

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)



Dott. Ing. G. Cassani
 Dott. Ing. E. Pagani
 Ordine Ingegneri Milano
 n° 15408



IL CONTRAENTE GENERALE

Project Manager
 (Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA
 Direttore Generale e
 RUP Validazione
 (Ing. G. Fiammenghi)

STRETTO DI MESSINA
 Amministratore Delegato
 (Dott. P. Ciucci)

Unità Funzionale

COLLEGAMENTI CALABRIA

CB0058_F0

Tipo di sistema

STUDI DI BASE

Raggruppamento di opere/attività

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Opera - tratto d'opera - parte d'opera

GENERALE

Titolo del documento

RELAZIONE SISMICA GENERALE

CODICE

C G 0 8 0 0 P R G D C S B C 8 G 0 0 0 0 0 0 0 1 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	M. DI FEO	F. CARRIERO	E.PAGANI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

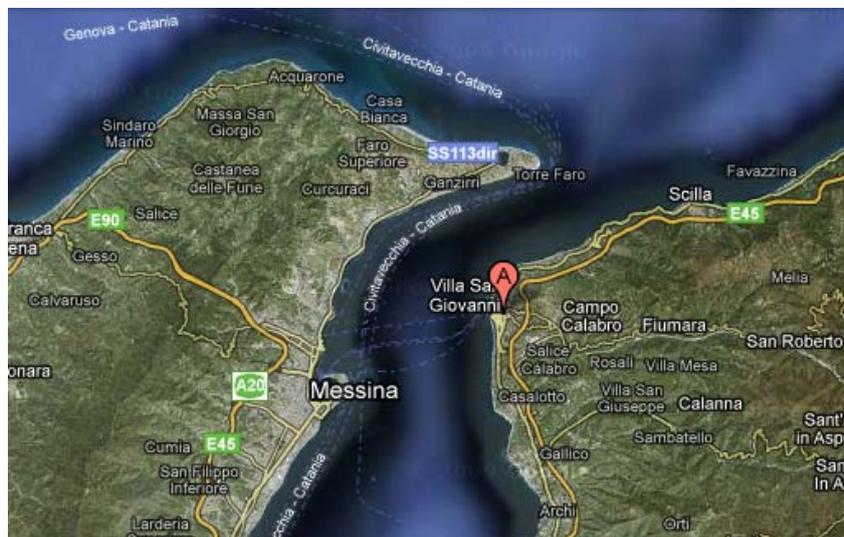
INDICE.....	3
1 Premessa.....	5
2 Quadro normativo di riferimento in materia sismica	9
3 Procedimento.....	11
4 Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento	14
5 Caratterizzazione sismica.....	16
6 Definizione del suolo di fondazione	32
7 Inquadramento geologico regionale	60
7.1 Inquadramento geologico.....	60
7.2 Inquadramento geomorfologico.....	60
7.3 Inquadramento stratigrafico lungo il tracciato.....	64
7.4 Inquadramento idrogeologico.....	90
7.4.1 Acquifero dei terreni cristallini e metamorfici.....	92
7.4.2 Acquifero conglomeratico-sabbioso miocenico	92
7.4.3 Acquifero calcarenitico-sabbioso pleistocenico.....	93
7.4.4 Acquifero ghiaioso-sabbioso pleistocenico	93
7.4.5 Acquiferi alluvionali.....	93
7.4.6 Parametri idrogeologici.....	94
7.5 Sintesi dei parametri geotecnici	95
8 Conclusioni	103

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE SISMICA GENERALE</p>		<p><i>Codice documento</i> CB0058_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

1 Premessa

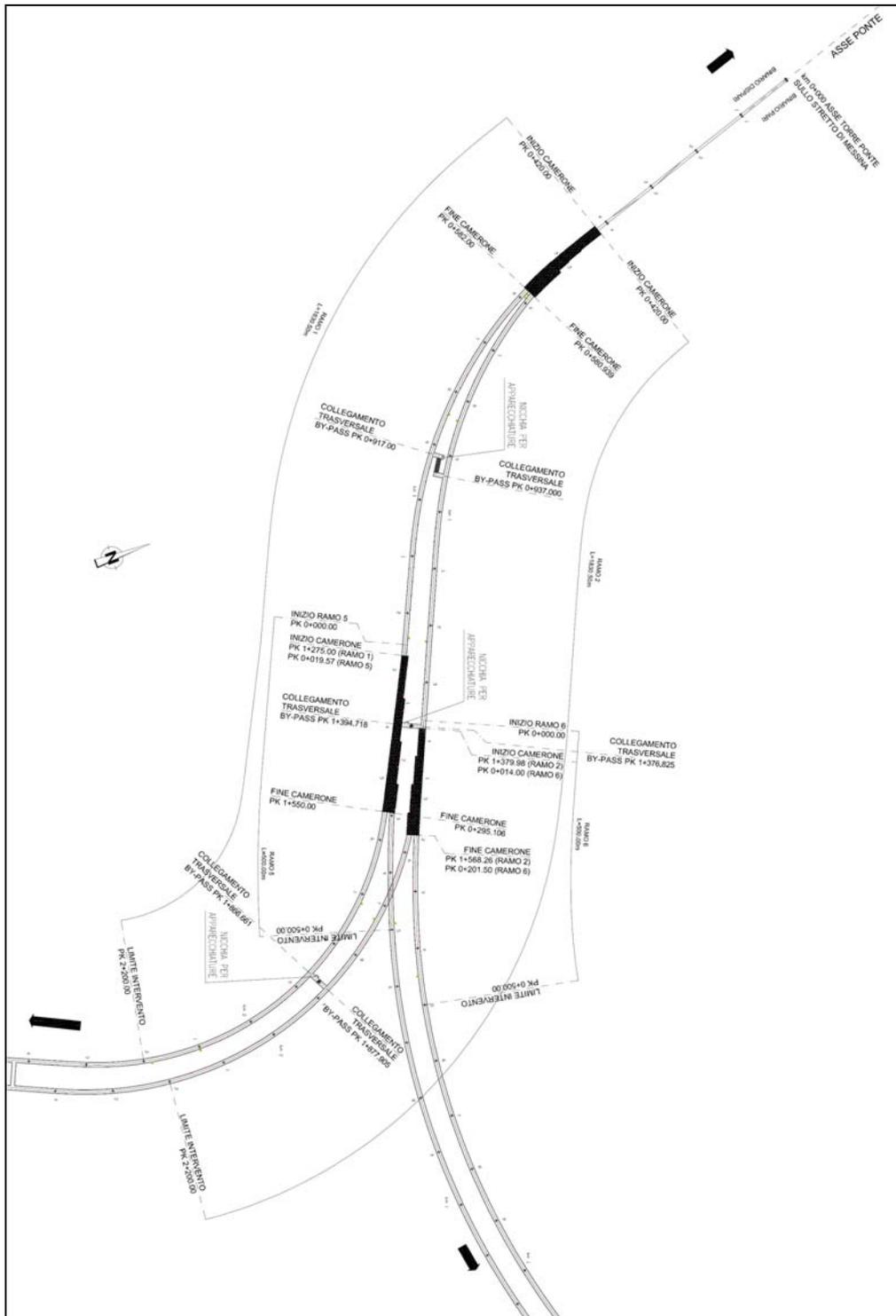
Nella presente relazione si esaminano i contenuti della Normativa in materia sismica, evidenziando le ricadute sulla progettazione delle opere civili facenti parte delle Infrastrutture di collegamento, ferroviarie ed autostradali, lato Calabria: tracciato autostradale e tracciato ferroviario.



Inquadramento territoriale

Le opere in esame sono costituite da:

- un tracciato autostradale che si sviluppa secondo dei differenti rami stradali, RAMO A, RAMO B, RAMO C, RAMO D, prevalentemente in sotterraneo, ed una serie di rami stradali minori interamente all'aperto, RAMI F, G, M, U, V, Aacc, Cdec, Ddec, ed infine 3 by-pass sotterranei di sicurezza, di collegamento tra i rami stradali principali; il tracciato stradale si sviluppa in direzione Salerno a nord, ed in direzione Reggio Calabria a sud,
- un tracciato ferroviario tra l'uscita del Ponte sullo Stretto fino al futuro collegamento AV, verso Salerno e verso Reggio Calabria.



Schema opere ferroviarie

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Scopo del presente documento è l'inquadramento sismico delle opere e, quindi, la definizione di tutti i parametri (quali la classe d'uso, l'accelerazione di picco e la categoria di suolo di fondazione) necessari ad una completa e corretta progettazione, nell'eventualità che un evento sismico investa l'area interessata dalle opere a progetto.

Più in dettaglio, il lavoro si è articolato come segue:

- valutazione della normativa in materia;
- definizione della classe d'uso e del periodo di riferimento;
- individuazione dei parametri di pericolosità sismica, tra cui il valore di accelerazione orizzontale di picco su suolo di riferimento rigido;
- individuazione del suolo di fondazione sulla base delle prove a disposizione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 Quadro normativo di riferimento in materia sismica

Di seguito si riporta la normativa nazionale e regionale vigente per la classificazione sismica del territorio nazionale e le relative prescrizioni. Per completezza, si riportano anche alcuni riferimenti non più in vigore, ma comunque utili a chiarire il quadro evolutivo della normativa sismica italiana:

- Ordinanza PCM 3519 del 28/04/2006 (GU n° 108 dell'11/05/2006) all. 1b pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale;
- “Norme tecniche per le costruzioni” DM 14/01/2008;
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 03.05.2005 recante “Ulteriori modifiche ed integrazioni all’ordinanza del PCM 3274 del 20.03.2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica (Allegati 1, 2 e 3)”;
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998);
- Delibera della giunta regionale Calabria n. 47 del 10/02/2004.

La classificazione sismica secondo le superate OPCM 3274/3519, che in parte utilizzano e aggiornano la classificazione sismica proposta nel 1998 dal Gruppo di Lavoro istituito dal Servizio Sismico Nazionale, prevede la suddivisione del territorio in 4 zone: le prime tre corrispondono, dal punto di vista della relazione con gli adempimenti previsti dalla Legge 64/74, alle zone di sismicità alta, media e bassa, mentre la zona 4 è di successiva introduzione. L’Ordinanza prescrive che i comuni appartenenti alle zone 1, 2 e 3 si dotino di progettazione antisismica, mentre per la zona 4 è data facoltà alle Regioni di definire il livello di analisi e quindi richiedere o meno la verifica rispetto agli aspetti sismici, in funzione anche dell’estensione e dell’importanza dell’opera da realizzare.

I comuni interessati dalle opere a progetto, appartenenti alla provincia di Reggio Calabria, sarebbero attribuiti, nella classificazione sopraccitata, alla zona sismica 1, come riportato nell’allegato 1 della dell’Ordinanza n° 3274 del 20.03.2003.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Per la Progettazione delle opere a progetto dovranno essere applicate le nuove norme tecniche 2008.

La valutazione dell'azione sismica, effettuata secondo le nuove Norme Tecniche, risulta per alcuni aspetti diversa da quella proposta dalle altre normative (Eurocodice 8, D.M. 14/09/2005, D.M. 16/01/1996), avendo introdotto un nuovo parametro, ovvero il coefficiente d'uso (C_u), dimensionante ai fini del calcolo del tempo di ritorno, insieme al valore della Vita Nominale V_N , già presente nelle precedenti normative (es. norme tecniche del 2005). Inoltre, le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione.

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 2008).

La "pericolosità sismica di base" costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche; attualmente, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC 2008 per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 Procedimento

Sulla base dei documenti sopraccitati sono state eseguite le scelte progettuali che verranno indicate nel seguito:

- viene definita, di concerto fra Committente e Progettista, come peraltro stabilito al punto 2.4 delle norme tecniche 2008, la classe d'uso, la vita nominale e, di conseguenza, il periodo di riferimento;
- tramite la procedura esposta nell'Allegato A alle NTC 2008 vengono individuati i parametri di pericolosità sismica, tra cui il valore dell'accelerazione orizzontale di picco su suolo di riferimento rigido..
- si procede con l'individuazione della categoria di suolo di fondazione in corrispondenza dell'opera, secondo quanto stabilito al par. 3.2.2 del DM 14/01/2008. Tale classificazione è basata sulla stima dei valori della velocità delle onde sismiche di taglio entro i primi 30 metri di profondità ($V_{s,30}$), ovvero sul numero medio di colpi N_{SPT} ottenuti in una prova penetrometrica dinamica, ovvero sulla coesione non drenata media (c_u).

La procedura porta alla definizione di un coefficiente amplificativo ($S=S_T*S_S$) dell'accelerazione di picco individuata che, per le categorie dei suoli di fondazione B, C, D ed E, sarà calcolato in base a quanto descritto nella tabella 3.2.V (amplificazione stratigrafica S_S) e tabella 3.2.VI (amplificazione topografica S_T) delle norme tecniche 2008.

In funzione dei parametri fin qui definiti è possibile costruire lo spettro di risposta elastico. Sono in particolare definibili gli spettri di progetto per le componenti orizzontali ($S_d(T)$) e per la componente verticale ($S_{vd}(T)$) dell'azione sismica.

La realizzazione di strutture o infrastrutture su versanti o in prossimità del piede o della sommità di pendii naturali richiede la preventiva verifica delle condizioni di stabilità, affinché prima, durante e dopo il sisma la resistenza del sistema sia superiore alle azioni ovvero gli spostamenti permanenti indotti dal sisma siano di entità tale da non pregiudicare le

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

condizioni di sicurezza o di funzionalità delle strutture o infrastrutture medesime.

L'azione sismica di progetto da assumere nelle analisi di stabilità deve essere determinata in accordo ai criteri esposti nel par. 3.2.3 delle NTC 2008.

Nel caso di pendii con inclinazione maggiore di 15° e altezza maggiore di 30 m, l'azione sismica di progetto deve essere opportunamente incrementata o attraverso un coefficiente di amplificazione topografica o in base ai risultati di una specifica analisi bidimensionale della risposta sismica locale, con la quale si valutano anche gli effetti di amplificazione stratigrafica. In generale l'amplificazione tende a decrescere sotto la superficie del pendio. Pertanto, gli effetti topografici tendono a essere massimi lungo le creste di dorsali e rilievi, ma si riducono sensibilmente in frane con superfici di scorrimento profonde. In tali situazioni, nelle analisi pseudostatiche gli effetti di amplificazione topografica possono essere trascurati (ST =1).

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici secondo quanto esposto nel paragrafo 7.11.3.5.2 delle NTC 2008.

I criteri di analisi sismica delle opere di sostegno sono dettagliati al paragrafo 7.11.6 della normativa 2008. In particolare:

- La sicurezza delle opere di sostegno deve essere garantita prima, durante e dopo il terremoto di progetto;
- Sono ammissibili spostamenti permanenti indotti dal sisma che non alterino significativamente la resistenza dell'opera e che siano compatibili con la sua funzione e con quella di eventuali strutture o infrastrutture interagenti con essa;
- Le indagini geotecniche devono avere estensione tale da consentire la caratterizzazione dei terreni che interagiscono direttamente con l'opera e di quelli che determinano la risposta sismica locale;
- L'analisi sismica delle opere di sostegno deve considerare quei fattori che ne influenzino significativamente il comportamento.

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE SISMICA GENERALE</p>		<p><i>Codice documento</i> CB0058_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

Infine, è ammesso l'uso dei metodi pseudostatici secondo i criteri specifici esposti sia per i muri di sostegno (par. 7.11.6.2) che per le paratie (par. 7.11.6.3).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento

Di concerto fra Committente e Progettista, come stabilito al par. 2.4 del DM 14/01/2008, è stata definita la classe di importanza delle opere ricadenti nel tratto in studio.

La vita nominale di progetto di una struttura è intesa come il periodo di tempo nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Come anticipato, per la valutazione dell'azione sismica viene introdotto il coefficiente d'uso (C_U) dimensionante ai fini del calcolo del tempo di ritorno, insieme al valore della Vita nominale V_N , i quali vengono divisi a seconda della destinazione d'uso della strada e nel seguito elencati:

- per le opere che appartengono all'asse principale, per quelle la cui proiezione cade sull'asse principale e per muri $H > 5m$, si utilizza come Vita nominale un numero di anni $V_N \geq 100$ anni, mentre come Classe d'Uso si prevede una classe quarta, ossia $C_U = 2.0$; pertanto il periodo di Riferimento sarà pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2 = 200$$

ed il Tempo di Ritorno, considerando una probabilità di superamento del 10%, sarà pari a:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{Vr})} = 1898 \text{ anni}$$

- per le opere minori (con luci inferiori a 5 metri) si utilizza come Vita nominale un numero di anni $V_N \geq 50$ anni, mentre come Classe d'Uso si prevede una classe seconda, ossia $C_U = 1.5$; pertanto il periodo di Riferimento sarà pari a:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.5 = 75$$

ed il Tempo di Ritorno, considerando una probabilità di superamento del 10 %, sarà pari a:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_r})} = 712 \text{ anni}$$

(per le linee guida sulla progettazione delle strutture occorre fare riferimento al documento "Integrazione alle specifiche tecniche", elaborato CG0000PSPDGTC00G00000001A)

- per le opere di sostegno provvisionali si utilizza come Vita nominale un numero di anni $V_N \geq 10$ anni (in questo caso se $V_R \leq 35$ anni, si pone comunque $V_R = 35$ anni, come prescrive la normativa).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5 Caratterizzazione sismica

Di seguito si riporta la classificazione sismica della Regione Calabria.

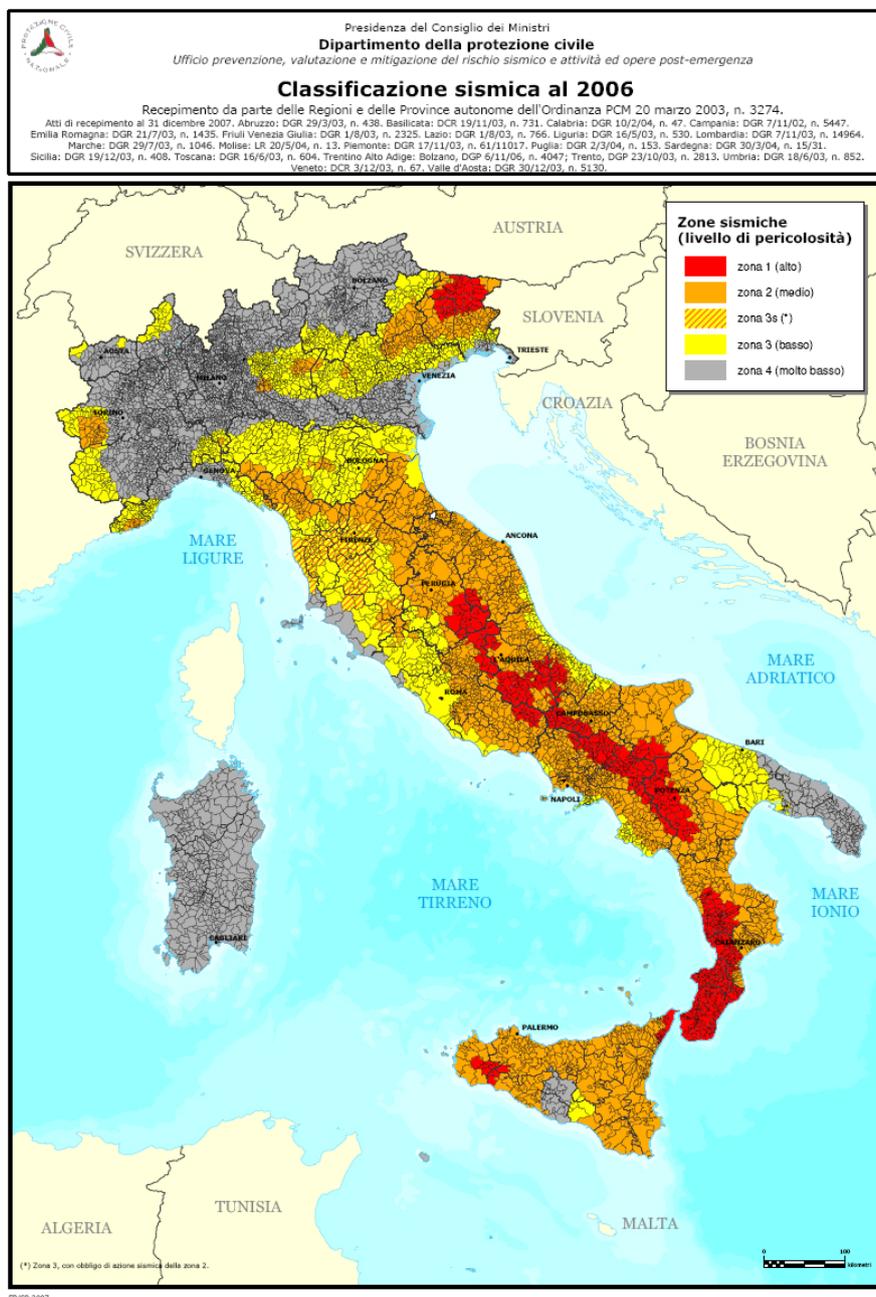


Figura 1 – Mappa delle zone sismiche del territorio nazionale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

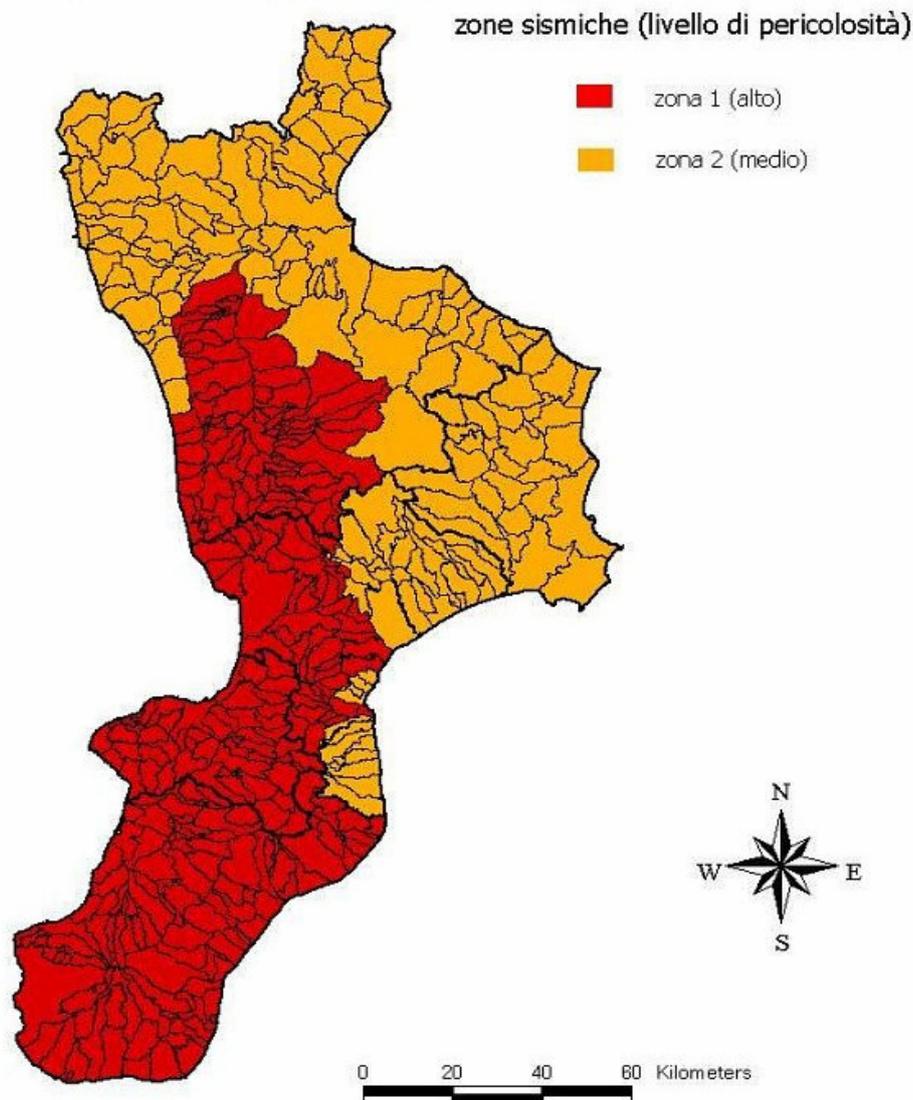


Figura 2 – Mappa delle zone sismiche della Regione Calabria

La normativa introdotta dalla Regione Calabria ad inizio del 2004 suddivide il territorio dell'isola in quattro differenti zone sismiche sulla base di analisi che tengono conto anche degli effetti massimi attesi:

- le aree in zona 1 – effetti massimi più elevati – comprendono l'area dello stretto di Messina e la zona meridionale della regione,
- quasi tutto il resto della Calabria si trova in zona 2.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La ricerca storica ha evidenziato che la Calabria è la regione a più alto rischio sismico in Italia.

Cento anni fa, a causa del terremoto del 23 ottobre del 1907, crollava uno dei monumenti nazionali esistente in Calabria: la “Torre delle cento camere”. Al momento del crollo la Torre si trovava ad una distanza di centinaia di metri dal mare vicino al tracciato ferroviario di Gerace Marina e da alcuni autori era paragonata al tempio di Giove Serapide di Pozzuoli per la testimonianza delle oscillazioni del mare sulla costa Jonica calabrese. La ricorrenza dell’evento, meno noto del ben più grave terremoto del 1908 ma significativo della sismicità del territorio calabrese, stimola qualche riflessione per il recupero della memoria storica e utile per la messa in sicurezza delle popolazioni. I terremoti, come alluvioni non sono eventi dovuti alla fatalità, ma sono dati legati alla storia ed alle caratteristiche geostrutturali della Calabria. A differenza del resto della catena appenninica, l'Arco Calabro è costituito da antichissime rocce cristalline come i graniti e sottoposte, da milioni di anni, a movimenti vari e sollevamento dell'ordine di molti centimetri all'anno. I connotati del paesaggio calabrese sono segnati da enormi fratture a Graben ed Horst legate a imponenti processi di geotettonica ancora in atto; processi di rapida trasformazione con terremoti, tsunami, alluvioni e frane che, tra l’altro, da sempre rendono difficile il “governo del Territorio”

L'alta sismicità della Calabria in pratica è una delle manifestazioni dei rapidi processi di evoluzione geologica in atto nella regione e nel centro del Mediterraneo. E poiché i processi geologici, com'è noto, durano milioni di anni, è evidente che terremoti distruttori (come ad. es. quelli del 1638, 1783, 1888, 1905, 1908 che hanno gravemente colpito tutti i 409 comuni della nostra regione) continueranno a scuotere la Calabria ancora per molto tempo. Così com'è altrettanto evidente che più ci si allontana dall'ultimo forte evento sismico, più aumentano le probabilità del suo ripetersi.

