

**Manduria Oria Wind Energy S.r.l**

**Gennaio 2022**

# **Parco Eolico “Manduria” sito nel Comune di Manduria**

**Relazione Geologica,  
Geomorfologica e  
Idrogeologica e Sismica**



REGIONE  
PUGLIA



Provincia di  
Taranto



Committente:

**Manduria-Oria Wind Energy S.r.l.**

via Sardegna, 40  
00187 Roma (RM)  
P.IVA/C.F. 15856951007

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

Titolo del Progetto:

**PARCO EOLICO "MANDURIA"**

Elaborato:

**Relazione Geologica, Geomorfologica Idrogeologica e Sismica**

ID PROGETTO	DISCIPLINA	CAPITOLO	TIPO	REVISIONE	SCALA	FORMATO
IT-VesMaO-Gem	-	-	-	-	-	A4

NOME FILE:

IT-VesMaO-Gem-ENV-GEO-TR-05-Rev.0

**Progettazione:**



Geol. Gaetano Bordone

**Interprogetti**  
ingegneria costruzioni ambiente

Arch. Alfredo Masillo

**Ing. Saverio Pagliuso**

**Arch. Savino Martucci**

**Geol. Giuseppe Masillo**

Rev:	Prima Emissione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	Gennaio 2022	PRIMA EMISSIONE	Interprogetti	GEMSA	MANDURIA-ORIA

## INDICE

1	PREMESSA	2
2	LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	3
3	CARATTERISTICHE DEL PROGETTO	4
4	LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI	4
5	LINEAMENTI TETTONICI	6
6	GEOLOGIA DI DETTAGLIO AL DISOTTO DELLE FONDAZIONI DEGLI AEROGENERATORI	8
6.1	Geologia nelle aree di interesse degli aerogeneratori	8
6.2	Geologia di dettaglio nei pressi della S.S.E. da realizzare per la connessione	11
7	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA	13
8	MORFOLOGIA DELL'AREA	14
9	SISMICITA' DEL TERRITORIO	15
10	RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA	16
10.1	Strumentazione e metodologia	19
10.2	Interpretazione delle misure eseguite	21
10.3	Modello sismico locale	22
11	INQUADRAMENTO PAI E PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA	23
12	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE DELLE ROCCE DI FONDAZIONE	24
12.1	Caratteristiche geotecniche di dettaglio Area parco	25
12.2	Area sottostazione	26
12.3	Aree interessate dal cavidotto di connessione	30
13	CONCLUSIONI	31

### 1 PREMESSA

E' stata eseguita una indagine geologica, idrogeologica e sismica finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico nel territorio del Comune di Manduria.

L'ipotesi progettuale è di installare n.16 torri eoliche nella parte est-sudest del territorio comunale al confine con i territori di Avetrana ed Erchie.

Scopo del presente studio é quello di stabilire la natura litologica dei terreni affioranti nell'area oggetto di studio, le caratteristiche fisico-meccanico, ed i fattori geomorfologici, stratigrafici, idrogeologici, tettonici dell'area e valutarne l'idoneità e la stabilità geomorfologica dell'area.

Sono state individuate tre aree dalle caratteristiche geomorfologiche, geolitologiche, geotecniche e sismiche: Area Parco; Area Cavidotto; Area Sottostazione.

Lo studio è finalizzato altresì a determinare la categoria di sottosuolo ai sensi del DECRETO 17 gennaio 2018 del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI.

Il Testo unico definisce le procedure con cui effettuare una modellazione geologica e geotecnica del sito interessato da opere interagenti con i terreni e rocce. Perciò in ottemperanza alle prescrizioni del suddetto decreto sono state svolte delle indagini per la caratterizzazione dell'area in oggetto, per la definizione del modello geologico del terreno, per la definizione delle caratteristiche geotecniche, definizione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici. Il programma delle indagini e' stato articolato come segue:

- Consultazione dei dati geotecnici stratigrafici e idrogeologici relativi a indagini eseguite dallo scrivente su tutto il territorio di Manduria;
- Rilievo geologico e geomorfologico;

In particolare l'indagine eseguita e' stata mirata alla definizione delle successioni stratigrafiche e dei rapporti intercorrenti tra i vari litotipi che direttamente o indirettamente condizionano le opere in progetto, individuando in particolare:

- la stratigrafia dell'area e l'eventuale spessore dei terreni di copertura da sbancare;
- presenza o meno di falda d'acqua superficiale.
- le caratteristiche meccaniche e la capacità portante del banco di fondazione;
- categoria del suolo e Vs30 determinata mediante l'esecuzione di n.16 rilievi tromografici con l'ausilio di Tromino.

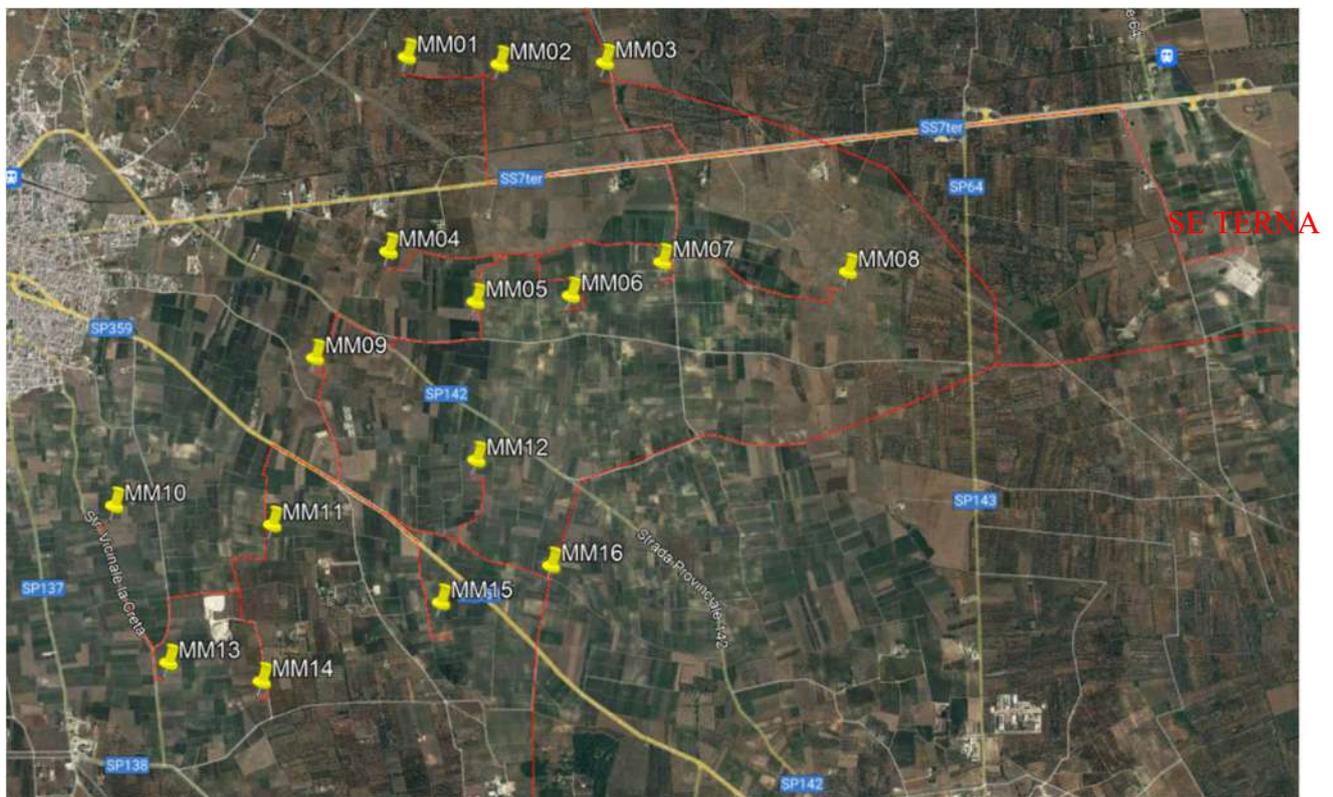
## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

Esso è articolato come segue:

- consultazione della documentazione bibliografica storica esistente;
- consultazione di indagini sismiche e geognostiche eseguite dallo scrivente e da altri professionisti sul territorio del Comune di Manduria;
- dettagliato rilevamento geologico ed idrogeologico di campagna, dell'area in oggetto e dei dintorni, volto all'identificazione dei vari litotipi affioranti e dei loro rapporti giacitureali;
- raccolta ed elaborazione di tutti i dati provenienti dalle indagini pregresse eseguite nell'area in esame (sondaggi geognostici, sondaggi sismici e prove geotecniche di laboratorio).

## 2 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

L'ubicazione dell'impianto è nel territorio comunale di MANDURIA, il sito interessato è localizzato nella parte Est e Sud-Est del territorio comunale, in zona agricola; il cavidotto invece attraversa anche il territorio comunale di Manduria ed Erchie fino al punto di connessione presso la SE TERNA in C.da Mass.Cicirella.



Localizzazione su base ortofotografica

### 3 CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

L'installazione eolica in oggetto è costituita da n.16 aerogeneratori del tipo Vestas V162 con hub a 126 m e diametro pale di 162 m, con una potenza totale da installare di 96 MW. Le macchine da installare saranno della più avanzata tecnologia esistente, corredate da certificazioni rilasciate da organismi internazionali.

L'energia eolica captata è direttamente utilizzabile nel processo di trasformazione in energia elettrica mediante meccanismi ad altissimo rendimento.

L'aspetto più significativo in termini di sostenibilità è la forte riduzione di impatto ambientale rispetto ai metodi tradizionali di produzione energetica. L'energia eolica, infatti, è inesauribile e la sua utilizzazione è indipendente dagli effetti di mercato poiché l'attuazione di questa infrastruttura offre l'approvvigionamento in forma ottimale di una delle risorse naturali proprie del territorio pugliese, quale è il vento.

L'energia generata in questo parco sarà consegnata nella rete AT a 150 kV di proprietà della società TERNA – Rete Elettrica Nazionale SPA (TERNA).

### 4 LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI

I dati di seguito riportati sono stati osservati in campagna e confrontati con quelli ufficiali. Le principali unità litostratigrafiche che affiorano in quest'area sono, secondo la Carta Geologica d'Italia 1:100.000, i seguenti:

- **Terre rosse:** più spessi nelle depressioni morfologiche e ben estesi su questa parte di territorio. Questi depositi di materiali sciolti provengono dall'alterazione dei calcari Cretacei e della calcarenite Pleistocenica e comunemente vengono denominati Terre Rosse. Si tratta essenzialmente di idrosilicati e idrossidi di alluminio, residui insolubili delle rocce precedentemente citate.

- **Formazione di Gallipoli e Calcareniti del Salento (oggi Depositi alluvionali e residuali – DMT):** tali depositi, di età medio-suproleistocenica, sono costituiti essenzialmente da alternanze di sabbie quarzose giallastre e calcareniti organogene localmente a carattere litoide con locali intercalazioni di strati conglomeratici. Essi, giacciono lungo superfici di abrasione marina individuatesi nei depositi argillosi e calcarenitici del ciclo della Fossa Bradanica nonché nei calcari mesozoici.

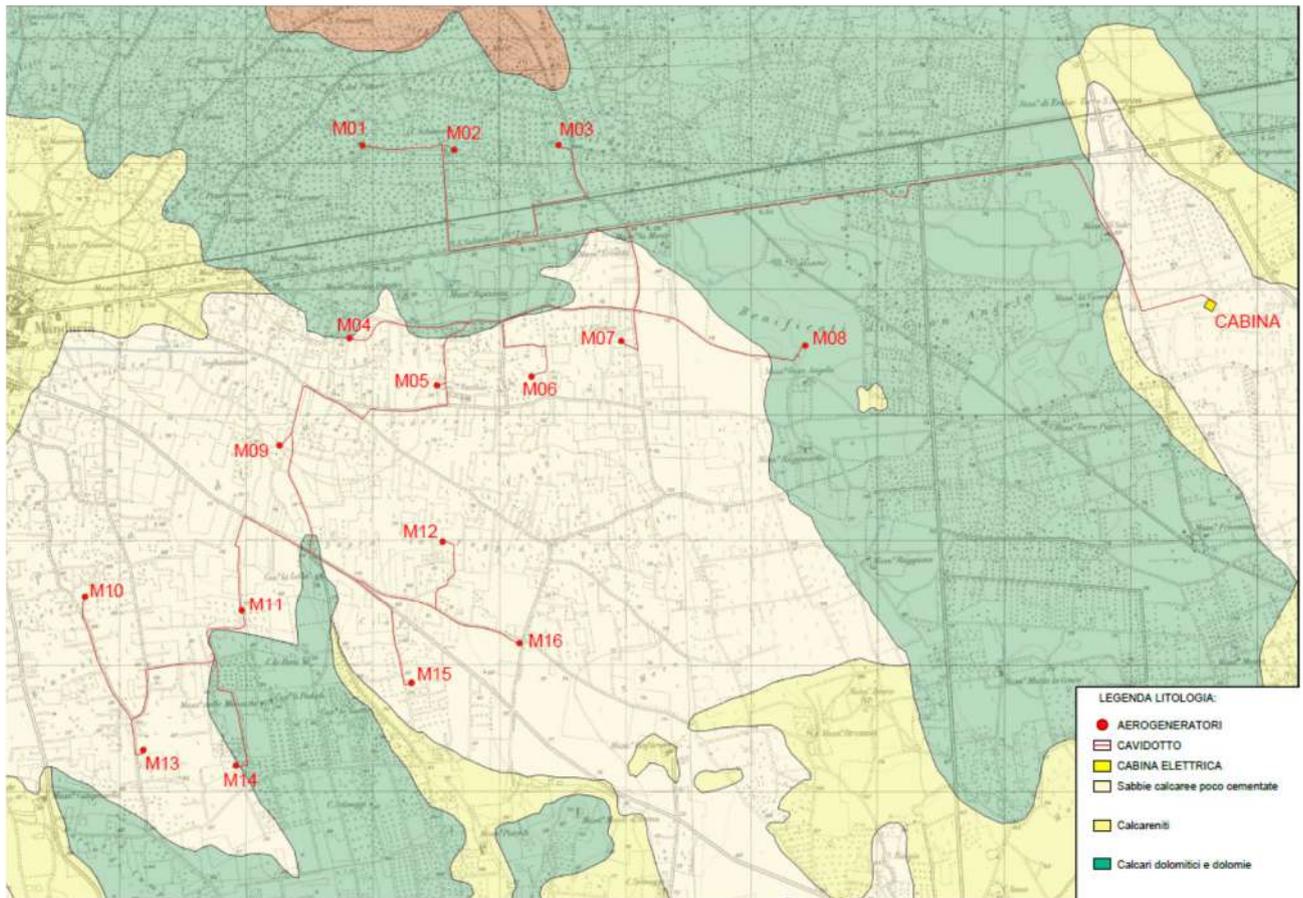
A volte all'interno di questa unità, è contenuto l'acquifero superficiale, generalmente sostenuto dai depositi argillosi impermeabili sottostanti.

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

I Depositi Marini Terrazzati affiorano estesamente sia sull'area interessata dal progetto che in quella circostante.

- **Calcarenite di Gravina:** Rappresenta l'unità di apertura del ciclo sedimentario. Nella nostra area affiora in lembi residui occupanti zone originariamente depresse dei sottostanti depositi carbonatici. Poggia in trasgressione sul basamento calcareo. Il contatto stratigrafico tra le due formazioni e' marcato da un livello di conglomerato monogenico, prodotto dal disfacimento dei calcari sottostanti. Le Calcareniti sono composte essenzialmente da calcare granulare tenero, poroso e poco compatto, di colore bianco giallastro, a grana variabile da ruditica a siltitica. I granuli sono di tipo concrezionato. La formazione è largamente rappresentata nell'area in esame ed il litotipo, rappresenta un ottimo materiale da costruzione, al punto che e' intensamente estratto in cave a cielo aperto. L'età di formazione e' ascrivibile al Calabriano. In quest'area tale litotipo non affiora.

- **Calcarea di Altamura:** Si tratta di una successione carbonatica di piattaforma interna caratterizzata da ripetute sequenze cicliche di mare sottile con sedimentazione compensata da subsidenza. Risulta compatta e di colore biancastro in profondità; alterata, fratturata e carsificata in superficie. Petrograficamente è costituita da calcari e dolomie calcaree di colore grigio-nocciola in strati di potenza variabile e talora con giacitura massiccia. Si tratta di intraspariti pelmicriti con plaghe di calcite spatica e plaghe di ricristallizzazione. Tale formazione e' costituita da rocce molto compatte ma nello stesso tempo è interessata da numerose fratture a piano subverticali e da processi di dissoluzione. Per queste peculiari caratteristiche, la formazione calcareo-dolomitica forma l'acquifero piu' importante con la ben nota falda profonda. Per quanto riguarda la potenza, questa dovrebbe aggirarsi su qualche migliaio di metri. Per l'età il calcarea di Altamura è ascrivibile al Senoniano.



**Ubicazione dell'area sulla Carta Geologica d'Italia stralcio del foglio 203**

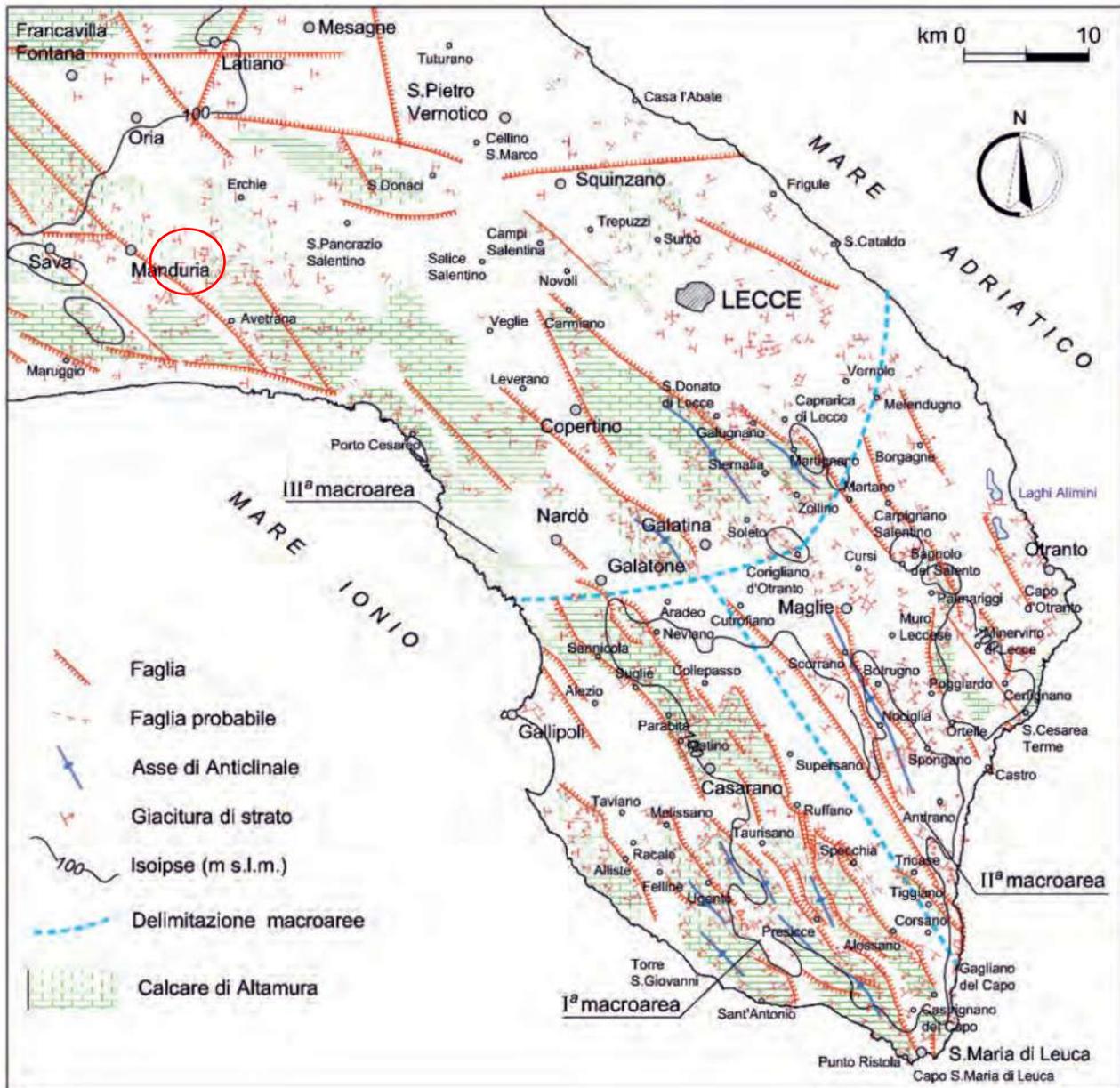
**LEGENDA LITOLOGIA:**

- Sabbie calcaree poco cementate
- Calcareniti
- Calcari dolomitici e dolomie

**5 LINEAMENTI TETTONICI**

Dal punto di vista tettonico, nell'area della Penisola Salentina la morfologia è piuttosto dolce e con piegamenti, che hanno colpito le formazioni affioranti, piuttosto blandi. In superficie non sono state rilevate faglie, ad eccezione di una faglia presunta: pertanto le dislocazioni per faglie sono quasi del tutto assenti, oppure anteriori ai sedimenti pliocenici e pleistocenici che occupano le zone strutturalmente depresse, successivamente sepolte dai sedimenti plio-pleistocenici.

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA



I fenomeni plicativi sono per la massima parte anteriori al Pliocene: infatti i piegamenti sono relativamente intensi nelle formazioni cretache e mioceniche, mentre sono assai blandi o addirittura impercettibili nelle formazioni plio-pleistoceniche. I terreni pliocenici e pleistocenici occupano di regola zone pianeggianti e risultano generalmente sub-orizzontali, a parte la leggera immersione in prossimità delle scarpate.

Si può quindi parlare di fenomeni plicativi precedenti il Pliocene, senza voler, tuttavia, escludere che questi possano essere in parte continuati fino al Pleistocene, con manifestazioni assai più blande.

I fenomeni plicativi, pertanto, sono praticamente limitati ai terreni miocenici e soprattutto cretaci.

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

Il Cretaceo affiorante nel margine occidentale del foglio Brindisi, costituisce la terminazione meridionale delle Murge baresi. Tutti gli affioramenti cretaci rappresentano degli "alti" strutturali, con strati che immergono sempre verso l'esterno, dando luogo ad anticlinali più o meno ampie, piuttosto dolci, ad asse diretto secondo Nordovest-Sudest, ondulato: in tal modo in superficie i limiti dei terreni cretaci tendono ad assumere un andamento ellittico, con asse maggiore secondo Nordovest-Sudest.

Nell'area in oggetto non si rilevano lineamenti tettonici di interesse o comunque evidenti o potenzialmente attivi.

