

CITTA' METROPOLITANA DI REGGIO CALABRIA



SETTORE 13

DIFESA DEL SUOLO E DEMANIO IDRICO E FLUVIALE.

PROGETTO DEFINITIVO

OGGETTO:

"INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA FIUMARA CATONA NEL COMUNE DI REGGIO CALABRIA" CODICE
RENDIS 18IR004/G4 CIG 876829304A

TITOLO

GE-02

TITOLO

RELAZIONE SISMICA

DATA

AGGIORNAMENTI

IL PROGETTISTA

Ing. Rosario Labocchetta

IL DIRIGENTE

Arch. Giuseppe Mezzatesta

IL R.U.P.

Geom. Saverio Calafiore

I COLLABORATORI

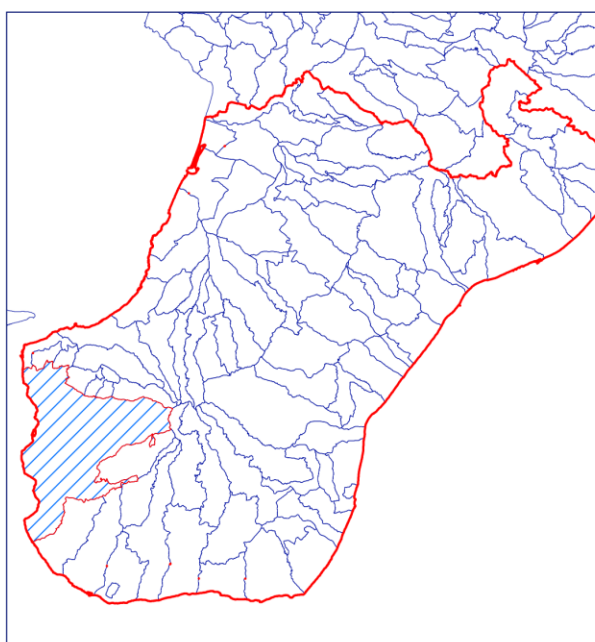
CITTA' METROPOLITANA DI REGGIO CALABRIA



SETTORE 13 - DIFESA DEL SUOLO E DEMANIO IDRICO FLUVIALE

STUDIO GEOLOGICO

Interventi di sistemazione idraulica
per la messa in sicurezza della Fiumara Catona



Elaborati:

- ☐ Relazione geologica ed indagini;
- ☒ Relazione di pericolosità sismica;
- ☐ Cartografie.

IL RUP

Il geologo
Dott. Luigi Carbone

Data: 26.11.2021



INDICE

RELAZIONE DI PERICOLOSITA' SISMICA

1. PREMESSA.....	PAG. 1
2. STATO DEL RISCHIO SISMICO IN CALABRIA.....	PAG. 3
3. SISMICITA' DEL COMUNE.....	PAG. 8
4. SISMICITA' DEL SITO DI INTERVENTO	PAG. 15
4.1. Pericolosità sismica di base.....	PAG. 15
5. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI.....	PAG. 20
6. EFFETTI DI SITO.....	PAG. 28
6.1 Amplificazione stratigrafica.....	PAG. 29
6.1.1 Indagine sismica masw e Categoria di sottosuolo.....	PAG. 31
6.1.2 – Categoria di sottosuolo.....	PAG. 49
6.2 Amplificazione topografica.....	PAG. 51
7. CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI.....	PAG. 53
8. CONCLUSIONI.....	PAG. 58

1 - PREMESSA

Sono esposti di seguito i risultati dello studio di pericolosità sismica eseguito per il progetto relativo agli interventi di sistemazione idraulica per la messa in sicurezza della Fiumara di Catona.

L'area di intervento ricade in un territorio esposto in passato a forti terremoti e in un contesto in cui le norme pongono come obiettivo principale la capacità di resistenza e di duttilità dei manufatti, progettati in maniera da far fronte alle forti accelerazioni in prospettiva sismica.

La normativa sismica vigente in campo nazionale (Norme Tecniche per le Costruzioni 2018) prevede la valutazione puntuale della pericolosità sismica, in maniera da determinare le prestazioni delle strutture sia in relazione alle accelerazioni determinate dal moto del suolo di fondazione sia dalle caratteristiche del sito in cui l'opera si colloca.

In particolare lo studio ha interessato la zona di foce e la parte bassa della Fiumara Catona in cinque aree nelle quali si dovranno realizzare dei muri di argine.

A tal fine è stato redatto lo studio sismico ed è stata individuata la categoria di sottosuolo per le diverse aree al fine di valutare le condizioni di pericolosità locale.

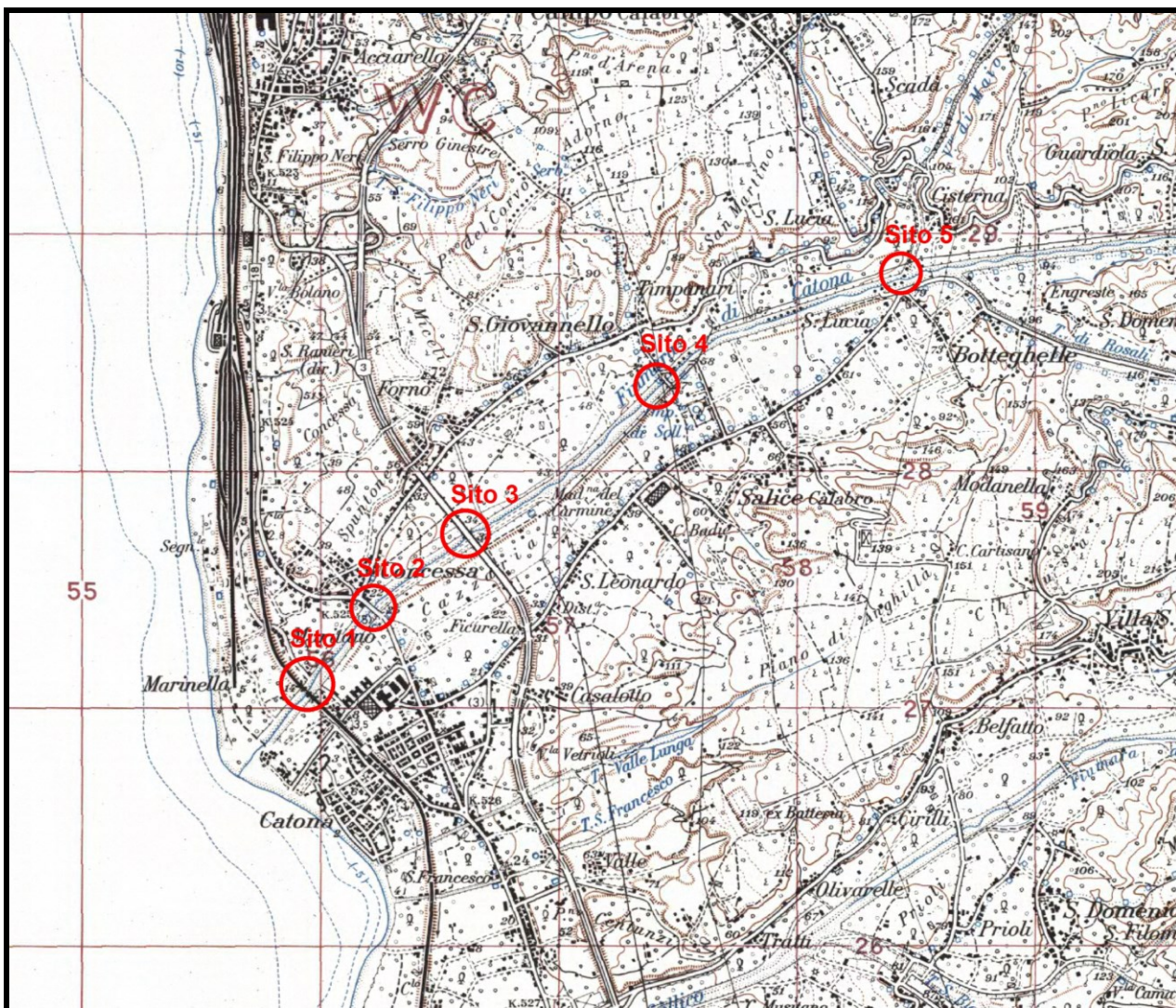


Fig. 1 - Individuazione aree d'intervento.

2 – STATO DEL RISCHIO SISMICO IN CALABRIA

L'intero territorio regionale rientra in ambito estremamente attivo dal punto di vista sismico e la Calabria è certamente una delle regioni maggiormente marcata dai rischi legati alla sismicità.

Gli studi più recenti, condotti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nell'ambito del territorio calabrese, ricollegano i forti terremoti del passato all'esistenza di una serie di fratture tettoniche e sorgenti sismogenetiche dalle quali dipende l'elevata pericolosità sismica attuale della regione.

Tali fratture sono rappresentate nelle figure di seguito (Fig. 2-3).

SORGENTI SISMOGENETICHE RECENTI IN ITALIA – INGV



Fig. 2 - Sorgenti sismogenetiche recenti

SORGENTI SISMOGENETICHE RECENTI IN CALABRIA – INGV



Fig. 3 - Sorgenti sismogenetiche recenti

Anche se nell'ultimo secolo si sono verificate solo scosse di lieve entità, le serie sismiche storiche indicano che la regione è stata colpita da alcuni tra i sismi più catastrofici in Italia.

Tra questi, i più gravi eventi sono stati registrati nel 1783 e nel 1908, ed hanno interessato con scuotimenti intensi l'intero territorio regionale.

Di seguito (Fig. 4-5) sono riportate le intensità sismiche registrate nelle diverse porzioni di territorio in occasione dei due eventi sismici.

SISMICITA' STORICA

Terremoto del 05/02/1783

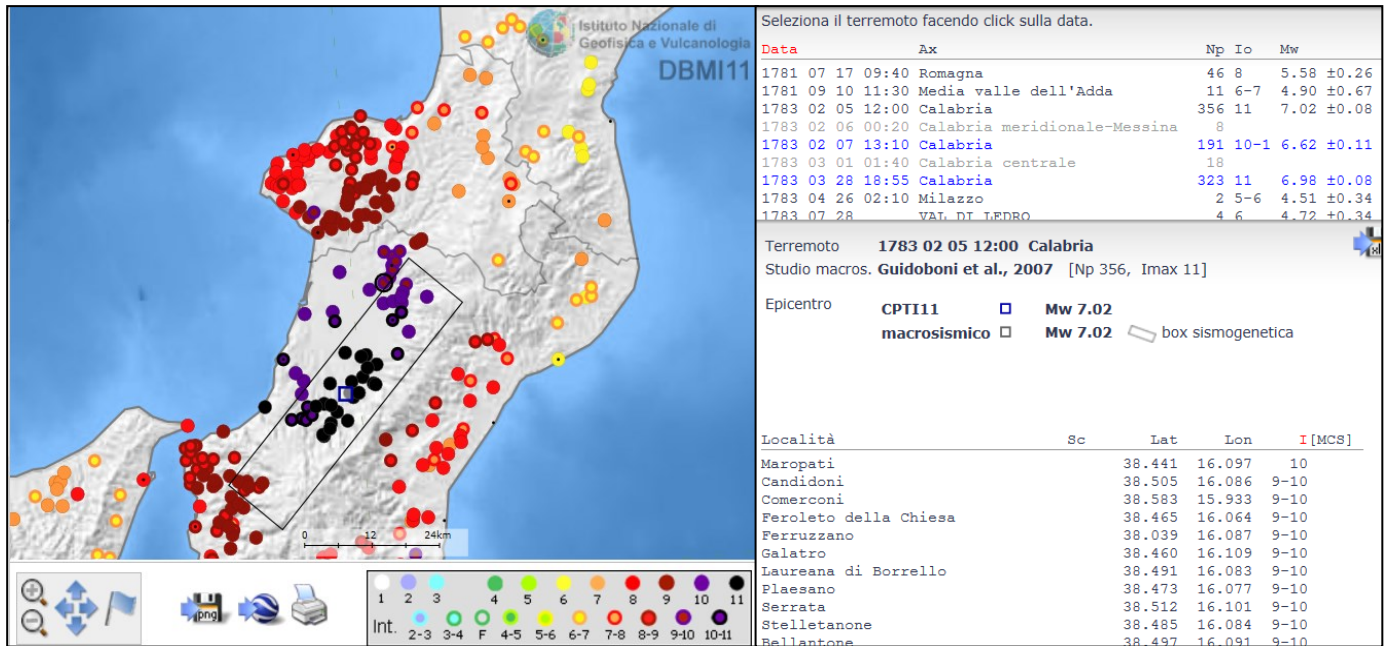


Fig. 4 – Intensità sismiche terremoto 1783

Terremoto del 28/12/1908

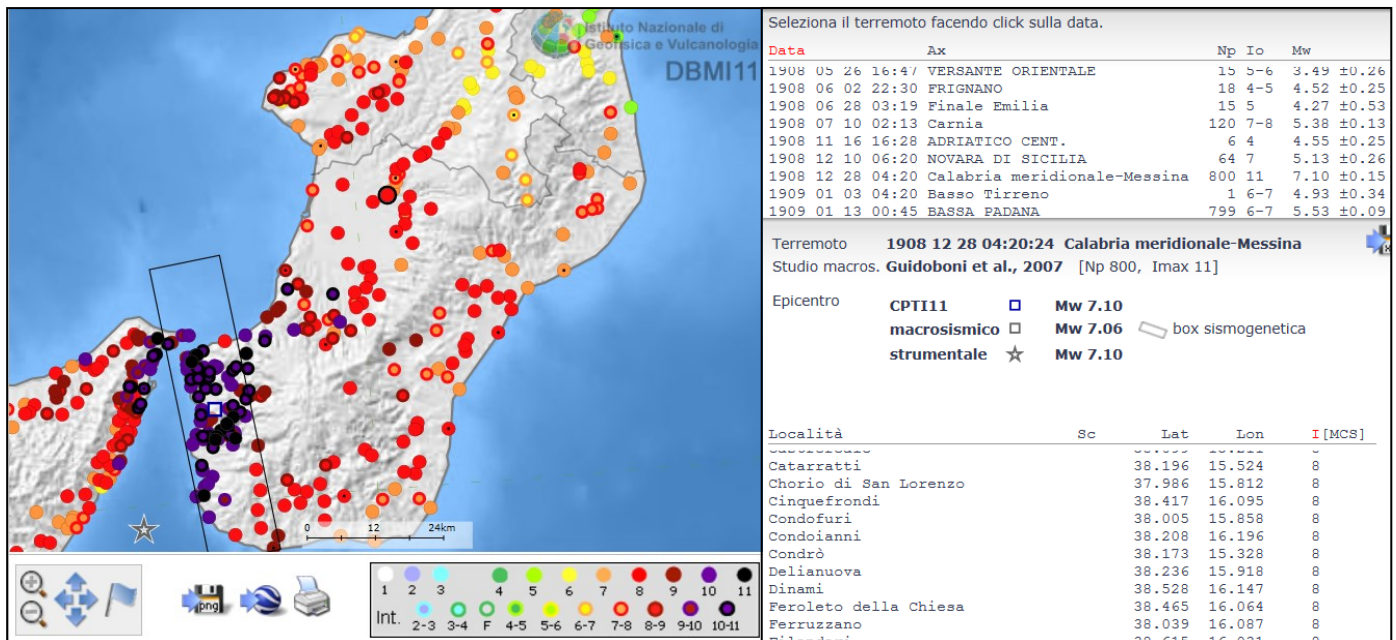


Fig. 5– Intensità sismiche terremoto 1908

Nelle figure seguenti è riportata la Mappa della Pericolosità Sismica della Calabria elaborata dall'INGV e quella degli eventi sismici italiani registrati dal 1981 al 2011.