L'elevata sismicità, le condizioni di degrado del patrimonio edilizio (la Calabria è la regione italiana con il patrimonio edilizio più degradato e meno resistente alle sollecitazioni prodotte dai sismi), il dissesto idrogeologico e, non ultima, la carenza di adeguati Piani comunali di Protezione Civile, sono i fattori che rendono estremamente elevato il **rischio**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sismico in Calabria.

I terremoti sono la diretta conseguenza dei movimenti che interessano la parte più esterna della terra, ovvero la crosta. Questa è suddivisa in “placche” o “zolle” che nel loro lento movimento generano accumuli di energia che può essere rilasciata repentinamente, spesso con gravi effetti sulla superficie. A tali movimenti è da ricondursi la formazione delle catene montuose: alcuni settori delle Alpi e degli Appennini sono tuttora in fase di sollevamento e determinano aree a rischio sismico.

I terremoti più significativi per il territorio della Calabria avvengono:

- Nello Stretto di Messina
- Lungo la dorsale dell’Aspromonte e delle Serre
- Nella stretta di Catanzaro
- Nella Valle del Crati
- Sul versante orientale della Sila e nel Crotonese.

L’intensità di un terremoto è definita utilizzando le scale Mercalli e Richter. Mentre la prima si basa sulla valutazione degli effetti di un sisma, la seconda permette il calcolo della “magnitudo”, ovvero dell’energia liberata nel corso di un evento; non esiste pertanto un reale rapporto quantitativo tra le due scale. Nella figura 5 sono schematizzate le magnitudo più rilevanti registrate nel territorio calabro.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

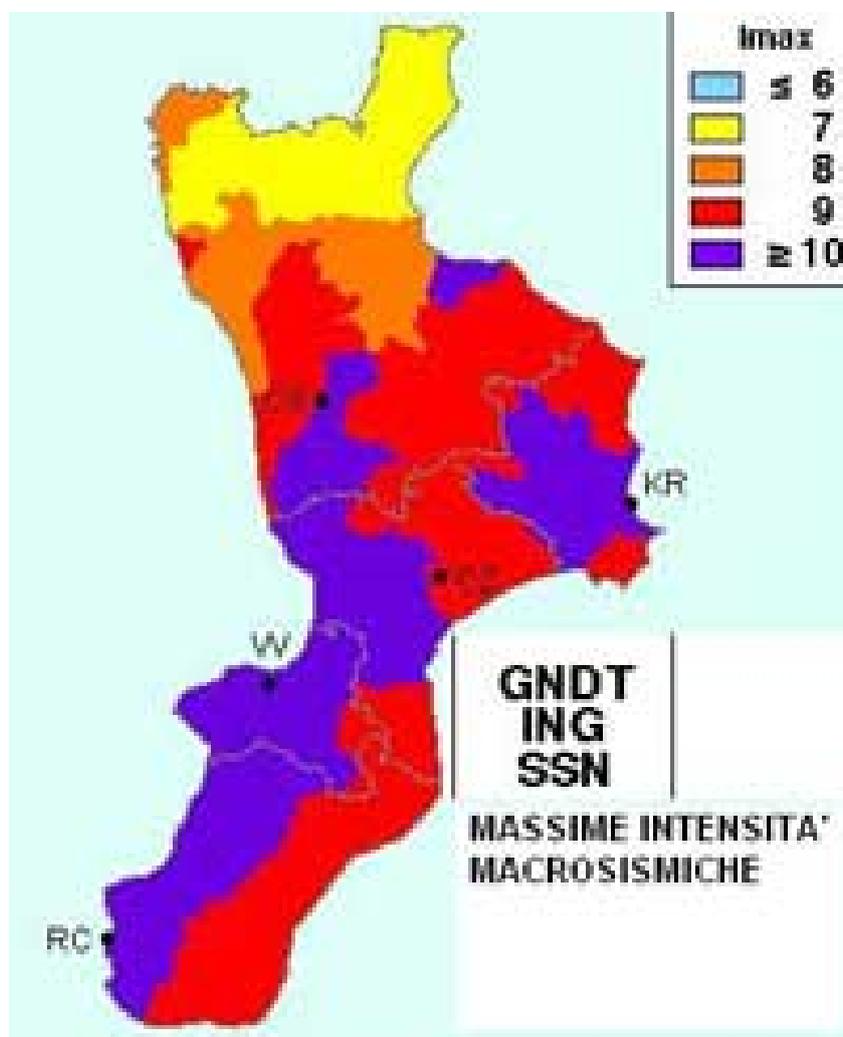


Figura 3 - Mappa della Massima intensità macrosismica della Calabria

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

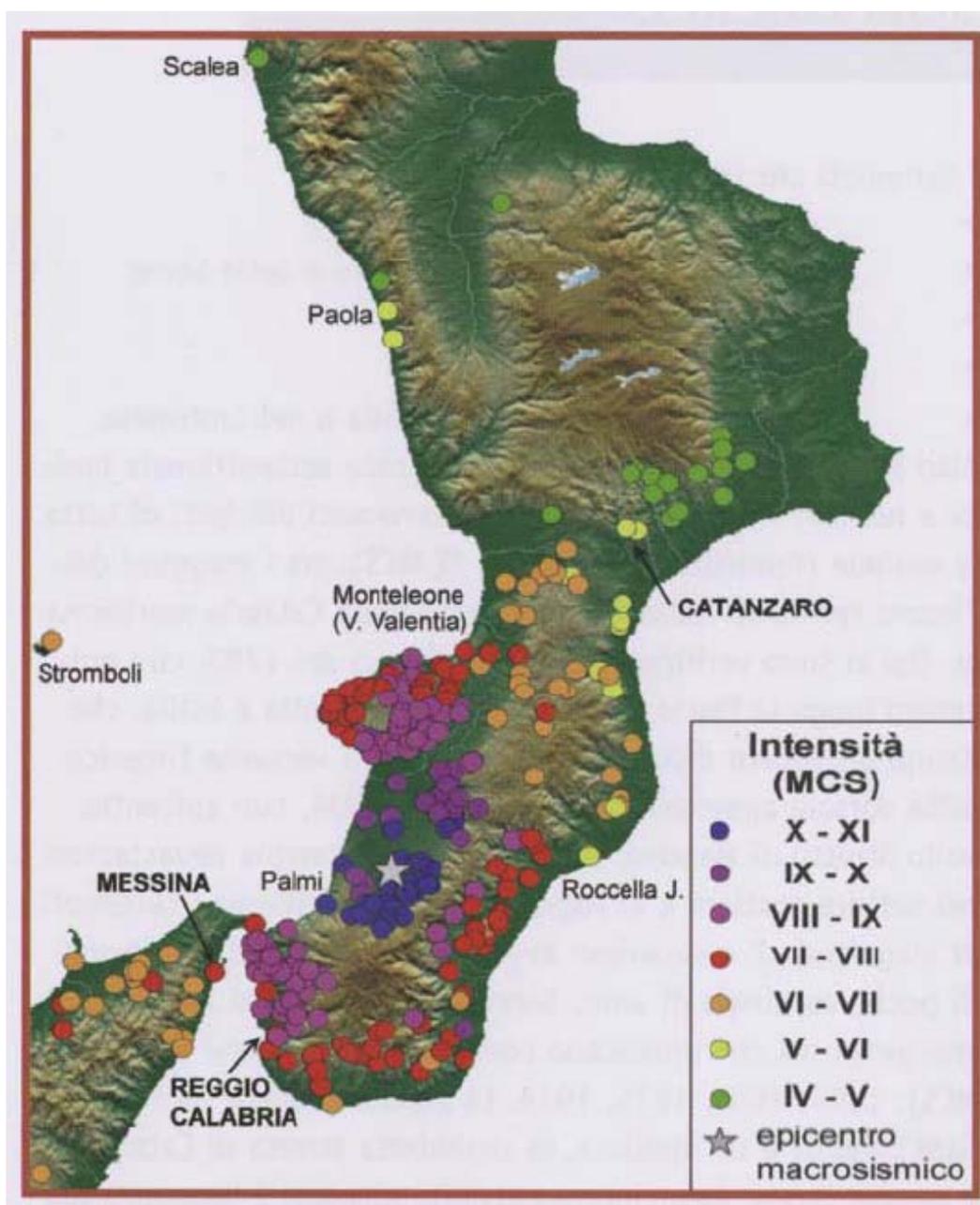


Figura 4 – Mappa delle Intensità sismiche storiche rilevate nella Regione Calabria

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

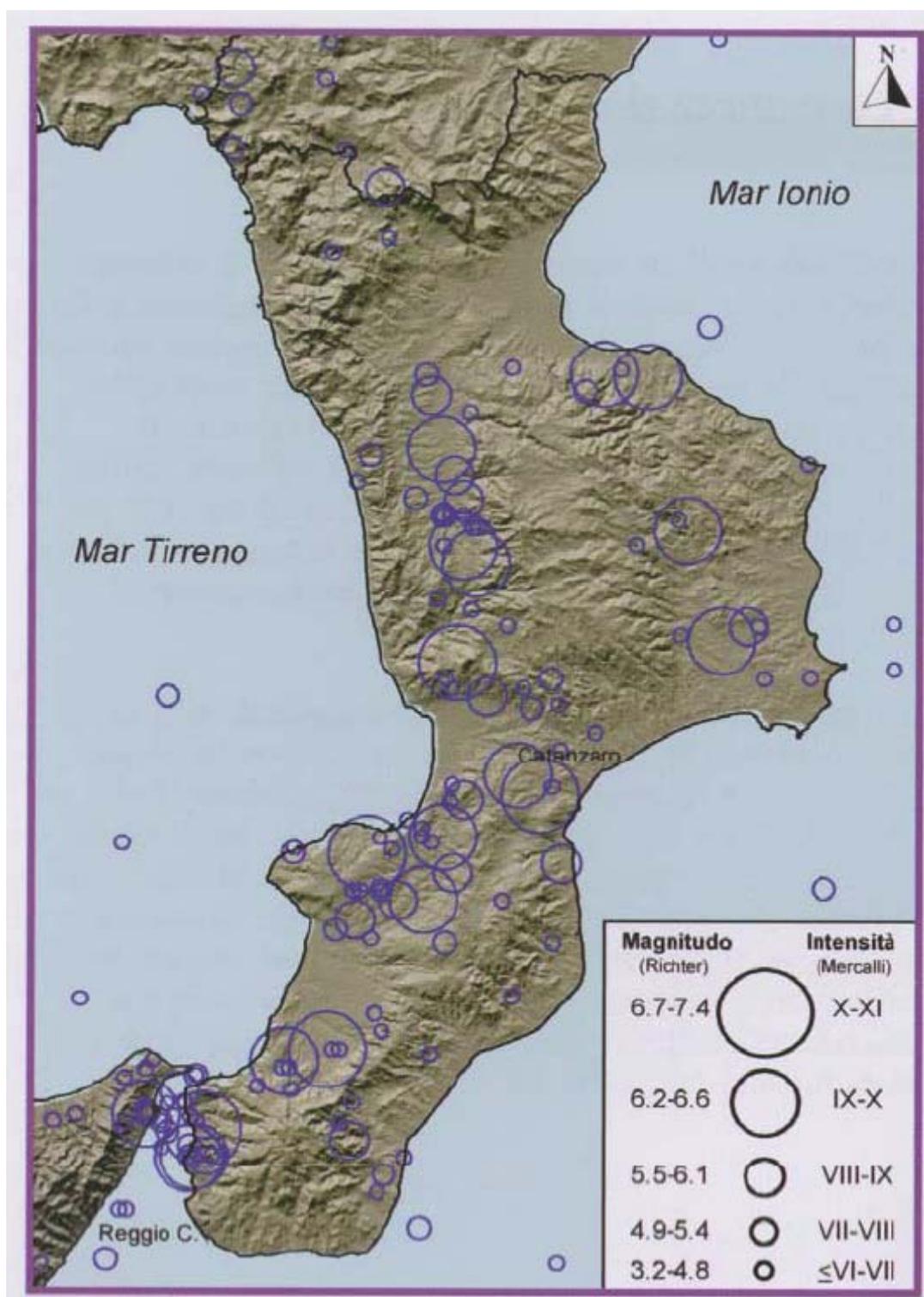


Figura 5 – mappa delle massime Magnitudo storiche rilevate nella Regione Calabria

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

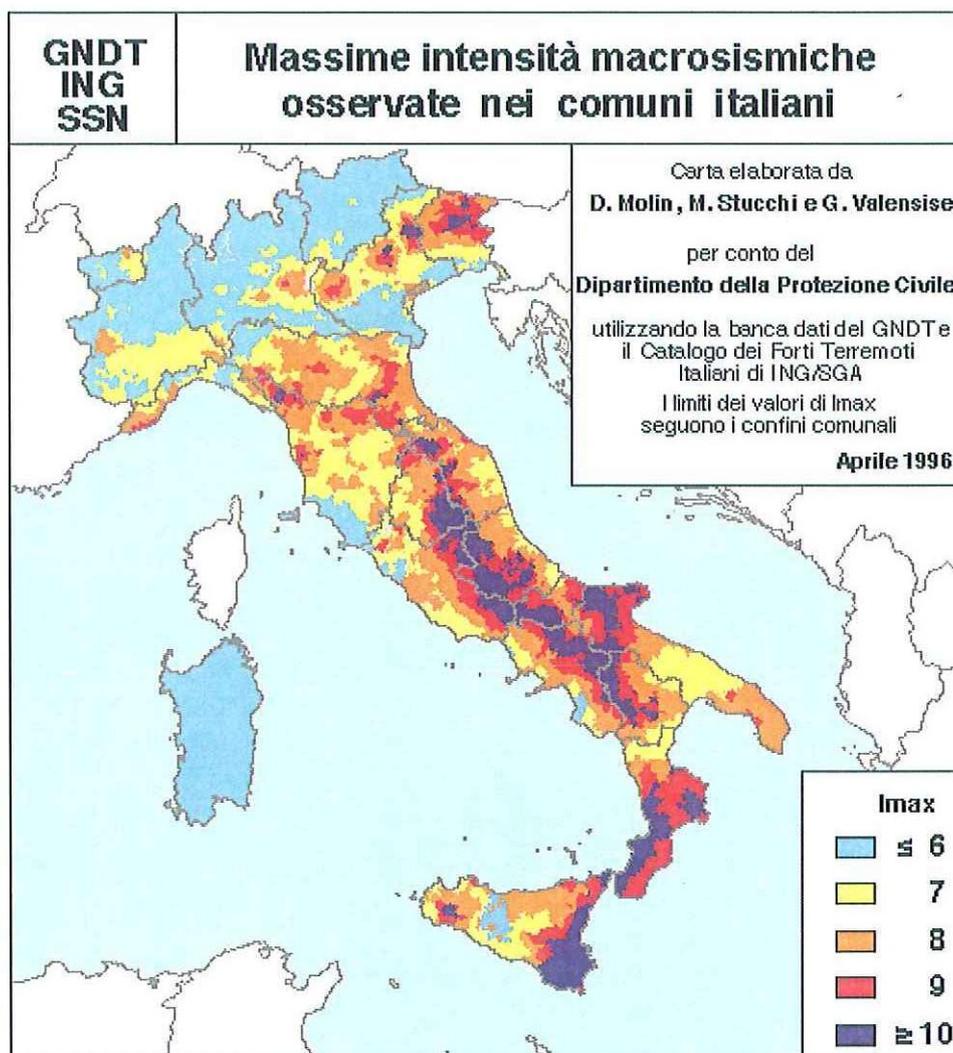


Figura 6 – Massime intensità macrosismiche osservate sul territorio nazionale

Le figure 4, 5 e 6 riportano le massime intensità macrosismiche rilevate, sul territorio nazionale e sul territorio della Regione Calabria.

Sulla Gazzetta Ufficiale n 108 dell'11/05/2006 è stata pubblicata l'OPCM 3519 del 28/02/2006 recante "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone". I criteri in essa esposti rappresentano una evoluzione di quelli già presenti nell'allegato 1 all'OPCM 3274 del 20/03/2005, e si basano su studi di pericolosità sismica espressi in termini di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

accelerazione massima al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi. All'Ordinanza è allegata una mappa di pericolosità sismica di riferimento dei valori di a_g per il territorio nazionale, utilizzabile per l'applicazione dei criteri suddetti, e quindi per la classificazione sismica del territorio.

Di seguito si riportano alcuni dati generali sulla pericolosità sismica del territorio italiano.

Nell'ambito del progetto GNDT per la nuova proposta di classificazione sismica del territorio nazionale è stato privilegiato un metodo probabilistico consolidato e preso a riferimento anche da numerosi progetti internazionali. Tale metodo - detto di Cornell, dal nome di colui che l'ha per primo proposto negli Stati Uniti degli anni Settanta - prevede:

- i) che vengono riconosciute nel territorio le zone o strutture responsabili della sismicità (zone o sorgenti sismogenetiche);
- ii) che sia quantificato il loro grado di attività;
- iii) che si calcoli l'effetto provocato da tali sorgenti con la distanza.

Nell'ambito delle attività del GNDT, è stata elaborata una zonazione sismogenetica del territorio italiano e regioni limitrofe che considera 80 sorgenti, omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico; è stato predisposto un catalogo finalizzato alla pericolosità per i terremoti avvenuti nell'intervallo temporale dall'anno 1000 al 1980 sul territorio nazionale e regioni limitrofe che consiste di oltre 3000 eventi principali (le repliche sono escluse); sono state validate, o sviluppate a partire dai dati osservati in occasione di diversi terremoti significativi, le relazioni di attenuazione dei due indicatori di pericolosità di interesse, ovvero l'accelerazione orizzontale di picco, e l'intensità macrosismica.

I risultati di questa metodologia sono in genere riferiti ad un certo livello di probabilità in un dato periodo di tempo; le figure presentate illustrano il valore dell'indicatore di pericolosità che si prevede non venga superato nel 90% dei casi in 50 anni. I risultati possono anche essere interpretati come quel valore di scuotimento che nel 10% dei casi si prevede verrà superato in 50 anni, oppure la vibrazione che mediamente si verifica ogni 475 anni (cosiddetto periodo di ritorno). Si tratta di una scelta convenzionale utilizzata nel mondo ed in particolare in campo europeo è il valore di riferimento per l'Eurocodice sismico. Non corrisponde pertanto nè al massimo valore possibile per la regione, nè al massimo valore

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

osservato storicamente, ma è un ragionevole compromesso legato alla presunta vita media delle strutture abitative.

I due indicatori di pericolosità qui utilizzati rappresentano due aspetti diversi dello stesso fenomeno. L'accelerazione orizzontale di picco di Fig. 7 illustra l'aspetto più propriamente fisico: si tratta di una grandezza di interesse ingegneristico che viene utilizzata nella progettazione in quanto definisce le caratteristiche costruttive richieste agli edifici in zona sismica. L'intensità macrosismica di Fig. 8 rappresenta, invece, in un certo senso le conseguenze socio-economiche; descrivendo infatti il grado di danneggiamento causato dai terremoti, una carta di pericolosità in intensità macrosismica si avvicina, con le dovute cautele derivate da diverse approssimazioni insite nel parametro intensità, al concetto di rischio sismico.

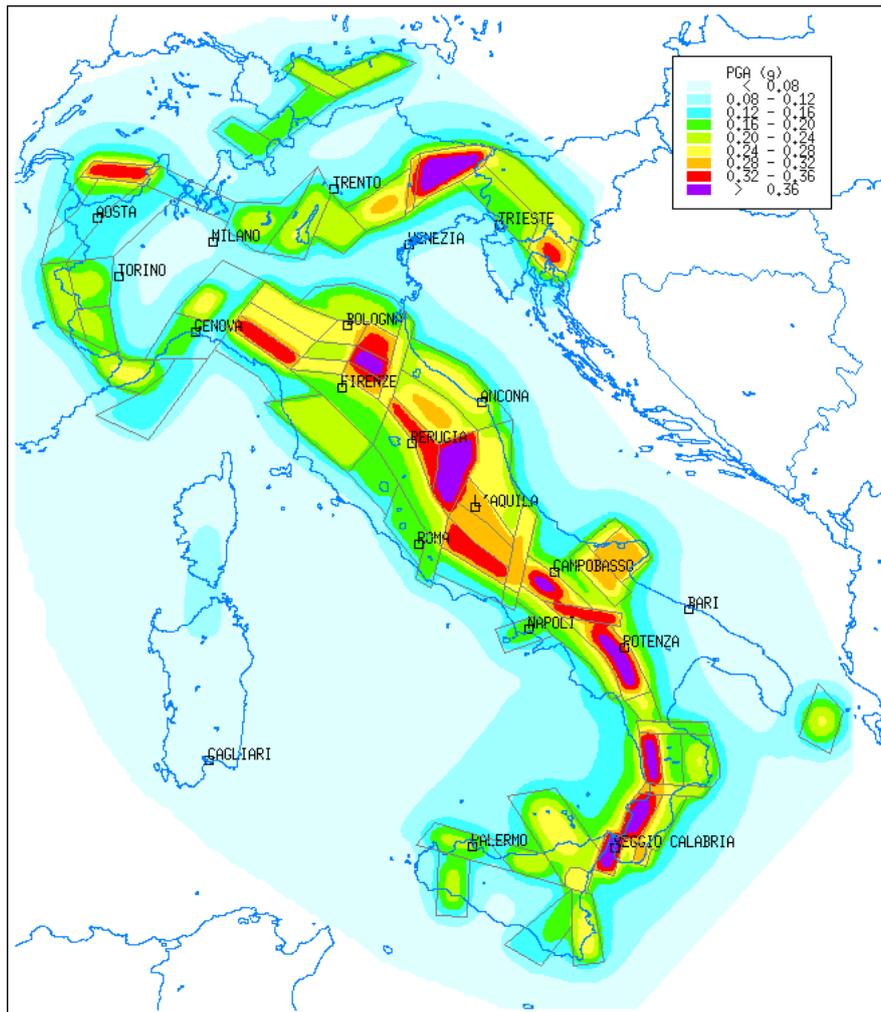


Fig.7

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

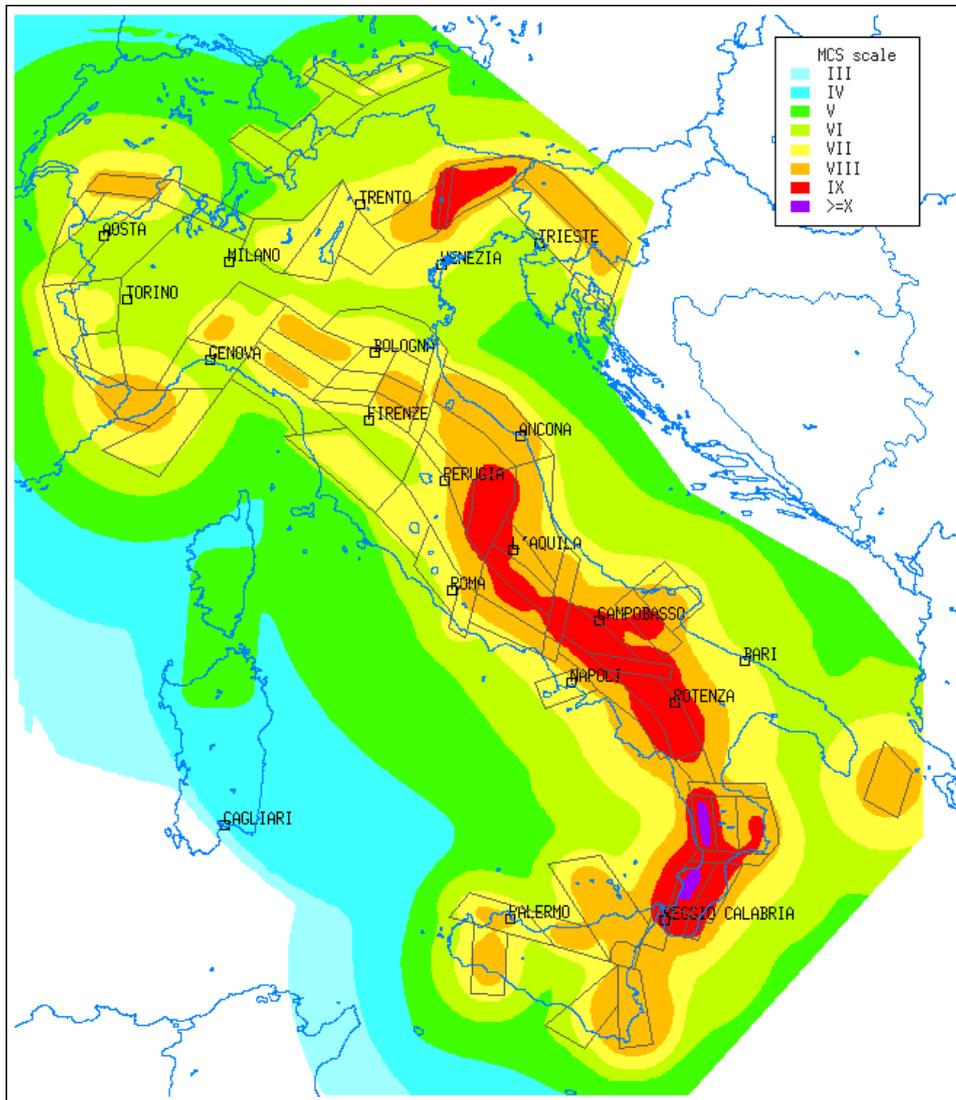


Fig.8

Per questo motivo le informazioni che si possono dedurre dalle due carte possono essere diverse; va ricordato che in entrambi i casi, i risultati forniti non contemplano le situazioni di anomalia particolare, legati a possibili amplificazioni locali dello scuotimento per caratteristiche geo-morfologiche sfavorevoli oppure a situazioni di alta vulnerabilità degli edifici. Globalmente comunque i due prodotti hanno caratteristiche simili.

