06/2021	Prima emissione			

## Sommario

---

1	PREMESSA .....	2
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	5
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	6
4	IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	10
5	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE PUGLIA (P.A.I.) .....	12
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	15
6.1	INDAGINI SISMICHE .....	15
6.1.1	MASW .....	15
6.1.2	SISMICA A RIFRAZIONE .....	17
6.1.3	HARDWARE SOFTWARE .....	20
6.2	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE.....	21
7	MODELLAZIONE GEOLOGICO - TECNICA DEL SOTTOSUOLO .....	23
8	MODELLAZIONE SISMICA.....	25
9	CONCLUSIONI.....	29

ALLEGATO 1 - INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE & M.A.S.W.

ALLEGATO 2 - PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE, CONTINUE (DPM30)

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato è stato redatto nell'ambito di un progetto che propone la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica per conversione fotovoltaica della fonte solare, denominato "Li Poggi", da realizzare in un'area agricola del Comune di Guagnano (LE).

L'impianto, con potenza in immissione di 25,305 MW e potenza di picco installata di 30,06 MW<sub>P</sub>, sarà connesso attraverso un cavidotto interrato in regime di media tensione ad una Sottostazione Elettrica Utente di trasformazione 150/30 kV, la cui ubicazione è prevista in area agricola del territorio di Erchie (BR). Quest'ultima sarà collegata in antenna a 150 kV con il futuro ampliamento della Stazione Elettrica TERNA "Erchie" 380/150 kV, tramite una soluzione di connessione in regime di alta tensione condivisa con altri produttori di energia, titolari di iniziative analoghe alla presente.

Titolare dell'iniziativa proposta è la società **ACCIONA Energia Global Italia S.r.l.** (di seguito, in breve, "*la proponente*"), avente sede legale in Roma in Via Achille Campanile, n. 73 – C.F. e P.IVA. 12990031002.

Oltre all'impianto fotovoltaico ed alle opere di connessione anzi descritte, rientrano tra le opere da sottoporre a procedimento autorizzativo gli interventi finalizzati alla realizzazione del futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione TERNA "Erchie" 380/150 kV esistente e la soluzione di connessione in regime di alta tensione condivisa con altri produttori di energia.

Queste ultime sono descritte in specifica documentazione progettuale, redatta da altri studi di progettazione, acclusa ai documenti tecnici allegati all'istanza.

La presente relazione rientra tra i documenti ed elaborati da predisporre in ottemperanza al *D.G.R. 28 dicembre 2010, n. 3029 "Approvazione della Disciplina del procedimento unico di autorizzazione alla realizzazione ed all'esercizio di impianti di produzione di energia elettrica"*, i cui contenuti sono descritti al paragrafo 4.2.7 delle "*Istruzioni tecniche per la informatizzazione della documentazione a corredo dell'Autorizzazione Unica*" (ALLEGATO A), approvate con *D.D. Servizio Energia, Reti e Infrastrutture Materiali per lo Sviluppo 3 gennaio 2011, n.1.*

E' stato effettuato all'uopo uno **studio geologico**, e lo scopo della seguente, redatta in ottemperanza al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", DECRETO 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» all'OPCM n.3431 del 3 Maggio 2005 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'OPCM 3274 del 20/03/2003", e successive modifiche e integrazioni, è quello di definire la caratterizzazione e la modellazione geologica e la definizione di parametri geotecnici. Per definire le caratteristiche del sito interessato, con particolare riguardo all'assetto geologico, ai problemi geotecnici e sismici, si è proceduto a effettuare:

### **- Raccolta dei dati di bibliografia;**

#### **Progettazione :**



**IA.ING S.r.l.**  
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

- 
- **Rilevamento geologico di dettaglio dell'area e delle zone limitrofe;**
  - **Esecuzione di una campagna di indagini geognostiche che ha previsto le seguenti attività:**
    - **n° 5 profili sismici a rifrazione & M.A.S.W;**
    - **n° 4 prove penetrometriche dinamiche continue (DPM30).**

Nella presente si formulano alcune considerazioni finali utili alla comprensione del contesto geologico in cui si inserirà il progetto, alla definizione delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso e alle tipologie fondazionali più idonee per trasmettere al substrato roccioso i carichi delle strutture.

Inoltre si è proceduto alla caratterizzazione sismica del sito in base a quanto prescritto dalle **“Norme Tecniche per le Costruzioni”** di cui al **DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 17 Gennaio 2018**.

## 1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Regione Puglia – Piano Paesaggistico Territoriale Regionale per il paesaggio (PPTR) – Norme Tecniche di Attuazione;
- Autorità Interregionale di Bacino della Puglia - Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico – “Carta del Rischio”;
- Rossi D. (1969) – “Note illustrative della Carta Geologica D’Italia, scala 1:100000, Foglio 203 “Brindisi”;
- Ciaranfi N. et al (1983) - “Carta Neotettonica dell’Italia Meridionale”, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari;
- AA.VV (1999) – “Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture”, Società Geologica Italiana;
- Decreto Ministero LL.PP.11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” (G.U. n.108 del 11/05/2006)
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche” (G.U. n.105 del 08/05/2003).
- Gruppo di Lavoro MPS (2004) – “Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003”. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 “Progetto S1 Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi”
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b “Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale”;
- “Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture” del 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8);
- Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 della Giunta Regionale - Regione Puglia: “Progettazione antisismica anche per progettazioni ricadenti in zona 4....”.

## 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto dell'intervento di potenziale realizzazione dell'impianto di produzione è sita ad est del territorio comunale di San Pancrazio, in un'area in agro di Guagnano e geograficamente riconducibile al punto in essa ricadente di **coordinate geografiche WGS84 Latitudine 40.411993° e Longitudine 17.876413°**.

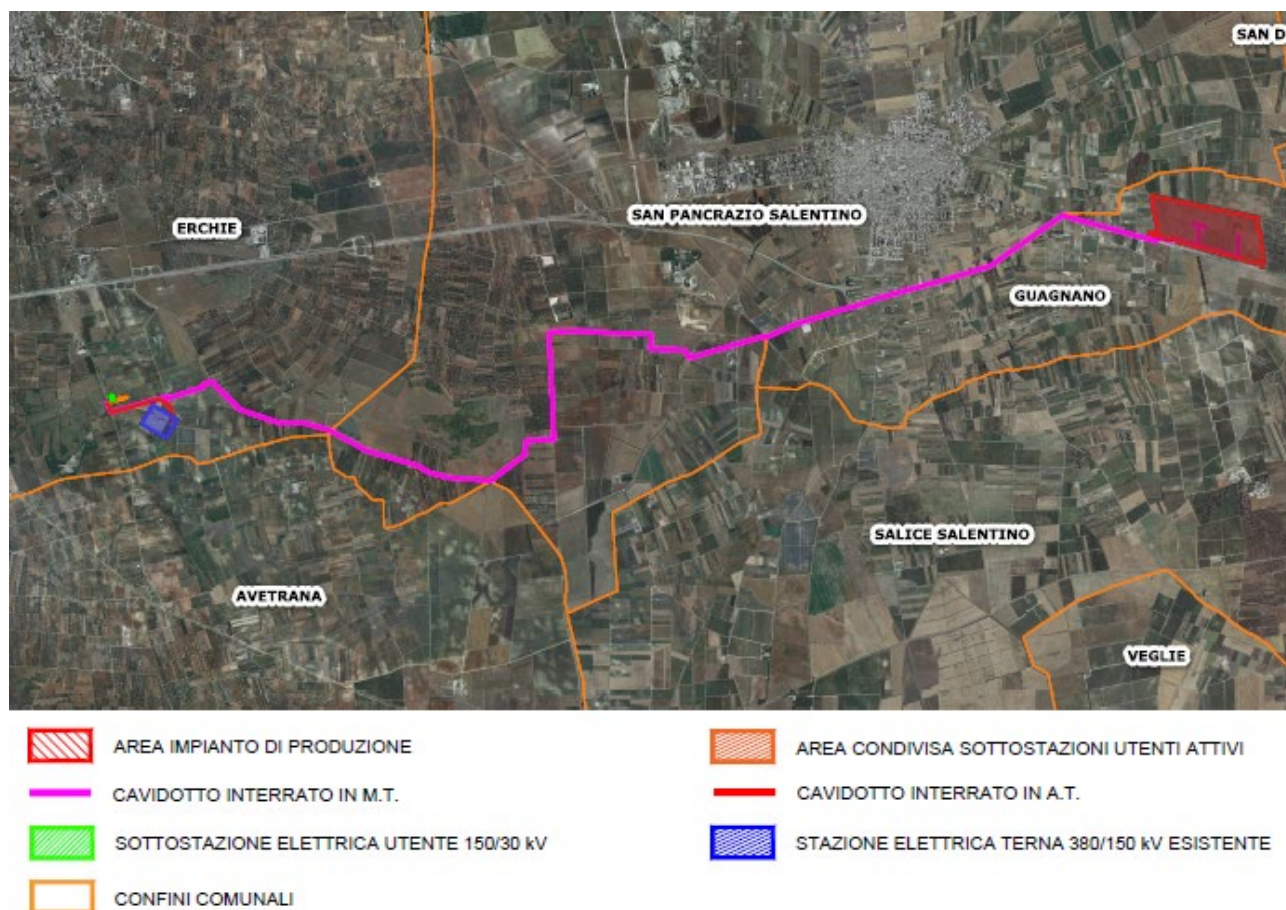


Figura 1 - Inquadramento opere in progetto su Google Earth

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area indagata ricade nel foglio 203 Tavoletta di Brindisi della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000.

La morfologia risulta pianeggiante ed è posizionata ad una quota topografica di variabile da 53 a 65 metri s.l.m..

Il paesaggio fisico è costituito da una depressione alluvionale tabulare; tettonicamente è collocata all'interno di un esteso graben che si allunga in direzione NW-SE ed è delimitata ai lati da due horst, denominati localmente "Serre", dove affiorano le rocce carbonatiche.

L'attuale configurazione geologica è frutto della tettonica distensiva che ha interessato il basamento calcareo durante il Terziario e ha dato vita ad una serie di depressioni in cui si sono deposte in trasgressione le sequenze sedimentarie pleistoceniche.

Il rilievo geologico ha evidenziato la presenza delle seguenti formazioni dal basso verso l'alto:

- **Calcari di Altamura (Cretaceo);**
- **Calcareni di Gravina (Pleist.inf);**
- **Sabbie Pleistoceniche (Pleist. medio-sup).**

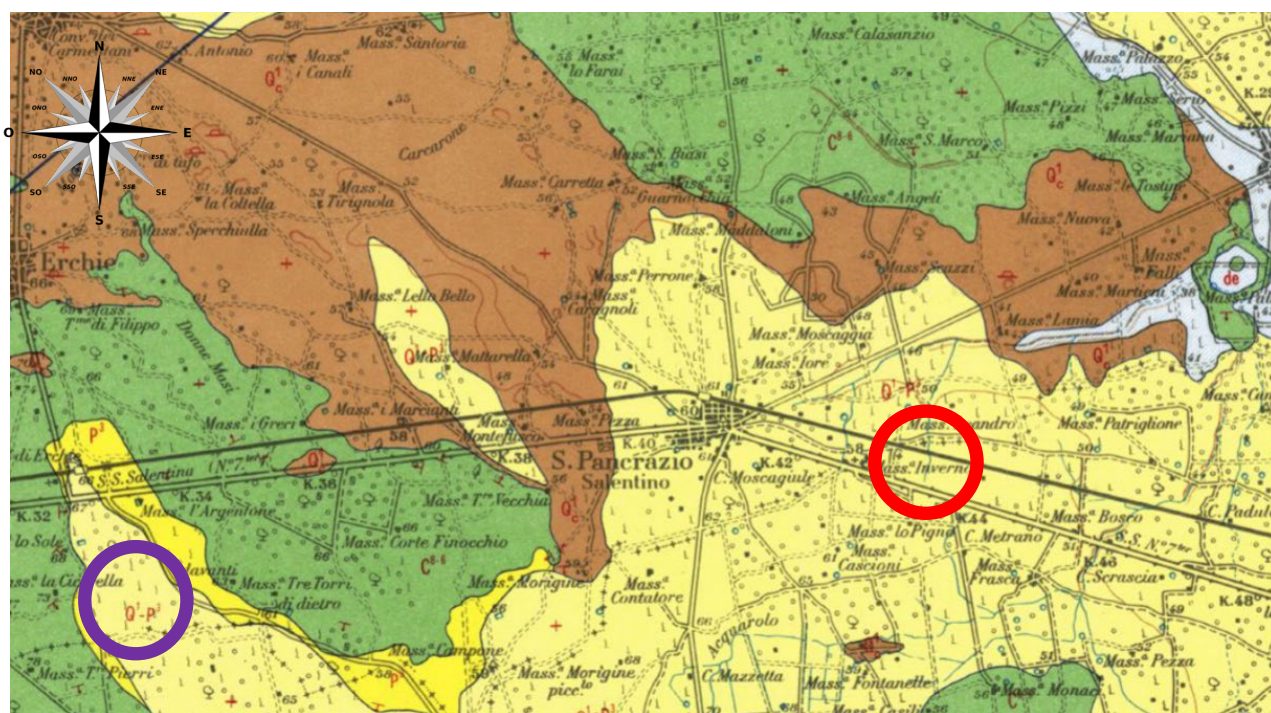
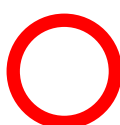


Figura 2 – Stralcio Carta Geologica 1:100.000 (foglio 203 Tavoletta di Brindisi)



Area di impianto



Area sottostazione

Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

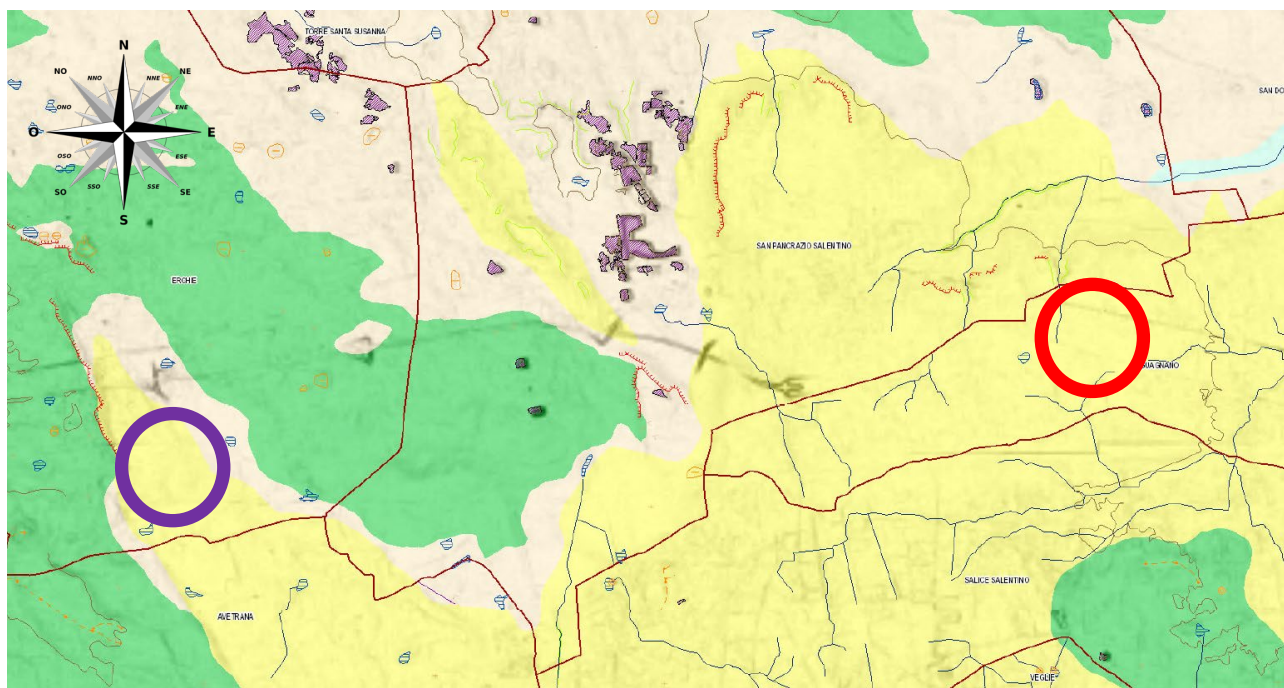


Figura 3 – Carta Geolitologica 1:30.000

### Legenda

-  Calcarei di Altamura
-  Calcareni di Gravina
-  Sabbie Pleistoceniche
-  Area di impianto
-  Area sottostazione



### ***Calcari di Altamura (Cenomaniano-Turoniano)***

Questa formazione è presente in affioramento nella porzione settentrionale dell'area interessata dall'impianto, rappresentando il terreno fondale di parte del cavidotto interrato.

Si rinviene poi anche in profondità dove risulta ribassata per cause tettoniche.

Essa costituisce il basamento della Penisola Salentina, si presenta con stratificazione variabile, ad andamento ondulato con strati di circa 20-30 cm di spessore che, a luoghi, diminuisce sino alla caratteristica struttura a "tavolette" con laminazioni ritmiche.

I Calcari di Altamura sono interessati da una fratturazione subverticale, con diaclasi e leptoclasti che, avendo un andamento normale ai piani di strato, talvolta, rendono la roccia brecciata e scomponibile in solidi di forma geometrica.

Sono presenti, inoltre, strutture fisico-meccaniche secondarie dovute all'azione del carsismo, con fratture e saccazioni riempite di materiale residuale.

Litologicamente si tratta di calcari e calcari dolomitici di colore avana o nocciola, compatti e tenaci, in strati e banchi, talora riccamente fossiliferi, cui si alternano livelli dolomitici di colore grigio o nocciola.

L'origine è biochimica per i calcari e secondaria per le dolomie.

La stratificazione è sempre evidente con strati di spessore variabile da 20 a 50 cm, talora si rinvencono banchi fino a 1.5 metri; l'immersione è verso OSO con pendenze comprese fra 6° ÷ 13°. Alcune piccole variazioni di immersione danno luogo a deboli ondulazioni, mentre la fratturazione, localmente anche intensa, dà origine ad una rete di fessure che conferisce alla formazione suddetta una generale permeabilità in grande.

In base ai dati forniti dall'AGIP, in seguito alla perforazione petrolifera vicino Ugento, lo spessore massimo si aggira intorno ai 640 metri. Alla base di tale formazione si rinvencono le "Dolomie di Galatina". Il passaggio fra le due formazioni avviene con molta gradualità, infatti con l'aumentare della profondità tende ad aumentare la percentuale di dolomia, fino a diventare prevalente nelle Dolomie di Galatina.

Per quanto riguarda il loro ambiente deposizionale, esso è di mare poco profondo più esattamente di piattaforma. Inoltre, dato che presenta spessori abbastanza potenti, appare chiaro che l'ambiente di sedimentazione ha potuto mantenersi pressoché immutato per effetto di una costante subsidenza.

### ***Calcareniti di Gravina (Pleistocene inf.)***

In questa unità vengono riuniti tutti i sedimenti noti con il termine generico di "Tufi".

Questa formazione è assimilabile, per caratteristiche litologiche, sedimentologiche e stratigrafiche, alle Calcareniti di Gravina (Ba); da esse infatti prendono anche il nome.

Litologicamente si tratta di una calcarenite più o meno compatta, grigio-chiara, cui si associano sabbioni calcarei talora parzialmente cementati, eccezionalmente argillosi. Verso la base dell'unità si rinvencono alle volte delle brecce e conglomerati con estensione e potenza molto variabile.

Il contenuto del carbonato di calcio è in genere elevato ed oscilla tra il 97-98%.

Per quanto riguarda la stratificazione è spesso indistinta e quando essa appare si hanno strati poco potenti da qualche centimetro ad oltre un metro. Il passaggio di essa con le formazioni sottostanti avviene per trasgressione, lo testimoniano le brecce e i conglomerati che troviamo alla base di essa.

Al tetto della formazione si rinvencono le argille grigio- azzurre.

La stratificazione è in genere incrociata, in accordo con il suo ambiente deposizionale.

### ***Sabbie (Pleistocene medio)***

Le Sabbie rappresentano il terreno fondale di per l'area dell'impianto e per l'area di sottostazione. Si rinvencono in affioramento anche in corrispondenza della SE Terna - Erchie.

Si tratta di depositi sabbiosi di natura micacea che affiorano estesamente su tutta l'area indagata.

Costituiscono il termine di chiusura del ciclo sedimentario post- calabriano

Tale deposito sabbioso risulta variamente costituito e potente da luogo a luogo delle zone di affioramento, andando dall'area ofantina a quella premurgiana e a quella salentina. In quest'ultima area, l'articolazione e frammentazione dei bacini di sedimentazione, ha prodotto la differente costituzione litologica, con riferimento alla presenza e alla frequenza di livelli arenacei, limosi e/o argillosi, calcarenitici, nell'ambito dei depositi sabbiosi.

Per quanto riguarda specificatamente l'area rilevata, tale deposito è costituito da sabbie sciolte, solo localmente contenenti livelli cementati.

Il colore è giallo-paglierino, la grana prevalentemente fine ed uniforme.

Poggiano con continuità di sedimentazione sulle Calcareniti di Gravina e a volte tra le due formazioni si rinviene un deposito argilloso, che stratigraficamente, si pone nella parte mediana del Ciclo sedimentario Plio- pleistocenico.

## 4 IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Sono presenti due falde idriche sotterranee distinte: una superficiale, contenuta nelle sabbie e sostenuta dalle argille, l'altra, più cospicua, denominata "profonda" è contenuta nelle masse calcaree-dolomitiche cretacee.

In base ai caratteri litologici delle formazioni, alle loro caratteristiche giacaturali e ai rapporti di posizione, la circolazione idrica si esplica attraverso due livelli, il più consistente dei quali è localizzato in corrispondenza dei calcarei cretacei ed è denominato "acquifero di base" in quanto la falda in esso contenuta è sostenuta dall'acqua marina di intrusione continentale. Lo studio di quest'ultima non è stato approfondito in quanto è presente ad una profondità tale da non interferire con le opere fondali della struttura in esame.

Da un rilievo idrogeologico eseguito nelle immediate vicinanze dell'area indagata, non si è rinvenuta una falda superficiale alla profondità di interesse geotecnico delle opere in progetto. Il livello di base è costituito dalle sottostanti argille grigio-azzurre che ne condizionano anche l'estensione areale, mentre l'andamento della superficie piezometrica è all'incirca parallelo alla superficie topografica.

Il gradiente idraulico varia tra lo 0.4 e l'1.2 %. Le portate sono basse (0.5 l/sec), mentre le portate specifiche oscillano tra 10 e 30 l/sec\*m. Il contenuto salino oscilla tra 0.3-0.5 gr/l.

Il gradiente idraulico, come emerge dai numerosi rilievi effettuati sui pozzi esistenti, è di 2.5 metri e tende progressivamente a ridursi verso E con una cadente piezometrica dell'ordine dello 0.015 %, fino ad annullarsi del tutto sulla costa dove dà vita ad una serie di sorgenti sottomarine.

La fitta rete di fessure e cavità che interessa l'ammasso carbonatico cretaceo, fa sì che al suo interno possa aversi circolazione idrica.

Tale falda viene alimentata tramite le infiltrazioni dalla superficie di acque piovane e trova il suo naturale equilibrio attraverso gli sversamenti che avvengono in corrispondenza della linea di costa, dove le acque arrivano in virtù di un gradiente idraulico diretto dalle zone interne verso la costa.

Il livello di base su cui tale circolazione si esplica, è rappresentato dalla superficie delle acque marine di invasione continentale sulle quali l'acqua dolce di falda galleggia grazie alla sua minore densità.

I rapporti tra i due tipi di acque sono regolati dalla legge di Ghyben-Herzberg; essa lega lo spessore della parte dolce di acquifero al carico piezometrico; in forma semplificata ma più che sufficientemente approssimata si ha:

$$h = 40 * t$$

dove **h** è lo spessore e **t** il carico piezometrico.

La separazione tra le acque dolci e quelle marine, non è netta, ma avviene attraverso una zona di transizione in cui la salinità dell'acqua dolce aumenta gradualmente sino a raggiungere valori tipici

dell'acqua marina. Normalmente si ritiene che la parte dolce di un acquifero abbia uno spessore espresso dalla seguente relazione:

$$h = 30 * t$$

Nell'area direttamente interessata il carico piezometrico è circa 3,5 metri s.l.m.m. (Fig. 4 dal PTA); ciò comporta, secondo la relazione riportata precedentemente, uno spessore della parte dolce di acquifero intorno ai 105,00 metri.

La falda profonda è presente alla profondità di circa 50,00 metri dal piano campagna, si esclude pertanto qualsiasi interferenza con le opere in progetto.

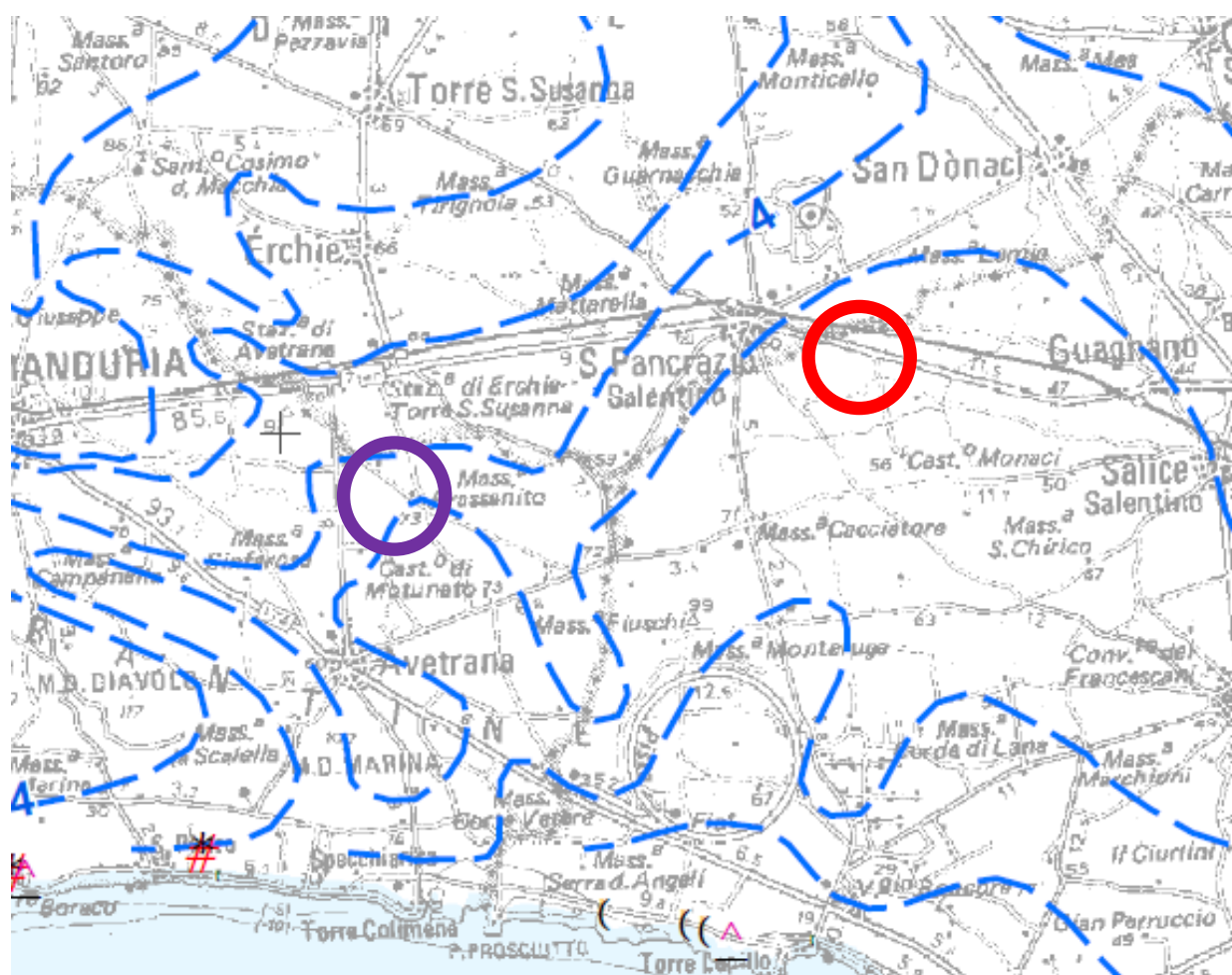


Figura 4 - Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento (Tav. 6.2 del P.T.A.)

## 5 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE PUGLIA (P.A.I.)

L'autorità di Bacino della Regione Puglia, individua nel territorio regionale le seguenti aree:

### **Aree a pericolosità da frana:**

- ***PG3 aree a pericolosità da frana molto elevata***
- ***PG2 aree a pericolosità da frana elevata***
- ***PG1 aree a pericolosità da frana media e moderata***

### **Aree a pericolosità idraulica:**

- ***AP aree ad alta probabilità di inondazione***
- ***MP aree a moderata probabilità di inondazione***
- ***BP aree a bassa probabilità di inondazione***

### **Aree a rischio:**

- ***R4 aree a rischio molto elevato***
- ***R3 aree a rischio elevato***
- ***R2 aree a rischio medio***
- ***R1 aree a rischio moderato***

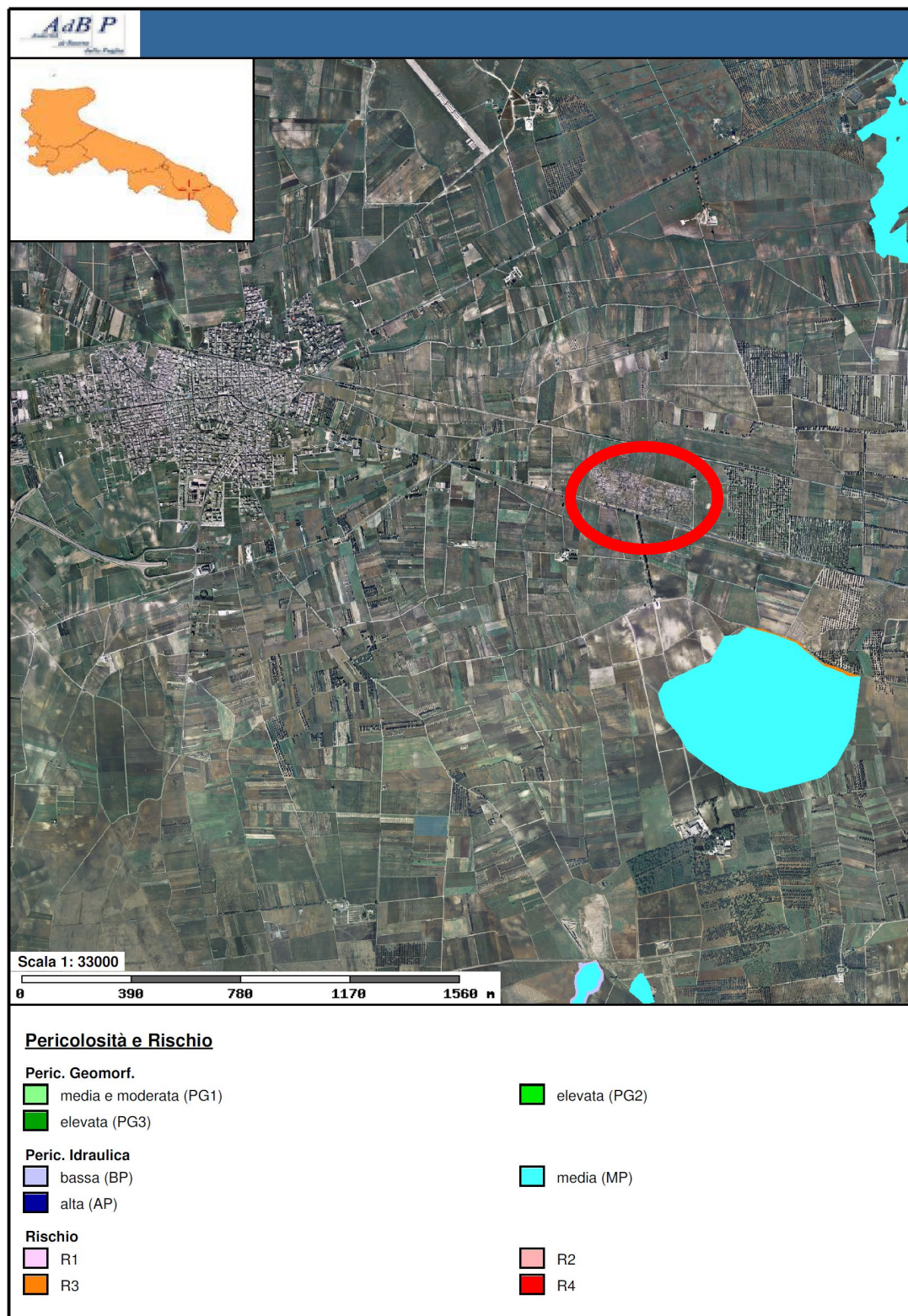


Figura 5 - Dal sito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia

L'area d'intervento non ricade in alcuna delle perimetrazioni sopra distinte.

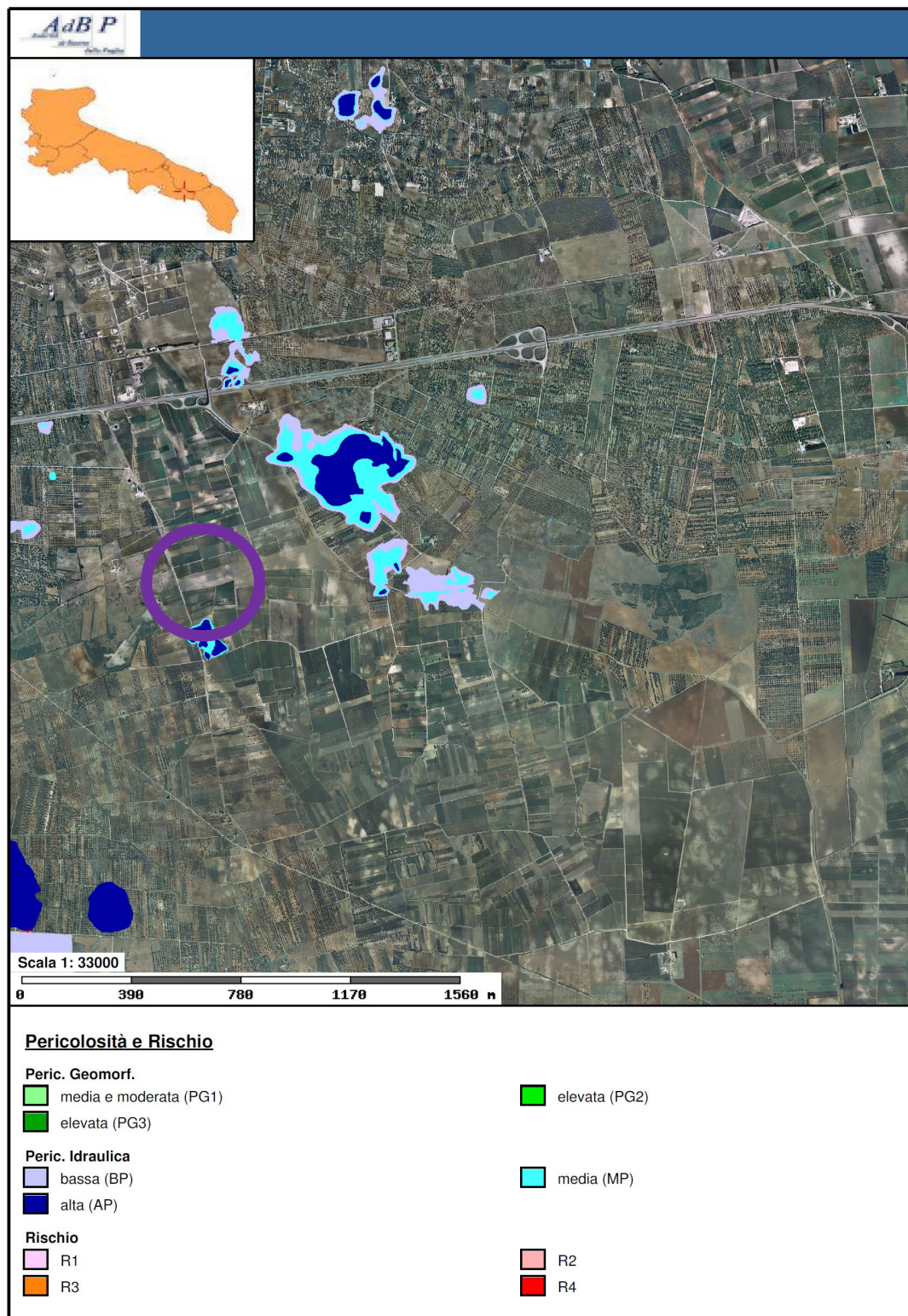


Figura 6 - Dal sito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia

L'area d'intervento non ricade in alcuna delle perimetrazioni sopra distinte (Fig. 6).

## 6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le attività riguardanti la campagna geognostica, eseguite dal sottoscritto dal 21/07/2020 al 27/07/2020, sono rappresentate da:

- n° 5 profili sismici a rifrazione & M.A.S.W (vedi Allegato 1);
- n° 4 prove penetrometriche dinamiche continue -DPM30- (vedi Allegato 2).

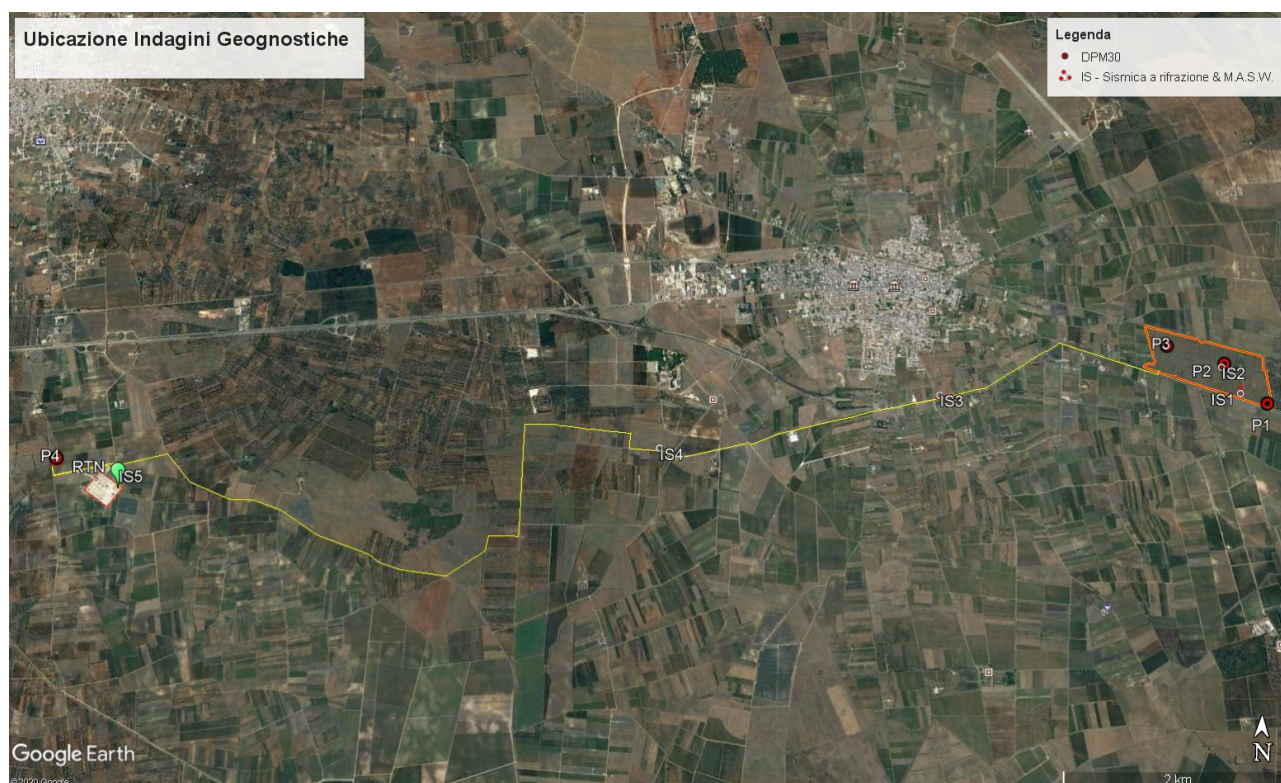


Figura 7 - Ubicazione indagini geognostiche

L'area dell'impianto di progetto ha previsto l'esecuzione di n°3 DPM30 e n° 2 indagini sismiche.

L'area di sottostazione è stata caratterizzata da n° 1 DPM30 e n° 1 indagine sismica.

Le restanti 2 indagini sismiche, sono state realizzate lungo il tracciato in progetto del cavidotto interrato. Le ubicazioni sono presenti nei rispettivi allegati.

### 6.1 INDAGINI SISMICHE

#### 6.1.1 MASW

Per la classificazione dei terreni secondo quanto imposto dalla Nuova Normativa antisismica (Ordinanza n° 3274 e Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018) sono stati acquisiti i dati sismici lungo l'allineamento geofonico posizionato sul punto indicato dalla D.L.



L'indagine, finalizzata alla determinazione del profilo verticale di velocità delle Onde di taglio (Onde S), è stata condotta secondo la metodologia MASW. I risultati ottenuti sono meglio illustrati in allegato.

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) rappresenta una tipologia d'indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misurazione della velocità delle onde superficiali fatta in corrispondenza di uno stendimento di geofoni disposti sulla superficie libera del terreno.

Questa tipologia d'indagine, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità mediante lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, nell'analisi sismica effettuata con la metodologia MASW si studiano solamente le onde di superficiali di Rayleigh, trascurando gli effetti dovuti alle onde di volume, alle riflesse o alle rifratte, sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, oltre alle onde superficiali.

Com'è noto, la scelta di analizzare le sole onde di Rayleigh è determinata dal fatto che queste trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente e che, allontanandosi dalla sorgente, subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV in quanto esse si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

In sintesi, il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, poiché queste viaggiano con una velocità correlabile alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle stesse.

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo ovvero la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi del suolo.

Il metodo d'indagine MASW, è una metodologia d'indagine del tipo attivo, nel quale le onde superficiali sono indotte o generate artificialmente mediante l'impatto di un grave sulla superficie del suolo e misurate lungo uno stendimento lineare di sensori.

Questo consente di ottenere una curva di dispersione sperimentale apparente, generalmente nell'intervallo di frequenze compreso tra 4.5Hz ÷ 80Hz; il metodo, pertanto, permette di ottenere

informazioni indirette sulla parte del sottosuolo compresa entro i primi 30÷50 metri circa dal piano campagna, in funzione della rigidità o rigidezza sismica dei litotipi costituenti il sottosuolo.

