



# 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)

 <p><b>IL PROGETTISTA</b>                  Dott. Ing. F. Colla                  Ordine Ingegneri                  Milano                  n°20355                  Dott. Ing. E. Pagani                  Ordine Ingegneri Milano                  n°15408</p> 	<p><b>IL CONTRAENTE GENERALE</b></p> <p>Project Manager                  (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b>                  Direttore Generale e                  RUP Validazione                  (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b>                  Amministratore Delegato                  (Dott. P. Ciucci)</p>
--	--	---	--

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI CALABRIA	<b>CS0427_F0</b>
<i>Tipo di sistema</i>	INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	VIADOTTO GIBIA	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	G	D	C	S	C	0	0	V	I	4	C	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	R.CAFFARENA	G.SCIUTO	F.COLLA



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
PREMESSA.....	4
1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	4
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	6
3 CARATTERISTICHE MATERIALI.....	9
3.1 Conglomerato cementizio .....	9
3.1.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni .....	9
3.1.2 Conglomerato cementizio per fondazioni .....	9
3.1.3 Conglomerato cementizio per elevazioni .....	9
3.1.4 Conglomerato cementizio per soletta d'impalcato e predalles.....	9
3.2 Acciaio per cemento armato .....	10
3.3 Acciaio per carpenteria metallica .....	10
3.4 Collegamenti bullonati .....	11
3.5 Connettori a piolo .....	11
3.6 Saldature.....	11
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	13
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	13
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	15
4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO .....	64
4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE .....	65
4.4.1 Durabilità delle opere.....	65
4.4.2 Definizione della larghezza collaborante.....	66
4.4.3 Definizione del coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc.....	68
5 FASI COSTRUTTIVE.....	69
6 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	71

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento statico del ponte ubicato alla PK. 3+290 denominato "Viadotto Gibia" (altezza max. trave 250 cm e luce 46,5+50+46,5 m), nell'ambito del progetto Definitivo per la realizzazione del "Ponte sullo Stretto di Messina".

### 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- [NT\_1]. *Legge n. 1086 del 5/11/1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;*
- [NT\_2]. *D.M. del 14/2/1996 - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle opere in c.a. normale e precompresso ";*
- [NT\_3]. *D.M. del 9/1/1996 - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche";*
- [NT\_4]. *D.M. 16/1/1996: "Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";*
- [NT\_5]. *Circolare n. 156 AA.GG./STC del 04/7/1996 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 9/01/1996;*
- [NT\_6]. *Circolare n. 252 del 15/10/1996 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 9/01/1996;*
- [NT\_7]. *Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale - "Istruzioni tecniche sul calcestruzzo strutturale. Linee guida". Dicembre 1996;*
- [NT\_8]. *Legge n. 64 del 02/02/1974 - "Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali";*
- [NT\_9]. *D.M. del 04/05/1990 - "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali";*
- [NT\_10]. *Circolare n°34233 del 25/02/1991 - "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali";*
- [NT\_11]. *Norme Tecniche C.N.R. n. 10011-86 del 31/12/1992 - Costruzioni di acciaio Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;*
- [NT\_12]. *D.M. Min. LL.PP. 3 Dicembre 1987 - "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		Codice documento CS0427_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

*collaudo delle costruzioni prefabbricate”;*

- [NT\_13]. Circolare Min. LL.PP. 16 Marzo 1989, n° 31 104 - Istruzioni in merito alle “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate”;
- [NT\_14]. Norme Tecniche C.N.R. n. 10025-84 del 14/12/1984 - Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- [NT\_15]. Legge n. 64 del 5/11/1974 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- [NT\_16]. D.M. 16/1/1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- [NT\_17]. Circolare n. 65AA.GG./STC del 10/04/1997 - Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” di cui al D.M.16/01/1996;
- [NT\_18]. Circolare Min. LL.PP. 6 Novembre 1967 n° 3 797, Circolare Min. LL.PP. 20 Agosto 1970 n° 7284 - “Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il collaudo delle fondazioni”;
- [NT\_19]. D.M. Min. LL.PP. 11 Marzo 1988 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- [NT\_20]. Circolare Min. LL.PP. 24 settembre 1988 n° 30483 - L. 2.2.74, n° 64 - art. 1 D.M. 11.3.1988 - “Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- [NT\_21]. Istruzioni CNR 10011/88 - Costruzioni di acciaio : Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- [NT\_22]. Istruzioni CNR 10016/85 – Travi composte di acciaio calcestruzzo : Istruzione per l'impiego nelle costruzioni.
- [NT\_23]. Istruzioni CNR 10030/87, n°163 del 30/12/1 992 – Anime irrigidite di travi a parete piena.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### RIFERIMENTI PER CALCOLO STRUTTURALE

- [B1]. A.I.C.A.P. [2006] - "Guida all'uso dell'Eurocodice 2"
- [B2]. ANTONIO MIGLIACCI, FRANCO MOLA [2003] - "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a."
- [B3]. CSI COMPUTER & STRUCTURE [2009] - "SAP 2000 user's manual"
- [B4]. C. CESTELLI GUIDI [1987] - "Cemento armato precompresso"
- [B5]. DAVID COLLINGS [2005] - "Steel-concrete composite bridge"
- [B6]. ERASMO VIOLA [1992] - "Scienza delle costruzioni"
- [B7]. INTERNETIONAL CENTRE FOR MECHANICAL SCIENCES [2003] - "Strutture composte: nuove costruzioni – recupero – ponti"
- [B8]. LUIGI SABBATELLA [1998] - "Il cemento armato: la tecnica e la statica"
- [B9]. MARIO PETRANGELI [1996] - "Progettazione e costruzione di ponti"
- [B10]. MARCELLO ARICI, ENZO SIVIERO [2005] - "Nuovi orientamenti per la progettazione di Ponti e Viadotti"
- [B11]. NIGEL R. HEWSON [2006] - "Prestressed concrete bridge: design and construction"
- [B12]. O. BELLUZZI [1996] - "Scienza delle costruzioni"
- [B13]. PAOLO RUGALI [2008] - "Calcolo di strutture in acciaio; guida all'Eurocodice 3"
- [B14]. P. POZZATI, C. CECCOLI [2000] - "Teoria e tecnica delle strutture"
- [B15]. R. WALTHER, B. HOURIET, W. ISLER, P. MOIA, J.F. KLEIN [2008] - "Cable stayed bridges"
- [B16]. WAI-FAH CHEN, LIAN DUAN [2000] - "Bridge engineering, substructure design"

### RIFERIMENTI PER CALCOLO SISMICO

- [B17]. ANDRE' PREUMONT, KAZUTO SETO [2008] - "Active control of structures"
- [B18]. AMR S. ELNASHI, LUIGI DI SARNO [2008] - "Fundamental of earthquake engineering"
- [B19]. C. CASAROTTI, R. PINHO, G.M. CALVI [2006] - "Adaptive pushover-based methods for seismic assessment and design of bridge structure"
- [B20]. C.G. LAI, S. FOTI, M. ROTA [2009] - "Input sismico e stabilità geotecnica dei siti in costruzione"
- [B21]. D. PIETRA, G.M. CALVI, R. PINHO [2008] - "Displacement-based seismic design of isolated bridge"

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- [B22]. ERASMO VIOLA [2001] - "Fondamenti di dinamica e vibrazione delle strutture"
- [B23]. IUSS PRESS, rivista quadrimestrale - "Progettazione sismica"
- [B24]. M.J.N. PRIESTLEY, G.M. CALVI, M.J. KOWLASKY [2007] - "Displacement-based seismic design of structures"
- [B25]. P.E. PINTO, P. FRANCHIN, A. LUPOI [2009] - "Valutazione e consolidamento sismico dei ponti esistenti"
- [B26]. P.E. PINTO, R. GIANNINI, P. FRANCHIN [2004] - "seismic reliability analysis of structures"

#### **RIFERIMENTI PER CALCOLO GEOTECNICO**

- [B27]. ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA [1984] - "Raccomandazioni sui pali di fondazione"
- [B28]. BRINCH-HANSEN, J. [1961] - "A General Formula for Bearing Capacity" - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.11, Copenhagen.
- [B29]. BRINCH-HANSEN, J. [1970] - "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- [B30]. BUSTAMANTE M. & DOIX B. (1985) - "Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés" Bulletin Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, n°140, nov.-déc., ref. 3047
- [B31]. BUSTAMANTE M., GIANESELLI L.. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.
- [B32]. BOWLES J.E. [1991] - "Fondazioni – Progetto e Analisi" - Editore McGraw-Hill
- [B33]. CARLO CESTELLI GUIDI [1987] - "Geotecnica e tecnica delle fondazioni"
- [B34]. DE BEER, E.E., LADANYI, B. [1961] - "Etude experimentale de la capacite portante du sable sous des fondations circulaires etablies en surface". 5th ICSMFE, Paris, 1, 577-581.
- [B35]. GROUP 7.0 for windows [2000] - Technical & User's manual – Ensoft Inc.
- [B36]. H.G. POULOS, E.H. DAVIS [2002] - "Analisi e progettazione di fondazioni su pali"
- [B37]. JAMIOLKOWSKI M. et al. [1983] - "Scale effects of ultimate pile capacity" - Discussion, JGED, ASCE.
- [B38]. LANCELLOTTA R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- [B39]. MEYERHOF, G.G. [1951] - "The Ultimate Bearing Capacity of Foundations" -

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA</b>		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

*Geotechnique, 2, 301-332.*

- [B40]. MEYERHOF, G.G. [1951] - "Some recent research on the bearing capacity of foundations" - *Canadian Geotechnical Journal*, 1, 16-26
- [B41]. MEYERHOF G.G., SASTRY V.V.R.N. [1978] - "Bearing capacity of piles in layered soils. Part 1. Clay overlying sand" - *Canadian Geotechnical Journal*, 15, 171-182, 183-189.
- [B42]. REESE L.C., WRIGHT S.J. [1977] - "Drilled shaft manual" - U.S. Dept. Transportation, Offices of Research and Development, Implementation Div., HDV 2, Washington D.C., vol.1
- [B43]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1974] - "Analysis of laterally loaded piles in sand" – Paper N° OCT 2080, Proceedings, Fifth Annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
- [B44]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1975] - "Field testing and analysis of laterally loaded piles in stiff clay" – Paper N° OCT 2313, Proceedings, Seventh Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
- [B45]. REESE L.C., WELCH R.C. [1975] - "Lateral loading of deep foundations in stiff clay" – *Journal of the geotechnical Division, ASCE, Vol. 101, No GT7, Proceedings Paper 11456, 1975, pp. 633 – 649.*
- [B46]. SKEMPTON, A. W. [1951] - "The bearing capacity of clays" - *Building Research Congress, London, 1, 180-189.*
- [B47]. VESIC, A.S. [1970] - "Tests on instrumented Piles, Ogeechee River Site" - *JSMFD, ASCE, V. 96, N. SM2, Proc. Paper 7170, March.*
- [B48]. VESIC, A.S. [1973] - "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations". - *JSMFD, ASCE, Jan., 45-73.*
- [B49]. WELCH, R.C., REESE L.C. [1972] - "Laterally loaded Behavior of drilled shafts" – *Research Report N° 3-5-65-89, conducted for Texas Highway Department and U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, by Center for Highway Research, The University of Austin.*



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3 CARATTERISTICHE MATERIALI

#### 3.1 Conglomerato cementizio

##### 3.1.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni

Classe  $R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$

##### 3.1.2 Conglomerato cementizio per fondazioni

Classe  $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$   
 Modulo elastico del calcestruzzo  $E_c = 5700 \cdot R_{ck}^{0.5} = 31220 \text{ N/mm}^2$   
 Tensione normale ammissibile di compressione  $\sigma_{camm} = 6 + (R_{ck} - 15)/4 = 9.75 \text{ N/mm}^2$   
 Tensione tangenziale ammissibile  $\tau_{c0} = 0.4 + (R_{ck} - 15)/75 = 0.60 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau_{c1} = 1.4 + (R_{ck} - 15)/35 = 1.82 \text{ N/mm}^2$   
 Classe di esposizione XC2  
 Classe di consistenza S4

##### 3.1.3 Conglomerato cementizio per elevazioni

Classe  $R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2$   
 Modulo elastico del calcestruzzo  $E_c = 5700 \cdot R_{ck}^{0.5} = 33721 \text{ N/mm}^2$   
 Tensione normale ammissibile di compressione  $\sigma_{camm} = 6 + (R_{ck} - 15)/4 = 11.00 \text{ N/mm}^2$   
 Tensione tangenziale ammissibile  $\tau_{c0} = 0.4 + (R_{ck} - 15)/75 = 0.66 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau_{c1} = 1.4 + (R_{ck} - 15)/35 = 1.97 \text{ N/mm}^2$   
 Classe di esposizione XC2 \ XF1  
 Classe di consistenza S4

##### 3.1.4 Conglomerato cementizio per soletta d'impalcato e predalles

Classe  $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$   
 Modulo elastico del calcestruzzo  $E_c = 5700 \cdot R_{ck}^{0.5} = 36050 \text{ N/mm}^2$   
 Tensione normale ammissibile di compressione  $\sigma_{camm} = 6 + (R_{ck} - 15)/4 = 12.25 \text{ N/mm}^2$   
 Tensione tangenziale ammissibile  $\tau_{c0} = 0.4 + (R_{ck} - 15)/75 = 0.73 \text{ N/mm}^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$\tau_{c1} = 1.4 + (R_{ck}-15)/35 = 2.11 \text{ N/mm}^2$$

Classe di esposizione XF4  
 Classe di consistenza S4

### 3.2 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo FeB44K controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione ammissibile	$\sigma_s \geq 255 \text{ N/mm}^2$
Modulo di deformazione elastico	$E_s = 2100000 \text{ N/mm}^2 \epsilon_{uk} = 7,5 \%$

### 3.3 Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio tipo CORTEN In conformità con la norma UNI EN 100155:

- Elementi composti per saldatura:

spessori  $t \leq 40 \text{ mm}$ :

Tipo	S355J2G1W
Soglia di snervamento	$f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$
Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 470-630 \text{ N/mm}^2$

spessori  $t > 40 \text{ mm}$ :

Tipo	S355K2G1W
Soglia di snervamento	$f_{yk} \geq 315 \text{ N/mm}^2$
Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 470-630 \text{ N/mm}^2$

- Elementi non saldati:

spessori  $t \leq 16 \text{ mm}$ :

Tipo	S355J0W
Soglia di snervamento	$f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$
Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 470-630 \text{ N/mm}^2$

spessori  $16 < t \leq 40 \text{ mm}$ :

Tipo	S355J0W
Soglia di snervamento	$f_{yk} \geq 315 \text{ N/mm}^2$
Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 470-630 \text{ N/mm}^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3.4 Acciaio per armature micropali

In conformità con la norma UNI EN 100155:

- Elementi composti per saldatura:  
spessori  $t \leq 40$  mm:

Tipo	S275JR
Soglia di snervamento	$f_{yk} \geq 275$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 430$ N/mm <sup>2</sup>

### 3.5 Collegamenti bullonati

Giunzioni ad attrito da realizzarsi con bulloneria ad alta resistenza a serraggio controllato secondo UNI 5712 e UNI 5713:

- Viti classe 10.9
- Dadi classe 10
- Rosette in acciaio C50 EN10083 (HRC 32-40) (UNI 5714)

Le giunzioni bullonate ad attrito dovranno prevedere un coefficiente di attrito pari a 0,35 e coppie di serraggio secondo CNR 10011.

I bulloni disposti verticalmente avranno la testa della vite verso l'alto ed il dado verso il basso ed avranno una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado.

Fori per bulloni secondo CNR 10011.

### 3.6 Connettori a piolo

In conformità con la norma UNI EN ISO 13918:

Acciaio tipo	ST 37-3K (S235J2G3+C450)
Soglia di snervamento	$f_{yk} \geq 350$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 450$ N/mm <sup>2</sup>
Allungamento	$A \geq 15\%$
Strizione	$Z \geq 50\%$

### 3.7 Saldature

In conformità con le CNR 10011 e D.M. 9-01-1996

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

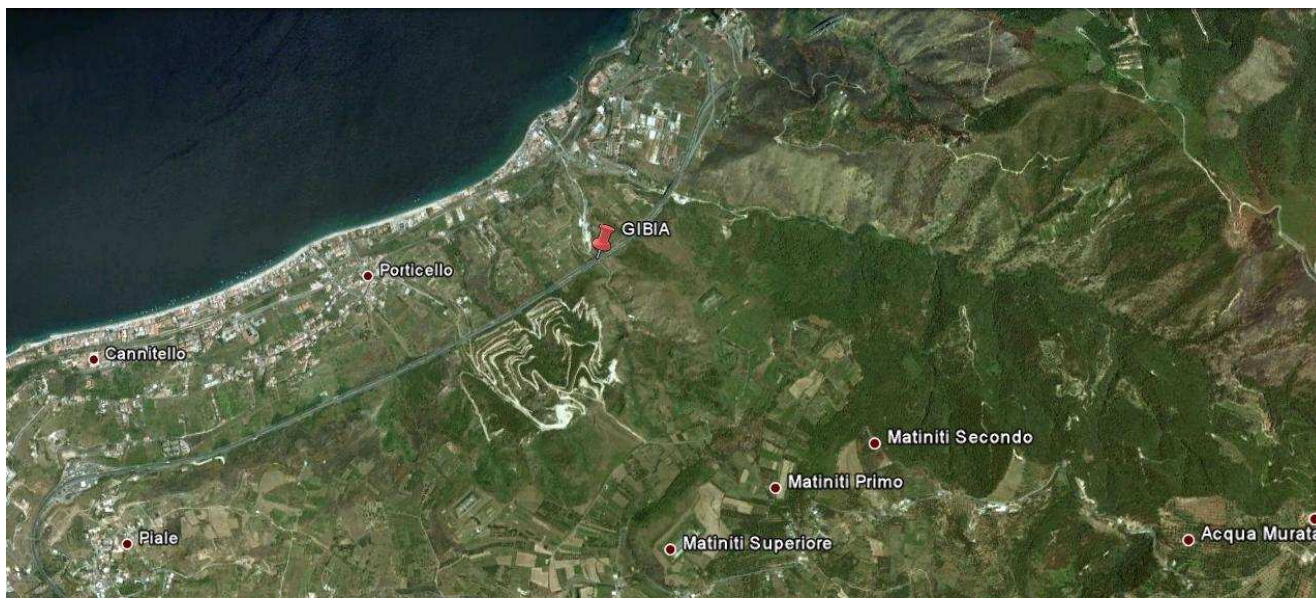
Dove non diversamente specificato si prevedono saldature a cordone d'angolo di lato pari a 0.7 per lo spessore minimo da collegare se su entrambi i lati, e di lato pari allo spessore minimo da collegare se su un solo lato. Tutti i cordoni devono essere sigillati sul contorno. Per i giunti a piena penetrazione le lamiere dovranno essere preventivamente preparate con opportuno cianfrino.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

### 4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

La zona in cui è individuata l'opera esaminata nel presente documento, ricade all'incirca alla Latitudine di 38,235898 e Longitudine di 15,675689.



F1. Individuazione della zona in cui ricade l'opera

L'opera si sviluppa con andamento rettilineo su un'unica via di corsa di larghezza massima  $B = 21,50$  m (dei quali 18,70 carrabili) e si presenta retto rispetto alla direzione di percorrenza della viabilità; l'angolo tra l'asse longitudinale del ponte e l'asse appoggi è pari a  $90^\circ$ . Da un punto di vista statico, la struttura è a 3 campate con luce di calcolo pari a  $46,5+50+46,5$  m:

<b>Campata</b>	<b>Lunghezza [m]</b>
Spalla A – Pila 1	46,50
Pila 1 – Pila 2	50,00
Pila 2 – Spalla B	46,50

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'impalcato è realizzato mediante 3 travate metalliche continue con soletta in c.a. collaborante (prevista con il sistema costruttivo "a prédalles", armate con tralicci tipo Bausta o similari, autoportanti nei confronti del getto in opera della soletta) e traversi metallici reticolari. Le travi in acciaio hanno altezza costante lungo il loro sviluppo longitudinale e un interasse pari a 8,50 m. La larghezza delle piattabande superiori ed inferiori e lo spessore dei singoli elementi sono definiti in maniera accurata negli elaborati grafici a cui si rimanda per maggior dettaglio:

	<b>TIPO 1</b>	<b>TIPO 2</b>	<b>TIPO 3</b>	<b>TIPO 4</b>
H trave (mm)	2500	2500	2500	2500
Piattabanda sup. (mm)	900x40	900x40	1000x40+900x30	900x30
Anima (mm)	20	16	24	16
Piattabanda inf. (mm)	1000x40	1000x30+900x20	1000x40+950x40	1000x40

Le travi in acciaio vengono prefabbricate in officina per conci di lunghezza massima 13,50 m, conci risultano trasportabili agevolmente senza oneri specifici.

La spalla è in c.a. di tipo tradizionale con muro frontale, paraghiaia e muri andatori, con fondazione su micropali in c.a.  $\phi 240$  armati con un tubolare in acciaio  $\phi 177.8 \times 12.5$ . La sezione trasversale della spalla è costituita dal muro frontale di spessore costante pari a 2,75 m, posto davanti al muro paraghiaia di spessore di 60 cm che si eleva fino a quota pavimentazione; i muri andatori hanno spessore costante pari a 70 cm. Le orecchie di risvolto proseguono con il medesimo spessore dei muri andatori per 150 cm.

Per limitare le deformazioni del paramento verticale viene realizzato un setto in c.a. gettato in opera dello spessore di 100 cm, posto a tergo della spalla in posizione baricentrica.

Le spalle sono rette rispetto all'asse longitudinale del ponte, parallele alla direzione di scorrimento del corso d'acqua interferito.

Il sistema di vincolamento è realizzato mediante appoggi tipo VASOFLON, creando uno schema statico isostatico mediante un carrello e una cerniera. Saranno quindi predisposti:

- su spalla A = 2 appoggio unidirezionale trasversali + 1 appoggio fisso
- su Pila 1 = 2 appoggi multidirezionali +1 appoggio unidirezionale longitudinale
- su Pila 2 = 2 appoggi multidirezionali +1 appoggio unidirezionale longitudinale

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- su spalla B = 2 appoggi multidirezionali +1 appoggio unidirezionale longitudinale

I dispositivi saranno progettati affinché resistano all'azione di progetto allo stato limite ultimo e risultino idonei:

- a trasmettere le forze conseguenti alle azioni sismiche;
- ad evitare sconnessioni tra gli elementi componenti il dispositivo di vincolo;
- ad evitare la fuoriuscita dei vincoli dalle loro sedi.

Gli elementi di sostegno ai quali vengono trasmesse le azioni longitudinali e le azioni trasversali sono progettati affinché si mantengano in campo elastico anche sotto l'azione sismica allo stato limite ultimo.

Sono presenti inoltre ritegni sismici di emergenza in direzione trasversale (realizzati in cemento armato), i quali non possono però essere considerati come dispositivi di ritenuta adatti a fenomeni ciclici perché durante un evento sismico sono elementi soggetti a fenomeni di martellamento.

## 4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

Le fondazioni si attestano a una profondità media da p.c. di circa 4 m.

La zona in cui ricade l'opera in oggetto presenta quindi una stratigrafia dove i primi 18-20 m da intradosso fondazione sono caratterizzati da "depositi marini terrazzati", mentre il successivo strato uniforme è caratterizzato dai "plutoniti di tipo A".

