



**REGIONE SICILIA  
PROVINCIA MESSINA  
COMUNE DI MISTRETТА**



**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO AD INSEGUIMENTO POTENZA IMPIANTO 43,148 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "MISTRETТА" NEL TERRITORIO COMUNALE DI MISTRETТА(ME) SU TERRENO D.4.4 A DESTINAZIONE SPERIMENTAZIONE AGROPASTORALE, COMPRENDE LE OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA IN AT NEL COMUNE DI MISTRETТА (ME)**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE GEOFISICA**

Titolo elaborato

Committente

AS Management srl  
Via Paolo Andreani n.6  
20122 Milano  
P.IVA 06937190822

Progettazione



Ing. Antonio Nastri

Firme



P03/22	ENHUBREL.02	P03/Mistretta/EPD/Rel. Geofisica	---	varie	---
Commessa	Cod. elaborato	Nome file	Scala	Formato	Foglio
0	14.07.2023	Emissione	MO-MM	MO	AN
Rev.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MWp</b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> ‘ <b>ENHUB Rel.02</b> ’ - Relazione Geofisica	<b>Data:</b> <b>14/07/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 1/30
--	-----------------------------------	------------------	-----------------------

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE  
DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO AD INSEGUIMENTO  
POTENZA IMPIANTO 43,1480 MWP  
DENOMINATO – MISTRETTA –  
NEL TERRITORIO COMUNALE DI MISTRETTA  
IN PROVINCIA DI MESSINA, COMPRENDENTE ANCHE LE OPERE  
PER LA CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA IN AT NEL  
COMUNE DI MISTRETTA (ME)**

**COMMITTENTE: AS MANAGEMENT SRL**

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MWp</b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato: ‘ENHUB Rel.02’ - Relazione Geofisica</b>	<b>Data:</b> <b>14/07/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 2/30
---	-----------------------------------	------------------	-----------------------

## INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DATI DI PROGETTO.....	3
2.1	Titolare dell’impianto e Committente.....	3
2.2	Ubicazione dell’impianto agrovoltaiico.....	3
3	INDAGINE SISMICA MASW.....	6
3.1	<i>Cenni sulla Metodologia di Indagine Masw</i> .....	6
3.2	STRUMENTAZIONE MASW E TECNICHE UTILIZZATE.....	8
4	CENNI SULLA STORIA SISMICA DEL TERRITORIO.....	9
4.1	Pericolosità Sismica di Base.....	12
4.2	Pericolosità Sismica Locale.....	13
4.3	Risultati dei Calcoli.....	15
5	CONCLUSIONI.....	17

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato: ‘ENHUB Rel.02’ - Relazione Geofisica</b>	<b>Data:</b> <b>14/07/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 3/30
---	-----------------------------------	------------------	-----------------------

## 1 PREMESSA

Nell’ambito di un progetto che prevede “la realizzazione di un impianto agrivoltaico, mediante tecnologia fotovoltaica con tracker monoassiale, che la Società AS Management SRL intende realizzare in Contrada Spadaro, nel Comune di Mistretta, in provincia di Messina. L’impianto avrà una potenza installata di 43.148 kWp e l’energia prodotta verrà immessa sulla rete RTN in alta tensione.

L’impianto sarà connesso alla rete elettrica nazionale in virtù della STMG proposta dal gestore della rete Terna S.p.A. (codice pratica: 202101338) e relativa ad una potenza elettrica in immissione pari a 33,00 MW. Lo schema di collegamento alla RTN prevede il collegamento con cavo interrato a 150 kV di lunghezza pari a circa 1,3 km (misurato a partire dalla Cabina Generale Utente) con la sezione a 150 kV fino all’esistente SST “MISTRETTA”.

La società, per il proseguo dell’iter autorizzativo del progetto, ha incaricato il sottoscritto Dott. Geol. Michele Ognibene, regolarmente iscritto all’Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n. 3003 Sez. A, di redigere il presente studio geofisico unitamente alla direzione ed esecuzione delle indagini indirette di supporto.

Per assolvere all’incarico conferitogli, lo scrivente ha eseguito:

- ✓ L’analisi di n.2 acquisizioni di sismica MASW (identificate con le sigle Mw1 e Mw2) eseguita entro l’area oggetto di studio, ai sensi dell’OPCM n. 3274 del 20/03/2003 (GU n.252 del 29/10/2003) e dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17 Gennaio 2018.

Il lavoro ha inoltre portato alla redazione della Planimetria con l’ubicazione delle indagini effettuate che ne costituiscono parte integrante.

## 2 DATI DI PROGETTO

### 2.1 Titolare dell’impianto e Committente

Il Titolare e Committente dell’impianto è:

**AS Management SRL**

Amministratore con poteri delegati: **ORKUN GULEC**

**VIA PAOLO ANDREANI N. 6**

**20122 Milano**

**P. Iva n. 06937190822**

### 2.2 Ubicazione dell’impianto agrovoltaico

L’impianto agrovoltaico verrà realizzato su diversi lotti di terreno (*vedi fig. 3.2-1 impianto Mistretta agrovoltaico*), siti nel territorio di Mistretta (ME) Contrada Spadaro per un’area complessiva di circa **148,99** ettari:



vedi fig. 3.2-1 - impianto Mistretta Agrovoltaico

Da un punto di vista catastale, l'impianto ricade nei fogli N. **90 e 92** del N.C.T. del comune di Mistretta ed interessa le particelle indicate nelle seguenti tabelle (tab.3.2-3- dati catastali lotto “**Mistretta agrovoltaico**”):

FOGLIO 90							
PARTICELLA	NOMINATIVO O DENOMINAZIONE	CODICE FISCALE	QUALITÀ	CLASSE	ha	are	ca
130 AA	BONGARRA MARIA RITA nata a PALERMO (PA) il 08/10/1973 BONGARRA MATILDE nata a PALERMO (PA) il 23/02/1975	BNGMRT73R48G273N BNGMLD75B63G273D	PASCOLO	2	6	13	57
130 AB			PASCOLO ARB	2	2	4	57
132 AA			PASCOLO	2	10	5	75
132 AB			PASCOLO ARB	2	0	10	32
7 AA			PASCOLO	2	17	89	30
7 AB			PASCOLO ARB	2	6	85	70
60 AA			PASCOLO	2	3	54	47
60 AB			PASCOLO ARB	2	1	25	63
61 AA			PASCOLO	2	0	5	86
61 AB			PASCOLO ARB	2	5	4	14
134			PASCOLO	2	3	76	3
63 AA			PASCOLO	2	2	54	62
63 AB			PASCOLO ARB	2	2	25	68
65 AA			CANNATA ANTONINO nato a PALERMO (PA) il 16/11/1963 CANNATA ANTONINO nato a MISTRETTA (ME) il 25/06/1958	CNNNNN63S16G273Z CNNNNN58H25F251W	PASCOLO	2	2
65 AB	PASCOLO ARB	2			2	24	90
70	PASCOLO	2			3	97	10
75	PASCOLO	2			1	8	80

185			PASCOLO	2	2	55	85
186 AA			PASCOLO	2	0	87	66
186 AB			PASCOLO ARB	2	0	89	69
73	MANNO FILIPPO BENEDETTO OR nato a MISTRETTA (ME) il 31/01/1957	MNNFPP57A31F251J	PASCOLO	2	3	90	20
77			PASCOLO	2	1	19	0
72 AA			PASCOLO	2	3	25	39
72 AB			PASCOLO ARB	2	0	8	1
123			PASCOLO	2	5	16	77
38			PASCOLO	2	1	66	60
TOTALE					80	1057	1351
TOTALE ETTARI					90,71		

FOGLIO 92							
PARTICELLA	NOMINATIVO O DENOMINAZIONE	CODICE FISCALE	QUALITÀ	CLASSE	ha	are	ca
7 AA	SOCIETA' AGRICOLA NUOVA ENERGIA A RESPONSABILITA' LIMITATA con sede in TERMINI IMERESE (PA)	07004780826	SEMINATIVO	2	17	16	37
7 AB			PASCOLO	2	12	77	57
7 AC			PASCOLO ARB	2	25	47	18
8 AA			PASCOLO	2	1	15	31
8 AB			PASCOLO ARB	2	1	71	97
TOTALE					56	226	240
TOTALE ETTARI					58,28		

tab. 3.2-3- Dati catastali lotto “**Mistretta Agrovoltaiico**”

I dati geografici di riferimento del lotto **Mistretta** sono:

- Latitudine = 37°51'39.23"N
- Longitudine = 14°23'9.93"E
- Altitudine = 1040 m s.l.m.

La nuova **SSU** a 20/150 kV sarà ubicata nella **particella 7** del foglio al **Foglio 92**.

I riferimenti topografici sono:

- Quadro d'unione IGM – **Mistretta** – Riquadro n. **260 I SE**;
- Carta Tecnica Regionale CTR, scala 1: 10.000, foglio n. **611090**.

Progetto: Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MWp</b> denominato – <b>Mistretta</b> – Elaborato: ‘ <b>ENHUB Rel.02</b> ’ - Relazione Geofisica	Data: <b>14/07/2023</b>	Rev. 0	Pagina 6/30
--	----------------------------	-----------	----------------

### 3 INDAGINE SISMICA MASW

#### 3.1 Cenni sulla Metodologia di Indagine Masw

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P, S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale.