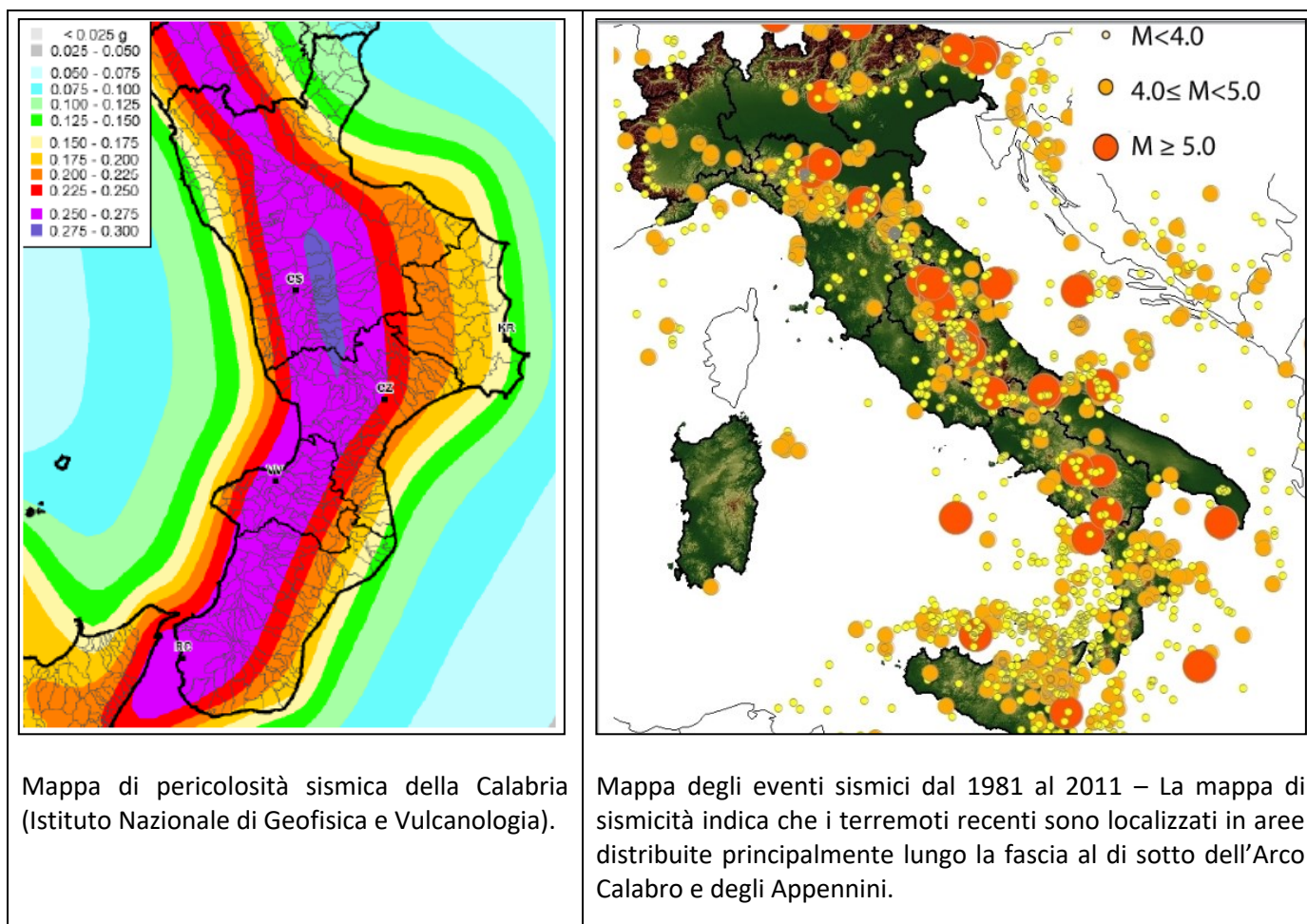


Fig. 6 – Pericolosità sismiche in Calabria e mappa delle magnitudo sismiche recenti.

L'attività sismica della regione è da attribuire a movimenti tettonici tutt'ora in atto i quali tra l'altro, determinano un continuo sollevamento del rilievo aspromontano di 1,5 mm/anno, con tendenza ad un costante aumento negli ultimi anni ed uno sprofondamento o basculamento dei settori circostanti.

Tali movimenti avvengono in corrispondenza di faglie attive che attraversano la regione, alle quali possono ricondursi i più disastrosi eventi sismici storici.

La classificazione sismica, prevista dall'Ordinanza 3274 del 20/3/2003 (figura a lato) prevede la classificazione dell'intero territorio Nazionale in quattro zone (da 1 a 4 a livello decrescente di rischio).

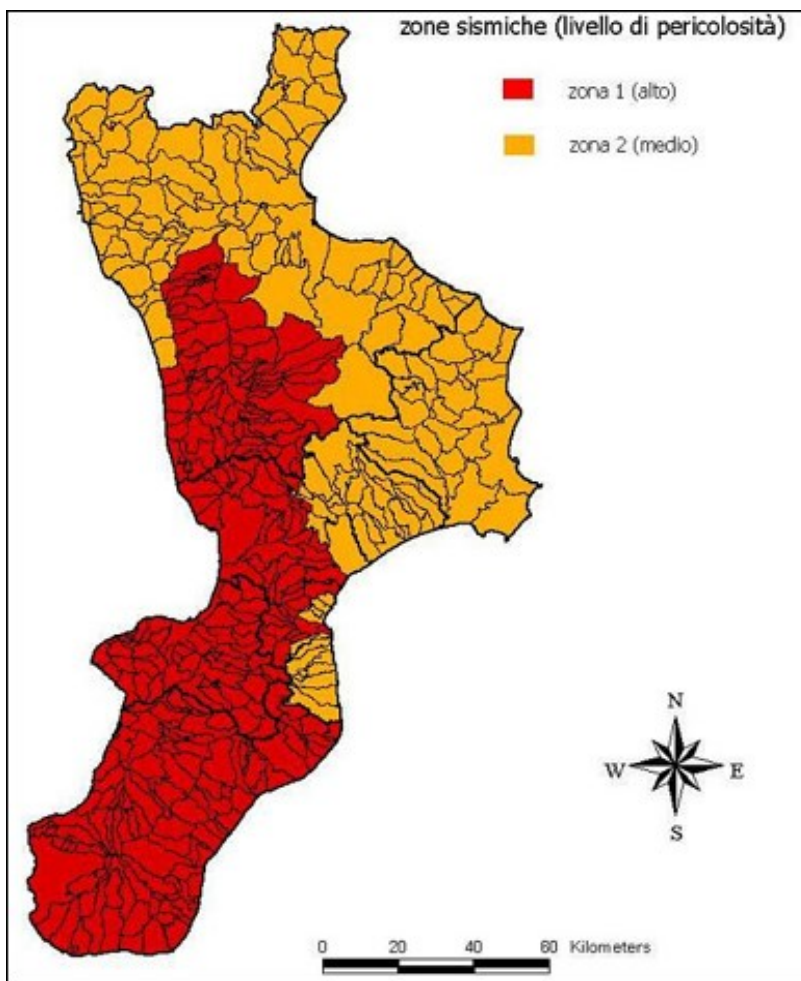


Fig. 7 – Zonazione sismica in Calabria

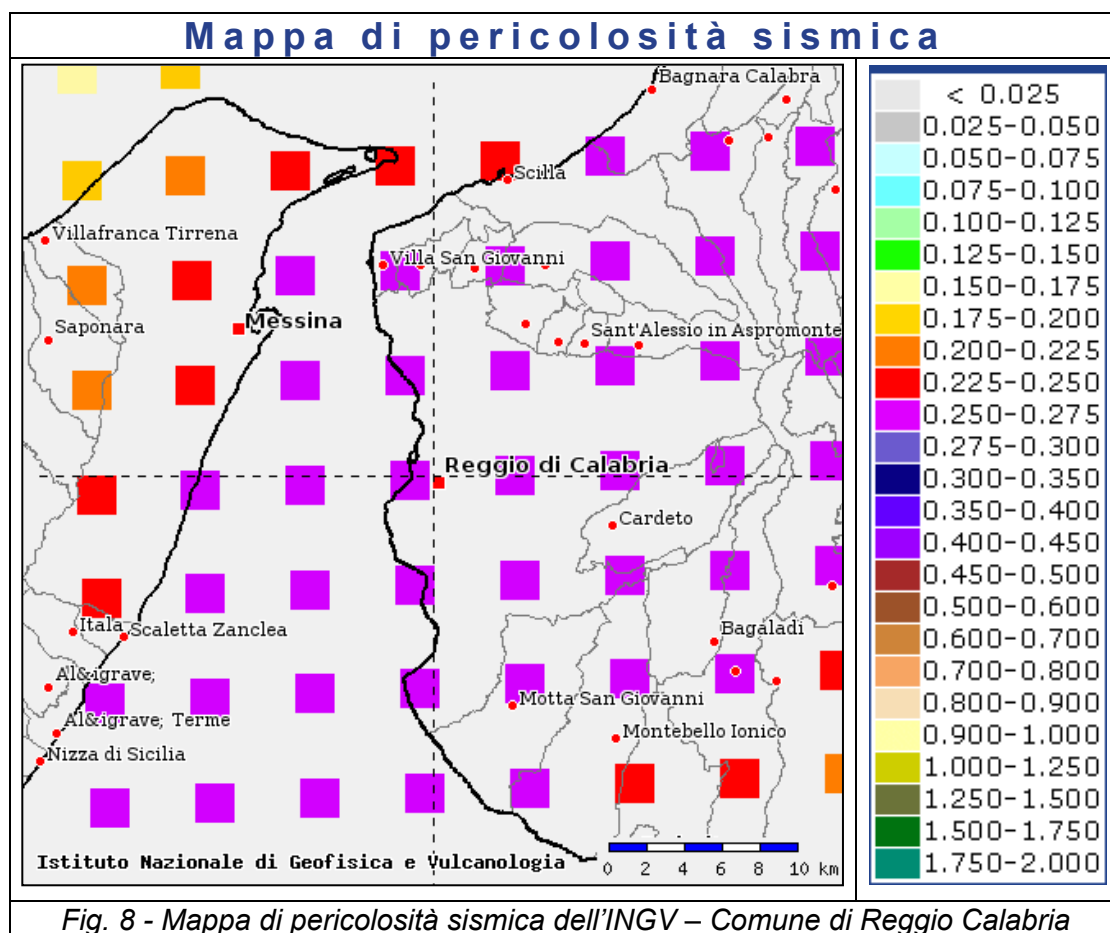
Il territorio comunale di Reggio Calabria ricade in zona 1 (rischio sismico alto). Le accelerazioni orizzontali con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per le prime due zone sono riportate in tabella:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25

Rappresentazione dei parametri sismici che caratterizzano le zone 1 e 2 (Ordinanza 3274 del 20/3/2003).

3 – SISMICITA' DEL COMUNE

Le Norme Tecniche per le Costruzioni contenute nel D.M. del 17 gennaio 2018 presentano una modalità di valutazione dell'intensità dell'azione sismica da tenere in conto nella fase di progettazione a partire non da una mappa sismica delle diverse porzioni di territorio perfettamente confinate bensì da un "reticolo di riferimento", prodotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).



Tramite questo nuovo sistema di mappatura l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in riquadri, di lato 10 km (*Reticolo di Riferimento*).

In corrispondenza di ciascuno dei vertici di questi riquadri è indicato, tramite un segnale colorato, il valore dell'accelerazione sismica $a(g)$ prevista al suolo, definita come *parametro dello scuotimento* da utilizzare come riferimento per la valutazione dell'effetto sismico da applicare all'opera oggetto di studio.

Secondo la mappa interattiva di pericolosità prodotta dall'INGV il sito di interesse ricade in un'area caratterizzata da un'accelerazione sismica compresa tra 0.250 e 0.275.

Dall'analisi della storia sismica riportata nei cataloghi storici si deduce che il territorio di Reggio Calabria è stato interessato da 65 forti terremoti, come riportato nella tabella di seguito (M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011 – DBMI11, versione 2011 del Database Macrosismico Italiano):

Storia sismica di Reggio di Calabria
[38.108, 15.647]

Numero di eventi: 65

Effetti		In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
6	1169 02 04 07:00	Sicilia orientale	10	10	6.41 ±0.34
5-6	1230 04 05	REGGIO CALABRIA	1	5-6	4.51 ±0.34
NR	1494 05 29 02:15	Messina	2	7-8	5.35 ±0.34
8	1509 02 25 22:20	Calabria meridionale	4	8	5.57 ±0.38
7	1599 08	MESSINA	2	7	5.14 ±0.34
5-6	1638 03 27 15:05	Calabria	213	11	7.03 ±0.12
4-5	1649 01	MESSINA	2	5-6	4.51 ±0.34
6	1659 11 05 22:15	Calabria centrale	126	10	6.55 ±0.13
7	1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	185	11	7.41 ±0.15
5-6	1706 03 19	REGGIO CALABRIA	4	5-6	4.63 ±0.72
4-5	1712 07 16	CALABRIA MERID.	4		
4-5	1715 02 21	REGGIO CALABRIA	4	5-6	4.51 ±0.34
7-8	1743 02 20 16:30	Basso Ionio	77	9	7.13 ±0.19
6	1743 12 07 00:05	Calabria centrale	25	8	5.68 ±0.47
F	1767 07 14 01:05	Cosentino	8	8-9	5.98 ±0.61
6-7	1770 06 08	REGGIO CALABRIA	2	5-6	4.51 ±0.34
5-6	1780 03 28 22:15	Taormina	8	7-8	5.55 ±0.64
5	1780 04 09 02:30	Messina	3	6-7	4.93 ±0.34
8-9	1783 02 05 12:00	Calabria	356	11	7.02 ±0.08
6-7	1783 02 07 13:10	Calabria	191	10-	6.62 ±0.11
7	1783 03 28 18:55	Calabria	323	11	6.98 ±0.08
5	1791 10 13 01:20	Calabria centrale	76	9	6.03 ±0.17
3-4	1818 02 20 18:15	Catanese	128	9-10	6.23 ±0.12
3-4	1824 12 11	ROSSANO	4	7-8	5.35 ±0.34
5	1828 03 12	PALMI	4	7	5.14 ±0.34
4	1831 01 28	MILAZZO	4	5-6	4.51 ±0.34
5	1832 03 08 18:30	Crotonese	101	10	6.59 ±0.16
NF	1835 10 12 22:35	Cosentino	36	9	5.83 ±0.32
NF	1836 04 25 00:20	Calabria settentrionale	46	9	6.20 ±0.25
3	1854 02 12 17:50	Cosentino	89	10	6.21 ±0.16
2	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11	7.03 ±0.08
3	1869 11 28	VIBO VALENTIA	21	5-6	4.66 ±0.34
2-3	1870 10 04 16:55	Cosentino	56	9-10	6.10 ±0.19
3	1884 01 10 20:35	VERSANTE SETTENTRIONALE	14	5	4.39 ±0.34
3	1887 12 03 03:45	Calabria settentrionale	142	8	5.49 ±0.14
3	1892 03 16 12:38	ALICUDI	28	7	5.29 ±0.31
3	1893 04 22 03:20	MONTALBANO	33	6-7	4.87 ±0.28
7	1894 11 16 17:52	Calabria meridionale	303	9	6.07 ±0.10
F	1894 12 27	FILICUDI	12	6	5.18 ±0.34
5	1898 08 12	ROMETTA	69	6-7	4.89 ±0.22
6	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
6	1907 10 23 20:28	Calabria meridionale	274	8-9	5.87 ±0.25

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
4	1908 12 10 06:20	NOVARA DI SICILIA	64	7 5.13 ±0.26	
10	1908 12 28 04:2	Calabria meridionale-Messina	800	11 7.10 ±0.15	
8	1909 07 01 06:2	CALABRO MESSINESE	35		
3-4	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8 5.73 ±0.09	
3-4	1913 06 28 08:5	Calabria settentrionale	151	8 5.66 ±0.14	
NF	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8 5.37 ±0.11	
F	1916 07 03 23:21	STROMBOLI	18	5-6 4.93 ±0.26	
5-6	1928 03 07 10:5	CAPO VATICANO	30	7-8 5.83 ±0.26	
3	1936 10 08 08:04	Patti	16	4.84 ±0.20	
4	1947 05 11 06:3	Calabria centrale	254	8 5.70 ±0.13	
5-6	1961 03 24 10:36	ASPRMONTE	59	5-6 4.79 ±0.28	
RS	1967 12 09 03:09	Adriatico Meridionale	22		
3	1968 05 19 09:3	Basso Tirreno	11	4.90 ±0.29	
7	1975 01 16 00:0	Stretto di Messina	346	7-8 5.20 ±0.09	
5	1978 03 11 19:2	Calabria meridionale	126	8 5.24 ±0.09	
5-6	1978 04 15 23:3	Golfo di Patti	332	6.06 ±0.09	
3-4	1980 11 23 18:3	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09	
4-5	1990 12 13 00:2	Sicilia sud-orientale	304	7 5.64 ±0.09	
4-5	1998 02 08 01:1	ASPRMONTE	39	5 4.13 ±0.17	
4	1999 02 14 11:4	Patti	101	4.69 ±0.09	
4	2000 03 17 03:5	Calabria	25	5 4.22 ±0.16	
3-4	2002 04 05 04:5	Isole Eolie	21	5-6 4.47 ±0.09	
4	2002 09 06 01:2	PALERMO	132	5.94 ±0.09	

dove:

