



**ERG Wind 4 s.r.l.**  
Via De Marini, 1 - 16149 Genova (GE)

**PROGETTO DI POTENZIAMENTO  
DELL'IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI MOTTA  
MONTECORVINO E VOLTURARA APPULA (FG),  
IN LOCALITA' SERRA DEFENZA,  
DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW**



**Tecnico**

dott. geol. Raffaele Sassone

Via Napoli, 363/I - 70132 Bari - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384

**AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE  
UNI EN ISO 9001:2015  
UNI EN ISO 14001:2015  
OHSAS 18001:2007  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY**



**Responsabile Commessa**  
ing. Danilo Pomponio

ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA	
<b>V27</b>		<b>STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>19042</b>	<b>D</b>	
			CODICE ELABORATO		
			<b>DC19042D-V27</b>		
REVISIONE		Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA	
<b>00</b>			-	-	
			NOME FILE	PAGINE	
			<b>DC119042D-V27.doc</b>	<b>126+ copertina</b>	
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	20/07/19	Emissione	Sassone	Miglionico	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					



## INDICE

1. Premessa	pag. 2
2. Documentazione di riferimento	pag. 4
3. Inquadramento geografico	pag. 4
4. Inquadramento geologico generale del Subappennino Dauno	pag. 5
5. Inquadramento geologico dell'area in esame	pag. 6
6. Idrologia generale e di dettaglio	pag. 7
7. Idrogeologia dell'area e vulnerabilità della falda	pag. 8
8. Vincoli gravanti sull'area	pag. 9
9. Caratterizzazione geofisica del sottosuolo: metodologia di analisi e strumentazione utilizzata	pag. 9
10. Caratterizzazione geofisica del sottosuolo: dati e ricostruzione del sottosuolo del parco eolico	pag. 11
11. Classificazione topografica	pag. 17
12. Generalità sulle verifiche di stabilità	pag. 17
13. Individuazione dei profili	pag. 19
14. informazioni generali sul programma SSAP	pag. 19
15. Realizzazione dei profili altimetrici	pag. 20
16. Sintesi dei risultati della stabilità di versante	pag. 21
17. Conclusioni	pag. 21

### Allegati:

1. Elaborati grafici
2. Report indagini geofisiche
3. Report delle verifiche della stabilità di versante

## 1. Premessa

Il presente Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica è stato realizzato in applicazione del comma 1 degli artt. 13, 14 e 15 delle Norme di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.): tra gli interventi consentiti, sono compresi quelli *“necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico”*. Per detti interventi, in accordo con quanto previsto dal comma 2 dei già menzionati articoli, viene specificato che *“per tutti gli interventi nelle aree di cui al comma 1, l'A.d.B. richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata”*.

La presente relazione è stata realizzata al fine di verificare la compatibilità geologica e geotecnica del progetto denominato “Progetto di potenziamento dell'impianto eolico nei comuni di Motta Montecorvino e Volturara Appula (FG), in località Serra Defenza, della potenza complessiva di 42 Mw”.

L'intervento progettuale da parte della società gestore ERG Wind 4 s.r.l. intende aumentare l'efficienza energetica di una porzione del parco eolico situato a nord della cittadina.

Attualmente l'installazione è costituita da 25 aerogeneratori ricadenti fra il territorio di Motta Montecorvino (FG) e Volturara Appula (FG). Il gestore intende attuare un'operazione di repowering che, in linea di massima, prevede la rimozione dei 18 aerogeneratori esistenti tralicciati della potenza nominale di 0,60 MW ricadenti nel territorio di Motta Montecorvino, e l'installazione nella stessa area d'impianto di 9 aerogeneratori di nuova generazione della potenza massima di 4,2 MW e delle opere elettriche di adeguamento del cavo MT esterno di connessione esistente alla sottostazione elettrica Terna ubicata nel comune di Volturara Appula (FG) alla quale è connesso l'attuale impianto eolico.

Anche la sottostazione esistente sarà oggetto di adeguato elettrico alla nuova potenza installata.

Gli aerogeneratori ricadenti nel territorio del comune di Volturara Appula non saranno oggetto di intervento.

La potenza complessiva dell'impianto sarà di 42 MW e sarà costituito da:

- N.9 aerogeneratori (nuovi) della potenza di 4,2 MW da ubicare nel comune di Motta Montecorvino;
- N.7 aerogeneratori (esistenti) della potenza di 0,6 MW ubicati nel comune di Volturara Appula.

L'intervento progettuale si prefigge, quindi, un duplice obiettivo:

- il dimezzamento del numero degli aerogeneratori, con conseguente riduzione dello spazio areale d'ingombro occupato dalle torri e quindi miglioramento dell'impatto visivo complessivo del parco eolico (riduzione effetto selva);
- il potenziamento energetico dell'impianto, dato dalla triplicazione della potenza prodotta da fonte rinnovabile, con conseguente riduzione di CO<sub>2</sub> emessa in atmosfera.

In particolare, il progetto prevede:

- la dismissione delle turbine esistenti e la restituzione dei suoli, non interessati dal nuovo intervento progettuale, alle condizioni ante-opera;
- la realizzazione del nuovo impianto riutilizzando e/o adeguando ove è possibile le infrastrutture esistenti.

Il progetto prevede l'apertura solo di brevi tratti di nuove piste e soprattutto il riutilizzo della viabilità di servizio esistente, la revisione e l'adeguamento dell'assetto stradale al transito degli automezzi per il trasporto delle componenti dei nuovi aerogeneratori, inoltre il tracciato del cavidotto esistente verrà quasi totalmente riutilizzato, mentre le opere impiantistiche di rete verranno sostituite.

Dove sarà possibile, le nuove turbine saranno collocate in prossimità di quelle esistenti al fine di riutilizzare il suolo già adoperato per ridurre al minimo l'impatto sul consumo di suolo naturale; dove le piazzole non saranno riutilizzate saranno demolite e re-naturalizzate.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa (Tab.1), in cui vengono indicate per ciascun aerogeneratore in progetto e le relative coordinate (UTM 33 WGS84) e le particelle catastali, con riferimento al catasto dei terreni dei Comune di Motta Montecorvino.

Tabella 1: posizione delle nuove turbine da installare.

COORDINATE UTM 33 WGS84			DATI CATASTALI		
WTG	E	N	Comune	Foglio n°	Particella n°
R-MT01	508892,40	4597182,77	Motta Montecorvino	4	122
R-MT02	509372,21	4597071,06	Motta Montecorvino	5	113
R-MT03	510031,99	4597167,53	Motta Montecorvino	5	134
R-MT04	510380,80	4597133,14	Motta Montecorvino	5	197
R-MT05	510642,30	4596886,06	Motta Montecorvino	5	203
R-MT06	510937,88	4596682,13	Motta Montecorvino	7	321
R-MT07	511160,95	4596384,74	Motta Montecorvino	7	305
R-MT08	511261,53	4596042,59	Motta Montecorvino	7	239
R-MT09	509725,00	4596791,00	Motta Montecorvino	5	185

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di accertare la compatibilità degli indirizzi progettuali con le caratteristiche geologiche, geo-meccaniche, geomorfologiche e idrogeologiche dei terreni interessati dalle opere in progetto. Al fine di verificare la fattibilità o meno dell'opera in funzione verranno valutati:

- Gli effetti ambientali;
- Le condizioni dei dissesti attivi o potenziali derivanti dalle trasformazioni conseguenti alla realizzazione delle opere in progetto;
- Le eventuali opere di mitigazione a compensazione dell'eventuale incremento del pericolo e del rischio in relazione agli interventi proposti.

A tal fine si è proceduto ad un rilevamento geologico del sito, all'esecuzione di indagini geofisiche, alla consultazione dei dati e della bibliografia esistente ed allo studio delle caratteristiche geo-meccaniche delle litologie presenti nella zona interessata dalle opere in progetto.

Lo studio è stato redatto nell'osservanza della normativa vigente in relazione alla realizzazione di opere pubbliche, di pubblico interesse o private, con particolare riferimento a quanto richiesto dal:

- DECRETO 17 gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni" e dal D.M. 11 marzo 1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- PAI (Piano di assetto idrogeologico) della Regione Puglia approvato dal Comitato Istituzionale dell'ex AdB Puglia con Delibera n. 39 del 30.11.2005.

Gli aerogeneratori identificati col codice "R-MT02", "R-MT03", "R-MT04", "R-MT05" e "R-MT09" ricadono in aree classificate a "pericolosità geomorfologica media e moderata" (PG1), mentre gli aerogeneratori "R-MT01", "R-MT06", "R-MT07" e "R-MT08" ricadono in aree classificate a "pericolosità geomorfologica elevata" (PG2).

La stessa rete elettrica interrata MT di vettoriamento ricade interamente in aree classificate sia a "Pericolosità geomorfologica media e moderata" (P.G.1) ed a "Pericolosità geomorfologica elevata" (P.G.2), ai sensi degli artt. 14 e 15 delle richiamate N.T.A. del P.A.I.

Per ricavare indicazioni di carattere stratigrafico e delineare un quadro abbastanza esauriente delle condizioni nelle quali dovranno eseguirsi le opere in progetto sono stati utilizzati i tagli stradali, i diversi affioramenti presenti ed eseguiti n. 7 stendimenti di tipo sismico a rifrazione e MASW e n.7 indagini sismiche con la tecnica della tomografia in rifrazione con onde P.

## 2. Documentazione di riferimento

A parte quanto dettato dalla normativa vigente in materia, la documentazione di riferimento per la stesura del presente elaborato è la seguente:

### *Documentazione specialistica:*

- Anno 2019: Indagini sismiche, con la tecnica della rifrazione e della MASW, per la caratterizzazione del sottosuolo all'interno di un parco eolico.

### *Altre fonti tecniche (elenco essenziale):*

- Carta topografica d'Italia I.G.M. in scala 1:50.000 - Foglio 420;
- Carta topografica d'Italia I.G.M. in scala 1:25.000 - Tavole 163 II-SO e 174 I-NO;
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 - Elementi 407064, 407061, 407062;
- Malatesta A., Stampanoni G. et alii. (1959) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 163 "Lucera".
- Jacobacci A., Malatesta A. et alii. (1967) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 163 "Lucera".
- Web Gis PAI dell'autorità di Bacino della Puglia; pagina web: [www.webgis.adb.puglia.it](http://www.webgis.adb.puglia.it) (perimetri aggiornati il 27-02-2017).
- Cartografia di base e tematica disponibile sul Sistema Informativo Territoriale della Regione Puglia; pagina web: <http://www.sit.puglia.it>.
- Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia; pagina web: <http://old.regione.puglia.it/index.php?page=documenti&opz=getdoc&id=29>.

## 3. Inquadramento geografico

La località oggetto di studio è situata nell'area del Subappennino Dauno coincidente con il margine nordovest nella Puglia, in provincia di Foggia. Le aree in studio ricadono nel Foglio 163 "Lucera", scala 1:100000 della Carta Geologica d'Italia. La Tavole di riferimento della Carta IGM scala 1:25000 sono la 163 II-SO e 174 I-NO del Foglio n.163 (Figura 02-b).

Le aree di intervento sono situate a nord dell'abitato di Motta Montecorvino (FG) (Figure 01 e 02-a), su aree di alto morfologico coincidente con lo spartiacque che separa gli impluvi del torrente Triolo a nord in direzione dell'abitato di Pietramontecorvino, ed il torrente Salsola a sud (Figura 05), piccoli bacini tributari del più vasto areale di drenaggio del Torrente Candelaro.

Le aree di intervento saranno quindi prossime a delle aree di testata di alcuni tributari del Torrente Triolo e Salsola, che scorrono rispettivamente a nordest e sudest dell'impianto, che percorsi molti chilometri in

direzione della costa ad est, i corsi tributari confluiscono nel canale principale del Torrente Candelaro, un corso d'acqua che nasce nell'Appennino Dauno e, dopo aver attraversato il Tavoliere, sfocia nel Mare Adriatico nei pressi di Manfredonia.

L'idrografia superficiale di quest'area presenta un regime tipicamente torrentizio, caratterizzato da lunghi periodi di magra interrotti da piene che, in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi, possono assumere un carattere rovinoso.

Lo sviluppo del reticolo idrografico riflette la permeabilità locale delle unità geologiche affioranti. Infatti, a permeabilità basse corrisponde un reticolo ben ramificato, mentre in aree a permeabilità elevata le acque si infiltrano rapidamente senza incanalarsi. La Fig. 06, uno stralcio della cartografia IGM in scala 1:25.000 con dettaglio aggiornato sul reticolo fluviale, che mostra un reticolo idrografico è ben ramificato; ciò indicherebbe l'affioramento di terreni con una medio-bassa permeabilità d'insieme.

L'installazione dei nuovi rotor prevista in aree di alto morfologico, lungo spartiacque dei piccoli bacini tributari interferirà in alcun modo con il reticolo idrografico esistente.

#### **4. Inquadramento geologico generale del Subappennino Dauno**

##### **4.1 Unità geologiche, litologiche e strutturali**

L'area di intervento è situata a nord dell'abitato di Motta Montecorvino (FG), su di un alto morfologico corrispondente allo spartiacque che separa gli impluvi del torrente Triolo a nord in direzione dell'abitato di Pietramontecorvino, ed il torrente Sàlsola a sud (Figura 01); le Figure (02-a e 02-b) mostrano in dettaglio, sia su stralcio della cartografia tecnica regionale che su IGM 1:25000 l'ubicazione dell'impianto in progetto.

La Figura 03 mostra invece, su stralcio della cartografia tecnica regionale, i rapporti spaziali fra le vecchie turbine da rimuovere (in azzurro) e quelle nuove da installare (in arancione).

Di seguito, in figura verrà mostrata solo la posizione delle nuove turbine.

L'area in studio ricade nel territorio conosciuto come Appennino Dauno, caratterizzato da una serie di accavallamenti tettonici a vergenza adriatica che coinvolgono unità tettoniche individuate tra l'Oligocene e il Pliocene. Tra i terreni affioranti, di origine sedimentaria, prevalgono unità prevalentemente lapidee (Formazione della Daunia o Flysch di Faeto) e termini prevalentemente argillosi (Complesso indifferenziato o Argille Varicolori). Nelle aree con affioramenti argillosi è maggiormente diffusa la presenza di movimenti gravitativi.

##### **4.2 Assetto tettonico-stratigrafico generale**

L'assetto tettonico attuale del Subappennino Dauno è dovuto alle ultime fasi deformative che hanno caratterizzato la formazione della catena appenninica meridionale.

Nel corso dell'ultima fase orogenetica, cominciata durante il Messiniano, si individuò la così detta avanfossa adriatica meridionale, sede di un'attiva sedimentazione dal Pliocene a tutto il Pleistocene. Le spinte tettoniche verso oriente continuarono durante il Pliocene, causando, lungo il margine appenninico dell'avanfossa, l'accavallamento tettonico di unità appenniniche su depositi più recenti. In pratica, in questo periodo il fronte attivo della catena migrò verso est. Infine, durante il Quaternario, dopo una fase deformativa che portò alla generale subsidenza dei terreni al margine della catena, incominciò un graduale sollevamento.

Oggi, l'allineamento tettonico Carlantino - Volturara Appula separa i sedimenti più interni della Catena, maggiormente disturbati dalle spinte tettoniche, da quelli della fascia orientale in cui la sedimentazione è stata più continua. L'area di studio, che ricade in prossimità del margine esterno dell'Appennino, è caratterizzata da una serie di faglie orientate NNO-SSE, a loro volta dissecate da faglie ad andamento antiappenninico. Il locale substrato geologico è costituito dal Complesso indifferenziato, generalmente conosciuto con il nome di Argille varicolori. Alla scala dell'affioramento, ma anche a livello del campione, le argille recano evidenti segni di profondo rimaneggiamento tettonico, con assetto caotico e strutture sedimentarie obliterate. Quando non alterate, il loro aspetto è tipicamente scaglioso. Il Complesso indifferenziato costituisce la base su cui, con contatto tettonico, si sovrappone la Formazione torbiditica della Daunia. Rispetto al loro stato originario, gli strati della Formazione della Daunia si presentano in genere marcatamente degradati a causa degli stress tettonici che hanno favorito una intensa fratturazione. Nell'area di Motta Montecorvino l'assetto giaciturale di tale unità è caratterizzato da una notevole immersione verso ovest, che cambia ad est dell'abitato, dove gli strati immergono verso i quadranti orientali con un'inclinazione circa parallela a quella dei depositi pliocenici sovrastanti.

### **4.3 Lineamenti geomorfologici generali**

La morfologia dell'area è dominata da creste allungate grosso modo lungo l'asse est-ovest, con elevazioni via via minori man mano che ci si allontana dal cuore della catena appenninica. Nell'area in esame la cima più alta è quella del Monte Sambuco (980 s.l.m.).

A seconda delle litologie affioranti, gli spartiacque separano valli più o meno ampie con versanti le cui pendenze massime si aggirano in media sui 30°. Acclività maggiori si registrano in corrispondenza degli affioramenti costituiti da rocce lapidee.

Alla scala del versante, l'altro carattere morfologico dominante è costituito dalla propensione al dissesto. Questa è maggiore laddove affiorano sedimenti a granulometria fine e/o litotipi lapidei intensamente fratturati. Tra i fattori predisponenti il dissesto è da annoverare la scarsa copertura vegetale e le acclività dei pendii.

In generale, gran parte dei dissesti documentati è attualmente quiescente, ma recrudescenze del fenomeno franoso possono innescarsi in occasione di sollecitazioni sismiche e/o severi eventi meteorologici.

### **5. Inquadramento geologico dell'area in esame**

Le aree ricadono nel territorio conosciuto come Appennino Dauno, caratterizzato da una serie di accavallamenti tettonici a vergenza adriatica che coinvolgono unità tettoniche individuate tra l'Oligocene e il Pliocene. Tra i terreni affioranti, di origine sedimentaria, prevalgono unità prevalentemente lapidee (Formazione della Daunia o Flysch di Faeto) e termini prevalentemente argillosi (Complesso indifferenziato o Argille Varicolori). Nelle aree con affioramenti argillosi è maggiormente diffusa la presenza di movimenti gravitativi.

Più in particolare, il substrato geologico dell'area di intervento è caratterizzato dall'affioramento di rocce di origine marina la cui età è compresa tra il Miocene e il Pliocene.

Queste vengono di seguito brevemente descritte dalle più antiche alle più recenti (cfr. Figura 04, uno stralcio del F. 163 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000).

### ***Complesso indifferenziato (i, in carta geologica)***

Questa unità, conosciuta anche con il nome di Formazione delle Argille Varicolori, è formata da sedimenti a giacitura per lo più caotica, prevalentemente argillosi policromi, alternanti ad argille marnose e marne siltose con differente grado di costipazione e scistosità. A luoghi, l'unità è caratterizzata dalla presenza di strati litoidi formati da calcari, calcari marnosi, brecce, arenarie ed alternanze di strati a varia litologia e grado di cementazione.

Stratigraficamente questa successione è posta alla base della Formazione della Daunia (contatto tettonico). Gli Autori delle Note Illustrative al Foglio 174 della Carta Geologica d'Italia non hanno attribuito un'età certa a questa unità, che in genere nei Fogli limitrofi è riferita all'intervallo Miocene - Oligocene.

### ***Formazione della Daunia (bcD, in carta geologica)***

È la formazione geologica meglio rappresentata in affioramento, è costituita da una successione torbiditica di brecce, brecciole e calcareniti che si alternano a marne ed argille di vario colore; argille e marne siltose, calcari pulverulenti organogeni; calcari microgranulari biancastri e giallastri; arenarie gialle, puddinghe poligeniche. Nell'area in studio, i rapporti quantitativi tra i singoli componenti sono caratterizzati da relativamente pochi affioramenti di orizzonti clastici grossolani mentre prevalgono termini a granulometria più fine (sabbioso-arenitici e siltosi). Ciò condiziona il generale aspetto del territorio che mostra, anche nelle aree più elevate, profili morfologici relativamente dolci con versanti relativamente poco acclivi e creste smussate. Queste rocce sono state riferite al Miocene.

Data la grande variabilità litologica che caratterizza le due formazioni, costituite per altro, a luoghi, da termini a composizione molto simile, sul campo è spesso difficile distinguere le unità del complesso indifferenziato da quelli della Formazione della Daunia. Questo fenomeno è altresì accentuato dalla diffusa scompaginazione degli strati causata dalle sollecitazioni tettoniche e dai più recenti movimenti franosi.

### ***Argille scistose e argille marnose grigio-azzurrognole e sabbie argillose (PQa, in carta geologica)***

Sono sedimenti argillosi e siltosi di colore grigiastro, alternati ad intercalazioni sabbioso-argillose, sia grigi che giallastri. Questi termini pliocenici fanno parte della serie trasgressiva che ricopre i terreni miocenici dei monti della Daunia; questi affiorano in aree depresse tra i crinali.

## **6. Idrologia generale e di dettaglio**

L'area di intervento è situata a nord dell'abitato di Motta Montecorvino (FG), su lo spartiacque che separa gli impluvi del torrente Triolo a nord in direzione dell'abitato di Pietramontecorvino, ed il torrente Sàlsola a sud (Figura 05).

Il nuovo impianto eolico verrà installato in corrispondenza delle aree di testata di alcuni tributari del Torrente Triolo e Sàlsola, che scorrono rispettivamente a nordest e sudest dell'impianto.

Percorsi molti chilometri in direzione della costa ad est, i corsi tributari confluiscono nel canale principale del Torrente Candelaro, un corso d'acqua che nasce nell'Appennino Dauno e, dopo aver attraversato il Tavoliere, sfocia nel Mare Adriatico nei pressi di Manfredonia.

In quest'area l'idrografia superficiale presenta un regime tipicamente torrentizio, caratterizzato da lunghi periodi di magra interrotti da piene che, in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi, possono assumere un carattere rovinoso.

Lo sviluppo del reticolo idrografico riflette la permeabilità locale delle unità geologiche affioranti. Infatti, a permeabilità basse corrisponde un reticolo ben ramificato, mentre in aree a permeabilità elevata le acque si infiltrano rapidamente senza incanalarsi.

## 7. Idrogeologia dell'area e vulnerabilità della falda

Nelle aree di intervento una prima idea riguardo alla permeabilità è desumibile dalle cartografie (Figura 06); queste mostrano essenzialmente un reticolo idrografico ben ramificato, ciò indicherebbe l'affioramento di terreni con una medio-bassa permeabilità d'insieme. Più nel dettaglio, i litotipi affioranti nell'area del parco eolico, della sottostazione e nelle zone limitrofe presentano attitudini diverse a farsi attraversare dai fluidi di percolanti. Le argille sono presso che impermeabili.

Per contro, i termini calcareo-marnosi sono caratterizzati da una permeabilità secondaria dovuta al loro stato di fratturazione; questi terreni possono essere descritti come mediamente permeabili e a luoghi molto permeabili.

Le aree in cui affiorano le calcareniti presentano un discreto grado di permeabilità, anche qui dovuto principalmente alla fratturazione. I litotipi prevalentemente marnosi sono mediamente permeabili, ciò soprattutto grazie alla presenza, a più altezze, di orizzonti marnoso-argillosi che rallentano il trasferimento in profondità delle acque vadose. In pratica, la circolazione idrica sotterranea è localmente confinata entro gli strati lapidei fessurati, calcarei, calcareo marnosi e calcarenitici; in certe condizioni, a seconda della distribuzione delle litofacies sopra descritte, nonché in base alla loro giacitura e stato di fessurazione, è possibile l'instaurazione di corpi acquiferi significativi sostenuti da intervalli litologici impermeabili.

Nel territorio comunale di Motta Montecorvino sono comuni sorgenti e pozzi freatici utilizzati a scopi agricoli. Dalla consultazione della documentazione relativa al Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia (pagina web: <http://old.regione.puglia.it/index.php?page=documenti&opz=getdoc&id=29>), in particolare:

- Deliberazione di Giunta Regionale n. 03/2007;
- Tavola A "Aree di vincolo d'uso degli acquiferi";
- Tavola B "Zone di protezione speciale idrogeologica";

è possibile evincere che le aree in studio non sono gravate da misure di tutela quali-quantitativa dei corpi idrici sotterranei.

Infine, dalla Tavola 6.1.A "Campi di esistenza dei corpi idrici sotterranei" e dalla Tavola 6.1.B "Corpi idrici sotterranei significativi", è possibile evincere che il regionale Piano di Tutela delle acque non censisce, nelle aree in esame, corpi idrici sotterranei ritenuti significativi.

In definitiva, le costruende strutture dell'impianto eolico non interferiranno in alcun modo con l'idrografia sotterranea significativa.

Inoltre, l'installazione dei nuovi rotori è prevista in aree di alto morfologico, lungo spartiacque di piccoli bacini tributari del più vasto areale di drenaggio del Torrente Candelaro. In definitiva, l'intervento non interferirà con il reticolo idrografico esistente.

Non sussistono pertanto condizioni di pericolosità idraulica tali da poter pregiudicare la sicurezza, la stabilità ed il corretto esercizio dei generatori eolici ivi installati e della relativa sottostazione elettrica.

## 8. Vincoli gravanti sull'area

### 8.1 Vincoli "P.A.I." redatti dall'Autorità di Bacino della Puglia

L'osservazione della cartografia "P.A.I." redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia mostra che:

Descrizione	Livello	Vincolo								
		R-MT01	R-MT02	R-MT03	R-MT04	R-MT05	R-MT06	R-MT07	R-MT08	R-MT09
Pericolosità Geomorfologica	media e moderata (PG1)	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI
	elevata (PG2)	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO
	elevata (PG3)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Pericolosità Idraulica	bassa (BP)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	media (MP)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	alta (AP)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

### 8.2 Vincoli del DGR del 04/08/09 del PTA "Piano di Tutela delle Acque"

Il Piano di Tutela delle Acque della regione Puglia mostra che:

Vincoli del Piano di Tutela delle Acque							
Nome	Foglio Catastale	Aree di Tutela Quali - Quantitativa	Aree interessate da contaminazione salina	Zone di protezione speciale idrogeologica "A"	Zone di protezione speciale idrogeologica "B1"	Zone di protezione speciale idrogeologica "B2"	Zone di protezione speciale idrogeologica "C"
R-MT01	4	NO	NO	NO	NO	NO	NO
R-MT02	5	NO	NO	NO	NO	NO	NO
R-MT03	5	NO	NO	NO	NO	NO	NO
R-MT04	5	NO	NO	NO	NO	NO	NO
R-MT05	5	NO	NO	NO	NO	NO	NO
R-MT06	7	NO	NO	NO	NO	NO	NO
R-MT07	7	NO	NO	NO	NO	NO	NO
R-MT08	7	NO	NO	NO	NO	NO	NO
R-MT09	5	NO	NO	NO	NO	NO	NO

## 9. Caratterizzazione geofisica del sottosuolo: metodologia di analisi e strumentazione utilizzata

L'indagine in loco è consistita nelle seguenti acquisizioni (allegato 2):

- realizzazione di n. 7 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG'), ubicati come da corografia (Figura 7) e planimetrie inserite di seguito in allegato 1, con interpretazione tomografica dei dati di velocità delle onde P;
- esecuzione di n.7 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of SurfaceWaves) sulle stesse tracce dei rilievi sismici a rifrazione, al fine di ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica dell'allineamento.

### 9.1 Il metodo della sismica a rifrazione

La prospezione sismica è un'indagine indiretta, che si occupa dell'esplorazione del sottosuolo attraverso lo studio della propagazione di onde elastiche generate in superficie. Tali perturbazioni sono generalmente provocate da vibrazioni impresse al terreno con mezzi meccanici o da esplosioni.

Le discontinuità ricercate mediante la prospezione sono di natura fisico-elastica e pertanto la ricostruzione della geometria e natura del sottosuolo possono essere legate sia a reali variazioni litologiche sia a variazioni rinvenibili nell'ambito di uno stesso litotipo. Il metodo della sismica a rifrazione si basa sul concetto di bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito di un fronte d'onda conico. Data quindi una sorgente di onde elastiche (massa battente, martello a percussione, piccola esplosione) e dato uno stendimento di trasduttori veloci metrici (geofoni) posizionati lungo un determinato allineamento, giungeranno ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde

birifratte (head wave). Le onde birifratte sono quelle analizzate attraverso il metodo della sismica a rifrazione. Tali perturbazioni giungono sulla superficie di separazione tra due mezzi elastici (2 litologie differenti) con un angolo di incidenza critico (legge di Snell), si propagano parallelamente alla superficie di discontinuità (prima rifrazione con angolo di  $90^\circ$ ), e si rifrangono nuovamente verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza.

Successivamente alla registrazione dei dati, la prima operazione svolta e consistita nell'individuazione dei primi arrivi sui singoli sismogrammi (picking). Dall'acquisizione dei tempi di primo arrivo, conoscendo le distanze relative alla configurazione geometrica adottata (interspazio geofonico), è stato ottenuto un diagramma tempi-distanze (dromocrona), attraverso il quale, applicando diverse metodologie, è stato possibile determinare le velocità di propagazione delle onde nel mezzo sottostante e i relativi spessori dei sismostrati attraversati dalla radiazione elastica. Per le analisi interpretative, è stato utilizzato il software Rayfract (versione 3.21) che ha permesso di ottenere l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità.

## 9.2 Metodo M.A.S.W.

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of SurfaceWaves) è una tecnica di indagine non invasiva, utile a definire l'azione sismica di progetto, che individua il profilo delle velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  nei primi trenta metri di profondità a partire dal piano campagna, sulla base della misura delle onde superficiali in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo più importante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, le uniche onde utilizzate nell'indagine MASW, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. L'impiego di tali onde è giustificato dalle proprietà che possiedono, infatti, trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente (scoppio) e allontanandosi da essa (scoppio) subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto a quella che eventualmente avrebbero le onde P e SV, propagandosi, conseguentemente, a profondità più grandi.

Il metodo M.A.S.W. può essere suddiviso in quattro fasi fondamentali (Roma, 2002):

- calcolo della curva di dispersione sperimentale;
- calcolo della curva di dispersione apparente numerica;
- calcolo della curva di dispersione effettiva numerica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ .

Il calcolo della curva di dispersione sperimentale, si ottiene dalle misure effettuate in situ. Essa si estrae dallo spettro del dominio frequenza – numero d'onda applicando una doppia trasformata di Fourier al campo del moto nel dominio spaziotempo. Il calcolo delle curve di dispersione numeriche, apparente ed effettiva

invece, si ricava applicando un'unica trasformata di Fourier alla funzione di Green. Per il calcolo della prima e stato utilizzato il metodo Roma (2001), mentre per il calcolo della seconda (curva di dispersione effettiva numerica) e stato utilizzato il metodo Lai-Rix (1998). L'individuazione del profilo Vs, infine, e stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

Per quanto riguarda, infine, la strumentazione necessaria all'esecuzione di tale indagine MASW, ci si è avvalsi delle seguenti componenti tecniche: registratore multicanale; geofoni o accelerometri da 4.5 Hz (almeno 12 canali); cavi per stendi menti sismici; sorgente energizzante composta da piastra metallica (per battuta) ed una massa battente di 5 - 10 Kg; bindella metrica per la disposizione geometricamente corretta dei geofoni con interasse compreso tra 0.5 e 5 metri.

### 10. Caratterizzazione geofisica del sottosuolo: dati e ricostruzione del sottosuolo del parco eolico

Per ricostruire la sismo-stratigrafia del terreno di fondazione e per poter estrapolare i moduli elasto-dinamici e poter per definire la categoria del suolo di fondazione, come prescritto dalla vigente normativa antisismica, sono state eseguite indagini sismiche con la tecnica della tomografia in rifrazione con onde P e con la tecnica della M.A.S.W. con onde S (allegato 2).

La descrizione delle indagini in sito è puntualmente dettagliata nell'elaborato (allegato 2: "REPORT INDAGINI GEOFISICHE").

Le coordinate dei siti investigati (centro degli stendimenti) sono le seguenti (Figura 7):

STENDIMENTO	WGS84	
	A	A'
AA'	508905.19 E – 4597185.87 N	508901.38 E – 4597235.44 N
BB'	B	B'
	509343.3 E – 4597155.0 N	509315.2 E – 4597115.1 N
CC'	C	C'
	510054.63 E – 4597241.72 N	510103.71 E – 4597241.89 N
DD'	D	D'
	510421.7 E – 4597192.7 N	510378.1 E – 4597213.1 N
EE'	E	E'
	510688.75 E – 4596933.03 N	510724.85 E – 4596906.78 N
FF'	F	F'
	510948.13 E – 4596641.98 N	510919.52 E – 4596680.63 N
GG'	G	G'
	511158.87 E – 4596442.03 N	511209.22 E – 4596434.27 N

Le indagini e le conseguenti elaborazioni delle informazioni raccolte hanno consentito di classificare il suolo nelle aree di indagine:

AA' =  $V_{seq} = 510.60$  m/s = Categoria di suolo B  
 BB' =  $V_{seq} = 351.38$  m/s = Categoria di suolo C  
 CC' =  $V_{seq} = 483.02$  m/s = Categoria di suolo B  
 DD' =  $V_{seq} = 471.89$  m/s = Categoria di suolo B  
 EE' =  $V_{seq} = 459.95$  m/s = Categoria di suolo B  
 FF' =  $V_{seq} = 405.21$  m/s = Categoria di suolo B  
 GG' =  $V_{seq} = 433.97$  m/s = Categoria di suolo B

In pratica, i terreni di fondazione ricadenti al di sotto degli stendimenti AA', CC', DD', EE', FF' e GG' rientrano nella categoria "B" che comprende "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".

Mentre, solamente i terreni di fondazione ricadenti al di sotto dello stendimento BB' rientrano nella categoria "C" che comprende "Depositati 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 ogni ulteriore approfondimento che dovesse rendersi necessario si consulti l'elaborato (allegato 2) "REPORT INDAGINI GEOFISICHE".

Al quadro geologico-geomorfologico relativamente poco complesso si contrappone un assetto litologico piuttosto variegato in quanto, al loro interno, le formazioni sono caratterizzate dall'irregolare distribuzione di orizzonti con differenti caratteristiche litologiche e geotecniche.

Per esempio (Figura 04), facies simili per litologia affiorano tanto a letto (Complesso indifferenziato, Argille varicolori) dei flysch della Formazione della Daunia, quanto a tetto di essi (terreni pliocenici). La stessa Formazione della Daunia presenta orizzonti argillosi e marnosi, il cui comportamento geotecnico è simile a quello delle unità stratigraficamente adiacenti.

Più nel dettaglio, nell'area di intervento affiorano argille, sabbie argillose, conglomerati, marne ecc., spesso interessati da crostoni calcarei.

### 10.1 Moduli elasto-dinamici del terreno

Nelle tabelle sottostanti sono riportati i moduli elasto-dinamici ottenuti dall'elaborazione dei dati dei sondaggi sismici.

#### Stendimento sismico AA'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico AA'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	V <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	184.00	1.46	498.9	255.8	907.1	921.0	-0.09	1.36	267.91	1.94
500.00	266.00	1.66	1189.5	2616.8	3098.9	4202.7	0.30	1.88	441.83	2.04
1500.00	596.00	2.05	7357.6	36794.2	20693.5	46604.4	0.41	2.52	1219.76	2.27
2600.00	1254.00	2.27	36159.9	107232.5	97518.2	155445.6	0.35	2.07	2849.13	2.59

Sismostrato	Profondità (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 1	250 - 500	184 - 266	1.46 - 1.66	499 - 1189	256 - 2617	907 - 3099
II	1 - 10	500 - 1500	266 - 596	1.66 - 2.05	1189 - 7358	2617 - 36794	3099 - 20693
III	10 - 15	1500 - 600	596 - 1254	2.05 - 2.27	7358 - 36160	36794 - 107232	20693 - 97518

### Stendimento sismico BB'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico BB'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	γ <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	154.00	1.46	349.5	455.0	834.8	921.0	0.19	1.62	224.23	1.87
500.00	255.00	1.66	1093.1	2745.2	2895.1	4202.7	0.32	1.96	423.56	2.03
1500.00	611.00	2.05	7732.6	36294.2	21659.6	46604.4	0.40	2.45	1250.46	2.26
3100.00	1200.00	2.35	34238.0	182840.3	96679.3	228490.9	0.41	2.58	2819.10	2.54

Sismostrato	Profondità (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 1	250 - 500	154 - 255	1.46 - 1.66	349 - 1093	455 - 2745	835 - 2895
II	1 - 15	500 - 1500	255 - 611	1.66 - 2.05	1093 - 7733	2745 - 36294	2895 - 21660
III	15 - 25	1500 - 3100	611 - 1200	2.05 - 2.35	7733 - 34238	36294 - 182840	21660 - 96679

### Stendimento sismico CC'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico CC'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	V <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	155.00	1.46	354.0	449.0	841.1	921.0	0.19	1.61	225.69	1.87
500.00	325.00	1.66	1775.7	1835.2	4027.9	4202.7	0.13	1.54	539.83	2.12
1300.00	654.00	1.99	8621.7	22570.6	22943.6	34066.1	0.33	1.99	1302.56	2.32
1900.00	789.00	2.14	13486.6	60226.9	37649.6	78209.1	0.40	2.41	1688.92	2.40

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 1	250 - 500	155 - 325	1.46 - 1.66	354 - 1776	449 - 1835	841 - 4028
II	1 - 9	500 - 1300	325 - 654	1.66 - 1.99	1776 - 8622	1835 - 22571	4028 - 22943
III	9 - 15	1300 - 1900	654 - 789	1.99 - 2.14	8622 - 13487	22571 - 60227	22943 - 37650

### Stendimento sismico DD'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico DD'. I valori delle V<sub>s</sub> sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	V <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	112.00	1.46	184.9	674.6	508.1	921.0	0.37	2.23	163.08	1.75
500.00	452.00	1.66	3434.5	0	0	4202.7	0	1.11	750.78	2.25
1300.00	754.00	1.99	11459.8	18786.3	28570.2	34066.1	0.25	1.72	1501.73	2.35
2300.00	887.00	2.22	17675.1	95275.4	49937.3	118842.2	0.41	2.59	1968.89	2.48

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 1	250 - 500	112 - 452	1.46 - 1.66	185 - 3434	-	-
II	1 - 12	500 - 1300	452 - 754	1.66 - 1.99	3434 - 11460	-	-
III	12 - 15	1300 - 2300	754 - 887	1.99 - 2.22	11460 - 17675	18786 - 95275	28570 - 49937

### Stendimento sismico EE'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico EE'. I valori delle V<sub>s</sub> sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	γ <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	112.00	1.46	184.9	674.6	508.1	921.0	0.37	2.23	163.08	1.75
500.00	312.00	1.66	1636.4	2020.8	3865.8	4202.7	0.18	1.60	518.24	2.10
1200.00	652.00	1.96	8439.7	17335.7	21784.0	28588.7	0.29	1.84	1278.98	2.33
1800.00	954.00	2.12	19515.8	43454.8	50923.9	69475.8	0.30	1.89	2021.25	2.48

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 1	250 - 500	112 - 312	1.46 - 1.66	185 - 1636	675 - 2021	508 - 3866
II	1 - 7	500 - 1200	312 - 652	1.66 - 1.96	1636 - 8440	2021 - 17336	3866 - 21784
III	7 - 12	1200 - 1800	652 - 954	1.96 - 2.12	8440 - 19516	17336 - 43455	21784 - 50924

### Stendimento sismico FF'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico FF'. I valori delle V<sub>s</sub> sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	γ <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	188.00	1.46	520.8	226.6	884.7	921.0	-0.15	1.33	273.74	1.95
500.00	312.00	1.66	1636.4	2020.8	3865.8	4202.7	0.18	1.60	518.24	2.10
1300.00	625.00	1.99	7874.0	23567.4	21254.9	34066.1	0.35	2.08	1244.80	2.30
2400.00	814.00	2.24	15006.4	110443.1	43068.5	130451.6	0.44	2.95	1821.52	2.42

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 2	250 - 500	188 - 312	1.46 - 1.66	521 - 1636	227 - 2021	885 - 4203
II	2 - 10	500 - 1300	312 - 625	1.66 - 1.99	1636 - 7874	2021 - 23567	4203 - 34066
III	10 - 15	1300 - 2400	625 - 814	1.99 - 2.24	7874 - 15006	23567 - 110443	34066 - 130452

### Stendimento sismico GG'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico GG'. I valori delle V<sub>s</sub> sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	γ <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	172.00	1.46	436.0	339.7	916.1	921.0	0.05	1.45	250.44	1.91
500.00	345.00	1.66	2000.9	1534.8	4184.4	4202.7	0.05	1.45	573.05	2.14
1300.00	588.00	1.99	6969.3	24773.7	19115.5	34066.1	0.37	2.21	1171.11	2.25
3000.00	785.00	2.33	14560.6	193244.2	42611.6	212658.3	0.46	3.82	1832.71	2.37

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 2	250 - 500	172 - 345	1.46 - 1.66	436 - 2001	340 - 1535	916 - 4184
II	2 - 15	500 - 1300	345 - 588	1.66 - 1.99	2001 - 6969	1535 - 24774	4184 - 19115
III	15 -25	1300 - 3000	588 - 785	1.99 - 2.33	6969 - 14561	24774 - 193244	19115 - 42612

## 10.2 Parametri geotecnici bibliografici dei terreni affioranti

Al quadro geologico-geomorfologico relativamente poco complesso si contrappone un assetto litologico piuttosto variegato in quanto, al loro interno, le formazioni sono caratterizzate dall'irregolare distribuzione di orizzonti con differenti caratteristiche litologiche e geotecniche.

Per esempio (Figura 04), facies simili per litologia affiorano tanto a letto (Complesso indifferenziato, Argille varicolori) dei flysch della Formazione della Daunia, quanto a tetto di essi (terreni pliocenici). La stessa Formazione della Daunia presenta orizzonti argillosi e marnosi, il cui comportamento geotecnico è simile a quello delle unità stratigraficamente adiacenti.

Pertanto, con l'ausilio di dati bibliografici estrapolati da precedenti analisi delle stesse litologie in un'area limitrofa, anche qui per la costruzione di un parco eolico, è possibile indicare alcuni parametri geotecnici dei terreni affioranti.

- depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro:

- Peso di volume:	γ = 1,98 gr/cmc
- Peso specifico solido dei grani:	γ <sub>s</sub> = 2,7 gr/cmc
- Indice dei vuoti:	e = 0,724%
- Porosità:	n = 41,98%
- Contenuto naturale di acqua:	W% = 25,9%
- Grado di saturazione:	S = 97,28%
- Peso di volume secco:	γ <sub>d</sub> = 1,6 gr/cmc
- Angolo di attrito:	φ° = 21°
- Coesione:	c = 0,16 kg/cmq

- alternanza di argilliti poco compatte con livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti.

- Peso di volume:	$\gamma = 2,015 \text{ gr/cmc}$
- Peso specifico solido dei grani:	$\gamma_s = 2,715 \text{ gr/cmc}$
- Indice dei vuoti:	$e = 0,574$
- Porosità:	$n = 36,728\%$
- Contenuto naturale di acqua:	$W\% = 16,810\%$
- Grado di saturazione:	$S = 79,52\%$
- Peso di volume secco:	$\gamma_d = 1,725 \text{ gr/cmc}$
- Angolo di attrito:	$\phi^\circ = 34^\circ$
- Coesione:	$c = 0,5 \text{ kg/cm}^2$

- alternanza di argilliti ben costipate con livelli centimetrici e decimetrici di calcareniti e calcilutiti

- Peso di volume:	$\gamma = 2,01 \text{ gr/cmc}$
- Peso specifico solido dei grani:	$\gamma_s = 2,7 \text{ gr/cmc}$
- Indice dei vuoti:	$e = 0,59\%$
- Porosità:	$n = 37,403\%$
- Contenuto naturale di acqua:	$W\% = 18,8\%$
- Grado di saturazione:	$S = 85,122\%$
- Peso di volume secco:	$\gamma_d = 1,69 \text{ gr/cmc}$
- Angolo di attrito:	$\phi^\circ = 23,6^\circ$
- Coesione:	$c = 0,38 \text{ kg/cm}^2$

## 11. Classificazione topografica

Condizioni topografiche per l'intero parco eolico: In relazione all'andamento morfologico locale con inclinazione del pendio  $i \leq 15^\circ$  è possibile classificare il sito di interesse come categoria: T1.

## 12. Generalità sulle verifiche di stabilità

Il grado di stabilità di un pendio, in condizioni statiche o dinamiche (per azioni sismiche), nei confronti di movimenti gravitativi, viene valutato attraverso la determinazione del cosiddetto "Fattore o coefficiente di sicurezza" indicato con il simbolo  $F_s$ .

I metodi di calcolo di  $F_s$  impiegati si basano sulle tecniche di verifica dette *Limit Equilibrium Method* (che di seguito indicheremo sempre come LEM), (Duncan 1996; Krahn 2003).

Nei metodi LEM il calcolo di  $F_s$  viene effettuato su una specifica superficie di scivolamento definita entro un pendio. dato che le porzioni potenzialmente instabili sono definibili in uno spazio 3d il calcolo viene sviluppato sopra una striscia rappresentativa di larghezza unitaria, quindi bi-dimensionale (2d) della superficie di potenziale scivolamento (figura 8). Nella applicazione del metodo dell'equilibrio limite tale

superficie (figura 8) separa la parte di pendio stabile da quella potenzialmente instabile. La parte stabile inferiore rimane indeformata e non subisce rotture.

Si suppone che la massa superiore, fino al momento della rottura, non subisca deformazioni. Collassi e deformazioni sono posteriori allo sviluppo di una superficie di rottura. Vieni quindi assunto un comportamento a rottura rigido perfettamente plastico: non si deforma fino a quando non arriva a rottura. Tuttavia, il valore di  $F_s$  (e quindi il suo grado di stabilità o propensione al movimento) si riferisce alle condizioni precedenti al fenomeno di rottura.

Per ogni superficie di potenziale scivolamento si può quindi derivare lo sforzo di taglio totale mobilitato  $\tau_m$  (domanda) e la resistenza al taglio disponibile  $\tau_f$  (capacità) e quindi è possibile definire  $F_s$  come:

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_m} \quad (2.1)$$

Usando ad esempio il criterio di rottura Mohr-Coulomb:  $F_s$  è il fattore per cui occorre dividere i parametri della resistenza al Taglio del terreno lungo i vari tratti della superficie, per provocare la rottura del pendio lungo tutta la superficie considerata e nel medesimo tempo, ovvero:

$$\tau_f = \frac{c'}{F_s} + \frac{\sigma' \tan \varphi'}{F_s} \quad (2.2)$$

Che avverrà qualora sia verificata la condizione di eguaglianza tra sforzi mobilitati e disponibili, ovvero tra domanda e capacità.

Se  $F_s > 1.0$  siamo in condizioni di stabilità, mentre per  $F_s < 1.0$  siamo in condizioni instabili dovuti a un generalizzato deficit di resistenza. Un altro assunto fondamentale dei metodi LEM è che nel caso di variabilità delle caratteristiche di resistenza al taglio lungo la superficie di scivolamento, sebbene  $F_s$  possa essere in realtà localmente variabile, si assume che  $F_s$  sia costante lungo tutta la superficie di potenziale scivolamento assunta. Ovvero abbiamo dovunque la medesima frazione di resistenza al taglio mobilitata rispetto a quella massima mobilitabile.

$F_s$  deve essere valutato entro un preciso riferimento spaziale. È perciò necessario considerare una potenziale superficie di scorrimento nella massa del pendio e valutare tutte le forze (e momenti) agenti (ovvero che inducono lo scivolamento) e resistenti (che si oppongono allo scivolamento) su detta superficie. In pratica, essendo infinite le superfici di scivolamento possibili,  $F_s$  viene valutato per ognuna delle superfici di un campione rappresentativo, generate con un certo criterio entro il volume del pendio assunto.

In tal modo il "FATTORE DI SICUREZZA" del pendio sarà quello che compete alla superficie di scorrimento con  $F_s$  più basso. Tale superficie è detta anche "SUPERFICIE CRITICA". Una superficie di scivolamento assunta divide in due parti distinte il pendio (figura x). Superiormente abbiamo una massa potenzialmente instabile supposta rigida e inferiormente una massa rigida stabile. La eq. (2.1) permette di determinare la stabilità del pendio nei confronti della superficie considerata precedentemente.

Le forze agenti sono le componenti tangenziali del peso proprio della massa e degli eventuali sovraccarichi superficiali agenti sulla superficie di scivolamento, mentre le forze resistenti sono le resistenze al taglio mobilitate nei vari punti di detta superficie che dipendono dagli sforzi normali applicati e dalla resistenza al taglio locale del suolo. Sistemi di forze interne e esterne (es. opere di rinforzo) influiscono nella stabilità

globale del pendio e devono essere considerate opportunamente; cosa che viene effettuata in tutti i metodi di calcolo rigorosi che verranno trattati più avanti.