L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

È possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

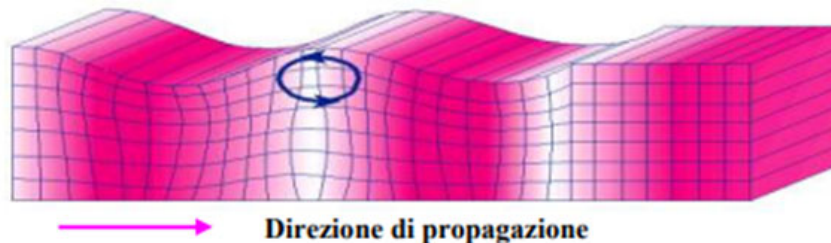
$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria,

deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

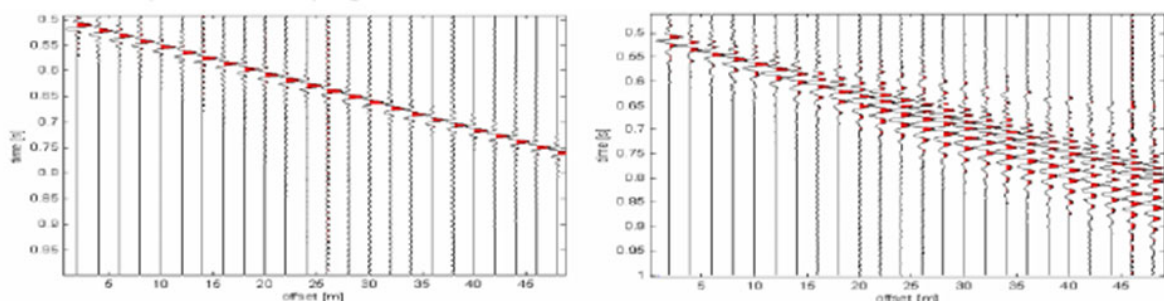


Il metodo si basa sul rilievo di onde di superficie (onde di Rayleigh); queste si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente e sono polarizzate in un piano verticale. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a  $0.92V_s$ . In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e  $0.92 V_s$ . La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Ciò consente, analizzando la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che dipende dall'inverso della lunghezza d'onda), di determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.



Il metodo MASW consente in genere di valutare le velocità di fase in un intervallo di frequenze tra 1 Hz e 60 Hz, permettendo quindi di indagare i primi 30 - 50 metri di terreno, in funzione della rigidità del suolo.

Una volta misurata in situ la velocità di fase (o curva di dispersione apparente) delle onde superficiali essendo questa funzione della velocità delle onde di taglio  $V_s$  (oltre che della natura del terreno e degli spessori degli strati) è possibile risalire al valore di queste ultime attraverso un processo d'inversione, in genere attraverso una procedura



<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> ‘ <b>ENHUB Rel.02</b> ’ - Relazione Geofisica	<b>Data:</b> <b>14/07/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 8/30
---	-----------------------------------	------------------	-----------------------

automatica tramite software che variando opportunamente spessore degli stati e velocità Vs cerca di minimizzare l’errore tra la curva sperimentale della velocità di fase misurata in situ e la curva numerica elaborata. In genere quando l’errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è inferiore al 10% il profilo di velocità delle onde di taglio Vs rappresenta una soluzione potenzialmente valida.

### **3.2 Strumentazione Masw e Tecniche Utilizzate**

La strumentazione utilizzata è composta da: un acquisitore a 24 canali della SARA Electronics Instruments® a 16 bit (registratore DOREMI), 16 geofoni a frequenza di 4.5 Hz e da un personal computer. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 8 kg battente su un piattello in pvc. L’indagine MASW è stata realizzata predisponendo uno stendimento lineare di 32 metri di lunghezza con 16 geofoni a 4.5 Hz equidistanti di 2 metri, con durata dell’acquisizione dei sismogrammi di 2s, con frequenza di campionamento di 1000 Hz e passo pari a 1 ms.

Per il campionamento delle onde di rayleigh sono stati eseguiti n. 2 shots, entrambi agli estremi dell’array geofonico a distanza di 2 metri dai geofoni estremi. Per l’elaborazione si è ritenuto scegliere lo shot più vicino al geofono n. 1, in virtù di una migliore qualità del segnale campionato.

I dati sono stati elaborati tramite il software Easy Masw. L’analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale “f-k” che analizza l’energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. In questo grafico è possibile distinguere il “modo fondamentale” delle onde di superficie. Sullo spettro di frequenza viene eseguito un “picking” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l’analisi della curva di dispersione e l’ottimizzazione del modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon “fitting” con i valori sperimentali.

I risultati grafici dell’elaborazione sono allegati alla presente relazione.

#### 4 Cenni Sulla Storia Sismica Del Territorio

Il reticolo di punti che permette di valutare la pericolosità sismica di base è frutto sia dello studio delle sorgenti e delle strutture sismogenetiche sul territorio italiano, sia dell’analisi storica dei terremoti. La figura 4.1 mostra la mappa delle sorgenti e strutture sismiche per l’intero territorio siciliano presenti nel database DISS 3.2.1, sviluppato all’interno del progetto nazionale S2 è frutto della collaborazione tra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DNPC) e l’Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV); il database è liberamente consultabile in formato web-Gis all’indirizzo web: <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.

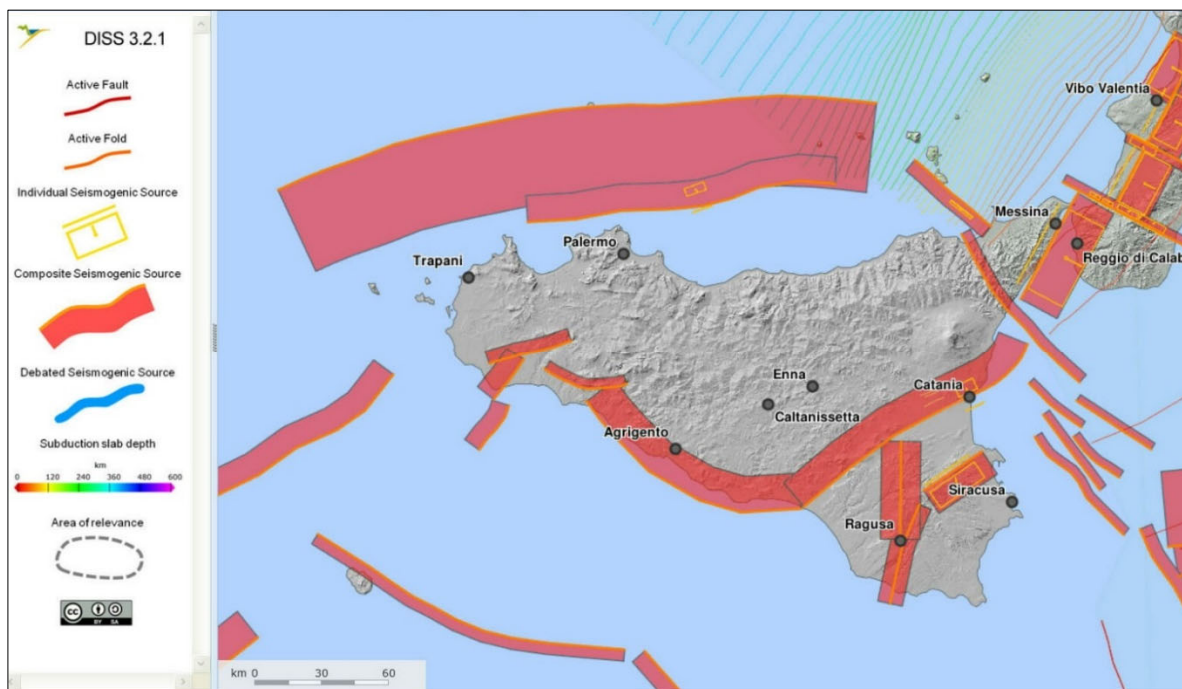


Fig. 4.1: Sorgenti sismogenetiche Sicilia. Fonte INGV.

Dal sito stesso dell’INGV è possibile sfogliare il database sui terremoti storici presenti sul territorio italiano (aggiornato alla versione DBMI15) consultabile all’indirizzo <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

Dall’interrogazione del database è possibile valutare la serie dei principali terremoti che hanno interessato in passato il territorio Comunale con *Intensità* maggiore di 2.

I risultati sono riportati nelle figure 4.2 e 4.3.