Più in dettaglio tale le litologie presentano le seguenti caratteristiche:

### DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18-20
$c'_{\text{picco}}$ (kPa)	0
$\varphi'_{\text{picco}}$ (°)	38° ÷ 40° (p'ff=0-272KPa) / 36° ÷ 38° (p'ff=272-350KPa)
$C_{\text{residuo}}$ (kPa)	0
$\varphi_{\text{residuo}}$ (°)	33° ÷ 35°
$k_0$ (-)	0.4-0.5
$V_s$ (m/sec)	200+14·(z)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

<b>G'₀ (MPa)</b>	$G_o = 2060 \cdot p_a \cdot \left( \frac{p_o}{p_a} \right)^{0.6}$
<b>E' (MPa) *</b>	$E = (19 \div 30) \cdot (z)^{0.7}$
<b>v' (-)</b>	0.2
<b>K(m/s)</b>	$10^{-5} - 10^{-6}$

#### PLUTONITI DI TIPO A

<b>γ (kN/m³)</b>	21÷23
<b>c' piccolo (kPa)</b>	vedi sotto
<b>φ' piccolo (°)</b>	vedi sotto
<b>C<sub>residuo</sub>' (kPa)</b>	vedi sotto
<b>φ<sub>residuo</sub>' (°)</b>	vedi sotto
<b>k<sub>o</sub> (-)</b>	-
<b>V<sub>s</sub> (m/sec)</b>	Vs=400+13z (m/s)
<b>G'₀ (MPa)</b>	-
<b>E' (MPa) *</b>	E'=250 ÷ 500 Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10m di profondità  E'=500 ÷ 700 Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10-35m di profondità  E'=1000 ÷ 1500 Mpa per profondità maggiori
<b>v' (-)</b>	0.2
<b>K(m/s)</b>	$10^{-7} \div 10^{-8}$

Sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di 38°, ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

#### Resistenze di picco / operative (p'ff=0 - 272KPa)

c' = 0 kPa = coesione apparente

φ' = 36÷38°=angolo di resistenza al taglio



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tali valori sono compatibili con uno stato di sforzo che preveda una pressione normale alla superficie di rottura compresa nel range tra 0 e 272KPa.

In problemi caratterizzati da un aumento delle tensioni normali si possono definire i seguenti parametri:

### **Resistenze di picco / operative ( $p'_{ff}=272 - 350\text{KPa}$ )**

$c_p' = 0 \text{ kPa}$  = coesione apparente

$\varphi_p' = 36^\circ$  = angolo di resistenza al taglio.

Tali valori sono compatibili con uno stato di sforzo che preveda una pressione normale alla superficie di rottura compresa nel range tra 272KPa÷350KPa.

Simbologia:

$\gamma_t$  = peso di volume naturale;

NSPT = resistenza penetrometrica dinamica in prova SPT;

$\varphi'$  = angolo di attrito operativo;

$c'$  = intercetta di coesione operativa;

$\varphi_r'$  = angolo di attrito residuo;

$c_r'$  = intercetta di coesione residua;

OCR = grado di sovraconsolidazione;

$\sigma_{vo}'$  = pressione verticale efficace geostatica;

$\sigma_{vmax}'$  = pressione verticale efficace massima subita dal deposito;

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\nu'$  (-) = coefficiente di Poisson

$p_a$  = pressione atmosferica di riferimento, espressa in MPa

$p'_0$  = pressione efficace alla profondità  $z$ , espressa in MPa

Secondo i profili idrogeologici di progetto, la falda è assente. Viene preso comunque, a favore di sicurezza, un livello di falda a -30 m da p.c.

Per un maggior dettaglio della caratterizzazione geotecnica dei suoli si rimanda alla relazione generale CG0800PRBDCSBC8G000000001B.

Per un maggior dettaglio della stratigrafia di profilo si rimanda agli elaborati:

Profilo geologico-geotecnico	1:2000	CG0800	P	F6	D	C	SB	C6	ST	00	00	00	21	B
Profilo idrogeologico	1:2000	CG0800	P	F6	D	C	SB	C6	ST	00	00	00	22	B

Nel seguito si porta un estratto di dettaglio per la zona in esame.

### **Descrizione delle litologie prevalenti**

Le litologie prevalenti sono costituite dalle formazioni dei Depositi alluvionali, Depositi di versante, Depositi terrazzati marini, Plutoniti

Depositi alluvionali: si tratta prevalentemente di depositi sabbioso-ghiaiosi olocenici di fondo alveo. L'incisione 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.

Depositi terrazzati marini: sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie. I depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente.

L'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore.

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. Affiora come un deposito di sabbie di colore rossastro da medie a grossolane, solo subordinatamente fini, con rare intercalazioni di livelli di ghiaiosi o limosi.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le plutoniti costituite da rocce cristalline granitoidi nel settore centro-meridionale sono, costituite da leucogranodioriti a due miche e graniti-monzograniti.

All'interno dei graniti 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. 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 legata alla coesistenza di più sistemi di discontinuità che, tuttavia, non conferiscono all'ammasso una spiccata anisotropia.

La falda non risulta interferente con le opere.

Localmente non ci sono indagini che indagano nei primi 30m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo. Le prove sismiche nei lontani sondaggi C430 e CN451 per la sequenza depositi terrazzati- plutoniti forniscono una Vs30 di cat. B.

### **Indagini previste**

Data l'esiguità dei sondaggi e delle prove localmente presenti (S4\_DG42, SN7(ANAS\_2005)), si è scelto di tenere conto anche di altri sondaggi e prove disponibili.

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

#### Depositi terrazzati marini:

Si considerano i sondaggi della tratta relativa alla Rampa C\_dec.

- prove SPT (C435, CN451, SN9, SN8)
- 1 prova sismica (CN451)
- 1 prova pressiometrica (SN9)
- 1 prova Le Franc (CN451)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed delle caratteristiche di resistenza (TD, sondaggi SN14, C435)

#### Depositi alluvionali:

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

- prove SPT (C434, CN451, C415, C430, C417, C203, C213BIS)
- 2 prove sismiche (C417, C430)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici

#### Depositi di versante

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- prove SPT (C406,C407,C423BIS,C424,C421,C425,C433,C424)
- 2 prove sismiche (SG11,C423BIS)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici

#### Plutoniti

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

- 15 rilievi geostrutturali
- 3 prove sismiche (SG11, SG11bis, CN451)
- 12 prove pressiometriche e dilatometriche
- 16 prove Le Franc
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed delle caratteristiche di resistenza

#### **Caratterizzazione geotecnica**

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G00000001A. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

#### **Depositi Alluvionali**

Il numero esiguo a disposizione di prove non consente un analisi locale per cui so fa riferimento ai risultati della caratterizzazione generale.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche l'andamento del fuso evidenzia che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali intermedi (ghiaie 36%, sabbie 49%). Il contenuto di fino è mediamente del 13% .

C'è da dire che a causa del campionamento l'analisi granulometrica (20 prove) può sicuramente risultare poco rappresentativa della parte più grossolana.

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.8mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 1.6 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.02 mm

Il peso di volume dei grani  $\gamma_s$  è risultato pari a circa 26.5 kN/m<sup>3</sup>.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche si ha:

- **Dr**: la densità relativa media della prevalente componente sabbiosa è del 50-70% e del 50-60% della frazione ghiaiosa. I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con un fattore  $C_{sg}=0.85$ .
- **$e_o$** : stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.7 ed essendo a conoscenza di  $e_{max} - e_{min}$  (0.31) dalla formula di  $D_r$  si ottiene per  $e_o$  rappresentato nel grafico.
- **$\gamma_d$** : in base ai valori precedentemente ricavati si può stimare dall'indice dei vuoti  $e_o$  e da  $\gamma_s$  un valore medio di  $\gamma_d$  pari a circa  $18KN/m^3$ .

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di circa  $40^\circ$ , ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

$c' = 0$  kPa = coesione apparente

$\phi' = 38^\circ \div 40^\circ$  = angolo di resistenza al taglio

Per i valori di stato critico, in assenza di prove specifiche, in base ai dati di letteratura si possono definire i seguenti valori operativi

$c_r' = 0$  kPa = coesione apparente

$\phi_r' = 33^\circ \div 35^\circ$  = angolo di resistenza al taglio

Per le caratteristiche di deformabilità dalla prova sismica in foro si ottengono valori di  $V_s$  che vanno mediamente da 160 m/s a 190 m/s i primi metri di profondità.

Da prove SPT la media di  $V_s$  stimata fino a 13m di profondità e di circa 200 m/s.  $E_o$  è stimato in  $120 \div 170$  MPa a 2m di profondità.

Ai valori delle velocità di taglio sismiche  $V_s$  corrispondono moduli di taglio iniziali  $G_o$  molto variabili. Una stima con la profondità si rende quindi difficoltosa per la dispersione di  $G_o$  e per il numero ridotto di valori.

$G_o$  ed  $E_o$  si possono esprimere in funzione di  $z(m)$ , una stima da SPT è data da:

$$G_o = 14 \cdot z$$

$$E_o = 34 \cdot z$$

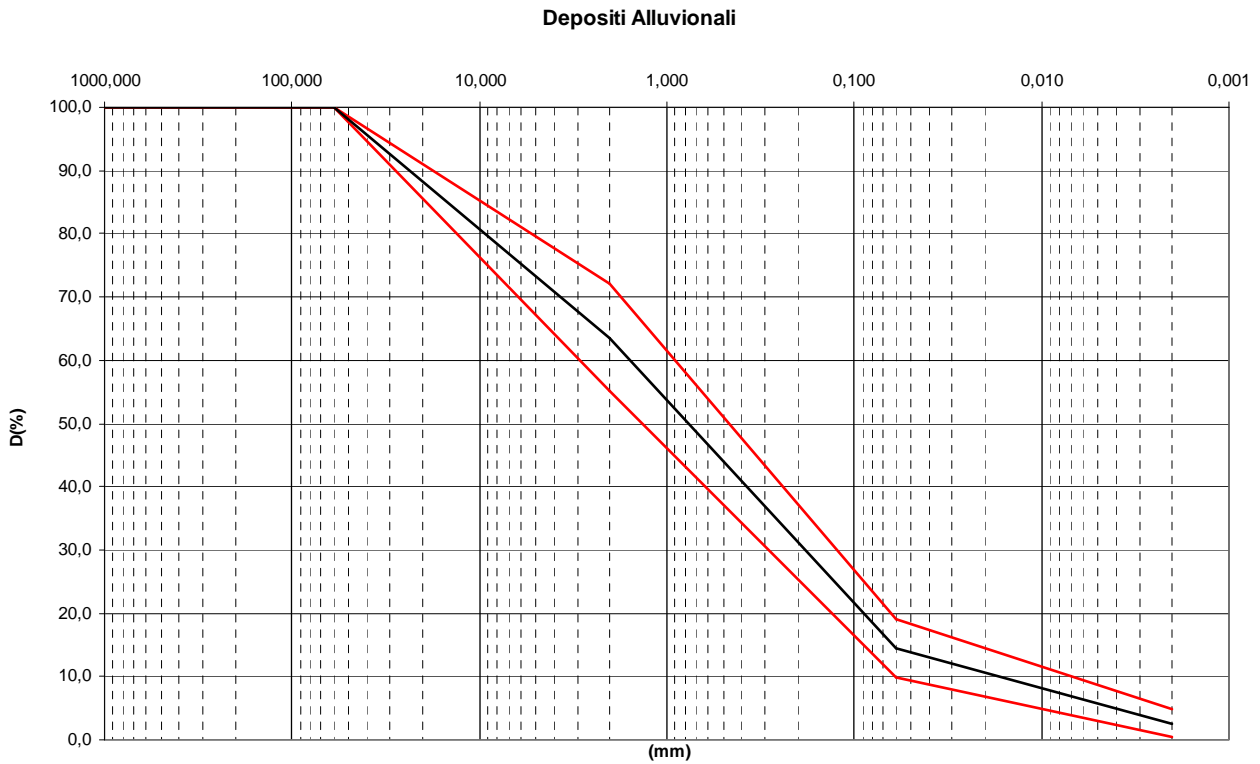
I moduli di Young "operativi" a medie deformazioni, valutati sulla base dei criteri descritti nei capitoli precedenti risulteranno pari a:

$$E = (4 - 11) \cdot z$$

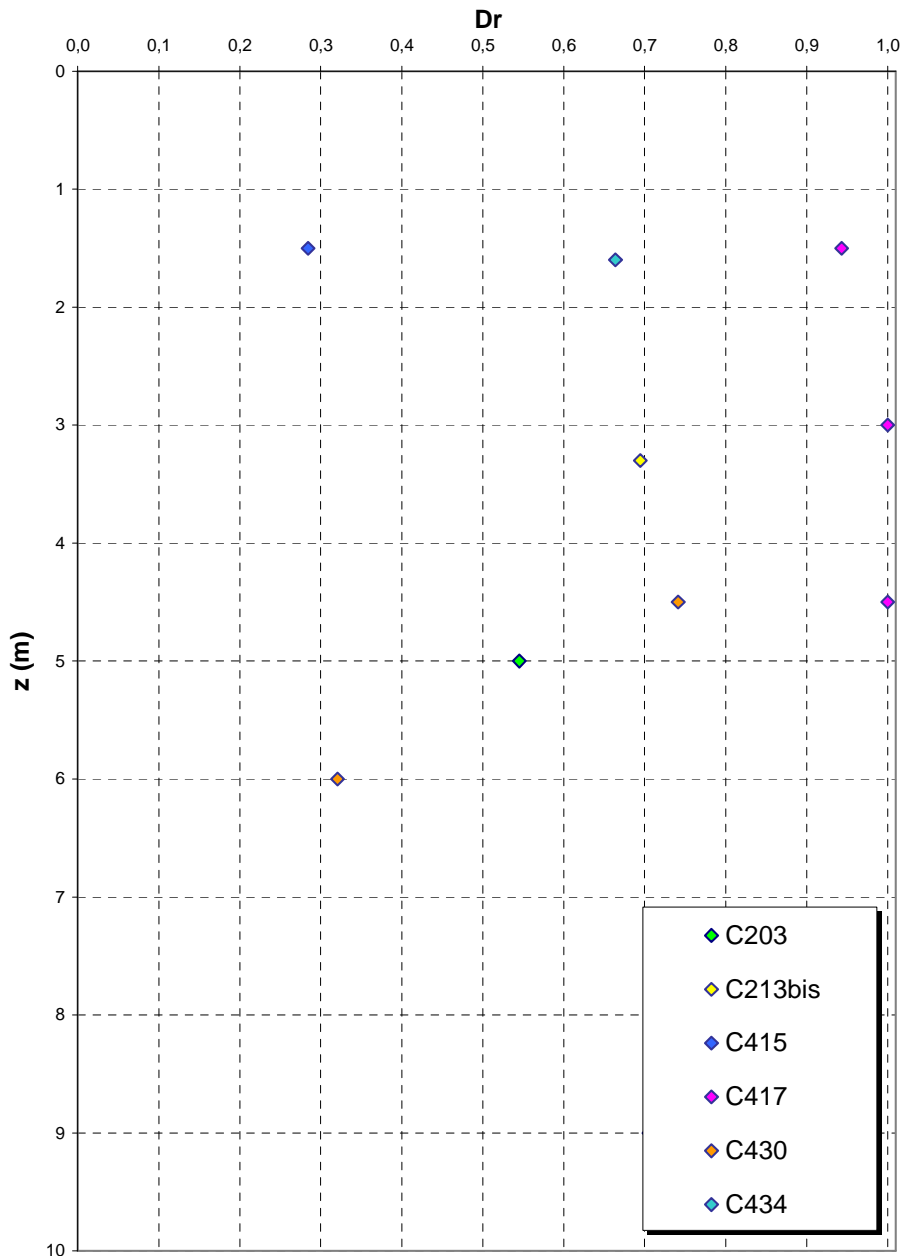
con i valori di  $E$  pari rispettivamente a circa  $1/10 \div 1/5$  (medie e grandi deformazioni) ed  $1/3$  di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

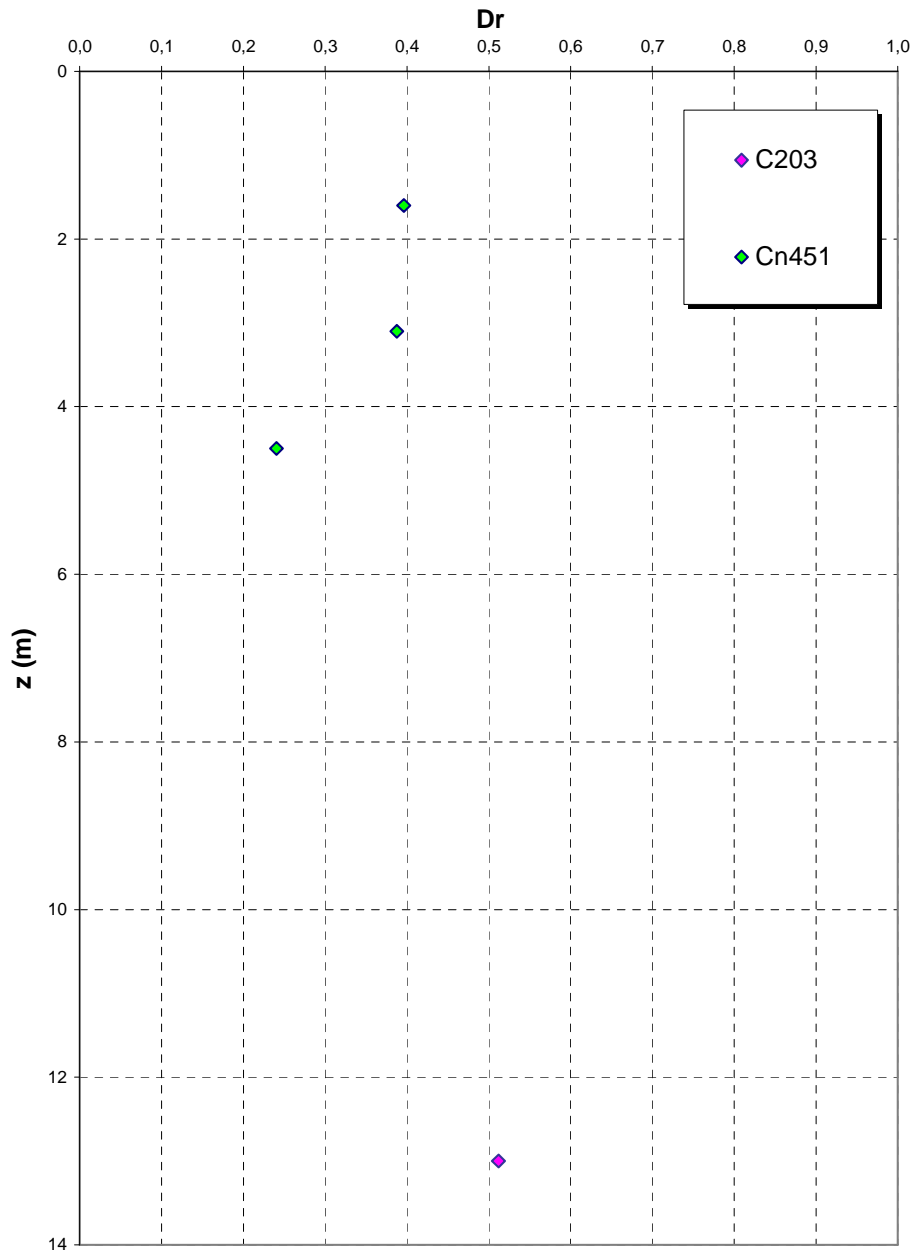
quelli iniziali (piccole deformazioni).



**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
DEPOSITI ALLUVIONALI**

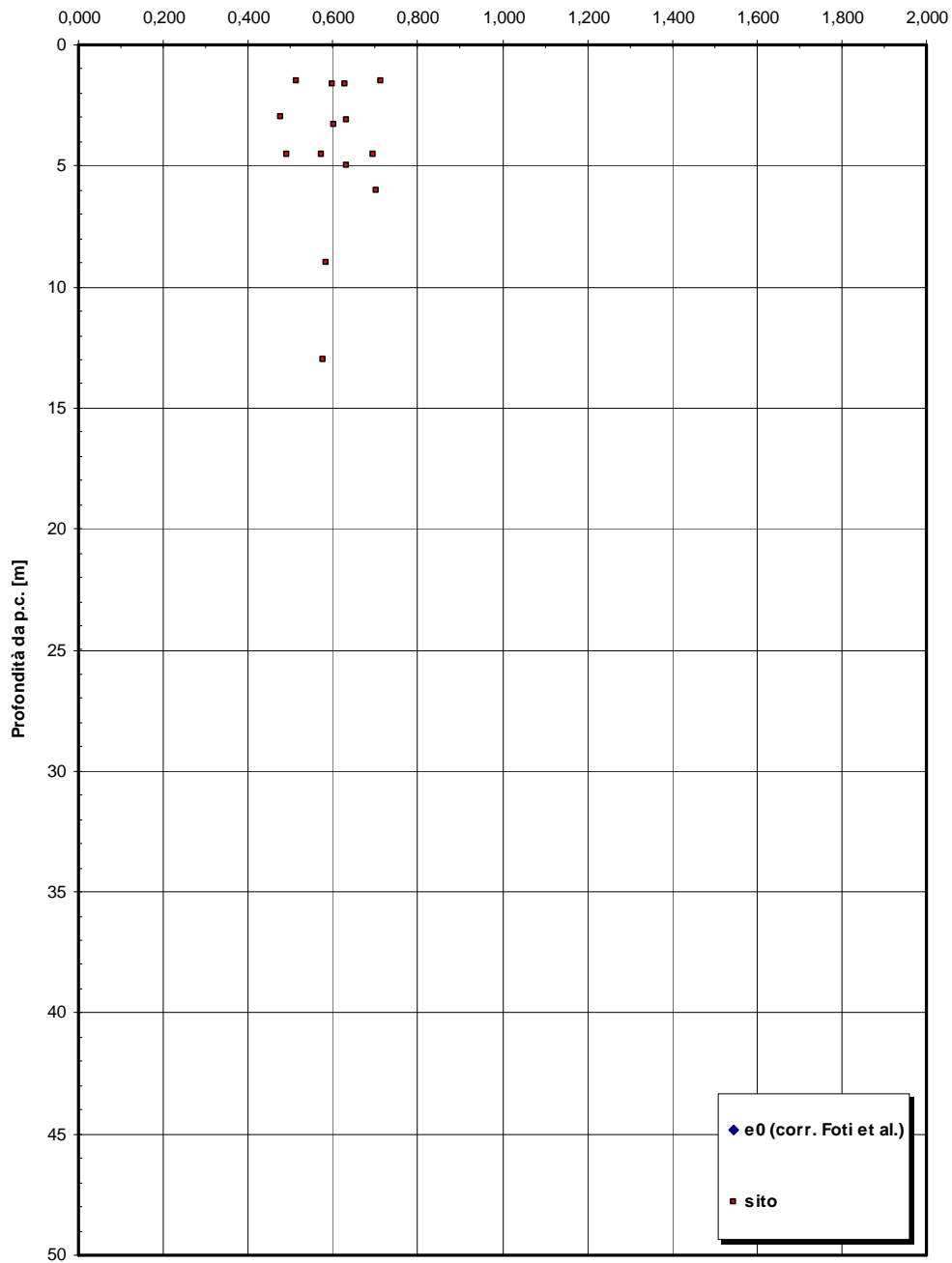


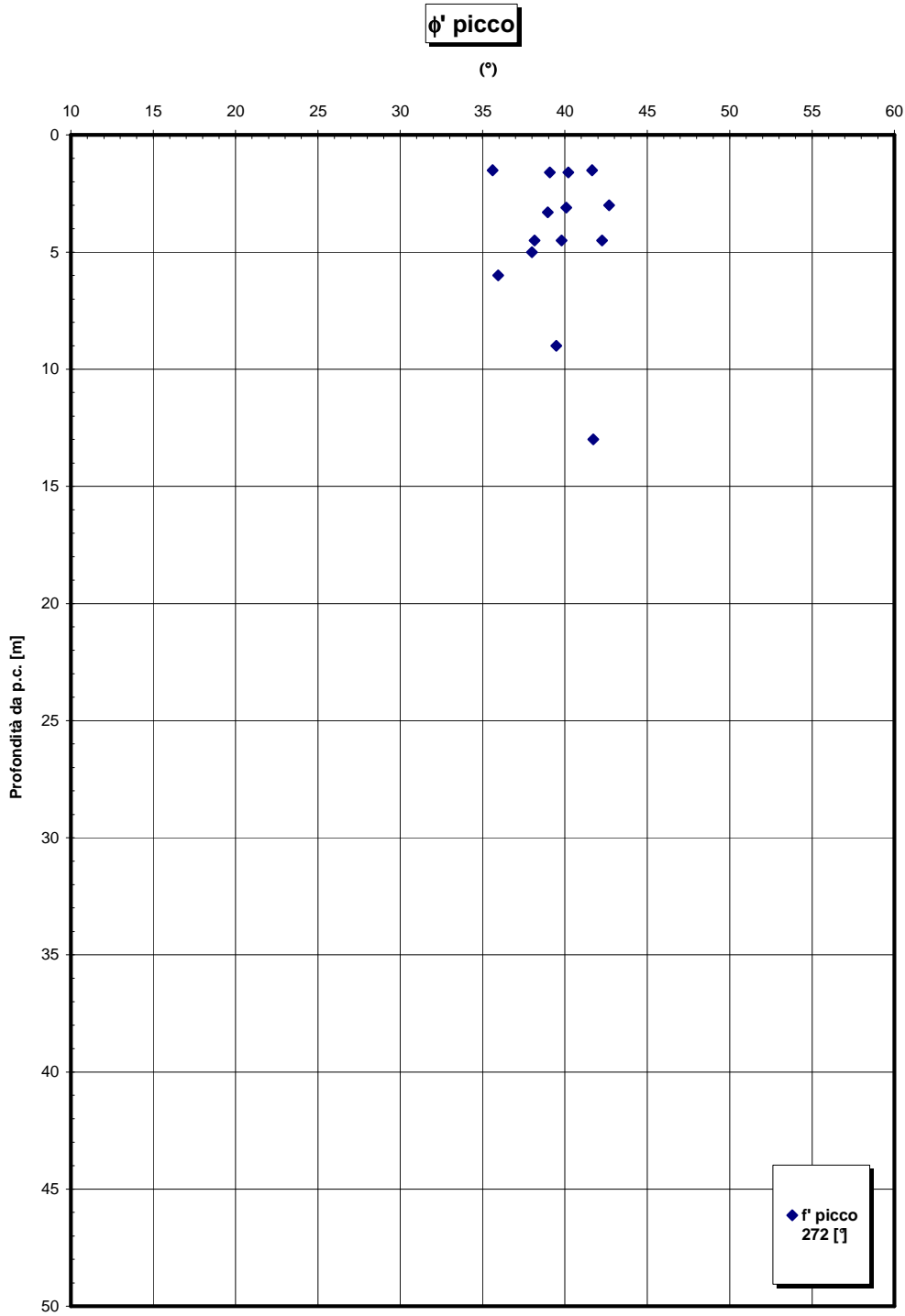
**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)  
Componente ghiaiosa e sabbiosa  
DEPOSITI ALLUVIONALI**

