

S.S. 67 "Tosco Romagnola"
Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la
località S.Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di
Dicomano.

Variante di Rufina (FI) – LOTTI 2A e 2B

PROGETTO DEFINITIVO

COD. FI462

PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



sinergo



IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE:

*Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045*

IL GEOLOGO:

*Geol. Massimo Mezzanatica – Società Pro Iter Srl
Ordine Geologi della Lombardia n. 762*

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

*Ing. Massimo Mangini – Società Erre.Vi.A Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502*

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Francesco Pisani

PROTOCOLLO:

DATA:



03 - GEOLOGIA GEOTECNICA E SISMICA

03.01 - Geologia

Documentazione indagini geognostiche - Indagini geofisiche

| CODICE PROGETTO | | NOME FILE | | | REVISIONE | SCALA |
|-----------------|-------------|-------------------------|---------|-----------|-------------|-----------|
| PROGETTO | LIV. PROG. | T00-GE01-GEO-RE03-A.pdf | | | | |
| ACNO01113 | D 20 | CODICE ELAB. | T00 | GE01 | GEO | RE03 |
| D | | | | | | |
| C | | | | | | |
| B | | | | | | |
| A | EMISSIONE | | 02/2024 | SILVESTRI | MEZZANATICA | FORMICHI |
| REV. | DESCRIZIONE | | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |

S.S. 67 TOSCO - ROMAGNOLA

Lavori di adeguamento della S.S. 67, nel tratto tra la località S. Francesco in Comune di Pelago e l' abitato di Dicomano - Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B.

PROGETTO DEFINITIVO

FI 462

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

RUP ACCORDO QUADRO
Ing. Angelo Dandini

PROGETTAZIONE ATI

(Mandataria)



RUP INTERVENTO
Ing. Angelo Dandini

(Mandante)



(Mandante)



DIRETTORE ESECUZIONE CONTRATTO
Dott. Emanuele Lauretti

(Mandante)



(Mandante)



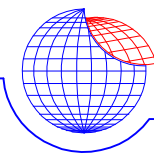
STUDI E INDAGINI
Piano di monitoraggio geotecnico e geomorfologico

Indagini geognostiche

| | | | |
|-----------|--|-----|-------|
| NOME FILE | CA04_FI462_PM_RT04_B - Indagini Geofisiche | Rev | Scala |
|-----------|--|-----|-------|

| | | | |
|------------------|----------------------|---|--|
| Codice Elaborato | CA04_FI462_PM_RT04_B | B | |
|------------------|----------------------|---|--|

| | | | | | |
|------|------------------|---------------|-------------------------|---------------------------------|--------------|
| B | Emissione Finale | Febbraio 2023 | Geofisica Misure snc | Dott. Mainieri Dott. Ferraro | Ing. Possati |
| A | Emissione SAL1 | Gennaio 2023 | Geofisica Misure snc | Dott. Mainieri Dott. Ferraro | Ing. Possati |
| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |



GEOFISICA
MISURE S.n.c.

PROSPEZIONI E MONITORAGGI GEOFISICI SU TERRENI E MANUFATTI
87075 Trebisacce (CS); Viale della Libertà, 132;
tel./fax 0981 57110-489444 E-mail: info@geofisicamisure.it
Par. IVA 02253910786; N. REA 0153033



ANAS
GRUPPO FS ITALIANE

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

PROGETTO DEFINITIVO "SS67 TOSCO-ROMAGNOLA – LAVORI DI
ADEGUAMENTO DELLA SS67 NEL TRATTO TRA LA LOCALITA' SAN
FRANCESCO IN COMUNE DI PELAGO E L'ABITATO DI DICOMANO –
VARIANTE DI RUFINA (FI)

PROGETTO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO E
GEOMORFOLOGICO ANTE OPERAM

INDAGINI GEOFISICHE

I tecnici responsabili

Dr. Giuseppe Mainieri Dr. Giuseppe Ferraro

SOMMARIO

| | |
|---|-----------|
| PREMESSA..... | 2 |
| CONTESTO DI INDAGINE..... | 2 |
| INDAGINI SISMICHE | 5 |
| PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE AD ONDE P e S..... | 6 |
| PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO DEL TIPO “DOWN-HOLE”..... | 8 |
| TRATTO SUD-OCCIDENTALE..... | 10 |
| TRATTO CENTRALE..... | 13 |
| TRATTO ORIENTALE..... | 30 |



PREMESSA

Nell'ambito del *Progetto definitivo "S.S. Tosco-Romagnola – Lavori di adeguamento della S.S.67 nel tratto tra la località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano – Variante di Rufina (FI), Lotto 2° e 2B*, è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche. Le attività sono state svolte lungo il tracciato di progetto, dove sono state realizzate prospezioni sismiche con metodo "a rifrazione" ad onde di compressione e di taglio, con elaborazione tomografica, su 13 basi geofoniche con lunghezze variabili tra 56 m e 280 m per un totale di 1206 m di indagini. Sempre con metodo sismico, ma in foro, sono state eseguite misure con tecnica *Down-Hole*, che hanno consentito, nei sondaggi SN01_DH, SN_02_DH, SN03_DH, SN09_DH, SN10_DH, SN11_DH, SN12_DH, SN17_DH, SN18_DH, SN19_DH e SN20_DH la misura di dettaglio del profilo di velocità delle onde di compressione e di taglio, con il calcolo dei moduli elastici dinamici del terreno fino a alle profondità raggiunte dalle terebrazioni, pari a 35 m.

Le indagini sono state raggruppate per zone omogenee per quanto concerne il contesto morfologico e litostratigrafico (Zona Sud-occidentale, Zona Centrale e Zona Orientale)

| Base sismica | Inizio | | | Fine | | |
|--------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|------------|
| B1 | 699416.81 E | 4856017.20 N | 119.6 mslm | 699492.24 E | 4856161.14 N | 116.1 mslm |
| B2 | 699433.82 E | 4856090.78 N | 116.0 mslm | 699447.03 E | 4856032.25 N | 114.4 mslm |
| B3 | 699470.59 E | 4856170.49 N | 116.8 mslm | 699489.90 E | 4856113.68 N | 115.7 mslm |
| B4 | 699515.31 E | 4856196.29 N | 117.4 mslm | 699615.69 E | 4856324.08 N | 148.6 mslm |
| B5 | 699506.05 E | 4856223.51 N | 118.3 mslm | 699525.36 E | 4856166.70 N | 117.1 mslm |
| B6 | 699545.47 E | 4856281.70 N | 138.4 mslm | 699572.13 E | 4856227.95 N | 130.5 mslm |
| B7 | 699585.02 E | 4856333.59 N | 155.8 mslm | 699630.13 E | 4856294.03 N | 142.0 mslm |
| B8 | 700441.11 E | 4856758.45 N | 116.0 mslm | 700457.59 E | 4856700.75 N | 116.0 mslm |
| B9 | 700510.52 E | 4856746.56 N | 116.9 mslm | 700780.68 E | 4856820.14 N | 121.7 mslm |
| B10 | 700505.17 E | 4856775.03 N | 118.0 mslm | 700526.78 E | 4856719.05 N | 118.0 mslm |
| B11 | 700612.75 E | 4856804.65 N | 118.5 mslm | 700629.23 E | 4856746.96 N | 118.5 mslm |
| B12 | 700709.29 E | 4856830.72 N | 120.0 mslm | 700725.78 E | 4856773.03 N | 120.0 mslm |
| B13 | 700806.47 E | 4856854.89 N | 124.7 mslm | 700821.85 E | 4856801.04 N | 123.4 mslm |

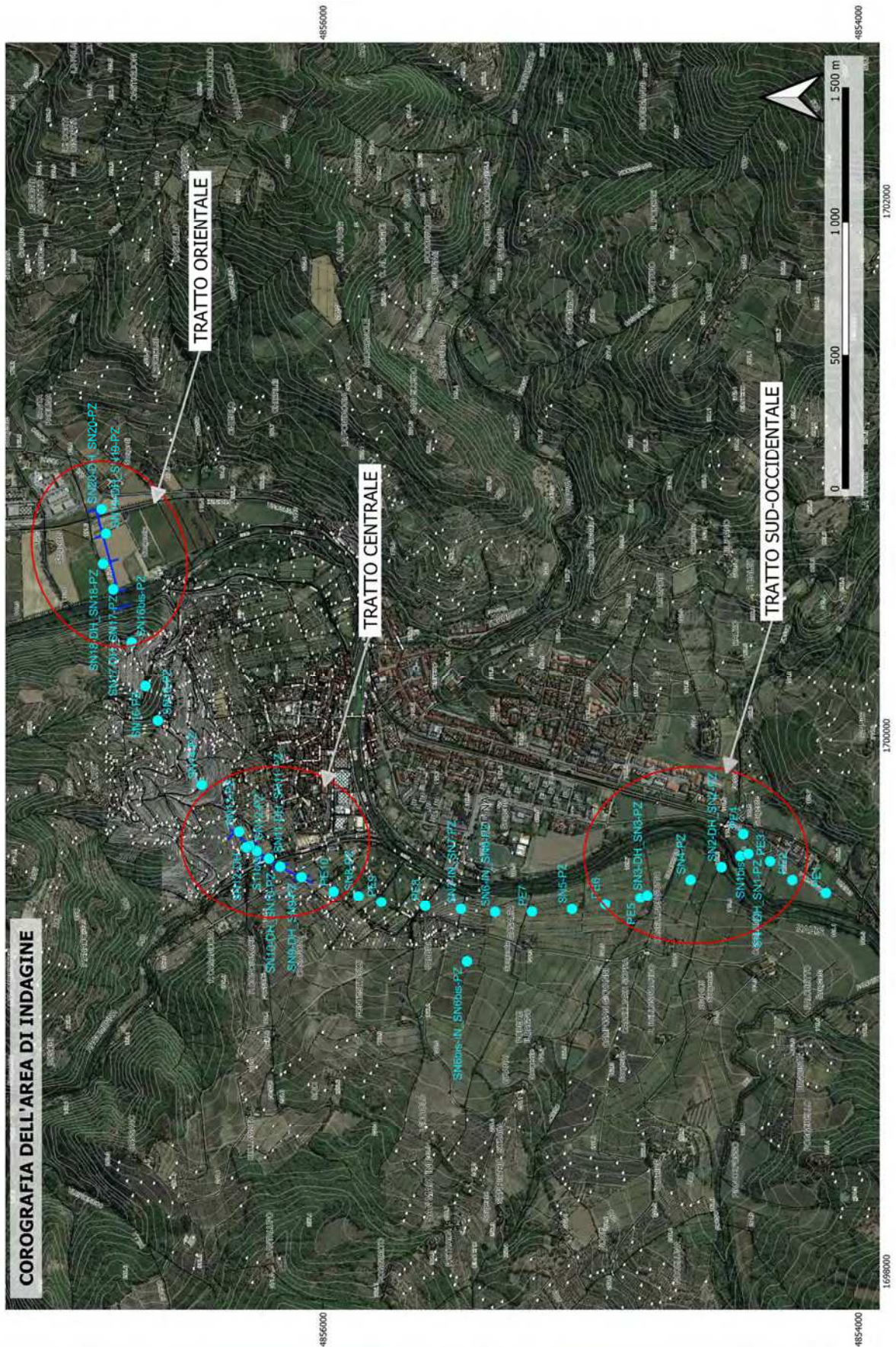
Tabella delle coordinate (WGS84-UTM Z32N) di inizio e fine delle basi della sismica a rifrazione

CONTESTO DI INDAGINE

Il tratto di tracciato progettuale, lungo il quale sono state eseguite le indagini, ricade in un settore interno dell'appennino centrale, in prossimità dell'abitato di Rufina (FI). Nel tratto sud-occidentale si sviluppa nel fondovalle del Fiume Sieve, tributario in destra idrografica del corso dell'Arno; quindi nel tratto centrale decorre trasversalmente al Torrente Argomenna, per poi interessare una piccola dorsale delimitata a sud-est da un'ansa del corso d'acqua principale (Fiume Sieve). Nel tratto occidentale il tratto di tracciato investigato rientra nuovamente nel fondovalle alluvionale del Sieve, all'interno di un'ampia area golenale.

Il contesto di indagine, quindi, è caratterizzato da due differenti condizioni morfologiche, che poi si distinguono anche per l'assetto geologico. Il settore sud-occidentale, in cui sono state realizzate le misure sismiche nei fori SN_DH1, SN_DH2 e SN_DH3 ricade nel fondovalle e sul basso versante destro del Fiume Sieve, dove sono presenti depositi alluvionali ed eluvio-colluviali, giacenti su un substrato costituito dai terreni appartenenti all'Unità Tettonica Canetolo (Subliguri), nelle formazioni delle Arenarie di Monte Senario e delle Argille e Calcari di Canetolo (litofacies calcarea).

Nel tratto centrale ed orientale si passa, oltre un contatto di sovracorrimento di direzione appenninica, ad un substrato costituito dai terreni terziari appartenenti all'Unità Tettonica di Galica (Unità Tettoniche Toscane), in zona appartenenti alla Formazione delle Marne di Galica, costituite in prevalenza da silti più o meno calcaree, come riscontrato nelle perforazioni a carotaggio continuo realizzate, presenti al di sotto di una copertura alluvionale molto eterometrica (sabbie, sabbie limose con intercalazioni ghiaiose).



INDAGINI SISMICHE

Come citato in premessa, in tre tratti del tracciato di progetto, sono state eseguite sia indagini con metodo sismico di superficie “a rifrazione” ad onde P ed S, che con misure in foro mediante tecnica Down-Hole. Le misure hanno consentito di definire i caratteri sismo-stratigrafici dei tratti investigati e, con le opportune correlazioni, valutare gli spessori delle varie litologie, stimandone anche lo stato di addesamento/consistenza delle compagini presenti lungo i tratti di investigazione.

Caratteristiche delle apparecchiature. I segnali sismici sono stati digitalizzati mediante un Sismografo modulare Geometrics Geode a $24 \times 2 = 48$ canali, con conversione analogico-digitale a 24 bit, ad elevata dinamica, avente le seguenti caratteristiche principali:

- *Range dinamico: 144 dB di sistema.*
- *Distorsione: 0.0005 % @ 2.0 ms.*
- *Banda di acquisizione: 1.75-20.000 Hz.*
- *Accuratezza trigger: 1/32 del passo di campionamento.*
- *Impedenza: 20 Kohm.*
- *Filtri in acquisizione: LowCut: 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz 24/48 dB/Octave, Butterworth. Notch: 50, 60, 180 Hz. HighCut: 32, 64, 125, 250, 500, 1000 Hz 24/48 dB/Octave.*
- *Intervallo di campionamento: 0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 msec.*
- *Lunghezza di registrazione: 16.384 campioni.*
- *Pre-trigger: fino a tutta la lunghezza di registrazione.*
- *Delay: da 0 a 9999 ms in passi di una lunghezza di intervallo.*



Sismografo geometrics Geode

Per il rilievo della velocità del moto del suolo sono stati utilizzati geofoni *Geospace*, con frequenza di oscillazione di 10 Hz verticali ed orizzontali (a rifrazione in Onde P ed S).

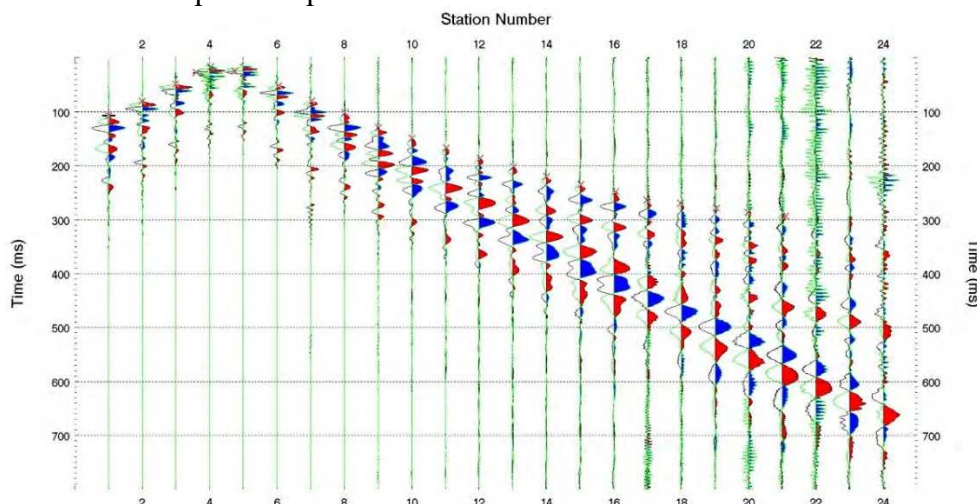
Nelle misure in foro (Down-Hole) sono stati utilizzati due sensori tridimensionali da foro tra loro intervallati di 2.0 m, di produzione *Geotomographie Gmb.*

L'energizzazione è stata realizzata mediante una mazza battente del peso di 8.0 kg, battente su un piattello metallico per la produzione delle onde di compressione; mentre per la genesi prevalente delle onde SH utilizzate nelle misure in foro e di superficie, le battute sono state eseguite ai lati di una traversina in legno.

PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE AD ONDE P e S

Tecnica di rilevamento

Gli stendimenti sismici “a rifrazione” sono stati realizzati utilizzando una spaziatura geofonica pari a 5.0 m, con un numero di canali tali da raggiungere le lunghezze previste. Per ognuna delle basi sismiche sono stati utilizzati geofoni ad oscillazione verticale per la registrazione delle onde P prodotte nei punti di energizzazione (eseguiti ogni 3/4 posizioni geofoniche all'interno degli stendimenti e uno per lato, all'esterno degli stessi). Ove siano state previste indagini a rifrazione anche in onde S, i geofoni verticali sono stati sostituiti, nelle stesse basi sismiche, con geofoni ad oscillazione orizzontale, operando l'energizzazione per ogni punto di energizzazione con due eventi con fase opposta, al fine di sovrapporre poi a software i due sismogrammi, per una più facile percezione dell'arrivo dei primi impulsi relativi alle onde S.



Simogrammi sovrapposti con inversione di fase per determinazione del primo arrivo delle onde S

Elaborazione delle indagini sismiche “a rifrazione” ad onde P e S

I dati acquisiti dall’elaborazione dei sismogrammi costituiscono i primi tempi d’arrivo degli impulsi sismici longitudinali e trasversali (onde di compressione e di taglio) ai vari geofoni dello stendimento. Il metodo d’interpretazione utilizzato è stato del tipo tomografico, che ha consentito di evidenziare, in maniera migliore, eventuali variazioni laterali di velocità. Per l’elaborazione dei dati di campagna è stato utilizzato il software *RAYFRACT*, adatto per il *processing* di dati di profili sismici a rifrazione con *elevate* coperture, che consente di gestire reali contesti geologici. È stata utilizzata la tecnica d’inversione tomografica *WET* (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie dell’onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell’*eikonal equation*, che esprime la propagazione dell’onda in un mezzo isotropo. Quindi, poiché utilizza le soluzioni di detta equazione, è considerata una tecnica ad alta frequenza, rapida ed efficiente. Per la rappresentazione della propagazione dell’onda la *WET* utilizza il concetto di “*volume di Fresnel*”, definito come l’insieme delle onde che hanno tempi di percorso differenti per al più mezzo periodo. Attraverso calcoli iterativi viene aggiornato il modello di velocità e vengono ripetuti gli *step* definiti, fino al raggiungimento della convergenza.

Il software determina, tramite l’algoritmo per l’inversione tomografica *WET*, quella che è la soluzione ottimale. La bontà del modello dipende dalla geometria dello stendimento, dalle distribuzioni di velocità nel sottosuolo, dal numero e dalla posizione dei punti d’energizzazione (shots).

I risultati dell’elaborazione sono presentati in forma grafica nei seguenti elaborati:

- **Modello di velocità:** rappresenta il risultato ottimale ottenuto; le velocità sono rappresentate in scale cromatiche comprese tra il minimo ed il massimo valore determinato.
- **Modello del gradiente di velocità:** viene presentato mediante vettori, i cui moduli sono proporzionali alla loro lunghezza e in scala cromatica. Consente di verificare le variazioni di velocità, e quindi dei caratteri elastici del terreno, all’interno del modello; le superfici di separazione tra differenti orizzonti sismici tendono a collocarsi dove questo valore aumenta.
- **Percorso dei raggi sismici:** consente di verificare il percorso dei raggi sismici e, conseguentemente, la copertura raggiunta. Anche in questo caso la rappresentazione è ottenuta utilizzando una scala cromatica.

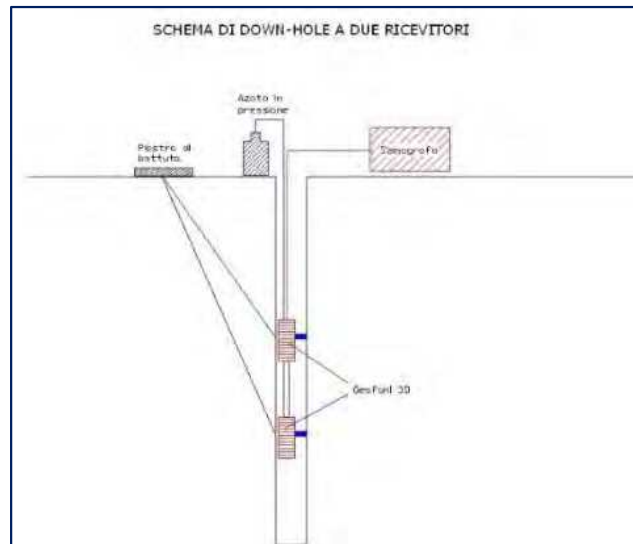
PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO DEL TIPO “DOWN-HOLE”

I fori di sondaggio in cui sono state realizzate le misure sismiche in foro con tecnica Down-Hole (SN01_DH, SN01_DH, SN03_DH, SN09_DH, SN11_DH, SN12_DH, SN17_DH, SN18_DH, SN19_DH e SN20_DH), sono stati condizionati con tubo in PVC, opportunamente cementati, in modo da rendere solidale il tubo con il terreno circostante e quindi possibile il transito delle oscillazioni elastiche dal terreno ai sensori contrastati alla parete. L'energizzazione per la generazione delle onde di compressione (P) è stata realizzata con mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per facilitare la generazione ed il rilievo delle onde trasversali con adeguata componente sul piano orizzontale (SH) si è utilizzato una traversina in legno, opportunamente ancorata, producendo impatti laterali. Sono state effettuate, quindi, per ogni stazionamento, due energizzazioni per le onde S (con inversione di fase), con piano di oscillazione prevalentemente orizzontale, e una verticale per la generazione prevalente delle onde P. Le energizzazioni sono state realizzate ad una distanza di 2.0 metri dai boccafori dei sondaggi.

La tecnica Down-Hole si basa sulla determinazione dei tempi d'arrivo delle onde di volume, rilevate dai sensori all'interno del foro, generate in superficie in prossimità del boccaforo. I tempi di arrivo sono stati calcolati, per ogni intervallo di misura, come differenza dei tempi totali d'arrivo ai due sensori tra loro distanziati di due metri. Essendo le differenze calcolate relative ad un singolo evento di energizzazione, si sono annullati eventuali errori relativi alla partenza esatta della registrazione.

L'intervallo di avanzamento della sonda all'interno del tubo è stato fissato a 1 metro, in maniera tale da avere una misura ogni metro. Nelle tabelle allegate sono riportati i valori dei tempi d'arrivo relativi alle onde P e S, i tempi corretti sulla verticale (T'_p e T'_s), per tenere conto della distanza del punto di energizzazione dal foro di sondaggio, i valori delle velocità V_p e V_s relativi all'intervallo corrispondente ed infine i principali moduli elastici dinamici: il coefficiente di Poisson (ν), il modulo elastico (E), il modulo di taglio (G) e il modulo di incompressibilità o di Bulk (K). I valori dei pesi di volume (γ) sono indicativi. Alcuni di questi dati sono presentati anche in forma grafica: nel primo grafico sono riportate le velocità delle onde longitudinali (P) e trasversali (S) d'intervallo (istogrammi), mentre nel secondo grafico sono riportati i valori dei coefficienti di Poisson alle varie profondità. Nel terzo diagramma sono stati individuati, sulle dromocrone, i tratti che mostrano

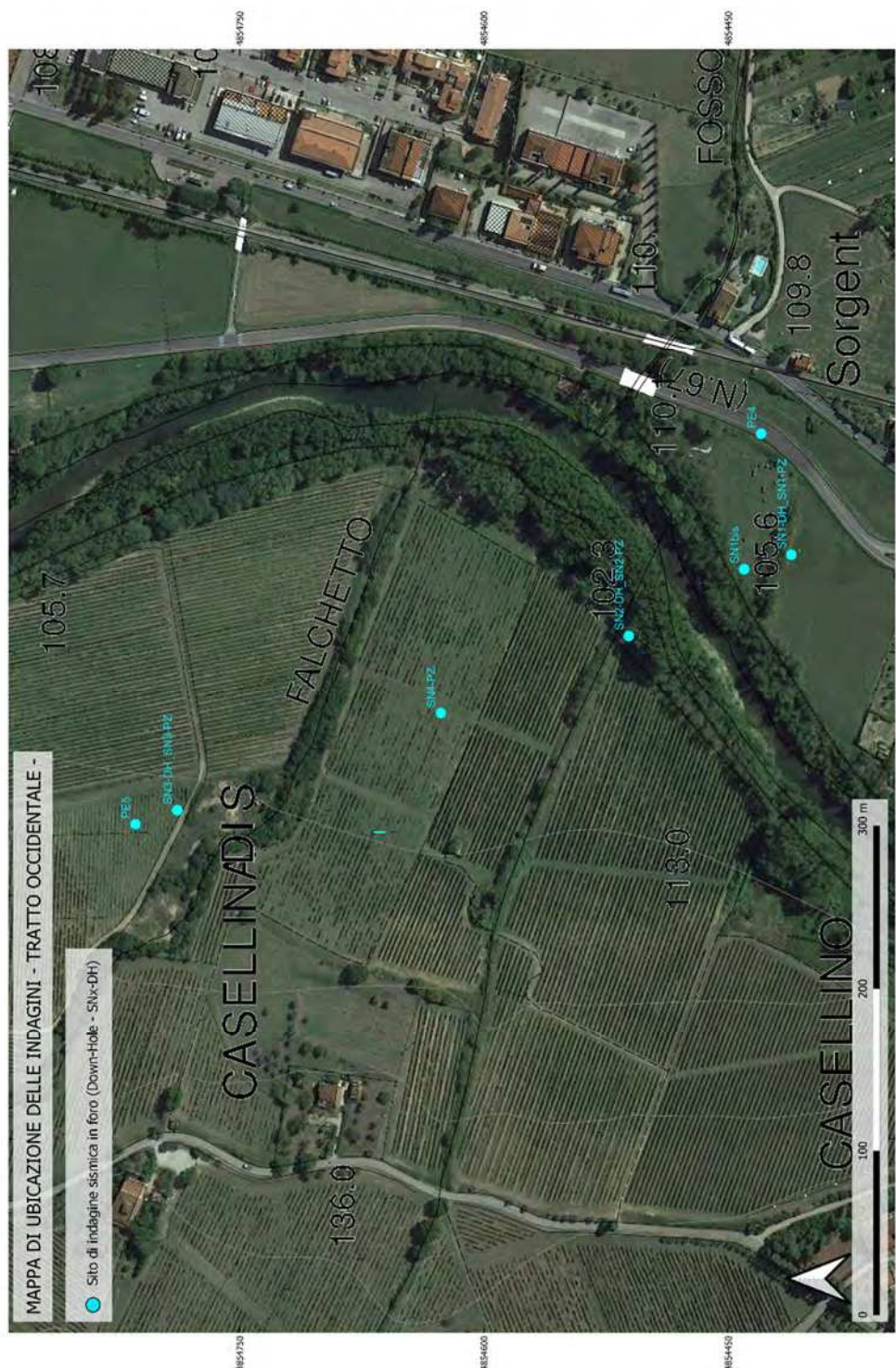
caratteri omogenei di velocità (pendenze) e, di conseguenza, sono stati determinati i valori medi rappresentativi dei singoli sismostrati. Nell'ultimo grafico sono riportati i valori dei moduli elastici per ciascun sismostrato omogeneo.



Inserimento della doppia terna di sensori nel foro SN_DH02

TRATTO SUD-OCCIDENTALE

Riguarda le indagini sismiche in foro eseguite dei sondaggi SN01_DH, SN02_DH e SN03_DH, che ricadono nel tratto del fondovalle del Fiume Sieve del settore più meridionale del tracciato. Caratterizzato dalla presenza di coperture alluvionali su substrato costituito dalle alternanze pelitico-arenacee terziarie, e dei termini calcareo-marnosi dell'Unità di Canetolo. Sempre in destra al Fiume Sieve, ricade il carotaggio SN03_DH, tra l'argine del corso d'acqua e la base del versante occidentale.



Prospezioni in foro SN01_DH, SN02_DH e SN03_DH. I dati derivanti dall'elaborazione delle sismiche in foro eseguite sui carotaggi SN01_DH e SN, mostrano che l'orizzonte di copertura alluvionale presente sul substrato, costituito in prevalenza da sabbie, sabbie limose e ghiaie fino a circa 9 m di profondità, assume valori di velocità delle onde di taglio comprese tra 180 e oltre 360 m/sec, correlabile con depositi da mediamente addensati ad addensati, a tratti molto addensati. Il substrato, costituito da siltiti e siltiti marnose, fino a calcaree, è caratterizzato da un forte stato di fratturazione e degradazione, presumibilmente per tettonizzazione, con valori di velocità delle onde di taglio molto basse (inferiori a 500 m/sec) nei primi 4-5 m al di sotto delle alluvioni. Si mantiene poi sui 450-600 m/sec almeno fino a circa 25-26 m di profondità, indizio di un leggero miglioramento dei caratteri elastici, ma ancora la compagine è da considerare fortemente fratturata. Al di sotto dei 26 m di profondità i valori di Vs in genere sono superiori a 800 m/sec, con una graduale tendenza a crescere verso il basso, con una leggera riduzione anche del coefficiente di poisson.

Nel foro SN03_DH si rileva una copertura alluvionale/colluviale di scarsa rigidità, il valore della velocità delle onde di taglio è in genere inferiore a 200 m/sec, riferibile a una compagine sabbioso-limosa da sciolta a mediamente addensata. I valori delle velocità delle onde di volume all'interno del substrato, mettono in luce anche in questo caso condizioni di intensa fratturazione della compagine e variazioni legate a passaggi litologici tra termini pelitici e calcareo-pelitici. I valori di Vs in media sono pari a 536 m/sec fino a 14 m di profondità, per passare a 747 m/sec nell'intervallo sottostante, fino a 23 m dal piano campagna; quindi passano a oltre 900 m/sec tra 23 e 27 m/sec, per poi ridursi in media a 777 m/sec tra 27 e 35 m di profondità.



Esecuzione indagini in foro SN01_DH e SN02_DH

ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
S.S.67 Tosco-Romagnola Lavori di adeguamento della S.S.67
Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: SN 01 DH

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m




Offset dal foro m: 2.0

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz (Geotomographie Ltd).

| Profondità metri | Tempi di arrivo onde P ed S | | | | Velocità P e S | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------------------------|-------|----------|----------|----------|
| | Tp ms | Ts ms | Tp' ms | Ts' ms | Vp m/s | Vs m/s | γ g/cmc | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 1.0 | 6.50 | 12.00 | 2.91 | 5.37 | 344 | 186 | 2.00 | 0.292 | 179.5 | 69.4 | 144.1 |
| 2.0 | 7.50 | 14.68 | 5.30 | 10.38 | 417 | 199 | 2.00 | 0.352 | 215.1 | 79.6 | 242.2 |
| 3.0 | 8.90 | 18.20 | 7.41 | 15.14 | 476 | 210 | 2.00 | 0.379 | 243.2 | 88.2 | 335.1 |
| 4.0 | 10.80 | 21.95 | 9.66 | 19.63 | 444 | 223 | 2.00 | 0.331 | 264.2 | 99.2 | 261.2 |
| 5.0 | 12.15 | 24.65 | 11.28 | 22.89 | 617 | 307 | 2.00 | 0.335 | 504.2 | 188.9 | 509.2 |
| 6.0 | 13.50 | 27.50 | 12.81 | 26.09 | 655 | 312 | 2.00 | 0.353 | 527.9 | 195.1 | 598.5 |
| 7.0 | 14.90 | 30.30 | 14.33 | 29.13 | 658 | 328 | 2.00 | 0.334 | 575.5 | 215.6 | 578.7 |
| 8.0 | 16.20 | 33.10 | 15.72 | 32.11 | 720 | 336 | 2.00 | 0.361 | 613.9 | 225.6 | 735.0 |
| 9.0 | 16.90 | 35.30 | 16.50 | 34.46 | 1280 | 426 | 2.00 | 0.438 | 1043.4 | 362.9 | 2793.0 |
| 10.0 | 17.65 | 37.40 | 17.31 | 36.67 | 1235 | 452 | 2.00 | 0.423 | 1160.7 | 407.9 | 2506.8 |
| 11.0 | 18.50 | 39.55 | 18.20 | 38.91 | 1118 | 447 | 2.00 | 0.405 | 1121.7 | 399.2 | 1968.2 |
| 12.0 | 19.30 | 41.50 | 19.04 | 40.94 | 1196 | 494 | 2.00 | 0.397 | 1365.1 | 488.6 | 2211.6 |
| 13.0 | 19.94 | 42.95 | 19.71 | 42.45 | 1491 | 660 | 2.00 | 0.378 | 2401.1 | 871.1 | 3284.2 |
| 14.0 | 20.55 | 44.50 | 20.34 | 44.05 | 1574 | 624 | 2.00 | 0.407 | 2192.0 | 779.1 | 3916.0 |
| 15.0 | 21.20 | 46.20 | 21.01 | 45.79 | 1491 | 574 | 2.00 | 0.413 | 1862.6 | 659.1 | 3569.0 |
| 16.0 | 21.90 | 48.00 | 21.73 | 47.63 | 1395 | 545 | 2.00 | 0.410 | 1675.6 | 594.2 | 3099.7 |
| 17.0 | 22.50 | 49.50 | 22.35 | 49.16 | 1626 | 653 | 2.00 | 0.404 | 2393.8 | 852.6 | 4151.0 |
| 18.0 | 23.10 | 51.00 | 22.96 | 50.69 | 1632 | 655 | 2.00 | 0.404 | 2408.2 | 857.6 | 4182.0 |
| 19.0 | 23.80 | 52.70 | 23.67 | 52.41 | 1407 | 581 | 2.00 | 0.397 | 1884.3 | 674.2 | 3062.8 |
| 20.0 | 24.55 | 54.50 | 24.43 | 54.23 | 1318 | 550 | 2.00 | 0.395 | 1685.8 | 604.4 | 2666.5 |
| 21.0 | 25.20 | 56.00 | 25.09 | 55.75 | 1519 | 659 | 2.00 | 0.384 | 2402.1 | 867.7 | 3457.9 |
| 22.0 | 25.90 | 57.65 | 25.79 | 57.41 | 1414 | 600 | 2.00 | 0.390 | 2004.5 | 721.0 | 3038.2 |
| 23.0 | 26.50 | 59.00 | 26.40 | 58.78 | 1648 | 733 | 2.00 | 0.377 | 2956.1 | 1073.5 | 4001.5 |
| 24.0 | 27.10 | 60.35 | 27.01 | 60.14 | 1650 | 733 | 2.00 | 0.377 | 2963.1 | 1076.0 | 4011.1 |
| 25.0 | 27.65 | 61.65 | 27.56 | 61.45 | 1800 | 762 | 2.00 | 0.391 | 3231.2 | 1161.7 | 4931.2 |
| 26.0 | 28.20 | 63.10 | 28.12 | 62.91 | 1802 | 685 | 2.00 | 0.416 | 2654.7 | 937.7 | 5242.9 |
| 27.0 | 28.75 | 64.20 | 28.67 | 64.02 | 1803 | 901 | 2.00 | 0.334 | 4327.0 | 1621.9 | 4341.9 |
| 28.0 | 29.20 | 65.20 | 29.13 | 65.03 | 2201 | 990 | 2.00 | 0.373 | 5387.0 | 1961.7 | 7072.9 |
| 29.0 | 29.75 | 66.30 | 29.68 | 66.14 | 1806 | 902 | 2.00 | 0.334 | 4341.2 | 1627.4 | 4353.4 |
| 30.0 | 30.25 | 67.35 | 30.18 | 67.20 | 1986 | 945 | 2.00 | 0.354 | 4837.5 | 1786.9 | 5506.6 |
| 31.0 | 30.70 | 68.20 | 30.64 | 68.06 | 2206 | 1166 | 2.00 | 0.306 | 7102.6 | 2718.8 | 6107.9 |
| 32.0 | 31.20 | 69.30 | 31.14 | 69.17 | 1988 | 904 | 2.00 | 0.370 | 4475.0 | 1633.4 | 5729.1 |
| 33.0 | 31.80 | 70.50 | 31.74 | 70.37 | 1660 | 829 | 2.00 | 0.334 | 3668.8 | 1375.5 | 3675.3 |
| 34.0 | 32.25 | 71.35 | 32.19 | 71.23 | 2210 | 1168 | 2.00 | 0.306 | 7129.4 | 2729.5 | 6124.5 |
| 35.0 | 32.65 | 72.20 | 32.60 | 72.08 | 2485 | 1169 | 2.00 | 0.358 | 7420.8 | 2732.5 | 8703.4 |

Vseq = 413

Litologia prevalente

| | |
|---|-----------------------------------|
|  | Sabbie limose |
|  | Sabbie e sabbie limose con ghiaie |
|  | Siltiti marnose calcaree |

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

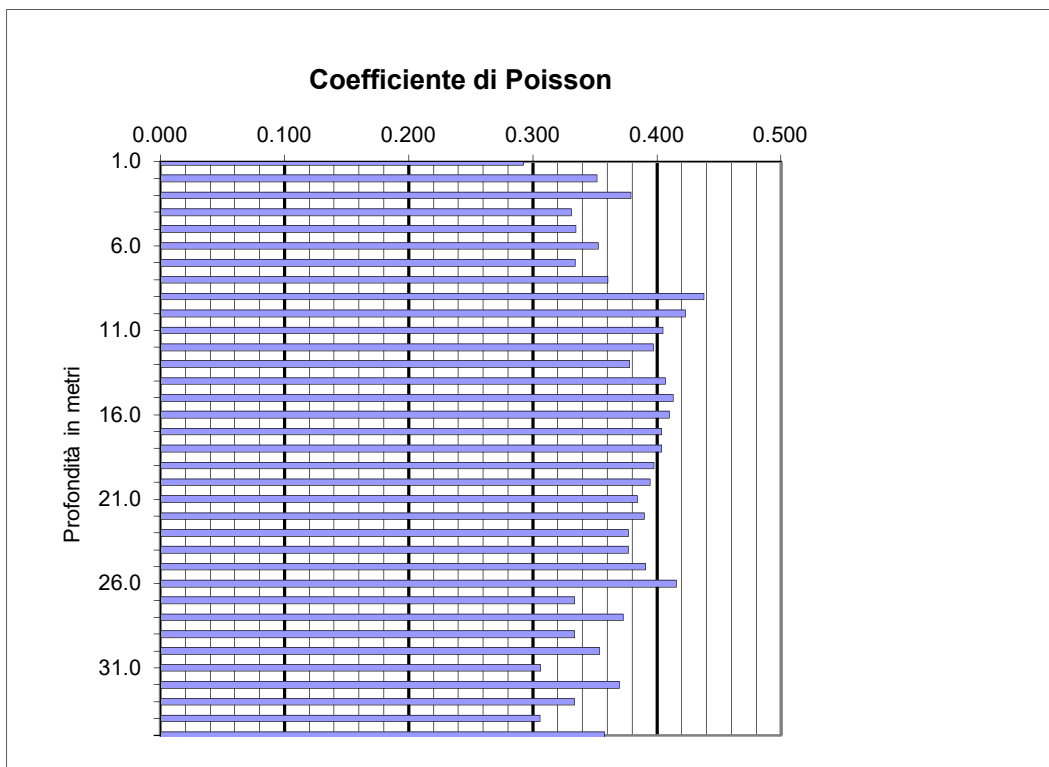
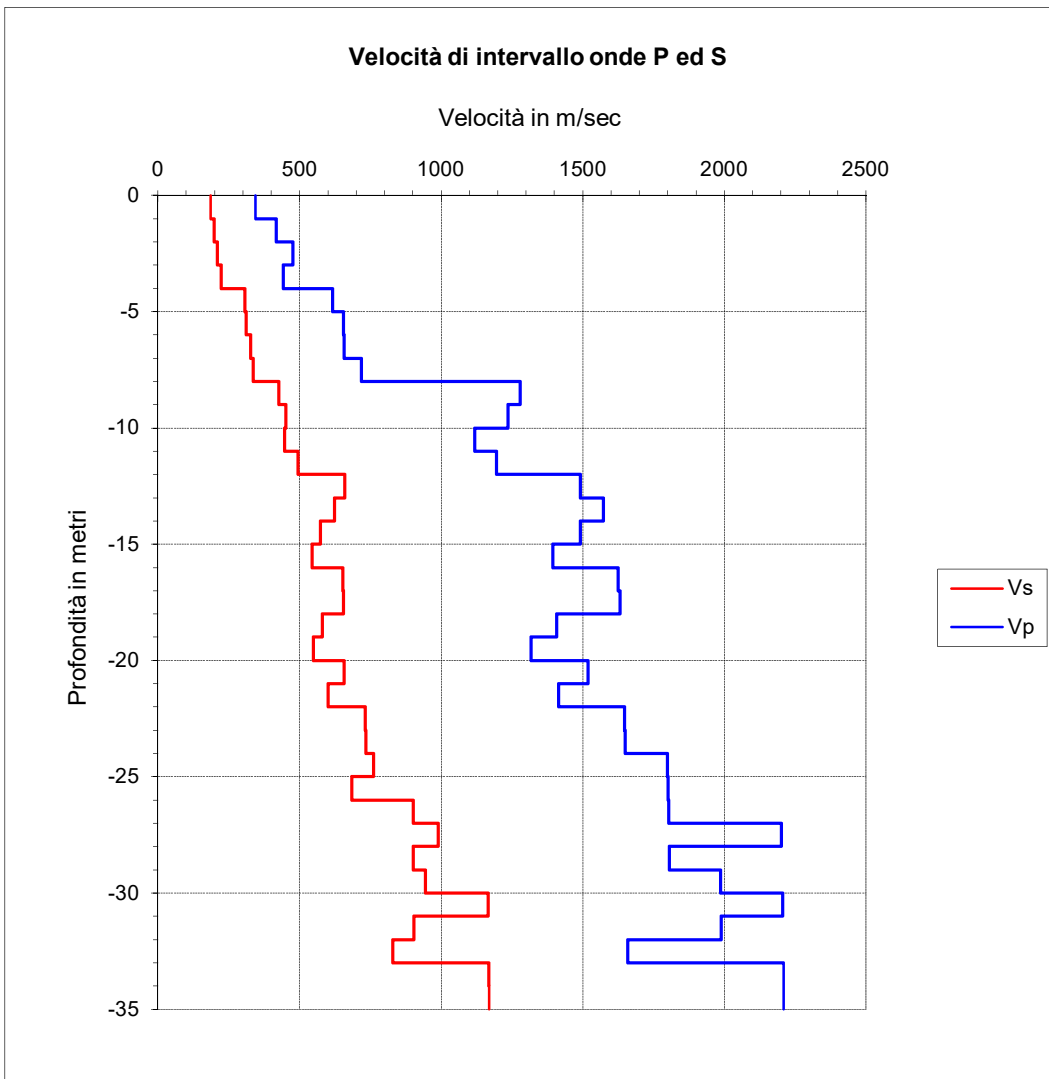
ν : Coefficiente di Poisson

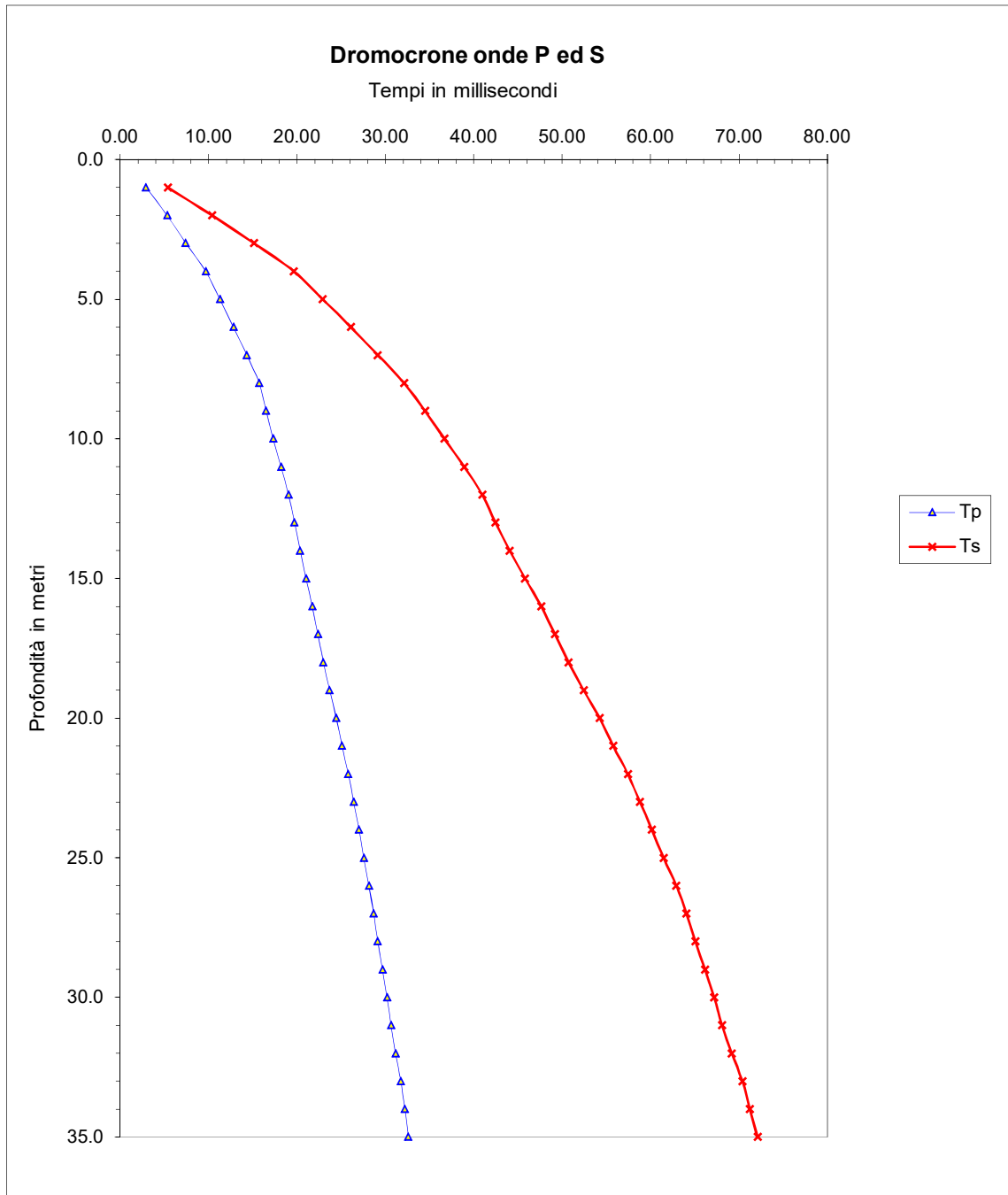
E: Modulo di Young

G: Modulo di taglio

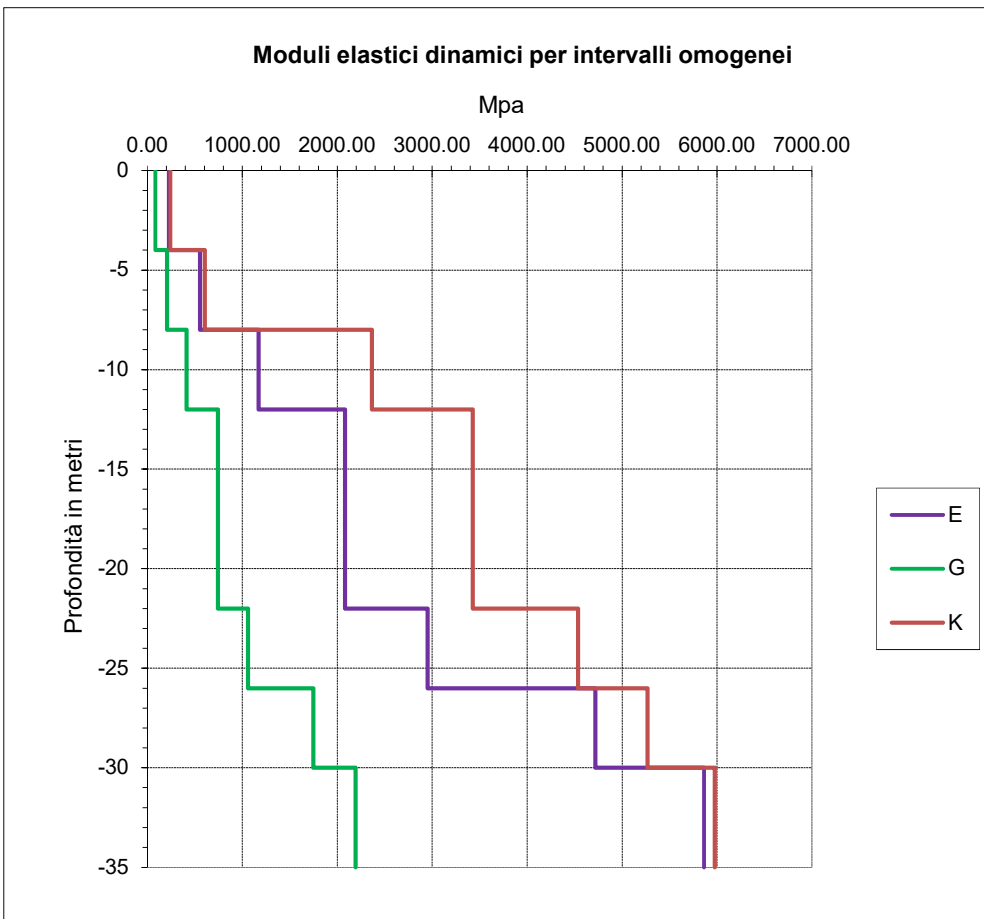
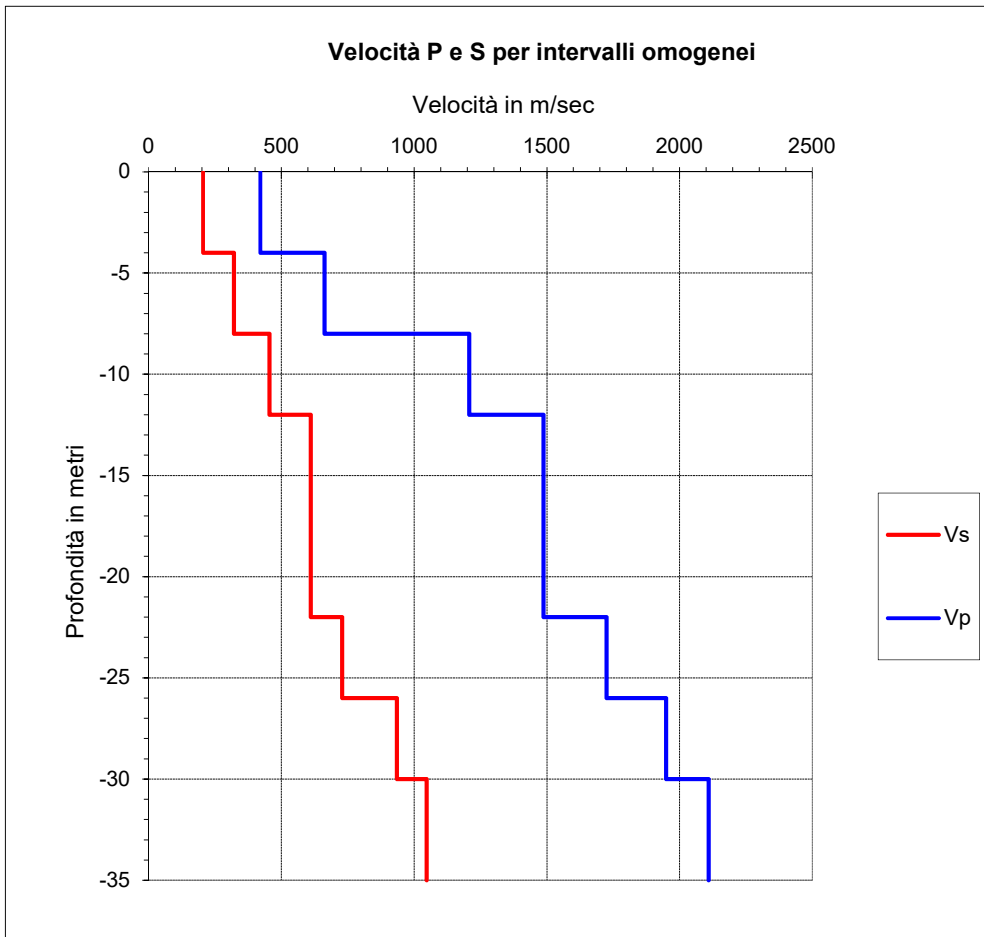
γ : Peso di Volume

