

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A.

SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A.

COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L.

SACYR S.A.U.

ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD

A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE

IL PROGETTISTA  
ATI PRO-GLOBAL  
Ing. B. Polifroni n° A1845  
Arch. S. Fedele n° 274



Ing. E. Pagani  
Ordine Ing. Milano n°15408

IL CONTRAENTE GENERALE  
PROJECT MANAGER  
(Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA  
Direttore Generale  
Ing. G. Fiammenghi

STRETTO DI MESSINA  
Amministratore Delegato  
Dott. P. Ciucci

Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"

CZV0663\_F0

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA
<i>Tipo di sistema</i>	CANTIERI
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE E PRODUZIONE INERTI
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE
<i>Titolo del documento</i>	CRA 3 - PETTO - RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA – RISULTATI DELLE INDAGINI

CODICE

C G 1 4 0 0 P R X V C C Z C 4 S D 2 0 0 0 0 0 0 2 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	08/06/2012	EMISSIONE FINALE	SURACE	G. POLIFRONI	B. POLIFRONI



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>	<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

## INDICE

INDICE .....		3
1. RELAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ SISMICA .....		5
2. UBICAZIONE DELL'INTERVENTO.....		5
3. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE .....		7
4. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....		9
5. CATEGORIA TOPOGRAFICA .....		11
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....		11
7. RISULTATI DELLE INDAGINI.....		13
7.1 Strumentazione impiegata .....		13
7.2 Dati sperimentali .....		14
7.3 Profilo in sito .....		16
8. CALCOLO DELLE VS <sub>30</sub> .....		17



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

## 1. RELAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ SISMICA

### Premessa

La presente relazione sulla pericolosità sismica è stata redatta per il progetto definitivo di un deposito di "Rocce e Terre da Scavo" - D.Lgs. 152/2006, che dovrà pervenire dalla realizzazione del Ponte sullo Stretto di Messina. Il sito si trova in località Petti nel comune di Limbadi (VV).

Lo studio è stato eseguito in conformità al D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n. 617/2009 (Circolare) e fa riferimento alla relazione geologica redatta dal dott. Francesco Surace allegata al progetto.

In particolare, qui sono trattati gli aspetti contenuti nel paragrafo C3.2.2 della Circolare, riguardanti:

- Categoria del suolo;
- Coefficiente Topografico.

Per gli altri parametri della pericolosità sismica e i relativi coefficienti da considerare ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto, si rimanda alla relazione di calcolo delle eventuali opere di sostegno provvisoria e definitiva. La valutazione di tali parametri, infatti, oltre a essere di stretta competenza del progettista può essere facilmente ricavata con apposita procedura informatizzata a partire dai valori di latitudine e longitudine del sito esaminato.

### ALLEGATI:

- Planimetria con ubicazione indagine e documentazione fotografica

## 2. UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

Il deposito in progetto dovrà essere realizzato in località Petti nel territorio del comune di Limbadi (VV).

Dal punto di vista geografico rientra nella Tavoletta *Limbadi*, Foglio n. 589 – Sez. I della Carta d'Italia I.G.M. 1:25.000 è posta ad quota altimetrica di circa 130 m s.l.m.

Al fine della caratterizzazione delle azioni sismiche di cui al paragrafo 3.2 della normativa e della definizione delle forme spettrali in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento, le coordinate del sito oggetto dell'intervento sono le seguenti:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>	<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Località: **Petti**

Comune: **Limbadi** (VV)

Coordinate geografiche: Lat./ Long. [ED50] **38.537785, 15.968386**

Inquadramento sismico OPCM 3274/2003: **Zona 1**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>	<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

### 3. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici sia in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno  $T$  ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

Le condizioni di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale in generale non corrispondono a quelle effettive. Pertanto, è necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera in progetto ed anche delle condizioni topografiche del sito, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e frequenza sono il risultato della risposta sismica locale.

Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- effetti stratigrafici, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati del terreno.
- effetti topografici, legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche e all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello rifratto. I fenomeni di amplificazione cresta – base aumentano in proporzione tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

Gli effetti della risposta sismica locale possono essere valutati con metodi semplificati oppure

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

eseguendo specifiche analisi.