Per procedere con il calcolo di  $F_s$  la massa potenzialmente instabile viene suddivisa in "Fette" detti Conci delimitate da superficie verticali (figura 8). Su ogni concio vengono valutate singolarmente le forze agenti e resistenti. L'insieme delle forze agenti sul concio singolo è presentato in figura 8. Queste forze sono  $W$ =Peso del concio,  $S$ =Forza di taglio mobilitata sulla base del concio,  $N$ =Forza peso normale alla base del concio,  $U$ =Forza esercitata dal carico idraulico agente sulla base,  $T$ =Forza verticale interconcio,  $E$ =Forza orizzontale interconcio.

$F_s$  può essere determinato mediante un sistema di equazioni per l'equilibrio dei corpi rigidi, ovvero: l'equilibrio alla traslazione nelle direzioni verticali e orizzontali e l'equilibrio alla rotazione rispetto a un punto:

$$\begin{cases} \sum V_i = 0 \\ \sum H_i = 0 \\ \sum M_i = 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

In pratica in ogni equazione del sistema, la somma delle forze verticali, orizzontali e dei momenti devono garantire una somma 0 (eq. 2.3).

Quando tutti i parametri di interesse sono noti si passa al calcolo di  $F_s$ . L'algoritmo di calcolo può implementare uno dei diversi metodi esistenti nell'ambito dei modelli LEM dove i procedimenti di calcolo avvengono in modo iterativo. I vari metodi, BISHOP (1955), MORGESTERN & PRICE (1965), SPENCER (1967), JANBU (1973) sono tutti riconducibili al "General equilibrium method" di FREDLUND et al. (1981), abbreviato con GLE. Questi metodi si diversificano per il tipo delle assunzioni e semplificazioni fatte per ridurre il numero delle incognite nel problema, tuttavia come mostrato in numerosi studi comparativi FREDLUND et al. (1981), Duncan (1996), la differenza percentuale dei valori di  $F_s$  calcolati generalmente non supera il 10%, che è perfettamente compatibile con il grado di incertezza insito in tale tipo di analisi.

Se osserviamo in dettaglio la figura 8 è possibile visualizzare il sistema di forze 1 che agiscono in un concio  $i$ -esimo.

### 13. Individuazione dei profili

Nell' Allegato 3 sono indicati i diversi profili che interessano le aree del parco eolico di Motta Montecorvino interessate da perimetrazione di pericolosità geomorfologica "elevata" PG2. Suddivisi in:

- n. 4 profili per gli aerogeneratori in PG2 (R-MT01, R-MT06, R-MT07, R-MT08);
- n. 2 profili per i diversi tratti di cavidotto in PG2 (cavidotto esterno 1 prossimo all'aerogeneratore R-MT01 e cavidotto interno 2 compreso fra gli aerogeneratori R-MT07 e R-MT08).

### 14. informazioni generali sul programma SSAP

Nelle applicazioni Geologico-Tecniche è spesso necessario valutare il grado di stabilità di un pendio naturale in terreni sciolti o di opere in terra rispetto a potenziali movimenti gravitativi.

Tali valutazioni vengono usualmente condotte tenendo conto sia delle condizioni attuali che di quelle prevedibili o probabili nel futuro. Generalmente tali verifiche vengono realizzate, una volta che siano note le

caratteristiche lito-stratigrafiche, idrogeologiche, geo-meccaniche del pendio, con procedure di calcolo lunghe, ripetitive e talvolta assai complesse.

Per questo motivo trovano largo impiego in questo campo codici di calcolo automatico che consentono di ridurre tempi e costi, oltre a permettere, proprio per la loro velocità ed efficienza, di ottenere risultati più attendibili, perché basati su un numero di verifiche maggiore.

Il Programma SSAP nasce dall'attività di ricerca svolta nello sviluppo di algoritmi che consentono di ottenere una ottimale modellizzazione della configurazione geo-meccanica e litostratigrafica dei pendii in terreni sciolti. Infatti, per valutare correttamente il grado di stabilità di un pendio, oltre che eseguire una corretta caratterizzazione geo-litologica dell'area, è necessario tener conto delle eventuali disomogeneità presenti nella massa del pendio, soprattutto nei casi di marcata variabilità delle caratteristiche del terreno, quali ad esempio disomogeneità costituite da strati e lenti di materiali aventi diverse caratteristiche geo-meccaniche, livelli di falda variabili, topografie irregolari, elementi stabilizzanti (muri, palificate, tiranti, geogriglie, geo-sintetici ecc.). Da un punto di vista geologico infatti tutti gli elementi di discontinuità costituiscono parte caratterizzante del pendio e come tali non possono essere trascurati a priori da operazioni di eccessiva generalizzazione del profilo stratigrafico e geo-meccanico ricavato da campagne geognostiche. Talvolta invece per deficienze insite nei codici di calcolo esistenti o a causa dei tempi di calcolo, gli elementi di discontinuità rilevati vengono trascurati o semplificati eccessivamente, con conseguenze sulla attendibilità finale del processo di verifica. In questo contesto un modello di pendio e la sua verifica di stabilità e un processo complesso ricco di componenti e interazioni.

Di conseguenza il codice SSAP è stato sviluppato mirando ai seguenti obiettivi primari:

1. Possibilità di rappresentare adeguatamente tutte le discontinuità presenti nei pendii naturali o artificiali.
2. Evitare tutte le eccessive assunzioni semplificative sulla stratigrafia, sul profilo della falda, sulle superfici di scorrimento.
3. Seguire gli attuali standard di lavoro e le normative nelle verifiche di stabilità nei pendii in terreni sciolti e ammassi rocciosi fratturati;
4. Implementare nel software una serie di strumenti di calcolo tra i più avanzati e originali nell'ambito dei modelli di calcolo per le verifiche all'equilibrio limite.
5. Conseguire tempi di calcolo realistici anche per elaboratori anche di medie capacità.

### **15. Realizzazione dei profili altimetrici**

I profili altimetrici da inserire nel software SSAP2010, per la realizzazione dell'analisi di stabilità dei versanti, sono stati creati attraverso l'utilizzo del software QGIS 3.4.2 Madeira.

Sono state innanzitutto stabilite le esatte posizioni degli aerogeneratori attraverso delle carte tematiche. In seguito, grazie all'analisi delle isoipse presenti sulla Carta Tecnica Regionale (CTR) dell'area, sono state fissate le direzioni di massima pendenza lungo le quali realizzare i profili. I profili, oltre a seguire le massime pendenze, sono stati realizzati in modo tale da ricadere all'interno delle zone di rischio geomorfologico PG3. Queste direzioni sono state riportate all'interno del Plugin "Profile Tool", che, servendosi delle quote presenti all'interno del *Digital Terrain Model* (DTM) della zona di interesse ha elaborato i profili altimetrici. Per rendere immediato il posizionamento sui profili dei carichi relativi agli aerogeneratori e ai cavidotti, tutti i profili sono stati realizzati partendo 50 m a monte rispetto ad essi.

## 16. Sintesi dei risultati della stabilità di versante

In allegato 3 sono riportati i report relativi alla verifica della stabilità di versante, sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche, posto ai piedi degli aerogeneratori e di alcuni tratti del cavidotto ricadenti in aree classificate come a pericolosità geomorfologica "elevata" (PG2).

Di seguito vengono riportate le tabelle sintetiche con i valori di sicurezza ottenuti dalla verifica effettuata con il software SSAP2010 nella versione aggiornata alle NTC 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

Aerogeneratore R-MT01	
Superficie con minore Fattore di Sicurezza:	FS = 3.8317
Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:	FS = 2.8436
Esito della verifica di stabilità:	positivo per entrambe le condizioni

Aerogeneratore R-MT06	
Superficie con minore Fattore di Sicurezza:	FS = 4.1557
Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:	FS = 3.3171
Esito della verifica di stabilità:	positivo per entrambe le condizioni

Aerogeneratore R-MT07	
Superficie con minore Fattore di Sicurezza:	FS = 4.0800
Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:	FS = 3.1359
Esito della verifica di stabilità:	positivo per entrambe le condizioni

Aerogeneratore R-MT08	
Superficie con minore Fattore di Sicurezza:	FS = 2.8122
Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:	FS = 2.2698
Esito della verifica di stabilità:	positivo per entrambe le condizioni

Cavidotto 1	
Superficie con minore Fattore di Sicurezza:	FS = 5.3907
Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:	FS = 3.7951
Esito della verifica di stabilità:	positivo per entrambe le condizioni

Cavidotto 2	
Superficie con minore Fattore di Sicurezza:	FS = 2.9599
Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:	FS = 2.2264
Esito della verifica di stabilità:	positivo per entrambe le condizioni

## 17. Conclusioni

Il presente Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica è stato realizzato applicazione del comma 1 degli artt. 13, 14 e 15 delle Norme di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.): tra gli interventi consentiti, sono compresi quelli "necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico". Per detti interventi, in accordo con quanto previsto dal comma 2 dei predetti articoli, viene specificato che "per tutti gli interventi nelle aree di cui al comma 1, l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata".

Lo studio ha permesso di accertare la compatibilità degli indirizzi progettuali con le caratteristiche stratigrafiche, litologiche, geologiche, idrogeologiche e valutazioni di carattere geotecnico a supporto del

progetto denominato "Progetto di potenziamento dell'impianto eolico nei comuni di Motta Montecorvino e Volturara Appula (FG), in località' Serra Defenza, della potenza complessiva di 42 Mw".

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle disposizioni contenute nel DECRETO 17 gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni" e dal D.M. 11 marzo 1988.

A tal fine, si è proceduto ad un rilevamento geologico del sito, all'esecuzione di n. 7 prospezioni geofisiche, alla consultazione dei dati e della bibliografia esistente, e alla stima delle principali caratteristiche geotecniche e geo-meccaniche dei terreni coinvolti dalle opere in progetto.

Relativamente alla tipologia di terreno in affioramento al di sotto di ognuno dei 9 generatori eolici in progetto e delle tratte di vettoriamento è possibile distinguere quattro formazioni geologiche distinte:

- *i* - Complesso Indifferenziato: conosciuta anche con il nome di Formazione delle Argille Varicolori, è formata da sedimenti argillosi policromi a giacitura caotica alternati ad argille marnose e siltose; di età riferita all'intervallo Miocenico - Oligocenico.
- *bcD* - Formazione della Daunia: costituita litologicamente da brecce, brecciole, calcareniti alternati a marne ed argille di vario colore di età Miocenica.
- *PQa* - Sono sedimenti argillosi e siltosi di colore grigiastro, alternati ad intercalazioni sabbioso-argillose, sia grigi che giallastri. Questi termini pliocenici fanno parte della serie trasgressiva che ricopre i terreni miocenici dei monti della Daunia; questi affiorano in aree depresse tra i crinali.

La morfologia del territorio in esame è prevalentemente collinare, per la maggior parte presenta dorsali dai pendii relativamente dolci e poco acclivi, con sedimenti oligocenici e miocenici, ma soprattutto con la copertura pliocenica. L'attuale configurazione geomorfologica del territorio è direttamente connessa ai caratteri litologici e agli assetti tettonici dell'area.

La natura geologica dei terreni costituenti la porzione più occidentale del Subappennino Dauno e i rapporti stratigrafici e tettonici intercorrenti fra gli stessi hanno di conseguenza contribuito allo sviluppo di un reticolo di drenaggio piuttosto ramificato. Tra i corsi d'acqua con maggiore portata rientrano quasi tutti quelli di maggiore estensione del territorio pugliese. Tra questi in particolare sono da citare il Torrente Triolo, che scorre a norddest dell'area di intervento ed il Torrente Salsola, che scorre a sudovest dell'impianto.

Concentrandosi specificamente nell'area in studio, si può notare, che la zona in cui sono installati i generatori eolici in oggetto è interessata da un reticolo idrografico di drenaggio poco fitto e ramificato.

In particolare, si tratta di corsi d'acqua caratterizzati da regime di tipo torrentizio; pertanto le portate più significative si osservano durante il periodo autunnale ed invernale, mentre durante il periodo primaverile ed estivo si può assistere a qualche sporadico evento di drenaggio in seguito a improvvise e consistenti precipitazioni di carattere temporalesco.

Tuttavia, l'installazione dei nuovi aerogeneratori è prevista in aree di alto morfologico, lungo le creste di crinali che fungono da spartiacque dei piccoli bacini tributari del più vasto areale di drenaggio del Torrente Salsola.

In definitiva, l'intervento non interferirà con il reticolo idrografico esistente.

Non sussistono pertanto condizioni di pericolosità idraulica tali da poter pregiudicare la sicurezza, la stabilità ed il corretto esercizio dei generatori eolici ivi installati.

Dalla consultazione della documentazione relativa al Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia (pagina web: <http://old.regione.puglia.it/index.php?page=documenti&opz=getdoc&id=29>), in particolare:

- Deliberazione di Giunta Regionale n. 03/2007;
- Tavola A "Aree di vincolo d'uso degli acquiferi";
- Tavola B "Zone di protezione speciale idrogeologica";

è possibile evincere che le aree in studio non sono gravate da misure di tutela quali-quantitativa dei corpi idrici sotterranei.

Dalla Tavola 6.1.A "Campi di esistenza dei corpi idrici sotterranei" e dalla Tavola 6.1.B "Corpi idrici sotterranei significativi", è possibile evincere che il regionale Piano di Tutela delle acque non censisce, nelle aree in esame, corpi idrici sotterranei ritenuti significativi.

In definitiva, le strutture in progetto dell'impianto eolico oggetto di studio non interferiranno in alcun modo con l'idrografia sotterranea significativa.

Per quanto concerne gli indirizzi di pianificazione del P.A.I. si osserva che le opere in progetto, ricadono in alcune aree, delle fasce di pericolosità geomorfologica PG1 e PG2, per cui sono state verificate in funzione dei dissesti potenziali che definiscono la pericolosità dell'area.

Inoltre, si dichiara che l'intervento in esame è stato progettato rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio geologico e geomorfologico esistente.

Vengono forniti i valori di sicurezza sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche, ottenuti dalla verifica della stabilità di versante ai piedi di ogni aerogeneratore e di alcuni tratti del cavidotto ricadenti in aree classificate come PG2. I valori sono stati ottenuti adoperando il software SSAP2010 nella versione aggiornata alle NTC 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

In conclusione, sulla base dei dati desunti dalle indagini geofisiche, geo-meccaniche, geotecniche e dei rilievi e sopralluoghi eseguiti, valutate le ipotesi progettuali e le caratteristiche morfologiche e litologiche dei terreni presenti, si può affermare che il progetto di potenziamento dell'impianto eolico di Motta Montecorvino (FG), in località Serra Defenza, non modifica la stabilità delle aree interessate.

Gioia del Colle, luglio 2019

Il Geologo  
Dott. Raffaele Sassone



**Allegato 1:**  
**Elaborati Grafici**

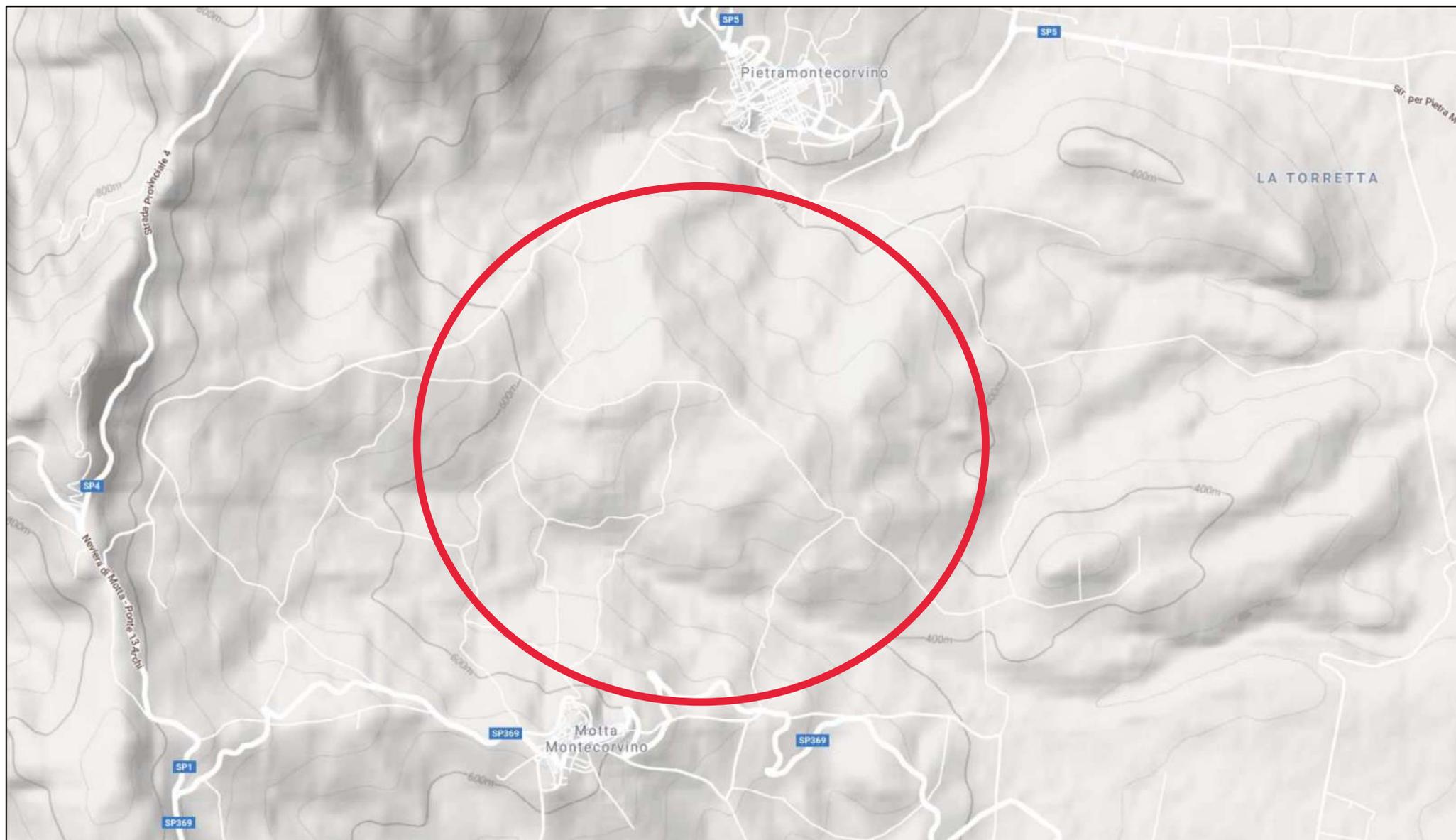


Fig.01 - Area di studio su stralcio di carta altimetrica (GoogleMaps 2019)

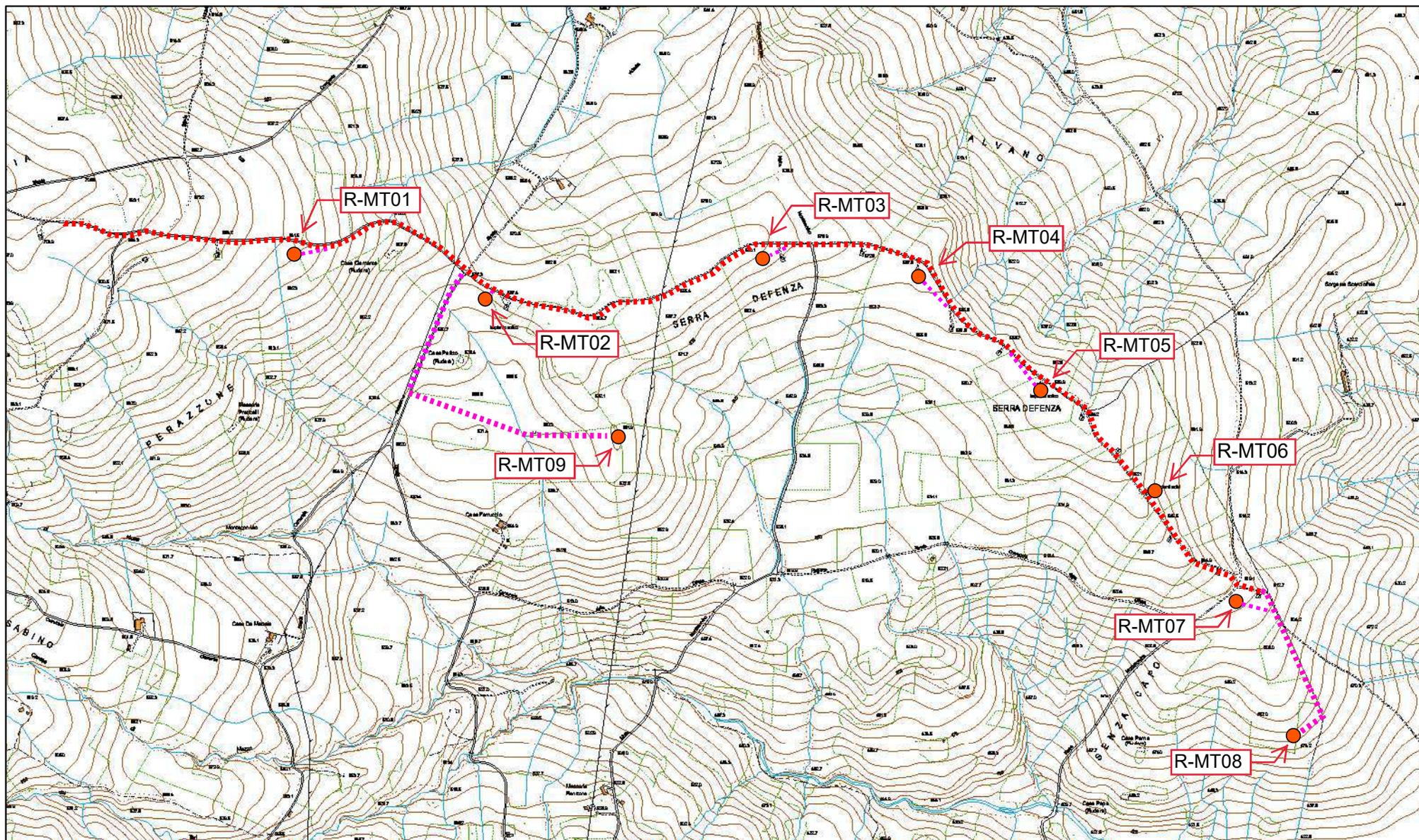
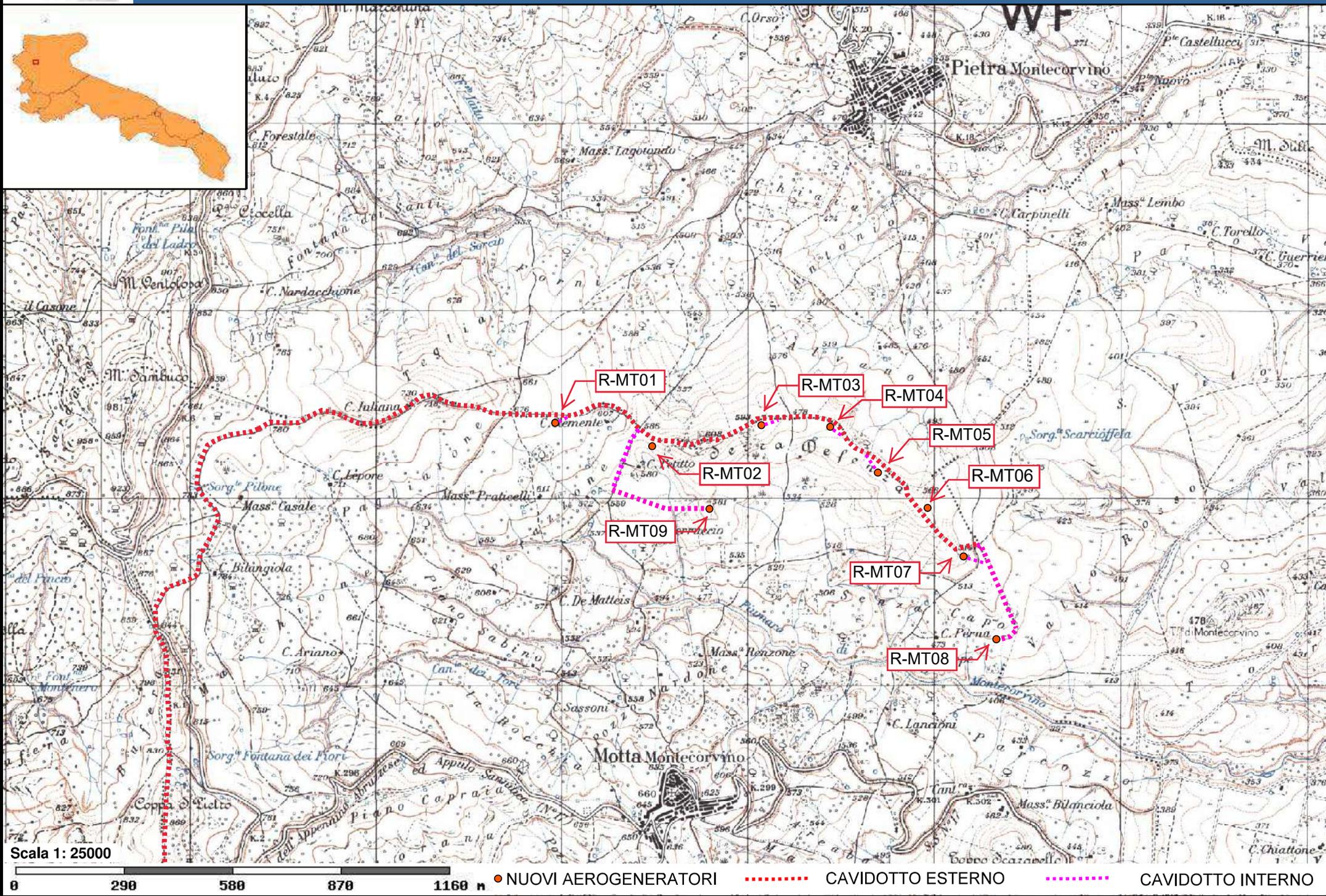


Fig. 02-a - Ubicazione dell'impianto in progetto su stralcio di Carta Tecnica Regionale 1:16000

- NUOVI AEROGENERATORI
- ⋯ CAVIDOTTO ESTERNO DA ADEGUARE
- ⋯ CAVIDOTTO INTERNO DA REALIZZARE

Fig. 02-b - Ubicazione dell'impianto in progetto su stralcio IGM 1:25000



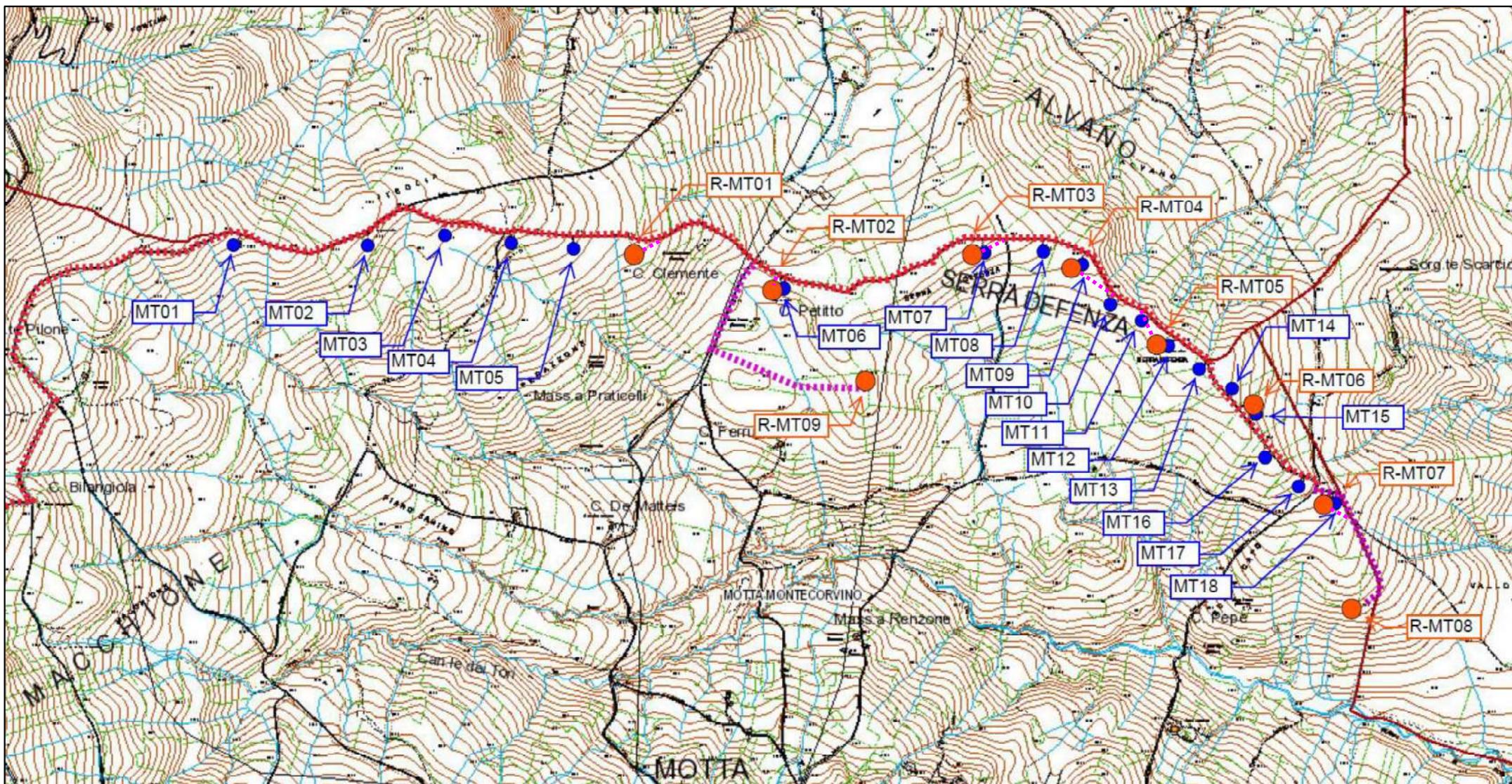
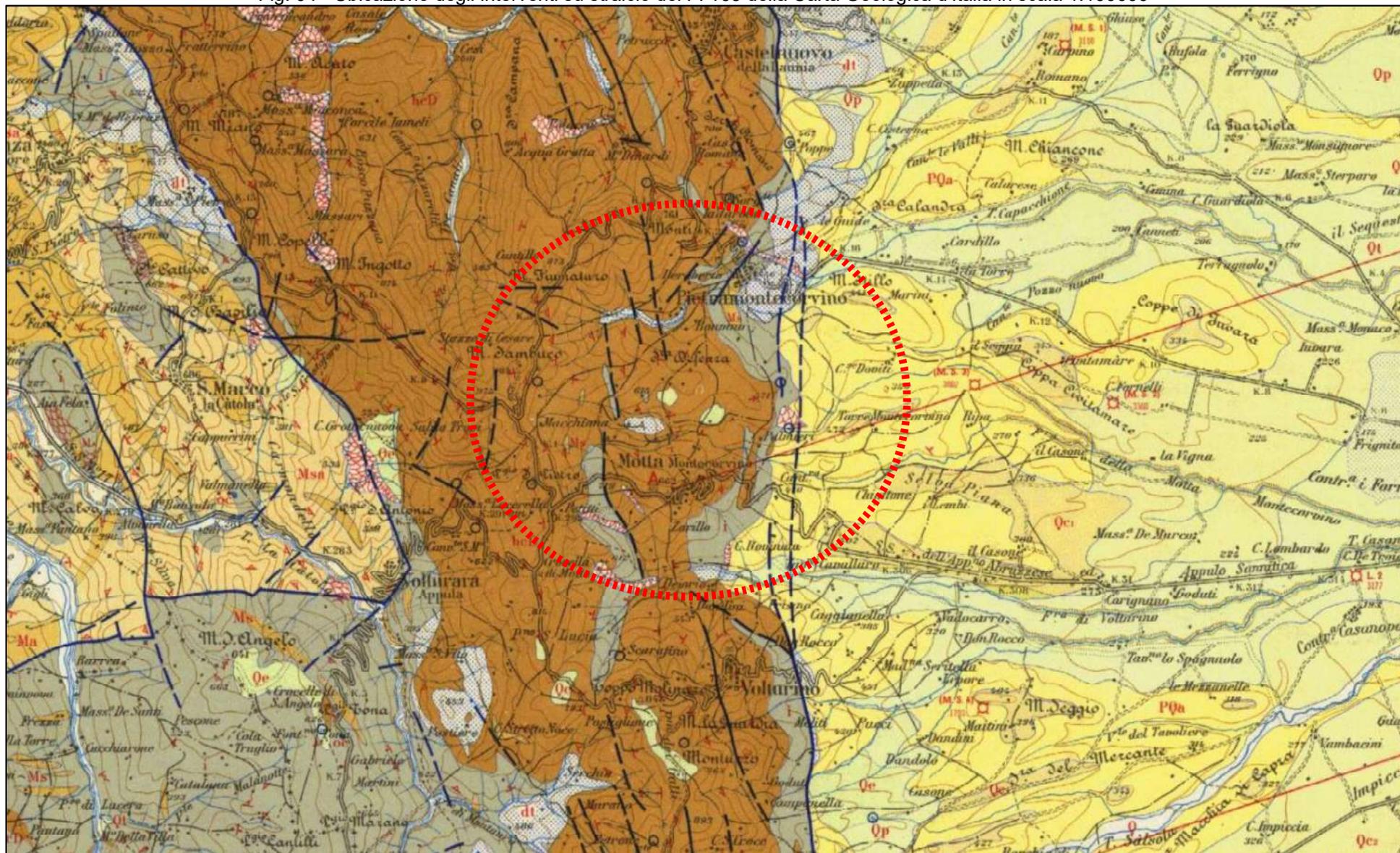
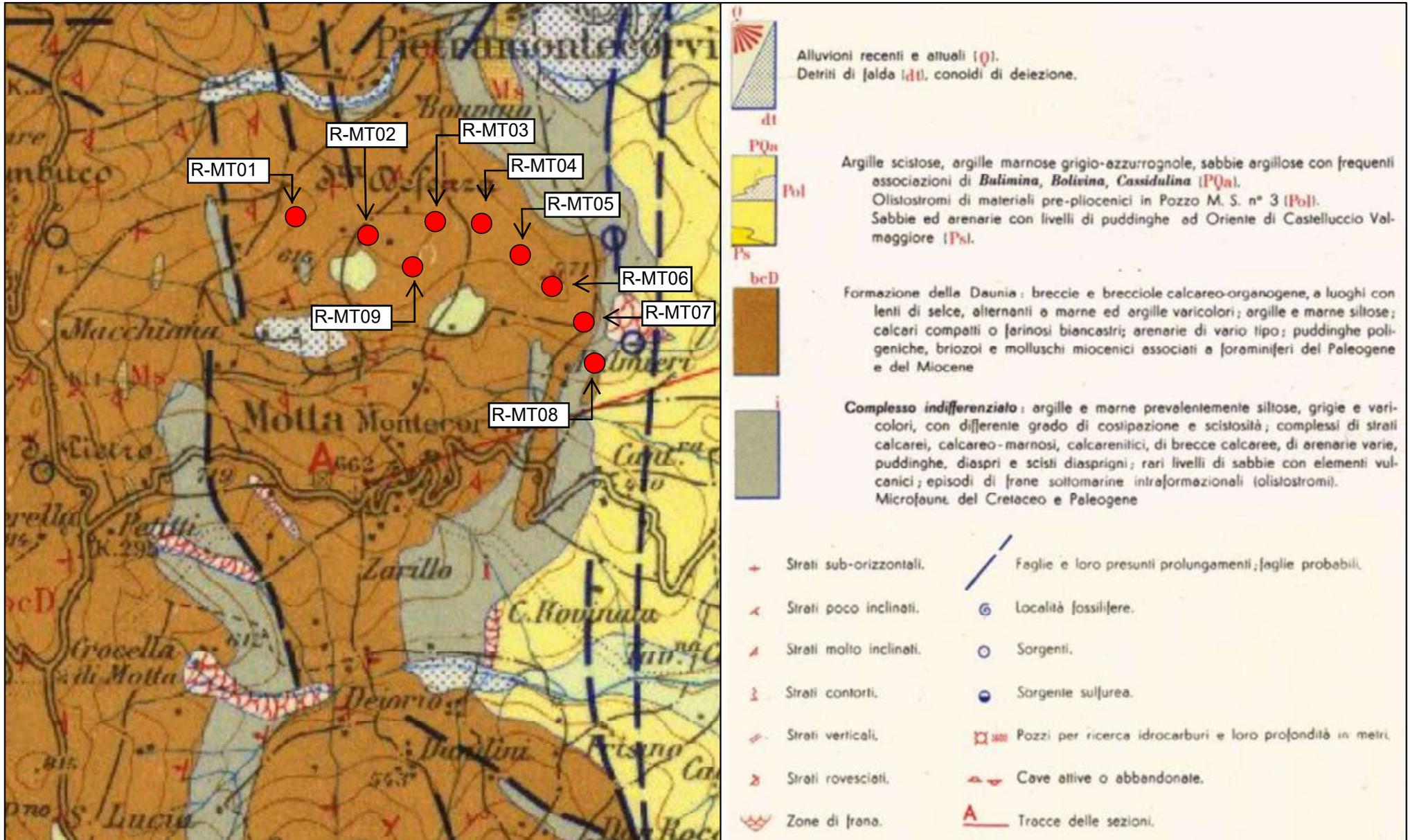


Fig. 03 - Rapporti spaziali intercorrenti tra le turbine esistenti da rimuovere e le nuove turbine da installare su stralcio di Carta Tecnica Regionale 1:16000

- |  |  |
|--|--|
| <span style="color: orange;">●</span> NUOVI AEROGENERATORI | <span style="color: red;">- - - - -</span> CAVIDOTTO ESTERNO DA ADEGUARE       |
| <span style="color: blue;">●</span> VECCHI AEROGENERATORI  | <span style="color: magenta;">- - - - -</span> CAVIDOTTO INTERNO DA REALIZZARE |

Fig. 04 - Ubicazione degli interventi su stralcio del F. 163 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000





● NUOVI AEROGENERATORI

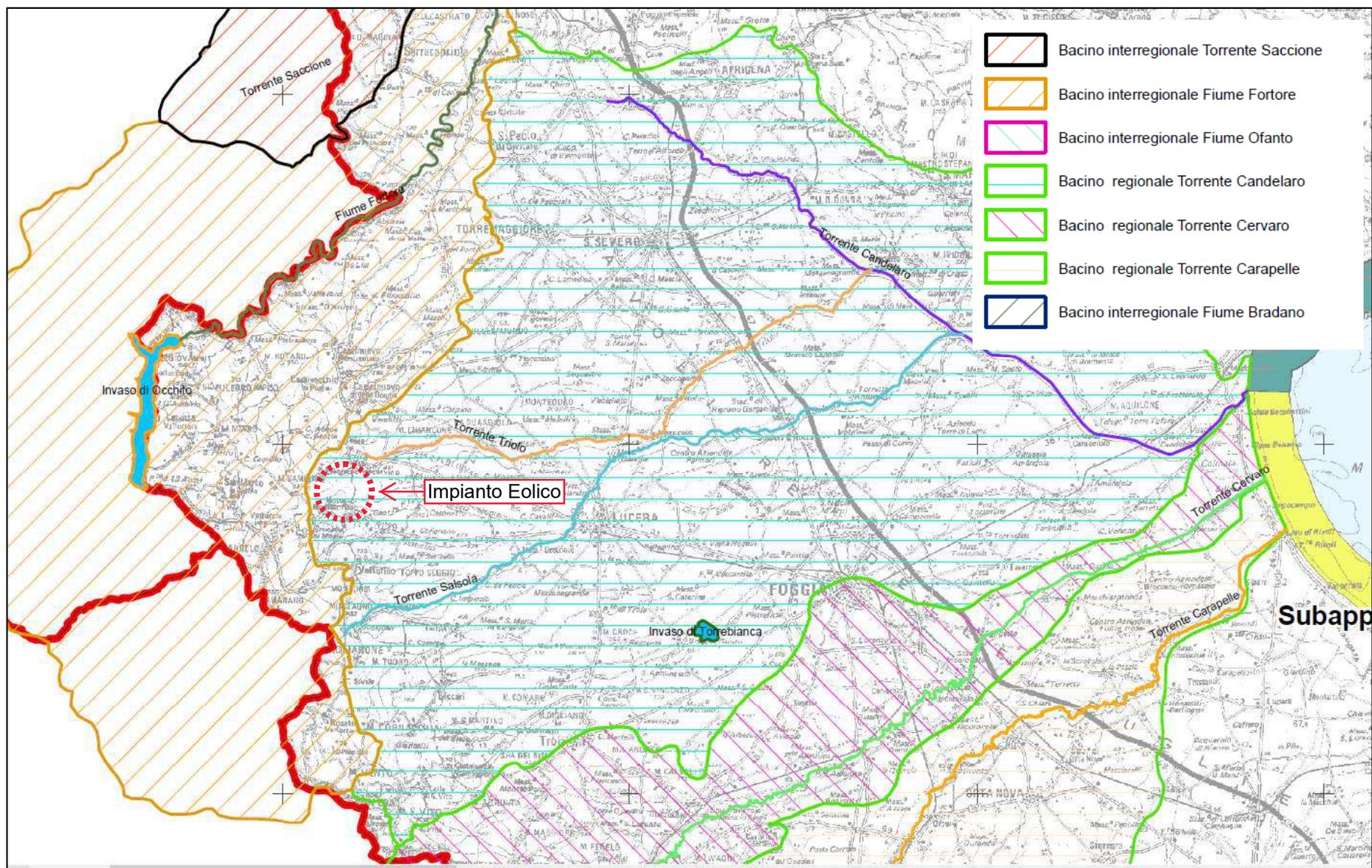


Fig. 05 - Localizzazione dell'area di intervento su stralcio della Tav. 1.6 del Piano Regionale di Tutela delle Acque "Corpi idrici superficiali significativi"

Fig. 06 - Ubicazione dell'impianto in progetto su stralcio di carta Idrogeologica 1:25000

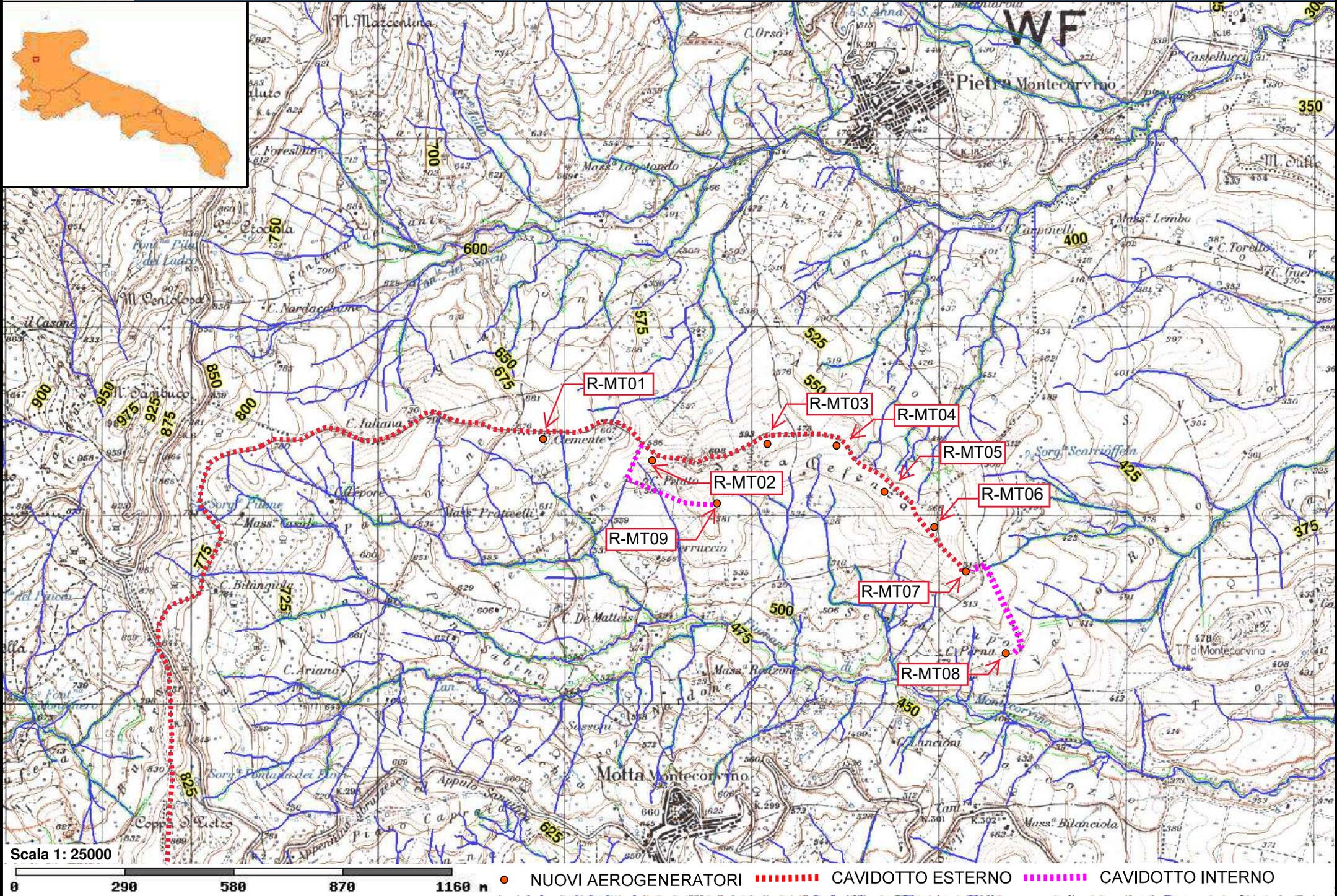




Fig. 07 - Siti di indagine per la caratterizzazione sismica del suolo

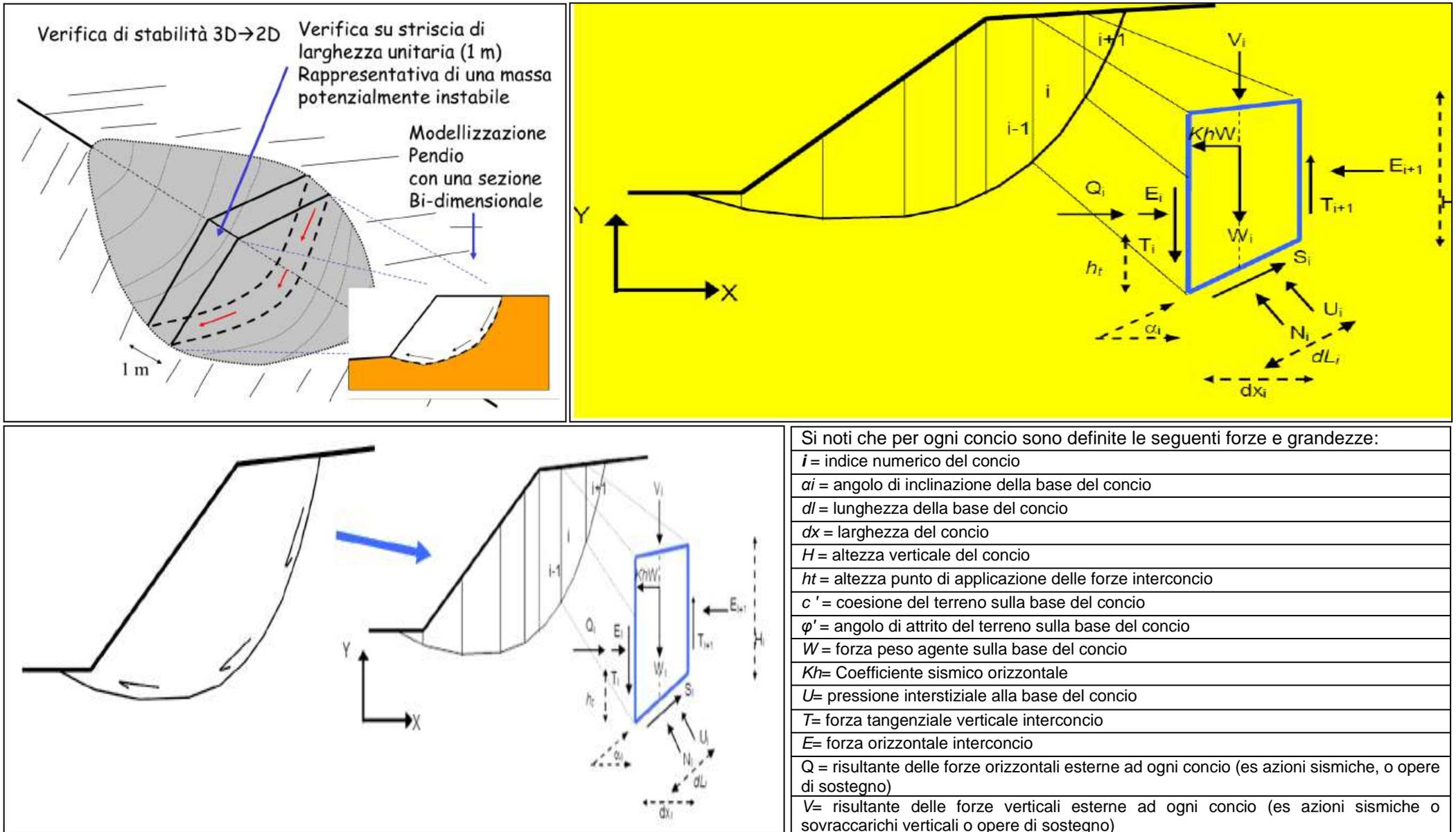


Fig.8: Schema esemplificativo sulla verifica di stabilità e sul calcolo del fattore di sicurezza.