## Mistretta



PlaceID IT\_67045  
 Coordinate (lat, lon) 37.928, 14.361  
 Comune (ISTAT 2015) Mistretta  
 Provincia Messina  
 Regione Sicilia  
 Numero di eventi riportati 41

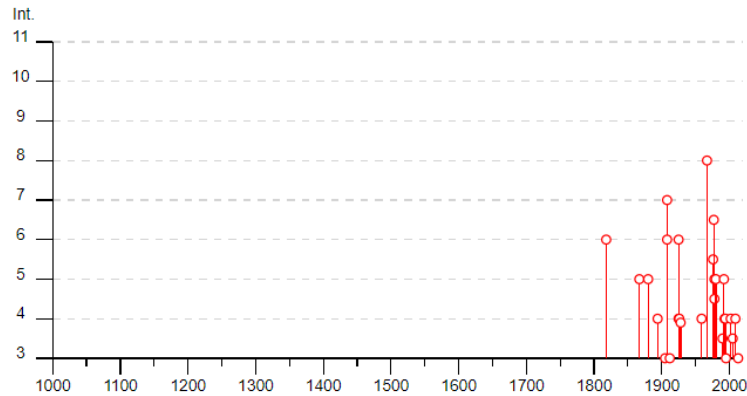


Fig. 4.2: Principali eventi sismici sul territorio comunale intensità/anno. Fonte INGV

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1818	02	20	18	15		Catanese	128	9-10	6.28
5	1867	10	03	02			Mistretta	1	5	4.16
5	1890	12	01	10			Mistretta	1	5	4.16
4	1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	303	9	6.12
NF	1898	08	12				Sicilia nord-orientale	69	6-7	4.92
3	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
NF	1906	04	22	23	12		Monti Madonie ?	24	5	4.18
2	1907	10	23	20	28	1	Aspromonte	274	8-9	5.96
7	1908	08	15	09	40		Monti Nebrodi	16	7	5.08
NF	1908	12	10	06	20		Monti Peloritani	64	7	5.11
6	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
NF	1909	07	01	06	24		Stretto di Messina	35	8	5.49
NF	1910	06	08	11	49		Monti Madonie ?	13	4-5	3.90
3	1912	01	30	21	40		Monti Madonie	7	5-6	4.40
NF	1912	12	22	08	05		Stretto di Messina	56	5-6	4.68
6	1925	03	08	15	46		Monti Nebrodi	15	6-7	4.87
4	1925	08	21	19	11		Sicilia centro-settentrionale	14	6	4.51
4	1926	08	17	01	42		Isole Eolie	35	7-8	5.28
F	1928	02	02	14	43		Caronia	3	4-5	3.93
NF	1949	10	08	03	08		Sicilia sud-orientale	32	7	5.10
4	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
8	1967	10	31	21	08	0	Monti Nebrodi	60	8	5.33
5-6	1976	09	17	01	23	5	Monti Nebrodi	40	5-6	4.55
6-7	1977	06	05	13	59		Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
5	1978	04	15	23	33	4	Golfo di Patti	330	8	6.03
4-5	1978	08	26	18	43	3	Tirreno meridionale	17	4-5	4.35
5	1980	05	28	19	51	2	Tirreno meridionale	44	5-6	5.66
3-4	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
2-3	1991	01	07	11	42	5	Monti Madonie	26	4-5	3.79
5	1992	04	06	13	08	3	Monti Nebrodi	23	5	4.73
NF	1992	09	27	11	55	1	Sicilia centro-settentrionale	54		4.16
4	1993	06	26	17	47	5	Monti Madonie ?	47	6-7	4.92
4	1994	05	06	19	09	4	Sicilia centrale	68	5	4.36
3	1995	07	23	18	44	2	Isole Eolie	58	6	4.63
4	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
3-4	2005	11	03	09	19	0	Costa siciliana settentrionale	61	4-5	3.30
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56
4	2009	11	08	06	51	1	Monti Nebrodi	28	5	4.52
NF	2009	12	19	09	01	1	Etna - Maletto	64	6	4.39
3	2013	01	04	07	50	0	Monti Nebrodi	38	5	4.37

Fig. 4.3: Principali eventi sismici sul territorio comunale in epoca storica. Fonte INGV

L’evento più significativo a tutt’oggi risulta quello del 31 Ottobre 1967 con epicentro nei Monti Nebrodi, e con un’intensità sul territorio comunale valutata in 8 e magnitudo di momento sismico Mw pari a 5.33.

Per l’accelerazione orizzontale di picco  $a_g$  attesa (in riferimento ad un suolo di categoria A con periodo di ritorno di 475) all’indirizzo web: <http://esse1-gis.mi.ingv.it> è disponibile una funzione che, consentendo la disaggregazione dei dati, permette di ottenere i valori della *Magnitudo* (M) e della *Distanza* (R) del *Terremoto di riferimento atteso* (in senso probabilistico). Dall’interrogazione web-gis emergono valori di 4.9 per la magnitudo e di 7.88 km per la distanza.

Nelle figure 4.4 e 4.5 sono riportati i risultati completi dell’interrogazione; si evidenziano nell’area valori di  $a_g$  compresi tra 0,175g e 0,200g, quindi in linea con l’intervallo previsto dall’O.P.C.M. 3274/03.

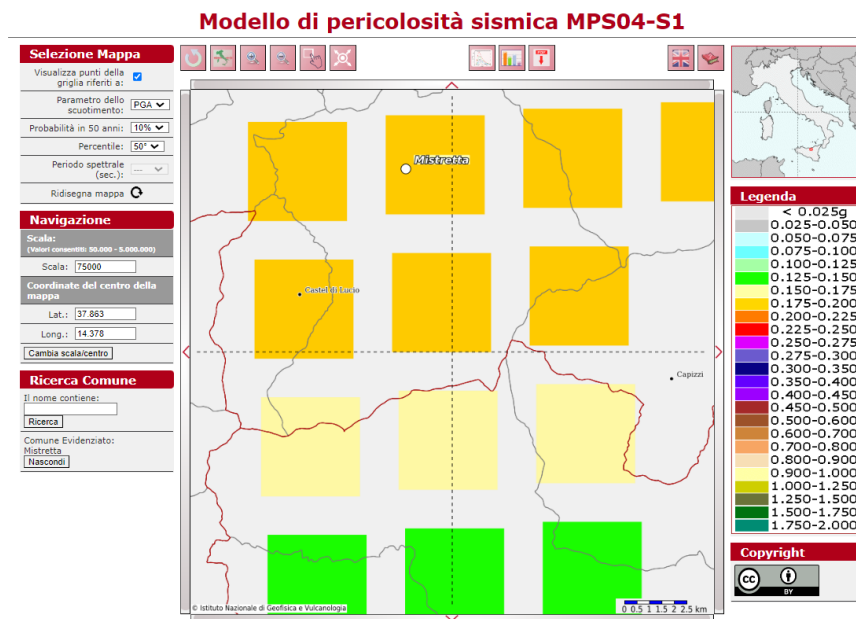


Fig. 4.4: Griglia per la valutazione dei valori di  $a_g$  sul territorio. Fonte INGV

Distanza (km)	Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 37.881 lon. 14.375 - id 46301)										
	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	20.2000	33.0000	15.4000	6.1600	0.6370	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	2.9200	7.5500	6.1100	3.8700	0.5260	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0334	0.5780	1.0700	1.0600	0.1820	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0018	0.1060	0.2270	0.0487	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.0492	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0044	0.0125	0.0036	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0163	0.0636	0.0194	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0064	0.0536	0.0184	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0283	0.0116	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.0068	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.0036	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0011	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4,9	7,88	0,771

Fig. 4.5: Tabella dei valori di disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Fonte INGV.

#### 4.1 Pericolosità Sismica di Base

La pericolosità sismica di base rappresenta, sostanzialmente, la probabilità che un evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, ovvero la previsione probabilistica dello scuotimento del suolo in un sito con riferimento ad un terremoto standard di riferimento; in pratica fornisce i valori significativi delle accelerazioni massime attese al suolo (PGA - peak ground acceleration) riferite ad una situazione ideale con suolo rigido ed omogeneo ( $V_s > 800$  m/s; categoria A nelle NTC 18). Già con l’ordinanza O.P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 l’intero territorio italiano era stato riclassificato con l’individuazione di 4 categorie sismiche in funzione dei valori significativi delle accelerazioni massime attese al suolo riferite a suolo rigido ed omogeneo ( $V_s > 800$  m/s) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e con periodo di ritorno di 495 anni. In riferimento a tale macrozonazione sismica l’area in esame ricade in zona 2, ovvero “Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti” con un’accelerazione orizzontale massima pari a  $a_g = 0,25g$  e con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni che risulta  $0,15 \leq a_g \leq 0,25g$  (con deliberazione della Giunta Regionale n.81 del 24 febbraio 2022).

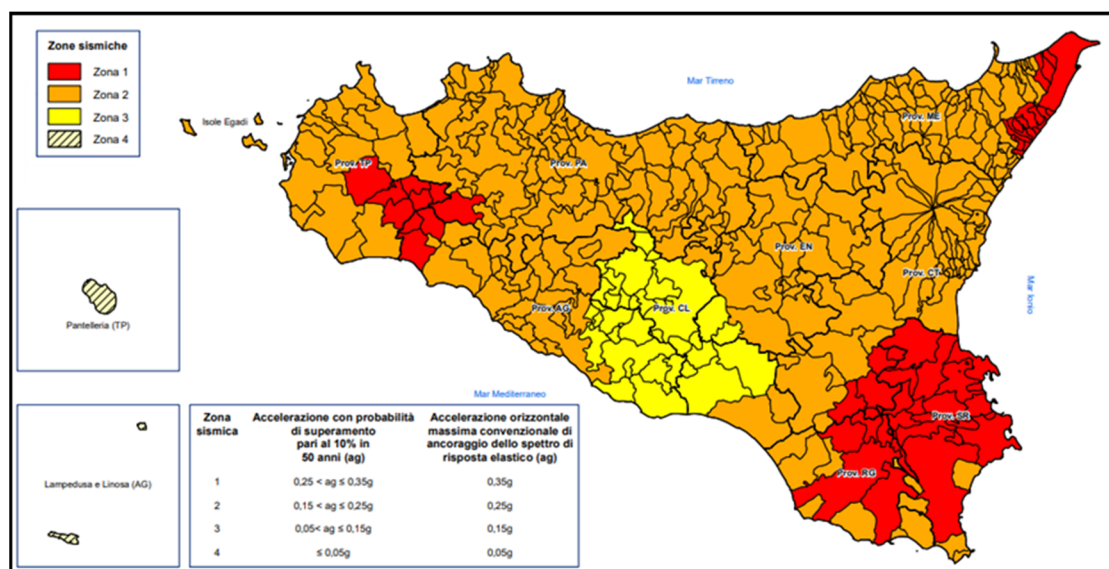


Fig. 4.1.1 Classificazione sismica comuni della Sicilia delib. della giunta Regionale 24/02 22, n 81.