## 6 GEOLOGIA DI DETTAGLIO AL DISOTTO DELLE FONDAZIONI DEGLI AEROGENERATORI

### 6.1 Geologica nelle aree di interesse degli aerogeneratori

AEROGENERATORE	Litologia affiorante	Stratigrafia nei primi 10m
M01	Calcere	Terra rossa di spessore variabile da 10 a 100cm sovrapposta a calcari fratturati passanti a compatti
M02	Calcere	Terra rossa di spessore variabile da 10 a 100cm sovrapposta a calcari fratturati passanti a compatti
M03	Calcere	Terra rossa di spessore variabile da 10 a 100cm sovrapposta a calcari fratturati passanti a compatti
M04	Calcere	Terra rossa di spessore variabile da 10 a 100cm sovrapposta a calcari fratturati passanti a compatti
M05	Depositi Marini Terrazzati	Sabbie e sabbie limose alternate con calcareniti tipo "panchina", passanti a calcareniti e calcari
M06	Depositi Marini Terrazzati	Sabbie e sabbie limose alternate con calcareniti tipo "panchina", passanti a calcareniti e calcari
M07	Depositi Marini Terrazzati	Sabbie e sabbie limose alternate con calcareniti tipo "panchina", passanti a calcareniti e calcari
M08	Calcere	Terra rossa di spessore variabile da 10 a 100cm sovrapposta a calcari fratturati passanti a compatti

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

<b>M09</b>	Depositi Marini Terrazzati	Sabbie e sabbie limose alternate con calcareniti tipo "panchina", passanti a calcareniti e calcari
<b>M10</b>	Depositi Marini Terrazzati	Sabbie e sabbie limose alternate con calcareniti tipo "panchina", passanti a calcareniti e calcari
<b>M11</b>	Depositi Marini Terrazzati	Sabbie e sabbie limose alternate con calcareniti tipo "panchina", passanti a calcareniti e calcari
<b>M12</b>	Depositi Marini Terrazzati	Sabbie e sabbie limose alternate con calcareniti tipo "panchina", passanti a calcareniti e calcari
<b>M13</b>	Depositi Marini Terrazzati	Sabbie e sabbie limose alternate con calcareniti tipo "panchina", passanti a calcareniti e calcari
<b>M14</b>	Depositi Marini Terrazzati	Sabbie e sabbie limose alternate con calcareniti tipo "panchina", passanti a calcareniti e calcari
<b>M15</b>	Depositi Marini Terrazzati	Sabbie e sabbie limose alternate con calcareniti tipo "panchina", passanti a calcareniti e calcari
<b>M16</b>	Depositi Marini Terrazzati	Sabbie e sabbie limose alternate con calcareniti tipo "panchina", passanti a calcareniti e calcari

Sui calcari affiora un leggero strato di terre rosse variabile a seconda dei luoghi da pochi centimetri a poco meno di 1 m.

Per quanto agli spessori dei DMT, questi sono variabili: da 1-2 m a 6-10m.

In alcuni casi i DMT sono direttamente sovrapposti ai calcari, in altre situazioni al disotto dei DMT affiorano le calcareniti, con spessori variabili (1-5m).

# RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

Scavo eseguito per la fondazione di un mini-aerogeneratore eolico  
nelle adiacenze dell'area interessata

terreno vegetale

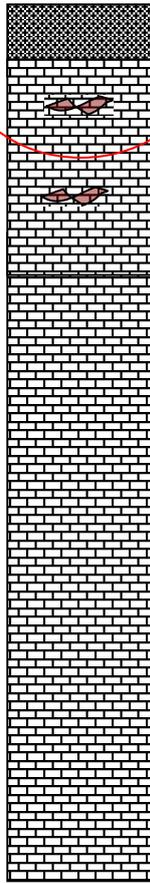
1

Calcari a fessurazione bassa  
e talora con  
qualche brecciatura

10

Calcari compatti

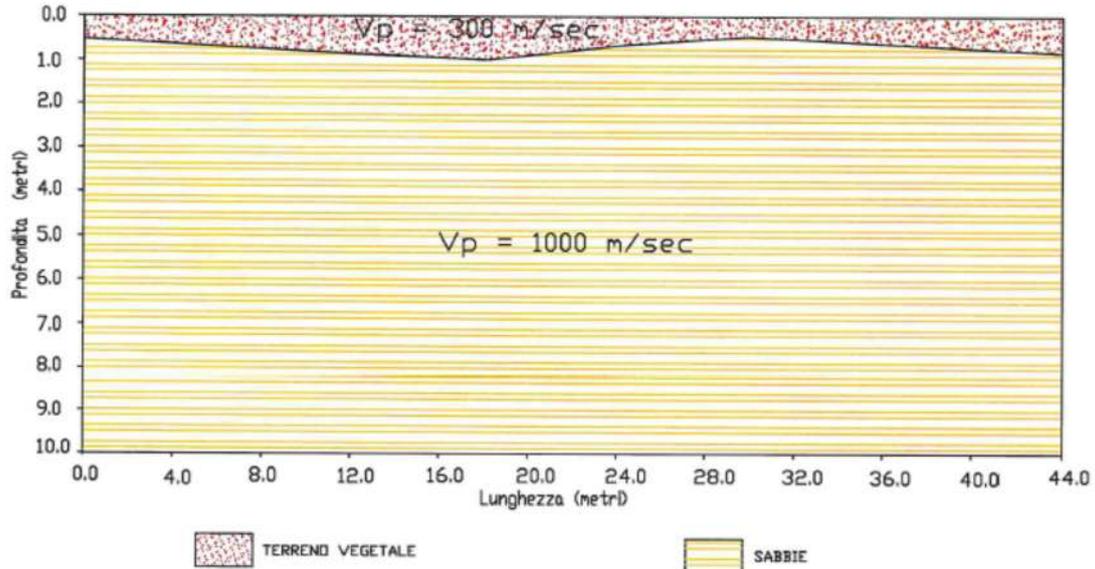
30



**6.2 Geologia di dettaglio nei pressi della S.S.E. da realizzare per la connessione**

Sono stati acquisiti i dati di altri lavori eseguiti nelle medesime aree.

I sondaggi sismici effettuati da GEOPROVE per altro progetto in adiacenza alle aree interessate da questo progetto, indicano la seguente situazione:



Sondaggio sismico a rifrazione eseguito per altro progetto nei pressi della stazione elettrica.

I sondaggi geognostici effettuati per l'ampliamento della SE TERNA a cura della Società INGEGNERIA PROGETTI SRL -Palermo nel 2017 indica i seguenti rapporti stratigrafici presso la SE TERNA di Erchie:

**Sondaggio S1**

Profondità	Litologia
da m 0.0 a m 0.50	terreno vegetale
da m 0.50 a m 2.0	calcarenite biancastra poco cementata
da m 2.0 a m 10.0	argilla limoso-sabbiosa giallo ocra
da m 10.0 a m 19.0	calcarenite bianco-giallastra poco cementata
da m 19.0 a m 30.0	alternanza di pezzame lapideo e calcare molto fratturato in dischi e blocchi <10 cm

**Sondaggio S2**

Profondità	Litologia
da m 0.0 a m 0.30	terreno vegetale
da m 0.30 a m 2.2	calcarenite biancastra poco cementata
da m 2.2 a m 11.90	argilla limoso-sabbiosa giallo ocra
da m 11.90 a m 25.0	calcarenite bianco-giallastra poco cementata
da m 25.0 a m 30.0	alternanza di pezzame lapideo e calcare molto fratturato in dischi e blocchi <10 cm

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

### Sondaggio S3

Profondità	Litologia
da m 0.0 a m 0.50	terreno vegetale
da m 0.50 a m 2.0	calcarenite biancastra poco cementata
da m 2.0 a m 10.0	argilla limoso-sabbiosa giallo ocra
da m 10.0 a m 21.1	calcarenite bianco-giallastra poco cementata
da m 21.1 a m 30.0	alternanza di pezzame lapideo e calcare molto fratturato in dischi e blocchi <10 cm

### Sondaggio S4

Profondità	Litologia
da m 0.0 a m 1.30	terreno vegetale
da m 1.30 a m 2.0	calcarenite biancastra poco cementata
da m 2.0 a m 10.1	argilla limoso-sabbiosa giallo ocra
da m 10.1 a m 17.7	calcarenite bianco-giallastra poco cementata
da m 17.7 a m 30.0	alternanza di pezzame lapideo e calcare molto fratturato in dischi e blocchi <10 cm

### Sondaggio S5

Profondità	Litologia
da m 0.0 a m 0.50	terreno vegetale
da m 0.50 a m 2.0	calcarenite biancastra poco cementata
da m 2.0 a m 11.60	argilla limoso-sabbiosa giallo ocra
da m 11.60 a m 25.0	calcarenite bianco-giallastra poco cementata
da m 25.0 a m 30.0	alternanza di pezzame lapideo e calcare molto fratturato in dischi e blocchi <10 cm

### Sondaggio S6

Profondità	Litologia
da m 0.0 a m 0.60	terreno vegetale
da m 0.60 a m 2.0	calcarenite biancastra poco cementata
da m 2.0 a m 13.0	argilla limoso-sabbiosa giallo ocra
da m 13.0 a m 24.6	calcarenite bianco-giallastra poco cementata
da m 24.6 a m 25.0	lente di argilla sabbioso-limosa
da m 25.0 a m 29.0	calcarenite bianco-giallastra poco cementata
da m 29.0 a m 30.0	pezzame lapideo

## 7 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA

Nelle aree in cui affiorano i DMT si può trovare a luoghi la falda freatica in alcuni periodi piovosi invernali, che non riveste molta importanza dal punto di vista idrogeologico.

La falda profonda carsica invece si rinviene a circa 50-90 metri dal p.c. (Cfr. Carta dell'andamento della superficie piezometrica della falda-P.T.A. Regione Puglia ).

La superficie piezometrica della falda carsica ricalca, attenuandolo, il profilo topografico, con cadente piezometrica mediamente pari all'1% verso il Mare Ionio.

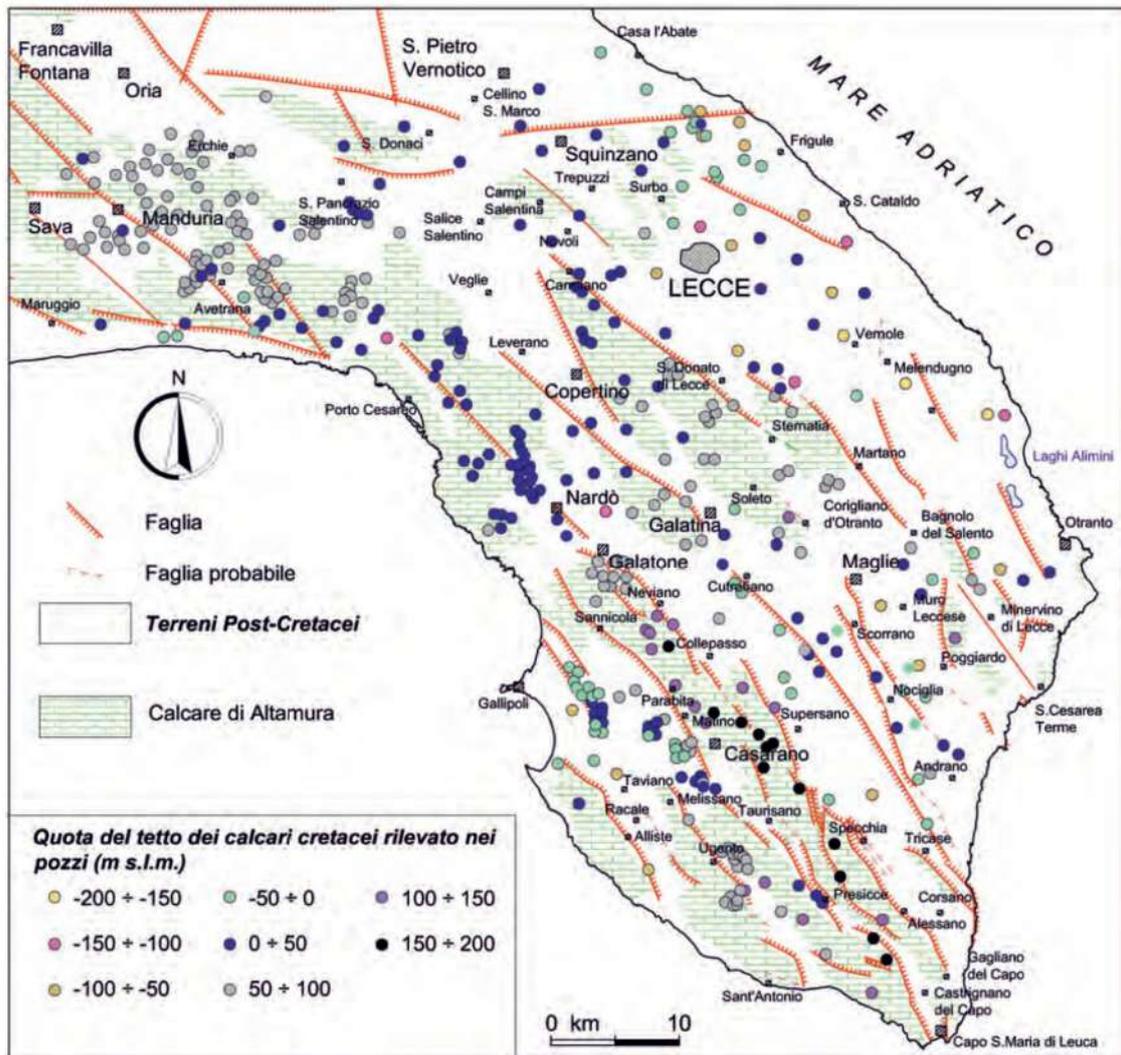
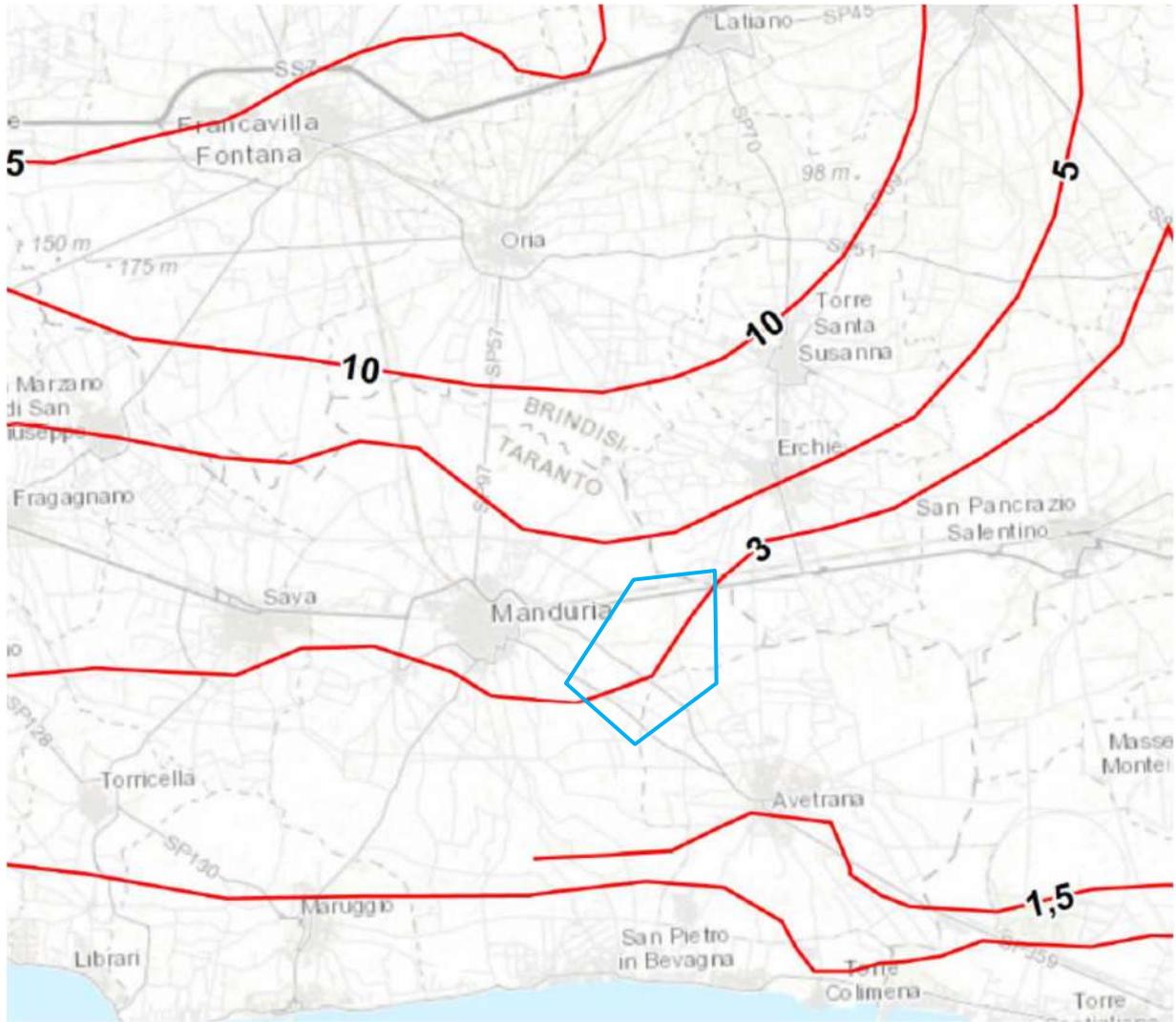


Fig. 18.18 - Carta geologico-strutturale semplificata del Salento con indicazione delle quote del tetto dei calcari cretacei rinvenute da perforazioni.  
- Simplified geological and structural map of Salento with indication of the elevations of the top of Cretaceous limestones, as determined through boreholes.

Nel territorio di intervento, le quote piezometriche, risalgono, procedendo verso l'interno, sino a raggiungere circa m 10 s.l.m. in prossimita' del Comune di Oria. Nell'area di interesse si trova a circa 3m s.l.m.



**Carta dell'andamento della superficie piezometrica della falda (da PTA Regione Puglia).**

 **Area interessata dal parco eolico**

**N.B.** Nell'area interessata la falda profonda carsica giace a circa 3m s.l.m. (quindi ad una profondità di circa 70m atteso che le quote topografiche medie nell'area interessata sono circa 75 m s.l.m.

## 8 MORFOLOGIA DELL'AREA

Dal punto di vista geomorfologico generale l'area è caratterizzata dalla presenza di dorsali, alture ed altipiani, che coincidono con alti strutturali allungati Nordovest-Sudest, separati tra loro da aree pianeggianti più o meno estese. In corrispondenza della costa ionica si trovano sovente vari ripiani disposti a gradinata.

Le scarpate che delimitano le alture e/o raccordano i vari ripiani tra loro, alte pochi metri, con direzione complessiva Nordovest-Sudest, rappresentano antiche linee di costa, attive nel tempo corrispondente all'età dei sedimenti situati in posizione depressa.

Nel dettaglio, morfologicamente l'area d'intervento si presenta sub-pianeggiante, con quote comprese tra i 60 m ed i 80 m s.l.m.

### 9 SISMICITA' DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Manduria è classificato ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03. in zona sismica 4.

L'O.P.C.M. 3519 del 28 Aprile 2006 ha definito i "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006)"

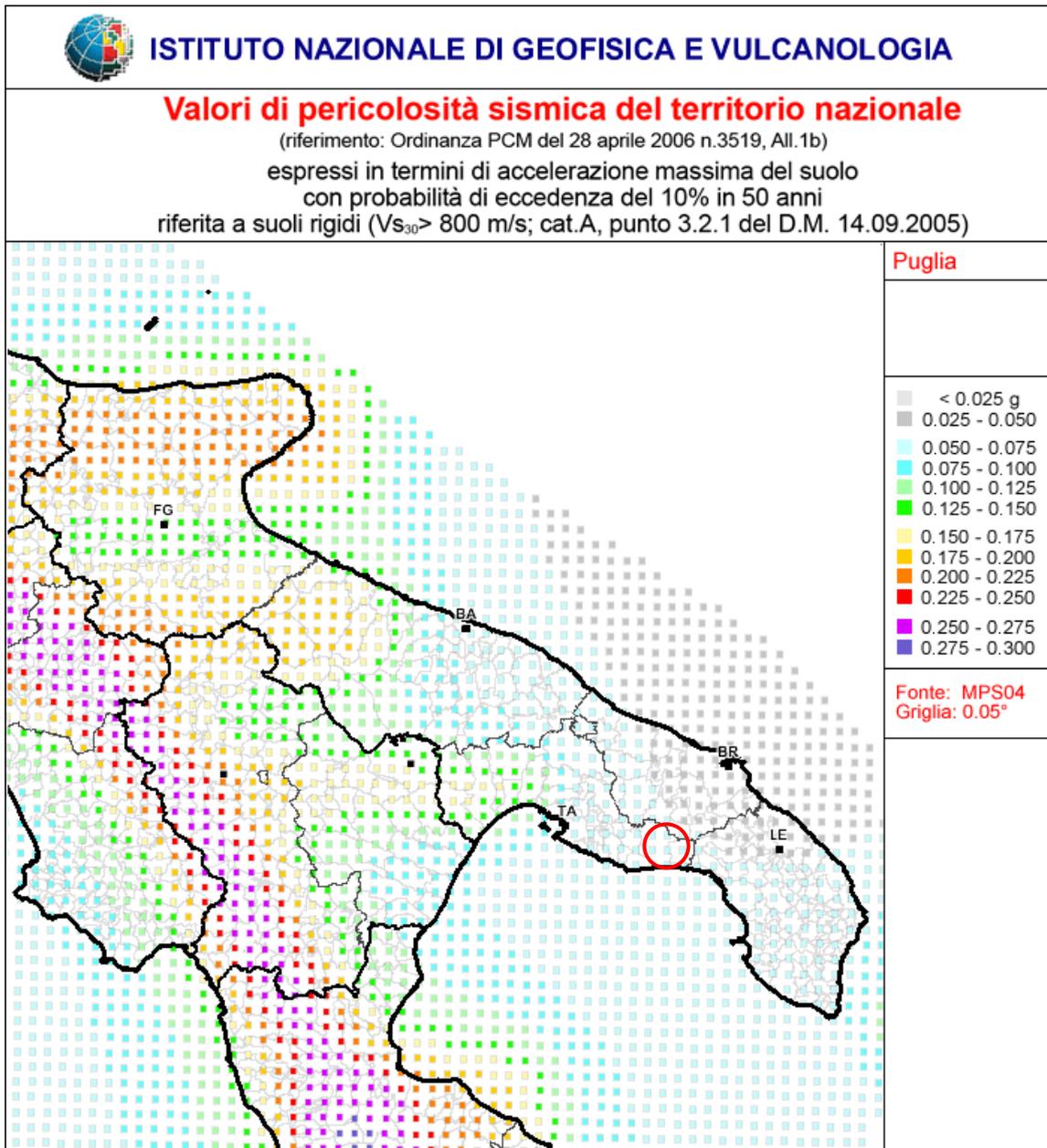
La mappa riportata di seguito individua la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s (ovvero categoria A).

Il comune di Manduria rientra in un'area caratterizzata da valori di accelerazione del suolo ( $a_g$ ) compresa tra 0.025 e 0.050 m/s.

Nella seguente Tabella è individuata ciascuna zona secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e del DECRETO 17 gennaio 2018 del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.



Valori di pericolosità sismica

## 10 RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la profondità della formazione rocciosa compatta (bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s30}$ ) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche.

L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V.

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la *frequenza caratteristica* di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la *frequenza fondamentale* di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio  $V_s$  calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la  $V_{s30}$  e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche.
- la *stratigrafia del sottosuolo* con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso;

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti. La forma di un'onda registrata in un sito  $x$  da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente  $s$ ,
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente  $s$  al sito  $x$  (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
3. dalla risposta dello strumento.