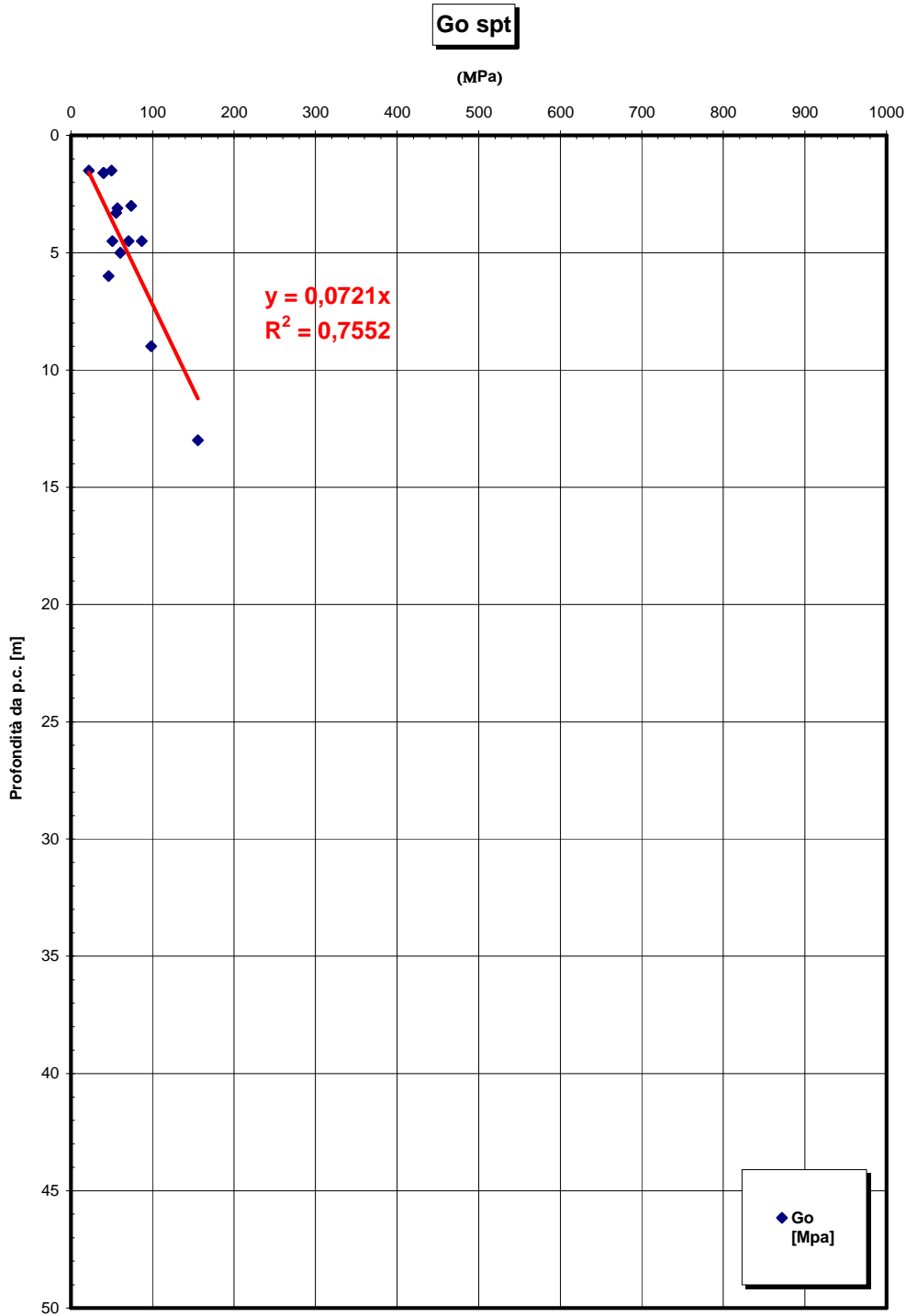


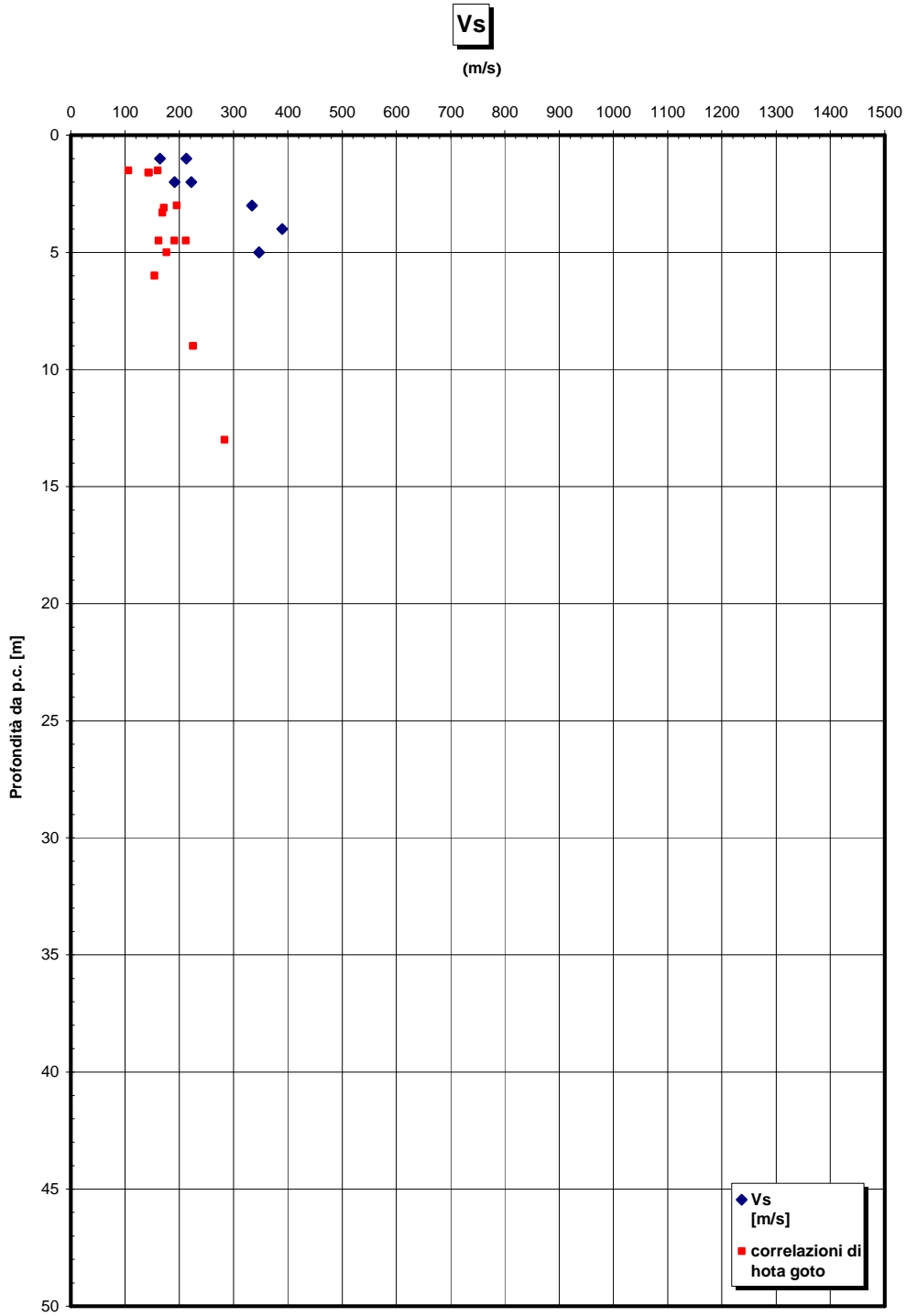


**eo**

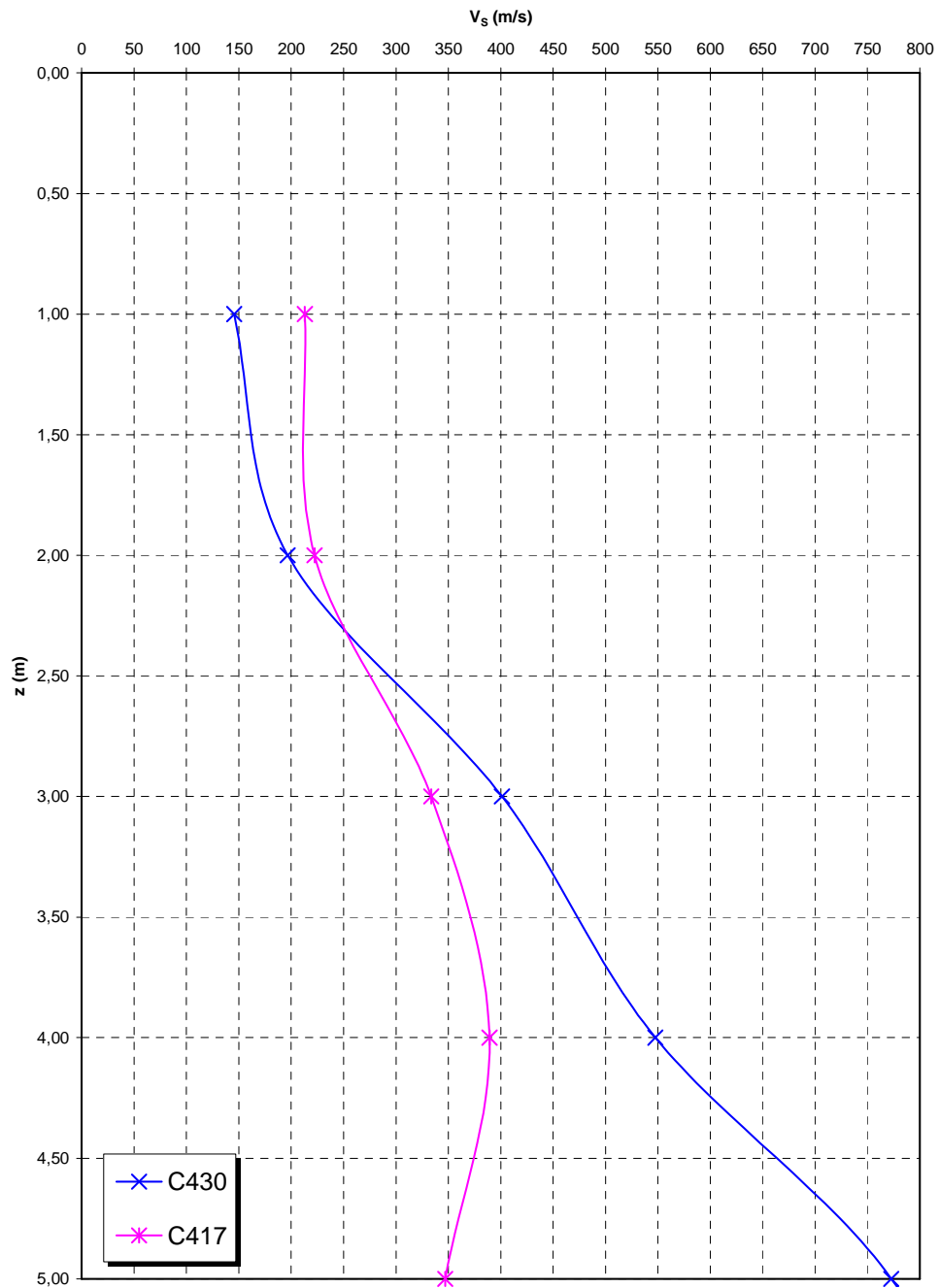




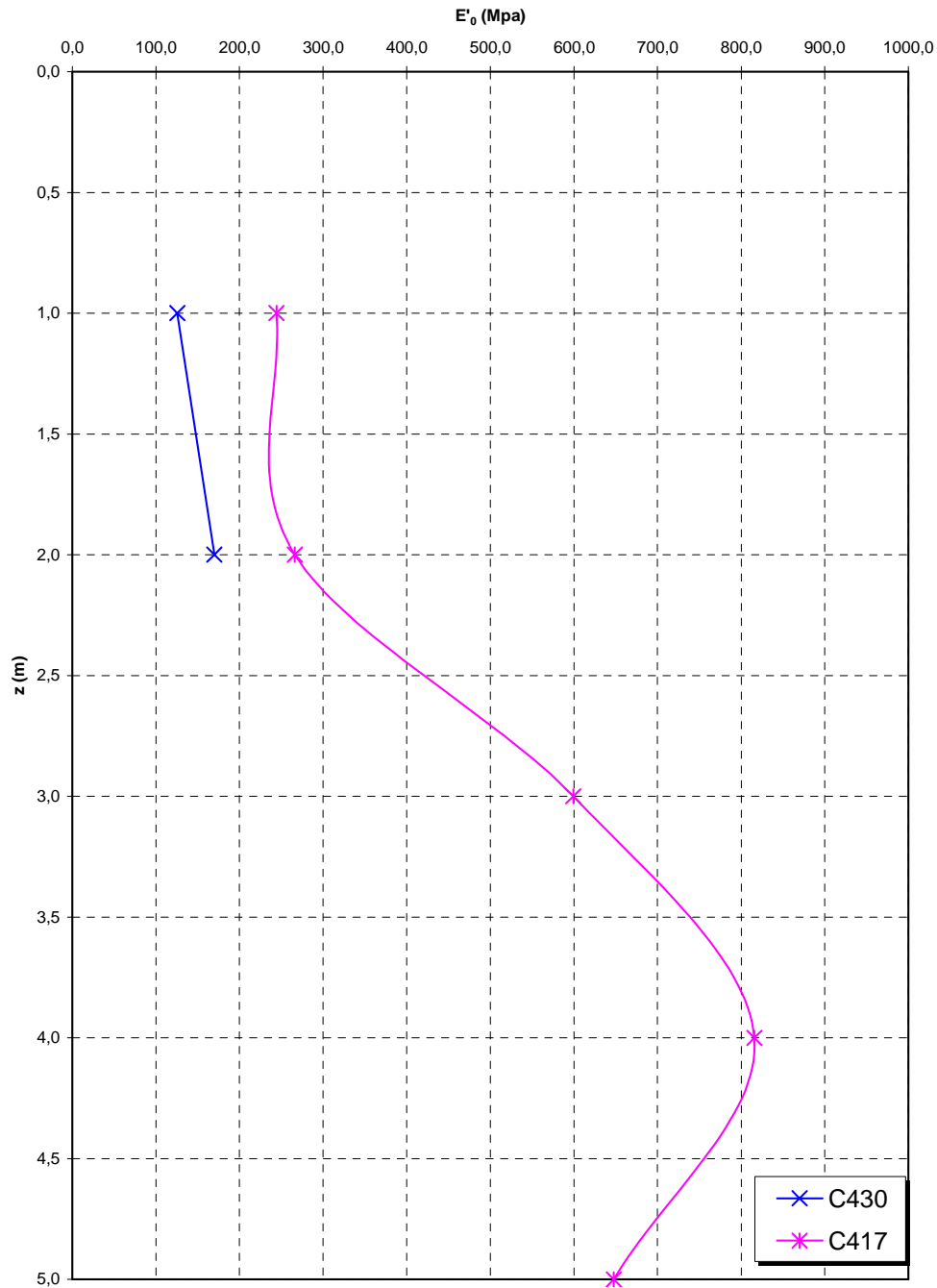




**Prove sismiche  
DEPOSITI ALLUVIONALI**



**Prove sismiche  
DEPOSITI ALLUVIONALI**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Depositi terrazzati marini

Per le caratteristiche fisiche l'andamento del fuso evidenzia che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 30%), sia di materiali intermedi (sabbie 50%). Il contenuto di fino è mediamente del 17%.

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.5mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 1.0 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.008 mm

Il peso di volume dei grani  $\gamma_s$  è risultato pari a circa 26.5 kN/m<sup>3</sup>.

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di  $\gamma_{dmax}$  e  $\gamma_{dmin}$  pari rispettivamente a 18.8 e 15.7 kN/m<sup>3</sup>

Per lo stato iniziale si ha:

- **Dr:** i valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.85$  corrispondente al  $d_{50}=0.5mm$ .
- **$e_o$ :** a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.35. Stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.7 a partire dai valori di  $Dr$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito.
- **$\gamma_d$ :** in base ai valori di  $e_o$  da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma$ , riportato nel grafico.
- **$K_0$ :** si considera la relazione di Jaky.

Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d(KN/m^3)$	$K_0$
<b>70-90</b>	<b>80-90</b>	<b>18-20</b>	<b>0.35</b>

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di circa 40°.

z(m)	$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_p$ (pff=-272-350KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)
<b>0-15</b>	<b>40-41</b>	<b>36-38</b>	<b>33-35</b>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

$c' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi' = 38^\circ \div 40^\circ$  = angolo di resistenza al taglio

Anche le prove pressiometriche (SN9) hanno fornito valori di  $38^\circ$

Per i valori di stato critico, in assenza di prove specifiche, in base ai dati di letteratura si possono definire i seguenti valori operativi

$c_r' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi_r' = 33^\circ \div 35^\circ$  = angolo di resistenza al taglio

Dalle prove di laboratorio su campioni rimaneggiati si ottiene per l'angolo di attrito un valore di  $30^\circ \div 35^\circ$ .

Per le caratteristiche di deformabilità in base alle SPT ed alle sismiche si ha:

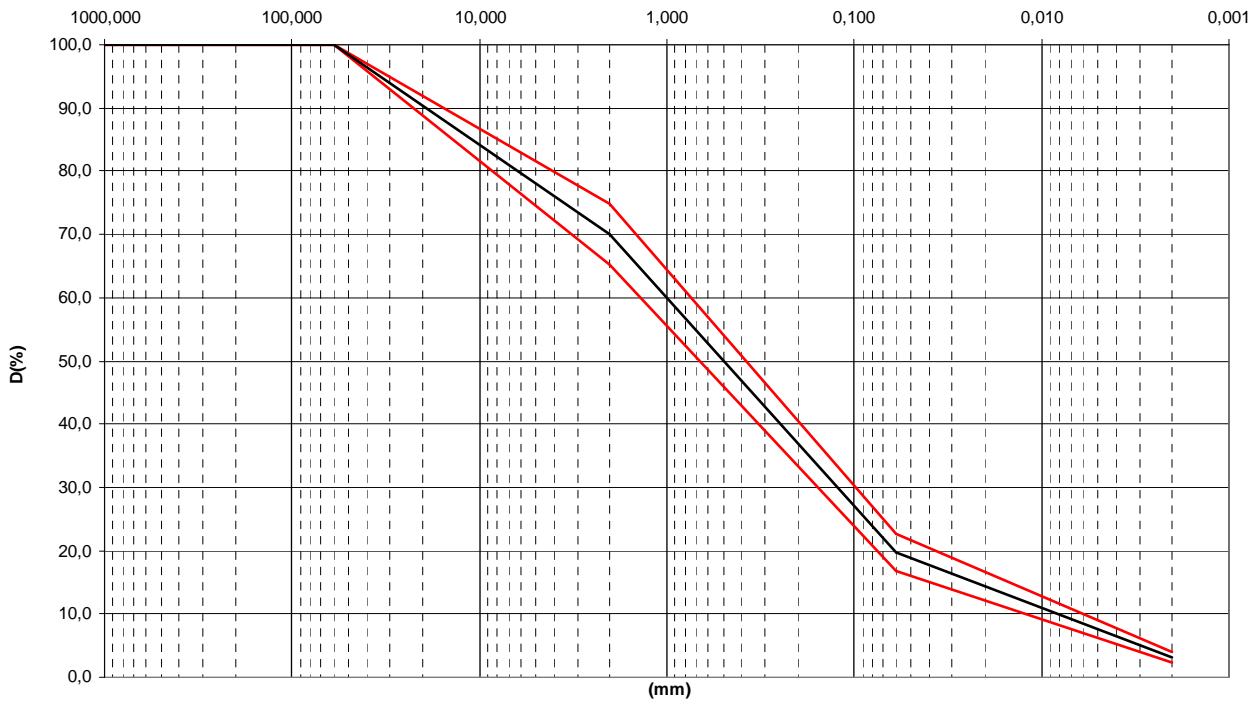
z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E'(MPa)
<b>0-15</b>	<b><math>37 z^{0.7}</math></b>	<b><math>90 z^{0.7}</math></b>	<b><math>(17-30) z^{0.7}</math></b>

con i valori di E pari rispettivamente a circa  $1/10 \div 1/5$  (medie e grandi deformazioni) ed  $1/3$  di quelli iniziali (piccole deformazioni).