Nel caso in esame è stato scelto il metodo semplificato che consiste nel valutare gli effetti stratigrafici e topografici attribuendo il sito a una delle categorie di sottosuolo definite dalla Tab.

3.2.II delle NTC (A, B, C, D, E)

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
A	<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	<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 $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositii 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 $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositii 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 $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<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).

e ad una delle categorie topografiche definite nella Tab. 3.2.IV delle NTC (T1, T2, T3, T4).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1,4



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>	<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

## 4. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per l'identificazione della categoria di sottosuolo viene consigliata dalle NTC la misura della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ . In particolare, fatta salva la necessità di estendere le indagini geotecniche nel volume significativo di terreno interagente con l'opera, la classificazione si esegue in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  (velocità delle onde di taglio di uno spessore di 30 m del terreno in esame), definita mediante l'equazione 3.2.1 delle NTC.

In mancanza di misure di  $V_s$ , l'identificazione della categoria di sottosuolo può essere fatta sulla base di altre grandezze geotecniche, quali il numero di colpi della prova penetrometrica dinamica ( $N_{spt}$ ) per depositi prevalentemente a grana grossa, e la resistenza non drenata ( $C_u$ ) per depositi prevalentemente a grana fine.

Per il progetto in esame la valutazione della velocità delle onde di taglio  $V_{s30}$  è stata definita mediante una prospezione sismica con metodologia Multichannel Analysis Of Surface Waves (**MASW**), che si basa sullo studio della dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di tipo Rayleigh (R).

La prova Masw è stata eseguita direttamente dai progettisti con personale interno, i cui risultati sono riportati nel presente elaborato.

Dalle misure eseguite è stato ottenuto il seguente valore della velocità delle onde superficiale (quota iniziale = p.c. attuale):

$$V_{s30} = \mathbf{989} \text{ m/s}$$

(media pesata sugli spessori, estrapolata fino a 30 metri)<sup>1</sup>

Pertanto il profilo stratigrafico del sottosuolo dell'area considerata, secondo la classificazione della Tab. 3.2.II delle NTC, può essere assimilato alla:

Categoria "A"

*"Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendente in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m".*

<sup>1</sup> Ai fini della determinazione della  $V_{s30}$ , calcolata con la media pesata sugli spessori, quando l'indagine diretta non raggiunge la profondità di 30 m, il valore della velocità rilevato nell'ultimo sismo - strato viene estrapolato fino a tale profondità.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>	<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>	<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

## 5. CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale. Per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la classificazione della Tab. 3.2.IV delle NTC, riportata nel capitolo precedente.

L'area d'intervento si trova su un versante roccioso di natura granitica con una pendenza media > 15°, quindi rientra nella categoria **T2**, cui corrisponde un coefficiente pari a **1,2** per la valutazione del fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche locali.

## 6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE


- L'area è soggetta a un'attività sismica elevata, indotta sia da terremoti documentati con epicentro nell'ambito del territorio provinciale sia, di riflesso, dagli eventi più intensi provenienti dalle province limitrofe.
- Nell'area interessata dallo stoccaggio definitivo delle terre e rocce da scavo, non sono presenti faglie superficiali, discontinuità o cavità tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo.
- L'area si trova su un versante roccioso di natura granitica con un'inclinazione media > 15° e pertanto rientra nella categoria **T2**, cui è attribuibile un coefficiente di amplificazione topografica pari a **1,2**.
- La zona sismica di riferimento è la "**Zona 1**".
- L'indagine sismica ha fornito valori di  $V_{s30}$  (velocità media di propagazione entro i primi 30 m di profondità delle onde di taglio), che consentono di attribuire il suolo di fondazione alla categoria "**A**".

In conclusione, dal punto di vista delle condizioni sismiche del sottosuolo esaminato, non si rilevano condizioni a priori ostative al progetto.

Varapodio, li Giugno 2012.