La fase di elaborazione è stata effettuata avvalendosi di software specifici che, opportunamente guidati, hanno proceduto secondo il seguente processo:

- i dati sperimentali, acquisiti in formato residente dell'hardware utilizzato, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Geopsy);
- trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity- frequency (c-f)" che analizza e visualizza sul grafico la quantità di energia prodotta dalla propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica;
- picking dello spettro di frequenze nella curva di dispersione (ovvero individuazione dei punti costituenti la curva sperimentale);
- ottimizzazione del modello interpretativo (con eventuali variazioni del modello di partenza) sino ad ottenere il miglior fitting con i valori sperimentali;
- determinazione del profilo di velocità delle Vs, calcolo della velocità media ponderata per i primi metri di profondità  $V_{s_{eq}}$  e individuazione della categoria sismica del suolo (D.M. 17.01.2018).

### 6.1.2 SISMICA A RIFRAZIONE

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e

il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ .

La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

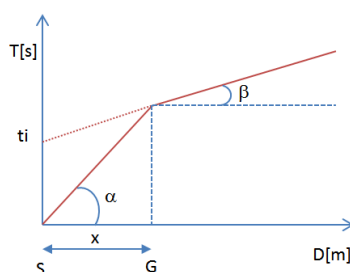
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

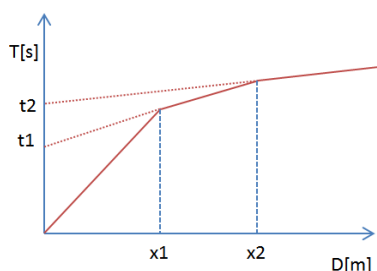
I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega

a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.



Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

### 6.1.3 HARDWARE SOFTWARE

Le onde rilevate dai geofoni sono state registrate per mezzo di un sismografo PASI modello Gea 24.

Le principali specifiche tecniche sono di seguito riportate:

SPECIFICHE TECNICHE GEA 24	
Numero di canali	24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.
Conversione Dati	Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)
Intervallo Campionamento	Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.
Lunghezza Acquisizione	27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue
Guadagno Preamp.	0/52 dB, selezionabile via software
Stacking	Numero di stacking illimitato
Impedenza di ingresso	2M $\Omega$ // 22nF
Range Dinamico	144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)
Distorsione	0.007% @16kHz
Largh.Banda -3dB Largh.Banda +/- 0.1dB	6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps 3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps
Filtri	Passa Basso: 125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz
Filtri "Notch"	50-60Hz + armoniche
Trigger	Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software
Visualizzazione Tracce	Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile
Noise-monitor	Tutti i canali + trigger
Canale AUX (ausiliario)	1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)
Interfaccia comunicazione	1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)
Formato Dati	SEG2, SAF (altri formati su richiesta)
Alimentazione	5VDC da USB, 0.25A
Temp.operativa/stoccaggio	-30°C to +80°C
Umidità	80% umidità relativa, non condensante
Dimensioni	24cm x 19.5cm x 11cm
Peso	2 Kg

Associato al sismografo è stato utilizzato anche il seguente hardware:

- cavi sismici da 12 tracce con connettori per geofoni e spaziatura max 5 m;
- geofoni verticali da 4,5 Hz;
- geofono starter (trigger);
- mazza battente da 8 kg;
- piattello di battuta in alluminio (dim. 20 x 20 x 5 cm);
- pc portatile.

Il sismografo è gestito tramite il software Pasi Gea 24 su PC portatile e sul cui SSD sono memorizzati i dati. L'interpretazione dei dati è stata eseguita con i software Easy Masw e Easy Refract della GeoStru.

## 6.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

La prova penetrometrica dinamica è “puntuale” ma continua, le caratteristiche dei sedimenti attraversati risultano suddivise e calcolate per tratti decimetrici. È stato utilizzato un penetrometro Sunda DL030.

Negli istogrammi ottenuti, il numero dei colpi N riportato sulle ascisse è espresso in funzione di H riportato sulle ordinate. Il valore N rappresenta i colpi necessari per infiggere nel terreno, per tratti di 10cm, delle aste di ferro lunghe un metro e del peso di 2.4Kg. Alla loro base è inserita una punta a sezione conica dalle caratteristiche geometriche standardizzate ( $A = 10\text{cm}^2$ ,  $\phi = 60^\circ$ ).

Sull'estremità superiore della batteria di aste poggia una piastra rigida su cui cade ripetutamente, da una altezza standardizzata di 20cm, una massa battente  $M = 30\text{Kg}$ .

Il valore H, riportato sulle ordinate di ciascun istogramma, è la profondità di indagine suddivisa in tratti decimetrici.

L'esame dell'andamento dell'istogramma ottenuto, permette il riconoscimento e quindi la differenziazione dei terreni incoerenti da quelli coerenti. Questo è possibile per la loro diversa modalità di rottura. Dai valori di N, si ottengono le indicazioni necessarie per definire le varie caratteristiche meccanico-fisiche del sottosuolo alla profondità in cui dovrà operare.

In base al valore di N considerato applicando la formula degli Olandesi, è possibile ricavare la resistenza di rottura dinamica ( $R_d$ ) del terreno:

$$R_d = \frac{M^2 \cdot h}{A \cdot \frac{10}{N} (M + P)}$$

Dove:

$M = 30\text{kg}$  (peso del maglio)

$h = 20\text{ cm}$  (altezza di caduta costante di M)

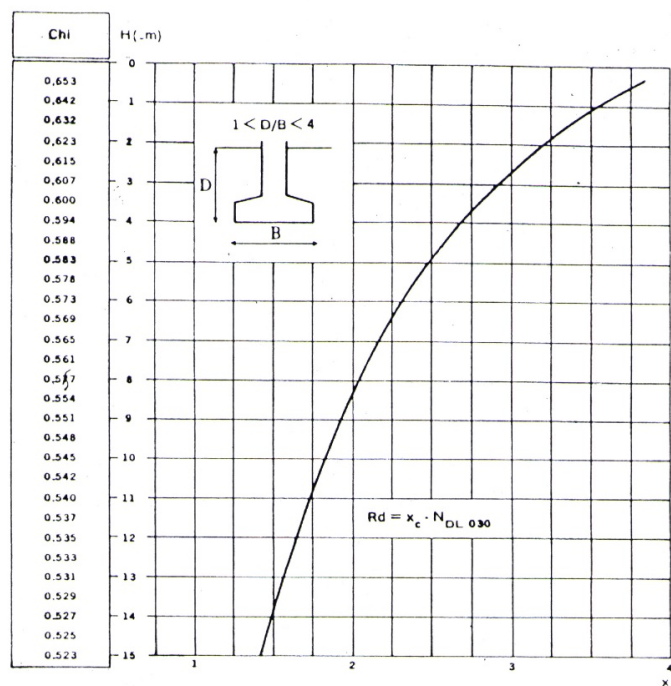
$A = 10\text{ cm}^2$  (sezione della punta conica)

$10/N\text{ cm}$  (con N corrispondente al numero di colpi per ogni approfondimento di 10 cm)

$P = 2.4\text{ kg/ml}$  (peso delle aste).

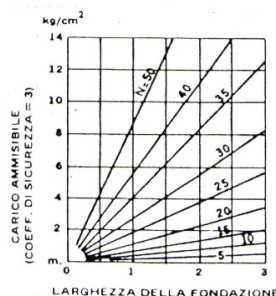
Moltiplicando il valore di  $R_d$  ottenuto, per un valore correttivo CHI, caratteristico dello strumento e tabulato in funzione della profondità, si otterrà  $R_d^*$ .

Dalla  $q_{am} = R_d^*/20$ , è possibile ottenere (con un coefficiente di sicurezza  $\mu = 3$ ) il carico ammissibile che si può attribuire allo “strato” di terreno preso in considerazione.



$$Rd = \frac{M^2 h}{A \cdot 10 (M+P) N}$$

$$R^*d = Rd \cdot Chi$$



Nel calcolo dei parametri fisico meccanici si è tenuto conto dei tratti a minore resistenza che dovrebbero rappresentare i parametri più cautelativi da adottare.

I valori ottenuti alle diverse profondità di indagine, consentono, (attraverso le numerose correlazioni di letteratura specifica) l'elaborazione per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche e di portanza dei sedimenti attraversati.

**Si riportano in Allegato 2 i diagrammi delle prove penetrometriche eseguite.**

## 7 MODELLAZIONE GEOLOGICO - TECNICA DEL SOTTOSUOLO

In merito alla caratterizzazione geotecnica ed alle indagini geotecniche, si rappresenta che è responsabilità e compito del progettista quella di definire la modellazione geotecnica del volume significativo di terreno, che ai sensi del paragrafo 6.2.2 del D.M. 17.01.2018 può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, fermo restando la piena responsabilità del progettista circa le ipotesi e le scelte progettuali.

Pertanto,  **i parametri meccanici dei terreni** di riferimento sono inseriti nella relazione geologica come riferimento per il progettista che per suo conto potrà stabilire, sotto la propria responsabilità, se ritenerli idonei oppure predisporre ulteriori indagini integrative.

In definitiva, integrando i dati derivanti da tutte le indagini di riferimento, è possibile stabilire schematicamente il **modello geologico del sottosuolo e la stima dei parametri meccanici** per le due aree principali di progetto.

### AREA DI IMPIANTO

Nella seguente area, a seguito delle indagini sismiche (IS1 e IS2) e DPM30 (P3) eseguite, si individuano due strati, di seguito caratterizzati:

strato	Prof. (m)	V <sub>s</sub> (m/s)	V <sub>p</sub> (m/s)	v	E <sub>y</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>ed</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	γ (t/m <sup>3</sup> )	φ (°)	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] terreno vegetale sabbioso	0 m – 1,3/1,6 m	150	300	0,33	134,20	49,77	19,34	31,32	0,79
[2] sabbie addensate con livelli calcarenitici	1,3/1,6 m – 5,0/7,0 m	420	800	0,30	219,15	91,06	20,84	36,07	1,93

Parametro ottenuto per correlazioni ricavate dalle indagini sismiche

Parametro ottenuto per correlazioni ricavate dalle indagini penetrometriche

In cui:

v: indice di Poisson;

E<sub>y</sub>: modulo di Young;

E<sub>ed</sub>: modulo edometrico;



$\gamma$ : peso unità di volume;

$\varphi$ : angolo d'attrito interno;

Cu: coesione non drenata.

### AREA SOTTOSTAZIONE

Nella seguente area, a seguito dell'indagini sismiche (IS5) e DPM30 (P4) eseguite, si individuano quattro strati, di seguito caratterizzati:

strato	Prof. (m)	V <sub>s</sub> (m/s)	V <sub>p</sub> (m/s)	v	E <sub>y</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>ed</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] terreno vegetale sabbioso	0 m – 0,50 m	80	160	0,34	101,05	33,66	17,96	29,46	0,35
[2] sabbie limose	0,50 m – 1,5/2,0 m	190	350	0,33	134,10	49,72	19,34	31,31	0,79
[3] limi argillosi	1,5/2,0 m – 2,5/3,0 m	265	500	0,34	68,50	31,44	18,42	29,92	0,46
[4] sabbie limose	2,5/3,0 m – 5,0 m	395	740	0,33	120,35	43,04	18,89	30,54	0,61
[5] sabbie grossolane debolmente limose	5,0 m – 6,2 m	410	770	0,32	150,75	57,81	19,76	32,24	1,02

Parametro ottenuto per correlazioni ricavate dalle indagini sismiche

Parametro ottenuto per correlazioni ricavate dalle indagini penetrometriche

In cui:

v: indice di Poisson;

E<sub>y</sub>: modulo di Young;

E<sub>ed</sub>: modulo edometrico;

$\gamma$ : peso unità di volume;

$\varphi$ : angolo d'attrito interno;

Cu: coesione non drenata.

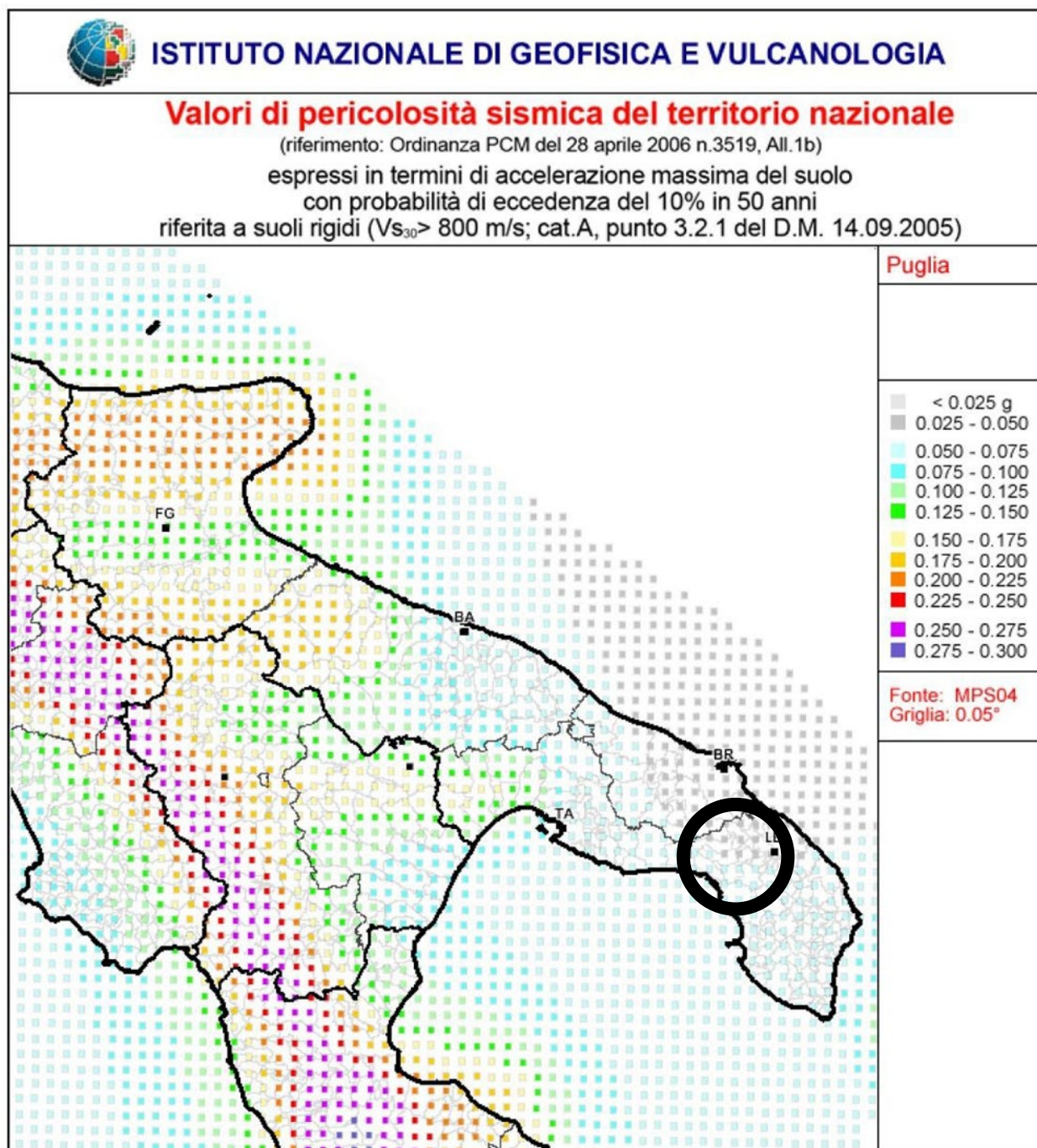
## 8 MODELLAZIONE SISMICA

I territori comunali di GUAGNANO, SAN PANCRAZIO SALENTINO ed ERCHIE non erano classificati sismici ai sensi del D.M. 19.03.1982.; l'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 ha riclassificato l'intero territorio nazionale. In tale quadro i Comuni di GUAGNANO, SAN PANCRAZIO SALENTINO ed ERCHIE ricadono in Zona Sismica 4.

Di seguito si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g/g$ ]
<b>1</b>	<b><math>&gt; 0.25</math></b>	<b>0.35</b>
<b>2</b>	<b><math>0.15 - 0.25</math></b>	<b>0.25</b>
<b>3</b>	<b><math>0.05 - 0.15</math></b>	<b>0.15</b>
<b>4</b>	<b><math>&lt; 0.05</math></b>	<b>0.05</b>

Nelle NTC, l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Il primo passo consiste nella determinazione di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Tali valori sono forniti dall'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV) in base agli studi del Gruppo di Lavoro MPS (2004), che ha provveduto alla redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 riportata nel Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici) - Fig. 8 -.



*Figura 8 – Stralcio Mappa della pericolosità sismica*

Secondo le nuove **NTC 2018** per quanto riguarda l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con

$h_i$  = spessore dello stato isesimo

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

$N$  = numero di strati

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Il caso in esame ricade nella categoria topografica T1.

Le categorie di sottosuolo individuate dalle NTC 2018 sono le seguenti:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

## **AREA DI IMPIANTO**

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock “geofisico” si riportano i risultati delle 2 masw nell’area:

$V_{s_{eq}} = 340.06$  m/sec: il suolo di fondazione rientra nella **categoria E** (*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m).

$V_{s_{eq}} = 401.41$  m/sec: il suolo di fondazione rientra nella **categoria B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s).

## **AREA SOTTOSTAZIONE**

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock “geofisico”:

$V_{s_{eq}} = 533.72$  m/sec: il suolo di fondazione rientra nella **categoria B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s).

## 9 CONCLUSIONI

Le indagini svolte in questo studio (rilevamento geologico di superficie; analisi delle litologie affioranti; analisi stratigrafiche attraverso indagini geognostiche; caratteristiche morfologiche ed idrogeologiche; caratterizzazione geotecnica e sismica preliminare dei terreni di fondazione) hanno permesso di accertare quanto segue:

- i terreni superficiali sia dell'area di impianto che dell'area di sottostazione, presentano un'alternanza di sabbie sciolte e banchi calcarenitici, che esprimono valori di portanza medio-bassa;
- i terreni superficiali incontrati dal cavidotto lungo il tracciato, sono molto simili ai precedenti eccezion fatta per la parte intermedia dove si rinvencono in affioramento rocce calcaree (vedi IS4);
- assenza di movimenti gravitativi in atto o potenziali che possono interessare l'equilibrio geostatico generale;
- non si è riscontrata interferenza con un eventuale falda superficiale;
- le opere da realizzare saranno collocate al di fuori degli areali di pericolosità cartografati negli elaborati del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia, l'area in oggetto è infatti esclusa sia da quelle a Pericolosità Geomorfologica e sia da quelle a Pericolosità Idraulica;
- dall'analisi del parametro velocità equivalente ottenuto dalle indagini sismiche effettuate nelle vicinanze di quello di intervento, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è possibile classificare preliminarmente i terreni che costituiranno il piano di posa delle future fondazioni nella categoria E e B di cui alla tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018 (vedi Allegato 1 e paragrafo 8).

Al fine di poter caratterizzare dal punto di vista geotecnico e sismico puntuale, i terreni di fondazione sui quali si scaricheranno le sollecitazioni dei manufatti da realizzare, ai fini della scelta e dimensionamento delle soluzioni fondali e per le verifiche della sicurezza e delle prestazioni, identificazione dei relativi stati limite, da effettuarsi nella Relazione Geotecnica, ai sensi delle NTC 2018, sono state eseguite delle specifiche indagini geognostiche:

- n°5 rilievi sismici a rifrazione in onda P (2 a 24 canali con di lunghezza pari a 50 ml e 3 a 12 canali di lunghezza pari a 18 ml), con interpretazione dei dati di velocità sismica in onda P;
- n°5 prospezioni sismiche con tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) sulla medesima traccia delle prospezioni a rifrazione, per ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica rispetto all'allineamento citato;

- n.4 prove Penetrometriche Dinamiche continue equamente distribuite lungo l'area interessata dal progetto;

Sono stati riportati (nel paragrafo 7) i parametri geotecnici ottenuti dalle indagini geognostiche dirette e indirette. Quindi, i parametri meccanici dei terreni sono inseriti nella relazione geologica come riferimento per il progettista che per suo conto potrà stabilire, sotto la propria responsabilità, se ritenerli idonei oppure predisporre ulteriori indagini integrative. Nell'esprimere parere favorevole alla fattibilità delle opere previste in progetto, si afferma che l'area sulla quale saranno realizzati i manufatti presenta caratteristiche positive per quanto riguarda gli aspetti geologici e idrogeomorfologici.

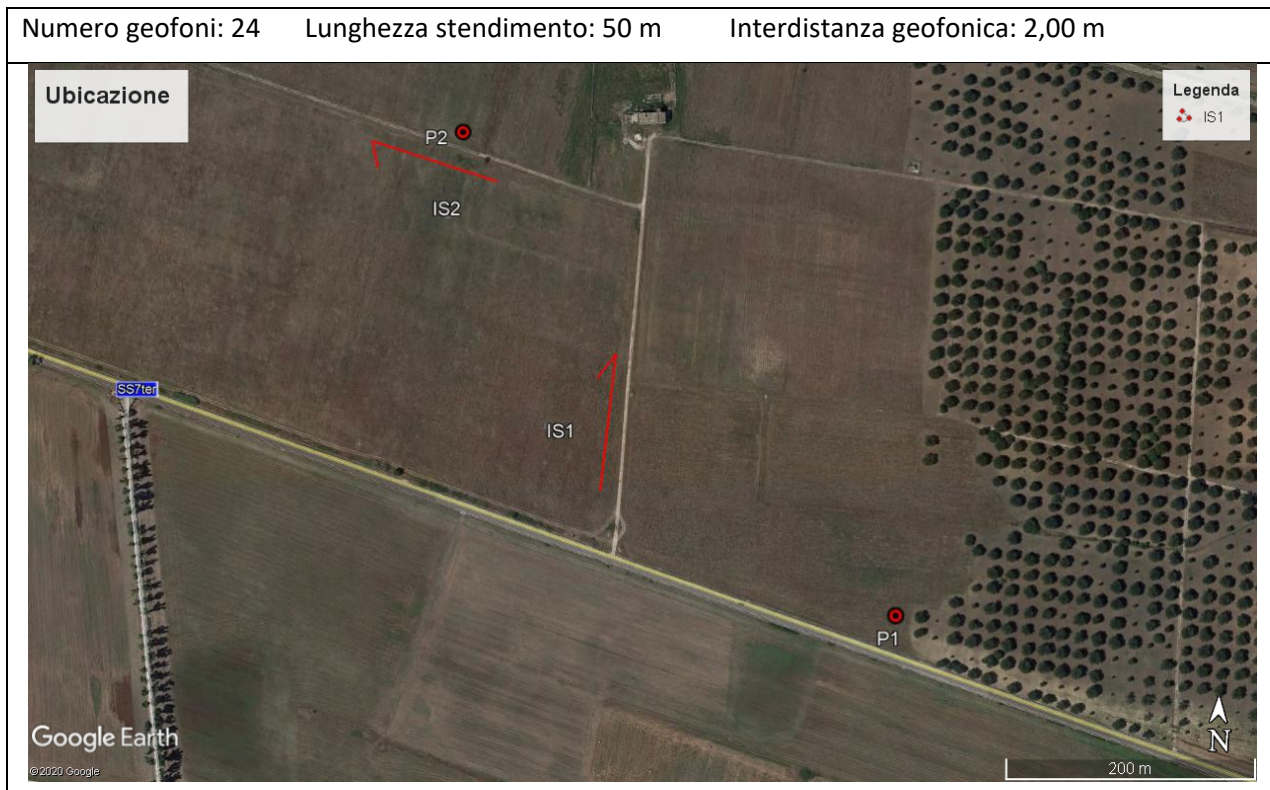
# ALLEGATO 1

## *INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE & M.A.S.W.*



# IS1

Numero geofoni: 24    Lunghezza stendimento: 50 m    Interdistanza geofonica: 2,00 m



Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)



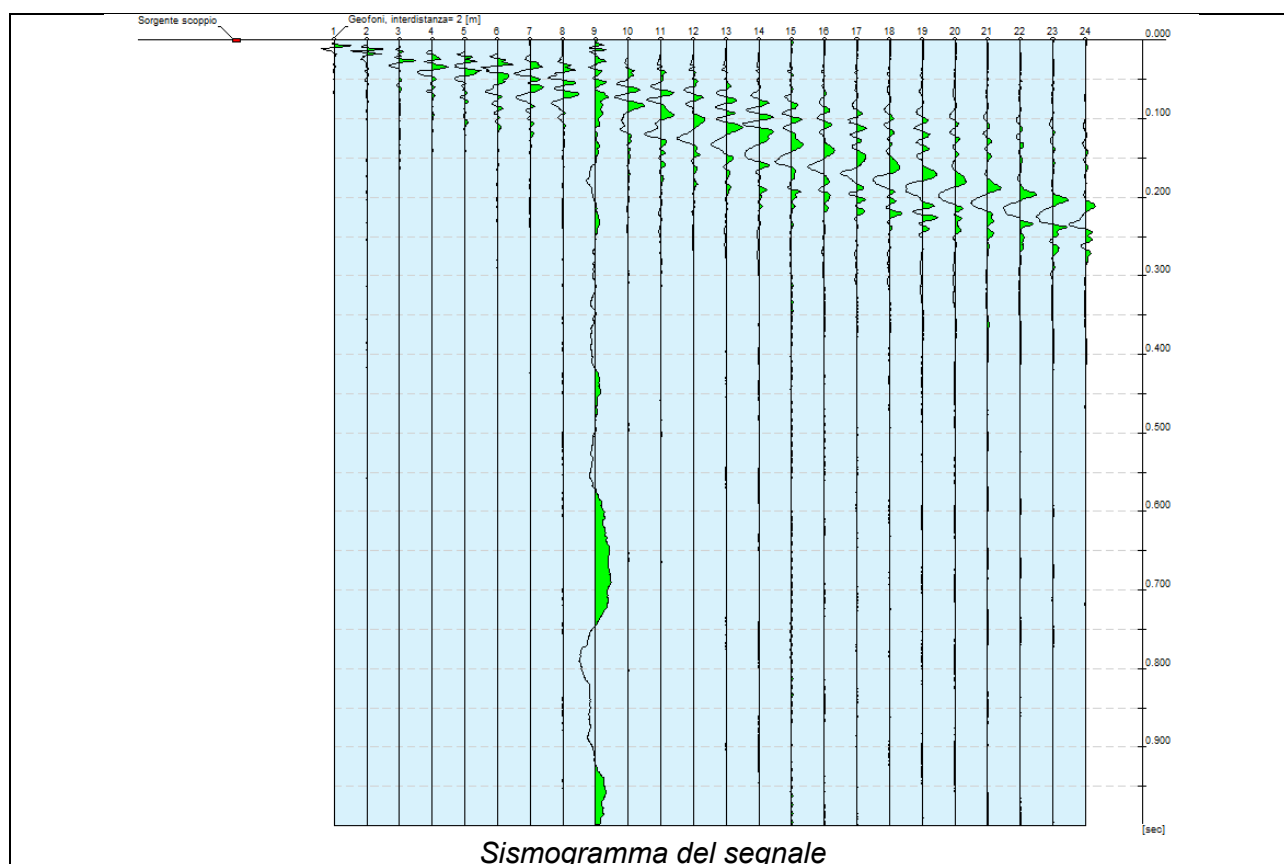
### INDAGINE M.A.S.W.

N. tracce 24

Durata acquisizione [msec] 1000.0

Interdistanza geofoni [m] 2.00

Periodo di campionamento [msec] 1.00



Progettazione :

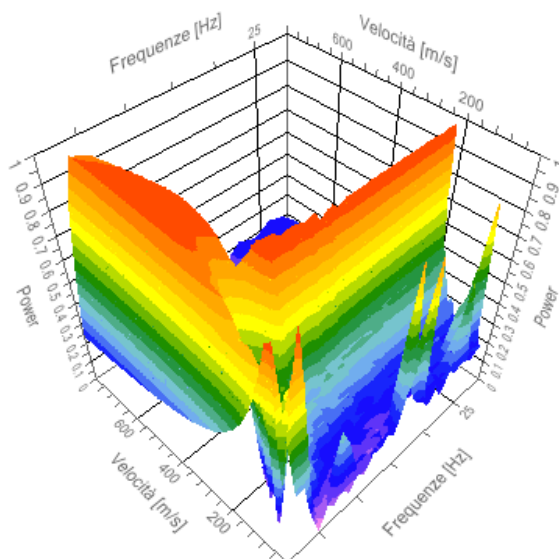


IA.ING S.r.l.  
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1  
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 30  
 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	10.3	293.7	0
2	11.3	282.0	0
3	12.5	442.9	1
4	12.5	252.7	0
5	13.3	252.7	0
6	13.8	425.4	1
7	14.3	238.1	0
8	14.5	399.0	1
9	15.1	238.1	0
10	15.2	387.3	1

**Progettazione :**



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

11	15.9	232.2	0
12	16.0	375.6	1
13	16.8	223.4	0
14	17.1	366.8	1
15	17.3	565.9	2
16	17.5	223.4	0
17	17.9	349.3	1
18	18.0	536.6	2
19	18.4	223.4	0
20	18.5	504.4	2
21	18.8	483.9	2
22	19.3	346.4	1
23	19.4	214.7	0
24	19.4	475.1	2
25	19.7	466.4	2
26	20.1	454.6	2
27	20.2	214.7	0
28	20.2	334.6	1
29	20.7	442.9	2
30	20.9	331.7	1
31	20.9	214.7	0
32	21.2	434.2	2
33	21.6	431.2	2
34	21.9	214.7	0
35	22.2	425.4	2
36	22.7	211.7	0
37	22.8	416.6	2
38	23.7	642.0	3
39	23.9	205.9	0
40	24.0	402.0	2
41	24.4	618.5	3
42	24.5	205.9	0
43	25.2	603.9	3
44	25.2	399.0	2
45	25.6	208.8	0

**Progettazione :**



**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

46	25.7	580.5	3
47	25.8	390.3	2
48	26.2	565.9	3
49	26.3	381.5	2
50	26.8	548.3	3
51	27.0	536.6	3
52	27.5	527.8	3

**Inversione**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.66	1.66	1800.0	0.30	No	309.2	165.3
2	2.74	1.08	1800.0	0.30	No	386.9	206.8
3	4.73	1.99	1800.0	0.30	No	477.4	255.2
4	8.46	3.72	1800.0	0.30	No	504.3	269.6
5	9.97	1.51	1800.0	0.30	No	593.5	317.2
6	14.43	4.46	1800.0	0.30	No	713.1	381.2
7	17.72	3.29	1800.0	0.30	No	810.0	433.0
8	20.36	2.64	1800.0	0.30	No	917.1	490.2
9	23.05	2.69	1800.0	0.30	No	1108.4	592.4
10	oo	oo	1800.0	0.30	No	1712.1	915.2

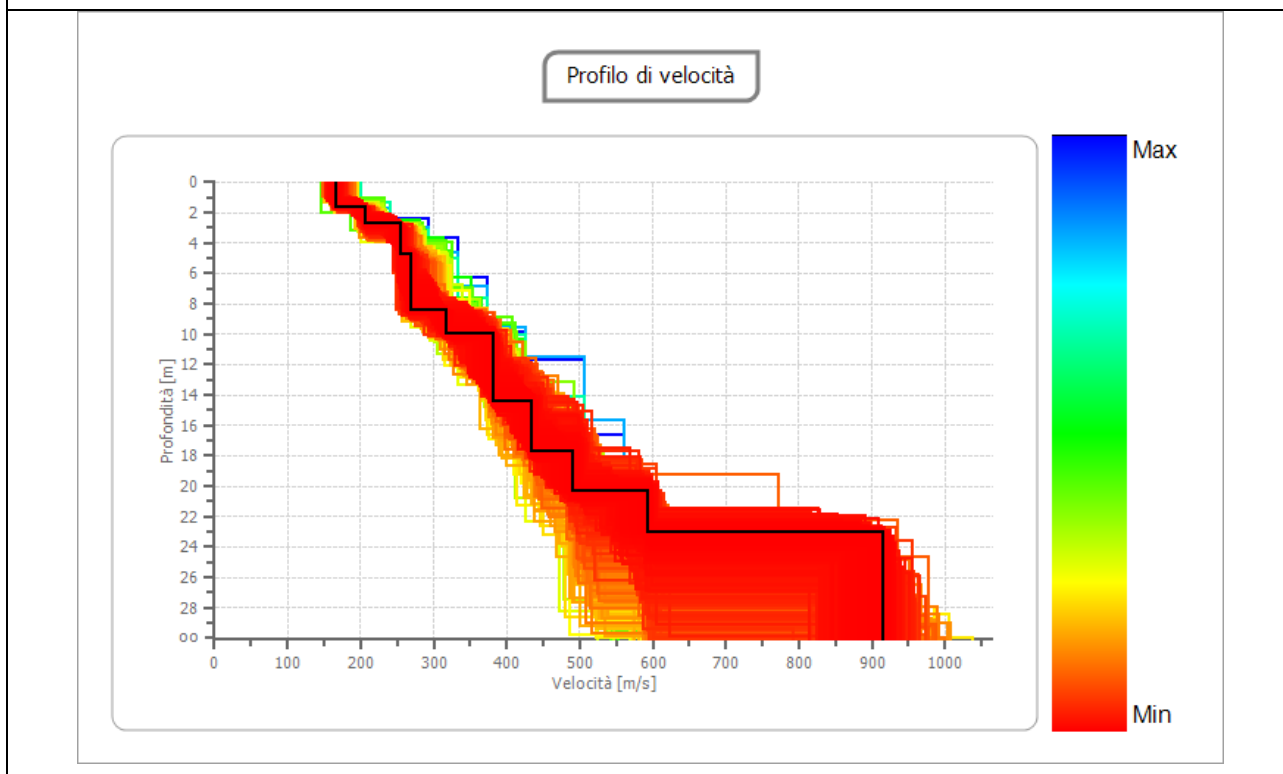
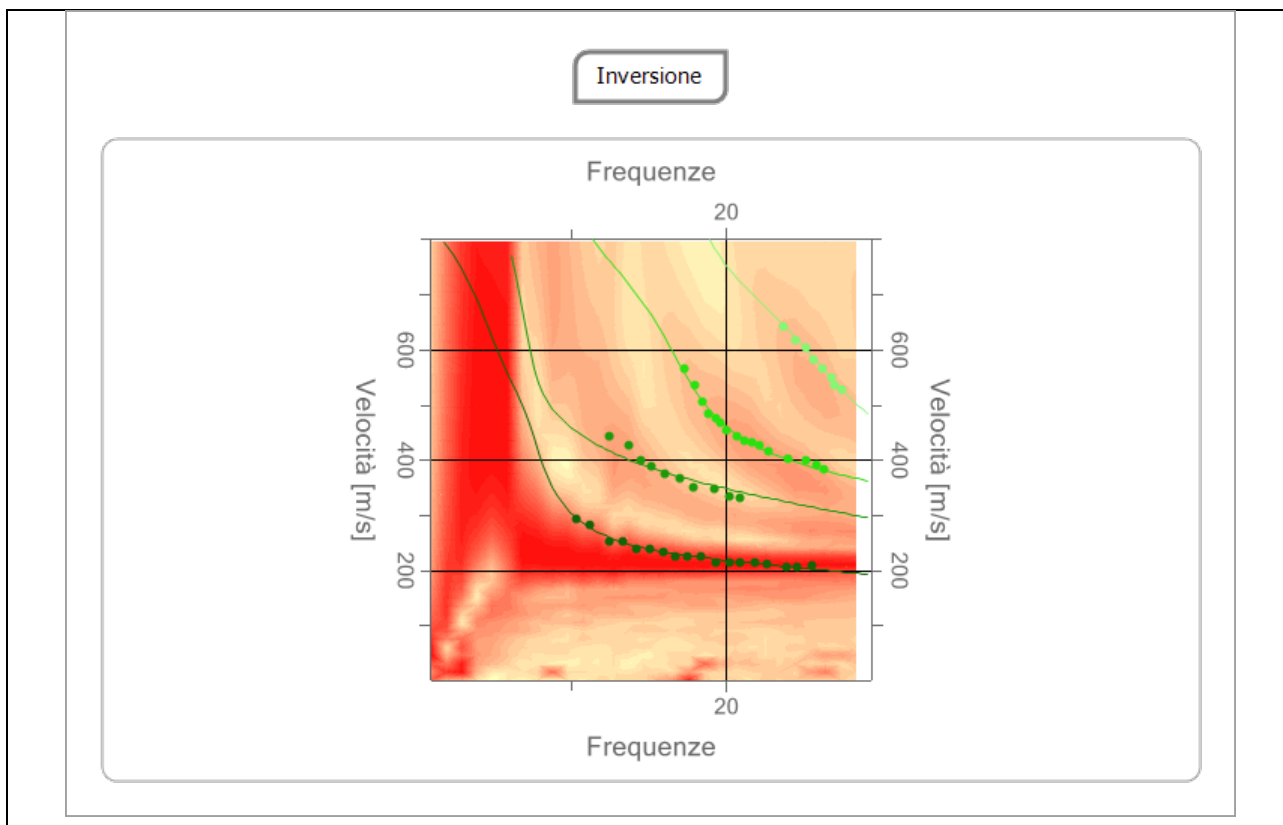
Percentuale di errore 0.033 %

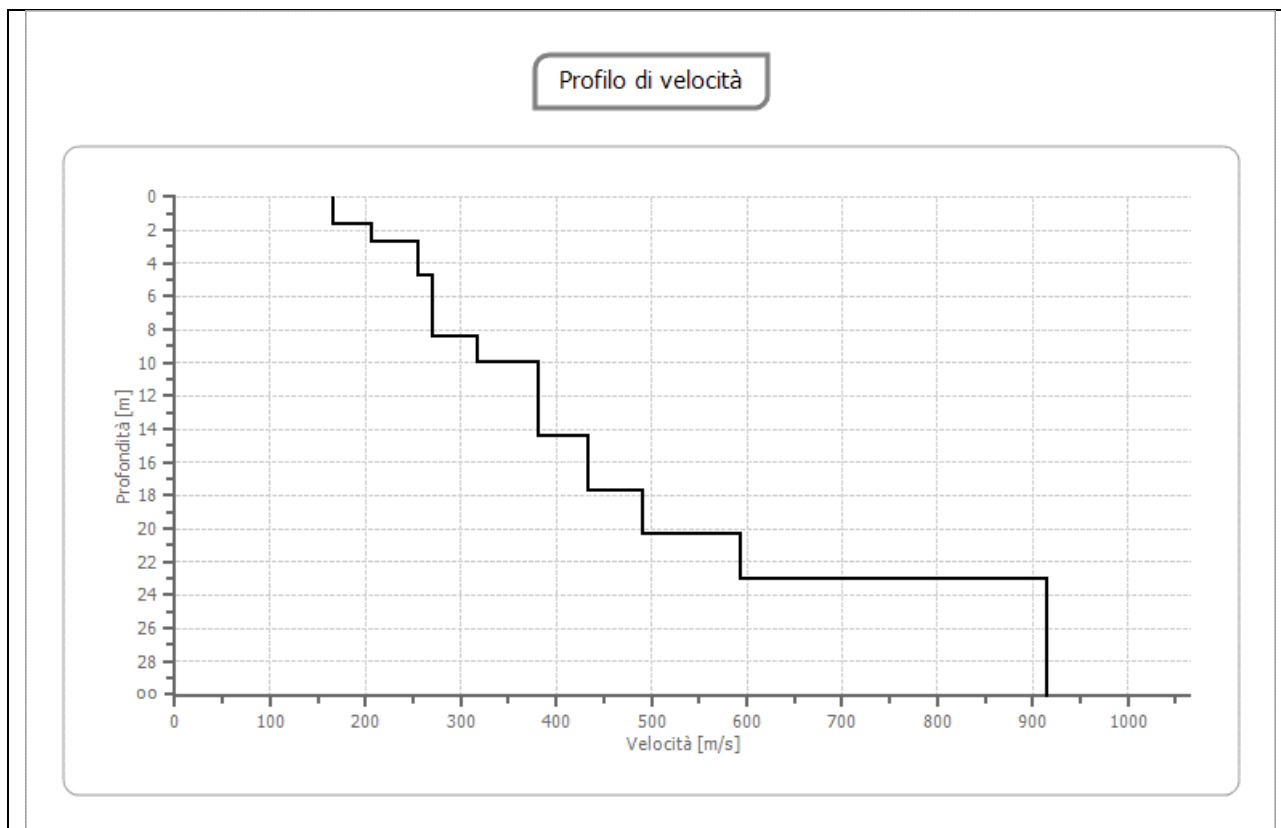
Fattore di disadattamento della soluzione 0.019

**Progettazione :**



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	1.00
<b>Vs,eq [m/sec](H=22.05 m)</b>	340.06
<b>Categoria del suolo</b>	E

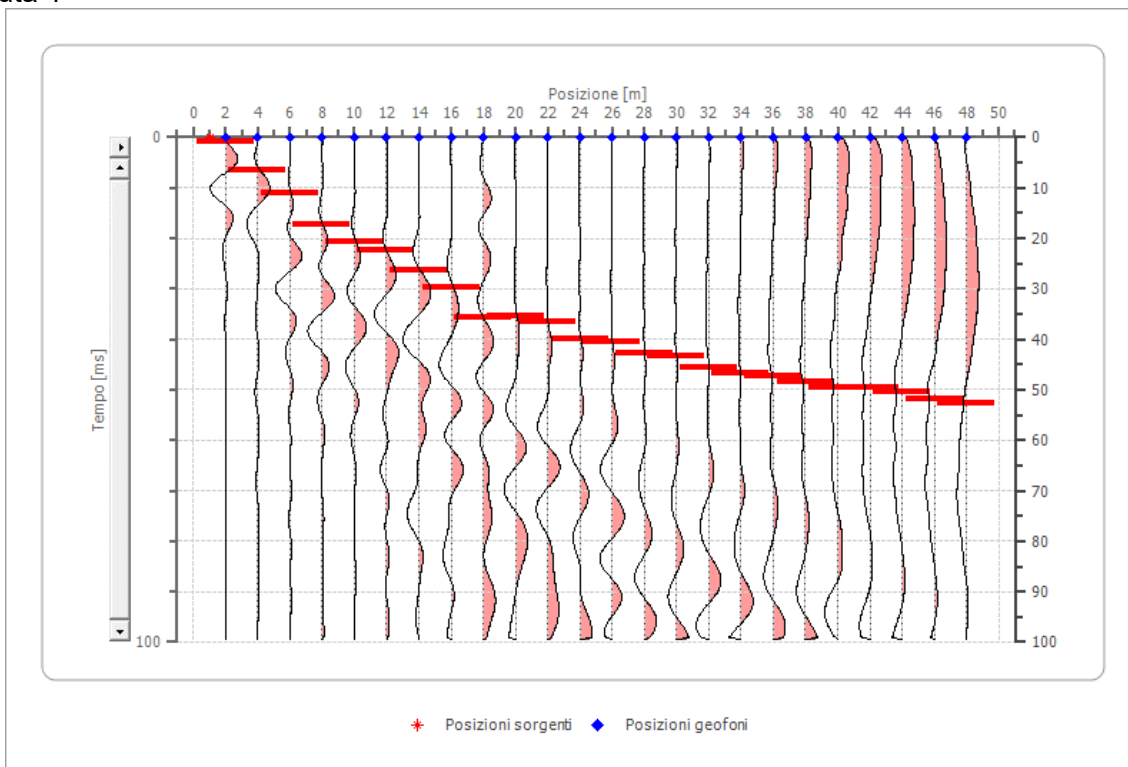
Suolo di tipo E: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

### SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni		
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	4.0	0.0
3	6.0	0.0
4	8.0	0.0
5	10.0	0.0
6	12.0	0.0
7	14.0	0.0
8	16.0	0.0
9	18.0	0.0
10	20.0	0.0
11	22.0	0.0
12	24.0	0.0
13	26.0	0.0
14	28.0	0.0
15	30.0	0.0
16	32.0	0.0
17	34.0	0.0
18	36.0	0.0
19	38.0	0.0
20	40.0	0.0
21	42.0	0.0
22	44.0	0.0
23	46.0	0.0
24	48.0	0.0



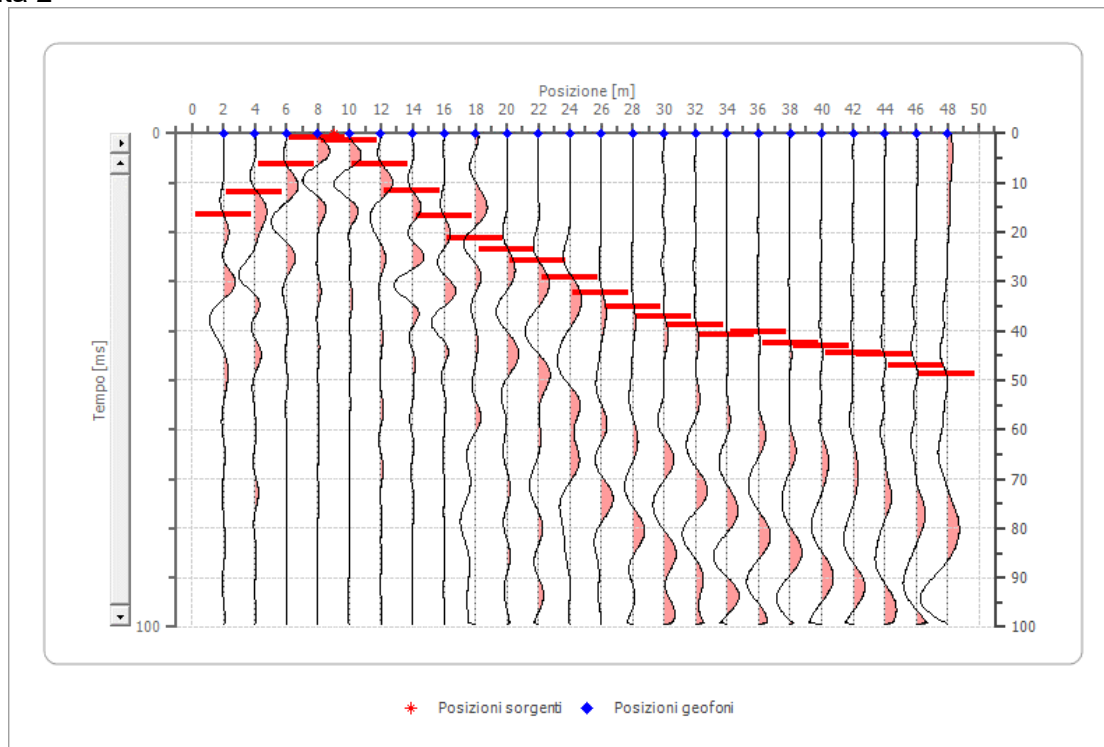
**Battuta 1**



Posizione sorgente X      1.00 [m]

Posizione sorgente Z      0 [m]

**Battuta 2**



Posizione sorgente X      9 [m]

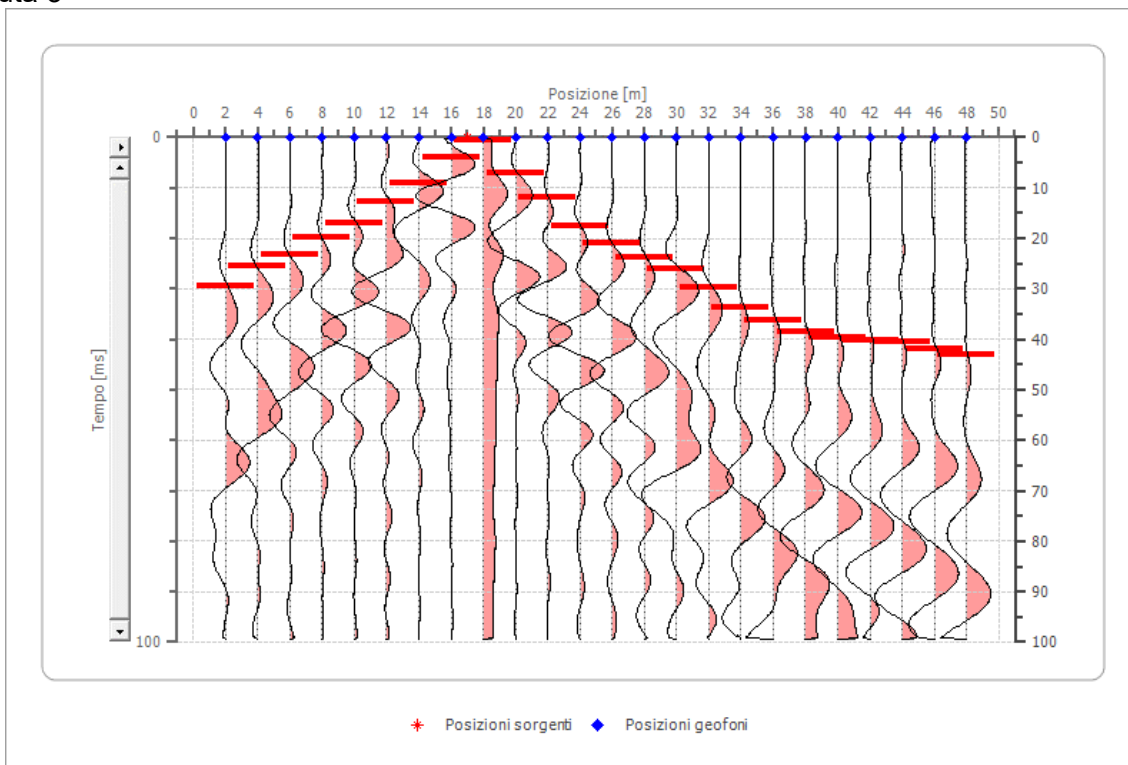
Posizione sorgente Z      0 [m]

**Progettazione :**



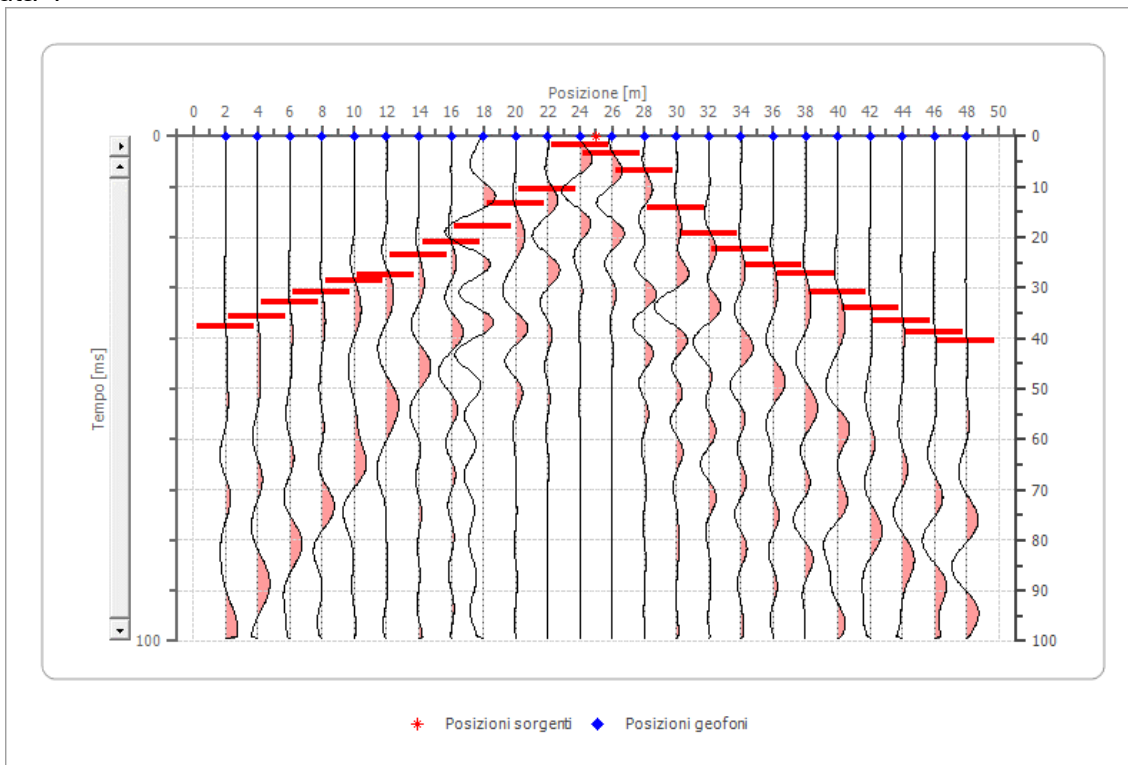
**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

**Battuta 3**



Posizione sorgente X            17 [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

**Battuta 4**



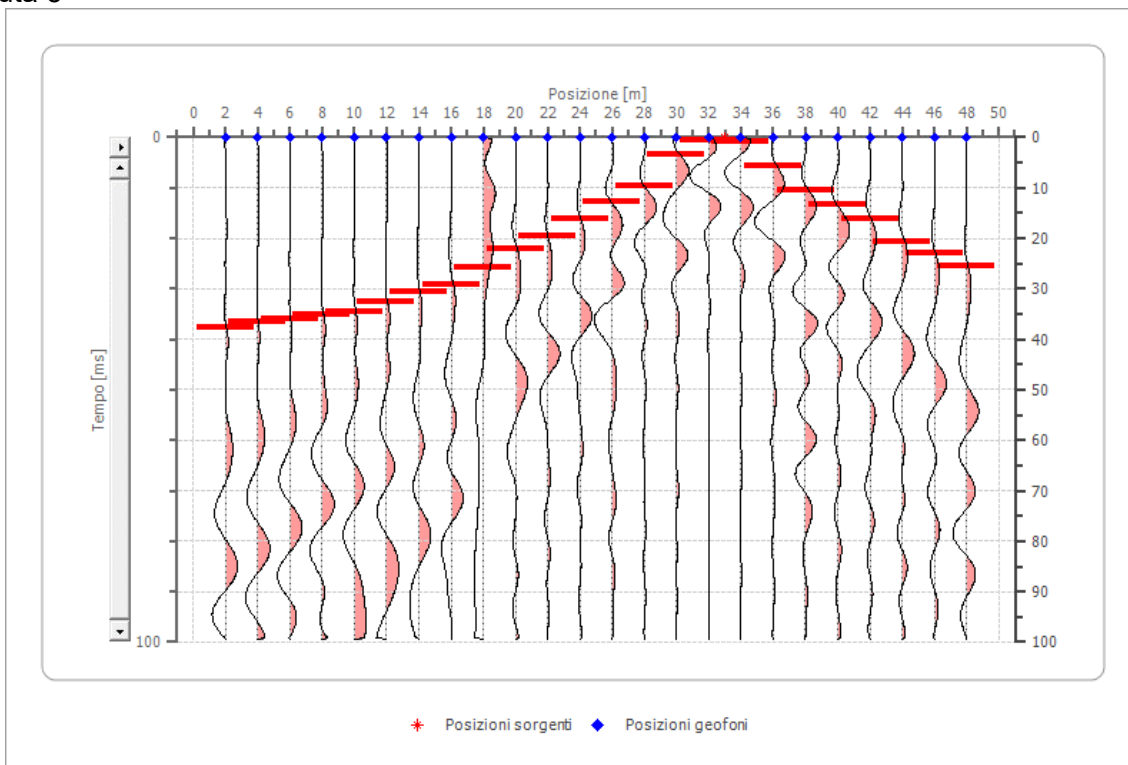
Posizione sorgente X            25 [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

**Progettazione :**



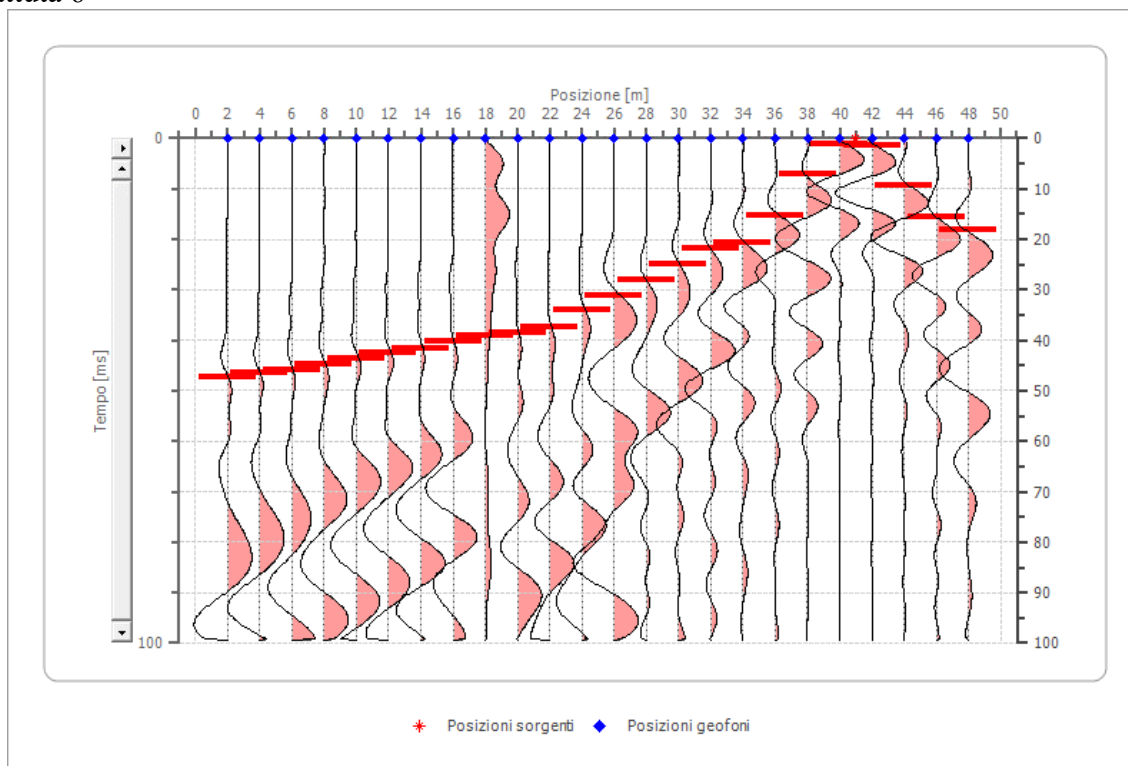
**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

**Battuta 5**



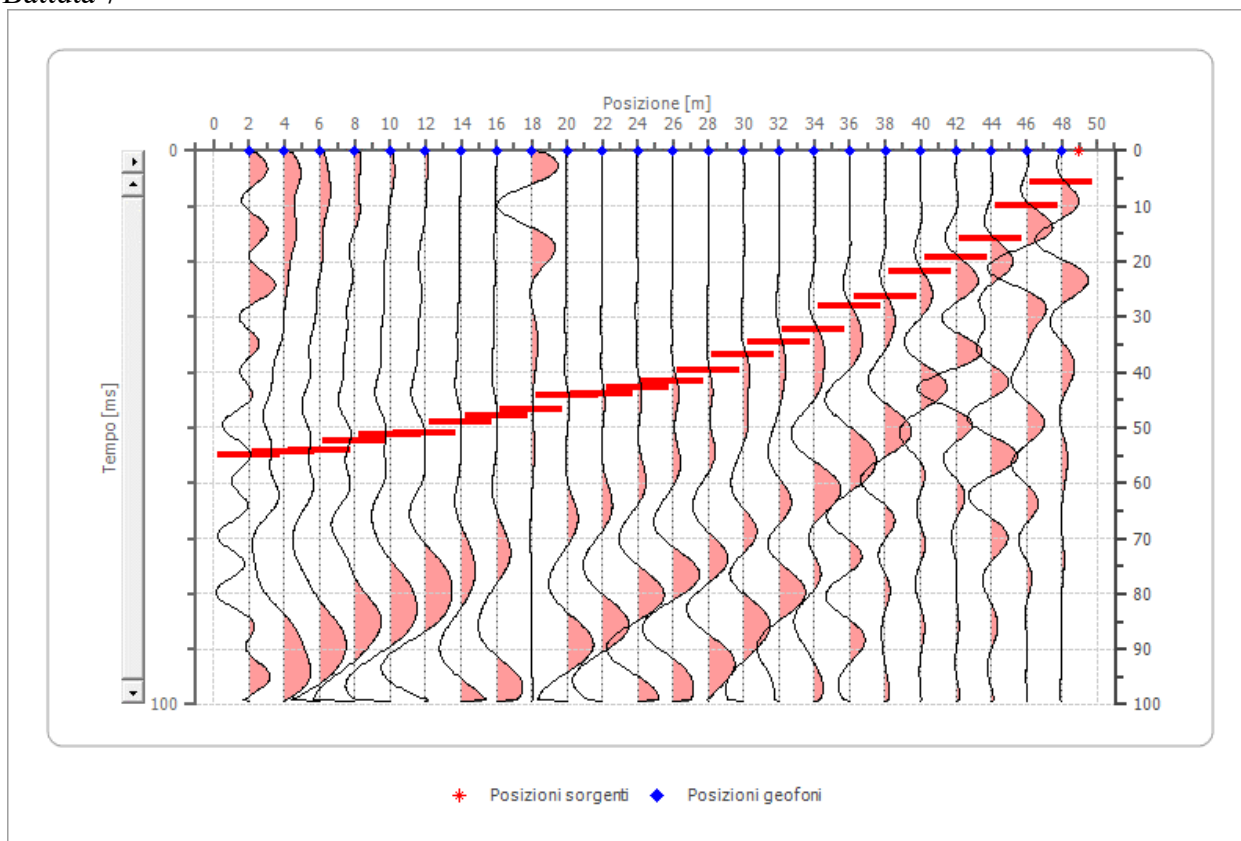
Posizione sorgente X      33 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

**Battuta 6**



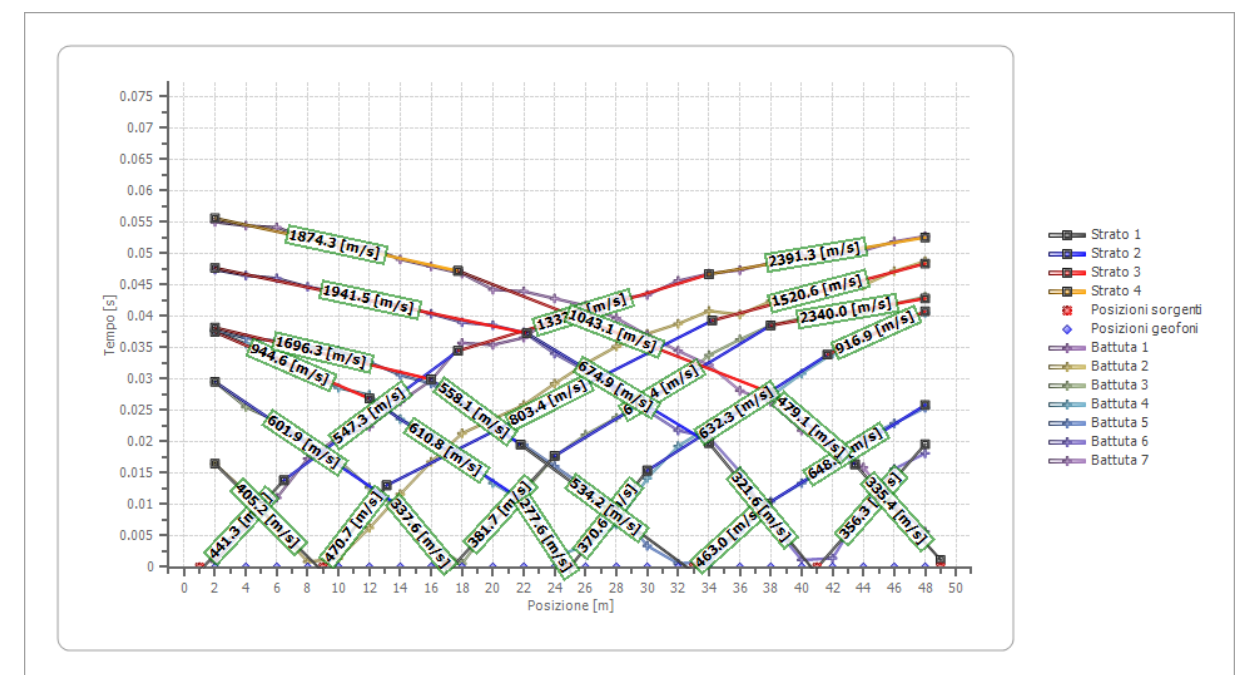
Posizione sorgente X      41 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

### Battuta 7



Posizione sorgente X            49 [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

### Dromocrone

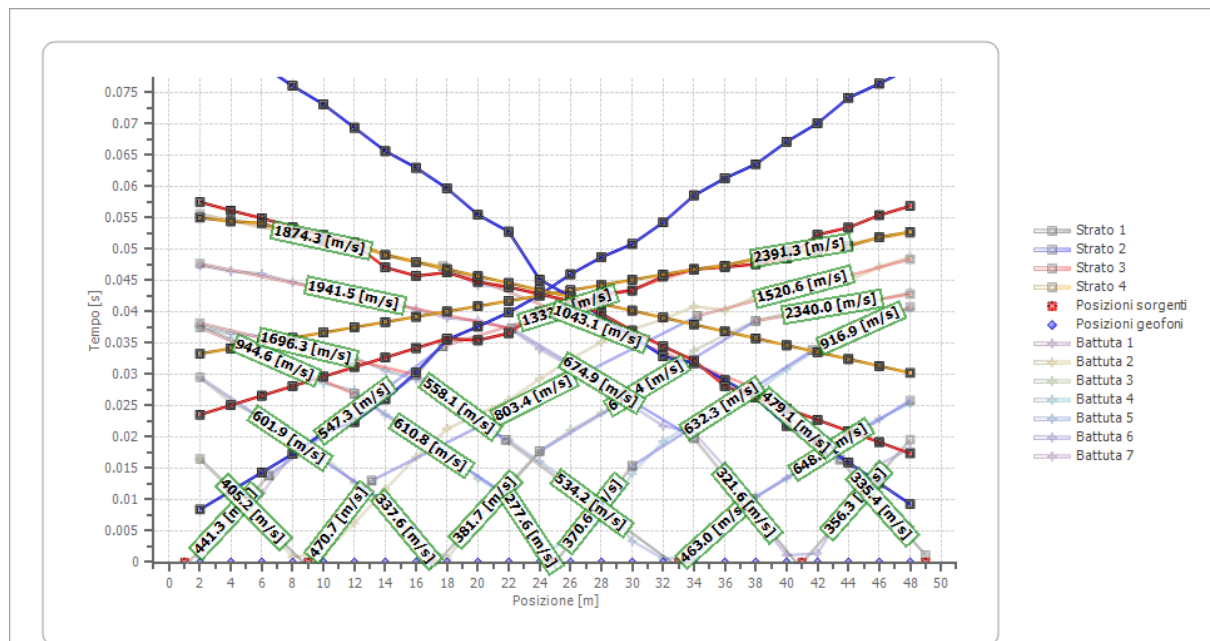


Progettazione :



**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

### Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo G.,R.M.

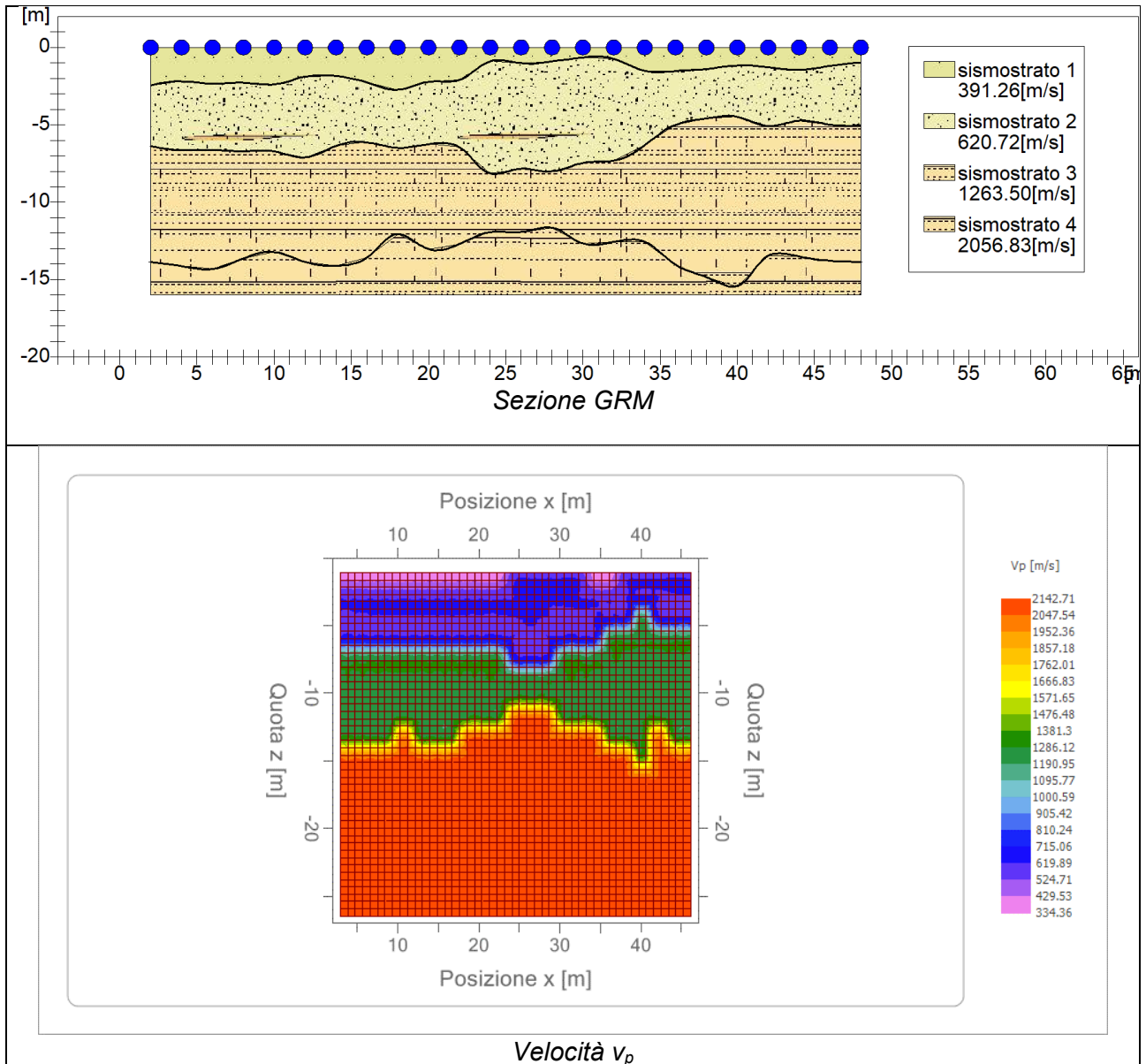
XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
G= 2.0 [m]	2.4	6.4	13.9	--
G= 4.0 [m]	2.2	6.6	14.1	--
G= 6.0 [m]	2.4	6.6	14.3	--
G= 8.0 [m]	2.3	6.7	13.6	--
G= 10.0 [m]	2.4	6.7	13.2	--
G= 12.0 [m]	1.9	7.1	13.9	--
G= 14.0 [m]	1.9	6.4	14.1	--
G= 16.0 [m]	2.3	6.1	13.6	--
G= 18.0 [m]	2.8	6.5	12.0	--
G= 20.0 [m]	2.2	6.2	13.0	--
G= 22.0 [m]	2.1	6.4	12.7	--
G= 24.0 [m]	0.9	8.1	11.9	--
G= 26.0 [m]	1.0	7.8	11.9	--
G= 28.0 [m]	0.9	8.0	11.6	--
G= 30.0 [m]	0.6	7.5	12.7	--
G= 32.0 [m]	0.7	7.3	12.6	--
G= 34.0 [m]	1.5	6.3	12.5	--
G= 36.0 [m]	1.5	5.0	14.1	--
G= 38.0 [m]	1.4	4.6	14.8	--
G= 40.0 [m]	1.2	4.5	15.4	--
G= 42.0 [m]	1.3	5.1	13.5	--
G= 44.0 [m]	1.5	4.7	13.5	--
G= 46.0 [m]	1.2	5.0	13.8	--
G= 48.0 [m]	1.0	5.0	13.9	--
Velocità [m/sec]	391.3	620.7	1263.5	2056.8

Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)



## IS2

Numero geofoni: 24    Lunghezza stendimento: 50 m    Interdistanza geofonica: 2,00 m



**Progettazione :**



IA.ING S.r.l.  
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)



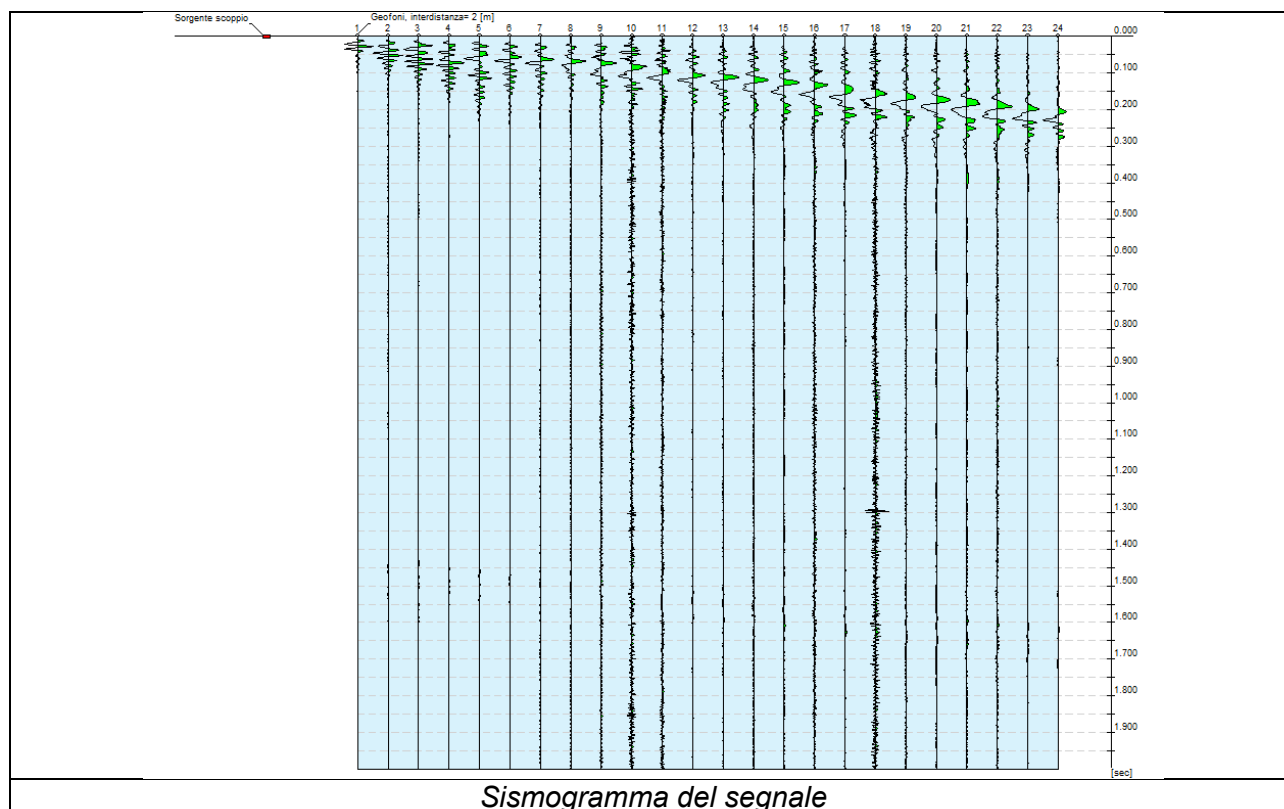
### INDAGINE M.A.S.W.

N. tracce 24

Durata acquisizione [msec] 2000.0

Interdistanza geofoni [m] 2.00

Periodo di campionamento [msec] 1.00



Progettazione :



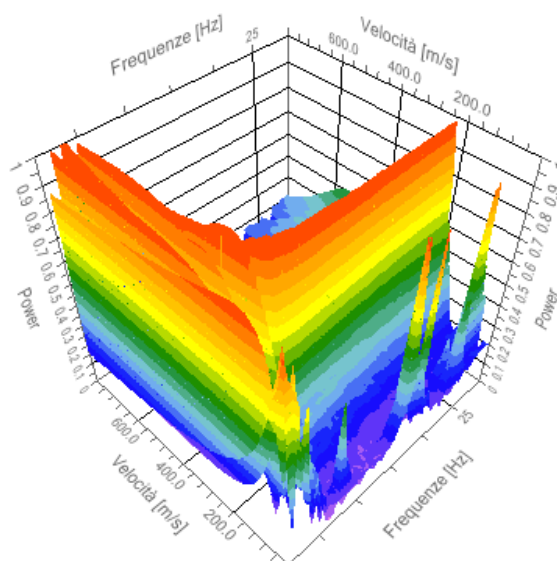
IA.ING S.r.l.  
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)



### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1  
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 30  
 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	10.1	551.2	1
2	10.6	530.7	1
3	11.1	519.0	1
4	11.4	507.3	1
5	12.0	492.7	1
6	12.7	475.1	1
7	12.9	328.8	0
8	13.5	454.6	1
9	13.7	302.5	0
10	13.9	442.9	1

Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

11	14.5	287.8	0
12	15.0	428.3	1
13	15.2	273.2	0
14	15.9	416.6	1
15	16.2	255.6	0
16	16.4	688.8	2
17	16.6	252.7	0
18	16.6	402.0	1
19	17.4	235.1	0
20	17.7	396.1	1
21	17.7	665.4	2
22	17.8	662.4	2
23	18.0	235.1	0
24	18.4	647.8	2
25	18.7	384.4	1
26	19.0	627.3	2
27	19.3	378.5	1
28	19.5	618.5	2
29	19.7	235.1	0
30	19.9	372.7	1
31	20.3	586.3	2
32	20.4	223.4	0
33	20.6	583.4	2
34	21.0	220.5	0
35	21.3	562.9	2
36	21.6	554.2	2
37	22.0	220.5	0
38	22.0	545.4	2
39	22.9	214.7	0
40	23.1	519.0	2
41	23.3	513.2	2
42	23.9	504.4	2
43	23.9	211.7	0
44	24.8	208.8	0
45	25.8	205.9	0

Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

46	26.4	205.9	0
47	26.5	715.1	3
48	26.6	723.9	3
49	27.2	202.9	0
50	27.5	703.4	3
51	27.8	200.0	0
52	28.1	694.6	3
53	28.5	200.0	0
54	28.5	680.0	3
55	29.0	668.3	3

### Inversione

n.	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	0.30	No	267.3	142.9
2	2.38	1.38	1800.0	0.30	No	424.4	226.9
3	4.08	1.70	1800.0	0.30	No	448.9	240.0
4	5.42	1.34	1800.0	0.30	No	455.6	243.5
5	6.98	1.55	1800.0	0.30	No	567.5	303.3
6	8.15	1.17	1800.0	0.30	No	719.5	384.6
7	11.06	2.91	1800.0	0.30	No	766.3	409.6
8	14.60	3.55	1800.0	0.30	No	839.4	448.7
9	23.29	8.68	1800.0	0.30	No	1188.8	635.5
10	oo	oo	1800.0	0.30	No	1572.1	840.3

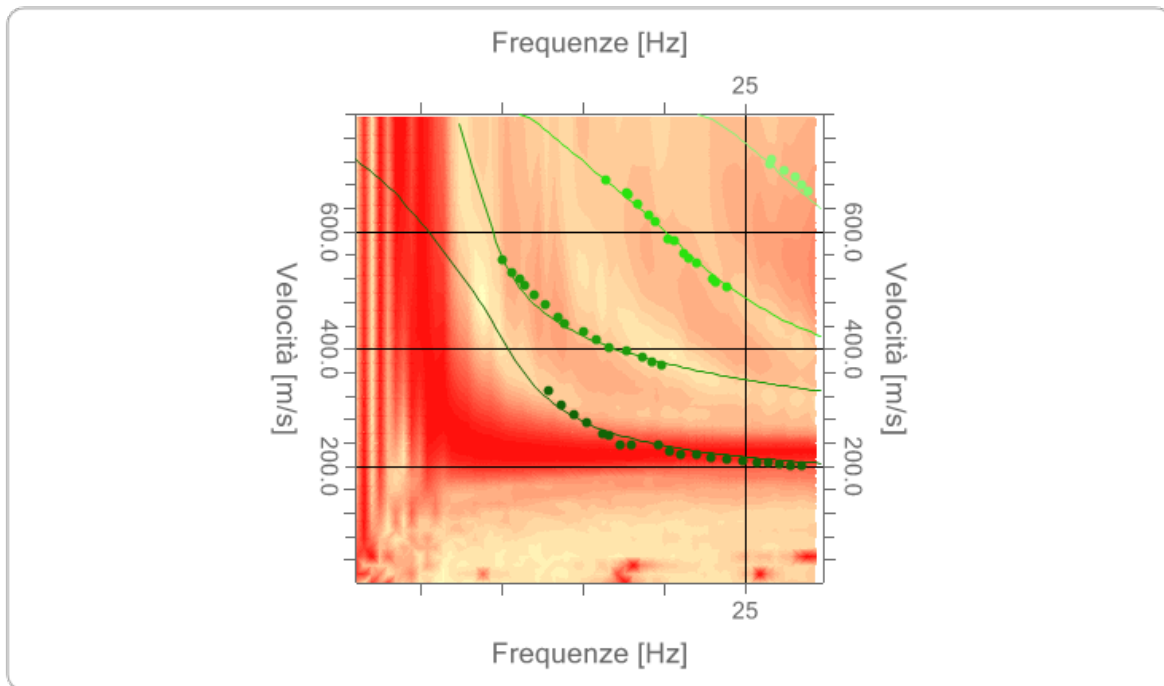
Percentuale di errore

0.015 %

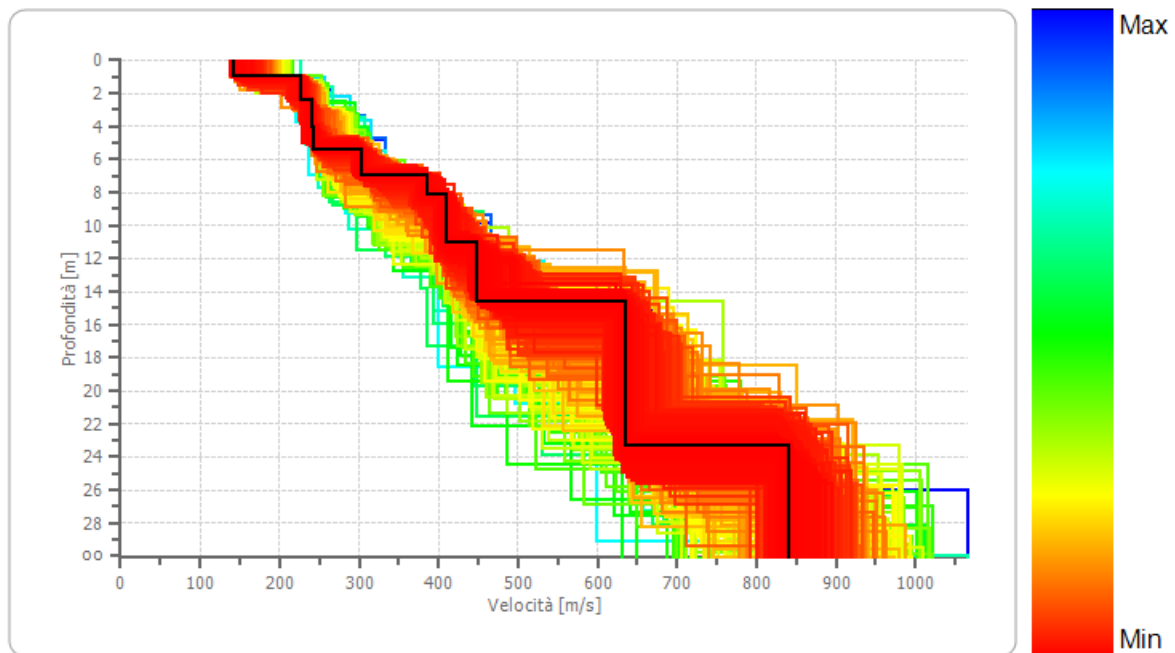
Fattore di disadattamento della soluzione

