

REGIONE BASILICATA

COMUNE di TRECCHINA
(Provincia di POTENZA)

Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce
Rivello-Colla Maratea, mediante ammodernamento e messa in sicurezza
del percorso stradale esistente della SP 3

STUDIO GEOLOGICO

ELAB:	COMMITTENTE	ESEGUITO		DATA
	Provincia di POTENZA	Studio di Geologia e Geolngegneria Dr. Geol. Antonio DE CARLO		Giugno 2014
ALLEGATO	<div>GEO</div> <div>Indagini sismiche</div>			
2				
REVISIONI				
DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

I COLLABORATORI
Dr. Bartolo ROMANIELLO

IL GEOLOGO
Dr. Antonio DE CARLO



Studio di Geologia e Geolngegneria

Viale del Seminario Maggiore, 35 -85100 Potenza-

Tel./fax.: 0971.1800373; cell.: (+39).348.3017593; e-mail: studiogeopotenza@libero.it



REGIONE BASILICATA COMUNE DI TRECCHINA

PROVINCIA DI POTENZA



Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento
Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e
messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3

INDAGINI GEOFISICHE

DATA: Aprile 2014

Studio di Geologia Tecnica & Geofisica – Dr. Bartolo Romaniello

Tel. +39 393 5650705
Fax +39 178 2718757

Via Sardegna,3
85100 Potenza

P. IVA 01785040765
email: bartoloromaniello@tiscali.it

INDICE ANALITICO

1.	PREMESSA.....	2
2.	GENERALITÀ SULLE PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE	3
	2.1 Possibilità' e limiti del metodo sismico a rifrazione	4
	2.2 Attrezzatura e metodologia utilizzata.....	5
3.	PROSPEZIONE SISMICA DI TIPO MASW	7
	3.1 Generalità	7
	3.2. Attrezzatura e metodologia utilizzata	8
	3.3. Processo di elaborazione dati.....	8
4.	ELABORAZIONE DATI E INTERPRETAZIONE.....	9
	4.1 AREALE N° 1	9
	4.1.1 Profilo sismico SR1	9
	4.1.2 Prospezione sismica MASW 1.....	13
	4.2 AREALE N° 2.....	17
	4.2.1 Profilo sismico SR2	17
	4.2.2 Prospezione sismica MASW 2.....	22
	4.3 AREALE N° 3.....	26
	4.3.1 Profilo sismico SR3	26
	4.3.2 Profilo sismico SR4	29
	4.3.3 Profilo sismico SR5	32
	4.3.4 Prospezione sismica MASW 3.....	36
	4.4 AREALE N° 4.....	40
	4.4.1 Profilo sismico SR6	40
	4.4.2 Prospezione sismica MASW 4.....	43
5.	RAPPORTO FOTOGRAFICO	47
6.	UBICAZIONE INDAGINI	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

1. PREMESSA

La presente relazione illustra e sintetizza i risultati di una campagna di indagini geofisiche costituita da n.° 6 prospezioni sismiche a rifrazione in onde P e da n.° 4 prospezioni sismiche attive MASW, eseguite in agro di Trecchina (PZ) a corredo dello “Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3” su committenza dell’Impresa Geovertical di Labanca Giuseppe.

In particolare sono state eseguite:

- n° 6 prospezioni sismiche a rifrazione in onda P denominate con la sigla progressiva da SR1 a SR6 della lunghezza variabile da 80 a 120 m;
- n° 4 prospezioni sismiche MASW denominate con la sigla progressiva da MASW1 a MASW4 tutte della lunghezza di 60 m.

L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare il profilo sismostratigrafico, relativo all'area di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche nonché di effettuare la caratterizzazione sismica del sottosuolo in accordo con quanto previsto dal D.M. 14/01/2008.

Le indagini geofisiche sono state svolte in corrispondenza degli areali dei principali movimenti franosi individuati, in modo da ricostruire, contestualmente alle risultanze emerse da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo) la geometria e la profondità delle superfici di scivolamento. La tabella successiva, riassume in forma sintetica, le indagini geofisiche eseguite per ciascun areale individuato, etichettato per comodità di lettura con un numero progressivo procedendo da monte verso valle, così come meglio indicato nella planimetria di seguito riportata:

PROSPEZIONI GEOFISICHE			
Progressiva chilometrica	Indagine eseguita	Lunghezza base sismica	Tipo Onde Sismiche
Km 15+000	Sismica a rifrazione SR1	120 m	P
	MASW 1	60 m	S
Km 15+500	Sismica a rifrazione SR2	120 m	P
	MASW 2	60 m	S
Km 13+700 Km 12+950	Sismica a rifrazione SR3	110 m	P
	MASW 3	60 m	S
	Sismica a rifrazione SR4	120 m	P
	Sismica a rifrazione SR5	105 m	P
Areale n° 4	Sismica a rifrazione SR6	70 m	P
	MASW 4	60	S

2. GENERALITÀ SULLE PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Le indagini sismiche a rifrazione si basano sulla misurazione del tempo necessario perché la perturbazione elastica causata nel terreno da una sorgente di energia pervenga a una serie di strumentazioni di ricezione (geofoni) dopo aver percorso uno strato superficiale di terreno (onde dirette) e superfici di separazione fra strati a velocità crescente verso il basso (mediante onde rifratte).

Le apparecchiature di misurazione, di solito in numero di 12 o 24, sono spaziate regolarmente lungo un allineamento; viene registrato il tempo di arrivo delle onde ad ogni geofono, a costituire un diagramma, detto sismogramma. Il sismogramma registra:

- le onde dirette: che rappresentano la perturbazione che attraversando solo il primo strato va al geofono dalla sorgente di energia;
- le onde riflesse: che vengono riflesse dalle superfici di discontinuità;
- le onde rifratte: date dal raggio che subisce la rifrazione totale e percorre la superficie di discontinuità a velocità pari a quella dello strato più veloce. L'angolo critico di incidenza dipende dal rapporto delle velocità di propagazione delle onde sismiche nei due materiali, secondo la Legge di Snell:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1}{V_2}$$

Si ha l'angolo critico quando $\sin \alpha = V_1/V_2$, cioè $\beta = 90^\circ$.

Le spezzate diagrammate in un sistema di riferimento tempi/distanze relativamente ai tempi di primo arrivo sono le dromocrone. In ogni dromocrona si hanno punti che possono essere relativi alle onde dirette e alle onde rifratte.

I primi tempi di arrivo sono quelli relativi ai raggi diretti attraverso il primo strato e la pendenza della linea che passa per tali punti è il reciproco della velocità di questo strato.

A partire da una certa distanza dal punto di energizzazione (detta distanza critica) il tempo impiegato per arrivare al geofono dai raggi che percorrono il tetto dello strato sottostante (più veloce) risulta inferiore a quello degli arrivi diretti. I punti relativi a questi arrivi si allineeranno secondo una retta avente la pendenza di $1/V_2$, e così via per gli strati inferiori.

Il tempo che corrisponde all'intersezione di ciascun segmento di retta con l'asse dei tempi è detto tempo intercetto. Questo valore, come quello della distanza critica, dipendono direttamente dalla velocità dei materiali e dallo spessore degli strati, e possono quindi essere utilizzati per determinare le profondità dei tetti degli strati stessi.

In sostanza, una volta determinate le varie velocità, vi sono infatti due metodi per determinare le profondità dei vari strati sotto i punti di energizzazione: il metodo dell'intercetta e quello della distanza critica.

Una volta note queste entità è poi possibile calcolare la profondità dei vari strati in corrispondenza di ogni geofono; con il metodo ABC (delay times) o con il GRM (Generalized Reciprocal Method).

2.1 Possibilità e limiti del metodo sismico a rifrazione

Come è noto, le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (onde S o "di taglio") per determinare spessori e andamenti dei livelli presenti.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa in un range piuttosto ampio; per lo stesso litotipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali, per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponde con la reale situazione geologico-stratigrafica.

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

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

a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;

- analogamente, incrementi graduali di velocità con la profondità danno origine a dromocrone che consentono più schemi interpretativi.

Per contro i moderni metodi di elaborazione del dato sismico consentono di ricostruire la morfologia sepolta di più rifrattori sovrapposti, variamente accidentati e con velocità variabili lungo il profilo, anche in presenza di morfologia di superficie non piane.

2.2 Attrezzatura e metodologia utilizzata

La strumentazione utilizzata è il sismografo a 25 canali SoilSpy Rosina della Micromed® S.P.A. dalle seguenti caratteristiche tecniche: campionamento 89 kHz per canale in modo continuo; conversione a/d 25 bit a 128 Hz; frequenze di output (fs) 256, 512, 1.024, 2.048, 4.096, 8.192, 16.384, 32.768 Hz; durata registrazione continua - nessun limite per fs < 2.048 Hz; dinamica 142 db; banda dc - 360 Hz; visualizzazione continua in tempo reale (per fs < 2.048 Hz).

L'attrezzatura è completata da n° 25 geofoni verticali e n° 25 geofoni orizzontali "Geospace" con frequenza propria di 4,5 Hz, fucile sismico armato con cartucce industriali calibro 8 a carica ridotta o massa battente del peso di 10 Kg su piastra in alluminio.

Per l'interpretazione dei dati è stato utilizzato il software Winsism 11.0 della W_Geosoft, in grado di convertire i dati acquisiti in formato SU (seismic unix) ed operare direttamente su tali tracce per la definizione dei tempi di primo arrivo ed il successivo tracciamento delle dromocrone.

L'interpretazione dei dati è stata effettuata con il metodo del Delay Time (ABC), che consente di determinare la profondità al di sotto di ogni geofono attraverso l'analisi delle velocità e degli spessori degli strati, individuandone le variazioni laterali nell'elaborazione di un modello interpretativo.

Dal modello ottenuto è stata effettuata l'inversione tomografica utilizzando il software RAYFRAC[®] della Intelligent Resources Inc., formulato per consentire l'elaborazione di dati ottenuti con prospezioni sismiche eseguite in superficie, sia onde P che S, per scopi geotecnico-ingegneristici, ambientali e per l'esplorazione nel campo delle georisorse.

RAYFRAC[®] consente sia la ricostruzione della geometria dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale, che la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche, soprattutto nel caso di strutture profonde. Tali tecniche consistono in due metodi, quello di inversione DELTA T-v, mediante il quale si ottengono dei profili 1D "profondità-velocità" dai

dati di dromocrone e il metodo di inversione 2D, WET, mediante il quale si ottimizzano i modelli di velocità ottenuti con il metodo DELTA t-V. Inoltre le release più recenti di RAYFRACT® sono supportate dal software SURFER™ 9 mediante il quale è stato eseguito il gridding, l'imaging ed il contouring dei suddetti modelli di velocità.

Gli stendimenti sismici impiegati presentano le seguenti caratteristiche:

SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P				
STENDIMENTO SISMICO	N° Canali	Distanza intergeofonica	Lunghezza base sismica	Tipo Onde Sismiche
SR1	24	5	120 m	P
SR2	24	5	120 m	P
SR3	22	5	110 m	P
SR4	24	5	120 m	P
SR5	21	5	105 m	P
SR6	14	5	70 m	P

3. PROSPEZIONE SISMICA DI TIPO MASW

Le n°4 prospezioni sismiche attive MASW, denominate con il progressivo da MASW01 a MASW04 sono state eseguite in corrispondenza di ogni movimento franoso individuato utilizzando 24 geofoni equidistanziati da una spaziatura di 2,5 m. Lo scopo dell'indagine MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), è stato quello di definire il profilo verticale della V_s (velocità di propagazione delle onde di taglio) e di classificare i terreni sulla base del valore della V_{s30} (il valore medio della V_s nei primi 30 m di profondità).

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (D.M. 14.01.2008).

3.1 Generalità

MASW è l'acronimo di Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie). Ciò indica che il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie.

La MASW classica/standard consiste nella registrazione della propagazione di una classe di onde di superficie (specificatamente delle onde di Rayleigh). Più in dettaglio, le onde di Rayleigh vengono generate da una sorgente ad impatto verticale (in genere mediante massa battente del peso di 10 Kg su piastra in alluminio) o da un cannoncino sismico e vengono poi registrate tramite geofoni a componente verticale a frequenza propria di 4.5Hz.

Più specificatamente si analizza la dispersione delle onde di superficie sapendo che frequenze diverse – e quindi lunghezze d'onda diverse -viaggiano a velocità diversa. Il principio di base quindi è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè della perturbazione sismica che si propaga) viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

In particolare, le lunghezze d'onda più ampie (cioè le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda (in altre termini "sentono" gli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale.

Poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse (delle onde di superficie) viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte.

3.2. Attrezzatura e metodologia utilizzata

La strumentazione utilizzata è il sismografo SoilSpy Rosina della Micromed® S.P.A. dalle seguenti caratteristiche tecniche: campionamento 89 kHz per canale in modo continuo; conversione a/d 25 bit a 128 Hz; frequenze di output (fs) 256, 512, 1.024, 2.048, 4.096, 8.192, 16.384, 32.768 Hz; durata registrazione continua - nessun limite per fs < 2.048 Hz; dinamica 142 db; banda dc - 360 Hz; visualizzazione continua in tempo reale (per fs < 2.048 Hz).

L'attrezzatura è completata da due cavi sismici a 12 takes out spaziatissimi di 10 m, con connettore cannon, montato su bobina, geofoni verticali "Geospace" con frequenza propria di 4,5 Hz, geofono trigger avente funzione di interruttore starter, cavo trigger montato su bobina e fucile sismico armato con cartucce industriali calibro 8 a carica ridotta o massa battente del peso di 10 Kg su piastra in alluminio.

3.3. Processo di elaborazione dati

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Dallo spettro bidimensionale ottenuto dalle registrazioni è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple). Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

Per l'interpretazione dei dati è stato utilizzato il software *WinMasw Pro 4.4.8* della *Eliosoft*. I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (.sgy format file).

L'elaborazione delle tracce, acquisite lungo i profili adottati, è riportata nelle pagine seguenti.

4. ELABORAZIONE DATI E INTERPRETAZIONE

4.1 AREALE N° 1

4.1.1 Profilo sismico SR1

Il profilo sismico, denominato SR1, è stato realizzato nell'area di interesse così come indicato nella planimetria di seguito riportata, con l'intento di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo ed individuare lo spessore di ogni singolo sismostrato.

