

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>IL PROGETTISTA</p>  <p>S.p.A. CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA nel campo della GEOINGEGNERIA</p> <p>Dott. Ing. G. Cassani Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
---	---	--	--

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI CALABRIA	CB0057_F0
<i>Tipo di sistema</i>	STUDI DI BASE	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	GENERALE	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	

CODICE	C	G	0	8	0	0	P	R	B	D	C	S	B	C	8	G	0	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

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 GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE.....	3
1 Sezione 1.....	9
1.1 Premessa	9
1.2 Indagini eseguite	10
2 Sezione 2: Caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni geologiche.....	15
2.1 Generalità.....	15
2.2 Criteri per la caratterizzazione di Terreni incoerenti o debolmente cementati.....	16
2.2.1 Parametri fisici e stato iniziale del deposito.....	17
2.2.1.1 Densità relativa.....	19
2.2.1.2 Indice dei vuoti iniziale e pesi di volume.....	22
2.2.2 Resistenza in condizioni drenate.....	24
2.2.3 Resistenza in condizioni non drenate.....	26
2.2.3.1 Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR.....	27
2.2.3.2 Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da SPT	27
2.2.3.3 Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da Vs.....	29
2.2.3.4 Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove triassiali cicliche .	30
2.2.4 Deformabilità	30
2.2.4.1 Moduli elastici a piccole deformazioni	30
2.2.4.2 Moduli elastici a medie e grandi deformazioni.....	33
2.2.4.3 Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	38
2.2.5 Permeabilità	42
2.3 Criteri per la caratterizzazione dei Terreni coesivi.....	44
2.3.1 Caratteristiche fisiche	44
2.3.2 Stato iniziale	44
2.3.3 Resistenza al taglio non drenata	45
2.3.3.1 Prove di laboratorio	45
2.3.3.2 Valutazione di c_u da prove SPT	46
2.3.3.3 Valutazione di c_u da prove pressiometriche.....	46
2.3.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci	46
2.3.5 Caratteristiche di deformabilità.....	48
2.3.5.1 Moduli elastici a piccole deformazioni	48

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.5.2	Moduli elastici a medie e grandi deformazioni.....	50
2.3.5.3	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	53
2.3.6	Coefficienti di permeabilità e di consolidazione primaria.....	55
2.3.7	Coefficienti di consolidazione primaria e secondaria.....	56
2.4	Criteri per la caratterizzazione degli Ammassi rocciosi	57
2.4.1	Descrizione mineralogica e caratteristiche fisiche.....	57
2.4.2	Resistenza e deformabilità delle rocce costituenti l'ammasso	57
2.4.3	Resistenza al taglio lungo le discontinuità naturali.....	57
2.4.4	Classificazioni dell'ammasso.....	59
2.4.5	Modellazione dell'ammasso	62
2.4.6	Parametri dell'ammasso	62
2.4.7	Deformabilità	66
2.4.7.1	Moduli elastici a piccole deformazioni	66
2.4.7.2	Moduli elastici a medie deformazioni.....	67
2.4.8	Permeabilità	68
2.4.9	Stato iniziale	68
2.5	Caratterizzazione geotecnica	70
2.5.1	Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico.....	72
2.5.1.1	Inquadramento geologico	72
2.5.1.2	Inquadramento geomorfologico.....	72
2.5.1.3	Inquadramento stratigrafico lungo il tracciato.....	77
2.5.1.4	Inquadramento idrogeologico	103
2.5.1.5	Acquifero dei terreni cristallini e metamorfici.....	105
2.5.1.6	Acquifero conglomeratico-sabbioso miocenico	105
2.5.1.7	Acquifero calcarenitico-sabbioso pleistocenico	106
2.5.1.8	Acquifero ghiaioso-sabbioso pleistocenico.....	106
2.5.1.9	Acquiferi alluvionali.....	106
2.5.2	Dati piezometrici.....	107
2.5.3	Considerazioni generali ed individuazione delle principali criticità morfologiche legate ai processi di dissesto.....	119
2.6	Conglomerato di Pezzo	124
2.6.1	Descrizione.....	124
2.6.2	Caratteristiche fisiche	124

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.3	Stato iniziale	124
2.6.4	Parametri di resistenza al taglio	125
2.6.5	Back analysis	134
2.6.6	Caratteristiche di deformabilità	138
2.6.7	Caratteristiche di permeabilità	139
2.6.8	Caratterizzazione per tratte	140
2.6.9	Stradale - Rampa A – tratta in galleria naturale	140
2.6.10	Stradale - Rampa B – tratta in galleria naturale	141
2.6.11	Stradale - Rampa C – tratta in galleria naturale	141
2.6.12	Stradale - Rampa D – tratta in galleria naturale	141
2.6.13	Stradale – Rampe A-B-C-D – tratta all’aperto da 0 a +500 Km circa	142
2.6.14	Commenti	143
2.6.15	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	145
2.7	Plutoniti	147
2.7.1	Descrizione	147
2.7.2	Caratteristiche fisiche	147
2.7.3	Stato iniziale	147
2.7.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci	148
2.7.5	Caratteristiche di deformabilità	149
2.7.6	Coefficienti di permeabilità	150
2.7.7	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	151
2.8	Sabbie e Ghiaie di Messina	153
2.8.1	Descrizione	153
2.8.2	Caratteristiche fisiche	153
2.8.3	Stato iniziale	154
2.8.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci	155
2.8.4.1	Analisi per tratte	156
2.8.5	Caratteristiche di deformabilità	157
2.8.5.1	Analisi per tratte	158
2.8.6	Leggi di degrado dei moduli elastici	160
2.8.7	Coefficienti di smorzamento intrinseco	160
2.8.8	Coefficienti di permeabilità	160
2.8.9	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica generale	161

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.9	Depositi terrazzati marini.....	163
2.9.1	Descrizione.....	163
2.9.2	Caratteristiche fisiche	163
2.9.3	Stato iniziale	163
2.9.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci	165
2.9.5	Caratteristiche di deformabilità	166
2.9.6	Leggi di degrado dei moduli elastici	168
2.9.7	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	168
2.9.8	Coefficienti di permeabilità	168
2.9.9	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	169
2.10	Depositi costieri di spiaggia.....	171
2.10.1	Descrizione.....	171
2.10.2	Caratteristiche fisiche	171
2.10.3	Stato iniziale	171
2.10.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci	173
2.10.5	Caratteristiche di deformabilità	173
2.10.5.1	Analisi generale.....	174
2.10.5.2	Analisi per subtrate.....	175
2.10.6	Leggi di degrado dei moduli elastici	176
2.10.7	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	176
2.10.8	Coefficienti di permeabilità	177
2.10.9	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	178
2.11	Trubi	180
2.11.1	Descrizione.....	180
2.11.2	Caratteristiche fisiche	180
2.11.3	Stato iniziale	181
2.11.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci	181
2.11.5	Caratteristiche di deformabilità	183
2.11.6	Leggi di degrado dei moduli elastici	184
2.11.7	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	184
2.11.8	Coefficienti di permeabilità	184
2.11.9	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	185
2.12	Depositi alluvionali.....	187

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

2.12.1	Descrizione.....	187
2.12.2	Caratteristiche fisiche	187
2.12.3	Stato iniziale	187
2.12.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci	188
2.12.5	Caratteristiche di deformabilità	189
2.12.6	Leggi di degrado dei moduli elastici	190
2.12.7	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	190
2.12.8	Coefficienti di permeabilità	190
2.12.9	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	191
2.13	Depositi di versante.....	193
2.13.1	Caratteristiche fisiche	193
2.13.2	Stato iniziale	193
2.13.3	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci	194
2.13.4	Caratteristiche di deformabilità	194
2.13.5	Leggi di degrado dei moduli elastici	195
2.13.6	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	195
2.13.7	Coefficienti di permeabilità	196
2.13.8	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	197
2.14	Calcareniti di San Corrado e formazione Le Masse	199
2.15	Determinazione delle azioni sismiche di progetto	201
2.16	Resistenza dei terreni incoerenti in tensioni totali	204
3	Sezione 3: Normativa Di Riferimento.....	217
4	Sezione 4: Procedure di dimensionamento e verifica delle opere	218
4.1	Coefficienti di sicurezza.....	218
4.2	Spostamenti ammissibili.....	218
4.2.1	Gallerie in ambito urbano	218
4.2.2	Fondazioni strutture.....	219
4.2.3	Fondazioni viadotti	221
4.2.4	Opere di sostegno flessibili	222
4.2.5	Muri rigidi.....	223
4.2.6	Rilevati.....	223
4.2.7	Pendii e sbancamenti	224
5	ALLEGATI.....	225

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1	CONGLOMERATI DI PEZZO	225
5.1.1	Conglomerato di Pezzo – Rampa A – tratta in galleria.....	280
5.1.2	Conglomerato di Pezzo – Rampa B – tratta in galleria.....	290
5.1.3	Conglomerato di Pezzo – Rampa C – tratta in galleria	293
5.1.4	Conglomerato di Pezzo – Rampa D – tratta in galleria	303
5.1.5	Conglomerato di Pezzo – Rampe – tratta da 0 a 0+500Km circa	313
5.2	PLUTONITI.....	323
5.3	SABBIE E GHIAIE DI MESSINA	353
5.3.1	G.N. Rampa A	387
5.3.2	G.N. Rampa B	402
5.3.3	G.N. Rampa D	411
5.3.4	Rampa B da Km 0+800	420
5.3.5	Rampa D da Km 1+350.....	436
5.3.6	Rampa D_dec	451
5.4	DEPOSITI TERRAZZATI MARINI	467
5.5	DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA	542
5.5.1	Zona prossima alla costa	572
5.5.2	Zona distante dalla costa	589
5.6	TRUBI.....	606
5.7	DEPOSITI ALLUVIONALI	635
5.8	DEPOSITI DI VERSANTE.....	654
5.9	CALCARENITI DI SAN CORRADO	673
6	BIBLIOGRAFIA.....	684
7	INDAGINI PREGRESSE SA-RC	688

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1 Sezione 1

1.1 Premessa

Nell'ambito della progettazione definitiva delle opere connesse ai collegamenti infrastrutturali, ferroviari e stradali, lato Calabria e lato Sicilia, è stata eseguita una campagna di indagini integrative, così come era previsto nel documento di gara GCG.F.02.03 ("Specifiche tecniche generali di progettazione: indagini geognostiche").

L'esame di tutta la documentazione alla base del Progetto Preliminare e del Progetto di Gara ha evidenziato che le indagini eseguite risultavano localizzate soprattutto in corrispondenza delle strutture dell'opera di attraversamento, e solo in misura minore sulle opere a terra. Le opere a terra comprendono la realizzazione di una serie di gallerie, stradali e ferroviarie per il collegamento tra il ponte e la città di Messina (lato Sicilia), il ponte e le città di Reggio Calabria e di Salerno (lato Calabria). Lo sviluppo complessivo delle gallerie è di circa 50 Km, da realizzarsi sia in tradizionale sia in meccanizzato. Le opere d'arte presenti lungo i tracciati sono costituite da alcuni viadotti, gallerie artificiali, scatolari e tombini; sono presenti inoltre diverse opere di carattere geotecnico quali muri di contenimento, trincee e rilevati.

Pertanto in questa fase di Progettazione Definitiva si è resa necessaria la realizzazione di una nuova e più estesa campagna di indagini geognostiche, finalizzata all'approfondimento delle caratteristiche geologiche, geostrutturali e geotecniche, ed, in particolare, finalizzate alla definizione di una caratterizzazione lito – stratigrafica e geotecnica in corrispondenza delle singole opere d'arte: gallerie, viadotti, scatolari, rilevati e scavi in trincea.

Nella presente relazione vengono descritti e commentati gli studi sviluppati nell'ambito del Progetto Definitivo, per la definizione della caratterizzazione geotecnica delle formazioni geologiche presenti lungo i tracciati ferroviari e stradali delle opere di collegamento lato Sicilia.

Tali formazioni, sono state puntualmente ed approfonditamente investigate attraverso la sopra citata campagna di indagine, e qui caratterizzata, sulla base di valutazioni a larga e media scala. Per quanto riguarda invece la caratterizzazione geotecnica di dettaglio, si rimanda ai capitoli monografici riportati nelle relazioni tecniche e di calcolo delle singole opere d'arte.

I risultati qui presentati hanno infine permesso di individuare le integrazioni e gli approfondimenti di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

indagine, localmente necessari per la realizzazione del Progetto Esecutivo. Ciò ha portato alla stesura di una planimetria riassuntiva delle indagini integrative da eseguire per la redazione del PE. Tale documento sarà eseguito e finalizzato nel corso della Progettazione Esecutiva.

La campagna di indagini si è articolata in una serie di indagini in campo ed una serie di indagini in laboratorio.

Di seguito si riportano in sintesi le indagini eseguite lato Calabria.

1.2 Indagini eseguite

La programmazione della campagna di indagini ha tenuto conto innanzitutto di tutta la documentazione a disposizione, a partire dal Progetto di Massima del 1992. La ricostruzione dei profili geologico – geotecnici lungo i tracciati delle opere a progetto si è basata sui dati ottenuti da una serie di indagini geognostiche eseguite a partire dal 1984, e precisamente:

- indagini 1984
- indagini 1987
- indagini 1988 – 1989
- indagini 1992
- indagini 2003
- indagini ANAS.

Inoltre per la programmazione delle indagini geognostiche per la redazione del Progetto Definitivo, si è tenuto anche conto delle indagini eseguite per la progettazione delle opere d'arte relative al Macrolotto 6 dell'autostrada A3, così come riportato nelle planimetrie di ubicazione delle indagini.

Il numero di queste indagini è rilevante e consente di disporre di informazioni significative sia per le tratte dove il nuovo tracciato dell'opera di collegamento risulta in adiacenza all'autostrada in costruzione (viadotti affiancati, tratte in rilevato o con scavi a monte dell'opera d'arte), sia per le zone delle gallerie naturali delle singole rampe, dove le nuove opere in sotterraneo intersecano su più livelli, le gallerie dell'autostrada A3 attualmente in fase di scavo (in particolare i dati raccolti presso i fronti di scavo della galleria Piale saranno assai utili nella definizione delle caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi ivi previsti).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inoltre il piano di indagini ha tenuto conto dei seguenti aspetti molto importanti:

- revisione dei tracciati stradali,
- esame delle condizioni geomorfologiche dei versanti coinvolti dalle opere a progetto, decidendo di eseguire alcuni sondaggi allo scopo di verificare le effettive condizioni di franosità segnalate dalle carte di Progetto Preliminare e per l'installazione di strumentazione idonea a monitorare le condizioni dei versanti,
- adeguamento a quanto richiesto dalla nuova normativa nazionale.

Nel complesso sono stati eseguiti n. 35 sondaggi dei 39 previsti per i collegamenti infrastrutturali lato Calabria, sono stati installati i 3 inclinometri previsti per il monitoraggio di versanti potenzialmente instabili, e sono stati installati n. 7 piezometri a tubo aperto e n. 11 piezometri tipo Casagrande.

Di seguito si riportano le indagini eseguite:

C402, C403bis, C404, C405, C406, C407, C408, C410, C411, C412, C413, C414, C415, C416, C417, C419, C420, C420bis, C421, C421ter, C421quater, C423bis, C424, C425, C426, C427, C428, C429, C430, C432, C433, C434, C435, Cn450, Cn451.

Non sono stati eseguiti n. 4 sondaggi per motivi di accessibilità praticamente impossibile ai siti di indagine, dovuti alla mancanza di rilascio delle autorizzazioni necessarie.

I sondaggi sono stati eseguiti conformemente a quanto prescritto dal documento GCG.F.02.03 "Specifiche tecniche generali di progettazione: indagini geognostiche". L'ubicazione prevista dal piano di indagini (consegnato in data 18/05/2010) ha subito variazioni e spostamenti in funzione dell'accessibilità dei siti ed in funzioni delle variazioni di tracciato.

Per quanto riguarda le planimetrie di ubicazione delle indagini, si faccia riferimento ai seguenti elaborati:

- | | |
|------------------------------|--|
| - CG0800QPRDCR1I50000000001A | Relazione Tecnica Illustrativa |
| - CG0800QP6DCR1I50000000001A | Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 1 |
| - CG0800QP6DCR1I50000000002A | Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 2 |
| - CG0800QP6DCR1I50000000003A | Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 3 |
| - CG0800QP6DCR1I50000000004A | Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 4 |

Nel dettaglio sono stati eseguiti:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- sondaggio a carotaggio continuo
- prove in situ per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità dei terreni consistenti in prove pressiometriche e prove dilatometriche in foro di sondaggio a profondità concordate di volta in volta e comunque sempre in corrispondenza del cavo delle gallerie,
- prove in situ per la determinazione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni indagati, consistenti in prove di tipo Lefranc e prove di tipo Lugeon, anche in questo caso le profondità di prova sono sempre state concordate di volta in volta con il cantiere,
- esecuzione di prove S.P.T.,
- prelievo di campioni rimaneggiati ed indisturbati per l'esecuzione di prove in laboratorio,
- prove di laboratorio sui campioni prelevati,
- sono inoltre eseguite una serie di indagini geofisiche in foro, cross-hole e down-hole per la verifica delle caratteristiche di deformabilità dei terreni in condizioni quasi indisturbate.

Le indagini di tipo geofisico, previste in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie, delle zone a bassa copertura e/o di aree interessate da zone di incrocio tra differenti gallerie, sono state realizzate mediante la tecnica della sismica a rifrazione con misura delle onde di compressione V_p e delle onde di taglio V_s . I risultati delle indagini saranno elaborati mediante le tecniche tomografiche. Anche per queste indagini, l'ubicazione degli stendimenti ha subito variazioni in funzione dell'accessibilità dei siti di indagine.

Le prove di laboratorio eseguite si differenziano da quanto era previsto come conseguenza diretta della difficoltà a prelevare campioni, in particolare campioni indisturbati nei terreni indagati.

Il dettaglio e le risultanze di tutte le indagini eseguite si trovano nei seguenti documenti:

- "Indagini geognostiche – risultati prove di laboratorio, doc. CG0000 P RG D C SB C8 G0 00 00 00 03 A,
- "Restituzione campagna indagini geognostiche", doc. CG1500 P SD D C SB C8 G0 00 00 00 01 A,
- "Restituzione campagna indagini geofisiche", doc. CG1500 P SD D C SB C8 G0 00 00 00 02 A.

La campagna di indagini eseguita per il PD ha consentito l'affinamento del modello geologico e del

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

modello geotecnico dei terreni presenti lungo il tracciato dei collegamenti infrastrutturali, presentato nel Progetto Preliminare.

Per la ricostruzione del modello geologico – geotecnico sono stati utilizzate, come specificato in premessa, anche tutte le indagini pregresse. Di queste non è stata eseguita una ricostruzione grafica di dettaglio sui profili geotecnici delle singole tratte all’aperto, perché il materiale a disposizione della Scrivente, costituito dai soli logs stratigrafici, senza alcun corredo di documentazione fotografica, prove in sito e prove di laboratorio, non è stato ritenuto adeguato ad una analisi di dettaglio.

Nel particolare la ricostruzione di dettaglio dei profili geotecnici in scala 1:2000/1:200, delle singole tratte all’aperto lungo i tracciati stradali, ha riportato nel dettaglio tutti i sondaggi eseguiti per la campagna di PD (2010) e laddove, queste sono state ritenute esaustive e rappresentative, sono state riportate anche le indagini pregresse.

Per una migliore comprensione dei profili geotecnici si ricorda infine che:

- sono state utilizzate le stratigrafie al fine di ricostruire le sezioni geologiche lungo i tracciati delle opere viarie operando opportune proiezioni lungo le tracce a partire dalle ubicazioni planimetriche,
- la numerosa presenza di sondaggi fuori linea ha comportato la necessità di una loro proiezione sul tracciato per la ricostruzione del modello geologico – stratigrafico.
- in considerazione delle geometrie deposizionali tipiche delle coltri di superficie analizzate, si è ritenuto più opportuno ed adeguato proiettare i sondaggi fuori linea, sul locale piano campagna e riportare sulla “bandierina” la quota reale di esecuzione.

In particolare, i criteri secondo i quali sono state effettuate le suddette proiezioni sono:

- ✓ criterio geometrico: la proiezione è stata effettuata ortogonalmente alla traccia della sezione;
- ✓ criterio geologico: la proiezione è stata effettuata, qualora tra la posizione del sondaggio e la traccia della sezione non fossero interposte faglie, il sondaggio è stato posto alla quota del terreno del profilo lungo il tracciato, piuttosto che alla quota assoluta di esecuzione del sondaggio. Nella “bandierina” è comunque indicata la quota assoluta di esecuzione;
- ✓ criterio geologico: si è tenuto ovviamente conto nella estrapolazione della situazione stratigrafica di “partenza” e di “arrivo”.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In taluni casi, i passaggi stratigrafici tra le differenti formazioni lungo i profili geotecnici, possono non coincidere con i passaggi puntuali riportati nei singoli logs stratigrafici. Ciò dipende dalla ricostruzione del modello geologico – stratigrafico generale che, alla scala proposta non può tenere conto di modesti livelli stratigrafici riportati nei singoli logs stratigrafici ma necessita di una interpretazione generale. L'approfondimento puntuale verrà eseguito nelle successive fasi di progettazione.

Nel dettaglio, la ricostruzione eseguita ha evidenziato la presenza, ad oggi di alcune aree/zone, per le quali è necessario un approfondimento di indagine, per le seguenti motivazioni:

- nella fase di PD non poche indagini sono state spostate o non sono state eseguite per motivi di accessibilità alle aree di indagine, ciò ha comportato alcuni elementi di incertezze nella ricostruzione del modello geologico e geotecnico
- in altre aree la necessità di un approfondimento di indagine è emersa a seguito dell'analisi di tutti i dati di PD a disposizione.

In base a queste considerazioni si segnala la necessità di un approfondimento di indagine, che, si rimanda alla successiva fase di progettazione di PE. A tal fine, è stata predisposta una planimetria generale con l'ubicazione delle indagini da eseguire per il PE. L'ubicazione tiene conto di quelle aree per le quali l'accesso è stato impossibile o per le quali le evidenze attuali hanno portato alla luce complessità geologico-stratigrafiche e geotecniche tali per cui le attuali informazioni necessitano di un approfondimento:

- zone in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie
- zone in corrispondenza dei viadotti
- zone puntuali in corrispondenza di opere d'arte minori (rilevati, trincee, scarpate).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 Sezione 2: Caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni geologiche

La presente relazione è stata redatta secondo quanto prescritto dalla specifica di progettazione GCG.F.02.05 “Studi e caratterizzazione geotecnica”.

2.1 Generalità

I criteri di caratterizzazione geotecnica, descritti di seguito, si basano su una prima classificazione degli ammassi presenti lungo i tracciati delle opere di collegamento stradali e ferroviarie all’Opera di Attraversamento, che sono rappresentati principalmente da depositi sabbioso-ghiaiosi ed ammassi rocciosi ed in seconda istanza da rocce sedimentarie e/o depositi di natura prevalentemente coesiva

In questo contesto sono stati effettuati:

- sondaggi geotecnici con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- prove penetrometriche dinamiche SPT in foro;
- prove di permeabilità Lefranc e Lugeon in foro;
- prove pressiometriche in foro;
- prove dilatometriche in foro;
- prove geofisiche “down hole” e “cross hole” per la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione V_p e di taglio V_s ;
- prove di carico su piastra PLT;
- prove di laboratorio di classificazione di resistenza e di deformabilità su campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno, prelevati nei fori di sondaggio;
- prove di laboratorio su provini di roccia prelevati nei fori di sondaggio;
- rilievi geostrutturali su alcuni affioramenti rocciosi rappresentativi.

Dal punto di vista dei criteri di caratterizzazione geotecnica, secondo quanto prescritto dalla specifica GCG.F.02.05, sono state distinte tre tipologie di materiale:

- materiali a grana grossa più o meno cementati (sabbie e ghiaie più o meno limose);
- materiali a grana fine (limi e argille più o meno sabbioso-ghiaiose);
- rocce (arenarie, siltiti, calcari marnosi, marne calcaree, marne e argilliti).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2 Criteri per la caratterizzazione di Terreni incoerenti o debolmente cementati

In questa sede per terreni incoerenti a grana grossa si intendono quei materiali caratterizzati da percentuali di fine (limo e argilla) generalmente inferiori a 30-35%.

In conseguenza del fatto che in tali materiali risulta difficile prelevare campioni indisturbati, la caratterizzazione geotecnica si basa sull'interpretazione delle prove in sito (SPT, sismiche,...) e delle prove di laboratorio effettuate su campioni rimaneggiati.

Utili integrazioni a quanto fino ad oggi (30/09/2010) elaborato potranno essere effettuate a seguito del completamento delle prove di laboratorio su campioni congelati in corso di esecuzione.

La caratterizzazione evidenzia i seguenti aspetti:

- Parametri fisici e stato iniziale in sito.
- Resistenza al taglio.
- Deformabilità.
- Permeabilità.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.1 Parametri fisici e stato iniziale del deposito

Per quanto concerne i parametri fisici, in base alle prove del laboratorio effettuate su provini disturbati e/o rimaneggiati si sono potute ottenere delle informazioni sui fusi granulometrici caratteristici (fuso medio e range di variabilità suffragato da considerazioni di tipo probabilistico) e sulle principali caratteristiche granulometriche medie (D_{10} , D_{60} , D_{50}), valori del peso di volume dei granuli γ_s . Per i fusi granulometrici si faranno considerazioni statistiche evidenziando il fuso medio ed i fusi "estremi" statisticamente rappresentativi (distribuzione di t-Student) e le percentuali medie delle componenti granulometriche, nonché, laddove numericamente significativo, la distribuzione delle percentuali con la profondità.

Laddove si è reso disponibile è stato possibile ottenere dalle prove i valori delle densità massime e minime.

Lo stato iniziale del deposito è definito in termini di:

- a) tensioni geostatiche iniziali;
- b) pressioni interstiziali;
- c) indice dei vuoti iniziale o densità relativa D_r .

Per quanto riguarda i punti a) e b), le indicazioni relative al livello di falda e quindi ai valori delle pressioni neutre si è fatto riferimento alle indicazioni di carattere geologico.

Per la storia dello stato tensionale necessaria per la determinazione delle tensioni orizzontali per il tramite di K_0 , è stato possibile avere delle indicazioni provenienti dagli studi di carattere geologico.

Per la stima di K_0 , oltre alle informazioni di carattere geologico, (es: entità dell'erosione,...) si possono utilizzare le seguenti correlazioni che tengono implicitamente conto di

- stato di addensamento
- storia tensionale
- fenomeni di aging

- terreni normalconsolidati

- $k_{0\ nc} = (1 - \sin\varphi')$ Jaky (1944) (-)
- correlazione di Bellotti (1985) per materiali granulari riportato nella seguente figura

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

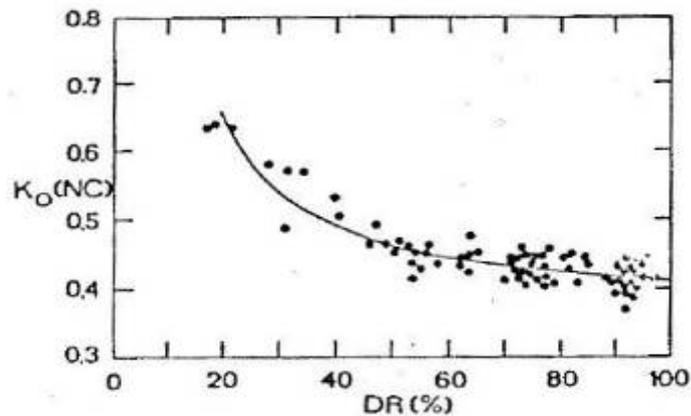


Figura 1 Correlazione di Bellotti

- terreni sovraconsolidati

- $k_{0\ sc} = k_{0,NC} \cdot (OCR)^{0.5}$ (Mayne and Kulhawy (1982)) (-)
con OCR=grado di sovra consolidazione

- terreni caratterizzati da fenomeni di “aging”

- $k_0 = k_{0nc} \cdot \left(\frac{t}{t_p} \right)^{\frac{C_{ae}}{C_c}}$ (Mesri (1989)) (-)

dove:

t= tempo intercorso dalla deposizione

t_p=tempo necessario per il completamento della consolidazione primaria (stimato 1 anno)

C_{ae}=coefficiente di consolidazione secondaria

C_c= coefficiente di consolidazione primaria. Per i terreni granulari si pone C_{ae} / C_c = 0.02

Per il punto c) l'indice dei vuoti iniziale (e_o) e la densità relativa (Dr) vengono ricavati dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT (per e_o laddove disponibili o stimabili e_{max} ed e_{min}, altrimenti in condizioni sature si sfrutta la correlazione di Foti di cui al par 2.2.1.2).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_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						

2.2.1.1 Densità relativa

La densità relativa si definisce:

$$D_r = \frac{e_{\max} - e_o}{e_{\max} - e_{\min}}$$

essendo:

- e_{\max} = indice dei vuoti massimo del materiale (-)
 e_{\min} = indice dei vuoti minimo del materiale (-)
 e_o = indice dei vuoti in sito del materiale (-)

Per quanto riguarda i terreni incoerenti **prevalentemente sabbiosi** la densità relativa D_r può essere correlata al valore N_{SPT} con la seguente legge di [Skempton \(1986\)](#):

$$D_r = \left(\frac{1}{A + B \cdot \sigma_{vo}'} \cdot N_{SPT} \right)^{0.5}$$

essendo:

- A, B = costanti empiriche indicate in **tabella**
 σ_{vo}' = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT
 N_{SPT} = numero di colpi per 30 cm corrispondente ad una energia di infissione pari ad una percentuale di quella teorica (60%)
 (K_o) = coefficiente di spinta a riposo per terreni (-)

Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

Tipo di materiale	A	B
Sabbie fini normalmente consolidate	27,5	27,5
Sabbie grosse normalmente consolidate	43,3	21,7
Sabbie sovraconsolidate	27,5÷43,3	$(21,7 \div 27,5) \cdot \frac{1 + 2 \cdot (k_o)_{sc}}{1 + 2 \cdot (k_o)_{nc}}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In questa sede, ove non specificato espressamente, si assumeranno valori di A e B corrispondenti alle sabbie grosse.

Per quanto riguarda i terreni incoerenti **prevalentemente costituiti da sabbie e ghiaie** la determinazione della densità relativa D_r rischia di essere meno rappresentativa sia per motivi di natura operativa (tipo di attrezzatura utilizzata) sia per la presenza di valori a rifiuto che non sono necessariamente indice di elevati gradi di addensamento.

In questa sede per tenere conto di tali fattori si è operato come segue:

- Dove le informazioni desunte dai sondaggi lo hanno reso possibile nelle situazioni di rifiuto, l'interpretazione dei valori di N_{SPT} sono stati calcolati come segue:
 - $N_{SPT} = 100$ se le condizioni di rifiuto sono raggiunte nel primo tratto di 15 cm o nel secondo tratto di 15 cm
 - $N_{SPT} = N_2 + \frac{50}{a} \cdot 15 \leq 100$ se le condizioni di rifiuto sono raggiunte nel terzo tratto di 15 cm

essendo (a) l'affondamento misurato (in centimetri) per un numero di colpi pari a 50.

- L'interpretazione dei valori N_{SPT} verrà fatta in accordo al metodo proposto da [Cubrinowski & Ishihara \(1999\)](#) utilizzando la seguente espressione:

$$D_r = \left\{ \frac{(N_{SPT})_{78\%} \cdot \left(0,23 + \frac{0,06}{D_{50}}\right)^{1,7}}{9} \cdot \left(\frac{98}{\sigma'_{vo}}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{k_{o,NC}}{k_{o,SC}}\right)^{1/2} \right\}^{1/2}$$

essendo:

D_r = densità relativa (-)

$(N_{SPT})_{78\%}$ = numero di colpi/30 cm associabile ad un'energia trasferita alle aste pari al 78% di quella teorica

$$(N_{SPT})_{78\%} = (N_{SPT}) \cdot \frac{ER}{78}$$

D_{50} = diametro delle particelle corrispondente al 50% di passante (mm)

Il valore del D_{50} è stato desunto sulla base delle curve granulometriche disponibili dalle prove di laboratorio per le formazioni in esame. Nelle correlazioni si è considerato il valore corrispondente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

al fuso granulometrico medio delle formazioni.

σ'_{vo} = pressione verticale efficace geostatica (kPa)

$k_{0,NC}$ = coefficiente di spinta a riposo di terreni normalmente consolidati (-)

$k_{0,SC}$ = coefficiente di spinta a riposo di terreni sovraconsolidati (-)

Per quanto riguarda il criterio di applicazione della correlazione di Skempton piuttosto che di Cubrinowski per il calcolo di D_r , considerando che le analisi granulometriche risultano spesso in numero non elevato oppure non sono disponibili in tutti i sondaggi dove sono state effettuate le SPT, considerando che il tipo di campionamento può non rendere rappresentative le granulometrie effettuate in laboratorio, si sono considerate le informazioni provenienti dalle colonnine stratigrafiche e dalle foto delle cassette, per ogni verticale, alle quote di ciascuna prova SPT, distinguendo il caso di sabbie prevalenti da quello di ghiaie prevalenti.

I valori di N_{spt} sono stati corretti ($N'_{spt} = C_{sg} * N_{spt}$) tenendo conto dell'effetto della dimensione delle particelle, in particolare della ghiaia, secondo quanto proposto da [Tokimatsu & Yoshimi, 1983](#) (fattore correttivo C_{sg}) in funzione del D_{50} .

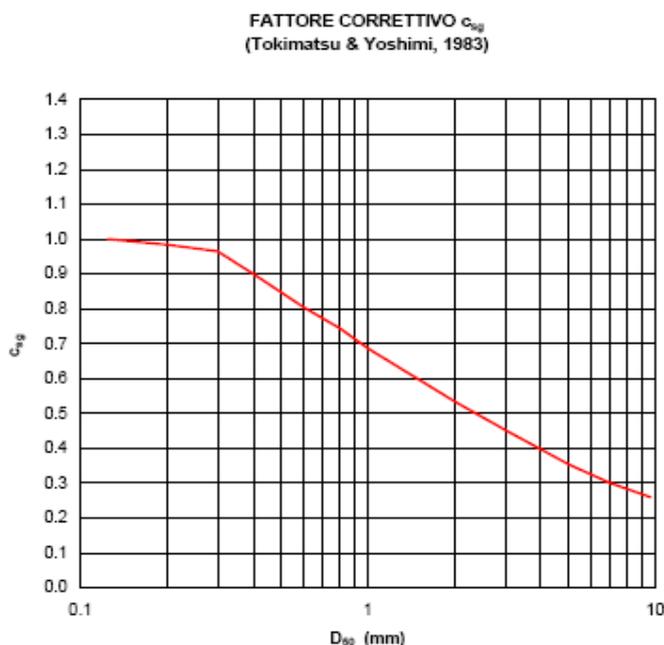


Figura 2 - Fattore C_{sg} correttivo di Tokimatsu & Yoshimi, 1983

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Laddove disponibili i valori N_{LPT} ottenuti con il campionatore LPT, di diametro maggiore rispetto a quello standard, sono trasformati in N_{spt} equivalenti secondo quanto di seguito riportato (Tokimatsu & Yoshimi, 1983).

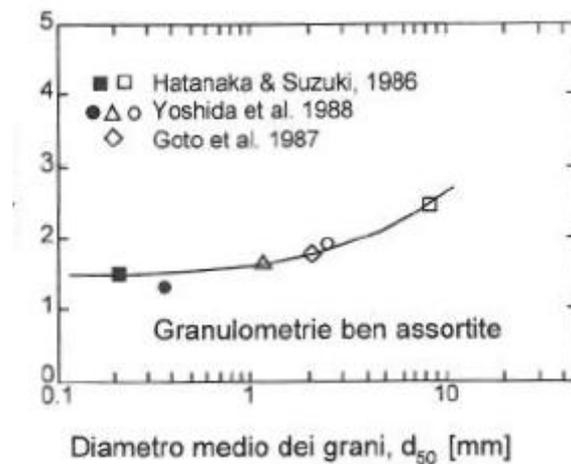


Figura 3 – Fattore correttivo N_{spt}/N_{Lpt} di Tokimatsu & Yoshimi, 1983

2.2.1.2 Indice dei vuoti iniziale e pesi di volume

Una volta noto il valore di D_r calcolato come esplicitato nel capitolo precedente, il valore dell'indice dei vuoti in sito e del peso di volume del secco possono essere determinati dalla relazione:

$$D_r = \frac{e_{\max} - e_o}{e_{\max} - e_{\min}} = \frac{\gamma_{d\max}}{\gamma_d} \cdot \frac{\gamma_d - \gamma_{d\min}}{\gamma_{d\max} - \gamma_{d\min}}$$

una volta noti i valori di e_{\max} , e_{\min} , $\gamma_{d\max}$ e $\gamma_{d\min}$. Essi possono essere determinati in laboratorio.

In questa sede, in mancanza del valore e_{\min} , noto o stimato il valore e_{\max} (Youd (1973)) è stato possibile determinare e_o una volta noto il valore di D_r e quello della differenza $e_{\max} - e_{\min}$ attraverso le relazioni di Cubrinowski & Ishihara (1999):

$$(e_{\max} - e_{\min}) = 0.23 + 0.06 / D_{50}$$

con D_{50} in mm

Si riportano al proposito anche le relazioni di Youd (1973):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$e_{\max} = 0.554 + 0.154 R^{-1}$$

$$e_{\min} = 0.359 + 0.082 R^{-1}$$

essendo R definito come "rotondità" delle particelle e stimabile mediamente pari a 0.5.

Per terreni saturi può essere utilizzata la relazione di [Foti et al. \(2002\)](#) che sfrutta i risultati delle prove sismiche in foro (cross hole o down hole) per determinare la porosità e quindi l'indice dei vuoti:

$$n = \frac{\rho^S - \sqrt{(\rho^S)^2 - \frac{4(\rho^S - \rho^F)K^F}{V_P^2 - 2\left(\frac{1-\nu^{SK}}{1-2\nu^{SK}}\right)V_S^2}}}{2(\rho^S - \rho^F)}$$

essendo V_p e V_s le misure sperimentali delle velocità di compressione e di taglio, ρ^s la densità di massa dei grani, ρ^F la densità di massa del fluido, ν^{sk} coefficiente drenato dello scheletro solido, K^F modulo volumico del fluido ($2.25 \cdot 10^6$ KPa).

$$e_0 = \frac{n}{1-n}$$

In questo caso è possibile, nelle stesse verticali, fare un confronto fra i valori di e_0 calcolati con la correlazione di Foti con quelli calcolati attraverso la formula della D_r , consentendo una verifica delle correlazioni utilizzate.

Il confronto è possibile anche laddove esistono misure di laboratorio di e_0 .

Per la determinazione di γ_d , in mancanza di determinazioni di laboratorio per $\gamma_{d\max}$ e $\gamma_{d\min}$ si può fare riferimento a dati di letteratura per i siti in esame ([Jamiolkowski and Lo Presti, 2003](#)).

Dalla relazione $n = 1 - \gamma_d / \gamma_s$ si può quindi ricavare n o viceversa γ_d una volta nota la porosità n .

Noti il peso di volume dei granuli e l'indice dei vuoti iniziale, considerando il mezzo saturo ($S_r = 1$), è possibile stimare il peso di volume in sito:

$$\gamma = \frac{\gamma_s + e}{1 + e} \cdot \gamma_w$$

essendo γ_s la densità di massa dei grani.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_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 style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">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						

2.2.2 Resistenza in condizioni drenate

L'angolo di resistenza al taglio di picco φ'_{picco} è stato determinato facendo riferimento al metodo proposto da [Bolton \(1986\)](#) in base al quale:

$$\varphi'_{picco} = \varphi_{cv}' + m \cdot DI$$

$$DI = D_r \cdot [Q - \ln(p_f')] - 1$$

essendo:

$$\varphi'_{picco} = \text{angolo di attrito di picco riferito a pressioni } \sigma_{ff}' = 272 \text{ kPa} \quad (^\circ)$$

Q = coefficiente che dipende dalla composizione mineralogica e dalla forma delle particelle, assunto in questa sede pari a 10

$$p_f' = 1,4 \cdot \sigma_{ff}' \text{ (vedi } \text{Jamiolkowski et al. 1988}) \quad (\text{kPa})$$

σ_{ff}' = tensione efficace normale alla superficie di rottura = 272 kPa

m = costante empirica dipendente dalle condizioni di deformazione prevalenti a rottura (vedi **tabella**)

$$\varphi_{cv}' = \text{angolo di attrito di stato critico} \quad (^\circ)$$

$$D_r = \text{densità relativa} \quad (-)$$

Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)

Condizioni di rottura	m(°)
Prova triassiale di compressione ($\sigma_2' = \sigma_3'$)	3
Prova triassiale in estensione o di deformazione piana ($\sigma_2' \neq \sigma_3'$)	5
σ_2' = tensione principale efficace intermedia σ_3' = tensione principale efficace minore	

I valori dell'angolo di attrito φ_{cv}' andrebbero ricavate da prove di laboratorio su provini ricostituiti a basse densità relative.

In assenza di queste ultime, ipotizzabili in base a quanto indicato nella tabella ([Youd, 1972](#))

Valori dell'angolo di attrito φ_{cv}' per sabbie silicee secondo quanto riportato in [Youd \(1972\)](#)

	Sabbie ben gradate	Sabbie uniformi
--	---------------------------	------------------------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_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						

Sabbie a spigoli vivi	$\varphi_{cv}' = 38^\circ$	$\varphi_{cv}' = 34^\circ$
Sabbie a spigoli arrotondati	$\varphi_{cv}' = 33^\circ$	$\varphi_{cv}' = 30^\circ$

In questa sede per i valori di stato critico si sono assunti cautelativamente i seguenti valori:

$\varphi_{cv}' = 33^\circ$ in presenza di sabbie

$\varphi_{cv}' = 33^\circ-35^\circ$ in presenza di sabbie e ghiaie

$m = 3$.

In accordo con l'involuppo curvilineo di [Baligh \(1975\)](#) fino a valori di $\sigma_{ff}' = 272\text{KPa}$ l'angolo di attrito di picco può ritenersi costante.

Per valori superiori esso tenderà a diminuire ed andrà determinato in base al campo di valori progettuali di σ_{ff}' .

Al proposito può essere utilizzata l'espressione di [Baligh \(1975\)](#) valida per valori secanti dell'angolo di attrito di picco:

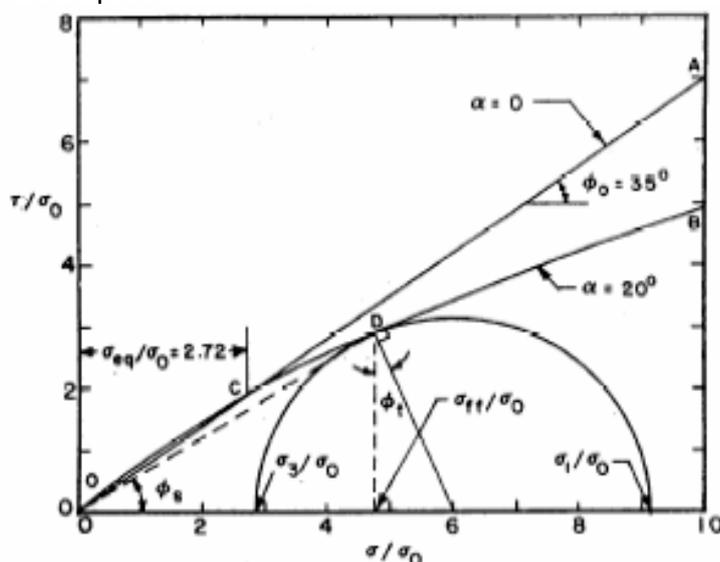


Figura 4 – Involuppo di Baligh, 1975

$$\tan \phi' = \tan \phi'_0 + \tan a \left(\frac{1}{2.3} - \log_{10} \left(\frac{\sigma'_{ff}}{p_a} \right) \right) \geq \tan \phi_{cv}'$$
 (maggiore del valore corrispondente all'angolo di attrito di stato critico)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

$I_L \leq 5$	<i>low</i>
$5 < I_L \leq 15$	<i>high</i>
$I_L > 15$	<i>very high</i>

Di seguito si espongono i metodi semplificati per effettuare in modo speditivo la verifica alla liquefazione.

2.2.3.1 Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR

Per quanto riguarda gli sforzi di taglio indotti dal terremoto atteso, esso viene indicato come CSR (cyclic stress ratio) e può essere determinato mediante le espressioni di seguito riportate (Seed e Idriss 1982, Youd e Idriss 2001):

$$CSR = (\tau_{av} / \sigma'_{v0}) = 0.65 (a_{max} / g) (\sigma_{v0} / \sigma'_{v0}) r_d$$

dove: a_{max} = massima accelerazione orizzontale attesa al suolo;

g = accelerazione di gravità;

r_d = fattore riduttivo degli sforzi di taglio in funzione di $z(m)$ (Youd e Idriss 2001).

2.2.3.2 Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da SPT

Per quanto riguarda la resistenza ciclica non drenata del terreno CRR (cyclic resistance ratio) può essere convenientemente stimata mediante opportune prove di laboratorio, in condizioni non drenate, eseguite su campioni indisturbati congelati.

In alternativa è diventata pratica comune ricorrere ai risultati di prove in sito ed in particolare alla prova SPT per la determinazione di CRR.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

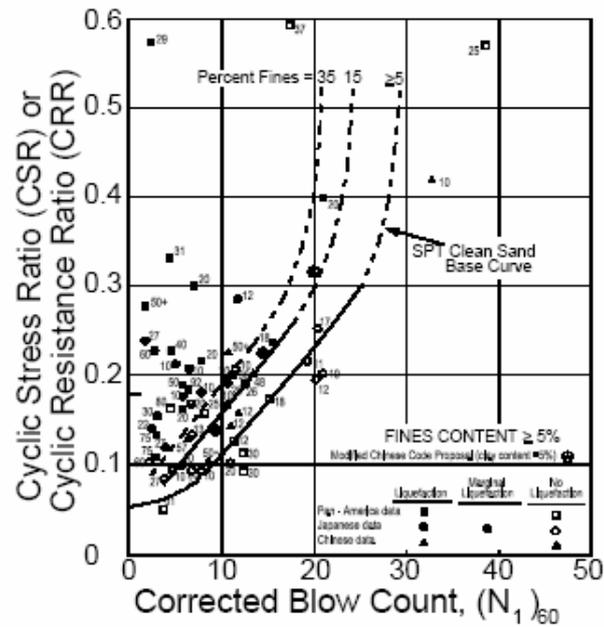


Figura 5 – Grafico di Youd e Idriss,2001

La Figura (Youd e Idriss 2001) consente di ricavare CRR nel caso di terremoti di Magnitudo 7.5, noto il valore di $(N1)_{60}$.

Le curve sono posizionate in modo da separare la regione che contiene i casi di liquefazione (parziale o totale) da quella di non liquefazione. Sono state ricavate tre curve: una per terreni granulari con contenuto di fine inferiore al 5 % (SPT clean sand base curve), le altre due sono relative a terreni granulari con un contenuto di fine pari al 15 e 35 % rispettivamente.

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - N_{160}} + \frac{N_{160}}{135} + \frac{50}{(10 \cdot N_{160} + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

valida per $N_{160} < 30$

per tenere conto della percentuale di fine FC si calcola N_{160cs} :

$$N_{160cs} = \alpha + \beta (N_{160})$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

$$a = 0 \rightarrow FC \leq 5\%$$

$$a = \exp\left[1.76 - \left(\frac{190}{FC^2}\right)\right] \rightarrow 5\% \leq FC \leq 35\%$$

$$a = 0 \rightarrow FC \geq 35\%$$

$$\beta = 1 \rightarrow FC \leq 5\%$$

$$\beta = \left[0.99 + \left(\frac{FC^{1.5}}{1000}\right)\right] \rightarrow 5\% \leq FC \leq 35\%$$

$$\beta = 1.2 \rightarrow FC \geq 35\%$$

2.2.3.3 Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da Vs

La velocità di propagazione delle onde di taglio S, Vs è normalizzata secondo le seguenti espressioni:

$$V_{s1} = C_v V_s$$

essendo

$$C_v = \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v1}}\right)^{0.25} < 1.4$$

essendo $p_a = 100$ KPa

La curva limite è data da:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$CRR = 0.022 \cdot \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + 2.8 \cdot \left(\frac{1}{V_{s1}^* - V_{s1}} - \frac{1}{V_{s1}^*} \right)$$

essendo (Idriss e Boulanger,2004):

per $FC \leq 5\%$, $V_{s1}^* = 215$ m/s

per $5\% \leq FC \leq 35\%$, $V_{s1}^* = 215 - 0.5(FC - 5)$ m/s

per $FC > 35\%$, $V_{s1}^* = 200$ m/s

2.2.3.4 Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove triassiali cicliche

La resistenza alla liquefazione (linee guida AGI,2005) è:

$$R_{\max} = \frac{0.9}{C_k} \cdot \left(\frac{1 + 2K_0}{3} \right) \cdot \left(\frac{\tau_l}{\sigma'_c} \right)_{N_c=20},$$

essendo:

$\left(\frac{\tau_l}{\sigma'_c} \right)_{N_c=20}$ il valore misurato in laboratorio della resistenza ciclica in corrispondenza di 20 cicli.

- C_k un coefficiente correttivo pari a 0.55 nel caso di moto sismico “ad impatto”, e pari a 0.7 per una sollecitazione di tipo “vibrazionale”.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione è valutato come

$$F_S = \frac{R_{\max}}{L_{\max}}$$

essendo $L_{\max} = \left(\frac{\tau_{\max}}{\sigma'_c} \right)$ con τ_{\max} la tensione tangenziale massima alla profondità considerata e σ'_c la tensione efficace di confinamento.

2.2.4 Deformabilità

2.2.4.1 Moduli elastici a piccole deformazioni

Come è noto il comportamento deformativo dei terreni a piccole deformazioni (deformazioni di taglio $\gamma < \gamma_l$ con γ_l soglia di linearità) si presenta lineare e dipende da variabili dipendenti dalla

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tipologia dei materiali (granulometria, caratteristiche fisiche dei grani,...) e da variabili di stato (stato tensionale, addensamento, storia tensionale,...).

In generale per i terreni incoerenti, a parità delle altre condizioni, si ha che:

- G_0 aumenta all'aumentare della pressione media p'
- G_0 diminuisce all'aumentare dell'indice dei vuoti e
- G_0 aumenta all'aumentare del grado di sovraconsolidazione **OCR**
- G_0 aumenta all'aumentare del grado di cementazione **c**
- G_0 non risente sensibilmente della velocità di applicazione dei carichi

In generale la relazione che lega G_0 ai parametri di cui sopra è del tipo:

$$G_0 = S \cdot f(e) \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'}{p_a} \right)^n \cdot OCR^k$$

Nel caso di terreni incoerenti l'equazione può essere riscritta in:

$$G_0 = S \cdot f(e) \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'}{p_a} \right)^n$$

essendo modesta l'influenza di OCR.

Mancuso et al. (1997) assume per la funzione $f(e)$ l'espressione: $f(e) = \frac{(2.973 - e)^2}{(1 + e)}$

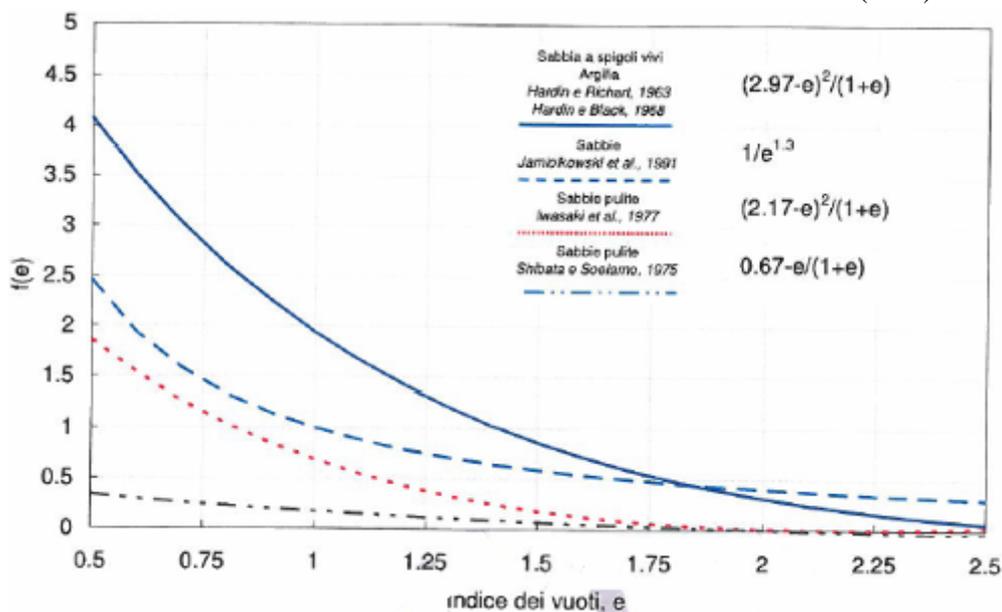


Figura 6– Espressioni di $f(e)$ secondo vari Autori

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

S rappresenta un fattore che dipende dalla mineralogia, microstruttura e tessitura degli aggregati mentre n rappresenta un fattore che rappresenta la sensibilità della variazione con p'.

I moduli iniziali di taglio (G_o) e di Young (E_o), corrispondenti alle pressioni efficaci geostatiche medie p' , possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s utilizzando le seguenti equazioni:

$$G_o = \frac{\gamma_t}{9,81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_o = G_o \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

essendo:

γ_t = peso di volume naturale del terreno in kN/m^3

ν' = rapporto di Poisson del terreno = 0,20-0,30

V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio in m/sec.

La velocità di propagazione delle onde di taglio V_s può essere ricavata direttamente da prove geofisiche “down hole” e “cross hole” o indirettamente, interpretando i risultati delle prove SPT.

La velocità delle onde di taglio da prove SPT in sabbie e ghiaie normalmente consolidate, silicee non cementate, può essere ricavata sulla base alla correlazione proposta da [Ohta & Goto \(1978\)](#) (vedi anche [Baldi et al., 1989](#)); in base a tale correlazione vale quanto segue:

$$V_s = C \cdot (N_{\text{SPT}})_{60\%}^{0.171} \cdot (z)^{0.199} \cdot f_A \cdot f_G \quad (\text{m/sec})$$

essendo:

$C = 67,3$

z = profondità dal p.c. in metri

f_A = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito (vedi la **tabella**)

f_G = coefficiente funzione della composizione granulometrica (vedi la **tabella**)

Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_A

(funzione dell'epoca geologica del deposito)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

f_A	Olocene	Pleistocene
	1,0	1,3

Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_G

(funzione della composizione granulometrica del deposito)

f_G	Ghiaie	Sabbie ghiaiose	Sabbie grosse	Sabbie medie	Sabbie fini
	1,45	1,15	1,14	1,07	1,09

Nei fori di sondaggio ove è presente una prova sismica può essere effettuato un confronto fra le V_s stimate da SPT con quelle misurate, consentendo una eventuale “taratura” della correlazione di Ohta Goto che quindi può applicarsi affidabilmente anche in contesti in cui non si hanno a disposizione misure di V_s da prove sismiche. Inoltre, l’interpretazione di V_0 in termini di indice dei vuoti (e_0), con l’ausilio della determinazione di laboratorio dei valori di e_{max} ed e_{min} può fornire importanti informazioni relativamente al grado di addensamento dei depositi. Quest’ultimo aspetto verrà approfondito ulteriormente in fase di P.E. per una più ampia disponibilità di dati di laboratorio.

2.2.4.2 Moduli elastici a medie e grandi deformazioni

Il comportamento deformativo a medie deformazioni ($\gamma_1 < \gamma < \gamma_v$ con γ_v soglia di deformazione volumetrica) ed a grandi deformazioni di taglio ($\gamma > \gamma_v$) si manifesta in modo fortemente non lineare.

In generale per i terreni incoerenti, a parità delle altre condizioni, si ha che:

- $G(\gamma)/G_0$ aumenta all’aumentare della pressione media p' : all’aumentare di p' le curve si spostano verso l’alto e verso destra, cioè lo stesso rapporto $G(\gamma)/G_0$ si manifesta per γ più elevate.
- $G(\gamma)/G_0$ aumenta all’aumentare di e .
- $G(\gamma)/G_0$ non risente del grado di sovraconsolidazione **OCR**.
- $G(\gamma)/G_0$ aumenta all’aumentare del grado di cementazione **c**.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le curve di $G(\gamma)$ risultano normalizzate rispetto a G_0 per valutare l'effetto di alcuni fattori indipendentemente da quelli che influenzano G_0 riportati nel precedente paragrafo.

La soglia di linearità γ_l per terreni granulari può fissarsi già a partire da un valore pari a 0.001%: essa diminuisce al crescere della dimensione dei grani ed aumenta con la pressione p' di confinamento. Esistono varie correlazioni in letteratura per definire opportune curve di degrado del modulo in funzione dei parametri sopra menzionati.

Tali curve risultano valide anche per terreni a grana fine per i quali si rimanda allo specifico paragrafo e possono utilizzarsi in **modelli di calcolo elastici non lineari**.

Si riporta di seguito la relazione di [Ishibashi e Zang \(1993\)](#):

$$\frac{G}{G_0} = K(\gamma, Ip) \cdot (p')^{m(\gamma, Ip) - m_0}$$

$$K(\gamma, Ip) = 0.5 \cdot \left[1 + \tanh \left(\ln \left(\frac{0.000102 + n(Ip)}{\gamma} \right)^{0.492} \right) \right]$$

$$m(\gamma, Ip) - m_0 = 0.272 \cdot \left[1 - \tanh \left(\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right) \right] \cdot \exp(-0.0145 \cdot Ip^{1.3})$$

$$n(Ip) = \begin{matrix} 0.0 & Ip = 0 \\ 3.37 \cdot 10^{-6} Ip^{1.404} & 0\% < Ip < 15\% \\ 7.0 \cdot 10^{-7} Ip^{1.976} & 15\% < Ip < 70\% \\ 2.7 \cdot 10^{-5} Ip^{1.115} & Ip > 70\% \end{matrix}$$

Si riportano di seguito anche le curve teoriche proposte rispettivamente da [Lo Presti \(1989\)](#) e da [Vucetic e Dobry \(1991\)](#)

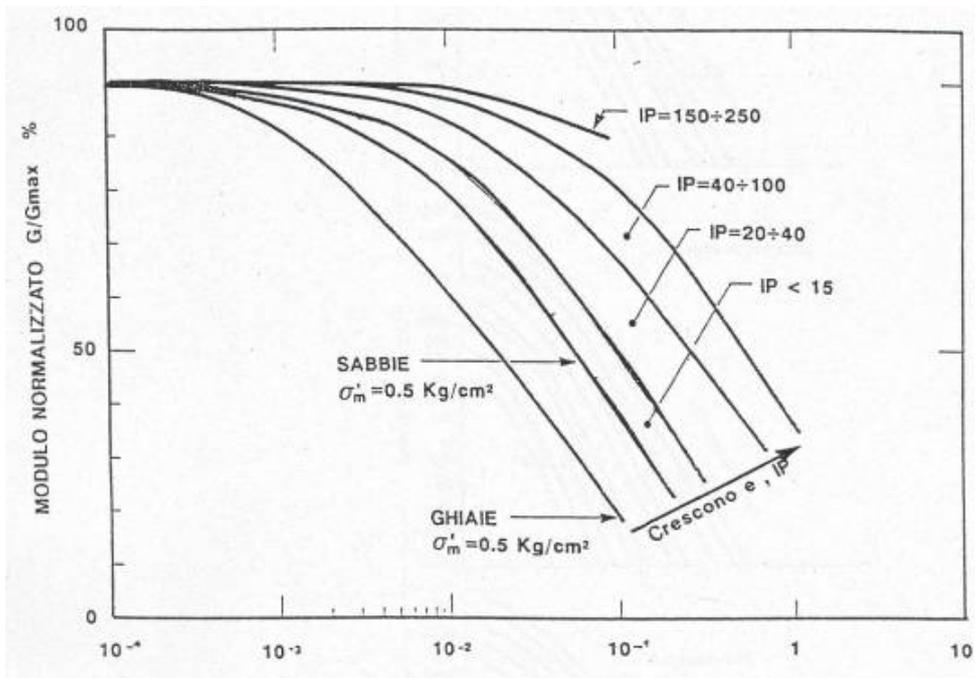
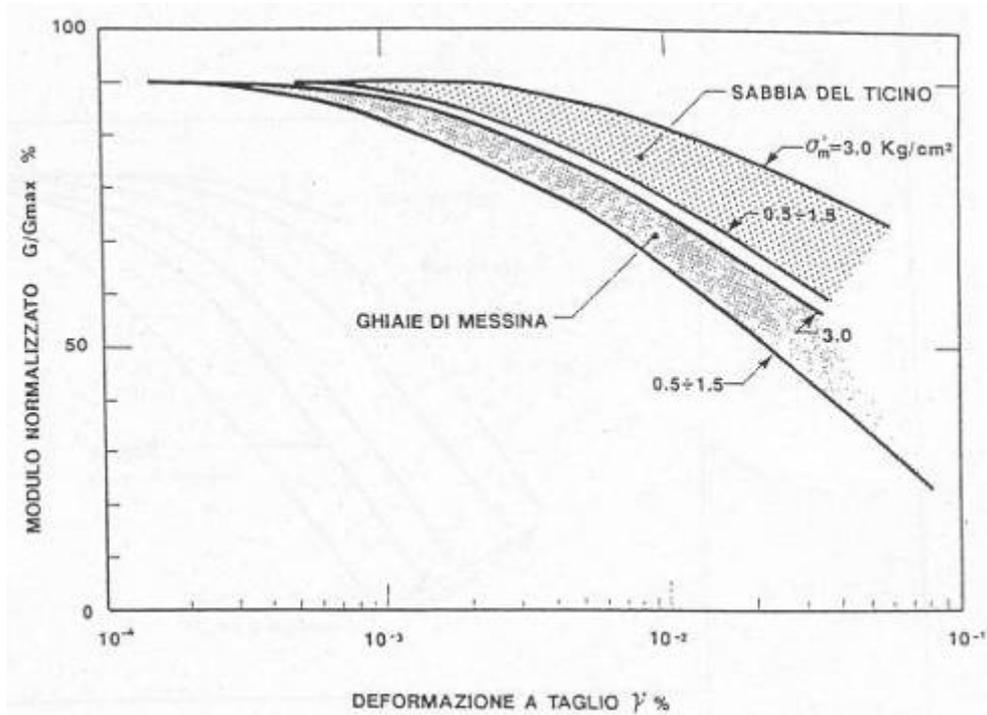


Figura 7– Curve di decadimento secondo Lo Presti,1989

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	Codice documento CB0057_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

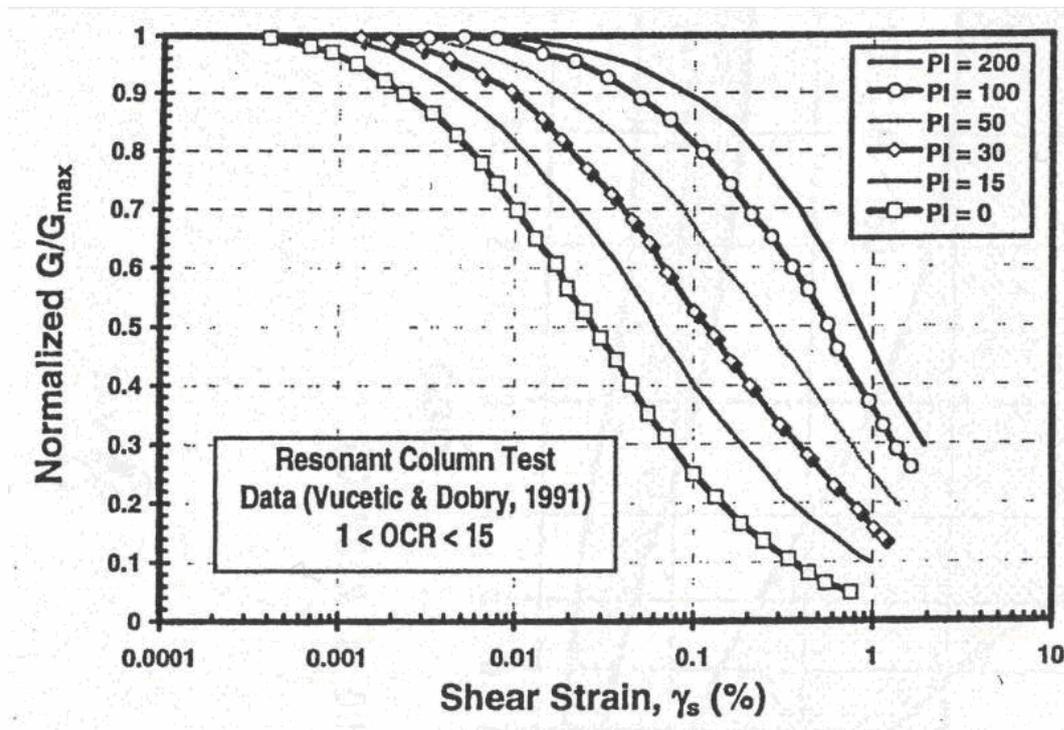


Figura 8– Curve di decadimento secondo Vucetic e Dobry, 1991

Modelli di calcolo convenzionali elastico lineari

In questo caso si ha che la scelta del modulo elastico operativo viene fatta convenzionalmente essendo a conoscenza del range di deformazioni indotte dalle opere in esame:

- **Fronti di scavo ed opere di sostegno:** i moduli statici sono pari a circa $(1/3 \div 1/5) \cdot E_0$ in quanto le deformazioni indotte risultano relativamente contenute, dell'ordine di $1 \times 10^{-3} \div 5 \times 10^{-3}$ e prevalentemente di scarico o scarico-ricarico.
- **Fondazioni profonde e dirette:** i moduli statici E' possono ritenersi pari a circa $(1/3 \div 1/5) \cdot E_0$ con valori prossimi all'estremo inferiore del range, in considerazione del livello deformativo indotto e del fatto che gli spostamenti totali e differenziali ammissibili per l'opera devono essere comunque contenuti.
- **Rilevati:** i moduli statici E' sono pari a circa $1/5 \div 1/10 \cdot E_0$: per tali strutture in terra infatti si hanno cedimenti totali e differenziali maggiori di quelli delle fondazioni profonde e dirette.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'estremo superiore del range (1/5) sarà considerato nel caso in cui la stima di E_0 possa ritenersi già cautelativa (es: interpolazione dei valori medi-minimi,...).

- **Gallerie naturali:** i moduli statici sono pari a circa $(1/3 \div 1/5) \cdot E_0$ in quanto le deformazioni massime indotte risultano relativamente contenute, dell'ordine di $1 \times 10^{-3} \div 5 \times 10^{-3}$ e prevalentemente di scarico.
- **Fondazioni su pali:** nel progetto delle fondazioni profonde su pali i moduli di reazione orizzontale iniziali (E_{si}) alla [Matlock & Reese \(1960\)](#), utili per definire la parte iniziale delle curve p-y, verranno valutati in accordo alla seguente espressione:

$$E_{si} = k_{hi} \cdot z \quad (\text{kPa})$$

essendo:

k_{hi} = gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale, riportato nella **tab. 4.6** (vedi [Reese et al, 1974](#) e [Elson, 1984](#)) (kN/m^3)

z = profondità dal piano campagna originario.

Modulo di reazione orizzontale secondo Reese et al. (1974) (vedi anche Elson (1984))

D_r (%)	K_{hi} (kN/m^3)
35%	10000
50%	15000
70%	25000

In generale la costante di sottofondo può determinarsi secondo la seguente espressione ([Bowles, 1998](#)):

$$K_s = A_s + B_s Z^n$$

dove:

$$A_s = C (c N_c s_c + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma)$$

$$B_s Z = C (\gamma N_q s_q) Z$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

C=40

$N_c, N_q, N_\gamma, s_c, s_q, s_\gamma$ = coefficienti di capacità portante e di forma

n un esponente per tenere conto della variabilità con la profondità, tarabile nel caso si abbiano a disposizione prove di carico su piastra.

Per le platee si può assumere che B_s sia uguale a zero.

I moduli di Young possono essere determinati e confrontati con i valori ottenuti come precedentemente indicato, in base all'esito delle prove pressiometriche o dilatometriche sulla base delle relazioni seguenti:

$$E_m = 3 / (1/E_1 + 1/E_2 + 1/E_3)$$

$$E_i = (1+\nu) \Delta p D_0 / \Delta D_j$$

essendo:

E_i = Modulo di Young nella direzione del trasduttore i-esimo 1 o 2 o 3;

ν = Coefficiente di Poisson = 0.25;

Δp = Intervallo di pressione radiale applicata;

D_0 = Diametro iniziale del foro;

ΔD_j = Variazione diametrale per l'applicazione di P misurata dal trasduttore i-esimo.

In generale, laddove le misurazioni lo renderanno possibile, si privilegeranno i valori di scarico e ricarico, soprattutto nel caso di prove effettuate in profondità e quindi rappresentative del comportamento di opere caratterizzate da comportamenti in scarico o scarico ricarico.

Laddove tali prove fornissero solo i valori di carico saranno evidenziate nel testo.

2.2.4.3 Coefficienti di smorzamento intrinseco

Il comportamento non lineare di un terreno in condizioni di carico ciclico è rappresentabile non solo attraverso **G** ma anche attraverso il fattore di smorzamento **D** allo scopo di riassumere le proprietà dissipative globalmente mostrate dal materiale nel corso di un ciclo di scarico-ricarico.

Anche per **D** l'evoluzione complessiva del comportamento del terreno al crescere del livello di sollecitazione è convenzionalmente rappresentata dall'andamento con la deformazione tangenziale γ .

A piccole deformazioni ($\gamma < \gamma_l$), sotto la soglia di linearità, il legame tra tensioni e deformazioni il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

legame è, ai fini pratici, interpretabile con una relazione di tipo lineare e le le proprietà dissipative possono ritenersi costanti ed essere misurate durante un ciclo di carico-scarico attraverso la percentuale di energia di deformazione dispersa nel ciclo completo rispetto a quella immagazzinata nella fase di carico.

E' lecito ipotizzare, che gli stessi fattori che influenzano G_0 a piccole deformazioni ne regolino anche lo smorzamento D_0 anche se con un peso diverso.

In generale per i terreni incoerenti, a parità delle altre condizioni, si ha che:

- D_0 diminuisce limitatamente all'aumentare della pressione media p'
- D_0 aumenta all'aumentare dell'indice dei vuoti e
- D_0 diminuisce limitatamente all'aumentare del grado di sovraconsolidazione **OCR**
- D_0 può aumentare all'aumentare del grado di cementazione c
- D_0 può aumentare con la velocità di applicazione dei carichi

Generalmente, per i terreni incoerenti, D_0 assume un valore trascurabile.

Può determinarsi da prove sismiche cross-hole laddove si rendono disponibili le misurazioni o da prove di laboratorio (es:colonna risonante) su campioni indisturbati prelevati con la tecnica del congelamento.

A medie deformazioni ($\gamma_l < \gamma < \gamma_v$), sotto la soglia di deformazione volumetrica (condizioni drenate) o in assenza di sovrappressioni interstiziali (condizioni non drenate), il comportamento del terreno comincia a manifestarsi non lineare. Esso non conserva memoria della storia pregressa al termine di un ciclo completo ed il terreno ritorna nello stato iniziale, tendendo a ripercorrere la stessa curva tensione-deformazione se nuovamente sottoposto ad una medesima storia di carichi tangenziali: il comportamento tensione-deformazione è quindi "stabile", e permette di essere modellato sempre con un'unica coppia di valori dei parametri $G(\gamma)$ e $D(\gamma)$.

Anche in questo caso è lecito ipotizzare, che gli stessi fattori che influenzano $G(\gamma)$ a medie deformazioni ne regolino anche lo smorzamento $D(\gamma)$ anche se con un peso diverso.

In generale per i terreni incoerenti, a parità delle altre condizioni, si ha che:

- $D(\gamma)/D_0$ diminuisce all'aumentare della pressione media p' : all'aumentare di p' le curve si spostano verso il basso e verso destra, cioè lo stesso rapporto $D(\gamma)/D_0$ si manifesta per γ più elevate.
- $D(\gamma)/D_0$ diminuisce all'aumentare di e .
- $D(\gamma)/D_0$ non risente del grado di sovraconsolidazione **OCR**.
- $D(\gamma)/D_0$ diminuisce all'aumentare del grado di cementazione c .

Si riporta di seguito la relazione di [Ishibashi e Zang \(1993\)](#):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$D = 0.333 \cdot \frac{1 + \exp(-0.0145 I_p^{1.3})}{2} \cdot \left[0.586 \cdot \left(\frac{G}{G_0} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_0} + 1 \right]$$

Si riportano di seguito anche le curve teoriche proposte rispettivamente da [Vucetic e Dobry \(1991\)](#):

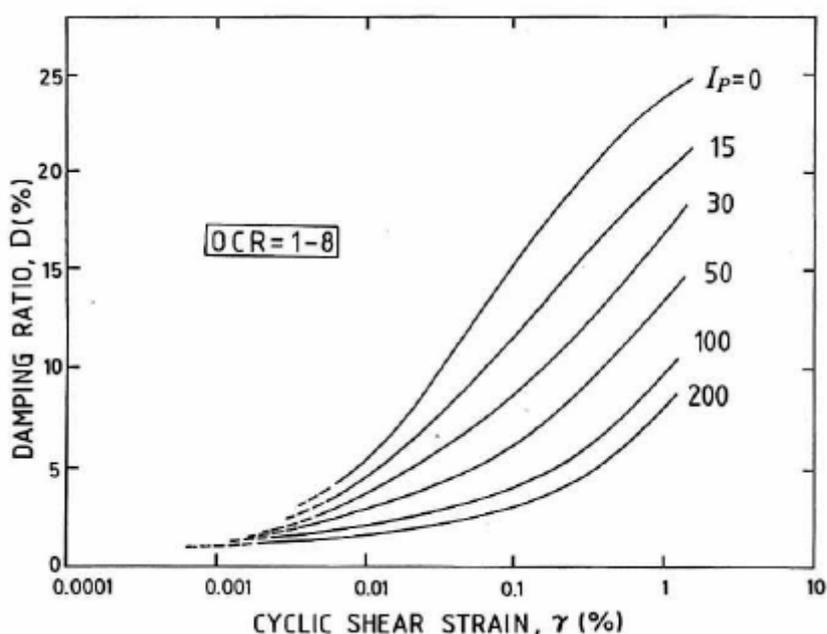


Figura 9– Curve di decadimento secondo Vucetic e Dobry, 1991

A deformazioni elevate ($\gamma > \gamma_v$), sopra la soglia volumetrica, il comportamento del terreno diviene affetto in maniera significativa da modifiche irreversibili dell'assetto particellare: si evidenzia l'effetto dei fattori legati alla non monotonicità delle sollecitazioni: le caratteristiche di deformabilità del terreno, lette in termini di parametri di rigidità e dissipazione, variano all'aumentare del numero di cicli.

In particolare, per alcuni materiali (ad esempio le sabbie sciolte asciutte) si possono verificare fenomeni di graduale addensamento, fino al "rientro" in condizioni di stabilità dopo un certo numero di cicli. In gran parte dei casi, viceversa, i materiali manifestano tendenza alla degradazione progressiva, segnalata dall'incremento di deformazioni tangenziali non recuperabili. Inoltre, per effetto del comportamento dilatante o contraente dello scheletro solido, si accumulano deformazioni volumetriche in condizioni drenate, sovrappressioni neutre in condizioni non drenate.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dopo escursioni a deformazioni maggiori di γ_v , una nuova fase di carico deviatorico darà quindi luogo ad una risposta iniziale (**G₀** e **D₀**) del terreno modificata rispetto a quella esibita dal materiale non presollecitato.

L'insieme dei fenomeni appena descritti viene indicato come **degradazione ciclica**. L'approccio lineare equivalente precedentemente introdotto è improponibile, perché le relazioni **G(γ)** e **D(γ)** non sono più univoche (comportamento instabile). In tali casi, può essere sufficiente una generalizzazione del modello con l'introduzione dell'effetto del numero dei cicli N.

Generalmente si ha che:

- **G₀**, **G(γ)** aumentano col numero dei cicli N (terreni incoerenti asciutti).
- **D₀**, **D(γ)** diminuiscono col numero dei cicli N (terreni incoerenti asciutti).
- **G₀**, **G(γ)** diminuiscono col numero dei cicli N (terreni incoerenti saturi).
- **D₀**, **D(γ)** aumentano col numero dei cicli N (terreni incoerenti saturi).

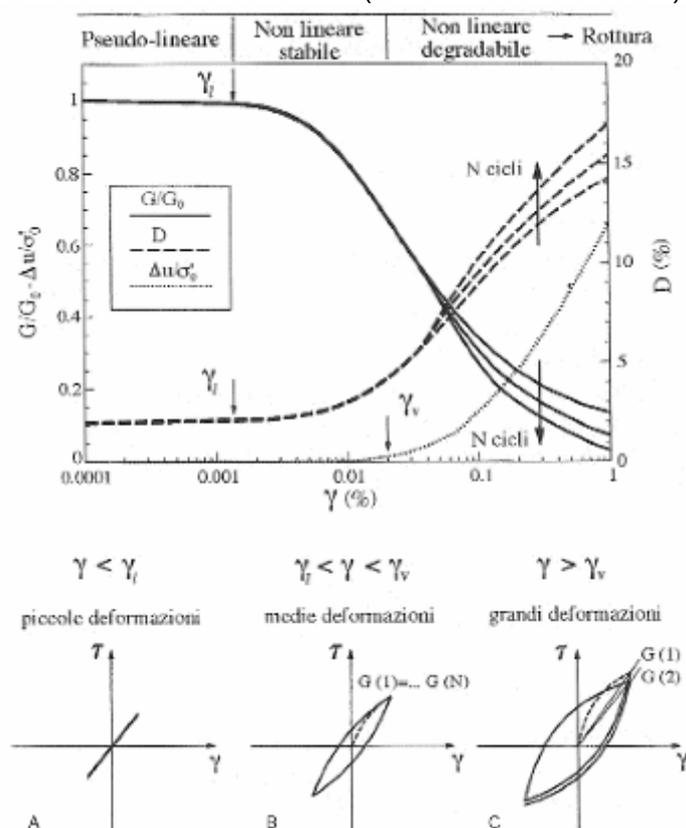


Figura 10– Curve di decadimento e smorzamento tipologiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.5 Permeabilità

I coefficienti di permeabilità k verranno determinati sulla base dei risultati delle prove di permeabilità Lefranc in foro di sondaggio.

Stima dei coefficienti di permeabilità in base alla descrizione litologica

k (m/sec)	Grado di permeabilità	Tipo di terreno
$k > 1 \cdot 10^{-3}$	Alta	Ghiaie
$1 \cdot 10^{-3} > k > 1 \cdot 10^{-5}$	Media	Sabbie ghiaiose e Ghiaie sabbiose
$1 \cdot 10^{-5} > k > 1 \cdot 10^{-7}$	Bassa	Sabbie fini
$1 \cdot 10^{-7} > k > 1 \cdot 10^{-9}$	Molto bassa	Limi e sabbie argillose
$1 \cdot 10^{-9} > k$	Bassissima (impermeabile)	Argille

In alternativa essi verranno stimati sulla base delle seguente metodologia (vedi [Somerville, 1986](#)) che consiste nella:

- Valutazione del coefficiente di uniformità = D_{60}/D_{10} , essendo D_{60} il diametro corrispondente al 60% di passante e D_{10} il diametro corrispondente al 10% di passante;
- Assegnazione del valore caratteristico di D_{50} , ovvero del diametro corrispondente al 50% di passante;
- Utilizzo dei diagrammi riportati nelle figure seguenti

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

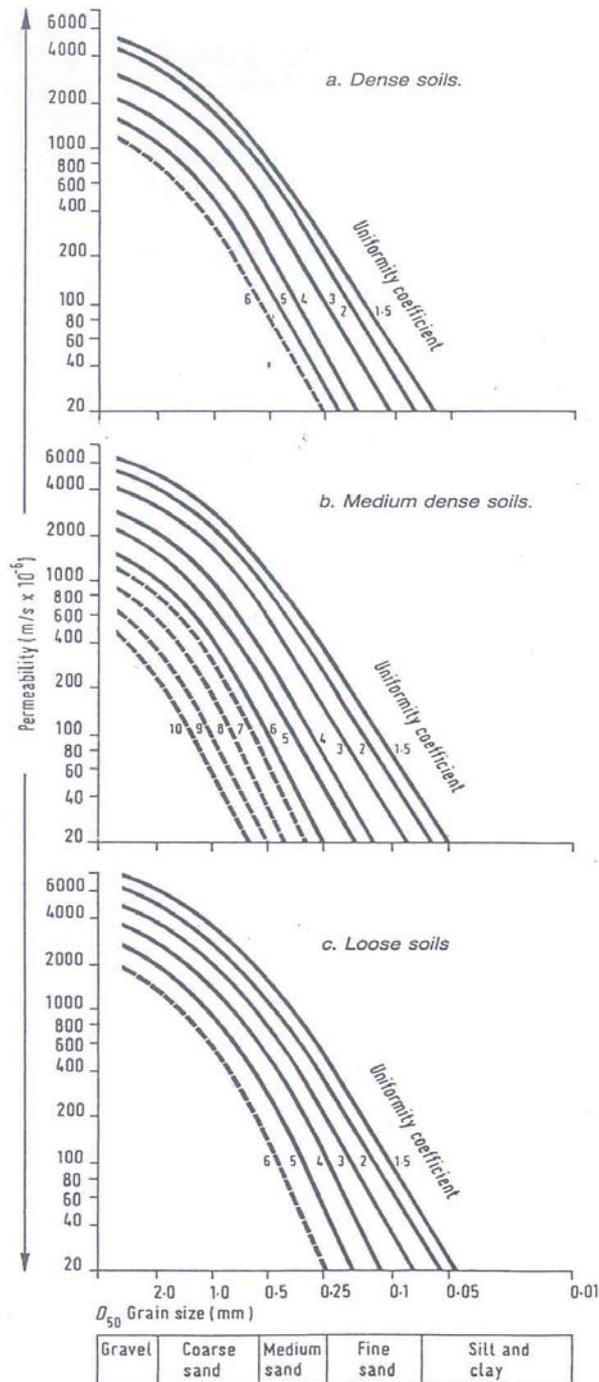


Figura 11– Curve di Somerville,1986

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

2.3 Criteri per la caratterizzazione dei Terreni coesivi

La caratterizzazione geotecnica dei terreni coesivi si basa sia sull'interpretazione delle prove di laboratorio, laddove disponibili, sia all'interpretazione delle prove in sito.

La caratterizzazione evidenzia i seguenti aspetti:

- Parametri fisici e stato iniziale in sito.
- Resistenza al taglio.
- Deformabilità.
- Permeabilità.

2.3.1 Caratteristiche fisiche

La classificazione dei terreni a grana fine verrà effettuata facendo riferimento ai risultati delle prove di laboratorio in termini di :

- fusi granulometrici;
- limiti di Atterberg (limite liquido e limite plastico);
- pesi di volume naturale e secco;
- grado di saturazione;
- contenuti d'acqua naturale;

2.3.2 Stato iniziale

La valutazione dello stato tensionale iniziale verrà fatta sulla base:

- di quanto desumibile dagli studi di carattere geologico;
- dell'interpretazione delle prove di laboratorio, laddove disponibili.

Lo stato tensionale in sito può essere valutato in termini di grado di sovraconsolidazione ($OCR = \sigma_{vmax}' / \sigma_{vo}'$), essendo σ_{vmax}' la pressione di preconsolidazione desumibile dalle prove edometriche e σ_{vo}' la pressione verticale efficace geostatica.

In alternativa OCR può determinarsi anche sulla base delle seguenti espressioni (vedi [Ladd & Foot, 1974](#); [Ladd et al. 1977](#)):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

$$(OCR)^{0.85} = \frac{\frac{c_u}{\sigma'_{vo}}}{\left(\frac{c_u}{\sigma'_{vo}}\right)_{NC}}$$

dove:

$$\left(\frac{c_u}{\sigma'_{vo}}\right)_{NC} \cong 0.30 \text{ (Chandler et al., 1988)}$$

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

σ'_{vo} = pressione verticale efficace geostatica.

Il coefficiente di spinta del terreno a riposo k_o sarà stimato sulla base della seguente espressione:

$$k_o = (1 - \sin \varphi') \cdot \sqrt{OCR}$$

essendo:

φ' = angolo di attrito.

2.3.3 Resistenza al taglio non drenata

La resistenza al taglio non drenata c_u verrà valutata facendo riferimento ai risultati delle seguenti prove:

- di laboratorio TX-UU
- all'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.
- all'interpretazione delle prove pressiometriche.

La resistenza al taglio non drenata dipende:

- dalla pressione di consolidazione e dall'OCR o dall'indice dei vuoti iniziale
- dal percorso di carico

2.3.3.1 Prove di laboratorio

In questa sede si farà riferimento, laddove disponibili, ai risultati di prove triassiali non consolidate non drenate di compressione e carico (TX-UU) effettuate su campioni indisturbati.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

2.3.3.2 Valutazione di c_u da prove SPT

La resistenza al taglio non drenata di materiali saturi sotto falda, associabile a quella di prove triassiali di compressione e carico, consolidate alle tensioni efficaci geostatiche, verrà stimata adottando la correlazione empirica proposta da Stroud (1974) (vedi anche Clayton, 1995). In base a tale correlazione risulta quanto segue:

$$c_u = 5.0 - 5.5 N_{spt} \quad (\text{kPa})$$

2.3.3.3 Valutazione di c_u da prove pressiometriche

Per ricavare il valore della c_u si sono utilizzate le relazioni proposte da Amar e Jezequel che legano direttamente la c_u al valore della pressione limite netta $p'_l = p_l - p_o$ (Amar e Jezequel, 1972):

$$c_u = (p_l - p_o) / 5.5 \quad \text{se } p_l < 0.3 \text{ Mpa} \quad (\text{KPa})$$

$$c_u = [(p_l - p_o) / 10] + 25 \quad \text{se } p_l > 0.3 \text{ Mpa} \quad (\text{KPa})$$

2.3.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

I parametri di resistenza di picco in termini di sforzi efficaci verranno determinati sulla base dei risultati delle prove di laboratorio

- per i parametri di picco e per quelli di stato critico si farà riferimento a prove di taglio diretto (TD) e triassiali consolidate non drenate e drenate (TX-CIU e TX-CID);
- per quelli di resistenza residua, laddove disponibili, si farà riferimento anche ai risultati di prove di taglio torsionale (TT);

Gli involuppi di rottura nel piano $\tau - \sigma'_n$, per argille sovraconsolidate, mostrano un andamento curvilineo che secondo Mesri e AbdelGhafar (1993) assumono la seguente forma:

$$\tau_{oc} = \sigma'_n \tan \varphi' \left(\frac{\sigma'_p}{\sigma'_n} \right)^{(1-m)}$$

ove:

σ'_p = pressione di preconsolidazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

σ'_n = pressione efficace sulla superficie di rottura

m = coefficiente che dipende dalla struttura e dalla composizione dell'argilla. Secondo gli Autori m decresce (aumentando la curvatura) all'aumentare dell'indice di plasticità I_p , ed invece cresce con l'angolo di attrito ϕ' . Tipici valori sono di seguito riportati Mesri e AbdelGhafar (1993):

Material	<i>m</i>	
	Intact	Destructured
Cemented soft clays	0.4–0.5	0.5–0.7
Stiff clays and shales	0.5–0.6	0.6–0.8
Soft clays	0.6–0.7	0.7–0.9

Figura 12– Coefficiente “ m ” secondo Mesri e AbdelGhafar (1993)

L'angolo di attrito è quello corrispondente ai materiali in esame in condizioni di normalconsolidazione.

Gli involuipi di rottura saranno distinti, possibilmente, per rottura in condizioni piane ($\sigma'_2 \neq \sigma'_3$) e per rottura in condizioni triassiali ($\sigma'_2 = \sigma'_3$).

Per quanto riguarda i valori operativi c' e ϕ' che possono essere ricavati dall'involuppo a rottura di cui sopra è opportuno distinguere i seguenti casi:

- nei modelli di calcolo che simulano la diminuzione della resistenza (strain-softening), i dati di input consisteranno nei parametri c' e ϕ' di picco inserendo la legge di decadimento dal picco, da determinare in base alle prove di laboratorio;
- nei modelli di calcolo convenzionali che non simulano la diminuzione della resistenza (es: Mohr Coulomb) si farà riferimento a parametri di resistenza operativi pari a quelli di picco cautelativi, confrontati eventualmente con i dati pubblicati nella letteratura tecnica, oppure a valori intermedi con quelli di stato critico.

In entrambi i modelli di calcolo, nel caso di materiali interessati in passato da fenomeni di rottura, lungo superfici di scivolamento già formate si applicheranno invece le resistenze residue.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.5 Caratteristiche di deformabilità

2.3.5.1 Moduli elastici a piccole deformazioni

Come è noto il comportamento deformativo dei terreni a piccole deformazioni (deformazioni di taglio $\gamma < \gamma_l$ con γ_l soglia di linearità) si presenta lineare e dipende da variabili dipendenti dalla tipologia dei materiali (granulometria, caratteristiche fisiche dei grani,...) e da variabili di stato (stato tensionale, addensamento, storia tensionale,...).

In generale per i terreni coesivi, a parità delle altre condizioni, si ha che:

- G_0 aumenta all'aumentare della pressione media p'
- G_0 aumenta all'aumentare dell'indice di plasticità IP per argille oc mentre risulta tendenzialmente stabile per argille n.c.
- G_0 aumenta all'aumentare del grado di sovraconsolidazione OCR
- G_0 aumenta all'aumentare del grado di cementazione c
- G_0 risente sensibilmente della velocità di applicazione dei carichi

In generale la relazione che lega G_0 ai parametri di cui sopra è del tipo:

$$G_o = S \cdot f(e) \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'}{p_a} \right)^n \cdot OCR^m$$

Nel caso di terreni coesivi l'equazione può essere riscritta in:

$$G_o = S \cdot \left(\frac{p'}{p_a} \right)^n \cdot OCR^m$$

S, n, m rappresentano fattori che dipendono dalla mineralogia, microstruttura e tessitura degli aggregati mentre; n rappresenta un fattore che rappresenta la sensibilità della variazione con p' .

In figura sono rappresentate le variazioni di tali parametri con IP ([Mancuso et al, 1997](#)).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

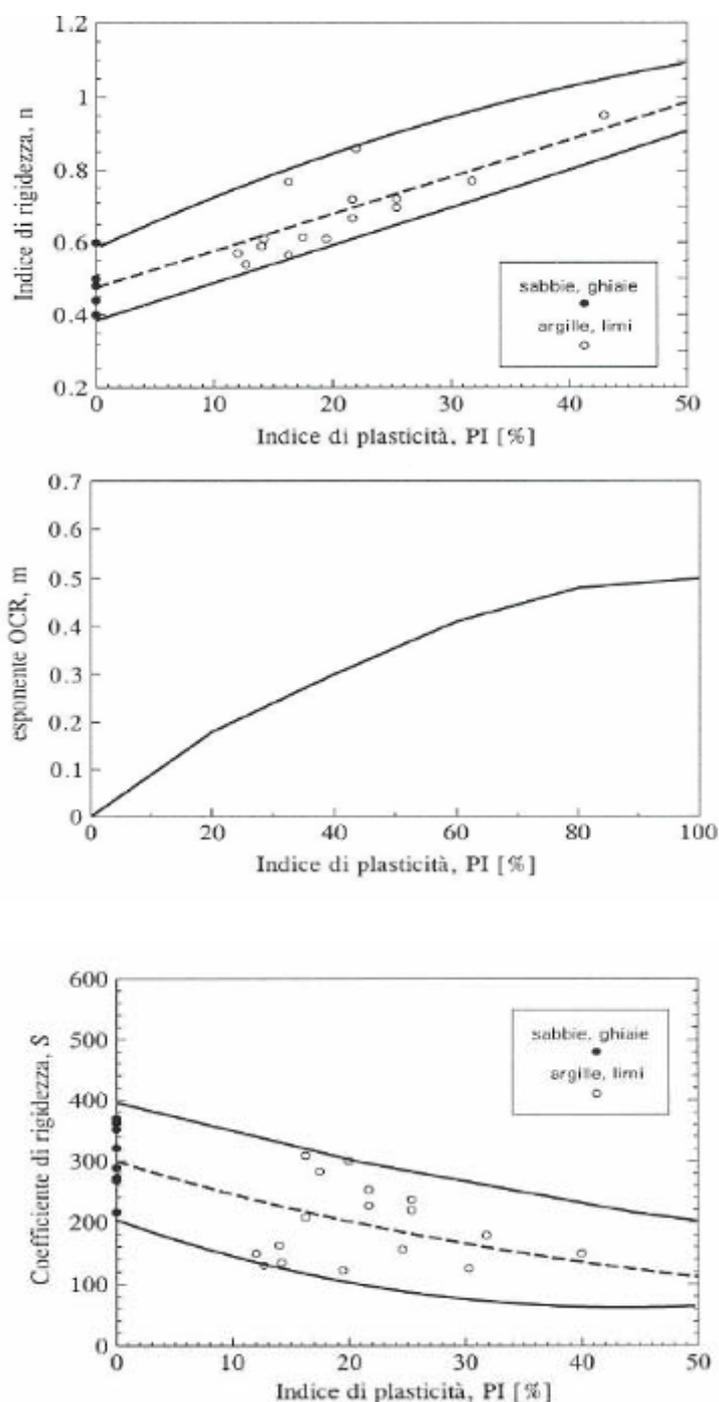


Figura 13– Coefficienti S, “n” e “m” secondo Mancuso (1997)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I moduli iniziali di taglio (G_o) e di Young (E_o), corrispondenti alle pressioni efficaci geostatiche medie p' , possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s utilizzando le seguenti equazioni:

$$G_o = \frac{\gamma_t}{9,81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_o = G_o \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

essendo:

γ_t = peso di volume naturale del terreno in kN/m^3

ν' = rapporto di Poisson del terreno = 0,20-0,30

V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio in m/sec .

2.3.5.2 Moduli elastici a medie e grandi deformazioni

Il comportamento deformativo a medie deformazioni ($\gamma_t < \gamma < \gamma_v$ con γ_v soglia di deformazione volumetrica) ed a grandi deformazioni di taglio ($\gamma > \gamma_v$) si manifesta in modo fortemente non lineare.

In generale per i terreni coesivi, a parità delle altre condizioni, si ha che:

- $\mathbf{G(\gamma)/G_o}$ per argille n.c. aumenta all'aumentare della pressione media $\mathbf{p'}$, mentre è tendenzialmente stabile per argille o.c.
- $\mathbf{G(\gamma)/G_o}$ aumenta all'aumentare di \mathbf{IP} .
- $\mathbf{G(\gamma)/G_o}$ non risente del grado di sovraconsolidazione \mathbf{OCR} .
- $\mathbf{G(\gamma)/G_o}$ aumenta all'aumentare del grado di cementazione \mathbf{c} .

Le curve di $\mathbf{G(\gamma)}$ risultano normalizzate rispetto a $\mathbf{G_o}$ per valutare l'effetto di alcuni fattori indipendentemente da quelli che influenzano $\mathbf{G_o}$ riportati nel precedente paragrafo.

La soglia di linearità γ_l per terreni coesivi dipende dall'indice di plasticità \mathbf{IP} : essa cresce al crescere di \mathbf{IP} . Le argille in generale (ad esclusione di quelle scagliose), caratterizzate da legami interparticellari, presentano una soglia di linearità mediamente superiore a quella dei terreni granulari.

Esistono varie correlazioni in letteratura per definire opportune curve di degrado del modulo in funzione dei parametri sopra menzionati.

Tali curve risultano possono utilizzarsi in modelli di calcolo elastici non lineari e potranno

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

essere confrontate con quelle ricavabili da prove di laboratorio (es: colonne risonanti)

Si riporta di seguito la relazione teorica di [Ishibashi e Zang \(1993\)](#):

$$\frac{G}{G_0} = K(\gamma, Ip) \cdot (p')^{m(\gamma, Ip) - m_0}$$

$$K(\gamma, Ip) = 0.5 \cdot \left[1 + \tanh \left(\ln \left(\frac{0.000102 + n(Ip)}{\gamma} \right)^{0.492} \right) \right]$$

$$m(\gamma, Ip) - m_0 = 0.272 \cdot \left[1 - \tanh \left(\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right) \right] \cdot \exp(-0.0145 \cdot Ip^{1.3})$$

$$0.0 \quad Ip = 0$$

$$n(Ip) = \begin{cases} 3.37 \cdot 10^{-6} Ip^{1.404} & 0\% < Ip < 15\% \\ 7.0 \cdot 10^{-7} Ip^{1.976} & 15\% < Ip < 70\% \\ 2.7 \cdot 10^{-5} Ip^{1.115} & Ip > 70\% \end{cases}$$

Si riportano di seguito anche le curve teoriche proposte da [Vucetic e Dobry \(1991\)](#)

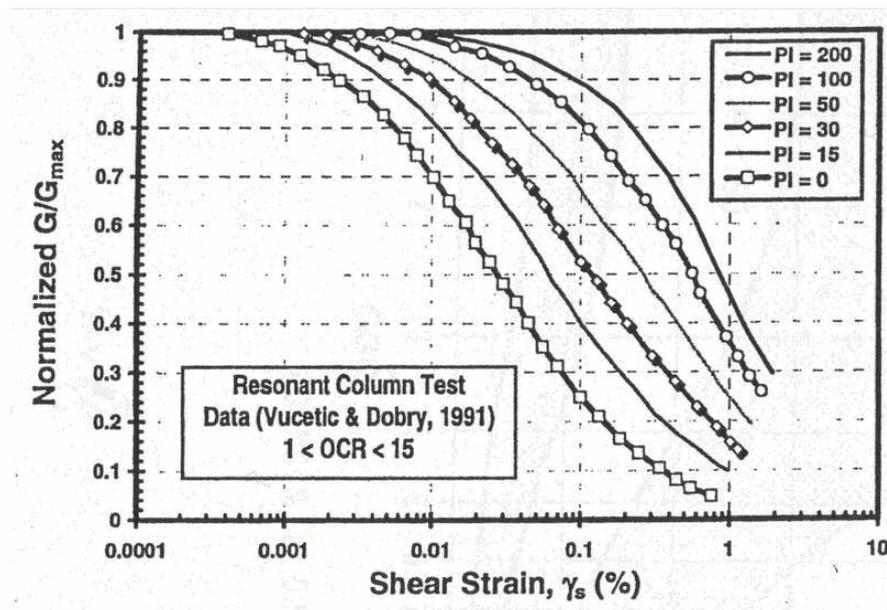


Figura 14– Curve di decadimento secondo Vucetic e Dobry (1991)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

In relazione a quanto esposto sino ad ora la scelta dei moduli di deformazione per le analisi ingegneristiche viene a dipendere anche dal metodo di analisi adottato.