Nel dettaglio della Fig. 7, i valori massimi di pericolosità (superiori a 0,36 g, dove con g si indica l'accelerazione di gravità) sono raggiunti in Friuli, in alcune zone dell'Appennino Centrale e Meridionale, lungo l'arco Calabro fino allo stretto di Messina. Piccole porzioni della penisola (le zone pianeggianti del Piemonte e Lombardia, l'Alto Adige, il Tavoliere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

delle Puglie) e la Sardegna risultano caratterizzate da valori di scuotimento atteso molto bassi (inferiori a 0,08 g). E' da segnalare che l'attenuazione dell'accelerazione di picco selezionata è riferita ad un terreno medio ed è stata tarata su un vasto parco di dati europei per garantire robustezza ai risultati.

La dinamica della carta d'intensità macrosismica di Fig. 8 individua ancora un'area di elevata pericolosità sismica in Friuli (valori corrispondenti al IX grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg, MCS) mentre un lungo massimo interessa questa volta tutta la parte assiale della penisola, dall'Appennino umbro-marchigiano fino a quello lucano, per poi proseguire lungo l'arco Calabro fino a Messina; in due fasce costiere calabre vengono raggiunti i valori massimi di pericolosità, corrispondenti agli effetti del X grado MCS. Va segnalato che la convenzione utilizzata per la rappresentazione grafica associa i gradi intermedi, solitamente usati per indicare l'incerta attribuzione tra due classi di intensità, alla classe superiore; così, ad esempio, per la maggior parte della Pianura Padana, si prevede che possano verificarsi mediamente ogni cinque secoli effetti del V-VI o VI grado MCS, corrispondenti alla soglia dei primi danneggiamenti. La Sardegna resta sensibilmente meno pericolosa del resto d'Italia.

La convenzione INGV-DPC 2004 – 2006/ progetto S1 – “Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274, e progettazione di ulteriori sviluppi” fornisce le valutazioni di ag (16mo, 50mo e 84mo percentile) con le seguenti probabilità di superamento in 50 anni: 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5%, 2%, rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 100, 140, 200, 1000 e 2500 anni.

Per ogni elaborazione sono disponibili le carte che rappresentano la mediana (50mo percentile), il 16mo e l’84mo percentile della distribuzione di 16 valori di ag, corrispondenti ad altrettanti rami dell’albero logico già utilizzato per la redazione della mappa MPS04 (cfr. sito dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, <http://zonesismiche.mi.ingv.it>). La pericolosità sismica è stata calcolata, utilizzando una griglia di calcolo con passo 0.05 gradi, per un totale di 16.852 punti ordinati da ovest a est e da nord a sud. Per ciascun punto vengono forniti i valori standard (50mo percentile) e le misure delle incertezze espresse in termini di 16mo e 84mo percentile.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I valori di a_g sono disponibili in formato Excel; per ogni punto vengono forniti i seguenti parametri:

- id: codice identificativo sulla griglia di calcolo;
- lon: longitudine espressa in gradi sessagesimali – decimali;
- lat: latitudine espressa in gradi sessagesimali – decimali;
- a_g : accelerazione massima del suolo (valore 50mo percentile) espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- 16 perc: accelerazione massima del suolo (valore 16mo percentile) espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- 84 perc: accelerazione massima del suolo (valore 84mo percentile) espressa come frazione dell'accelerazione di gravità.

Il 4 febbraio 2008 sono state pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. L'allegato A di tali Norme prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione (paragrafo 3.2.3) venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica proposti in questo sito al termine del Progetto S1. Queste stime di pericolosità sismica sono state successivamente elaborate dal Consiglio Superiore per ottenere i parametri che determinano la forma dello spettro di risposta elastica; tali parametri sono proposti nell'allegato A del Decreto Ministeriale.

Attraverso la convenzione fra l'Istituto nazionale di geofisica e Vulcanologia e il Dipartimento per la protezione Civile, progetto S1 "Proseguimento dell'assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e la progettazione di ulteriori sviluppi" sono state elaborate mappe di pericolosità sismica in termini di a_g su suolo rigido. L'Ordinanza PCM 3519 del 28/04/2006 (pubblicata sulla GU 108 dell'11/05/2006) all. 1b "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale" fornisce i valori di a_g calcolati su due griglie di punti non giustapposti:

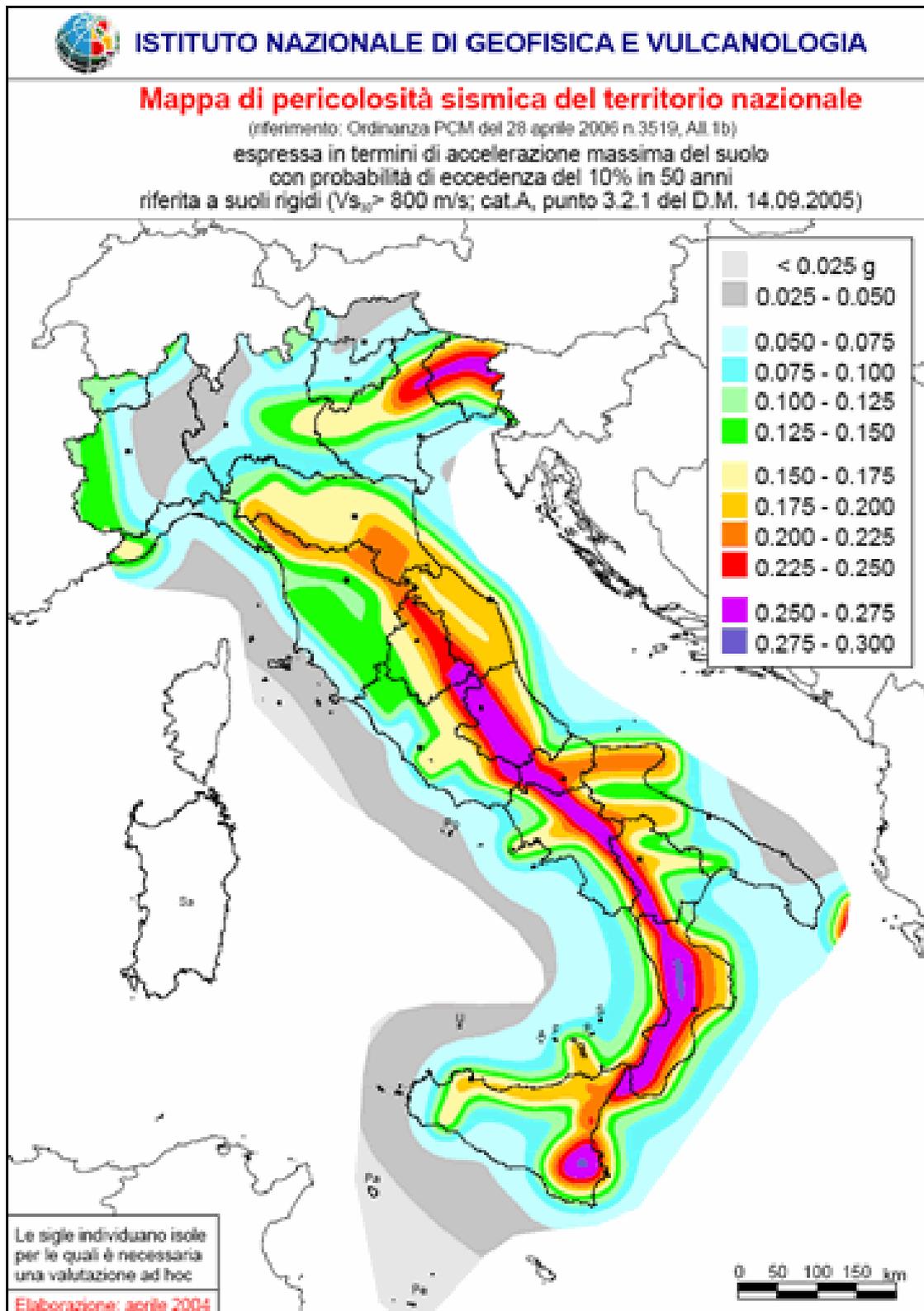
- con passo 0.05 gradi, secondo il dettato dell'Ordinanza, per un totale di 16.921 punti;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- con passo 0.02 gradi, per una maggiore definizione, per un totale di 104.565 punti.

Di seguito si riportano le mappe di pericolosità sismica nazionale e regionale, espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La mappe sono disponibili nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>

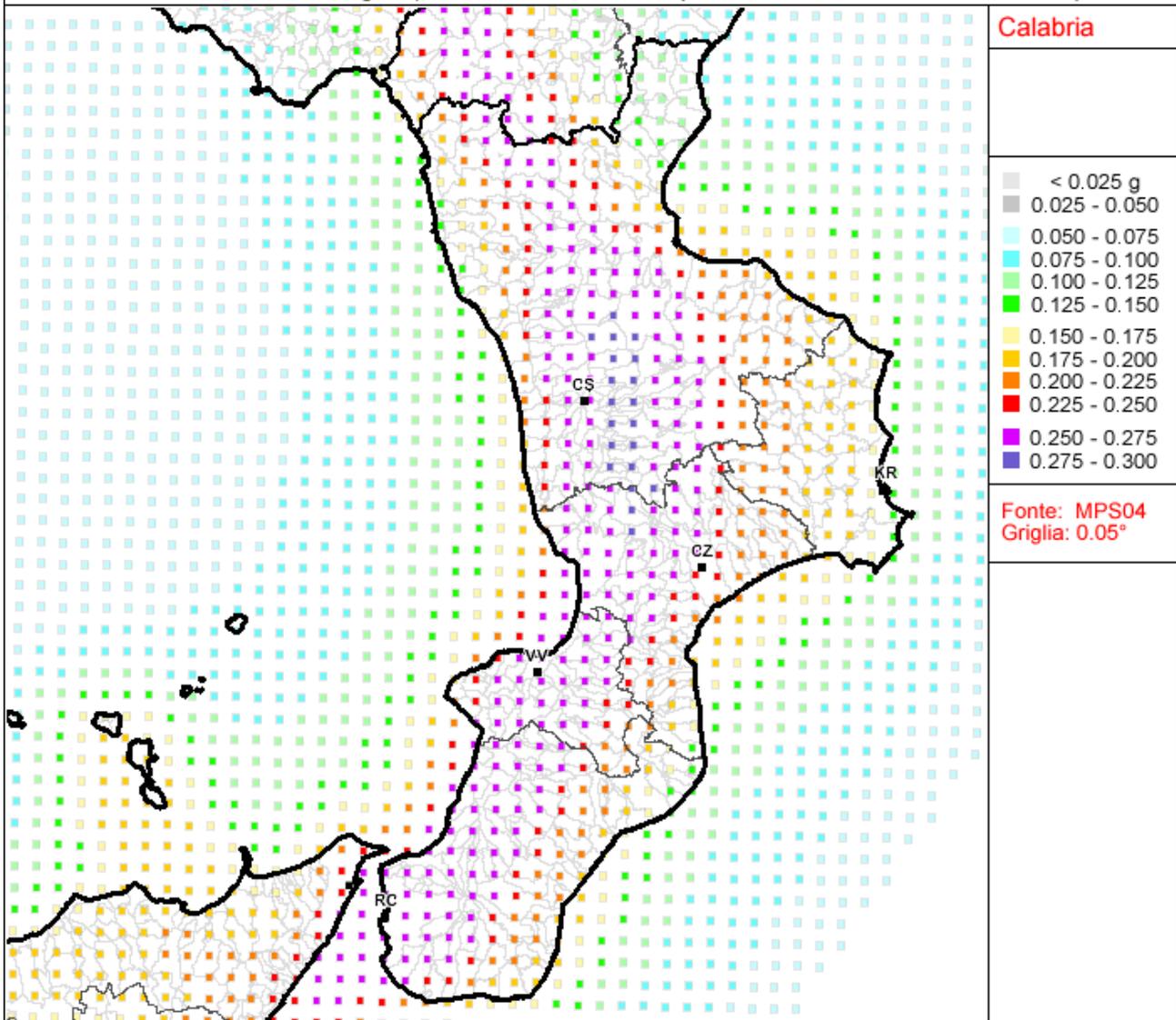




ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)
espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6 Definizione del suolo di fondazione

Le prove meccaniche in sito condotte durante le precedenti e le recenti campagne di indagine (prove penetrometriche dinamiche e prove cross-hole / down-hole) hanno consentito la caratterizzazione ai fini sismici del sottosuolo facendo riferimento alle principali formazioni interferenti con le opere in oggetto.

L'azione sismica di progetto è determinabile secondo quanto prescritto dal D.M. del 14/01/2008, al quale quindi si rimanda; nel Decreto è specificato che, per determinare tale azione sismica è necessario effettuare un'analisi locale; seguendo l'approccio più semplificato che si basa sull'individuazione delle categorie sismiche di sottosuolo si può fare riferimento alla seguente tabella:

Categoria di suolo		
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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</i>	$V_{s,30} > 800$ m/s
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti 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)</i>	$360 \text{ m/s} < V_{s,30} < 800$ m/s ovvero $N_{SPT,30} > 50$ (terreni a grana grossa) ovvero $c_{u,30} > 250$ kPa (terreni a grana fina)
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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)</i>	$180 \text{ m/s} < V_{s,30} < 360$ m/s ovvero $15 < N_{SPT,30}$ < 50 (terreni a grana grossa) ovvero $70 < c_{u,30}$ < 250 kPa (terreni a grana fina)
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, 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)</i>	$V_{s,30} < 180$ m/s ovvero $N_{SPT,30} < 15$ (terreni a grana grossa) ovvero $c_u < 70$ kPa (terreni a grana fina)
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)</i>	

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} è definita come:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

h_i= spessore dell'iesimo strato

V_{si}= velocità dell'iesimo strato

Per le verticali in terreni incoerenti cui sono disponibili le prove penetrometriche dinamiche si ha:

$$N_{spt30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{N_{spti}}}$$

h_i= spessore dell'iesimo strato

N_{spti}= N_{spt} dell'iesimo strato

Di seguito sono riportati i valori di V_{s30} calcolati in ogni verticale che abbia una profondità di almeno 30m, la cui analisi ha condotto alla classificazione sismica nelle principali zone in cui ricadono i sondaggi.

A causa della esiguità del numero di prove sismiche di lunghezza maggiore di 30m, sono riportati anche i valori di N_{spt30} calcolati in ogni verticale in cui le prove siano state effettuate almeno fino a 30m di profondità, la cui analisi ha condotto alla classificazione sismica nelle principali zone in cui ricadono i sondaggi.

Considerazioni più approfondite sul tema potranno essere rintracciate nella specifica relazione Sismica di progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

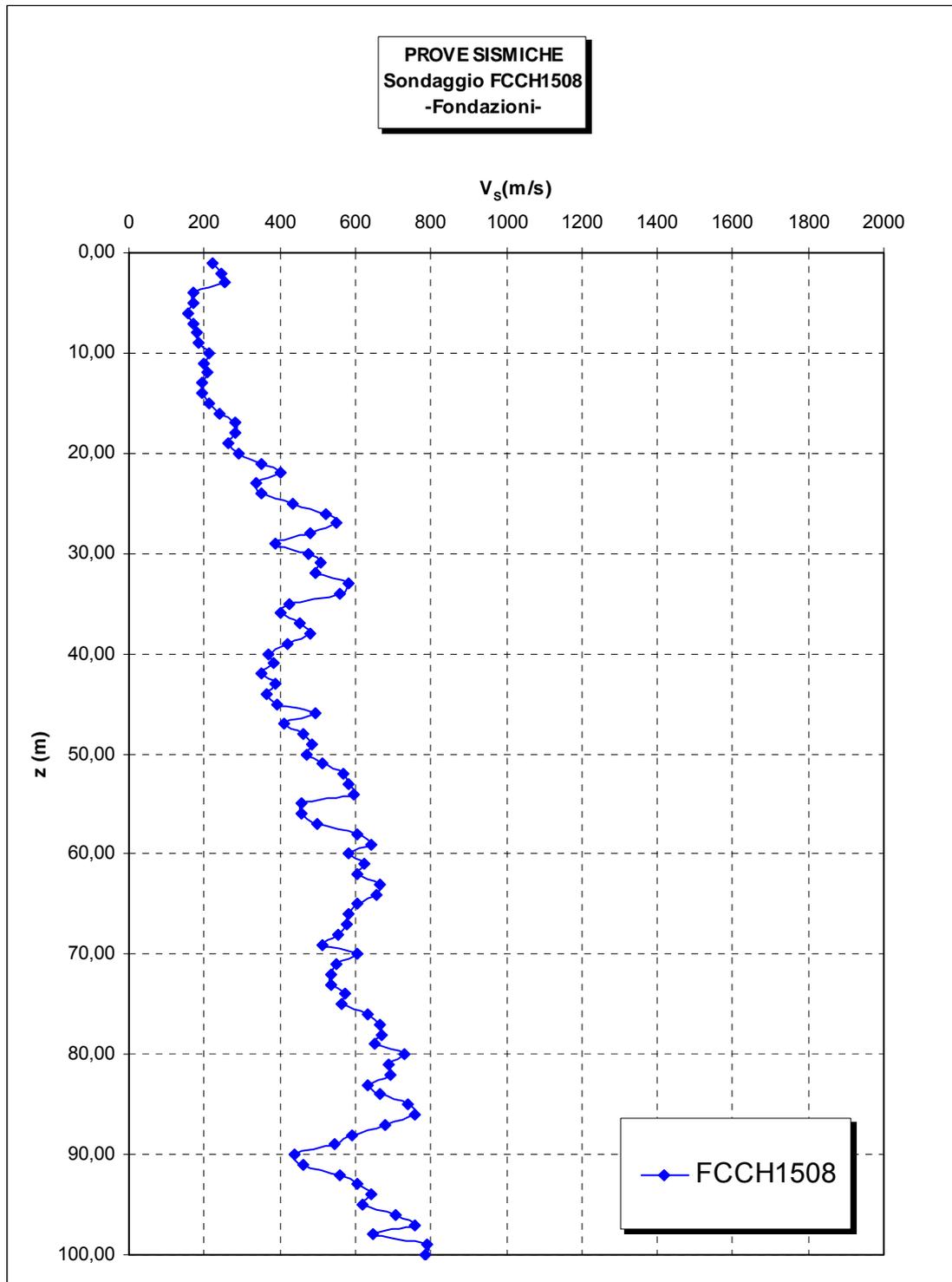
TRATTA	verticale	Vs30	Categoria
<i>Fondazioni</i>	FCCH1508	251,72	C
	FCBH5	291,21	C
<i>Opere terminali</i>	OTCCH1501	438,15	B
<i>Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia</i>	C403bis	383,46	B
<i>Rampa D_dec</i>	C416	358,58	C
	C417	343,28	C
<i>Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V</i>	C430	433,61	B
	Cn451	365,33	B
<i>Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia</i>	CS103	596,95	B
	C423bis	551,68	B
<i>Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia</i>	SG13bis	481,84	B
<i>Galleria Rampa A / ferrovia</i>	SG14	411,53	B
<i>Rampa D 1+600-2+200 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M</i>	C415	242,91	C
<i>Rampa C 1+200-3+300</i>	SG11	411,08	B
<i>Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G</i>	SG11bis	502,24	B

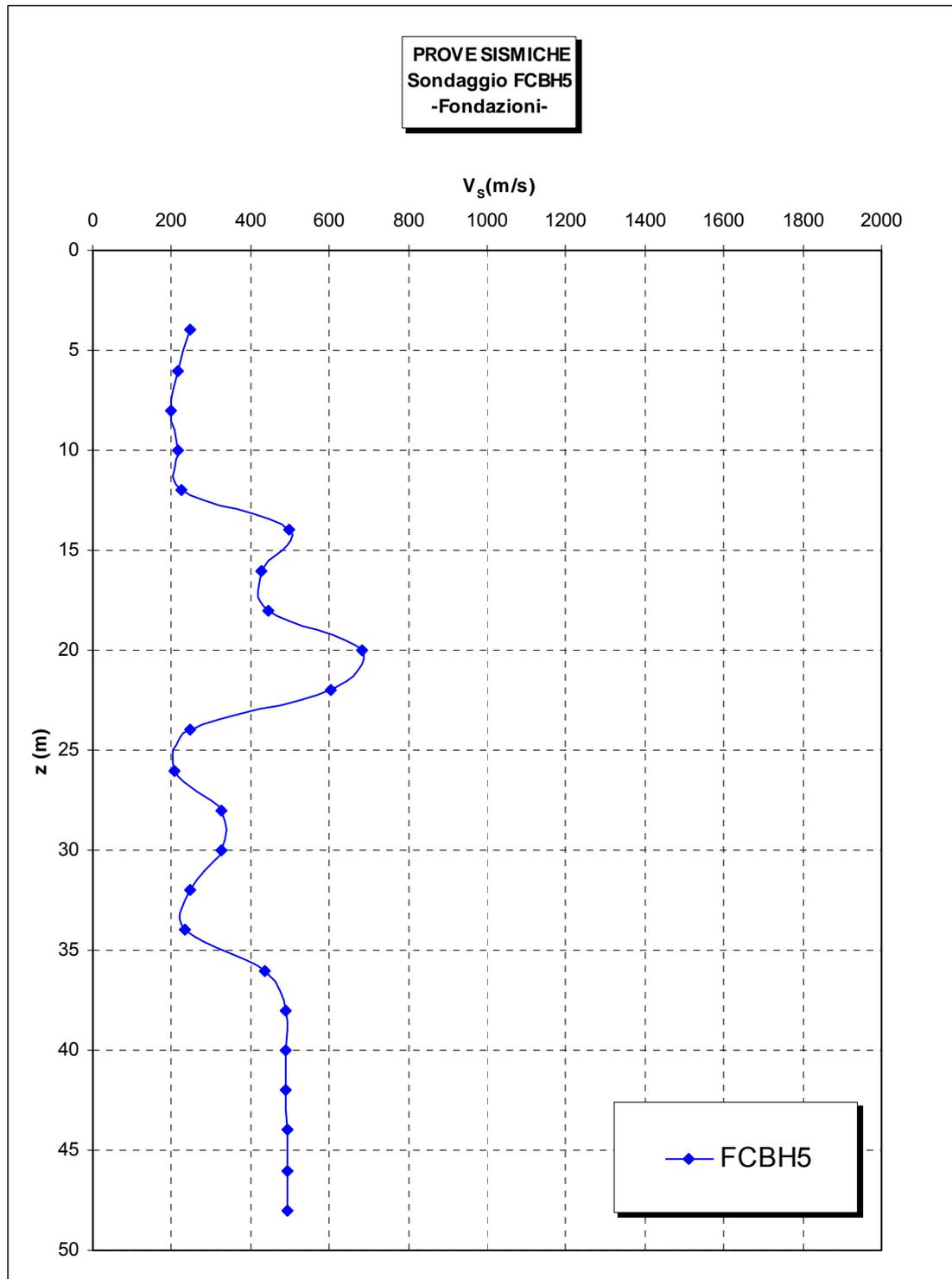
TRATTA	verticale	Nspt30	Categoria
<i>Fondazioni</i>	FCBH4	46	C
	FCBH5	37	C
	FCBH6	29	C
	FCBH7	26	C
	FCBH9	20	C
	FCCH1508	16	C
	FCLPT1502	30	C
	FCSPT503	32	C
<i>Opere terminali</i>	OTCCH1501	18	C
	OTCLPT1505	65	B
<i>Galleria Rampa D / ferrovia</i>	C412	53	B
<i>Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia</i>	C403bis	34	C
	C404	17	C
<i>Rampa D_dec</i>	C416	54	B
	C417	72	B