Lo stendimento sismico impiegato presenta le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- distanza tra i geofoni: 5,0 m
- n. shots: 9, di cui:
 - shot 1 in corrispondenza del geofono G1 (coord. = 0,0 m)
 - shot 2 in corrispondenza del geofono G3 (coord. = 15,0 m)
 - shot 3 in corrispondenza del geofono G6 (coord. = 30,0 m)
 - shot 4 in corrispondenza del geofono G9 (coord. = 45,0 m)
 - shot 5 in corrispondenza del geofono G12 (coord. = 60,0 m)
 - shot 6 in corrispondenza del geofono G15 (coord. = 75,0 m)
 - shot 7 in corrispondenza del geofono G18 (coord. = 90,0 m)
 - shot 8 in corrispondenza del geofono G21 (coord. = 105,0 m)
 - shot 9 in corrispondenza del geofono G24 (coord. = 120,0 m)

La **Sismosezion SR1, eseguita in onde P** (l. 120 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 3,6 a 7,4 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 500 e 1100 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore variabile da 6,2 a 16,8 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1100 - 1800 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un terzo sismostrato a profondità variabile da 14,3 a 19,4 m dal p.c fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 30 m, caratterizzato da una velocità V_P maggiore di 2000 - 3000 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

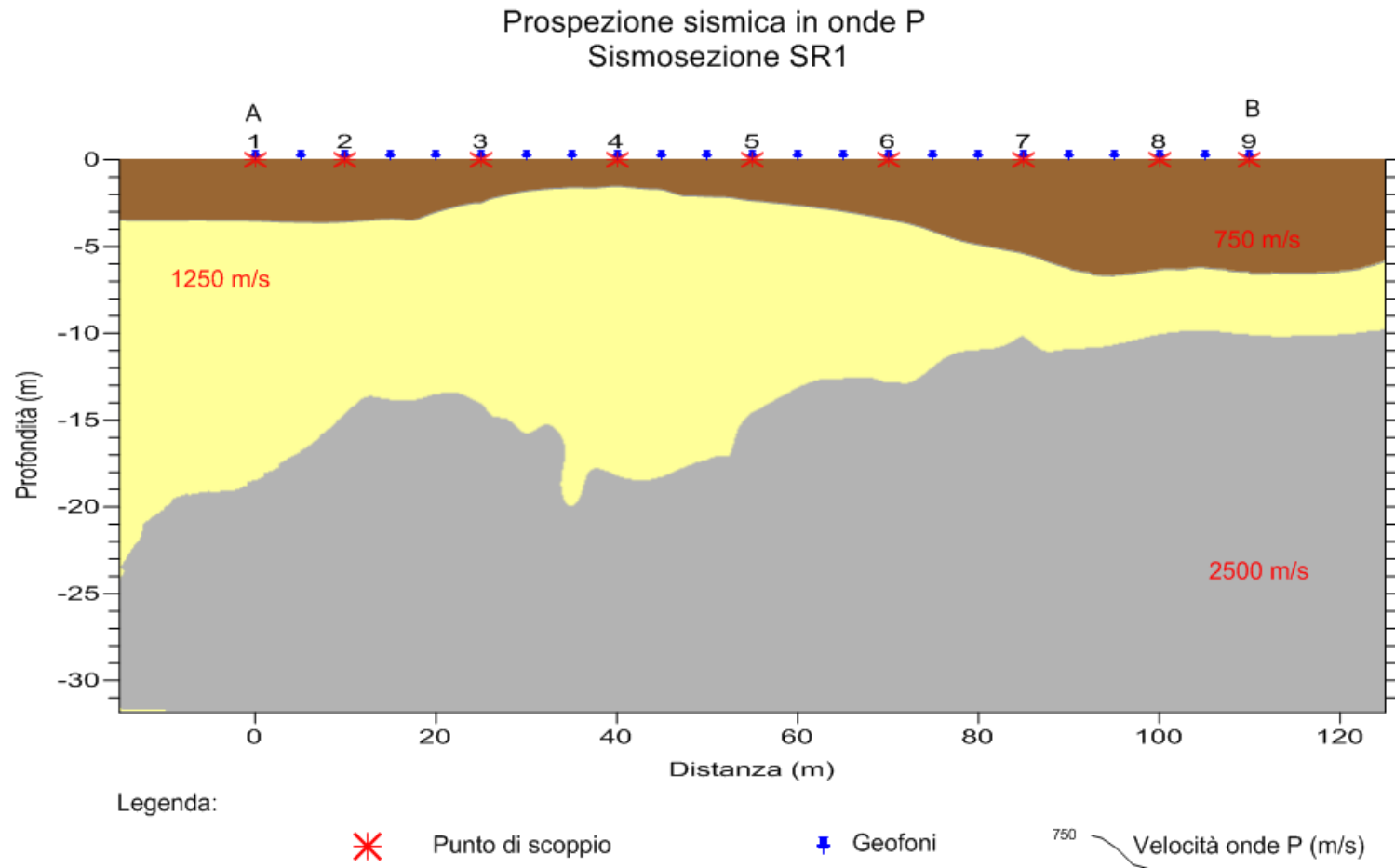
- Indagini geofisiche -

"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"



COORDINATE (UTM WGS84 33N) : A 567125 m E ; 4431576 m N - B 567001 m E ; 4431592 m N

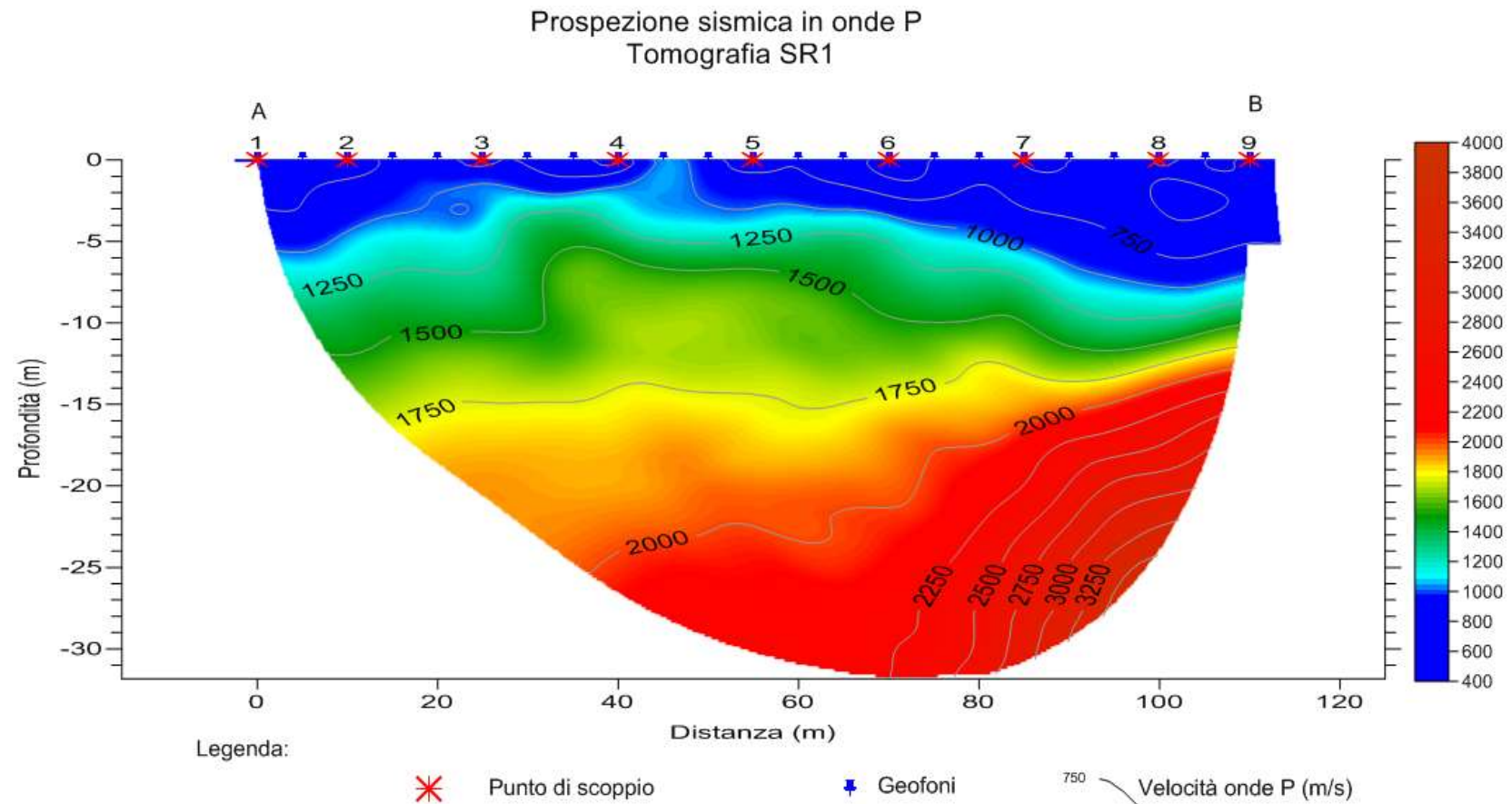
- Indagini geofisiche -

"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del
percorso stradale esistente della S.P.3"



COORDINATE (UTM WGS84 33N) : A 567125 m E ; 4431576 m N - B 567001 m E ; 4431592 m N

- Indagini geofisiche -

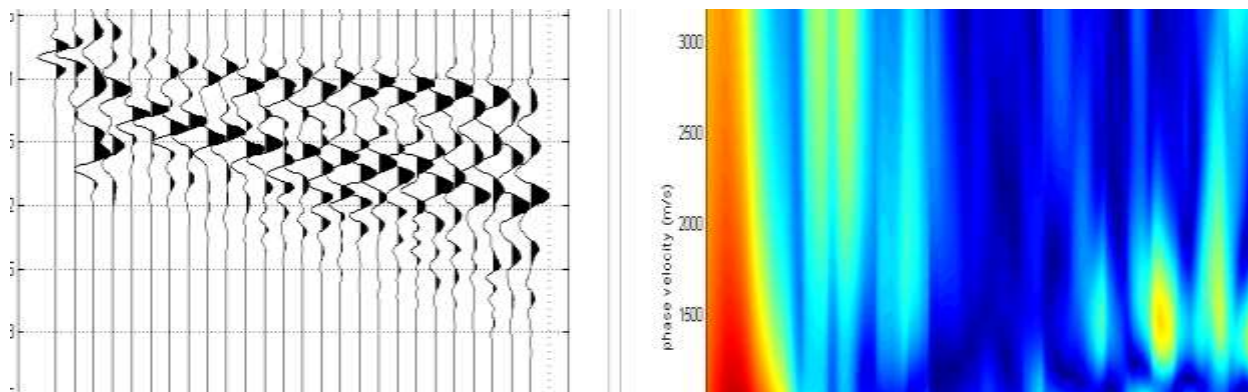
“Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3”

Ubicazione indagini movimento franoso al km 15+000

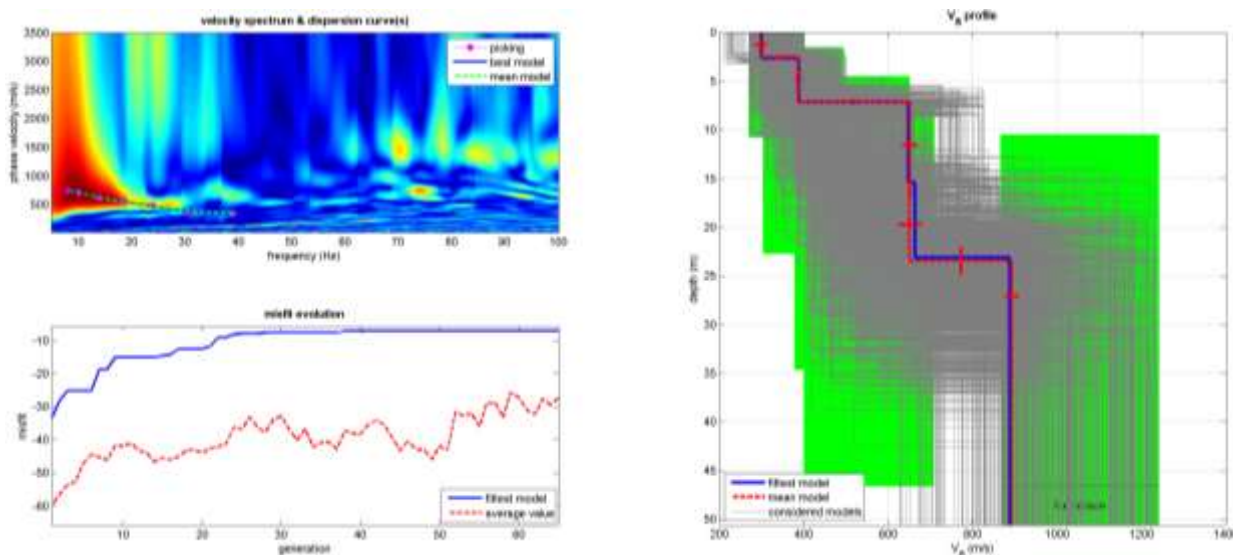


4.1.2 Prospezione sismica MASW 1

Di seguito i dati di campagna acquisiti e lo spettro di velocità calcolato.