K: Modulo di incompressibilità





| Intervalli omogenei di velocità | | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------|---------|---------|--------|
| Intervalli misure | Vp m/sec | Vs m/sec | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 0 - 4 | 420 | 205 | 2.00 | 0.34 | 225.18 | 83.74 | 241.4 |
| 4 - 8 | 662 | 321 | 2.00 | 0.35 | 554.88 | 206.02 | 603.0 |
| 8 - 12 | 1207 | 455 | 2.00 | 0.42 | 1171.89 | 413.40 | 2364.5 |
| 12 - 22 | 1487 | 610 | 2.00 | 0.40 | 2082.20 | 744.30 | 3428.3 |
| 22 - 26 | 1725 | 728 | 2.00 | 0.39 | 2951.95 | 1060.66 | 4537.2 |
| 26 - 30 | 1949 | 935 | 2.00 | 0.35 | 4718.84 | 1746.76 | 5269.1 |
| 30 - 35 | 2110 | 1047 | 2.00 | 0.34 | 5862.74 | 2193.30 | 5976.7 |



ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
S.S.67 Tosco-Romagnola Lavori di adeguamento della S.S.67
Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: SN 02 DH

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec




Intervallo di misura: 1.0 m

Offset dal foro m: 2.0

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz (Geotomographie Ltd).

| Profondità metri | Tempi di arrivo onde P ed S | | | | Velocità P e S | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-------------------------------|-------|----------|----------|----------|
| | Tp ms | Ts ms | Tp' ms | Ts' ms | Vp m/s | Vs m/s | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 1.0 | 5.00 | 9.00 | 2.24 | 4.02 | 447 | 248 | 2.00 | 0.277 | 315.3 | 123.5 | 235.4 |
| 2.0 | 5.50 | 10.20 | 3.89 | 7.21 | 605 | 314 | 2.00 | 0.316 | 518.1 | 196.8 | 469.5 |
| 3.0 | 6.40 | 12.00 | 5.33 | 9.98 | 696 | 361 | 2.00 | 0.317 | 685.3 | 260.3 | 622.8 |
| 4.0 | 7.45 | 14.15 | 6.66 | 12.66 | 747 | 374 | 2.00 | 0.332 | 746.8 | 280.2 | 742.9 |
| 5.0 | 8.80 | 16.55 | 8.17 | 15.37 | 664 | 369 | 2.00 | 0.276 | 695.0 | 272.3 | 517.5 |
| 6.0 | 10.20 | 19.20 | 9.68 | 18.21 | 664 | 351 | 2.00 | 0.306 | 643.9 | 246.5 | 553.2 |
| 7.0 | 11.50 | 21.65 | 11.06 | 20.82 | 724 | 384 | 2.00 | 0.304 | 770.2 | 295.3 | 655.0 |
| 8.0 | 12.85 | 24.10 | 12.47 | 23.38 | 710 | 390 | 2.00 | 0.284 | 781.4 | 304.4 | 601.9 |
| 9.0 | 14.20 | 26.70 | 13.86 | 26.06 | 717 | 373 | 2.00 | 0.315 | 730.1 | 277.7 | 656.7 |
| 10.0 | 15.45 | 29.80 | 15.15 | 29.22 | 776 | 317 | 2.00 | 0.400 | 561.9 | 200.7 | 937.8 |
| 11.0 | 16.50 | 32.65 | 16.23 | 32.12 | 923 | 345 | 2.00 | 0.419 | 673.9 | 237.5 | 1385.8 |
| 12.0 | 17.60 | 36.00 | 17.36 | 35.51 | 888 | 295 | 2.00 | 0.438 | 501.4 | 174.4 | 1343.1 |
| 13.0 | 18.80 | 39.50 | 18.58 | 39.04 | 819 | 283 | 2.00 | 0.432 | 459.6 | 160.5 | 1127.9 |
| 14.0 | 20.00 | 42.00 | 19.80 | 41.58 | 821 | 394 | 2.00 | 0.350 | 839.1 | 310.7 | 934.8 |
| 15.0 | 21.10 | 44.20 | 20.91 | 43.81 | 896 | 448 | 2.00 | 0.334 | 1068.7 | 400.6 | 1071.9 |
| 16.0 | 22.20 | 46.60 | 22.03 | 46.24 | 898 | 412 | 2.00 | 0.367 | 927.5 | 339.3 | 1160.2 |
| 17.0 | 23.20 | 48.90 | 23.04 | 48.57 | 988 | 430 | 2.00 | 0.383 | 1023.4 | 370.0 | 1457.5 |
| 18.0 | 24.15 | 51.00 | 24.00 | 50.69 | 1040 | 471 | 2.00 | 0.371 | 1216.8 | 443.7 | 1573.1 |
| 19.0 | 25.00 | 53.10 | 24.86 | 52.81 | 1162 | 472 | 2.00 | 0.401 | 1247.1 | 444.9 | 2108.8 |
| 20.0 | 25.80 | 55.00 | 25.67 | 54.73 | 1236 | 521 | 2.00 | 0.392 | 1512.1 | 543.2 | 2329.1 |
| 21.0 | 26.65 | 57.00 | 26.53 | 56.74 | 1166 | 496 | 2.00 | 0.389 | 1367.2 | 492.0 | 2060.8 |
| 22.0 | 27.50 | 58.85 | 27.39 | 58.61 | 1167 | 536 | 2.00 | 0.366 | 1570.9 | 575.0 | 1955.8 |
| 23.0 | 28.20 | 60.70 | 28.09 | 60.47 | 1415 | 537 | 2.00 | 0.416 | 1631.0 | 575.9 | 3234.2 |
| 24.0 | 29.00 | 62.55 | 28.90 | 62.33 | 1241 | 537 | 2.00 | 0.385 | 1597.4 | 576.8 | 2310.8 |
| 25.0 | 29.80 | 64.50 | 29.71 | 64.29 | 1242 | 510 | 2.00 | 0.399 | 1455.2 | 520.3 | 2390.5 |
| 26.0 | 30.50 | 66.30 | 30.41 | 66.10 | 1418 | 552 | 2.00 | 0.411 | 1722.0 | 610.4 | 3209.3 |
| 27.0 | 31.05 | 67.50 | 30.97 | 67.32 | 1802 | 826 | 2.00 | 0.367 | 3729.5 | 1364.1 | 4674.2 |
| 28.0 | 31.70 | 68.90 | 31.62 | 68.72 | 1528 | 710 | 2.00 | 0.363 | 2744.2 | 1006.9 | 3329.5 |
| 29.0 | 32.20 | 70.10 | 32.12 | 69.93 | 1983 | 827 | 2.00 | 0.395 | 3816.8 | 1368.3 | 6041.1 |
| 30.0 | 32.80 | 71.35 | 32.73 | 71.19 | 1657 | 795 | 2.00 | 0.350 | 3412.9 | 1263.6 | 3803.7 |
| 31.0 | 33.40 | 72.62 | 33.33 | 72.47 | 1657 | 783 | 2.00 | 0.356 | 3325.2 | 1225.7 | 3859.7 |
| 32.0 | 34.00 | 74.00 | 33.93 | 73.86 | 1658 | 721 | 2.00 | 0.383 | 2878.2 | 1040.3 | 4111.9 |
| 33.0 | 34.60 | 75.20 | 34.54 | 75.06 | 1659 | 829 | 2.00 | 0.334 | 3665.3 | 1374.2 | 3671.0 |
| 34.0 | 35.15 | 76.45 | 35.09 | 76.32 | 1809 | 796 | 2.00 | 0.380 | 3499.9 | 1268.2 | 4855.9 |
| 35.0 | 35.70 | 77.60 | 35.64 | 77.47 | 1810 | 865 | 2.00 | 0.352 | 4049.5 | 1497.8 | 4554.5 |
| | | | | | Vseq = | 421 | | | | | |

Litologia prevalente

| | |
|---|----------------------------|
|  | Sabbie fini |
|  | Ghiaie in matrice sabbiosa |
|  | Siltiti marnose calcaree |

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

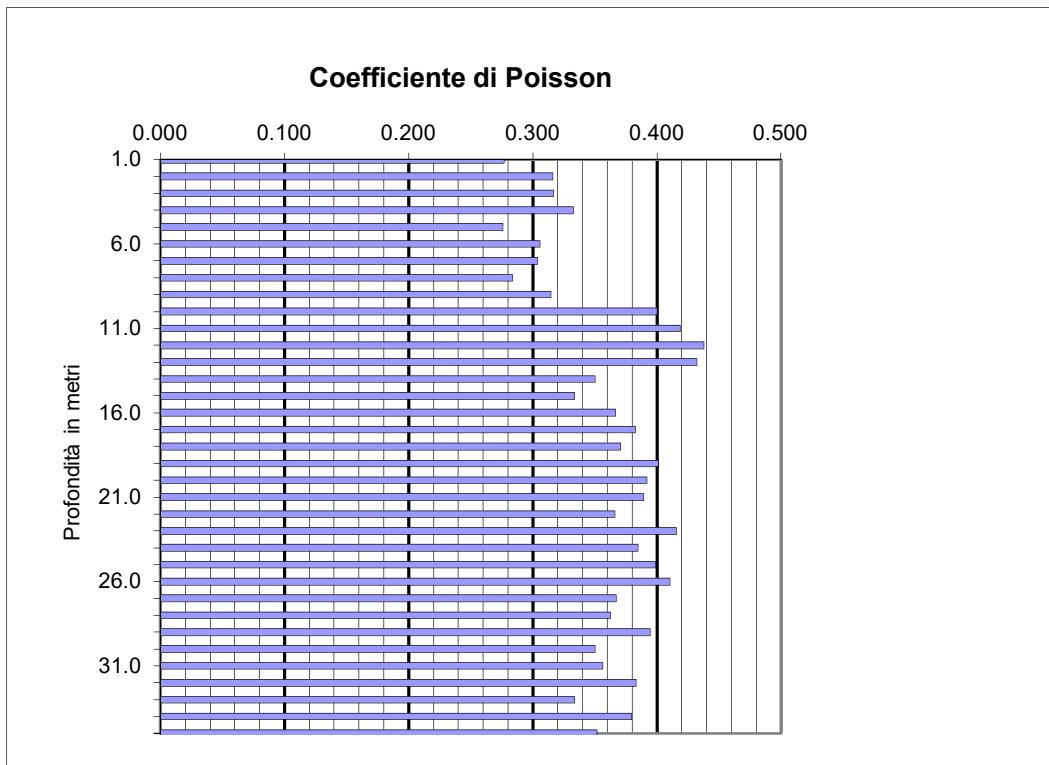
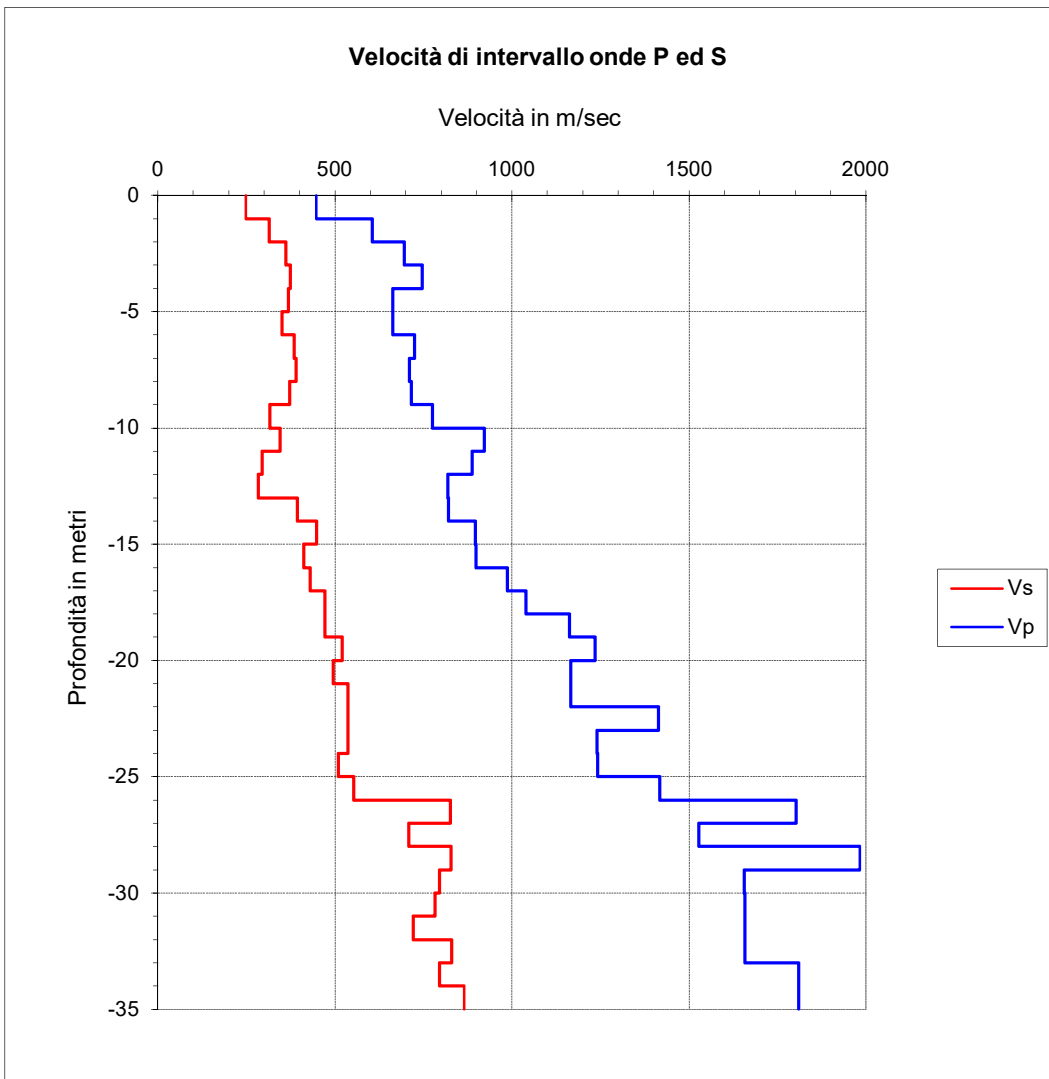
ν : Coefficiente di Poisson

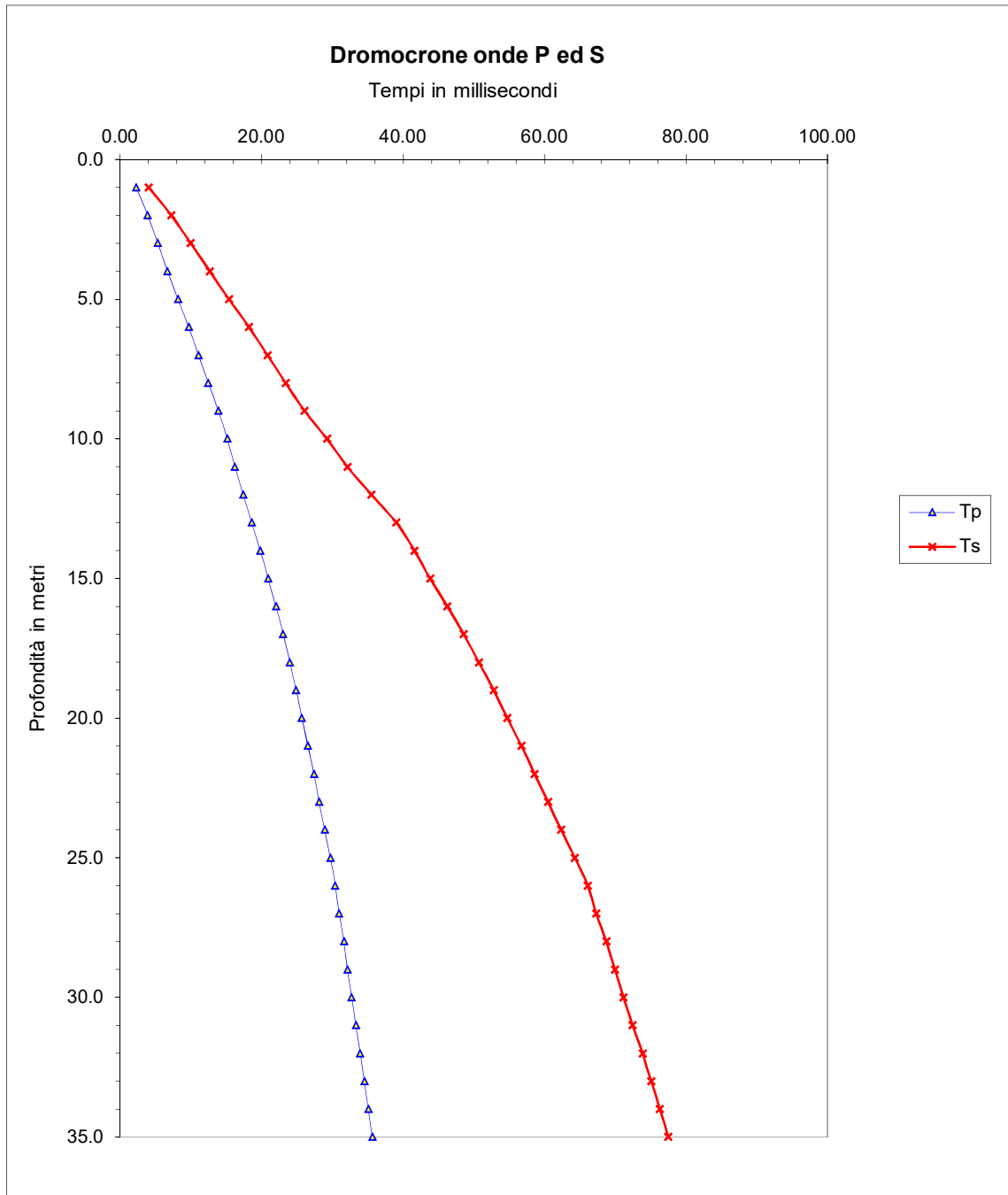
E: Modulo di Young

G: Modulo di taglio

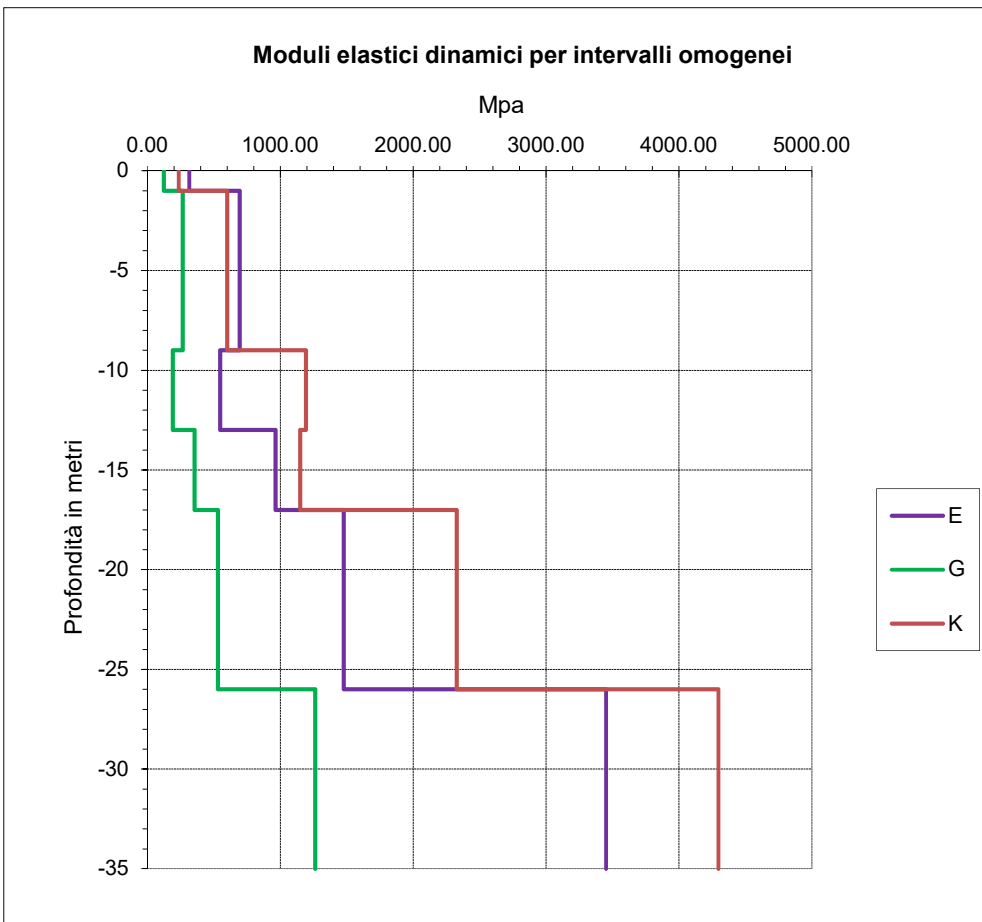
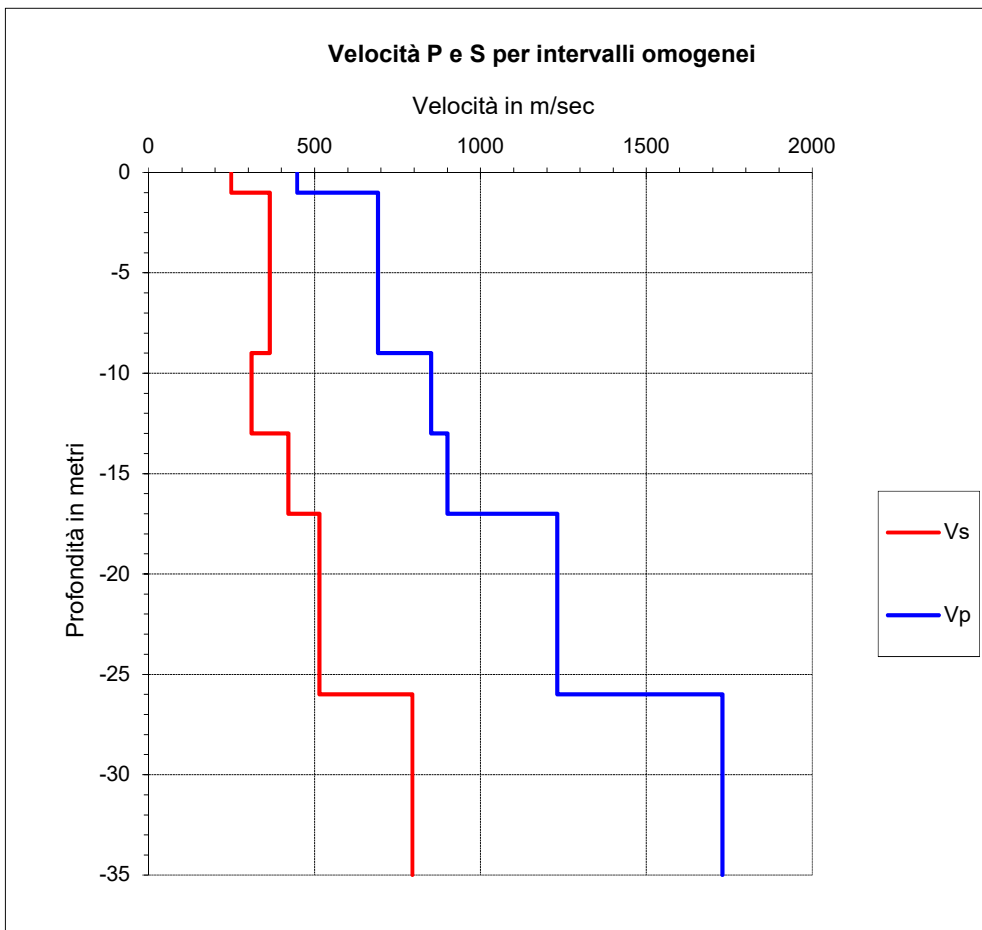
γ : Peso di Volume

K: Modulo di incompressibilità





| Intervalli omogenei di velocità | | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|-------|----------|----------|----------|
| Intervalli misure | Vp m/sec | Vs m/sec | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 0 - 1 | 447 | 248 | 2.00 | 0.28 | 315.26 | 123.46 | 235.4 |
| 1 - 9 | 691 | 364 | 2.00 | 0.31 | 694.58 | 265.69 | 600.2 |
| 9 - 13 | 851 | 310 | 2.00 | 0.42 | 547.09 | 192.15 | 1193.6 |
| 13 - 17 | 901 | 421 | 2.00 | 0.36 | 964.05 | 354.35 | 1150.2 |
| 17 - 26 | 1232 | 515 | 2.00 | 0.39 | 1477.33 | 529.79 | 2328.3 |
| 26 - 35 | 1729 | 795 | 2.00 | 0.37 | 3450.95 | 1263.03 | 4296.7 |



ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
S.S.67 Tosco-Romagnola Lavori di adeguamento della S.S.67
Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: SN 03 DH

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec





Intervallo di misura: 1.0 m

Offset dal foro m: 2.0

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz (Geotomographie Ltd).

| Profondità metri | Tempi di arrivo onde P ed S | | | | Velocità P e S | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-------------------------------|-------|----------|----------|----------|
| | Tp ms | Ts ms | Tp' ms | Ts' ms | Vp m/s | Vs m/s | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 1.0 | 6.80 | 14.00 | 3.04 | 6.26 | 329 | 160 | 2.00 | 0.346 | 137.3 | 51.0 | 148.2 |
| 2.0 | 8.00 | 17.00 | 5.66 | 12.02 | 382 | 174 | 2.00 | 0.370 | 165.2 | 60.3 | 211.9 |
| 3.0 | 9.50 | 21.50 | 7.90 | 17.89 | 445 | 170 | 2.00 | 0.414 | 164.2 | 58.1 | 318.5 |
| 4.0 | 11.30 | 25.80 | 10.11 | 23.08 | 454 | 193 | 2.00 | 0.390 | 206.6 | 74.3 | 313.2 |
| 5.0 | 13.30 | 31.00 | 12.35 | 28.78 | 446 | 175 | 2.00 | 0.409 | 173.0 | 61.4 | 316.1 |
| 6.0 | 15.55 | 36.30 | 14.75 | 34.44 | 416 | 177 | 2.00 | 0.390 | 173.9 | 62.6 | 262.9 |
| 7.0 | 17.60 | 41.00 | 16.92 | 39.42 | 461 | 201 | 2.00 | 0.383 | 222.6 | 80.5 | 317.1 |
| 8.0 | 19.50 | 46.00 | 18.92 | 44.63 | 501 | 192 | 2.00 | 0.414 | 208.8 | 73.8 | 404.1 |
| 9.0 | 21.40 | 50.80 | 20.89 | 49.59 | 507 | 201 | 2.00 | 0.406 | 228.3 | 81.2 | 405.7 |
| 10.0 | 23.00 | 55.30 | 22.55 | 54.23 | 601 | 216 | 2.00 | 0.426 | 265.4 | 93.1 | 599.1 |
| 11.0 | 24.00 | 57.50 | 23.61 | 56.57 | 944 | 426 | 2.00 | 0.372 | 996.8 | 363.3 | 1297.2 |
| 12.0 | 24.65 | 58.90 | 24.31 | 58.10 | 1425 | 655 | 2.00 | 0.366 | 2346.0 | 858.8 | 2916.5 |
| 13.0 | 25.30 | 60.60 | 25.01 | 59.90 | 1447 | 557 | 2.00 | 0.413 | 1751.0 | 619.5 | 3360.3 |
| 14.0 | 25.90 | 62.50 | 25.64 | 61.87 | 1578 | 506 | 2.00 | 0.443 | 1477.2 | 512.0 | 4294.8 |
| 15.0 | 26.35 | 64.00 | 26.12 | 63.44 | 2087 | 638 | 2.00 | 0.448 | 2360.2 | 814.8 | 7624.5 |
| 16.0 | 26.90 | 65.50 | 26.69 | 64.99 | 1744 | 643 | 2.00 | 0.421 | 2349.4 | 826.5 | 4980.6 |
| 17.0 | 27.40 | 66.85 | 27.21 | 66.39 | 1923 | 715 | 2.00 | 0.420 | 2906.0 | 1023.5 | 6030.4 |
| 18.0 | 27.95 | 68.00 | 27.78 | 67.58 | 1765 | 839 | 2.00 | 0.354 | 3811.8 | 1407.7 | 4350.2 |
| 19.0 | 28.50 | 69.20 | 28.34 | 68.82 | 1772 | 809 | 2.00 | 0.368 | 3584.3 | 1309.8 | 4533.1 |
| 20.0 | 29.00 | 70.50 | 28.86 | 70.15 | 1951 | 752 | 2.00 | 0.413 | 3193.1 | 1130.1 | 6102.6 |
| 21.0 | 29.45 | 71.60 | 29.32 | 71.28 | 2168 | 887 | 2.00 | 0.399 | 4404.6 | 1573.7 | 7301.9 |
| 22.0 | 29.90 | 73.00 | 29.78 | 72.70 | 2175 | 703 | 2.00 | 0.442 | 2848.9 | 988.1 | 8139.9 |
| 23.0 | 30.50 | 74.34 | 30.39 | 74.06 | 1644 | 735 | 2.00 | 0.375 | 2972.5 | 1080.8 | 3966.9 |
| 24.0 | 30.90 | 75.40 | 30.79 | 75.14 | 2451 | 927 | 2.00 | 0.417 | 4866.9 | 1717.8 | 9728.6 |
| 25.0 | 31.30 | 76.40 | 31.20 | 76.16 | 2457 | 983 | 2.00 | 0.405 | 5430.9 | 1933.2 | 9492.9 |
| 26.0 | 31.65 | 77.34 | 31.56 | 77.11 | 2805 | 1047 | 2.00 | 0.419 | 6217.6 | 2190.6 | 12819.7 |
| 27.0 | 32.10 | 78.40 | 32.01 | 78.19 | 2195 | 931 | 2.00 | 0.390 | 4824.6 | 1735.2 | 7325.0 |
| 28.0 | 32.70 | 79.70 | 32.62 | 79.50 | 1654 | 762 | 2.00 | 0.365 | 3173.8 | 1162.5 | 3921.3 |
| 29.0 | 33.30 | 81.00 | 33.22 | 80.81 | 1655 | 763 | 2.00 | 0.365 | 3178.9 | 1164.4 | 3926.3 |
| 30.0 | 33.85 | 82.25 | 33.78 | 82.07 | 1805 | 794 | 2.00 | 0.380 | 3478.6 | 1260.2 | 4837.6 |
| 31.0 | 34.45 | 83.55 | 34.38 | 83.38 | 1657 | 764 | 2.00 | 0.365 | 3187.3 | 1167.5 | 3934.6 |
| 32.0 | 35.00 | 84.75 | 34.93 | 84.58 | 1807 | 828 | 2.00 | 0.367 | 3746.2 | 1369.9 | 4706.1 |
| 33.0 | 35.55 | 86.00 | 35.48 | 85.84 | 1808 | 795 | 2.00 | 0.380 | 3490.9 | 1264.7 | 4852.6 |
| 34.0 | 36.15 | 87.40 | 36.09 | 87.25 | 1659 | 711 | 2.00 | 0.388 | 2804.9 | 1010.7 | 4157.7 |
| 35.0 | 36.65 | 88.65 | 36.59 | 88.51 | 1989 | 796 | 2.00 | 0.405 | 3559.3 | 1266.9 | 6225.4 |

Litologia prevalente

| | |
|---|--|
|  | Sabbie, sabbie limose con rara ghiaia |
|  | Calcere marnoso |
|  | Alternanze argilliti e argilliti marnose |
|  | Siltite marnosa fratturata prevalente |

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

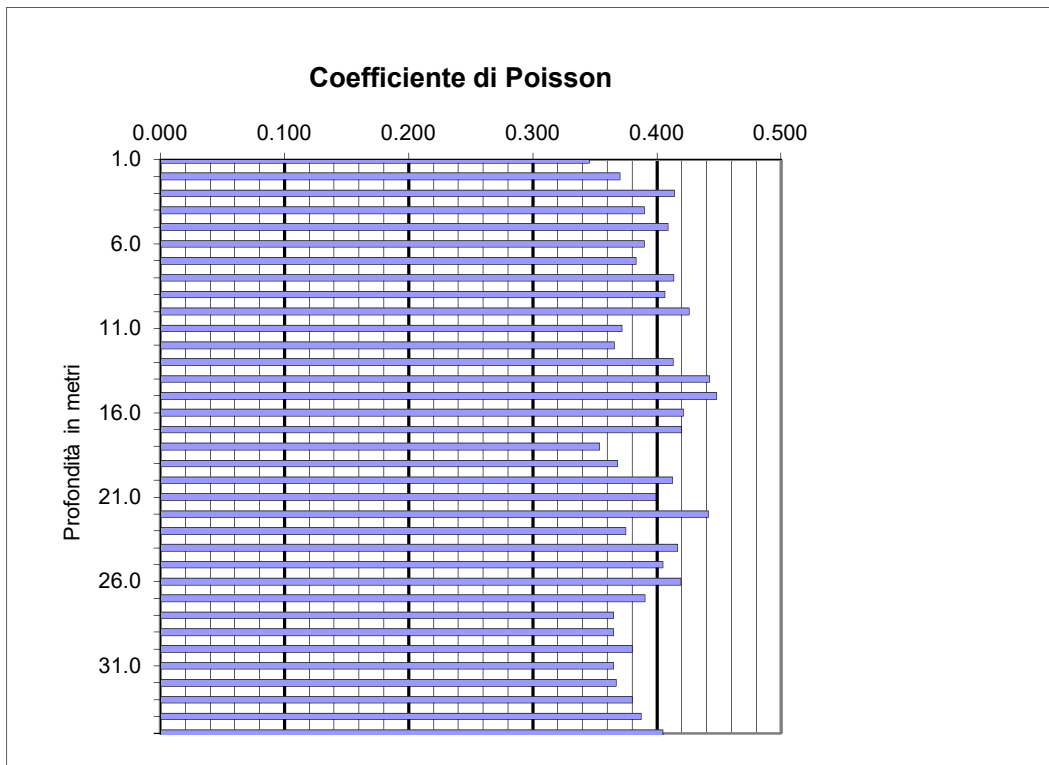
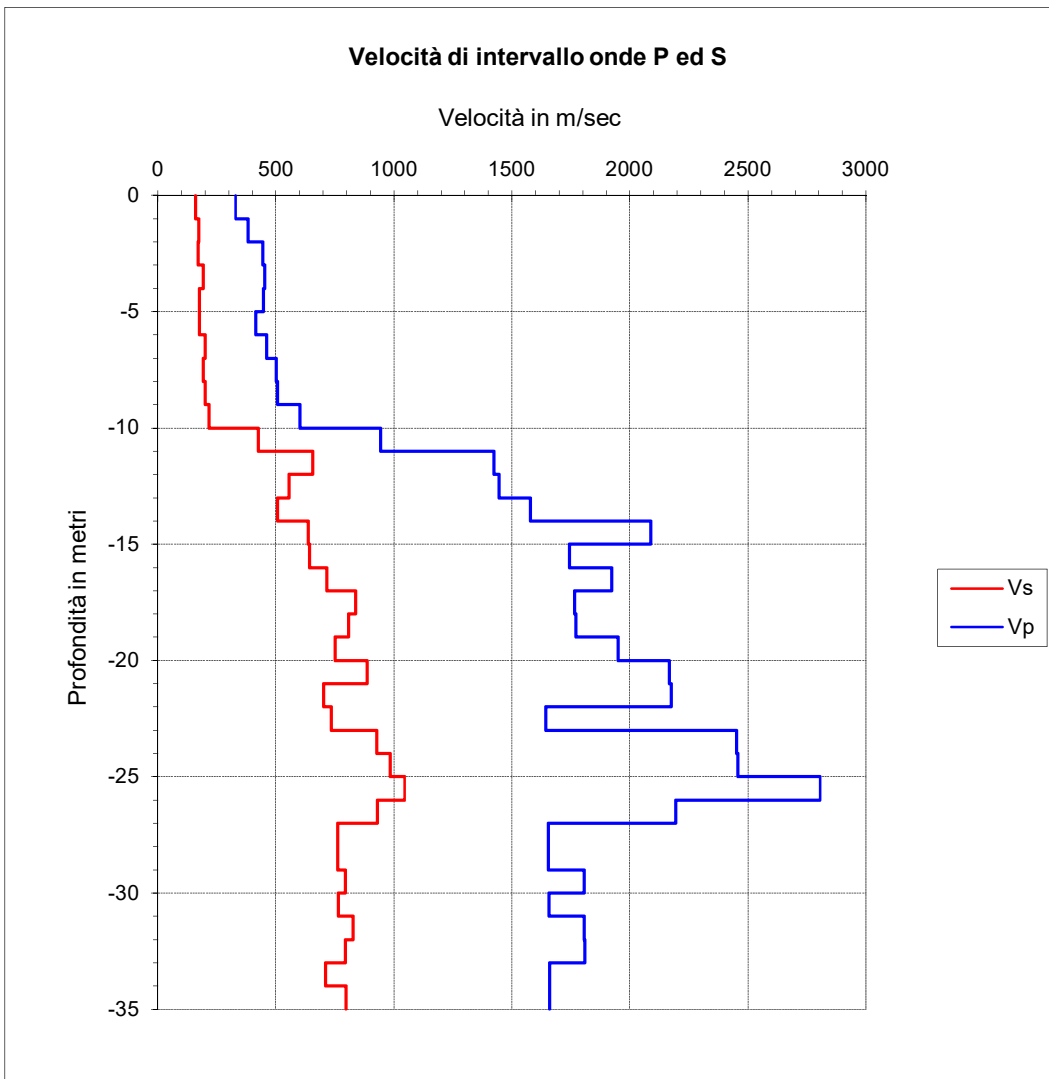
ν : Coefficiente di Poisson

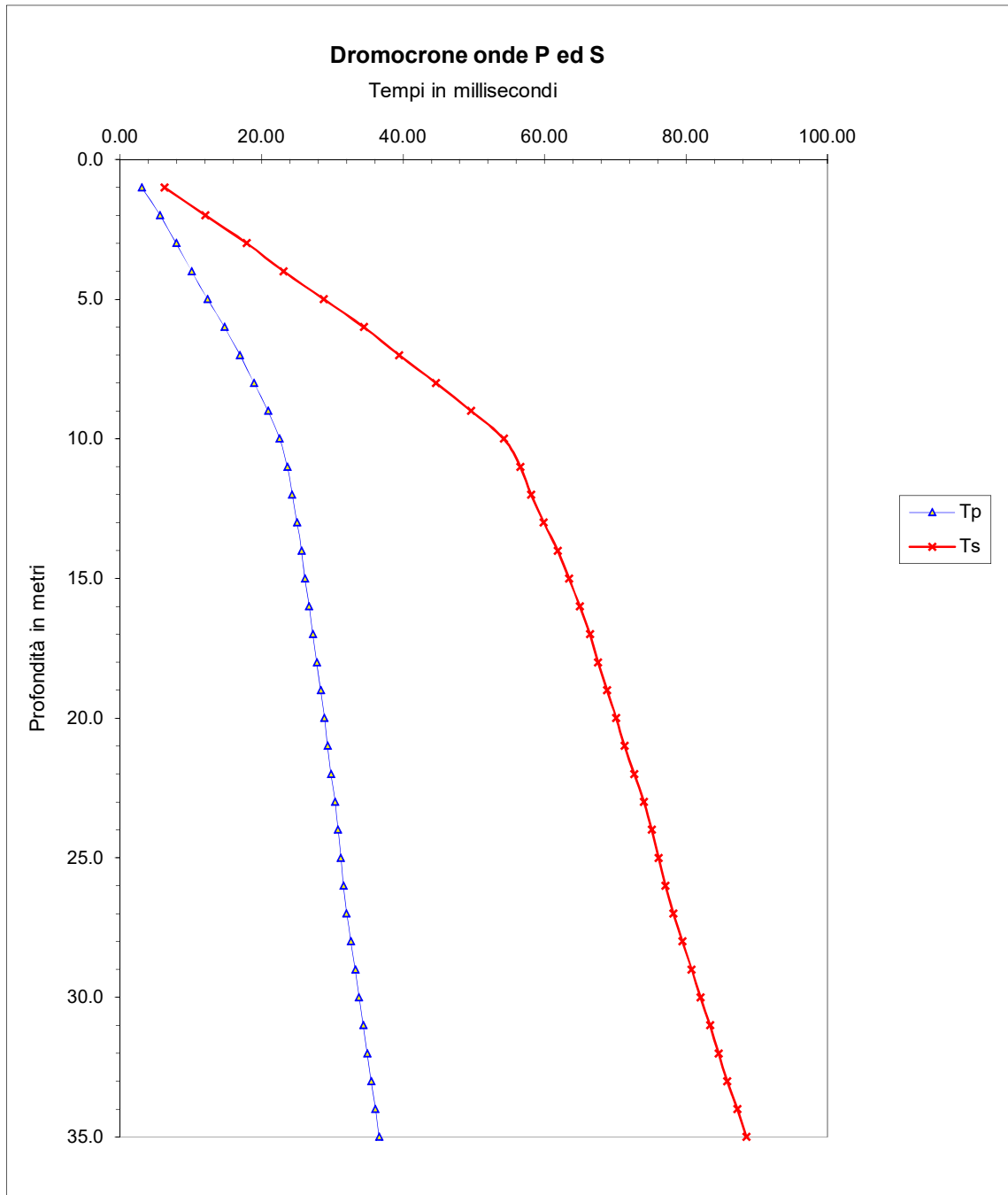
E: Modulo di Young

G: Modulo di taglio

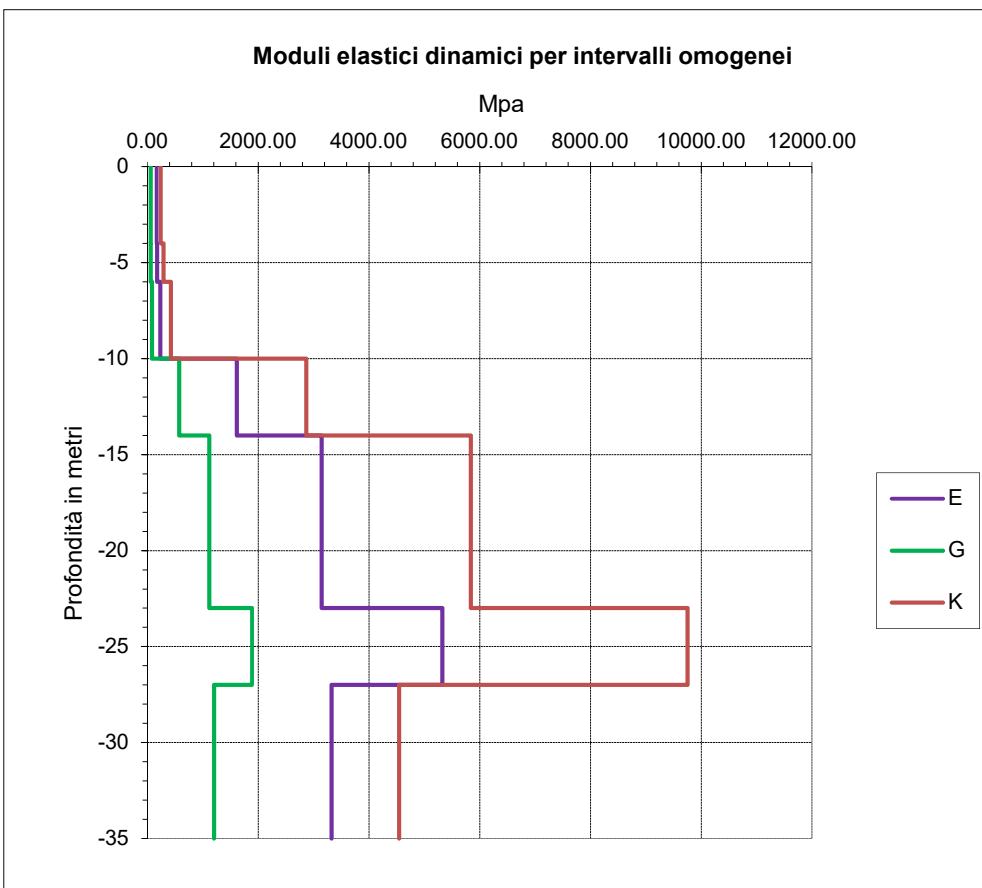
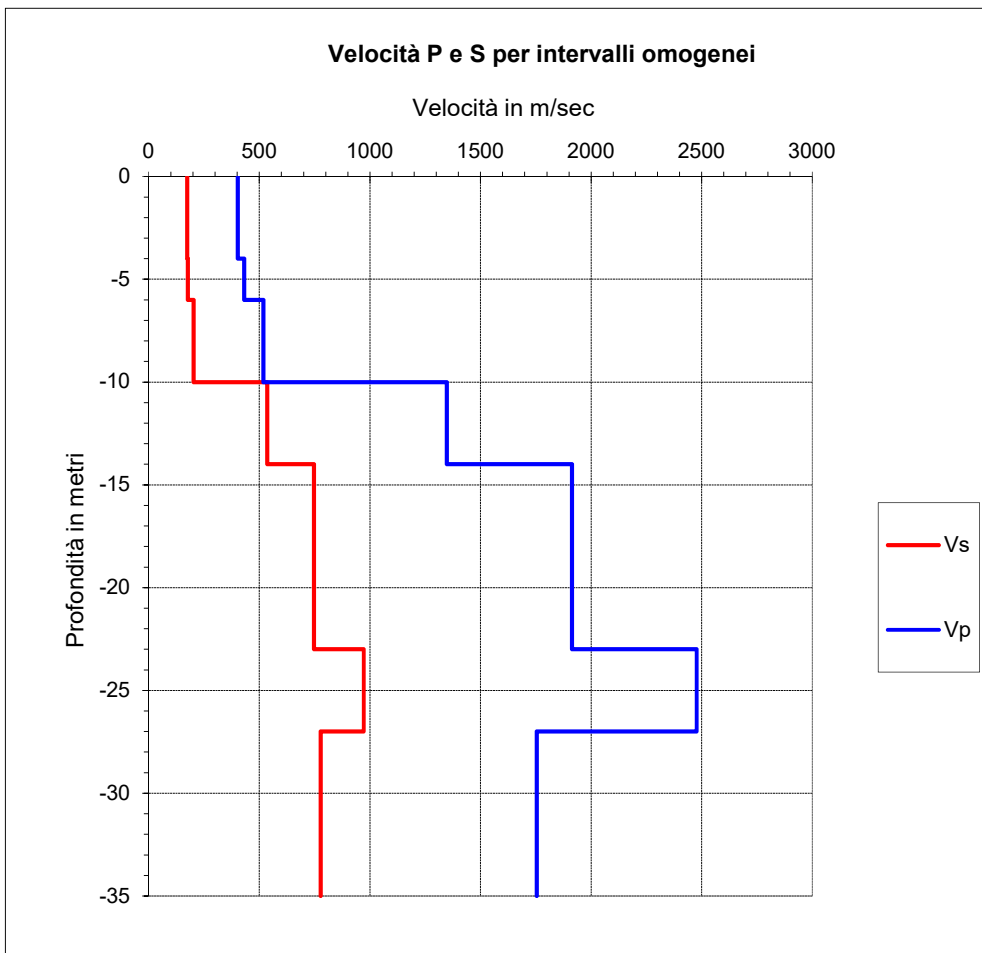
γ : Peso di Volume

K: Modulo di incompressibilità





| Intervalli omogenei di velocità | | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------------------|----------|----------|----------------------------|-------|---------|---------|--------|
| Intervalli misure | Vp m/sec | Vs m/sec | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 0 - 4 | 403 | 174 | 2.00 | 0.38 | 167.97 | 60.64 | 243.2 |
| 4 - 6 | 431 | 176 | 2.00 | 0.40 | 173.55 | 61.98 | 289.0 |
| 6 - 10 | 518 | 202 | 2.00 | 0.41 | 231.17 | 82.00 | 426.4 |
| 10 - 14 | 1348 | 536 | 2.00 | 0.41 | 1615.88 | 574.57 | 2869.7 |
| 14 - 23 | 1914 | 747 | 2.00 | 0.41 | 3146.16 | 1115.48 | 5840.9 |
| 23 - 27 | 2477 | 972 | 2.00 | 0.41 | 5324.66 | 1889.50 | 9753.7 |
| 27 - 35 | 1754 | 777 | 2.00 | 0.38 | 3324.73 | 1206.23 | 4547.5 |



TRATTO CENTRALE

Il tratto centrale comprende le indagini in foro (Down Hole) sulle perforazioni SN09_DH, SN10_DH, SN11_DH e SN12_DH, quindi le indagini di sismica a rifrazione in onde P ed S relative alle basi B1, B2, B3, B4, B5, B6 e B7. Il loro allineamento si sviluppa sull'attraversamento di un corso d'acqua secondario (Torrente Argomenna), tributario in destra idrografica del Fiume Sieve.

Il contesto litostratigrafico è caratterizzato dalla presenza di alluvioni di fondovalle, poggianti su un substrato costituito da alternanze arenaceo-pelitiche appartenenti all'unità di Monte Cervarola e, soprattutto, dai terreni appartenenti alla Formazione delle Marne di Galica, in zona costituite da silti, silti marnose fino a calcaree. Sui versanti sono presenti coltri eluvio-colluviali di spessore variabile.

Le prospezioni in foro SN09_DH e SN12_DH, ricadenti rispettivamente sui versanti meridionale e settentrionale della vallecchia, sono caratterizzate da valori delle velocità delle onde di volume che indicano la presenza di terreni a medio addensamento/consistenza fino a 5-6 m di profondità, attribuibili alle coltri di alterazione e colluviali giacenti sul substrato pelitico-calcareo. Al di sotto dei 6 m si osserva un netto aumento della velocità sia delle onde di compressione che di quelle di taglio, comunque caratterizzate da una certa variabilità. La velocità delle onde di taglio oscilla tra 900 e 1200 m/sec fino a circa 20 m di profondità nella prospezione SN12_DH, per poi passare a valori oscillanti tra 1200 e 1400 m/sec più in profondità. La variabilità è presumibilmente da associare allo stato di fratturazione dell'ammasso, ma anche alla presenza della componente calcarea che ha l'effetto di rendere più rigida la compagine con il suo aumento, che determina una leggera diminuzione anche del coefficiente di poisson.

Le due prospezioni ricadenti nel fondovalle, a lato dell'aveo attuale del Torrente Argomenna, mettono in luce la presenza di depositi alluvionali eterometrici con valore di V_s oscillanti intorno a 230-280 m/sec, associabili a depositi granulari mediamente addensati. Il substrato silitico-marnoso mostra una maggiore rigidità nella prospezione SN11_DH, con valori di V_s superiori a 1200 m/sec già a 8 m di profondità; mentre nella prospezione SN10_DH, ricadente sulla sponda destra del corso d'acqua, il substrato mostra valori di velocità delle onde di taglio più basse in superficie, intorno a 530-650 m/sec (a causa della forte fratturazione), con un graduale incremento di questa fino a circa 25 m di profondità, dove si stabilizza intorno a 1320 m/sec.

I modelli tomografici elaborati per le indagini sismiche a rifrazione sono caratterizzati da orizzonti superficiali lateralmente relativamente omogenei; si riscontra la presenza di un orizzonte superficiale, spesso fino a circa 2.5 m, a bassa velocità delle onde di compressione (inferiore a 600 m/sec) attribuibile a coltri colluviali e/o di forte alterazione. Quindi si passa ad un orizzonte ancora lento, con V_p compresa tra 600 e 1000 m/sec, che nel fondovalle è attribuibile alle alluvioni a medio

addensamento, mentre sui versanti si correla con la parte più superficiale del substrato siltitico. Lo spessore di questo orizzonte in genere è sui 4-5 m e tende a crescere nel fondovalle e nei tratti di versante meno acclivi (fino a 6 m circa). Al di sotto di questo orizzonte si osserva un forte incremento del gradiente di velocità, indizio della presenza di un substrato che rapidamente diviene più rigido con la profondità; in pochi metri i valori di velocità delle onde P superano i 2800 m/sec. Il substrato è caratterizzato da una certa variabilità laterale, legata alla presenza di fasce più fratturate e alla variazione della componente calcarea nell'ammasso pelitico. Valori di V_p superiori a 3800 m/sec sono da attribuire alla presenza di siltiti calcaree poco fratturate.



Esecuzione indagine in foro SN09_DH e a rifrazione N02



ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
S.S.67 Tosco-Romagnola Lavori di adeguamento della S.S.67
Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: SN 09 DH

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m




Offset dal foro m: 2.0

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz (Geotomographie Ltd).