Nella nuova normativa, invece, poiché l’azione sismica viene definita facendo riferimento ad un reticolo i cui punti sono riportati in termini di latitudine e longitudine, di fatto può presentare una discreta variabilità anche all’interno di uno stesso territorio molto ristretto; più nello specifico l’azione sismica viene definita in funzione dei parametri ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) che, secondo differenti tempi di ritorno ( $T_R$ ), definiscono le forme spettrali e quindi la “pericolosità sismica di base” che assieme al fattore suolo ( $S$ ), legato agli effetti di amplificazione locale (stratigrafica e topografica), andrà in definitiva a caratterizzare la “risposta sismica locale”.

Con riferimento al vigente D.M. 17/01/2018 al fine di ricavare i parametri di riferimento per l’azione sismica di base sono state innanzitutto individuate le coordinate baricentriche dell’area in progetto tramite rilevatore satellitare (WGS 84) che risultano:

Lat: 37.863414°

Long: 14.378473°

Tali coordinate sono state poi convertite al datum ED50 mediante la procedura on-line fornita dal sito della geostru (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018>), ottenendo i seguenti valori:

Lat: 37.864471°

Long: 14.379306°

A partire da queste ultime coordinate sono stati ricavati i parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i vari periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascun Stato Limite, ipotizzando come tipologia un’opera ordinaria con  $V_N = 50$  anni e classe d’uso I (Presenza occasionale di persone, edifici agricoli); risulta:

STATO LIMITE	$T_R$ (anni)	$A_g$ (g)	$F_0$ (-)	$T_c^*$ (s)
<b>SLO</b>	30	0,050	2,372	0,260
<b>SLD</b>	35	0,054	2,371	0,265
<b>SLV</b>	332	0,150	2,386	0,309
<b>SLC</b>	682	0,196	2,443	0,318

(Punti della maglia: 46301; 46302; 46524; 46523)

## 4.2 Pericolosità Sismica Locale

Rappresenta la valutazione, a scala di dettaglio, delle variazioni della pericolosità sismica di base per effetto delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito specifico (condizioni locali).

È ormai accertato che la struttura geologica sovrastante il bedrock assume un ruolo determinante nella modifica del treno di onde sismiche con fenomeni di amplificazione o di smorzamento. Quando si passa dal bedrock rigido ad un terreno più superficiale con minore rigidità (variazione di impedenza) le onde sismiche subiscono un rallentamento e, per la legge della conservazione dell’energia, la loro ampiezza aumenta; ne consegue un’amplificazione del moto sismico con danni all’edificato superiori rispetto ad aree circostanti poggianti su un terreno di copertura più rigido.

Citando la casistica espressa nelle varie circolari *A.R.T.A. Sicilia* per la revisione dei P.R.G. dei comunali, situazioni che portano ad una amplificazione dell’azione sismica sono legate per esempio a zone di ciglio (con  $H > 10$  mt), zone di cresta rocciosa o di dorsale, aree di fondovalle con presenza di alluvioni incoerenti, zone pedemontane di falda di detrito, zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse o zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti; oltre a questa casistica vengono ugualmente prese in considerazione quelle situazioni che possono portare all’accentuazione di fenomeni di instabilità già in atto in occasione di eventi sismici, quali zone caratterizzate da movimenti franosi quiescenti o zone con elevata acclività associate a copertura detritica o ancora ammassi rocciosi con acclività  $> 50\%$  ed una giacitura sfavorevole degli strati.

La pericolosità sismica locale viene valutata o mediante analisi specifiche, come indicate al paragrafo 7.11.3 delle NTC 2018, o più comunemente facendo riferimento alla procedura semplificata. Quest’ultima si basa sulla misura in situ delle velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) e sulla successiva individuazione della *categoria sismica del sottosuolo* in funzione del parametro  $V_{s,eq}$  (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri o comunque al di sopra del bedrock). Il valore del parametro  $V_{s,eq}$  viene valutato mediante la relazione:

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

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  indicano rispettivamente lo spessore e la velocità delle onde di taglio dell’ $i$ -esimo strato,  $N$  il numero di strati ed  $H$  la profondità del substrato rigido, definito come quella formazione costituita da roccia o da terreno molto rigido caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Le NTC 2018 individuano le seguenti possibili categorie di sottosuolo:

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

Ai fini di una valutazione preliminare dell’azione sismica di sito, il piano di indagini ha previsto la realizzazione, ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto ai sensi del D.M. 17/01/2018, la realizzazione di n°1 stendimento per indagini di tipo MASW al fine di valutare sia la stratigrafia del sito e ricavare il parametro  $V_{Seq}$ ; sulla base dei valori ricavati, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l’andamento del valore delle  $V_s$ , il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B (in corrispondenza delle Masw 1 e 2) e Categoria topografica T1.**

### 4.3 Risultati dei Calcoli

Nell’interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 1 Hz e 60 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l’andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l’inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell’inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

#### INDAGINE SISMICA MASW 1

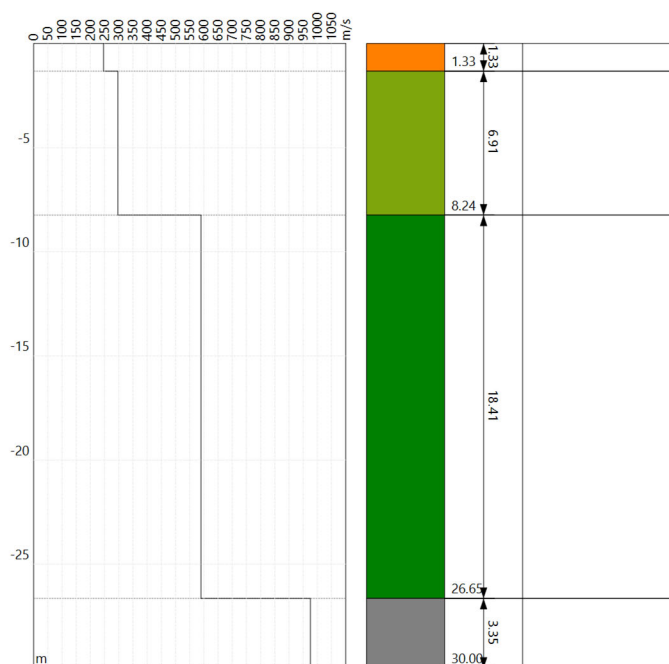
Strato n°1:  $V_s = 246.3$  m/s; spessore medio 1.33 metri.

Strato n°2:  $V_s = 297.1$  m/s; spessore medio oltre 6.91 metri.

Strato n°3:  $V_s = 589.8$  m/s; spessore medio 18.41 metri.

Strato n°4:  $V_s = 975.5$  m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato,  **$V_{S_{eq}} = 445.13$  m/s**, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l’andamento del valore delle  $V_s$ , **il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di tipo B.**



### INDAGINE SISMICA MASW 2

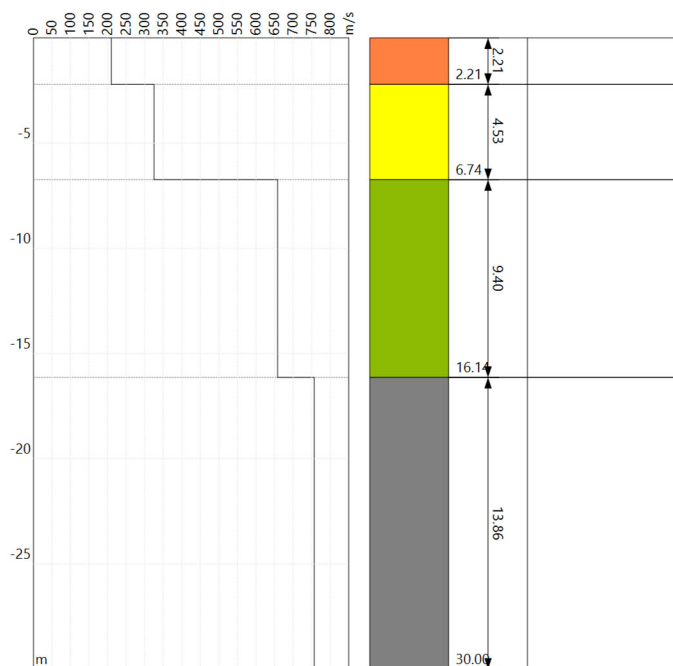
Strato n°1:  $V_s = 210.1$  m/s; spessore medio 2.21 metri.

Strato n°2:  $V_s = 325.0$  m/s; spessore medio oltre 4.53 metri.