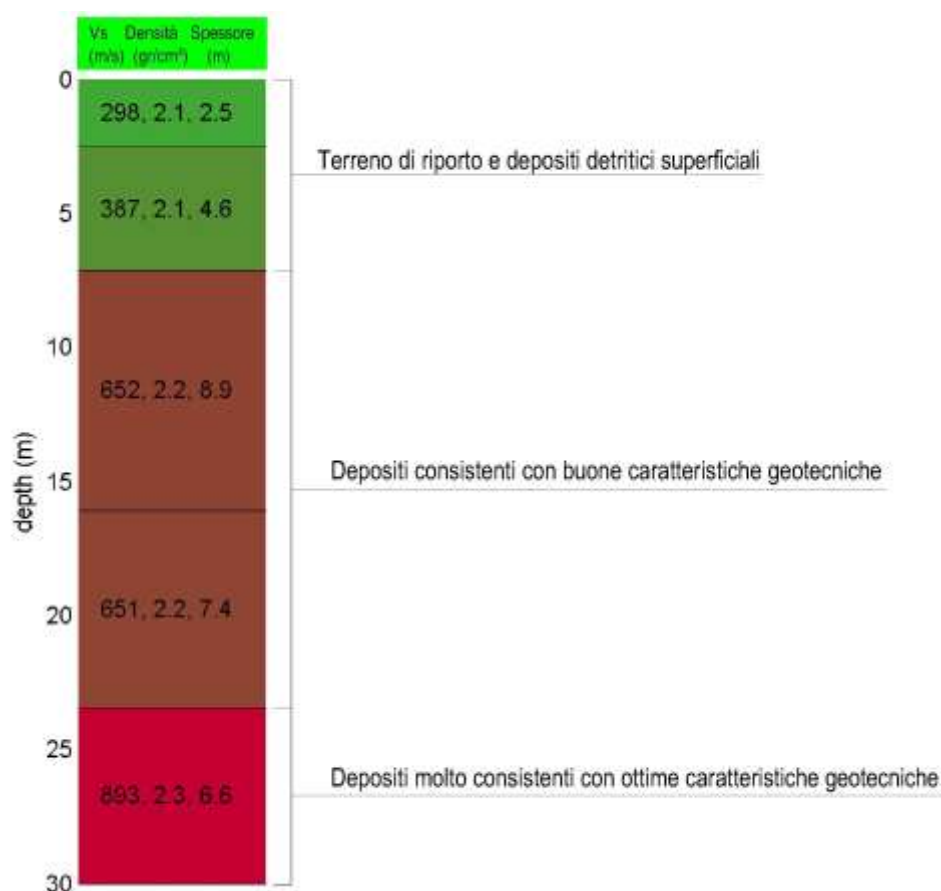


Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato. In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una **Vs₃₀ di 569 m/s** a partire dal p.c.

Spessore (m)	Vs (m/s) e deviazioni standard
2.5	298 ± 5
4.6	387 ± 7
8.9	652 ± 12
7.4	651 ± 16
semi-spazio	893 ± 28



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato ha uno spessore di 7,1 m, con velocità delle onde S comprese tra 298 e 387 m/s, ed è riferibile a terreno di riporto del rilevato stradale e depositi detritici superficiali maggiormente alterati e decompressi;

- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di 16,3 m con velocità V_s di 652 m/s e corrisponde a depositi consistenti con buone caratteristiche geotecniche;
- Segue, a profondità maggiori di 23,4 m e fino alla profondità di investigazione di oltre 30 m dal p.c., un terzo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde S di 893 m/s riferibile a depositi molto consistenti (bedrock sismico) caratterizzati da ottime caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_p (m/s) misurate con la prospezione sismica a rifrazione e dalla velocità delle onde V_s (m/s) misurate con la prospezione sismica MASW, adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) rappresentativo dei litotipi presenti in sito è possibile inoltre calcolare, attraverso relazioni empiriche, i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

- Modulo di taglio dinamico (G_0)

E' definito dalla seguente equazione:

$$G_0 = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

E' definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\mu) \cdot (1-2\mu)] / (1-\mu)$$

Con μ =coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica (Bulk Modulus)

E' definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma [V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato									
Strato	Spessore	Vp m/s	Vs m/s	γ gr/cm ³	μ (-)	E _d Kg/cm ²	R T/m ² *s	G ₀ Kg/cm ²	K Kg/cm ²
I°	7.1	750	356	1.9	0.43	6874	676	2408	15789
II°	16.3	1750	651	2.1	0.38	23461	1302	8476	33699
III°	-	2500	893	2.2	0.43	50066	1965	17544	114108

Vp= velocità onde P(m/s); **Vs**= velocità onda S (m/s); **γ** = densità (g/cm³); **μ** = coeff. di Poisson; **E_d**= Modulo di Young dinamico (Kg/cm²); **R**= rigidità o impedenza sismica (T/m²*s); **G₀**=Modulo di taglio dinamico(Kg/cm²); **K**=Modulo di incompressibilità (Kg/cm²)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW 1) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro **V_{s30}**, risultato per il modello medio pari a **569 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Linea sismica	V _{s30} (m/sec)	Categoria di Suolo
MASW1	569	“B”

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

4.2 AREALE N° 2

4.2.1 Profilo sismico SR2

Il profilo sismico, denominato SR2, è stato realizzato nell'area di interesse così come indicato nella planimetria di seguito riportata, con l'intento di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo ed individuare lo spessore di ogni singolo sismostrato.

Lo stendimento sismico impiegato presenta le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- distanza tra i geofoni: 5,0 m
- n. shots: 7, di cui:
 - shot 1 in corrispondenza del geofono G1 (coord. = 0,0 m)
 - shot 2 in corrispondenza del geofono G4 (coord. = 20,0 m)
 - shot 3 in corrispondenza del geofono G8 (coord. = 40,0 m)
 - shot 4 in corrispondenza del geofono G12 (coord. = 60,0 m)
 - shot 5 in corrispondenza del geofono G16 (coord. = 80,0 m)
 - shot 6 in corrispondenza del geofono G20 (coord. = 100,0 m)
 - shot 7 in corrispondenza del geofono G24 (coord. = 120,0 m)

La **Sismosezione SR2, eseguita in onde P** (l. 120 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 2,3 a 5,2 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 500 e 1000 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore variabile da 2,7 a 5,6 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1000 - 1500 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un terzo sismostrato a profondità variabile da 5,2 a 9,5 m dal p.c fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 35 m, caratterizzato da una velocità V_P dai 2000 ai 3000 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

-

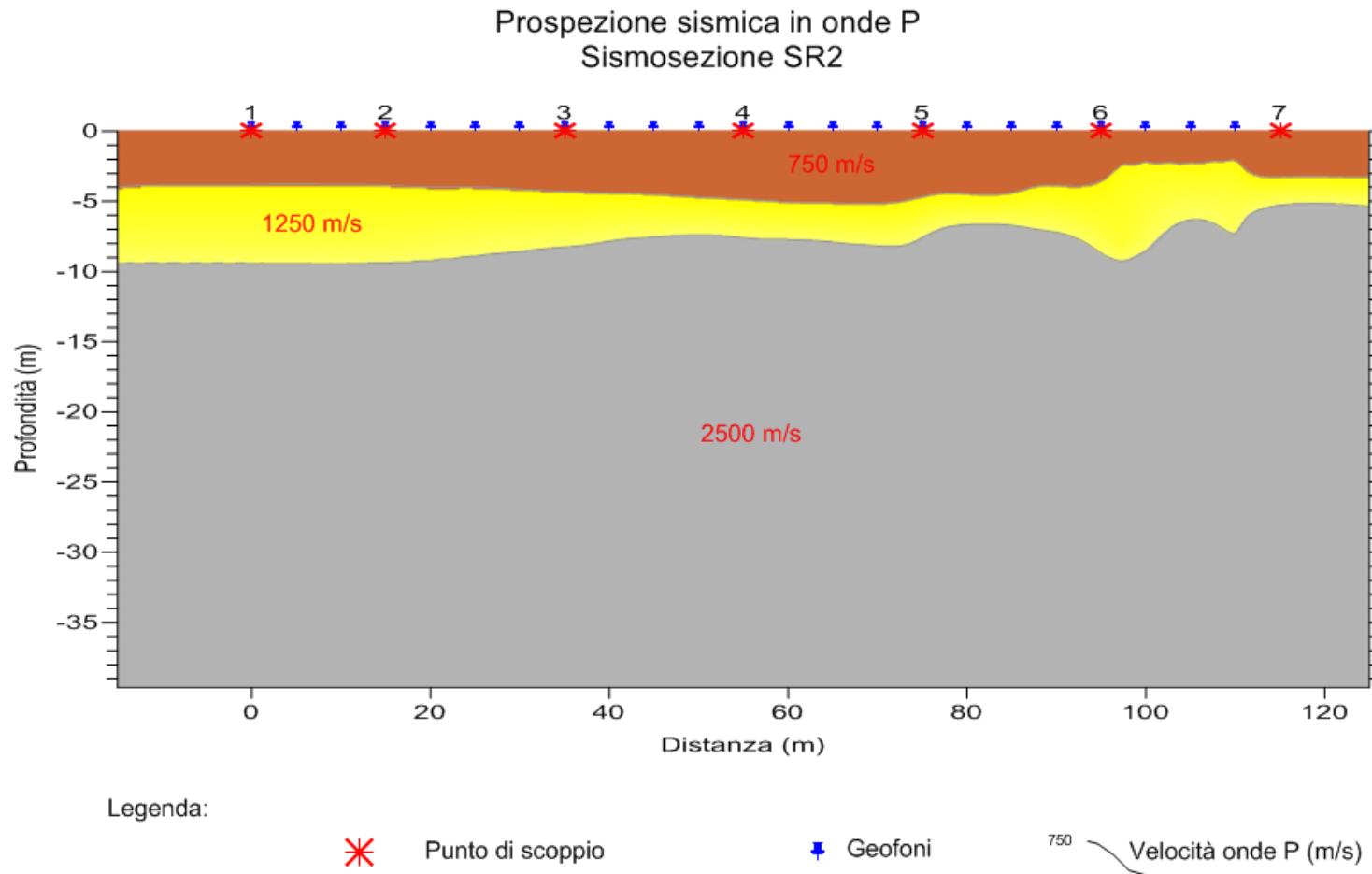
- Indagini geofisiche -

"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"



COORDINATE (UTM WGS84 33N) : A 566621 m E ; 4431870 m N - B 566685 m E ; 4431960 m N

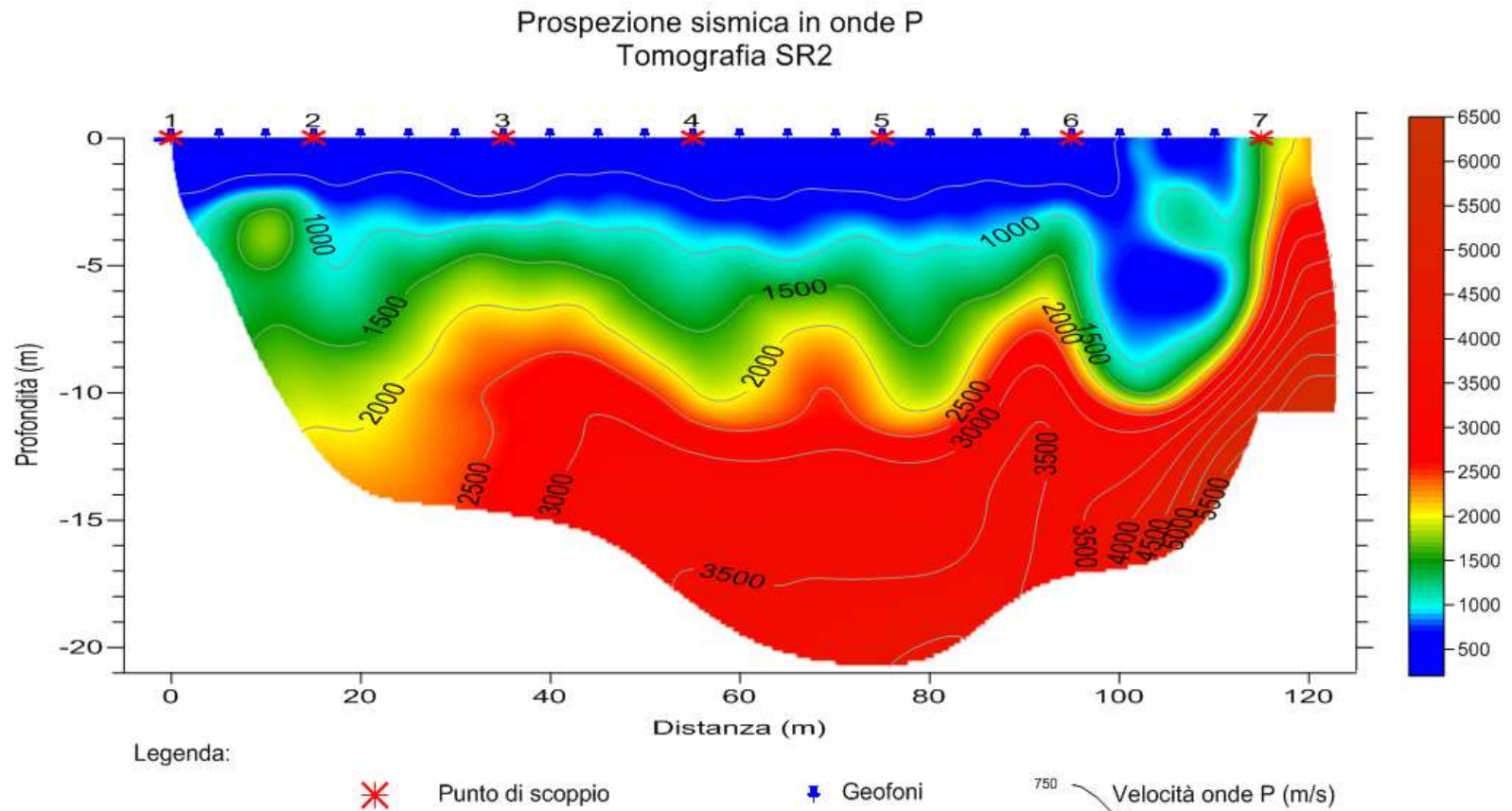
- Indagini geofisiche -

"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del
percorso stradale esistente della S.P.3"

