



REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI POTENZA
COMUNE DI MONTEMILONE
COMUNE DI VENOSA



AUTORIZZAZIONE UNICA ex. d.lgs. 387/03

Progetto Definitivo per la realizzazione del parco
eolico "SERRA LONGA" e relative opere connesse
nel comune di VENOSA e MONTEMILONE (Pz)

Titolo elaborato

REPORT DI FINE CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Codice elaborato

A2.1

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

Dott. Geol. Maurizio Giacomino



Proponente

Crono Rinnovabili s.r.l.

Largo Augusto 3
20122 Milano



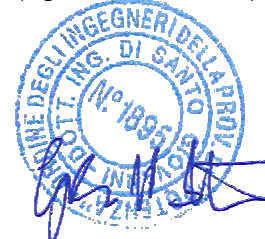
Progettazione



F4 Ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni DI SANTO)



Società certificata secondo la norma UNI-EN ISO
9001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria
nei settori: civile, idraulica, acustica, energia,
ambiente (settore IAF: 34).

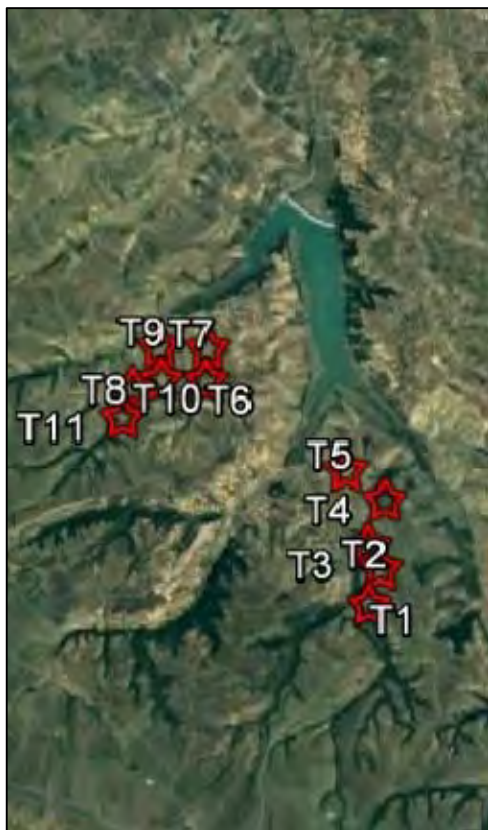




COMUNE DI MONTEMILONE

PROVINCIA DI POTENZA

Indagini Geognostiche Propedeutiche alla Progettazione Definitiva di un Parco Eolico da Ubicare in Agro del Comune di Montemilone (PZ)



Geologo:



Geol. F. M. COLUCCI

S.O.: Via De Giosa, 4 - 70015 NOCI (BA)

Tel/Fax (+39)080/2473484 - Cell 338/4274387

P. IVA 07627640720 - e-mail: massimo.colucci76@gmail.com

Federico Massimo Colucci

ELABORATO

DATA

REPORT FINE INDAGINI GEOGNOSTICHE

10/2020

AGGIORNAMENTO

DATA

DESCRIZIONE

AGGIORNAMENTO	DATA	DESCRIZIONE



SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU	4
2.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE INDIRECTE: PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE (ONDE P)	4
2.1.1	ACQUISIZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI DATI	6
2.1.2	STENDIMENTO SISMICO ST01	7
2.1.3	STENDIMENTO SISMICO ST02	9
2.1.4	STENDIMENTO SISMICO ST03	10
2.1.5	STENDIMENTO SISMICO ST04	11
2.1.6	STENDIMENTO SISMICO ST05	13
2.1.7	STENDIMENTO SISMICO ST06	14
2.1.8	STENDIMENTO SISMICO ST07	15
2.1.9	STENDIMENTO SISMICO ST08	17
2.1.10	STENDIMENTO SISMICO ST09	18
2.1.11	STENDIMENTO SISMICO ST10	19
2.1.12	STENDIMENTO SISMICO ST11	21
2.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE INDIRECTE: PROSPEZIONI SISMICHE MASW	22
2.2.1	ACQUISIZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI DATI	23
2.2.2	STENDIMENTO SISMICO MASW01	23
2.2.3	STENDIMENTO SISMICO MASW02	25
2.2.4	STENDIMENTO SISMICO MASW03	27
2.2.5	STENDIMENTO SISMICO MASW04	29
2.2.6	STENDIMENTO SISMICO MASW05	31
2.2.7	STENDIMENTO SISMICO MASW06	33
2.2.8	STENDIMENTO SISMICO MASW07	35
2.2.9	STENDIMENTO SISMICO MASW08	37
2.2.10	STENDIMENTO SISMICO MASW09	39
2.2.11	STENDIMENTO SISMICO MASW010	41
2.2.12	STENDIMENTO SISMICO MASW011	43
2.3	CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE	45
2.4	CARATTERIZZAZIONE ELASTO-MECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	48



ALLEGATI AL TESTO

TAVOLA A. 1	UBICAZIONE INDAGINI IN SITU	(SCALA 1: 8.000)
TAVOLA A. 2	SEZIONI STRATIGRAFICHE INTERPRETATIVE-ONDE P	(SCALA 1: 200)





1 PREMESSA

Su incarico conferitomi dal **Geol. Maurizio GIACOMINO**, con studio in Via Lucana n° 337 nel Comune di Matera (MT), è stata redatta la seguente relazione a seguito del concludersi delle indagini geognostiche realizzate nell'ambito del progetto definitivo di "Realizzazione di un Parco Eolico da Ubicare in Agro del Comune di Montemilone (PZ)". Le aree interessate dall'intervento sono localizzate in parte a Nord ed in parte ad Est dell'abitato del Comune di Montemilone (PZ), così come riportato in allegato alla **Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Sito"**. La campagna di indagini geognostiche (V. **Tavola A. 2 "Ubicazione Indagini in Sito"**), di tipo indirette, ha visto la realizzazione di:

- **N° 11 Prospezioni Sismiche a Rifrazione** in onde P per la ricostruzione del modello sismostratigrafico e la determinazione delle principali grandezze elasto-meccaniche dei terreni investigati;
- **N° 11 Prospezioni Sismiche MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves) in onde di Rayleigh per la caratterizzazione sismica e la definizione della categoria di sottosuolo come da normativa in materia antisismica vigente.

Il presente studio, volto a definire le caratteristiche litologico-stratigrafiche e sismiche del sito, è stato condotto in osservanza della normativa tecnica vigente in materia e in particolare: DM 17 Gennaio 2018 (Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"), Circolare 21 Gennaio 2019 n° 7 (Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"), Circolare 2 Febbraio 2009 n° 617, prescrizioni AGI 1997, OPCM 3274/03 e successive modifiche (DGR 153/04, OPCM 3519/06) nonché tenendo in debito conto le "Linee Guida per Indagini Geofisiche" redatte a cura dell'Associazione Società di Geofisica Italiana.

In seguito alle prove summenzionate ed alle elaborazioni condotte, sono stati redatti i seguenti elaborati cartografici allegati alla presente relazione:

TAVOLA A. 1	UBICAZIONE INDAGINI IN SITU	(SCALA 1: 8.000)
TAVOLA A. 2	SEZIONI STRATIGRAFICHE INTERPRETATIVE-ONDE P	(SCALA 1: 200)



2 INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU

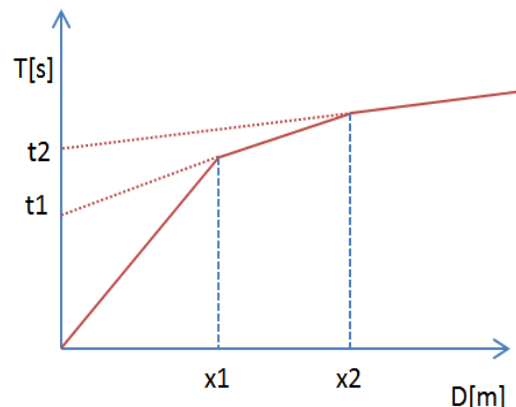
Per la ricostruzione del modello geologico-stratigrafico del sito e la parametrizzazione geomeccanica del volume significativo di terreno relativo all'intervento si è fatto riferimento alle informazioni fornite dall'esecuzione n° 11 prospezioni sismiche a rifrazione in onde P e n° 11 prospezioni sismiche MASW le cui posizioni sono riportate in allegato alla **Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Situ"**. Le prove sono state realizzate nelle immediate vicinanze dei futuri siti di realizzazione degli impianti eolici in progetto e, in accordo con la committenza, in maniera tale da investigare il terreno di sedime cercando un giusto compromesso tra la profondità massima di investigazione e gli spazi fisici a disposizione.

2.1 Indagini Geognostiche Indirette: Prospezioni Sismiche a Rifrazione (Onde P)

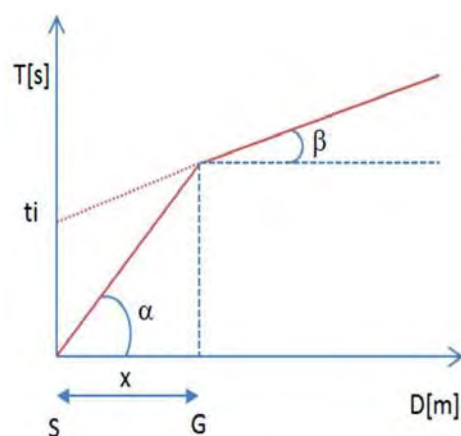
Le indagini di sismica a rifrazione (P e/o S), consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). Altro scopo è quello di tarare e vincolare l'altro metodo di indagine (MASW) per tutto lo spessore investigato dall'indagine sismica, contribuendo a diminuire l'incertezza sulla determinazione delle velocità delle onde sismiche V_s . La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione tradizionale è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti. Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda λ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell. Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore. La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde λ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza ϑ_i mentre quello formato tra il raggio



rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione ϑ_r . La formula matematica è: $v_2 \sin\vartheta_i = v_1 \sin\vartheta_r$. Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità. Per $v_1 > v_2$ si ha che $\vartheta_i > \vartheta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\vartheta_i < \vartheta_r$ ed esiste un angolo limite d'incidenza per cui $\vartheta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'angolo limite è definito come: $\vartheta_i \arcsin (v_1 / v_2)$.



Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione: $T = x_i / V_1$, dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione. L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come: $V_1 = 1/\tan\alpha$. I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette. La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione. Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi. Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:



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

2.1.1 Acquisizione ed Interpretazione dei Dati

Le indagini sono state condotte utilizzando la seguente strumentazione:

- Sismografo con 24 canali, della ditta "PASI Srl" modello GEA24 con acquisizione computerizzata dei dati mediante laptop;
- Sorgente di energizzazione costituita da un maglio del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra rettangolare in alluminio posta direttamente sul piano campagna per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde S_v ;
- n. 12 geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza di acquisizione pari a 4,5 Hz.

La distanza intergeofonica è stata posta pari a 4 mt per tutti gli stendimenti realizzati, denominati di seguito rispettivamente ST01, ST02, ST03, ST04, ST05, St06, ST07, ST08, ST09, ST10 e ST11, con punti di scoppio A e B posti a 5 mt rispettivamente dal 1° e dal 12° geofono, in posizione esterna allo stendimento, lo scoppio C posto al centro dello stendimento (fra il 6° e il 7° geofono), mentre gli altri due scoppi intermedi D ed E posti rispettivamente tra 3° e 4° geofono e tra il 9° e il 10° geofono come riportato in **Figura 1**:



Figura 1-Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione

In fase di acquisizione dei sismogrammi è stato applicato un filtro passa alto, con frequenza di taglio pari a 10 Hz, per una migliore ricezione dei segnali. L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software EasyRefract (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione di un filtro "low-pass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- *Picking* dei primi arrivi;
- Definizione delle dromocrone;
- Calcolo dromocrone traslate;
- Definizione del modello sismostratigrafico.

Bisogna precisare che, l'elaborazione dei dati di sismica a rifrazione rappresentano l'andamento dei sismostrati lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ed il modello sismostratigrafico che ne deriva rappresenta l'interpretazione degli stessi sismostrati in funzione della geologia del sito, ottenuto

correlando le velocità medie di ciascun sismostrato con i dati geologici noti e le loro velocità sismiche caratteristiche. Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante puntualizzare che:

- a) I sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) La risoluzione del metodo è funzione della profondità d'indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0,25 * z$;
- c) Nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- d) I terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Di seguito sono stati riportati, in **Tabella 1**, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P tipici di alcuni litotipi ricorrenti.

Litotipo	V _p (m/sec)	Litotipo	V _p (m/sec)
Areato superficiale	300-800	Calcere cristallino	5700-6400
Argille	1100-2900	Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Sabbia asciutta	200-1000	Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Sabbie umida	600-1800	Arenaria	1400-4500
Terreni alluvionali sciolti	400-2100	Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Acqua	1400-1500	Anidride	3500-5500
Calcere fratturato	700-4200	Gesso	1800-4000
Calcere compatto	2800-6400	Gneiss e scisti	3500-7500

Tabella 1-Valori di velocità tipiche delle onde di compressione P (da "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo" di Carrara-Rapolla-Roberti, "Il manuale del geologo" di Cassadio-Elmi)

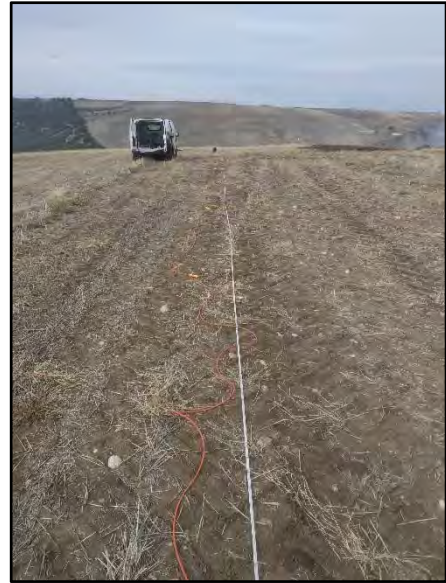
2.1.2 Stendimento Sismico ST01

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, con variazione altimetrica tra il primo e l'ultimo geofono di circa 1,20 mt, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt così come si può osservare in **Fotografia 1, 2, 3 e 4**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"**.

2. Indagini Geognostiche in Situ



Fotografia 1-Visione verso Sud-Est dello stendimento sismico ST01



Fotografia 2-Visione verso Nord-Ovest dello stendimento sismico ST01



Fotografia 3-Sismografo PASI modello GEA24



Fotografia 4-Geofono verticale

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limoso debolmente ciottoloso, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 358 m/sec per una profondità media di circa -1,70 mt da pc;

2. Indagini Geognostiche in Situ

2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbioso-ciottolosa, moderatamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 608 m/sec per una profondità media di circa -10,10 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1139 m/sec sino a fine indagine (\approx -14 mt da pc).

2.1.3 Stendimento Sismico ST02

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, senza variazione altimetriche significative, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt così come si può osservare in **Fotografia 5, 6, 7 e 8**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"**.



Fotografia 5-Visione verso Nord dello stendimento sismico ST02



Fotografia 6-Visione verso Sud dello stendimento sismico ST02



Fotografia 7-Sismografo PASI modello GEA24



Fotografia 8-Geofono verticale

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limosa debolmente ciottoloso, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 373 m/sec per una profondità media di circa -1,90 mt da pc;
2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbioso-ciottolosa, moderatamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 975 m/sec per una profondità media di circa -8,50 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-sabbiosa, molto consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1622 m/sec sino a fine indagine (\approx -14 mt da pc).

2.1.4 Stendimento Sismico ST03

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, con variazione altimetrica tra il primo e l'ultimo geofono di circa 0,40 mt, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt così come si può osservare in **Fotografia 9, 10, 11 e 12**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"**.



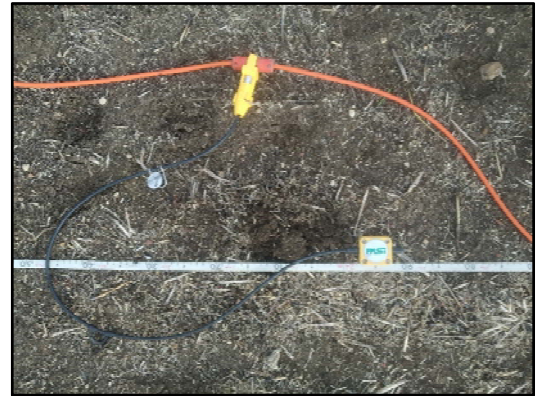
Fotografia 9-Visione verso Est dello stendimento sismico ST03



Fotografia 10-Visione verso Ovest dello stendimento sismico ST03



Fotografia 11-Sismografo PASI modello GEA24



Fotografia 12-Geofono verticale

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limoso debolmente ciottoloso, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 449 m/sec per una profondità media di circa -1,70 mt da pc;
2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbioso-ciottolosa, moderatamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 680 m/sec per una profondità media di circa -9,00 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1141 m/sec sino a fine indagine (\approx -14 mt da pc).

2.1.5 Stendimento Sismico ST04

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, con variazione altimetrica tra il primo e l'ultimo geofono di circa 0,30 mt, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt così come si può osservare in **Fotografia 13, 14, 15 e 16**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"**.



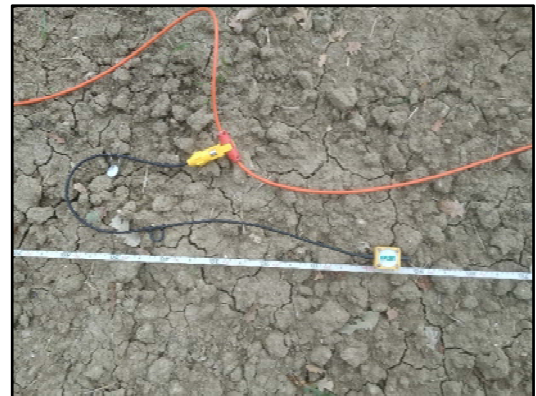
Fotografia 13-Visione verso Sud-Est dello stendimento sismico ST04



Fotografia 14-Visione verso Nord-Ovest dello stendimento sismico ST04



Fotografia 15-Sismografo PASI modello GEA24



Fotografia 16-Geofono verticale

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limoso debolmente ciottoloso, scarsamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 261 m/sec per una profondità media di circa -1,80 mt da pc;

2. Indagini Geognostiche in Situ

2. **Sismostrato B**: deposito di natura sabbioso-ciottolosa, mediamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 546 m/sec per una profondità media di circa -9,60 mt da pc;
3. **Sismostrato C**: deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1170 m/sec sino a fine indagine (\approx -14 mt da pc).

2.1.6 Stendimento Sismico ST05

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, con variazione altimetrica tra il primo e l'ultimo geofono di circa 0,30 mt, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt così come si può osservare in **Fotografia 17, 18, 19 e 20**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"**.



Fotografia 17-Visione verso Est dello stendimento sismico ST05



Fotografia 18-Visione verso Ovest dello stendimento sismico ST05



Fotografia 19-Sismografo PASI modello GEA24



Fotografia 20-Geofono verticale

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limoso debolmente ciottoloso, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 483 m/sec per una profondità media di circa -2,10 mt da pc;
2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbioso-ciottolosa, mediamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 894 m/sec per una profondità media di circa -9,40 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1277 m/sec sino a fine indagine (\approx -14 mt da pc).

2.1.7 Stendimento Sismico ST06

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, senza variazioni altimetriche significative, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt così come si può osservare in **Fotografia 21, 22, 23 e 24**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"**.



Fotografia 21-Visione verso Nord dello stendimento sismico ST06



Fotografia 22-Visione verso Sud dello stendimento sismico ST06



Fotografia 23-Sismografo PASI modello GEA24



Fotografia 24-Geofono verticale

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limoso debolmente ciottoloso, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 376 m/sec per una profondità media di circa -1,80 mt da pc;
2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa, mediamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 643 m/sec per una profondità media di circa -8,80 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1177 m/sec sino a fine indagine (\approx -14 mt da pc).

2.1.8 Stendimento Sismico ST07

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, con variazione altimetrica tra il primo e l'ultimo geofono di circa 0,30 mt, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt così come si può osservare in **Fotografia 25, 26, 27 e 28**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"**.



Fotografia 25-Visione verso Nord-Ovest dello stendimento sismico ST07



Fotografia 26-Visione verso Sud-Est dello stendimento sismico ST07



Fotografia 27-Sismografo PASI modello GEA24



Fotografia 28-Geofono verticale

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limoso debolmente ciottoloso, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 555 m/sec per una profondità media di circa -2,50 mt da pc;

2. **Sismostrato B**: deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1146 m/sec per una profondità media di circa -7,60 mt da pc;
3. **Sismostrato C**: deposito di natura limoso-sabbiosa, molto consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1456 m/sec sino a fine indagine (\approx -14 mt da pc).

2.1.9 Stendimento Sismico ST08

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, con variazione altimetrica tra il primo e l'ultimo geofono di circa 1,60 mt, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt così come si può osservare in **Fotografia 29, 30, 31 e 32**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"**.



Fotografia 29-Visione verso Sud dello stendimento sismico ST08



Fotografia 30-Visione verso Nord dello stendimento sismico ST08



Fotografia 31-Sismografo PASI modello GEA24



Fotografia 32-Geofono verticale

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscano delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limoso debolmente ciottoloso, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 328 m/sec per una profondità media di circa -1,60 mt da pc;
2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa, mediamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 549 m/sec per una profondità media di circa -8,70 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1124 m/sec sino a fine indagine (\approx -14 mt da pc).

2.1.10 Stendimento Sismico ST09

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, con variazione altimetrica tra il primo e l'ultimo geofono di circa 3,00 mt, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt così come si può osservare in **Fotografia 33, 34, 35 e 36**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"**.



Fotografia 33-Visione verso Sud-Est dello stendimento sismico ST09



Fotografia 34-Visione verso Nord dello stendimento sismico ST09



Fotografia 35-Sismografo PASI modello GEA24



Fotografia 36-Geofono verticale

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limoso debolmente ciottoloso, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 299 m/sec per una profondità media di circa -1,80 mt da pc;
2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa, mediamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 742 m/sec per una profondità media di circa -8,00 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1311 m/sec sino a fine indagine (\approx -14 mt da pc).

2.1.11 Stendimento Sismico ST10

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, con variazione altimetrica tra il primo e l'ultimo geofono di circa 0,50 mt, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt così come si può osservare in **Fotografia 37, 38, 39 e 40**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"**.



Fotografia 37-Visione verso Nord dello stendimento sismico ST10



Fotografia 38-Visione verso Sud dello stendimento sismico ST10



Fotografia 39-Sismografo PASI modello GEA24



Fotografia 40-Geofono verticale

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limoso debolmente ciottoloso, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 295 m/sec per una profondità media di circa -1,40 mt da pc;

2. **Sismostrato B**: deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa, mediamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 608 m/sec per una profondità media di circa -9,40 mt da pc;
3. **Sismostrato C**: deposito di natura limoso-sabbiosa, consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1017 m/sec sino a fine indagine (\approx -14 mt da pc).

2.1.12 Stendimento Sismico ST11

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, senza variazioni altimetriche significative, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt così come si può osservare in **Fotografia 41, 42, 43 e 44**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"**.



Fotografia 41-Visione verso Nord-Ovest dello stendimento sismico ST11



Fotografia 42-Visione verso Sud-Est dello stendimento sismico ST11



Fotografia 43-Sismografo PASI modello GEA24



Fotografia 44-Geofono verticale



Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limoso debolmente ciottoloso, moderatamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 408 m/sec per una profondità media di circa -1,70 mt da pc;
2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1019 m/sec per una profondità media di circa -9,50 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-sabbiosa, molto consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1970 m/sec sino a fine indagine (\approx -14 mt da pc).

2.2 Indagini Geognostiche Indirette: Prospezioni Sismiche MASW

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del terreno. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono di tipo dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse frequenze si propagano con diverse velocità di fase (o di gruppo) apparente (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) ovvero la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile alla specificità che le onde ad alta frequenza hanno di propagarsi negli strati più superficiali, fornendo quindi informazioni sulla parte più alta del terreno, mentre le onde a bassa frequenza, propagandosi negli strati più profondi, restituiscono indicazioni sulla parte più bassa del terreno. Il metodo MASW è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del terreno (energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da un array lineare di geofoni. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5÷10 Hz e 70÷100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del terreno, generalmente compreso nei primi 30÷50 mt, in funzione della rigidità del terreno e della caratteristica della sorgente.



2.2.1 Acquisizione ed Interpretazione dei Dati

Per il caso in esame, è stato utilizzato un sismografo a 24 canali, della ditta "PASI Srl" modello GEA24 con acquisizione computerizzata dei dati e una sorgente ad impatto verticale per la generazione di onde Rayleigh rilevate da 12 geofoni aventi frequenza pari a 4,5 Hz con una spaziatura di 4 mt per tutti gli stendimenti, denominati di seguito rispettivamente MASW01, MASW02, MASW03, MASW04, MASW05, MASW06, Masw07, MASW08, MASW09, MASW10 e MASW11, considerando le stesse linee utilizzate per le acquisizioni delle indagini di sismica a rifrazione. Sono stati effettuati, per ogni singola indagine, n. 4 battute per l'acquisizione dei sismogrammi utilizzando degli

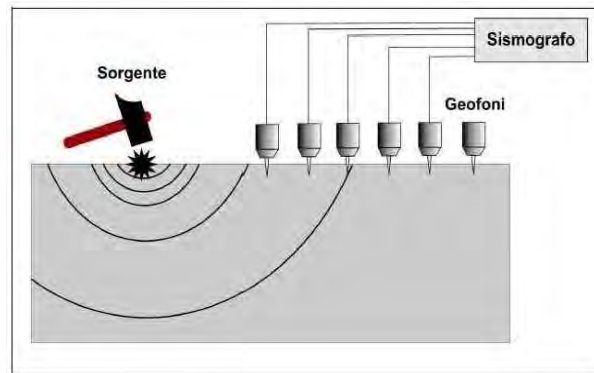


Figura 2-Schema realizzativo indagine MASW (Onde di Rayleigh)

offset minimi rispettivamente a -5 mt e -10 mt dal 1° geofono e +5 mt e +10 mt dal 12° geofono. L'intervallo di campionamento è stato pari a 1 ms (millisecondo) con un tempo di registrazione di 2 secondi. Lo schema organizzativo della prova è riportata in **Figura 2**, mentre per l'ubicazione dei profili sismici si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Situ"**. La procedura adottata per ricostruire la distribuzione delle onde di taglio nel terreno (V_s) può essere così descritta:

- 1) Acquisizione dei sismogrammi contenenti le onde di superficie (onde di Rayleigh con componente verticale) per un intervallo di tempo sufficiente e un'adeguata frequenza di campionamento;
- 2) Processing dei sismogrammi acquisiti individuando le onde di superficie utili alla costruzione dello spettro di velocità ed individuazione delle curve di dispersione;
- 3) Inversione dei dati usando un modello di terreno che permetta di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed ulteriori parametri in funzione della profondità compatibile con il contesto geologico in esame. Tale inversione avviene attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici che rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche *global search methods* o *soft computing*).

Per il trattamento e l'analisi dei dati acquisiti in situ si è utilizzato il software "WinMASW 3C" release 7.1 della Eliosoft Srl.

2.2.2 Stendimento Sismico MASW01

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a -5 mt dal 1° geofono (**Figura 3**) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (**Figura 4**).

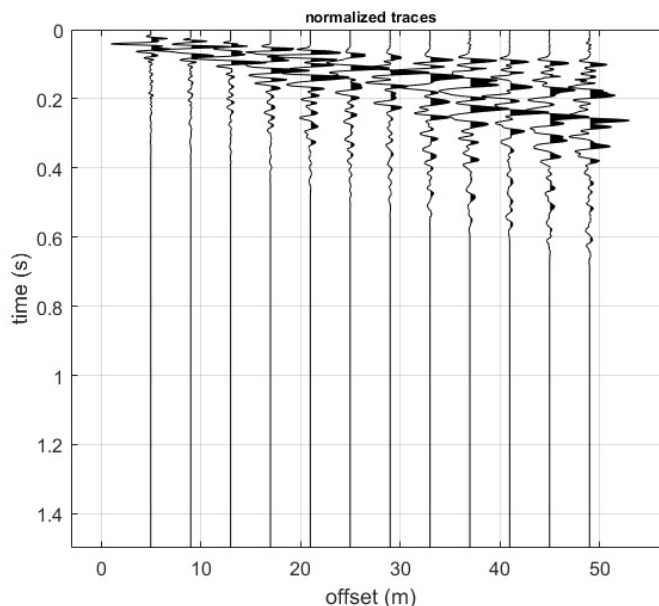


Figura 3-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

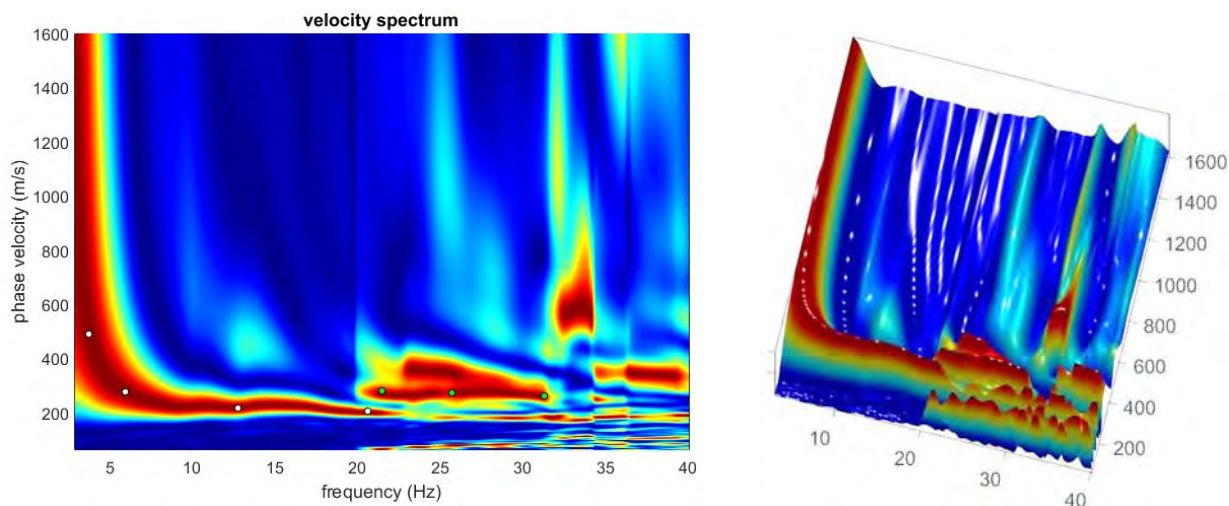


Figura 4-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Figura 5). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 7, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 6. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misft evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 8.