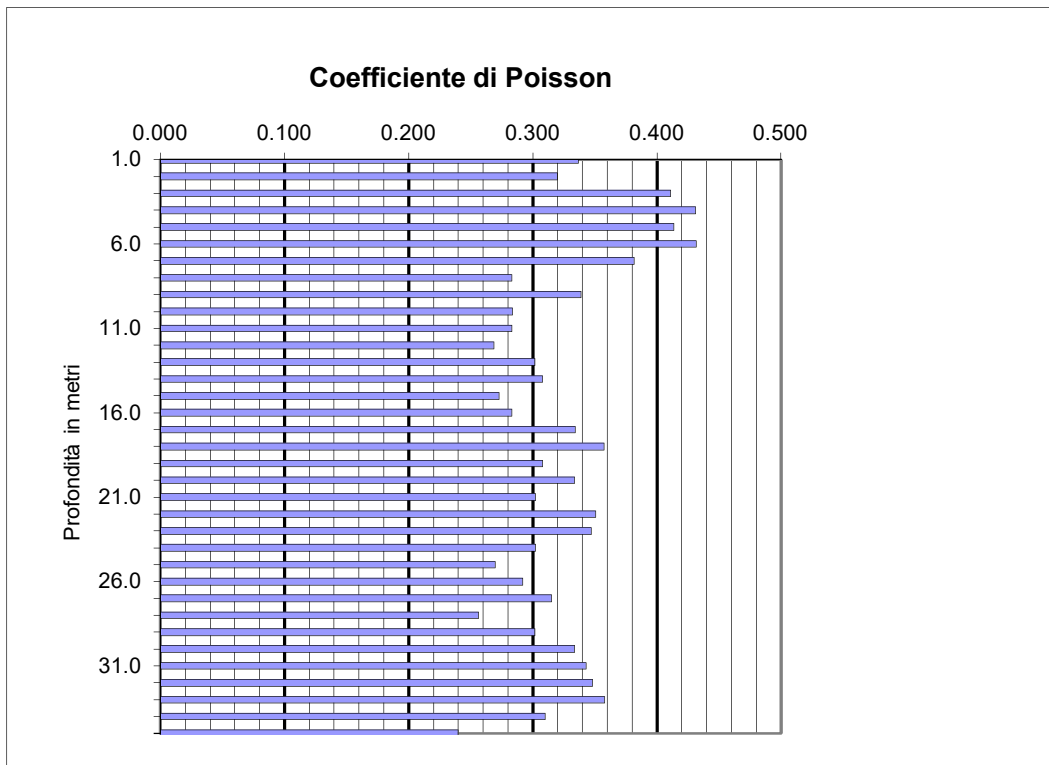
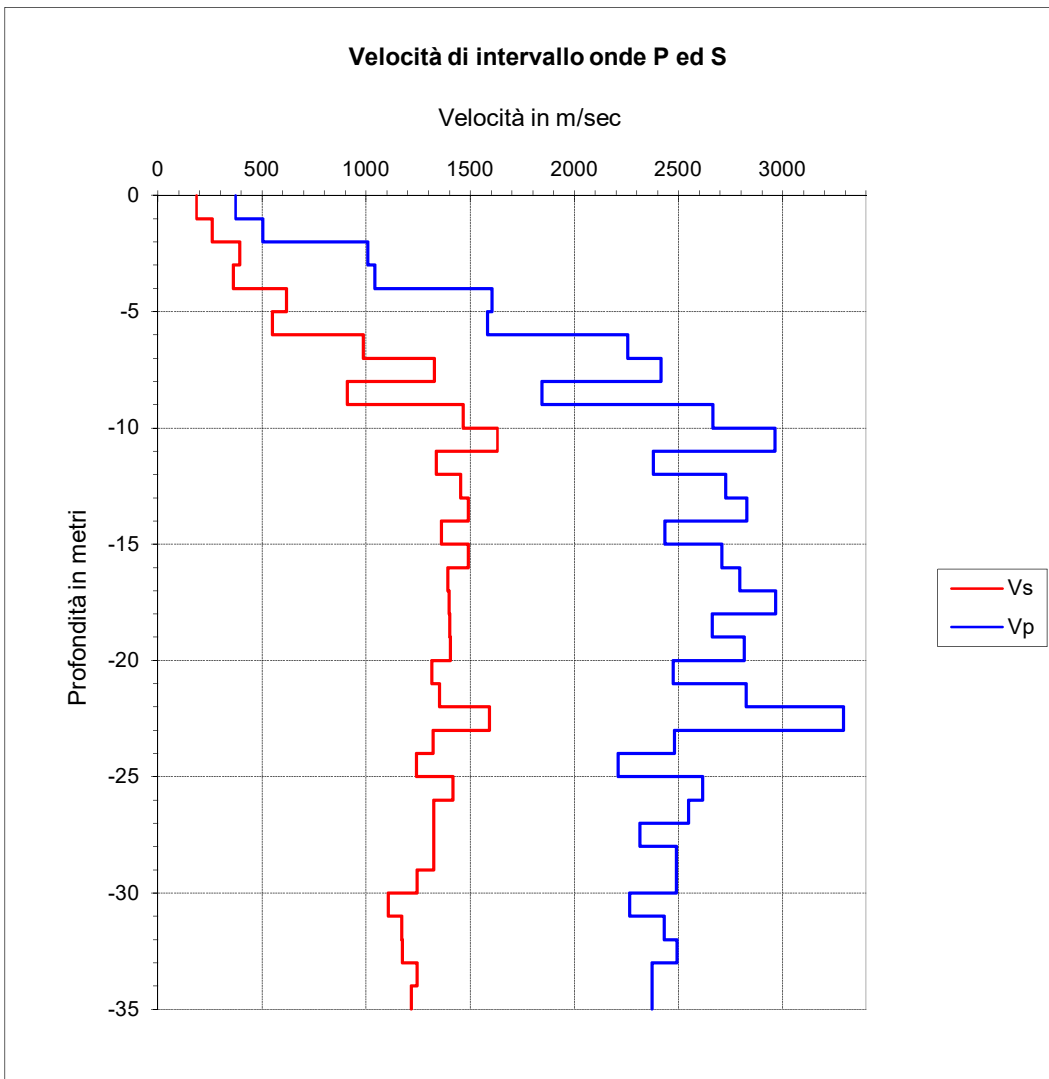
| Profondità metri | Tempi di arrivo onde P ed S | | | | Velocità P e S | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-------------------------------|-------|----------|----------|----------|
| | Tp ms | Ts ms | Tp' ms | Ts' ms | Vp m/s | Vs m/s | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 1.0 | 6.00 | 12.10 | 2.68 | 5.41 | 373 | 185 | 2.00 | 0.337 | 182.6 | 68.3 | 186.7 |
| 2.0 | 6.60 | 13.10 | 4.67 | 9.26 | 504 | 260 | 2.00 | 0.320 | 355.8 | 134.8 | 328.6 |
| 3.0 | 6.80 | 14.20 | 5.66 | 11.82 | 1009 | 392 | 2.00 | 0.411 | 866.7 | 307.1 | 1626.9 |
| 4.0 | 7.40 | 16.30 | 6.62 | 14.58 | 1041 | 362 | 2.00 | 0.431 | 749.4 | 261.8 | 1817.4 |
| 5.0 | 7.80 | 17.45 | 7.24 | 16.20 | 1604 | 616 | 2.00 | 0.413 | 2147.0 | 759.5 | 4134.4 |
| 6.0 | 8.30 | 19.00 | 7.87 | 18.02 | 1582 | 549 | 2.00 | 0.432 | 1723.1 | 601.8 | 4205.6 |
| 7.0 | 8.65 | 19.80 | 8.32 | 19.04 | 2257 | 987 | 2.00 | 0.382 | 5384.0 | 1948.3 | 7588.4 |
| 8.0 | 9.00 | 20.40 | 8.73 | 19.79 | 2415 | 1328 | 2.00 | 0.283 | 9057.5 | 3529.8 | 6956.8 |
| 9.0 | 9.50 | 21.40 | 9.27 | 20.89 | 1843 | 910 | 2.00 | 0.339 | 4430.9 | 1654.4 | 4589.9 |
| 10.0 | 9.84 | 22.00 | 9.65 | 21.57 | 2666 | 1465 | 2.00 | 0.283 | 11025.3 | 4295.2 | 8484.9 |
| 11.0 | 10.15 | 22.55 | 9.99 | 22.19 | 2964 | 1630 | 2.00 | 0.283 | 13638.2 | 5313.9 | 10487.1 |
| 12.0 | 10.55 | 23.25 | 10.41 | 22.93 | 2380 | 1338 | 2.00 | 0.269 | 9086.7 | 3580.4 | 6554.5 |
| 13.0 | 10.90 | 23.90 | 10.77 | 23.62 | 2726 | 1453 | 2.00 | 0.302 | 10987.2 | 4220.0 | 9238.9 |
| 14.0 | 11.24 | 24.54 | 11.13 | 24.29 | 2827 | 1490 | 2.00 | 0.308 | 11608.3 | 4438.4 | 10061.6 |
| 15.0 | 11.64 | 25.25 | 11.54 | 25.03 | 2434 | 1360 | 2.00 | 0.273 | 9421.2 | 3700.7 | 6913.6 |
| 16.0 | 12.00 | 25.90 | 11.91 | 25.70 | 2707 | 1489 | 2.00 | 0.283 | 11381.2 | 4435.6 | 8739.3 |
| 17.0 | 12.35 | 26.60 | 12.27 | 26.42 | 2793 | 1393 | 2.00 | 0.334 | 10358.9 | 3881.6 | 10422.9 |
| 18.0 | 12.68 | 27.30 | 12.60 | 27.13 | 2967 | 1398 | 2.00 | 0.357 | 10613.3 | 3909.8 | 12393.7 |
| 19.0 | 13.05 | 28.00 | 12.98 | 27.85 | 2661 | 1402 | 2.00 | 0.308 | 10285.7 | 3932.8 | 8914.3 |
| 20.0 | 13.40 | 28.70 | 13.33 | 28.56 | 2815 | 1406 | 2.00 | 0.334 | 10542.9 | 3951.7 | 10582.9 |
| 21.0 | 13.80 | 29.45 | 13.74 | 29.32 | 2473 | 1316 | 2.00 | 0.302 | 9025.0 | 3464.7 | 7613.6 |
| 22.0 | 14.15 | 30.18 | 14.09 | 30.06 | 2824 | 1354 | 2.00 | 0.351 | 9902.1 | 3665.0 | 11068.3 |
| 23.0 | 14.45 | 30.80 | 14.40 | 30.68 | 3292 | 1592 | 2.00 | 0.347 | 13658.7 | 5068.7 | 14913.2 |
| 24.0 | 14.85 | 31.55 | 14.80 | 31.44 | 2481 | 1321 | 2.00 | 0.302 | 9093.3 | 3491.9 | 7657.1 |
| 25.0 | 15.30 | 32.35 | 15.25 | 32.25 | 2210 | 1241 | 2.00 | 0.270 | 7819.0 | 3079.0 | 5659.4 |
| 26.0 | 15.68 | 33.05 | 15.63 | 32.95 | 2614 | 1417 | 2.00 | 0.292 | 10377.3 | 4016.2 | 8312.1 |
| 27.0 | 16.07 | 33.80 | 16.03 | 33.71 | 2549 | 1325 | 2.00 | 0.315 | 9228.4 | 3508.6 | 8318.8 |
| 28.0 | 16.50 | 34.55 | 16.46 | 34.46 | 2315 | 1325 | 2.00 | 0.256 | 8825.8 | 3512.8 | 6034.2 |
| 29.0 | 16.90 | 35.30 | 16.86 | 35.22 | 2488 | 1326 | 2.00 | 0.302 | 9154.9 | 3516.5 | 7694.4 |
| 30.0 | 17.30 | 36.10 | 17.26 | 36.02 | 2489 | 1244 | 2.00 | 0.333 | 8257.7 | 3096.3 | 8264.1 |
| 31.0 | 17.74 | 37.00 | 17.70 | 36.92 | 2265 | 1107 | 2.00 | 0.343 | 6585.3 | 2451.7 | 6991.0 |
| 32.0 | 18.15 | 37.85 | 18.11 | 37.78 | 2430 | 1172 | 2.00 | 0.348 | 7411.9 | 2748.4 | 8148.9 |
| 33.0 | 18.55 | 38.70 | 18.52 | 38.63 | 2491 | 1173 | 2.00 | 0.358 | 7467.1 | 2749.8 | 8748.3 |
| 34.0 | 18.97 | 39.50 | 18.94 | 39.43 | 2374 | 1246 | 2.00 | 0.310 | 8132.1 | 3103.9 | 7132.7 |
| 35.0 | 19.45 | 40.32 | 19.42 | 40.25 | 2079 | 1216 | 2.00 | 0.240 | 7332.1 | 2956.4 | 4700.6 |

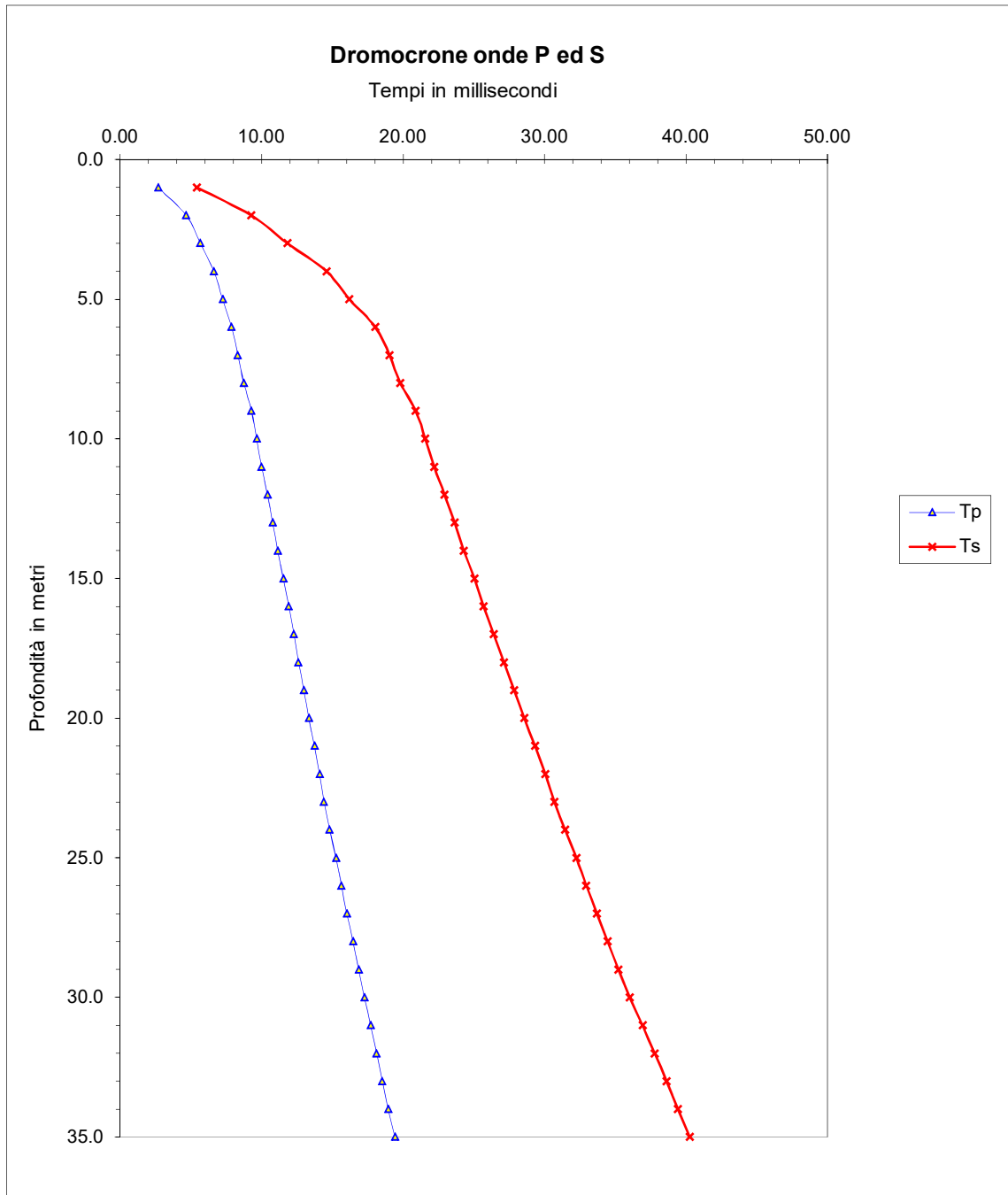
Vseq = 370

Litologia prevalente

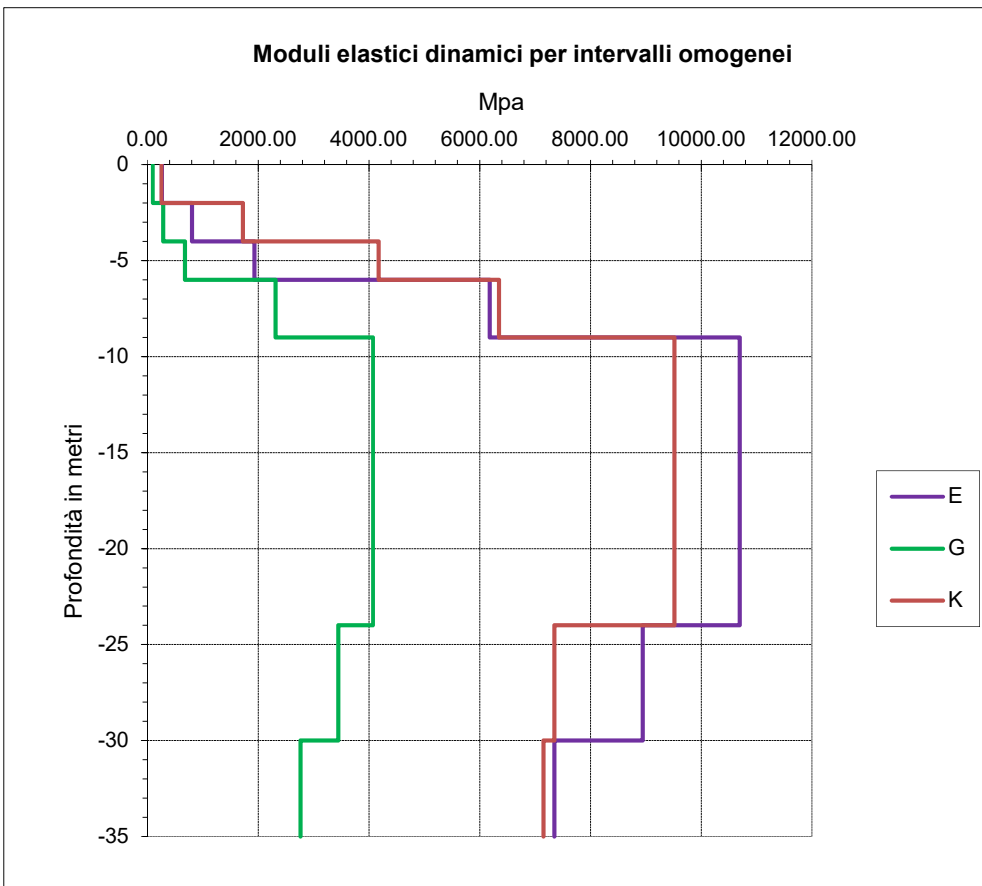
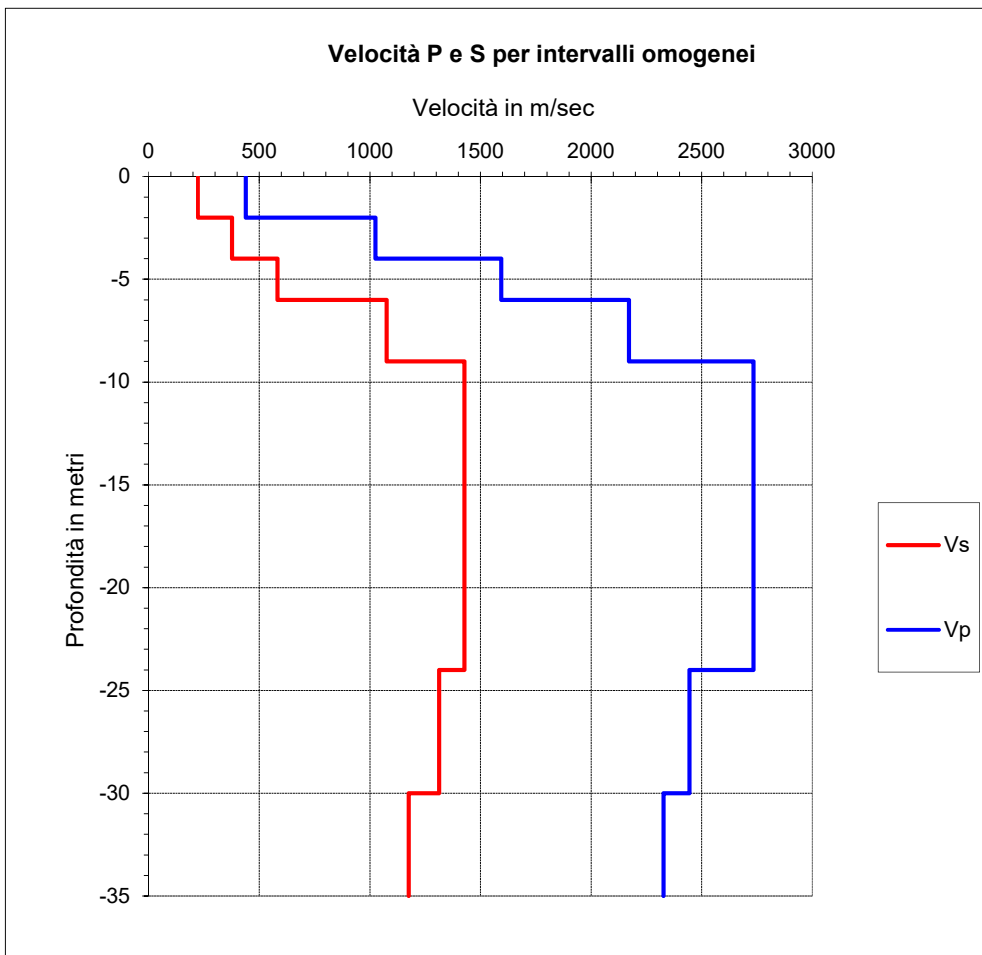
-  Limi e sabbie limose
-  Orizzonte di alterazione delle siltiti
-  Siltiti marnoso-calcaree

- Tp:** Tempo di arrivo onde longitudinali (P)
- Ts:** Tempo di arrivo onde trasversali (S)
- Tp':** Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale
- Ts':** Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale
- Vp Vs:** Velocità di intervallo onde P ed S
- ν :** Coefficiente di Poisson
- E:** Modulo di Young
- G:** Modulo di taglio
- γ :** Peso di Volume
- K:** Modulo di incompressibilità





| Intervalli omogenei di velocità | | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|-------|----------|----------|----------|
| Intervalli misure | Vp m/sec | Vs m/sec | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 0 - 2 | 438 | 222 | 2.00 | 0.33 | 262.12 | 98.75 | 252.7 |
| 2 - 4 | 1025 | 377 | 2.00 | 0.42 | 807.56 | 283.98 | 1722.2 |
| 4 - 6 | 1593 | 582 | 2.00 | 0.42 | 1930.41 | 678.34 | 4172.8 |
| 6 - 9 | 2172 | 1075 | 2.00 | 0.34 | 6183.53 | 2311.22 | 6350.6 |
| 9 - 24 | 2734 | 1427 | 2.00 | 0.31 | 10695.15 | 4073.68 | 9517.7 |
| 24 - 30 | 2444 | 1313 | 2.00 | 0.30 | 8945.09 | 3447.84 | 7351.4 |
| 30 - 35 | 2328 | 1176 | 2.00 | 0.33 | 7347.21 | 2764.63 | 7152.0 |



ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
S.S.67 Tosco-Romagnola Lavori di adeguamento della S.S.67
Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: SN 10 DH

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m





Offset dal foro m: 2.0

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz (Geotomographie Ltd).

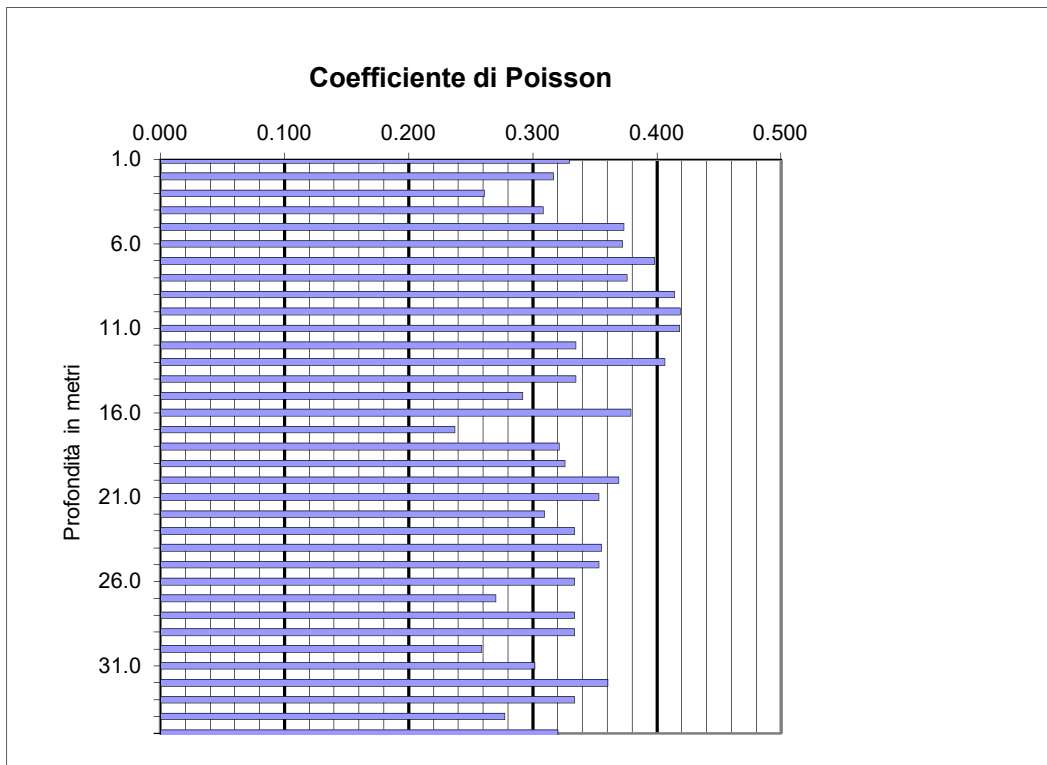
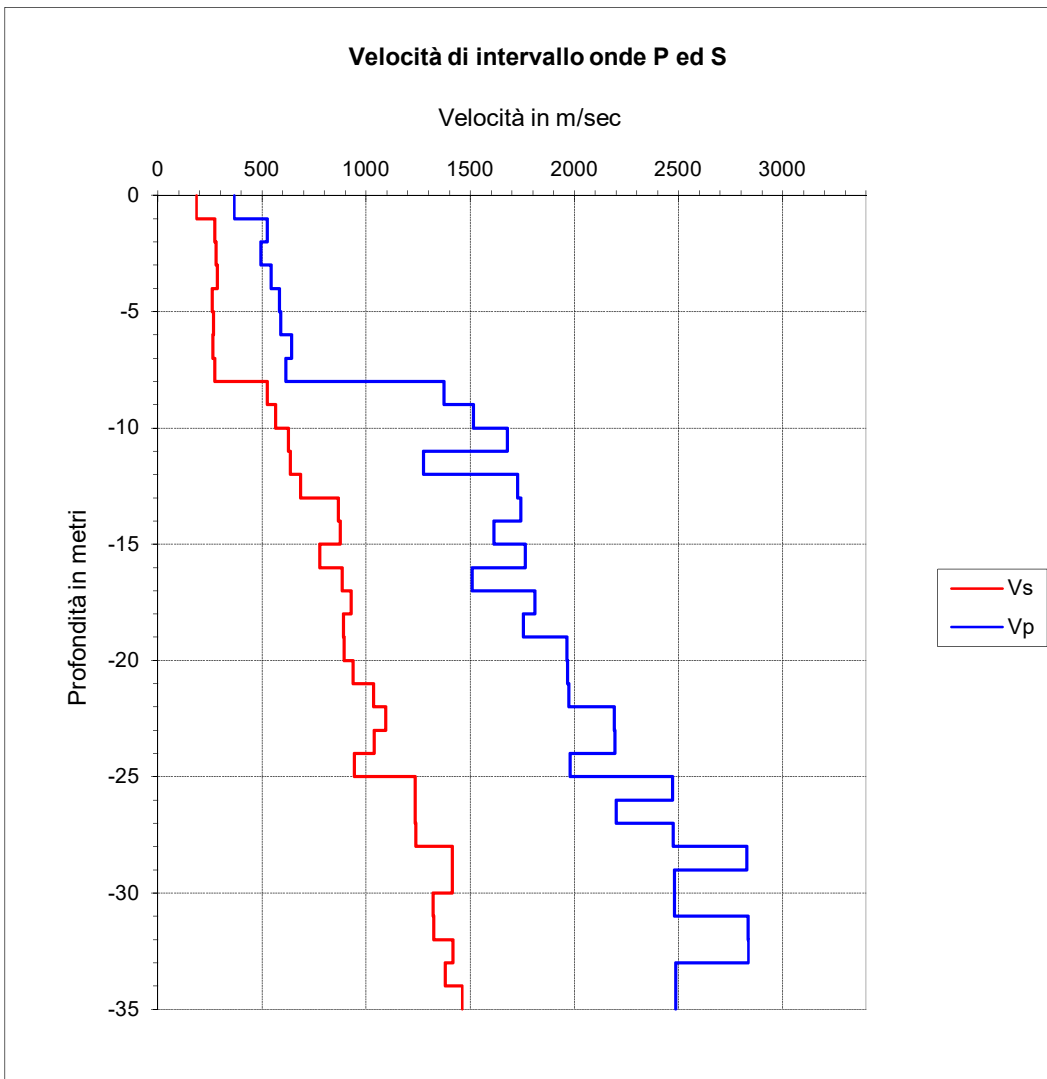
| Profondità metri | Tempi di arrivo onde P ed S | | | | Velocità P e S | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------------|------|--------------------------|-------|---------|--------|---------|
| | ms | ms | ms | ms | m/s | m/s | γ | ν | Mpa | Mpa | Mpa |
| 1.0 | 6.10 | 12.10 | 2.73 | 5.41 | 367 | 185 | 2.00 | 0.330 | 181.6 | 68.3 | 177.7 |
| 2.0 | 6.55 | 12.85 | 4.63 | 9.09 | 525 | 272 | 2.00 | 0.317 | 390.0 | 148.1 | 354.5 |
| 3.0 | 8.00 | 15.20 | 6.66 | 12.65 | 494 | 281 | 2.00 | 0.261 | 397.8 | 157.7 | 277.5 |
| 4.0 | 9.50 | 18.05 | 8.50 | 16.14 | 543 | 286 | 2.00 | 0.308 | 427.9 | 163.5 | 372.3 |
| 5.0 | 11.00 | 21.50 | 10.21 | 19.96 | 583 | 262 | 2.00 | 0.373 | 376.9 | 137.2 | 496.1 |
| 6.0 | 12.55 | 25.00 | 11.91 | 23.72 | 591 | 266 | 2.00 | 0.372 | 389.4 | 141.9 | 508.9 |
| 7.0 | 14.00 | 28.60 | 13.46 | 27.50 | 643 | 264 | 2.00 | 0.398 | 390.9 | 139.8 | 640.4 |
| 8.0 | 15.55 | 32.10 | 15.09 | 31.14 | 616 | 275 | 2.00 | 0.376 | 414.9 | 150.8 | 556.9 |
| 9.0 | 16.20 | 33.85 | 15.81 | 33.04 | 1373 | 526 | 2.00 | 0.414 | 1563.0 | 552.6 | 3031.5 |
| 10.0 | 16.80 | 35.50 | 16.47 | 34.81 | 1516 | 566 | 2.00 | 0.419 | 1818.6 | 640.8 | 3743.6 |
| 11.0 | 17.35 | 37.00 | 17.07 | 36.40 | 1677 | 628 | 2.00 | 0.418 | 2237.0 | 788.6 | 4571.7 |
| 12.0 | 18.10 | 38.50 | 17.85 | 37.98 | 1276 | 636 | 2.00 | 0.335 | 2158.2 | 808.3 | 2179.5 |
| 13.0 | 18.65 | 39.90 | 18.43 | 39.44 | 1726 | 685 | 2.00 | 0.407 | 2639.8 | 938.4 | 4706.3 |
| 14.0 | 19.20 | 41.00 | 19.01 | 40.59 | 1742 | 868 | 2.00 | 0.335 | 4024.2 | 1507.3 | 4062.7 |
| 15.0 | 19.80 | 42.10 | 19.63 | 41.73 | 1615 | 875 | 2.00 | 0.292 | 3957.7 | 1531.5 | 3173.0 |
| 16.0 | 20.35 | 43.35 | 20.19 | 43.02 | 1765 | 778 | 2.00 | 0.379 | 3343.5 | 1212.1 | 4615.0 |
| 17.0 | 21.00 | 44.45 | 20.86 | 44.15 | 1508 | 885 | 2.00 | 0.237 | 3874.1 | 1565.5 | 2458.4 |
| 18.0 | 21.54 | 45.50 | 21.41 | 45.22 | 1811 | 929 | 2.00 | 0.321 | 4563.9 | 1726.9 | 4259.0 |
| 19.0 | 22.10 | 46.60 | 21.98 | 46.34 | 1753 | 891 | 2.00 | 0.326 | 4211.1 | 1588.0 | 4031.6 |
| 20.0 | 22.60 | 47.70 | 22.49 | 47.46 | 1964 | 893 | 2.00 | 0.369 | 4372.3 | 1596.3 | 5583.0 |
| 21.0 | 23.10 | 48.75 | 23.00 | 48.53 | 1968 | 937 | 2.00 | 0.353 | 4754.0 | 1756.3 | 5405.1 |
| 22.0 | 23.60 | 49.70 | 23.50 | 49.50 | 1972 | 1036 | 2.00 | 0.309 | 5619.1 | 2145.5 | 4915.8 |
| 23.0 | 24.05 | 50.60 | 23.96 | 50.41 | 2191 | 1094 | 2.00 | 0.334 | 6387.9 | 2394.7 | 6404.1 |
| 24.0 | 24.50 | 51.55 | 24.42 | 51.37 | 2194 | 1039 | 2.00 | 0.355 | 5856.2 | 2160.4 | 6746.9 |
| 25.0 | 25.00 | 52.60 | 24.92 | 52.43 | 1980 | 943 | 2.00 | 0.353 | 4813.0 | 1778.1 | 5471.2 |
| 26.0 | 25.40 | 53.40 | 25.33 | 53.24 | 2470 | 1234 | 2.00 | 0.334 | 8126.4 | 3046.6 | 8143.0 |
| 27.0 | 25.85 | 54.20 | 25.78 | 54.05 | 2202 | 1236 | 2.00 | 0.270 | 7758.2 | 3054.3 | 5622.8 |
| 28.0 | 26.25 | 55.00 | 26.18 | 54.86 | 2476 | 1237 | 2.00 | 0.334 | 8164.3 | 3061.0 | 8177.2 |
| 29.0 | 26.60 | 55.70 | 26.54 | 55.57 | 2827 | 1413 | 2.00 | 0.334 | 10648.5 | 3992.4 | 10665.7 |
| 30.0 | 27.00 | 56.40 | 26.94 | 56.28 | 2480 | 1414 | 2.00 | 0.259 | 10073.1 | 4000.4 | 6966.6 |
| 31.0 | 27.40 | 57.15 | 27.34 | 57.03 | 2482 | 1322 | 2.00 | 0.302 | 9102.7 | 3496.1 | 7655.9 |
| 32.0 | 27.75 | 57.90 | 27.70 | 57.79 | 2834 | 1323 | 2.00 | 0.361 | 9527.8 | 3501.1 | 11399.8 |
| 33.0 | 28.10 | 58.60 | 28.05 | 58.49 | 2836 | 1418 | 2.00 | 0.334 | 10718.9 | 4019.0 | 10730.1 |
| 34.0 | 28.50 | 59.32 | 28.45 | 59.22 | 2486 | 1379 | 2.00 | 0.278 | 9723.1 | 3805.4 | 7284.6 |
| 35.0 | 28.85 | 60.00 | 28.80 | 59.90 | 2839 | 1461 | 2.00 | 0.320 | 11264.9 | 4266.8 | 10434.8 |

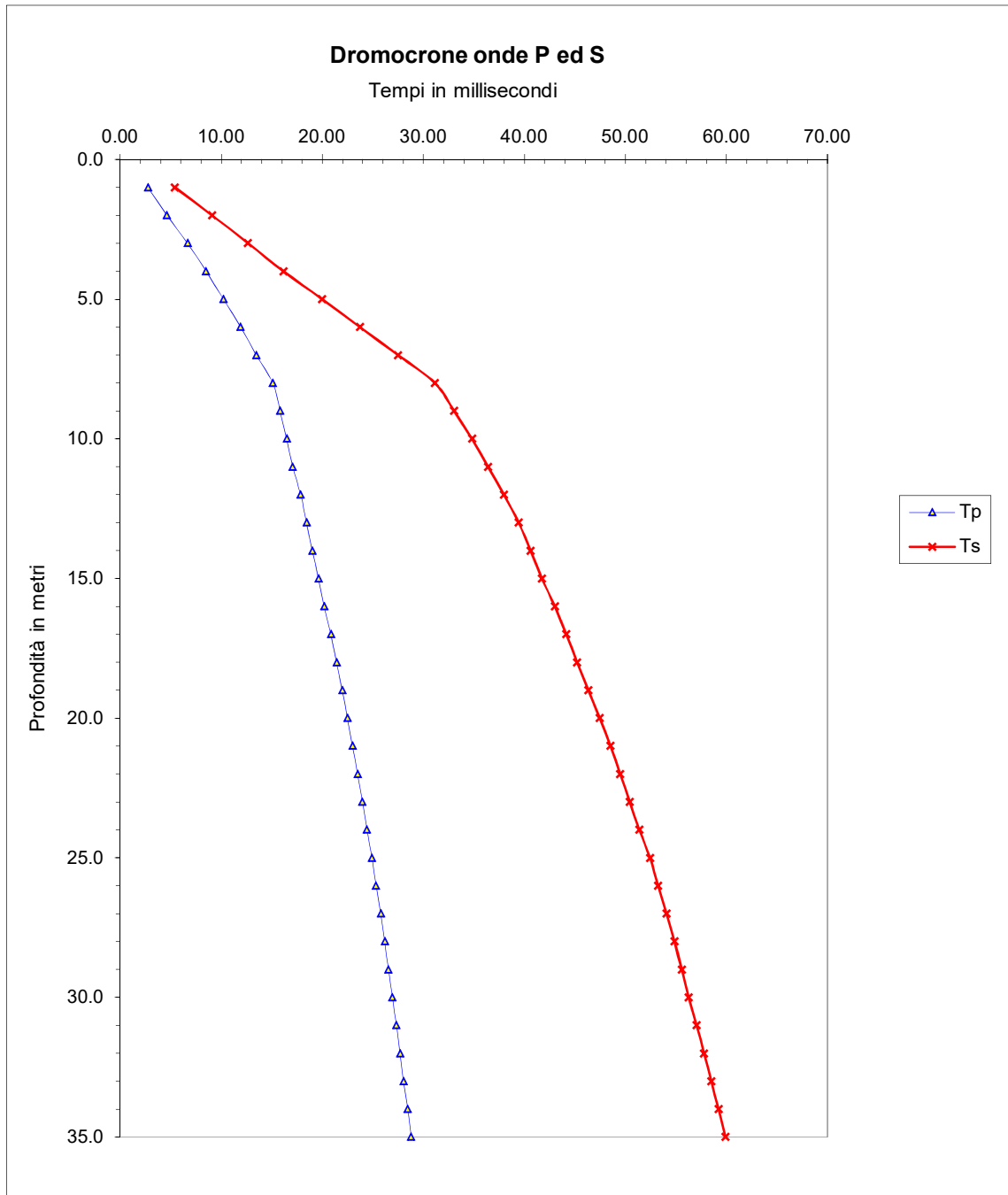
Vseq = 330

Litologia prevalente

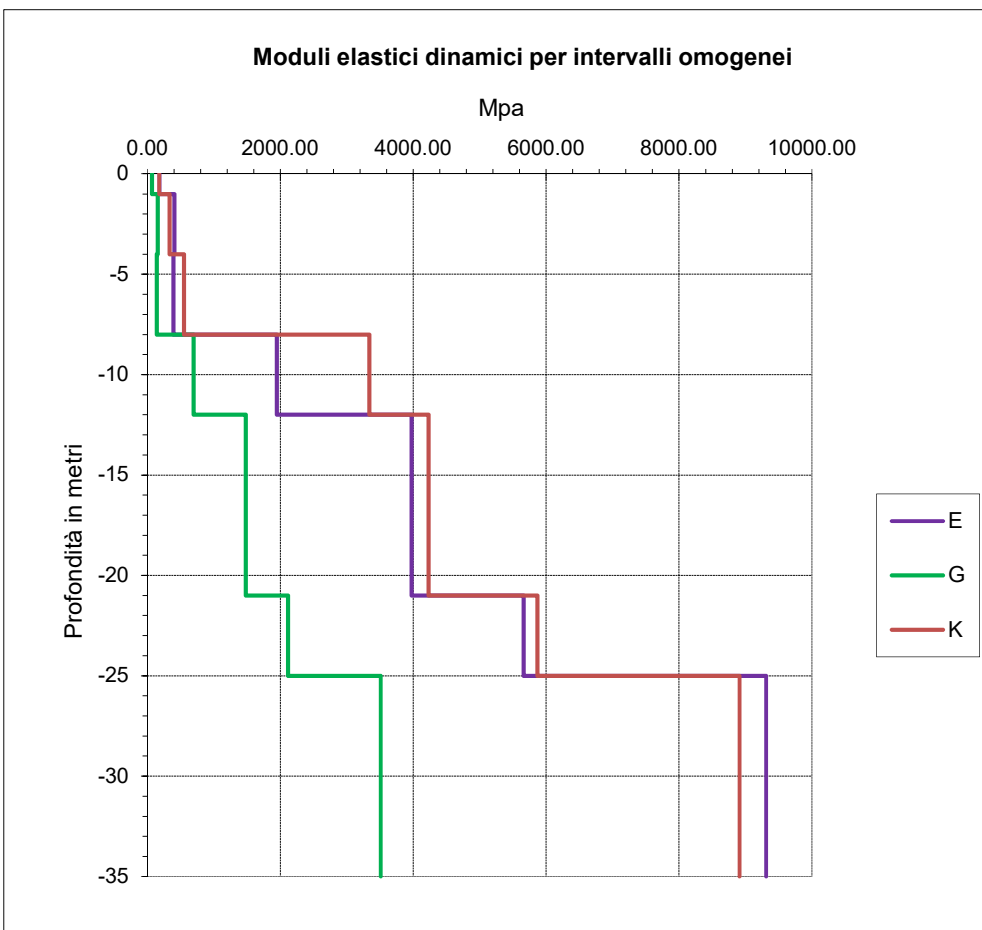
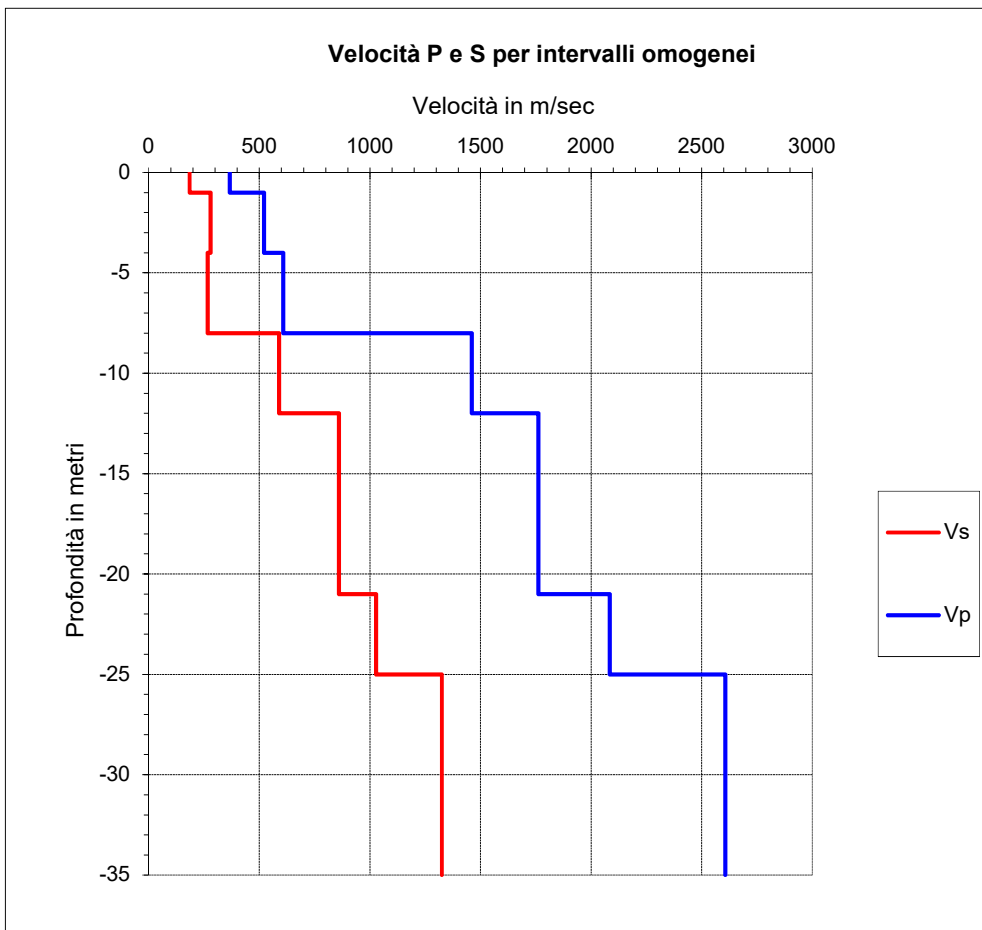
-  Limi e sabbie limose
-  Sabbie e ghiaie
-  Orizzonte di alterazione delle siltiti
-  Siltiti marnoso-calcaree

- Tp:** Tempo di arrivo onde longitudinali (P)
- Ts:** Tempo di arrivo onde trasversali (S)
- Tp':** Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale
- Ts':** Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale
- Vp Vs:** Velocità di intervallo onde P ed S
- ν :** Coefficiente di Poisson
- E:** Modulo di Young
- G:** Modulo di taglio
- γ :** Peso di Volume
- K:** Modulo di incompressibilità





| Intervalli omogenei di velocità | | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------|---------|---------|--------|
| Intervalli misure | Vp m/sec | Vs m/sec | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 0 - 1 | 367 | 185 | 2.00 | 0.33 | 181.63 | 68.30 | 177.7 |
| 1 - 4 | 521 | 280 | 2.00 | 0.30 | 405.81 | 156.38 | 334.0 |
| 4 - 8 | 608 | 267 | 2.00 | 0.38 | 393.14 | 142.37 | 549.5 |
| 8 - 12 | 1460 | 589 | 2.00 | 0.40 | 1945.76 | 693.46 | 3341.3 |
| 12 - 21 | 1761 | 860 | 2.00 | 0.34 | 3976.49 | 1480.04 | 4231.4 |
| 22 - 25 | 2084 | 1028 | 2.00 | 0.34 | 5661.66 | 2113.79 | 5868.9 |
| 25 - 35 | 2607 | 1325 | 2.00 | 0.33 | 9310.97 | 3511.34 | 8910.4 |



ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
S.S.67 Tosco-Romagnola Lavori di adeguamento della S.S.67
Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: SN 11 DH

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m





Offset dal foro m: 2.0

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz (Geotomographie Ltd).

| Profondità metri | Tempi di arrivo onde P ed S | | | | Velocità P e S | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------------|------|--------------------------|-------|---------|--------|---------|
| | ms | ms | ms | ms | m/s | m/s | γ | ν | Mpa | Mpa | Mpa |
| 1.0 | 5.00 | 11.25 | 2.24 | 5.03 | 447 | 199 | 2.00 | 0.377 | 217.6 | 79.0 | 294.7 |
| 2.0 | 6.10 | 12.90 | 4.31 | 9.12 | 481 | 244 | 2.00 | 0.326 | 317.0 | 119.5 | 304.1 |
| 3.0 | 7.50 | 15.60 | 6.24 | 12.98 | 519 | 259 | 2.00 | 0.334 | 358.4 | 134.3 | 359.5 |
| 4.0 | 9.00 | 19.50 | 8.05 | 17.44 | 553 | 224 | 2.00 | 0.402 | 281.7 | 100.5 | 476.9 |
| 5.0 | 10.50 | 23.50 | 9.75 | 21.82 | 589 | 228 | 2.00 | 0.411 | 294.6 | 104.4 | 553.6 |
| 6.0 | 11.80 | 27.60 | 11.19 | 26.18 | 692 | 229 | 2.00 | 0.438 | 302.1 | 105.0 | 817.2 |
| 7.0 | 13.30 | 31.50 | 12.79 | 30.29 | 627 | 244 | 2.00 | 0.411 | 335.1 | 118.7 | 629.0 |
| 8.0 | 13.85 | 32.85 | 13.44 | 31.87 | 1543 | 632 | 2.00 | 0.399 | 2238.3 | 800.0 | 3693.4 |
| 9.0 | 14.20 | 33.50 | 13.86 | 32.70 | 2351 | 1200 | 2.00 | 0.324 | 7628.8 | 2881.7 | 7210.5 |
| 10.0 | 14.52 | 34.18 | 14.24 | 33.52 | 2658 | 1229 | 2.00 | 0.364 | 8235.9 | 3018.6 | 10108.7 |
| 11.0 | 14.85 | 34.80 | 14.61 | 34.24 | 2685 | 1384 | 2.00 | 0.319 | 10109.3 | 3832.2 | 9309.1 |
| 12.0 | 15.15 | 35.45 | 14.94 | 34.97 | 2999 | 1372 | 2.00 | 0.368 | 10294.9 | 3763.4 | 12974.9 |
| 13.0 | 15.50 | 36.10 | 15.32 | 35.68 | 2660 | 1403 | 2.00 | 0.307 | 10298.4 | 3939.1 | 8902.6 |
| 14.0 | 15.90 | 36.84 | 15.74 | 36.47 | 2378 | 1267 | 2.00 | 0.302 | 8355.5 | 3208.5 | 7036.4 |
| 15.0 | 16.30 | 37.60 | 16.16 | 37.27 | 2399 | 1249 | 2.00 | 0.314 | 8203.5 | 3121.6 | 7349.5 |
| 16.0 | 16.70 | 38.50 | 16.57 | 38.20 | 2415 | 1072 | 2.00 | 0.377 | 6335.0 | 2299.9 | 8600.9 |
| 17.0 | 17.15 | 39.35 | 17.03 | 39.08 | 2167 | 1139 | 2.00 | 0.309 | 6795.6 | 2595.7 | 5929.8 |
| 18.0 | 17.55 | 40.05 | 17.44 | 39.81 | 2438 | 1380 | 2.00 | 0.264 | 9632.7 | 3809.5 | 6810.9 |
| 19.0 | 17.94 | 40.80 | 17.84 | 40.58 | 2508 | 1297 | 2.00 | 0.317 | 8868.9 | 3366.4 | 8088.8 |
| 20.0 | 18.35 | 41.55 | 18.26 | 41.34 | 2395 | 1302 | 2.00 | 0.290 | 8750.5 | 3391.1 | 6952.4 |
| 21.0 | 18.70 | 42.22 | 18.62 | 42.03 | 2802 | 1458 | 2.00 | 0.315 | 11172.7 | 4249.6 | 10041.1 |
| 22.0 | 19.05 | 42.92 | 18.97 | 42.74 | 2809 | 1401 | 2.00 | 0.335 | 10473.5 | 3924.0 | 10548.8 |
| 23.0 | 19.47 | 43.65 | 19.40 | 43.49 | 2353 | 1347 | 2.00 | 0.256 | 9120.9 | 3631.0 | 6229.3 |
| 24.0 | 19.80 | 44.40 | 19.73 | 44.25 | 2987 | 1315 | 2.00 | 0.380 | 9537.7 | 3456.0 | 13234.5 |
| 25.0 | 20.15 | 45.12 | 20.09 | 44.98 | 2823 | 1370 | 2.00 | 0.346 | 10111.0 | 3756.4 | 10931.1 |
| 26.0 | 20.50 | 45.84 | 20.44 | 45.70 | 2827 | 1372 | 2.00 | 0.346 | 10138.4 | 3766.7 | 10956.4 |
| 27.0 | 20.85 | 46.62 | 20.79 | 46.49 | 2830 | 1270 | 2.00 | 0.374 | 8858.7 | 3223.8 | 11714.1 |
| 28.0 | 21.15 | 47.30 | 21.10 | 47.18 | 3298 | 1455 | 2.00 | 0.379 | 11682.2 | 4235.4 | 16105.7 |
| 29.0 | 21.55 | 48.00 | 21.50 | 47.89 | 2483 | 1416 | 2.00 | 0.259 | 10093.4 | 4007.3 | 6990.9 |
| 30.0 | 22.00 | 48.85 | 21.95 | 48.74 | 2211 | 1169 | 2.00 | 0.306 | 7137.0 | 2732.4 | 6131.5 |
| 31.0 | 22.45 | 49.60 | 22.40 | 49.50 | 2212 | 1324 | 2.00 | 0.221 | 8559.6 | 3505.9 | 5108.3 |
| 32.0 | 22.85 | 50.30 | 22.81 | 50.20 | 2487 | 1419 | 2.00 | 0.259 | 10133.0 | 4024.5 | 7005.1 |
| 33.0 | 23.20 | 51.05 | 23.16 | 50.96 | 2841 | 1325 | 2.00 | 0.361 | 9563.3 | 3513.7 | 11455.9 |
| 34.0 | 23.65 | 51.84 | 23.61 | 51.75 | 2214 | 1259 | 2.00 | 0.261 | 7998.8 | 3172.1 | 5573.8 |
| 35.0 | 24.05 | 52.60 | 24.01 | 52.51 | 2490 | 1309 | 2.00 | 0.309 | 8974.7 | 3428.3 | 7826.9 |