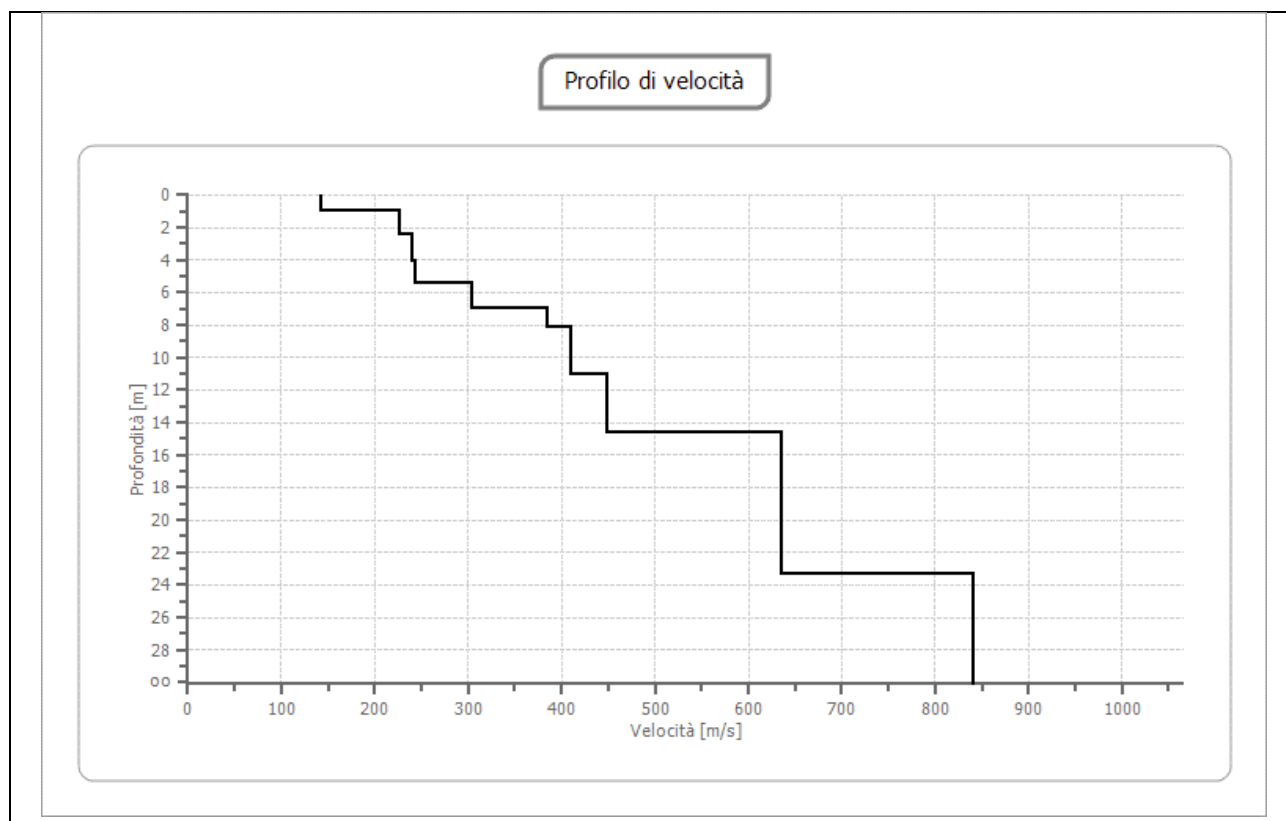
0.014

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Profilo di velocità





## Risultati

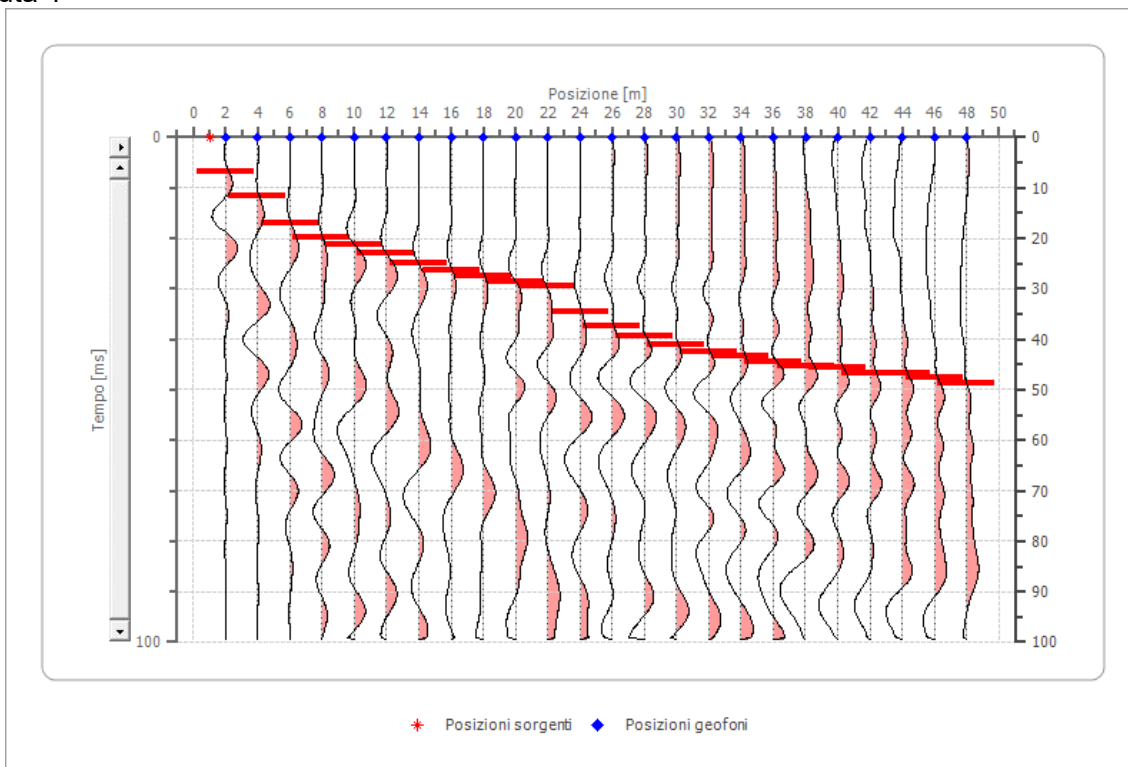
<b>Profondità piano di posa [m]</b>	1.00
<b>Vs,eq [m/sec](H=22.29 m)</b>	401.41
<b>Categoria del suolo</b>	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

### SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni		
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	4.0	0.0
3	6.0	0.0
4	8.0	0.0
5	10.0	0.0
6	12.0	0.0
7	14.0	0.0
8	16.0	0.0
9	18.0	0.0
10	20.0	0.0
11	22.0	0.0
12	24.0	0.0
13	26.0	0.0
14	28.0	0.0
15	30.0	0.0
16	32.0	0.0
17	34.0	0.0
18	36.0	0.0
19	38.0	0.0
20	40.0	0.0
21	42.0	0.0
22	44.0	0.0
23	46.0	0.0
24	48.0	0.0

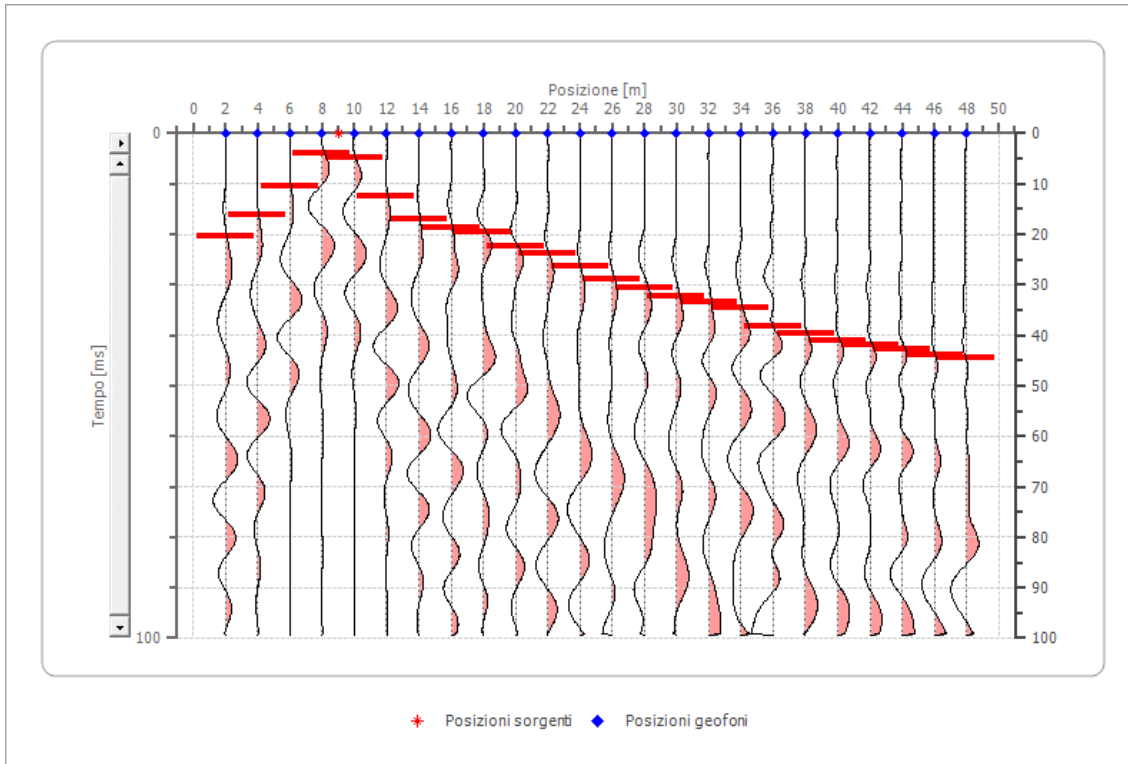
**Battuta 1**



Posizione sorgente X      1.00 [m]

Posizione sorgente Z      0 [m]

**Battuta 2**



Posizione sorgente X      9 [m]

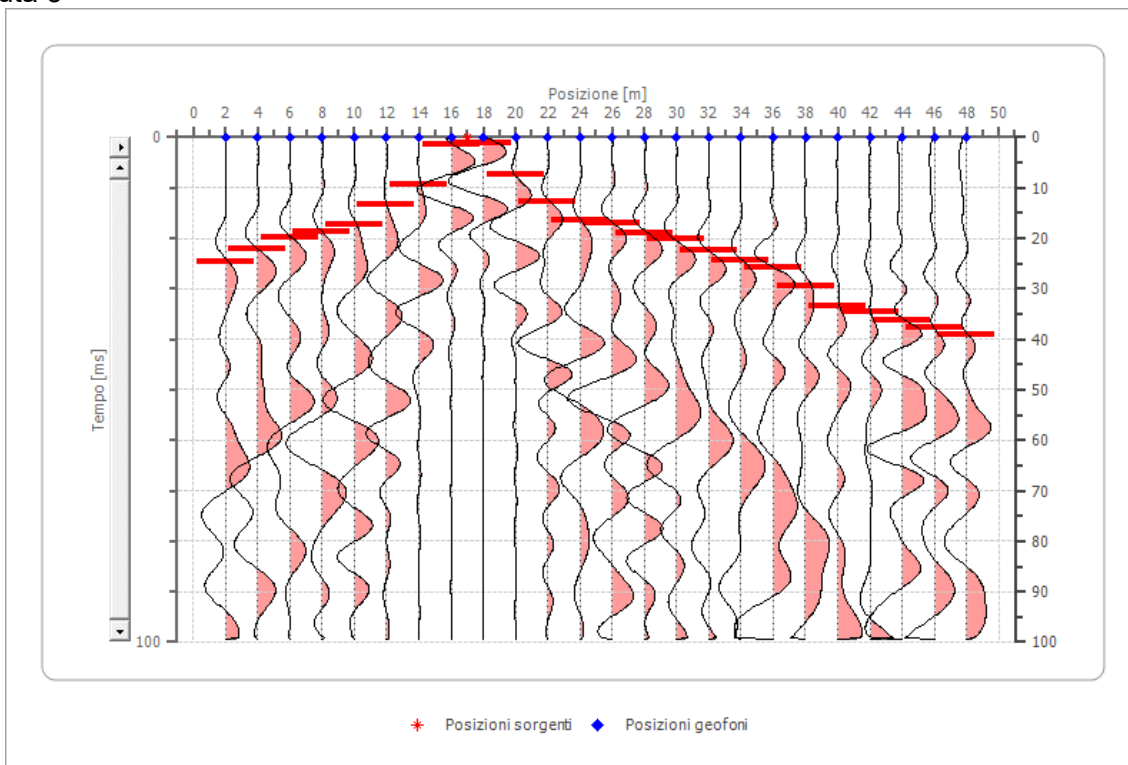
Posizione sorgente Z      0 [m]

**Progettazione :**



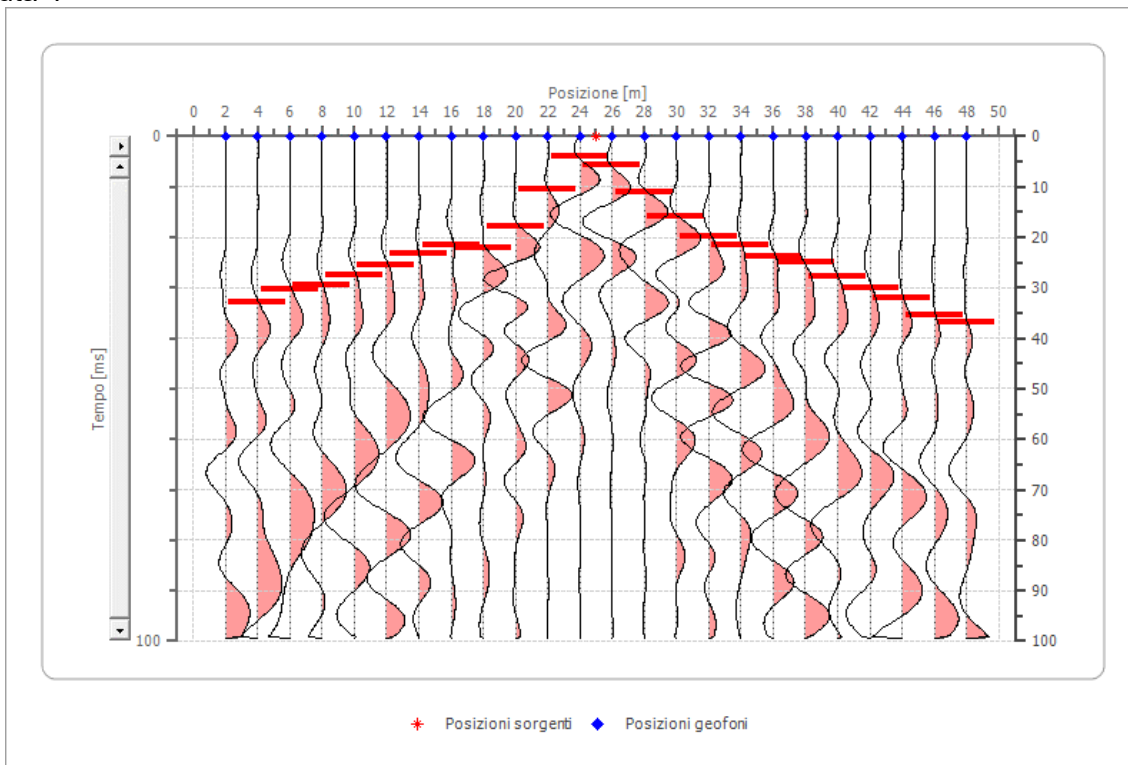
**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

**Battuta 3**



Posizione sorgente X            17 [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

**Battuta 4**



Posizione sorgente X            25 [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

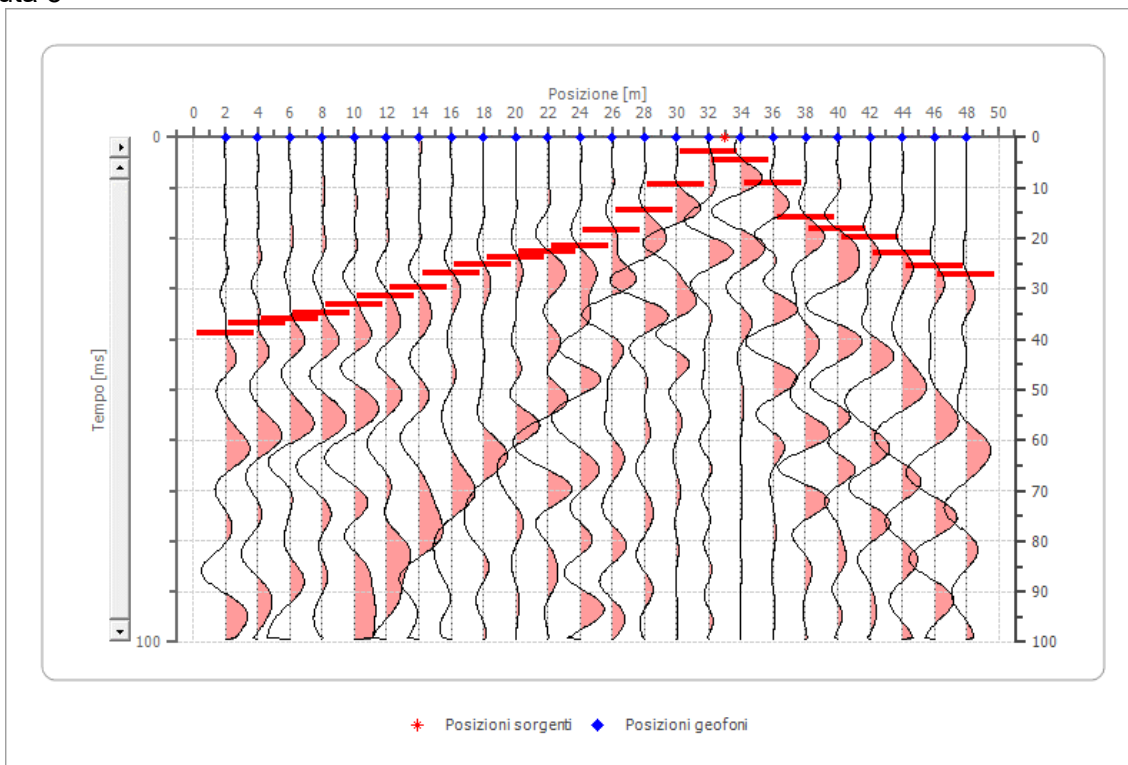
**Progettazione :**



**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

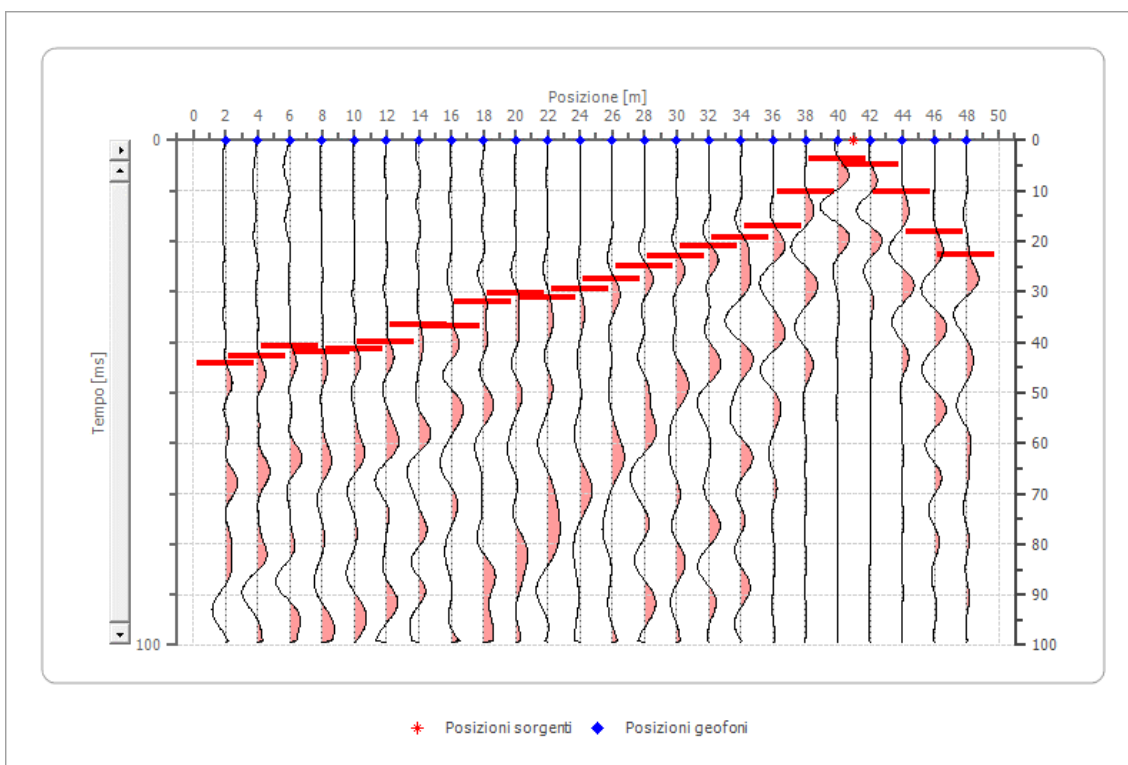


**Battuta 5**



Posizione sorgente X      33 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

**Battuta 6**



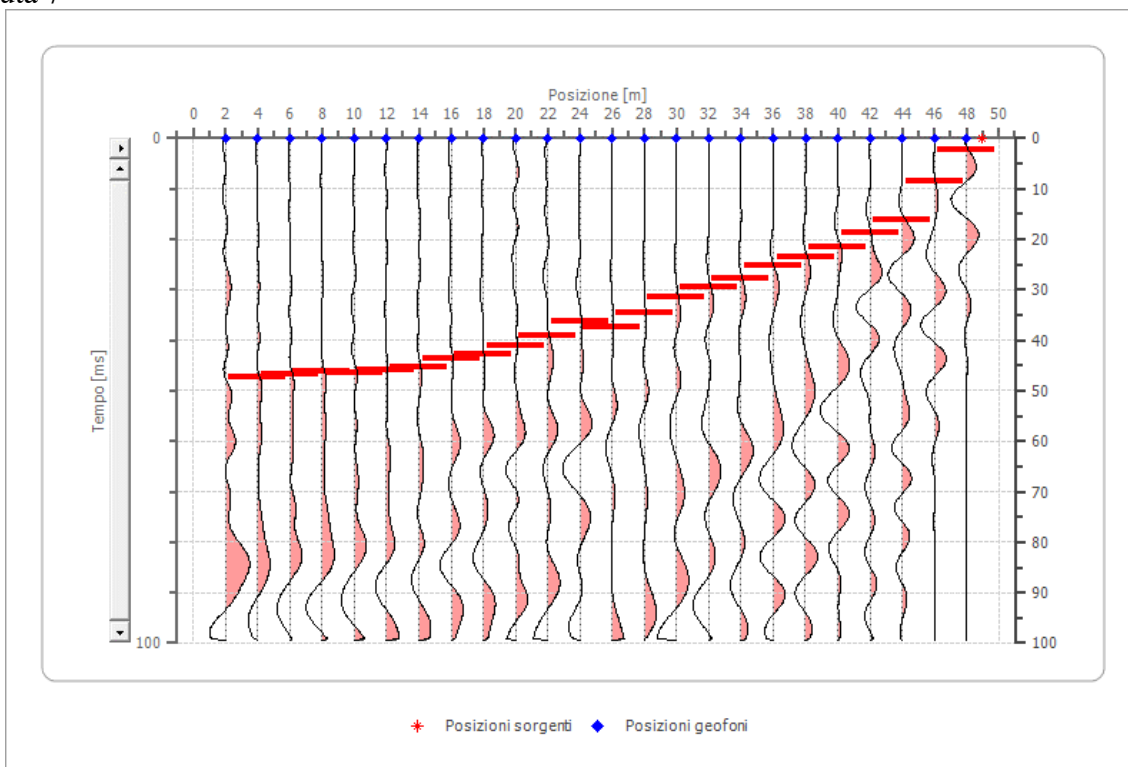
Posizione sorgente X      41 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

**Progettazione :**



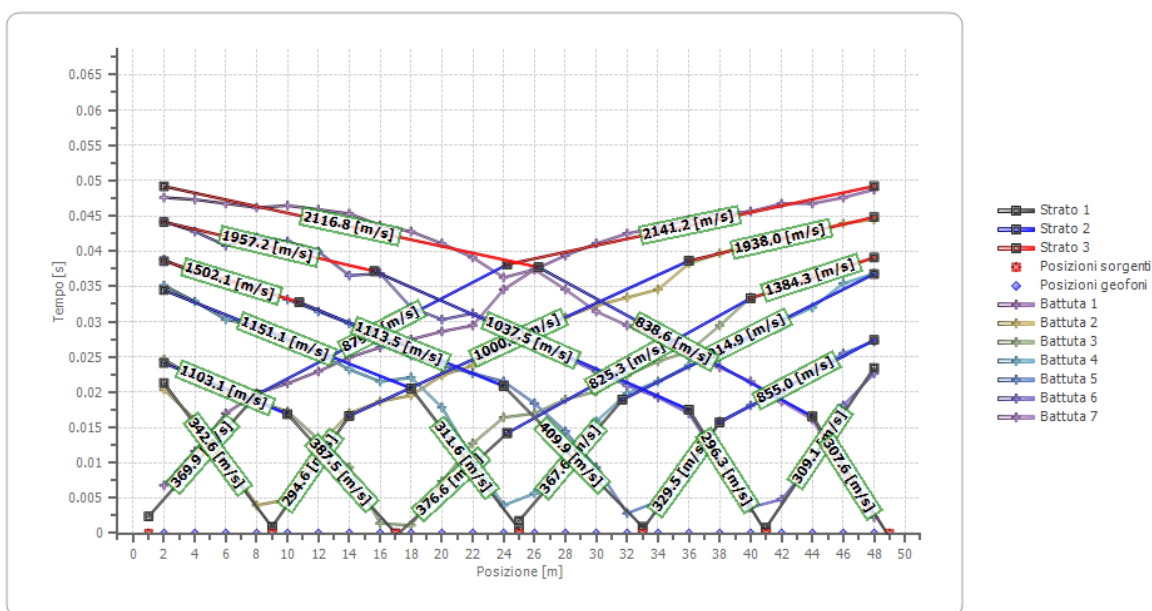
**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

### Battuta 7

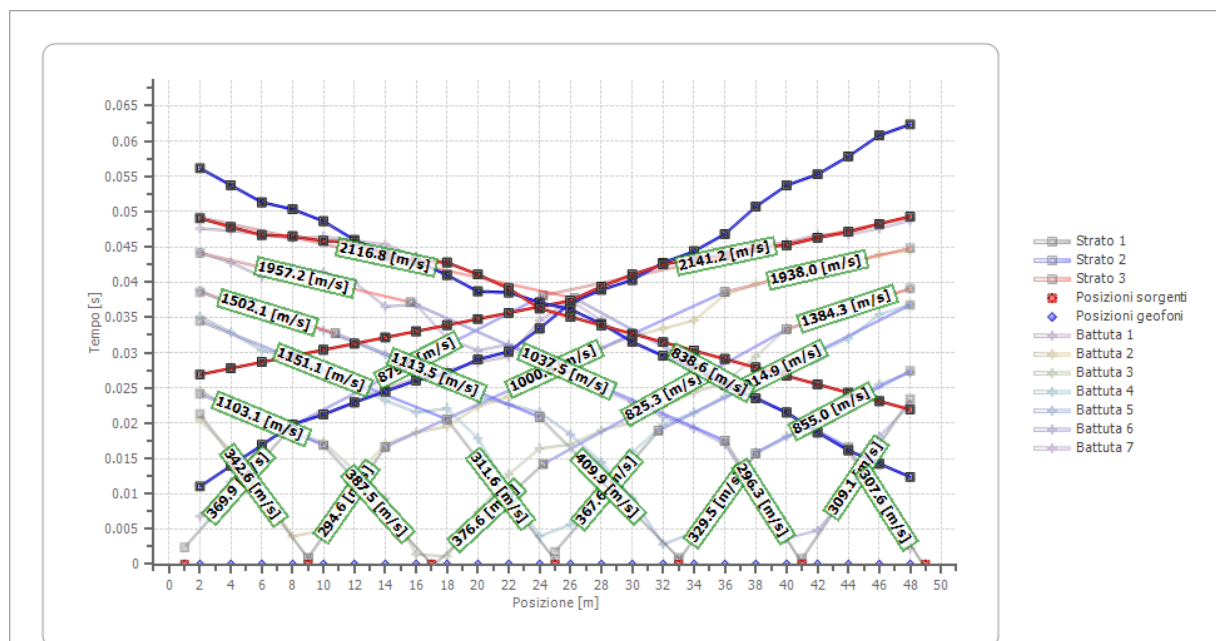


Posizione sorgente X      49 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

### Dromocrone



### Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo G.,R.M.

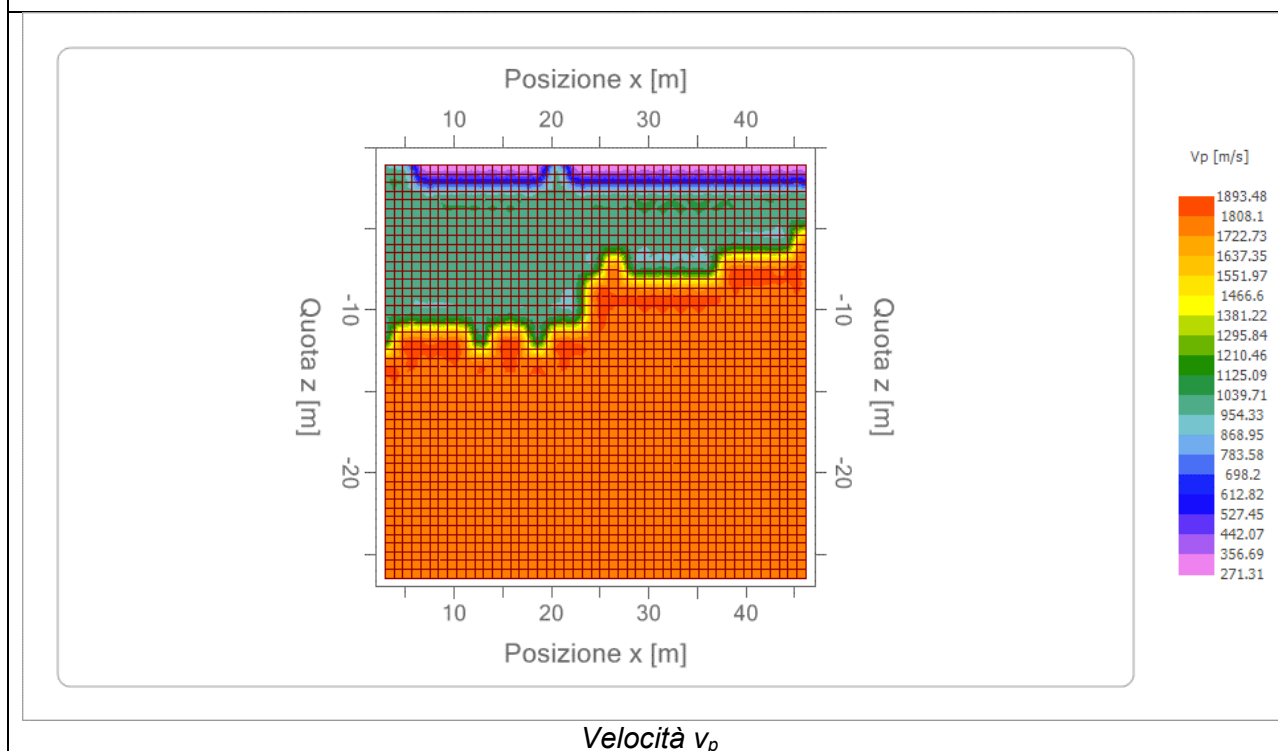
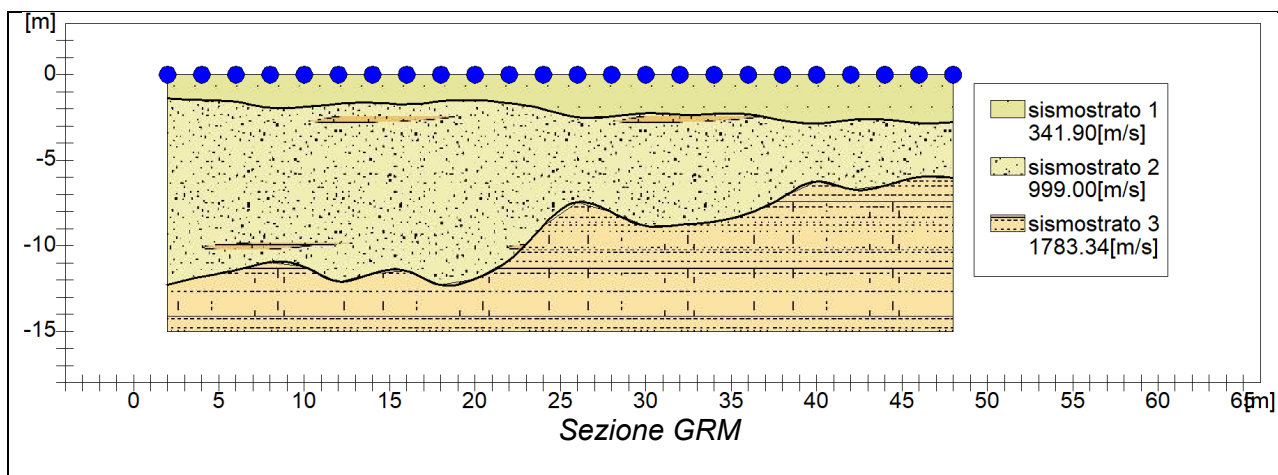
XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	1.3	12.2	--
G= 4.0 [m]	1.5	11.4	--
G= 6.0 [m]	1.6	11.0	--
G= 8.0 [m]	1.9	10.6	--
G= 10.0 [m]	1.9	10.8	--
G= 12.0 [m]	1.7	11.6	--
G= 14.0 [m]	1.6	11.1	--
G= 16.0 [m]	1.7	11.0	--
G= 18.0 [m]	1.6	11.7	--
G= 20.0 [m]	1.5	11.3	--
G= 22.0 [m]	1.7	10.3	--
G= 24.0 [m]	2.0	8.4	--
G= 26.0 [m]	2.6	8.2	--
G= 28.0 [m]	2.5	9.1	--
G= 30.0 [m]	2.2	10.0	--
G= 32.0 [m]	2.3	10.0	--
G= 34.0 [m]	2.3	9.9	--
G= 36.0 [m]	2.3	9.5	--
G= 38.0 [m]	2.7	8.8	--
G= 40.0 [m]	2.8	8.0	--
G= 42.0 [m]	2.6	8.5	--
G= 44.0 [m]	2.6	8.4	--
G= 46.0 [m]	2.8	8.0	--
G= 48.0 [m]	2.8	8.2	--
Velocità [m/sec]	341.9	998.1	1965.8

Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)



## IS3

Numero geofoni: 12    Lunghezza stendimento: 18 m    Interdistanza geofonica: 1,50 m



Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

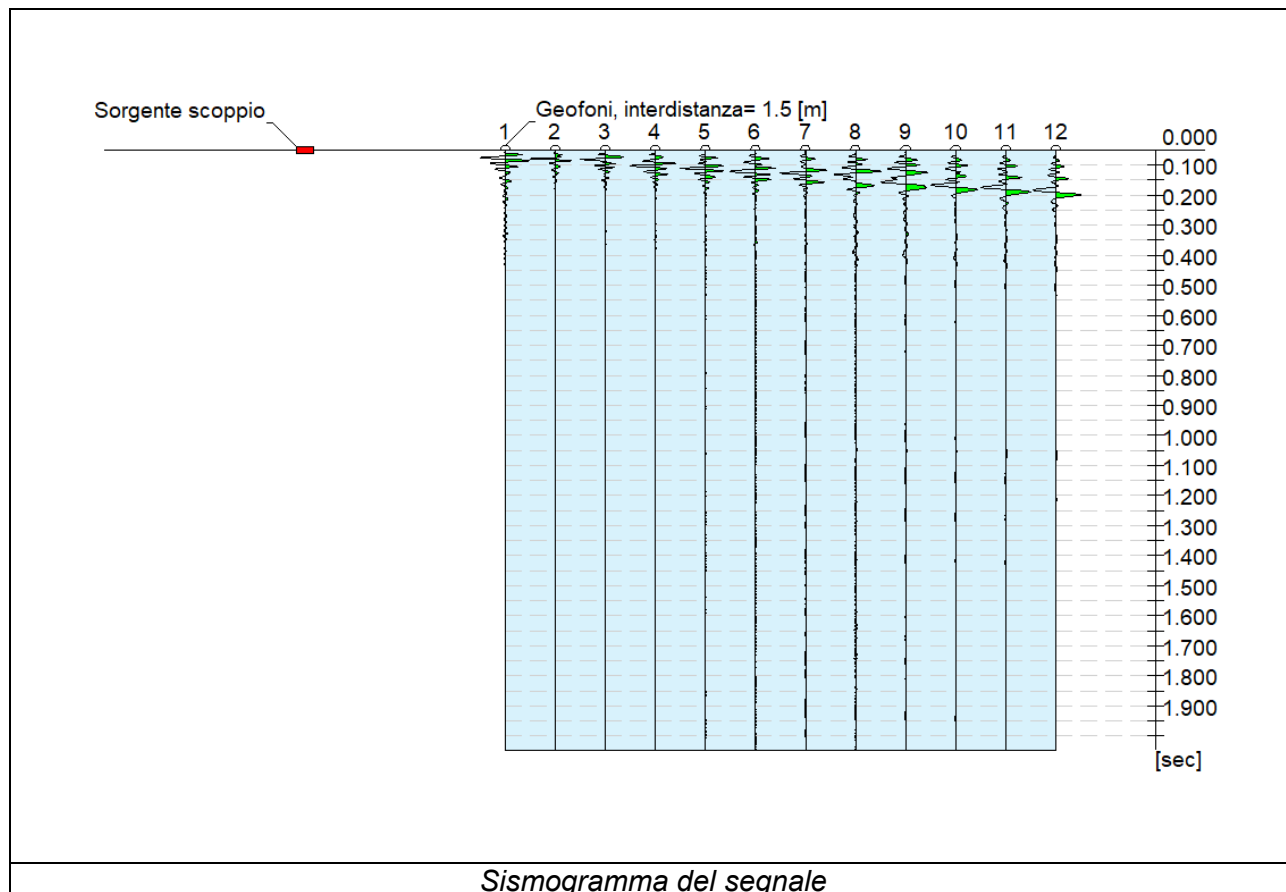
### INDAGINE M.A.S.W.