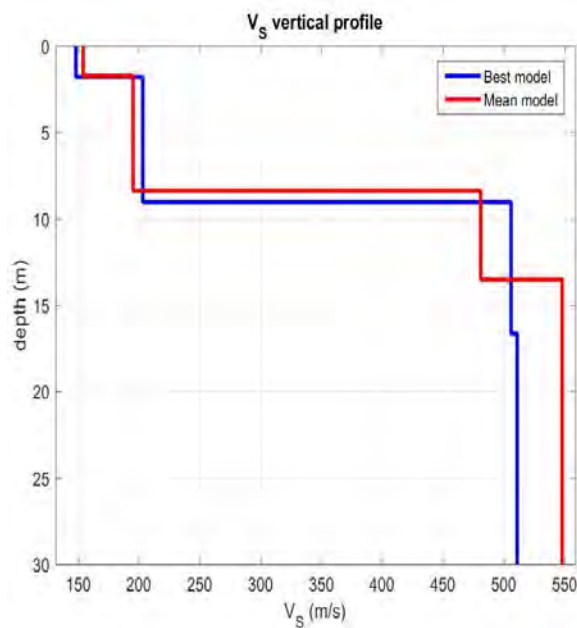


Figura 5-Profilo $V_{s, equ} = 337$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

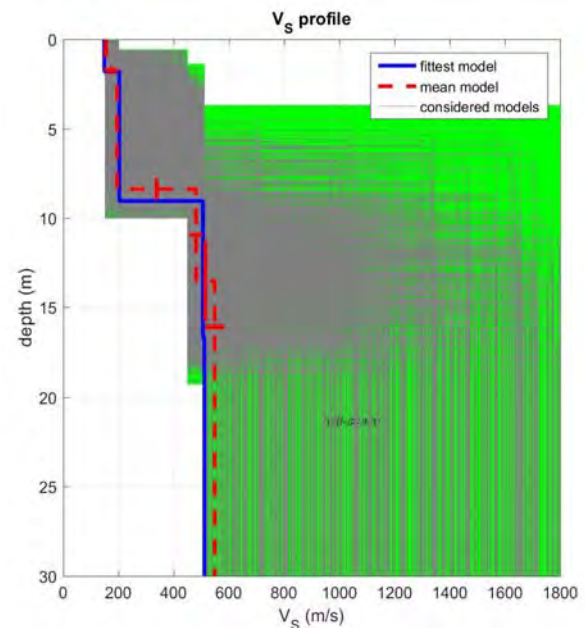


Figura 6-Modelli testati durante il processo di inversione

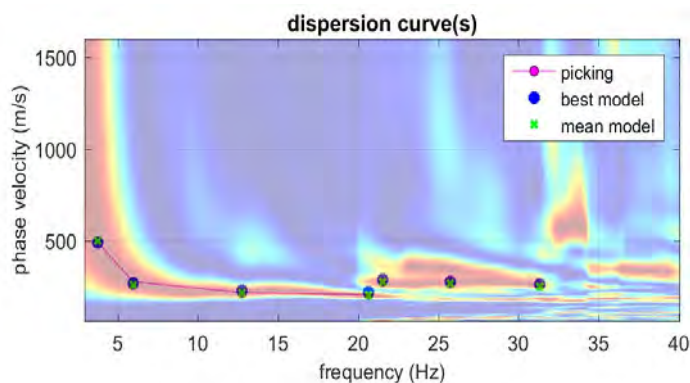


Figura 7-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

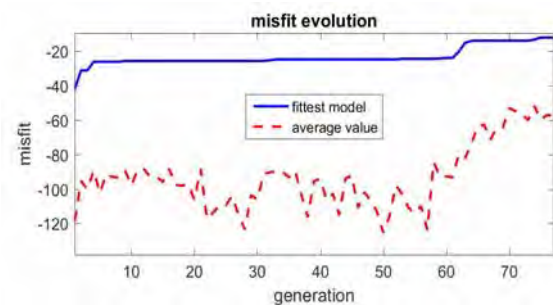


Figura 8-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

2.2.3 Stendimento Sismico MASW02

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a -10 mt dal 1° geofono (Figura 9) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 10).

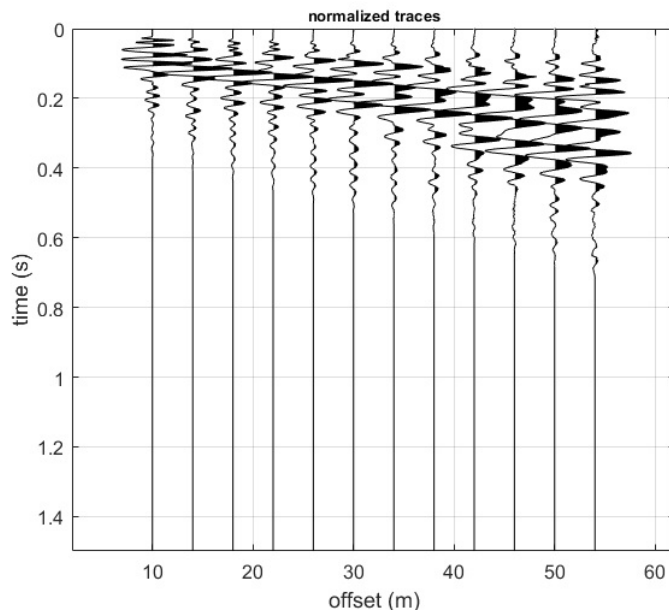


Figura 9-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

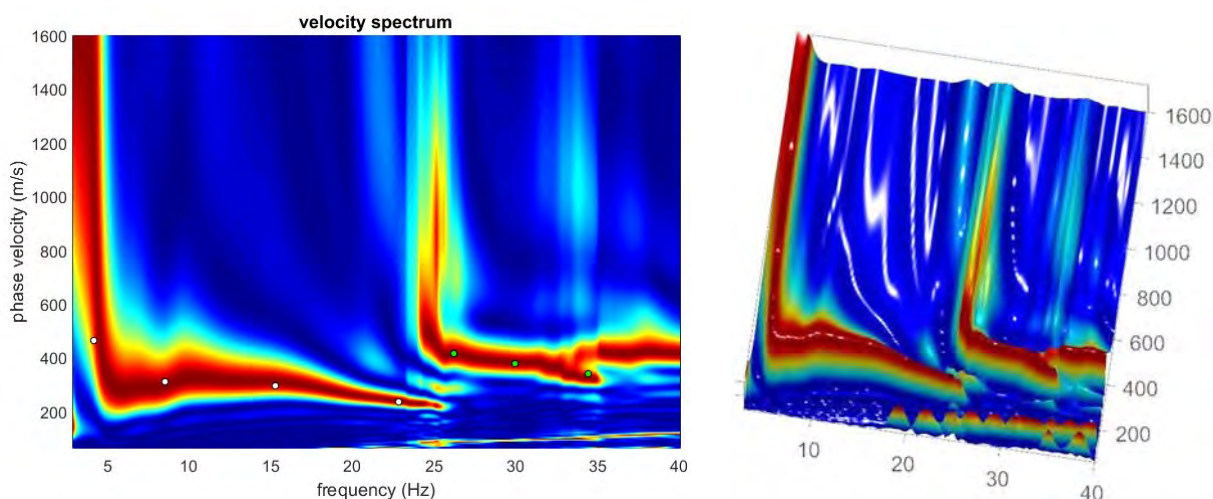


Figura 10-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Figura 11). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 13, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 12. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misfit evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 14.

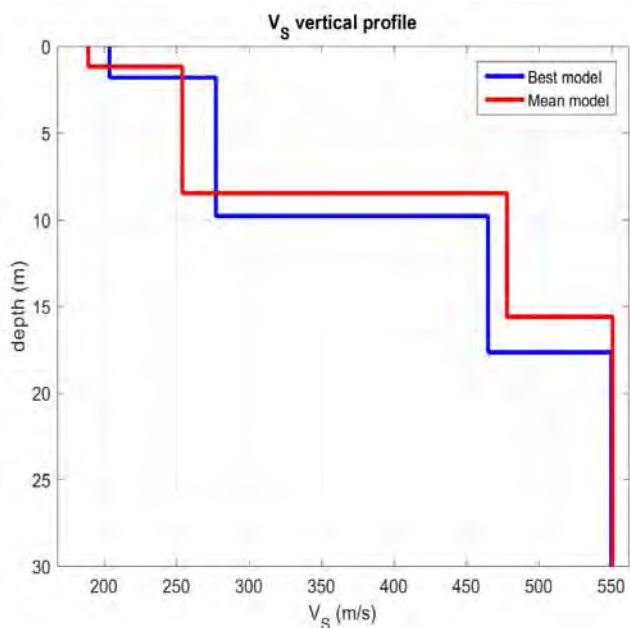


Figura 11-Profilo $V_{s, \text{equ}} = 389$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

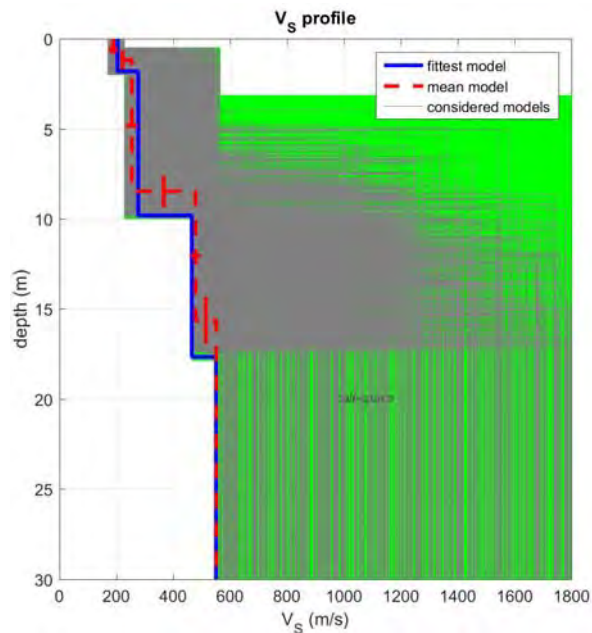


Figura 12-Modelli testati durante il processo di inversione

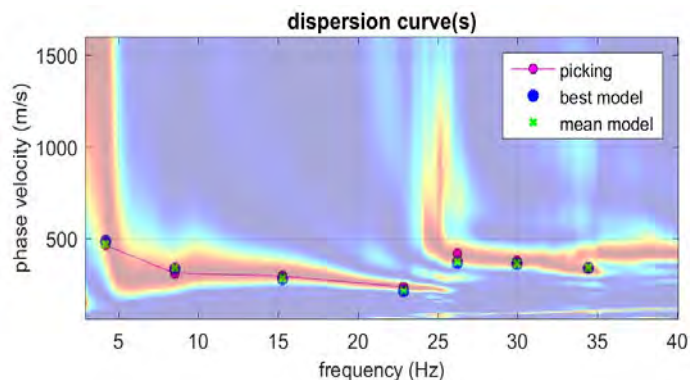


Figura 13-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

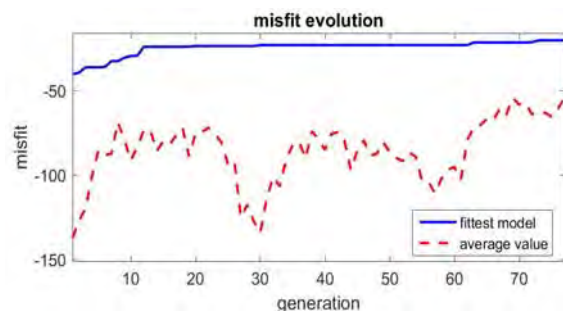


Figura 14-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

2.2.4 Stendimento Sismico MASW03

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a +5 mt dal 12° geofono (Figura 15) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 16).

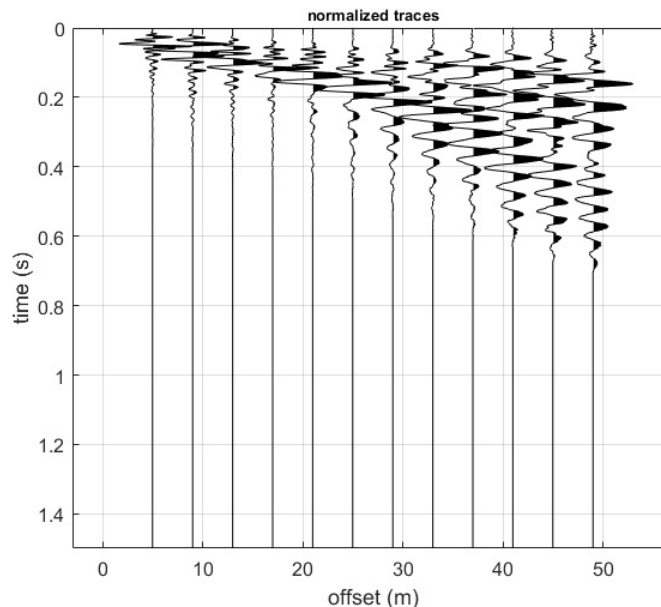


Figura 15-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

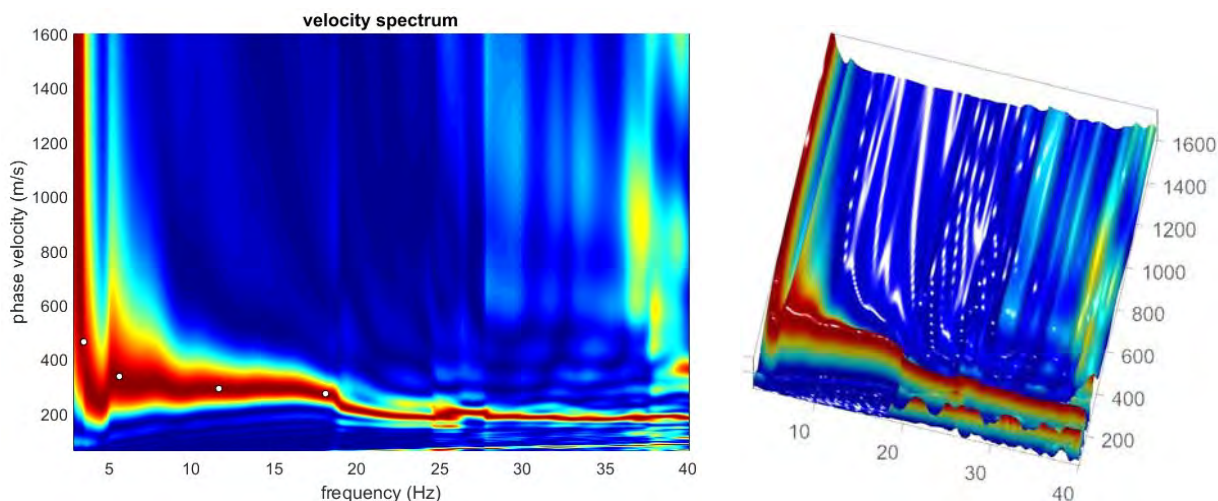


Figura 16-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Figura 17). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 19, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 18. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misfit evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 20.

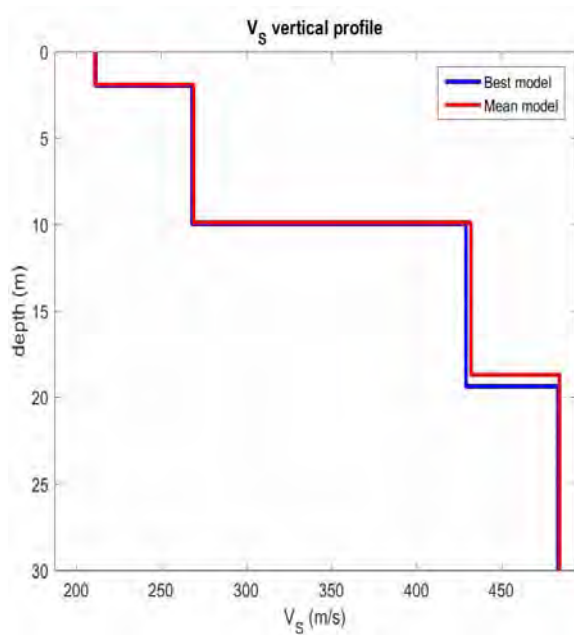


Figura 17-Profilo $V_{s, equ} = 361$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

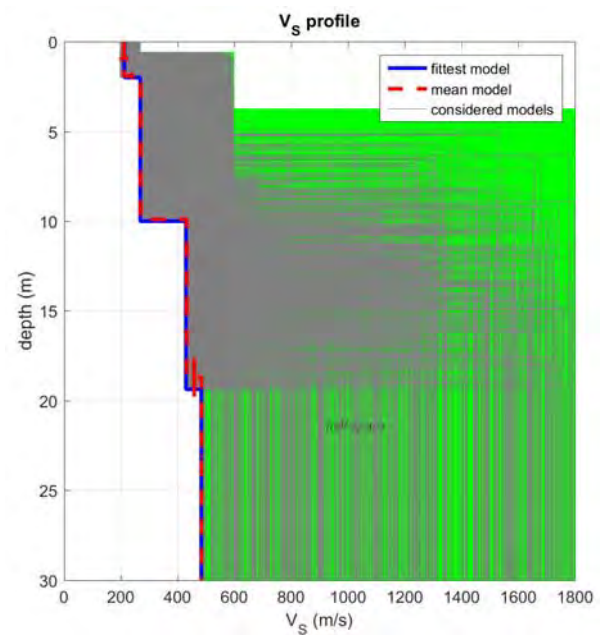


Figura 18-Modelli testati durante il processo di inversione

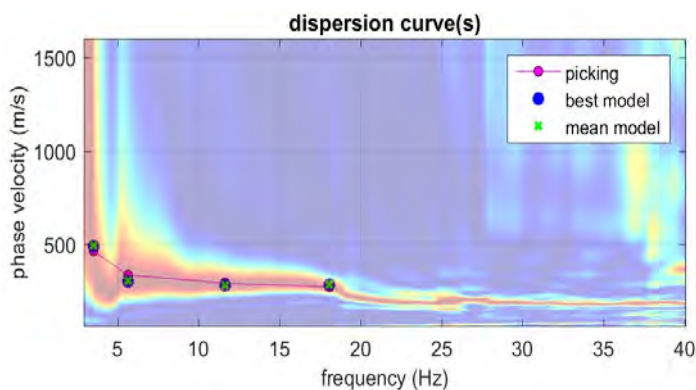


Figura 19-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

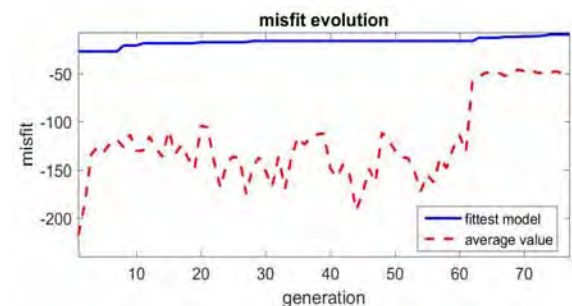


Figura 20-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

2.2.5 Stendimento Sismico MASW04

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a -5 mt dal 1° geofono (Figura 21) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 22).

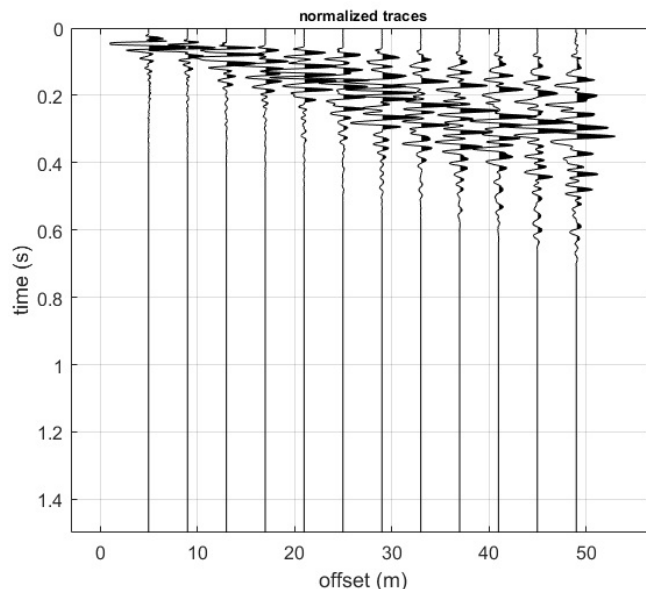


Figura 21-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

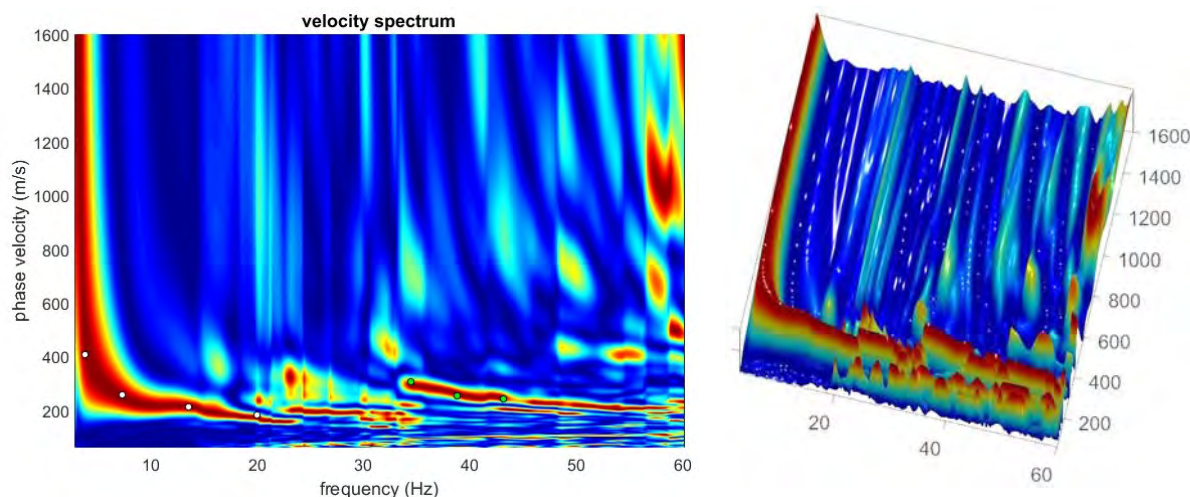


Figura 22-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Figura 23). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 25, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 24. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misfit evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 26.

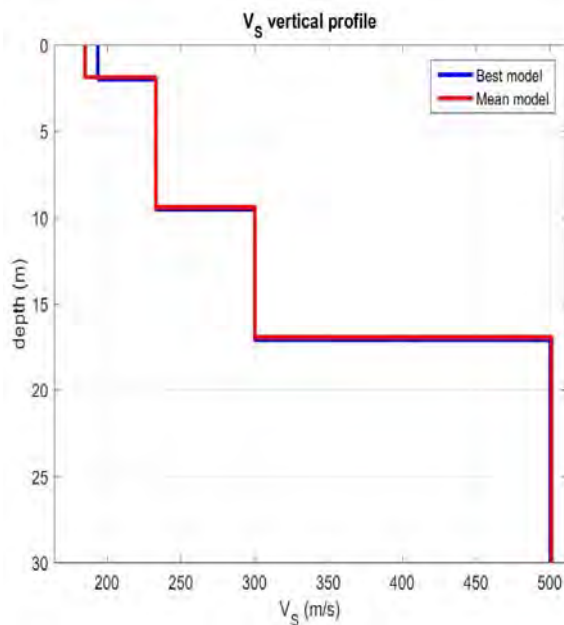


Figura 23-Profilo $V_{s, equ} = 320$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

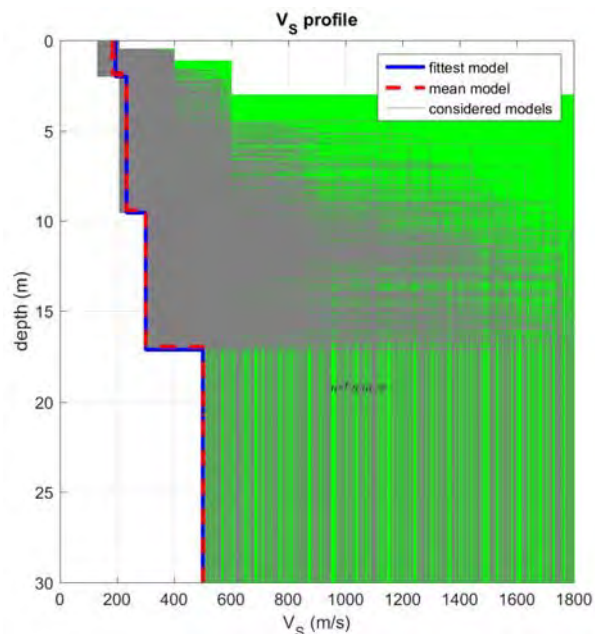


Figura 24-Modelli testati durante il processo di inversione

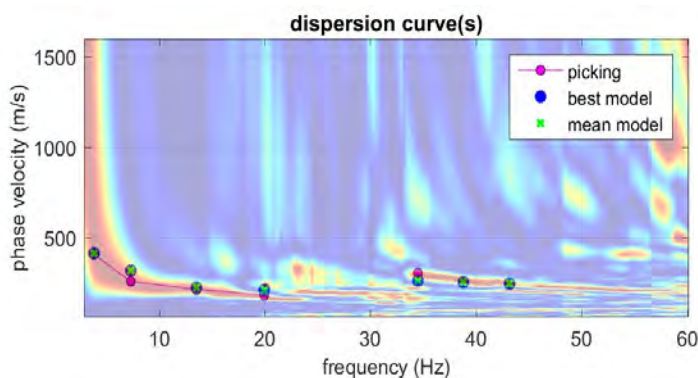


Figura 25-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

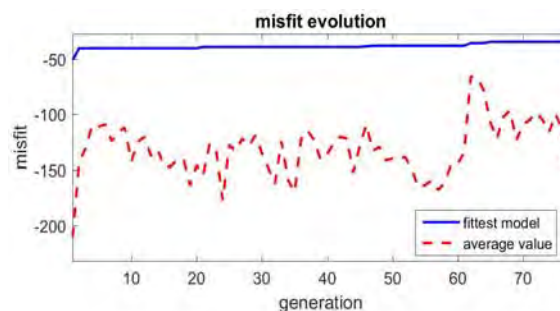


Figura 26-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

2.2.6 Stendimento Sismico MASW05

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a +5 mt dal 12° geofono (Figura 27) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 28).

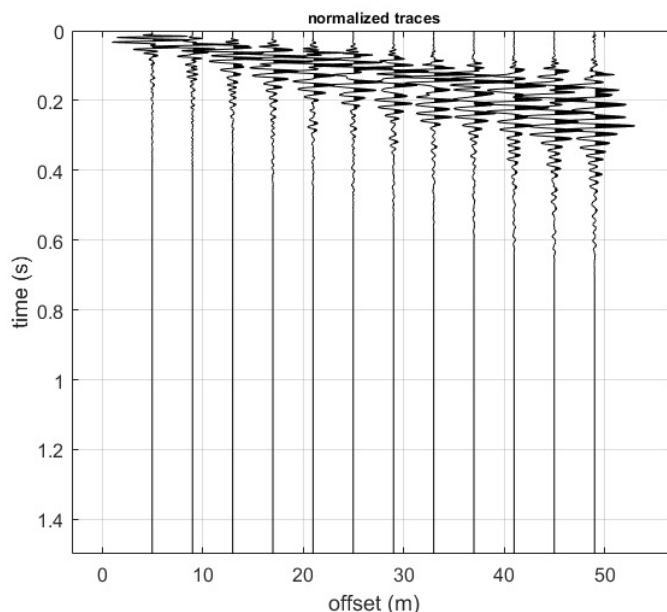


Figura 27-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

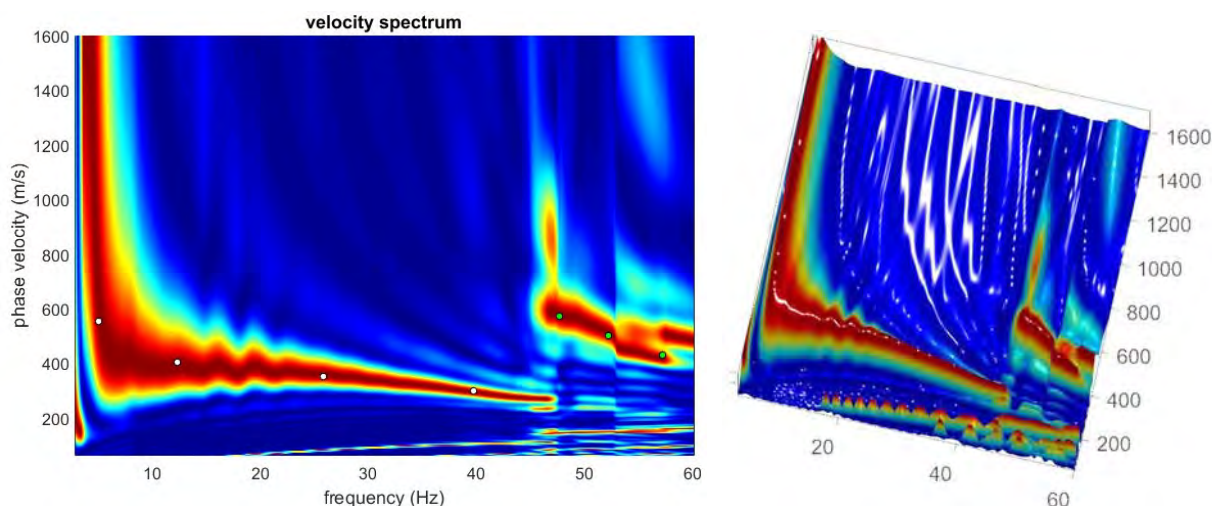


Figura 28-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Figura 29). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 31, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 30. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misfit evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 32.