Modelli di calcolo convenzionali elastico lineari

In questo caso si ha che la scelta del modulo elastico operativo viene fatta convenzionalmente essendo a conoscenza del range di deformazioni indotte dalle opere in esame:

- **Fronti di scavo sostenuti ed opere di sostegno:** i moduli statici sono pari a circa $(1/3 \div 1/5) \cdot E_0$ o $(400 \div 500) \cdot c_u$ in quanto le deformazioni indotte risultano relativamente contenute, dell'ordine di $1 \times 10^{-3} \div 5 \times 10^{-3}$ e prevalentemente di scarico o scarico-ricarico.
- **Fondazioni profonde e dirette, rilevati:** per tali problemi di carico i moduli statici possono ritenersi pari a $(150 \div 200) \cdot c_u$ oppure, in generale, $1/10 \cdot E_0 \div 1/5 \cdot E_0$. I risultati delle prove edometriche (E_{ed}) potranno essere considerati soprattutto nel caso di terreni normal consolidati.
- **Gallerie naturali:** i moduli statici sono pari a circa $(1/3 \div 1/5) \cdot E_0$ in quanto le deformazioni massime indotte risultano relativamente contenute, dell'ordine di $1 \times 10^{-3} \div 5 \times 10^{-3}$ e prevalentemente di scarico.
- **Fondazioni su pali:** nel caso del progetto di pali di fondazione il modulo di reazione orizzontale "operativo", nel caso di ricorso a calcoli semplificati lineari, può essere assunto pari a $400 c_u$ (Elson (1984)) essendo c_u la resistenza al taglio non drenata.
- Valori di riferimento per le costanti di sottofondo possono essere dedotti dalle seguenti indicazioni di letteratura:

$K_s = 12000 - 24000 \text{ KN/m}^3$ per $c_u < 200 \text{ KPa}$

$K_s = 24000 - 48000 \text{ KN/m}^3$ per $200 \text{ KPa} < c_u < 400 \text{ KPa}$

$K_s > 48000 \text{ KN/m}^3$ per $c_u > 400 \text{ KPa}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.5.3 Coefficienti di smorzamento intrinseco

Il comportamento non lineare di un terreno in condizioni di carico ciclico è rappresentabile non solo attraverso **G** ma anche attraverso il fattore di smorzamento **D** allo scopo di riassumere le proprietà dissipative globalmente mostrate dal materiale nel corso di un ciclo di scarico-ricarico.

Anche per **D** l'evoluzione complessiva del comportamento del terreno al crescere del livello di sollecitazione è convenzionalmente rappresentata dall'andamento con la deformazione tangenziale γ .

A piccole deformazioni ($\gamma < \gamma_l$), sotto la soglia di linearità, il legame tra tensioni e deformazioni il legame è, ai fini pratici, interpretabile con una relazione di tipo lineare e le le proprietà dissipative possono ritenersi costanti ed essere misurate durante un ciclo di carico-scarico attraverso la percentuale di energia di deformazione dispersa nel ciclo completo rispetto a quella immagazzinata nella fase di carico.

E' lecito ipotizzare, che gli stessi fattori che influenzano **G₀** a piccole deformazioni ne regolino anche lo smorzamento **D₀** anche se con un peso diverso.

In generale per i terreni coesivi, a parità delle altre condizioni, si ha che:

- **D₀** diminuisce all'aumentare della pressione media **p'**
- **D₀** aumenta all'aumentare dell'indice di plasticità **IP**
- **D₀** diminuisce all'aumentare del grado di sovraconsolidazione **OCR**
- **D₀'** aumenta all'aumentare del grado di cementazione **c**
- **D₀** aumenta con la velocità di applicazione dei carichi

D₀ può determinarsi da prove sismiche cross-hole laddove si rendono disponibili le misurazioni o da prove di laboratorio (es:colonna risonante) su campioni indisturbati.

A medie deformazioni ($\gamma_l < \gamma < \gamma_v$), sotto la soglia di deformazione volumetrica (condizioni drenate) o in assenza di sovrappressioni interstiziali (condizioni non drenate), il comportamento del terreno comincia a manifestarsi non lineare. Esso non conserva memoria della storia pregressa al termine di un ciclo completo ed il terreno ritorna nello stato iniziale, tendendo a ripercorrere la stessa curva tensione-deformazione se nuovamente sottoposto ad una medesima storia di carichi tangenziali: il comportamento tensione-deformazione è quindi "stabile", e permette di essere modellato sempre con un'unica coppia di valori dei parametri **G(γ)** e **D(γ)**.

Anche in questo caso è lecito ipotizzare, che gli stessi fattori che influenzano **G(γ)** a medie deformazioni ne regolino anche lo smorzamento **D(γ)** anche se con un peso diverso.

In generale per i terreni incoerenti, a parità delle altre condizioni, si ha che:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- $D(\gamma)/D_0$ diminuisce all'aumentare della pressione media p' , nel caso di argille n.c., mentre è tendenzialmente costante per le argille o.c.
- $D(\gamma)/D_0$ diminuisce all'aumentare di IP .
- $D(\gamma)/D_0$ non risente del grado di sovraconsolidazione **OCR**.
- $D(\gamma)/D_0$ diminuisce tendenzialmente all'aumentare del grado di cementazione c .

Si riporta di seguito la relazione di [Ishibashi e Zang \(1993\)](#):

$$D = 0.333 \cdot \frac{1 + \exp(-0.0145Ip^{1.3})}{2} \cdot \left[0.586 \cdot \left(\frac{G}{G_0} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_0} + 1 \right]$$

Si riportano di seguito anche le curve teoriche proposte rispettivamente da [Vucetic e Dobry \(1991\)](#):

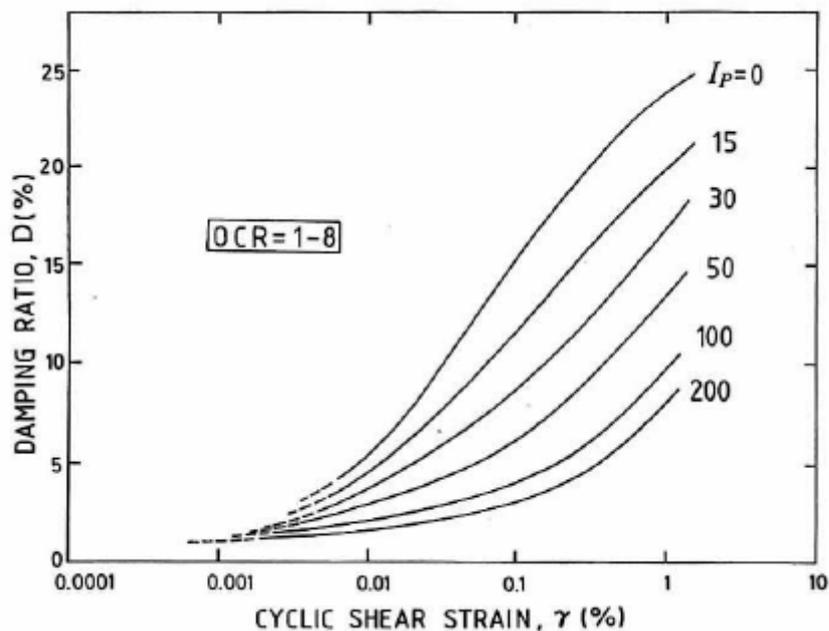


Figura 15– Curve di decadimento secondo Vucetic e Dobry (1991)

A deformazioni elevate ($\gamma > \gamma_v$), sopra la soglia volumetrica, il comportamento del terreno diviene affetto in maniera significativa da modifiche irreversibili: si evidenzia l'effetto dei fattori legati alla non monotonicità delle sollecitazioni: le caratteristiche di deformabilità del terreno, lette in termini di parametri di rigidità e dissipazione, variano all'aumentare del numero di cicli.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I materiali manifestano tendenza alla degradazione progressiva, segnalata dall'incremento di deformazioni tangenziali non recuperabili: tale fenomeno è controllato sia dalle variazioni di pressione neutra sia dal deterioramento dei legami interparticellari. Dopo escursioni a deformazioni maggiori di γ_v , una nuova fase di carico deviatorico darà quindi luogo ad una risposta iniziale (**G₀** e **D₀**) del terreno modificata rispetto a quella esibita dal materiale non presollecitato.

L'insieme dei fenomeni appena descritti viene indicato come **degradazione ciclica**. L'approccio lineare equivalente precedentemente introdotto è improponibile, perché le relazioni **G(γ)** e **D(γ)** non sono più univoche (comportamento instabile). In tali casi, può essere sufficiente una generalizzazione del modello con l'introduzione dell'effetto del numero dei cicli N.

Generalmente si ha che:

- **D₀**, **D(γ)** aumentano tendenzialmente col numero dei cicli N (argille o.c. e argille n.c.).
- **G₀**, **G(γ)** diminuiscono col numero dei cicli N (argille n.c.).

2.3.6 Coefficienti di permeabilità e di consolidazione primaria

Nella definizione delle caratteristiche di permeabilità si farà riferimento ai risultati:

- Di prove di laboratorio (edometri) in corrispondenza di pressioni verticali efficaci pari a quelle geostatiche, ovvero in corrispondenza di indici dei vuoti pari a quelli iniziali e_0 .
- Dell'applicazione della seguente correlazione empirica (Rocchi, 2003), applicabile a condizioni di pressioni verticali efficaci pari a quelle geostatiche:

$$\log \frac{e}{e_L} = 1.22 + 0.19 \cdot \log k_v$$

essendo:

e = indice dei vuoti corrente

e_L = indice dei vuoti corrispondente al limite liquido

k_v = coefficiente di permeabilità verticale corrente un cm/sec.

- Delle prove di permeabilità tipo Lefranc in foro.

Il coefficiente di permeabilità con l'indice dei vuoti corrente, potrà essere stimata sulla base della seguente espressione:

$$\log k = \log k_0 - \frac{e_0 - e}{C_k}$$

essendo:

k = coefficiente di permeabilità corrente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

k_0 = coefficiente di permeabilità corrispondente all'indice dei vuoti iniziale e_0

e = indice dei vuoti corrente

e_0 = indice dei vuoti iniziale

$$C_k = 0.5 \cdot e_0$$

- Dalle prove edometriche si ricavano i coefficienti di permeabilità in direzione verticale k_v ;
- Dalle prove in foro i coefficienti di permeabilità in direzione orizzontale k_h .

2.3.7 Coefficienti di consolidazione primaria e secondaria

I coefficienti di consolidazione primaria c_v e secondaria c_α , utilizzabili nell'ambito di teorie di consolidazione convenzionali e a problemi di flusso principalmente nella direzione verticale, saranno ricavati dalle prove di laboratorio (edometri).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4 Criteri per la caratterizzazione degli Ammassi rocciosi

2.4.1 Descrizione mineralogica e caratteristiche fisiche

Attraverso l'analisi delle prove di laboratorio su provini, laddove disponibili, potrà essere effettuata una descrizione mineralogica nonché potranno essere determinati i valori dei pesi di volume e del grado di saturazione.

2.4.2 Resistenza e deformabilità delle rocce costituenti l'ammasso

I valori di resistenza potranno essere determinati dalle prove di compressione non confinata effettuate in laboratorio.

Per la deformabilità della matrice si ha che:

$$E_{50} = \frac{\sigma_c}{(\varepsilon_a) \frac{\sigma_c}{2}}$$

Essendo ε_a la deformazione corrispondente a $\sigma_c/2$.

Tale valore risente dell'eventuale disturbo del campione e dalle caratteristiche del medesimo (campione irregolare, disturbato, con discontinuità,...).

2.4.3 Resistenza al taglio lungo le discontinuità naturali

I modelli di mezzo discontinuo normalmente utilizzati sono di tipo rigido o elasto-plastico.

Dal punto di vista della resistenza a i giunti viene attribuita una resistenza nulla a trazione e una resistenza a taglio funzione dello sforzo normale, usualmente definita con un criterio lineare o con un criterio non lineare; quest'ultimo rappresenta meglio il comportamento di giunti scabri privi di riempimento.

Il criterio non lineare suggerito è quello di [Barton \(1974\)](#), definito dalla relazione seguente:

$$\tau = \sigma_n \tan [JRC \cdot \log_{10} (JCS / \sigma_n) + \phi_r]$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

essendo:

JRC = Joint Roughness Coefficient (coefficiente di scabrezza)

JCS = Joint Wall Compressive Strength (coefficiente di resistenza delle pareti)

ϕ_r = angolo di attrito residuo

Il criterio di Barton può essere linearizzato in modo da avere parametri di resistenza in termini di c' e ϕ' mediante le seguenti equazioni:

$$\phi = \arctan \left(\frac{\partial \tau}{\partial \sigma_n} \right)$$

$$\frac{\partial \tau}{\partial \sigma_n} = \tan \left(JRC \cdot \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \phi_b \right) - \frac{\pi \cdot JRC}{180 \cdot \ln 10} \cdot \left[\tan^2 \left(JRC \cdot \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \phi_r \right) + 1 \right]$$

$$c = \tau - \sigma_n \cdot \tan \phi$$

JRC e JCS essi possono essere determinati da apposite prove di taglio da eseguire sulle discontinuità.

In mancanza di tali prove si può ricorrere ai dati dei rilievi geostrutturali e facendo ricorso alle correlazioni empiriche. Al proposito si riporta di seguito quanto proposto per **JRC** da [Barton \(1977\)](#); **JCS** è determinato mediante misure con martello di Schimdt.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

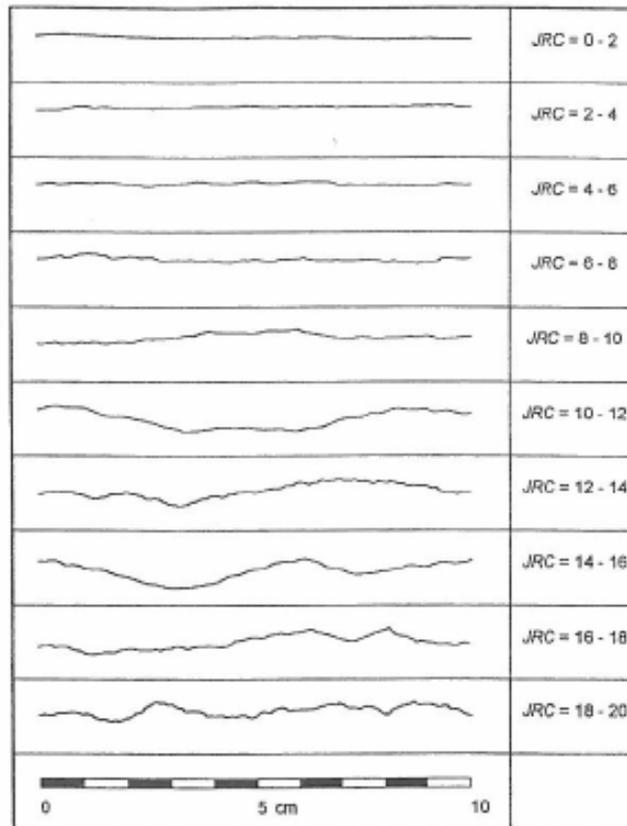


Figura 16– Profili tipici secondo Barton (1977)

2.4.4 Classificazioni dell'ammasso

Si adotta il sistema tradizionale di classificazione di [Bieniawski \(1989\)](#).

Per ogni litotipo, in base a quanto scaturito dai rilievi geostrutturali, viene stimato il parametro RMR_{89} come somma dei seguenti 8 indici (I1→I8):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Resistenza alla compressione semplice della roccia intatta (I1)

Resistenza alla compressione semplice	I1
σ_c (MPa)	
> 250	15
100÷250	12
50÷100	7
25÷50	4
5÷25	2
1÷5	1
< 1	0

- Qualità della roccia RQD (I2)

RQD (%)	I2
90÷100	20
75÷90	17
50÷75	13
25÷50	8
< 25	3

- Spaziatura delle discontinuità (I3)

	I3
> 2 m	20
0.6 m÷2 m	15
200 mm÷600 mm	10
60 mm÷200 mm	8
< 60 mm	4

- Lunghezza delle discontinuità (I4)

L	I4
< 1 m	6
1 m÷3 m	4
3 m÷10 m	2
10 m÷20 m	1
> 20 m	0

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Apertura delle discontinuità **(I5)**

H	I5
0 mm	6
> 0.1 mm	5
0.1 mm÷1 mm	4
1 mm÷5 mm	1
> 5 mm	0

- Condizioni delle superfici di discontinuità in termini di scabrezza **(I6)**

Descrizione	I6
Molto rugose	6
Rugose	5
Poco rugose	3
Ondulate	1
Lisce	0

- Caratteristiche del riempimento delle discontinuità **(I7)**

Descrizione – spessore	I7
Assente	6
Compatto – < 5 mm	4
Compatto – > 5 mm	2
Tenero – < 5 mm	2
Tenero – > 5 mm	0

- Condizioni delle superfici di discontinuità in termini di alterazione **(I8)**

Descrizione	I8
Non alterate	6
Poco alterate	4
Alterate	2
Molto alterate	2
Decomposte	0

Nel calcolo di RMR_{89} :

- Non si terrà conto dell'indice che descrive qualitativamente l'orientamento più o meno favorevole delle discontinuità (incluse quelle dovute alla stratificazione) rispetto alle opere da realizzare; ove rilevante/possibile tale aspetto verrà messo in conto nella definizione del modello geometrico da utilizzare nelle analisi di progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- L'indice legato alla presenza dell'acqua verrà assunto pari a quello associabile a condizioni "dry". Gli effetti della presenza dell'acqua verranno messi in conto nella definizione del modello geotecnico da utilizzare nelle analisi di progetto.

Il parametro GSI (Geological Strength Index) verrà valutato con la seguente espressione (vedi [Sjoberg, 1997](#)):

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

2.4.5 Modellazione dell'ammasso

In considerazione dell'elevato grado di fratturazione e delle dimensioni delle opere da realizzare, la caratterizzazione geotecnica di tali formazioni verrà fatta facendo tendenzialmente riferimento allo schema concettuale di mezzo continuo (omogeneo o stratificato) facendo riferimento ai sistemi di classificazione precedentemente descritti.

2.4.6 Parametri dell'ammasso

Nel caso si debba utilizzare il modello continuo l'involuppo delle resistenze dell'ammasso roccioso in condizioni "undisturbed" o "disturbed" verrà valutato sulla base di quanto riportato in [Brown & Hoek \(1988\)](#), [Hoek & Brown \(1988\)](#), [Hoek, Kaiser & Bawden \(1995\)](#), [Hoek et al \(2002\)](#).

L'ammasso roccioso verrà descritto per ogni litotipo dal seguente criterio di rottura:

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_c \cdot \left(m_b \cdot \frac{\sigma_3'}{\sigma_c} + s \right)^a$$

essendo:

$$m_b = m_i \cdot e^{\frac{GSI-100}{28-14 \cdot D}}$$

$$s = e^{\frac{GSI-100}{9-3 \cdot D}}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

D = 0 per “undisturbed rock masses”

D = 1 per “disturbed rock masses”

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \cdot \left(e^{\frac{-GSI}{15}} - e^{\frac{-20}{3}} \right)$$

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

m_i = coefficiente relativo alla roccia intatta

σ_1' = tensione principale efficace maggiore

σ_3' = tensione principale efficace minore

σ_c = resistenza alla compressione semplice della roccia intatta.

Per il coefficiente m_i , in mancanza di dati sperimentali, si farà riferimento a quanto riportato nella seguente tabella, in quanto, in mancanza di prove specifiche è stato ritenuto il modo tecnicamente più affidabile di procedere:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente m_i relativo alla roccia intatta (Hoek, Kaiser e Bawden, 1995)

Rocce	m_i (-)
Metamorfiti	33
Conglomerato	22
Arenaria	19
Calcere	10
Argilliti	4

In presenza di ammassi rocciosi eterogenei, alternanze di strati competenti e di strati con caratteristiche geotecniche più scadenti, il valore di GSI valutato sulla base di RMR_{89} verrà messo a confronto anche con quello stimabile sulla base della carta proposta da [Hoek et al. \(1998\)](#):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

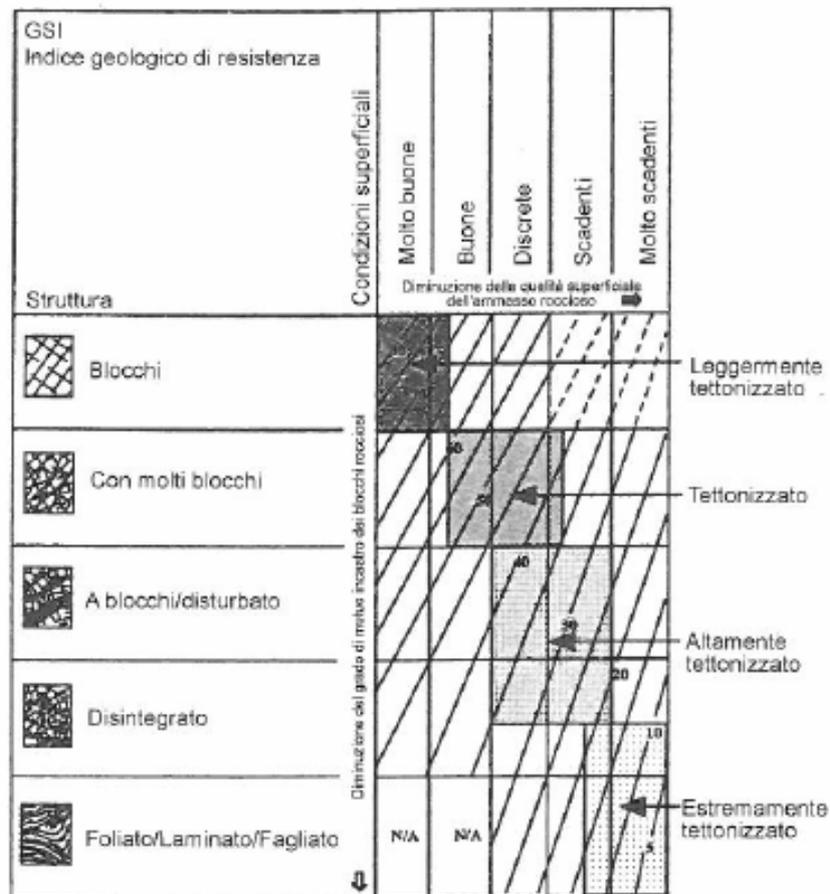


Figura 17– Carta del GSI, Hoek et al. (1998)

I criteri di rottura espressi in termini di tensioni efficaci principali σ_1' e σ_3' possono essere trasformati in termini di tensioni di taglio τ e di tensioni efficaci normali alla superficie di rottura σ_n' . A tale proposito valgono le seguenti equazioni:

$$\frac{\delta \sigma_1'}{\delta \sigma_3'} = 1 + a \cdot m_b \cdot \left(\frac{m_b \cdot \sigma_3'}{\sigma_c} + s \right)^{a-1}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

$$\sigma'_n = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} - \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} \cdot \frac{\frac{\delta\sigma'_1}{\delta\sigma'_3} - 1}{\frac{\delta\sigma'_1}{\delta\sigma'_3} + 1}$$

$$\tau = (\sigma'_1 - \sigma'_3) \cdot \frac{\sqrt{\frac{\delta\sigma'_1}{\delta\sigma'_3}}}{\frac{\delta\sigma'_1}{\delta\sigma'_3} + 1}$$

In corrispondenza di valori di σ'_n negativi (trazione) le resistenze al taglio saranno assunte pari a 0 kPa ("tension cut off").

E' quindi possibile determinare un inviluppo alla Mohr Coulomb attraverso una linearizzazione da cui ricavare i valori di c' e ϕ in corrispondenza dello stato tensionale di riferimento.

Per quanto riguarda i valori "operativi" di resistenza da utilizzare nelle analisi ingegneristiche; si ha:

- La resistenza in condizioni "undisturbed rock masses" può considerarsi rappresentativa della resistenza di picco dell'ammasso roccioso.
- La resistenza in condizioni "disturbed rock masses" può considerarsi rappresentativa della resistenza in condizioni prossime alle residue.

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 si potranno considerare come valori operativi quelli rappresentati dai valori prossimi a quelli "disturbed".

2.4.7 Deformabilità

2.4.7.1 Moduli elastici a piccole deformazioni

I moduli iniziali di taglio (G_0) e di Young (E_0) iniziali, corrispondenti alle pressioni efficaci geostatiche medie p_0' , possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

utilizzando le seguenti equazioni:

$$G_{01} = \frac{\gamma_t}{9,81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_{01} = G_{01} \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

essendo:

γ_t = peso di volume naturale del terreno in kN/m³

ν' = rapporto di Poisson del terreno = 0,15 ÷ 0,20

V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio in m/sec.

La velocità di propagazione delle onde di taglio V_s può essere ricavata direttamente dalle prove geofisiche down hole.

I moduli iniziali di taglio (G_0) e di Young (E_0) iniziali, corrispondenti alle pressioni efficaci medie generiche p' , possono essere ricavati dalle seguenti espressioni:

$$G_0/p_a = A \times (p'/p_a)^n \quad (\text{kPa})$$

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu') \dots (\text{kPa})$$

2.4.7.2 Moduli elastici a medie deformazioni

- Per problemi ingegneristici caratterizzati dallo sviluppo di deformazioni dell'ordine di 10⁻³ (**gallerie, opere di sostegno,...**) i moduli operativi potranno essere definiti come (1/3÷1/5)· E_0 . I moduli iniziali potranno essere scalati di un fattore che dipenderà dal confronto con i valori operativi ottenuti come di seguito esposto.
- I moduli di Young “operativi” E dell'ammasso roccioso possono essere generalmente stimati anche sulla base delle seguente espressione ([Bieniawski, 1978](#); [Serafim & Pereira, 1983](#); [Hoek et al., 2002](#)):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$E' = 1000 \cdot \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_c}{100}} \cdot 10^{(GSI-10)/40}$$

per $10 < GSI < 50$ e per $\sigma_c < 100$ MPa.

essendo:

D = coefficiente di disturbo, variabile tra 0 e 1. (D=1 per rilevati, D=0,5 in generale)

- I moduli di Young relativi alle fasi di carico e di scarico possono essere determinati dalle prove dilatometriche sulla base delle relazioni seguenti:

$$E_m = 3 / (1/E_1 + 1/E_2 + 1/E_3)$$

$$E_i = (1 + \nu) \Delta p D_0 / \Delta D_j$$

essendo:

E_i = Modulo di Young nella direzione del trasduttore i-esimo 1 o 2 o 3;

ν = Coefficiente di Poisson = 0.25;

Δp = Intervallo di pressione radiale applicata;

D_0 = Diametro iniziale del foro;

ΔD_j = Variazione diametrale per l'applicazione di P misurata dal trasduttore i-esimo.

In generale, laddove le misurazioni lo renderanno possibile, si privilegeranno i valori di scarico e ricarico, soprattutto nel caso di prove effettuate in profondità e quindi rappresentative del comportamento di opere come gallerie oppure fronti di scavo.

2.4.8 Permeabilità

I coefficienti di permeabilità dell'ammasso roccioso sono determinati con prove di permeabilità Lefranc e Lugeon, laddove disponibili.

2.4.9 Stato iniziale

Lo stato tensionale in sito è stabilito in base a considerazioni di carattere geologico e può essere determinato in base a prove all'interno dei sondaggi (fatturazione idraulica)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In mancanza di tali elementi, a partire dalla formulazione di Heim, lo stato tensionale tende alle condizioni di tipo idrostatico in profondità, a causa di fenomeni viscosi ed a causa della ridotta capacità di assorbire elevate tensioni deviatoriche.

In prima approssimazione quindi,

- per elevate profondità è plausibile definire verticali ed orizzontali le tensioni principali e pari alla profondità moltiplicata per i pesi di volume.
- per basse profondità (<30÷40m), in presenza di irregolarità morfologiche ed in funzione della storia geologica le tensioni principali non sono più verticali ed orizzontali ed una maniera per determinare la loro intensità è quello di effettuare specifiche analisi numeriche atte a simulare i passi salienti della storia tensionale del deposito (erosione, deposizione,...) inserendo le opportune condizioni al contorno (geometriche, tensionali,...).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.5 Caratterizzazione geotecnica

Prima di procedere si ritiene necessario sottolineare che la caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni si è occupata dell'individuazione dei valori dei parametri fisici e meccanici alla luce:

- 1) di una geologia dei tracciati stradali e ferroviari rivelatasi particolarmente complessa;
- 2) della disponibilità di un numero e quindi di una distribuzione delle indagini che ha risentito della complessità geologica delle formazioni man mano che queste venivano investigate: al riguardo c'è da dire che il numero di indagini e quindi il grado di approfondimento della caratterizzazione geotecnica vanno letti in funzione del grado di importanza, e cioè di interferenza delle formazioni con le opere.
- 3) di quanto prescritto dal D.M. del 14/01/2008, in base al quale i "valori caratteristici" devono essere ottenuti certamente da specifiche prove in sito ed in laboratorio ma contemporaneamente effettuando una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro considerato.

Alla luce di tali criticità la caratterizzazione delle formazioni in esame non è stata effettuata solo in base a considerazioni di carattere statistico ma anche in base:

- 1) all'individuazione del tipo di problema geotecnico, e quindi della tipologia di opera, come chiave di lettura per la determinazione del parametro: a questo scopo la caratterizzazione fa riferimento, non tanto, per ogni ogni tratta, all'opera specifica in sé, ma alla tipologia di opera (fondazione, galleria,...) come discriminante per la scelta nell'ambito dei range ottenuti (es: scelta in funzione dell'individuazione di un problema di scarico tensionale, di grandi o piccole deformazioni,...)
- 2) alla verifica del grado di rappresentatività, del numero delle prove e delle correlazioni da cui si sono ottenuti i dati.
- 3) alla verifica della compatibilità dei dati con i metodi di analisi progettuale usualmente utilizzati nella pratica: in sostanza si ritiene che la caratterizzazione geotecnica debba dare al progettista gli strumenti con cui effettuare quelle analisi (convenzionali o no) che egli stesso riterrà opportuno utilizzare (Vd. Sezione 4) in funzione del tipo e del grado di importanza o di approfondimento dello studio progettuale (es: fornire sia i parametri di picco

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

che quelli residui per consentire un potenziale utilizzo di un legame costitutivo di “strain softening”, fornire invece parametri di resistenza “operativi” per l’utilizzo più convenzionale di un legame elastoplastico perfetto (Mohr-Coulomb), fornire gli involucri di resistenza per analisi più approfondite che tengano conto della dipendenza della resistenza dallo stato tensionale, etc...)

4) all’esperienza ed ai dati di letteratura, laddove disponibili, relativi a contesti simili.

La caratterizzazione geotecnica riportata nei paragrafi seguenti riguarda le principali formazioni geologiche; di seguito si riporta l’elenco delle medesime e la loro “distribuzione” lungo i tracciati:

Conglomerato di Pezzo	59%
Plutoniti	31%
Sabbie e Ghiaie di Messina	6%
Depositi terrazzati marini	3%
Depositi costieri di spiaggia	<1%
Trubi	<1%
Depositi di versante	<1%
Depositi alluvionali	<1%
Calcareniti di S.Corrado	<1%
Formazione di Le Masse	<1%

Tale distribuzione, in relazione alla quantità di indagini disponibili, ha reso possibile e significativa un’analisi dei risultati per tratte della sola formazione maggiormente presente.

Le principali tipologie di opere geotecniche previste sui tracciati stradali e ferroviari sono:

- Fondazioni dirette o indirette;
- Opere di sostegno (berlinesi, muri);
- Gallerie naturali ed artificiali;
- Rilevati e trincee.

Per ciascuna formazione e per ciascun parametro geotecnico rappresentativo, i dati di indagine sono stati riportati in Allegato in forma tabellare e grafica in modo che sia percepibile il “range” di variazione; i principali dati sperimentali sono stati dapprima raggruppati in funzione della profondità

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

e poi a seguire anche in funzione dell'appartenenza al sondaggio/prova.

2.5.1 Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico

Di seguito si riporta un sintetico inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico dell'area interessata dallo scavo delle opere stradali realizzate in sotterraneo del versante Calabrese. Per il dettaglio di tali caratteristiche si rimanda ai singoli elaborati: Relazione geologica generale, Relazione geomorfologica generale, Relazione idrogeologica generale e Relazione geotecnica generale.

2.5.1.1 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.

2.5.1.2 Inquadramento geomorfologico

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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 2.5.1.18), 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 2.5.1.19). In quest'ultimo settore sono inoltre diffuse alla base del versante anche accumuli tipo conici 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 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 2.5.1.20 e Figura 2.5.1.21).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

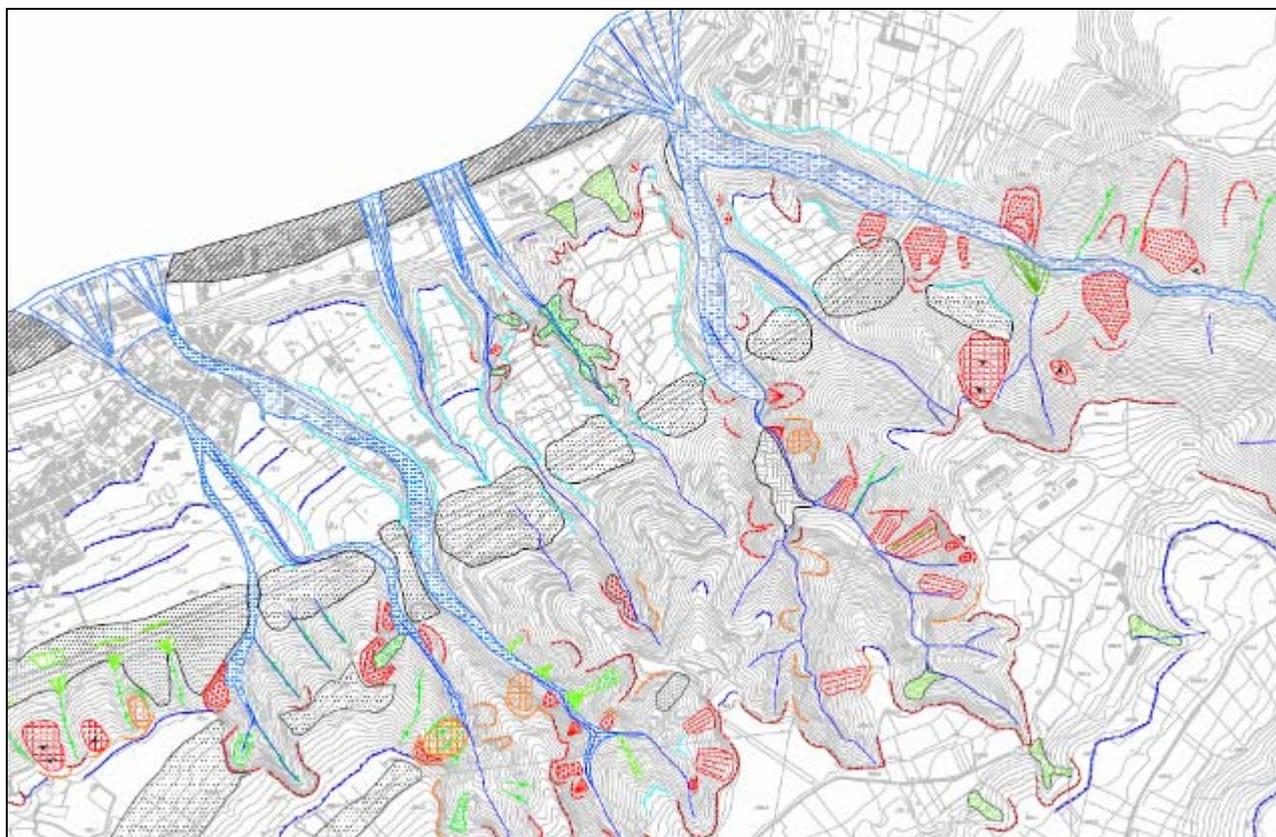


Figura 2.5.1.18 - Inquadramento geomorfologico; valloni compresi tra i torrenti S. Trada e Zagarella

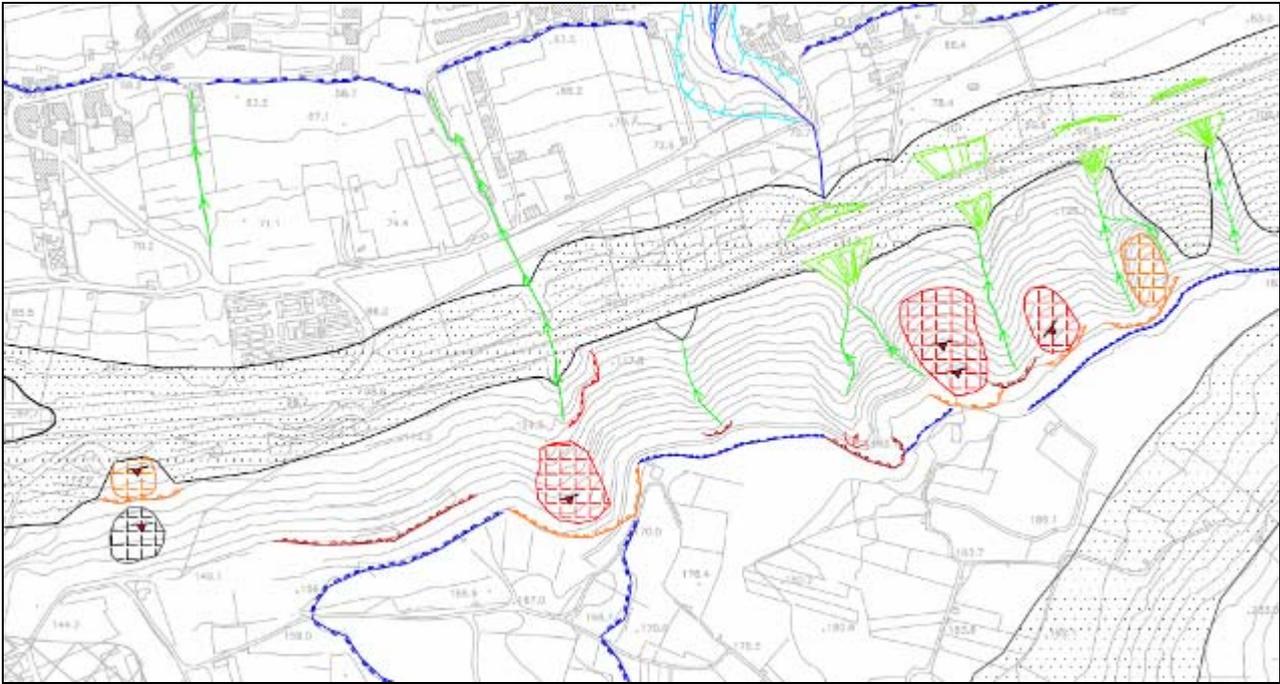


Figura 2.5.1.19 - Inquadramento geomorfologico; versante tra lo svincolo del tracciato della A3 di S. Trada e l'area di servizio "Villa San Giovanni"

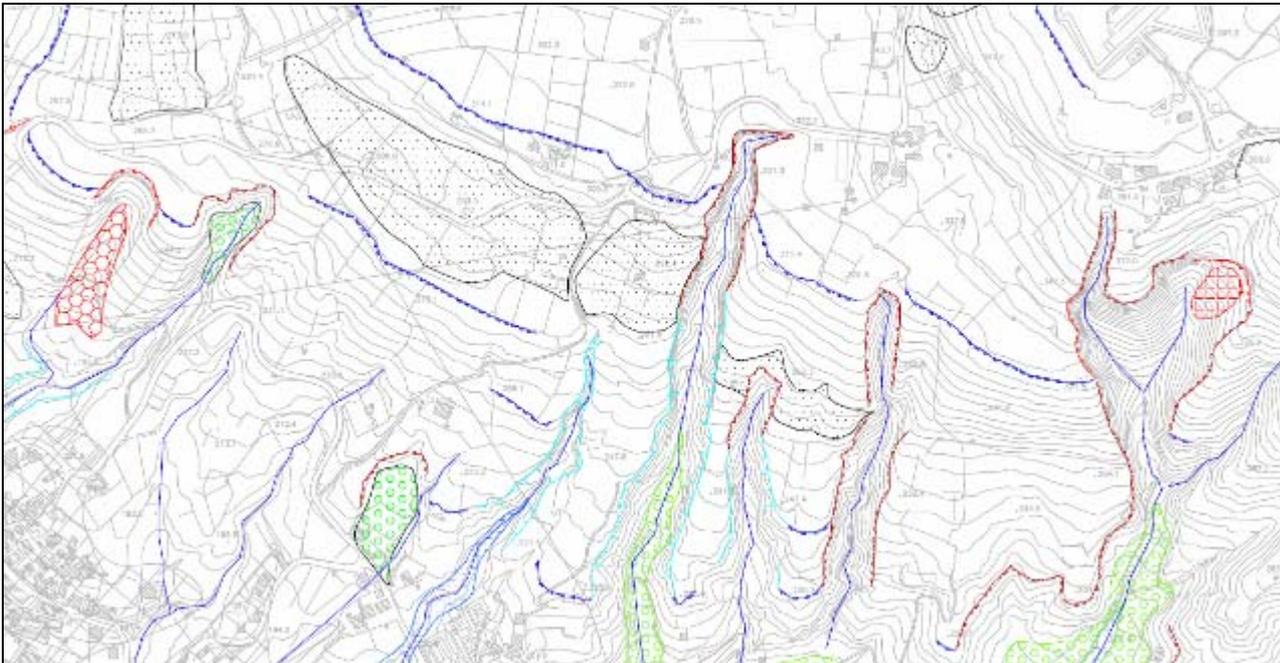


Figura 2.5.1.20 - Inquadramento geomorfologico; settori meridionale ed occidentale dell'area

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

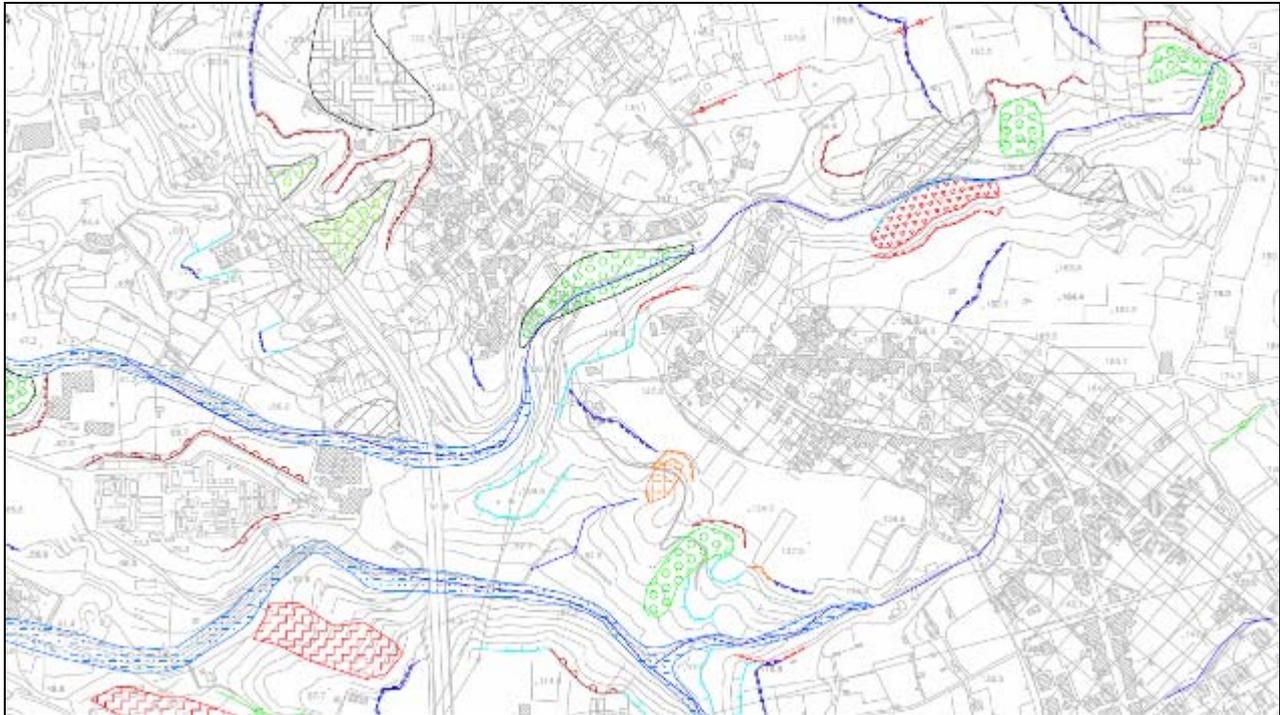


Figura 2.5.1.21 - Inquadramento geomorfologico; settori meridionale ed occidentale dell'area

2.5.1.3 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:

- 8) Depositi alluvionali,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- 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 2.5.1.22, 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

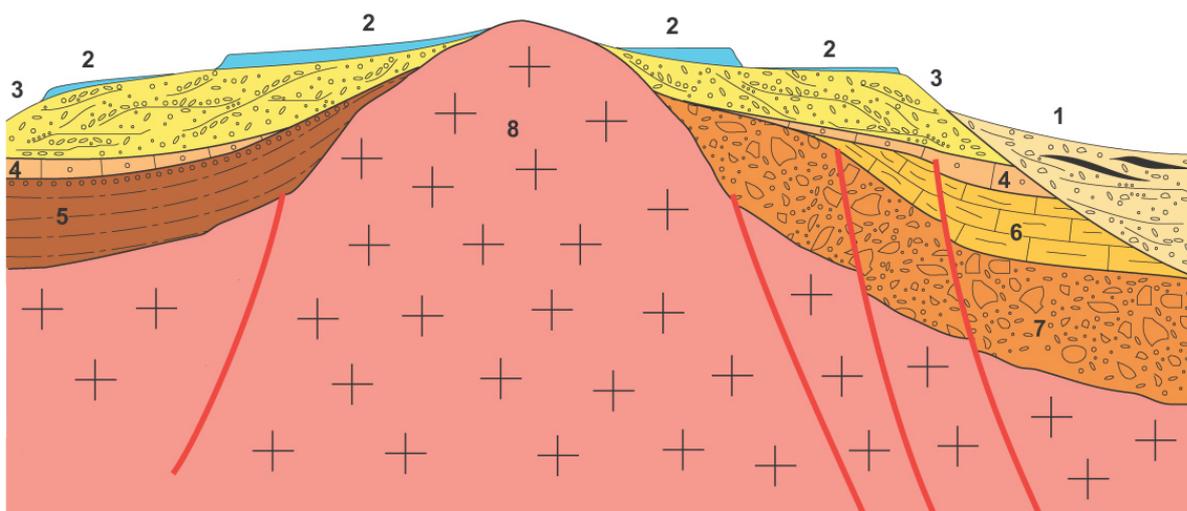


Figura 2.5.1.22 - Schema dei rapporti stratigrafici. 1) Depositi di spiaggia attuale e recente con lenti torbose; 2) Depositi marini terrazzati; 3) Ghiaie e sabbie di Messina; 4) Calcareniti di S. Corrado; 5) Formazione di Massa; 6) Trubi; 7) Conglomerato di Pezzo; 8) Substrato granitico e metamorfoico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_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 2.5.1.23) e rocce cristalline granitoidi (Figura 2.5.1.24), 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 2.5.1.23 - Affioramento di paragneiss sul versante sud del vallone Santa Trada.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.1.24 - 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 2.5.1.25)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.1.25 - 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 2.5.1.26, 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 2.5.1.26, parte sinistra).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.1.26 - 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 2.5.1.27, Figura 2.5.1.28 e Figura 2.5.1.29). 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 2.5.1.30). 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.1.27 - Affioramenti del Conglomerato di Pezzo nei pressi di Campo Piale.



Figura 2.5.1.28 – Affioramento del Conglomerato di Pezzo nei pressi di Campo Piale (Hotel Panorama).

I depositi del Conglomerato di Pezzo affiorano estesamente nel settore più occidentale dell'area Eurolink S.C.p.A.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

(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 2.5.1.29 – 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 decine di metri (Figura 2.5.1.28 e Figura 2.5.1.29). L'aumento di spessore si osserva da est verso

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ovest ed è presumibilmente connesso a geometrie deposizionali del corpo detritico, a loro volta connesse all'evoluzione tettonica sin-sedimentaria.



Figura 2.5.1.30 - 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 (Figura 2.5.1.29).

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 di lavoro.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 2.5.1.31). 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 uno 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 2.5.1.31 e Figura 2.5.1.32).



Figura 2.5.1.31 - 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

stati raggiunti spessori fino a 30-40m. Tale variabilità di spessori è da connettersi in prima istanza 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 2.5.1.32 - 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

depositi sedimentari attribuiti al Messiniano, potrebbe essere imputabile sia ad una fase erosionale pre-pleocenica, 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 biozone 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 Globogerina 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 rinvencono 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 2.5.1.33 e Figura 2.5.1.34). 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.1.33 - 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 2.5.1.34 - 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 GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

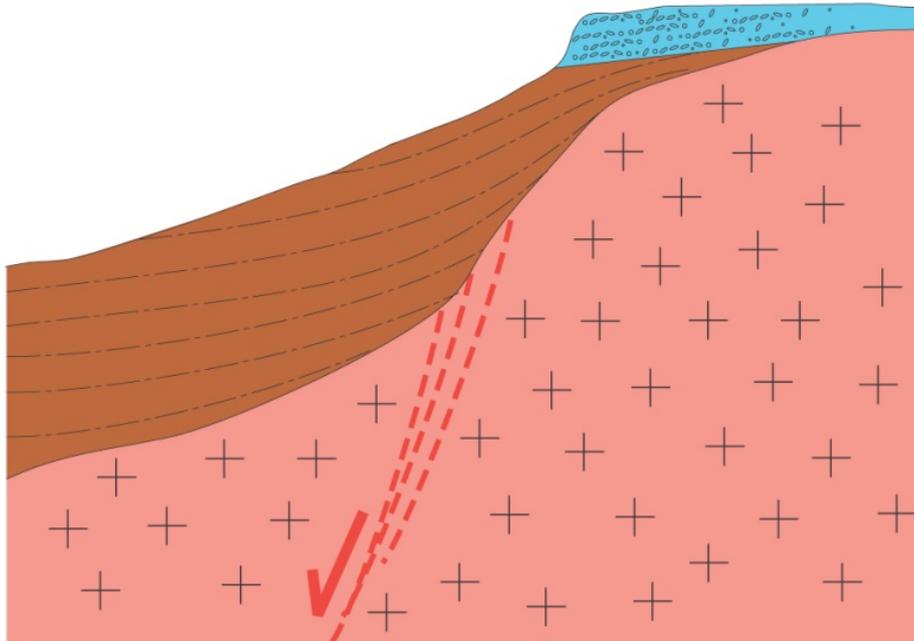


Figura 2.5.1.35 - Schema dei rapporti tra i depositi riferiti alla Formazione di le Masse ed il substrato cristallino granitoide lungo il sistema tettonico Piale-Mortille (sinistra).

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 2.5.1.35). 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 GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_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 2.5.1.36, Figura 2.5.1.37destra). Sono presenti orizzonti di sabbie giallastre, grossolane, addensate e laminate, a luoghi di qualche metro di spessore (Figura 2.5.1.38). 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 2.5.1.37 sinistra).



Figura 2.5.1.36 – Affioramento di Calcareniti di S. Corrado presso Cannitello (livelli lapidei di natura bioclastica).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



Figura 2.5.1.37 - 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 2.5.1.38 - Affioramento di Calcareniti di S. Corrado lungo la statale SS18 presso Cannitello (orizzonti sabbiosi grallastri).

La frazione clastica dei livelli calcarenitici è costituita da elementi eterogenei, eterometrici (diametri da millimetrici a pluricentrimetrici), sub angolari e subordinatamente subarrotondati. La frazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 rinvergono 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 2.5.1.39, Figura 2.5.1.40, Figura 2.5.1.41). 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 2.5.1.39). 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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 2.5.1.39).



Figura 2.5.1.39 - 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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.1.41 - 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 2.5.1.41).

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 2.5.1.42). 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 2.5.1.43). 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 GEOTECNICA GENERALE</p>	<p><i>Codice documento</i> CB0057_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	



Figura 2.5.1.42 - Spessi depositi marini terrazzati presso Campo Piale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



Figura 2.5.1.43 - 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 GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

mantenere pareti sub-verticali anche in corrispondenza di tagli antropici (Figura 2.5.1.44).



Figura 2.5.1.44 – 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 2.5.1.45), contenenti a luoghi grossi blocchi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.1.45 – Depositi alluvionali terrazzati che colmano una vallecola 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 2.5.1.46). 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 vallecole .

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



Figura 2.5.1.46 - Depositi eluvio-colluviali soprastanti depositi di versante clinostratificati, 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 2.5.1.47), 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 GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



Figura 2.5.1.47 – 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_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 2.5.1.46). 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.

2.5.1.4 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Terreni con grado di permeabilità medio-basso per porosità: calcare evaporitico sbriciato 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_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.

2.5.1.5 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.

2.5.1.6 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.5.1.7 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.

2.5.1.8 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.

2.5.1.9 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_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.

2.5.2 Dati piezometrici

Nel corso della campagna di indagini eseguita nel periodo aprile – febbraio 2010 sono stati installati una serie di piezometri, a tubo aperto e con celle tipo Casagrande, all'interno delle verticali di sondaggio previste. La strumentazione installata è operativa per il controllo della piezometrica ante-operam e pertanto dell'assetto idrogeologico che verrà incontrato lungo le gallerie autostradali e ferroviarie.

Per quanto riguarda la ricostruzione dei livelli piezometrici attesi in corrispondenza delle opere si è presa come riferimento la carta delle isopieze riportata negli elaborati a cura del Prof. Ferrara. Questa piezometria è stata ricostruita utilizzando i livelli d'acqua registrati nei pozzi censiti (vedi schede censimento) e corrisponde ad un livello mediato su rilievi eseguiti nei mesi di aprile maggio e giugno 2010. Tale riferimento piezometrico è stato utilizzato anche come riferimento di calibrazione nelle simulazioni numeriche di seguito illustrate.

Poiché il dato di calibrazione piezometrico rappresenta un dato essenziale nelle ricostruzioni modellistiche e dal momento che la carta delle isopieze utilizzata mediava dati su tre mesi è stata eseguita una accurata verifica della sua validità in funzione dei dati piezometrici raccolti da Eurolink nei mesi di ottobre, novembre, dicembre 2010, gennaio e febbraio 2011. Tale verifica aveva il duplice scopo da un lato di valutare se nella zona di interesse le oscillazioni della superficie di falda sono di entità consistente o meno, dall'altro di valutare se i livelli d'acqua indicati dalla ricostruzione della superficie di falda corrispondano o meno a quelli osservati nei piezometri.

Per quanto attiene al primo aspetto (oscillazioni della falda) i dati dei piezometri indicano che le oscillazioni piezometriche non sono consistenti; esse sono perlopiù circoscritte nell'ordine dei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

50cm (almeno per il periodo in cui i dati sono disponibili) che, se confrontate con i forti gradienti idraulici della falda in questo settore (dell'ordine del 15%), possono essere considerate del tutto trascurabili ai fini della modellizzazione numerica.

Per quanto attiene al secondo aspetto (corrispondenza tra ricostruzione della falda e dati piezometrici) si osserva in linea generale una buona corrispondenza, con scarti perlopiù dell'ordine di 1 o 2 metri, ancora una volta ampiamente tollerabili ai fini della modellizzazione se si considerano i forti gradienti della falda. Alcuni dati piezometrici, concentrati perlopiù all'estremità est dell'area di progetto e ben al di fuori del settore in cui sono state eseguite le modellizzazioni numeriche, mostrano scarti piuttosto forti rispetto alla ricostruzione della piezometria. Si tratta dei piezometri C427, C429, C432 e C435. Anomalo risulta invece il dato del piezometro C401, unico piezometro nella zona degli imbocchi delle gallerie a restituire un valore piezometrico molto elevato rispetto alla superficie di falda ricostruita. Tale dato non può tuttavia essere ragionevolmente correlato con quelli dei piezometri adiacenti e pertanto è da ritenersi indicativo di una situazione locale o di un malfunzionamento della cella Casagrande.

Pertanto solo nella zona est dell'area di interesse la ricostruzione della superficie piezometrica è da ritenersi imprecisa mentre nel resto dell'area (rilevante ai fini della modellizzazione numerica) la ricostruzione è da ritenersi affidabile.

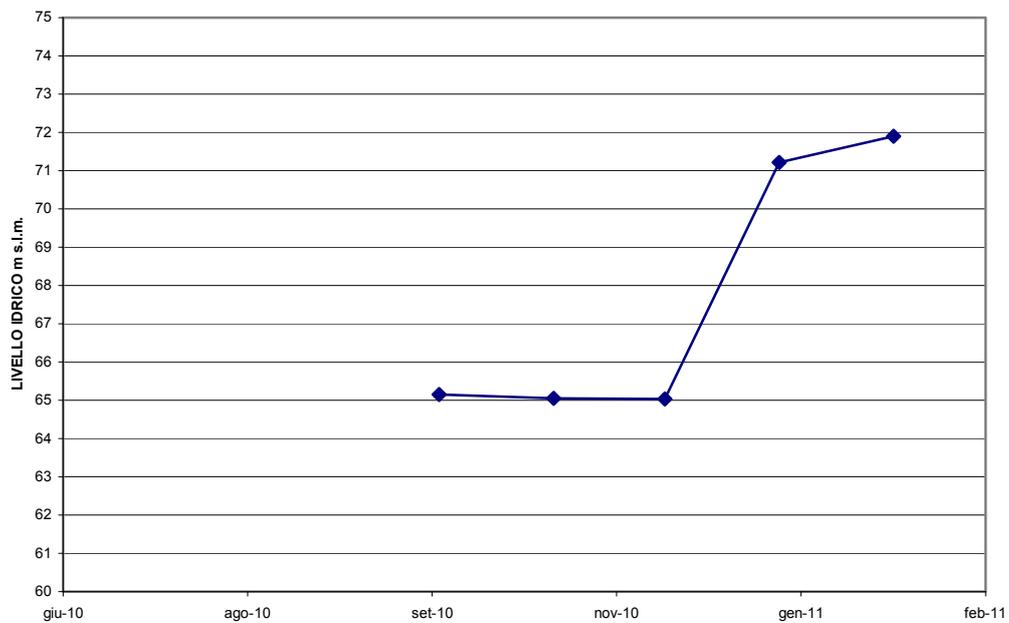
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Di seguito si riportano l'ultima lettura piezometrica disponibile alla data del 16/02/2011.

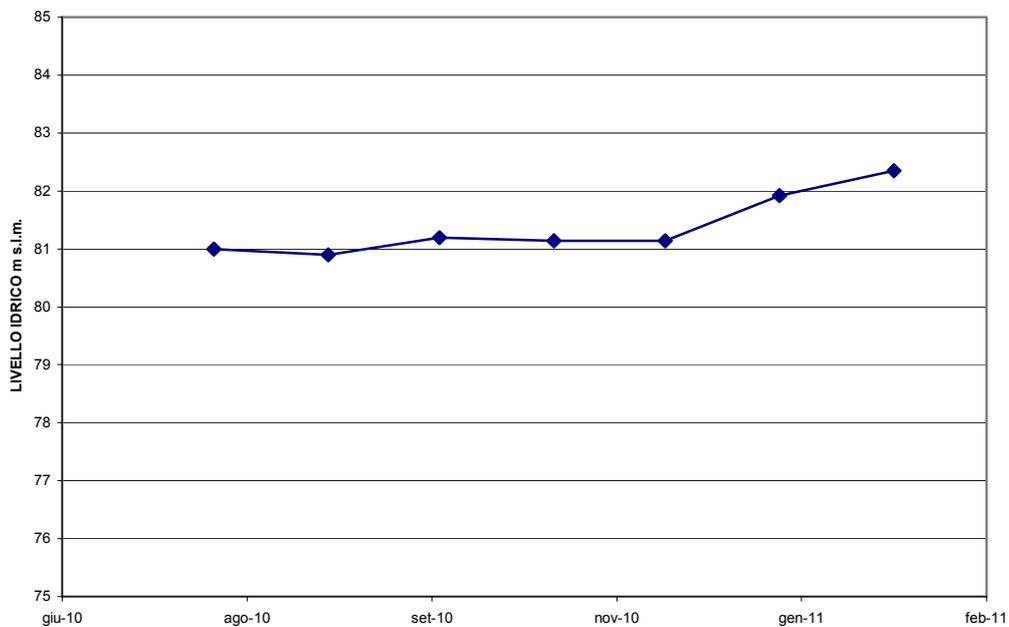
Sondaggio	Piezometro	Profondità (m)	Livello falda da p.c.
C401	Casagrande	60	-8.25
C404	Casagrande	30	-17.40
C405	Casagrande	45	-26.16
C406	Casagrande	50	-4.69
C407	Casagrande	65	-17.27
C408	Tubo aperto	60	-8.27
C410	Casagrande	35	assente
C411	Casagrande	35	-20.34
C412	Tubo aperto	70	-30.43
C414	Tubo aperto	25	assente
C424	Tubo aperto	31	-14.48
C425	Casagrande	29.9	-23.45
C427	Tubo aperto	40	-13.69
C428	Tubo aperto	60	-13.36
C429	Casagrande	40	-4.58
C432	Casagrande	40	-19.08
C434	Casagrande	35	-10.50
C435	Tubo aperto	40	-13.66

Di seguito si riportano inoltre, i grafici relativi ai singoli piezometri al fine di valutare la variazione della piezometrica nel periodo agosto 2010 – febbraio 2011.

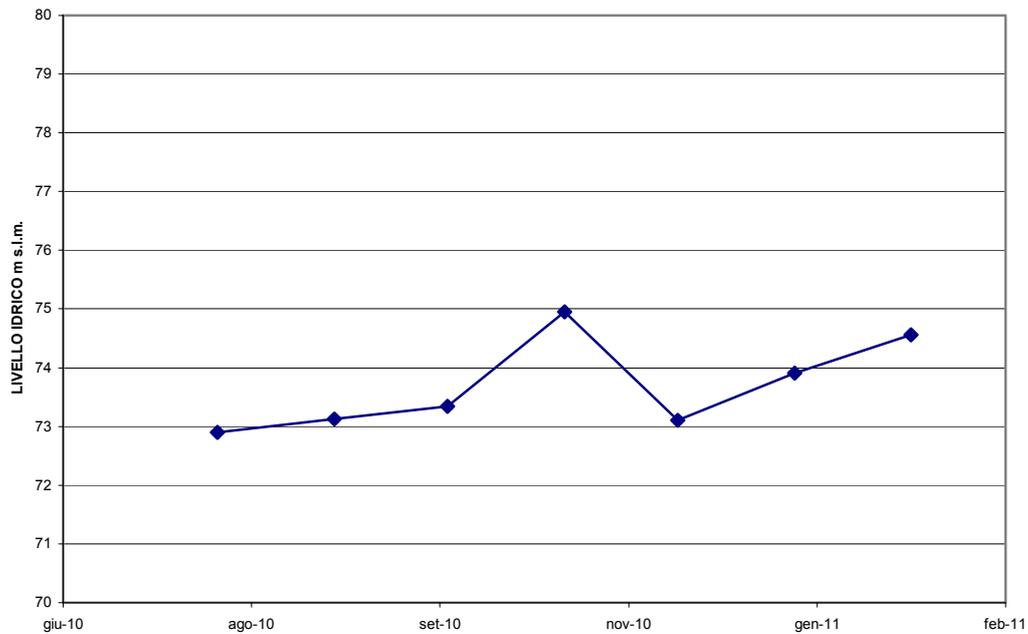
PIEZOMETRO (Tubo aperto) C401



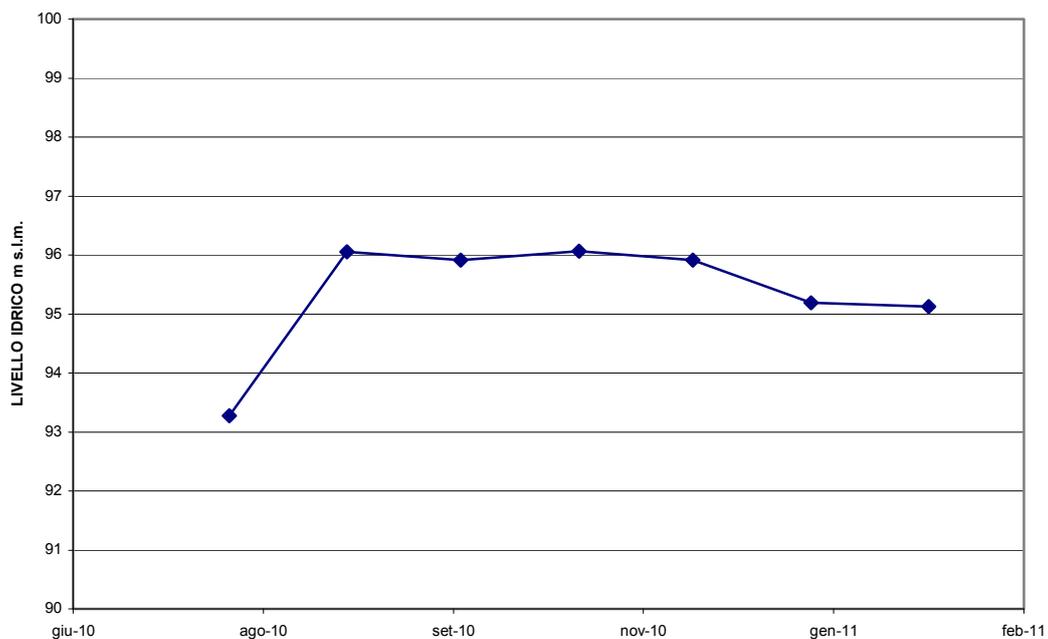
PIEZOMETRO (Casagrande) C404



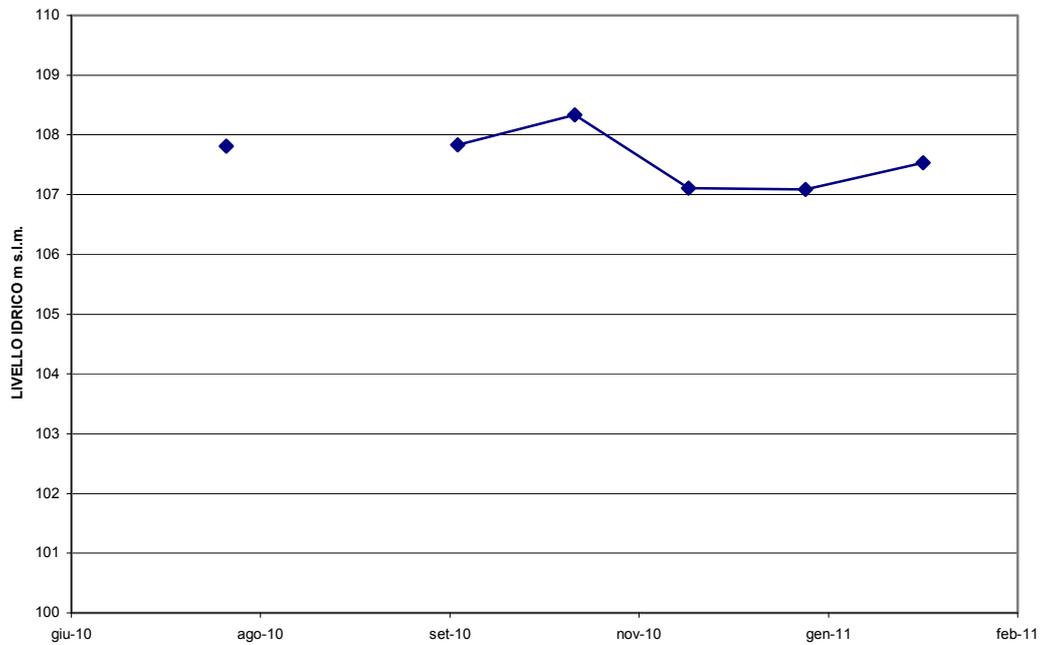
PIEZOMETRO (Casagrande) C405



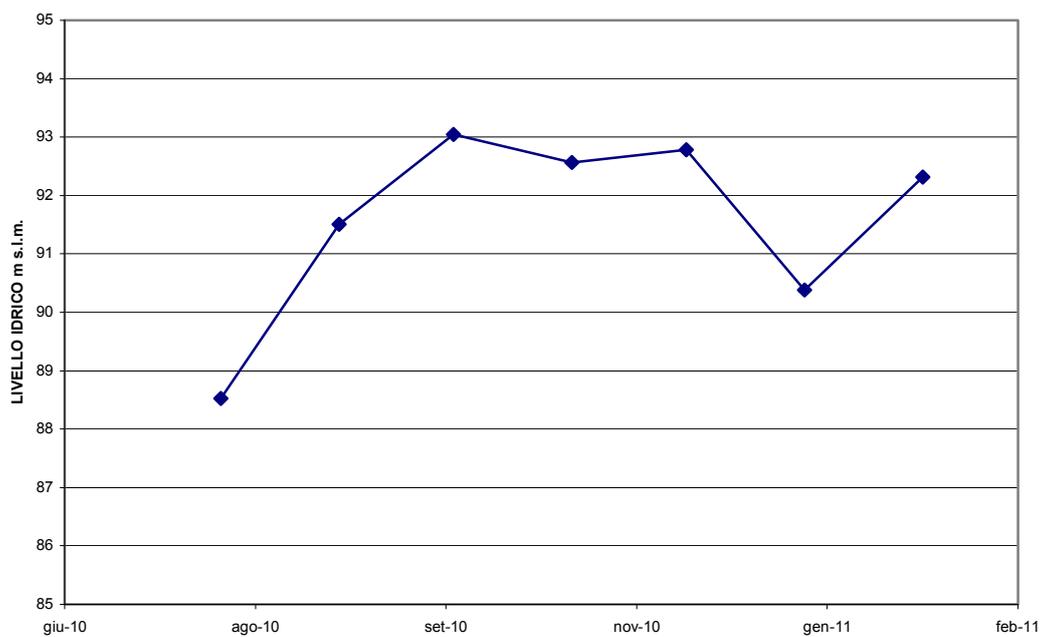
PIEZOMETRO (Casagrande) C406



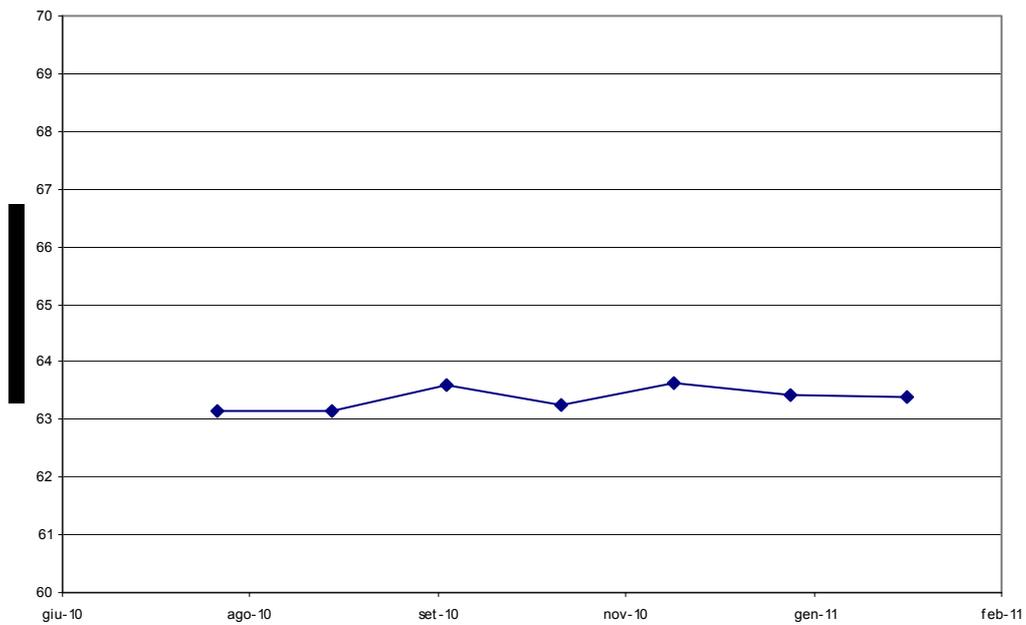
PIEZOMETRO (Casagrande) C407



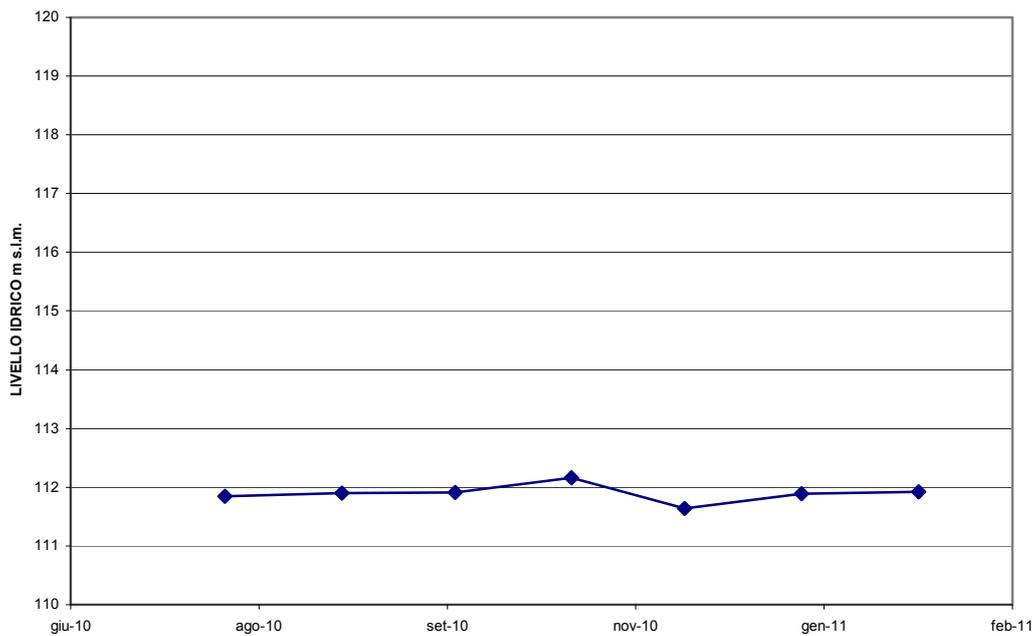
PIEZOMETRO (Tubo aperto) C408



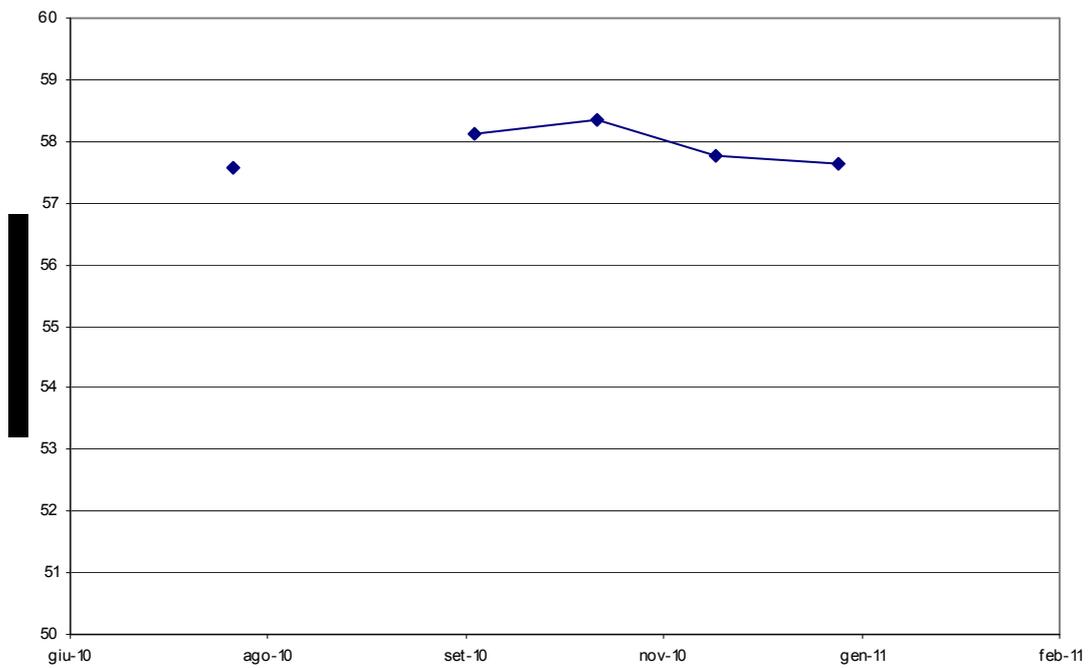
PIEZOMETRO (Casagrande) C411



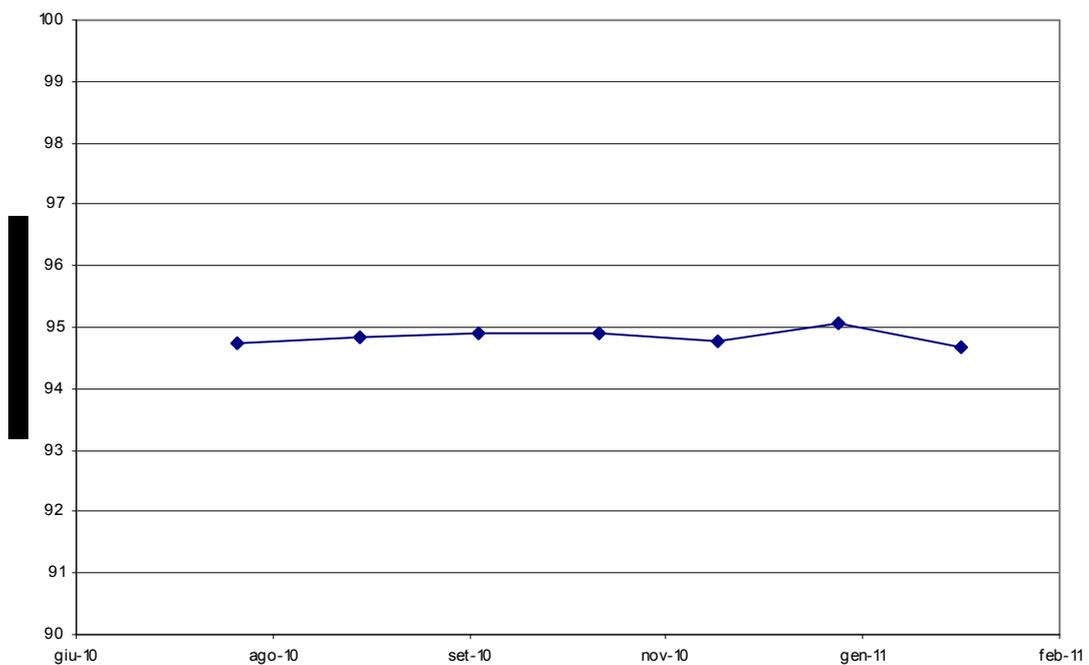
PIEZOMETRO (Tubo aperto) C412



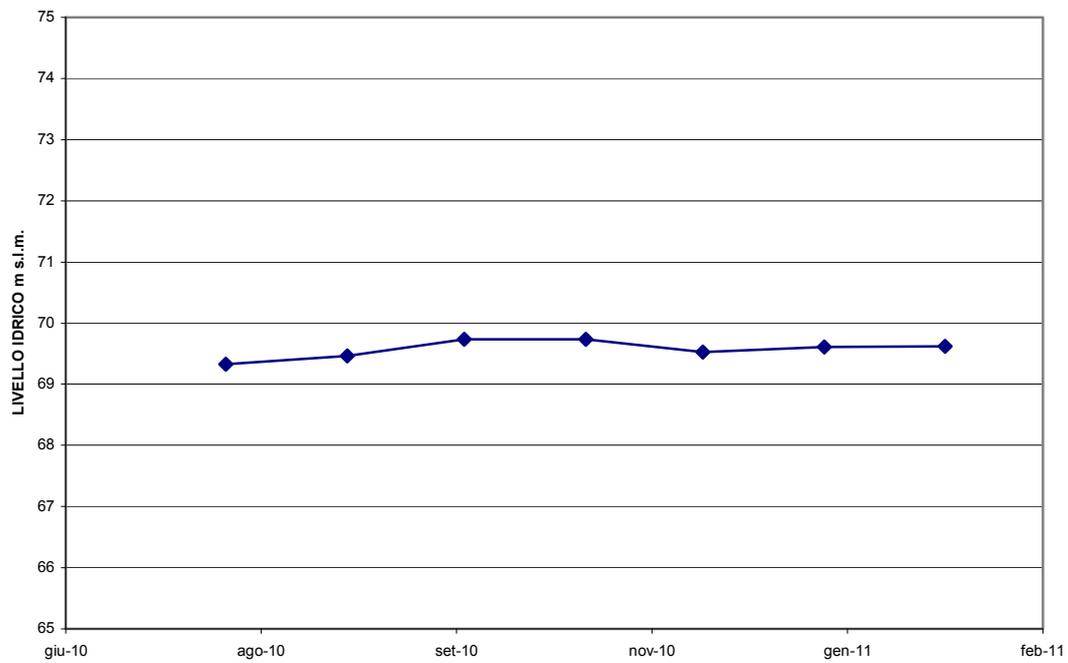
PIEZOMETRO (Tubo aperto) C414



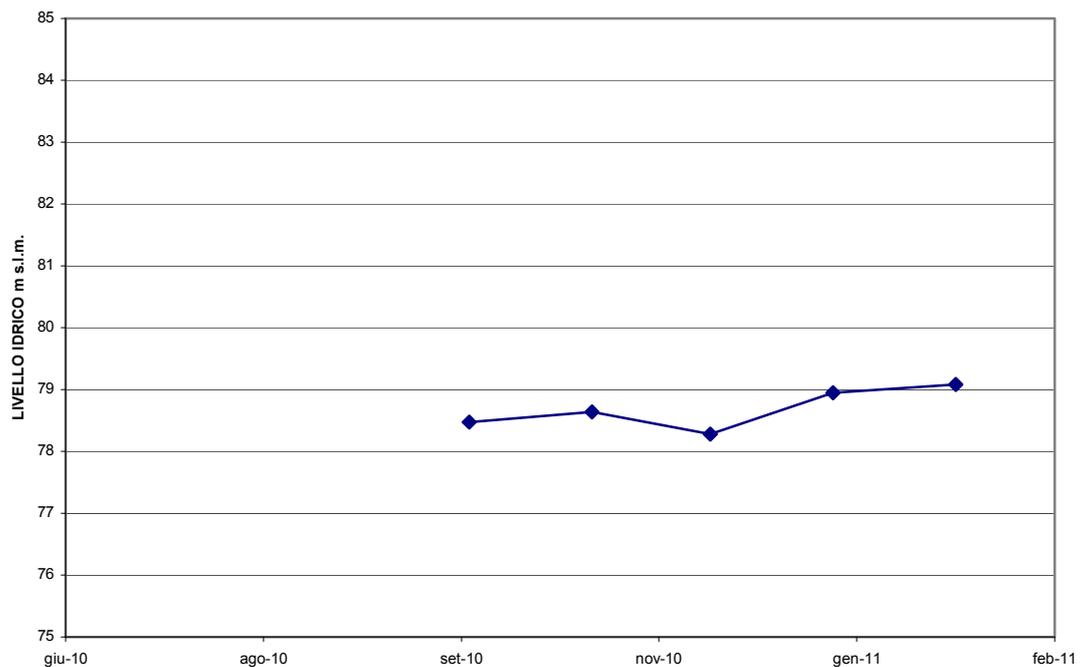
PIEZOMETRO (Tubo aperto) C424



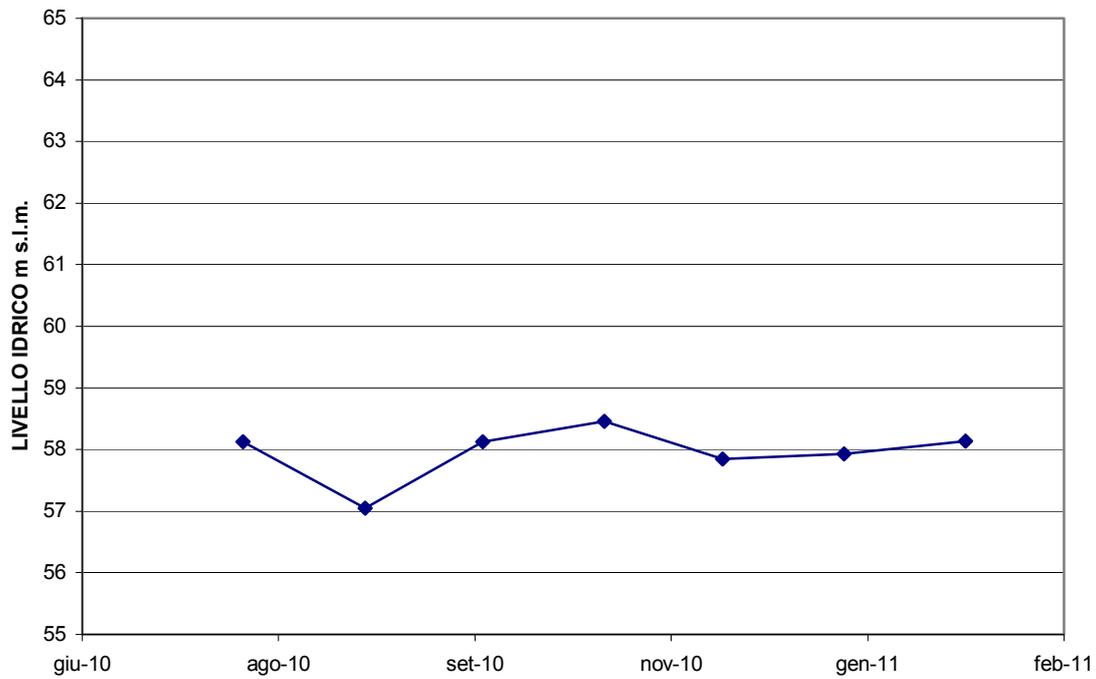
PIEZOMETRO (Casagrande) C425



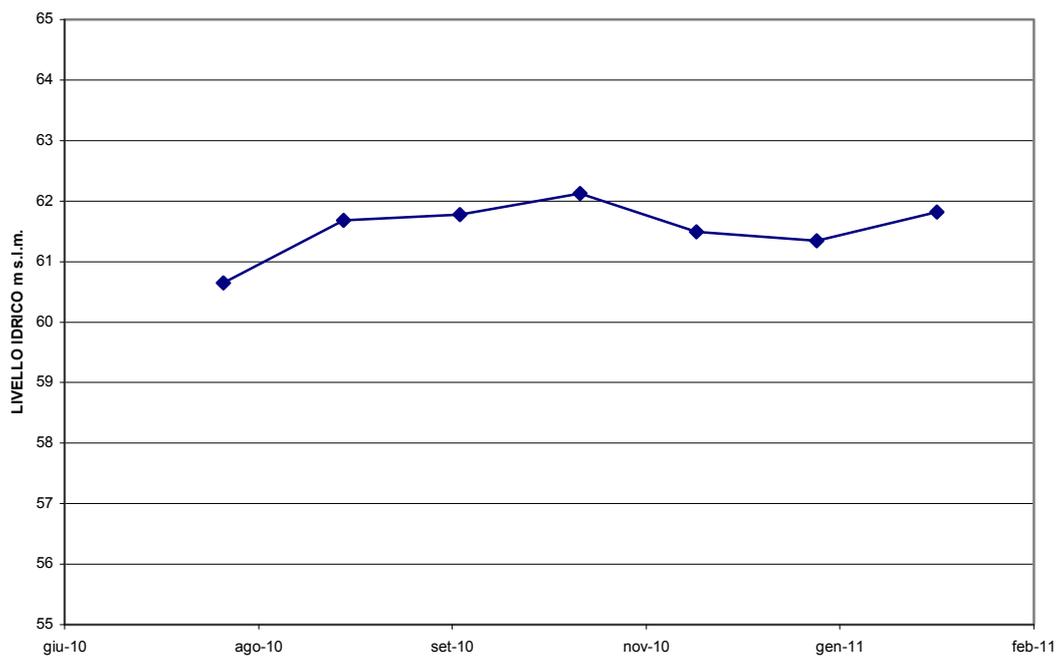
PIEZOMETRO (Tubo aperto) C427



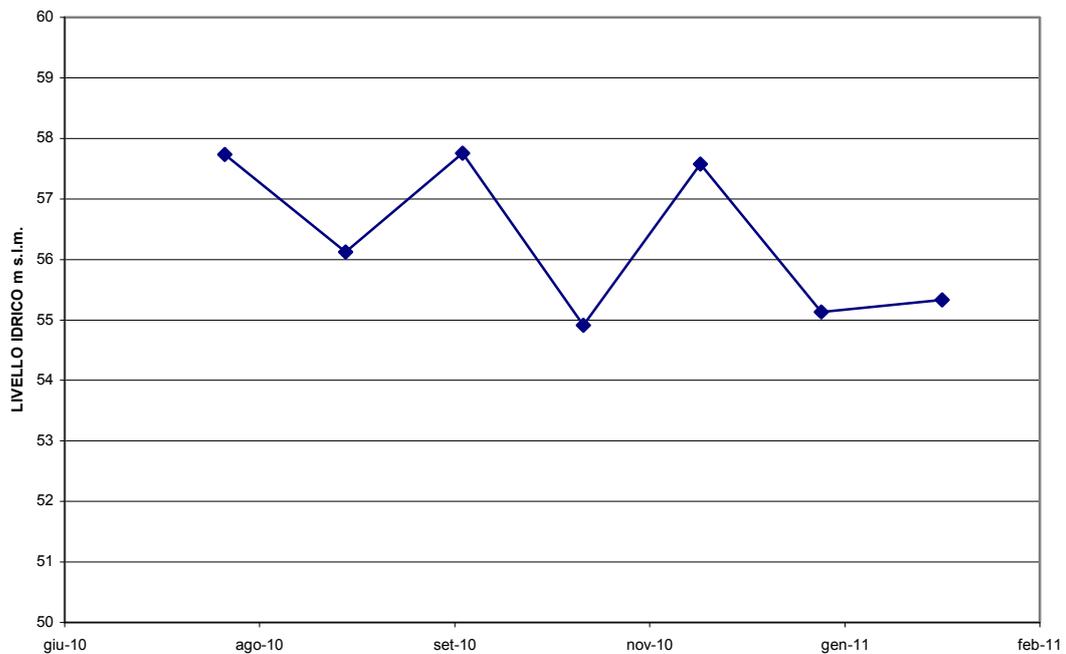
PIEZOMETRO (Tubo aperto) C428



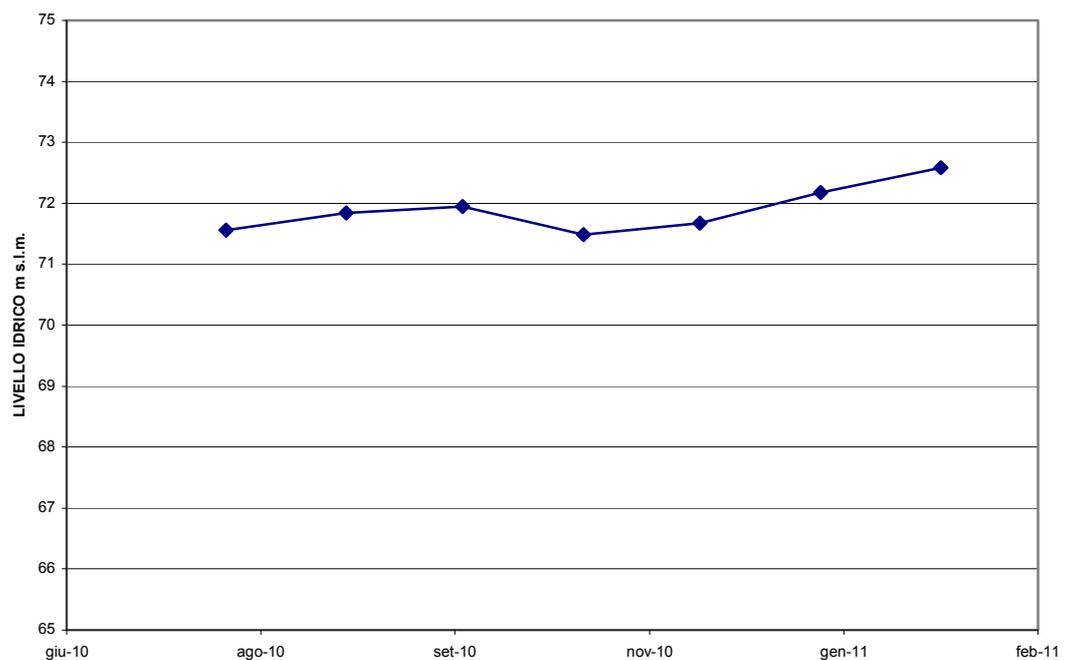
PIEZOMETRO (Casagrande) C429



PIEZOMETRO (Casagrande) C432

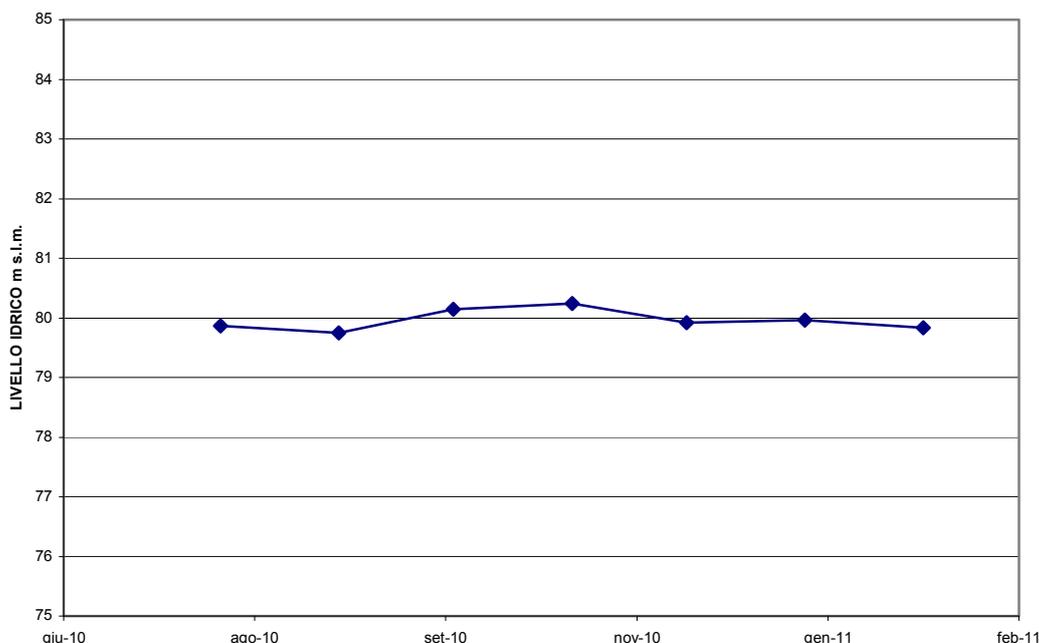


PIEZOMETRO (Casagrande) C434



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Tubo aperto) C435



I singoli grafici non evidenziano variazioni significative della piezometrica, al massimo di pochi metri nel periodo considerato. Occorre inoltre precisare, che il periodo esaminato, purtroppo non è del tutto rappresentativo, in quanto non riporta un intero ciclo annuale.

I dati dei piezometri indicano che le oscillazioni piezometriche non sono consistenti; esse sono perlopiù circoscritte nell'ordine dei 50cm (almeno per il periodo in cui i dati sono disponibili).

Si osserva, in linea generale, una buona corrispondenza, tra ricostruzione della falda e dati piezometrici, con scarti dell'ordine di 1 o 2 metri. Alcuni dati piezometrici, concentrati all'estremità est dell'area di progetto, mostrano scarti piuttosto forti rispetto alla ricostruzione della piezometria. Si tratta dei piezometri C427, C429, C432 e C435. Anomalo risulta invece il dato del piezometro C401, unico piezometro nella zona degli imbocchi delle gallerie, a restituire un valore piezometrico molto elevato rispetto alla superficie di falda ricostruita. Tale dato non può tuttavia essere ragionevolmente correlato con quelli dei piezometri adiacenti e pertanto è da ritenersi indicativo di una situazione locale o di un malfunzionamento della cella Casagrande.

Pertanto, solo nella zona est dell'area di interesse, la ricostruzione della superficie piezometrica è da ritenersi imprecisa, mentre nel resto dell'area, la ricostruzione è da ritenersi affidabile.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.5.3 Considerazioni generali ed individuazione delle principali criticità morfologiche legate ai processi di dissesto

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 coni 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 (fig. 2.5.1), 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" (fig. 2.5.2). In quest'ultimo settore sono inoltre diffuse alla base del versante anche accumuli tipo cono 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 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 (figg. 2.5.3 e 2.5.4).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.1.31

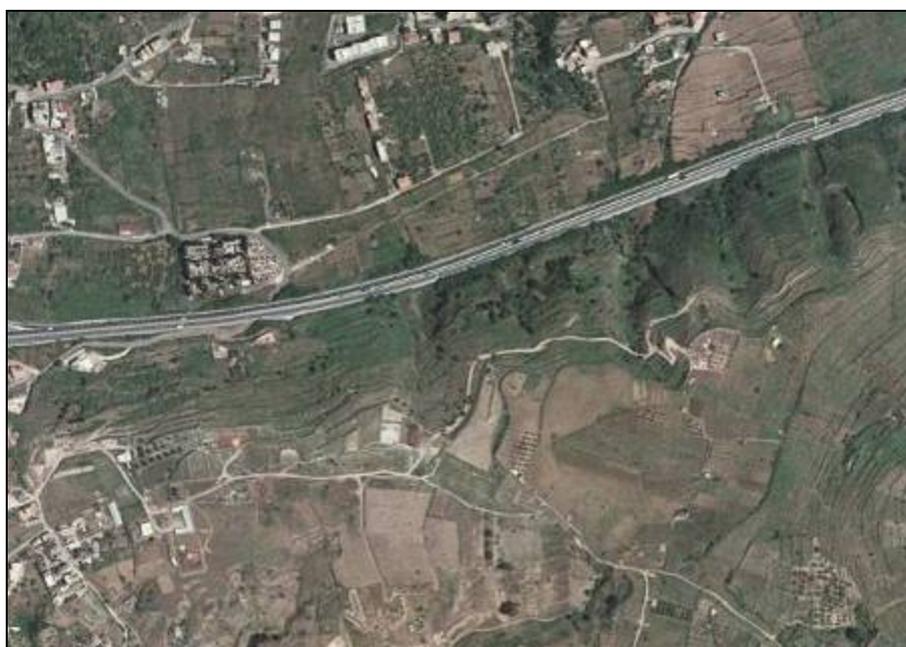


Figura 2.5.1.32

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.1.32



Figura 2.5.1.33

Con specifico riferimento alle opere in sotterraneo, le condizioni di pericolosità più significative in relazione alle opere da realizzare sono comunque concentrate lungo tutta la scarpata compresa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

tra il fiume S. Trada e la zona di imposta dell'opera principale; in particolare, gli imbocchi lato nord delle rampe C e A ed i relativi tracciati sono previsti in tratti di versante caratterizzati dalla presenza di diversi fenomeni franosi e – più in generale – da dissesti legati a processi di degradazione ed erosione/trasporto ad opera delle acque incanalate.