Strato n°3:  $V_s = 658.2$  m/s; spessore medio 9.40 metri.

Strato n°4:  $V_s = 756.9$  m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato,  $V_{S_{eq}} = 525.92$  m/s, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle  $V_s$ , il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di tipo B.

## 5 CONCLUSIONI

Ad evasione dell’incarico ricevuto nell’ambito del progetto per la realizzazione di “*un impianto agrivoltaico, mediante tecnologia fotovoltaica con tracker monoassiale, che la Società AS Management SRL intende realizzare in Contrada Spadaro, nel Comune di Mistretta, in provincia di Messina*”, è stato effettuato uno studio sismico finalizzato ad accertare la compatibilità sismica delle opere in progetto con il territorio in esame.

Lo studio è stato redatto in ottemperanza al D.M. 17/01/2018 attraverso rilievi sismici di dettaglio estesi ad una fascia perimetrale esterna rispetto a quella di stretto interesse. In particolare è stata eseguita una campagna di indagini di sito specifiche, così come disposto dall’art. 6.12.1 del N.T.C 2018, che hanno incluso tecniche di sismica masw, il cui numero è apparso congruo in funzione della copertura litologica dell’area di interesse.

Sulla base dei valori ricavati, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l’andamento del valore delle  $V_{seq}$ , il sottosuolo in esame risulta classificabile come segue:

<b>INDAGINE SISMICA</b>		
<b>MASW</b>	<b>VS,eq</b>	<b>Categoria</b>
1	445.13 m/s	B
2	525.92 m/s	B

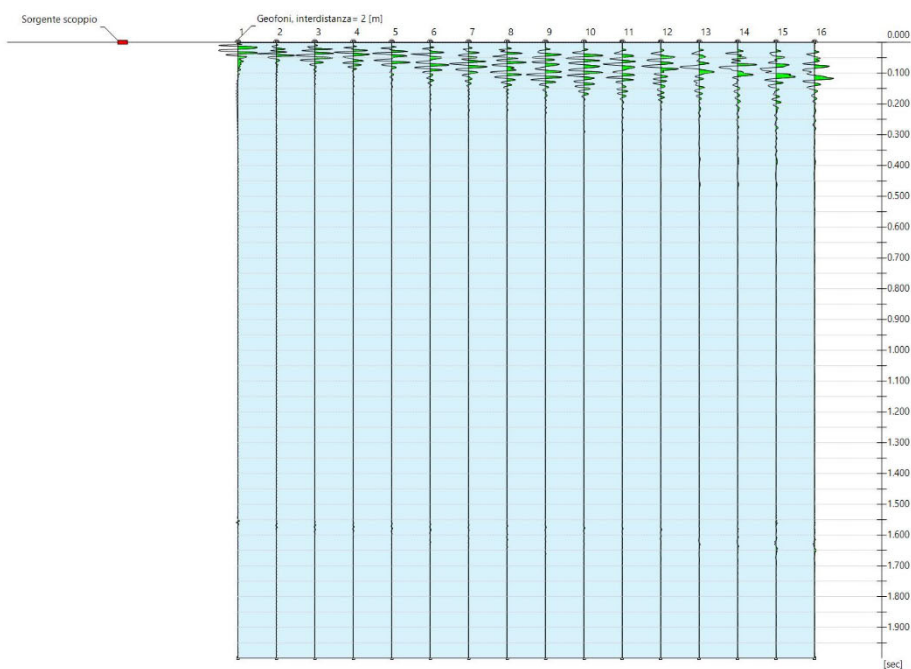
Palermo, Luglio 2023

*Dott. Geol. Michele Ognibene*  
**Ordine Regionale Geologi di Sicilia**  
**n. 3003 – Sez A**