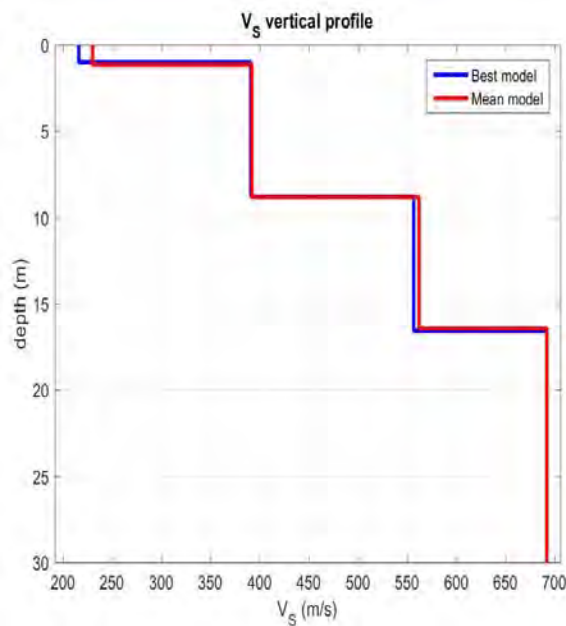


Figura 29-Profilo V_s , $v_{s, equ} = 518$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

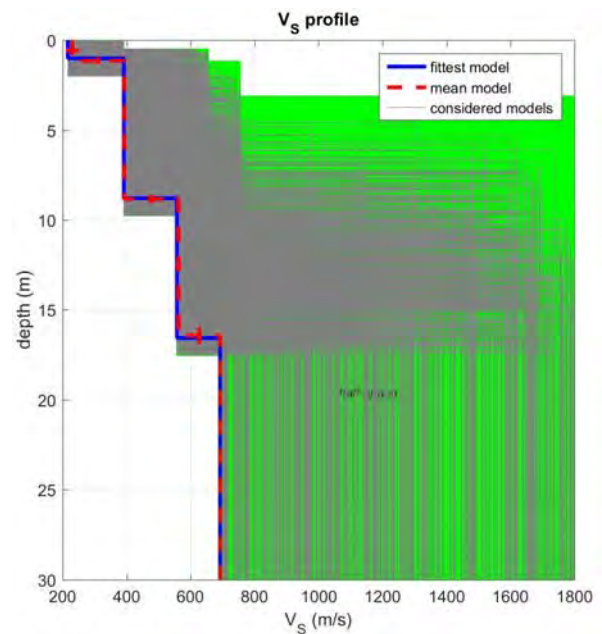


Figura 30-Modelli testati durante il processo di inversione

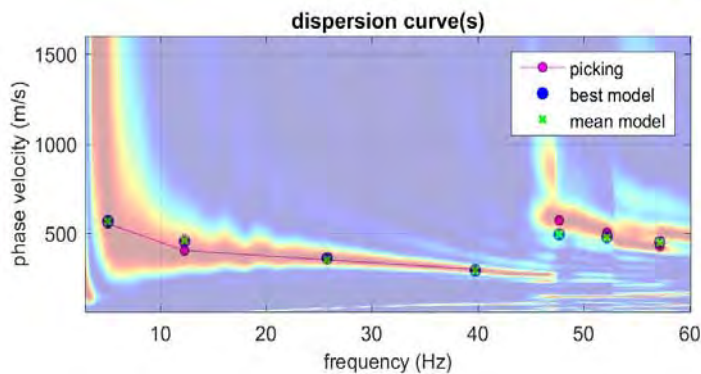


Figura 31-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

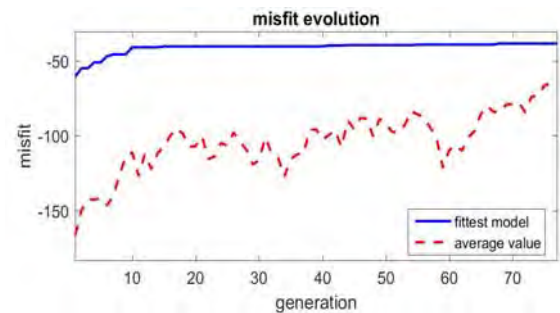


Figura 32-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

2.2.7 Stendimento Sismico MASW06

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a +10 mt dal 12° geofono (Figura 33) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 34).

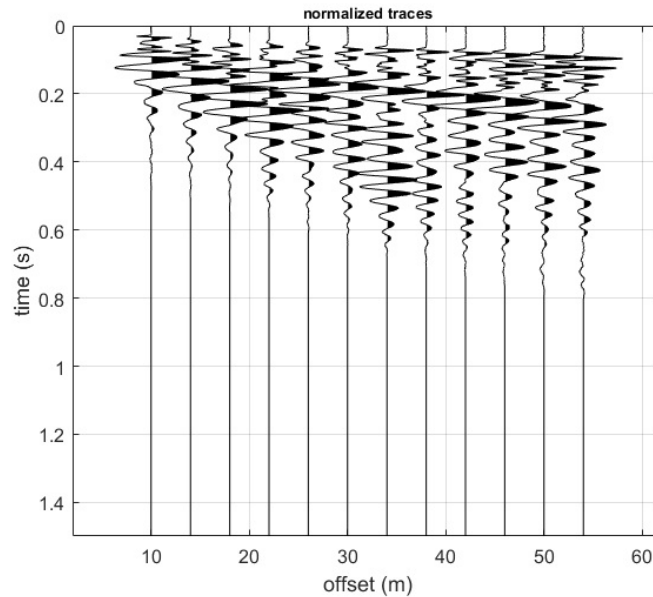


Figura 33-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

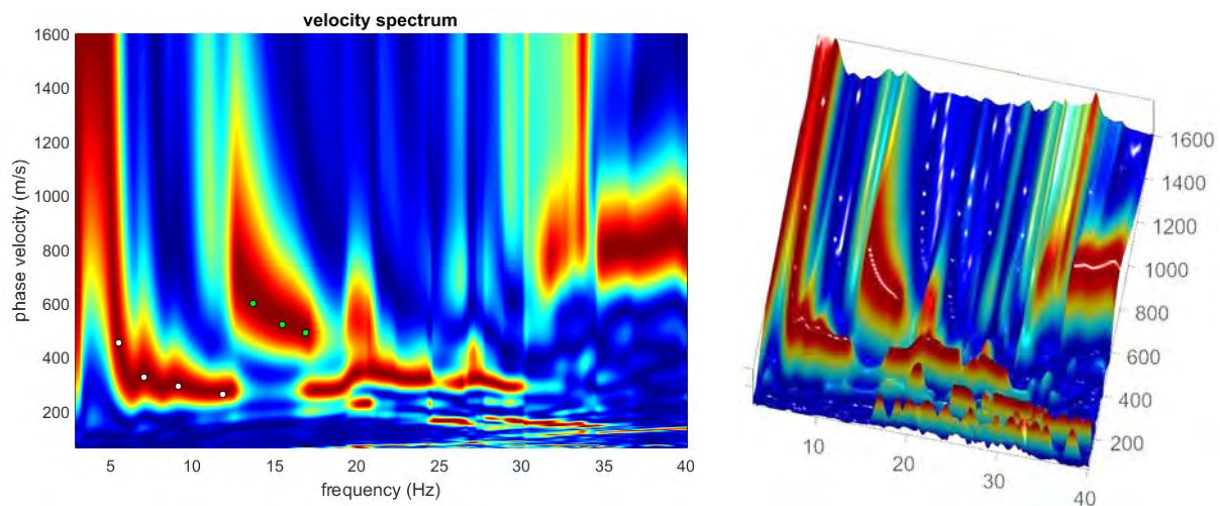


Figura 34-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Figura 35). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 37, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 36. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misft evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 38.

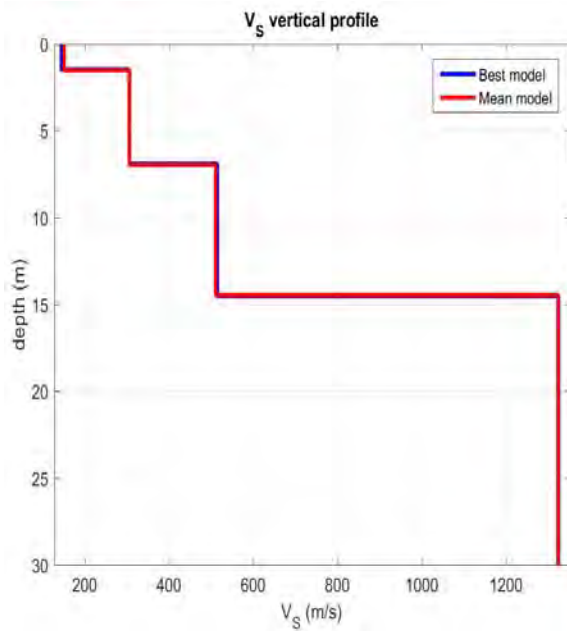


Figura 35-Profilo $V_{s, equ} = 339$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

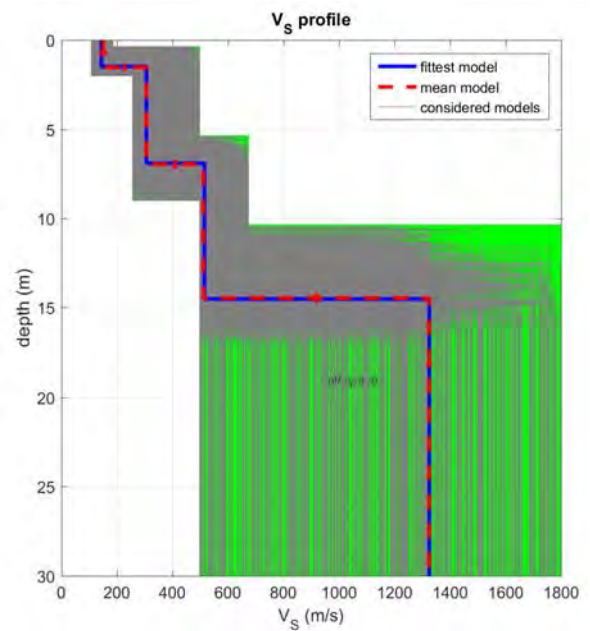


Figura 36-Modelli testati durante il processo di inversione

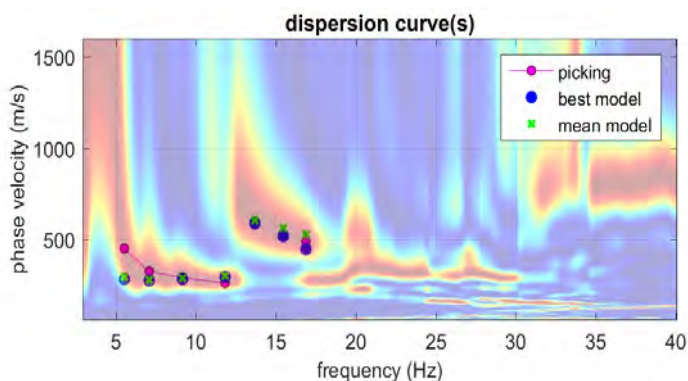


Figura 37-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

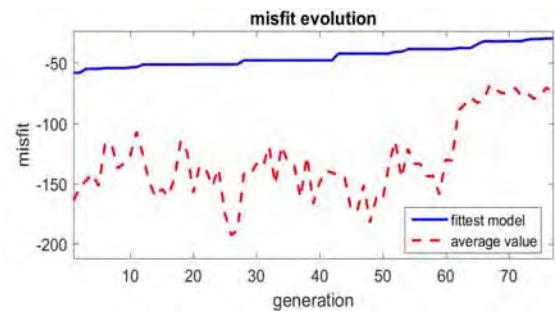


Figura 38-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

2.2.8 Stendimento Sismico MASW07

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a +5 mt dal 12° geofono (Figura 39) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 40).

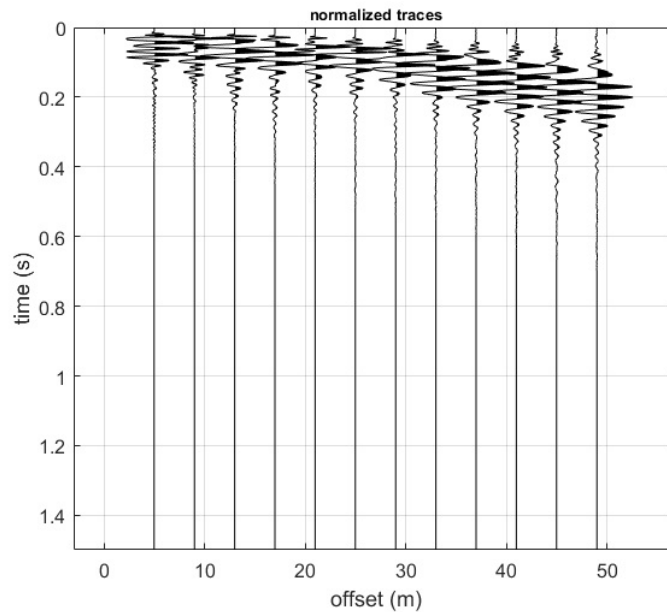


Figura 39-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

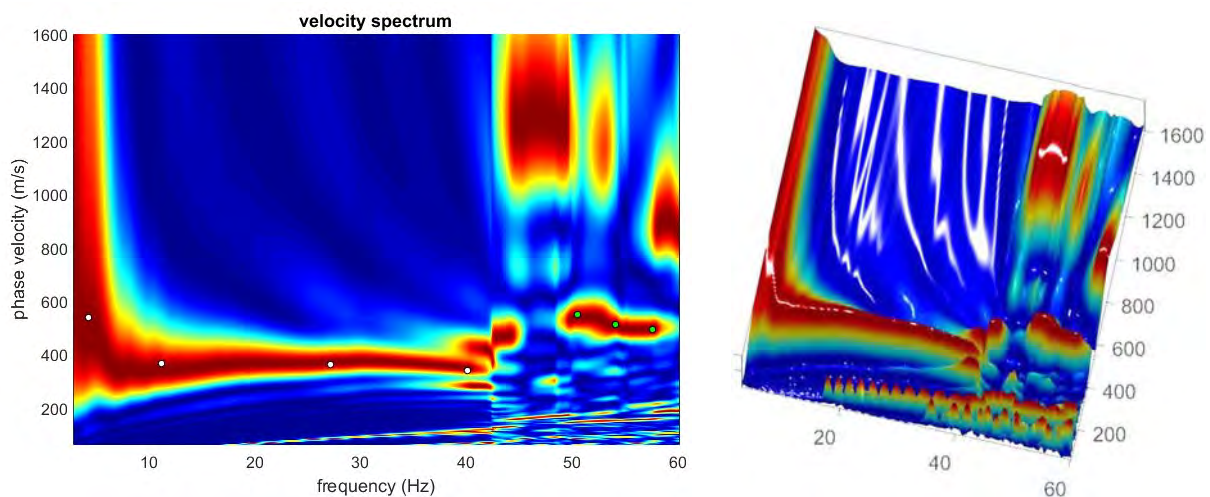


Figura 40-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Figura 41). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 43, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 52. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misfit evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 44.

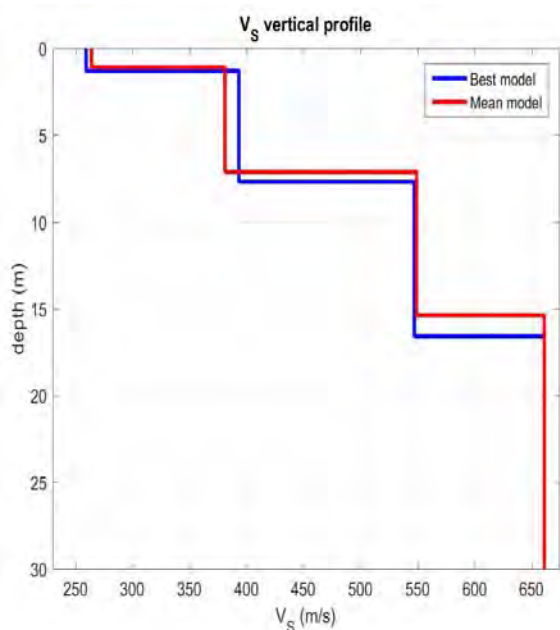


Figura 41-Profilo $V_{S, \text{equ}} = 519$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

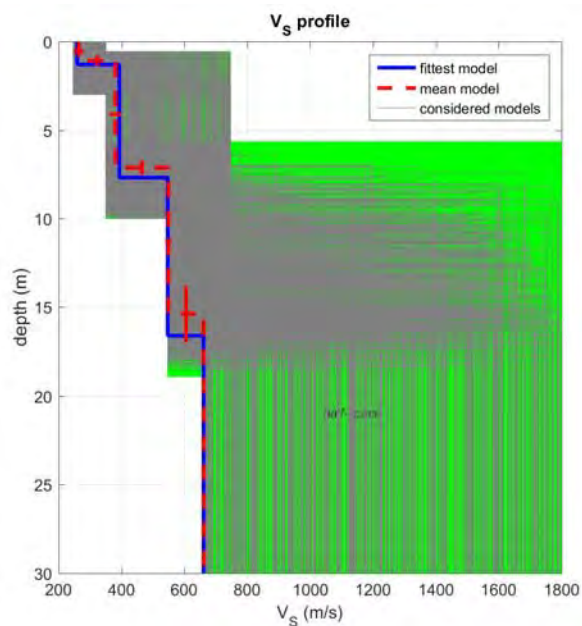


Figura 42-Modelli testati durante il processo di inversione

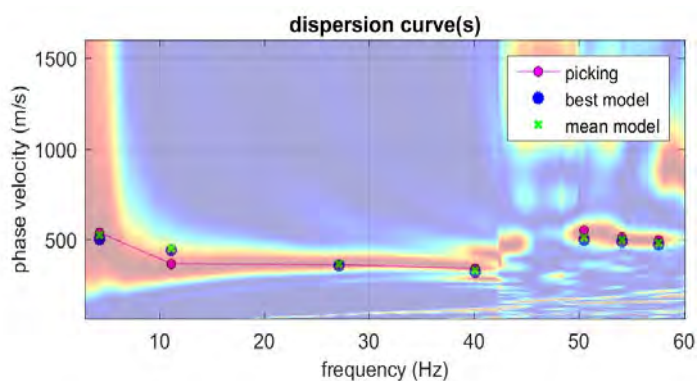


Figura 43-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

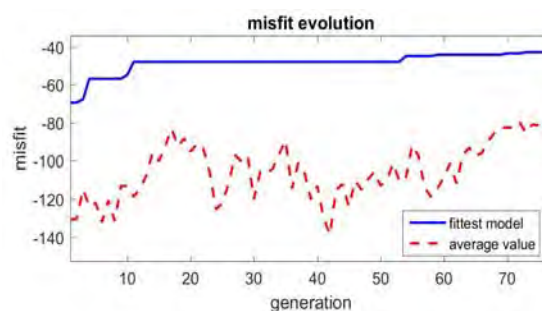


Figura 44-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

2.2.9 Stendimento Sismico MASW08

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a +5 mt dal 12° geofono (Figura 45) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 46).

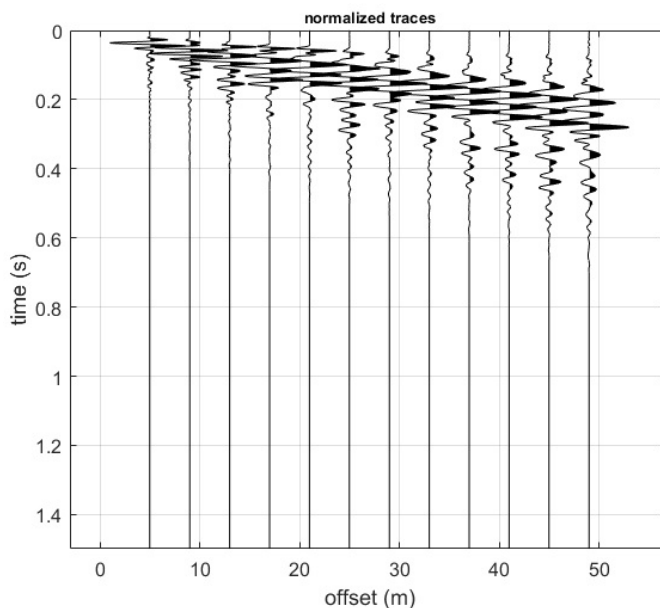


Figura 45-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

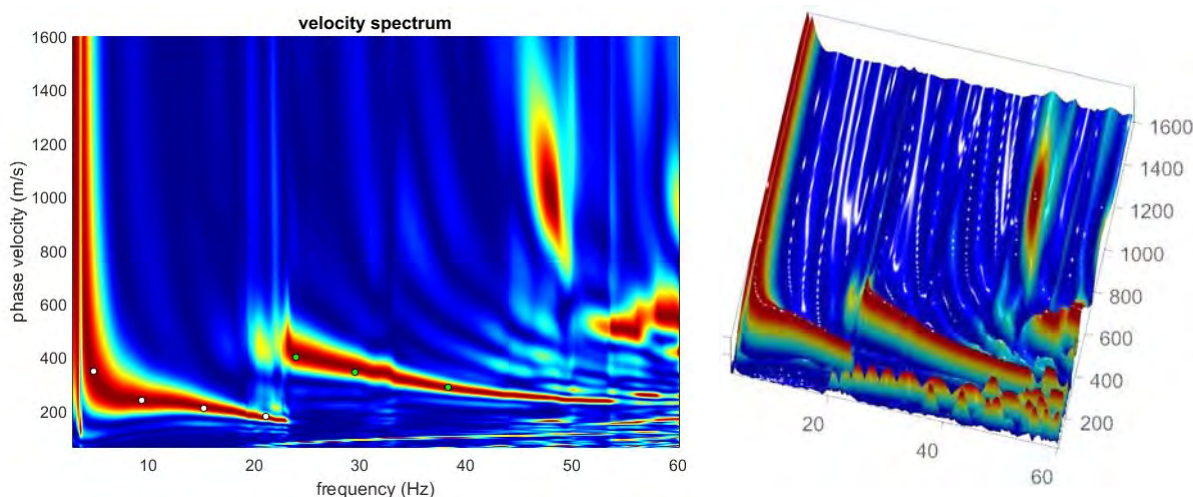


Figura 46-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Figura 47). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 49, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 48. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misfit evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 50.

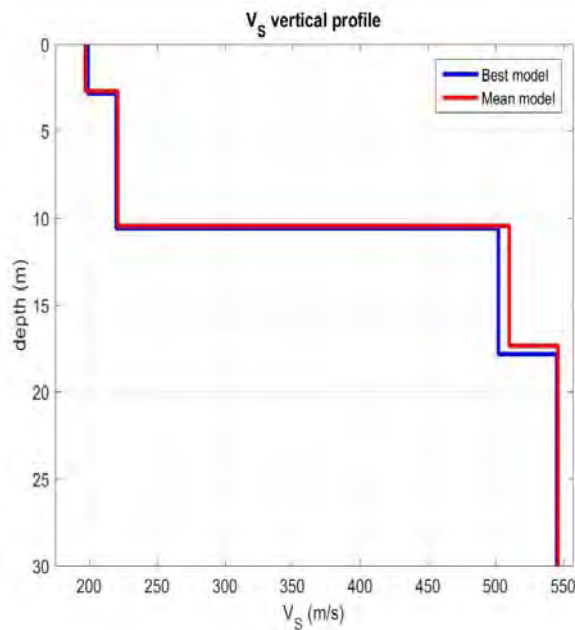


Figura 47-Profilo $V_{S, equ} = 348$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

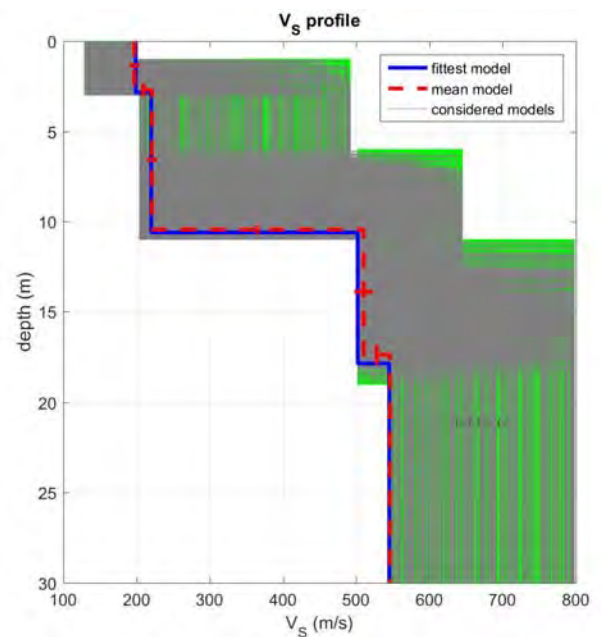


Figura 48-Modelli testati durante il processo di inversione

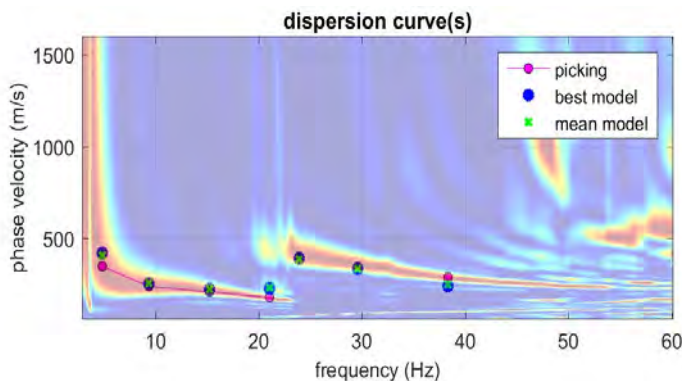


Figura 49-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

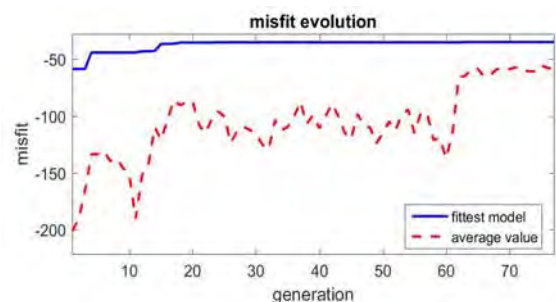


Figura 50-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

2.2.10 Stendimento Sismico MASW09

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a +10 mt dal 12° geofono (Figura 51) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 52).

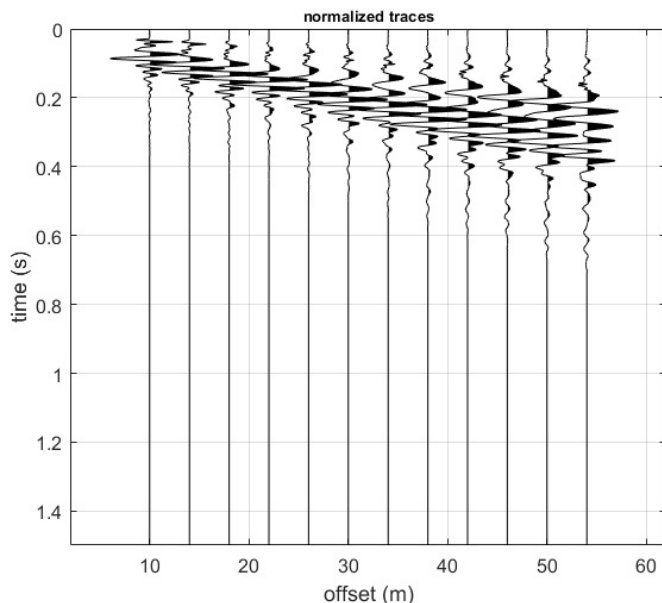


Figura 51-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

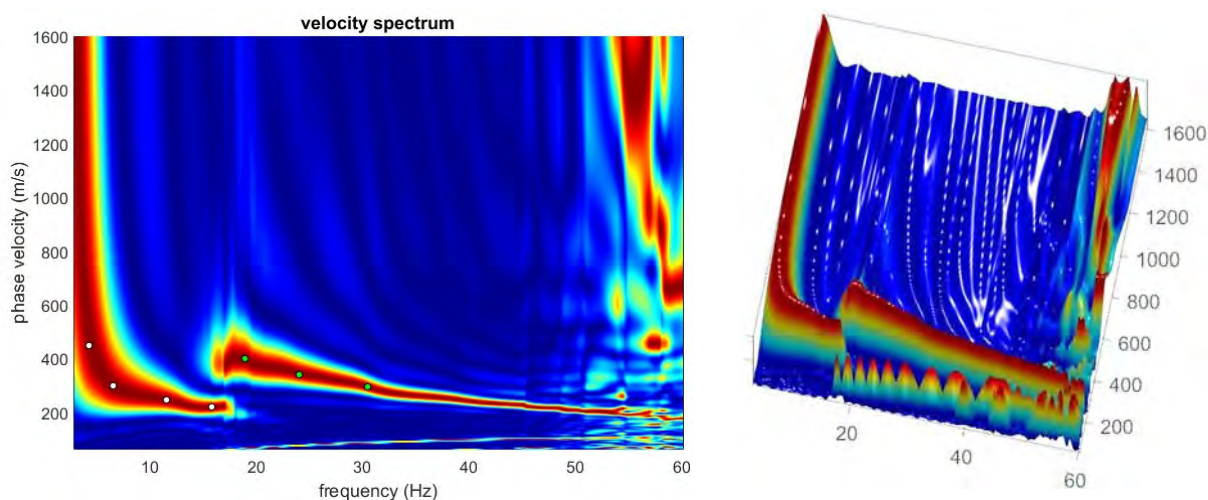


Figura 52-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Figura 53). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 55, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 54. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misft evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 56.