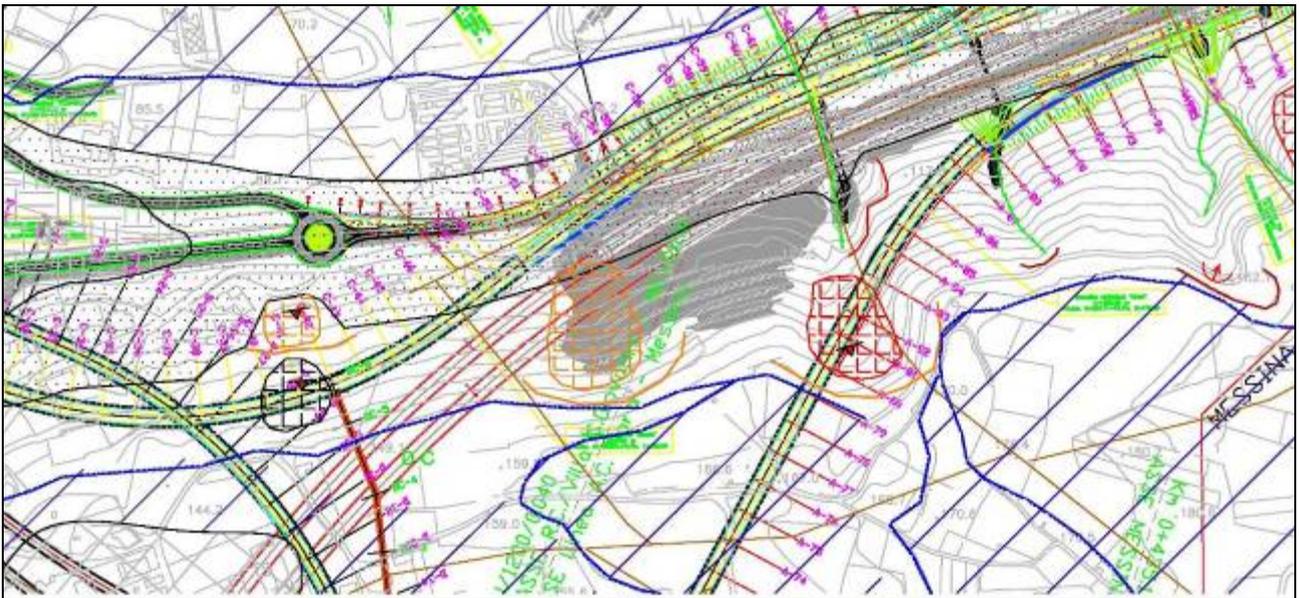


Figura 2.5.1.34 - Stralcio della Carta geomorfologica della Calabria, dove si evidenziano le interferenze tra movimenti franosi ed opere di progetto.

Infatti, sebbene come evidenziato dalla stessa fig. 2.5.5 i tracciati delle rampe sopra menzionate non interagiscono direttamente con i corpi di frana riconosciuti e cartografati (distanza planimetrica dagli imbocchi dei tratti in sotterraneo o passaggio sotto coperture relativamente alte), è da considerare che la realizzazione delle opere di progetto comporterà una variazione degli stati tensionali agenti sulla scarpata potenzialmente in grado di indurre deformazioni che si traducono in riattivazioni e/o attivazioni di fenomeni franosi. A tale proposito si segnala pertanto la necessità di prevedere un piano di monitoraggio per controllare la risposta deformativa del versante rispetto alla variazione degli stati tensionali indotta dalla realizzazione delle opere. In tal senso sarà possibile operare tramite l'installazione, ad esempio, di strumentazione di monitoraggio topografico e geotecnico da posizionare nei punti più significativi del versante. In particolare, a titolo di esecè possibile ipotizzare la costruzione di un sistema di monitoraggio integrato che prevede:

- l'installazione di tubi inclinometrici in corrispondenza delle opere di imbocco ed in

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

prossimità delle frane già note e cartografate;

- il posizionamento di una rete di mire ottiche per il controllo periodico o continuo tramite stazione totale degli eventuali spostamenti.

Infine, si segnala che per una corretta gestione ed interpretazione dei dati di monitoraggio è raccomandabile di prevedere un funzionamento della rete:

- in fase *ante operam* (monitoraggio conoscitivo) per valutare l'effettivo stato di attività dei principali movimenti franosi;
- in fase di esecuzione dei lavori per valutare entità e tassi degli eventuali spostamenti e comprendere le relazioni con la fessistica delle lavorazioni;
- in fase *post operam* per verificare l'evoluzione dei dissesti eventualmente attivati o riattivati e valutare l'idoneità delle contromisure messe in opera in fase di realizzazione.

Per quanto riguarda le opere all'aperto non sono state invece individuate interferenze con fenomeni di dissesto rilevanti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6 Conglomerato di Pezzo

2.6.1 Descrizione

Il conglomerato di Pezzo, di età tortoniana, è la litologia stratigraficamente più bassa della successione sedimentaria. La sua potenza è superiore ai 200 m.

Il conglomerato è composto prevalentemente da clasti di graniti e gneiss cementati in matrice prevalentemente composta da frazioni arenacee fini e limose.

Le dimensioni dei clasti sono eterogenee e variabili da pochi mm fino a blocchi superiori al metro, interpretati come grossi trovanti inglobati nel conglomerato.

Negli affioramenti la formazione presenta un aspetto litoide con scarpate stabili.

Il Conglomerato di Pezzo ha quindi generalmente caratteristiche assimilabili a quelle di rocce tenere.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 50 a Figura 81) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.6.2 Caratteristiche fisiche

Per questi litotipi l'analisi granulometrica effettuata non è chiaramente rappresentativa se non, in parte, della frazione associabile alla matrice.

Le caratteristiche granulometriche dei campioni rispecchiano le caratteristiche precedentemente descritte, ossia materiali la cui percentuale maggiore è costituita da sabbie (58%). Il contenuto di fino è mediamente del 21% (Figura 50).

Il peso di volume dei grani γ_s è risultato pari a circa 26.5 kN/m³.

Il peso di volume naturale medio γ_d è risultato pari a circa 18.5 kN/m³.

Con riferimento al fuso medio della matrice si ottiene $D_{50}=0.25\text{mm}$, $D_{60}=0.5\text{mm}$, $D_{10}=0.004\text{mm}$

Per quanto riguarda gli spezzoni di roccia o di conglomerato prelevati nei sondaggi il peso di volume totale γ è risultato mediamente pari a 23 kN/m³ con i valori più bassi di 20 -21 kN/m³ rappresentativi degli spezzoni conglomeratici.

2.6.3 Stato iniziale

Vista la natura di tale conglomerato, una valutazione globale dello stato iniziale ed in particolare di:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- indice dei vuoti,
- pesi di volume,
- K_0

non può essere fatta esclusivamente ed in modo rappresentativo tramite le correlazioni da prove SPT utilizzate per i depositi granulari.

Inoltre in base alle indicazioni provenienti dagli studi geologici del progetto preliminare tale formazione localmente può essere caratterizzata da un certo grado di sovra consolidazione e da elevati gradi di cementazione.

Per questo si ritiene maggiormente rappresentativo utilizzare le prove in situ, laddove disponibili, quelle cioè che investigano l'ammasso a grande scala, quindi si ha:

- e_0 : in base alla correlazione proposta da Foti che sfrutta i risultati delle indagini sismiche (velocità V_p e V_s), scartando i valori ritenuti poco realistici, si può stimare un indice dei vuoti e_0 in sito pari a $0.15 \div 0.2$ con un andamento non molto variabile con la profondità ($>20m$) come evidente dal grafico in Figura 56.
- γ : in base al valore precedentemente ricavati si può stimare dall'indice dei vuoti e_0 e da γ_s un valore medio di γ in condizioni sature (Foti et al.) pari a circa 23 KN/m^3 che ben si correla al valore medio misurato e che risulta non molto variabile con la profondità (Figura 57 e Figura 58)
- K_0 : poiché la litologia in esame è quella, della successione sedimentaria, più vecchia, è difficile tenere in conto in modo sintetico della storia tensionale del deposito che è stato caratterizzato da fenomeni di preconsolidazione e cementazione. La stima può in prima approssimazione essere effettuata come indicato nel paragrafo 2.2.1: considerando un età di almeno 10 milioni di anni, considerando che $K_{0nc}=0.35 \div 0.5$ ($\phi'=30^\circ \div 40^\circ$) e che $K_{0oc}=0.5 \div 0.6$ per tenere conto dell'effetto dell'erosione (si stima un fattore minimo pari a 1.4 corrispondente ad $OCR=2$) ed infine per considerare gli effetti di "aging" con la correlazione di (Mesri (1989)), si ottiene verosimilmente un valore compreso approssimativamente fra 0.7 e 0.9 (si moltiplica per un fattore pari a 1.4).

2.6.4 Parametri di resistenza al taglio

Le prove simiche in foro mostrano una elevata dispersione dei valori (da Figura 71 a Figura 77).

Dall'analisi di tutti i valori di V_s (media mobile con la profondità) si evidenzia un andamento medio

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

in cui è riconoscibile un primo sismostrato di più scadenti caratteristiche elastiche anche se mediamente crescenti fino a circa 25m.

a) strato superficiale alterato (z<25÷30m)

In questo ambito, presumibilmente caratterizzato da una più scarsa cementazione e da maggiore alterazione, sono disponibili:

- prove di carico su piastra di grande diametro
- prove SPT
- prove pressiometriche

Le prove pressiometriche e le prove SPT sono prove “puntuali”, non in grado di rappresentare il comportamento globale di un ammasso conglomeratico molto eterogeneo; inoltre, soprattutto per quanto riguarda le prove SPT, si riferiscono ad un materiale disturbato dall’esecuzione del foro e quindi a maggior ragione non rappresentativo della frazione medio fine cementata ma eventualmente solo della matrice non cementata.

Alla luce degli aspetti appena evidenziati l’interpretazione delle prove SPT si rende problematica e parzialmente rappresentativa.

Sulla base di tali prove, non tenendo in conto dell’influenza dell’eventuale cementazione, si ottengono un valore di picco medio di ϕ' pari a circa 42°. Tale valore non è ritenuto caratterizzante in quanto le prove SPT, per quanto detto anche precedentemente, non sono considerate significative per la formazione in esame; piuttosto tale valore è riportato come confronto con i valori riportati di seguito e scaturiti dall’esito di altre prove.

Dalle prove pressiometriche, ad esempio, si ottengono valori variabili tra 40° e 42°.

Per quanto invece concerne le prove di carico su piastra, ritenute maggiormente rappresentative del comportamento d’insieme dell’ammasso, si considerano quelle ubicate in prossimità del blocco di ancoraggio lato Calabria (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500) ed al proposito si è ripreso lo studio effettuato nel Progetto preliminare (“Le basi del progetto – Geotecnica” – Elab. PP2RA24). Le prove sono state eseguite a tre diverse profondità all’interno di un pozzo di diametro pari a 2.5 m rivestito in c.a., a profondità di 5m, 12m e 16 m dal piano campagna (da Figura 63 a Figura 66).

L’interpretazione delle prove prevede di assimilare il comportamento rilevato a quello di una fondazione superficiale: dalla stima del carico ultimo q_{ult} è stato quindi possibile eseguire un’analisi a ritroso dei risultati delle prove di carico, utilizzando le formule riportate in letteratura per il calcolo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

di fondazioni superficiali, per determinare i parametri di resistenza c' e ϕ' .

Infatti facendo riferimento alla soluzione teorica per fondazione circolare ottenuta da Berezantzev (1964) si ha:

$$q_{ult} = 0.5 \gamma B A_k + \gamma D B_k + c C_k$$

dove:

q_{ult} = carico ultimo a rottura del terreno

γ = peso di volume del terreno = 20 kN/m³

B = diametro della piastra = 0.865m

D = approfondimento della piastra = 0

c' = coesione

A_k, B_k, C_k = fattori di capacità portante in funzione dell'angolo di resistenza al taglio ϕ'

Il valore del carico ultimo q_{ult} è stimabile direttamente dalla prova di carico interpretando i risultati con una relazione carichi cedimenti di tipo iperbolico se non si è raggiunta la configurazione limite.

Così facendo si sono ottenuti i seguenti valori di carico ultimo:

1) $q_u=3200$ KPa

2) $q_u=10500$ KPa

3) $q_u=16800$ KPa

In corrispondenza di un valore medio $\phi'=40^\circ$ i valori di c' ottenuti variano linearmente, tra 0 e circa 25m di profondità, da 0 a 100 KPa circa.

b) Ammasso in profondità (z>25-30m)

L'andamento della coesione efficace e dell'angolo di attrito per spessori superiori ai 25 m del Conglomerato di Pezzo può essere determinato alla luce delle seguenti considerazioni:

- Negli scavi effettuati nella galleria naturale Piale (lavori di ammodernamento dell'autostrada SA-RC), a partire dagli imbocchi sud (lato RC), l'ammasso di natura granitoidale rilevato al fronte, nella parte medio-bassa, che nella nuova campagna è stato reinterpretato, attraverso i

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sondaggi che lo hanno intercettato (S8, SG15, S7, S9/DG42, S6, SG14), come formazione ascrivibile al Conglomerato di Pezzo, presenta un aspetto litoide.

- In alcuni affioramenti superficiali la formazione del Conglomerato di Pezzo presenta un aspetto litoide o cementato con fronti stabili.
- L'andamento con la profondità della velocità delle onde mostra un miglioramento rispetto a quello evidenziato nei primi 20-25m circa, più evidente nelle velocità delle onde P che nelle velocità delle onde S.

Appare lecito quindi, a grande scala, assimilare il Conglomerato di Pezzo ad un ammasso roccioso seppur di scadenti caratteristiche meccaniche.

Si riportano di seguito i valori di GSI forniti insieme ai rilievi del fronte della costruenda galleria Piale, facente parte delle opere previste nell'ambito del Macrolotto 6 della autostrada A3, durante gli scavi, a partire dagli imbocchi sud, sia in carreggiata nord che in carreggiata sud (pk = progressiva relativa di scavo da imbocchi sud).

Il fronte, soprattutto nella parte bassa, generalmente si è sempre presentato come costituito da blocchi litici circondati da zone di alterazione e di disfacimento a matrice sabbiosa più o meno cementata; nella parte alta, più alterata, si è talvolta rilevata la presenza di materiale limo - argilloso.

La parte più bassa rappresenterebbe quindi quella con caratteristiche meccaniche relativamente migliori.

Di seguito si riportano le descrizioni del fronte effettuate durante i rilievi.

In Allegato si riporta un rilievo del fronte alle massime coperture (circa 25m) (da Figura 82 a Figura 84).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Galleria naturale Piaie - Carreggiata Nord		
pk (m)	GSI	Osservazioni (estratto dal Rapporto di sopralluogo)
0	34-38	<p>Su tutto il fronte affiorano litotipi ascrivibili al basamento cristallino alterato. Detto basamento, come descritto nella nota del 15/07/08, è costituito da graniti con una alterazione sferoidale piuttosto pervasiva che porta all'individuazione di blocchi litoidi arrotondati circondati da una aureola di alterazione di spessore variabile.</p> <p>Nella parte alta del fronte il materiale si presenta molto alterato (Foto 1; Foto 2) mentre, verso le parti più basse dello scavo il grado di alterazione tende progressivamente a diminuire, i blocchi relitti aumentano in numero e dimensione (Foto 2; Foto 3), sino a raggiungere una consistenza litoide nella parte più bassa del fronte.</p>
11	34-38	<p>Su tutto il fronte affiorano litotipi ascrivibili al basamento cristallino alterato. Detto basamento, come descritto nella nota del 15/07/08, è costituito da graniti con una alterazione sferoidale piuttosto pervasiva che porta all'individuazione di blocchi litoidi arrotondati circondati da una aureola di alterazione di spessore variabile. Tale zona di alterazione si presenta moderatamente alterata e coesiva.</p> <p>Il materiale è omogeneo su tutto il fronte di scavo; solo nella parte inferiore e centrale presenta caratteristiche litoidi.</p>
21	34-38	<p>Il basamento affiora con caratteristiche omogenee su tutto il fronte di scavo; la matrice di alterazione è piuttosto pervasiva ed è moderatamente coesiva.</p> <p>Durante le fasi di scavo localmente si sono riscontrate limitate venute d'acqua, interpretabili come piccole sacche relitte, che si sono esaurite rapidamente; in particolare limitati stillicidi si sono osservati da un vtr sul piedritto destro.</p> <p>Durante l'esecuzione dello scavo, anche dai settori di calotta, non si sono osservati distacchi sensibili di materiale.</p>
29	24-27 33-36	<p>Il fronte è costituito da basamento plutonico alterato, costituito da blocchi a consistenza litica dispersi in una matrice alterata; in calotta sono presenti porzioni di basamento più alterato ridotto a sabbia fine limoso-argillosa.</p> <p>Nella parte centrale sono presenti dei piani di taglio, a basso angolo immergenti a franapoggio; molto probabilmente sono strutture antiche ormai non più attive (antiche shear zone milonitiche).</p> <p>Durante l'esecuzione dello scavo, anche dai settori di calotta, non si sono osservati distacchi sensibili di materiale.</p> <p>Il materiale presenta una elevata degradabilità se esposto agli agenti esterni.</p>
39	33-36	<p>Il fronte è costituito da basamento plutonico alterato, costituito da blocchi a consistenza litica dispersi in una matrice di distacco del basale; in calotta sono presenti porzioni di basamento più alterato meno coesive.</p> <p>Durante l'esecuzione dello scavo si sono osservati distacchi di materiale molto limitati dai settori di calotta.</p>
45	33-37	<p>Sul fronte affiora il basamento cristallino alterato; le condizioni del basamento sono piuttosto omogenee e non si osservano zone particolarmente ammalorate.</p> <p>In fase di scavo non si osservano particolari rilasci di materiale.</p> <p>Sul settore destro si hanno limitati stillicidi da due VTR che comunque si sono esauriti nel corso dello scavo stesso.</p>
59	33-37	<p>Sul fronte affiora il basamento cristallino alterato le cui condizioni sono piuttosto omogenee; solo nella parte sinistra si osserva una zona leggermente più alterata.</p> <p>Sul rene destro si ha un limitato stillicidio da un VTR che comunque si è esaurito nel corso dello scavo stesso.</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

67	35	<p>Fronte di scavo costituito da graniti e granodiotiti a colorazione variabile dal marrone chiaro al grigio scuro.</p> <p>Si riconosce una sola famiglia di discontinuità per fratturazione K1(010°/060°) che presenta persistenza elevata e spaziatura da decimetrica a pluridecimetrica.</p> <p>Nel complesso l'ammasso roccioso si presenta alterato e tettonizzato con presenza di abbondante materiale molle a granulometria limo argillosa mostarndo una scarsa resistenza all'azione dinamica del martellone.</p> <p>Il fronte di scavo si presenta umido con locali stillicidi in paramento sinistro, mentre la resistenza a compressione uniassiale della roccia viene stimata generalmente inferiore ai 25 Mpa.</p>
74	33	<p>Fronte di scavo costituito da graniti e granodiotiti a colorazione variabile dal marrone chiaro al grigio verdastro.</p> <p>Si riconosce una sola famiglia di discontinuità per fratturazione K1(010°/060°) che presenta persistenza elevata e spaziatura da decimetrica a pluridecimetrica.</p> <p>Nel settore di paramento sinistro-chiave calotta l'ammasso roccioso si presenta alterato e tettonizzato con abbondante materiale molle a granulometria limo argillosa di colore grigio verdastro, offrendo una scarsa resistenza all'azione meccanica del martellone.</p> <p>La restante porzione del fronte di scavo (parameto destro) si presenta con caratteristiche geomeccaniche discrete in corrispondenza del piedritto destro, mentre le stesse, tendono a deteriorarsi progressivamente verso il settore del nucleo.</p> <p>Il fronte di scavo si presenta umido con locali stillicidi in paramento sinistro e chiave calotta</p> <p>La resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso maggiormente alterato viene stimata generalmente inferiore ai 25 Mpa mentre per la restante porzione di ammasso si stima compresa tra i 25 Mpa e i 50 Mpa.</p>
89	21-23	<p>Nel settore medio alto del fronte di scavo, l'ammasso si presenta alterato e tettonizzato a granulometria argillo-limoso debolmente sabbiosa con presenza sporadica di inclusi decimetrici di natura intrusiva alterati e privi di consistenza litoide.</p> <p>La restante porzione di ammasso si presenta con una minore alterazione e con presenza abbondante di materiale molle a granulometria limo argillosa e limo sabbiosa. In tale porzione del fronte si individuano inoltre, inclusi di natura intrusiva di dimensioni da decimetrici a pluridecimetrici che conservano localmente ancora una consistenza litoide.</p> <p>Durante le fasi del rilievo non si osservano fenomeni di distacco gravitativo.</p> <p>Il fronte di scavo si presenta umido con stillicidi d'acqua limitati al settore di paramento sinistro.</p> <p>La resistenza dell'ammasso viene stimata generalmente inferiore ai 25 Mpa.</p>
98	23-25	<p>Nel settore di paramento destro, l'ammasso risulta costituito da Plutoniti di colore marrone rossastro da alterate a tettonizzate con presenza abbondane di materiale molle a granulometria limo argillosa e inclusi decimetrici di natura cristallina privi di consistenza litoide.</p> <p>La restante porzione di ammasso invece, risulta rappresentata da terreni a matrice sabbiosa di colore grigio beige con struttura caotica e abbondante presenza di inclusi cristallini decimetrici da arrotondati a subarrotondati e con intercalazioni di livelli decimetrici di sabbia moderatamente cementata.</p> <p>Nel complesso quest'ultimi terreni si presentano da poco a moderatamente cementati offrendo una discreta resistenza all'azione dinamica del martellone.</p> <p>Per la porzione maggiormente alterata (paramento destro) la resistenza a compressione uniassiale della roccia viene stimata generalmente inferiore ai 25 Mpa , mentre per la restante porzione di ammasso la stessa si stima compresa tra i 25 e i 50 Mpa.</p> <p>Il fronte si presenta umido.</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

102	23-25	<p>L'ammasso roccioso risulta rappresentato in paramento sinistro da terreni appartenenti alla formazione delle plutoniti alterate (graniti e granodioriti), tali terreni si presentano alterati e tettonizzati con abbondante presenza di materiale molle a granulometria limo argillosa.</p> <p>diversamente la restante porzione del fronte di scavo risulta rappresentato da terreni a matrice sabbiosa moderatamente cementati con presenza di inclusi cristallini da arrotondati a sub arrotondati con presenza di livelli decimetrici di sabbia fine cementata.</p> <p>Tali terreni offrono una buona resistenza all'azione dinamica del martellone mentre la resistenza a compressione uniassiale della roccia viene stimata generalmente compresa tra i 25 mpa e i 50 mpa.</p> <p>il fronte di scavo si presenta umido</p>
112	23-27	<p>Nei settori medio alti il fronte di scavo risulta rappresentato da terreni a matrice sabbiosa di colore grigio beige da moderatamente cementati a cementati con presenza di inclusi cristallini di dimensioni decimetriche a consistenza litoide e livelli sabbiosi a granulometria fine cementati di spessore decimetrico.</p> <p>La restante porzione di ammasso risulta rappresentato da rocce del basamento cristallino quali graniti e granodioriti (Plutoniti alterate) di colore marrone rossastro moderatamente alterati con sporadica presenza, tra le discontinuità per fratturazione, di materiale di riempimento molle a granulometria limo argillosa</p> <p>Nel complesso l'ammasso si presenta competente allo scavo offrendo una buona resistenza all'azione dinamica del martellone.</p> <p>Il fronte di scavo si presenta umido mentre la resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso viene stimata generalmente superiore ai 25 Mpa.</p>
120	23-27	<p>Nei settori medio alti il fronte di scavo risulta rappresentato da terreni a matrice sabbiosa di colore grigio beige da moderatamente cementati a cementati con presenza di inclusi cristallini di dimensioni decimetriche a consistenza litoide.</p> <p>In tale settore si individuano livelli decimetrici di sabbia fine da moderatamente cementata a cementata intervallati a livelli decimetrici a matrice limo argillosa da poco a moderatamente consistenti.</p> <p>La restante porzione di ammasso risulta rappresentato da rocce del basamento cristallino quali graniti e granodioriti (Plutoniti alterate) di colore marrone rossastro moderatamente alterati con sporadica presenza, tra le discontinuità per fratturazione, di materiale di riempimento molle a granulometria limo argillosa</p> <p>Il fronte di scavo si presenta umido mentre la resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso viene stimata generalmente superiore ai 25 Mpa.</p>
130	23-25	<p>Il settore medio basso della sezione di scavo risulta rappresentato da terreni a matrice sabbiosa di colore grigio beige da moderatamente cementati a cementati con presenza di inclusi cristallini di dimensioni decimetriche a consistenza litoide.</p> <p>In tale settore si individuano livelli decimetrici di sabbia fine da moderatamente cementata a cementata intervallati a livelli decimetrici a matrice limo argillosa da poco a moderatamente consistenti.</p> <p>Il settore medio alto risulta rappresentato invece, da concrezioni carbonatiche di colore rugginoso da moderatamente cementate a cementate e poggianti direttamente su dei limi sabbiosi di colore beige da moderatamente consistenti a consistenti.</p> <p>Il fronte di scavo si presenta umido mentre la resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso viene stimata generalmente inferiore ai 25 Mpa</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Galleria naturale Piaie - Carreggiata Sud		
pk (m)	GSI	Osservazioni (estratto dal Rapporto di sopralluogo)
0	35-38	<p>Il fronte è costituito da basamento plutonico alterato, costituito da blocchi a consistenza litica dispersi in una matrice di distacco; in calotta affiorano depositi sedimentari ascrivibili alla formazione delle Ghiaie di Messina costituite prevalentemente da alternanze di ghiaie sabbiose e livelli sabbiosi, localmente si hanno lenti marnose fossilifere di colore biancastro.</p> <p>I depositi sedimentari quando non sono direttamente interessati dallo scavo mostrano rilasci limitati, mentre, quando sono più direttamente coinvolti nelle operazioni di demolizione offrono una bassa resistenza allo scavo e sono poco stabili.</p>
8	33-36	<p>Le ghiaie di Messina sono circoscritte alla zona compresa tra la calotta ed il rene sinistro, per uno spessore di circa 1-1.5 m.</p> <p>Sulla restante parte del fronte affiora il basamento alterato, questo presenta caratteristiche piuttosto omogenee; solo nella parte centrale si distingue una fascia di colore rosso ferrettizzata argillificata.</p>
15	35-40	<p>Il fronte è completamente asciutto ed è costituito da basamento cristallino le cui condizioni di alterazione sono piuttosto omogenee.</p> <p>Si osservano due piani di faglia, probabilmente antiche zone di taglio, della potenza di circa 15 – 20 cm.</p>
37	35-40	<p>Il fronte è praticamente asciutto, si osserva solo un limitato gocciolamento da un VTR sul piedritto sinistro, ed è costituito da basamento cristallino le cui condizioni di alterazione sono piuttosto omogenee; sul piedritto destro affiora un basamento meno alterato che presenta una maggiore resistenza allo scavo.</p>
53	38	<p>Fronte di scavo costituito da graniti e granodiotiti a colorazione variabile dal marrone chiaro al grigio verdastro moderatamente alterate</p> <p>Si riconoscono due famiglie di discontinuità per fratturazione a persistenza medio-alta e spaziatura ridotta con presenza di riempimento molle a granulometria limo argillosa.</p> <p>Il fronte di scavo si presenta localmente umido in paramento destro e la resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso viene stimata generalmente compresa tra i 25 Mpa e i 50 Mpa.</p>
61	34	<p>Fronte di scavo costituito da graniti e granodiotiti a colorazione variabile dal marrone rossastro al grigio chiaro.</p> <p>Il settore medio alto della sezione di scavo si presenta alterato con abbondante presenza di materiale molle a granulometria limo argillosa .</p> <p>La restante porzione di scavo si presenta invece meno alterata con famiglie di discontinuità per fratturazione a persistenza media e spaziatura pluridecimetrica e presenza sporadica di materiale di riempimento molle.</p> <p>Il fronte di scavo si presenta localmente umido nel settore di chiave calotta.</p> <p>La resistenza a compressione uniassiale della roccia maggiormente alterata viene stimata generalmente inferiore ai 25 Mpa.</p>
67	34	<p>Fronte di scavo costituito da graniti e granodiotiti a colorazione variabile dal marrone rossastro al grigio chiaro.</p> <p>Si individuano n.3 principali famiglie di discontinuità per fratturazione (K1,K2 e K3) a persistenza medio alta e spaziatura ridotta, con presenza di materiale di riempimento molle limo argilloso.</p> <p>Nel settore medio alto l'ammasso roccioso si presenta maggiormente alterato a scarsa consistenza litoide offrendo una scarsa resistenza all'azione dinamica del martellone.</p> <p>Il fronte di scavo si presenta umido e non si osservano fenomeni di rilascio gravitativi.</p> <p>La resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso roccioso maggiormente alterato si stima inferiore ai 25 Mpa.</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il parametro GSI, per coperture della galleria comprese fra circa 10m e 25m, è quindi mediamente risultato pari a 32±5.

Il valore assunto per le elaborazioni è stato posto pari a 27.

Tale valore, confrontato con quelli riportati nella classificazione di [Hoek et al. \(1998\)](#), corrisponderebbe ad un ammasso molto scadente costituito da molti blocchi.

Gli inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso sono stati determinati sulla base:

- del valore GSI di cui al paragrafo precedente;
- dei valori della resistenza alla compressione semplice σ_c e del parametro m_i della roccia: la natura eterogenea dell'ammasso si riflette sui valori delle resistenze a compressione monoassiale che, in base alle prove di laboratorio effettuate, sono risultate molto variabili; esse vanno da valori medi dell'ordine di $\sigma_c = 40$ MPa (spezzoni di roccia) ad un valore medio pari 3MPa rappresentativa della parte medio fine cementata. Su alcuni provini sono state eseguite prove di taglio diretto in laboratorio; nonostante abbiano una componente sabbiosa preponderante e risultino disturbati, hanno evidenziato un comportamento coesivo (mediamente $c'=30$ KPa) imputabile alla parziale cementazione e/o al contenuto di fino. In considerazione della elevata eterogeneità dovuta alla presenza di componenti più o meno coerenti si può determinare la σ_c mediando la parte competente con quella meno competente, come suggerito da [Hoek et al. \(2000\)](#) per ammassi eterogenei, ottenendo quindi un valore medio pesato pari a 15MPa.
- Per m_i si assume un valore pari a 22.

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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In casi rappresentati da situazioni non caratterizzate da dissesti pregressi o in atto, si opererà come segue:

- In analisi ove non è possibile riprodurre il comportamento “strain softening” si farà riferimento ai parametri medi dell’ammasso (D=0.5);
- In analisi ove è possibile riprodurre la caduta di resistenza verranno ipotizzate leggi di degrado dei parametri di resistenza da quelli di picco a quelli “residui”.
- In casi rappresentati da situazioni caratterizzate da dissesti pregressi o in atto, si farà riferimento ai parametri residui (D=1) dell’ammasso.
- Nelle zone di disturbo tettonico si utilizzeranno parametri prossimi a quelli residui.

2.6.5 Back analysis

Allo scopo di verificare l’approccio precedentemente esposto si è effettuata una back analysis relativa alla stabilità del fronte della costruenda galleria Piaie, scavato e consolidato con 44 VTR cementati al fronte (sovrapposizione 6m), risultato stabile allo scavo con spostamenti ammissibili.

La verifica è condotta mediante il metodo all’equilibrio limite proposto da [Tamez \(1984\)](#).

La sezione tipo B2, è caratterizzata da un consolidamento del fronte di scavo, con lo scopo di irrigidirlo e di prevenirne i fenomeni di estrusione e contenere gli spostamenti in campo elastoplastico, visto il sottopasso di alcuni edifici in località Piaie.

Per le caratteristiche meccaniche adottate nei calcoli per i terreni si rimanda a quanto riportato nel paragrafo precedente; a questo proposito si precisa che si è considerata la copertura massima pari a circa 25m (ad una distanza di circa 100m dagli imbocchi sud).

L’ammasso più degradato si è spesso rivelato interferente con il fronte mentre quello caratterizzato relativamente da migliori caratteristiche meccaniche si è spesso rivelato nella parte medio bassa del fronte.

Per la sezione si ha:

$H_{\text{fronte}} = 12 \text{ m}$ Altezza dello scavo
 $L_{\text{fronte}} \cong 20 \text{ m}$ Larghezza dello scavo
Copertura massima sulla calotta $\approx 25\text{m}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il contributo in termini di pressione equivalente che il consolidamento al fronte fornisce, è calcolabile come descritto nel seguito.

Le principali caratteristiche, meccaniche e geometriche, impiegate per calcolare la pressione al fronte, equivalente all'azione dei consolidamenti, utilizzate nei calcoli sono le seguenti:

$\tau_{\min} \cong 150 \text{ KPa}$	Aderenza VTR - terreno
$L_{\text{sovr}} = 6 \text{ m}$	Lunghezza di sovrapposizione
$T = \pi \phi L_{\text{sovr}} \tau_{\min}$	Tiro compressivo
$\phi = 0.1$	Diametro foro VTR
$N = 44$	Numero VTR al fronte
$P_e = N T / A_{\text{fronte}} \cong 100 \text{ KPa}$	Pressione equivalente sul fronte

I parametri geotecnici utilizzati sono:

Parametri di calcolo	Z da p.c. (m)	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)
Conglomerato di Pezzo alterato	10-25	22	0 - 100	38-40
Conglomerato di Pezzo - fronte	>25 ($\sigma_n = 0.4-0.5 \text{ MPa}$)**	22	130*	32*

*= valori medi fra quelli residui e di picco

**= tensione media normale

Come risulta evidente dalle figure di seguito riportate, in assenza del consolidamento, per uno sfondo medio pari a 1.5m, si ha F_s prossimo ad 1.1 al quale, secondo Tamez corrisponderebbe un comportamento di tipo elastoplastico stabile ma con spostamenti non ammissibili.

In presenza dei consolidamenti tale valore si porta a circa 1.5 con spostamenti che, sempre in campo elastoplastico, risultano però ammissibili, come rilevabile in galleria.

I parametri utilizzati, avendo fornito un risultato compatibile con le evidenze rilevate in galleria, possono ritenersi rappresentativi della resistenza globale dell'ammasso alle profondità investigate.

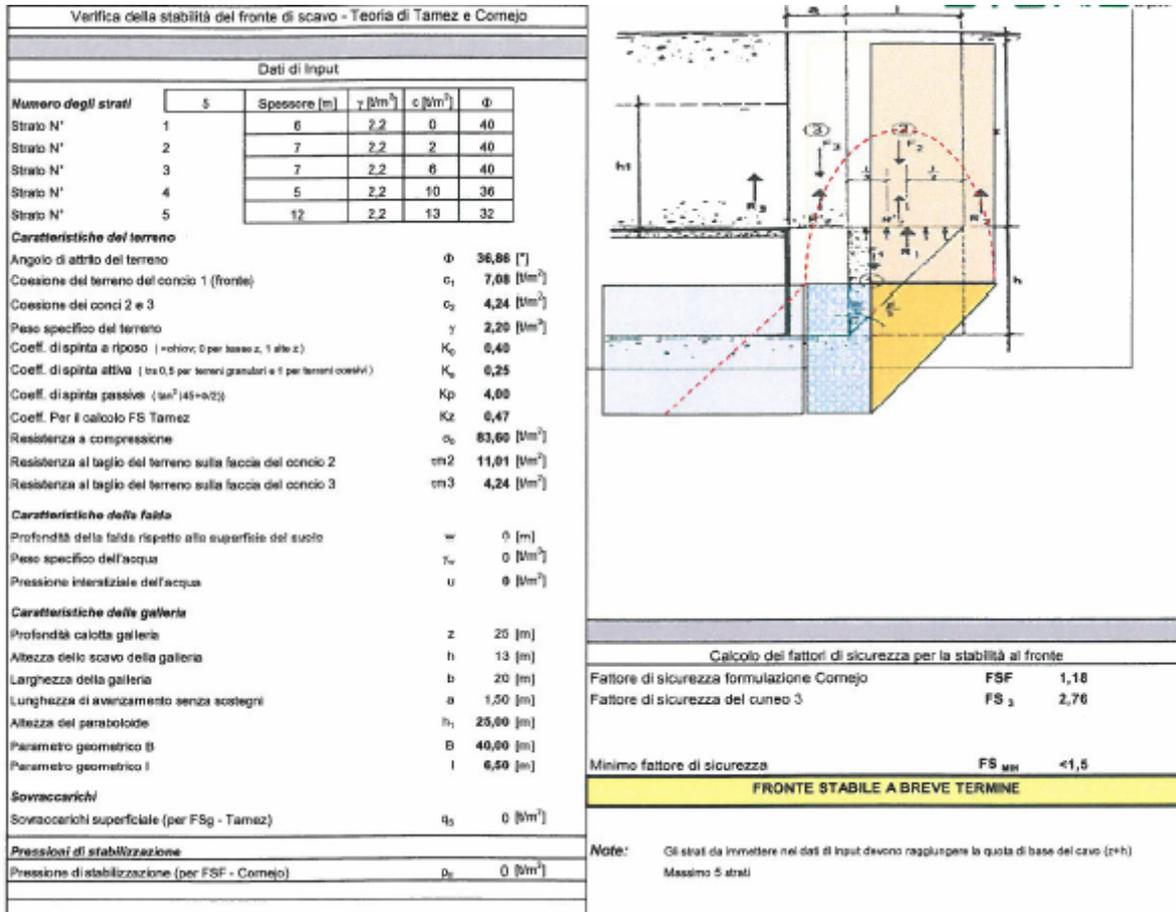


Figura 48– Verifica in assenza del consolidamento al fronte

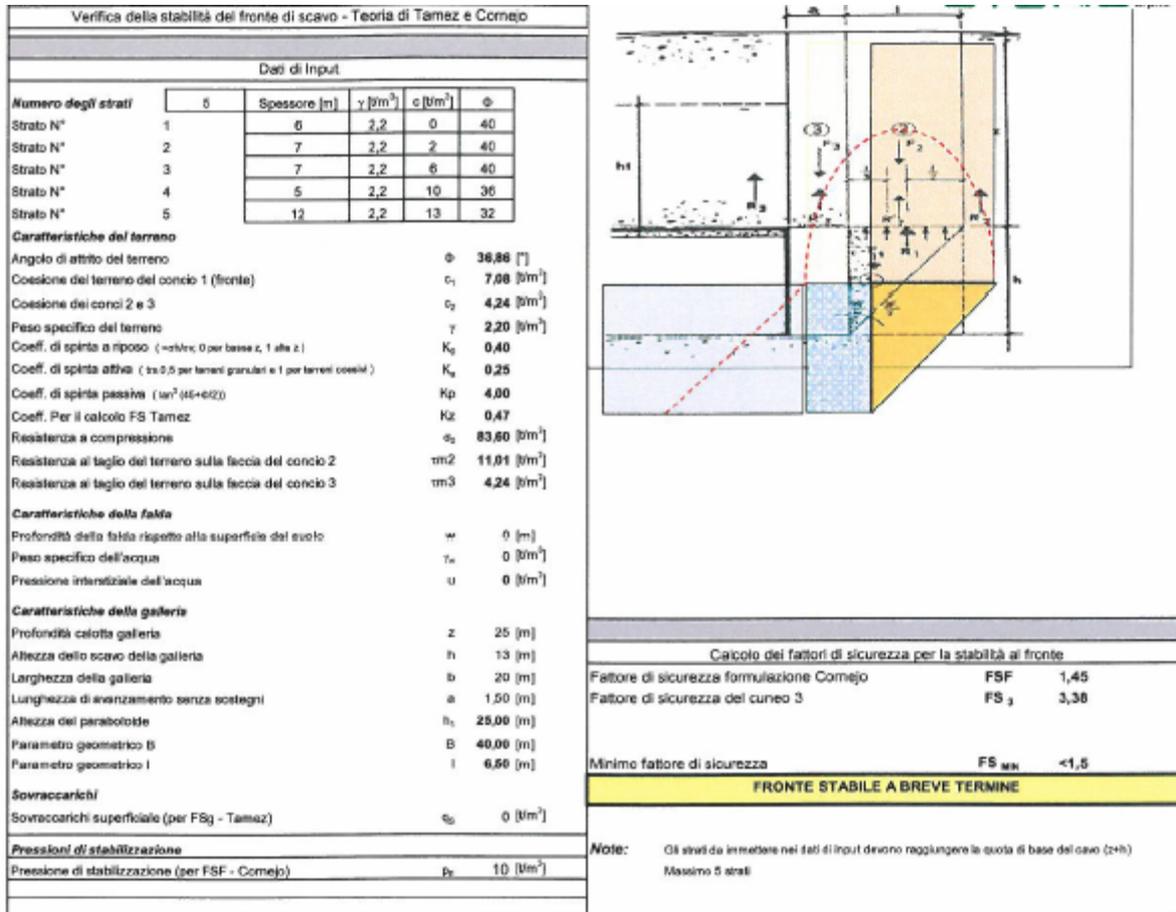


Figura 49–Verifica in presenza del consolidamento al fronte

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.6 Caratteristiche di deformabilità

I valori delle velocità delle onde di taglio V_s misurati con le **prove sismiche in foro** risultano molto dispersi (da Figura 71 a Figura 77).

Un andamento ragionevolmente cautelativo (valori medio-minimi) è definibile dalla seguente espressione:

$$V_s = 280 \cdot (z)^{0.2} \text{ m/sec}$$

essendo z la profondità dal p.c. in metri.

Ai valori di V_s corrispondono moduli di taglio iniziali G_0 ugualmente molto dispersi, che riferiti alle pressioni efficaci geostatiche, possono cautelativamente (valori medio-minimi delle prove sismiche) porsi pari a:

$$G_0 = 3000 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o'}{p_a} \right)^{0.50}$$

$$E_0 = 7200 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o'}{p_a} \right)^{0.50}$$

essendo:

p_a = pressione atmosferica di riferimento

p_o' = pressione efficace media

Come riferimento per il calcolo delle pressione efficace media, a favore di sicurezza in questo caso, non si considera la presenza della falda. Comunque per il livelli piezometrici locali si fa riferimento ai progili geotecnici di progetto.

L'andamento di G_0 ed E_0 può invece essere anche espresso anche con la profondità, cautelativamente come (valori medio minimi delle prove sismiche):

$$G_0 = 115 \cdot (z)^{0.5}$$

$$E_0 = 280 \cdot (z)^{0.5}$$

I moduli di Young "operativi" corrispondenti possono, in funzione delle profondità, porsi quindi pari a:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$E' = 40 - 93 \cdot (z)^{0.5}$$

corrispondenti circa ad $1/5 \div 1/10 E_0$ ed a $1/3 E_0$.

Dalle **prove pressiometriche e dilatometriche** (Figura 78 e Figura 79) effettuate i valori di E' risultano generalmente compresi fra 125 e 350 MPa fino a 35m di profondità. Tali moduli rappresentano valori di E' a medie o grandi deformazioni, e risultano generalmente in buon accordo con quelli stimabili da E_0 ($1/5 \div 1/10 E_0$), fino a 35m circa di profondità.

Anche le **prove SPT**, per quanto ritenute non rappresentative, forniscono nei primi 35m valori compresi tra 150 e 300MPa.

Alla luce di tutto quanto sinora esposto e della dispersione dei dati, caratteristica di questa formazione molto eterogenea, a prescindere dalle espressioni precedentemente esposte, si preferisce assegnare i seguenti moduli operativi in funzione della profondità, che vista appunto la dispersione dei dati, possono considerarsi mediamente cautelativi:

$E' = 150-300$ (z 0 -20m)

$E' = 300-500$ (20 - 35m)

$E' = 500-900$ (35 - 65m)

$E' = 900 -1500^*$ (>65m)

A profondità maggiori di 35m i valori riportati si riferiscono a medio - piccole deformazioni .

*Il valore massimo è riferibile a quello ottenuto dalle sismiche tra 65m e 100m di profondità.

Gallerie, fronti scavo sostenuti, opere di sostegno: si considerano valori contenuti nel range.

Rilevati, fondazioni dirette: valori corrispondenti al minimo del range.

2.6.7 Caratteristiche di permeabilità

I coefficienti di permeabilità dell'ammasso roccioso sono stati determinati con prove di permeabilità Lefranc.

Nell'ambito delle profondità di indagine (primi 60 m dal p.c.), ad essi possono essere assegnati valori molto variabili: nei primi 35m valori dell'ordine di 10^{-4} m/sec mentre più in profondità di 10^{-7} m/sec (Figura 81).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.8 Caratterizzazione per tratte

Tale formazione coinvolge per chilometri le opere inerenti al tracciato ferroviario e stradale rende necessaria un'analisi, per tratte, approfondendo soprattutto l'aspetto connesso con la deformabilità. Per ogni tratta si considerano le prove abbastanza vicine alle opere in esame da ritenersi rappresentative dello scenario in esame.

Per il tracciato ferroviario, vista l'estensione dell'opera in relazione al numero delle indagini disponibili, si può invece rimandare a quanto riportato nella caratterizzazione generale.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 85 a Figura 127) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.6.9 Stradale - Rampa A – tratta in galleria naturale

In questo contesto l'opera attraversa la parte relativamente più superficiale del Conglomerato di Pezzo al di sotto delle gallerie Piale, attualmente in fase di scavo. Le coperture sono di circa 35m. Le sismiche SG14 ed S8 non investigano se non fino a 28m di profondità e quindi non colgono eventuali miglioramenti, mostrando comunque una lieve tendenza all'aumento delle onde Vs, con la maggior parte dei valori intorno posizionati intorno a 600m/s (da Figura 85 a Figura 91).

Il modulo E_0 , fino a 28m da p.c., risulta quindi mediamente pari a 2000 Mpa.

Le prove pressiometriche e dilatometriche (da Figura 92 a Figura 94) sono state effettuate, tra 15m e 85m di profondità, nei sondaggi SG14 (carico), S8 (carico), C405 (carico), C410 (carico), C408 (scarico-ricarico), C421ter (scarico-ricarico).

I valori sono molto dispersi, e, tra 15m e 35m, per la maggior parte risultano compresi fra 225 MPa e 320 MPa ricadendo quindi nel range di $E' = 1/10 \div 1/5 E_0$.

Le prove più profonde, tra 35 e 80m di profondità, forniscono un range di variabilità pari a 70÷400 MPa.

Al proposito valgono le seguenti considerazioni:

- I moduli del primo ciclo di carico, dedotti da prove pressiometriche o dilatometriche non risultano rappresentativi della deformabilità dell'ammasso indotta dallo scavo di gallerie ($E' = 1/5 \div 1/3 E_0$) perché queste sono caratterizzate da piccole deformazioni e prevalentemente in regime di scarico.
- Per il loro carattere puntuale le prove rischiano di divenire parzialmente rappresentative della deformabilità di un ammasso particolarmente eterogeneo come il Conglomerato di Pezzo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- I risultati possono essere localmente affetti dal disturbo del foro di prova.

Si ritiene che i valori ricadenti nel range di progetto $E'=300-500$ MPa ($E'=1/10-1/5 \div 1/3E_0$) fornito nella caratterizzazione generale per profondità comprese fra 15 e 35m, possano in questo contesto considerarsi adeguati per rappresentare la deformabilità dell'ammasso coinvolto dalle opere in esame.

2.6.10 Stradale - Rampa B – tratta in galleria naturale

Si rimanda a quanto riportato nel paragrafo precedente (da Figura 95 a Figura 97).

2.6.11 Stradale - Rampa C – tratta in galleria naturale

In questo contesto l'opera attraversa il Conglomerato di Pezzo in uno scenario dovrebbe essere quello rappresentato da coperture variabili da circa 15m a circa 35m. da p.c.

Le sismiche SG13bis, C403bis investigano fino a 60m di profondità mostrando una tendenza all'aumento delle onde Vs, con la maggior parte dei valori da 400m/s a 800 m/s con valori massimi anche di 800-1200m/s a 20m da p.c.. La sismica SG13bis fornisce dei valori singolarmente molto bassi delle Vs anche ad elevate profondità (300m/s a 34m e a 46m) (da Figura 98 a Figura 104).

Il modulo E_0 è molto variabile, e tra 15m e 35m è mediamente pari a $1500 \div 2000$ MPa.

Le prove pressiometriche e dilatometriche (da Figura 105 a Figura 107) sono state effettuate fino a 56m di profondità nei sondaggi SG13bis (carico), C403bis (carico), C404 (scarico-ricarico), C406 (scarico-ricarico), C407 (scarico-ricarico).

La maggior parte dei valori compresi ricade fra 100 e 220 Mpa.

Valgono le osservazioni sulle prove già effettuate nel paragrafo precedente.

Anche in questo caso si ritiene che i valori ricadenti nel range di progetto $E'=300-500$ MPa ($E'=1/10-1/5 \div 1/3E_0$) fornito nella caratterizzazione generale per profondità comprese fra 15 e 35m, possano in questo contesto considerarsi adeguati per rappresentare la deformabilità dell'ammasso coinvolto dalle opere in esame.

2.6.12 Stradale - Rampa D – tratta in galleria naturale

In questo contesto l'opera attraversa il Conglomerato di Pezzo in uno scenario dovrebbe essere quello rappresentato da coperture che vanno da circa 15m a circa 75m. da p.c.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le sismiche SG13bis, C403bis, S7DG42 mostrando una tendenza all' aumento delle onde Vs, con valori anche di 800-1200m/s a 20m da p.c.(da Figura 108 a Figura 114).

Il modulo E_0 è molto disperso, il valore medio è 2500MPa.

Le prove pressiometriche e dilatometriche in SG13 (carico), S7 (carico), C420bis (scarico-ricarico), C403bis (carico), C404 (carico e scarico-ricarico), C406 (carico e scarico-ricarico), C407 (carico e scarico-ricarico), C412 (carico e scarico-ricarico) forniscono un range di valori la maggior parte dei quali compresi fra 100 e 400 MPa (15m-75m) (da Figura 115 a Figura 117).

Valgono le osservazioni sulle prove già effettuate nel paragrafo precedente

Si ritiene quindi che il range di progetto $E'=300-500$ MPa fra 20 e 35m e $E'=500-900$ MPa fra 35 e 65m fornito nella caratterizzazione generale possa considerarsi adeguato per la tratte in esame alle profondità di progetto e per le opere in esame che sono costituite da gallerie naturali.

2.6.13 Stradale – Rampe A-B-C-D – tratta all'aperto da 0 a +500 Km circa

In questo contesto le simiche di riferimento sono CS103, C423bis, FCCH1508, OTCCH1501.

Queste ultime due indagano fino a 100m di profondità (da Figura 118 a Figura 124).

I valori sono molto dispersi ma a partire da 5m da p.c. il valore di G_0 parte da un valore medio di circa 600 MPa, a cui corrisponde $E_0=1500$ MPa.

Si ritengono valide le considerazioni effettuate nella caratterizzazione generale.

Le pressiometriche nei fori C403bis (carico), C404 (carico e scarico-ricarico), C423 (carico e scarico-ricarico), C423bis (carico), OTCSTPT504 (scarico-ricarico) forniscono un range di valori variabilissimo fra 15m e 35m di profondità compreso fra 75 e 220 MPa, mediamente pari a 150 MPa (1/10 E_0) (da Figura 125 a Figura 127).

Per tali prove valgono ancora tali considerazioni:

- i valori possono ritenersi rappresentativi di un comportamento a medie e grandi deformazioni ed infatti, nel caso in esame, considerando la stima di E_0 , il valore medio corrisponde ad 1/10-1/5 E_0 .
- Per il loro carattere puntuale le prove rischiano di divenire parzialmente rappresentative della deformabilità di un ammasso particolarmente eterogeneo come il Conglomerato di Pezzo.
- I risultati possono essere localmente affetti dal disturbo del foro di prova.

In ogni caso, facendo riferimento all'esito delle prove sismiche ed al valore medio dei valori

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

scaturiti dalle prove dilatometriche e pressiometriche si ritiene quindi che il range di progetto fornito nella caratterizzazione generale $E'=150\div 300$ MPa valido nei primi 15m di spessore del Conglomerato di Pezzo possa considerarsi adeguati per la tratta in esame: in particolare il valore minimo di 150 MPa ($1/10 E_0$) si ritiene mediamente rappresentativo del contesto geotecnico in cui sono previste opere all'aperto quali fondazioni o rilevati che mobilitano medie e grandi deformazioni in fase di carico.

2.6.14 Commenti

La valutazione delle caratteristiche geotecniche del Conglomerato di Pezzo si è resa problematica, a causa della elevata eterogeneità connessa con la presenza di un elevato contenuto di materiali fini e molto grossolani (anche metrici) nonché di estesi fenomeni di cementazione.

Si ritiene quindi che essa non possa essere fatta esclusivamente tramite le correlazioni usualmente utilizzate per i terreni granulari.

Inoltre le prove pressiometriche e le prove SPT sono prove "puntuali", non in grado di rappresentare il comportamento globale di un ammasso così eterogeneo ed interessato "globalmente" dalle opere in esame.

Le prove SPT, poi, si riferiscono ad un materiale disturbato dall'esecuzione del foro e quindi a maggior ragione non rappresentativo della frazione medio fine cementata ma eventualmente solo della matrice non cementata.

Quindi le prove ed i rilievi che si sono ritenuti invece maggiormente rappresentativi sono quelli che hanno investigato il comportamento alla scala dell'ammasso.

Per la deformabilità le prove pressiometriche e dilatometriche sono state comunque analizzate avendo come termine di confronto i risultati delle sismiche.

Si sono anche considerati i rilievi effettuati nella costruenda galleria Piaie, i quali:

- hanno consentito una caratterizzazione globale della resistenza secondo un approccio del tipo di continuo equivalente.
- ha anche confermato quanto ipotizzato e cioè la potenziale presenza di una porzione superficiale di ammasso di circa 25m più alterato al di sotto del quale dovrebbe esserci un ammasso di relative migliori caratteristiche meccaniche.

La back analysis effettuata relativamente sulla stabilità del fronte della costruenda galleria Piaie deve considerarsi come una verifica con lo scopo di valutare l'approccio seguito per la

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

caratterizzazione della resistenza dell'ammasso.

Bisogna sottolineare inoltre che i valori di resistenza e deformabilità che sono scaturiti dalla caratterizzazione debbono intendersi come dei valori medi globali che rappresentano la resistenza e la deformabilità d'insieme di un ammasso alquanto eterogeneo che quindi localmente può anche essere caratterizzato da proprietà peggiori o migliori, difficilmente individuabili.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.15 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti nella tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici.

γ (kN/m ³)	20÷22
c'_{picco} (kPa)	0÷100 z (0-25m) per profondità maggiori vedi tabella par. 2.7.4.
ϕ'_{picco} (°)	38-42 z (0-25m) per profondità maggiori vedi tabella par. 2.7.4
C_{residuo} ' (kPa)	vedi tabella par. 2.7.4
ϕ_{residuo} ' (°)	vedi tabella par. 2.7.4
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}

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.7 Plutoniti

2.7.1 Descrizione

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.

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.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 128 a Figura 135) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.7.2 Caratteristiche fisiche

Per quanto riguarda le caratteristiche del deposito si rimanda a quanto riportato nelle relazioni geologiche di progetto.

Dalle prove di laboratorio emerge un peso di volume γ di volume totale pari a 21KN/m³.

Considerando il probabile disturbo dei campioni si assume un range pari a 21-23 KN/m³

2.7.3 Stato iniziale

In mancanza di prove specifiche, per la determinazione delle caratteristiche iniziali si rimanda alle informazioni di carattere geologico.

Per la determinazione dello stato iniziale i progettisti potranno considerare quanto esposto nel paragrafo 2.4.9.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.7.4 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 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 involucri di rottura dell'ammasso roccioso sono stati determinati tenendo conto:

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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)	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

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 $\phi'=32-40^\circ$.(Figura 130)

2.7.5 Caratteristiche di deformabilità

Considerando la relazione di [Serafim & Pereira, 1983](#) si ottiene:

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

$E'=1000 \div 1500 \text{ Mpa}$ 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, da Figura 131 a Figura 133) si ottiene un range di valori V_s rappresentabile mediamente da tale relazione:

$$V_s=400+13z \text{ (m/s)}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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 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 (da Figura 131 a Figura 132).

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 ($1/5 - 1/10 E_0$) (da Figura 128 a Figura 129).

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

Gallerie, fronti scavo sostenuti, opere di sostegno: si considerano valori contenuti nel range.

Rilevati, fondazioni dirette: valori corrispondenti al minimo del range.

2.7.6 Coefficienti di permeabilità

Dalle prove si ottiene un range di permeabilità pari a $1 \times 10^{-8} \div 1 \times 10^{-7}$ m/s.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">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						

2.7.7 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti nella tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici.

γ (kN/m ³)	21÷23
c'_{picco} (kPa)	vedi tabella par. 2.10.4
ϕ'_{picco} (°)	vedi tabella par. 2.10.4
C_{residuo}' (kPa)	vedi tabella par. 2.10.4
ϕ_{residuo}' (°)	vedi tabella par. 2.10.4
k_o (-)	-
V_s (m/sec)	$V_s=400+13z$ (m/s)
G'_o	-
$E' *$	<p>$E'=250 \div 500$ Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10m di profondità</p> <p>$E'=500 \div 700$ Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10-35m di profondità</p> <p>$E'=1000 \div 1500$ Mpa per profondità maggiori</p>
ν' (-)	0.2
K (m/s)	$10^{-7} \div 10^{-8}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.8 Sabbie e Ghiaie di Messina

2.8.1 Descrizione

I materiali in oggetto sono granulometricamente descritti come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 136 a Figura 160) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.8.2 Caratteristiche fisiche

Da un'analisi statistica delle caratteristiche granulometriche emerge, per ogni diametro una limitata variabilità del passante evidenziando quindi per il fuso medio una buona rappresentatività delle caratteristiche granulometriche generali.

L'andamento del fuso conferma che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 36%), sia di materiali intermedi (sabbie 52%). Il contenuto di fino è mediamente del 11%. Si riporta in Allegato l'andamento delle percentuali delle sabbie e ghiaie con la profondità (Figura 136).

C'è da dire che a causa del campionamento l'analisi granulometrica (67 prove) può sicuramente risultare poco rappresentativa della parte più grossolana (ciottoli e ghiaia grossa).

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 1.2 mm
- Il valore di D_{10} è pari a 0.025 mm

I valori calcolati di D_{50} di ogni prova granulometrica, rappresentati in funzione della profondità, sono riportati in Allegato. Il valore medio è risultato pari a 1.45 ± 1.35 con grande dispersione dei valori.

Il peso di volume dei grani medio γ_s è risultato pari a circa 26 kN/m³;

In base a dati di letteratura il valore di γ_{dmax} risulterebbe mediamente pari a circa 21 KN/m³ mentre γ_{dmin} mediamente pari a circa 16 KN/m³.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.8.3 Stato iniziale

In base alle indicazioni provenienti dagli studi geologici tale formazione non è sovraconsolidata, nel senso che in passato non ha generalmente subito dei carichi maggiori di quelli attuali. Presenta un locale grado di cementazione di natura chimica.

Inoltre non è stato possibile tenere in conto dell'effetto della cementazione sui risultati delle prove SPT; vista la debole cementazione si può considerare che tale effetto possa ritenersi influente sui risultati (Figura 139).

- **Dr:** in Allegato si mostrano le verticali e le quote alle quali sono state applicate le correlazioni di Skempton o di Cubrinowski. I valori di N_{spt} sono stati corretti con il fattore correttivo $C_{sg}=0.75$ corrispondente al $d_{50}=0.8\text{mm}$ (Figura 140 e Figura 141).
- **e_0 :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.31, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{max}-e_{min} < 0.29$). Stimando per e_{max} un valore pari a 0.7 a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di e_0 in sito (sia dalla componente sabbio-ghiaiosa che da quella sabbiosa, vedi tabella). In Allegato si mostra anche il buon confronto/calibratura di e_0 determinato a partire da Dr con e_0 misurato nelle prove di laboratorio che ha mostrato un valore medio pari a 0.5.
- γ_d : in base a tali valori di e_0 e da γ_s si può stimare γ_d , riportato nel grafico in Allegato.
- **K_0 :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di "aging".

	z(m)	Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	e_0	$\gamma_d(\text{KN/m}^3)$	K_0
GN RAMPA A Figura 161-Figura 162	0-20	70-90	60-80	0.4-0.6	17-19	0.40-0.45
	>20	60-80	60	0.5		0.45-0.5
GN RAMPA B Figura 175-Figura 176	0-20	-	60-80	0.4-0.5	17-18	0.40-0.45
	>20	-	60	0.5-0.6		0.45
GN RAMPA D Figura 183-Figura 184	0-15	70-90	60-90	0.4-0.5	17-19	0.40-0.45
	>15	60	50-60	0.5-0.6		0.45-0.5
Rampa B da km 0+800 Figura 191-Figura 192		80-90	60-70	0.4-0.7	18-20	0.45-0.5
Rampa D da km 1+350	0-10	80-90	-	0.4-0.7	17-20	0.40-0.45
	>10	60-90	-	0.4-0.5	18-19	0.40-0.45

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Figura 206						
Rampa D_dec	0-15	0.8	-	0.4-0.5	18-20	0.40-0.45
Figura 220-Figura 221	>15	0.6-0.8	-	0.5-0.6	17-18	0.45-0.5

- Commento: nella caratterizzazione generale si evidenzia una estrema variabilità dei valori delle D_r che si riduce drasticamente laddove si considera un'analisi per tratte riportata in tabella e supportata dalle corrispondenti figure in Allegato; c'è da dire ad ogni modo che spesso tale variabilità (es: GN Rampa A) è il risultato di oscillazioni dei valori con la profondità anche solo in corrispondenza della singola verticale (es: C411 con D_r che varia da 35% a 85% nel giro di pochi metri).

2.8.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

Sarà dapprima effettuata un'analisi generale e poi, di seguito, per tratte.

Sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di 41° ; 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)

$c_p' = 0 \div 10$ kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 38 \div 40^\circ$ =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 0 e 272KPa. Tali valori sono stati confermati dalle prove pressiometriche effettuate per le quali il valore medio risulta pari a 39° (Figura 144).

Per quanto riguarda il livello coesivo di picco, si ritiene ragionevole associare il valore massimo per tenere in conto del livello di cementazione che viene rilevato dagli studi geologici.

In ogni caso si ritiene che localmente i valori di resistenza proposti possano essere verificati attraverso back analysis sulle evidenze morfologiche rilevate.

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

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

$c_p' = 0 \div 10$ kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 35^\circ \div 38^\circ$ =angolo di resistenza al taglio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_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 272KPa÷350KPa.

Per intervalli tensionali differenti si rimanda a quanto proposto da [Baligh \(1975\)](#).

Per i valori di stato critico, in assenza di prove specifiche, in base ai dati di letteratura si possono definire i seguenti valori operativi (Figura 142 e Figura 143)

Resistenze residue/operative

$c_r' = 0$ kPa = coesione apparente

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

2.8.4.1 Analisi per tratte

Analizzando i risultati nelle varie tratte si ottengono i range di valori calcolati di seguito riportati. In Allegato sono riportati i relativi grafici. I dati per ogni tratta sono piuttosto esigui si ritiene quindi di fare comunque riferimento, per i parametri operativi, alla caratterizzazione generale.

	z(m)	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_p (pff=272-350KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)
GN RAMP A (Figura 165-Figura 166)	0-20	40-43	38-40	33-35
	>20	38-40	38	
GN RAMP B (Figura 179-Figura 180)	0-20	40-43	38-40	33-35
	>20	40	37	
GN RAMP D (Figura 187-Figura 188)	0-15	40-43	37-40	33-35
	>15	38-40	35-37	
Rampa B da km 0+800 (Figura 195-Figura 196)		40-43	38-40	33-35
Rampa D da km 1+350 (Figura 211-Figura 212)	0-10	40-44	38-40	33-35
	>10	40-42	36-38	
Rampa D_dec (Figura 226-Figura 227)	0-15	40-42	37-39	33-35
	>15	39-41	36-38	

Si considerano valori operativi dell'angolo di attrito di picco più cautelativi e pari a $38^\circ-40^\circ$

Le prove di laboratorio su materiale sciolto hanno evidenziato un valore medio di 38° .

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.8.5 Caratteristiche di deformabilità

Sarà dapprima effettuata un'analisi generale e poi, di seguito, per tratte.

Dalle prove sismiche in foro (SG14,SG15,SG13bis,C417,C415,C416,C403bis) si ottengono valori di V_s che mostrano una tendenza all'aumento con la profondità con valori che vanno mediamente da 170 m/s a 600 m/s fino a 40m di profondità (da Figura 149 a Figura 158).

Nelle figure in Allegato si mostra anche il confronto e taratura tra le velocità ottenute dalle correlazioni da prove SPT e le misure di V_s in foro che evidenzia una corrispondenza resa problematica dalla grande variabilità dei valori anche nell'ambito della medesima verticale.

Per i valori di V_p si ottengono valori che mostrano una tendenza all'aumento con la profondità con valori che vanno mediamente da 400 m/s a 1300 m/s fino a 40m di profondità.

Appare ragionevole e cautelativo rappresentare V_s attraverso tale andamento con la profondità:

$$V_s = 200 + 7 \cdot z \quad (\text{m/s})$$

Ai valori delle velocità di taglio V_s corrispondono moduli di taglio iniziali G_0 molto variabili che mostrano un andamento mediamente crescente con la profondità, da 100MPa a 500MPa a 40m di profondità.

Una stima con la profondità si rende difficoltosa per la dispersione di G_0 che si rende particolarmente evidente con il valore normalizzato della pressione efficace media.

I valori di G_0 **da prove SPT** hanno un andamento che, stimato graficamente (Figura 147) con una linea di tendenza, risulta pari a:

$$G_o = 1730 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.6}$$

da cui:

$$E_o = 4150 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.6}$$

essendo:

p_a = pressione atmosferica

$$p_o = \frac{1 + 2 \cdot k_o}{3} \cdot \sigma'_{vo}$$

k_o = coefficiente di spinta a riposo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

σ_{vo}' = pressione verticale efficace geostatica

Come riferimento per il calcolo delle pressione efficace media, in questo caso a favore di sicurezza, non si considera la presenza della falda. Comunque per il livelli piezometrici locali si fa riferimento alla relazione idrogeologica ed ai progili geotecnici di progetto.

La formula, oltre che dalla correlazione, trova grosso modo riscontro in letteratura in quanto si ottiene anche assumendo $S=450$, $f(e)=4$ che insieme a $n=0.6$ rappresentano dei valori reperibili per i terreni granulari.

Ad $f(e)=4$ corrisponderebbe un indice dei vuoti in sito pari a 0.5.

Sempre in base alle prove SPT, G_0 ed E_0 si possono anche esprimere in funzione di $z(m)$, una stima ottenuta correlando i dati sperimentali è data da (Figura 146):

$$G_o = 50 \cdot (z)^{0.6}$$

$$E_o = 120 \cdot (z)^{0.6}$$

con valori E_0 variabili da 350 MPa circa 5m di profondità a 1500 MPa circa a 40m di profondità.

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

$$E = (17 \div 40) \cdot (z)^{0.6}$$

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

Dalle prove pressiometriche effettuate nella nuova campagna di indagine 2010 i valori di E' (ciclo scarico) risultano pari a 150 ÷ 200 MPa fino a 35m di profondità. Per come sono state interpretate le prove tali moduli rappresentano generalmente i valori in scarico e rappresentano valori a medie deformazioni, con i quali risultano in buon accordo.

Gallerie, fronti scavo sostenuti, opere di sostegno: si considerano valori contenuti nel range.

Rilevati, fondazioni dirette: valori corrispondenti al minimo del range.

Nel caso di fondazioni su pali, per il modulo di reazione orizzontale secondo Reese, si può considerare un valore della costante pari a 15000 ÷ 25000 KN/m³.

Per il calcolo della costante di sottofondo in generale si può fare riferimento a quanto riportato nel capitolo 2.2.4.

2.8.5.1 Analisi per tratte

Analizzando i risultati nelle varie tratte si ottengono i range di valori calcolati di seguito riportati. In

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Allegato sono riportati i relativi grafici.

	G₀ (MPa)	G₀/p_a	E₀ (MPa)	E' (MPa)
GN RAMPA A (Figura 169-Figura 174)	74 z ^{0.45}	1850 · $\left(\frac{p_o}{p_a}\right)^{0.45}$	178 z ^{0.45}	(24-59) z ^{0.45}
GN RAMPA B	85 z ^{0.45}	2050 · $\left(\frac{p_o}{p_a}\right)^{0.45}$	205 z ^{0.45}	(30-70) z ^{0.45}
GN RAMPA D	55 z ^{0.5}	1550 · $\left(\frac{p_o}{p_a}\right)^{0.5}$	130 z ^{0.45}	(16-40) z ^{0.45}
Rampa B da km 0+800 (Figura 199-Figura 205)	35 z ^{0.7}	1500 · $\left(\frac{p_o}{p_a}\right)^{0.7}$	84 z ^{0.7}	(12-28) z ^{0.7}
Rampa D da km 1+350 (Figura 213-Figura 219)	45 z ^{0.65}	1800 · $\left(\frac{p_o}{p_a}\right)^{0.65}$	108 z ^{0.65}	(15-36) z ^{0.65}
Rampa D_dec (Figura 228-Figura 234)	65 z ^{0.5}	1800 · $\left(\frac{p_o}{p_a}\right)^{0.5}$	154 z ^{0.5}	(19-48) z ^{0.5}

Come valori operativi dei moduli elastici E' da adottare per le differenti opere, nell'ambito dei range proposti, valgono gli stessi criteri esposti nella caratterizzazione generale.

- Commento: nella caratterizzazione generale si evidenzia una discreta variabilità dei valori della deformabilità la cui espressione analitica rappresenta quindi un valore medio; tale variabilità si riduce laddove si effettua un'analisi per tratte i cui risultati sono riportati in tabella; c'è da dire che in quest'ultimo contesto mentre i valori di G₀, determinati correlando i risultati delle prove SPT da una parte mostrano di per sé una variabilità relativamente ridotta, dall'altra interpolano solo mediamente i valori di G₀ derivanti dalle velocità sismiche V_s a causa della estrema variabilità di questi ultimi anche in corrispondenza della medesima verticale (es: in SG14 (fig. 172), G₀ oscilla tra 200 a 900 MPa da 7 a 10m, in SG15 e C415 (fig. 203) G₀ oscilla tra 50 a 600 MPa da 7 a 8m, G₀ oscilla tra 200 a 900 MPa da 7 a 10m, in C416 e C417 G₀ oscilla tra 400 a 600 MPa da 31 a 33m (fig. 232). La scelta dei parametri operativi verrà definita per ciascuna opera nell'ambito delle monografie inserite nelle specifiche relazioni geotecniche.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.8.6 Leggi di degrado dei moduli elastici

In mancanza di prove su provini indisturbati prelevati con la tecnica del congelamento si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.8.7 Coefficienti di smorzamento intrinseco

In mancanza di prove su provini indisturbati prelevati con la tecnica del congelamento e di indicazioni dalle prove cross-hole (D_0) si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.8.8 Coefficienti di permeabilità

I materiali in oggetto sono eterogenei; conformemente con quanto proposto da [Somerville \(1986\)](#) risulta per $K(m/sec)$ un valore di 10^{-4} m/s.

Nel caso di prove Lefranc si ottengono valori dell'ordine di $1 \times 10^{-4} \div 1 \times 10^{-5}$ m/sec.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.8.9 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica generale

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti nella tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici.

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·z (m/s)
G'_o	$G_o = 1730 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.6}$
E' *	$E' = (17 \div 40) \cdot (z)^{0.6}$
v' (-)	0.2
G₀, G/G₀	curve teoriche
D₀, D/D₀	curve teoriche
K(m/s)	10 ⁻⁴ ÷10 ⁻⁵

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.9 Depositi terrazzati marini

2.9.1 Descrizione

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.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 235 a Figura 304) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.9.2 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% (Figura 235).

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

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di D_{50} è pari a 0.5mm
- 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 γ_s è risultato pari a circa 26.5 kN/m³.

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di γ_{dmax} e γ_{dmin} pari rispettivamente a 18.8 e 15.7 kN/m³

2.9.3 Stato iniziale

In questa sede si considera che i materiali siano prettamente normalmente consolidati.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- **Dr:** in Allegato si mostrano le verticali e le quote alle quali sono state applicate le correlazioni di Skempton o di Cubrinowski. I valori di N_{spt} sono stati corretti con il fattore correttivo $C_{sg}=0.85$ corrispondente al $d_{50}=0.5\text{mm}$ (Figura 238-Figura 239).
- **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 (dalla componente sabbiosa, vedi tabella). In Allegato si mostra anche il buon confronto/calibratura di e_o determinato a partire da Dr con e_o misurato nelle prove di laboratorio che è risultato mediamente pari a 0.55.
- **γ_d :** in base ai valori di e_o da γ_s si può stimare γ , riportato nel grafico in Allegato.
- **K_0 :** si considera la relazione di Jaky.

	z(m)	Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	e_0	$\gamma_d(\text{KN/m}^3)$	K_0
Rampe fino a Km 0+500 circa Figura 240	0-10	60-70	-	0.3-0.55	17-21	0.3-0.4
Zona del ramo G (Figura 243-Figura 244)	0-20	40-60	-	0.5-0.55	18	0.4
Zona del ramo F Figura 247	0-10	50-80	-	0.3-0.55	17-20	0.35-0.4
Zona del Ramo C_dec (Figura 250-Figura 251)	0-10	70-90	-	0.4-0.55	17-20	0.35
Zona del Ramo D_dec Figura 254	5-15	50-90	-	0.4-0.5	19-20	0.35-0.4

- Commento: nella caratterizzazione generale si evidenzia una discreta variabilità dei valori delle Dr che si riduce drasticamente laddove si considera un'analisi per tratte riportata in tabella e supportata dalle corrispondenti figure in Allegato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

2.9.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

Sarà dapprima effettuata un'analisi generale e poi, di seguito, per zone omogenee.

Sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di circa 40°; ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

Resistenze di picco / operative ($p'_{ff}=0 - 272\text{KPa}$)

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

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

Anche le prove pressiometriche (SN8-SN9) hanno fornito valori di $38^\circ \div 40^\circ$

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

$\varphi'_p = 37^\circ - 38^\circ$ =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.

Per intervalli tensionali differenti si rimanda a quanto proposto da [Baligh \(1975\)](#).

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

Resistenze residue/operative

$c'_r = 0 \text{ kPa}$ = coesione apparente

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

Per intervalli tensionali differenti si rimanda a quanto proposto da [Baligh \(1975\)](#).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Un analisi per tratte conduce ai seguenti risultati:

	z(m)	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_p (pff=-272-350KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)
Rampe fino a Km 0+500 circa Figura 258	0-10	38-43	35-40	33-35
Zona del ramo G Figura 259	0-20	38	34-35	33-35
Zona del ramo F Figura 260	0-10	38-41	35-38	33-35
Zona del Ramo C_dec Figura 261	0-10	40-41	36-38	33-35
Zona del Ramo D_dec Figura 262	5-15	38-42	35-38	33-35

Si considerano valori operativi dell'angolo di attrito di picco cautelativi e pari a 38°-40°

2.9.5 Caratteristiche di deformabilità

Sarà dapprima effettuata un analisi generale e poi, di seguito, per zone omogenee.

Dalle prove sismiche in foro (CS101, CS103, SG14, SG15, C417, C415, C416, Cn451, C403bis) si ottengono valori di V_s che vanno mediamente da 150 m/s a 550 m/s fino a 15m di profondità (da Figura 277 a Figura 285).

Nella figura in Allegato si mostra anche il confronto delle velocità ottenute con le correlazioni da prove SPT.

La taratura delle V_s ottenute da SPT è stata effettuata con i valori di V_s misurate durante le prove sismiche in foro nei sondaggi ritenuti più significativi. Il raffronto risulta abbastanza cautelativo.

Ai valori delle velocità di taglio sismiche V_s corrispondono moduli di taglio iniziali G_0 molto variabili. Una stima con la profondità si rende quindi difficoltosa per la dispersione di G_0 che si rende particolarmente evidente con il valore normalizzato della pressione efficace media.

I valori **da prove SPT** hanno invece un andamento che, stimato graficamente con una linea di tendenza, risulta pari a (Figura 270):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

$$G_o = 1550 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.7}$$

da cui:

$$E_o = 3720 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.7}$$

Come riferimento per il calcolo delle pressione efficace media, in questo caso a favore di sicurezza, non si considera la presenza della falda. Comunque per il livelli piezometrici locali si fa riferimento ai progili geotecnici di progetto.

E_o e G_o si possono esprimere in funzione di $z(m)$, una stima (Figura 269) media da SPT è data da:

$$G_o = 37 \cdot (z)^{0.7}$$

$$E_o = 90 \cdot (z)^{0.7}$$

con valori E_o variabili da 300 MPa circa 5m di profondità a 660 MPa circa a 15m di profondità.

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

$$E = (19 \div 30) \cdot (z)^{0.7}$$

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

Le prove pressiometriche (SN8-SN9) hanno fornito un valore medio (primo carico) di 125-130MPa a circa 18m di profondità, compatibilmente con il valore minimo del range.

Per **rilevati e fondazioni dirette ed indirette** si farà riferimento ai valori minimi del range.

Per **opere di sostegno** si farà riferimento a valori intermedi del range.

Nel caso di fondazioni su pali, per il modulo di reazione orizzontale secondo Reese, si può considerare un valore della costante pari a 15000 ÷ 25000 KN/m³.

Per il calcolo della costante di sottofondo in generale si può fare riferimento a quanto riportato nel capitolo 2.2.4.

- Commento: nella caratterizzazione generale si evidenzia una discreta variabilità dei valori delle D_r che si riduce drasticamente laddove si considera un analisi per tratte riportata in tabella e supportata dalle corrispondenti figure in Allegato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Un'analisi per tratte conduce ai seguenti risultati:

	z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E'(MPa)
Rampe fino a Km 0+500 ca Figura 286-Figura 289	0-10	50-200	120-480	16-40 / 64-160
Zona del ramo G Figura 290-Figura 293	0-20	100-250	240-600	32-80 / 80-200
Zona del ramo F Figura 290-Figura 293	0-10	100-250	240-600	32-80 / 80-200
Zona del Ramo C_dec Figura 294-Figura 297	0-10	100-200	240-480	32-80 / 64-160
Zona del Ramo D_dec Figura 298-Figura 301	5-15	200-400	480-960	64-160 / 128-320

Come valori operativi dei moduli elastici E' da adottare per le differenti opere, nell'ambito dei range proposti, valgono gli stessi criteri esposti nella caratterizzazione generale.

- Commento: a volte (ramo F) l'espressione determinata per G0 nella caratterizzazione generale interpola mediamente i valori di Go determinati dalle Vs misurate nelle prove sismiche in quanto queste sono risultate variabili anche in corrispondenza della medesima verticale (fig. 296).

2.9.6 Leggi di degrado dei moduli elastici

In mancanza di prove su provini indisturbati si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.9.7 Coefficienti di smorzamento intrinseco

In mancanza di prove su provini indisturbati e di indicazioni dalle prove cross-hole (D_0) si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.9.8 Coefficienti di permeabilità

Le prove Lefranc forniscono valori compresi fra 10^{-5} e 10^{-6} m/s.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.9.9 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti nella tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici.

γ (kN/m ³)	18÷20
c'_{picco} (kPa)	0
φ'_{picco} (°)	38°÷40° (p'ff=0-272KPa) / 36°÷38° (p'ff=272-350KPa)
$C_{\text{residuo}'}$ (kPa)	0
$\Phi_{\text{residuo}'}$ (°)	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)	$10^{-5} - 10^{-6}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Simbologia:

γ_t = peso di volume naturale;

NSPT = 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;

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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.10 Depositi costieri di spiaggia

2.10.1 Descrizione

Tali depositi sono distribuiti entro 200 m dall'attuale linea di costa 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. In Allegato si riportano le figure (da Figura 305 a Figura 326) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.10.2 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 40%), sia di materiali intermedi (sabbie 53%). Il contenuto di fino è mediamente del 6% (Figura 305).

C'è da dire che a causa del campionamento l'analisi granulometrica (125 prove) può sicuramente risultare poco rappresentativa della parte più grossolana (ciottoli e ghiaia grossa).

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di D_{50} è pari a 0.9mm
- Il valore di D_{60} è pari a 2 mm
- Il valore di D_{10} è pari a 0.065 mm

Il peso di volume dei grani γ_s è risultato pari a circa 26.5 kN/m³.

In base a dati di letteratura il valore di γ_{dmax} risulterebbe mediamente pari a circa 19 KN/m³ mentre γ_{dmin} mediamente pari a circa 15 KN/m³.

2.10.3 Stato iniziale

In questa sede si considera cautelativamente che i materiali siano prettamente normalmente consolidati.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- **Dr:** in Allegato si mostrano le verticali e le quote alle quali sono state applicate le correlazioni di Skempton o di Cubrinowski. I valori di N_{spt} sono stati corretti con il fattore correttivo $C_{sg}=0.7$ corrispondente al $d_{50}=0.9\text{mm}$ (Figura 309 - Figura 310).
- **e_0 :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.29, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{max}-e_{min} < 0.29$) e da quanto misurato in laboratorio con valore medio pari a 0.31. Stimando per e_{max} un valore pari a 0.55, compatibile con quanto ottenuto mediamente in laboratorio, a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di e_0 in sito (sia dalla componente sabbiosa che da quella sabbio-ghiaiosa, vedi tabella). In Allegato si mostra anche il confronto di e_0 determinato a partire da Dr con e_0 misurato nelle prove di laboratorio ed ottenuto dalla correlazione di Foti. Si rileva una buona correlazione fra i dati misurati (laboratorio) ed i dati ottenuti sperimentalmente (da SPT) ma non sempre con la correlazione di Foti che fornisce valori bassi considerati in questo caso poco realistici (0.15-0.25), soprattutto nella zona lontana dalla costa; i valori tabellati di progetto fanno quindi riferimento ai valori ottenuti dalle prove SPT.
- γ : in base ai valori di e_0 e da γ_s si può stimare γ da Dr , riportato nel grafico in Allegato. Non si sono considerati i valori considerati anomali, maggiori di 22 KN/m3.
- **K_0 :** si considera la relazione di Jaky.

Si considerano due sub-zone "omogenee": prossima alla costa (sondaggi FCBH5,FCBH6,FCBH7 FCSPT503, FCLPT1502) e più interna (ad es. sondaggi C4, FCBH4, FCBH9, FCCH1508).

	z(m)	Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	e_0	$\gamma(\text{KN/m}^3)$	K_0
Zona prossima alla costa Figura 327-Figura 328	0-15	70-90	50-80	0.15-0.35	20-22	0.3-0.35
	>15	35-65	35-60	0.3-0.4	20-21	0.35-0.4
Zona lontana dalla costa Figura 343-Figura 344	0-25	30-90	30-50	0.2-0.4	21-22	0.35-0.4

- Commento: nella caratterizzazione generale si evidenzia una discreta variabilità dei valori delle Dr che si riduce effettuando un analisi per subzone come riportato in tabella; c'è da dire ad

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ogni modo che tale variabilità ancora risulta localmente riscontrabile ed è il risultato di forti oscillazioni dei valori di D_r con la profondità anche solo in corrispondenza della singola verticale, a testimonianza di una eterogeneità della formazione (es: Costa: FCBH7 - componente sabbiosa - D_r che varia da 30% a 65% nel giro di pochi metri, FCBH5 componente sabbio-ghiaiosa con D_r che varia fra 30% e 60% Interno: FCBH9 - componente sabbiosa - D_r che varia da 30% a 65% nel giro di pochi metri). Non risulterebbero quindi evidenti delle verticali o gruppi di verticali adiacenti i cui valori di D_r risultino interamente allineati sui minimi. Nella relazione di PE si procederà ad una sistematica misura di e_{max} ed e_{min} , in corrispondenza delle possibili distribuzioni granulometriche presenti per le varie formazioni in modo da costituire una base statistica di interpretazione sufficientemente rappresentativa dei valori V_s , in termini di densità relativa.

2.10.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

Sulla base delle prove SPT si sono ottenuti i valori (di picco e di stato critico) di seguito riportati. Per intervalli tensionali differenti si rimanda a quanto proposto da [Baligh \(1975\)](#).

	$z(m)$	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_p (pff=-272-350KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)
Zona prossima alla costa Figura 331-Figura 332	0-15	40-44	36-42	33-35
	>15	37-40	33-37	
Zona lontana dalla costa Figura 347-Figura 348	0-25	37-40	33-37	33-35

Si considerano valori operativi dell'angolo di attrito di picco più cautelativi e pari a 36°-38°. Le prove di laboratorio su materiale sciolto hanno evidenziato un valore medio di 35°.

2.10.5 Caratteristiche di deformabilità

Sarà dapprima effettuata un'analisi generale e poi, di seguito, per zone più omogenee.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.10.5.1 Analisi generale

Dalle prove sismiche in foro si ottengono valori di V_s che mostrano una tendenza all'aumento con la profondità con valori che vanno mediamente da 200 m/s a 500 m/s fino a 50m di profondità. I valori appaiono abbastanza bassi, soprattutto alle piccole profondità.

Nella figura in Allegato si mostra anche il confronto delle velocità ottenute con le correlazioni da prove SPT.

La taratura delle V_s da SPT fornisce un profilo "operativo" mediamente cautelativo come si rende evidente dal confronto con le velocità sismiche riportato in Allegato (Figura 320 e Figura 321) .

Per i valori di V_p si ottengono valori che mostrano una tendenza all'aumento con la profondità con valori che vanno mediamente da 1000 m/s a 2000 m/s fino a 50m di profondità.

Appare ragionevole e cautelativo rappresentare V_s attraverso tale andamento con la profondità:

$$V_s = 150 + 5 \cdot z \quad (\text{m/s})$$

Ai valori delle velocità di taglio V_s corrispondono moduli di taglio iniziali G_0 che mostrano un andamento crescente con la profondità, da 100MPa a 500MPa a 50m di profondità ma una elevata dispersione dei valori.

I valori da prove SPT i valori hanno un andamento medio (Figura 315) che, stimato graficamente con una linea di tendenza media, risulta pari a:

$$G_o = 1400 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.63}$$

da cui:

$$E_o = 3360 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.63}$$

Come riferimento per il calcolo delle pressione efficace media si considera la presenza della falda pressochè a piano campagna. Comunque per il livelli piezometrici locali si fa riferimento ai profili geotecnici di progetto.

La formula, oltre che dalla correlazione, trova riscontro in letteratura in quanto si ottiene anche assumendo $S=400$, $f(e)=3.5$ che insieme a $n=0.65$ rappresentano dei valori reperibili per i terreni granulari.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

E_0 e G_0 si possono esprimere in funzione di $z(m)$: vista l'estrema variabilità dei valori di G_0 anche da SPT se ne propone una stima più cautelativa (Figura 314), non confrontabile con la precedente espressione, che tenga particolarmente conto anche dell'andamento delle prove sismiche (Figura 322) interpolandone i valori medio-minimi. Tale stima è data da:

$$G_o = 18 \cdot (z)^{0.63}$$

$$E_o = 45 \cdot (z)^{0.63}$$

con valori E_0 variabili da 120 MPa circa 5m di profondità a 470 MPa circa a 40m di profondità.

- **Commento:** nell'analisi generale si evidenzia una discreta variabilità anche locale dei valori della deformabilità sia nell'ambito della interpretazione delle prove sismiche che delle SPT per cui le espressioni determinate precedentemente per i moduli debbono intendersi solo come andamenti medio-minimi delle caratteristiche di deformabilità; per i valori "operativi" si rimanda al successivo paragrafo. La scelta dei parametri operativi verrà definita per ciascuna opera nell'ambito delle monografie inserite nelle specifiche relazioni geotecniche.

2.10.5.2 Analisi per subtrate

Analizzando subtrate relativamente più omogenee una vicina e l'altra lontana dalla costa si riscontra (Figura 333, Figura 334, Figura 349, Figura 350) quanto di seguito riportato in tabella:

	G0(MPa)	G0/pa	E0(MPa)	E'(MPa)
Zona prossima alla costa Figura 333-Figura 342	$24 z^{0.55}$	$G_o = 1090 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.55}$	$58 z^{0.55}$	$(8 \div 19) z^{0.55}$
Zona lontana dalla costa (z<25m) Figura 349-Figura 358	$14 z^{0.7}$	$G_o = 940 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.70}$	$34 z^{0.7}$	$(5 \div 12) z^{0.7}$

Come riferimento per il calcolo delle pressione efficace media si considera la presenza della falda a piano campagna. Comunque per il livelli piezometrici locali si fa riferimento ai progili geotecnici di progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In Allegato si riporta un grafico di confronto che mostra l'accordo (a meno dell'approssimazione nelle formule di correlazione) fra le formule di $G_0(z)$ e $G_0(p_a; p'/p_a)$ (Figura 335, Figura 351).

Le espressioni riportate, ottenute dalle prove SPT, risultano cautelative in quanto interpolano i valori medio minimi delle prove sismiche (Figura 339, Figura 355).

Le prove pressiometriche (SN8-SN9) hanno fornito un valore medio (primo carico) di 125-130MPa a circa 18m di profondità, compatibilmente con i range.

I moduli di Young "operativi" corrispondono rispettivamente a circa $1/5 \div 1/10$ ed a $1/3$ di quelli iniziali E_0 .

Per **rilevati e fondazioni dirette ed indirette** si farà riferimento ai valori minimi del range.

Per **opere di sostegno** si farà riferimento a valori intermedi del range.

Nel caso di fondazioni su pali, per il modulo di reazione orizzontale secondo Reese, si può considerare un valore della costante pari a $10000 \div 15000 \text{ KN/m}^3$.

Per il calcolo della costante di sottofondo in generale si può fare riferimento a quanto riportato nel capitolo 2.2.4.

- Commento: nella caratterizzazione generale si evidenzia una discreta variabilità dei valori della deformabilità; nell'analisi per tratte tale variabilità, pur riducendosi, persiste ed il motivo è riconducibile a quanto già evidenziato per le D_r nel par. 2.10.3; anche i valori di G_0 ricavabili dalle velocità V_s mostrano di per sé una variabilità relativamente elevata anche in corrispondenza della singola verticale; vista questa eterogeneità le correlazioni "operative" proposte per G_0 e riportate nella precedente tabella sono state definite con un criterio di cautela, correlando i valori medio minimi dei valori determinabili dalle V_s sismiche, come bene si evidenzia nelle figure in Allegato (Figura 339, Figura 355).

2.10.6 Leggi di degrado dei moduli elastici

In mancanza di prove su provini indisturbati prelevati con la tecnica del congelamento si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.10.7 Coefficienti di smorzamento intrinseco

In mancanza di prove su provini indisturbati prelevati con la tecnica del congelamento e di indicazioni dalle prove cross-hole (D_0) si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.10.8 Coefficienti di permeabilità

I materiali in oggetto sono eterogenei; conformemente con quanto proposto da [Somerville \(1986\)](#) risulta per $K(m/sec)$ un valore di 10^{-5} m/s. Nel caso di prove Lefranc si ottengono valori compresi fra $1 \times 10^{-4} \div 1 \times 10^{-5}$ m/sec decrescenti con la profondità tra 5m e 40m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.10.9 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti nella tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici.

	COSTA	INTERNO
γ (kN/m ³)	20÷21	20÷21
N_{SPT} (colpi/30 cm)	44±30	44±30
c' piccolo (kPa)	0	0
ϕ' piccolo (°)	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)	Vs=150 + 5·z (m/s)	Vs=150 + 5·z (m/s)
G'_o	24 z ^{0.55}	14 z ^{0.7}
E' *	(8÷19) z ^{0.55}	(5÷12) z ^{0.7}
v' (-)	0.2	0.2
G₀, G/G₀	curve teoriche	curve teoriche
D₀, D/D₀	curve teoriche	curve teoriche
K(m/s)	10 ⁻⁴ ÷10 ⁻⁵	10 ⁻⁴ ÷10 ⁻⁵

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.11 Trubi

2.11.1 Descrizione

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.

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.

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 all'articolazione in alti e bassi della superficie morfologica sulla quale essi si sarebbero depositi al di sopra del Conglomerato di Pezzo. Di particolare rilievo è l'ispessimento della formazione nel settore posto a sud della zona dell'ancoraggio nella quale i Trubi raggiungono spessore massimo. In alcuni settori dell'area, tale unità risulta mancante per erosione.

L'approccio di caratterizzazione, sia per quanto riguarda la determinazione dei parametri di resistenza che per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, tratta i materiali con le metodologie degli ammassi rocciosi (modello continuo). Verranno comunque confrontati i parametri con quanto desunto da alcune prove effettuate sia in sito che in laboratorio, interpretando queste ultime con criteri propri dei terreni coesivi a grana fine.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 359 a Figura 384) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi. I parametri rappresentano una media dei valori riportati nelle figure.

2.11.2 Caratteristiche fisiche

Per quanto riguarda le caratteristiche del deposito si rimanda a quanto riportato nelle relazioni geologiche di progetto. Per quanto riguarda le caratteristiche della componente argillosa (da Figura 359 a Figura 362) si ha quanto di seguito riportato:

- Il **fuso granulometrico** (10 prove granulometriche) mostra che le caratteristiche sono tipiche di materiali a grana medio fine con percentuale media di ghiaia 10%, sabbia al 36%, limo al 38% ed argilla al 19% (Figura 359).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Per quanto riguarda i **limiti di Atterberg** si hanno valori medi, poco rappresentativi, pari a Wn=32%, WI=49%, Wp=29%, IP=20%
- Dalla **carta di Casagrande** la posizione prevalente corrisponderebbe a limi organici di medio - alta plasticità.
- Il peso di volume γ al quale si assegna un valore medio di circa 18-19 KN/m³

2.11.3 Stato iniziale

Per quanto riguarda la determinazione delle caratteristiche iniziali e per la determinazione delle pressioni verticali di consolidazione.

- **OCR:** è stato possibile stimare il grado di sovraconsolidazione (≈ 1.5) a partire dall'edometrica che ha evidenziato uno stato di leggera sovraconsolidazione, imputabile al disturbo del campione;
- **e_0** è stato stimato dalle prove edometriche di laboratorio: si è ottenuto un valore medio pari a 0.8;
- **k_0** è stimabile sulla base della seguente espressione:

$$k_0 = (1 - \sin \varphi') \cdot \sqrt{OCR}$$

essendo:

φ' = angolo di attrito.

2.11.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

1) Approccio come ammasso roccioso

L'interpretazione delle caratteristiche dell'ammasso parte dalla stima del parametro RMR'89 che è stato valutato sulla base di un rilievo effettuato su un affioramento (Vd Allegato).

Il parametro RMR'89 è risultato pari a 58. Il parametro GSI è quindi pari a 53.

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

- del valore GSI di cui in precedenza;
- dei valori della resistenza alla compressione semplice σ_c stimabile (15MPa) e del parametro m_i della roccia intatta pari a 8.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I risultati che si otterrebbero, per GSI = 58 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.

σ_n (Mpa)	Picco		Residuo	
	c' (MPa)	φ' (°)	c' (MPa)	φ' (°)
0,19	0,14	46	0,09	36
0,37	0,19	40	0,13	30
0,56	0,24	37	0,17	26
0,74	0,28	34	0,20	24
0,93	0,32	32	0,23	22
1,11	0,36	30	0,26	21

2) Approccio come terreno coesivo a grana fine

Si hanno a disposizione prove di laboratorio su campioni prelevati fra 7m e 18m; le condizioni di rottura delle prove sono caratterizzate sia da $\sigma'_2 = \sigma'_3$ che da $\sigma'_2 \neq \sigma'_3$

Nel primo caso dall'interpretazione dei dati, nel range di pressioni di prova si ottengono i seguenti valori di resistenza di picco:

$$c'_{\text{picco}} = 0,09-0,1 \text{ MPa}$$

$$\varphi'_{\text{picco}} = 24^\circ \div 22^\circ$$

Per i valori di resistenza in condizioni di stato critico dall'interpretazione delle prove si ottiene:

$$c'_{\text{cv}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\varphi'_{\text{cv}} = 27^\circ$$

Per i valori di resistenza residui, in mancanza di dati, si possono prendere in prima approssimazione i valori minimi riscontrati per i valori di stato critico.

Durante le prove le tensioni normali efficaci a rottura sono contenute nel range fra 200 e 900 KPa.

In questo contesto la resistenza di picco per tensioni generiche σ'_n può esprimersi con un involuppo curvilineo di picco interpolante i dati sperimentali che diviene pari a:

$$\tau_{\text{oc}} = \sigma'_n \tan \varphi' (OCR)^{0.6}$$

avendo ottenuto per il fattore “m” un valore pari a 0.4, tipico di argille prettamente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sovracconsolidate.

Compatibilmente con tale legge OCR risulta variabile nell'intervallo tensionale considerato ed una stima (in assenza di prove edometriche su campioni indisturbati o altre prove) con la profondità potrebbe essere: $OCR=8-0.18 z$ con $z=z(m)$ ed $OCR=1$ circa per $z=40m$.

L'angolo di attrito è quello corrispondente ai materiali in esame in condizioni di normalconsolidazione stimabile pari a 24° .

Per la prova di laboratorio di taglio diretto su campione indisturbato in condizioni di rottura in cui $\sigma'_2 \neq \sigma'_3$ si ha:

$$c'_{\text{picco}} = 0.035 \text{ MPa}$$

$$\phi'_{\text{picco}} = 27^\circ$$

Per i valori di resistenza in condizioni di stato critico si ottiene:

$$c'_{\text{cv}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\phi'_{\text{cv}} = 25^\circ$$

Per i valori di resistenza residui, in mancanza di dati, si possono prendere in prima approssimazione i valori minimi riscontrati per i valori di stato critico.

Vista l'esiguità del numero di prove si ritiene cautelativo assegnare all'ammasso i valori di resistenza drenata ricavati nel secondo approccio.

Per la resistenza in condizioni non drenate si hanno a disposizione 2 prove di laboratorio TXUU a 24m e 22m di profondità che forniscono un valore di 100 KPa e 200KPa circa che sottostimano il valore che ci si aspetterebbe forse a causa del probabile disturbo del campionamento .