Vseq = 251

Litologia prevalente

| | |
|---|---|
|  | Frammenti litici eterometrici in matrice limosa |
|  | Frammenti litici eterometrici in matrice sabbiosa |
|  | Orizzonte di alterazione delle siltiti |
|  | Siltiti marnoso-calcaree |

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

ν : Coefficiente di Poisson

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

E: Modulo di Young

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

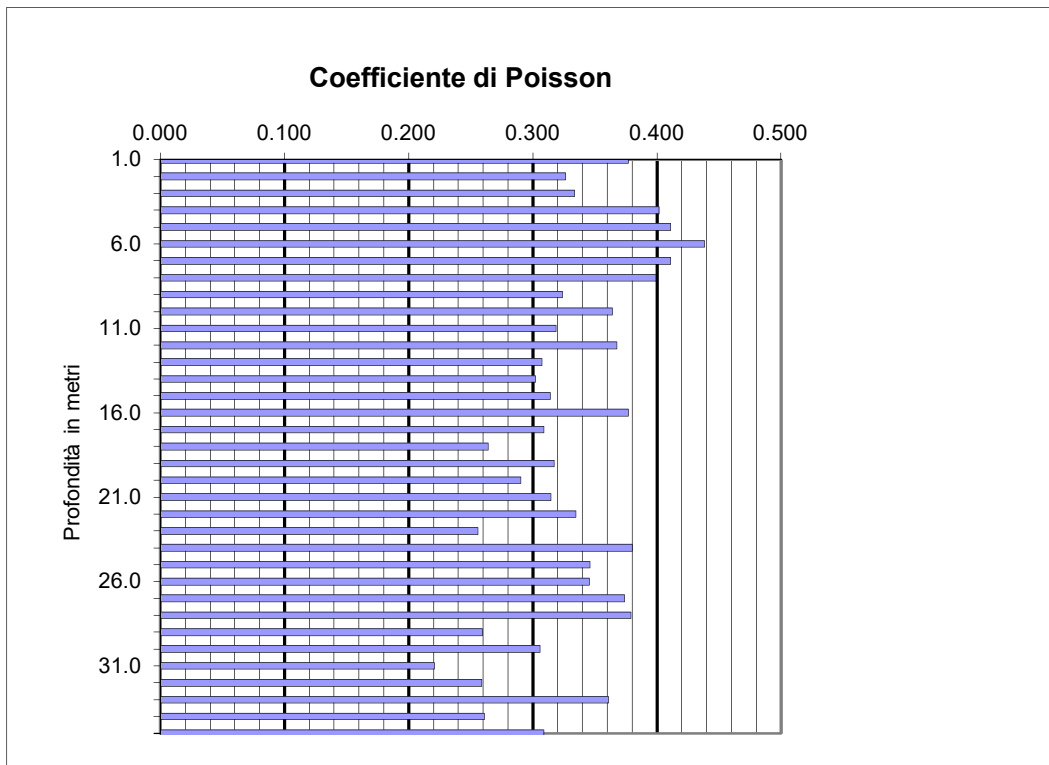
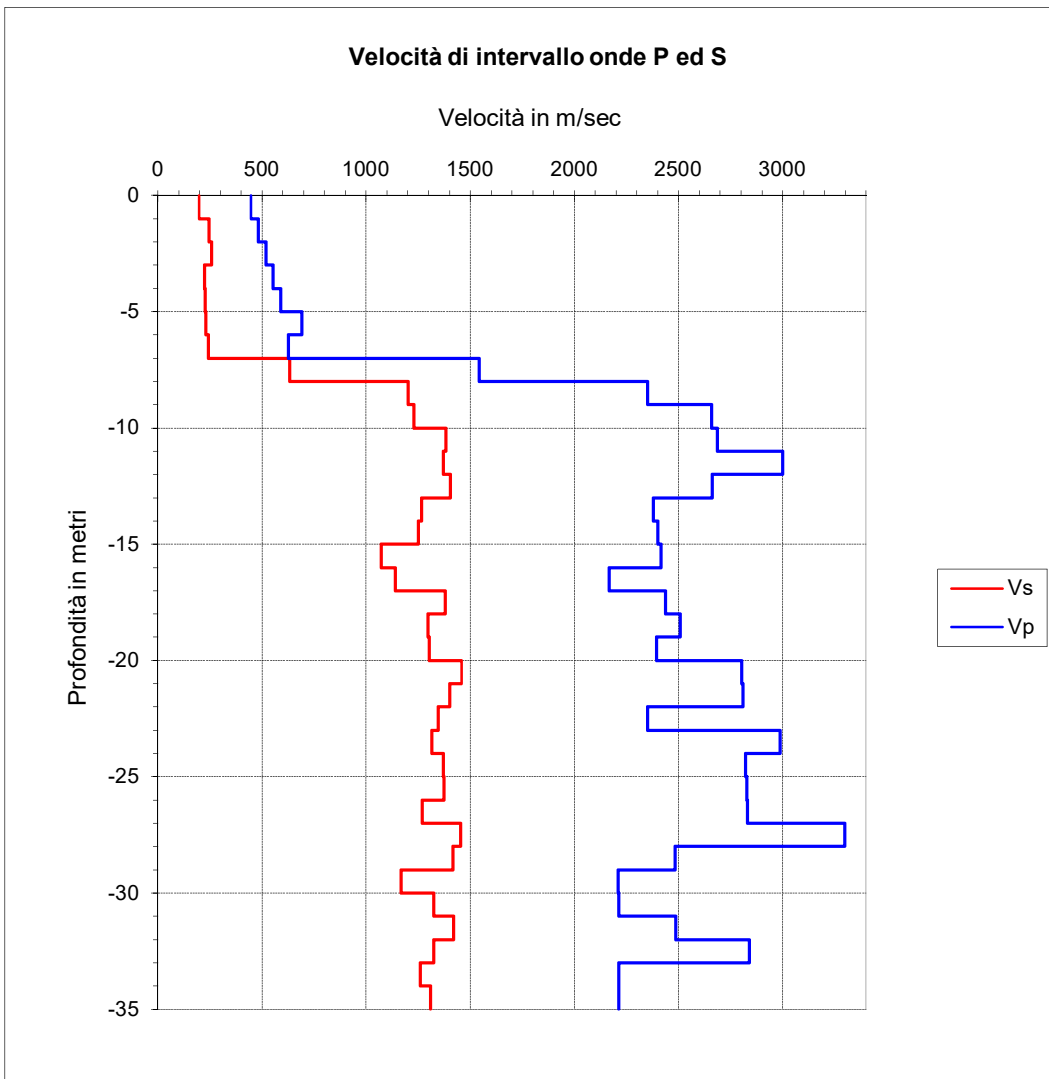
G: Modulo di taglio

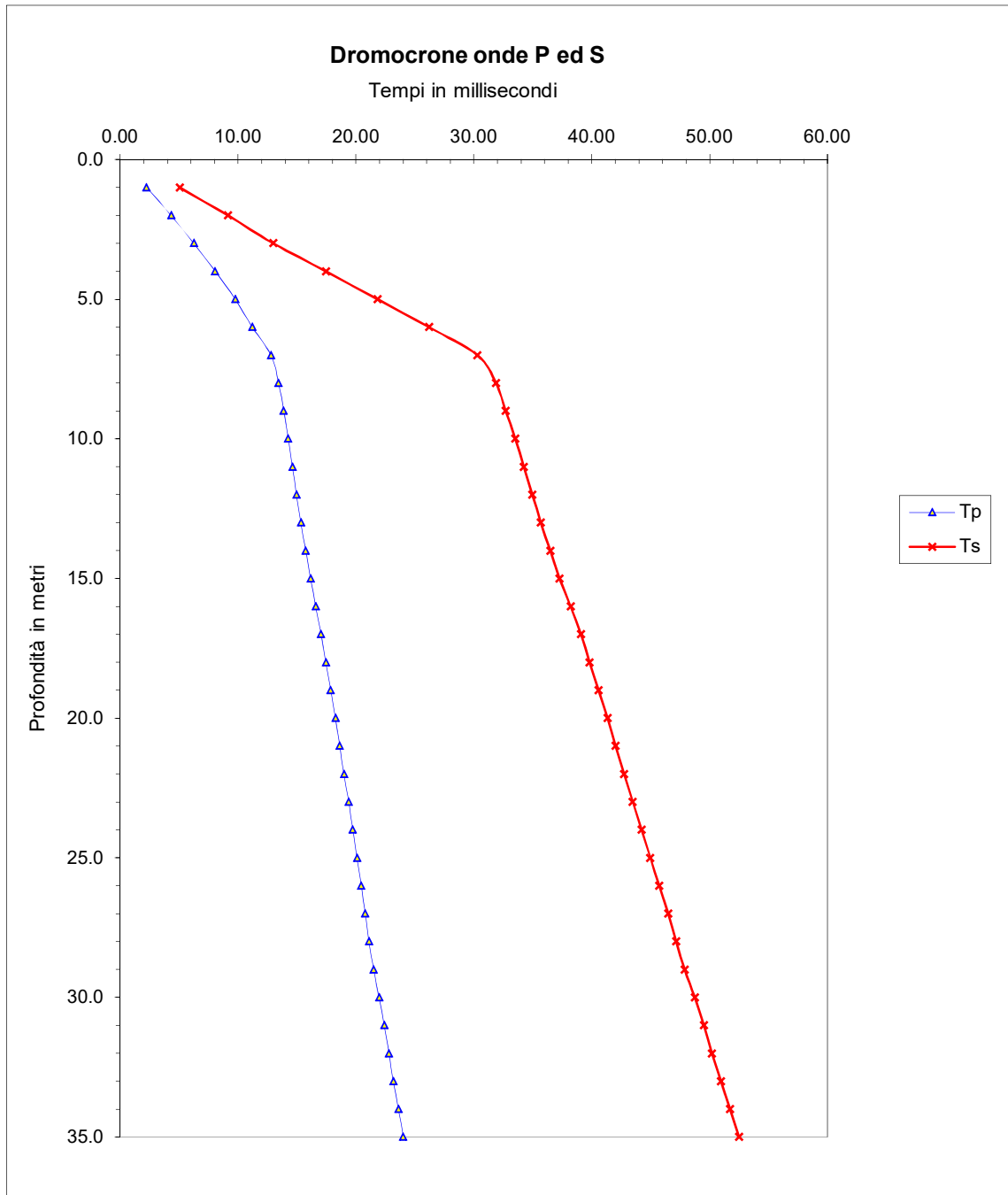
Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

γ : Peso di Volume

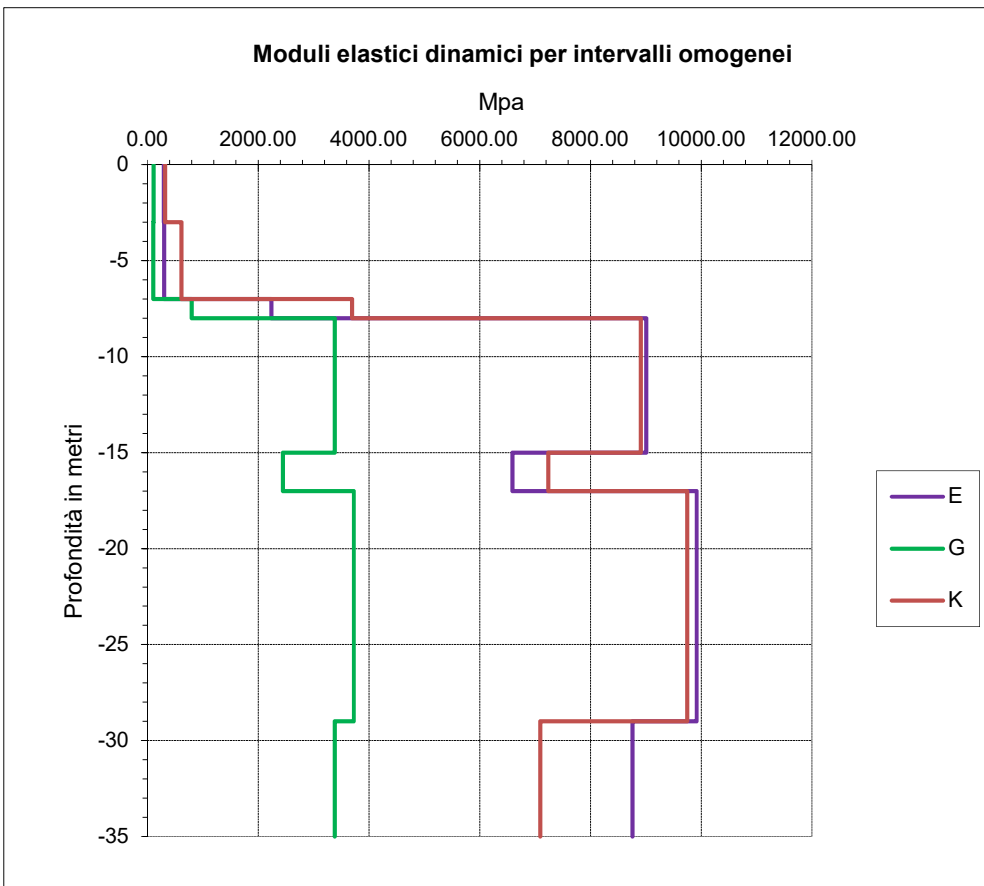
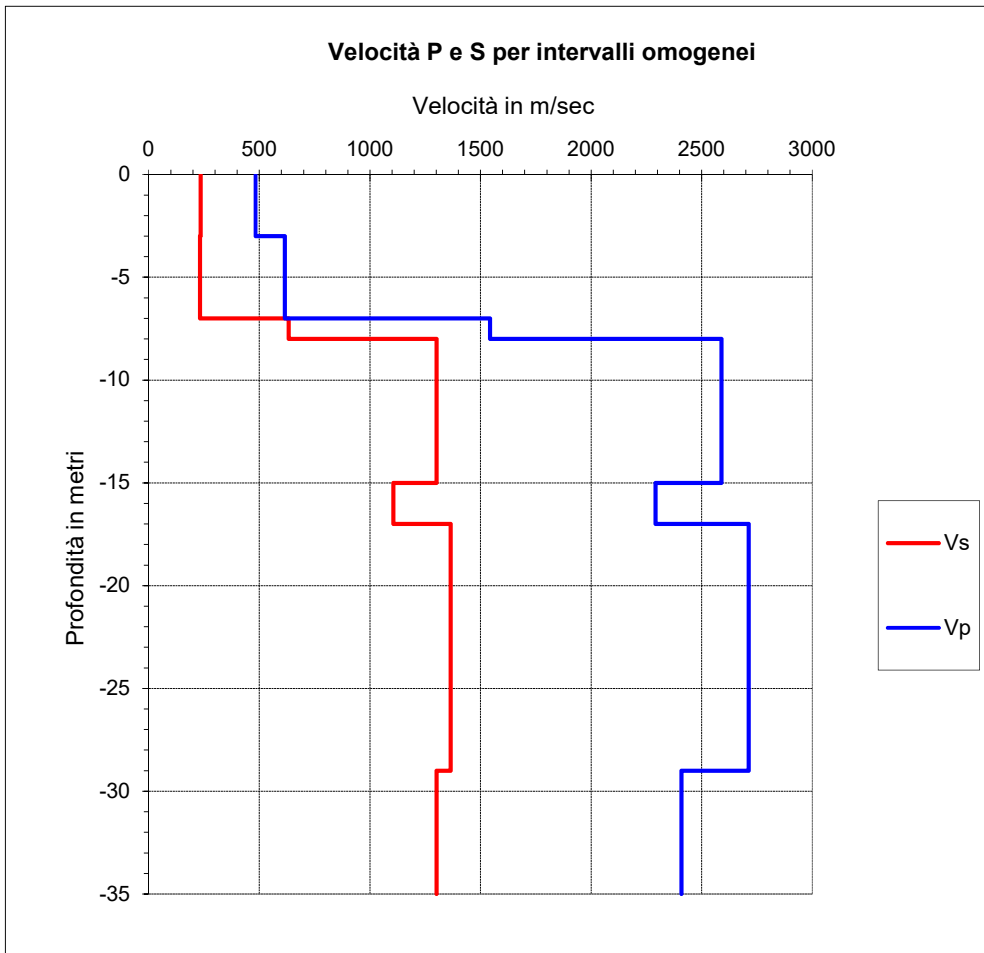
Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

K: Modulo di incompressibilità





| Intervalli omogenei di velocità | | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------|---------|---------|--------|
| Intervalli misure | Vp m/sec | Vs m/sec | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 0 - 3 | 483 | 234 | 2.00 | 0.35 | 295.15 | 109.64 | 319.5 |
| 3 - 7 | 615 | 231 | 2.00 | 0.42 | 303.46 | 107.03 | 614.0 |
| 7 - 8 | 1543 | 632 | 2.00 | 0.40 | 2238.28 | 799.96 | 3693.4 |
| 8 - 15 | 2590 | 1301 | 2.00 | 0.33 | 9008.83 | 3383.12 | 8907.6 |
| 15 - 17 | 2291 | 1106 | 2.00 | 0.35 | 6594.00 | 2445.57 | 7237.5 |
| 17 - 29 | 2713 | 1365 | 2.00 | 0.33 | 9919.13 | 3727.89 | 9747.2 |
| 29 - 35 | 2409 | 1301 | 2.00 | 0.29 | 8760.82 | 3384.75 | 7093.6 |



ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
S.S.67 Tosco-Romagnola Lavori di adeguamento della S.S.67
Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: SN 12 DH

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m




Offset dal foro m: 2.0

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz (Geotomographie Ltd).

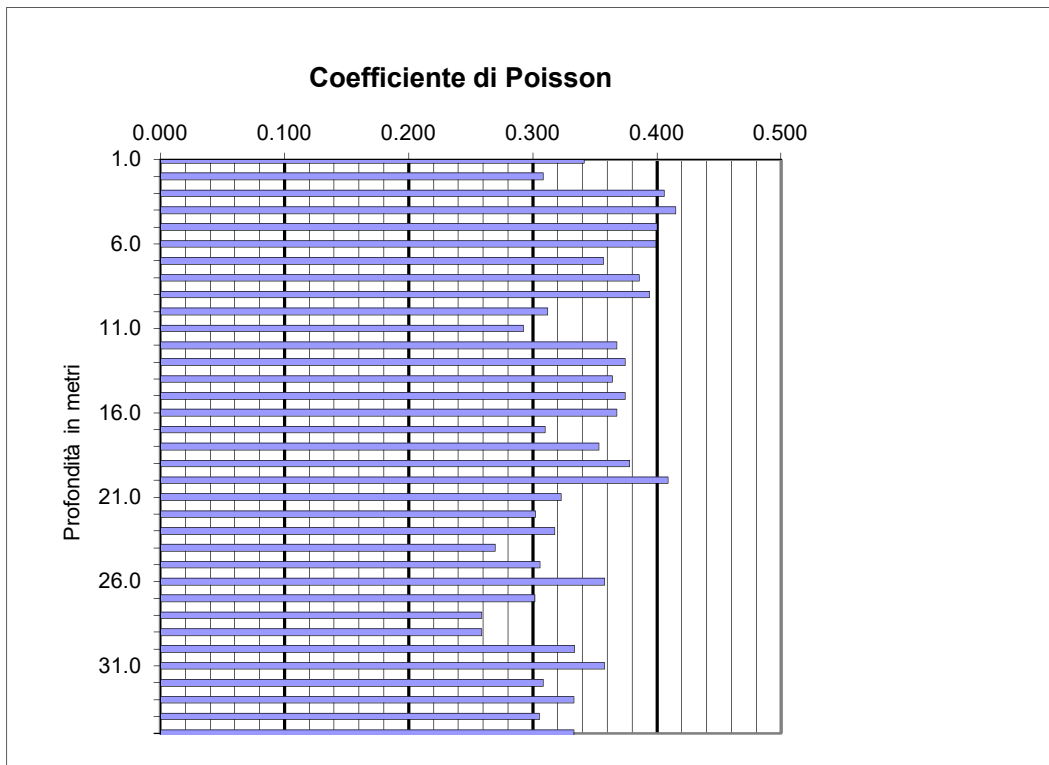
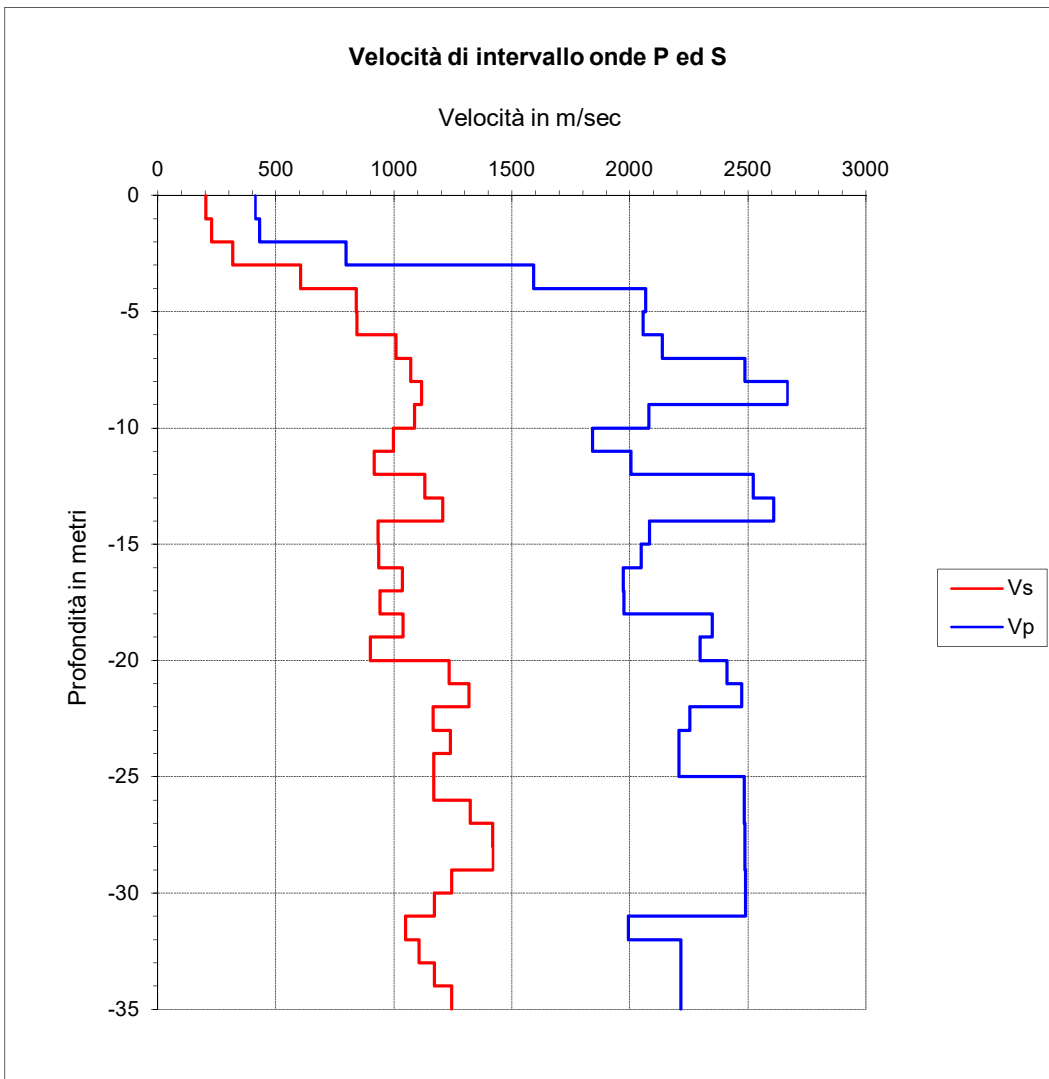
| Profondità metri | Tempi di arrivo onde P ed S | | | | Velocità P e S | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------------------------|-------|----------|----------|----------|
| | Tp ms | Ts ms | Tp' ms | Ts' ms | Vp m/s | Vs m/s | γ g/cmc | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 1.0 | 5.40 | 11.00 | 2.41 | 4.92 | 414 | 203 | 2.00 | 0.341 | 221.7 | 82.6 | 232.7 |
| 2.0 | 6.70 | 13.20 | 4.74 | 9.33 | 431 | 227 | 2.00 | 0.309 | 268.6 | 102.6 | 233.9 |
| 3.0 | 7.20 | 15.00 | 5.99 | 12.48 | 798 | 318 | 2.00 | 0.406 | 567.8 | 202.0 | 1004.3 |
| 4.0 | 7.40 | 15.80 | 6.62 | 14.13 | 1592 | 606 | 2.00 | 0.415 | 2076.6 | 733.6 | 4093.1 |
| 5.0 | 7.65 | 16.50 | 7.10 | 15.32 | 2066 | 842 | 2.00 | 0.400 | 3969.6 | 1417.3 | 6644.9 |
| 6.0 | 8.00 | 17.40 | 7.59 | 16.51 | 2055 | 842 | 2.00 | 0.399 | 3970.3 | 1418.9 | 6554.1 |
| 7.0 | 8.38 | 18.20 | 8.06 | 17.50 | 2136 | 1007 | 2.00 | 0.357 | 5508.8 | 2029.7 | 6421.0 |
| 8.0 | 8.72 | 19.00 | 8.46 | 18.43 | 2487 | 1072 | 2.00 | 0.386 | 6369.0 | 2297.7 | 9307.9 |
| 9.0 | 9.05 | 19.80 | 8.83 | 19.33 | 2668 | 1116 | 2.00 | 0.394 | 6948.0 | 2492.4 | 10910.4 |
| 10.0 | 9.50 | 20.65 | 9.32 | 20.25 | 2079 | 1086 | 2.00 | 0.312 | 6194.6 | 2360.4 | 5496.4 |
| 11.0 | 10.02 | 21.60 | 9.86 | 21.25 | 1842 | 997 | 2.00 | 0.293 | 5143.7 | 1989.6 | 4133.8 |
| 12.0 | 10.50 | 22.65 | 10.36 | 22.34 | 2005 | 917 | 2.00 | 0.368 | 4602.6 | 1682.6 | 5796.3 |
| 13.0 | 10.88 | 23.50 | 10.75 | 23.23 | 2523 | 1130 | 2.00 | 0.375 | 7021.2 | 2554.0 | 9326.0 |
| 14.0 | 11.25 | 24.30 | 11.14 | 24.06 | 2608 | 1206 | 2.00 | 0.364 | 7937.8 | 2909.9 | 9722.6 |
| 15.0 | 11.72 | 25.35 | 11.62 | 25.13 | 2082 | 933 | 2.00 | 0.374 | 4785.2 | 1740.8 | 6350.1 |
| 16.0 | 12.20 | 26.40 | 12.11 | 26.20 | 2047 | 936 | 2.00 | 0.368 | 4792.1 | 1751.8 | 6042.0 |
| 17.0 | 12.70 | 27.35 | 12.61 | 27.16 | 1972 | 1035 | 2.00 | 0.310 | 5609.0 | 2140.9 | 4919.3 |
| 18.0 | 13.20 | 28.40 | 13.12 | 28.23 | 1975 | 940 | 2.00 | 0.354 | 4785.8 | 1767.9 | 5446.5 |
| 19.0 | 13.62 | 29.35 | 13.55 | 29.19 | 2348 | 1039 | 2.00 | 0.378 | 5951.7 | 2159.2 | 8147.1 |
| 20.0 | 14.05 | 30.45 | 13.98 | 30.30 | 2298 | 901 | 2.00 | 0.409 | 4573.9 | 1622.8 | 8400.4 |
| 21.0 | 14.46 | 31.25 | 14.39 | 31.11 | 2412 | 1234 | 2.00 | 0.323 | 8057.1 | 3045.7 | 7574.7 |
| 22.0 | 14.86 | 32.00 | 14.80 | 31.87 | 2475 | 1317 | 2.00 | 0.302 | 9035.2 | 3468.5 | 7622.4 |
| 23.0 | 15.30 | 32.85 | 15.24 | 32.73 | 2255 | 1166 | 2.00 | 0.318 | 7160.8 | 2717.3 | 6544.8 |
| 24.0 | 15.75 | 33.65 | 15.70 | 33.53 | 2207 | 1239 | 2.00 | 0.270 | 7795.4 | 3069.0 | 5649.2 |
| 25.0 | 16.20 | 34.50 | 16.15 | 34.39 | 2208 | 1168 | 2.00 | 0.306 | 7123.1 | 2727.2 | 6118.0 |
| 26.0 | 16.60 | 35.35 | 16.55 | 35.25 | 2483 | 1169 | 2.00 | 0.358 | 7416.5 | 2731.1 | 8691.7 |
| 27.0 | 17.00 | 36.10 | 16.95 | 36.00 | 2485 | 1324 | 2.00 | 0.302 | 9123.9 | 3504.1 | 7676.3 |
| 28.0 | 17.40 | 36.80 | 17.36 | 36.71 | 2486 | 1418 | 2.00 | 0.259 | 10127.5 | 4022.6 | 6998.3 |
| 29.0 | 17.80 | 37.50 | 17.76 | 37.41 | 2487 | 1419 | 2.00 | 0.259 | 10139.6 | 4027.9 | 7003.1 |
| 30.0 | 18.20 | 38.30 | 18.16 | 38.22 | 2488 | 1244 | 2.00 | 0.333 | 8250.9 | 3093.7 | 8259.0 |
| 31.0 | 18.60 | 39.15 | 18.56 | 39.07 | 2489 | 1172 | 2.00 | 0.358 | 7453.6 | 2744.8 | 8733.4 |
| 32.0 | 19.10 | 40.10 | 19.06 | 40.02 | 1994 | 1049 | 2.00 | 0.309 | 5762.3 | 2201.5 | 5020.2 |
| 33.0 | 19.55 | 41.00 | 19.51 | 40.92 | 2215 | 1107 | 2.00 | 0.333 | 6541.2 | 2452.8 | 6545.5 |
| 34.0 | 20.00 | 41.85 | 19.97 | 41.78 | 2216 | 1173 | 2.00 | 0.306 | 7179.4 | 2749.5 | 6154.0 |
| 35.0 | 20.40 | 42.65 | 20.37 | 42.58 | 2492 | 1246 | 2.00 | 0.333 | 8276.9 | 3103.6 | 8281.8 |

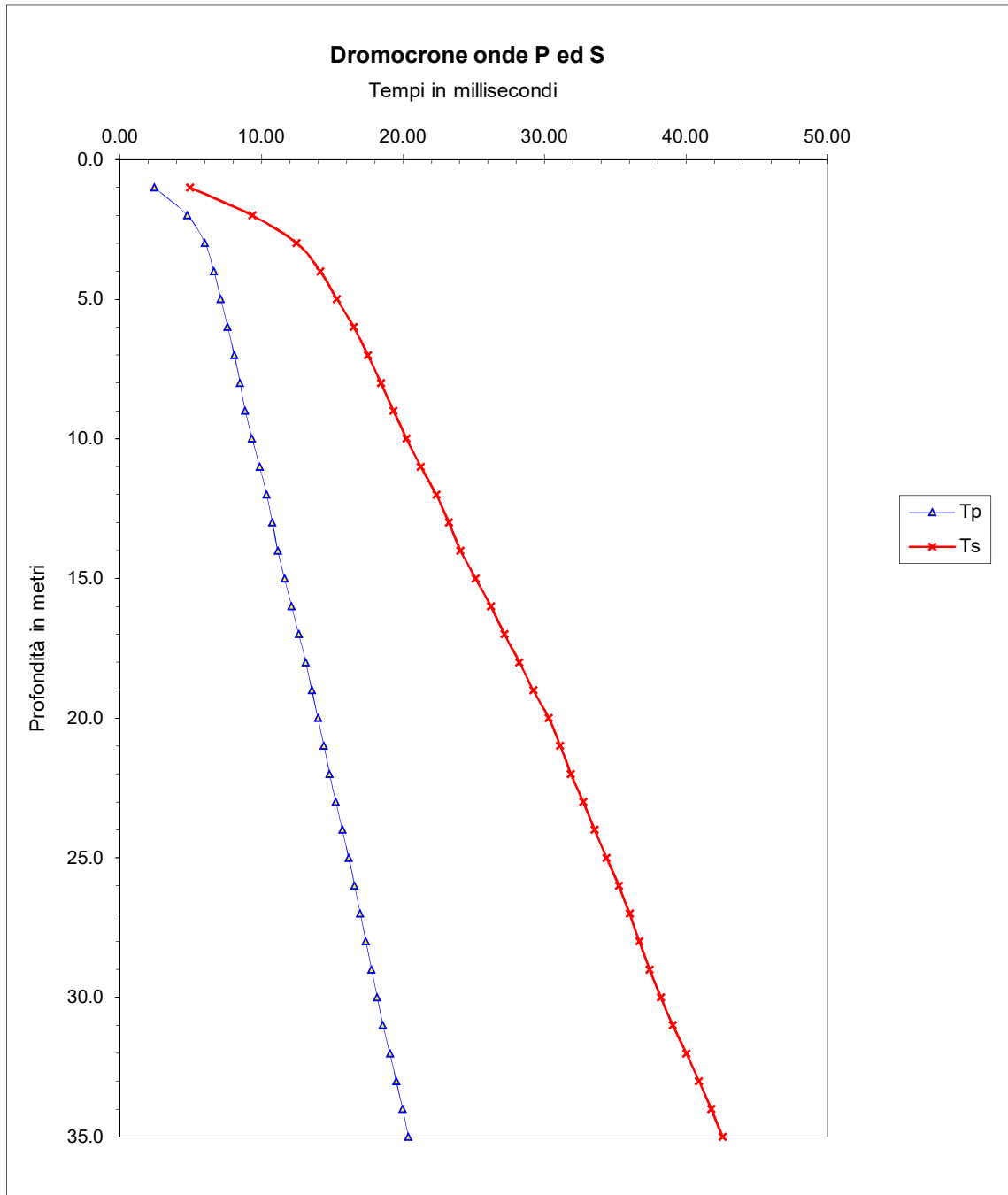
Vseq = 283

Litologia prevalente

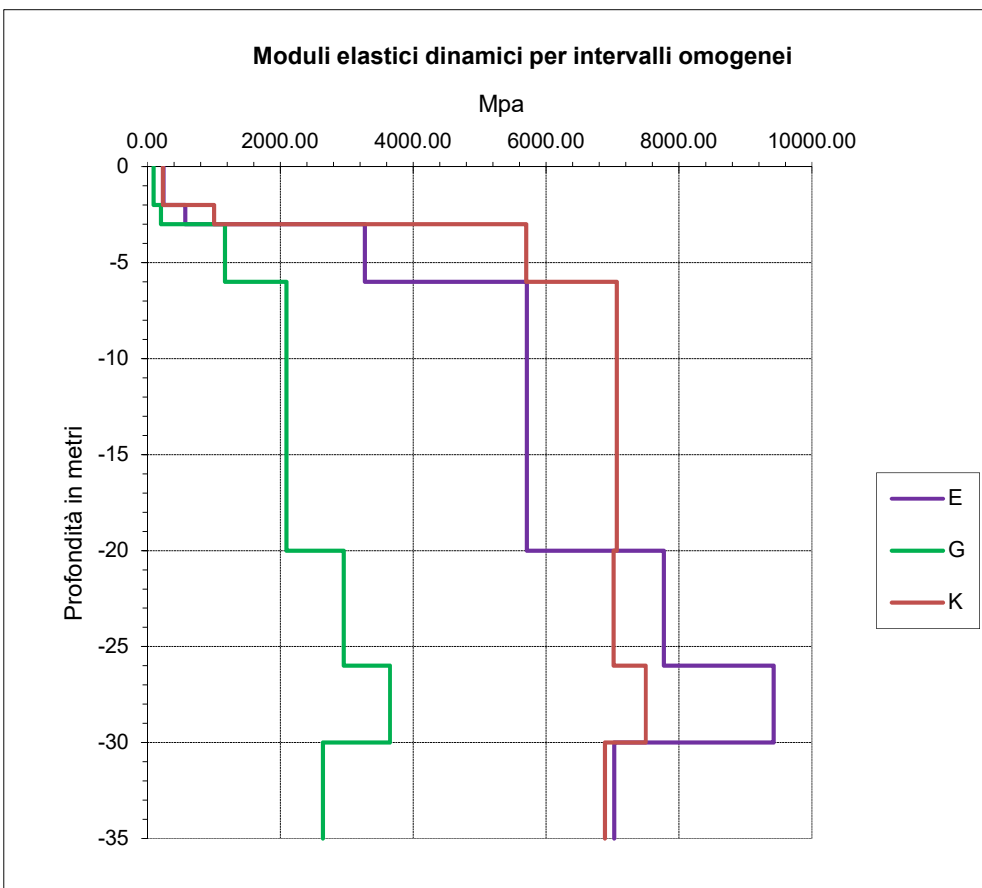
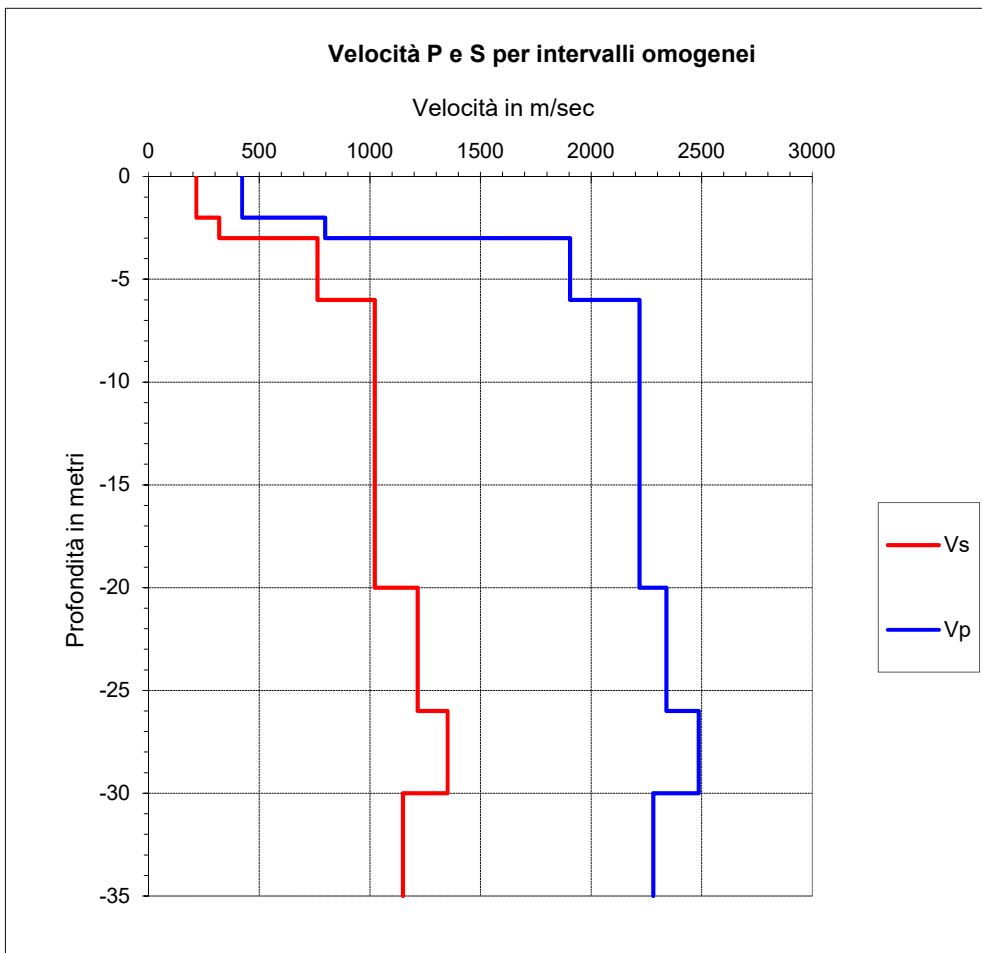
-  Sabbie limose e ghiaie
-  Orizzonte di alterazione delle siltiti
-  Siltiti marnoso-calcaree

- Tp:** Tempo di arrivo onde longitudinali (P)
- Ts:** Tempo di arrivo onde trasversali (S)
- Tp':** Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale
- Ts':** Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale
- Vp Vs:** Velocità di intervallo onde P ed S
- ν :** Coefficiente di Poisson
- E:** Modulo di Young
- G:** Modulo di taglio
- γ :** Peso di Volume
- K:** Modulo di incompressibilità

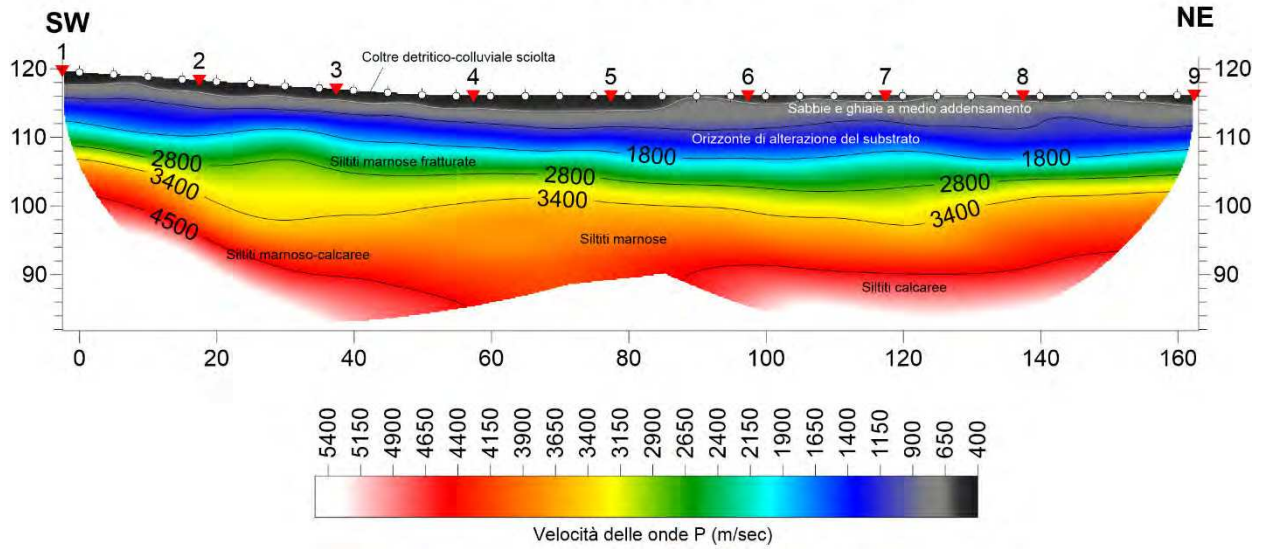




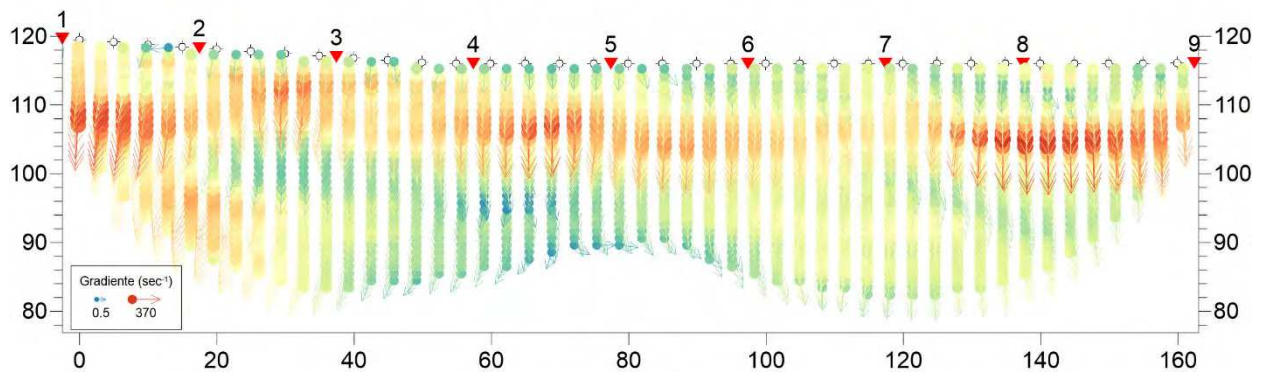
| Intervalli omogenei di velocità | | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------|---------|---------|--------|
| Intervalli misure | Vp m/sec | Vs m/sec | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 0 - 2 | 422 | 215 | 2.00 | 0.33 | 244.82 | 92.37 | 233.5 |
| 2 - 3 | 798 | 318 | 2.00 | 0.41 | 567.80 | 201.95 | 1004.3 |
| 3 - 6 | 1904 | 763 | 2.00 | 0.40 | 3272.29 | 1165.08 | 5699.8 |
| 6 - 20 | 2219 | 1023 | 2.00 | 0.37 | 5710.48 | 2091.40 | 7061.9 |
| 20 - 26 | 2340 | 1215 | 2.00 | 0.32 | 7770.33 | 2953.76 | 7012.8 |
| 26 - 30 | 2487 | 1351 | 2.00 | 0.29 | 9424.36 | 3651.36 | 7498.4 |
| 30 - 35 | 2281 | 1149 | 2.00 | 0.33 | 7026.49 | 2641.61 | 6887.3 |



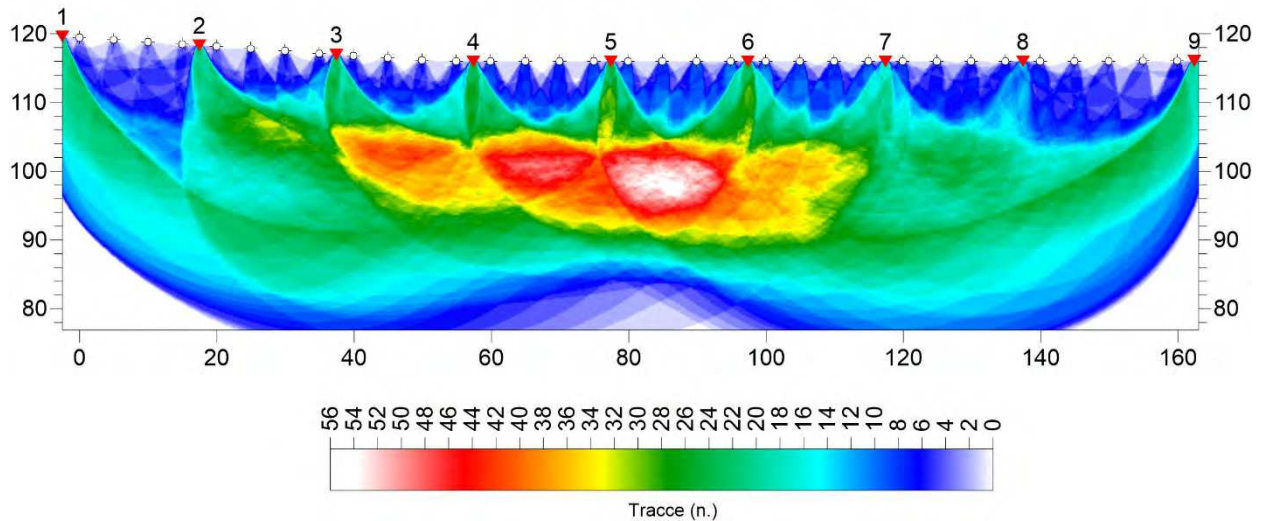
MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE P -B1-

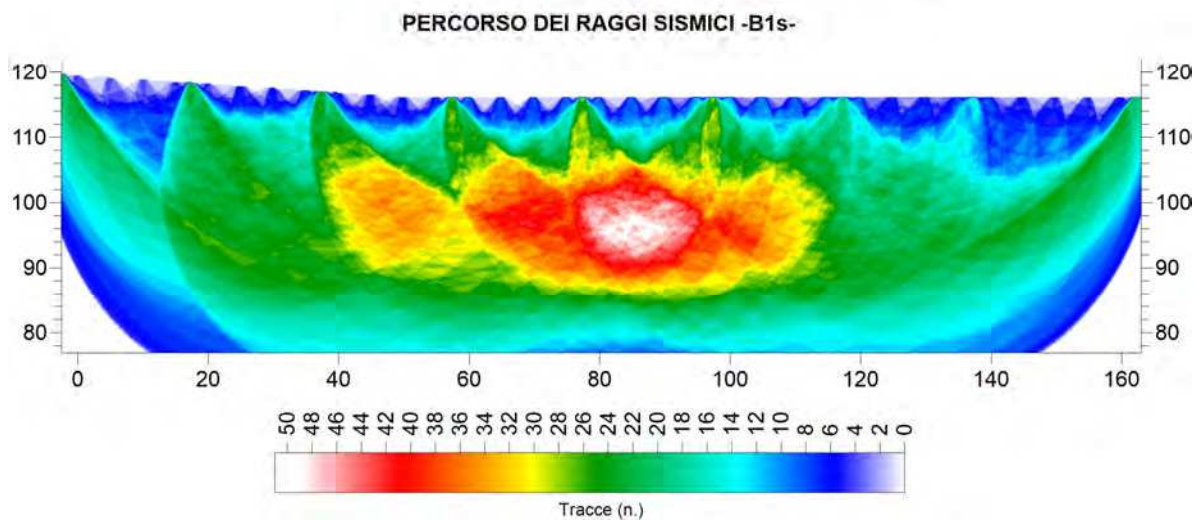
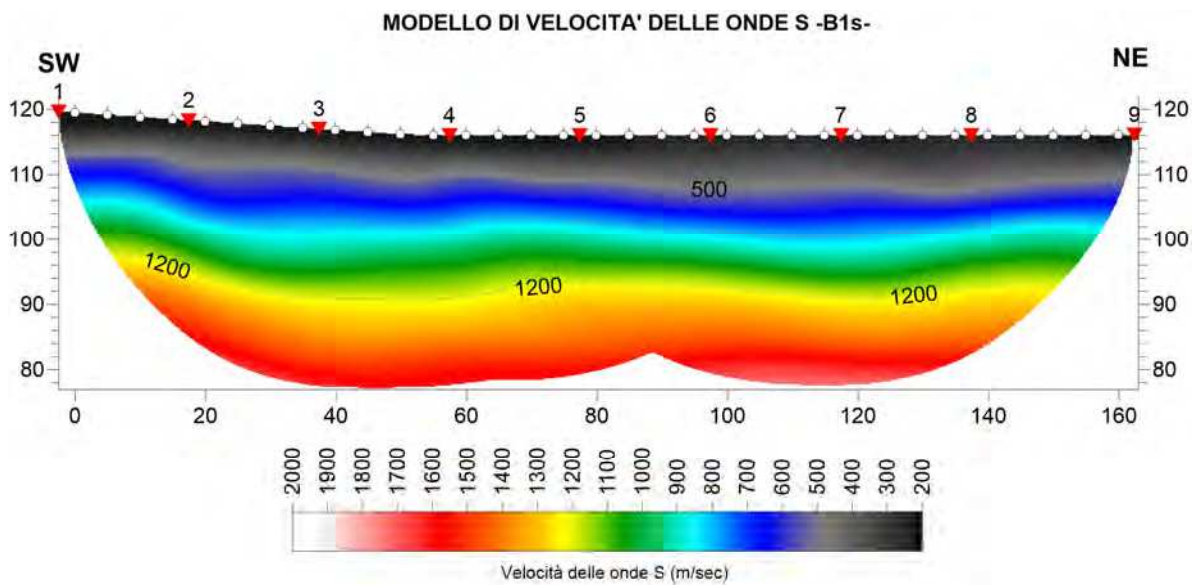