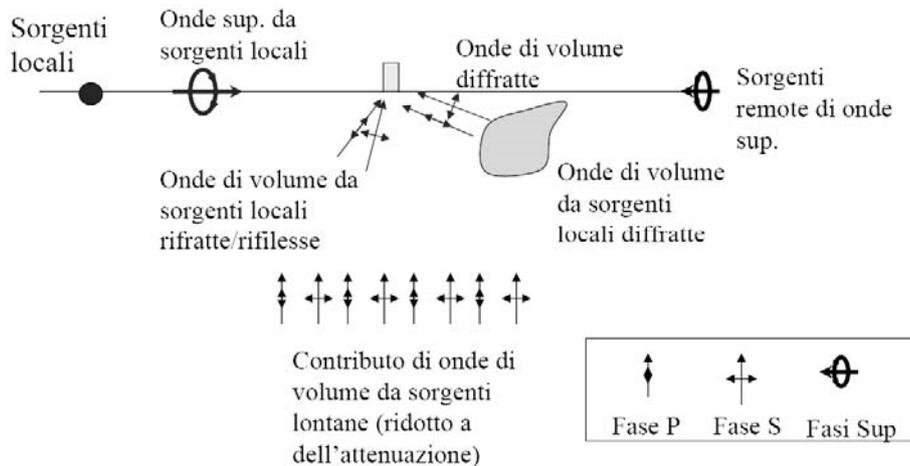
Possiamo scrivere questo come:

$$\text{segnale registrazione al sito } x = \text{sorgente} * \text{effetti di percorso} * \text{funzione} \\ \text{trasferimento strumento}$$

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.



Nel tragitto dalla sorgente  $s$  al sito  $x$  le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartate dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

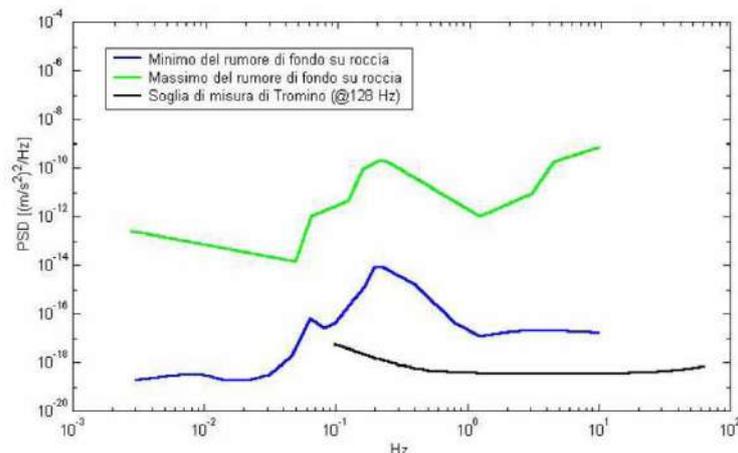
### 10.1 *Strumentazione e metodologia*

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello "Tromino" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni.

Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz.



I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna da 512 Mb, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico. Nella figura seguente si riporta la curva di rumore di "Tromino" a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto. I dati sono stati convertiti in file ASCII mediante il software "Grilla", fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza. Per evitare di introdurre basse frequenze spurie i dati sono stati corretti per offset e trend ma non filtrati così come raccomandato dalla norma DIN 4150-3.



In fase operativa si sono seguite le seguenti operazioni:

1. *il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo dell'ordine delle decine di minuti (circa 20 minuti),*
2. *la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,*

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

- 3. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,*
- 4. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,*
- 5. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.*

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che:

- 1. i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato,*
- 2. gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti",*
- 3. la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno)*

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSr) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981). Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati (limitati a 50 nella tabella d'input), in qualsiasi intervallo di frequenze e in un qualsiasi numero di modi (fondamentale e superiori). Operativamente si costruisce un modello teorico HVSr avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde  $V_s$ .

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano una serie d'esempi di classificazioni fatte sulla base di semplici misure H/V a stazione singola. In tutti i siti descritti, la stratigrafia è nota da sondaggi e prove penetrometriche e il profilo  $V_s$  è ricavato anche con metodi alternativi.

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate).	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia).	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - GHIAIOSI (es. ghiaie e suoli con < 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose).	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere).	100	150	200

### 10.2 Interpretazione delle misure eseguite

L'interpretazione consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock geofisico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità [m] dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

La frequenza caratteristica di risonanza del sito risulta generata dalla discontinuità sismica localizzata alle medie frequenze (circa 1,5 Hz) e associabile a contatto copertura – roccia. La sovrapposizione degli spettri sismici acquisiti (figura a seguire) mostra un andamento monodimensionale del substrato roccioso mentre per frequenze maggiori (minori profondità) si osservano sostanziali diversità.

L'utilizzo del codice di calcolo sintetico ha, in questo caso, evidenziato una leggera discontinuità sismica a 10-12 Hz (circa 10-12 m dal p.c.) e una successiva graduale crescita delle velocità di propagazione delle onde di taglio con la profondità poiché lo spettro sismico si stabilizza costantemente su di un rapporto spettrale H/V > di 2.

La crescita di velocità di propagazione delle onde sismiche è correlabile ad un aumento della rigidità del sottosuolo. Tale aumento delle velocità deve intendersi come un cambio della litologia, cioè calcari più compatti rispetto a quelli superficiali meno compatti. È stato quindi possibile stimare, tramite la formula  $V_{seq} = 30 / \sum h_i / V_i$ , la velocità delle onde Vs nei 30 m dal p.c., come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (vedi allegati).

### 10.3 *Modello sismico locale*

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di fondazione (Decreto 17 gennaio 2018).

Perciò si è resa necessaria la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno.

Per ogni categoria del suolo (A-B-C-D-E), così come riportato nella tabella seguente, è fissata una descrizione litostratigrafica, con ad essa associati i parametri di riferimento geotecnici e sismici. Grazie alla tecnica di Refraction Microtremor (ReMi) descritta precedentemente è stato possibile giungere all'individuazione della categoria del suolo per l'area indagata. La Vs30 è stata calcolata con la seguente espressione:

$$V_{seq} = 30 / \sum h_i / V_i$$

Da tale relazione sono emersi i seguenti valori di **Vseq**:

Aerogeneratore	litologia	Vseq (m/s)	Categoria di suolo
<b>M01</b>	Calccare affiorante	>1000	A
<b>M02</b>	Calccare affiorante	>1000	A
<b>M03</b>	Calccare affiorante	>1000	A
<b>M04</b>	Calccare affiorante	>1000	A
<b>M05</b>	Depositi Marini Terrazzati	784	B
<b>M06</b>	Depositi Marini Terrazzati	733	B
<b>M07</b>	Depositi Marini Terrazzati	415	B
<b>M08</b>	Calccare affiorante	>1000	A
<b>M09</b>	Depositi Marini Terrazzati	>1000	A
<b>M10</b>	Depositi Marini Terrazzati	952	A
<b>M11</b>	Depositi Marini Terrazzati	792	B
<b>M12</b>	Depositi Marini Terrazzati	500	B
<b>M13</b>	Depositi Marini Terrazzati	1051	A
<b>M14</b>	Depositi Marini Terrazzati	898	A
<b>M15</b>	Depositi Marini Terrazzati	558	B
<b>M16</b>	Depositi Marini Terrazzati	486	B

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

### 11 INQUADRAMENTO PAI E PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA

Stando alla cartografia del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdB-DAM Puglia (ex Autorità di Bacino Puglia), l'Area Parco, l'Area SSE e gran parte dell'Area Cavidotto non rientrano in aree classificate a Pericolosità Geomorfologica né a Pericolosità Idraulica. Solo brevi tratti del Cavidotto Interno al parco, di collegamento all'aerogeneratore M09 ed M05, ed il tratto M04-M06-M07-M08 attraversano o rasentano aree classificate come "AP" ossia "aree a Pericolosità Idraulica Alta". Giova ricordare le seguenti prescrizioni delle NTA del PAI:

#### **ARTICOLO 7 Interventi consentiti nelle aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.)**

1. Nelle aree ad alta probabilità di inondazione, oltre agli interventi di cui ai precedenti artt. 5 e 6 e con le modalità ivi previste, sono esclusivamente consentiti:

....omissis

d) interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle infrastrutture a rete pubbliche o di interesse esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, **nonché la realizzazione di nuove infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino;**

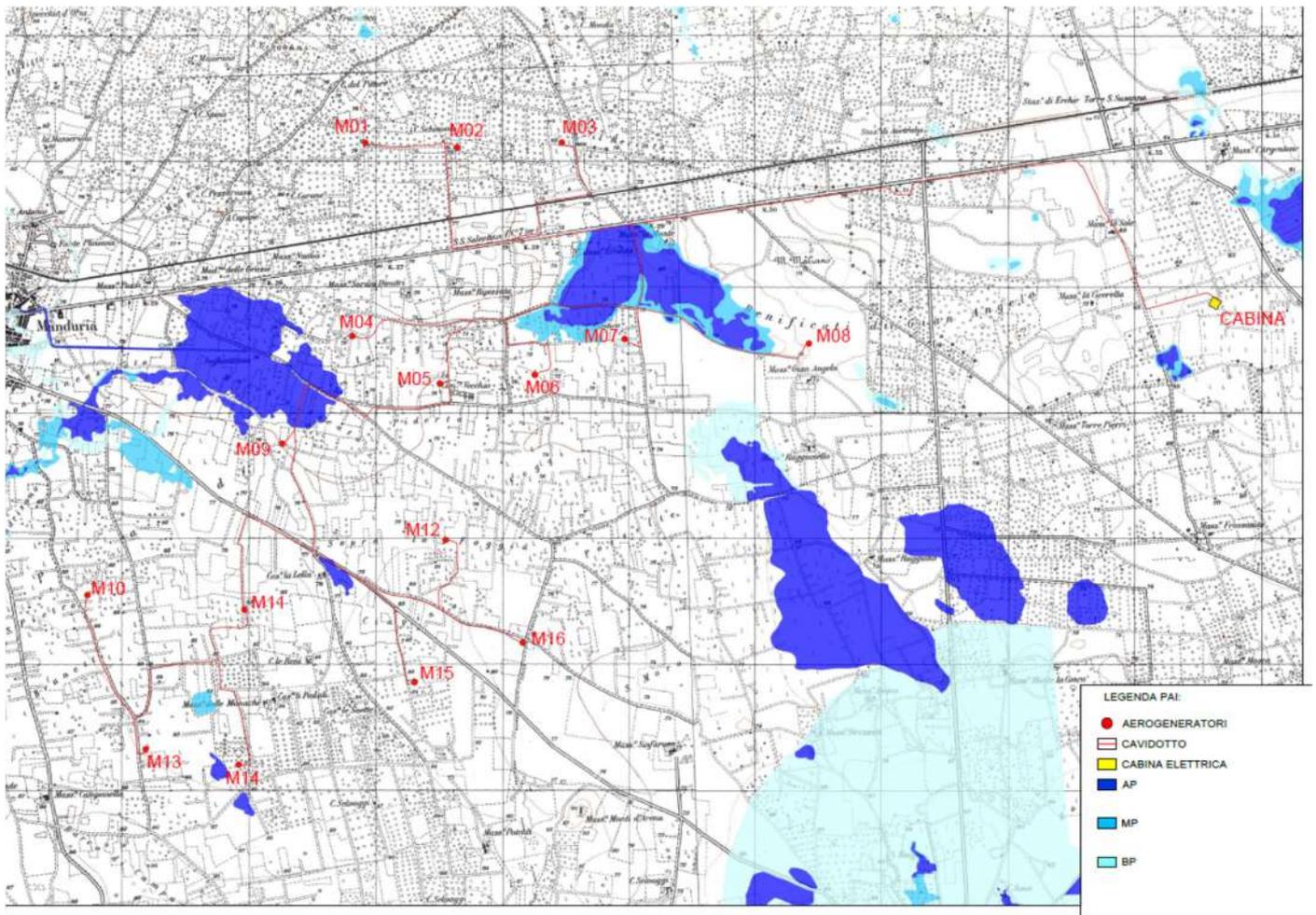
#### **ARTICOLO 8 Interventi consentiti nelle aree a media pericolosità idraulica (M.P.)**

1. Nelle aree a media probabilità di inondazione oltre agli interventi di cui ai precedenti artt. 5 e 6 e con le modalità ivi previste, sono esclusivamente consentiti:

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

.....omissis

d) interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, **nonché la realizzazione di nuove infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione.** Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino.



## 12 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE DELLE ROCCE DI FONDAZIONE

I parametri geotecnici dei terreni, in relazione alla progettazione delle opere previste, sono stati desunti indagini eseguite in zone limitrofe.

Nello specifico è stato possibile stimare i seguenti parametri geotecnici attraverso le correlazioni dirette con i valori di Vs e Vp:

C Coesione -  $\text{kN/m}^2$

$\gamma$  Peso unità di unità di volume -  $\text{KN/m}^3$

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

$\phi$  (°) Angolo di attrito interno

L'insieme dei dati ottenuti è sufficiente a delineare le linee guida progettuali, connesse con le peculiarità geotecniche dei litotipi, ed indirizzare quindi le scelte progettuali.

Da premettere che il carico limite rappresenta quel carico che, applicato alla fondazione, produce la rottura del complesso terreno-opera di fondazione e che è dipendente dalle caratteristiche fisiche e di resistenza ( $c$ ,  $\phi$ ) del terreno nonché dalla geometria della fondazione ( $D$ ,  $B$ ).

Le caratteristiche geotecniche delle sabbie e dei calcari sono:

Calcarei compatti	
Profondità (m da p.c.)	1-5
$\gamma$ (KN/ m <sup>3</sup> )	24-32
$\phi'$ (°)	35-45
$C$ (KN/mq)	15
Sabbie con alternanze di limi e calcareniti mediamente diagenizzate	
Spessore	Variabile tra 1 e 6m
Densità relativa (%)	45
Angolo di attrito ( $\phi$ )	33
Modulo di Young (kg/cm <sup>2</sup> )	231
Modulo edometrico (kg/cm <sup>2</sup> )	125
Classificazione AGI	Moderat. addensato
Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	0,0
Peso di volume (gr/cm <sup>3</sup> )	1.86
Modulo di Poisson	0.32
Modulo di def. a taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	1064
Modulo di reazione (kg/cm <sup>3</sup> )	3.97

Valori dei parametri geomeccanici e fisici

### 12.1 Caratteristiche geotecniche di dettaglio Area parco

Nel complesso l'Area Parco si presenta:

Le condizioni geologiche e geomorfologiche sono tali per cui l'area può essere definita "stabile".

Per quanto riguarda gli aerogeneratori **M01- M02- M03- M04- M08- M14:**

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

<b>Geologia</b>	Calcari	
<b>Morfologia</b>	l'area in esame è ampiamente pianeggiante e piatta, con blande ondulazioni con pendenze variabili da 1° a 2°.	
<b>Idrogeologia</b>	la falda più profonda si attesta a profondità superiore a 60 metri dal p.c.	
<b>Sismica</b>	dall'indagine sismica è risultato un Vseq superiore ad 800 m/sec, pertanto la classe di suolo appartenete è A. Essendo la pendenza del sito inferiore a 15°, il coefficiente topografico St = 1,0.	
<b>Geotecnica (valori di bibliografia)</b>	$\gamma$ (KN/ m <sup>3</sup> )	24-32
	$\varphi$ (°)	35-45
	<b>C</b> (KN/mq)	15
<b>Rischio idraulico</b>	non rientrano in aree classificate a Pericolosità Geomorfologica né a Pericolosità Idraulica.	

Per quanto riguarda gli aerogeneratori **M05- M06- M07- M09- M10- M11-M12-M13-M15-M16:**

<b>Geologia</b>	Sabbie alternate a strati di panchina (calcareniti mediamente diagenizzate) e argilla limosa (Depositi Marini Terrazzati)	
<b>Morfologia</b>	l'area in esame è ampiamente pianeggiante e pressochè piatta, si rilevano talora blande ondulazioni con pendenze variabili tra 1° e 2°.	
<b>Idrogeologia</b>	la falda più profonda si attesta a profondità superiore a 60 metri dal p.c.	
<b>Sismica</b>	dall'indagine sismica è risultato un Vseq tra 415 e 800 m/sec, pertanto la classe di suolo appartenete è B. Essendo la pendenza del sito inferiore a 15°, il coefficiente topografico St = 1,0.	
<b>Geotecnica (valori di bibliografia)</b>	$\gamma$ (KN/ m <sup>3</sup> )	18,6
	$\varphi$ (°)	33
	<b>C</b> (KN/mq)	0,00
	Modulo di Poisson	0.32
	Modulo di def. a taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	1064
	Modulo di reazione (kg/cm <sup>3</sup> )	3.97
<b>Rischio idraulico</b>	Non rientrano in aree classificate a Pericolosità Geomorfologica né a Pericolosità Idraulica.	

### 12.2 Area sottostazione

L'area della Sottostazione in progetto, è ubicata in agro del Comune di Erchie (BR). La situazione litostratigrafica, geotecnica, sismica ed idrogeologica dell'area oggetto di studio, è stata ricostruita sulla base dei dati ottenuti dai sondaggi geognostici progressivi effettuati in aree adiacenti al sito in esame (*cantiere: "Ampliamento della Sezione 380kV della Stazione Elettrica 380/150 kV di proprietà di TERNA nel Comune di Erchie – settembre 2017 - Ingegneria Progetti S.r.l."* redatta dalla Dott.ssa Geol. Annamaria Di

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

*Bartolo*), dalle osservazioni dirette di campagna, opportunamente completate dai dati e delle notizie ricavati dalla cartografia ufficiale e dalla letteratura tecnico-scientifica.

Le condizioni geologiche e geomorfologiche sono tali per cui l'area può essere definita "stabile". Tutti rilievi geologici di superficie non hanno evidenziato segni morfologici tali da poter parlare di una instabilità generale dell'area.

Le indagini suddette sono consistite:

- n.6 sondaggi geognostici spinti fino alla profondità di 30 m., dal p.c.;
- n.1 prova SPT eseguita nel sondaggio S1;
- n.1 prova SPT eseguita nel sondaggio S2;
- n.2 prove SPT eseguite nel sondaggio S3;
- n.1 prova SPT eseguita nel sondaggio S4;
- n.1 prova SPT eseguita nel sondaggio S5;
- n.1 prova SPT eseguita nel sondaggio S6;
- n.3 profili sismici a rifrazione;
- n.1 sismica in foro (Down-Hole) ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sulla base del parametro  $V_{s30}$ .



 Area indagini geognostiche pregresse

 Area SSE da realizzare

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

I risultati delle indagini geognostiche restituiscono le stratigrafie riportate alle pagine 10-12 della presente relazione.

Inoltre sono state condotte, con lo studio eseguito da TERNA, alcune prove penetrometriche, per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni nella campagna di indagini eseguita nel 2012 nell'area adiacente a quella in esame. Furono eseguite nei fori di sondaggio a diversa profondità.

La Prova SPT consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di una punta conica infissa a partire dal fondo di un foro di sondaggio. La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno.

### Sondaggio S1

Profondità (m dal p.c.)	Ncolpi	Nspt	Litologia
4.0	6-7-6	13	Argilla - limoso sabbiosa

### Sondaggio S2

Profondità (m dal p.c.)	Ncolpi	Nspt	Litologia
9.70	11-14-21	35	Argilla - limoso sabbiosa

### Sondaggio S3

Profondità (m dal p.c.)	Ncolpi	Nspt	Litologia
3.50	5-7-6	13	Argilla - limoso sabbiosa
10.0	8-11-14	25	Calcarenite poco cementata

### Sondaggio S4

Profondità (m dal p.c.)	Ncolpi	Nspt	Litologia
5.50	7-9-10	19	Argilla - limoso sabbiosa

### Sondaggio S5

Profondità (m dal p.c.)	Ncolpi	Nspt	Litologia
7.00	9-11-13	24	Argilla - limoso sabbiosa

### Sondaggio S6

Profondità (m dal p.c.)	Ncolpi	Nspt	Litologia
8.00	9-12-15	27	Argilla - limoso sabbiosa

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

Infine nella campagna di indagini del 2012 furono eseguiti n. 3 profili sismici a rifrazione di onde longitudinali "P" con stesa geofonica di 24 metri ciascuno.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti:

### *Profilo sismico n. 1.*

N. Strato	Spessore medio (m)	Velocità (m/s)	Peso di Volume (t/mc)	Modulo elastico $E_{din}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	2.0	358.59	1.8 - 1.9	4000-5000
2	-	875.00	2.0 - 2.2	10000-14000

### *Profilo sismico n. 2.*

N. Strato	Spessore medio (m)	Velocità (m/s)	Peso di Volume (t/mc)	Modulo elastico $E_{din}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	1.5	252.35	1.7 - 1.8	3000-4000
2	-	868.10	2.0 - 2.1	8000-12000

### *Profilo sismico n. 3.*

N. Strato	Spessore medio (m)	Velocità (m/s)	Peso di Volume (t/mc)	Modulo elastico $E_{din}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	2.5	544.87	1.9 - 2.0	6000-7000
2	-	909.09	2.1 - 2.2	12000-16000

I valori di velocità delle onde sismiche hanno consentito di stabilire che l'area investigata risulta caratterizzata dalla presenza di due orizzonti sismici di spessore variabile.

Il primo sismostrato è caratterizzato da velocità delle onde "P" che variano da 252.35 m/sec a 544.87 m/sec e si spinge fino alla profondità di circa m 2.80 dal p.c. con valori di  $E_{din} = 3000 - 7000$  kg/cm<sup>2</sup>.

Il secondo sismostrato lo incontriamo a partire da m 1.40 di profondità, con velocità delle onde "P" variabili da 868.1 m/sec a 909.09 m/sec e valori di  $E_{din} = 8000 - 16000$  kg/cm<sup>2</sup>. Dall'elaborazione dei dati si è ottenuto anche il valore di  $\gamma$  (peso di volume t/mc) che nel sismostrato superiore è compreso tra 1.7 e 2.0 t/mc; mentre nel sismostrato inferiore varia tra 2.0 e 2.2 t/mc.

### 12.3 Aree interessate dal cavidotto di connessione

L'area del Cavidotto in progetto è sviluppata lungo tracciati stradali esistenti in agro dei Comuni di Erchie (BR) e Manduria (TA).

Le **condizioni geologiche e geomorfologiche** sono tali per cui l'area può essere definita "stabile".