Tali valori presumibilmente sottostimano la resistenza non drenata della formazione: in assenza di ulteriori prove si considereranno tali valori operativi, considerando comunque la non rappresentatività di tale parametro ai fini della caratterizzazione di tale formazione assimilabile nel comportamento meccanico maggiormente ad una roccia tenera piuttosto che ad un'argilla.

2.11.5 Caratteristiche di deformabilità

Dalla **prova sismica** effettuata nel sondaggio OTCCH1501 (da Figura 377 a Figura 381) si

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ottengono valori di V_s tra 12 e 17m di profondità circa, compresi nel range 340÷480 m/s.

Il modulo elastico G_0 corrispondente risulterebbe pari a 240÷460 MPa a cui corrisponderebbe un range di valori $E' = 130 \div 270$ MPa relativi rispettivamente a $1/5 \div 1/10 E'_0$ ed a $1/3 E'_0$.

Dalle **prove pressiometriche** (Figura 382) effettuate si ottiene un valore medio del modulo (di primo carico) pari a circa 135 MPa, variabile tra 40 e 235 MPa per profondità fra 7m e 25m da piano campagna.

La **prova di laboratorio edometrica**, per la determinazione delle caratteristiche di compressibilità e per la determinazione dei coefficienti di consolidazione, non è ritenuta significativa per il litotipo in esame e anche a causa del presunto disturbo del campione.

Si assume, un modulo operativo pari a:

$$E' = 130 \div 270 \text{ MPa}$$

Fondazioni dirette, rilevati: valore prossimo al minimo per problemi di carico e grandi deformazioni.

Gallerie, opere di sostegno tirantate o puntonate: valori contenuti nel range per problemi di scarico e ricarico e medie e piccole deformazioni.

Per le costanti di sottofondo si possono considerare tali valori: $k_s = 24000 - 48000 \text{ KN/m}^3$

2.11.6 Leggi di degrado dei moduli elastici

In mancanza di prove su provini indisturbati si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.11.7 Coefficienti di smorzamento intrinseco

In mancanza di prove su provini indisturbati si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.11.8 Coefficienti di permeabilità

L'unica prova Le Franc disponibile fornisce un valore di permeabilità (orizzontale) pari a 1×10^{-7} m/s.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.11.9 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti nella tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici.

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}

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Simbologia:

γ_t = peso di volume naturale;

NSPT = 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;

C_u = resistenza in condizioni non drenate

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 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.12 Depositi alluvionali

2.12.1 Descrizione

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.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 385 a Figura 401) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.12.2 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% (Figura 385).

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 γ_s è risultato pari a circa 26.5 kN/m³.

2.12.3 Stato iniziale

In questa sede si considera che i materiali siano prettamente normalmente consolidati.

- **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 $C_{sg}=0.85$ (Figura 388-Figura 389).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- e_o : stimando per e_{max} un valore pari a 0.7 e risultando, in base al $d_{50}=0.8mm$, $e_{max} - e_{min} = 0.31$ dalla formula di Dr si ottengono valori di e_o (dalla componente sabbiosa e sabbio-ghiaiosa) rappresentati nel grafico in Figura 390, con valori compresi fra 0.5 e 0.7.
- γ_d : in base ai valori precedentemente ricavati si può stimare dall'indice dei vuoti e_o e da γ_s un valore medio di γ_d pari a circa $18KN/m^3$.
- Commento: il numero di prove a disposizione non consente un'analisi per tratte omogenee. Si evidenzia una certa variabilità anche in corrispondenza di singole verticali (es: C430). Nella relazione di PE si procederà ad una sistematica misura di e_{max} ed e_{min} , in corrispondenza delle possibili distribuzioni granulometriche presenti per le varie formazioni in modo da costituire una base statistica di interpretazione dei valori V_s , in termini di densità relativa sufficientemente rappresentativa.

2.12.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

Sulla base delle prove SPT (Figura 386) si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di circa 40° ; 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

$\varphi' = 38^\circ \div 40^\circ$ =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 0 e 272KPa.

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

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

$c'_p = 0$ kPa = coesione apparente

$\varphi'_p = 36^\circ - 38^\circ$ =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.

Per intervalli tensionali differenti si rimanda a quanto proposto da [Baligh \(1975\)](#).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

Resistenze residue/operative

$c_r' = 0$ kPa = coesione apparente

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

Commento: il numero di prove a disposizione non consente un'analisi per tratte omogenee, i valori operativi della resistenza risultano comunque cautelativi risultando inferiori a quelli medi. La scelta dei parametri operativi verrà definita per ciascuna opera nell'ambito delle monografie inserite nelle specifiche relazioni geotecniche.

2.12.5 Caratteristiche di deformabilità

Il numero di prove a disposizione non consente un'analisi per tratte omogenee.

Dalla prova sismica in foro (CS430) si ottengono valori di V_s che vanno mediamente da 160 m/s a 190 m/s i primi metri di profondità (da Figura 396 a Figura 401)

Da prove SPT la media di V_s stimata fino a 13m di profondità e di circa 200 m/s. E_0 è stimato in 120÷170 MPa a 2m di profondità.

Ai valori delle velocità di taglio sismiche V_s corrispondono moduli di taglio iniziali G_0 molto variabili. Una stima con la profondità si rende quindi difficoltosa per la dispersione di G_0 e per il numero ridotto di valori.

G_0 ed E_0 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:

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

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

Per **rilevati e fondazioni dirette ed indirette** si farà riferimento ai valori prossimi ai minimi del range.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per **opere di sostegno** si farà riferimento a valori intermedi del range.

Nel caso di fondazioni su pali, per il modulo di reazione orizzontale secondo Reese, si può considerare un valore della costante pari a 10000 -15000 KN/m³.

Per il calcolo della costante di sottofondo in generale si può fare riferimento a quanto riportato nel capitolo 2.2.4.

Comento: il numero esiguo a disposizione di prove non consente un'analisi per tratte omogenee; i valori di G0 non risultano comunque eccessivamente variabili per cui la correlazione media proposta può considerarsi rappresentativa. I valori operativi di E' risultano in ogni caso cautelativi, soprattutto per quanto concerne l'estremo inferiore del range (1/5-1/10 E0). La scelta dei parametri operativi verrà definita per ciascuna opera nell'ambito delle monografie inserite nelle specifiche relazioni geotecniche.

2.12.6 Leggi di degrado dei moduli elastici

In mancanza di prove su provini indisturbati prelevati con la tecnica del congelamento si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.12.7 Coefficienti di smorzamento intrinseco

In mancanza di prove su provini indisturbati prelevati con la tecnica del congelamento e di indicazioni dalle prove cross-hole (D₀) si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.12.8 Coefficienti di permeabilità

Non avendo a disposizione delle prove dirette si assumono valori compresi fra 10⁻³ e 10⁻⁴ m/s, tenendo conto anche di quanto indicato nella relazione idrogeologica allegata al progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.12.9 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti nella tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici.

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
Φ_{residuo} ' (°)	33°÷35°
k_o (-)	1-sen ϕ'
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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Simbologia:

γ_t = peso di volume naturale;

NSPT = 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 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 GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

2.13 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.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 402 a Figura 418) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.13.1 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% (Figura 402).

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

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 γ_s è risultato pari a circa 26 kN/m³;

2.13.2 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 $C_{sg}=0.95$ (Figura 405).
- **e_o**: stimando $e_{max}=0.7$ mm a partire dalle D_r si ottiene (dalla componente sabbiosa e sabbio-ghiaiosa) un valore compreso fra 0.4 e 0.5 come si evidenzia dal grafico in Allegato (Figura 406).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

- γ_d : si può stimare un valore medio di γ_d pari a circa 17 -19 KN/m³ (Figura 407).

2.13.3 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

Sulla base delle prove SPT (Figura 403) 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)

$c_p' = 0$ kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 36\div 38^\circ$ =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 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 - 350KPa)

$c_p' = 0$ kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 35^\circ\div 36^\circ$ =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.

Per intervalli tensionali differenti si rimanda a quanto proposto da [Baligh \(1975\)](#).

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

Resistenze residue/operative

$c_r' = 0$ kPa = coesione apparente

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

2.13.4 Caratteristiche di deformabilità

Dalle prove sismiche in foro (da Figura 413 a Figura 418) si ottengono valori di V_s che mostrano

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

una tendenza all'aumento con la profondità con valori che arrivano a 200 m/s fino a 10m di profondità.

Nella figura in Allegato si mostra anche il confronto delle velocità ottenute con le correlazioni da prove SPT.

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:

$$G_0 = 20 \cdot (z)^{0.85}$$

$$E_0 = 48 \cdot (z)^{0.85}$$

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.

Fronti scavo sostenuti, opere di sostegno tirantate o puntonate: si considerano valori contenuti nel range.

Rilevati, fondazioni dirette: valori corrispondenti al minimo del range.

Nel caso di fondazioni su pali, per il modulo di reazione orizzontale secondo Reese, si può considerare un valore della costante pari a 10000 - 15000 KN/m³.

Per il calcolo della costante di sottofondo in generale si può fare riferimento a quanto riportato nel capitolo 2.2.4.

- Commento: il numero di prove SPT non consente un'analisi per tratte; la dispersione riscontrata dei valori di G_0 appare comunque moderata. Le analisi di dettaglio sono proposte nelle singole monografie.

2.13.5 Leggi di degrado dei moduli elastici

In mancanza di prove su provini indisturbati si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.13.6 Coefficienti di smorzamento intrinseco

In mancanza di prove su provini indisturbati e di indicazioni dalle prove cross-hole (D_0) si può fare

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

riferimento alle curve proposte in teoria.

2.13.7 Coefficienti di permeabilità

I materiali in oggetto sono eterogenei; conformemente con quanto proposto da [Somerville \(1986\)](#) risulta per $K(m/sec)$ si può ottenere un valore medio di $10^{-3} - 10^{-5}m/s$.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.13.8 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti nella tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici.

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)	$10^{-3} \div 10^{-5}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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 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 GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.14 Calcareniti di San Corrado e formazione Le Masse

Si tratta di calcareniti e calciruditi clastiche e bioclastiche, da moderatamente cementate a cementate, con stratificazione incrociata. Sono presenti orizzonti di sabbie giallastre, grossolane, addensate e laminate, a luoghi di qualche metro di spessore.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 419 a Figura 426) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

Il numero di prove è abbastanza modesto.

Dalle prove di laboratorio sui provini estratti si può determinare un range per il valore del γ pari a 22-23 KN/m³.

Dalle prove SPT si ottiene un angolo di attrito medio di 37°.

Dalle prove di schiacciamento si ottiene un valore medio della resistenza a compressione pari a 15Mpa (Figura 425 e Figura 426).

Dalla prova sismica effettuata nel sondaggio OTCCH1501 si ottengono valori di V_s tra 3 e 11m di profondità circa, compresi nel range 340÷500 m/s (da Figura 422 a Figura 424).

Il modulo elastico G'_0 corrispondente risulterebbe pari a 225÷500 MPa a cui corrisponderebbe un range di valori $E'=120\div290$ MPa relativi rispettivamente a $1/5 - 1/10 E'_0$ ed a $1/3 E'_0$.

Dalle due prove di permeabilità di Le Franc emerge un valore medio dell'ordine di 10^{-7} m/s. Alla luce dei pochi dati disponibili si ritiene di caratterizzare cautelativamente l'ammasso come riportato in tabella:

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'_0	225-500
E' (MPa)	120-290

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

v' (-)	0.2-0.3
G0, G/G0	curve teoriche
D0, D/D0	curve teoriche
K(m/s)	10^{-7}

- Commento: * il valore minimo pafri a zero associato alla coesione drenata è da associare alla porzione eventualmente più sciolta e/o superficiale.

La deformabilità dell'ammasso è stata determinata in base alle prove in sito, non considerando rappresentative per l'intero ammasso quelle determinate in laboratorio alla scala del campione

La formazione di Le Masse è caratterizzata da 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 Non avendo a disposizione prove si ritiene di poter associare a tale formazione i parametri di resistenza e deformabilità minimi delle due formazioni che a livello geologico possono ritenersi limiti costituiti dai Trubi e dalle Calcareniti di san Corrado.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.15 Determinazione delle azioni sismiche di progetto

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 GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_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' i esimo strato

V_{si} = velocità dell' i esimo 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' i esimo strato

N_{spti} = N_{spt} dell' i esimo 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.

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 GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_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						

2.16 Resistenza dei terreni incoerenti in tensioni totali

Si è analizzato il contesto prossimo alla costa (Fondazione Torre) caratterizzato dalla presenza dei depositi costieri incoerenti sotto falda (1-3m s.l.m.).

Secondo il D.M. 14/01/2008 «Norme tecniche per le costruzioni» all'allegato B, nei punti della maglia sismica, per la longitudine e la latitudine in esame (15,3837; 38,1357), corrispondono i seguenti valori di accelerazione orizzontale massima convenzionale (a_g), ed i corrispondenti F_0 e T_c (s) come riportato nella tabella seguente:

STATO LIMITE	A _G	F ₀	T _c *
	(m/s ²)		(s)
SLV	0.394	2.54	0.423

Dove a_g rappresenta l'accelerazione orizzontale massima al sito, F_0 il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, T_c il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale e lo Stato Limite di Vita (SLV).

La tipologia del terreno di fondazione, ai fini della determinazione dell'azione sismica, è individuato nella seguente categoria di terreno:

Categoria terreno	Descrizione	
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 $V_{s,30}$ inferiori a 180 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>	$180 < V_{s,30} < 360$ m/s $15 < N_{SPT,30} < 50$ (terreni a grana grossa) $70 < c_{u,30} < 250$ kPa (terreni a grana fine)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di amplificazione stratigrafica (D.M. 14.1.2008 Tab. 3.2.V)

Categoria terreno	S_s	C_c
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$

Categoria topografica

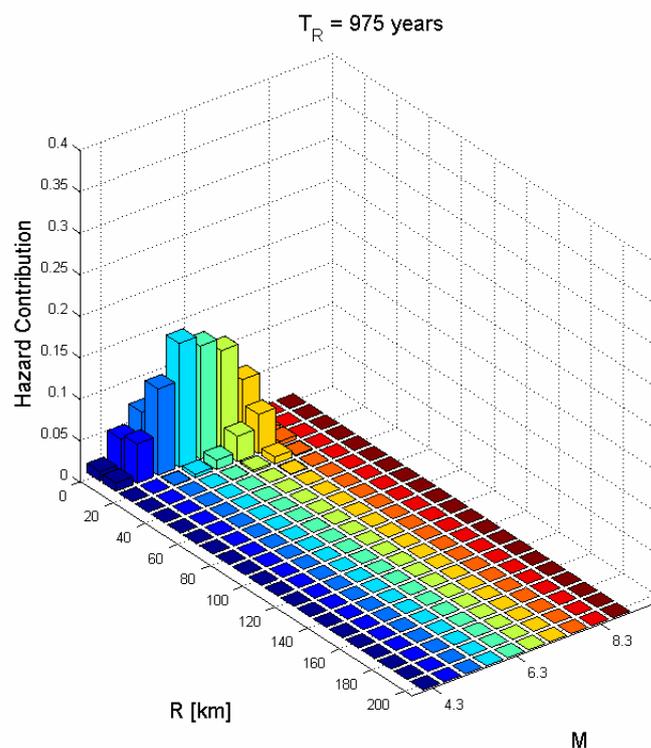
Categoria terreno	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente di amplificazione topografica (D.M. 14.1.2008 Tab. 3.2.VI)

Categoria terreno	Ubicazione dell'opera o intervento	S_t
T1	-	1,0

In base a quanto previsto dal D.M. 14.1.2008-§2.4, le opere in oggetto saranno considerate di classe II, con una valutazione delle forze sismiche riferite ad un periodo di 100 anni.

In base a quanto reperibile in letteratura ed in base agli studi della INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia) la disaggregazione corrispondente alla PGA di cui sopra, per la zona in esame, conduce ad un intervallo di magnitudo $M=5 \div 7.5$ ed ad una distanza epicentrale di 0-30Km.



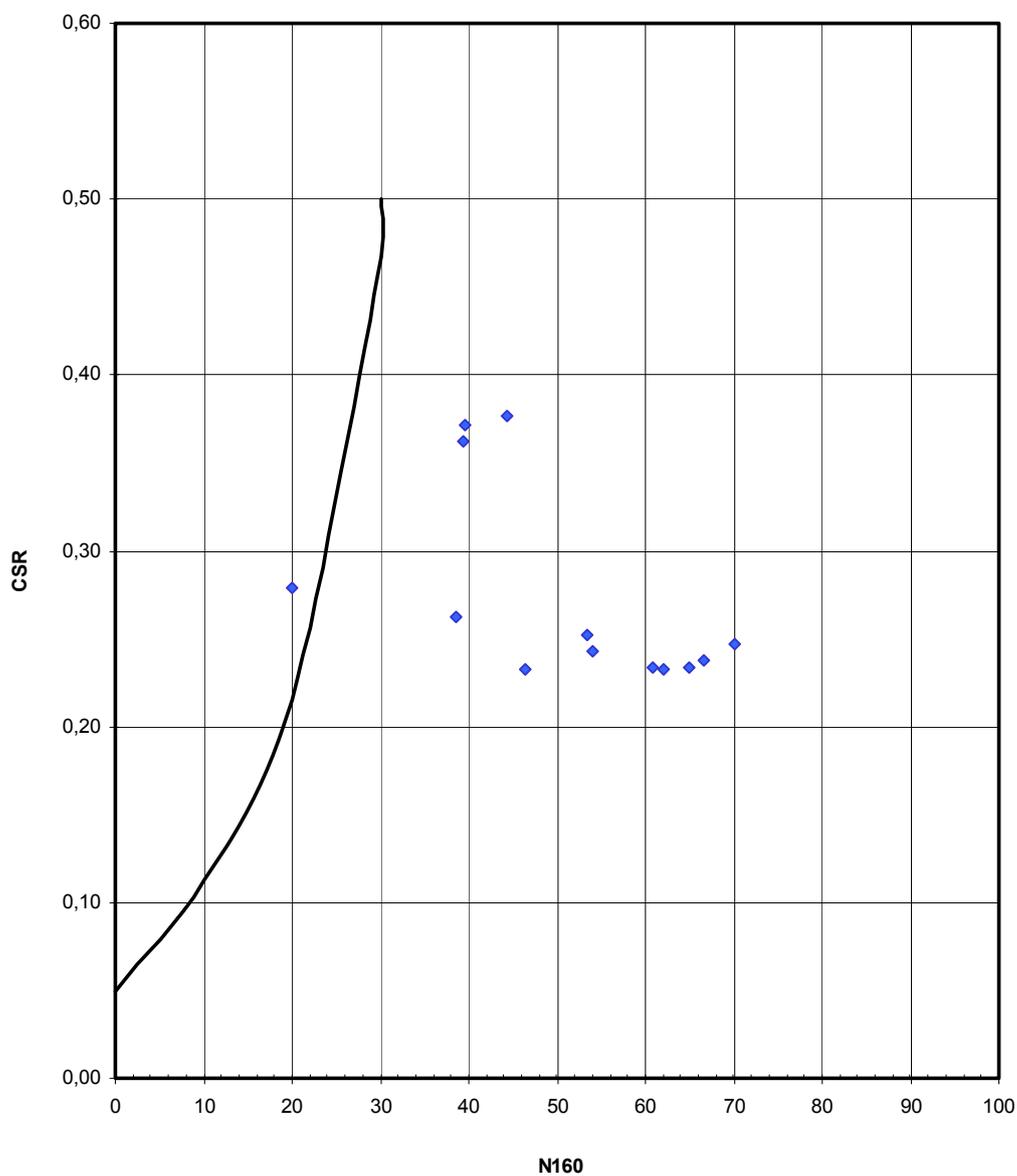
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per l'analisi della liquefazione si considera una magnitudo di calcolo 7.5 (nel 1905 e nel 1908 si sono verificati terremoti di Magnitudo =7.2)

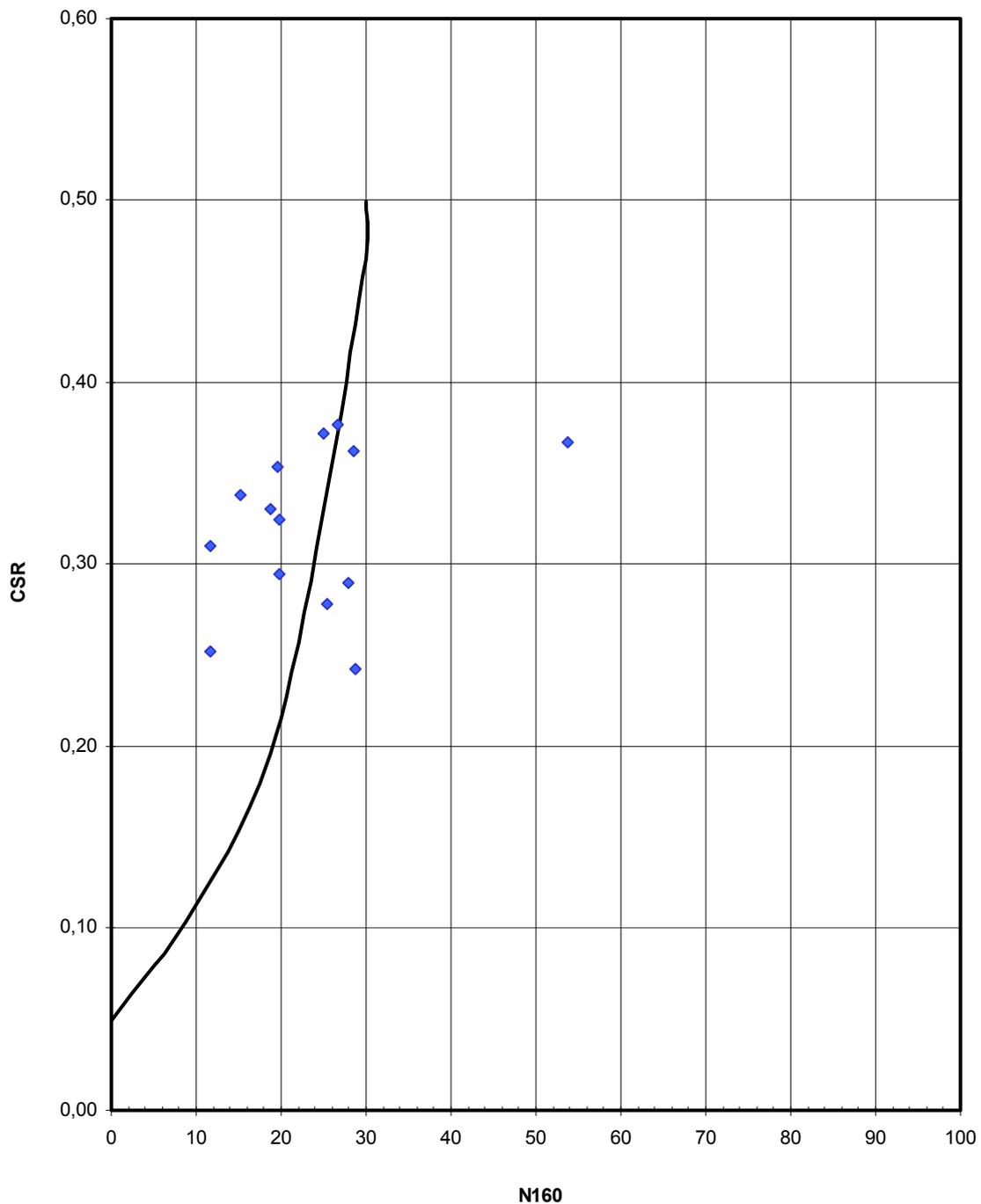
Fondazione Calabria

Verifica da prove SPT(z=0÷58m)

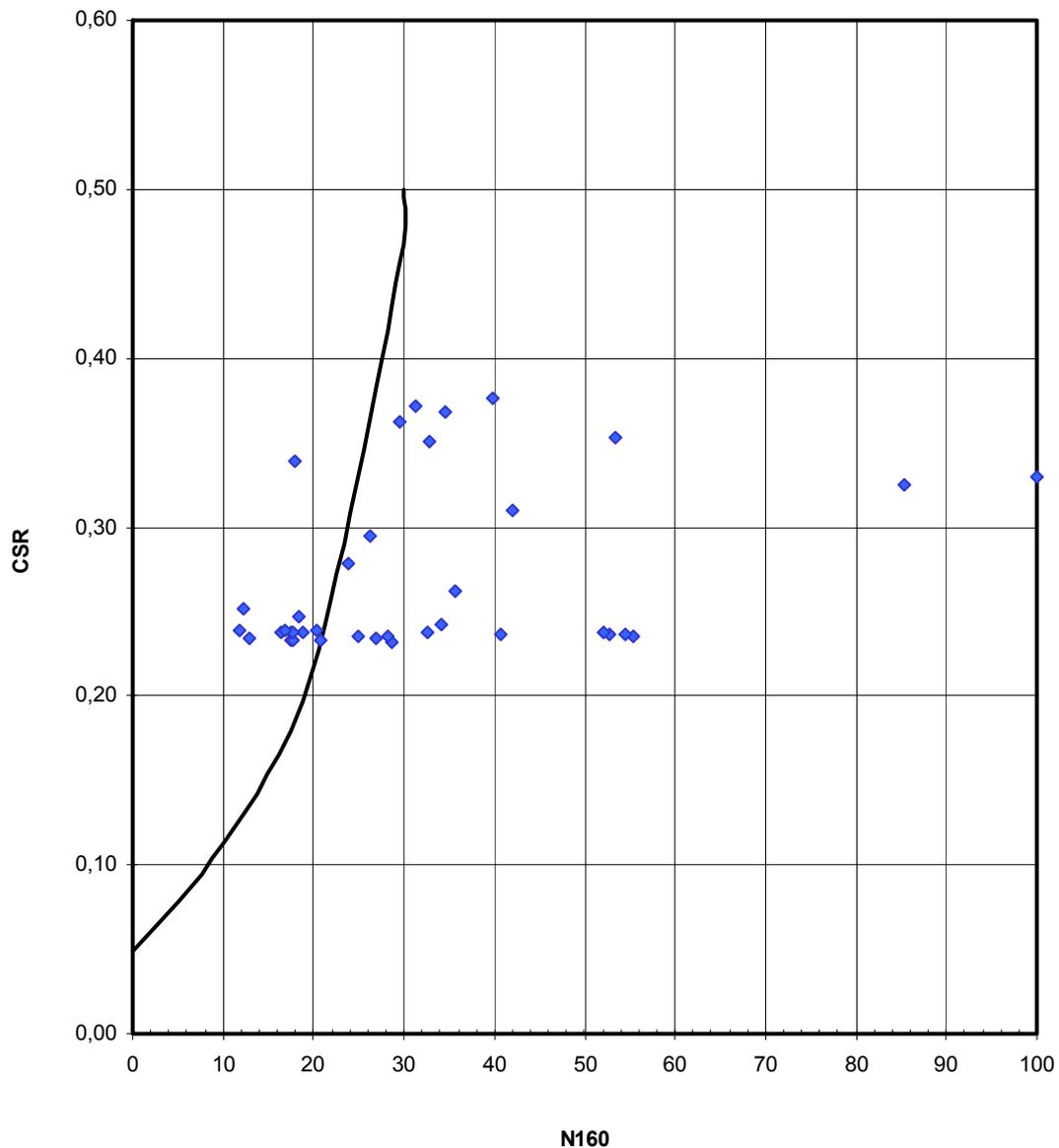
FONDAZIONE - ZONA LONTANA DALLA COSTA - FCCH1508



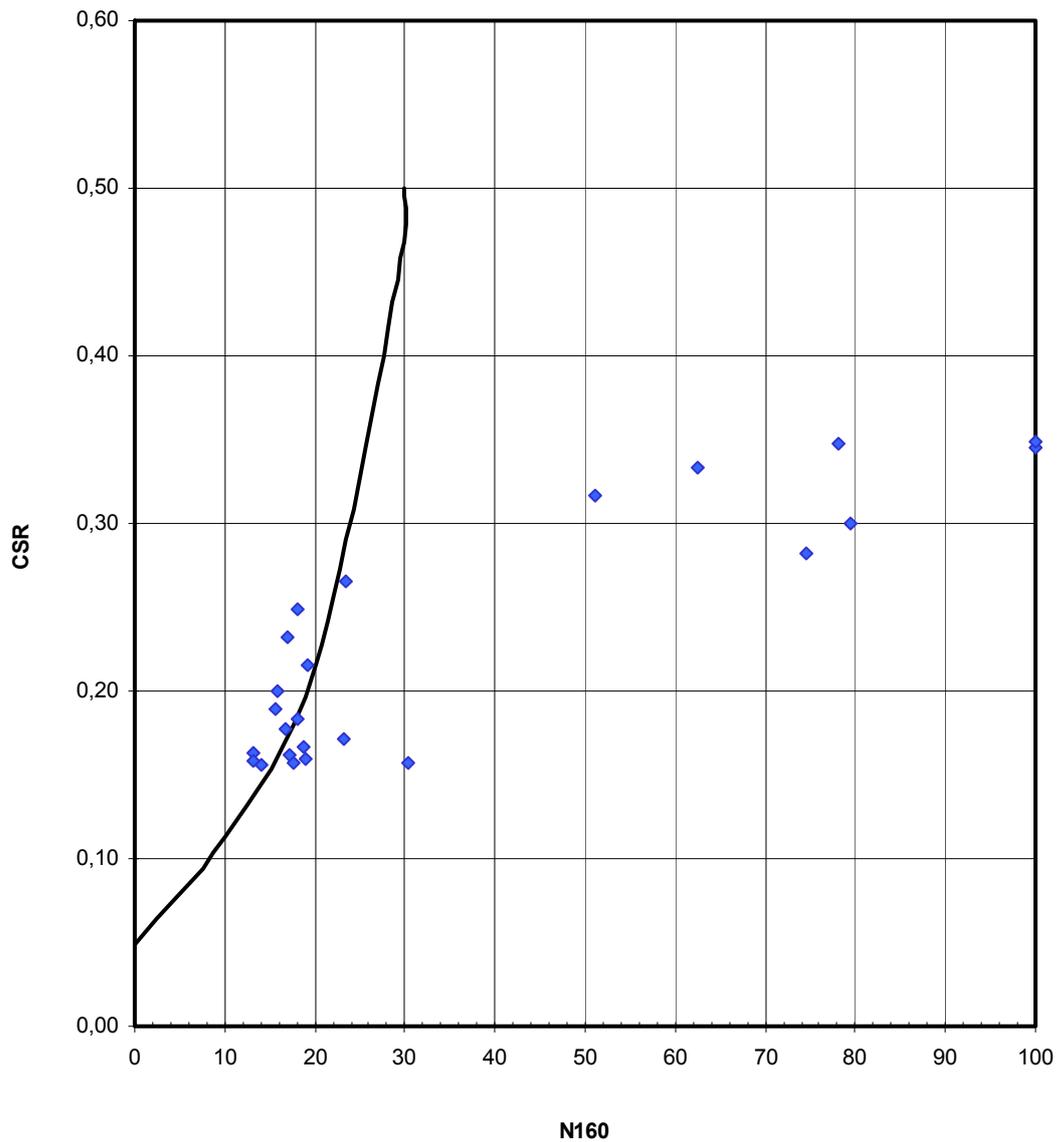
FONDAZIONE - ZONA LONTANA DALLA COSTA - FCBH9



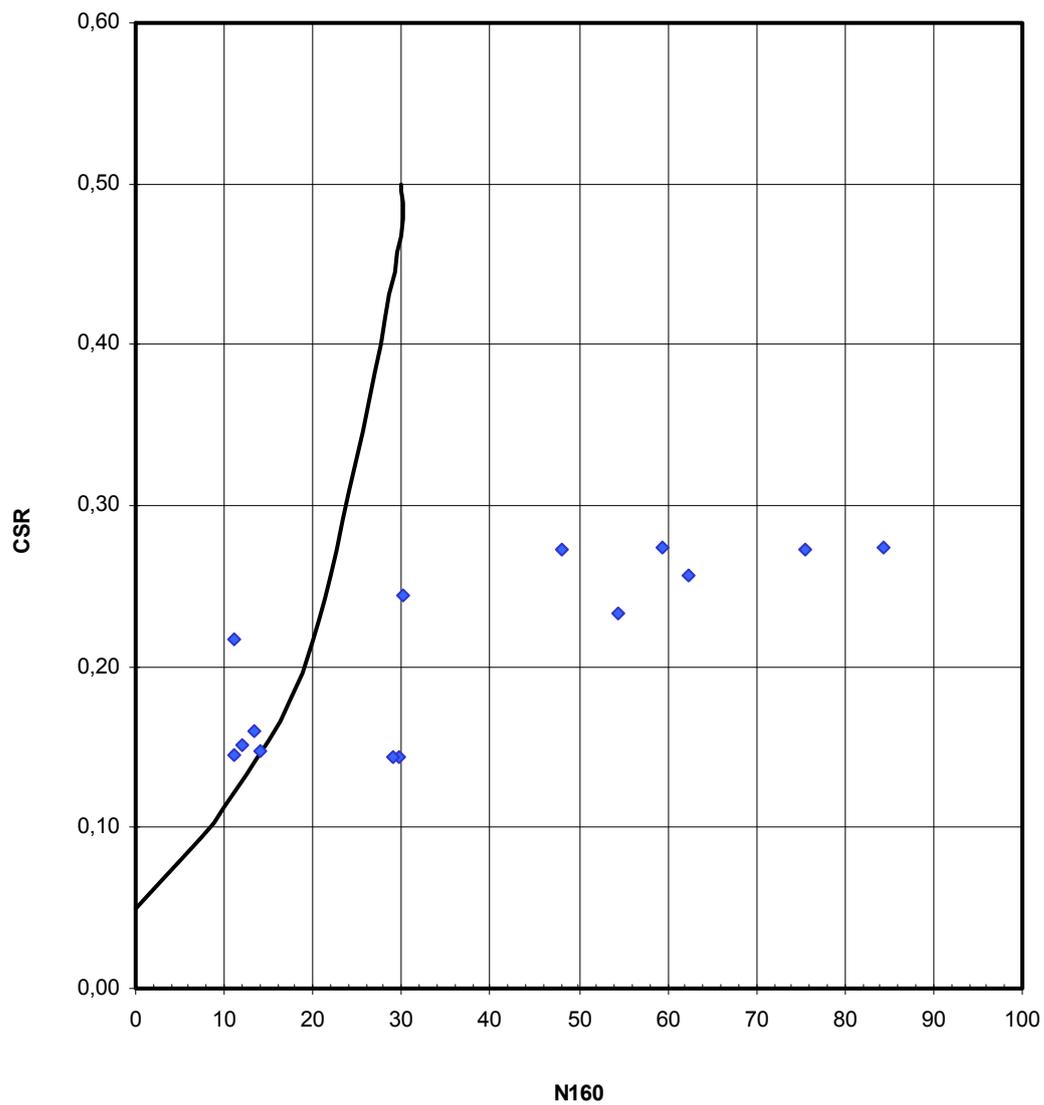
FONDAZIONE - ZONA VICINA ALLA COSTA -FCBH5



FONDAZIONE - ZONA VICINA ALLA COSTA -FCBH6

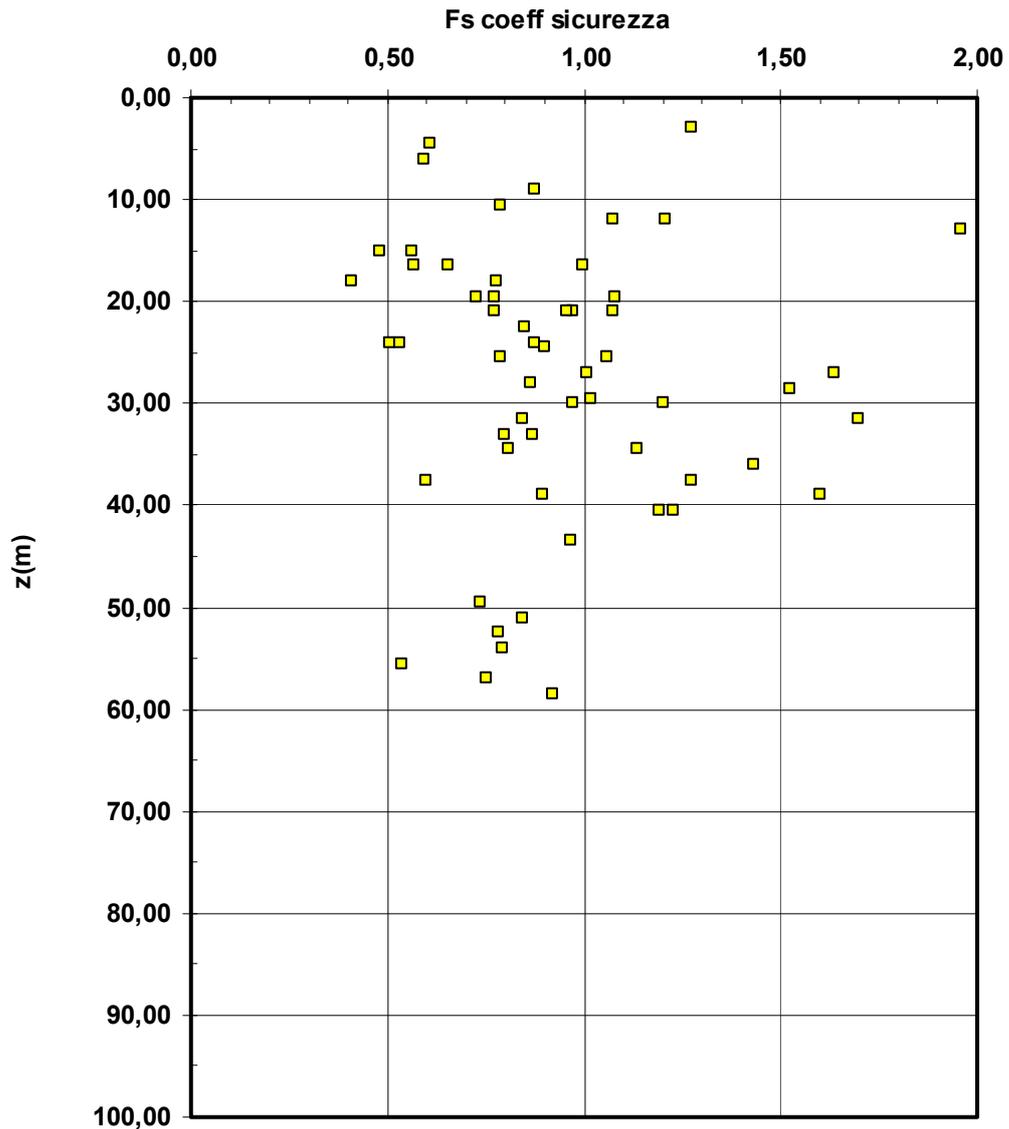


FONDAZIONE - ZONA VICINA ALLA COSTA -FCBH7



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**riepilogo-FS - Fondazione
Verifica con SPT**



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

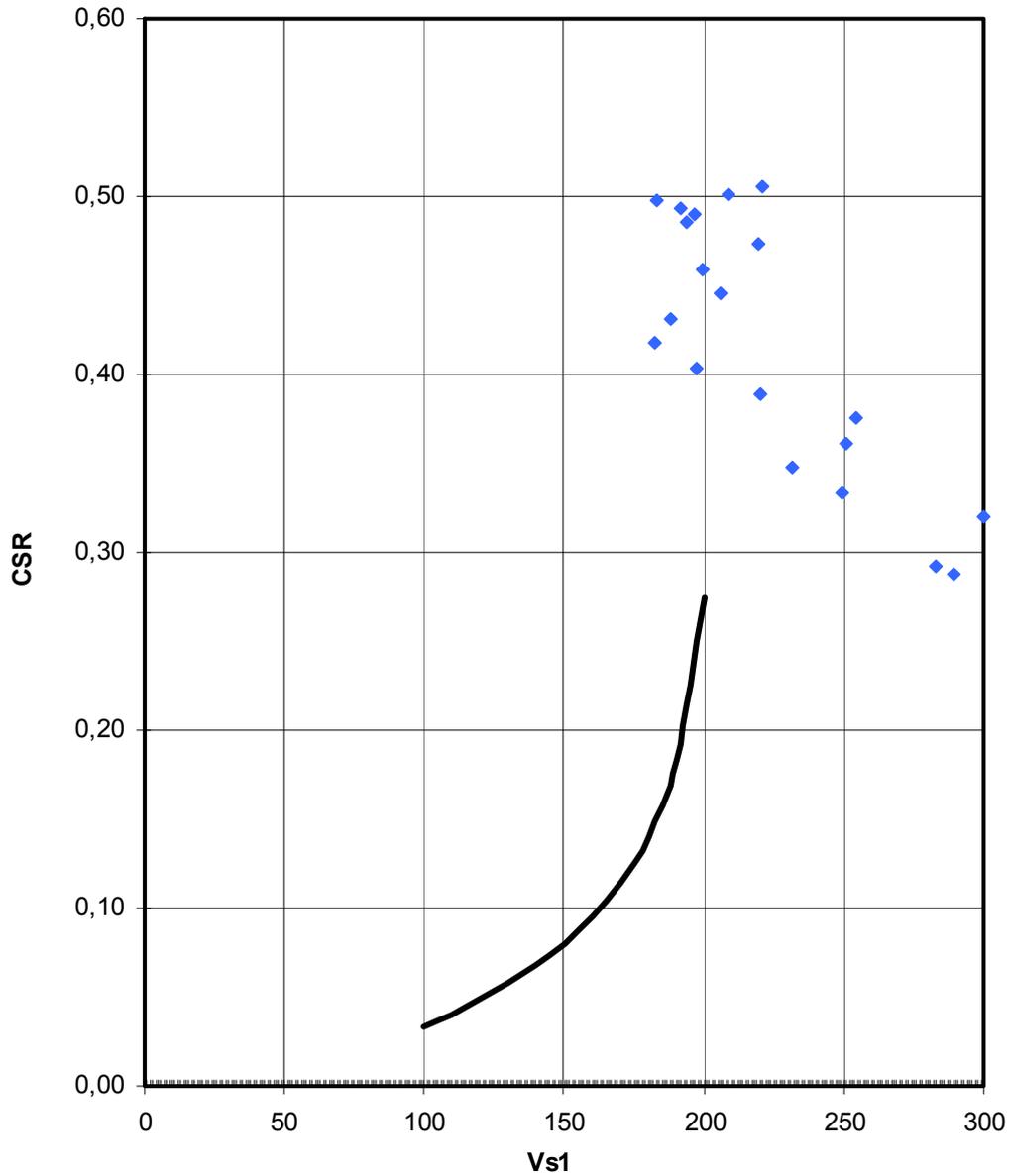
zona di fondazione della Torre:

sondaggio	IL	valore
FC-BH9	alto	10
FCCH1508	molto basso	0
FCBH5	basso	1
FCBH6	basso	0
FCBH7	basso	1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

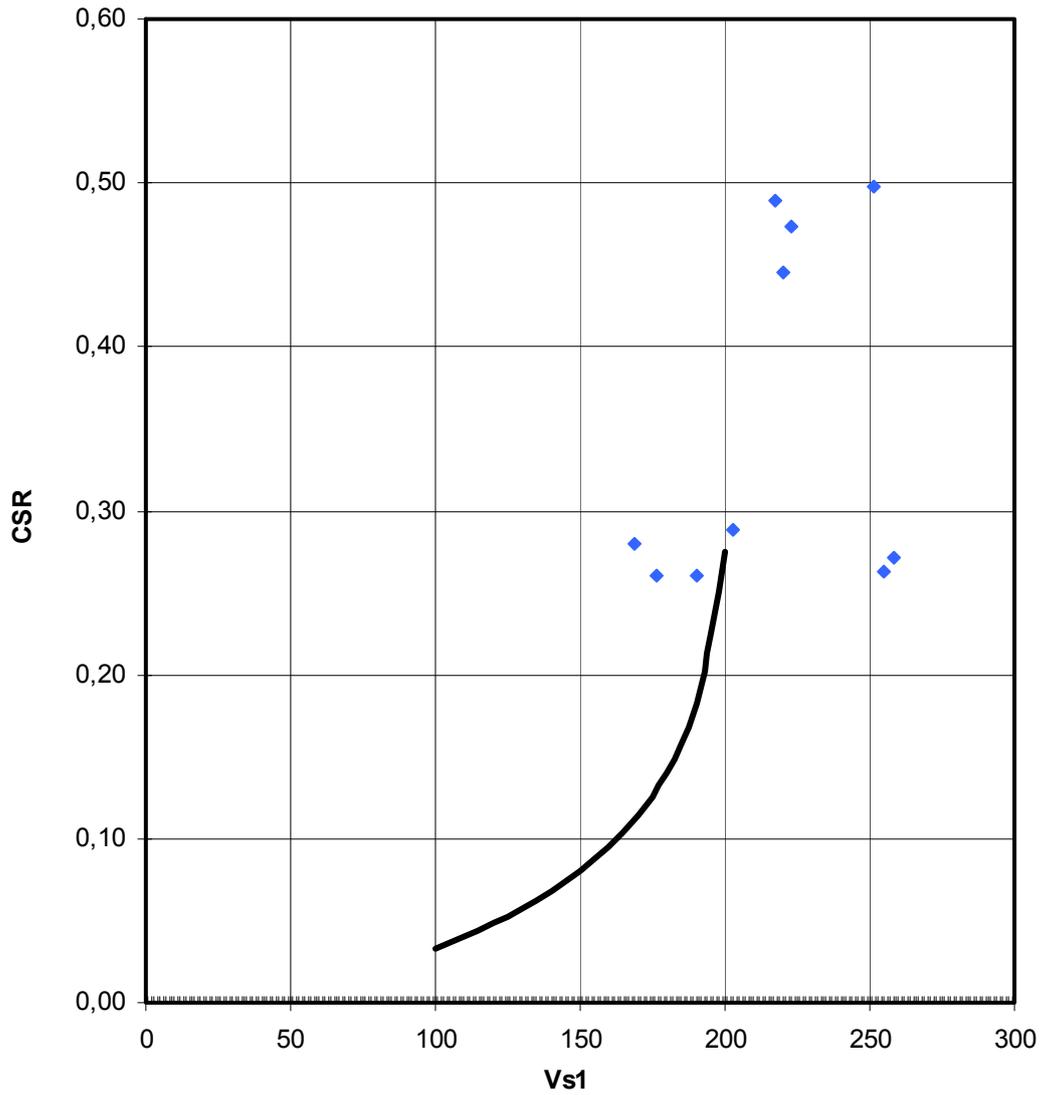
Verifica da Vs

FONDAZIONE - ZONA LONTANA DALLA COSTA - FCCH1508
Verifica con Vs



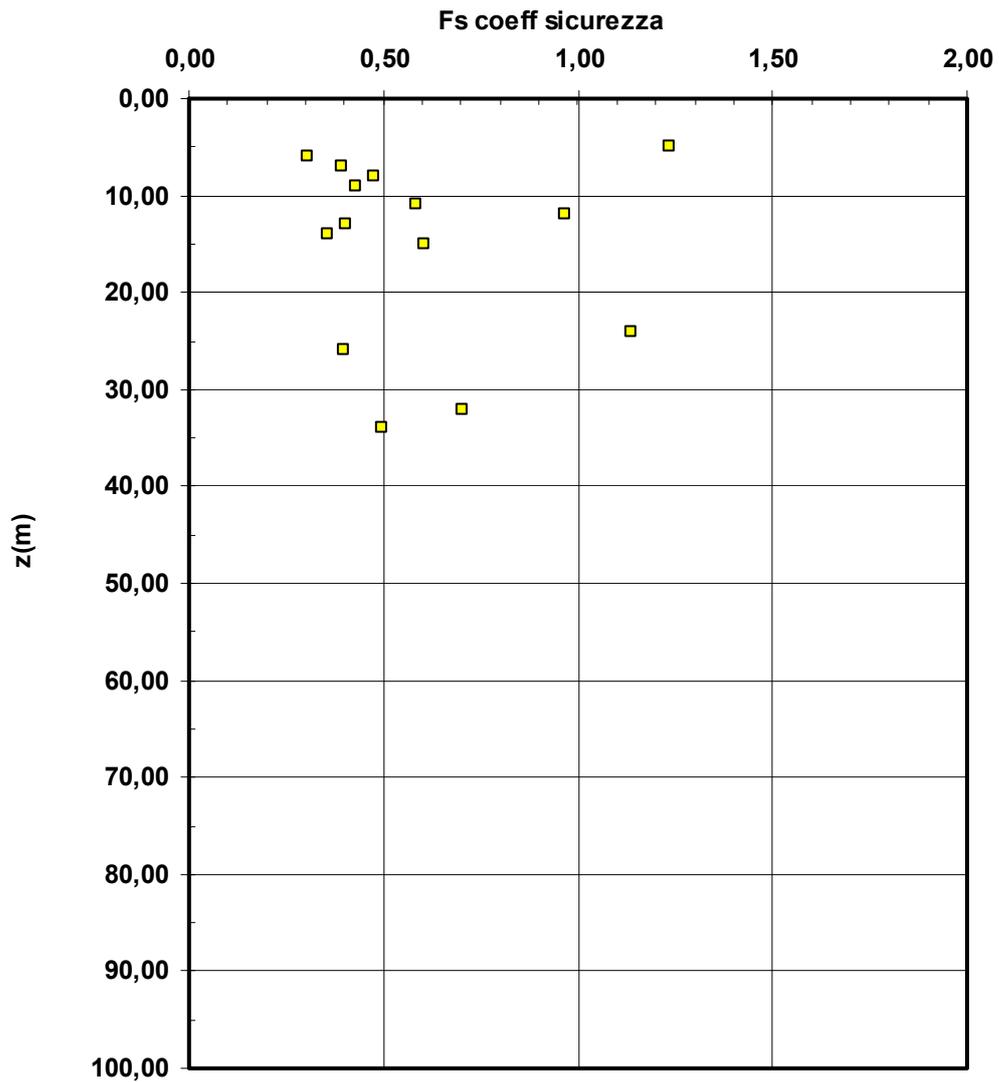
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FONDAZIONE - ZONA VICINA ALLA COSTA - BH5
Verifica con Vs



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**riepilogo-FS - Fondazione
Verifica con Vs**



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Conclusioni

In questo contesto, come si evince dai grafici e dalle tabelle (IL) precedentemente riportati, la verifica del potenziale di liquefazione, condotta come descritto nel paragrafo 2.2.3, ha evidenziato delle criticità localizzabili in determinate verticali.

Si ritiene che l'approccio presentato in tale sezione rappresenti il punto d'inizio di un necessario approfondimento, come la valutazione della resistenza ciclica dei terreni interessati attraverso prove su campioni indisturbati congelati ed analisi più sofisticate di risposta sismica locale, per il quale si rimanda a quanto prodotto nell'ambito del progetto delle fondazioni e dei blocchi di ancoraggio dell'Opera di Attraversamento (es: CG1000-P-CL-D-P-ST-F3-TO-00-00-00-01_A-01).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 Sezione 3: Normativa Di Riferimento

Gli studi geotecnici faranno riferimento alle seguenti Normative:

- D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” (pubblicato sulla G.U. n.29 –Suppl. Ordinario n.30 – del 4 febbraio 2008);
- D.M. 11/3/1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le specifiche per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le specifiche per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”. Circ. Dir. Centr. Tecn. N°97/81

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 Sezione 4: Procedure di dimensionamento e verifica delle opere

4.1 Coefficienti di sicurezza

La definizione dei coefficienti di sicurezza per la progettazione delle diverse opere geotecniche sarà effettuata secondo NTC2008.

4.2 Spostamenti ammissibili

Per la valutazione degli spostamenti ammissibili indotti si dovrà considerare, nello specifico, il tipo di opera, il contesto in esame e lo stato limite di riferimento, riferendosi a quanto riportato dalla Normativa vigente (NTC2008) e prevedendo un corretto piano di monitoraggio.

I valori ammissibili degli spostamenti di seguito riportati, quindi, dedotti da quanto reperibile in letteratura, hanno solo una valenza generale e devono intendersi solo come valori orientativi.

4.2.1 Gallerie in ambito urbano

In base a quanto reperibile in letteratura (*Mair e Taylor e Burland (1996) "Prediction of ground movements and assessment of risk of building damage due to bored tunneling"*) gli spostamenti (rapporti di inflessione Δ/L e deformazioni orizzontali) valutabili come riportato in letteratura (*Peck(1969)"Deep excavation and tunneling"*) indotti sulle preesistenze superficiali dallo scavo di gallerie superficiali possono correlarsi alle possibili categoria di danno (deformazione unitaria massima di allungamento ϵ_{max} , in base ad una vasta e collaudata esperienza in merito.

Gli spostamenti massimi risultano quindi connessi con la categoria di danno ritenuta ammissibile per garantire contemporaneamente la funzionalità e la sicurezza delle preesistenze che in linea generale potrà essere cautelativamente posta pari ad 2.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Classe di danno	Normal degree of severity	Limiting tensile strain (ϵ_{max}) (%)
0	Negligible	0-0.05
1	Very Slight	0.05-0.075
2	Slight	0.075-0.15
3	Moderate	0.15-0.3
4 to 5	Severe to Very Severe	>0.3

(Mair R.J., Taylor R.N., Burland J.B., (1996) "Prediction of ground movements and assessment of risk of building damage due to bored tunneling")

4.2.2 Fondazioni strutture

Si riportano di seguito alcuni dati reperibili in letteratura relativi alle distorsioni ammissibili in relazione alla tipologia strutturale ed al tipo di danno atteso (Bjerrum (1963), "Allowable settlements of structures"):

:

<i>Categoria di danno potenziale</i>	<i>tan β</i>
Limite oltre il quale possono sorgere problemi in macchinari sensibili ai cedimenti	1/750
Limite di pericolo per strutture reticolari	1/600
Limite di sicurezza per edifici in cui non si ammettono fessurazioni	1/500
Limite oltre il quale possono apparire le prime fessure nei muri di tamponamento e difficoltà nell'uso dei carri ponte	1/300
Limite oltre il quale possono essere visibili inclinazioni di edifici alti	1/250
Notevoli fessure in muri di tamponamento e muri portanti in laterizio.	
Limite di sicurezza per muri portanti in laterizio con $h/L < 1/4$.	1/150
Limite oltre il quale si devono temere danni strutturali negli edifici.	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Buildings settling under their own weight						Buildings subject to rapid movement caused by under-pinning
<i>(a) Framed buildings and reinforced load-bearing walls</i>						
Limiting values of relative rotation (angular distortion, β) given by:						
	Skempton & MacDonald ^(a) (1956)	Meyerhof (1956)	Polshin & Tokar (1957)	Bjerrum (1963)	O'Rourke <i>et al.</i> (1976)	
Structural Damage	1/150	1/250	1/200	1/150	-	
Cracking in walls and partitions	1/300 (but 1/500 recommended)	1/500	1/500 (0.7/1000 to 1/1000 for end bays)	1/500	1/750	
<i>(b) Unreinforced load-bearing walls</i>						
Limiting values of deflection ratio (Δ/L) for the onset of visible cracking given by:						
	Meyerhof (1956)	Polshin & Tokar (1957)		Burland & Wroth (1975)	O'Rourke <i>et al.</i> (1976)	
Sagging	1/2500	1/3300-1/2500; $L/H < 3$ 1/2000-1/1430; $L/H > 5$		1/2500; $L/H = 1$ 1/1250; $L/H = 5$	1/4000 ^(b) at $L/H = 1$	
Hogging	-	-		1/5000; $L/H = 1$ 1/2500; $L/H = 5$		
Notes: (a) Studies of permissible deformation may not be applicable to tunnelling-induced movements since the time scales are not comparable. In addition, deformations associated with tunnelling may include a substantial component of horizontal strain.						
(b) Given at $\beta = 1/1000$ and assuming a ratio of Δ/L to β of 1:4 consistent with circular curvature on a limb of a trough, (O'Rourke <i>et al.</i> , 1976)						

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In linea di massima appare cautelativo e sufficientemente suffragato dall'esperienza fare riferimento alla classificazione di *W.J. Rankin (1988) "Ground Movements resulting from Urban tunneling: Prediction ed effects"* di seguito riportata:

Classe di danno	Distorsione β	Cedimento max W	Danno atteso
0	$\beta < 1/500$	$w < 1$ cm	Non visibile
1	$\beta < 1/500$	$1 \text{ cm} < w < 5$ cm	Compreso tra non visibile e leggero
2	$1/500 \leq \beta < 1/200$	$1 \text{ cm} < w < 5$ cm	Leggero: crepe facilmente rimovibili con tinteggiatura
3	$\beta > 1/200$	$w > 5$ cm	Moderato: danni a porte e finestre. Danni da infiltrazione di umidità

4.2.3 Fondazioni viadotti

In linea generale si possono considerare i seguenti valori orientativi per gli spostamenti massimi ammissibili:

- w_h (assoluto orizzontale) a testa pila: 4 cm (statico), 10 cm (sismico)
- Δw (cedimento differenziale verticale) fra pile adiacenti: $< 0.2\%$ della lunghezza libera delle luci concorrenti all'appoggio

Si riportano di seguito anche dei valori dei cedimenti assoluti e distorsioni massimi ammissibili secondo (*Poulos (2001), "Foundations and retaining structures – research and practise"*):

Bridges – general	Ride quality	Total settlement	100 mm
	Structural distress	Total settlement	63 mm
	Function	Horizontal movement	38 mm
Bridges – multiple span	Structural damage	Angular distortion	1/250
Bridges – single span	Structural damage	Angular distortion	1/200

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.2.4 Opere di sostegno flessibili

Come riportato in Normativa (NTC2008) gli spostamenti dell'opera devono essere valutati dai progettisti per verificarne la compatibilità con:

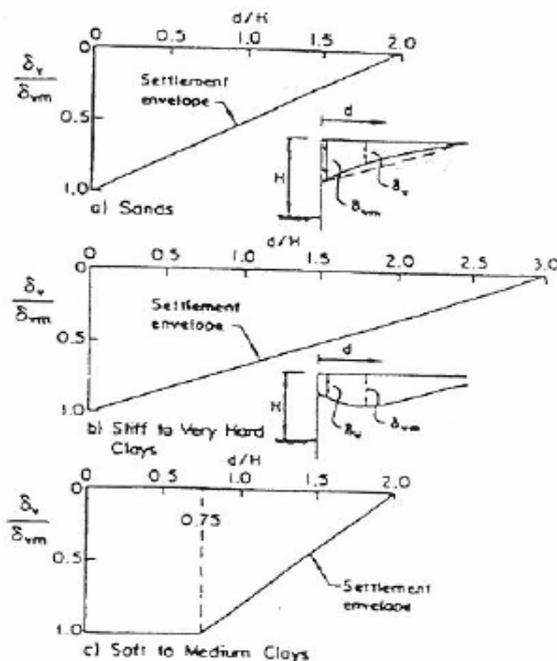
- 1) la funzionalità e la sicurezza globale dell'opera;
- 2) la sicurezza e la funzionalità dei manufatti adiacenti anche in relazione alla modifica delle pressioni interstiziali nel sottosuolo;
- 3) in condizioni sismiche anche con il massimo valore che l'opera può sopportare senza subire una riduzione di resistenza;

In tutti i casi per poter valutare un valore ammissibile degli spostamenti è necessario effettuare, caso per caso, un'analisi di interazione terreno-opera ed anche tra terreno, opera e manufatti preesistenti.

In linea del tutto generale e solo orientativa, per i punti precedenti, può valere quanto segue:

- 1) lo spostamento massimo ammissibile nei confronti della sicurezza globale (SLU) può essere valutato, soprattutto per terreni coesivi, in base a quanto proposto da *Mana e Clough (1981)* ("Prediction of Movements for braced cut in clay") per paratie puntonate: per garantire un coefficiente di sicurezza $FS > 2$ nei confronti del sollevamento del fondo scavo si deve avere che lo spostamento deve risultare inferiore a $0.5\% H$ (altezza fuori scavo).
- 2) Lo spostamento massimo ammissibile (in relazione alla funzionalità (SLE) e alla sicurezza (SLU) delle preesistenze) può essere indirettamente valutato facendo riferimento ai diagrammi empirici reperibili in letteratura (*Clough e O'Rourke (1990)*, "Construction induced movements in situ walls") che riportano profili di subsidenza a tergo dell'opera, normalizzati rispetto al cedimento massimo (che per paratie multiancorate può porsi pari al 94% dello spostamento orizzontale della parete):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



- 3) La Normativa (NTC2008) prescrive che, in condizioni sismiche, lo spostamento massimo debba in ogni caso essere inferiore allo 0.5% dell'altezza fuori scavo.

4.2.5 Muri rigidi

Tipici valori degli spostamenti massimi ammissibili indicati anche dagli Eurocodici sono di seguito indicati

- Muri a gravità: $0.002 H$ (traslazione)
- Muri liberi in testa e vincolati alla base: $0.005 H$ (rotazione intorno alla base)
- Muri vincolati in testa (da tiranti, impalcati,...): $0.002 H$ (rotazione intorno alla testa)

con H altezza del muro.

4.2.6 Rilevati

La Normativa (NTC2008) impone che i cedimenti del piano di fondazione, da valutare con specifiche analisi, siano compatibili con la funzionalità della sovrastruttura e delle preesistenze adiacenti.

In linea di massima i cedimenti residui massimi ammissibili non dovrebbero superare il 10% di quelli totali e comunque il valore di 5cm.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per la sovrastruttura stradale o ferroviaria si rimanda alle tolleranze massime ammesse.

Per le ferrovie si ammettono le seguenti variazioni massime delle caratteristiche geometriche dei binari:

$$\Delta_{\text{sghembo max}} = 6.5\text{‰} \text{ (base 3m)}$$

$$\Delta_{\text{sghembo max}} = 5.5\text{‰} \text{ (base 6m)}$$

$$\Delta_{\text{sghembo max}} = 4.5\text{‰} \text{ (base 9m)}$$

$$\Delta_{\text{sopraelevazione max}} = \pm 5\text{mm}$$

4.2.7 Pendii e sbancamenti

Lo spostamento ammissibile dipende da innumerevoli fattori fra i quali:

- tipo di pendio (artificiale, naturale)
- preesistenze
- gravità dei danni connessi allo sviluppo di eventuali dissesti
- stato limite

Si riportano di seguito dei “valori limite” assolutamente indicativi provenienti da indicazioni di letteratura, in relazione al tipo di preesistenze; il riferimento per un valore ammissibile, soprattutto in condizioni sismiche, è quello connesso con un grado di danno irrilevante.

Strutture			Infrastrutture viarie	
Grado di danno	Legg & Slosson (1984) u (cm)	Idriss (1985) u (cm)	Silvestri et al. (2006)	
	Grado di danno		u (cm)	
Irrilevante	< 0.5	< 3	Trascurabile	< 2
Modesto	0.5 – 5	15	Riparabile	2 - 10
Forte/Moderato	5 – 50	30	Interruzione	10 - 50
Severo/Elevato	50 – 500	90	Collasso	> 50
Catastrofico	> 500	300		

Per quanto riguarda più genericamente le procedure di dimensionamento e verifica, si rimanda a quanto previsto nelle singole relazioni di calcolo delle Opere ed a quanto comunque previsto dalle Specifiche di Progetto (Documenti GCG.F).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5 ALLEGATI

5.1 CONGLOMERATI DI PEZZO

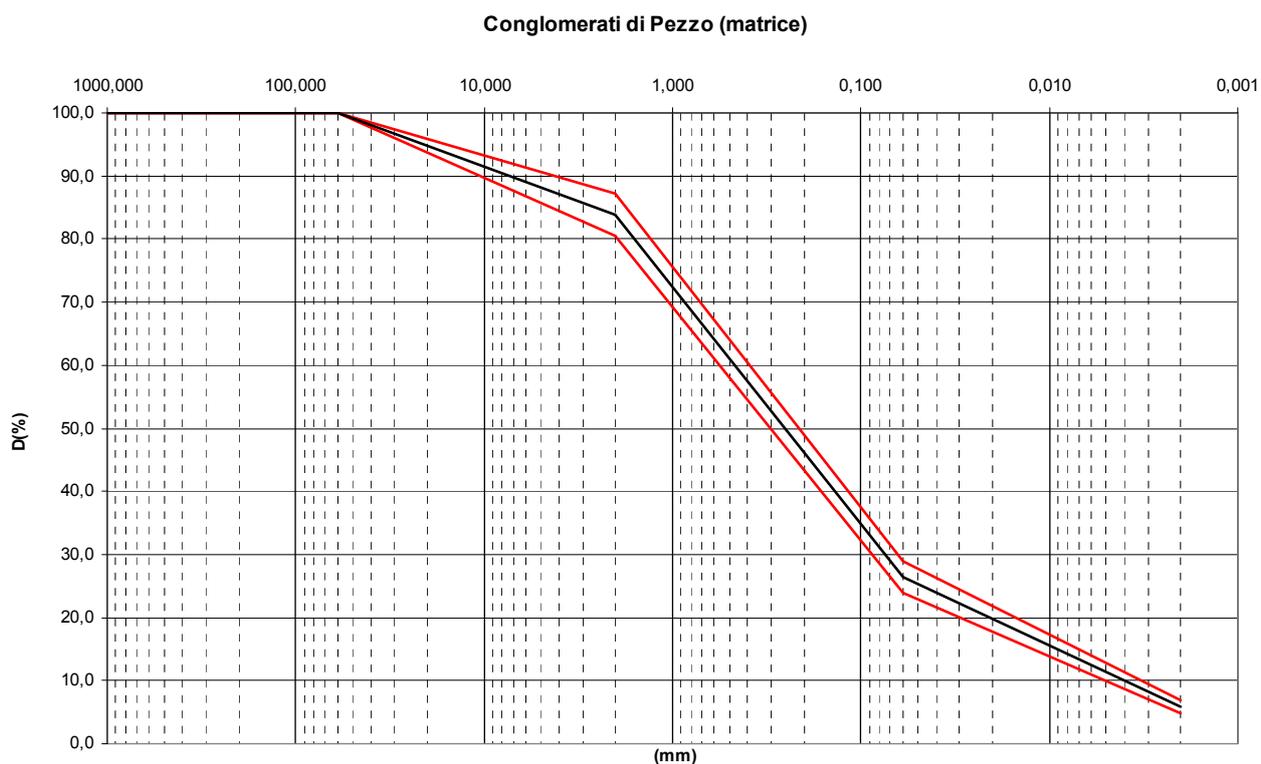


Figura 50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Conglomerato di Pezzo (matrice) - Analisi granulometriche - %
sabbia % ghiaia % limo**

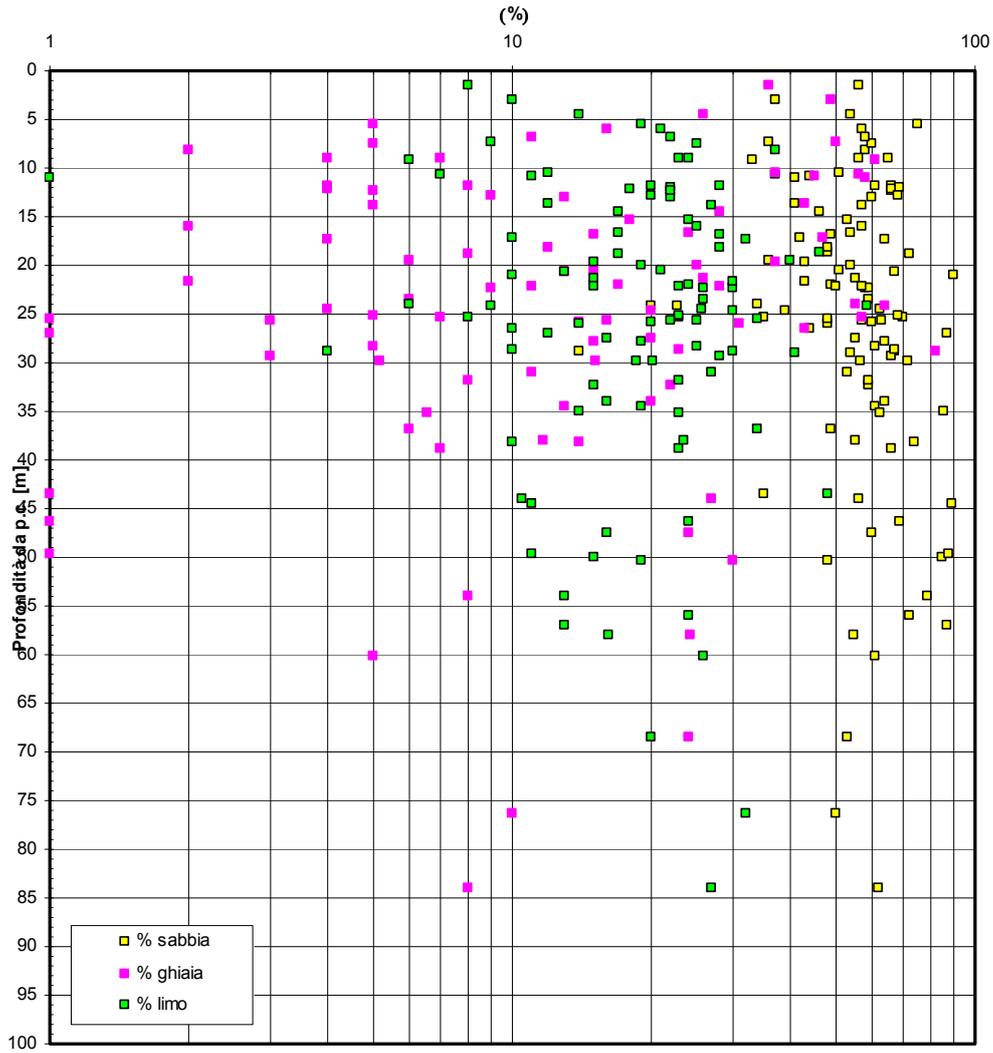
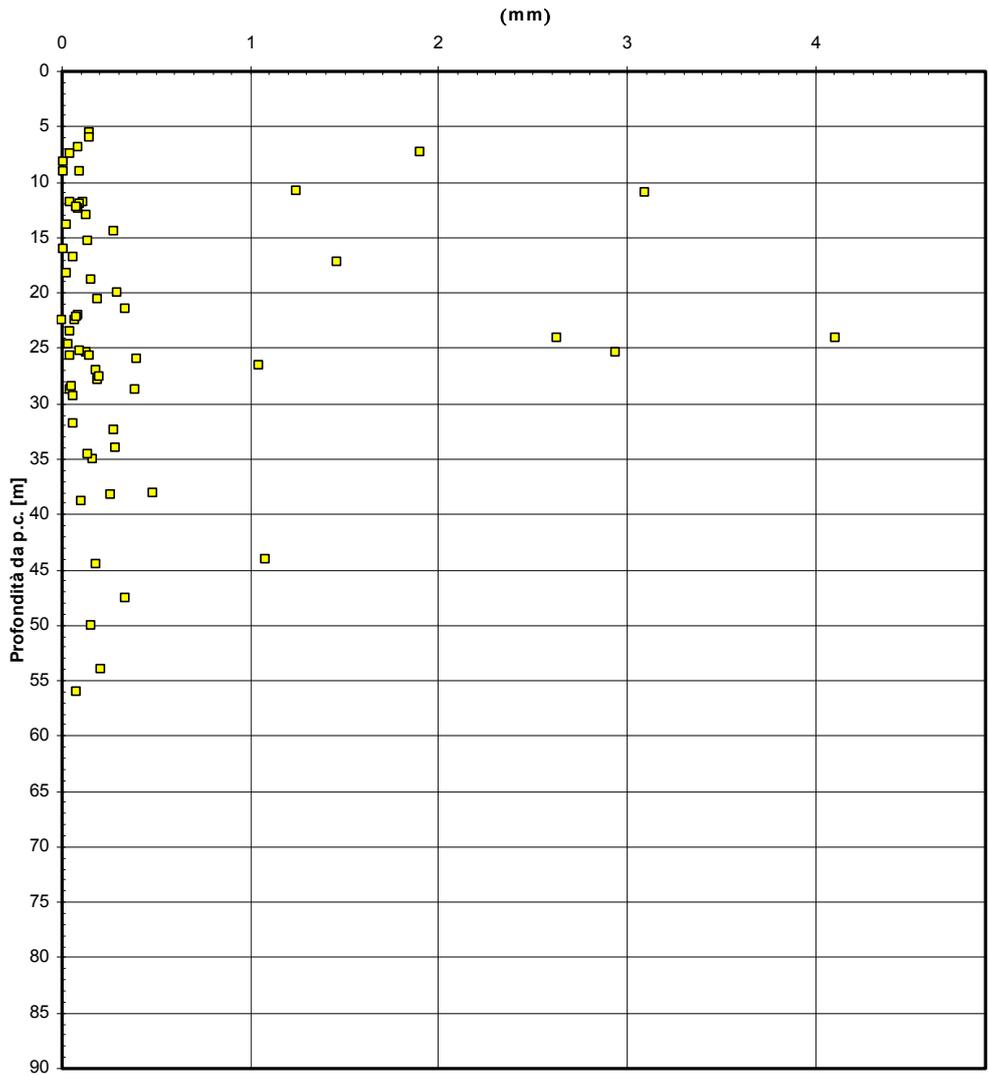


Figura 51

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Conglomerato di Pezzo (matrice) - d50(mm)