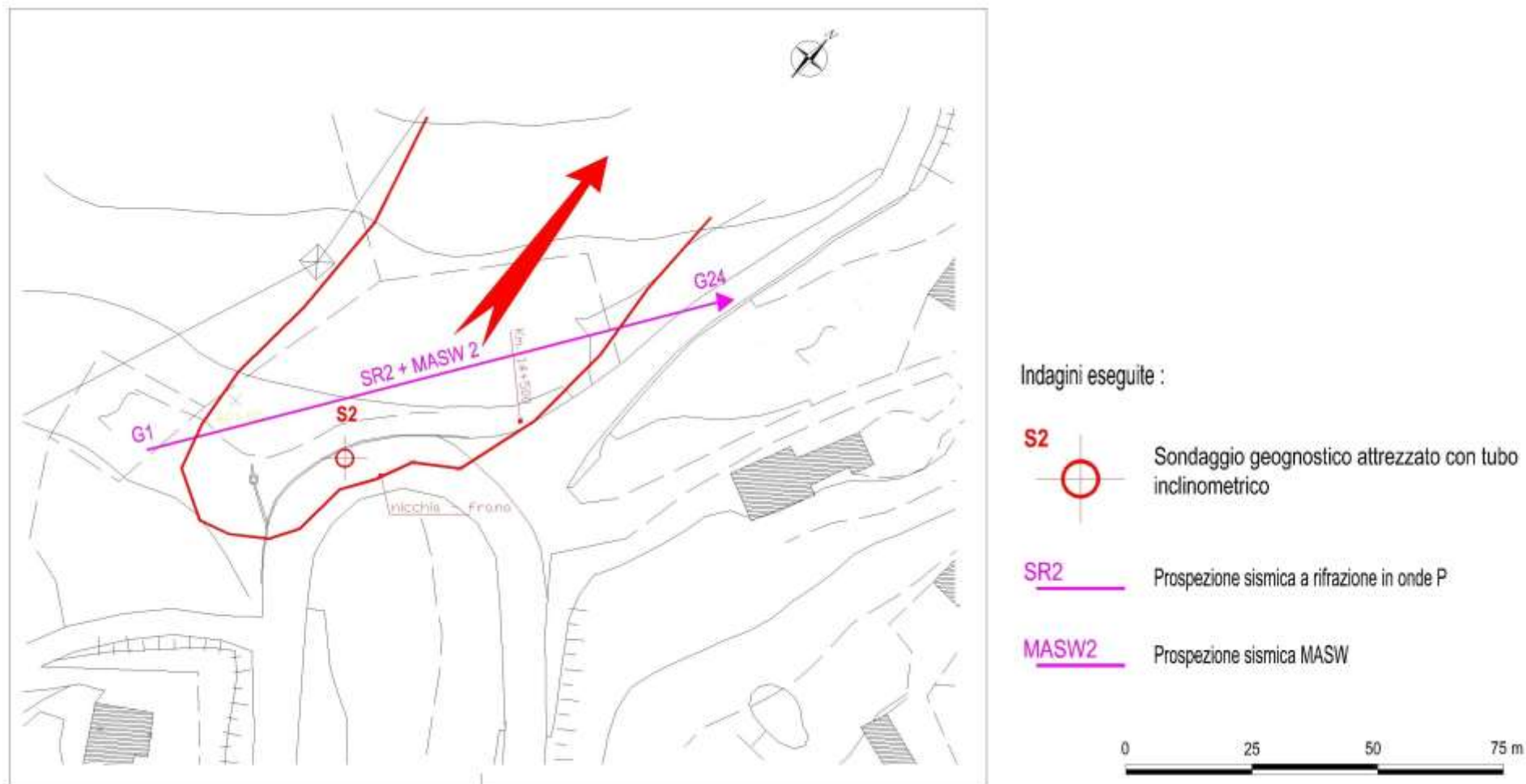


COORDINATE (UTM WGS84 33N) : A 566621 m E ; 4431870 m N - B 566685 m E ; 4431960 m N

- Indagini geofisiche -

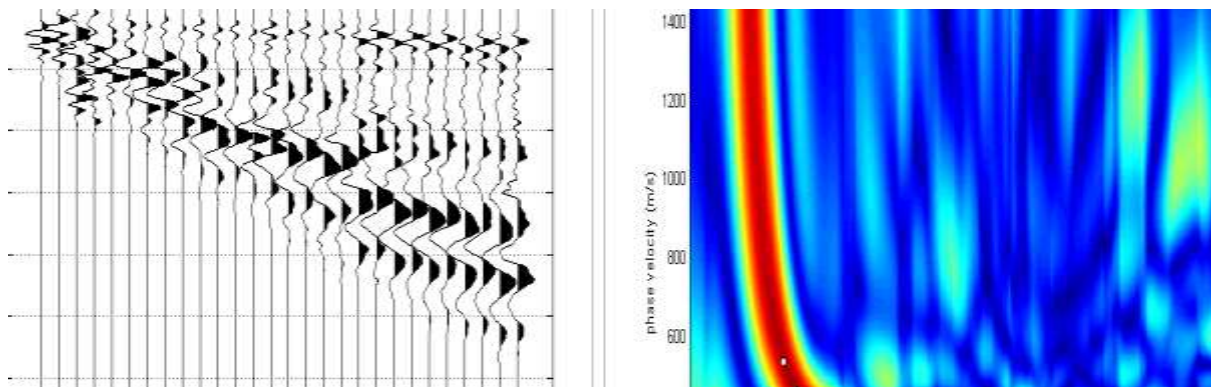
“Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3”

Ubicazione indagini movimento franoso al km 14+500

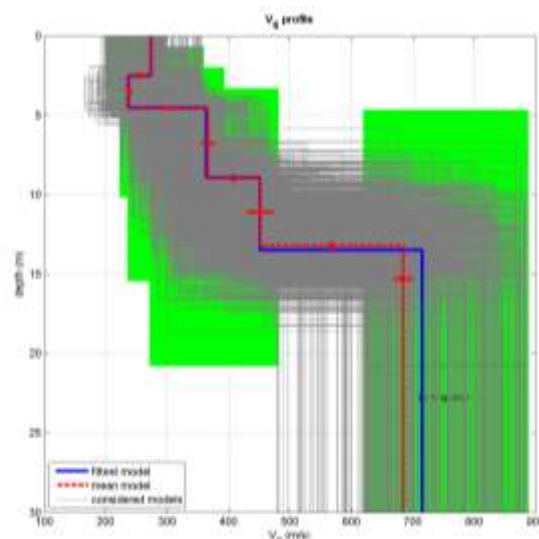
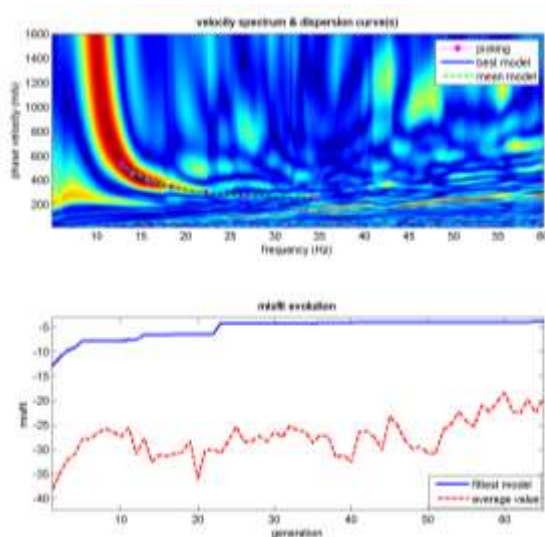


4.2.2 Prospezione sismica MASW 2

Di seguito i dati di campagna acquisiti e lo spettro di velocità calcolato.

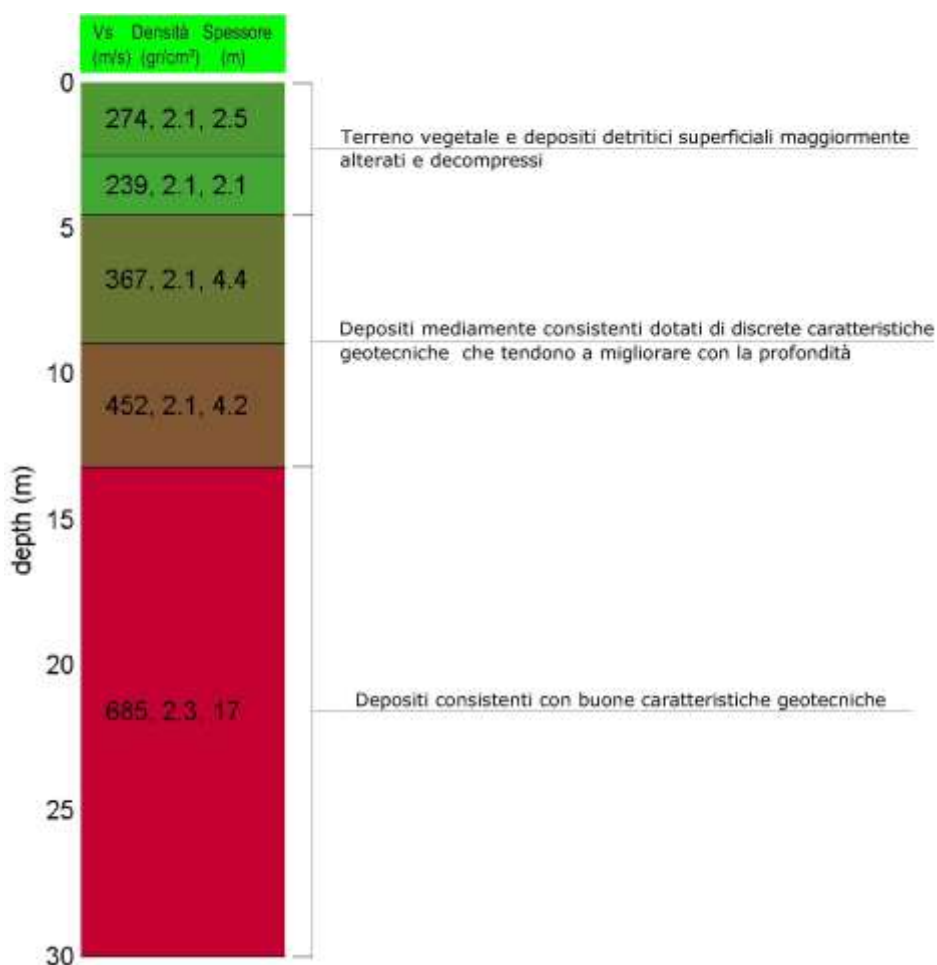


Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato. In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una **Vs₃₀ di 471 m/s** a partire dal p.c.

Spessore (m)	Vs (m/s) e deviazioni standard
2.5	274 ± 2
2.1	239 ± 4
4.4	367 ± 10
4.2	452 ± 15
semi-spazio	685 ± 22



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato ha uno spessore di 4,6 m, con velocità delle onde S comprese tra 274 e 239 m/s, ed è riferibile a terreno di vegetale e depositi detritici superficiali maggiormente alterati e decompressi;

- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di 8,6 m con velocità V_s comprese tra 367 e 452 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti con discrete caratteristiche geotecniche che tendono a migliorare gradualmente con la profondità;
- Segue, a profondità maggiori di 13,2 m e fino alla profondità di investigazione di oltre 30 m dal p.c., un terzo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde S di 685 m/s riferibile a depositi consistenti caratterizzati da buone caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_p (m/s) misurate con la prospezione sismica a rifrazione e dalla velocità delle onde V_s (m/s) misurate con la prospezione sismica MASW, adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) rappresentativo dei litotipi presenti in sito è possibile inoltre calcolare, attraverso relazioni empiriche, i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

- Modulo di taglio dinamico (G_0)

E' definito dalla seguente equazione:

$$G_0 = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

E' definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\mu) \cdot (1-2\mu)] / (1-\mu)$$

Con μ = coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica (Bulk Modulus)

E' definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma [V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato									
Strato	Spessore	Vp m/s	Vs m/s	γ gr/cm ³	μ (-)	E _d Kg/cm ²	R T/m ² *s	G ₀ Kg/cm ²	K Kg/cm ²
I°	4.6	750	258	1.9	0.43	3624	490	1265	9001
II°	8.6	1300	409	2.0	0.45	9669	818	3346	29339
III°	16.3	2500	685	2.2	0.46	30131	1507	10323	123736

Vp= velocità onde P(m/s); **Vs**= velocità onda S (m/s), **γ** = densità (g/cm³); **μ** = coeff. di Poisson; **E_d**= Modulo di Young dinamico (Kg/cm²); **R**= rigidità o impedenza sismica (T/m²*s); **G₀**=Modulo di taglio dinamico(Kg/cm²); **K**=Modulo di incompressibilità (Kg/cm²)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW 2) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro **V_{s30}**, risultato per il modello medio pari a **471 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Linea sismica	V _{s30} (m/sec)	Categoria di Suolo
MASW2	471	"B"

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N_{SPT30} > 50 nei terreni a grana grossa e cu₃₀> 250 kPa nei terreni a grana fina).

4.3 AREALE N° 3

4.3.1 Profilo sismico SR3

Il profilo sismico, denominato SR3, è stato realizzato nell'area di interesse così come indicato nella planimetria di seguito riportata, con l'intento di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo ed individuare lo spessore di ogni singolo sismostrato.

Lo stendimento sismico impiegato presenta le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 22
- distanza tra i geofoni: 5,0 m
- n. shots: 8, di cui:
 - shot 1 in corrispondenza del geofono G1 (coord. = 0,0 m)
 - shot 2 in corrispondenza del geofono G4 (coord. = 20,0 m)
 - shot 3 in corrispondenza del geofono G7 (coord. = 35,0 m)
 - shot 4 in corrispondenza del geofono G10 (coord. = 50,0 m)
 - shot 5 in corrispondenza del geofono G13 (coord. = 65,0 m)
 - shot 6 in corrispondenza del geofono G16 (coord. = 80,0 m)
 - shot 7 in corrispondenza del geofono G19 (coord. = 95,0 m)
 - shot 8 in corrispondenza del geofono G22 (coord. = 110,0 m)

La **Sismosezione SR3, eseguita in onde P** (l. 110 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 1,6 a 4,7 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 500 e 1000 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore variabile da 6,4 a 9,1 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1000 - 1600 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un terzo sismostrato a profondità variabile da 9,2 a 12,5 m dal p.c fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 35 m, caratterizzato da una velocità V_P maggiore di 2000 - 3000 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