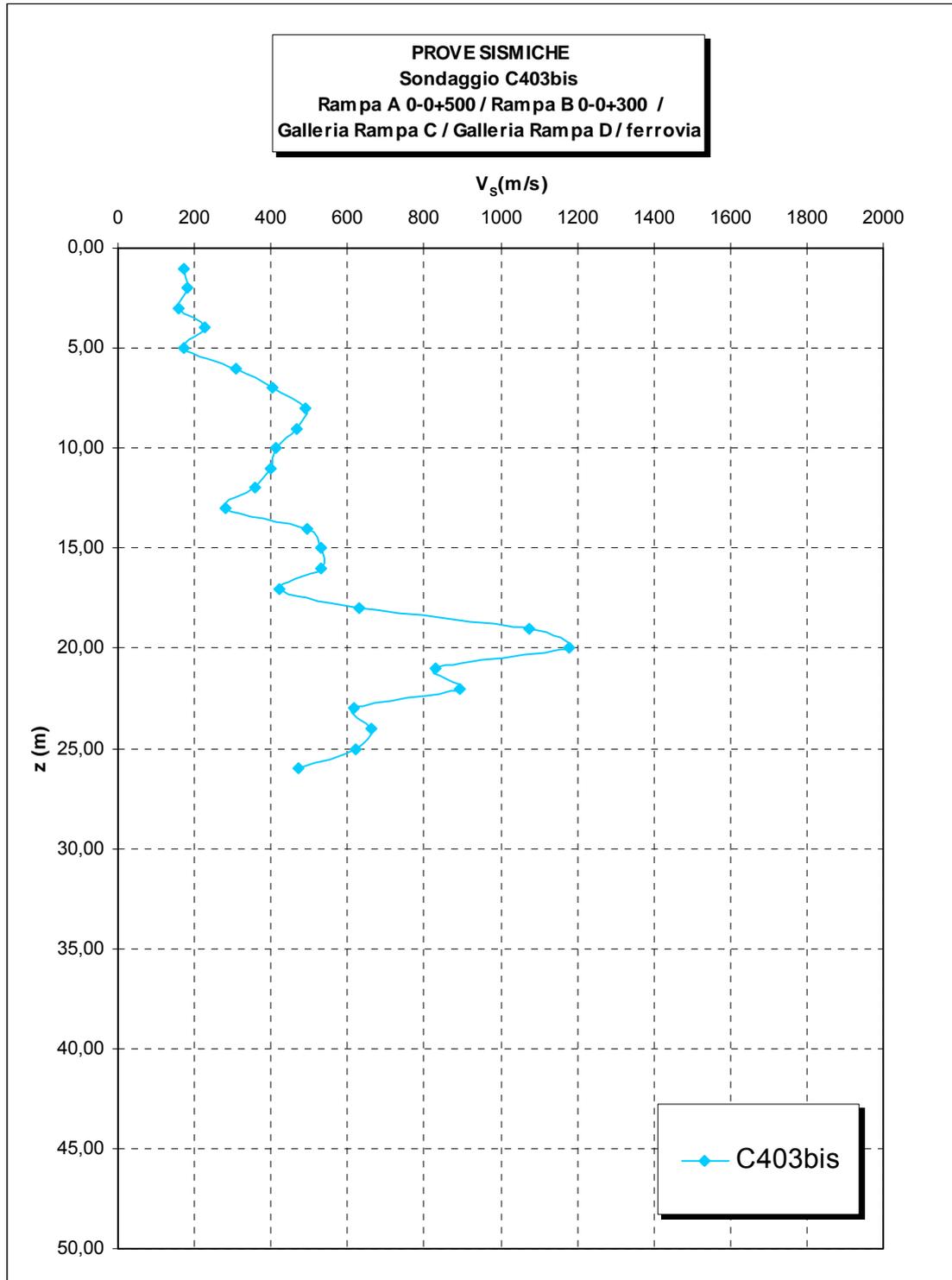
Vs30

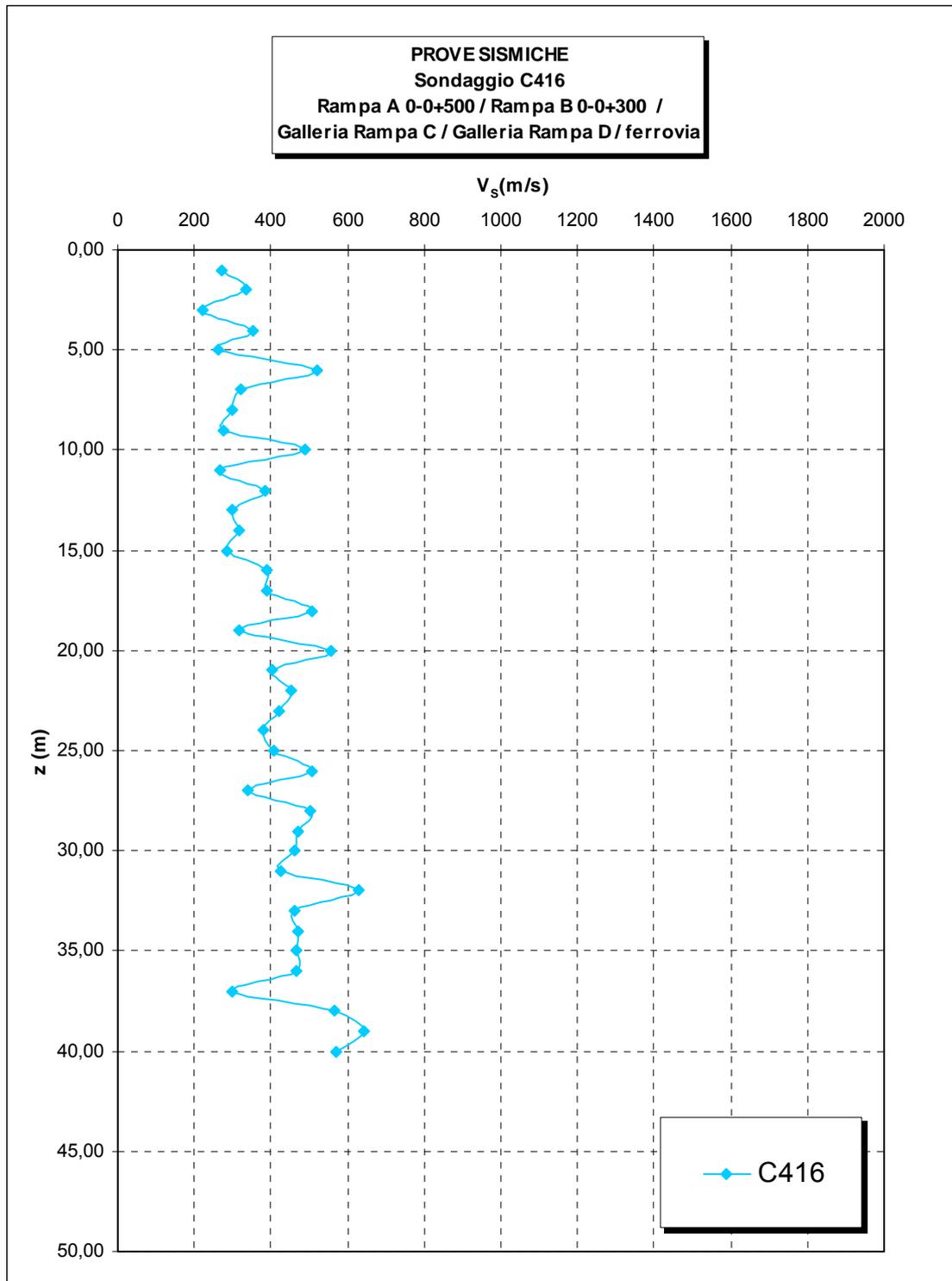
In assenza di dati, laddove il sondaggio non raggiunga di poco i 30 m, si è scelto di associare

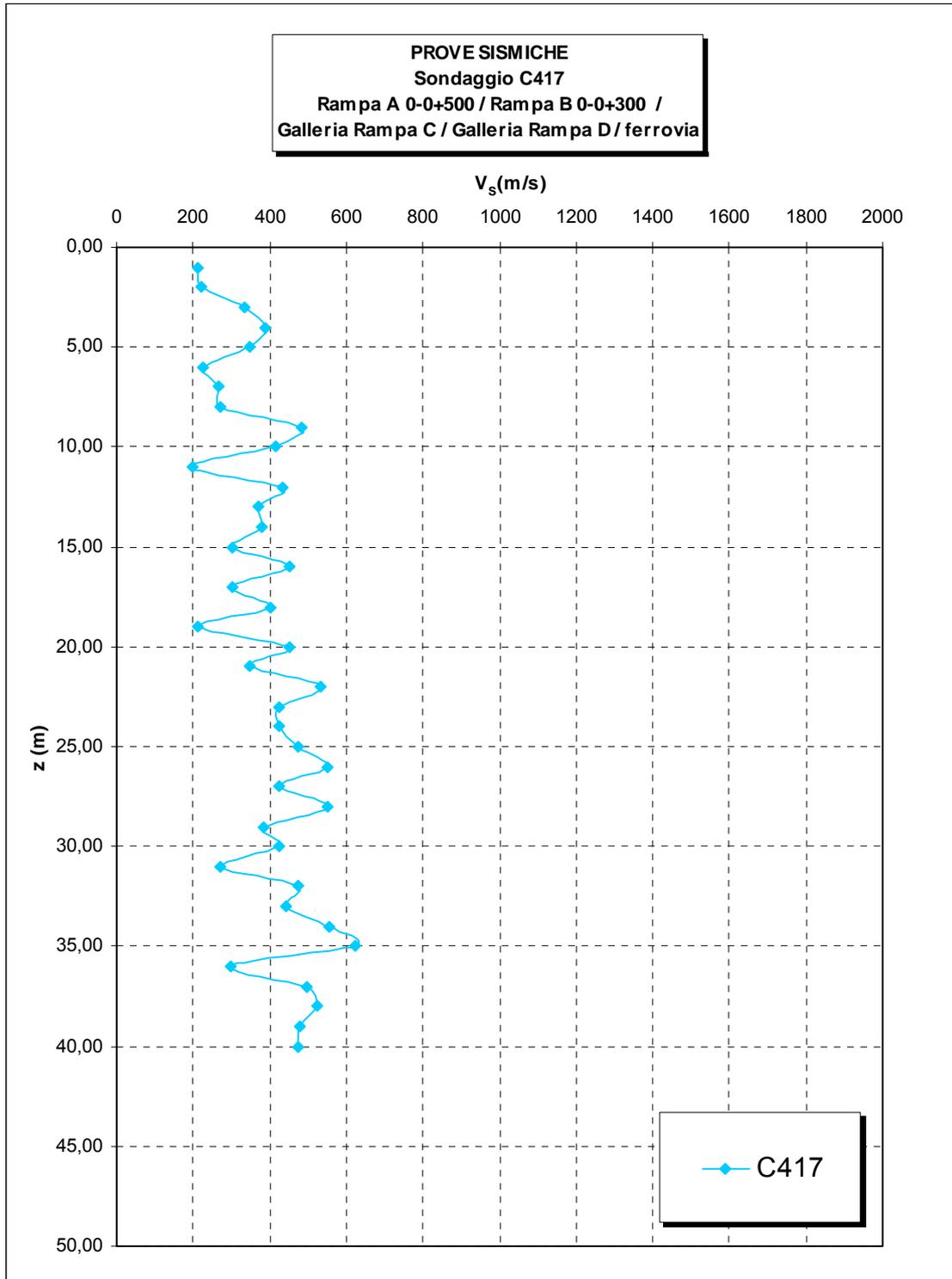
l'ultimo valore delle Vs ad uno strato dello spessore $s_n = \left(30 - \sum_1^{n-1} h_i \right)$.