**Allegato 2:**  
**Report indagini geofisiche**



**GEOMONITEK SRL**

INDAGINI GEOFISICHE E IDROGEOLOGICHE  
MONITORAGGIO STRUTTURALE E GEOMECCANICO

**COMUNE DI MOTTA MONTECORVINO**

**PROVINCIA DI FOGGIA**

**Elaborato**

**REPORT INDAGINI GEOFISICHE**

**REDATTO**

**VERIFICATO**

**REVISIONE**

**GEOL. DE GIORGIO**

**GEOL. GIGANTE**

**A**

COMMITTENTE: Geol. Raffaele Sassone

**EMISIONE**

**CODICE ELABORATO**

**CODICE ARCHIVIAZIONE FILE**

30.06.2019

GMT\_RGF011\_300619

GMT\_RGF011\_300619.pdf

**GEOMONITEK SRL**

Sede legale: Corso Trieste e Trento, 112 - 70011 Alberobello (BA) - Italia - P.IVA 07316560726

Tel. 0804322730 - e-mail: [info@geomonitek.com](mailto:info@geomonitek.com) - [www.geomonitek.com](http://www.geomonitek.com)

## Indice

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2. CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SOTTOSUOLO: METODOLOGIA DI ANALISI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</b> .....	<b>3</b>
2.1 IL METODO DELLA SISMICA A RIFRAZIONE.....	3
2.2 METODO M.A.S.W. ....	3
2.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	4
<b>3. ATTIVITÀ DI CAMPO</b> .....	<b>5</b>
<b>4. ANALISI DI SISMICA A RIFRAZIONE</b> .....	<b>6</b>
4.1 STENDIMENTO SISMICO AA': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	6
4.2 STENDIMENTO SISMICO BB': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	9
4.3 STENDIMENTO SISMICO CC': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	12
4.4 STENDIMENTO SISMICO DD': INTERPRETAZIONE DEI DATI .....	15
4.5 STENDIMENTO SISMICO EE': INTERPRETAZIONE DEI DATI .....	18
4.6 STENDIMENTO SISMICO FF': INTERPRETAZIONE DEI DATI .....	21
4.7 STENDIMENTO SISMICO GG': INTERPRETAZIONE DEI DATI .....	24
<b>5. ANALISI MASW</b> .....	<b>27</b>
5.1 STENDIMENTO SISMICO AA': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	27
5.2 STENDIMENTO SISMICO BB': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	30
5.3 STENDIMENTO SISMICO CC': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	33
5.4 STENDIMENTO SISMICO DD': INTERPRETAZIONE DEI DATI .....	36
5.5 STENDIMENTO SISMICO EE': INTERPRETAZIONE DEI DATI .....	39
5.6 STENDIMENTO SISMICO FF': INTERPRETAZIONE DEI DATI .....	42
5.7 STENDIMENTO SISMICO GG': INTERPRETAZIONE DEI DATI .....	45
<b>6. CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE</b> .....	<b>48</b>
6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO AA'.....	48
6.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO BB'.....	48
6.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO CC'.....	49
6.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO DD'.....	49
6.5 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO EE'.....	50
6.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO FF'.....	50
6.7 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO GG'.....	51
<b>7. CARATTERIZZAZIONE ELASTICO-MECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE</b> .....	<b>52</b>
7.1 STENDIMENTO SISMICO AA'.....	52
7.2 STENDIMENTO SISMICO BB'.....	53
7.3 STENDIMENTO SISMICO CC'.....	54
7.4 STENDIMENTO SISMICO DD'.....	55
7.5 STENDIMENTO SISMICO EE'.....	56
7.6 STENDIMENTO SISMICO FF'.....	57
7.7 STENDIMENTO SISMICO GG'.....	58
<b>8. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b> .....	<b>59</b>

## 1. PREMESSA

Il presente report riferisce sulle risultanze di indagini geognostiche di tipo indiretto condotte nel territorio comunale di Motta Montecorvino, Provincia di Foggia, presso l'impianto eolico, finalizzate alla caratterizzazione geofisica del sottosuolo. L'incarico è stato affidato a questa Società dal Geologo Raffaele Sassone.

L'indagine in loco è consistita nelle seguenti acquisizioni:

- realizzazione di n.7 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG'), ubicati come da corografia (Fig.1) e planimetrie inserite in relazione, con interpretazione tomografica dei dati di velocità delle onde P;
- esecuzione di n.7 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channelAnalysis of SurfaceWaves) sulle stesse tracce dei rilievi sismici a rifrazione, al fine di ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica dell'allineamento.

Le tipologie di rilievo condotte sul terreno e le ubicazioni corrispondenti sono state indicate dalla DD.LL., in maniera tale da investigare le aree di interesse compatibilmente con gli spazi fisici a disposizione.

Si sottolinea che l'indagine sismica consente di valutare le risposte fisico-elastiche dell'ammasso roccioso indagato e l'individuazione di superfici di discontinuità fisiche laterali e/o verticali in termini di passaggi di velocità nelle onde elastiche lungo i profili nel sottosuolo.

## **2. CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SOTTOSUOLO: METODOLOGIA DI ANALISI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito, come detto in premessa, è stata eseguita un'indagine di sismica superficiale caratterizzata dalla combinazione tra la tecnica di sismica a rifrazione con onde di volume longitudinali (o onde P) e il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW che permette di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali.

### **2.1 Il metodo della sismica a rifrazione**

La prospezione sismica è un'indagine indiretta, che si occupa dell'esplorazione del sottosuolo attraverso lo studio della propagazione di onde elastiche generate in superficie. Tali perturbazioni sono generalmente provocate da vibrazioni impresse al terreno con mezzi meccanici o da esplosioni. Le discontinuità ricercate mediante la prospezione sono di natura fisico-elastica e pertanto la ricostruzione della geometria e natura del sottosuolo possono essere legate sia a reali variazioni litologiche sia a variazioni rinvenibili nell'ambito di uno stesso litotipo. Il metodo della sismica a rifrazione si basa sul concetto di bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito di un fronte d'onda conico. Data quindi una sorgente di onde elastiche (massa battente, martello a percussione, piccola esplosione) e dato uno stendimento di trasduttori velocimetrici (geofoni) posizionati lungo un determinato allineamento, giungeranno ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde birifratte (head wave). Le onde birifratte sono quelle analizzate attraverso il metodo della sismica a rifrazione. Tali perturbazioni giungono sulla superficie di separazione tra due mezzi elastici (2 litologie differenti) con un angolo di incidenza critico (legge di Snell), si propagano parallelamente alla superficie di discontinuità (prima rifrazione con angolo di  $90^\circ$ ), e si rifrangono nuovamente verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza.

Successivamente alla registrazione dei dati, la prima operazione svolta è consistita nell'individuazione dei primi arrivi sui singoli sismogrammi (picking). Dall'acquisizione dei tempi di primo arrivo, conoscendo le distanze relative alla configurazione geometrica adottata (interspazio geofonico), è stato ottenuto un diagramma tempi-distanze (dromocrona), attraverso il quale, applicando diverse metodologie, è stato possibile determinare le velocità di propagazione delle onde nel mezzo sottostante e i relativi spessori dei sismostrati attraversati dalla radiazione elastica. Per le analisi interpretative, è stato utilizzato il software Rayfract (versione 3.21) che ha permesso di ottenere l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità.

### **2.2 Metodo M.A.S.W.**

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of SurfaceWaves) è una tecnica di indagine non invasiva, utile a definire l'azione sismica di progetto, che individua il profilo delle velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  nei primi trenta metri di profondità a partire dal piano campagna, sulla base della misura delle onde superficiali in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo più importante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, le uniche onde utilizzate nell'indagine MASW, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. L'impiego di tali onde è giustificato dalle proprietà che possiedono, infatti, trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente (scoppio) e allontanandosi da essa (scoppio) subiscono

un'attenuazione geometrica inferiore rispetto a quella che eventualmente avrebbero le onde P ed SV, propagandosi, conseguentemente, a profondità più grandi.

Il metodo M.A.S.W. può essere suddiviso in quattro fasi fondamentali (Roma, 2002):

- calcolo della curva di dispersione sperimentale;
- calcolo della curva di dispersione apparente numerica;
- calcolo della curva di dispersione effettiva numerica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

Il calcolo della curva di dispersione sperimentale, si ottiene dalle misure effettuate in situ. Essa si estrae dallo spettro del dominio frequenza – numero d'onda applicando una doppia trasformata di Fourier al campo del moto nel dominio spazio-tempo.

Il calcolo delle curve di dispersione numeriche, apparente ed effettiva invece, si ricava applicando un'unica trasformata di Fourier alla funzione di Green. Per il calcolo della prima è stato utilizzato il metodo Roma (2001), mentre per il calcolo della seconda (curva di dispersione effettiva numerica) è stato utilizzato il metodo Lai-Rix (1998).

L'individuazione del profilo Vs, infine, è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

Per quanto riguarda, infine, la strumentazione necessaria all'esecuzione di tale indagine MASW, ci si è avvalsi delle seguenti componenti tecniche: registratore multicanale; geofoni o accelerometri da 4.5 Hz (almeno 12 canali); cavi per stendimenti sismici; sorgente energizzante composta da piastra metallica (per battuta) ed una massa battente di 5 - 10 Kg; bindella metrica per la disposizione geometricamente corretta dei geofoni con interasse compreso tra 0.5 e 5 metri.

### 2.3 Strumentazione utilizzata

La strumentazione utilizzata per la registrazione dei segnali è del tipo a 24 canali, modello DBS280 (anno 2012) della DOLANG interfacciato con un computer portatile.

L'attrezzatura è composta da:

- **un sistema di energizzazione:** la sorgente è costituita da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra rettangolare in acciaio posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV;
- **un sistema di trigger:** consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.
- **un sistema di ricezione:** costituito da 24 geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza di acquisizione 4,5 Hz.
- **un sistema di acquisizione dati:** con memoria dinamica a 16 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali per un totale di 24 canali, 2 cavi sismici a 12 take-outs ciascuno spaziato a 5 metri, notebook PC Windows XP con software DBS280 Versione 5.1 della DOLANG

### 3. ATTIVITÀ DI CAMPO

L'indagine in loco è consistita come detto nella realizzazione di n.7 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG') e nell'esecuzione di n.7 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of SurfaceWaves) sulle stesse tracce delle sezioni tomografiche, al fine di ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica dell'allineamento.

Gli stendimenti sismici hanno tutti lunghezza di 48 metri e sono ubicati come riportato nella seguente figura (Fig.1).

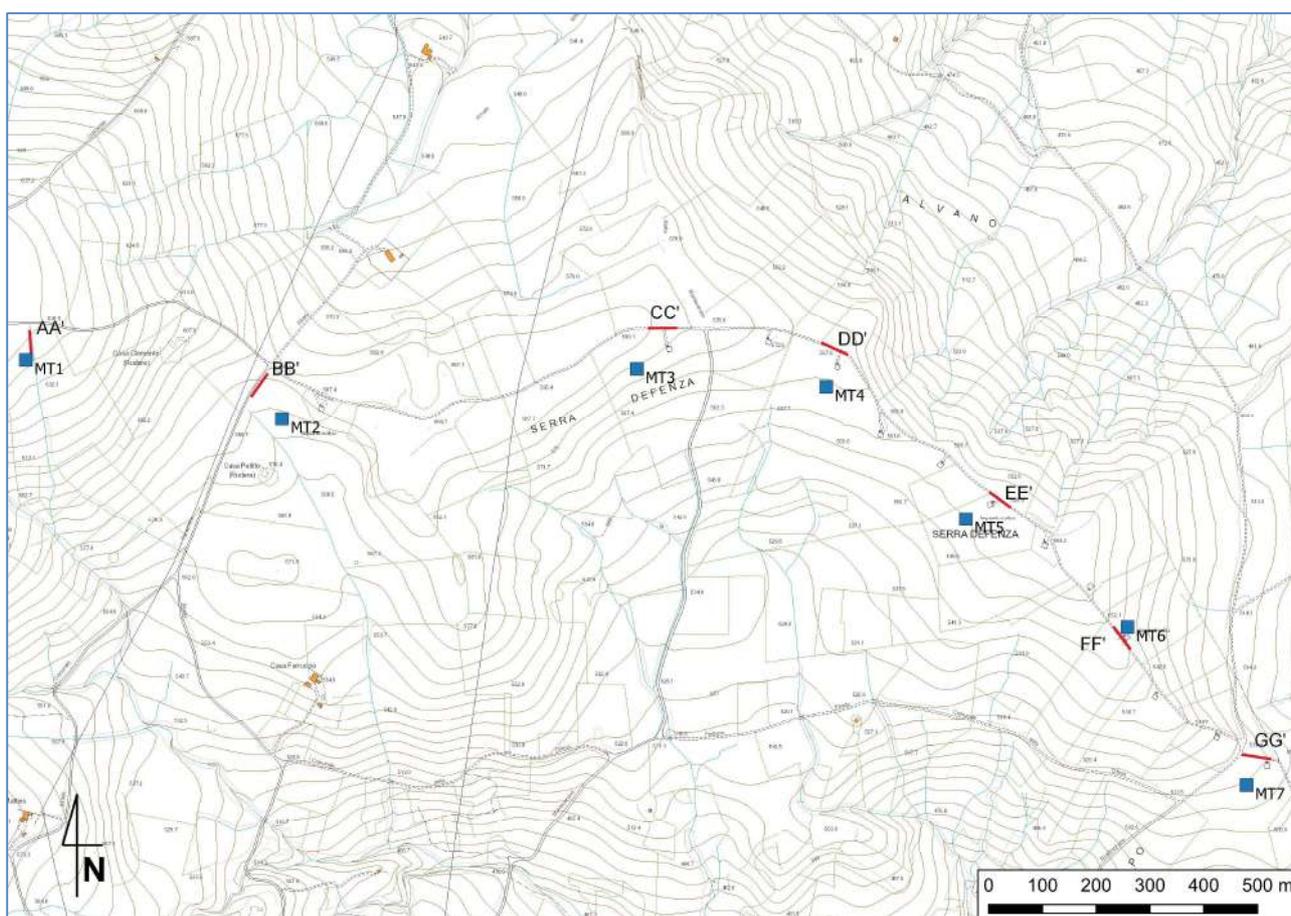


Fig. 1 – Corografia stendimenti sismici a rifrazione (i quadrati blu indicano i generatori eolici)

## 4. ANALISI DI SISMICA A RIFRAZIONE

### 4.1 Stendimento sismico AA': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione AA' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata S/N e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

A – 508905.19 E – 4597185.87 N; A' – 508901.38 E – 4597235.44 N.

Lo stendimento AA' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.2).

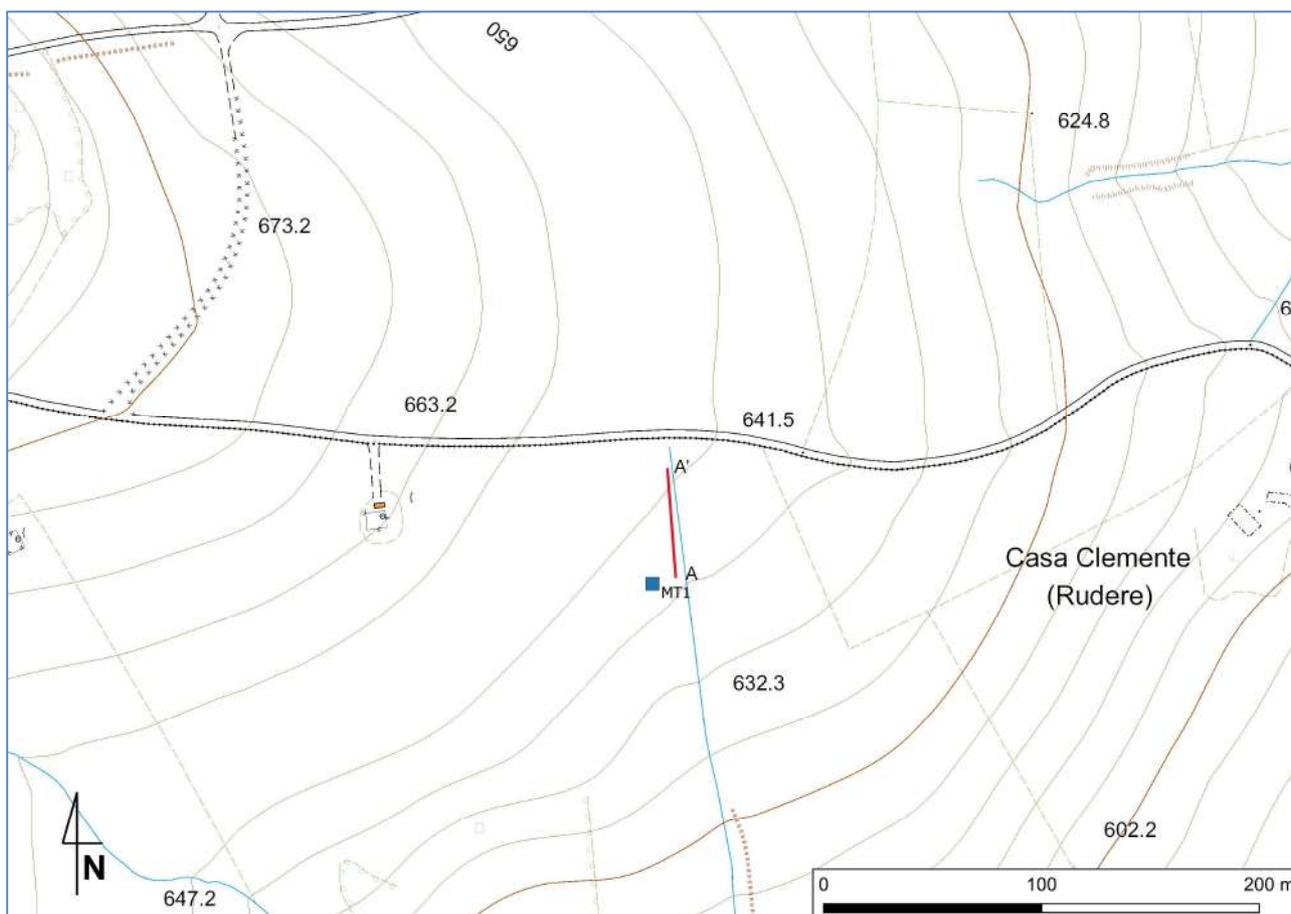


Fig. 2 – Ubicazione dello stendimento sismico AA' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.3).

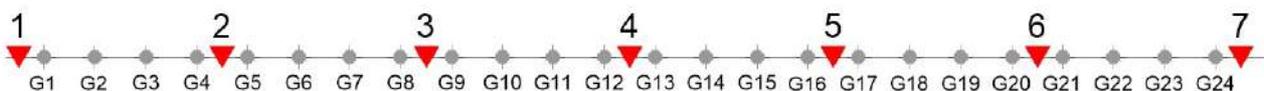


Fig.3 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione AA'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 4 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

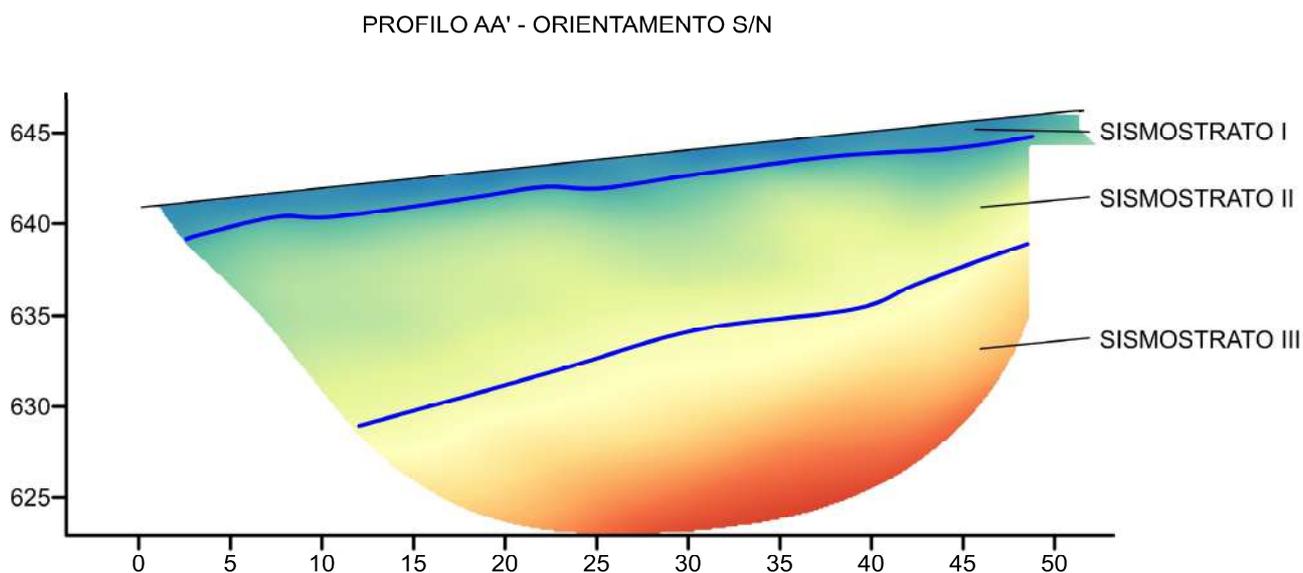
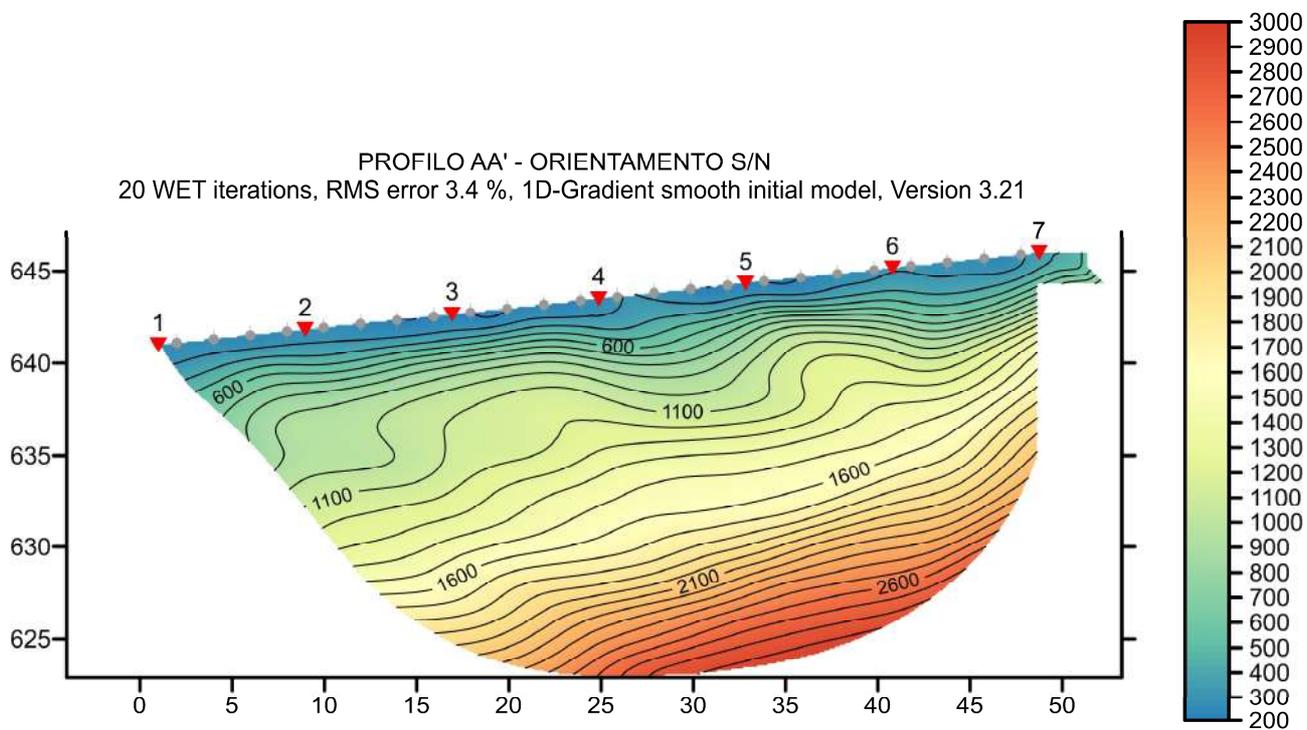


Fig. 4 – Sezione tomografica del profilo AA' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge sino a circa 1 m di profondità, si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1500 m/s. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 2600 m/s alle profondità indagate, ossia circa 15 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

## 4.2 Stendimento sismico BB': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione BB' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata NE-SW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

B – 509343.3 E – 4597155.0 N; B' – 509315.2 E – 4597115.1 N.

Lo stendimento BB' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.5).

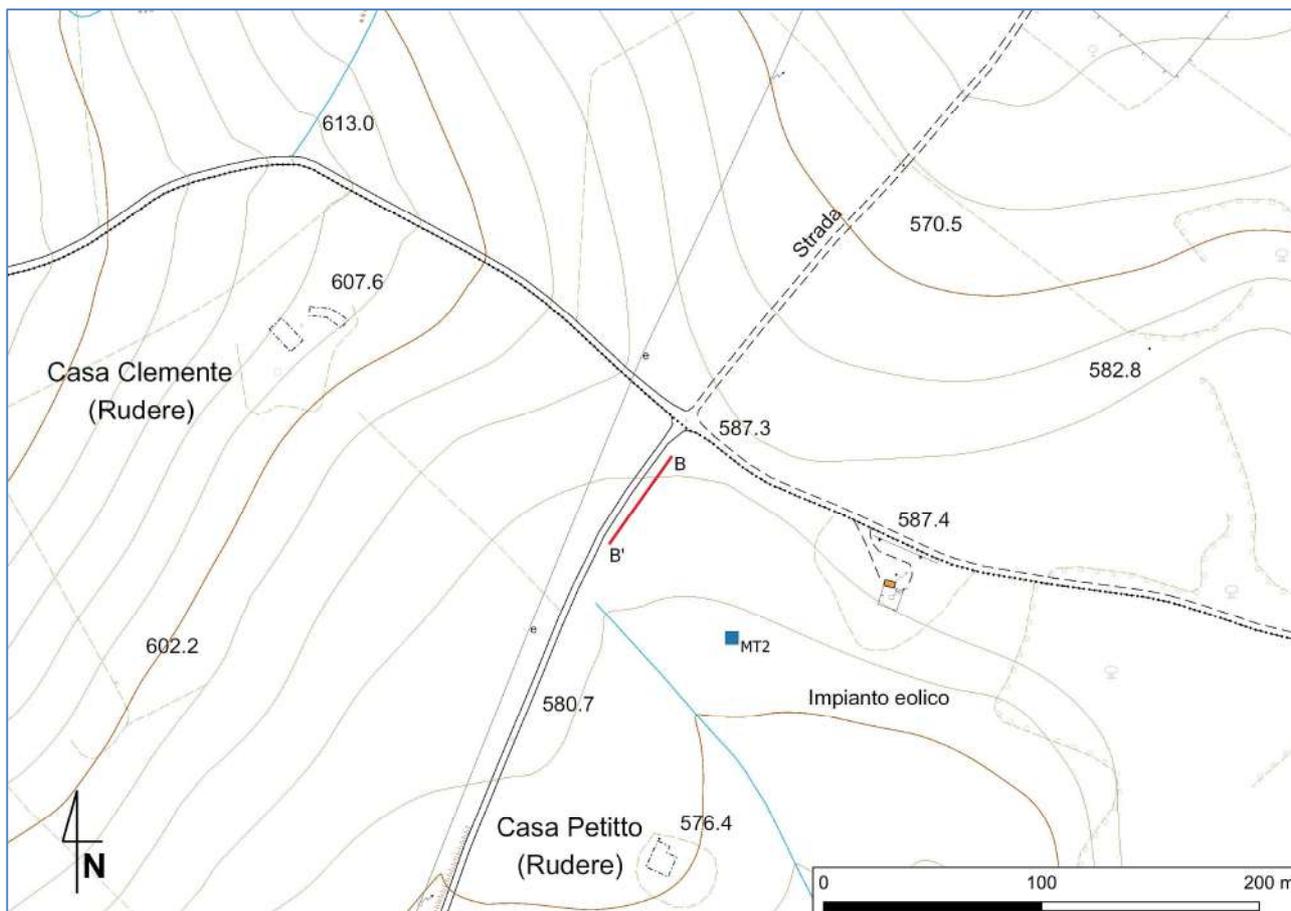


Fig. 5 – Ubicazione dello stendimento sismico BB' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.6).



Fig.6 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione BB'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 7 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

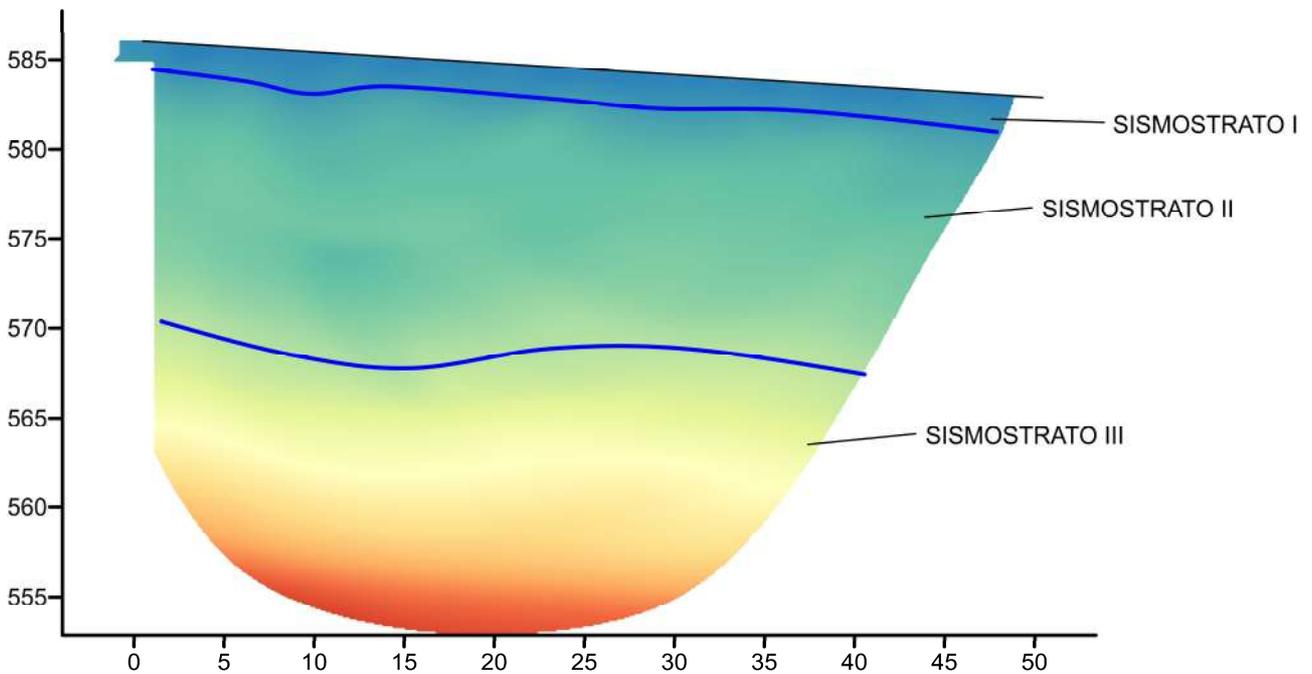
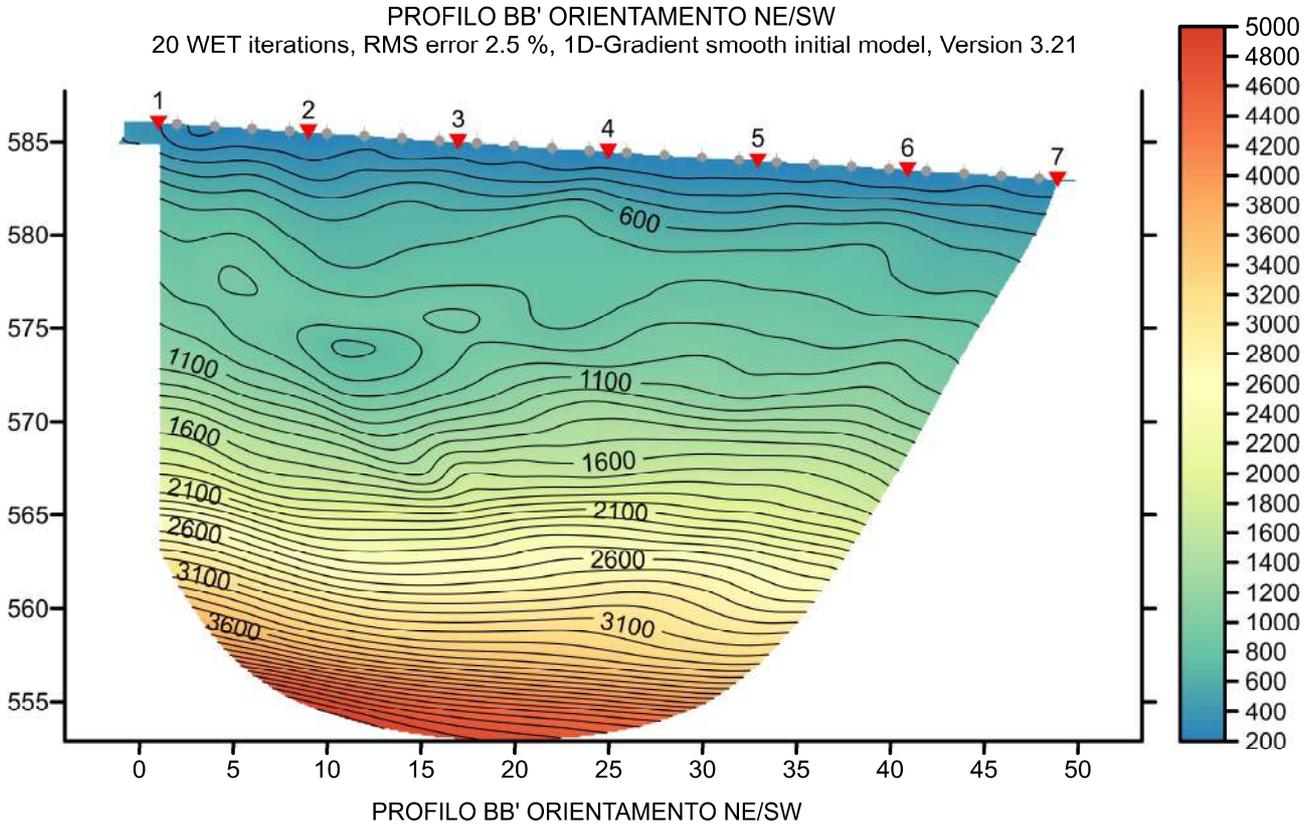


Fig. 7 – Sezione tomografica del profilo BB' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge sino a circa 1 m di profondità, si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1500 m/s, che si spingono fino a 15 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 3100 m/s alle profondità indagate, ossia circa 25 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

### 4.3 Stendimento sismico CC': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione CC' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata W-E e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

C – 510054.63 E – 4597241.72 N; C' – 510103.71 E – 4597241.89 N.

Lo stendimento CC' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.8).

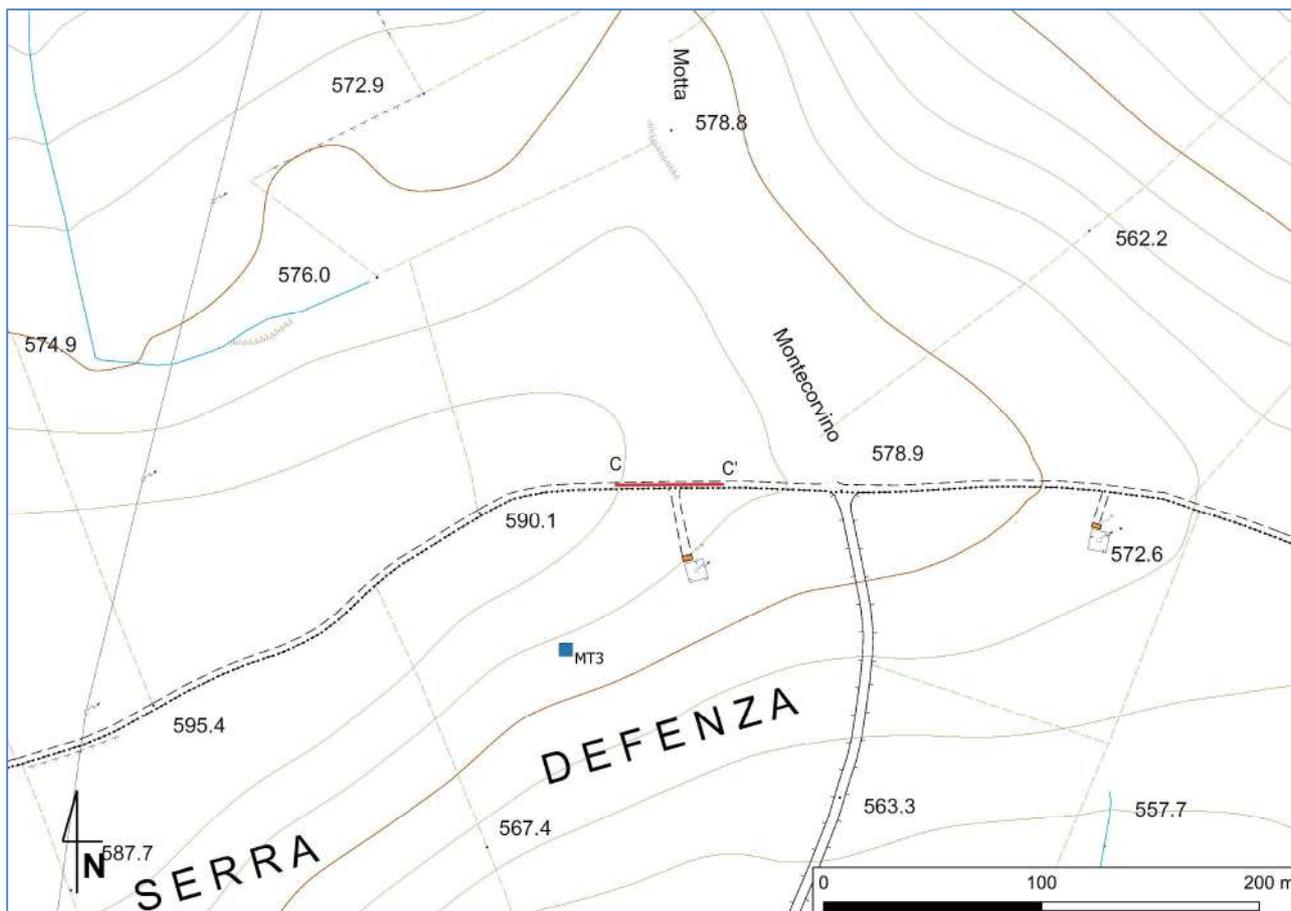


Fig. 8 – Ubicazione dello stendimento sismico CC' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.9).



Fig.9 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione CC'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 10 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

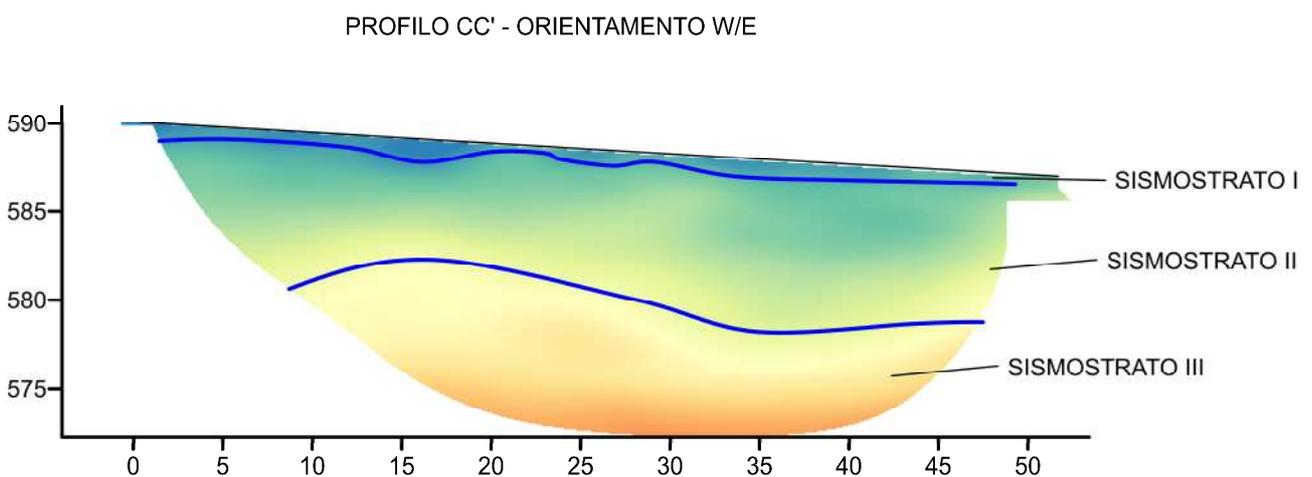
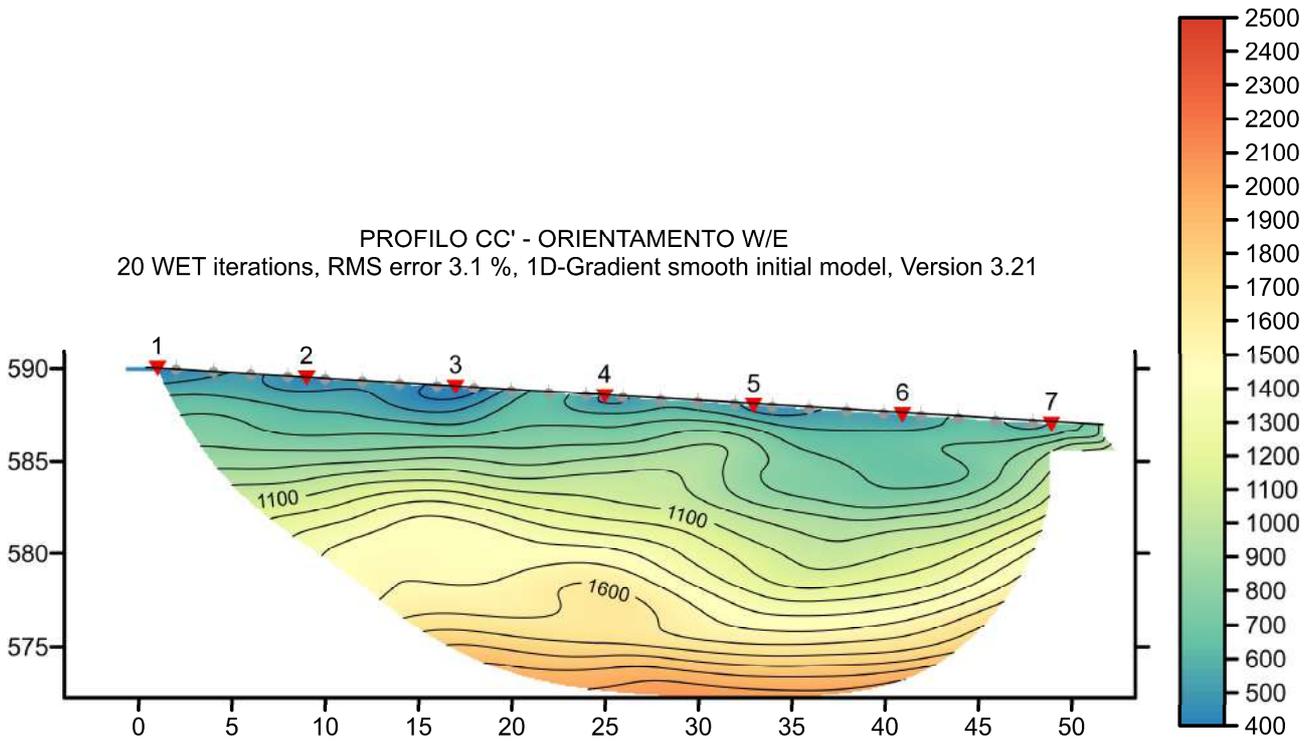


Fig. 10 – Sezione tomografica del profilo CC' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge sino a circa 1 m di profondità, si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1300 m/s, che si spingono fino a 9/10 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 1900 m/s alle profondità indagate, ossia circa 15 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

#### 4.4 Stendimento sismico DD': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione DD' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata SE-NW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

D – 510421.7 E – 4597192.7 N; D' – 510378.1 E – 4597213.1 N.

Lo stendimento DD' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.11).

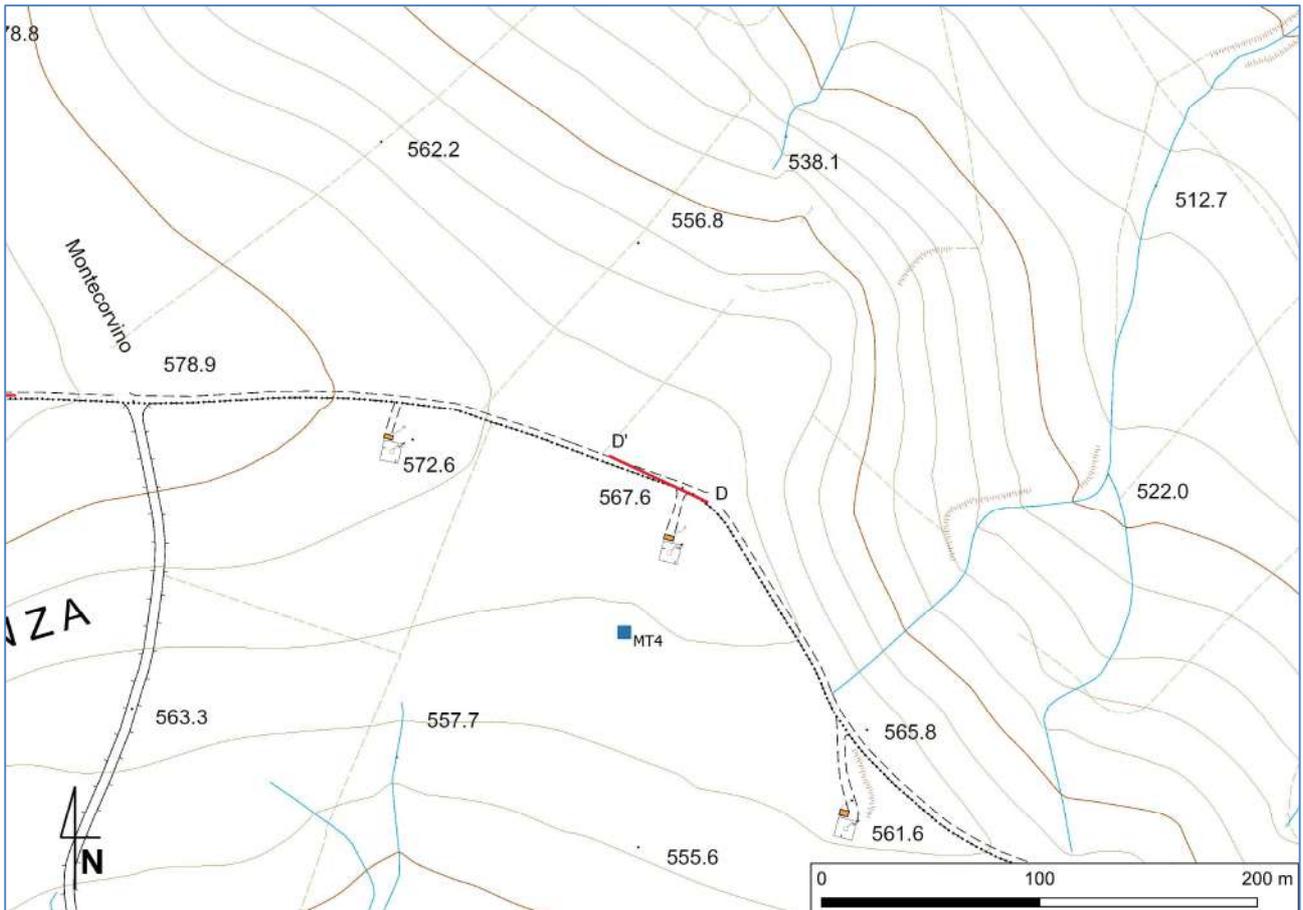


Fig. 11 – Ubicazione dello stendimento sismico DD' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.12).



