



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
 MESSA IN SICUREZZA DEL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO
 DEL PESCHIERA PER L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO
 DI ROMA CAPITALE E DELL'AREA METROPOLITANA

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ING. PhD MASSIMO SESSA

SUB COMMISSARIO ING. MASSIMO PATERNOSTRO

aceq
acqua
 ACEA ATO 2 SPA



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. PhD Alessia Delle Site

SUPPORTO AL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Avv. Vittorio Gennari
 Sig.ra Claudia Iacobelli
 Ing. Barnaba Paglia

aceq
Ingegneria
e servizi



CONSULENTE

Ing. Biagio Eramo

ELABORATO
A194PD R002 8

COD. ATO2 APE10116

DATA **OTTOBRE 2019** SCALA

Progetto di sicurezza e ammodernamento
 dell'approvvigionamento della città
 metropolitana di Roma
 "Messa in sicurezza e ammodernamento del sistema
 idrico del Peschiera",
 L.n.108/2021, ex DL n.77/2021 art. 44 Allegato IV

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
1	DIC-19	AGGIORNAMENTO PER SIA	
2	MAR-20	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
3	LUG-20	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
4	GEN-21	AGGIORNAMENTO PARERE CSLLPP VOTO DEL 14/10/2020	
5	SETT-21	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
6	GIU-22	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
7	OTT-22	AGGIORNAMENTO UVP	
8	APR-23	INTEGRAZIONI ED AGGIORNAMENTI IN AMBITO AUTORIZZATIVO	
9			
10			

**NUOVO TRONCO SUPERIORE ACQUEDOTTO
 DEL PESCHIERA**
 dalle Sorgenti alla Centrale di Salisano

CUP G33E17000400006

PROGETTO DEFINITIVO

TEAM DI PROGETTAZIONE

CAPO PROGETTO
 Ing. Angelo Marchetti

IDRAULICA
 Ing. Eugenio Benedini

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA
 Geol. Stefano Tosti

GEOTECNICA E STRUTTURE
 Ing. Angelo Marchetti

ASPETTI AMBIENTALI
 Ing. Nicoletta Stracqualursi

ATTIVITA' TECNICHE DI SUPPORTO
 Geom. Stefano Francisci

ATTIVITA' PATRIMONIALI
 Geom. Fabio Pompei

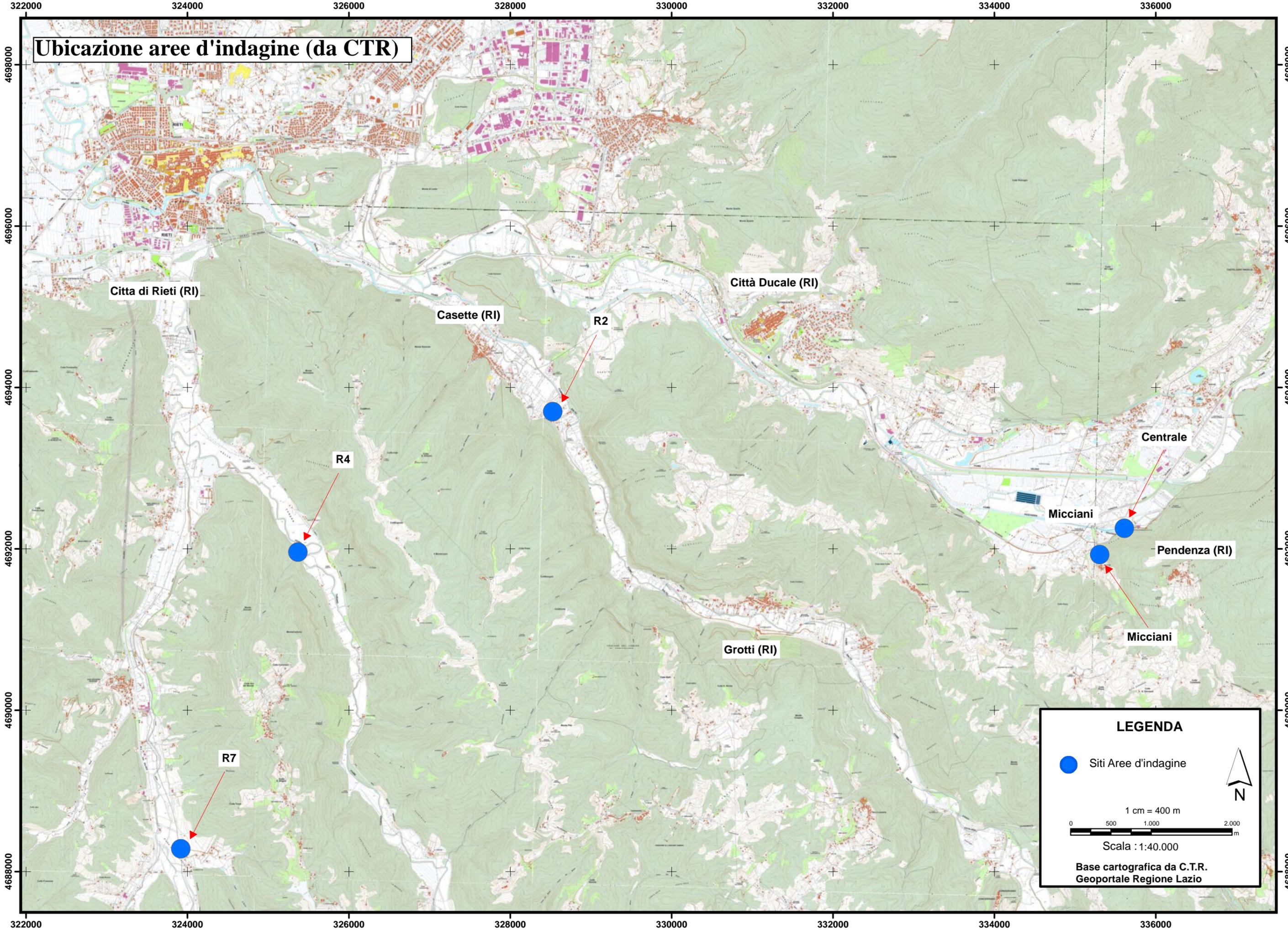
Hanno collaborato:
 Ing. Geol. Eliseo Paolini
 Geol. Yousef Abu Sabha
 Geol. PhD Paolo Caporossi
 Geol. Simone Febo
 Geol. Filippo Arsie
 Geol. Marco Marrocco

RELAZIONE GEOLOGICA

ALLEGATO 11



Ubicazione aree d'indagine (da CTR)



LEGENDA

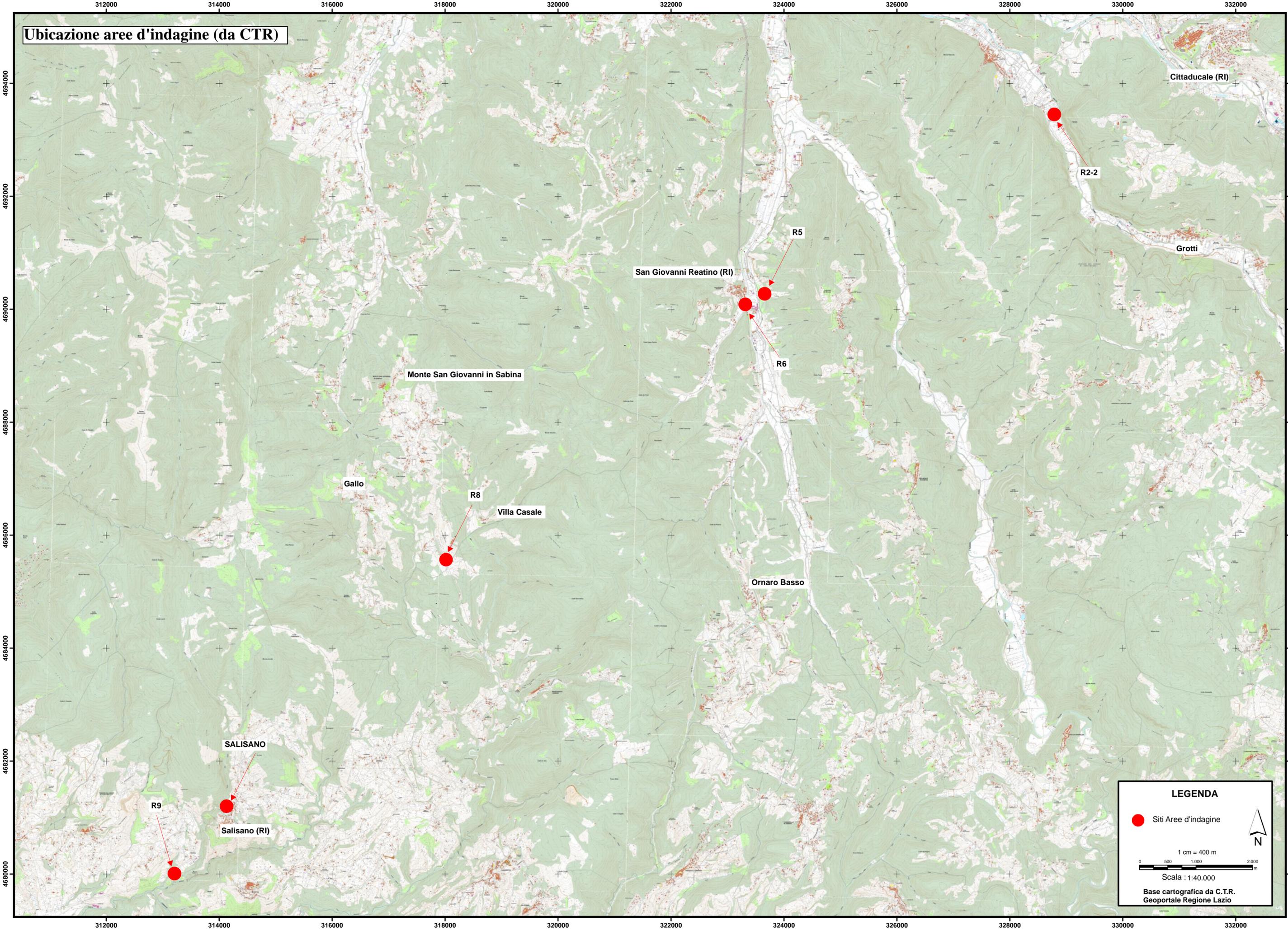
● Siti Aree d'indagine

1 cm = 400 m
0 500 1.000 2.000 m

Scala : 1:40.000

Base cartografica da C.T.R.
Geoportale Regione Lazio

Ubicazione aree d'indagine (da CTR)



LEGENDA

- Siti Aree d'indagine

1 cm = 400 m

0 500 1.000 2.000 m

Scala : 1:40.000

Base cartografica da C.T.R.
Geoportale Regione Lazio

ALLEGATO INDAGINE SISMICA “SITO ACEA-CENTRALE”

- Relazione esplicativa
- Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) –scala 1:2.000
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)
- Dromocrone onde longitudinali (onde P)
- Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica
- Documentazione fotografica

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.



ISO 14001:2015, n. SA.00014/19
OHSAS 18001:2007, n. SA.00015/19



SOA 05208 Livello



GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978

Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •

Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Indice

1 PREMESSA	2
2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	3
2.1 tecniche operative.....	3
2.2 Analisi dei dati.....	4
2.3 Risultati	5

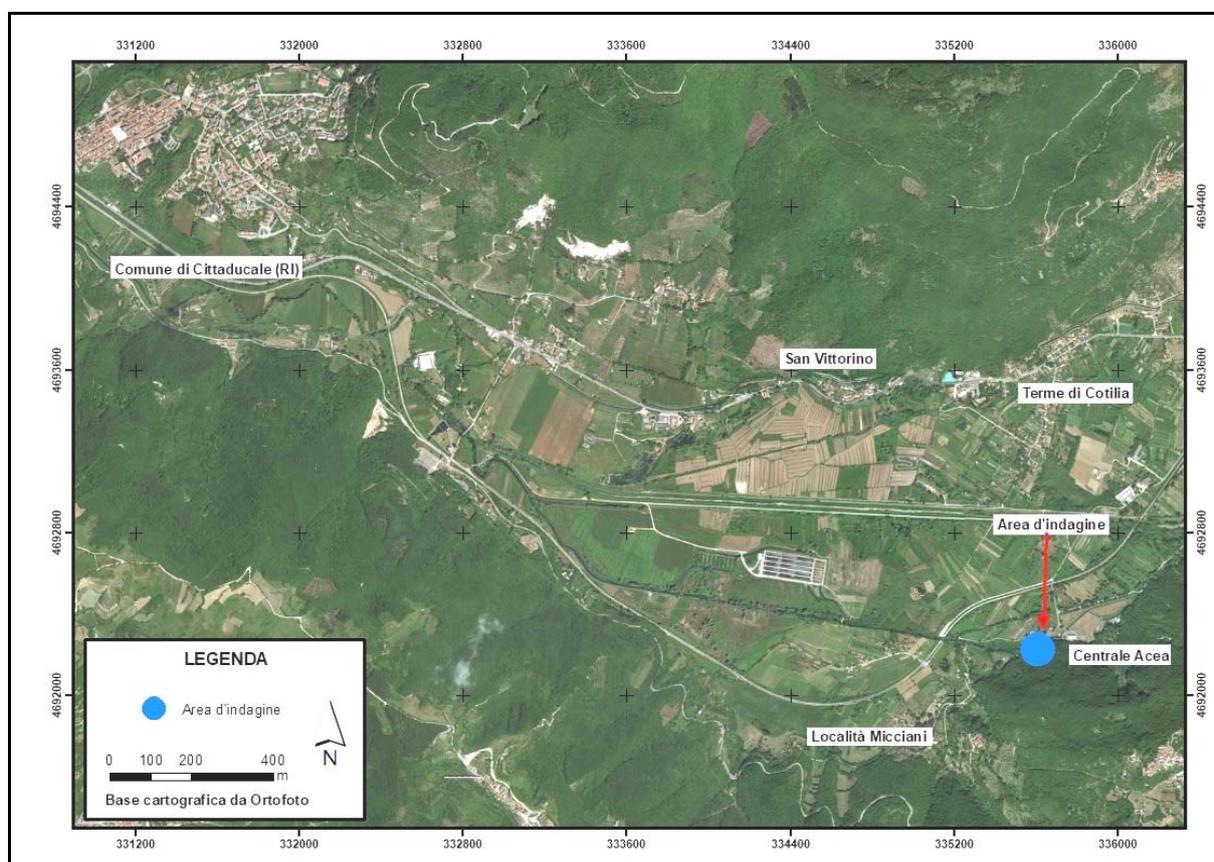
ALLEGATI

- *Ubicazione misure geofisiche (da Ortofoto-CTR) - scala 1:2.000*
- *Sismogrammi sismica a rifrazione onde P*
- *Dromocrone*
- *Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica*
- *Documentazione fotografica*

1 PREMESSA

Per incarico conferito alla “GEOPROVE S.r.l.” da “ACEA ELABORI S.P.A.” è stata eseguita una campagna di prospezioni sismiche nell’ambito delle **“INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA PROGETTAZIONE DEL NUOVO TRONCO SUPERIORE DELL’ACQUEDOTTO DEL PESCHIERA – CONTRATTO QUADRO N. 3900005591”**.

Nel sito Centrale Acea sono stati effettuati 4 profili sismici a rifrazione in onde longitudinali (onde P).



Ubicazione del sito d'indagine

2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

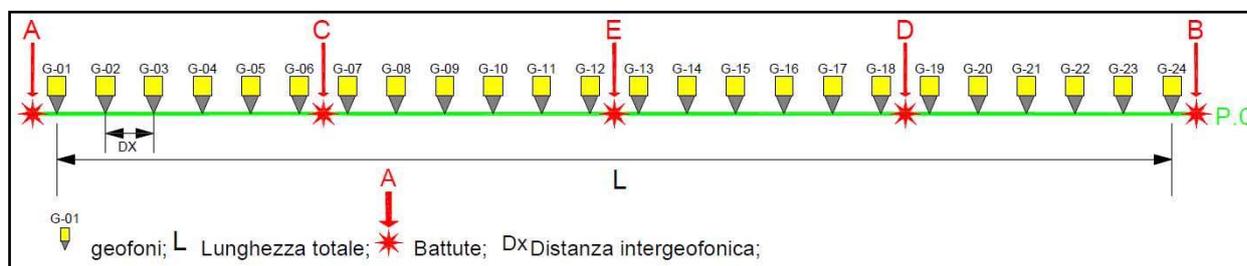
2.1 tecniche operative

Sono stati acquisiti 4 profili sismici a rifrazione in onde P utilizzando geofoni a 14 Hz. Le tracce sono state registrate impostando i seguenti parametri:

frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
0.0625 millisecondi	200/500ms	Martello/PEG 40

Di seguito sono tabellate le caratteristiche dei profili acquisiti:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Canali
Profilo 1	240 m	5.0 m	5.0	48
Profilo 2	72 m	3.0 m	5.0	24
Profilo 3	72 m	3.0 m	5.0 </td <td>24</td>	24
Profilo 4	72 m	3.0 m	5.0	24



Schema geometrico di acquisizione

2.2 Analisi dei dati

Per prima cosa sono stati individuati sui sismogrammi i tempi dei primi arrivi delle onde P. Questa operazione è definita picking e si effettua dopo aver registrato e opportunamente filtrato il segnale acquisito.

I file così ottenuti vengono caricati nel software **TomTime** della **Geotom, LCC** che consente di amplificare il segnale in modo da facilitare l’operazioni di picking e registra i valori dei tempi del reale punto di primo arrivo. I tempi vengono importati in un altro software Gremix (Interpex Limited, 1990) che a partire da questi dati e dalle geometrie dello stendimento traccia le dromocrone.

Attraverso un’interpolazione grafica manuale ottimizzata dalle funzioni del software si ottiene, attraverso il metodo del G.R.M operato dal Gremix, lo spessore relativo degli strati presenti e le rispettive velocità. Si visualizza graficamente il modello ottenuto in funzione della velocità e profondità dei rifrattori.

E’ stata successivamente eseguita l’interpretazione tomografica che a partire da una simulazione numerica del fenomeno di propagazione dell’impulso sismico, individua i campi incogniti di velocità delle onde calcolando i tempi di percorrenza e fornisce una discretizzazione del sottosuolo restituendo un’ immagine bidimensionale.

Il software utilizzato per la tomografia è il **Rayfract v. 2.71** (della Intelligent Resources Inc), che applica un metodo di inversione che ricostruisce i fronti d’onda e le geometrie dei percorsi rifratti e l’angolo con cui riemergono al ricevitore.

Importati i tempi dei primi arrivi e le geometrie si visualizzano le dromocrone e tramite il comando “Smooth Invert/WET” with “gradient initial model” è stato avviato il processo di inversione. Quando il risultato non è stato ritenuto soddisfacente, si è provveduto a variare le impostazioni di default del comando regolando alcuni parametri tramite il comando “Interactive WET Tomography” e “ Maximum Valid Velocity”. Aggiornato il modello sono stati riavviati tutti i calcoli iterativi di inversione fino al raggiungimento dei requisiti che soddisfano l’algoritmo che individua la soluzione ottimale.

Infine sono stati verificati i risultati ottenuti e verificata la coerenza della rappresentazione grafica in scala cromatica.

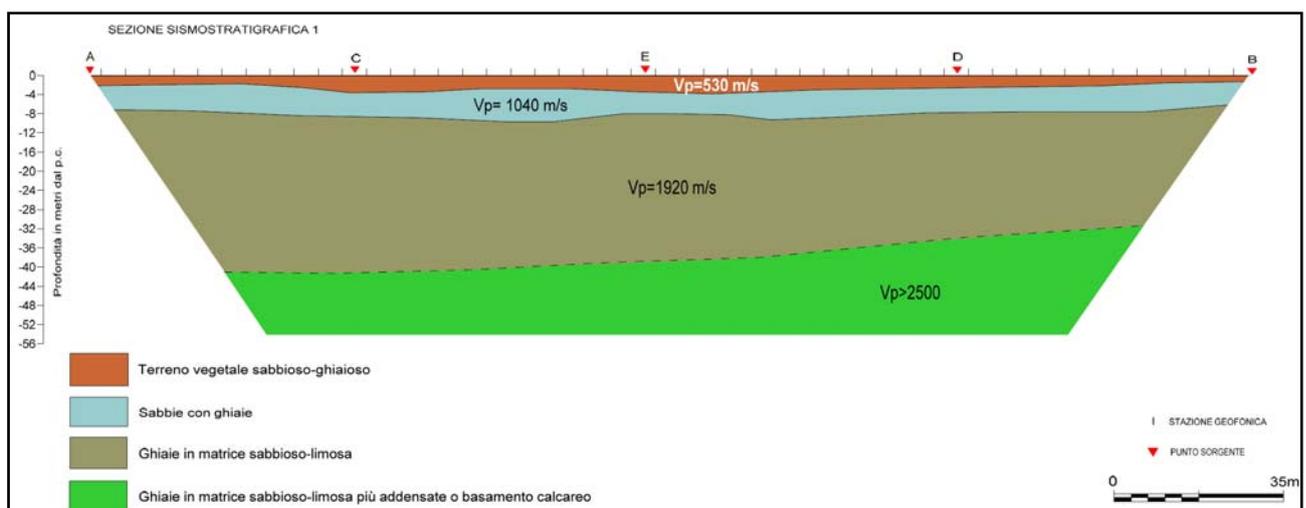
2.3 Risultati

L’elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo 4 “sismostrati”, per il **profilo 1**, così caratterizzati:

1. Il **primo sismostrato** (con una profondità di 3 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 530 m/s;
2. Il **secondo sismostrato** (con una profondità media di 8 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 1040 m/s;
3. Il **terzo sismostrato** (con una profondità media di 7-13 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 1920 m/s;
4. Il **substrato rifrattore** ha velocità $V_p > 2500$ m/s.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

1. Il **primo sismostrato** è associabile a *Terreno vegetale sabbioso-ghiaioso*;
2. Il **secondo sismostrato** è associabile a *Sabbie con ghiaie*;
3. Il **terzo sismostrato** è associabile a *Sabbie con ghiaie*;
4. Il **substrato rifrattore** è associabile a *Ghiaie in matrice sabbioso-limoso più addensate o al substrato calcareo*.

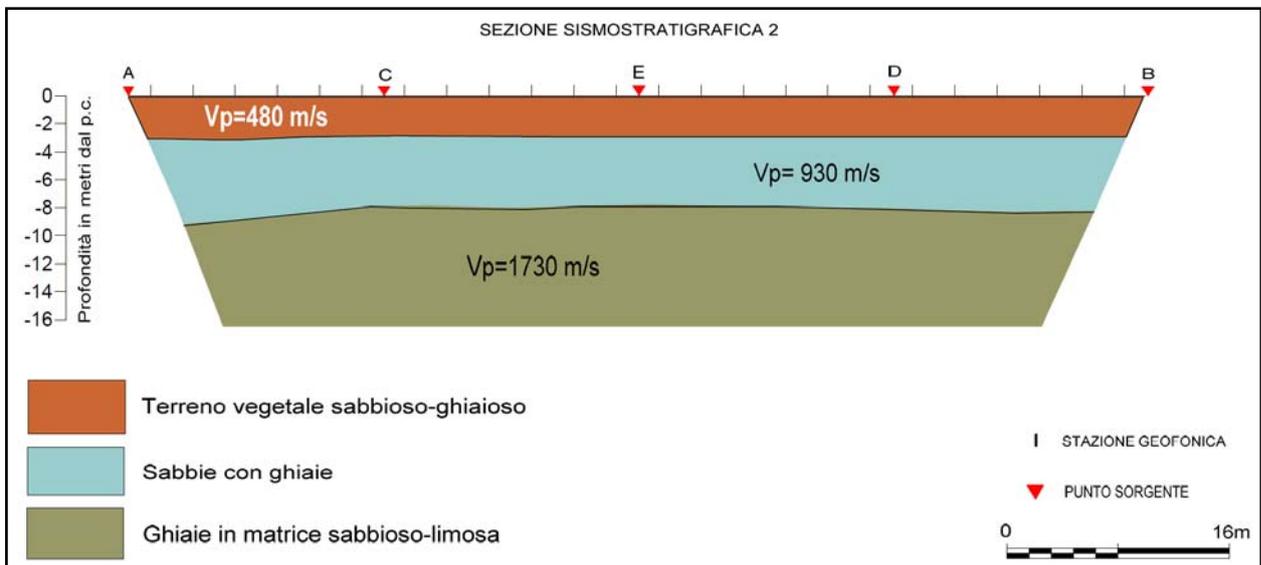


L’elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo 3 “sismostrati”, per i profili 2, 3 e 4, così caratterizzati:

5. Il primo sismostrato (con una profondità di 2-3 mt dal p.c.) ha velocità V_p compresa tra 410-480 m/s;
6. Il secondo sismostrato (con una profondità media di 7-13 mt dal p.c.) ha velocità V_p compresa tra 930-1120 m/s;
7. Il substrato rifratore ha velocità V_p compresa tra 1690-1780 m/s.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

5. Il primo sismostrato è associabile a *Terreno vegetale sabbioso-ghiaioso*;
6. Il secondo sismostrato è associabile a *Sabbie con ghiaie*.
7. Il substrato rifratore è associabile a *Ghiaie in matrice sabbioso-limosa*.



Nella tabella che segue sono schematizzati i risultati ottenuti in riferimento alle profondità dei sismostrati rinvenuti e alle velocità delle onde longitudinali (onde P).

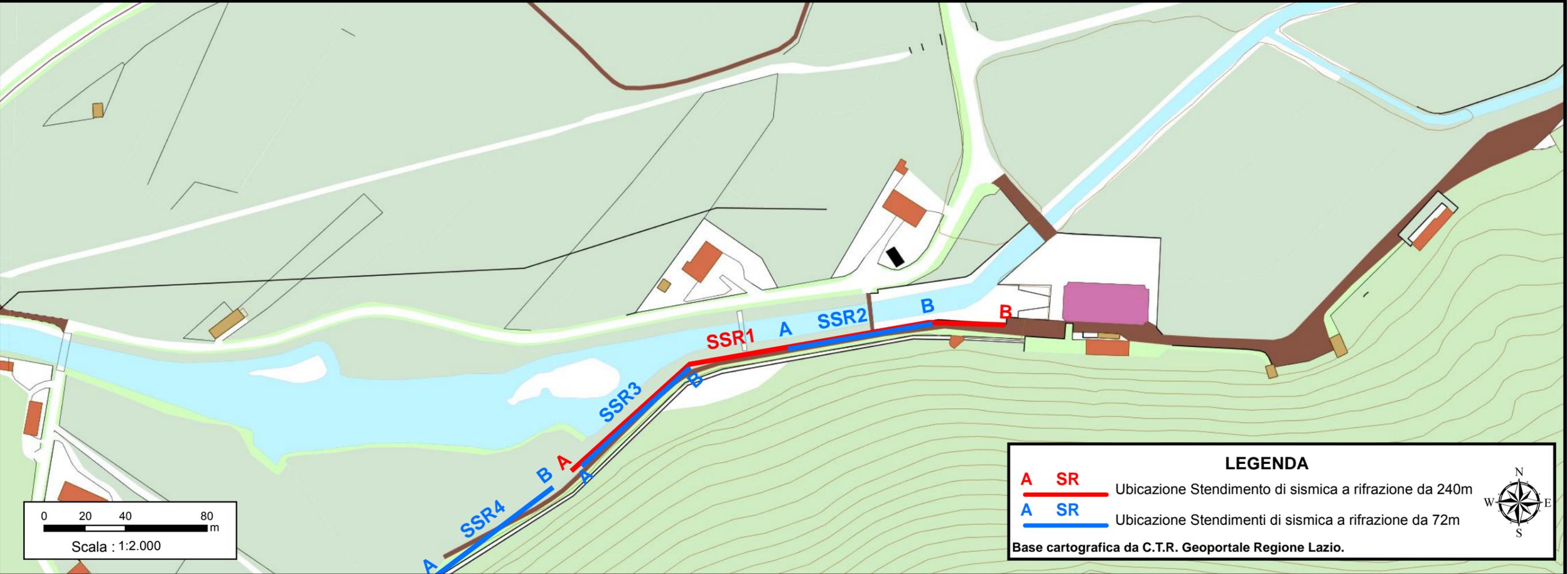
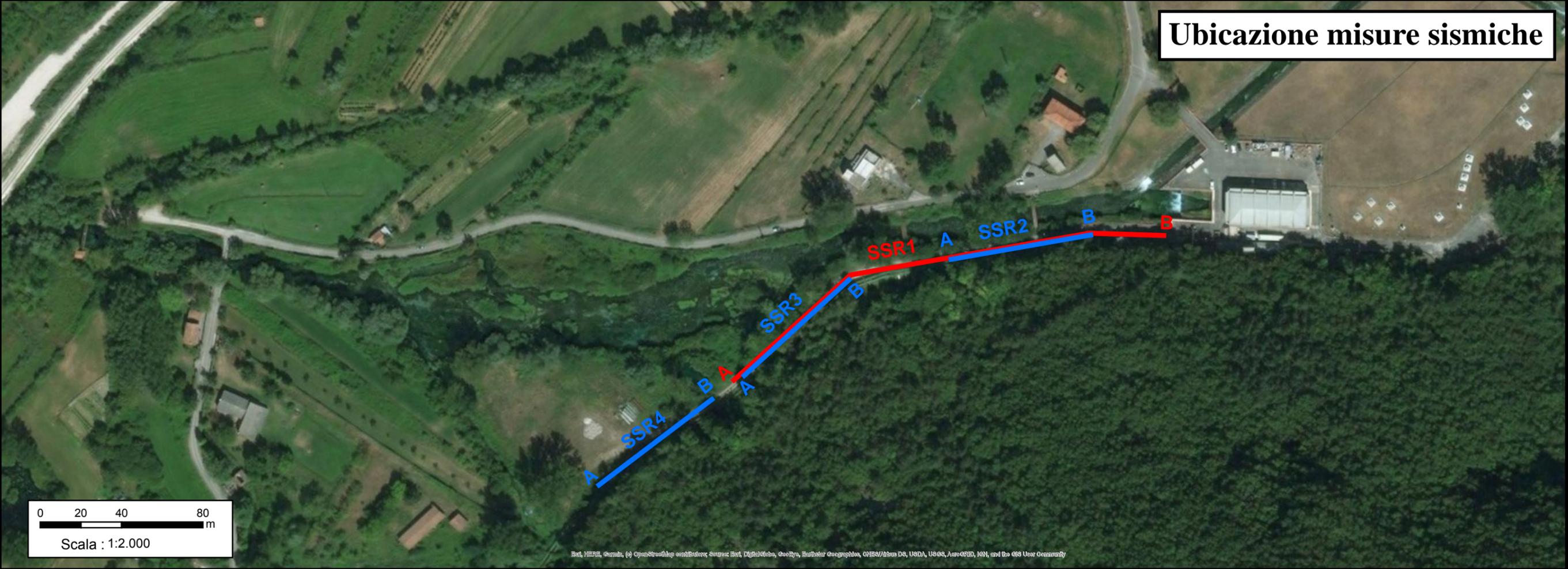
Profilo sismico 1	Profondità medie sismostrati (m)	Vp (m/s)
1° sismostrato	0÷3.0	530
2° sismostrato	3.0÷8.0	1040
3° sismostrato	8.0÷36.0	1920
substrato rifratore	>36	>2500

Profilo sismico 2	Profondità medie sismostrati (m)	Vp (m/s)
1° sismostrato	0÷3.0	480
2° sismostrato	3.0÷8.0	930
substrato rifratore	>8.0	1730

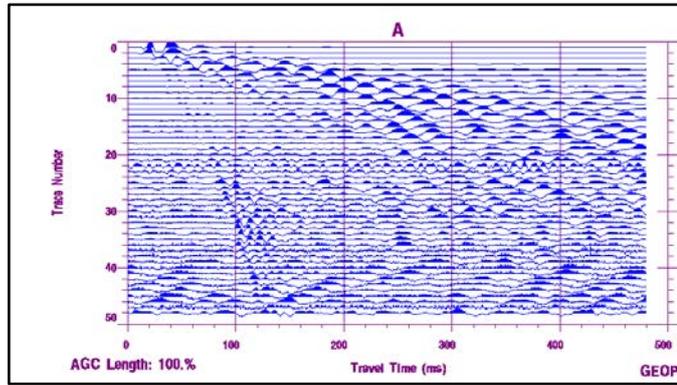
Profilo sismico 3	Profondità medie sismostrati (m)	Vp (m/s)
1° sismostrato	0÷2.0	450
2° sismostrato	2.0÷7.0	1060
substrato rifratore	>7.0	1780

Profilo sismico 4	Profondità medie sismostrati (m)	Vp (m/s)
1° sismostrato	0÷2.5	410
2° sismostrato	2.5÷13.0	1120
substrato rifratore	>13.0	1690

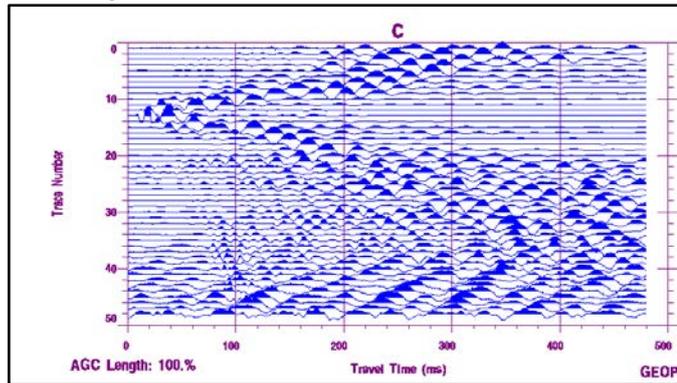
Ubicazione misure sismiche



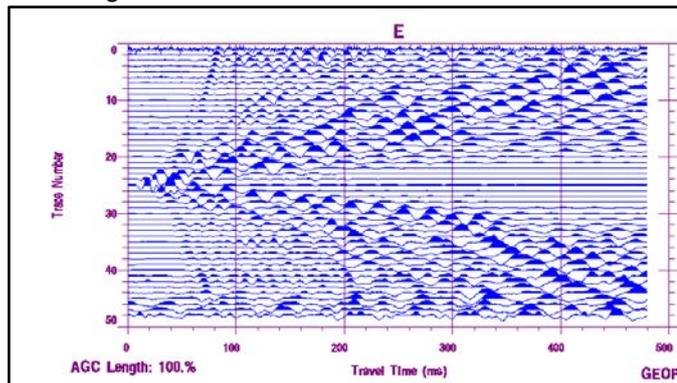
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 1



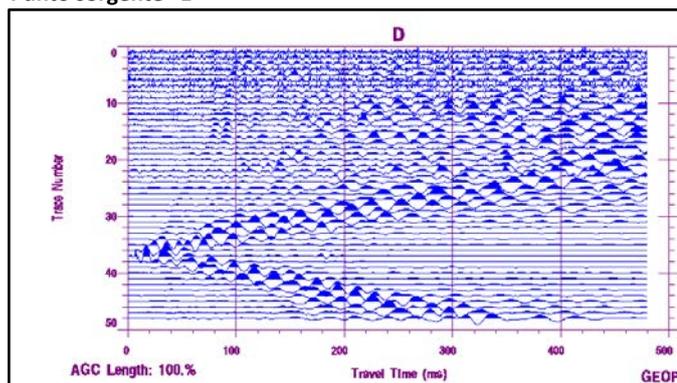
Punto sorgente "A"