I (MCS) = intensità macrosismica epicentrale, espressa in scala MCS (Mercalli – Cancani – Sieberg), riportata nel catalogo parametrico di partenza;

Data = data del terremoto;

Ax = area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto;

Np = numeri di punti, numeri di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto;

Io = intensità macrosismica epicentrale, espressa in scala MCS (Mercalli – Cancani – Sieberg);

Mw = magnitudo momento

Storia sismica di Reggio Calabria

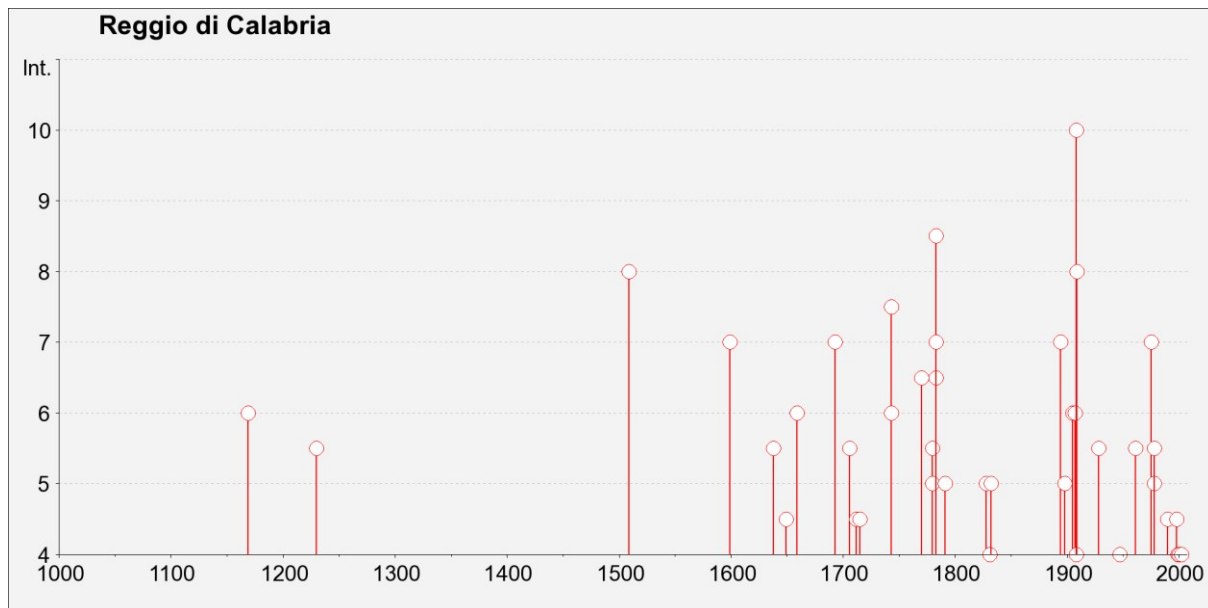


Fig. 9 – Storia sismica di Reggio Calabria

L'elevata pericolosità sismica del territorio è testimoniata, oltre che dagli eventi sismici che hanno interessato la zona, dall'esistenza di faglie profonde evidenziate da studi di neotettonica.

Le faglie principali dell'intero territorio calabrese e più in dettaglio quelle che interessano in particolare il territorio indagato sono riportate nelle figure di seguito:

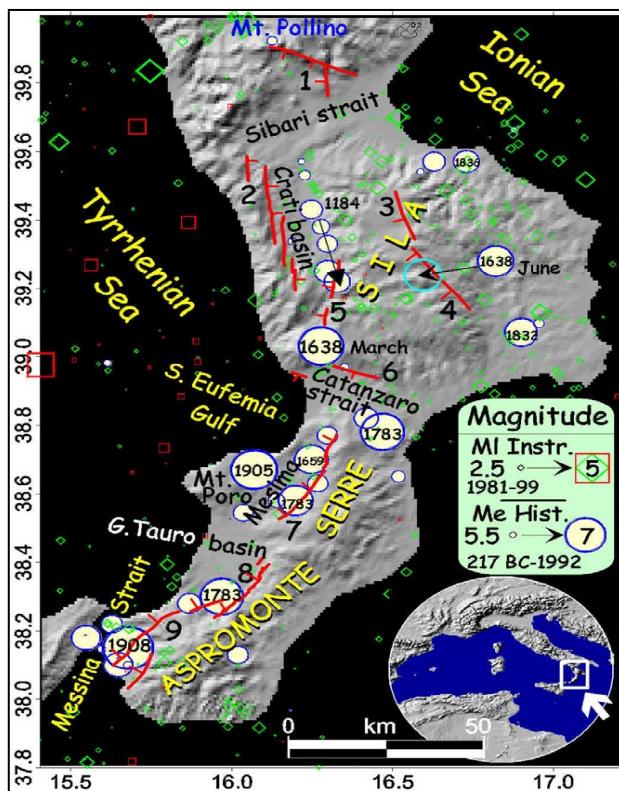


Fig. 10 – Ubicazione delle faglie attive primarie note e dei principali terremoti della Calabria

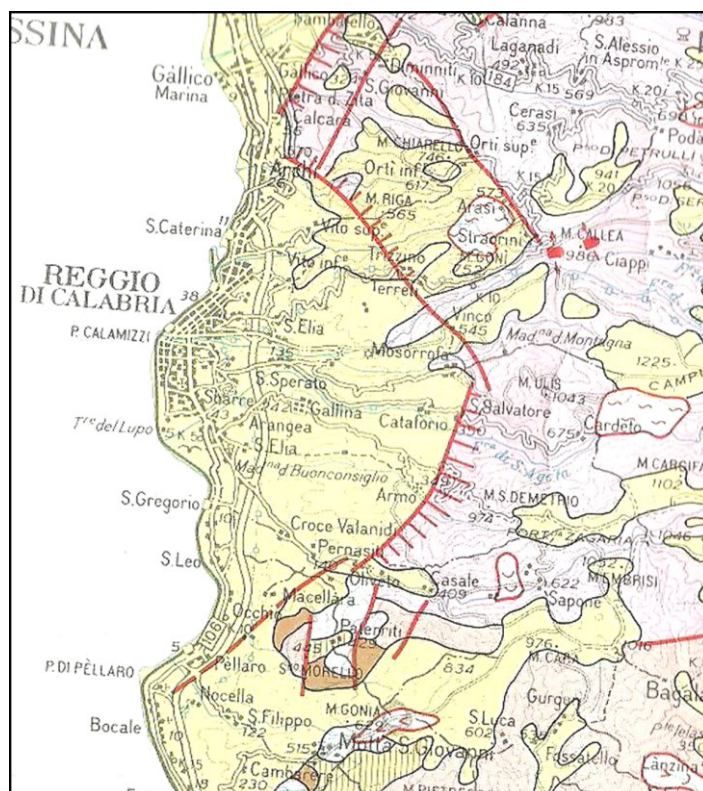


Fig. 11 – Faglie che interessano il territorio di Reggio Calabria riportate nella Carta delle Grandi Frane e delle deformazioni gravitative profonde di versante – IRPI Calabria

Nell’ambito del territorio di Reggio Calabria gli eventi tettonici si sono manifestati con una successione di fasi deformative duttili e fragili, che hanno coinvolto sia le rocce di basamento che le sequenze di copertura a partire dal Miocene.

Gli eventi tettonici hanno determinato nell’area indagata una zona di sprofondamento, individuato in letteratura come “Bacino tettonico di Reggio Calabria”.

Si tratta di un graben compreso tra l’Aspromonte e la Fossa dello Stretto di Messina, delimitato da due sistemi di faglie che seguono l’una la direzione

Pellaro – San Salvatore a sviluppo NE – SW e l'altra, pressoché ortogonale, a direzione San Salvatore – Archi.

Ulteriori faglie sono presenti all'interno del bacino tettonico, connettibili per orientazione a quelle della fossa dello Stretto di Messina; in particolare per come illustrato nel "Catalogo ISPRA" delle faglie attive e capaci, a valle dell'area di intervento è presente una faglia che attraversa l'abitato in direzione NE – SW da Via Sbarre a Vito Superiore.

Sulla base di tali aspetti tettonici e sismici, considerata sia la presenza di faglie che in passato hanno originato eventi sismici distruttivi, la zona di intervento va considerata a rischio sismico elevato, con possibilità di scuotimenti di altissima magnitudo, prossimi al massimo grado della scala Mercalli.

Di seguito si riporta uno stralcio cartografico dell'area d'intervento con le diverse faglie tratte dal catalogo ISPRA.

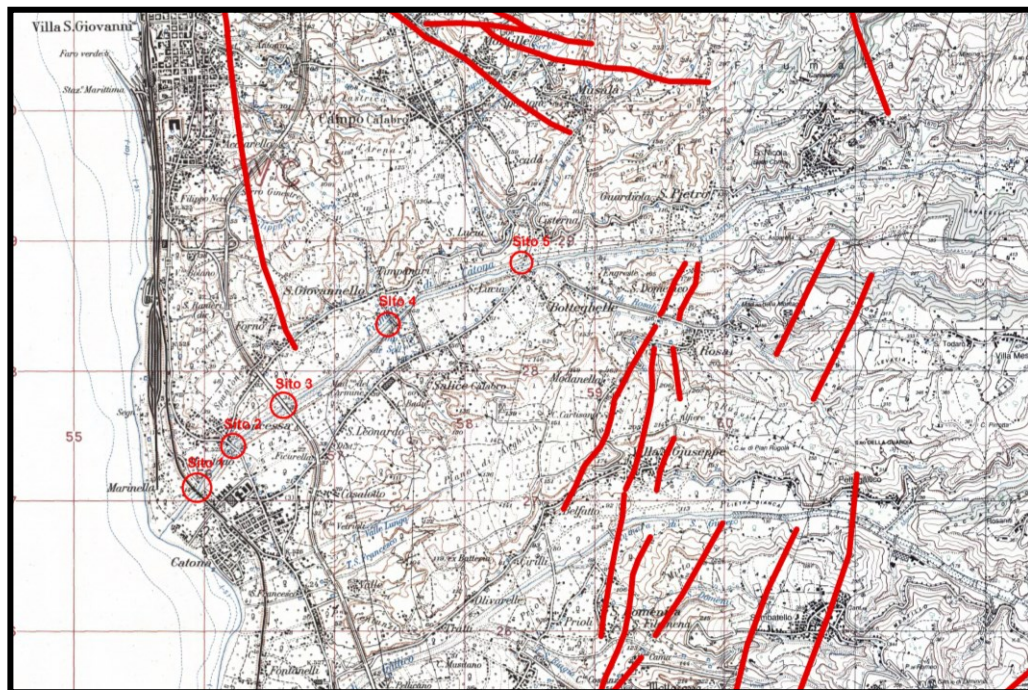


Fig. 12 – Faglie Ispra

4 – SISMICITA' DEL SITO DI INTERVENTO

4.1 - Pericolosità sismica di base

La “pericolosità sismica di base” costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione dell’azione sismica sulle opere a fronte di terremoti, ed è espressa secondo le NTC 17/01/2018 da parametri sismici di base dipendenti dalla latitudine ed dalla longitudine del sito.

I parametri sono rappresentati dal valore di a_g (accelerazione massima orizzontale del sito) e di F_0 e T_c ricavati riferendosi al 50esimo percentile, che permettono di definire lo spettro di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_r .

L’Allegato B delle NTC fornisce la rappresentazione dei parametri sismici di base in funzione del periodo di ritorno T_r per l’intero territorio nazionale.

Sono riportate di seguito le coordinate geodetiche delle diverse aree d’intervento, espresse nei diversi sistemi di riferimento comuni, dalle quali sono stati ricavati i parametri sismici del sito (a_g, F_0, T_c^*) per i vari stati limite.

SITO 1			
	WGS84 [Gradi sessagesimali] {Gradi Minuti Secondi}	WGS84 [Gradi decimali]	ED50 [Gradi sessa decimali]
Latitudine	38° 11' 26"N	38.188084	38.189126
Longitudine	15° 39' 17"E	15.638346	15.639156

Coordinate geodetiche riferite all'ubicazione del sito n. 1

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.065	2.319	0.277
SLD	50	0.087	2.291	0.292
SLV	475	0.261	2.413	0.361
SLC	975	0.352	2.458	0.388

SITO 2			
	WGS84 [Gradi sessagesimali] {Gradi Minuti Secondi}	WGS84 [Gradi decimali]	ED50 [Gradi sessa decimali]
Latitudine	38° 11' 29"N	38.191170	38.192212
Longitudine	15° 38' 27"E	15.641392	15.642201

Coordinate geodetiche riferite all'ubicazione del sito n. 2

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.064	2.320	0.277
SLD	50	0.087	2.291	0.292
SLV	475	0.261	2.413	0.361
SLC	975	0.352	2.458	0.388

SITO 3			
	WGS84 [Gradi sessagesimali] {Gradi Minuti Secondi}	WGS84 [Gradi decimali]	ED50 [Gradi sessa decimali]
Latitudine	38° 11' 38"N	38.193733	38.194775
Longitudine	15° 38' 45"E	15.646284	15.647093

Coordinate geodetiche riferite all'ubicazione del sito n. 3

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.065	2.319	0.277
SLD	50	0.087	2.291	0.292
SLV	475	0.261	2.413	0.362
SLC	975	0.352	2.458	0.388

SITO 4			
	WGS84 [Gradi sessagesimali] {Gradi Minuti Secondi}	WGS84 [Gradi decimali]	ED50 [Gradi sessa decimali]
Latitudine	38° 12' 00"N	38.199870	38.200912
Longitudine	15° 39' 18"E	15.655338	15.656147

Coordinate geodetiche riferite all'ubicazione del sito n. 4

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.064	2.319	0.277
SLD	50	0.087	2.291	0.293
SLV	475	0.260	2.414	0.362
SLC	975	0.351	2.459	0.388

SITO 5			
	WGS84 [Gradi sessagesimali] {Gradi Minuti Secondi}	WGS84 [Gradi decimali]	ED50 [Gradi sessa decimali]
Latitudine	38° 12' 14"N	38.203714	38.204756
Longitudine	15° 40' 02"E	15.667654	15.668463

Coordinate geodetiche riferite all'ubicazione del sito n. 5

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.065	2.317	0.277
SLD	50	0.087	2.290	0.293
SLV	475	0.261	2.415	0.362
SLC	975	0.351	2.460	0.389

5 – SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI

Per la definizione dell'azione sismica le Norme tecniche riportano gli spettri di risposta elastici per i vari siti in funzione della caratteristica delle sorgenti sismiche (INGV), sia per le componenti orizzontali che verticali, diversi in funzione del tempo di ritorno dell'evento e dello stato limite che si considera.

Gli spettri di risposta elastici che riportano il ascisse il Periodo T (s) delle onde registrate (l'inverso della loro frequenza, cioè del numero di oscillazioni nell'unità di tempo), ed in ordinata i corrispondenti valori massimi di accelerazione, velocità, spostamento al suolo.

Gli spettri assumono le seguenti espressioni:

1) Componenti Orizzontali

$$0 \leq T \leq T_B:$$

$$S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o \times \left\{ \left[\frac{T}{T_B} + 1/(\eta \times F_o) \right] \times \left[1 - \left(\frac{T}{T_B} \right) \right] \right\}$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o \times (T_C/T)$$

$$T_D \leq T : S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o \times [(T_C \times T_D)/(T^2)]$$

dove:

T e S_e : periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale;

S: coefficiente che tiene conto della Categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, mediante la relazione $S = S_s \times S_T$, essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica;

η : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima sul sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \times T_C^*$, dove T_C^* è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale e C_C è un coefficiente funzione della Categoria di sottosuolo);

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione $T_B = T_C/3$;

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione $T_D = (4,0 \times a_g/g) + 1,6$.