Fig.12 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione DD'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 13 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

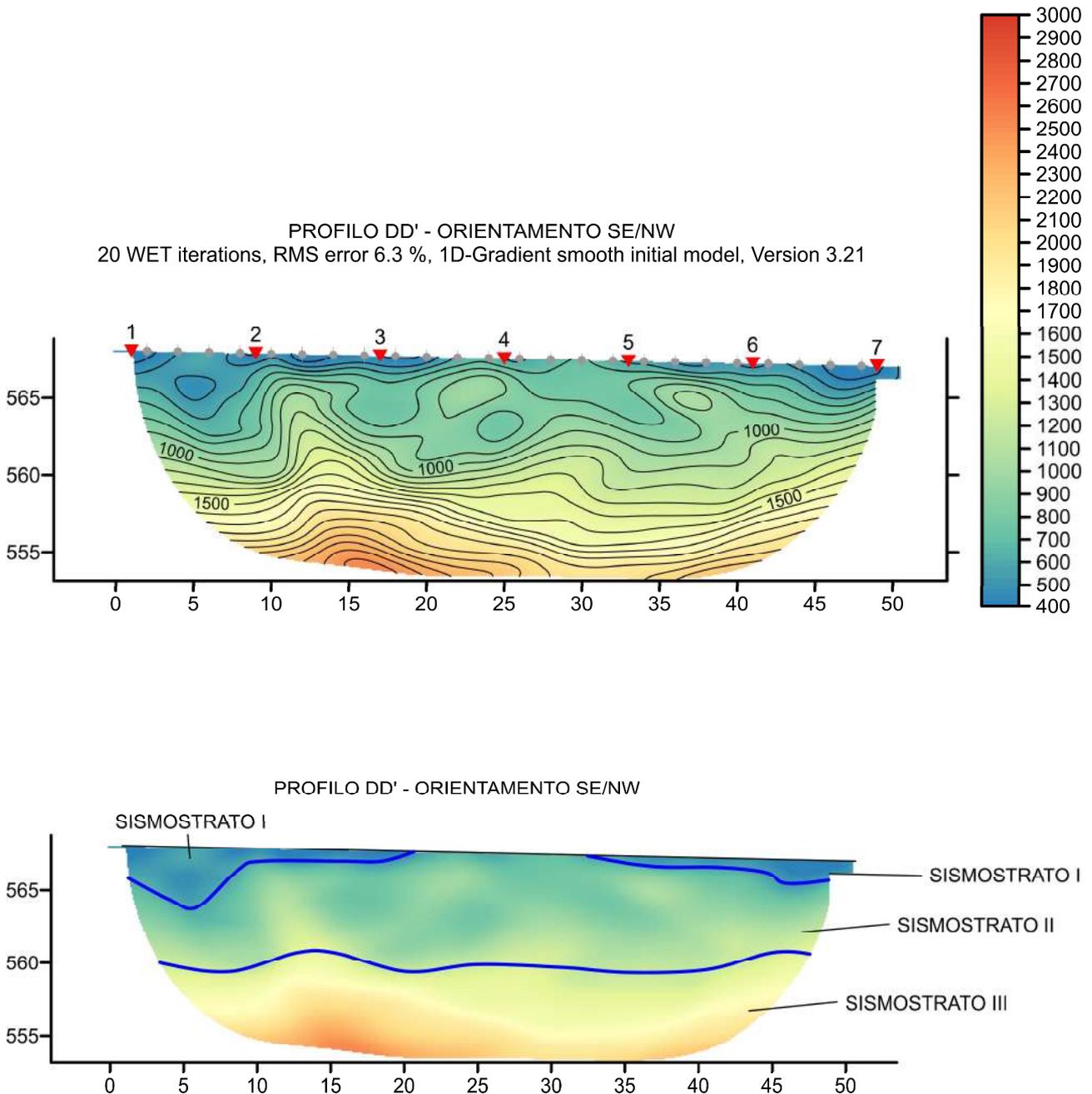


Fig. 13 – Sezione tomografica del profilo DD' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Questo sismostrato mostra un andamento irregolare ed uno spessore maggiore tra le progressive metriche 2-8, dove raggiunge circa 4 metri di spessore, mentre nella parte centrale risulta del tutto assente per poi mostrarsi in corrispondenza della parte terminale della sezione dove raggiunge la profondità di circa 1 metro dal p.c.

Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1300 m/s, che si spingono fino a 12/13 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 2300 m/s alle profondità indagate, ossia circa 15 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

#### 4.5 Stendimento sismico EE': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione EE' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata NW-SE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

E – 510688.75 E – 4596933.03 N; E' – 510724.85 E – 4596906.78 N.

Lo stendimento EE' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.14).

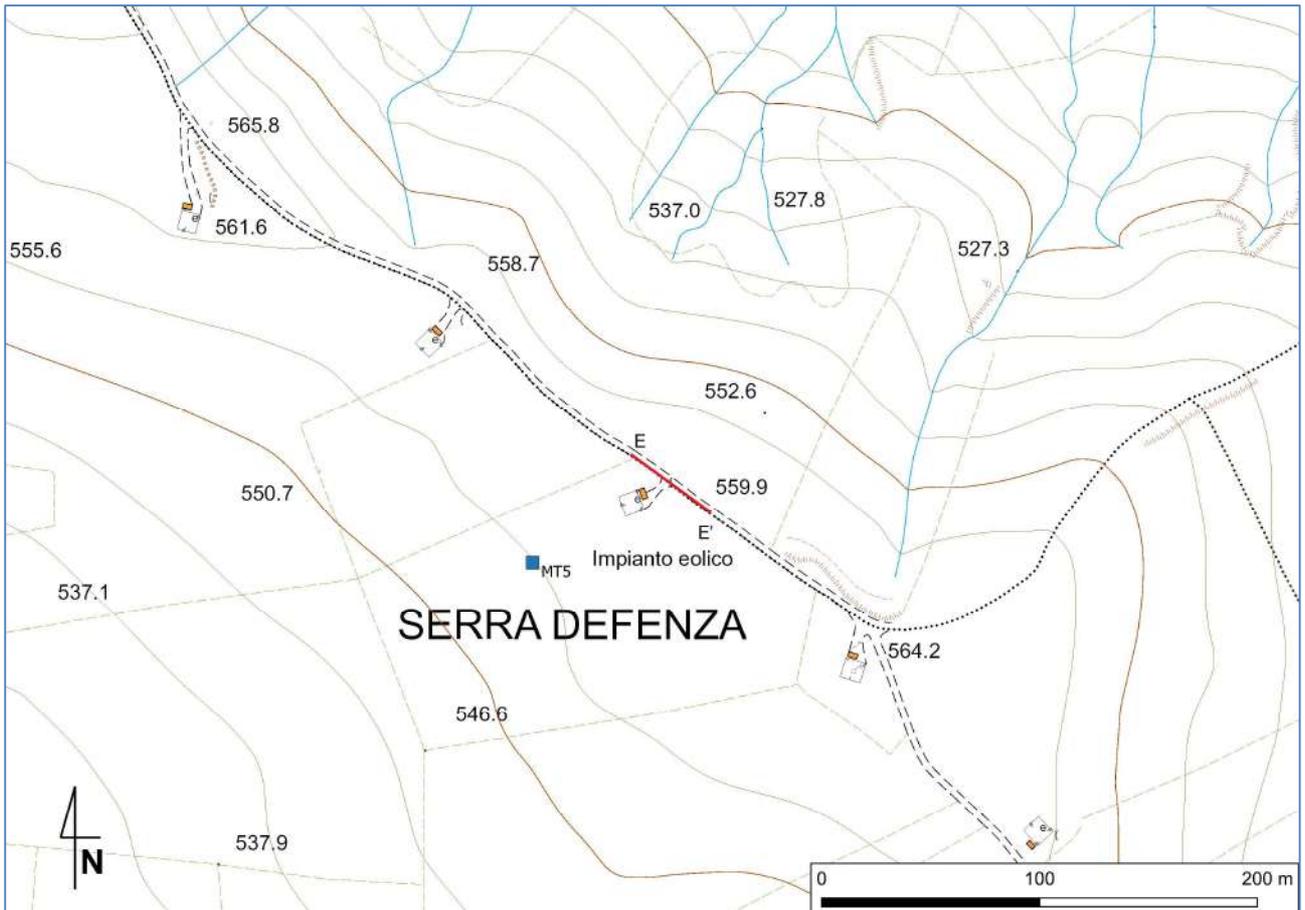


Fig. 14 – Ubicazione dello stendimento sismico EE' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.15).



Fig.15 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione EE'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 16 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

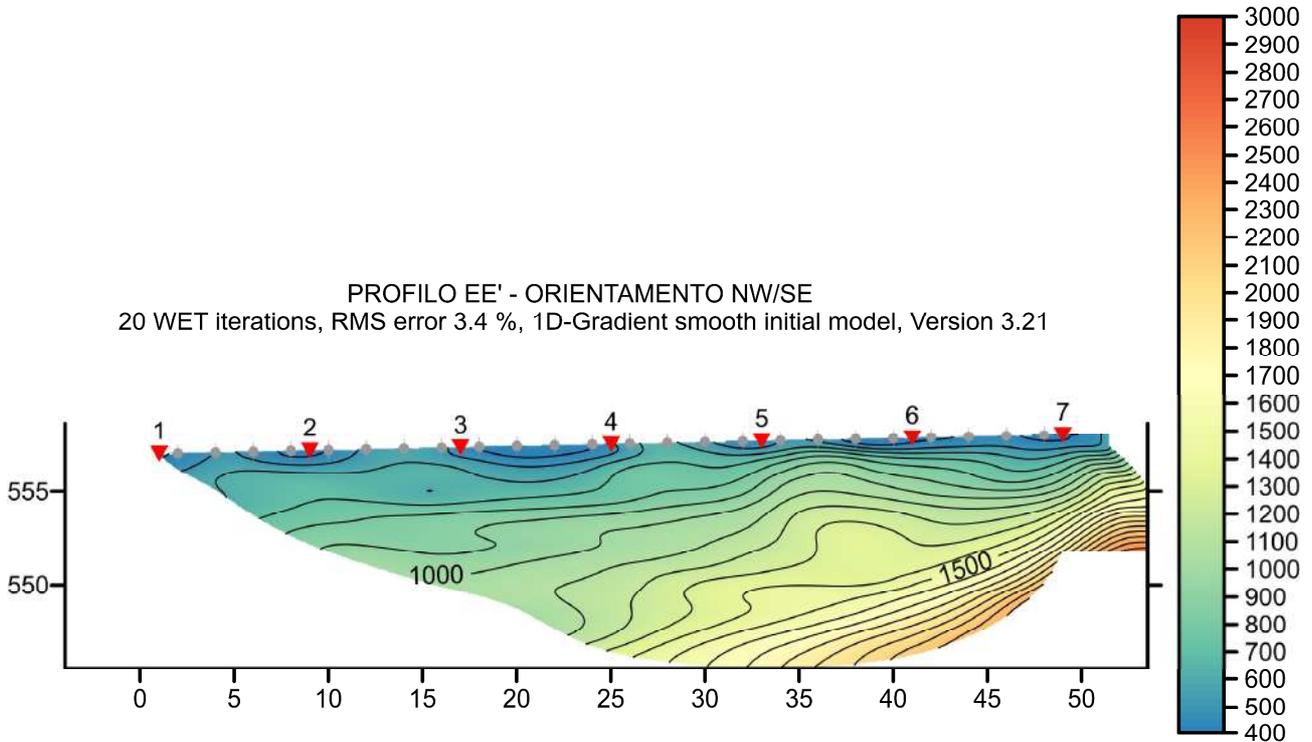


Fig. 16 – Sezione tomografica del profilo EE' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Questo sismostrato mostra un andamento irregolare ed uno spessore maggiore tra le progressive metriche 2-30, dove raggiunge circa 4/5 metri di spessore, mentre in corrispondenza della parte terminale della sezione raggiunge la profondità di circa 1 metro dal p.c.

Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1200 m/s, che si spingono fino a 6/7 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 1800 m/s alle profondità indagate, ossia circa 12 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

#### 4.6 Stendimento sismico FF': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione FF' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata SE/NW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

F – 510948.13 E – 4596641.98 N; F' – 510919.52 E – 4596680.63 N.

Lo stendimento FF' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.17).

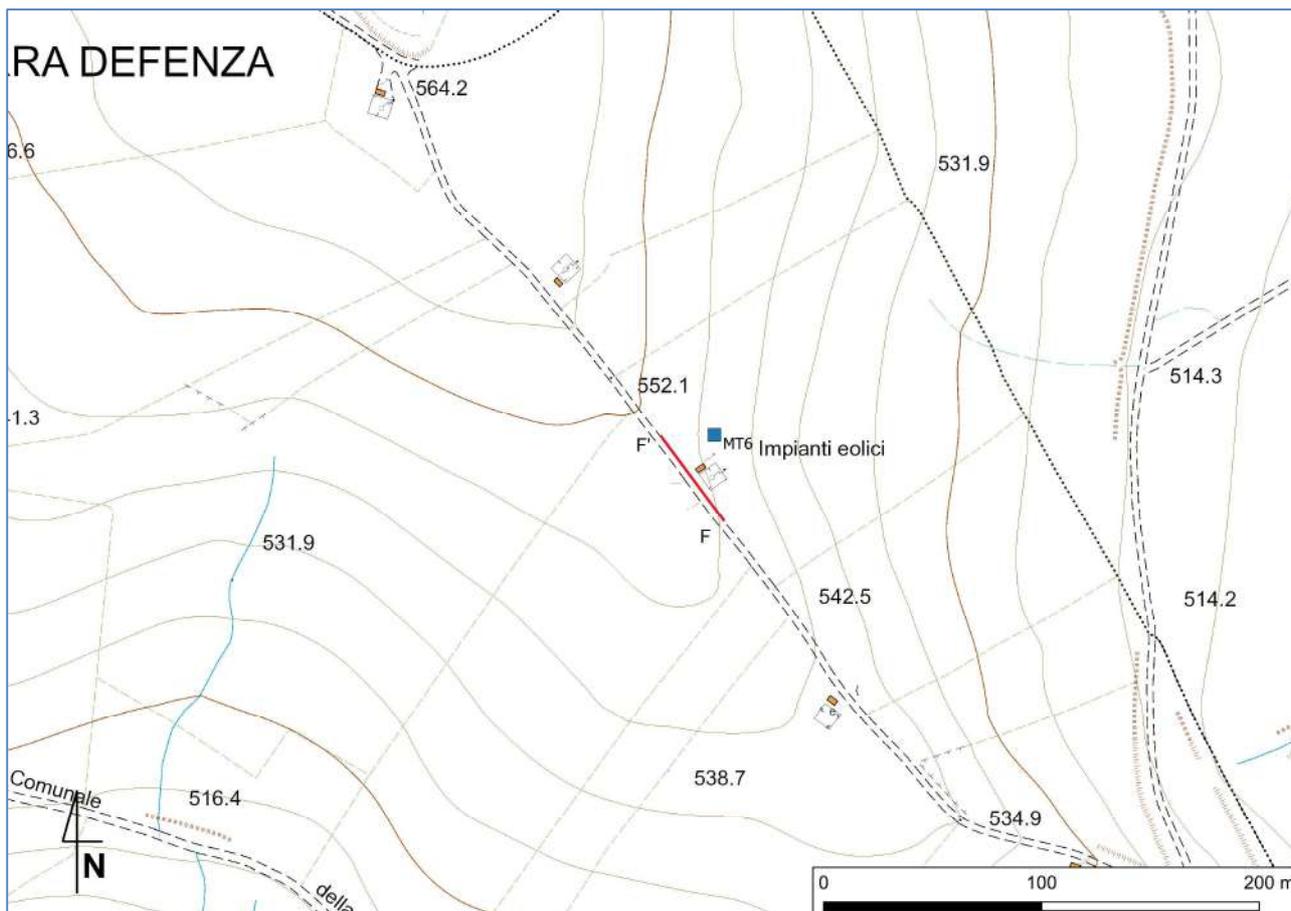


Fig. 17 – Ubicazione dello stendimento sismico FF' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.18).



Fig.18 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione FF'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 19 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

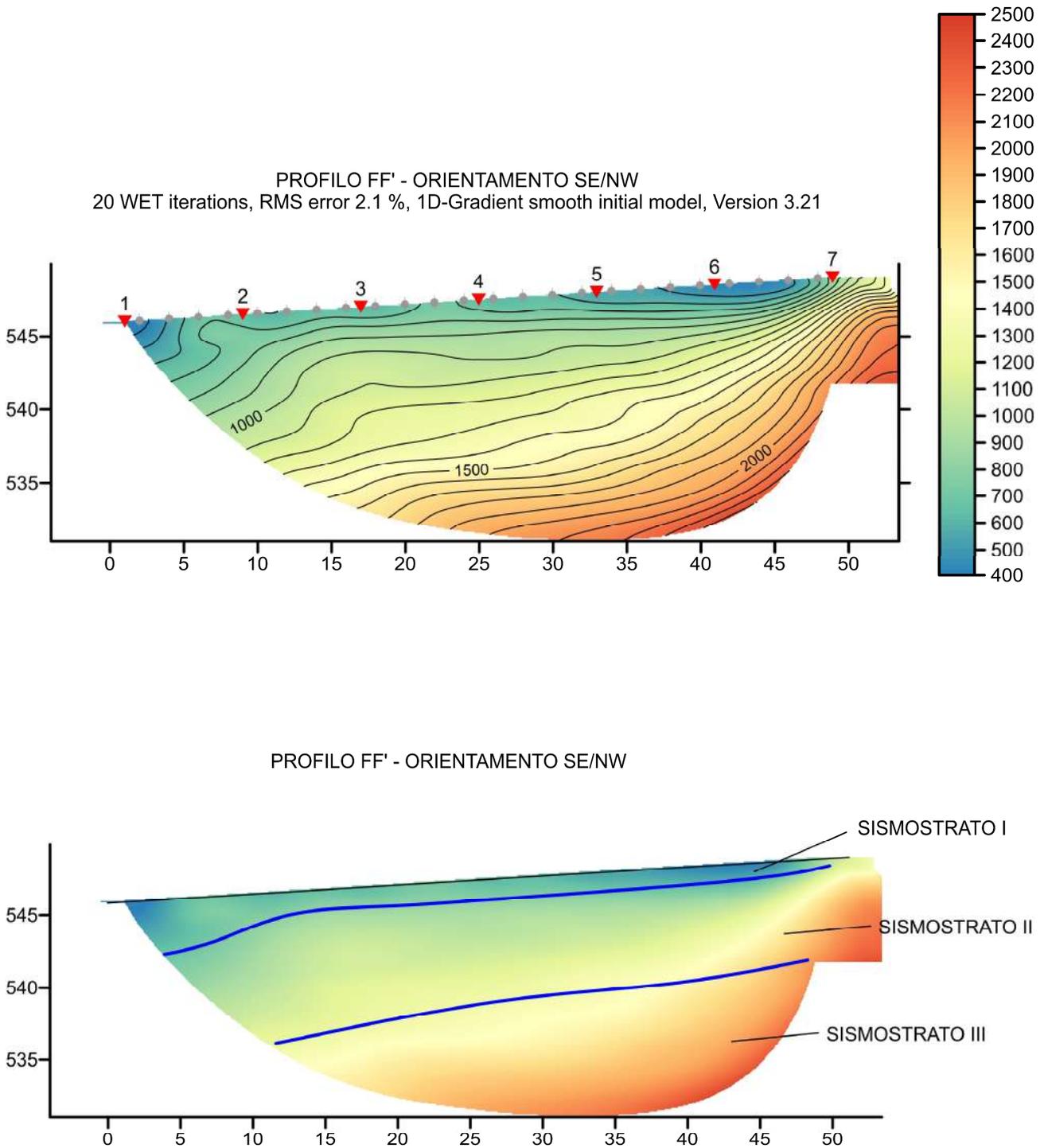


Fig. 19 – Sezione tomografica del profilo FF' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Questo sismostrato mostra un andamento irregolare ed uno spessore maggiore tra le progressive metriche 0-12, dove raggiunge circa 3/4 metri di spessore, e proseguendo verso la parte terminale della sezione diminuisce progressivamente fino ad arrivare ad 1 metro dal p.c.

Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1300 m/s, che si spingono fino a 8/10 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 2400 m/s alle profondità indagate, ossia circa 15 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

#### 4.7 Stendimento sismico GG': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione BB' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata WNW-ESE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

G – 511158.87 E – 4596442.03 N; G' – 511209.22 E – 4596434.27 N.

Lo stendimento GG' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.20).

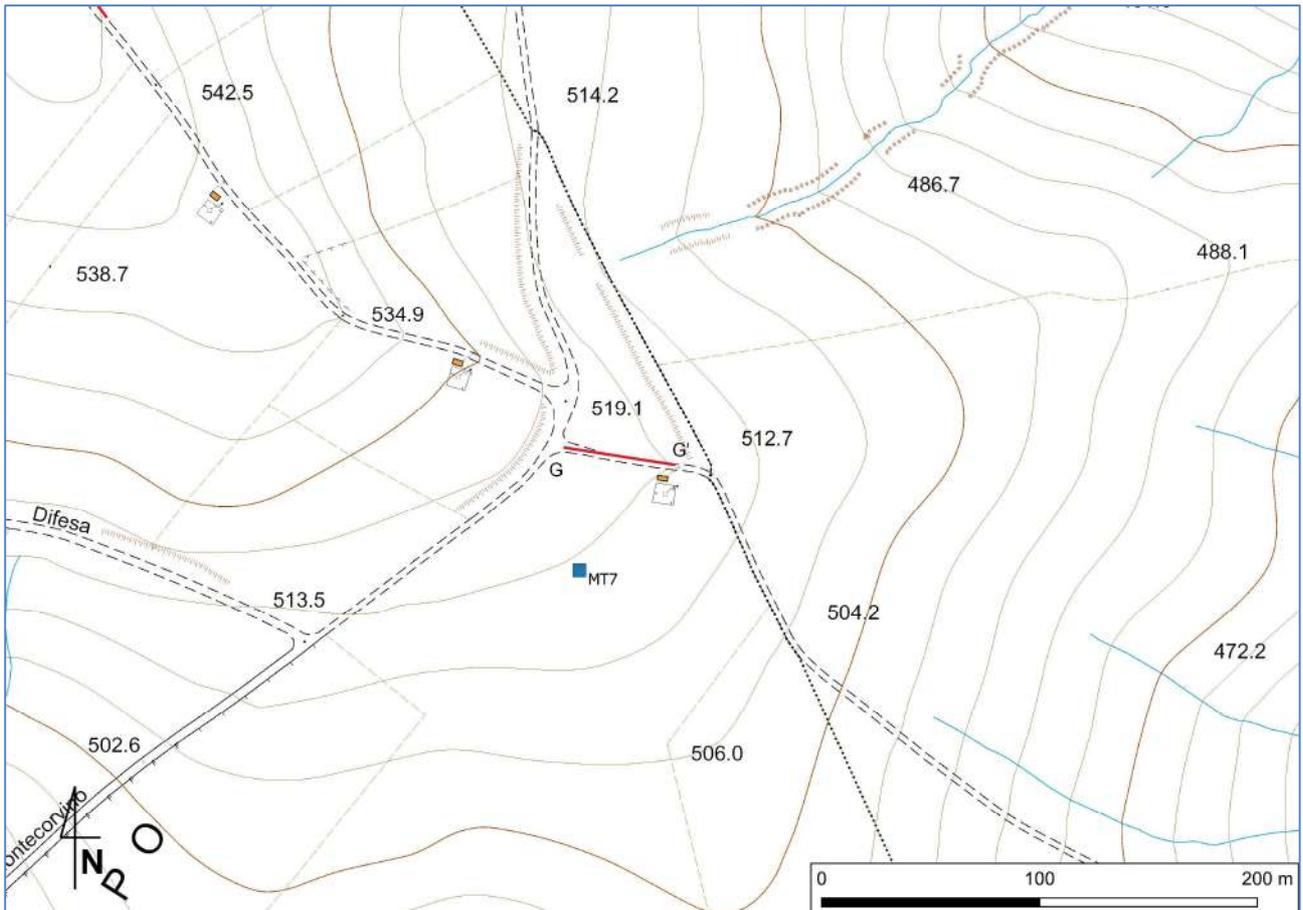


Fig. 20 – Ubicazione dello stendimento sismico GG' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.21).



Fig.21 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione GG'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 22 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

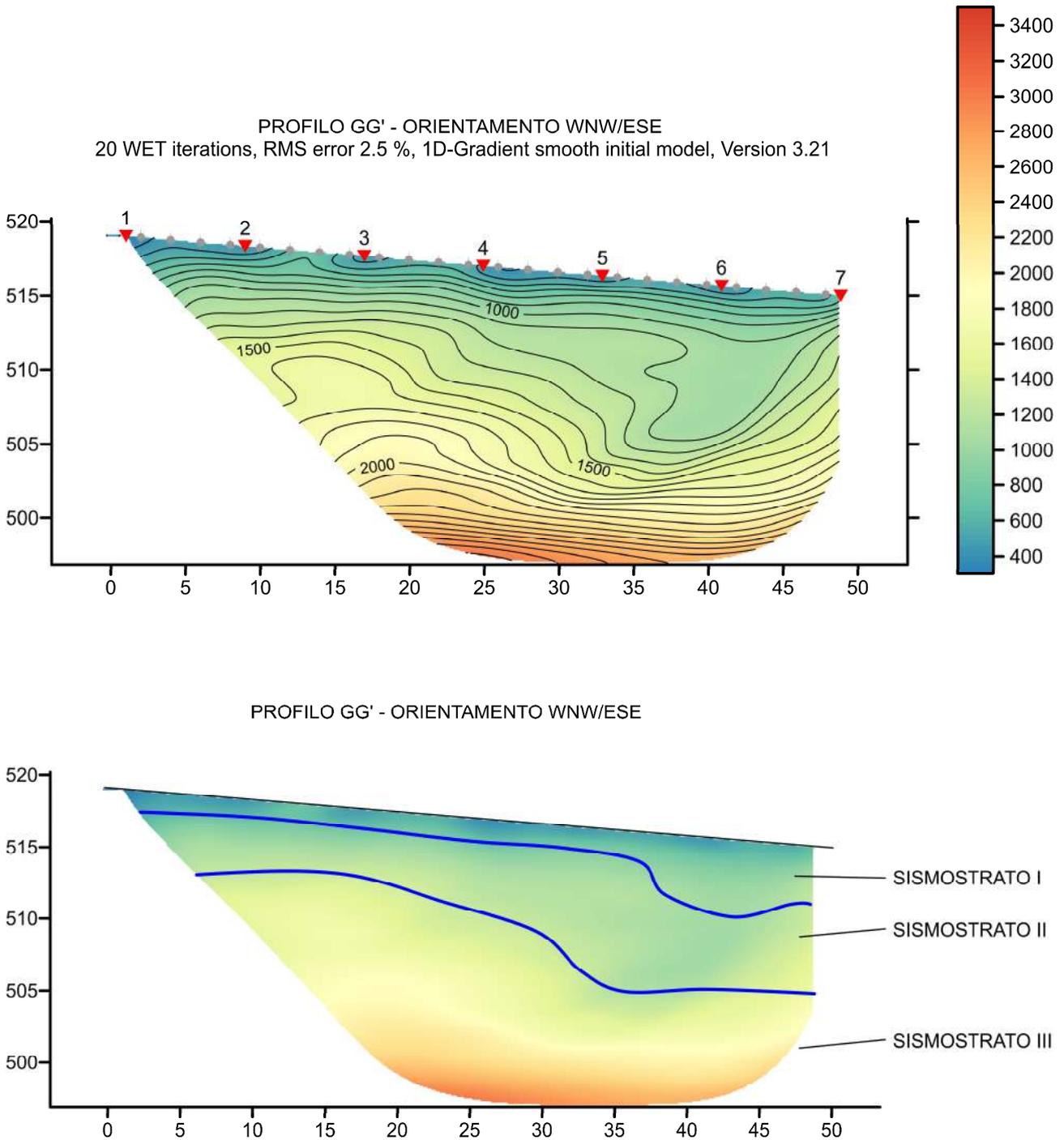


Fig. 22 – Sezione tomografica del profilo GG' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Questo sismostrato mostra un andamento irregolare infatti risulta avere uno spessore di circa 1,5 metri tra le progressive 0-35 per poi aumentare in modo netto fino a raggiungere circa 5 metri di spessore nella parte terminale della sezione.

Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1300 m/s, che si spingono fino a 15 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 3000 m/s alle profondità indagate, ossia circa 25 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

## 5. ANALISI MASW

L'indagine geofisica è stata completata con l'esecuzione di n.7 indagini MASW per la determinazione della categoria di suolo di fondazione e la stima del fattore di amplificazione sismica dell'area, sulla stessa traccia dei profili precedenti.

### 5.1 Stendimento sismico AA': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.23).

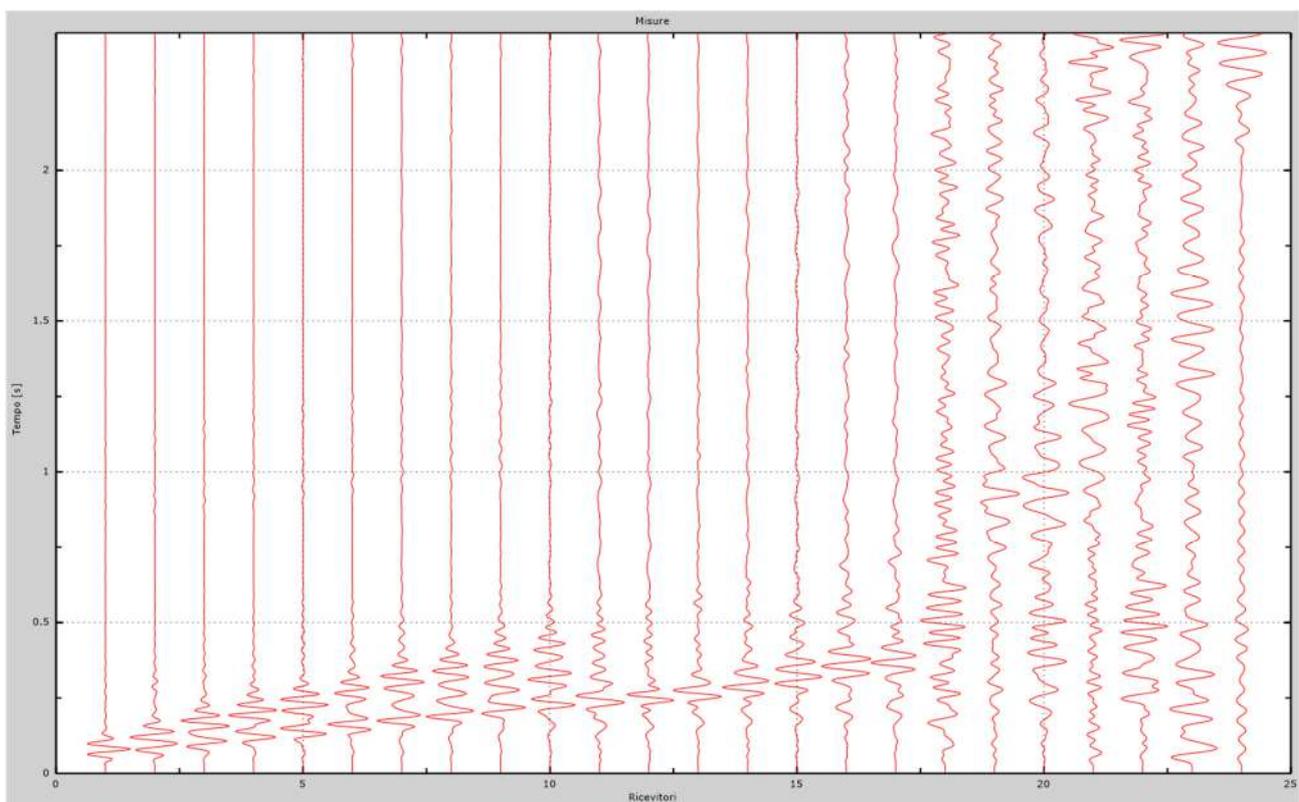


Fig. 23 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo AA'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.24) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.25). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

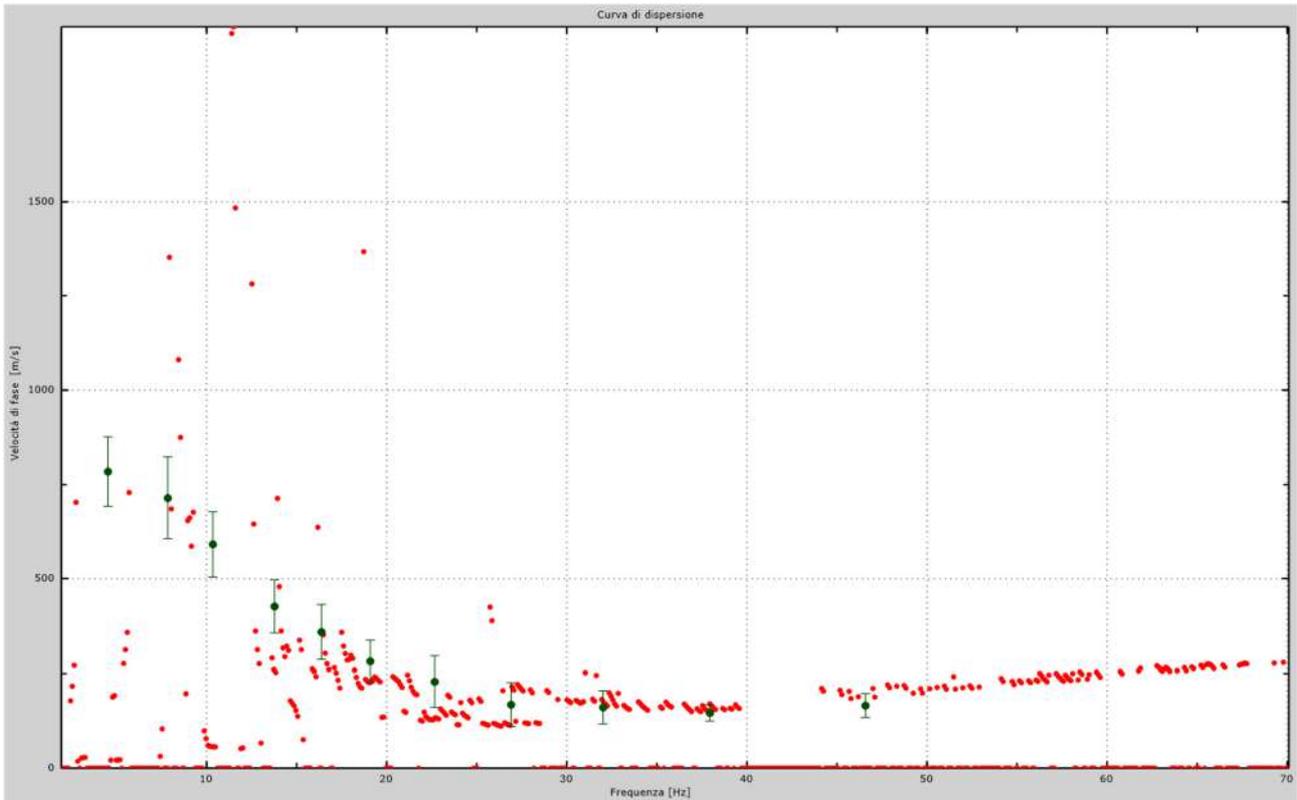


Fig.24 - Curva di dispersione sperimentale.

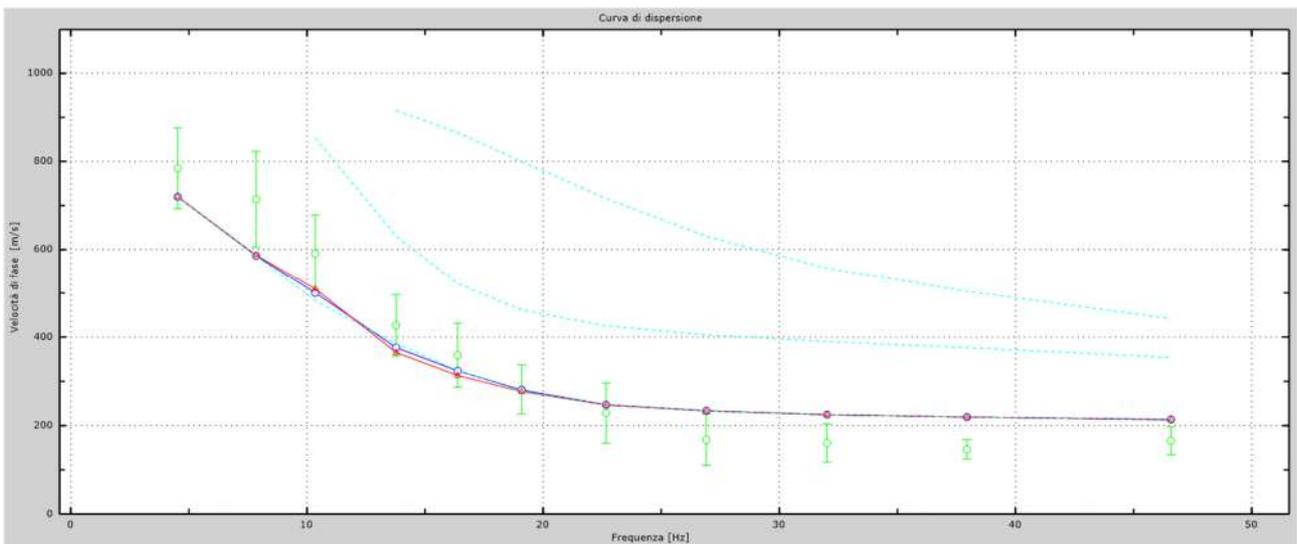


Fig.25 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).  
 La percentuale di differenza è risultata del 10%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase - frequenza" 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 (Fig.26). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

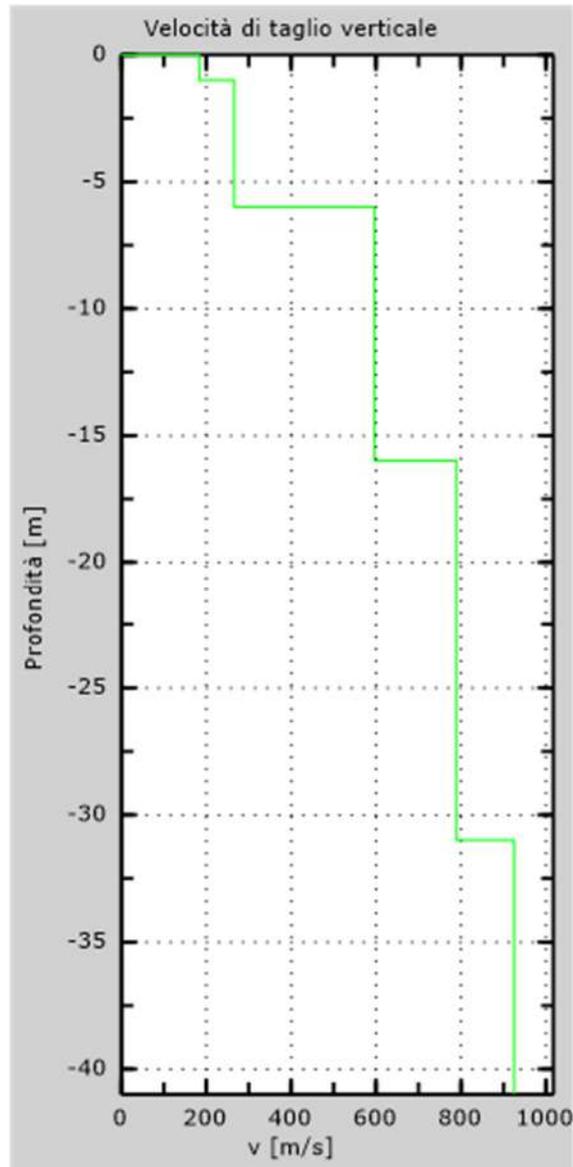


Fig. 26 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

## 5.2 Stendimento sismico BB': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.27).

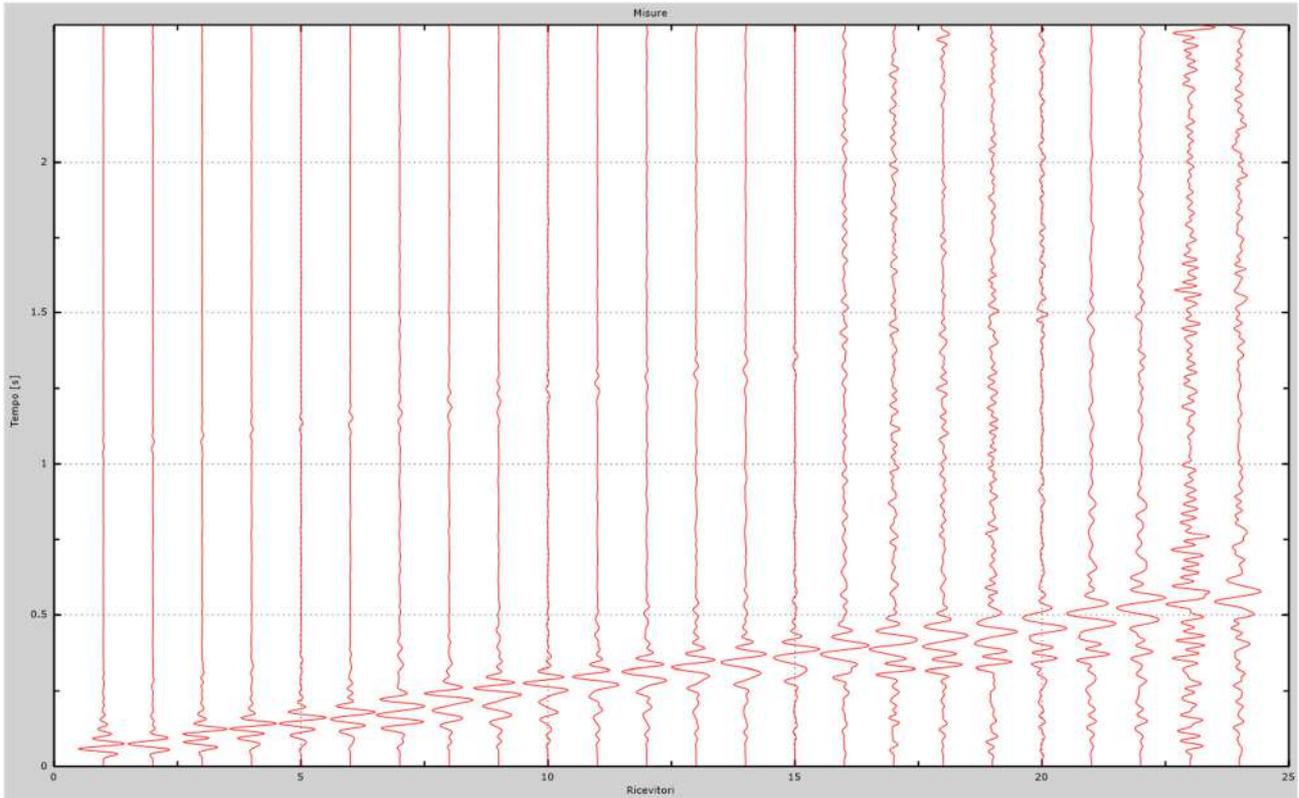


Fig. 27 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo BB'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.28) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.29). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

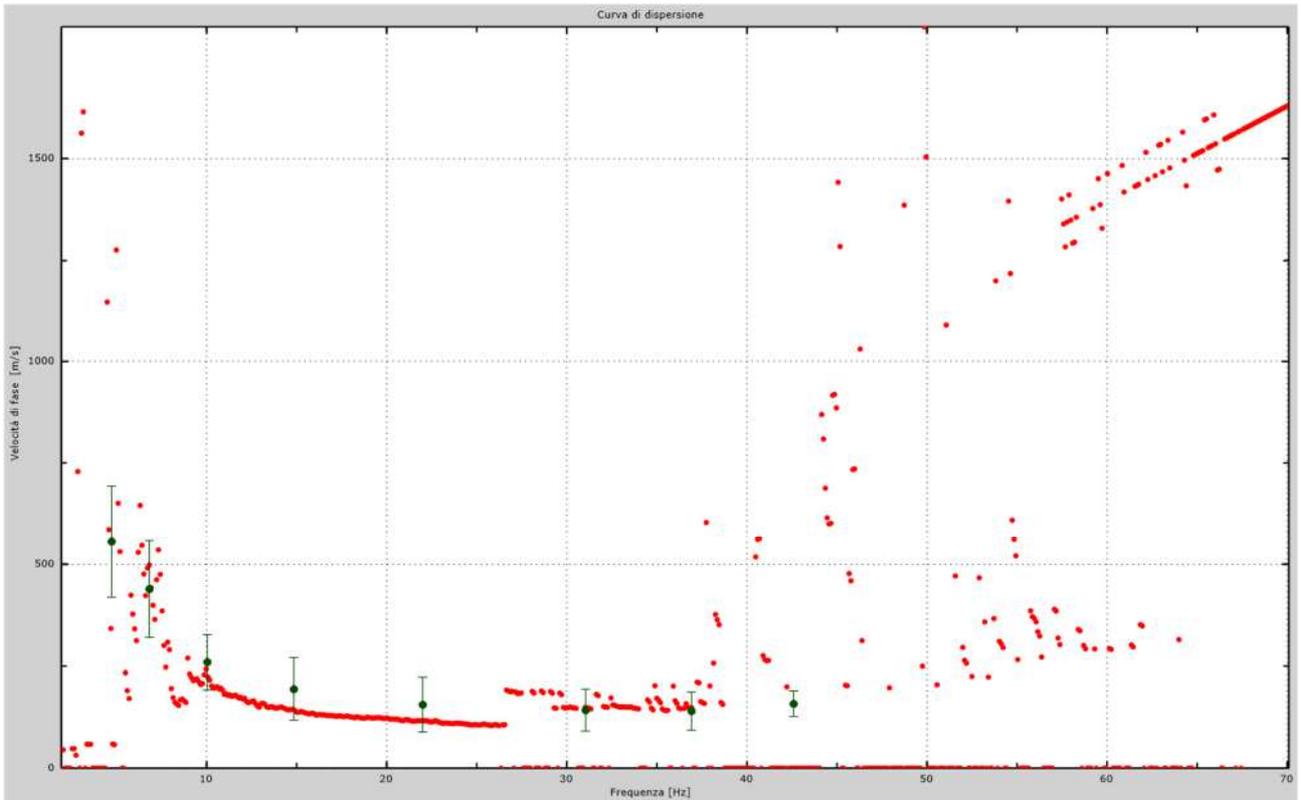


Fig.28 - Curva di dispersione sperimentale.