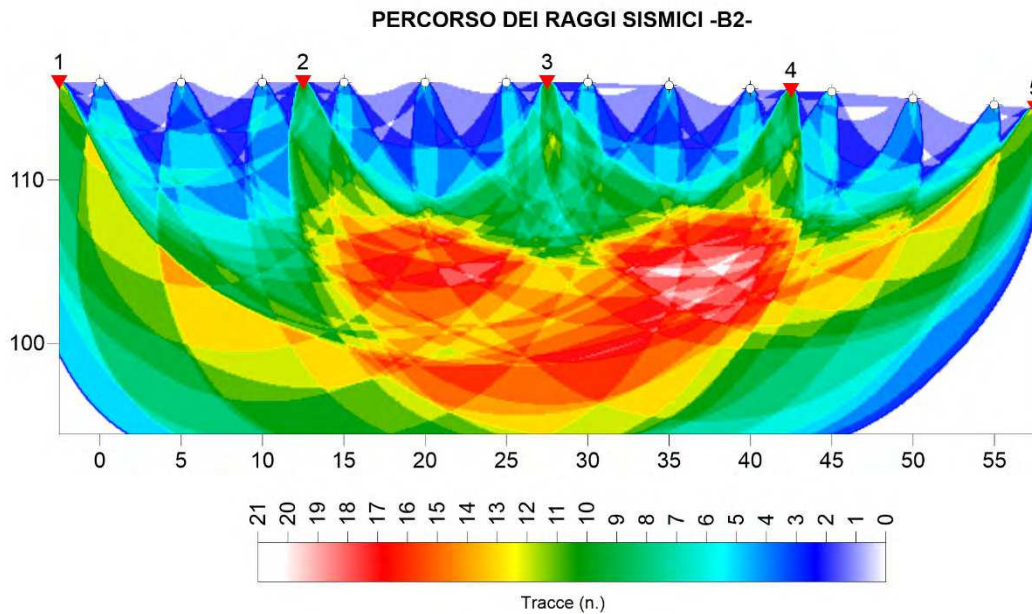
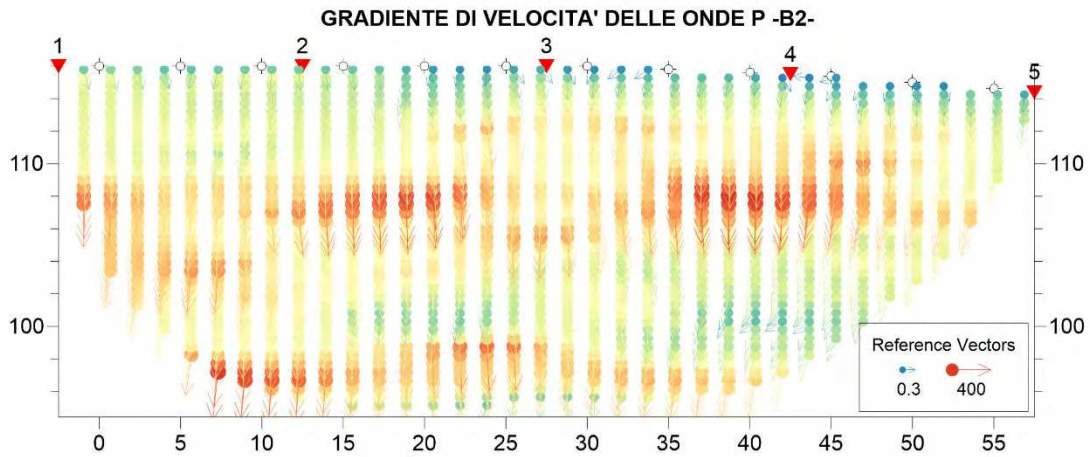
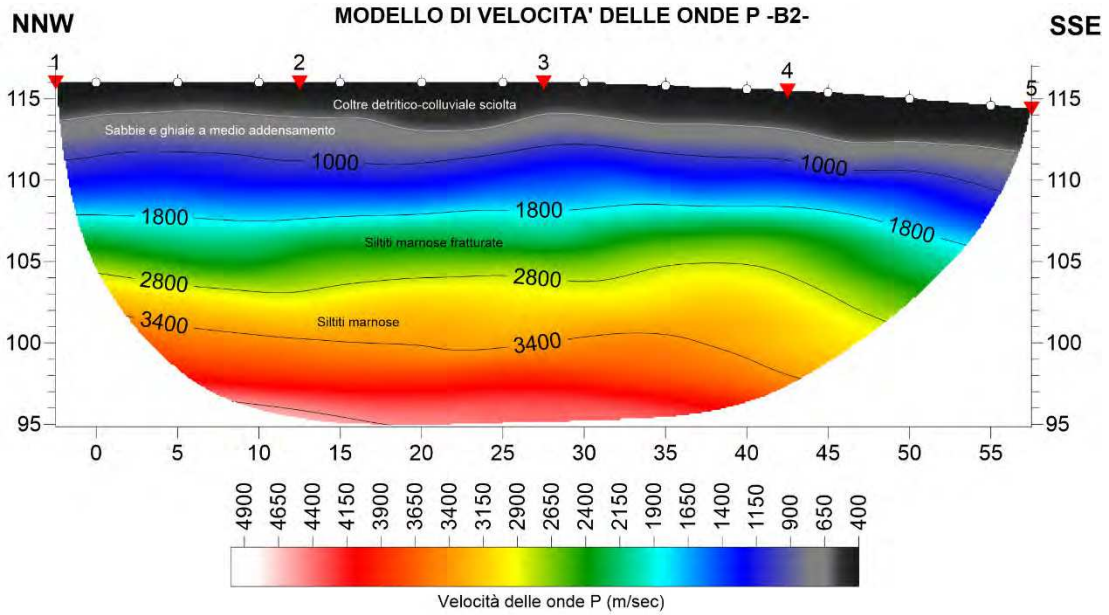
GRADIENTE DI VELOCITA' DELLE ONDE P -B1-



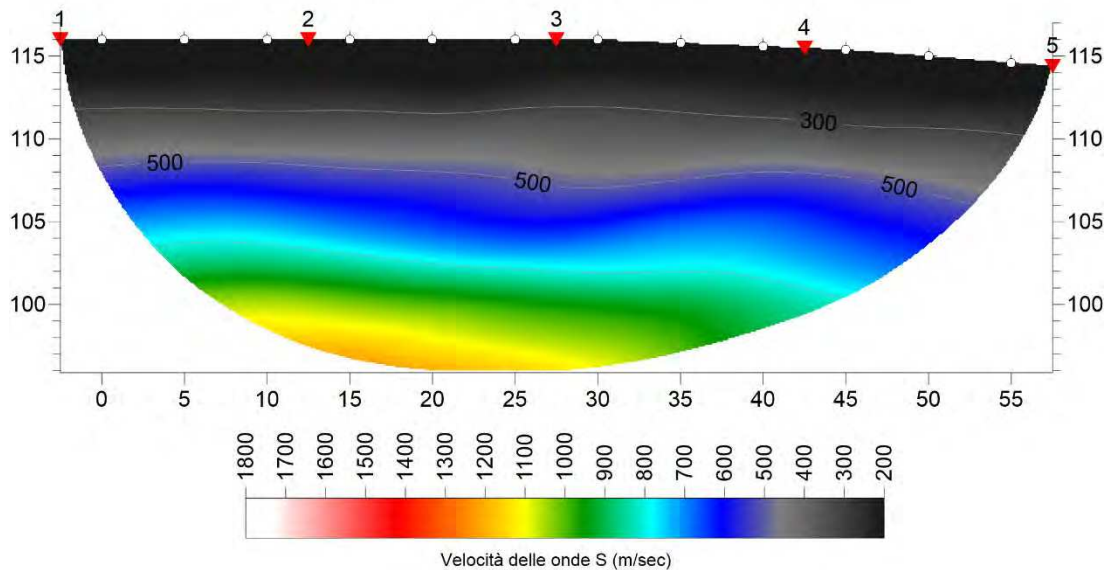
PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B1-



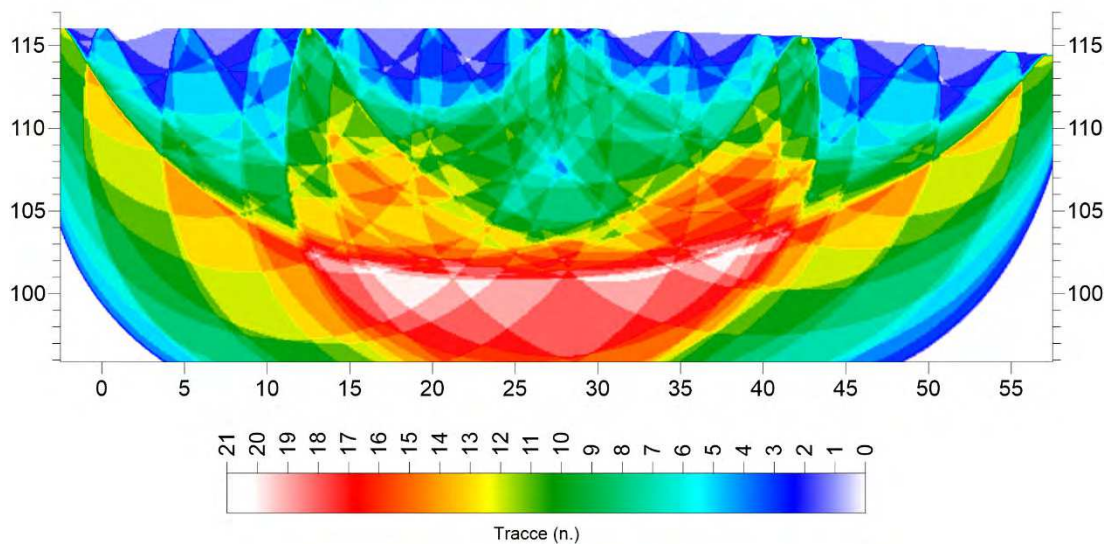


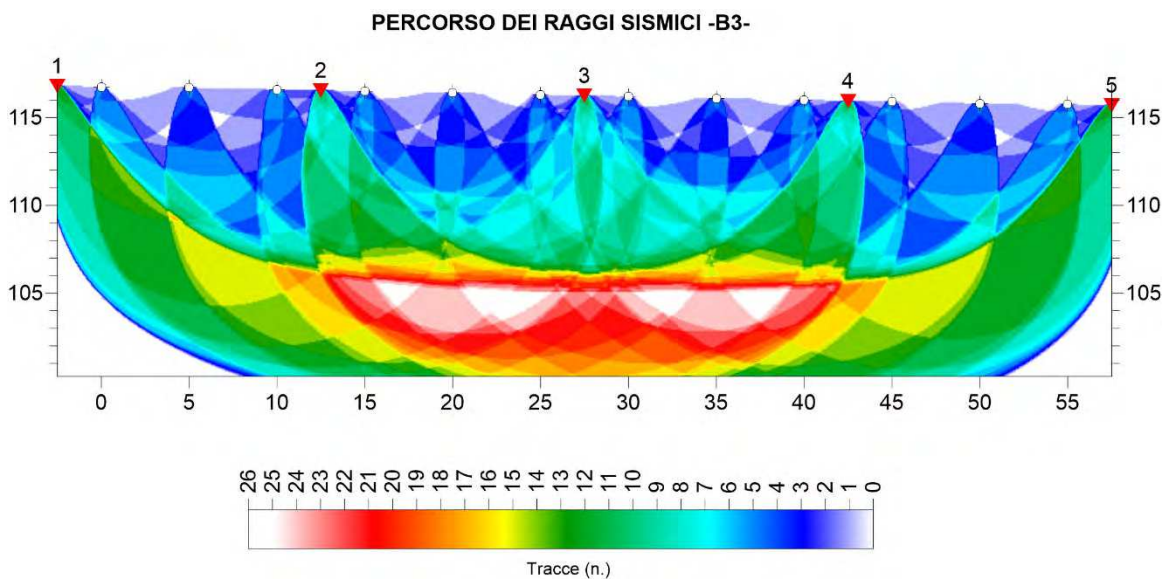
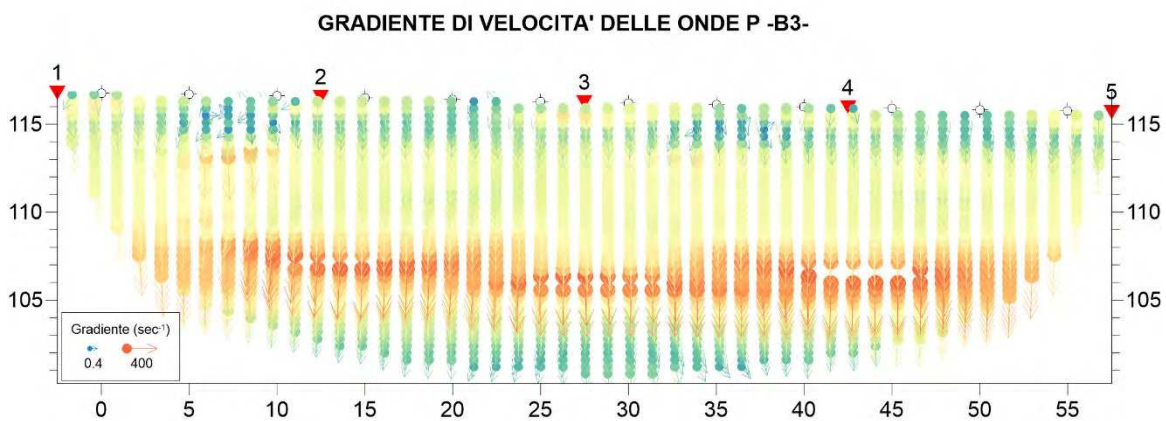
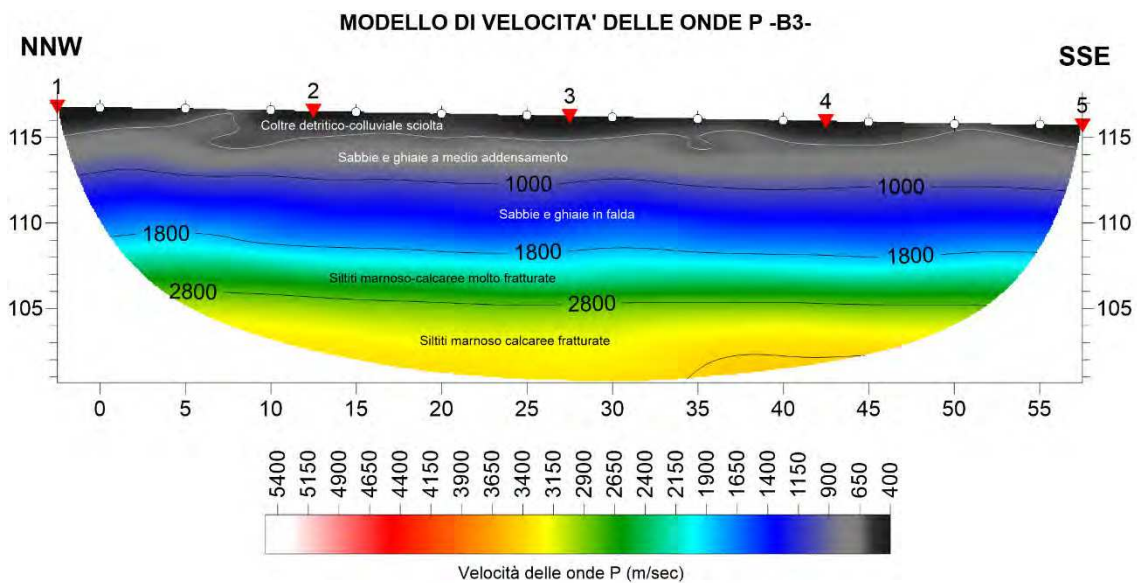


MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE S -B2s-

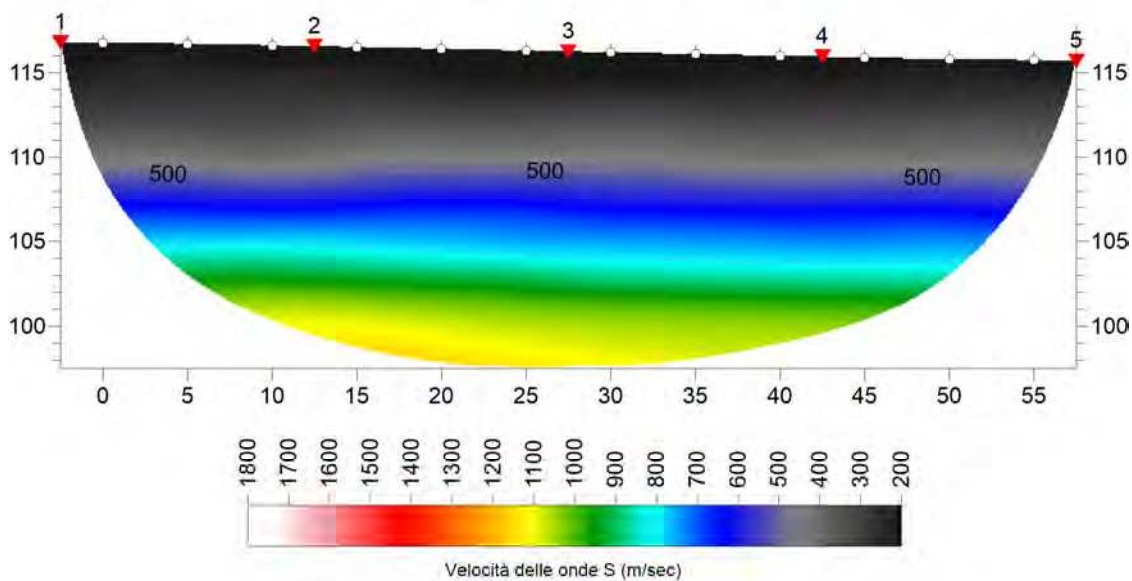


PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B2s-

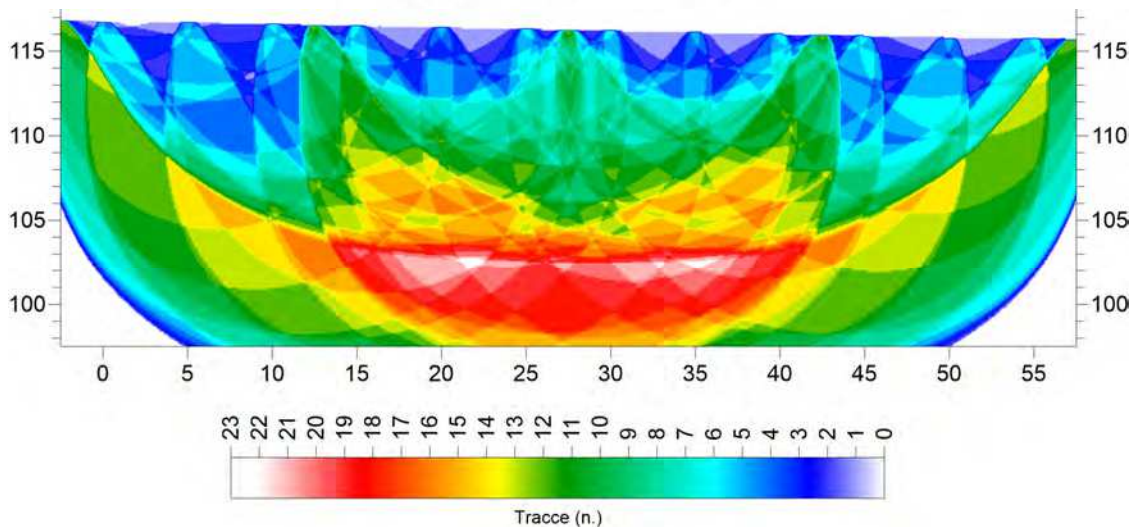




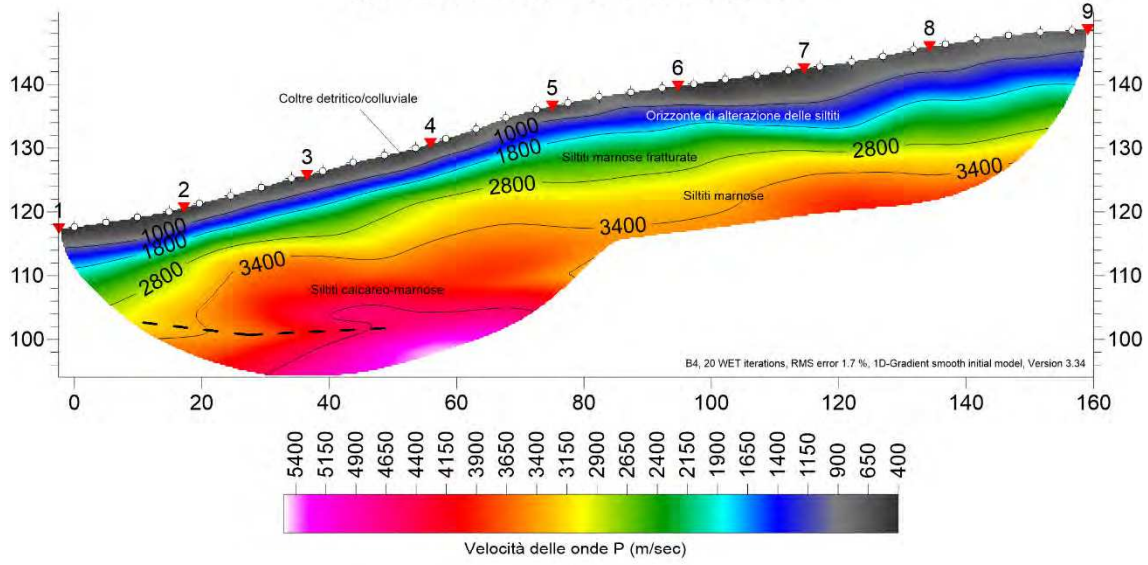
MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE S -B3s-



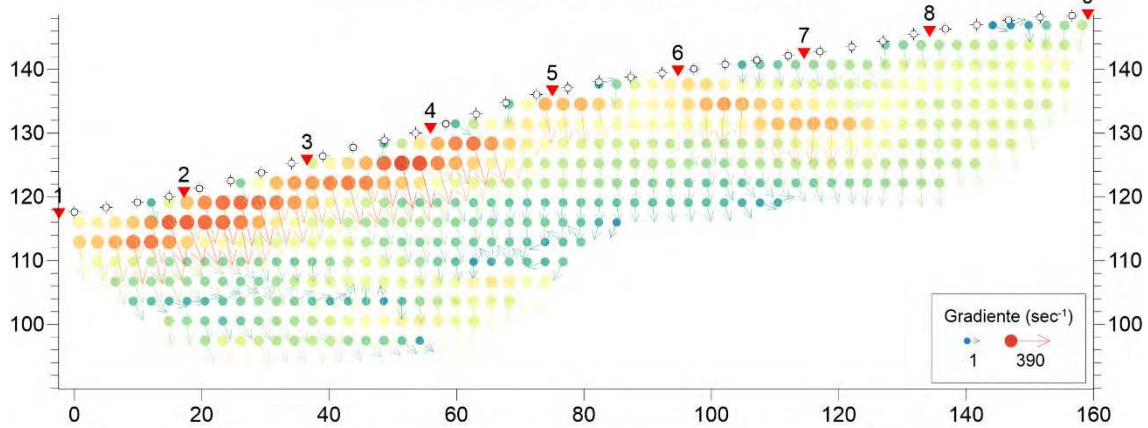
PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B3s-



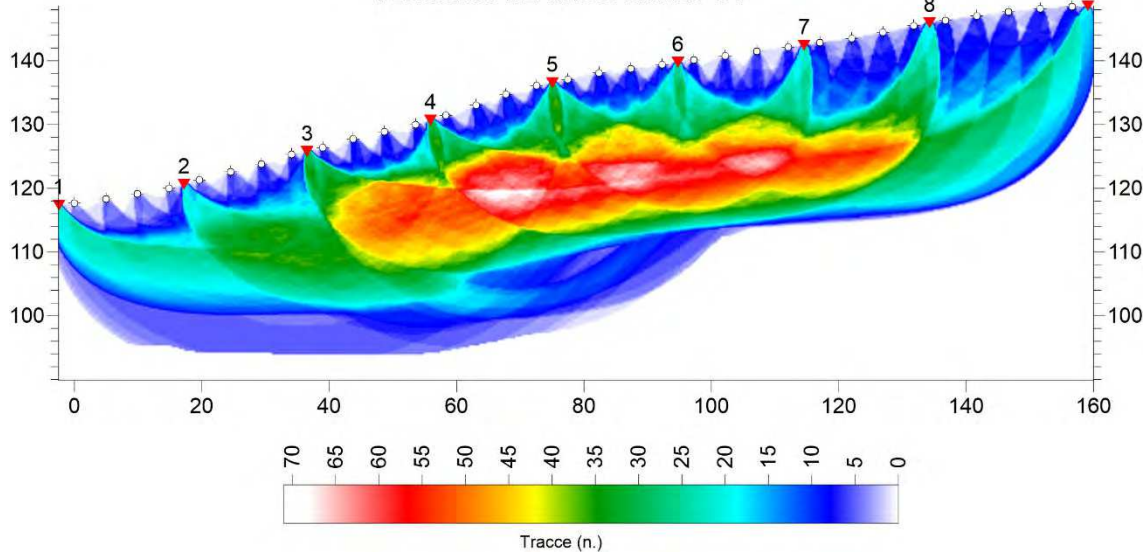
MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE P -B4-



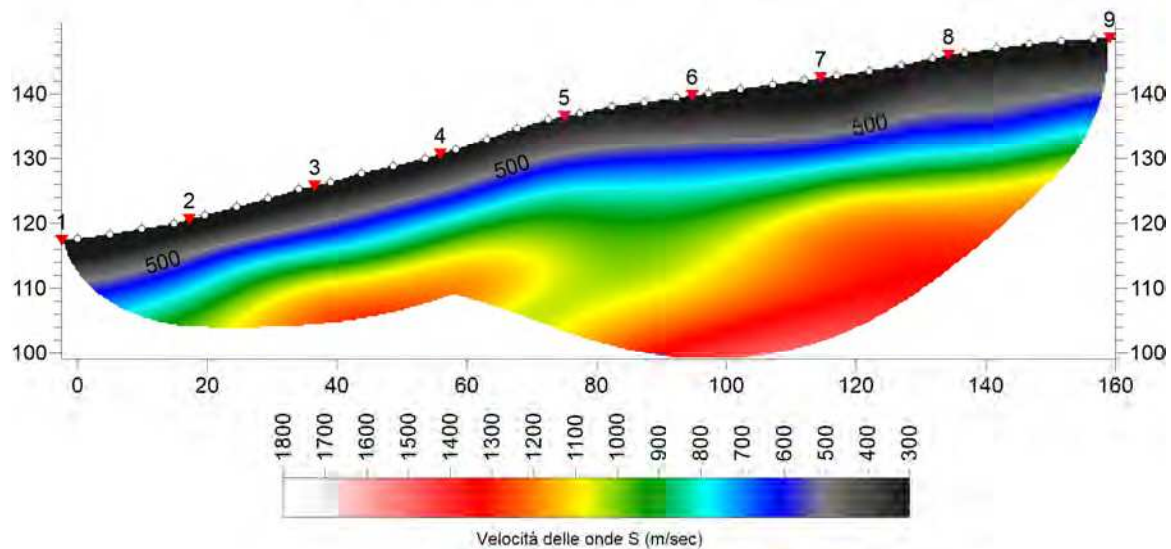
GRADIENTE DI VELOCITA' DELLE ONDE P -B4-



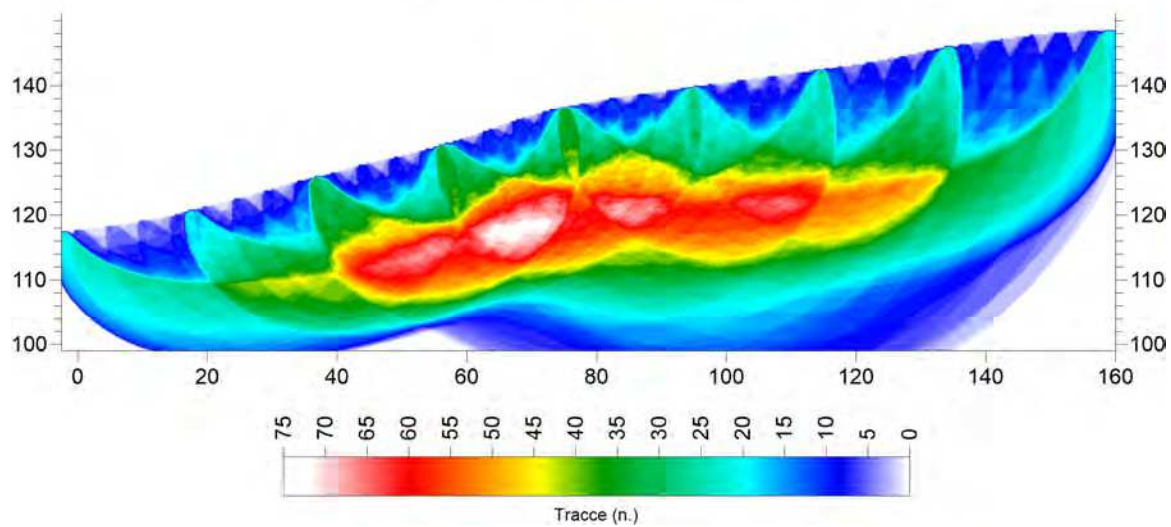
PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B4-

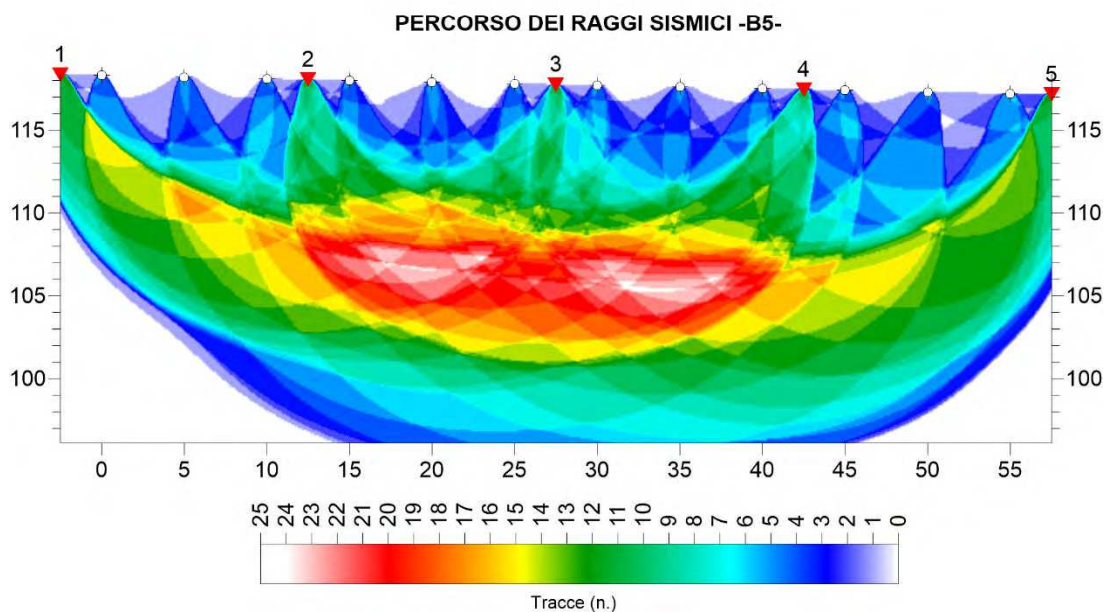
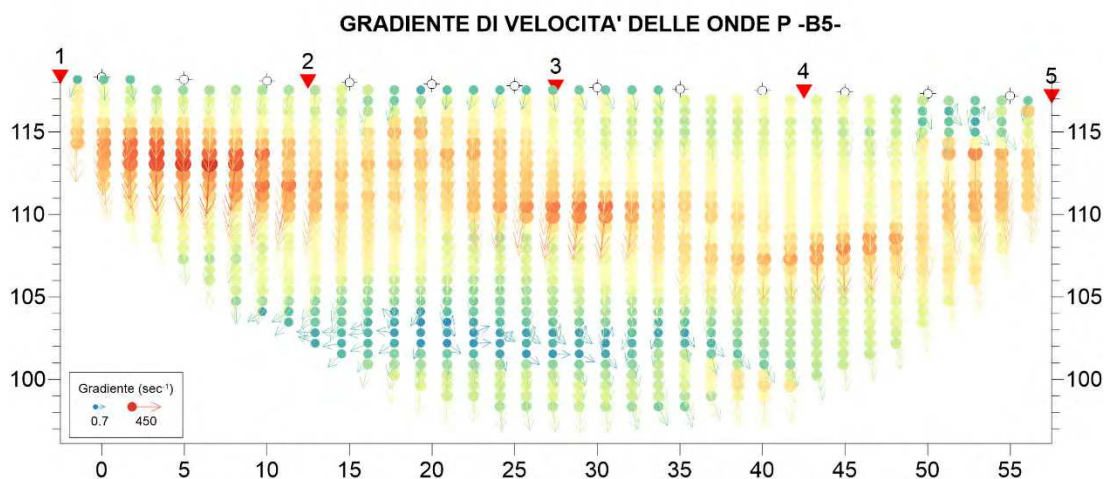
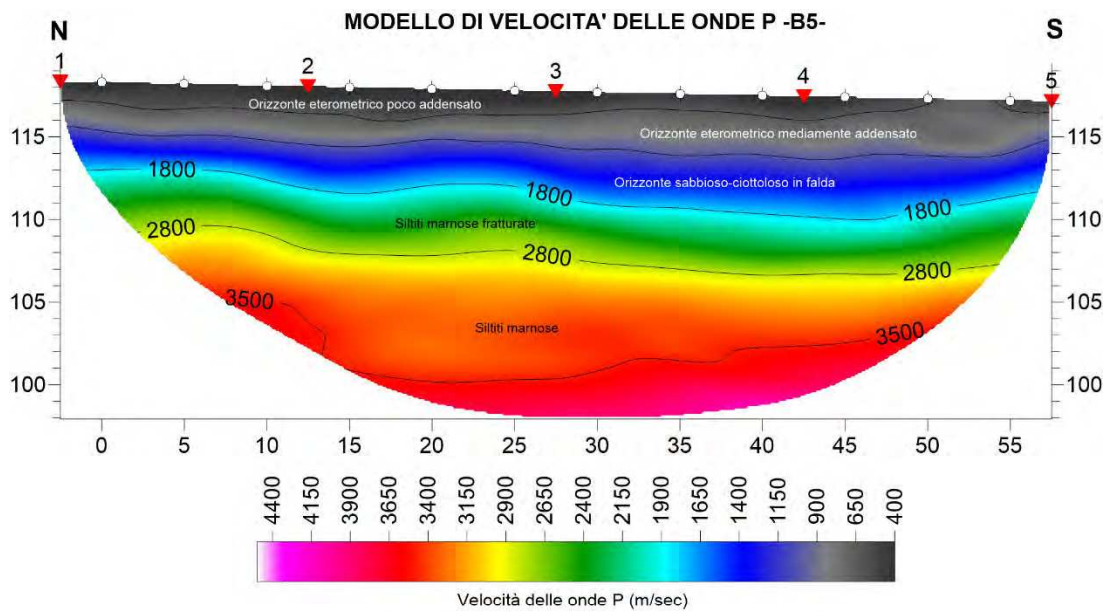


MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE S -B4s-

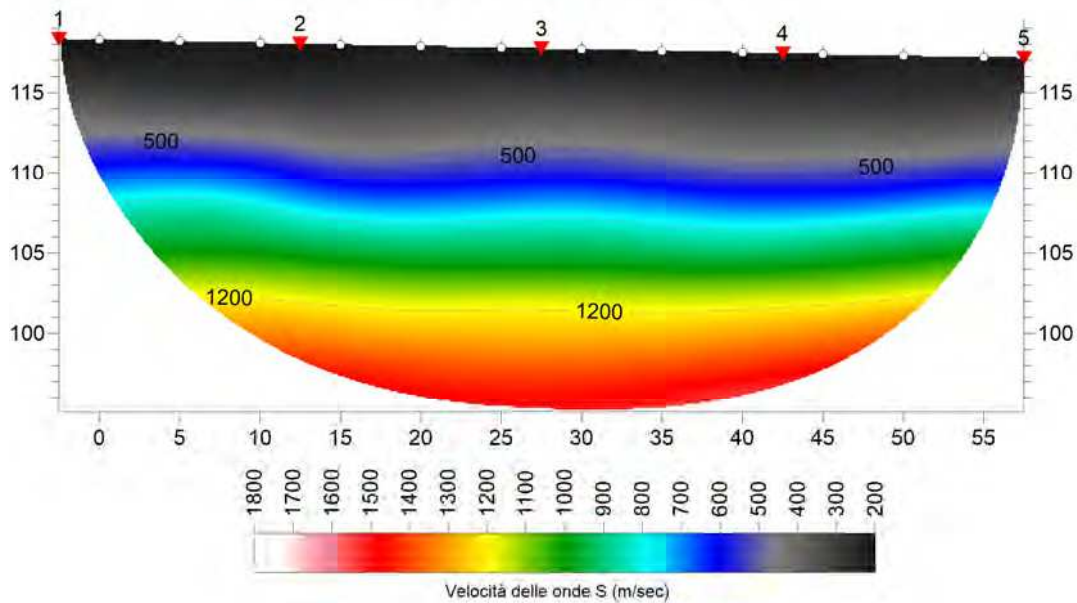


PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B4s-

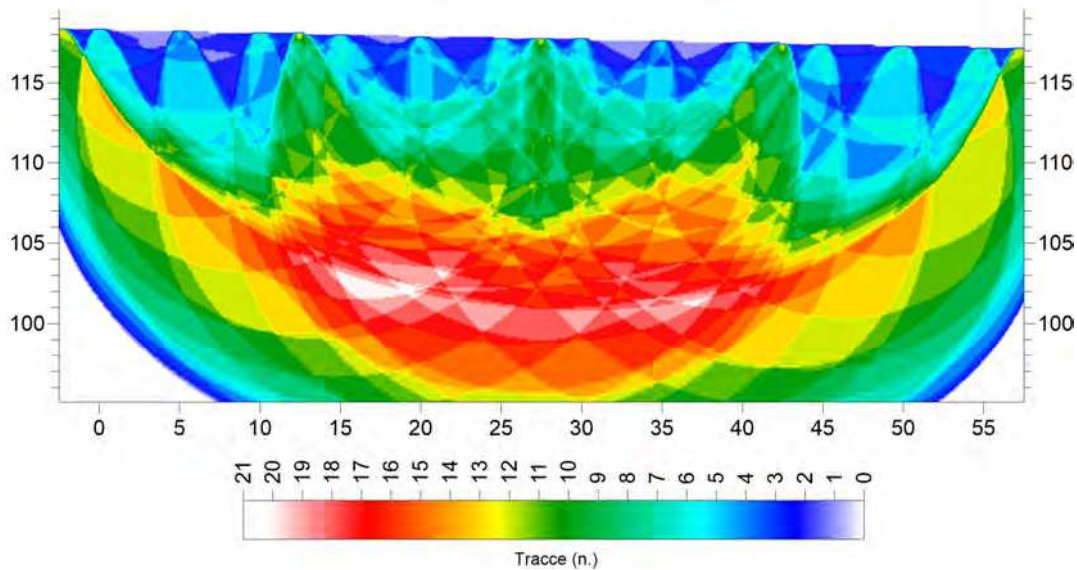


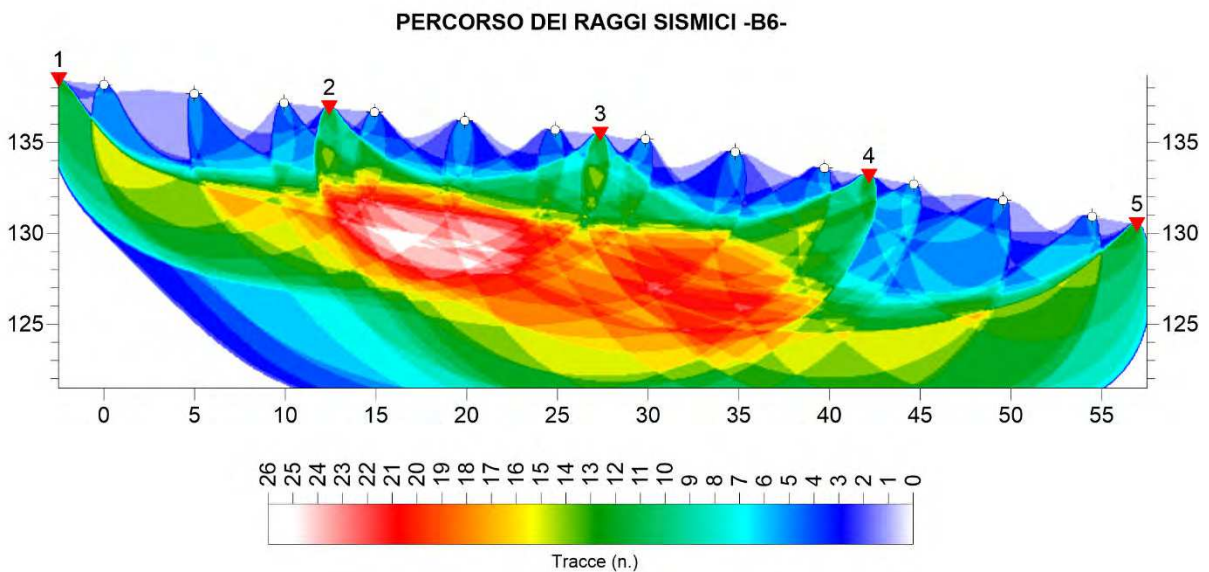
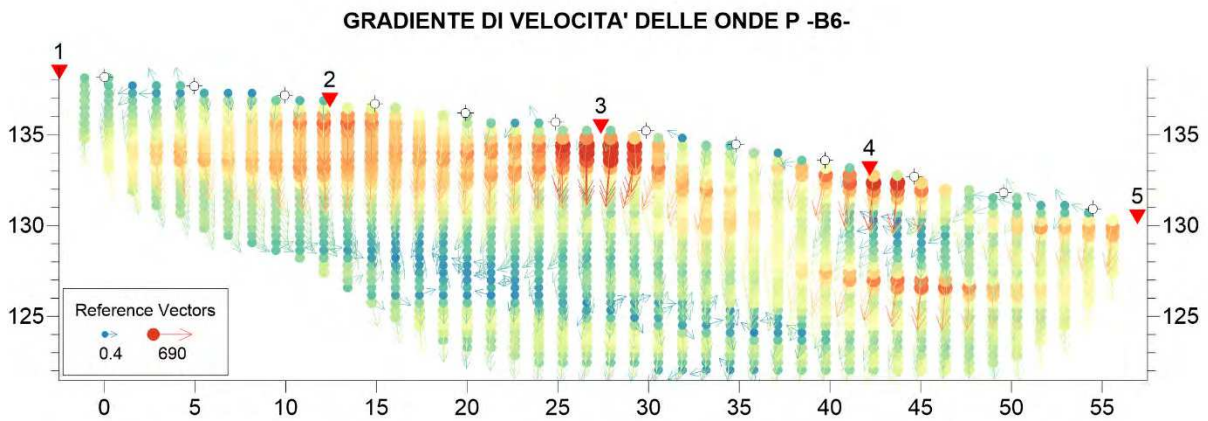
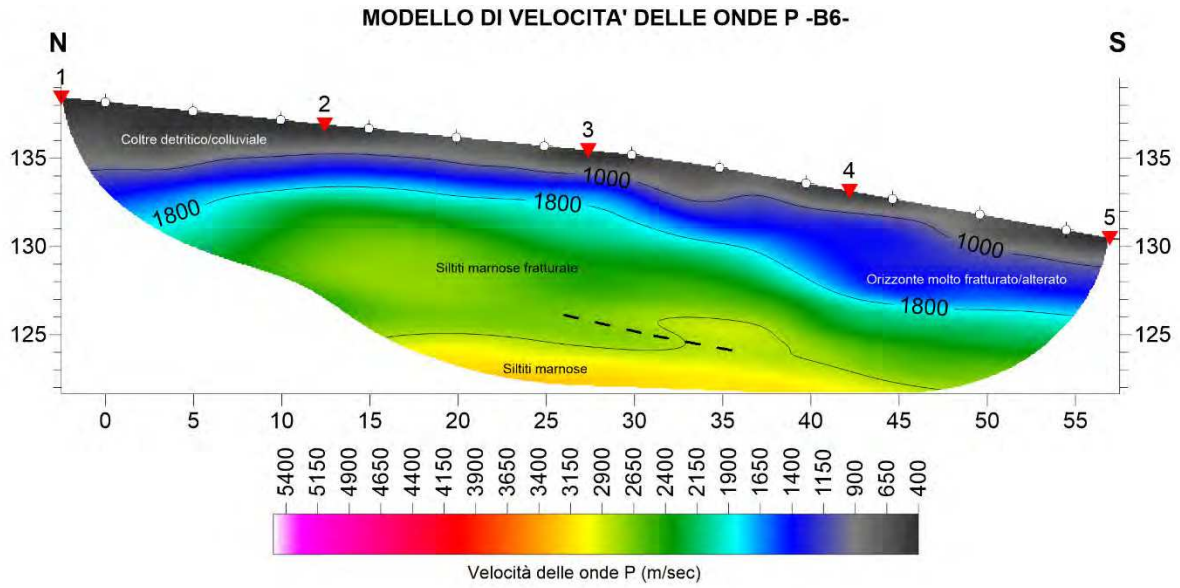


MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE S -B5s-

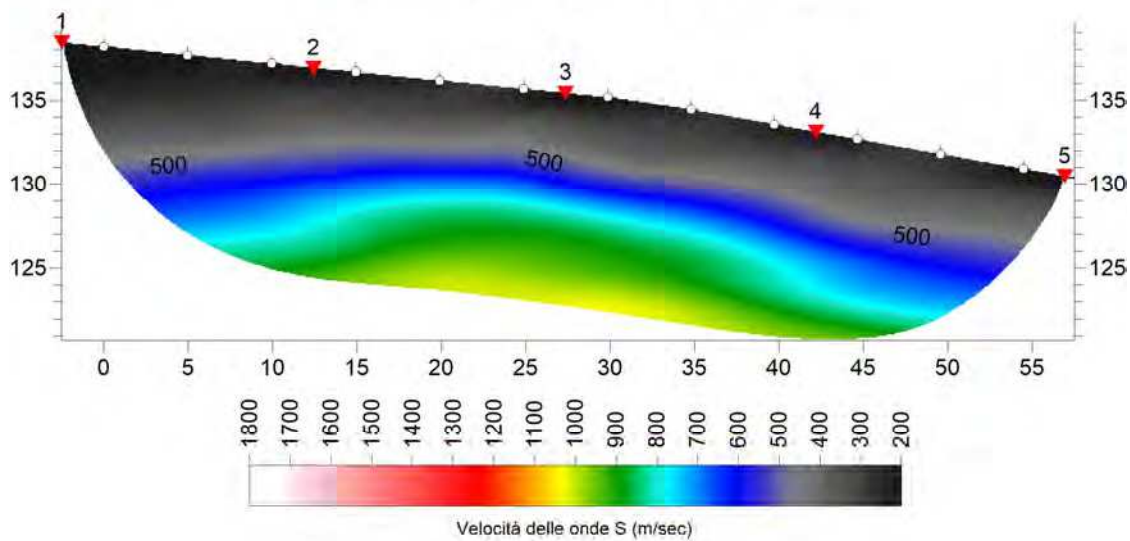


PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B5s-

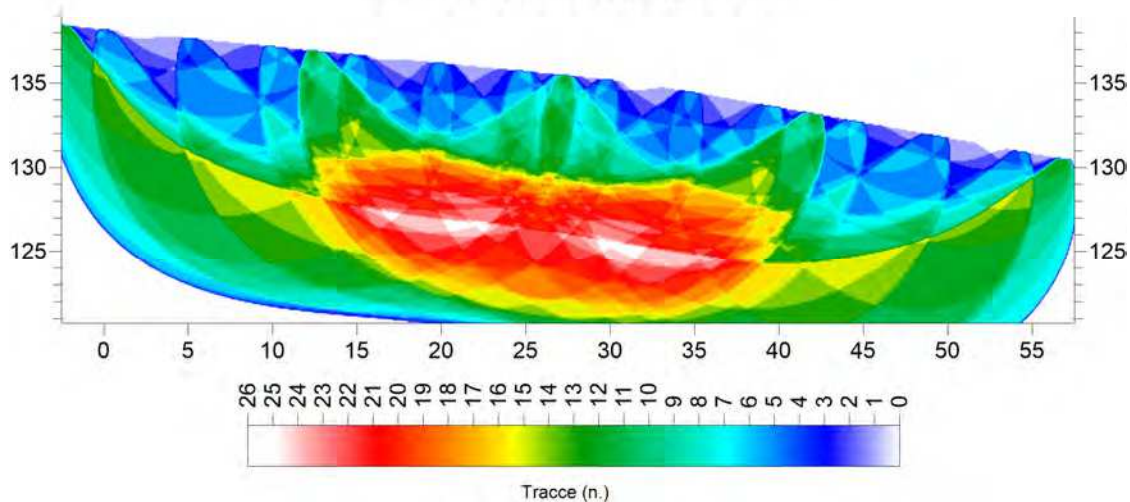


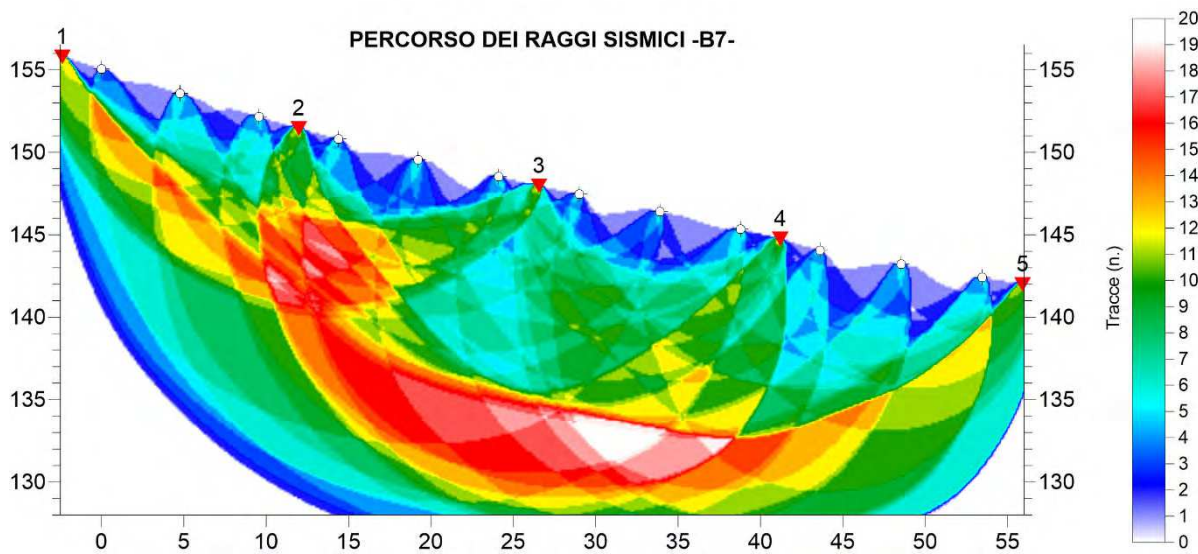
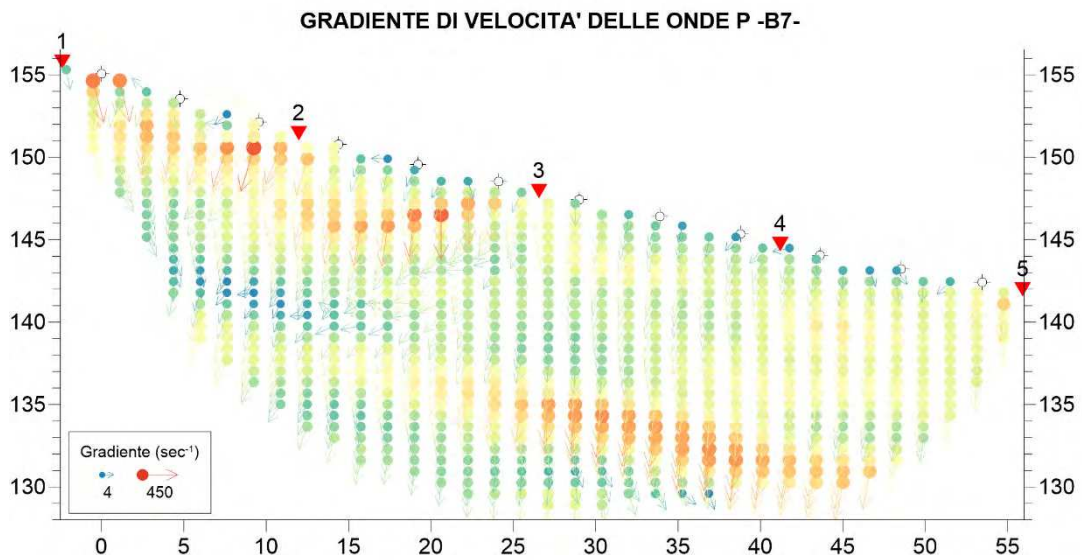
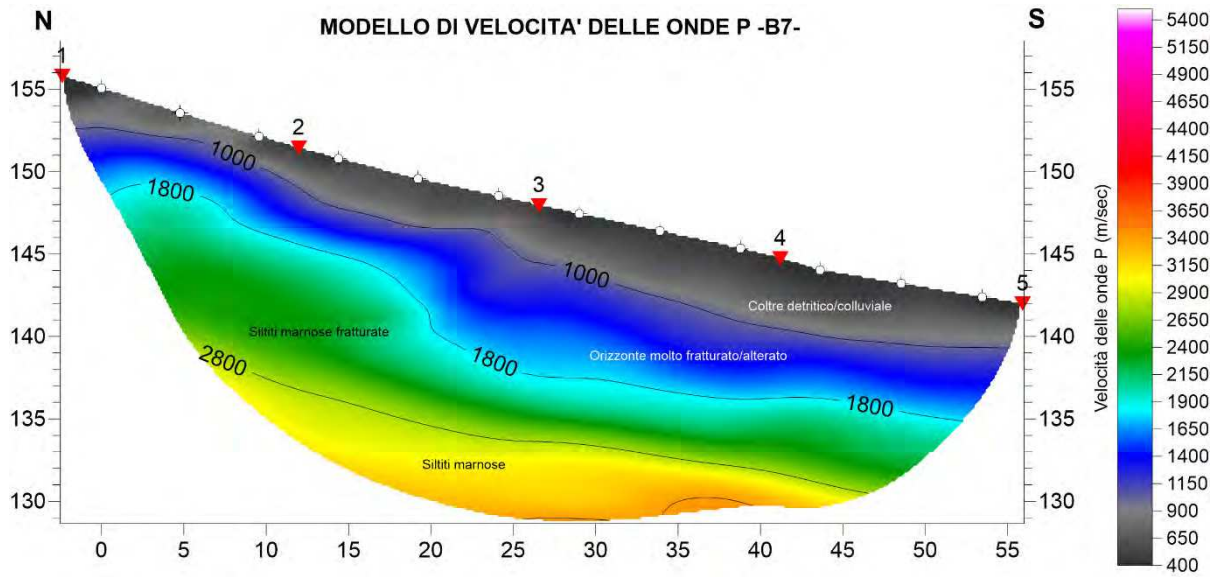


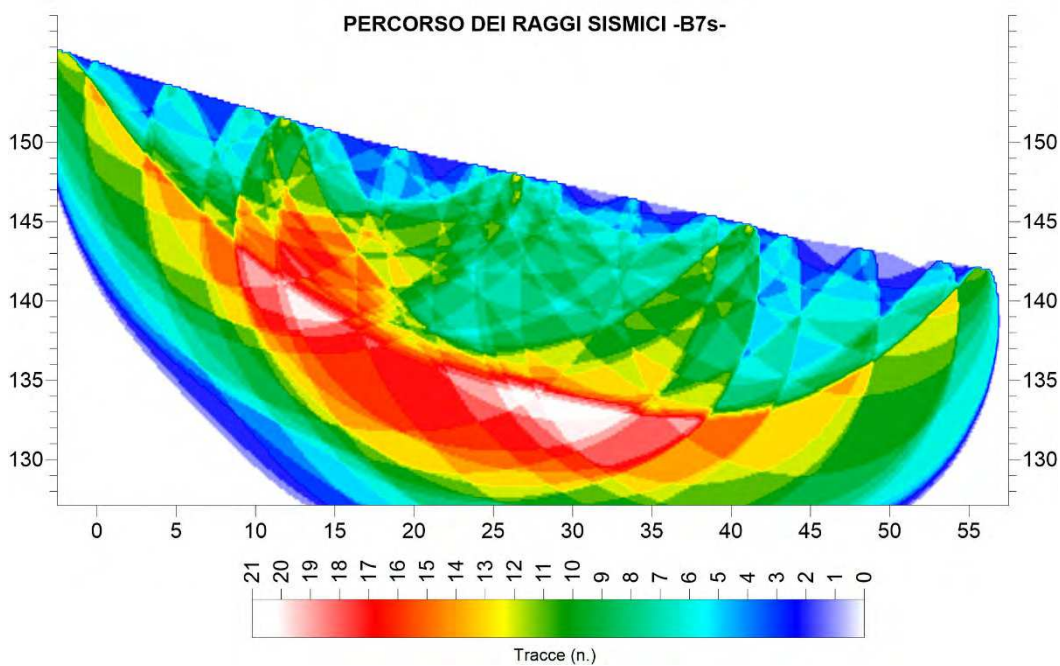
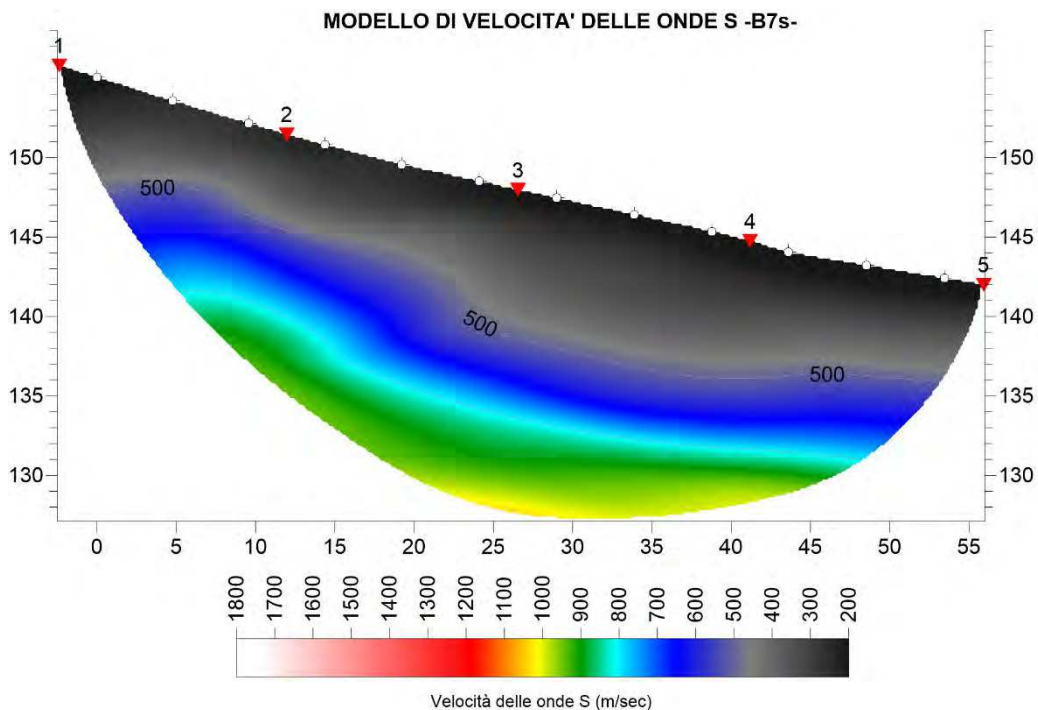
MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE S -B6s-



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B6s-







TRATTO ORIENTALE

L'allineamento delle basi geofoniche per la sismica a rifrazione e dei fori di esecuzione delle misure in foro del tratto orientale, si sviluppa in direzione WSW-ENE, dalla base del versante in destra idrografica del Fiume Sieve, per poi interessare verso est la sua piana alluvionale.