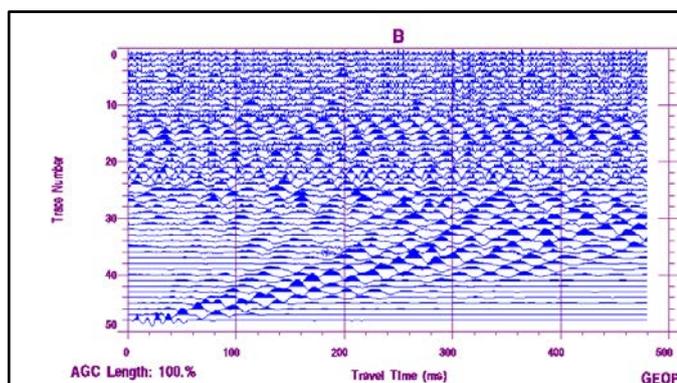
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

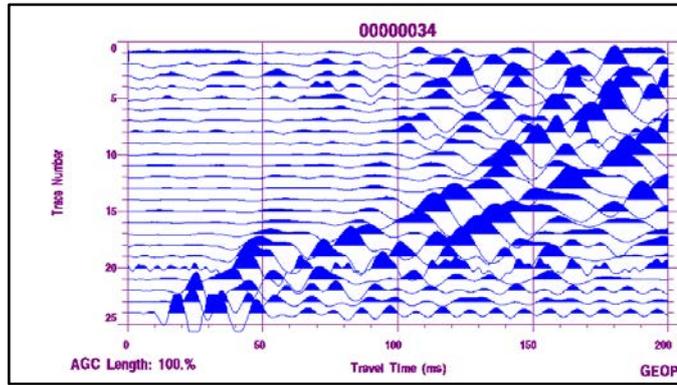


Punto sorgente "D"

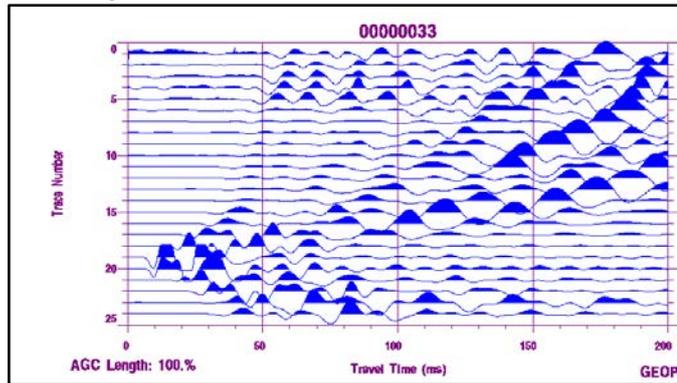


Punto sorgente "B"

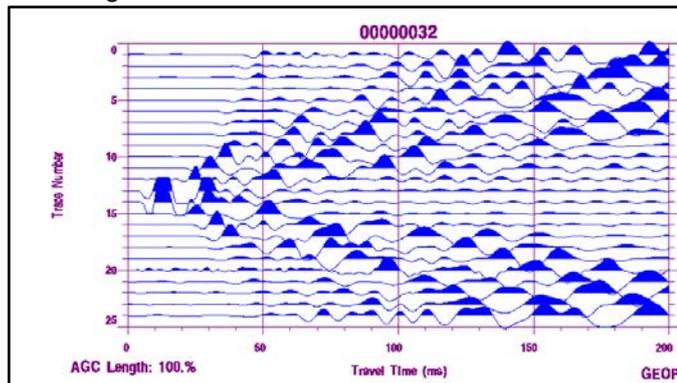
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 2



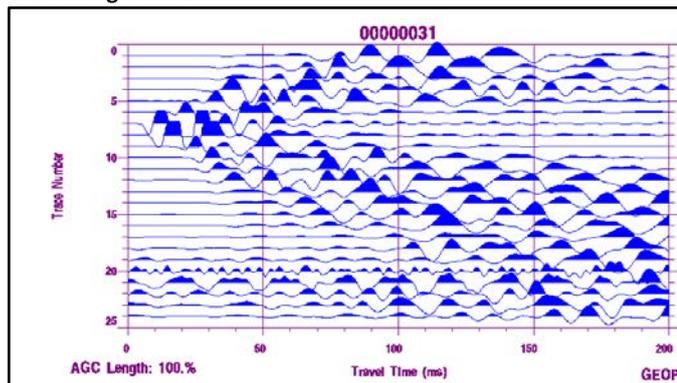
Punto sorgente "A"



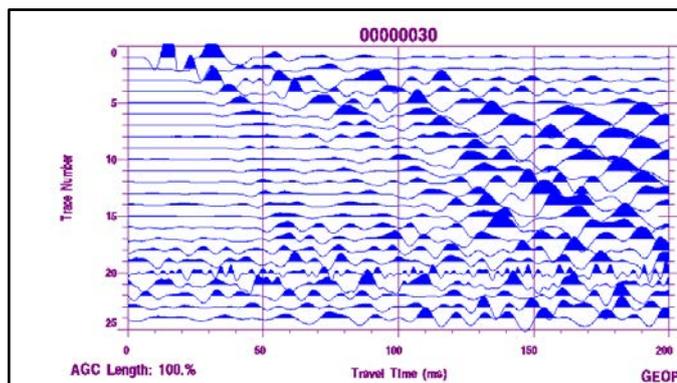
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

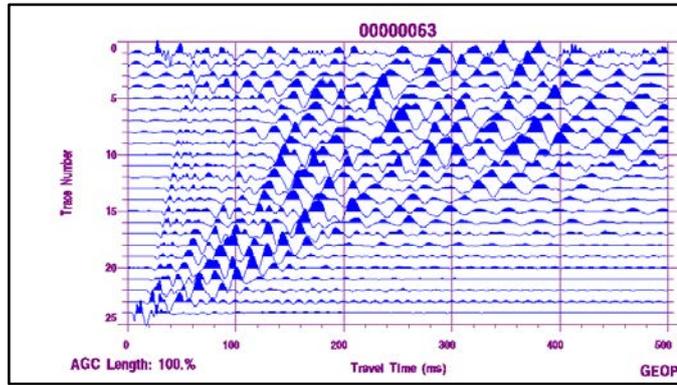


Punto sorgente "D"

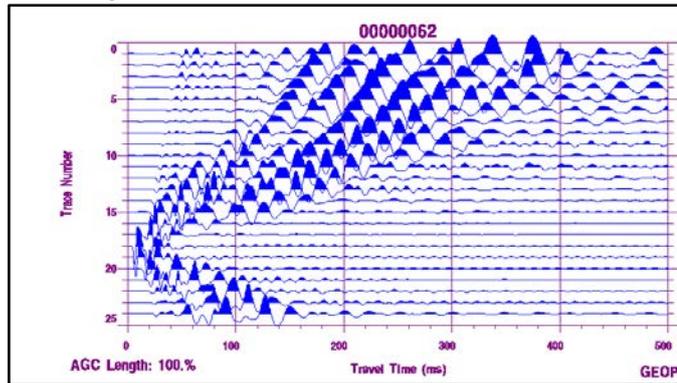


Punto sorgente "B"

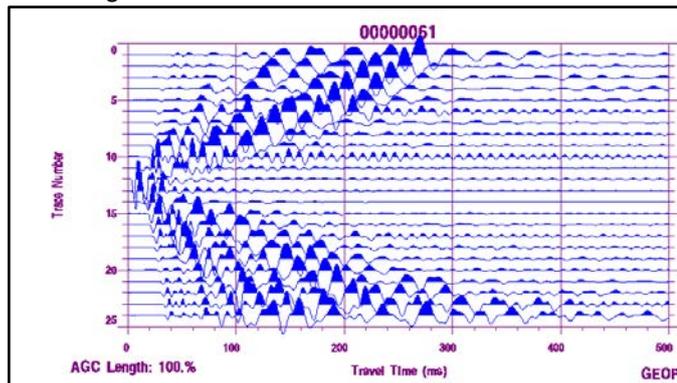
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 3



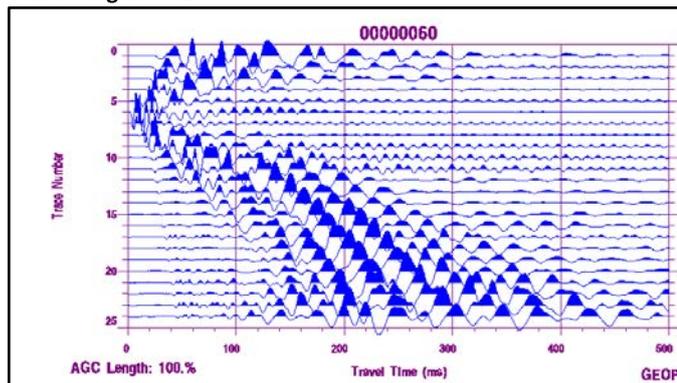
Punto sorgente "A"



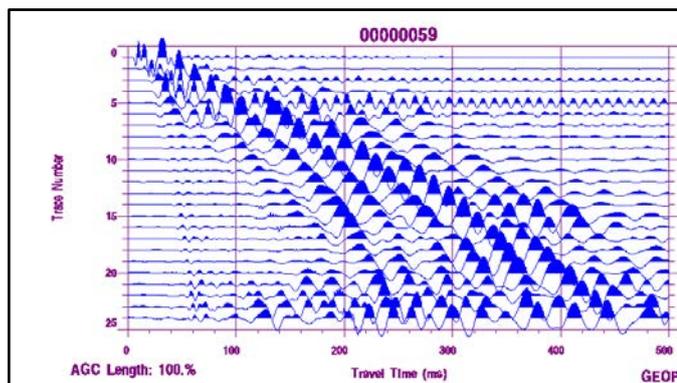
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

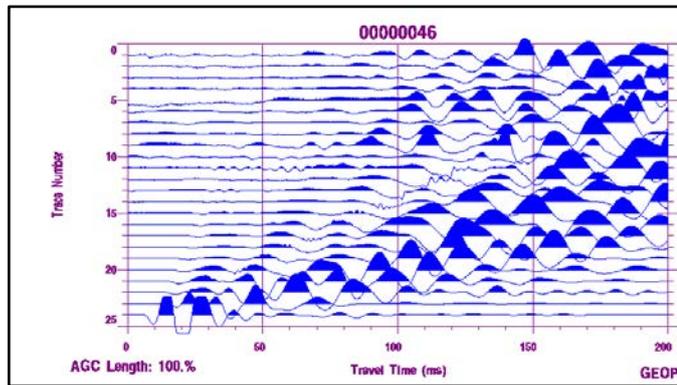


Punto sorgente "D"

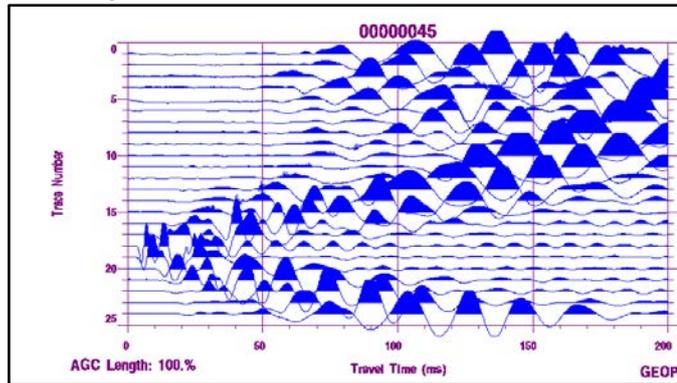


Punto sorgente "B"

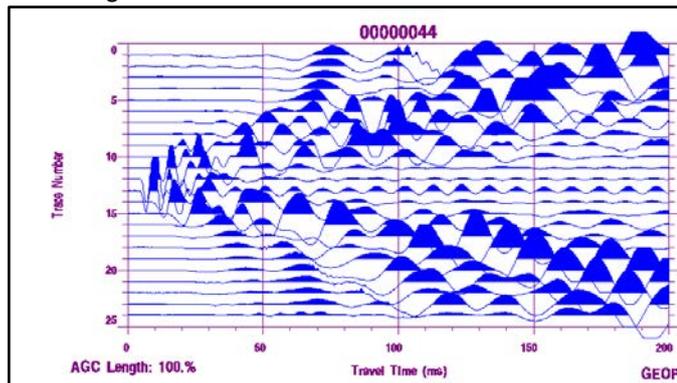
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 4



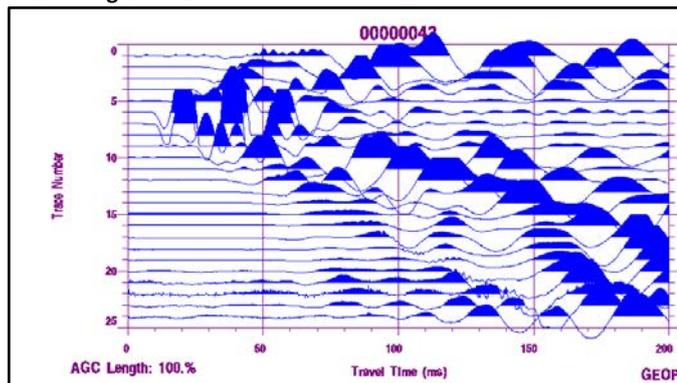
Punto sorgente "A"



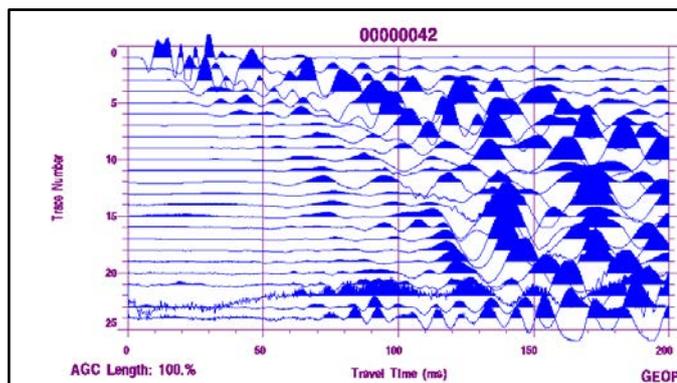
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

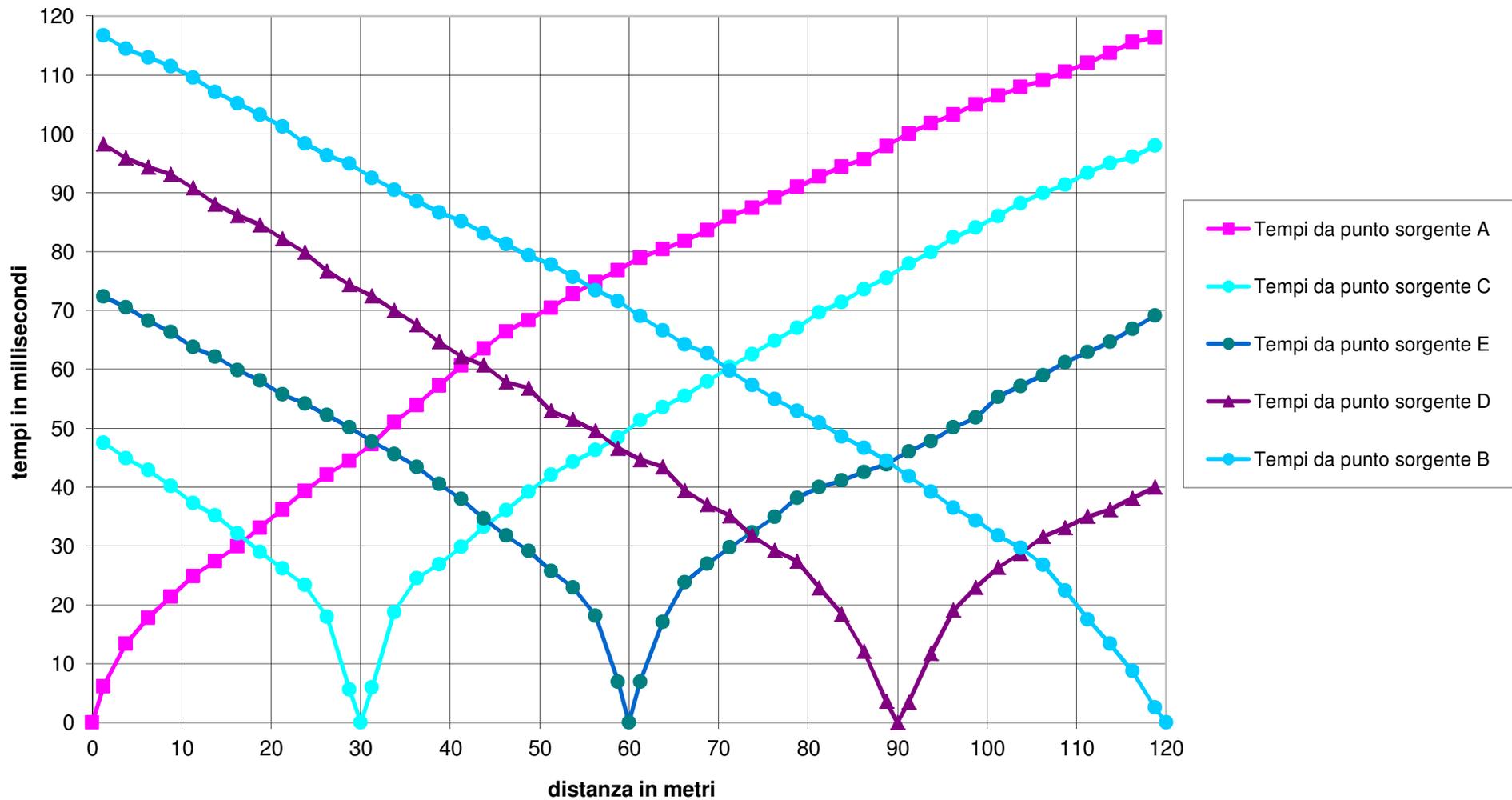


Punto sorgente "D"

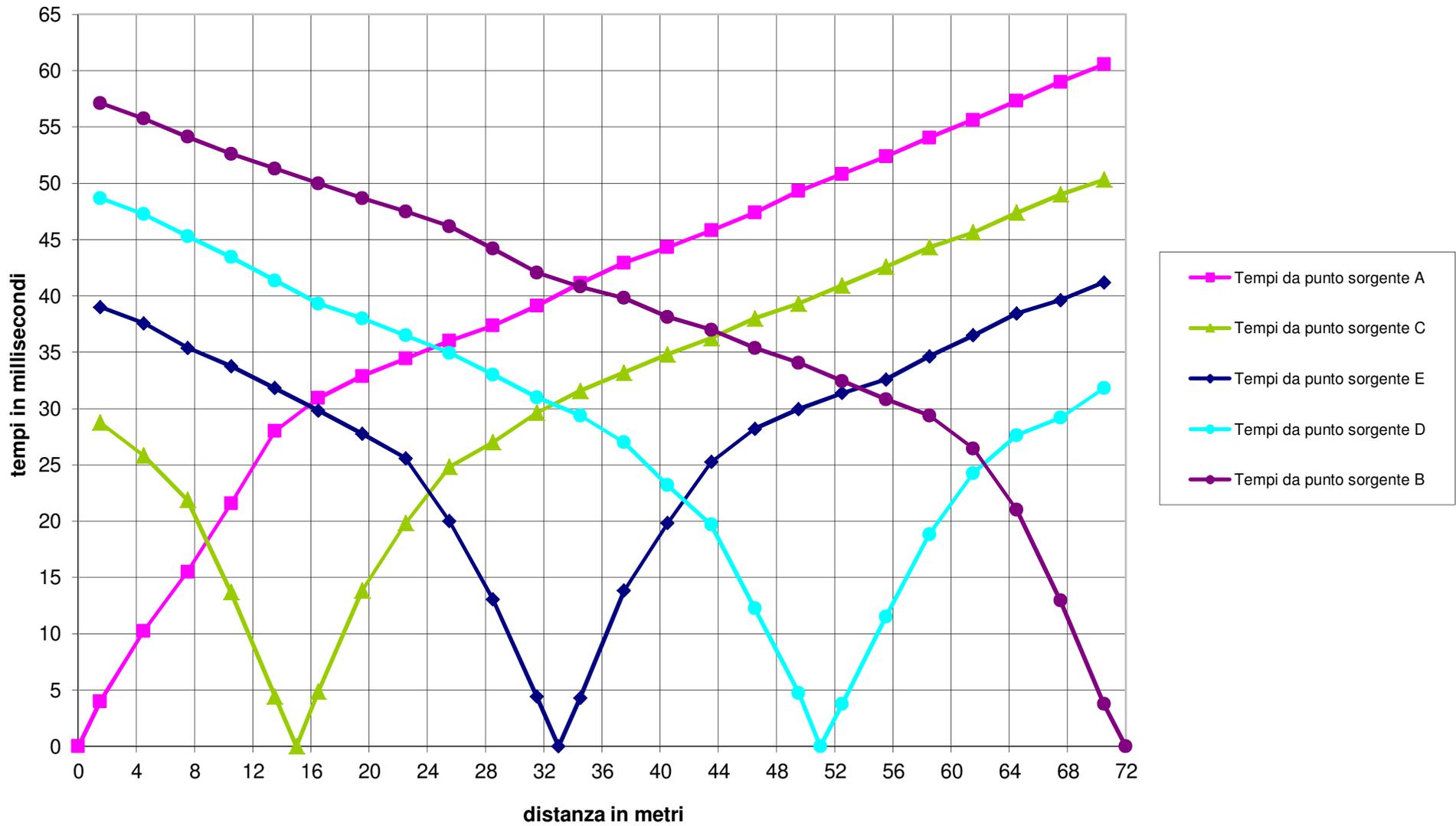


Punto sorgente "B"

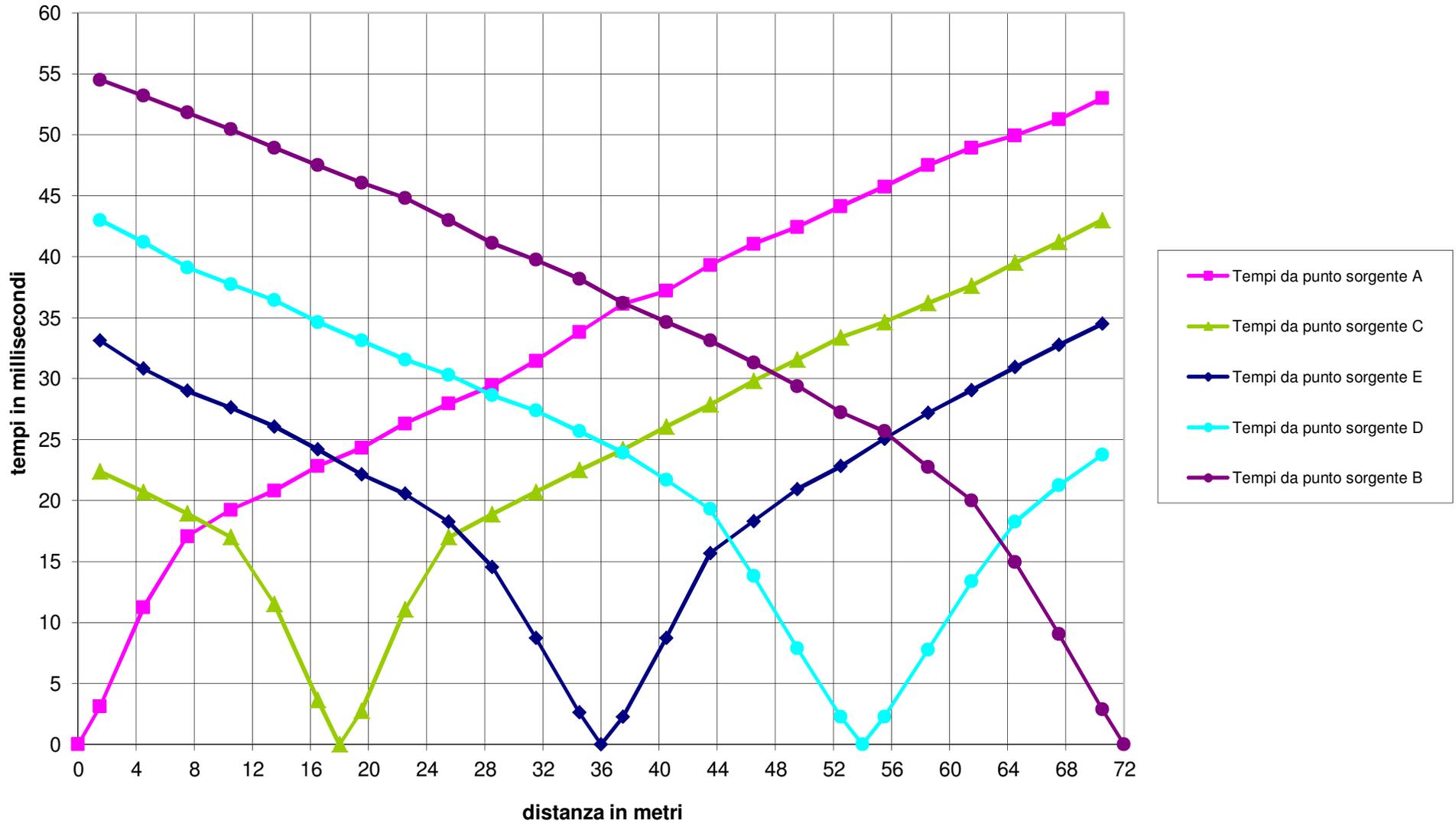
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico 1



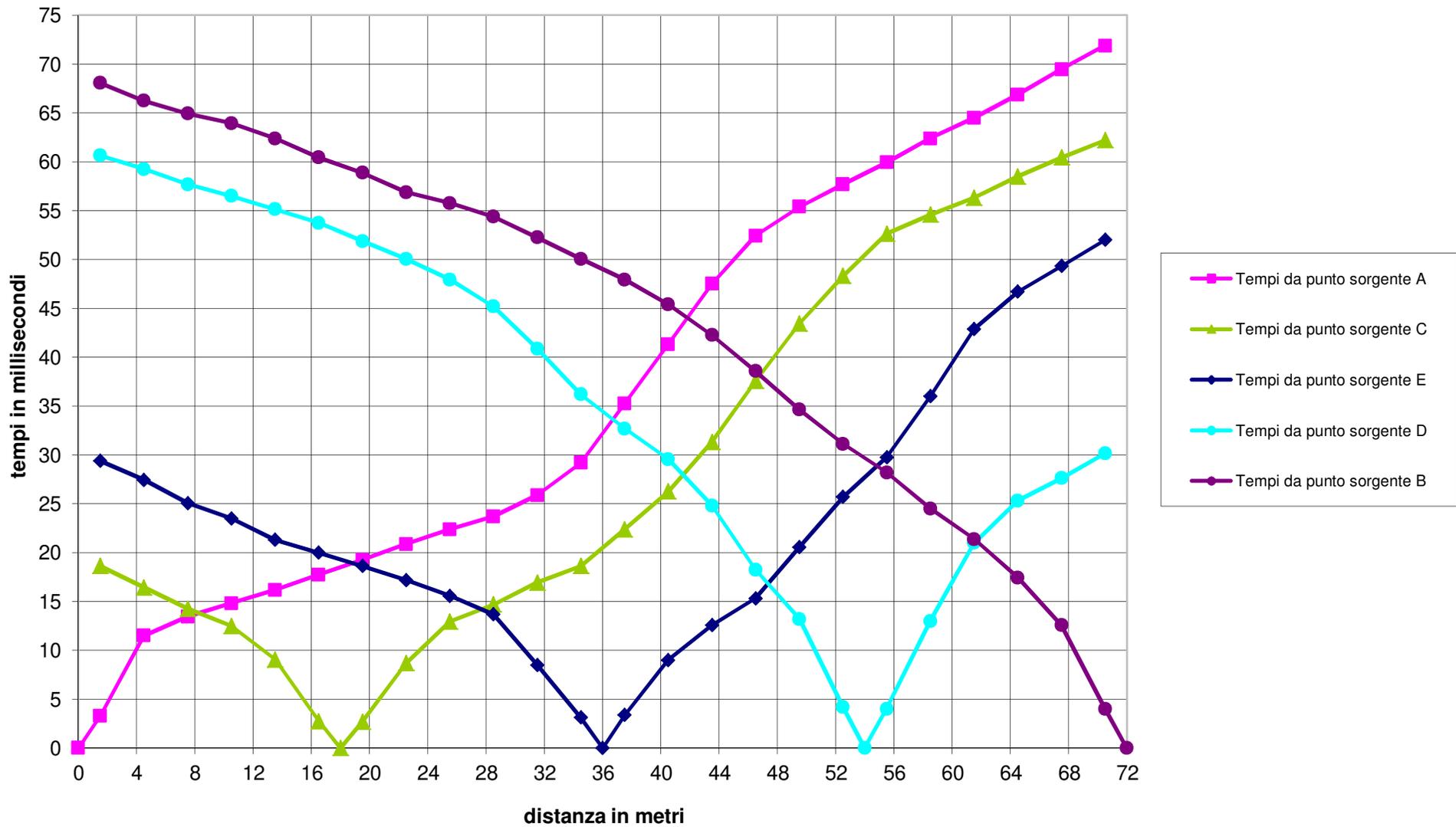
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico 2



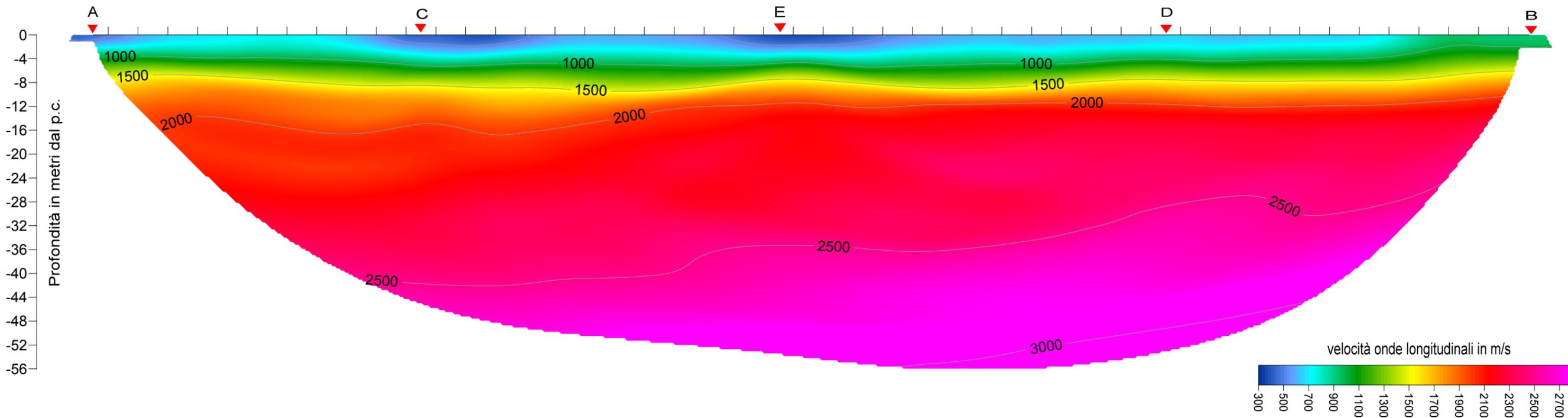
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico 3



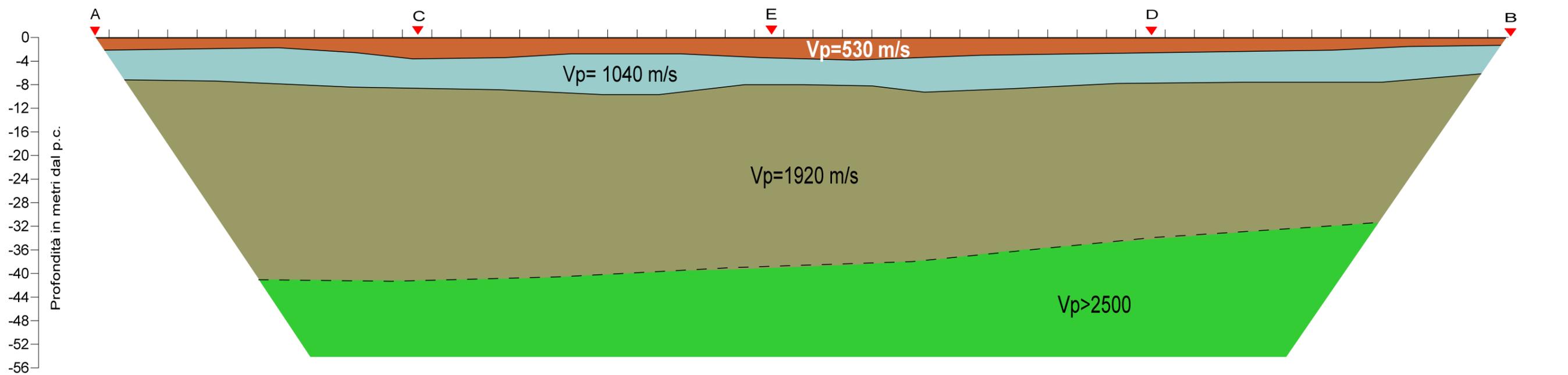
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico 4



SEZIONE TOMOGRAFICA 1



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 1



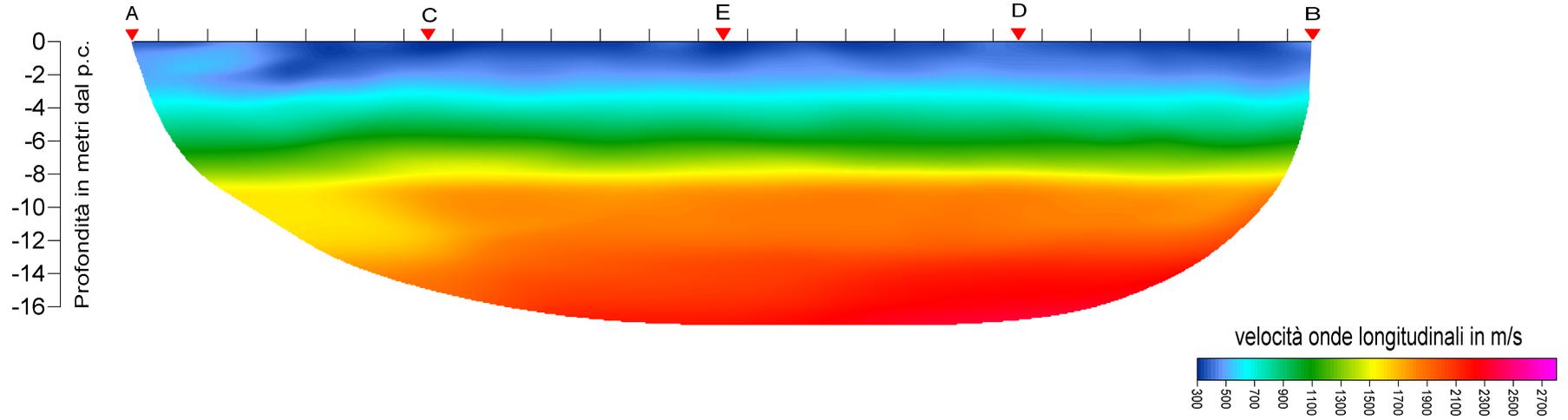
- Terreno vegetale sabbioso-ghiaioso
- Sabbie con ghiaie
- Ghiaie in matrice sabbioso-limosa
- Ghiaie in matrice sabbioso-limosa più addensate o basamento calcareo