2) Componente Verticale

$$0 \leq T \leq T_B:$$

$$S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o \times \left\{ \left[\frac{T}{T_B} + 1/(\eta \times F_v) \right] \times \left[1 - \left(\frac{T}{T_B} \right) \right] \right\}$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_v \times (T_C/T)$$

$$T_D \leq T : S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_v \times [(T_C \times T_D)/(T^2)]$$

con:

T e S_{ve} : periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale;

F_v : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g , su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione: $F_v = 1,35 \times F_o \times (a_g/g)^{0,5}$.

I valori di a_g , F_o , S , η sono uguali a quelli precedentemente definiti per le componenti orizzontali mentre i valori di S_s , T_B , T_C e T_D , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella tabella seguente:

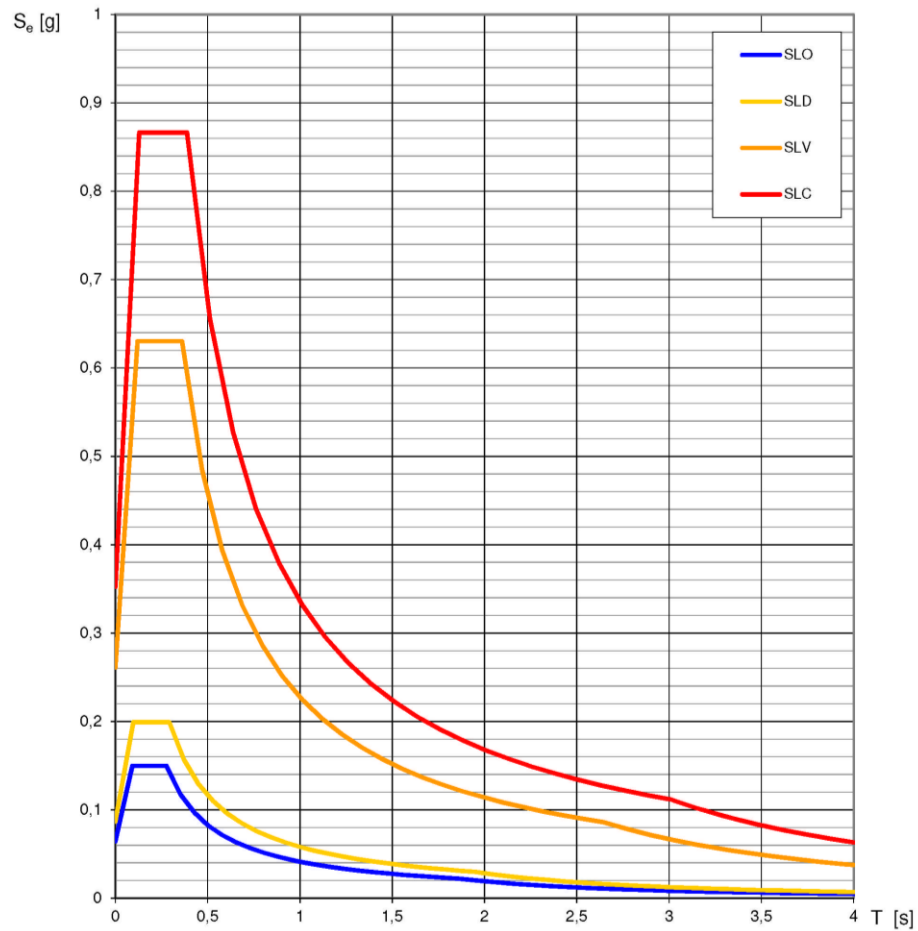
Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	S_s	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Di seguito sono riportati gli spettri di risposta elastici per i diversi Stati limite per i diversi siti d'intervento.

Sito 1

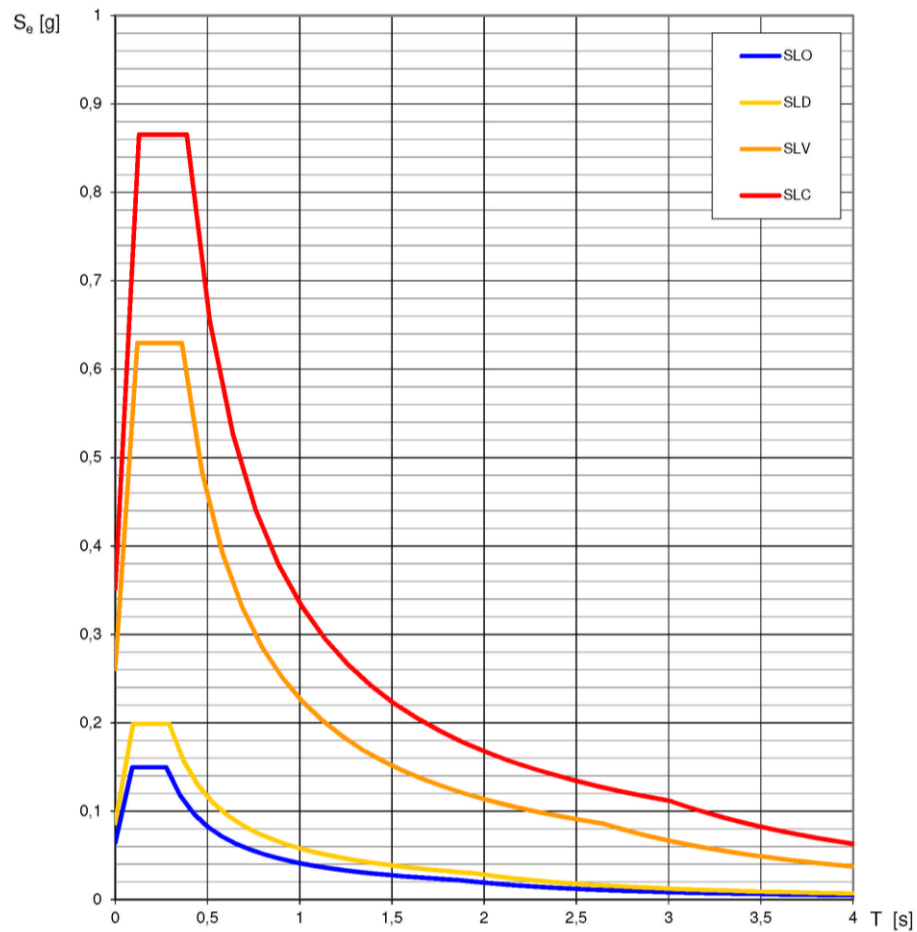
Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Sito 2

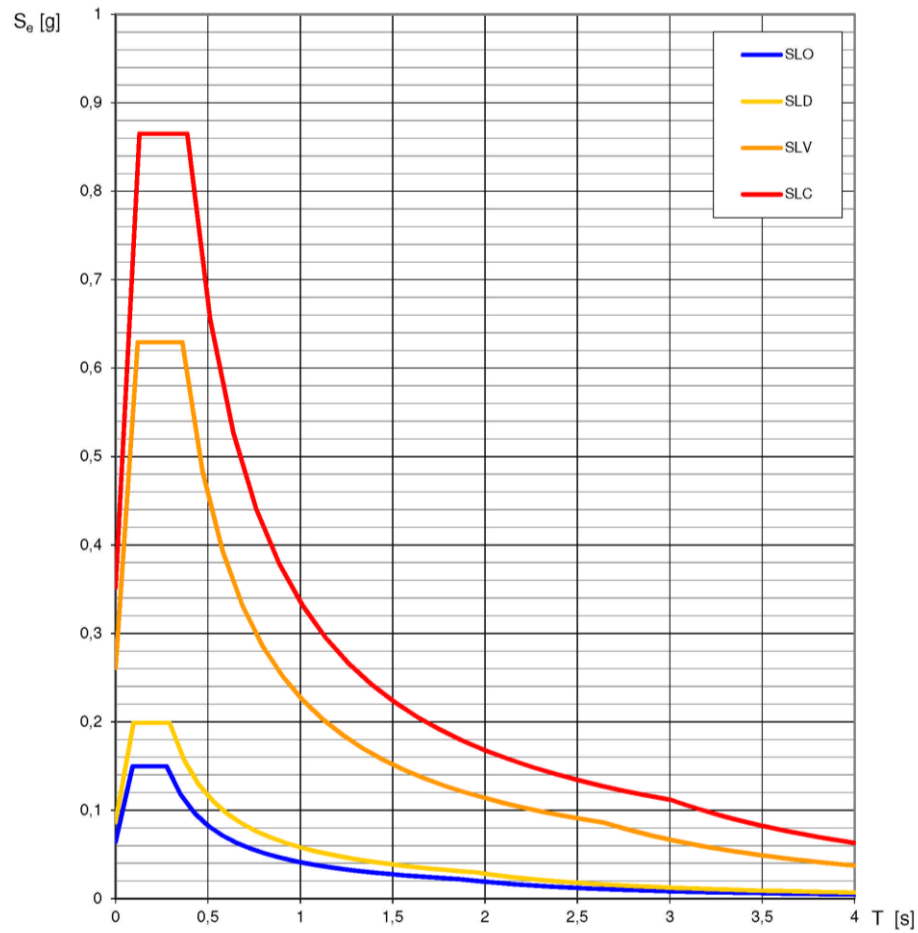
Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Sito 3

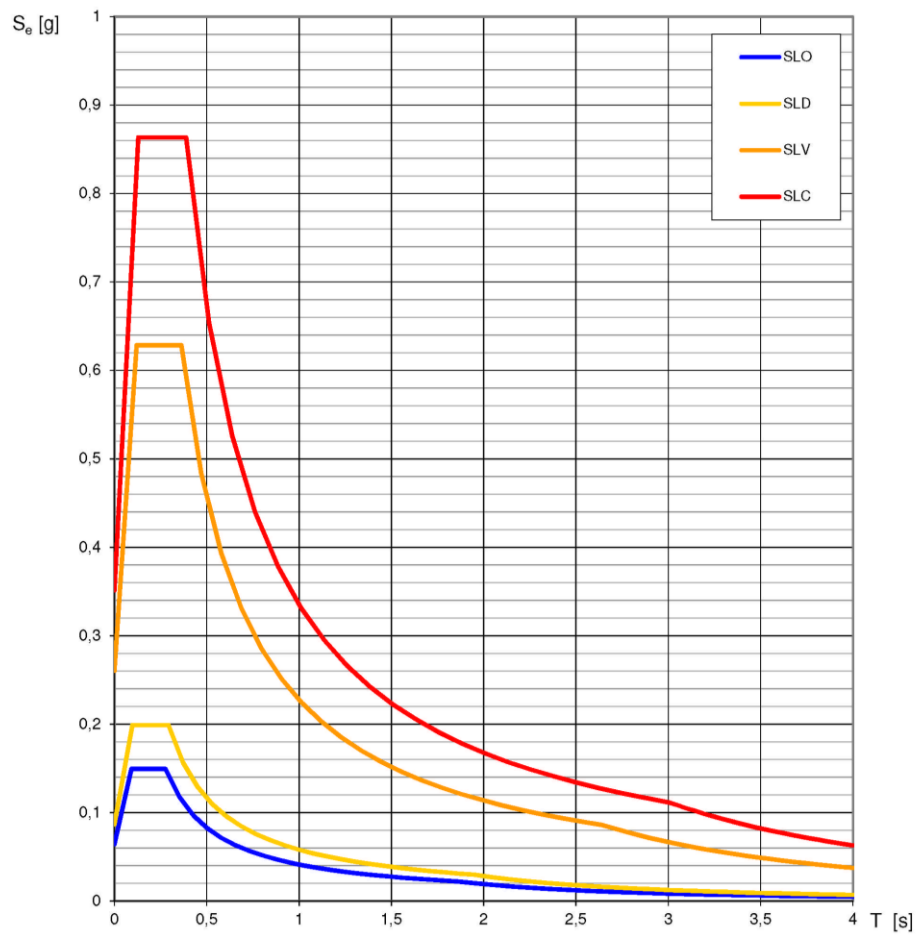
Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Sito 4

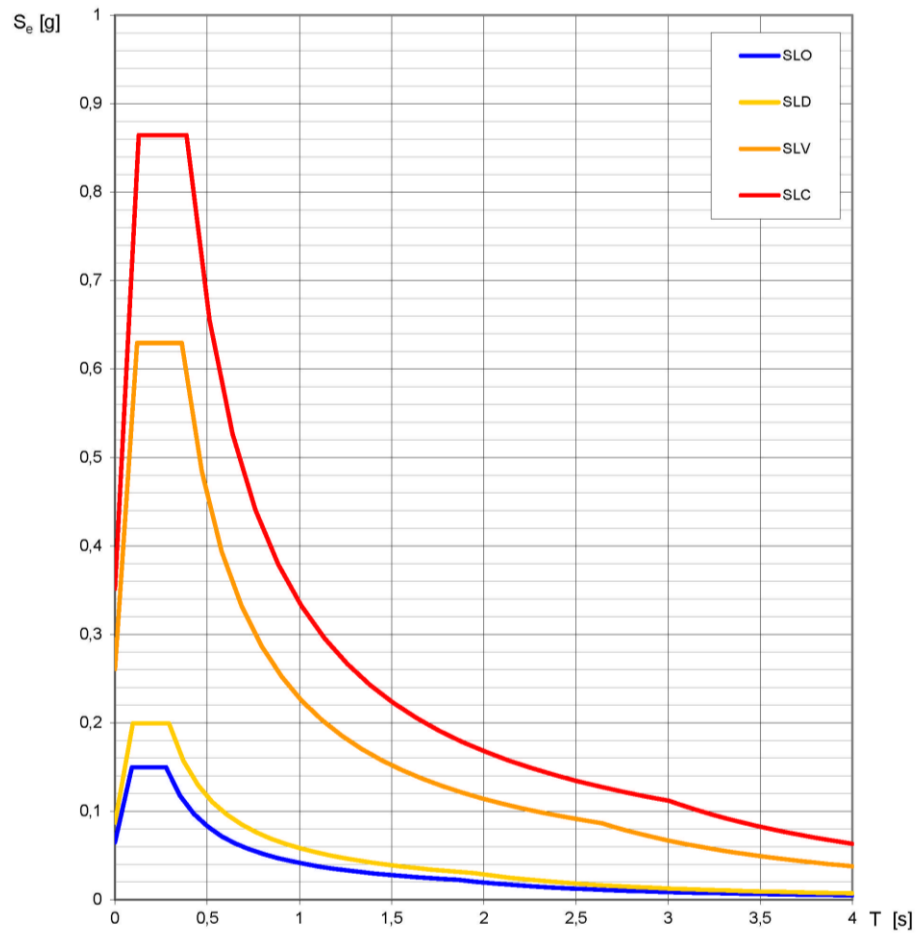
Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Sito 5

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

6 – EFFETTI DI SITO

All'interno delle diverse zone l'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto dimostra che le azioni sismiche possono assumere caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali quali:

- ♦ costituzione stratigrafica del sottosuolo;
- ♦ morfologia superficiale;
- ♦ presenza e profondità della falda freatica;
- ♦ presenza di faglie.

Per come definito delle Norme Tecniche di Costruzione 2018 il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Alla scala della singola opera, l'effetto di sito consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Pertanto l'azione sismica, valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, viene successivamente variata nei modi precisati dalla normativa stessa,

tenendo conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo e dalla morfologia della superficie.

6.1 - Amplificazione stratigrafica

L'influenza del profilo stratigrafico sull'effetto di sito può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo.

Il moto sismico alla superficie di un'area, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa.

Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione $a_{max} = S_s \cdot a_g$ dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido e S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Nelle analisi sismiche degli effetti di sito, al fine di determinare l'amplificazione prodotta dalle condizioni stratigrafiche del sottosuolo, devono essere noti:

- 1) il numero e lo spessore degli strati di copertura, cioè dei livelli sovrastanti il bedrock o il bedrock-like, intendendo con questi termini l'eventuale substrato roccioso (bedrock) o uno strato sciolto (bedrocklike) con velocità delle onde S nettamente maggiore dei livelli superiori (e generalmente con valori oltre i 500 – 700 m/s);
- 2) la velocità delle onde S negli strati di copertura o il valore di N_{spt} o di coesione non drenata.