Il contesto di indagine, quindi, è ancora caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali eterometrici, perlopiù sabbiosi e sabbioso-limosi, con intercalazioni di ghiaie, giacenti sul substrato siltitico da marnoso a calcareo-marnoso. Sia le misure in foro, che le prospezioni di superficie con metodo a rifrazione, mostrano che i depositi di copertura alluvionale sono caratterizzati da valori delle velocità delle onde di volume medio-basse fino a circa 5 m di profondità: i valori di V_s sono compresi tra 180 m/sec e 300 m/sec, associabili a depositi granulari a medio addensamento; quindi verso il basso, fino al substrato siltitico, posto tra 7 e 12 m di profondità, il valore di velocità delle onde di taglio aumenta lievemente, in genere compreso tra 300 e 370 m/sec, indizio dell'aumento dello stato di addensamento della compagine. Nel substrato siltitico-marnoso si rileva un rapido aumento del valore relativa alla velocità delle onde di taglio, che in 3-4 m si porta oltre i 1000 m/sec. Tale aumento si riscontra anche nei modelli della sismica a rifrazione, come si può osservare nei modelli ad onde P, il valore del gradiente subisce un primo incremento intorno 5-6 m di profondità, in corrispondenza della falda, per poi continuare a crescere al tetto del substrato siltitico-marnoso. Tale condizione comporta quindi la presenza di un importante contrasto di rigidità tra le coperture alluvionali, da considerarsi mediamente addensate, e il substrato locale, in cui i valori di velocità delle onde di taglio sono variabili tra 1100 m/sec e oltre 1400 m/sec.



Esecuzione indagine sismica in foro Down Hole SN18_DH



Esecuzione indagine sismica in foro Down Hole SN20_DH

ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
S.S.67 Tosco-Romagnola Lavori di adeguamento della S.S.67
Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: SN 17 DH

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec





Intervallo di misura: 1.0 m

Offset dal foro m: 2.0

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz (Geotomographie Ltd).

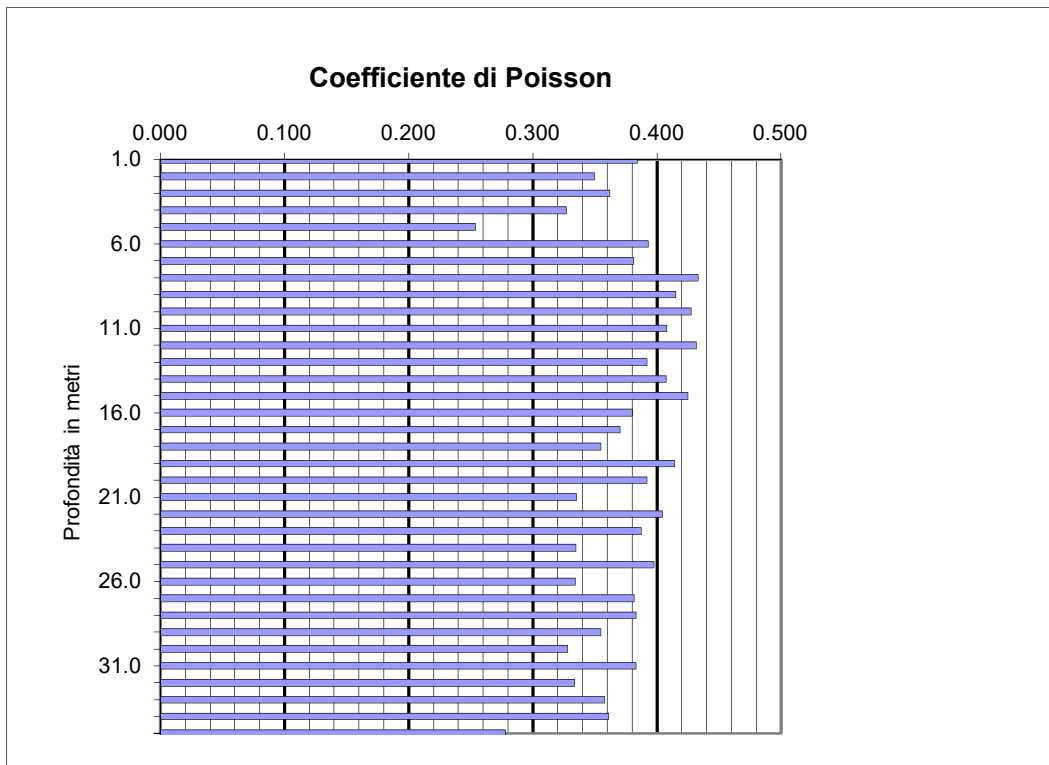
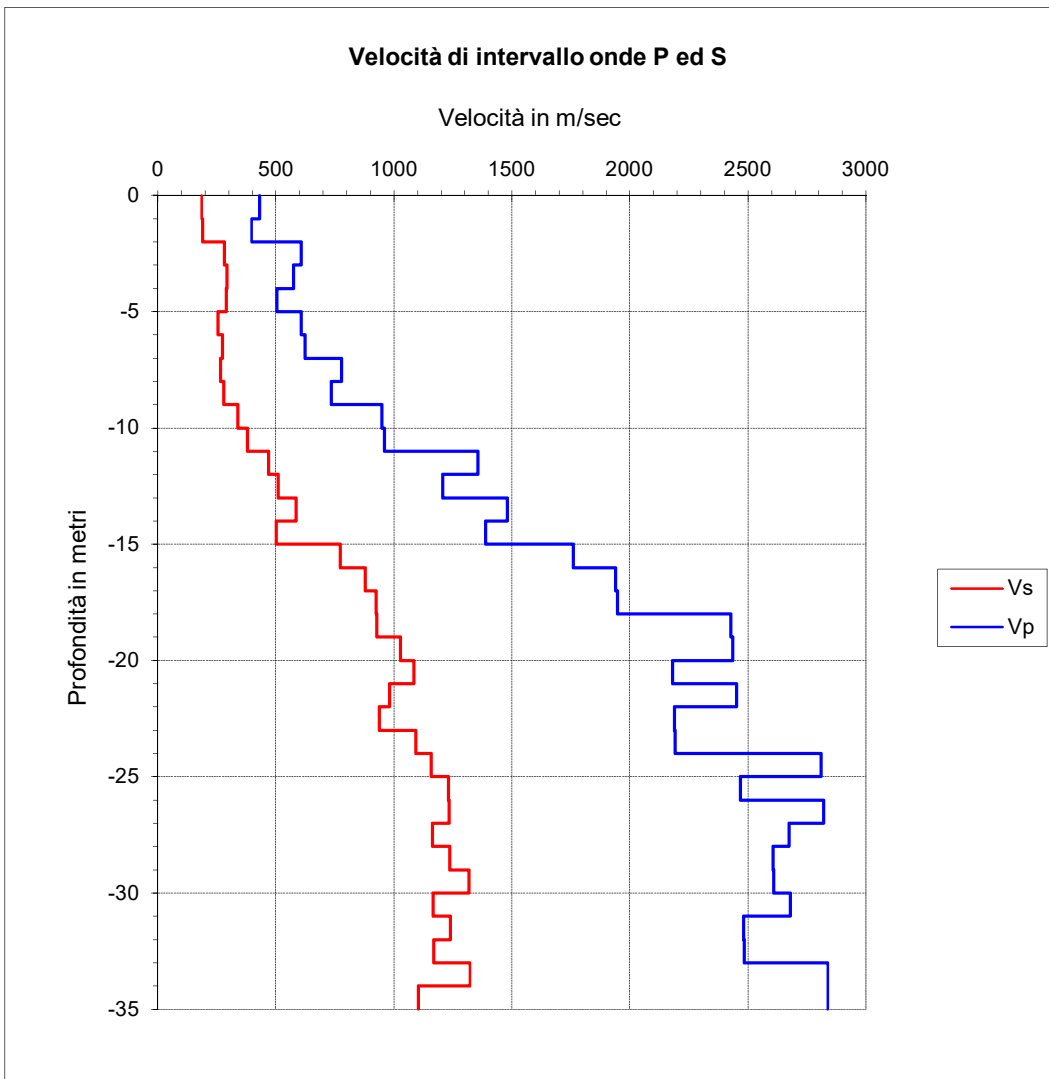
| Profondità metri | Tempi di arrivo onde P ed S | | | | Velocità P e S | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------------------------|-------|----------|----------|----------|
| | Tp ms | Ts ms | Tp' ms | Ts' ms | Vp m/s | Vs m/s | γ g/cmc | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 1.0 | 5.20 | 12.00 | 2.33 | 5.37 | 430 | 186 | 2.00 | 0.384 | 192.3 | 69.4 | 277.2 |
| 2.0 | 6.85 | 15.00 | 4.84 | 10.61 | 397 | 191 | 2.00 | 0.350 | 196.6 | 72.8 | 218.3 |
| 3.0 | 7.80 | 17.00 | 6.49 | 14.14 | 607 | 283 | 2.00 | 0.362 | 435.1 | 159.8 | 524.9 |
| 4.0 | 9.20 | 19.65 | 8.23 | 17.58 | 575 | 291 | 2.00 | 0.327 | 451.1 | 169.9 | 435.0 |
| 5.0 | 11.00 | 22.65 | 10.21 | 21.03 | 504 | 289 | 2.00 | 0.254 | 420.2 | 167.6 | 284.4 |
| 6.0 | 12.50 | 26.30 | 11.86 | 24.95 | 608 | 255 | 2.00 | 0.393 | 362.6 | 130.1 | 565.3 |
| 7.0 | 14.00 | 29.75 | 13.46 | 28.61 | 624 | 274 | 2.00 | 0.381 | 413.5 | 149.7 | 578.9 |
| 8.0 | 15.20 | 33.35 | 14.75 | 32.35 | 778 | 267 | 2.00 | 0.433 | 408.0 | 142.3 | 1021.8 |
| 9.0 | 16.50 | 36.80 | 16.11 | 35.92 | 735 | 280 | 2.00 | 0.415 | 444.2 | 157.0 | 870.6 |
| 10.0 | 17.50 | 39.65 | 17.16 | 38.88 | 950 | 338 | 2.00 | 0.427 | 653.2 | 228.8 | 1498.4 |
| 11.0 | 18.50 | 42.20 | 18.20 | 41.52 | 960 | 379 | 2.00 | 0.408 | 808.4 | 287.1 | 1461.2 |
| 12.0 | 19.20 | 44.25 | 18.94 | 43.65 | 1357 | 470 | 2.00 | 0.432 | 1264.1 | 441.4 | 3091.9 |
| 13.0 | 20.00 | 46.15 | 19.77 | 45.61 | 1207 | 509 | 2.00 | 0.392 | 1441.3 | 517.7 | 2222.2 |
| 14.0 | 20.65 | 47.80 | 20.44 | 47.32 | 1481 | 586 | 2.00 | 0.407 | 1933.5 | 687.0 | 3473.3 |
| 15.0 | 21.35 | 49.75 | 21.16 | 49.31 | 1388 | 502 | 2.00 | 0.425 | 1433.6 | 503.0 | 3184.6 |
| 16.0 | 21.90 | 51.00 | 21.73 | 50.61 | 1760 | 774 | 2.00 | 0.380 | 3304.5 | 1197.1 | 4599.4 |
| 17.0 | 22.40 | 52.10 | 22.25 | 51.74 | 1939 | 880 | 2.00 | 0.371 | 4240.7 | 1547.1 | 5457.8 |
| 18.0 | 22.90 | 53.15 | 22.76 | 52.82 | 1948 | 924 | 2.00 | 0.355 | 4630.4 | 1709.1 | 5310.2 |
| 19.0 | 23.30 | 54.20 | 23.17 | 53.90 | 2427 | 928 | 2.00 | 0.414 | 4874.8 | 1723.4 | 9482.4 |
| 20.0 | 23.70 | 55.15 | 23.58 | 54.88 | 2437 | 1027 | 2.00 | 0.392 | 5868.4 | 2107.7 | 9063.9 |
| 21.0 | 24.15 | 56.05 | 24.04 | 55.80 | 2179 | 1086 | 2.00 | 0.335 | 6292.6 | 2356.7 | 6357.6 |
| 22.0 | 24.55 | 57.05 | 24.45 | 56.82 | 2451 | 982 | 2.00 | 0.404 | 5418.6 | 1929.2 | 9444.6 |
| 23.0 | 25.00 | 58.10 | 24.91 | 57.88 | 2189 | 938 | 2.00 | 0.387 | 4885.1 | 1760.4 | 7235.9 |
| 24.0 | 25.45 | 59.00 | 25.36 | 58.80 | 2193 | 1093 | 2.00 | 0.335 | 6381.2 | 2390.8 | 6427.4 |
| 25.0 | 25.80 | 59.85 | 25.72 | 59.66 | 2811 | 1158 | 2.00 | 0.398 | 7503.4 | 2684.2 | 12224.6 |
| 26.0 | 26.20 | 60.65 | 26.12 | 60.47 | 2469 | 1232 | 2.00 | 0.334 | 8096.2 | 3033.6 | 8148.8 |
| 27.0 | 26.55 | 61.45 | 26.48 | 61.28 | 2820 | 1233 | 2.00 | 0.382 | 8408.2 | 3042.7 | 11846.0 |
| 28.0 | 26.92 | 62.30 | 26.85 | 62.14 | 2673 | 1163 | 2.00 | 0.383 | 7487.9 | 2706.8 | 10679.4 |
| 29.0 | 27.30 | 63.10 | 27.24 | 62.95 | 2606 | 1236 | 2.00 | 0.355 | 8284.1 | 3057.4 | 9506.7 |
| 30.0 | 27.68 | 63.85 | 27.62 | 63.71 | 2608 | 1319 | 2.00 | 0.328 | 9243.9 | 3479.9 | 8967.0 |
| 31.0 | 28.05 | 64.70 | 27.99 | 64.57 | 2680 | 1167 | 2.00 | 0.383 | 7529.6 | 2722.0 | 10737.3 |
| 32.0 | 28.45 | 65.50 | 28.39 | 65.37 | 2483 | 1240 | 2.00 | 0.334 | 8199.7 | 3073.5 | 8229.4 |
| 33.0 | 28.85 | 66.35 | 28.80 | 66.23 | 2484 | 1168 | 2.00 | 0.358 | 7412.8 | 2729.3 | 8702.2 |
| 34.0 | 29.20 | 67.10 | 29.15 | 66.98 | 2837 | 1323 | 2.00 | 0.361 | 9532.1 | 3501.8 | 11431.2 |
| 35.0 | 29.70 | 68.00 | 29.65 | 67.89 | 1992 | 1105 | 2.00 | 0.278 | 6240.0 | 2441.7 | 4680.2 |
| | | | | | Vseq = | 316 | | | | | |

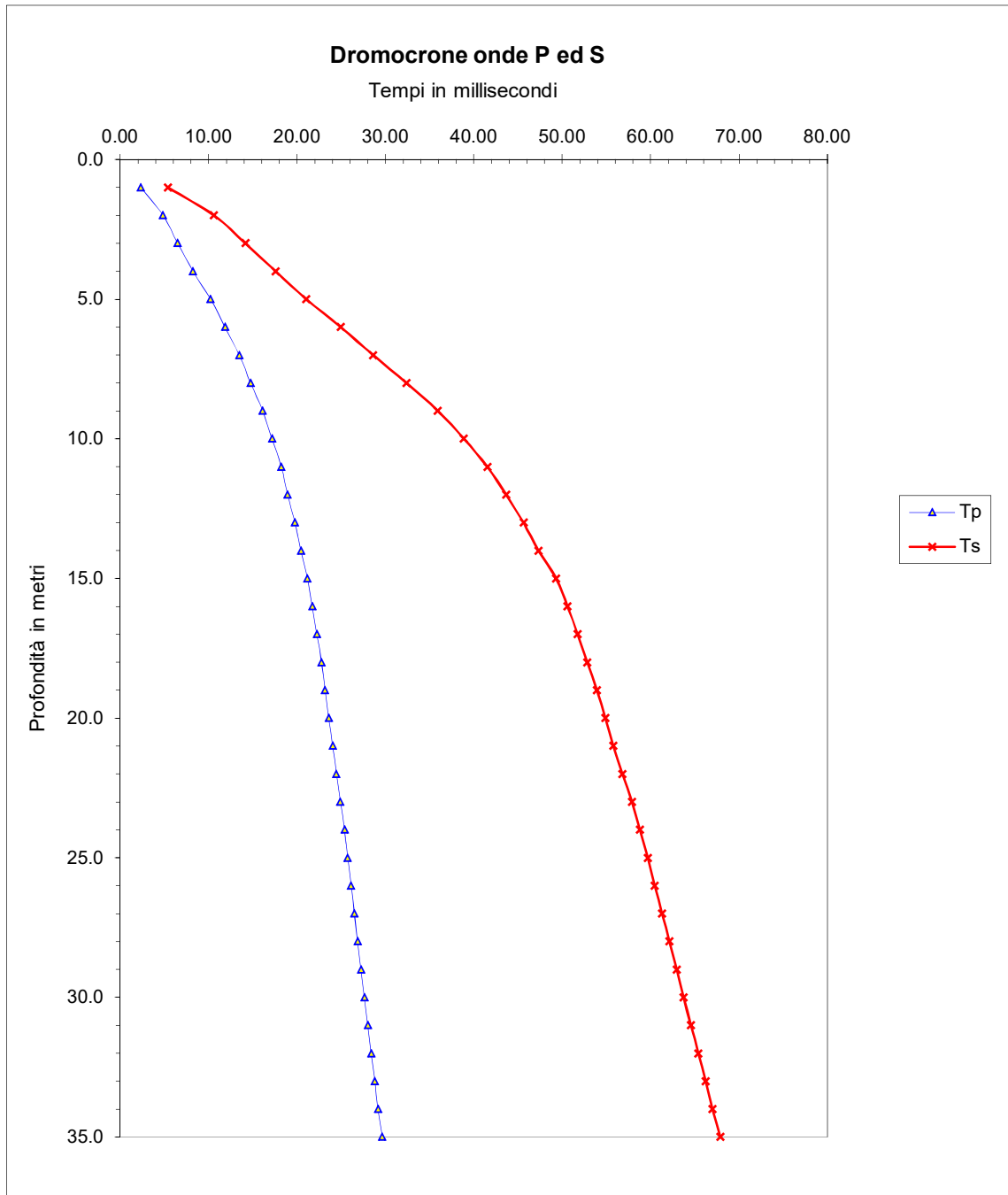
Litologia prevalente

| | |
|---|--|
|  | Sabbie |
|  | Ghiaie in matrice sabbiosa |
|  | Orizzonte di alterazione delle siltiti |
|  | Siltiti calcaree |

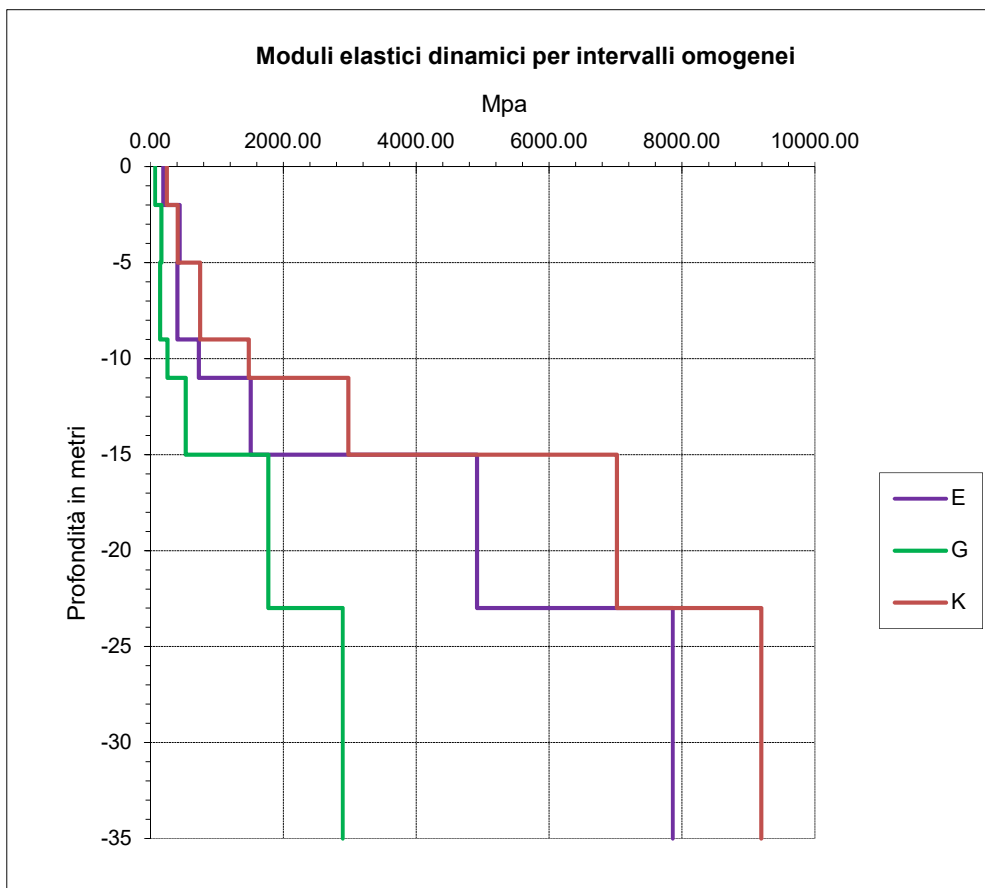
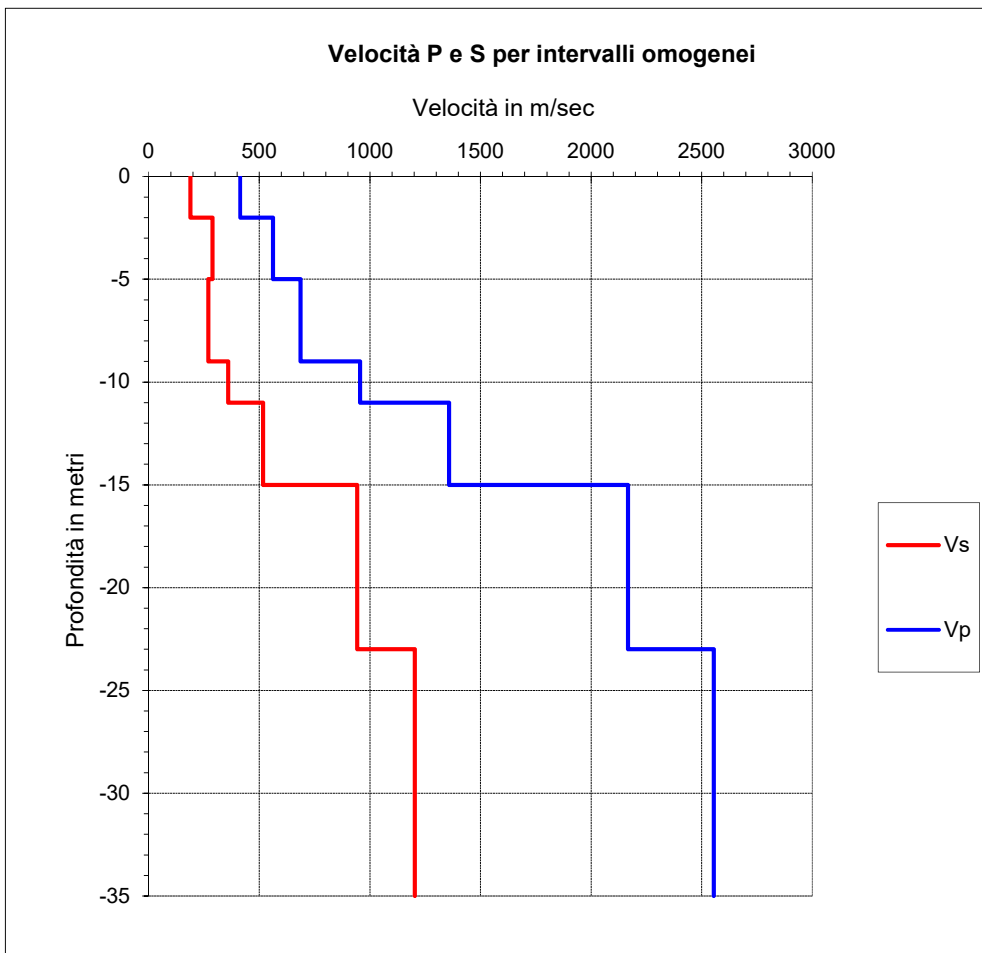
Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)
Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)
Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale
Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale
Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

ν : Coefficiente di Poisson
E: Modulo di Young
G: Modulo di taglio
 γ : Peso di Volume
K: Modulo di incompressibilità





| Intervalli omogenei di velocità | | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------|---------|---------|--------|
| Intervalli misure | Vp m/sec | Vs m/sec | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 0 - 2 | 414 | 189 | 2.00 | 0.37 | 194.72 | 71.13 | 247.2 |
| 2 - 5 | 562 | 288 | 2.00 | 0.32 | 438.29 | 165.73 | 411.0 |
| 5 - 9 | 686 | 269 | 2.00 | 0.41 | 407.59 | 144.61 | 748.9 |
| 9 - 11 | 955 | 359 | 2.00 | 0.42 | 729.24 | 257.15 | 1480.8 |
| 11 - 15 | 1358 | 517 | 2.00 | 0.42 | 1510.68 | 533.63 | 2978.3 |
| 15 - 23 | 2166 | 942 | 2.00 | 0.38 | 4913.02 | 1775.80 | 7017.9 |
| 23 - 35 | 2555 | 1203 | 2.00 | 0.36 | 7860.69 | 2895.33 | 9192.3 |



ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
S.S.67 Tosco-Romagnola Lavori di adeguamento della S.S.67
Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: SN 18 DH

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m





Offset dal foro m: 2.0

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz (Geotomographie Ltd).

| Profondità metri | Tempi di arrivo onde P ed S | | | | Velocità P e S | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-------------------------------|-------|----------|----------|----------|
| | Tp ms | Ts ms | Tp' ms | Ts' ms | Vp m/s | Vs m/s | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 1.0 | 5.00 | 11.00 | 2.24 | 4.92 | 447 | 203 | 2.00 | 0.370 | 226.4 | 82.6 | 289.8 |
| 2.0 | 5.80 | 12.55 | 4.10 | 8.87 | 536 | 253 | 2.00 | 0.357 | 347.0 | 127.9 | 404.4 |
| 3.0 | 6.80 | 14.35 | 5.66 | 11.94 | 642 | 326 | 2.00 | 0.326 | 564.5 | 212.8 | 541.6 |
| 4.0 | 7.80 | 16.50 | 6.98 | 14.76 | 758 | 355 | 2.00 | 0.360 | 684.9 | 251.8 | 814.5 |
| 5.0 | 9.30 | 19.20 | 8.63 | 17.83 | 603 | 326 | 2.00 | 0.294 | 549.5 | 212.4 | 444.1 |
| 6.0 | 10.65 | 22.00 | 10.10 | 20.87 | 681 | 328 | 2.00 | 0.348 | 582.0 | 215.8 | 639.5 |
| 7.0 | 12.00 | 24.50 | 11.54 | 23.56 | 697 | 372 | 2.00 | 0.300 | 720.8 | 277.2 | 602.0 |
| 8.0 | 13.50 | 27.50 | 13.10 | 26.68 | 642 | 320 | 2.00 | 0.334 | 547.6 | 205.2 | 549.6 |
| 9.0 | 15.00 | 30.50 | 14.64 | 29.77 | 647 | 323 | 2.00 | 0.334 | 557.0 | 208.8 | 558.5 |
| 10.0 | 16.10 | 32.50 | 15.79 | 31.87 | 874 | 477 | 2.00 | 0.287 | 1173.0 | 455.6 | 919.3 |
| 11.0 | 16.60 | 33.50 | 16.33 | 32.96 | 1835 | 917 | 2.00 | 0.334 | 4484.0 | 1681.0 | 4494.8 |
| 12.0 | 17.00 | 34.25 | 16.77 | 33.78 | 2291 | 1213 | 2.00 | 0.305 | 7683.0 | 2943.1 | 6574.9 |
| 13.0 | 17.38 | 35.00 | 17.18 | 34.59 | 2444 | 1236 | 2.00 | 0.328 | 8116.6 | 3055.7 | 7869.7 |
| 14.0 | 17.80 | 35.80 | 17.62 | 35.44 | 2256 | 1180 | 2.00 | 0.312 | 7309.8 | 2786.6 | 6466.4 |
| 15.0 | 18.15 | 36.50 | 17.99 | 36.18 | 2705 | 1352 | 2.00 | 0.333 | 9750.4 | 3656.0 | 9759.4 |
| 16.0 | 18.48 | 37.10 | 18.34 | 36.81 | 2886 | 1578 | 2.00 | 0.287 | 12817.2 | 4980.5 | 10016.5 |
| 17.0 | 18.82 | 37.80 | 18.69 | 37.54 | 2826 | 1374 | 2.00 | 0.345 | 10164.1 | 3778.0 | 10940.4 |
| 18.0 | 19.16 | 38.45 | 19.04 | 38.21 | 2843 | 1484 | 2.00 | 0.313 | 11567.6 | 4406.1 | 10292.7 |
| 19.0 | 19.50 | 39.13 | 19.39 | 38.91 | 2857 | 1428 | 2.00 | 0.333 | 10879.5 | 4079.7 | 10882.9 |
| 20.0 | 19.90 | 39.90 | 19.80 | 39.70 | 2449 | 1271 | 2.00 | 0.316 | 8497.6 | 3229.2 | 7686.4 |
| 21.0 | 20.28 | 40.60 | 20.19 | 40.42 | 2581 | 1398 | 2.00 | 0.292 | 10107.8 | 3910.7 | 8111.5 |
| 22.0 | 20.68 | 41.45 | 20.60 | 41.28 | 2460 | 1159 | 2.00 | 0.357 | 7295.9 | 2687.5 | 8524.6 |
| 23.0 | 21.05 | 42.24 | 20.97 | 42.08 | 2661 | 1248 | 2.00 | 0.359 | 8464.0 | 3113.9 | 10010.5 |
| 24.0 | 21.45 | 43.10 | 21.38 | 42.95 | 2469 | 1150 | 2.00 | 0.362 | 7197.0 | 2642.8 | 8666.9 |
| 25.0 | 21.85 | 43.90 | 21.78 | 43.76 | 2472 | 1236 | 2.00 | 0.333 | 8147.8 | 3055.3 | 8149.2 |
| 26.0 | 22.28 | 44.70 | 22.21 | 44.57 | 2304 | 1237 | 2.00 | 0.297 | 7946.2 | 3062.3 | 6537.0 |
| 27.0 | 22.70 | 45.50 | 22.64 | 45.38 | 2361 | 1239 | 2.00 | 0.310 | 8039.5 | 3068.4 | 7054.6 |
| 28.0 | 23.10 | 46.30 | 23.04 | 46.18 | 2479 | 1240 | 2.00 | 0.333 | 8196.5 | 3073.6 | 8197.0 |
| 29.0 | 23.50 | 47.05 | 23.44 | 46.94 | 2481 | 1322 | 2.00 | 0.302 | 9105.5 | 3497.8 | 7649.9 |
| 30.0 | 23.90 | 47.80 | 23.85 | 47.69 | 2483 | 1323 | 2.00 | 0.302 | 9118.4 | 3502.8 | 7659.3 |
| 31.0 | 24.30 | 48.60 | 24.25 | 48.50 | 2484 | 1242 | 2.00 | 0.333 | 8229.3 | 3086.0 | 8229.3 |
| 32.0 | 24.72 | 49.35 | 24.67 | 49.25 | 2368 | 1325 | 2.00 | 0.272 | 8933.5 | 3511.2 | 6534.5 |
| 33.0 | 25.10 | 50.10 | 25.05 | 50.01 | 2617 | 1326 | 2.00 | 0.327 | 9330.5 | 3514.7 | 9007.3 |
| 34.0 | 25.46 | 50.80 | 25.42 | 50.71 | 2762 | 1420 | 2.00 | 0.320 | 10652.9 | 4034.3 | 9880.0 |
| 35.0 | 25.85 | 51.50 | 25.81 | 51.42 | 2552 | 1421 | 2.00 | 0.275 | 10299.7 | 4037.8 | 7642.7 |

Vseq = 314

Litologia prevalente

-  Sabbie limose
-  Sabbie, sabbie e ghiaie e ghiaie
-  Siltiti calcaree
-  Alternanza tra siltiti e siltiti calcaree

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

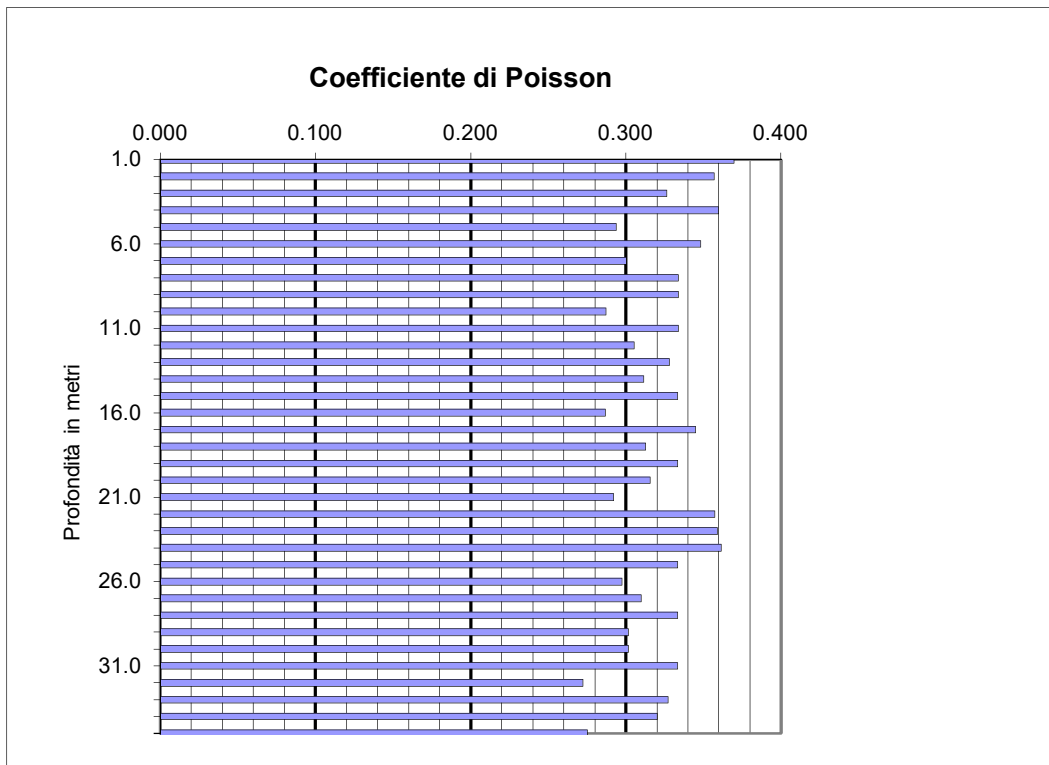
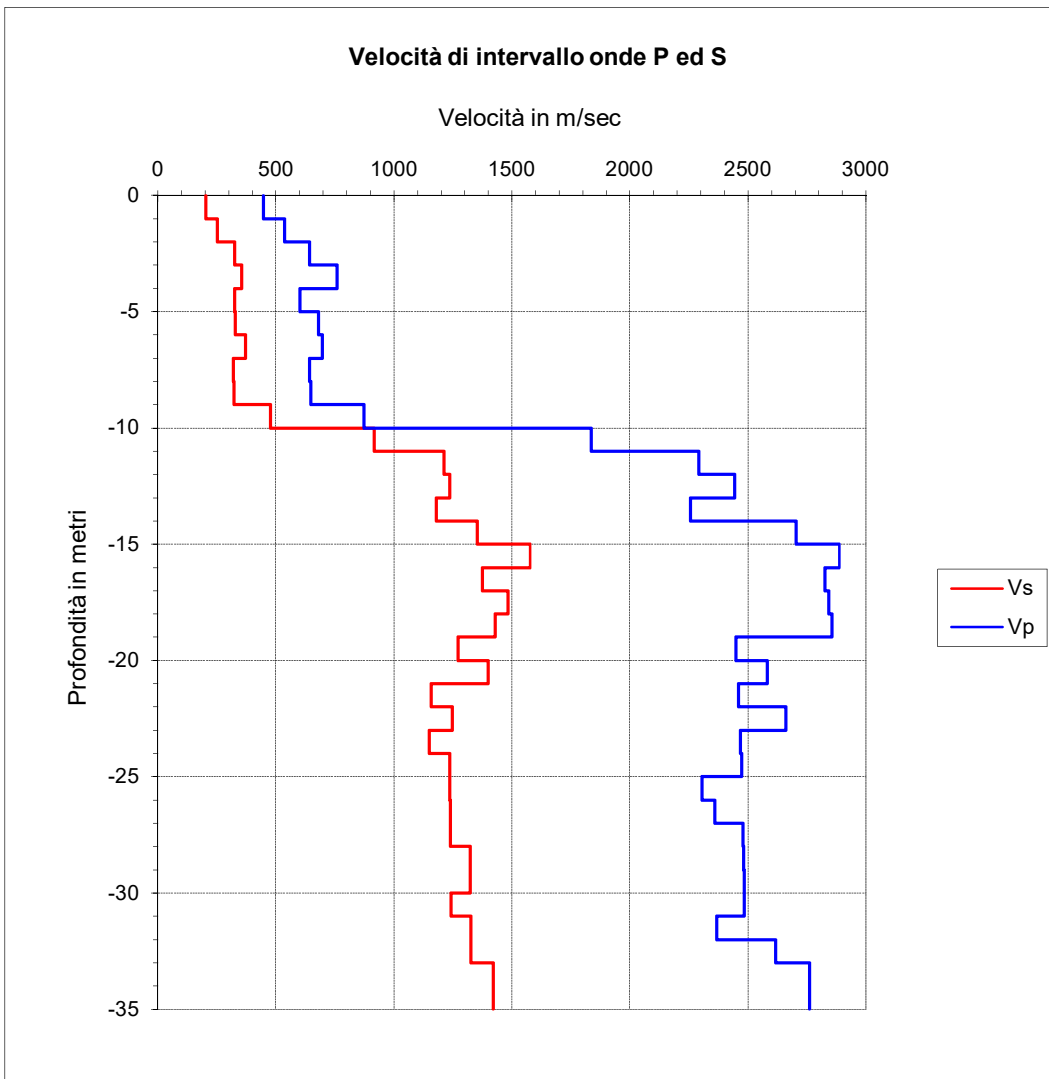
ν : Coefficiente di Poisson

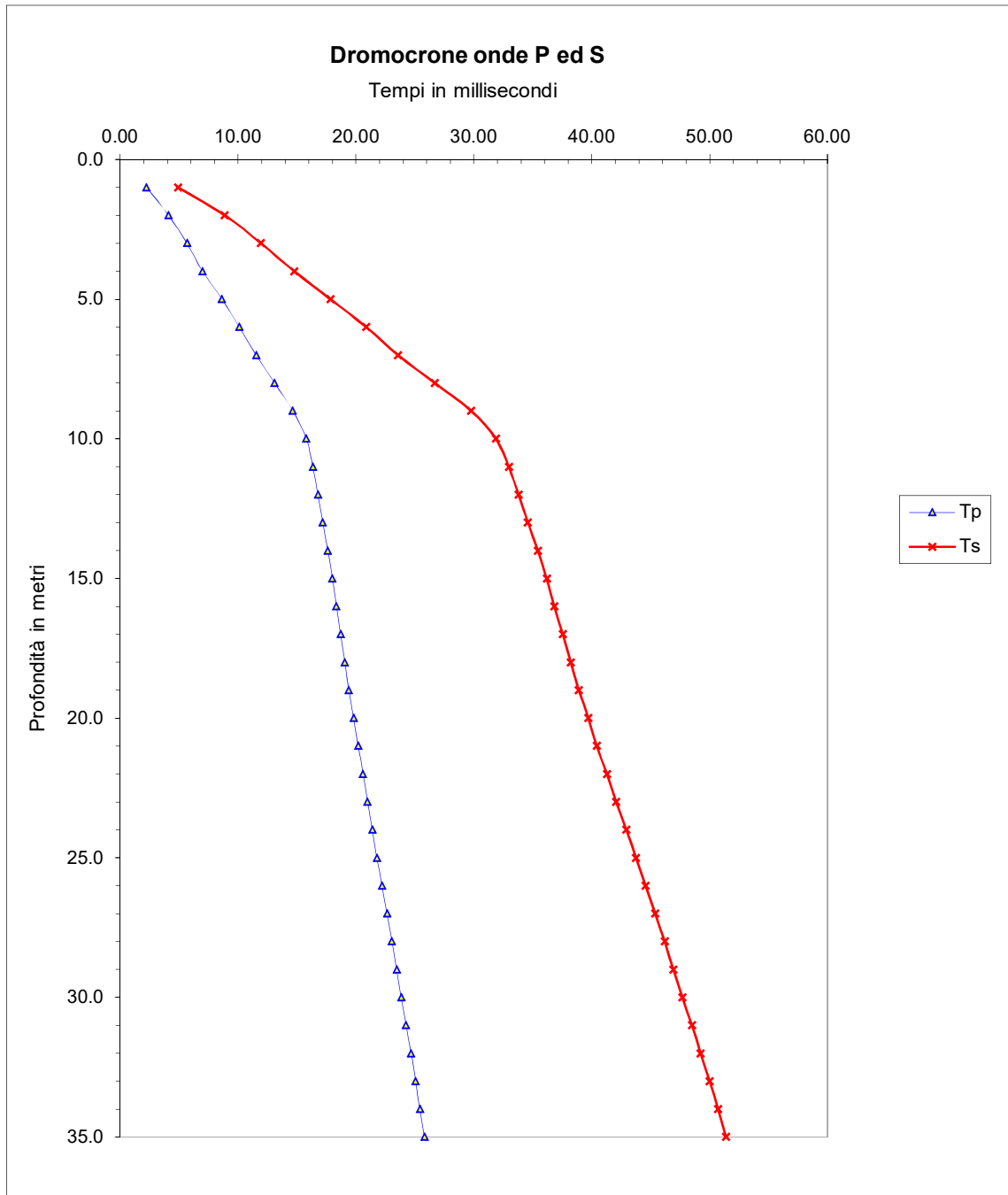
E: Modulo di Young

G: Modulo di taglio

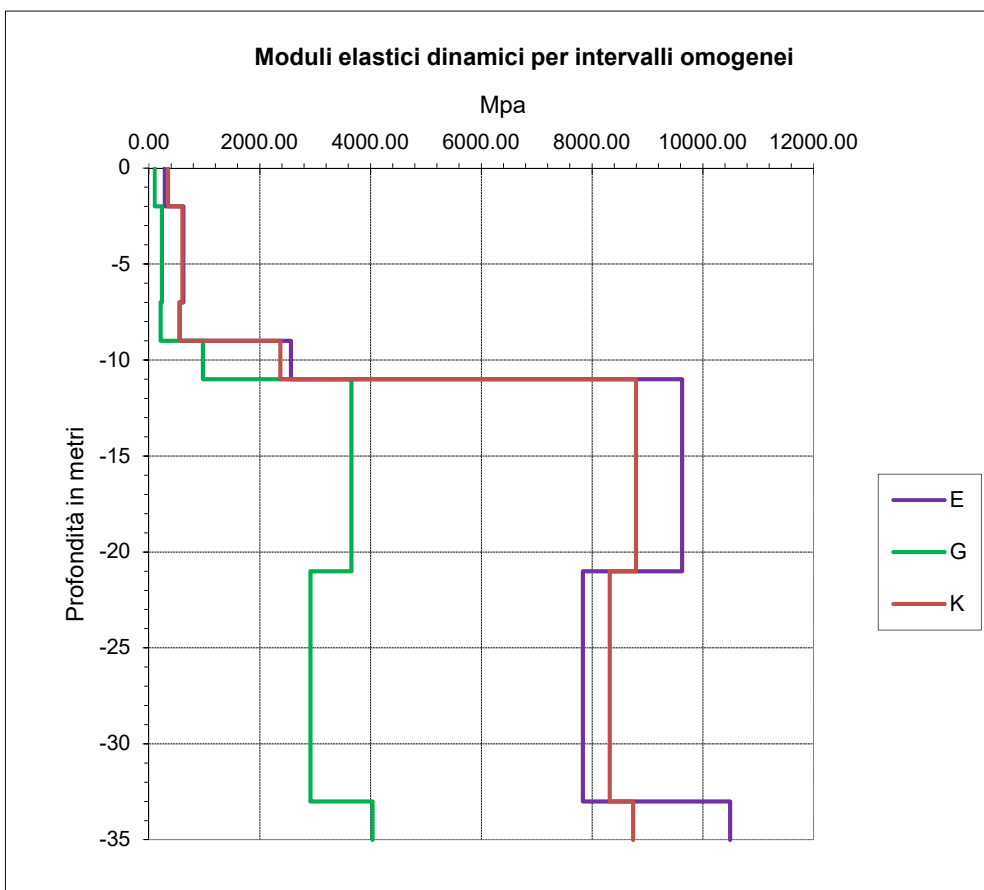
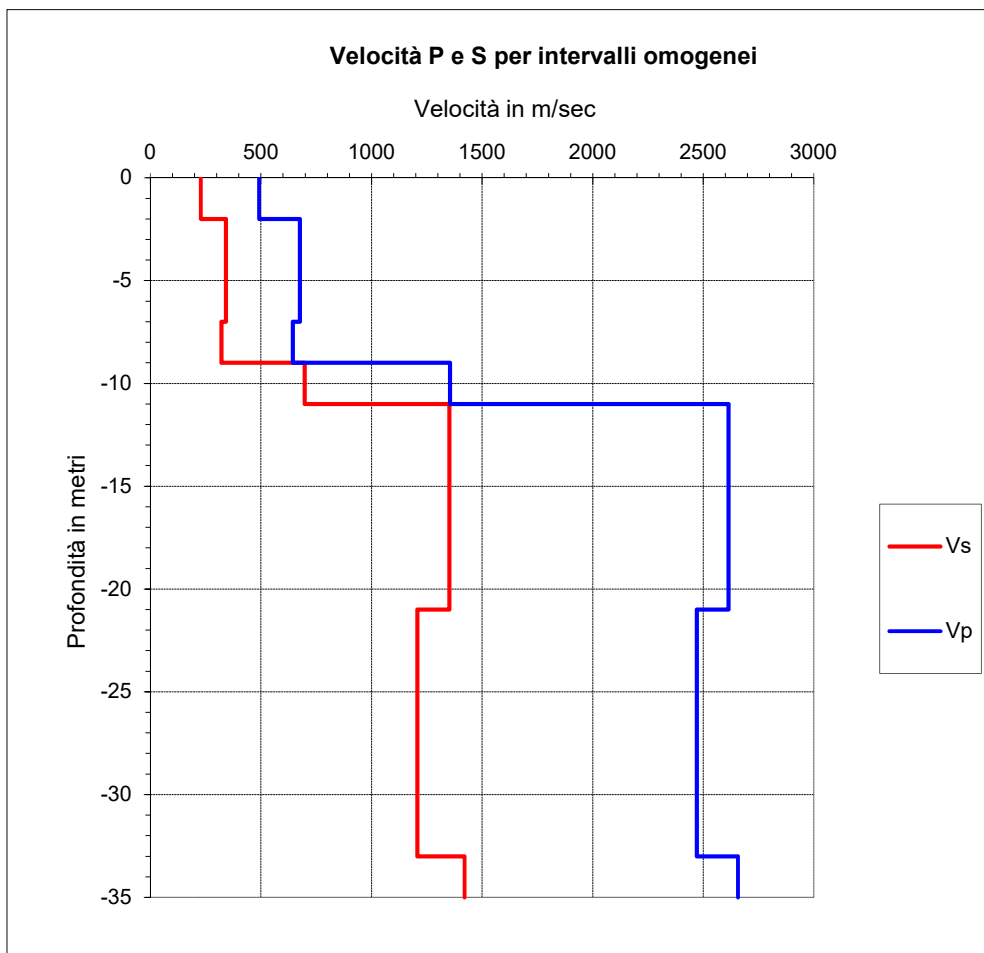
γ : Peso di Volume