I STAZIONE GEOFONICA

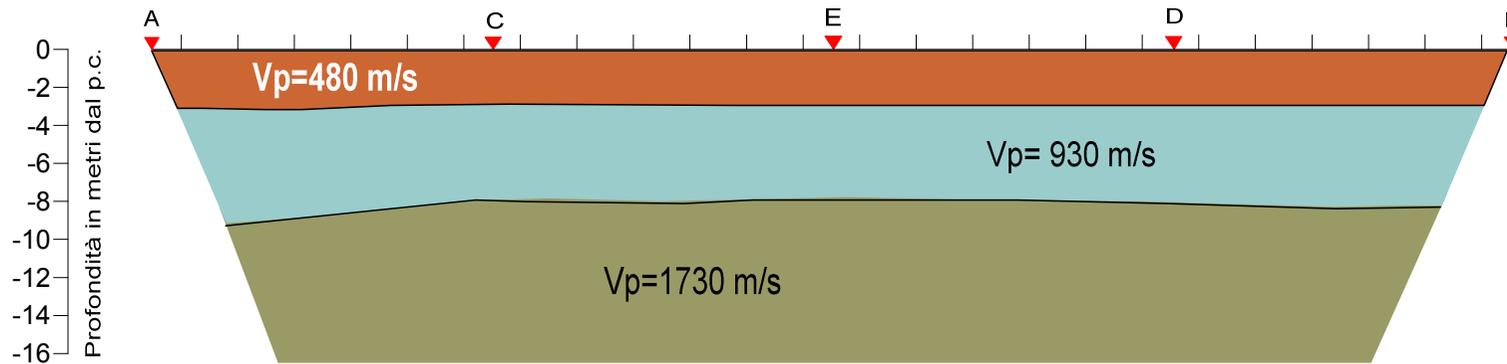
▼ PUNTO SORGENTE

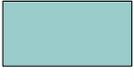


SEZIONE TOMOGRAFICA 2



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 2

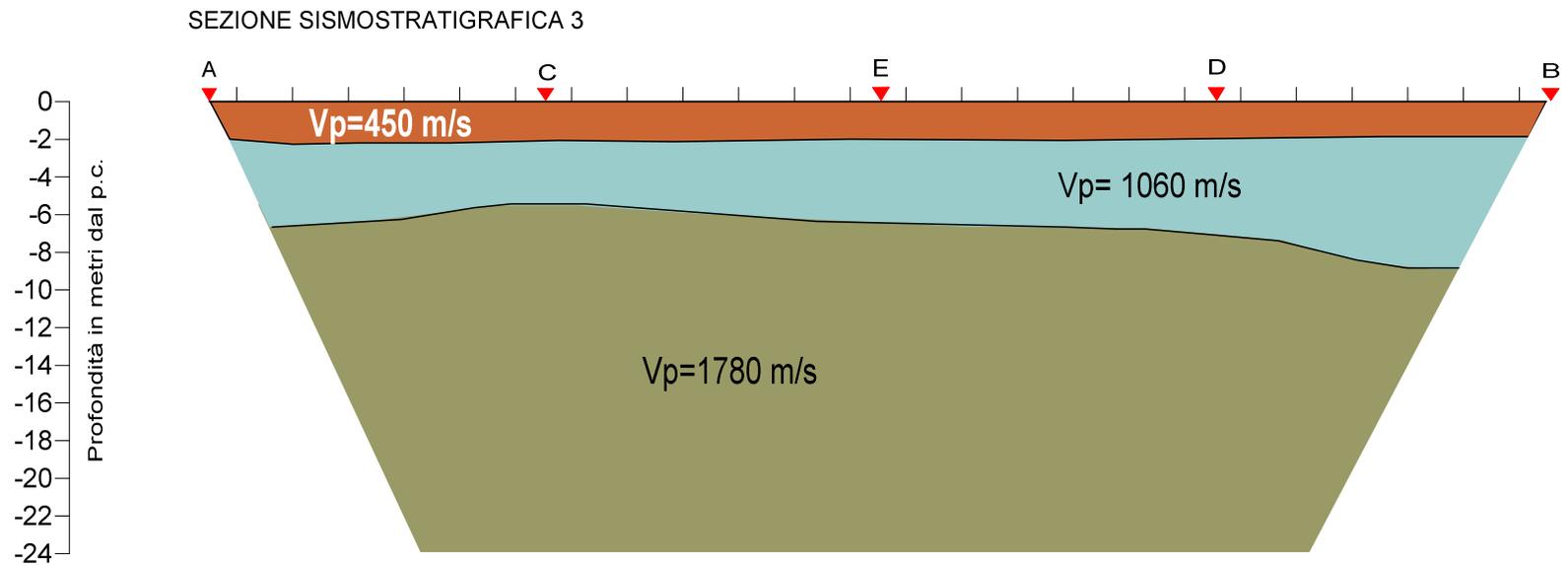
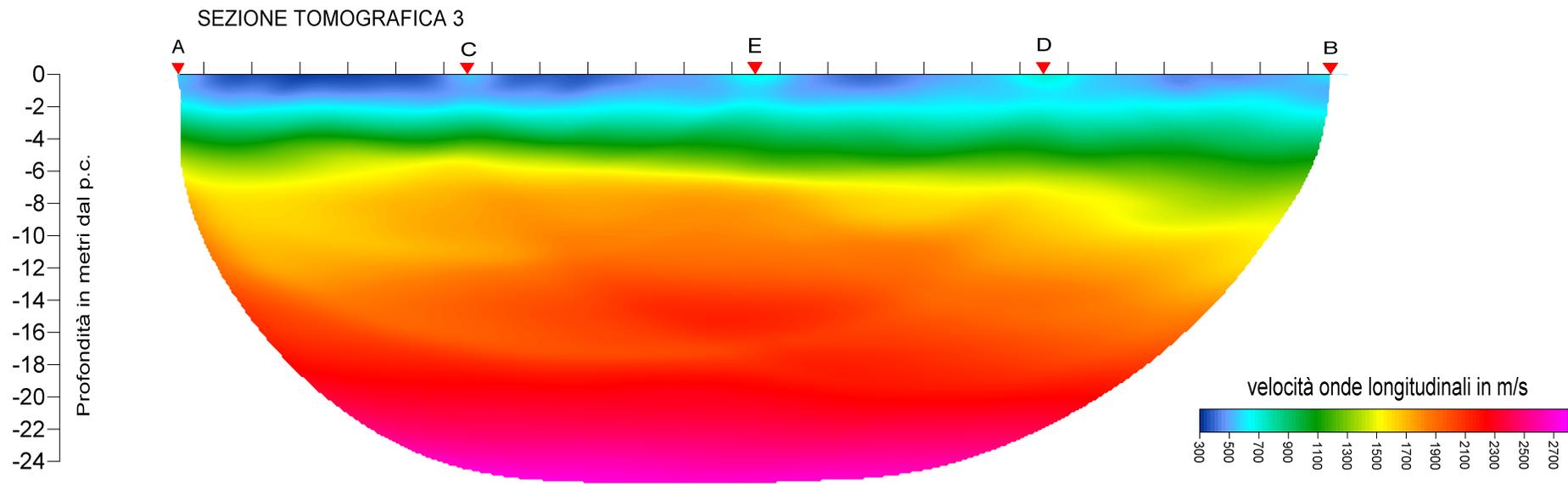


-  Terreno vegetale sabbioso-ghiaioso
-  Sabbie con ghiaie
-  Ghiaie in matrice sabbioso-limosa

I STAZIONE GEOFONICA

▼ PUNTO SORGENTE





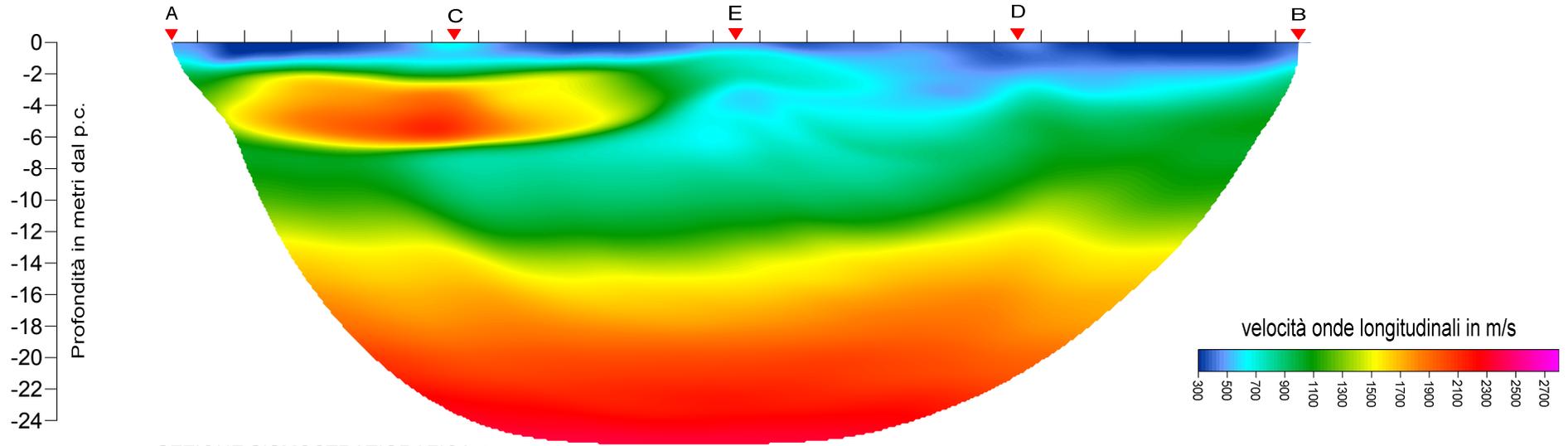
- Terreno vegetale sabbioso-ghiaioso
- Sabbie con ghiaie
- Ghiaie in matrice sabbioso-limosa

I STAZIONE GEOFONICA

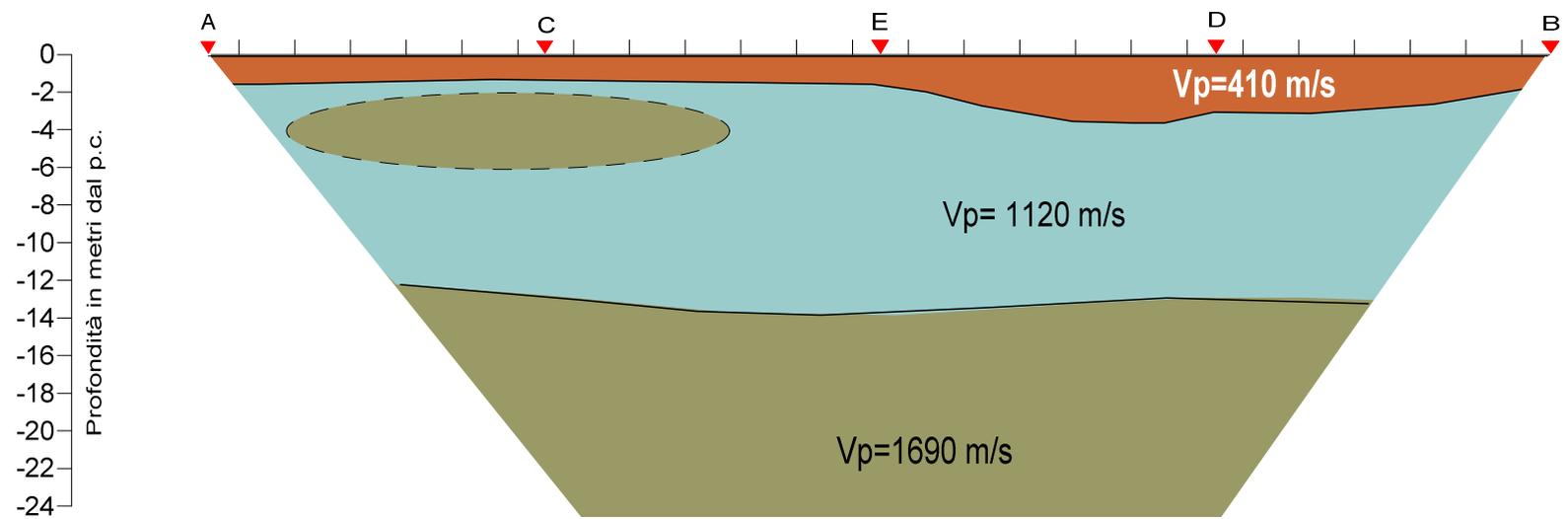
▼ PUNTO SORGENTE

0 16m

SEZIONE TOMOGRAFICA 4



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 4



-  Terreno vegetale sabbioso-ghiaioso
-  Sabbie con ghiaie
-  Ghiaie in matrice sabbioso-limosa

I STAZIONE GEOFONICA

▼ PUNTO SORGENTE

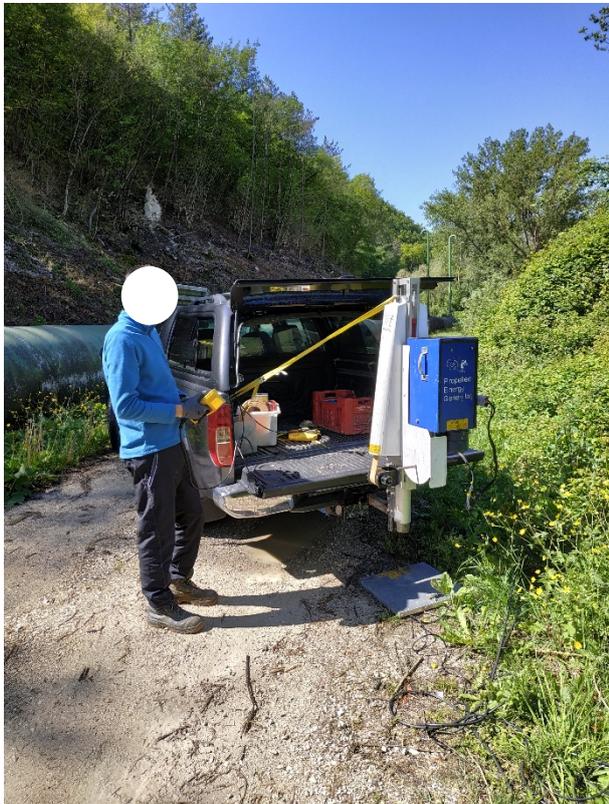


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILI 1÷4



Acquisizione dati misure sismiche



Energizzazione onde longitudinale (Onde P) con generatore ad energia propulsiva di onde sismiche "Peg40"



Georeferenziazione stazioni geofoniche



Energizzazione con mazza battente onde longitudinali (Onde P)



Energizzazione onde longitudinale (Onde P) con generatore ad energia propulsiva di onde sismiche "Peg40"



Energizzazione con mazza battente onde longitudinali (Onde P)



Acquisizione dati misure sismiche

ALLEGATO INDAGINE SISMICA “SITO MICCIANI”

- Relazione esplicativa
- Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) –scala 1:1.000
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)
- Dromocrone onde longitudinali (onde P)
- Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica
- Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)
- Analisi prospezione sismica a riflessione
- Documentazione fotografica

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.



ISO 14001:2015, n. SA.00014/19
OHSAS 18001:2007, n. SA.00015/19



SOA 05208 ■ Livello



GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978

Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •

Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Indice

1 PREMESSA	2
2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	3
2.1 tecniche operative	3
2.2 Analisi dei dati	4
2.3 Risultati	5
3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE	7
3.1 tecniche operative	7
3.2 Analisi dei dati	8
3.3 Risultati	9

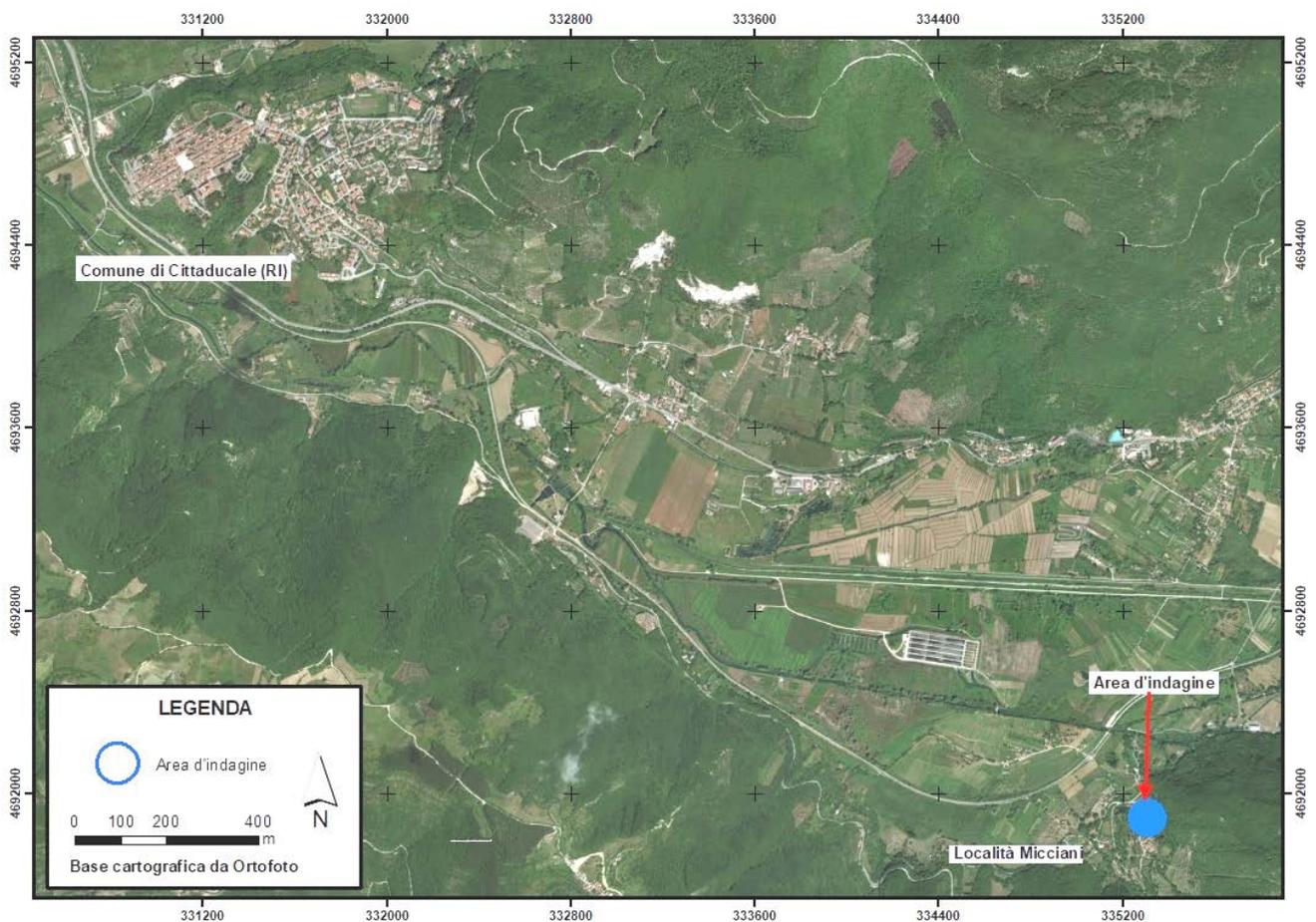
ALLEGATI

- *Ubicazione misure geofisiche (da Ortofoto-CTR) - scala 1:1.000*
- *Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)*
- *Dromocrone onde longitudinali (onde P)*
- *Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica*
- *Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)*
- *Analisi prospezione sismica a riflessione*
- *Documentazione fotografica*

1 PREMESSA

Per incarico conferito alla “GEOPROVE S.r.l.” da “ACEA ELABORI S.P.A.” è stata eseguita una campagna di prospezioni sismiche nell’ambito delle **“INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA PROGETTAZIONE DEL NUOVO TRONCO SUPERIORE DELL’ACQUEDOTTO DEL PESCHIERA – CONTRATTO QUADRO N. 3900005591”** nel sito di “Micciani”.

In questo sito è stato eseguito un profilo sismico a rifrazione in onde longitudinali (onde P) ed uno mediante la sismica a riflessione.



Ubicazione del sito d’indagine

2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

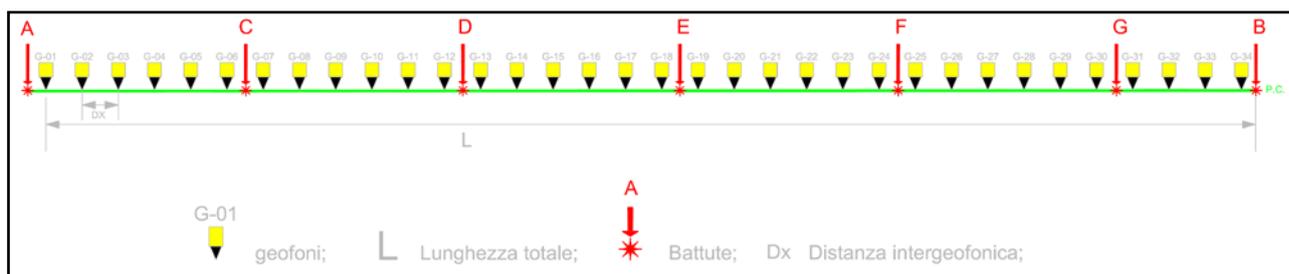
2.1 tecniche operative

E' stato acquisito 1 profilo sismico a rifrazione in onde P utilizzando geofoni a 14 Hz. Le tracce sono state registrate impostando i seguenti parametri:

frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
0.0625 millisecondi	200 ms	martello

Di seguito sono tabellate le caratteristiche del profilo acquisito:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Canali
Profilo 1	102 m	3.0 m	7.0	34



2.2 Analisi dei dati

Per prima cosa sono stati individuati sui sismogrammi i tempi dei primi arrivi delle onde P. Questa operazione è definita picking e si effettua dopo aver registrato e opportunamente filtrato il segnale acquisito.

I file così ottenuti vengono caricati nel software **TomTime** della **Geotom, LCC** che consente di amplificare il segnale in modo da facilitare l’operazioni di picking e registra i valori dei tempi del reale punto di primo arrivo. I tempi vengono importati in un altro software Gremix (Interpex Limited, 1990) che a partire da questi dati e dalle geometrie dello stendimento traccia le dromocrone.

Attraverso un’interpolazione grafica manuale ottimizzata dalle funzioni del software si ottiene, attraverso il metodo del G.R.M operato dal Gremix, lo spessore relativo degli strati presenti e le rispettive velocità. Si visualizza graficamente il modello ottenuto in funzione della velocità e profondità dei rifrattori.

E’ stata successivamente eseguita l’interpretazione tomografica che a partire da una simulazione numerica del fenomeno di propagazione dell’impulso sismico, individua i campi incogniti di velocità delle onde calcolando i tempi di percorrenza e fornisce una discretizzazione del sottosuolo restituendo un’ immagine bidimensionale.

Il software utilizzato per la tomografia è il **Rayfract v. 2.71** (della Intelligent Resources Inc), che applica un metodo di inversione che ricostruisce i fronti d’onda e le geometrie dei percorsi rifratti e l’angolo con cui riemergono al ricevitore.

Importati i tempi dei primi arrivi e le geometrie si visualizzano le dromocrone e tramite il comando “Smooth Invert/WET with gradient initial model” è stato avviato il processo di inversione. Quando il risultato non è stato ritenuto soddisfacente, si è provveduto a variare le impostazioni di default del comando regolando alcuni parametri tramite il comando “Interactive WET Tomography” e “ Maximum Valid Velocity”. Aggiornato il modello sono stati riavviati tutti i calcoli iterativi di inversione fino al raggiungimento dei requisiti che soddisfano l’algoritmo che individua la soluzione ottimale.

Infine sono stati verificati i risultati ottenuti e verificata la coerenza della rappresentazione grafica in scala cromatica.

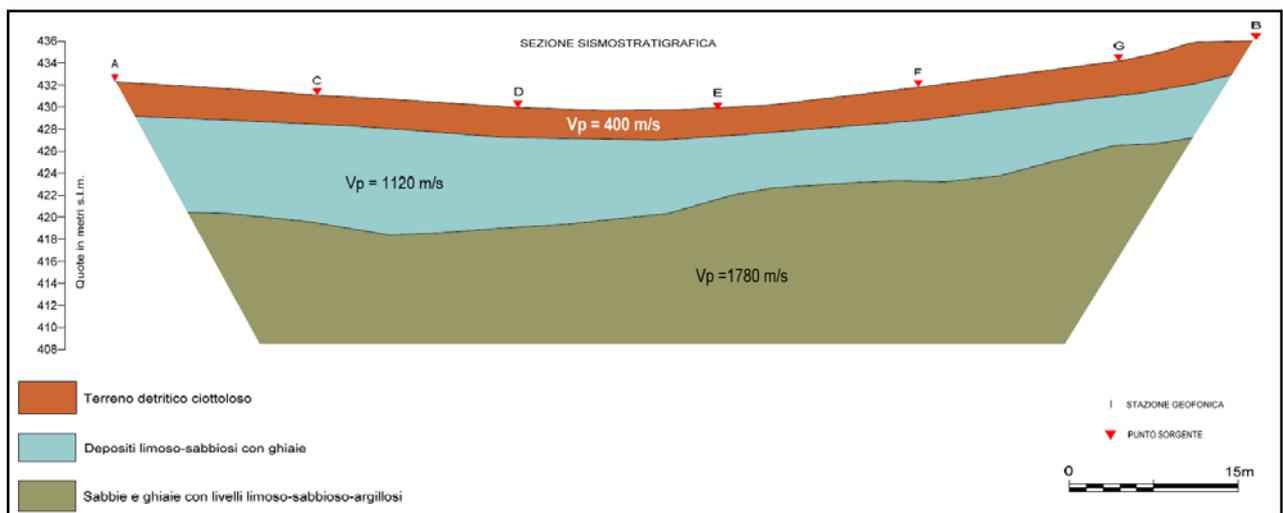
2.3 Risultati

L’elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo 3 “sismostrati”, così caratterizzati:

1. **Il primo sismostrato** (con una profondità media di 3.0 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 400 m/s;
2. **Il secondo sismostrato** (con una profondità media di 9.0 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 1120 m/s;
3. **Il substrato rifratore** ha velocità V_p di 1780 m/s.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

1. **Il primo sismostrato** è associabile a *Terreno detritico ciottoloso*;
2. **Il secondo sismostrato** è associabile a *Depositi limoso-sabbiosi con ghiaie*.
3. **Il substrato rifratore** è associabile a *Sabbie e ghiaie con livelli limoso-sabbioso-argillosi*



Schema sismostratigrafico dell’area

Nella tabella che segue sono schematizzati i risultati ottenuti in riferimento alle profondità dei sismostrati rinvenuti e alle velocità delle onde longitudinali (onde P).

Profilo sismico 1	Profondità medie sismostrati (m)	Vp (m/s)
1° sismostrato	0÷3.0	400
2° sismostrato	3.0÷9.0	1120
substrato rifrattore	>9.0	1780

3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

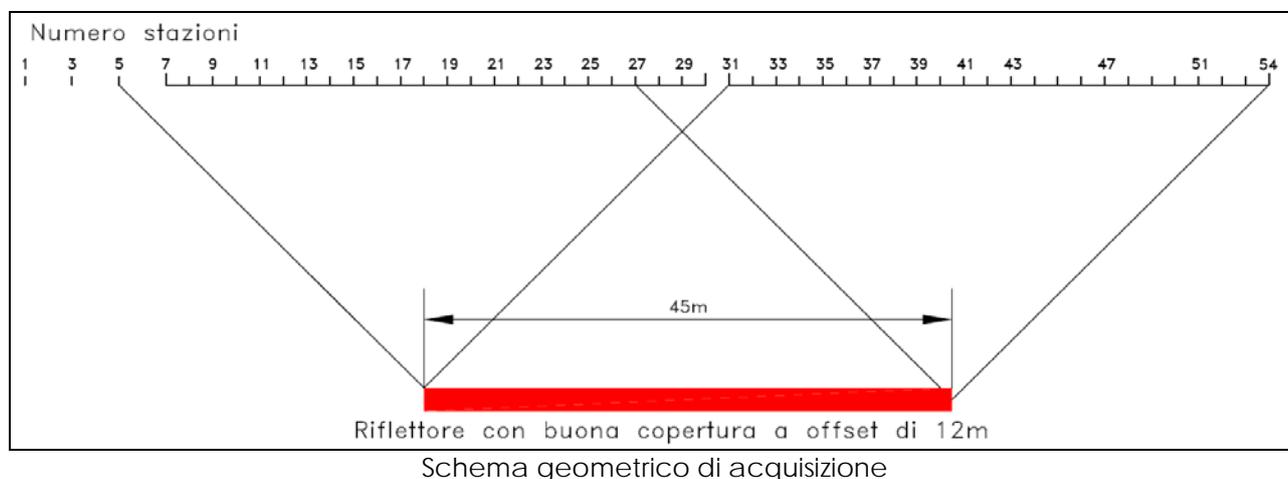
3.1 tecniche operative

E' stato acquisito un profilo sismico a riflessione utilizzando geofoni a 14 Hz shuntati con filtro passivo, in grado di spostare la banda di risposta dei geofoni verso frequenze più alte. Le tracce sono state registrate con i seguenti parametri:

frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
0.0625 millisecondi	1 secondo	martello

Di seguito sono tabellate le caratteristiche del profilo acquisito:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Stazioni
Profilo 1	106 m	2.0 m	14	54



3.2 Analisi dei dati

I dati della sismica a riflessione sono stati trattati col software Seistrix 3 (Interpex L.t.d., 1993). Uno dei grandi vantaggi di questo software è la capacità di gestire le geometrie complesse, dovendo trattare dati acquisiti secondo la tecnica del Common Mid-point Multi-Offset.

Per prima cosa sono stati caricati nel programma tutti i sismogrammi e impostate le geometrie. Come esempio, in allegato, viene riportato un sismogramma a 48 tracce. Si è poi proceduto all’analisi della linea sismica ad offset di 12 metri, risultata la più idonea per il “range” di profondità di interesse.

Sono state impostate le geometrie è stato effettuato il “sort” dei dati. Questa operazione serve a riorganizzare i dati secondo le geometrie di common mid-point e nel rispetto delle distanze di offset. Infatti al momento dell’acquisizione i dati sono memorizzati in base alle posizioni degli scoppi e dei ricevitori, con il sorting vengono riorganizzati in modo da raggruppare per ogni coppia scoppio-ricevitore le tracce relative ai segnali provenienti dallo stesso midpoint.

Successivamente le operazioni di processing sui dati sono le seguenti:

- ✓ Correzione Statica dei Tempi sulle Tracce
- ✓ Filtro Passa Banda
- ✓ Mute
- ✓ Normal Move Out
- ✓ Filtraggio $f - k$
- ✓ Trace Mix

Esse sono state ampiamente descritte nella relazione generale.

3.3 Risultati

Dall’analisi della “sezione tempo”, riportata nell’allegato “analisi prospezione sismica a riflessione”, si evince la presenza **di un primo riflettore**, piuttosto energetico, posto tra circa **80 e 90 millisecondi**, ed un **secondo riflettore** posto a circa **170 millisecondi**.

Inoltre, è stato possibile individuare alcune discontinuità subverticali che interrompono la continuità orizzontale dei segnali riflessi considerati.

Per ciò che concerne le profondità associabili alle sezioni tempo, queste sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall’elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un’analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione.

Tale tomografia ha permesso di riscontrare un aumento di velocità, con l’aumento di profondità, attribuibile ad un miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni.

In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità, vedi figura “Analisi prospezione sismica a riflessione”, **la prima riflessione** individuata risulta posizionabile tra circa **45 e 55 metri di profondità** mentre, **la seconda riflessione**, si posiziona tra circa **95 e 105 metri di profondità**. Entrambe le riflessioni hanno un assetto inclinato e tendono ad emergere verso Nord-Est.

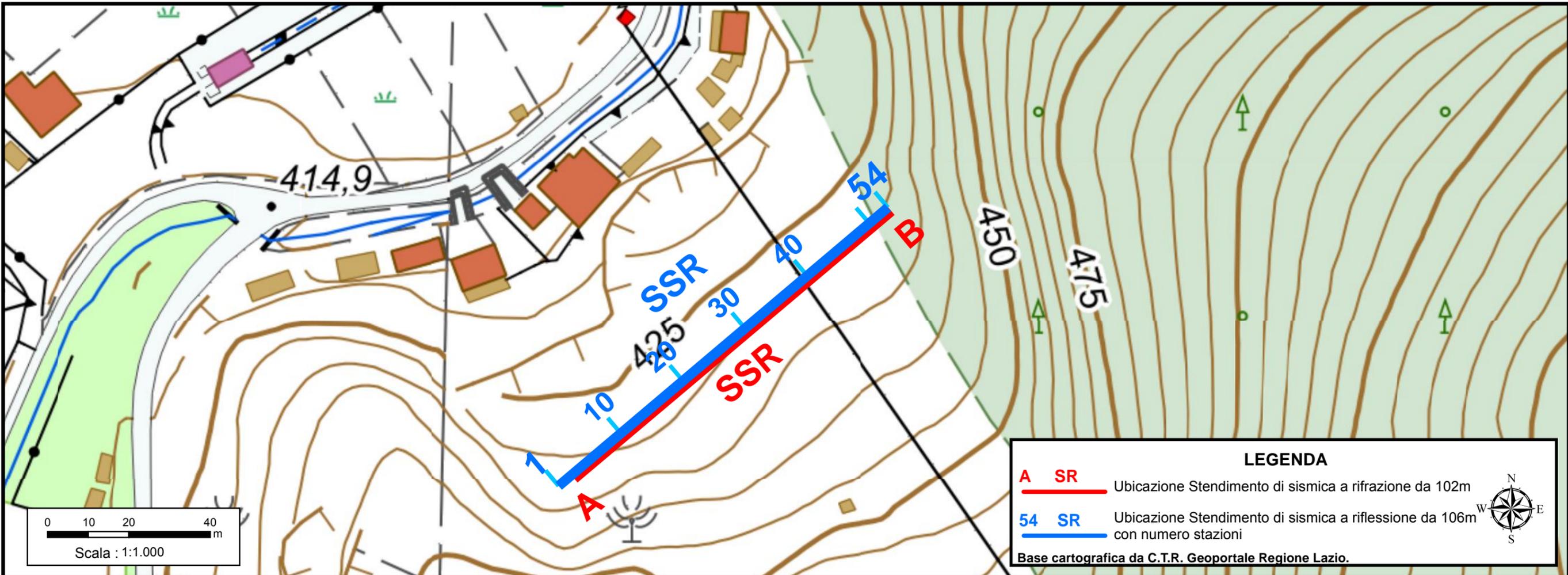
Per quanto riguarda la correlazione tra i riflettori individuati e la litologia del sito si può asserire che **la prima riflessione** potrebbe associarsi ad un **cambio litologico nell’ambito dei sedimenti alluvionali** (maggiore grado di cementazione). **La seconda riflessione**, invece, è da correlarsi, con buona probabilità, al **substrato carbonatico**.