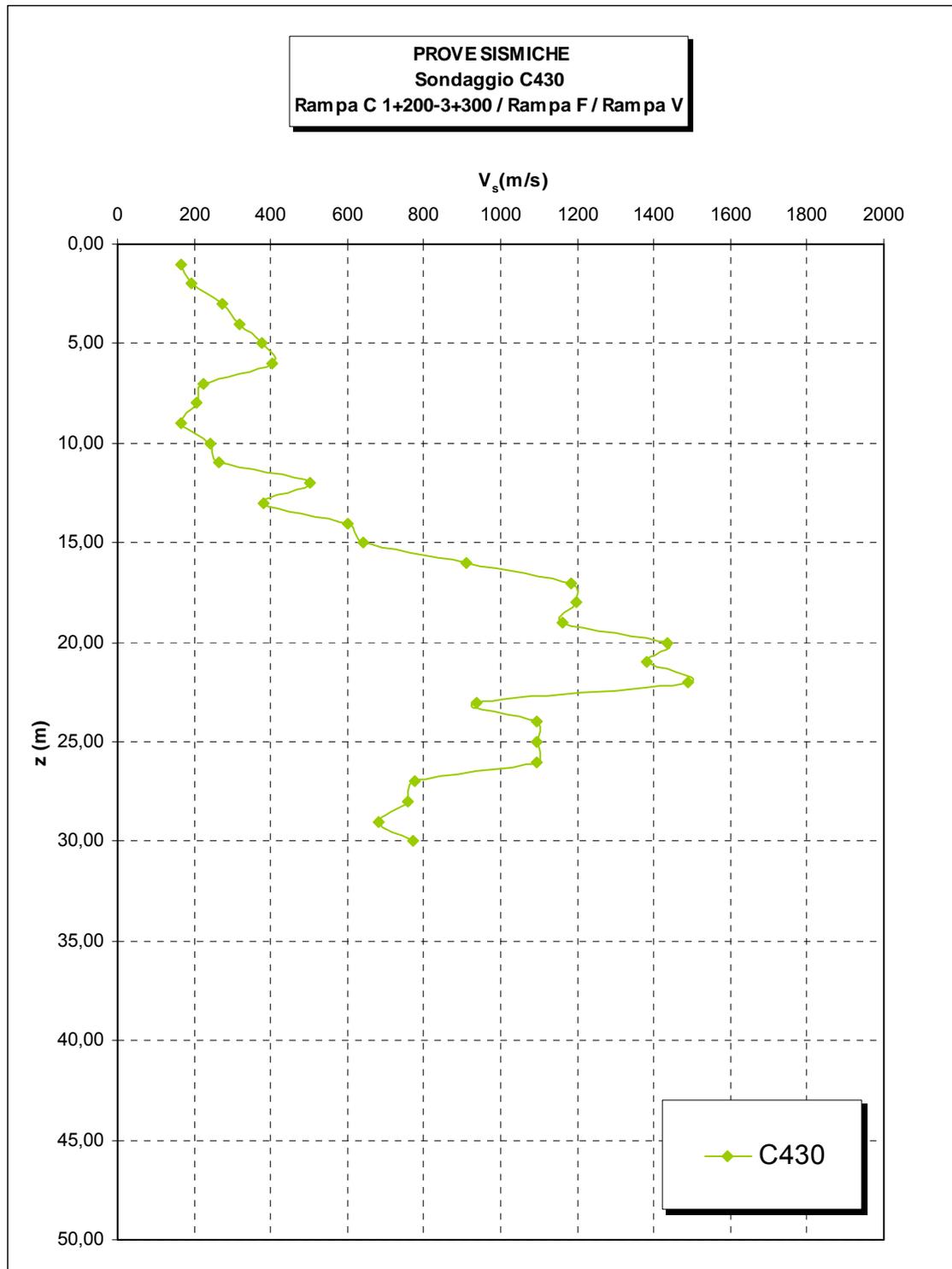


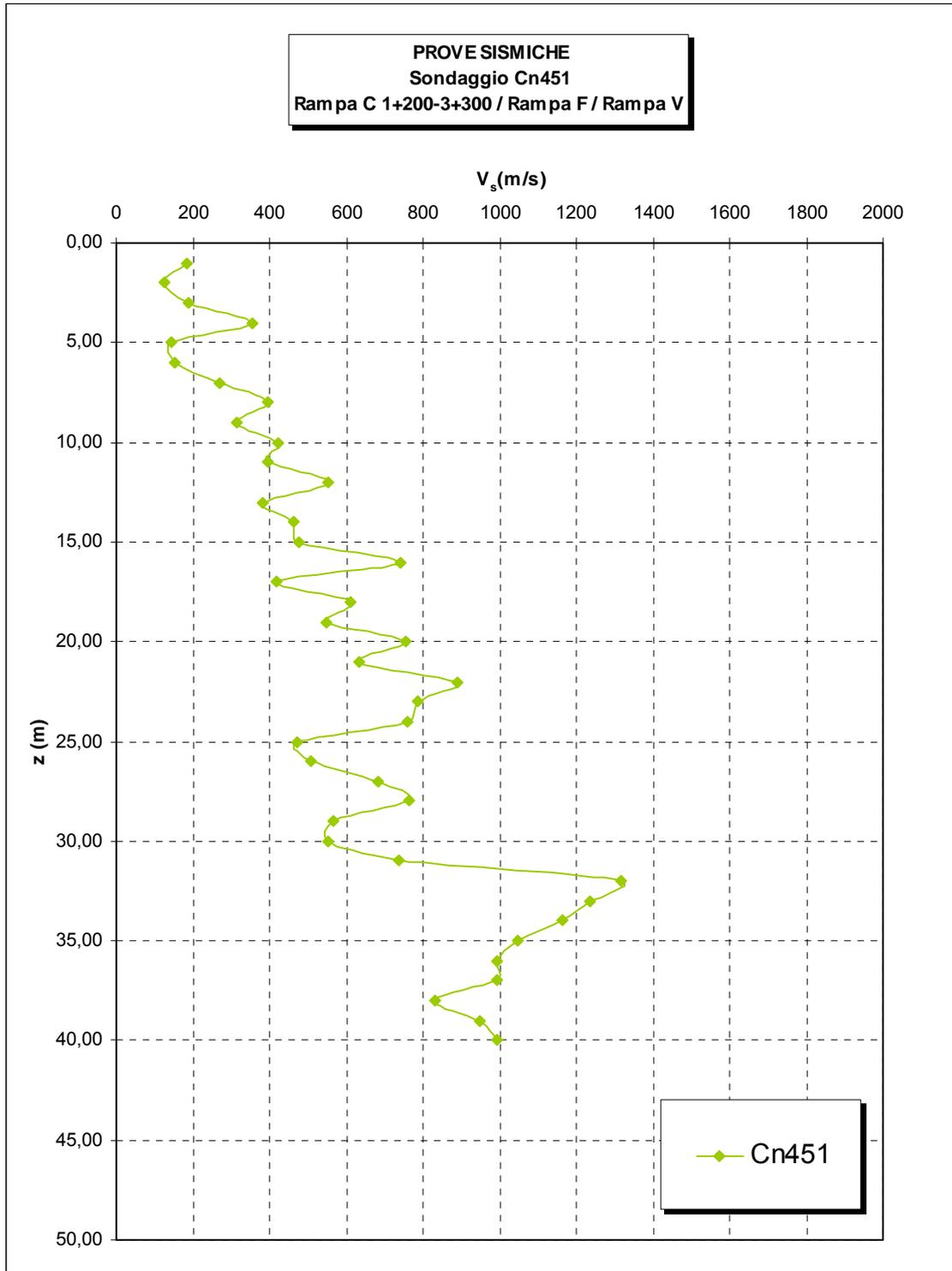


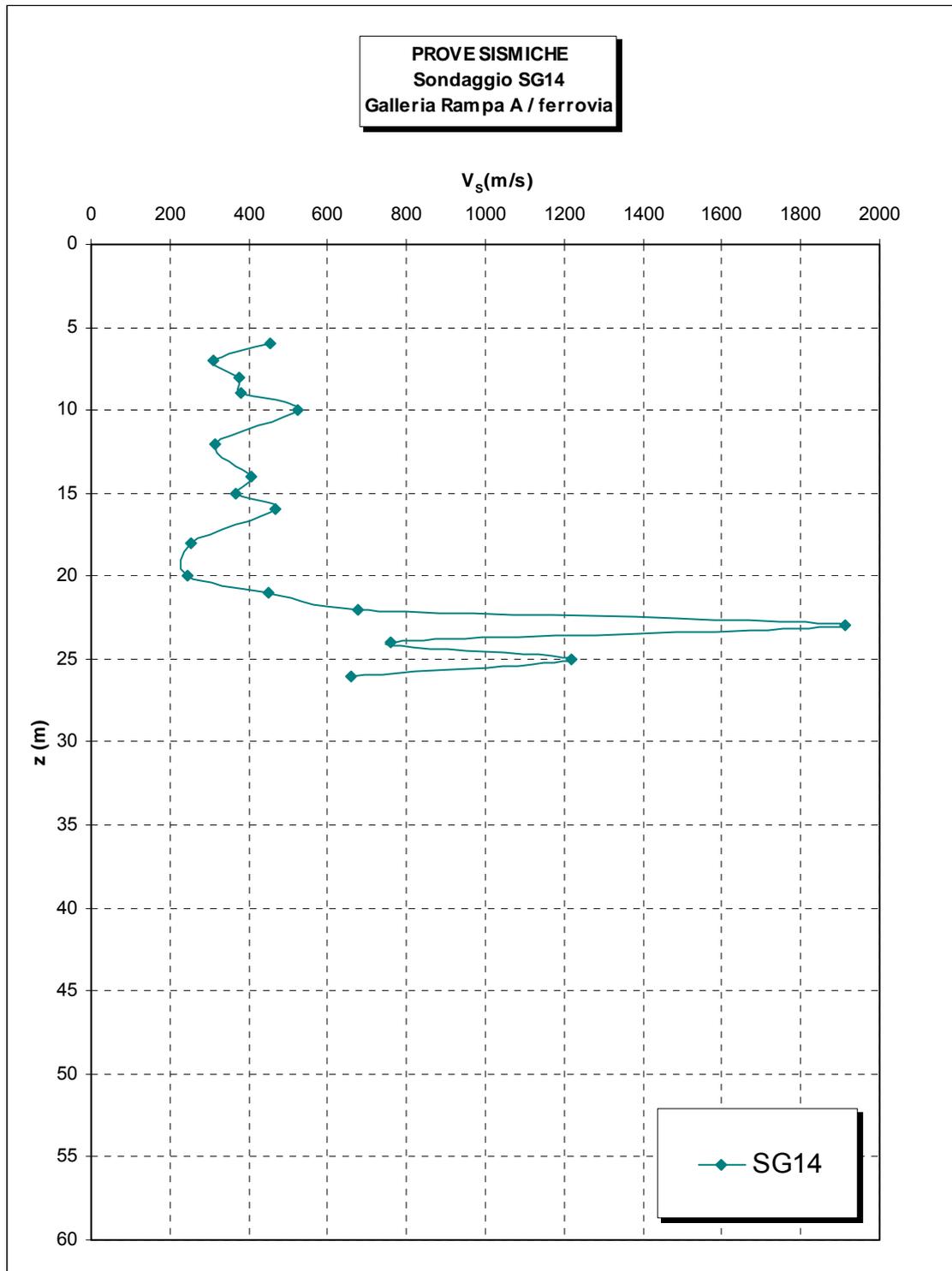


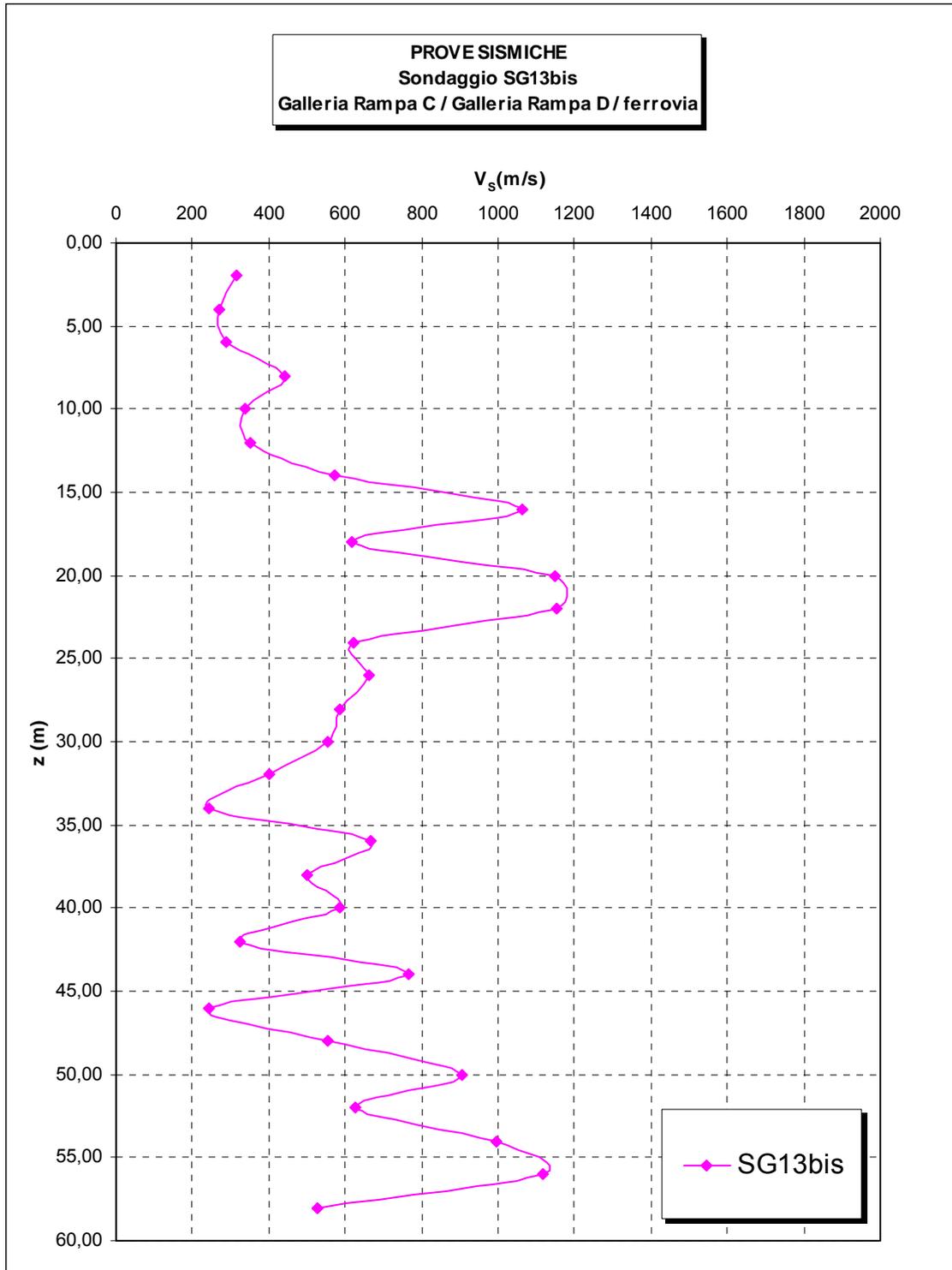


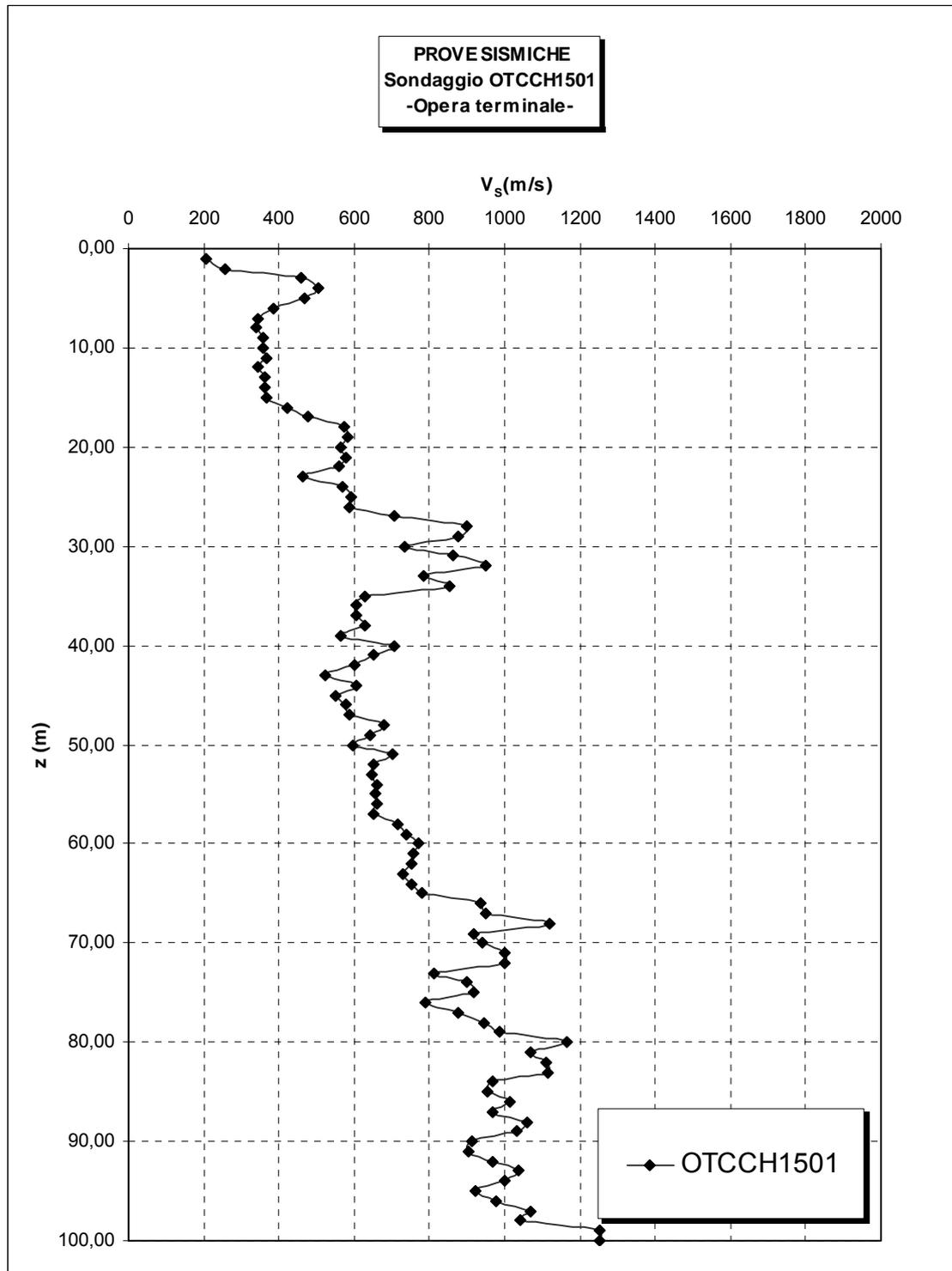


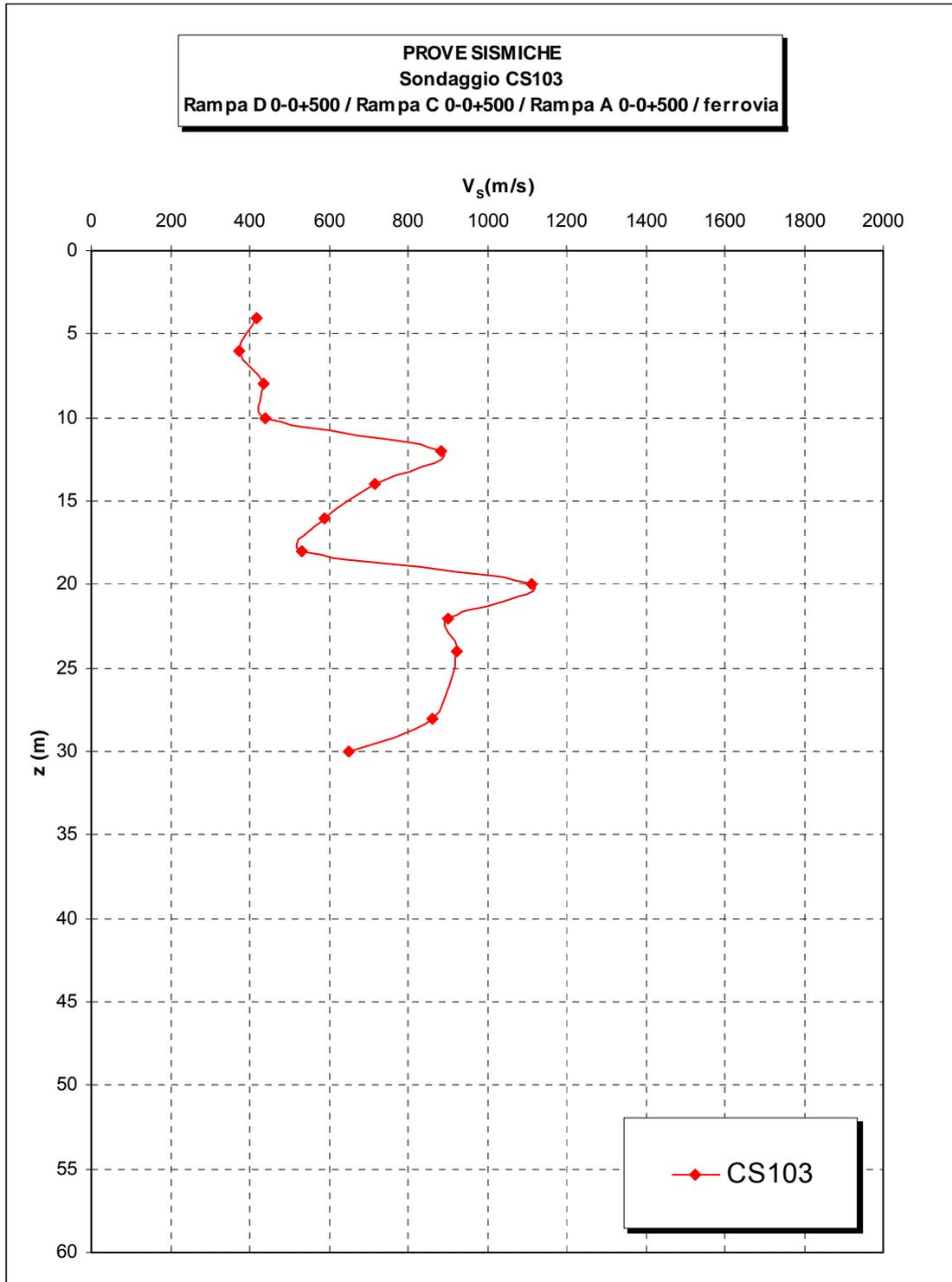


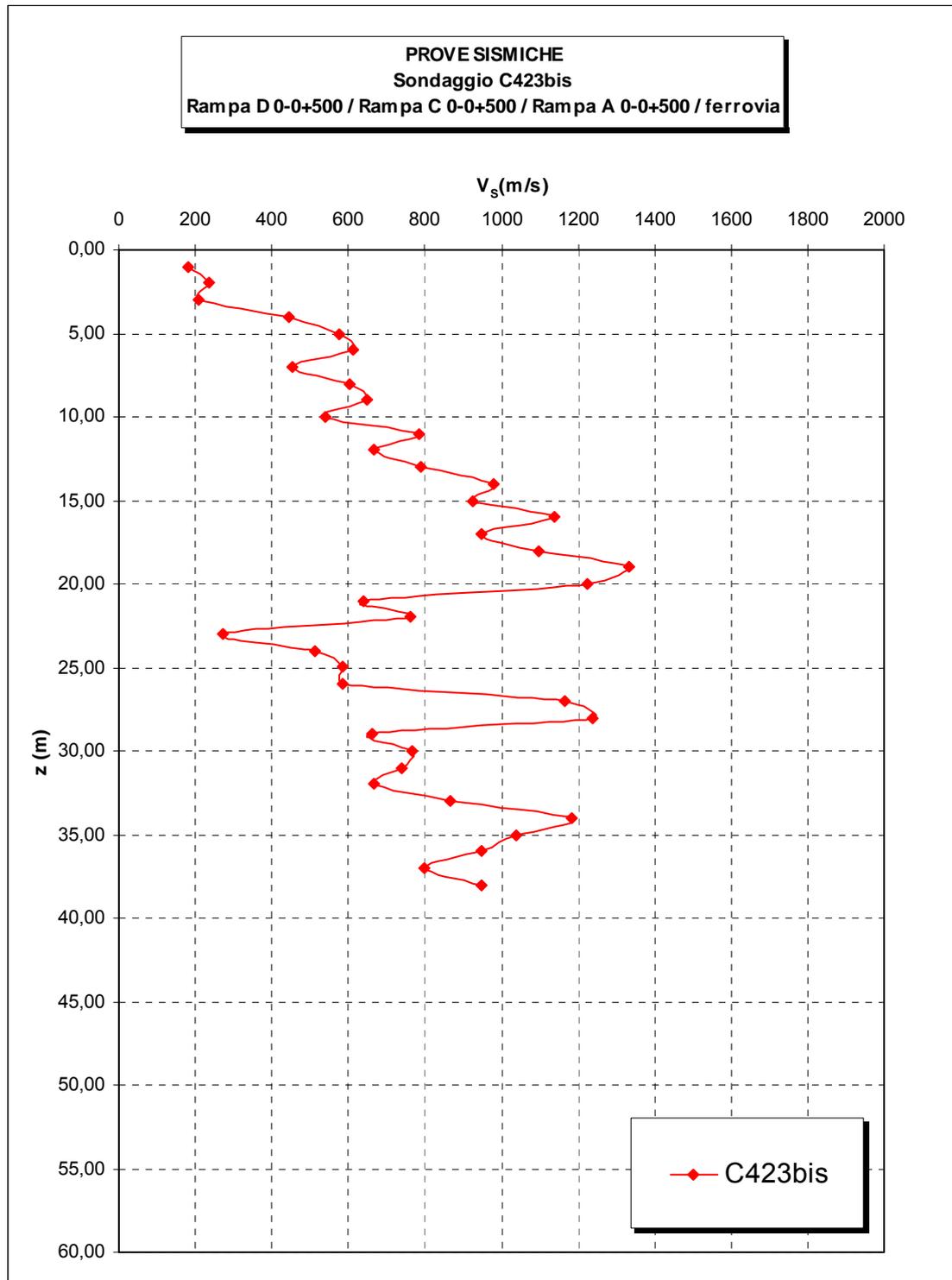


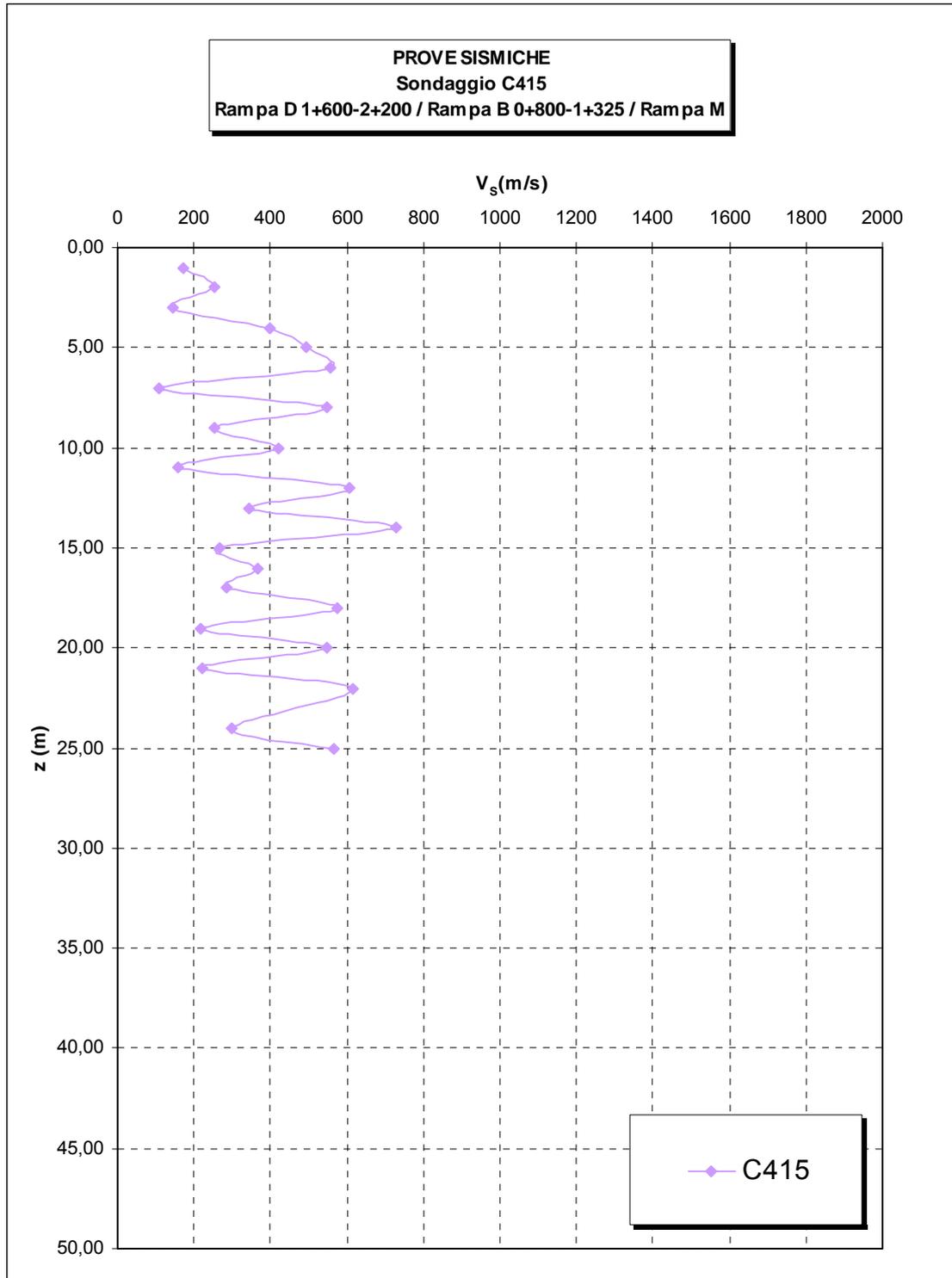


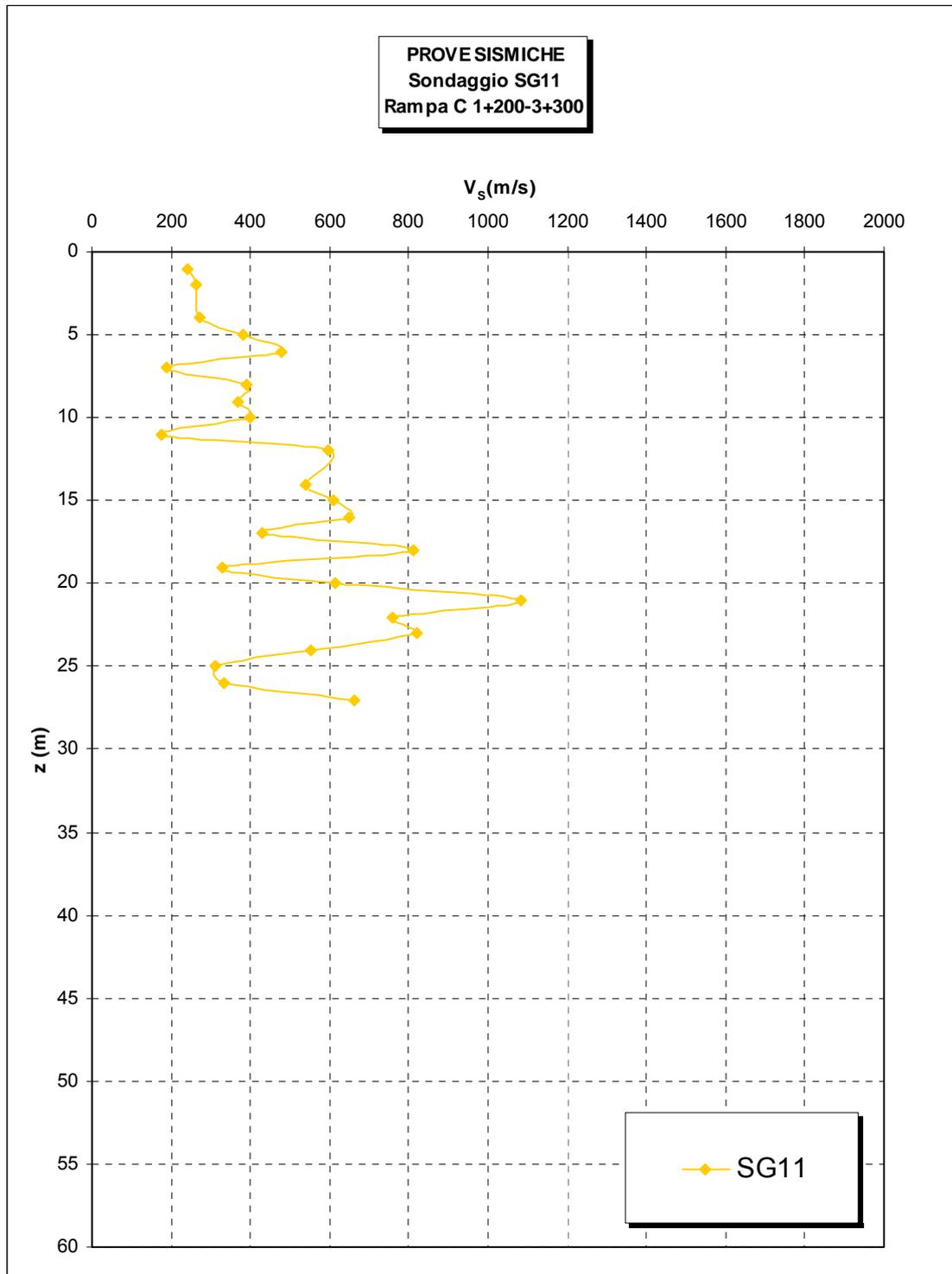


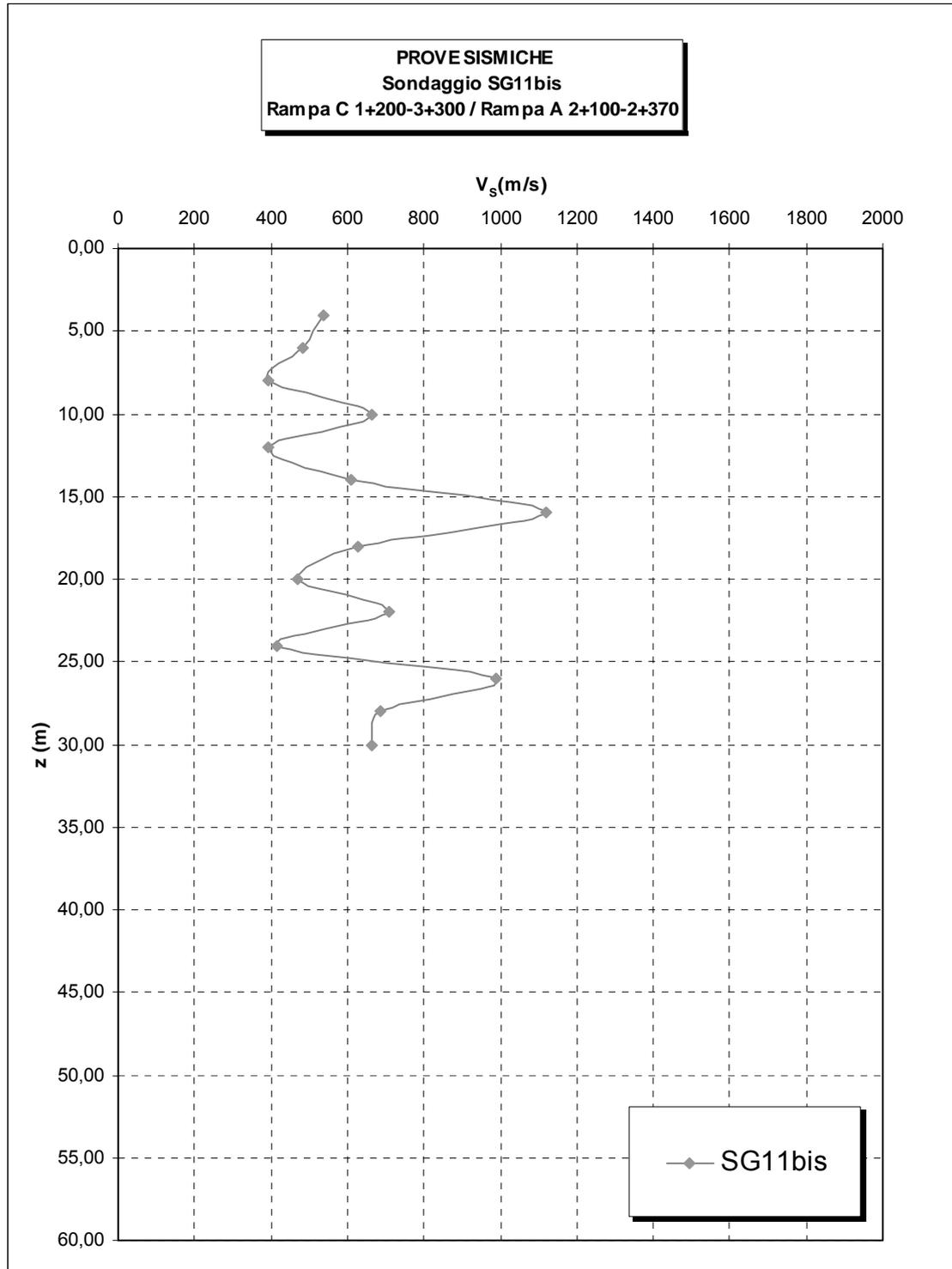












		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nspt30

In assenza di dati, laddove il sondaggio non raggiunga di poco i 30 m, si è scelto di associare

l'ultimo valore delle Nspt ad uno strato dello spessore $s_n = \left(30 - \sum_1^{n-1} h_i \right)$.

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
C403bis	Riporto	2	21	2,5	34	C
C403bis	Riporto	3	5	1,25		
C403bis	Depositi terrazzati marini	4,5	24	1,5		
C403bis	Conglomerato di Pezzo	6	42	1,5		
C403bis	Conglomerato di Pezzo	7,5	39	1,5		
C403bis	Conglomerato di Pezzo	9	26	2,45		
C403bis	Conglomerato di Pezzo	12,4	32	4,1		
C403bis	Conglomerato di Pezzo	17,2	100	5,65		
C403bis	Conglomerato di Pezzo	23,7	100	4,65		
C403bis	Conglomerato di Pezzo	26,5	100	2,65		
C403bis	Conglomerato di Pezzo	29	100	2,25		

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
C404	Riporto	2,2	6	2,85	17	C
C404	Riporto	3,5	37	1,4		
C404	Riporto	5	6	1,5		
C404	Riporto	6,5	5	1,5		
C404	Riporto	8	5	1,75		
C404	Sabbie e ghiaie di Messina	10	40	1,75		
C404	Sabbie e ghiaie di Messina	11,5	16	1,5		
C404	Sabbie e ghiaie di Messina	13	45	1,5		
C404	Conglomerato di Pezzo	14,5	100	1,5		
C404	Conglomerato di Pezzo	16	100	1,85		
C404	Conglomerato di Pezzo	18,2	100	3		
C404	Conglomerato di Pezzo	22	100	3		
C404	Conglomerato di Pezzo	24,2	100	2		
C404	Conglomerato di Pezzo	26	100	1,65		
C404	Conglomerato di Pezzo	27,5	74	3,25		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
C412	Depositi terrazzati marini	1,5	97	2,25	53	B
C412	Depositi terrazzati marini	3	72	1,5		
C412	Depositi terrazzati marini	4,5	69	1,5		
C412	Sabbie e ghiaie di Messina	6	57	1,5		
C412	Sabbie e ghiaie di Messina	7,5	80	1,5		
C412	Sabbie e ghiaie di Messina	9	98	2,25		
C412	Sabbie e ghiaie di Messina	12	76	3		
C412	Sabbie e ghiaie di Messina	15	44	3		
C412	Sabbie e ghiaie di Messina	18	42	3		
C412	Sabbie e ghiaie di Messina	21	25	3,1		
C412	Sabbie e ghiaie di Messina	24,2	51	3		
C412	Sabbie e ghiaie di Messina	27	53	2,9		
C412	Sabbie e ghiaie di Messina	30	79	1,5		
FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
C416	Depositi terrazzati marini	1,5	36	2,25	54	B
C416	Depositi terrazzati marini	3	42	1,65		
C416	Depositi terrazzati marini	4,8	46	1,6		
C416	Depositi terrazzati marini	6,2	56	1,35		
C416	Depositi terrazzati marini	7,5	45	1,5		
C416	Depositi terrazzati marini	9,2	36	1,55		
C416	Depositi terrazzati marini	10,6	46	2,4		
C416	Sabbie e ghiaie di Messina	14	70	3,2		
C416	Sabbie e ghiaie di Messina	17	63	3,5		
C416	Sabbie e ghiaie di Messina	21	57	3,5		
C416	Sabbie e ghiaie di Messina	24	78	3		
C416	Sabbie e ghiaie di Messina	27	68	4,5		
C416	Sabbie e ghiaie di Messina	31,2				

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
C417	Depositi alluvionali	1,5	44	2,25	72	B
C417	Depositi alluvionali	3	62	1,5		
C417	Depositi alluvionali	4,5	63	1,5		
C417	Sabbie e ghiaie di Messina	6	64	1,5		
C417	Sabbie e ghiaie di Messina	7,5	81	1,5		
C417	Sabbie e ghiaie di Messina	9	65	1,85		
C417	Sabbie e ghiaie di Messina	11,2	72	2,35		
C417	Sabbie e ghiaie di Messina	13,7	69	2,6		
C417	Sabbie e ghiaie di Messina	16,4	61	2,75		
C417	Sabbie e ghiaie di Messina	19,2	78	3,05		
C417	Sabbie e ghiaie di Messina	22,5	100	3,15		
C417	Sabbie e ghiaie di Messina	25,5	100	3		
C417	Sabbie e ghiaie di Messina	28,5	100	3		
C417	Sabbie e ghiaie di Messina	32,5				

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
FCBH4	Depositi costieri di spiaggia	6,5	56	6,5	46	C
FCBH4	Depositi costieri di spiaggia	9,5	40	4,5		
FCBH4	Depositi costieri di spiaggia	12,5	42	2,95		
FCBH4	Depositi costieri di spiaggia	15,4	45	2,8		
FCBH4	Depositi costieri di spiaggia	18,1	100	3,045		
FCBH4	Depositi costieri di spiaggia	21,49	67	3,19		
FCBH4	Depositi costieri di spiaggia	24,48	39	3,005		
FCBH4	Depositi costieri di spiaggia	27,5	23	2,01		
FCBH4	Depositi costieri di spiaggia	30	43	2		
FCBH4	Depositi costieri di spiaggia	33,04				
FCBH4	Depositi costieri di spiaggia	36,08				
FCBH4	Trubi	45,48				
FCBH4	Trubi	48,44				
FCBH4	Calcareniti San Corrado	39,07				
FCBH4	Calcareniti San Corrado	42,46				