K: Modulo di incompressibilità





| Intervalli omogenei di velocità | | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|-------|----------|----------|----------|
| Intervalli misure | Vp m/sec | Vs m/sec | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 0 - 2 | 492 | 228 | 2.00 | 0.36 | 283.57 | 104.03 | 344.8 |
| 2 - 7 | 676 | 342 | 2.00 | 0.33 | 620.00 | 233.28 | 603.8 |
| 7 - 9 | 644 | 322 | 2.00 | 0.33 | 552.30 | 207.03 | 554.0 |
| 9 - 11 | 1354 | 697 | 2.00 | 0.32 | 2565.11 | 971.72 | 2373.5 |
| 11 - 21 | 2614 | 1352 | 2.00 | 0.32 | 9626.93 | 3653.39 | 8793.3 |
| 21 - 33 | 2471 | 1208 | 2.00 | 0.34 | 7834.97 | 2916.79 | 8321.6 |
| 33 - 35 | 2657 | 1421 | 2.00 | 0.30 | 10492.87 | 4036.06 | 8739.3 |



ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
S.S.67 Tosco-Romagnola Lavori di adeguamento della S.S.67
Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: SN 19 DH

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m






Offset dal foro m: 2.0

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz (Geotomographie Ltd).

| Profondità metri | Tempi di arrivo onde P ed S | | | | Velocità P e S | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-------------------------------|-------|----------|----------|----------|
| | Tp ms | Ts ms | Tp' ms | Ts' ms | Vp m/s | Vs m/s | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 1.0 | 5.20 | 13.25 | 2.33 | 5.93 | 430 | 169 | 2.00 | 0.409 | 160.5 | 57.0 | 293.9 |
| 2.0 | 6.50 | 17.00 | 4.60 | 12.02 | 440 | 164 | 2.00 | 0.419 | 152.8 | 53.8 | 316.1 |
| 3.0 | 7.70 | 19.55 | 6.41 | 16.27 | 552 | 236 | 2.00 | 0.389 | 308.2 | 110.9 | 462.2 |
| 4.0 | 9.20 | 22.40 | 8.23 | 20.04 | 549 | 265 | 2.00 | 0.347 | 379.5 | 140.8 | 414.7 |
| 5.0 | 10.80 | 26.00 | 10.03 | 24.14 | 556 | 244 | 2.00 | 0.381 | 327.8 | 118.7 | 459.9 |
| 6.0 | 12.00 | 28.90 | 11.38 | 27.42 | 737 | 305 | 2.00 | 0.397 | 520.3 | 186.3 | 838.3 |
| 7.0 | 13.20 | 31.40 | 12.69 | 30.19 | 765 | 360 | 2.00 | 0.357 | 705.0 | 259.7 | 822.8 |
| 8.0 | 14.40 | 33.85 | 13.97 | 32.84 | 783 | 378 | 2.00 | 0.348 | 769.3 | 285.3 | 844.2 |
| 9.0 | 15.50 | 36.35 | 15.13 | 35.48 | 861 | 378 | 2.00 | 0.381 | 789.4 | 285.9 | 1103.0 |
| 10.0 | 16.60 | 38.90 | 16.28 | 38.14 | 872 | 376 | 2.00 | 0.386 | 783.4 | 282.6 | 1144.1 |
| 11.0 | 17.80 | 41.50 | 17.51 | 40.83 | 810 | 372 | 2.00 | 0.366 | 757.3 | 277.2 | 941.1 |
| 12.0 | 18.90 | 44.00 | 18.64 | 43.40 | 885 | 389 | 2.00 | 0.380 | 835.4 | 302.6 | 1162.9 |
| 13.0 | 19.50 | 45.50 | 19.27 | 44.97 | 1586 | 637 | 2.00 | 0.404 | 2279.3 | 811.8 | 3950.2 |
| 14.0 | 20.00 | 46.55 | 19.80 | 46.08 | 1902 | 900 | 2.00 | 0.356 | 4391.8 | 1619.6 | 5076.3 |
| 15.0 | 20.40 | 47.35 | 20.22 | 46.93 | 2369 | 1173 | 2.00 | 0.338 | 7362.4 | 2752.0 | 7558.2 |
| 16.0 | 20.75 | 48.00 | 20.59 | 47.63 | 2712 | 1439 | 2.00 | 0.304 | 10807.3 | 4144.2 | 9185.5 |
| 17.0 | 21.10 | 48.70 | 20.96 | 48.37 | 2734 | 1357 | 2.00 | 0.337 | 9841.3 | 3681.1 | 10045.6 |
| 18.0 | 21.42 | 49.30 | 21.29 | 49.00 | 2998 | 1582 | 2.00 | 0.307 | 13088.0 | 5006.7 | 11305.2 |
| 19.0 | 21.75 | 49.95 | 21.63 | 49.68 | 2928 | 1477 | 2.00 | 0.329 | 11599.4 | 4362.7 | 11332.1 |
| 20.0 | 22.10 | 50.60 | 21.99 | 50.35 | 2779 | 1485 | 2.00 | 0.300 | 11470.6 | 4411.3 | 9565.1 |
| 21.0 | 22.50 | 51.40 | 22.40 | 51.17 | 2449 | 1220 | 2.00 | 0.335 | 7949.2 | 2977.4 | 8025.5 |
| 22.0 | 22.92 | 52.10 | 22.83 | 51.89 | 2341 | 1394 | 2.00 | 0.225 | 9519.7 | 3884.2 | 5778.7 |
| 23.0 | 23.30 | 52.80 | 23.21 | 52.60 | 2587 | 1398 | 2.00 | 0.294 | 10110.8 | 3907.1 | 8176.7 |
| 24.0 | 23.80 | 53.80 | 23.72 | 53.61 | 1979 | 987 | 2.00 | 0.334 | 5204.1 | 1950.3 | 5230.1 |
| 25.0 | 24.35 | 54.85 | 24.27 | 54.68 | 1803 | 942 | 2.00 | 0.312 | 4660.7 | 1776.1 | 4132.7 |
| 26.0 | 24.90 | 55.85 | 24.83 | 55.69 | 1804 | 990 | 2.00 | 0.285 | 5035.8 | 1959.9 | 3898.4 |
| 27.0 | 25.35 | 56.70 | 25.28 | 56.55 | 2202 | 1163 | 2.00 | 0.306 | 7072.6 | 2706.8 | 6090.8 |
| 28.0 | 25.80 | 57.60 | 25.73 | 57.45 | 2204 | 1101 | 2.00 | 0.334 | 6463.9 | 2422.9 | 6485.7 |
| 29.0 | 26.20 | 58.50 | 26.14 | 58.36 | 2478 | 1102 | 2.00 | 0.377 | 6683.8 | 2427.1 | 9049.1 |
| 30.0 | 26.65 | 59.40 | 26.59 | 59.27 | 2207 | 1102 | 2.00 | 0.334 | 6484.5 | 2430.8 | 6502.5 |
| 31.0 | 27.10 | 60.20 | 27.04 | 60.08 | 2208 | 1240 | 2.00 | 0.270 | 7806.8 | 3073.6 | 5656.6 |
| 32.0 | 27.50 | 61.00 | 27.45 | 60.88 | 2483 | 1241 | 2.00 | 0.334 | 8210.2 | 3077.9 | 8231.0 |
| 33.0 | 27.90 | 61.80 | 27.85 | 61.69 | 2485 | 1241 | 2.00 | 0.334 | 8220.1 | 3081.7 | 8239.1 |
| 34.0 | 28.40 | 62.75 | 28.35 | 62.64 | 1992 | 1047 | 2.00 | 0.309 | 5742.0 | 2193.4 | 5009.0 |
| 35.0 | 28.84 | 63.55 | 28.79 | 63.45 | 2262 | 1243 | 2.00 | 0.284 | 7929.8 | 3088.0 | 6118.3 |

Vseq = 304

Litologia prevalente

| | |
|---|--|
|  | Sabbie limose |
|  | Sabbie e sabbie limose con ghiaie |
|  | Orizzonte di alterazione delle siltiti |
|  | Siltiti calcaree |
|  | Alternanza tra siltiti scistose e siltiti calcaree |

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

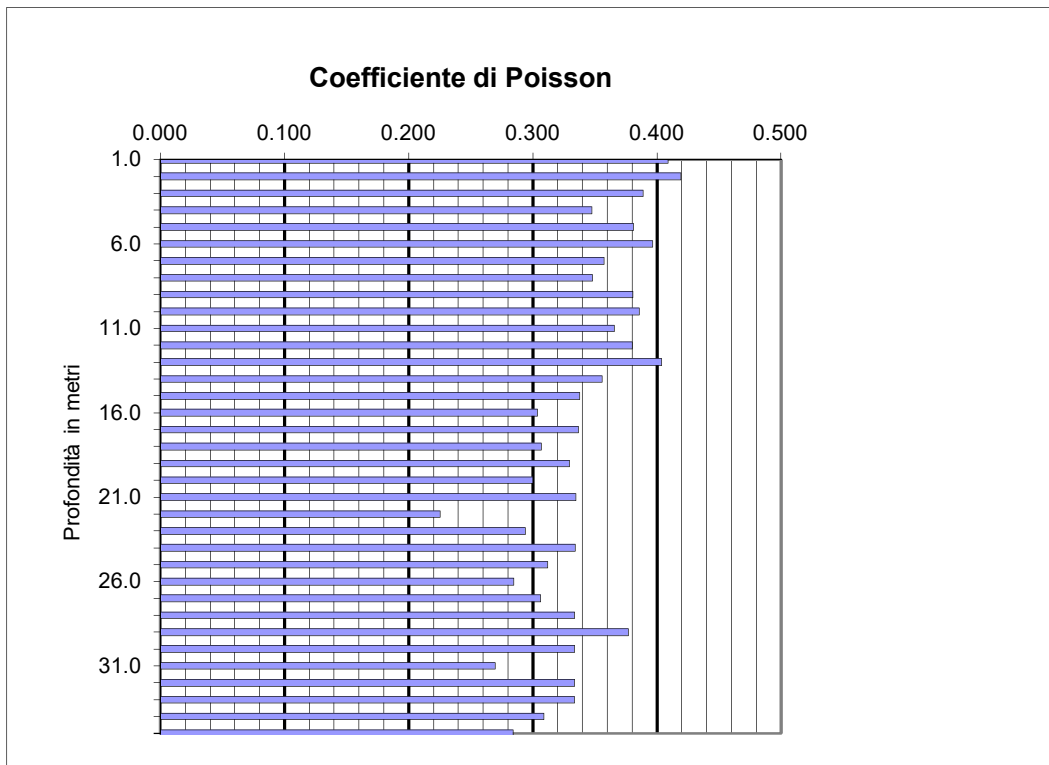
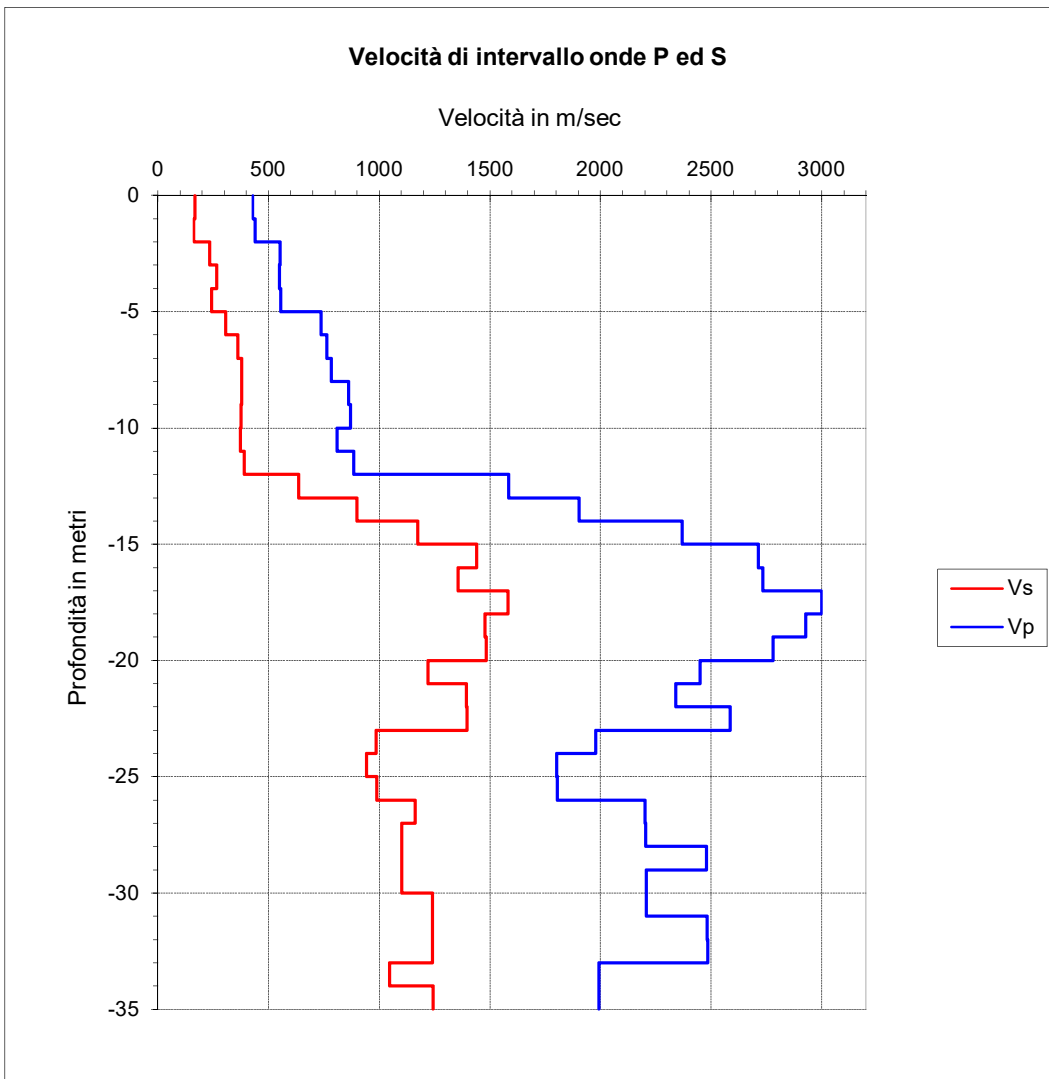
ν : Coefficiente di Poisson

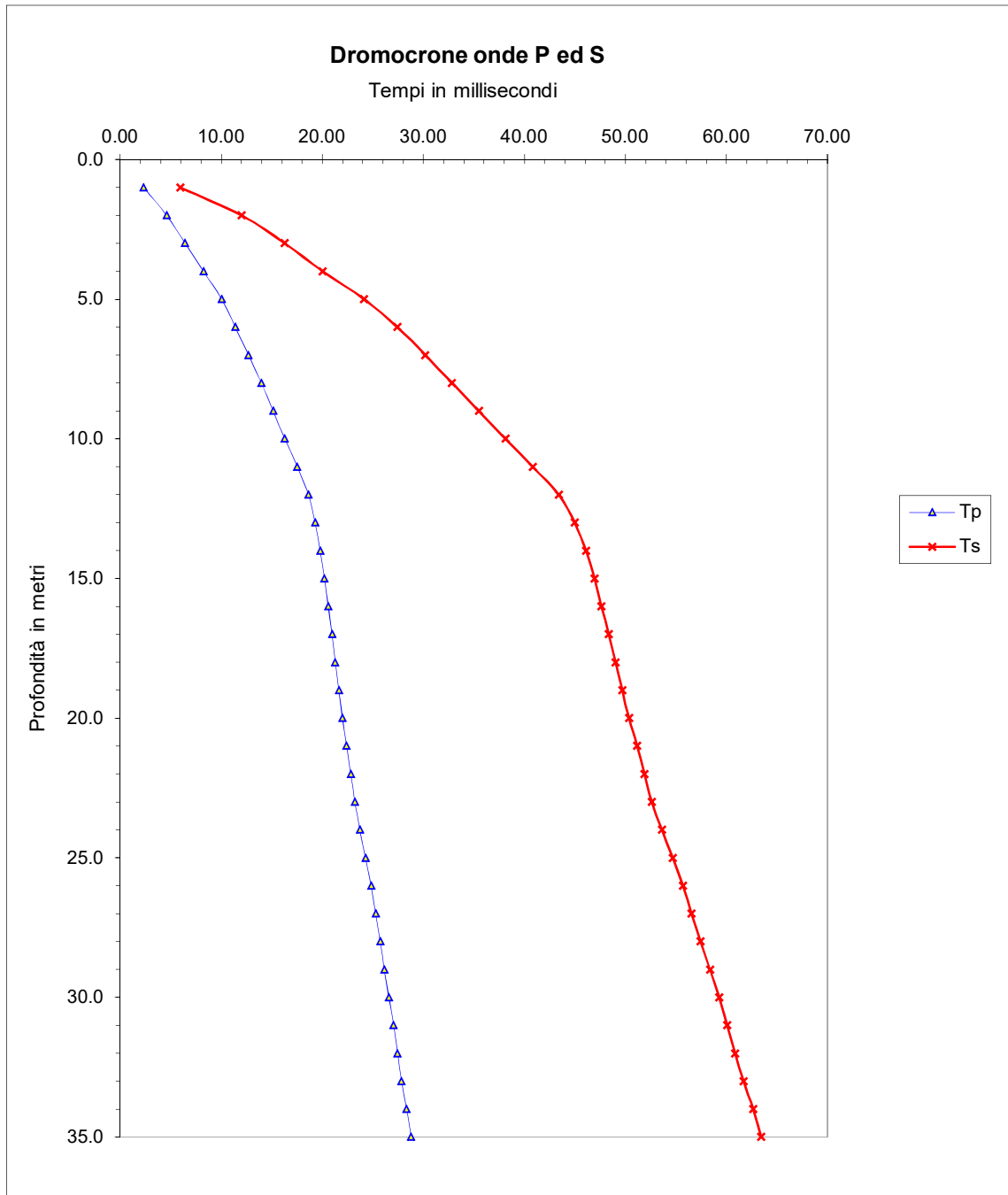
E: Modulo di Young

G: Modulo di taglio

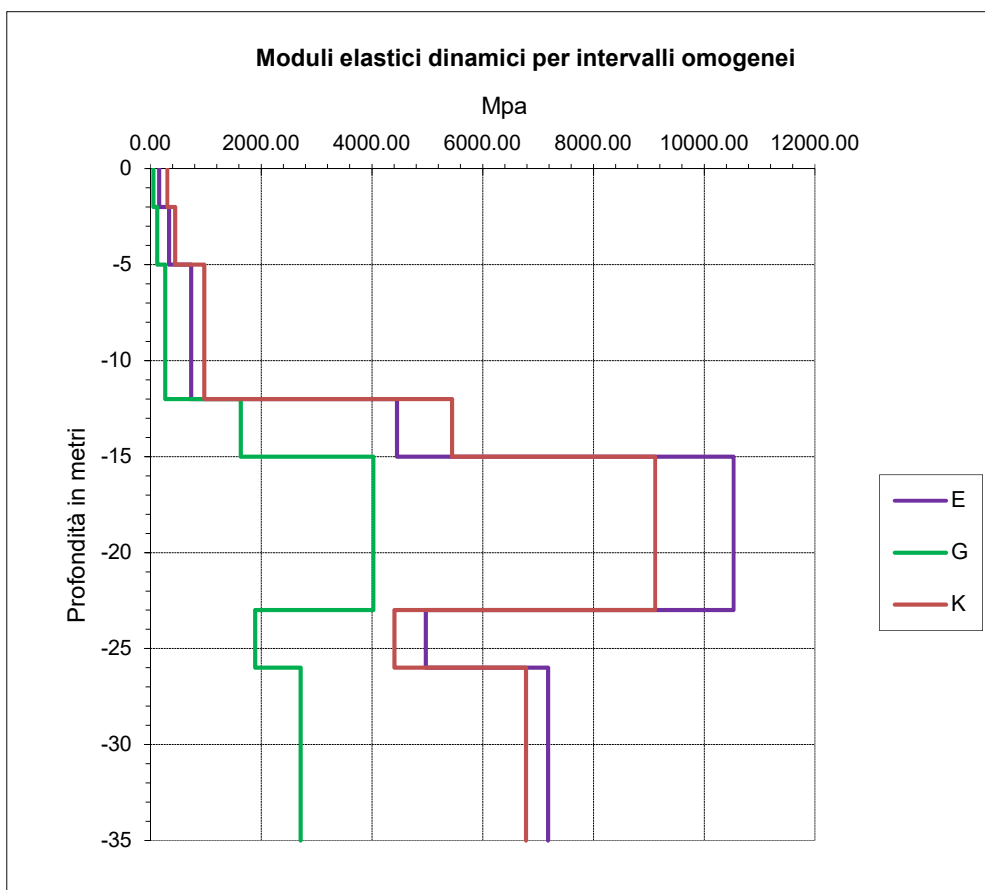
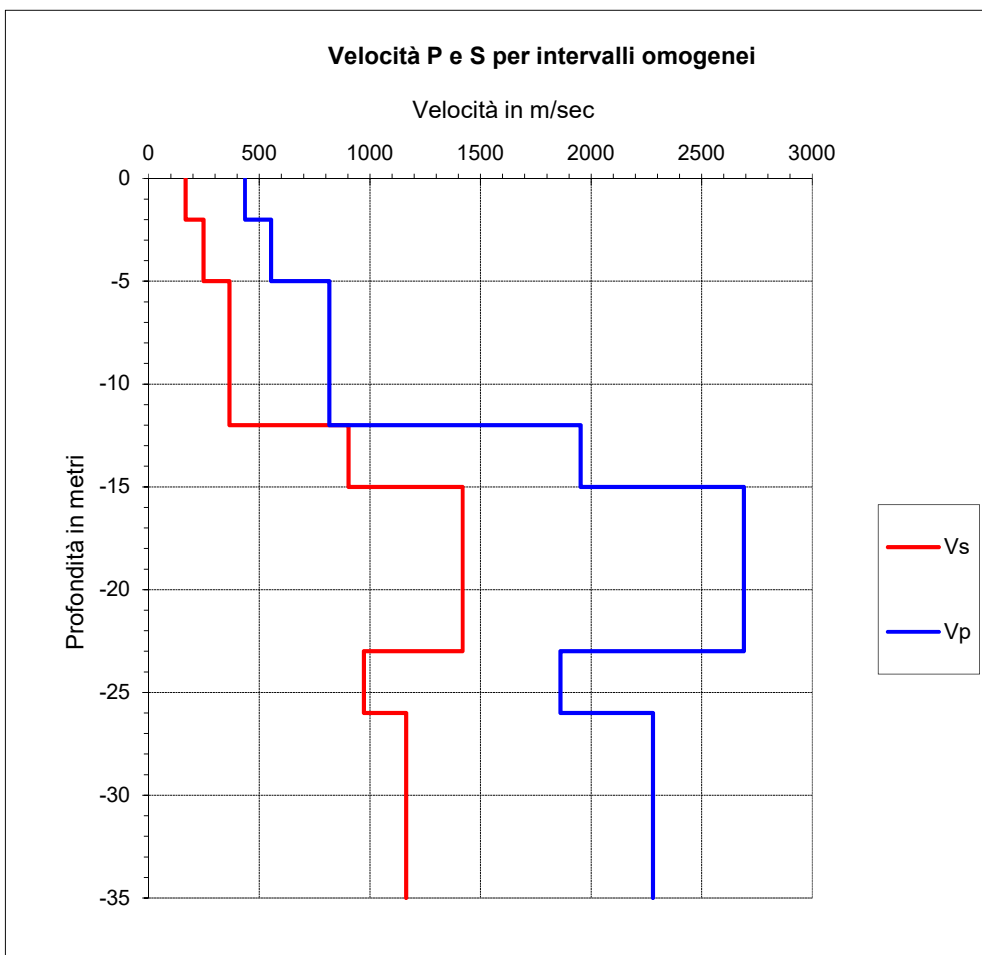
γ : Peso di Volume

K: Modulo di incompressibilità





| Intervalli omogenei di velocità | | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------|----------|---------|--------|
| Intervalli misure | Vp m/sec | Vs m/sec | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 0 - 2 | 435 | 166 | 2.00 | 0.41 | 156.67 | 55.39 | 305.0 |
| 2 - 5 | 552 | 248 | 2.00 | 0.37 | 338.35 | 123.16 | 446.0 |
| 5 - 12 | 816 | 366 | 2.00 | 0.37 | 734.52 | 267.19 | 975.6 |
| 12 - 15 | 1953 | 903 | 2.00 | 0.36 | 4451.76 | 1632.07 | 5448.9 |
| 15 - 23 | 2691 | 1419 | 2.00 | 0.31 | 10530.26 | 4027.01 | 9115.0 |
| 23 - 26 | 1862 | 973 | 2.00 | 0.31 | 4971.28 | 1894.49 | 4408.1 |
| 26 - 35 | 2280 | 1164 | 2.00 | 0.32 | 7178.28 | 2711.55 | 6784.0 |



ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
S.S.67 Tosco-Romagnola Lavori di adeguamento della S.S.67
Variante di Rufina (FI) - Lotto 2A e 2B

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: SN 20 DH

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m





Offset dal foro m: 2.0

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz (Geotomographie Ltd).

| Profondità metri | Tempi di arrivo onde P ed S | | | | Velocità P e S | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------------------------|-------|----------|----------|----------|
| | Tp ms | Ts ms | Tp' ms | Ts' ms | Vp m/s | Vs m/s | γ g/cmc | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 1.0 | 4.00 | 9.00 | 1.79 | 4.02 | 559 | 248 | 2.00 | 0.377 | 340.0 | 123.5 | 460.4 |
| 2.0 | 5.00 | 11.00 | 3.54 | 7.78 | 573 | 266 | 2.00 | 0.362 | 386.7 | 142.0 | 466.2 |
| 3.0 | 6.10 | 13.80 | 5.08 | 11.48 | 649 | 270 | 2.00 | 0.396 | 406.8 | 145.8 | 649.0 |
| 4.0 | 7.00 | 16.80 | 6.26 | 15.03 | 844 | 282 | 2.00 | 0.437 | 457.6 | 159.2 | 1210.8 |
| 5.0 | 7.85 | 19.80 | 7.29 | 18.38 | 973 | 298 | 2.00 | 0.448 | 513.9 | 177.4 | 1657.6 |
| 6.0 | 8.80 | 22.85 | 8.35 | 21.68 | 944 | 304 | 2.00 | 0.442 | 531.8 | 184.4 | 1534.6 |
| 7.0 | 9.75 | 25.30 | 9.37 | 24.33 | 974 | 377 | 2.00 | 0.412 | 804.6 | 285.0 | 1518.3 |
| 8.0 | 10.55 | 27.40 | 10.24 | 26.58 | 1163 | 443 | 2.00 | 0.415 | 1112.6 | 393.2 | 2179.0 |
| 9.0 | 11.25 | 29.00 | 10.98 | 28.31 | 1339 | 579 | 2.00 | 0.385 | 1856.3 | 670.2 | 2689.6 |
| 10.0 | 12.00 | 30.55 | 11.77 | 29.96 | 1274 | 607 | 2.00 | 0.353 | 1994.6 | 737.0 | 2264.0 |
| 11.0 | 12.45 | 31.50 | 12.25 | 30.99 | 2074 | 966 | 2.00 | 0.361 | 5082.0 | 1866.4 | 6112.5 |
| 12.0 | 12.90 | 32.55 | 12.72 | 32.11 | 2104 | 897 | 2.00 | 0.389 | 4467.3 | 1608.1 | 6708.9 |
| 13.0 | 13.30 | 33.40 | 13.15 | 33.01 | 2376 | 1106 | 2.00 | 0.362 | 6658.5 | 2444.7 | 8031.9 |
| 14.0 | 13.70 | 34.20 | 13.56 | 33.86 | 2398 | 1184 | 2.00 | 0.339 | 7506.6 | 2803.3 | 7765.8 |
| 15.0 | 14.05 | 34.90 | 13.93 | 34.59 | 2744 | 1356 | 2.00 | 0.339 | 9841.4 | 3676.3 | 10156.3 |
| 16.0 | 14.55 | 35.90 | 14.44 | 35.62 | 1957 | 972 | 2.00 | 0.336 | 5049.3 | 1889.1 | 5143.7 |
| 17.0 | 15.05 | 37.00 | 14.95 | 36.75 | 1964 | 890 | 2.00 | 0.371 | 4341.6 | 1583.6 | 5599.8 |
| 18.0 | 15.62 | 38.05 | 15.52 | 37.82 | 1731 | 934 | 2.00 | 0.295 | 4517.8 | 1744.6 | 3669.8 |
| 19.0 | 16.15 | 39.20 | 16.06 | 38.98 | 1863 | 857 | 2.00 | 0.366 | 4009.5 | 1467.7 | 4983.8 |
| 20.0 | 16.60 | 40.15 | 16.52 | 39.95 | 2191 | 1035 | 2.00 | 0.356 | 5812.7 | 2142.7 | 6746.5 |
| 21.0 | 17.05 | 41.10 | 16.97 | 40.91 | 2195 | 1037 | 2.00 | 0.356 | 5836.3 | 2151.6 | 6767.2 |
| 22.0 | 17.55 | 42.10 | 17.48 | 41.93 | 1981 | 988 | 2.00 | 0.335 | 5209.9 | 1951.9 | 5248.3 |
| 23.0 | 18.05 | 43.15 | 17.98 | 42.99 | 1983 | 943 | 2.00 | 0.354 | 4814.1 | 1777.7 | 5496.5 |
| 24.0 | 18.55 | 44.30 | 18.49 | 44.15 | 1985 | 863 | 2.00 | 0.384 | 4118.6 | 1488.4 | 5895.8 |
| 25.0 | 19.10 | 45.50 | 19.04 | 45.36 | 1808 | 828 | 2.00 | 0.367 | 3747.2 | 1370.3 | 4707.1 |
| 26.0 | 19.60 | 46.50 | 19.54 | 46.36 | 1988 | 992 | 2.00 | 0.334 | 5252.7 | 1968.6 | 5277.0 |
| 27.0 | 20.00 | 47.25 | 19.95 | 47.12 | 2481 | 1319 | 2.00 | 0.303 | 9072.7 | 3482.1 | 7666.4 |
| 28.0 | 20.46 | 48.20 | 20.41 | 48.08 | 2161 | 1045 | 2.00 | 0.347 | 5889.4 | 2185.6 | 6429.8 |
| 29.0 | 20.85 | 49.00 | 20.80 | 48.88 | 2547 | 1240 | 2.00 | 0.345 | 8271.8 | 3075.8 | 8875.5 |
| 30.0 | 21.25 | 49.80 | 21.20 | 49.69 | 2485 | 1241 | 2.00 | 0.334 | 8217.3 | 3080.1 | 8248.1 |
| 31.0 | 21.63 | 50.50 | 21.59 | 50.40 | 2617 | 1417 | 2.00 | 0.292 | 10385.1 | 4017.9 | 8334.9 |
| 32.0 | 22.05 | 51.20 | 22.01 | 51.10 | 2370 | 1418 | 2.00 | 0.221 | 9824.9 | 4023.2 | 5869.8 |
| 33.0 | 22.50 | 52.00 | 22.46 | 51.90 | 2214 | 1243 | 2.00 | 0.270 | 7847.9 | 3090.4 | 5680.5 |
| 34.0 | 22.90 | 52.75 | 22.86 | 52.66 | 2489 | 1326 | 2.00 | 0.302 | 9155.6 | 3516.0 | 7707.0 |
| 35.0 | 23.30 | 53.50 | 23.26 | 53.41 | 2490 | 1326 | 2.00 | 0.302 | 9162.9 | 3518.9 | 7710.6 |

Vseq = 334

Litologia prevalente

| | |
|---|--|
|  | Limi sabbiosi |
|  | Sabbie limose |
|  | Orizzonte di alterazione delle siltiti |
|  | Siltiti marnose calcaree |

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

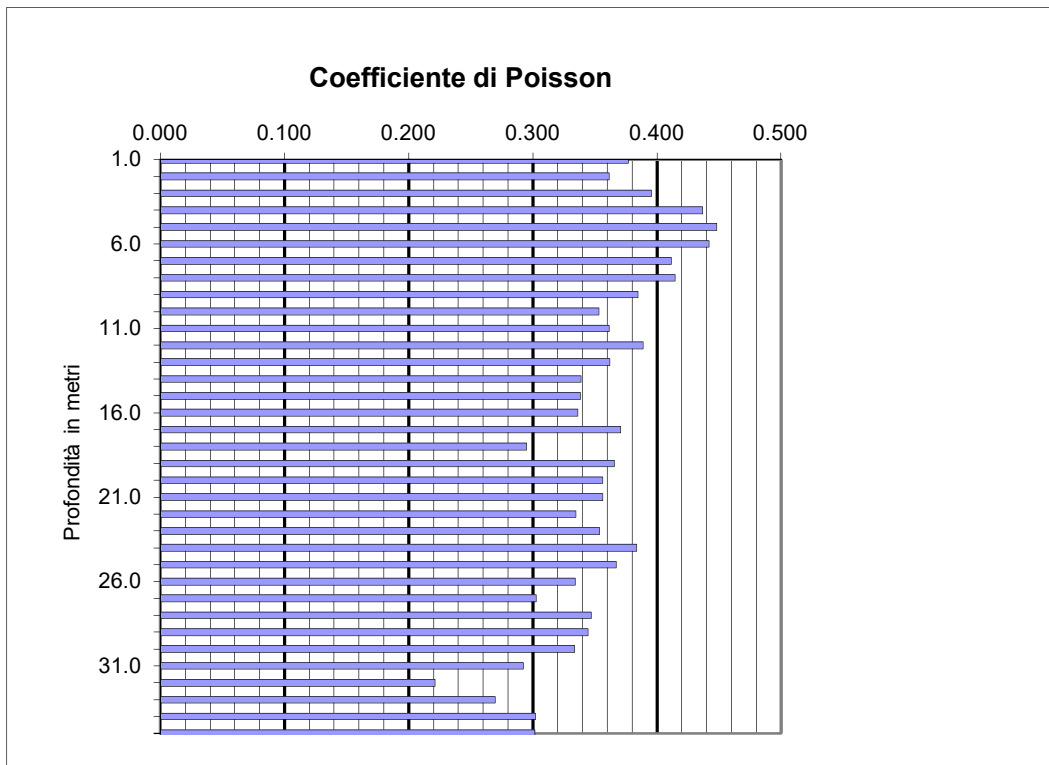
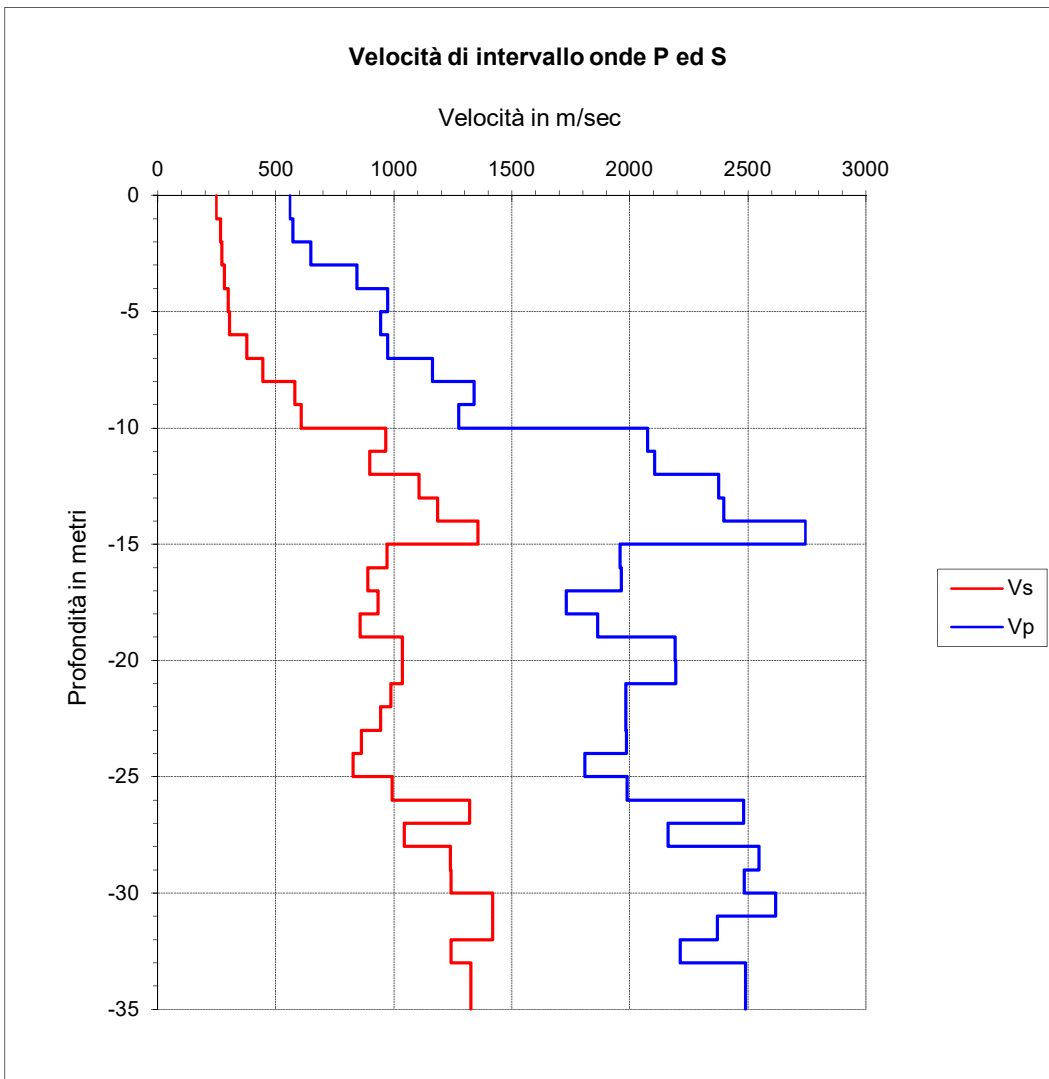
ν : Coefficiente di Poisson

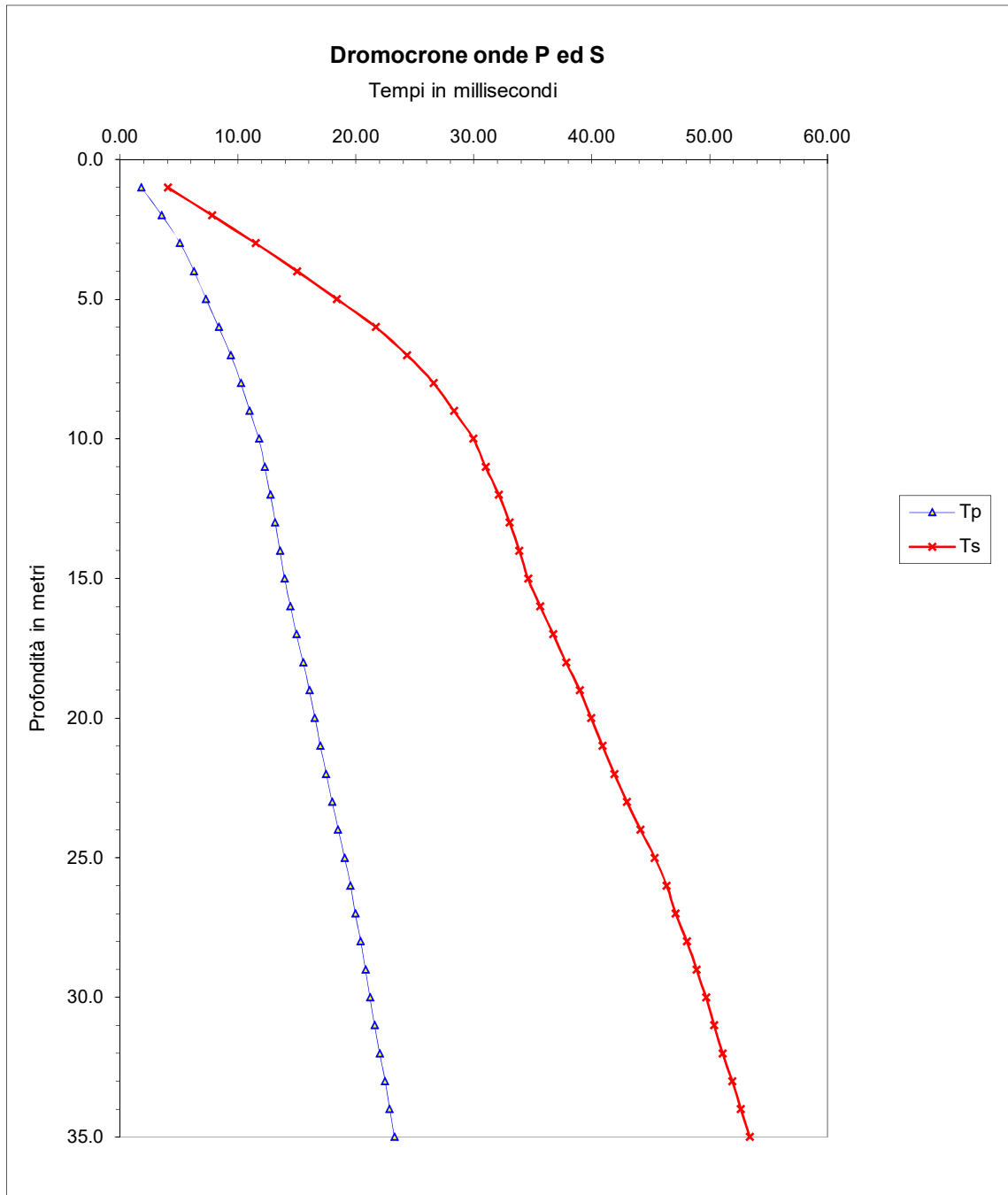
E: Modulo di Young

G: Modulo di taglio

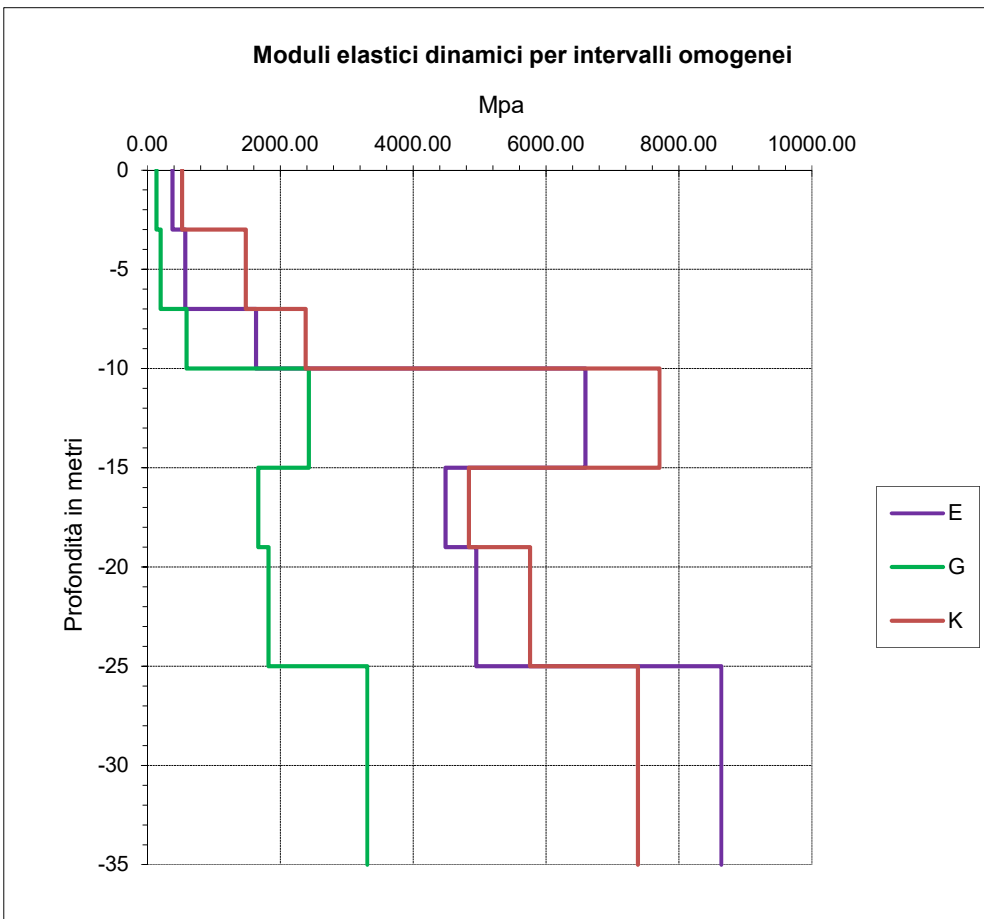
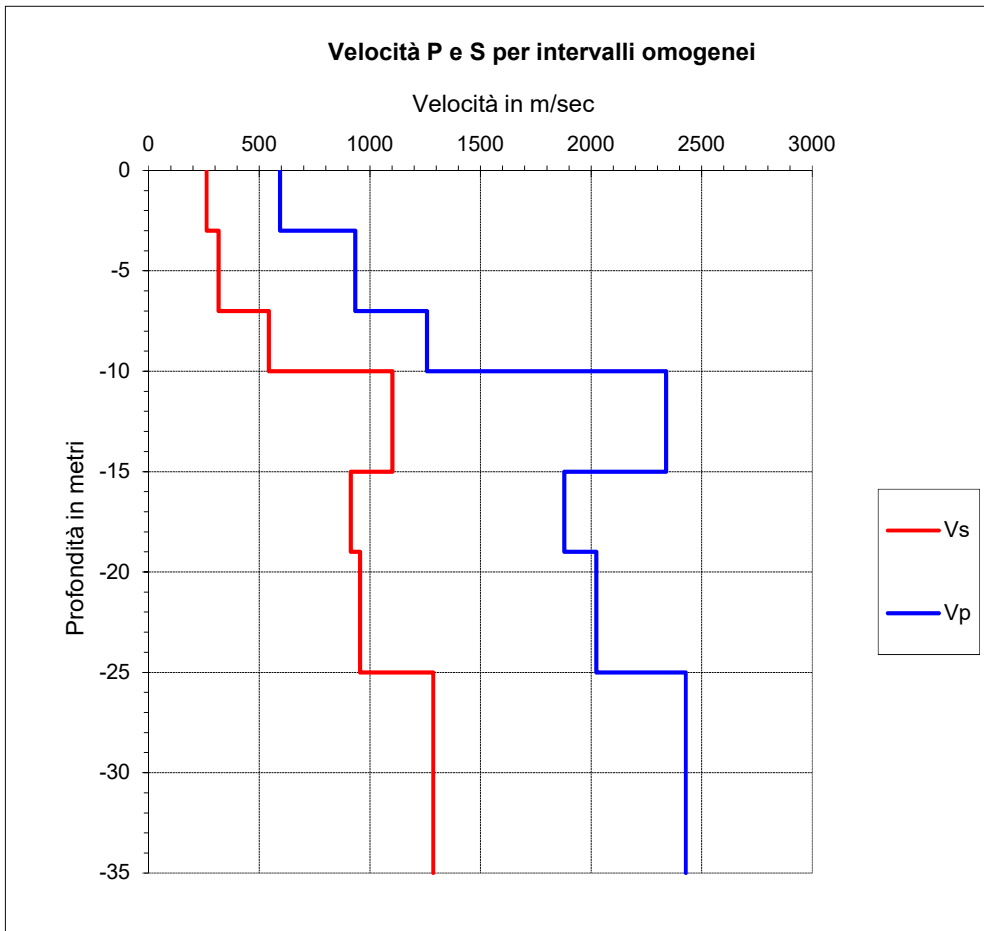
γ : Peso di Volume

K: Modulo di incompressibilità

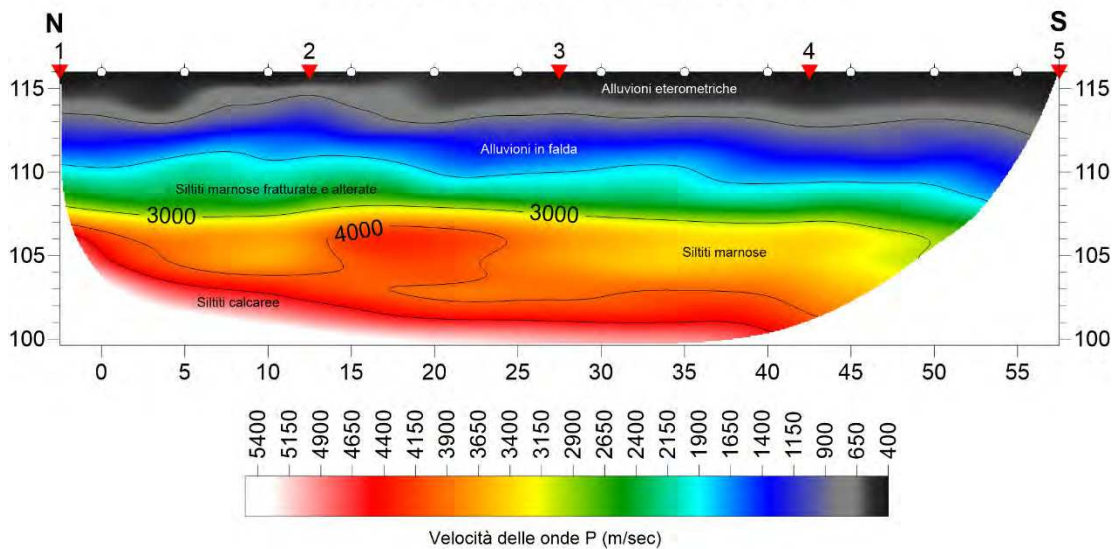




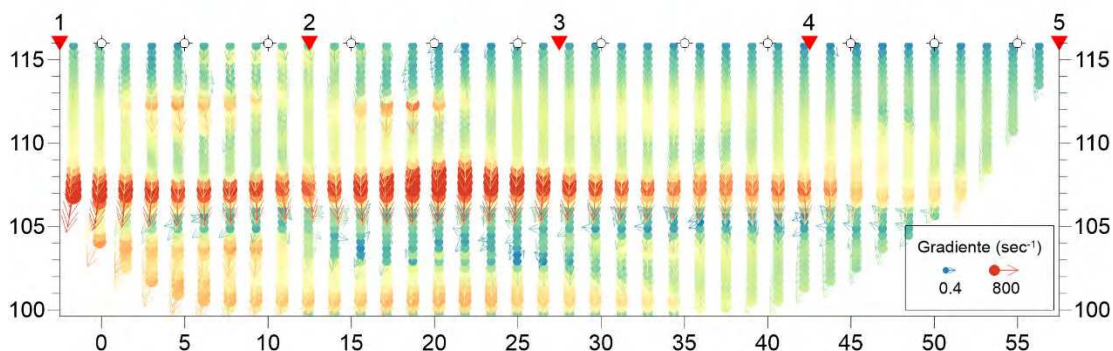
| Intervalli omogenei di velocità | | | Moduli elastici dinamici | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------|---------|---------|--------|
| Intervalli misure | Vp m/sec | Vs m/sec | γ g/cm ³ | ν | E Mpa | G Mpa | K Mpa |
| 0 - 3 | 594 | 262 | 2.00 | 0.38 | 377.67 | 136.89 | 522.3 |
| 3 - 7 | 934 | 315 | 2.00 | 0.44 | 570.81 | 198.80 | 1478.2 |
| 7 - 10 | 1258 | 543 | 2.00 | 0.39 | 1634.72 | 589.92 | 2380.6 |
| 10 - 15 | 2339 | 1102 | 2.00 | 0.36 | 6589.49 | 2427.05 | 7707.6 |
| 15 - 19 | 1879 | 913 | 2.00 | 0.35 | 4486.76 | 1667.45 | 4836.7 |
| 19 - 25 | 2024 | 955 | 2.00 | 0.36 | 4950.32 | 1824.32 | 5759.8 |
| 25 - 35 | 2428 | 1286 | 2.00 | 0.30 | 8637.14 | 3309.32 | 7381.1 |