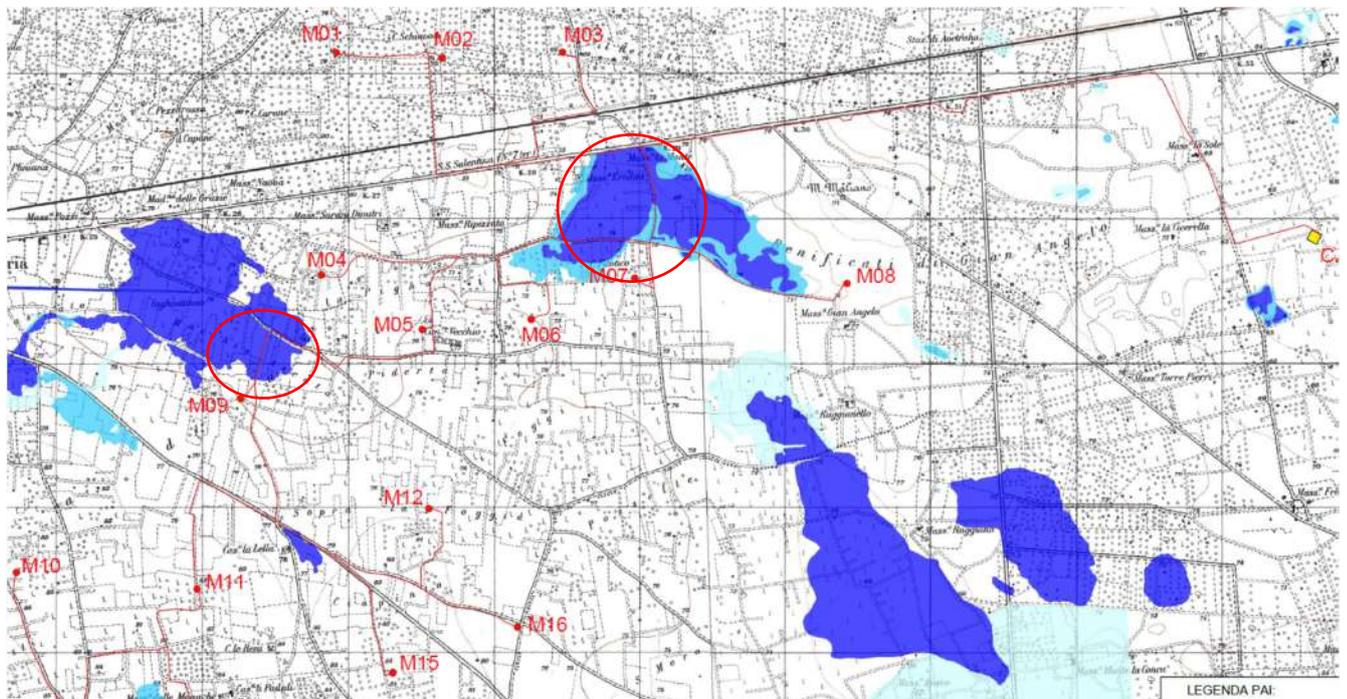
**Morfologicamente** l'area in esame è ampiamente pianeggiante.

Idrogeologicamente, la falda più profonda si attesta a profondità superiore a 60 metri dal p.c.

Dal punto di vista **litostratigrafico** il tracciato attraverserà quasi per l'intera estensione terreni costituiti da roccia calcarea e per brevissimi tratti terreni costituiti da calcareniti e da sabbie calcaree limoso argillose in corrispondenza della Sottostazione, ricoperti da una sottile coltre di terreno vegetale, dello spessore di 0.20-0.50 metri.

**Sismicamente**, dalle indagini sismiche effettuate è risultato un  $V_{seq}$  superiore ad 800 m/sec, pertanto la classe di suolo appartenete è A o B. Essendo la pendenza del sito inferiore a  $15^\circ$ , il coefficiente topografico  $St = 1,0$ .

**Inquadramento PAI:** dalla cartografia del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdB DAM Puglia (ex Autorità di Bacino Puglia), nelle aree cerchiare in rosso, il cavidotto interrato attraversa aree classificate come "AP" e "MP", ossia "aree a Pericolosità Idraulica Alta e Media".



E' bene richiamare all'uopo quanto previsto dalle NTA del PAI, già riportate a pag.22 della presente relazione.

In ogni caso i cavidotti intererati:

- non peggiorano le condizioni di funzionalità idraulica esistente nell'area;
- non costituiscono in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, nè producono ostacoli al normale libero deflusso delle acque;
- non costituiscono un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti.

### 13 CONCLUSIONI

Per la caratterizzazione litostratigrafica, idrogeologica, geotecnica e sismica, il sottoscritto ha ritenuto sufficienti le indagini pregresse a cui si è fatto riferimento, oltre all'esecuzione presso le aree in cui ricadono gli aerogeneratori, di indagini sismiche mediante Tromino per definire la **categoria di suolo** e la **Vseq**, in conformità al D.M. del 11.03.88 e alle NTC 2018 di cui al D.M. 17/01/18.

Pertanto, in conclusione si può affermare quanto segue:

Le condizioni geologiche e geomorfologiche sono tali per cui l'area può essere definita "stabile". I rilievi geologici di superficie e le osservazioni geomorfologiche non hanno evidenziato segni morfologici tali da poter parlare di una instabilità generale dell'area. Inoltre, una marcata omogeneità geolitologica dei terreni affioranti rappresentano una garanzia di stabilità, per cui sono da escludere eventuali fenomeni che possano comprometterla.

Quindi si può asserire che gli interventi, così come previsti e descritti negli elaborati di progetto, non comporteranno turbativa all'assetto idrogeologico del suolo, né condizioneranno la stabilità dell'area.

In ultima analisi, quindi, le aree interessate possono considerarsi idonee alla realizzazione delle opere progettate.

- L'ammasso roccioso che ospiterà le strutture fondali è rappresentato da calcari compatti e con ottima capacità portante ed in alcuni casi dalle calcareniti;
- La falda superficiale è assente al disotto delle fondazioni degli aerogeneratori, salvo casi particolari in cui si presenta molto esigua e stagionale, ma che comunque non

## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

sarà interessata dalle strutture di fondazione, essendo queste poste a diversi metri di profondità e poggianti sul substrato lapideo;

- L'indagine REMI eseguita con Tromografo digitale "Tromino", nei siti interessati, ha permesso di classificare il sottosuolo di fondazione in esame nelle categorie A e B, a seconda della localizzazione dell'aerogeneratore progettato (tab. 3.2.11 delle NTC 2008 e ss.mm.ii.);
- Gli aerogeneratori sono localizzati in aree non interessate da rischio idraulico nè geomorfologico;
- I cavidotti attraversano in taluni tratti aree a rischio idraulico, ma trattasi di strutture interrato, quindi non alterano nè peggiorano le condizioni di funzionalità idraulica esistente nell'area, nè producono ostacoli al normale libero deflusso delle acque non costituiscono un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti.

Il geologo

Dott. Giuseppe MASILLO

REPORT INDAGINE GEOLOGICA E GEOFISICA DI DETTAGLIO

AEROGENERATORE MM01		INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO	
Foglio	53		
Particella	23		
Comune	Manduria		
Litologia	Leggero strato di terre rosse sovrapposte a calcari		
Categoria sismica	A		
Vseq (m/s)	>1000		
Stralcio carta geologica			

AEROGENERATORE MM02		INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO	
Foglio	54		
Particella	128		
Comune	Manduria		
Litologia	Leggero strato di terre rosse sovrapposte a calcari		
Categoria sismica	A		
Vseq (m/s)	>1000		
Stralcio carta geologica			

**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

**AEROGENERATORE MM03**

**INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO**

Foglio	54
Particella	128
Comune	Manduria
Litologia	Leggero strato di terre rosse sovrapposte a calcari
Categoria sismica	A
Vseq (m/s)	>1000

Stralcio carta geologica



**AEROGENERATORE MM04**

**INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO**

Foglio	54
Particella	128
Comune	Manduria
Litologia	Calcari affioranti
Categoria sismica	A
Vseq (m/s)	>1000

Stralcio carta geologica



## RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

### AEROGENERATORE MM05

#### INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO

Foglio	54
Particella	128
Comune	Manduria
Litologia	Sabbie limose alternate a calcareniti dei depositi marini terrazzati
Categoria sismica	B
Vseq (m/s)	784

Stralcio carta geologica



### AEROGENERATORE MM 06

#### INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO

Foglio	54
Particella	128
Comune	Manduria
Litologia	Sabbie limose alternate a calcareniti dei depositi marini terrazzati
Categoria sismica	B
Vseq (m/s)	733

Stralcio carta geologica



RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

AEROGENERATORE MM07		INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO	
Foglio	23		
Particella	53		
Comune	Manduria		
Litologia	Sabbie limose alternate a calcareniti dei depositi marini terrazzati		
Categoria sismica	B		
Vseq (m/s)	415		
Stralcio carta geologica			

AEROGENERATORE MM08		INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO	
Foglio	24		
Particella	746		
Comune	Manduria		
Litologia	Leggero strato di terre rosse sovrapposte a calcari		
Categoria sismica	A		
Vseq (m/s)	>1000		
Stralcio carta geologica			

**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

**AEROGENERATORE MM09**

**INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO**

Foglio	77
Particella	1
Comune	Manduria
Litologia	Sabbie limose alternate a calcareniti dei depositi marini terrazzati
Categoria sismica	A
Vseq (m/s)	>1000

Stralcio carta geologica



**AEROGENERATORE MM10**

**INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO**

Foglio	27
Particella	73
Comune	Manduria
Litologia	Sabbie limose alternate a calcareniti dei depositi marini terrazzati
Categoria sismica	A
Vseq m/s)	952

Stralcio carta geologica



**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

**AEROGENERATORE MM11**

**INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO**

Foglio	11
Particella	41
Comune	Manduria
Litologia	Sabbie limose alternate a calcareniti dei depositi marini terrazzati
Categoria sismica	B
Vseq (m/s)	792

Stralcio carta geologica



**AEROGENERATORE MM12**

**INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO**

Foglio	88
Particella	15
Comune	Manduria
Litologia	Sabbie limose alternate a calcareniti dei depositi marini terrazzati
Categoria sismica	B
Vseq m/s)	500

Stralcio carta geologica



RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

**AEROGENERATORE MM13**

**INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO**

Foglio	74
Particella	3
Comune	Manduria
Litologia	Sabbie limose alternate a calcareniti dei depositi marini terrazzati
Categoria sismica	A
Vseq m/s)	>1000

Stralcio carta geologica



**AEROGENERATORE MM14**

**INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO**

Foglio	77
Particella	9
Comune	Manduria
Litologia	Leggero strato di terre rosse e sabbie limose sovrapposte a calcari
Categoria sismica	A
Vseq (m/s)	898

Stralcio carta geologica



**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

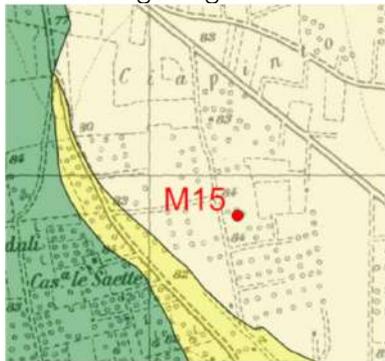
**AEROGENERATORE MM15**

**INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO**

Foglio	99
Particella	135
Comune	Manduria
Litologia	Sabbie limose alternate a calcareniti dei depositi marini terrazzati
Categoria sismica	B
Vseq (m/s)	558



Stralcio carta geologica



**AEROGENERATORE MM16**

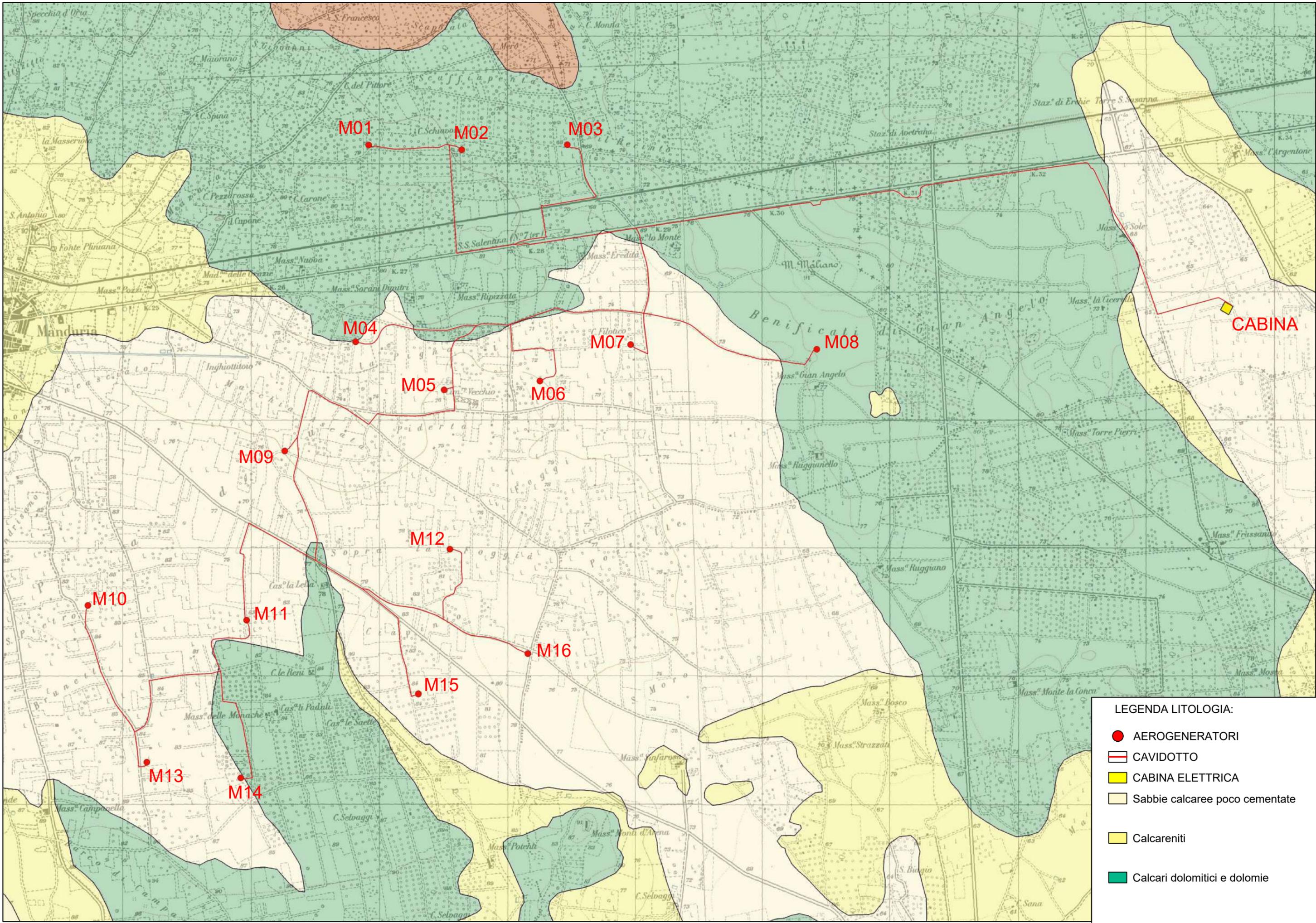
**INDAGINE GEOLOGICA DI DETTAGLIO**

Foglio	88
Particella	45
Comune	Manduria
Litologia	Sabbie limose alternate a calcareniti dei depositi marini terrazzati
Categoria sismica	B
Vseq m/s)	486

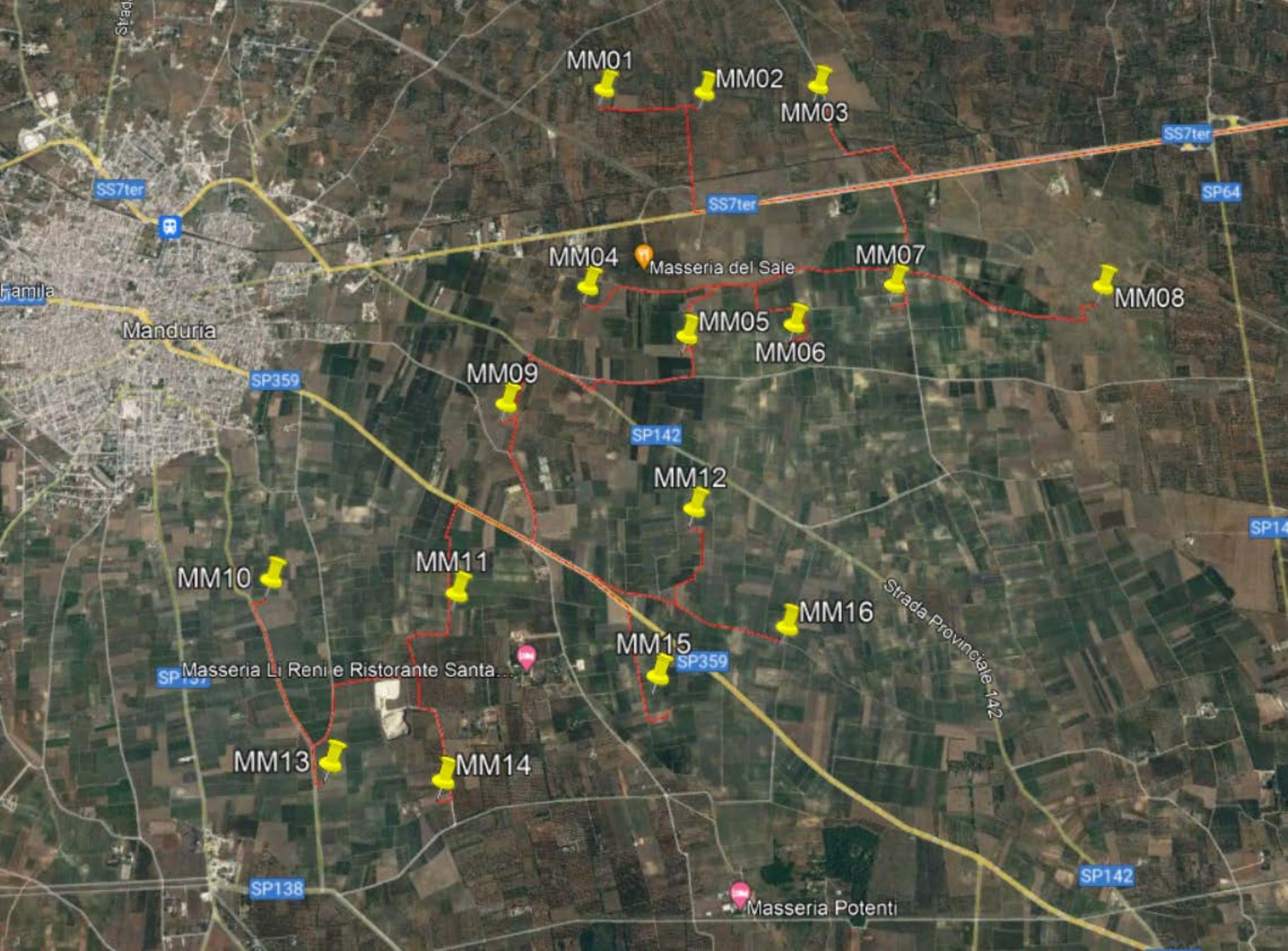


Stralcio carta geologica





- LEGENDA LITOLOGIA:**
- AEROGENERATORI
  - CAVIDOTTO
  - CABINA ELETTRICA
  - Sabbie calcaree poco cementate
  - Calcareniti
  - Calcari dolomitici e dolomie



MM01

MM02

MM03

MM04

MM07

MM08

MM05

MM06

MM09

MM12

MM10

MM11

MM16

MM15

MM13

MM14

Masseria Potenti

Strada

SS7ter

SS7ter

SP64

SP359

SP142

SP142

SP138

SP359

Strada Provinciale 142

SP142

Strada

Manduria

Masseria del Sale

Masseria Li Reni e Ristorante Santa...

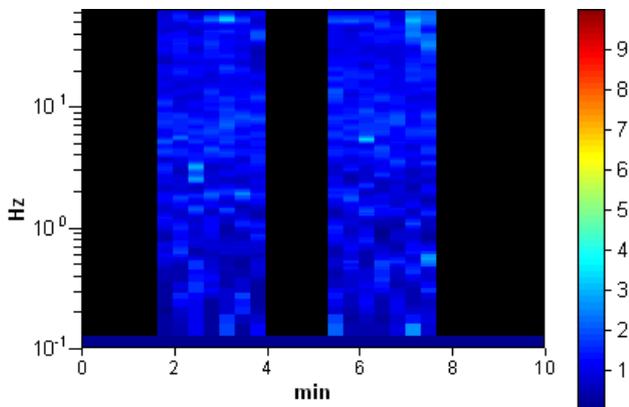
**MM01**

Strumento: TRZ-0105/01-10  
 Inizio registrazione: 03/03/21 10:05:34 Fine registrazione: 03/03/21 10:15:35  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

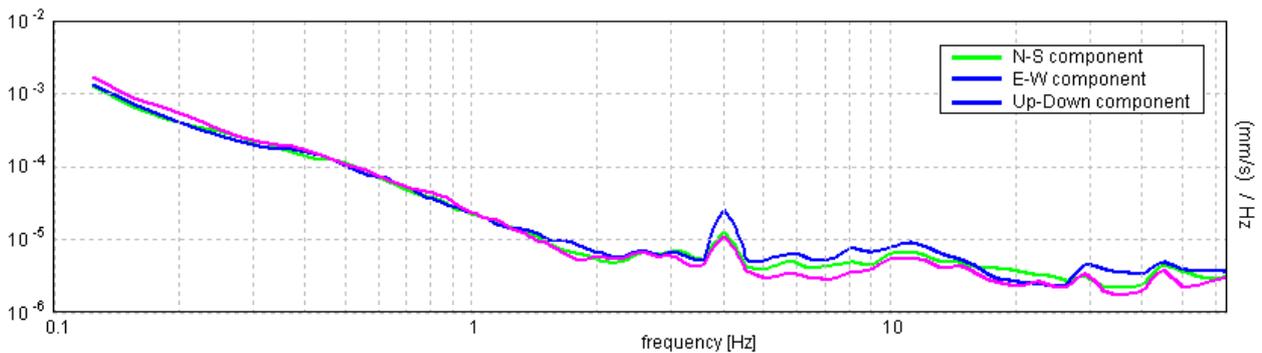
Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 47% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

SERIE TEMPORALE H/V

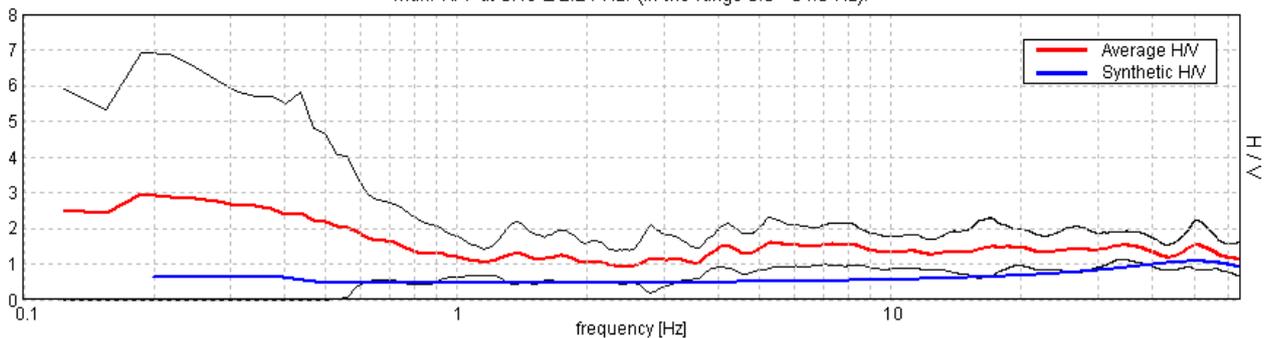


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $0.19 \pm 2.24$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $50.63 \pm 14.55$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$50.63 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$14175.0 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1239	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	$1.94 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12815  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$6.4878 < 2.53125$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3245 < 1.58$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



## MM02

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 03/03/21 11:00:41 Fine registrazione: 03/03/21 11:10:42

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00".