N. tracce 12

Durata acquisizione [msec] 2000.0

Interdistanza geofoni [m] 1.50

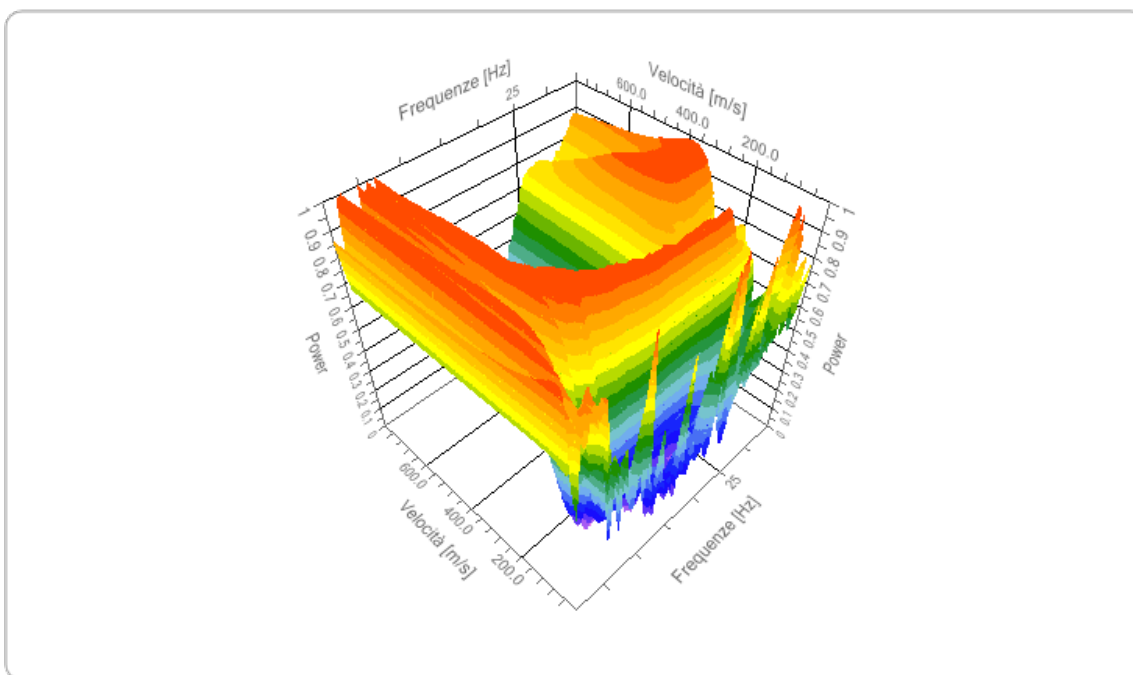
Periodo di campionamento [msec] 1.00



### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1  
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 35  
 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	18.2	361.0	1
2	18.8	355.1	1
3	19.5	346.4	1
4	20.1	337.6	1
5	20.1	220.5	0
6	20.9	328.8	1
7	21.4	205.9	0
8	21.9	322.9	1
9	22.5	317.1	1
10	22.6	202.9	0

**Progettazione :**

11	23.3	200.0	0
12	23.6	314.2	1
13	24.0	314.2	1
14	24.0	200.0	0
15	24.3	311.2	1
16	25.4	188.3	0
17	25.8	188.3	0
18	26.5	188.3	0
19	27.4	185.4	0
20	29.0	182.5	0
21	29.4	179.5	0
22	30.6	173.7	0
23	31.9	173.7	0
24	32.3	173.7	0
25	33.7	179.5	0

**Inversione**

n.	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	0.30	No	272.1	145.5
2	2.28	1.28	1800.0	0.30	No	353.9	189.2
3	3.99	1.71	1800.0	0.30	No	390.9	209.0
4	7.95	3.96	1800.0	0.30	No	588.6	314.6
5	9.98	2.03	1800.0	0.30	No	723.7	386.8
6	11.00	1.02	1800.0	0.30	No	909.6	486.2
7	15.70	4.70	1800.0	0.30	No	1189.6	635.9
8	17.24	1.54	1800.0	0.30	No	1427.3	762.9
9	21.69	4.45	1800.0	0.30	No	1611.1	861.2



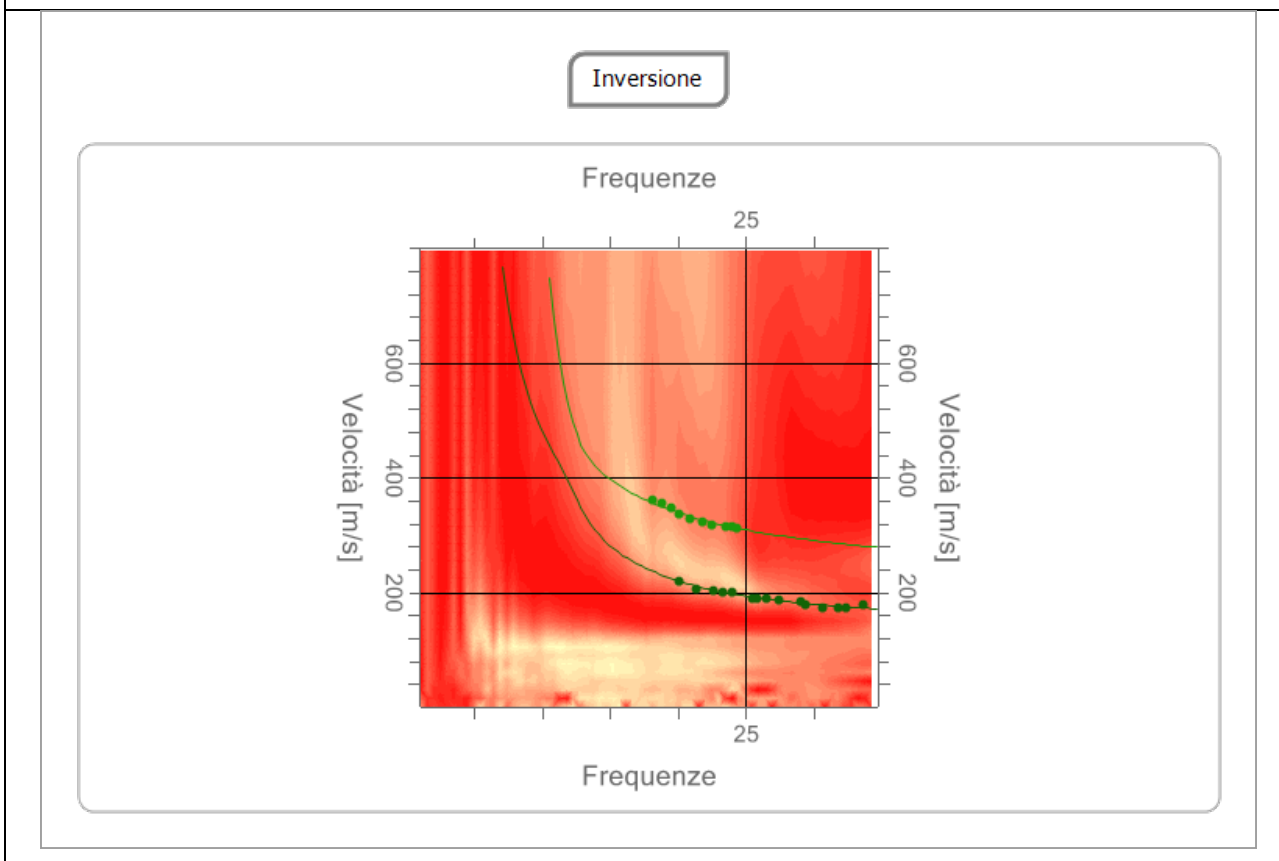
10	30.58	8.89	1800.0	0.30	No	1764.4	943.1
11	oo	oo	1800.0	0.30	No	3100.2	1657.1

Percentuale di errore

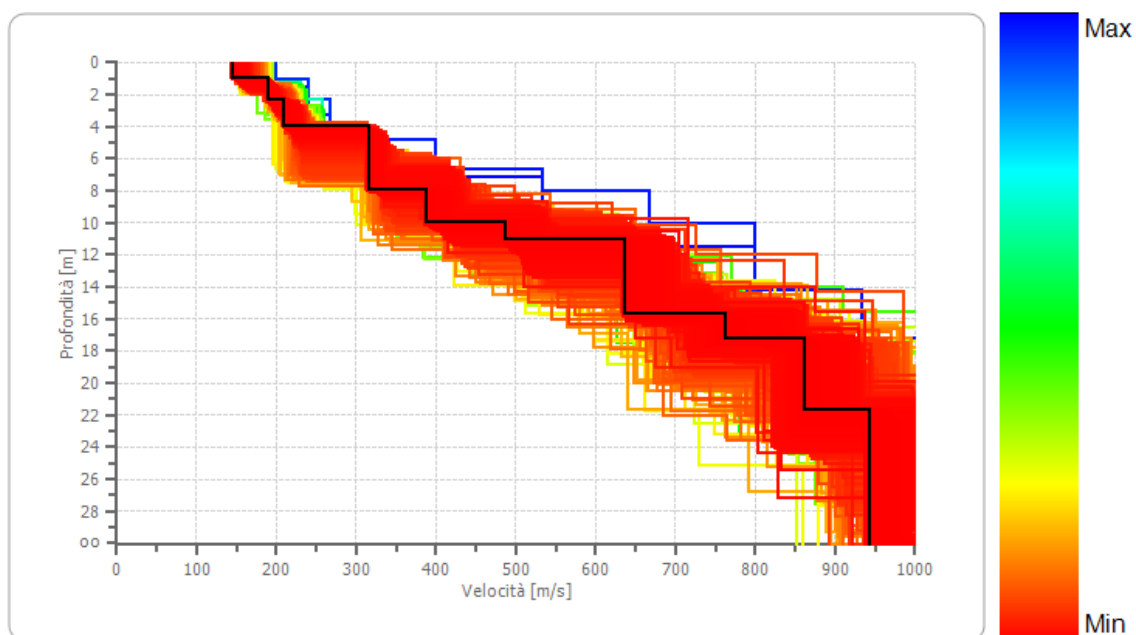
0.014 %

Fattore di disadattamento della soluzione

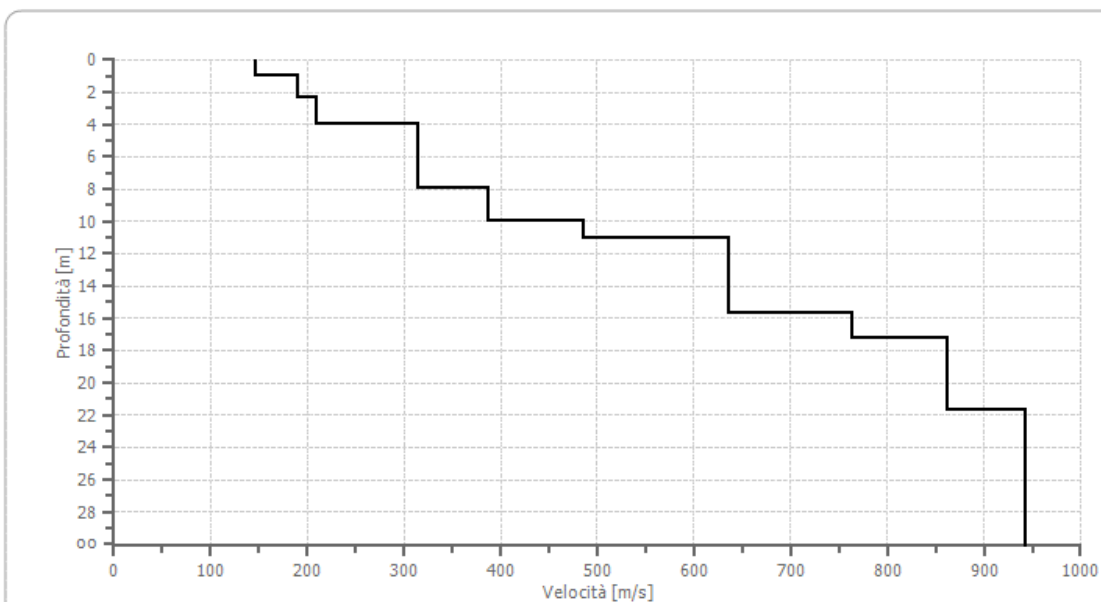
0.013



Profilo di velocità



Profilo di velocità



### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.00	145.46	272.13	1800.00	0.30	38.09	133.30	82.52	99.02
2	2.28	189.16	353.88	1800.00	0.30	64.41	225.42	139.55	167.46
3	3.99	208.95	390.92	1800.00	0.30	78.59	275.07	170.28	204.34
4	7.95	314.64	588.64	1800.00	0.30	178.20	623.70	386.10	463.32
5	9.98	386.82	723.67	1800.00	0.30	269.33	942.66	583.55	700.26
6	11.00	486.19	909.58	1800.00	0.30	425.49	1489.20	921.89	1106.26
7	15.70	635.88	1189.63	1800.00	0.30	727.82	2547.39	1576.95	1892.34
8	17.24	762.95	1427.34	1800.00	0.30	1047.76	3667.16	2270.15	2724.18
9	21.69	861.19	1611.14	1800.00	0.30	1334.97	4672.40	2892.44	3470.92
10	30.58	943.09	1764.37	1800.00	0.30	1600.97	5603.39	3468.76	4162.52
11	∞	1657.12	3100.19	1800.00	0.30	4942.89	17300.11	10709.60	12851.51

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young

### Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	1.00
<b>Vs,eq [m/sec](H=16.24 m)</b>	366.53
<b>Categoria del suolo</b>	B

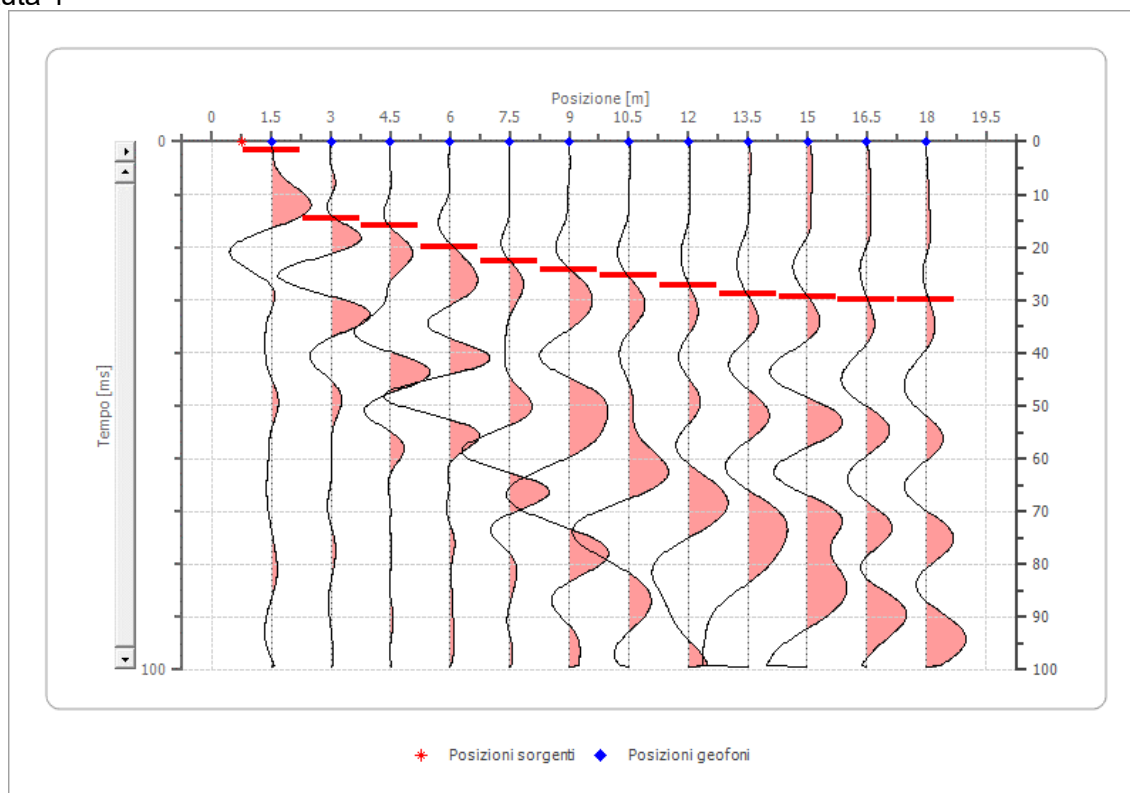
Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

### SISMICA A RIFRAZIONE

#### Geometria geofoni

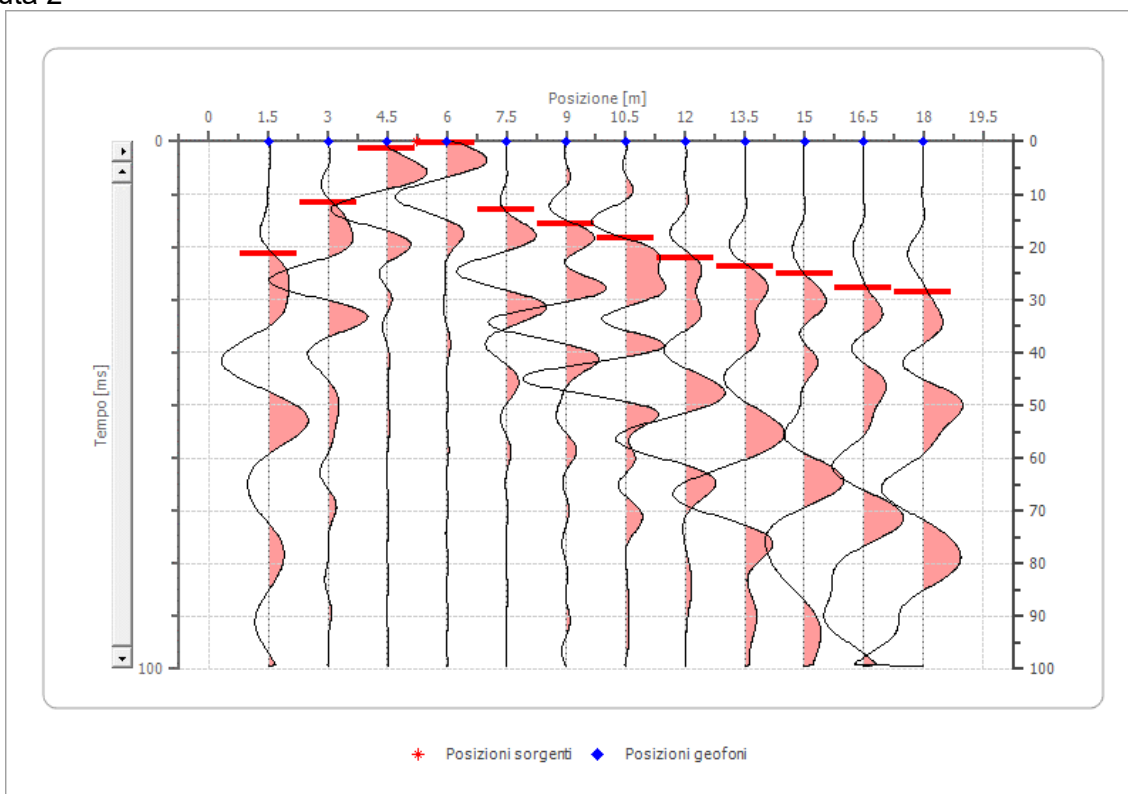
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0

#### Battuta 1

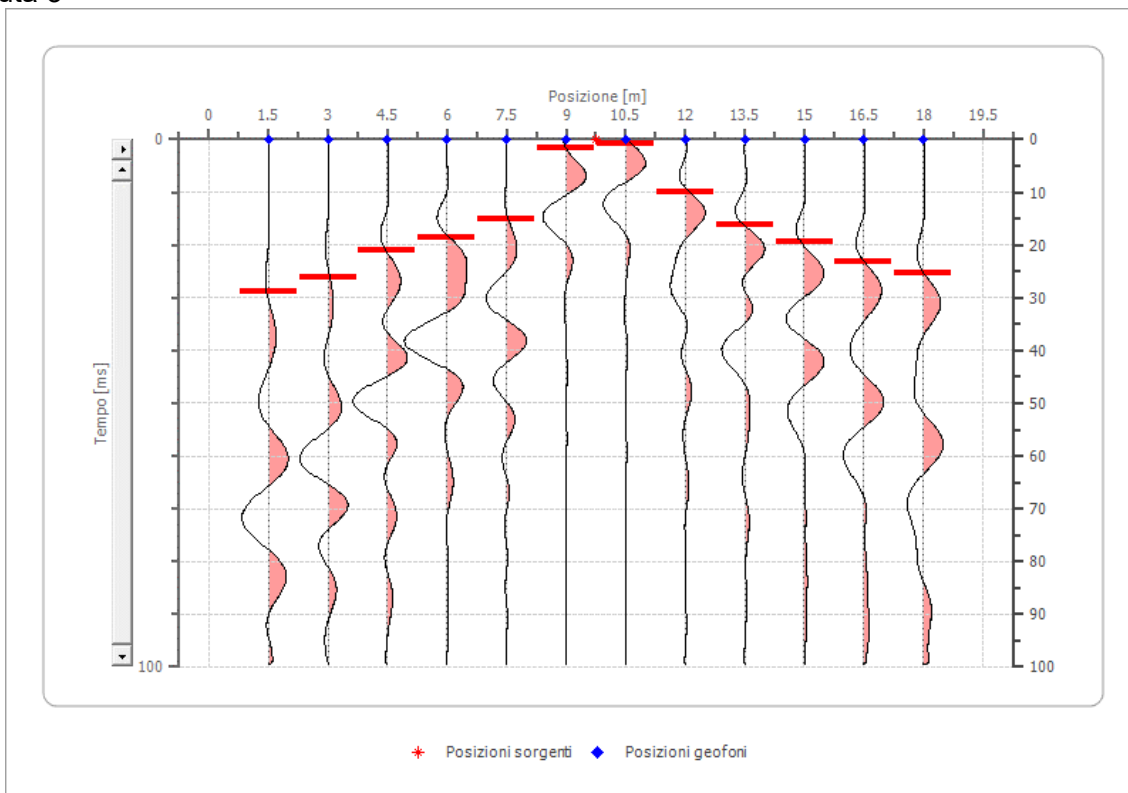


Posizione sorgente X      0.75 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

**Battuta 2**



**Battuta 3**

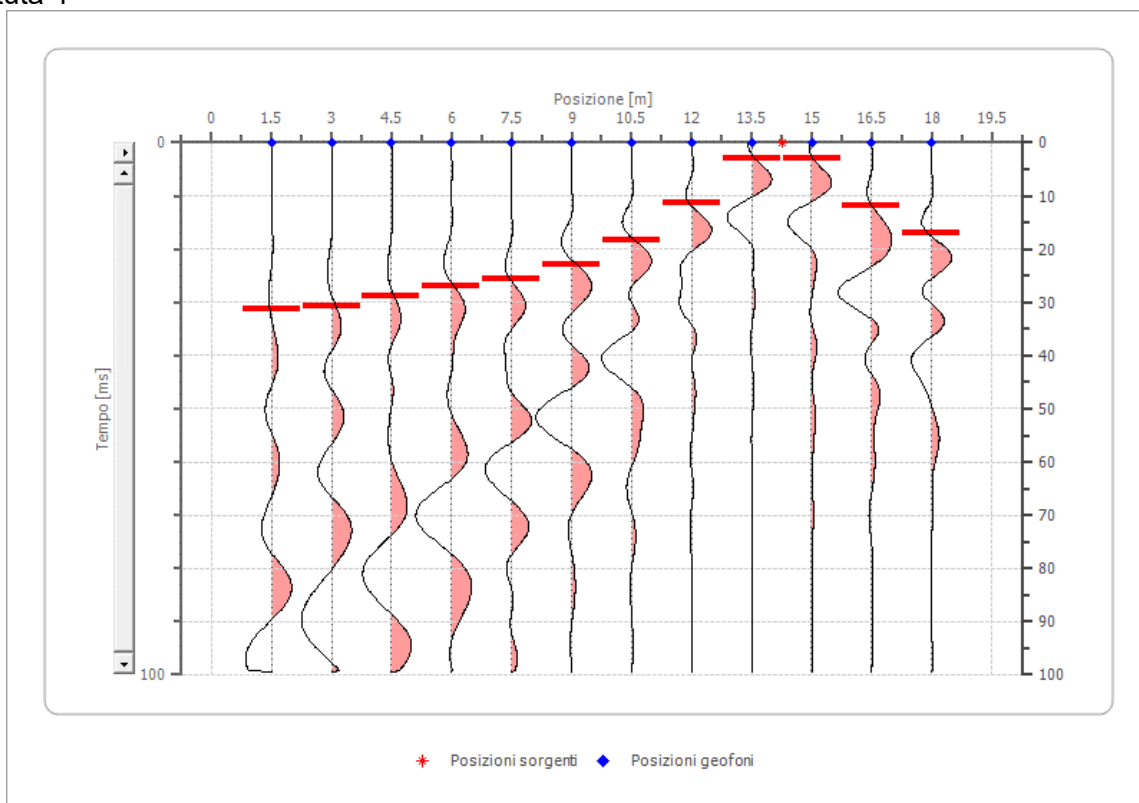


**Progettazione :**



**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

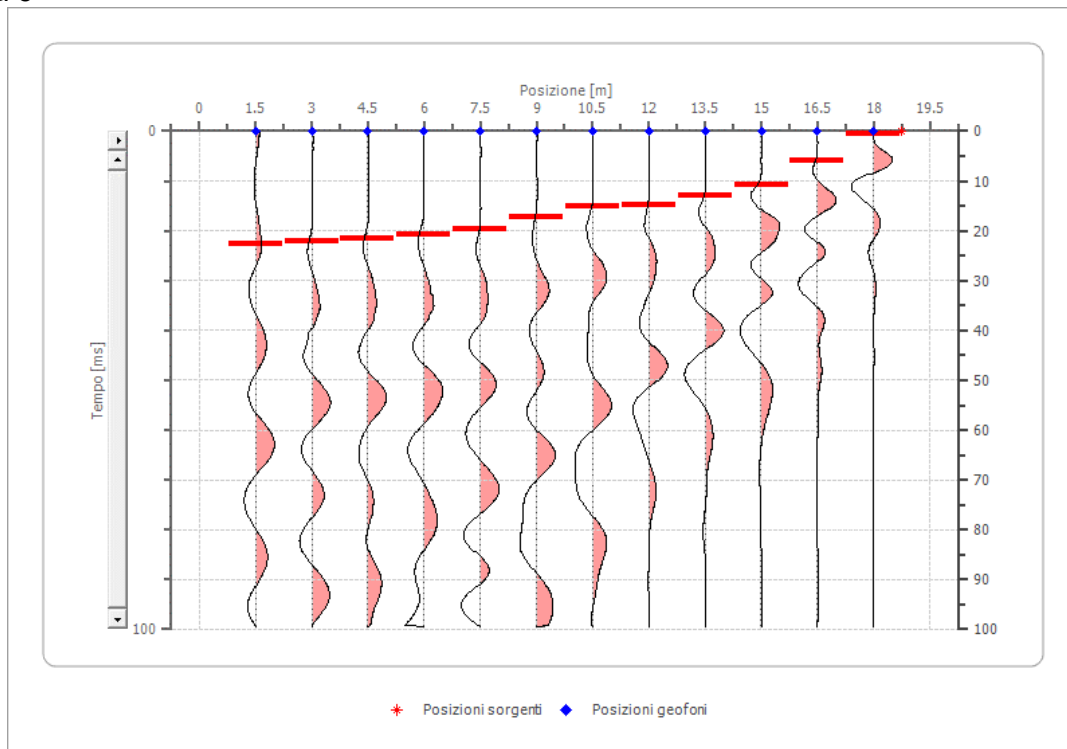
**Battuta 4**



Posizione sorgente X      14.25 [m]

Posizione sorgente Z      0 [m]

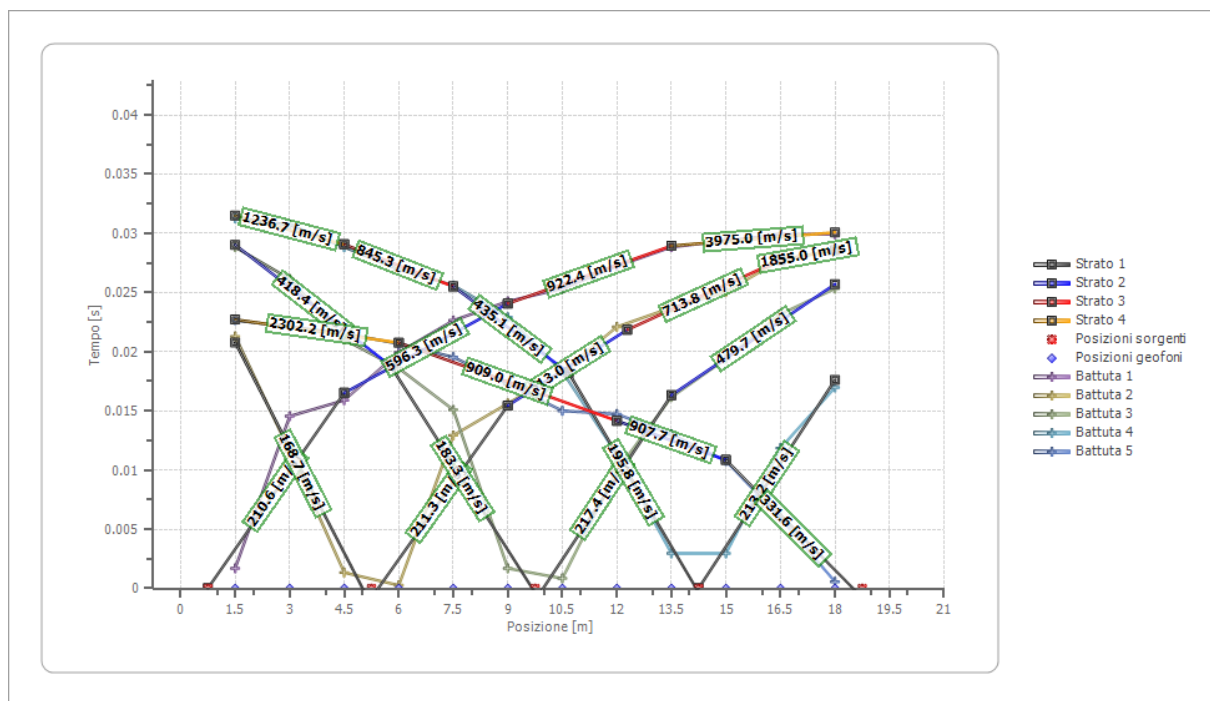
**Battuta 5**



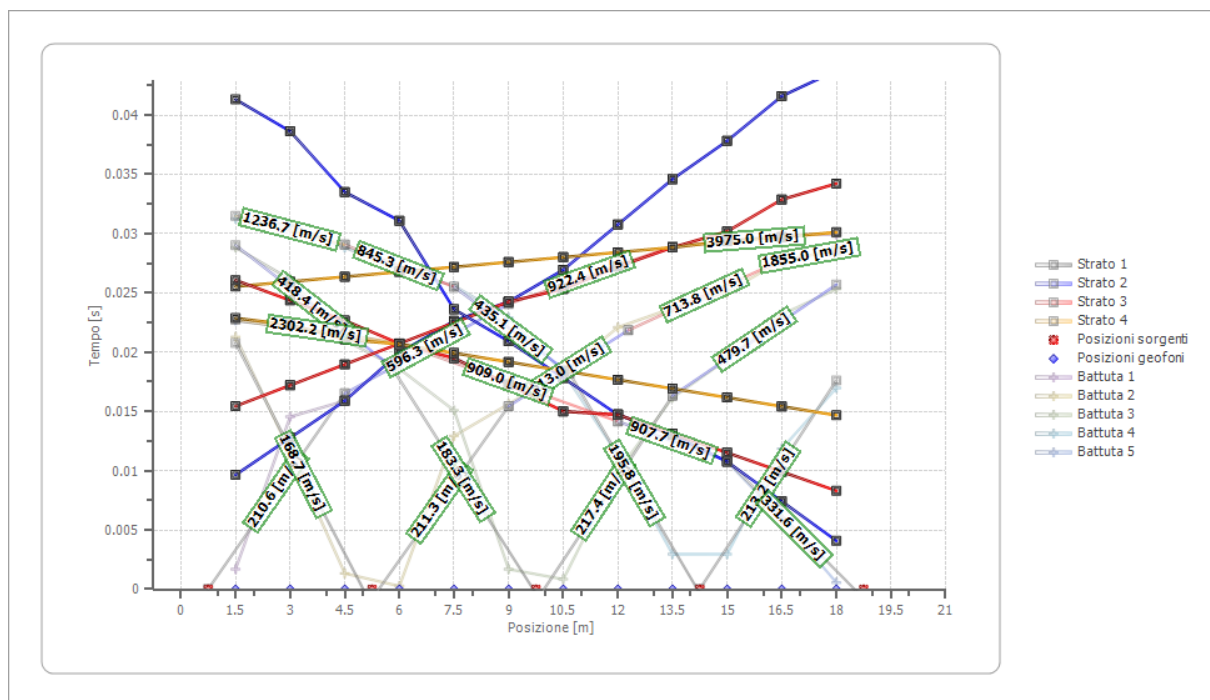
Posizione sorgente X      18.75 [m]

Posizione sorgente Z      0 [m]

### Dromocrone



### Dromocrone traslate



Progettazione :

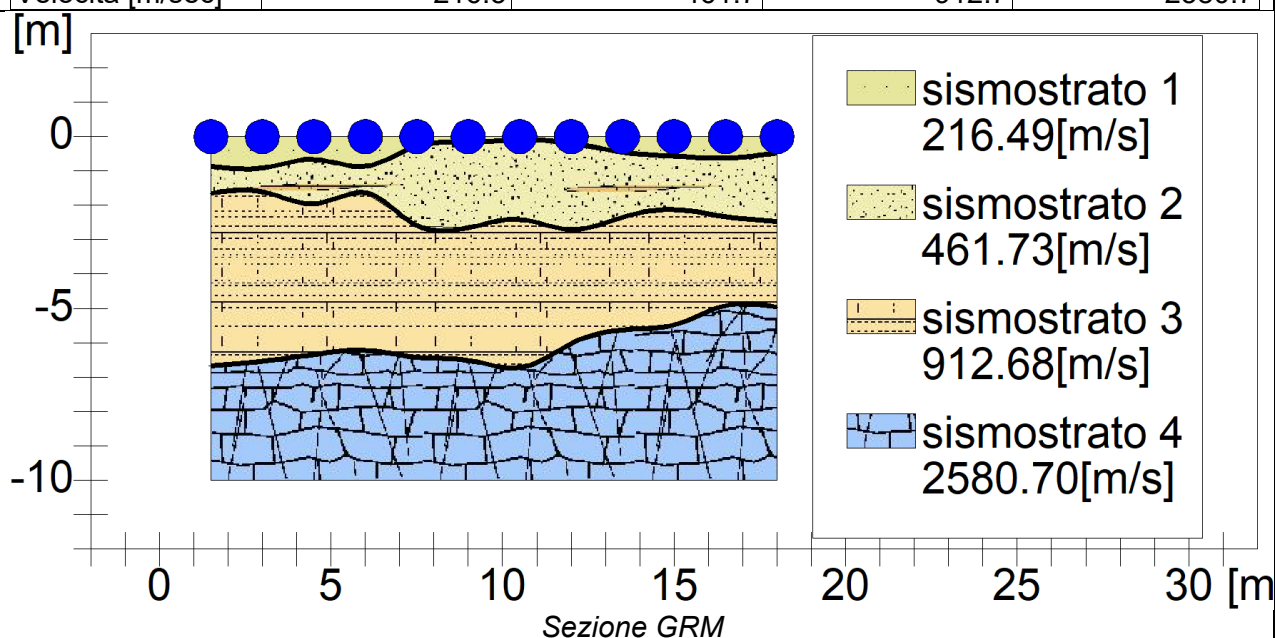


IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

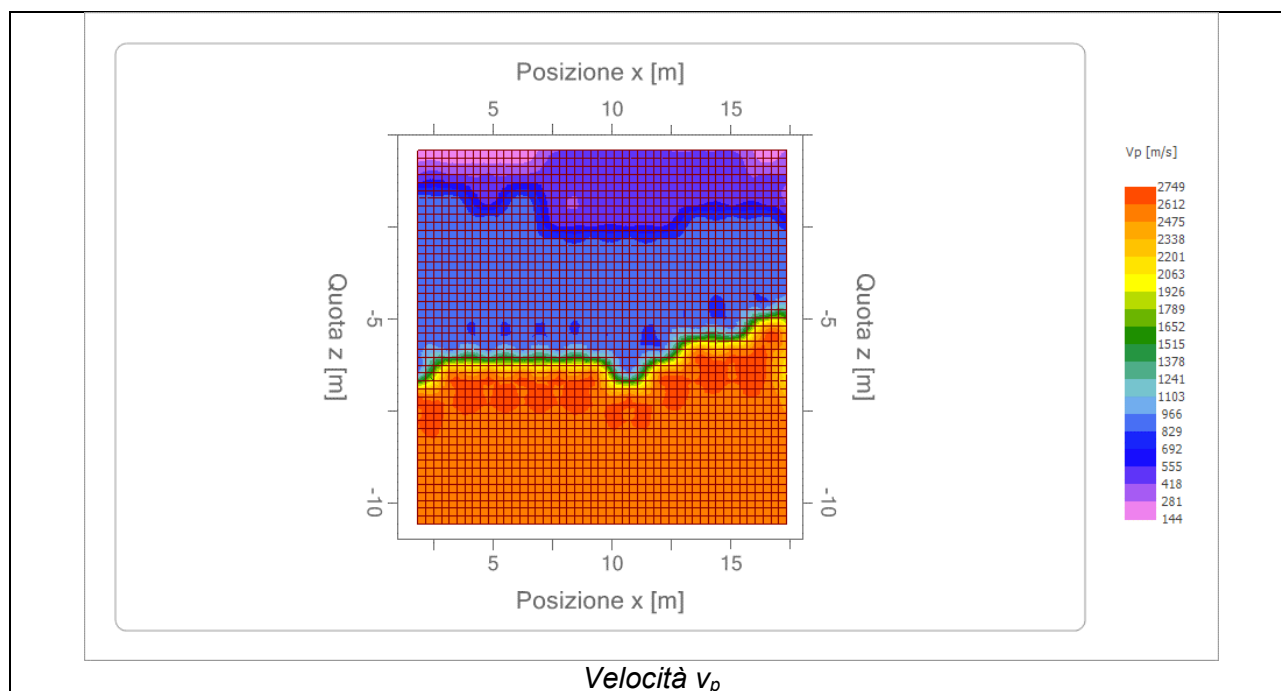
**Interpretazione col metodo G.,R.M.**

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
G= 1.5 [m]	0.9	1.7	6.7	--
G= 3.0 [m]	0.9	1.6	6.5	--
G= 4.5 [m]	0.7	2.0	6.3	--
G= 6.0 [m]	0.9	1.6	6.2	--
G= 7.5 [m]	0.3	2.6	6.4	--
G= 9.0 [m]	0.1	2.7	6.5	--
G= 10.5 [m]	0.1	2.4	6.7	--
G= 12.0 [m]	0.2	2.7	6.0	--
G= 13.5 [m]	0.4	2.4	5.6	--
G= 15.0 [m]	0.6	2.1	5.5	--
G= 16.5 [m]	0.6	2.3	4.9	--
G= 18.0 [m]	0.5	2.5	5.0	--
Velocità [m/sec]	216.5	461.7	912.7	2580.7







## IS4

Numero geofoni: 12    Lunghezza stendimento: 18 m    Interdistanza geofonica: 1,50 m



Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

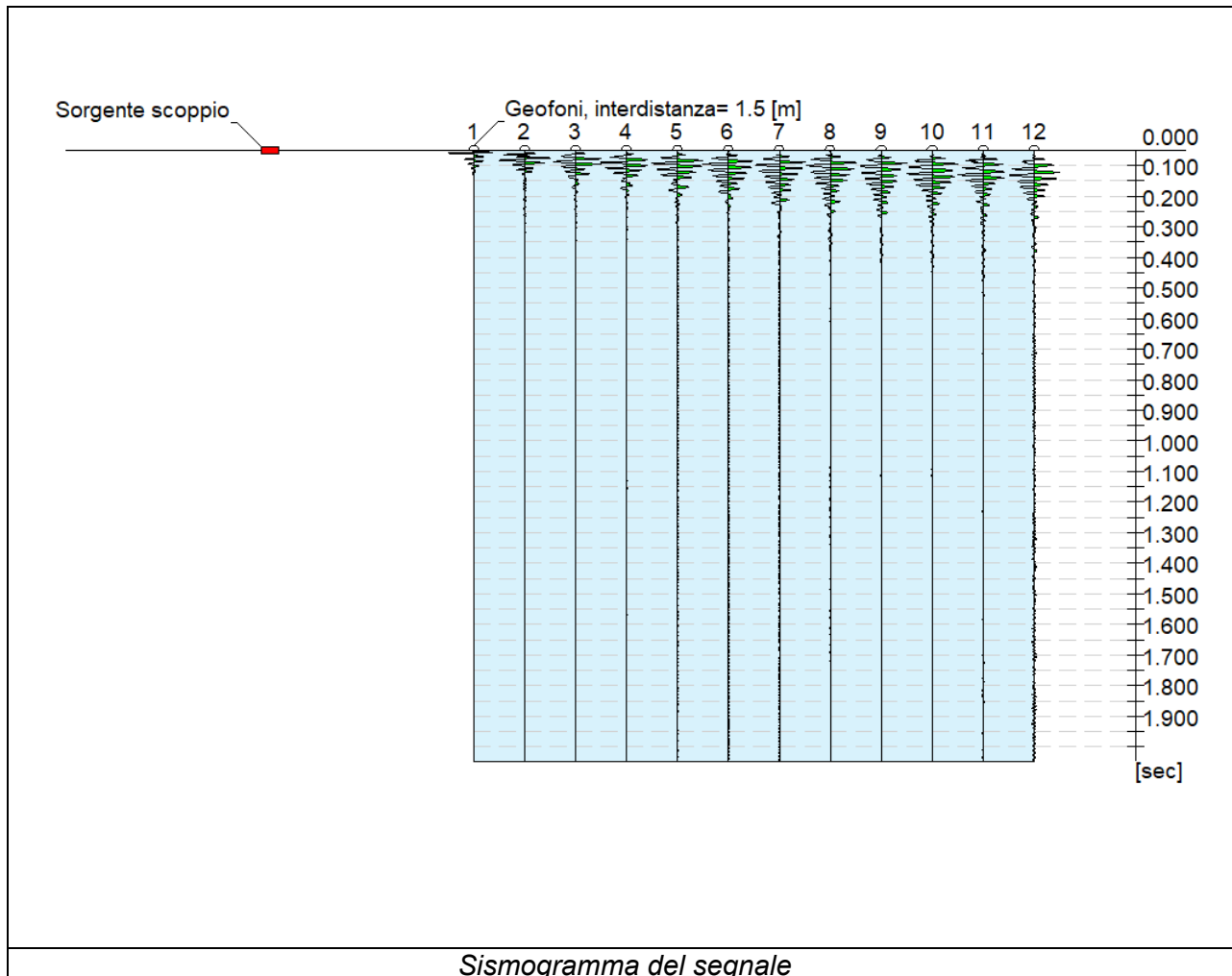
### INDAGINE M.A.S.W.