Il tecnico  
geol. Francesco Surace

		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</p>	<p><i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 08/06/2012</p>	

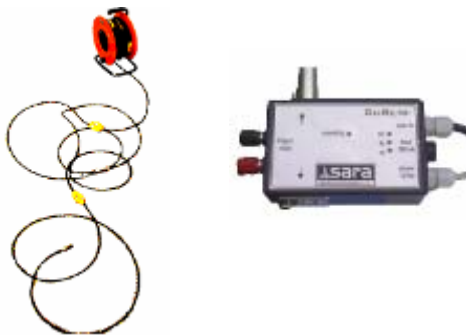
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>	<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

## 7. RISULTATI DELLE INDAGINI

### 7.1 Strumentazione impiegata

Le acquisizioni sono state eseguite con un sismografo a trasmissione digitale del segnale, modello DoReMi (Sara Instruments), avente le seguenti caratteristiche:

- conversione A/D 16 bit
- 127dB di dinamica a qualsiasi frequenza di campionamento
- elevatissima immunità ai disturbi, memoria di 64k (30 mila campioni)
- assenza di rumore strumentale dovuto a *cross-talk* ed effetto antenna dello stendimento (il segnale è digitalizzato direttamente alla fonte)
- intervallo di campionamento da 5 ms fino 0,05 ms



Per il rilievo della velocità del moto del suolo sono stati utilizzati 24 canali d'acquisizione (geofoni verticali Geospace con frequenza di oscillazione di 4.5 Hz), adottando una distanza intergeofonica di **2** metri. E' stata eseguita un'elaborazione su un sismogramma ottenuto da un punto di energizzazione posto a **4** metri dal primo geofono.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

## 7.2 Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	.24
Numero di campioni temporali.....	.2000
Passo temporale di acquisizione.....	.1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	.24
Spaziatura ricevitori [m].....	.2 m