Analizzato 40% tracciato (selezione manuale)

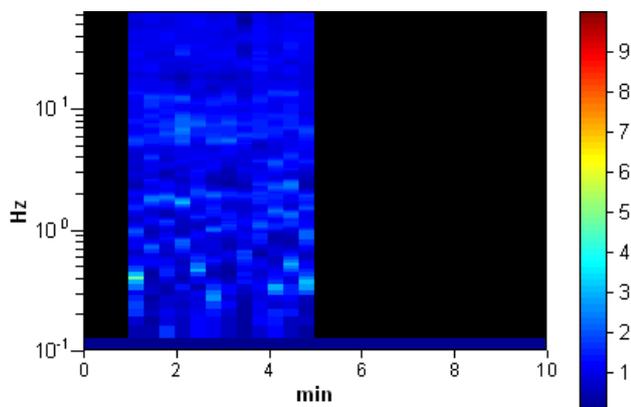
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

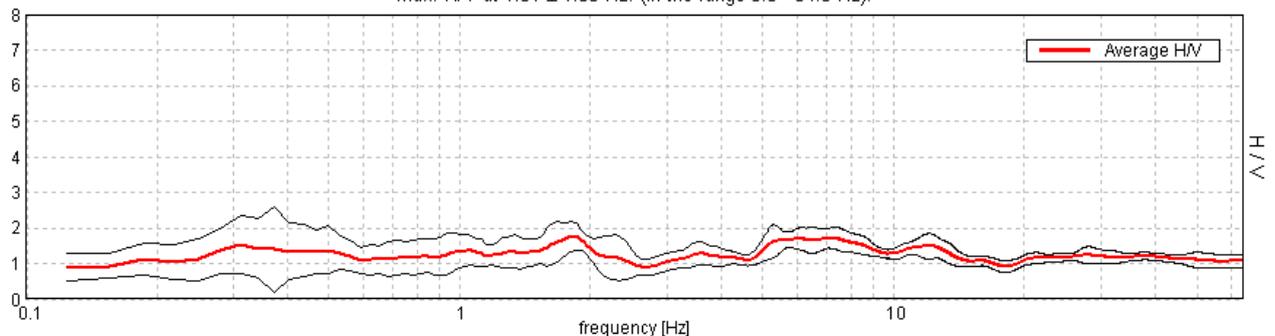
Lisciamento: 10%

### SERIE TEMPORALE H/V

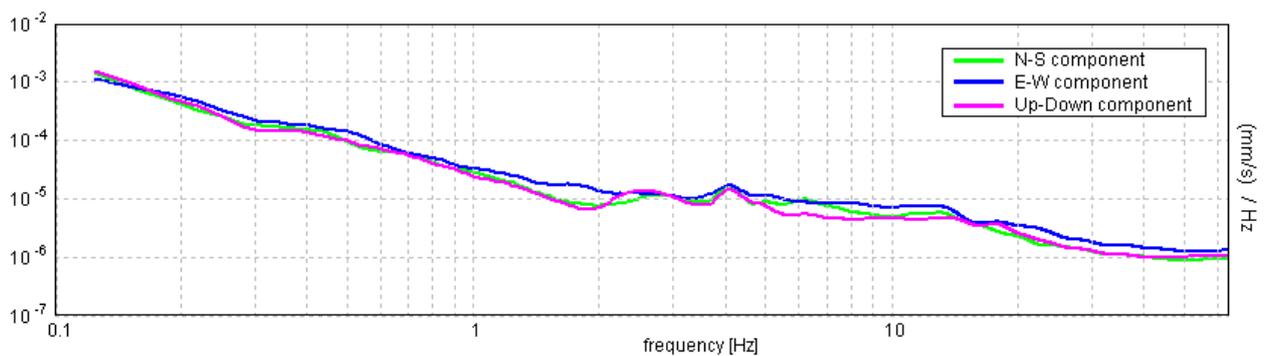


### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $1.81 \pm 1.06$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





### MM03

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 03/03/21 12:24:55 Fine registrazione: 03/03/21 12:34:56

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 70% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

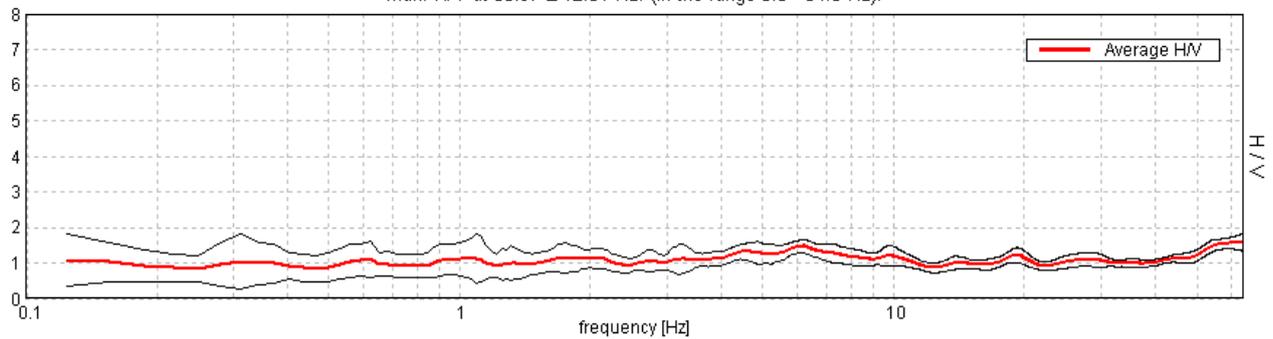
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

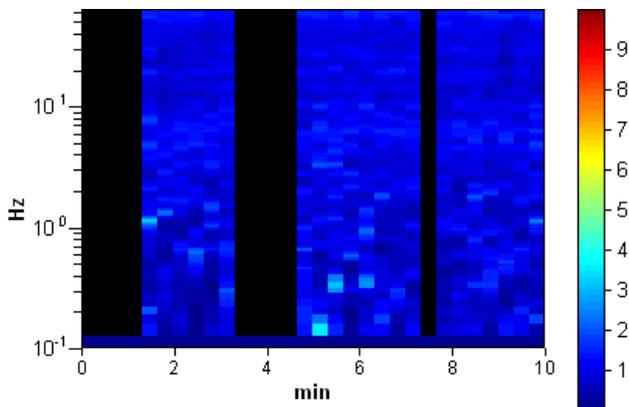
Lisciamento: 10%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

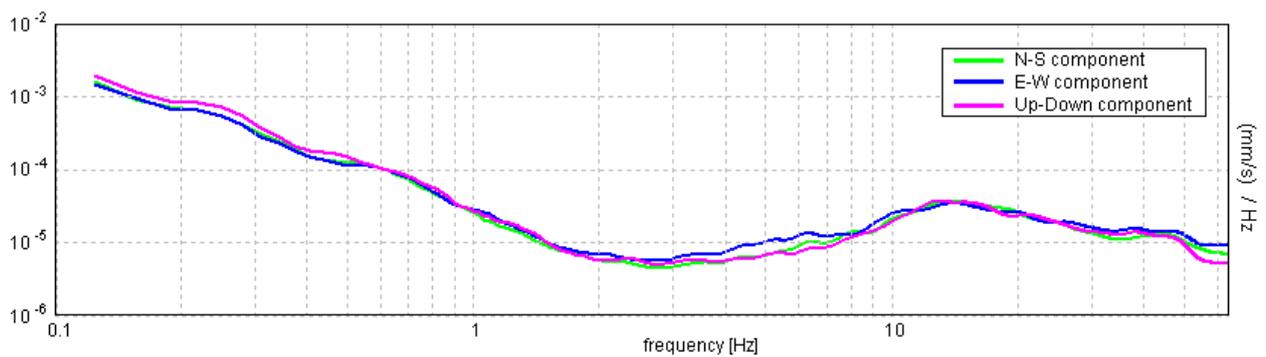
Max. H/V at  $63.97 \pm 12.61$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



#### SERIE TEMPORALE H/V



#### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $63.97 \pm 12.61$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$26866.9 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1026	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	$1.58 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.09223  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$5.89983 < 3.19844$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1194 < 1.58$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## MM04

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 04/03/21 09:22:41 Fine registrazione: 04/03/21 09:32:42

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 50% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

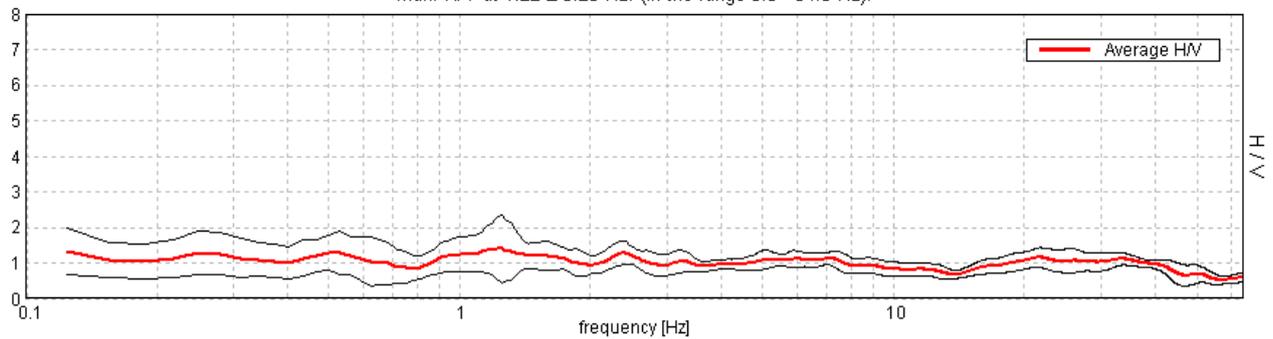
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

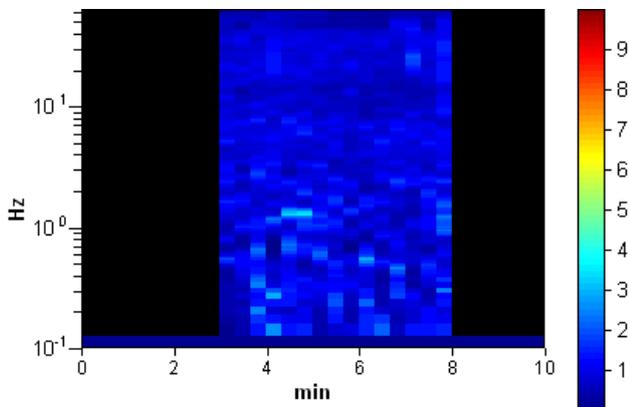
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

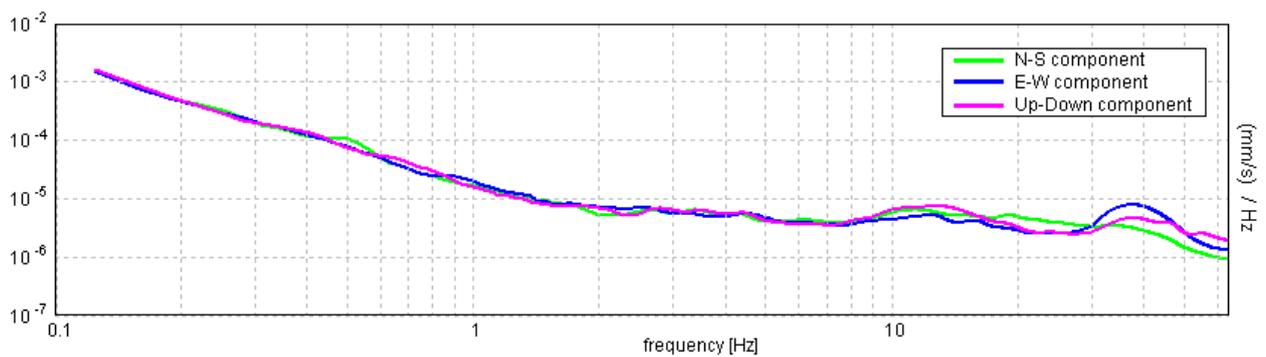
Max. H/V at 1.22 ± 0.23 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





## MM05

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 04/03/21 11:32:15 Fine registrazione: 04/03/21 11:42:16

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 30% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

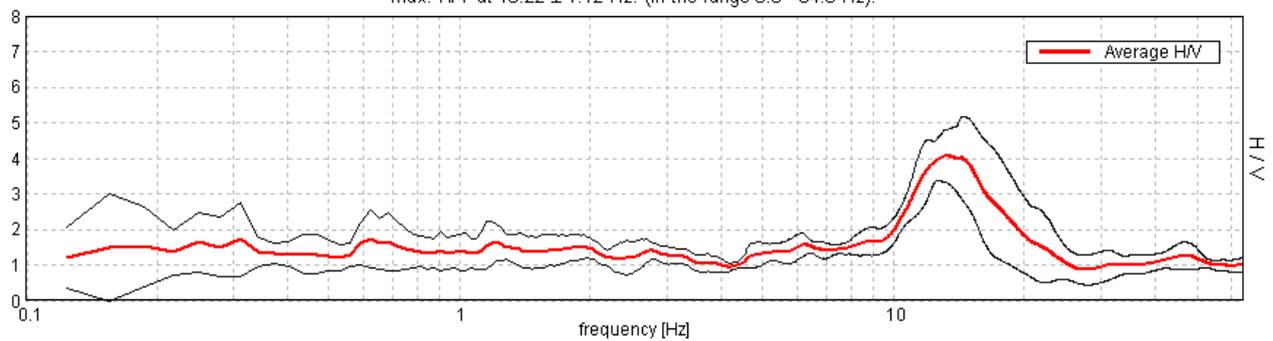
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

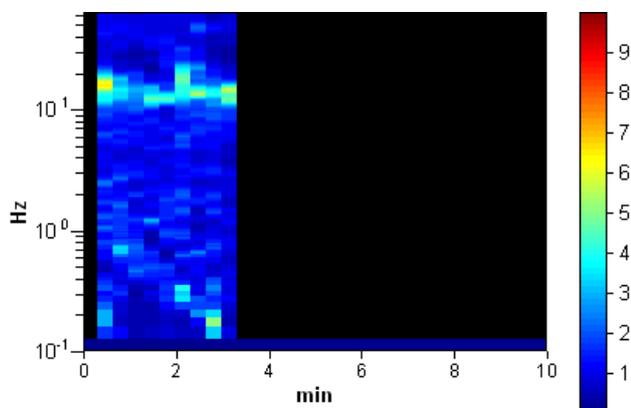
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

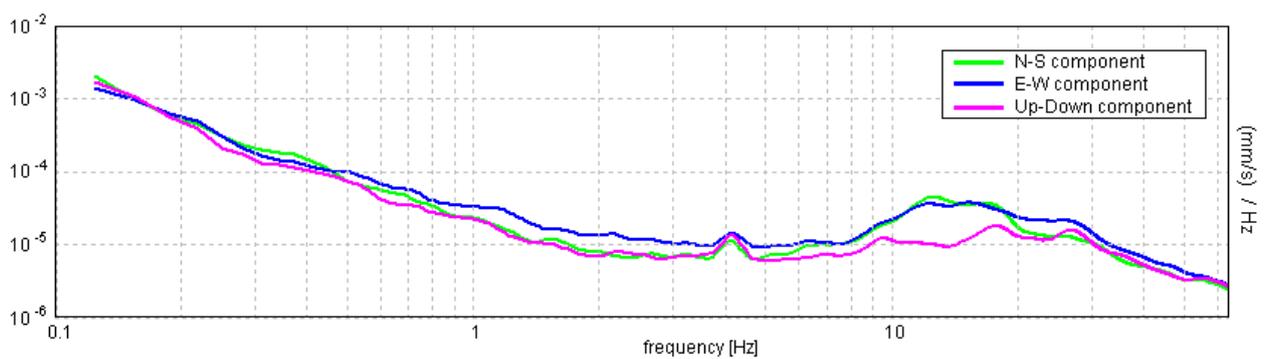
Max. H/V at 13.22 ± 1.12 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

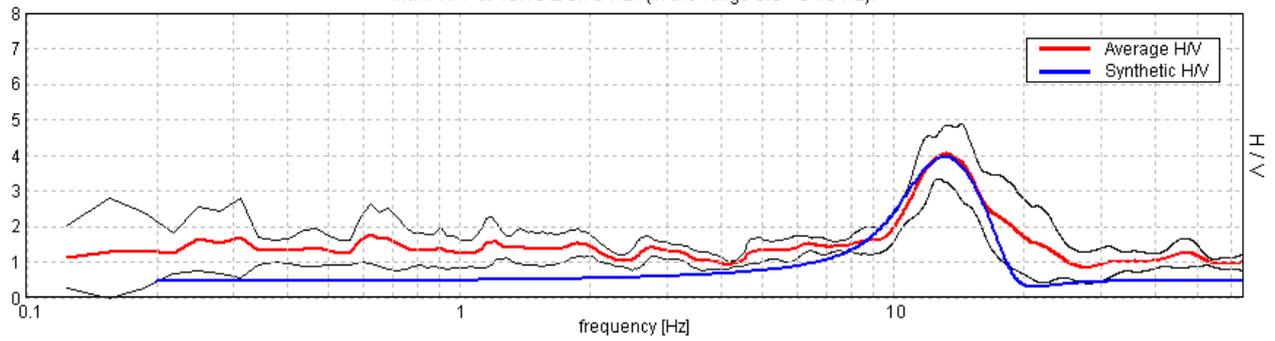


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 13.16 ± 0.76 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



**Profondità alla base dello strato [m]**

9.00  
inf.

**Spessore [m]**

9.00  
inf.

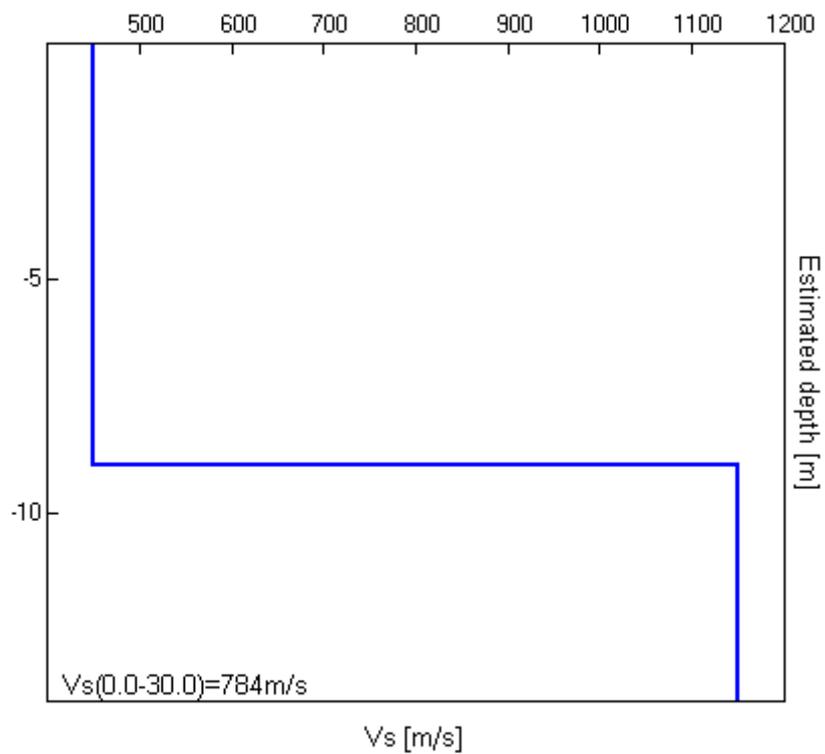
**Vs [m/s]**

450  
1150

**Rapporto di Poisson**

0.35  
0.35

Vs(0.0-30.0)=784m/s





## MM06

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 04/03/21 10:09:05 Fine registrazione: 04/03/21 10:19:06

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 23% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

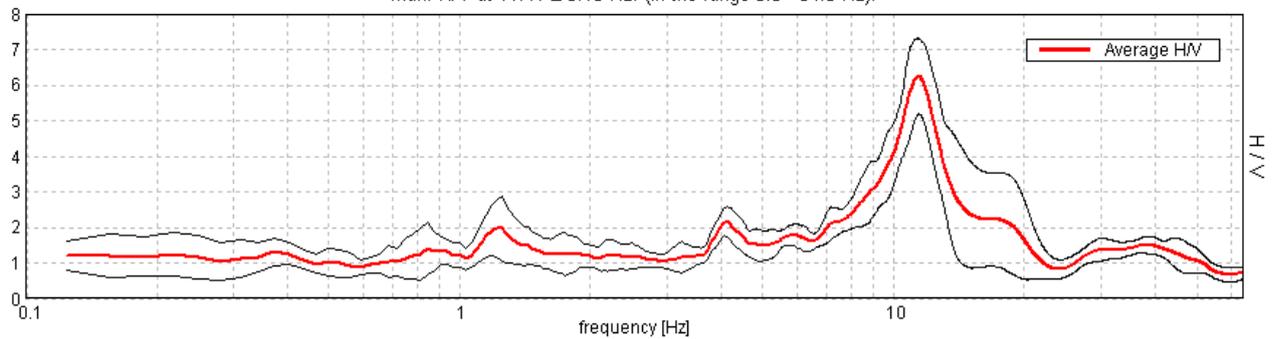
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

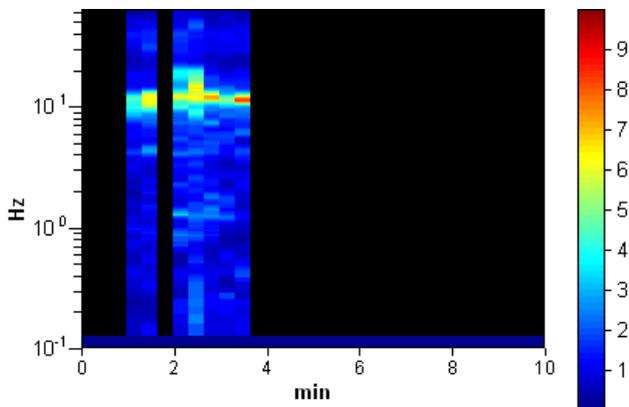
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

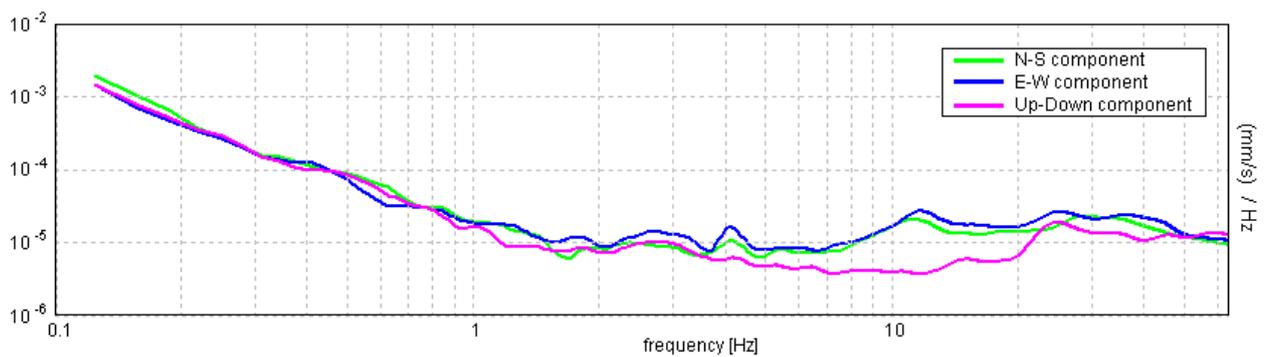
Max. H/V at 11.41 ± 0.16 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

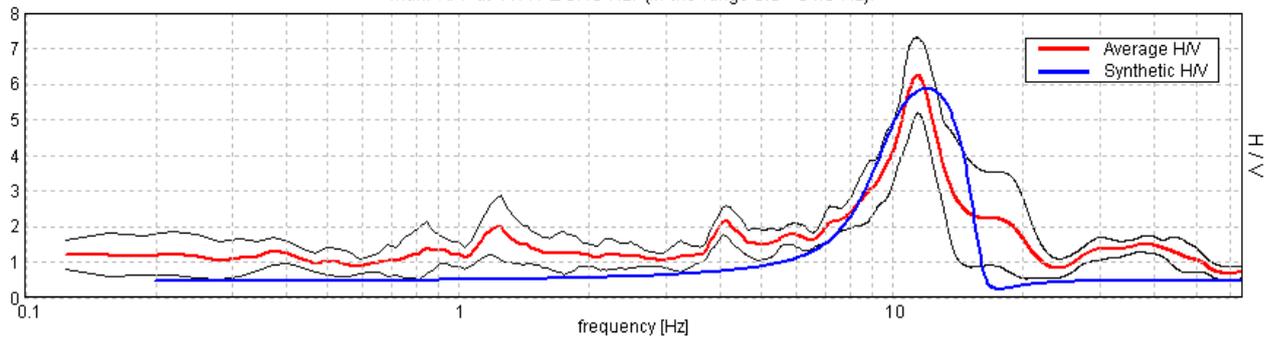


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 11.41 ± 0.16 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



**Profondità alla base dello strato [m]**

10.00  
inf.