-

- Indagini geofisiche -

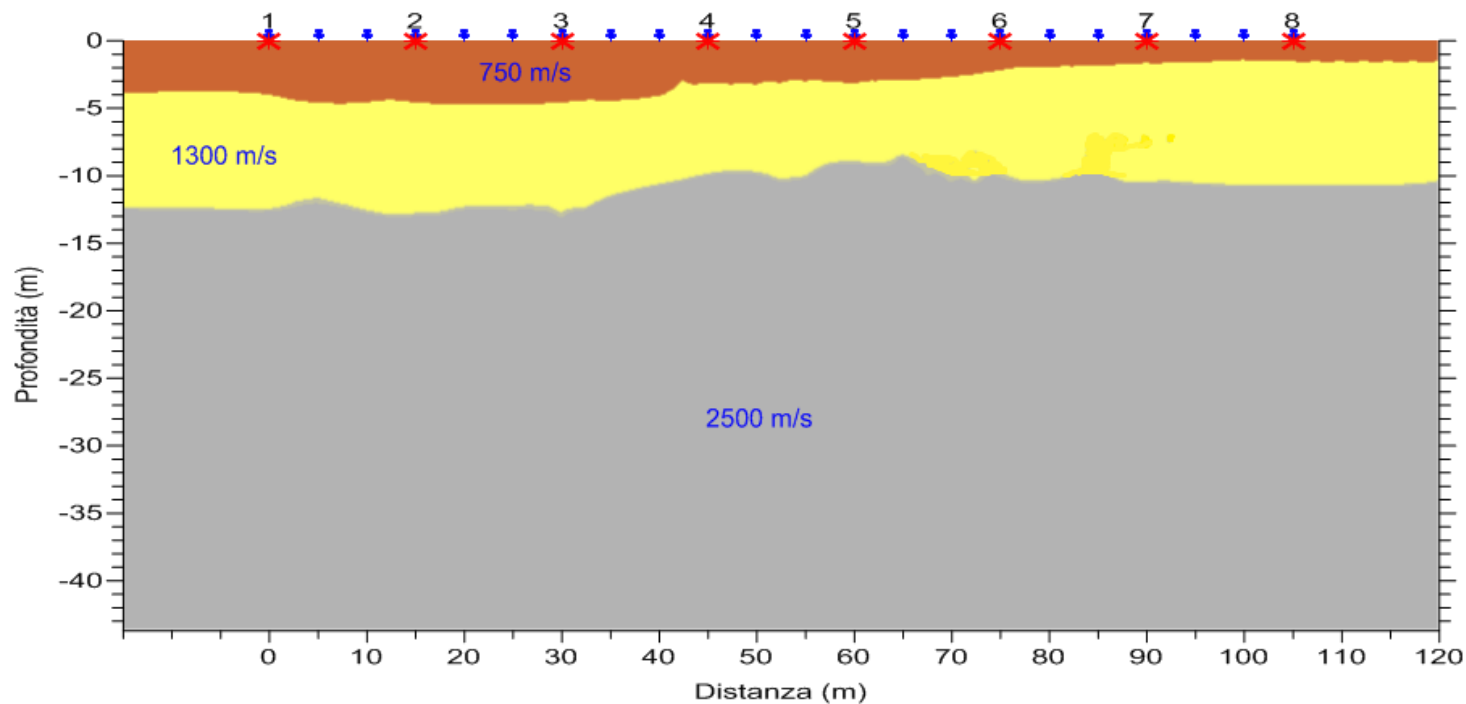
"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del
percorso stradale esistente della S.P.3"

Prospezione sismica in onde P
Sismosezione SR3



Legenda:



Punto di scoppio



Geofoni

750

Velocità onde P (m/s)

COORDINATE (UTM WGS84 33N) : A 567355 m E ; 4431630 m N - B 567295 m E ; 4431722 m N

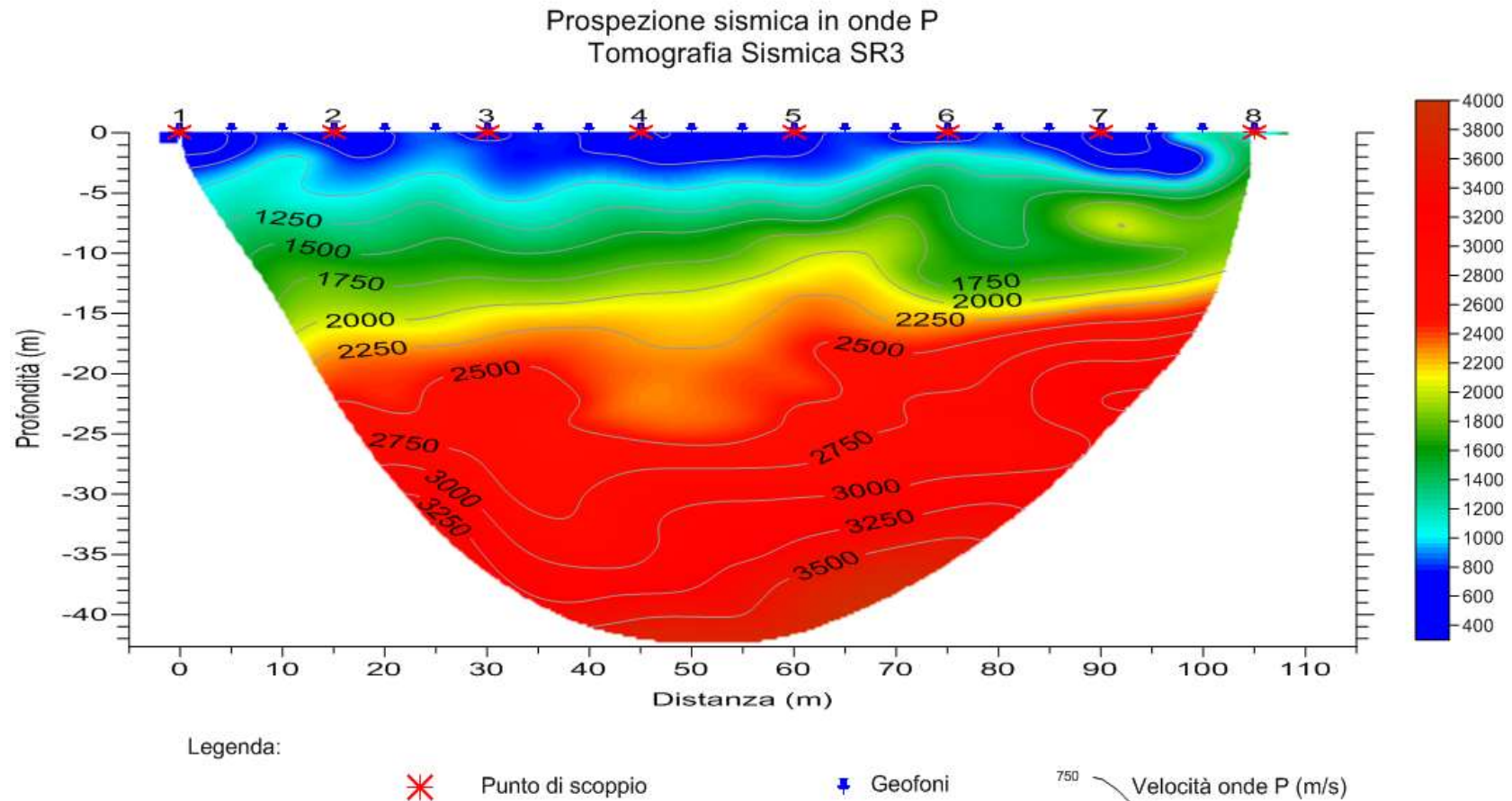
- Indagini geofisiche -

"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del
percorso stradale esistente della S.P.3"



COORDINATE (UTM WGS84 33N): A 567355 m E ; 4431630 m N - B 567295 m E ; 4431722 m N

4.3.2 Profilo sismico SR4

Il profilo sismico, denominato SR4, è stato realizzato nell'area di interesse così come indicato nella planimetria di seguito riportata, con l'intento di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo ed individuare lo spessore di ogni singolo sismostrato.

Lo stendimento sismico impiegato presenta le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- distanza tra i geofoni: 5,0 m
- n. shots: 9, di cui:
 - shot 1 in corrispondenza del geofono G1 (coord. = 0,0 m)
 - shot 2 in corrispondenza del geofono G3 (coord. = 10,0 m)
 - shot 3 in corrispondenza del geofono G6 (coord. = 30,0 m)
 - shot 4 in corrispondenza del geofono G9 (coord. = 45,0 m)
 - shot 5 in corrispondenza del geofono G12 (coord. = 60,0 m)
 - shot 6 in corrispondenza del geofono G15 (coord. = 75,0 m)
 - shot 7 in corrispondenza del geofono G18 (coord. = 90,0 m)
 - shot 8 in corrispondenza del geofono G21 (coord. = 105,0 m)
 - shot 9 in corrispondenza del geofono G24 (coord. = 120,0 m)

La **Sismosezione SR4, eseguita in onde P** (l. 110 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 1,8 a 4,5 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 400 e 1000 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore variabile da 2,2 a 3,1 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1000 - 1500 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un terzo sismostrato a profondità variabile da 4,9 a 7,2 m dal p.c. fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 35 m, caratterizzato da una velocità V_P maggiore di 1800 - 2500 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

•

- Indagini geofisiche -

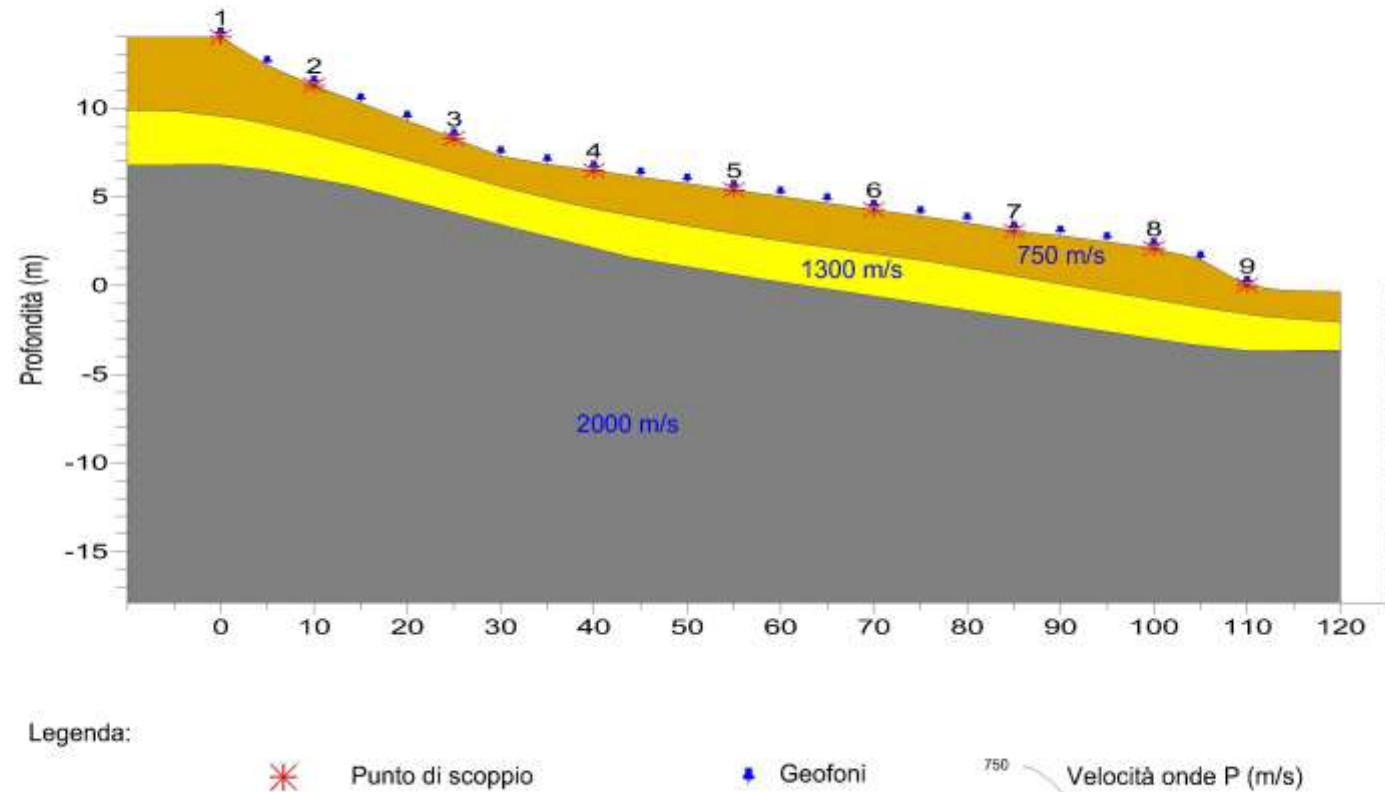
"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del
percorso stradale esistente della S.P.3"

Prospezione sismica in onde P
Sismosezione SR4



COORDINATE (UTM WGS84 33N) : A 567348 m E ; 4431682 m N - B 567444 m E ; 4431752 m N

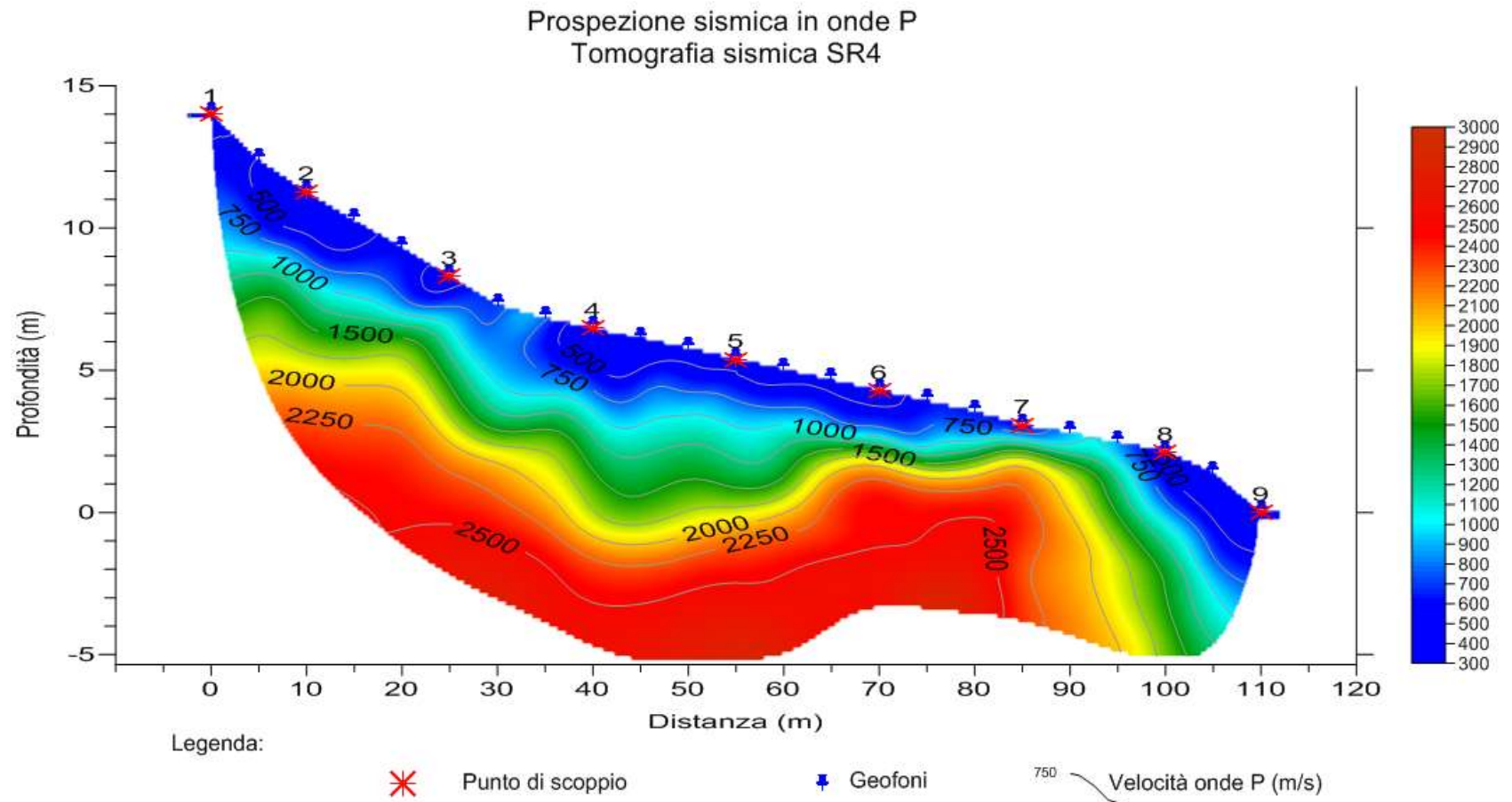
- Indagini geofisiche -

"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del
percorso stradale esistente della S.P.3"



COORDINATE (UTM WGS84 33N) : A 567348 m E ; 4431682 m N - B 567444 m E ; 4431752 m N

4.3.3 Profilo sismico SR5

Il profilo sismico, denominato SR5, è stato realizzato nell'area di interesse così come indicato nella planimetria di seguito riportata, con l'intento di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo ed individuare lo spessore di ogni singolo sismostrato.