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

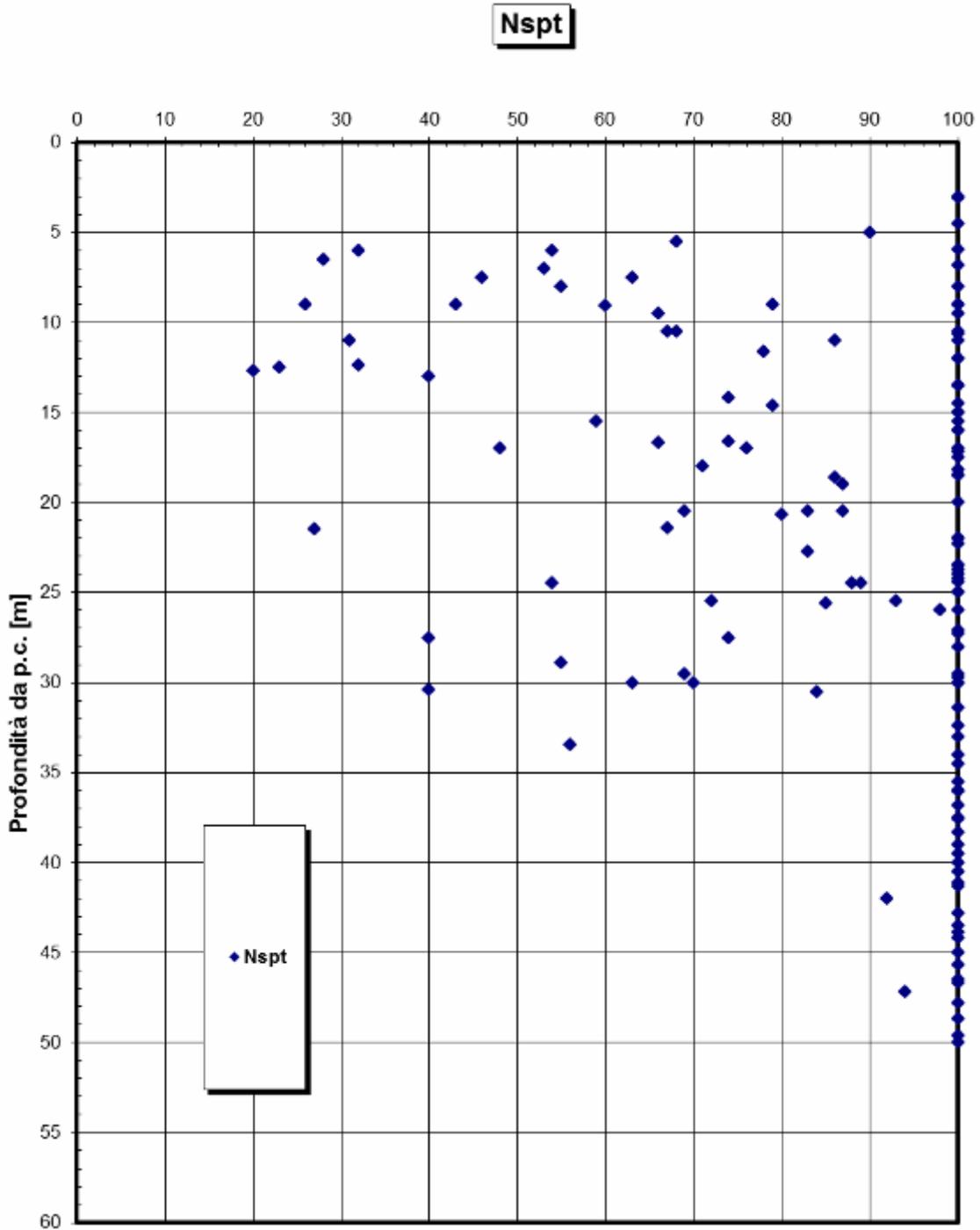


Figura 53

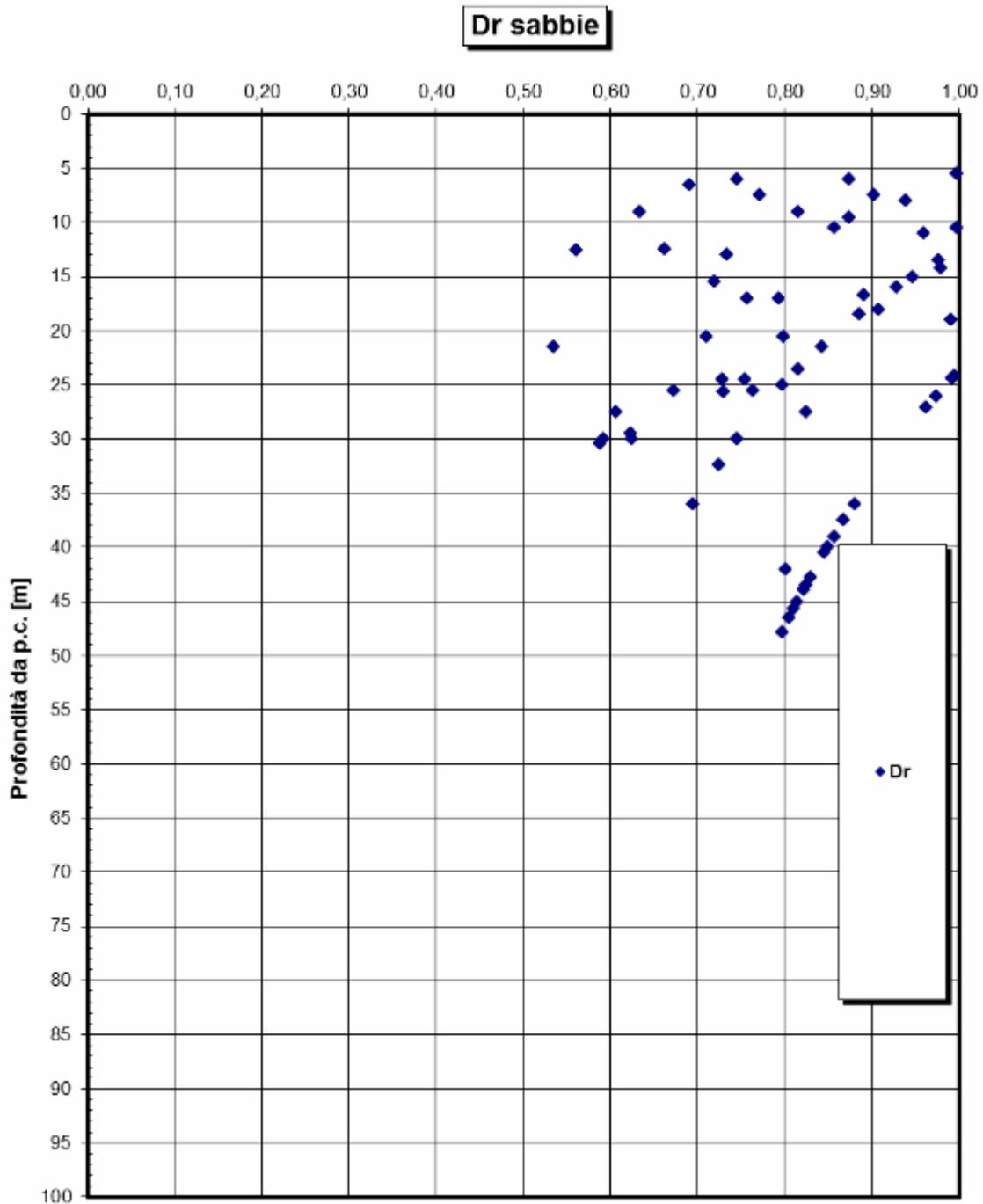


Figura 54

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

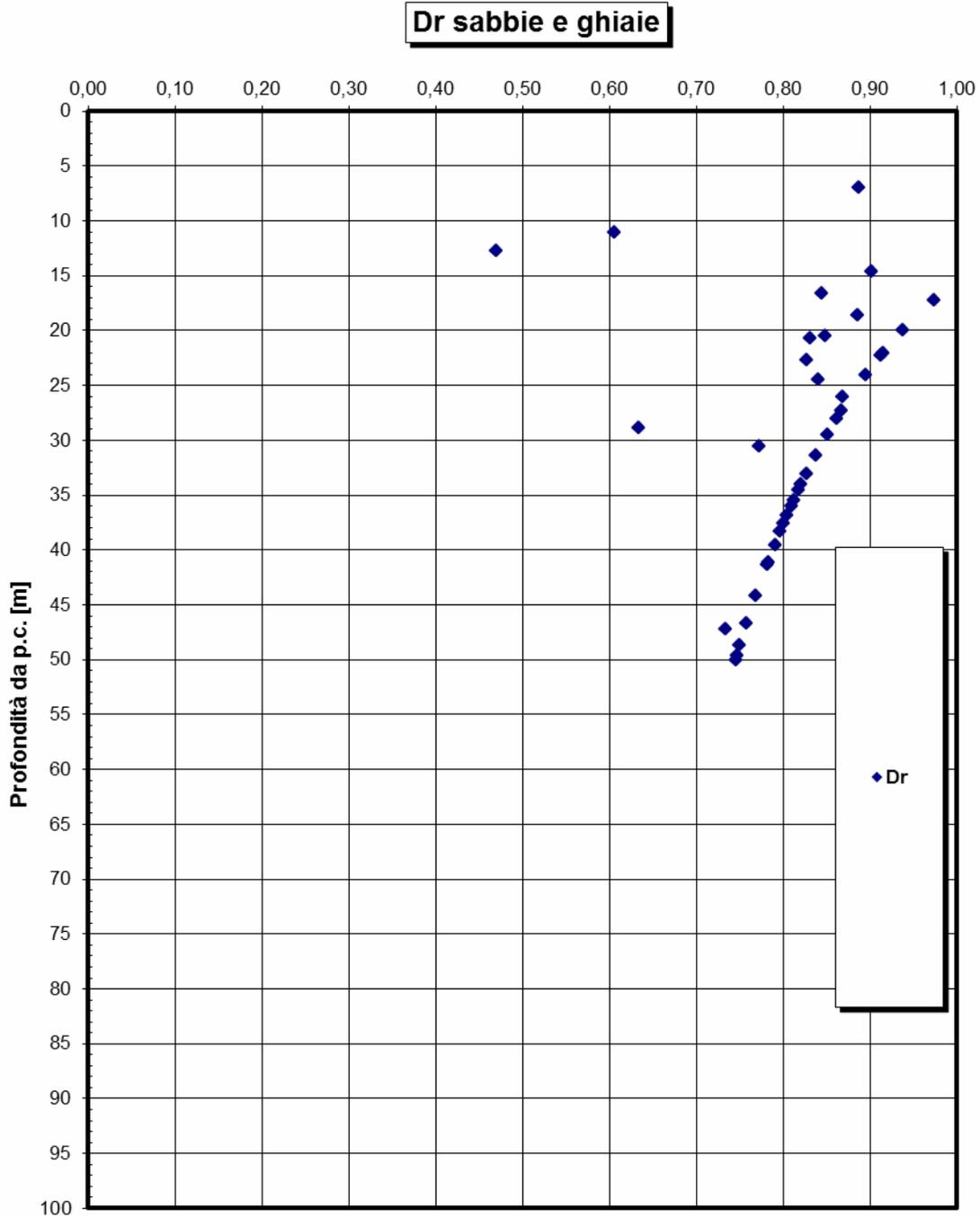


Figura 55

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo

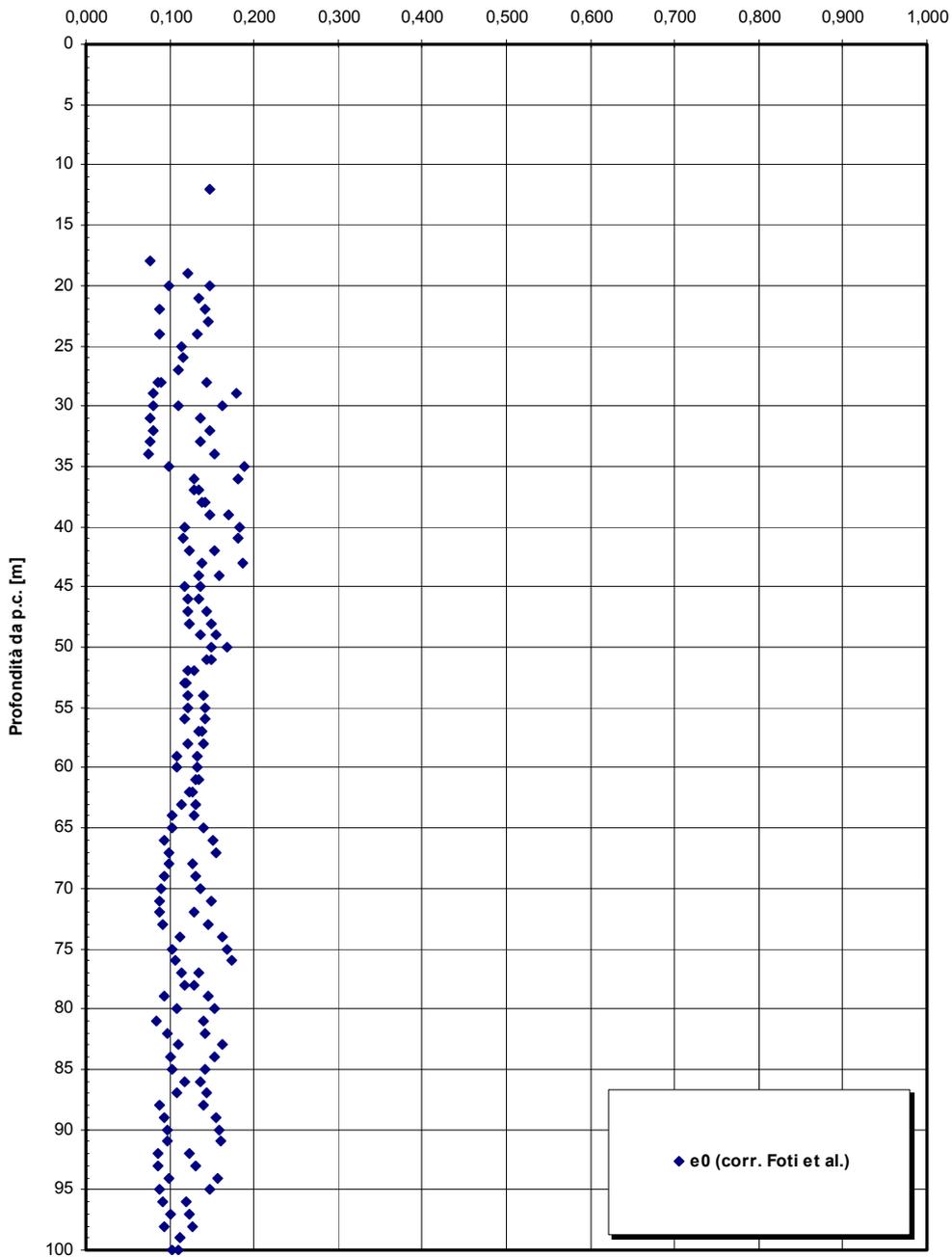


Figura 56

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

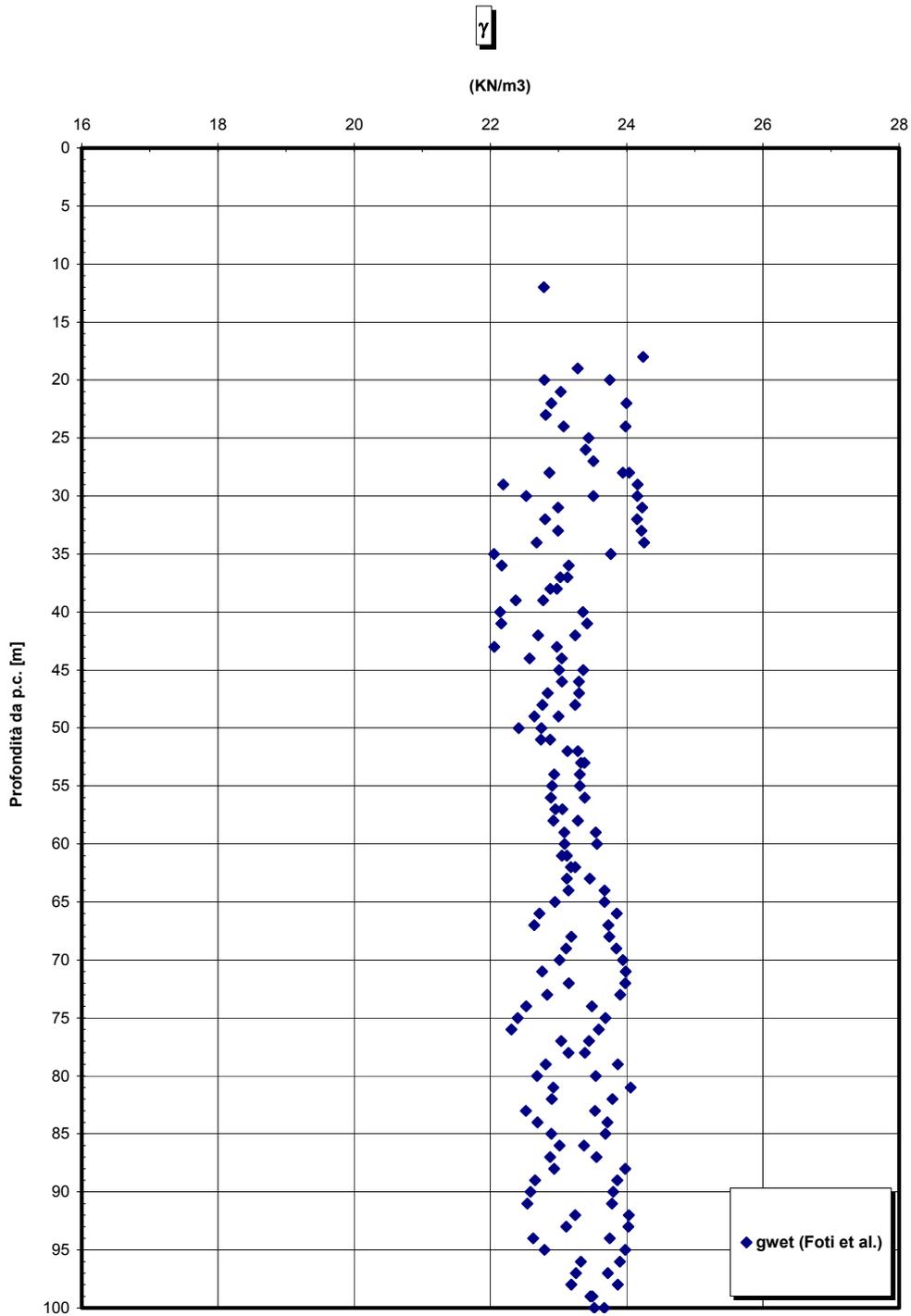


Figura 57

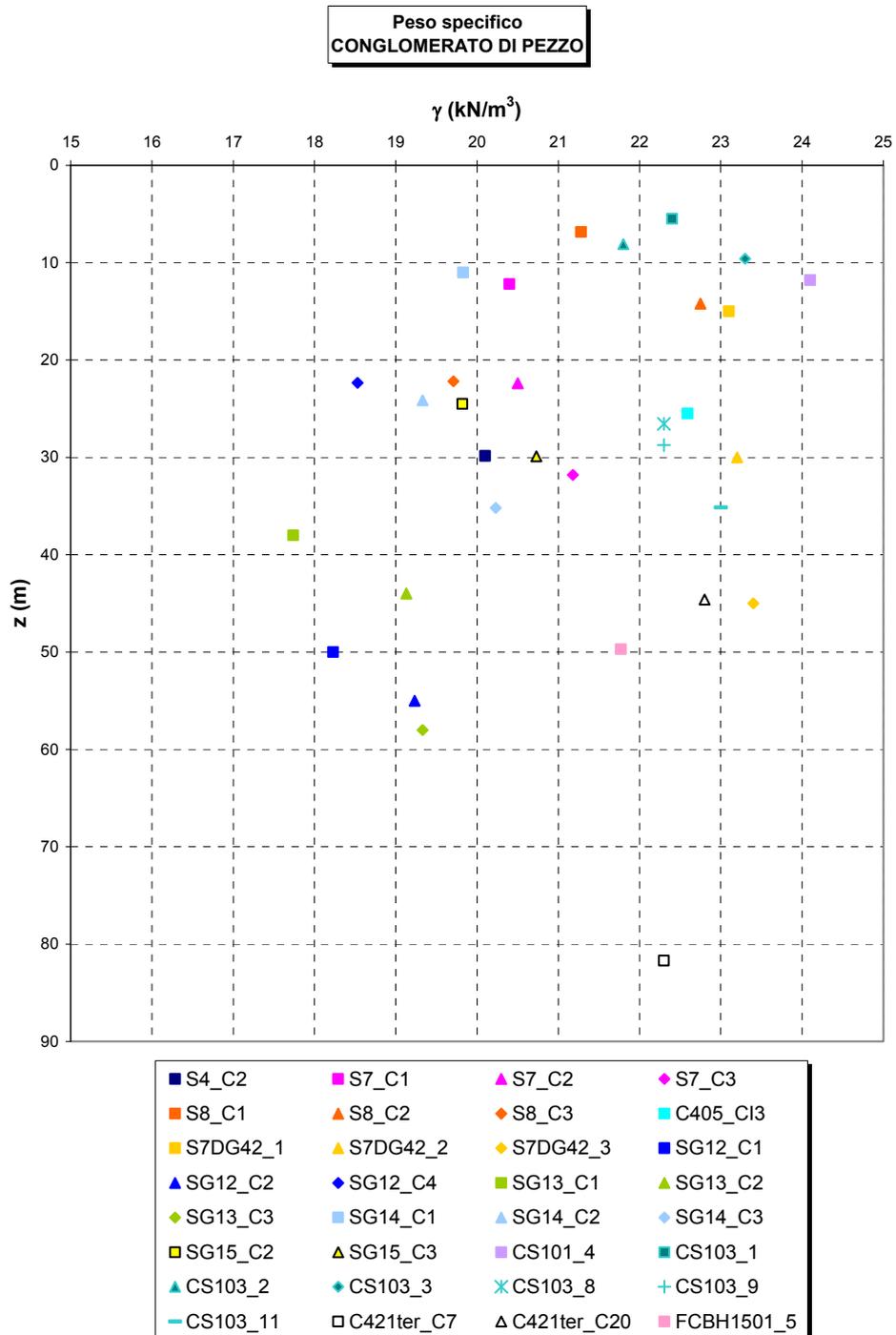


Figura 58

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

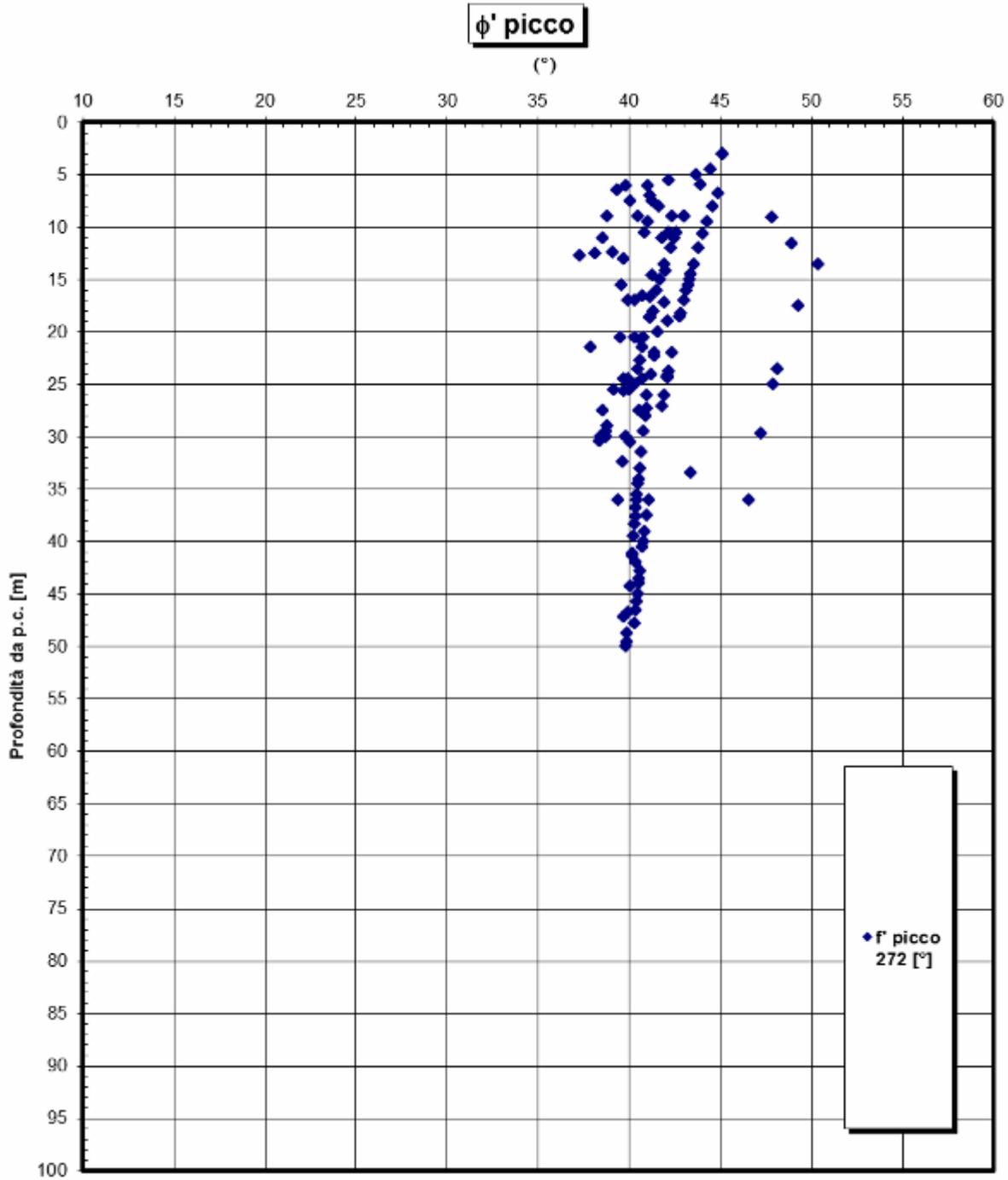


Figura 59

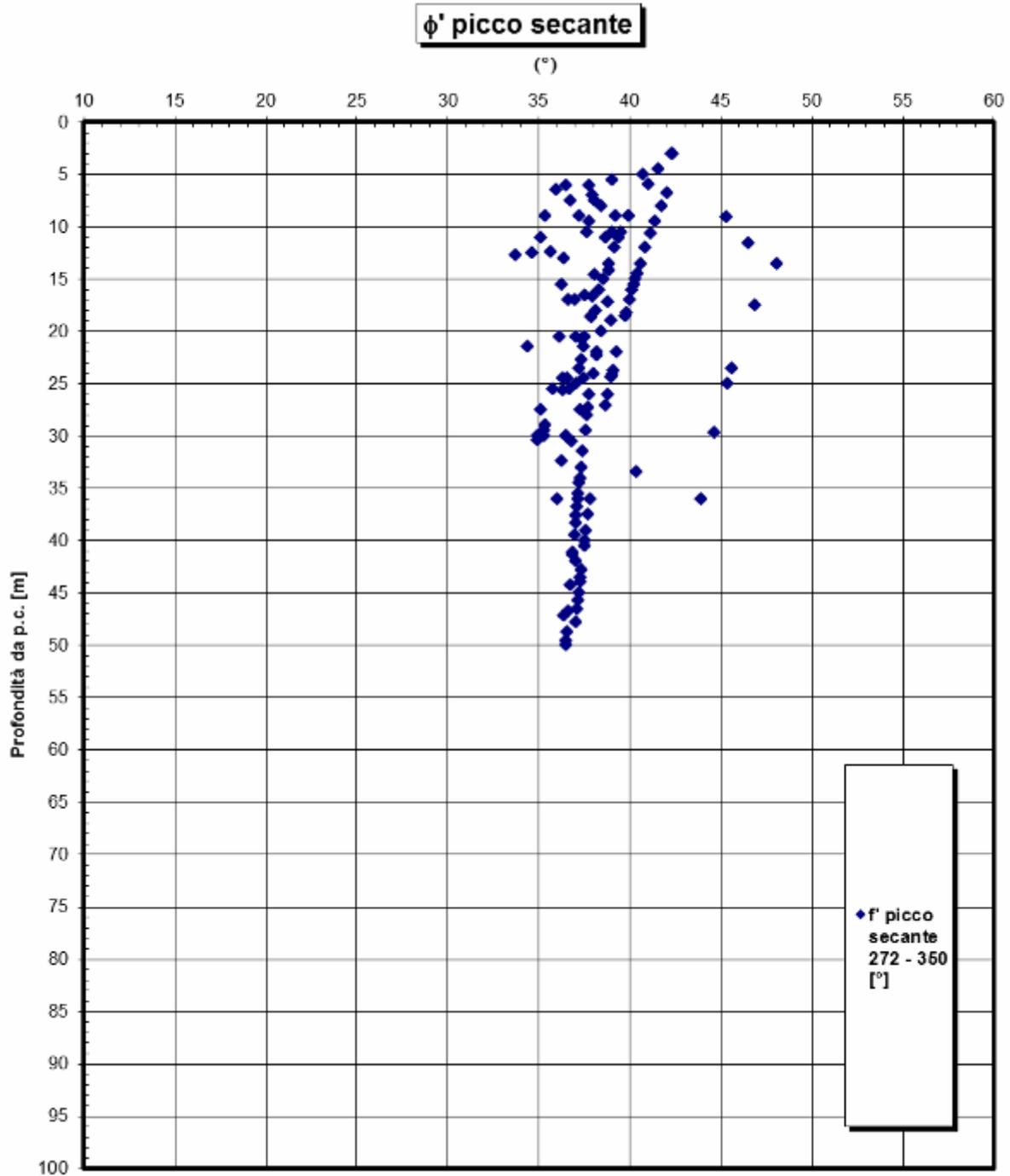


Figura 60

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

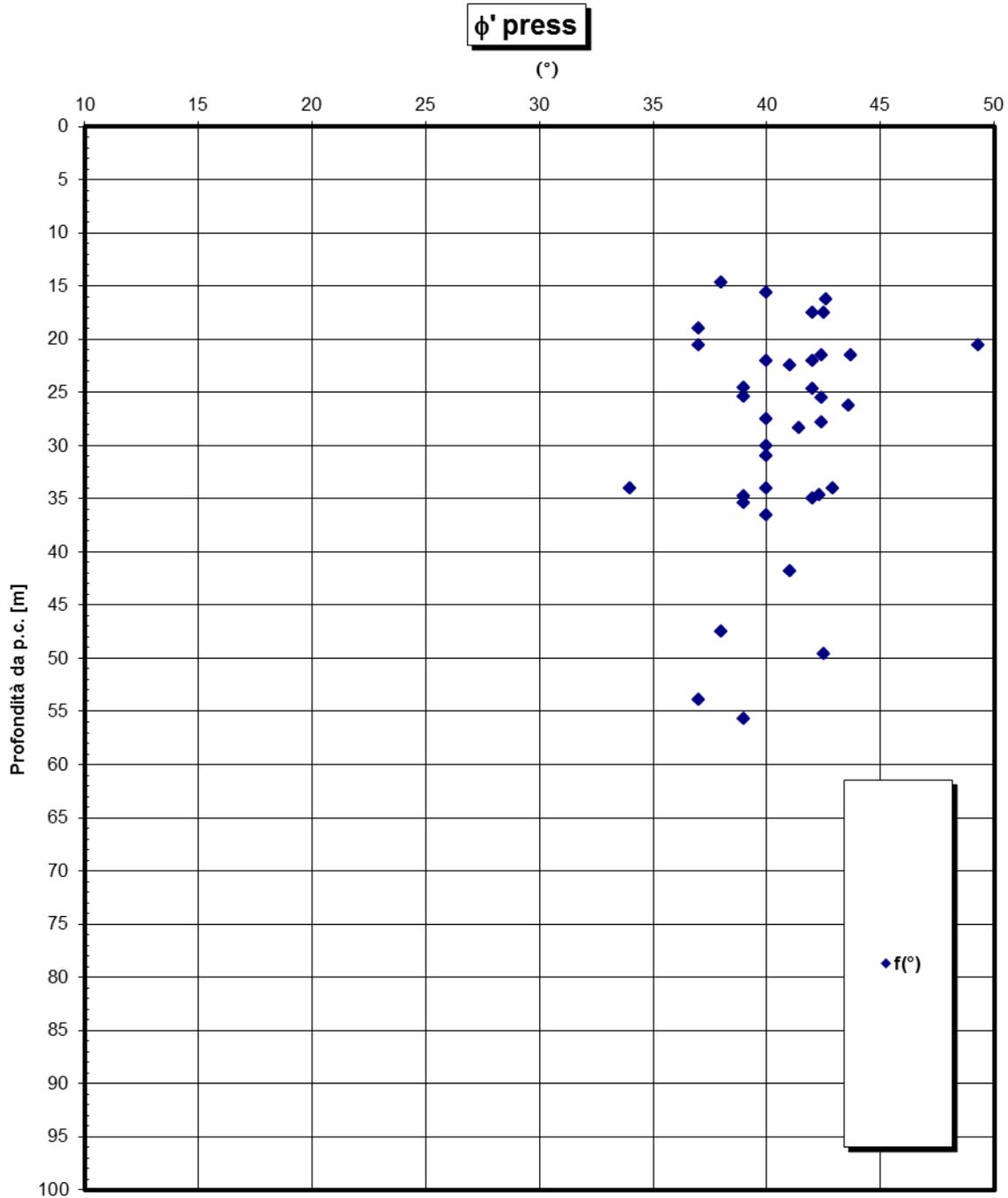


Figura 61

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

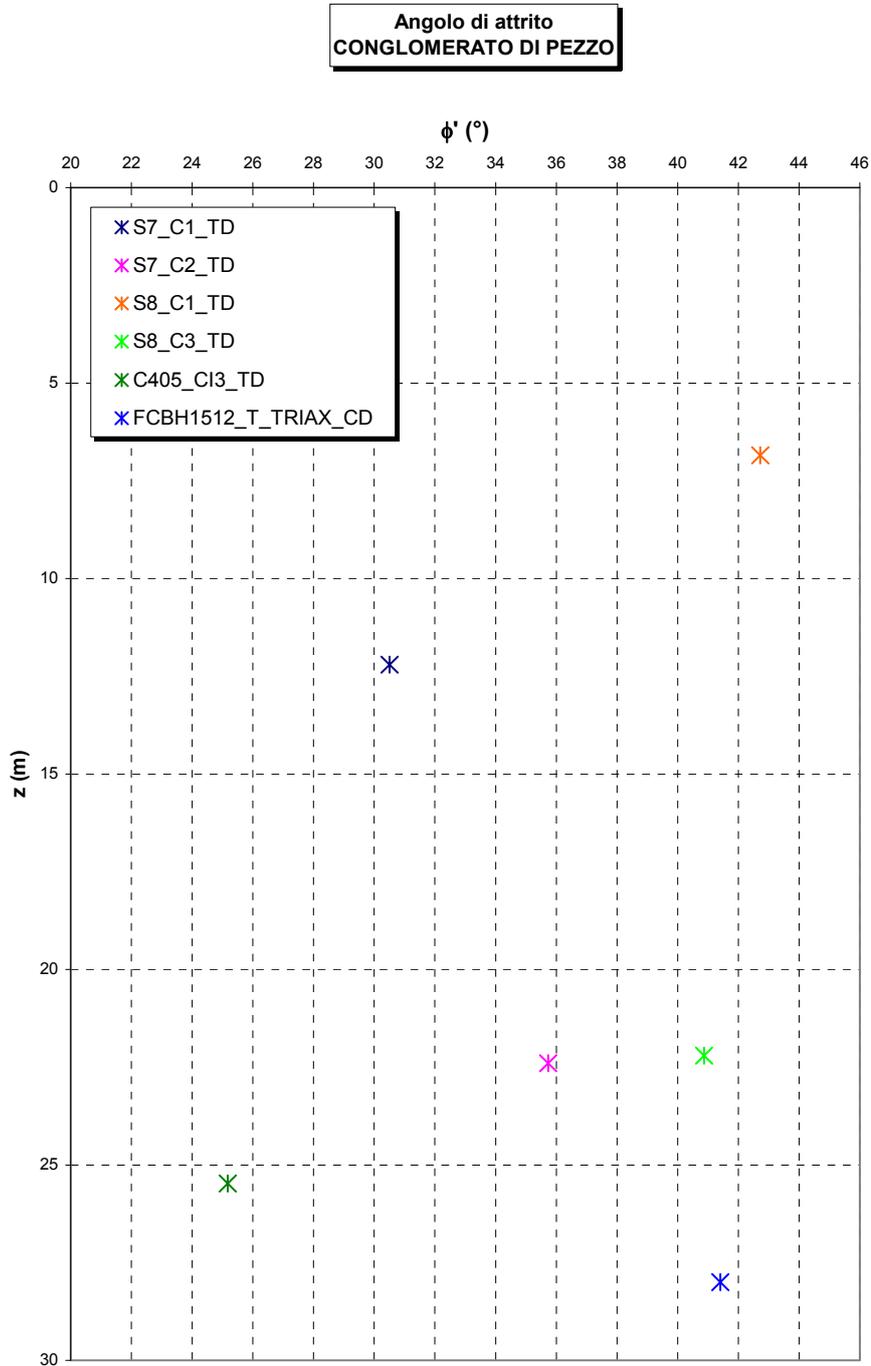


Figura 62

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

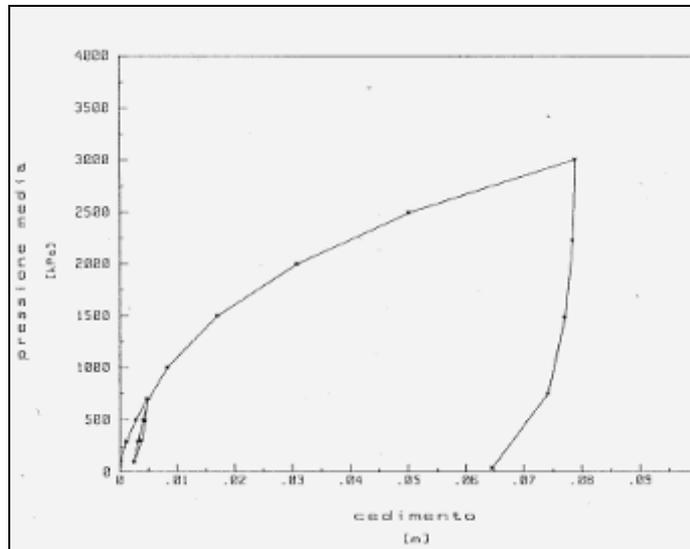


Figura 63 *PLT Ancoraggio Calabria (-5 m da p.c.)*

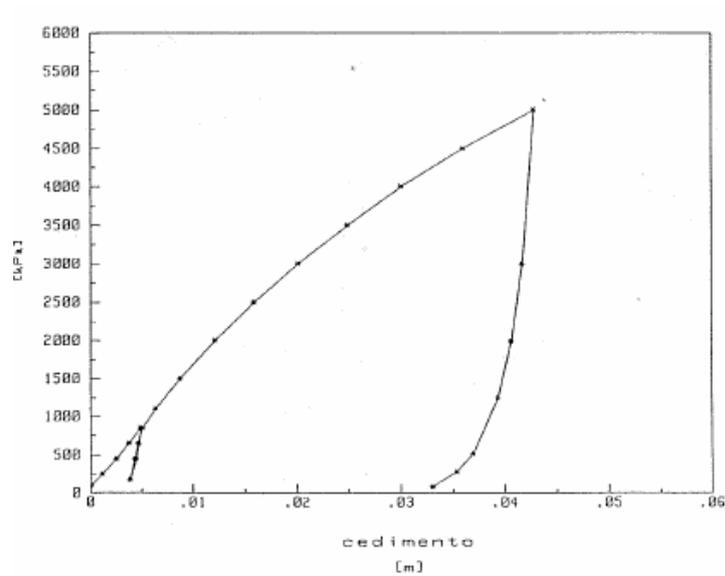


Figura 64 *PLT Ancoraggio Calabria (-11.85 m da p.c.)*

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

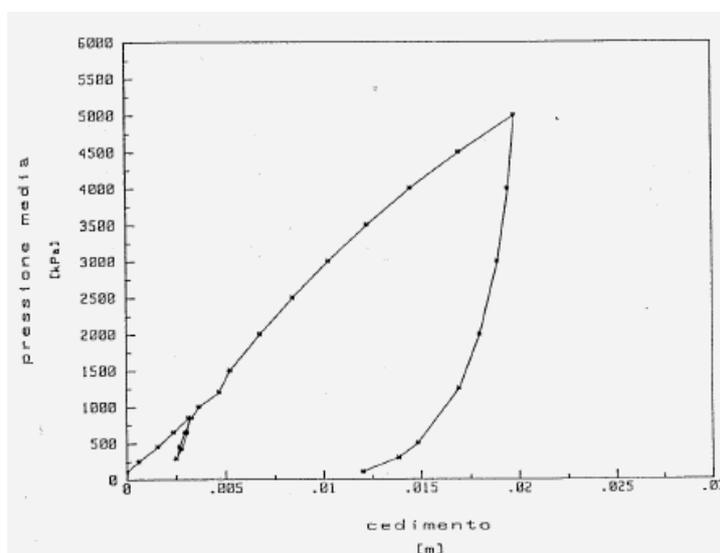


Figura 65 PLT Ancoraggio Calabria (-16 m da p.c.)

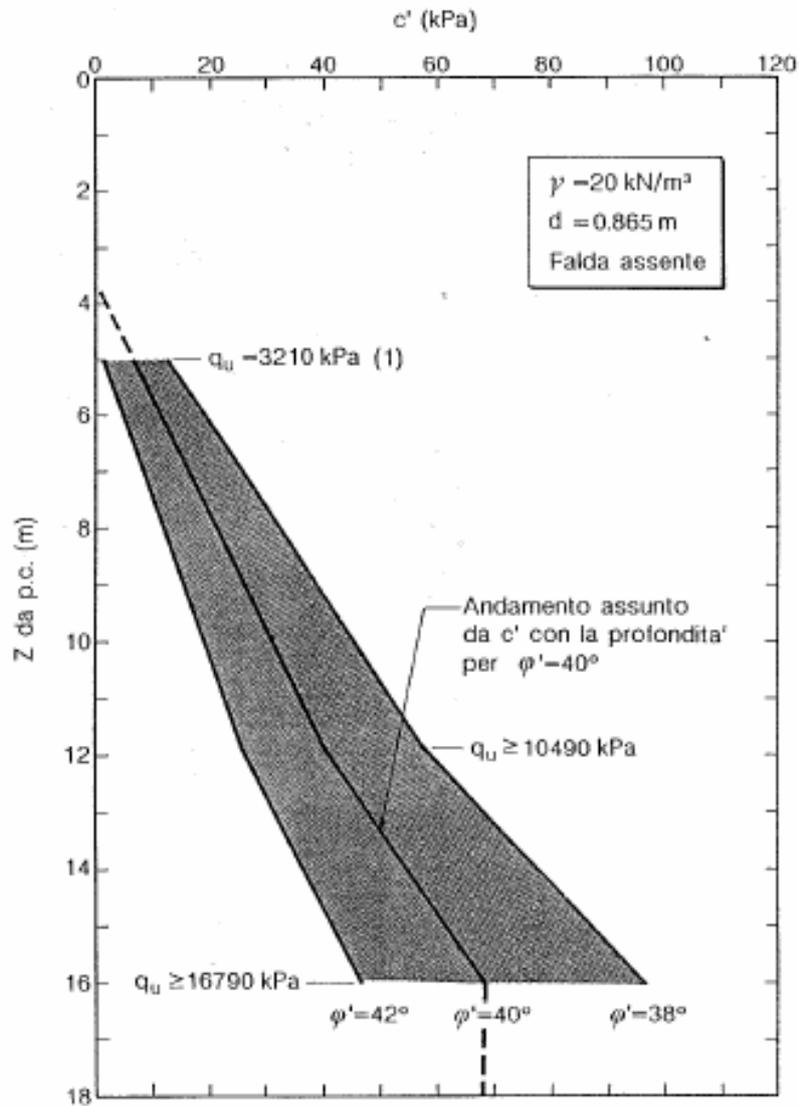


Figura 66 Ancoraggio Calabria, prove di carico su piastra

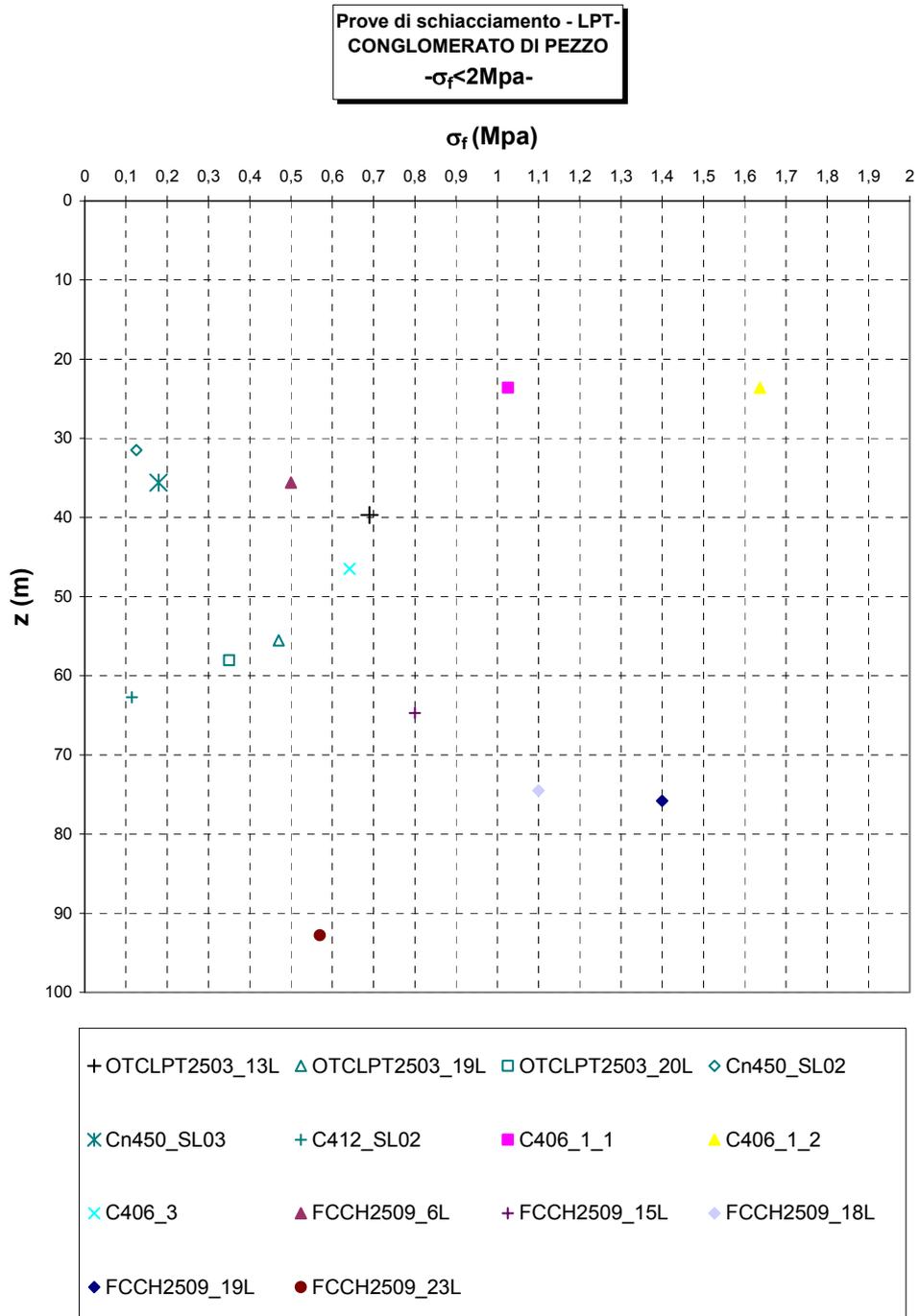


Figura 67

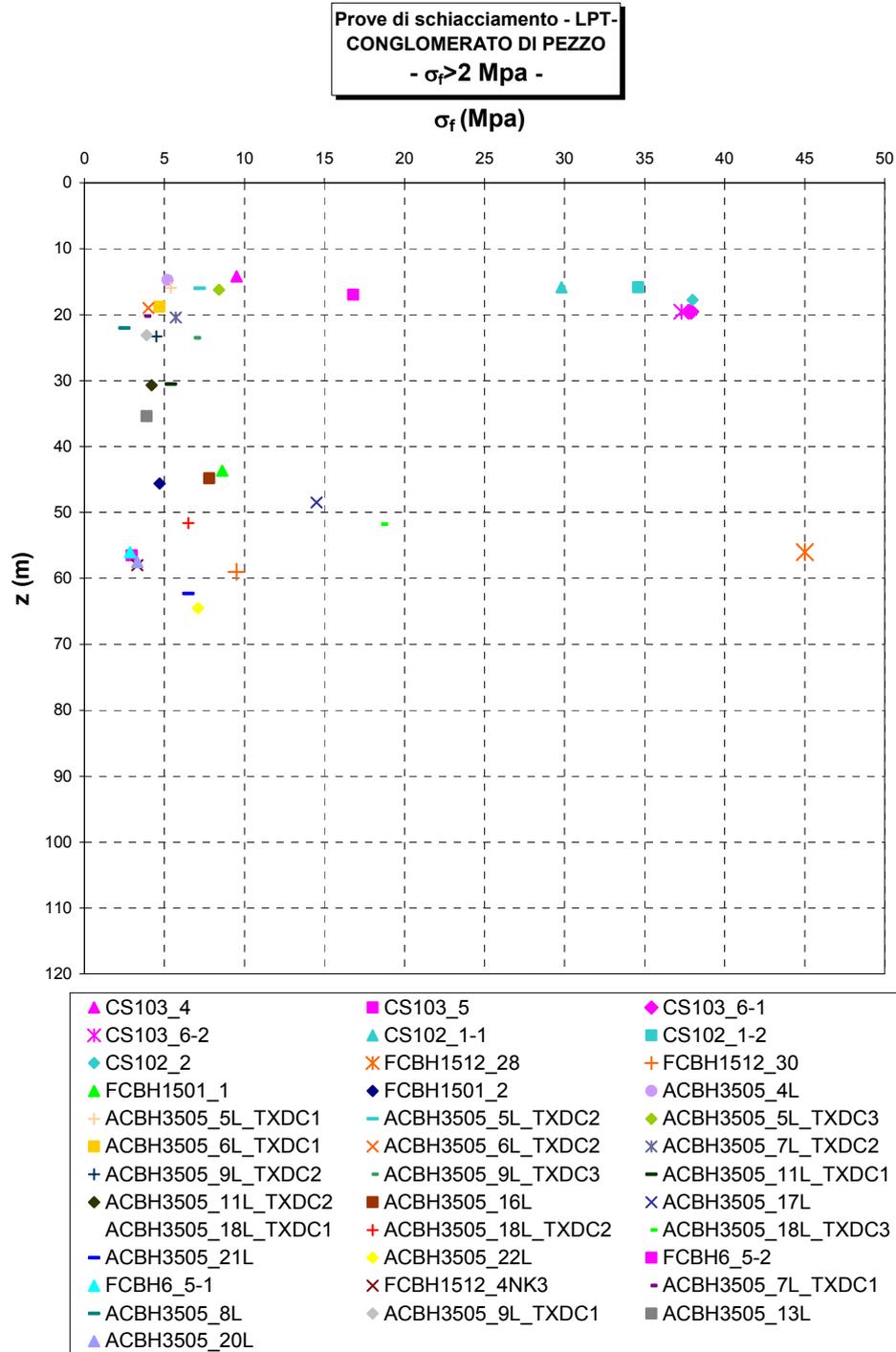


Figura 68

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

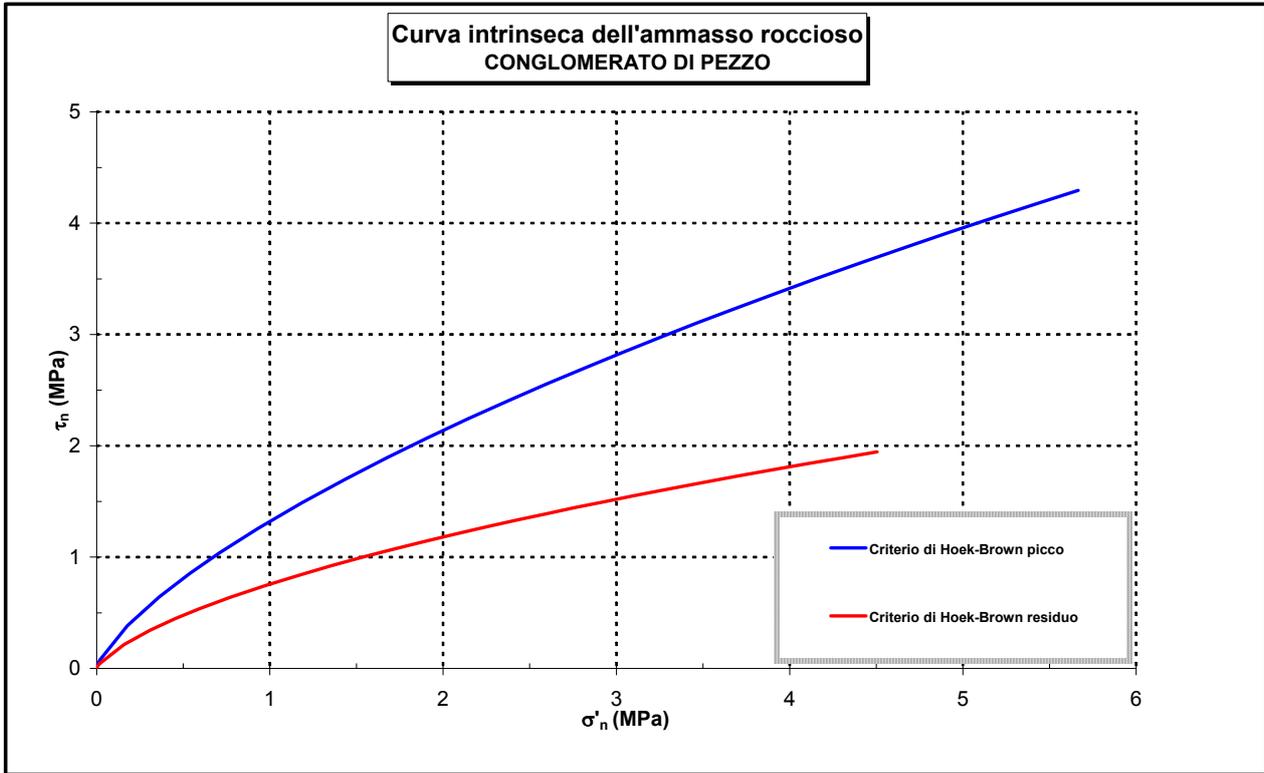


Figura 69

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

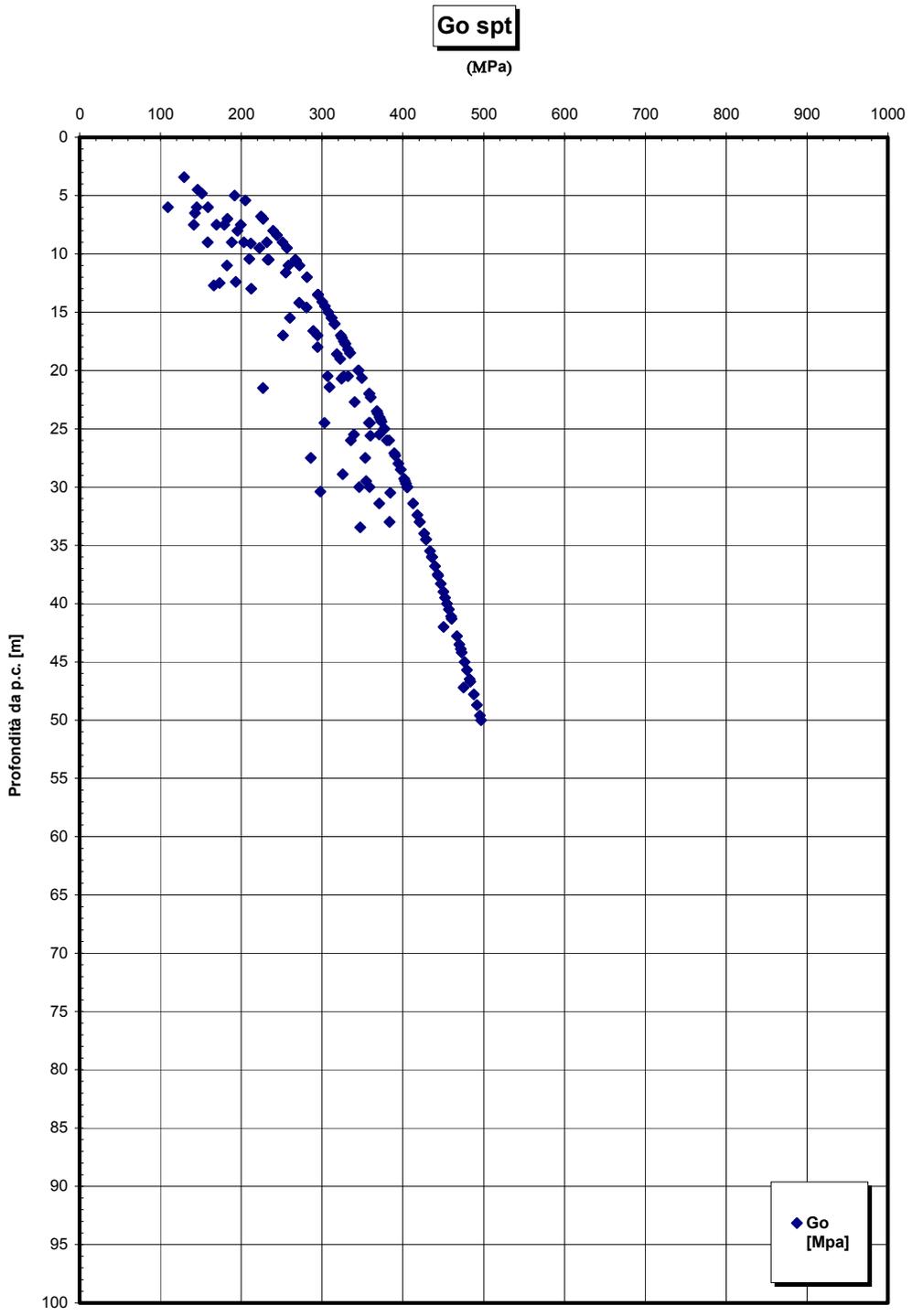


Figura 70

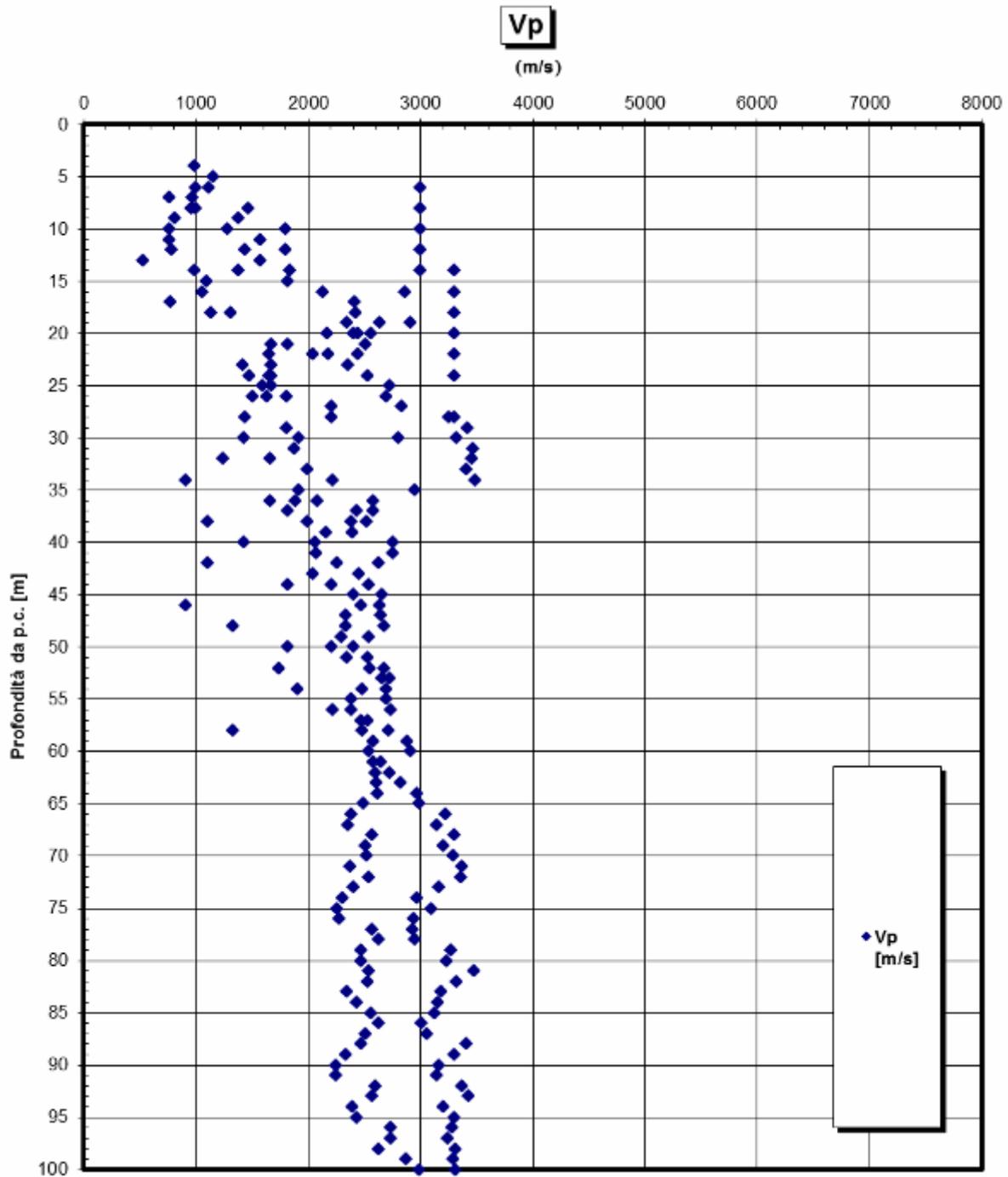


Figura 71

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

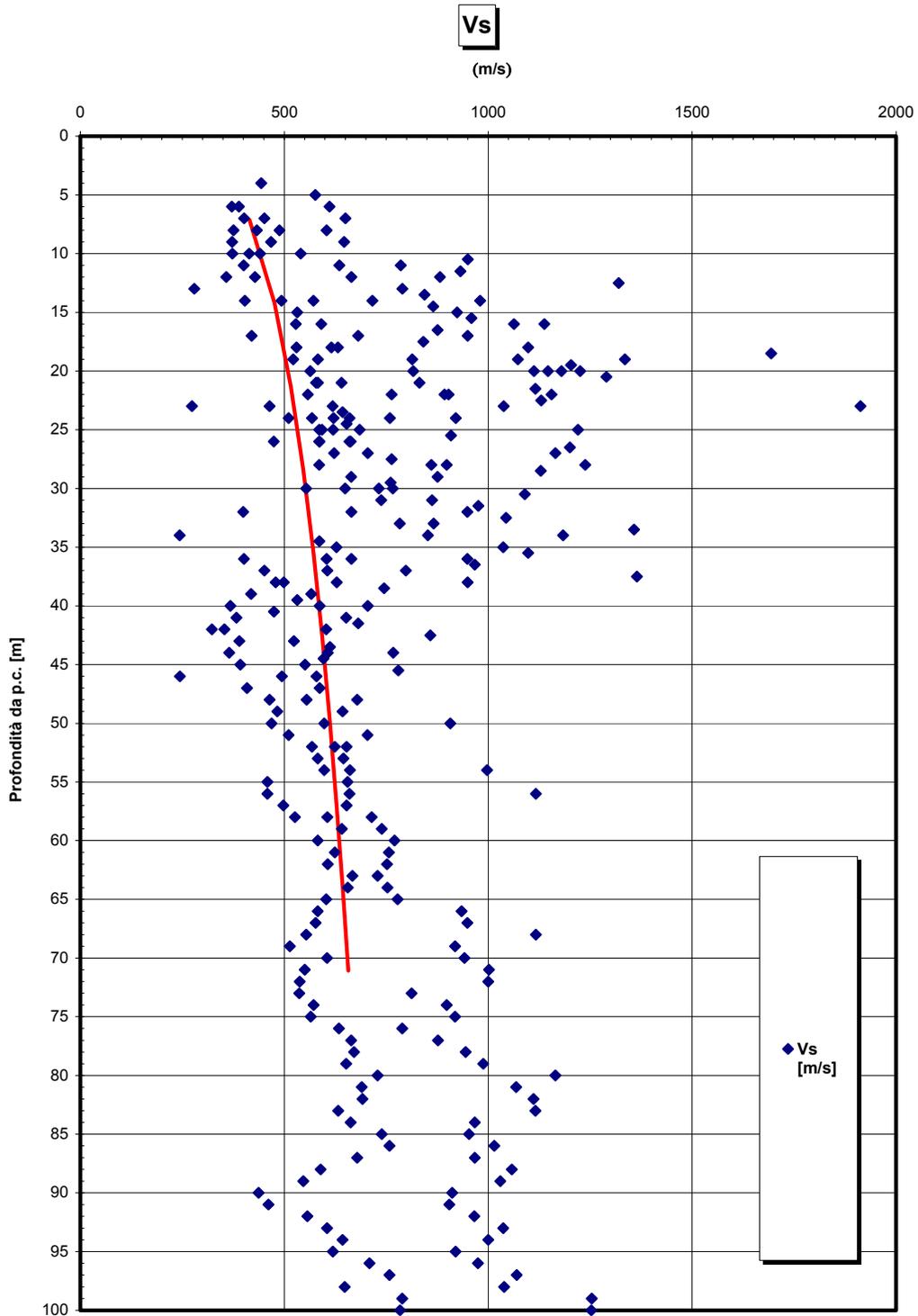


Figura 72

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

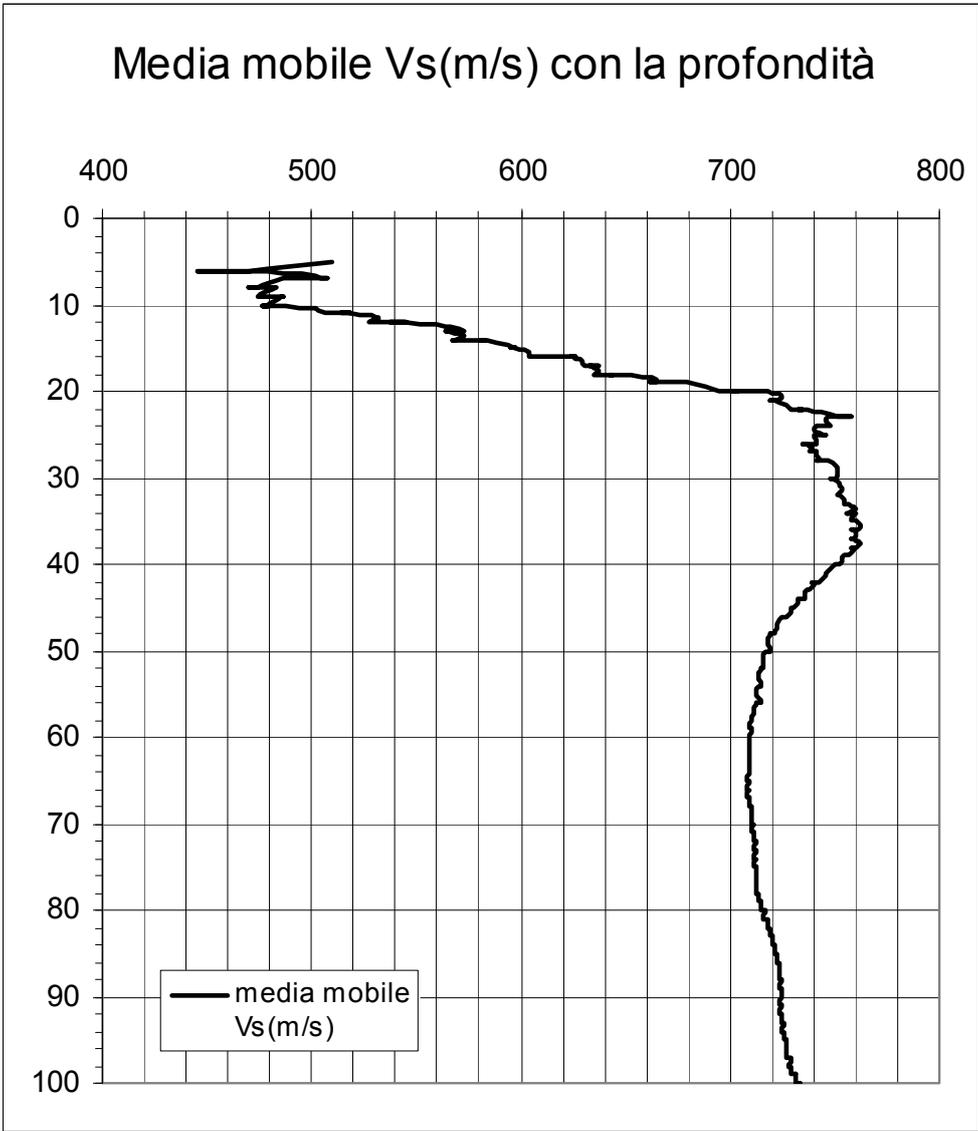


Figura 73

**Prove sismiche
CONGLOMERATO DI PEZZO**

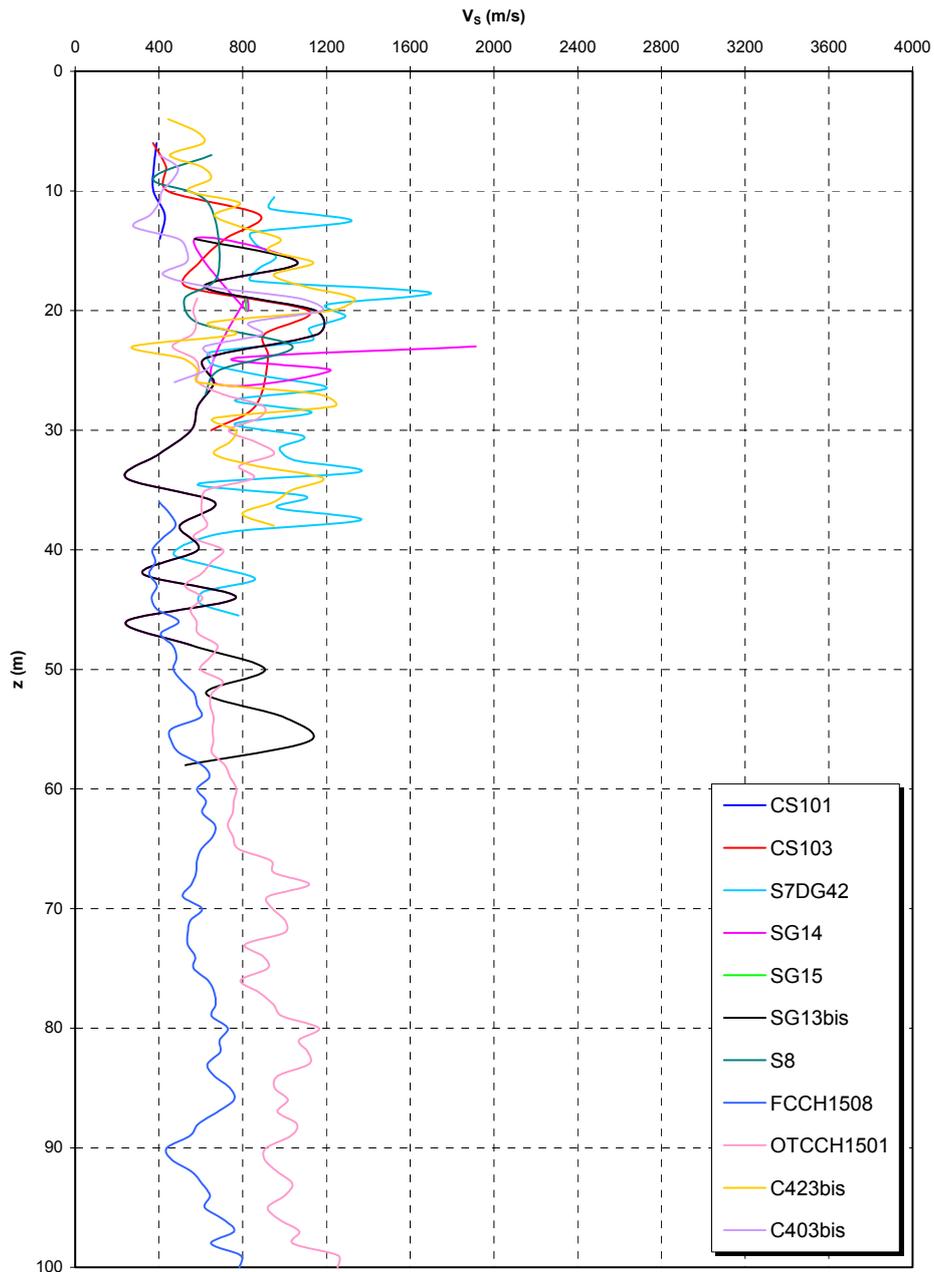


Figura 74

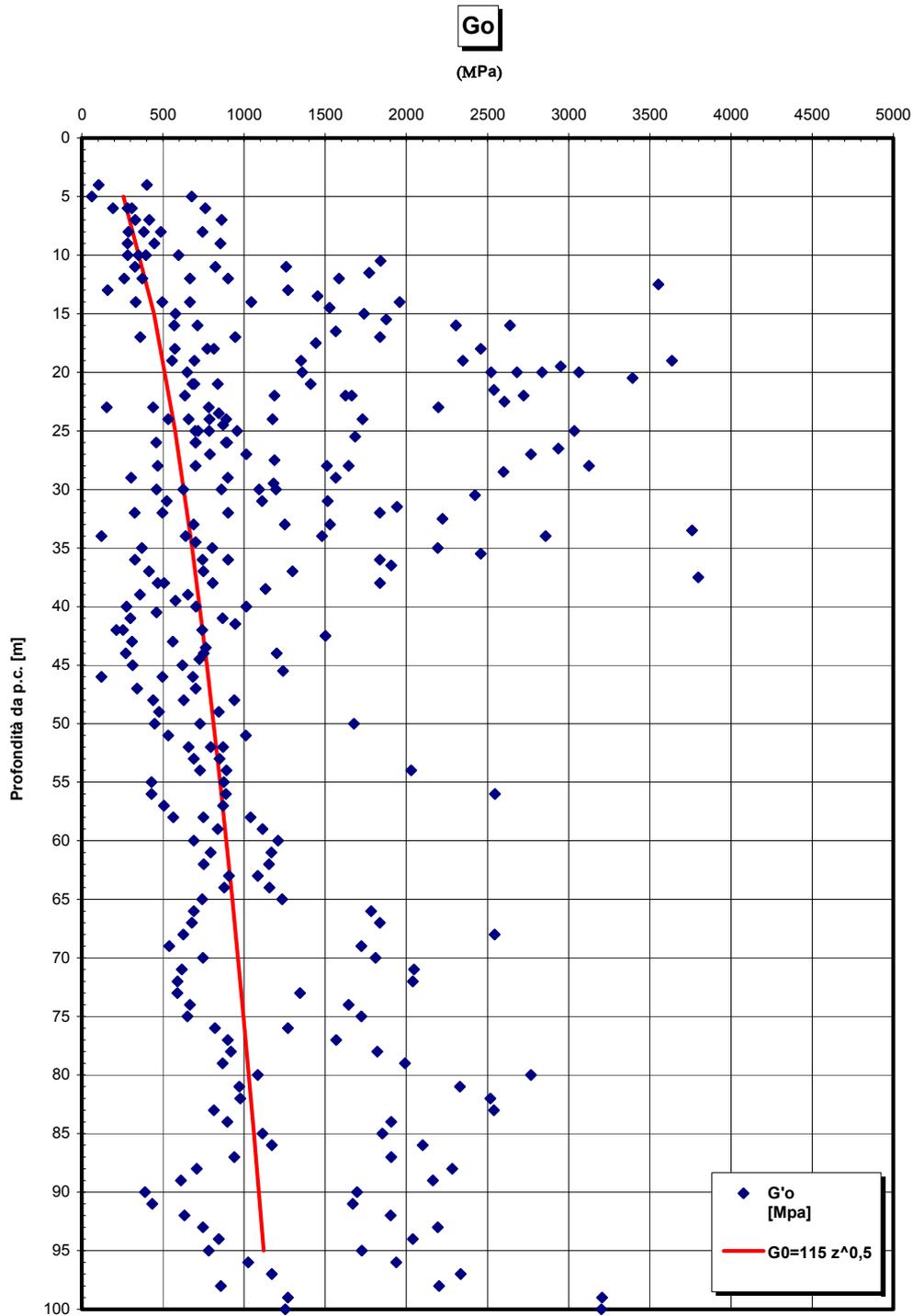


Figura 75 - G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

G₀/pa

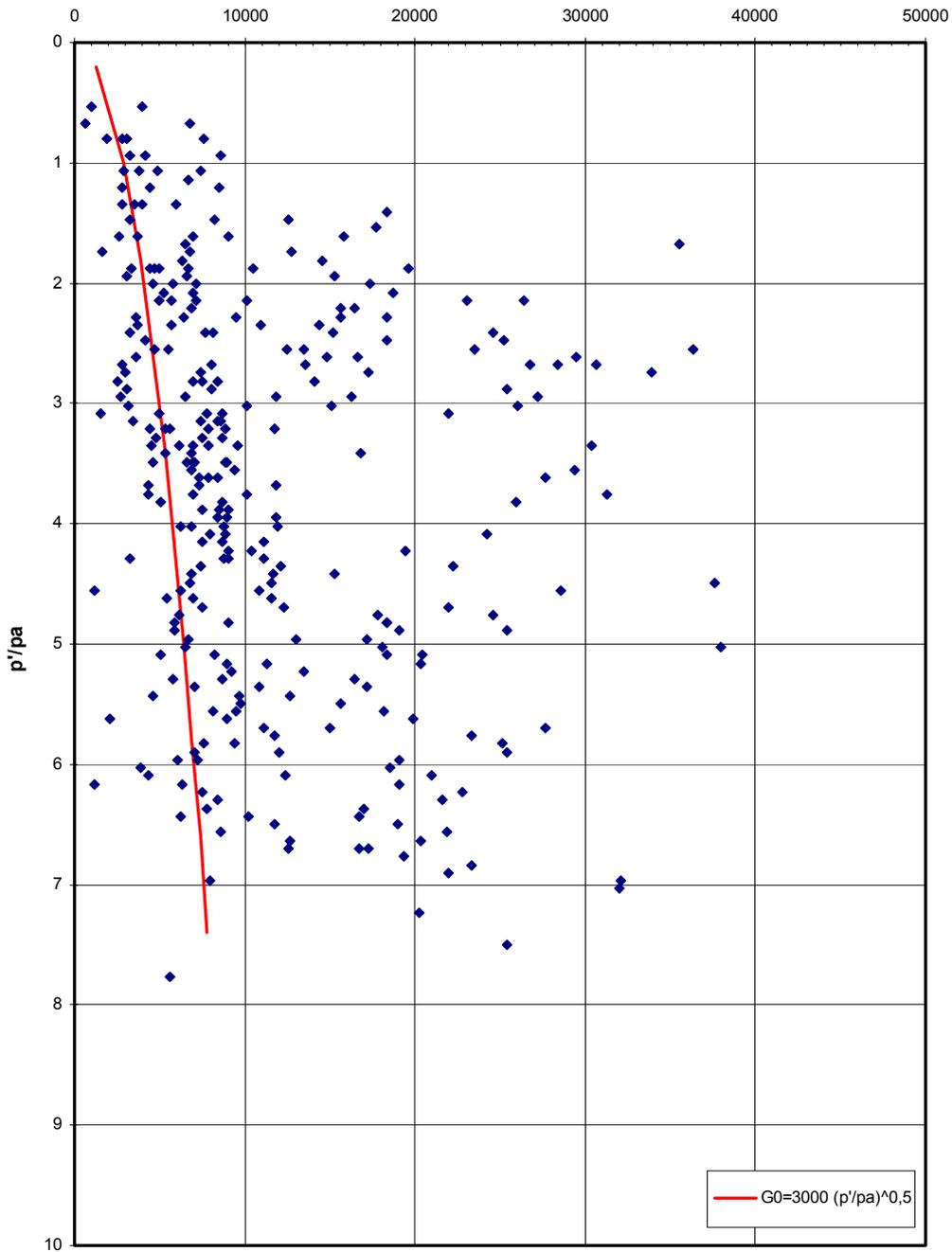


Figura 76

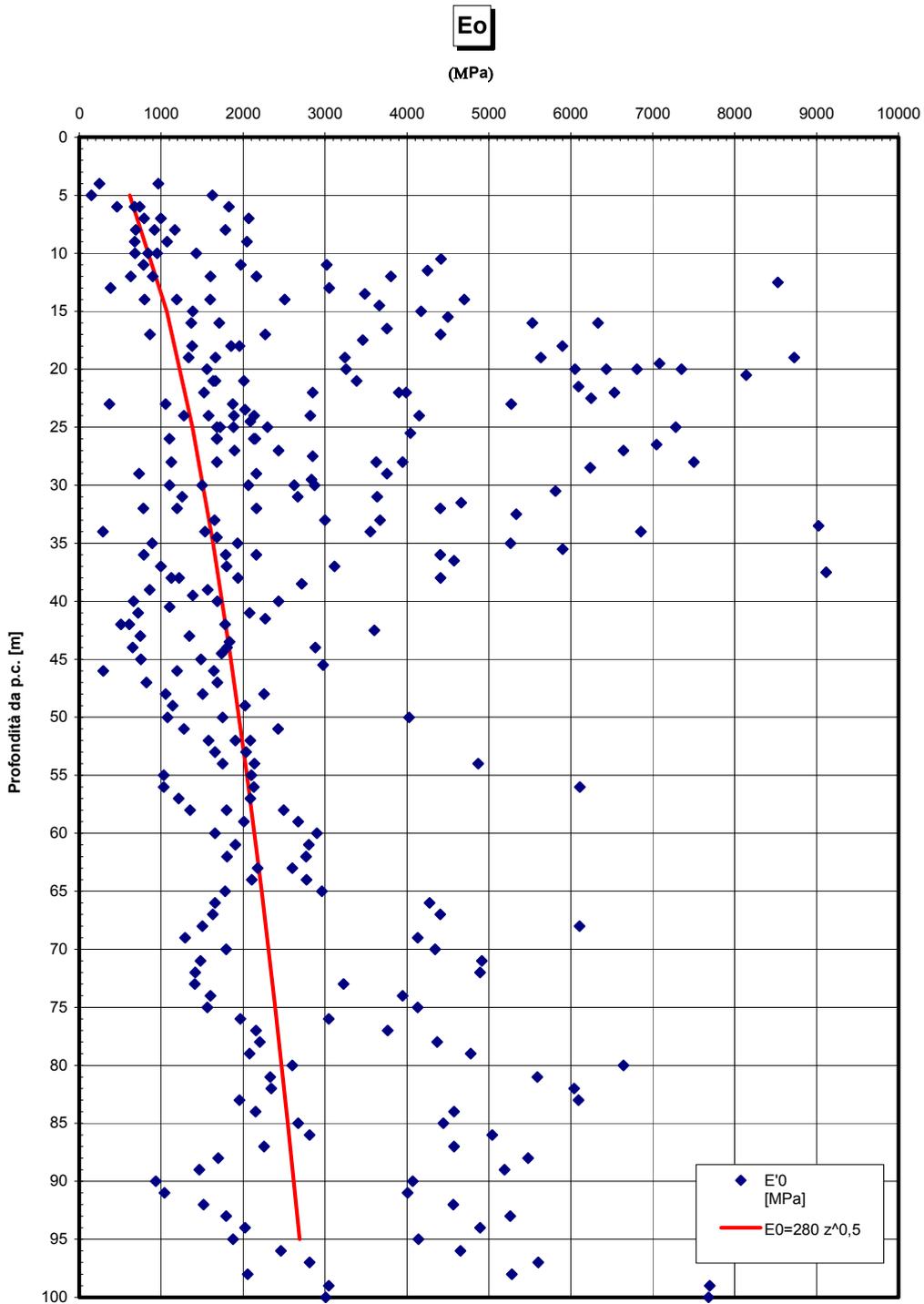


Figura 77

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

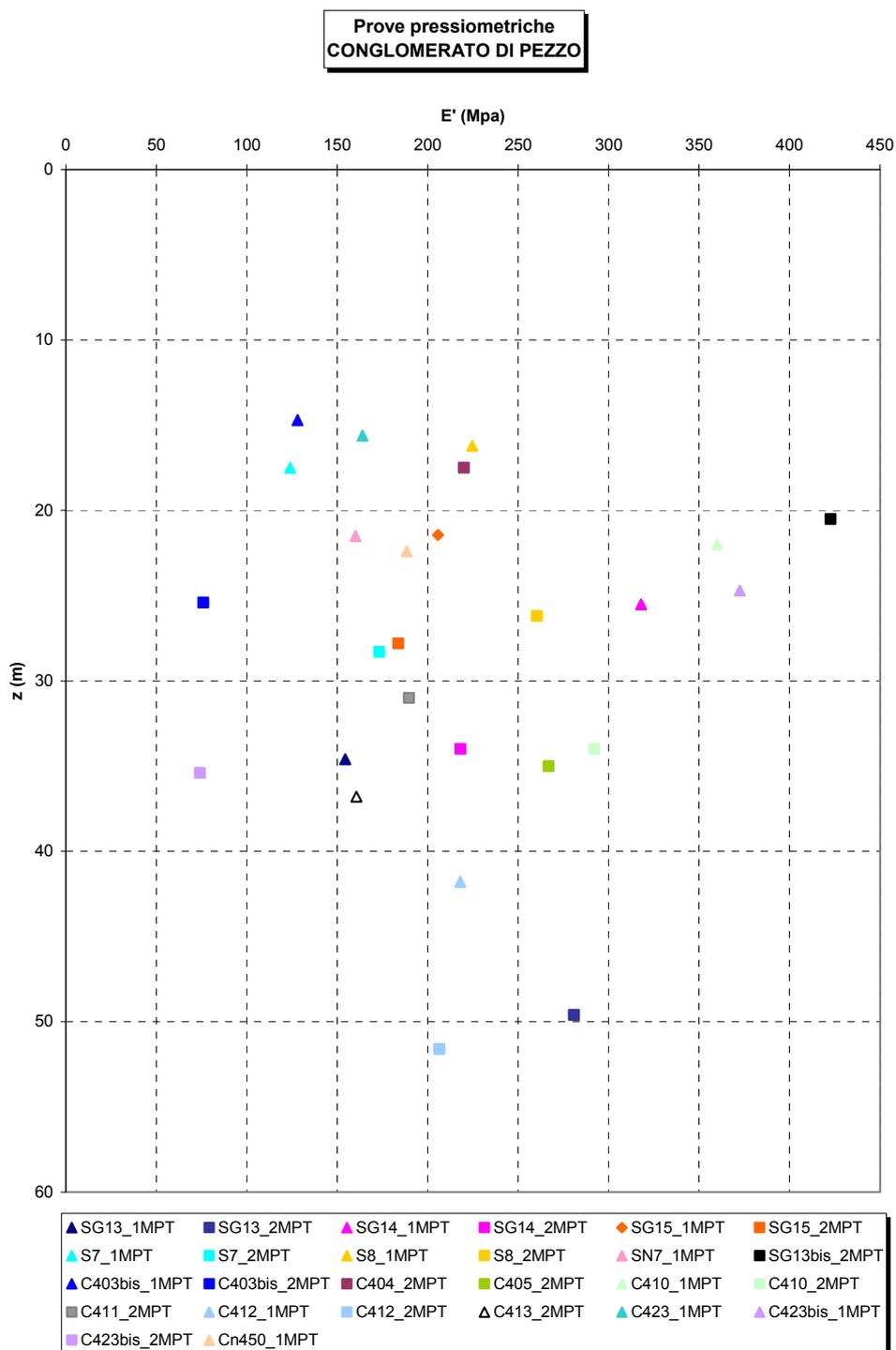


Figura 78

**Prove dilatometriche
CONGLOMERATO DI PEZZO**

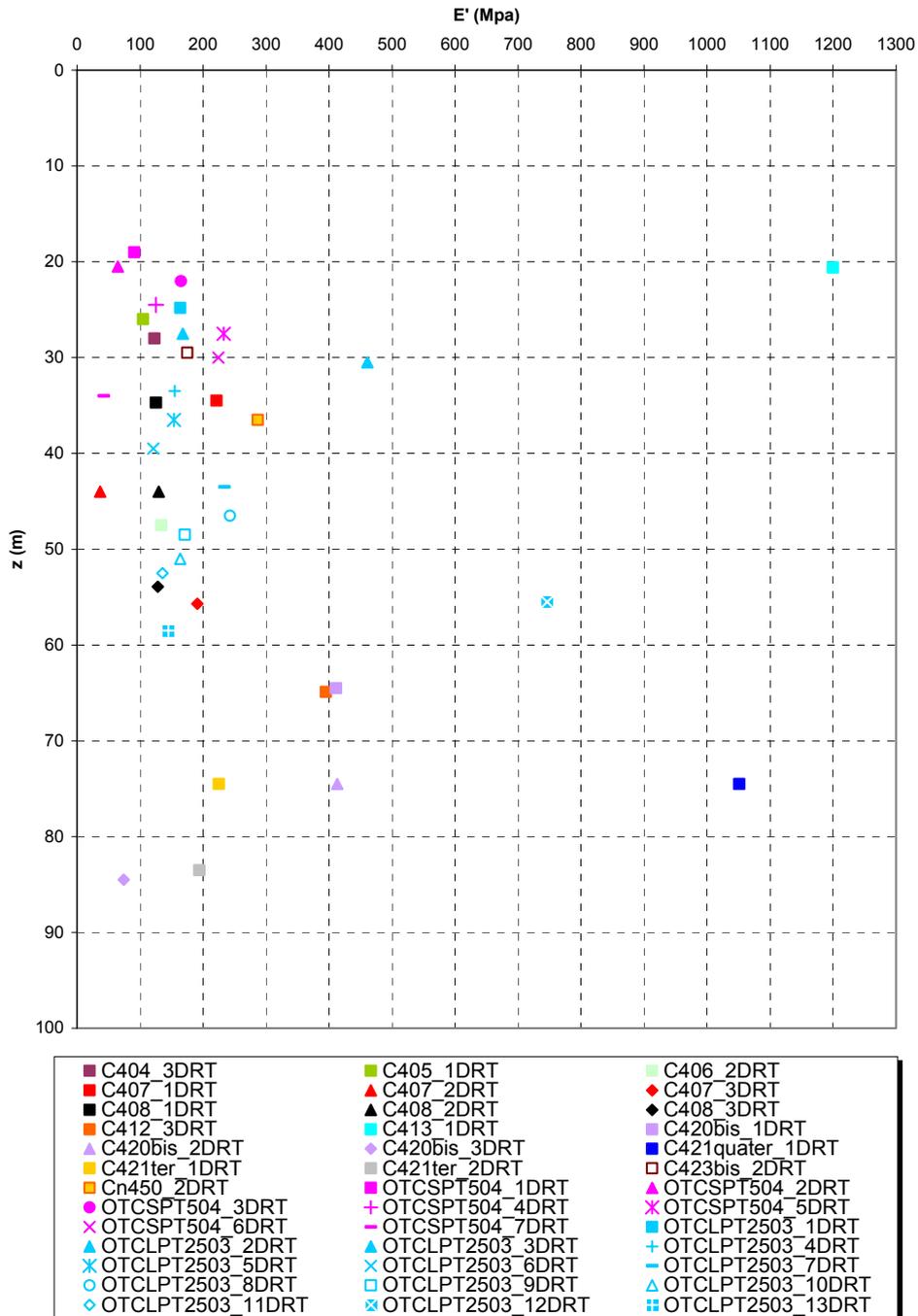


Figura 79

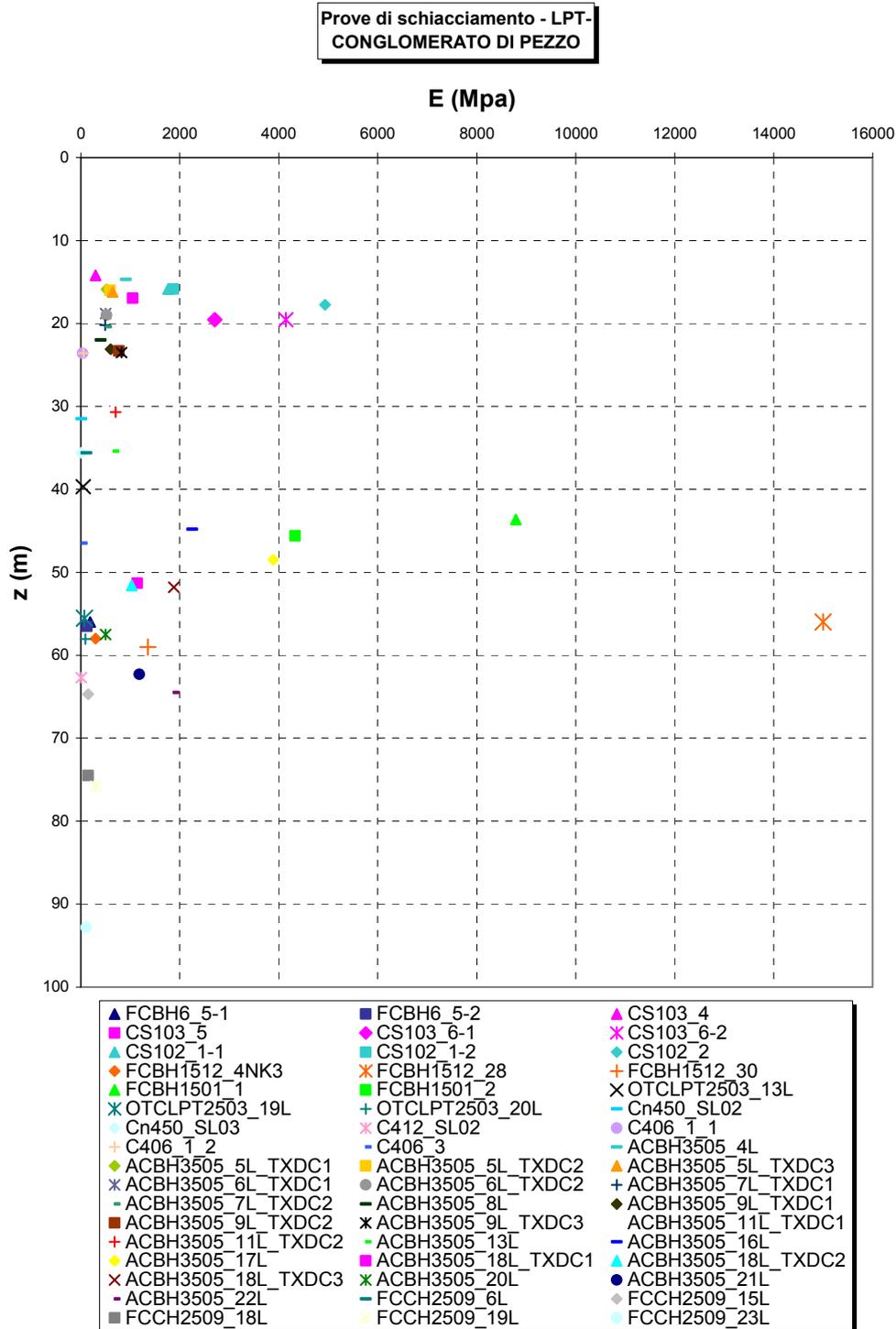


Figura 80

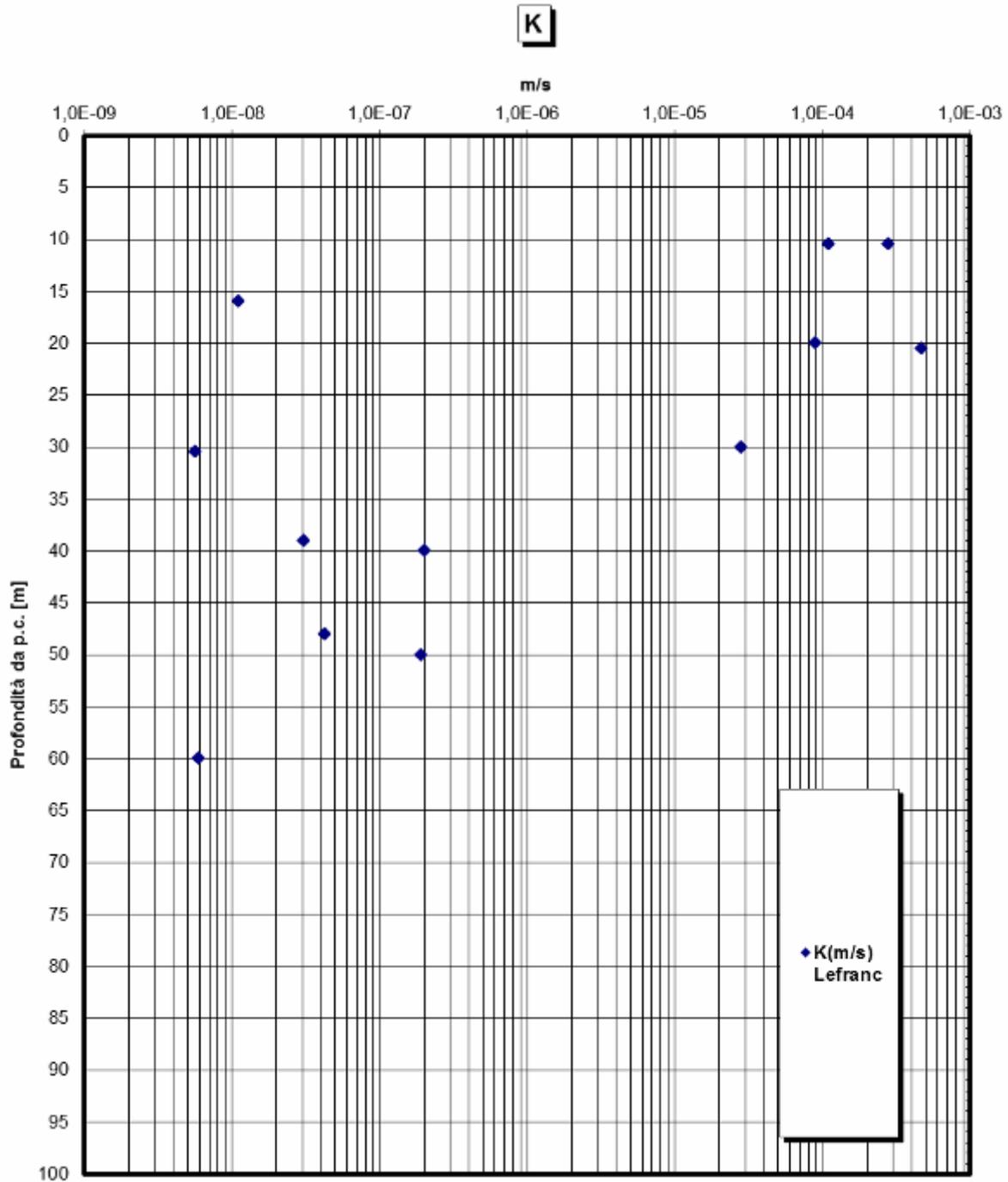


Figura 81

Tabella 1 Riepilogo caratteristiche fisiche del conglomerato di pezzo

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	(γ (kN/m ³))	(c_d (kN/m ³))	(c_s (kN/m ³))
S4	C2	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	29.85	20.1		
S7	C1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	12.2	20.4	18.14	25.9
S7	C2	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	22.4	20.5	18.5	26
S7	C3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	31.8	21.18		27
S8	C1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	6.85	21.28	18.47	25.9
S8	C2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	14.2	22.75		
S8	C3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	22.2	19.71	17.69	27.46
C411	CR4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25.4			26.32
Cn450	CR1	Galleria Rampa A / ferrovia	12.75			25.96
Cn450	CR2	Ramo D_dec	17.3			25.52
Cn450	CR3	Ramo D_dec	25.2			26.01
Cn450	CR4	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	38.75			25.62
Cn450	SPT2	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	3			26.11
Cn450	SPT3	Ramo D_dec	4.5			26.15
Cn450	SPT5	Ramo D_dec	7.5			25.76
Cn450	SPT6	Ramo D_dec	9			25.49
Cn450	CI 1	Ramo D_dec	18.8			25.32
C403bis	SPT4	Ramo D_dec	6			26.98
C403bis	SPT5	Ramo D_dec	7.5			26.66
C403bis	SPT6	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	9			26.48
C403bis	SPT7	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	12.4			27.03
C403bis	SPT8	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	17.2			27.15
C403bis	SPT9	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	20			27.22
C403bis	SPT11	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	26.5			26.77
C403bis	SPT12	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	29			27.06
C403bis	C1	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	13.8			26.84
C403bis	C2	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	18.7			26.21
C403bis	C3	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	25.6			26.78
C403bis	C4	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	27.8			26.72
C404	9	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	14.5			26.62
C404	10	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	16			26.6
C404	11	Galleria Rampa A	18.2			26.27
C404	12	Galleria Rampa A	22			26.49
C404	14	Galleria Rampa A	26			27.21
C404	15	Galleria Rampa A	27.5			26.82
C404	C3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa G	15.3			26.91
C404	C4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa G	16.8			27.57
C404	C5	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa G	19.5			26.31
C404	C6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa G	20.6			26.37
C404	C7	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa G	22.4			26.99
C404	C8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa G	23.5			26.51
C404	C9	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa G	24.7			26.97
C405	SPT7	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa G	25.6			26.13
C405	SPT8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	32.4			26.18
C405	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	21.6			26.28
C405	CI3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	25.5	22.59	18.12	26.6
C405	CI4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	28.4			26.5
C405	CR5	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	34.5			26.55
C405	CR6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	38.2			25.97
C420bis	SPT11	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc/ Ramo C_dec	24			26.81
C420bis	CR1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	28.8			26.77
S7DG42	1	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	15	23.1	20.7	
S7DG42	2	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	30	23.2	21.3	
S7DG42	3	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	45	23.4	21.8	
SG12	C1	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	50	18.23	17.24	26.7
SG12	C2	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	55	19.23	16.54	27.3
SG12	C4	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	22.35	18.53	16.74	27
SG13	C1	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	38	17.74	16.44	26.8

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento

CB0057_F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	(γ (kN/m ³))	(c_d (kN/m ³))	(c_s (kN/m ³))
SG13	C2	Galleria Rampa D / ferrovia	44	19.13	17.14	26.3
SG13	C3	Galleria Rampa D / ferrovia	58	19.33	17.64	27
SG14	C1	Galleria Rampa A / ferrovia	11	19.83	18.13	26.2
SG14	C2	Galleria Rampa A / ferrovia	24.15	19.33	15.74	26.2
SG14	C3	Galleria Rampa A / ferrovia	35.2	20.23	17.94	26.66
SG15	C2	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	24.5	19.82	18.33	27.4
SG15	C3	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	29.9	20.73	18.93	27.1
CS101	4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	11.8	24.1	22.1	
CS103	1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	5.5	22.4	21	
CS103	2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	8.1	21.8	19.5	
CS103	9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	28.75	22.3	20	
CS103	3	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9.6	23.3	21.8	
CS103	8	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	26.55	22.3	20.5	
CS103	11	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35.15	23	21.7	
C421ter	C7	Galleria Rampa A / ferrovia	81.7	22.3		
C421ter	C20	Galleria Rampa A / ferrovia	44.6	22.8		
FCBH1501	5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	49.7	21.77		
C402	SPT6	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	9.2			26.67
C402	SPT7	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	10.6			25.98
C402	SPT8	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	13.7			26.17
C402	SPT9	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	16.6			26.22
C402	SPT10	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	19.7			26.74
C402	CR2	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	20.5			26.58
C402	SPT11	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	22.1			26.53
C402	SPT12	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	25.85			26.59
C402	SPT13	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	31			26.54
C402	CR3	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	36.8			26.46
C402	CR4	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	43.5			26.63
C411	SPT8	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	29.3			26.75
C421ter	CI1	Galleria Rampa A / ferrovia	60.15			26.51
C421ter	CR1	Galleria Rampa A / ferrovia	46.25			26.61
C421ter	CR2	Galleria Rampa A / ferrovia	52.5			26.6
C421ter	CR3	Galleria Rampa A / ferrovia	68.5			26.57
C421ter	CR4	Galleria Rampa A / ferrovia	76.3			26.5
C421ter	CR4	Galleria Rampa A / ferrovia	84			26.46
FCBH1512	N	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	17.5			26.93
FCBH1512	L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	14.75			26.86
FCBH1512	T	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	28			
C407	SPT5	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	7.5			27.25
C407	SPT6	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	9			26.98
C407	SPT7	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	10.5			26.69
C407	SPT8	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	25.35			27.2
C420	CI1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	29.65			26.54

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tabella 2 Riepilogo caratteristiche fisiche del conglomerato di pezzo (ammasso roccioso)

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
FCBH6	4-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	50.65	26.60	26.60
FCBH6	4-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51.00	26.50	26.50
FCBH6	5-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56.00	23.40	23.20
FCBH6	5-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56.50	23.40	23.20
CS103	4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	14.20	26.00	25.90
CS103	5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16.95	25.60	25.50
CS103	6-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.55	26.50	26.40
CS103	6-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.55	26.50	26.40
CS102	1-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15.85	26.6	26.5
CS102	1-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15.85	26.6	26.5
CS102	2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	17.75	26.3	26.2
FCBH1512	10	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35.3	26.5	
FCBH1512	16	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	41	22.8	
FCBH1512	4NK3	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58.00	24.57	
FCBH1512	28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56.00	25.93	
FCBH1512	30	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	59.00	24.50	
C420bis	C2	Galleria Rampa D / Galleria Rampa A / ferrovia	117.70	25.80	
OTCLPT1505	C4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40.50	24.40	
C420bis	C5	Galleria Rampa D / Galleria Rampa A / ferrovia	76.60	21.10	
ACBH3505	C6	Galleria Rampa B / Galleria Rampa A / ferrovia	45.20	26.40	
FCCH2509	C9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	92.20	24.00	
FCCH2509	C11	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51.50	23.65	
ACBH3505	C12	Galleria Rampa B / Galleria Rampa A / ferrovia	65.00	23.80	
C412	C15	Galleria Rampa D / ferrovia	70.30	26.30	
OTCSPT504	C16	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	29.80	23.20	
OTCSPT504	C17	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	37.60	26.70	
OTCSPT504	C18	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35.60	20.70	
C420bis	C19	Galleria Rampa D / Galleria Rampa A / ferrovia	38.20	24.60	
ACBH3505	C21	Galleria Rampa B / Galleria Rampa A / ferrovia	17.50	22.44	
ACBH3505	C22	Galleria Rampa B / Galleria Rampa A / ferrovia	43.20	23.48	
OTCSPT504	C24	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	52.80	21.87	
FCBH1501	1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	43.65	21.58	
FCBH1501	2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45.60	21.63	
FCBH1501	3	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	47.55	23.61	
FCBH1501	7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	52.80	20.71	
FCBH1501	9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	55.62	19.96	
FCBH1501	11	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58.80	21.31	
OTCLPT2503	1L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7.67	20.9	
OTCLPT2503	2L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9.93	22.68	
OTCLPT2503	4L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13.70	21.2	
OTCLPT2503	6L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.17	20.4	
OTCLPT2503	8L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25.80	21.82	
OTCLPT2503	9L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27.48	22.68	
OTCLPT2503	12L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36.20	19.51	
OTCLPT2503	13L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	39.69	21.67	
OTCLPT2503	15L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45.72	23.05	
OTCLPT2503	16L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	47.83	22.49	

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento

CB0057_F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (KN/m ³)
OTCLPT2503	17L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51.10	21.76	
OTCLPT2503	18L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	53.44	22.79	
OTCLPT2503	19L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	55.53	20.7	
OTCLPT2503	20L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58.05	22.37	
Cn450	SL02	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	31.5	23.54	
Cn450	SL03	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	35.6	21.8	
C412	SL02	Galleria Rampa D / ferrovia	62.70	22.17	
C406	1_1	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	23.60	23.35	
C406	1_2	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	23.60	23.45	
C406	3	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	46.50	22.76	
ACBH3505	4L	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	14.70	24.32	
ACBH3505	5L_TXDC1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	15.90	22.28	
ACBH3505	5L_TXDC2	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	16	22.39	
ACBH3505	5L_TXDC3	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	16.2	22.41	
ACBH3505	6L_TXDC1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	18.8	22.75	
ACBH3505	6L_TXDC2	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	19	23.23	
ACBH3505	7L_TXDC1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	20.20	23.22	
ACBH3505	7L_TXDC2	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	20.40	23.20	
ACBH3505	8L	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	22.00	23.60	
ACBH3505	9L_TXDC1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	23.10	23.03	
ACBH3505	9L_TXDC2	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	23.30	22.93	
ACBH3505	9L_TXDC3	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	23.50	22.91	
ACBH3505	11L_TXDC1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	30.50	22.93	
ACBH3505	11L_TXDC2	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	30.70	22.86	
ACBH3505	13L	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	35.40	23.11	
ACBH3505	16L	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	44.80	22.99	
ACBH3505	17L	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	48.5	25.60	
ACBH3505	18L_TXDC1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	51.3	23.93	
ACBH3505	18L_TXDC2	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	51.6	23.74	
ACBH3505	18L_TXDC3	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	51.8	23.93	
ACBH3505	20L	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	57.50	22.90	
ACBH3505	21L	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	62.3	23.46	
ACBH3505	22L	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	64.50	24.10	
FCCH2509	5L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34.40	21.80	
FCCH2509	6L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35.60	19.00	
FCCH2509	8L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40.50	20.90	
FCCH2509	11L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	50.30	20.18	
FCCH2509	13L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58.00	21.24	
FCCH2509	15L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	64.70	22.11	
FCCH2509	16L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	71.10	20.53	
FCCH2509	17L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	73.40	21.88	
FCCH2509	18L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	74.50	20.83	
FCCH2509	19L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	75.80	21.95	
FCCH2509	21L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	84.00	21.18	
FCCH2509	23L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	92.80	20.73	
C421ter	C20	Galleria Rampa A / ferrovia	44.60		22.80
C421ter	C7	Galleria Rampa A / ferrovia	81.70		22.28

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 3 Granulometria del Conglomerato di Pezzo

SONDAGGIO	N°PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
CS101	4	11.8	0	4	61	28	7	100	100	96	35	7
CS101	SPT	11.8	0	8	66	20	6	100	100	92	26	6
CS102	SPT10	10.8	0	45	44	11	0	100	100	55	11	0
CS102	SPT12	12.0	0	4	69	22	5	100	100	96	27	5
CS102	D	13.0	0	13	60	22	5	100	100	87	27	5
CS102	E	21.4	0	26	55	15	4	100	100	74	19	4
CS103	1	5.5	0	5	75	19	1	100	100	95	20	1
CS103	2	8.1	0	2	58	37	3	100	100	98	40	3
CS103	9	28.8	0	0	67	30	3	100	100	100	33	3
C407	SPT8	25.4	0	7	70	23	0	100	100	93	23	0
FCBH1512	2	24.1	0	64	20	9	7	100	100	36	16	7
FCBH1512	4	27.0	0	1	87	12	0	100	100	99	12	0
FCBH1512	8	34.0	0	20	64	16	0	100	100	80	16	0
FCBH1512	10	35.0	0	0	86	14	0	100	100	100	14	0
FCBH1512	18	44.5	0	0	89	11	0	100	100	100	11	0
FCBH1512	20	47.5	0	24	60	16	0	100	100	76	16	0
FCBH1512	22	50.0	0	0	85	15	0	100	100	100	15	0
FCBH1512	26	54.0	0	8	79	13	0	100	100	92	13	0
FCBH1512	28	56.0	0	0	72	24	4	100	100	100	28	4
C411	CR4	25.4	0	57	35	8	0	100	100	43	8	0
C411	SPT8	29.3	0	3	66	28	3	100	100	97	31	3
Cn450	CR3	25.2	0	5	68	23	4	100	100	95	27	4
Cn450	CR4	38.8	0	7	66	23	4	100	100	93	27	4
Cn450	SPT5	7.3	0	50	36	9	5	100	100	50	14	5
Cn450	SPT6	9.0	0	7	65	24	4	100	100	93	28	4
Cn450	SPT7	11.0	0	58	41	1	0	100	100	42	1	0
Cn450	CI 1	18.8	0	8	72	17	3	100	100	92	20	3
Cn450	CI 3	28.7	0	23	67	10	0	100	100	77	10	0
C403bis	SPT6	9.0	0	4	56	23	17	100	100	96	40	17
C403bis	SPT7	12.4	0	5	66	22	7	100	100	95	29	7
C403bis	SPT8	17.2	0	47	42	10	1	100	100	53	11	1
C403bis	SPT9	20.0	0	25	54	19	2	100	100	75	21	2
C403bis	SPT11	26.5	0	43	44	10	3	100	100	57	13	3
C403bis	SPT12	29.0	0	0	54	41	5	100	100	100	46	5
C403bis	C1	13.8	0	5	57	27	11	100	100	95	38	11
C403bis	C2	18.7	0	0	48	46	6	100	100	100	52	6
C403bis	C3	25.6	0	16	57	22	5	100	100	84	27	5
C403bis	C4	27.8	0	15	64	19	2	100	100	85	21	2
C403bis	SPT4	6.0	0	16	57	21	6	100	100	84	27	6
C403bis	SPT5	7.5	0	5	60	25	10	100	100	95	35	10
C404	9	14.5	0	28	46	17	9	100	100	72	26	9
C404	10	16.0	0	2	57	25	16	100	100	98	41	16
C404	11	18.2	0	12	48	28	12	100	100	88	40	12
C404	12	22.0	0	17	49	24	10	100	100	83	34	10
C404	14	26.0	0	31	48	14	7	100	100	69	21	7
C404	15	27.5	0	20	55	16	9	100	100	80	25	9
C404	C3	15.3	0	18	53	24	5	100	100	82	29	5
C404	C4	16.8	0	15	49	28	8	100	100	85	36	8
C404	C5	19.5	0	6	36	40	18	100	100	94	58	18
C404	C6	20.6	0	13	67	13	7	100	100	87	20	7
C404	C7	22.4	0	9	58	30	3	100	100	91	33	3
C404	C8	23.5	0	6	59	26	9	100	100	94	35	9
C404	C9	24.7	0	20	39	30	11	100	100	80	41	11
C405	SPT7	25.6	0	3	63	25	9	100	100	97	34	9
C405	SPT8	32.4	0	22	59	15	4	100	100	78	19	4
C405	CR2	21.6	0	2	43	30	25	100	100	98	55	25
C405	CI3	25.5	0	1	48	34	17	100	100	99	51	17
C405	CI4	28.4	0	5	61	25	9	100	100	95	34	9
C405	CR5	34.5	0	13	61	19	7	100	100	87	26	7

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento
CB0057_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
C405	CR6	38.2	0	14	74	10	2	100	100	86	12	2
C420bis	SPT11	24.0	0	55	34	6	5	100	100	45	11	5
C420bis	CR1	28.8	0	82	14	4	0	100	100	18	4	0
S7	C1	12.2	0	4	66	18	12	100	100	96	30	12
S7	C2	22.4	0	0	59	26	15	100	100	100	41	15
S7	C3	31.8	0	8	59	23	10	100	100	92	33	10
S8	C1	6.9	0	11	58	22	9	100	100	89	31	9
S8	C3	22.2	0	11	57	23	9	100	100	89	32	9
S7DG42	2	21.0	0	0	90	10	0	100	100	100	10	0
SG13	C1	38.0	0	12	55	24	10	100	100	88	33	10
SG13	C2	44.0	0	27	56	10	7	100	100	73	17	7
SG13	C3	58.0	0	24	55	16	5	100	100	76	21	5
SG14	C2	24.2	0	0	23	59	19	100	100	100	77	19
SG14	C3	35.2	0	7	62	23	8	100	100	93	31	8
SG15	C2	24.5	0	4	63	26	8	100	100	96	33	8
SG15	C3	29.9	0	15	57	20	8	100	100	85	28	8
S4	C2	29.9	0	5	72	19	5	100	100	95	23	5
FCBH1501	5	49.7	0	1	88	11	0	100	100	99	11	0
FCBH1501	10	57.0	0	0	87	13	0	100	100	100	13	0
C402	SPT6	9.2	0	61	33	6	0	100	100	39	6	0
C402	SPT7	10.6	0	56	37	7	0	100	100	44	7	0
C402	SPT8	13.7	0	43	41	12	4	100	100	57	16	4
C402	SPT9	16.6	0	24	54	17	5	100	100	76	22	5
C402	SPT10	19.7	0	37	43	15	5	100	100	63	20	5
C402	CR2	20.5	0	15	51	21	13	100	100	85	34	13
C402	SPT11	22.1	0	28	50	15	7	100	100	72	22	7
C402	SPT12	25.9	0	14	60	20	6	100	100	86	26	6
C402	SPT13	31.0	0	11	53	27	9	100	100	89	36	9
C402	CR3	36.8	0	6	49	34	11	100	100	94	45	11
C402	CR4	43.5	0	1	35	48	16	100	100	99	64	16
Cn450	CR1	12.8	0	9	68	20	3	100	100	91	23	3
Cn450	CR2	17.3	0	4	64	32	0	100	100	96	32	0
Cn450	SPT1	1.5	0	36	56	8	0	100	100	64	8	0
Cn450	SPT2	3.0	0	49	37	10	4	100	100	51	14	4
Cn450	SPT3	4.5	0	26	54	14	6	100	100	74	20	6
C407	SPT7	10.5	0	37	51	12	0	100	100	63	12	0
C421ter	CI1	60.2	0	5	61	26	8	100	100	95	34	8
C421ter	CR1	46.3	0	1	69	24	6	100	100	99	30	6
C421ter	CR2	50.3	0	30	48	19	3	100	100	70	22	3
C421ter	CR3	68.5	0	24	53	20	3	100	100	76	23	3
C421ter	CR4	76.3	0	10	50	32	8	100	100	90	40	8
C421ter	CR5	84.0	0	8	62	27	3	100	100	92	30	3
FCBH1512	N	17.5	0	0	63	28	9	100	100	100	37	9
FCBH1512	M	16.0	0	2	75	17	6	100	100	98	23	6
FCBH1512	I	13.0	0	4	73	16	7	100	100	96	23	7
FCBH1512	L	14.8	0	4	71	18	6	100	100	96	24	6

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 4 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S8DG42	Ramo C_dec / Galleria Rampa D / ferrovia	20	100
S8DG42	Ramo C_dec / Galleria Rampa D / ferrovia	26.00	68
S8DG42	Ramo C_dec / Galleria Rampa D / ferrovia	33.00	76
C210	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	5.40	100
C210	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	9.10	60
C208	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	17.50	100
C208	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	23.50	100
C208	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25.00	100
C208	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	29.70	100
C208	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36	100
C208	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40.00	100
C210	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	11.60	78
CS102	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13.50	100
C28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	33.46	56
C213biS	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	6.80	100
C213biS	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	9.00	43
C213biS	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	13.00	40
C213biS	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	17.00	48
C214	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	7.5	46
C214	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	9.5	66
C214	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	13.5	100
C214	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	17	76
C28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	21.43	67
C28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.49	54
C28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27.1	100
C28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	30.4	40
S7DG42	Galleria Rampa D	18.5	100
S7DG42	Galleria Rampa D	30	63
S7DG42	Galleria Rampa D	36	100
SN10	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	24.5	88
SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	25	100
SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	30	100
S8	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M / ferrovia	5	90
S8	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M / ferrovia	10.5	67
S8	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M / ferrovia	15.5	59
S8	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M / ferrovia	20.5	69
S8	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M / ferrovia	25.5	72
S8	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M / ferrovia	29.5	69
S6	Galleria Rampa A / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D	30	70
S7	Galleria Rampa D / ferrovia	11	86
S7	Galleria Rampa D / ferrovia	16	100
S7	Galleria Rampa D / ferrovia	20.5	87
S7	Galleria Rampa D / ferrovia	25.5	93
S7	Galleria Rampa D / ferrovia	30	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6	32
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	8	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9.5	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	10.6	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	14.2	74
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15.5	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	17.7	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19	87
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	20.7	80
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	22.7	83

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento

CB0057_F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

FORO	Opera	z [m]	Nspt
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.5	89
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27.3	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	28.9	55
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	30.5	84
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	33	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34.5	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	37.6	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	39.5	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	41.1	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	43.9	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	46.7	100
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	49.6	100
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7	53
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9	79
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	11	31
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	12.7	20
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	14.6	79
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16.6	74
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	18.6	86
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	20.5	83
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	22.3	100
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7.5	23
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9	54
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	10.5	68
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	12	100
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13.5	100
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15	100
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	17	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	18	71
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	20	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	22	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	26	98
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	28	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	29.5	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	31.4	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35.5	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36.8	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	38.3	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	41.3	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	42.8	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	44.2	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45.7	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	47.2	94
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	48.7	100
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	50	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	28.5	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	30	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	31.4	73
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	33	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	34.5	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	36	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	37.5	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	39	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	40.5	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	42	92

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento

CB0057_F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

FORO	Opera	z [m]	Nspt
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	43.5	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	45	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	46.5	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/interno	47.8	100
C403bis	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6	42
C403bis	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	7.5	39
C403bis	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	9	26
C403bis	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	12.4	32
C403bis	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	17.2	100
C403bis	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	23.7	100
C403	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6.5	28
C403	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	8	55
C403	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	12.5	23
C403	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	15.5	100
C403	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	18.5	100
C403	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	21.5	27
C403	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	24.4	100
C403	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	27.5	40
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	14.5	100
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	16	100
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	18.2	100
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	22	100
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	24.2	100
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	26	100
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	27.5	74
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	25.6	85
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	32.4	100
C407	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	10.5	100
C407	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	23.5	100
C408	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / Galleria Rampa C / ferrovia	3.425	44
C408	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / Galleria Rampa C / ferrovia	4.825	47
C408	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / Galleria Rampa C / ferrovia	7	100
C408	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / Galleria Rampa C / ferrovia	8.4	100
C408	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / Galleria Rampa C / ferrovia	10.425	50
C408	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / Galleria Rampa C / ferrovia	14.1	100
C408	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / Galleria Rampa C / ferrovia	17.7	100
C408	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / Galleria Rampa C / ferrovia	20.65	100
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	29.3	100
Cn450	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	4.5	46
Cn450	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	6	14
Cn450	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	7.5	63
Cn450	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	9	100
Cn450	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	11	100
C401	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	2	21
C401	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	3.5	30
C401	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	5	26
C401	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	6.5	37
C401	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	8.45	100
C401	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	11.5	100
C401	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	14.7	100

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 5 Riepilogo risultati prove di permeabilità

FORO	Opera	z(m)	K(m/s)
SG12	Galleria Rampa C / ferrovia	48	4.28E-08
SG13	Galleria Rampa D / ferrovia	39	3.05E-08
C403bis	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	10.5	2.82E-04
C403bis	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	20.5	4.72E-04
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	20	8.94E-05
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	40	2.00E-07
C407	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	50	1.90E-07
C407	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	60	5.90E-09
C423bis	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16	1.10E-08
C423bis	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	30.5	5.60E-09
Cn450	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	10.5	1.10E-04
Cn450	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	30	2.80E-05
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	27	9.70E-08
C401	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	35.2	8.80E-05
C401	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	41.1	8.70E-09
C401	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	51	4.70E-09

Tabella 6 Riepilogo risultati prove di permeabilità (ammasso roccioso)

foro	opera	z (m)	K(cm/s)
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	64.5	6.13E-06