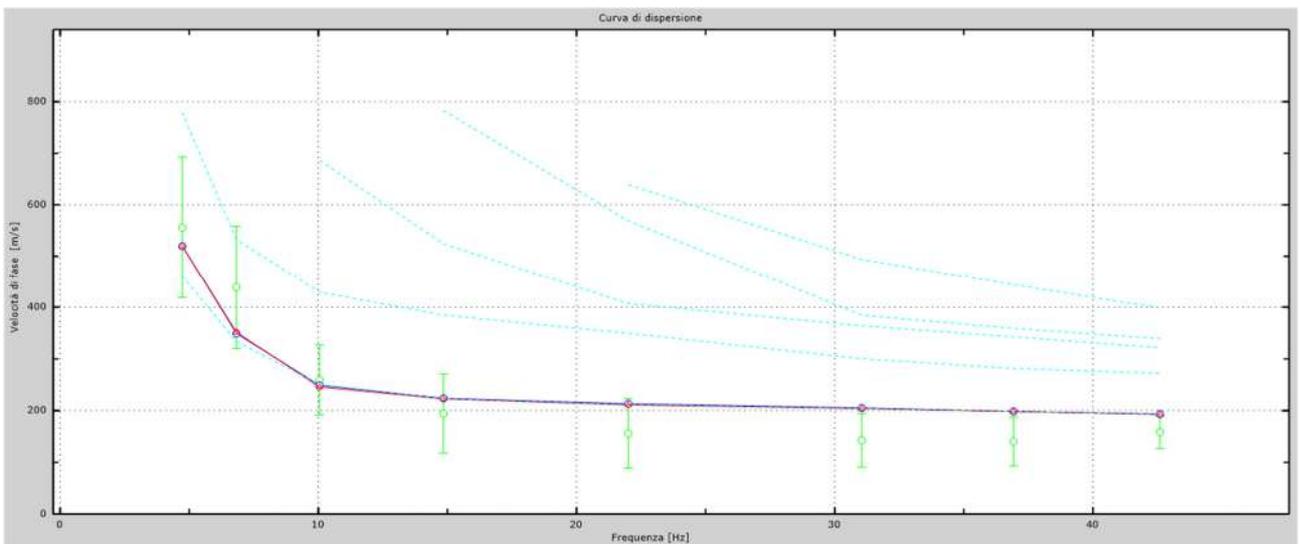


Fig.29 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).  
 La percentuale di differenza è risultata del 16%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" 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 (Fig.30). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

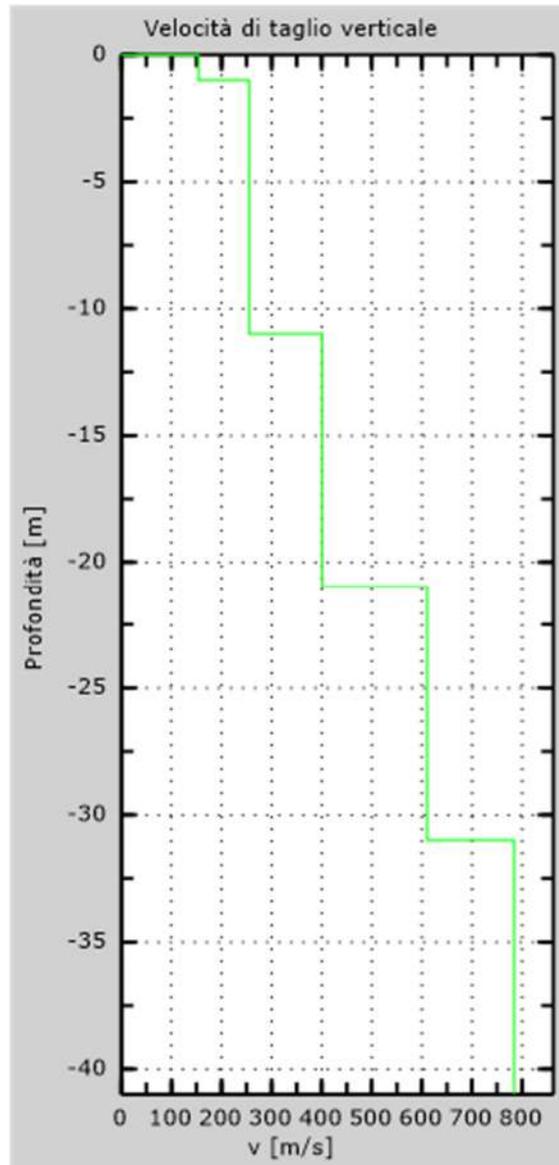


Fig. 30 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

### 5.3 Stendimento sismico CC': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.31).

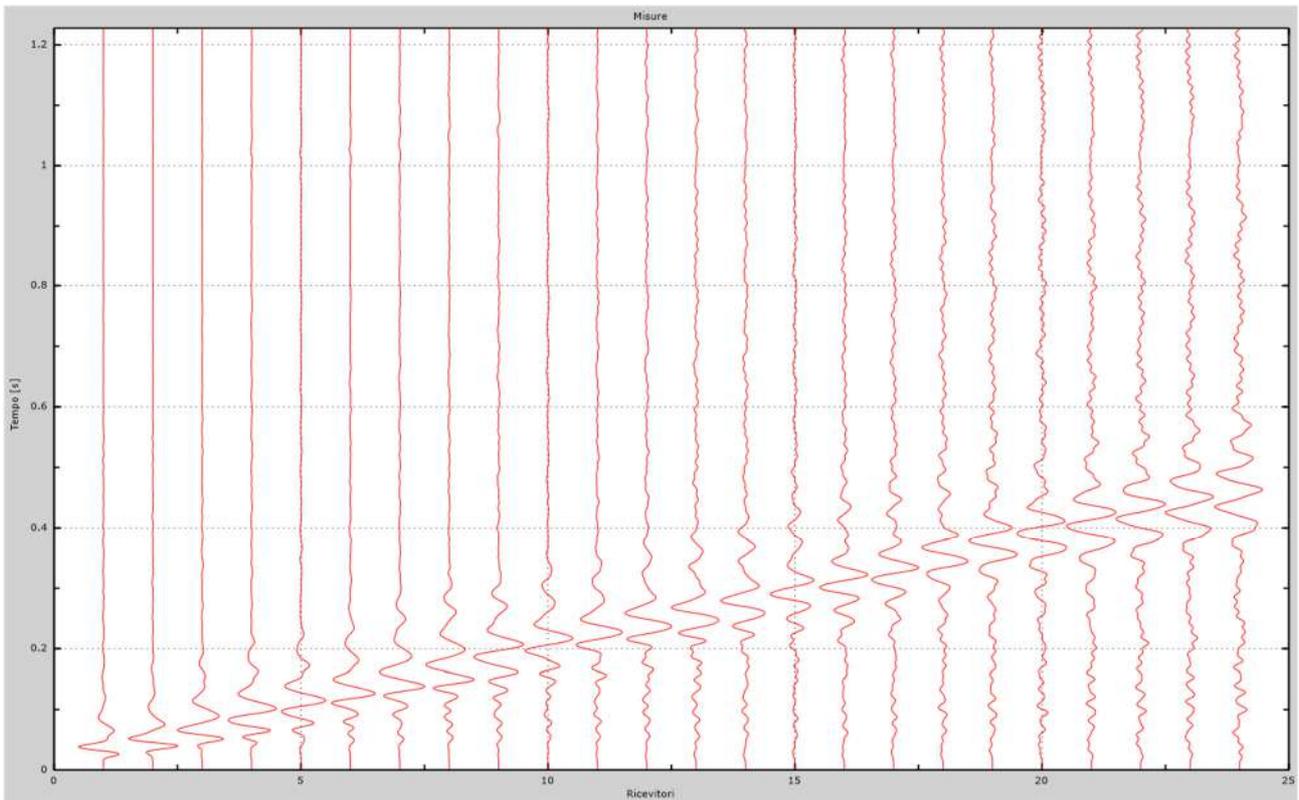


Fig. 31 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo CC'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.32) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.33). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

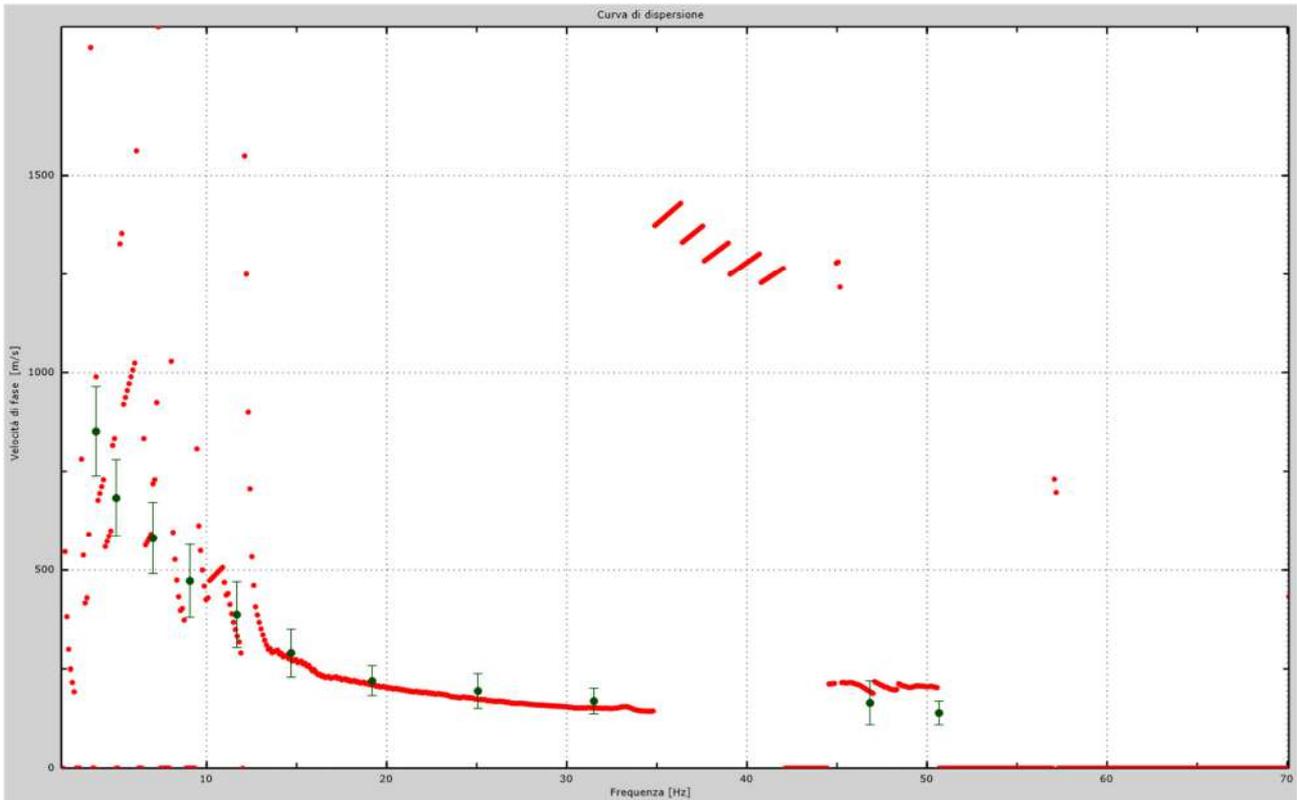


Fig.32 - Curva di dispersione sperimentale.

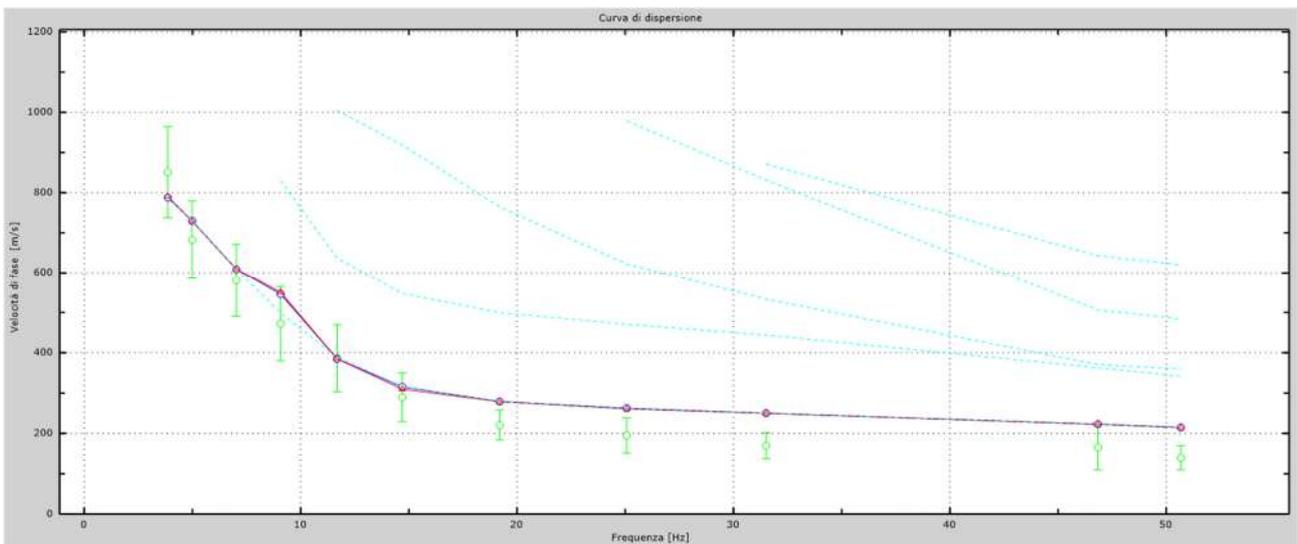


Fig.33 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).  
La percentuale di differenza è risultata del 13%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" 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 (Fig.34). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

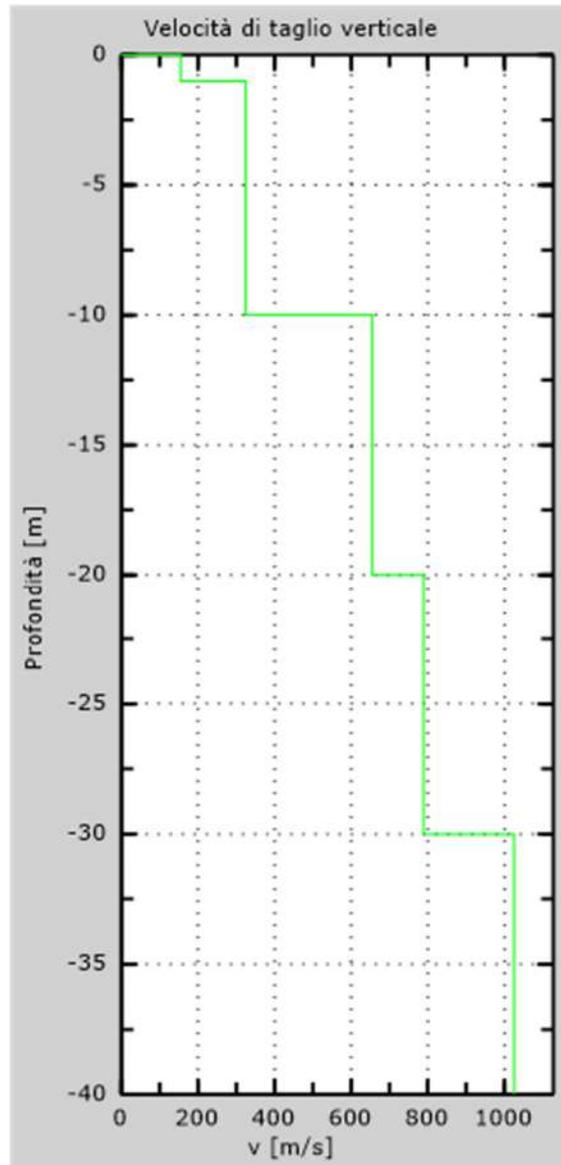


Fig. 34 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

#### 5.4 Stendimento sismico DD': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.35).

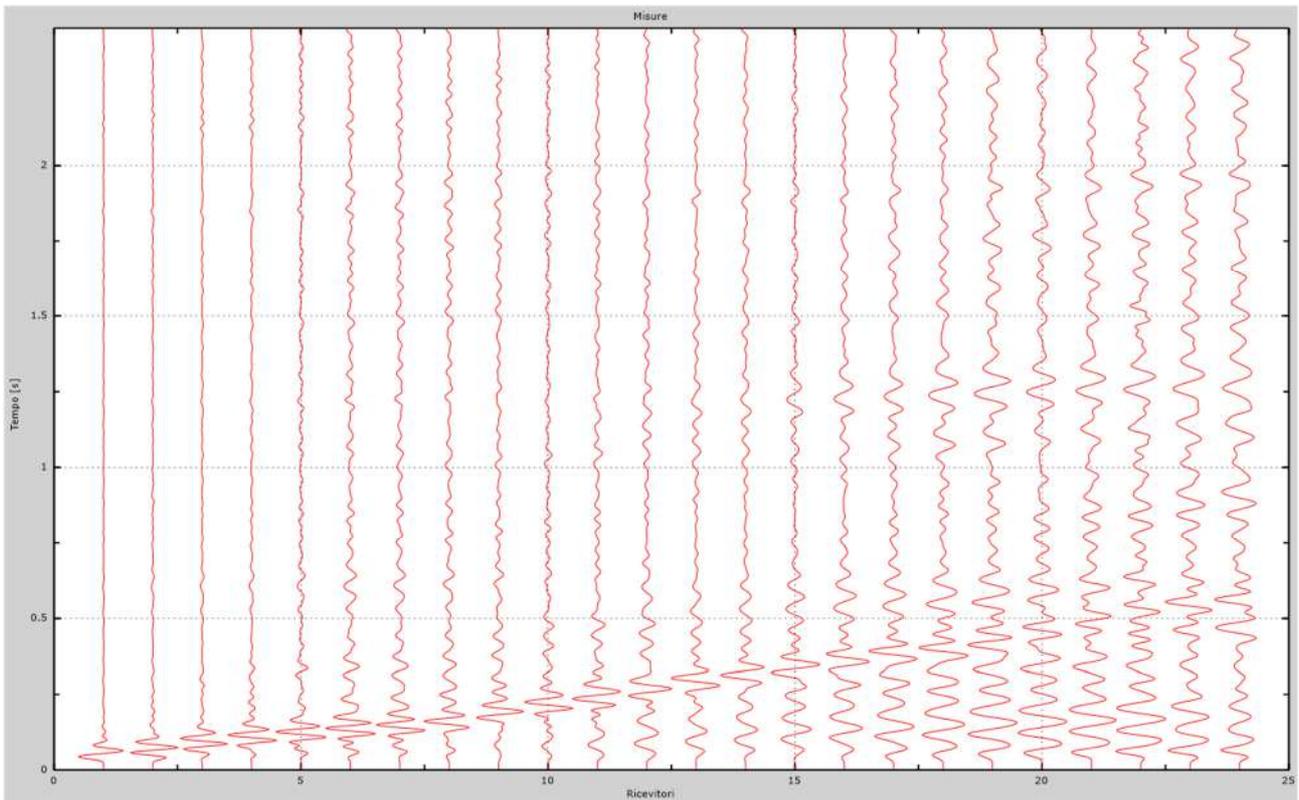


Fig. 35 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo DD'

L'individuazione del profilo  $V_s$  in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.36) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.37). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

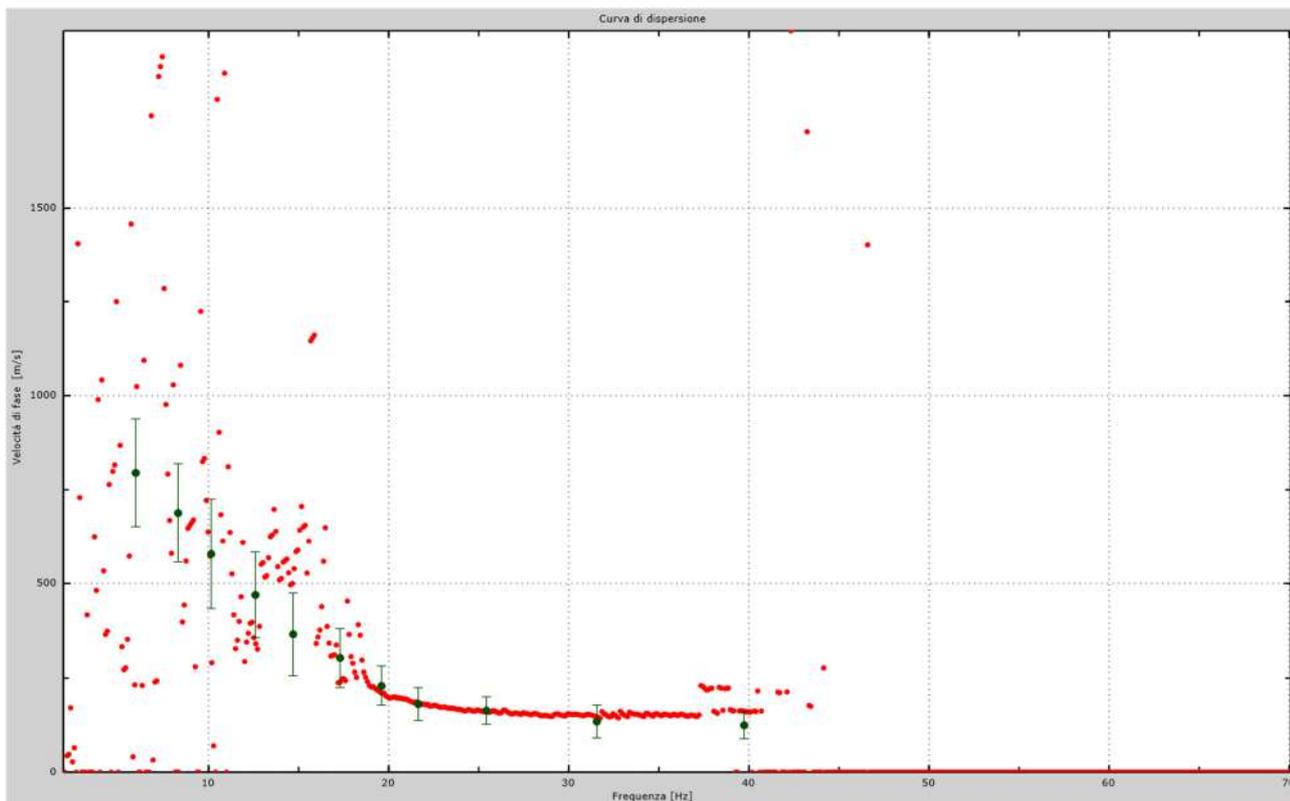


Fig.36 - Curva di dispersione sperimentale.

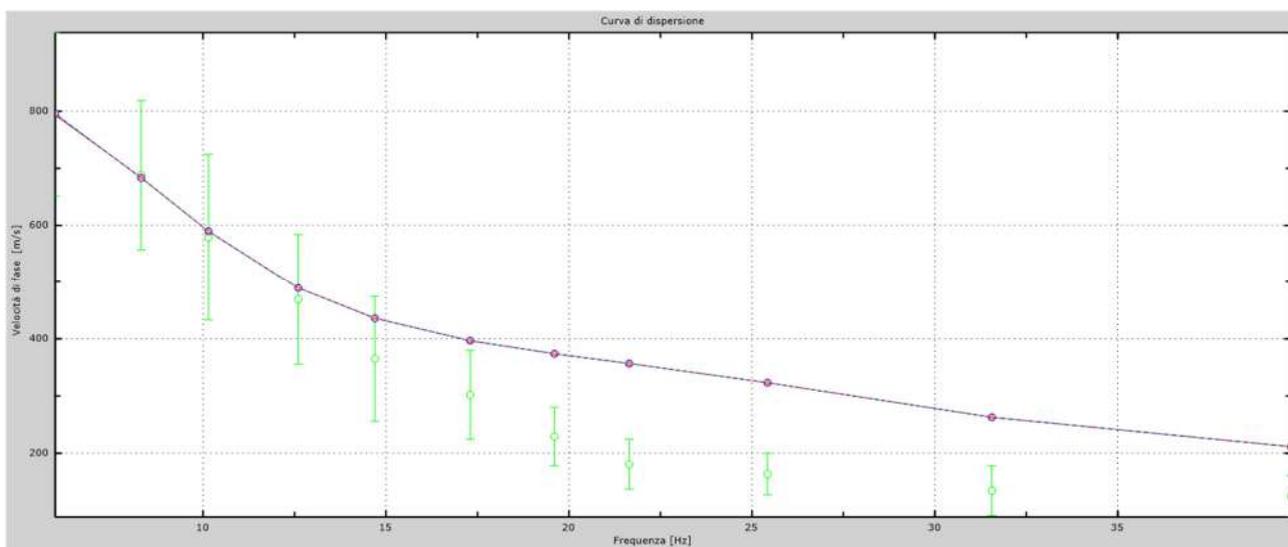


Fig.37 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).  
La percentuale di differenza è risultata del 24%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" 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 (Fig.38). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

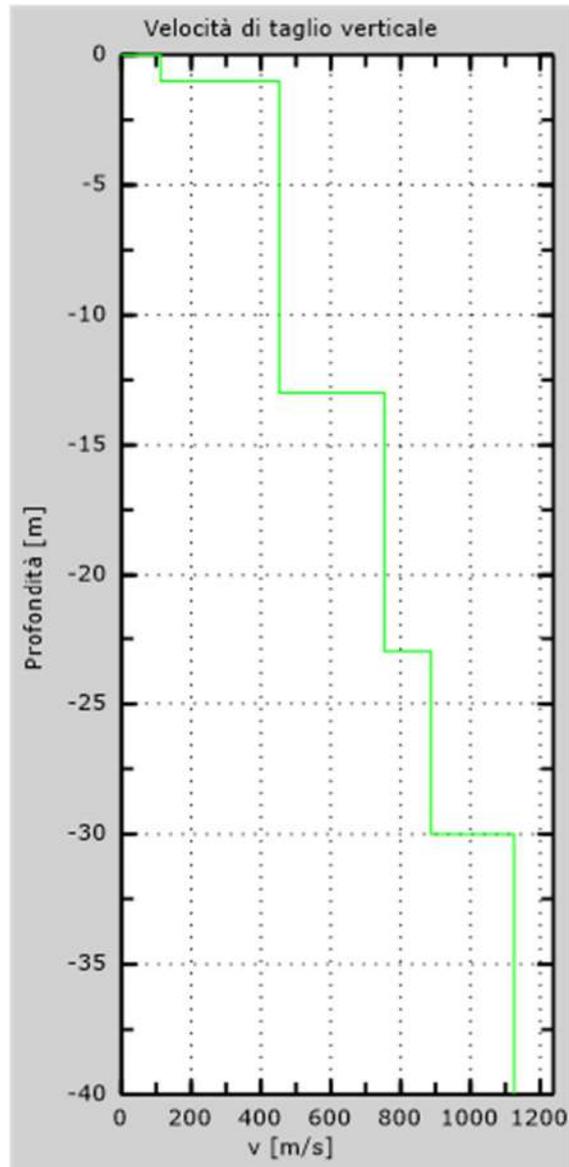


Fig. 38 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

## 5.5 Stendimento sismico EE': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.39).

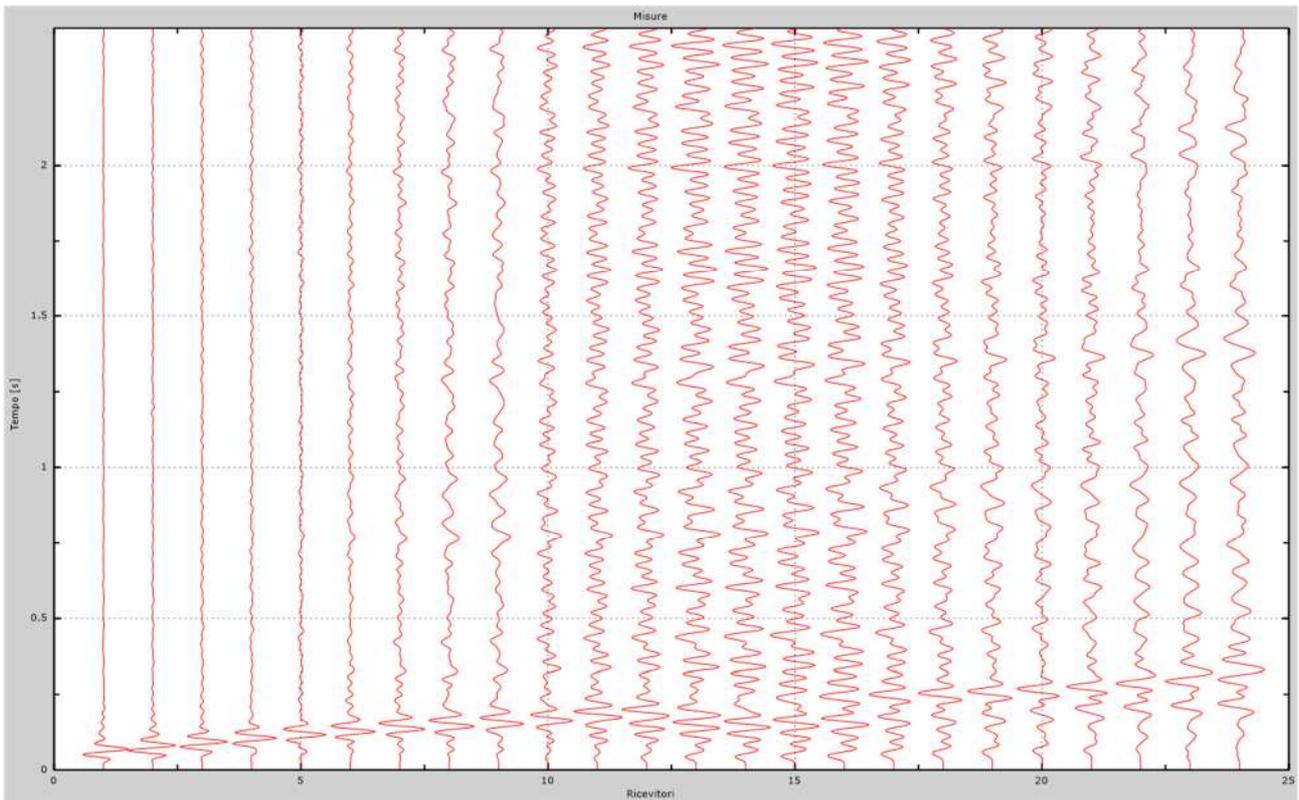


Fig. 39 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo EE'

L'individuazione del profilo  $V_s$  in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.40) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.41). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

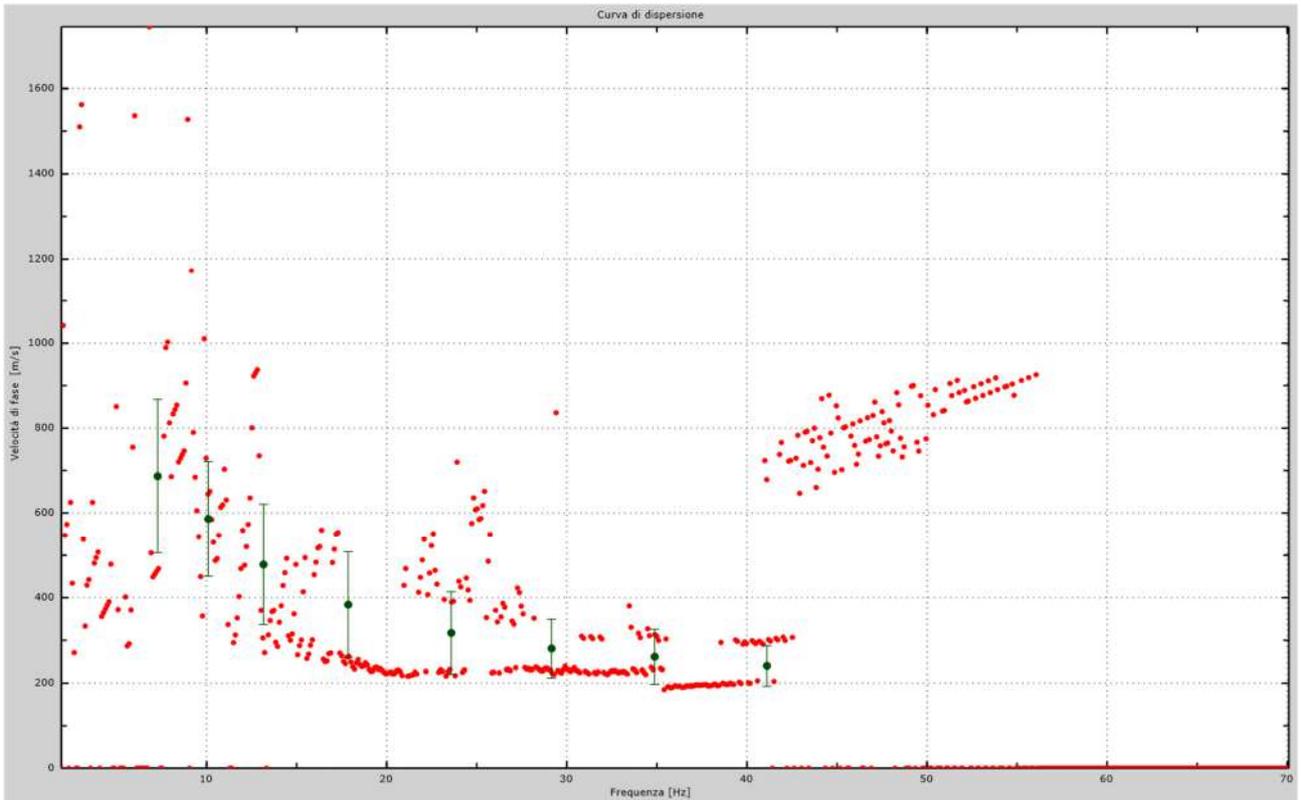


Fig.40 - Curva di dispersione sperimentale.

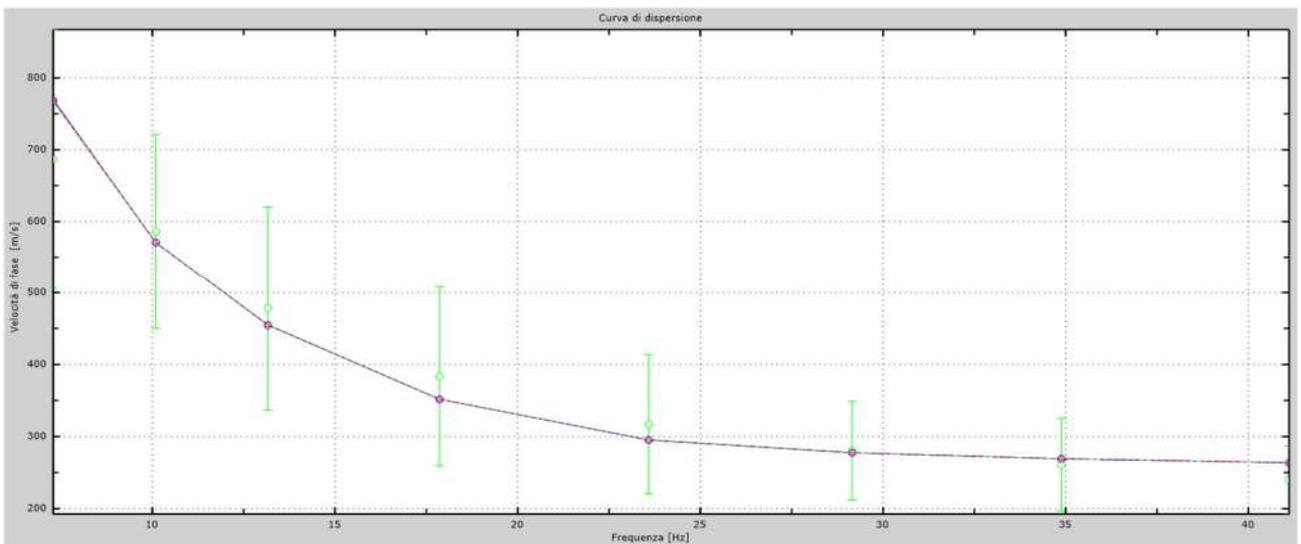


Fig.41 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).  
La percentuale di differenza è risultata del 8%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" 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 (Fig.42). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

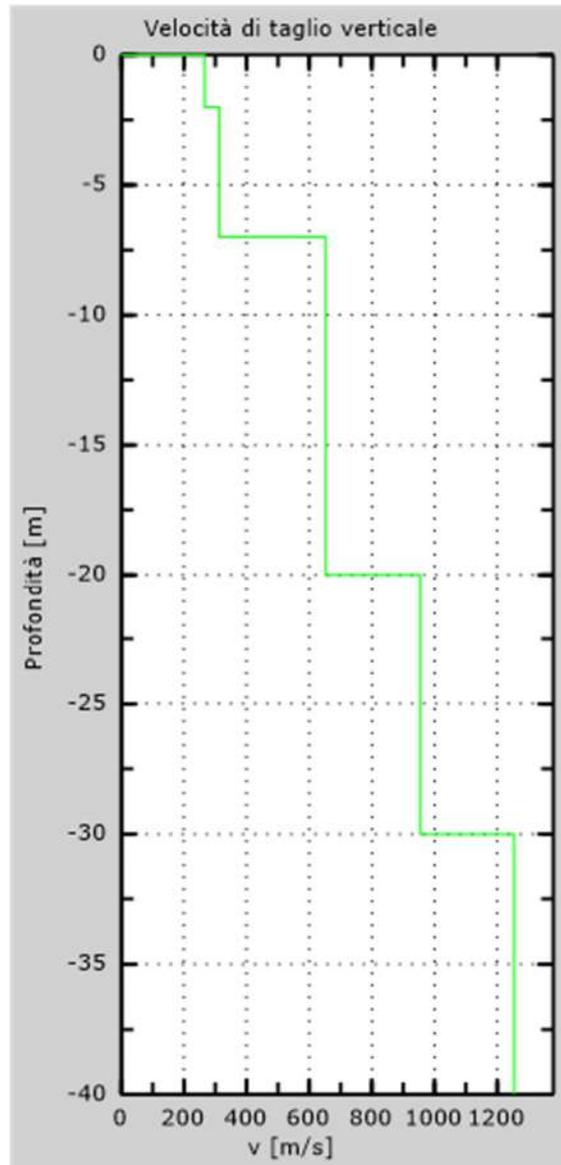


Fig. 42 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

## 5.6 Stendimento sismico FF': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.43).

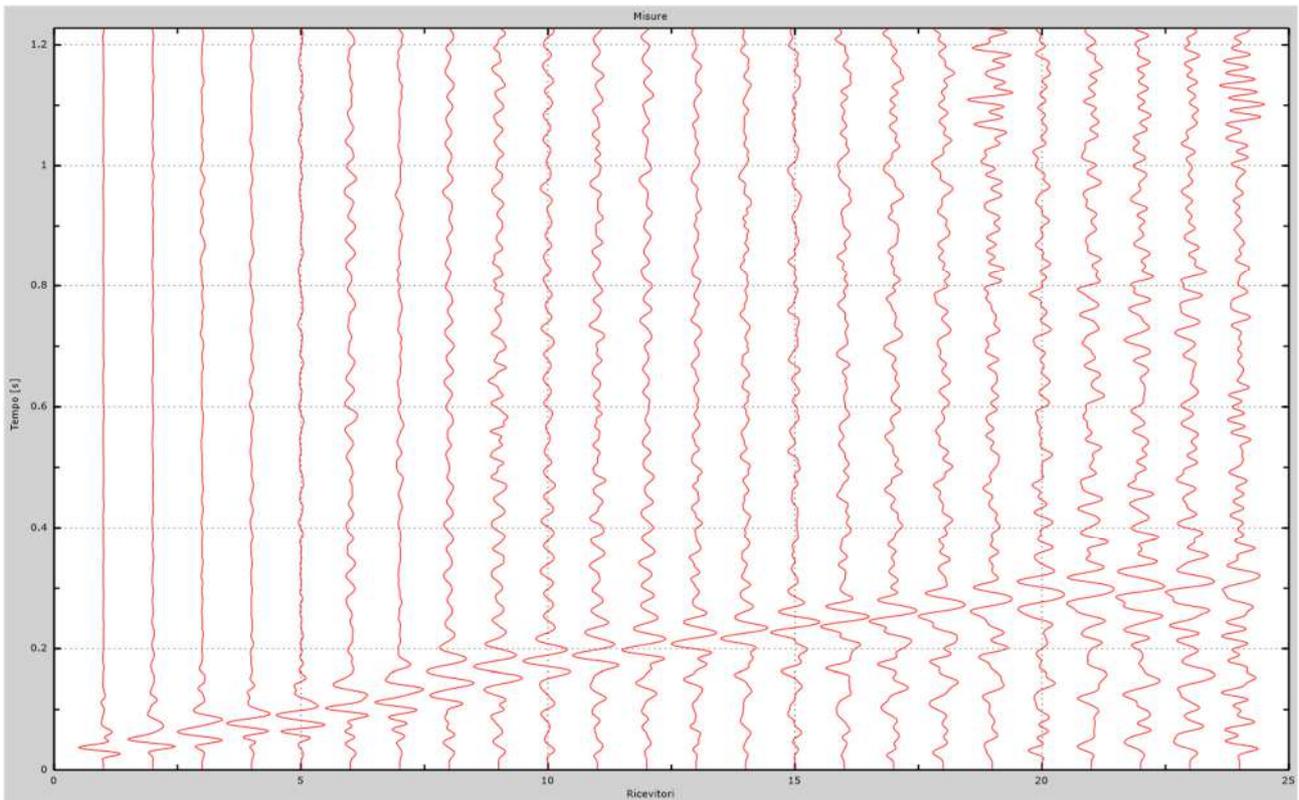


Fig. 43 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo FF'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.44) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.45). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

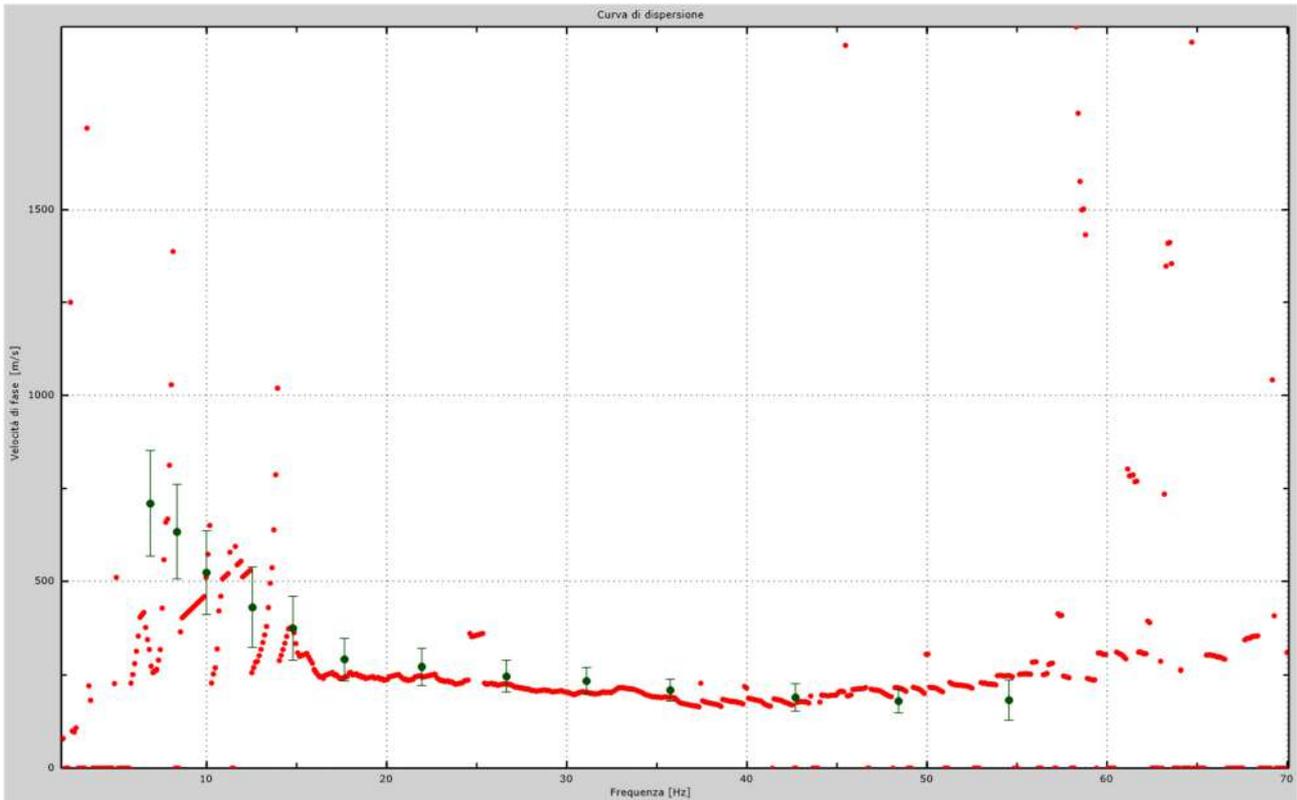


Fig.44 - Curva di dispersione sperimentale.