Le NTC 17/01/2018, coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, prevedono una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa ed identifica 5 categorie di profilo stratigrafico A, B, C, D e E, ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico e ad a cui corrisponde un valore di Coefficiente sismico "S", coefficiente che tiene conto delle condizioni topografiche, mediante la relazione $S = S_s \times S_T$, essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica.

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s per le diverse categorie di profilo stratigrafico risulta il seguente:

Profilo Stratigrafico	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 * F_0 * a_{g/g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 * F_0 * a_{g/g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 * F_0 * a_{g/g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 * F_0 * a_{g/g} \leq 1,60$

L'esecuzione dell'indagine sismica masw nei siti di progetto hanno consentito di ricavare la categoria di sottosuolo ed il relativo valore del coefficiente sismico.

6.1.1 - Indagine sismica masw

Nel sito di intervento è stata eseguita una prospezione sismica a rifrazione con metodologia *Multichannel Analysis Of Surface Waves* (MASW), allo scopo di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde sismiche di taglio V_{seq} e definire gli effetti sismici di sito e conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazione di natura litologica).

La prova MASW permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 12 geofoni con spaziatura di 2.00 metro.

Nell'esecuzione della prova MASW è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza battente da 8 Kg battente su piattello metallico.

La sorgente è stata posta ad una distanza di 2.00 metri dal primo geofono.

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati analizzati trasformando i segnali registrati in uno spettro bidimensionale "*phase velocity – frequency*" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Gli elaborati sismici allegati di seguito contengono:

- *lo spettro frequenze/velocità di fase;*
- *la curva di dispersione della velocità di fase delle onde R in relazione alla frequenza;*
- *il profilo delle Vs al centro dello stendimento fino alla massima profondità di indagine;*
- *la sezione sismostratigrafica con i valori di Vs per orizzonti omogenei di velocità.*

SITO N. 1

MODELLO SISMICO MASW 1

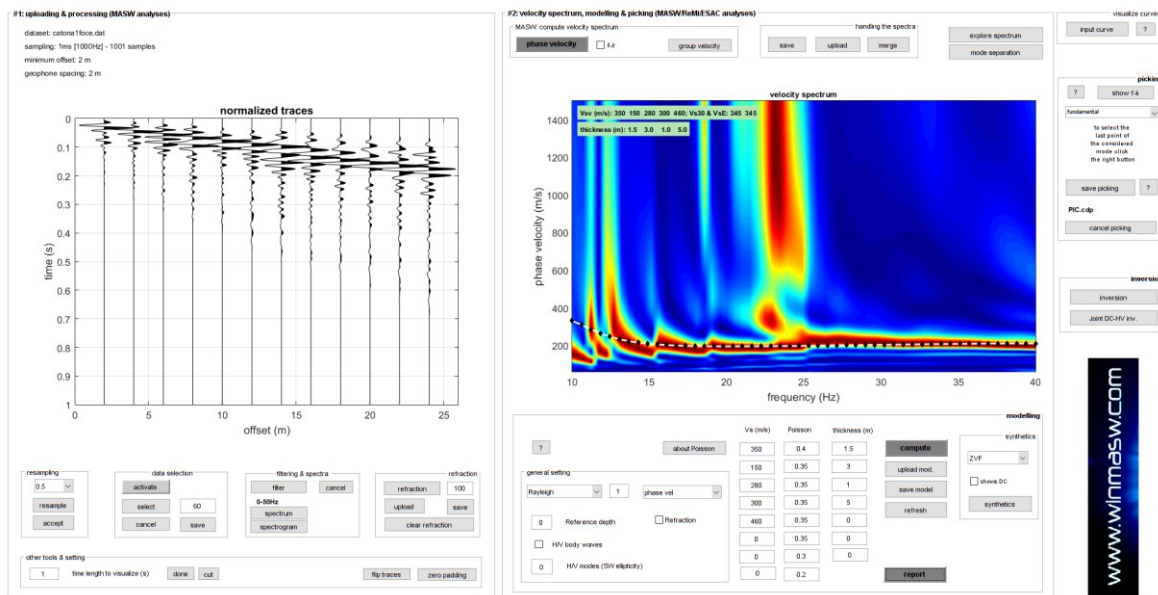


Fig. 13 - SISMOGRAMMA – SPETTRO DI VELOCITA'

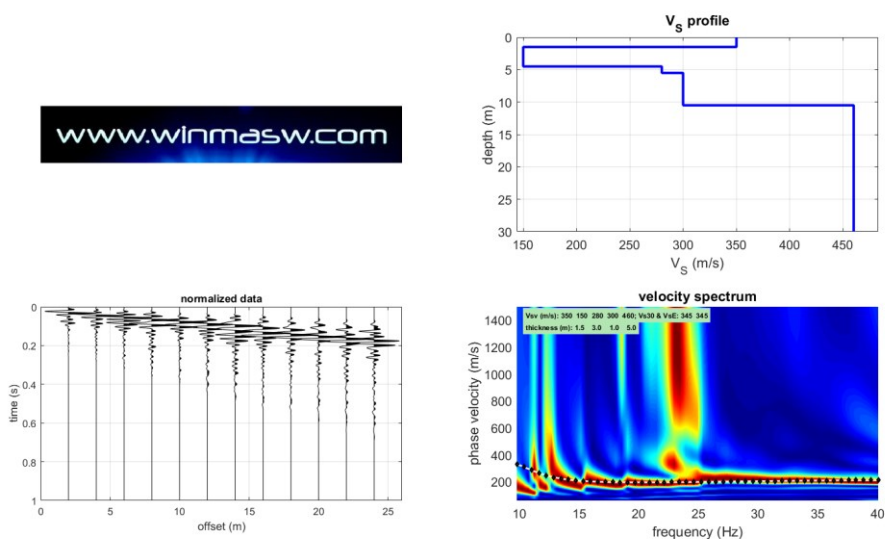


Fig.14 - CURVA DI DISPERSIONE – PROFILO DELLE VELOCITA' DELLE ONDE S – Vseq

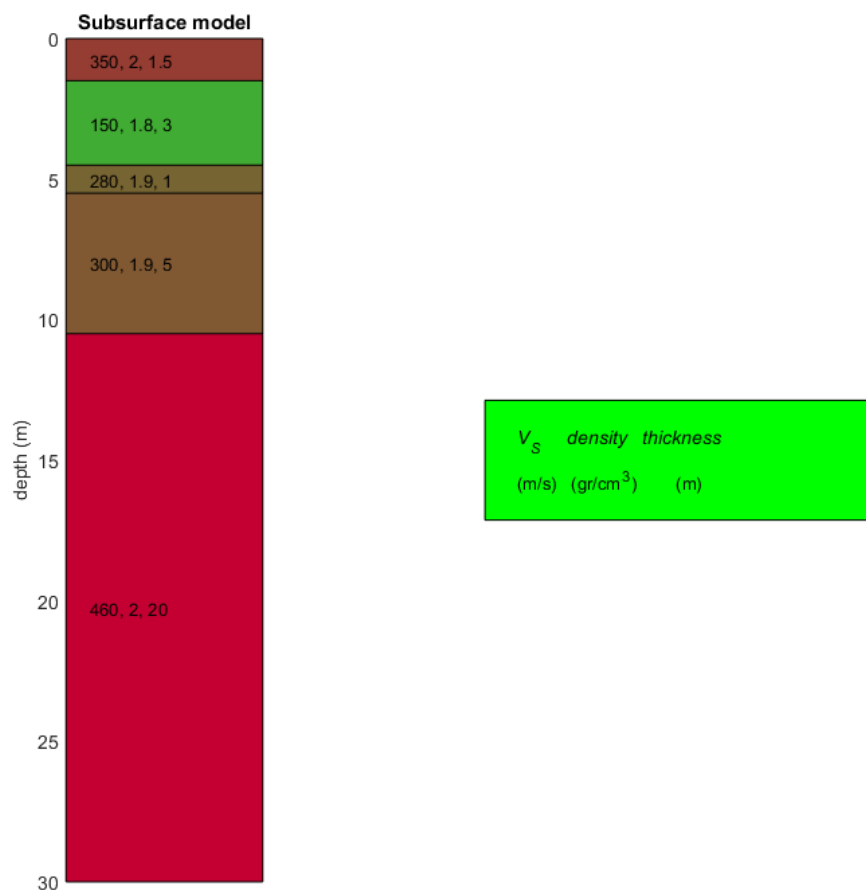


Fig.15 - MODELLO SISMICO DEL SITO - SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

SITO N. 2

MODELLO SISMICO MASW 2

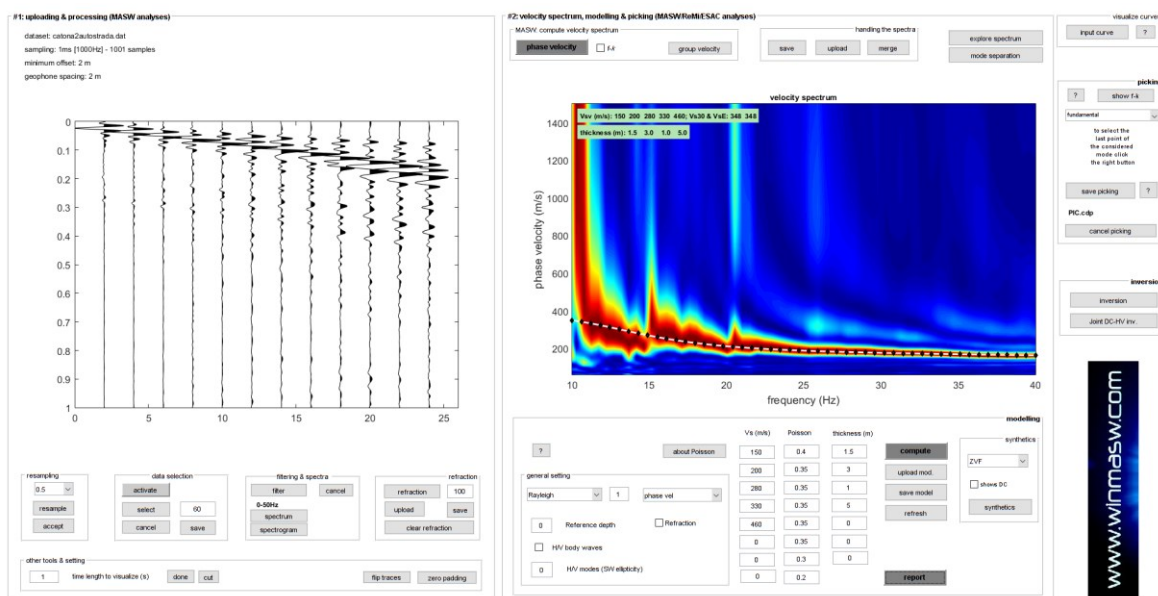


Fig. 16 - SISMOGRAMMA – SPETTRO DI VELOCITA'

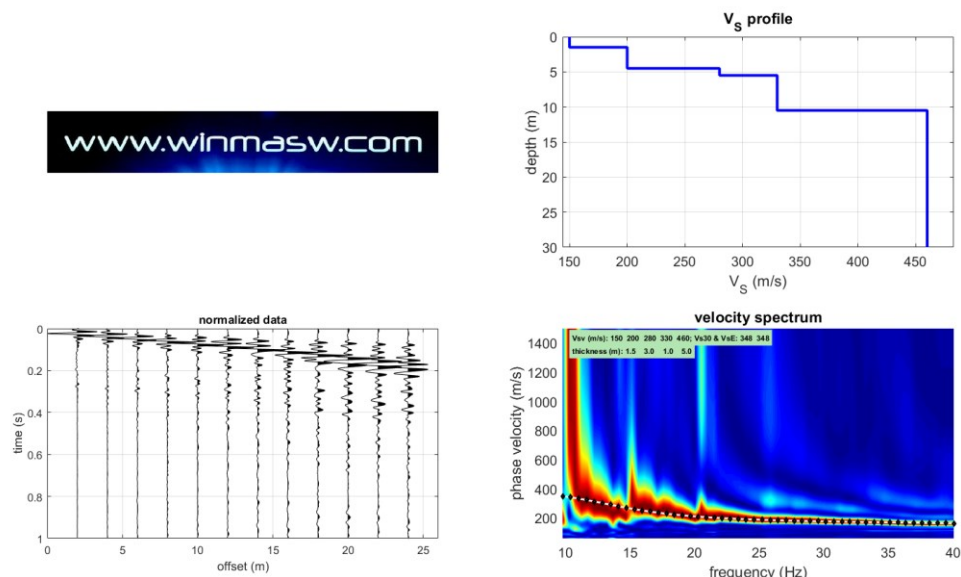


Fig. 17 - CURVA DI DISPERSIONE – PROFILO DELLE VELOCITA' DELLE ONDE S – Vseq

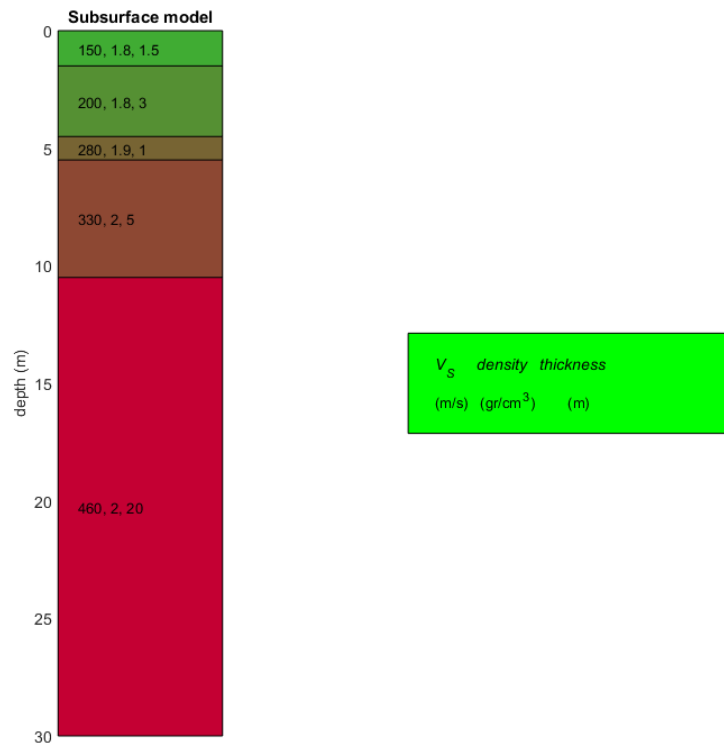


Fig. 18 - MODELLO SISMICO DEL SITO - SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

MODELLO SISMICO MASW 3

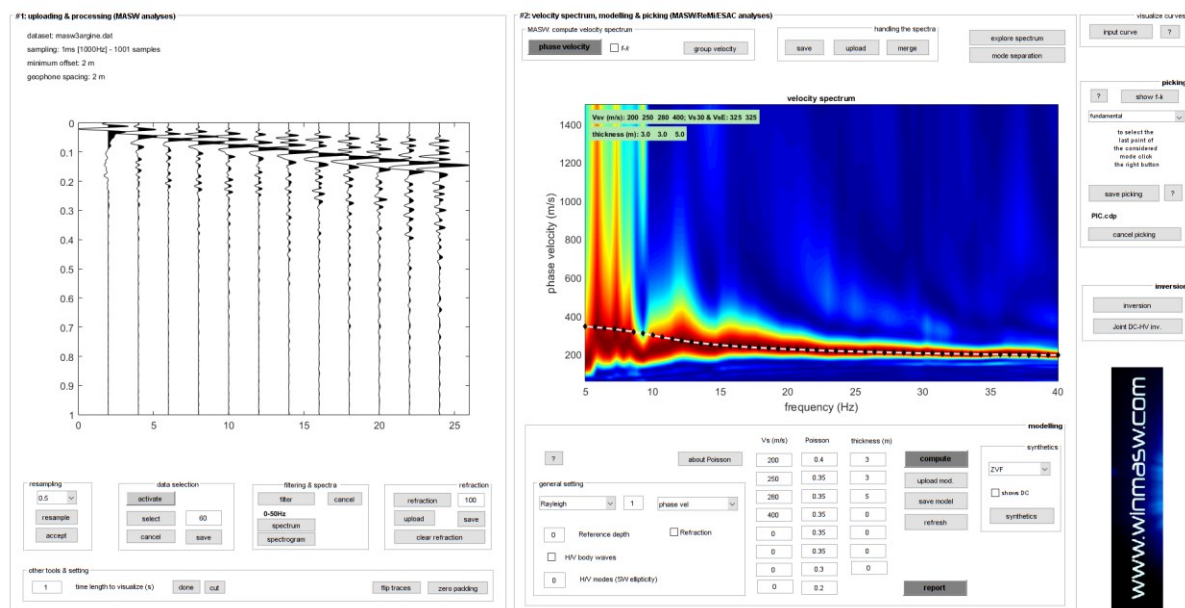


Fig. 19 - SISMOGRAMMA – SPETTRO DI VELOCITA'