## ANALISI SISMICA Mw1

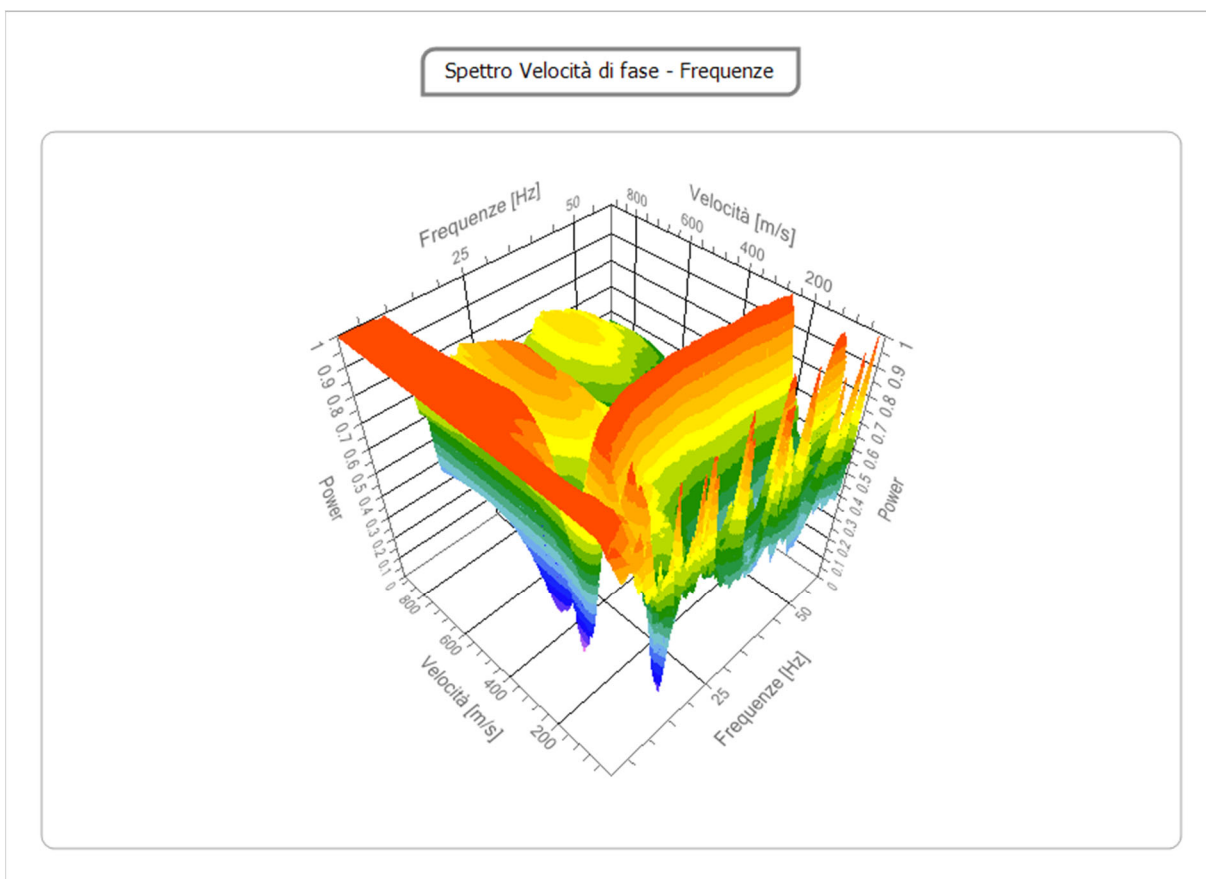
### Tracce

N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



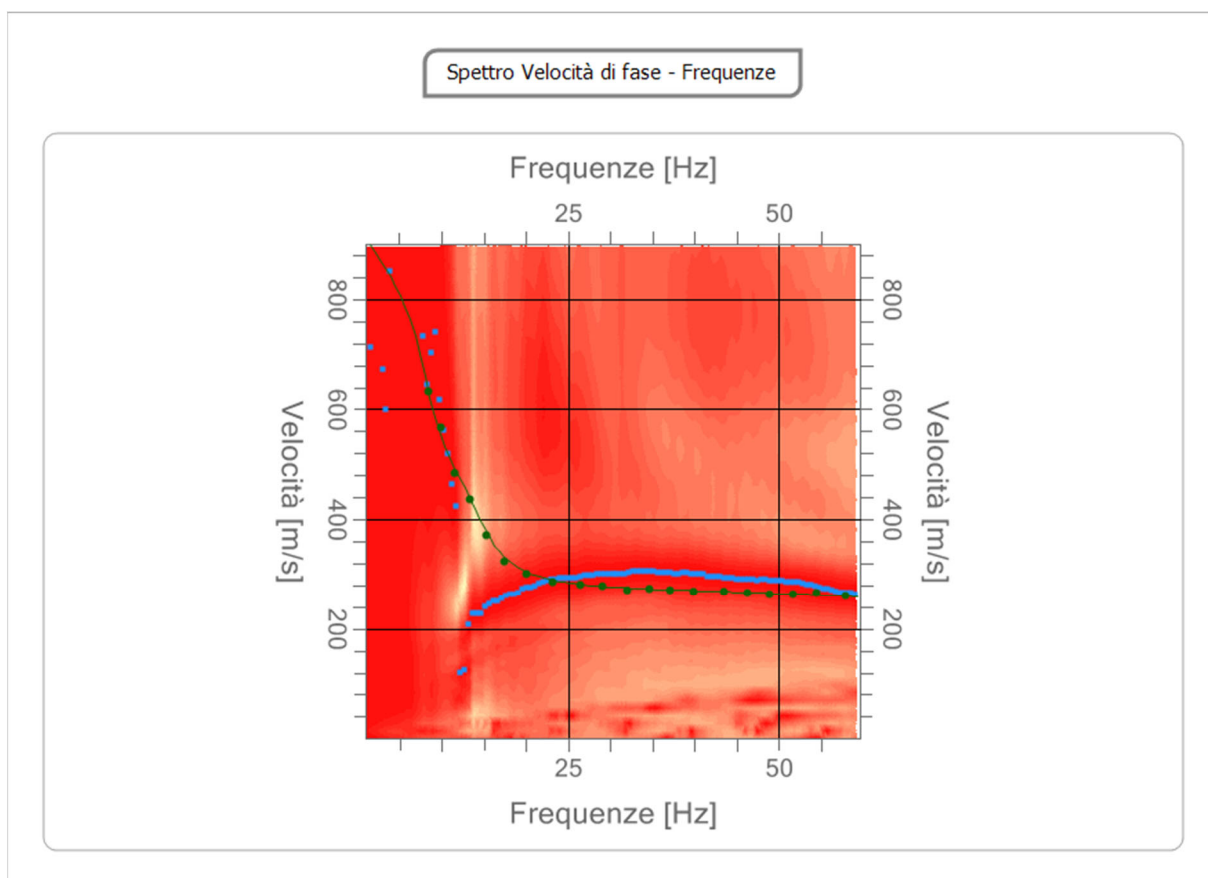
### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1  
Frequenza massima di elaborazione [Hz] 60  
Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1  
Velocità massima di elaborazione [m/sec] 900  
Intervallo velocità [m/sec] 1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	13.3	435.8	0
2	8.5	633.2	0
3	9.9	566.5	0
4	11.6	483.8	0
5	15.3	371.8	0
6	17.5	323.8	0
7	20.1	299.8	0
8	23.3	286.4	0
9	26.4	281.1	0
10	29.0	278.4	0
11	31.9	270.4	0
12	34.6	273.1	0
13	37.2	270.4	0
14	39.9	267.8	0
15	43.4	267.8	0
16	46.2	265.1	0
17	48.8	262.4	0
18	51.6	262.4	0
19	54.4	265.1	0
20	57.9	259.8	0



### Inversione

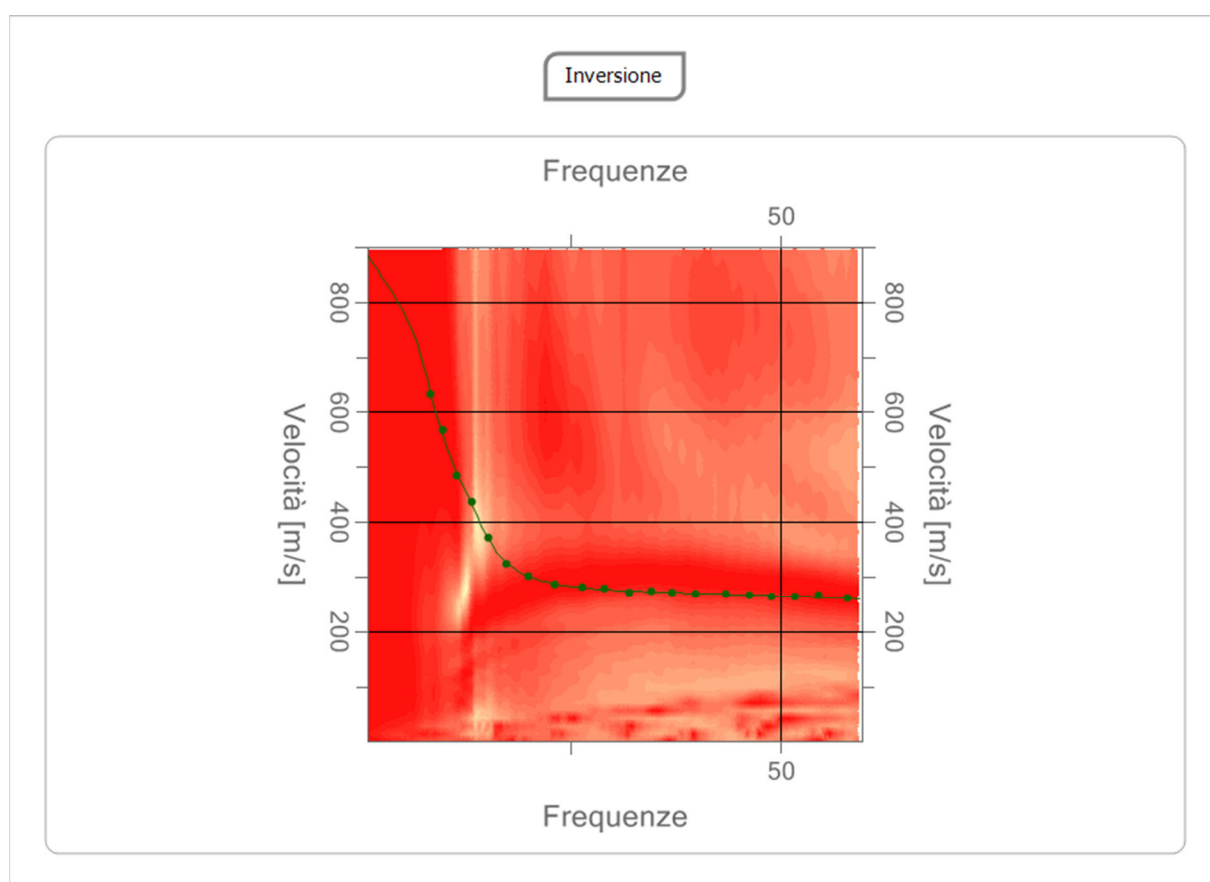
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.37	1.37	1700.0	0.35	No	510.4	245.2
2	8.60	7.24	1800.0	0.35	No	622.9	299.2
3	26.98	18.38	1900.0	0.35	No	1237.8	594.6
4	∞	∞	2000.0	0.35	No	2013.9	967.4

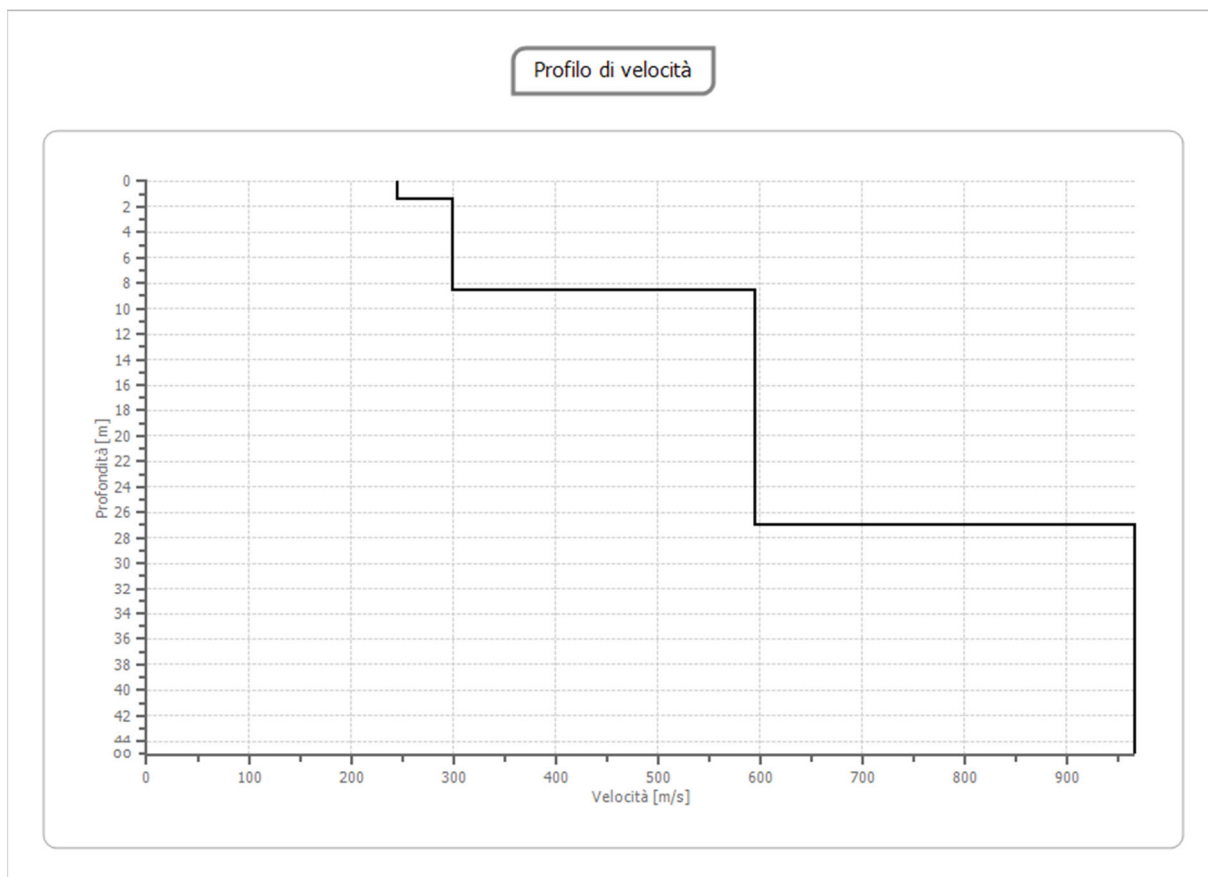
Percentuale di errore

0.007 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.007





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=26.98 m)</b>	444.74
<b>Categoria del suolo</b>	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.37	1.37	245.19	510.40	1700.00	0.35	102.20	442.86	306.60	275.94	N/A	2116.66
2	8.60	7.24	299.25	622.93	1800.00	0.35	161.19	698.48	483.56	435.21	N/A	N/A
3	26.98	18.38	594.62	1237.79	1900.00	0.35	671.78	2911.05	2015.34	1813.81	N/A	N/A
4	oo	oo	967.45	2013.90	2000.00	0.35	1871.91	8111.62	5615.73	5054.16	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