N. tracce 12

Durata acquisizione [msec] 2000.0

Interdistanza geofoni [m] 1.50

Periodo di campionamento [msec] 1.00

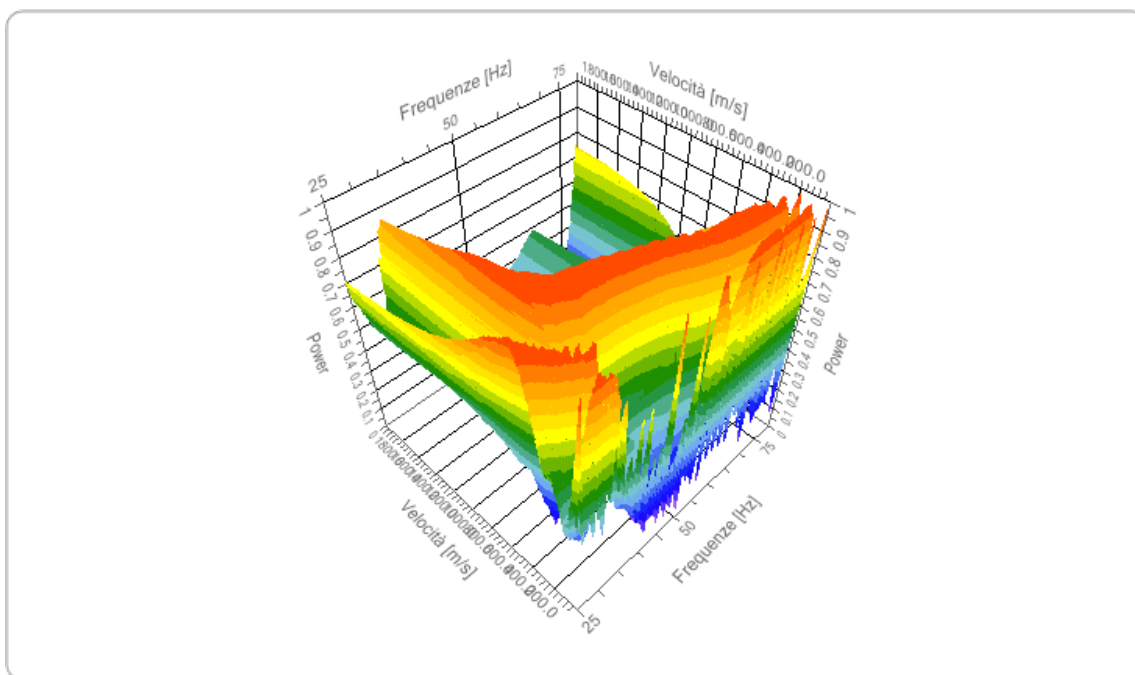


Sismogramma del segnale

### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 25  
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 80  
 Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1  
 Velocità massima di elaborazione [m/sec] 2000  
 Intervallo velocità [m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	43.2	586.8	0
2	45.2	520.9	0
3	47.2	513.6	0
4	49.6	477.0	0
5	51.8	455.0	0
6	53.8	433.0	0
7	56.5	667.3	1
8	56.7	425.7	0
9	57.9	638.0	1
10	58.1	418.4	0

**Progettazione :**



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

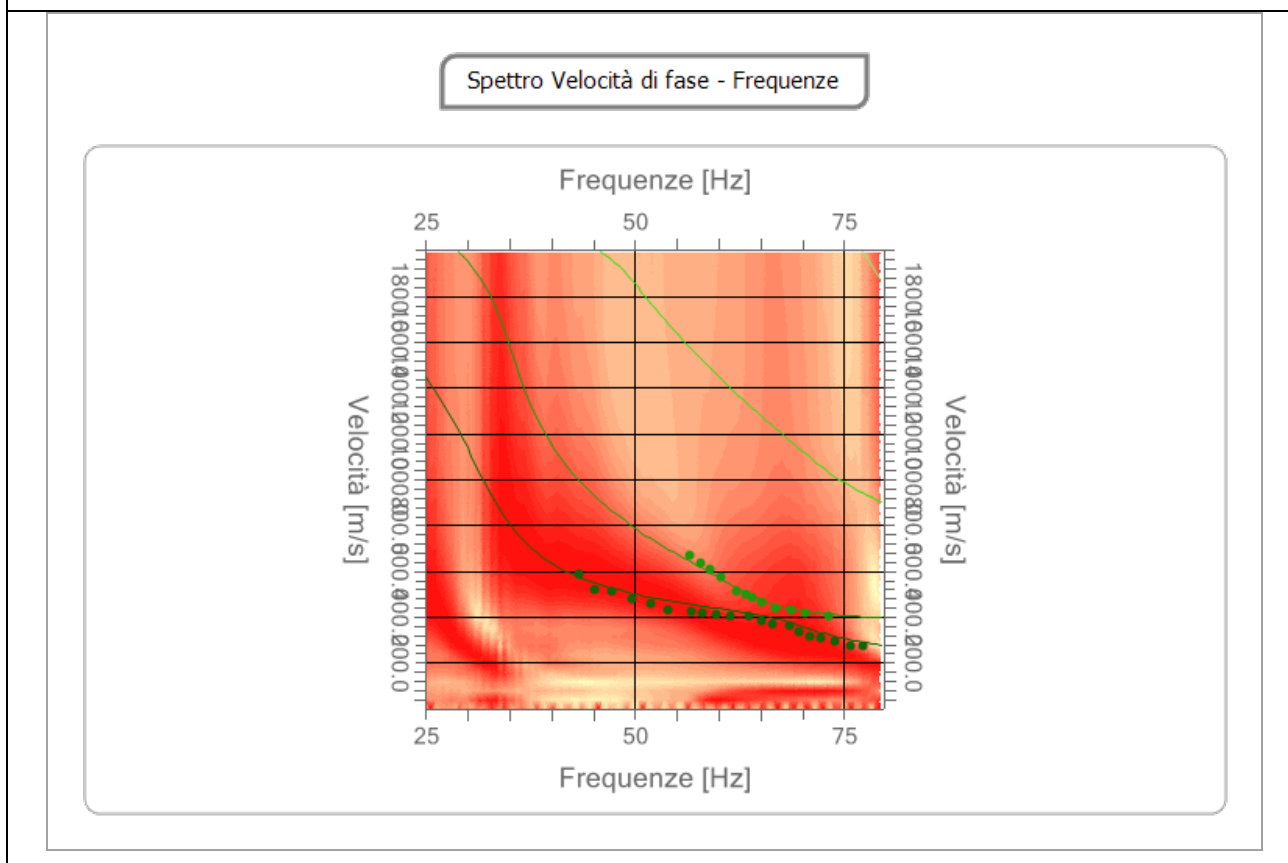
11	59.1	608.8	1
12	59.7	411.1	0
13	60.3	572.1	1
14	61.5	403.7	0
15	62.1	513.6	1
16	63.3	498.9	1
17	63.7	403.7	0
18	64.1	484.3	1
19	65.1	381.8	0
20	65.1	462.3	1
21	66.5	367.1	0
22	66.9	440.3	1
23	68.5	359.8	0
24	68.7	433.0	1
25	69.7	337.8	0
26	70.3	418.4	1
27	70.9	315.9	0
28	72.3	308.5	0
29	73.1	403.7	1
30	73.9	293.9	0
31	75.7	271.9	0
32	77.3	271.9	0

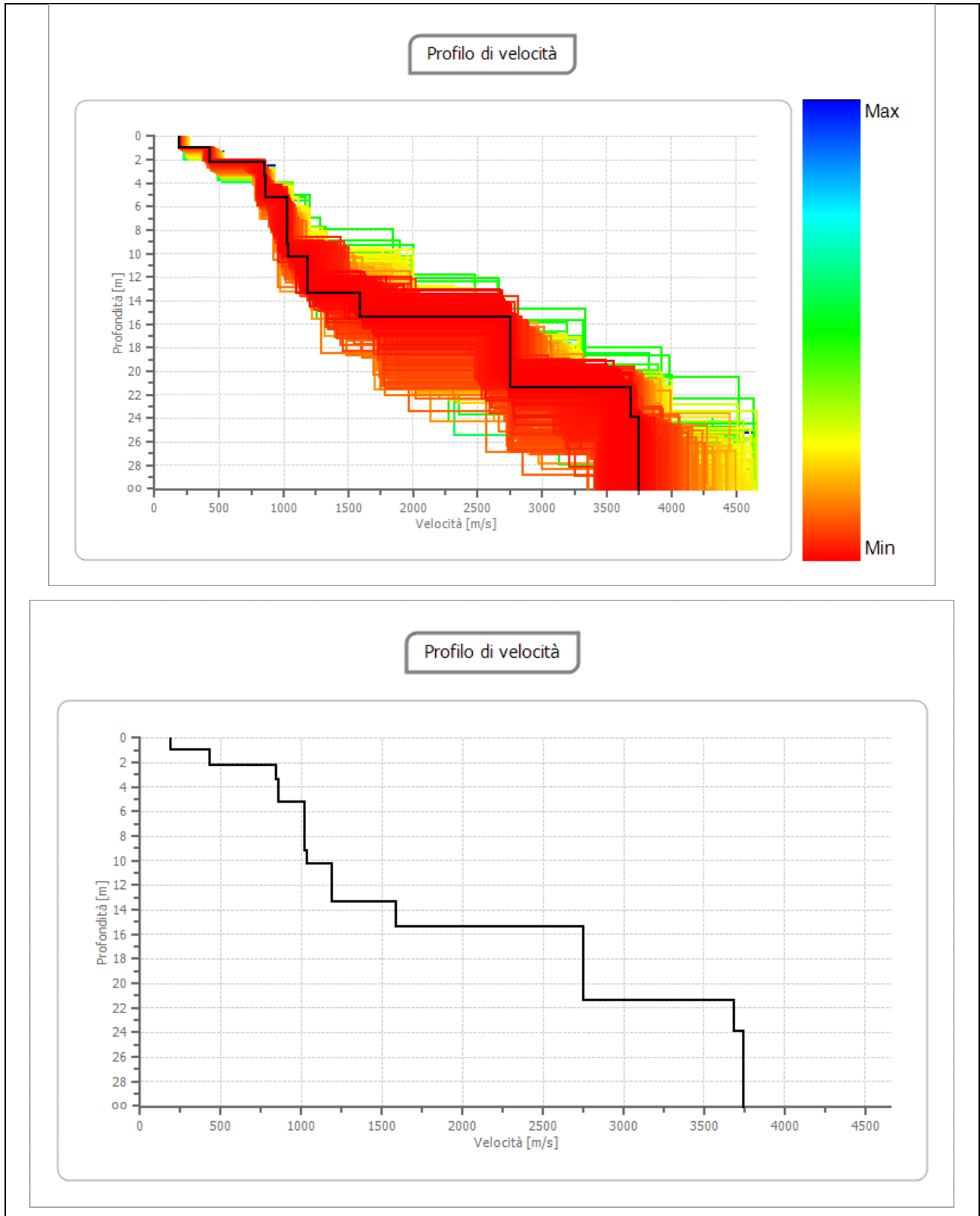
#### Inversione

n.	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	0.30	No	355.3	189.9
2	2.25	1.25	1800.0	0.30	No	802.4	428.9
3	3.38	1.13	1800.0	0.30	No	1581.8	845.5
4	5.18	1.80	1800.0	0.30	No	1598.1	854.2
5	9.16	3.98	1800.0	0.30	No	1911.1	1021.5
6	10.2	1.13	1800.0	0.30	No	1940.4	1037.2

7	13.37	3.08	1800.0	0.30	No	2220.3	1186.8
8	15.3	2.00	1800.0	0.30	No	2968.4	1586.7
9	21.3	5.97	1800.0	0.30	No	5149.5	2752.5
10	23.94	2.59	1800.0	0.30	No	6889.5	3682.6
11	33.90	9.96	1800.0	0.30	No	7005.9	3744.8
12	oo	oo	1800.0	0.30	No	7003.5	3743.5

Percentuale di errore 0.072 %  
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.028





### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.00	189.93	355.32	1800.00	0.30	64.93	227.26	140.68	168.82
2	2.25	428.89	802.38	1800.00	0.30	331.10	1158.86	717.39	860.87
3	3.38	845.50	1581.79	1800.00	0.30	1286.77	4503.70	2788.01	3345.61
4	5.18	854.20	1598.07	1800.00	0.30	1313.40	4596.89	2845.70	3414.83
5	9.16	1021.54	1911.13	1800.00	0.30	1878.39	6574.35	4069.84	4883.80
6	10.29	1037.21	1940.44	1800.00	0.30	1936.44	6777.55	4195.63	5034.75
7	13.37	1186.82	2220.33	1800.00	0.30	2535.37	8873.79	5493.30	6591.96
8	15.37	1586.66	2968.36	1800.00	0.30	4531.46	15860.12	9818.17	11781.80
9	21.34	2752.51	5149.47	1800.00	0.30	13637.36	47730.76	29547.61	35457.14
10	23.94	3682.61	6889.53	1800.00	0.30	24410.91	85438.20	52890.32	63468.38
11	33.90	3744.78	7005.85	1800.00	0.30	25242.15	88347.51	54691.32	65629.58
12	oo	3743.53	7003.50	1800.00	0.30	25225.20	88288.20	54654.60	65585.52

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young

### Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	1.00
<b>Vs,eq [m/sec](H=16.24 m)</b>	845.50
<b>Categoria del suolo</b>	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

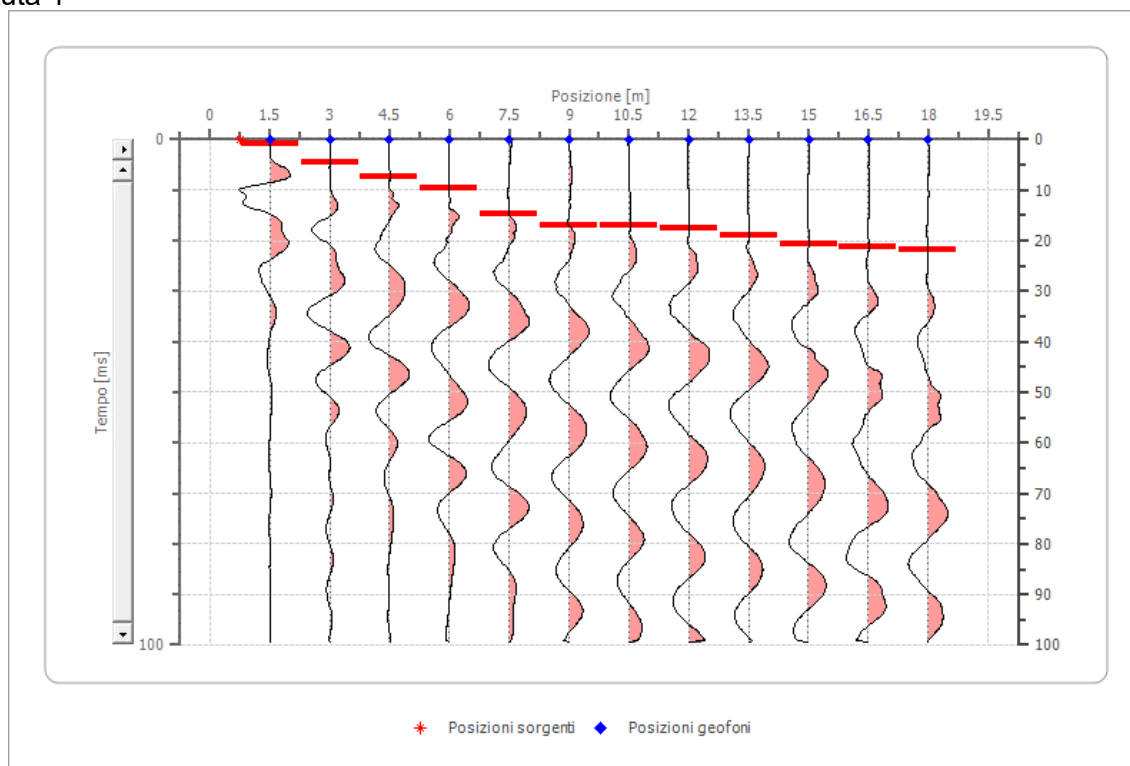


### SISMICA A RIFRAZIONE

#### Geometria geofoni

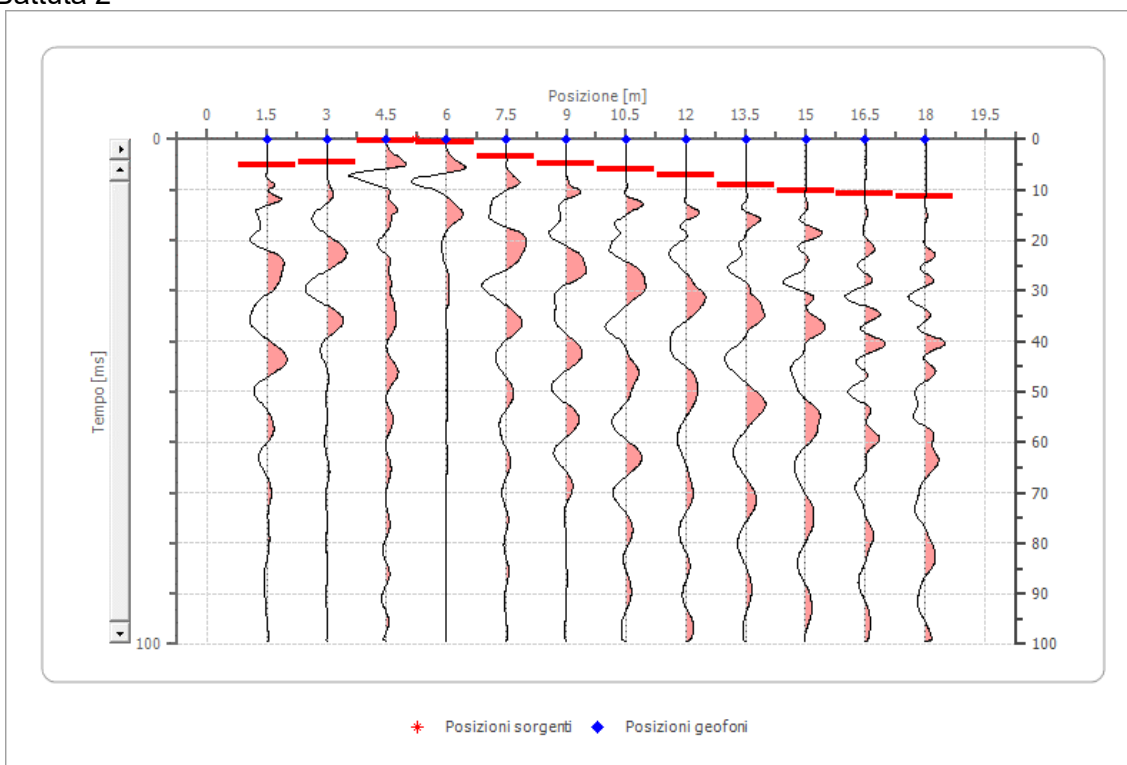
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0

#### Battuta 1



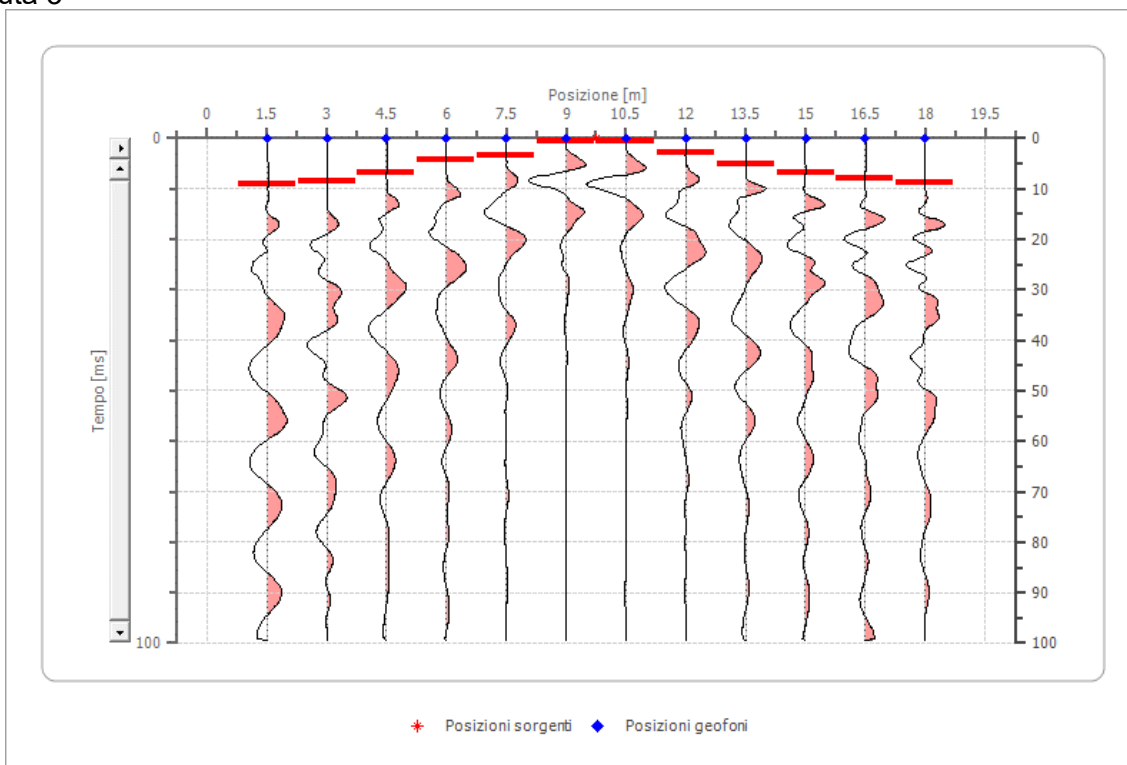
Posizione sorgente X      0.75 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

### Battuta 2



Posizione sorgente X      5.25 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

### Battuta 3



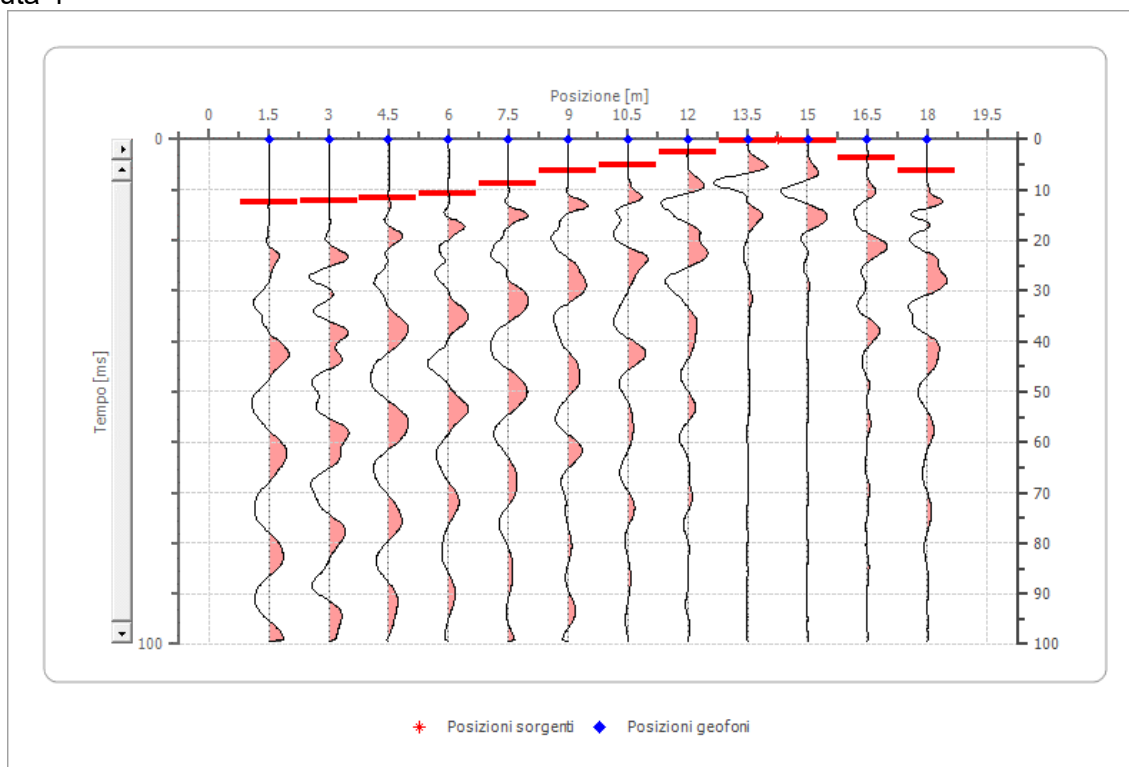
Posizione sorgente X      9.75 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

**Progettazione :**

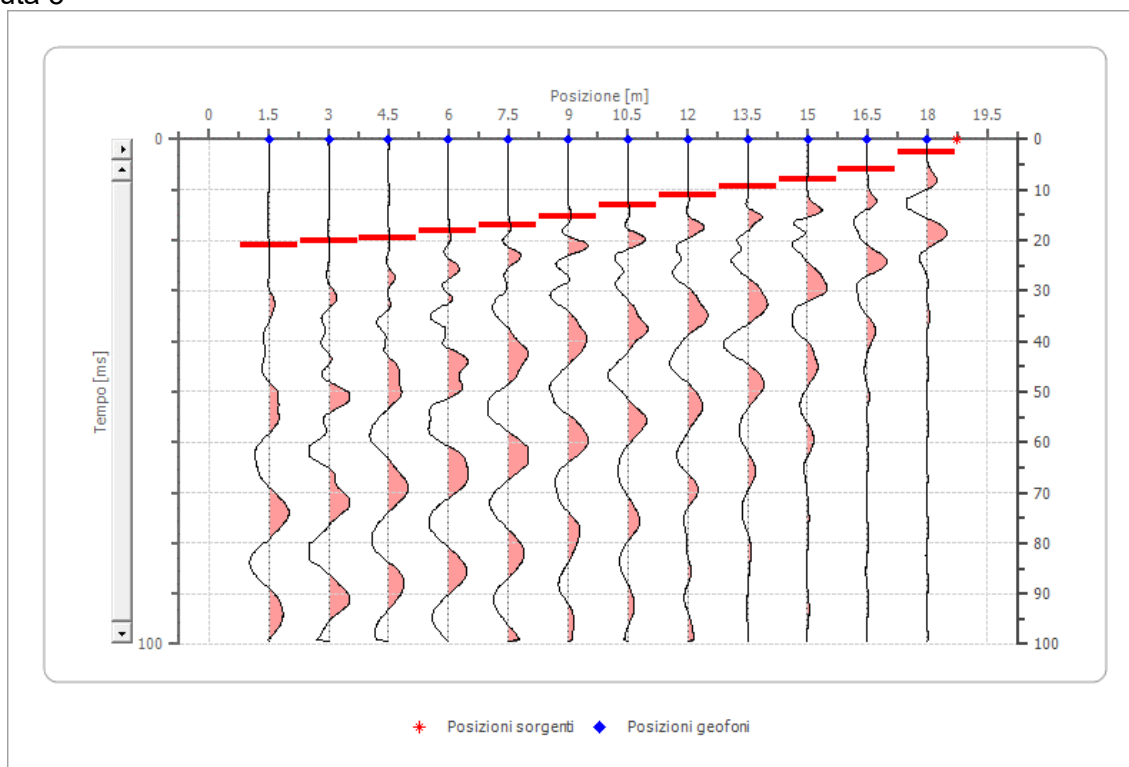


**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

**Battuta 4**



**Battuta 5**

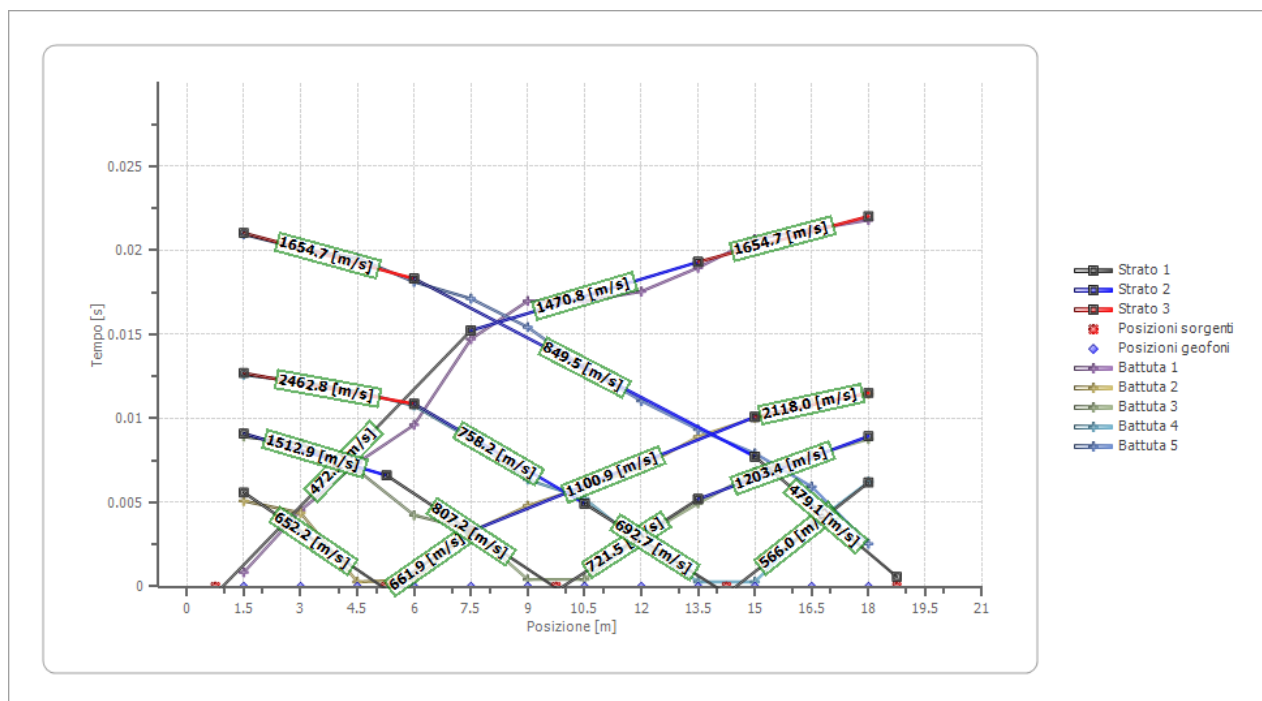


**Progettazione :**

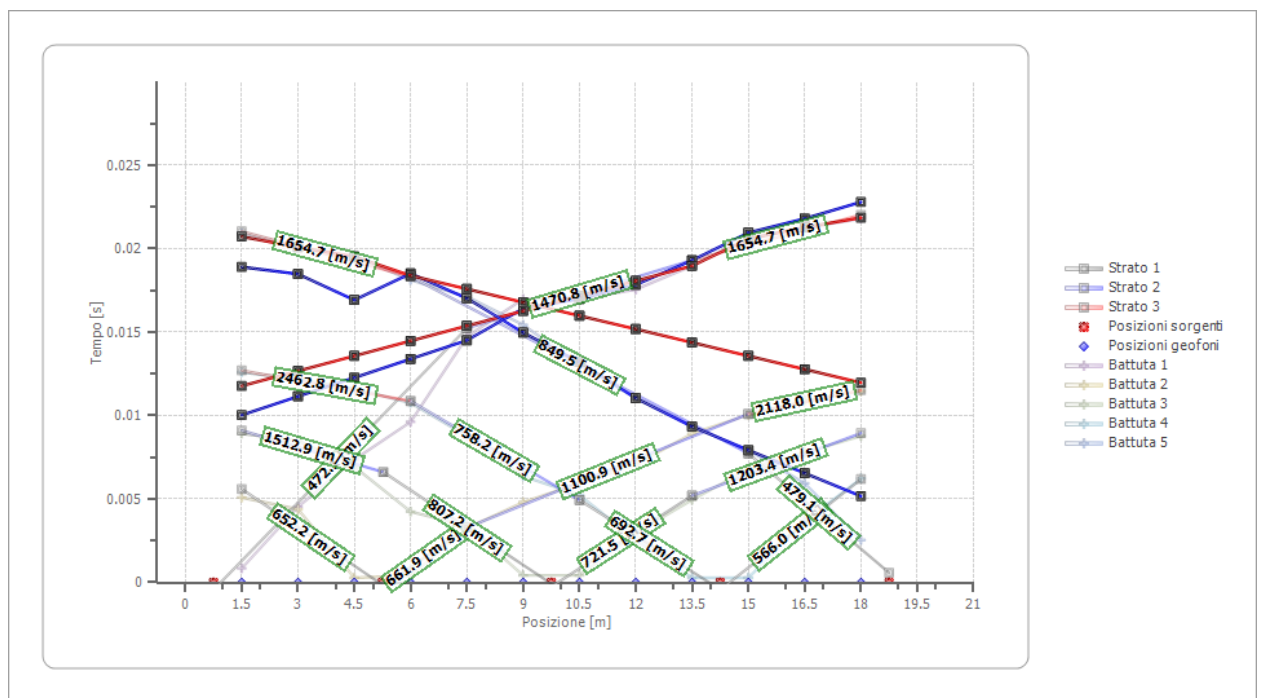


**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

### Dromocrone



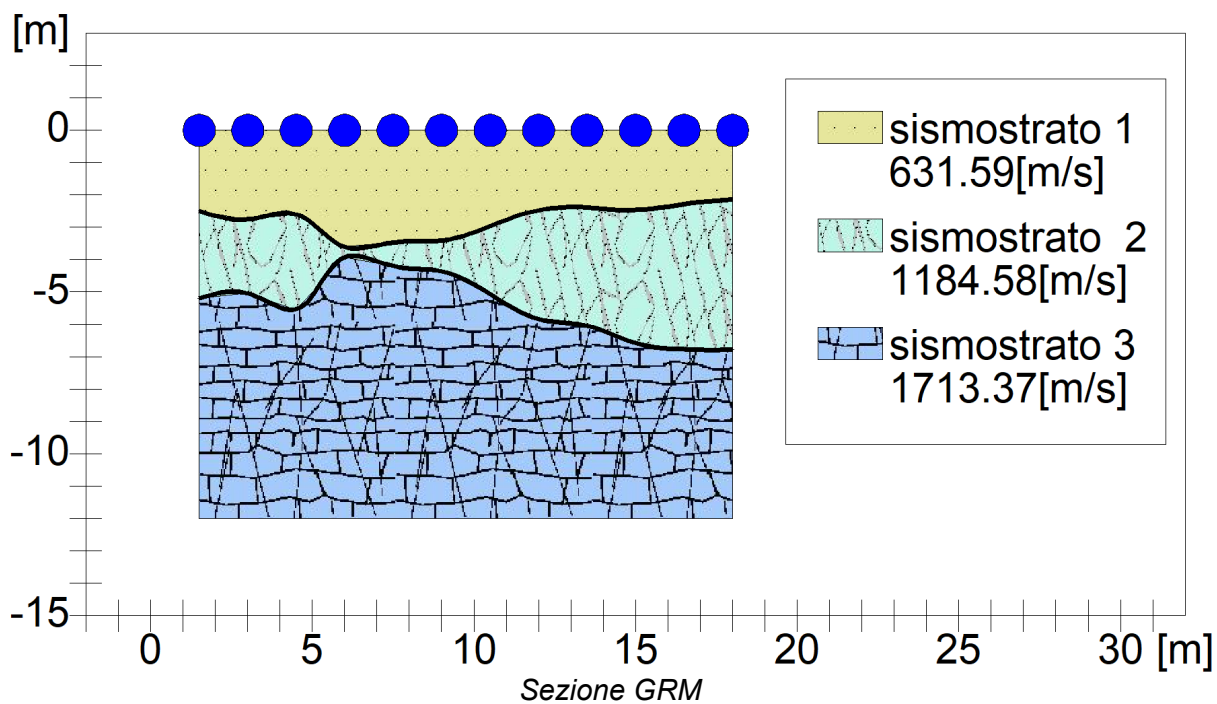
### Dromocrone traslate

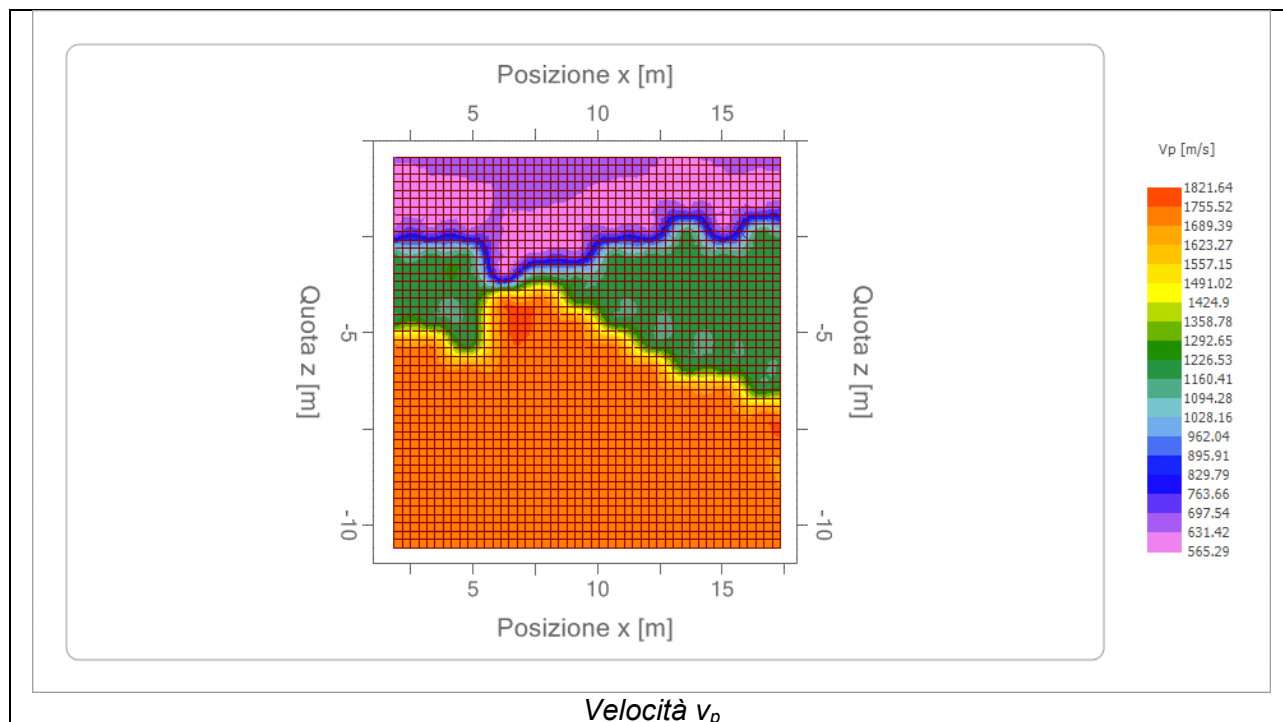


**Interpretazione col metodo G.,R.M.**

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 1.5 [m]	2.5	5.2	--
G= 3.0 [m]	2.8	5.0	--
G= 4.5 [m]	2.6	5.5	--
G= 6.0 [m]	3.6	3.9	--
G= 7.5 [m]	3.5	4.2	--
G= 9.0 [m]	3.4	4.4	--
G= 10.5 [m]	3.0	5.1	--
G= 12.0 [m]	2.5	5.8	--
G= 13.5 [m]	2.4	6.0	--
G= 15.0 [m]	2.5	6.6	--
G= 16.5 [m]	2.3	6.8	--
G= 18.0 [m]	2.1	6.8	--
Velocità [m/sec]	631.6	1184.6	1713.4





## IS5

Numero geofoni: 12    Lunghezza stendimento: 18 m    Interdistanza geofonica: 1,50 m



Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

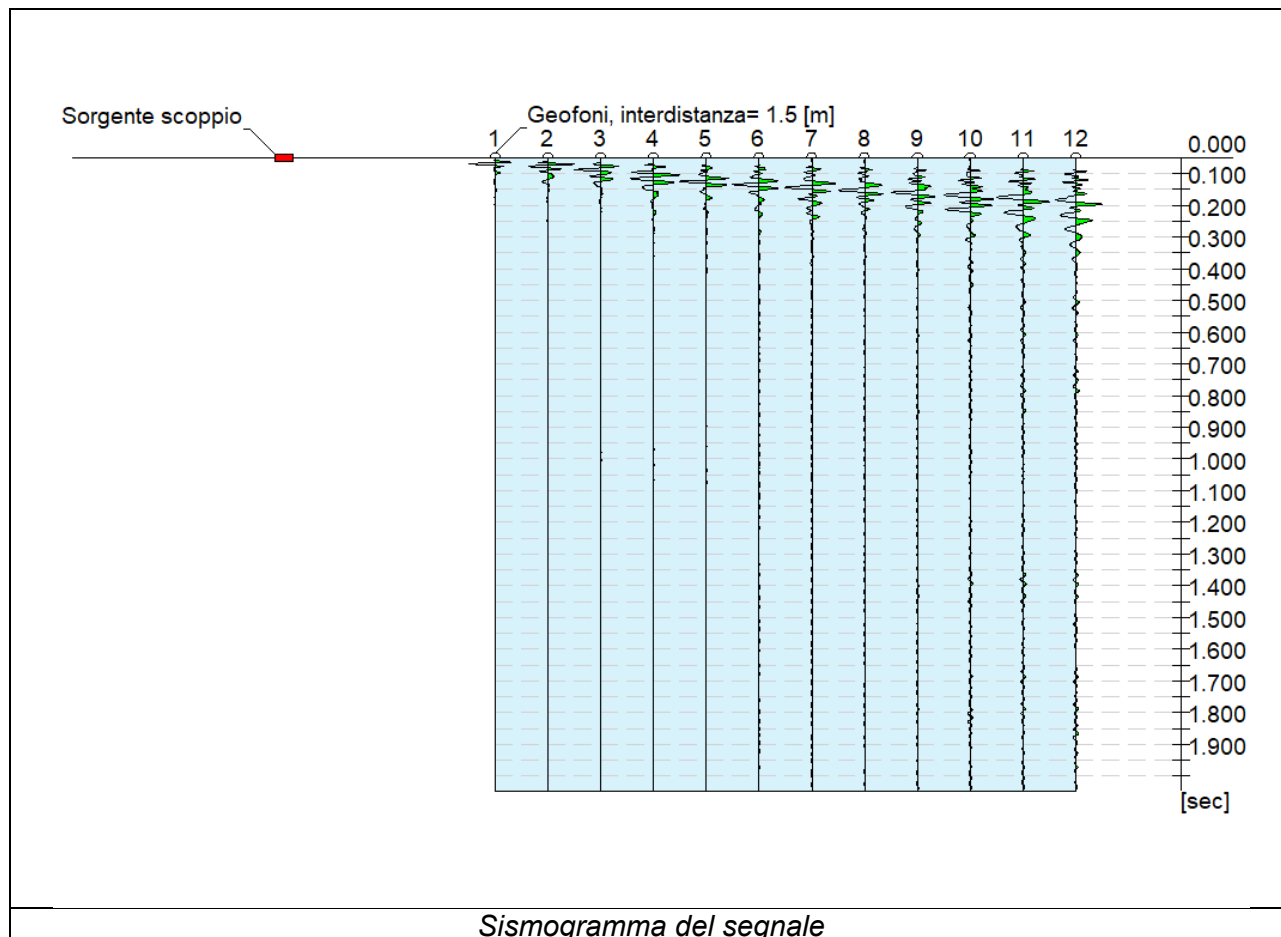
### INDAGINE M.A.S.W.