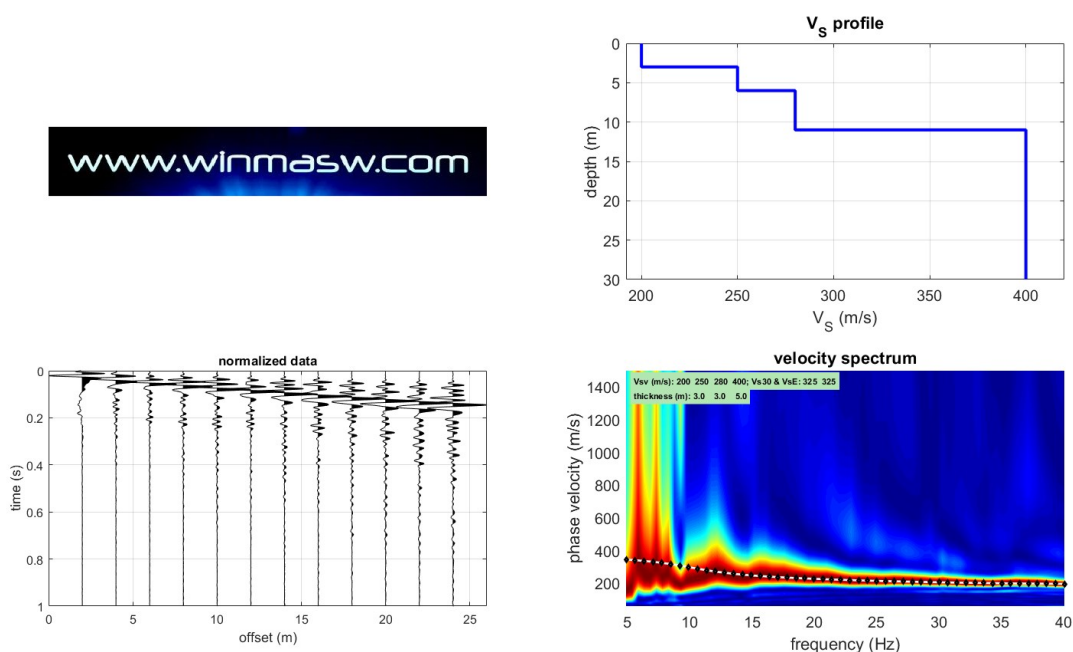


Fig. 20 - CURVA DI DISPERSIONE – PROFILO DELLE VELOCITA' DELLE ONDE S – Vseq

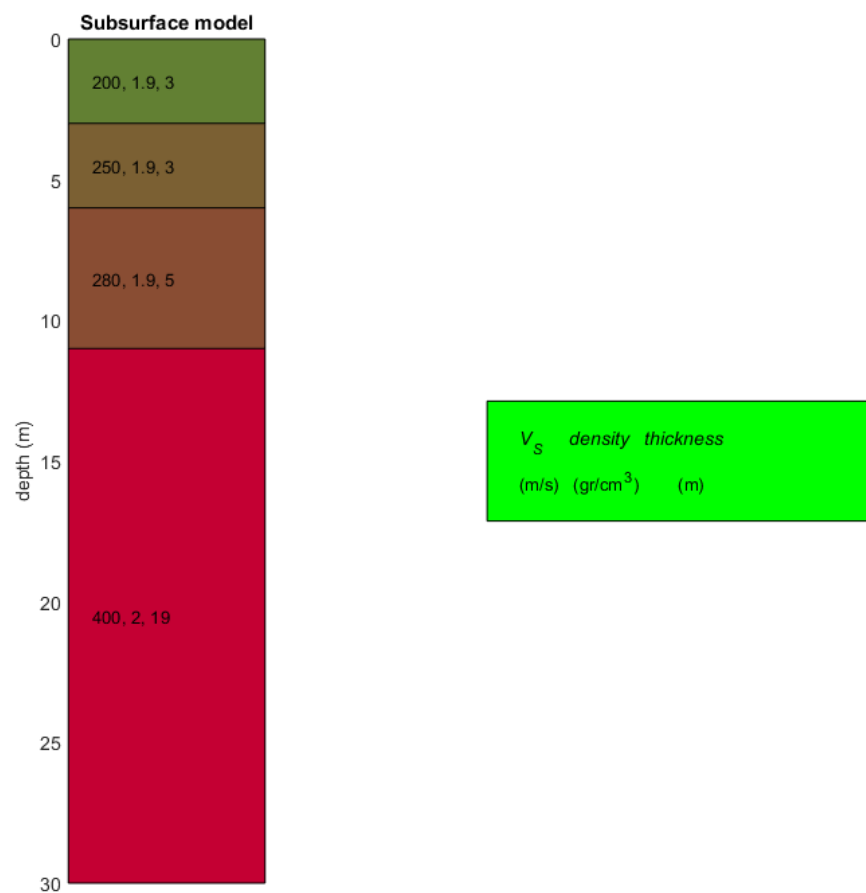


Fig. 21 - MODELLO SISMICO DEL SITO - SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

SITO N. 3

MODELLO SISMICO MASW 4

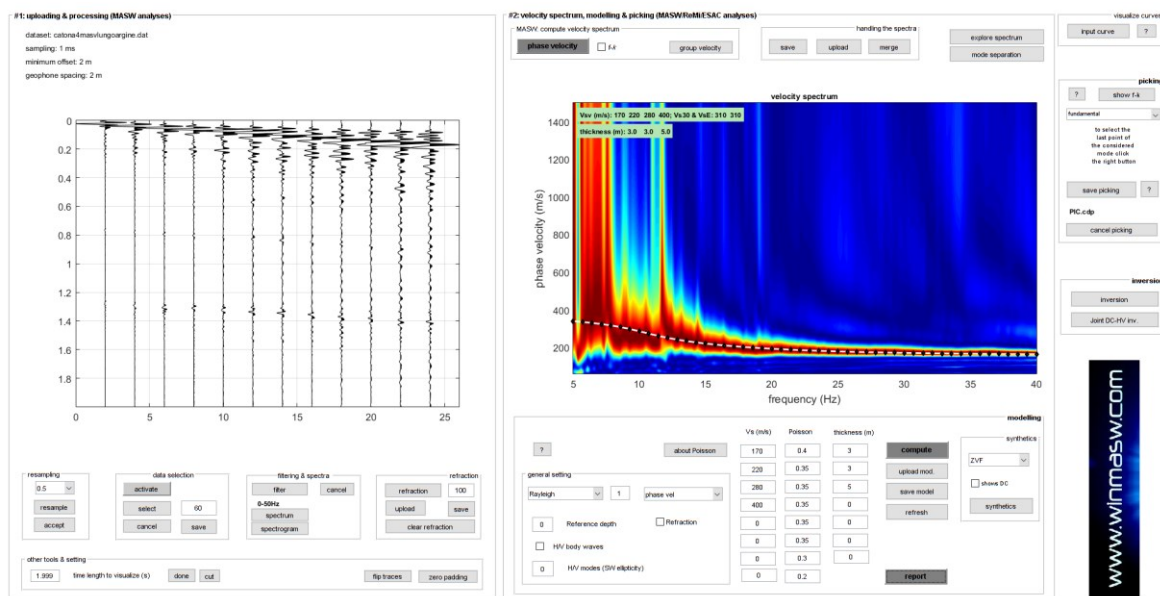


Fig. 22 - SISMOGRAMMA – SPETTRO DI VELOCITA'

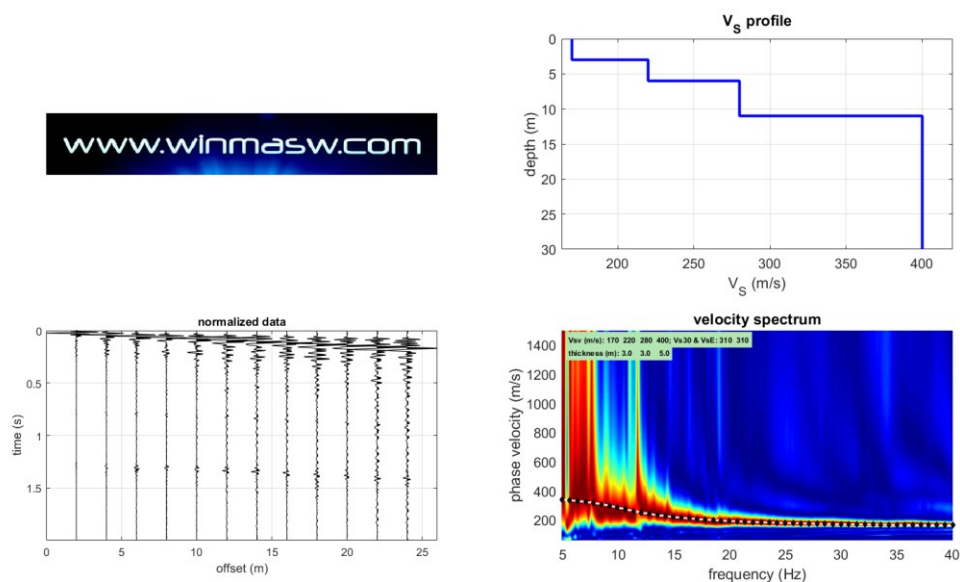


Fig. 23 - CURVA DI DISPERSIONE – PROFILO DELLE VELOCITA' DELLE ONDE S – Vseq

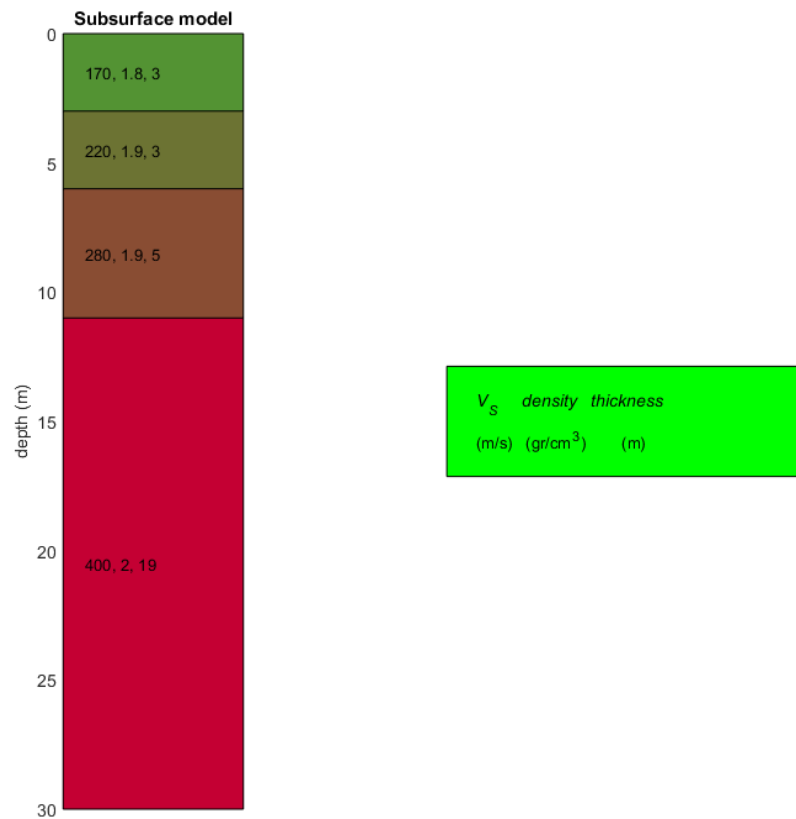


Fig. 24 - MODELLO SISMICO DEL SITO - SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

SITO N. 4

MODELLO SISMICO MASW 5

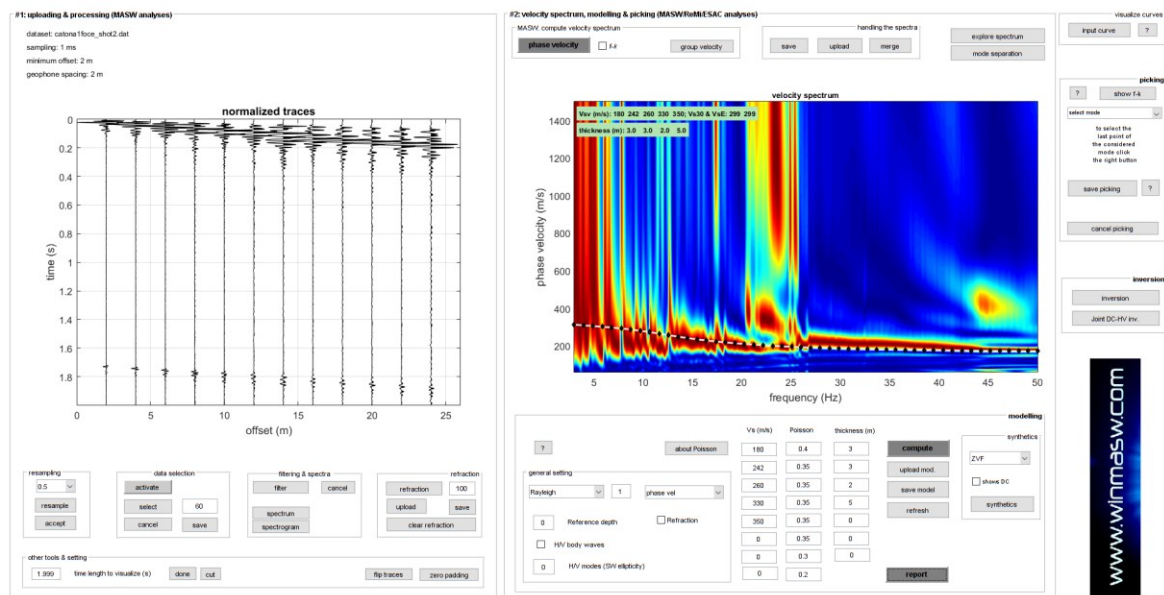


Fig. 25 - SISMOGRAMMA – SPETTRO DI VELOCITA'