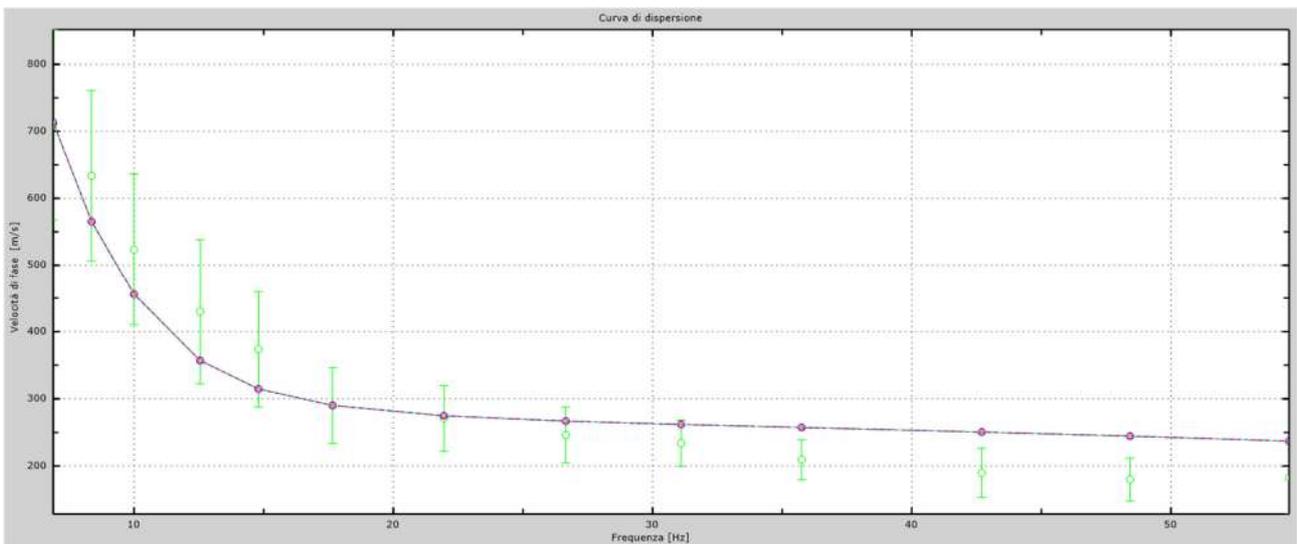


Fig.45 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).  
 La percentuale di differenza è risultata del 13%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" 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 (Fig.46). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

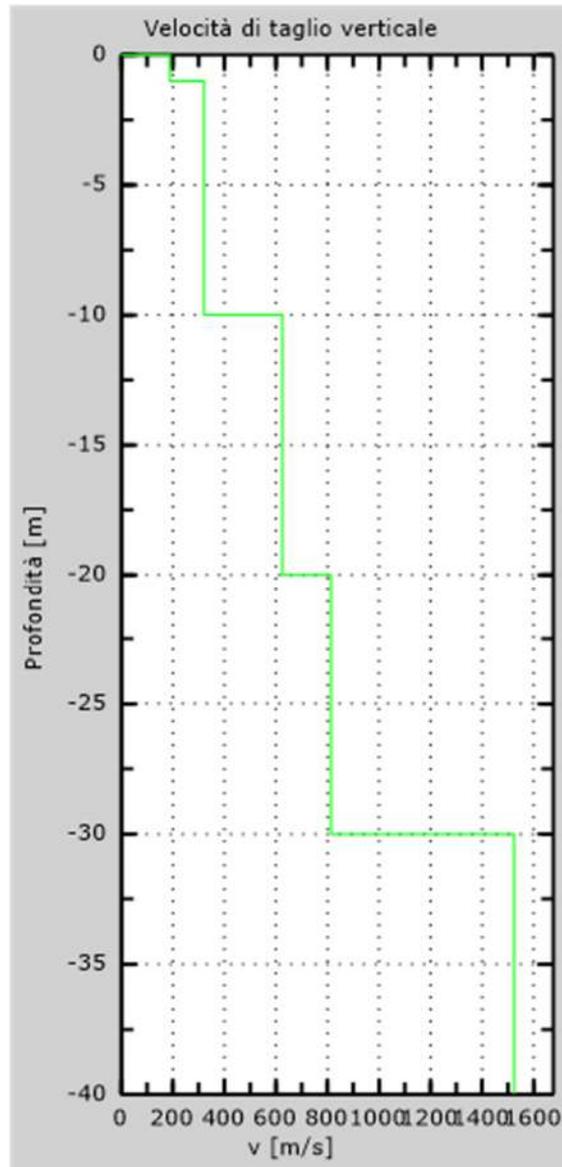


Fig. 46 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

## 5.7 Stendimento sismico GG': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.47).

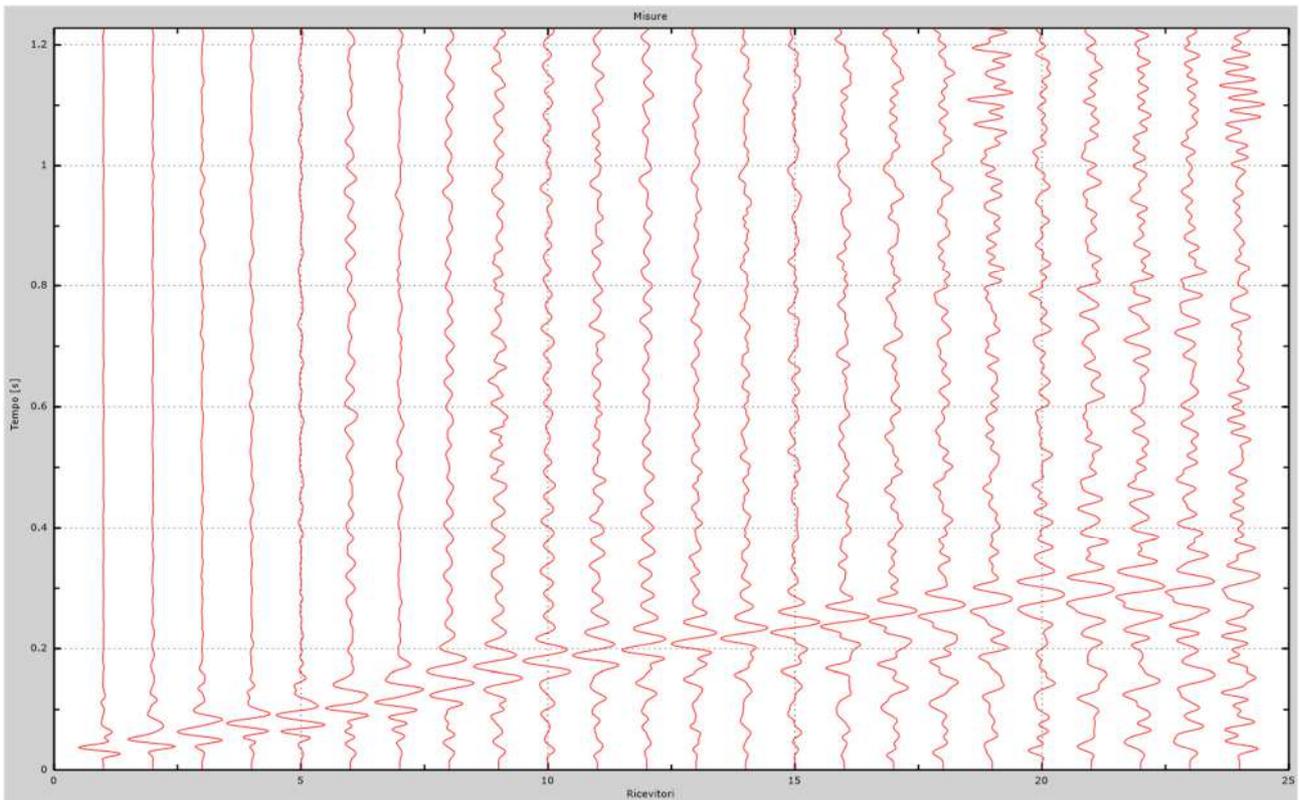


Fig. 47 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo GG'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.48) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.49). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

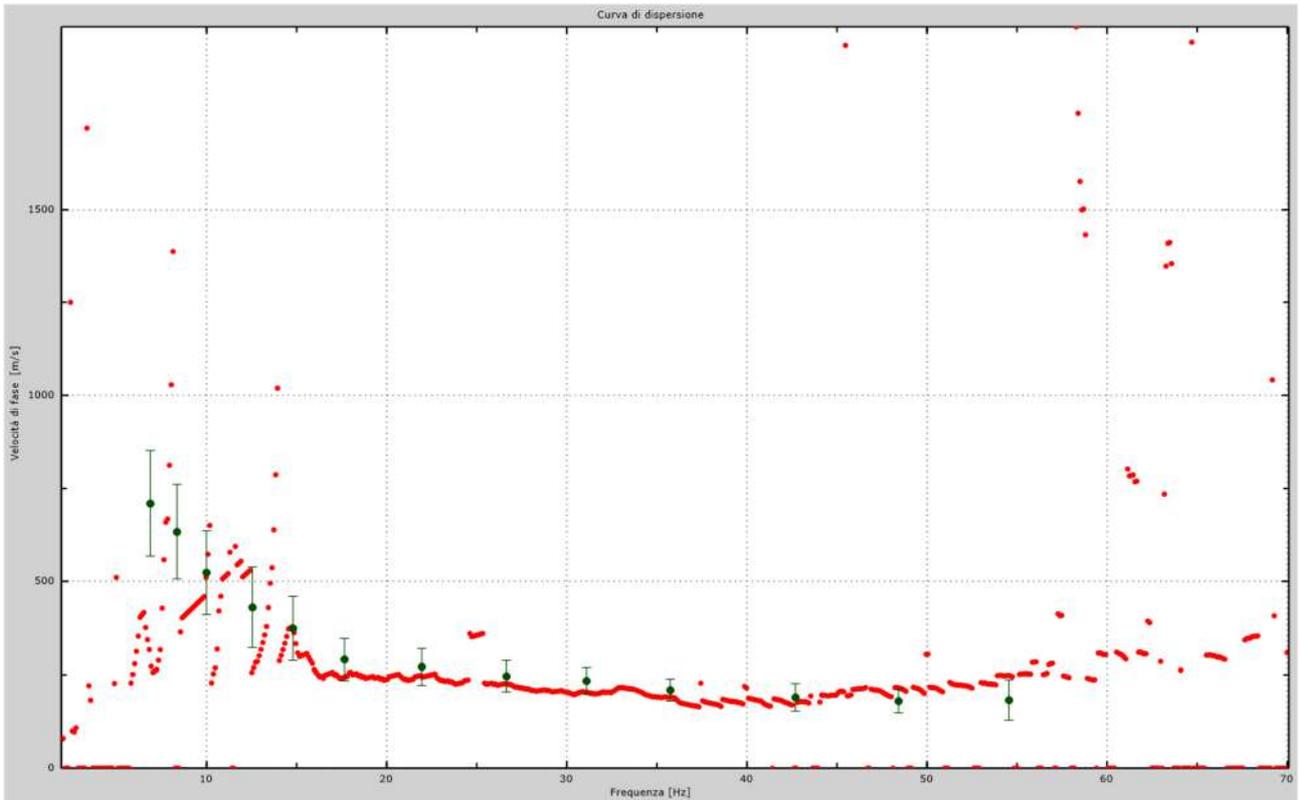


Fig.48 - Curva di dispersione sperimentale.

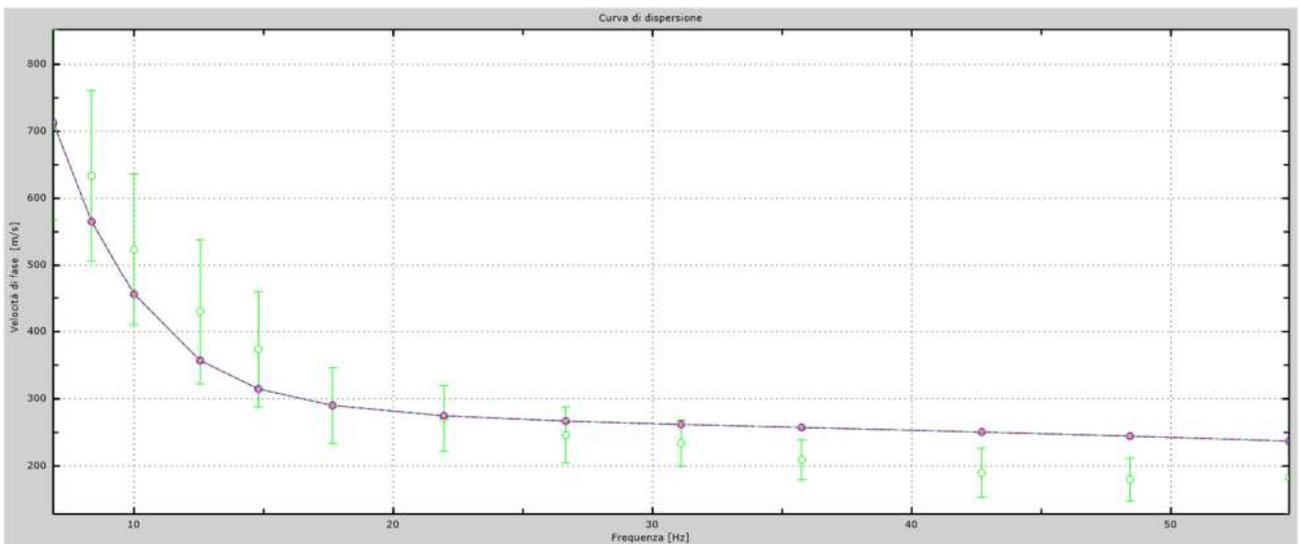


Fig.49 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).  
La percentuale di differenza è risultata del 10%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" 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 (Fig.50). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

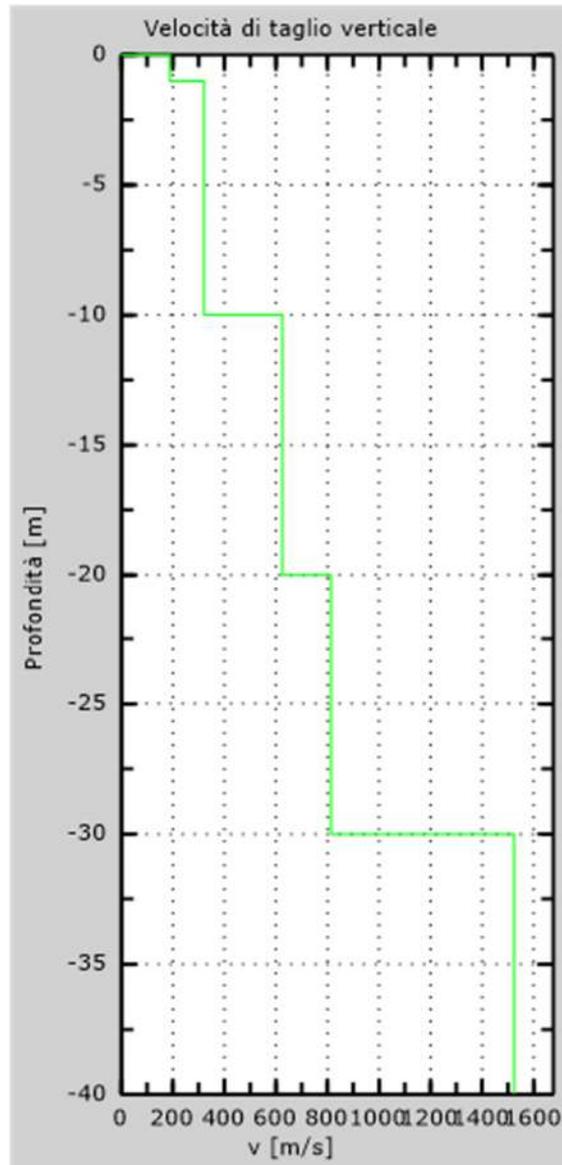


Fig. 50 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

## 6. CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

Sulla base delle risultanze dell'indagine MASW condotte nell'area 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 Puglia nel marzo 2004; DGR Puglia 2 marzo 2004 e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con ordinanza n.3431 del 03.05.2005, DM 17/01/2018).

L'indagine M.A.S.W. ha consentito la stima dei valori delle velocità medie delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della  $V_{s,eq}$  risultante, applicando la seguente formula:

$$V_{s,eq} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

in cui  $V_{s,i}$  e  $h_i$  indicano la velocità delle onde di taglio (in m/s) e lo spessore (in m) del sismostrato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  sismostrati presenti.

### 6.1 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo AA'

#### Dati

Numero di strati 4  
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	1.00	184
2	5.00	266
3	10.00	596
4	15.00	789

**$V_{s,eq}$**  510.60 m/s  
**Categoria del suolo** B

Sulla base della  $V_{s,eq}$  calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla 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.*

### 6.2 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo BB'

#### Dati

Numero di strati 4  
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	1.00	154

2	10.00	255
3	10.00	401
4	10.00	611

**V<sub>s,eq</sub>** **351.38 m/s**  
**Categoria del suolo** **C**

Sulla base della V<sub>s,eq</sub> calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla 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.*

### 6.3 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo CC'

**Dati**

Numero di strati 4  
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	1.00	155
2	9.00	325
3	10.00	654
4	10.00	789

**V<sub>s,eq</sub>** **483.02 m/s**  
**Categoria del suolo** **B**

Sulla base della V<sub>s,eq</sub> calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla 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.*

### 6.4 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo DD'

**Dati**

Numero di strati 4  
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	1.00	112
2	12.00	452
3	10.00	754
4	7.00	887

**V<sub>s,eq</sub>** **471.89 m/s**  
**Categoria del suolo** **B**

Sulla base della  $V_{s,eq}$  calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla 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.*

### 6.5 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo EE'

**Dati**

Numero di strati 4  
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	2.00	266
2	5.00	312
3	13.00	652
4	10.00	954

**$V_{s,eq}$**  459.95 m/s  
**Categoria del suolo** B

Sulla base della  $V_{s,eq}$  calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla 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.*

### 6.6 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo FF'

**Dati**

Numero di strati 4  
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	1.00	188
2	9.00	321
3	10.00	625
4	10.00	814

**$V_{s,eq}$**  405.21 m/s  
**Categoria del suolo** B

Sulla base della  $V_{s,eq}$  calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla 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.*

## 6.7 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo GG'

### Dati

Numero di strati 4  
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	2.00	172
2	10.00	355
3	15.00	588
4	3.00	785

**V<sub>s,eq</sub>** 433.97 m/s  
**Categoria del suolo** B

Sulla base della  $V_{s,eq}$  calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla 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.*

## 7. CARATTERIZZAZIONE ELASTICO-MECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

### 7.1 Stendimento sismico AA'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico AA'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t <sup>+</sup> m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Y <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	184.00	1.46	498.9	255.8	907.1	921.0	-0.09	1.36	267.91	1.94
500.00	266.00	1.66	1189.5	2616.8	3098.9	4202.7	0.30	1.88	441.83	2.04
1500.00	596.00	2.05	7357.6	36794.2	20693.5	46604.4	0.41	2.52	1219.76	2.27
2600.00	1254.00	2.27	36159.9	107232.5	97518.2	155445.6	0.35	2.07	2849.13	2.59

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 1	250 - 500	184 - 266	1.46 - 1.66	499 - 1189	256 - 2617	907 - 3099
II	1 - 10	500 - 1500	266 - 596	1.66 - 2.05	1189 - 7358	2617 - 36794	3099 - 20693
III	10 - 15	1500 - 2600	596 - 1254	2.05 - 2.27	7358 - 36160	36794 - 107232	20693 - 97518

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula:  $0.51 V_p^{0.19}$ ;

Y<sub>sat</sub> = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G<sub>0</sub> = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

### SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F <sub>0</sub> [ - ]	T*C [s]
41.528292	15.099103	SLO	30	0,053	2,352	0,307
41.528292	15.099103	SLD	50	0,068	2,454	0,321
41.528292	15.099103	SLV	475	0,172	2,560	0,371
41.528292	15.099103	SLC	975	0,224	2,501	0,405

Tabella: coefficienti sismici

	S <sub>s</sub> [ - ]	C <sub>c</sub> [ - ]	S <sub>t</sub> [ - ]	A <sub>max</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	Kh [ - ]	Kv [ - ]	β [ - ]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.620	0,013	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.797	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,34	1,00	2.023	0,050	0,025	0,240
SLC	1,18	1,32	1,00	2.587	0,074	0,037	0,280

Dove Kh e Kv sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni:  $K_h = \beta \cdot A_{max}/g$ ;

$K_v = 0.5 \cdot K_h$ .

## 7.2 Stendimento sismico BB'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico BB'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> sec <sup>-1</sup> )	Y <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	154.00	1.46	349.5	455.0	834.8	921.0	0.19	1.62	224.23	1.87
500.00	255.00	1.66	1093.1	2745.2	2895.1	4202.7	0.32	1.96	423.56	2.03
1500.00	611.00	2.05	7732.6	36294.2	21659.6	46604.4	0.40	2.45	1250.46	2.26
3100.00	1200.00	2.35	34238.0	182840.3	96679.3	228490.9	0.41	2.58	2819.10	2.54

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 1	250 - 500	154 - 255	1.46 - 1.66	349 - 1093	455 - 2745	835 - 2895
II	1 - 15	500 - 1500	255 - 611	1.66 - 2.05	1093 - 7733	2745 - 36294	2895 - 21660
III	15 - 25	1500 - 3100	611 - 1200	2.05 - 2.35	7733 - 34238	36294 - 182840	21660 - 96679

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula:  $0.51 V_p^{0.19}$ ;

Y<sub>sat</sub> = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G<sub>0</sub> = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

## SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria C

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F <sub>0</sub> [ - ]	T*C [s]
41.527650	15.103524	SLO	30	0,053	2,353	0,307
41.527650	15.103524	SLD	50	0,068	2,457	0,320
41.527650	15.103524	SLV	475	0,173	2,555	0,369
41.527650	15.103524	SLC	975	0,226	2,500	0,400

Tabella: coefficienti sismici

	S <sub>s</sub> [ - ]	C <sub>c</sub> [ - ]	S <sub>t</sub> [ - ]	A <sub>max</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	K <sub>h</sub> [ - ]	K <sub>v</sub> [ - ]	β [ - ]
SLO	1,50	1,55	1,00	0.778	0,016	0,008	0,200
SLD	1,50	1,53	1,00	1.001	0,020	0,010	0,200
SLV	1,43	1,46	1,00	2.431	0,059	0,030	0,240
SLC	1,36	1,42	1,00	3.010	0,086	0,043	0,280

Dove K<sub>h</sub> e K<sub>v</sub> sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni:  $K_h = \beta \cdot A_{max}/g$ ;

$K_v = 0.5 \cdot K_h$ .

### 7.3 Stendimento sismico CC'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico CC'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t*m <sup>2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Y <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	155.00	1.46	354.0	449.0	841.1	921.0	0.19	1.61	225.69	1.87
500.00	325.00	1.66	1775.7	1835.2	4027.9	4202.7	0.13	1.54	539.83	2.12
1300.00	654.00	1.99	8621.7	22570.6	22943.6	34066.1	0.33	1.99	1302.56	2.32
1900.00	789.00	2.14	13486.6	60226.9	37649.6	78209.1	0.40	2.41	1688.92	2.40

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 1	250 - 500	155 - 325	1.46 - 1.66	354 - 1776	449 - 1835	841 - 4028
II	1 - 9	500 - 1300	325 - 654	1.66 - 1.99	1776 - 8622	1835 - 22571	4028 - 22943
III	9 - 15	1300 - 1900	654 - 789	1.99 - 2.14	8622 - 13487	22571 - 60227	22943 - 37650

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula:  $0.51 V_p^{0.19}$ ;

Y<sub>sat</sub> = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G<sub>0</sub> = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

### SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F <sub>0</sub> [ - ]	T*C [s]
41.527734	15.121798	SLO	30	0,053	2,354	0,306
41.527734	15.121798	SLD	50	0,068	2,462	0,318
41.527734	15.121798	SLV	475	0,174	2,551	0,368
41.527734	15.121798	SLC	975	0,227	2,500	0,395

Tabella: coefficienti sismici

	S <sub>s</sub> [ - ]	C <sub>c</sub> [ - ]	S <sub>t</sub> [ - ]	A <sub>max</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	K <sub>h</sub> [ - ]	K <sub>v</sub> [ - ]	β [ - ]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.623	0,013	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.803	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,34	1,00	2.051	0,050	0,025	0,240
SLC	1,17	1,32	1,00	2.608	0,074	0,037	0,280

Dove K<sub>h</sub> e K<sub>v</sub> sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni:  $K_h = \beta \cdot A_{max}/g$ ;

$K_v = 0.5 \cdot K_h$ .

## 7.4 Stendimento sismico DD'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico DD'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Y <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	112.00	1.46	184.9	674.6	508.1	921.0	0.37	2.23	163.08	1.75
500.00	452.00	1.66	3434.5	0	0	4202.7	0	1.11	750.78	2.25
1300.00	754.00	1.99	11459.8	18786.3	28570.2	34066.1	0.25	1.72	1501.73	2.35
2300.00	887.00	2.22	17675.1	95275.4	49937.3	118842.2	0.41	2.59	1968.89	2.48

Sismo strato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 1	250 - 500	112 - 452	1.46 - 1.66	185 - 3434	-	-
II	1 - 12	500 - 1300	452 - 754	1.66 - 1.99	3434 - 11460	-	-
III	12 - 15	1300 - 2300	754 - 887	1.99 - 2.22	11460 - 17675	18786 - 95275	28570 - 49937

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula:  $0.51 V_p^{0.19}$ ;

Y<sub>sat</sub> = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G<sub>0</sub> = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

## SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F <sub>0</sub> [ - ]	T*C [s]
41.527380	15.125574	SLO	30	0,053	2,354	0,306
41.527380	15.125574	SLD	50	0,068	2,463	0,318
41.527380	15.125574	SLV	475	0,174	2,551	0,368
41.527380	15.125574	SLC	975	0,227	2,501	0,395

Tabella: coefficienti sismici

	S <sub>s</sub> [ - ]	C <sub>c</sub> [ - ]	S <sub>t</sub> [ - ]	A <sub>max</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	Kh [ - ]	Kv [ - ]	β [ - ]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.623	0,013	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.803	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,34	1,00	2.050	0,050	0,025	0,240
SLC	1,17	1,32	1,00	2.606	0,074	0,037	0,280

Dove Kh e Kv sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni:  $K_h = \beta \cdot A_{max}/g$ ;

$K_v = 0.5 \cdot K_h$ .

## 7.5 Stendimento sismico EE'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico CC'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Y <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	112.00	1.46	184.9	674.6	508.1	921.0	0.37	2.23	163.08	1.75
500.00	312.00	1.66	1636.4	2020.8	3865.8	4202.7	0.18	1.60	518.24	2.10
1200.00	652.00	1.96	8439.7	17335.7	21784.0	28588.7	0.29	1.84	1278.98	2.33
1800.00	954.00	2.12	19515.8	43454.8	50923.9	69475.8	0.30	1.89	2021.25	2.48

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 1	250 - 500	112 - 312	1.46 - 1.66	185 - 1636	675 - 2021	508 - 3866
II	1 - 7	500 - 1200	312 - 652	1.66 - 1.96	1636 - 8440	2021 - 17336	3866 - 21784
III	7 - 12	1200 - 1800	652 - 954	1.96 - 2.12	8440 - 19516	17336 - 43455	21784 - 50924

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula:  $0.51 V_p^{0.19}$ ;

Y<sub>sat</sub> = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G<sub>0</sub> = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

## SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

**Tabella: Parametri spettrali**

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F <sub>0</sub> [ - ]	T*C [s]
41.524938	15.129093	SLO	30	0,053	2,354	0,306
41.524938	15.129093	SLD	50	0,068	2,464	0,318
41.524938	15.129093	SLV	475	0,174	2,552	0,368
41.524938	15.129093	SLC	975	0,227	2,501	0,396

**Tabella: coefficienti sismici**

	S <sub>s</sub> [ - ]	C <sub>c</sub> [ - ]	S <sub>t</sub> [ - ]	A <sub>max</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	K <sub>h</sub> [ - ]	K <sub>v</sub> [ - ]	β [ - ]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.622	0,013	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.801	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,34	1,00	2.044	0,050	0,025	0,240
SLC	1,17	1,32	1,00	2.599	0,074	0,037	0,280

Dove K<sub>h</sub> e K<sub>v</sub> sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni:  $K_h = \beta \cdot A_{max}/g$ ;

$K_v = 0.5 \cdot K_h$ .

## 7.6 Stendimento sismico FF'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico FF'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t <sup>+</sup> m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Y <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	188.00	1.46	520.8	226.6	884.7	921.0	-0.15	1.33	273.74	1.95
500.00	312.00	1.66	1636.4	2020.8	3865.8	4202.7	0.18	1.60	518.24	2.10
1300.00	625.00	1.99	7874.0	23567.4	21254.9	34066.1	0.35	2.08	1244.80	2.30
2400.00	814.00	2.24	15006.4	110443.1	43068.5	130451.6	0.44	2.95	1821.52	2.42

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 2	250 - 500	188 - 312	1.46 - 1.66	521 - 1636	227 - 2021	885 - 4203
II	2 - 10	500 - 1300	312 - 625	1.66 - 1.99	1636 - 7874	2021 - 23567	4203 - 34066
III	10 - 15	1300 - 2400	625 - 814	1.99 - 2.24	7874 - 15006	23567 - 110443	34066 - 130452

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula:  $0.51 V_p^{0.19}$ ;

Y<sub>sat</sub> = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G<sub>0</sub> = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

## SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F <sub>0</sub> [ - ]	T*C [s]
41.521628	15.132826	SLO	30	0,051	2,360	0,308
41.521628	15.132826	SLD	50	0,065	2,463	0,324
41.521628	15.132826	SLV	475	0,162	2,577	0,388
41.521628	15.132826	SLC	975	0,210	2,534	0,420

Tabella: coefficienti sismici

	S <sub>s</sub> [ - ]	C <sub>c</sub> [ - ]	S <sub>t</sub> [ - ]	A <sub>max</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	K <sub>h</sub> [ - ]	K <sub>v</sub> [ - ]	β [ - ]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.604	0,012	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.770	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,33	1,00	1.910	0,047	0,023	0,240
SLC	1,19	1,31	1,00	2.445	0,070	0,035	0,280

Dove K<sub>h</sub> e K<sub>v</sub> sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni: **K<sub>h</sub> = β · A<sub>max</sub>/g;**

**K<sub>v</sub> = 0.5 · K<sub>h</sub>.**

## 7.7 Stendimento sismico GG'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico GG'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V <sub>Pi</sub> (m/sec)	V <sub>Si</sub> (m/sec)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	K (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	M (kg/cm <sup>2</sup> )	μ	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>	IS (t <sup>+</sup> m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Y <sub>sat</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
250.00	172.00	1.46	436.0	339.7	916.1	921.0	0.05	1.45	250.44	1.91
500.00	345.00	1.66	2000.9	1534.8	4184.4	4202.7	0.05	1.45	573.05	2.14
1300.00	588.00	1.99	6969.3	24773.7	19115.5	34066.1	0.37	2.21	1171.11	2.25
3000.00	785.00	2.33	14560.6	193244.2	42611.6	212658.3	0.46	3.82	1832.71	2.37

Sismostrato	Profondità (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	G <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
I	0 - 2	250 - 500	172 - 345	1.46 - 1.66	436 - 2001	340 - 1535	916 - 4184
II	2 - 15	500 - 1300	345 - 588	1.66 - 1.99	2001 - 6969	1535 - 24774	4184 - 19115
III	15 - 25	1300 - 3000	588 - 785	1.99 - 2.33	6969 - 14561	24774 - 193244	19115 - 42612

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula:  $0.51 V_p^{0.19}$ ;

Y<sub>sat</sub> = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G<sub>0</sub> = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

## SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F <sub>0</sub> [ - ]	T*C [s]
41.520454	15.134896	SLO	30	0,051	2,360	0,308
41.520454	15.134896	SLD	50	0,065	2,464	0,324
41.520454	15.134896	SLV	475	0,162	2,577	0,388
41.520454	15.134896	SLC	975	0,209	2,534	0,420

Tabella: coefficienti sismici

	S <sub>s</sub> [ - ]	C <sub>c</sub> [ - ]	S <sub>t</sub> [ - ]	A <sub>max</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	K <sub>h</sub> [ - ]	K <sub>v</sub> [ - ]	β [ - ]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.604	0,012	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.770	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,33	1,00	1.909	0,047	0,023	0,240
SLC	1,19	1,31	1,00	2.443	0,070	0,035	0,280

Dove K<sub>h</sub> e K<sub>v</sub> sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni:  $K_h = \beta \cdot A_{max}/g$ ;

$K_v = 0.5 \cdot K_h$ .

## 8. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

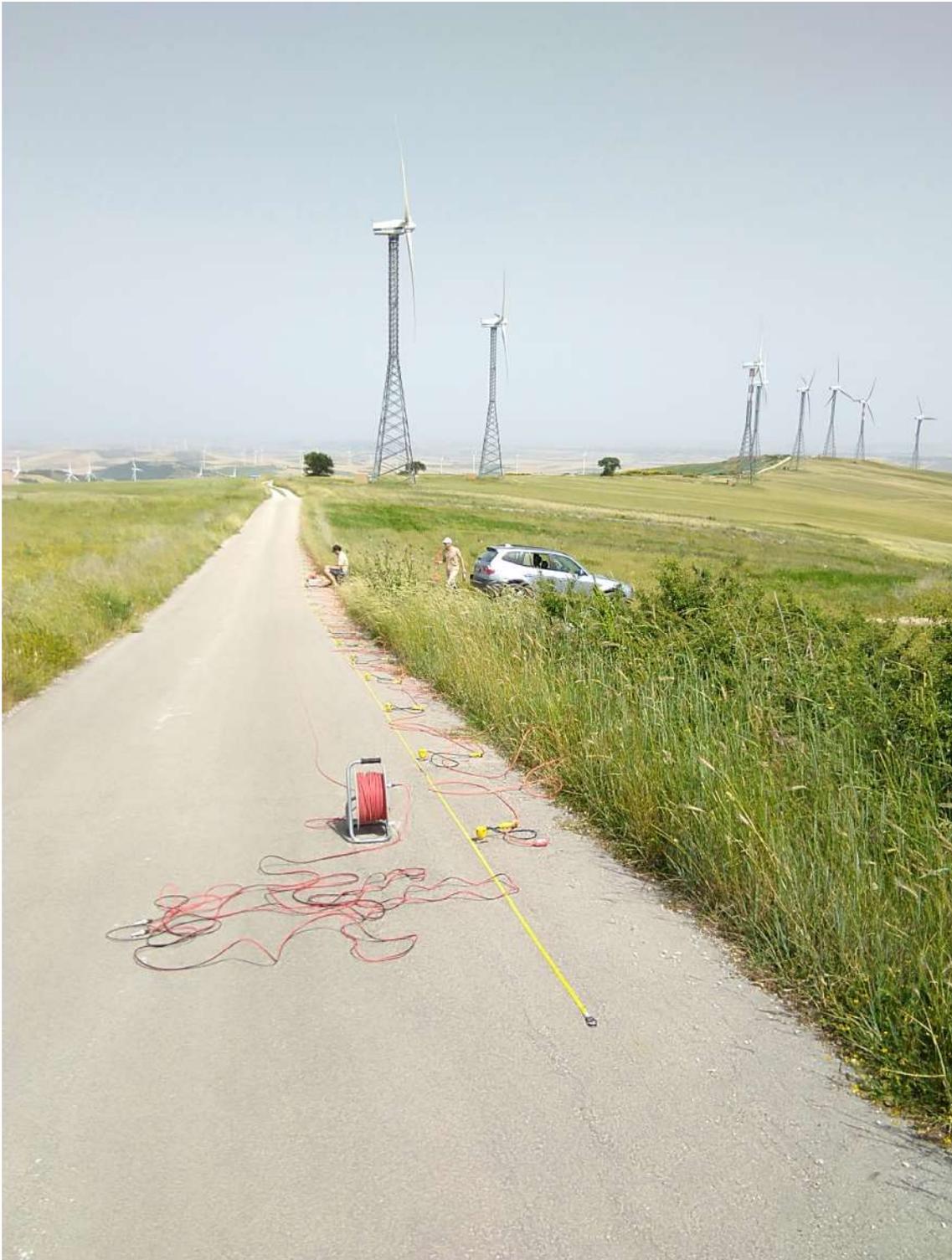
STENDIMENTO AA'



STENDIMENTO BB'



STENDIMENTO CC'



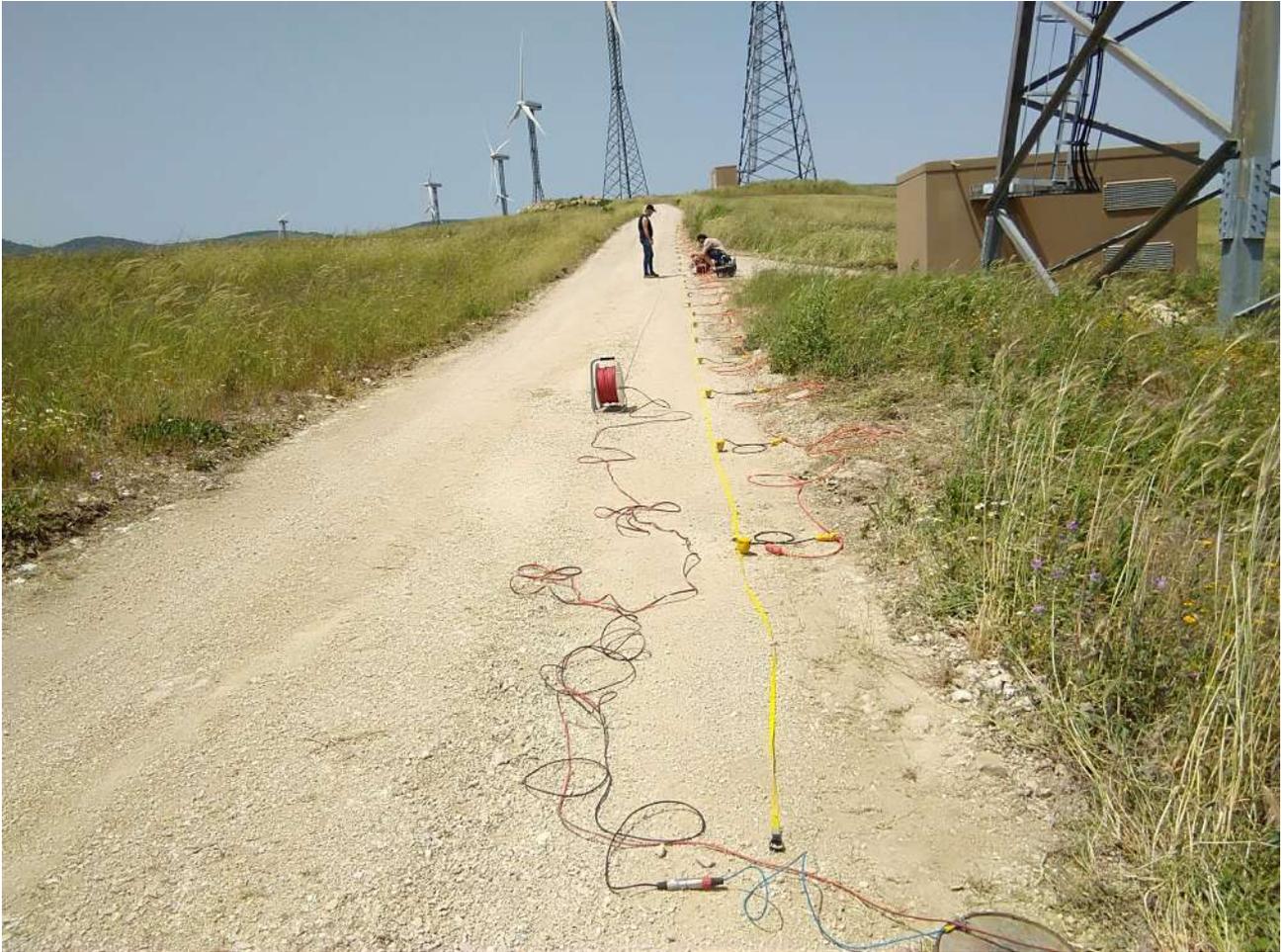
STENDIMENTO DD'



STENDIMENTO EE'



STENDIMENTO FF'



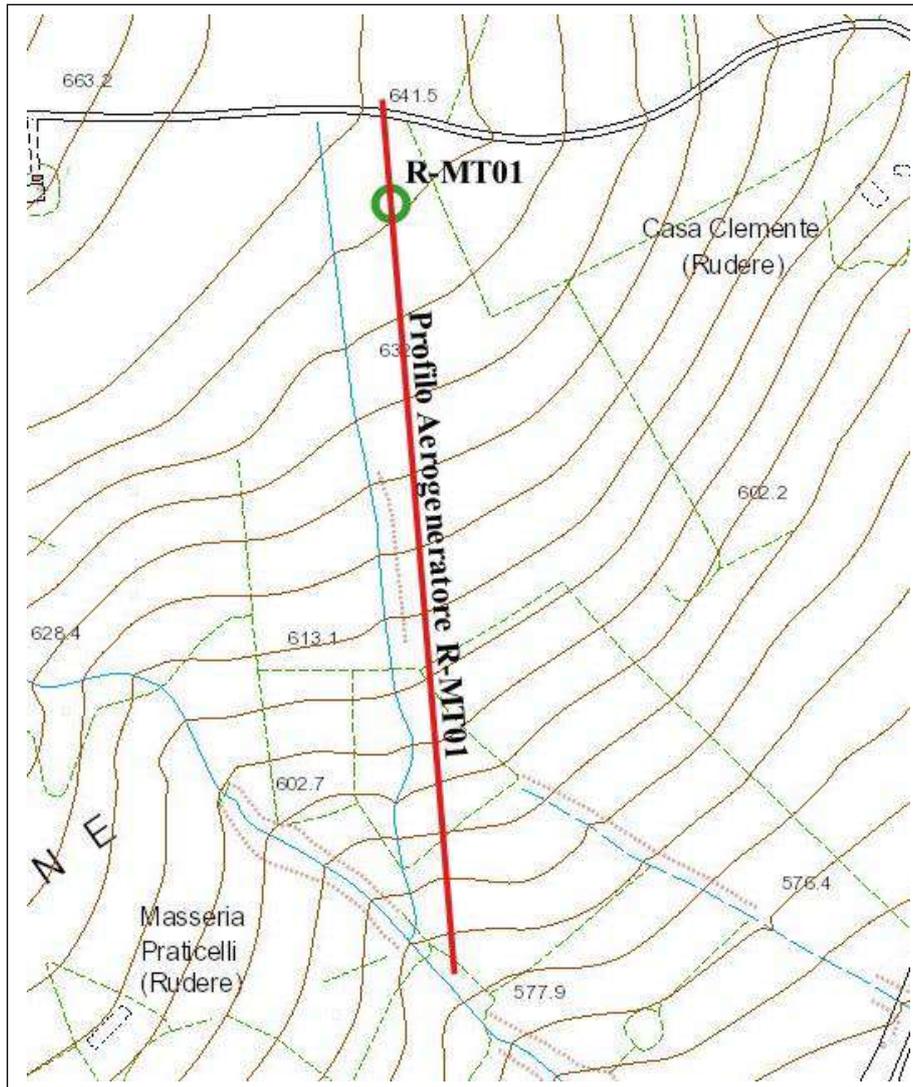
STENDIMENTO GG'



**Alberobello, 30.06.2019**

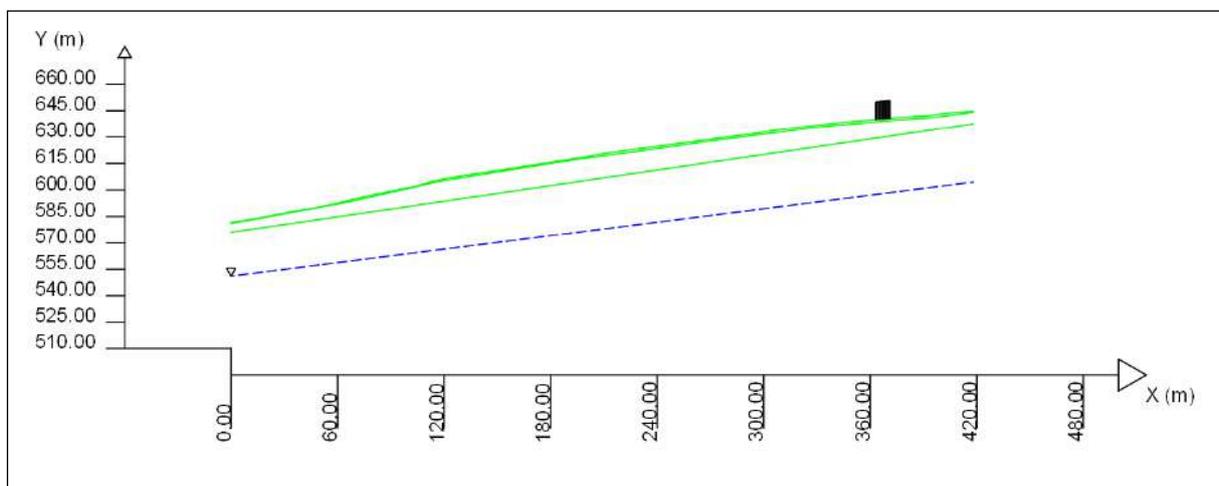
**Allegato 3:**  
**Report delle verifiche della stabilità di versante**

# AEROGENERATORE R-MT01



STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE

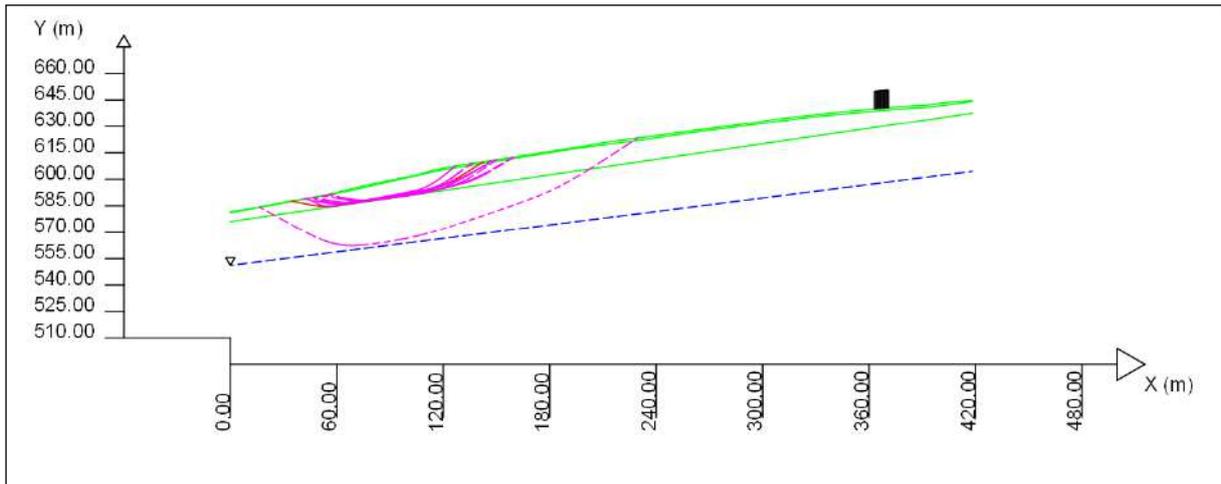
SEZIONE SCHEMATICA DEL VERSANTE



RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ - LEM (Limit Equilibrium Method)

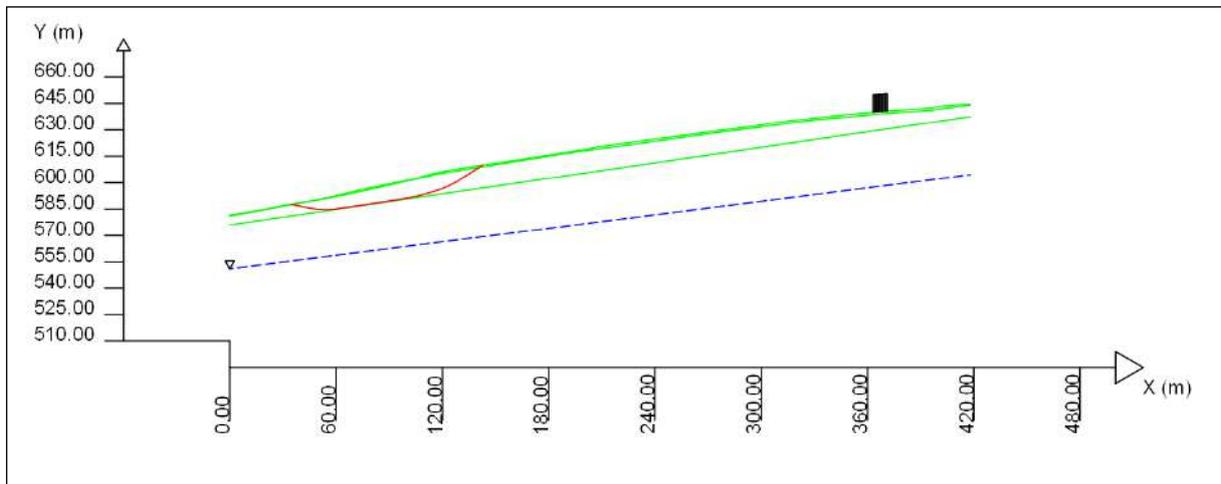
ZONA CRITICA

Range FS: 3.8317 - 3.9043

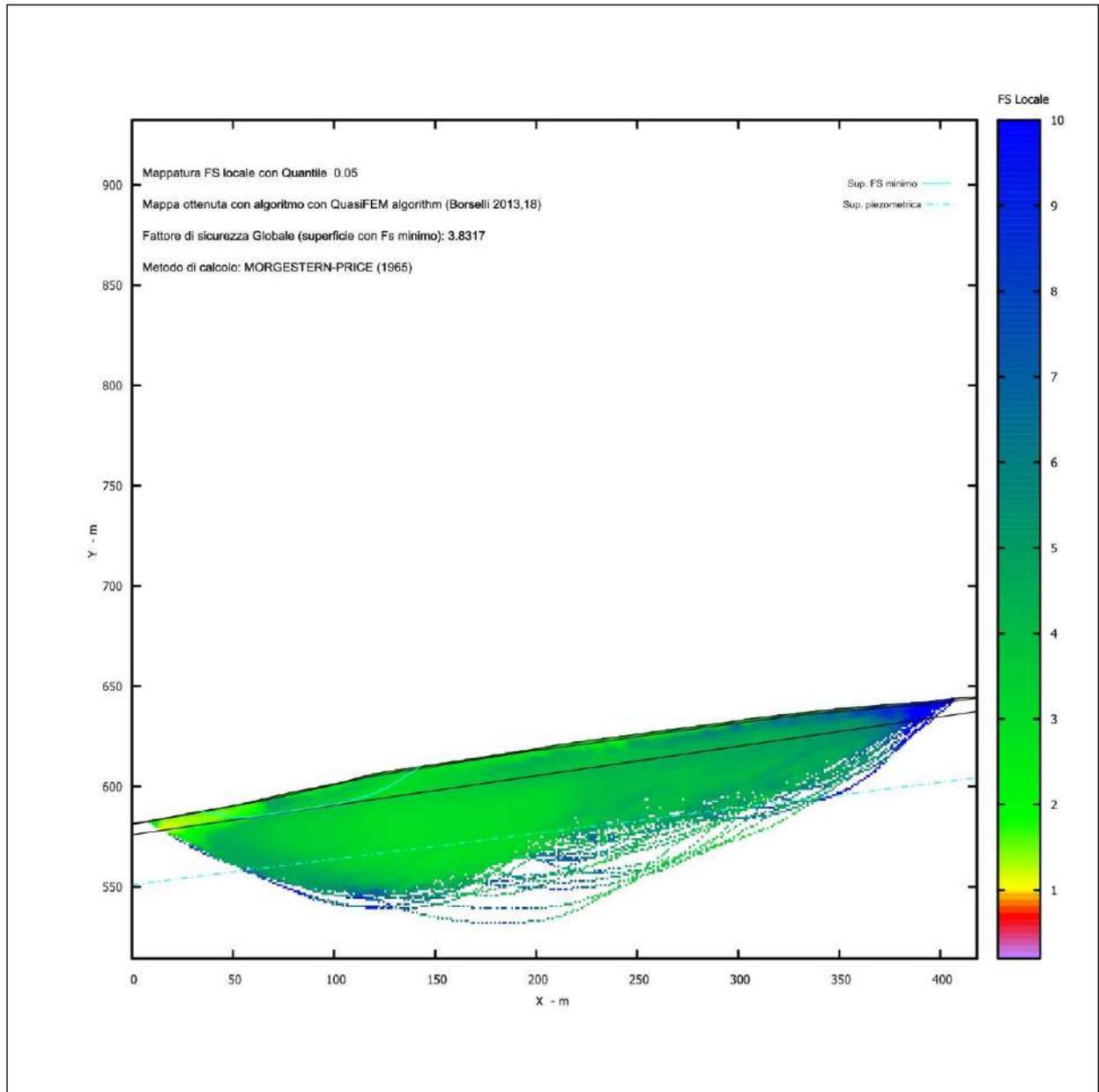


SUPERFICIE CRITICA

FS minimo: 3.8317



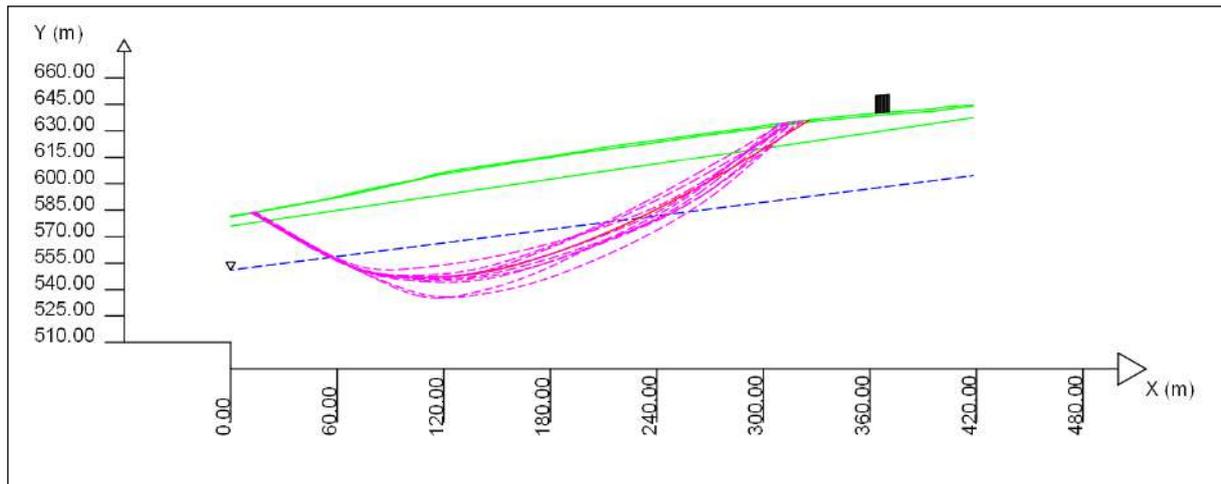
# DISTRIBUZIONE DEL FATTORE DI SICUREZZA LOCALE



ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE COEFFICIENTI:  $k_h = 0.50$ ;  $k_v = 0.025$