Tabella 7 Riepilogo risultati prove di laboratorio

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	φ' [°]	cr [kPa]	φr' [°]
S7	C1	12.20	Galleria Rampa D / ferrovia	TD	10	31		
S7	C2	22.4	Galleria Rampa D / ferrovia	TD	4	36		
S8	C1	6.85	Galleria Rampa A / Rampa M / ferrovia	TD	0	43		
S8	C3	22.2	Galleria Rampa A / Rampa M / ferrovia	TD	0	41		
C405	Cl3	25.48	Galleria Rampa B / Galleria Rampa A / ferrovia	TD	30	25	0	23.5
FCBH1512	T	28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	TRIAX_CD	0	41.40		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 8 Riepilogo risultati prove di schiacciamento

FORO	campione	Prova	Opera	Prof. (m)	σ_f (MPa)	ε (%)	E(Mpa)
FCBH6	5-1	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56.00	2.86	1.54	185.7
FCBH6	5-2	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56.50	2.96	2.45	120.8
CS103	4	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	14.20	9.50	3.20	296.9
CS103	5	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16.95	16.80	1.60	1050.0
CS103	6-1	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.55	37.90	1.40	2707.1
CS103	6-2	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.55	37.30	0.90	4144.4
CS102	1-1	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15.85	29.80	1.69	1763.3
CS102	1-2	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15.85	34.60	1.85	1870.3
CS102	2	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	17.75	38.00	0.77	4935.1
FCBH1512	10	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35.3	34.10		
FCBH1512	16	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	41	0.12		
FCBH1512	4NK3	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58.00	3.30	1.10	300.0
FCBH1512	28	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56.00	45.00	0.30	15000.0
FCBH1512	30	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	59.00	9.50	0.70	1357.1
C420bis	C2	LPT	Galleria Rampa D / Galleria Rampa A / ferrovia	117.70	5.30		
OTCLPT1505	C4	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40.50	3.90		
C420bis	C5	LPT	Galleria Rampa D / Galleria Rampa A / ferrovia	76.60	0.60		
ACBH3505	C6	LPT	Galleria Rampa B / Galleria Rampa A / ferrovia	45.20	30.10		
FCCH2509	C9	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	92.20	0.70		
FCCH2509	C11	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51.50	1.30		
ACBH3505	C12	LPT	Galleria Rampa B / Galleria Rampa A / ferrovia	65.00	5.00		
C412	C15	LPT	Galleria Rampa D / ferrovia	70.30	31.30		
OTCSPT504	C16	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	29.80	5.00		
OTCSPT504	C17	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	37.60	45.90		
OTCSPT504	C18	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35.60	0.90		
C420bis	C19	LPT	Galleria Rampa D / Galleria Rampa A / ferrovia	38.20	1.00		
ACBH3505	C21	LPT	Galleria Rampa B / Galleria Rampa A / ferrovia	17.50	3.30		
ACBH3505	C22	LPT	Galleria Rampa B / Galleria Rampa A / ferrovia	43.20	2.50		
OTCSPT504	C24	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	52.80	0.70		
FCBH1501	1	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	43.65	8.60		8790.0
FCBH1501	2	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45.60	4.70		4330.0
FCBH1501	3	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	47.55	24.40		
FCBH1501	7	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	52.80	0.09		
FCBH1501	9	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	55.62	0.14		
FCBH1501	11	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58.80	0.10		
OTCLPT2503	1L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7.67	0.18		
OTCLPT2503	2L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9.93	0.54		
OTCLPT2503	4L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13.70	0.36		
OTCLPT2503	6L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.17	0.59		
OTCLPT2503	8L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25.80	0.23		
OTCLPT2503	9L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27.48	0.77		
OTCLPT2503	12L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36.20	0.18		
OTCLPT2503	13L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	39.69	0.69		50.0
OTCLPT2503	15L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45.72	0.54		
OTCLPT2503	16L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	47.83	0.21		
OTCLPT2503	17L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51.10	0.28		
OTCLPT2503	18L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	53.44	0.76		
OTCLPT2503	19L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	55.53	0.47		70.0
OTCLPT2503	20L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58.05	0.35		90.0
Cn450	SL02	LPT	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	31.5	0.125	1.14	10.9649
Cn450	SL03	LPT	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	35.6	0.179	1.987	9.0086
C412	SL02	LPT	Galleria Rampa D / ferrovia	62.70	0.11	1.37	8.3272
C406	1 1	LPT	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	23.60	1.03	3.07	33.4747
C406	1 2	LPT	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	23.60	1.64	3.18	51.4133
C406	3	LPT	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	46.50	0.64	3.10	20.74
ACBH3505	4L	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	14.70	5.20		910.00
ACBH3505	5L TXDC1	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	15.90	5.40		520.00
ACBH3505	5L TXDC2	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	16	7.20		590.00
ACBH3505	5L TXDC3	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	16.2	8.40		640.00
ACBH3505	6L TXDC1	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	18.8	4.70		500.00
ACBH3505	6L TXDC2	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	19	4.00		520
ACBH3505	7L TXDC1	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	20.20	3.80		490.00
ACBH3505	7L TXDC2	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	20.40	5.70		510.00
ACBH3505	8L	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	22.00	2.50		400.00

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento
CB0057_F0

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

FORO	campione	Prova	Opera	Prof. (m)	σ_f (MPa)	ε (%)	E(Mpa)
ACBH3505	9L_TXDC1	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	23.10	3.90		600.00
ACBH3505	9L_TXDC2	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	23.30	4.50		770.00
ACBH3505	9L_TXDC3	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	23.50	6.90		820.00
ACBH3505	11L_TXDC1	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	30.50	5.40		680.00
ACBH3505	11L_TXDC2	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	30.70	4.20		700.00
ACBH3505	13L	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	35.40	3.90		660.00
ACBH3505	16L	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	44.80	7.80		2250.00
ACBH3505	17L	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	48.5	14.50		3890.00
ACBH3505	18L_TXDC1	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	51.3	5.50		1140.00
ACBH3505	18L_TXDC2	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	51.6	6.50		1030.00
ACBH3505	18L_TXDC3	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	51.8	18.60		1880.00
ACBH3505	20L	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	57.50	3.30		500.00
ACBH3505	21L	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	62.3	6.50		1180.00
ACBH3505	22L	LPT	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	64.50	7.10		1870.00
FCCH2509	5L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34.40	0.91		
FCCH2509	6L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35.60	0.50		110.00
FCCH2509	8L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40.50	0.60		
FCCH2509	11L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	50.30	0.92		
FCCH2509	13L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58.00	1.00		
FCCH2509	15L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	64.70	0.80		150.00
FCCH2509	16L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	71.10	0.61		
FCCH2509	17L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	73.40	1.40		
FCCH2509	18L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	74.50	1.10		150.00
FCCH2509	19L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	75.80	1.40		310.00
FCCH2509	21L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	84.00	0.88		
FCCH2509	23L	LPT	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	92.80	0.57		110.00
C421ter	C20	LPT	Galleria Rampa A / ferrovia	44.60	0.70		
C421ter	C7	LPT	Galleria Rampa A / ferrovia	81.70	2.60		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tabella 9 Riepilogo risultati prove pressiometriche

FORO	Opera	z (m)	Ep(MPa)	E'(MPa)	ϕ'
SG13	Galleria Rampa D / ferrovia	34.6	38.6	154.5	42.3
SG13	Galleria Rampa D / ferrovia	49.6	70.2	280.8	42.5
SG14	Galleria Rampa A / ferrovia	25.5	79.5	317.9	42.4
SG14	Galleria Rampa A / ferrovia	34	54.5	218.1	42.9
SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	21.45	51.4	205.6	42.4
SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	27.8	45.9	183.8	42.4
S7	Galleria Rampa D / ferrovia	17.5	31.0	123.9	42.5
S7	Galleria Rampa D / ferrovia	28.3	43.3	173.2	41.4
S8	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M / ferrovia	16.2	56.1	224.6	42.6
S8	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M / ferrovia	26.2	65.1	260.4	43.6
SN7	Ramo C_dec	21.5	40.0	160.0	43.7
SG13bis	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	20.5	105.7	422.7	49.3
C403bis	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	14.7	32.0	128.0	38.0
C403bis	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	25.4	19.0	76.0	39.0
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	17.5	55.0	220.0	42.0
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	35	66.7	266.9	42.0
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	22	90.0	360.0	42
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	34	73.0	292.0	40
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	31	47.4	189.6	40
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	41.8	54.5	218.0	41
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	51.6	51.6	206.4	
C423	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15.6	41.0	164.0	40
C423bis	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.7	93.1	372.6	42
C423bis	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35.4	18.5	74.1	39
Cn450	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	22.4	47.1	188.4	41
C413	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	36.8	53.0	160.6	40

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tabella 10 Riepilogo risultati prove dilatometriche

FORO	Opera	z (m)	E'(MPa)	φ'
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	28	123.0	
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	26	105.0	
C406	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	47.5	134.0	38
C407	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	34.5	221.7	
C407	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	44	37.0	
C407	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	55.7	191.0	39
C408	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / Galleria Rampa C / ferrovia	34.7	125.6	39
C408	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / Galleria Rampa C / ferrovia	44	130.0	
C408	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / Galleria Rampa C / ferrovia	53.9	128.3	37
C420bis	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	64.5	411.0	
C420bis	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	74.5	413.3	
C420bis	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	84.5	74.3	
C421quater	ferrovia	74.5	1051.0	
C421ter	Galleria Rampa A / ferrovia	74.5	225.3	
C421ter	Galleria Rampa A / ferrovia	83.5	194.3	
C423	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	29.5	174.6	
Cn450	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	36.5	287.0	40
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19	91.0	37
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	20.5	65.0	37
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	22	165.0	40
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.5	125.6	39
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27.5	233.0	40
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	30	224.6	40
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34	42.6	34
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	64.9	395.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.8	164.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27.5	168.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	30.5	461.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	33.5	155.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36.5	154.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	39.5	121.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	43.5	234.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	46.5	243.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	48.5	171.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51	164.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	52.5	136.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	55.5	746.0	
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58.5	145.0	
C413	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	20.6	1200.0	
C423bis	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	29.5	175.0	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tabella 11 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E ₀ [MPa]
CS101	6	388.6	739.02
CS101	8	375.5	689.99
CS101	10	372.9	680.32
CS101	12	428.1	896.58
CS101	14	403.4	796.39
CS103	6	371.4	675.09
CS103	8	433.2	918.10
CS103	10	440.6	949.96
CS103	12	881.6	3803.05
CS103	14	715.8	2506.94
CS103	16	591.1	1709.52
CS103	18	530.5	1376.80
CS103	20	1112.1	6051.57
CS103	22	903.1	3990.82
CS103	24	920.9	4149.69
CS103	28	860.8	3625.27
CS103	30	649.5	2064.11
S7DG42	10.5	950.0	4415.90
S7DG42	11.5	932.0	4250.15
S7DG42	12.5	1320.0	8525.50
S7DG42	13.5	844.0	3485.44
S7DG42	14.5	865.0	3661.04
S7DG42	15.5	959.0	4499.97
S7DG42	16.5	876.0	3754.74
S7DG42	17.5	841.0	3460.70
S7DG42	18.5	1694.0	14041.03
S7DG42	19.5	1203.0	7081.14
S7DG42	20.5	1290.0	8142.39
S7DG42	21.5	1116.0	6093.97
S7DG42	22.5	1130.0	6247.83
S7DG42	23.5	643.0	2022.99
S7DG42	24.5	653.0	2086.40
S7DG42	25.5	909.0	4042.97
S7DG42	26.5	1200.0	7045.87
S7DG42	27.5	763.0	2848.53
S7DG42	28.5	1129.0	6236.78
S7DG42	29.5	761.0	2833.62
S7DG42	30.5	1090.0	5813.33
S7DG42	31.5	976.0	4660.92
S7DG42	32.5	1044.0	5333.02
S7DG42	33.5	1358.0	9023.43
S7DG42	34.5	586.0	1680.23
S7DG42	35.5	1098.0	5898.98
S7DG42	36.5	967.0	4575.36
S7DG42	37.5	1365.0	9116.70
S7DG42	38.5	745.0	2715.72
S7DG42	39.5	532.0	1384.83
S7DG42	40.5	475.0	1103.98
S7DG42	41.5	681.0	2269.17
S7DG42	42.5	858.0	3602.03

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]
S7DG42	43.5	612	1832.6
S7DG42	44.5	596	1738.1
S7DG42	45.5	780	2976.9
SG14	23	1913	17906.1
SG14	24	759	2818.7
SG14	25	1220	7282.7
SG14	26	660	2131.4
SG15	19	814	3242.1
SG15	20	816	3258.0
SG13bis	14	571.62	1598.8
SG13bis	16	1063.21	5531.1
SG13bis	18	615.6	1854.3
SG13bis	20	1146.53	6432.0
SG13bis	22	1155.362	6531.4
SG13bis	24	620.92	1886.4
SG13bis	26	662.73	2149.0
SG13bis	28	585.87	1679.5
SG13bis	30	553.83	1500.8
SG13bis	32	399.4	780.5
SG13bis	34	243.8	290.8
SG13bis	36	664.5	2160.5
SG13bis	38	499.15	1219.1
SG13bis	40	587.05	1686.3
SG13bis	42	322.43	508.7
SG13bis	44	767.29	2880.7
SG13bis	46	243.89	291.0
SG13bis	48	554.82	1506.2
SG13bis	50	906.83	4023.7
SG13bis	52	624.18	1906.3
SG13bis	54	997.6	4869.5
SG13bis	56	1117.3	6108.2
SG13bis	58	525.94	1353.5
S8	7	650	2067.3
S8	9	372	677.1
S8	11	635	1973.0
S8	17	681	2269.2
S8	19	522	1333.3
S8	21	583	1663.1
S8	23	1038	5271.9
S8	25	685	2295.9
S8	27	622	1893.0
FCCH1508	28	479	1122.6
FCCH1508	29	386	729.0
FCCH1508	30	475	1104.0
FCCH1508	31	507	1257.7
FCCH1508	32	494	1194.1
FCCH1508	33	581	1651.7
FCCH1508	34	560	1534.4
FCCH1508	35	426	888.0
FCCH1508	36	401	786.8
FCCH1508	37	451	995.2
FCCH1508	38	479	1122.6
FCCH1508	39	419	859.0
FCCH1508	40	368	662.6

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]
FCCH1508	41	383	717.74
FCCH1508	42	353	609.71
FCCH1508	43	390	744.22
FCCH1508	44	365	651.87
FCCH1508	45	392	751.87
FCCH1508	46	494	1194.06
FCCH1508	47	409	818.50
FCCH1508	48	464	1053.44
FCCH1508	49	483	1141.48
FCCH1508	50	469	1076.26
FCCH1508	51	511	1277.66
FCCH1508	52	568	1578.59
FCCH1508	53	582	1657.37
FCCH1508	54	598	1749.74
FCCH1508	55	459	1030.86
FCCH1508	56	459	1030.86
FCCH1508	57	498	1213.48
FCCH1508	58	606	1796.87
FCCH1508	59	641	2010.43
FCCH1508	60	582	1657.37
FCCH1508	61	624	1905.20
FCCH1508	62	607	1802.81
FCCH1508	63	667	2176.83
FCCH1508	64	656	2105.62
FCCH1508	65	603	1779.13
FCCH1508	66	582	1657.37
FCCH1508	67	577	1629.01
FCCH1508	68	554	1501.73
FCCH1508	69	514	1292.70
FCCH1508	70	605	1790.95
FCCH1508	71	550	1480.12
FCCH1508	72	538	1416.24
FCCH1508	73	537	1410.98
FCCH1508	74	572	1600.90
FCCH1508	75	565	1561.96
FCCH1508	76	634	1966.76
FCCH1508	77	664	2157.29
FCCH1508	78	671	2203.01
FCCH1508	79	652	2080.02
FCCH1508	80	729	2600.32
FCCH1508	81	690	2329.54
FCCH1508	82	692	2343.07
FCCH1508	83	632	1954.37
FCCH1508	84	663	2150.80
FCCH1508	85	739	2672.15
FCCH1508	86	758	2811.32
FCCH1508	87	679	2255.86
FCCH1508	88	589	1697.47
FCCH1508	89	547	1464.02
FCCH1508	90	437	934.40
FCCH1508	91	461	1039.86
FCCH1508	92	557	1518.04
FCCH1508	93	605	1790.95
FCCH1508	94	643	2022.99

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E'₀ [MPa]
FCCH1508	21	619	1874.79
FCCH1508	22	709	2459.60
FCCH1508	97	758	2811.32
FCCH1508	98	648	2054.58
FCCH1508	99	789	3045.97
FCCH1508	100	784	3007.49
OTCCH1501	19	583	1663.07
OTCCH1501	20	564	1556.43
OTCCH1501	21	578	1634.66
OTCCH1501	22	558	1523.49
OTCCH1501	23	464	1053.44
OTCCH1501	24	568	1578.59
OTCCH1501	25	593	1720.61
OTCCH1501	26	586	1680.23
OTCCH1501	27	705	2431.93
OTCCH1501	28	898	3945.71
OTCCH1501	29	876	3754.74
OTCCH1501	30	732	2621.77
OTCCH1501	31	862	3635.69
OTCCH1501	32	949	4406.61
OTCCH1501	33	783	2999.82
OTCCH1501	34	852	3551.82
OTCCH1501	35	628	1929.71
OTCCH1501	36	604	1785.03
OTCCH1501	37	606	1796.87
OTCCH1501	38	629	1935.86
OTCCH1501	39	566	1567.49
OTCCH1501	40	705	2431.93
OTCCH1501	41	652	2080.02
OTCCH1501	42	603	1779.13
OTCCH1501	43	524	1343.49
OTCCH1501	44	607	1802.81
OTCCH1501	45	551	1485.51
OTCCH1501	46	579	1640.32
OTCCH1501	47	587	1685.96
OTCCH1501	48	679	2255.86
OTCCH1501	49	643	2022.99
OTCCH1501	50	598	1749.74
OTCCH1501	51	704	2425.03
OTCCH1501	52	653	2086.40
OTCCH1501	53	645	2035.60
OTCCH1501	54	661	2137.84
OTCCH1501	55	655	2099.20
OTCCH1501	56	660	2131.38
OTCCH1501	57	653	2086.40
OTCCH1501	58	714	2494.41
OTCCH1501	59	739	2672.15
OTCCH1501	60	770	2901.04
OTCCH1501	61	757	2803.91
OTCCH1501	62	752	2766.99
OTCCH1501	63	729	2600.32
OTCCH1501	64	753	2774.36
OTCCH1501	65	778	2961.63
OTCCH1501	66	935	4277.55

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E'₀ [MPa]
OTCCH1501	67	949	4406.61
OTCCH1501	68	1117	6104.90
OTCCH1501	69	919	4132.41
OTCCH1501	70	942	4341.84
OTCCH1501	71	1002	4912.56
OTCCH1501	72	1000	4892.97
OTCCH1501	73	812	3226.15
OTCCH1501	74	898	3945.71
OTCCH1501	75	919	4132.41
OTCCH1501	76	789	3045.97
OTCCH1501	77	877	3763.32
OTCCH1501	78	945	4369.54
OTCCH1501	79	988	4776.24
OTCCH1501	80	1165	6640.86
OTCCH1501	81	1069	5591.49
OTCCH1501	82	1111	6039.49
OTCCH1501	83	1116	6093.97
OTCCH1501	84	967	4575.36
OTCCH1501	85	953	4443.84
OTCCH1501	86	1015	5040.86
OTCCH1501	87	967	4575.36
OTCCH1501	88	1058	5477.01
OTCCH1501	89	1030	5190.95
OTCCH1501	90	912	4069.70
OTCCH1501	91	905	4007.46
OTCCH1501	92	966	4565.90
OTCCH1501	93	1037	5261.74
OTCCH1501	94	1000	4892.97
OTCCH1501	95	920	4141.41
OTCCH1501	96	975	4651.38
OTCCH1501	97	1070	5601.96
OTCCH1501	98	1039	5282.06
OTCCH1501	99	1254	7694.27
OTCCH1501	100	1253	7682.00
C423bis	4	443.59	962.80
C423bis	5	576.13	1624.10
C423bis	6	610.87	1825.87
C423bis	7	451.36	996.82
C423bis	8	603.86	1784.21
C423bis	9	646.89	2047.54
C423bis	10	540.29	1428.32
C423bis	11	785.7	3020.55
C423bis	12	664.91	2163.21
C423bis	13	789.62	3050.76
C423bis	14	979.97	4698.92
C423bis	15	923.54	4173.34
C423bis	16	1137.62	6332.38
C423bis	17	949.42	4410.51
C423bis	18	1097.95	5898.44
C423bis	19	1335.49	8726.77
C423bis	20	1225.62	7349.94
C423bis	21	640.81	2009.24
C423bis	22	763.08	2849.13
C423bis	23	273.93	367.16

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]
C423bis	24	511.01	1277.71
C423bis	25	585.77	1678.91
C423bis	26	585.97	1680.05
C423bis	27	1165.02	6641.08
C423bis	28	1238.1	7500.39
C423bis	29	664.31	2159.30
C423bis	30	766.07	2871.50
C423bis	31	738.1	2665.65
C423bis	32	664.81	2162.56
C423bis	33	866.14	3670.70
C423bis	34	1183.79	6856.80
C423bis	35	1037.14	5263.17
C423bis	36	948.99	4406.52
C423bis	37	797.95	3115.47
C423bis	38	949.42	4410.51
C403bis	4	224.57	246.76
C403bis	5	173.55	147.37
C403bis	6	306.51	459.69
C403bis	7	401.86	790.17
C403bis	8	488.41	1167.19
C403bis	9	467.85	1070.99
C403bis	10	414.31	839.89
C403bis	11	400.62	785.30
C403bis	12	358.1	627.45
C403bis	13	279.32	381.75
C403bis	14	492.97	1189.09
C403bis	15	531.93	1384.46
C403bis	16	528.59	1367.13
C403bis	17	419.79	862.26
C403bis	18	631.8	1953.13
C403bis	19	1073.12	5634.67
C403bis	20	1179.4	6806.04
C403bis	21	831.53	3383.20
C403bis	22	892.71	3899.36
C403bis	23	618.84	1873.82
C403bis	24	660.24	2132.93
C403bis	25	620.05	1881.16
C403bis	26	473.92	1098.96

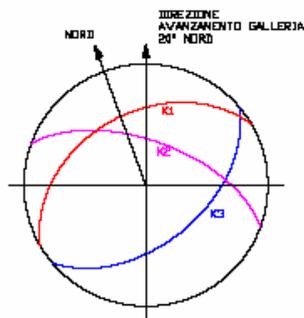
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

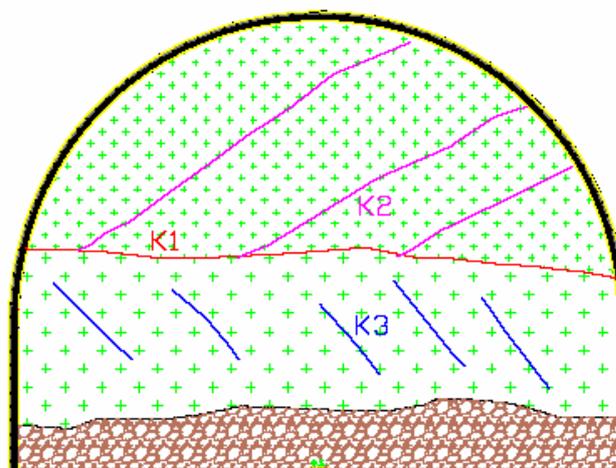
GALLERIA:	PIALE-CARR NORD	RILIEVO SPEDITIVO ()	Data:	19.05.09	Progr.:	430+625.00
IMBOCCO:	SUD	RILIEVO ANALITICO (X)	Redattore:	L. LUCENTE	Verificato:	
		SEZ. APPLICATA: B2				

RILIEVO GEO-STRUTTURALE

RILIEVO PITTORICO DEL FRONTE



Proiezione stereografica equiareale di Schmidt sull'emisfero superiore

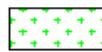


LEGENDA GEOLOGICA:

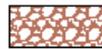
ACQUA	ASSENTE	
	UMIDO	X
	Q < 1L/sec	
	Q > 1L/sec	
DISTACCHI	ASSENTI	X
	PIEDRITTO SX	
	PIEDRITTO DX	
	CALDTIA	
	Y < 0.8mc	
	0.8mc ≤ Y < 1.0mc	
	Y > 1.0mc	
OSSERVAZIONI	ASSENTI	
	RETE ELETTROSALDATA	X
	GENTINE	X
	SPRITZ-BETON (cm)	X
	SPRITZ-BETON (con anhi)	
	SPRITZ AL FRONTE (cm)	
	CHIODI SX	
	CHIODI DX	
	CHIODI CALDTIA	
	VTR FRONTE (N°)	X
VTR CONTORNO (N°)		
PRETAGLIO (sp. cm)		
J.G. CONTORNO		
J.G. FRONTE		
INFILAGGI	X	
DRENAGGI (N°)	X	



Rocce del basamento cristallino (plutoniti alterate) di colore marrone-rossastro



Rocce a matrice sabbiosa di colore grigio beige, con presenza di inclusi cristallini decimetrici da arrotondati a subarrotondati e con intercalazioni di livelli decimetrici di sabbia fine moderatamente cementata.



Materiale di smarino

Nei settori medio alti il fronte di scavo risulta rappresentato da terreni a matrice sabbiosa di colore grigio beige da moderatamente cementati a cementati con presenza di inclusi cristallini di dimensioni decimetriche a consistenza litoide e livelli sabbiosi a granulometria fine cementati di spessore decimetrico.

La restante porzione di ammasso risulta rappresentato da rocce del basamento cristallino quali graniti e granodioriti (Plutoniti alterate) di colore marrone rossastro moderatamente alterati con sporadica presenza, tra le discontinuità per fratturazione, di materiale di riempimento molle a granulometria limo argillosa

Nel complesso l'ammasso si presenta competente allo scavo offrendo una buona resistenza all'azione dinamica del martellone.

Il fronte di scavo si presenta umido mentre la resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso viene stimata generalmente superiore ai 25 Mpa.

Figura 82

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA:	PIALE-CARR NORD	RILIEVO SPEDITIVO ()	Data: <u>19.05.09</u>	Progr.: <u>430+625.00</u>
IMBOCCO:	SUD	RILIEVO ANALITICO (X)	Redattore: <u>L. LUCENTE</u>	Verificato: _____
		SEZ. APPLICATA: B2		

<p>1. FORMAZIONE: Rocce di basamento cristallino</p> <p>2. LITOLOGIA: Nei settori medio alti il fronte di scavo risulta rappresentato da terreni a matrice sabbiosa di colore grigio beige da moderatamente cementati a cementati con presenza di inclusi cristallini di dimensioni decimetriche a consistenza litoide e livelli sabbiosi a granulometria fine cementati di spessore decimetrico. La restante porzione di ammasso risulta rappresentato da rocce del basamento cristallino quali graniti e granodioriti (Plutoniti alterate) di colore marrone rossastro moderatamente alterati con sporadica presenza, tra le discontinuità per fratturazione, di materiale di riempimento molle a granulometria limo argillosa. Nel complesso l'ammasso si presenta competente allo scavo offrendo una buona resistenza all'azione dinamica del martellone. Il fronte di scavo si presenta umido mentre la resistenza a compressione uniaassiale dell'ammasso viene stimata generalmente superiore ai 25 Mpa.</p> <p>3. RAPPORTO LITOLOGIA 1 / FRONTE DI SCAVO: 100 %</p> <p>4. COPERTURA: ca. 22.00 mt</p> <p>5. PARIETALITÀ (distanza dal versante): -</p> <p>6. RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE DELLA ROCCIA INTATTA: La resistenza a compressione uniaassiale della roccia viene stimata generalmente superiore ai 25Mpa..</p> <p>7. ALTERAZIONE: L'ammasso roccioso si presenta moderatamente alterato.</p> <p>8. CONDIZIONI IDRICHE DEL FRONTE: Fronte di scavo umido</p>	<p>13. TIPO DI SCAVO: scavo a piena sezione tramite martellone.</p> <p>14. SOSTEGNO: 2 IPN 180 passo 1,00 m</p> <p>15. CONSOLIDAMENTO: Infilaggi in corona e VTR al fronte</p> <p>16. SEZIONE TIPO CORRENTE: B2</p> <p>17. CONVERGENZE DIAMETRALI:</p> <p>18. CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO: (BBMR, Bieniawski 1989)</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1-RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE DELLA ROCCIA INTATTA</td><td style="text-align: right;">R1 =</td></tr> <tr><td>2-R.Q.D. (stimato)</td><td style="text-align: right;">R2 =</td></tr> <tr><td>3-SPAZIATURA</td><td style="text-align: right;">R3 =</td></tr> <tr><td>4-CONDIZIONE DEI GIUNTI</td><td style="text-align: right;">R4 =</td></tr> <tr><td>5-CONDIZIONI IDRICHE</td><td style="text-align: right;">R5 =</td></tr> <tr><td>6-ORIENTAZIONE GALLERIA (rispetto alla giacitura degli strati)</td><td style="text-align: right;">R6 =</td></tr> <tr><td>(Basic rock mass rating)</td><td style="text-align: right;">BRMR</td></tr> <tr><td>(Rock mass rating) stimato</td><td style="text-align: right;">RMR 28-32</td></tr> </table> <p>CLASSE (Geological Strength Index GSI):</p>	1-RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE DELLA ROCCIA INTATTA	R1 =	2-R.Q.D. (stimato)	R2 =	3-SPAZIATURA	R3 =	4-CONDIZIONE DEI GIUNTI	R4 =	5-CONDIZIONI IDRICHE	R5 =	6-ORIENTAZIONE GALLERIA (rispetto alla giacitura degli strati)	R6 =	(Basic rock mass rating)	BRMR	(Rock mass rating) stimato	RMR 28-32																																				
1-RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE DELLA ROCCIA INTATTA	R1 =																																																				
2-R.Q.D. (stimato)	R2 =																																																				
3-SPAZIATURA	R3 =																																																				
4-CONDIZIONE DEI GIUNTI	R4 =																																																				
5-CONDIZIONI IDRICHE	R5 =																																																				
6-ORIENTAZIONE GALLERIA (rispetto alla giacitura degli strati)	R6 =																																																				
(Basic rock mass rating)	BRMR																																																				
(Rock mass rating) stimato	RMR 28-32																																																				
<p>9. DISCONTINUITÀ:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">SET N°</th> <th rowspan="2">TIPO</th> <th rowspan="2">SPAZIATURA Cm</th> <th colspan="2">GIACITURA</th> <th rowspan="2">APERTURA (mm)</th> <th rowspan="2">RIEMP.</th> <th rowspan="2">ALTERAZ.</th> <th colspan="2">PERSISTENZA</th> <th rowspan="2">ACQUA</th> <th rowspan="2">SCABREZ (JRC)</th> </tr> <tr> <th>Incl (°)</th> <th>Incl (°)</th> <th>LUNGH. (m)</th> <th>TERMINAZ.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K1</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>170</td> <td>040</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>MA</td> <td>≈10</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>LS</td> </tr> <tr> <td>K2</td> <td>ST</td> <td>≈50</td> <td>220</td> <td>060</td> <td>-</td> <td>A</td> <td>MA</td> <td>≈5</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>LS</td> </tr> <tr> <td>K3</td> <td>GN</td> <td>≈30</td> <td>340</td> <td>050</td> <td>A-B</td> <td>A-B</td> <td>MA-LA</td> <td>≈2</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>LS</td> </tr> </tbody> </table>		SET N°	TIPO	SPAZIATURA Cm	GIACITURA		APERTURA (mm)	RIEMP.	ALTERAZ.	PERSISTENZA		ACQUA	SCABREZ (JRC)	Incl (°)	Incl (°)	LUNGH. (m)	TERMINAZ.	K1	-	-	170	040	-	-	MA	≈10	-	-	LS	K2	ST	≈50	220	060	-	A	MA	≈5	-	-	LS	K3	GN	≈30	340	050	A-B	A-B	MA-LA	≈2	-	-	LS
SET N°	TIPO				SPAZIATURA Cm	GIACITURA				APERTURA (mm)	RIEMP.			ALTERAZ.	PERSISTENZA		ACQUA	SCABREZ (JRC)																																			
		Incl (°)	Incl (°)	LUNGH. (m)		TERMINAZ.																																															
K1	-	-	170	040	-	-	MA	≈10	-	-	LS																																										
K2	ST	≈50	220	060	-	A	MA	≈5	-	-	LS																																										
K3	GN	≈30	340	050	A-B	A-B	MA-LA	≈2	-	-	LS																																										
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> TIPO DI DISCONTINUITÀ SC = Scistosità CT = Contatto ST = Stratificazione VN = Vena – intrusione FA = Faglia FR = Frattura aperta GN = Giunto generico CL = Clivaggio </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> RIEMPIMENTO A = Nessuno B = Compatto < 5 mm C = Compatto > 5 mm D = Sciolto < 5 mm </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> ALTERAZIONE NA = Non alterato LA = Leggerm. alterato MA = Moderat. alterato AA = Altamente alterato </td> </tr> </table>		TIPO DI DISCONTINUITÀ SC = Scistosità CT = Contatto ST = Stratificazione VN = Vena – intrusione FA = Faglia FR = Frattura aperta GN = Giunto generico CL = Clivaggio	RIEMPIMENTO A = Nessuno B = Compatto < 5 mm C = Compatto > 5 mm D = Sciolto < 5 mm	ALTERAZIONE NA = Non alterato LA = Leggerm. alterato MA = Moderat. alterato AA = Altamente alterato																																																	
TIPO DI DISCONTINUITÀ SC = Scistosità CT = Contatto ST = Stratificazione VN = Vena – intrusione FA = Faglia FR = Frattura aperta GN = Giunto generico CL = Clivaggio	RIEMPIMENTO A = Nessuno B = Compatto < 5 mm C = Compatto > 5 mm D = Sciolto < 5 mm	ALTERAZIONE NA = Non alterato LA = Leggerm. alterato MA = Moderat. alterato AA = Altamente alterato																																																			

Figura 83

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA:	PIALE- CARR. NORD	RILIEVO SPEDITIVO ()	Data: 19.05.09	Progr.: 430+625.00
IMBOCCO:	SUD	RILIEVO ANALITICO (X)	Redattore: L. LUCENTE	Verificator: _____
		SEZ. APPLICATA: B2		



Visione fronte di scavo galleria Piale, imbocco Sud carr. Nord

CLASSI DI AMMASSO ROCCIOSO

VALORI RMR	CLASSE ROCCIA	DESCRIZIONE
100-81	I	Ottimo
80-61	II	Buono
60-41	III	Discreto
40-21	IV	Scadente
<21	V	Molto scadente

Figura 84

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.1 Conglomerato di Pezzo – Rampa A – tratta in galleria

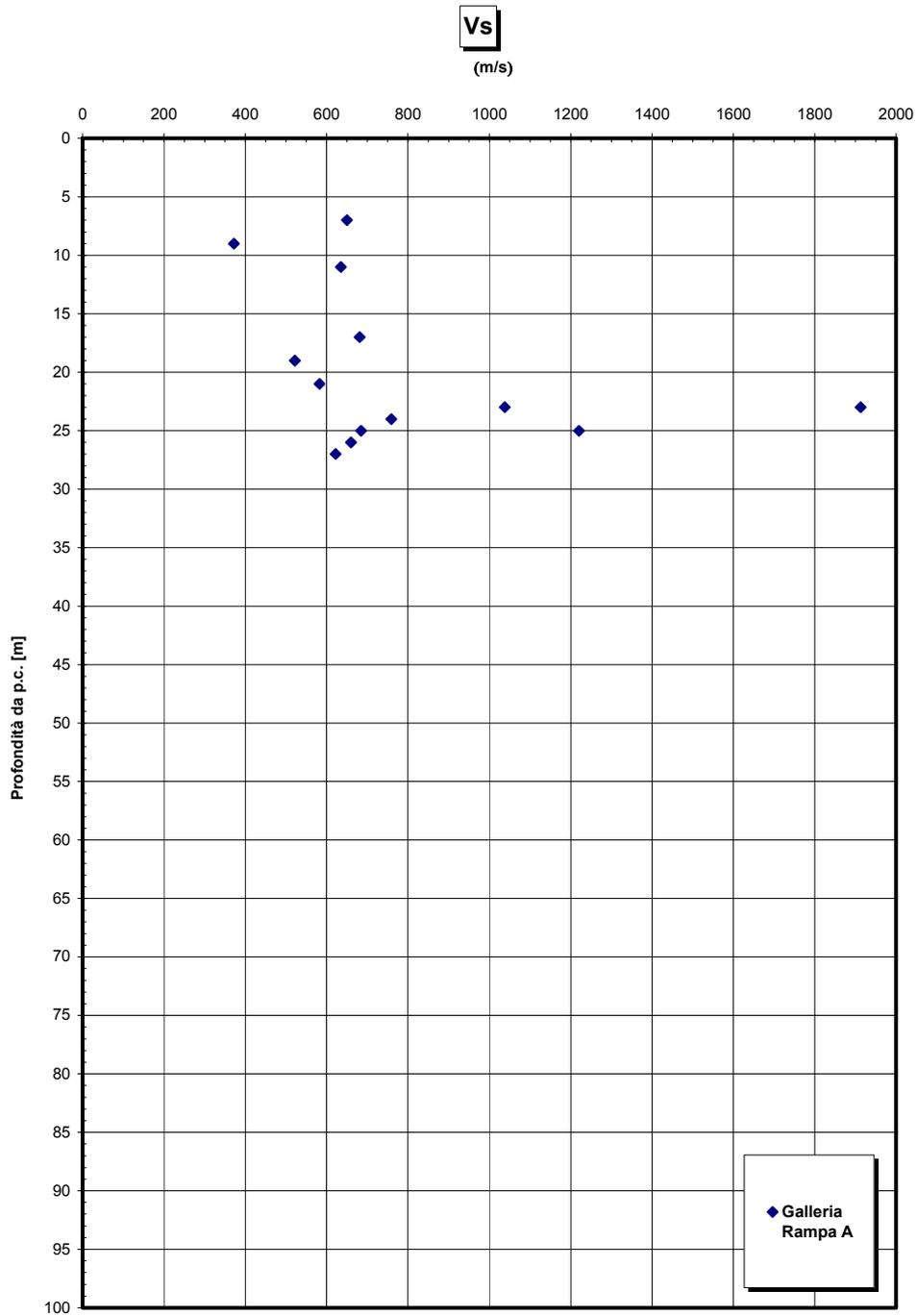


Figura 85

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

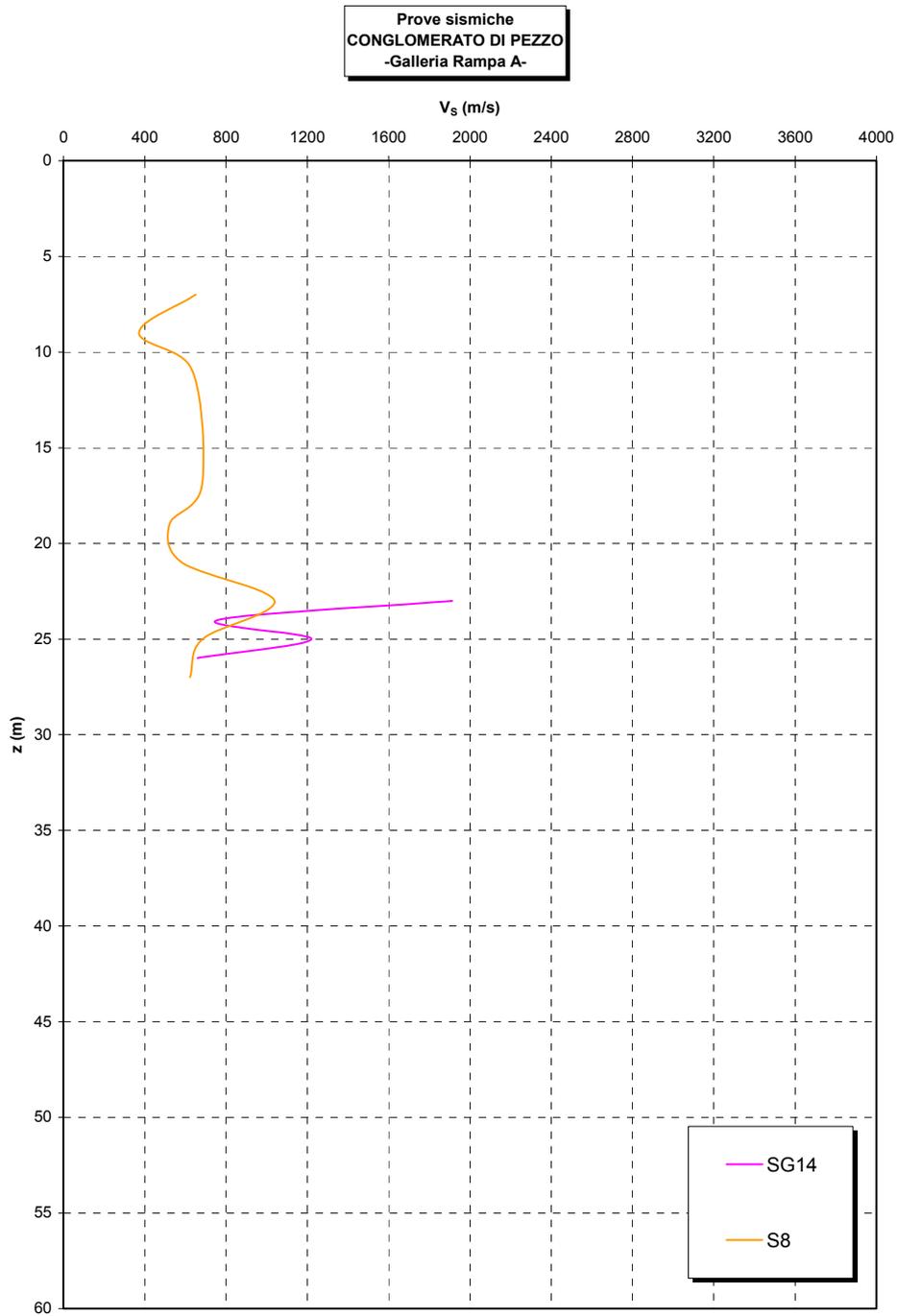


Figura 86

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

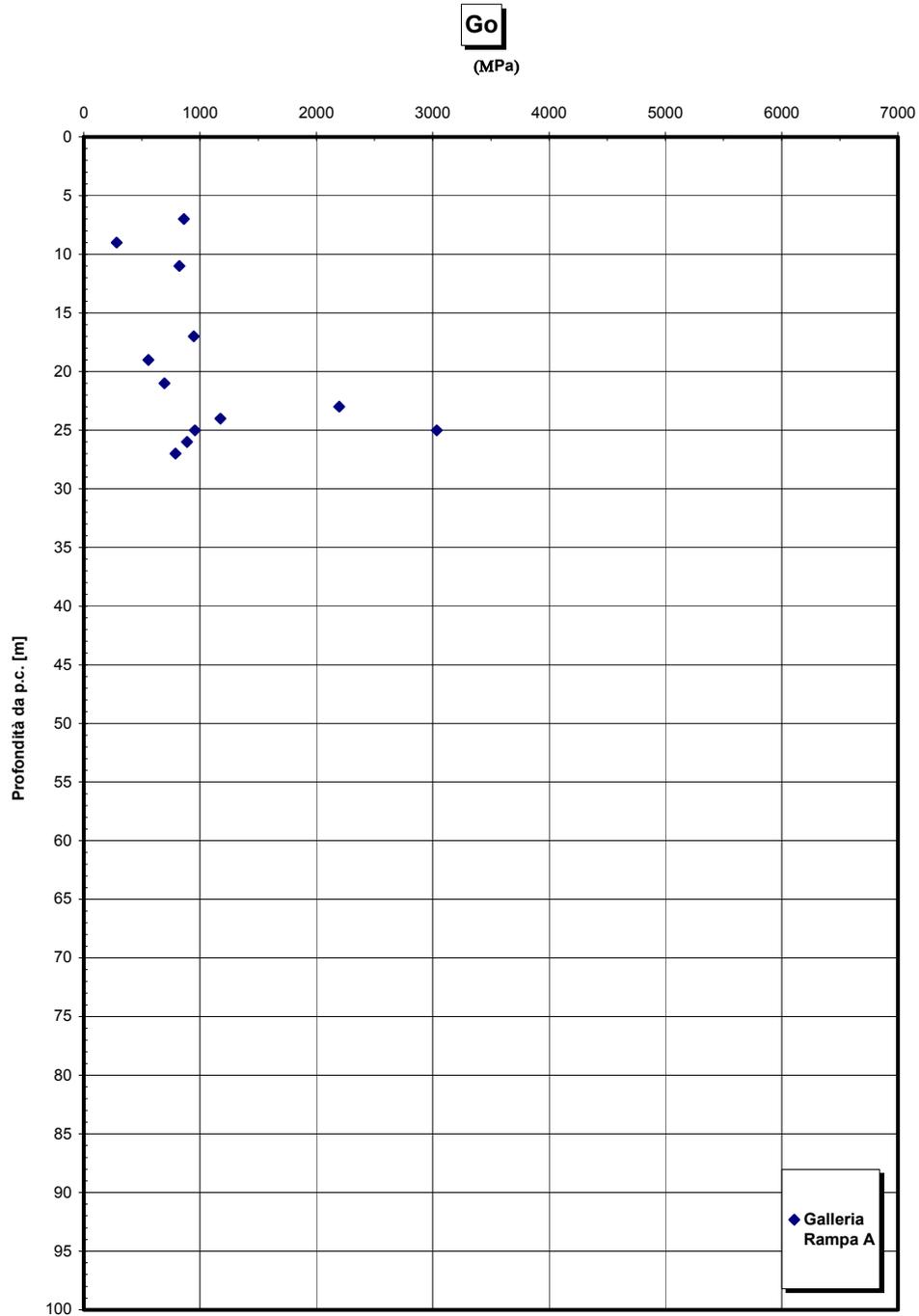


Figura 87 - G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

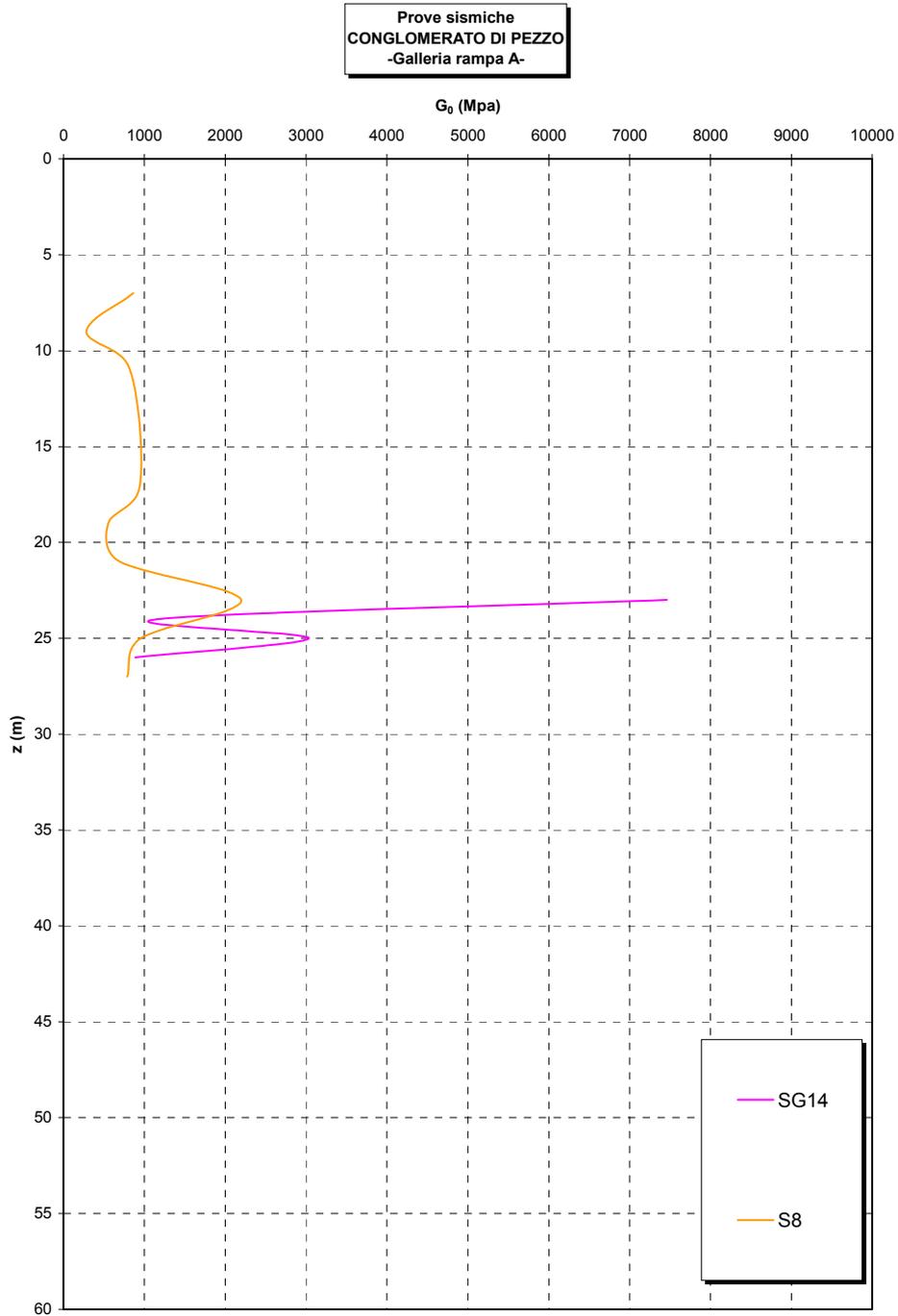


Figura 88

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

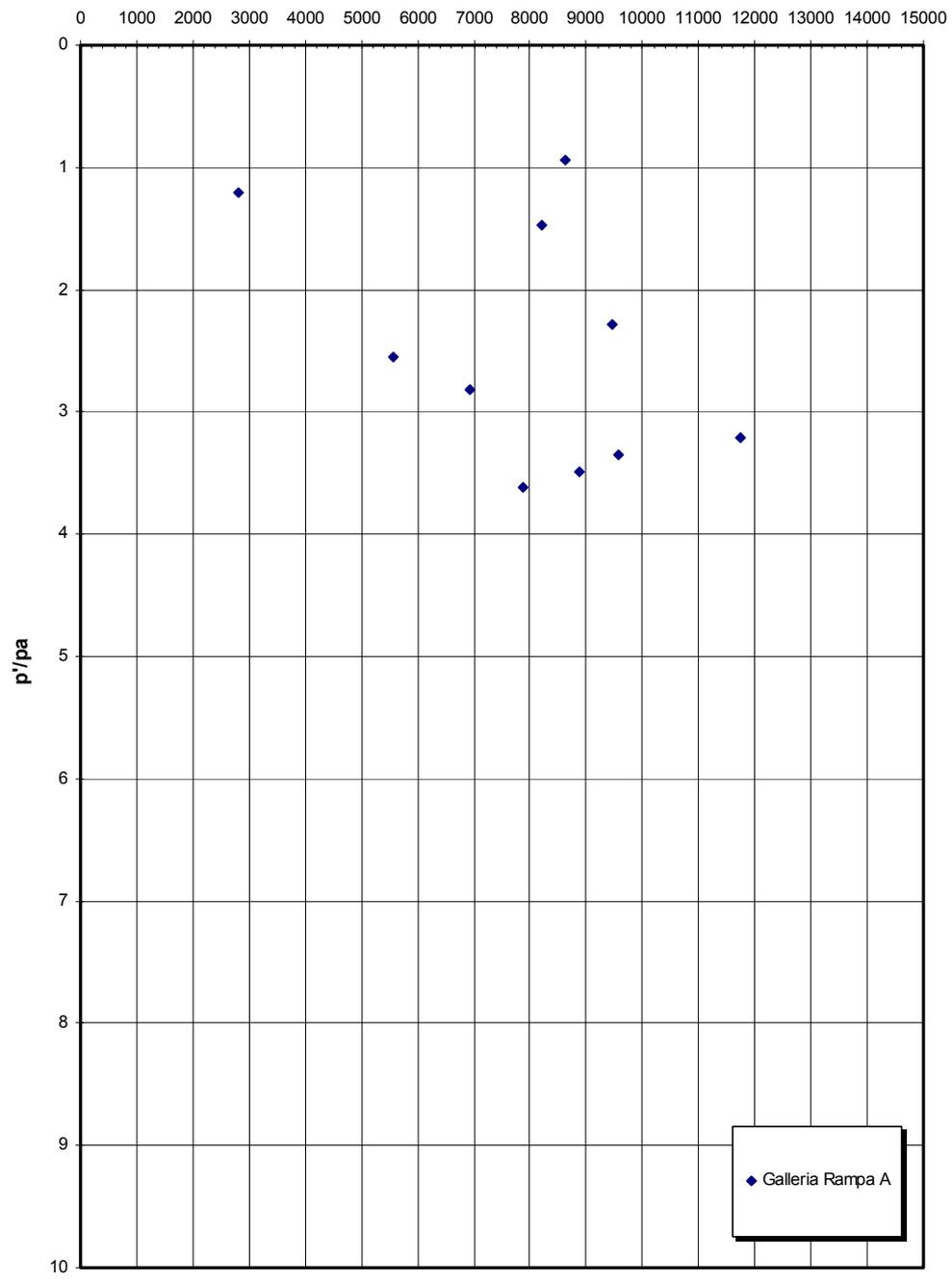


Figura 89

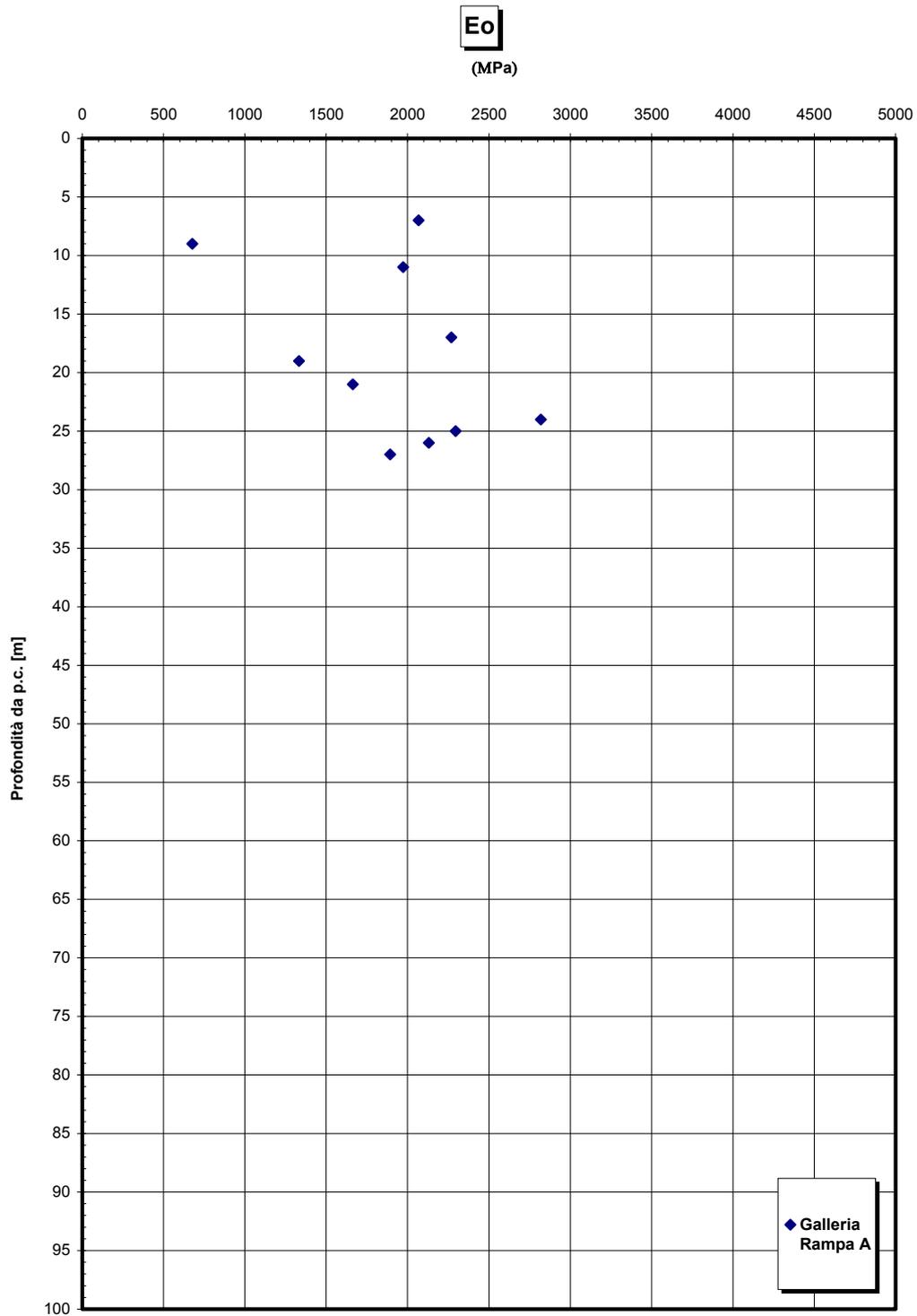


Figura 90

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

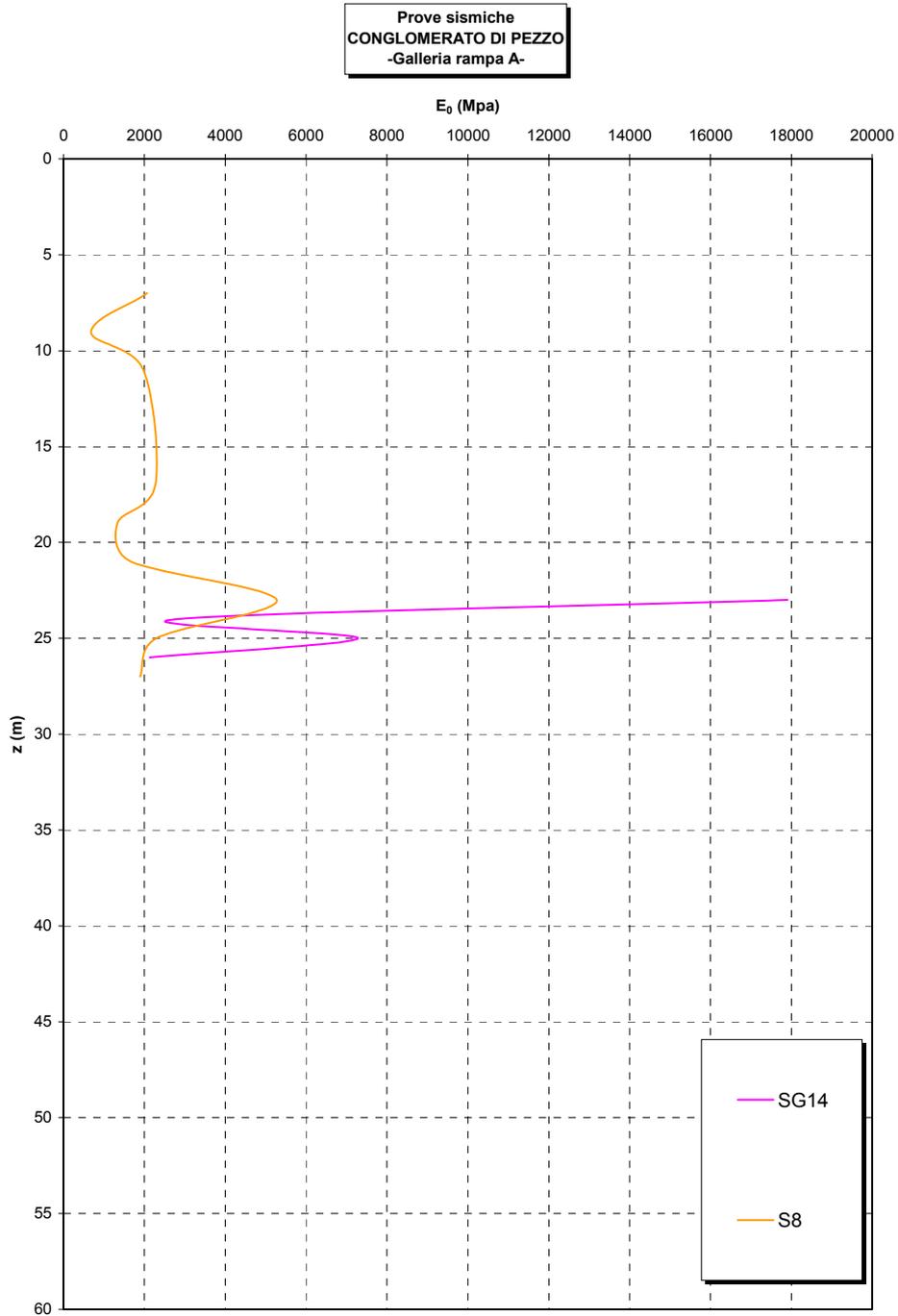


Figura 91

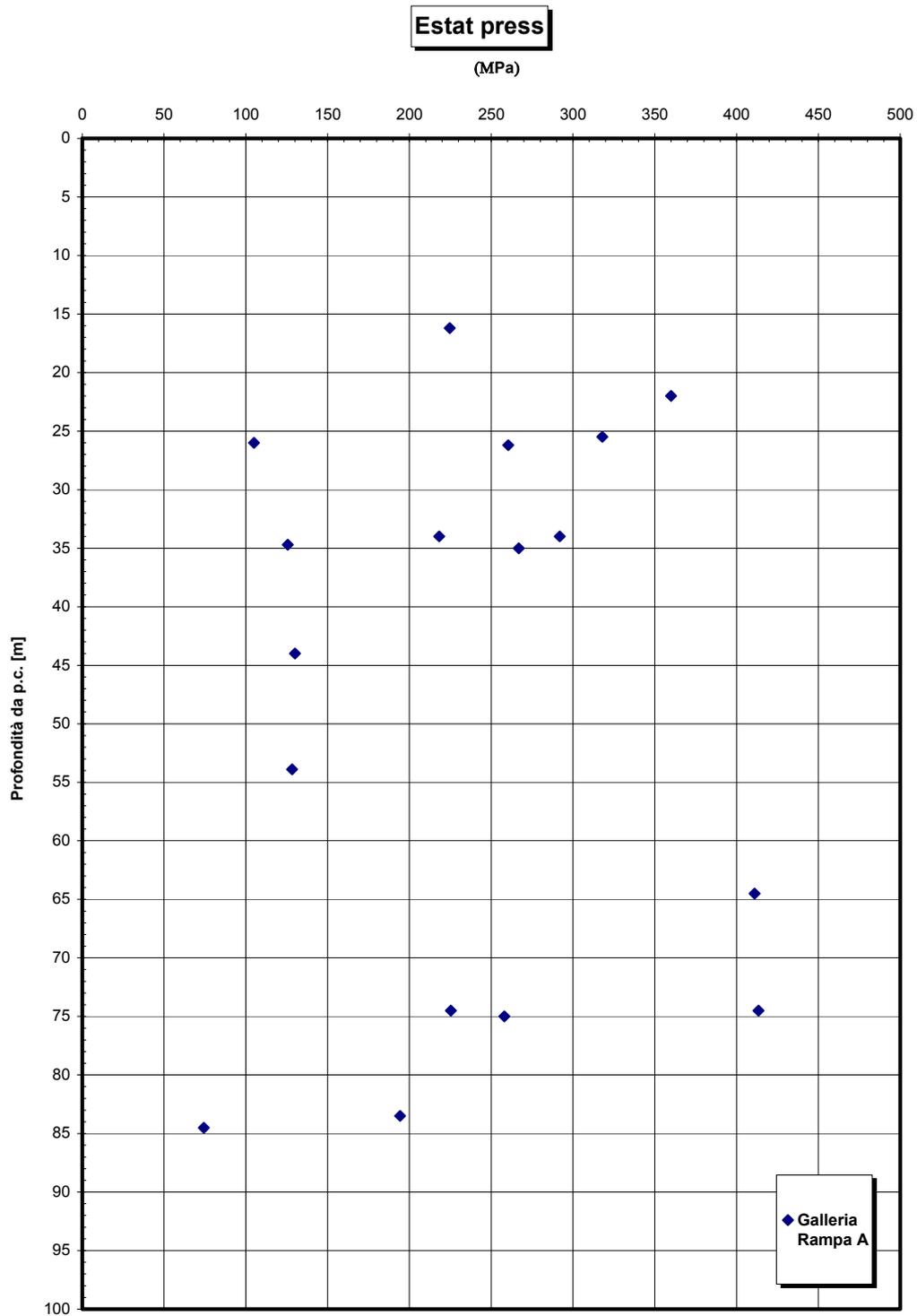


Figura 92

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

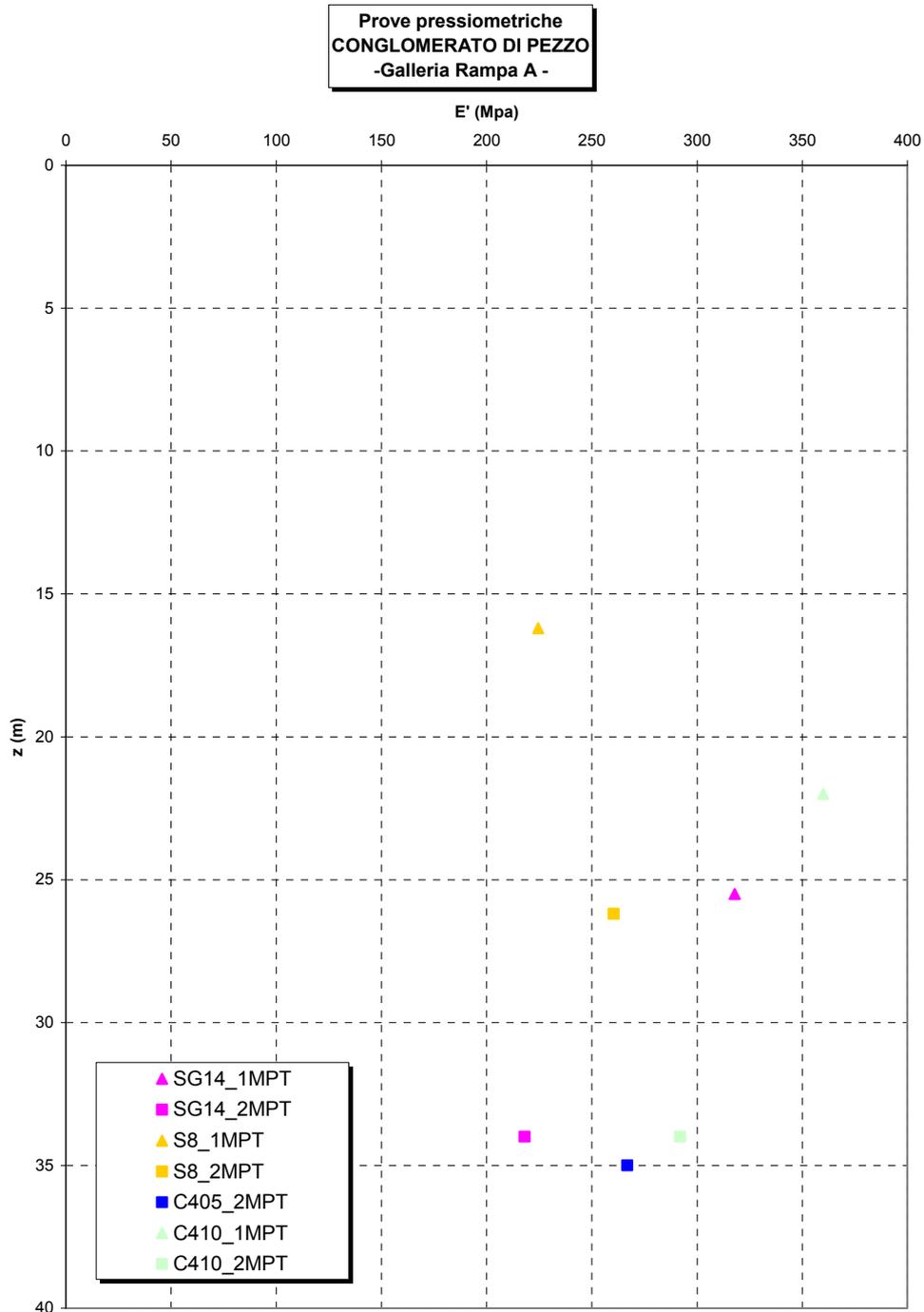


Figura 93

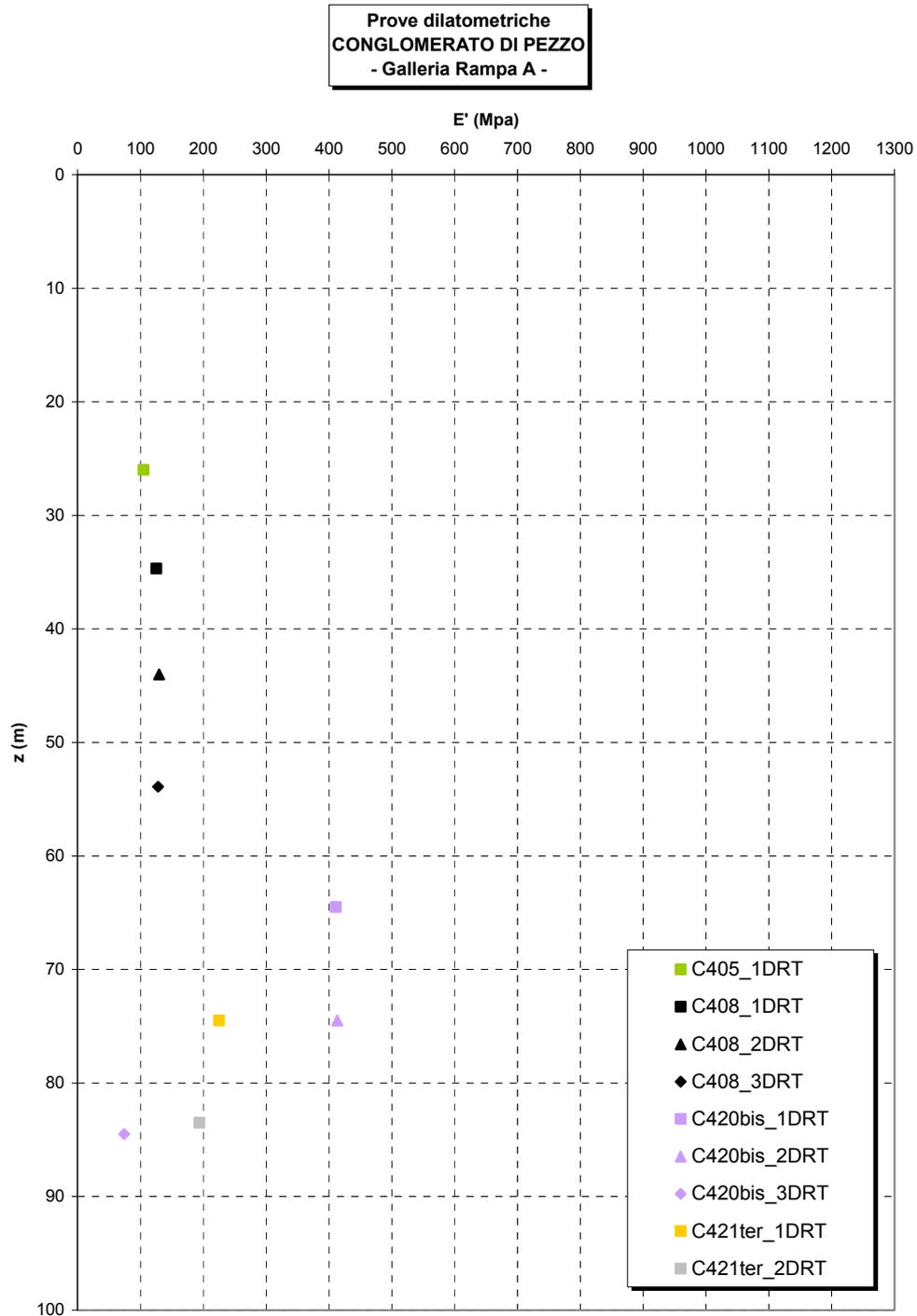


Figura 94

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.2 Conglomerato di Pezzo – Rampa B – tratta in galleria

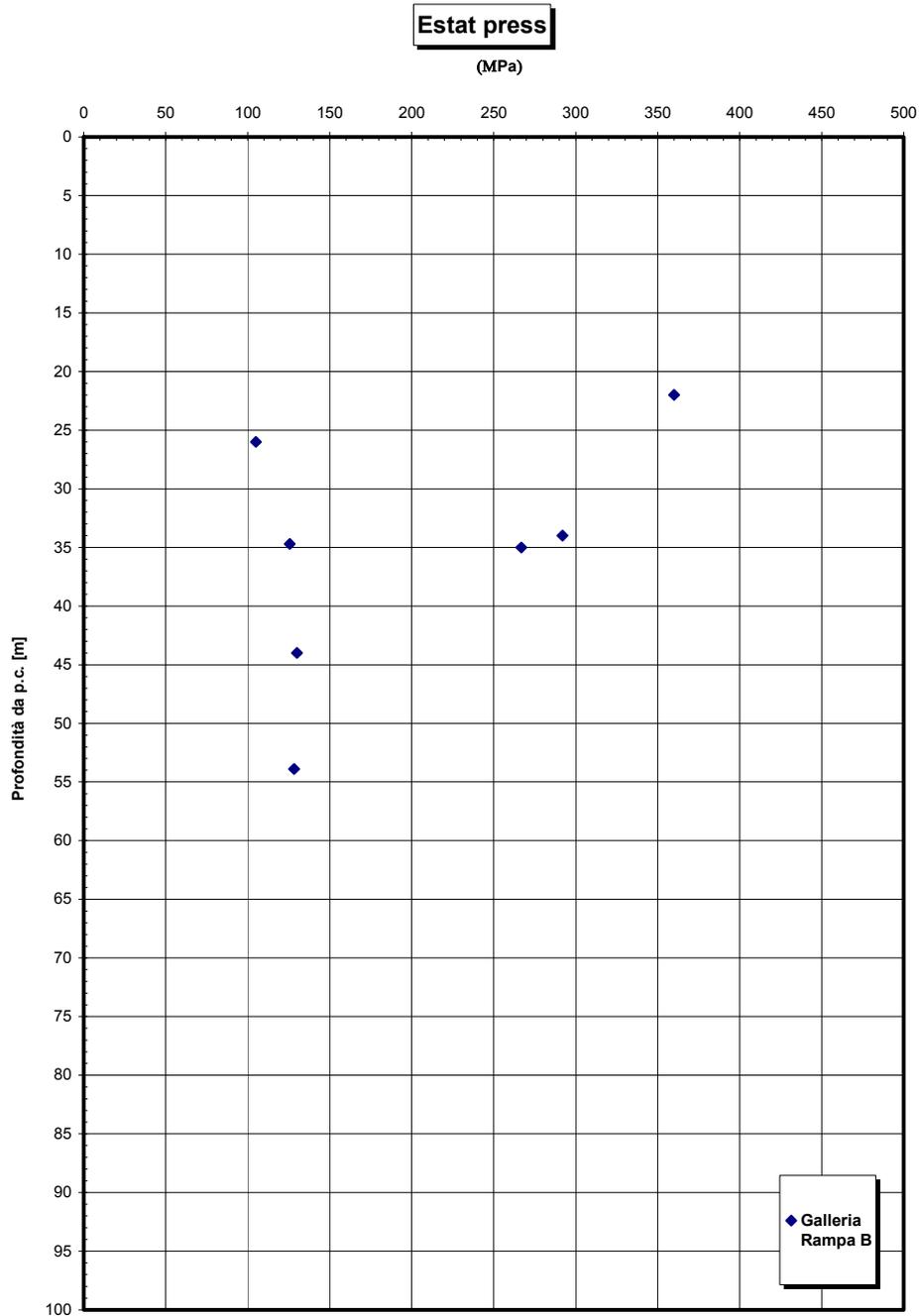


Figura 95

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

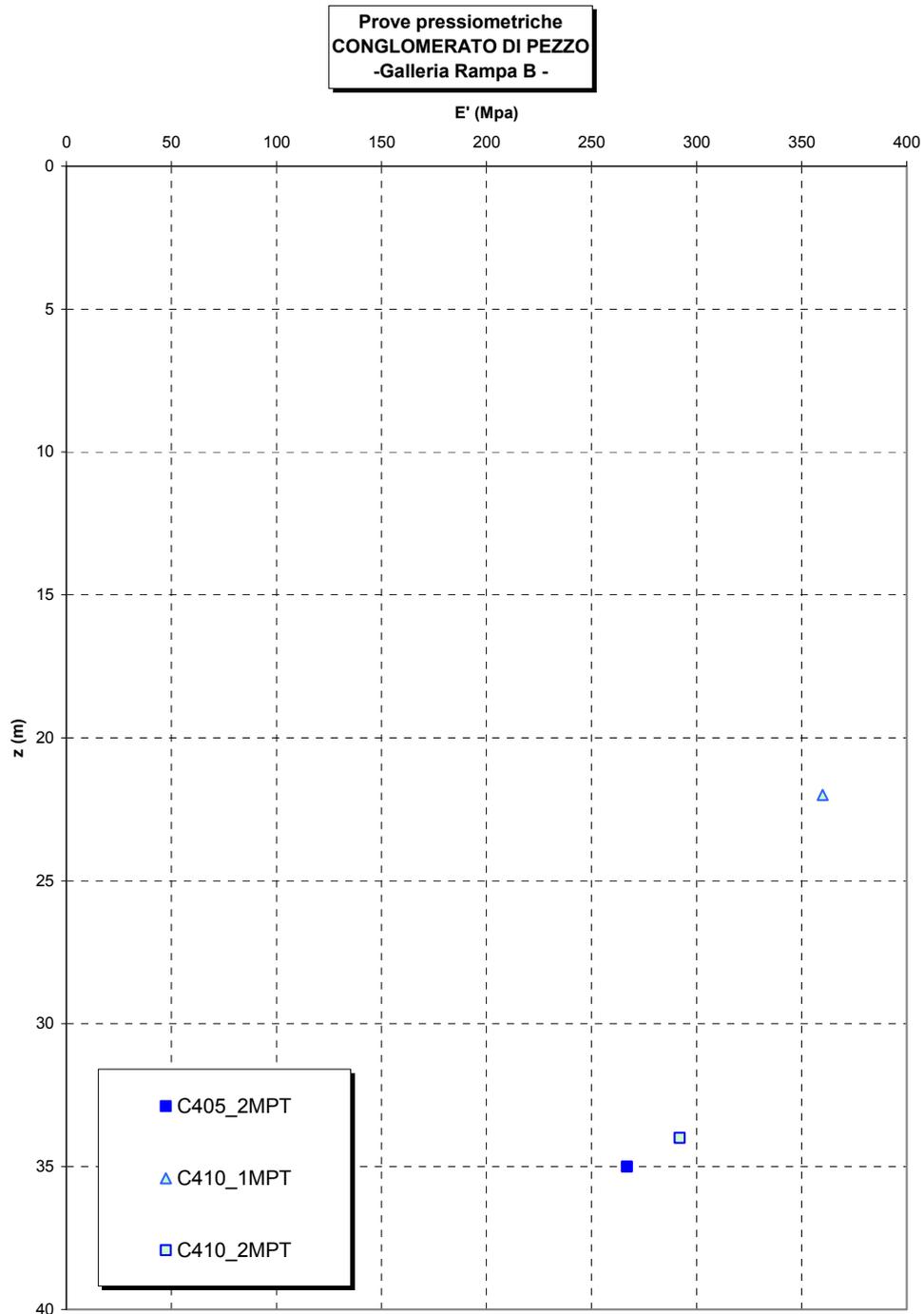


Figura 96

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

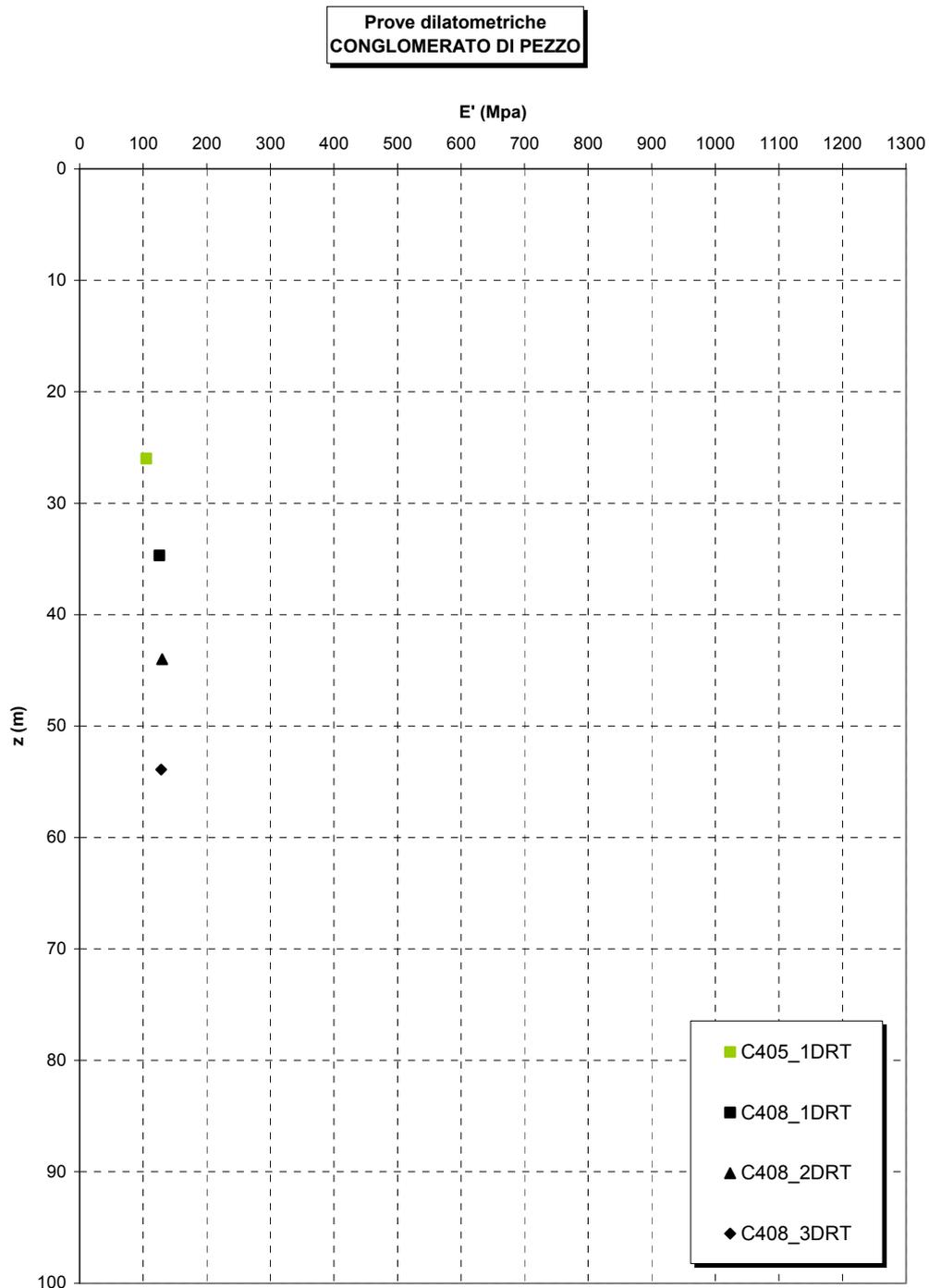


Figura 97

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.3 Conglomerato di Pezzo – Rampa C – tratta in galleria