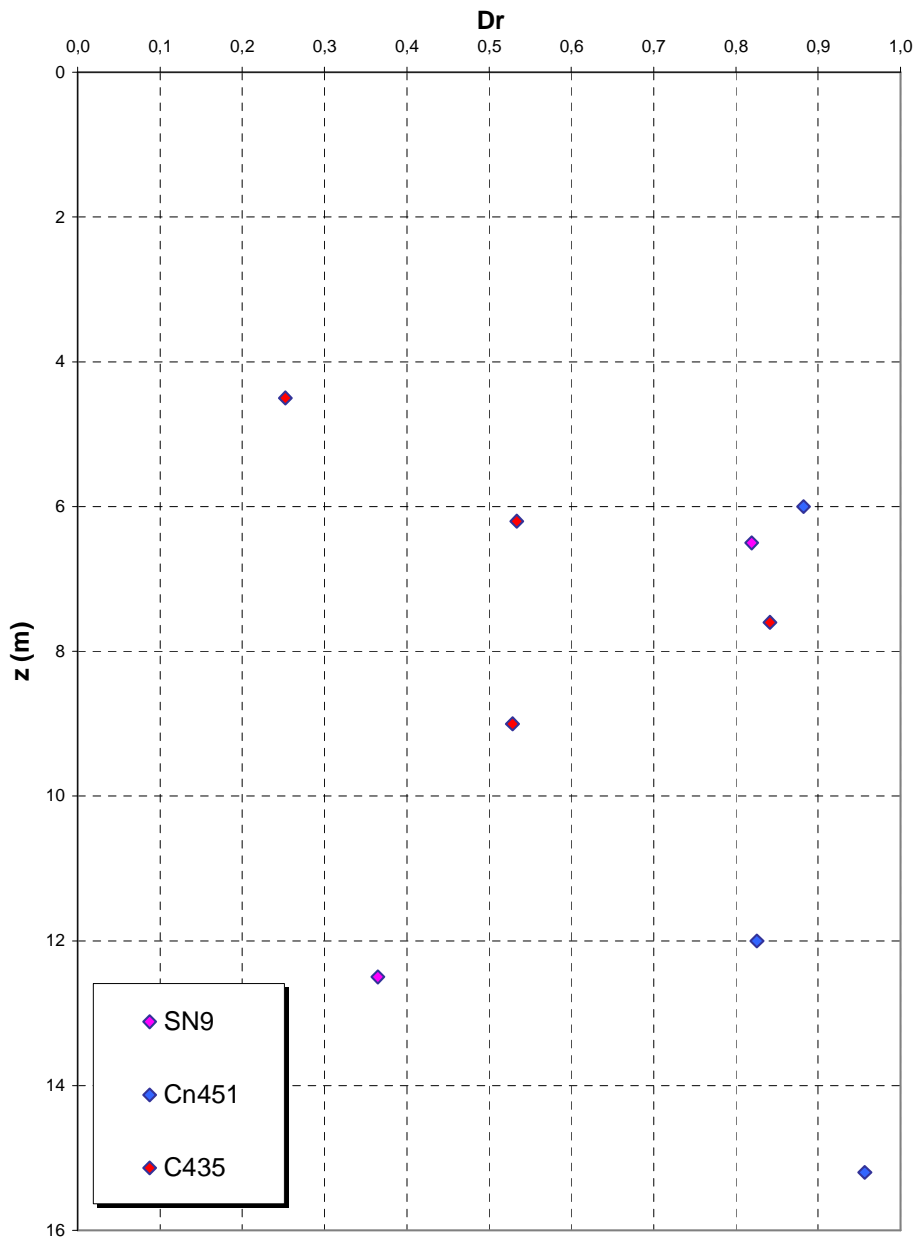
La prova pressiometrica (SN9) ha fornito un valore medio (primo carico) di circa 130MPa a circa 18m di profondità.



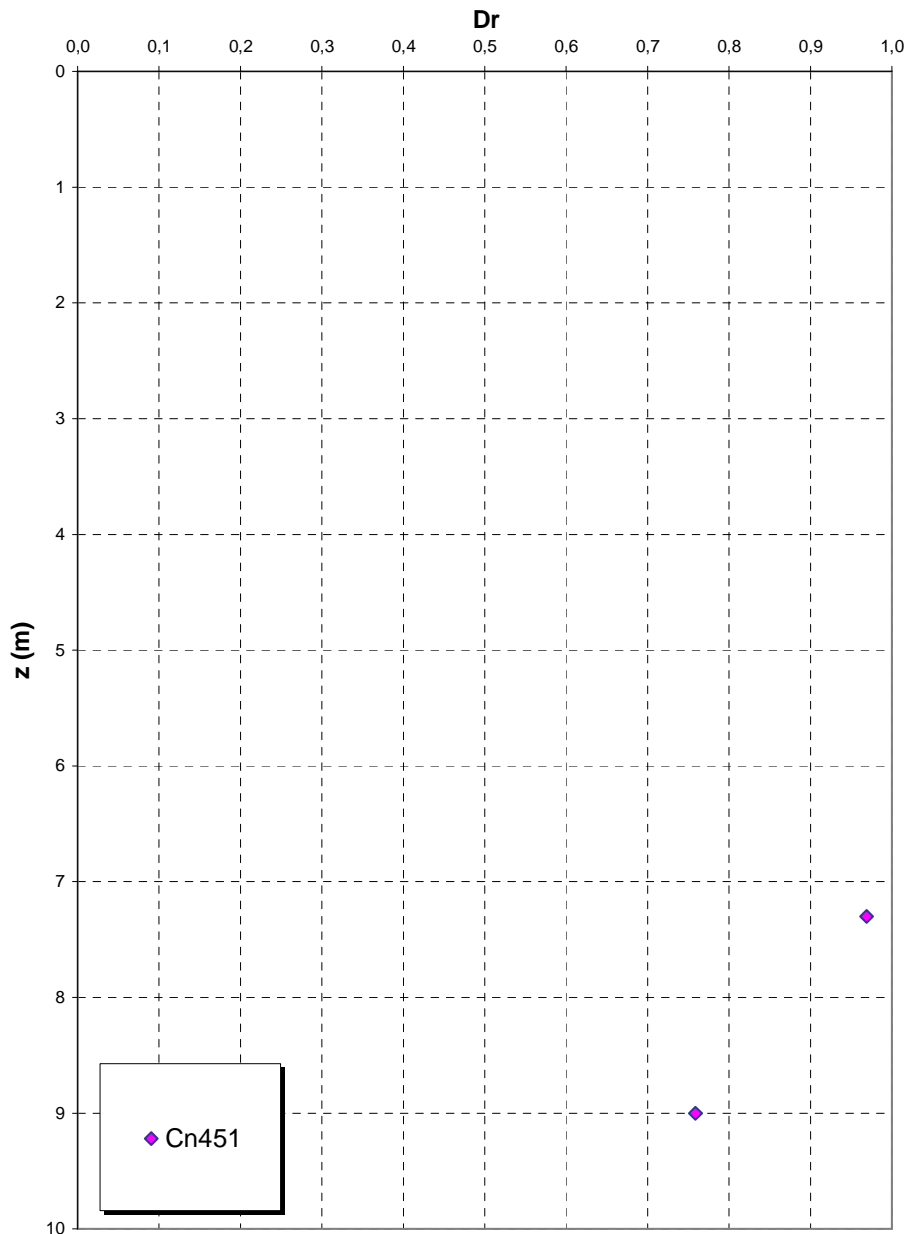
**Depositi terrazzati marini**



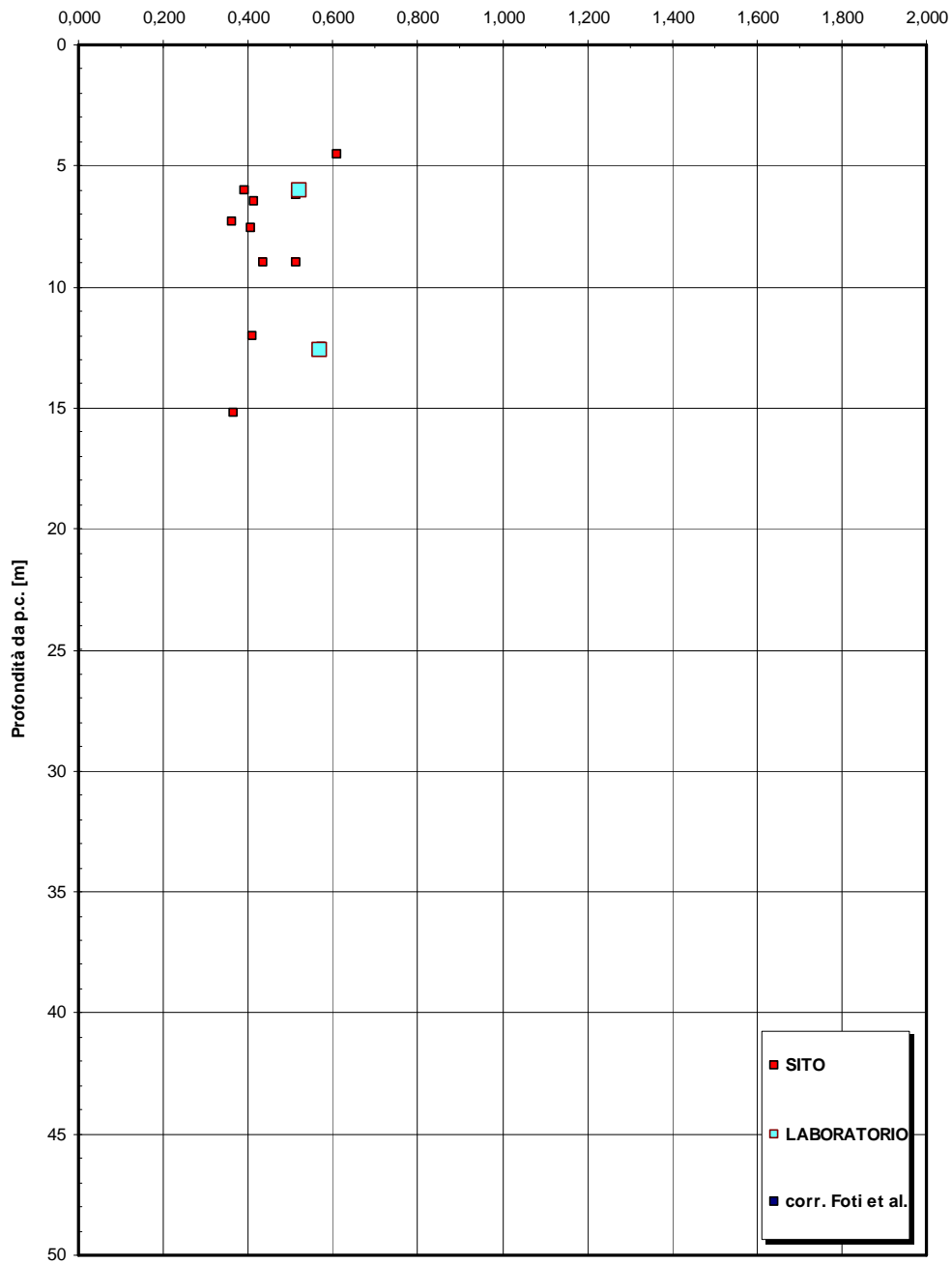
**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa C\_dec -**



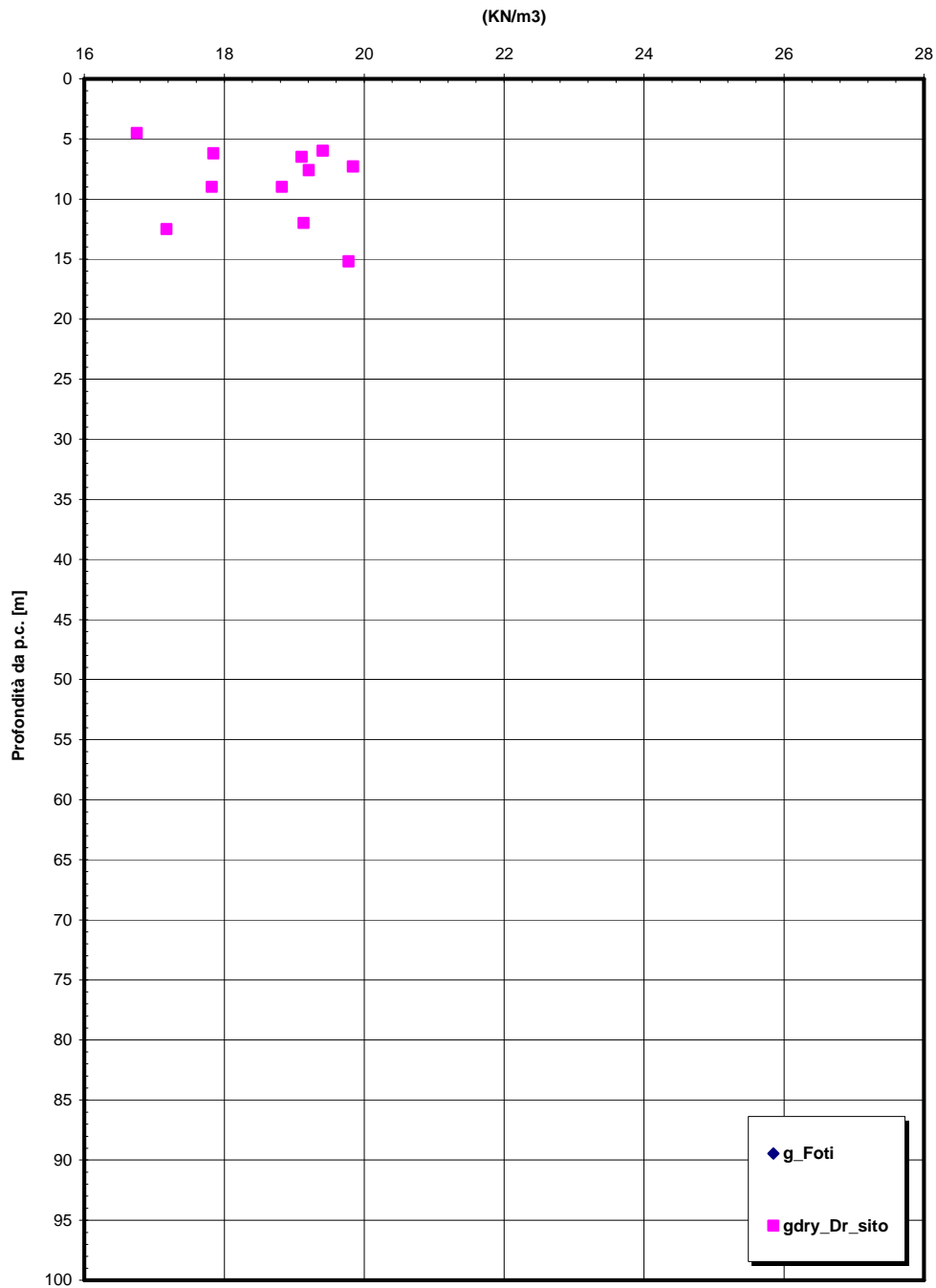
**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)  
Componente ghiaiosa e sabbiosa  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa C\_dec-**