Lo stendimento sismico impiegato presenta le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 21
- distanza tra i geofoni: 5,0 m
- n. shots: 8, di cui:
 - shot 1 in corrispondenza del geofono G1 (coord. = 0,0 m)
 - shot 2 tra geofono G3 e G4 (coord. = 12,5 m)
 - shot 3 tra geofono G6 e G7 (coord. = 35,0 m)
 - shot 4 tra geofono G9 e G10 (coord. = 50,0 m)
 - shot 5 tra geofono G12 e G13 (coord. = 65,0 m)
 - shot 6 tra geofono G15 e G16 (coord. = 80,0 m)
 - shot 7 tra geofono G18 e G19 (coord. = 95,0 m)
 - shot 8 in corrispondenza del geofono G21 (coord. = 105,0 m)

La **Sismosezione SR5, eseguita in onde P** (l. 105 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 2,0 a 4,9 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 400 e 1100 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore variabile da 2,2 a 6,1 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1200 - 1600 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un terzo sismostrato a profondità variabile da 4,5 a 9,2 m dal p.c. fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 35 m, caratterizzato da una velocità V_P maggiore di 1800 - 2500 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

-

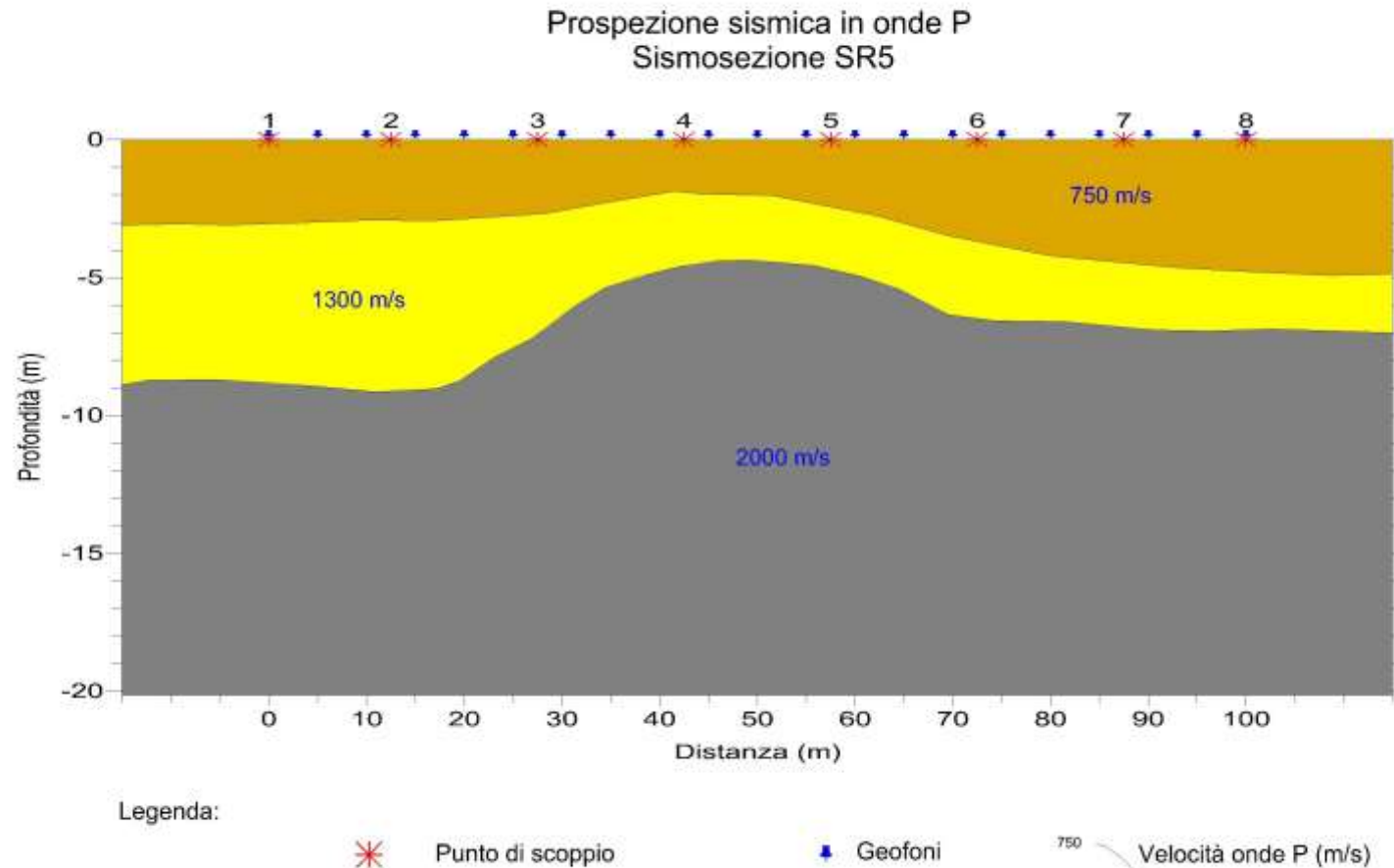
- **Indagini geofisiche** -

"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"



COORDINATE (UTM WGS84 33N) : A 567500 m E ; 4431728 m N - B 567462 m E ; 4431822 m N

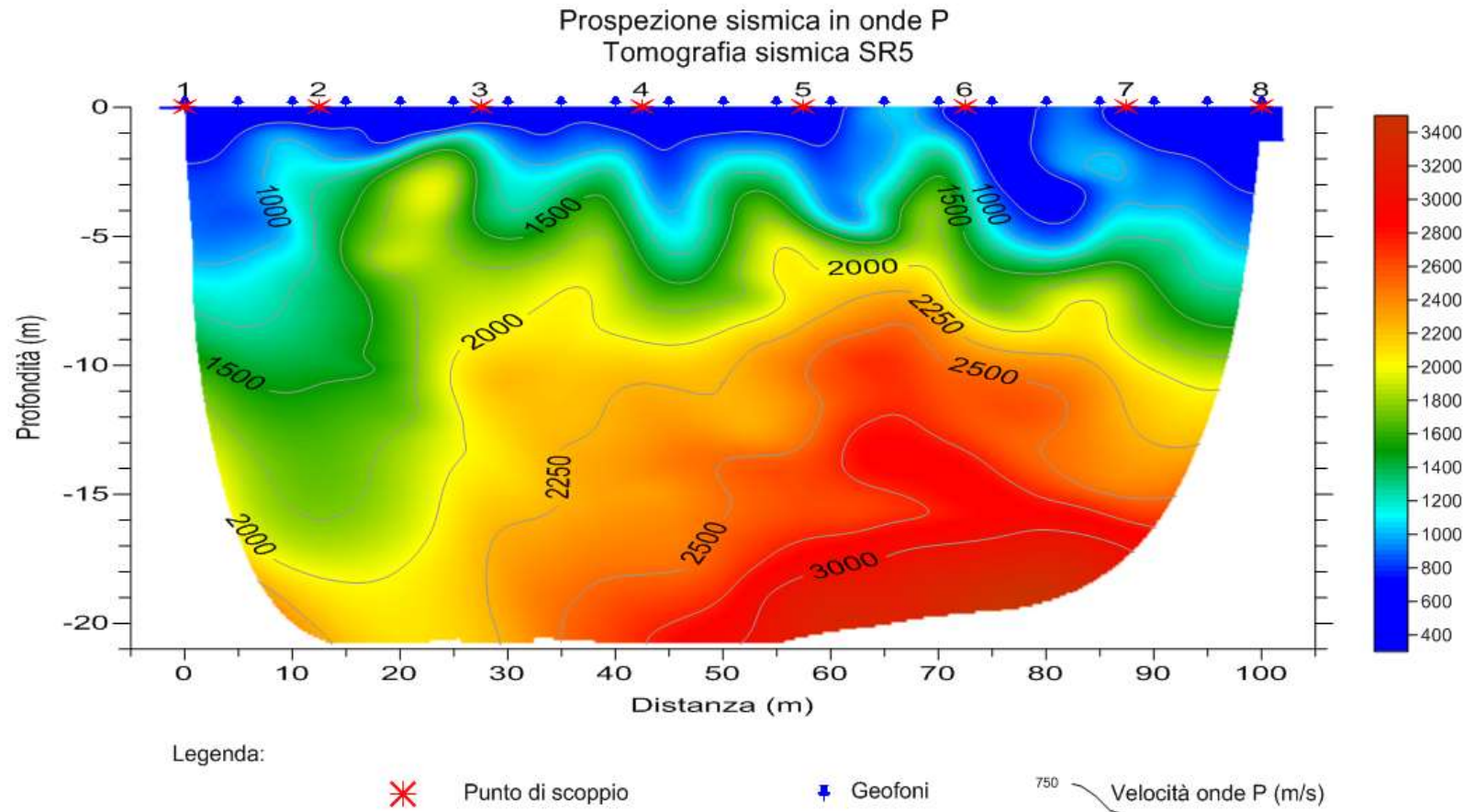
- Indagini geofisiche -

"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del
percorso stradale esistente della S.P.3"

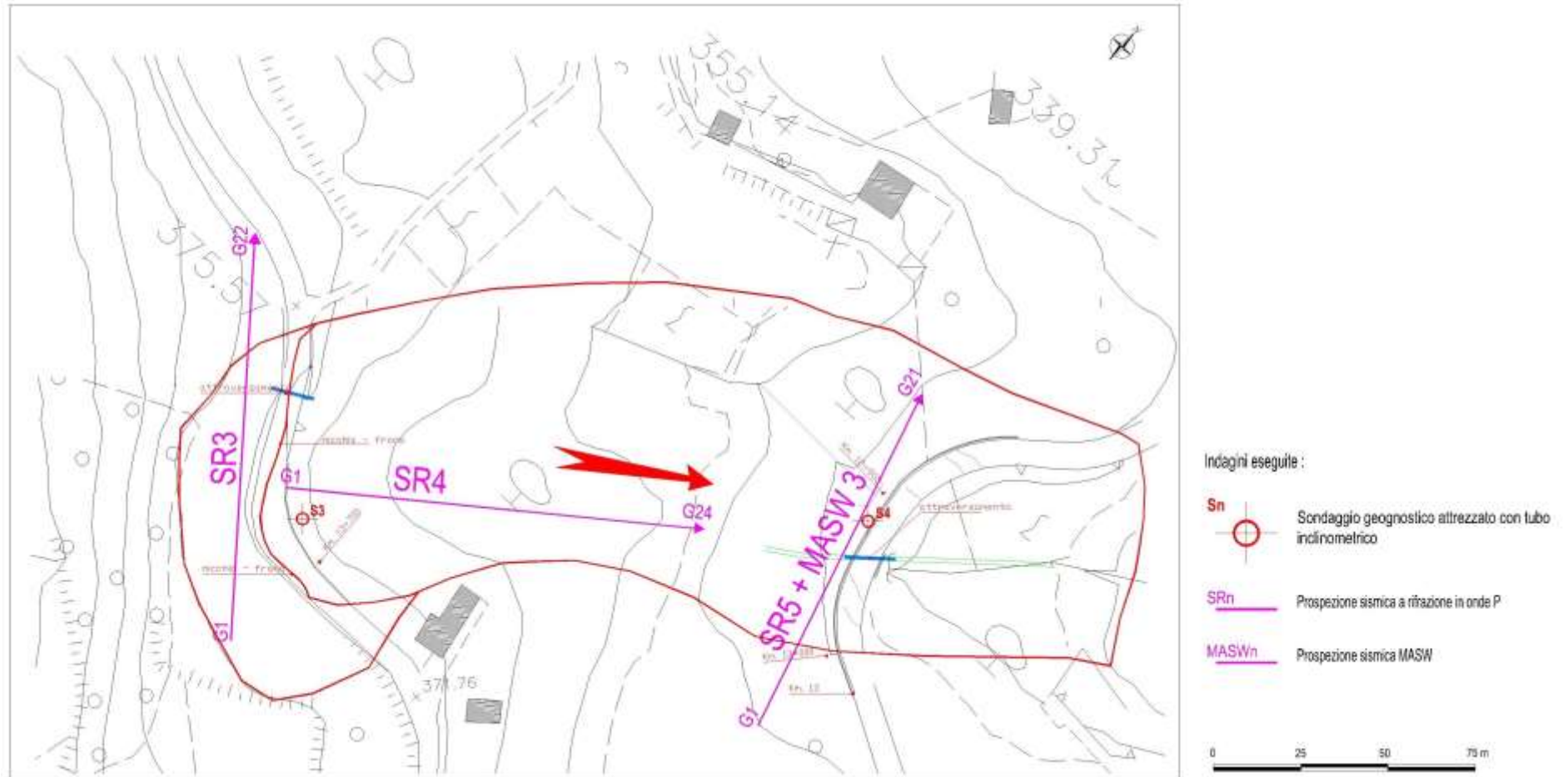


COORDINATE (UTM WGS84 33N) : A 567500 m E ; 4431728 m N - B 567462 m E ; 4431822 m N

- Indagini geofisiche -

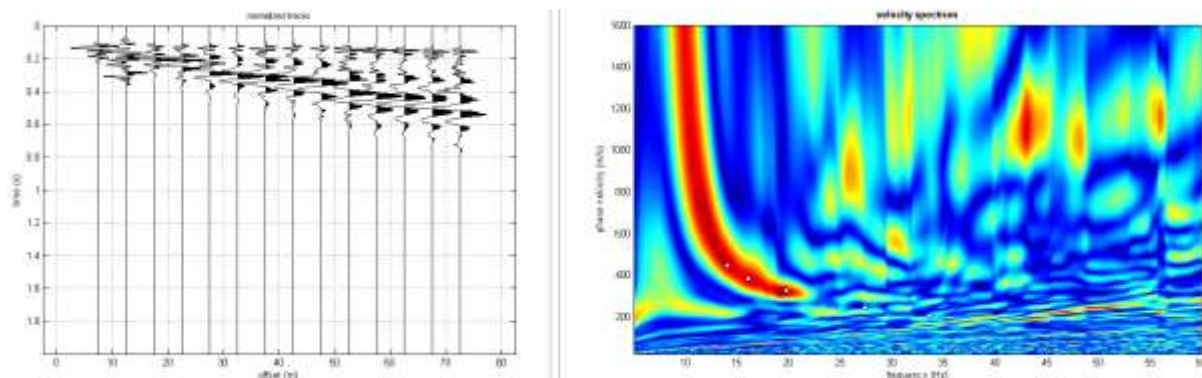
“Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3”