La seconda riflessione è quella che con più probabilità è imputabile alla presenza del substrato carbonatico. Questo perché nella sezione tempo analizzata è l’ultima riflessione sub-orizzontale visibile, dopodiché i segnali riflessi

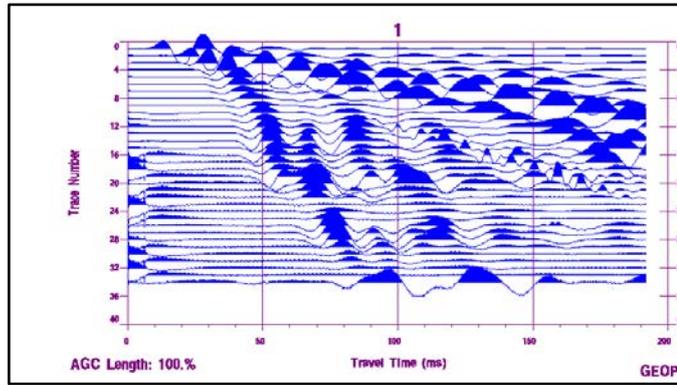
risultano disallineati e con minore energia. Ciò avviene, tipicamente, al raggiungimento del substrato roccioso.

Le **discontinuità sub-verticali** individuate, invece, potrebbero rappresentare delle discontinuità litologiche che interrompono la continuità stratigrafica dei sedimenti presenti.

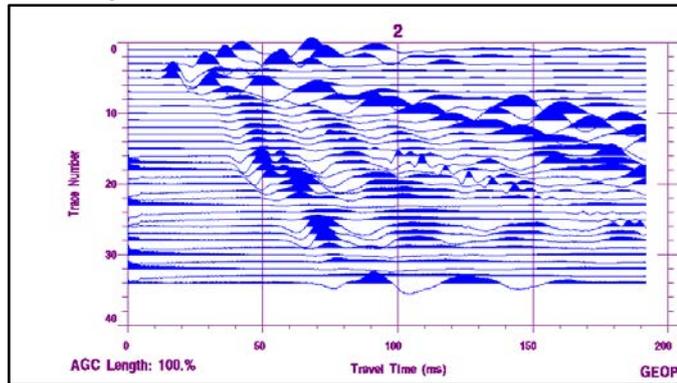
Ubicazione misure sismiche



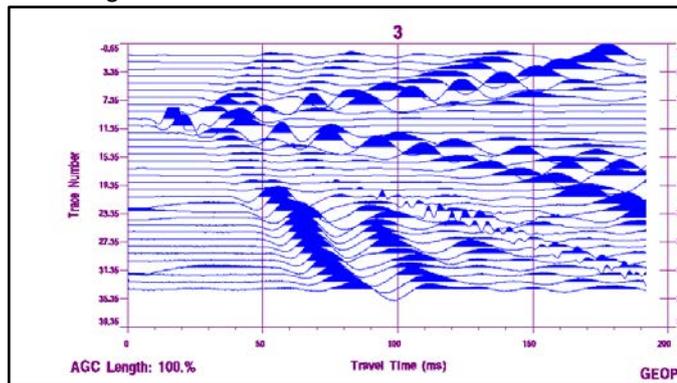
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P)



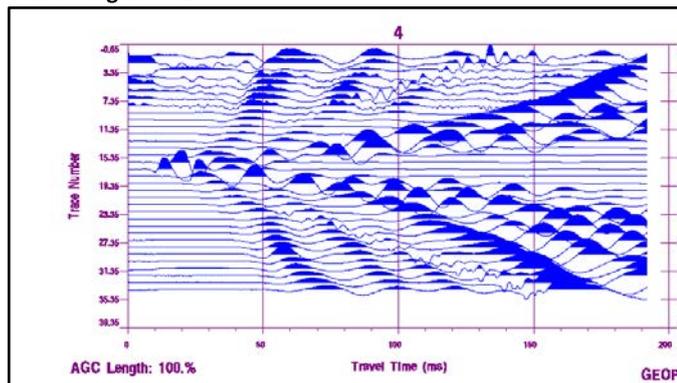
Punto sorgente "A"



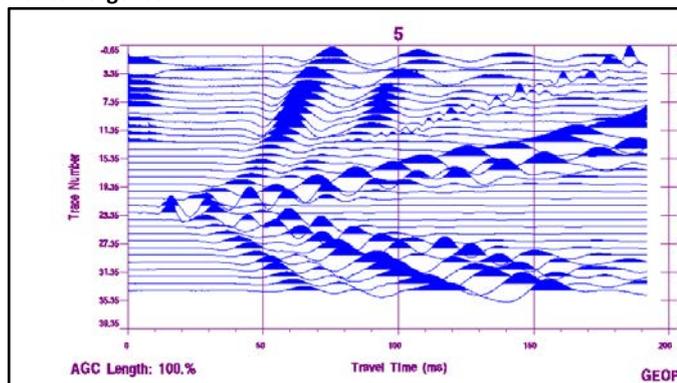
Punto sorgente "C"



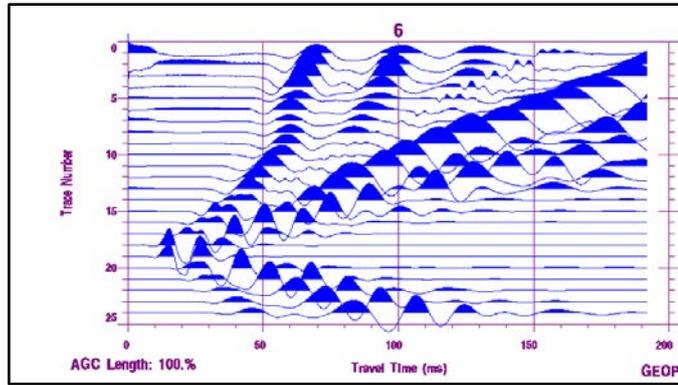
Punto sorgente "D"



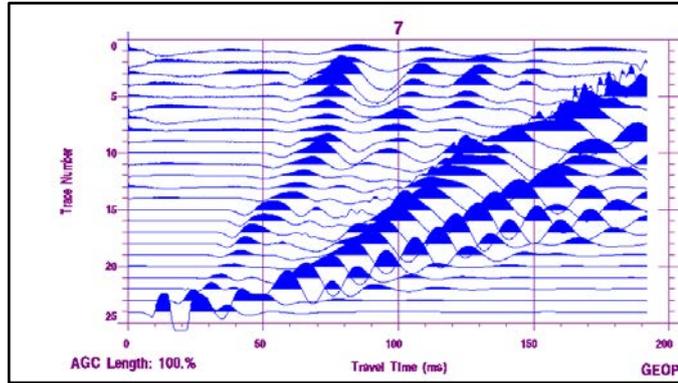
Punto sorgente "E"



Punto sorgente "F"

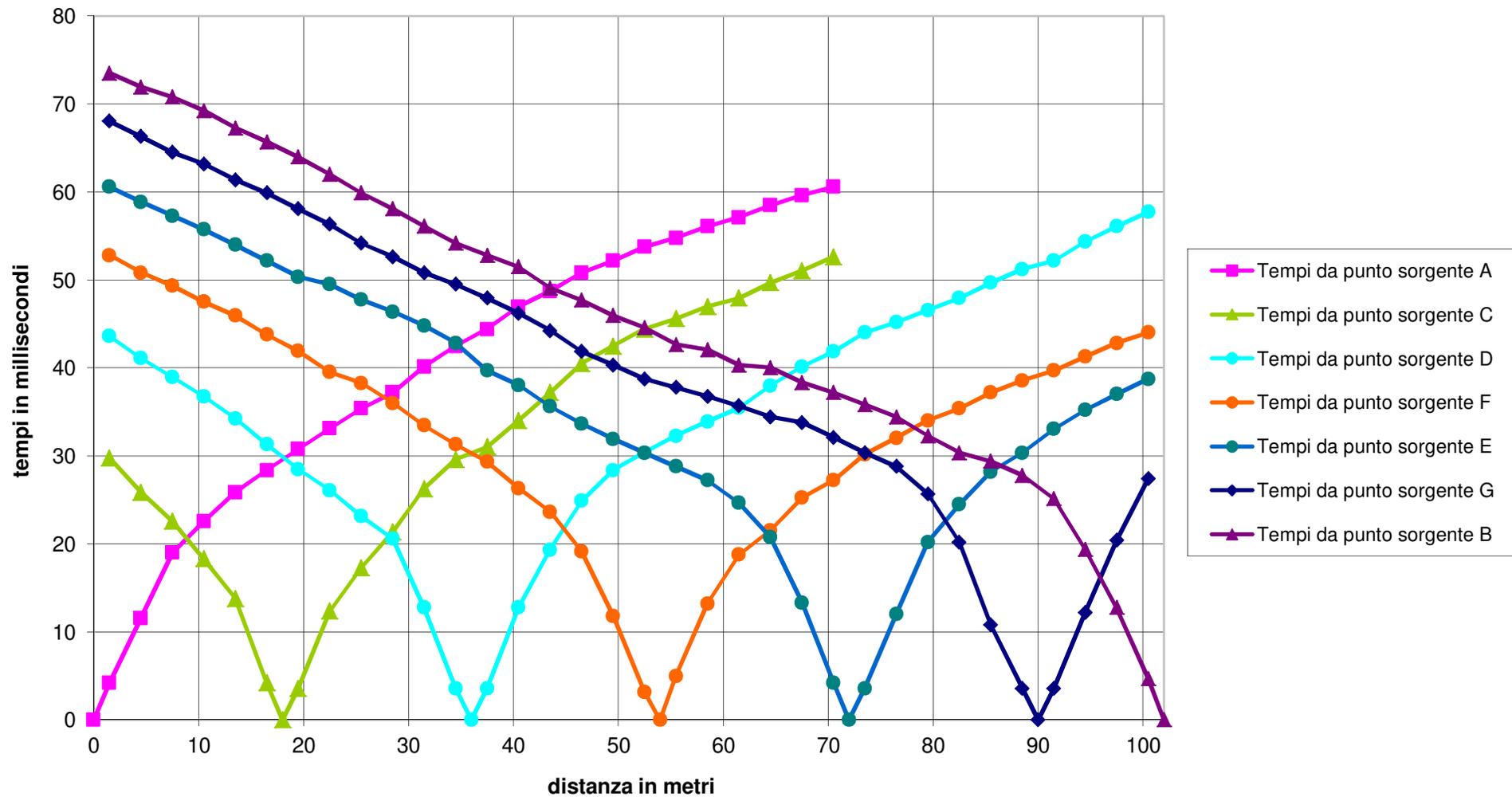


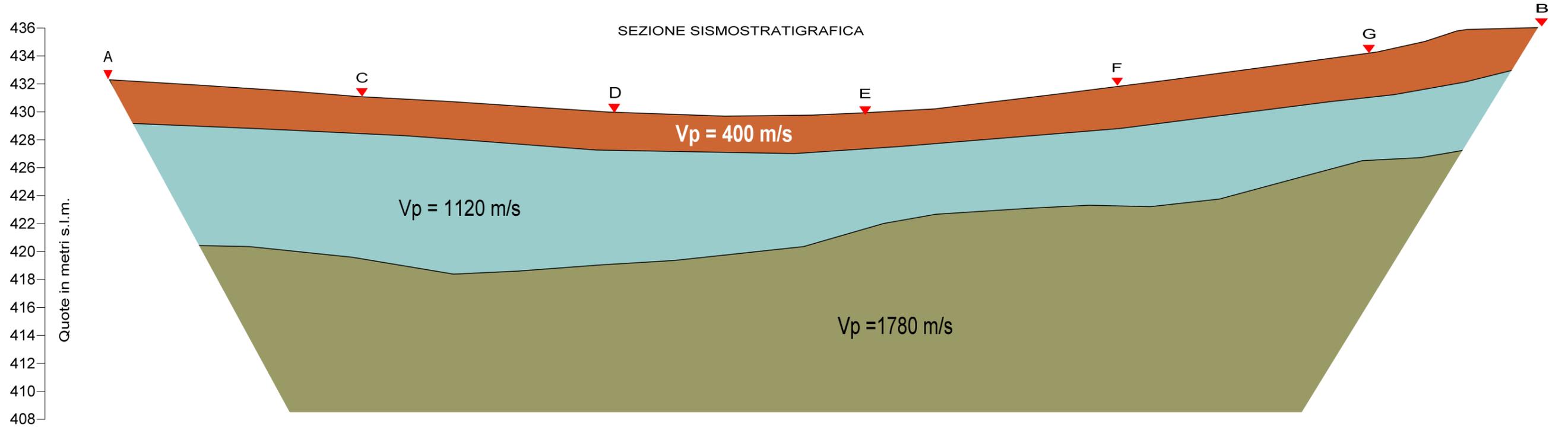
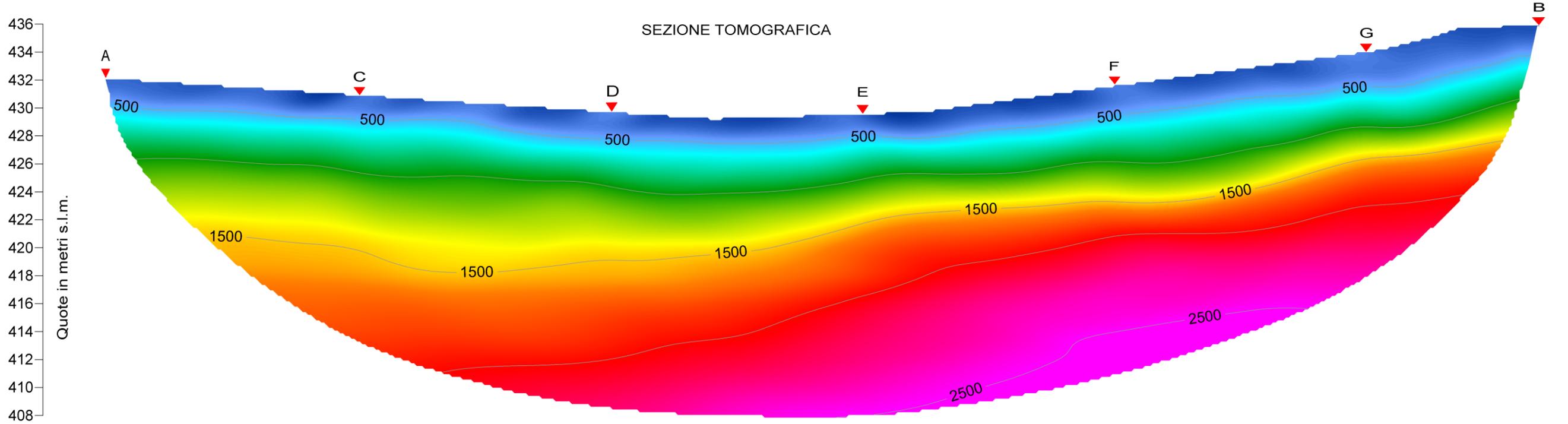
Punto sorgente "G"



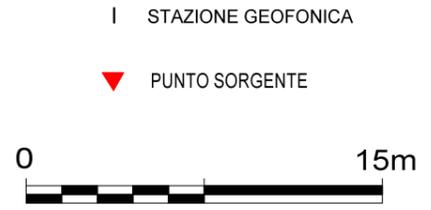
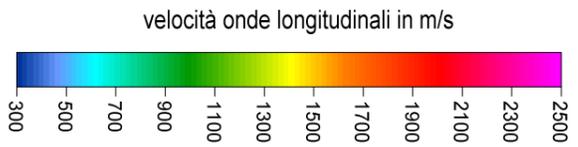
Punto sorgente "B"

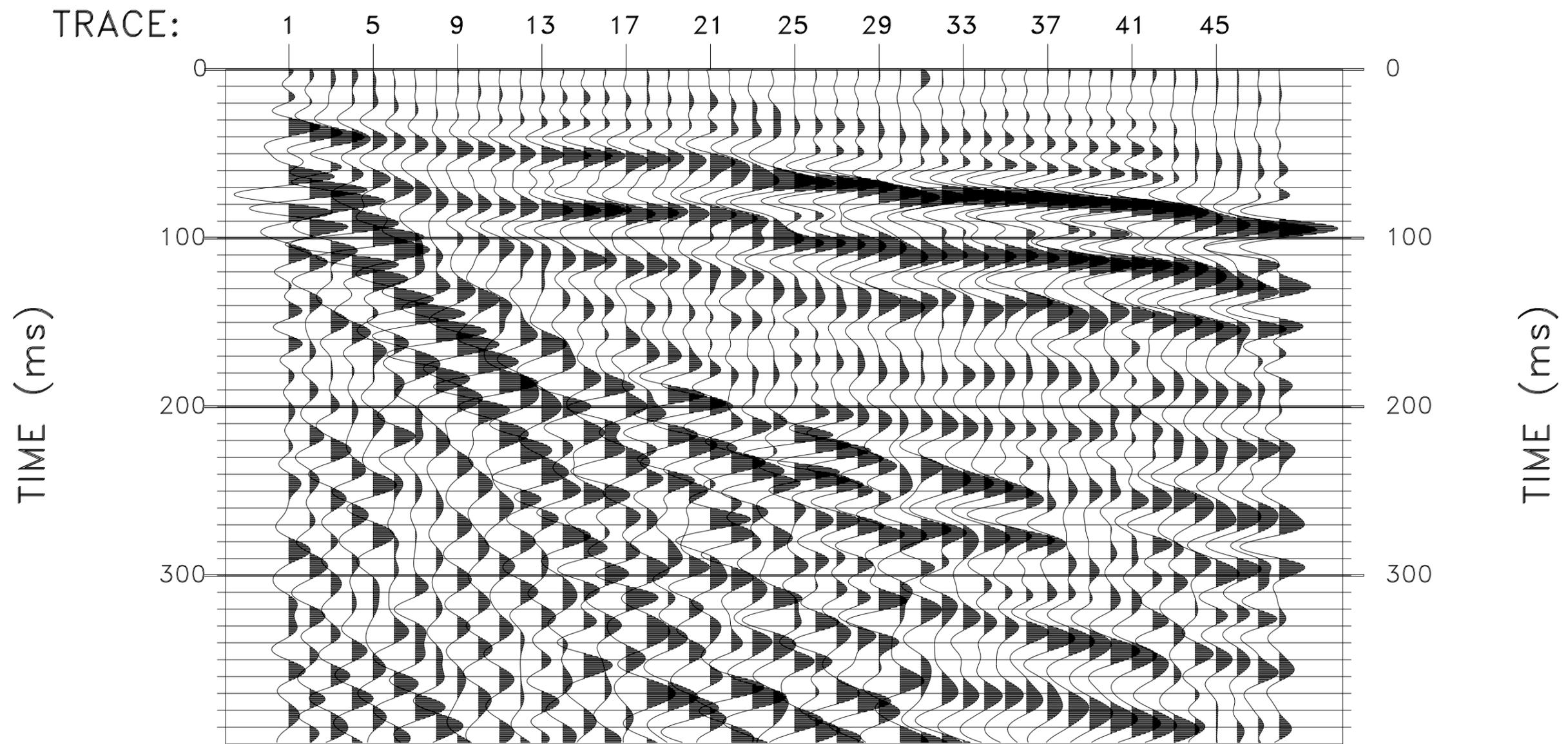
Dromocrone ONDE LONGITUDINALI





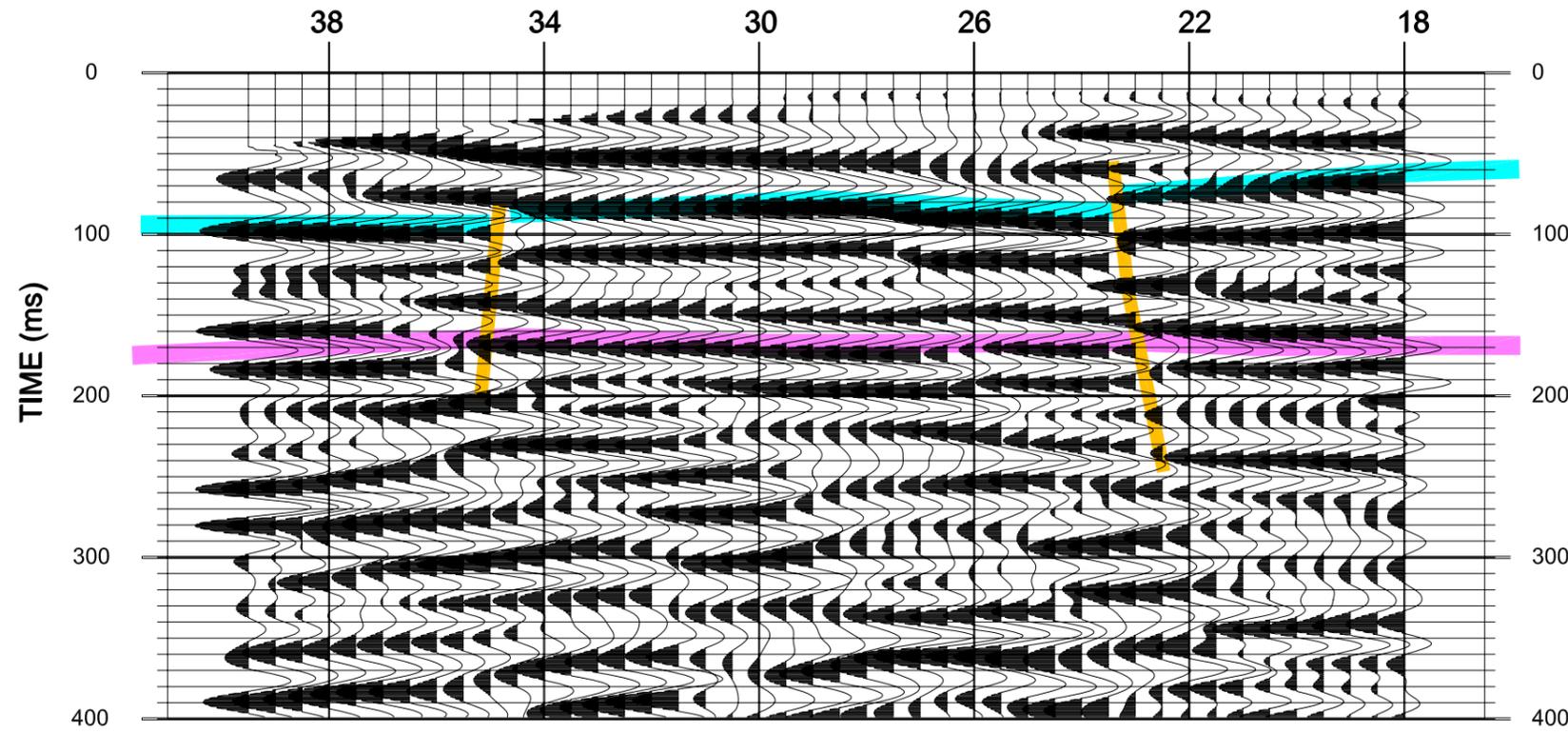
- Terreno detritico ciottoloso
- Depositi limoso-sabbiosi con ghiaie
- Sabbie e ghiaie con livelli limoso-sabbioso-argillosi



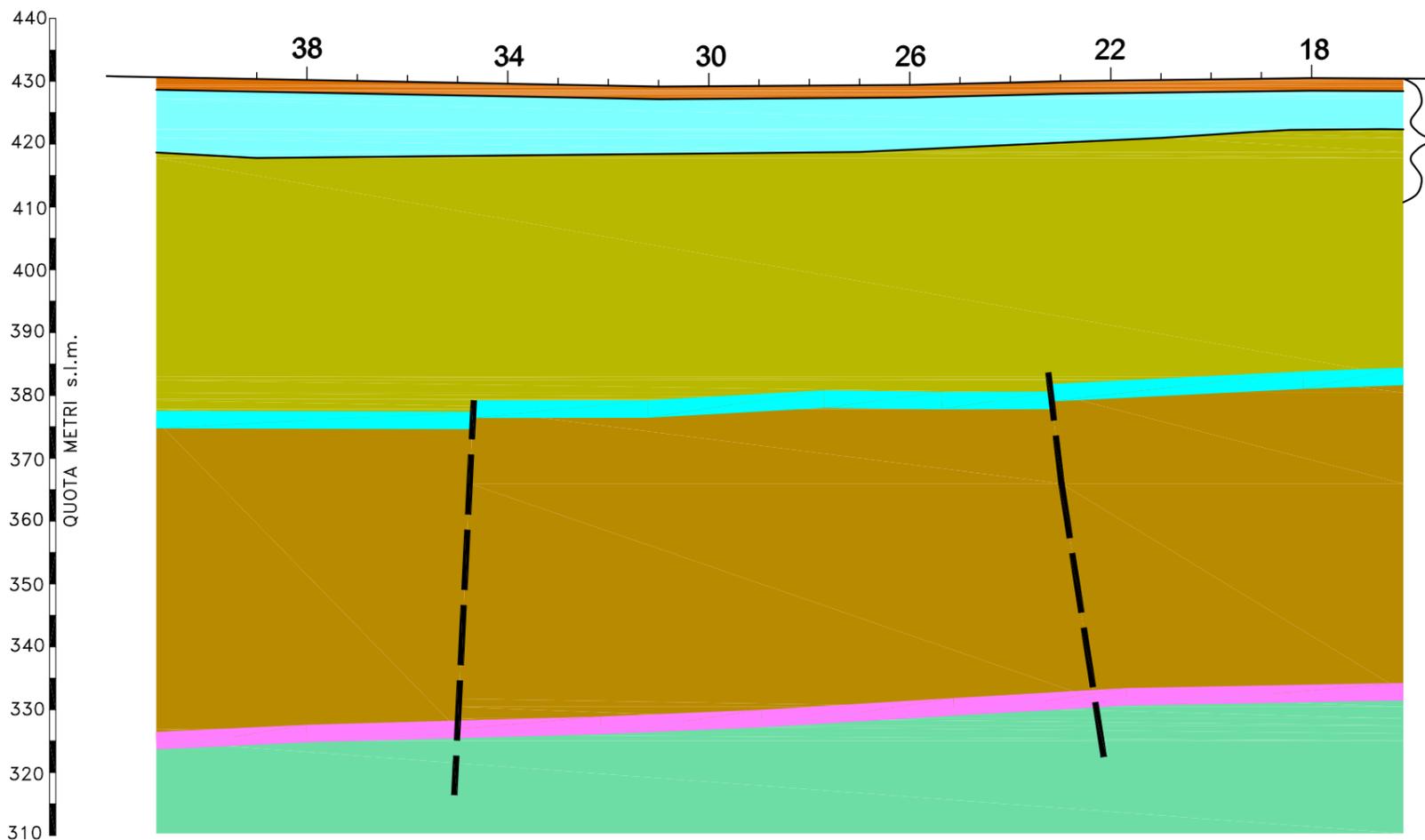


Esempio di sismogramma a 48 tracce

ANALISI PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE



SEZIONE TEMPO



SEZIONE PROFONDITA'

dati estrapolati dall'indagine di sismica a rifrazione

LEGENDA

- 18 | Numero stazioni
- Strati riflettenti
- Discontinuita' verticale
- Terreno detritico ciottoloso
- Depositi limoso-sabbiosi con ghiaie
- Sabbie e ghiaie con livelli limoso-sabbioso-argillosi
- Sabbie e ghiaie con livelli limoso-sabbioso-argillosi più cementati
- Substrato calcareo



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

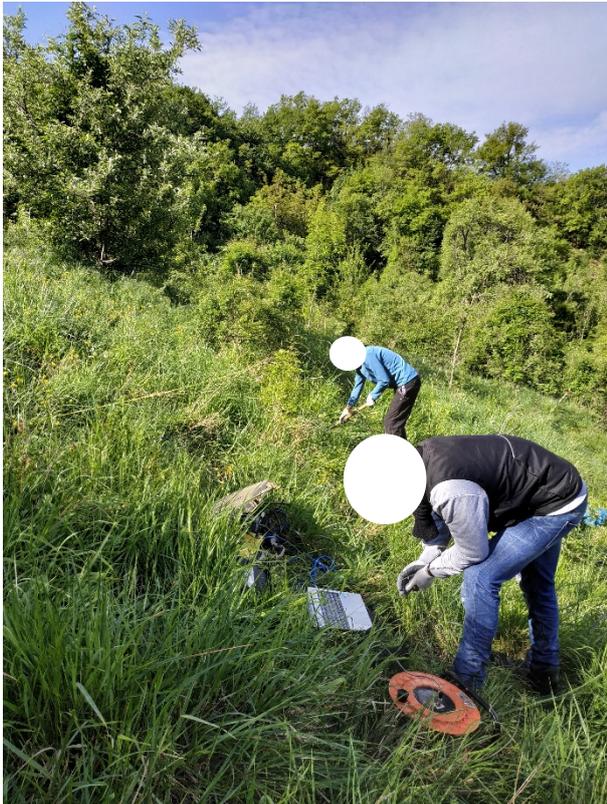
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) E SISMICA A RIFLESSIONE



Acquisizione dati misure sismiche



Energizzazione con mazza battente



Acquisizione dati misure sismiche



ALLEGATO INDAGINE SISMICA “SITO R2”

- Relazione esplicativa
- Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) –scala 1:2.000
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde trasversali (onde SH)
- Dromocrone onde longitudinali (onde P)
- Dromocrone onde trasversali (onde SH)
- Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica
- Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)
- Sismogrammi a 24 tracce utilizzati per l’analisi in Common Mid Point
- Analisi prospezione sismica a riflessione
- Documentazione fotografica

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.



ISO 14001:2015, n. SA.00014/19
OHSAS 18001:2007, n. SA.00015/19



SOA 05208 Livello



GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978

Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •

Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Indice

1 PREMESSA	2
2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	3
2.1 tecniche operative.....	3
2.2 Analisi dei dati.....	4
2.3 Risultati	5
3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE	7
3.1 tecniche operative.....	7
3.2 Analisi dei dati.....	8
3.3 Risultati	9

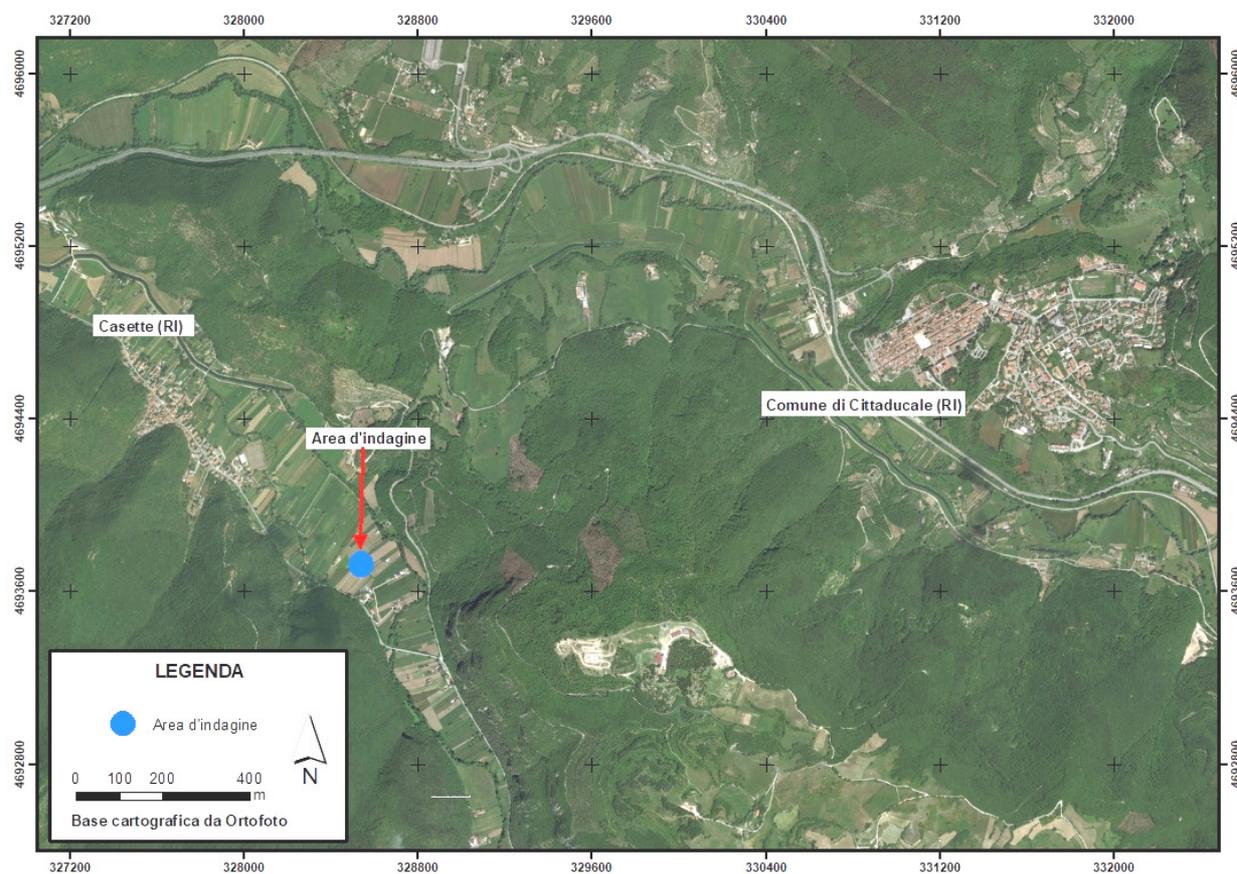
ALLEGATI

- **Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) - scala 1:2.000**
- **Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)**
- **Sismogrammi sismica a rifrazione onde trasversali (onde Sh)**
- **Dromocrone onde longitudinali (onde P)**
- **Dromocrone onde trasversali (onde Sh)**
- **Tomografie sismiche ed interpretazioni sismostratigrafiche**
- **Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)**
- **Sismogrammi a 24 tracce utilizzati per l'analisi in Common Mid Point**
- **Analisi prospezione sismica a riflessione**
- **Documentazione fotografica**

1 PREMESSA

Per incarico conferito alla “GEOPROVE S.r.l.” da “ACEA ELABORI S.P.A”, è stata eseguita una campagna di prospezioni sismiche nell’ambito delle **“INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA PROGETTAZIONE DEL NUOVO TRONCO SUPERIORE DELL’ACQUEDOTTO DEL PESCHIERA – CONTRATTO QUADRO N. 3900005591”** nel sito **R2**.

In questo sito sono stati eseguiti 2 profili sismici a rifrazione in onde longitudinali (onde P) e trasversali (Sh) ed un profilo di sismica a riflessione.



Ubicazione del sito d’indagine

2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

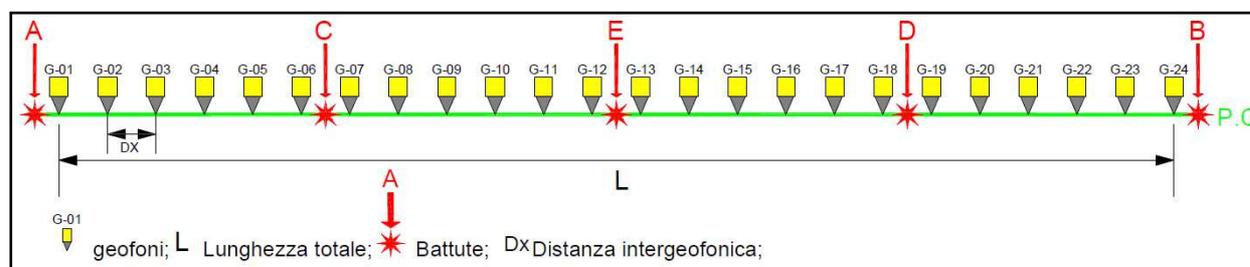
2.1 tecniche operative

Sono stati effettuati 2 profili sismici a rifrazione in onde P ed Sh utilizzando geofoni a 14 Hz. Le tracce sono state registrate impostando i seguenti parametri:

	frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
Onde P	0.0625 millisecondi	500 ms	martello
Onde Sh	0.125 millisecondi	1 secondo	martello

Di seguito sono tabellate le caratteristiche dei profili acquisiti:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Canali
Profilo 1	120 m	5.0 m	5.0	24
Profilo 2	120 m	5.0 m	5.0	24



Schema geometrico di acquisizione

2.2 Analisi dei dati

Per prima cosa sono stati individuati sui sismogrammi i tempi dei primi arrivi delle onde P. Questa operazione è definita picking e si effettua dopo aver registrato e opportunamente filtrato il segnale acquisito.