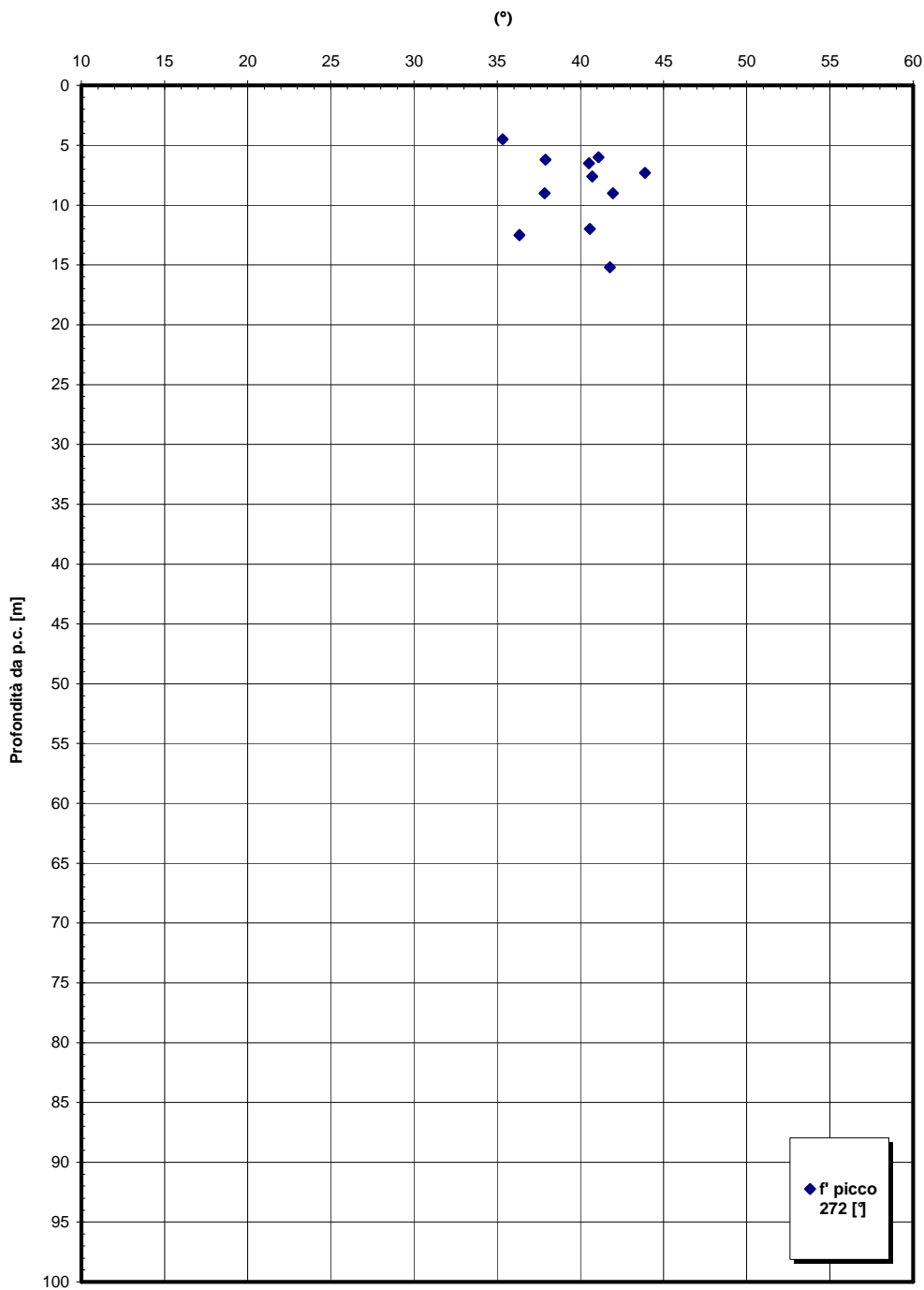
**eo – Ramo C\_dec**



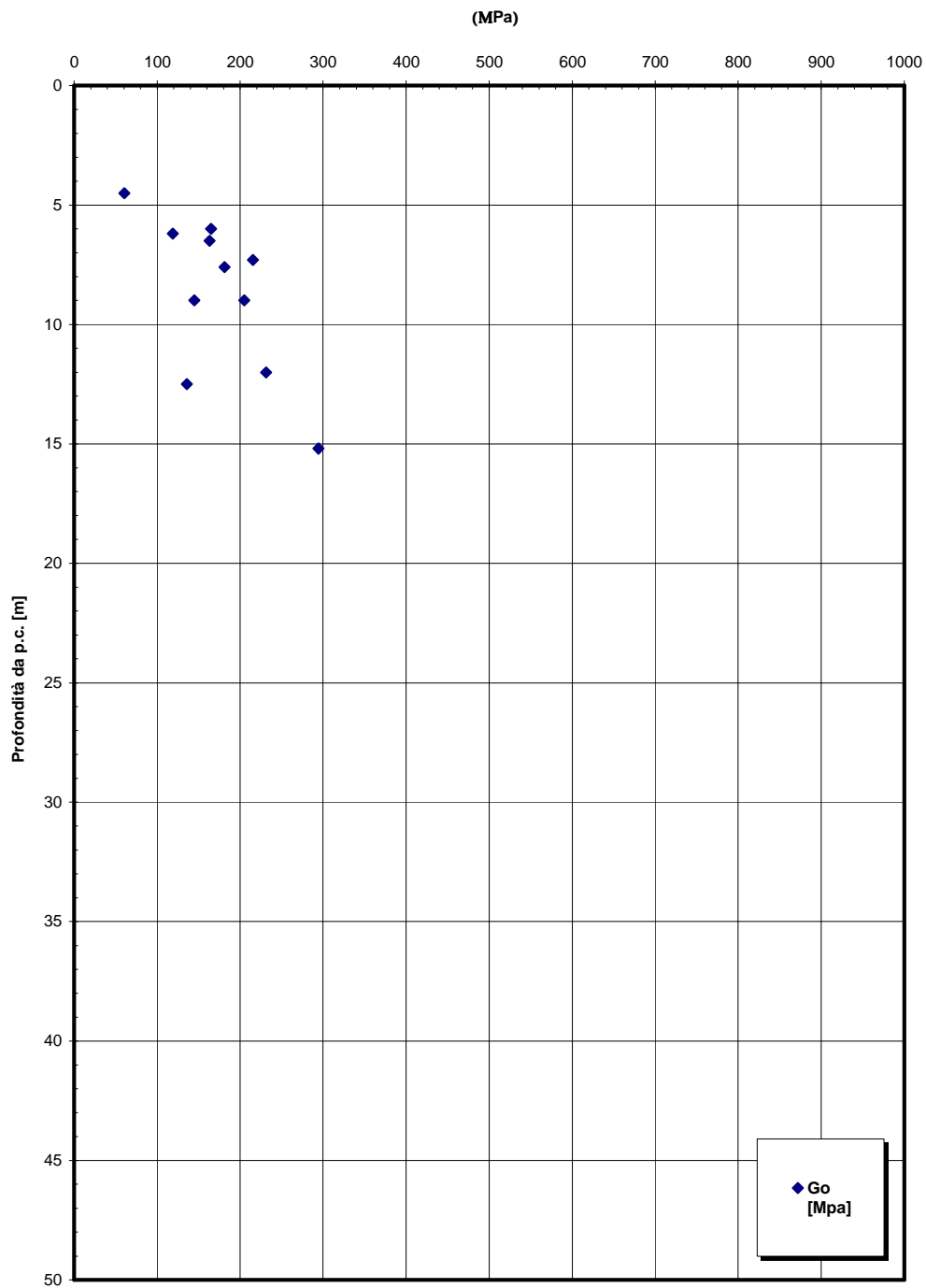
**$\gamma$  - Ramo c\_dec**



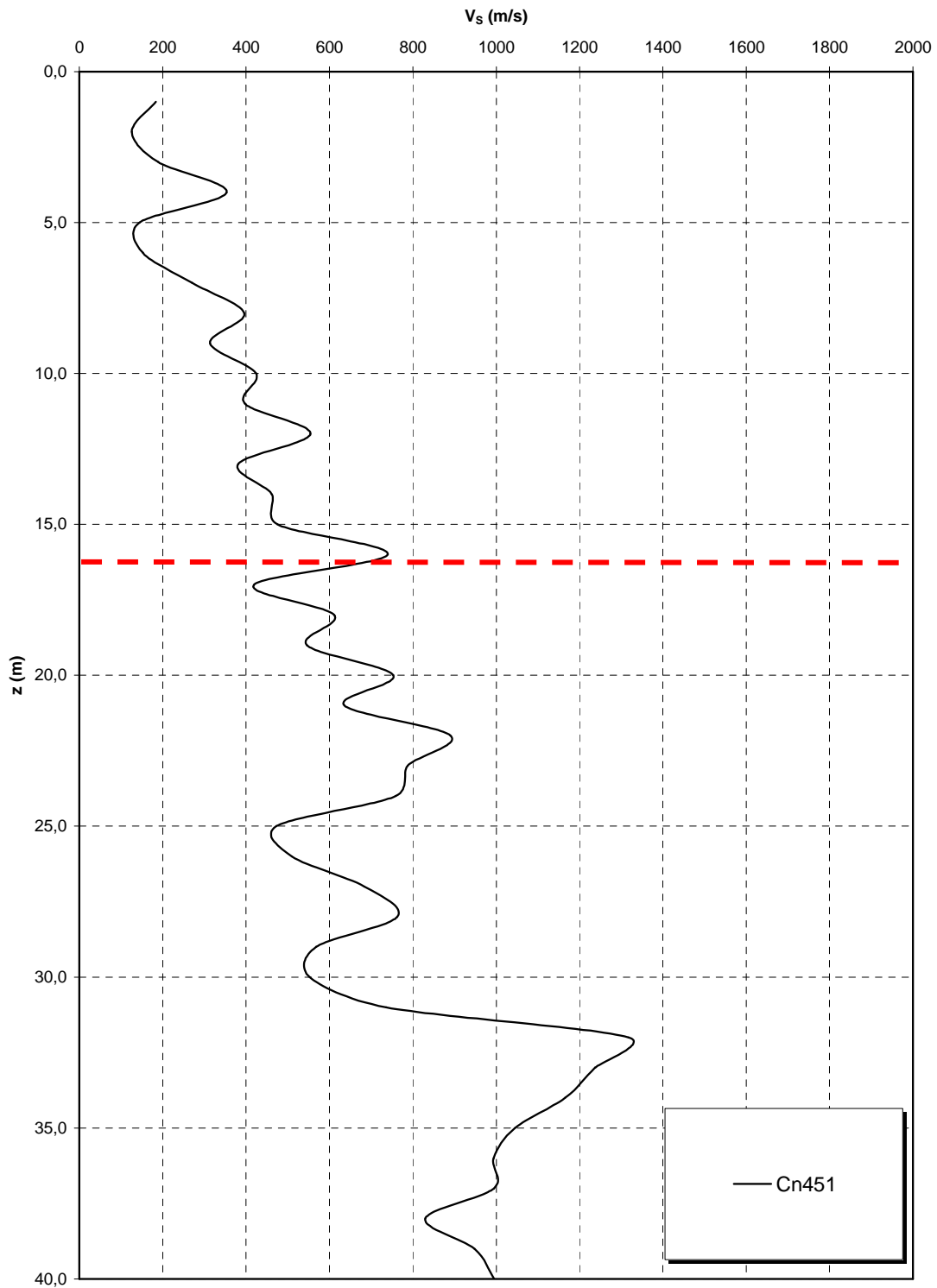
**$\phi'$  picco - Ramo C\_dec**



**Go spt - Ramo C\_dec**

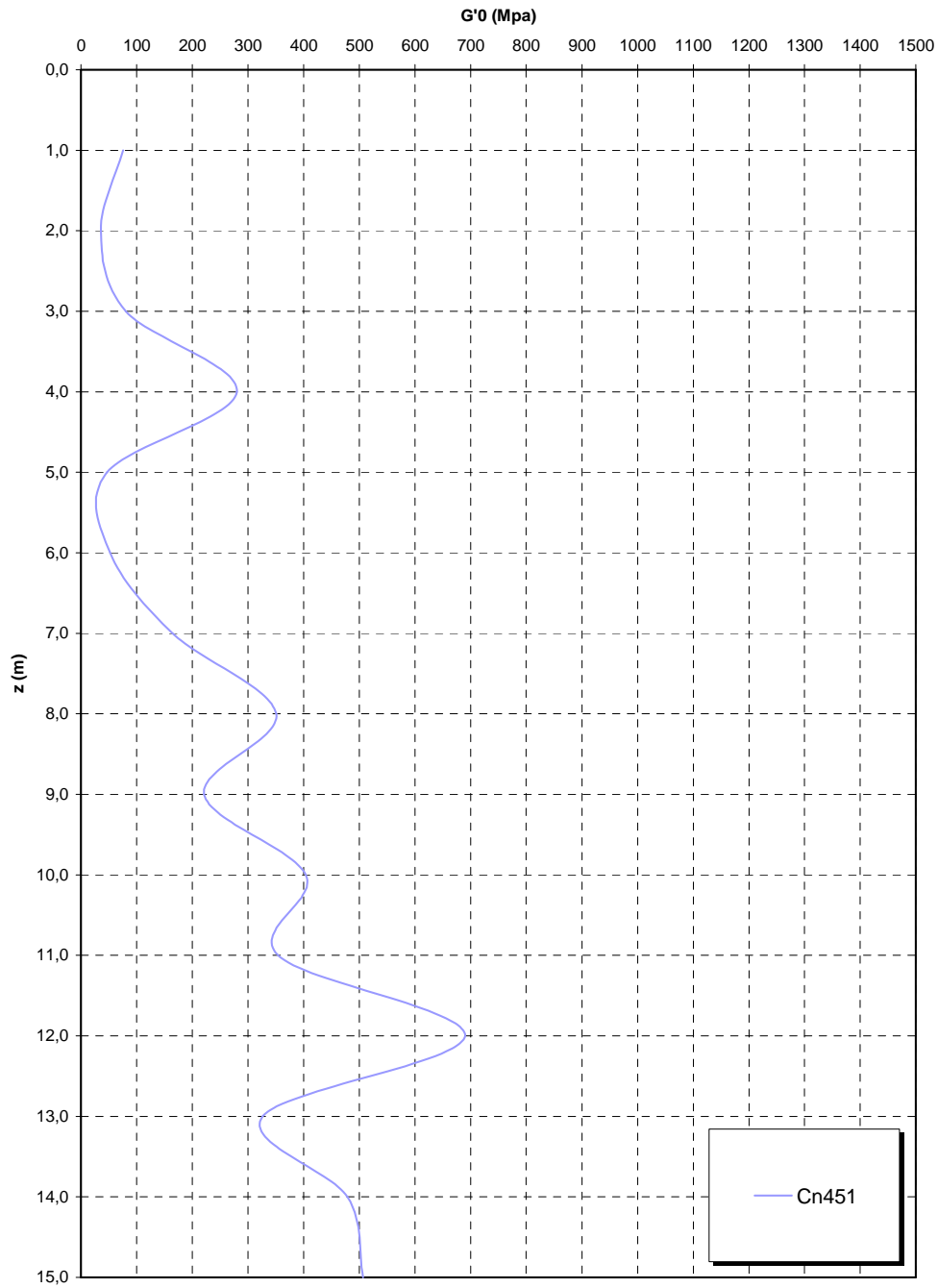


**Prove sismiche  
PLUTONITI**

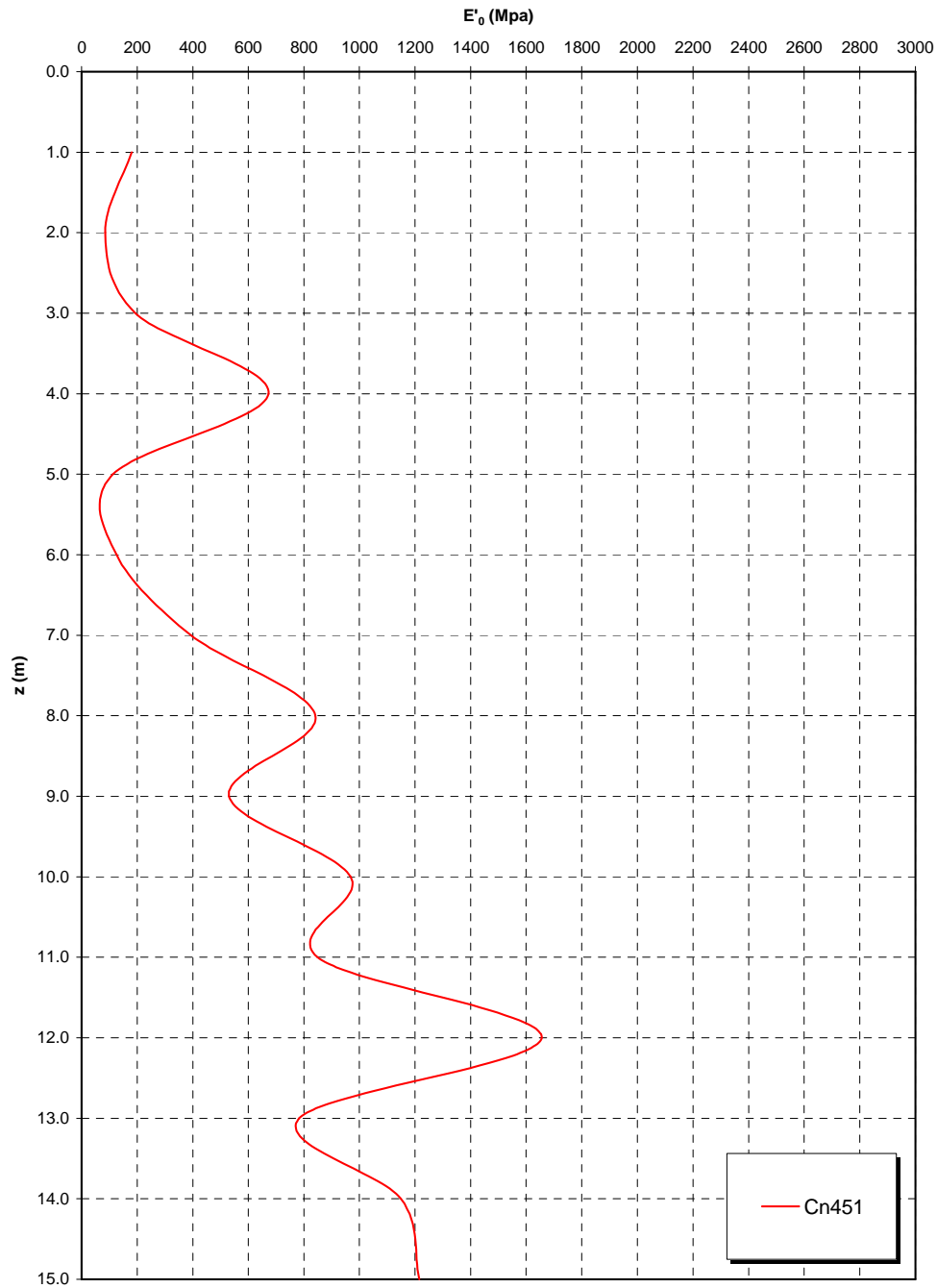




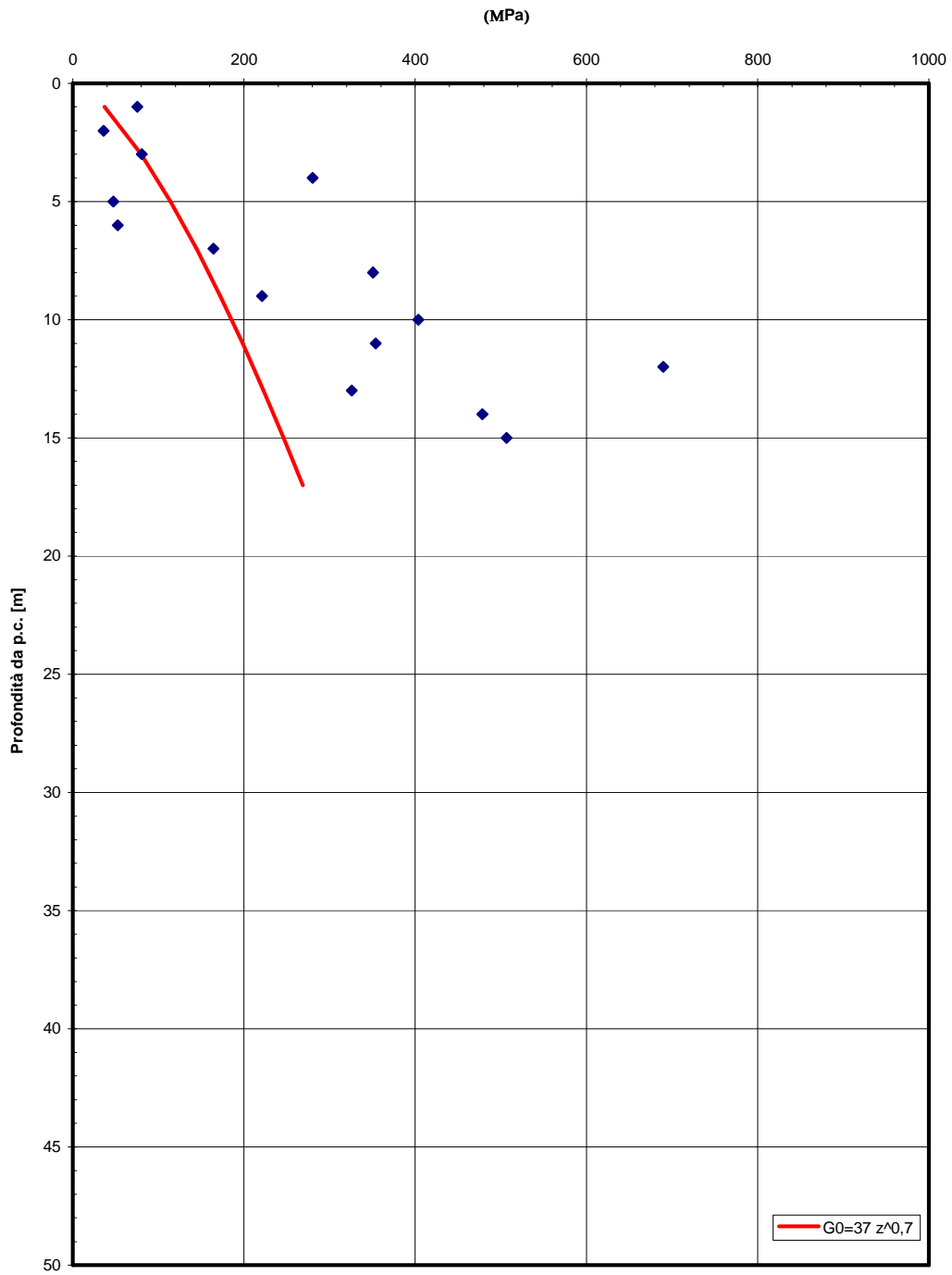
**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa C\_dec -**



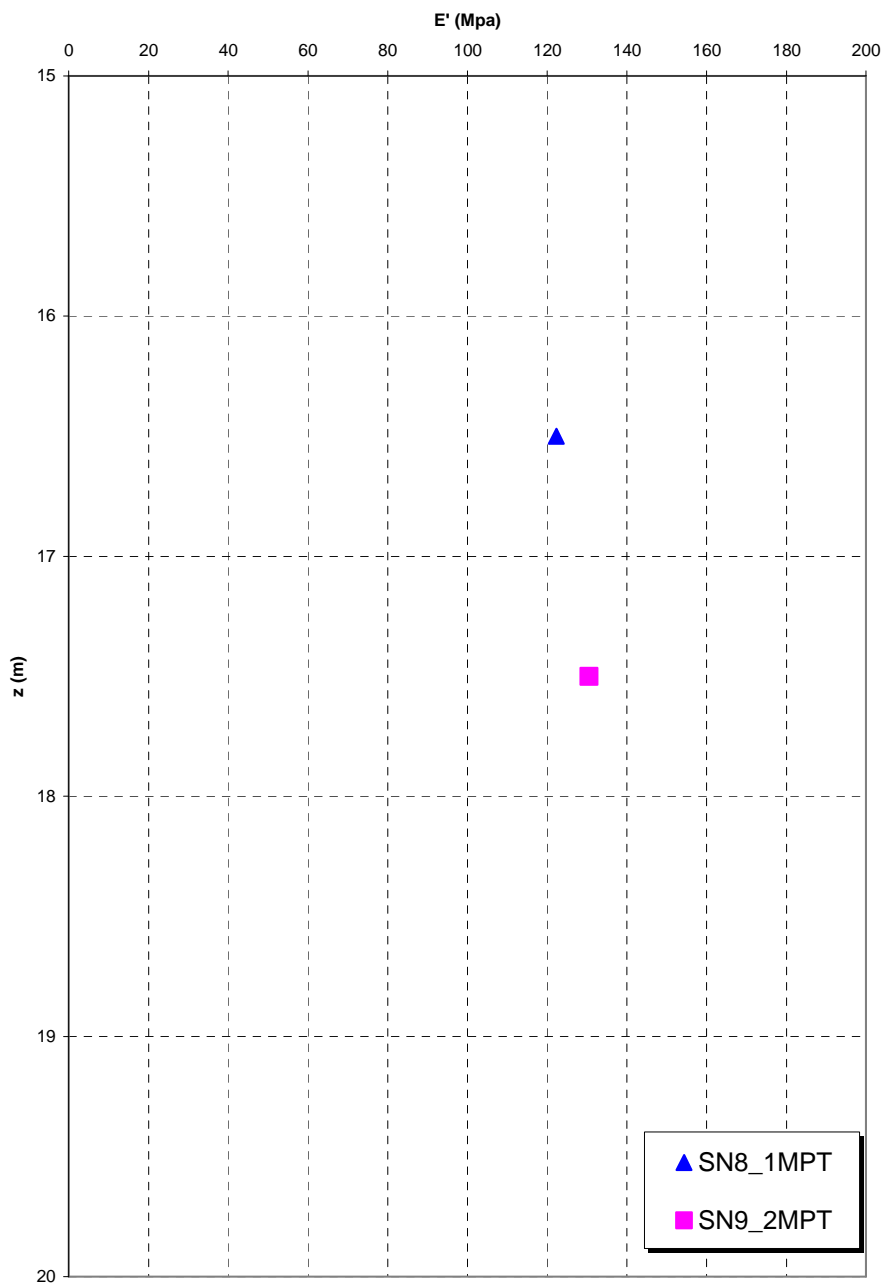
**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa C\_dec -**



**Go - Ramo C\_dec**



**Prove pressiometriche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Depositi di versante

Per le caratteristiche fisiche l'andamento del fuso conferma che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 12%), sia di materiali intermedi (sabbie 60%). Il contenuto di fino è mediamente del 22%.

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.25mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 0.4 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.005 mm

Il peso di volume dei grani  $\gamma_s$  è risultato pari a circa 26 kN/m<sup>3</sup>;

Per lo stato iniziale dalle elaborazioni risulta che:

- **Dr**: la densità relativa media della sola componente sabbiosa è del 40-70%. I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con un fattore  $C_{sg}=0.95$ .
- $\gamma_d$ : si può stimare un valore medio di  $\gamma_d$  pari a circa 19 -21 KN/m<sup>3</sup>

Per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di 38°, ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

$c_p' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 36^\circ-38^\circ$  =angolo di resistenza al taglio

Per i valori di stato critico, in assenza di prove specifiche, in base ai dati di letteratura si possono definire i seguenti valori operativi

$c_r' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi_r' = 33^\circ-35^\circ$  =angolo di resistenza al taglio

Per le caratteristiche di deformabilità dalle prove sismiche in foro si ottengono valori di  $V_s$  che mostrano una tendenza all'aumento con la profondità con valori che arrivano a 200 m/s fino a 10m di profondità.

Ai valori delle velocità di taglio  $V_s$  corrispondono moduli di taglio iniziali  $G_0$  che mostrano un andamento crescente con la profondità, da 80MPa a 160MPa a 10m di profondità.

Da prove SPT invece valori di  $G_0$  variano da 30 a 130MPa nei primi 10m.

Per  $G$  ed  $E_0$  una stima è data quindi da:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

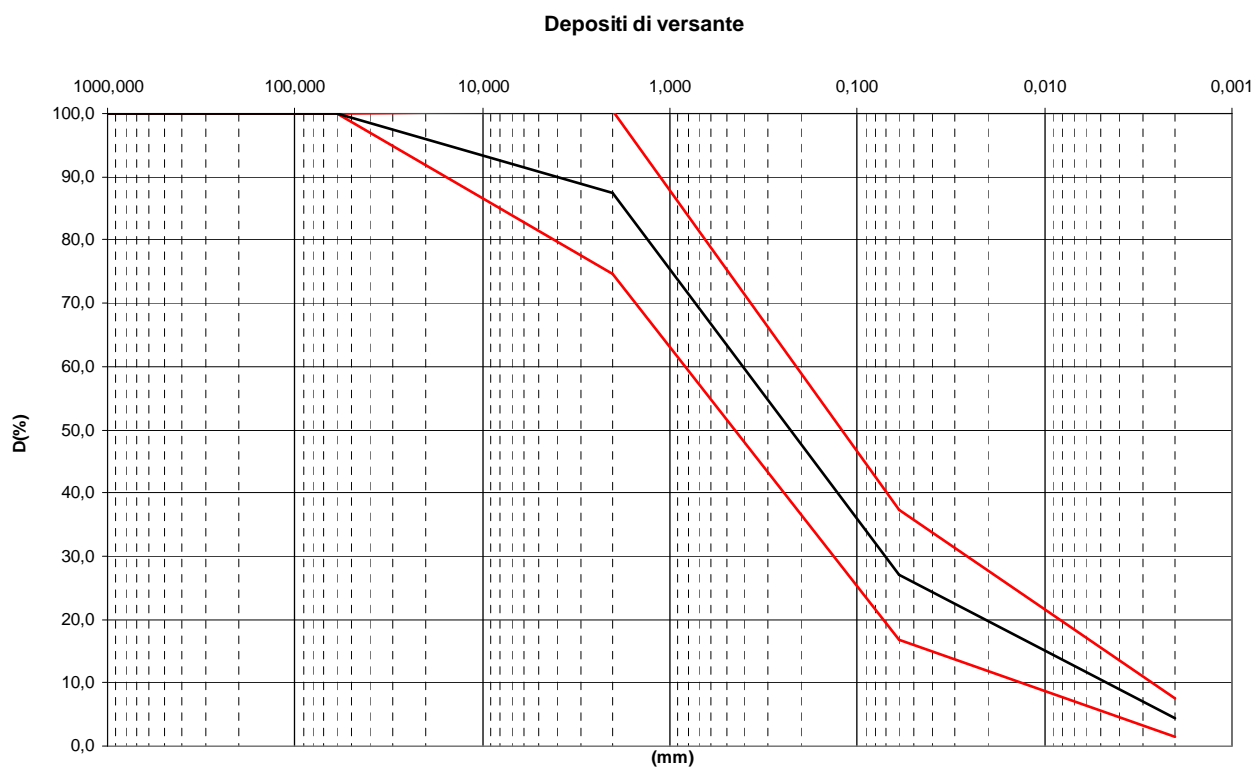
$$G_0 = 20 \cdot (z)^{0,85}$$

$$E_0 = 48 \cdot (z)^{0,85}$$

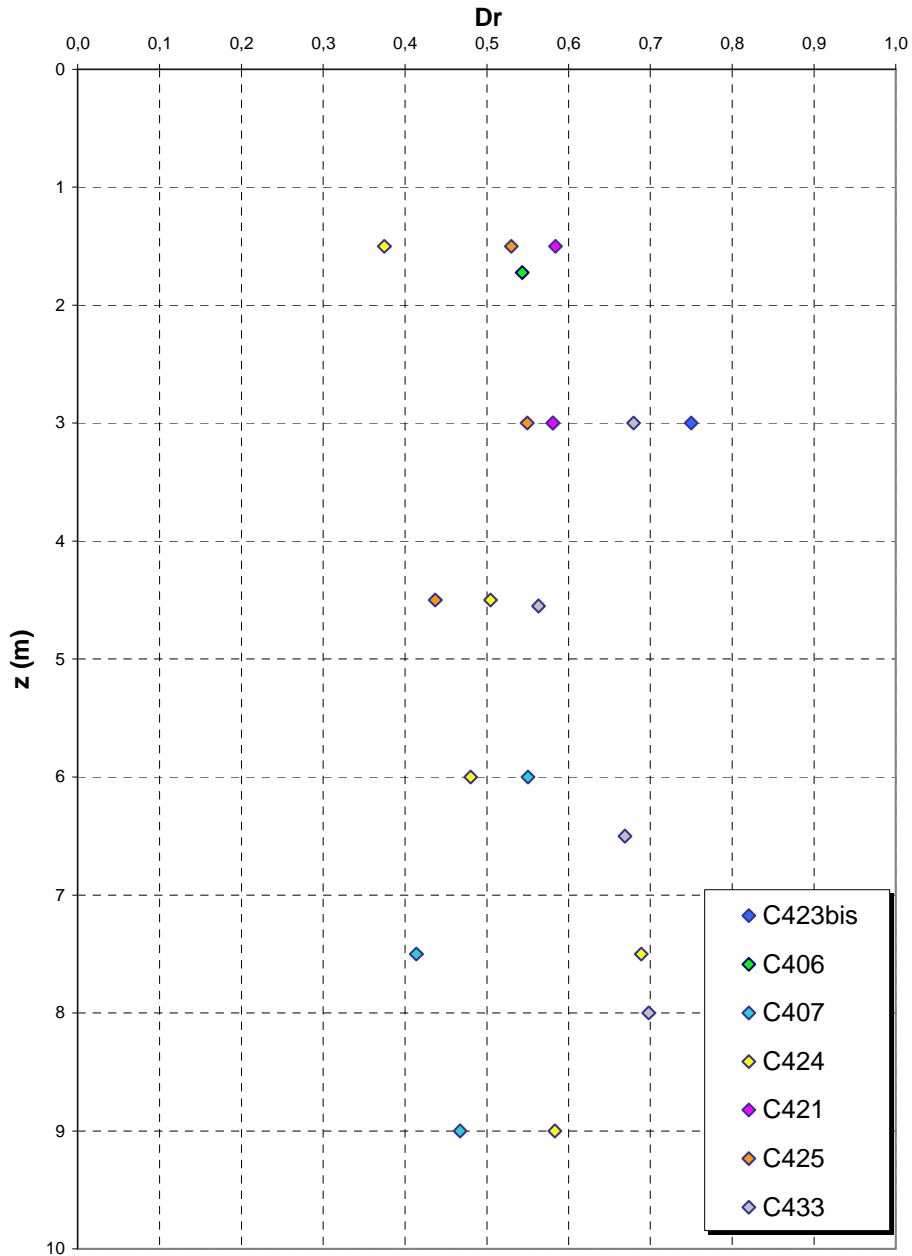
I moduli di Young “operativi” a medie deformazioni, valutati sulla base dei criteri descritti nei capitoli precedenti risulteranno pari a:

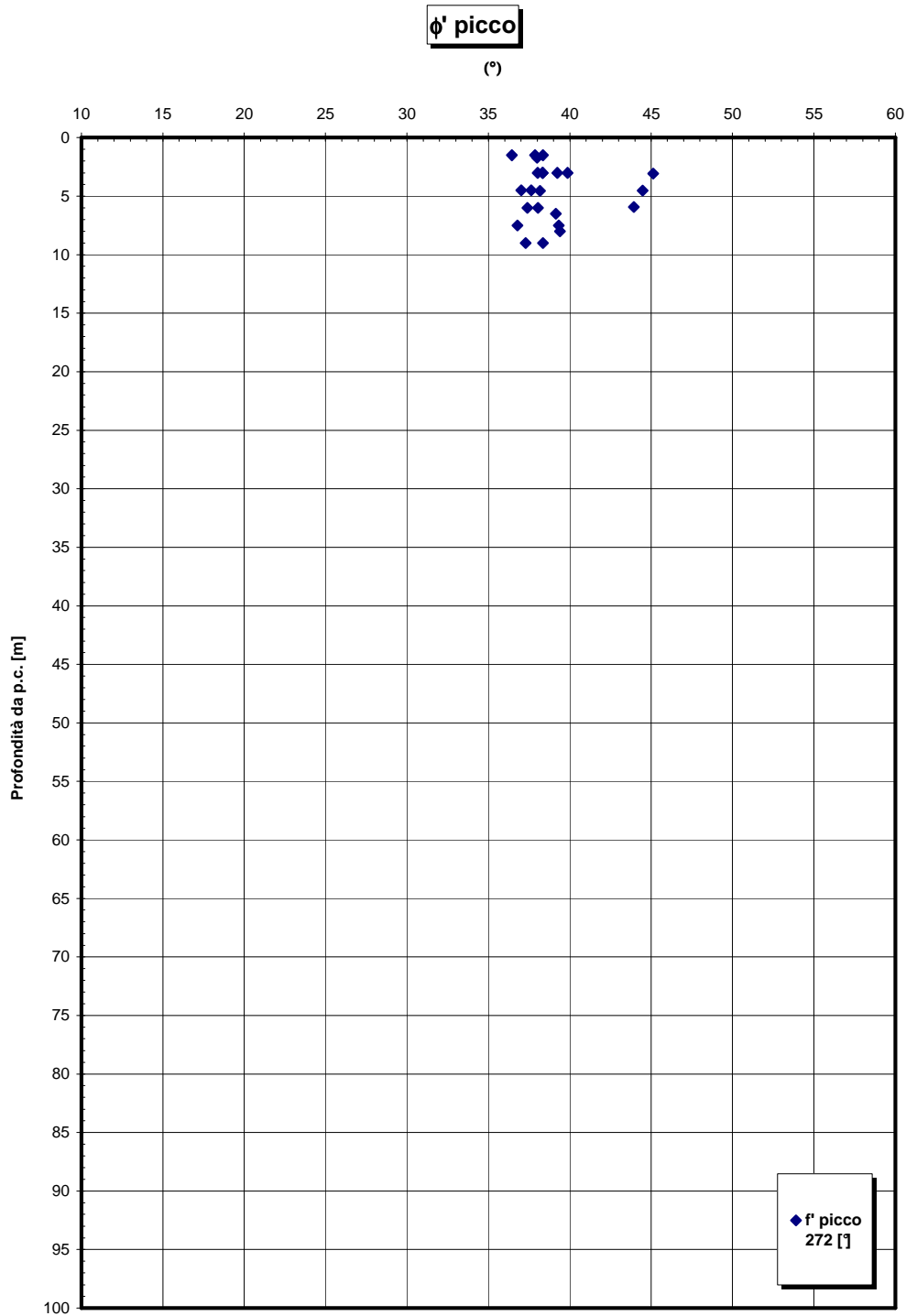
$$E = (6 \div 16) \cdot (z)^{0,85}$$

pari rispettivamente a circa 1/5÷1/10 ed 1/3 di quelli iniziali.

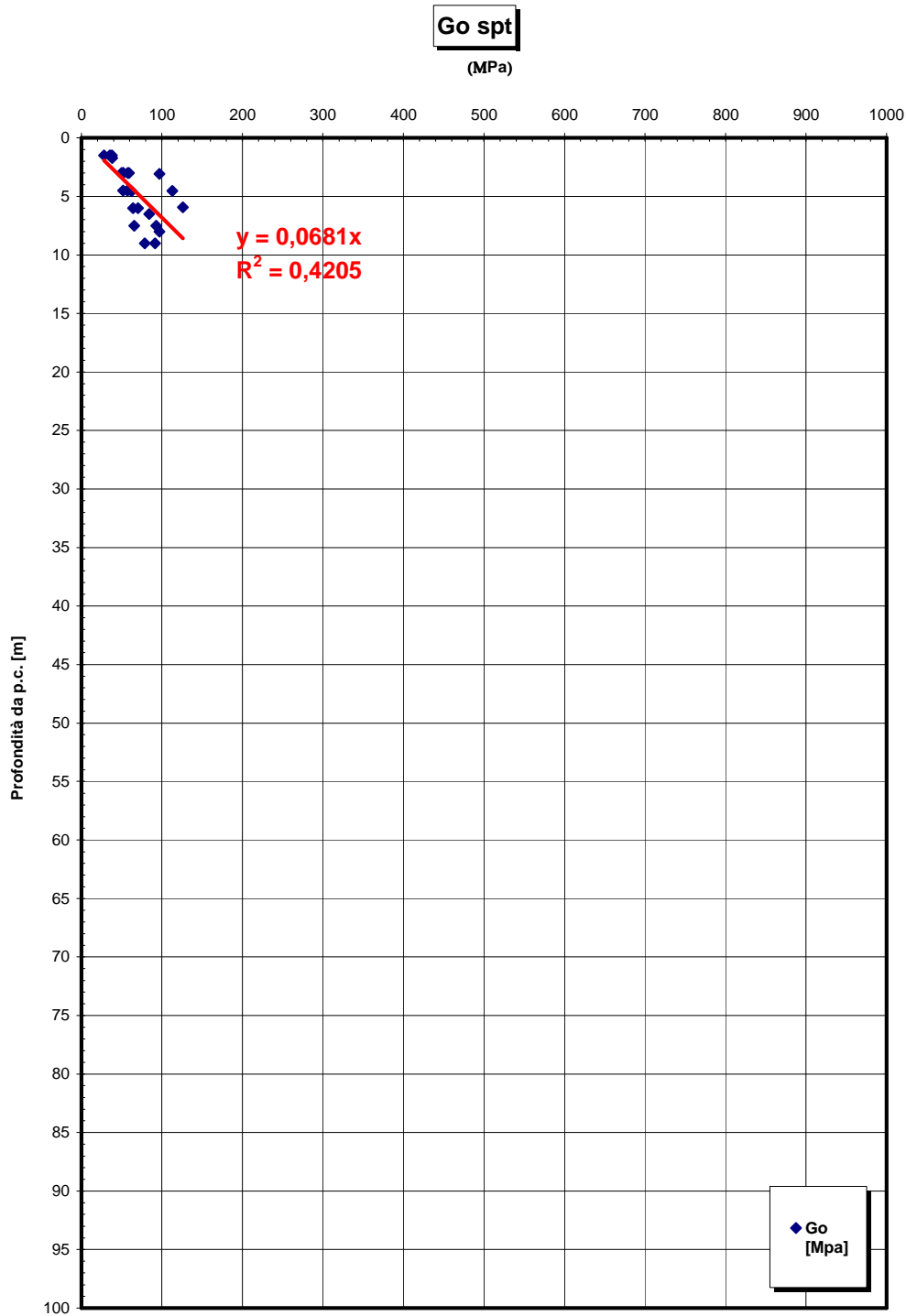


**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
DEPOSITI DI VERSANTE**

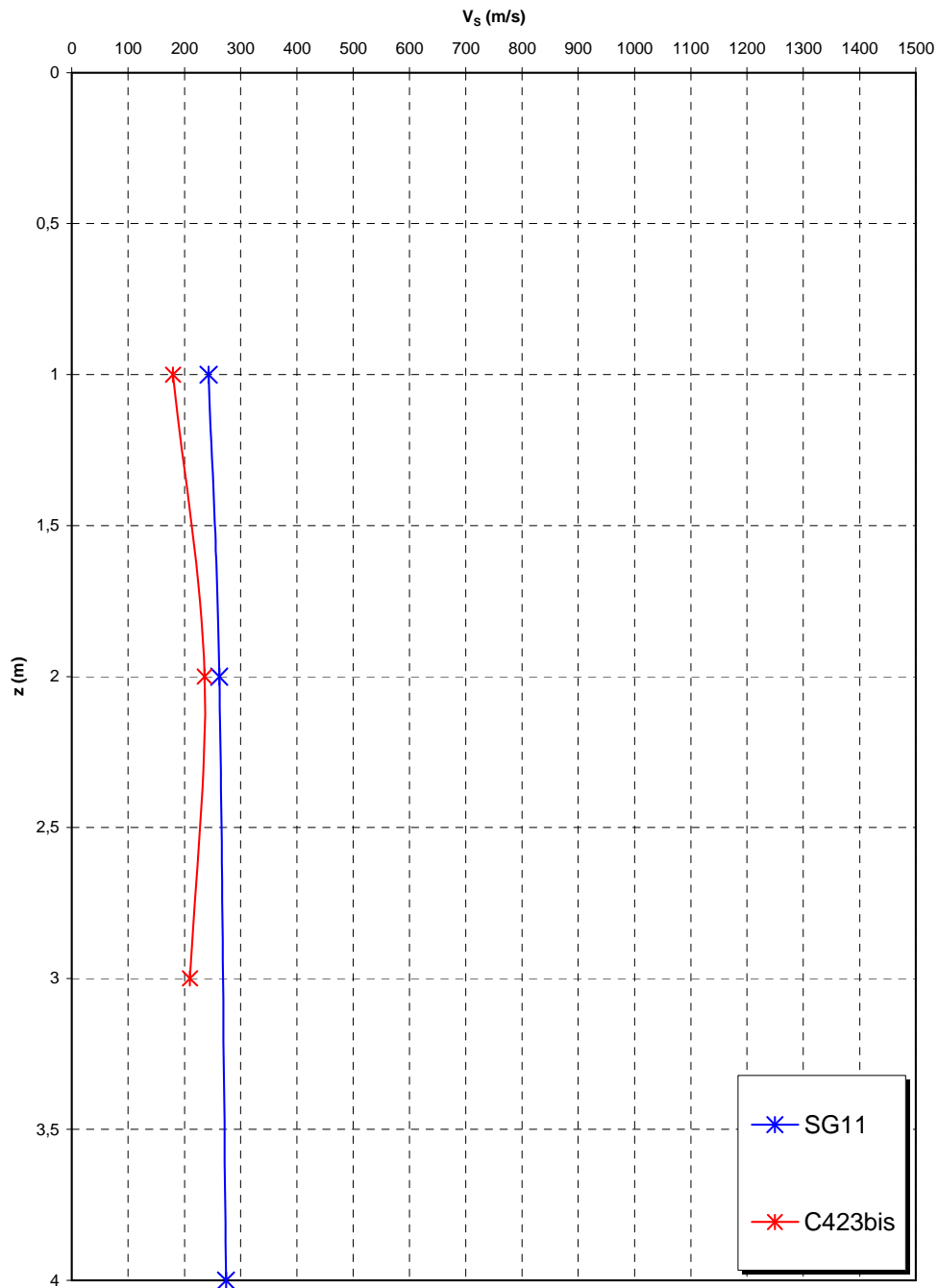


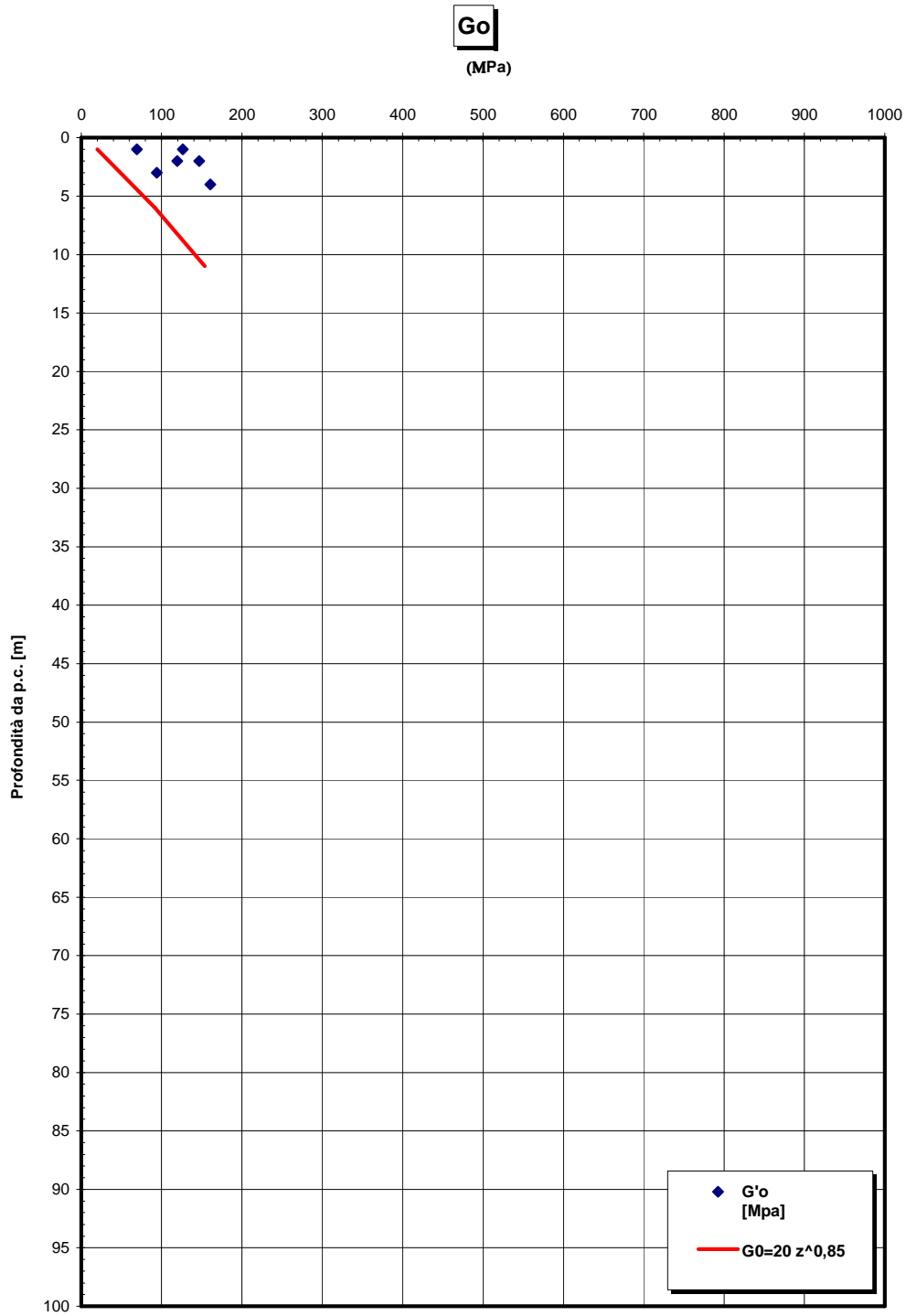




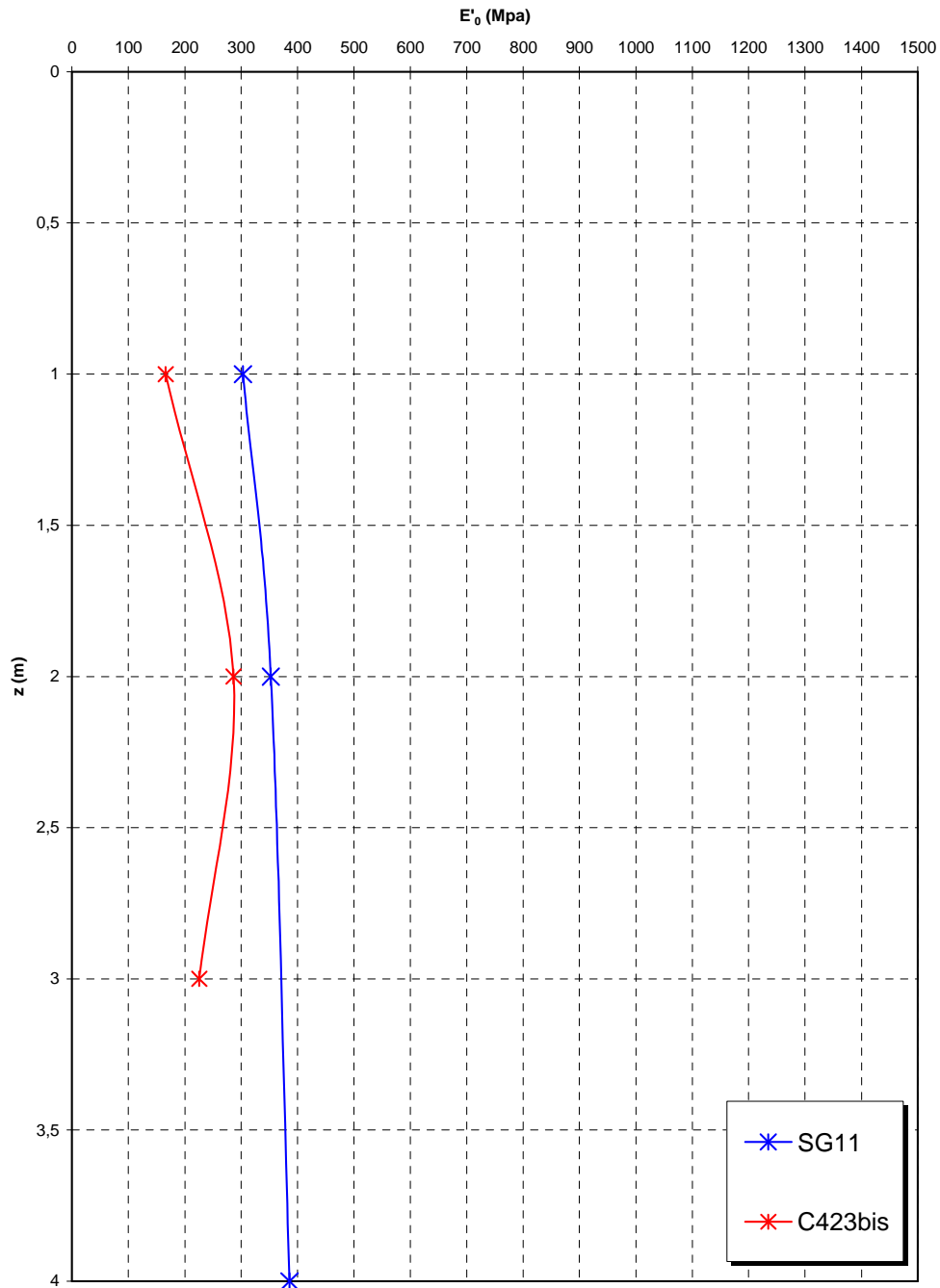


**Prove sismiche  
DEPOSITI DI VERSANTE**





**Prove sismiche  
DEPOSITI DI VERSANTE**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Plutoniti

Per le caratteristiche fisiche dalle prove di laboratorio emerge un peso di volume  $\gamma$  di volume totale pari a  $21 \text{ KN/m}^3$ .

Considerando il probabile disturbo dei campioni si assume un range pari a  $21\text{-}23 \text{ KN/m}^3$

Per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci il modello utilizzato per la determinazione dei parametri è un continuo equivalente.

L'interpretazione delle caratteristiche dell'ammasso parte dalla stima del parametro  $\text{RMR}_{89}$  che è stato valutato sulla base di 15 rilievi geostrutturali effettuati sugli affioramenti.

Il parametro GSI è quindi mediamente pari a 35-40.

Gli involuppi di rottura dell'ammasso roccioso sono stati determinati tenendo conto:

- del valore GSI di cui in precedenza;
- dei valori della resistenza alla compressione semplice  $\sigma_c$  determinata in laboratorio (30MPa) e del parametro  $m_i$  della roccia intatta pari a 33.

I risultati che si otterrebbero, per  $\text{GSI} = 40$  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)	$\sigma_n$ (Mpa)	Picco		Residuo	
		$c'$ (MPa)	$\varphi'$ (°)	$c'$ (MPa)	$\varphi'$ (°)
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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In contesti non caratterizzati da rotture pregresse o in atto e per analisi convenzionali in cui non venga simulato il decadimento della resistenza si potranno considerare come valori operativi quelli rappresentati dai valori medi tra quelli “undisturbed” e “disturbed” oppure cautelativamente prossimi a quelli “disturbed”.

In contesti caratterizzati da rotture pregresse o in atto e per analisi convenzionali potranno considerarsi come valori operativi quelli rappresentati dai valori “disturbed”.

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

copertura (m)	$\sigma_n$ (Mpa)	Picco		Residuo	
		c' (MPa)	$\phi'$ (°)	c' (MPa)	$\phi'$ (°)
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

Su campioni rimaneggiati e prelevati nei sondaggi SG11, SG11bis, SG13 e SG13bis nei primi 30m, e quindi nella parte più alterata dell'ammasso, sono state effettuate prove di taglio diretto che forniscono per i parametri di resistenza  $c=0-20\text{KPa}$  e  $\phi'=32-40^\circ$ .

Per le caratteristiche di deformabilità considerando la relazione di [Serafim & Pereira, 1983](#) si ottiene:

$E'=500 \div 700$  Mpa rispettivamente per  $D=1$  e  $D=0.5$  in ammassi di classe IV-V RMR (faglie)

$E'=1000 \div 1500$  Mpa rispettivamente per  $D=1$  e  $D=0.5$  in ammassi di classe III-IV RMR

In base alle prove sismiche in foro (SG11, SG11bis, CN451) si ottiene un range di valori, tra 5m e 40m di profondità di  $E_0$  molto variabile mediamente pari a 1000 fino a 10m e a 2000 MPa tra 10m

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	Codice documento CS0427_F0	Rev F0

e 35m di profondità.

Dopo tale profondità la sismica Cn451 fornisce valori crescenti con  $E_0 > 4000$  MPa.