Ubicazione indagini movimento franoso al km 13+700 e al km 12+950

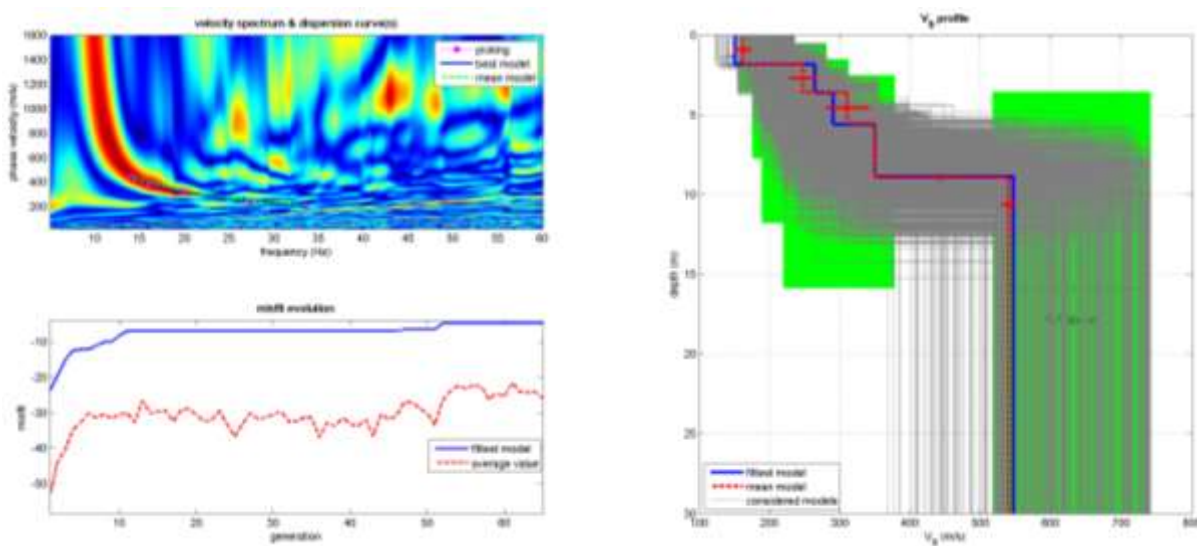


4.3.4 Prospezione sismica MASW 3

Di seguito i dati di campagna acquisiti e lo spettro di velocità calcolato.

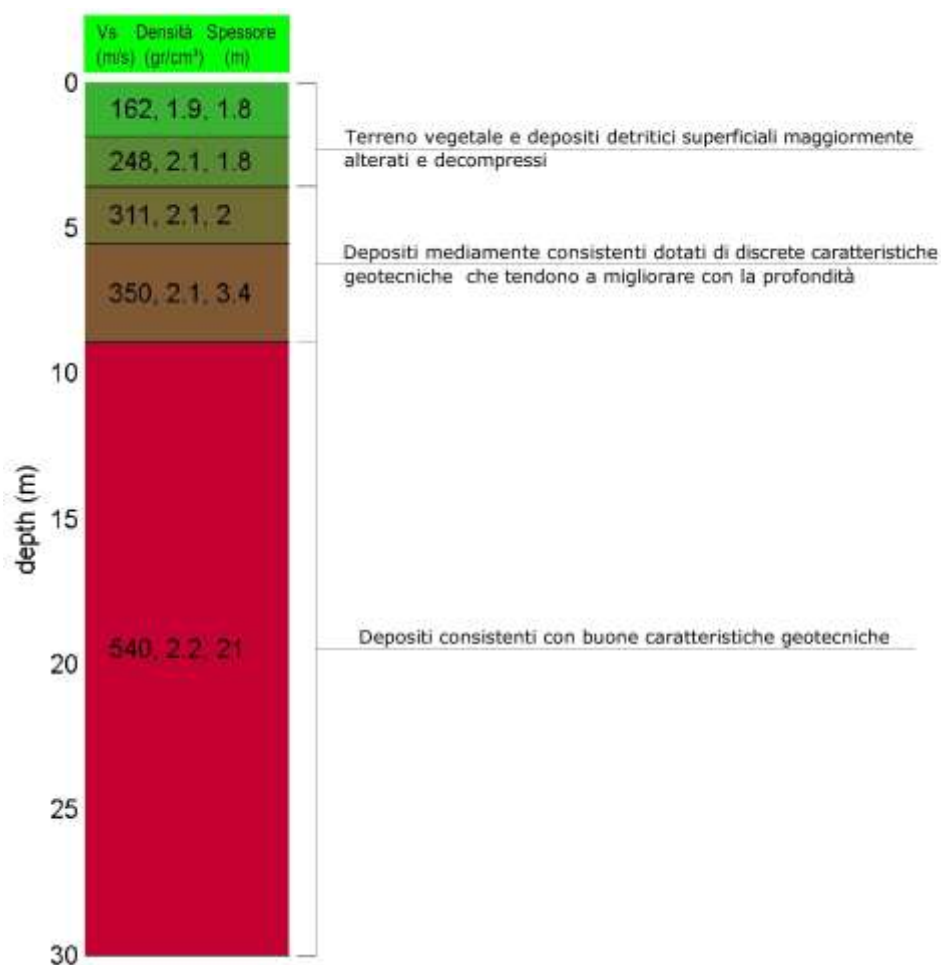


Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato. In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una **Vs₃₀ di 409 m/s** a partire dal p.c.

Spessore (m)	Vs (m/s) e deviazioni standard
1.8	162 ± 5
1.8	248 ± 7
2.0	311 ± 9
3.4	350 ± 14
semi-spazio	540 ± 18



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato ha uno spessore di 3,6 m, con velocità delle onde S comprese tra 162 e 248 m/s, ed è riferibile a terreno di vegetale e depositi detritici superficiali maggiormente alterati e decompressi;

- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di 5,4 m con velocità delle onde di taglio comprese tra 311 e 350 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti con discrete caratteristiche geotecniche che tendono a migliorare gradualmente con la profondità;
- Segue, a profondità maggiori di 9,0 m e fino alla profondità di investigazione di oltre 30 m dal p.c., un terzo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde S di 540 m/s riferibile a depositi consistenti caratterizzati da buone caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_p (m/s) misurate con la prospezione sismica a rifrazione e dalla velocità delle onde V_s (m/s) misurate con la prospezione sismica MASW, adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) rappresentativo dei litotipi presenti in sito è possibile inoltre calcolare, attraverso relazioni empiriche, i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

- Modulo di taglio dinamico (G_0)

E' definito dalla seguente equazione:

$$G_0 = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

E' definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\mu) \cdot (1-2\mu)] / (1-\mu)$$

Con μ = coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica (Bulk Modulus)

E' definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma [V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato									
Strato	Spessore	Vp m/s	Vs m/s	γ gr/cm ³	μ (-)	E _d Kg/cm ²	R T/m ² *s	G ₀ Kg/cm ²	K Kg/cm ²
I°	3.6	750	205	1.9	0.46	2331	390	798	9623
II°	5.4	1300	336	2.0	0.46	6612	672	2258	30789
III°	-	2000	540	2.1	0.46	17889	1134	6124	75835

Vp= velocità onde P(m/s); **Vs**= velocità onda S (m/s), **γ** = densità (g/cm³); **μ** = coeff. di Poisson; **E_d**= Modulo di Young dinamico (Kg/cm²); **R**= rigidità o impedenza sismica (T/m²*s); **G₀**=Modulo di taglio dinamico(Kg/cm²); **K**=Modulo di incompressibilità (Kg/cm²)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW 3) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro **Vs₃₀**, risultato per il modello medio pari a **409 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Linea sismica	Vs ₃₀ (m/sec)	Categoria di Suolo
MASW3	409	“B”

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N_{SPT30} > 50 nei terreni a grana grossa e cu₃₀> 250 kPa nei terreni a grana fina).

4.4 AREALE N° 4

4.4.1 Profilo sismico SR6

Il profilo sismico, denominato SR6, è stato realizzato nell'area di interesse così come indicato nella planimetria di seguito riportata, con l'intento di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo ed individuare lo spessore di ogni singolo sismostrato.

Lo stendimento sismico impiegato presenta le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 14
- distanza tra i geofoni: 5,0 m
- n. shots: 6, di cui:
 - shot 1 in corrispondenza del geofono G1 (coord. = 0,0 m)
 - shot 2 in corrispondenza del geofono G3 (coord. = 10,0 m)
 - shot 3 in corrispondenza del geofono G6 (coord. = 30,0 m)
 - shot 4 in corrispondenza del geofono G9 (coord. = 45,0 m)
 - shot 5 in corrispondenza del geofono G12 (coord. = 60,0 m)
 - shot 6 in corrispondenza del geofono G14 (coord. = 70,0 m)

La **Sismosezione SR6, eseguita in onde P** (l. 70 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 1,9 a 2,6 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 400 e 1100 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore variabile da 3,0 a 5,8 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1100 - 1600 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un terzo sismostrato a profondità variabile da 5,0 a 8,3 m dal p.c fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 35 m, caratterizzato da una velocità V_P maggiore di 1800 - 2500 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

-

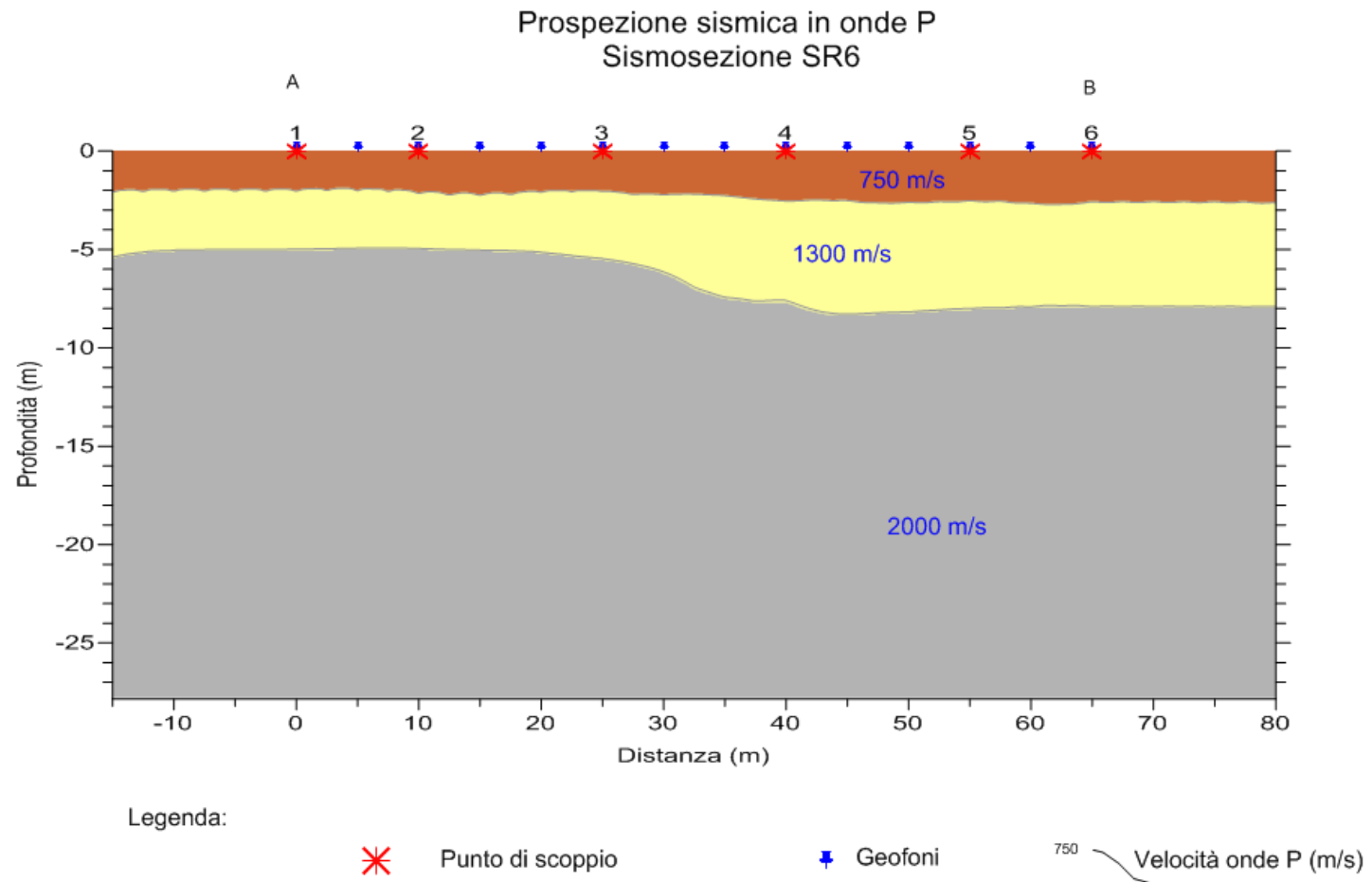
- Indagini geofisiche -

"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del
percorso stradale esistente della S.P.3"