**Spessore [m]**

10.00  
inf.

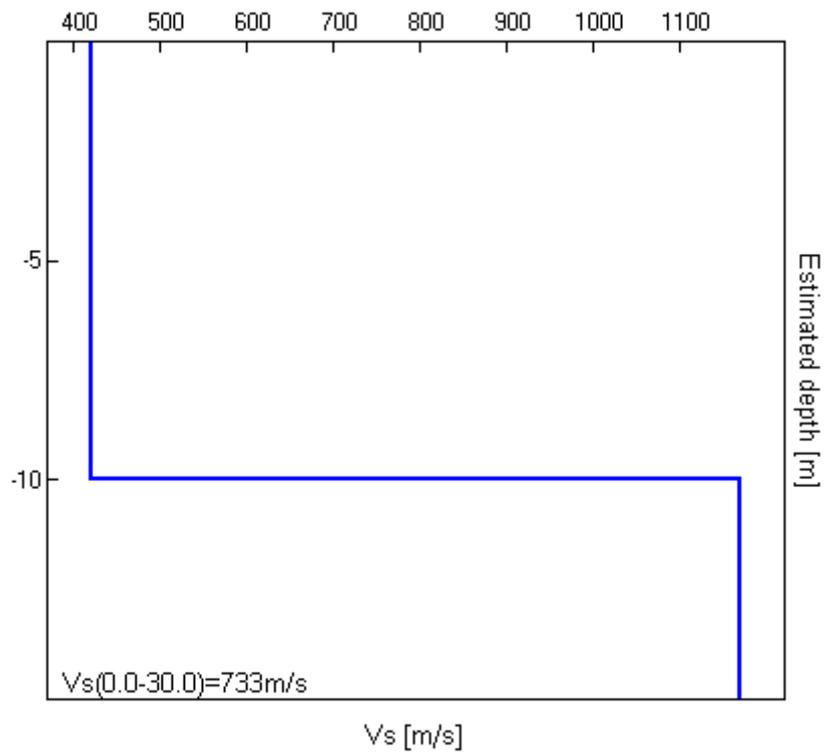
**Vs [m/s]**

420  
1170

**Rapporto di Poisson**

0.35  
0.35

Vs(0.0-30.0)=733m/s





## MM07

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 04/03/21 10:34:36 Fine registrazione: 04/03/21 10:44:37

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 43% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

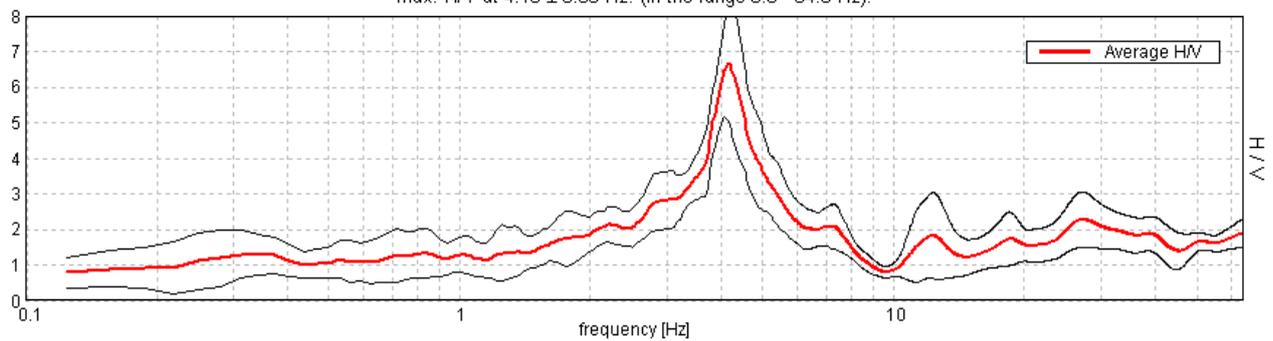
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

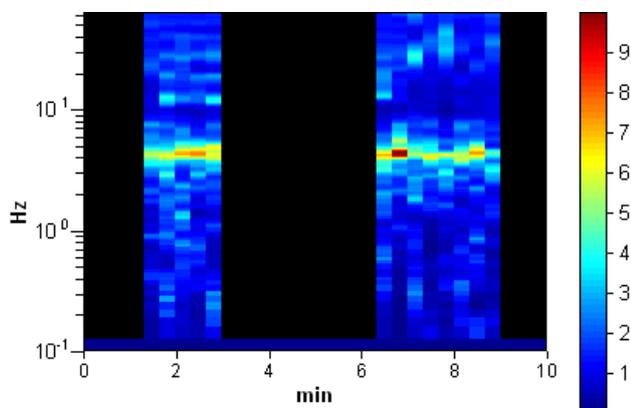
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

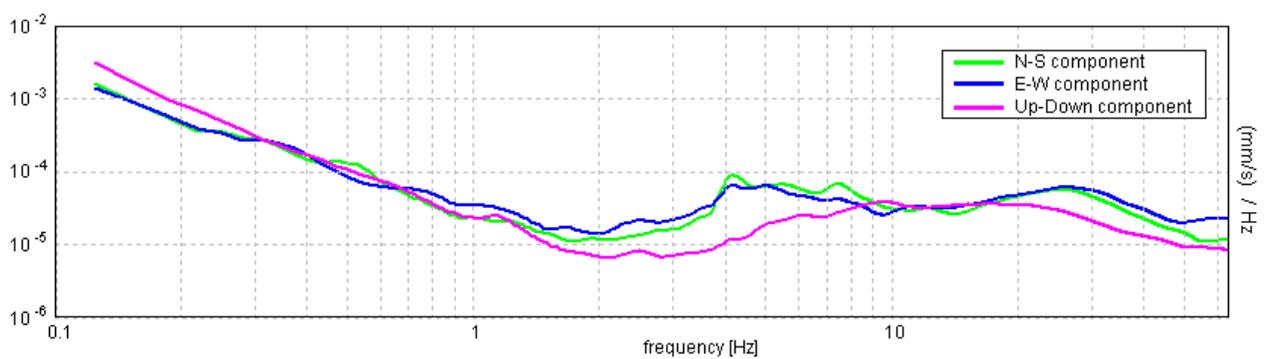
Max. H/V at 4.16 ± 0.03 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



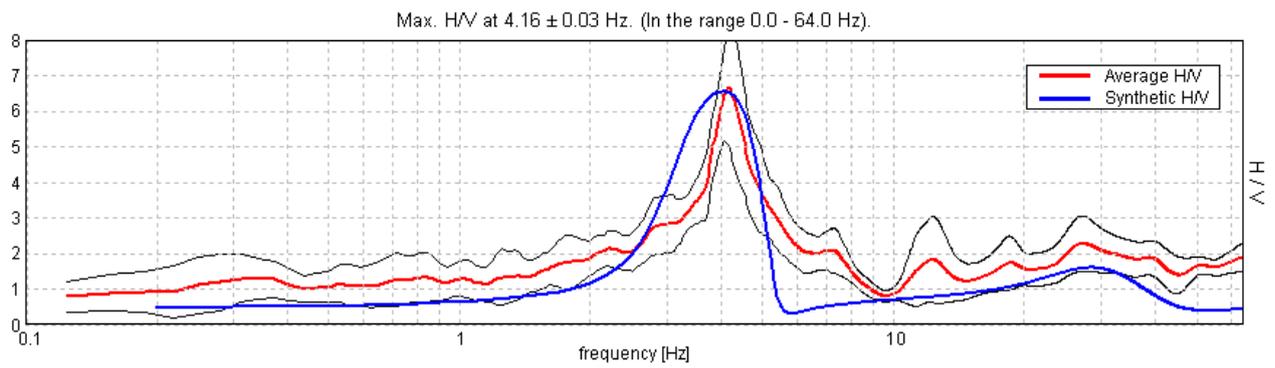
### SERIE TEMPORALE H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

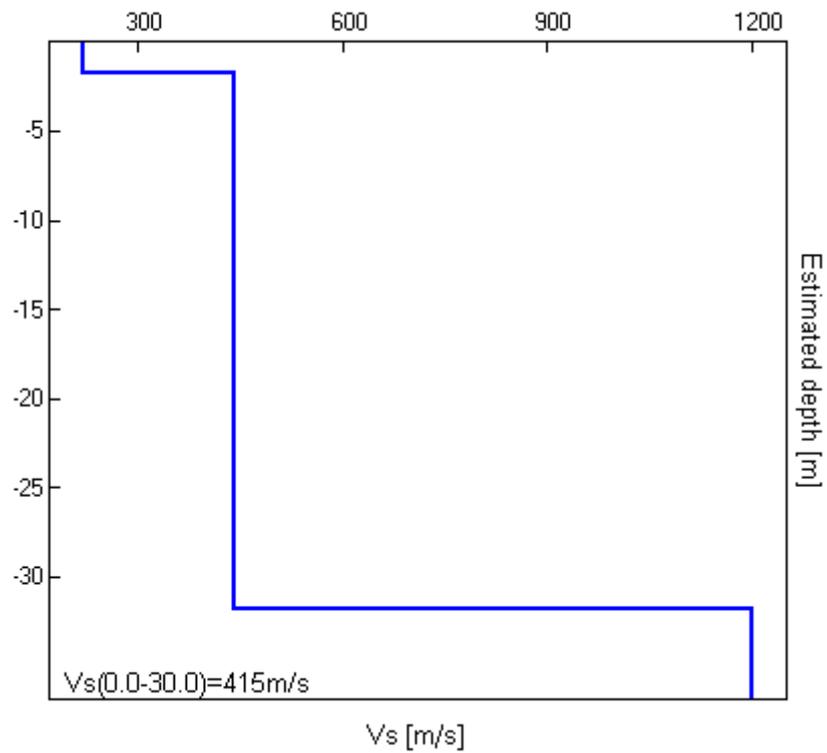


### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	220	0.35
31.80	30.00	440	0.35
inf.	inf.	1200	0.35

$V_s(0.0-30.0)=415\text{m/s}$





## MM08

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 04/03/21 11:07:09 Fine registrazione: 04/03/21 11:17:10

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 50% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

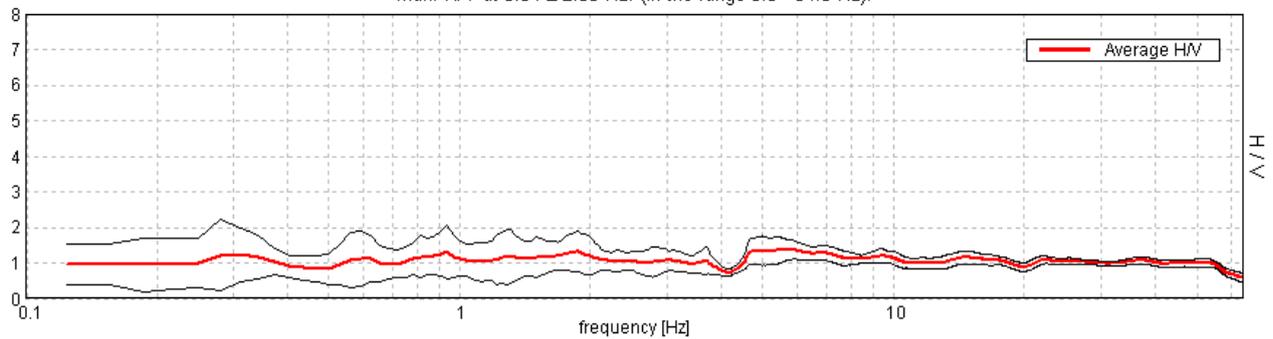
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

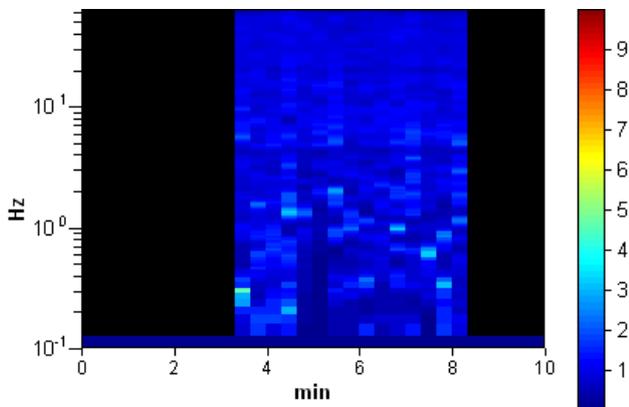
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

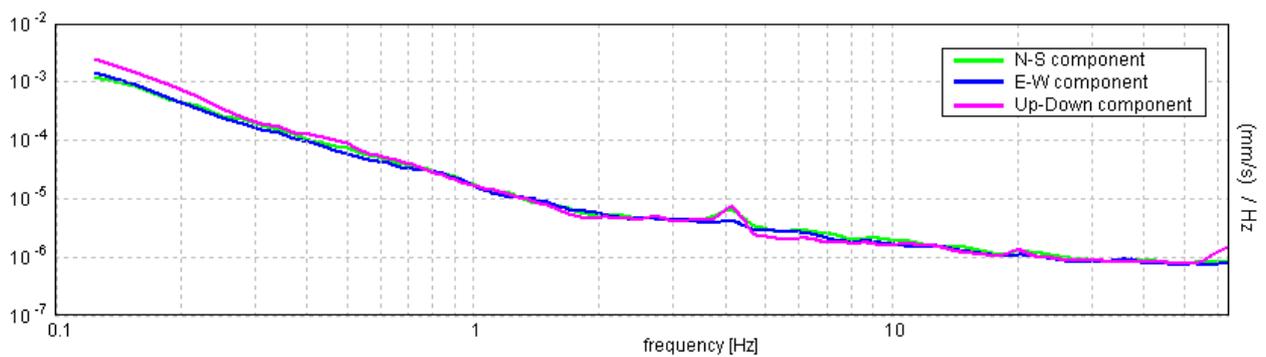
Max. H/V at 5.84 ± 2.55 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## MM09

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 05/03/21 09:11:25 Fine registrazione: 05/03/21 09:21:26

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00".

Analizzato 43% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

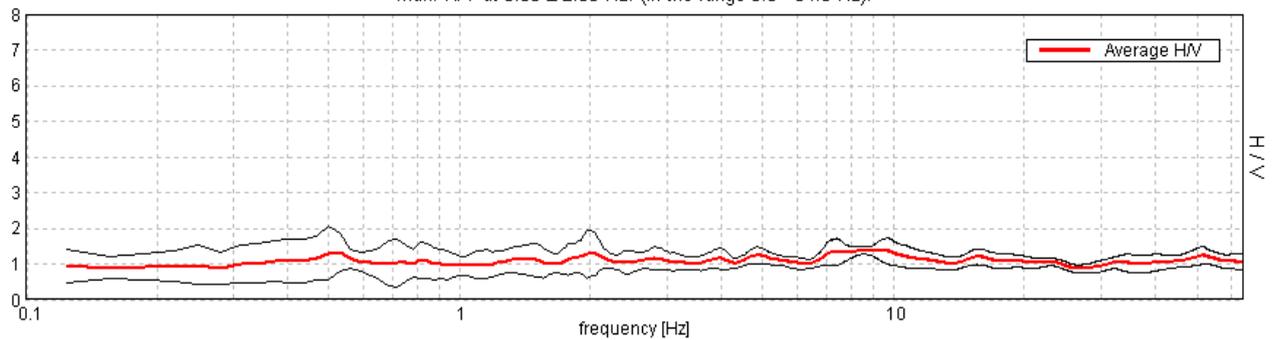
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

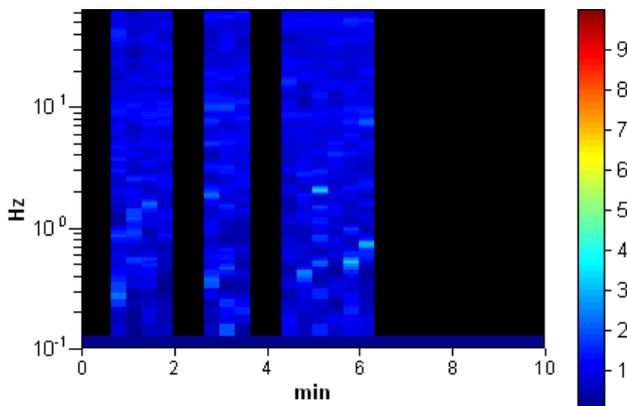
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

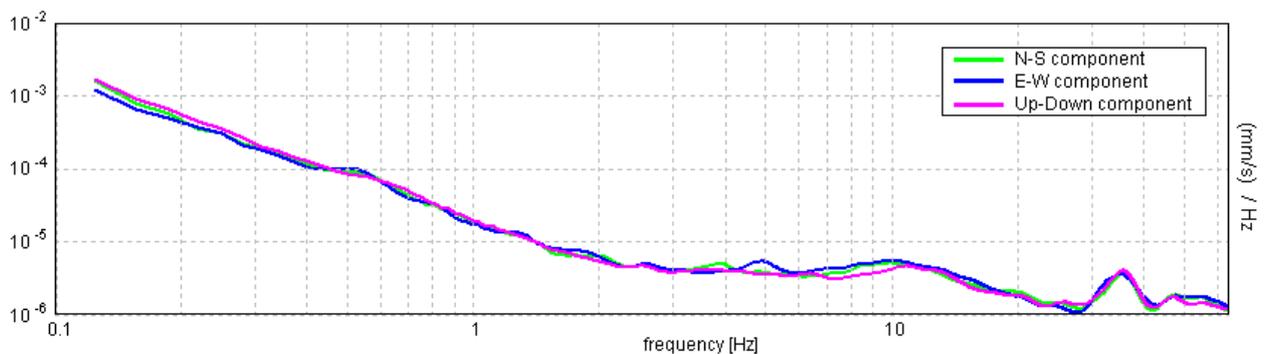
Max. H/V at 8.63 ± 2.83 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





## MM10

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 04/03/21 13:22:44 Fine registrazione: 04/03/21 13:32:45

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 40% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

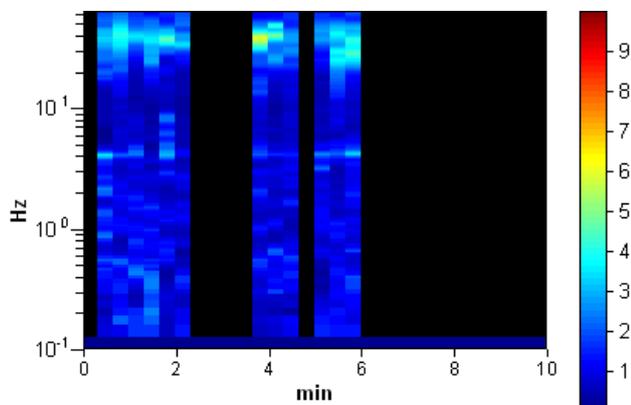
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

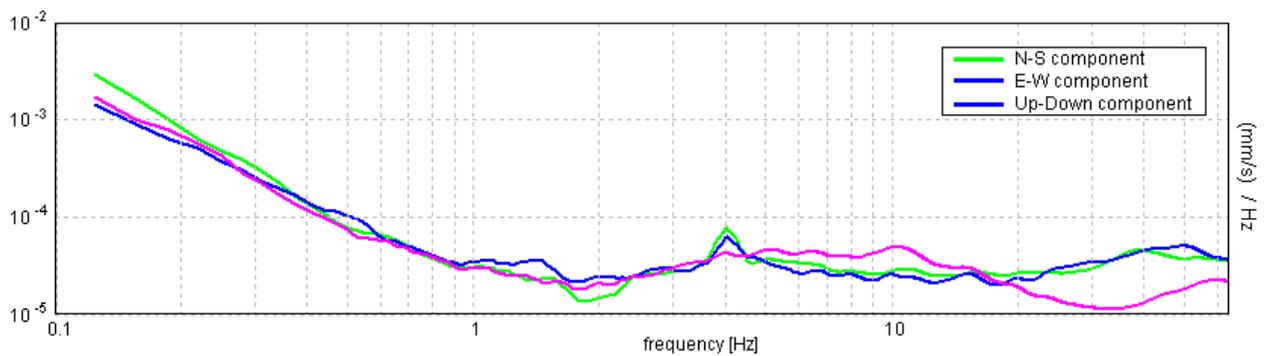
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

#### SERIE TEMPORALE H/V

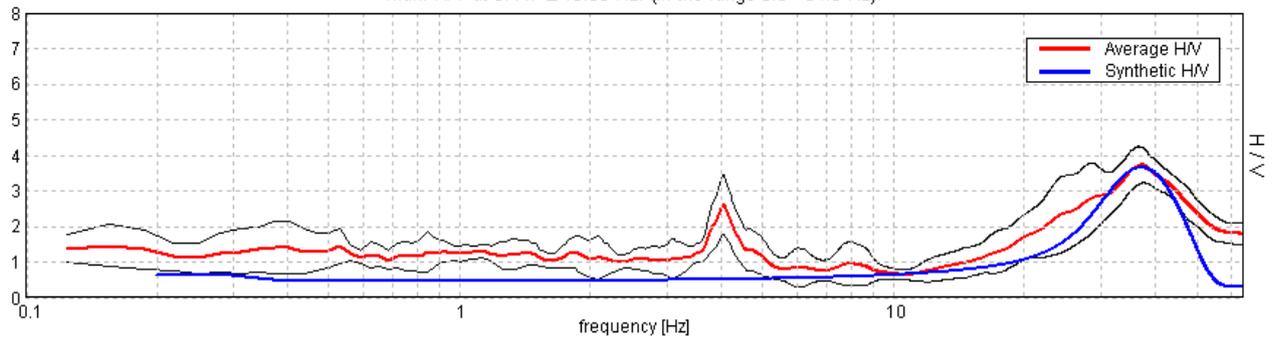


#### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 37.47 ± 10.58 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



**Profondità alla base dello strato [m]**

3.00  
inf.

**Spessore [m]**

3.00  
inf.