Il modulo statico  $E'$  risulta pari a  $E' = 500 \div 700$  Mpa pari rispettivamente a circa  $1/5 \div 1/3$  di quello iniziale.

Le prove pressiometriche forniscono un range di valori, tra 15m e 35m di profondità di  $E'$  pari a 150-250MPa, mentre le prove dilatometriche un valore che si aggira intorno a 250-500MPa ( $1/5-1/10E_0$ ).

Si ritiene quindi ragionevole assumere tale range di valori operativi:

$E' = 250 \div 500$  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

#### Riepilogo caratteristiche fisiche plutoniti

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )
SG11	C1/riman	Rampa C 1+200-3+300	10.00	20.23	18.83
SG11	C2/ind	Rampa C 1+200-3+300	23.00	21.82	20.83
SG11	C3/ind	Rampa C 1+200-3+300	27.00	20.20	20.63
Cn451	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	31.60		26.67
Cn451	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	34.60		26.87
Cn451	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	37.35		26.74
C421quater	SL01	ferrovia	83.90		27.13
C421quater	CR1	ferrovia	60.50		27.26
C421quater	CR2	ferrovia	68.20		27.11
C421quater	CR3	ferrovia	85.00		27.02
C421quater	CR4	ferrovia	93.30		26.83
C433	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	35.60		26.70
C433	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	37.40		26.68

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	$\phi'$ [°]
SG11	C1/riman	10.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	16.3	41
SG11	C2/ind	23.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	11.6	33
SG11	C3/ind	27.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	18.3	34
SG11bis	C1	4.1	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	21	34
SG11bis	C2	8.4	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	9	36
SG11bis	C3	11.5	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	8	36
SG11bis	C4	16.2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	15	32
SG11bis	C5	22.9	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	0	35
SG11bis	C6	26.2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	11	39
SG13bis	C1	6.7	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	1	36
SG13bis	C2	13.2	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	5	39
SG13bis	C3	19.6	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	0	40
SG13bis	C4	40.7	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	32	45
SG13bis	C6	54.7	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	19	42

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA

Codice documento

CS0427\_F0

Rev

F0

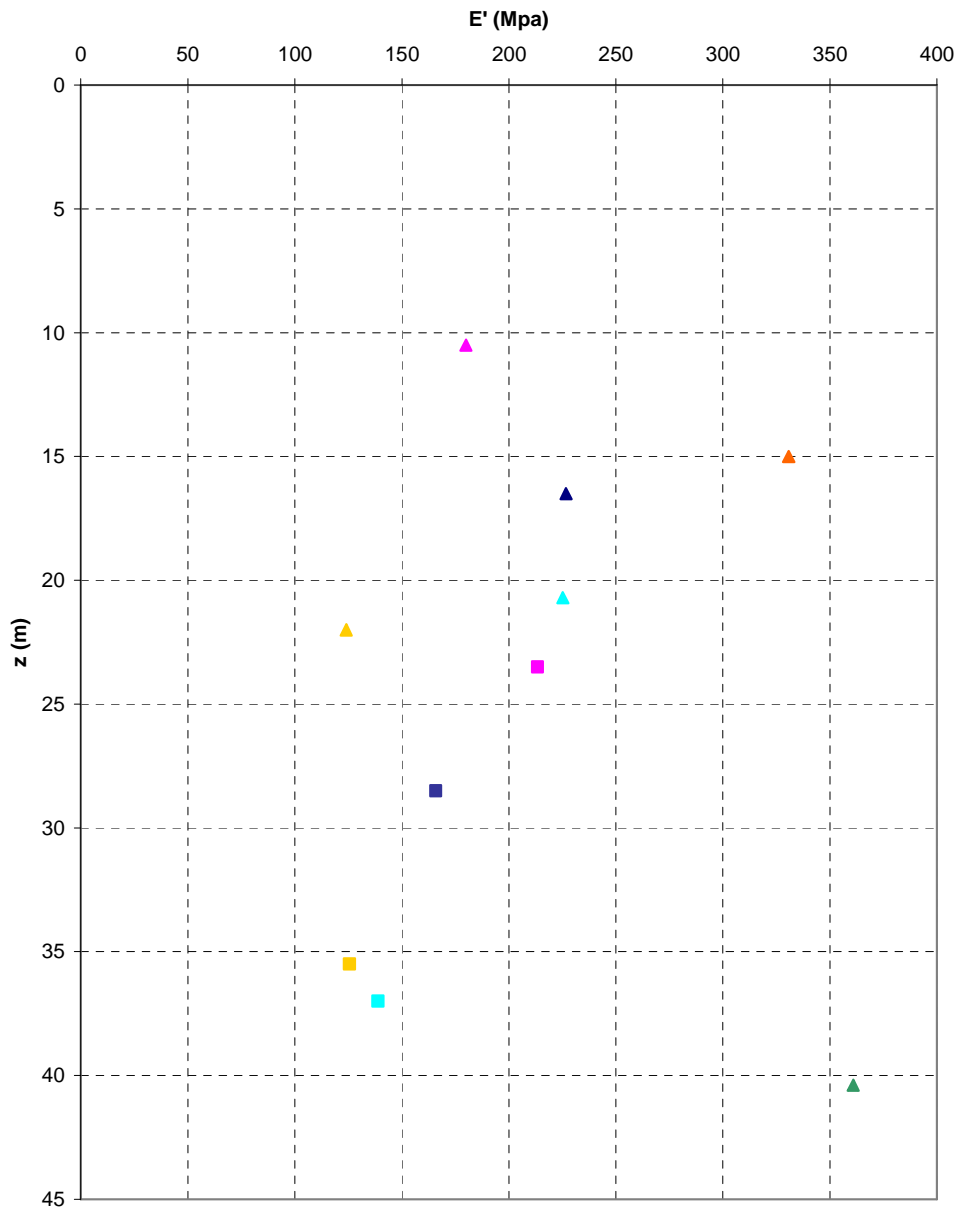
Data

20/06/2011

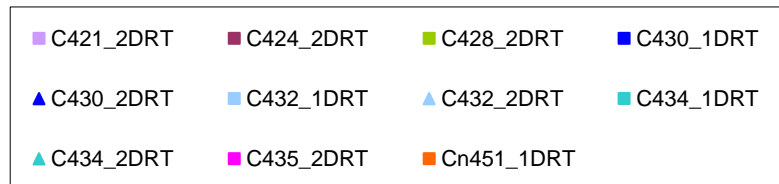
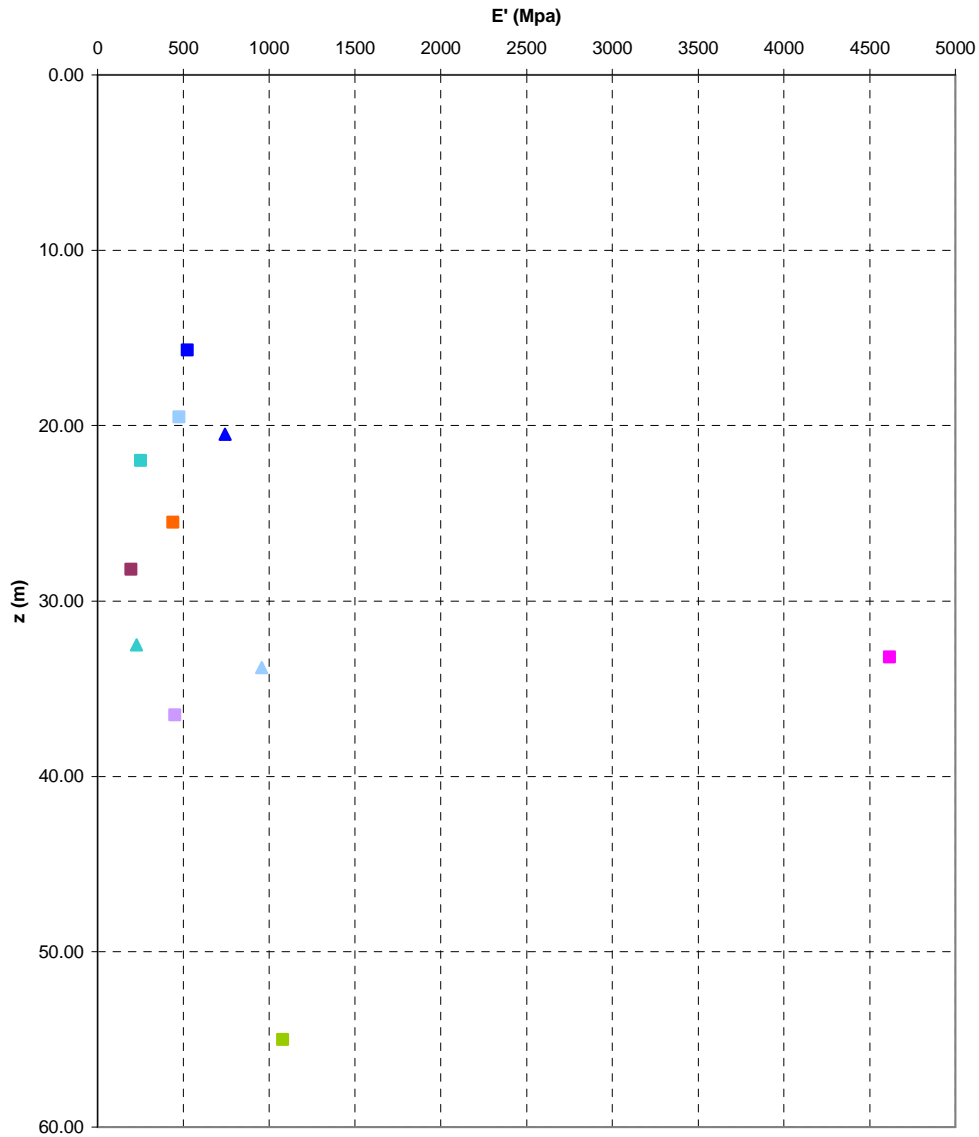
SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )
SG11bis	C1	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	4.1	19.91	18.0	25.80
SG11bis	C2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	8.4	18.85	15.2	25.90
SG11bis	C3	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	11.45	18.55	17.0	26.10
SG11bis	C4	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	16.15	20.01	17.3	26.10
SG11bis	C5	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	22.8	19.52	17.9	25.40
SG11bis	C6	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	26.15	20.01	17.6	26.70
SG13bis	C1	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6.65	19.81	17.1	26.70
SG13bis	C2	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	13.15	19.02	16.8	25.30
SG13bis	C3	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	19.60	18.8	17.3	26.30
SG13bis	C4	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	40.65	20.40	18.7	25.50
SG13bis	C6	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	54.65	20.97	17.9	25.80
Cn451	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	31.60			26.67
Cn451	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	34.60			26.87
Cn451	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	37.35			26.74
C421	CR3	Galleria Rampa A	31.8			26.50
C421	CR4	Galleria Rampa A	35.2			27.18
C421	CR5	Galleria Rampa A	38.80			27.21
C425	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	19.2			26.84
C425	SPT10	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	21			26.39
C425	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	22.5			26.84
C425	SPT11	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	24			26.58
C429	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	23.8			27.19
C429	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	28.9			26.92
C432	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	25.8			26.41
C432	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	18.8			27.21
C435	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	20.5			26.86
C435	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	25.7			26.83
C435	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	32.3			26.77
C435	CR4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	39.9			26.39
C427	CR03	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	23.4			26.79
C427	CR04	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	31.3			26.61
C427	CR05	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	38.5			26.13
C421	SL01	Galleria Rampa A	13.6			26.78
C421	SL02	Galleria Rampa A	22.9			27.06
C427	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	31.8			27.05
C428	CI1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	14.08			26.76
C428	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	17.42			26.45
C428	SPT7	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	21			27.13
C428	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	21.74			27.20
C428	CR03	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	24.4			27.75
C428	CR4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	33.9			26.92
C428	CR6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	38.55			26.66
C434	SPT8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	15			26.37
C434	SPT9	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	18			26.54



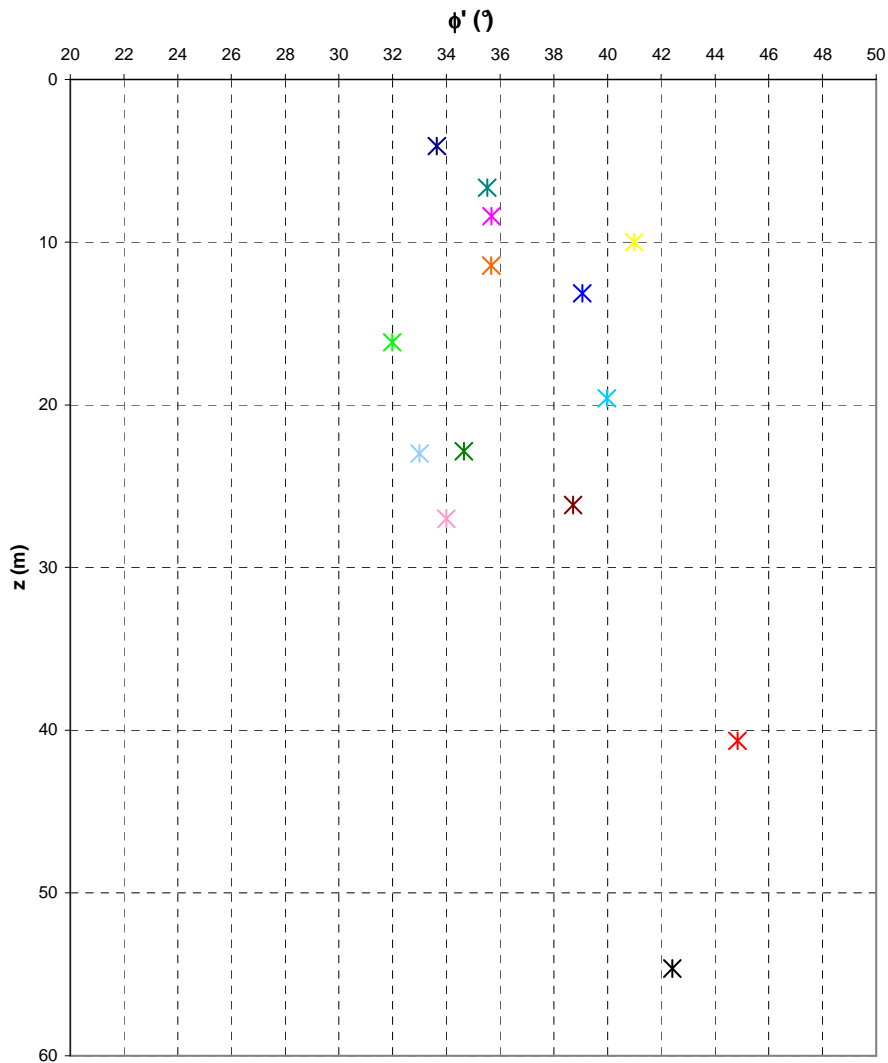
**Prove pressiometriche  
PLUTONITI**



**Prove dilatometriche  
PLUTONITI**

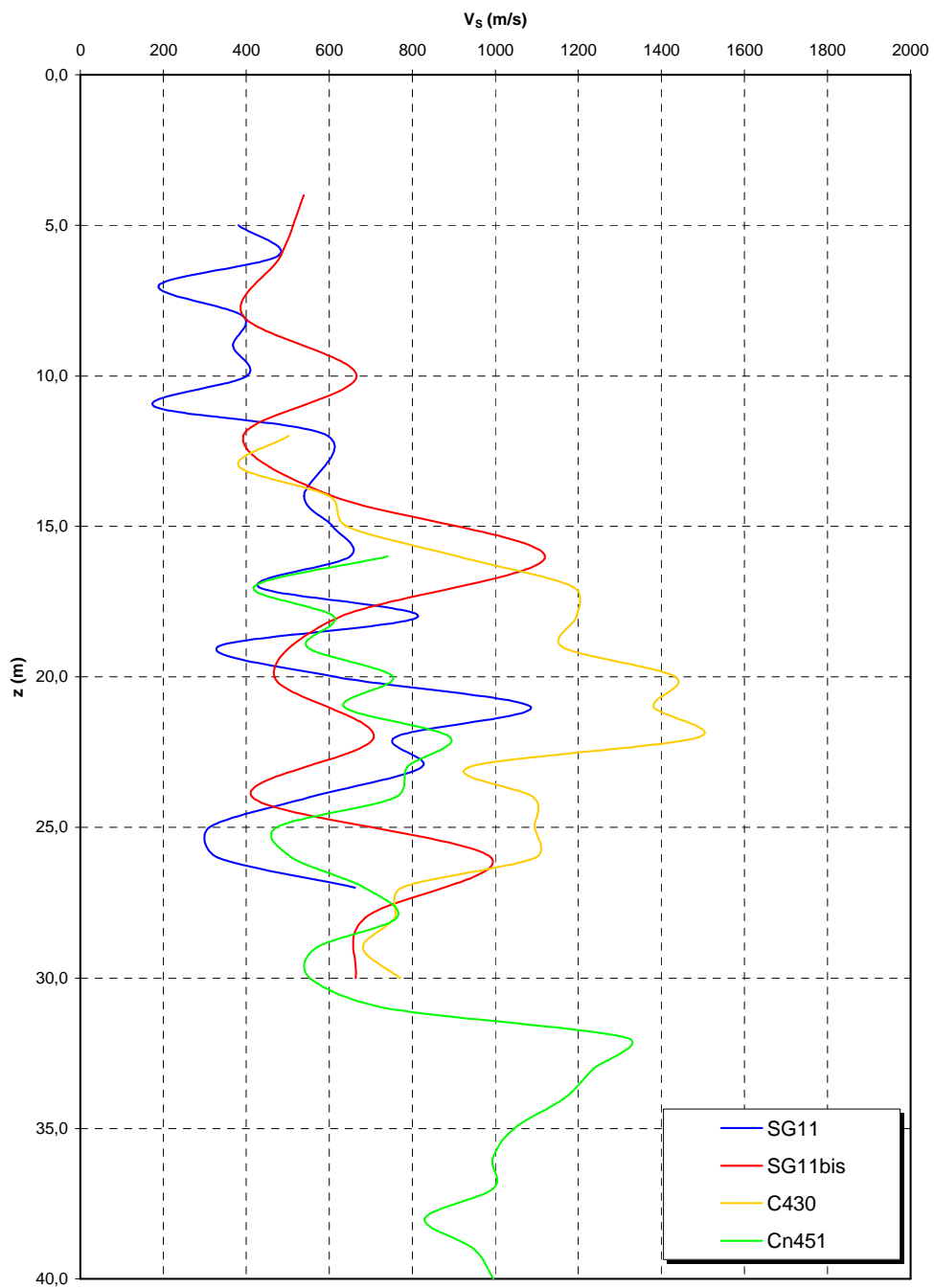


**Angolo di attrito  
PLUTONITI**

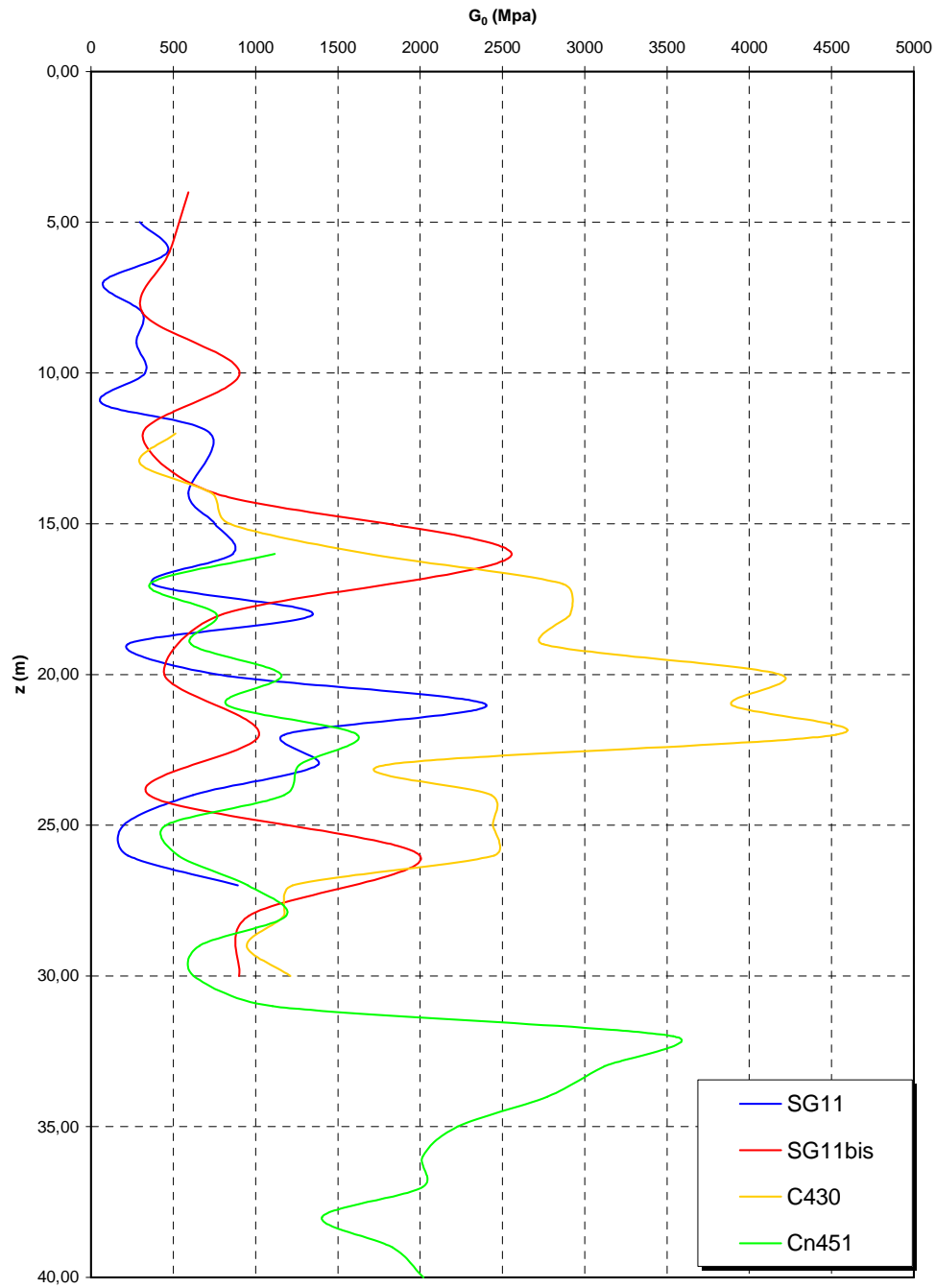


- ✕ SG11bis\_C1\_TD   ✕ SG11bis\_C2\_TD   ✕ SG11bis\_C3\_TD   ✕ SG11bis\_C4\_TD
- ✕ SG11bis\_C5\_TD   ✕ SG11bis\_C6\_TD   ✕ SG13bis\_C1\_TD   ✕ SG13bis\_C2\_TD
- ✕ SG13bis\_C3\_TD   ✕ SG13bis\_C4\_TD   ✕ SG13bis\_C6\_TD   ✕ SG11\_C1\_TD
- ✕ SG11\_C2\_TD   ✕ SG11\_C3\_TD