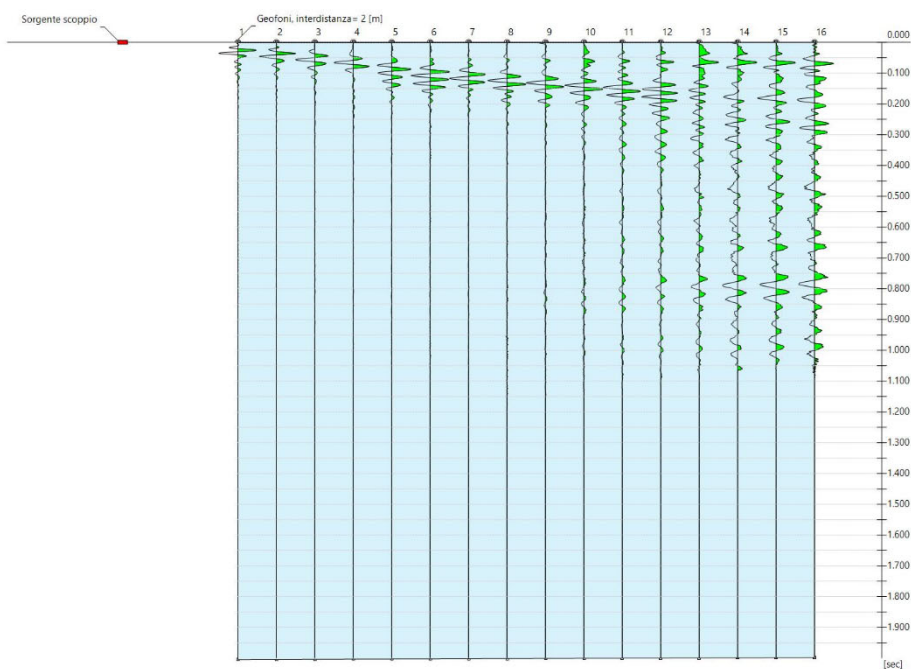
Ey: Modulo di Young;



### ANALISI SISMICA Mw2

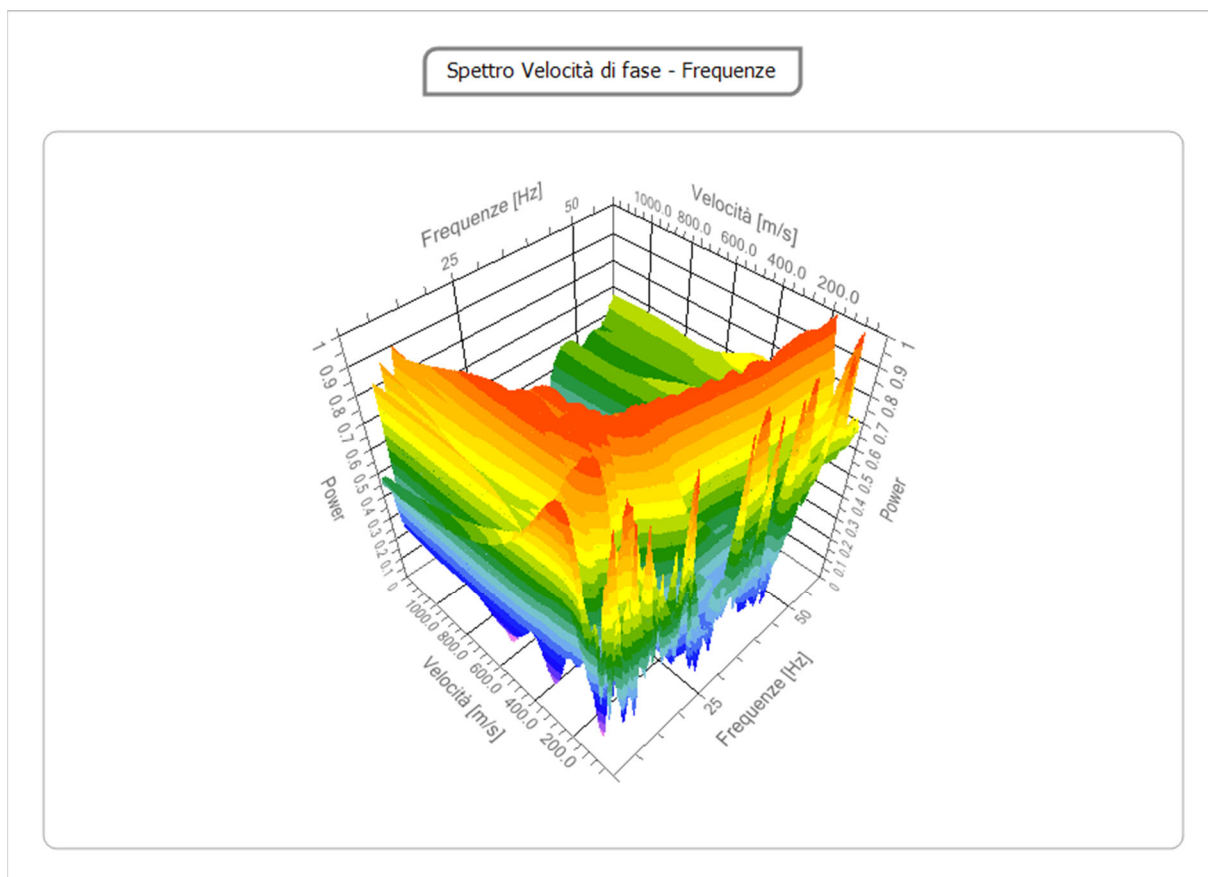
#### Tracce

**N. tracce** | 16  
**Durata acquisizione** | 2000.0  
                                  | [msec]  
**Interdistanza geofoni** | 2.0  
                                  | [m]  
**Periodo di** | 1.00  
**campionamento** | [msec]



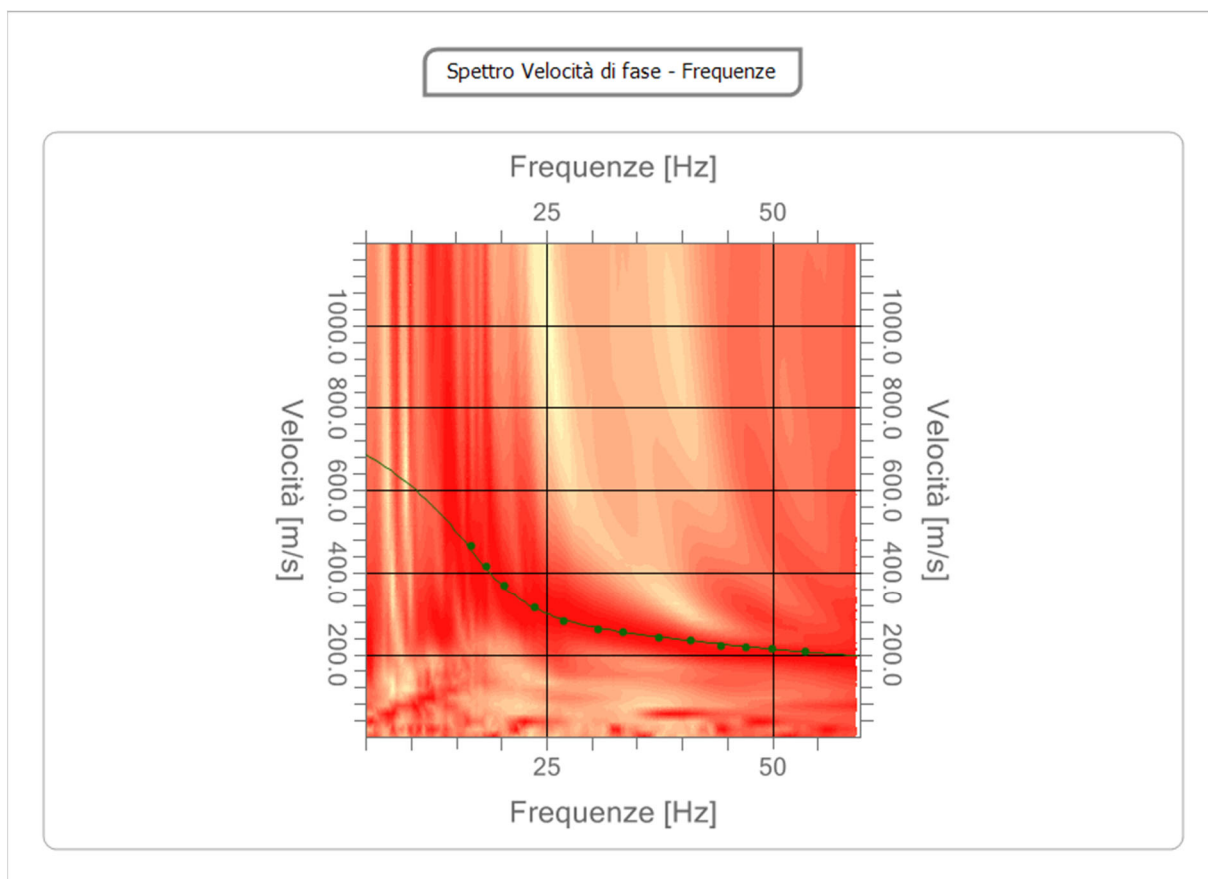
### Analisi spettrale

Frequenza minima di  
elaborazione [Hz] 5  
Frequenza massima di  
elaborazione [Hz] 60  
Velocità minima di  
elaborazione [m/sec] 1  
Velocità massima di  
elaborazione [m/sec] 1200  
Intervallo velocità  
[m/sec] 1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	20.4	367.5	0
2	18.3	413.7	0
3	16.7	463.5	0
4	23.7	314.1	0
5	30.8	260.7	0
6	26.9	282.1	0
7	33.6	253.6	0
8	37.5	239.4	0
9	41.0	232.3	0
10	44.3	221.6	0
11	47.0	218.0	0
12	50.0	214.5	0
13	53.7	207.4	0