N. tracce 12

Durata acquisizione [msec] 2000.0

Interdistanza geofoni [m] 1.50

Periodo di campionamento [msec] 1.00

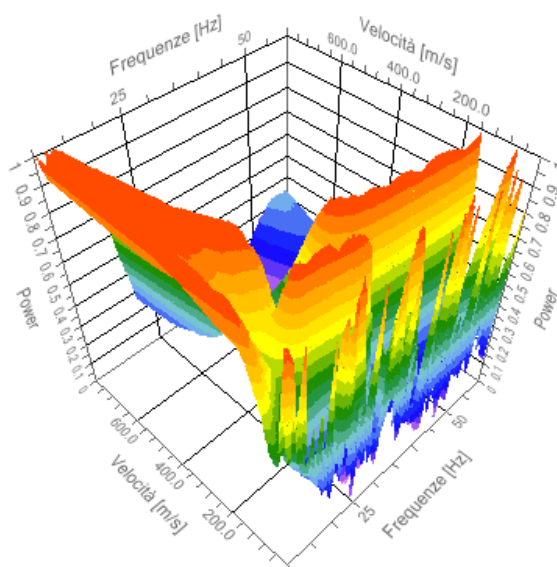




### Analisi spettrale

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

Spettro Velocità di fase - Frequenze



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	32.5	246.8	0
2	33.3	361.0	1
3	33.3	241.0	0
4	35.3	229.3	0
5	36.2	226.4	0
6	37.4	214.7	0
7	37.6	343.4	1
8	39.3	343.4	1
9	39.3	220.5	0
10	39.8	211.7	0

**Progettazione :**

11	41.6	208.8	0
12	42.0	340.5	1
13	42.4	205.9	0
14	43.8	202.9	0
15	44.0	334.6	1
16	45.6	202.9	0
17	46.0	325.9	1
18	47.4	197.1	0
19	48.0	197.1	0
20	48.2	325.9	1
21	50.2	191.2	0
22	50.5	322.9	1
23	51.8	191.2	0
24	52.7	422.5	2
25	52.9	191.2	0
26	54.4	185.4	0
27	54.4	410.7	2
28	55.8	402.0	2
29	57.4	399.0	2
30	59.1	396.1	2

#### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.07	1.07	1800.0	0.30	No	348.5	186.3
2	2.14	1.07	1800.0	0.30	No	383.1	204.8
3	3.19	1.05	1800.0	0.30	No	497.4	265.9
4	5.10	1.91	1800.0	0.30	No	740.6	395.8
5	6.89	1.79	1800.0	0.30	No	773.3	413.3
6	10.05	3.16	1800.0	0.30	No	878.1	469.3
7	13.95	3.91	1800.0	0.30	No	1056.5	564.7
8	15.77	1.81	1800.0	0.30	No	1169.8	625.3
9	18.31	2.54	1800.0	0.30	No	1195.3	638.9
10	25.93	7.62	1800.0	0.30	No	1408.8	753.0
11	30.40	4.47	1800.0	0.30	No	1454.7	777.6

#### Progettazione :

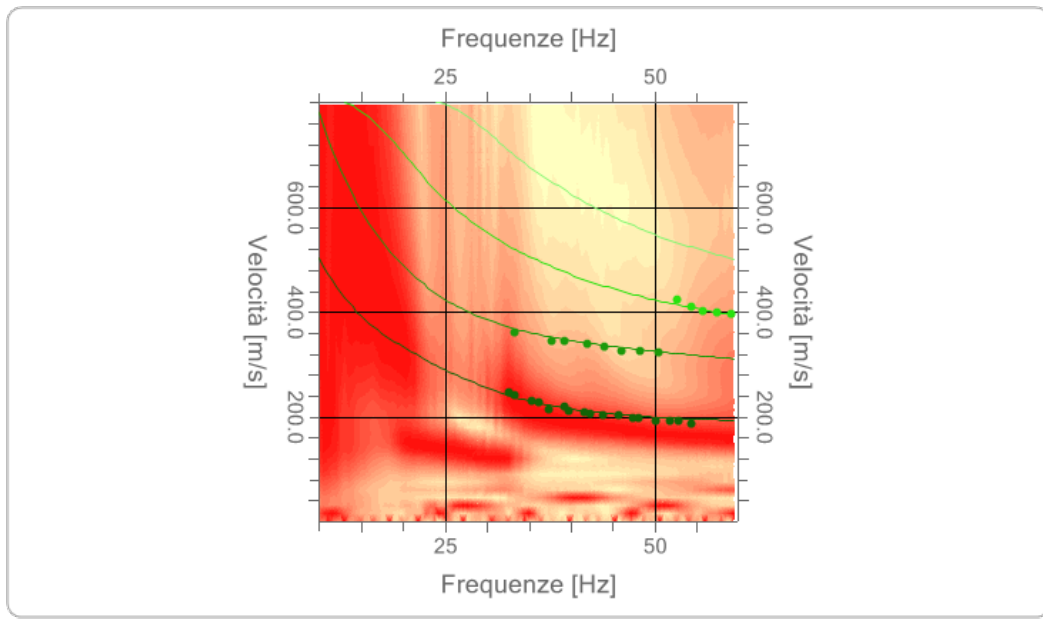


IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

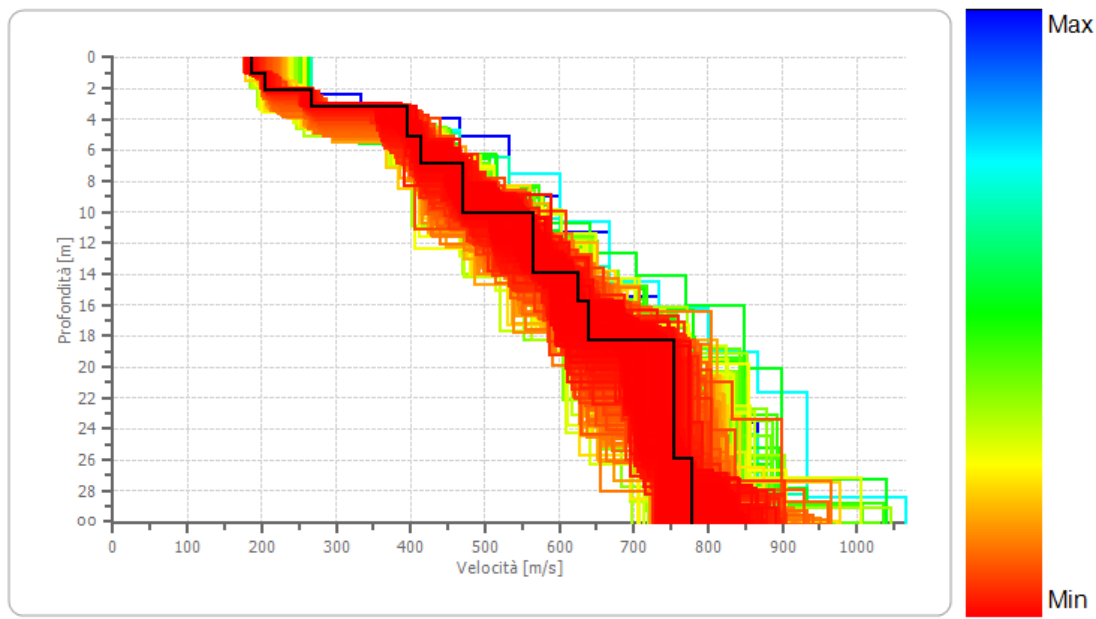
12	oo	oo	1800.0	0.30	No	1622.3	867.1
----	----	----	--------	------	----	--------	-------

Percentuale di errore 0.009 %  
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.011

Spettro Velocità di fase - Frequenze



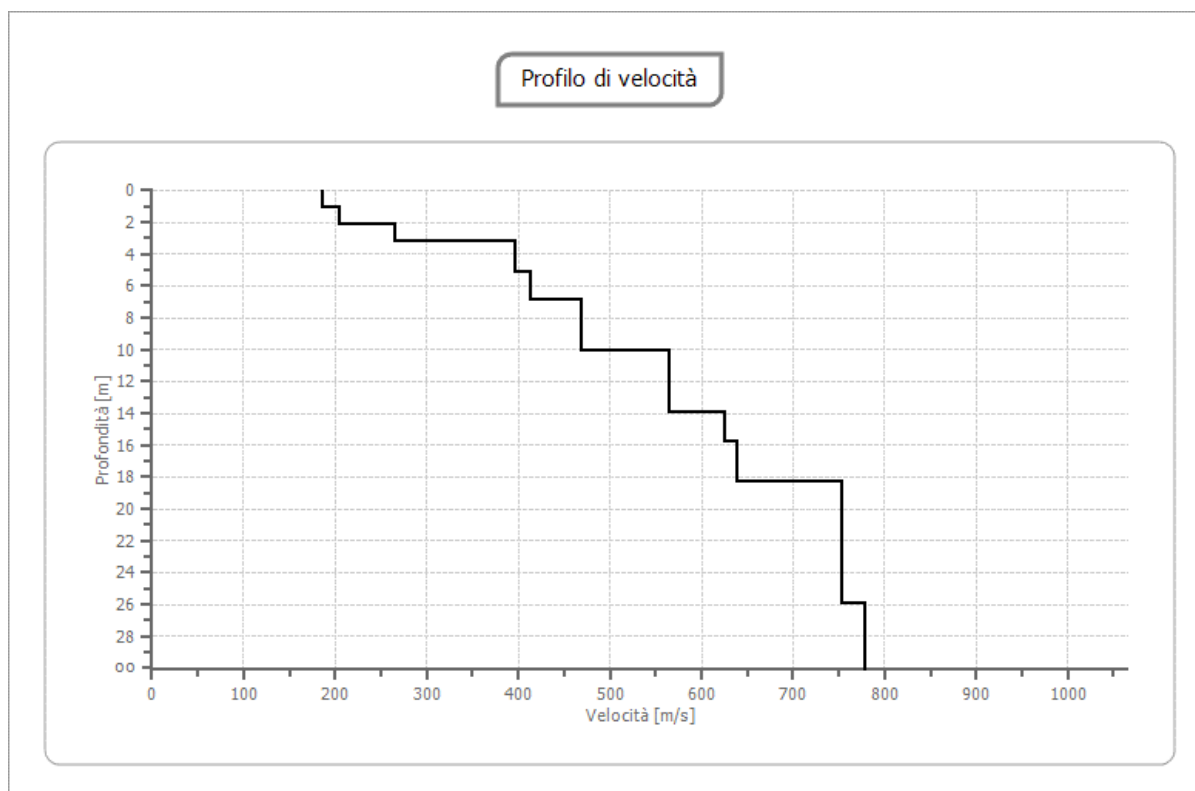
Profilo di velocità



**Progettazione :**



**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)



## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	1.00
<b>Vs,eq [m/sec](H=29.40 m)</b>	533.72
<b>Categoria del suolo</b>	B

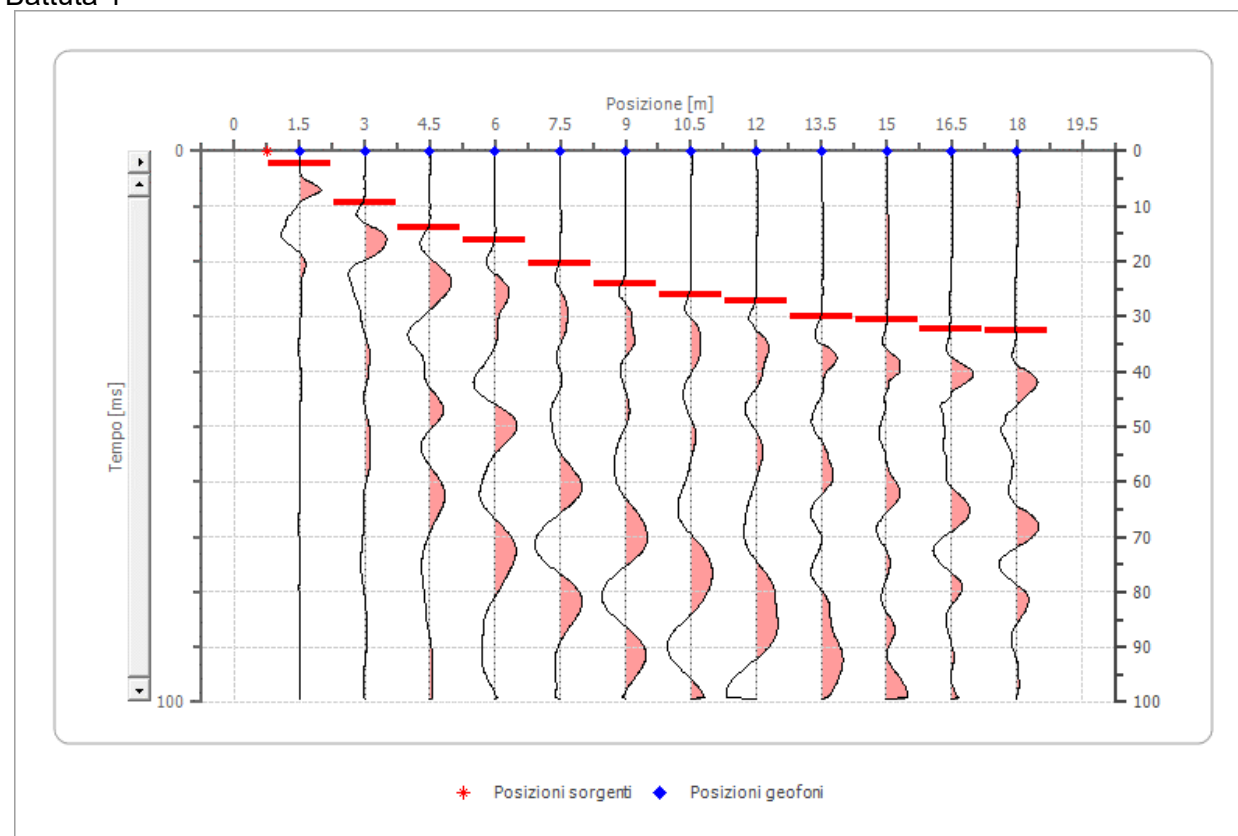
Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

## SISMICA A RIFRAZIONE

### Geometria geofoni

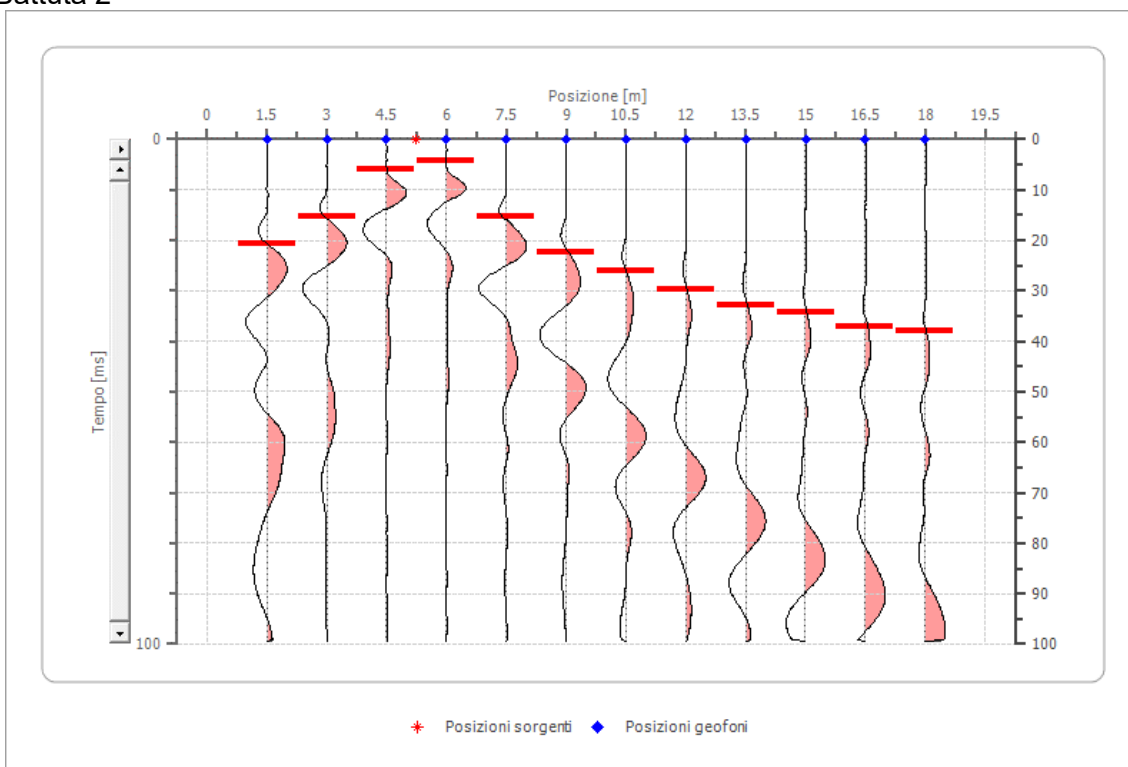
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0

### Battuta 1

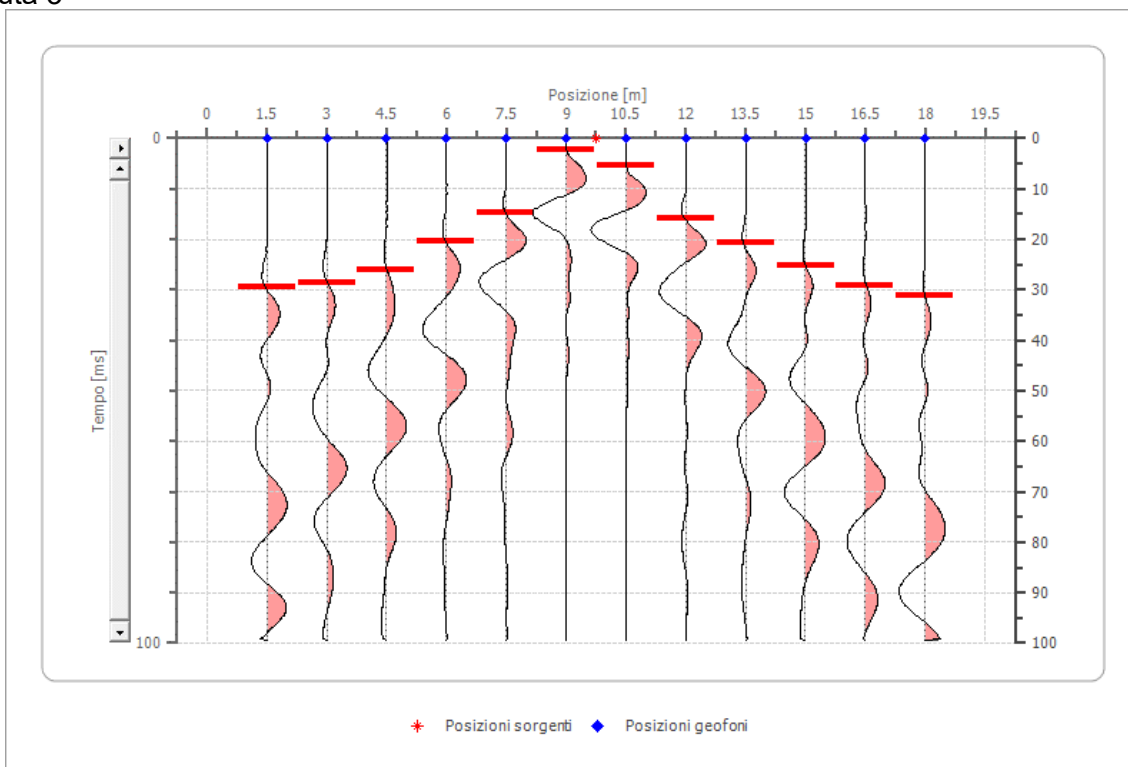


Posizione sorgente X      0.75 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

### Battuta 2



### Battuta 3

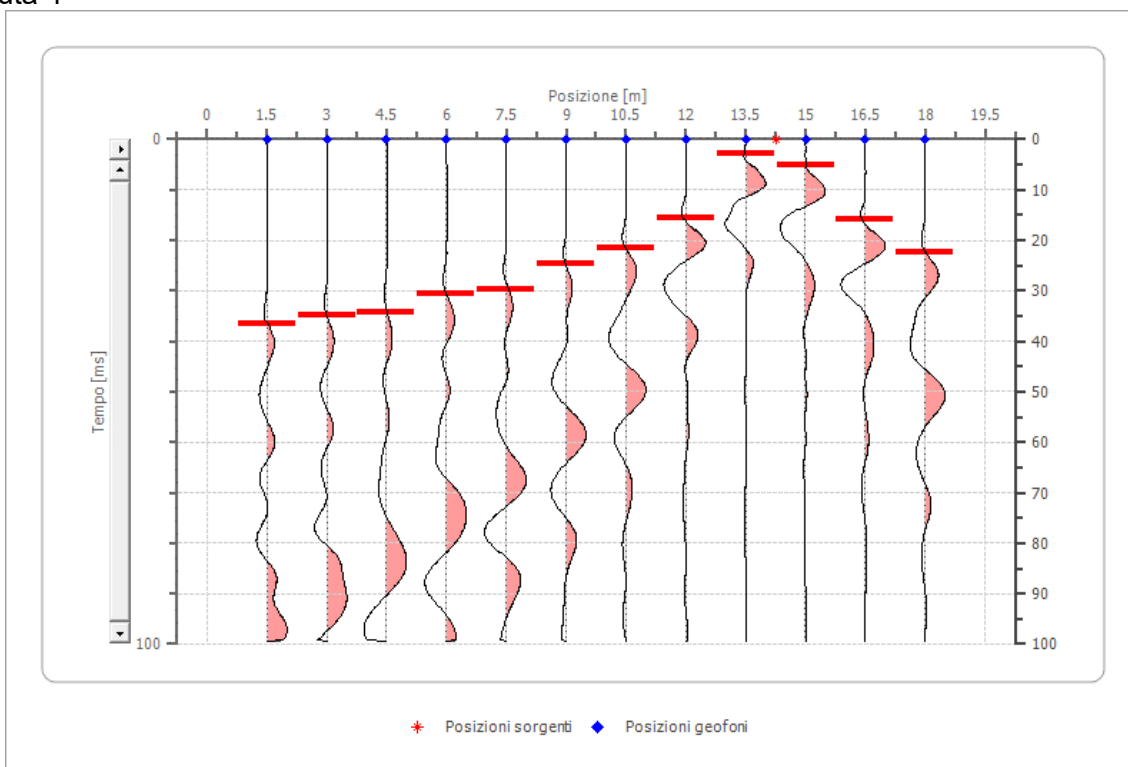


**Progettazione :**

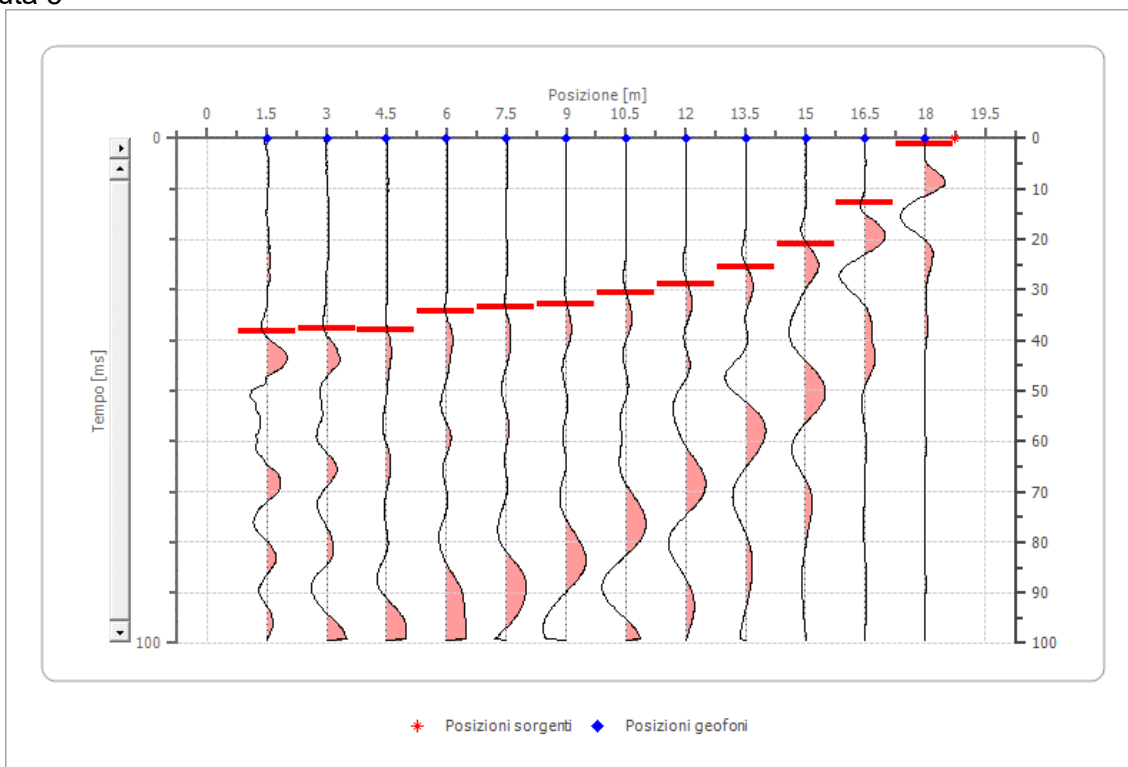


**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

**Battuta 4**



**Battuta 5**

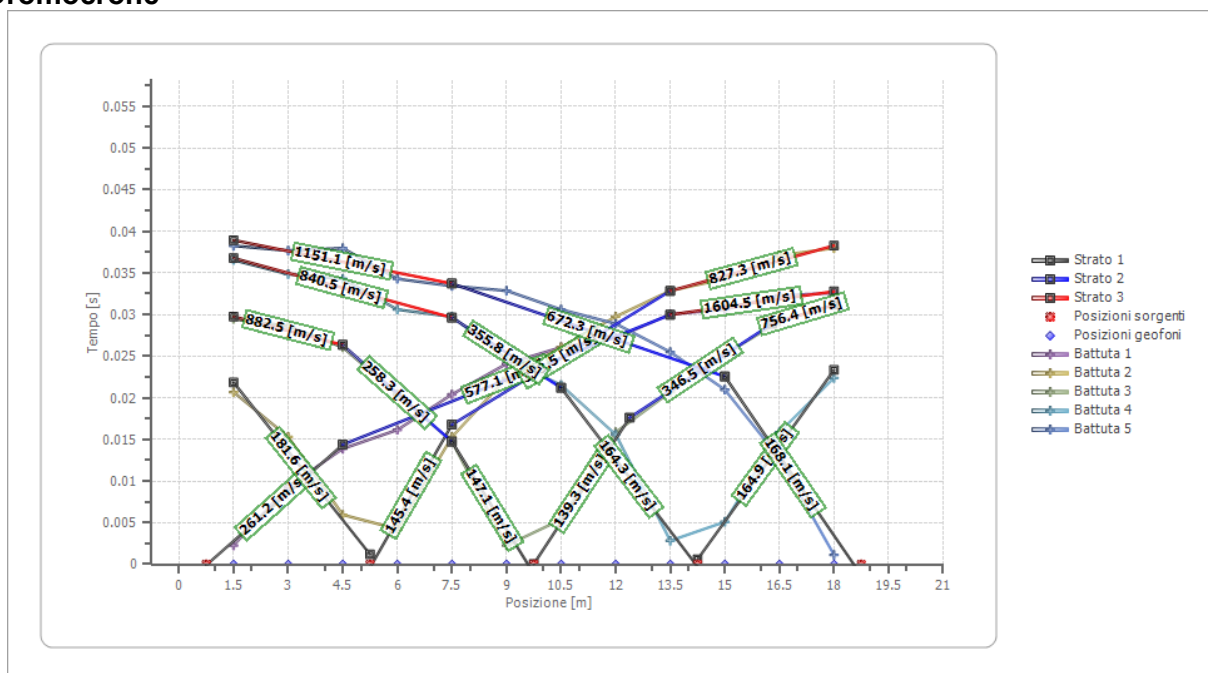


Progettazione :

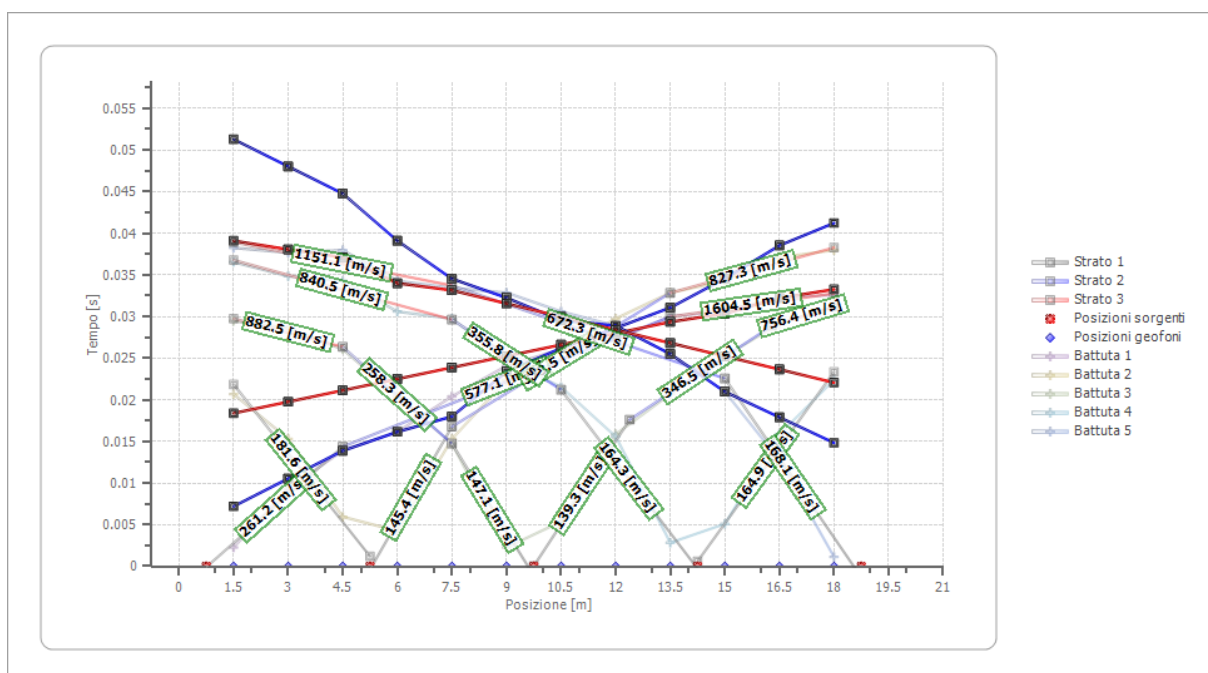


**IA.ING S.r.l.**  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

### Dromocrone



### Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 1.5 [m]	1.4	2.6	--
G= 3.0 [m]	1.4	2.8	--
G= 4.5 [m]	1.3	3.0	--
G= 6.0 [m]	1.1	3.2	--
G= 7.5 [m]	0.8	4.0	--

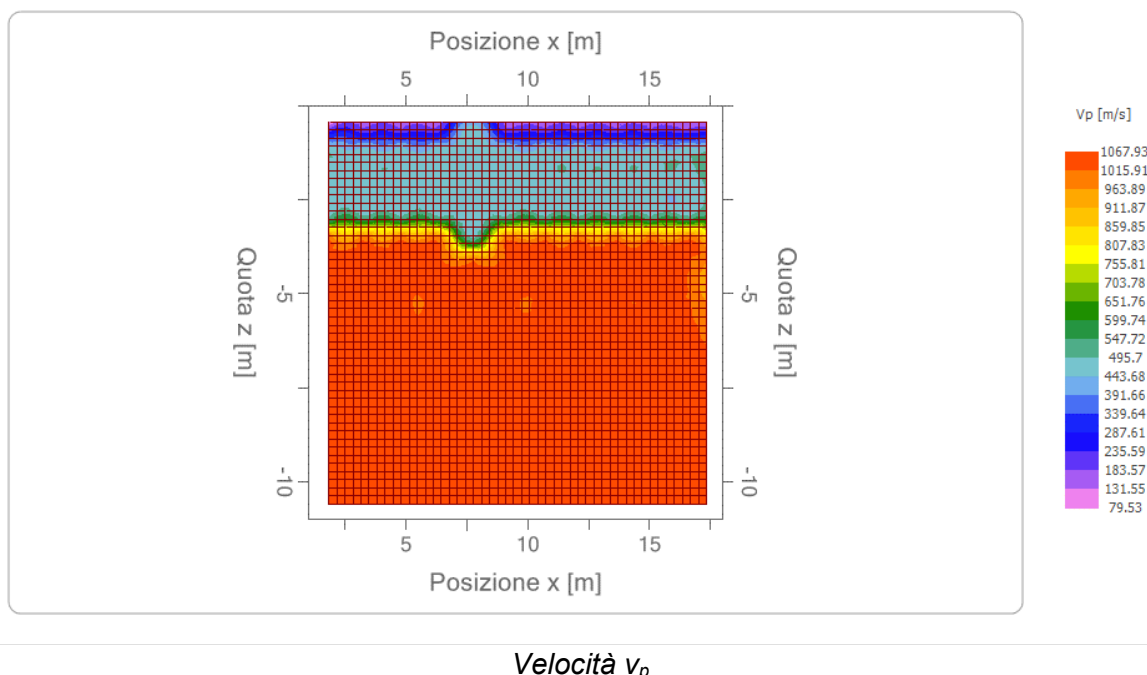
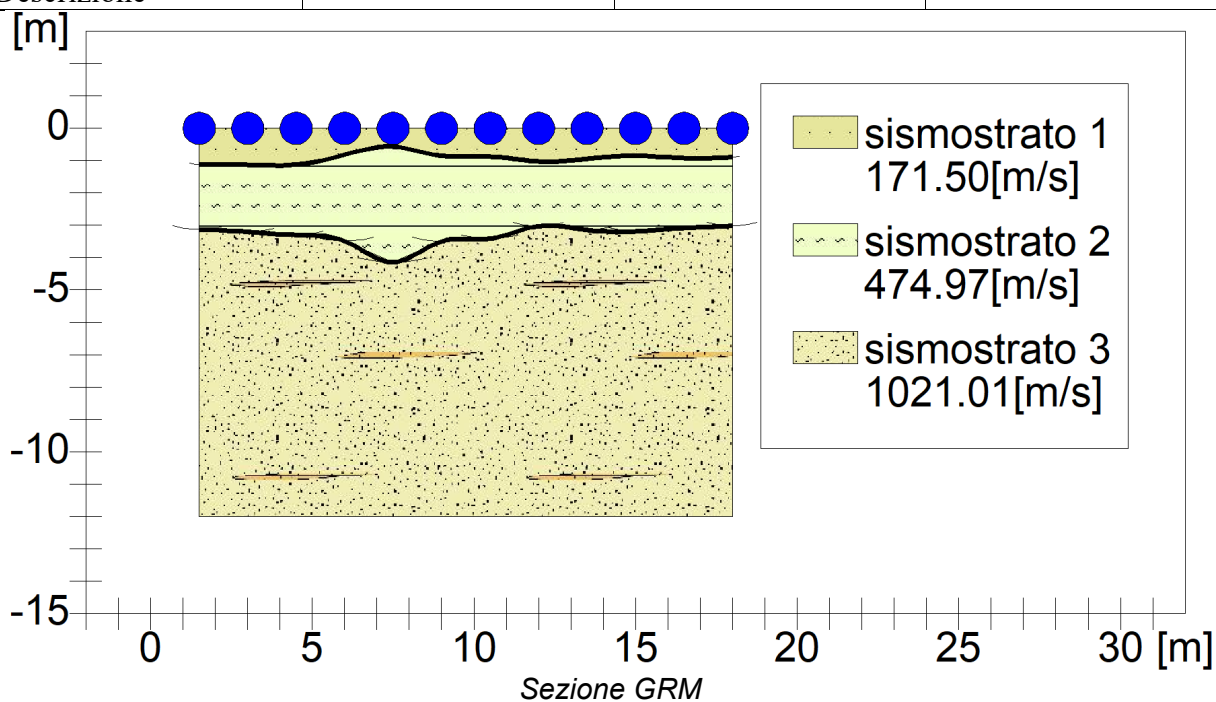
Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)



G= 9.0 [m]	1.1	3.4	--
G= 10.5 [m]	1.1	3.4	--
G= 12.0 [m]	1.2	3.0	--
G= 13.5 [m]	1.1	3.3	--
G= 15.0 [m]	1.0	3.4	--
G= 16.5 [m]	1.1	3.3	--
G= 18.0 [m]	1.0	3.3	--
Velocità [m/sec]	162.2	487.9	977.1
Descrizione			



Velocità  $v_p$

Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

# **ALLEGATO 2**

## *PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE, CONTINUE (DPM30)*

# P1



## DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

Strumento utilizzato...

SUNDA DL030

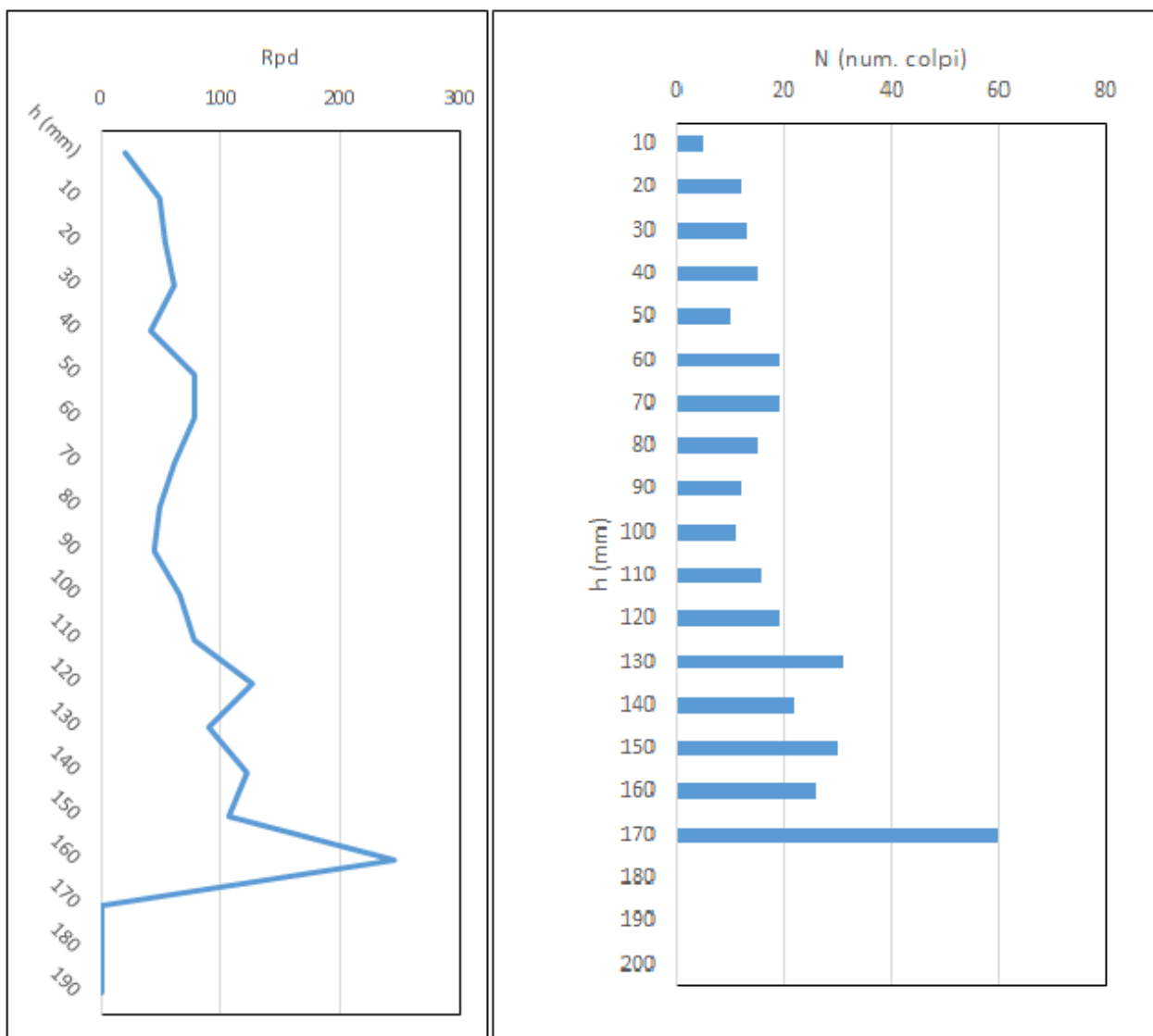
Prova eseguita in data

27/07/2020

Profondità prova

1.70 mt



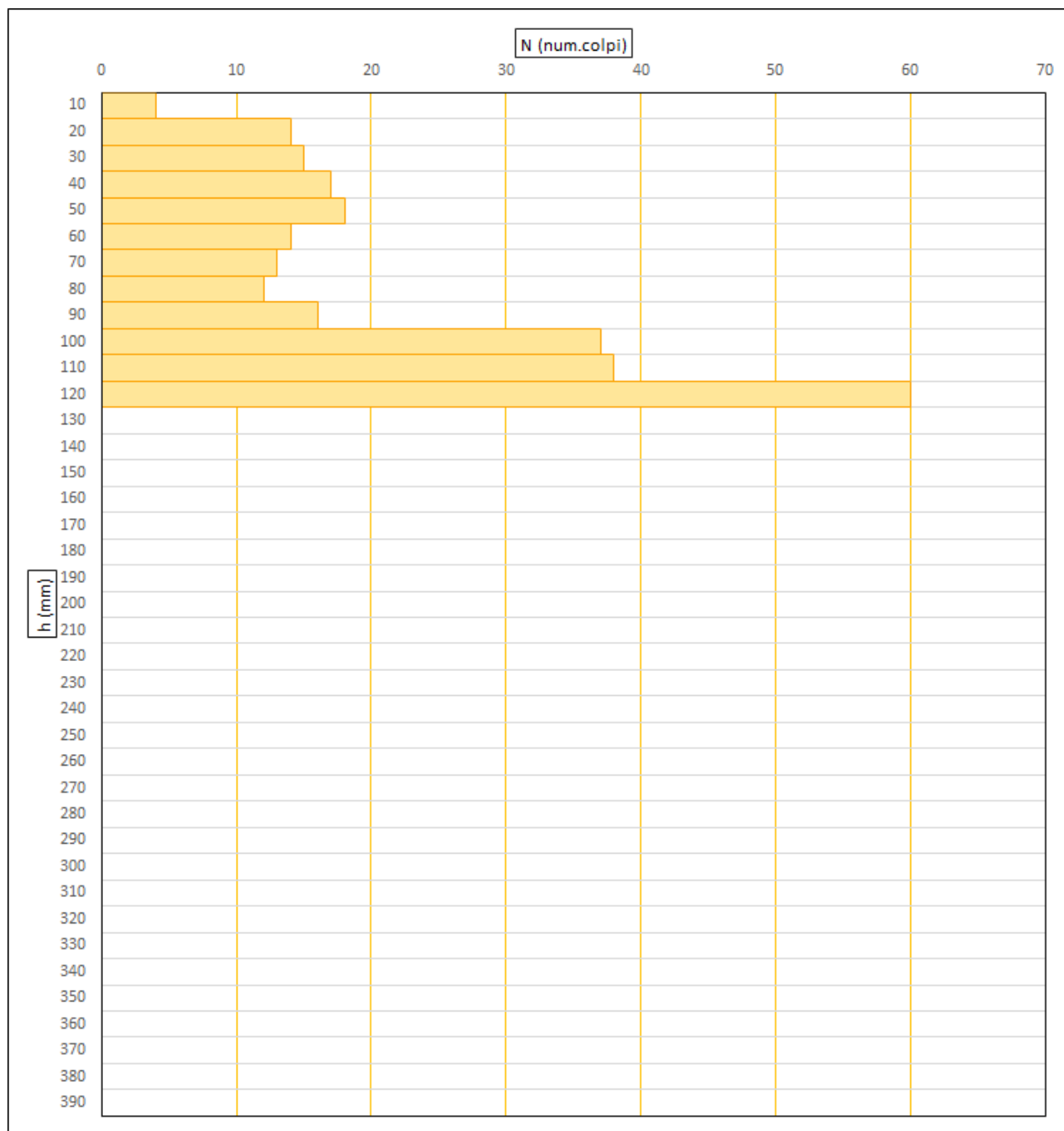


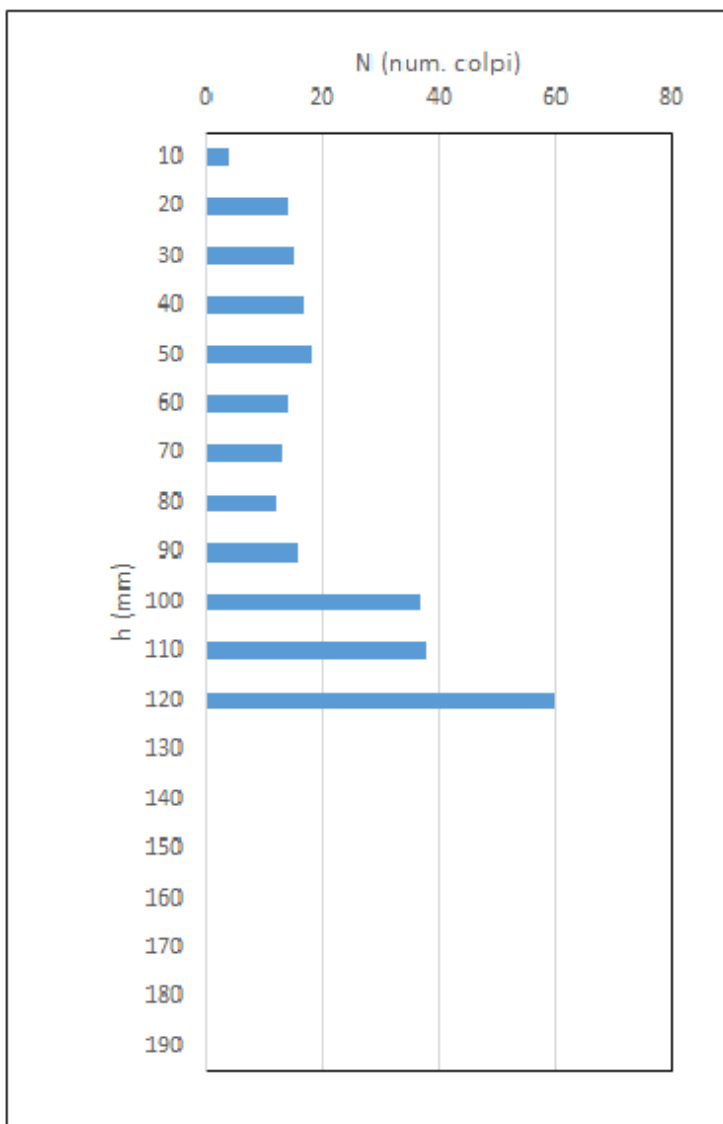
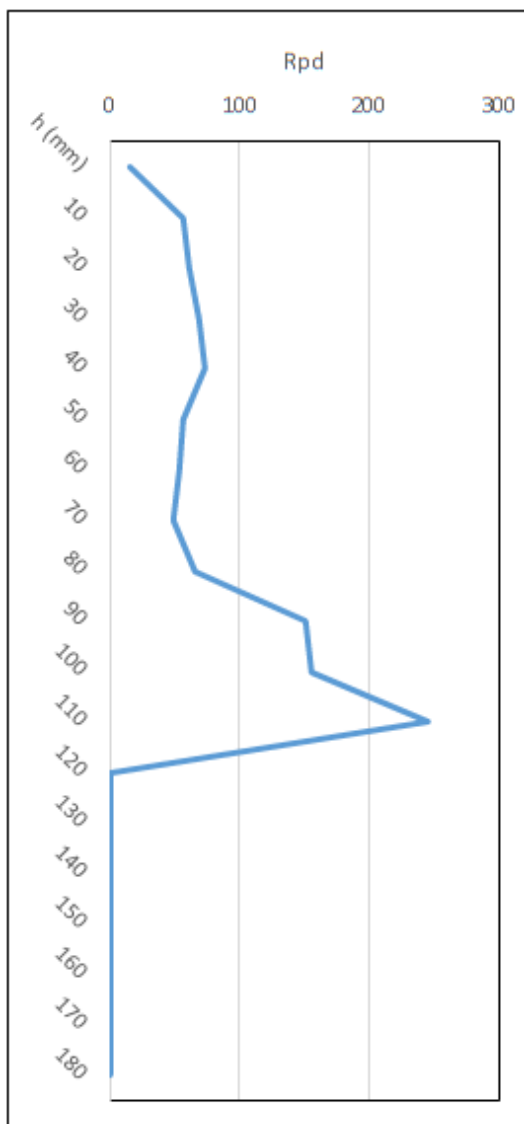
## P2



## DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

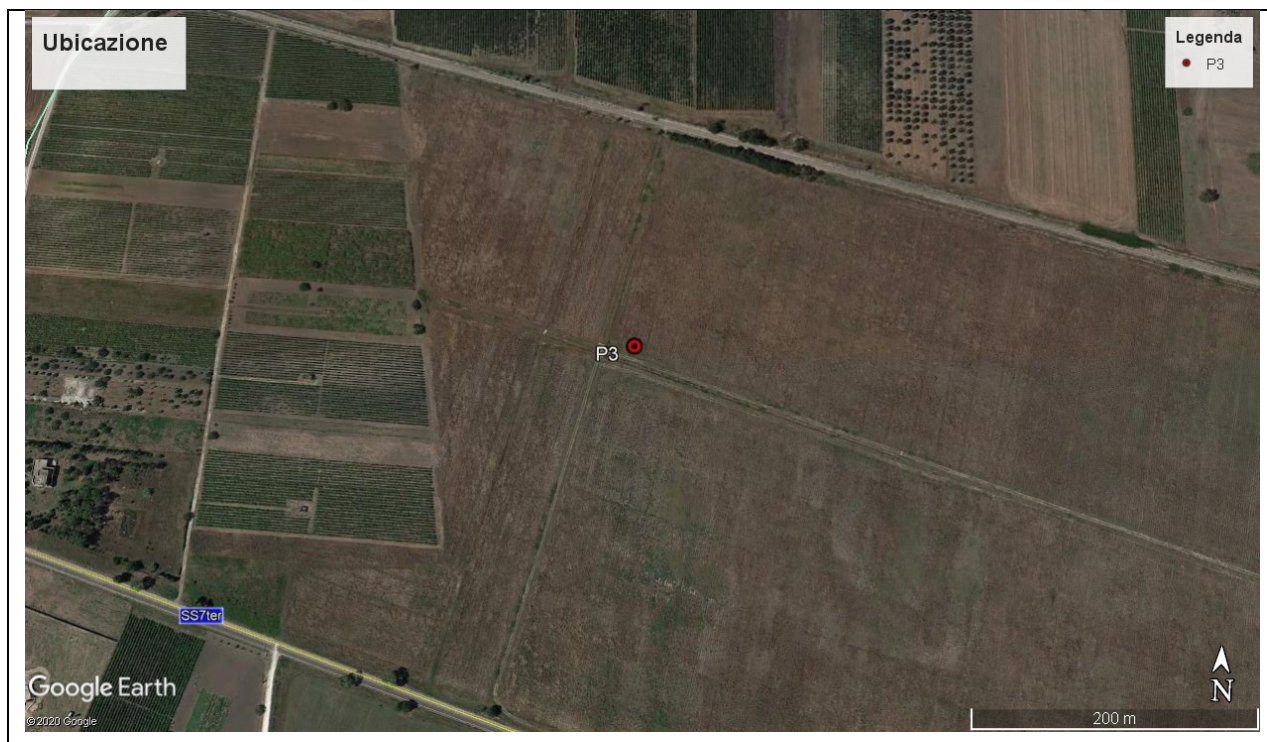
Strumento utilizzato... SUNDA DL030  
Prova eseguita in data 27/07/2020  
Profondità prova 1.20 mt





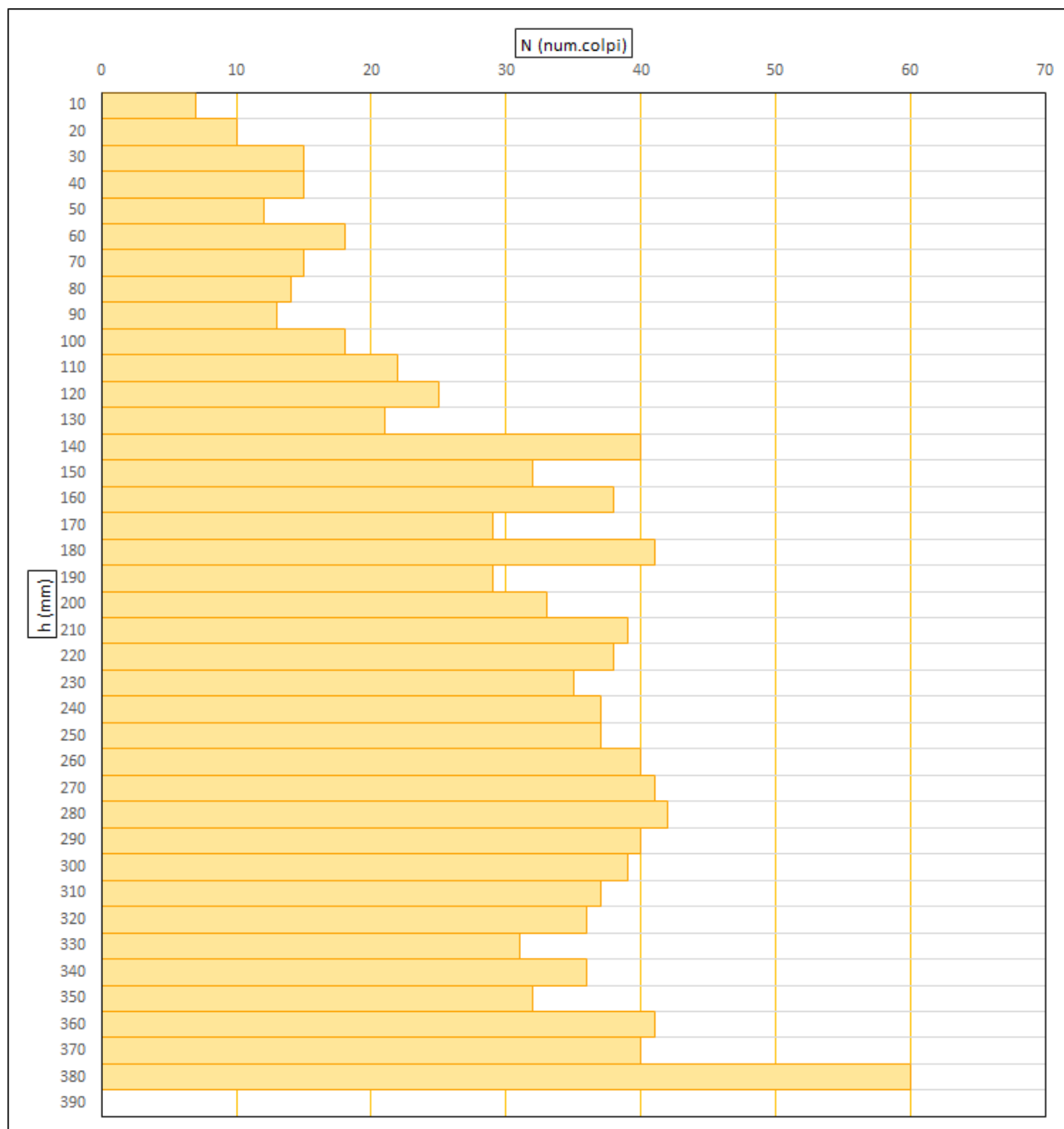


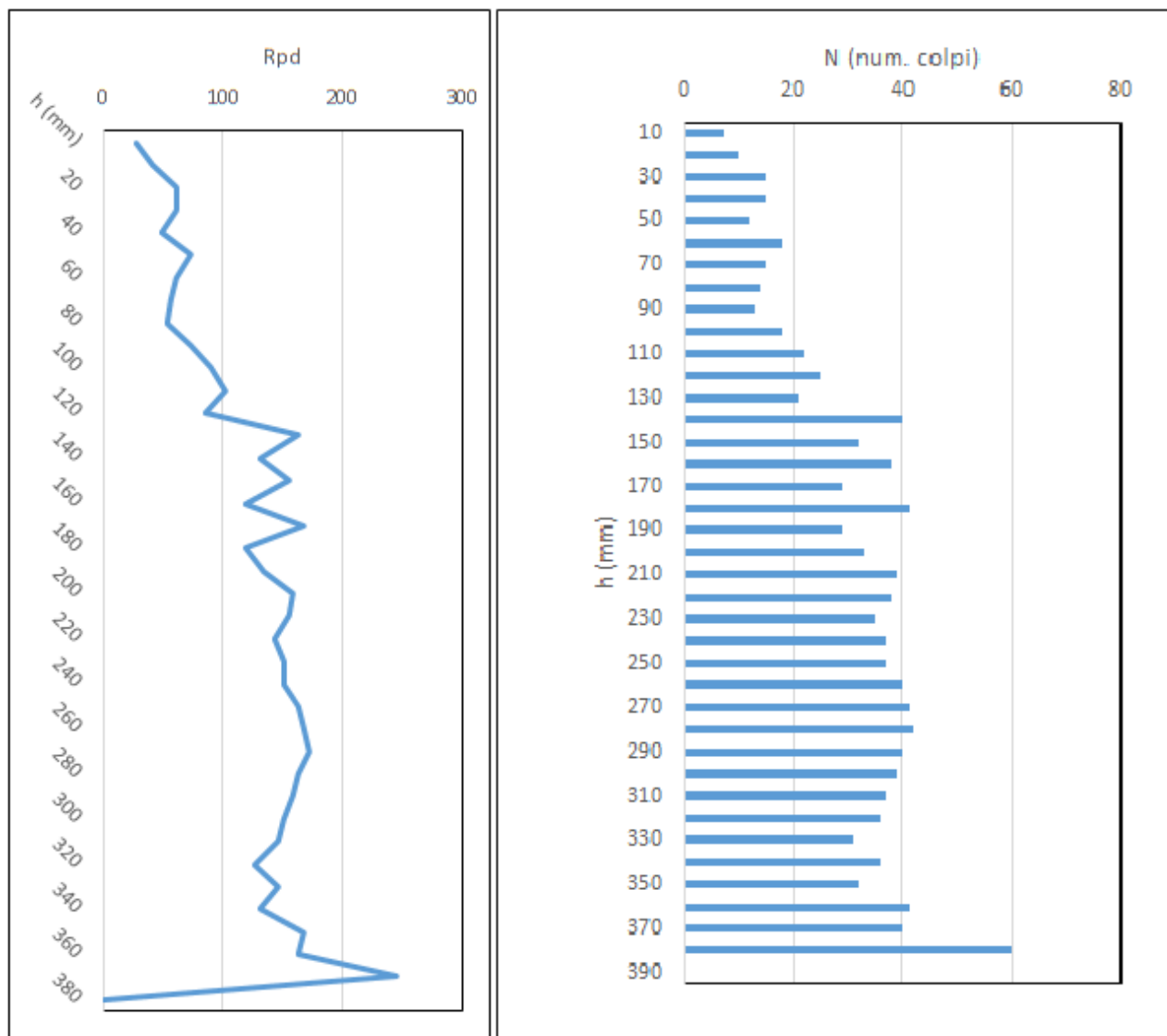
## P3



## DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

Strumento utilizzato... SUNDA DL030  
Prova eseguita in data 27/07/2020  
Profondità prova 3.80 mt





## REPORT

Profondità (mm)	N (nr. colpi)	Coeff. di riduz. sonda Chi	N <sub>spt</sub>	Resistenza dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Pressione ammissibile (kg/cm <sup>2</sup> )	Pressione ammissibile ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )
10	7	0,857	5,208	28,64	24,54	1,33	1,14
20	10	0,855	7,44	40,91	34,98	1,9	1,62
30	15	0,853	11,16	61,36	52,34	2,85	2,43
40	15	0,851	11,16	61,36	52,22	2,85	2,43
50	12	0,849	8,928	49,09	41,68	2,28	1,94
60	18	0,847	13,392	73,64	62,37	3,42	2,90
70	15	0,795	11,16	61,36	48,78	2,85	2,27
80	14	0,793	10,416	57,27	45,42	2,66	2,11
90	13	0,792	9,672	53,18	42,12	2,47	1,96
100	18	0,74	13,392	73,64	54,49	3,42	2,53
110	22	0,738	16,83	90,00	66,42	4,18	3,08
120	25	0,736	19,125	102,27	75,27	4,75	3,50
130	21	0,735	16,065	85,91	63,14	3,99	2,93
140	40	0,683	30,6	163,64	111,76	7,6	5,19
150	32	0,731	24,48	130,91	95,69	6,08	4,44
160	38	0,73	29,07	155,45	113,48	7,22	5,27
170	29	0,728	22,185	118,64	86,37	5,51	4,01
180	41	0,726	31,365	167,73	121,77	7,79	5,66
190	29	0,775	22,185	118,64	91,94	5,51	4,27
200	33	0,773	25,839	135,00	104,36	6,27	4,85
210	39	0,772	30,537	159,55	123,17	7,41	5,72
220	38	0,72	29,754	155,45	111,93	7,22	5,20
230	35	0,719	27,405	143,18	102,95	6,65	4,78
240	37	0,767	28,971	151,36	116,10	7,03	5,39
250	37	0,766	28,971	151,36	115,94	7,03	5,38
260	40	0,764	31,32	163,64	125,02	7,6	5,81
270	41	0,713	32,103	167,73	119,59	7,79	5,55
280	42	0,661	32,886	171,82	113,57	7,98	5,27
290	40	0,66	31,32	163,64	108,00	7,6	5,02
300	39	0,759	31,122	159,55	121,10	7,41	5,62
310	37	0,757	29,526	151,36	114,58	7,03	5,32
320	36	0,706	28,728	147,27	103,97	6,84	4,83
330	31	0,805	24,738	126,82	102,09	5,89	4,74
340	36	0,703	28,728	147,27	103,53	6,84	4,81
350	32	0,802	25,536	130,91	104,99	6,08	4,88
360	41	0,801	32,718	167,73	134,35	7,79	6,24
370	40	0,8	31,92	163,64	130,91	7,6	6,08
380	60	0,798	47,88	245,45	195,87	11,4	9,10

Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Sono stati individuati due strati:

**STRATO [1]: da 0,00 a 1,30 m**

Litotipo: *terreno vegetale sabbioso*

**STRATO [2]: da 1,30 a 3,70 m**

Litotipo: *sabbie addensate con livelli calcarenitici*

### TERRENI COESIVI:

#### Coesione non drenata

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Terzaghi-Peck	0,79
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Terzaghi-Peck	1,93

#### Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Robertson (1983)	23,68
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Robertson (1983)	57,66

#### Modulo edometrico

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	E <sub>ed</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Stroud e Butler (1975)	54,35
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Stroud e Butler (1975)	132,33

#### Modulo di Young

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	E <sub>y</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Apollonia	118,40
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Apollonia	288,30

#### Classificazione AGI

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classific. AGI
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Classificaz. A.G.I. (1977)	consistente
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Classificaz. A.G.I. (1977)	molto consistente

#### Peso unità di volume

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	γ (t/m <sup>3</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Meyerhof ed altri	19,34
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Meyerhof ed altri	20,84

#### Peso unità di volume saturo

Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

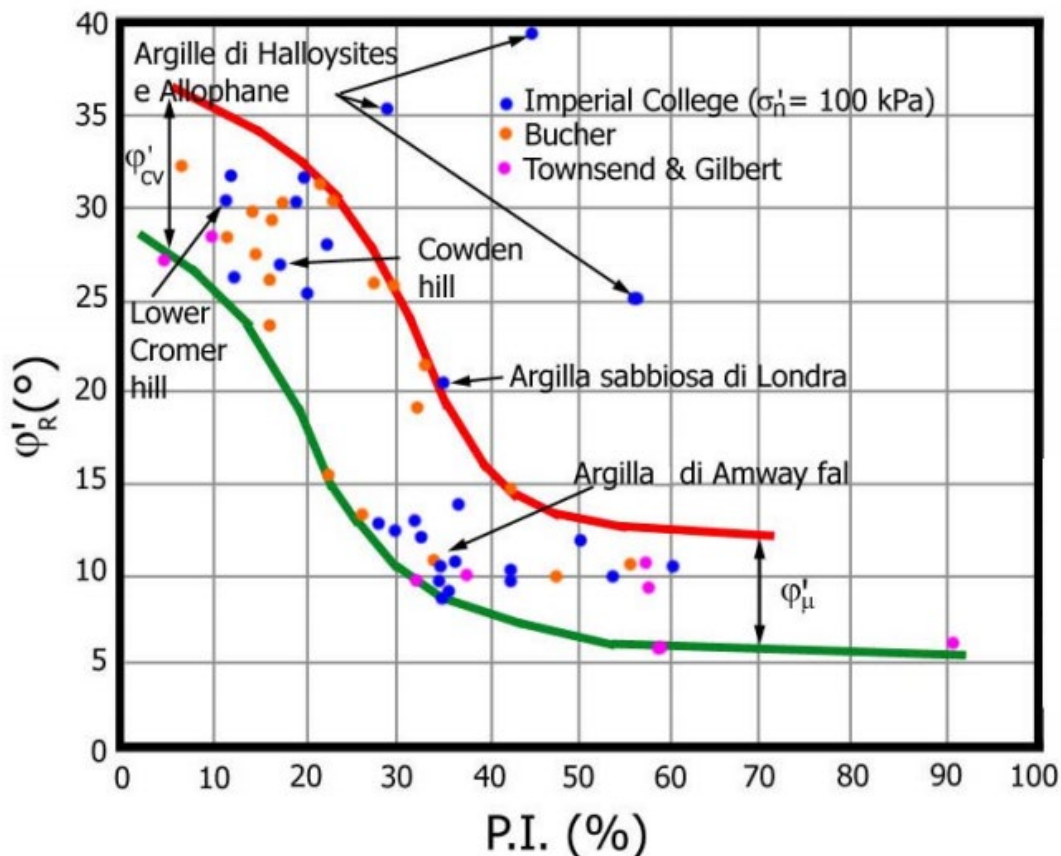
Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	γ <sub>sat</sub> (t/m <sup>3</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Meyerhof ed altri	20,11
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Meyerhof ed altri	21,67

### Angolo di resistenza al taglio

Nella tabella sottostante sono riportati i valori tipici di  $w_L$ ,  $w_P$  ed  $I_P$  dei principali minerali argillosi; i limiti di consistenza di Atterberg  $w_L$  e  $w_P$  sono determinati secondo la norma UNI CEN ISO TS 17892-12, mentre per l'indice di plasticità si ha  $I_P(\%) = w_L - w_P$ .

MINERALE ARGILLOSO	$w_L$ (%)	$w_P$ (%)	$I_P$ (%)
MONTMORILLONITE	300-700	55-100	200-650
ILLITE	95-120	45-60	50-65
CAOLINITE	40-60	30-40	10-25

La figura di seguito mostra invece i parametri di resistenza al taglio drenata in funzione di IP.



Variatione dell'angolo d'attrito interno con l'indice di plasticità (R. Meriggi- ordine dei geologi del Friuli Venezia Giulia – STABILITÀ DEI PENDII DI TERRENI SCIOLTI- 24 Aprile 2009).

Tenendo conto di quanto sopra, in condizioni drenate possiamo quindi porre  $\varphi \cong 15^\circ - 20^\circ$ .

Se invece si parla di coesione non drenata,  $\varphi$  è nullo.

## TERRENI INCOERENTI:

### Densità relativa

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	DR (%)
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Gibbs & Holtz 1957	37%
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Gibbs & Holtz 1957	62%

### Angolo di resistenza al taglio

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	φ (°)
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Sowers (1961)	31,32
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Sowers (1961)	36,07

### Modulo di Young

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	E <sub>v</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Bowles (1982) Sabbia Media	134,20
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Bowles (1982) Sabbia Media	219,15

### Modulo edometrico

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	E <sub>ed</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Begemann (1974) Ghiaia con sabbia	49,77
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Begemann (1974) Ghiaia con sabbia	91,06

### Classificazione AGI

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classific. AGI
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Classificaz. A.G.I. (1977)	moderatamente addensato
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Classificaz. A.G.I. (1977)	moderatamente addensato

### Peso unità di volume

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	γ (t/m <sup>3</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Meyerhof ed altri	19,34
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Meyerhof ed altri	20,84

### Peso unità di volume saturo

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	γ <sub>sat</sub> (t/m <sup>3</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,11
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Terzaghi-Peck 1948-1967	21,67

### Modulo di Poisson

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	v
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	(A.G.I.)	0,33
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	(A.G.I.)	0,30

### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Ohsaki (Sabbie pulite)	663,54
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Ohsaki (Sabbie pulite)	1531,68

### Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Q <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale sabbioso	11,84	1,3	Robertson 1983	23,68
[2] Sabbie addensate con livelli calcarenitici	28,83	3,7	Robertson 1983	57,66



## P4



**Progettazione :**



IA.ING S.r.l.  
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

## DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

Strumento utilizzato...

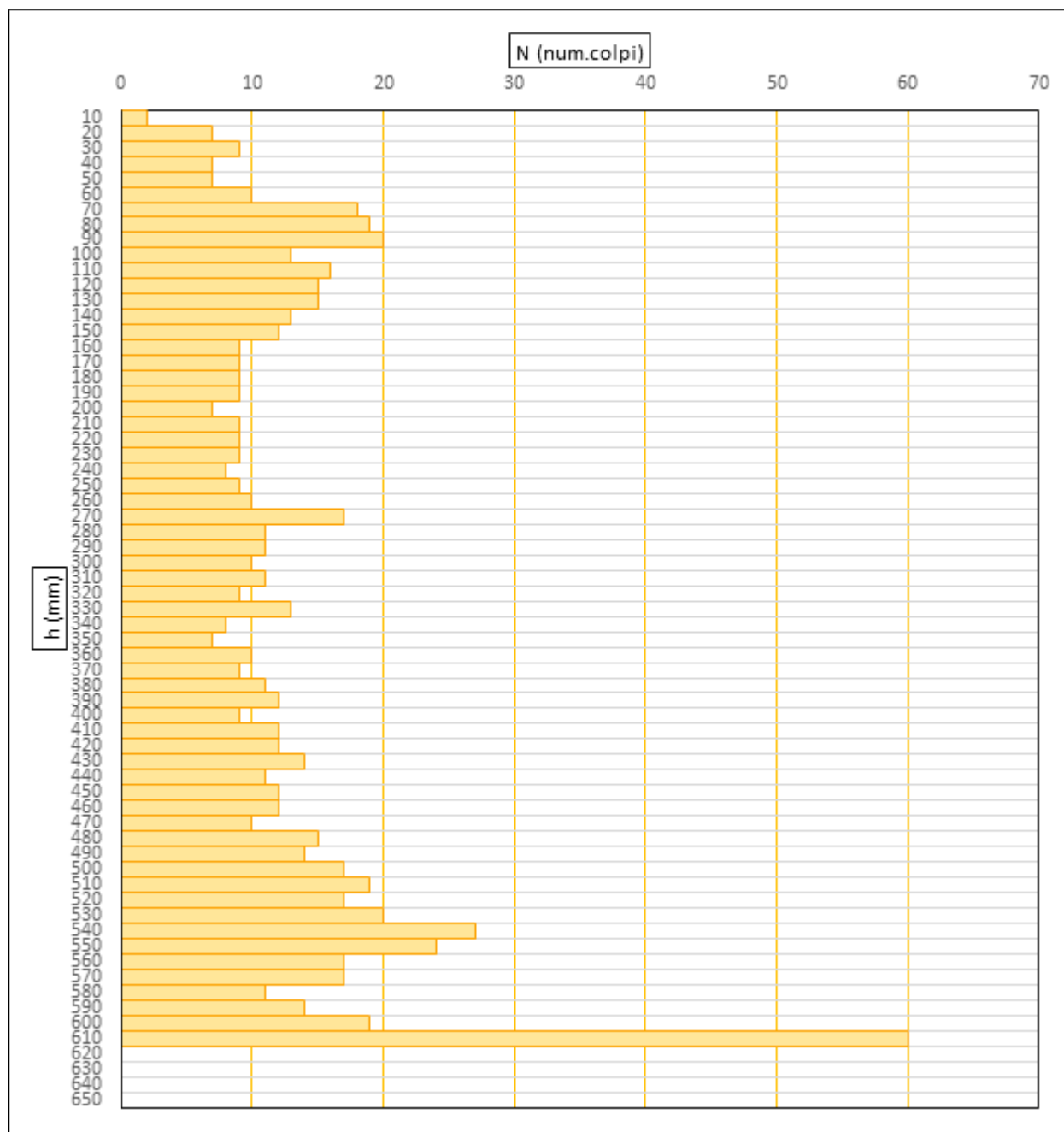
SUNDA DL030

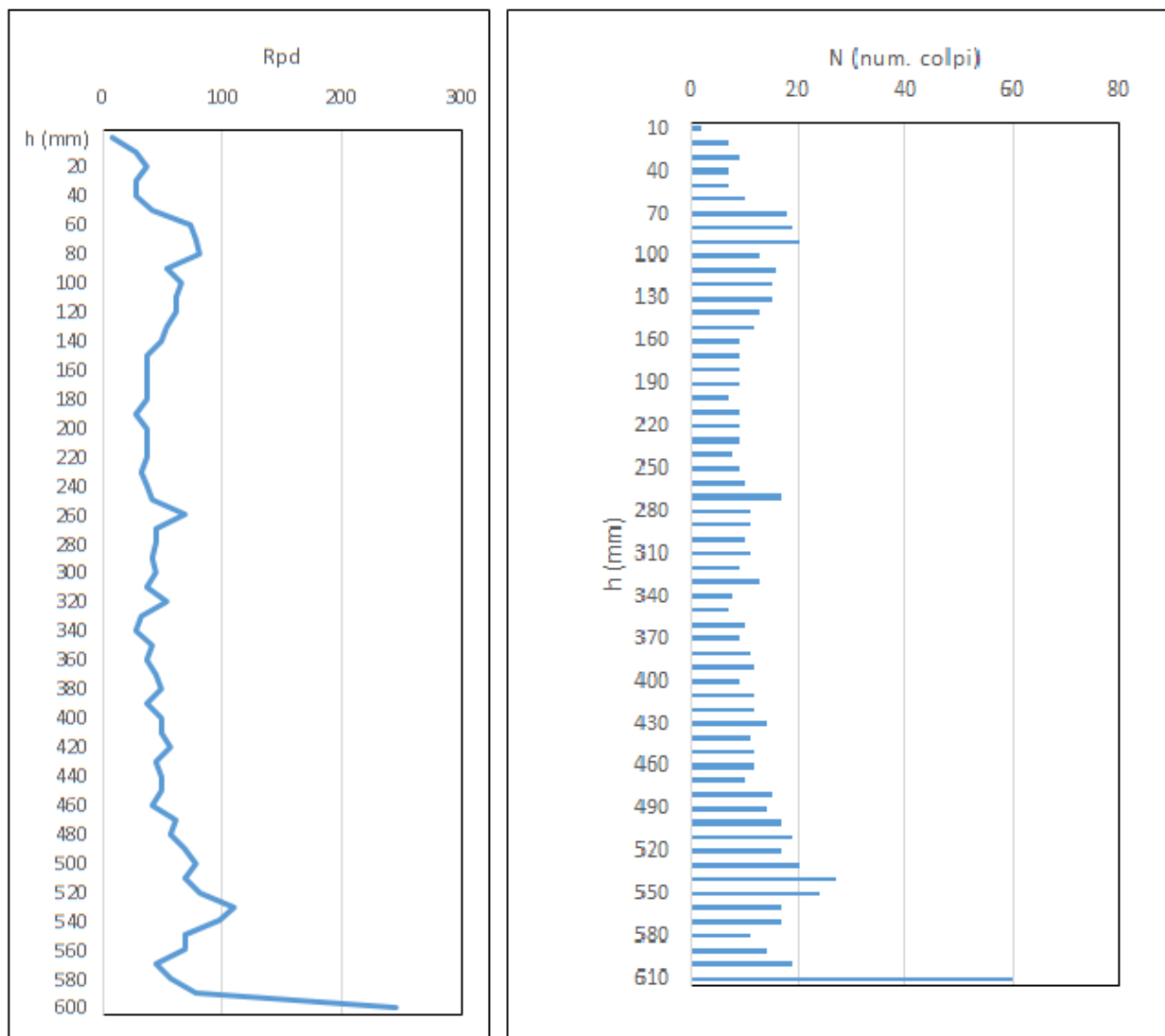
Prova eseguita in data

27/07/2020

Profondità prova

6.10 mt





## REPORT

Profondità (mm)	N (nr. colpi)	Coeff. di riduz. sonda Chi	N <sub>spt</sub>	Resistenza dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Pressione ammissibile (kg/cm <sup>2</sup> )	Pressione ammissibile ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )
10	2	0,857	1,488	8,18	7,01	0,38	0,33
20	7	0,855	5,208	28,64	24,48	1,33	1,14
30	9	0,853	6,696	36,82	31,41	1,71	1,46
40	7	0,851	5,208	28,64	24,37	1,33	1,13
50	7	0,849	5,208	28,64	24,31	1,33	1,13
60	10	0,847	7,44	40,91	34,65	1,9	1,61
70	18	0,795	13,392	73,64	58,54	3,42	2,72
80	19	0,793	14,136	77,73	61,64	3,61	2,86
90	20	0,792	14,88	81,82	64,80	3,8	3,01
100	13	0,74	9,672	53,18	39,35	2,47	1,83
110	16	0,738	12,24	65,45	48,31	3,04	2,24
120	15	0,736	11,475	61,36	45,16	2,85	2,10
130	15	0,735	11,475	61,36	45,10	2,85	2,09
140	13	0,683	9,945	53,18	36,32	2,47	1,69
150	12	0,731	9,18	49,09	35,89	2,28	1,67
160	9	0,73	6,885	36,82	26,88	1,71	1,25
170	9	0,728	6,885	36,82	26,80	1,71	1,24
180	9	0,726	6,885	36,82	26,73	1,71	1,24
190	9	0,775	6,885	36,82	28,53	1,71	1,33
200	7	0,773	5,481	28,64	22,14	1,33	1,03
210	9	0,772	7,047	36,82	28,42	1,71	1,32
220	9	0,72	7,047	36,82	26,51	1,71	1,23
230	9	0,719	7,047	36,82	26,47	1,71	1,23
240	8	0,767	6,264	32,73	25,10	1,52	1,17
250	9	0,766	7,047	36,82	28,20	1,71	1,31
260	10	0,764	7,83	40,91	31,25	1,9	1,45
270	17	0,713	13,311	69,55	49,59	3,23	2,30
280	11	0,661	8,613	45,00	29,75	2,09	1,38
290	11	0,66	8,613	45,00	29,70	2,09	1,38
300	10	0,759	7,98	40,91	31,05	1,9	1,44
310	11	0,757	8,778	45,00	34,07	2,09	1,58
320	9	0,706	7,182	36,82	25,99	1,71	1,21
330	13	0,805	10,374	53,18	42,81	2,47	1,99
340	8	0,703	6,384	32,73	23,01	1,52	1,07
350	7	0,802	5,586	28,64	22,97	1,33	1,07
360	10	0,801	7,98	40,91	32,77	1,9	1,52
370	9	0,8	7,182	36,82	29,45	1,71	1,37
380	11	0,798	8,778	45,00	35,91	2,09	1,67
390	12	0,797	9,576	49,09	39,13	2,28	1,82

Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)

**RELAZIONE GEOLOGICA E INDAGINI GEOGNOSTICHE**

400	9	0,746	7,308	36,82	27,47	1,71	1,28
410	12	0,795	9,744	49,09	39,03	2,28	1,81
420	12	0,794	9,744	49,09	38,98	2,28	1,81
430	14	0,743	11,368	57,27	42,55	2,66	1,98
440	11	0,741	8,932	45,00	33,35	2,09	1,55
450	12	0,79	9,744	49,09	38,78	2,28	1,80
460	12	0,789	9,744	49,09	38,73	2,28	1,80
470	10	0,738	8,12	40,91	30,19	1,9	1,40
480	15	0,737	12,18	61,36	45,23	2,85	2,10
490	14	0,736	11,368	57,27	42,15	2,66	1,96
500	17	0,785	14,008	69,55	54,59	3,23	2,54
510	19	0,784	15,656	77,73	60,94	3,61	2,83
520	17	0,733	14,008	69,55	50,98	3,23	2,37
530	20	0,732	16,48	81,82	59,89	3,8	2,78
540	27	0,781	22,248	110,45	86,27	5,13	4,01
550	24	0,73	19,776	98,18	71,67	4,56	3,33
560	17	0,729	14,008	69,55	50,70	3,23	2,35
570	17	0,728	14,008	69,55	50,63	3,23	2,35
580	11	0,727	9,064	45,00	32,72	2,09	1,52
590	14	0,726	11,536	57,27	41,58	2,66	1,93
600	19	0,725	15,865	77,73	56,35	3,61	2,62
610	60	0,725	50,1	245,45	177,95	11,4	8,27

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Sono stati individuati cinque strati:

**STRATO [1]: da 0,00 a 0,60 m**

Litotipo: *terreno vegetale*

**STRATO [2]: da 0,60 a 1,50 m**

Litotipo: *sabbie limose*

**STRATO [3]: da 1,50 a 2,60 m**

Litotipo: *limi argillosi*

**STRATO [4]: da 2,60 a 4,90 m**

Litotipo: *sabbie limose*

**STRATO [5]: da 4,90 a 6,00 m**

Litotipo: *sabbie grossolane debolmente limose*

### TERRENI COESIVI:

#### Coesione non drenata

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Terzaghi-Peck	0,35
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Terzaghi-Peck	0,79
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Terzaghi-Peck	0,46
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Terzaghi-Peck	0,61
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Terzaghi-Peck	1,02

#### Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Robertson (1983)	10,42
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Robertson (1983)	23,64
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Robertson (1983)	13,70
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Robertson (1983)	18,14
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Robertson (1983)	30,30

### Modulo edometrico

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	E <sub>ed</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Stroud e Butler (1975)	23,91
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Stroud e Butler (1975)	54,25
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Stroud e Butler (1975)	31,44
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Stroud e Butler (1975)	41,63
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Stroud e Butler (1975)	69,54

### Modulo di Young

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	E <sub>y</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Apollonia	52,10
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Apollonia	118,20
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Apollonia	68,50
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Apollonia	90,70
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Apollonia	151,50

### Classificazione AGI

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classific. AGI
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Classificaz. A.G.I. (1977)	moderatamente consistente
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Classificaz. A.G.I. (1977)	consistente
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Classificaz. A.G.I. (1977)	moderatamente consistente
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Classificaz. A.G.I. (1977)	consistente
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Classificaz. A.G.I. (1977)	molto consistente

### Peso unità di volume

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	γ (t/m <sup>3</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Meyerhof ed altri	17,96
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Meyerhof ed altri	19,34
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Meyerhof ed altri	18,42
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Meyerhof ed altri	18,89
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Meyerhof ed altri	19,76

### Peso unità di volume saturo

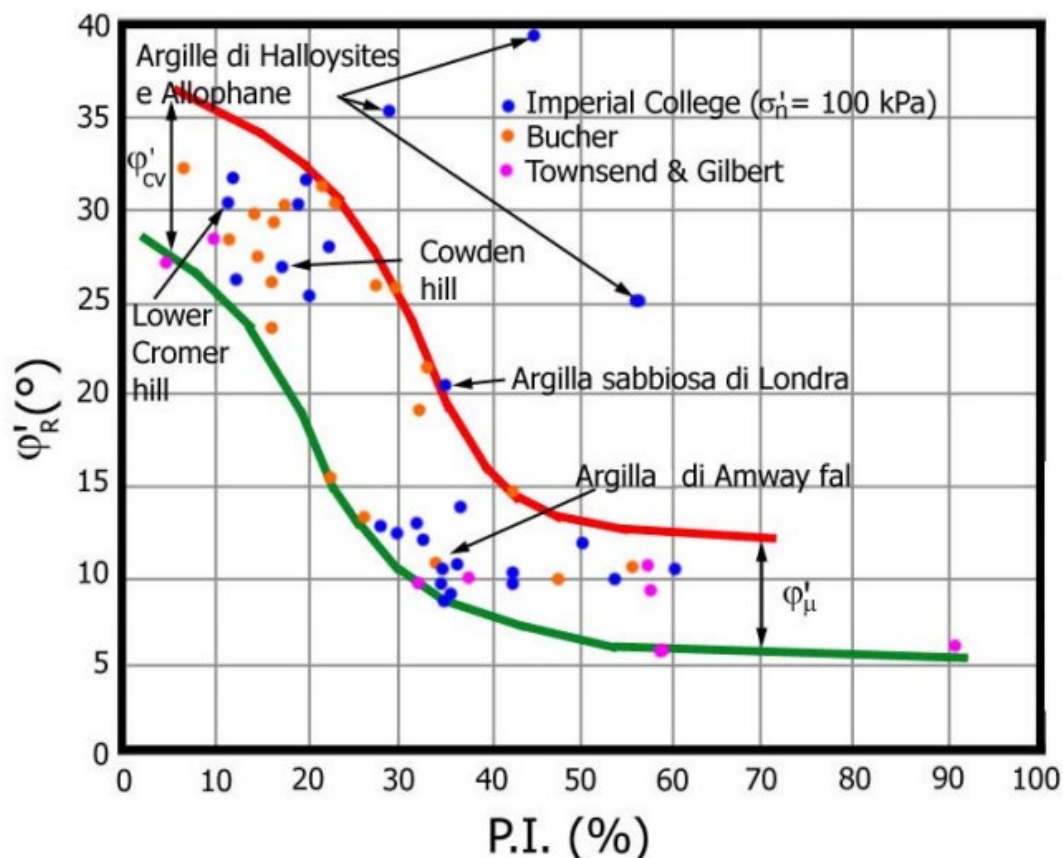
Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	γ <sub>sat</sub> (t/m <sup>3</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Meyerhof ed altri	18,68
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Meyerhof ed altri	20,11
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Meyerhof ed altri	19,16
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Meyerhof ed altri	19,65
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Meyerhof ed altri	20,55

### Angolo di resistenza al taglio

Nella tabella sottostante sono riportati i valori tipici di  $w_L$ ,  $w_P$  ed  $I_P$  dei principali minerali argillosi; i limiti di consistenza di Atterberg  $w_L$  e  $w_P$  sono determinati secondo la norma UNI CEN ISO TS 17892-12, mentre per l'indice di plasticità si ha  $I_P(\%) = w_L - w_P$ .

MINERALE ARGILLOSO	$w_L$ (%)	$w_P$ (%)	$I_P$ (%)
MONTMORILLONITE	300-700	55-100	200-650
ILLITE	95-120	45-60	50-65
CAOLINITE	40-60	30-40	10-25

La figura di seguito mostra invece i parametri di resistenza al taglio drenata in funzione di IP.



Variatione dell'angolo d'attrito interno con l'indice di plasticità (R. Meriggi- ordine dei geologi del Friuli Venezia Giulia – STABILITÀ DEI PENDII DI TERRENI SCIOLTI- 24 Aprile 2009).

Tenendo conto di quanto sopra, in condizioni drenate possiamo quindi porre  $\varphi \cong 15^\circ - 20^\circ$ .

Se invece si parla di coesione non drenata,  $\varphi$  è nullo.

#### Progettazione :



IA.ING S.r.l.  
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)  
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: [info@iaing.it](mailto:info@iaing.it)



## TERRENI INCOERENTI:

### Densità relativa

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	DR (%)
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Gibbs & Holtz 1957	18%
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Gibbs & Holtz 1957	40%
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Gibbs & Holtz 1957	20%
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Gibbs & Holtz 1957	30%
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Gibbs & Holtz 1957	45%

### Angolo di resistenza al taglio

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	φ (°)
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Sowers (1961)	29,46
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Sowers (1961)	31,31
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Sowers (1961)	29,92
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Sowers (1961)	30,54
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Sowers (1961)	32,24

### Modulo di Young

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	E <sub>v</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Bowles (1982) Sabbia Media	101,05
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Bowles (1982) Sabbia Media	134,10
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Bowles (1982) Sabbia Media	109,25
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Bowles (1982) Sabbia Media	120,35
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Bowles (1982) Sabbia Media	150,75

### Modulo edometrico

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	E <sub>ed</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Begemann (1974) Ghiaia con sabbia	33,66
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Begemann (1974) Ghiaia con sabbia	49,72
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Begemann (1974) Ghiaia con sabbia	37,65
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Begemann (1974) Ghiaia con sabbia	43,04
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Begemann (1974) Ghiaia con sabbia	57,81

#### Progettazione :



### Classificazione AGI

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classific. AGI
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Classificaz. A.G.I. (1977)	poco addensato
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Classificaz. A.G.I. (1977)	moderatamente addensato
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Classificaz. A.G.I. (1977)	poco addensato
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Classificaz. A.G.I. (1977)	poco addensato
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Classificaz. A.G.I. (1977)	moderatamente addensato

### Peso unità di volume

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Meyerhof ed altri	17,96
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Meyerhof ed altri	19,34
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Meyerhof ed altri	18,42
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Meyerhof ed altri	18,89
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Meyerhof ed altri	19,76

### Peso unità di volume saturo

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,68
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,11
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,16
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,65
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,55

### Modulo di Poisson

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	$\nu$
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	(A.G.I.)	0,34
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	(A.G.I.)	0,33
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	(A.G.I.)	0,34
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	(A.G.I.)	0,33
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	(A.G.I.)	0,32

### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Ohsaki (Sabbie pulite)	306,72
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	662,48
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Ohsaki (Sabbie pulite)	396,70
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Ohsaki (Sabbie pulite)	516,49
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Ohsaki (Sabbie pulite)	836,57

### Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Strato	N <sub>spt</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Q <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] Terreno vegetale	5,21	0,6	Robertson 1983	10,42
[2] Sabbie limose	11,82	1,5	Robertson 1983	23,64
[3] Limi argillosi	6,85	2,6	Robertson 1983	13,70
[4] Sabbie limose	9,07	4,9	Robertson 1983	18,14
[5] Sabbie grossolane debolmente limose	15,15	6	Robertson 1983	30,30