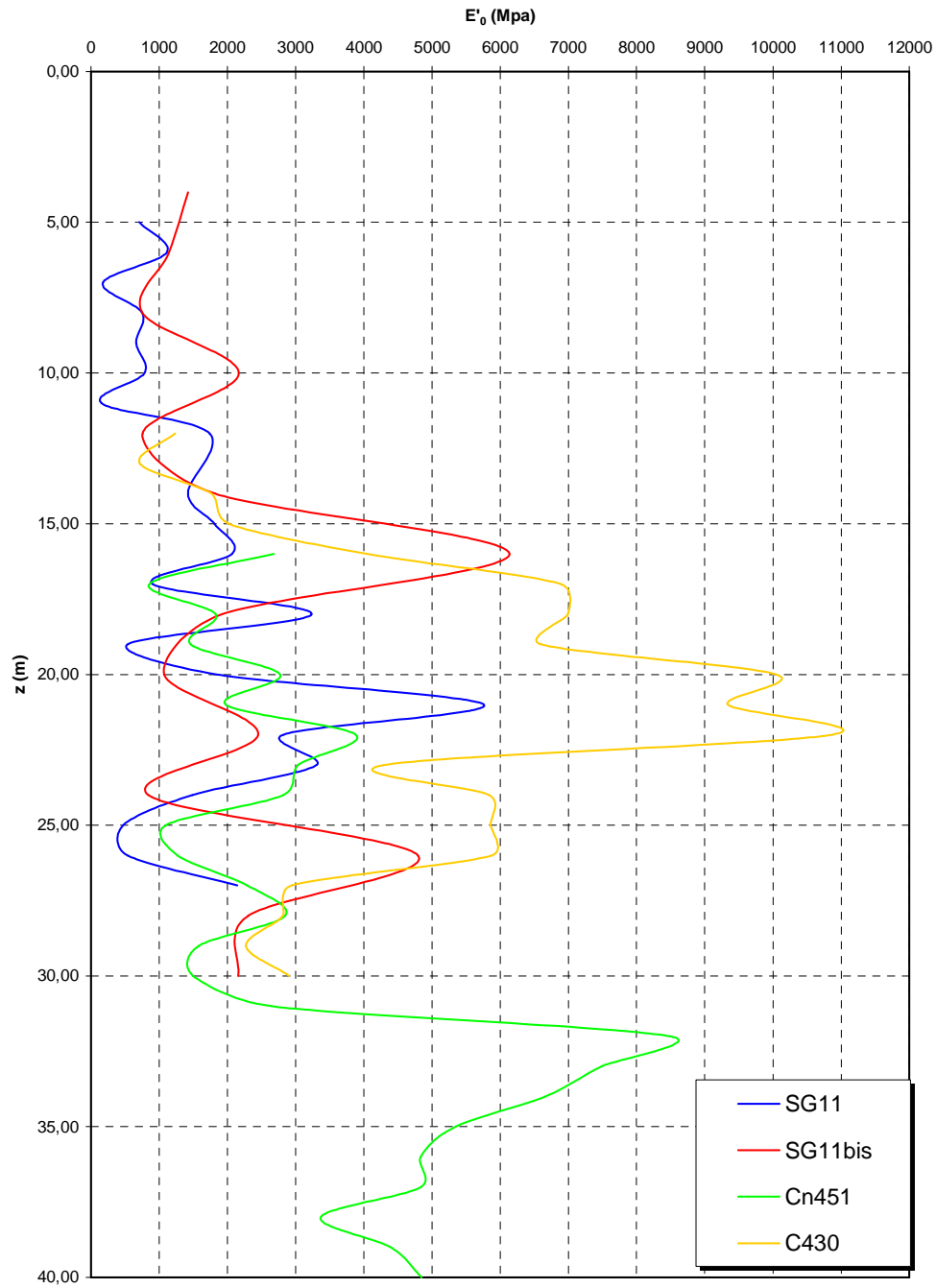
**Prove sismiche  
PLUTONITI**

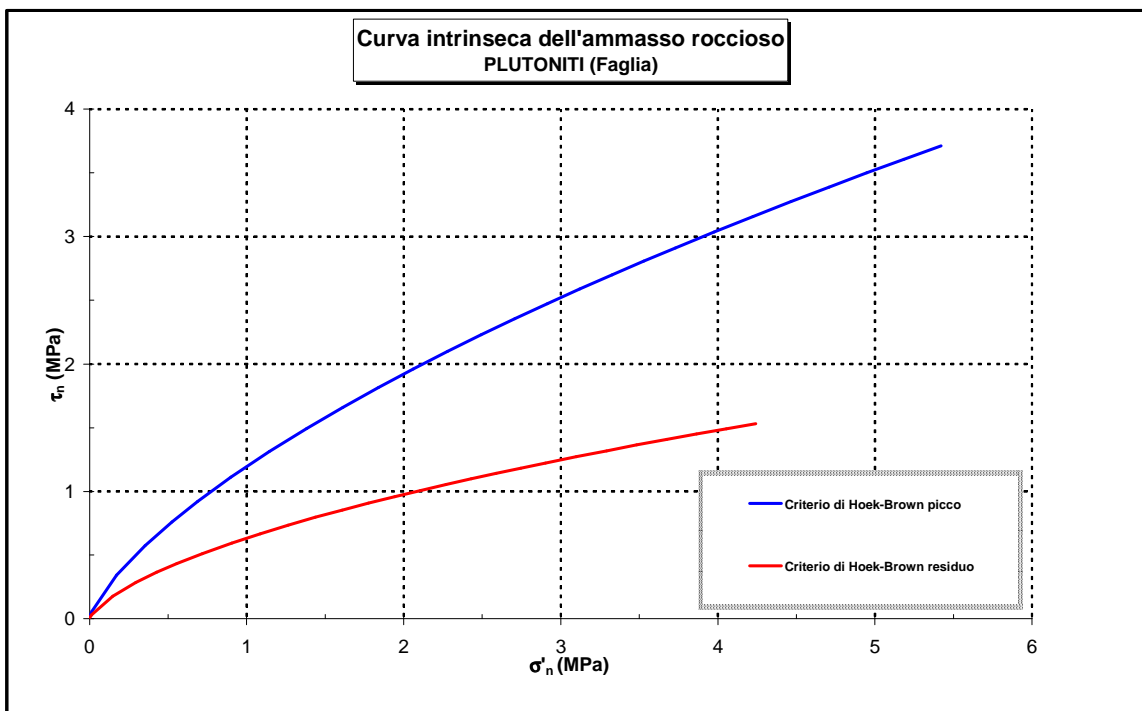
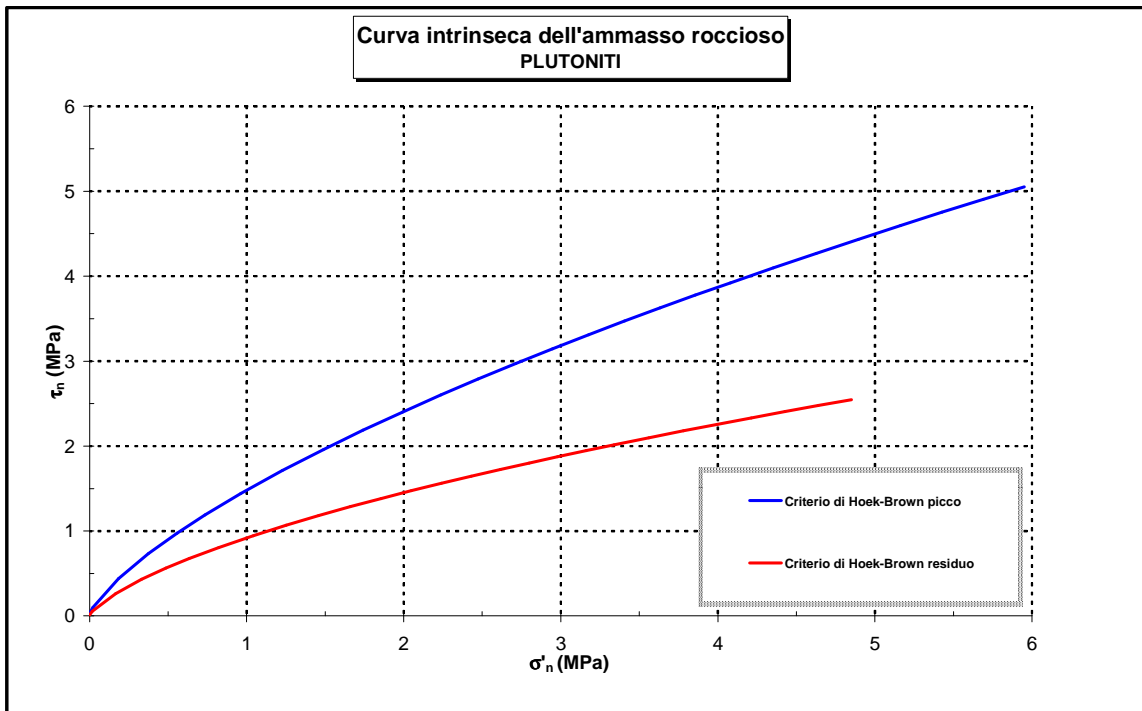


**Prove sismiche  
PLUTONITI**



**Prove sismiche  
PLUTONITI**





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

Il territorio in cui si trova l'opera ricade all'interno della zona ad elevata sismicità (S=12), da cui si ottiene un coefficiente di sismicità  $C = 0,1$ .

In accordo con il D.M. 16/01/1996 e Circ. 65 del 10/04/1997, si adotta un metodo di 'analisi statica equivalente' per valutare gli effetti del sisma sull'impalcato.

Per la definizione delle forze sismiche si definiscono inoltre i seguenti coefficienti:

- sistema di forze orizzontali  $F_h = C \times R \times I \times \varepsilon \times \beta \times W$   
 dove
 

$C$	$= (S-2)/100=0.1$	coefficiente di intensità sismica
$S$	$= 12$	grado di sismica (zona ad alta sismicità)
$R$	$= 1$	coefficiente di risposta
$I$	$= 1.2$	coefficiente di importanza
$\varepsilon$	$= 1.2$	coefficiente di fondazione
$\beta$	$= 1.2$	coefficiente di struttura
$W$		masse strutturali permanenti
- sistema di forze verticali  $F_v = m \times C \times I \times \varepsilon \times W$   
 dove
 

$m$	$= \pm 2$	coefficiente per membrature principali
-----	-----------	--

Non si esegue la verifica dello stato tensionale dell'impalcato in occasione dell'evento sismico, poiché sono state già effettuate verifiche di entità maggiore (esercizio).

- a) Trasversalmente le forze d'inerzia producono effetti inferiori all'azione del vento, considerando che non vi è il contemporaneo passaggio dei carichi accidentali sull'impalcato
- b) Longitudinalmente le forze d'inerzia non producono effetti significativi sull'impalcato, contrariamente a quanto avviene sugli elementi della sottostruttura
- c) Il carico uniforme sull'impalcato equivalente all'incremento di azione dovuto all'inerzia verticale è inferiore ai carichi accidentali



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

In ottemperanza alle norme di cui al § 1, i calcoli sono condotti con il metodo delle tensioni ammissibili.

### 4.4.1 Durabilità delle opere

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

In base al D.M. 09/01/1996 gli inerti, naturali o di frantumazione, saranno costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc.

Gli aggregati devono essere disposti lungo una corretta curva granulometrica, per assicurare il massimo riempimento dei vuoti interstiziali.

La granulometria inoltre dovrà essere studiata scegliendo il diametro massimo in funzione della sezione minima del getto, della distanza minima tra i ferri d'armatura e dello spessore del copriferro. La ghiaia o il pietrisco sono previsti di dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature e tale valore è riportato sugli elaborati grafici nella relativa tabella.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adottano le classi di esposizione indicate al §3.1 ricordando che per ciascuna classe di esposizione le condizioni ambientali da considerare sono le seguenti (in accordo con [NT\_2]):

<b>Condizioni ambientali</b>	<b>Classe di esposizione</b>
<i>Ordinarie</i>	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
<i>Aggressive</i>	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
<i>Molto aggressive</i>	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nella tabella seguente si riportano per completezza anche i limiti di apertura delle fessure in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature secondo [NT\_2]:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	rara	formazione fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		frequente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

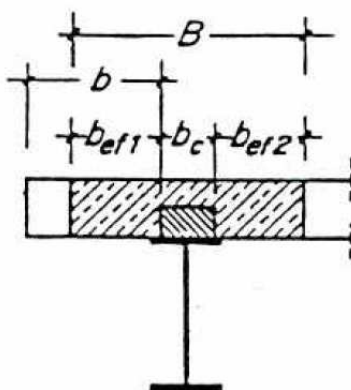
Per tutte le parti strutturali componenti l'opera in progetto si utilizzano armature **poco sensibili**.

#### 4.4.2 Definizione della larghezza collaborante

La valutazione della larghezza collaborante della soletta in fase di modellazione è riferita alle indicazioni del § 3.2.2.1 e prospetto 3.2.1 di CNR 10016.

La larghezza collaborante  $B_{eff}$  si ottiene come somma delle due aliquote  $b_{e1}$  e  $b_{e2}$  ai due lati dell'asse della trave e della larghezza  $b_c$  impegnata direttamente dai connettori:

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2} + b_c$$

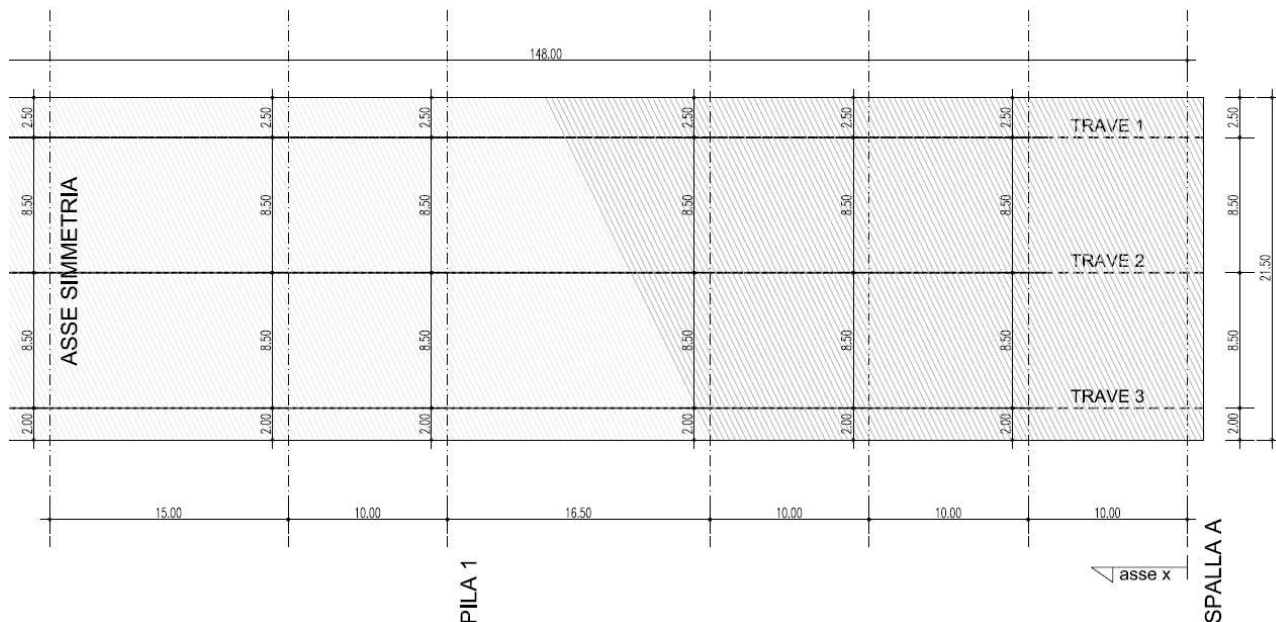


I valori  $b_{ei}$  devono essere moltiplicati per i coefficienti  $\eta$  secondo il prospetto 3.2.1 di CNR 10016, in funzione del rapporto  $b_{ei}/L$ , con L lunghezza di calcolo dell'opera.

I valori numerici della larghezza collaborante, determinati in base ai criteri di cui sopra ed in corrispondenza delle varie ascisse, sono riportate di seguito, per ciascuna trave:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0

<b>LARGHEZZA COLLABORANTE SECONDO CNR 10016</b> [DIMENSIONE IN m]			
N° TRAVE	TRAVE 1	TRAVE 2	TRAVE 3
ASCISSA			
x = 0 m	6,40 m	8,00 m	5,90 m
x = 20 m	6,40 m	8,00 m	5,90 m
x = 46,5 m	6,40 m	8,00 m	5,90 m
x = 60 m	6,40 m	8,00 m	5,90 m
x = 80 m	6,40 m	8,00 m	5,90 m
x = 106,5 m	6,40 m	8,00 m	5,90 m
x = 120 m	6,40 m	8,00 m	5,90 m
x = 130 m	6,40 m	8,00 m	5,90 m
x = 148 m	6,40 m	8,00 m	5,90 m



F2. Schematico disposizione travi longitudinali e loro interasse

In fase di verifica della resistenza la larghezza collaborante è definita secondo le indicazioni del prospetto 3.2.2 di CNR 10016. Essendo i valori dei coefficienti  $\eta$  che moltiplicano i valori delle aliquote  $b_{e1}$  e  $b_{e2}$  superiori rispetto ai valori ottenuti dal prospetto 3.2.1 di CNR 10016, a favore di sicurezza si assumono le stesse larghezze collaboranti definite in precedenza.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

A favore di sicurezza si adatterà nella modellazione e nell'analisi un larghezza collaborante per ciascuna trave pari a **5,90 m**.

#### 4.4.3 Definizione del coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clt

Per tenere conto delle effettive caratteristiche geometrico-inerziali dell'impalcato, si considera un coefficiente di omogeneizzazione tra le strutture metalliche resistenti (travi longitudinali) e la soletta in calcestruzzo armato, modellando il comportamento del calcestruzzo per azioni di breve e lunga durata.

Nell'analisi strutturale si tiene quindi conto delle fasi transitorie e di esercizio e si opera considerando 3 modelli di calcolo:

- *Modello 1*: ottenuto considerando le proprietà inerziali delle sole travi metalliche ed utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dal peso proprio dell'acciaio e della soletta.
- *Modello 2*: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione composta con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente  $n = 5,71$ . Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di breve durata.
- *Modello 3*: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione mista con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente  $n = 18,57$ . Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di lunga durata.

I coefficienti di omogeneizzazioni sono stati determinati in accordo con § 1.4.7 di CNR 10016, come evidenziato nel seguito.

- Per azioni di breve durata, la soletta, realizzata in conglomerato cementizio di resistenza caratteristica  $R_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$ , ha modulo elastico istantaneo pari a:

$$E_c = 5700 \sqrt{R_{ck}} = 36050 \text{ N/mm}^2$$

Il coefficiente di omogeneizzazione risulta pertanto:

$$n_0 = E_s / E_c = 206000 / 36050 = 5,71$$

- Per azioni di lunga durata, adottando un coefficiente di viscosità per il conglomerato della soletta pari a  $\varphi(t_\infty, t_0) = 2,25$  da cui:

$$E_{cls, \infty} = 11092 \text{ N/mm}^2$$

Il coefficiente di omogeneizzazione a tempo infinito risulta:

$$n_L = n_0 \cdot (1 + \varphi) = 18,57$$

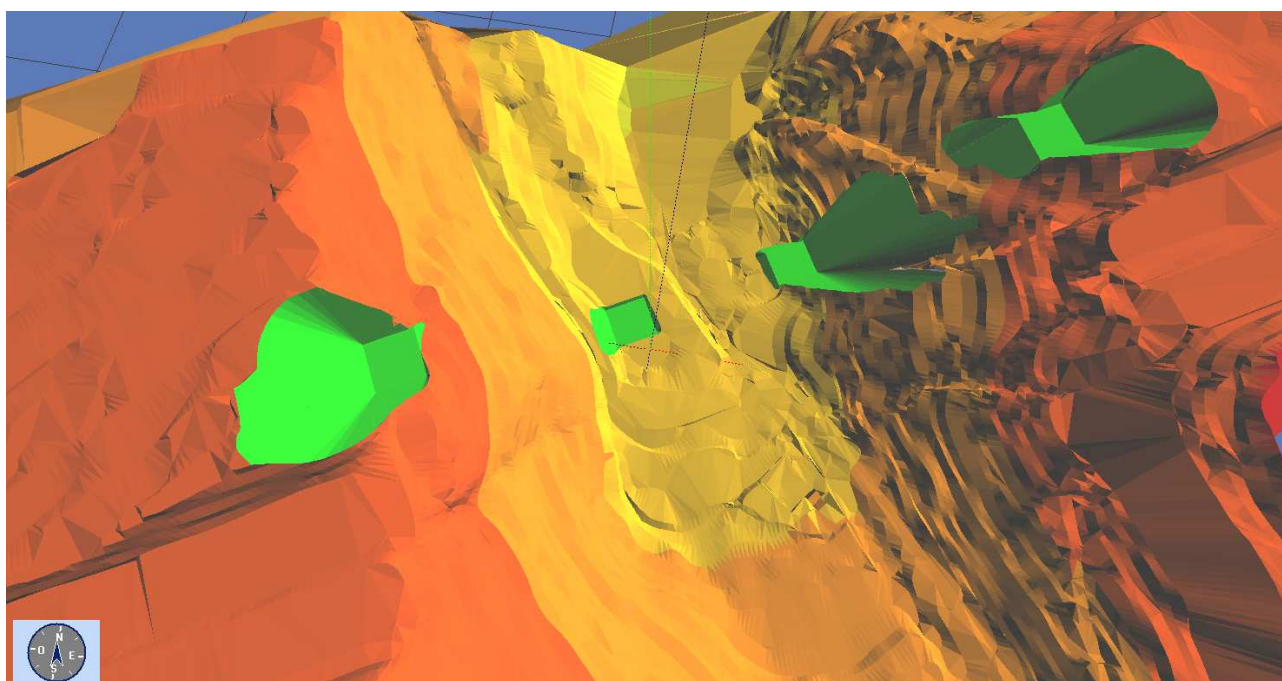
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5 FASI COSTRUTTIVE

La realizzazione dell'opera prevede le seguenti fasi principali di costruzione:

### *ESECUZIONI DI PRIMA FASE:*

- Apertura degli scavi:



- demolizione del muro andatore esistente in adiacenza alla struttura che verra' realizzata in allargamento;
- preparazione del piano di posa per il getto del cls magro e realizzazione delle fondazioni in c.a.

### *ESECUZIONI DI SECONDA FASE*

- cassetatura delle elevazioni e getto delle parti in c.a. delle spalle delle delle strutture in all'allargamento;
- demolizione di una fascia di circa 2.50m dell'impalcato esistente;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- installazione degli apparecchi di appoggio.

#### *ESECUZIONI DI TERZA FASE*

- stoccaggio della trave di progetto sull'impalcato esistente;
- posizionamento della gru di sollevamento (350 t, braccio=20.00m)
- varo della trave metallica sugli appoggi della struttura realizzata;
- realizzazione dei traversi metallici tra la trave di progetto e quella esistente;
- getto dell'impalcato in allargo;
- sistemazione dei rilevati come da elaborato di progetto  
CG0700PP8DCSC00VI4C000001F0.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0427_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 6 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Gli elaborati di riferimento per l'opera in esame sono i seguenti:

Relazione tecnico descrittiva dell'opera	CG0700	P	RG	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	01	F0
Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera	CG0700	P	SH	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	01	F0
Relazione di calcolo	CG0700	P	CL	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	01	F0
relazione geotecnica	CG0700	P	RB	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	01	F0
Planimetria di progetto	CG0700	P	P8	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	01	F0
Profilo longitudinale di progetto	CG0700	P	FZ	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	01	F0
Planimetria di tracciamento	CG0700	P	P8	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	02	F0
Sezione longitudinale e pianta fondazioni	CG0700	P	Z9	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	01	F0
Pianta dell'opera, prospetti e sezioni trasversali	CG0700	P	PZ	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	01	F0
Carpenteria spalla A	CG0700	P	BA	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	01	F0
Carpenteria spalla B	CG0700	P	BA	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	02	F0
Carpenteria pile - tavola 1 di 3	CG0700	P	BA	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	04	F0
Carpenteria pile - tavola 2 di 3	CG0700	P	BA	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	05	F0
Carpenteria pile - tavola 3 di 3	CG0700	P	BA	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	06	F0
Carpenteria impalcati - tavola 1 di 2	CG0700	P	BA	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	03	F0
Carpenteria impalcati - tavola 2 di 2	CG0700	P	BZ	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	01	F0
Particolari costruttivi impalcati	CG0700	P	SZ	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	01	F0
Fasi costruttive dell'opera d'arte	CG0700	P	SZ	D	C	SC	00	VI	4C	00	00	02	F0