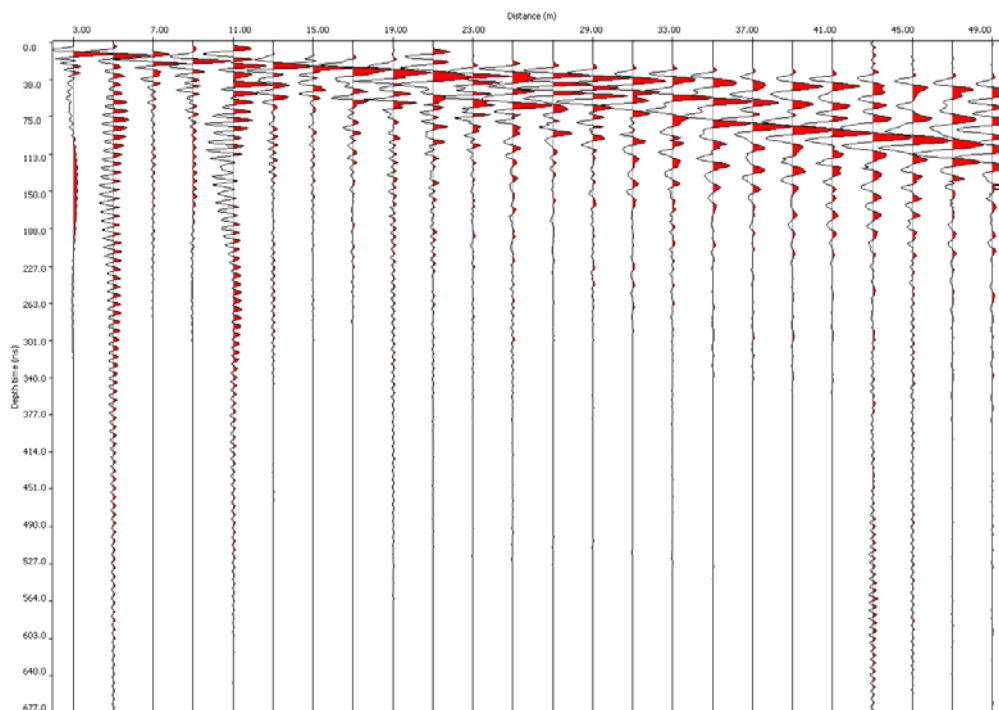


Figura 3.1: Tracce sperimentali

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

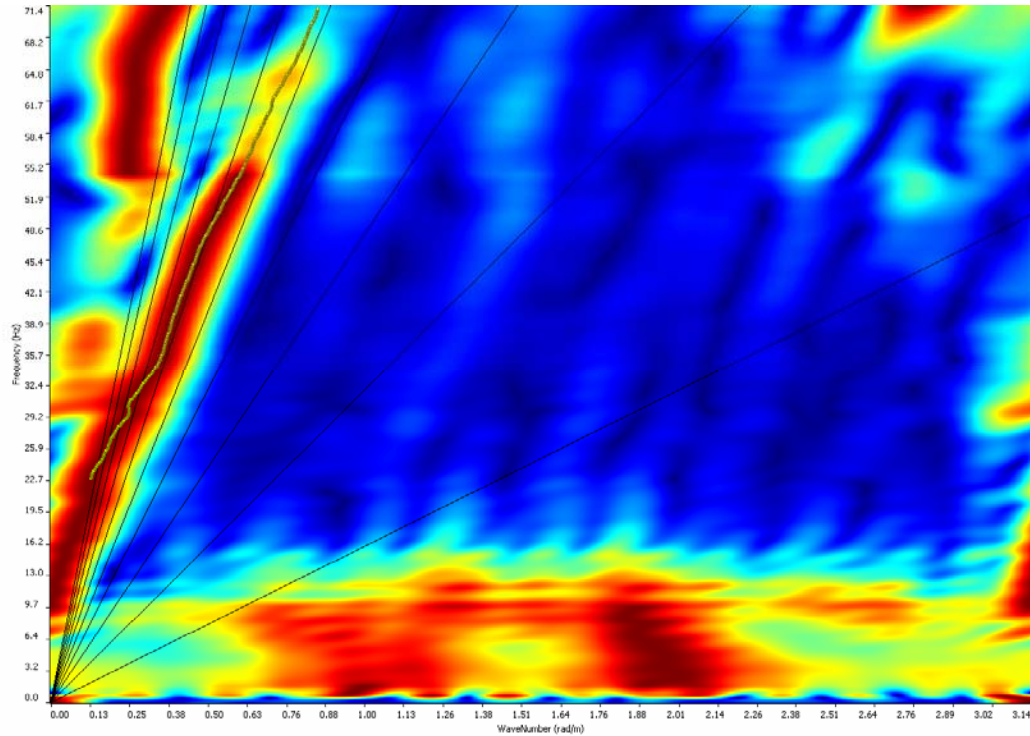


Figura 3.2: Spettro di velocità

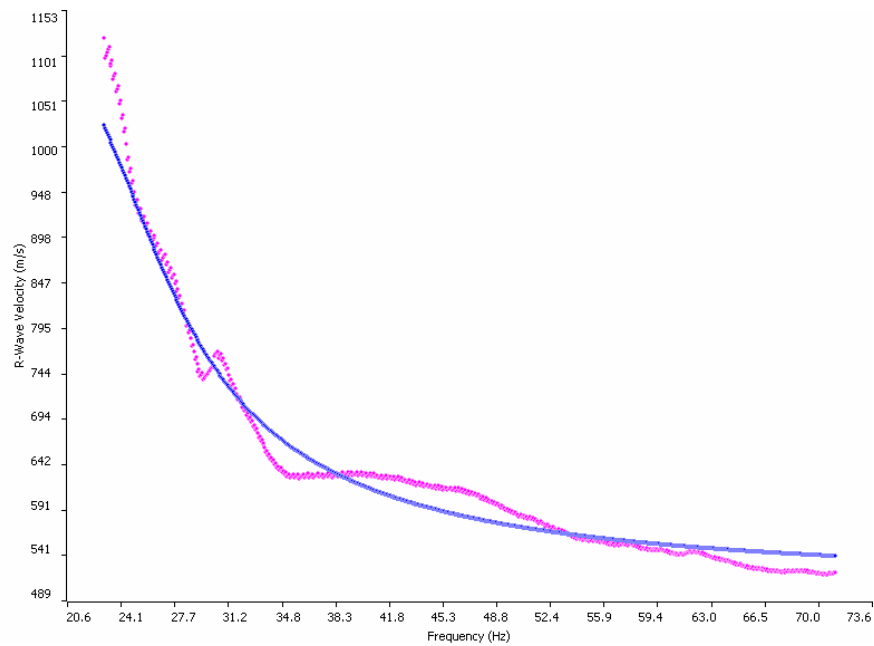


Figura 3.3: curva di dispersione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>		<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