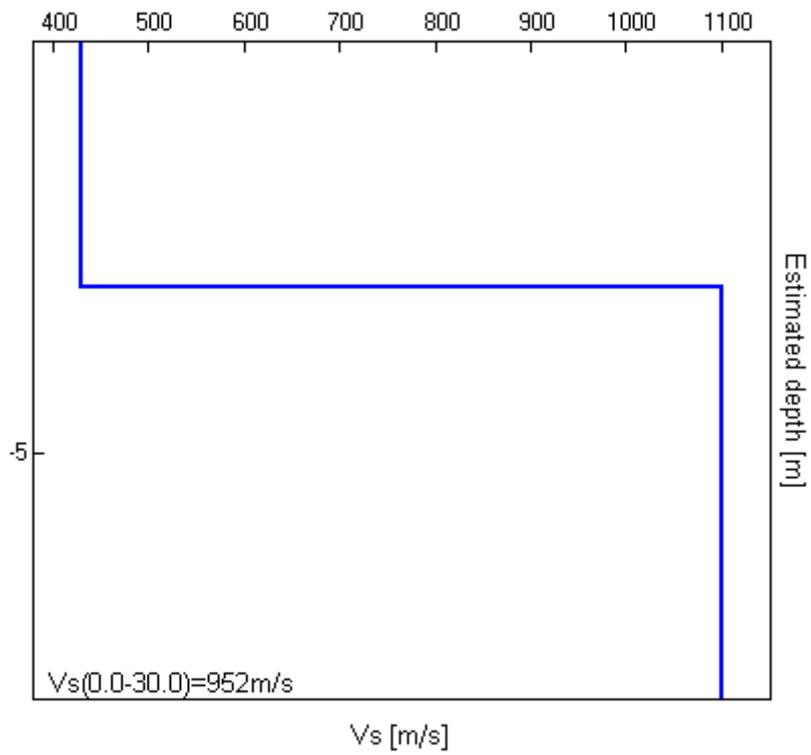
**Vs [m/s]**

430  
1100

**Rapporto di Poisson**

0.35  
0.35

Vs(0.0-30.0)=952m/s



## MM11

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 05/03/21 12:35:48 Fine registrazione: 05/03/21 12:45:49

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 27% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

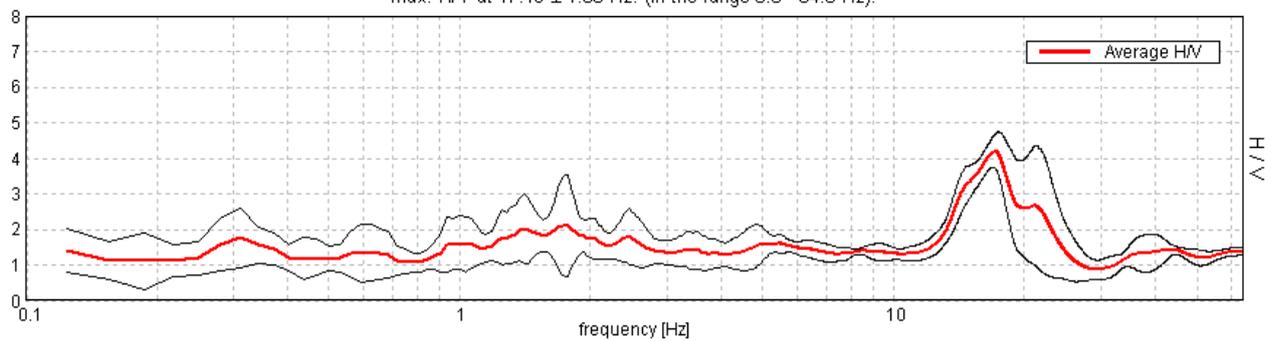
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

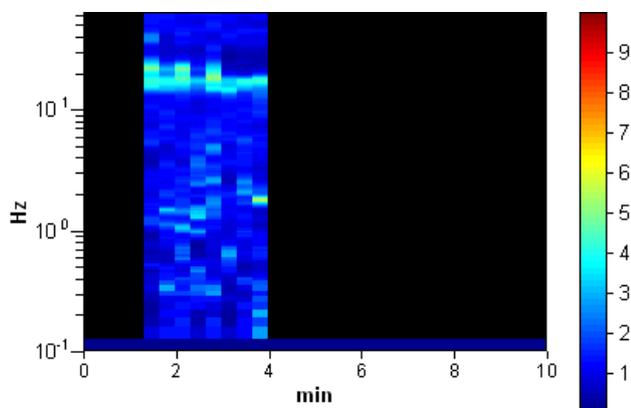
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

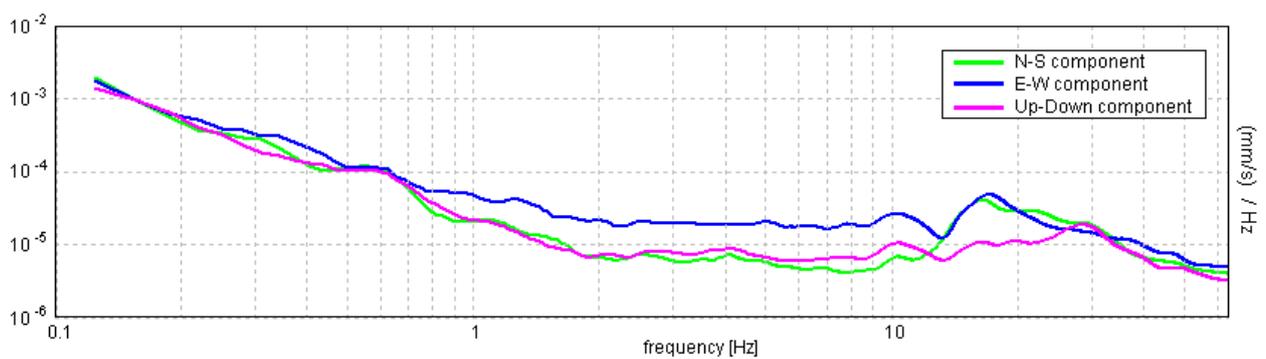
Max. H/V at 17.19 ± 1.88 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

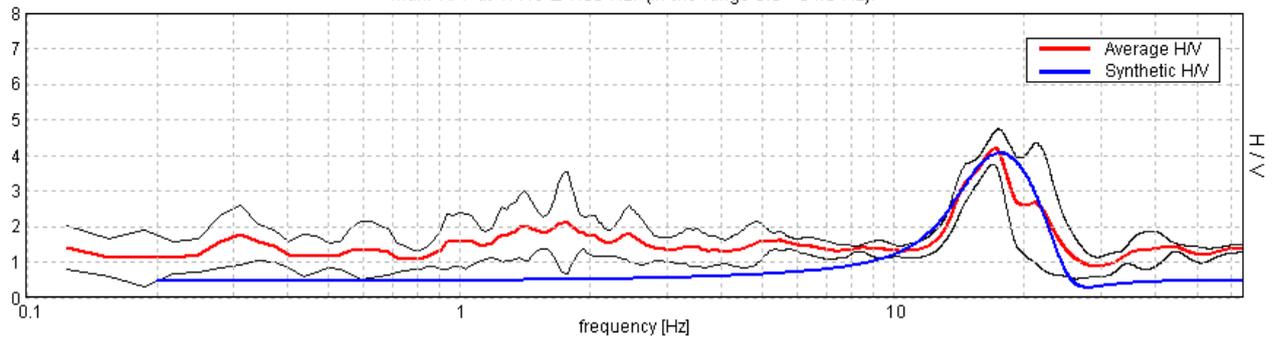


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $17.19 \pm 1.88$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



**Profondità alla base  
dello strato [m]**

6.00  
inf.

**Spessore [m]**

6.00  
inf.

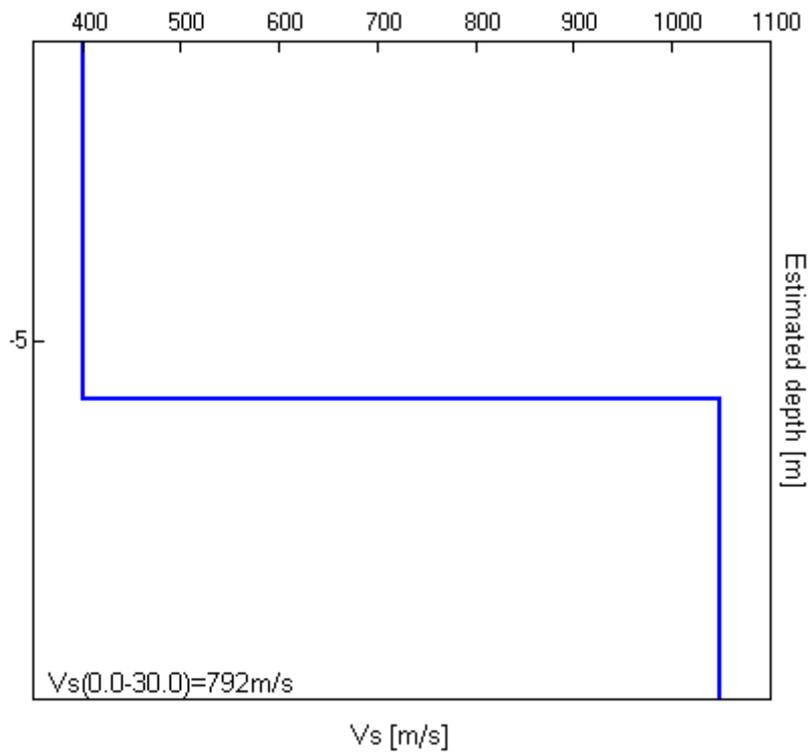
**Vs [m/s]**

400  
1050

**Rapporto di Poisson**

0.35  
0.35

$V_s(0.0-30.0)=792\text{m/s}$



## MM12

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 05/03/21 09:59:40 Fine registrazione: 05/03/21 10:09:41

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 37% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

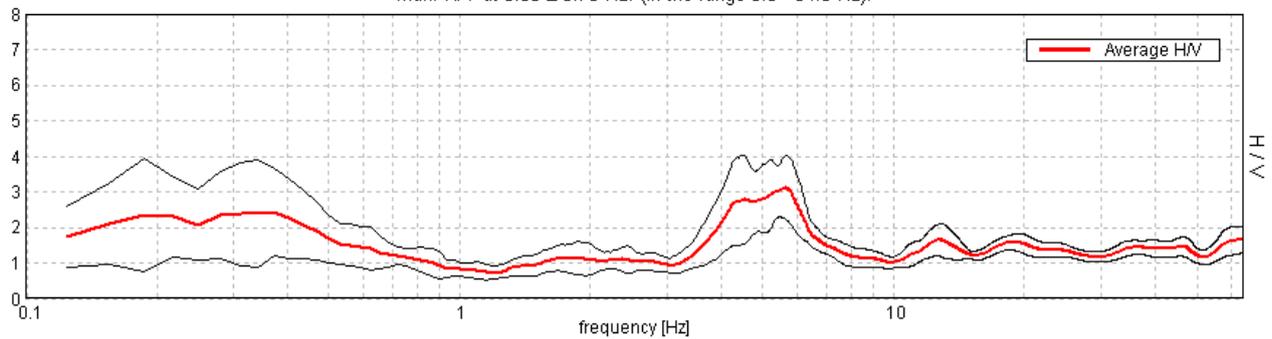
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

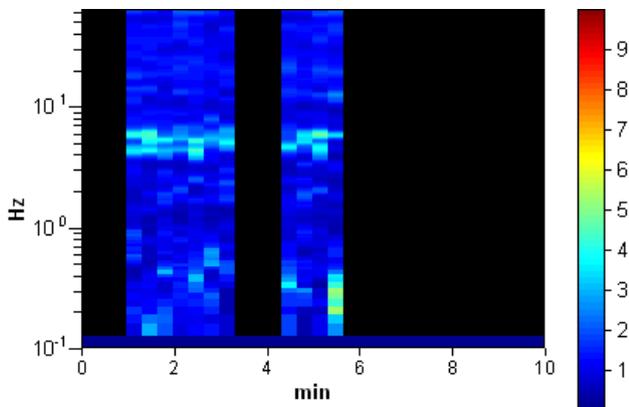
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

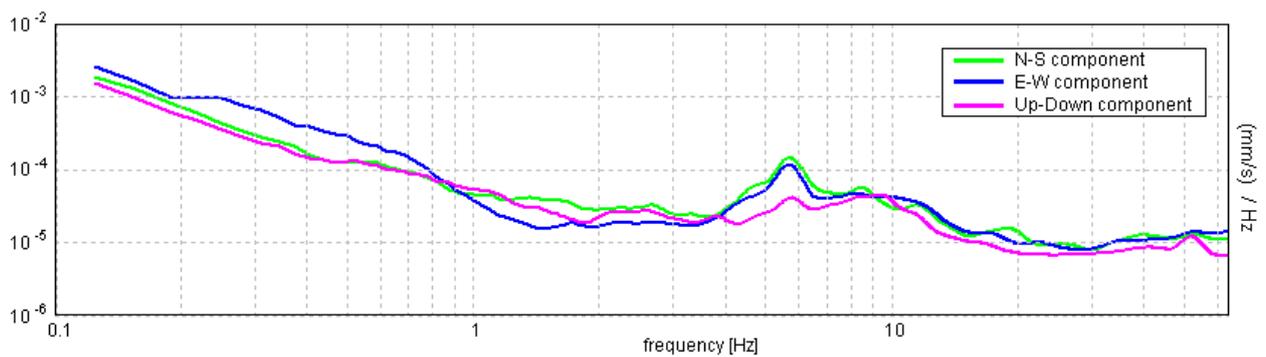
Max. H/V at 5.63 ± 0.75 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

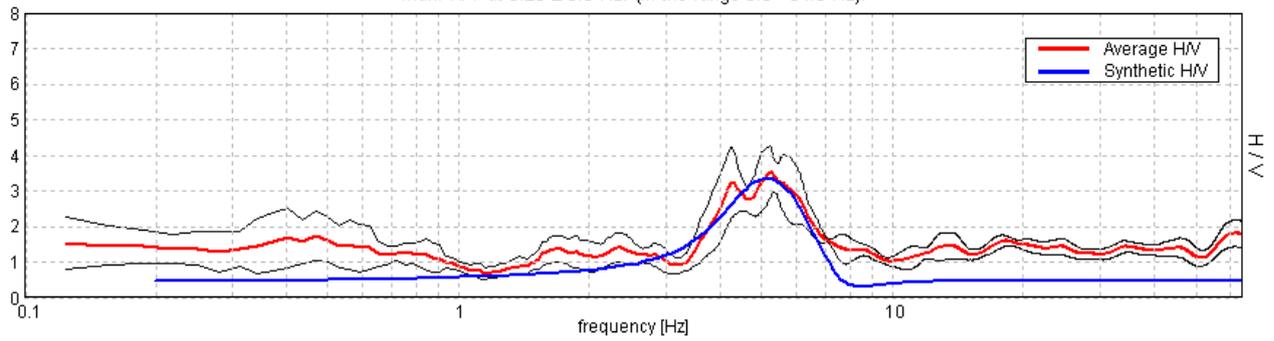


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $5.25 \pm 0.5$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



**Profondità alla base dello strato [m]**

20.00  
inf.

**Spessore [m]**

20.00  
inf.

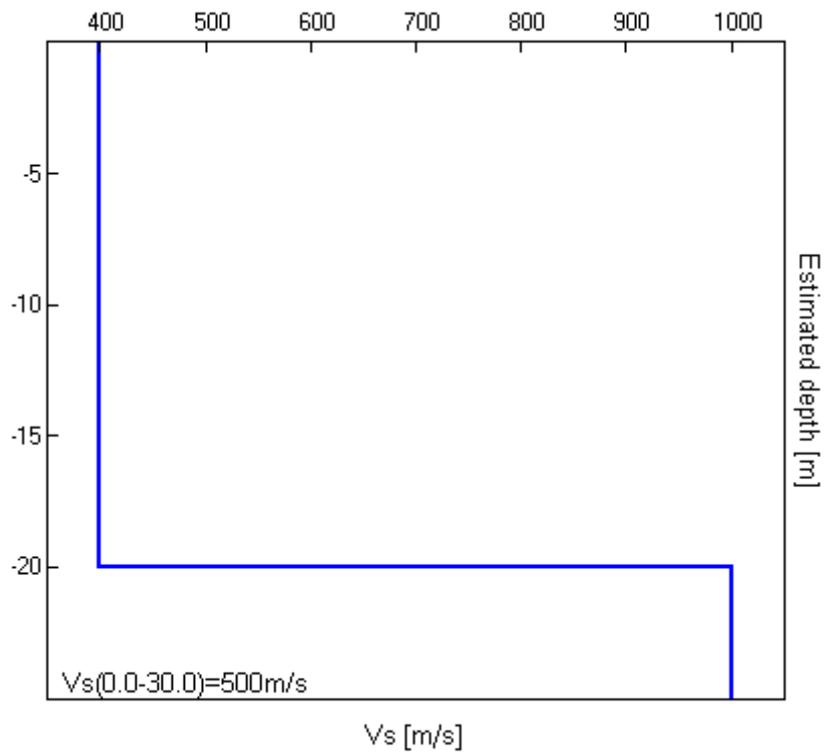
**Vs [m/s]**

400  
1000

**Rapporto di Poisson**

0.35  
0.35

$V_s(0.0-30.0)=500\text{m/s}$





## MM13

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 04/03/21 12:43:45 Fine registrazione: 04/03/21 12:53:46

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 43% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

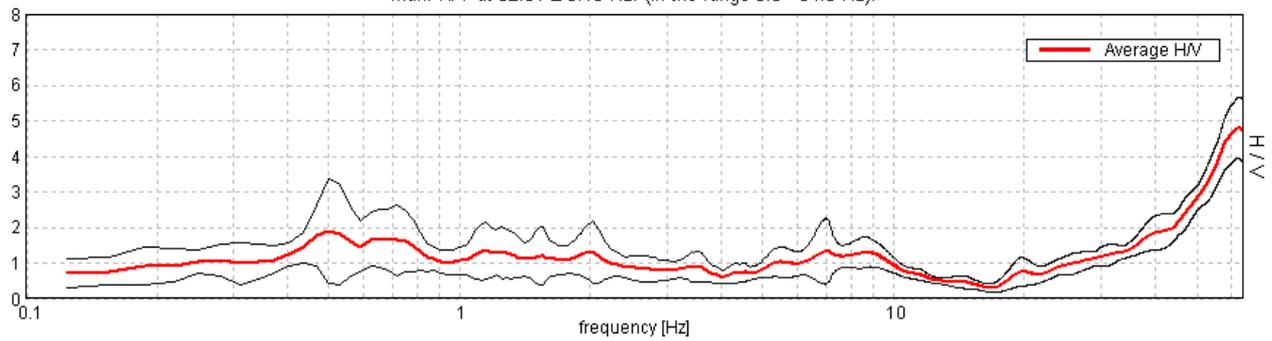
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

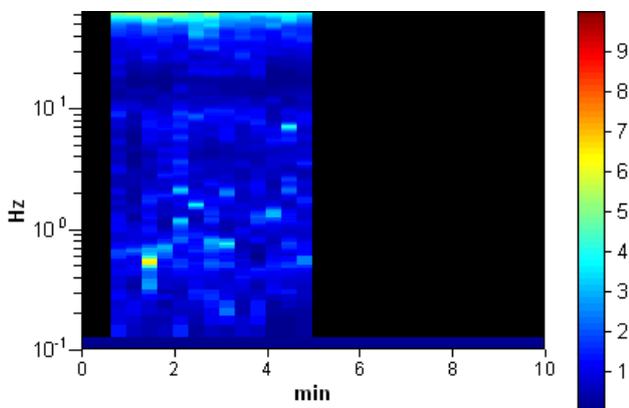
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

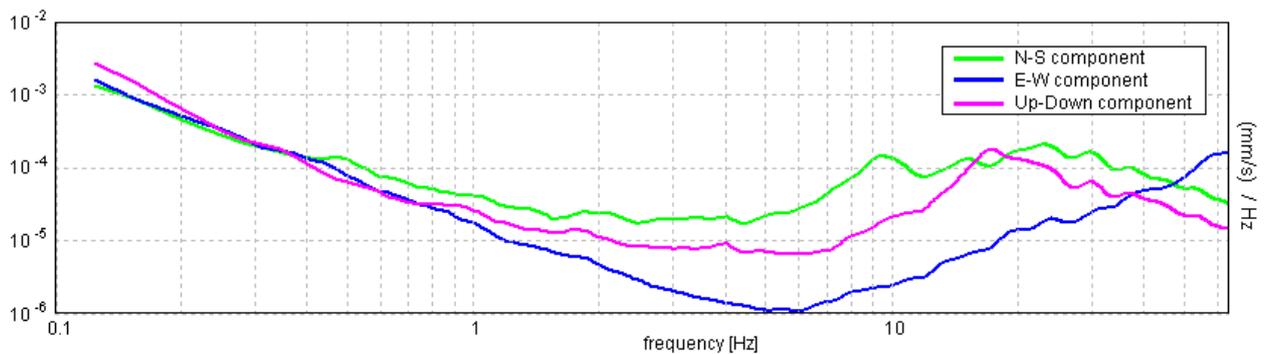
Max. H/V at  $62.31 \pm 0.16$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

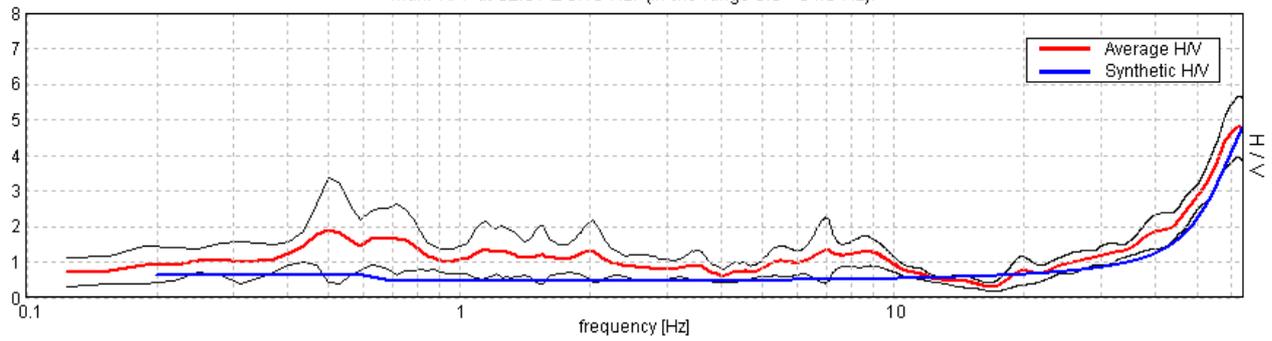


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 62.31 ± 0.16 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



**Profondità alla base dello strato [m]**

1.50  
inf.

**Spessore [m]**

1.50  
inf.