www.winmasw.com

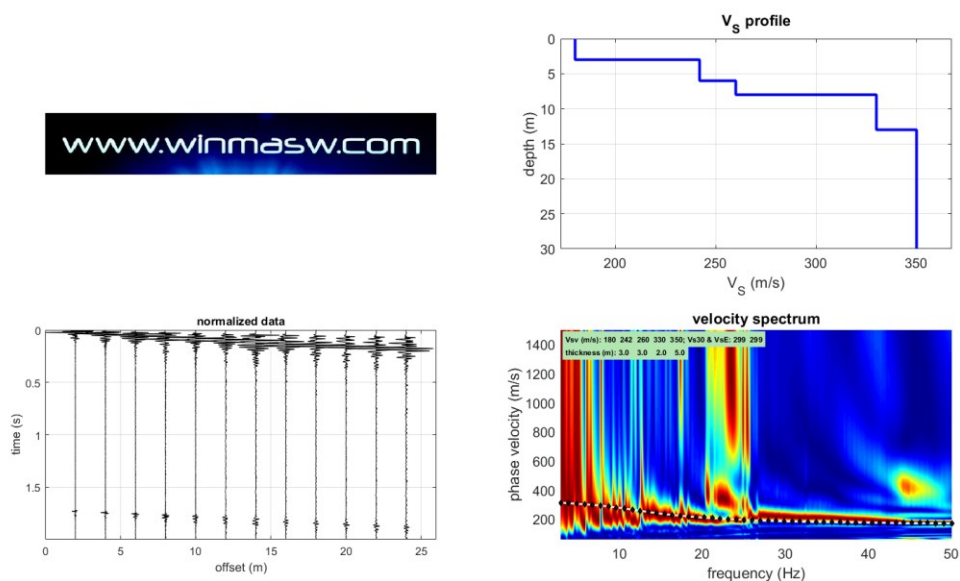


Fig. 26 - CURVA DI DISPERSIONE – PROFILO DELLE VELOCITA' DELLE ONDE S – Vseq

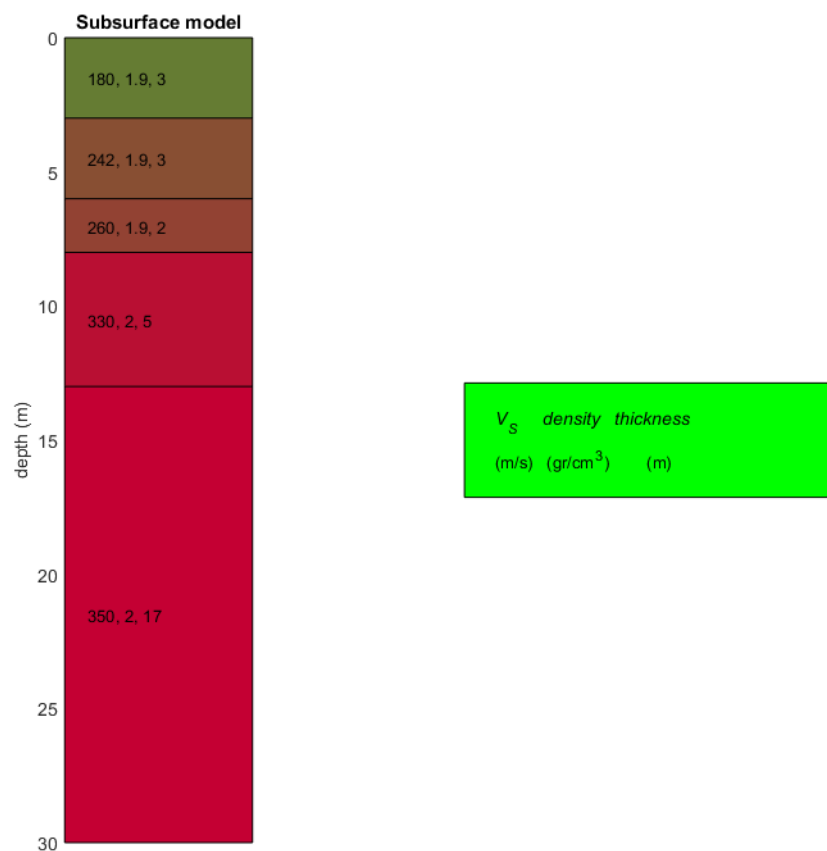


Fig. 27 - MODELLO SISMICO DEL SITO - SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

MODELLO SISMICO MASW 6

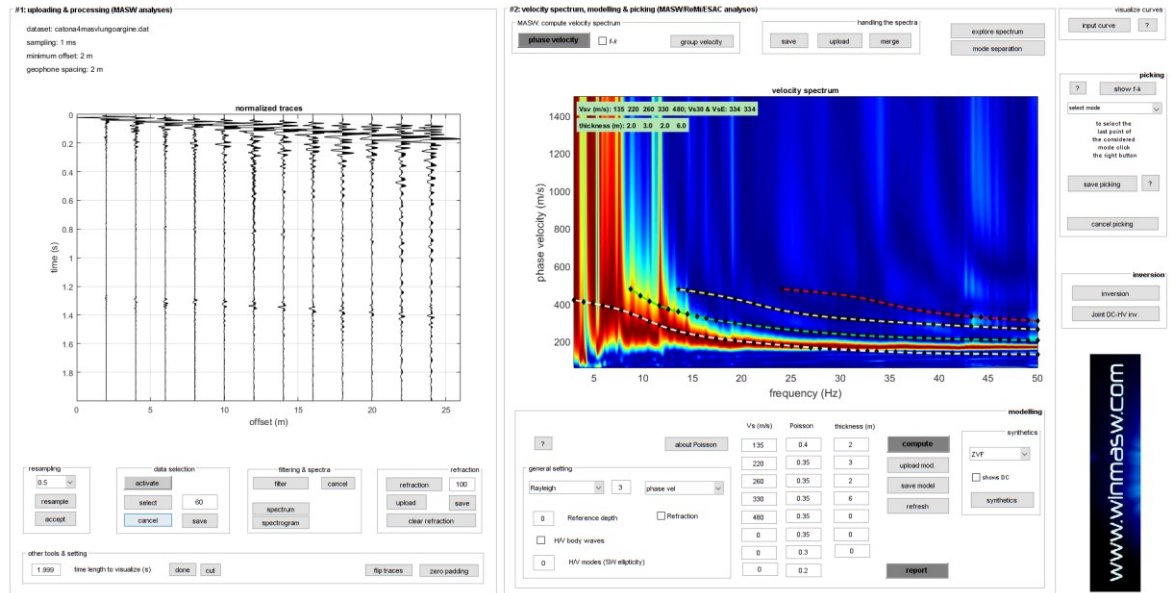


Fig. 28 - SISMOGRAMMA – SPETTRO DI VELOCITA'

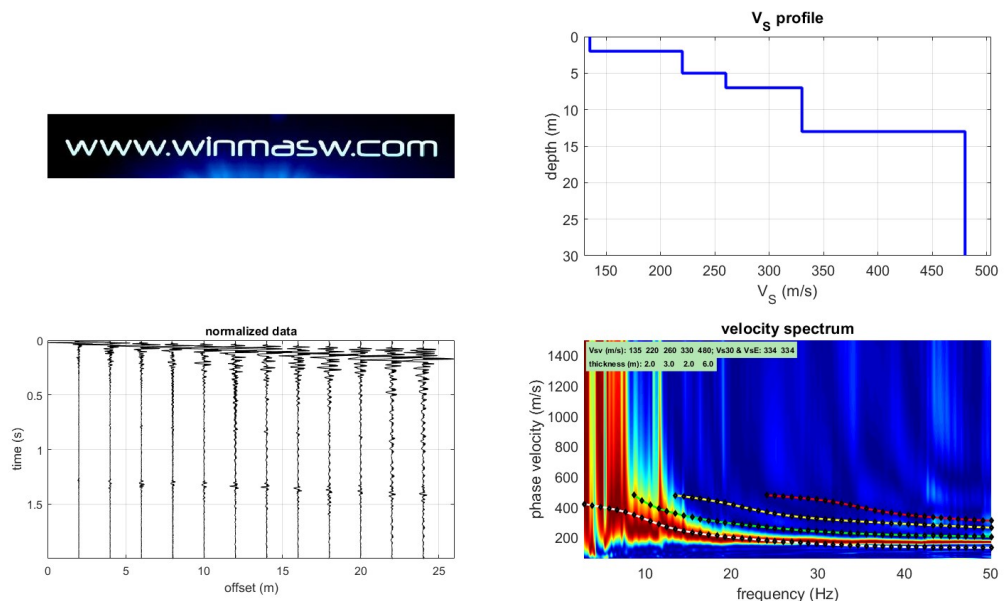


Fig. 29 - CURVA DI DISPERSIONE – PROFILO DELLE VELOCITA' DELLE ONDE S – Vseq

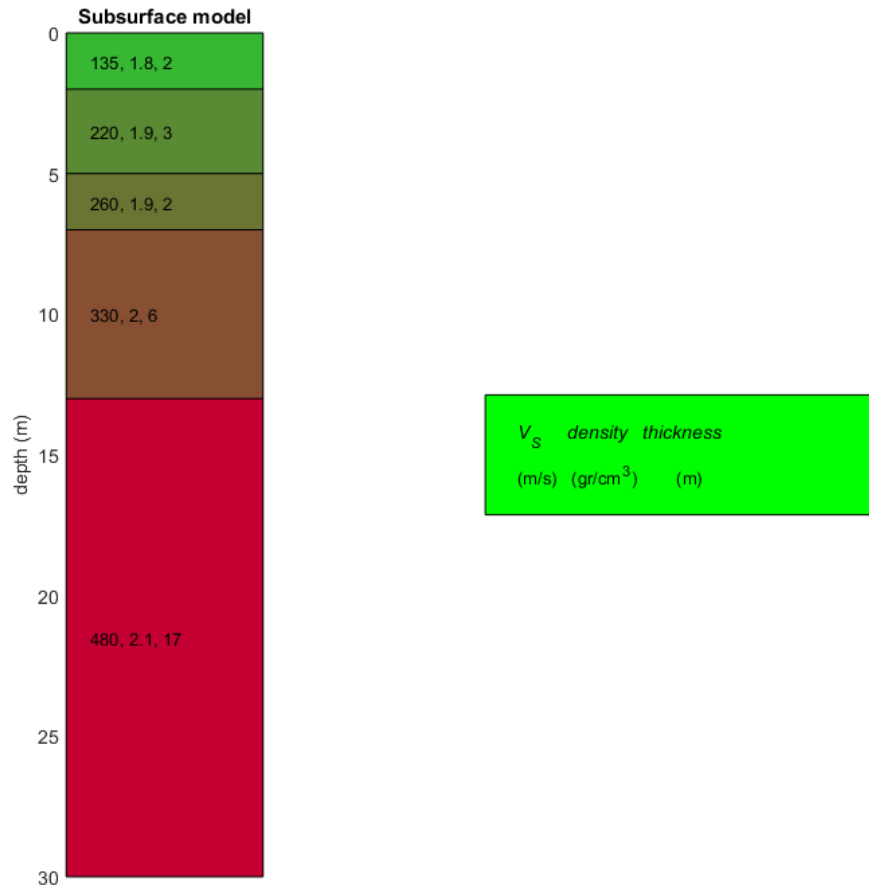


Fig. 30 - MODELLO SISMICO DEL SITO - SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

SITO N. 5

MODELLO SISMICO MASW 7

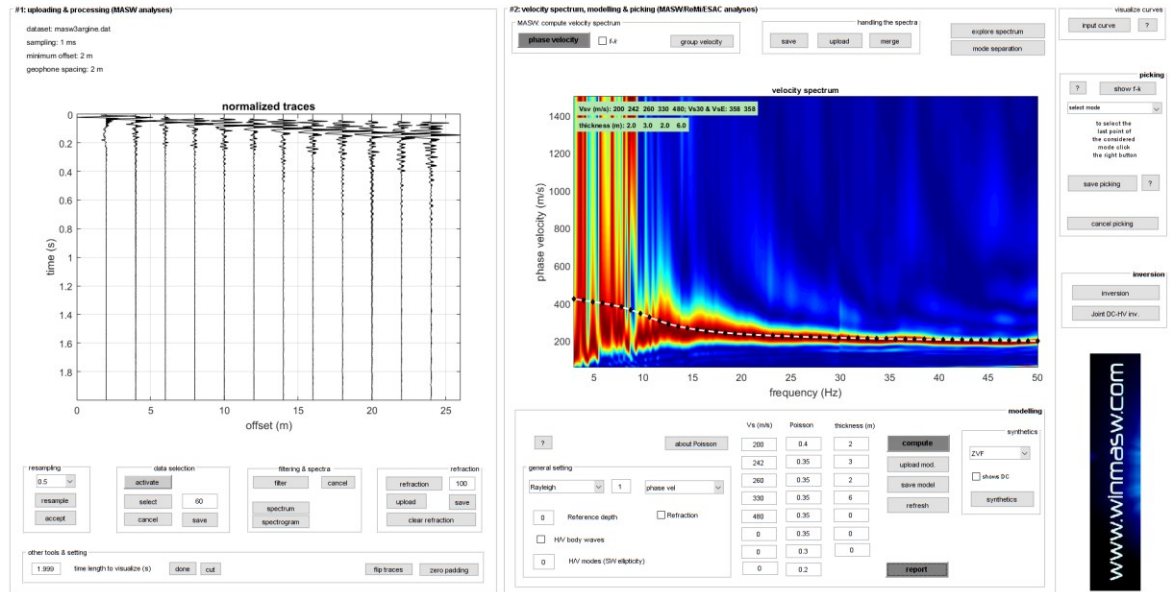


Fig. 31 - SISMOGRAMMA – SPETTRO DI VELOCITA'

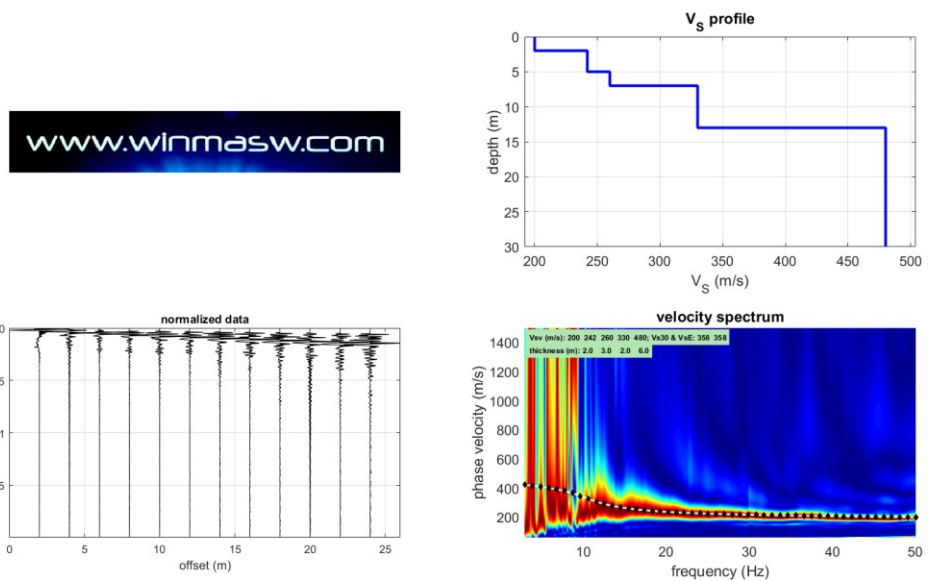


Fig. 32 - CURVA DI DISPERSIONE – PROFILO DELLE VELOCITA' DELLE ONDE S – Vseq

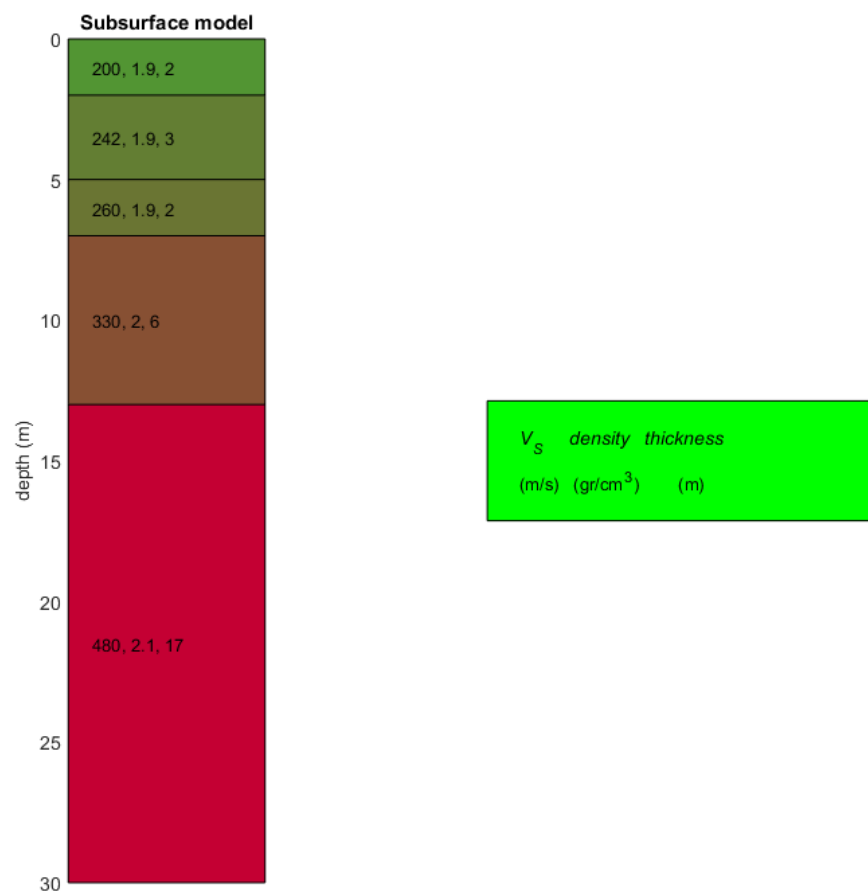


Fig. 33 - MODELLO SISMICO DEL SITO - SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