COORDINATE (UTM WGS84 33N) : A 567322 m E ; 4432161 m N - B 567291 m E ; 4432241 m N

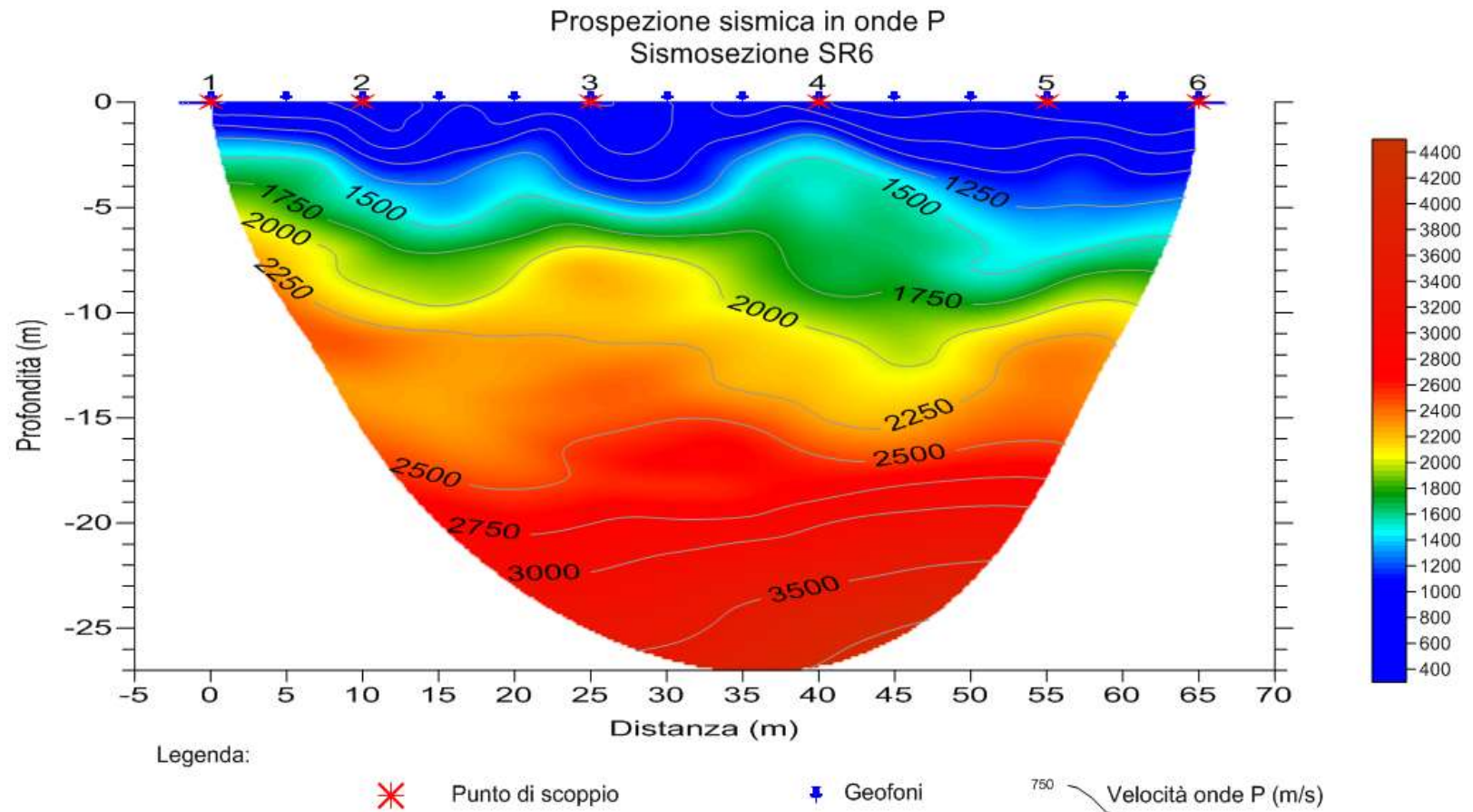
- Indagini geofisiche -

"Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del
percorso stradale esistente della S.P.3"

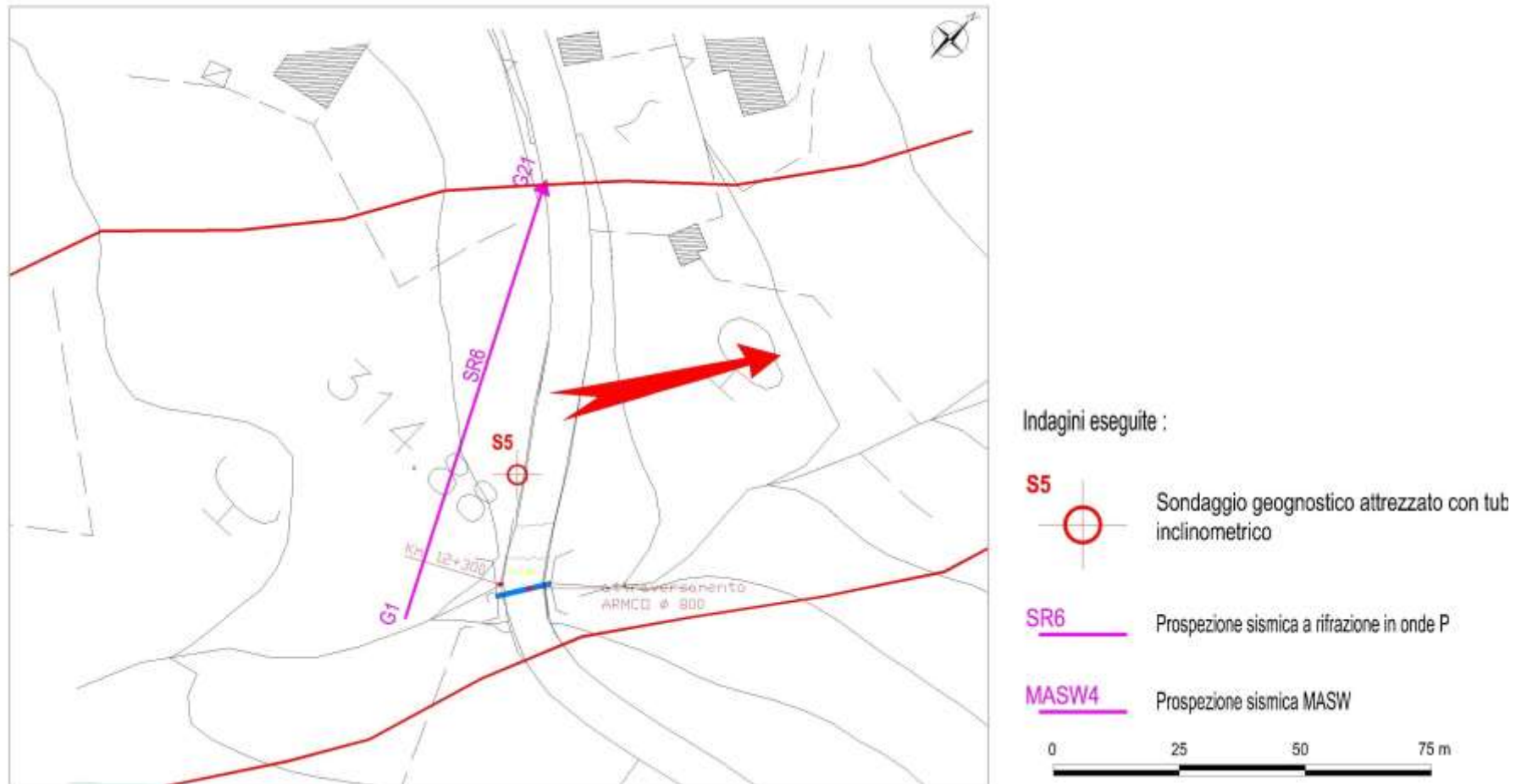


COORDINATE (UTM WGS84 33N): A 567322 m E ; 4432161 m N - B 567291 m E ; 4432241 m N

- Indagini geofisiche -

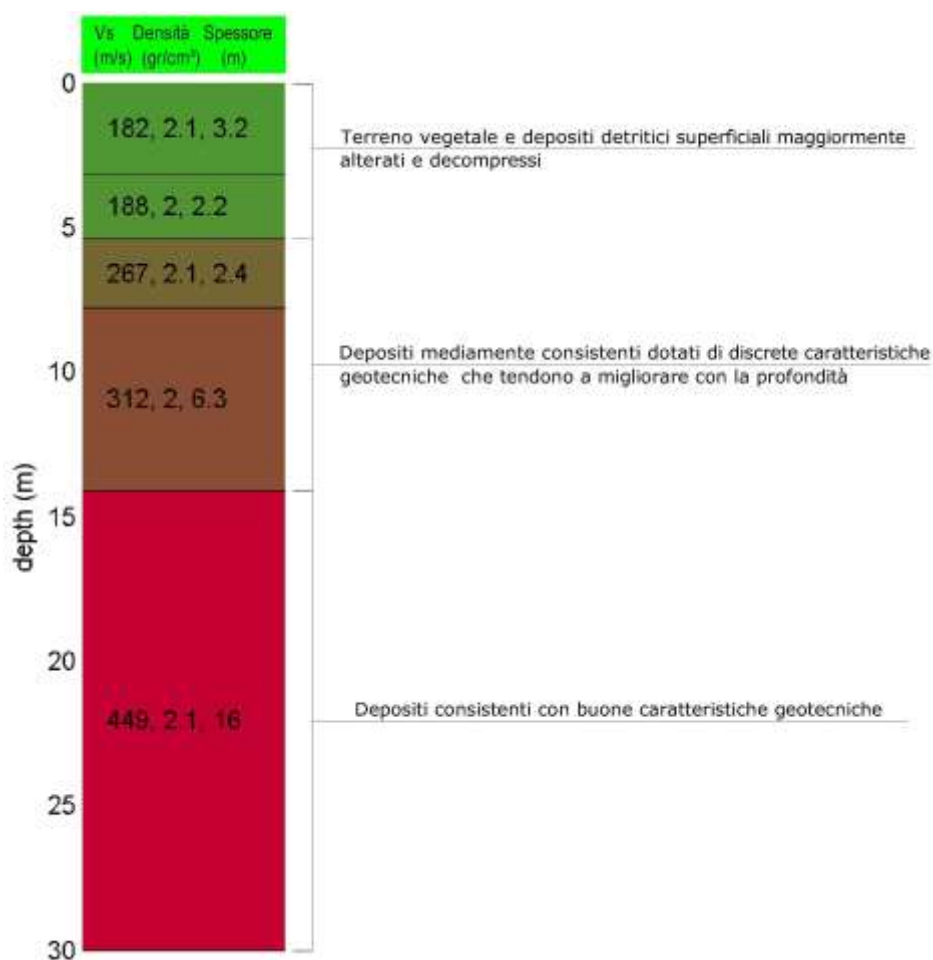
“Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea,
mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3”

Ubicazione indagini movimento franoso al km 12+300



In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{s30} di 317 m/s a partire dal p.c.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
3.2	182 ± 2
2.2	188 ± 5
2.4	267 ± 7
6.3	312 ± 10
semi-spazio	449 ± 13



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato ha uno spessore di 5,4 m, con velocità delle onde S comprese tra 182 e 188 m/s, ed è riferibile a terreno di vegetale e depositi detritici superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di 8,7 m con velocità delle onde di taglio comprese tra 267 e 312 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti con discrete caratteristiche geotecniche che tendono a migliorare gradualmente con la profondità;
- Segue, a profondità maggiori di 14,1 m e fino alla profondità di investigazione di oltre 30 m dal p.c., un terzo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde S di 449 m/s riferibile a depositi consistenti caratterizzati da buone caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_p (m/s) misurate con la prospezione sismica a rifrazione e dalla velocità delle onde V_s (m/s) misurate con la prospezione sismica MASW, adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) rappresentativo dei litotipi presenti in sito è possibile inoltre calcolare, attraverso relazioni empiriche, i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

- Modulo di taglio dinamico (G_0)

E' definito dalla seguente equazione:

$$G_0 = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

E' definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\mu) \cdot (1-2\mu)] / (1-\mu)$$

Con μ = coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica (Bulk Modulus)

E' definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_P^2 - 4/3 \cdot V_S^2]$$

Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato									
Strato	Spessore	V _p m/s	V _s m/s	γ gr/cm ³	μ (-)	E _d Kg/cm ²	R T/m ² *s	G ₀ Kg/cm ²	K Kg/cm ²
I°	5.4	750	184	1.9	0.47	1889	350	643	9830
II°	8.7	1300	300	2.0	0.47	5299	600	1800	31400
III°	-	2000	449	2.1	0.47	12476	943	4234	78355

V_p= velocità onde P(m/s); **V_s**= velocità onda S (m/s); **γ**= densità (g/cm³); **μ**= coeff. di Poisson; **E_d**= Modulo di Young dinamico (Kg/cm²); **R**= rigidità o impedenza sismica (T/m²*s); **G₀**=Modulo di taglio dinamico(Kg/cm²); **K**=Modulo di incompressibilità (Kg/cm²)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW 4) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro **V_{s30}**, risultato per il modello medio pari a **317 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Linea sismica	V _{s30} (m/sec)	Categoria di Suolo
MASW4	317	"C"

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra quindi nella categoria **C** ovvero:

- Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < N_{SPT30} < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu₃₀ < 250 kPa nei terreni a grana fina).

5. RAPPORTO FOTOGRAFICO



Fasi di acquisizione della prospezione sismica a rifrazione SR1 e della prospezione MASW1



Fasi di acquisizione della prospezione sismica a rifrazione SR2 e della prospezione MASW2

- Indagini geofisiche -

“Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3”



Fasi di acquisizione della prospezione sismica a rifrazione SR3



Fasi di acquisizione della prospezione sismica a rifrazione SR4

- Indagini geofisiche -

“Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3”



Fasi di acquisizione della prospezione sismica a rifrazione SR5 e della prospezione MASW3



Fasi di acquisizione della prospezione sismica a rifrazione SR6 e della prospezione MASW4