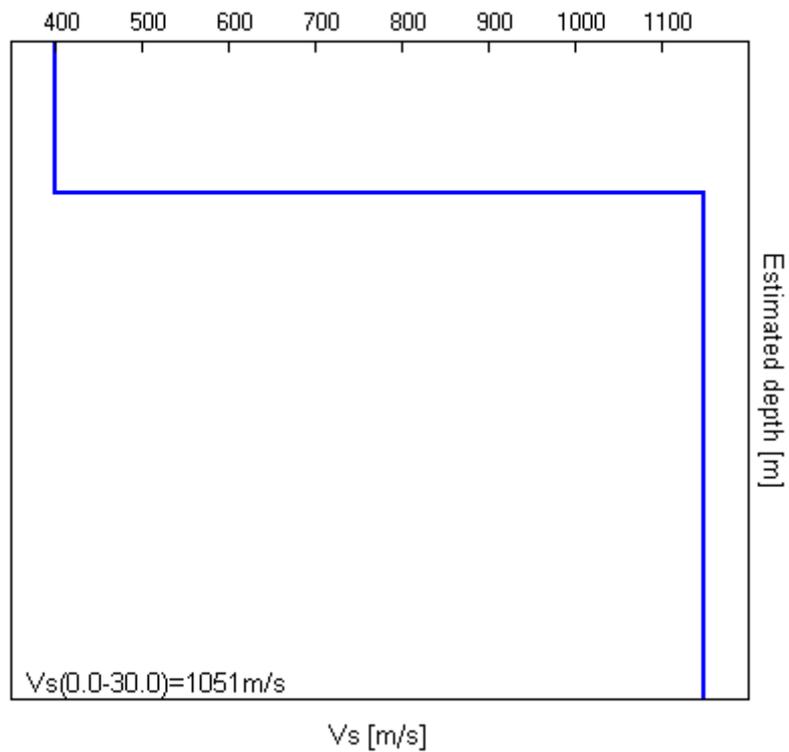
**Vs [m/s]**

400  
1150

**Rapporto di Poisson**

0.35  
0.35

Vs(0.0-30.0)=1051m/s





## MM14

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 04/03/21 12:19:33 Fine registrazione: 04/03/21 12:29:34

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 33% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

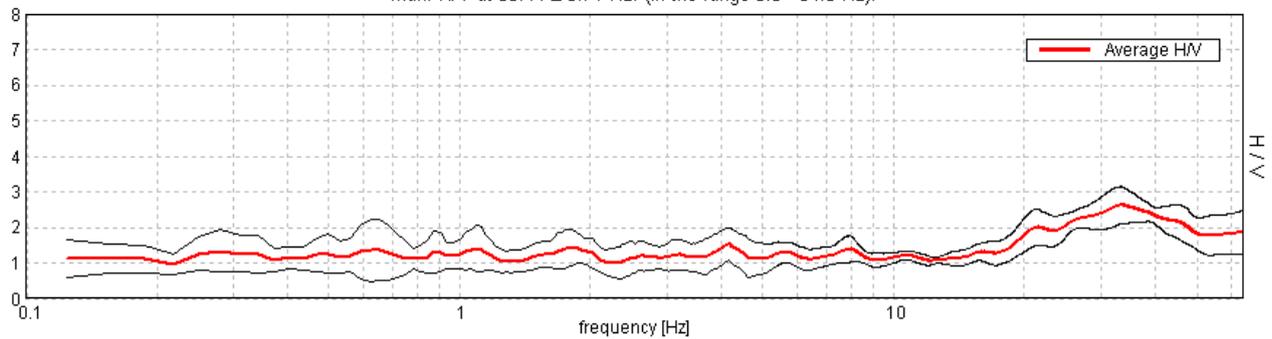
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

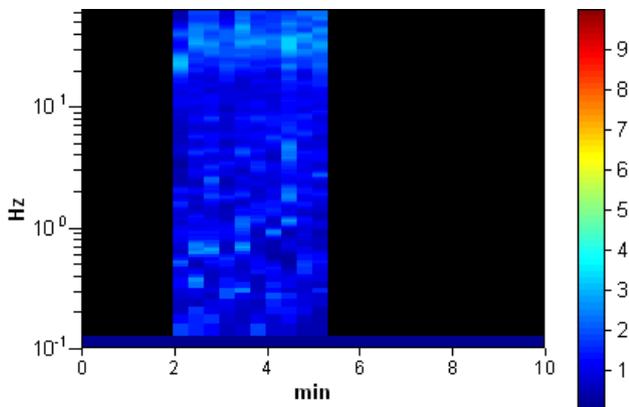
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

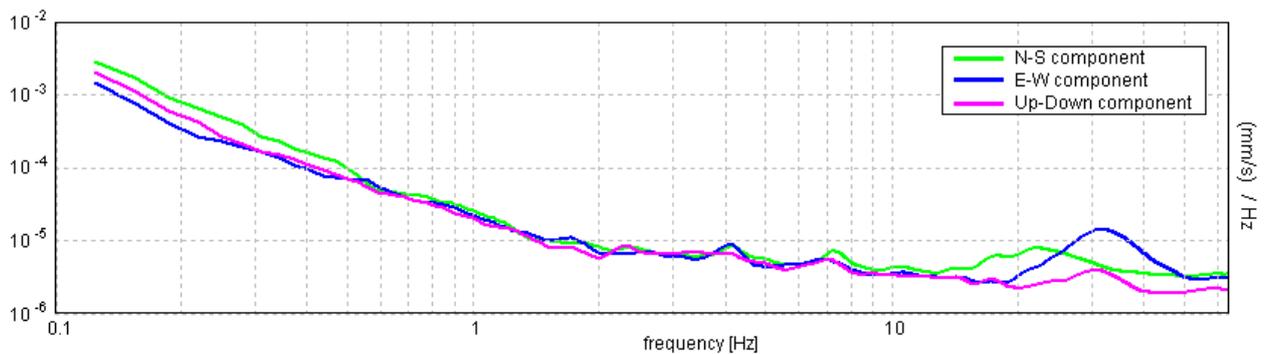
Max. H/V at 33.44 ± 3.71 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

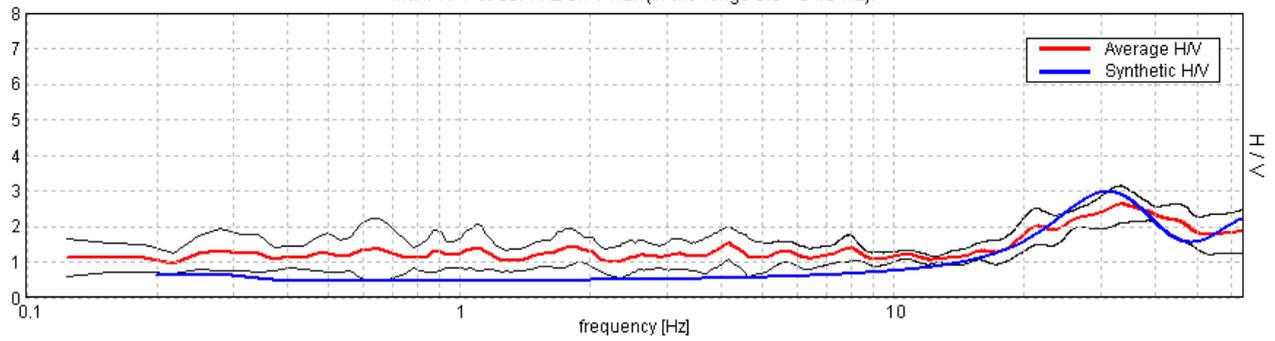


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



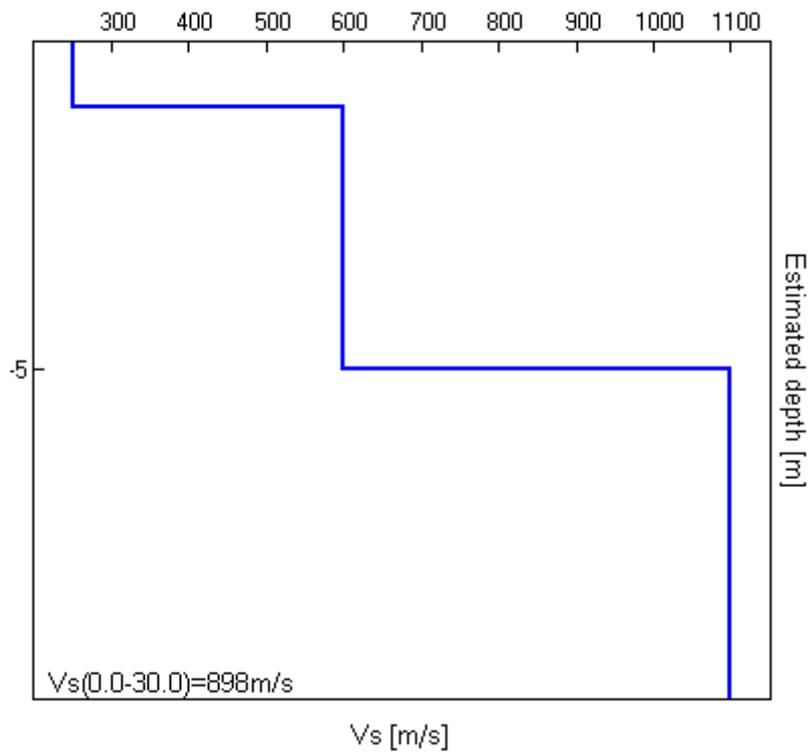
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $33.44 \pm 3.71$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	250	0.35
5.00	4.00	600	0.35
inf.	inf.	1100	0.35

$V_s(0.0-30.0)=898\text{m/s}$





## MM15

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 05/03/21 11:02:12 Fine registrazione: 05/03/21 11:12:13

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 27% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

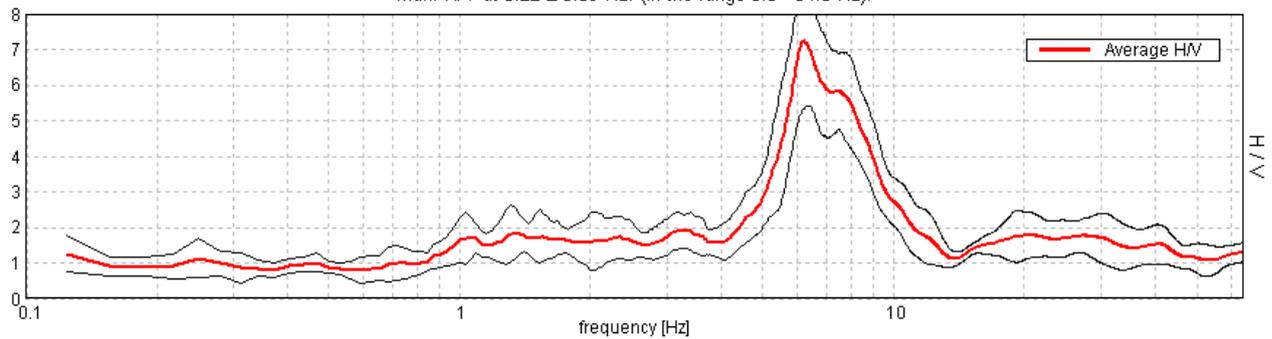
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

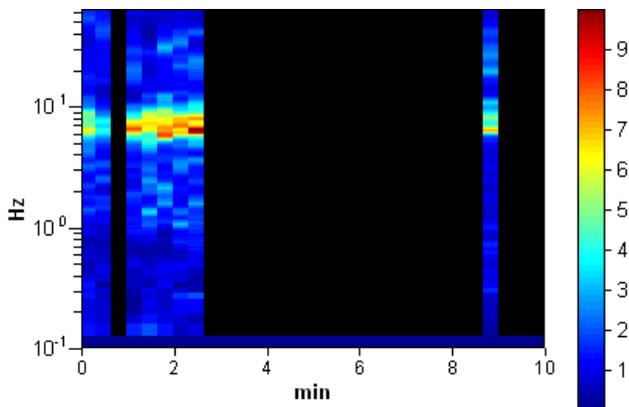
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

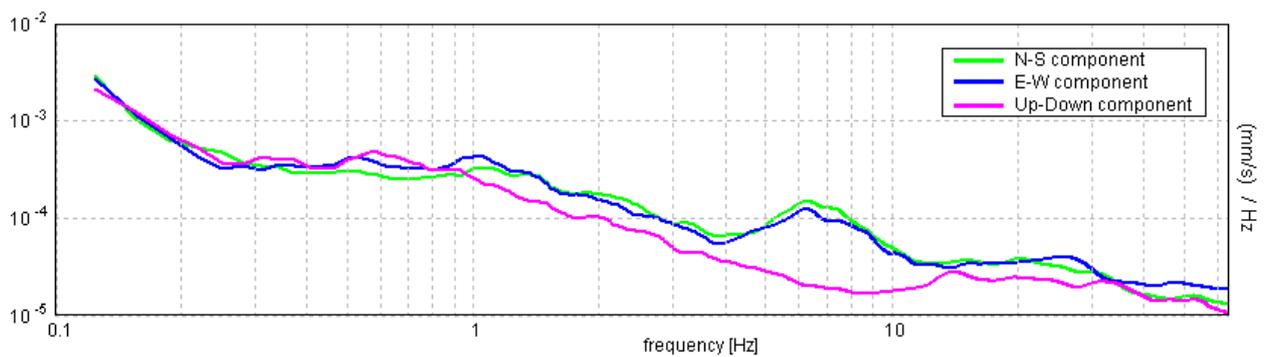
Max. H/V at 6.22 ± 0.09 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

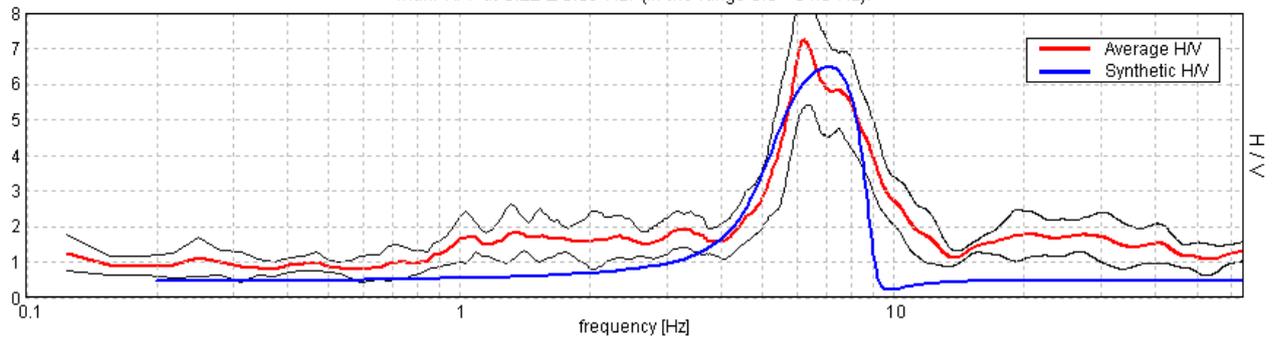


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $6.22 \pm 0.09$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



**Profondità alla base dello strato [m]**

17.00  
inf.

**Spessore [m]**

17.00  
inf.

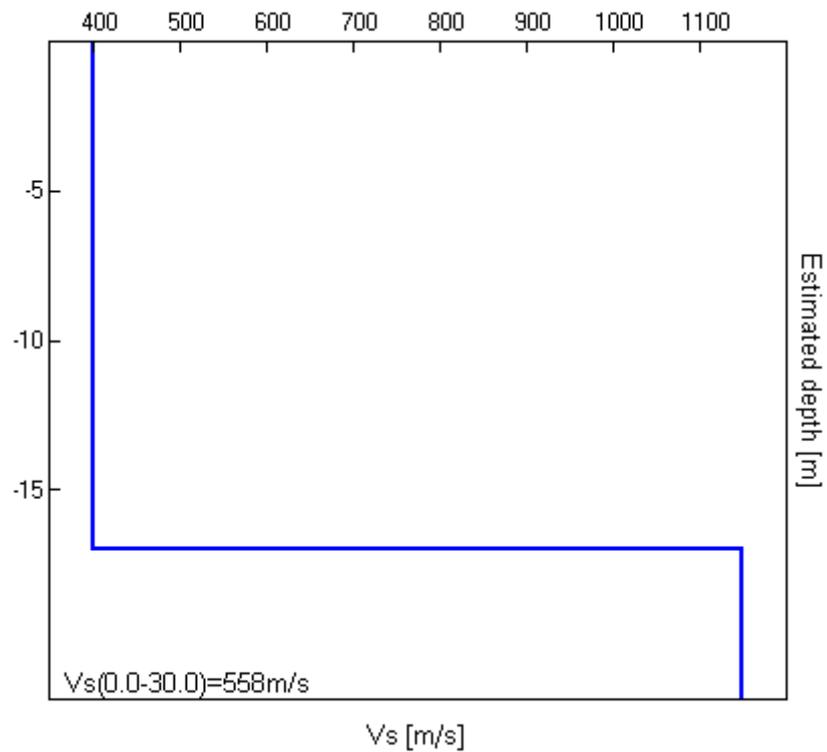
**Vs [m/s]**

400  
1150

**Rapporto di Poisson**

0.35  
0.35

$V_s(0.0-30.0)=558\text{m/s}$





## MM16

Strumento: TRZ-0105/01-10

Inizio registrazione: 07/03/21 16:46:45 Fine registrazione: 07/03/21 16:56:46

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00".

Analizzato 53% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

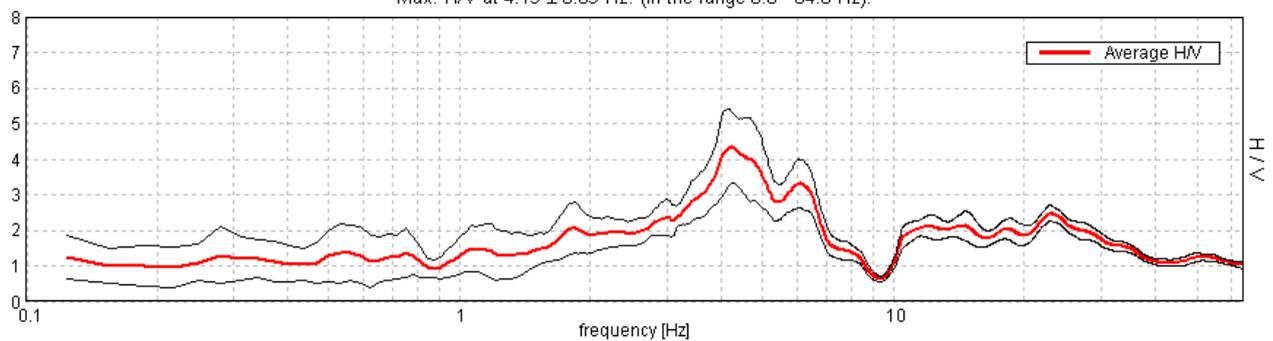
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

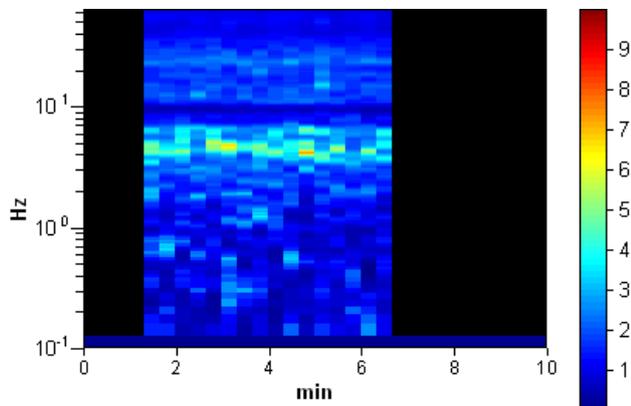
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

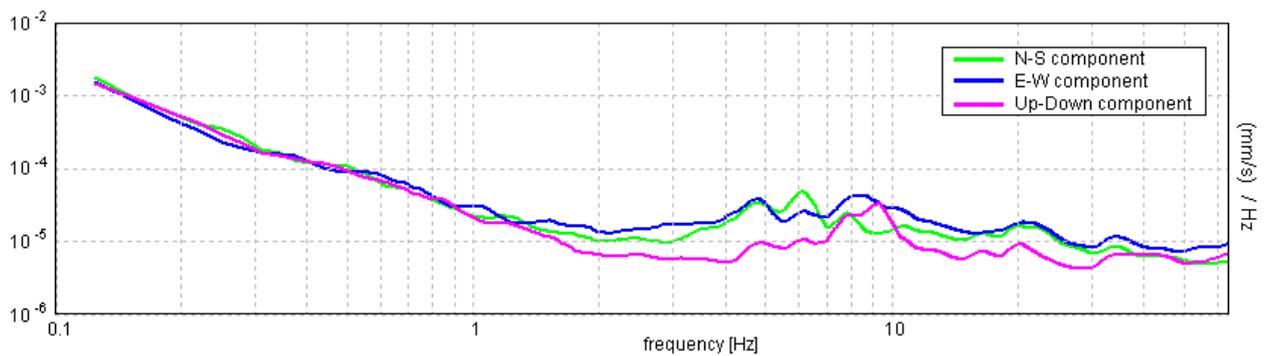
Max. H/V at 4.19 ± 0.09 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

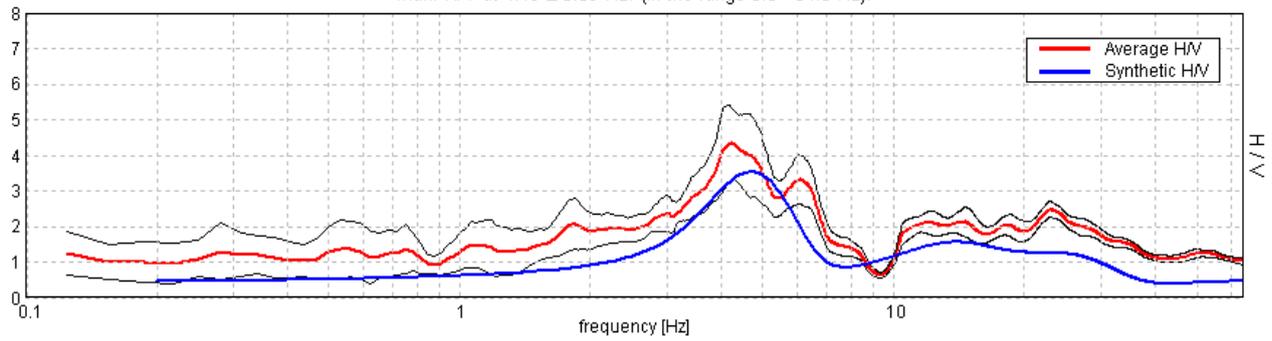


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



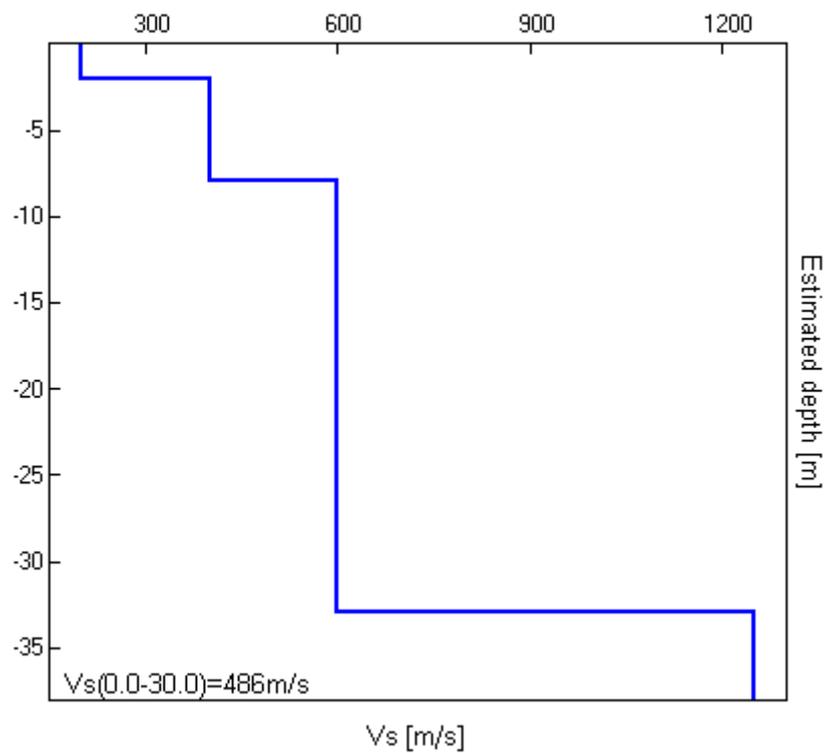
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 4.19 ± 0.09 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	200	0.35
8.00	6.00	400	0.35
33.00	25.00	600	0.35
inf.	inf.	1250	0.35

Vs(0.0-30.0)=486m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $4.19 \pm 0.09$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1340.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 202	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.75 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.35 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01013  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04243 < 0.20938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.48 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20