MODELLO SISMICO MASW 8

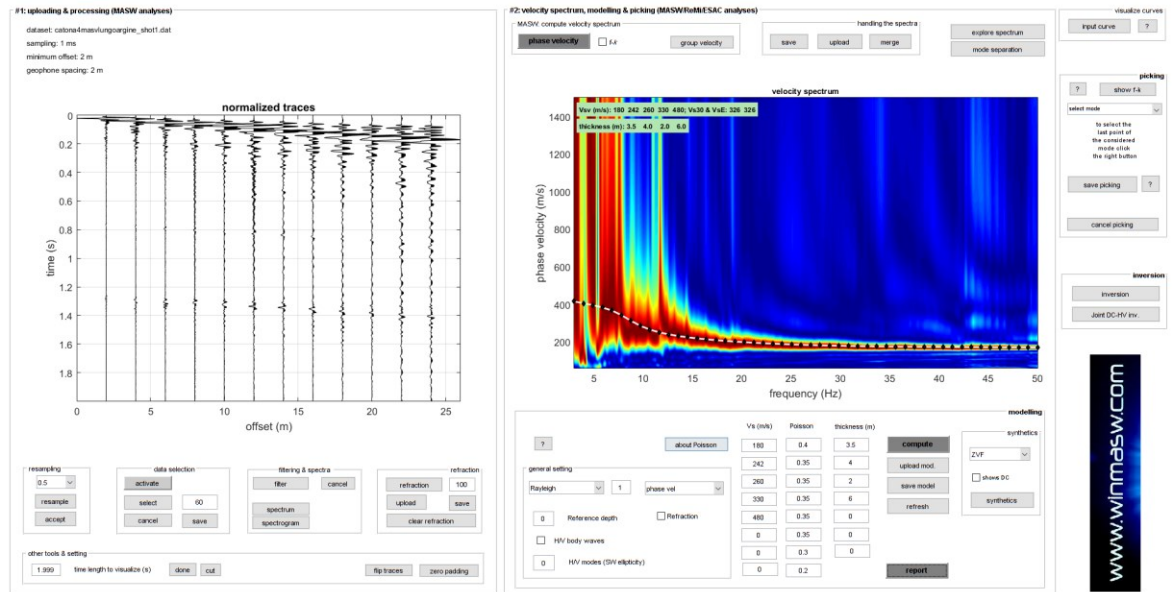


Fig. 34 - SISMOGRAMMA – SPETTRO DI VELOCITA'

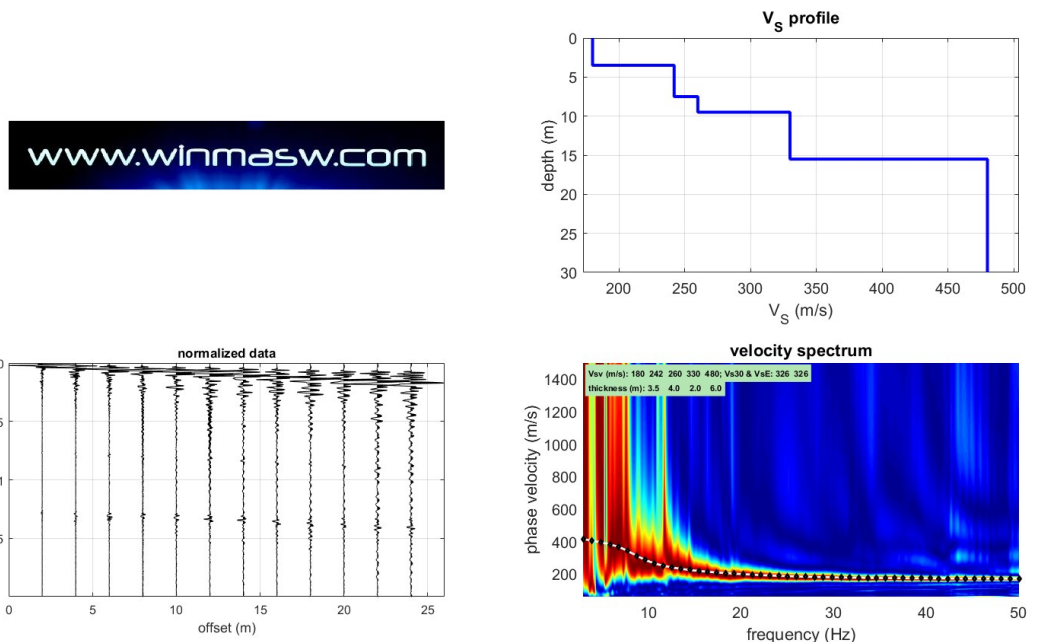


Fig. 35 - SISMOGRAMMA – SPETTRO DI VELOCITA'

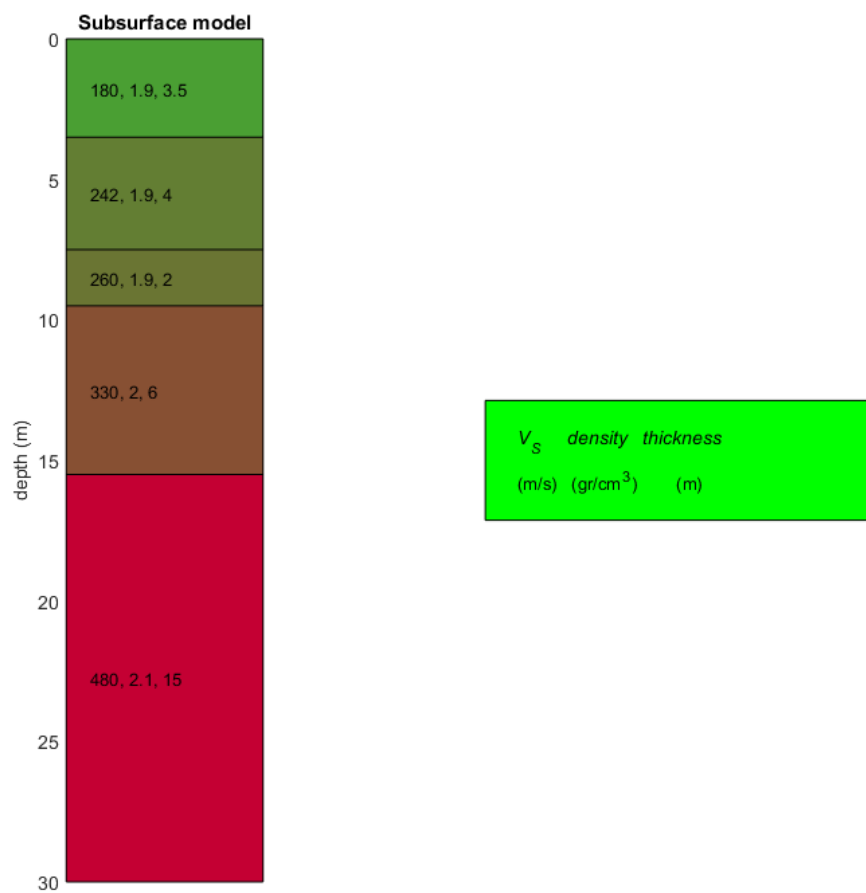


Fig. 36 - MODELLO SISMICO DEL SITO - SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

6.1.2 - Categoria di sottosuolo

A partire dai modelli sismici monodimensionali, ricavati dalle indagini masw, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Utilizzando la formula sopra riportata si sono ottenuti i seguenti valori di $V_{s,eq}$ dal piano di campagna.

Indagine MASW	$V_{s,eq}$
Masw 1	345
Masw 2	348
Masw 3	325
Masw 4	310
Masw 5	299
Masw 6	334
Masw 7	358
Masw 8	326

A tali valori corrispondono una **Categoria di sottosuolo è di tipo “B”**.

6.2 - Amplificazione topografica

Per la progettazione di opere la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T che dipende dalla categoria topografica considerata.

Il parametro S_T deve essere applicato nel caso di pendii con inclinazione maggiore di 15° e altezza maggiore di 30 mt e nel caso di configurazioni geometriche di pendii scoscesi, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 mt.

Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° .

In generale l'amplificazione tende a decrescere sotto la superficie del pendio, e pertanto, gli effetti topografici tendono a essere massimi lungo le creste di dorsali e rilievi.

Gli interventi di progetto si collocano in un contesto morfologico subpianeggiante al quale è attribuibile una categoria topografica T1 cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.00$.

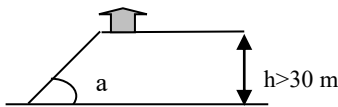
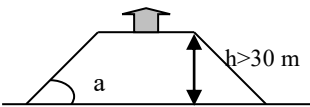

Di seguito sono riportati i valori di S_T previsti dalle NTC per le diverse categorie topografiche, la cui variazione spaziale è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categorie topografiche

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	---	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Coefficiente di amplificazione topografica (S_T)				
Morfologia			Pendenza media °	S_T
T2	Pendii scoscesi isolati – In corrispondenza della sommità del pendio		$>15^\circ$	1,2
T3	Larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza di base – In corrispondenza della cresta del rilievo		$15^\circ \div 30^\circ$	1,2
T4	Larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza di base – In corrispondenza della cresta del rilievo		$>30^\circ$	1,4

Correlazione tra le categorie topografiche ed i relativi schemi morfologici

7 – CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI

Le opere di progetto sono da considerarsi come opere ordinarie, cioè tra quelle strutture che devono essere progettate con previsione di resistenza e funzionalità garantite per una *vita nominale* V_N non inferiore ai 50 anni, secondo quanto definito dalle NTC 2018 riportate di seguito:

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

L'intervento rientra in Classe d'uso II, cui corrisponde un coefficiente d'uso C_u pari a 1,0.

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella classi d'uso

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1	1,5	2

Valori del coefficiente d'uso C_u

Sulla base di tali valori le azioni sismiche sono state valutate per un periodo di riferimento $V_R = V_N * C_u$.

Considerata la categoria di sottosuolo definita di tipo "B" e la categoria topografica "T1", sono stati determinati i coefficienti di amplificazione

dell'azione sismica con riferimento alla pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, elaborata dall'INGV.

Nelle tabelle di seguito sono riportati i valori dei coefficienti che definiscono l'azione sismica di progetto.

Coefficienti sismici del sito 1

Stati Limite	Ss	Cc	St	Khk	Kvk	Amax	Beta
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
Operatività (SLO)	1,200	1,42	1,000	0,000	-----	0,754	----
Danno (SLD)	1,200	1,41	1,000	0,049	0,024	1,014	0,470
Salvaguardia della vita (SLV)	1,15	1,35	1,000	0,114	0,057	2,935	0,380
Prevenzione del collasso (SLC)	1,05	1,33	1,000	0,000	-----	3.619	-----

Coefficienti sismici del sito 2

Stati Limite	Ss	Cc	St	Khk	Kvk	Amax	Beta
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
Operatività (SLO)	1,200	1,42	1,000	0,000	-----	0,753	----
Danno (SLD)	1,200	1,41	1,000	0,049	0,024	1,013	0,470
Salvaguardia della vita (SLV)	1,15	1,35	1,000	0,114	0,057	2,931	0,380
Prevenzione del collasso (SLC)	1,06	1,33	1,000	0,000	-----	3.648	-----

Coefficienti sismici del sito 3

Stati Limite	Ss	Cc	St	Khk	Kvk	Amax	Beta
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
Operatività (SLO)	1,200	1,42	1,000	0,000	-----	0,752	----
Danno (SLD)	1,200	1,41	1,000	0,049	0,024	1,012	0,470
Salvaguardia della vita (SLV)	1,15	1,35	1,000	0,114	0,057	2,928	0,380
Prevenzione del collasso (SLC)	1,06	1,33	1,000	0,000	-----	3.644	-----

Coefficienti sismici del sito 4

Stati Limite	Ss	Cc	St	Khk	Kvk	Amax	Beta
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
Operatività (SLO)	1,200	1,42	1,000	0,000	-----	0,762	----
Danno (SLD)	1,200	1,41	1,000	0,049	0,025	1,024	0,470
Salvaguardia della vita (SLV)	1,15	1,35	1,000	0,114	0,057	2,951	0,380
Prevenzione del collasso (SLC)	1,05	1,33	1,000	0,000	-----	3,631	-----

Coefficienti sismici del sito 5

Stati Limite	<i>Ss</i>	<i>Cc</i>	<i>St</i>	<i>Khk</i>	<i>Kvk</i>	<i>Amax</i>	<i>Beta</i>
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
Operatività (SLO)	1,200	1,42	1,000	0,000	-----	0,764	----
Danno (SLD)	1,200	1,41	1,000	0,049	0,025	1,027	0,470
Salvaguardia della vita (SLV)	1,15	1,35	1,000	0,115	0,057	2,957	0,380
Prevenzione del collasso (SLC)	1,05	1,33	1,000	0,000	-----	3,637	-----

8 – CONCLUSIONI

Lo studio di pericolosità sismica eseguito in corrispondenza della zona di foce della Fiumara Catona di Reggio Calabria, è stato finalizzato al progetto di interventi di sistemazione idraulica per la messa in sicurezza della Fiumara di Catona.

I dati desunti dallo studio e dalle indagini svolte possono essere riassunti come segue:

- **Categoria topografica T1**, cui corrisponde un **Coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.0$** ;
- **Categoria di sottosuolo di tipo “B”**;
- **Coefficienti sismici dei siti di progetto**, con riferimento alla pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale elaborata dall’INGV:

Coefficienti sismici del sito 1

Stati Limite	Ss	Cc	St	Khk	Kvk	Amax	Beta
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
Operatività (SLO)	1,200	1,42	1,000	0,000	-----	0,754	----
Danno (SLD)	1,200	1,41	1,000	0,049	0,024	1,014	0,470
Salvaguardia della vita (SLV)	1,15	1,35	1,000	0,114	0,057	2,935	0,380
Prevenzione del collasso (SLC)	1,05	1,33	1,000	0,000	-----	3.619	-----

Coefficienti sismici del sito 2

Stati Limite	Ss	Cc	St	Khk	Kvk	Amax	Beta
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
Operatività (SLO)	1,200	1,42	1,000	0,000	-----	0,753	----
Danno (SLD)	1,200	1,41	1,000	0,049	0,024	1,013	0,470
Salvaguardia della vita (SLV)	1,15	1,35	1,000	0,114	0,057	2,931	0,380
Prevenzione del collasso (SLC)	1,06	1,33	1,000	0,000	-----	3.648	-----

Coefficienti sismici del sito 3

Stati Limite	Ss	Cc	St	Khk	Kvk	Amax	Beta
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
Operatività (SLO)	1,200	1,42	1,000	0,000	-----	0,752	----
Danno (SLD)	1,200	1,41	1,000	0,049	0,024	1,012	0,470
Salvaguardia della vita (SLV)	1,15	1,35	1,000	0,114	0,057	2,928	0,380
Prevenzione del collasso (SLC)	1,06	1,33	1,000	0,000	-----	3.644	-----

Coefficienti sismici del sito 4

Stati Limite	Ss	Cc	St	Khk	Kvk	Amax	Beta
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
Operatività (SLO)	1,200	1,42	1,000	0,000	-----	0,762	----
Danno (SLD)	1,200	1,41	1,000	0,049	0,025	1,024	0,470
Salvaguardia della vita (SLV)	1,15	1,35	1,000	0,114	0,057	2,951	0,380
Prevenzione del collasso (SLC)	1,05	1,33	1,000	0,000	-----	3,631	-----

Coefficienti sismici del sito 5

Stati Limite	Ss	Cc	St	Khk	Kvk	Amax	Beta
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
Operatività (SLO)	1,200	1,42	1,000	0,000	-----	0,764	----
Danno (SLD)	1,200	1,41	1,000	0,049	0,025	1,027	0,470
Salvaguardia della vita (SLV)	1,15	1,35	1,000	0,115	0,057	2,957	0,380
Prevenzione del collasso (SLC)	1,05	1,33	1,000	0,000	-----	3,637	-----



il geologo
dott. Luigi Carbone