I file così ottenuti vengono caricati nel software **TomTime** della **Geotom, LCC** che consente di amplificare il segnale in modo da facilitare l’operazioni di picking e registra i valori dei tempi del reale punto di primo arrivo. I tempi vengono importati in un altro software Gremix (Interpex Limited, 1990) che a partire da questi dati e dalle geometrie dello stendimento traccia le dromocrone.

Attraverso un’interpolazione grafica manuale ottimizzata dalle funzioni del software si ottiene, attraverso il metodo del G.R.M operato dal Gremix, lo spessore relativo degli strati presenti e le rispettive velocità. Si visualizza graficamente il modello ottenuto in funzione della velocità e profondità dei rifrattori.

E’ stata successivamente eseguita l’interpretazione tomografica che a partire da una simulazione numerica del fenomeno di propagazione dell’impulso sismico, individua i campi incogniti di velocità delle onde calcolando i tempi di percorrenza e fornisce una discretizzazione del sottosuolo restituendo un’ immagine bidimensionale.

Il software utilizzato per la tomografia è il **Rayfract v. 2.71** (della Intelligent Resources Inc), che applica un metodo di inversione che ricostruisce i fronti d’onda e le geometrie dei percorsi rifratti e l’angolo con cui riemergono al ricevitore.

Importati i tempi dei primi arrivi e le geometrie si visualizzano le dromocrone e tramite il comando “Smooth Invert/WET with gradient initial model” è stato avviato il processo di inversione. Quando il risultato non è stato ritenuto soddisfacente, si è provveduto a variare le impostazioni di default del comando regolando alcuni parametri tramite il comando “Interactive WET Tomography” e “ Maximum Valid Velocity”. Aggiornato il modello sono stati riavviati tutti i calcoli iterativi di inversione fino al raggiungimento dei requisiti che soddisfano l’algoritmo che individua la soluzione ottimale.

Infine sono stati verificati i risultati ottenuti e verificata la coerenza della rappresentazione grafica in scala cromatica.

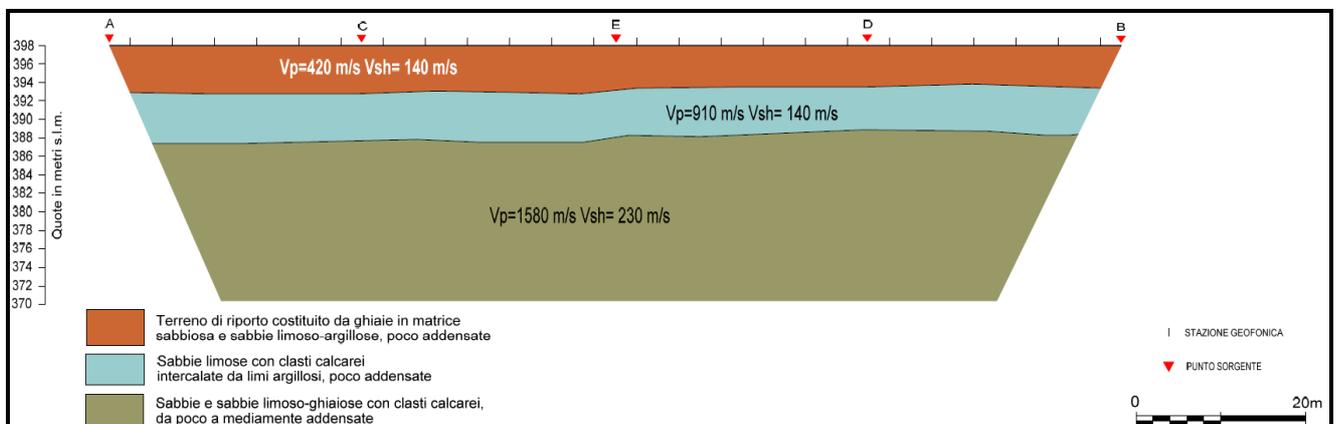
2.3 Risultati

L’elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo **3 “sismostrati”**, così caratterizzati:

1. **Il primo sismostrato** (con una profondità di 5 mt dal p.c.) ha velocità V_p compresa tra 420-460 m/s e V_{sh} compresa tra 140-150 m/s;
2. **Il secondo sismostrato** (con una profondità media di 10-11 mt dal p.c.) ha velocità V_p compresa tra 880-910 m/s e V_{sh} compresa tra 140-150 m/s;
3. **Il substrato rifratore** ha velocità V_p compresa tra 1580-1640 m/s e V_{sh} compresa tra 220-230 m/s.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

1. **Il primo sismostrato** è associabile a *Terreno di riporto costituito da ghiaie in matrice sabbiosa e sabbie limoso-argillose, poco addensate*;
2. **Il secondo sismostrato** è associabile a *Sabbie limose con clasti calcarei intercalate da limi argillosi, poco addensate*
3. **Il substrato rifratore** è associabile a *Sabbie e sabbie limoso-ghiaiose con clasti calcarei, da poco a mediamente addensate*.



Nella tabella che segue sono mostrati tutti i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di Poisson ed i valori dei moduli dinamici E (di Young), G (di taglio) e K (di compressibilità), espressi in Kg/cm². Questi valori sono calcolati considerando un peso di volume unitario, pertanto, per ottenere i moduli reali, è necessario moltiplicarli per il peso di volume dei litotipi presenti.

La presenza di acqua all’interno dei sedimenti alluvionali presenti in sito determina un incremento del valore delle onde longitudinali (a differenza delle velocità delle onde trasversali che non vengono influenzate dalla presenza dell’acqua) con la conseguenza che tale valore risulta sovrastimato. Esso è stato calcolato, con più precisione, dall’analisi di velocità effettuata con la sismica a riflessione. Il valore così ricavato è mostrato in giallo per il substrato rifrattore.

Per il primo ed il secondo sismostrato non sussiste tale problema poiché i terreni riscontrati o sono privi di acqua oppure sono parzialmente o totalmente impermeabili.

Profilo 1

Spessori sismostrati (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷5.0	420	140	0.44	1	575	200	1533
2° sismostrato 5.0÷10.0	910	140	0.49	1	595	200	8183
substrato rifrattore >10.0	1580 (sismica a rifrazione)	230	0.49	1	1608	540	24754
substrato rifrattore >10.0	1200 (sismica a riflessione)	230	0.48	1	1599	540	13974

Profilo 2

Spessori sismostrati (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷5.0	460	150	0.44	1	661	230	1853
2° sismostrato 5.0÷11.0	880	150	0.49	1	682	230	7596
substrato rifrattore >11.0	1640 (sismica a rifrazione)	220	0.49	1	1473	494	26786
substrato rifrattore >11.0	1200 (sismica a riflessione)	220	0.48	1	1464	494	14035

Vp = velocità onde longitudinali in m/s

Vs = velocità onde trasversali in m/s

σ = coefficiente di Poisson

γ = peso di volume in g/cm³

E = modulo dinamico di Young in Kg/cm²

G = modulo dinamico di taglio in Kg/cm²

K = modulo dinamico di compressibilità in Kg/cm²

3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

3.1 tecniche operative

E' stato acquisito un profilo sismico a riflessione utilizzando geofoni a 14 Hz shuntati con filtro passivo, in grado di spostare la banda di risposta dei geofoni verso frequenze più alte. Le tracce sono state registrate con i seguenti parametri:

frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
0.0625 millisecondi	1 secondo	Martello/Peg-40

Di seguito sono tabellate le caratteristiche del profilo acquisito:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Stazioni
Profilo 1	315 m	3.0 m	37	106



Schema geometrico di acquisizione

3.2 Analisi dei dati

I dati della sismica a riflessione sono stati trattati col software Seistrix 3 (Interpex L.t.d., 1993). Uno dei grandi vantaggi di questo software è la capacità di gestire le geometrie complesse, dovendo trattare dati acquisiti secondo la tecnica del Common Mid Point Multi-Offset.

Sono stati acquisiti sismogrammi a 48 tracce, in allegato viene riportato un solo sismogramma acquisito.

Per prima cosa sono stati caricati nel programma tutti i file a 24 tracce con punto sorgente a distanza uguale e impostate le geometrie di ogni profilo.

Si è poi proceduto all'analisi delle linee sismiche per ogni singolo offset, in seguito è stato esaminato solo il profilo ad offset più indicativo (offset a 12 metri).

Sono state impostate le geometrie è stato effettuato il “sort” dei dati. Questa operazione serve a riorganizzare i dati secondo le geometrie di common mid-point e nel rispetto delle distanze di offset. Infatti al momento dell'acquisizione i dati sono memorizzati in base alle posizioni degli scoppi e dei ricevitori, con il sorting vengono riorganizzati in modo da raggruppare per ogni coppia scoppio-ricevitore le tracce relative ai segnali provenienti dallo stesso midpoint.

Successivamente le operazioni di processing sui dati sono le seguenti:

- ✓ Correzione Statica dei Tempi sulle Tracce
- ✓ Filtro Passa Banda
- ✓ Mute
- ✓ Normal Move Out
- ✓ Filtraggio $f - k$
- ✓ Trace Mix

Esse sono state ampiamente descritte nella relazione generale.

3.3 Risultati

Dall’analisi della “sezione tempo”, riportata nell’allegato “analisi prospezione sismica a riflessione”, si evince la presenza **di un primo riflettore**, piuttosto energetico, posto tra circa **90 e 110 millisecondi**, ed un **secondo riflettore** posto tra **170 e 220 millisecondi**.

Per ciò che concerne le profondità associabili alle sezioni tempo, queste sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall’elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un’analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione.

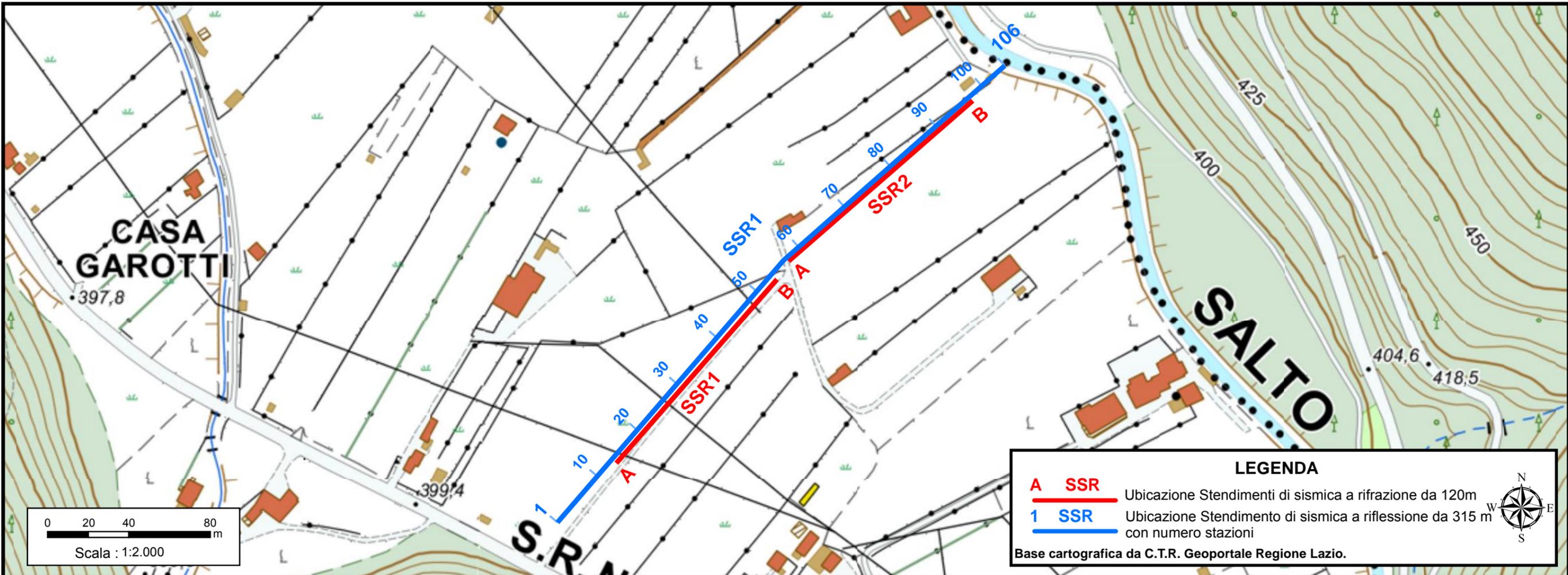
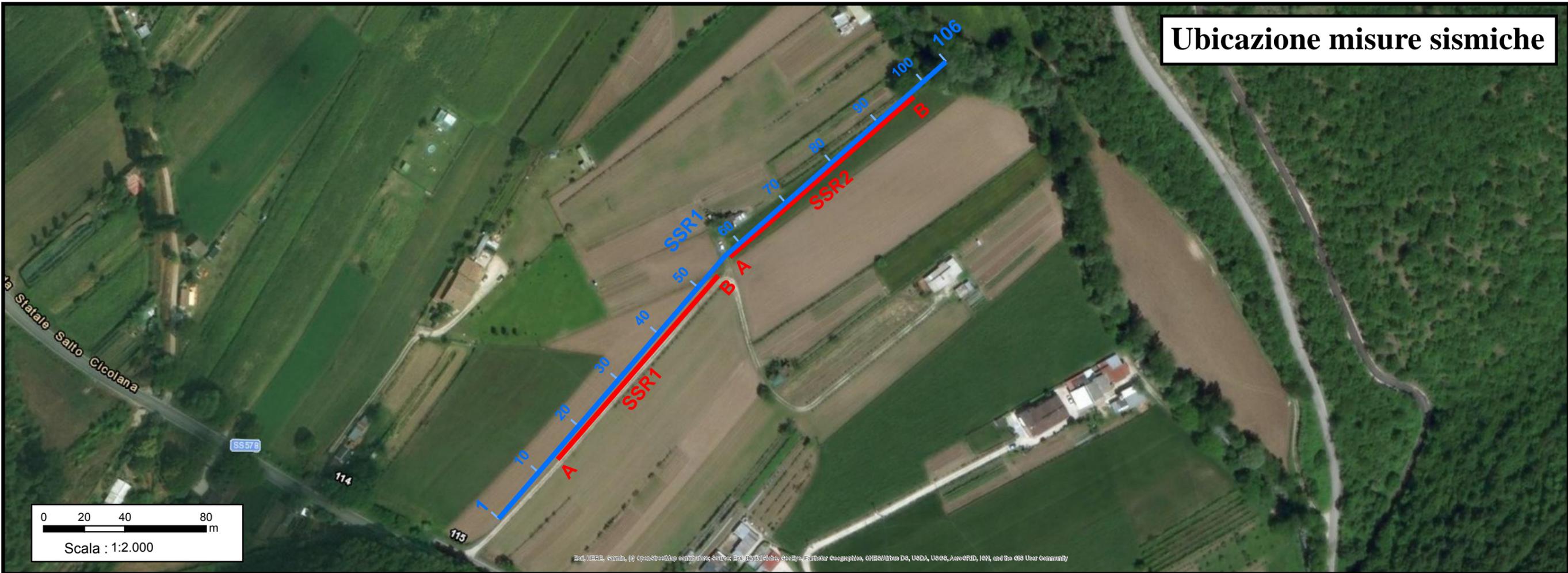
In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità, vedi figura “Analisi prospezione sismica a riflessione”, **la prima riflessione** individuata risulta posizionabile tra circa **55 e 65 metri di profondità** mentre, **la seconda riflessione**, si posiziona tra circa **100 e 125 metri di profondità**.

Per quanto riguarda la correlazione tra i riflettori individuati e la litologia del posto si può asserire che:

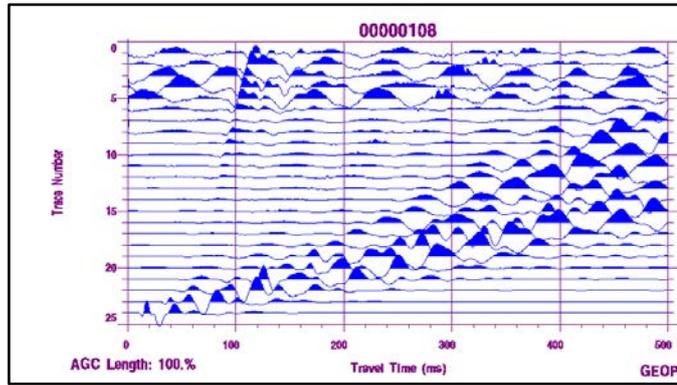
- **la prima riflessione** potrebbe associarsi ad un **maggior addensamento dei sedimenti alluvionali**, costituiti da sabbie e sabbie limoso ghiaiose, **oppure** alla presenza **di calcari alternati a sabbioni calcarei**;
- **La seconda riflessione**, invece, è da correlarsi, con buona probabilità, alla presenza del **substrato calcareo più compatto**.

La seconda riflessione è quella che con più probabilità è imputabile alla presenza del substrato carbonatico. Questo perché nella sezione tempo analizzata è l’ultima riflessione sub-orizzontale visibile, dopodiché i segnali riflessi risultano disallineati e con minore energia. Ciò avviene, tipicamente, al raggiungimento del substrato roccioso.

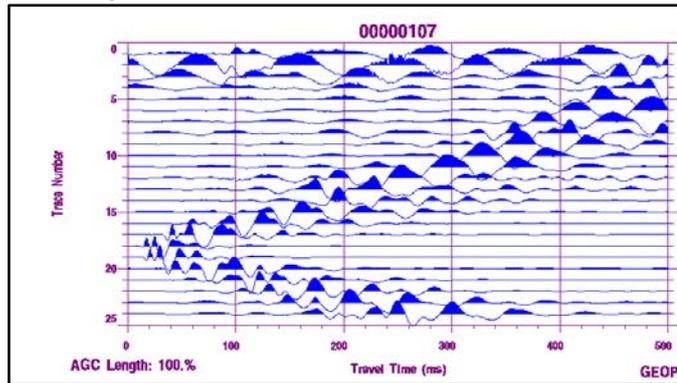
Ubicazione misure sismiche



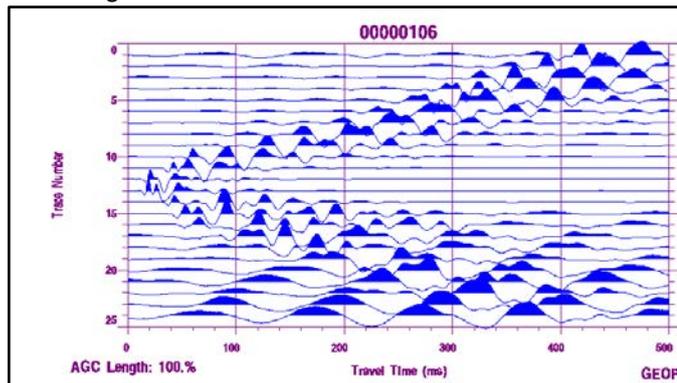
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 1



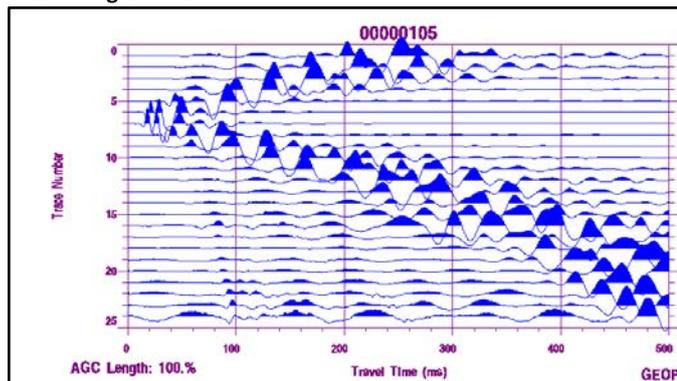
Punto sorgente "A"



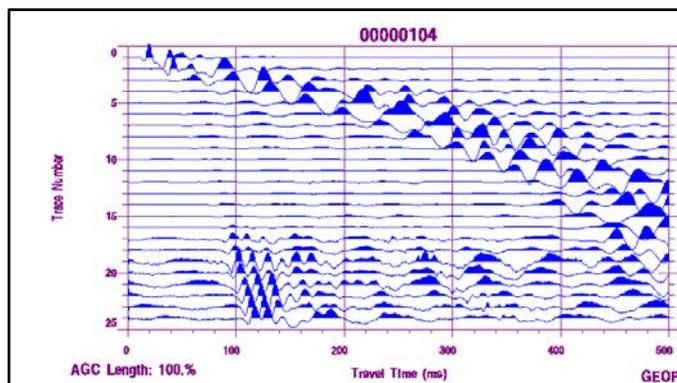
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

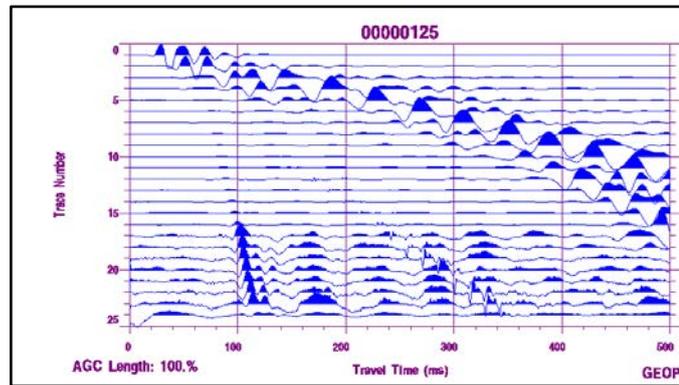


Punto sorgente "D"

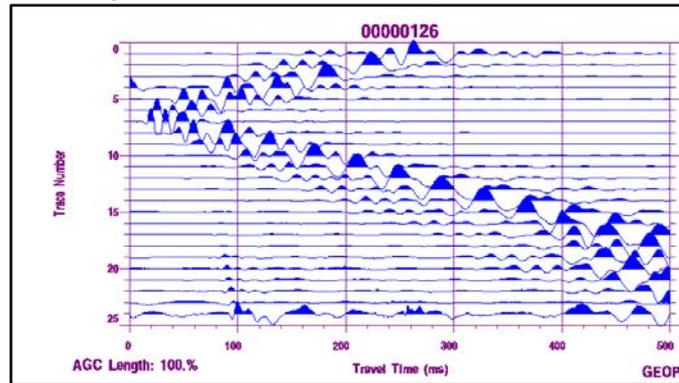


Punto sorgente "B"

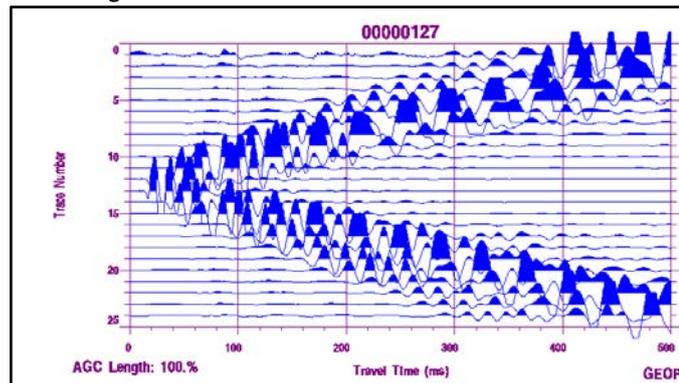
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 2



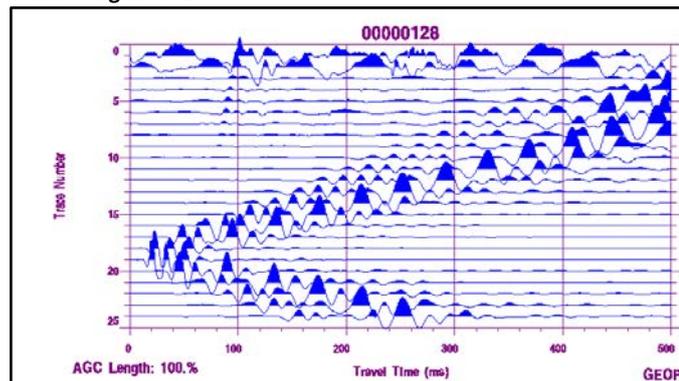
Punto sorgente "A"



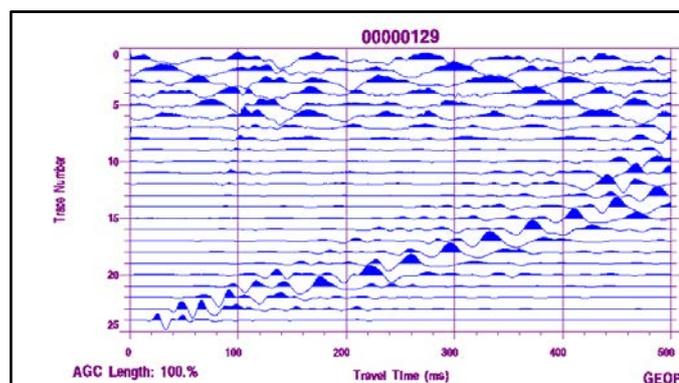
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

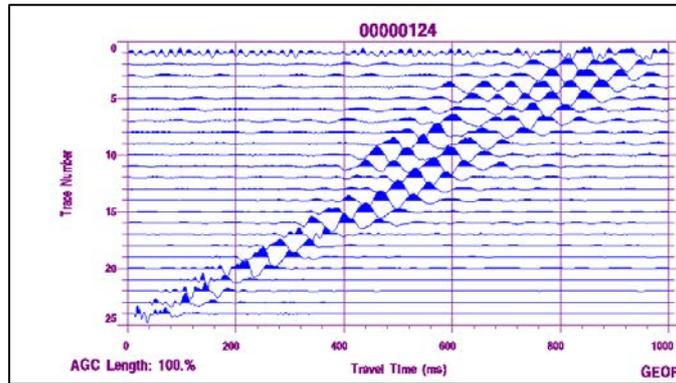


Punto sorgente "D"

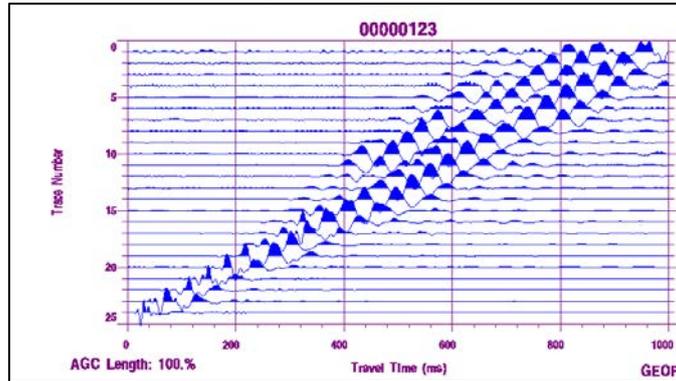


Punto sorgente "B"

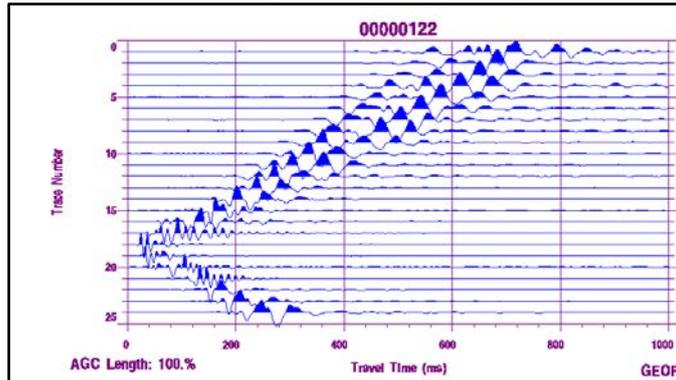
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE TRASVERSALI (ONDE SH) PROFILO 1



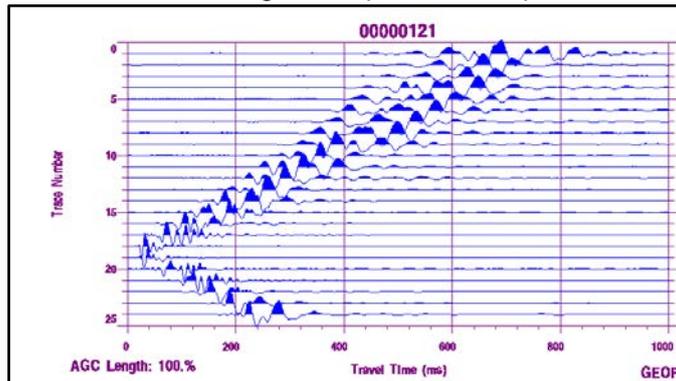
Punto sorgente "A" (LATO SINISTRO)



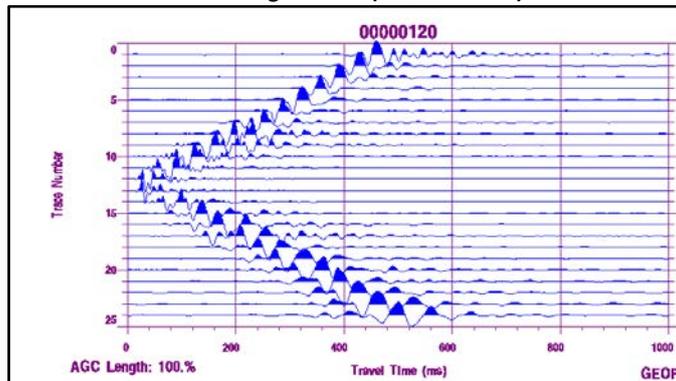
Punto sorgente "A" (LATO DESTRO)



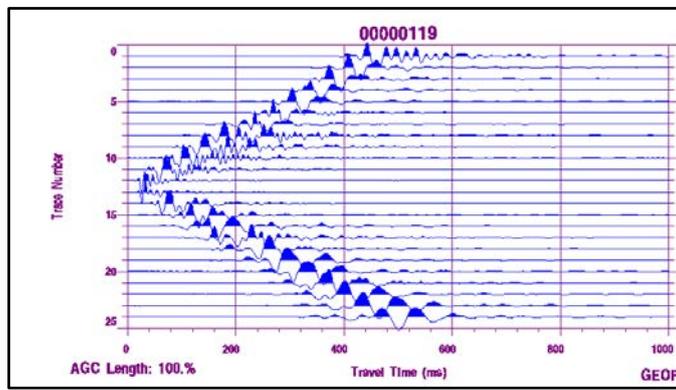
Punto sorgente "C" (LATO SINISTRO)



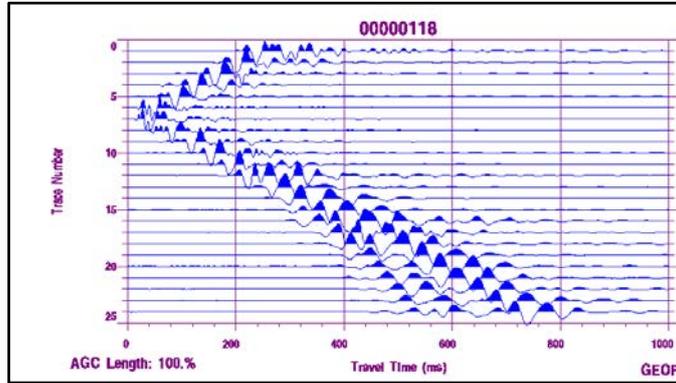
Punto sorgente "C" (LATO DESTRO)



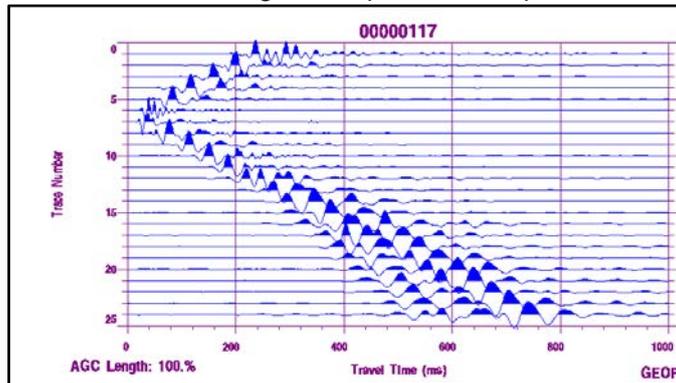
Punto sorgente "E" (LATO SINISTRO)



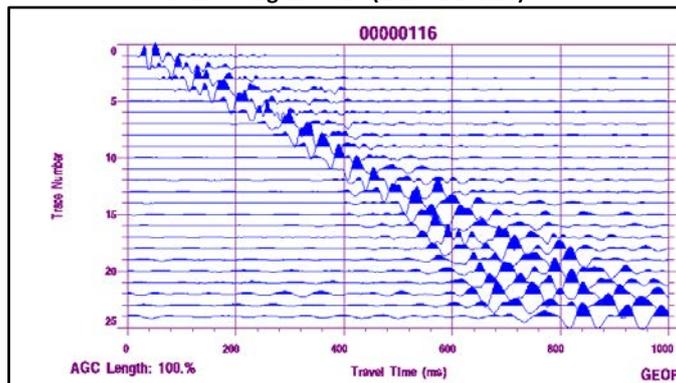
Punto sorgente "E" (LATO DESTRO)



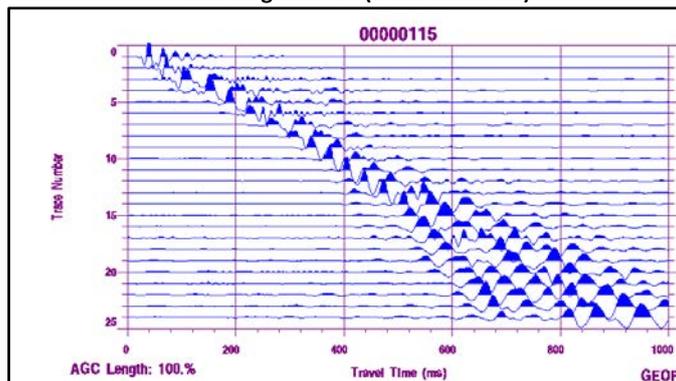
Punto sorgente "D" (LATO SINISTRO)



Punto sorgente "D" (LATO DESTRO)

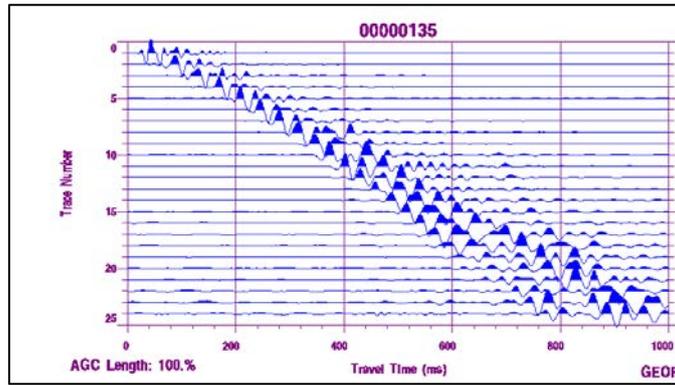


Punto sorgente "B" (LATO SINISTRO)