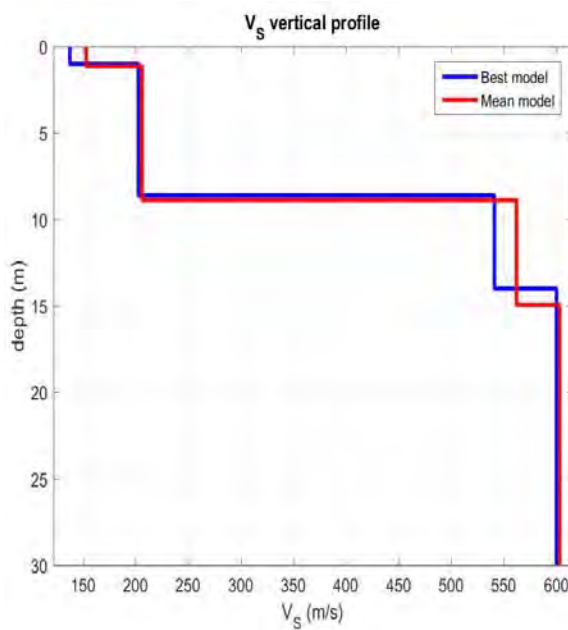


Figura 53-Profilo $V_{S, equ} = 369$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

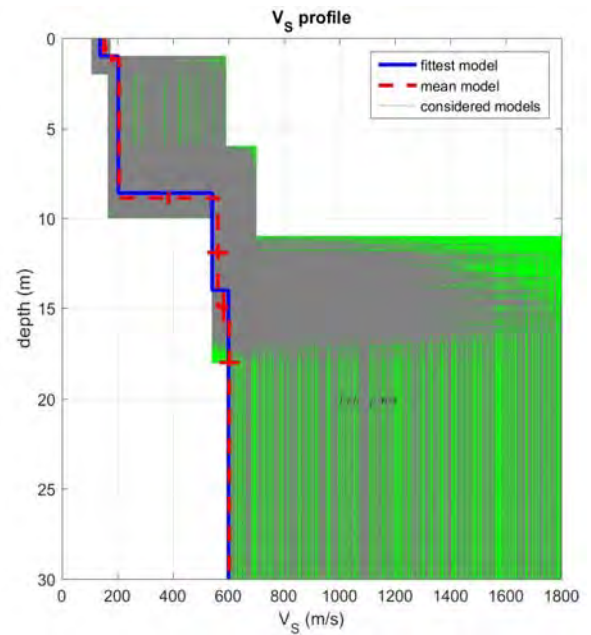


Figura 54-Modelli testati durante il processo di inversione

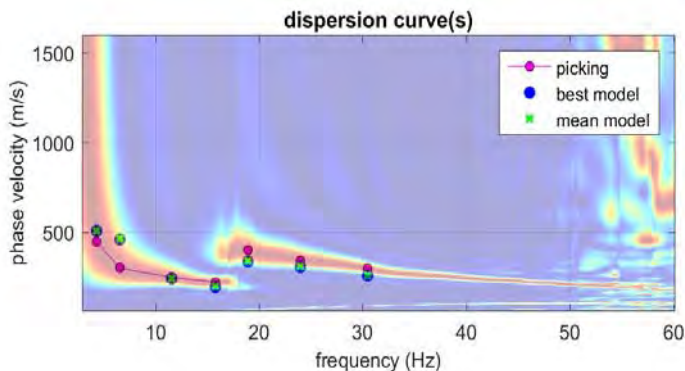


Figura 55-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

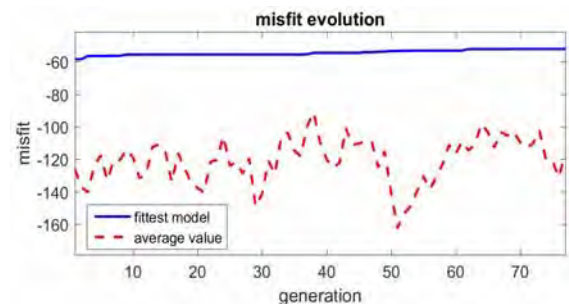


Figura 56-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

2.2.11 Stendimento Sismico MASW010

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a +5 mt dal 12° geofono (Figura 57) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 58).

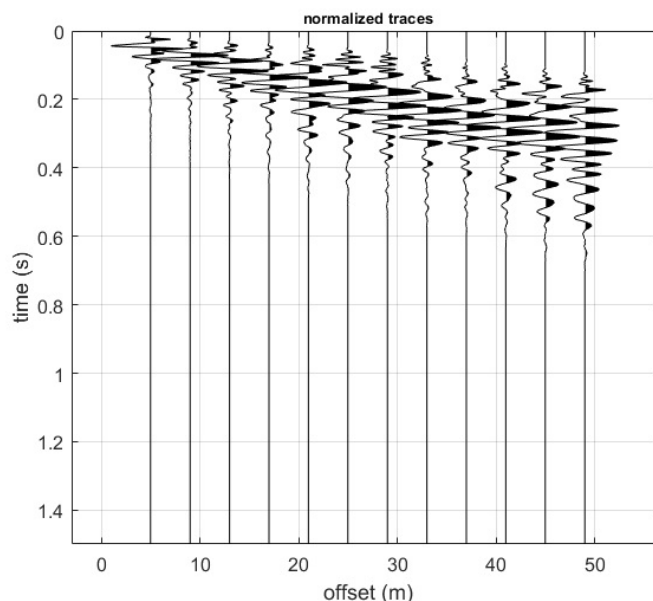


Figura 57-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

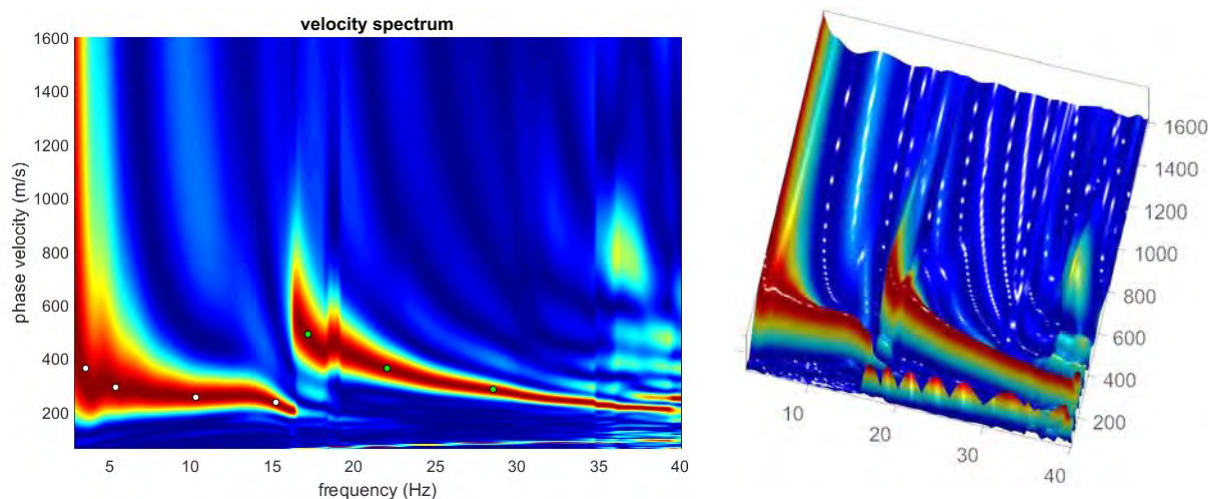


Figura 58-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Figura 59). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 61, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 60. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misfit evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 62.

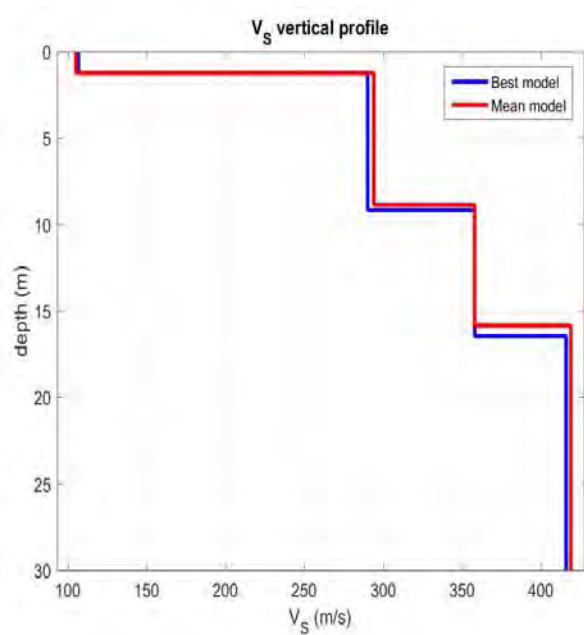


Figura 59-Profilo $V_{S, equ} = 327$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

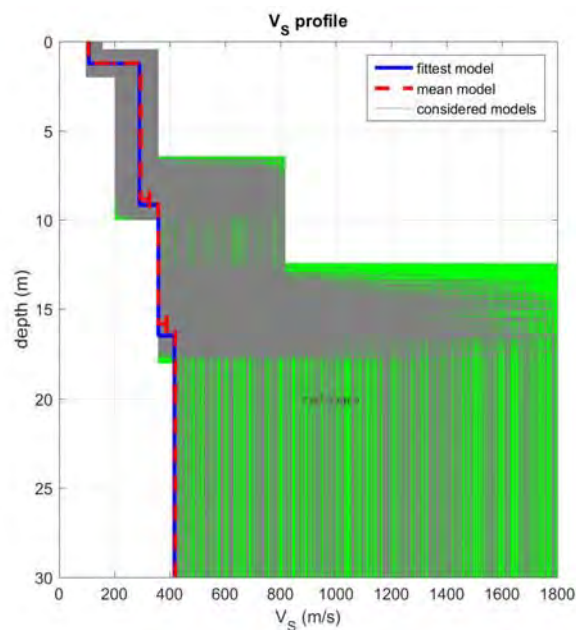


Figura 60-Modelli testati durante il processo di inversione

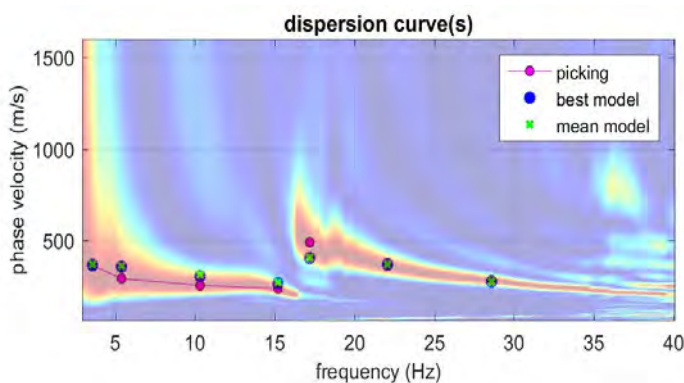


Figura 61-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

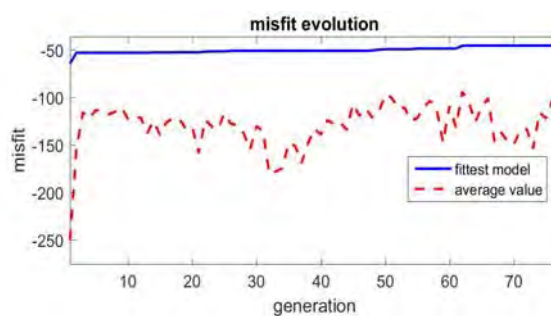


Figura 62-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

2.2.12 Stendimento Sismico MASW011

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a +5 mt dal 12° geofono (Figura 63) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 64).

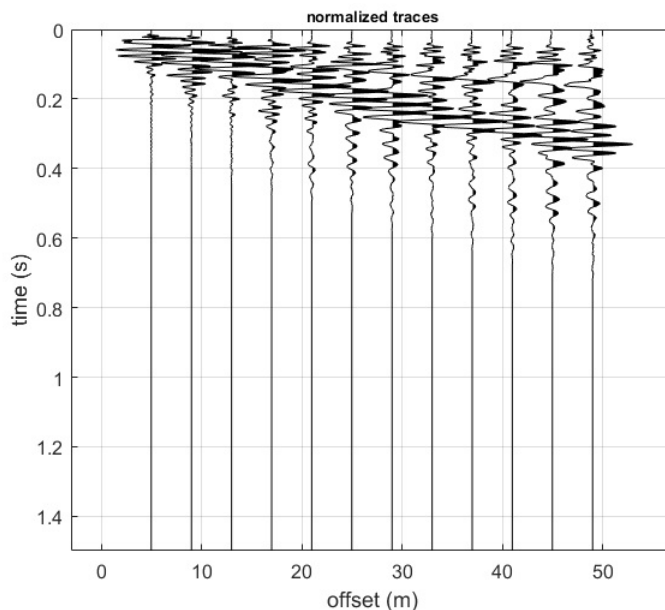


Figura 63-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

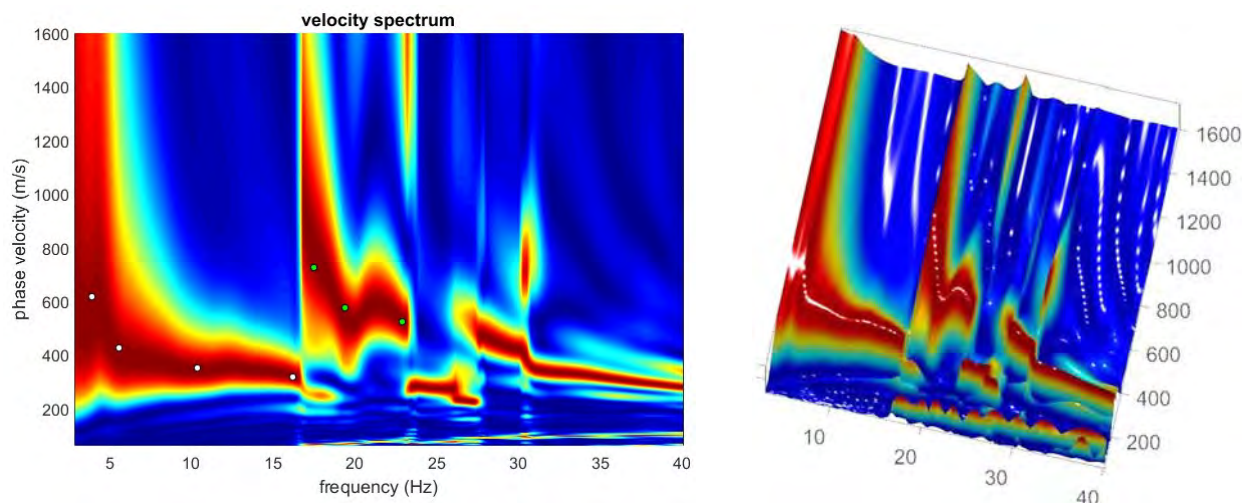


Figura 64-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Figura 65). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 67, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 66. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misft evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 68.

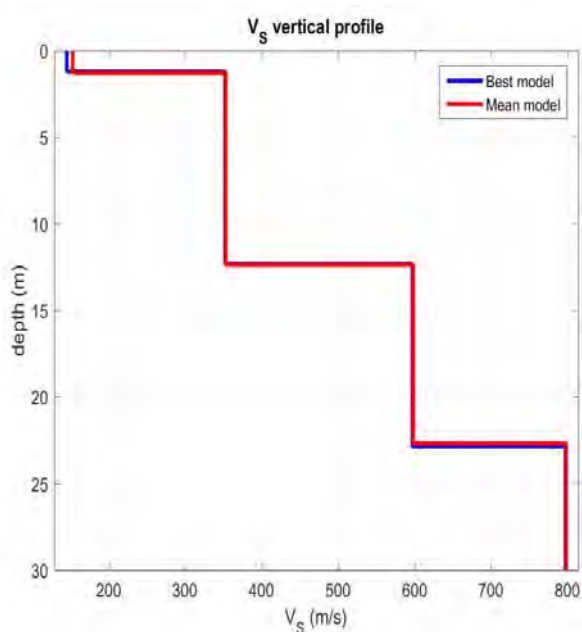


Figura 65-Profilo $V_{s, equ} = 451$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

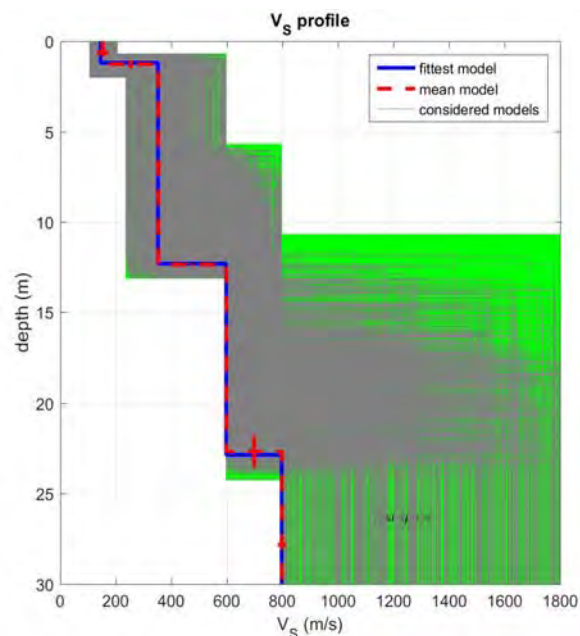


Figura 66-Modelli testati durante il processo di inversione

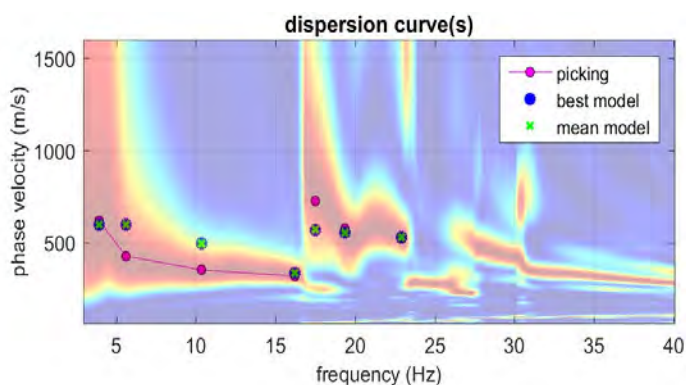


Figura 67-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

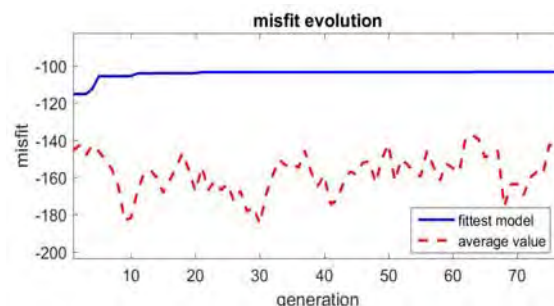


Figura 68-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

2.3 Classificazione del Sottosuolo di Fondazione

Sulla base delle risultanze delle indagini MASW condotte nelle aree oggetto di studio, il sottosuolo di fondazione è stato classificato ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Basilicata con DGR n° 2000/2003, e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con Ordinanza n° 3431 del 03/05/2005, DM 17/01/2018). Si rammenta che le "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" individuano n. 5 categorie di sottosuolo e precisamente:

2. Indagini Geognostiche in Situ

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

Le indagini MASW hanno consentito la stima dei valori delle velocità delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della V_s equivalente risultante, applicando la seguente formula:

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

Con:

- h_i spessore (in mt) dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strato;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiori a 800 m/s.

Per lo stendimento MASW01, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **337** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

Per lo stendimento MASW02, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **389** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo B**: *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o*



terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Per lo stendimento MASW03, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **361** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo B: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.**

Per lo stendimento MASW04, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **320** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

Per lo stendimento MASW05, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **518** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo B: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.**

Per lo stendimento MASW06, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **339** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

Per lo stendimento MASW07, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **519** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo B: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.**

Per lo stendimento MASW08, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **348** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

Per lo stendimento MASW09, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **369** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo B: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o**

terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Per lo stendimento MASW10, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **327** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Per lo stendimento MASW11, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **451** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo B**: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

2.4 Caratterizzazione Elasto-Meccanica dei terreni di Fondazione

In base alle indicazioni ricavate dalle prove geofisiche, si riportano le tabelle riassuntive delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per i siti d'interesse come risultato dalle indagini svolte. I valori delle V_s sono stati ricavati in modo indiretto dalle prove sismiche MASW. Le determinazioni dei moduli elastici (**dinamici**), eseguite mediante tali metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali, cioè relative ad un modesto volume di roccia e/o terreno. I moduli elastici sismici ottenuti, possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (ad es. *Rzhevsky et alii*, 1971, $E_{din} = 8,3 * E_{stat} + 0,97$) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

• **Stendimento ST01**

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	\bar{V}_p (m/sec)	\bar{V}_s (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G_0 (MPa)	M_0 (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷1,70)	358	148	1,56	0,39	95	34	154	132
B (1,70÷10,10)	608	203	1,72	0,43	204	71	541	494
C (10,10÷14,00≈)	1139	506	1,94	0,38	1368	497	1855	1523

Sismostrato	R	E _d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,70)	230	230
B (1,70÷10,10)	349	667
C (10,10÷14,00≈)	1001	2337

Tabella 2-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST01

- **Stendimento ST02**

Sismostrato	\bar{V}_p	\bar{V}_s	γ	μ	E _y	G ₀	M ₀	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷1,90)	373	204	1,57	0,27	168	65	131	88
B (1,90÷8,50)	975	277	1,88	0,45	420	144	1595	1499
C (8,50÷14,00≈)	1622	465	2,07	0,46	1303	448	4849	4551

Sismostrato	R	E _d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,90)	320	251
B (1,90÷8,50)	520	1713
C (8,50÷14,00≈)	962	4739

Tabella 3-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST02

- **Stendimento ST03**

Sismostrato	\bar{V}_p	\bar{V}_s	γ	μ	E _y	G ₀	M ₀	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷1,70)	449	212	1,63	0,36	199	73	231	182
B (1,70÷9,00)	680	268	1,76	0,40	356	126	645	561
C (9,00÷14,00≈)	1141	429	1,94	0,41	1012	357	2050	1812

Sismostrato	R	E _d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,70)	345	364
B (1,70÷9,00)	471	833
C (9,00÷14,00≈)	832	2347

Tabella 4-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST03

• **Stendimento ST04**

Sismostrato	\bar{V}_p	\bar{V}_s	γ	μ	E_y	G_0	M_0	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷1,80)	261	194	1,47	0,35	62	23	70	54
B (1,80÷9,60)	546	233	1,69	0,39	255	92	381	320
C (9,60÷14,00≈)	1170	300	1,95	0,46	514	176	2435	2318

Sismostrato	R	E_d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,80)	285	123
B (1,80÷9,60)	393	537
C (9,60÷14,00≈)	585	2468

Tabella 5-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST04

• **Stendimento ST05**

Sismostrato	\bar{V}_p	\bar{V}_s	γ	μ	E_y	G_0	M_0	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷2,10)	483	216	1,65	0,37	212	77	282	231
B (2,10÷9,40)	894	391	1,85	0,38	782	283	1101	913
C (9,40÷14,00≈)	1277	577	1,98	0,38	1699	614	2410	2000

Sismostrato	R	E_d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷2,10)	356	420
B (2,10÷9,40)	723	1440
C (9,40÷14,00≈)	1102	2937

Tabella 6-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST05

• **Stendimento ST06**

Sismostrato	\bar{V}_p	\bar{V}_s	γ	μ	E_y	G_0	M_0	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷1,80)	376	144	1,57	0,41	92	33	179	157
B (1,80÷8,80)	643	306	1,74	0,35	441	163	502	394
C (8,80÷14,00≈)	1177	515	1,95	0,38	1429	517	2012	1667

Sismostrato	R	E _d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,80)	226	254
B (1,80÷8,80)	532	745
C (8,80÷14,00≈)	1004	2495

Tabella 7-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST06

• **Stendimento ST07**

Sismostrato	\bar{V}_p	\bar{V}_s	γ	μ	E _y	G ₀	M ₀	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷2,50)	555	259	1,69	0,36	309	113	369	294
B (2,50÷7,60)	1146	393	1,94	0,43	859	300	2148	1949
C (7,60÷14,00≈)	1456	547	2,03	0,42	1722	607	3494	3089

Sismostrato	R	E _d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷2,50)	437	555
B (2,50÷7,60)	762	2366
C (7,60÷14,00≈)	1110	3820

Tabella 8-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST07

• **Stendimento ST08**

Sismostrato	\bar{V}_p	\bar{V}_s	γ	μ	E _y	G ₀	M ₀	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷1,60)	328	199	1,53	0,21	146	61	84	43
B (1,60÷8,70)	549	220	1,69	0,40	230	82	400	346
C (8,70÷14,00≈)	1124	502	1,93	0,36	1338	486	1790	1466

Sismostrato	R	E _d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,60)	304	194
B (1,60÷8,70)	371	544
C (8,70÷14,00≈)	968	2275

Tabella 9-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST08

- **Stendimento ST09**

Sismostrato	\bar{V}_P	\bar{V}_S	γ	μ	E_γ	G_0	M_0	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷1,80)	299	137	1,51	0,37	77	28	97	78
B (1,80÷8,00)	742	203	1,79	0,45	215	74	887	838
C (8,00÷14,00≈)	1311	541	1,99	0,40	1628	582	2644	2255

Sismostrato	R	E_d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,80)	206	161
B (1,80÷8,00)	363	992
C (8,00÷14,00≈)	1076	3096

Tabella 10-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST09

- **Stendimento ST10**

Sismostrato	\bar{V}_P	\bar{V}_S	γ	μ	E_γ	G_0	M_0	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷1,40)	295	107	1,50	0,42	49	17	108	96
B (1,40÷9,40)	608	290	1,72	0,35	391	145	443	347
C (9,40÷14,00≈)	1017	358	1,90	0,42	696	244	1640	1478

Sismostrato	R	E_d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,40)	160	157
B (1,40÷9,40)	498	665
C (9,40÷14,00≈)	380	1862

Tabella 11-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST10

• **Stendimento ST11**

Sismostrato	\bar{V}_p	\bar{V}_s	γ	μ	E_y	G_0	M_0	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷1,70)	408	145	1,60	0,42	96	34	221	199
B (1,70÷9,50)	1019	352	1,90	0,43	674	235	1659	1502
C (9,50÷14,00≈)	1970	597	2,15	0,44	2221	766	7322	6811

Sismostrato	R	E_d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,70)	232	300
B (1,70÷9,50)	668	1869
C (9,50÷14,00≈)	1283	6990

Tabella 12-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST11

Con:

\bar{V}_p = velocità media onde di compressione;

M_0 = modulo di compressibilità volumetrica;

\bar{V}_s = velocità media onde di taglio;

E_d = modulo edometrico;

γ = Peso unità di volume naturale;

λ = coefficiente di Lamé;

μ = coefficiente di Poisson;

R= rigidità sismica;

E_y = modulo di Young;

E_d = modulo edometrico;

G_0 = modulo di taglio.