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	1,50	100	2,25	37	C
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	3,00	60	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	4,50	78	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	6,00	41	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	7,50	29	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	9,00	36	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	10,50	30	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	12,00	30	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	13,50	35	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	15,00	20	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	16,50	100	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	18,00	51	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	19,50	33	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	21,00	31	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	22,50	48	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	24,00	17	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	25,50	26	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	27,00	50	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	28,50	49	1,5		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	30,00	32	0,75		
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	31,50				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	33,00				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	34,50				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	36,00				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	37,50				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	39,00				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	40,50				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	42,00				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	43,50				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	45,00				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	46,50				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	48,00				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	49,50				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	51,00				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	52,50				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	54,00				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	55,50				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	57,00				
FCBH5	Depositi costieri di spiaggia	58,50				

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	1,50	7	2,25	29	C
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	3,00	42	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	4,50	57	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	6,00	100	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	7,50	100	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	9,00	77	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	10,50	67	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	12,00	59	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	13,50	100	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	15,00	100	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	16,50	31	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	18,00	24	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	19,50	23	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	21,00	28	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	22,50	23	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	24,00	23	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	25,50	29	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	27,00	27	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	28,50	42	1,5		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	30,00	33	0,75		
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	31,50				
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	33,00				
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	34,50				
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	36,60				
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	37,50				
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	39,00				
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	40,50				
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	42,00				
FCBH6	Depositi costieri di spiaggia	43,50				

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	5,00	74	5	26	C
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	6,50	100	2		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	7,50	76	1,25		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	9,00	68	2		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	11,50	100	2		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	13,00	52	1,5		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	14,50	100	1,75		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	16,50	22	1,75		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	18,00	8	1,5		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	19,50	10	1,75		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	21,50	10	1,75		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	23,00	19	1,5		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	24,50	34	1,75		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	26,50	16	1,75		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	28,00	33	1,5		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	29,50	40	1,25		
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	31,50				
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	33,00				
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	34,50				
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	38,00				
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	39,50				
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	41,50				
FCBH7	Depositi costieri di spiaggia	43,00				
FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	1,50	28	2,25	20	C
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	3,00	17	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	4,50	13	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	6,00	15	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	7,50	45	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	9,00	24	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	10,50	24	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	12,00	29	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	13,50	8	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	15,00	17	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	16,50	23	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	18,00	14	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	19,50	25	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	21,00	33	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	22,50	13	1,5		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	24,00	16	2,25		
FCBH9	Depositi costieri di spiaggia	27,00	42	4,50		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	1,5	5	1,5	16	C
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	3	6	2,25		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	4,5	5	1,5		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	6	6	1,5		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	7,5	4	1,5		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	9	40	1,5		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	10,5	38	1,5		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	12	40	3		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	16,5	9	3		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	18	6	1,5		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	19,5	8	1,5		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	21	26	1,5		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	22,5	52	1,5		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	24	74	1,5		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	25,5	100	1,5		
FCCH1508	Depositi costieri di spiaggia	27	79	1,5		
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	28,5	100	1,5		
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	30	100	2,25		
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	31,4				
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	33				
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	34,5				
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	36				
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	37,5				
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	39				
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	40,5				
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	42				
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	43,5				
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	45				
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	46,5				
FCCH1508	Conglomerato di Pezzo	47,8				

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	3	30	3	30	C
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	4,5	59	2,25		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	6	100	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	7,5	100	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	9	31	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	10,5	29	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	12	85	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	13,5	56	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	15	100	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	16,5	100	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	18	20	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	19,5	20	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	21	22	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	22,5	19	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	24	16	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	25,5	23	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	27	21	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	28,5	24	1,5		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	30	14	0,75		
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	31,5				
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	33				
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	34,5				
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	36				
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	37,5				
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	39				
FCLPT1502	Depositi costieri di spiaggia	40,5				
FCLPT1502	Sabbie e ghiaie di Messina	42				
FCLPT1502	Sabbie e ghiaie di Messina	45				
FCLPT1502	Sabbie e ghiaie di Messina	48				

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	3	47	3	32	C
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	4,5	65	2,25		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	6	100	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	7,5	40	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	9	48	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	10,5	38	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	12	52	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	13,5	47	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	15	100	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	16,5	44	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	18	35	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	19,5	27	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	21	30	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	22,5	9	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	24	10	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	25,5	56	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	27	30	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	28,5	43	1,5		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	30	36	0,75		
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	31,5				
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	33				
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	34,5				
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	37				
FCSPT503	Depositi costieri di spiaggia	40				
FCSPT503	Sabbie e ghiaie di Messina	41,5				
FCSPT503	Sabbie e ghiaie di Messina	43				
FCSPT503	Sabbie e ghiaie di Messina	44,5				

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	LITOLOGIA	z [m]	Nspt	hi	Nspt30	Cat. sismica
OTCCH1501	Depositi terrazzati marini	1,5	3	2	18	C
OTCCH1501	Calcareniti San Corrado	3	16	1,75		
OTCCH1501	Calcareniti San Corrado	4,5	25	1,5		
OTCCH1501	Calcareniti San Corrado	6	21	1,5		
OTCCH1501	Calcareniti San Corrado	7,5	22	1,5		
OTCCH1501	Calcareniti San Corrado	9	17	1,5		
OTCCH1501	Calcareniti San Corrado	10,5	9	3		
OTCCH1501	Trubi	15	38	3,1		
OTCCH1501	Trubi	16,7	66	1,5		
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	18	71	1,65		
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	20	100	2		
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	22	100	2		
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	24	100	2		
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	26	98	2		
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	28	100	1,75		
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	29,5	100	1,25		
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	31,4				
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	34				
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	35,5				
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	36,8				
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	38,3				
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	41,3				
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	42,8				
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	44,2				
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	45,7				
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	47,2				
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	48,7				
OTCCH1501	Conglomerato di Pezzo	50				

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7 Inquadramento geologico regionale

7.1 Inquadramento geologico

L'evoluzione geologica del territorio comprendente le due aree sulle sponde dello Stretto è riconducibile alla complessa storia deformativa della Sicilia nord-orientale e della Calabria, il cui assetto strutturale è stato da tempo oggetto di analisi e di diversa interpretazione da parte di vari Autori, in un contesto più ampio che comprende l'intero Arco Calabro-Peloritano.

Nel territorio considerato restano compresi termini della Catena Kabilo-Calabride, costituita da unità di basamento ercinico con resti delle originarie coperture sedimentarie meso-cenozoiche. Al tetto di tali unità si hanno successioni terrigene sin - e tardorogeniche a carattere fliscioide di età supraeocenica e oligo-miocenica. Seguono depositi sia terrigeni che evaporitici di età compresa tra il Serravalliano ed il Pleistocene, appartenenti a cicli sedimentari sovrapposti, riscontrabili principalmente lungo le fasce costiere.

I terreni più antichi affioranti nelle aree oggetto di studio appartengono alla terminazione meridionale dell'Arco Calabro-peloritano, che costituisce un segmento dell'orogene appenninico-maghrebide, esteso dall'Appennino meridionale alla Sicilia. Detti terreni, appartenenti all'unità tettonica dell'Aspromonte, costituiscono il basamento dei sedimenti miocenici e plio-pleistocenici, più estesamente affioranti nelle aree in esame.

7.2 Inquadramento geomorfologico

Il rilevamento condotto nell'area ha consentito di ricostruire il quadro geomorfologico generale che nei suoi punti salienti può essere così sintetizzato:

- 1) Il motivo geomorfologico di fondo e caratteristico dell'area è legato alla presenza, fino alle quote massime della zona rilevata, dell'alternanza di superfici terrazzate di origine marina e delle scarpate che le delimitano e, quindi, dall'alternanza tra superfici blandamente inclinate e versanti più o meno elevati ed acclivi.
- 2) Sempre in relazione alle recenti variazioni eustatiche e, quindi, dei livelli di base rispetto alla circolazione idrica continentale, le forme primarie terrazzate sono state incise ad opera delle acque incanalate che si sono organizzate in reticoli di estensione limitata e a basso grado di gerarchizzazione, quindi di formazione recente. I rapidi abbassamenti relativi del livello del mare

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

hanno prodotto forti fasi di incisione, con la formazione delle valli tipiche della zona, cioè strette e profonde e delimitate da versanti ad elevata inclinazione. Ovviamente, in funzione della tipologia del substrato entro cui agiscono le acque incanalate, la morfologia appena descritta può essere più o meno accentuata: morfologie più accentuate sono riscontrabili nei settori di attraversamento di litologie quali il basamento cristallino ed il Conglomerato di Pezzo, mentre forme relativamente più dolci sono tipiche delle zone di attraversamento delle Sabbie e Ghiaie di Messina, più erodibili e soggette a fenomeni di degradazione. Nell'ambito della morfologia fluviale rimane inoltre traccia anche delle fasi di stazionamento del livello del mare, che hanno condotto alla formazione di terrazzi fluviali di cui si riscontrano sporadici lembi residui su più livelli. L'evidenza raccolta in alcuni luoghi di alvei che incidono le alluvioni recenti, testimoniano di una dinamica fluviale in cui ancora si registrano fasi erosive in alternanza alle fasi deposizionali.

3) Ulteriore fattore morfogenetico che segue e, in parte, si sovrappone all'azione fluviale è rappresentato dai fenomeni di degradazione e di frana che si impostano principalmente sui versanti formati per azione fluviale e/o marina, determinandone il rimodellamento. La presenza di numerosi forme e depositi attivi o al più quiescenti di origine gravitativa e, più in generale, dovuti a processi di denudazione/degradazione, mette in risalto un quadro di instabilità generalizzata dell'area, in risposta al sollevamento rapido e di grande entità che ha interessato l'area nel Quaternario.

I principali fattori di dissesto nell'area possono essere sintetizzati come segue:

1) Possibile occorrenza di fenomeni alluvionali, con coinvolgimento dei tratti terminali dei principali torrenti, ove si possono avere esondazioni e/o la deiezione dell'elevato trasporto solido, di cui i con alluvionali rappresentano la testimonianza.

2) Processi di instabilità diffusi sui versanti locali e che si esplicano sia tramite processi erosivi lato sensu (degradazione) sia tramite fenomeni franosi che abbracciano un'ampia tipologia di cinematismi. Tra questi meritano menzione, per dimensione e stato di attività, le frane traslative e rototraslative del settore nord; in particolare, le frane con componente traslativa prevalente e di crollo/ribaltamento sono concentrate sia in destra che in sinistra idrografica dei valloni compresi tra i torrenti S. Trada e Zagarella (Figura 9), mentre le frane con componente rotazionale più apprezzabile sono per lo più concentrate sul versante che borda a sud il tracciato della A3 tra lo svincolo di S. Trada e l'area di servizio "Villa San Giovanni" (Figura 10). In quest'ultimo settore sono inoltre diffuse alla base del versante anche accumuli tipo con di origine mista, a testimoniare la possibile attivazione di fenomeni di erosione, trasporto e deposizione delle coltri detritiche prodotte dalla sommità e lungo il versante stesso, secondo meccanismi di flusso detritico

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

incanalato lungo i solchi di erosione concentrata.

Fenomeni di dissesto legati sia a frane (seppure mediamente di dimensioni minori) che a processi di degradazione sono presenti anche nei settori meridionale ed occidentale dell'area, dove si osservano in particolare diffusi fenomeni franosi alla tesata e lungo i fianchi delle valli più incise e ampie coltri colluviali che registrano gli intensi processi erosivo-deposizionali che coinvolgono soprattutto le Sabbie e Ghiaie di Messina (Figura 11 e Figura 12).

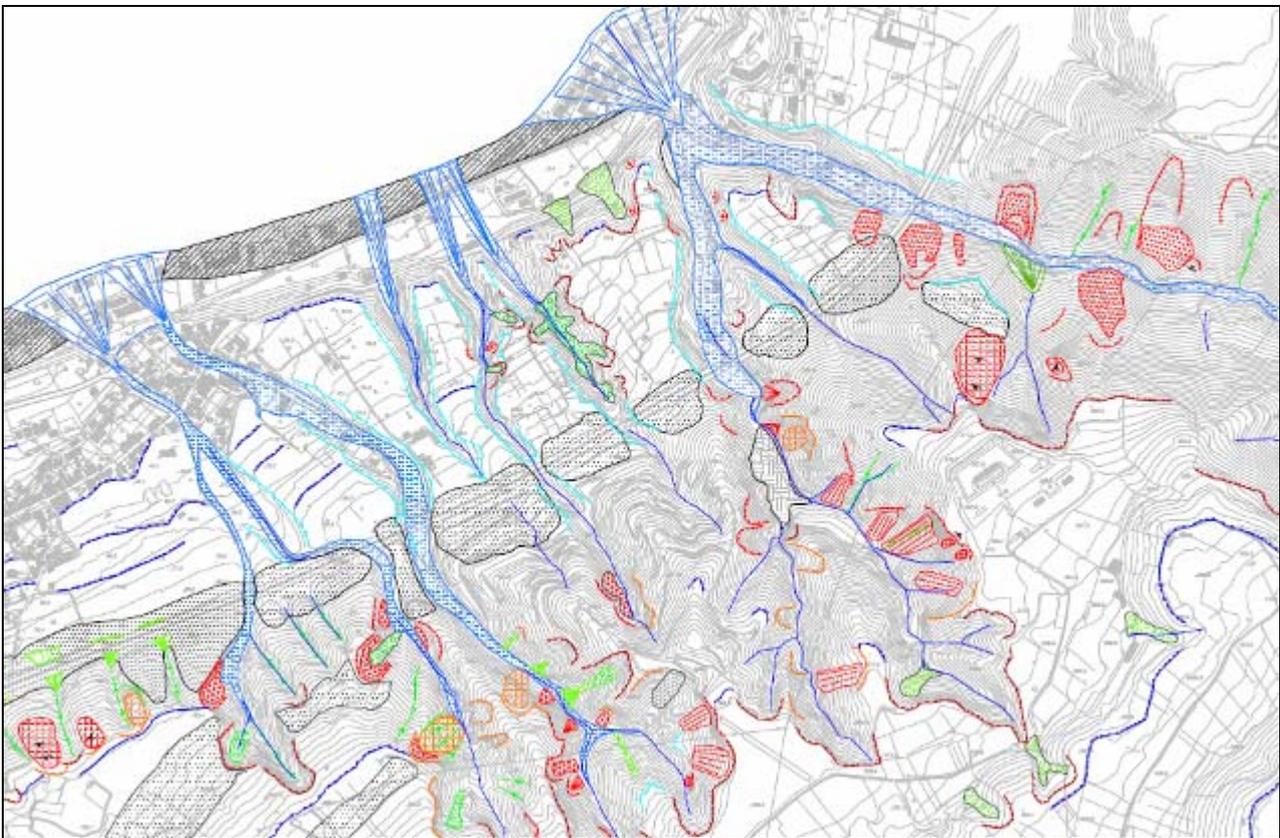


Figura 9 - Inquadramento geomorfologico; valloni compresi tra i torrenti S. Trada e Zagarella

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

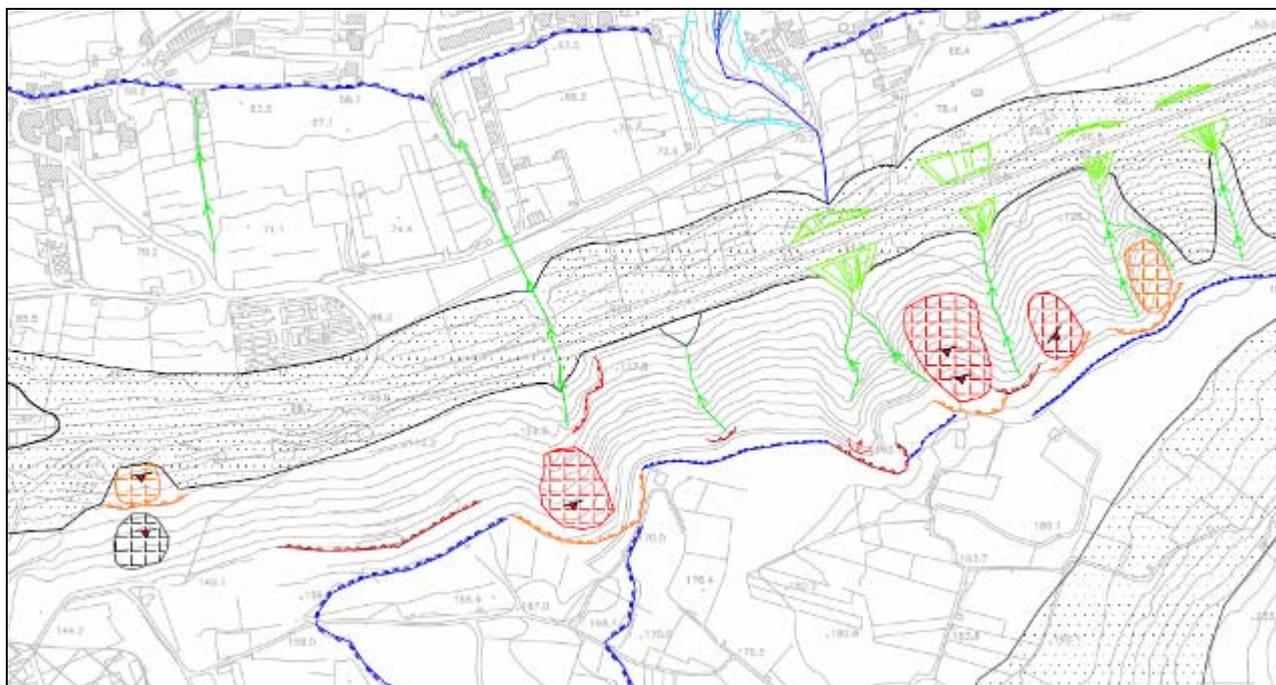


Figura 10 - Inquadramento geomorfologico; versante tra lo svincolo del tracciato della A3 di S. Trada e l'area di servizio "Villa San Giovanni"

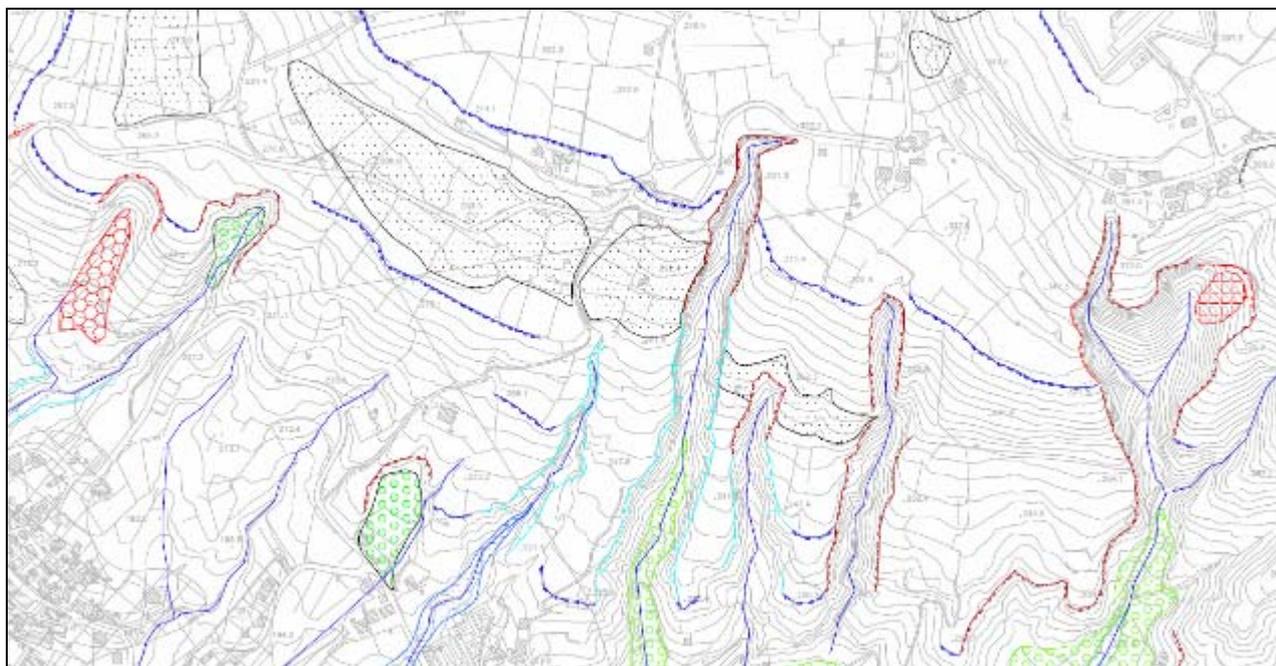


Figura 11 - Inquadramento geomorfologico; settori meridionale ed occidentale dell'area

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

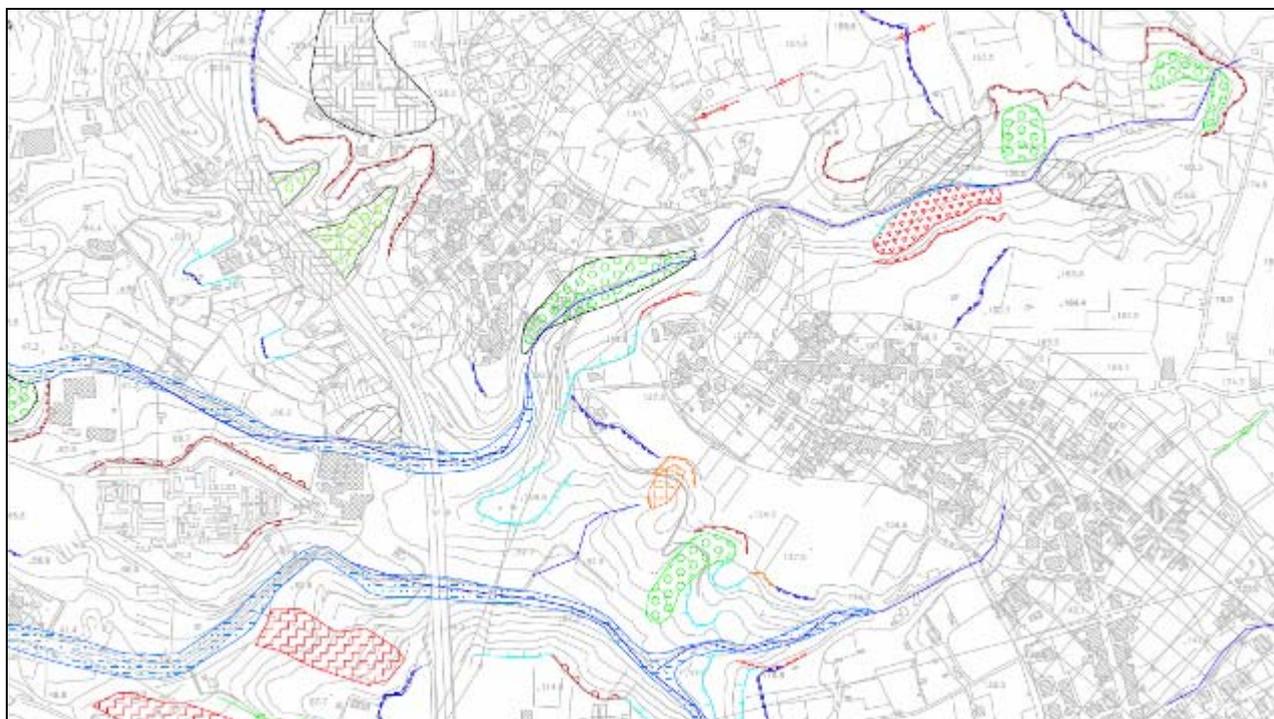


Figura 12 - Inquadramento geomorfologico; settori meridionale ed occidentale dell'area

7.3 Inquadramento stratigrafico lungo il tracciato

Di seguito si descrivono in sintesi le litologie presenti lungo il tracciato autostradale a partire dalla più antica alla più recente.

La successione stratigrafica riconosciuta comprende, dal basso verso l'alto, i seguenti termini ai quali, se esistente, è stata attribuita la denominazione formazionale di letteratura:

- 1) Substrato cristallino,
- 2) Conglomerato di Pezzo,
- 3) Trubi,
- 4) Calcareniti di S.Corrado,
- 5) Formazione di Le Masse,
- 6) Ghiaie e sabbie di Messina,
- 7) Terrazzi marini.

In aggiunta, sono stati distinti i seguenti depositi superficiali:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 8) Depositi alluvionali,
- 9) Eluvio-colluvio,
- 10) Depositi di piana costiera recenti ed attuali,
- 11) Depositi di versante,
- 12) Riporti antropici.

L'intervallo temporale coperto dalla successione sedimentaria cenozoico-quadernaria, sovrastante il substrato paleozoico cristallino-metamorfoico, è Tortoniano (Miocene sup.) – Olocene.

Lo schema dei rapporti stratigrafici riportato in Figura 13, sintetizza le tipologie di contatti geologici laterali e verticali interpretati tra i suddetti termini stratigrafici ed, in particolare, mette in luce il carattere trasgressivo di tutte le sovrapposizioni litologiche riconosciute. Di particolare rilievo è il contatto disconforme tra i termini cristallino-metamorfoici paleozoici (Substrato cristallino) ed i sovrastanti depositi sedimentari, ascrivibili al Conglomerato di Pezzo, alla Formazione di Le Masse o anche alle Ghiaie e Sabbie di Messina.

SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI

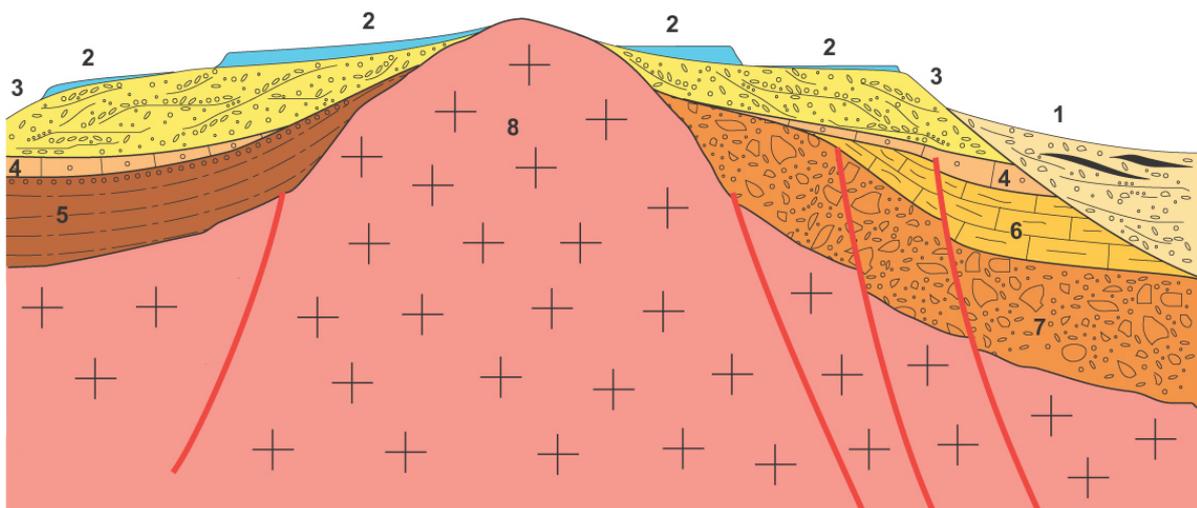


Figura 13 - Schema dei rapporti stratigrafici. 1) Depositi di spiaggia attuale e recente con lenti torbose; 2) Depositi marini terrazzati; 3) Ghiaie e sabbie di Messina; 4) Calcareniti di S. Corrado; 5) Formazione di Massa; 6) Trubi; 7) Conglomerato di Pezzo; 8) Substrato granitico e metamorfoico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

SUBSTRATO CRISTALLINO-METAMORFICO

Sono state distinte in affioramento due litologie ascrivibili al substrato paleozoico: metamorfiti di medio-alto grado (Figura 14) e rocce cristalline granitoidi (Figura 15), rispettivamente nei settori settentrionale e centro-meridionale dell'area di intervento.

Le metamorfiti affioranti nel settore settentrionale sono costituite da paragneiss che lateralmente tendono a passare a micascisti biotitici attraversando petrofacies intermedie. Tali litotipi si presentano di colore grigio, a grana media-fina e tessitura da massiva a foliata.

Le rocce cristalline granitoidi del settore centro-meridionale sono, invece, costituiti da leucogranodioriti a due miche e graniti-monzograniti. Esse contengono xenoliti metamorfici, allungati, a prevalente biotite con inclusi rotondeggianti, e a biotite e plagioclasti; hanno una struttura granulare a tessitura prevalentemente isotropa e costituiscono masse o filoni da decimetrici a metrici intrusi nelle metamorfiti di medio e alto grado.



Figura 14 - Affioramento di paragneiss sul versante sud del vallone Santa Trada.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



Figura 15 - Affioramento di rocce granitoidi in corrispondenza del Vallone Piria

Il contatto tra le masse granitoidi e le rocce metamorfiche si sarebbe realizzato in ambito di metamorfismo regionale; a tale contatto, ipotizzato sulla base dell'evidenza di affioramento dei due litotipi, non è stato possibile attribuire una geometria definita. Pertanto, il limite geologico cartografato è da ritenersi valido in prima approssimazione. Tuttavia, esso non interferisce con le opere in sotterraneo all'interno dell'area di intervento.

All'interno dei termini granitoidi è stato localmente riscontrato un sensibile grado di alterazione idrotermale che conferisce alla roccia un aspetto brecciato, a luoghi con colorazione biancastra e farinosa al tatto. Tali caratteristiche si osservano, in particolare, lungo una fascia a direzione N-NE S-SW, in corrispondenza di un allineamento tettonico ben visibile anche da foto aeree in corrispondenza del Vallone Piria. Tale fascia può essere, quindi, associata ad un'ampia zona cataclastica, ipotesi questa avvalorata ulteriormente dalla presenza di un'intensa fessurazione degli ammassi rocciosi immediatamente adiacenti. (Figura 16)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 16 - Fascia cataclastica nel substrato cristallino granitoide, in prossimità della testata del Vallone Piria.

Le evidenze di affioramento e di sondaggio consentono di ritenere determinante, ai fini della caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso, la presenza di una fratturazione, a luoghi molto intensa (Figura 17, parte destra), legata alla coesistenza di più sistemi di discontinuità pervasivi che, tuttavia, non conferiscono all'ammasso una spiccata anisotropia.

Lungo il sistema tettonico Piale – Mortille, il substrato granitico si presenta in affioramento fortemente cementato per ricristallizzazione di calcite in un fitto reticolo di fratture (Figura 17, parte sinistra).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 17 - Affioramento del substrato granitico intensamente fratturato affiorante nel settore meridionale (sinistra) e nord-orientale (destra) dell'area di studio.

CONGLOMERATO DI PEZZO

E' costituito da un conglomerato poligenico ed eterometrico, a matrice arenacea, da poco a mediamente fino a ben cementato, a stratificazione poco distinta a volte completamente assente. I clasti sono costituiti quasi esclusivamente da rocce del substrato cristallino-metamorfico. I singoli clasti si presentano da sub a scarsamente arrotondati, hanno dimensione variabile, anche superiore al metro ed il deposito si presenta non classato (Figura 1, Figura 2 e Figura 30). Raramente è stata rinvenuta nella matrice tra i clasti la presenza di frammenti lignei carboniosi. Localmente, inoltre, nella parte alta, al di sotto del contatto trasgressivo con i soprastanti depositi ascritti ai Trubi, si rinviene in affioramento ed in sondaggio la presenza di un livello di spessore metrico costituito da sabbie grigie monogranulari a laminazione piano-parallela che a luoghi passano a sabbie gialle ascrivibili ai depositi trasgressivi dei Trubi (Figura 24).

Queste evidenze portano ad ipotizzare un ambiente di sedimentazione condizionato dalla vicinanza di rilievi cristallini, caratterizzati da una forte energia del rilievo, soggetti ad intensa erosione. Il materiale smantellato si sarebbe depositato al piede dei rilievi, al margine di una piana costiera o in un ambiente marino litorale, dove subiva una scarsa evoluzione da parte del moto ondoso. Il materiale si sarebbe accumulato prevalentemente allo sbocco delle aree di impluvio con flussi ad alta efficienza, presumibilmente con meccanismi di trasporto in massa gravitativi (debris flow).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



Figura 1 - Affioramenti del Conglomerato di Pezzo nei pressi di Campo Piale.



Figura 2 – Affioramento del Conglomerato di Pezzo nei pressi di Campo Piale (Hotel Panorama).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I depositi del Conglomerato di Pezzo affiorano estesamente nel settore più occidentale dell'area (località Pezzo e Cannitello, versante a monte dell'autostrada SA-RC).

Data la limitata estensione degli affioramenti di Conglomerato di Pezzo la sua caratterizzazione litologica è stata significativamente coadiuvata dall'analisi macroscopica delle carote di sondaggio.



Figura 30 – Affioramento del Conglomerato di Pezzo nei pressi della località Mortille.

Ciononostante, permane in alcuni siti (cfr Opera Terminale) l'oggettiva difficoltà a distinguere inequivocabilmente il Conglomerato di Pezzo dal sottostante substrato cristallino, a causa della mancanza in carota di sondaggio di evidenza di clasti natura metamorfici, all'elevato grado di cementazione che tende ad obliterare l'eventuale natura clastica del deposito ed al ridotto stato di fratturazione osservabile sulle carote.

In base all'insieme dei dati stratigrafici disponibili non è possibile stimare direttamente la potenza massima dell'Unità; tuttavia, le indagini geognostiche hanno reso possibile attribuire al Conglomerato di Pezzo spessori variabili da un minimo di qualche metro ad un massimo di diverse

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

decine di metri. L'aumento di spessore si osserva da est verso ovest ed è presumibilmente connesso a geometrie deposizionali del corpo detritico, a loro volta connesse all'evoluzione tettonica sin-sedimentaria.



Figura 24 - Affioramento di sabbie gialle alla base dei Trubi, soprastanti le sabbie grigie a laminazione piano-parallela (affioranti limitatamente alla porzione in basso a destra della foto) al tetto del Conglomerato di Pezzo. È ben visibile il passaggio verso l'alto dalla facies marnoso-limoso a quella calcarenitica dei Trubi. Affioramento ubicato qualche centinaio di metri a nord della stazione di servizio autostradale.

In corrispondenza degli affioramenti disponibili nell'area non è mai stato osservato uno stato di fratturazione pervasiva caratterizzata da giunti persistenti (extraclastici) nell'ammasso roccioso, evidenza che rende più approssimativa rispetto al substrato la definizione di ampiezza delle fasce cataclastiche in corrispondenza degli elementi tettonici principali.

Per quanto attiene invece al grado di cementazione, l'insieme delle evidenze di affioramento e, soprattutto, di sondaggio induce a tenere conto di una ampia variabilità di questa caratteristica relativamente alla quale, tuttavia, non è stato possibile restituire una affidabile zonazione alla scala

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

di lavoro.

E' da rilevare che, ad oggi, né in sondaggio né in affioramento è stato osservato il contatto disconforme tra il Conglomerato di Pezzo ed il substrato paleozoico.

Il contenuto fossilifero dell'Unità è pressoché assente (Atzori & Vezzani, 1974). Pertanto l'età di tali depositi (ovvero Tortoniano sup.) è desunta in via indiretta, dalla loro posizione stratigrafica.

TRUBI

Sono caratterizzati da marne, marne argillose e marne siltose di colore bianco-giallastro, a frattura concoide, localmente con abbondanti livelli sabbiosi fini di colore grigio chiaro. La stratificazione, non ovunque netta, è medio-sottile (10-50 centimetri) (Figura 22). Questa unità costituisce un livello guida determinante ai fini della ricostruzione dell'assetto geologico-strutturale dell'area

In tutta l'area di intervento essi poggiano discordanti sul Conglomerato di Pezzo, con un hiatus deposizionale relativo all'intero intervallo temporale del Messiniano. A monte dell'abitato di Pezzo, in un affioramento a NW dell'area di servizio della SA-RC, i Trubi poggiano sul Conglomerato di Pezzo con interposizione alla base di un orizzonte di circa 1,5 metri di sabbie giallastre e presentano al tetto, ed in contatto trasgressivo, un orizzonte calcarenitico (Figura 22 e Figura 23).



Figura 22 - Affioramenti della formazione dei Trubi. Si notano i sistemi di faglia mesoscopici e la stratificazione da sub-orizzontale a debolmente immergente verso S.

Lo spessore massimo in affioramento è stato valutato nell'ordine di 20m; in alcuni sondaggi sono stati raggiunti spessori fino a 30-40m. Tale variabilità di spessori è da connettersi in prima istanza

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

all'articolazione in alti e bassi della superficie morfologica sulla quale essi si sarebbero depositi al di sopra del Conglomerato di Pezzo, livellando la paleomorfologia in esso scolpita. Di particolare rilievo, è l'ispessimento della formazione nel settore posto a sud della zona dell'ancoraggio, nel quale è stata riconosciuta una paleo-depressione orientata NE-SW nella quale i Trubi raggiungono spessore massimo. In alcuni settori dell'area, tale unità risulta mancante per erosione.



Figura 23 - Affioramento del contatto trasgressivo tra la facies marnosa e quella calcarenitica dei Trubi a valle della stazione di servizio autostradale.

La deposizione dei Trubi è legata alla trasgressione del Pliocene inferiore (biozona a *Sphaerodinellopsis*), con cui si ristabiliscono condizioni deposizionali di tipo marino normale, dopo l'esaurimento della crisi di salinità del Messiniano superiore. Localmente, la rilevata mancanza di depositi sedimentari attribuiti al Messiniano, potrebbe essere imputabile sia ad una fase erosionale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

pre-pleistocenica, sia ad una mancata deposizione in quanto questo settore, già nel Messiniano, avrebbe potuto costituire un alto strutturale.

Datazioni condotte per mezzo della analisi di biozona a micro foraminiferi planctonici hanno consentito di individuare, limitatamente al settore di interesse per l'intervento (ovvero dalla località Campo Piale a Cannitello), un intervallo cronologico di competenza dei Trubi compreso tra lo Zancleano (c.a. 5.3 Ma – biozona a Globogenerina punctulata) ed il Piacenziano (c.a. 2.6 Ma – biozona a Globigerina aemiliana), dunque intrapliocenico. In particolare, i termini più recenti dei Trubi si sovrappongono cronologicamente alla base della Formazione di Le Masse, lungo la scarpata morfologica correlabile all'elemento tettonico Campo Piale-Mortille, mentre i più antichi si rinvennero in affioramento e sondaggio dagli affioramenti all'altezza della stazione di servizio autostradale al settore di competenza della progettanda Opera Terminale (OPTC).

In affioramento i Trubi presentano sistemi di faglie mesoscopiche con rigetti centimetrici a cui non sono associate fasce cataclastiche; nel complesso il grado di fratturazione è basso.

FORMAZIONE DI LE MASSE

Si tratta di un'alternanza di spesse bancate di marne argillose, arenarie debolmente cementate, passanti verso l'alto a calcareniti e sabbie con sottili intercalazioni argillose, affioranti estesamente nel settore sud-orientale dell'area di intervento (Figura 24 e Figura 25). I livelli calcarenitici presentano laminazioni piano parallele. L'attribuzione formazionale è tratta dalla letteratura (Di Stefano & Lentini, 1996; Lentini et alii, 2000; Carbone et alii, 2008) che ne riporta anche un contenuto fossilifero ricco in nannoflore del Pliocene medio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 24 - Affioramento della Formazione di Le Masse in cui è ben visibile la stratificazione dei depositi ghiaioso-sabbiosi e la loro intercalazione in spessori metrici.



Figura 25 - Formazione di Le Masse affiorante nel settore sud-orientale dell'area di intervento. A destra si nota il passaggio graduale verso l'alto ad alternanze tra sabbie e livelli calcarenitici.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

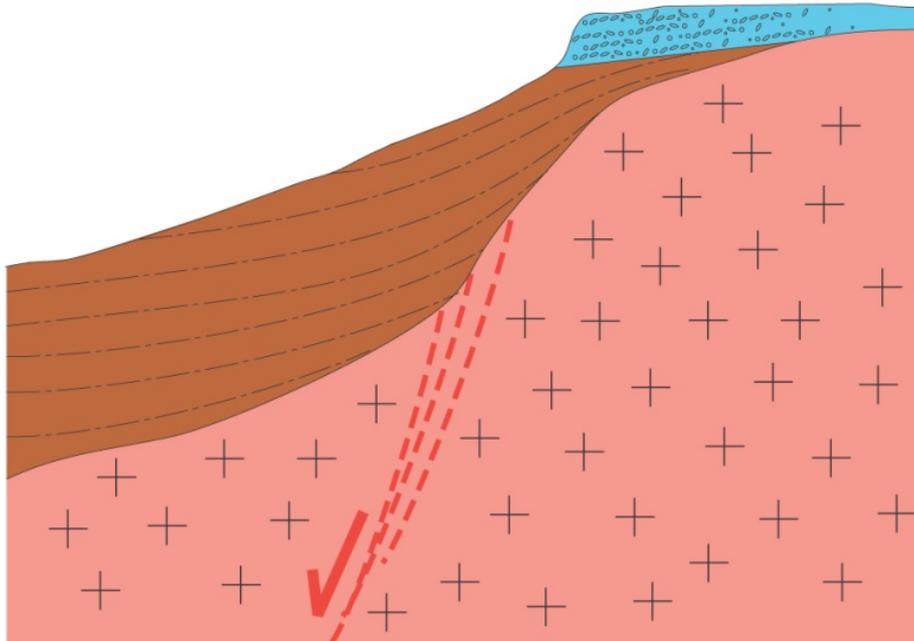


Figura 26 - Schema dei rapporti tra i depositi riferiti alla Formazione di le Masse ed il substrato cristallino granitoide lungo il sistema tettonico Piale-Mortille (sinistra).

Tale unità è stata riconosciuta in affioramento in prossimità del sistema tettonico Piale- Mortille, ove essa poggia in discordanza angolare sul substrato cristallino granitoide intensamente fagliato e ribassato verso SW (Figura 26). La chiusura verso nord, al disopra del suddetto sistema di faglia, è riconducibile a una geometria di tipo on-lap con gradi di inclinazione che non superano 10° verso SW. La formazione di Le Masse non risulta comunque interessata da evidenti sistemi di fagliazione.

Lo spessore massimo in affioramento è superiore a 200m.

L'estensione complessiva di formazione è stata desunta tramite l'ausilio di sondaggi geognostici che hanno intercettato tali depositi anche nel settore orientale, al disotto dei depositi dei terrazzi marini, o delle Sabbie e Ghiaie di Messina.

Verso l'alto il passaggio con le sovrastanti Sabbie e Ghiaie di Messina è erosivo. Presentano laminazioni piano parallele ben distinguibili mantenendo spesso una giacitura sub-orizzontale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CALCARENITI DI S. CORRADO

Si tratta di calcareniti e calciruditi clastiche e bioclastiche, da moderatamente cementate a cementate, con stratificazione incrociata (Figura 27, Figura 5destra). Sono presenti orizzonti di sabbie giallastre, grossolane, addensate e laminate, a luoghi di qualche metro di spessore (Figura 6). Alla base è stato a luoghi rinvenuto una banco di breccie cementate costituite da clasti spigolosi di roccia metamorfica e granitici di dimensione da centimetrica a decimetrica, in matrice micritica (Figura 5 sinistra).



Figura 27 – Affioramento di Calcareniti di S.Corrado presso Cannitello (livelli lapidei di natura bioclastica).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 5 - Dettagli di affioramenti della Formazione di S. Corrado in cui è ben visibile l'abbondante contenuto bioclastico (foto di destra) e la presenza, a luoghi, di blocchi cristallino-metamorfici cementati da matrice micritica (foto di sinistra).



Figura 6 - Affioramento di Calcareniti di S.Corrado lungo la statale SS18 presso Cannitello (orizzonti sabbiosi grallastri).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La frazione clastica dei livelli calcarenitici è costituita da elementi eterogenei, eterometrici (diametri da millimetrici a pluricentrici), sub angolari e subordinatamente subarrotondati. La frazione bioclastica è rappresentata da coralli, bivalvi, principalmente ostreidi, gasteropodi, brachiopodi, scafopodi, echinidi, balani e coralli.

Il colore prevalente è avana, a luoghi avana-biancastro e la stratificazione, ben visibile, è generalmente piano-parallela e localmente incrociata.

Il deposito è trasgressivo sia sui sottostanti Trubi sia sul Conglomerato di Pezzo. La discordanza angolare rispetto alla formazione di appoggio è tra 5 e 10°. Non è mai stato osservato un appoggio diretto delle Calcareniti di San Corrado sul substrato cristallino.

L'unità è attribuita cronologicamente al Pleistocene inferiore (Ghisetti, 1981a, b; Carbone et alii, 2008); nella letteratura è stata localmente indicata anche come Calcareniti di Vinco. Analogamente ai Trubi, le Calcareniti di San Corrado costituiscono un livello guida nella successione stratigrafica. L'analisi micropaleontologica dei depositi calcarenitici qui ascritti alla formazione di San Corrado rileva la sterilità di microrganismi.

I depositi ad essa ascritti si rinvencono in affioramento in lembi discontinui in prossimità della Strada Statale 18 e lungo il versante settentrionale che, dall'autostrada SA-RC, degrada verso il mare. L'unità è stata riconosciuta grazie alle peculiari caratteristiche litologiche in numerosi sondaggi.

Lo spessore varia da qualche metro a 10 metri circa (località Pezzo).

SABBIE E GHIAIE DI MESSINA

Sono costituiti da ghiaie da medie a grossolane in matrice sabbiosa. Si presentano generalmente ben stratificate anche se, più raramente, agli strati si intercalano livelli lenticolari conglomeratici o sabbiosi. I clasti, da sub-arrotondati ad appiattiti, sono di natura poligenica e risultano prevalentemente costituiti da termini cristallino-metamorfici (Figura 30, Figura 7, Figura 38). La giacitura presenta tipicamente una inclinazione di 25°-30° verso l'asse dello Stretto di Messina ed è spesso ben evidente una stratificazione incrociata con embricatura dei clasti (Figura 30). L'insieme delle caratteristiche sedimentologiche ed i rapporti con gli altri depositi affioranti, indicano per tali depositi un ambiente deposizionale riferibile ad un sistema deltizio fortemente alimentato dalle fiumare.

Le Ghiaie e Sabbie di Messina affiorano estesamente nell'intero settore occidentale e sud-occidentale dell'area di intervento, gli spessori deducibili da affioramento e sondaggio aumentano

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

spostandosi verso ovest, e variano da pochi metri, in prossimità dei punti in cui si osservano a diretto contatto con il substrato cristallino-metamorfico (località Campo Piale), fino a 100m tra gli abitati di Cannitello e Villa S.Giovanni. Nell'area di intervento, le Sabbie e Ghiaie di Messina si osservano in discordanza su tutti i termini litologici presneti nell'aerea di studio e di età precedente, ovvero dal substrato cristallino alla Formazione di S. Corrado. Nell'intera area di intervento le Sabbie e Ghiaie di Messina non si presentano interessate da elementi tettonici anche se, sul lato siciliano, diversi Autori (Carbone et alii, 2008) rilevano la presenza di fagliazione al loro interno (Figura 30).



Figura 30 - Affioramento di Sabbie e Ghiaie di Messina in cui è ben visibile la pendenza a basso angolo degli strati verso l'asse dello Stretto di Messina.

Il sistema deltizio delle ghiaie di Messina, legato alla sua progradazione verso l'asse dello Stretto di Messina, è deducibile a più grande scala considerando l'estensione e la disposizione areale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

dell'intero corpo deposizionale stratificato. Relativamente all'area di Villa S.Giovanni-Cannitello, i depositi affioranti possono essere attribuiti alle facies clinostatificate del foreset (ovvero della porzione più esterna del corpo deltizio). Le Ghiaie e Sabbie di Messina vengono attribuite da diversi Autori (in particolare Barrier et alii, 1987) al Pleistocene medio, esse non presentano faune significative, ma sono trasgressive al disopra della Formazione di Le Masse e ricoperte a loro volta da depositi dei terrazzi marini olocenici.



Figura 71 - Dettaglio di un livello ghiaioso intercalato con sabbie nelle Sabbie e Ghiaie di Messina.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 38 - Affioramento in parete sub-verticale delle Sabbie e Ghiaie di Messina. Nella foto a sinistra è osservabile la stratificazione incrociata.

Dal punto di vista litotecnico, i depositi delle Ghiaie e Sabbie di Messina sono da considerarsi terre da moderatamente a fortemente addensate, con cementazione da scarsa ad assente. All'accentuata eterometria dei clasti ed alla stratificazione del deposito si deve la capacità di sostenere pareti sub-verticali fino a 10-20 m di altezza (Figura 38).

DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

Sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie, che ricoprono la maggior parte della superficie esposta nell'area di intervento (Figura 33). A luoghi il contatto trasgressivo con il substrato cristallino-metamorfico è marcato dalla presenza di un orizzonte clastico a grossi blocchi arrotondati, in una scarsa matrice sabbiosa arrossata (Figura 34). Non si osserva, in generale, una chiara stratificazione; tuttavia, quando presente, essa risulta sub-orizzontale o al più si osserva una debole immersione dei depositi verso mare.

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE SISMICA GENERALE</p>	<p><i>Codice documento</i> CB0058_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	



Figura 33 - Spessi depositi marini terrazzati presso Campo Piale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 34 - Affioramento del contatto trasgressivo tra terrazzo marino e substrato cristallino-metamorfico, marcato dalla facies conglomeratica a grossi blocchi arrotondati.

I depositi marini si presentano terrazzati a diverse quote sul livello del mare, in trasgressione sul substrato cristallino, sul conglomerato di Pezzo, sui Trubi, sulla formazione di Le Masse, sulle Calcareniti di San Corrado e sulle Sabbie Ghiaie di Messina. Sulla base dell'ampia letteratura esistente in materia (Ghisetti & Vezzani, 1980; Bonfiglio & Violanti, 1983; Bassinot et alii, 1984; Martison et alii, 1987; Bonfiglio, 1991; Bada et alii, 1991; Catalano & Cinque, 1995; Catalano & Di Stefano, 1997; Catalano et alii, 2003; Carbone et alii, 2008; Miyauchi et alii, 1994; Dumas et alii, 2005) l'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore. Dettagli più specifici relativi agli ordini gerarchici di suddetti terrazzi e alla loro attribuzione cronologica sono contenuti nella relazione geomorfologica.

Dal punto di vista litotecnico, i depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente. L'eterometria degli orizzonti ghiaioso-sabbiosi e la loro alternanza garantiscono comunque la capacità da parte dei depositi di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

mantenere pareti sub-verticali anche in corrispondenza di tagli antropici (Figura 35).



Figura 35 – Pareti di trincea artificiale realizzate nei depositi dei terrazzi marini presso Campo Piale.

DEPOSITI ALLUVIONALI

Si tratta prevalentemente di depositi sabbioso-ghiaiosi olocenici di fondo alveo (Figura 36), contenenti a luoghi grossi blocchi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 36 – Depositi alluvionali terrazzati che colmano una vallecicola sospesa presso Campo Piale.

Tali depositi risultano spesso terrazzati a diverse altezze rispetto all'attuale alveo fluviale. Essi poggiano al disopra di diversi termini della successione presente nell'area e spesso l'incisione lineare operata dai corsi d'acqua determina la diretta sovrapposizione di tali depositi sul substrato cristallino-metamorfico. Gli spessori massimi dedotti da affioramento e sondaggi non è superiore alla decina di metri.

ELUVIO-COLLUVIO

Comprende depositi olocenici derivanti dalla degradazione meteorica dei litotipi affioranti; coltri superficiali di alterazione; materiali eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbioso-limoso e solo subordinatamente argillosa (Figura 37). Lo spessore è fortemente variabile in funzione della locale topografia ed, in generale, esso è compreso entro il metro, mentre raggiunge alcuni metri soprattutto in corrispondenza di impluvi e vallecicole .