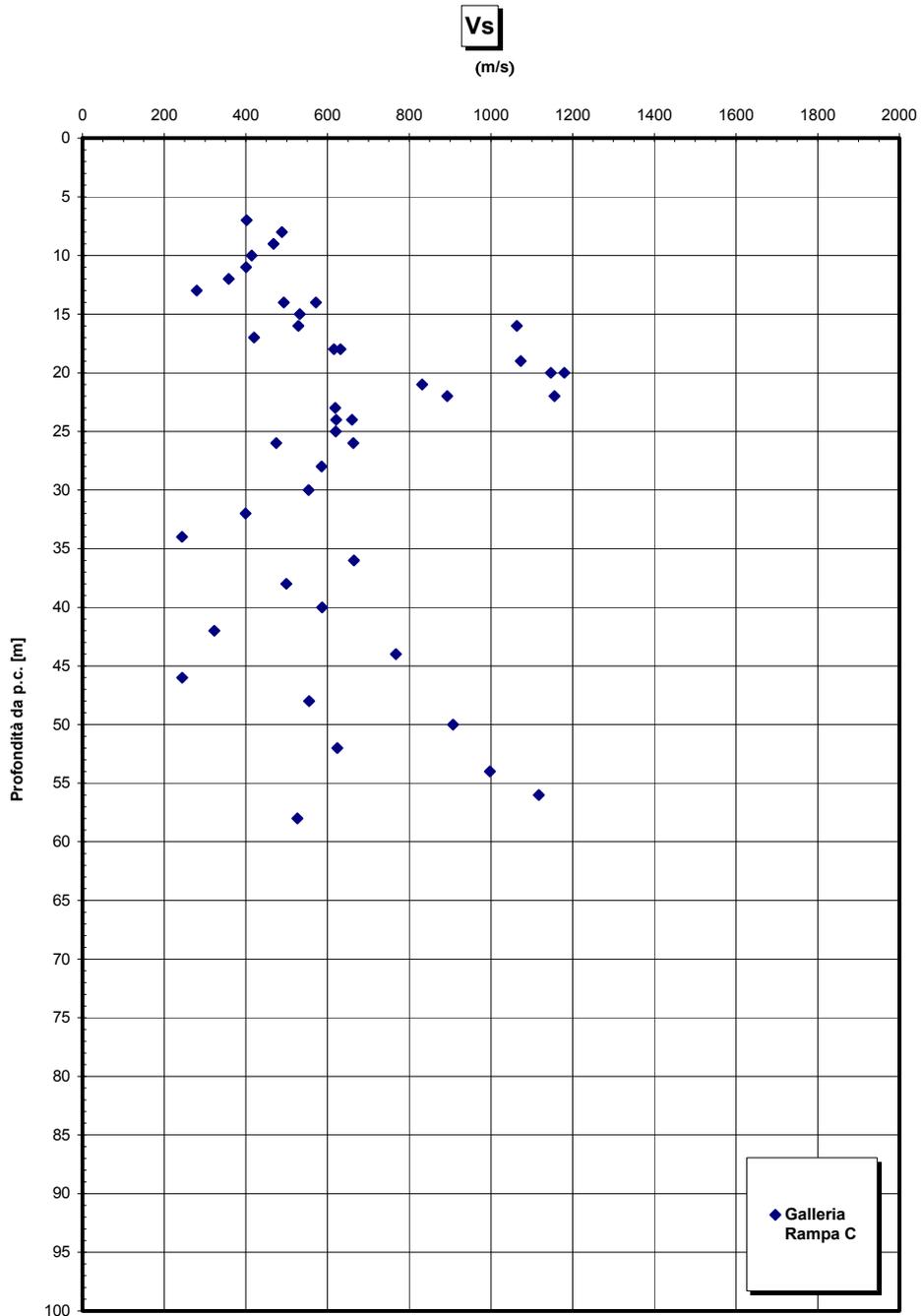


Figura 98

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

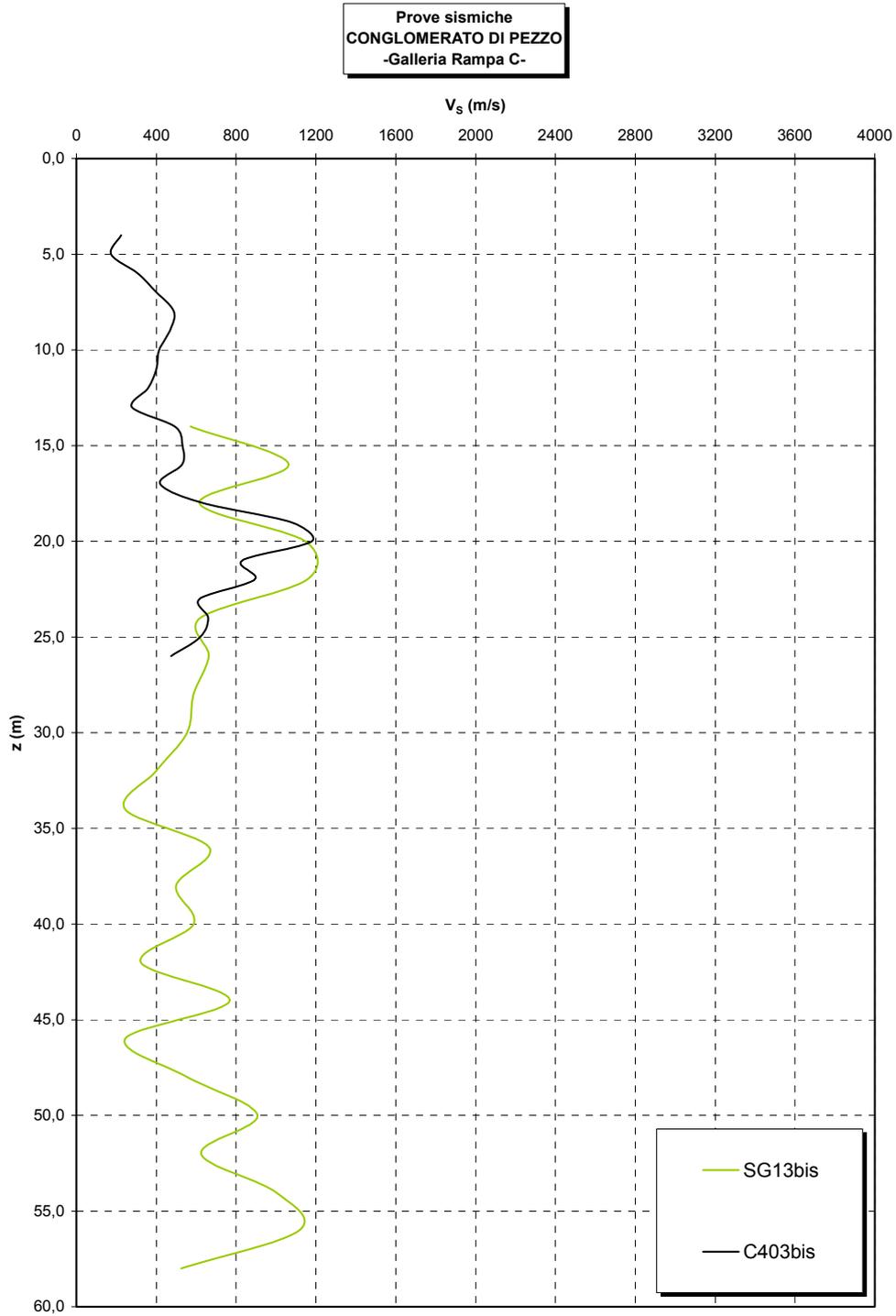


Figura 99

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

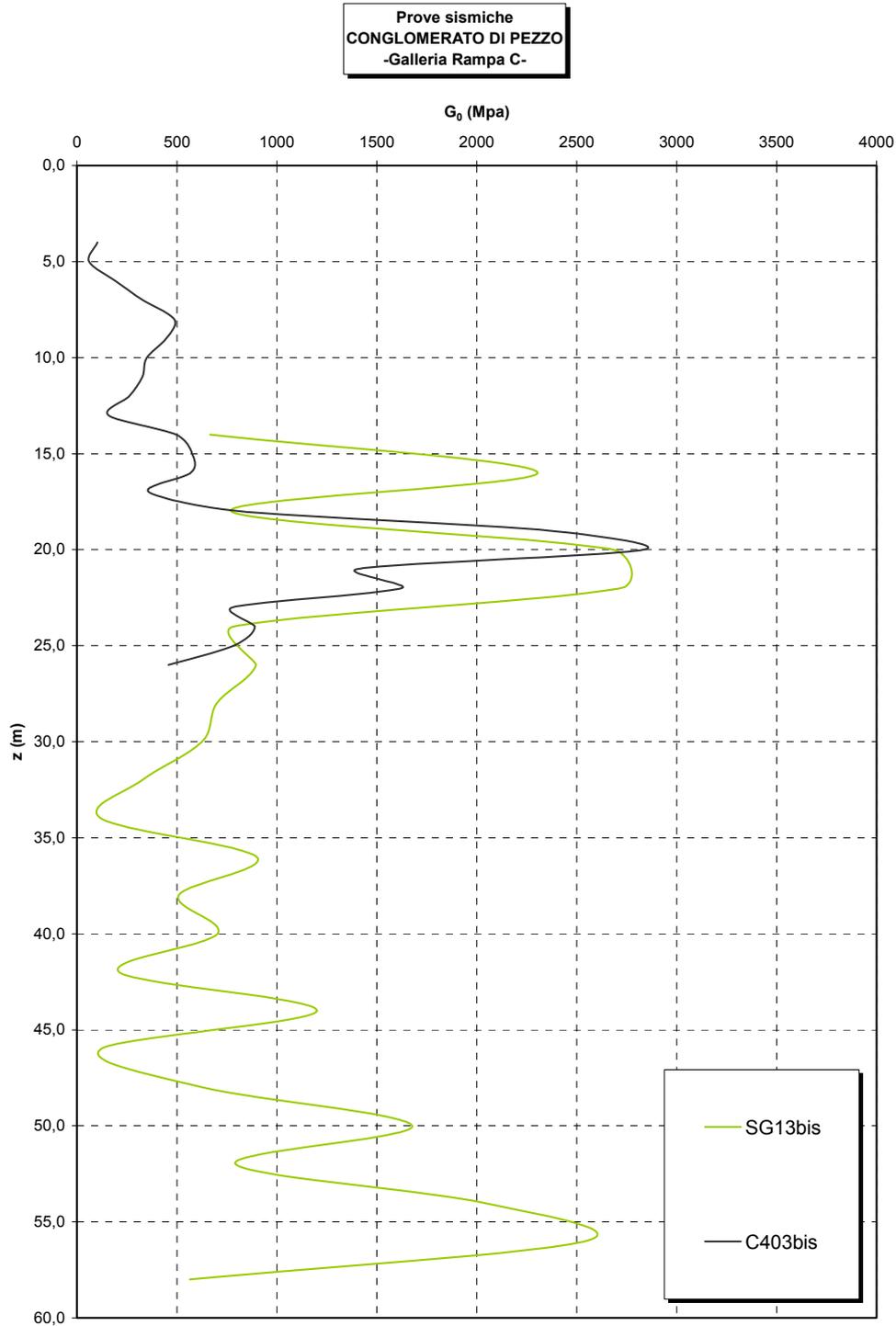


Figura 100

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

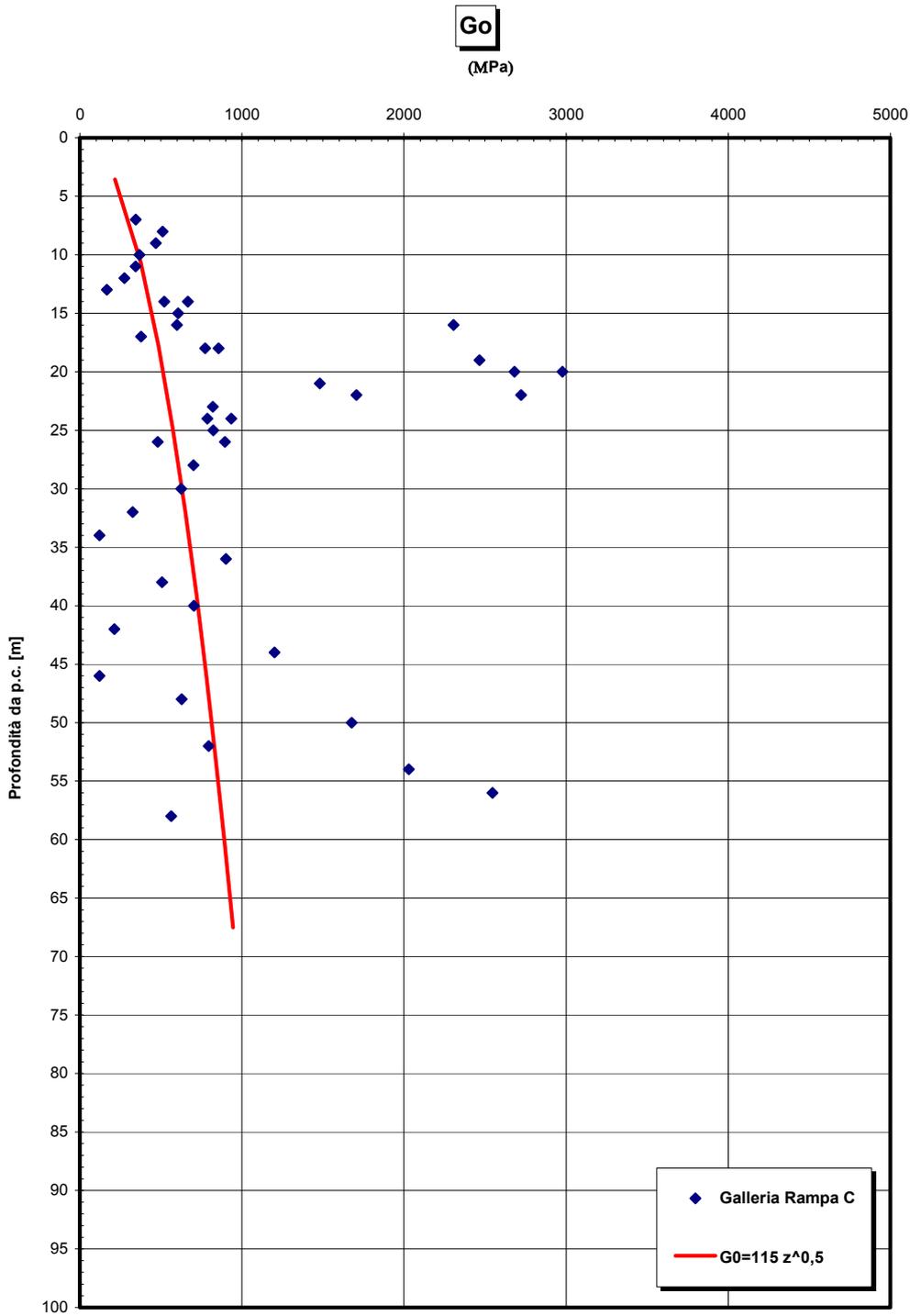


Figura 101- G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

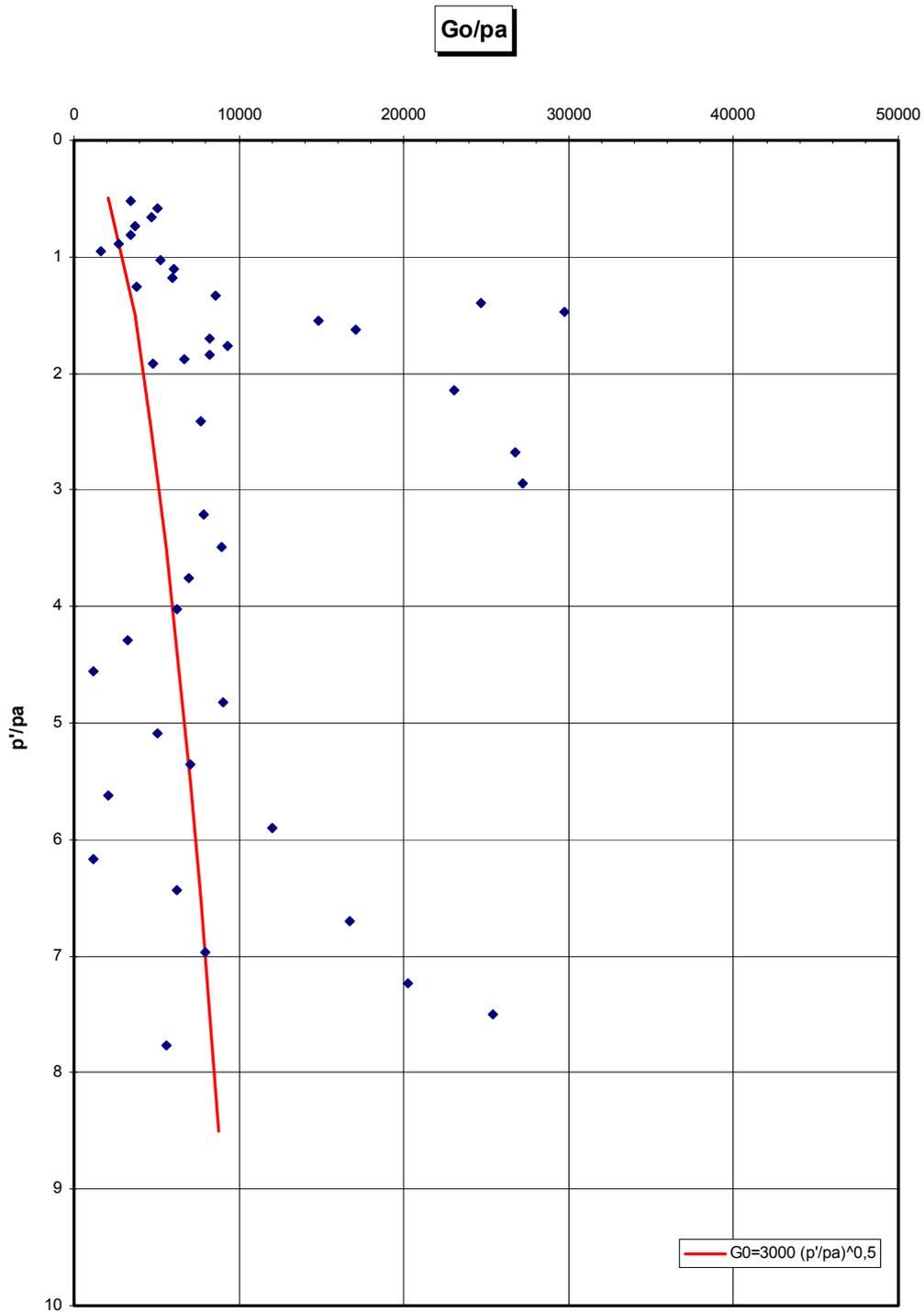


Figura 102

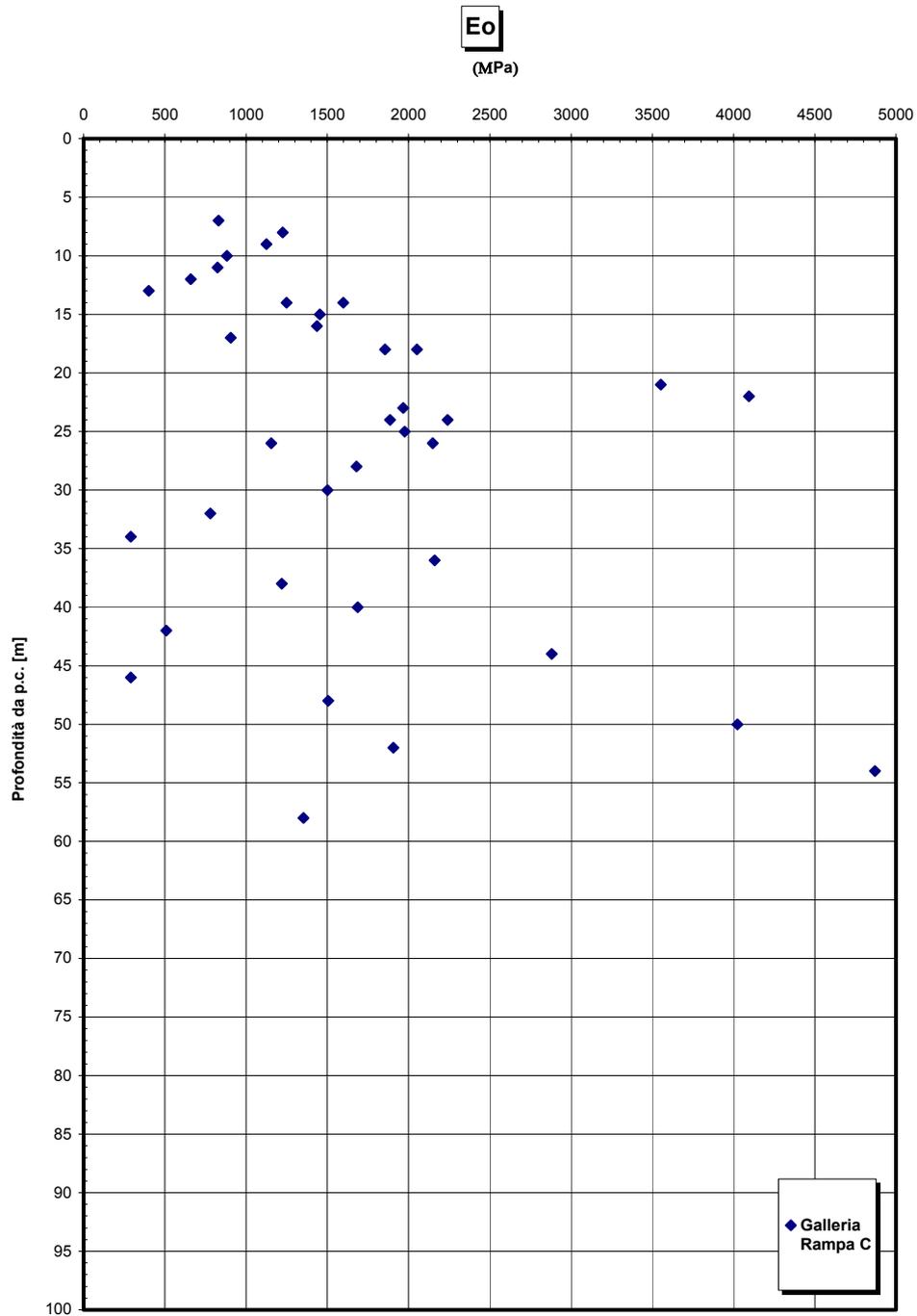


Figura 103

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

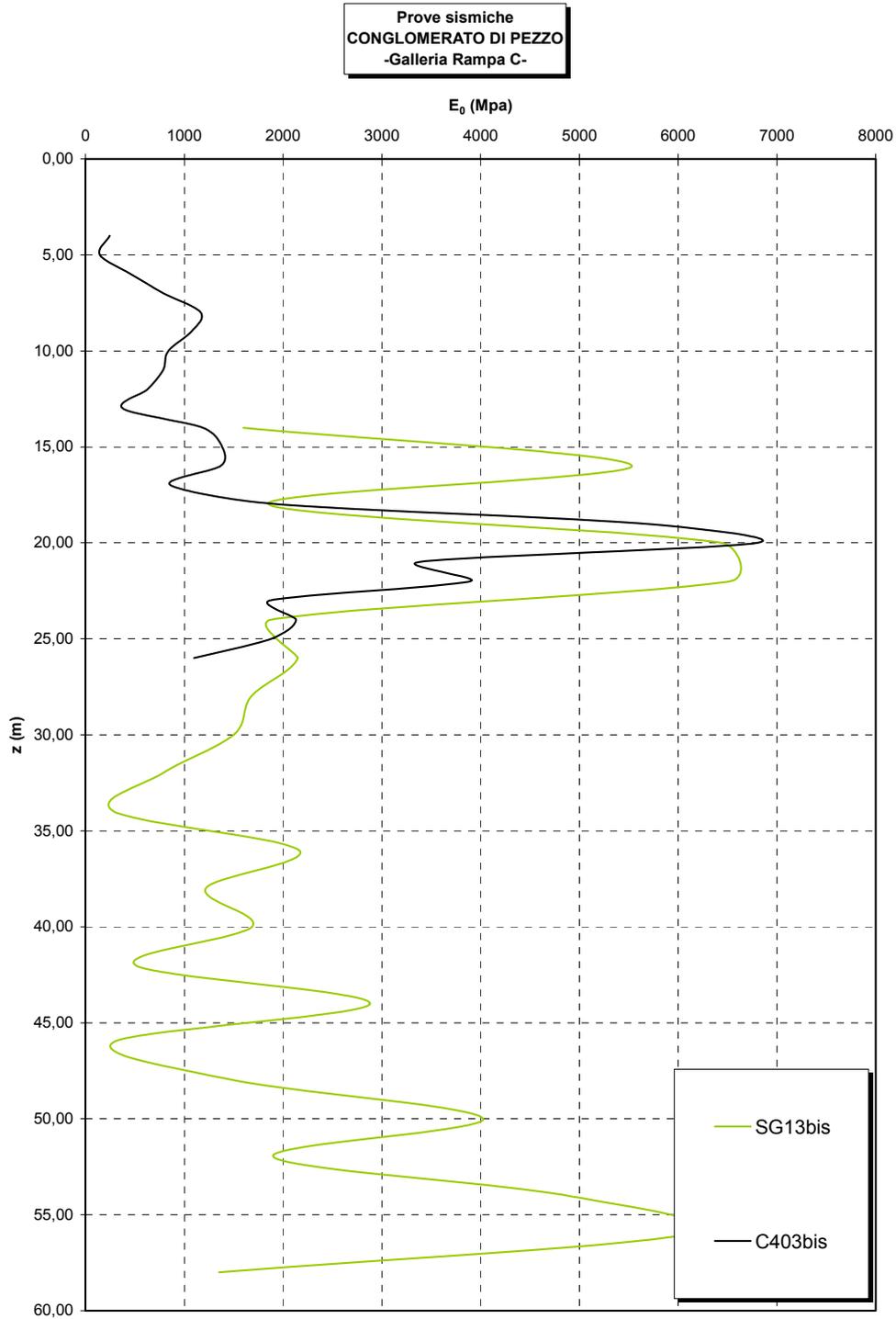


Figura 104

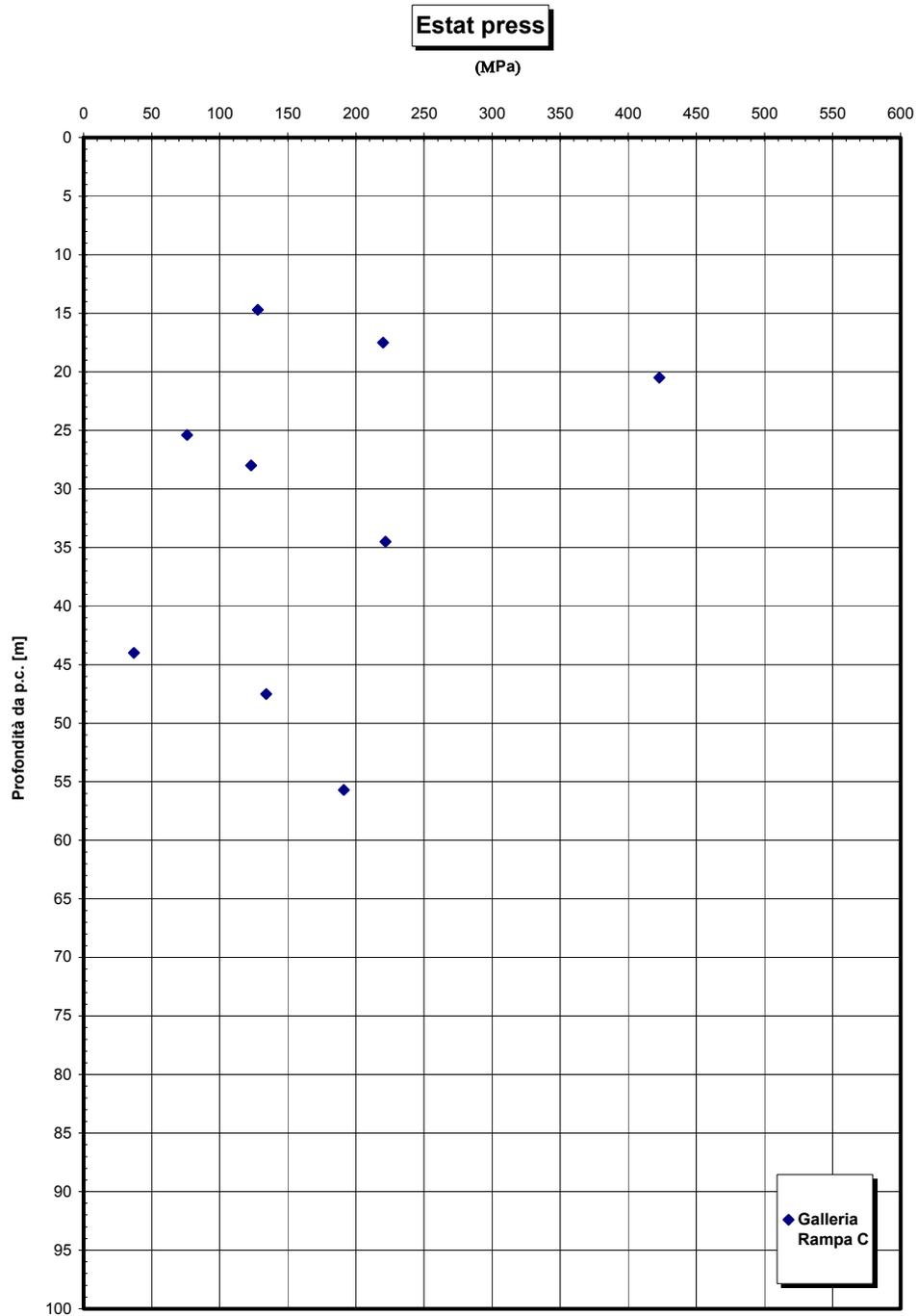


Figura 105

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

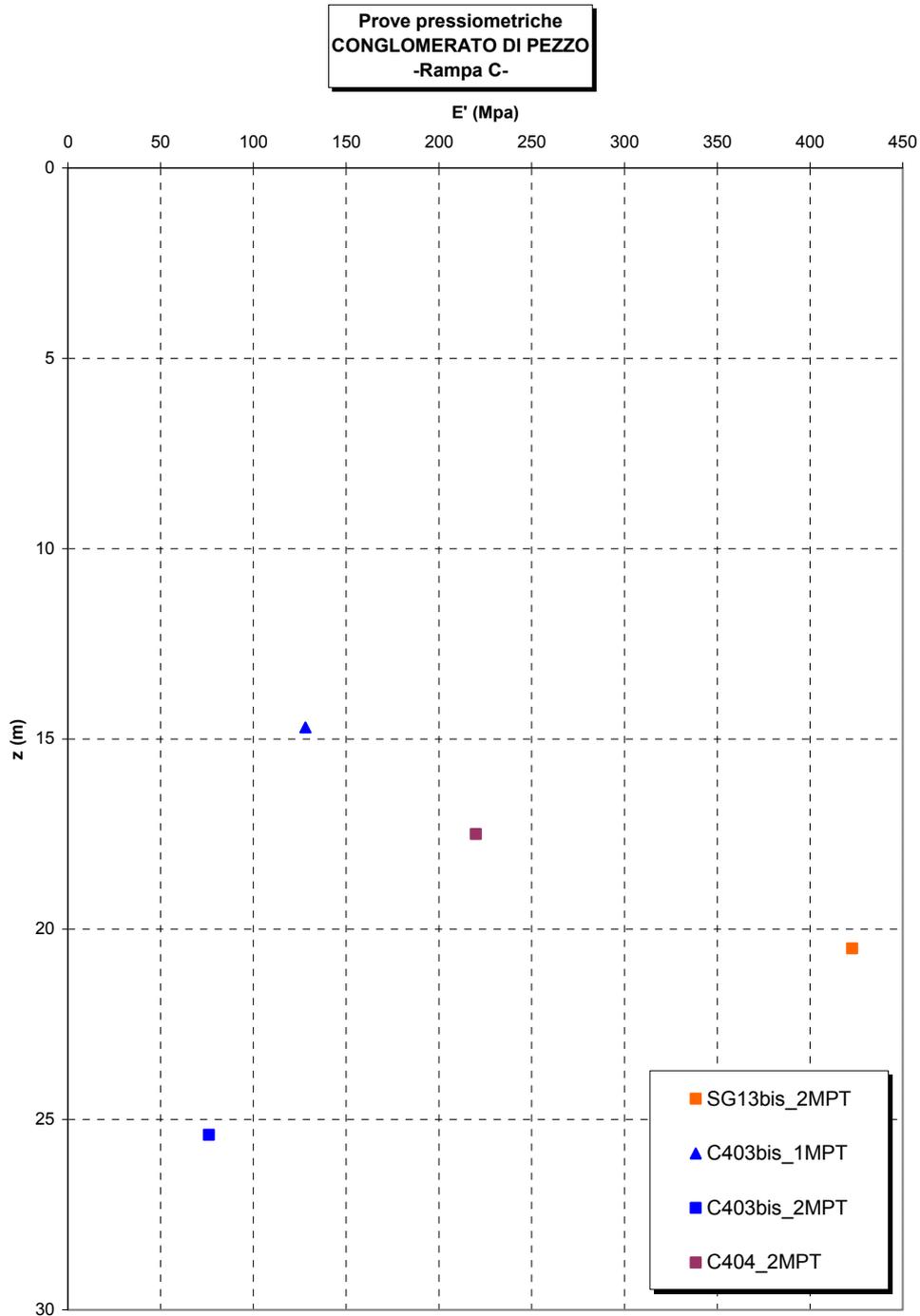


Figura 106

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

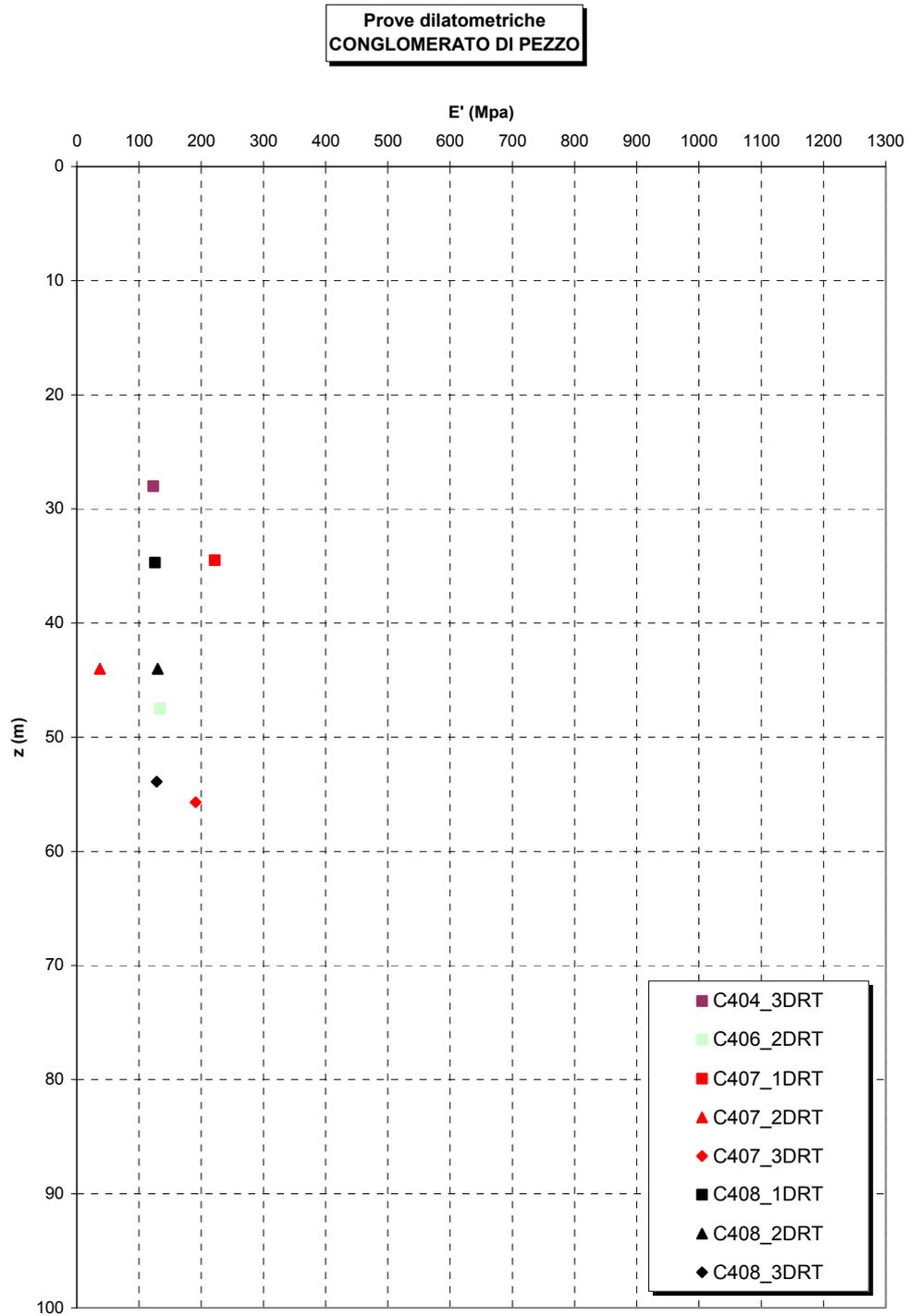


Figura 107

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.4 Conglomerato di Pezzo – Rampa D – tratta in galleria

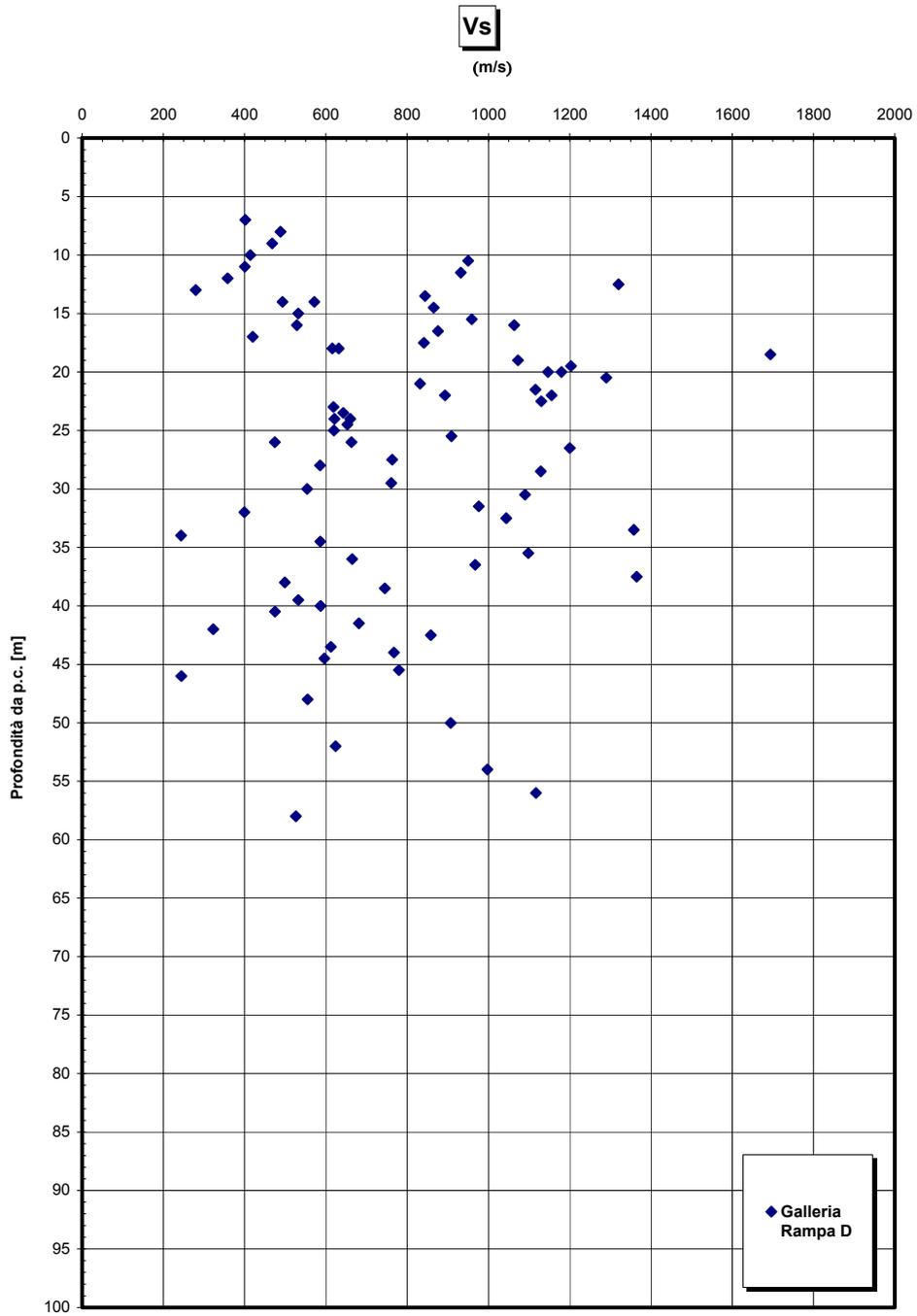


Figura 108

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

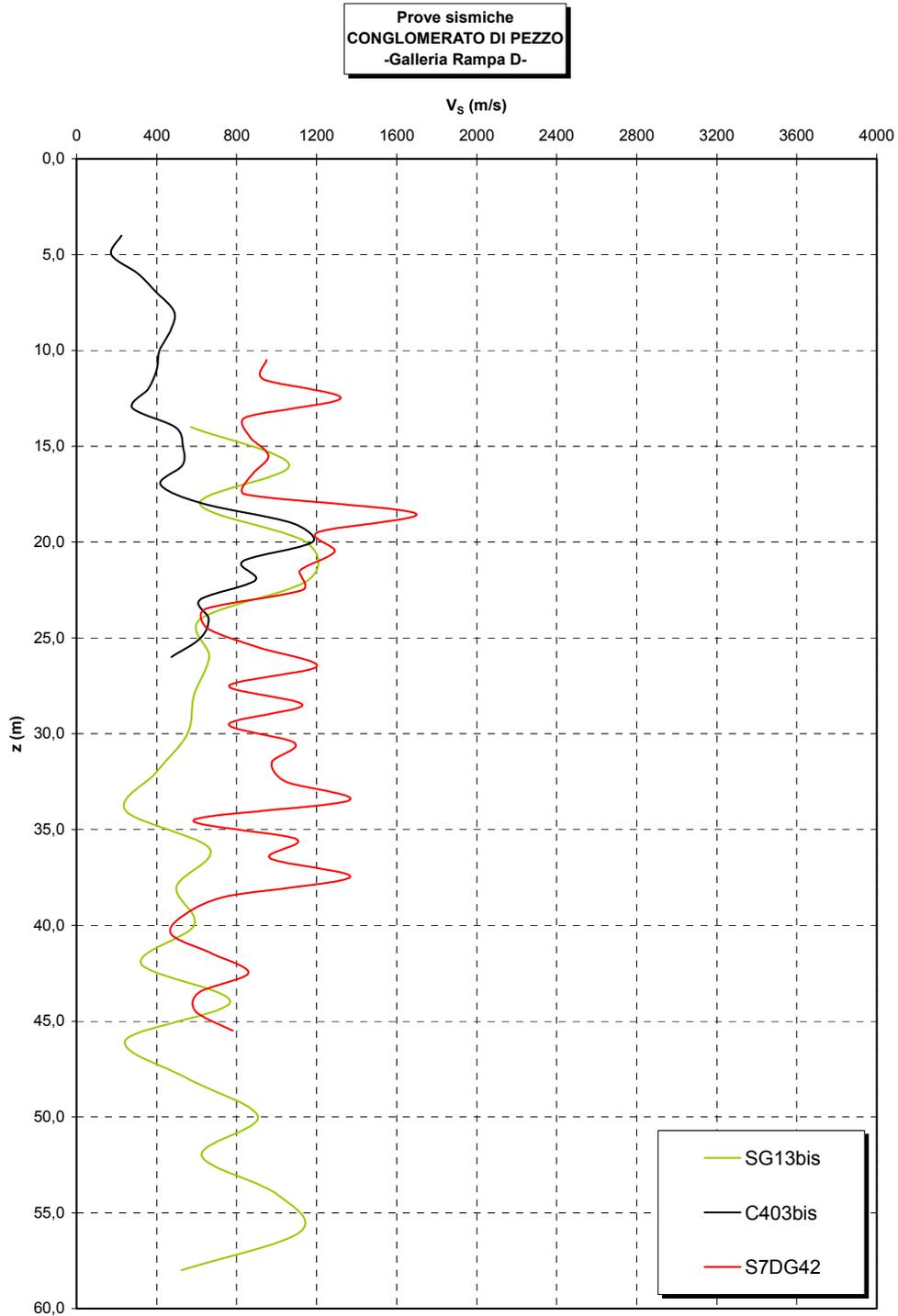


Figura 109

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

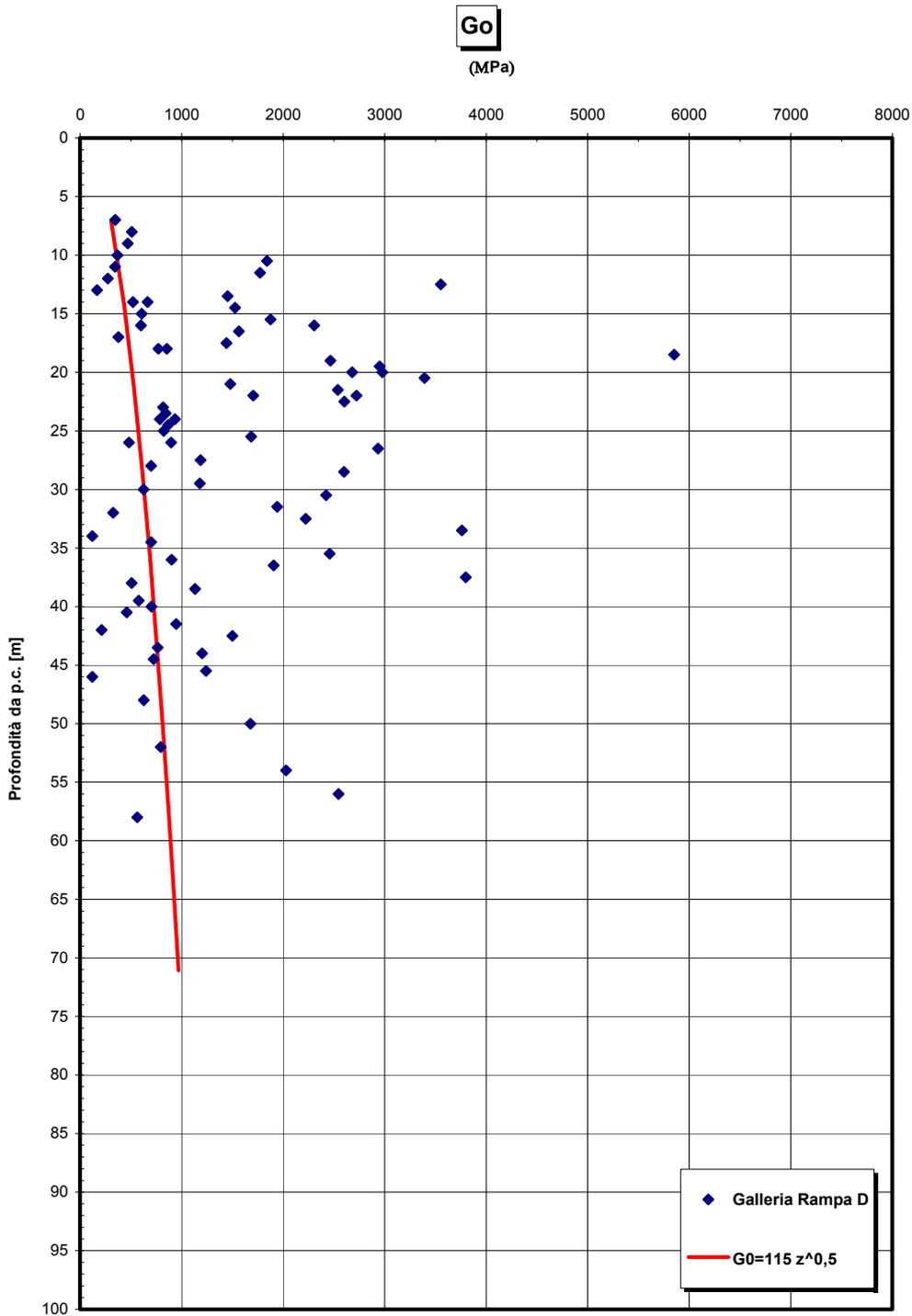


Figura 110- G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

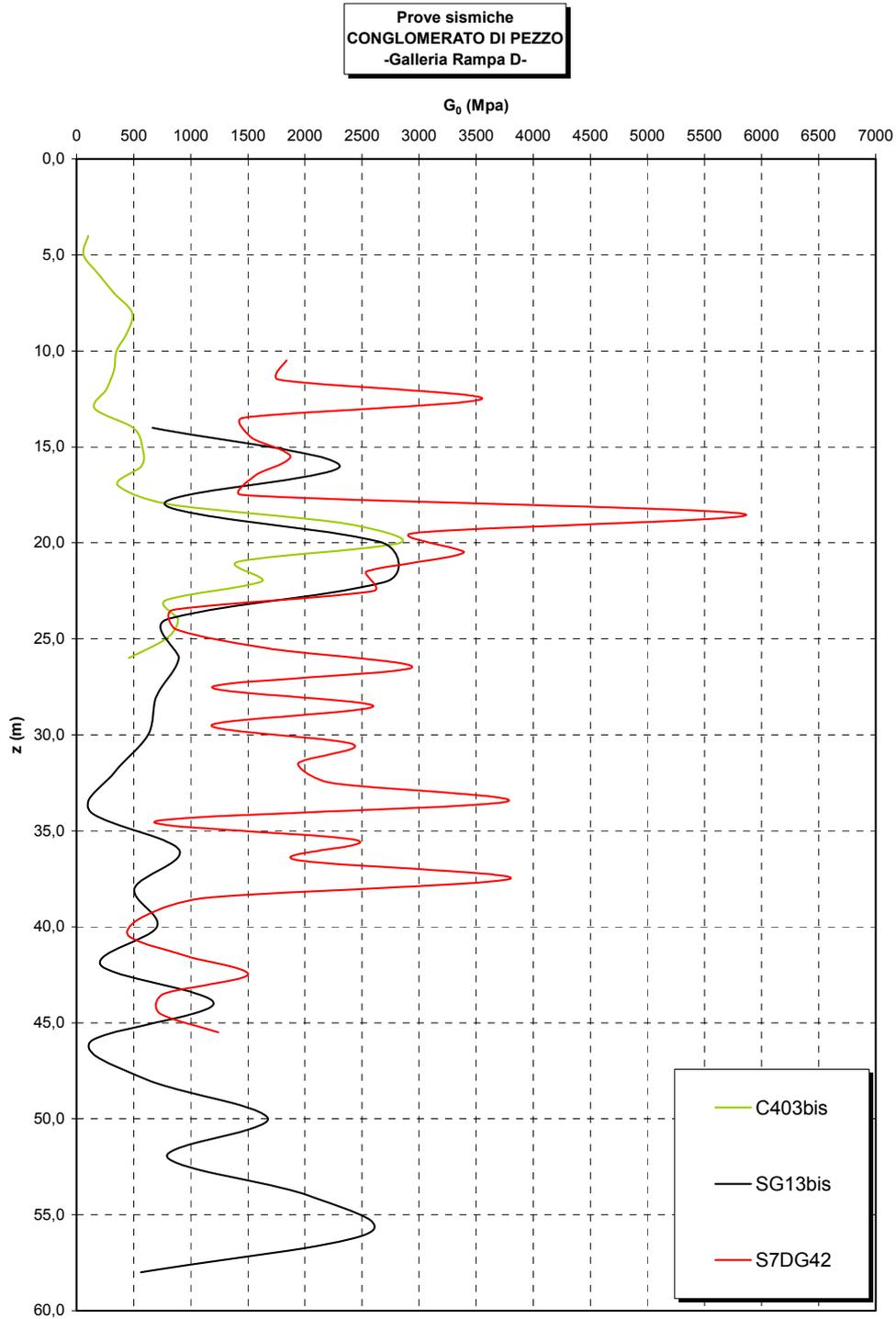


Figura 111

Go/pa

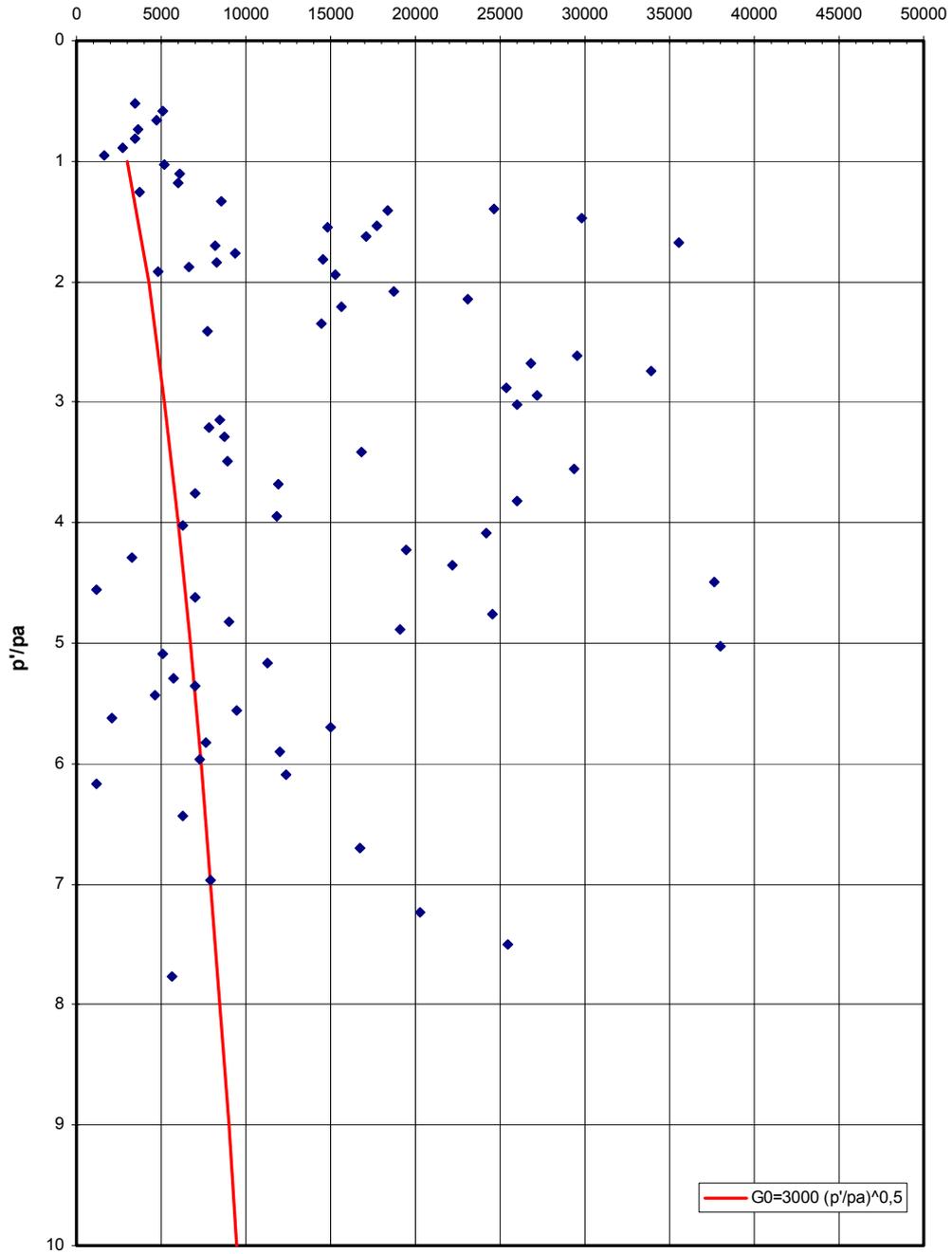


Figura 112

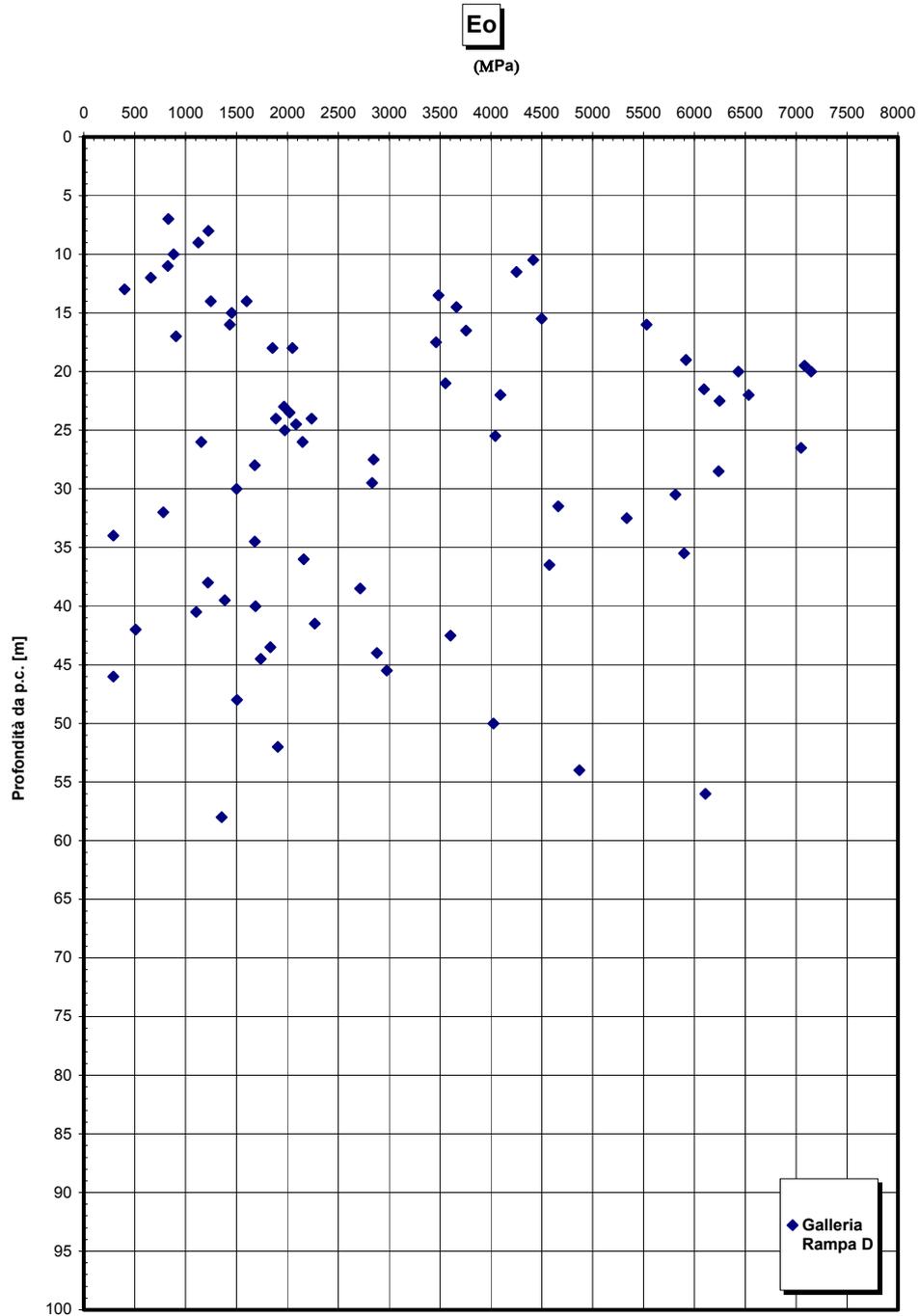


Figura 113

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

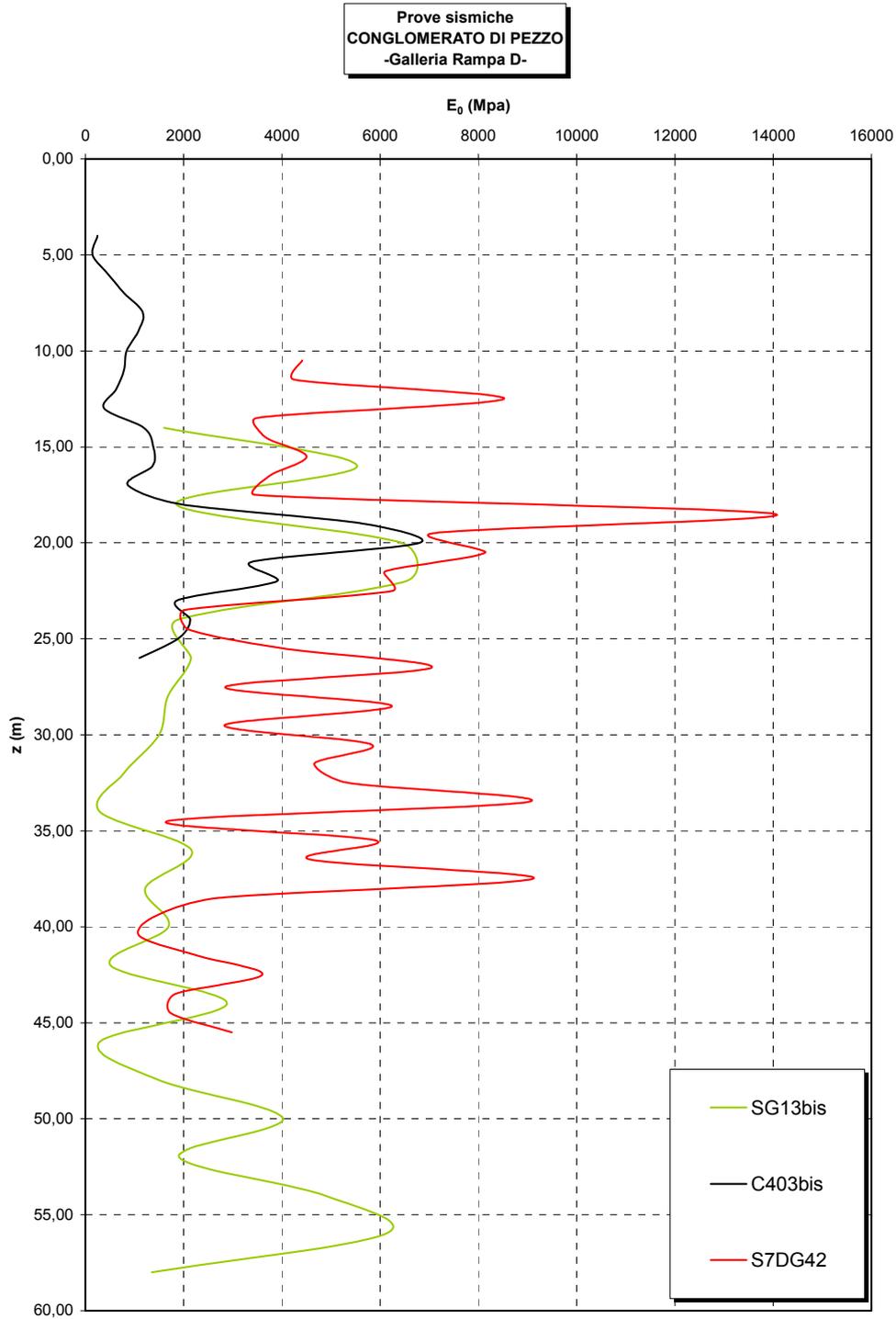


Figura 114

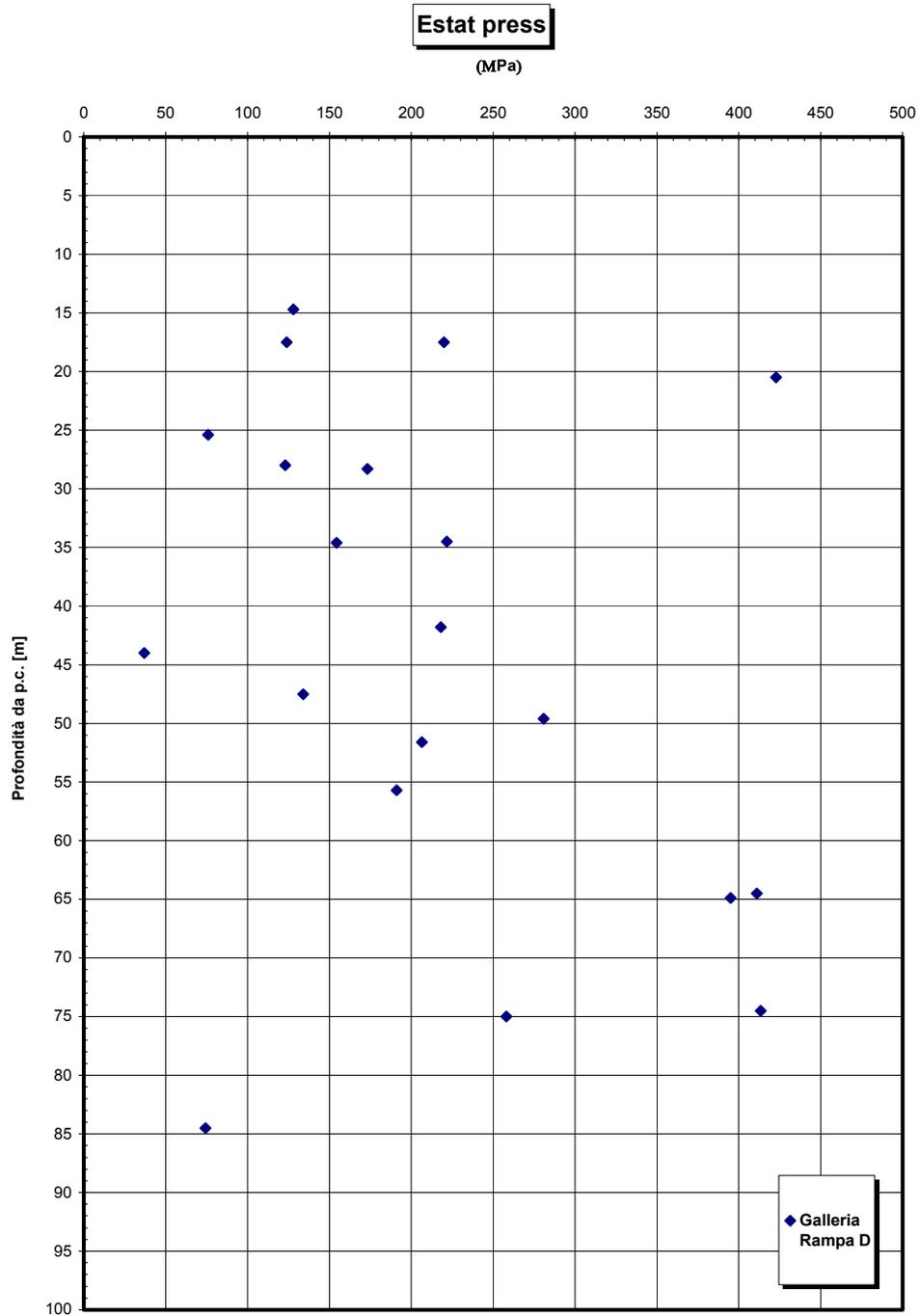


Figura 115

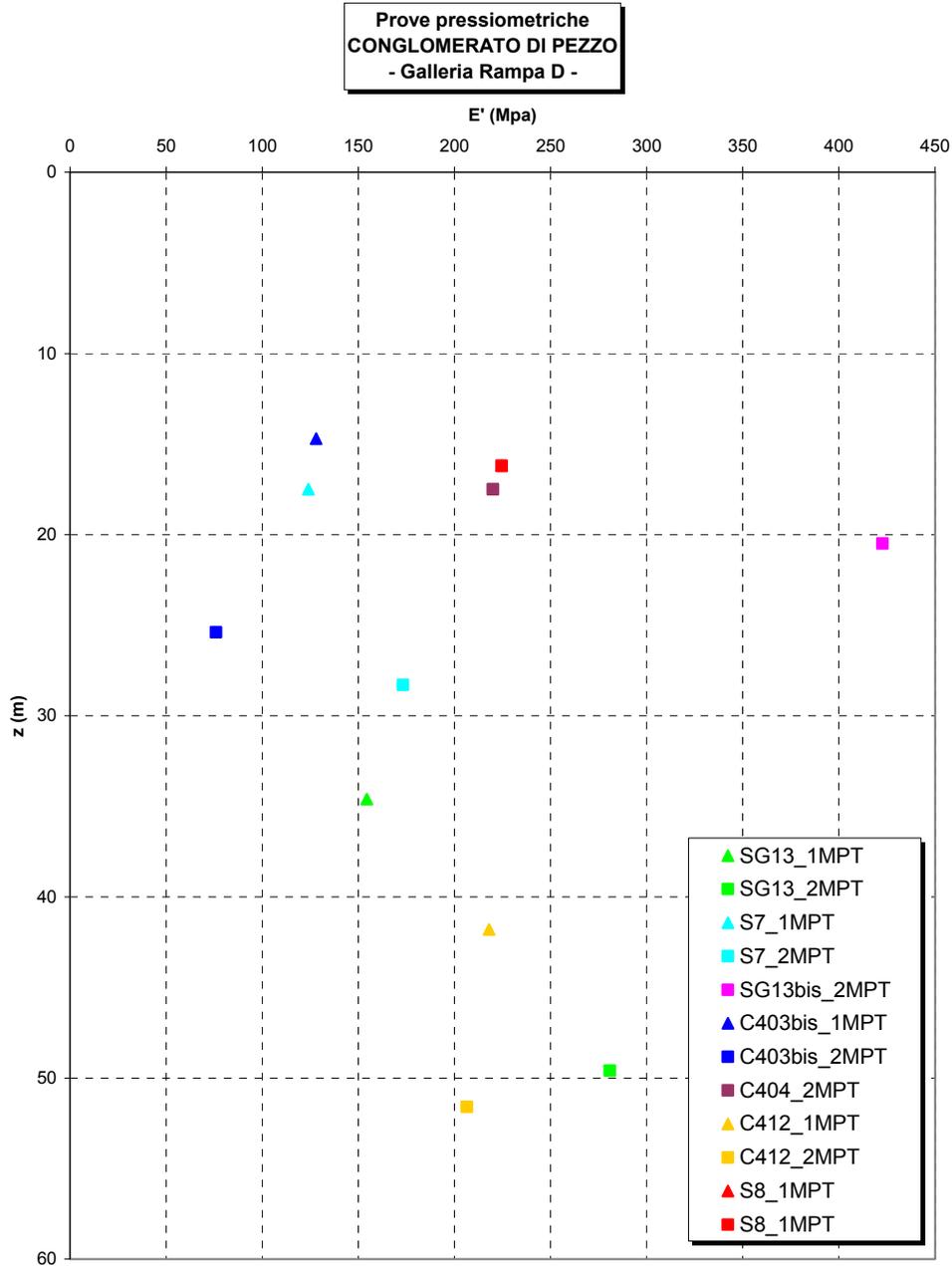


Figura 116

**Prove dilatometriche
CONGLOMERATO DI PEZZO**

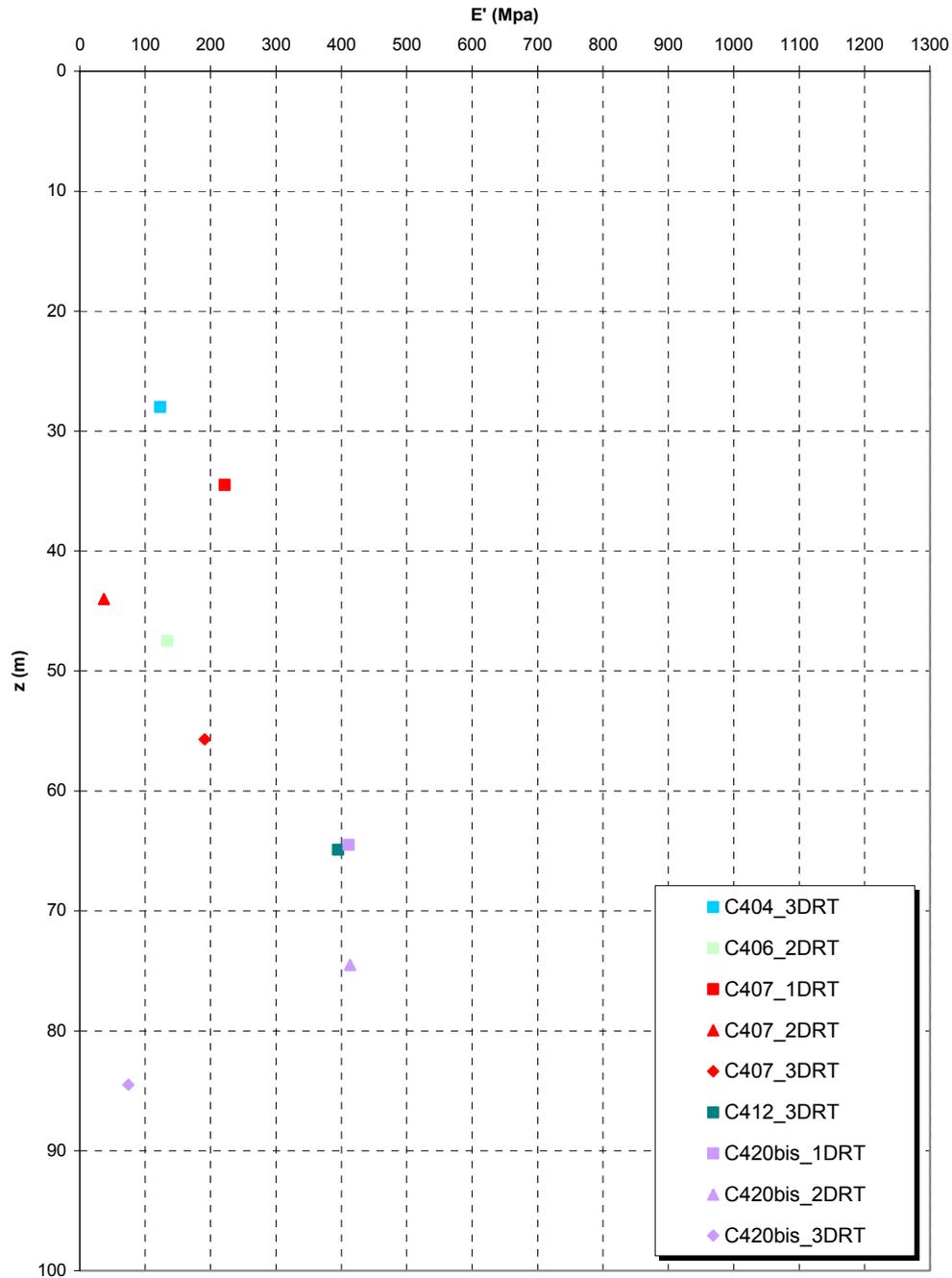


Figura 117

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.5 Conglomerato di Pezzo – Rampe – tratta da 0 a 0+500Km circa

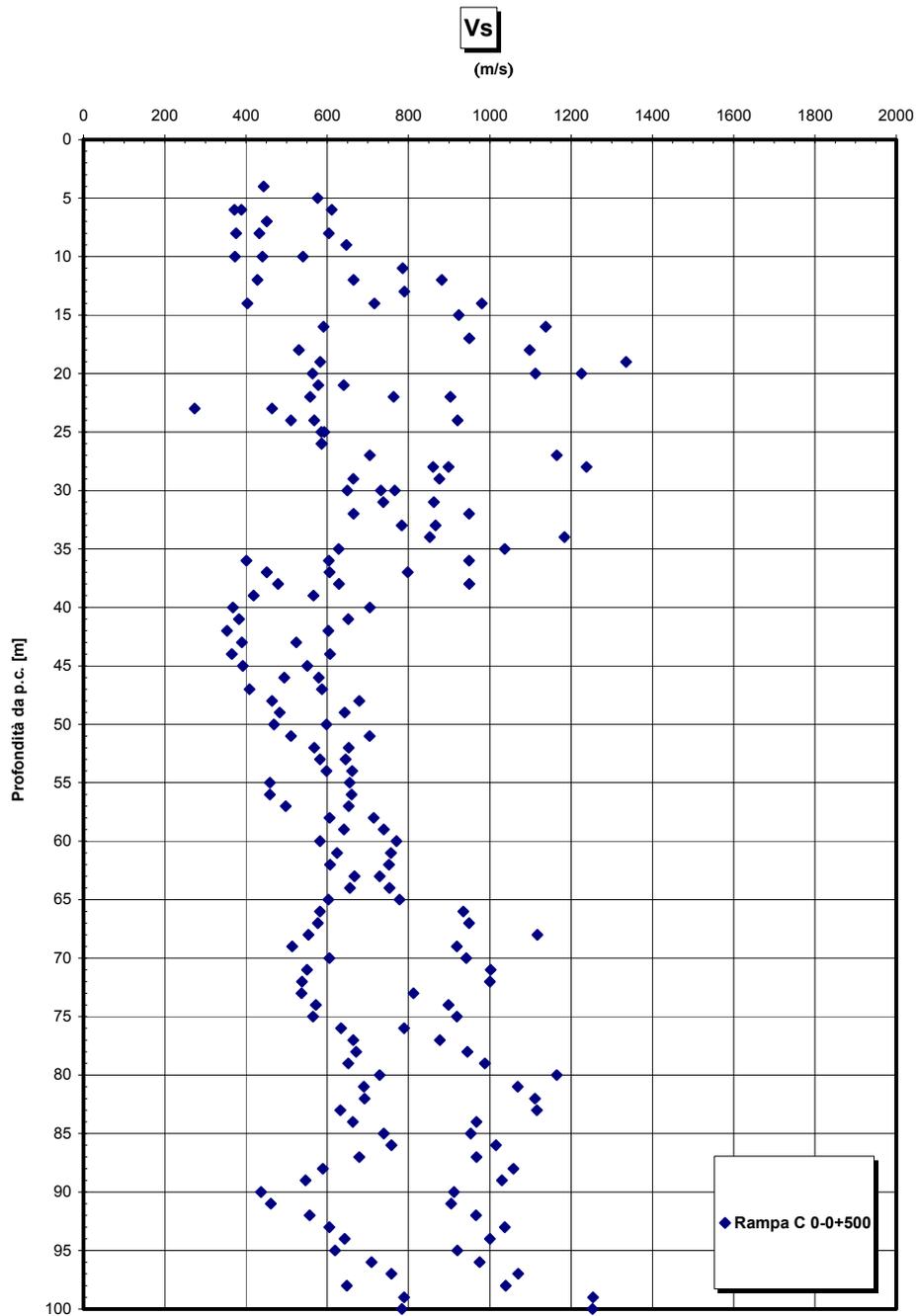


Figura 118

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

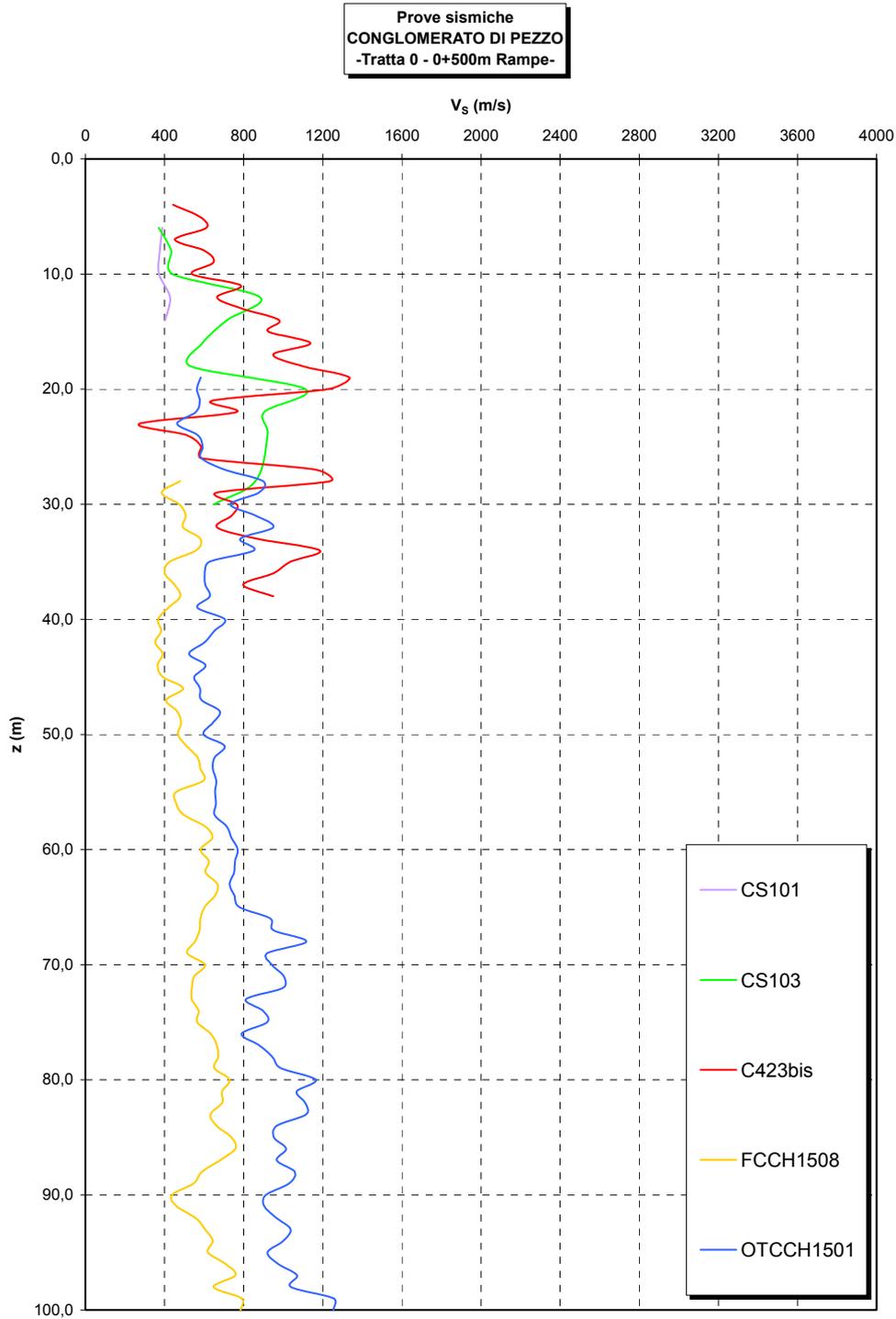


Figura 119

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

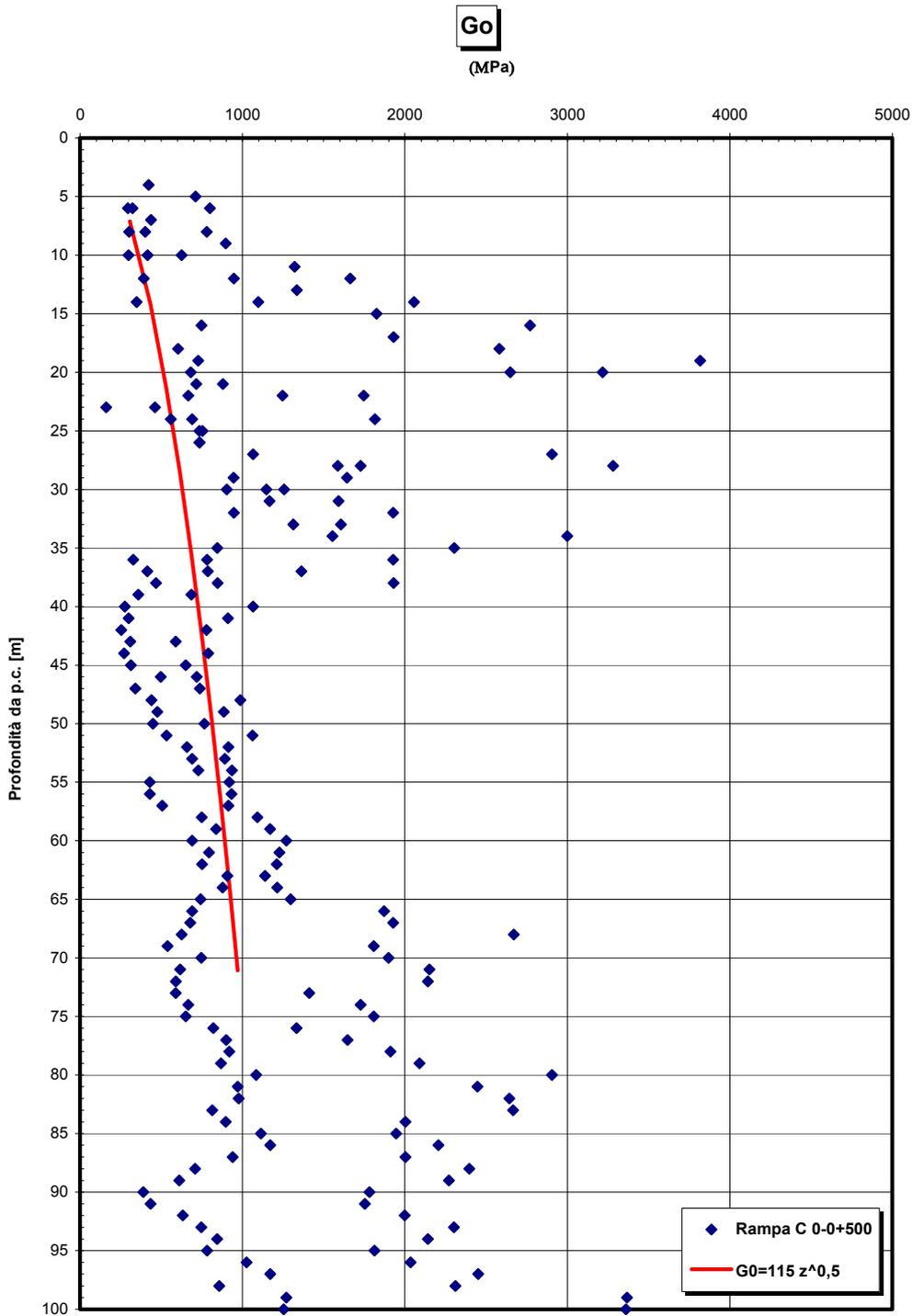


Figura 120- G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

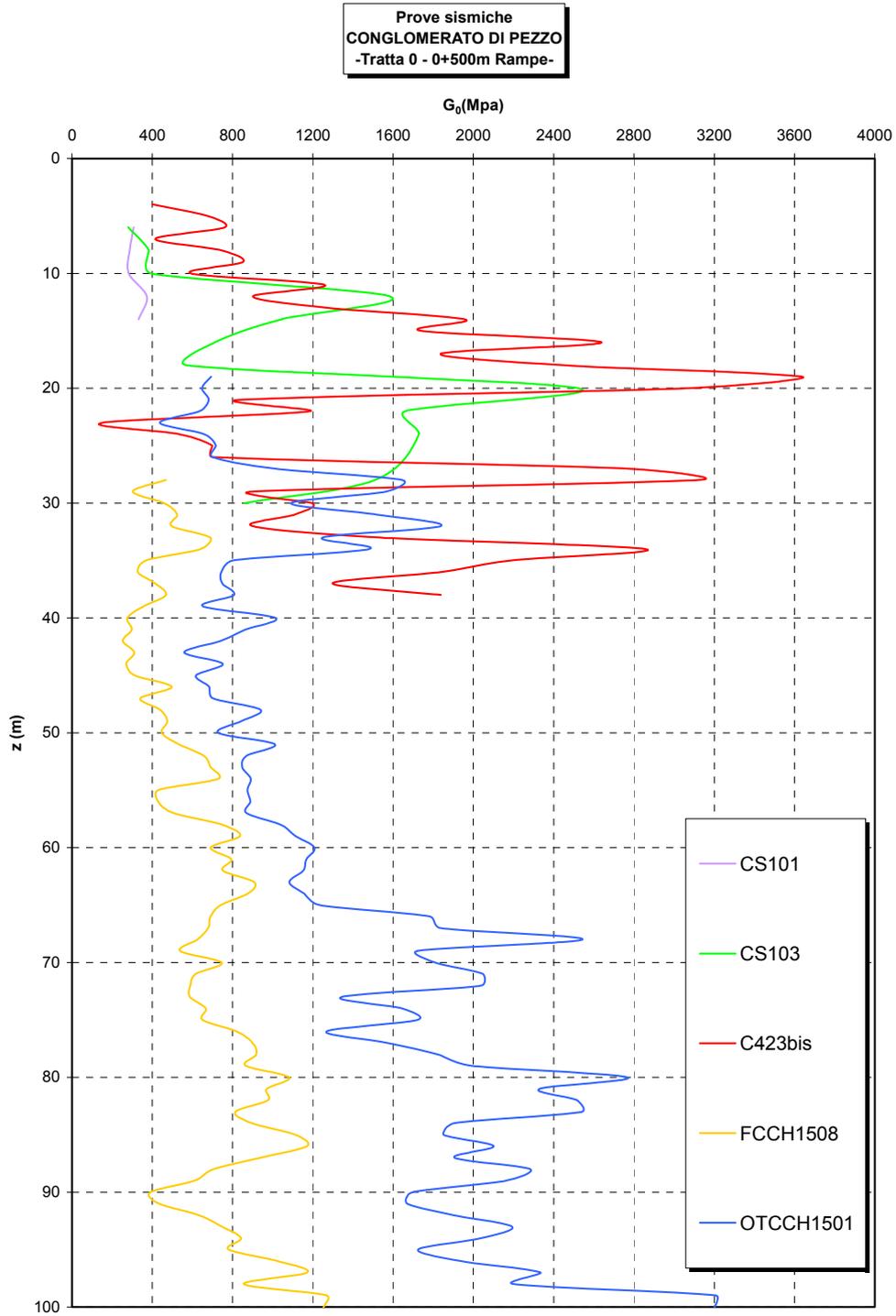


Figura 121

Go/pa

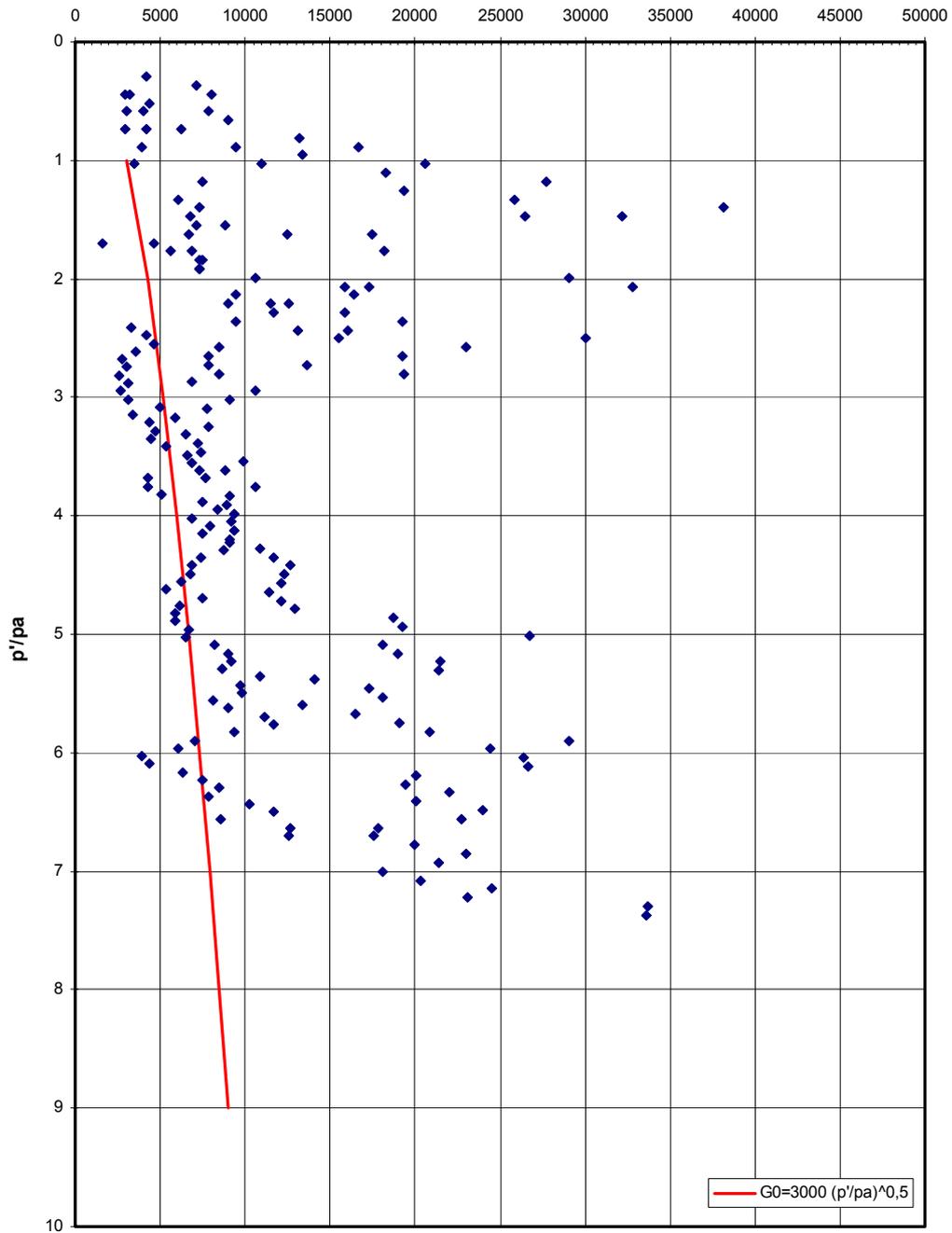


Figura 122

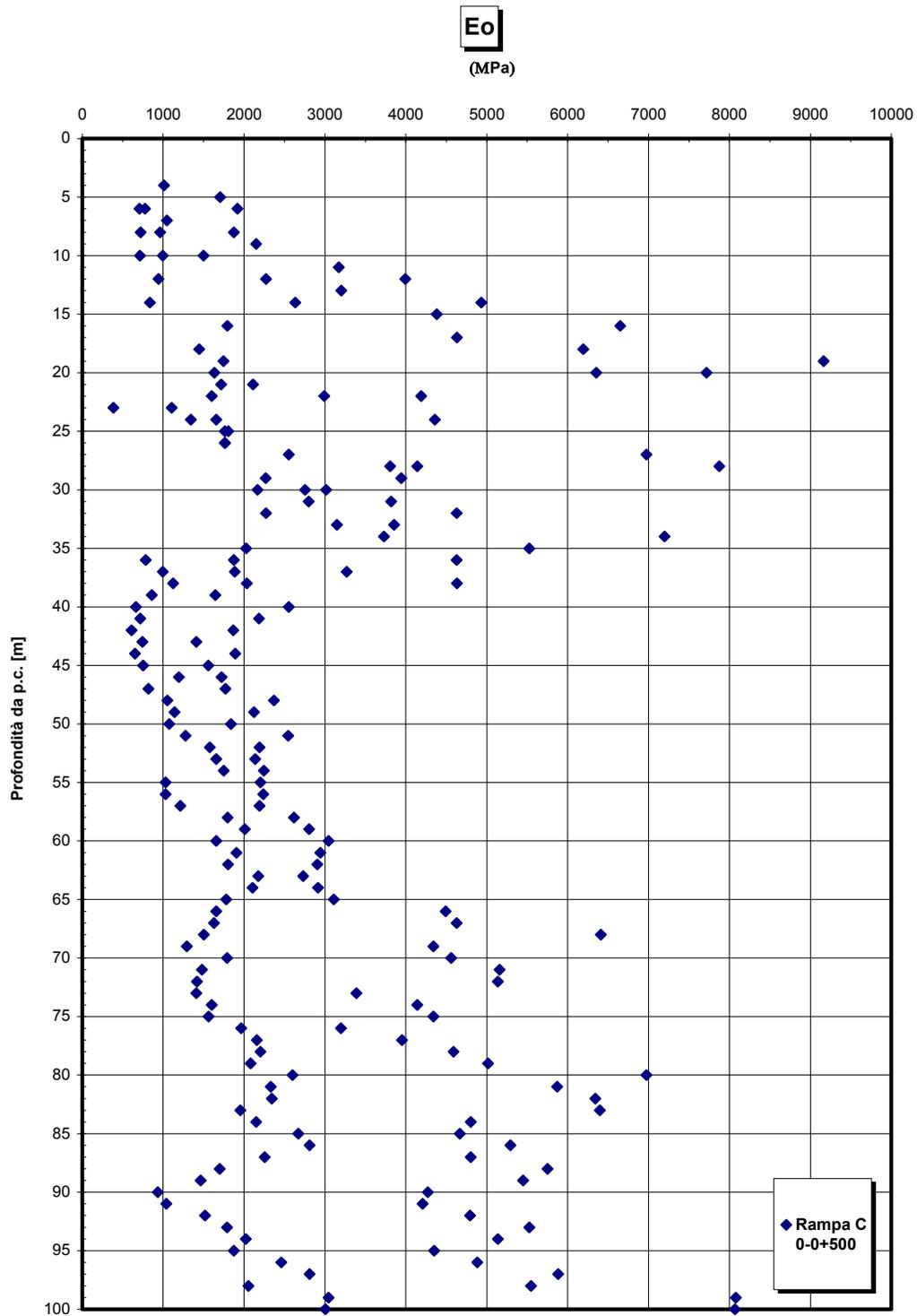


Figura 123

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

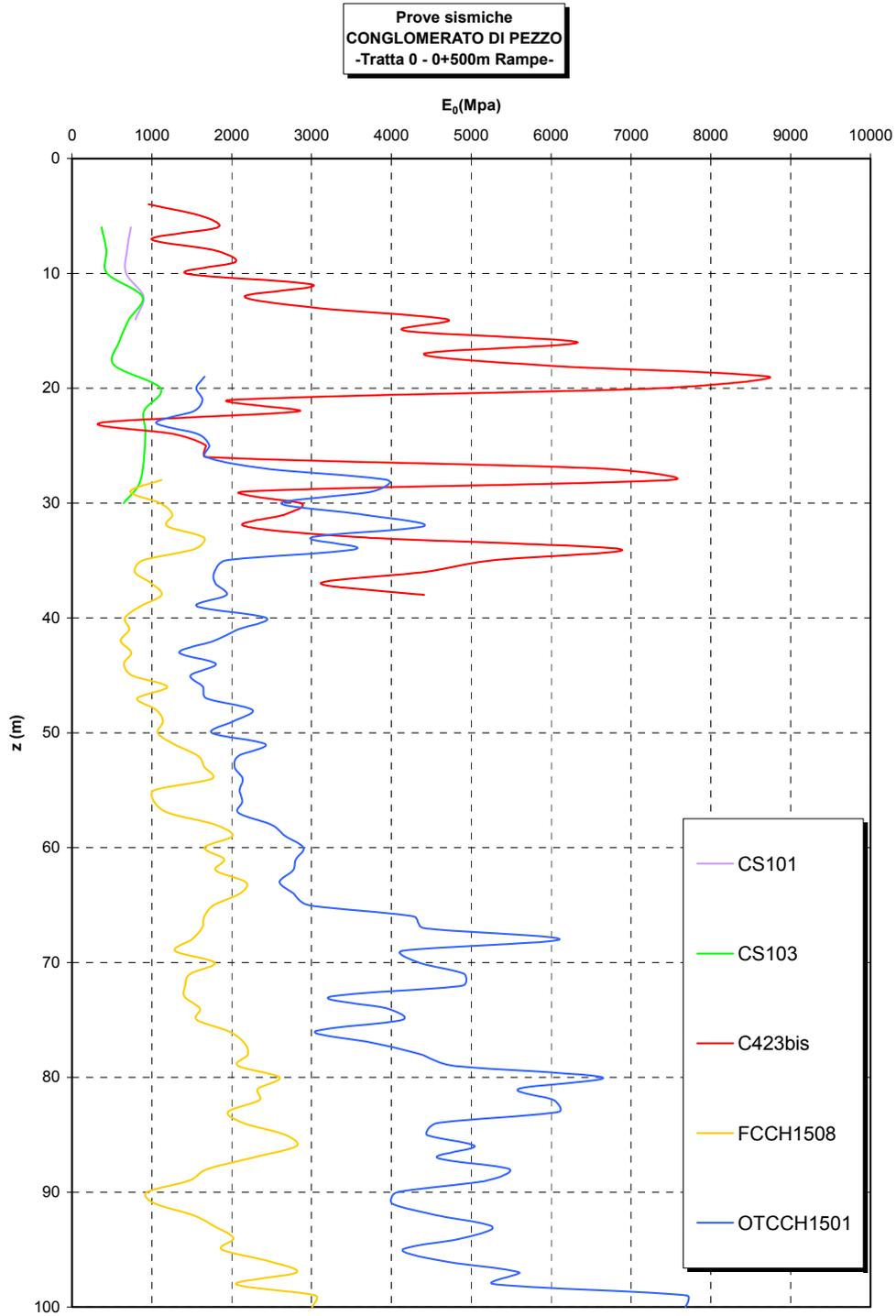


Figura 124

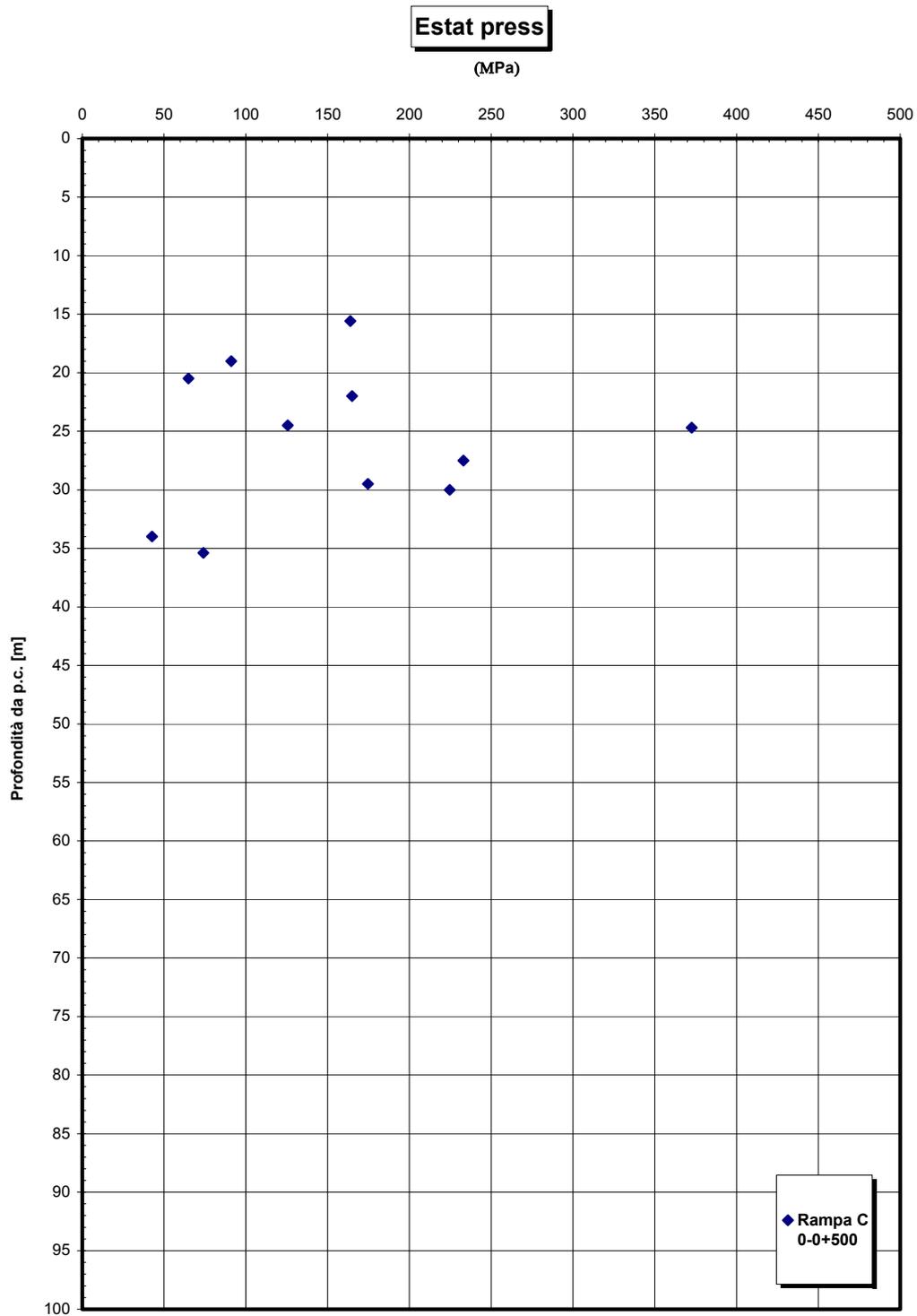


Figura 125

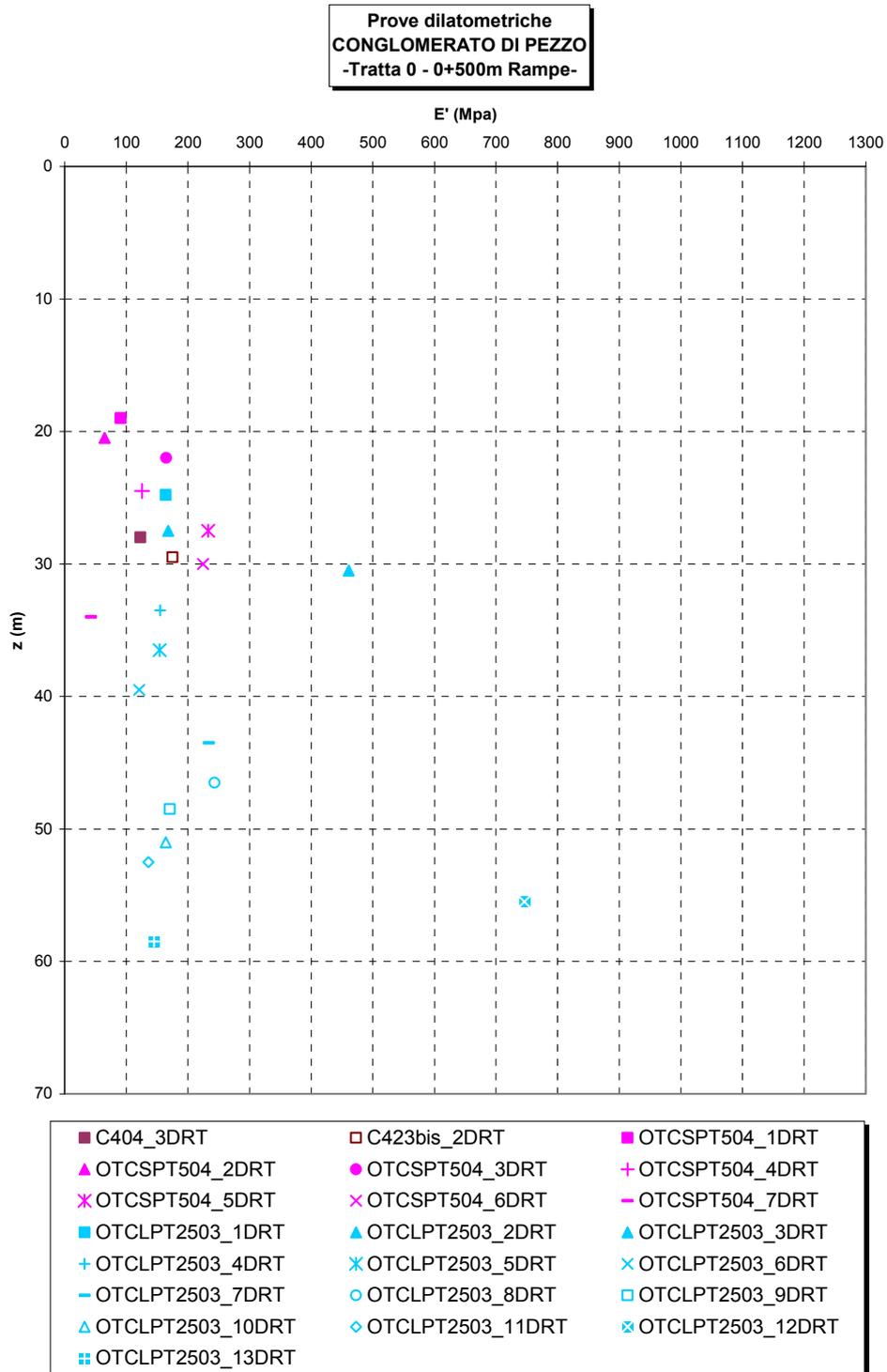


Figura 126

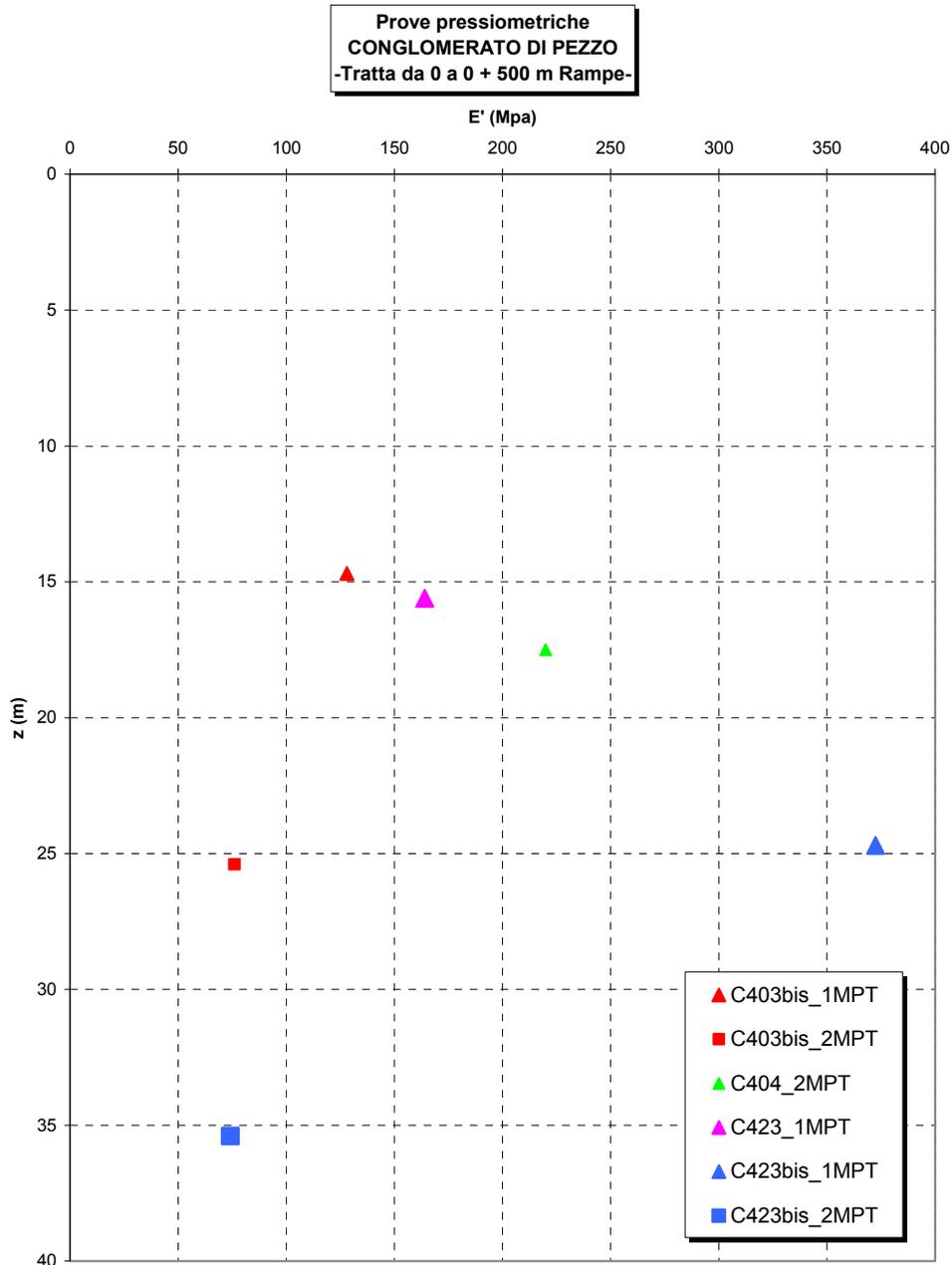


Figura 127

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

5.2 PLUTONITI

Tabella 12 Riepilogo caratteristiche fisiche plutoniti

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 13 Riepilogo caratteristiche fisiche plutoniti (ammasso roccioso)

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (KN/m ³)
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

Tabella 14 Granulometria plutoniti

SONDAGGIO	N°PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
SG11bis	C1	4	0	13	53	26	8	100	100	87	34	8
SG11bis	C2	8	0	1	38	27	34	100	100	99	61	34
SG11bis	C3	11	0	28	51	16	5	100	100	72	21	5
SG11bis	C4	16	0	12	56	24	7	100	100	88	32	7
SG11bis	C5	23	0	23	36	31	9	100	100	77	41	9
SG11bis	C6	26	0	16	50	24	10	100	100	84	34	10
SG13bis	C1	7	0	72	27	1	0	100	100	28	1	0
SG13bis	C2	11	0	33	48	13	7	100	100	67	20	7
SG13bis	C3	16	0	9	46	35	10	100	100	91	45	10
SG13bis	C4	23	0	1	64	26	9	100	100	99	35	9
SG13bis	C6	26	0	1	95	4	0	100	100	99	4	0
Cn451	CR1	32	0	36	45	15	4	100	100	64	19	4
Cn451	CR2	35	0	29	52	15	4	100	100	71	19	4
Cn451	CR3	37	0	59	32	9	0	100	100	41	9	0
C425	SPT11	24	0	3	68	24	5	100	100	97	29	5
C429	CR2	24	0	9	58	24	9	100	100	91	33	9
C429	CR3	29	0	24	50	20	6	100	100	76	26	6
C432	CR2	26	0	25	56	17	2	100	100	75	19	2
C432	SPT9	27	0	11	54	26	9	100	100	89	35	9
C432	CR3	29	0	22	47	27	4	100	100	78	31	4
C435	CR1	21	0	22	41	25	12	100	100	78	37	12
C435	CR2	26	0	43	41	13	3	100	100	57	16	3
C435	CR3	32	0	16	50	28	6	100	100	84	34	6
C435	CR4	40	0	64	25	10	1	100	100	36	11	1
C427	CR03	23	0	28	32	34	6	100	100	72	40	6
C427	CR04	31	0	40	38	20	2	100	100	60	22	2
C427	CR05	39	0	36	34	27	3	100	100	64	30	3
C428	SPT7	21	0	49	37	14	0	100	100	51	14	0
C428	SPT11	24	0	27	67	6	0	100	100	73	6	0
C428	SPT13	31	0	18	77	5	0	100	100	82	5	0