### Inversione

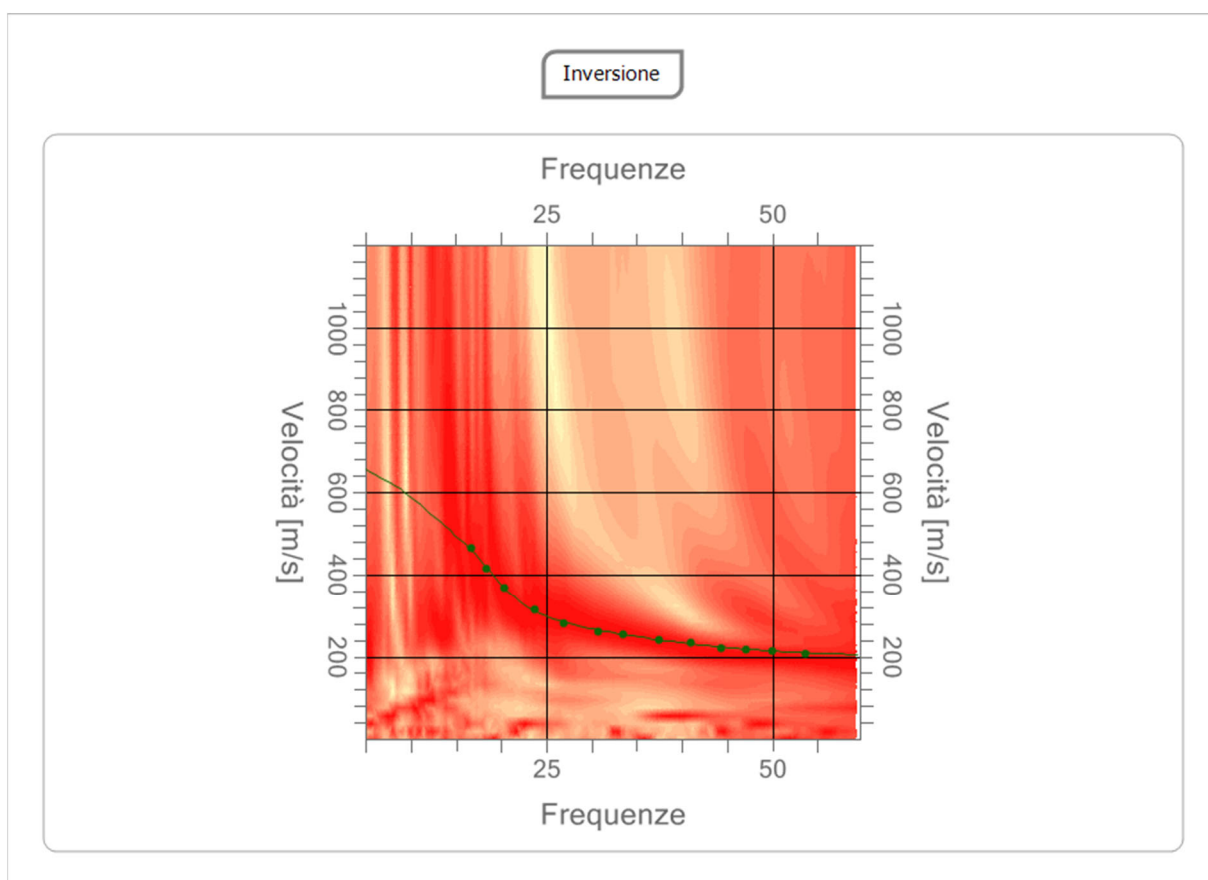
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.21	2.21	1700.0	0.30	No	393.1	210.1
2	6.74	4.53	1800.0	0.30	No	608.1	325.0
3	16.14	9.40	2000.0	0.30	No	1231.4	658.2
4	∞	∞	2100.0	0.30	No	1416.0	756.9

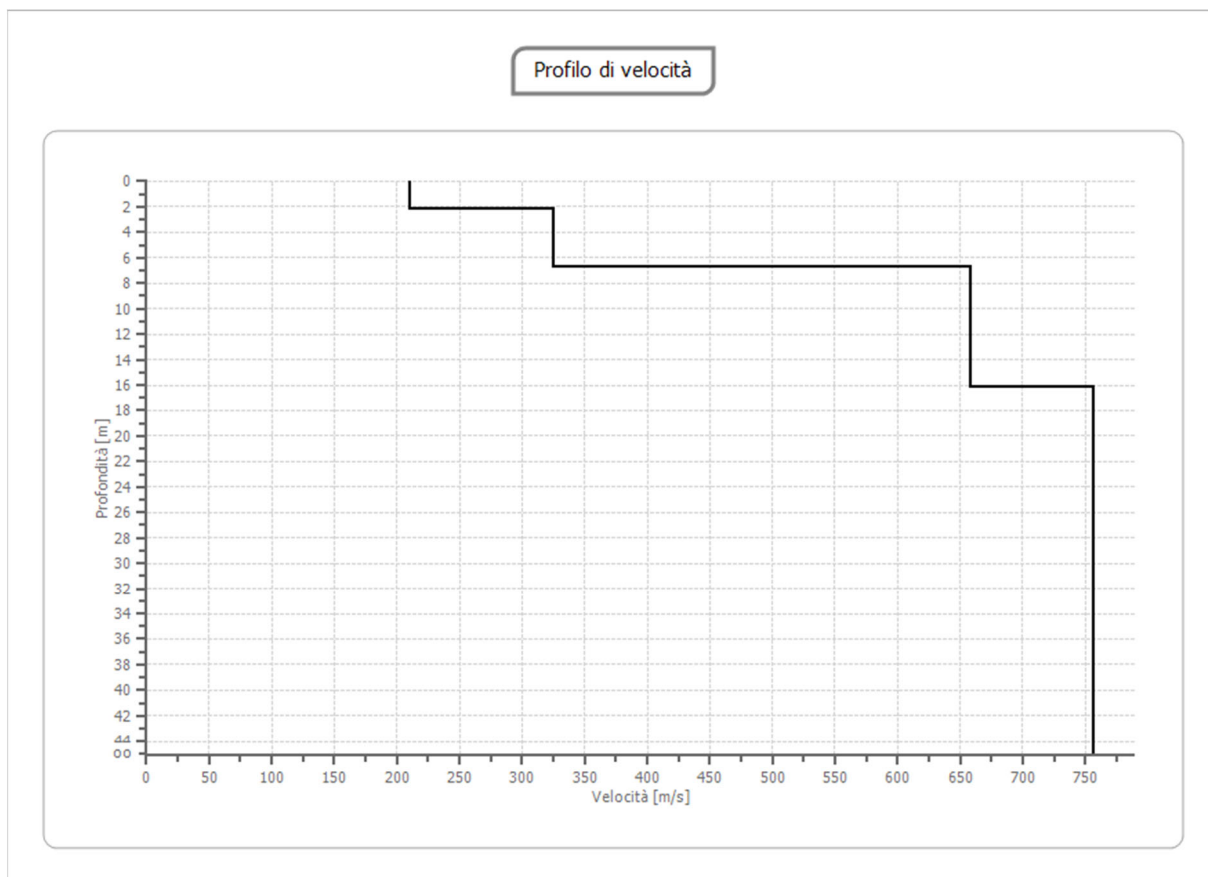
Percentuale di errore

0.008 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.008





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	525.92
<b>Categoria del suolo</b>	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.21	2.21	210.09	393.05	1700.00	0.30	75.04	262.63	162.58	195.10	N/A	973.96
2	6.74	4.53	325.04	608.10	1800.00	0.30	190.18	665.62	412.05	494.46	N/A	N/A
3	16.14	9.40	658.19	1231.36	2000.00	0.30	866.43	3032.50	1877.26	2252.71	N/A	N/A
4	oo	oo	756.86	1415.96	2100.00	0.30	1202.96	4210.37	2606.42	3127.70	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Indagine Sismica Mw1



Indagine Sismica Mw2