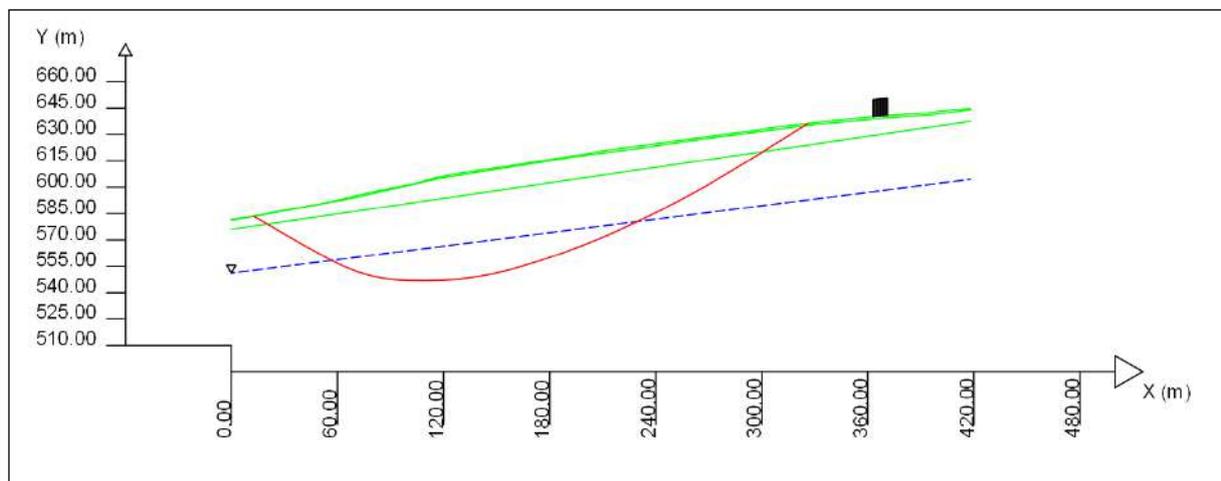
ZONA CRITICA

Range FS: 2.8436 - 2.8818



SUPERFICIE CRITICA

FS minimo: 2.8436



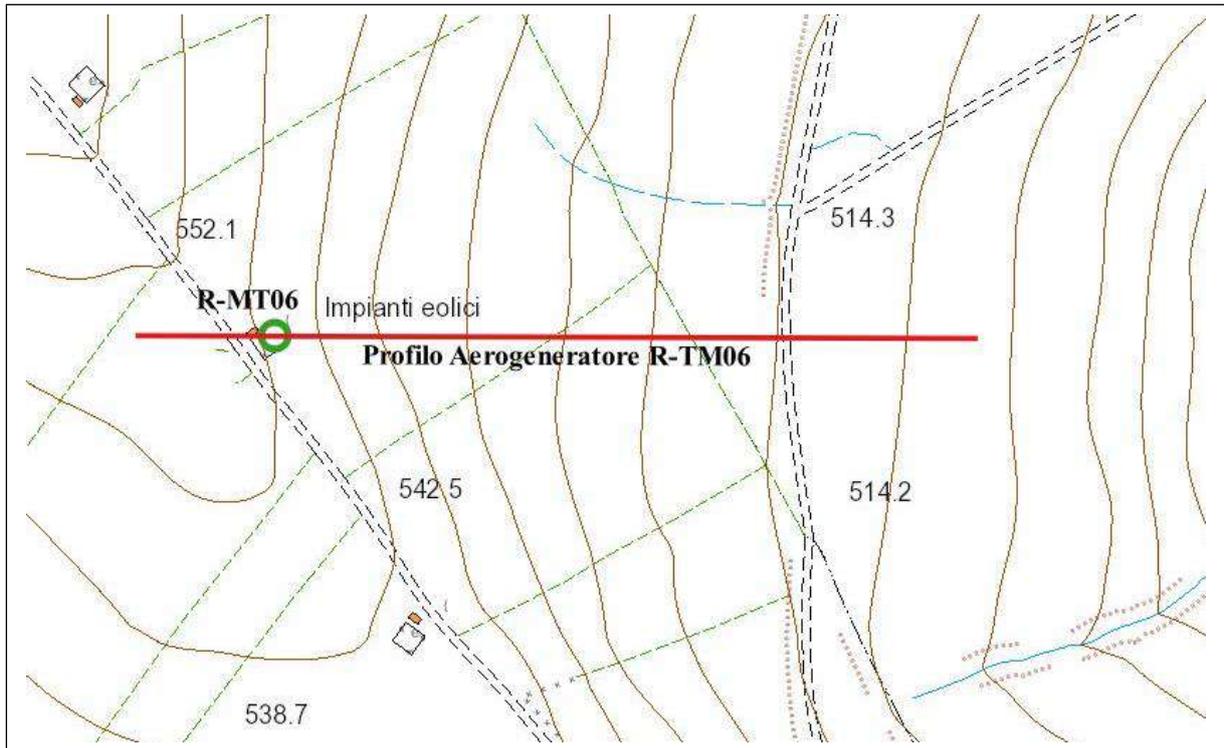
#### RISULTATI ANALISI

Superficie con minore Fattore di Sicurezza:  $FS = 3.8317$

Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:  $FS = 2.8436$

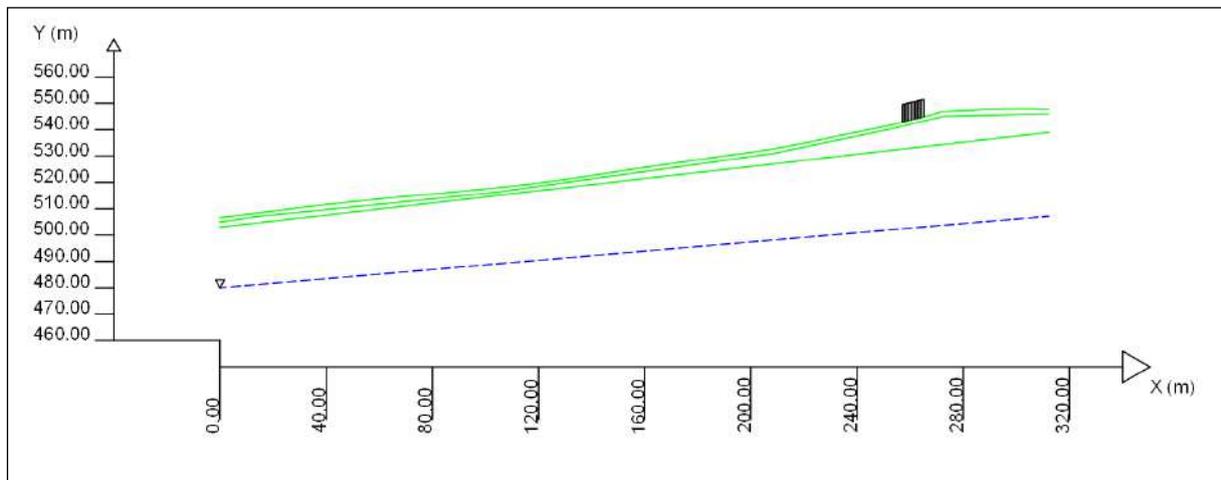
Esito della verifica di stabilità positivo per entrambe le condizioni.

# AEROGENERATORE R-MT06



STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE

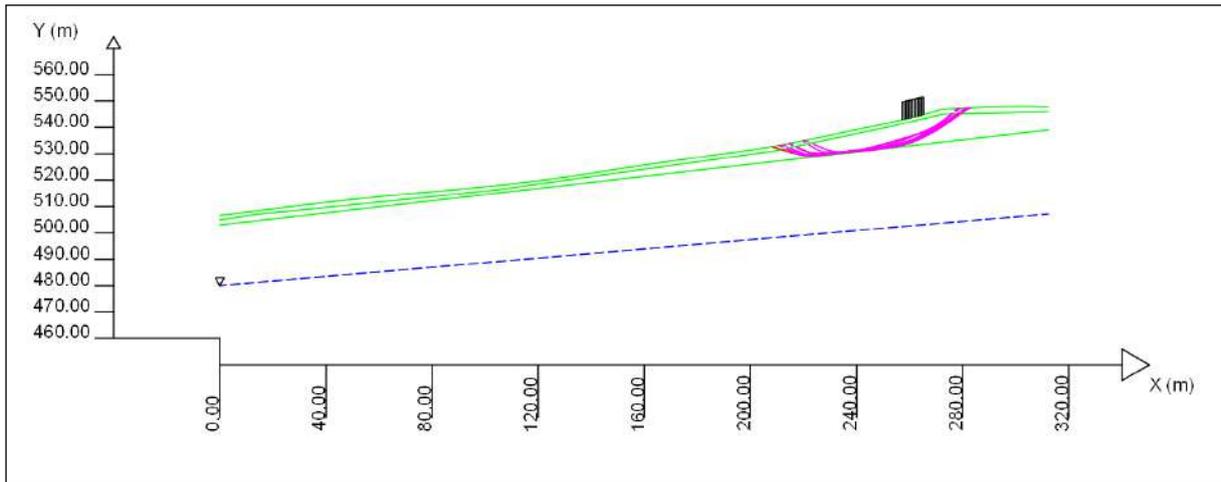
SEZIONE SCHEMATICA DEL VERSANTE



RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ - LEM (Limit Equilibrium Method)

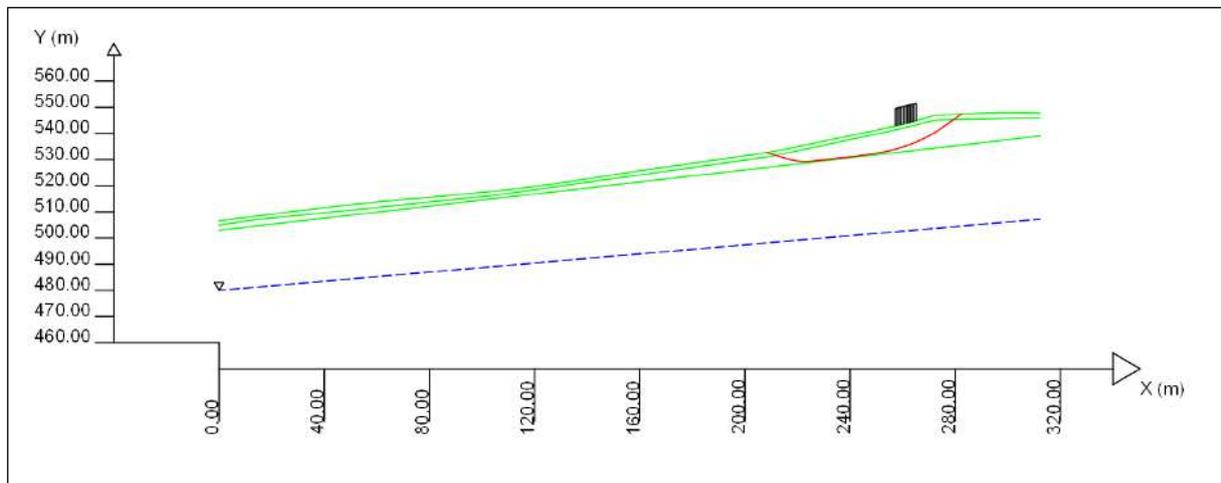
ZONA CRITICA

Range FS: 4.1557 - 4.2003

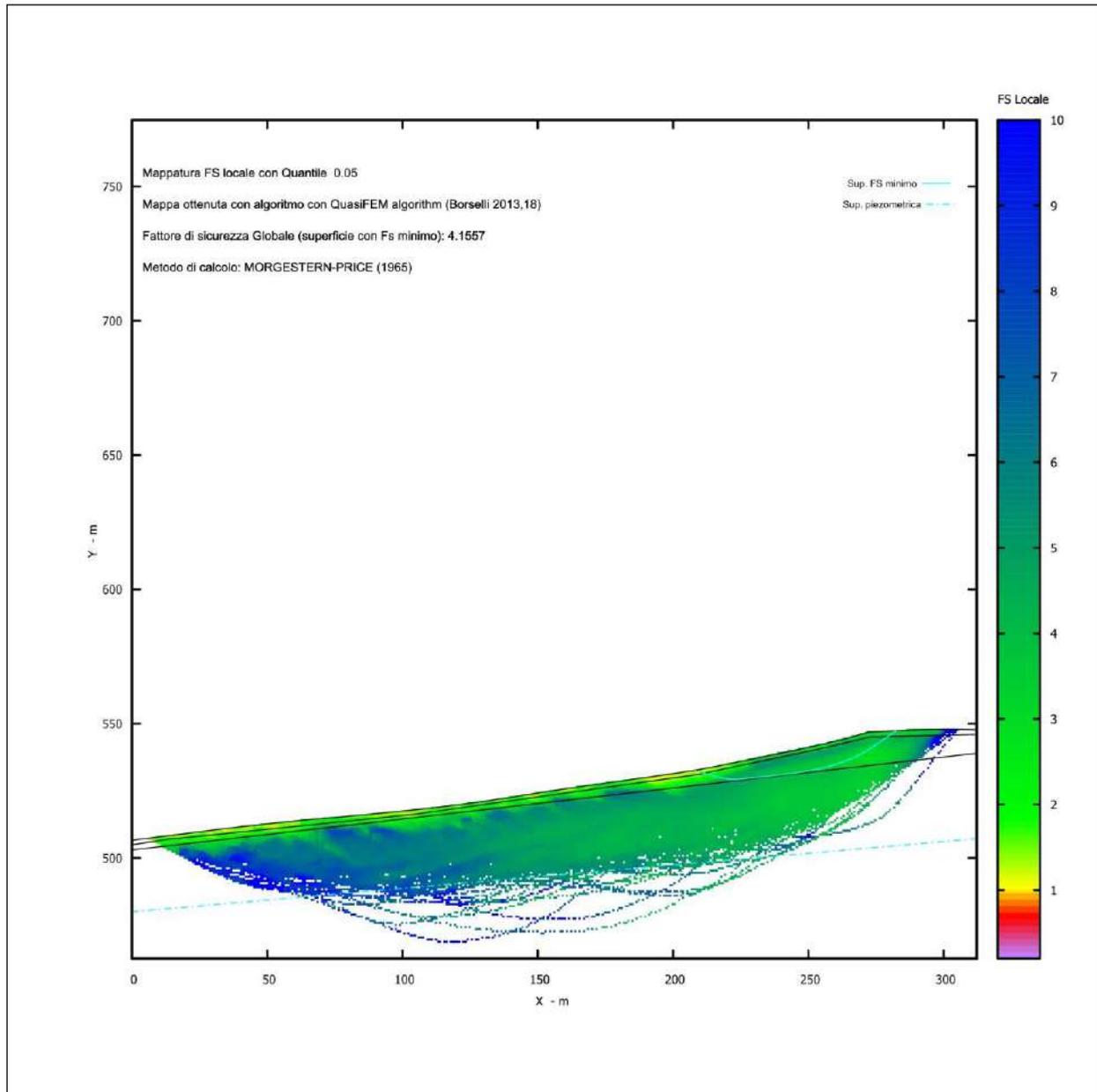


SUPERFICIE CRITICA

FS minimo: 4.1557



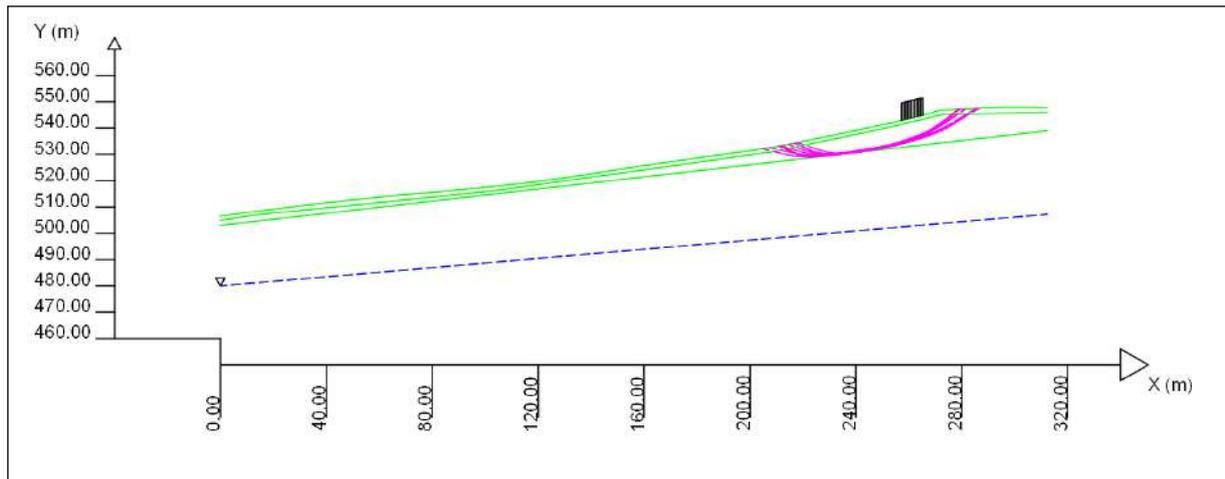
# DISTRIBUZIONE DEL FATTORE DI SICUREZZA LOCALE



ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE COEFFICIENTI:  $k_h = 0.047$ ;  $k_v = 0.023$

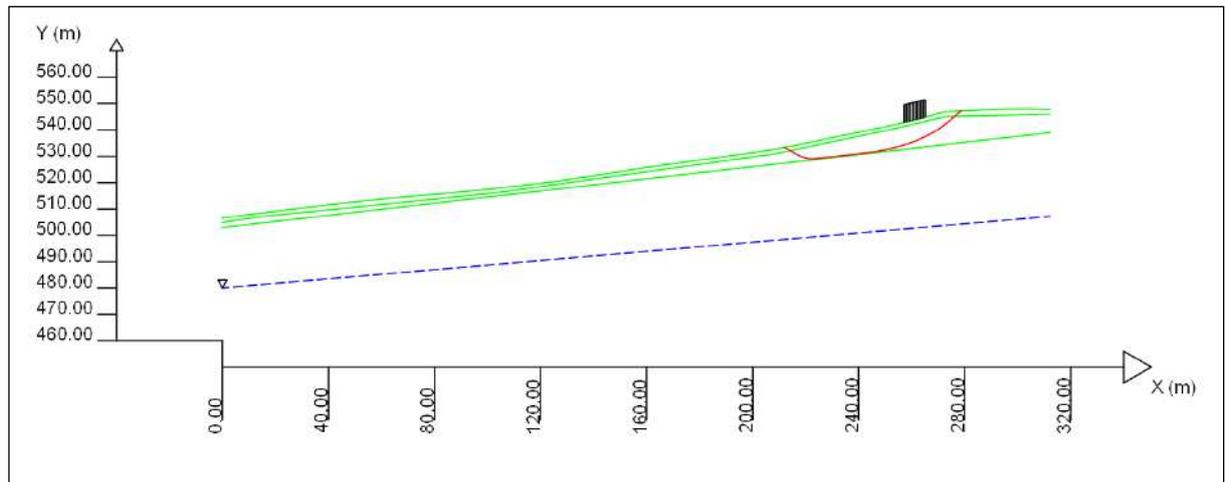
ZONA CRITICA

Range FS: 3.3171 - 3.3741



SUPERFICIE CRITICA

FS minimo: 3.3171



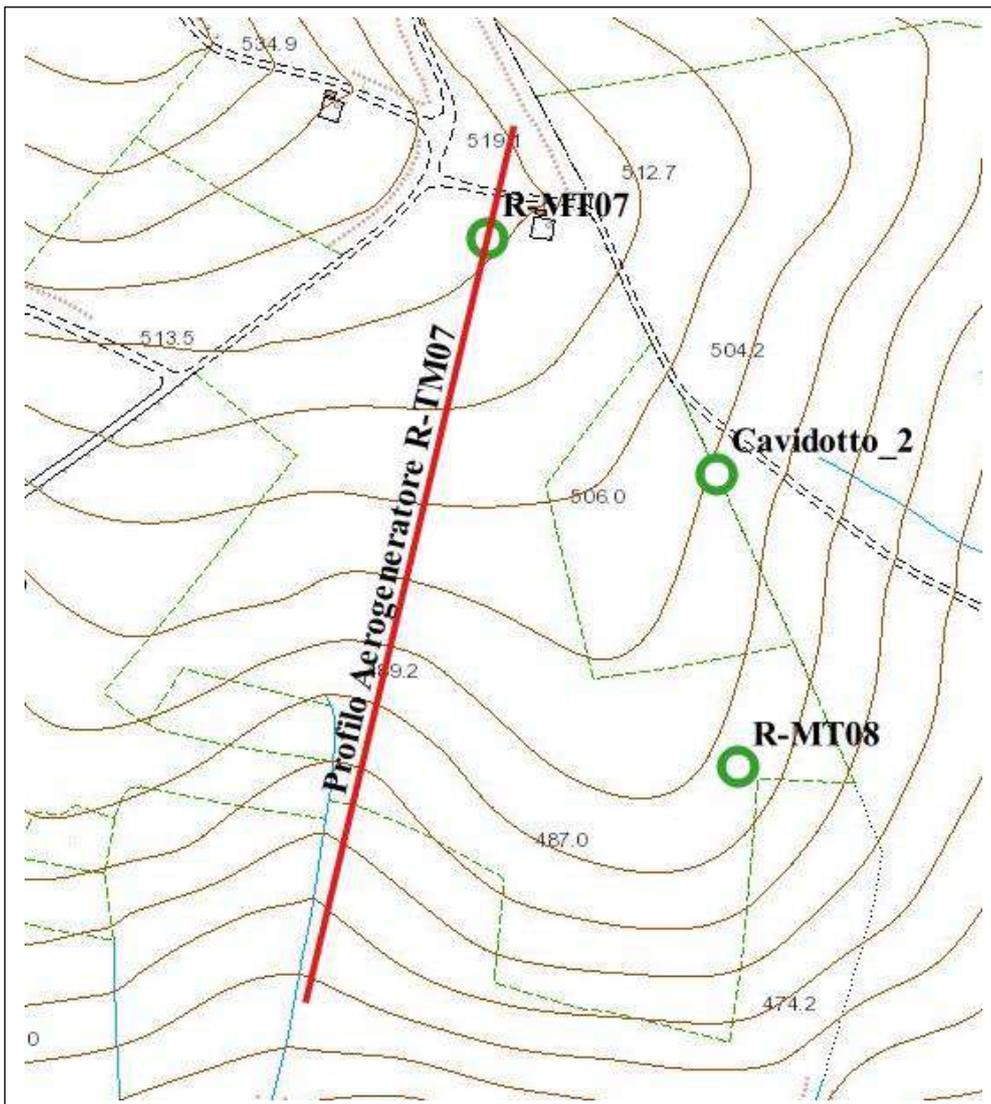
#### RISULTATI ANALISI

Superficie con minore Fattore di Sicurezza:  $FS = 4.1557$

Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:  $FS = 3.3171$

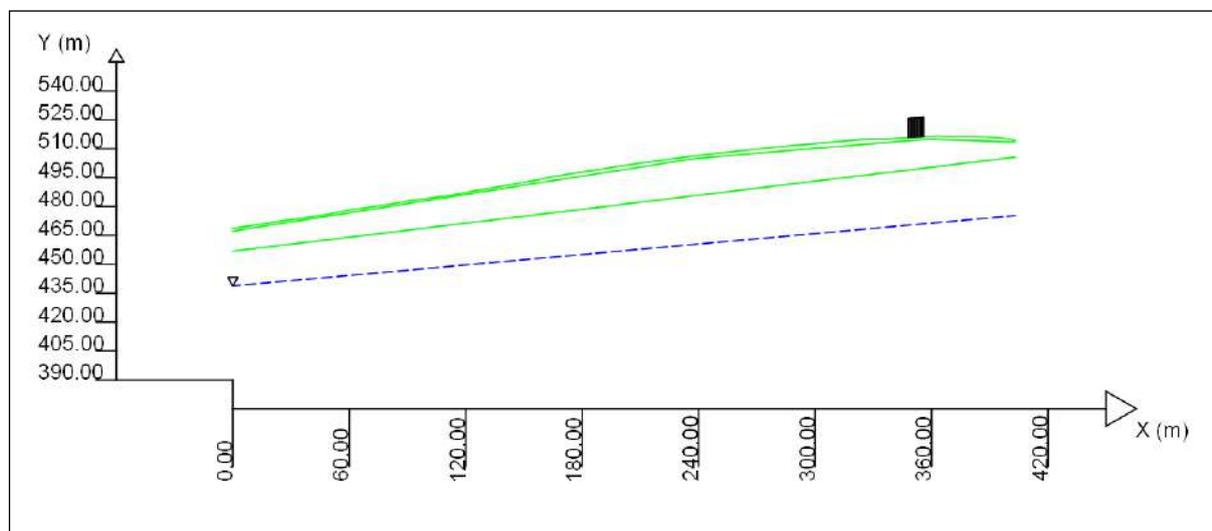
Esito della verifica di stabilità positivo per entrambe le condizioni.

# AEROGENERATORE R-MT07



STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE

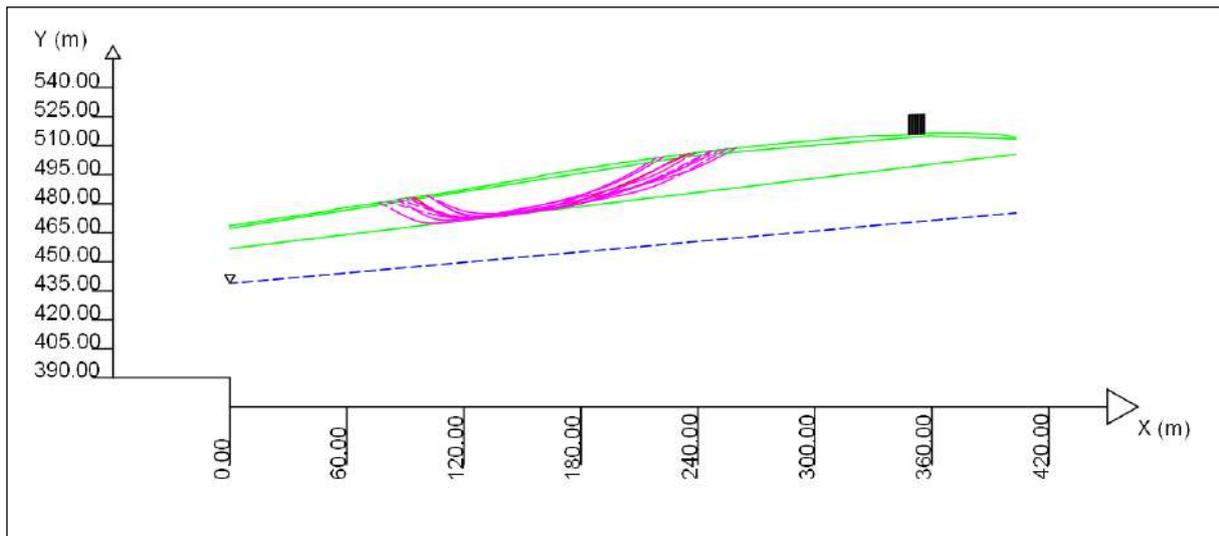
SEZIONE SCHEMATICA DEL VERSANTE



RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ - LEM (Limit Equilibrium Method)

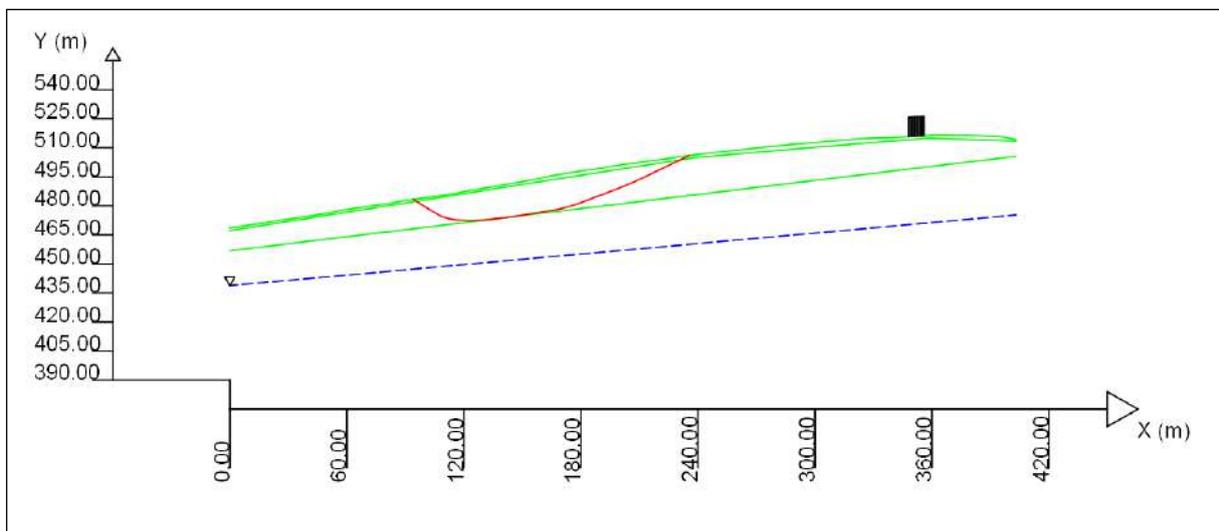
ZONA CRITICA

Range FS: 4.0800 - 4.1561

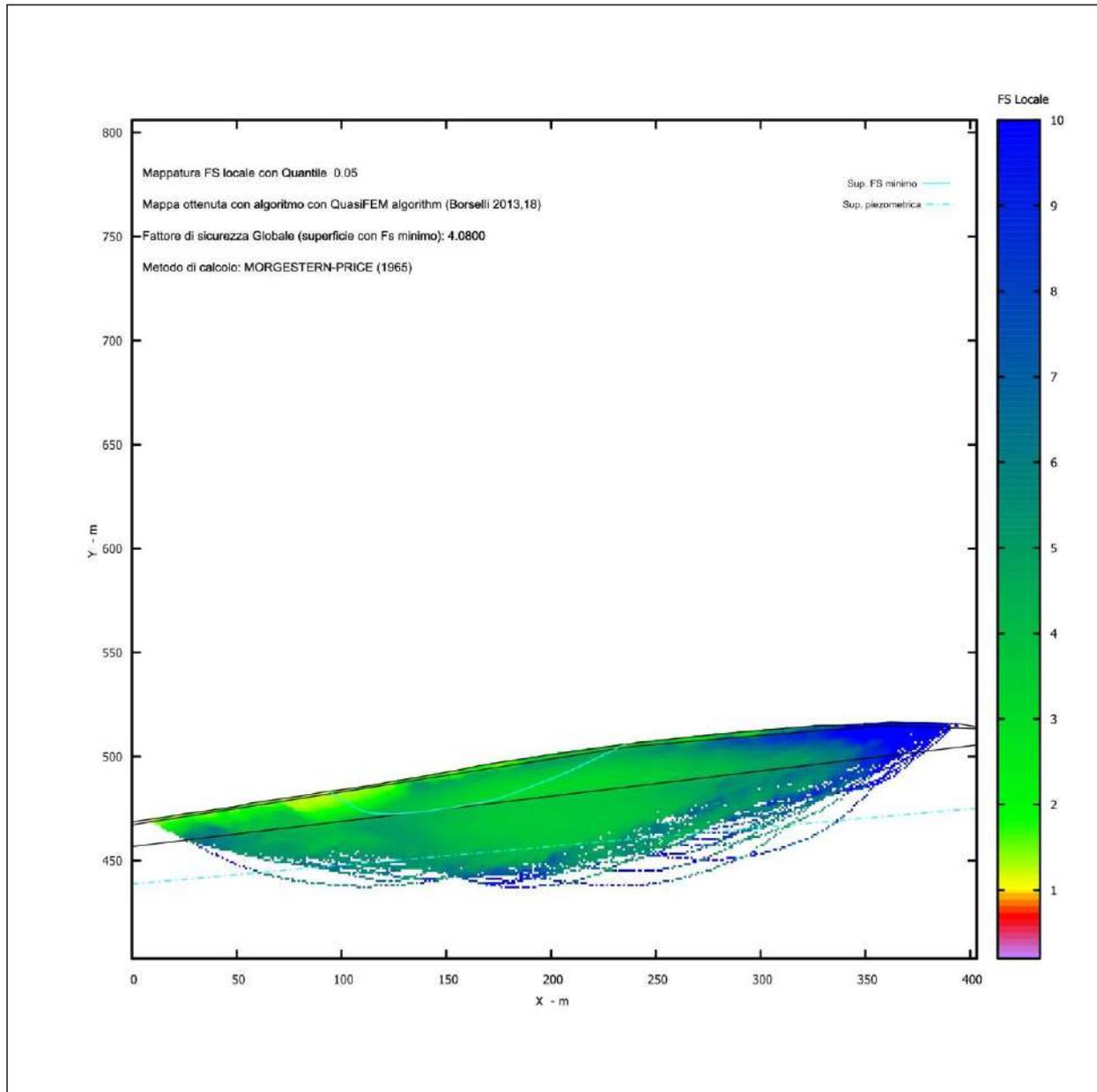


SUPERFICIE CRITICA

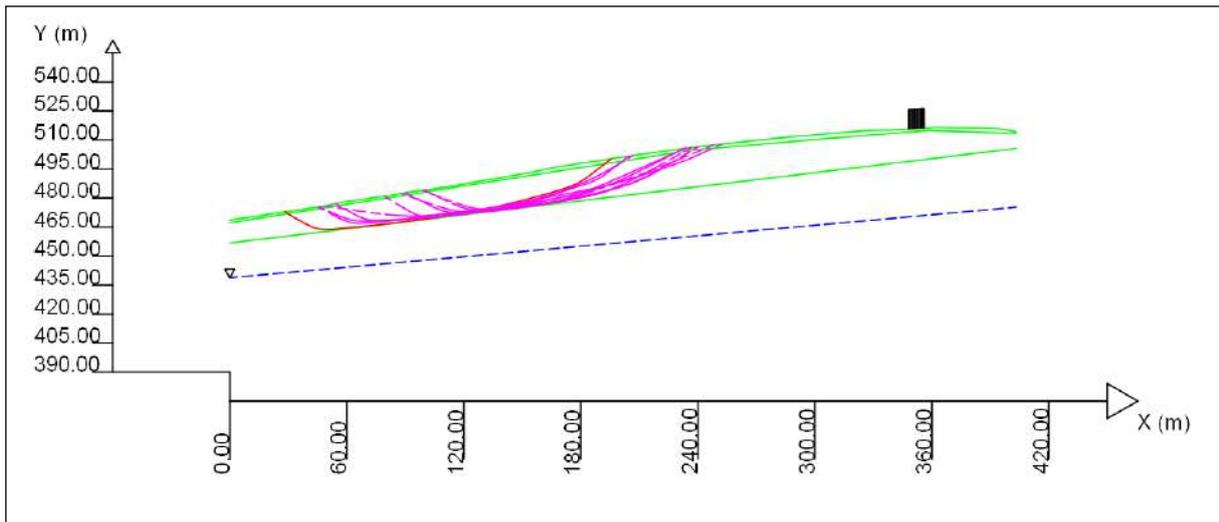
FS minimo: 4.0800



# DISTRIBUZIONE DEL FATTORE DI SICUREZZA LOCALE

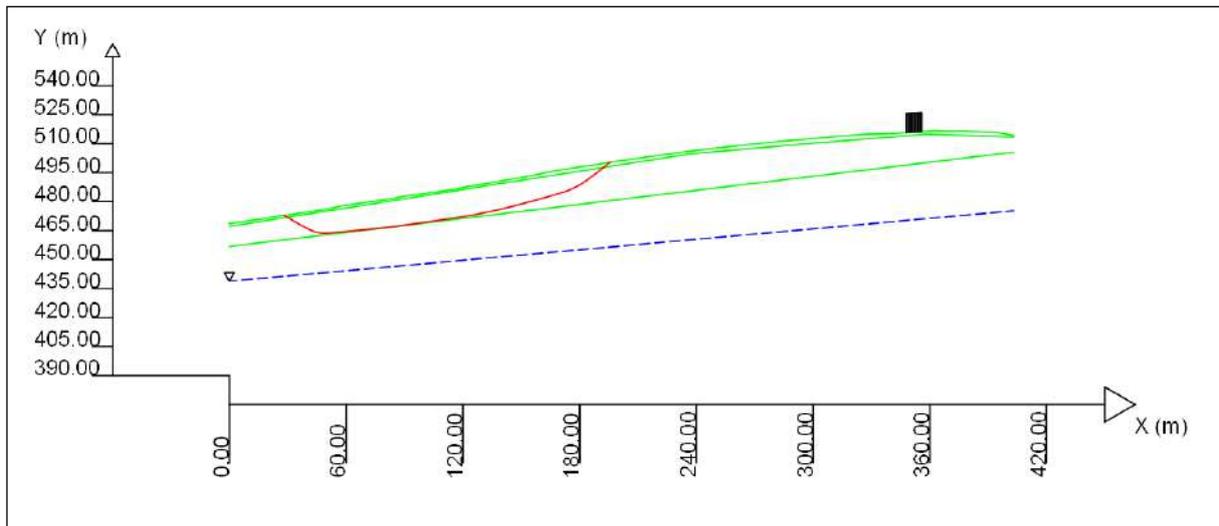


ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE    COEFFICIENTI:  $k_h = 0.047$ ;  $k_v = 0.023$   
ZONA CRITICA    Range FS: 3.1359 - 3.1974



SUPERFICIE CRITICA

FS minimo: 3.1359



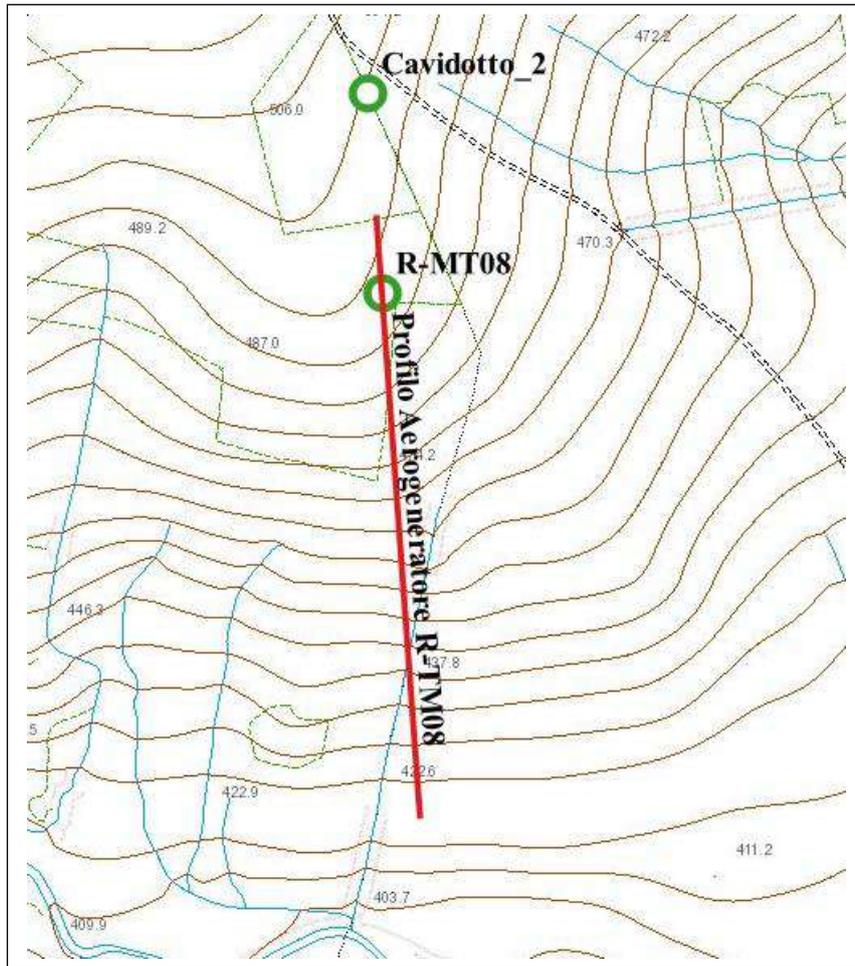
#### RISULTATI ANALISI

Superficie con minore Fattore di Sicurezza:  $FS = 4.0800$

Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:  $FS = 3.1359$

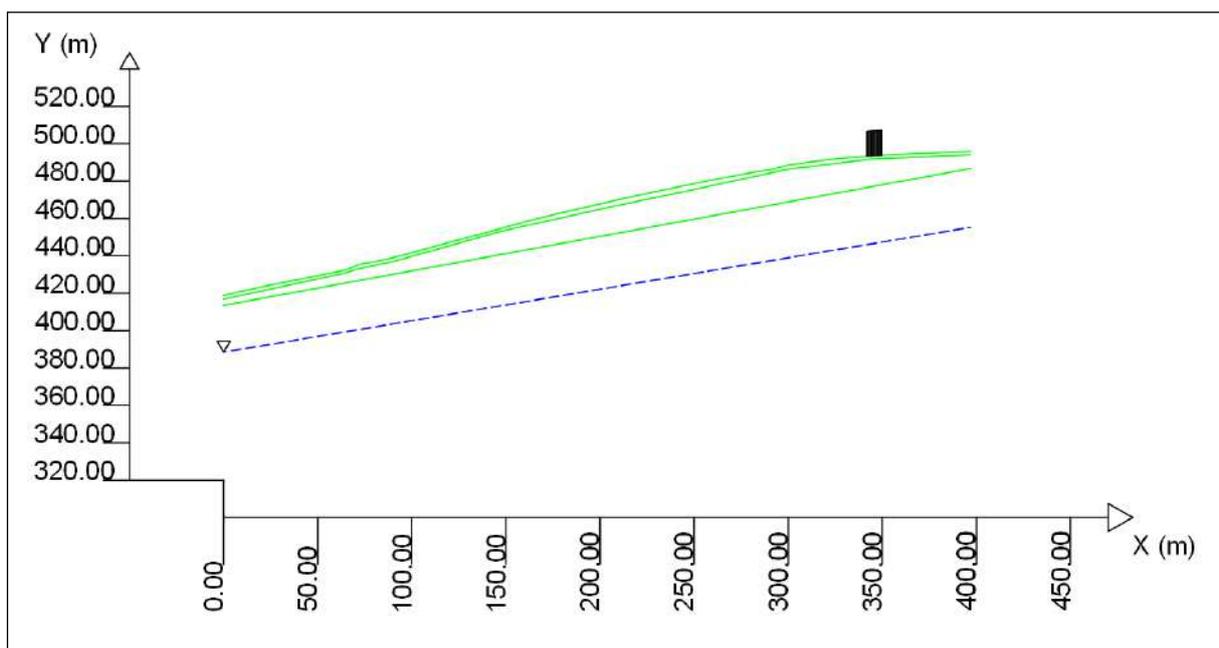
Esito della verifica di stabilità positivo per entrambe le condizioni.