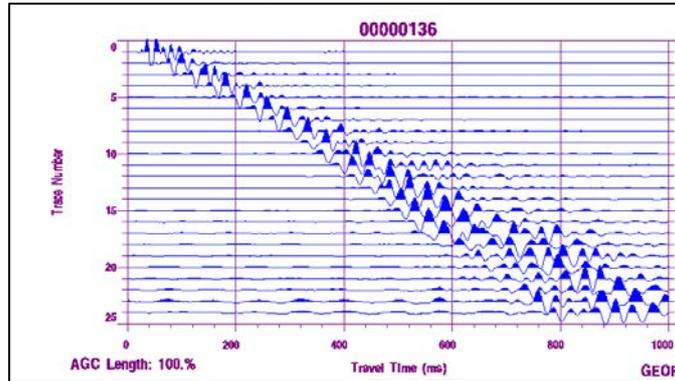


Punto sorgente "B" (LATO DESTRO)

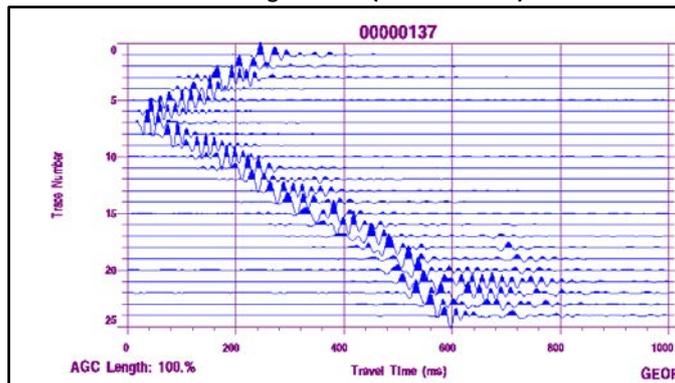
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE TRASVERSALI (ONDE SH) PROFILO 2



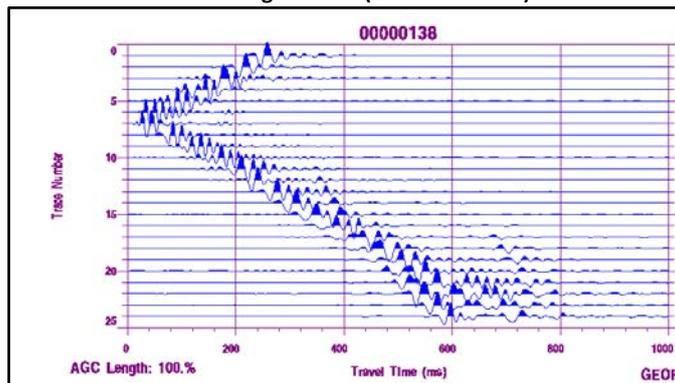
Punto sorgente "A" (LATO SINISTRO)



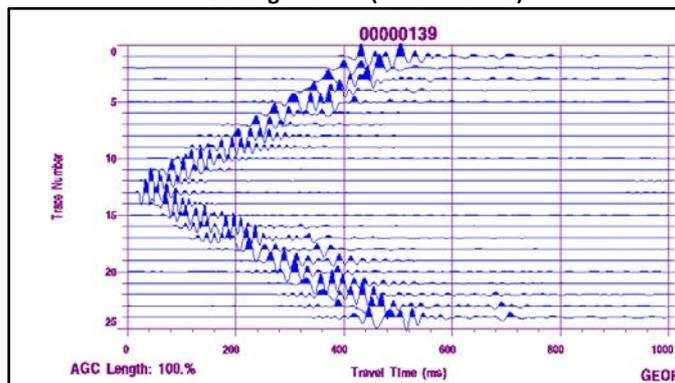
Punto sorgente "A" (LATO DESTRO)



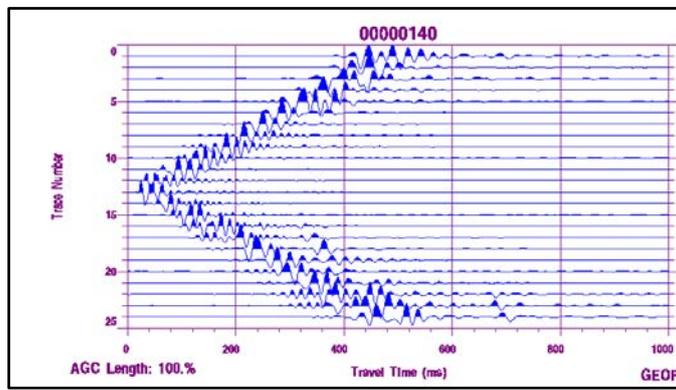
Punto sorgente "C" (LATO SINISTRO)



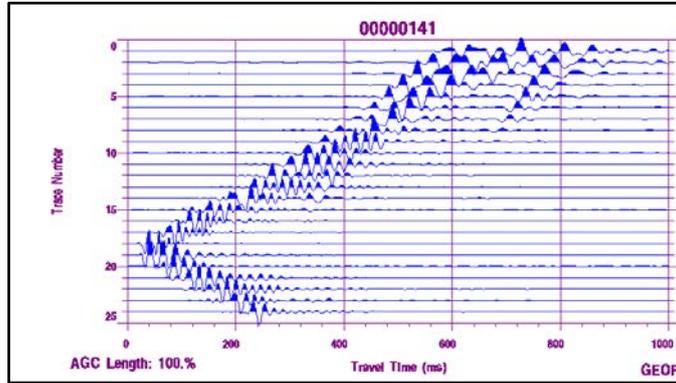
Punto sorgente "C" (LATO DESTRO)



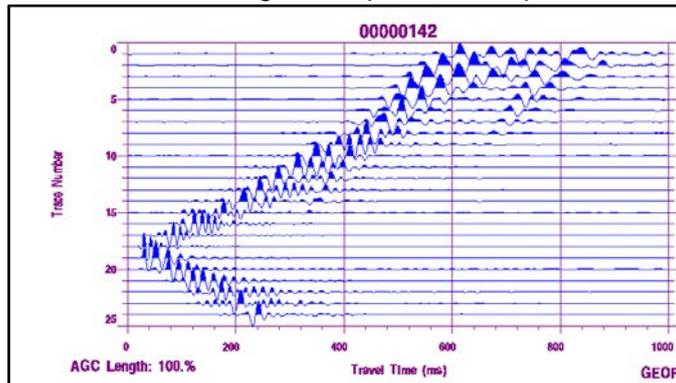
Punto sorgente "E" (LATO SINISTRO)



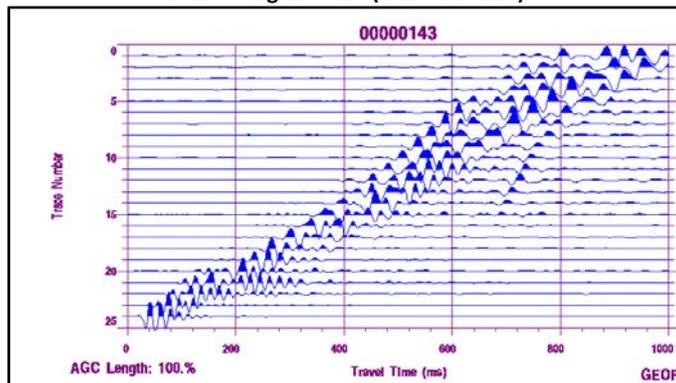
Punto sorgente "E" (LATO DESTRO)



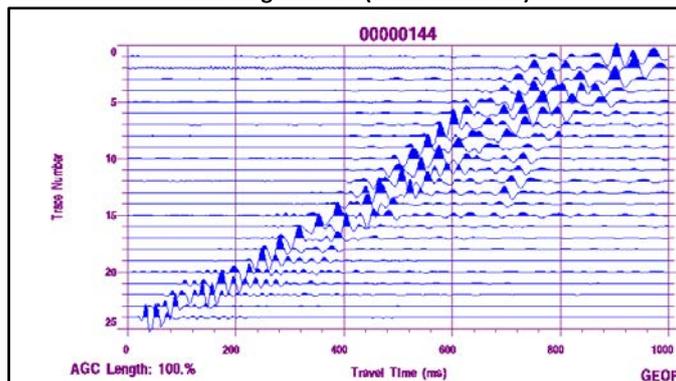
Punto sorgente "D" (LATO SINISTRO)



Punto sorgente "D" (LATO DESTRO)

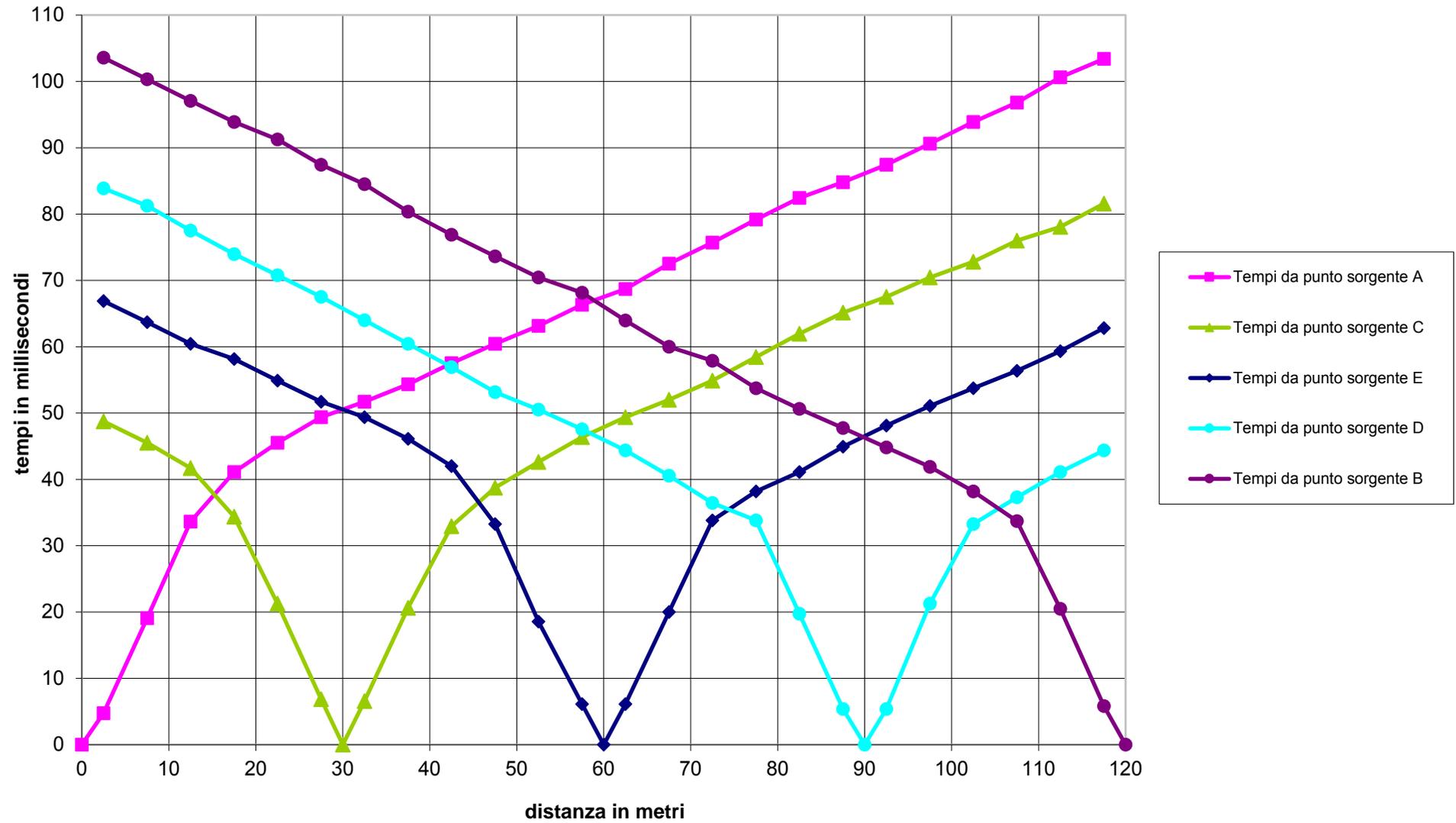


Punto sorgente "B" (LATO SINISTRO)

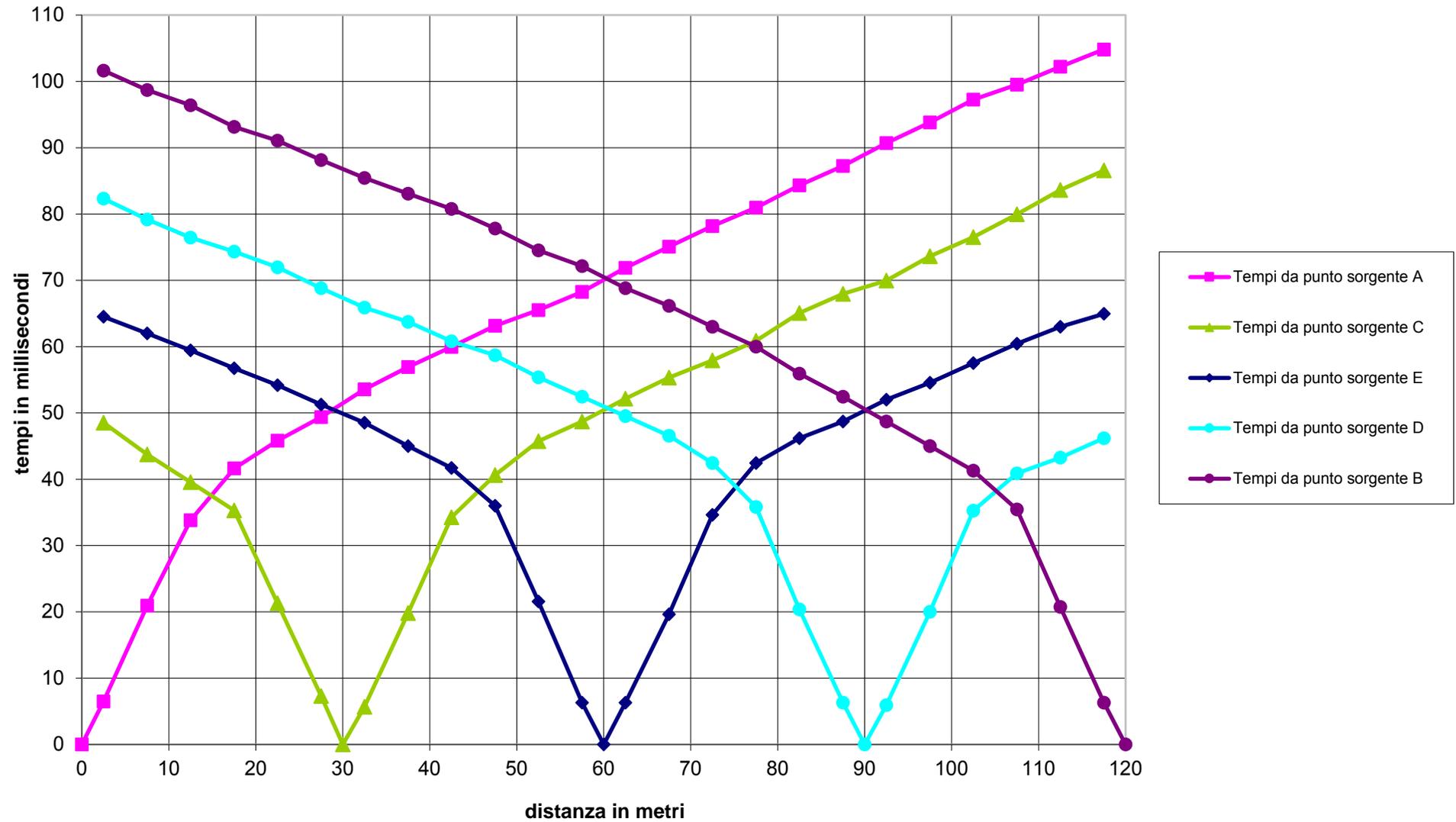


Punto sorgente "B" (LATO DESTRO)

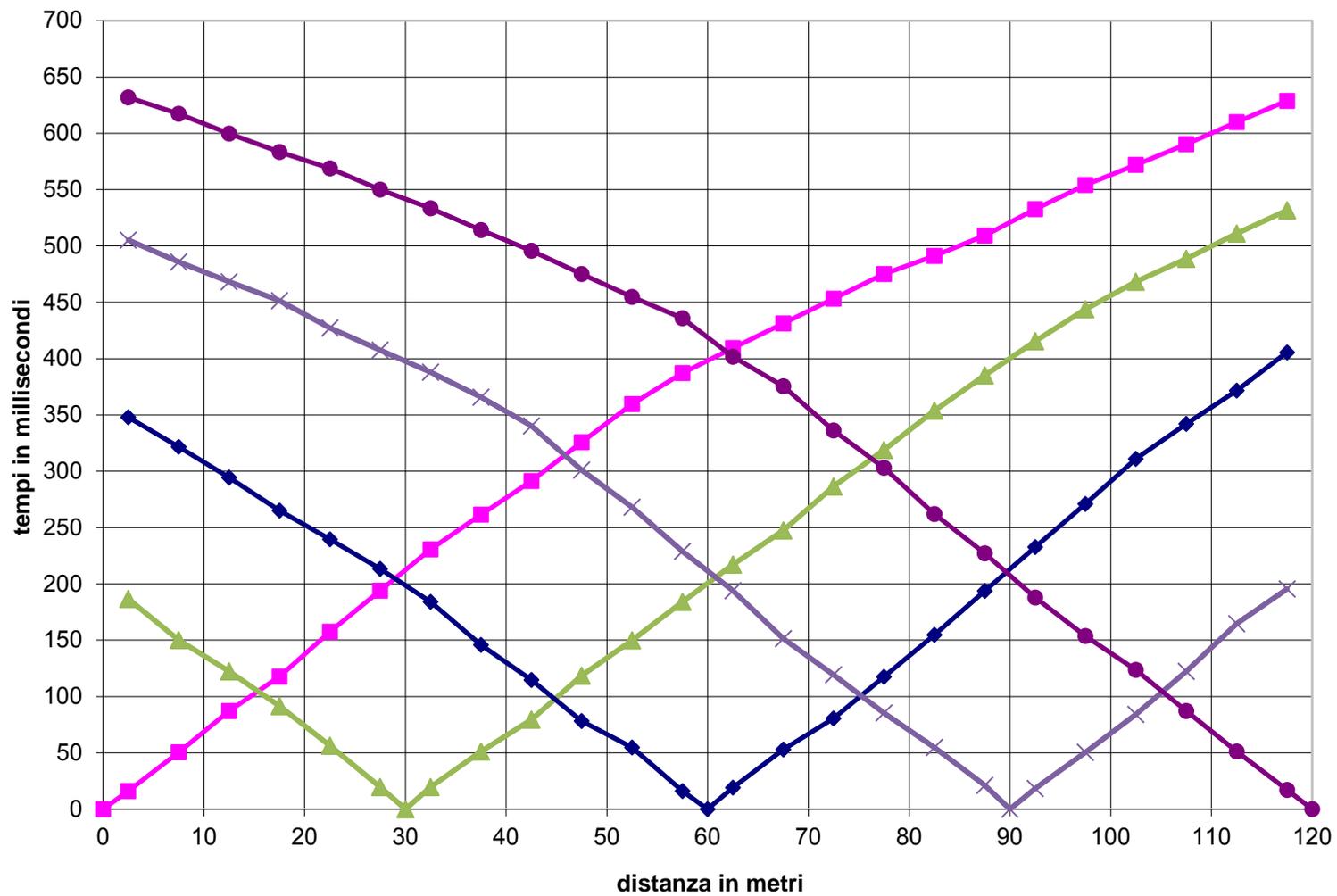
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico 1



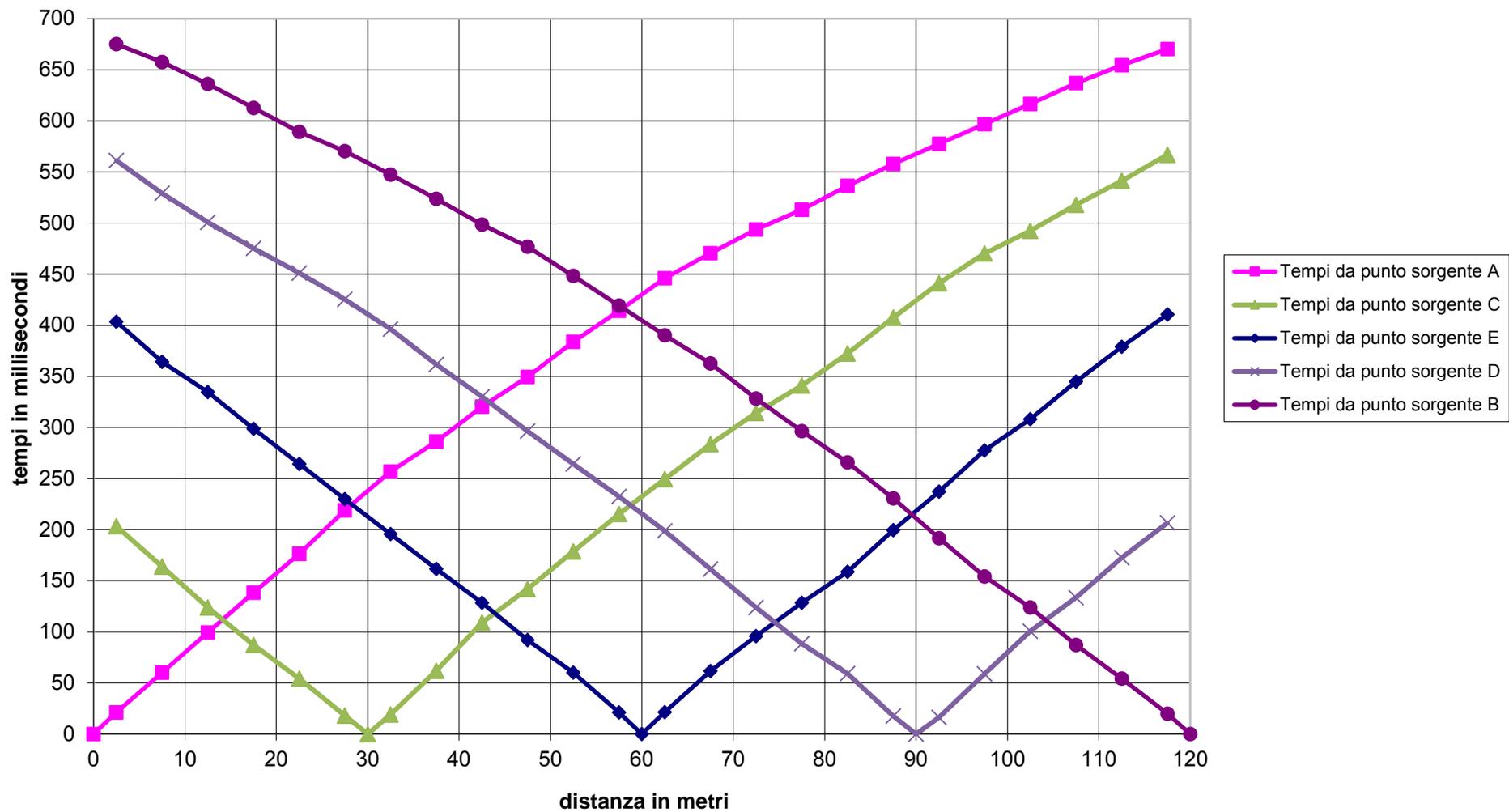
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico 2



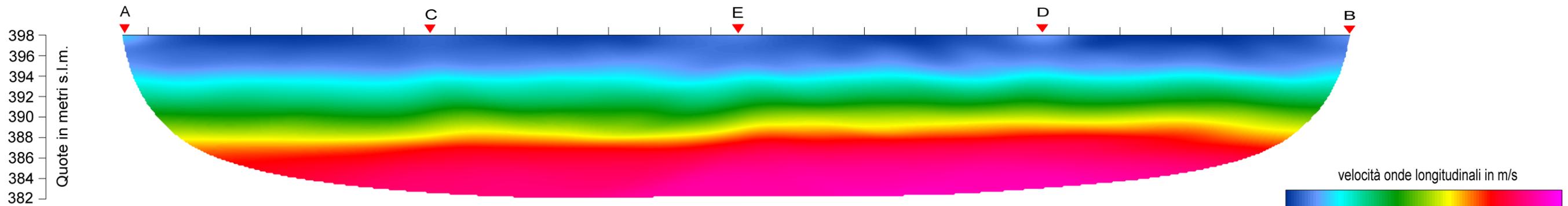
Dromocrone profilo sismico 1 - ONDE TRASVERSALI



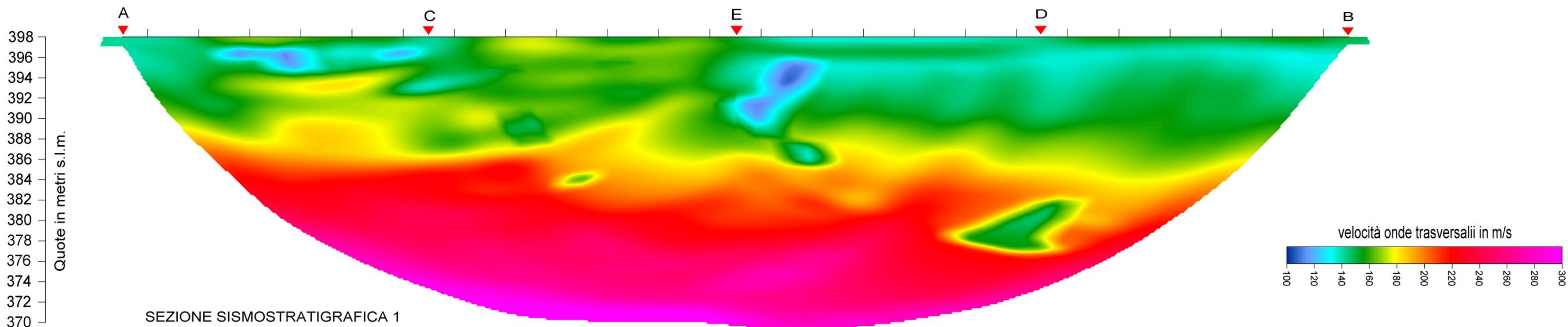
Dromocrone profilo sismico 2 - ONDE TRASVERSALI



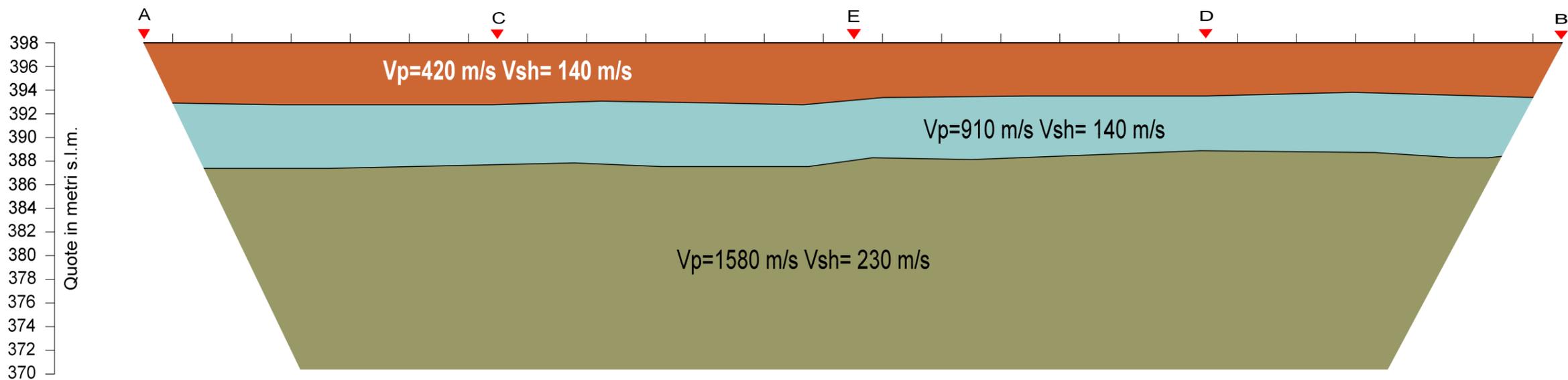
SEZIONE TOMOGRAFICA 1 (ONDE P)



SEZIONE TOMOGRAFICA 1 (ONDE Sh)



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 1



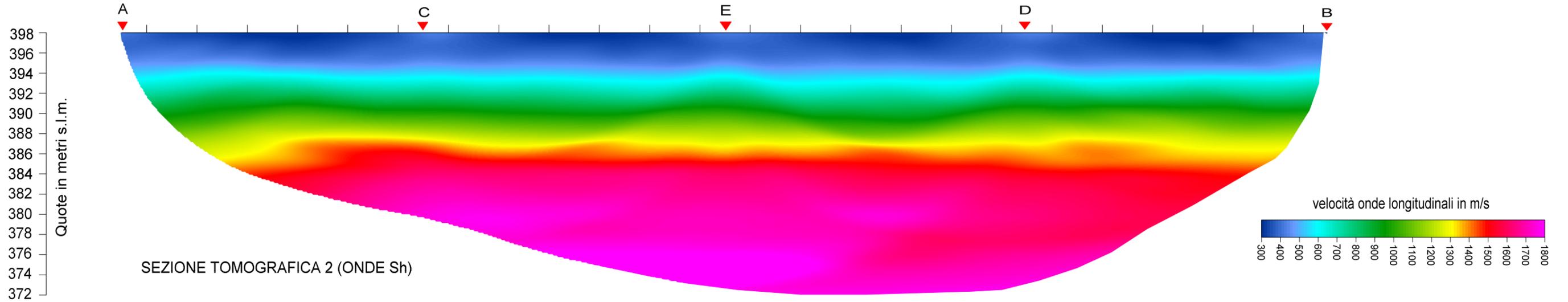
- Terreno di riporto costituito da ghiaie in matrice sabbiosa e sabbie limoso-argillose, poco addensate
- Sabbie limose con clasti calcarei intercalate da limi argillosi, poco addensate
- Sabbie e sabbie limoso-ghiaiose con clasti calcarei, da poco a mediamente addensate

I STAZIONE GEOFONICA

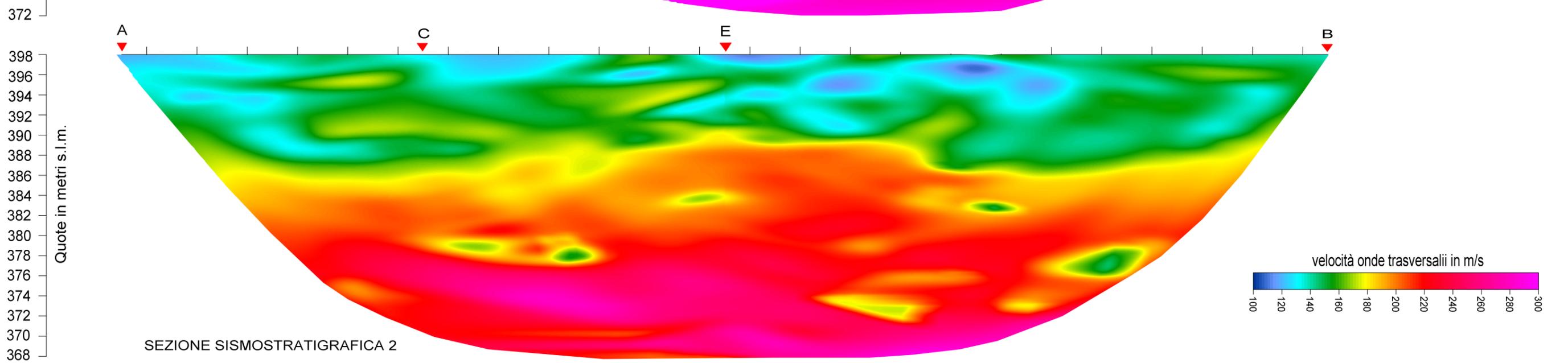
▼ PUNTO SORGENTE



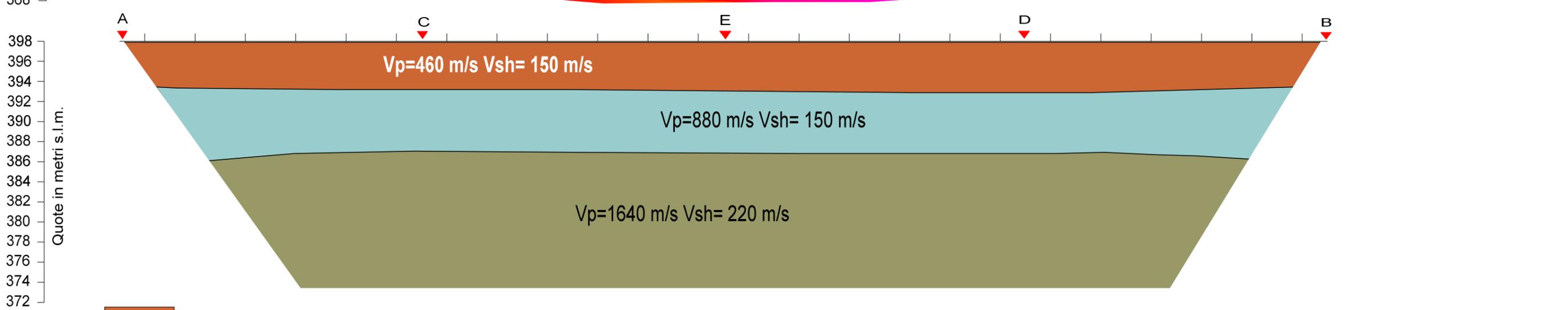
SEZIONE TOMOGRAFICA 2 (ONDE P)



SEZIONE TOMOGRAFICA 2 (ONDE Sh)