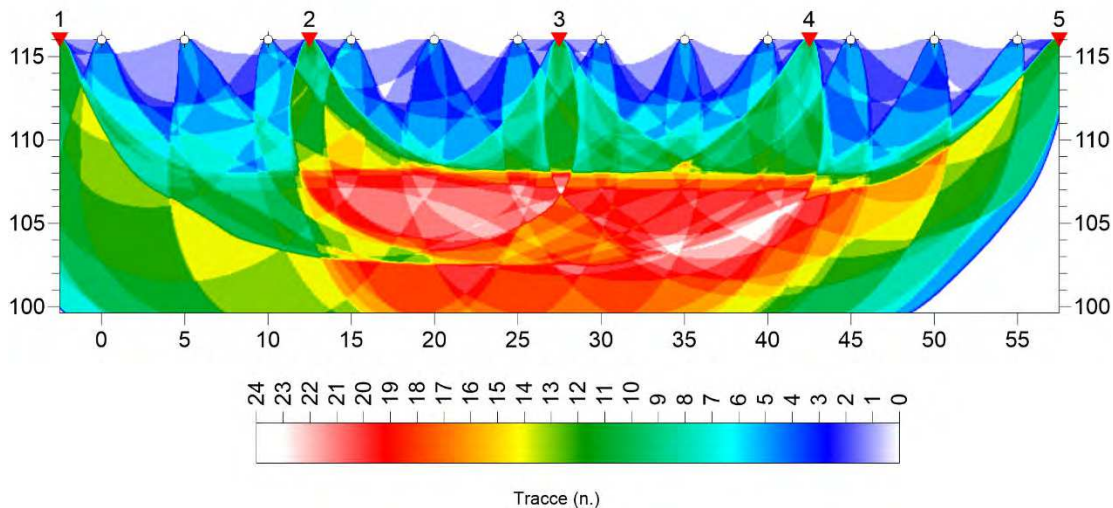
MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE P -B8-



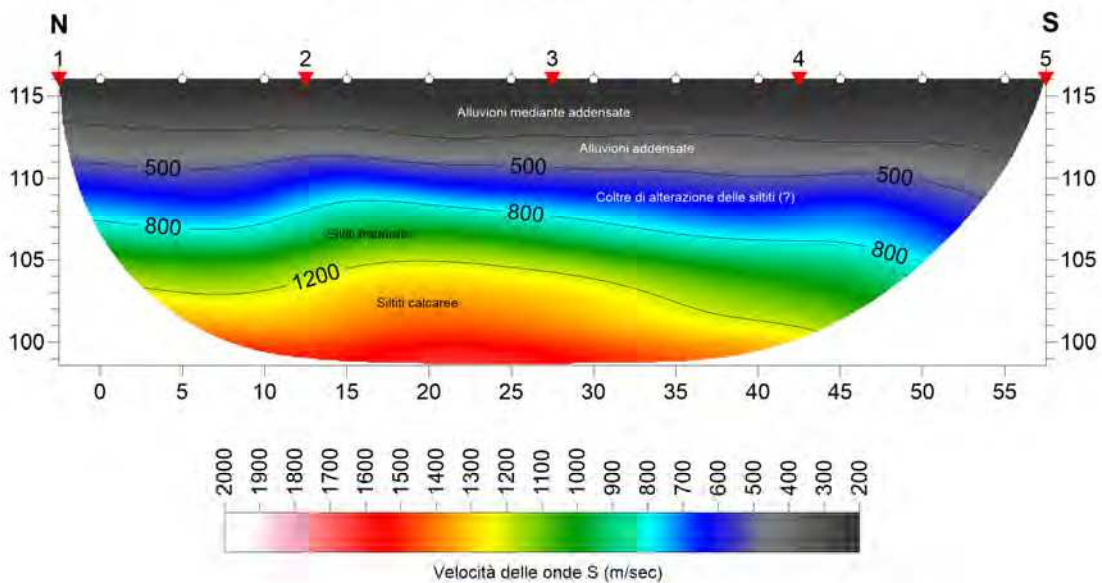
GRADIENTE DI VELOCITA' DELLE ONDE P -B8-



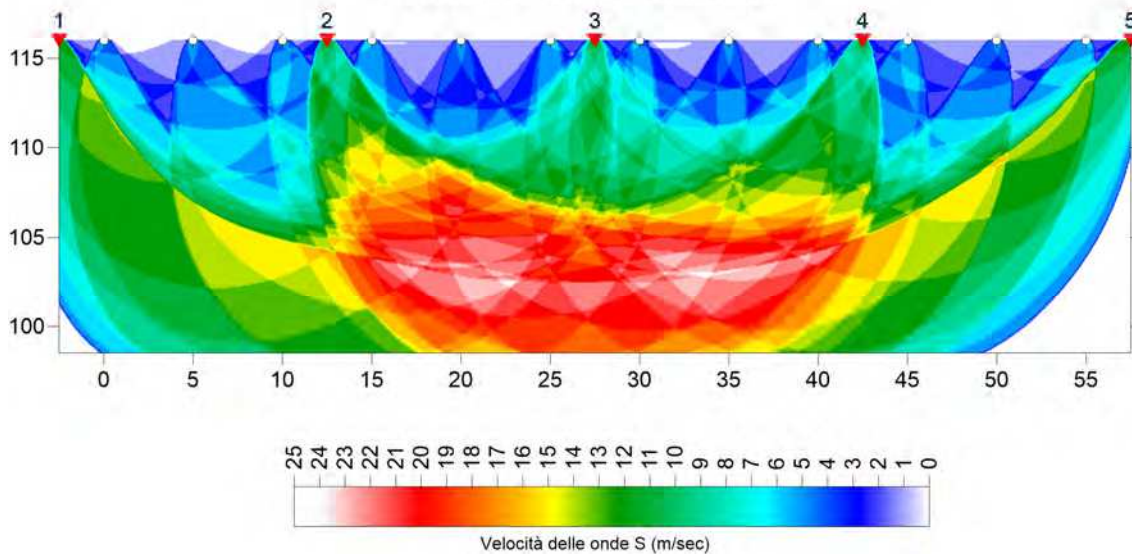
PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B8-

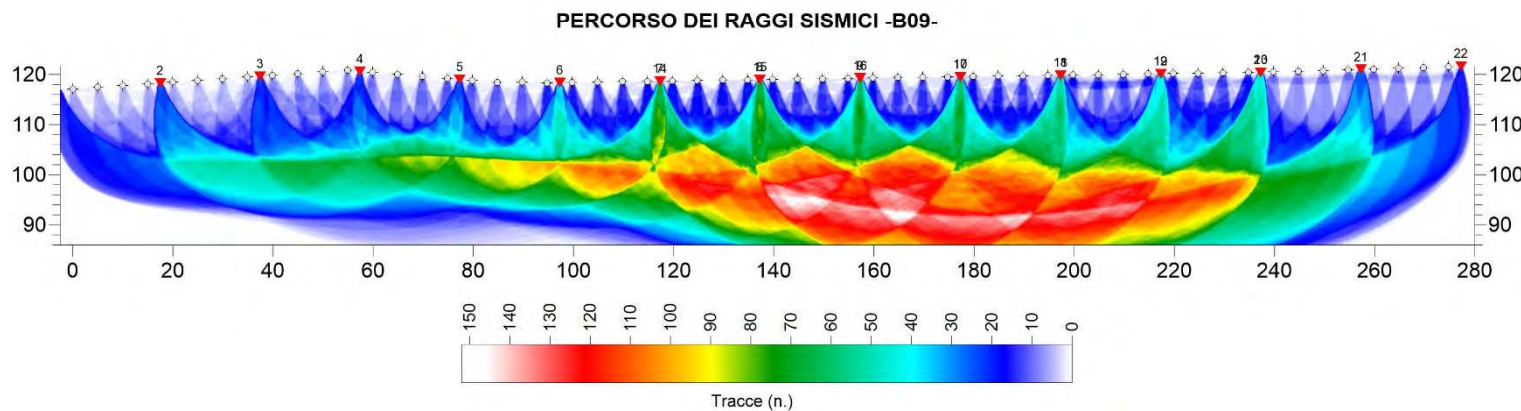
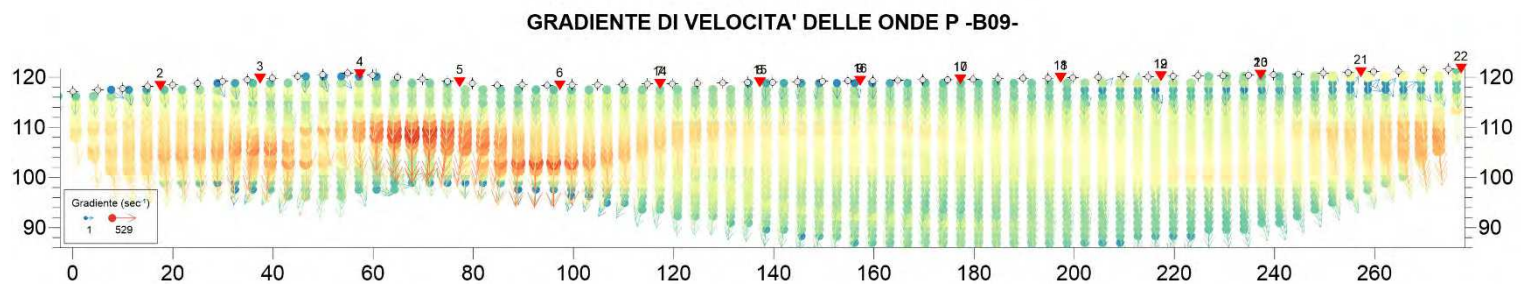
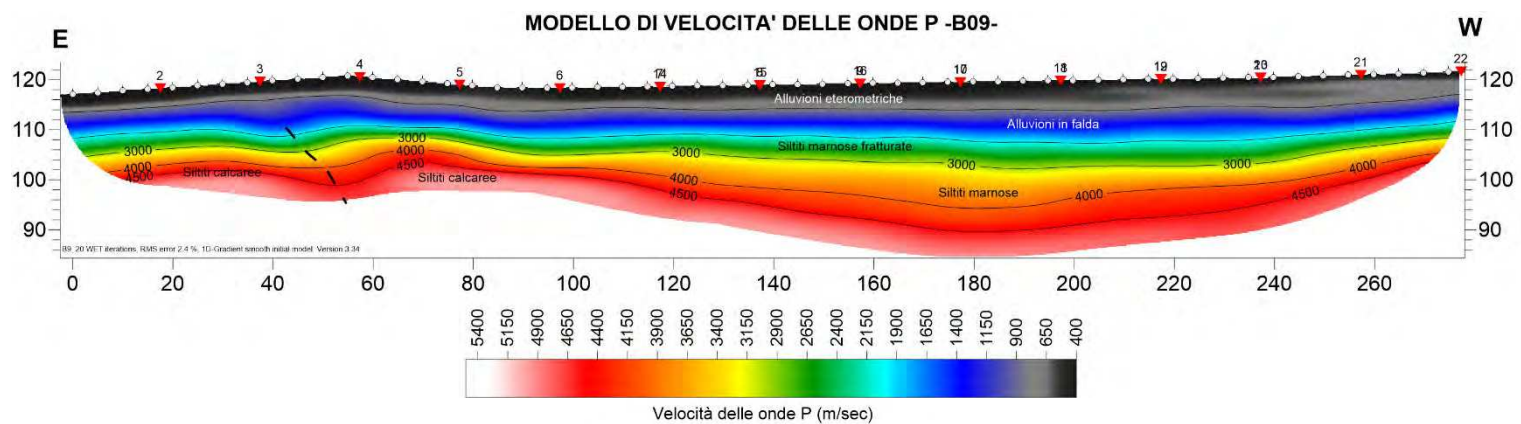


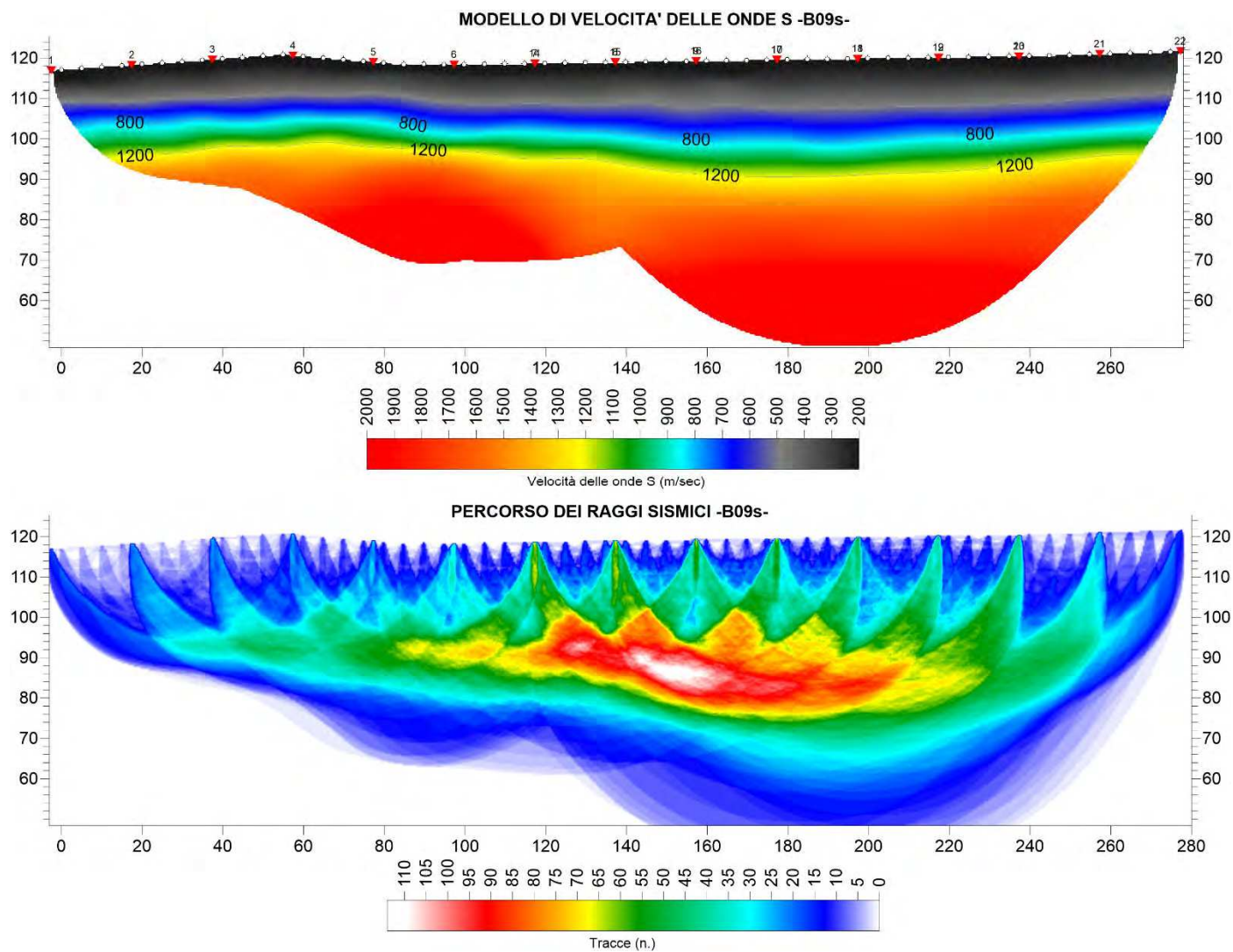
MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE S -B8-



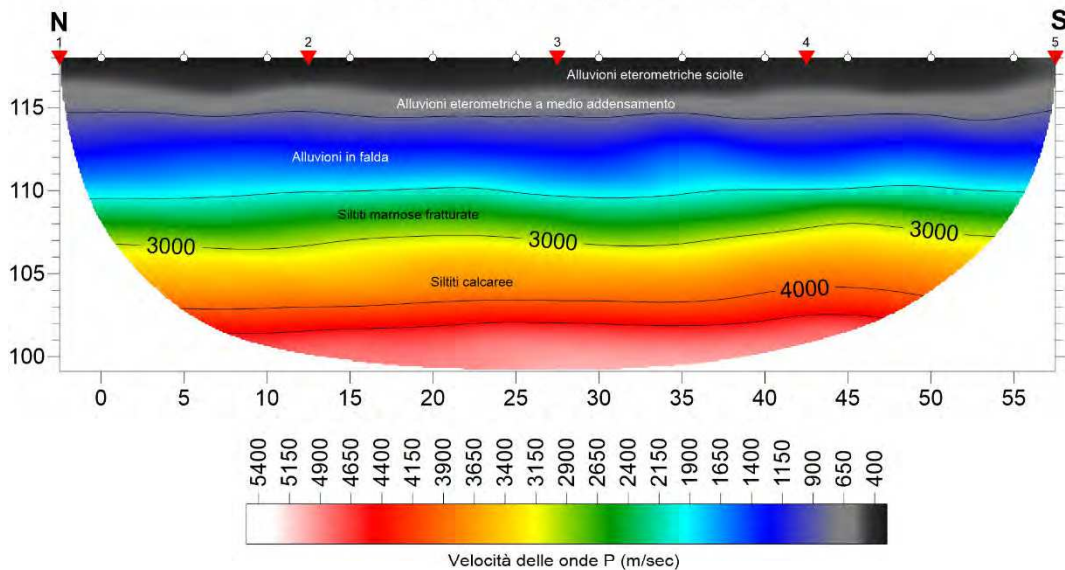
PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B8-



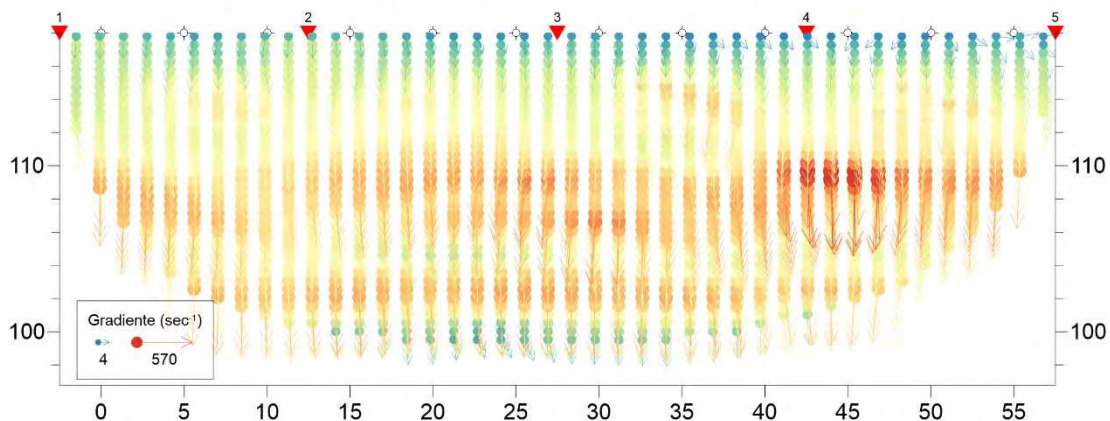




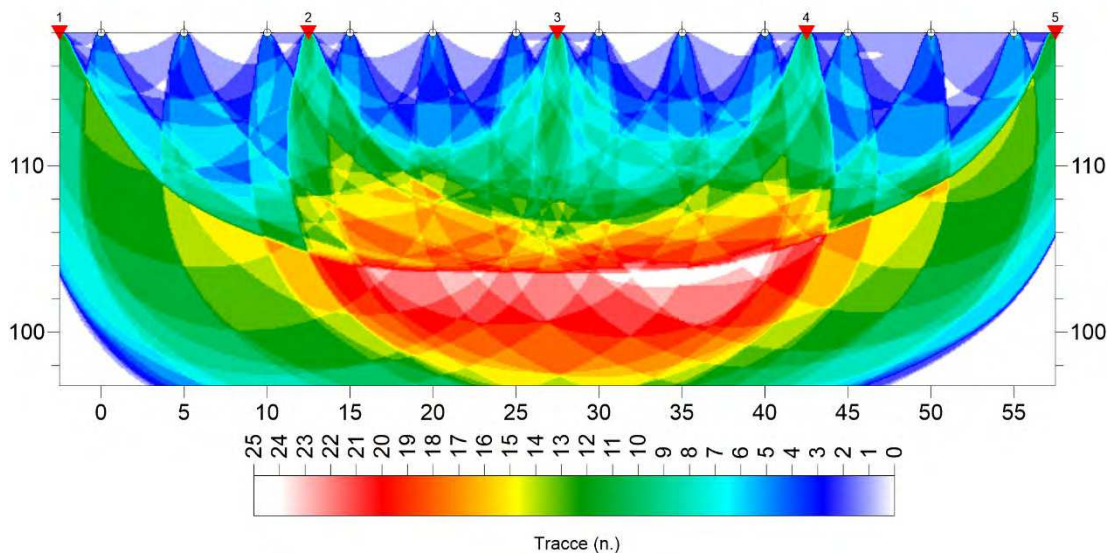
MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE P -B10-

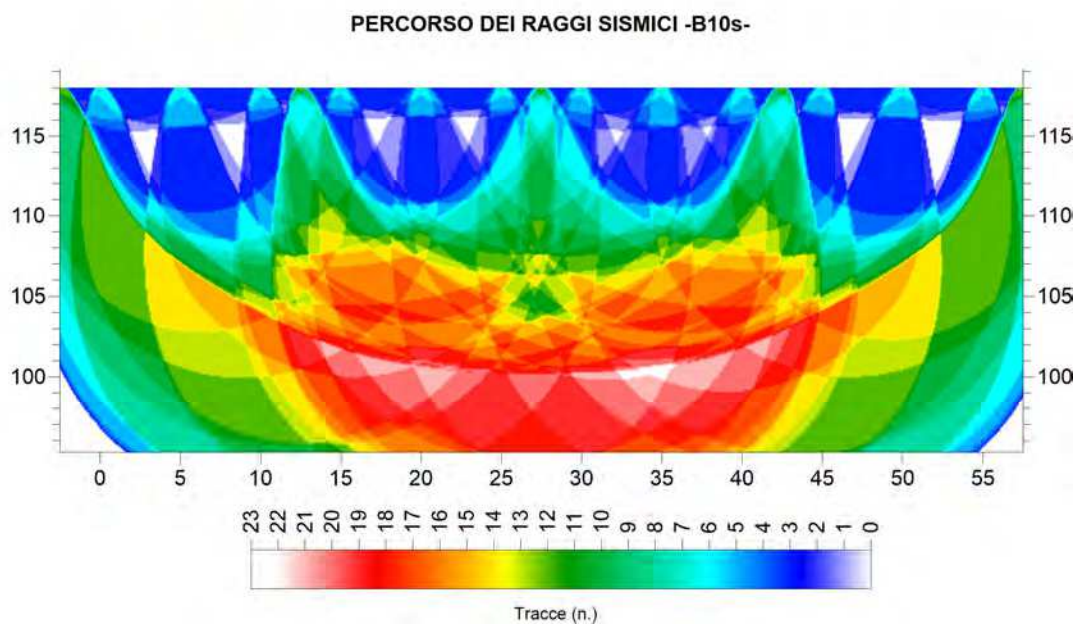
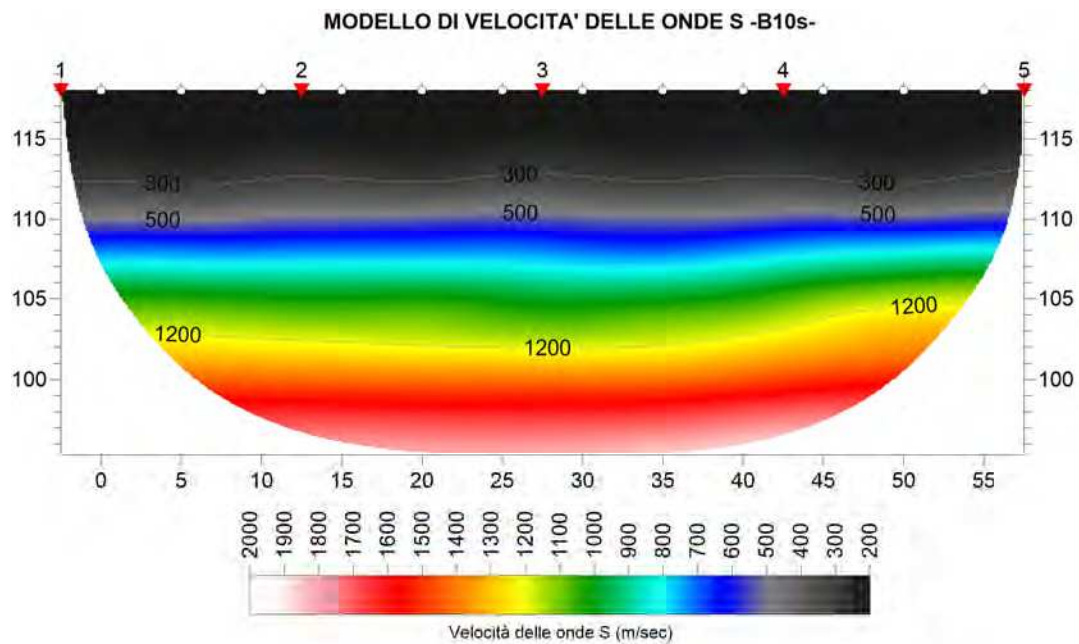


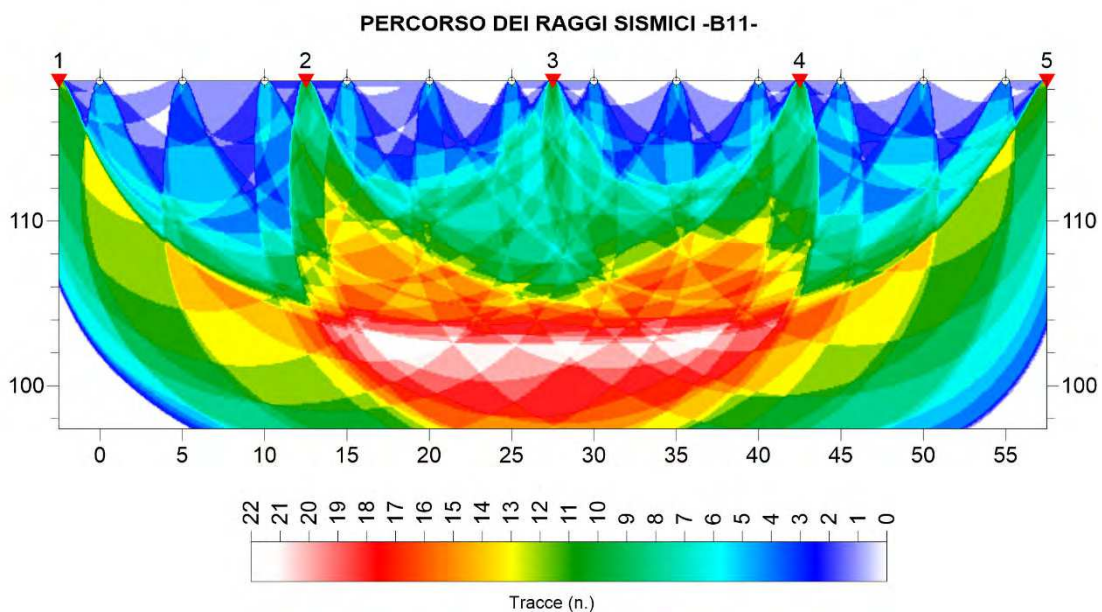
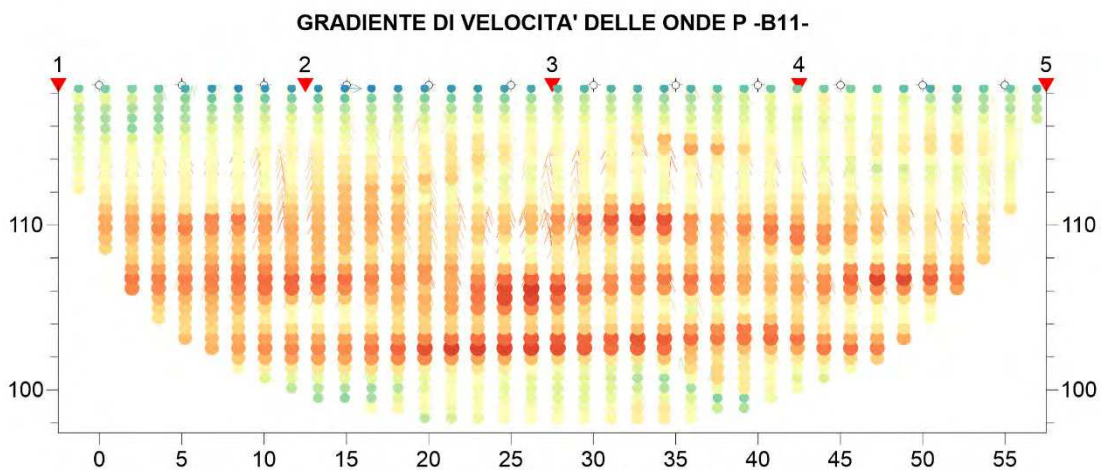
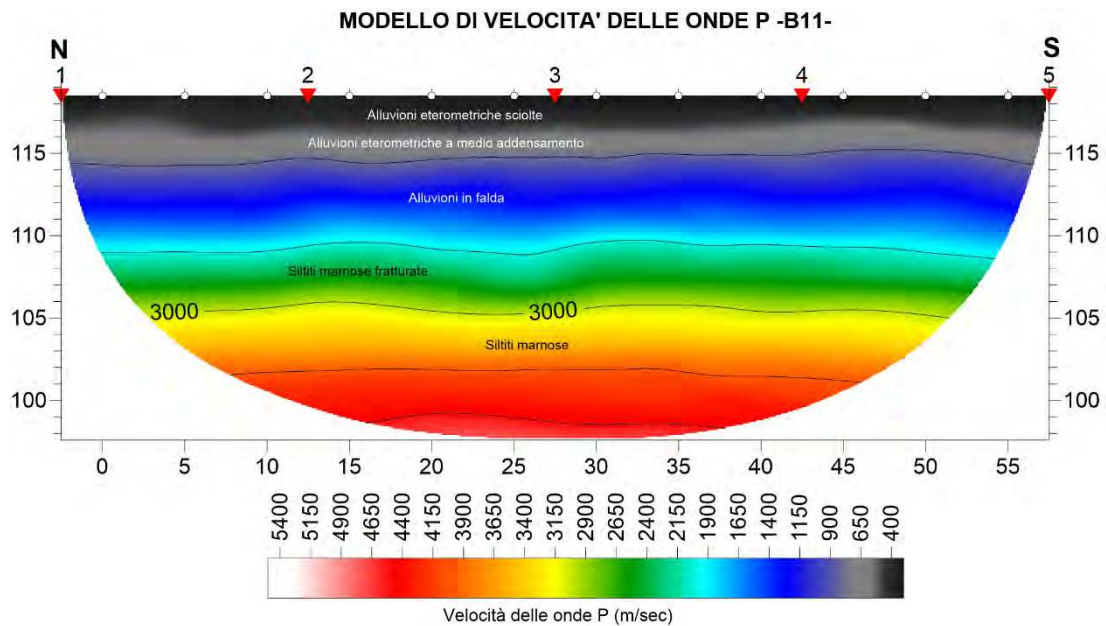
GRADIENTE DI VELOCITA' DELLE ONDE P -B10-



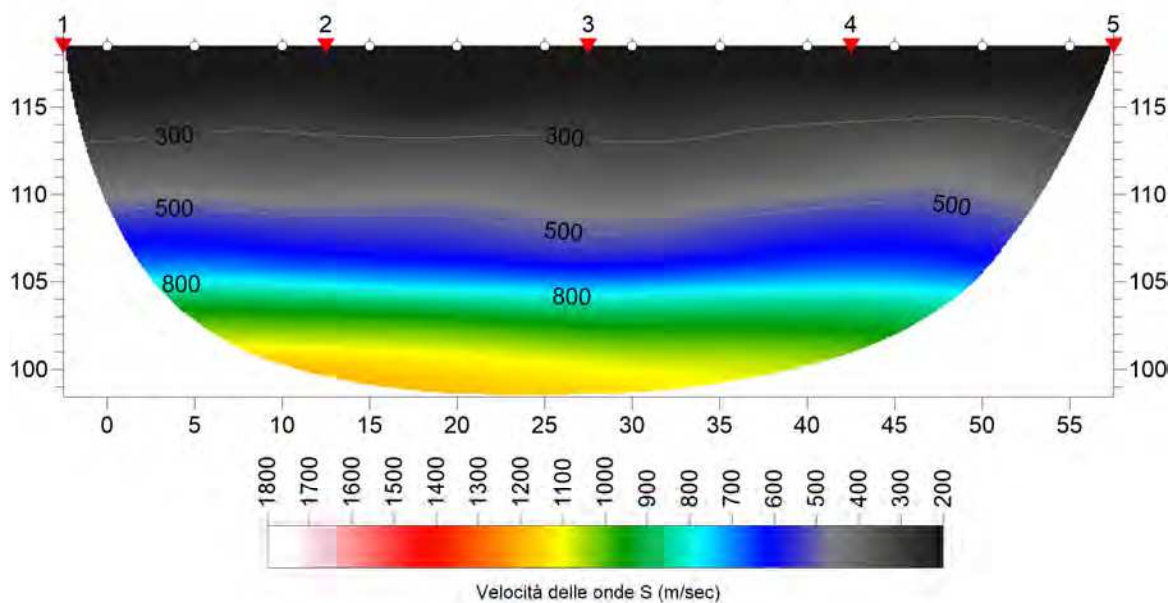
PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B10-



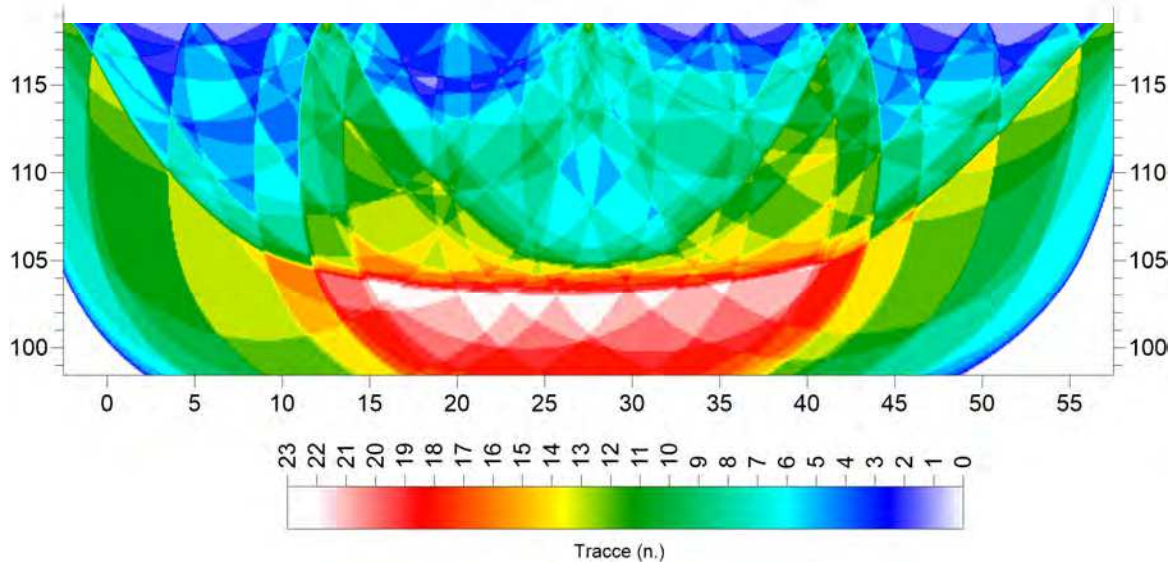


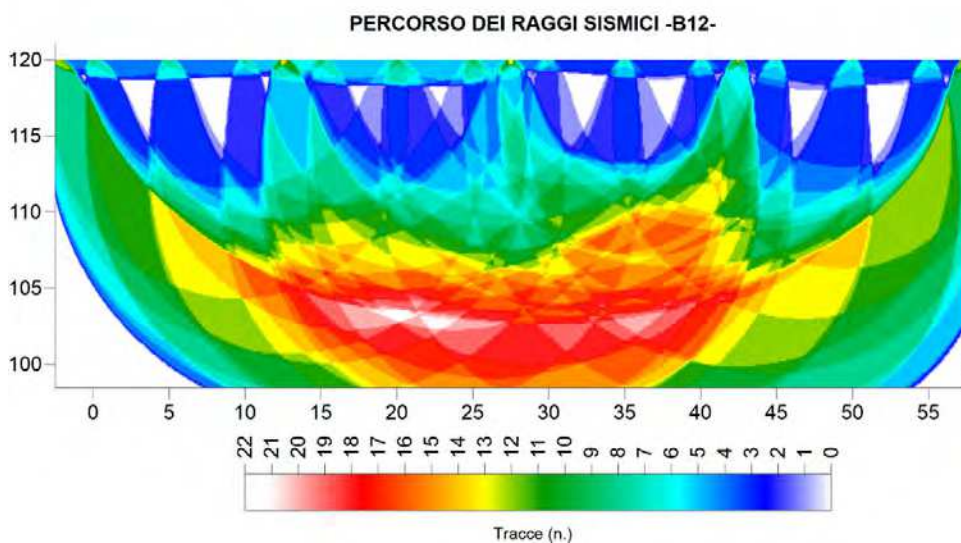
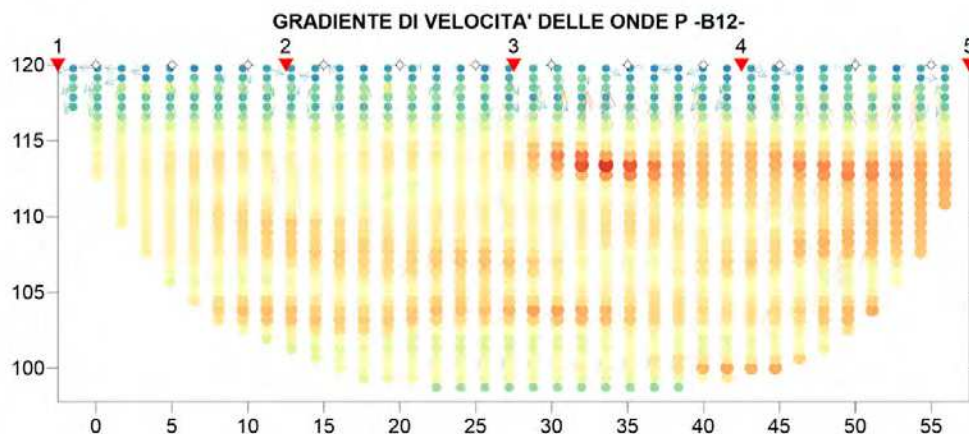
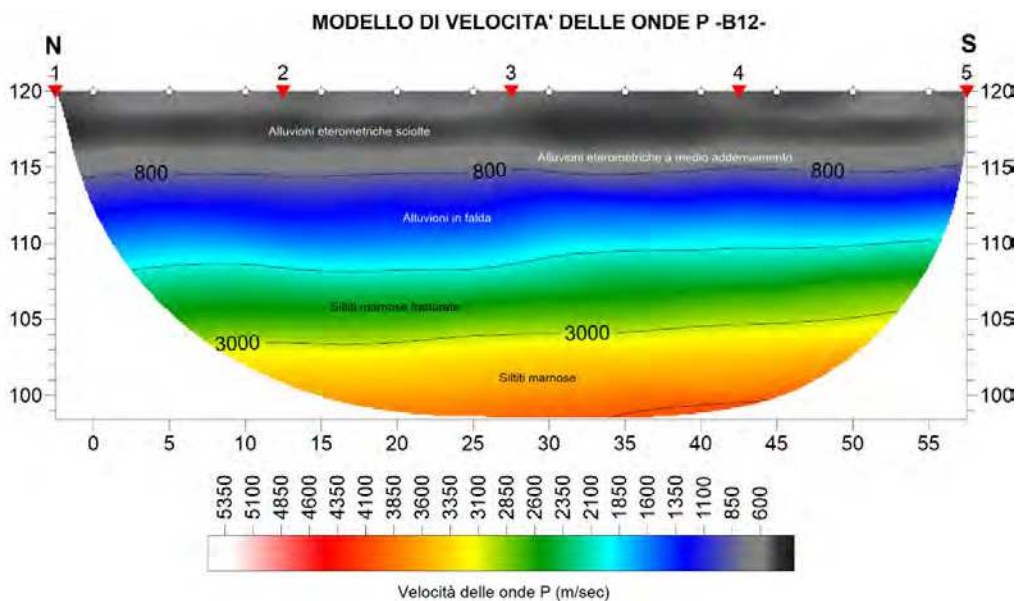


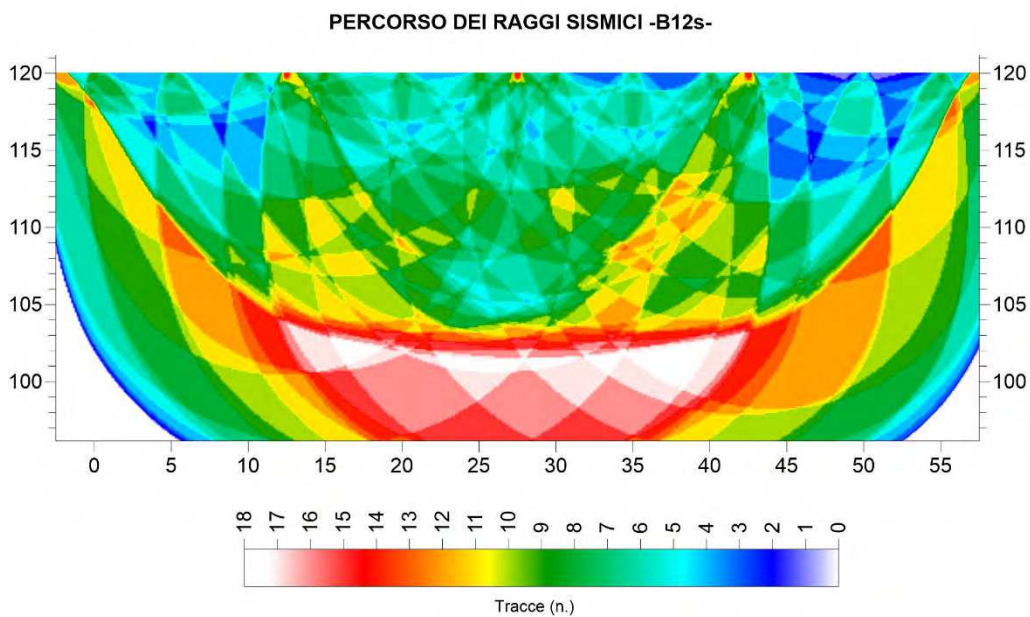
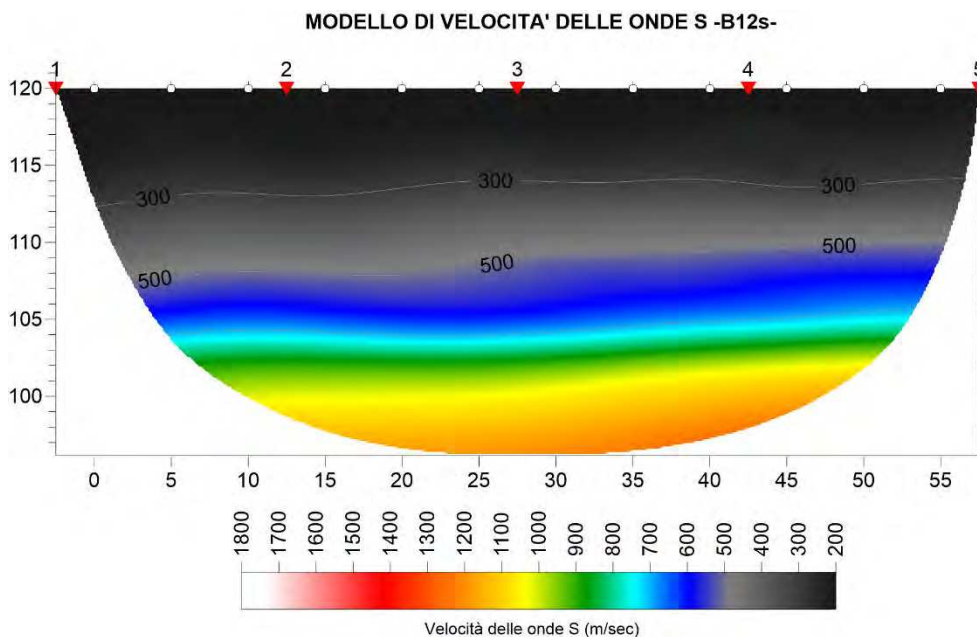
MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE S -B11s-



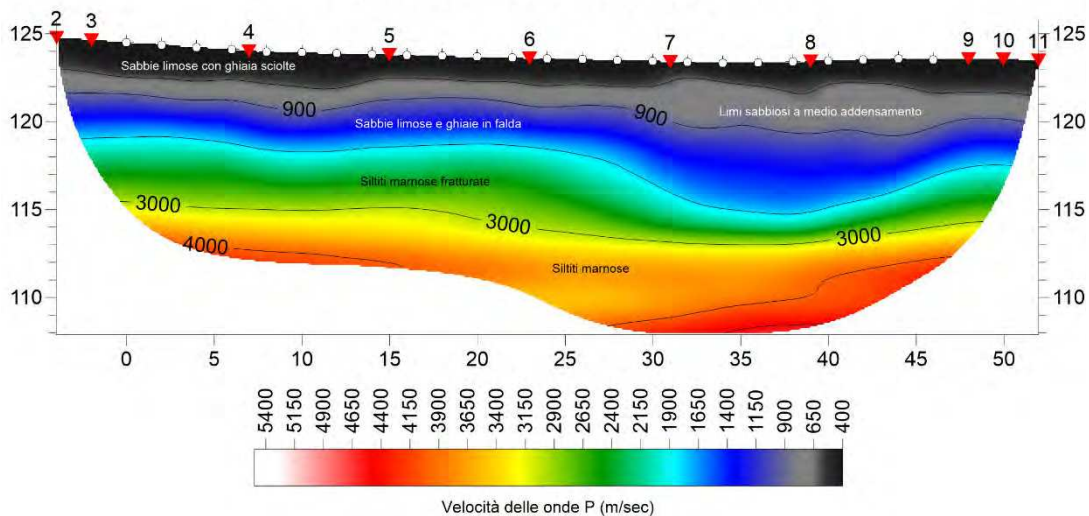
PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B11s-



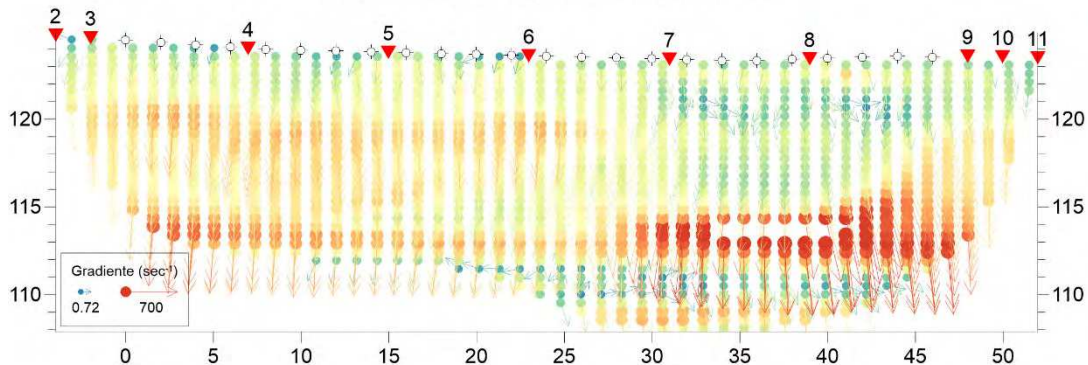




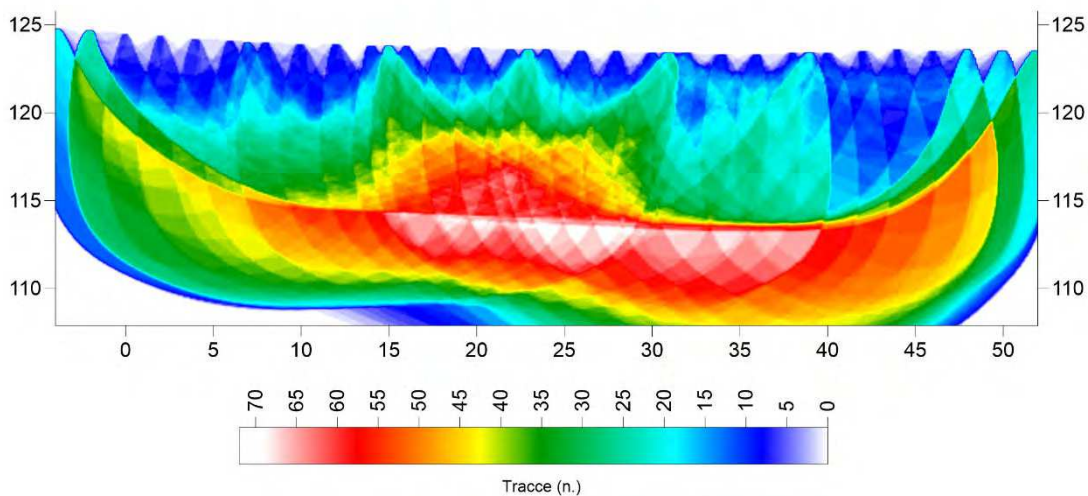
MODELLO DI VELOCITA' DELLE ONDE P -B13-

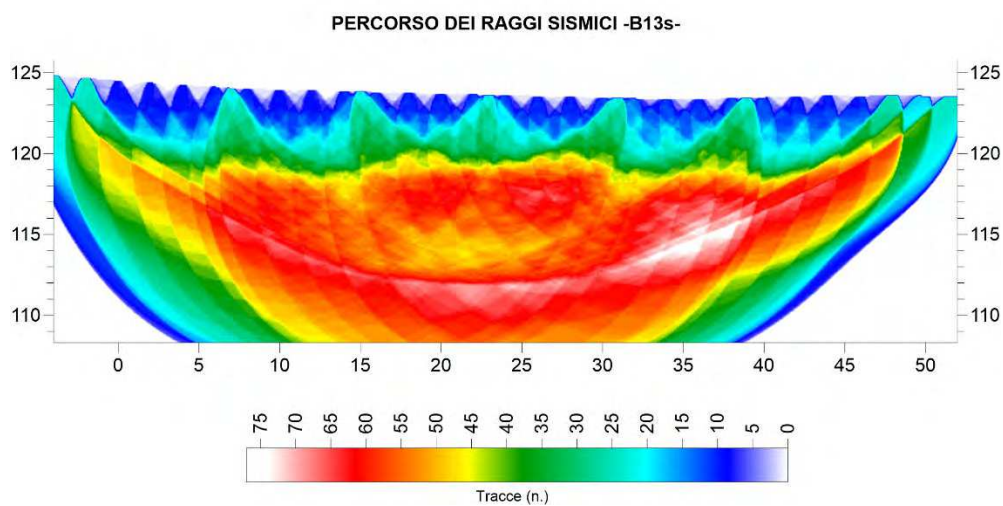
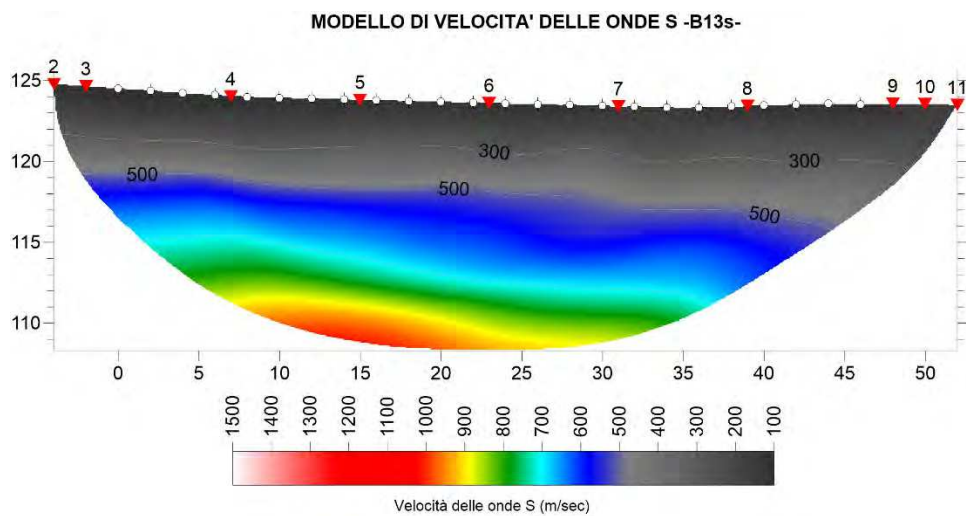


GRADIENTE DI VELOCITA' DELLE ONDE P -B13-



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI -B13-





Acquisizione dati prospezione B13