# AEROGENERATORE R-MT08



STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE

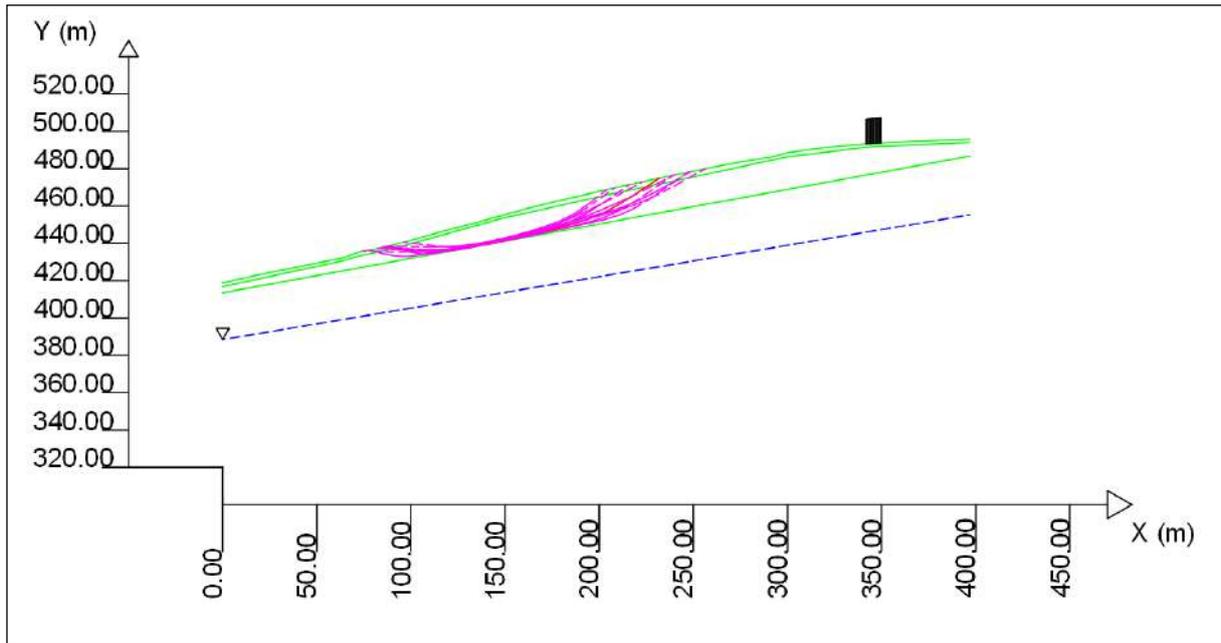
SEZIONE SCHEMATICA DEL VERSANTE



RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ - LEM (Limit Equilibrium Method)

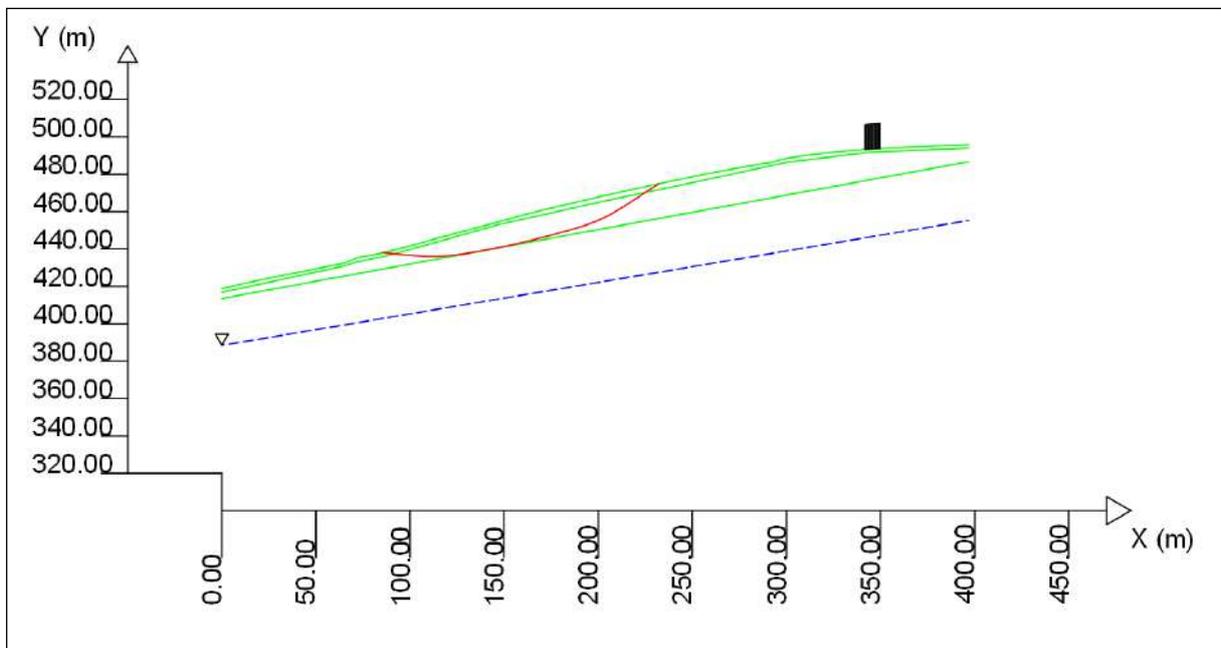
ZONA CRITICA

Range FS: 2.8122 - 2.8763

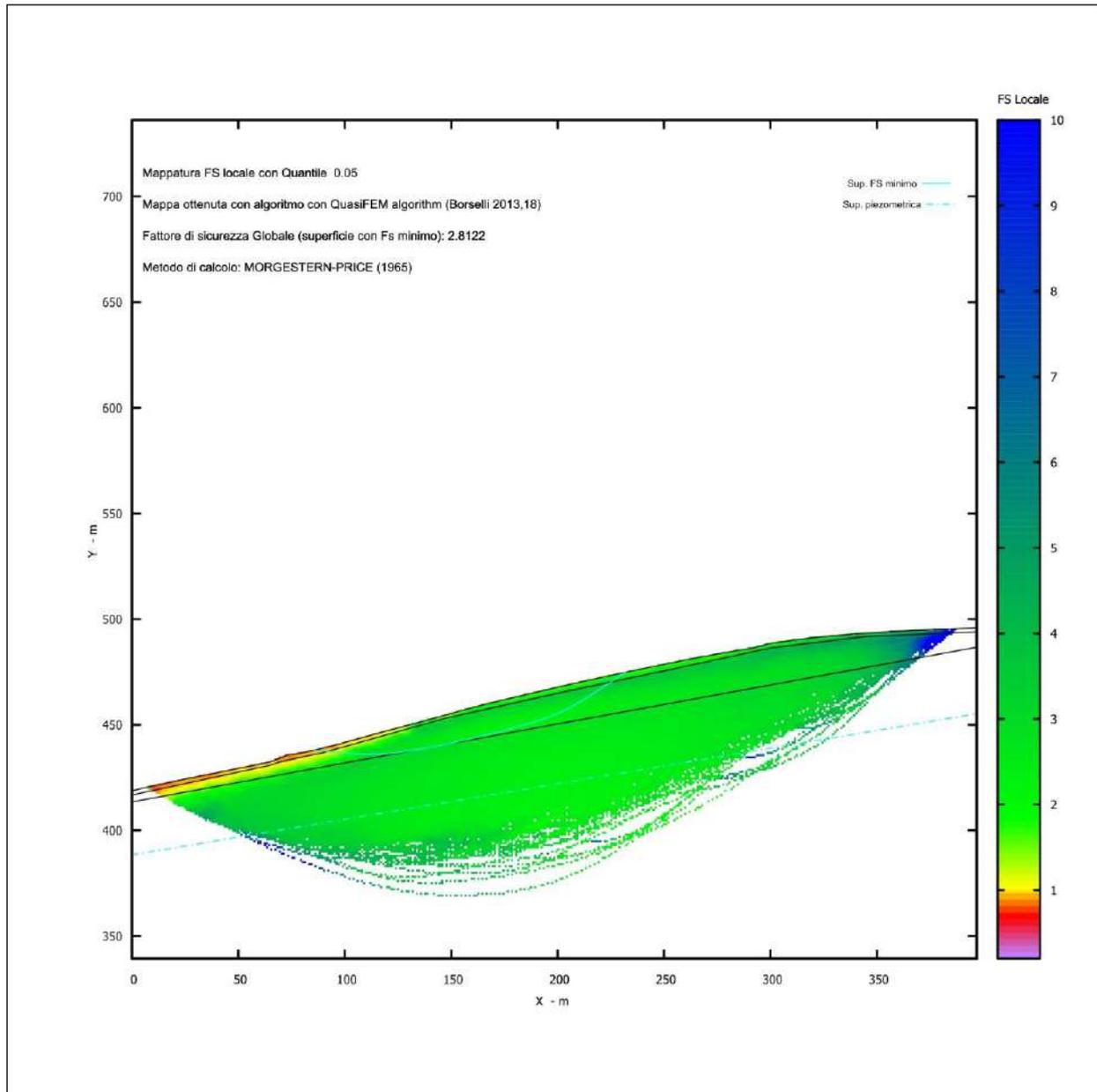


SUPERFICIE CRITICA

FS minimo: 2.8122



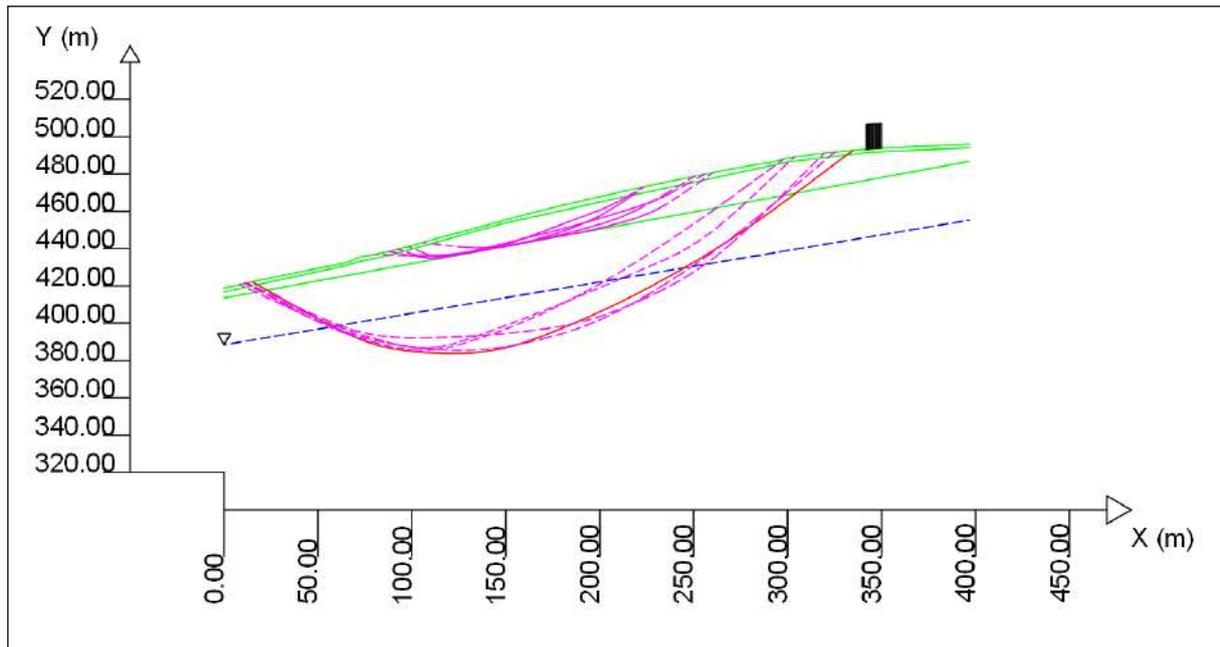
# DISTRIBUZIONE DEL FATTORE DI SICUREZZA LOCALE



ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE COEFFICIENTI:  $k_h = 0.047$ ;  $k_v = 0.023$

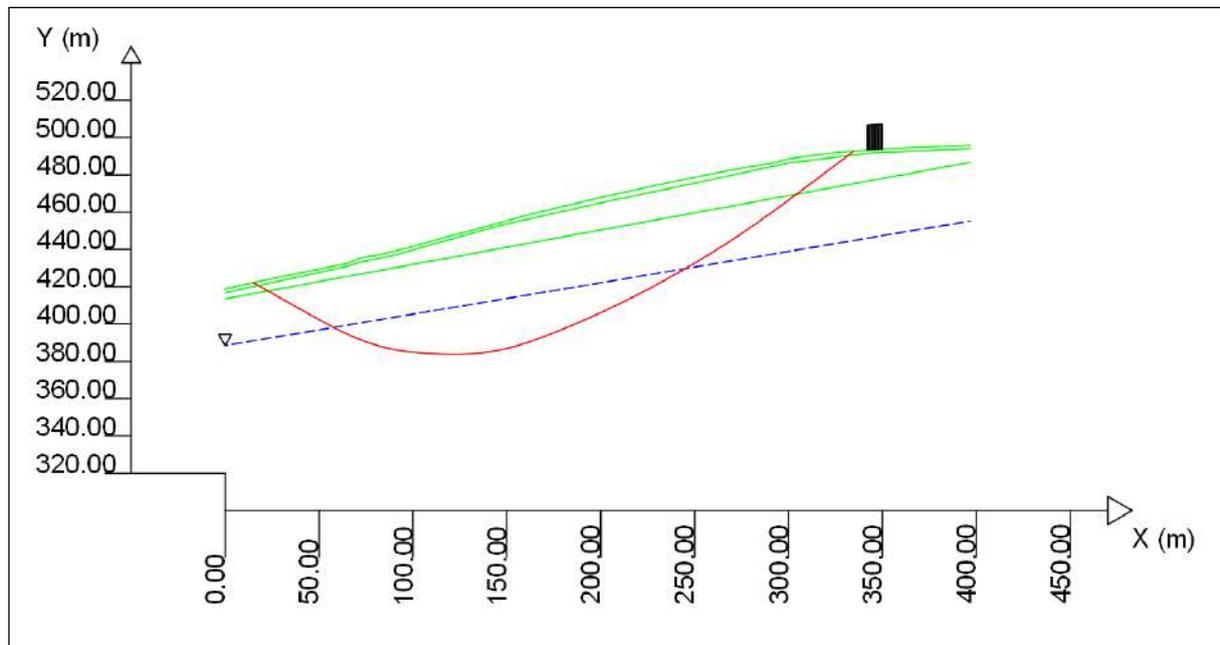
ZONA CRITICA

Range FS: 2.2698 - 2.3820



SUPERFICIE CRITICA

FS minimo: 2.2698



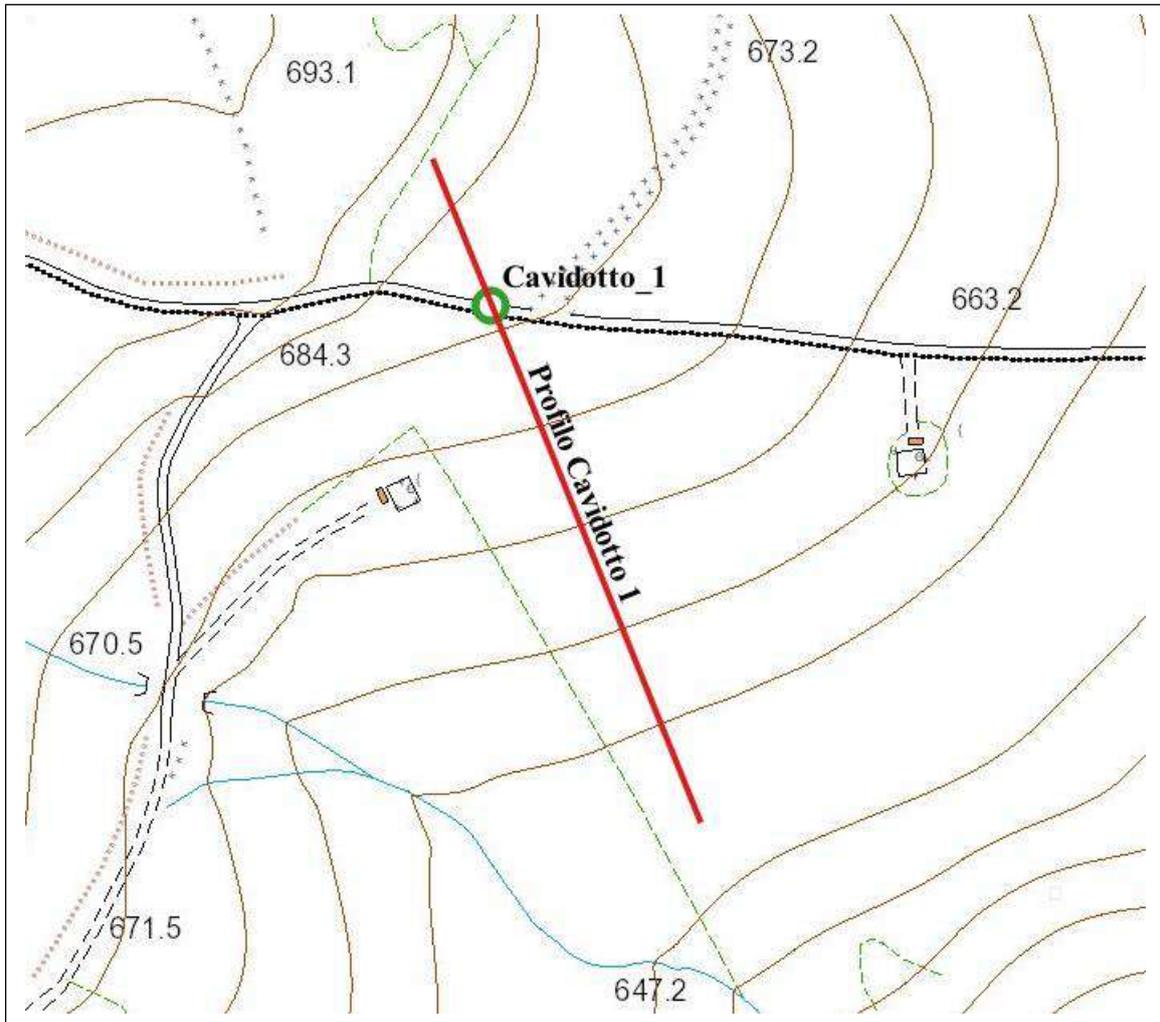
#### RISULTATI ANALISI

Superficie con minore Fattore di Sicurezza:  $FS = 2.8122$

Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:  $FS = 2.2698$

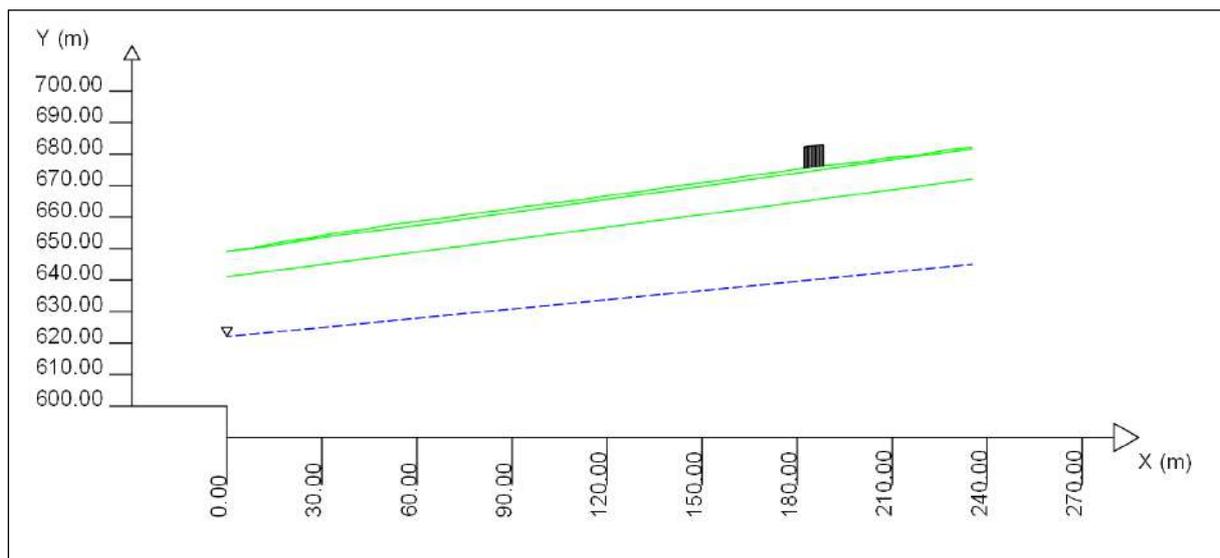
Esito della verifica di stabilità positivo per entrambe le condizioni.

# CAVIDOTTO 1



STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE

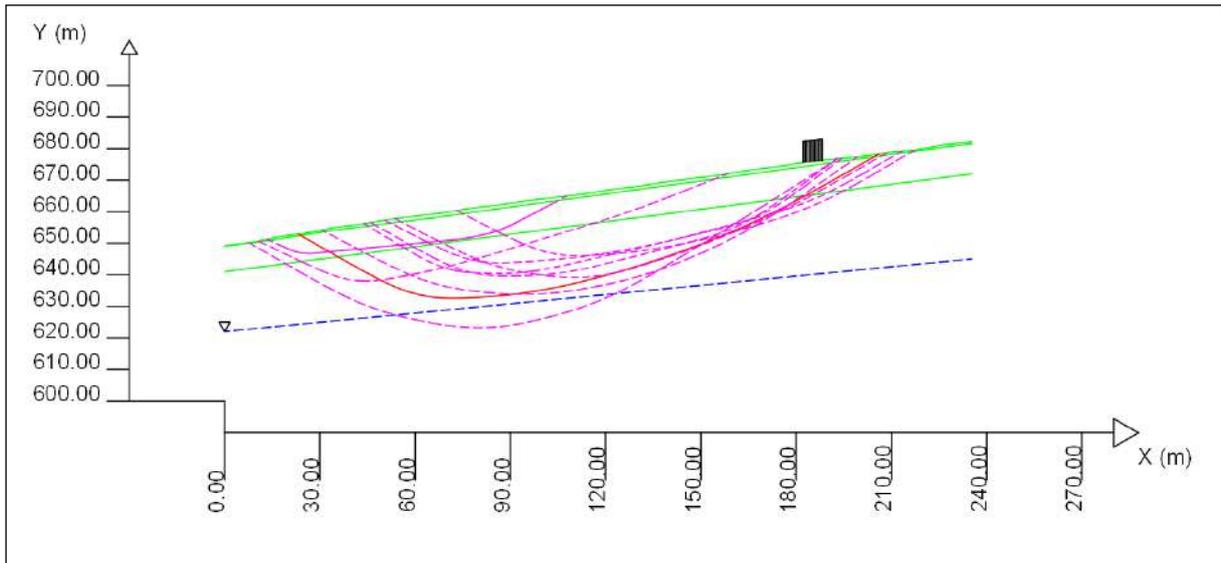
SEZIONE SCHEMATICA DEL VERSANTE



RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ - LEM (Limit Equilibrium Method)

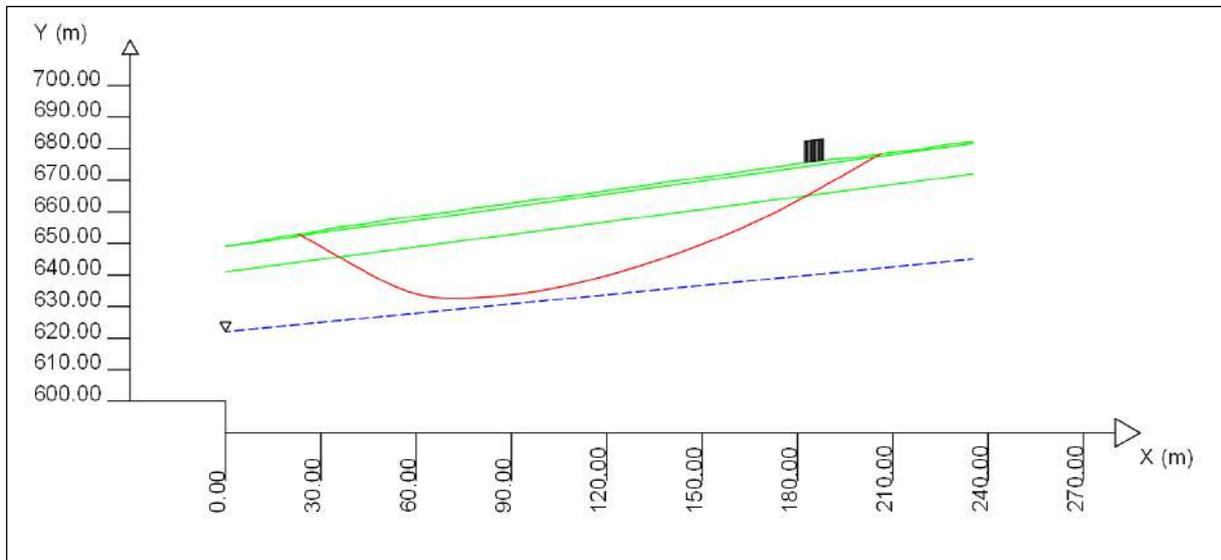
ZONA CRITICA

Range FS: 5.3907 - 5.8671

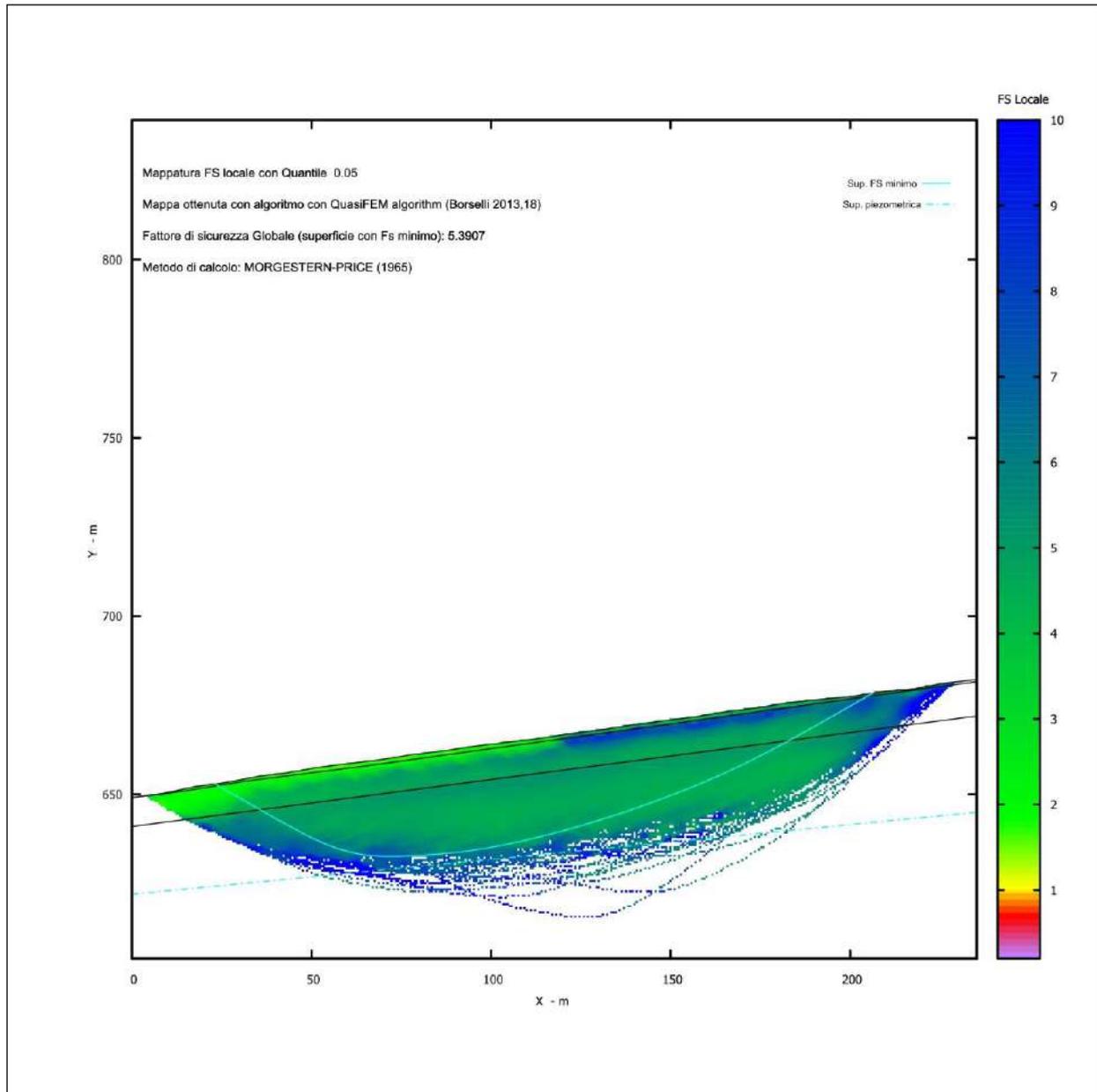


SUPERFICIE CRITICA

FS minimo: 5.3907



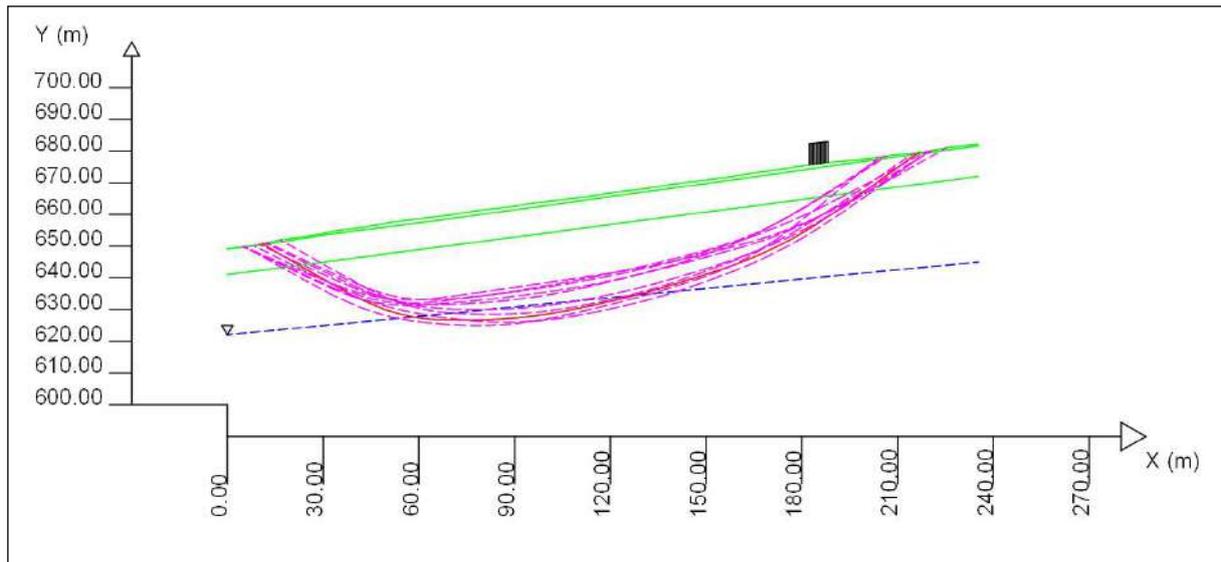
# DISTRIBUZIONE DEL FATTORE DI SICUREZZA LOCALE



ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE COEFFICIENTI:  $k_h = 0.050$ ;  $k_v = 0.025$

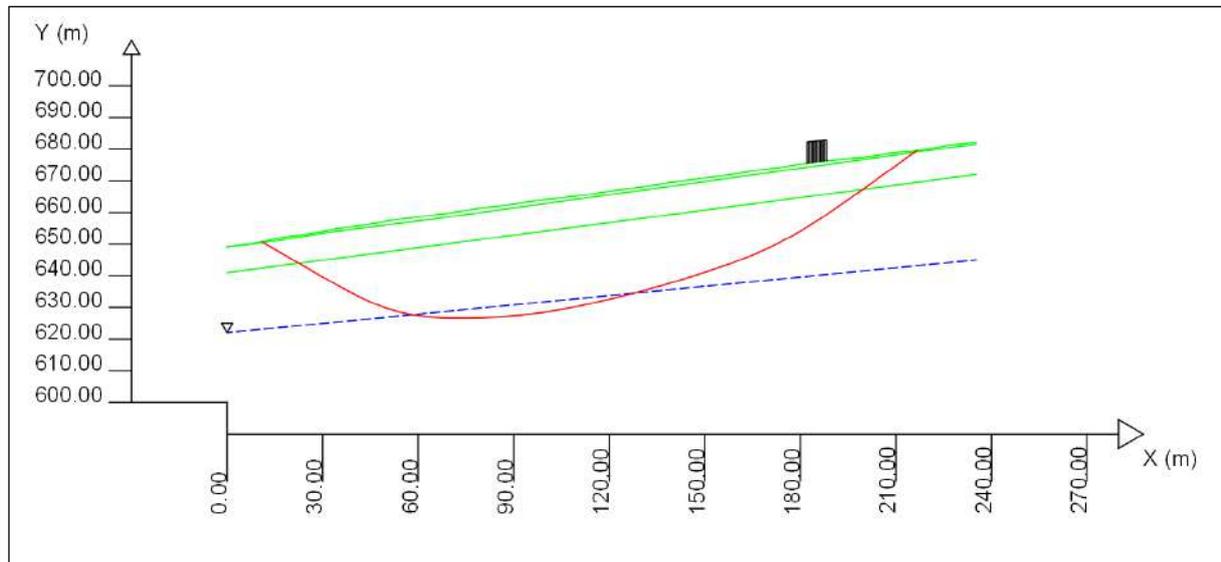
ZONA CRITICA

Range FS: 3.7951 - 3.8752



SUPERFICIE CRITICA

FS minimo: 3.7951



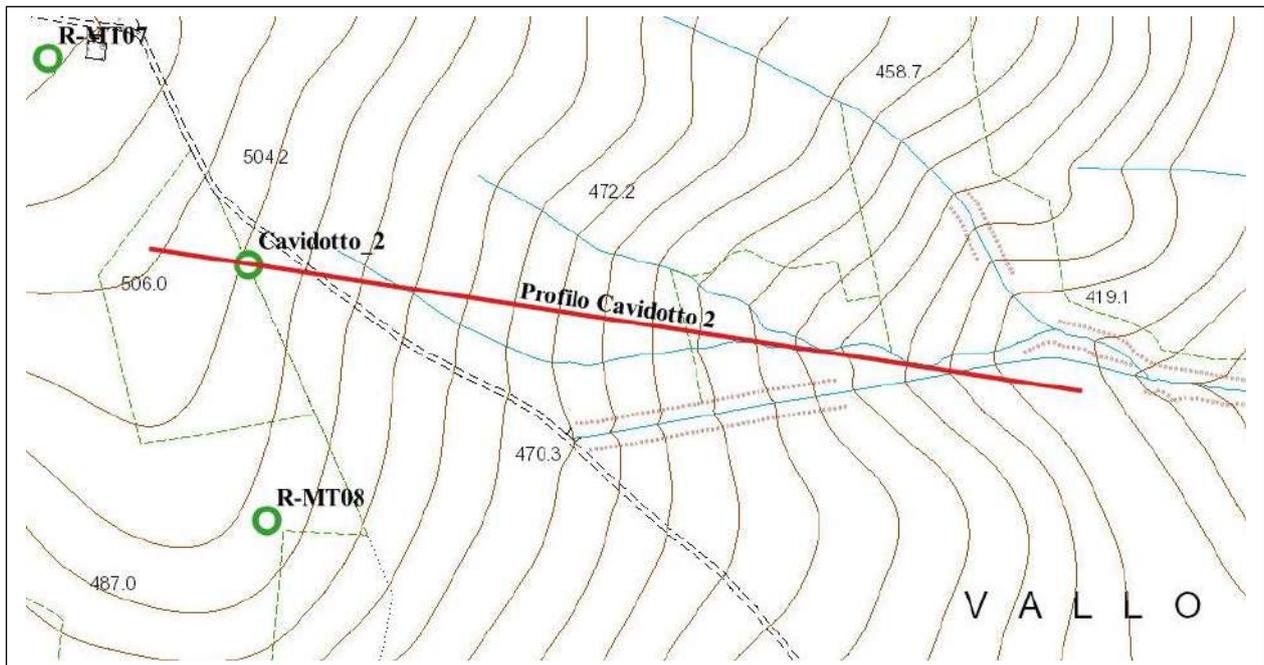
#### RISULTATI ANALISI

Superficie con minore Fattore di Sicurezza:  $FS = 5.3907$

Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:  $FS = 3.7951$

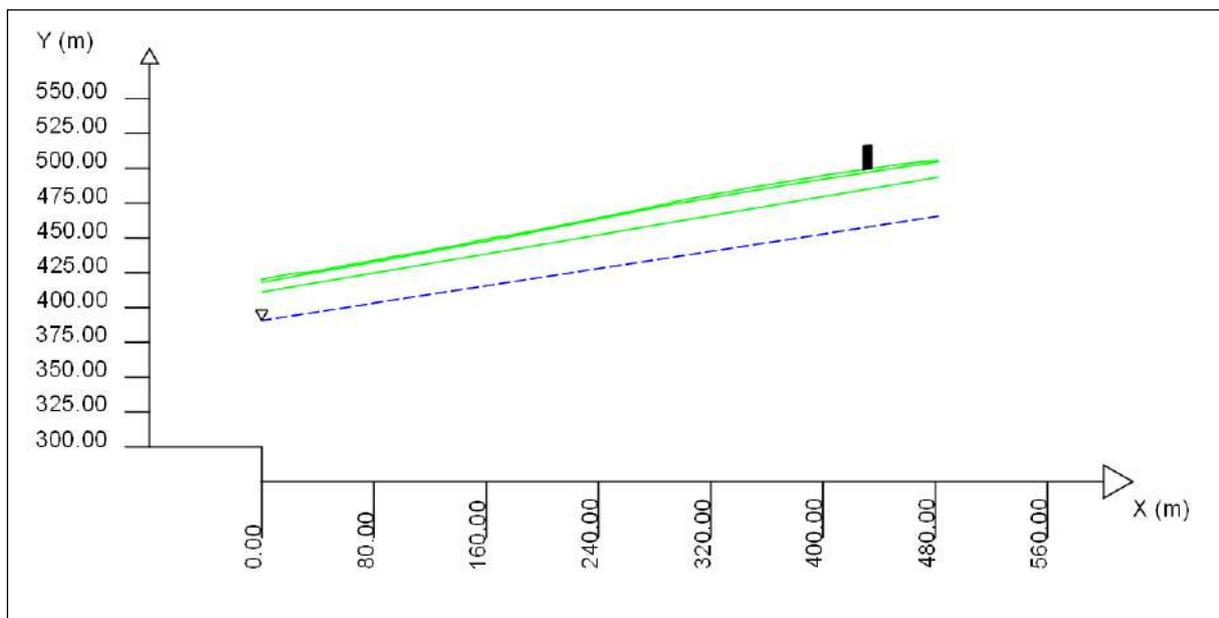
Esito della verifica di stabilità positivo per entrambe le condizioni.

# CAVIDOTTO 2



STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE

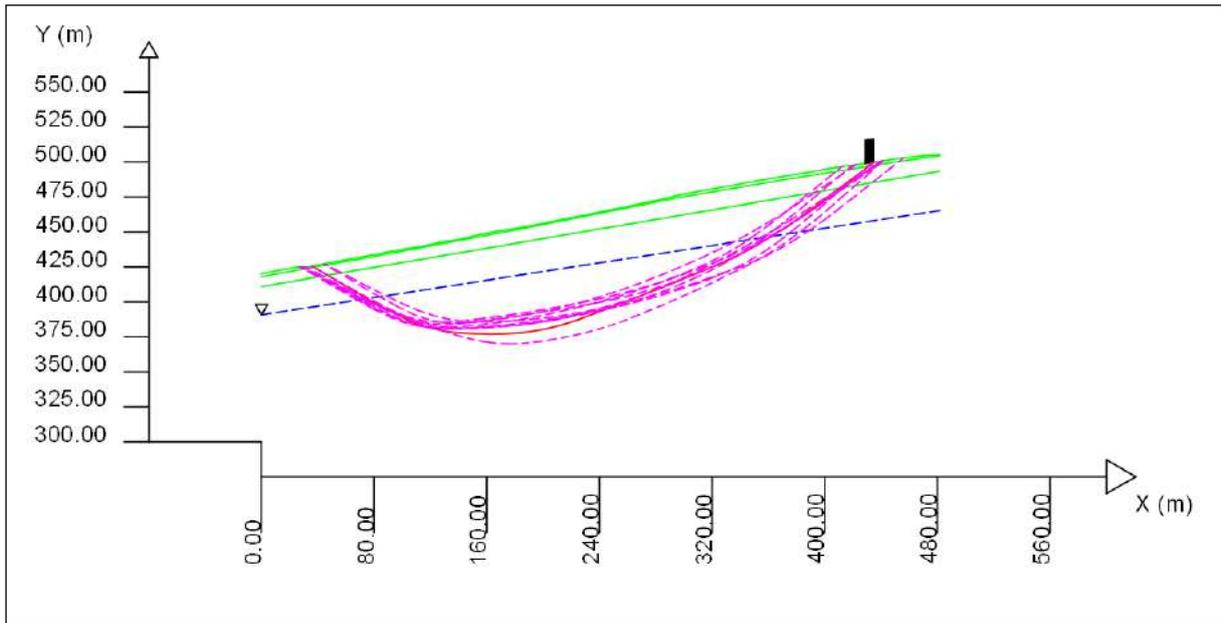
SEZIONE SCHEMATICA DEL VERSANTE



RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ - LEM (Limit Equilibrium Method)

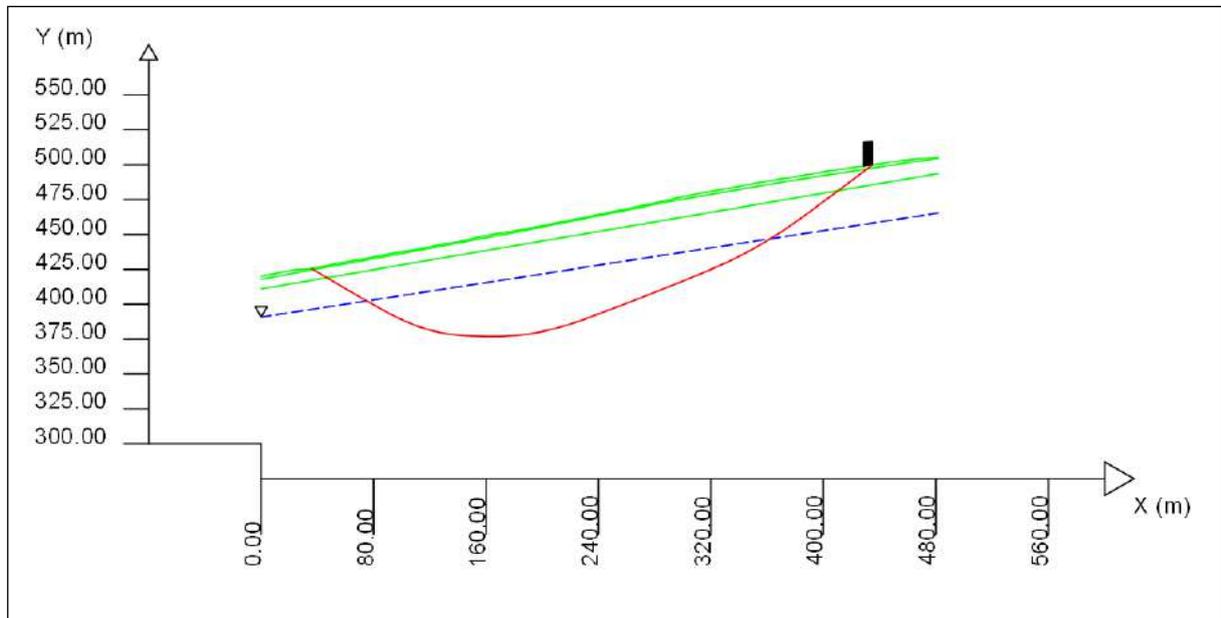
ZONA CRITICA

Range FS: 2.9599 - 3.0014

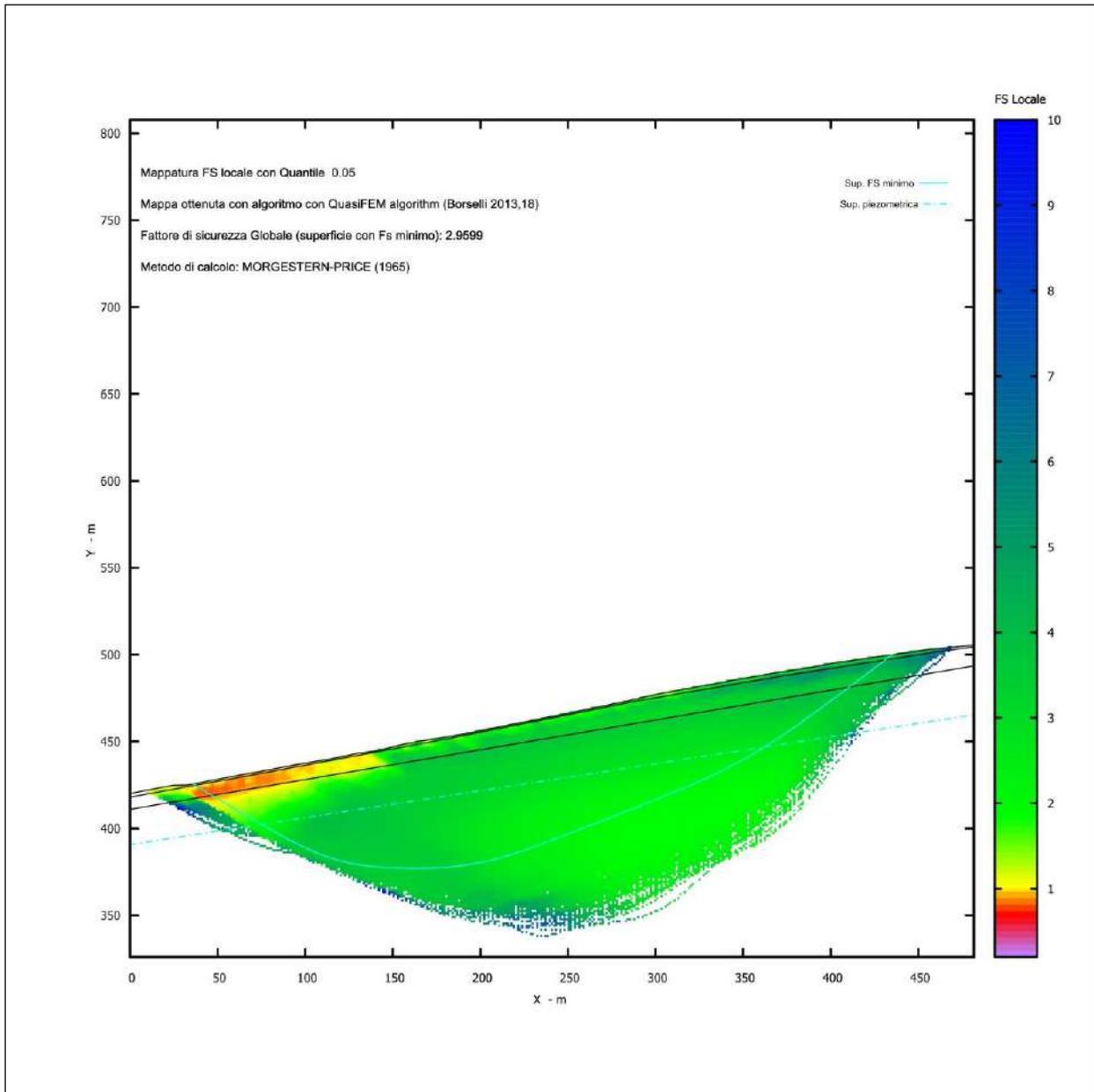


SUPERFICIE CRITICA

FS minimo: 2.9599



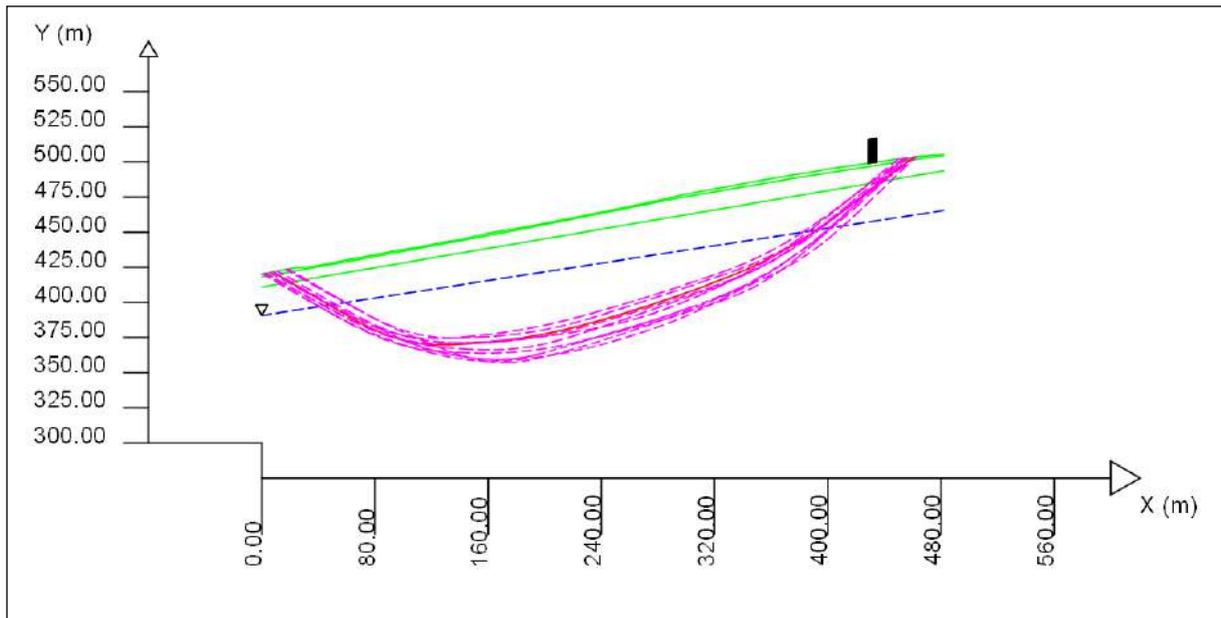
# DISTRIBUZIONE DEL FATTORE DI SICUREZZA LOCALE



ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE COEFFICIENTI:  $k_h = 0.047$ ;  $k_v = 0.023$

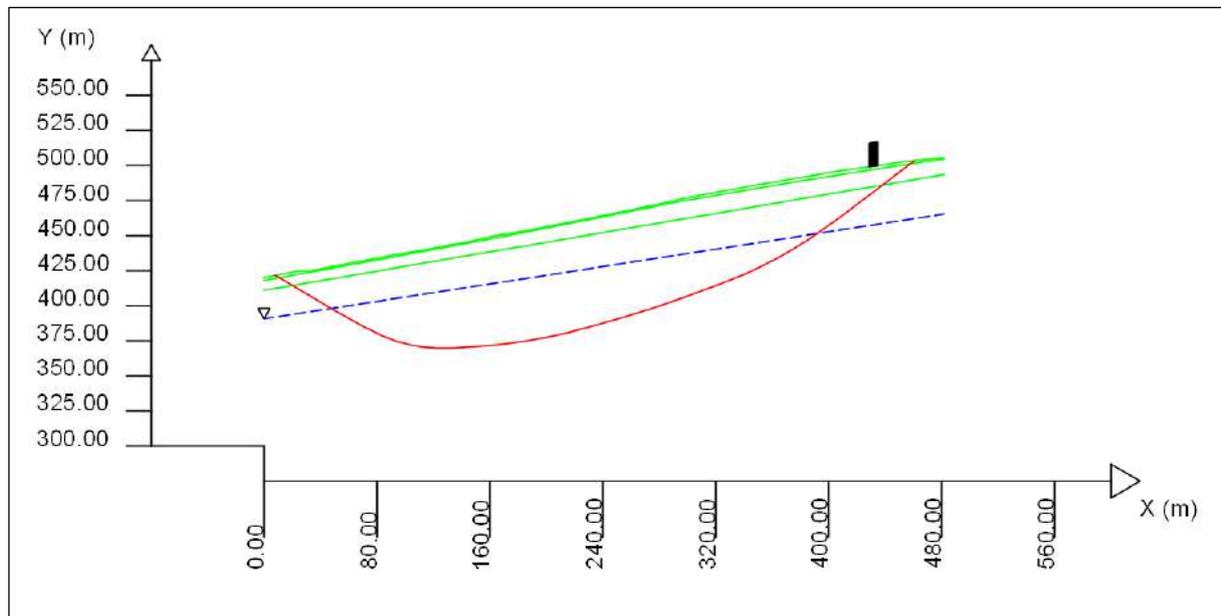
ZONA CRITICA

Range FS: 2.2264 - 2.2682



SUPERFICIE CRITICA

FS minimo: 2.2264



#### RISULTATI ANALISI

Superficie con minore Fattore di Sicurezza:  $FS = 2.9599$

Superficie con minore Fattore di Sicurezza in condizioni sismiche:  $FS = 2.2264$

Esito della verifica di stabilità positivo per entrambe le condizioni.