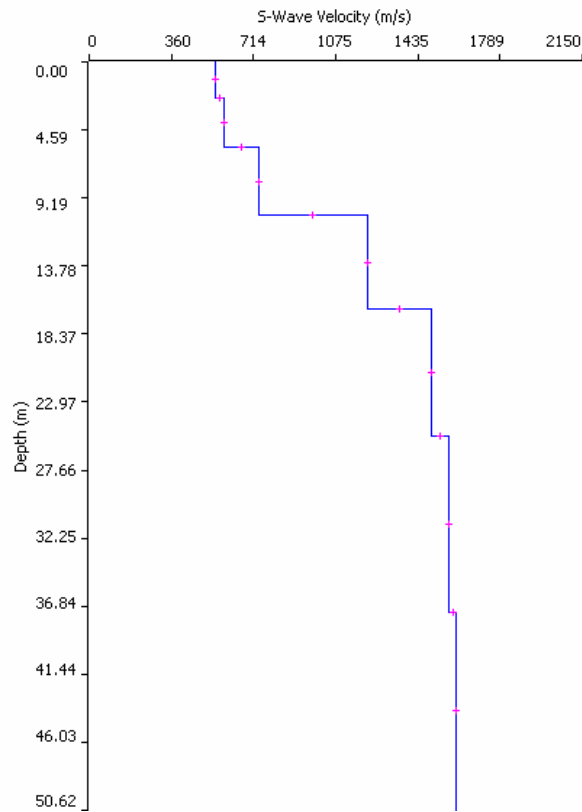


Figura 3.4: Profilo di velocità

### 7.3 Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) 6

	Thickness	Depth	Vs	Vp
Layer 1 <input type="checkbox"/>	2.40	0.00 <input type="checkbox"/>	550	1099
Layer 2 <input type="checkbox"/>	3.40	2.40 <input type="checkbox"/>	586	1171
Layer 3 <input type="checkbox"/>	4.60	5.80 <input type="checkbox"/>	741	1481
Layer 4 <input type="checkbox"/>	6.30	10.40 <input type="checkbox"/>	1212	2422
Layer 5 <input type="checkbox"/>	8.60	16.70 <input type="checkbox"/>	1493	2984
Layer 6 <input type="checkbox"/>	11.90	25.30 <input type="checkbox"/>	1568	3134
Layer 7 <input type="checkbox"/>	INF	37.20 <input type="checkbox"/>	1601	3200



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA</b>	<i>Codice documento</i> CG1400PRXVCCZC4SD20000002	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

## 8. CALCOLO DELLE $V_{S30}$

Per il calcolo delle  $V_{S30}$ , sulla base dei dati ottenuti dalla prova Masw, è stata impiegata la formula riportata al capitolo 3.2.1 delle NTC di seguito riportata:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

$h_i$  = spessore (m) dell' $i$ -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità

$V_i$  = velocità delle onde di taglio dell' $i$ -esimo strato

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = p.c. attuale):

$$V_{S30} = \mathbf{989 \text{ m/s}}$$

(media pesata sugli spessori, estrapolata fino a 30 metri)<sup>2</sup>

Varapodio, li Giugno 2012.

Il tecnico responsabile delle indagini  
geol. Francesco Surace

<sup>2</sup> Ai fini della determinazione della  $V_{S30}$ , calcolata con la media pesata sugli spessori, quando l'indagine diretta non raggiunge la profondità di 30 m, il valore della velocità rilevato nell'ultimo sismo - strato viene estrapolato fino a tale profondità.