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 2

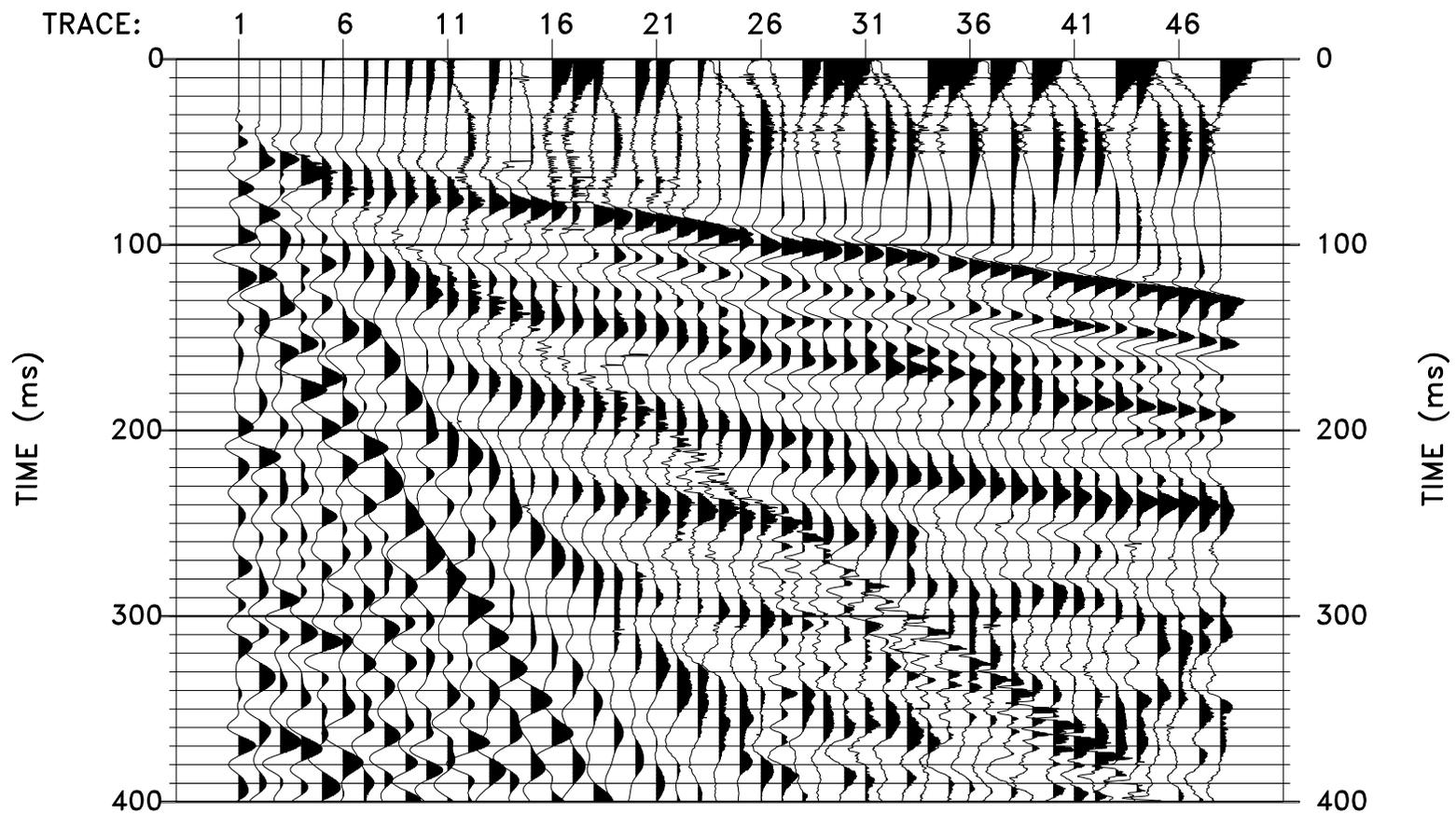


- Terreno di riporto costituito da ghiaie in matrice sabbiosa e sabbie limoso-argillose, poco addensate
- Sabbie limose con clasti calcarei intercalate da limi argillosi, poco addensate
- Sabbie e sabbie limoso-ghiaiose con clasti calcarei, da poco a mediamente addensate

| STAZIONE GEOFONICA

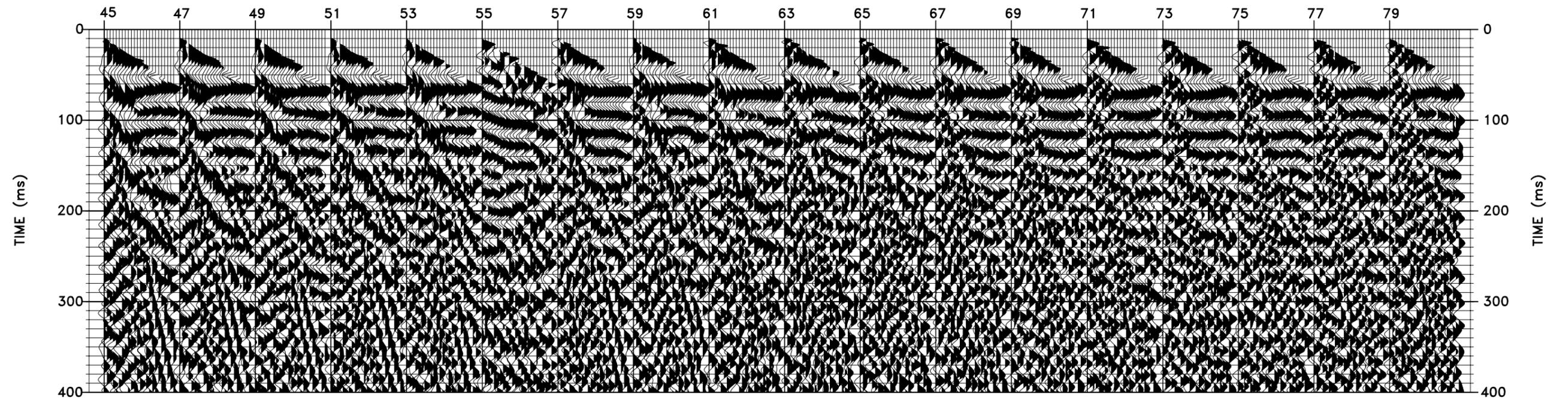
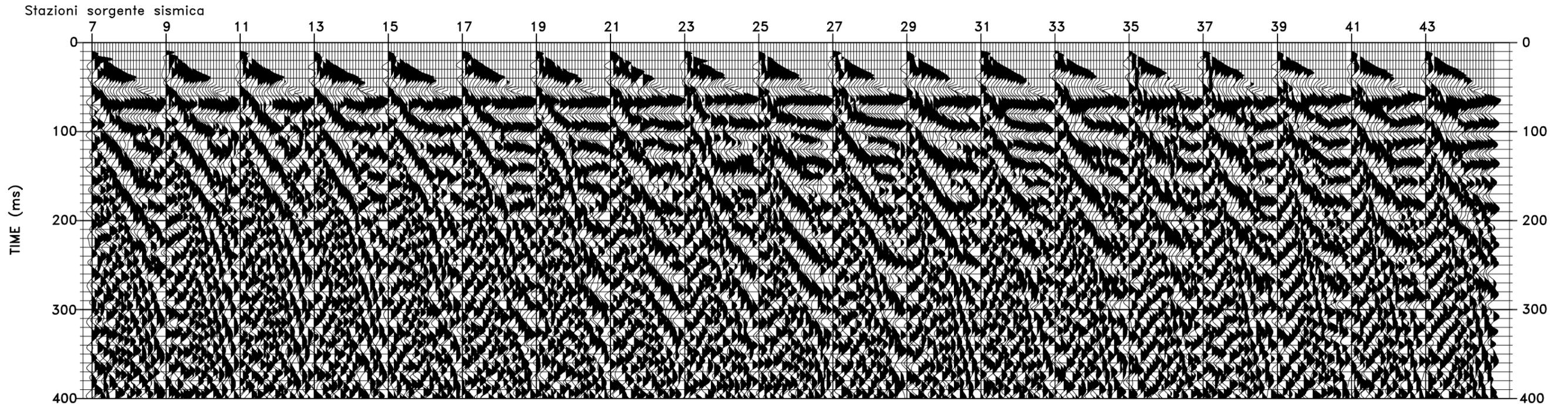
▼ PUNTO SORGENTE





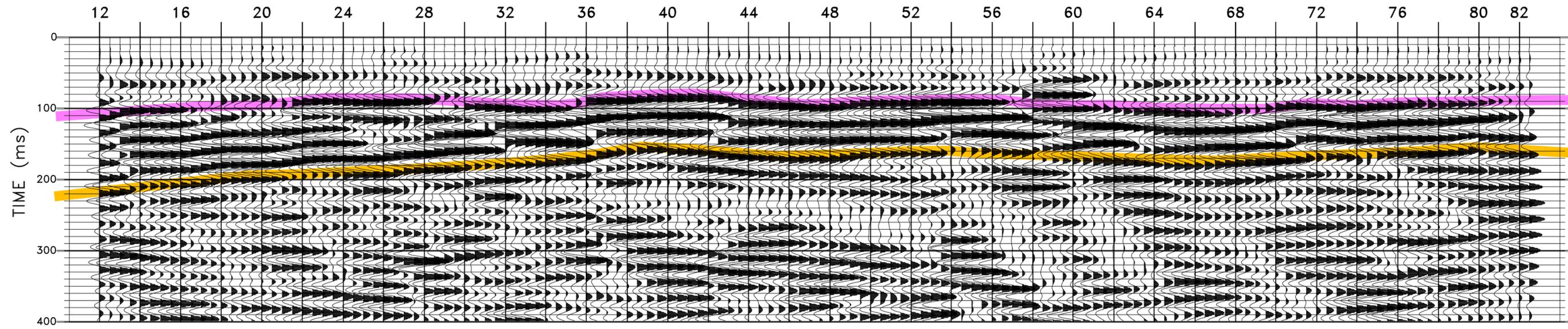
Esempio di sismogramma a 48 tracce

SISMOGRAMMI A 24 TRACCE UTILIZZATI
PER L'ANALISI IN COMMON MID POINT



NUMERO STAZIONI

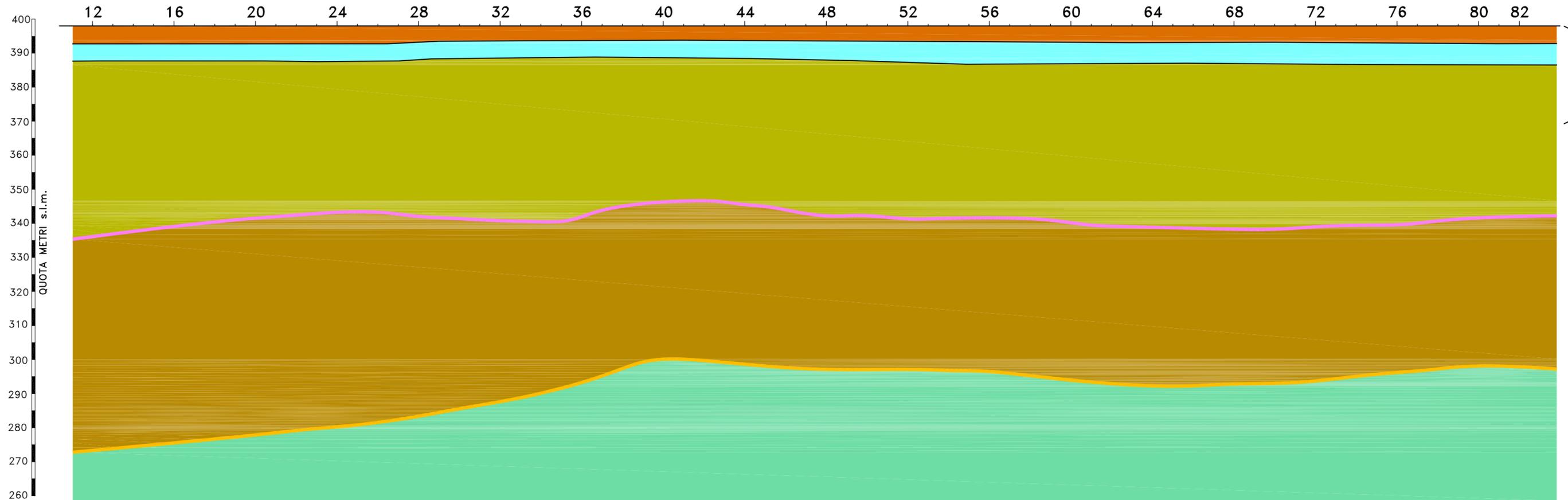
ANALISI PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE



SEZIONE TEMPO

TIME (ms)

NUMERO STAZIONI



SEZIONE PROFONDITA'

dati estrapolati dall'indagine
di sismica a rifrazione

LEGENDA

- 18 | Numero stazioni
- Strati riflettenti
- Terreno ghiaioso-sabbioso e limoso-argilloso
- Sabbie limose
- Sabbie e sabbie limoso-ghiaiose
- Sabbie e sabbie limoso-ghiaiose addensate o calcari intercalati da livelli di sabbioni calcarei
- Substrato calcareo compatto

0 10 20m
Scala orizzontale 1:500
Scala verticale 1:1000

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

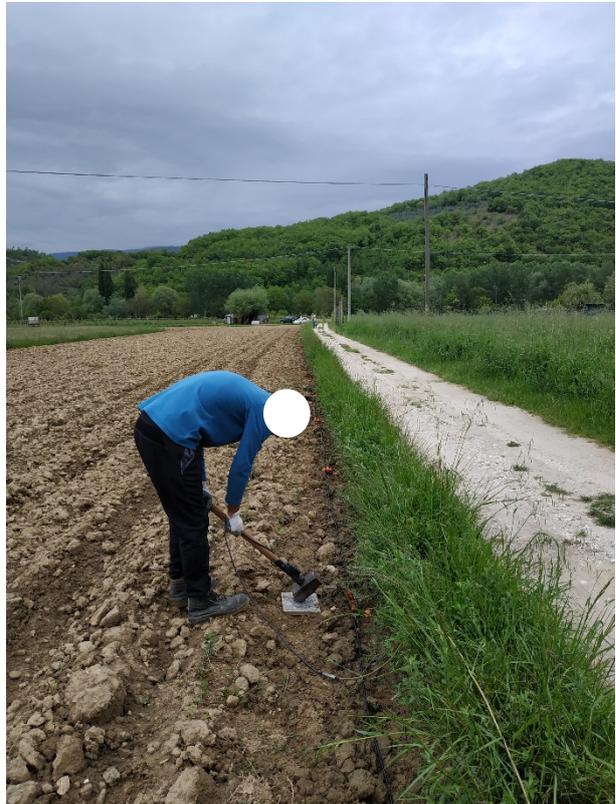
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE LONGITUDINALI (ONDE P)-TRASVERSALI (ONDE SH) E SISMICA A RIFLESSIONE



Energizzazione onde longitudinale (Onde P) con generatore ad energia propulsiva di onde sismiche "Peg40



Energizzazione con mazza battente onde longitudinale (Onde P)





Acquisizione dati misure sismiche

ALLEGATO INDAGINE SISMICA “SITO R2-2”

- Relazione esplicativa
- Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) –scala 1:2.000
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde trasversali (onde SH)
- Dromocrone onde longitudinali (onde P)
- Dromocrone onde trasversali (onde SH)
- Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica
- Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)
- Sismogrammi a 24 tracce utilizzati per l’analisi in Common Mid Point
- Analisi prospezione sismica a riflessione
- Documentazione fotografica

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.



ISO 14001:2015, n. SA.00014/19
OHSAS 18001:2007, n. SA.00015/19



SOA 05208 Livello



GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978

Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •

Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Indice

1 PREMESSA	2
2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	3
2.1 tecniche operative	3
2.2 Analisi dei dati.....	4
2.3 Risultati	5
3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE	7
3.1 tecniche operative	7
3.2 Analisi dei dati.....	8
3.3 Risultati	9

ALLEGATI

- *Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) - scala 1:2.000*
- *Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)*
- *Sismogrammi sismica a rifrazione onde trasversali (onde Sh)*
- *Dromocrone onde longitudinali (onde P)*
- *Dromocrone onde trasversali (onde Sh)*
- *Tomografie sismiche ed interpretazioni sismostratigrafiche*
- *Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)*
- *Sismogrammi a 24 tracce utilizzati per l'analisi in Common Mid Point*
- *Analisi prospezione sismica a riflessione*
- *Documentazione fotografica*

1 PREMESSA

Per incarico conferito alla “GEOPROVE S.r.l.” da “ACEA ELABORI S.P.A”, è stata eseguita una campagna di prospezioni sismiche nell’ambito delle **“INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA PROGETTAZIONE DEL NUOVO TRONCO SUPERIORE DELL’ACQUEDOTTO DEL PESCHIERA – CONTRATTO QUADRO N. 3900005591”** nel sito R2-2.

In questo sito sono stati eseguiti un profilo sismico a rifrazione in onde longitudinali (onde P) e trasversali (onde Sh) ed un profilo di sismica a riflessione.



Ubicazione del sito d’indagine

2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

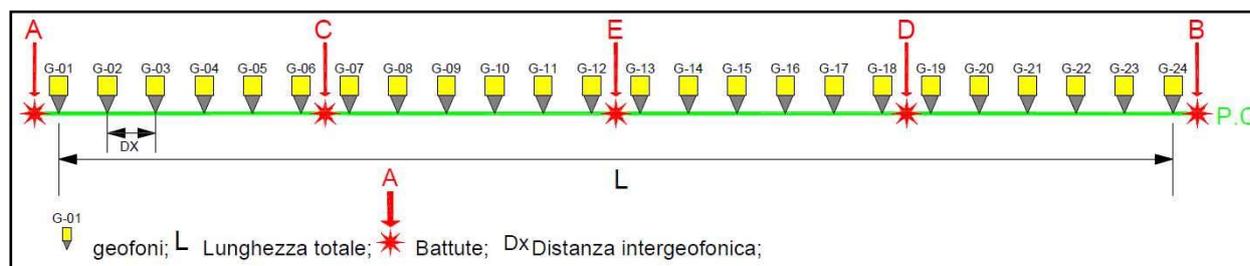
2.1 Tecniche operative

E' stato effettuato un profilo sismico a rifrazione in onde P ed Sh utilizzando geofoni a 14 Hz. Le tracce sono state registrate impostando i seguenti parametri:

	frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
Onde P	0.0625 millisecondi	500 ms	martello
Onde Sh	0.125 millisecondi	1 secondo	martello

Di seguito sono tabellate le caratteristiche dei profili acquisiti:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Canali
Profilo 1	120 m	5.0 m	5.0	24



Schema geometrico di acquisizione

2.2 Analisi dei dati

Per prima cosa sono stati individuati sui sismogrammi i tempi dei primi arrivi delle onde P. Questa operazione è definita picking e si effettua dopo aver registrato e opportunamente filtrato il segnale acquisito.

I file così ottenuti vengono caricati nel software **TomTime** della **Geotom, LCC** che consente di amplificare il segnale in modo da facilitare l’operazioni di picking e registra i valori dei tempi del reale punto di primo arrivo. I tempi vengono importati in un altro software Gremix (Interpex Limited, 1990) che a partire da questi dati e dalle geometrie dello stendimento traccia le dromocrone.

Attraverso un’interpolazione grafica manuale ottimizzata dalle funzioni del software si ottiene, attraverso il metodo del G.R.M operato dal Gremix, lo spessore relativo degli strati presenti e le rispettive velocità. Si visualizza graficamente il modello ottenuto in funzione della velocità e profondità dei rifrattori.

E’ stata successivamente eseguita l’interpretazione tomografica che a partire da una simulazione numerica del fenomeno di propagazione dell’impulso sismico, individua i campi incogniti di velocità delle onde calcolando i tempi di percorrenza e fornisce una discretizzazione del sottosuolo restituendo un’ immagine bidimensionale.

Il software utilizzato per la tomografia è il **Rayfract v. 2.71** (della Intelligent Resources Inc), che applica un metodo di inversione che ricostruisce i fronti d’onda e le geometrie dei percorsi rifratti e l’angolo con cui riemergono al ricevitore.

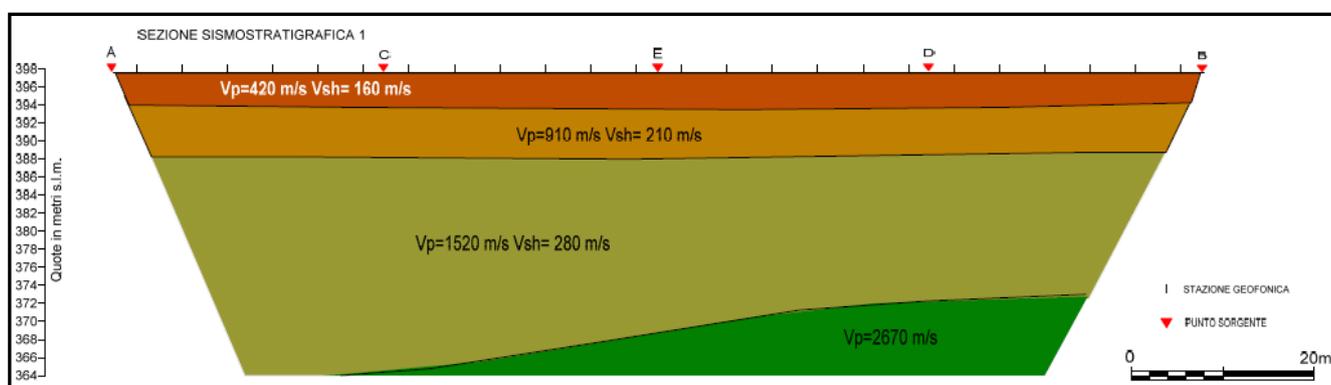
Importati i tempi dei primi arrivi e le geometrie si visualizzano le dromocrone e tramite il comando “Smooth Invert/WET with gradient initial model” è stato avviato il processo di inversione. Quando il risultato non è stato ritenuto soddisfacente, si è provveduto a variare le impostazioni di default del comando regolando alcuni parametri tramite il comando “Interactive WET Tomography” e “ Maximum Valid Velocity”. Aggiornato il modello, sono stati riavviati tutti i calcoli iterativi di inversione fino al raggiungimento dei requisiti che soddisfano l’algoritmo che individua la soluzione ottimale.

Infine sono stati verificati i risultati ottenuti e verificata la coerenza della rappresentazione grafica in scala cromatica.

2.3 Risultati

L’elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo 4 “sismostrati”, così caratterizzati:

1. Il **primo sismostrato** (con una profondità di circa 4 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 420 m/s e V_{sh} di 160 m/s;
2. Il **secondo sismostrato** (con una profondità di circa 10 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 910 m/s e V_{sh} di 210 m/s;
3. Il **terzo sismostrato** (con una profondità compresa tra 25 e 34 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 1520 m/s e V_{sh} di 280 m/s;
4. Il **substrato rifrattore** ha velocità V_p compresa di 2670 m/s.



Nella tabella che segue sono mostrati tutti i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di Poisson ed i valori dei moduli dinamici E (di Young), G (di taglio) e K (di compressibilità), espressi in Kg/cm². Questi valori sono calcolati considerando un peso di volume unitario, pertanto, per ottenere i moduli reali, è necessario moltiplicarli per il peso di volume dei litotipi presenti.

La presenza di acqua all’interno dei sedimenti alluvionali presenti in sito determina un incremento del valore delle onde longitudinali (a differenza delle velocità delle onde trasversali che non vengono influenzate dalla presenza dell’acqua) con la conseguenza che tale valore risulta sovrastimato. Esso è stato calcolato, con più precisione, dall’analisi di velocità effettuata con la sismica a riflessione. Il valore così ricavato è mostrato in giallo per il terzo sismostrato, il più influenzato dalla presenza dell’acqua.

Per il primo ed il secondo sismostrato non sussiste tale problema poiché i terreni riscontrati o sono privi di acqua oppure sono parzialmente o totalmente impermeabili.

Spessori medi sismostrati (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷4.0	420	160	0.42	1	739	261	1452
2° sismostrato 4.0÷10.0	910	210	0.47	1	1325	450	7850
3° sismostrato 10.0÷30.0	1520 (sismica a rifrazione)	280	0.48	1	2372	800	22509
3° sismostrato 10.0÷30.0	1210 (sismica a riflessione)	280	0.47	1	2355	800	13873
substrato rifratore >30.0	2670						

Vp = velocità onde longitudinali in m/s

Vs = velocità onde trasversali in m/s

σ = coefficiente di Poisson

γ = peso di volume in g/cm³

E = modulo dinamico di Young in Kg/cm²

G = modulo dinamico di taglio in Kg/cm²

K = modulo dinamico di compressibilità in Kg/cm²

3.2 Analisi dei dati

I dati della sismica a riflessione sono stati trattati col software Seistrix 3 (Interpex L.t.d., 1993). Uno dei grandi vantaggi di questo software è la capacità di gestire le geometrie complesse, dovendo trattare dati acquisiti secondo la tecnica del Common Mid Point Multi-Offset.

Sono stati acquisiti sismogrammi a 48 tracce, in allegato viene riportato un solo sismogramma acquisito.

Per prima cosa sono stati caricati nel programma tutti i file a 24 tracce con punto sorgente a distanza uguale e impostate le geometrie di ogni profilo.

Si è poi proceduto all’analisi delle linee sismiche per ogni singolo offset, in seguito è stato esaminato solo il profilo ad offset più indicativo (offset a 24 metri).

Sono state impostate le geometrie è stato effettuato il “sort” dei dati. Questa operazione serve a riorganizzare i dati secondo le geometrie di common mid-point e nel rispetto delle distanze di offset. Infatti al momento dell’acquisizione i dati sono memorizzati in base alle posizioni degli scoppi e dei ricevitori, con il sorting vengono riorganizzati in modo da raggruppare per ogni coppia scoppio-ricevitore le tracce relative ai segnali provenienti dallo stesso midpoint.

Successivamente le operazioni di processing sui dati sono le seguenti:

- ✓ Correzione Statica dei Tempi sulle Tracce
- ✓ Filtro Passa Banda
- ✓ Mute
- ✓ Normal Move Out
- ✓ Filtraggio $f - k$
- ✓ Trace Mix

Esse sono state ampiamente descritte nella relazione generale.

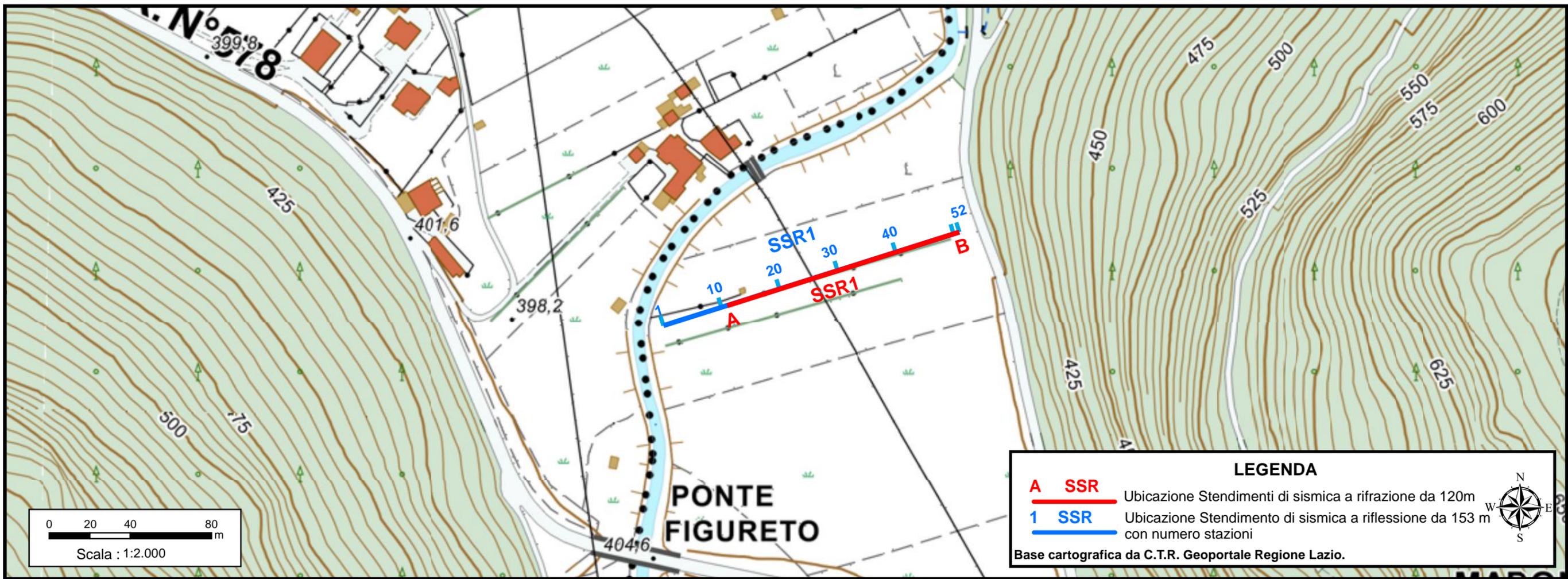
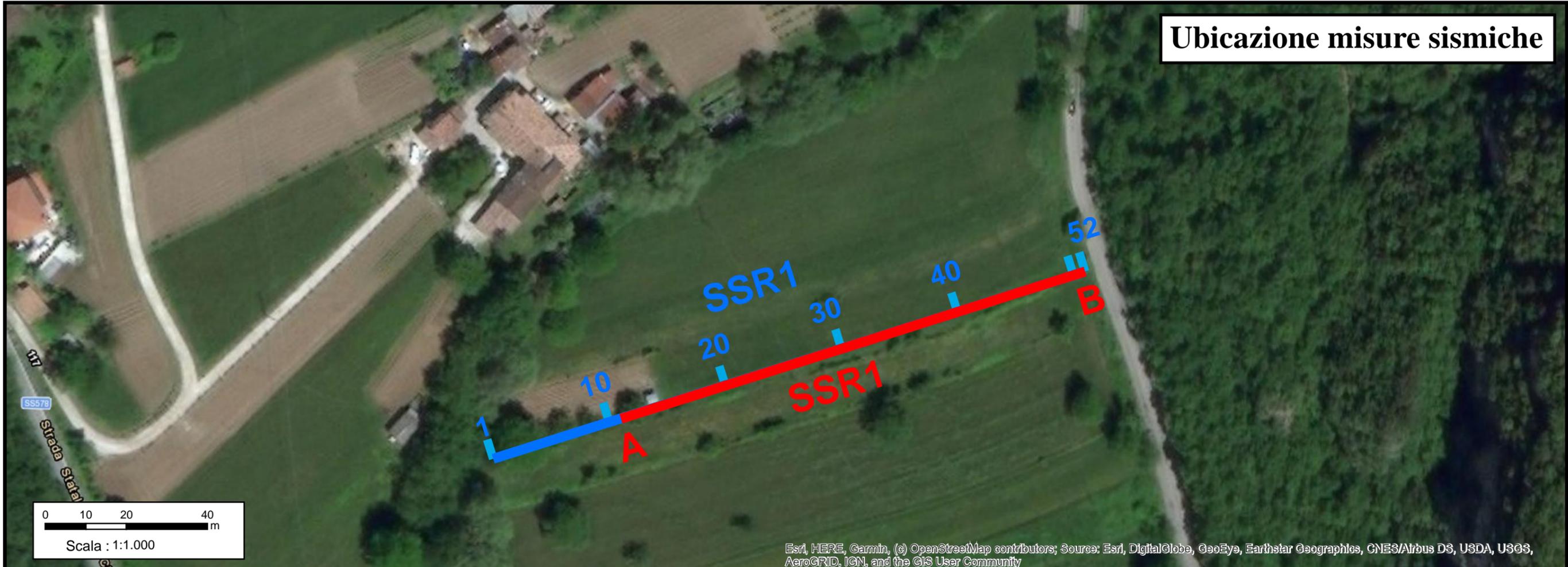
3.3 Risultati

Dall’analisi della “sezione tempo”, riportata nell’allegato “analisi prospezione sismica a riflessione”, si evince la presenza **di un primo riflettore**, piuttosto energetico, posto tra circa **130 e 150 millisecondi**, seguono altri riflettori meno energetici posti tra **160 e 260 millisecondi**.

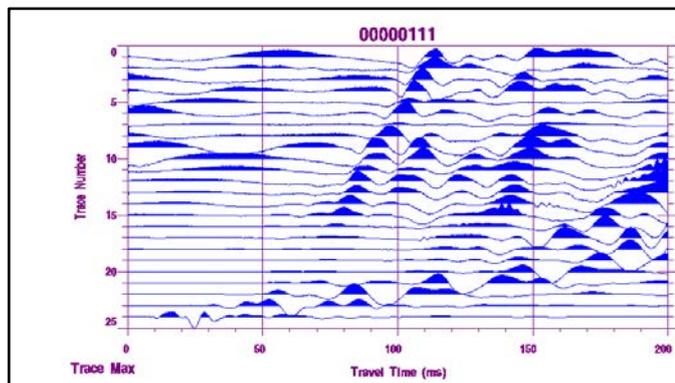
Per ciò che concerne le profondità associabili alle sezioni tempo, queste sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall’elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un’analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione.

In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità, vedi figura “Analisi prospezione sismica a riflessione”, **la prima riflessione** individuata risulta posizionabile tra circa **75 e 80 metri di profondità**, mentre, **le riflessioni che seguono**, si posiziona tra circa **90 e 130 metri di profondità** con immersione verso Est.