Noci (BA), Ottobre 2020

Il Geologo

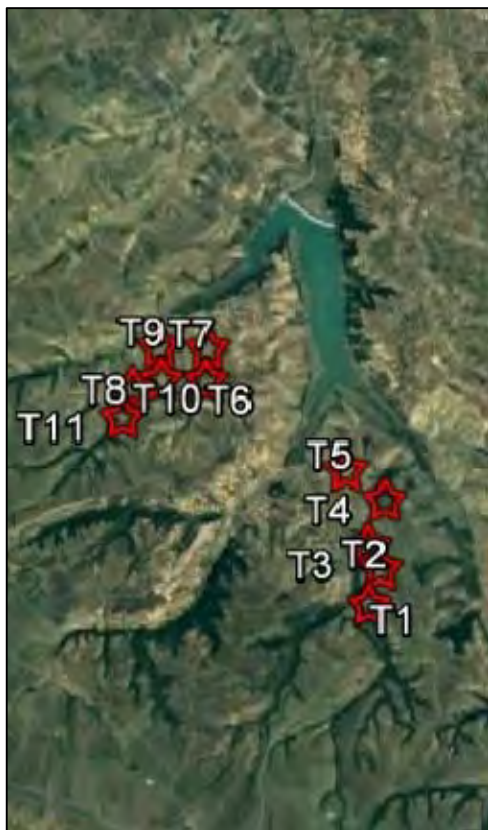
Dr. Fedele Massimo (Dr. Fedele Massimo COLUCCI)
Geologo
Fedele Massimo
COLUCCI
N° 661
PUGLIA



COMUNE DI MONTEMILONE

PROVINCIA DI POTENZA

Indagini Geognostiche Propedeutiche alla Progettazione Definitiva di un Parco Eolico da Ubicare in Agro del Comune di Montemilone (PZ)



Geologo:



Geol. F. M. COLUCCI

S.O.: Via De Giosa, 4 - 70015 NOCI (BA)

Tel/Fax (+39)080/2473484 - Cell 338/4274387

P. IVA 07627640720 - e-mail: massimo.colucci76@gmail.com

Federico Massimo Colucci

ELABORATO

DATA

ALLEGATI

10/2020

Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Situ"

Tavola A. 2 "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"

585150

585450



4541400

4541400

Nord (mt)

4541100

4541100

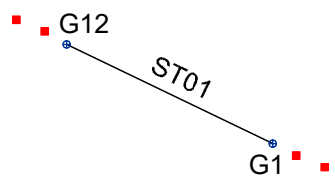
585150

585450





Est (mt)



L a m



Legenda

-  Stendimento sismico (ST0n= 44,00 ml)
-  Gn Geofono
-  Battuta per indagine MASW
-  Impianto eolico T1

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T
 Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (RSDI-Regione Basilicata)

Scala 1: 1.500

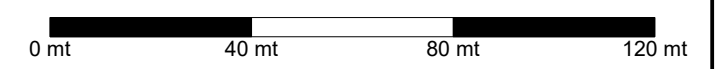


Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Situ" Sito T2

Legenda

 Stendimento sismico
(ST0n= 44,00 ml)

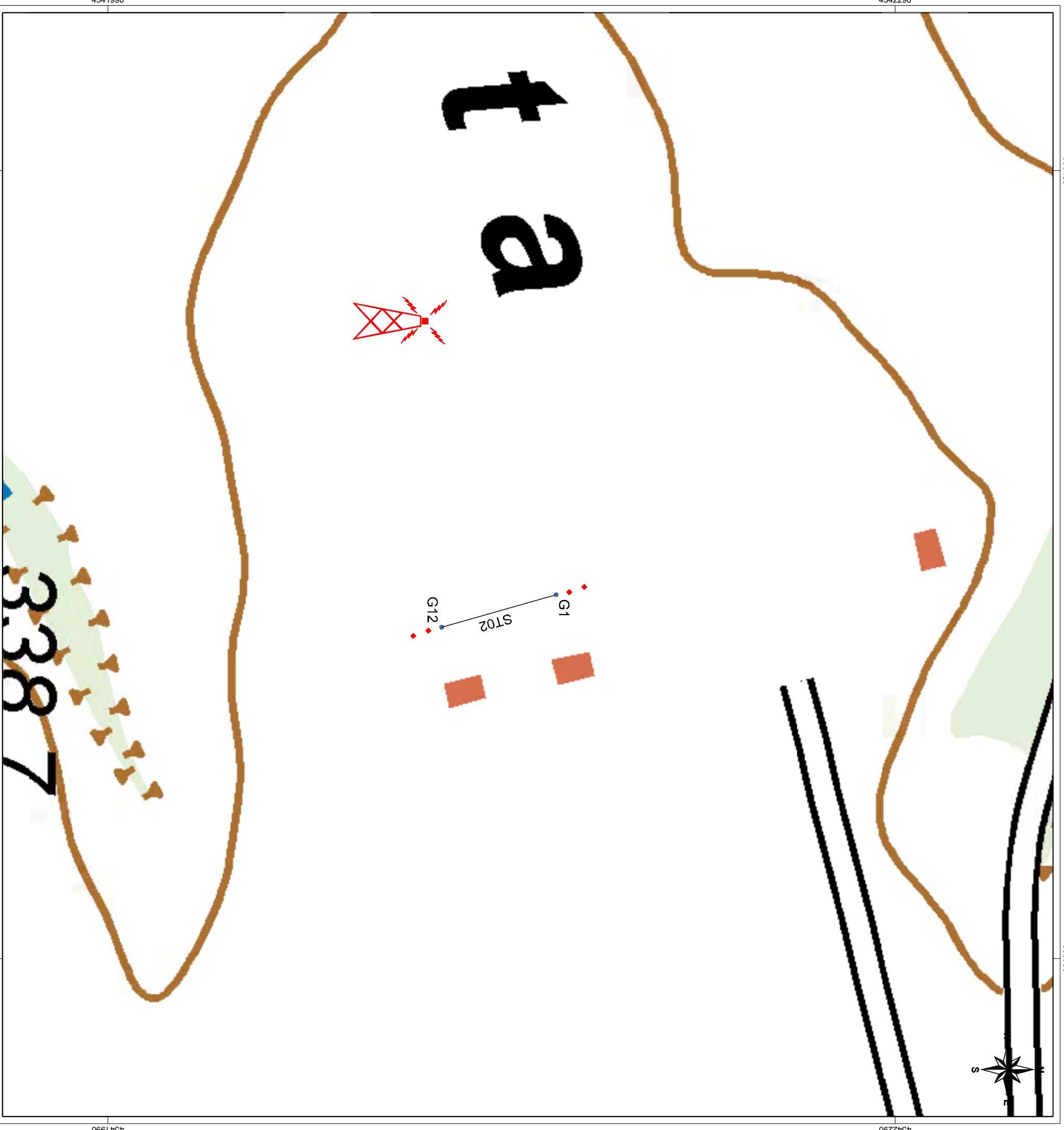
 Gn
Geofono

 Battuta per indagine MASW

 Impianto eolico T2

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T

Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (RSDI-Regione Basilicata)



Scala 1 : 1.500

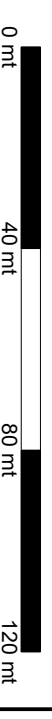


Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Situ" Sito T3

Legenda

 Stendimento sismico
(ST0n= 44,00 ml)

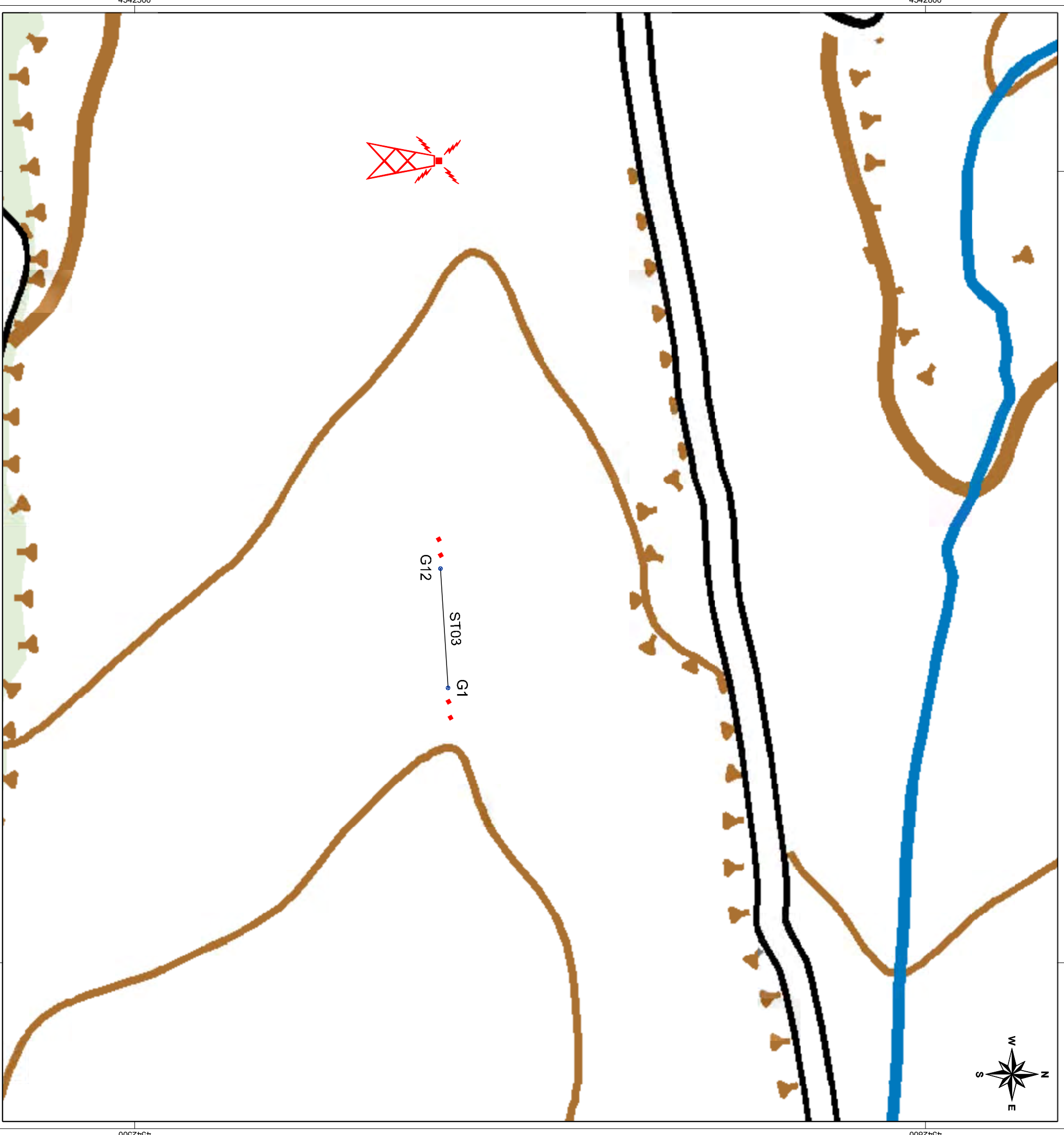
 Gn
Geofono

 Battuta per indagine MASW

 Impianto eolico T3

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T

Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (RSDI-Regione Basilicata)



Scala 1 : 1.500

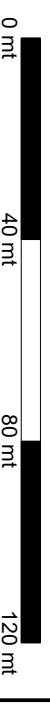



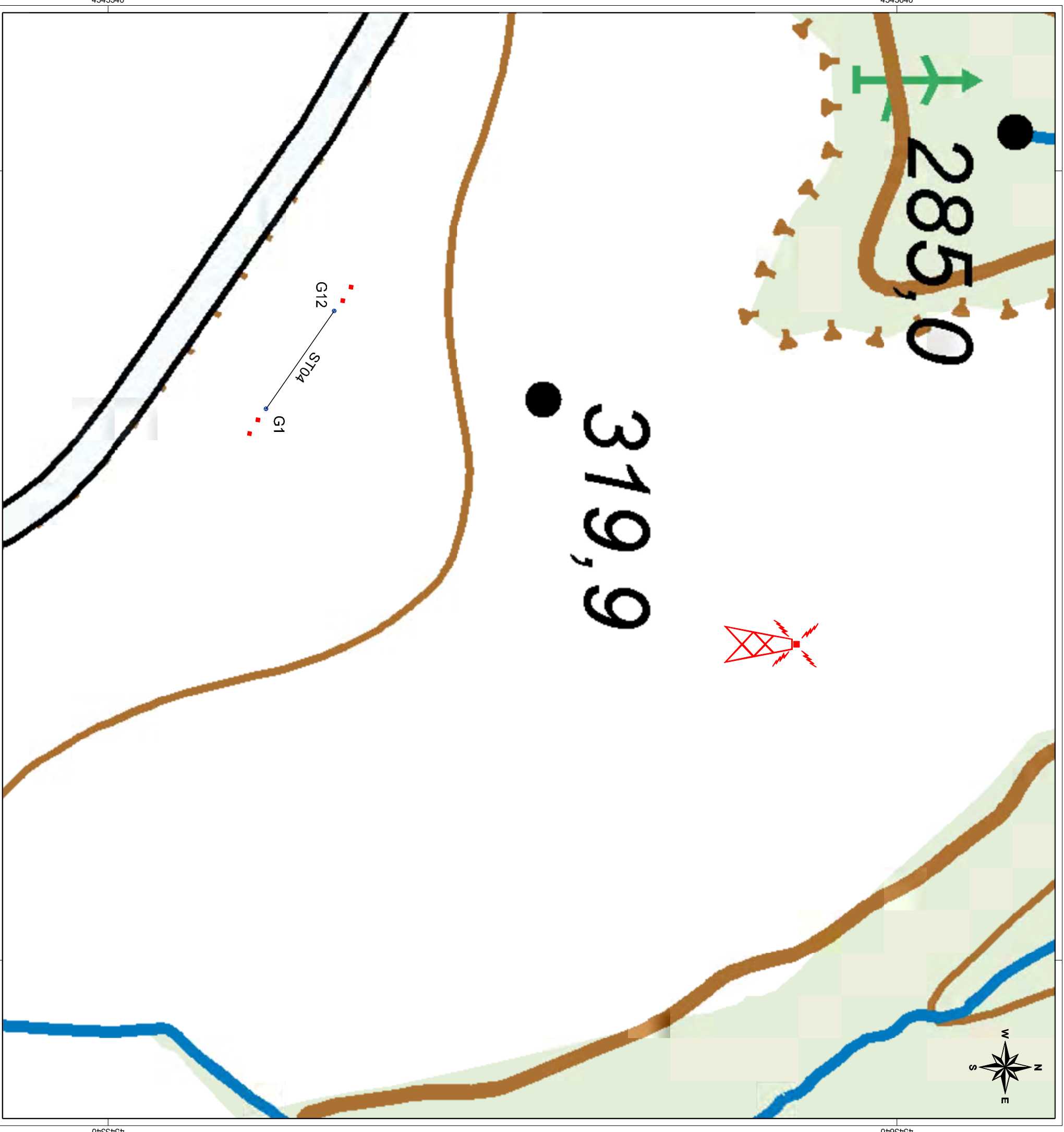
Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Situ" Sito T4

Legenda

-  Stendimento sismico (ST0n= 44,00 ml)
-  Geofono
-  Battuta per indagine MASW
-  Impianto eolico T4

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T

Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (RSDI-Regione Basilicata)



Scala 1 : 1.500



Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Situ" Sito T5

Legenda

 Stendimento sismico
(ST0n= 44,00 ml)

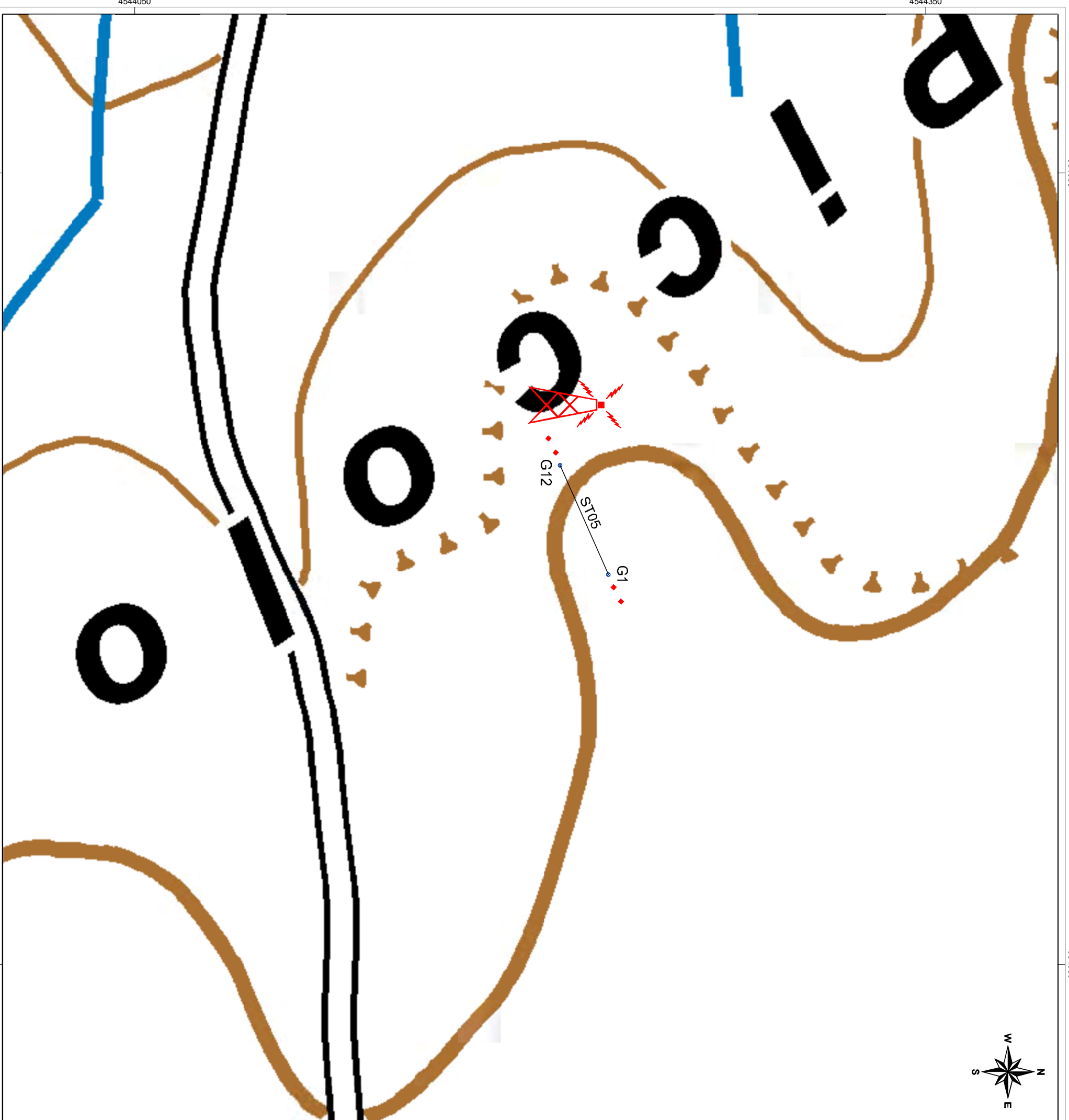
 Gn
Geofono

 Battuta per indagine MASW

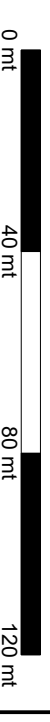
 Impianto edico T5

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T

Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (RSDI-Regione Basilicata)



Scala 1 : 1.500



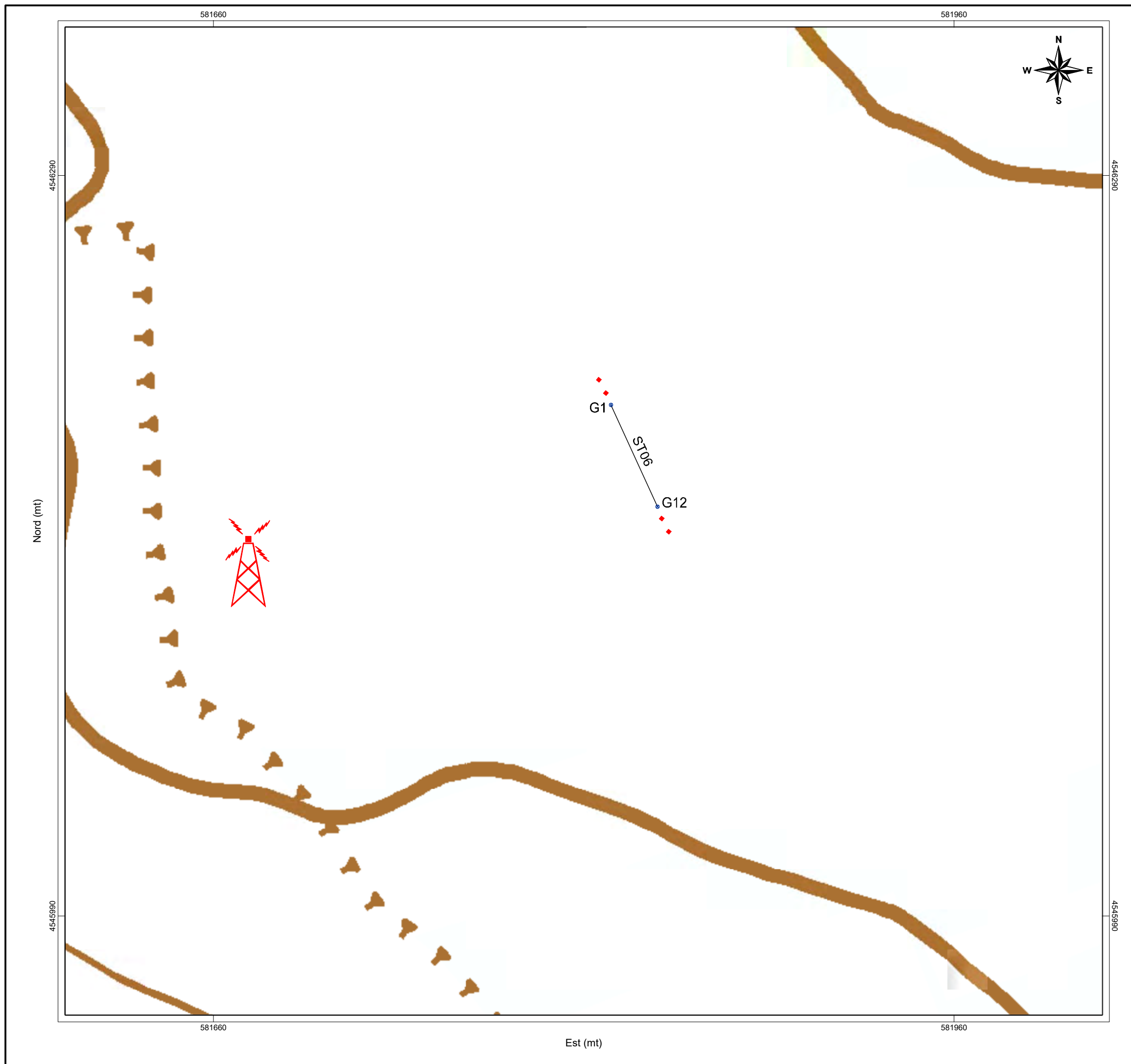






Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Situ" Sito T6

Legenda

-  Stendimento sismico (ST0n= 44,00 ml)
-  Gn Geofono
-  Battuta per indagine MASW
-  Impianto eolico T6

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T
Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (RSDI-Regione Basilicata)

Scala 1: 1.500

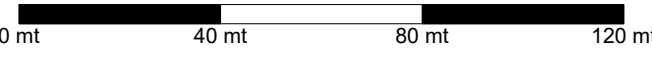






Tavola A. 1
"Ubicazione Indagini in Situ"
Sito T7

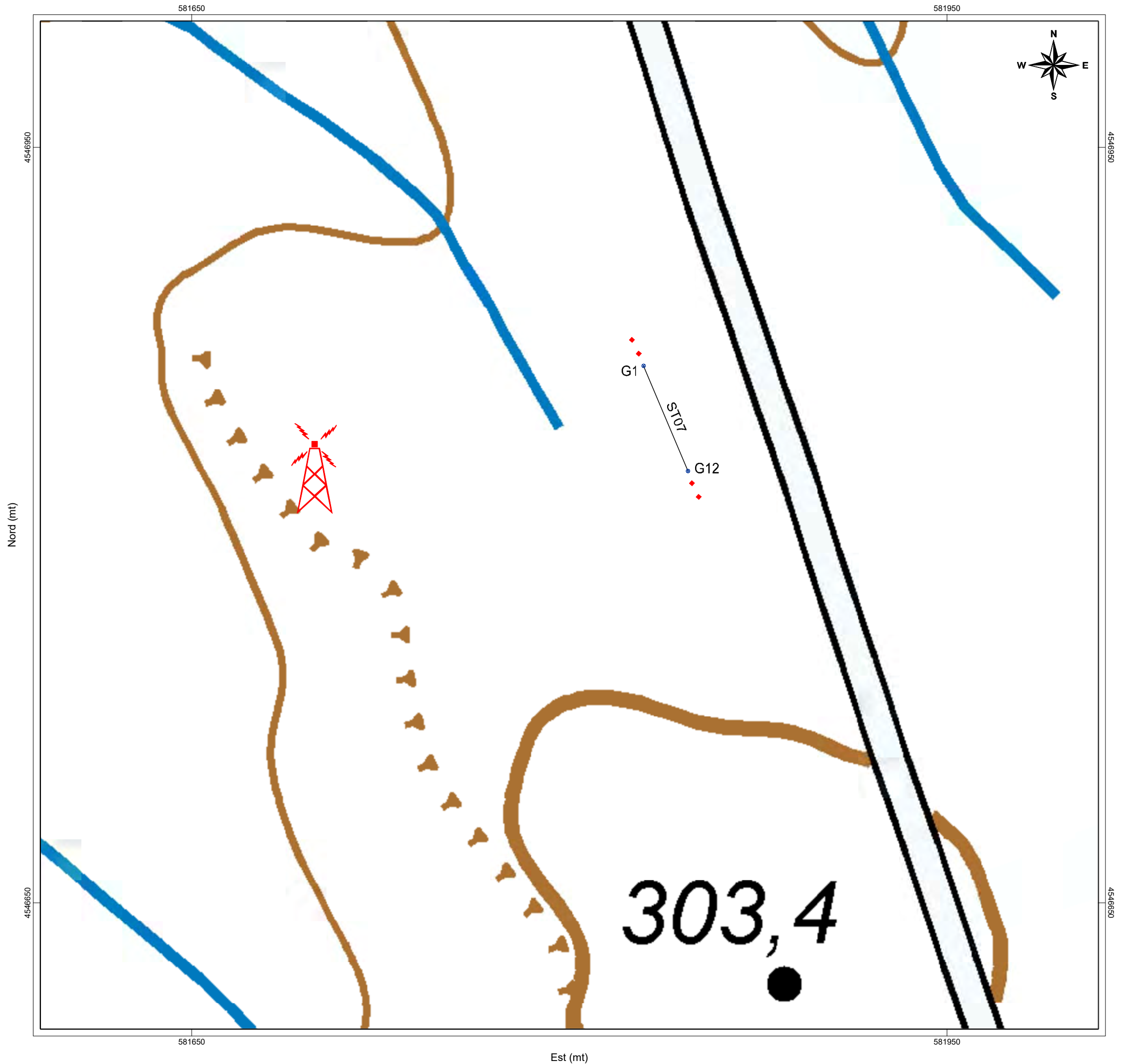
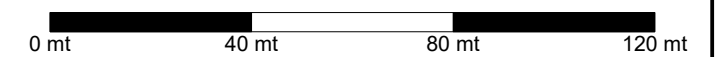
Legenda

-  Stendimento sismico (ST0n= 44,00 ml)
-  Gn Geofono
-  Battuta per indagine MASW
-  Impianto eolico T7

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T

Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (RSDI-Regione Basilicata)

Scala 1: 1.500



580400

580700

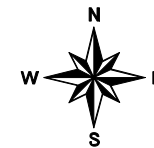






Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Situ" Sito T8

Legenda

-  Stendimento sismico (ST0n= 44,00 ml)
-  Gn Geofono
-  Battuta per indagine MASW
-  Impianto eolico T8

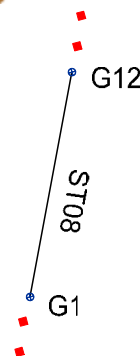
Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T

Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (RSDI-Regione Basilicata)

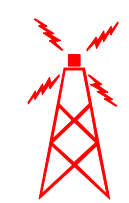
Nord (mt)

4546270

4546270



8



4545970

4545970

580400

580700

Est (mt)

Scala 1: 1.500

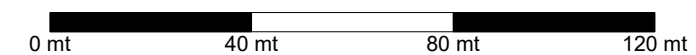






Tavola A. 1
"Ubicazione Indagini in Situ"
Sito T9

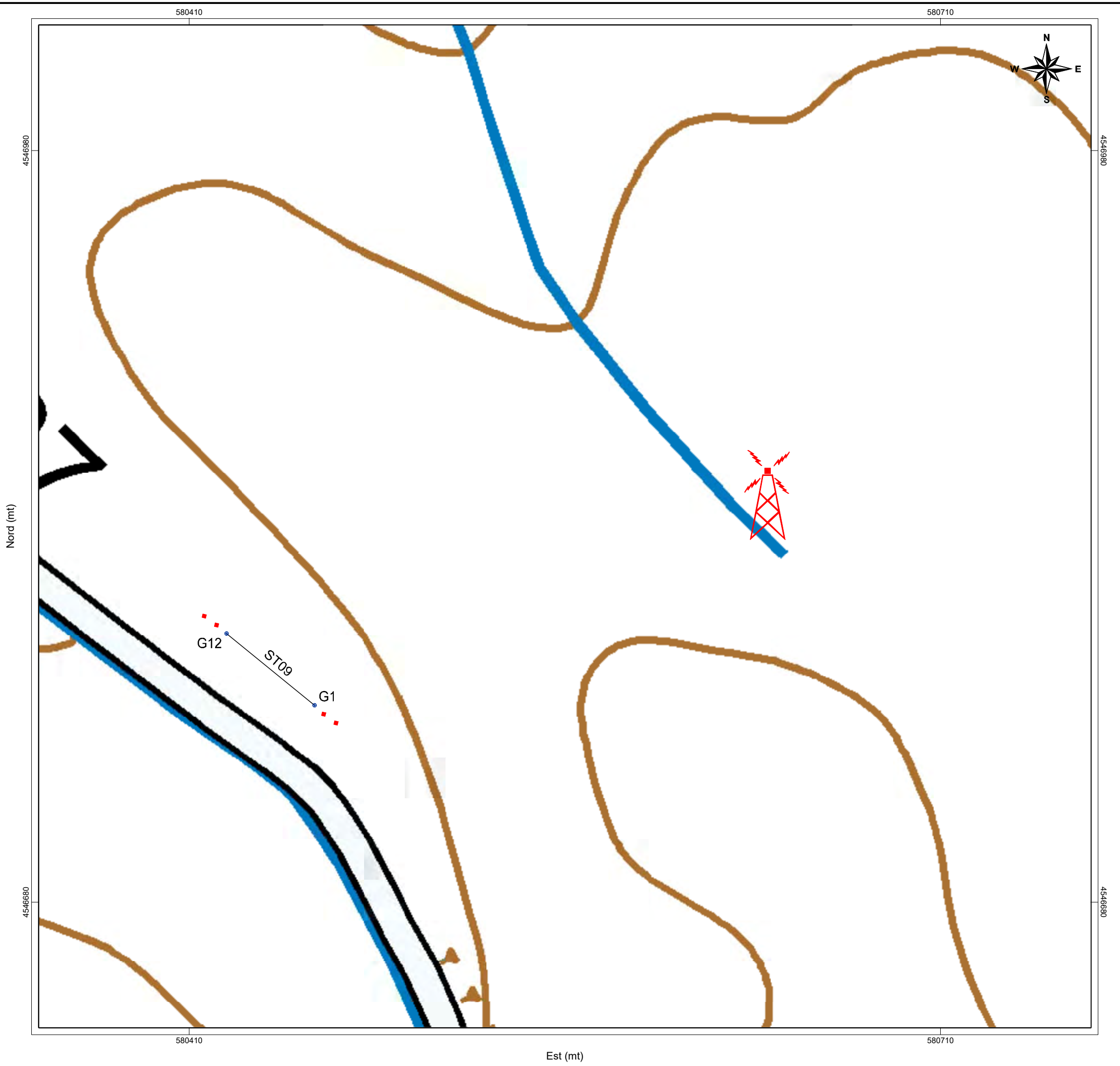
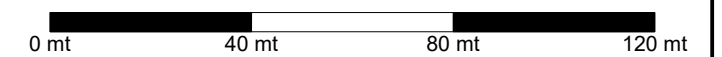
Legenda