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 37 - Depositi eluvio-colluviali soprastanti depositi di versante clinostatificati, eterometrici ed a clasti visibilmente spigolosi, osservabili presso il Vallone Piria.

DEPOSITI DI PIANA COSTIERA E RECENTE

Depositi distribuiti entro 200 m dall'attuale linea di costa di età olocenica (Figura 9), il cui spessore massimo misurato in sondaggio è di circa 60 m. Sono costituiti da sabbie con ciottoli di composizione prevalentemente quarzoso-feldspatica a cui si intercalano livelli o lenti di argille limose e di torbe.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 9 – Vista panoramica dalla SS18 della piana costiera colmata da depositi olocenici presso Cannitello (in corrispondenza del sito designato per le fondazioni dell’opera di attraversamento).

Nella piana costiera prospiciente l’abitato di Cannitello sono stati individuati in sondaggio fino a tre distinti livelli di torba, compresi entro i primi 50 m dal p.c.. Lo spazio di accomodamento di tali depositi è risultato dalla strutturazione tettonica della fascia costiera frutto della tettonica estensionale che ha interessato il substrato cristallino-metamorfico e la soprastante la successione sedimentaria plio-pleistocenica. In corrispondenza del tratto di piana costiera di interesse per l’intervento non sono mai state rinvenute in sondaggio Ghiaie e Sabbie di Messina al di sotto dei depositi costieri olocenici che, invece, risultano poggiare direttamente sul Conglomerato di Pezzo o sulle calcareniti della Formazione di S.Corrado.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

DEPOSITI DI VERSANTE

Sono depositi detritici olocenici alimentati da processi di degradazione e trasporto dovuto sia alle acque di dilavamento che alla gravità ed accumulati, in genere, alla base dei versanti, dove costituiscono perlopiù falde a luoghi coalescenti (Figura 37). In località Case Alte, nel settore nord-orientale dell'area di intervento, è stato distinto un deposito di sabbie di colore rossastro da medie a grossolane, solo subordinatamente fini, con rare intercalazioni di livelli di ghiaiosi o limosi. La clinostratificazione è resa evidente dalla presenza di livelli da medi e sottili, inclinati di 20°-25°, e dalla presenza, a luoghi, di una laminazione incrociata. I clasti sono ben classati ed a composizione perlopiù quarzoso-feldspatica. Lo spessore massimo deducibile dagli affioramenti di tali depositi è valutabile nell'ordine dei 10 metri.

Tali depositi affiorano estesamente lungo l'intero versante a monte dell'attuale tracciato autostradale, interrompendosi solo in corrispondenza dei valloni e dei versanti a maggiore acclività.

7.4 Inquadramento idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico i terreni affioranti nel settore in esame presentano sostanziali differenze di comportamento nei confronti dell'infiltrazione delle acque meteoriche e della circolazione idrica al loro interno.

Nelle zone a più alta quota, dove affiorano in prevalenza le metamorfiti, la permeabilità è bassa, dipendendo principalmente dallo stato di fessurazione dell'ammasso roccioso e quindi dalla frequenza, distribuzione e tipologia delle discontinuità di origine tettonica. Lungo le fasce collinari, caratterizzate da notevole eterogeneità litologica, le condizioni risultano molto variabili da luogo a luogo per la presenza di termini a permeabilità differente per tipo e grado. Nelle piane costiere e lungo i fondovalle, dove più estesi e consistenti sono i depositi alluvionali, si riscontrano condizioni di permeabilità per porosità da alta a media, che favoriscono l'esistenza di corpi idrici relativamente estesi e localmente di apprezzabile produttività.

In base alle condizioni di permeabilità i terreni presenti possono essere così classificati:

- Terreni con grado di permeabilità medio-alto per porosità: depositi alluvionali attuali e recenti, depositi delle piane costiere.
- Terreni con grado di permeabilità medio per porosità: depositi alluvionale e marini terrazzati, ghiaie e sabbie di Messina, calcareniti e sabbie di San Corrado.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Terreni con grado di permeabilità medio-basso per porosità: calcare evaporitico sbrecciato alternato a laminati marnose e gessareniti, conglomerati e sabbie grossolane di San Pier Niceto.
- Terreni con grado di permeabilità molto basso: marne e calcari marnosi (Trubi), argille gessose, limi e argille limose con intercalazioni arenacee di San Pier Niceto, metamorfiti.

Le unità litologiche costituenti la successione stratigrafica prima indicata sono state assimilate a diversi complessi idrogeologici in base alle condizioni spaziali e giaciture ed alle relative caratteristiche di permeabilità. Sono stati così distinti i seguenti complessi:

- **COMPLESSO DEI DEPOSITI DETRITICI (OLOCENE)**
Depositi alluvionali attuali e recenti dei corsi d'acqua e delle piane costiere.
- **COMPLESSO DEI SEDIMENTI GHIAIOSO – SABBIOSO – SILTOSI (PLEISTOCENE)**
Depositi marini terrazzati, sabbie e ghiaie con abbondante matrice siltosa e livelli di ciottoli (Formazione di Messina), calcareniti organogene con livelli sabbioso-limosi (Calcareniti di s. Corrado).
- **COMPLESSO DEI SEDIMENTI MARNOSO-CALCAREI (PLIOCENE - PLEISTOCENE)**
Marne sabbiose ed alternanza sabbioso – calcarenitica (Formazione di Le Masse); marne e calcari marnosi (Trubi).
- **COMPLESSO CONGLOMERATICO – SABBIOSO (MIOCENE MEDIO-SUPERIORE)**
Conglomerato, arenarie e sabbie (Conglomerato di Pezzo).
- **COMPLESSO CRISTALLINO METAMORFICO**
Paragneiss biotitici e micascisti, plutoniti.

In base ai dati acquisiti con le indagini idrogeologiche ed il censimento dei punti d'acqua, nell'area studiata si riconoscono acquiferi con diverse caratteristiche e differente comportamento nei confronti della circolazione idrica sotterranea, contenenti corpi idrici dotati di diversa potenzialità, in parte oggetto di sfruttamento per i fabbisogni locali.

Le risorse idriche di maggiore interesse sono contenute nei depositi alluvionali di fondovalle delle fiumare, sotto forma di corpi idrici relativamente indipendenti, che in parte confluiscono in corrispondenza della fascia costiera.

Le aree di alimentazione sono rappresentate dai bacini imbriferi, i cui spartiacque idrografici sono stati considerati come limiti di idrostrutture in base alle caratteristiche morfologiche,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

litostratigrafiche e strutturali oltre che di permeabilità dei terreni. La ricarica è costituita principalmente dalle precipitazioni efficaci dirette e dall'infiltrazione di un'aliquota dei deflussi superficiali lungo gli alvei. Un limitato contributo deriva inoltre dalle acque di ruscellamento lungo i versanti delle valli e dalle acque di infiltrazione nei terreni meno permeabili e nelle relative coperture detritiche e di alterazione che, in base alle predette condizioni morfologiche, stratigrafiche e strutturali, raggiungono gli acquiferi di fondovalle. Nella zone più estesamente antropizzate un ulteriore contributo può essere rappresentato dalle perdite delle reti di acquedotto e fognarie dei centri abitati.

7.4.1 Acquifero dei terreni cristallini e metamorfici

Le metamorfiti e le plutoniti costituiscono un acquifero anisotropo, caratterizzato da circolazione idrica discontinua e localizzata, che esclude l'esistenza di corpi idrici estesi e produttivi.

La permeabilità è principalmente localizzata nella parte superficiale alterata degli affioramenti e diminuisce rapidamente con la profondità. Fanno eccezione situazioni locali in cui la roccia è interessata da particolare disturbo tettonico con estese fratture, spesso beanti e prive di riempimento, che permettono una maggiore capacità di immagazzinamento delle acque di infiltrazione ed una circolazione più attiva, lasciando tuttavia immutato il ruolo di acquiferi scarsamente produttivi, dato il limitato volume dei serbatoi ricettori.

7.4.2 Acquifero conglomeratico-sabbioso miocenico

Fra i depositi terrigeni che si sovrappongono alle metamorfiti, il conglomerato sabbioso di Pezzo, affiorante nella zona nord-occidentale dell'area, si riscontra spesso al di sotto delle coperture recenti in larga parte dell'area, con spessori anche rilevanti. In questo deposito, in parte sciolto ed in parte cementato, costituito da clasti eterometrici anche di grosse dimensioni e spesso alterati, la circolazione idrica è discontinua essendo la permeabilità da media a bassa per la frequente presenza di materiale pelitico frammisto al materiale grossolano. Detta circolazione idrica si attua preferenzialmente nelle zone interessate da dislocazioni tettoniche, con direzione di flusso parallela a queste ultime.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.4.3 Acquifero calcarenitico-sabbioso pleistocenico

L'acquifero costituito dalle calcareniti organogene e sabbie pleistoceniche affiora limitatamente nella zona sud-occidentale dell'area, in relazione ad un sistema di dislocazioni tettoniche orientate all'incirca Est-Ovest, che pongono a brusco contatto i sedimenti con le metamorfite ed i conglomerati, ma anche con le sabbie e ghiaie di Messina. L'acquifero poggia verosimilmente sulle marne infraplioceniche (Trubi) poco permeabili ed è in connessione idraulica con l'acquifero sabbioso-ghiaioso pleistocenico. Il grado di permeabilità media per porosità e per fessurazione favorisce una circolazione idrica sotterranea discretamente attiva, che si traduce nell'esistenza di un corpo idrico di potenzialità non trascurabile, seppure limitata dalla continuità dell'acquifero. Condizioni più favorevoli si riscontrano generalmente nelle zone dove l'acquifero riceve alimentazione per travaso dalle metamorfite e per percolazione dai depositi clastici soprastanti.

7.4.4 Acquifero ghiaioso-sabbioso pleistocenico

L'acquifero delle sabbie e ghiaie di Messina affiora per una discreta estensione tra Pezzo superiore e Acciareello, a ridosso della fascia costiera, e più all'interno tra Musalà e Campo Piale. In gran parte dell'area è presente al di sotto dei depositi alluvionali recenti e dei terrazzi, con spessori molto diversi in relazione alla quota dei sottostanti terreni dislocati da faglie con diverso rigetto. La variabilità granulometrica comporta continue differenze di permeabilità sia verticale che orizzontale che influiscono sulla circolazione idrica sotterranea, la quale risulta più attiva dove predominano la granulometria grossolana rispetto alle pareti nelle quali predomina la componente sabbioso-siltosa. Nell'acquifero possono riscontrarsi a varia profondità livelli idrici discontinui, di estensione e spessore diverso, assimilabili a falde sospese, la cui temporanea esistenza e produttività dipendono strettamente dall'andamento delle precipitazioni meteoriche. Alla base è presente un corpo idrico relativamente continuo con produttività generalmente modesta ma di interesse locale, sostenuto dall'interfaccia acqua dolce/acqua salata e connesso idraulicamente con i soprastanti depositi alluvionali e costieri.

7.4.5 Acquiferi alluvionali

Gli acquiferi alluvionali presenti sul fondo valle dei corsi d'acqua ed in corrispondenza delle zone costiere rappresentano i principali serbatoi naturali del territorio, in cui sono contenute le risorse idriche di maggiore interesse. Essi sono caratterizzati da permeabilità medio-alta per porosità,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

seppure molto variabile in relazione alla granulometria. Sono sede di un'attiva circolazione idrica che comporta il rapido trasferimento delle acque verso la costa. L'alimentazione è rappresentata principalmente dalle piogge dei mesi autunnali e invernali, dal ruscellamento lungo i versanti dei bacini imbriferi e dal deflusso superficiale lungo gli alvei dei corsi d'acqua. Ciò determina l'esistenza all'interno dei depositi di corpi idrici con persistente deflusso in subalveo, seppure variabile nell'arco delle stagioni, con conseguenti fluttuazioni del livello piezometrico. L'importanza delle risorse idriche contenute in questi acquiferi dipende, oltre che dal regime delle precipitazioni meteoriche, dall'estensione dei bacini idrografici dei corsi d'acqua e dal volume dei depositi alluvionali.

7.4.6 Parametri idrogeologici

Valori di conducibilità idraulica e di trasmissività degli acquiferi sono stati ottenuti mediante prove di emungimento e slug test in pozzi e piezometri accessibili, mentre altri dati sono stati desunti da studi precedenti e confrontati con quelli direttamente acquisiti. Sono stati inoltre considerati i risultati di prove Lefranc effettuate in perforazioni della campagna attualmente in corso. Si è potuto così ottenere un quadro abbastanza completo delle caratteristiche idrauliche dei principali acquiferi presenti nell'area considerata.

I valori di trasmissività degli acquiferi alluvionali, ottenuti come sopra specificato, risultano variare tra $6,7 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ e $3,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, dai quali si desumono valori della conducibilità idraulica variabili tra $2,2 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ e $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ in relazione alla composizione e allo spessore dei depositi.

Nel caso dell'acquifero delle ghiaie e sabbie di Messina i pochi dati disponibili indicano mediamente un valore di trasmissività di $5,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ al quale può essere correlato un valore della conducibilità idraulica di $2,8 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Per tutti gli altri acquiferi, dove non si ha alcun dato derivante da prove di emungimento, si possono soltanto avere indicazioni sulla trasmissività e sulla conducibilità idraulica dalla portata specifica di alcuni pozzi.

Dai dati ottenuti emerge una certa variabilità tra la zona collinare e quella costiera, come anche tra le idrostrutture del versante ionico e di quello tirrenico, imputabile alle modalità di deposizione dei materiali ed in parte alla litologia prevalente nelle aree di provenienza di questi ultimi.

In linea generale, valori più elevati si hanno mediamente in corrispondenza delle piane costiere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

dove i depositi si sono formati con il contributo dei corsi d'acqua i cui bacini idrografici hanno estensione diversa.

In generale si propongono i seguenti valori medi di permeabilità associati agli acquiferi presenti lungo il tracciato autostradale:

- Depositi alluvionali attuali e recenti dei corsi d'acqua e delle piane costiere: $K = 10^{-2} - 10^{-3}$ m/sec
- Depositi marini terrazzati, $K = 10^{-3} - 10^{-4}$ m/sec
- Ghiaie e sabbie di Messina: $K = 10^{-3} - 10^{-4}$ m/sec
- Calcareniti di San Corrado: $K = 10^{-3} - 10^{-5}$ m/sec
- Trubi – Marne e calcari marnosi: $K = 10^{-7} - 10^{-8}$ m/sec
- Formazione di Le Masse – Marne sabbiose passanti ad alternanze di sabbie e calcareniti: $K = 10^{-4} - 10^{-5}$ m/sec
- Trubi – Marne e calcari marnosi con lenti sabbiose e conglomeratiche: $K = 10^{-7} - 10^{-8}$ m/sec
- Conglomerati di Pezzo – Conglomerato a matrice arenacea e clasti eterometrici di natura cristallina e metamorfica, da poco a ben cementato: $K = 10^{-4} - 10^{-6}$ m/sec
- Terreni cristallino metamorfici - Paragneiss biotitici a tessitura massiva e micascisti grigio scuri, gneiss occhialini e metagraniti: bassa permeabilità per fratturazione collegata alle discontinuità tettoniche.

7.5 Sintesi dei parametri geotecnici

Le caratteristiche geotecniche delle singole litologie incontrate lungo il tracciato sono caratterizzate nella Relazione Geotecnica generale allegata al progetto. Di seguito si riportano le tabelle di sintesi derivanti da tale caratterizzazione geotecnica per le principali litologie incontrate.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La tabella seguente riassume i parametri medi caratteristici per il conglomerato di Pezzo.

γ (kN/m ³)	20-22
c'_{picco} (kPa)	0-100 z (0-25m) per profondità maggiori vedi tabella
ϕ'_{picco} (°)	38-42 z (0-25m) per profondità maggiori vedi tabella
C_{residuo} (kPa)	vedi tabella
ϕ_{residuo} (°)	vedi tabella
k_o (-)	0.7-0.9
V_s (m/sec)	$V_s = 280 \cdot (z)^{0.2}$
G'_o	$G_o = 3000 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.50}$
$E' *$	E'=150-300 (z 0 -20m) E'=300-500 (20 - 35m) E'=500-900 (35 - 65m) E'=900 -1500* (>65m)
ν' (-)	0.2-0.3
K (m/s)	10^{-7}

I risultati ottenuti in termini di coesione e di angolo di attrito tangenti, per diversi valori di σ'_n e profondità maggiori di 20-25m, sono riportati nella seguente tabella.

σ_n (Mpa)	Picco		Residuo	
	c' (MPa)	ϕ' (°)	c' (MPa)	ϕ' (°)
0,42	0,16	41	0,10	24
0,63	0,22	37	0,14	21
0,84	0,27	34	0,17	19
1,05	0,32	32	0,20	17
1,26	0,37	30	0,23	16
1,47	0,41	29	0,26	15

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La tabella seguente riassume i parametri medi caratteristici per le Plutoniti.

γ (kN/m ³)	21-23
c'_{picco} (kPa)	vedi tabella
ϕ'_{picco} (°)	vedi tabella
C_{residuo} (kPa)	vedi tabella
ϕ_{residuo} (°)	vedi tabella
k_o (-)	-
V_s (m/sec)	$V_s=400+13z$ (m/s)
G'_o	-
$E' *$	$E'=250 \div 500$ Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10m di profondità $E'=500 \div 700$ Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10-35m di profondità $E'=1000 \div 1500$ Mpa per profondità maggiori
ν' (-)	0.2
K (m/s)	$10^{-7} \div 10^{-8}$

I risultati che si otterrebbero, per GSI = 40 sono riportati nella tabella, sia per le condizioni di resistenza di picco (“undisturbed rock mass”) che per le condizioni di resistenza residua (“disturbed rock mass”) per tensioni normali corrispondenti a profondità massime di circa 20m.

copertura (m)	σ_n (Mpa)	Picco		Residuo	
		c' (MPa)	ϕ' (°)	c' (MPa)	ϕ' (°)
10.00	0.22	0.14	59	0.10	46
20.00	0.44	0.23	53	0.16	40
30.00	0.66	0.32	50	0.22	36
40.00	0.88	0.39	47	0.27	33
50.00	1.10	0.47	45	0.33	31
60.00	1.32	0.54	44	0.37	29
70.00	1.54	0.60	42	0.42	28
80.00	1.76	0.67	41	0.46	26
90.00	1.98	0.73	40	0.51	25
100.00	2.20	0.79	39	0.55	24

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per le zone tettonizzate o alterate si assume GSI=20 (classe IV-V RMR) e quindi si ottiene:

copertura (m)	σ_n (Mpa)	Picco		Residuo	
		c' (MPa)	φ' (°)	c' (MPa)	φ' (°)
10.00	0.22	0.11	53	0.07	36
20.00	0.44	0.19	47	0.12	29
30.00	0.66	0.27	44	0.17	26
40.00	0.88	0.33	41	0.21	23
50.00	1.10	0.39	39	0.25	21
60.00	1.32	0.45	37	0.28	20
70.00	1.54	0.51	36	0.32	19
80.00	1.76	0.56	34	0.35	18
90.00	1.98	0.62	33	0.38	17
100.00	2.20	0.67	32	0.41	16

La tabella seguente riassume i parametri medi caratteristici per le Ghiaie e Sabbie di Messina.

γ (kN/m ³)	18÷20
N_{SPT} (colpi/30 cm)	70±25
c'_{picco} (kPa)	0÷10
φ'_{picco} (°)	38÷40 (p'ff=0-272KPa) / 35÷38 (p'ff=272-350KPa)
C_{cv} (kPa)	0
φ_{cv} (°)	33÷35
k_o (-)	0.45-0.55
V_s (m/sec)	$V_s=200+7 \cdot z$ (m/s)
G'_o	$G'_o = 1730 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.6}$
$E' *$	$E' = (17 \div 40) \cdot (z)^{0.6}$
ν' (-)	0.2
$G_0, G/G_0$	curve teoriche
$D_0, D/D_0$	curve teoriche
K (m/s)	$10^{-4} \div 10^{-5}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> <i>Data</i> F0 20/06/2011

La tabella seguente riassume i parametri medi caratteristici per i Depositi terrazzati marini.

γ (kN/m ³)	18÷20
c'_{picco} (kPa)	0
ϕ'_{picco} (°)	38° ÷ 40° (p'ff=0-272KPa) / 36° ÷ 38° (p'ff=272-350KPa)
$C_{residuo}'$ (kPa)	0
$\phi_{residuo}'$ (°)	33° ÷ 35°
k_o (-)	0.4-0.5
V_s (m/sec)	200+14 z
G'_o	$G_o = 1550 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.7}$
$E' *$	$E = (19 \div 30) \cdot (z)^{0.7}$
ν' (-)	0.2
K (m/s)	$10^{-5} - 10^{-6}$

La tabella seguente riassume i parametri medi caratteristici per i Depositi costieri di spiaggia.

	COSTA	INTERNO
γ (kN/m ³)	20÷21	20÷21
N_{SPT} (colpi/30 cm)	44±30	44±30
c'_{picco} (kPa)	0	0
ϕ'_{picco} (°)	0-15m 40°-44° >15m 37°-40°	37°-40°
C_{cv}' (kPa)	0	0
ϕ_{cv}' (°)	33÷35	33÷35
k_o (-)	0-15m 0.3-0.35 >15m 0.35-0.4	0.35-0.4
V_s (m/sec)	$V_s=150 + 5 \cdot z$ (m/s)	$V_s=150 + 5 \cdot z$ (m/s)
G'_o	$24 z^{0.55}$	$14 z^{0.7}$
$E' *$	$(8 \div 19) z^{0.55}$	$(5 \div 12) z^{0.7}$
ν' (-)	0.2	0.2
$G_0, G/G_0$	curve teoriche	curve teoriche
$D_0, D/D_0$	curve teoriche	curve teoriche
K (m/s)	$10^{-4} \div 10^{-5}$	$10^{-4} \div 10^{-5}$
K (m/s)	$10^{-5} - 10^{-6}$	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La tabella seguente riassume i parametri medi caratteristici per i Trubi.

γ (kN/m ³)	18÷19
c'_{picco} (kPa)	35-90
ϕ'_{picco} (°)	27°-24°
C_{cv}' (kPa)	0 (- 10)
ϕ_{cv}' (°)	22°-25°
OCR	OCR=8-0.18 z
k_o (-)	$1-\sin\phi' \text{ OCR}^{0.5}$
Cu (KPa)	100-200
V_s (m/sec)	$V_s = 280 \cdot (z)^{0.2}$
G'_o	$G'_o = 3000 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.50}$
$E' *$	130÷270 MPa
ν' (-)	0.2
K(m/s)	10^{-7}

La tabella seguente riassume i parametri medi caratteristici per i Depositi Alluvionali.

γ (kN/m ³)	18÷20
c'_{picco} (kPa)	0
ϕ'_{picco} (°)	37°÷39° (p'ff=0-272KPa) / 35°÷37° (p'ff=272-350KPa)
$C_{residuo}'$ (kPa)	0
$\phi_{residuo}'$ (°)	33°÷35°
k_o (-)	$1-\sin\phi'$
V_s (m/sec)	-
G'_o	-
$E' *$	$E = (4 - 11) \cdot z$
ν' (-)	0.2
K(m/s)	$10^{-5} - 10^{-6}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> <i>Data</i> F0 20/06/2011

La tabella seguente riassume i parametri medi caratteristici per i Depositi di versante.

γ (kN/m ³)	19÷21
N_{SPT} (colpi/30 cm)	25±20
c'_{picco} (kPa)	0
ϕ'_{picco} (°)	36÷38 (p'ff=0-272KPa) / 35÷36 (p'ff=272-350KPa)
C_{cv}' (kPa)	0
ϕ_{cv}' (°)	33÷35
k_o (-)	1-sen ϕ'
V_s (m/sec)	200
G'_o	$G_o = 20 \cdot (z)^{0.85}$
$E' *$	$E = (6 \div 16) \cdot (z)^{0.85}$
ν' (-)	0.2
$G_0, G/G_0$	curve teoriche
$D_0, D/D_0$	curve teoriche
K (m/s)	$10^{-3} \div 10^{-5}$

La tabella seguente riassume i parametri medi caratteristici per le Calcareniti di S. Corrado.

γ (kN/m ³)	22÷23
N_{SPT} (colpi/30 cm)	-
c'_{picco} (kPa)	0*-50
ϕ'_{picco} (°)	36°-38°
C_{cv}' (kPa)	-
ϕ_{cv}' (°)	-
k_o (-)	-
V_s (m/sec)	-
G'_o	225-500
E' (MPa)	120-290
ν' (-)	0.2-0.3
$G_0, G/G_0$	curve teoriche
$D_0, D/D_0$	curve teoriche
K (m/s)	10^{-7}

Simbologia:

γ_t = peso di volume naturale;

N_{SPT} = resistenza penetrometrica dinamica in prova SPT;

ϕ' = angolo di attrito operativo;

c' = intercetta di coesione operativa;

ϕ_r' = angolo di attrito residuo;

c_r' = intercetta di coesione residua;

OCR = grado di sovraconsolidazione;

σ_{vo}' = pressione verticale efficace geostatica;

σ_{vmax}' = pressione verticale efficace massima subita dal deposito;

c_u = resistenza al taglio non drenata riferita a tensioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

a condizioni di carico tipo quelle delle prove triassiali di compressione e carico;

k_o = coefficiente di spinta del terreno a riposo;

k_v = coefficiente di permeabilità verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di flusso diretto principalmente nella direzione verticale;

V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio;

G_o = modulo di taglio iniziale riferito alle pressioni efficaci geostatiche;

E' = modulo di Young "operativo"; * = si considerano valori nel range per gallerie, fronti di scavo sostenuti, opere di sostegno tirantate o puntonate; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' (-) = coefficiente di Poisson

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SISMICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0058_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8 Conclusioni

In questa relazione sono state illustrate e descritte le caratteristiche sismiche, dell'area interessata dall'esecuzione delle opere a progetto, alla luce delle indagini dirette ed indirette eseguite nella campagna geognostica 2010 e degli studi pregressi, informazioni tutte che hanno contribuito a determinare e ricostruire il modello sismico dell'area.

È stata analizzata la normativa vigente in materia sismica, nazionale e regionale.

A ciascun tipo di terreno sono state attribuite le rispettive categorie di suolo per la progettazione delle opere.