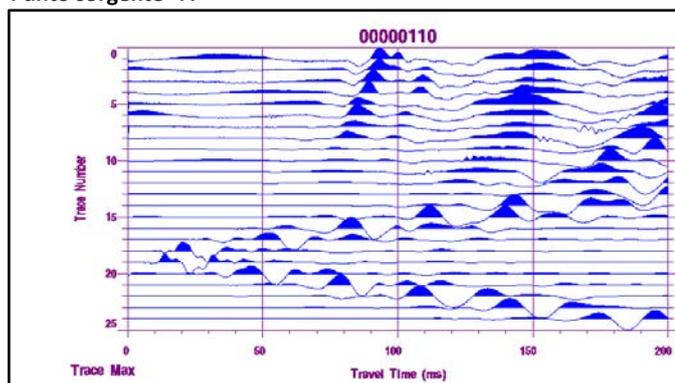
Ubicazione misure sismiche



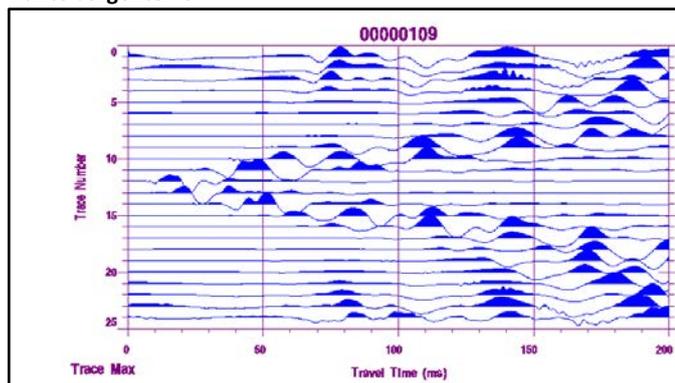
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P)



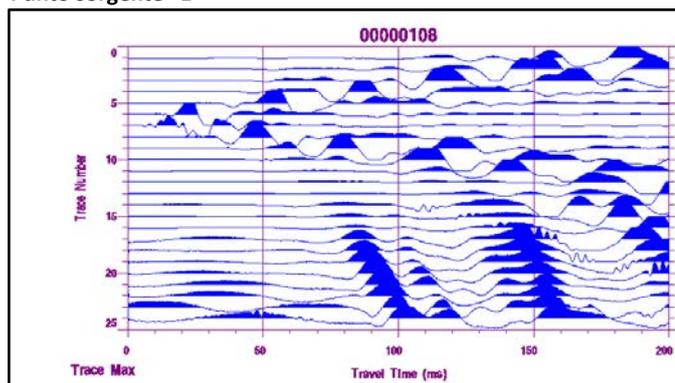
Punto sorgente "A"



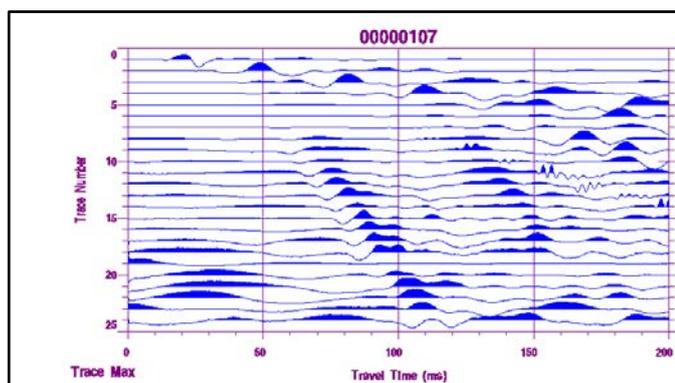
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

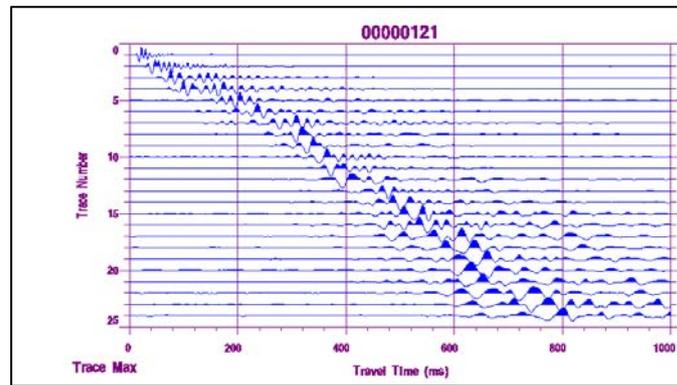


Punto sorgente "D"

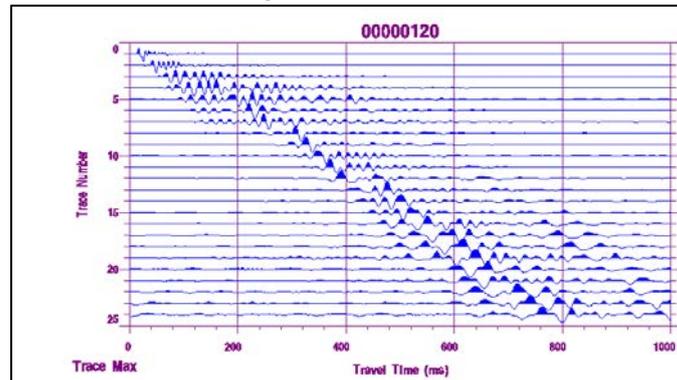


Punto sorgente "B"

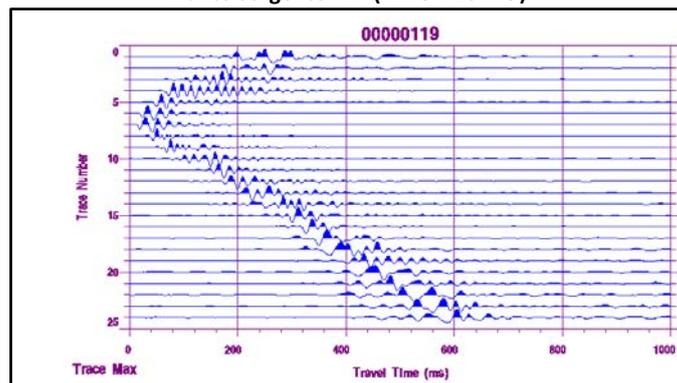
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE TRASVERSALI (ONDE SH)



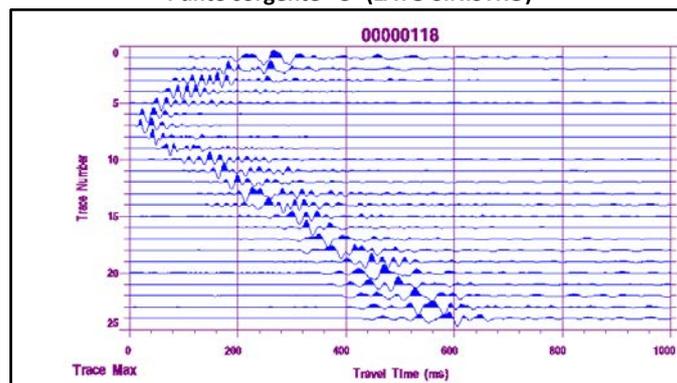
Punto sorgente "A" (LATO SINISTRO)



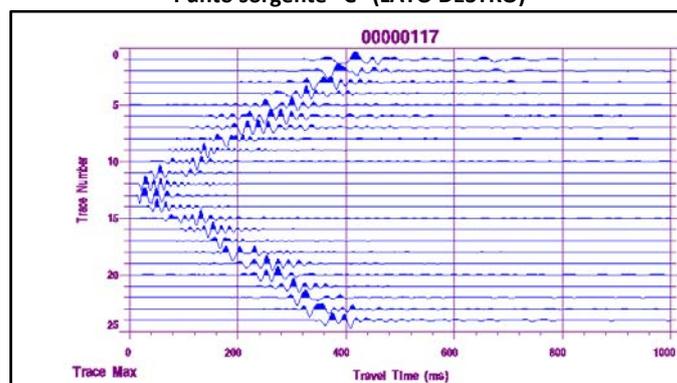
Punto sorgente "A" (LATO DESTRO)



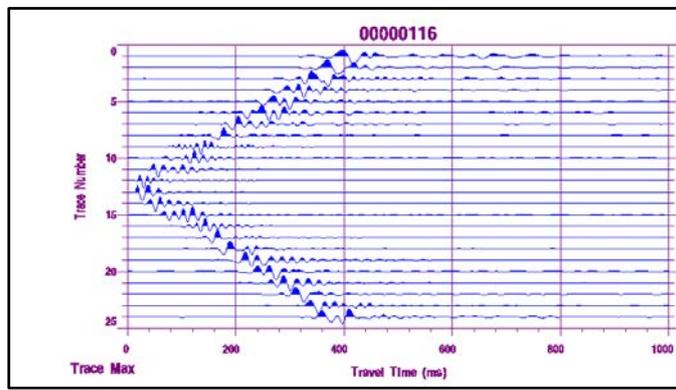
Punto sorgente "C" (LATO SINISTRO)



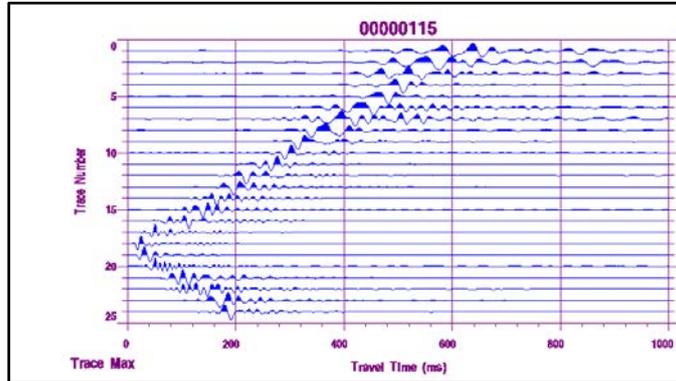
Punto sorgente "C" (LATO DESTRO)



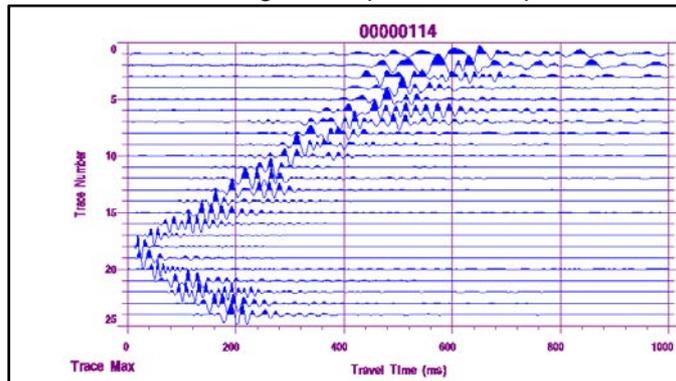
Punto sorgente "E" (LATO SINISTRO)



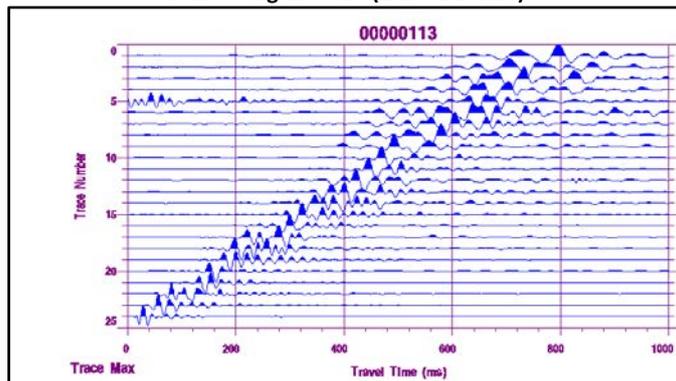
Punto sorgente "E" (LATO DESTRO)



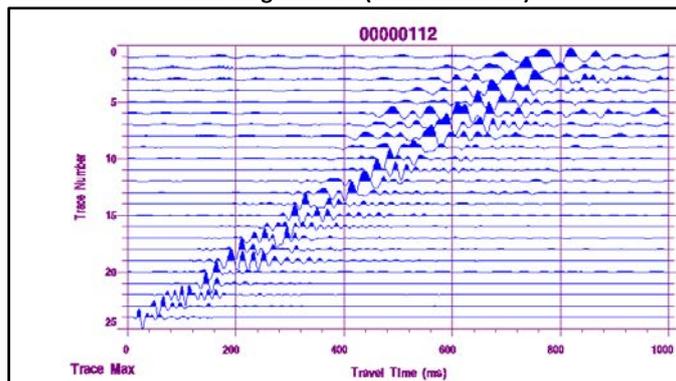
Punto sorgente "D" (LATO SINISTRO)



Punto sorgente "D" (LATO DESTRO)

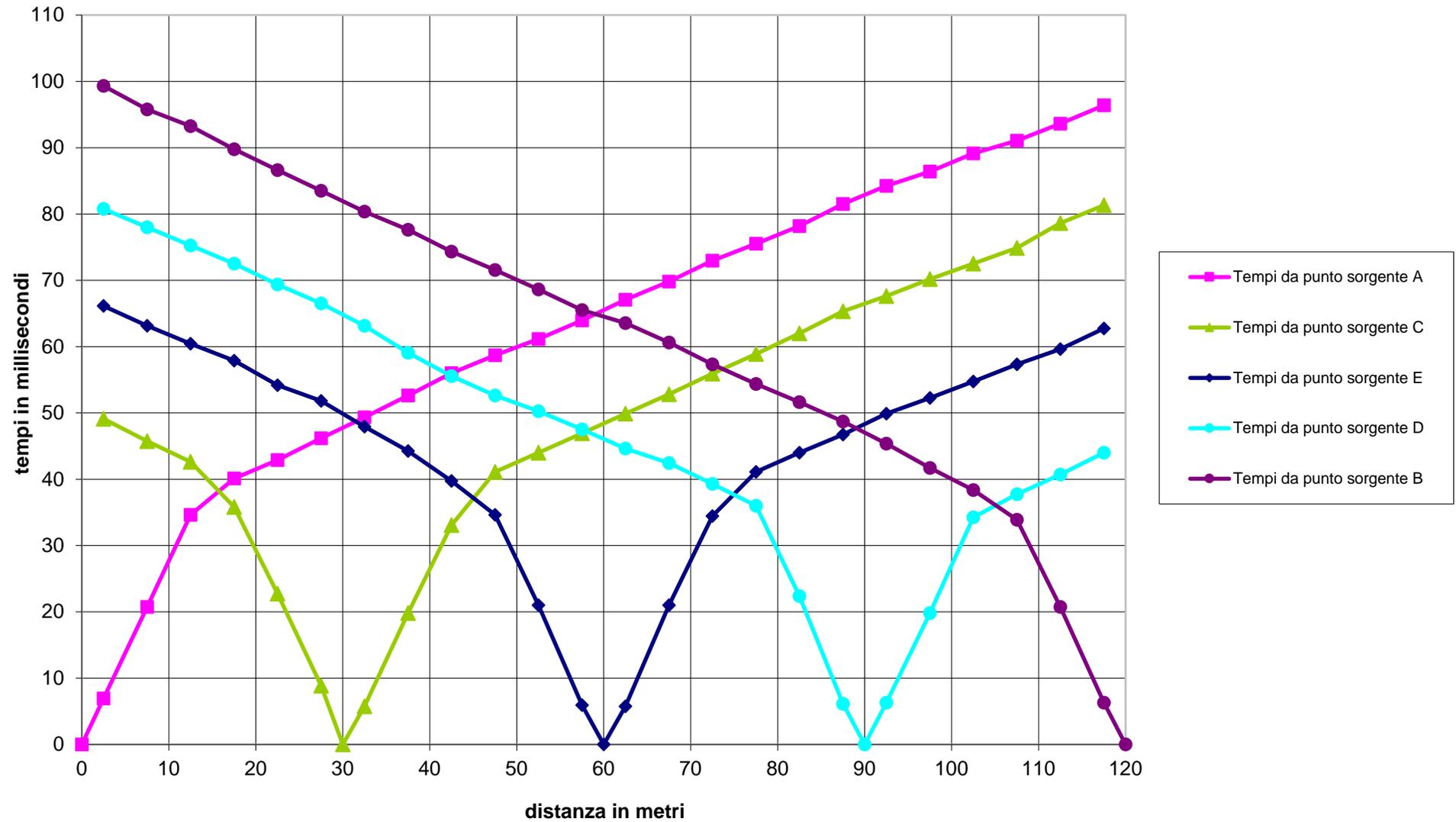


Punto sorgente "B" (LATO SINISTRO)

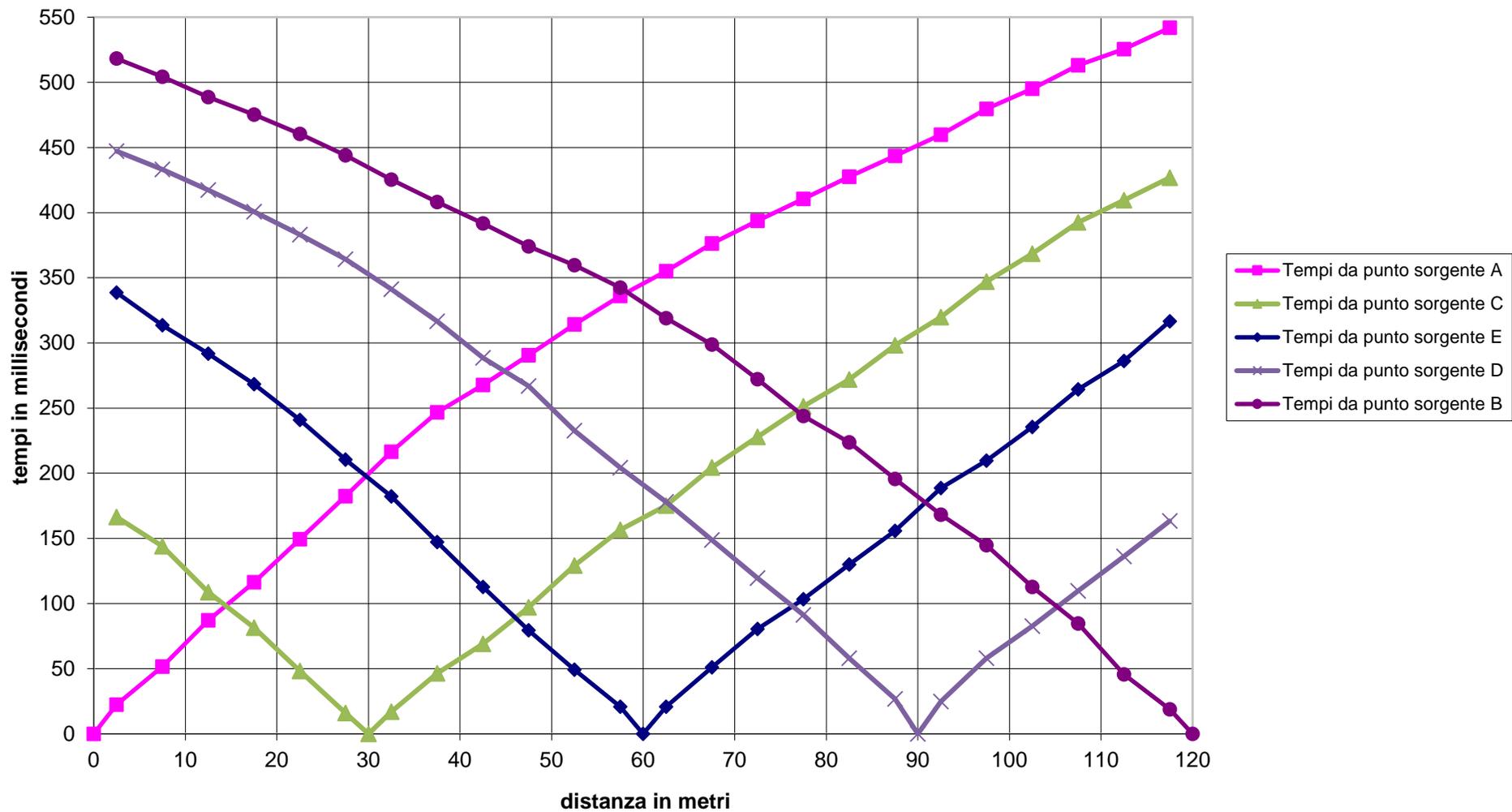


Punto sorgente "B" (LATO DESTRO)

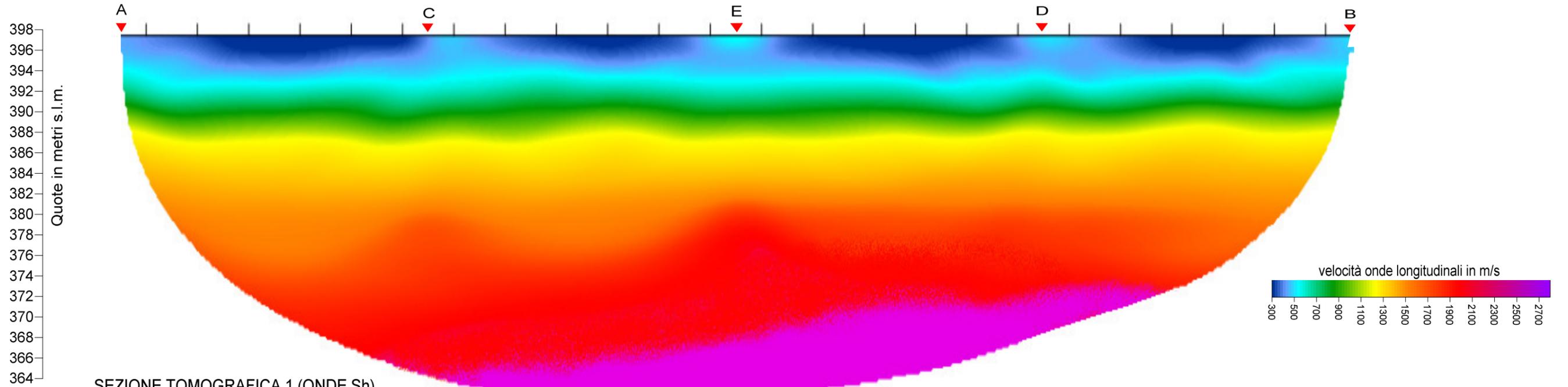
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico



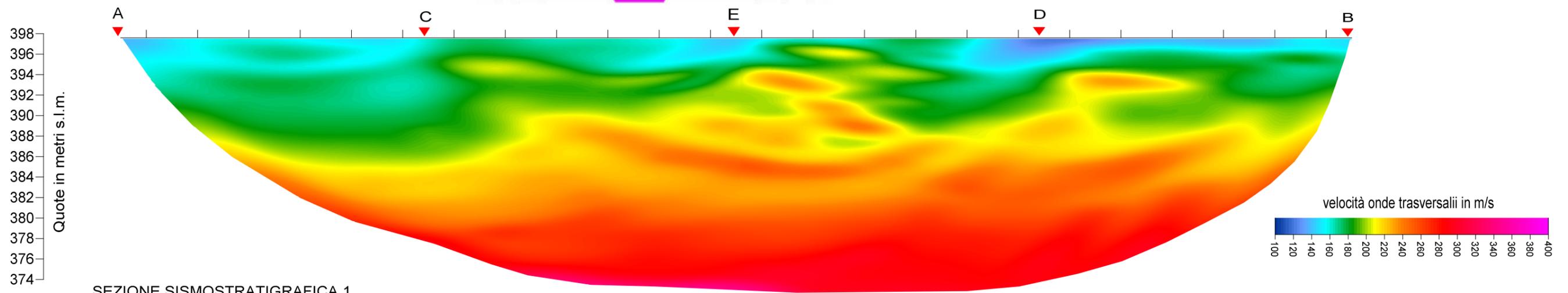
Dromocrone profilo sismico - ONDE TRASVERSALI



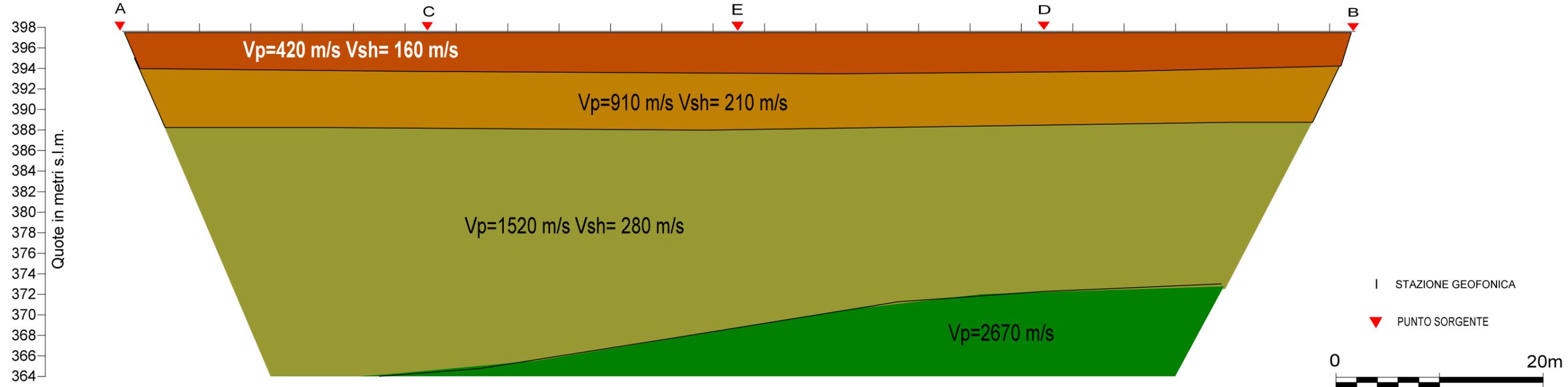
SEZIONE TOMOGRAFICA 1 (ONDE P)



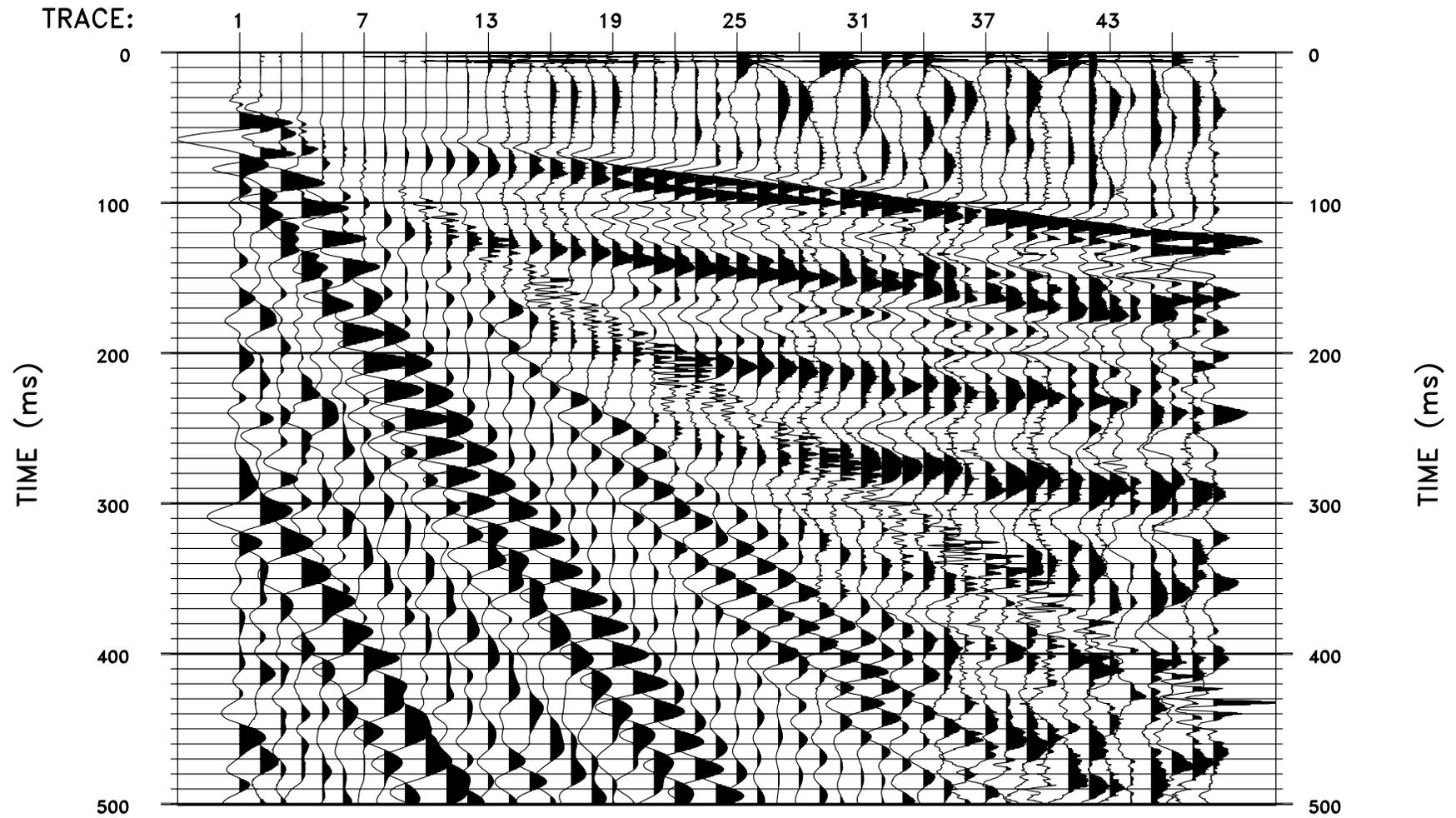
SEZIONE TOMOGRAFICA 1 (ONDE Sh)



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 1

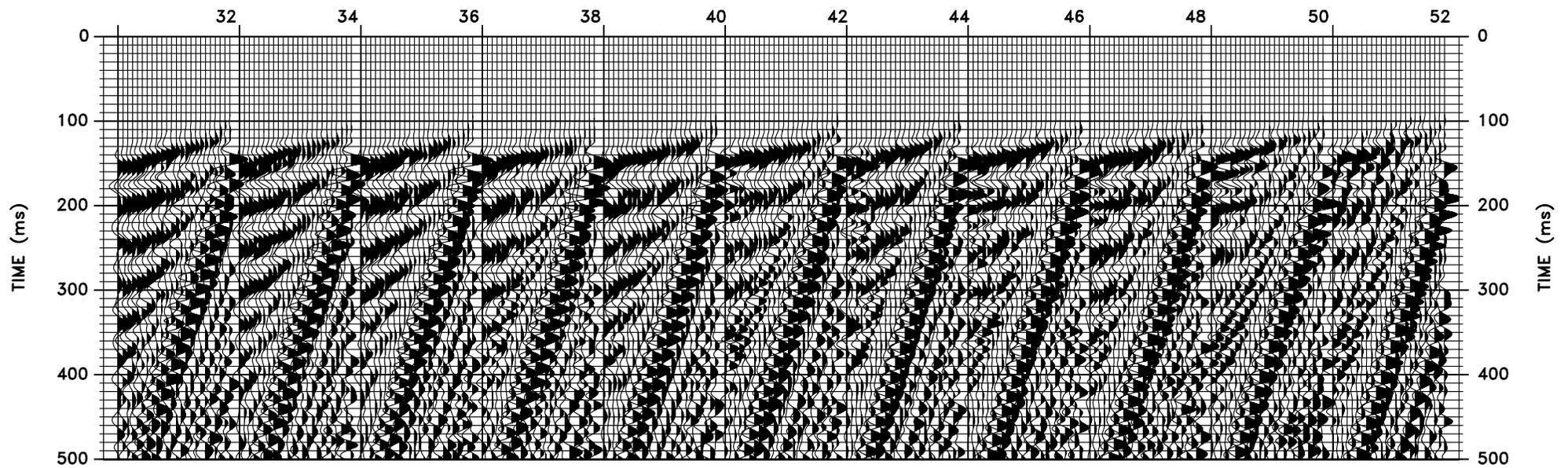


Esempio di sismogramma a 48 tracce



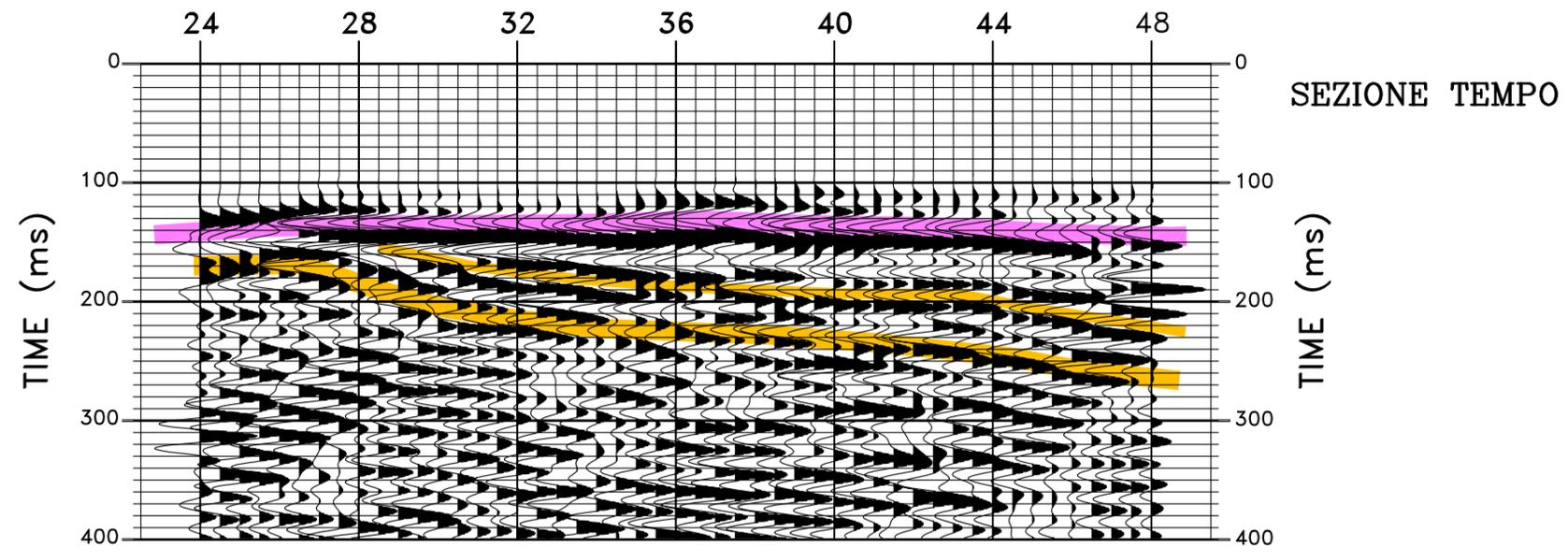
SISMOGRAMMI A 24 TRACCE UTILIZZATI
PER L'ANALISI IN COMMON MID POINT

Stazioni sorgente sismica

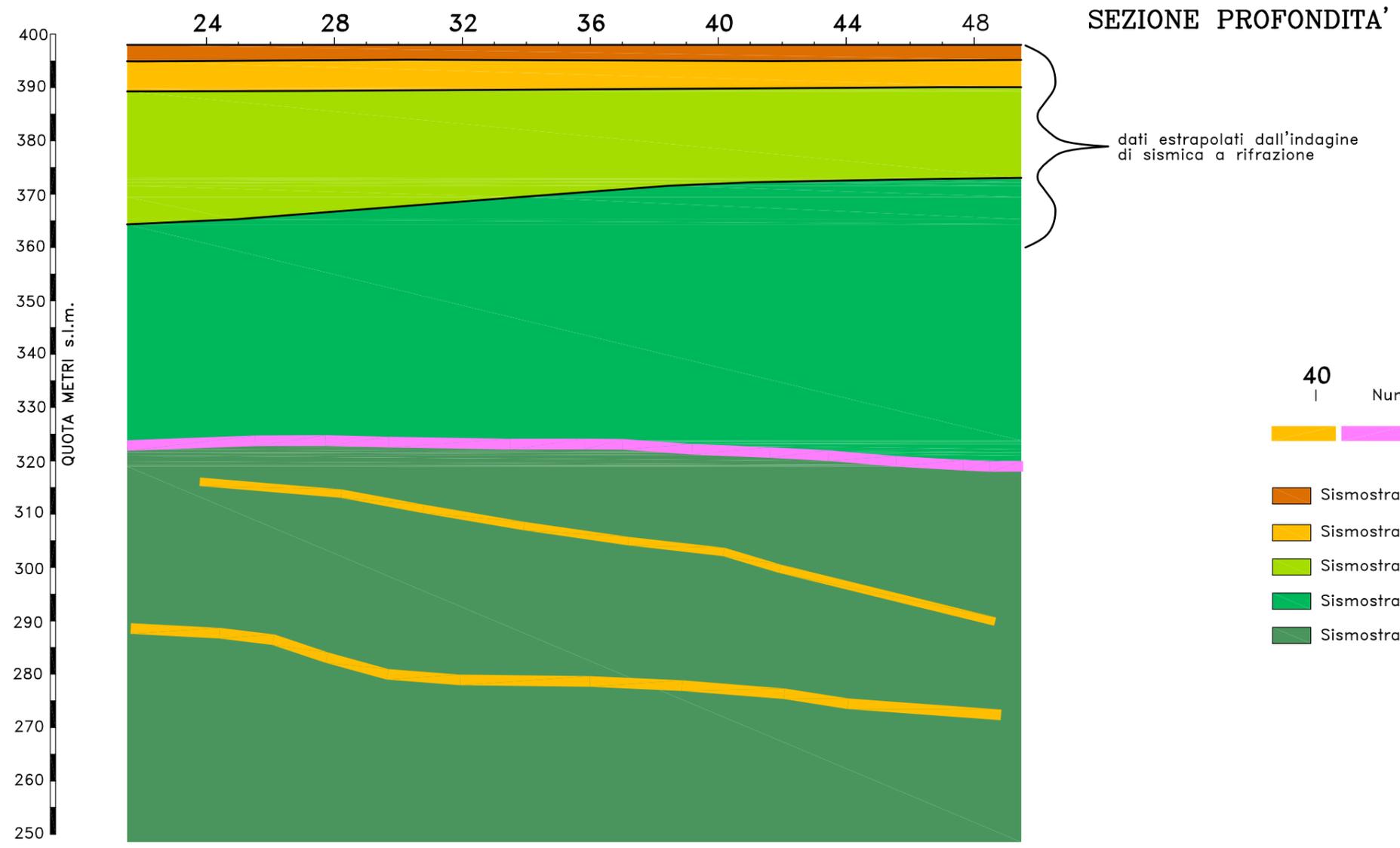


ANALISI PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

NUMERO STAZIONI



NUMERO STAZIONI



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE LONGITUDINALI (ONDE P)-TRASVERSALI (ONDE SH) E SISMICA A RIFLESSIONE



Energizzazione onde longitudinale (Onde P) con generatore ad energia propulsiva di onde sismiche "Peg40"



Energizzazione con mazza battente onde longitudinale (Onde P)



Acquisizione dati misure sismiche



Energizzazione con mazza battente onde trasversali (Onde SH)