-  Stendimento sismico (ST0n= 44,00 ml)
-  G_n Geofono
-  Battuta per indagine MASW
-  Impianto eolico T9

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T

Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (RSDI-Regione Basilicata)

Scala 1: 1.500



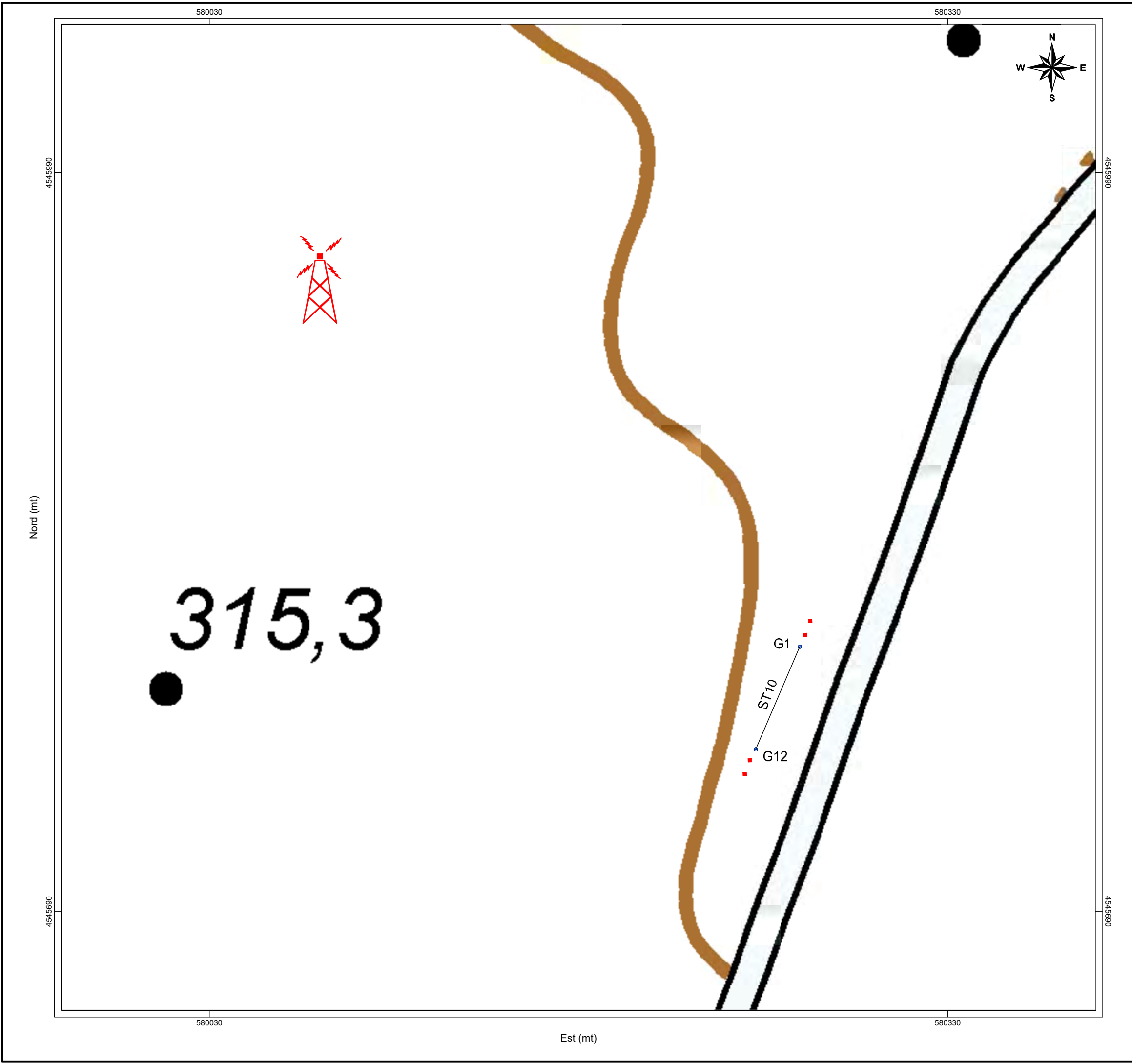






Tavola A. 1
 "Ubicazione Indagini in Situ"
 Sito T10

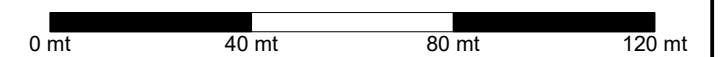
Legenda

-  Stendimento sismico (ST0n= 44,00 ml)
-  Gn Geofono
-  Battuta per indagine MASW
-  Impianto eolico T10

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T

Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (RSDI-Regione Basilicata)

Scala 1: 1.500



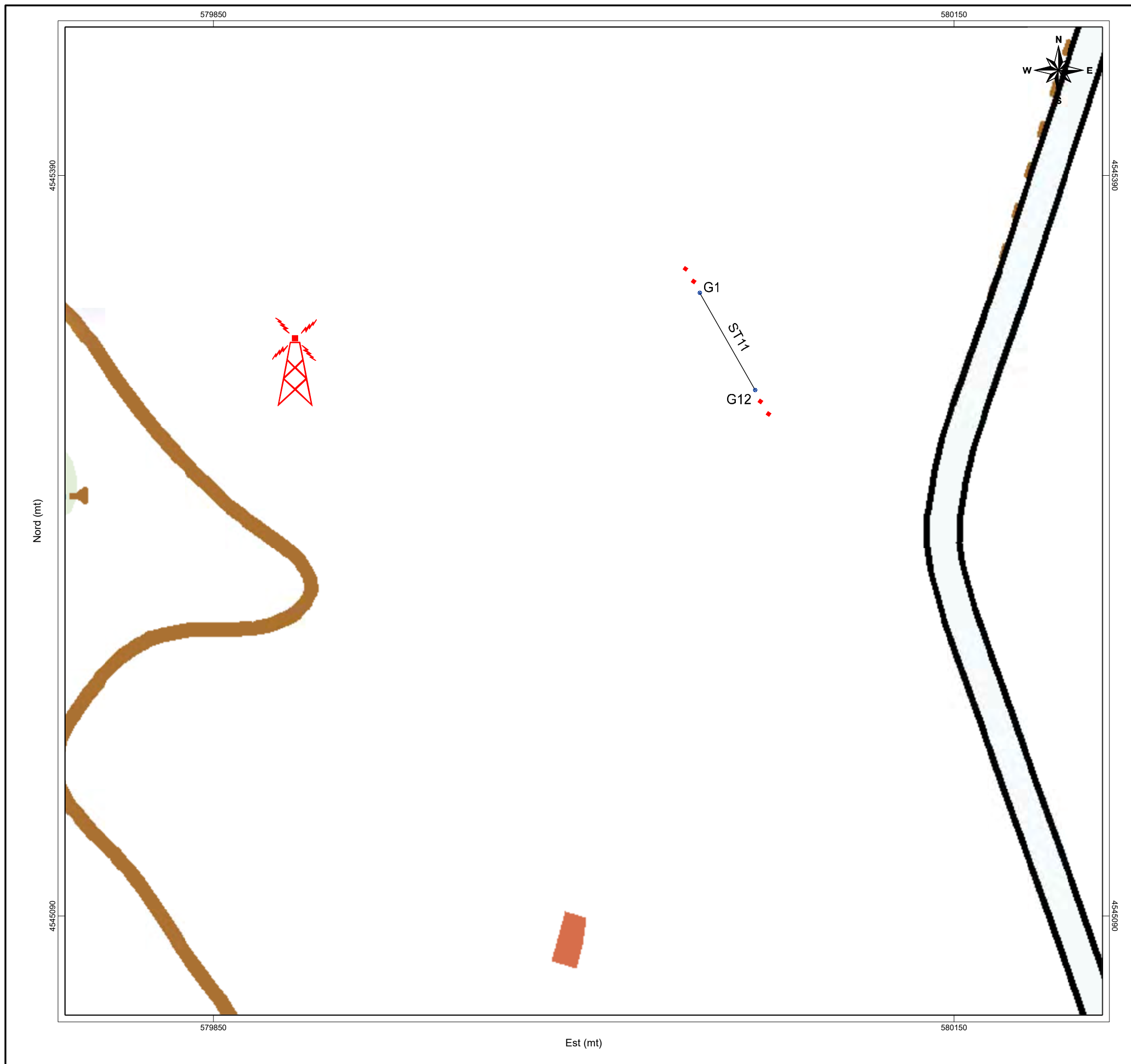






Tavola A. 1
 "Ubicazione Indagini in Situ"
 Sito T11

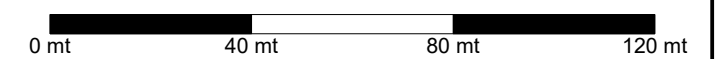
Legenda

-  Stendimento sismico (ST0n= 44,00 ml)
-  Gn Geofono
-  Battuta per indagine MASW
-  Impianto eolico T11

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T

Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (RSDI-Regione Basilicata)

Scala 1: 1.500



Sezione Stratigrafica - Stendimento ST01 - Onde P

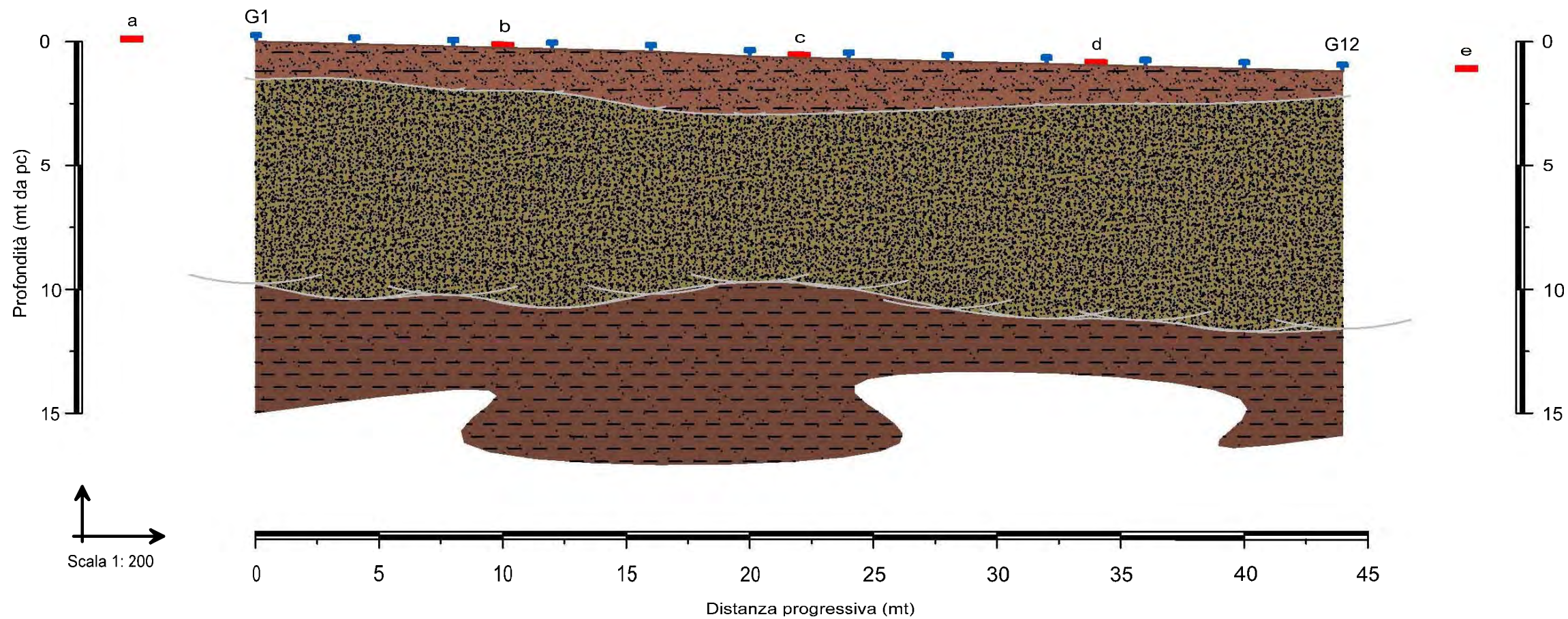





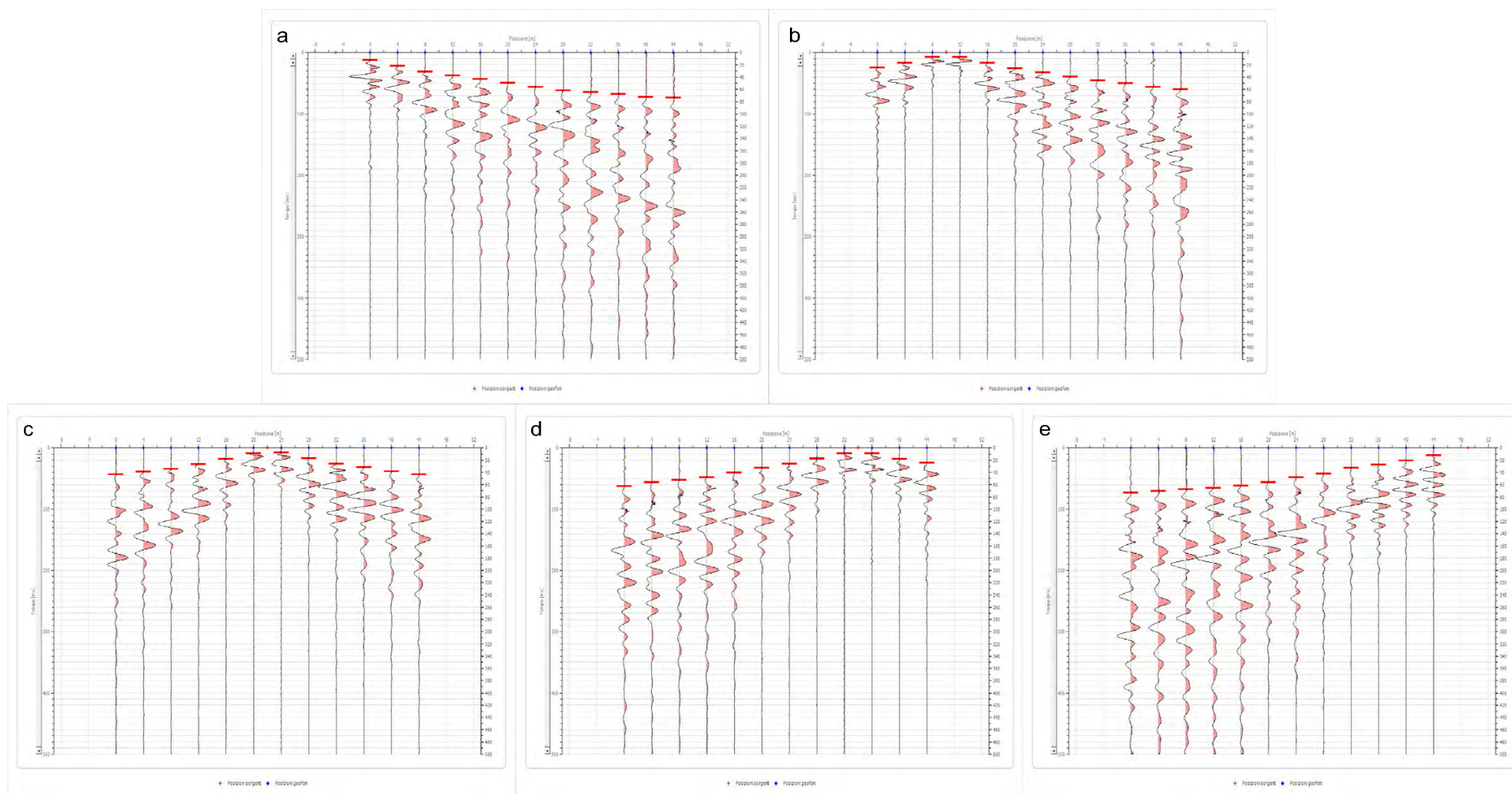


Tavola A. 2
"Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"
Stendimento ST01

Legenda

-  Terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limosa debolmente ciottoloso poco consistente
 $V_p = 358$ m/sec
-  Deposito di natura sabbioso-ciottolosa mediamente consistente
 $V_p = 608$ m/sec
-  Deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente
 $V_p = 1139$ m/sec
-  Geofono
-  a Punto di energizzazione

Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi



Sezione Stratigrafica - Stendimento ST02 - Onde P

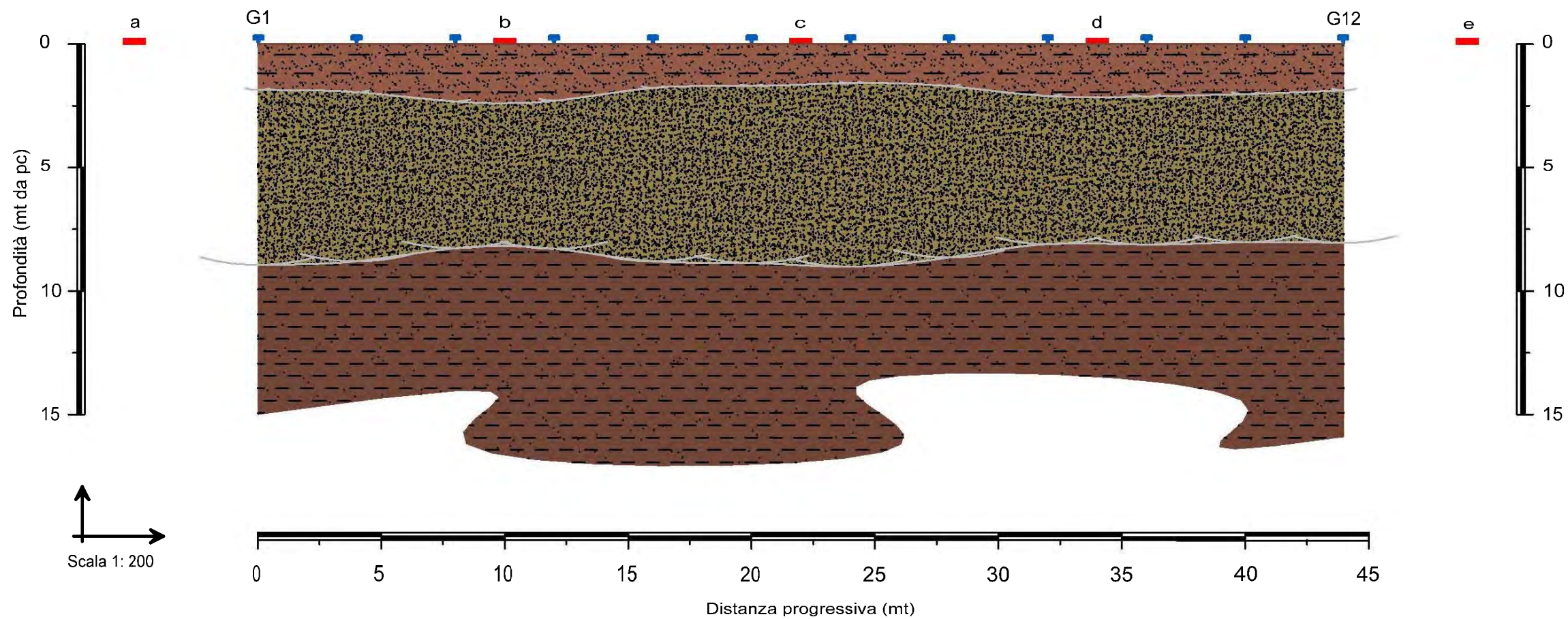





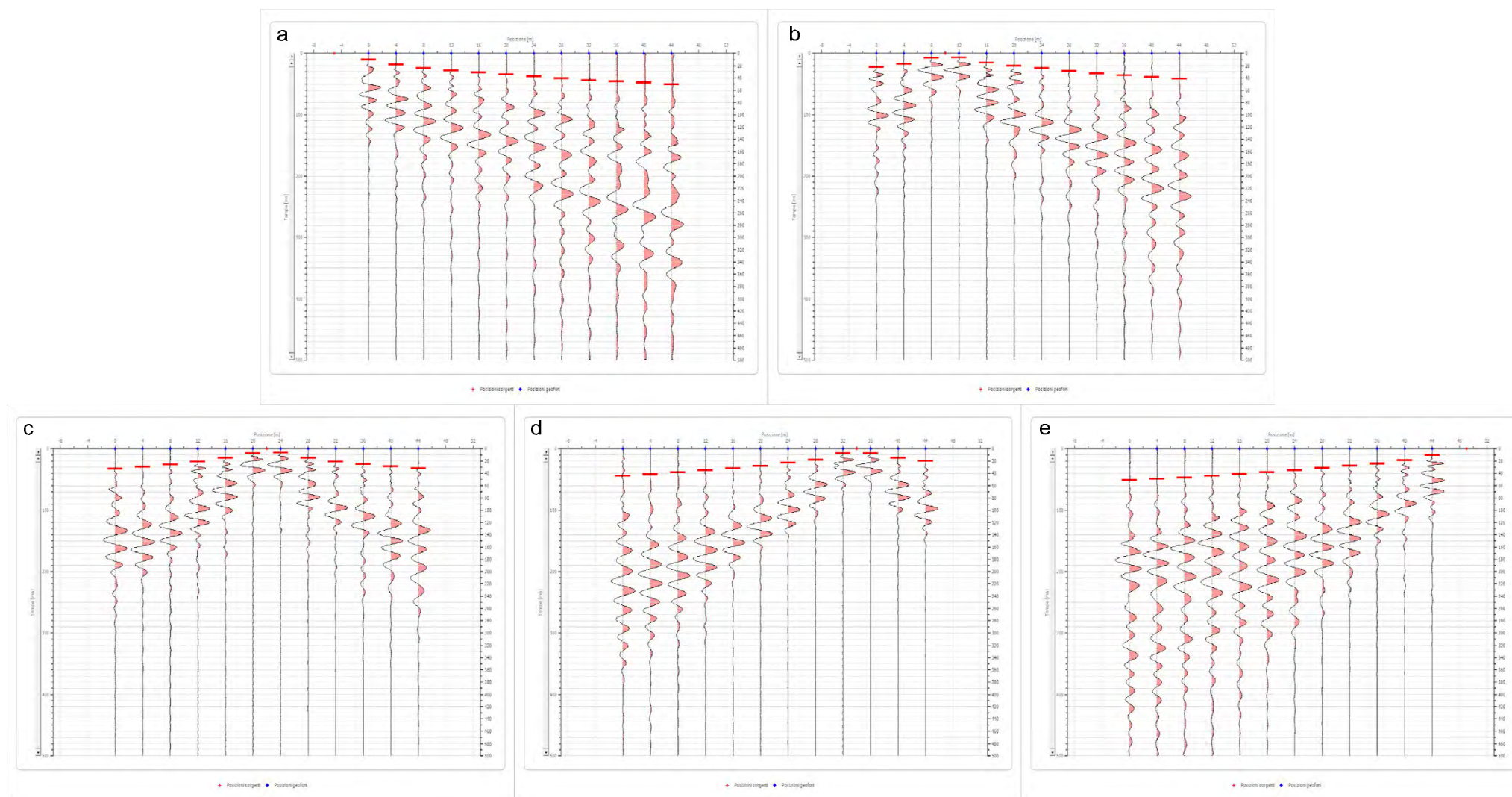


Tavola A. 2
"Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"
Stendimento ST02

Legenda

-  Terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limosa debolmente ciottoloso poco consistente $V_p = 373$ m/sec
-  Deposito di natura sabbioso-ciottolosa moderatamente consistente $V_p = 975$ m/sec
-  Deposito di natura limoso-sabbiosa, molto consistente $V_p = 1622$ m/sec
-  Geofono
-  Punto di energizzazione

Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi



Sezione Stratigrafica - Stendimento ST03 - Onde P

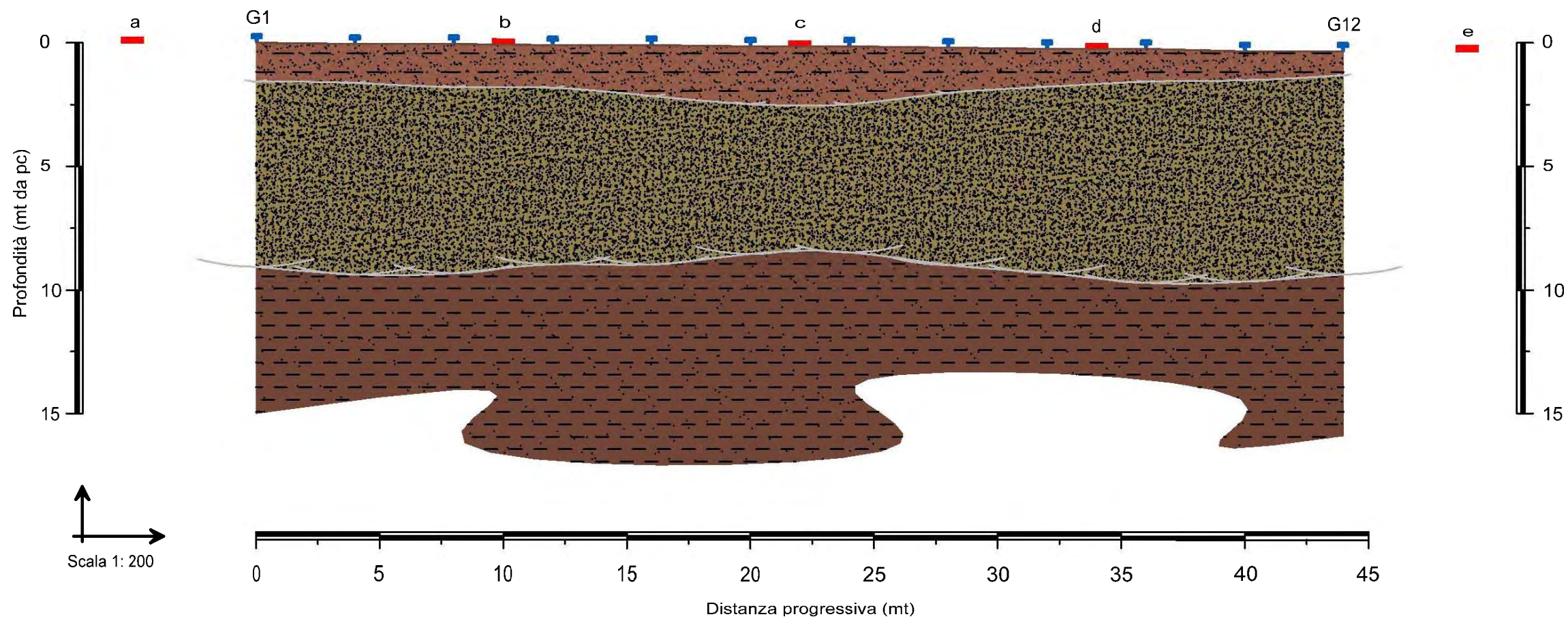
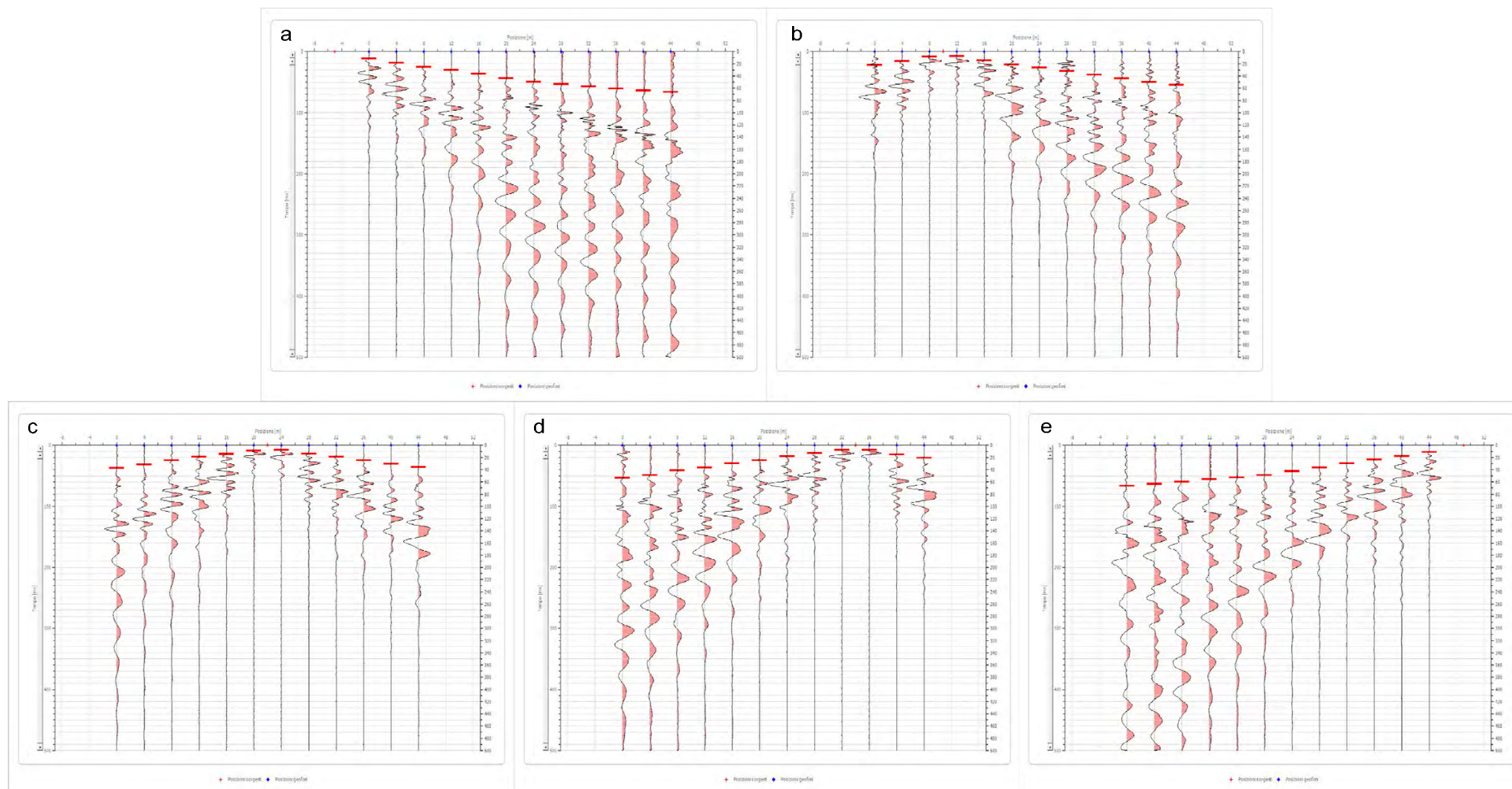


Tavola A. 2
"Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"
Stendimento ST03

Legenda

-  Terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limosa debolmente ciottoloso poco consistente $V_p = 449$ m/sec
-  Deposito di natura sabbioso-ciottolosa moderatamente consistente $V_p = 680$ m/sec
-  Deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente $V_p = 1141$ m/sec
-  Geofono
-  Punto di energizzazione

Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi



Sezione Stratigrafica - Stendimento ST04 - Onde P

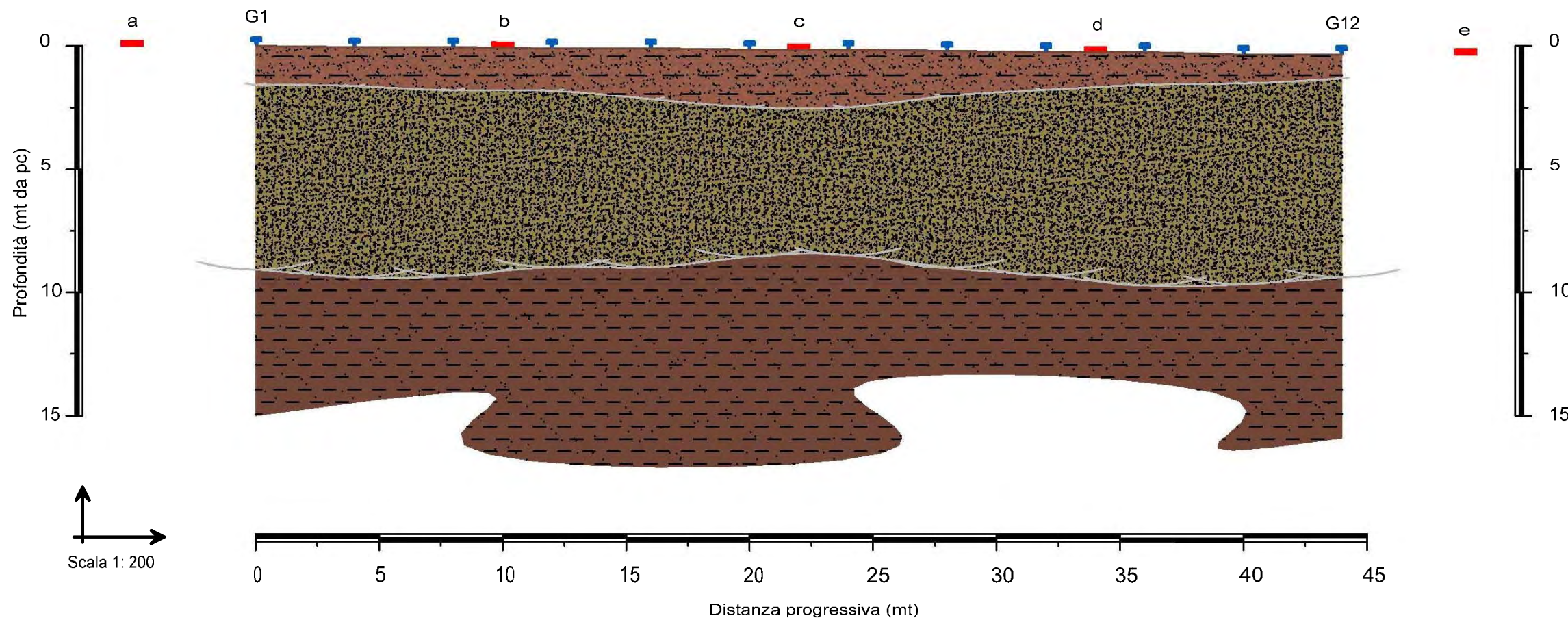
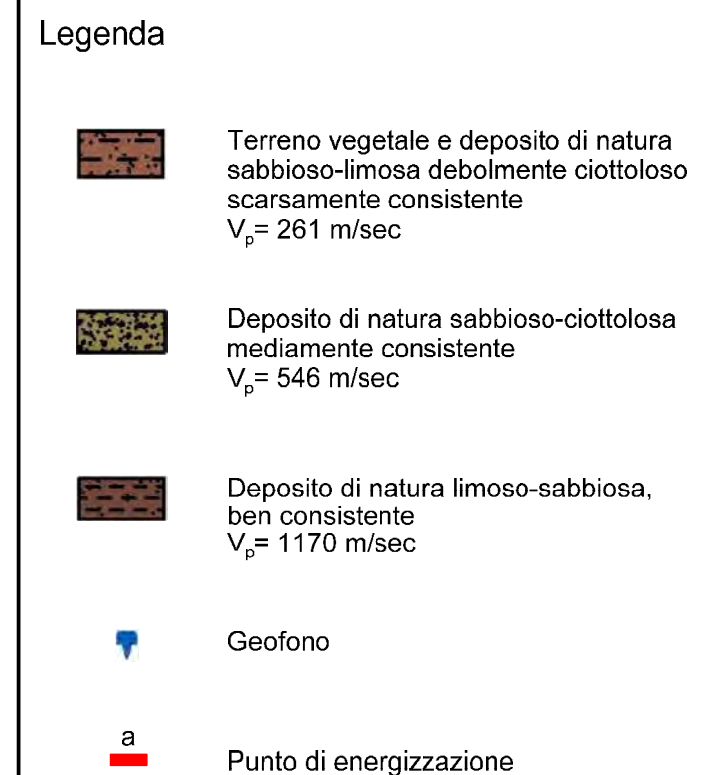
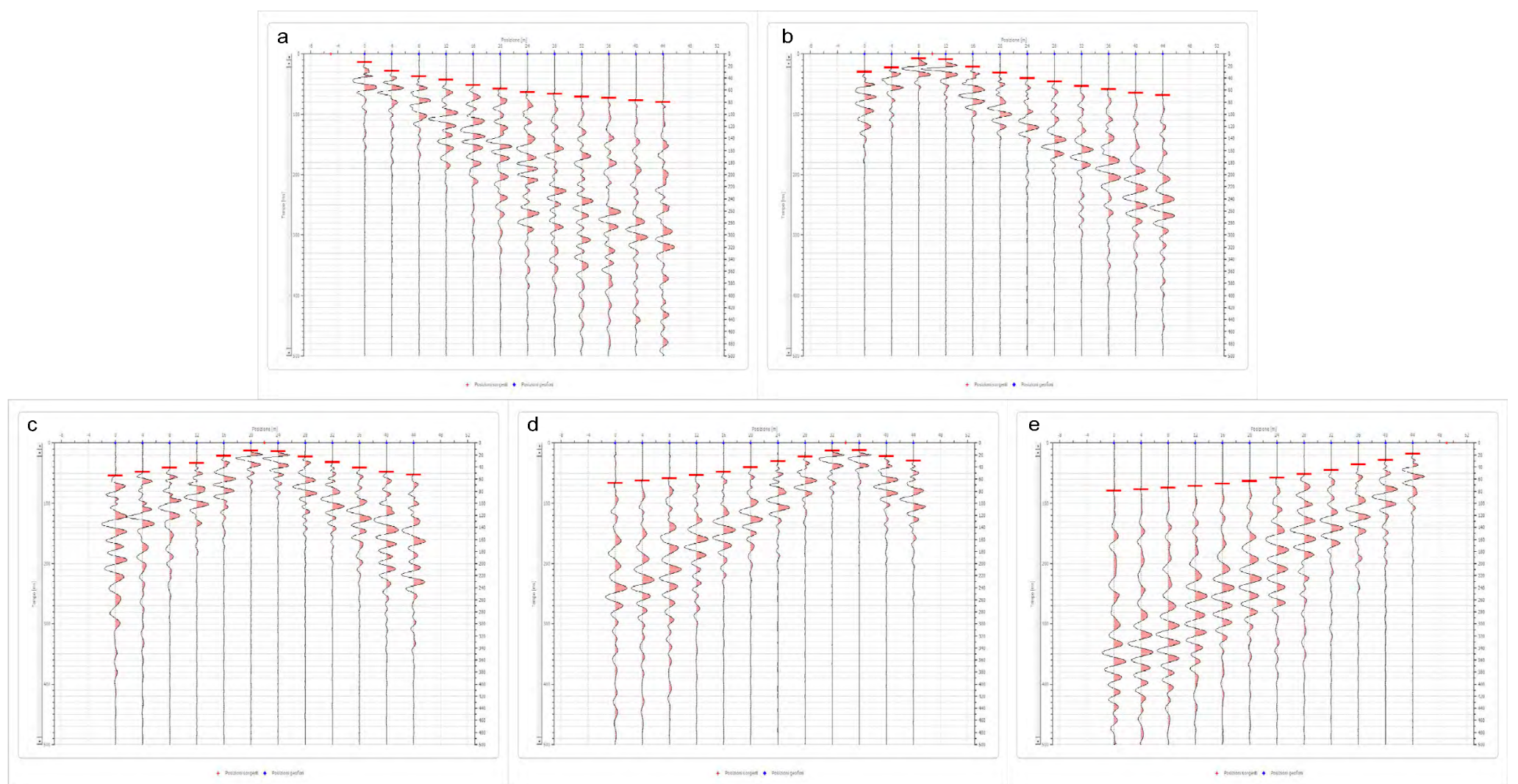


Tavola A. 2
"Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"
Stendimento ST04



Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi



Sezione Stratigrafica - Stendimento ST05 - Onde P

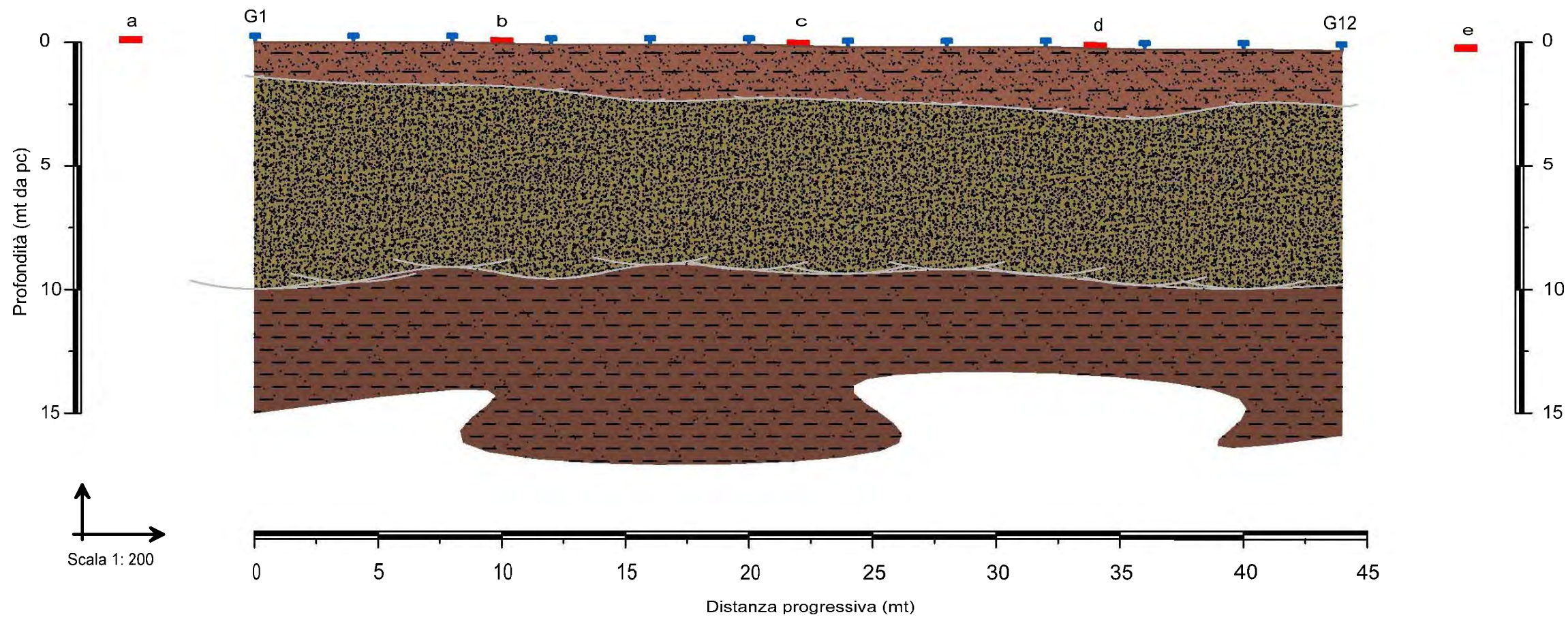



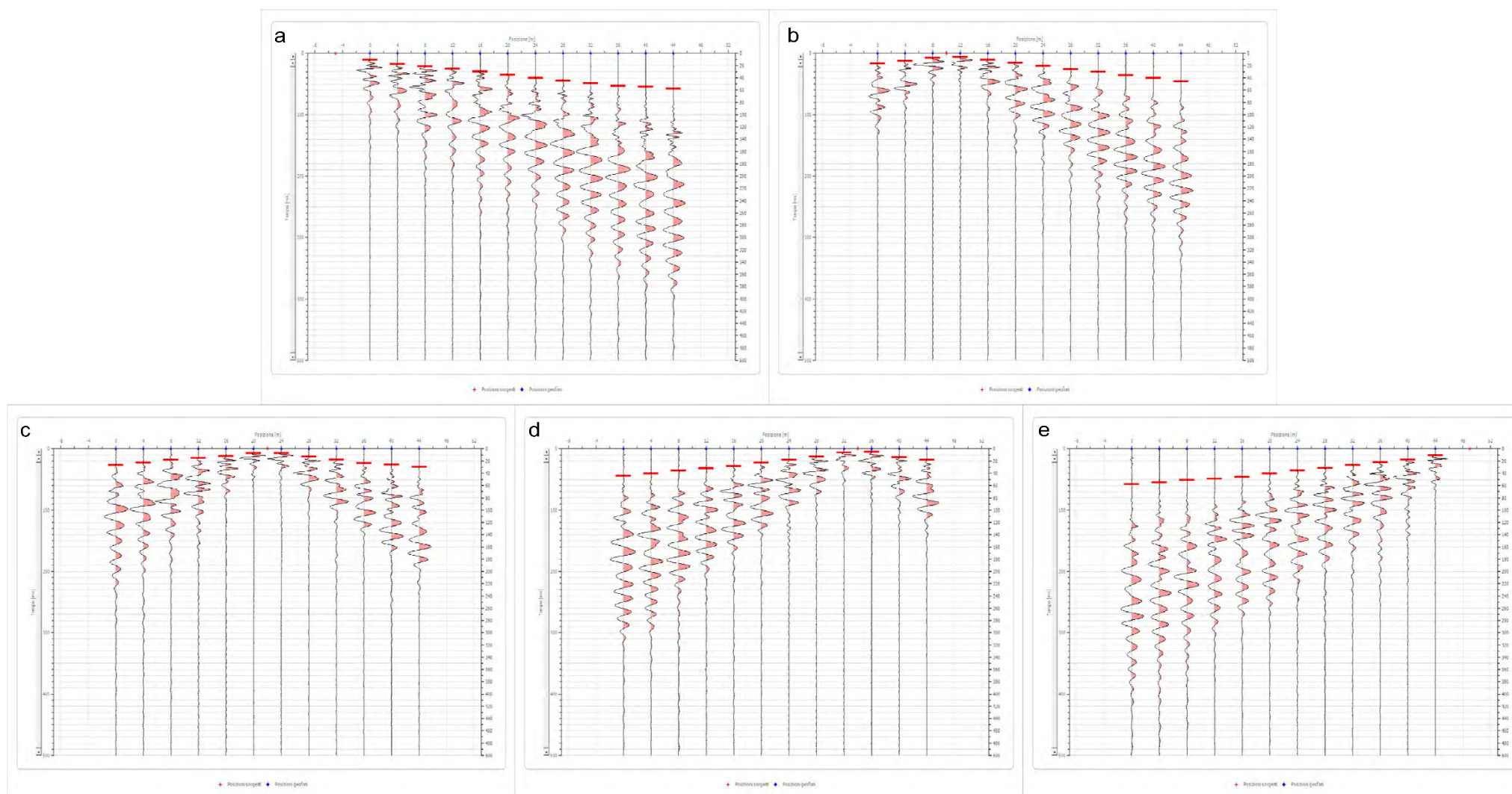


Tavola A. 2
"Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"
Stendimento ST05

Legenda

-  Terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limosa debolmente ciottoloso poco consistente
 $V_p = 483$ m/sec
-  Deposito di natura sabbioso-ciottolosa mediamente consistente
 $V_p = 894$ m/sec
-  Deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente
 $V_p = 1277$ m/sec
-  Geofono
-  a Punto di energizzazione

Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi



Sezione Stratigrafica - Stendimento ST06 - Onde P

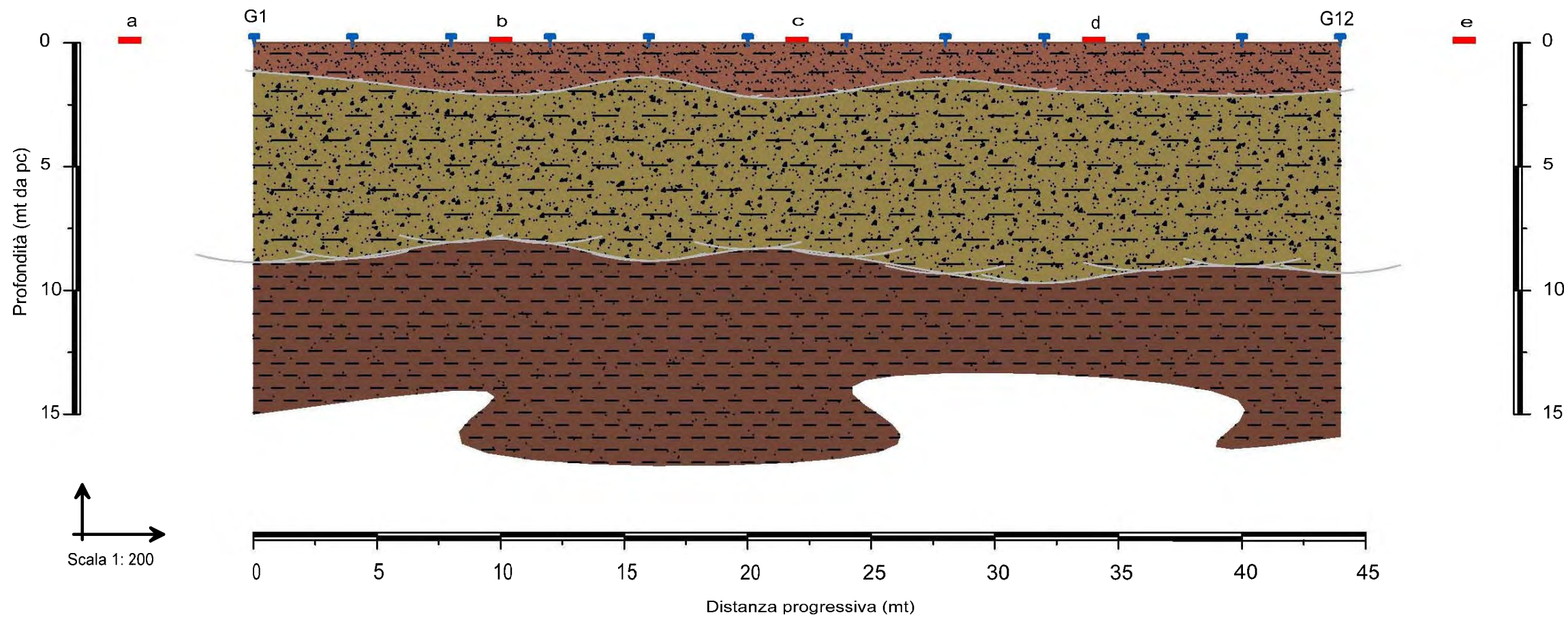
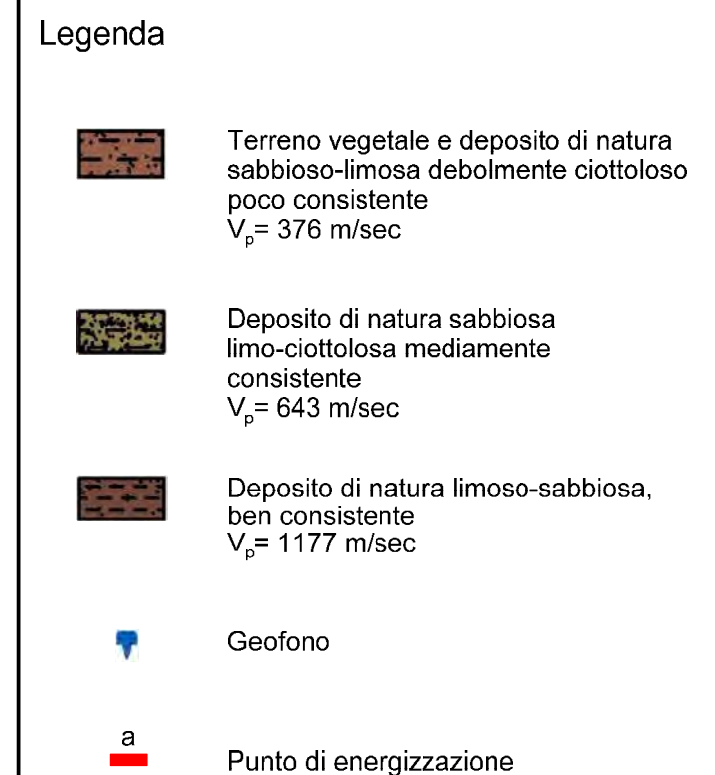
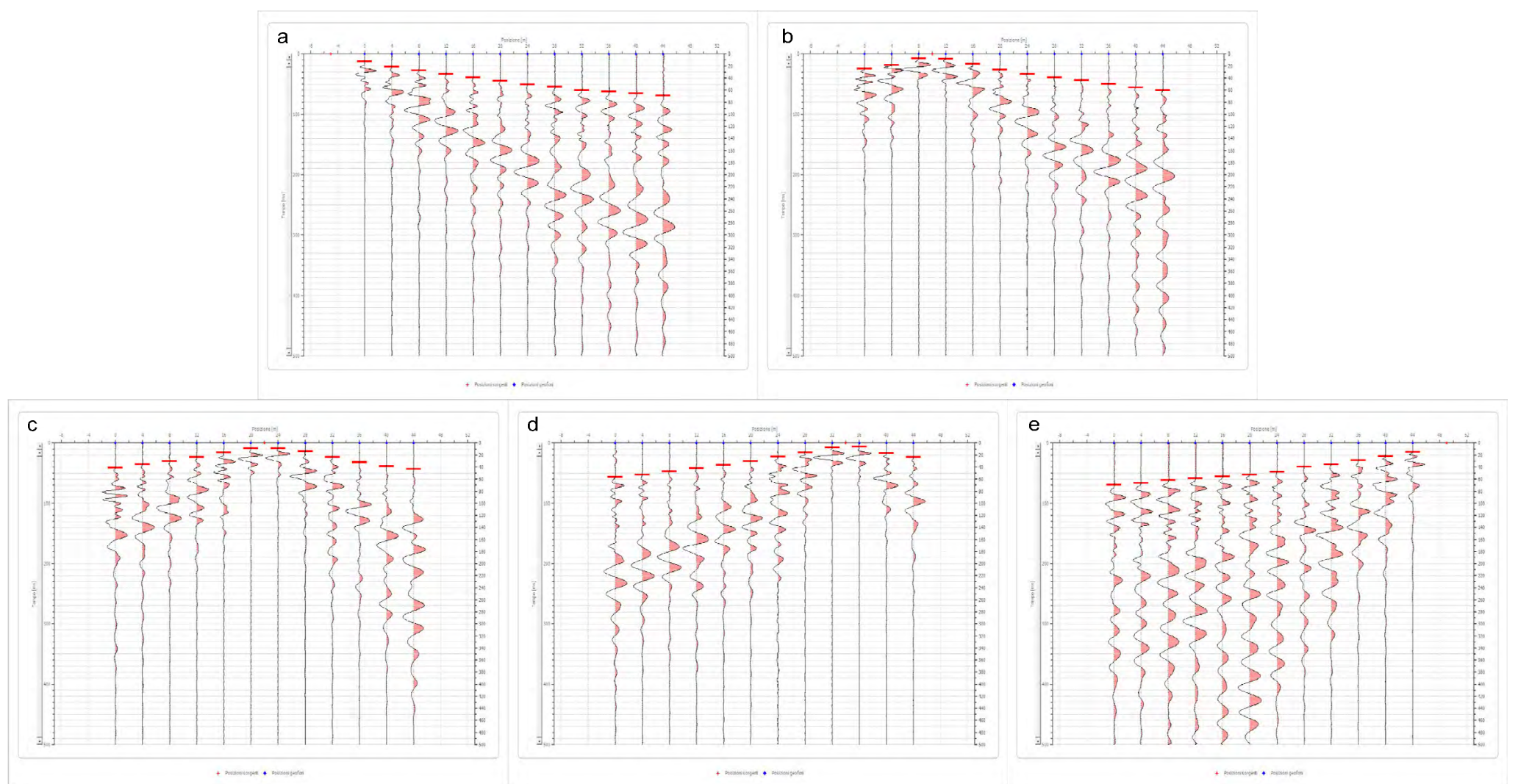


Tavola A. 2
"Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"
Stendimento ST06



Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi



Sezione Stratigrafica - Stendimento ST07 - Onde P

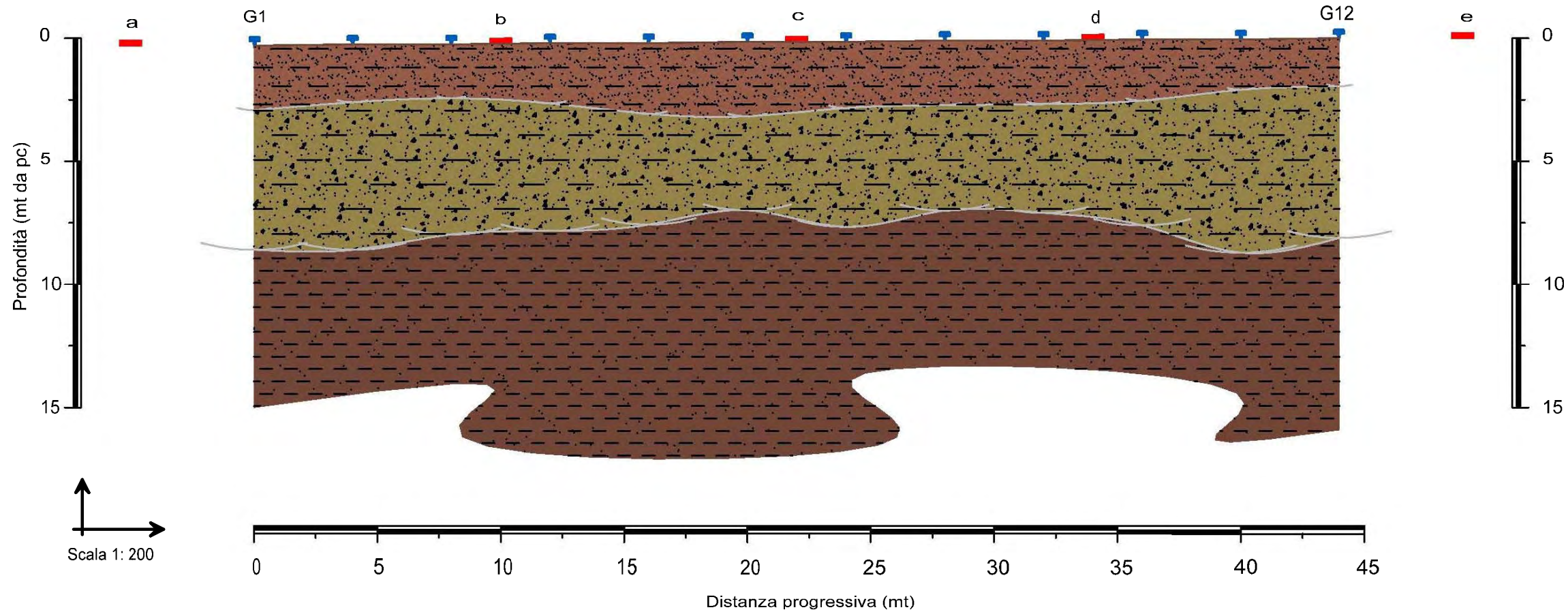
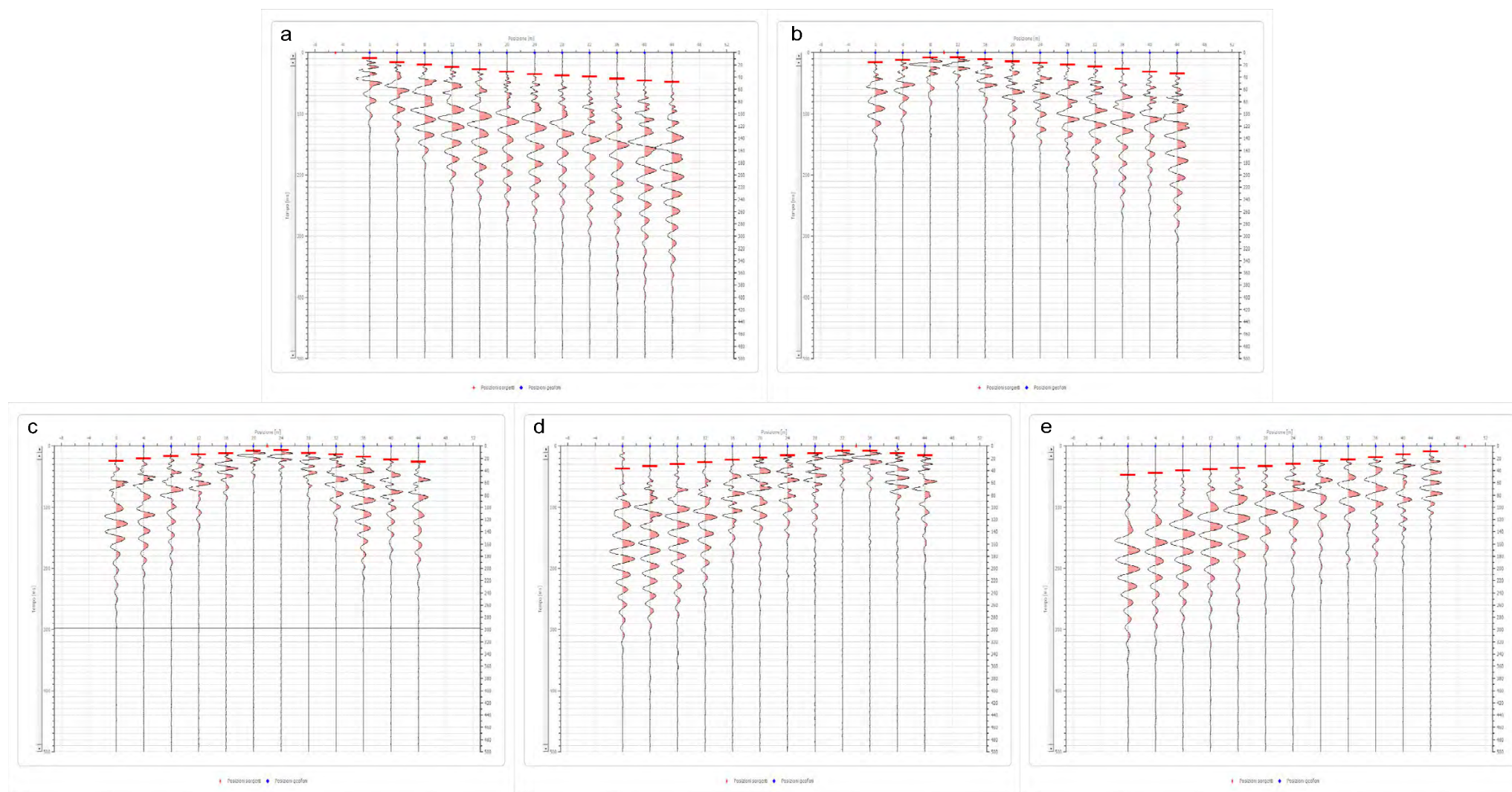


Tavola A. 2
"Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"
Stendimento ST07

Legenda

-  Terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limosa debolmente ciottoloso poco consistente $V_p = 555$ m/sec
-  Deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa ben consistente $V_p = 1146$ m/sec
-  Deposito di natura limoso-sabbiosa, molto consistente $V_p = 1456$ m/sec
-  Geofono
-  a Punto di energizzazione

Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi



Sezione Stratigrafica - Stendimento ST08 - Onde P

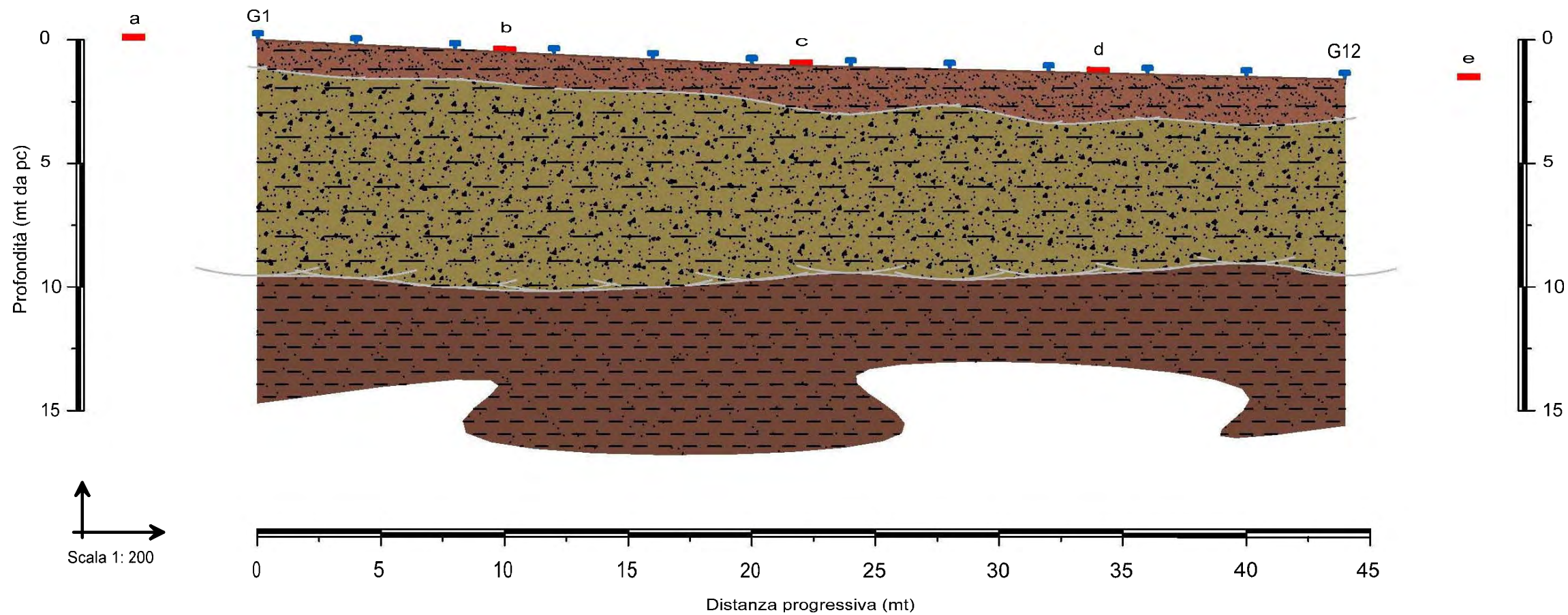

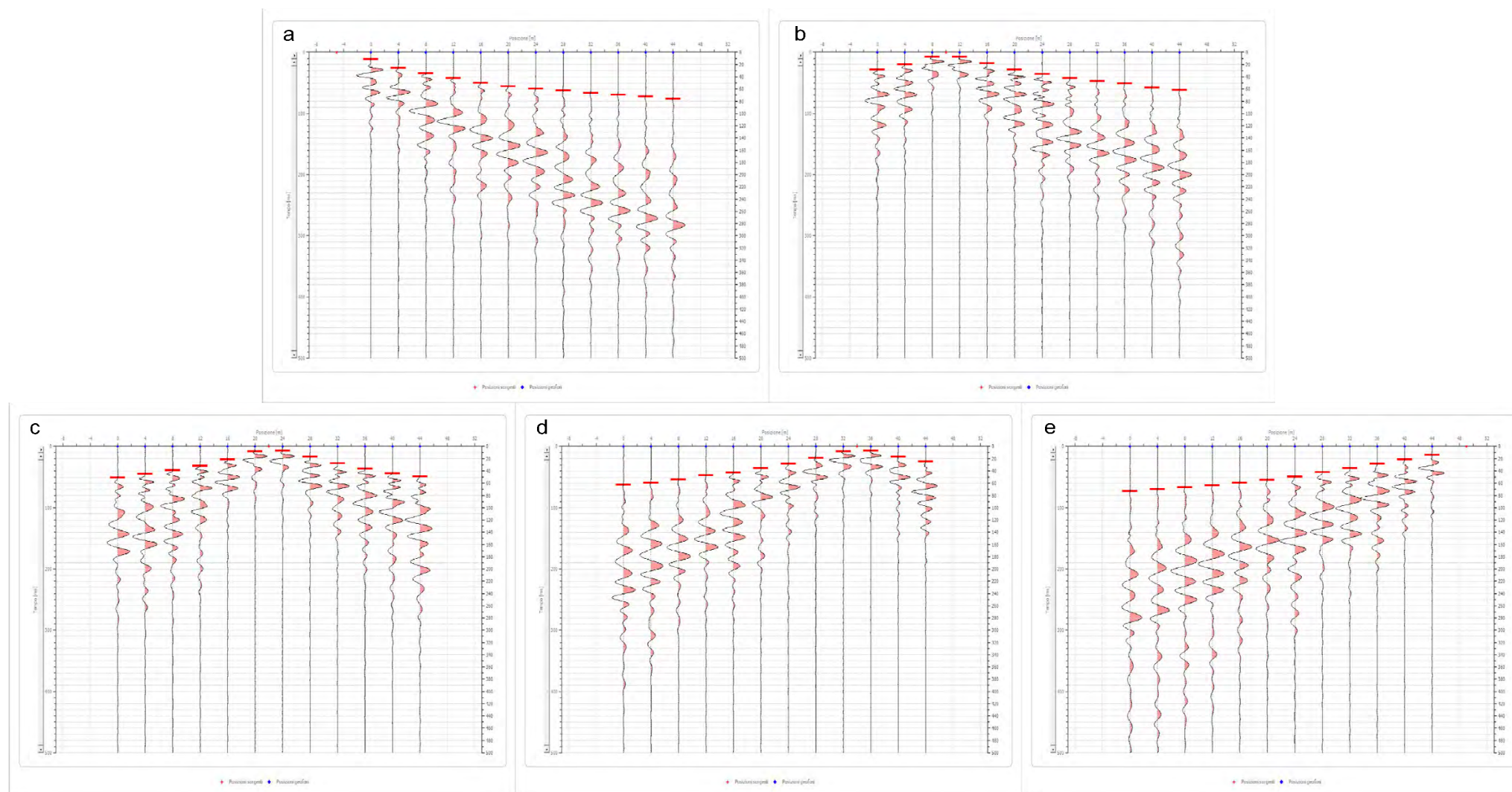


Tavola A. 2
"Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"
Stendimento ST08

Legenda

-  Terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limosa debolmente ciottoloso poco consistente
 $V_p = 328$ m/sec
-  Deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa mediamente consistente
 $V_p = 549$ m/sec
-  Deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente
 $V_p = 1124$ m/sec
-  Geofono
-  a Punto di energizzazione

Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi



Sezione Stratigrafica - Stendimento ST09 - Onde P

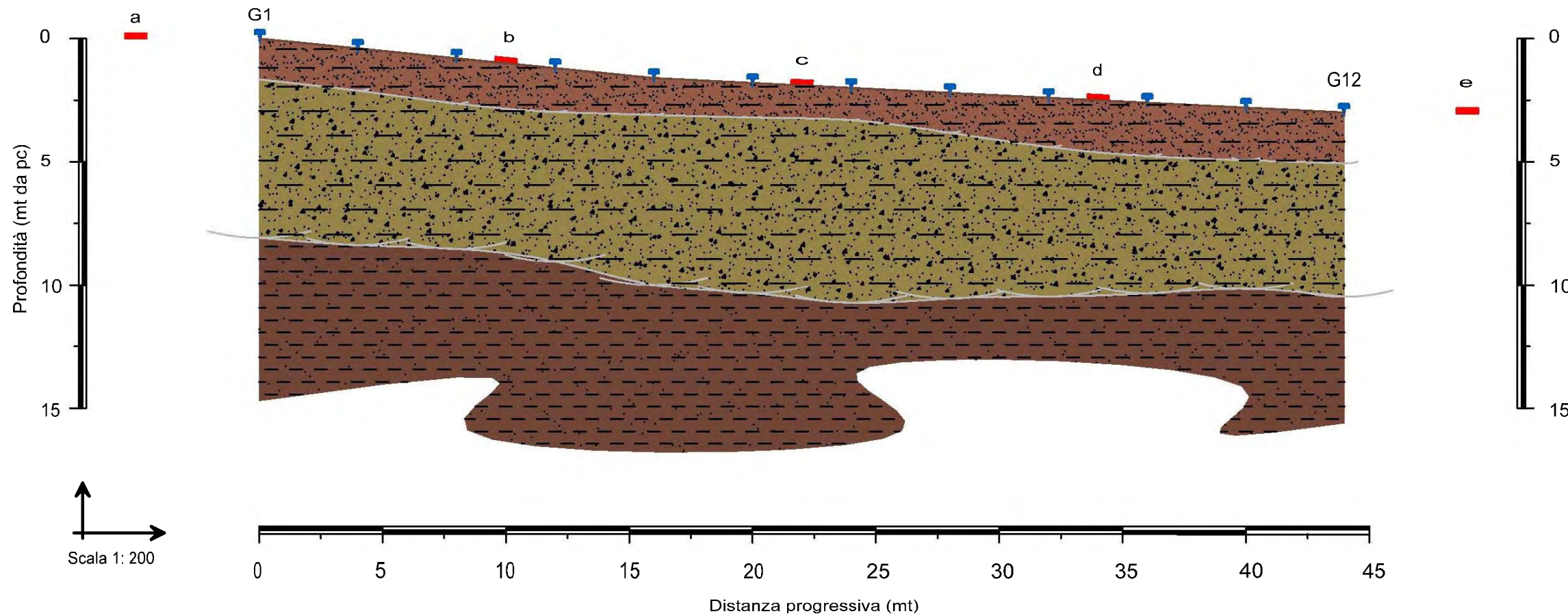





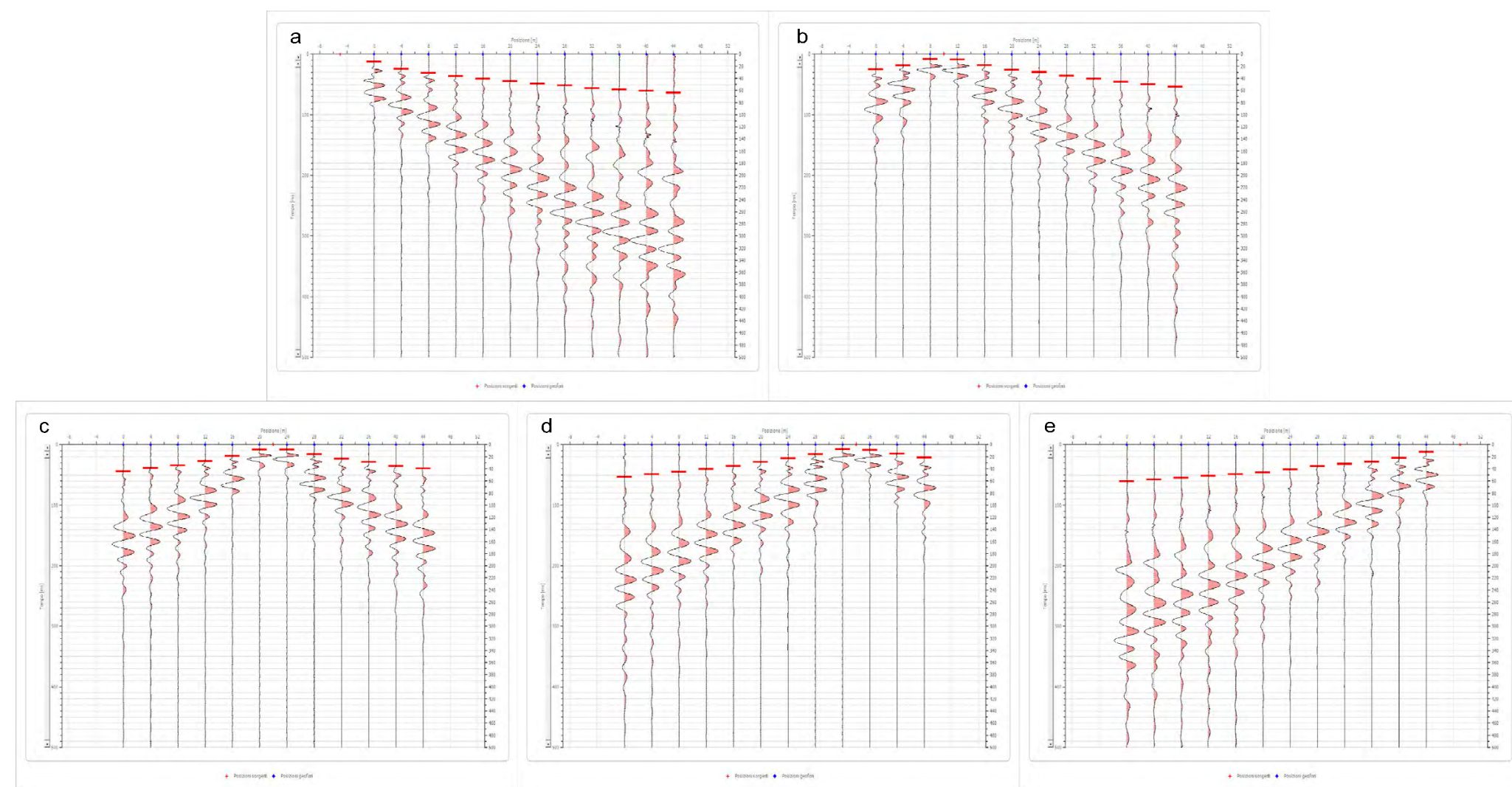


Tavola A. 2
"Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"
Stendimento ST09

- Legenda
-  Terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limosa debolmente ciottoloso poco consistente $V_p = 299$ m/sec
 -  Deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa mediamente consistente $V_p = 742$ m/sec
 -  Deposito di natura limoso-sabbiosa, ben consistente $V_p = 1311$ m/sec
 -  Geofono
 -  Punto di energizzazione

Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi



Sezione Stratigrafica - Stendimento ST10 - Onde P

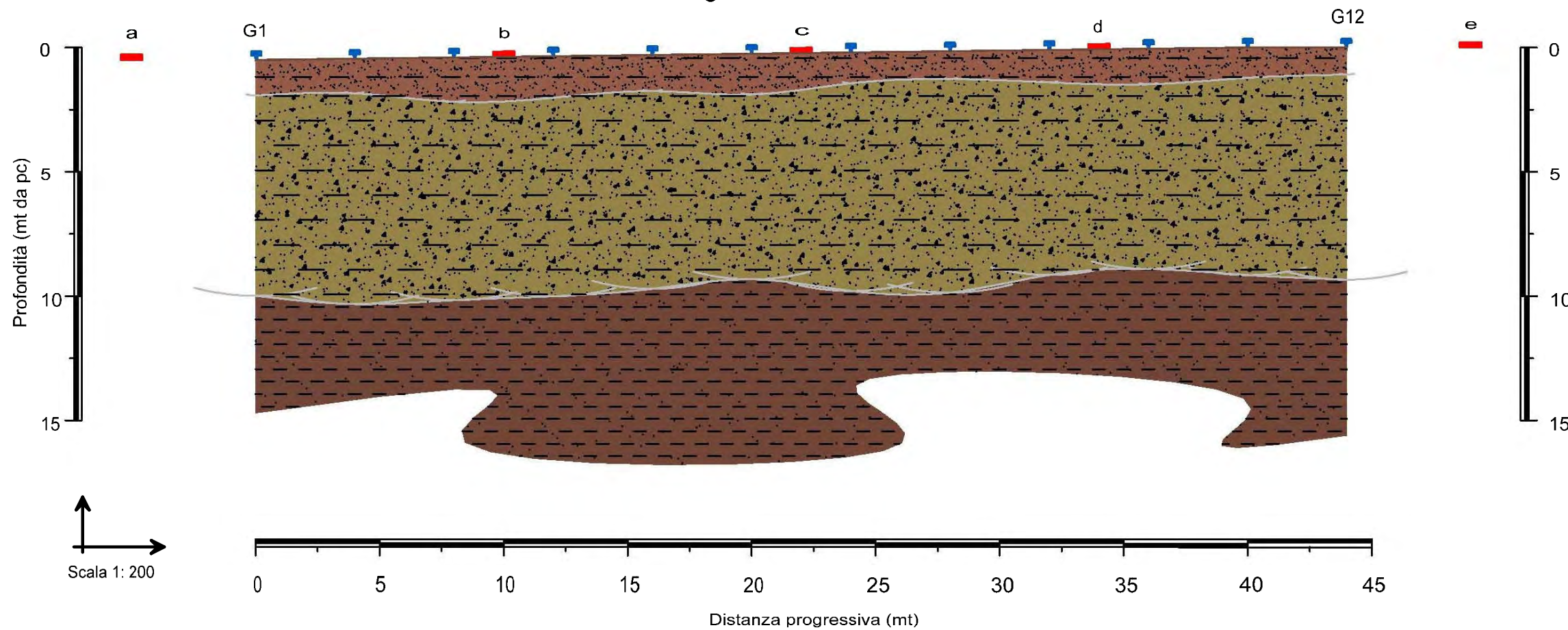





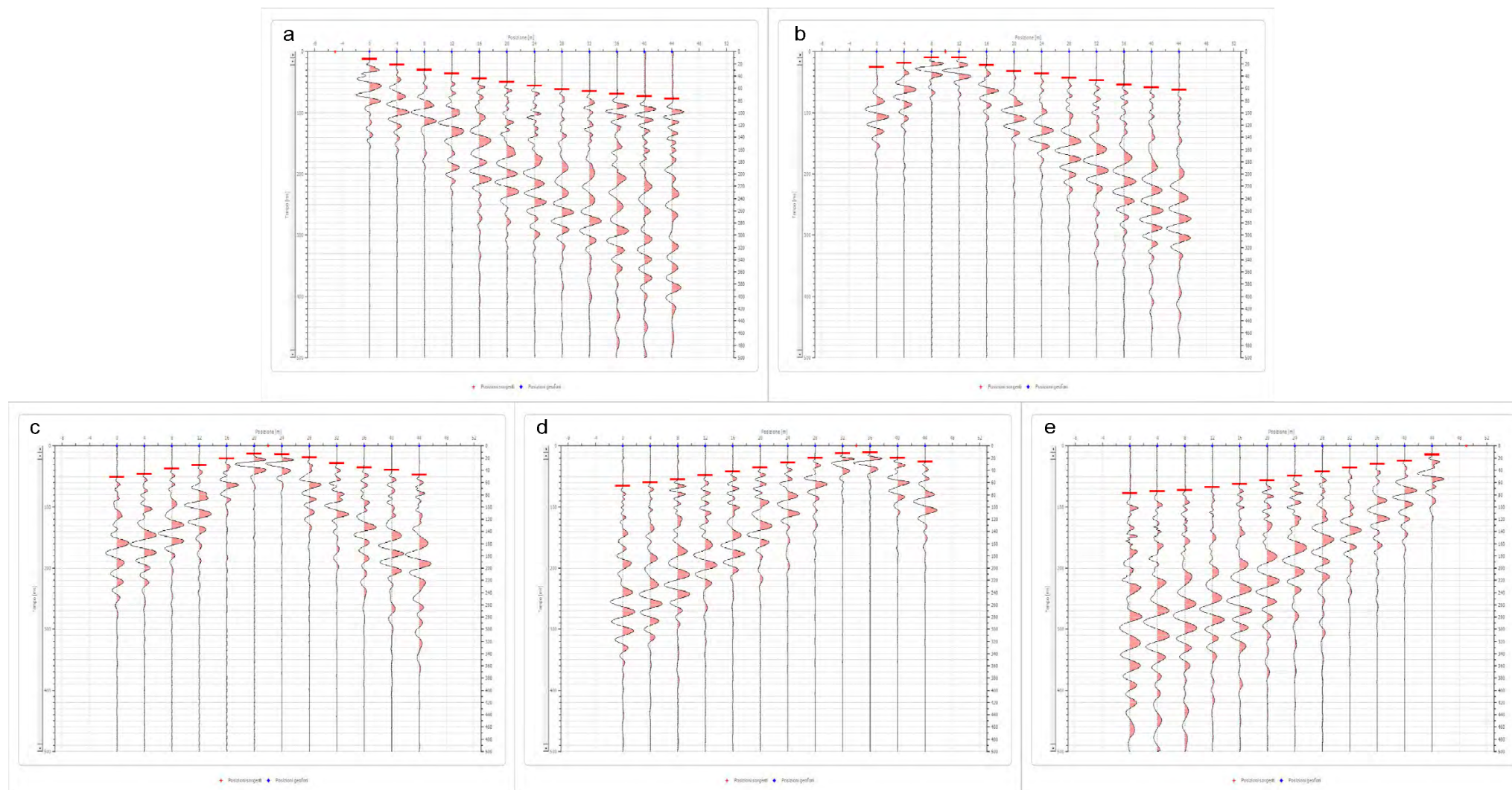


Tavola A. 2
"Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"
Stendimento ST10

Legenda

-  Terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limosa debolmente ciottoloso poco consistente
 $V_p = 295$ m/sec
-  Deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa mediamente consistente
 $V_p = 608$ m/sec
-  Deposito di natura limoso-sabbiosa, consistente
 $V_p = 1017$ m/sec
-  Geofono
-  a Punto di energizzazione

Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi



Sezione Stratigrafica - Stendimento ST11 - Onde P

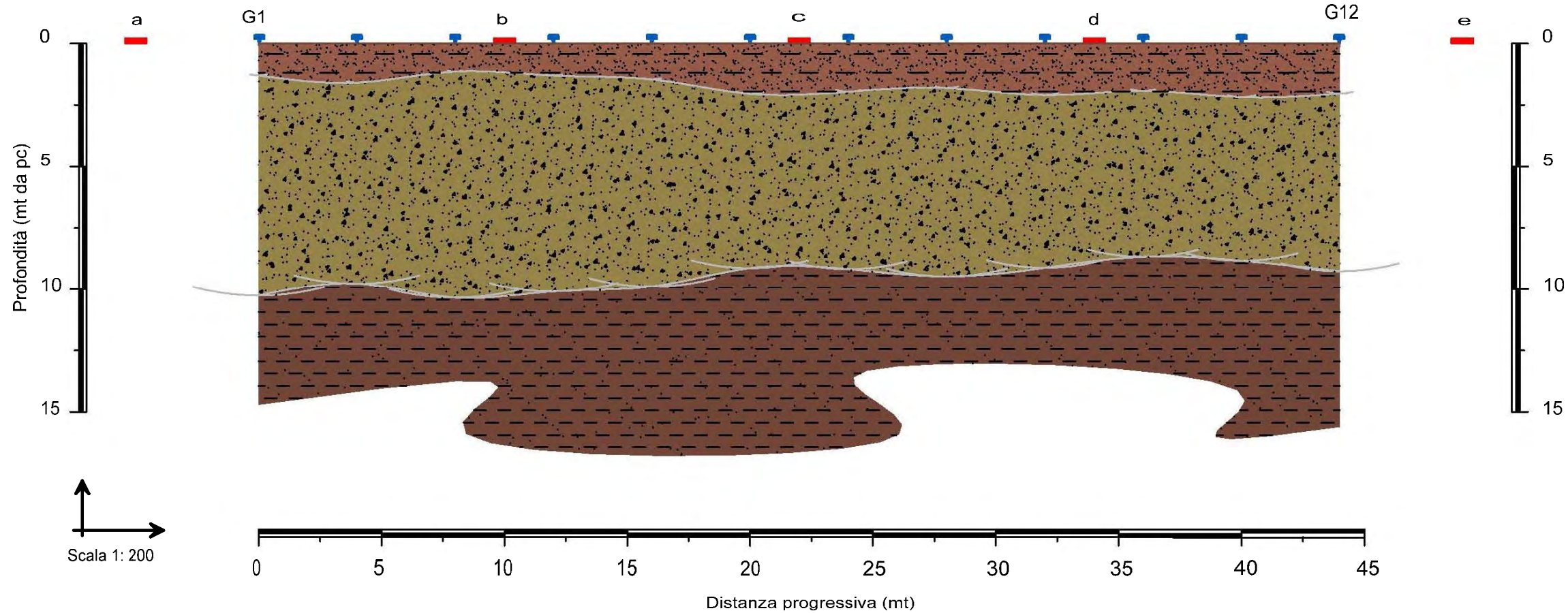


Tavola A. 2
"Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P"
Stendimento ST11

Legenda

-  Terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-limosa debolmente ciottoloso moderatamente consistente $V_p = 408$ m/sec
-  Deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa ben consistente $V_p = 1019$ m/sec
-  Deposito di natura limoso-sabbiosa, molto consistente $V_p = 1970$ m/sec
-  Geofono
-  Punto di energizzazione

Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi