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

SONDAGGIO	N°PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
C434	SPT8	15	0	15	63	20	3	100	100	85	23	3
C434	SPT9	18	0	7	66	22	4	100	100	93	27	4
C425	CR2	19	0	4	79	14	3	100	100	96	17	3
C425	SPT10	21	0	5	70	22	3	100	100	95	25	3
C425	CR3	23	0	14	59	23	4	100	100	86	27	4
C435	SPT7	14	0	47	43	10	0	100	100	53	10	0
C435	SPT8	16	0	73	19	8	0	100	100	27	8	0
C435	SPT9	19	0	41	36	23	0	100	100	59	23	0
C421	CR3	32	0	44	37	16	3	100	100	56	19	3
C421	CR4	35	0	71	20	9	0	100	100	29	9	0
C421	CR5	39	0	58	34	8	0	100	100	42	8	0
C434	SPT8	15	0	14	63	20	3	100	100	86	23	3
C434	SPT9	18	0	7	66	22	5	100	100	93	27	5

Tabella 15 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	z [m]	Nspt
C9	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	33	44
C9	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	38	65
C9	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	47	70
C9	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	53.2	100
C3bis	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	17	19
C3bis	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	20	100
C3bis	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	53	14
SG11	Rampa C 1+200-3+300	15	100
SG11	Rampa C 1+200-3+300	21.5	90
SG11	Rampa C 1+200-3+300	24	88
SG11bis	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	3	100
SG11bis	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	6	54
SG11bis	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	9	100
SG11bis	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	12	100
SG11bis	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	15	100
C428	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	21	100
C425	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	21	86
C435	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	13.6	100
C435	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	16	100
C435	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	19.1	100

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 16 Riepilogo risultati prove di permeabilità (ammasso roccioso)

FORO	OPERA	z (m)	K(cm/s)
SG11	Rampa C 1+200-3+300	23.5	1.09E-07
SG11	Rampa C 1+200-3+300	29	2.04E-07
C421quater	ferrovia	65.5	7,27E-07
C428	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa G	45.5	7,17E-07
C421	Galleria Rampa A	15.8	7.90E-08
C421	Galleria Rampa A	35	7.80E-08
C421ter	Galleria Rampa A / ferrovia	54.5	1.40E-08
C421ter	Galleria Rampa A / ferrovia	77	1.20E-05
C421ter	Galleria Rampa A / ferrovia	80.8	1.20E-05
C424	Rampa G	10.2	4.00E-04
C424	Rampa G	21	6.10E-08
C428	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa G	30	1.50E-05
C428	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa G	35.5	1.60E-05
C429	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	15	1.40E-07
C429	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	30.5	1.50E-07
C432	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	15	7.20E-08
C432	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	29.3	5.60E-07
C433	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	15	1.40E-05
C433	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	30.5	6.60E-08
C434	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	15.5	1.30E-05
C434	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	25	1.40E-05
C435	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Ramo C_dec	30	1.30E-02
Cn451	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	30.5	1.80E-05

Tabella 17 Riepilogo risultati prove pressiometriche

FORO	N° PROVINO	Opera	z (m)	Ep(MPa)	E'(MPa)	φ (°)
SG11	1MPT	Rampa C 1+200-3+300	16.5	56.67	226.68	43.3
SG11	2MPT	Rampa C 1+200-3+300	28.5	41.48	165.92	44.0
SG11bis	1MPT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa A 2+100-2+370	10.5	44.98	179.93	42.2
SG11bis	2MPT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa A 2+100-2+370	23.5	53.35	213.38	40.2
C424	1MPT	Rampa G	15	82.69	330.76	41
C428	1MPT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa A 2+100-2+370 / Rampa F / Rampa G	40.4	90.22	360.88	39
C429	1MPT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa G / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	20.7	56.3	225.20	41
C429	2MPT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa G / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	37	34.7	138.80	
C435	1MPT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	22	31	124.00	39
Cn451	2MPT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	35.5	31.4	125.6	

Tabella 18 Riepilogo risultati prove dilatometriche

FORO	N° PROVINO	Opera	z (m)	E'(MPa)	φ'
C424	2DRT	Rampa G	28.2	194	
C428	2DRT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa A 2+100-2+370 / Rampa F / Rampa G	55	1079.00	
C430	1DRT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa G / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	15.7	524.3	40
C430	2DRT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa G / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	20.5	743	43
C432	1DRT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa G / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	19.5	475	
C432	2DRT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa G / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	33.8	957	
C434	1DRT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa G / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	22	250	
C434	2DRT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa G / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	32.5	227.6	
C435	2DRT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	33.2	4616	
Cn451	1DRT	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	25.5	439.30	
C421	1DRT	Galleria Rampa A / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	21.24	538.00	
C421	2DRT	Galleria Rampa A / Rampa R / Rampa Q / Rampa H	36.50	451.30	

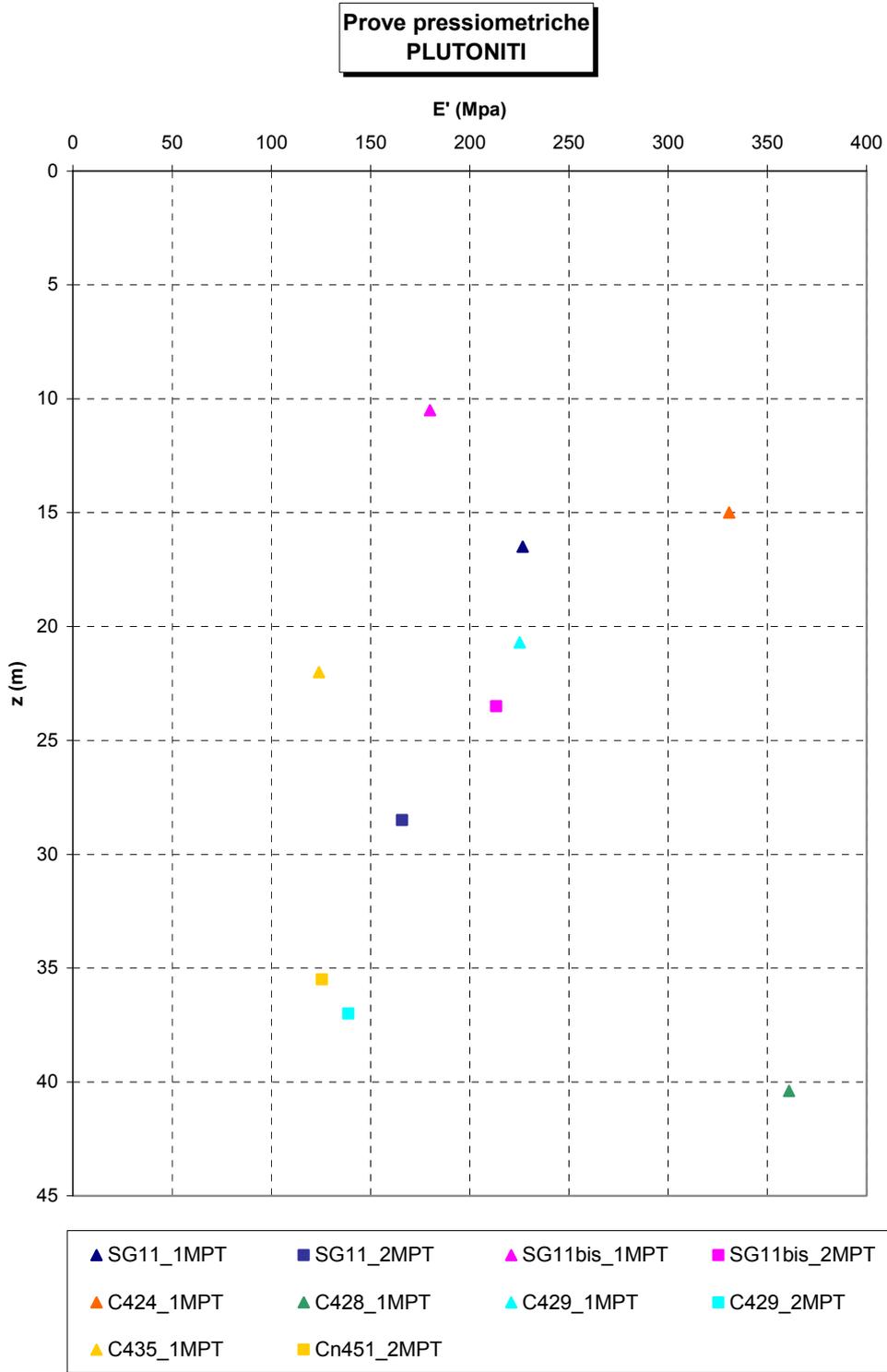


Figura 128

**Prove dilatometriche
PLUTONITI**

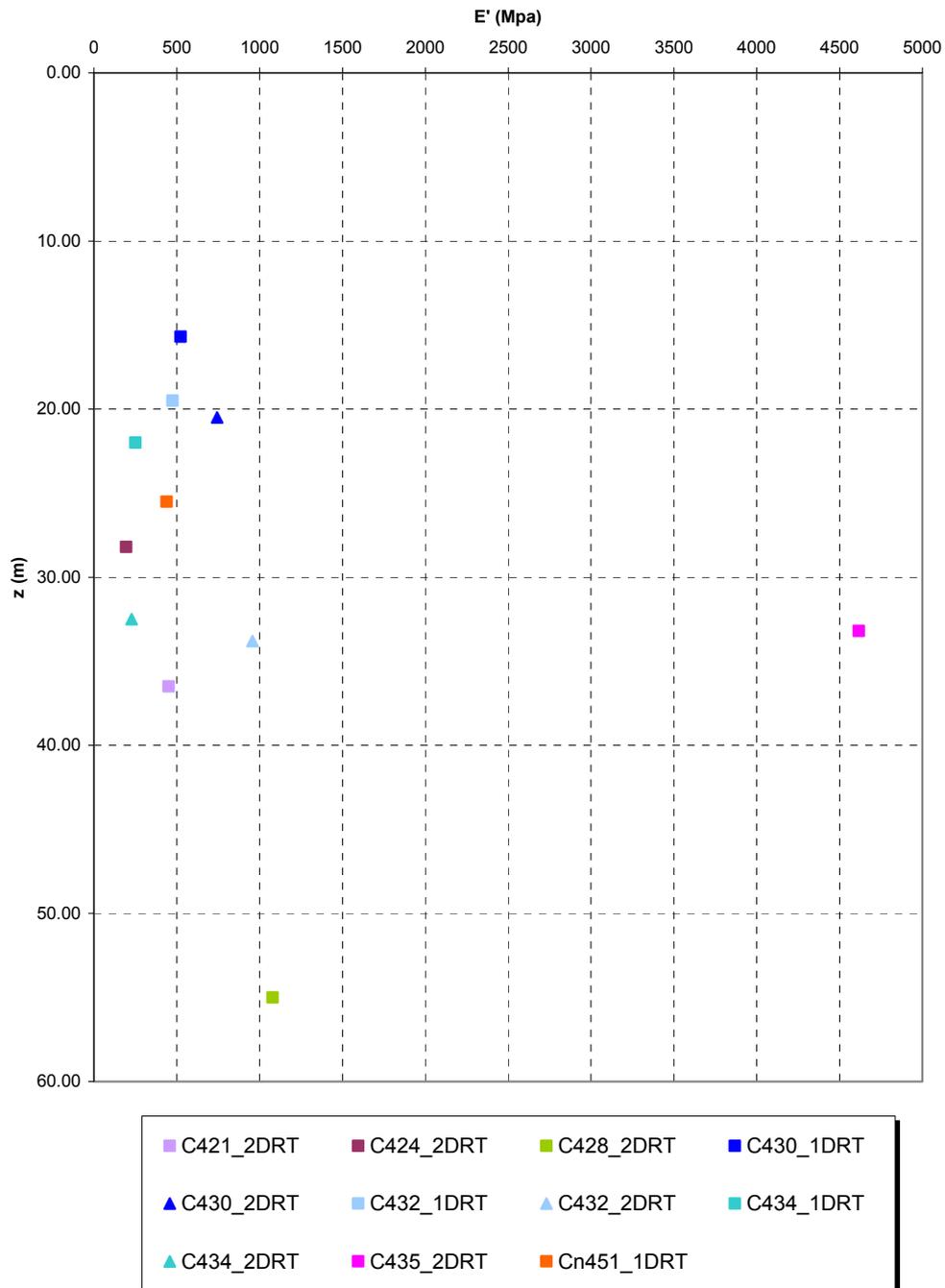


Figura 129

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 19 Riepilogo risultati prove di laboratorio

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	φ' [°]
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

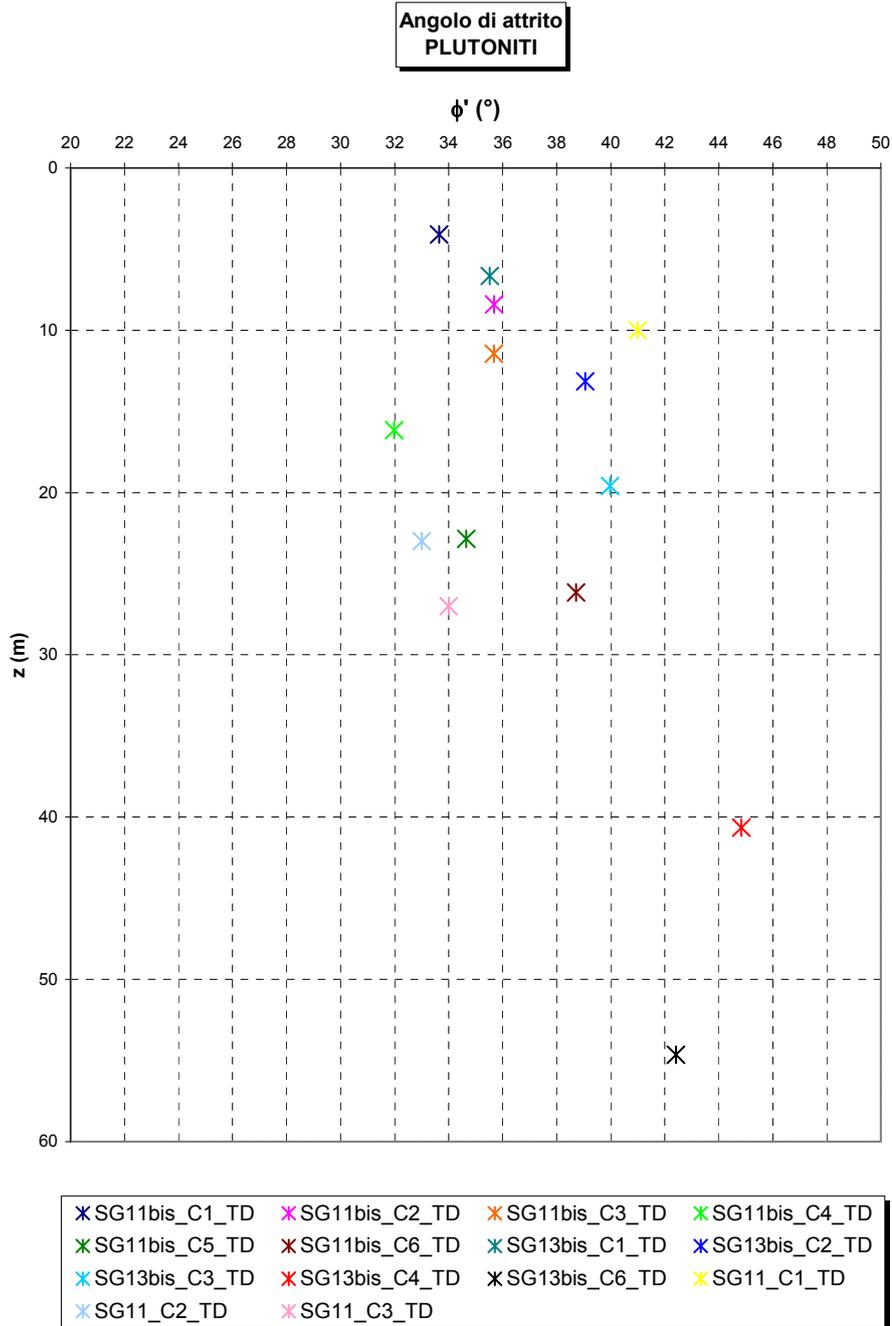


Figura 130

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 20 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
SG11	5.00	381	295.94	710
SG11	6.00	477	463.87	1113
SG11	7.00	189	72.83	175
SG11	8.00	391	311.68	748
SG11	9.00	368	276.09	663
SG11	10.00	401	327.83	787
SG11	11.00	177	63.87	153
SG11	12.00	596	724.19	1738
SG11	14.00	539	592.30	1422
SG11	15.00	608	753.65	1809
SG11	16.00	650	861.37	2067
SG11	17.00	429	375.21	901
SG11	18.00	813	1347.54	3234
SG11	19.00	331	223.37	536
SG11	20.00	616	773.61	1857
SG11	21.00	1085	2400.05	5760
SG11	22.00	759	1174.48	2819
SG11	23.00	822	1377.54	3306
SG11	24.00	551	618.96	1486
SG11	25.00	311	197.19	473
SG11	26.00	332	224.72	539
SG11	27.00	662	893.46	2144
SG11bis	4.00	539	591.64	1420
SG11bis	6.00	483	476.48	1144
SG11bis	8.00	392	313.28	752
SG11bis	10.00	665	902.15	2165
SG11bis	12.00	393	314.32	754
SG11bis	14.00	609	755.95	1814
SG11bis	16.00	1120	2555.56	6133
SG11bis	18.00	627	800.82	1922
SG11bis	20.00	468	446.04	1070
SG11bis	22.00	707	1020.39	2449
SG11bis	24.00	415	351.80	844
SG11bis	26.00	990	1996.83	4792
SG11bis	28.00	686	959.92	2304
SG11bis	30.00	664	898.82	2157
Cn451	16.00	740.04	1116.53	2680
Cn451	17.00	419.11	358.11	859
Cn451	18.00	611.36	762.00	1829
Cn451	19.00	546.54	608.98	1462
Cn451	20.00	752.81	1155.40	2773
Cn451	21.00	635.48	823.31	1976
Cn451	22.00	890.75	1617.61	3882
Cn451	23.00	787.77	1265.20	3036
Cn451	24.00	759.26	1175.28	2821
Cn451	25.00	473.33	456.76	1096
Cn451	26.00	509.69	529.63	1271

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
Cn451	27.00	683.88	953.50	2288
Cn451	28.00	762.49	1185.30	2845
Cn451	29.00	568.39	658.65	1581
Cn451	30.00	552.95	623.35	1496
Cn451	31.00	735.98	1104.32	2650
Cn451	32.00	1317.2	3537.24	8489
Cn451	33.00	1237.14	3120.32	7489
Cn451	34.00	1166.11	2772.30	6654
Cn451	35.00	1045.15	2226.99	5345
Cn451	36.00	993.83	2013.66	4833
Cn451	37.00	994.28	2015.48	4837
Cn451	38.00	829.83	1403.91	3369
Cn451	39.00	947.94	1831.99	4397
Cn451	40.00	995.37	2019.90	4848
C430	12.00	501.69	513.14	1232
C430	13.00	382.05	297.58	714
C430	14.00	600.45	735.05	1764
C430	15.00	643.12	843.23	2024
C430	16.00	909.61	1686.83	4048
C430	17.00	1185.93	2867.34	6882
C430	18.00	1195.31	2912.88	6991
C430	19.00	1161.27	2749.33	6598
C430	20.00	1433.41	4188.92	10053
C430	21.00	1381.52	3891.13	9339
C430	22.00	1490.23	4527.60	10866
C430	23.00	937.22	1790.79	4298
C430	24.00	1092.18	2431.92	5837
C430	25.00	1094.21	2440.97	5858
C430	26.00	1095.96	2448.78	5877
C430	27.00	775.1	1224.83	2940
C430	28.00	758.07	1171.60	2812
C430	29.00	681.21	946.07	2271
C430	30.00	770.61	1210.68	2906

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Prove sismiche
PLUTONITI**

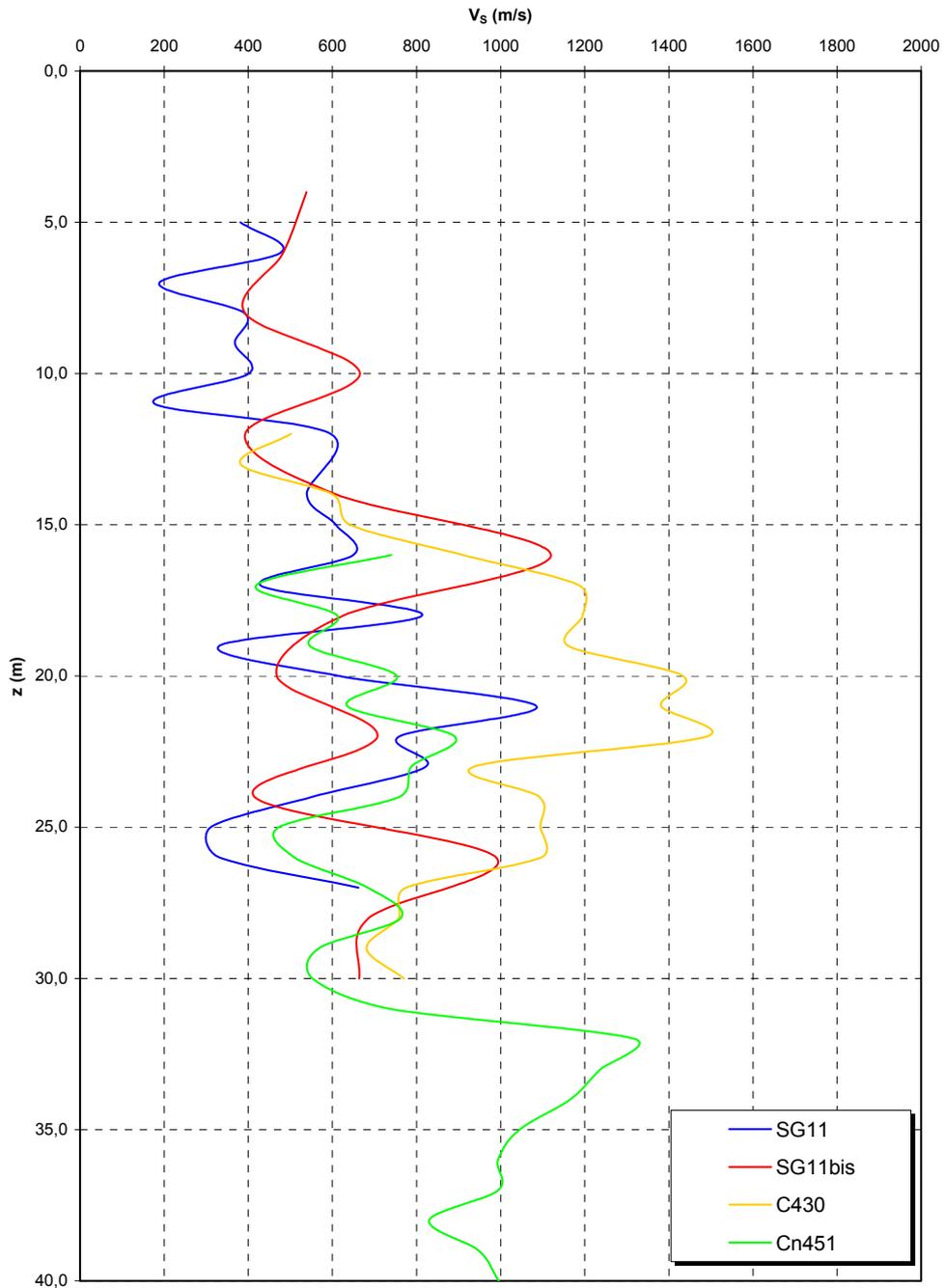


Figura 131

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Prove sismiche
PLUTONITI**

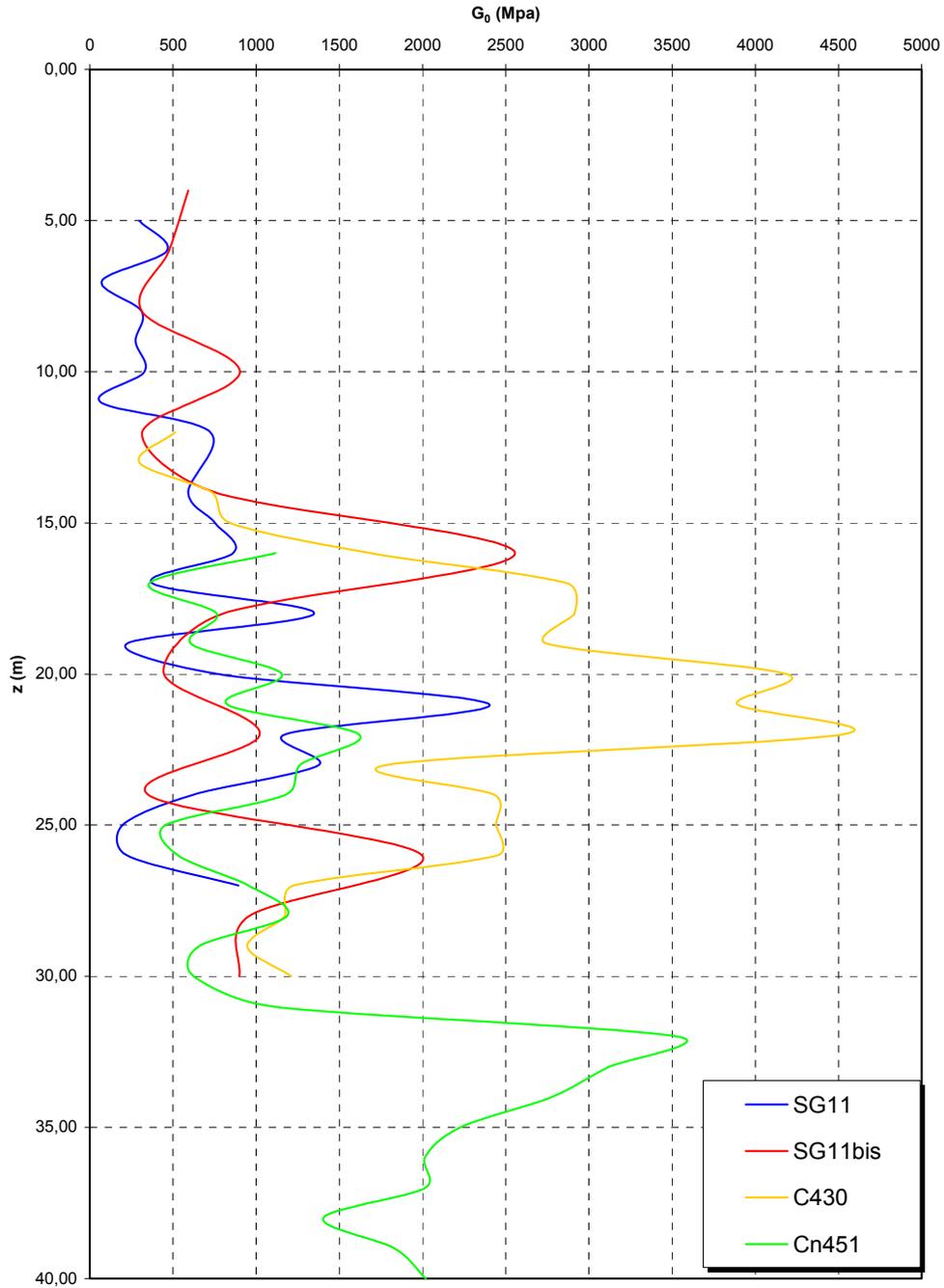


Figura 132

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Prove sismiche
PLUTONITI**

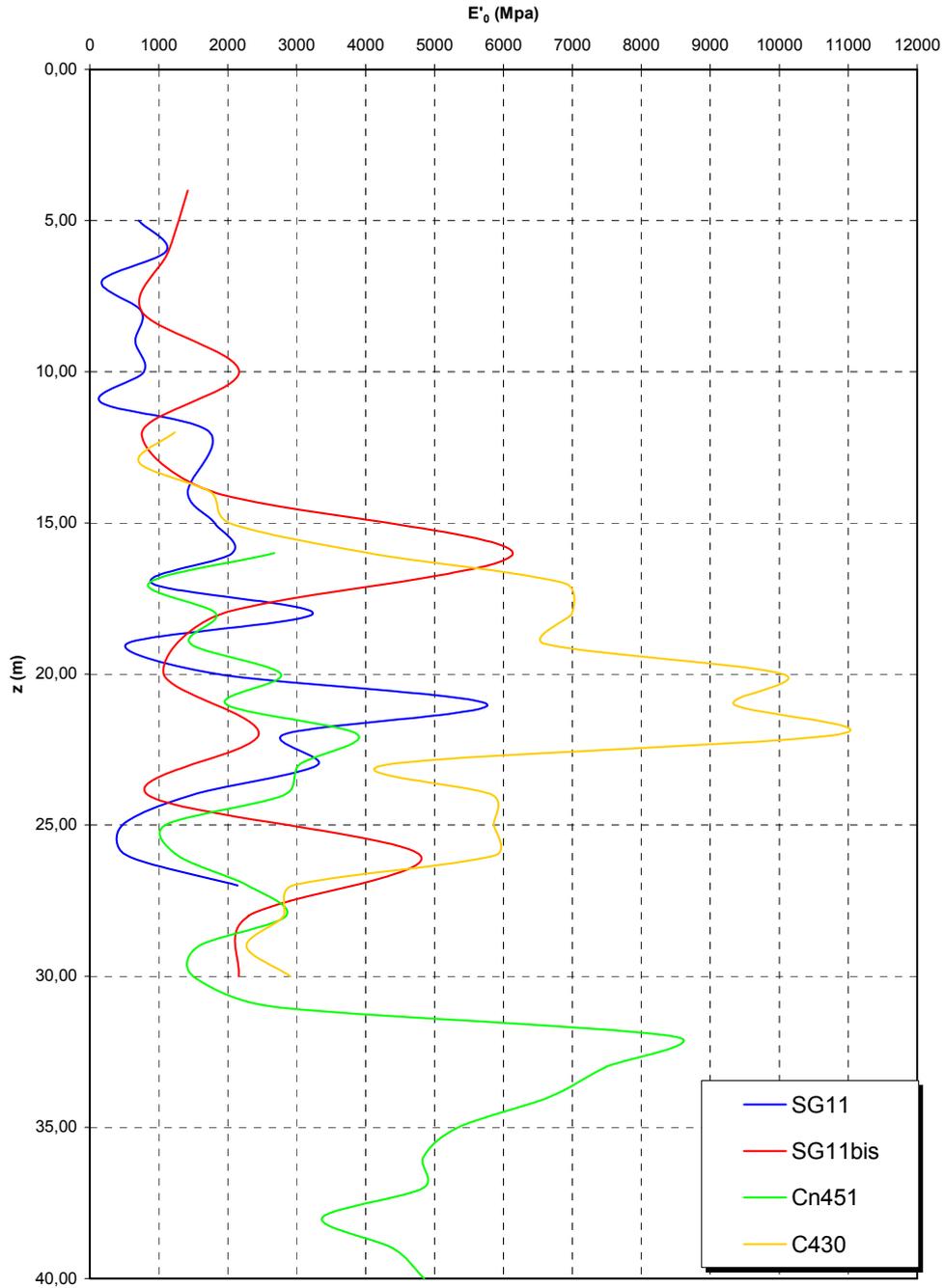


Figura 133

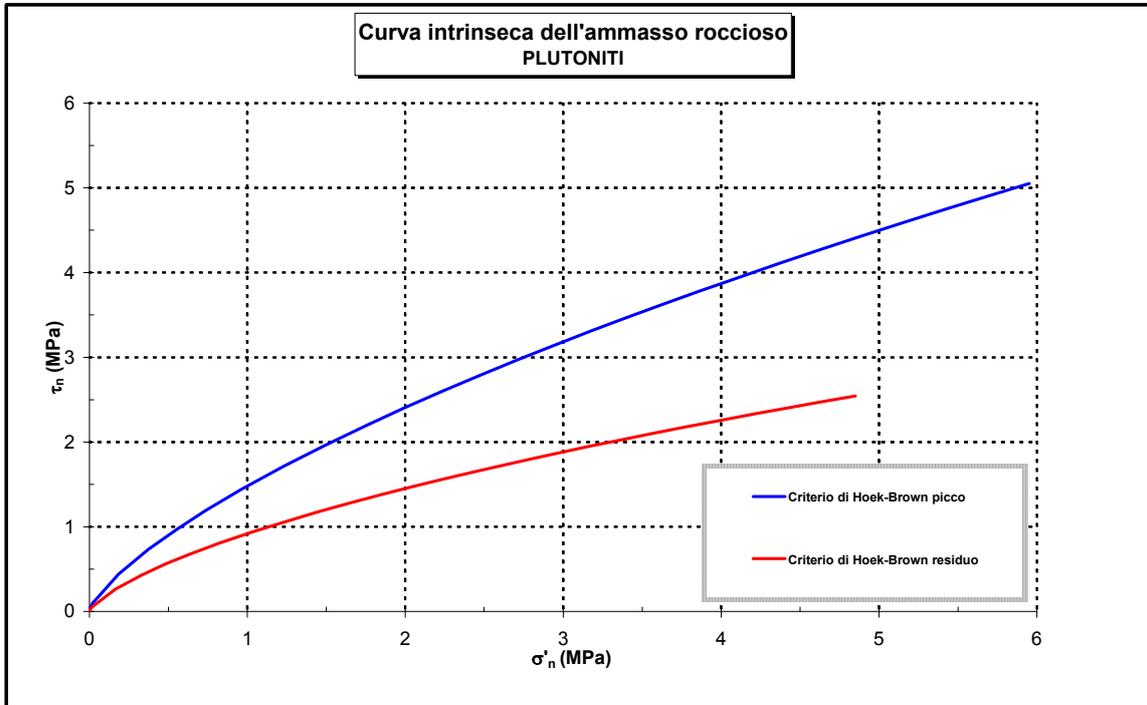


Figura 134

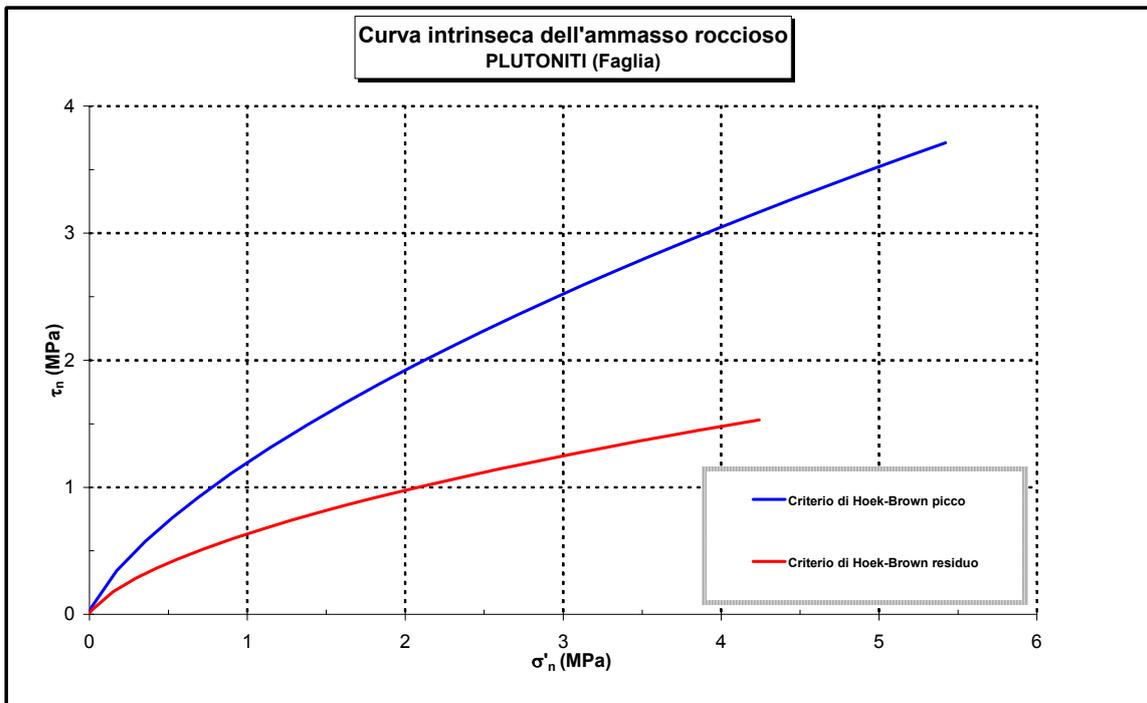


Figura 135

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	Codice documento CB0057_F0	Rev F0

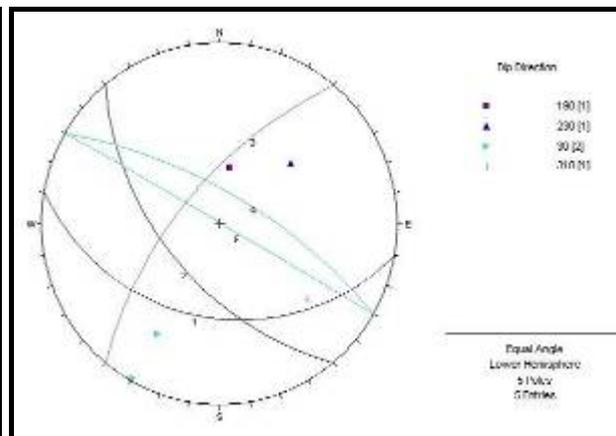
STAZIONE ST_11

(X = 2558798,7553 Y = 4231904,4767 Z = 130,0)

Jv standard	Jv H	21,00	Jv H	24,50	Jv H	17,50	Jv H medio	21,00
	Jv V	25,33	Jv V	22,67	Jv V	27,33	Jv V medio	25,11
	Jv O	16,00	Jv O	24,00	Jv O	19,00	Jv O medio	19,67
	Media totale Jv							21,93

Analisi soggettiva																			
1° Sistema	Immersione (°) 310								Inclinazione (°) 65								Media		
Spaz. (cm)	2	8	10	7	19	10	18	7	7	2	20	21	10	13	2	11	10	22	11,06
Apert. (mm)																			
Riempimento																			
2° Sistema	Immersione (°) 230								Inclinazione (°) 55								Media		
Spaz. (cm)	11	17	27	11	28	29	14	7	5	11									16,00
Apert. (mm)																			
Riempimento																			
3° Sistema	Immersione (°) 190								Inclinazione (°) 35								Media		
Spaz. (cm)	10	21	3	15	4	6	10	37	21	6	8	9	5	3					11,29
Apert. (mm)																			
Riempimento																			
4° Sistema	Immersione (°) 30								Inclinazione (°) 70								Media		
Spaz. (cm)	2	2	3	4	7	12	5	3	8										
Apert. (mm)																			
Riempimento																			
Indice dei blocchi* (cm):																	12,78		

RMR = 55 GSI = (RMR-5) = 50



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

STAZIONE ST_12

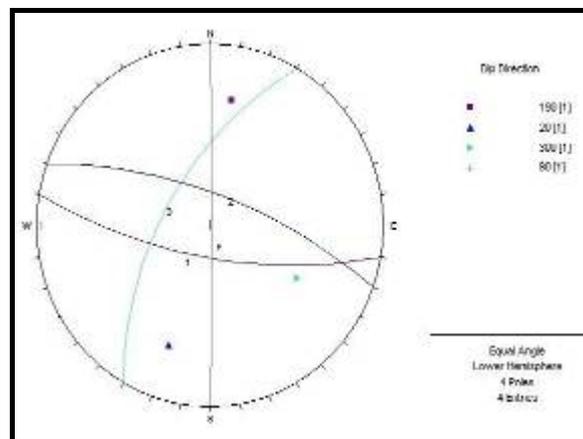
(X = 2559115,3658 Y = 4231779,6472 Z = 225,0)

Plutoniti

Jv standard	Jv H	30,00	Jv H	30,00	Jv H	28,00	Jv H medio	29,33
	Jv V	21,33	Jv V	28,00	Jv V	28,67	Jv V medio	26,00
	Jv O	32,00	Jv O	34,67	Jv O	27,00	Jv O medio	31,22
	Media totale Jv							28,85

Analisi soggettiva																			
1° Sistema	Immersione (°) 300										Inclinazione (°) 60						Media		
Spaz. (cm)	5	10	4	6	5	3	4	7	9	10	14	18	5	2	25	7	17	9	8,89
Apert. (mm)																			
Riempimento																			
2° Sistema	Immersione (°) 190										Inclinazione (°) 70						Media		
Spaz. (cm)	7	40	10	8	15	15	10	6	7	25	14	15							14,33
Apert. (mm)																			
Riempimento																			
3° Sistema	Immersione (°) 20										Inclinazione (°) 70						Media		
Spaz. (cm)	8	14	4	4	21	29	5	14	12	7	6	17	12	10					11,64
Apert. (mm)																			
Riempimento																			
																	Indice dei blocchi* (cm):	11,62	

RMR = 46 GSI = (RMR-5) = 41



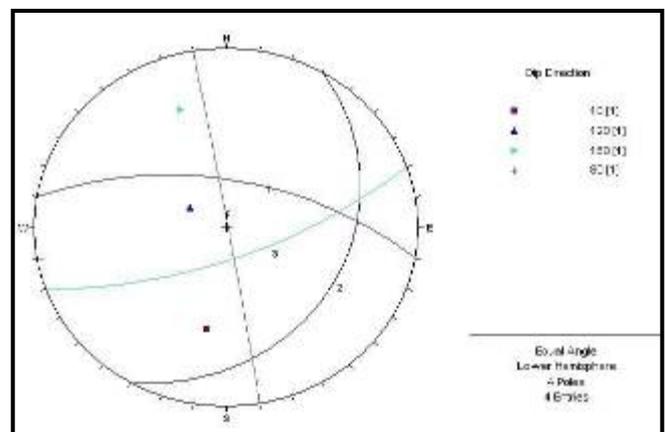
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

STAZIONE ST_13
(X = 2559120,0022 Y = 4231637,7464 Z = 295,0)

Jv standard	Jv H	24,50	Jv H	22,00	Jv H	21,00	Jv H medio	22,50
	Jv V	22,67	Jv V	18,67	Jv V	19,33	Jv V medio	20,22
	Jv O	27,00	Jv O	38,67	Jv O	32,00	Jv O medio	32,56
	Media totale Jv							25,09

Analisi soggettiva																		
1° Sistema	Immersione (°) 120						Inclinazione (°) 25						Media					
Spaz. (cm)	13	5	7	10	11	5	17	8	7									9,22
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
2° Sistema	Immersione (°) 160						Inclinazione (°) 60						Media					
Spaz. (cm)	13	8	12	6	7	10	2	23	3	22	17	33						13,00
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
3° Sistema	Immersione (°) 10						Inclinazione (°) 70						Media					
Spaz. (cm)	9	5	18	4	11	4	4	18	24	5	12							10,36
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
Indice dei blocchi* (cm):																	10,86	

RMR = 53 GSI = (RMR-5) = 48



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	Codice documento CB0057_F0	Rev F0

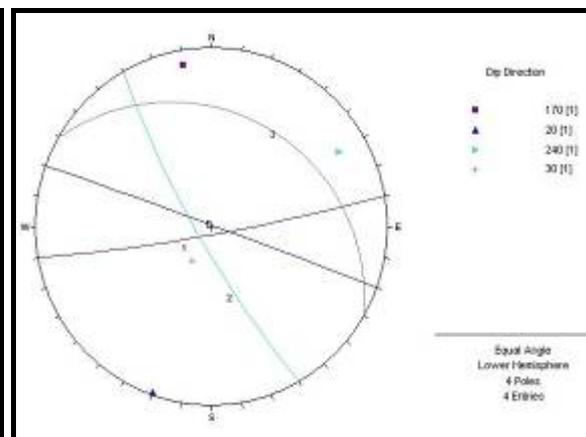
STAZIONE ST_14

(X = 2558555,9645 Y = 4231695,0394 Z = 125,0)

Jv standard	Jv H	36,50	Jv H	39,00	Jv H	37,50	Jv H medio	37,67
	Jv V	33,33	Jv V	24,67	Jv V	24,00	Jv V medio	27,33
	Jv O	28,00	Jv O	39,33	Jv O	32,00	Jv O medio	33,11
	Media totale Jv							32,70

Analisi soggettiva																		
1° Sistema	Immersione (°) 30							Inclinazione (°) 25							Media			
Spaz. (cm)	13	4	5	19	12	11	1	22	8	6	7	4	33				11,15	
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
2° Sistema	Immersione (°) 170							Inclinazione (°) 85							Media			
Spaz. (cm)	2	3	8	4	8	8	13	7	4	2	4	10	2	6	11	8	6,25	
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
3° Sistema	Immersione (°) 240							Inclinazione (°) 80							Media			
Spaz. (cm)	7	6	11	3	10	2	6	23	8	9	7	4	12	8	5	15	17	9,00
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
Indice dei blocchi* (cm):																	10,86	

RMR = 48 GSI = (RMR-5) = 43



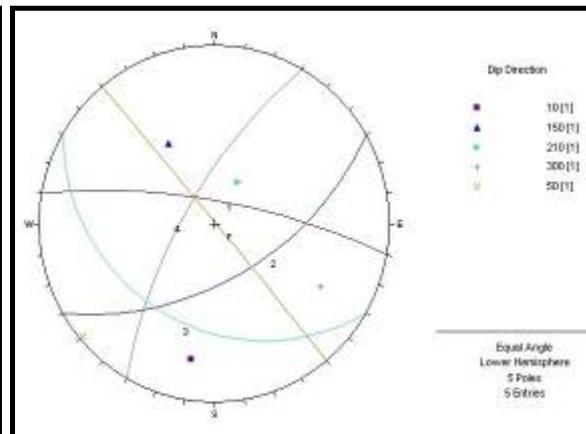
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	Codice documento CB0057_F0	Rev F0

STAZIONE ST_15

(X = 2558765,2901 Y = 4231575,8738 Z = 160,0)

Jv standard	Jv H	30,00	Jv H	27,50	Jv H	25,50	Jv H medio	27,67												
	Jv V	29,33	Jv V	22,67	Jv V	18,67	Jv V medio	23,56												
	Jv O	28,00	Jv O	32,67	Jv O	29,00	Jv O medio	29,89												
	Media totale Jv							27,04												
Analisi soggettiva																				
1° Sistema	Immersione (°) 300				Inclinazione (°) 70				Media											
Spaz. (cm)	8	14	2	5	6	22	2	4	7	21	29	19	5	6	19	25	27	14	13,06	
Apert. (mm)																				
Riempimento																				
2° Sistema	Immersione (°) 10				Inclinazione (°) 75				Media											
Spaz. (cm)	10	2	11	3	3	6	3	2	18	4	7	4	6	2	1	6				5,50
Apert. (mm)																				
Riempimento																				
3° Sistema	Immersione (°) 210				Inclinazione (°) 30				Media											
Spaz. (cm)	6	32	16	21	24	15	19	24	34	17	11	8	4	26						18,36
Apert. (mm)																				
Riempimento																				
4° Sistema	Immersione (°) 150				Inclinazione (°) 55				Media											
Spaz. (cm)	26	15	28	16	29	11	21	17	8	10	9	7								
Apert. (mm)																				
Riempimento																				
Indice dei blocchi* (cm):																		12,30		

RMR = 53 GSI = (RMR-5) = 48



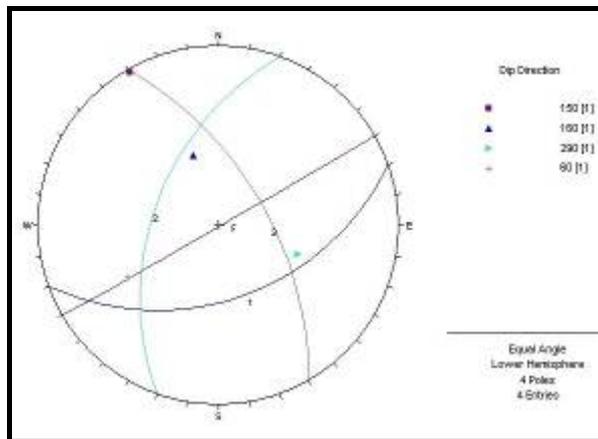
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	Codice documento CB0057_F0	Rev F0

STAZIONE ST_16
(X = 2558865,1916 Y = 4231477,4837 Z = 185,0)

Jv standard	Jv H	20,00	Jv H	20,00	Jv H	18,50	Jv H medio	19,50
	Jv V	16,67	Jv V	18,00	Jv V	17,33	Jv V medio	17,33
	Jv O	18,00	Jv O	33,33	Jv O	38,00	Jv O medio	29,78
	Media totale Jv							22,20

Analisi soggettiva																	
1° Sistema	Immersione (°) 60								Inclinazione (°) 60								Media
Spaz. (cm)	8	11	10	15	11	10'	24	6	9	2	4	11					10,09
Apert. (mm)																	
Riempimento																	
2° Sistema	Immersione (°) 160								Inclinazione (°) 45								Media
Spaz. (cm)	10	13	1	3	7	2	5	6	4	5	5						5,55
Apert. (mm)																	
Riempimento																	
3° Sistema	Immersione (°) 290								Inclinazione (°) 50								Media
Spaz. (cm)	4	8	14	12	6	15	10										9,86
Apert. (mm)																	
Riempimento																	
Indice dei blocchi* (cm):																8,50	

RMR = 53 GSI = (RMR-5) = 48



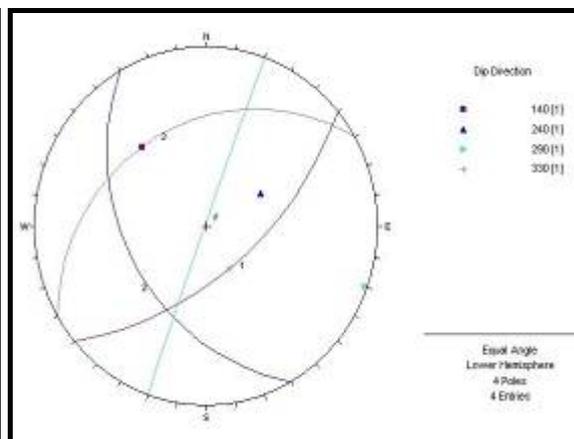
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

STAZIONE ST_17
(X = 25588994,5294 Y = 4231500,5212 Z = 225,0)

Jv standard	Jv H	19,50	Jv H	25,00	Jv H	22,00	Jv H medio	22,17
	Jv V	30,00	Jv V	24,67	Jv V	17,33	Jv V medio	24,00
	Jv O	22,00	Jv O	24,67	Jv O	31,00	Jv O medio	25,89
	Media totale Jv							24,02

Analisi soggettiva															
1° Sistema	Immersione (°) 330						Inclinazione (°) 30						Media		
Spaz. (cm)	5	7	19	22	13	15	14	40						16,88	
Apert. (mm)															
Riempimento															
2° Sistema	Immersione (°) 140						Inclinazione (°) 60						Media		
Spaz. (cm)	4	3	2	5	7	8	7	6	6	8				5,60	
Apert. (mm)															
Riempimento															
3° Sistema	Immersione (°) 240						Inclinazione (°) 40						Media		
Spaz. (cm)	7	4	3	5	6	5	9	7	9	4	13	7	2	5	6,14
Apert. (mm)															
Riempimento															
Indice dei blocchi* (cm):													9,54		

RMR = 53 GSI = (RMR-5) = 48



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	Codice documento CB0057_F0	Rev F0

STAZIONE ST_18

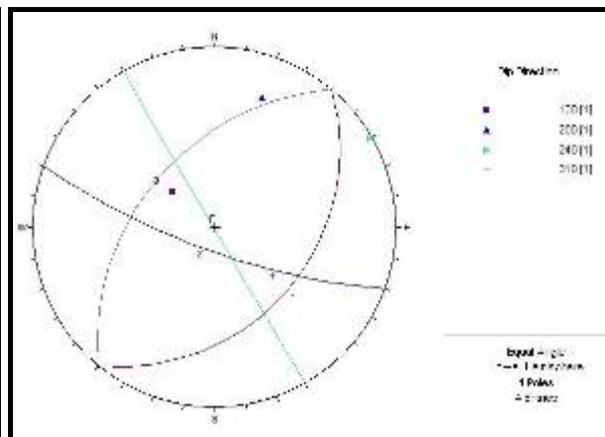
(X = 2558647,5085 Y = 4231692,0089 Z = 145,0)

Plutoniti

Jv standard	Jv H	30,00	Jv H	26,50	Jv H	36,50	Jv H medio	31,00
	Jv V	33,33	Jv V	31,33	Jv V	28,67	Jv V medio	31,11
	Jv O	26,00	Jv O	32,00	Jv O	27,00	Jv O medio	28,33
	Media totale Jv							30,15

Analisi soggettiva																		
1° Sistema	Immersione (°) 130									Inclinazione (°) 34						Media		
Spaz. (cm)	28	4	5	5	10	15	19	15	7	5	6	12	21	13	6			11,40
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
2° Sistema	Immersione (°) 310									Inclinazione (°) 45						Media		
Spaz. (cm)	17	5	7	5	12	7	10	12	10	11	4	5	5	6	11	3	26	9,18
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
3° Sistema	Immersione (°) 200									Inclinazione (°) 75						Media		
Spaz. (cm)	20	3	7	2	3	9	9	4	5	6	9	36						9,42
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
Indice dei blocchi* (cm):																	10,00	

RMR = 46 GSI = (RMR-5) = 41



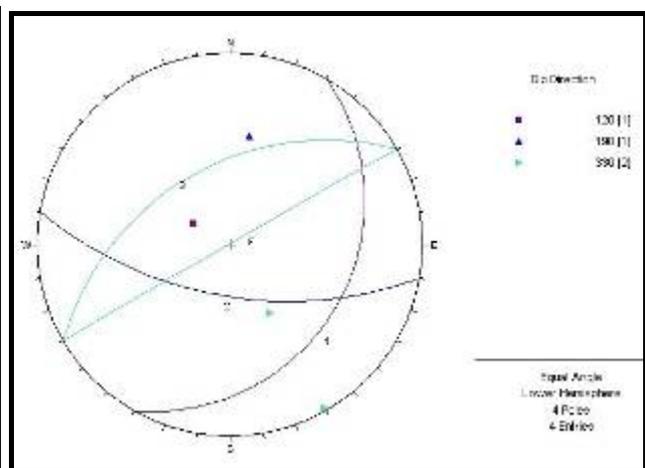
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

STAZIONE ST_19
(X = 2558753,8451 Y = 4231832,3711 Z = 155,0)

Jv standard	Jv H	40,00	Jv H	42,00	Jv H	47,50	Jv H medio	43,17
	Jv V	36,00	Jv V	40,00	Jv V	39,33	Jv V medio	38,44
	Jv O	38,00	Jv O	42,67	Jv O	40,00	Jv O medio	40,22
	Media totale Jv							40,61

Analisi soggettiva																		
1° Sistema	Immersione (°) 120									Inclinazione (°) 25							Media	
Spaz. (cm)	2	3	4	3	3	25	2	2	13	13	2	19	10	7	10	3	14	7,94
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
2° Sistema	Immersione (°) 190									Inclinazione (°) 60							Media	
Spaz. (cm)	6	2	8	9	2	6	13	10	7	11	2	5	2	3	10	5		6,31
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
3° Sistema	Immersione (°) 330									Inclinazione (°) 45							Media	
Spaz. (cm)	1	8	3	2	6	2	7	10	3									4,67
Apert. (mm)																		
Riempimento																		
Indice dei blocchi* (cm):																	6,31	

RMR = 45 GSI = (RMR-5) = 40



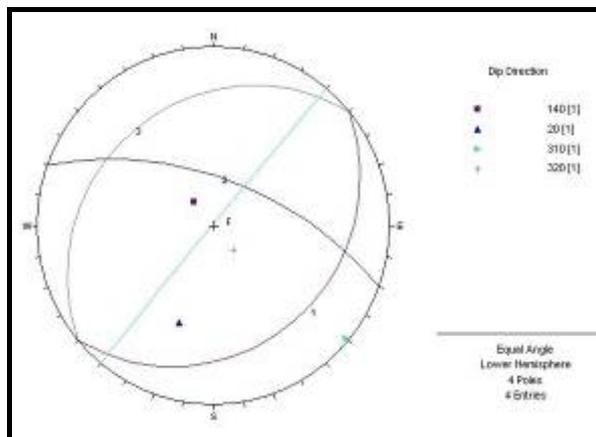
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

STAZIONE ST_20
(X = 2558815,0785 Y = 4231772,2684 Z = 295,0)

Jv standard	Jv H	22,00	Jv H	38,00	Jv H	33,50	Jv H medio	31,17
	Jv V	32,67	Jv V	32,00	Jv V	27,33	Jv V medio	30,67
	Jv O	24,00	Jv O	26,00	Jv O	36,00	Jv O medio	28,67
	Media totale Jv							30,17

Analisi soggettiva															
1° Sistema	Immersione (°) 140							Inclinazione (°) 20							Media
Spaz. (cm)	4	4	5	4	8	15	18	7	19	4	5				8,45
Apert. (mm)															
Riempimento															
2° Sistema	Immersione (°) 320							Inclinazione (°) 20							Media
Spaz. (cm)	10	2	7	14	3	9	19	10	4	11	9				8,91
Apert. (mm)															
Riempimento															
3° Sistema	Immersione (°) 20							Inclinazione (°) 60							Media
Spaz. (cm)	2	10	6	9	7	29	4	12	12	6	10	17	6	17	10,50
Apert. (mm)															
Riempimento															
Indice dei blocchi* (cm):														9,29	

RMR = 48 GSI = (RMR-5) = 43



e.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

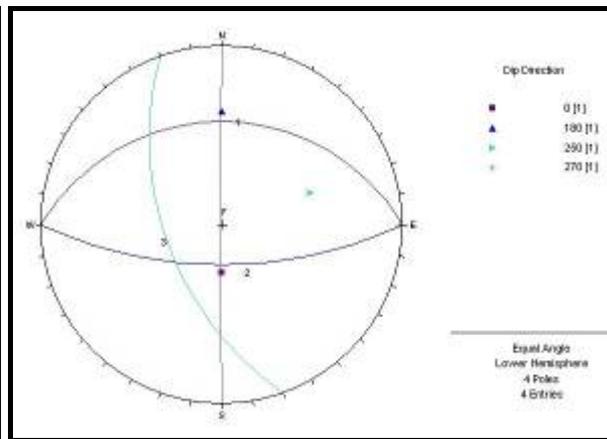
STAZIONE ST_21

(X = 2558960,6178 Y = 4231871,4017 Z = 115,0)

Jv standard	Jv H	38,50	Jv H	36,00	Jv H	33,00	Jv H medio	35,83
	Jv V	29,33	Jv V	46,67	Jv V	40,00	Jv V medio	38,67
	Jv O	35,00	Jv O	43,33	Jv O	37,00	Jv O medio	38,44
	Media totale Jv							37,65

Analisi soggettiva														
1° Sistema	Immersione (°) 180						Inclinazione (°) 65						Media	
Spaz. (cm)	11	9	6	9	12	8	7	7	4	9	7	4	6	7,64
Apert. (mm)														
Riempimento														
2° Sistema	Immersione (°) 0						Inclinazione (°) 30						Media	
Spaz. (cm)	6	4	3	4	2	4	3	5	7	4	1	5	4	3,93
Apert. (mm)														
Riempimento														
3° Sistema	Immersione (°) 250						Inclinazione (°) 55						Media	
Spaz. (cm)	7	4	3	5	6	4	1							4,88
Apert. (mm)														
Riempimento														
Indice dei blocchi* (cm):												5,48		

RMR = 41 GSI = (RMR-5) = 36



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

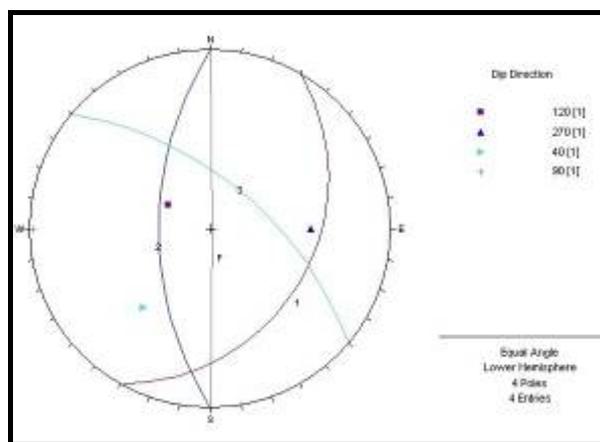
STAZIONE ST_23

(X = 2558636,3865 Y = 4232153,0100 Z = 60,0)

Jv standard	Jv H	28,00	Jv H	29,50	Jv H	27,50	Jv H medio	28,33
	Jv V	32/1,5	Jv V	31,33	Jv V	22,00	Jv V medio	26,67
	Jv O	32,00	Jv O	34,00	Jv O	39,00	Jv O medio	35,00
	Media totale Jv							30,00

Analisi soggettiva														
1° Sistema	Immersione (°) 270						Inclinazione (°) 58						Media	
Spaz. (cm)	5	15	8	8	15	10	2	8	2	4	3	22	4	8,15
Apert. (mm)														
Riempimento														
2° Sistema	Immersione (°) 120						Inclinazione (°) 30						Media	
Spaz. (cm)	12	11	5	11	11	2	10	2	4	32				10,00
Apert. (mm)														
Riempimento														
3° Sistema	Immersione (°) 40						Inclinazione (°) 60						Media	
Spaz. (cm)	7	11	11	17	30	2	10	6	27	3	19	18	29	14,62
Apert. (mm)														
Riempimento														
Indice dei blocchi* (cm):												10,92		

RMR = 46 GSI = (RMR-5) = 41



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	Codice documento CB0057_F0

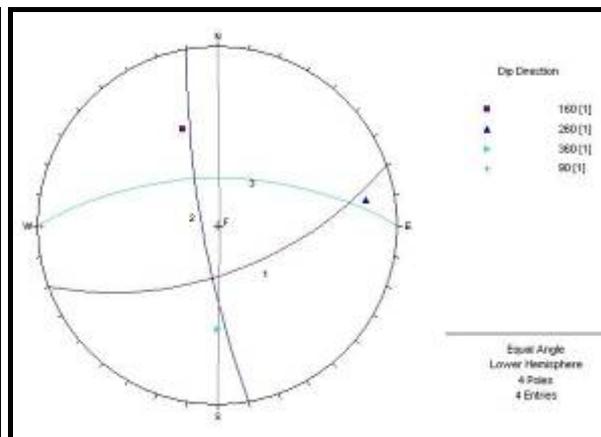
STAZIONE ST_24

(X = 2558638,2674 Y = 4232198,5131 Z = 55,0)

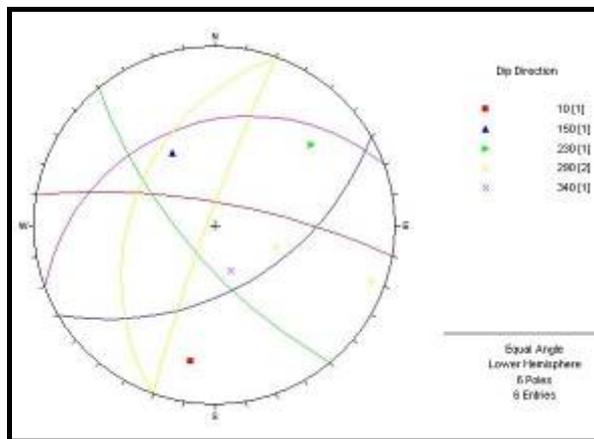
Jv standard	Jv H	42,00	Jv H	33,00	Jv H	30,00	Jv H medio	35,00
	Jv V	45/1,5	Jv V	28,67	Jv V	28,00	Jv V medio	28,33
	Jv O	59,00	Jv O	33,33	Jv O	44,00	Jv O medio	45,44
	Media totale Jv							36,26

Analisi soggettiva																	
1° Sistema	Immersione (°) 160								Inclinazione (°) 60						Media		
Spaz. (cm)	6	13	5	14	14	10	9	11	2	4	13	15	15				10,08
Apert. (mm)																	
Riempimento																	
2° Sistema	Immersione (°) 360								Inclinazione (°) 60						Media		
Spaz. (cm)	8	13	4	2	20	17	8	2	16	10							10,00
Apert. (mm)																	
Riempimento																	
3° Sistema	Immersione (°) 260								Inclinazione (°) 80						Media		
Spaz. (cm)	1	1	3	15	4	11	3	4	3	2	4	14					5,42
Apert. (mm)																	
Riempimento																	
Indice dei blocchi* (cm):															8,50		

RMR = 45 GSI = (RMR-5) = 40



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.3 SABBIE E GHIAIE DI MESSINA

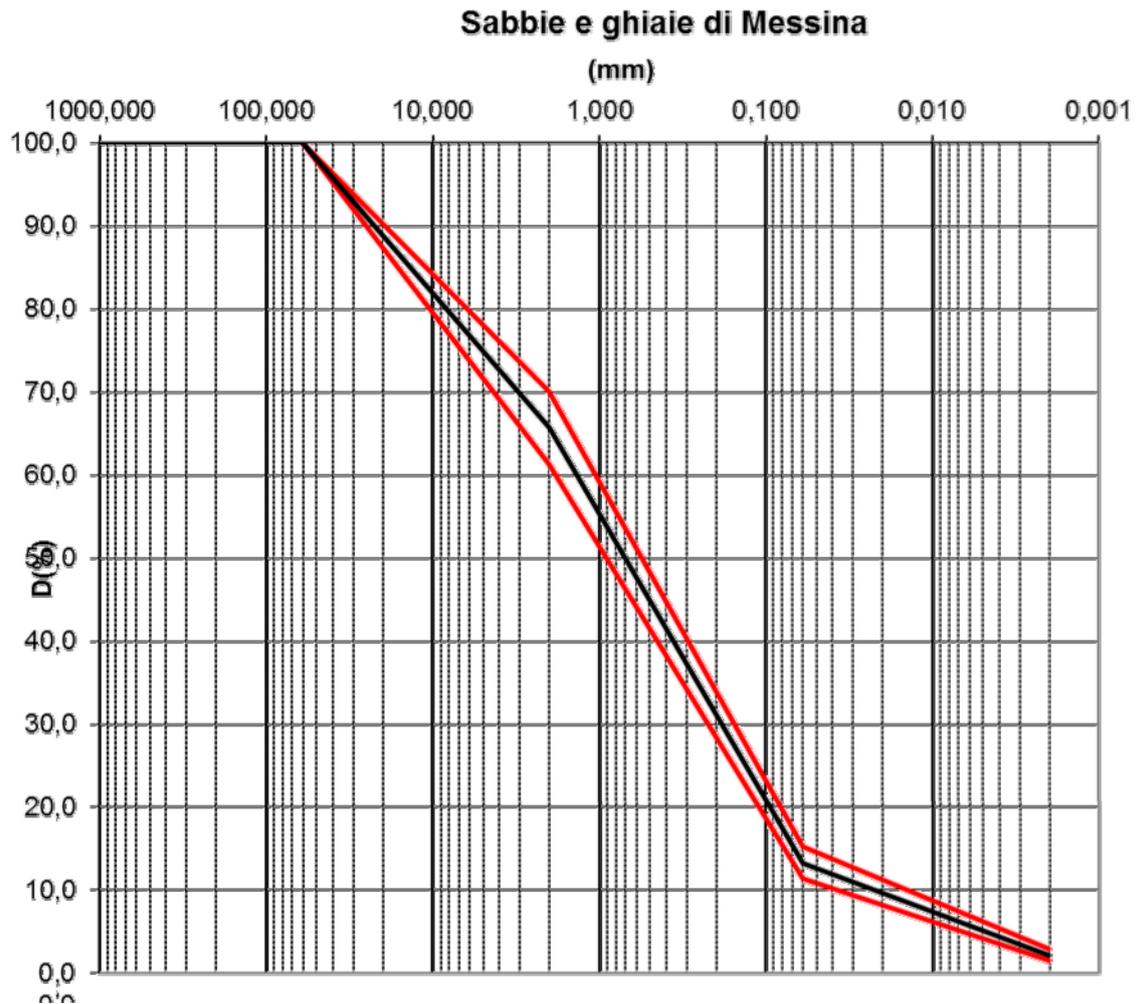


Figura 136

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Sabbie e Ghiaie di Messina - Analisi granulometriche - % sabbia e % ghiaia

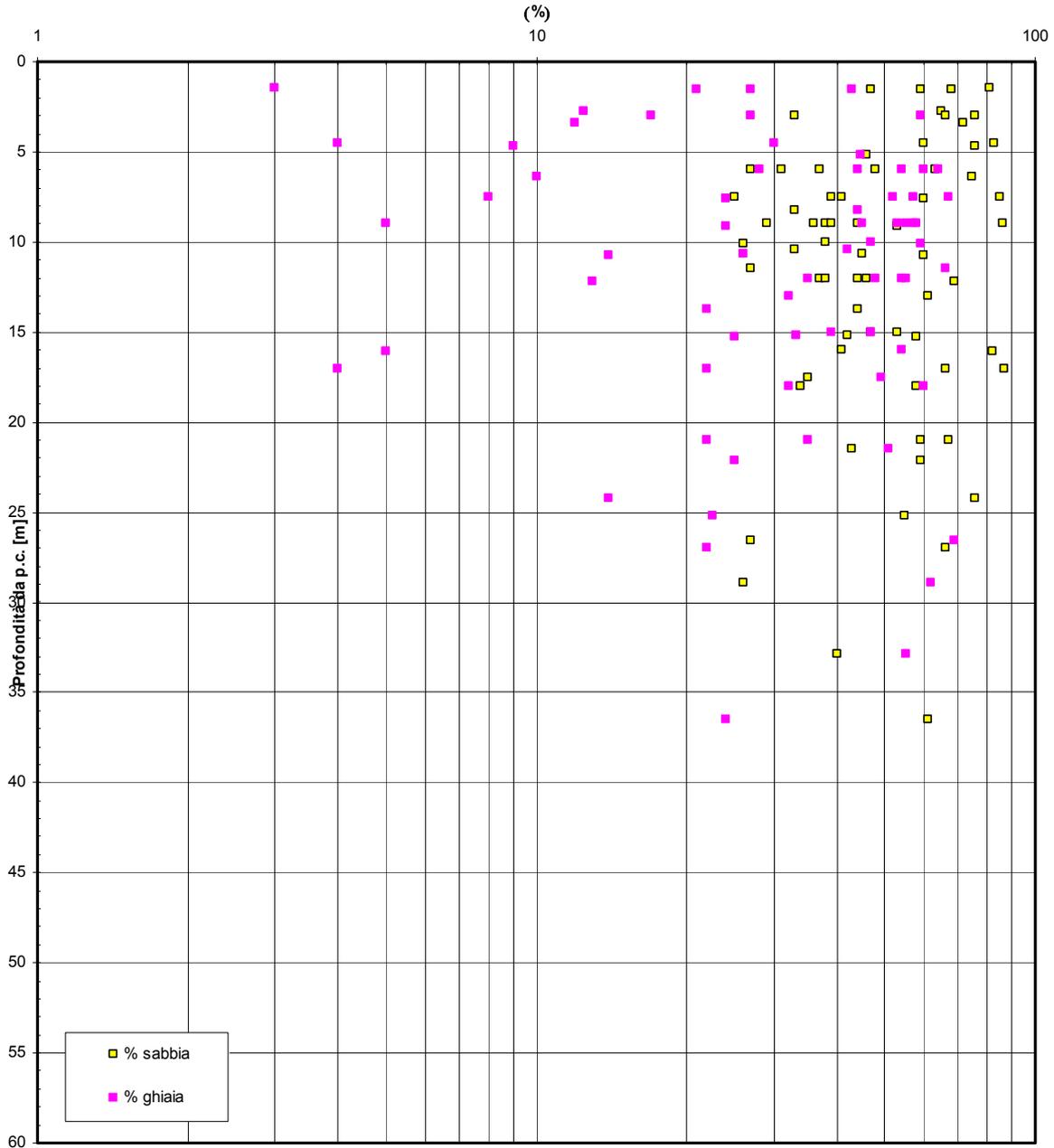


Figura 137

Sabbie e Ghiaie di Messina- d50(mm)

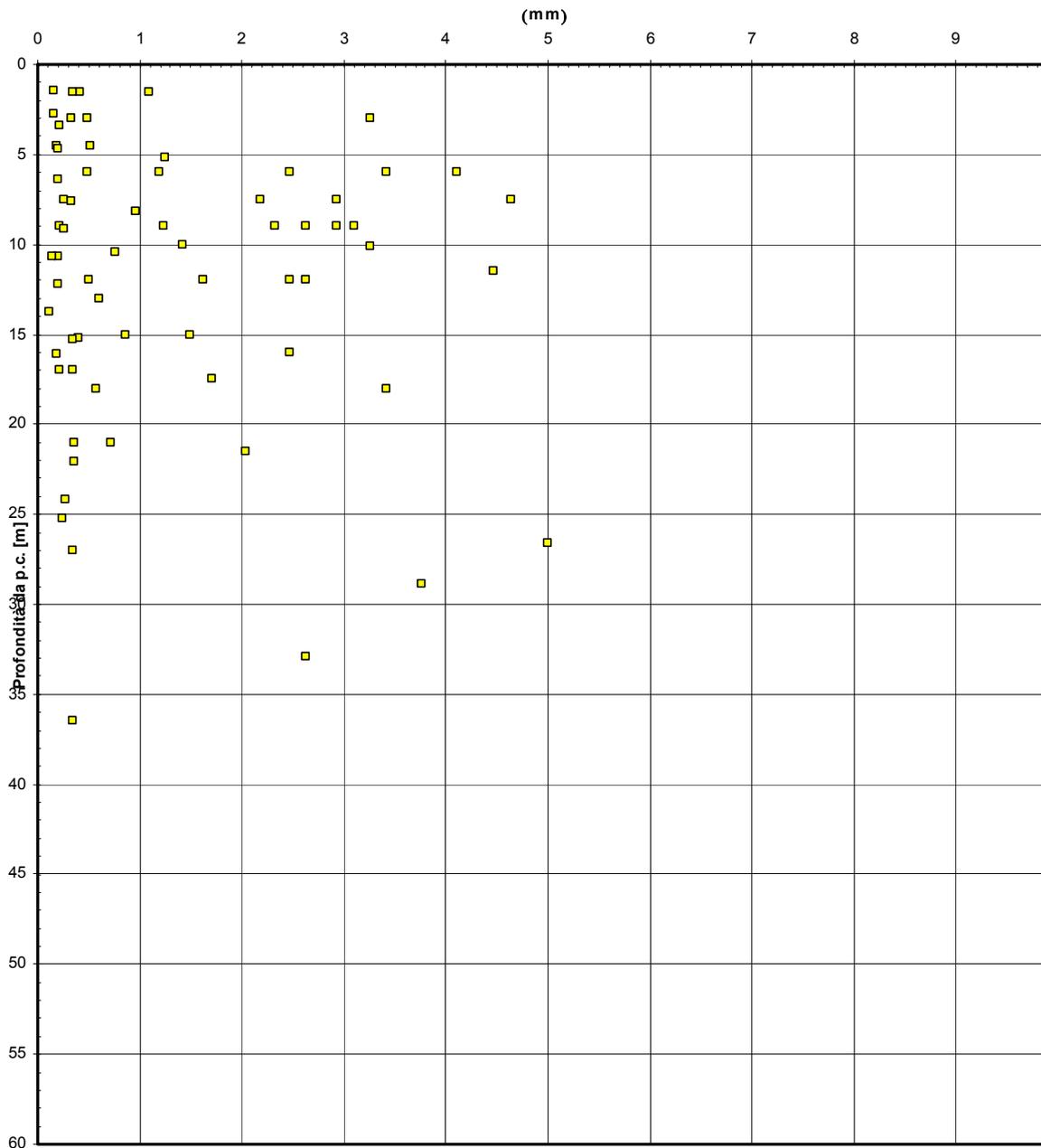


Figura 138

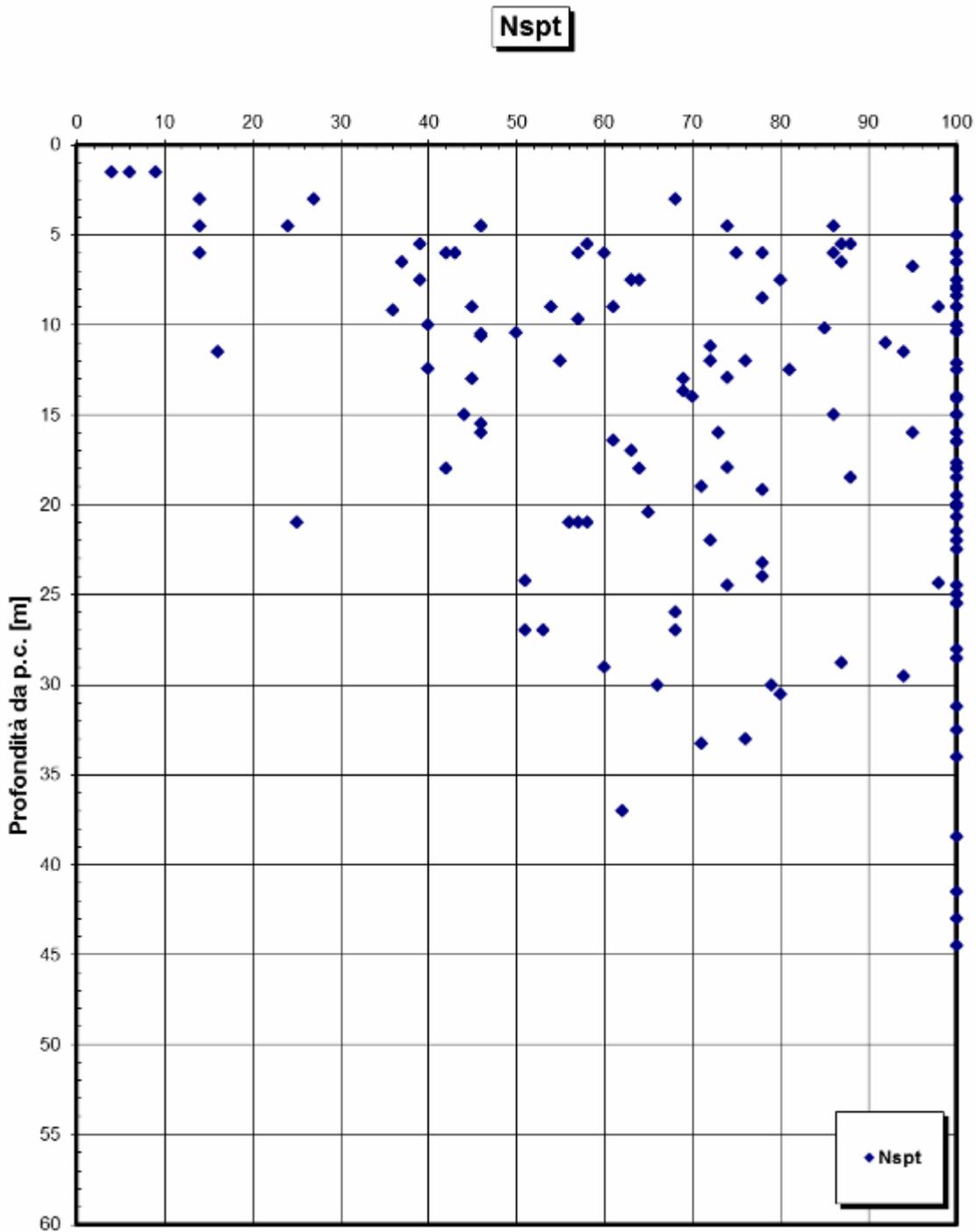


Figura 139

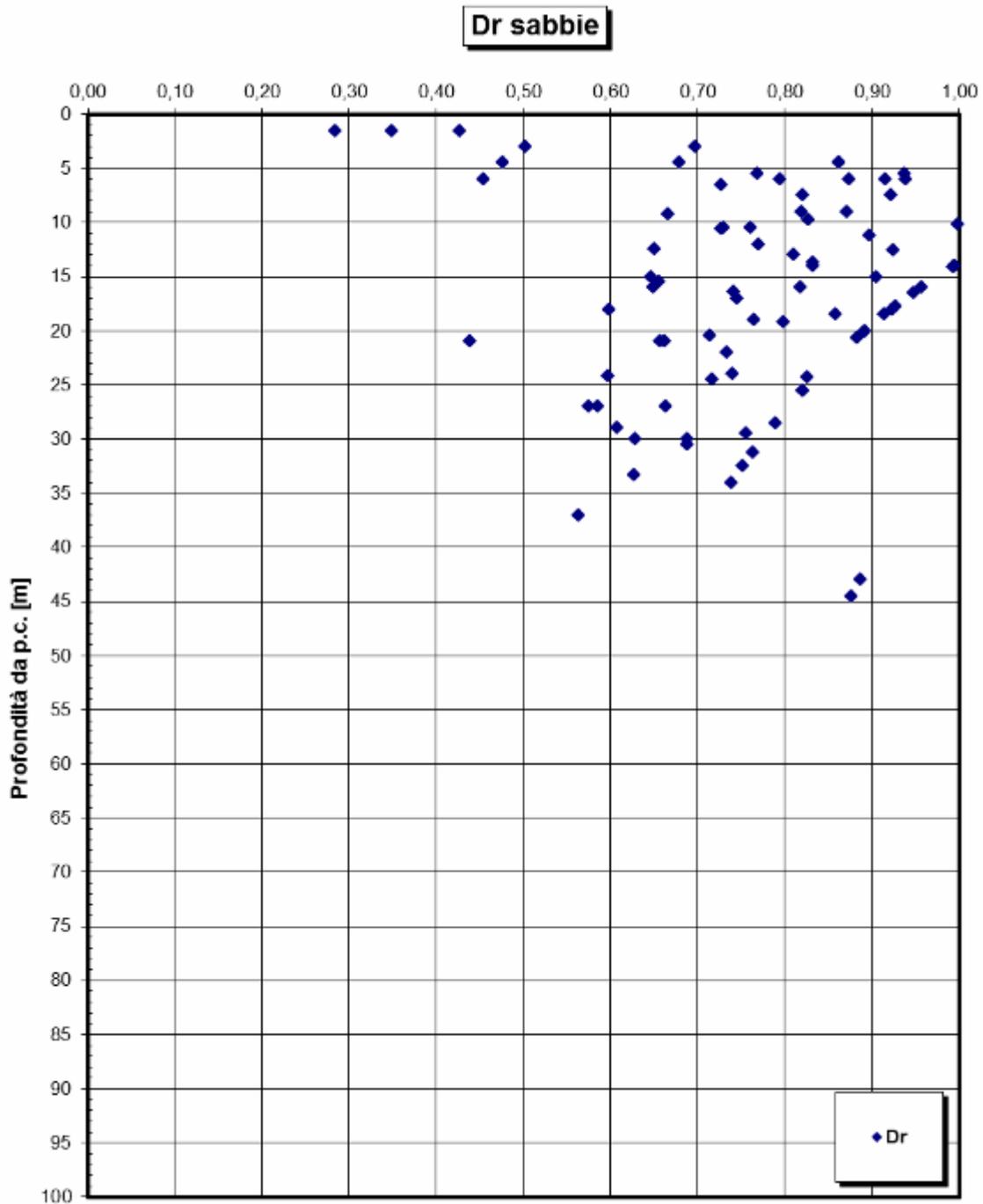


Figura 140

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

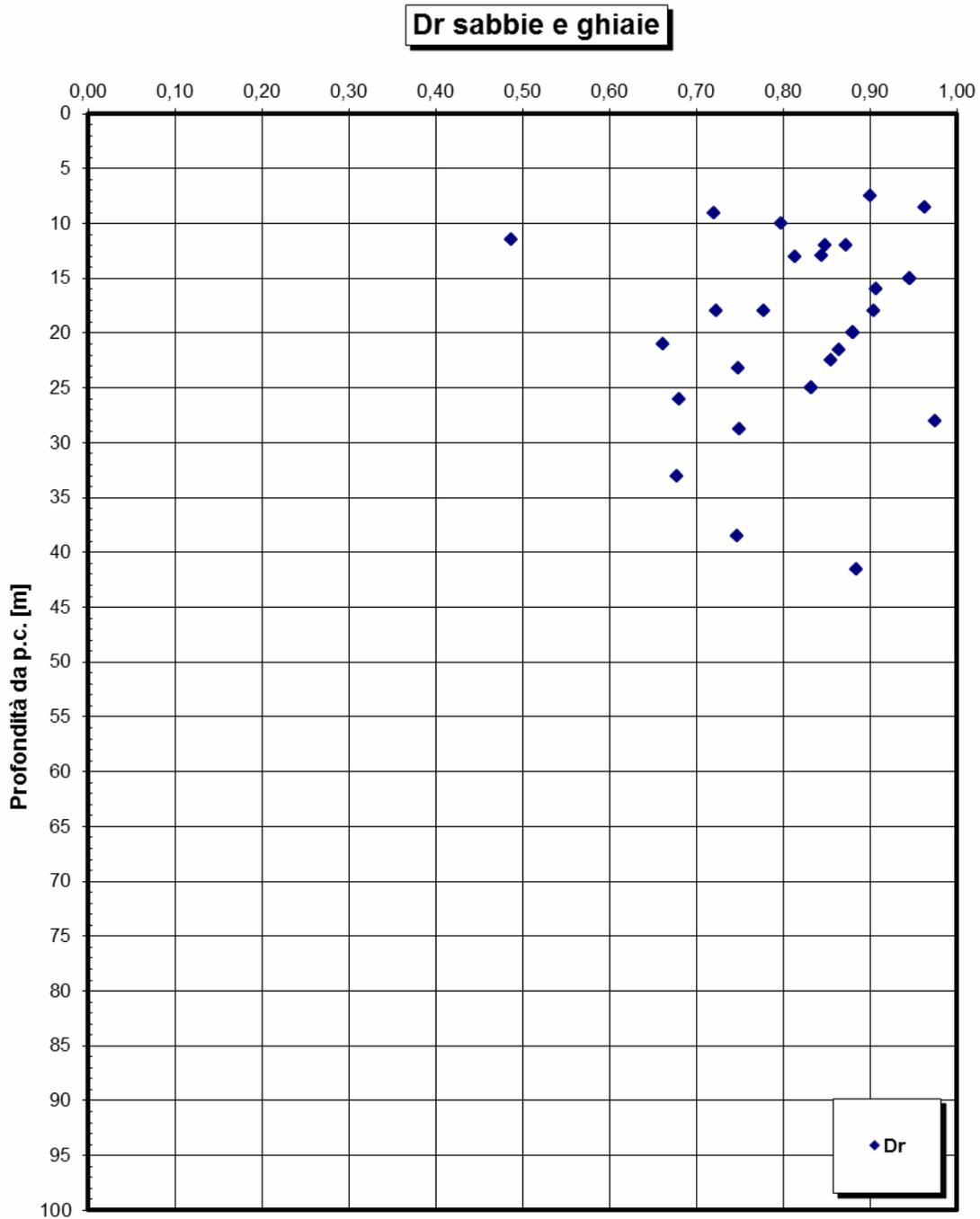


Figura 141

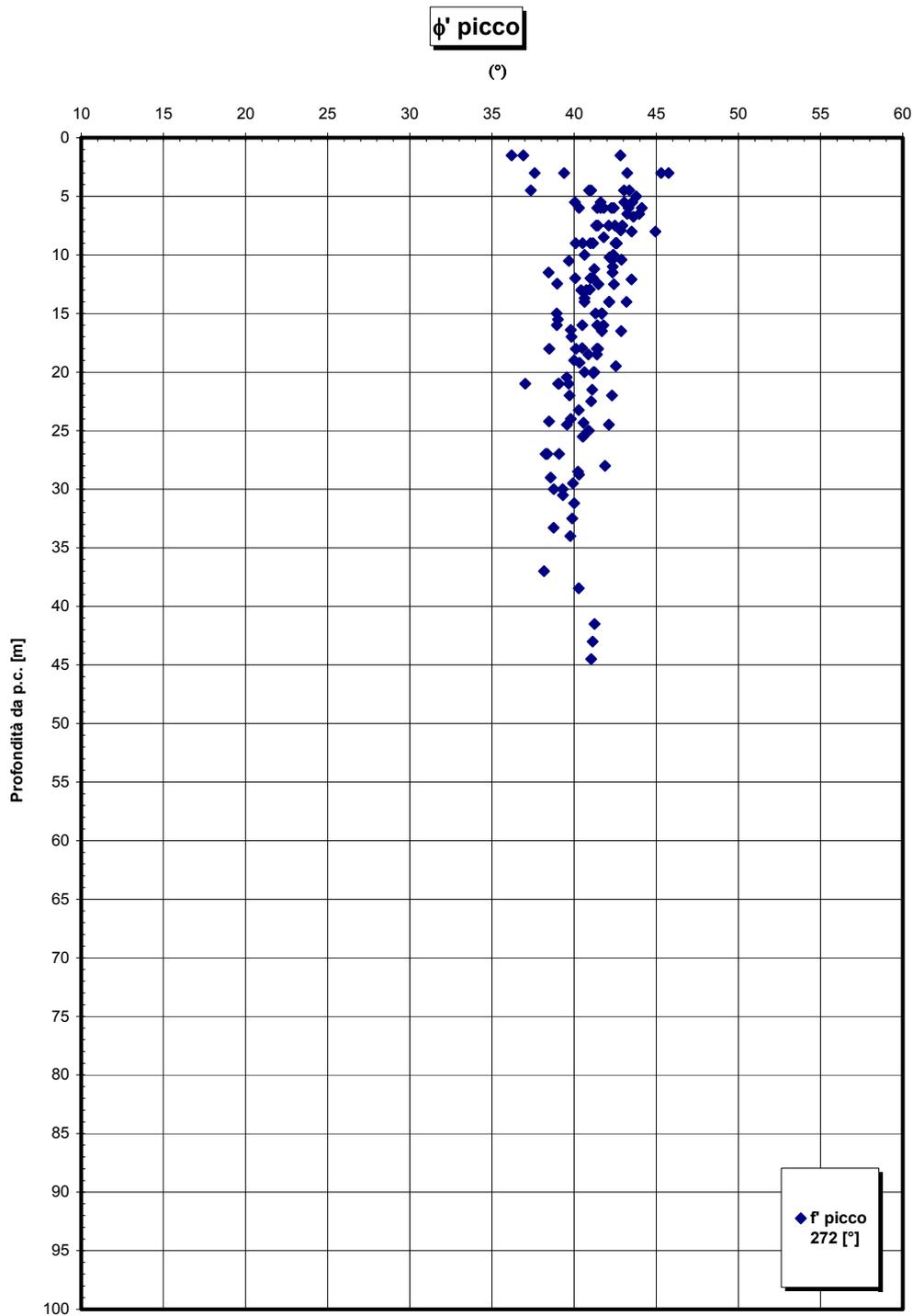


Figura 142

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

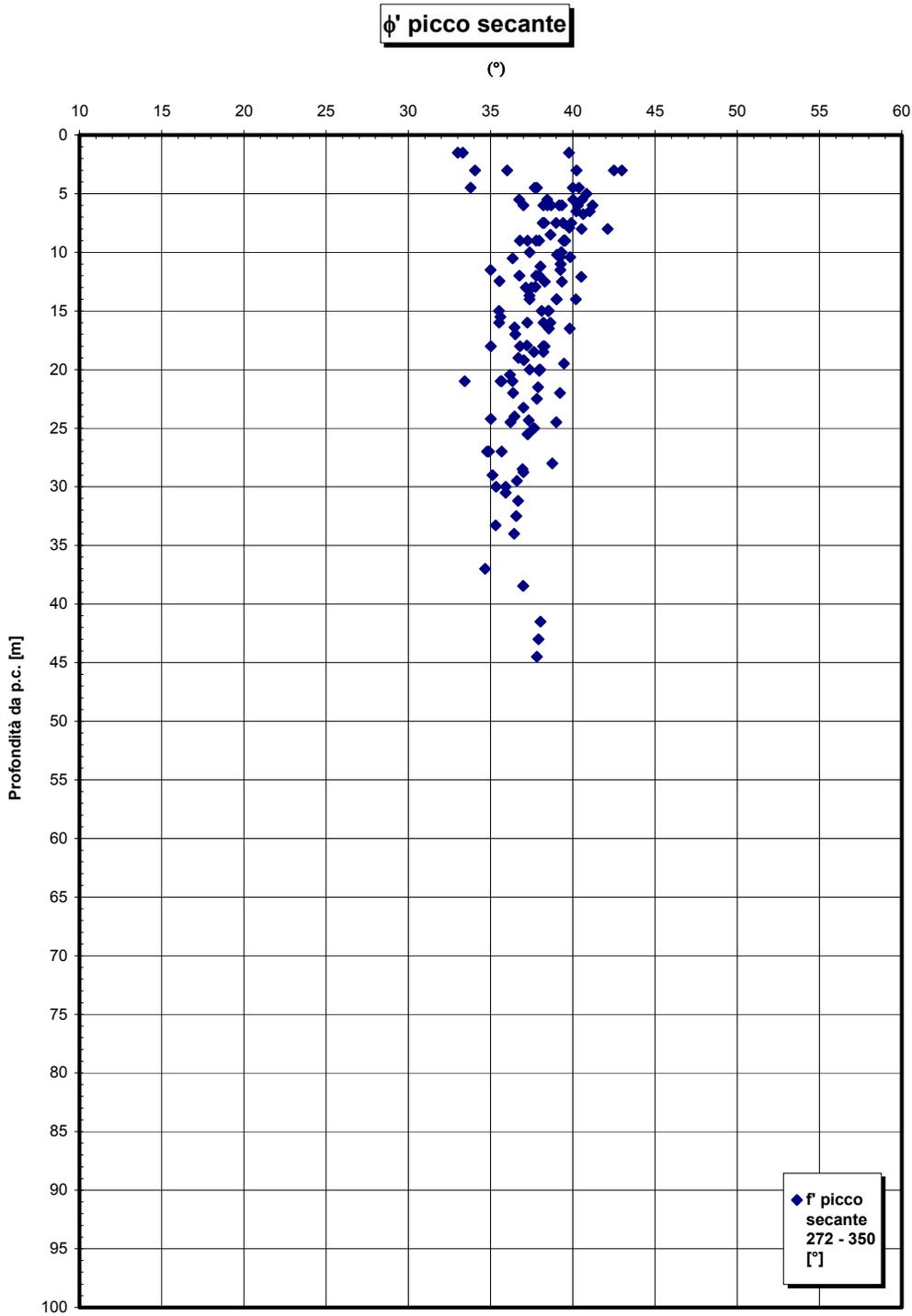


Figura 143

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

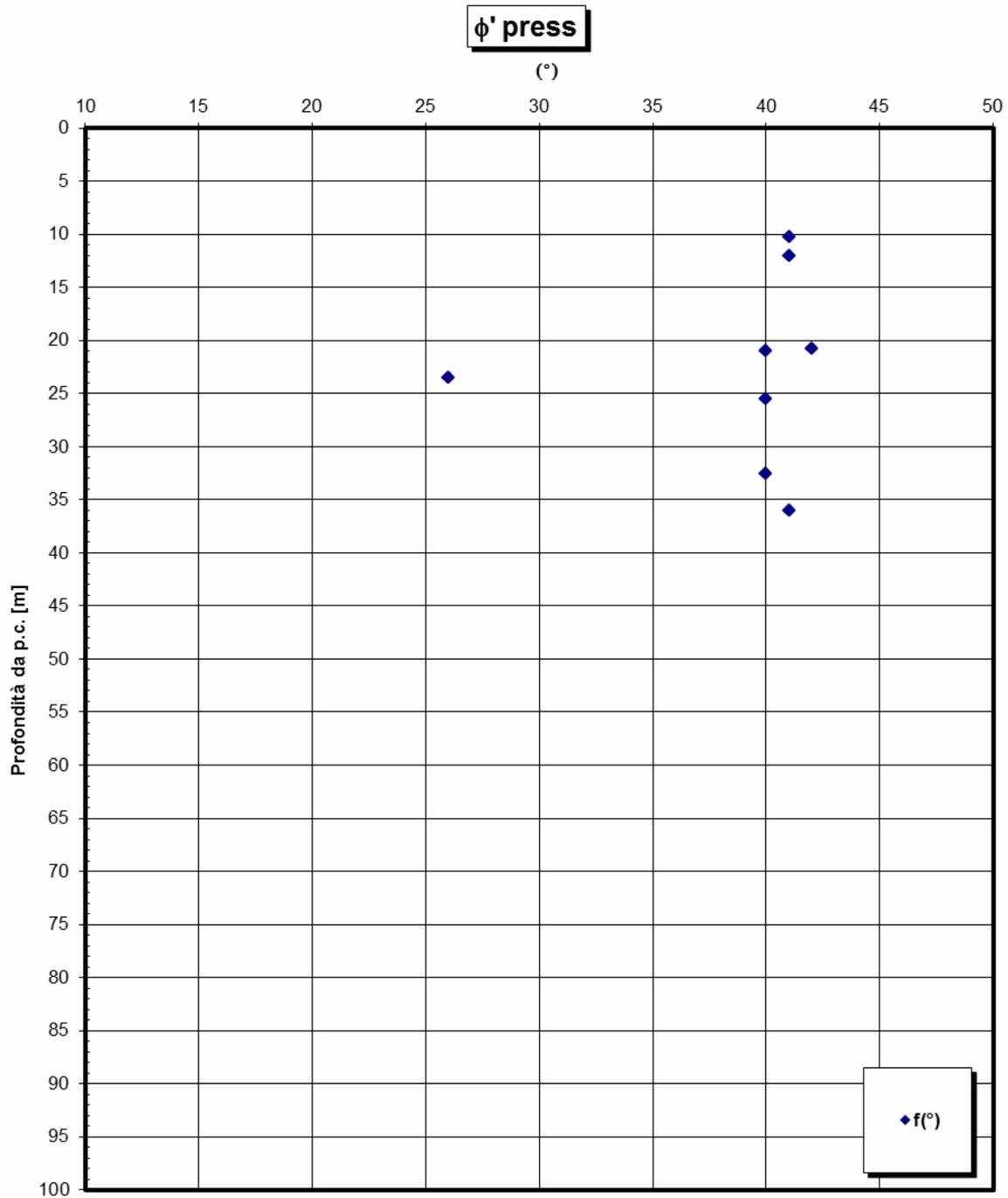


Figura 144

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

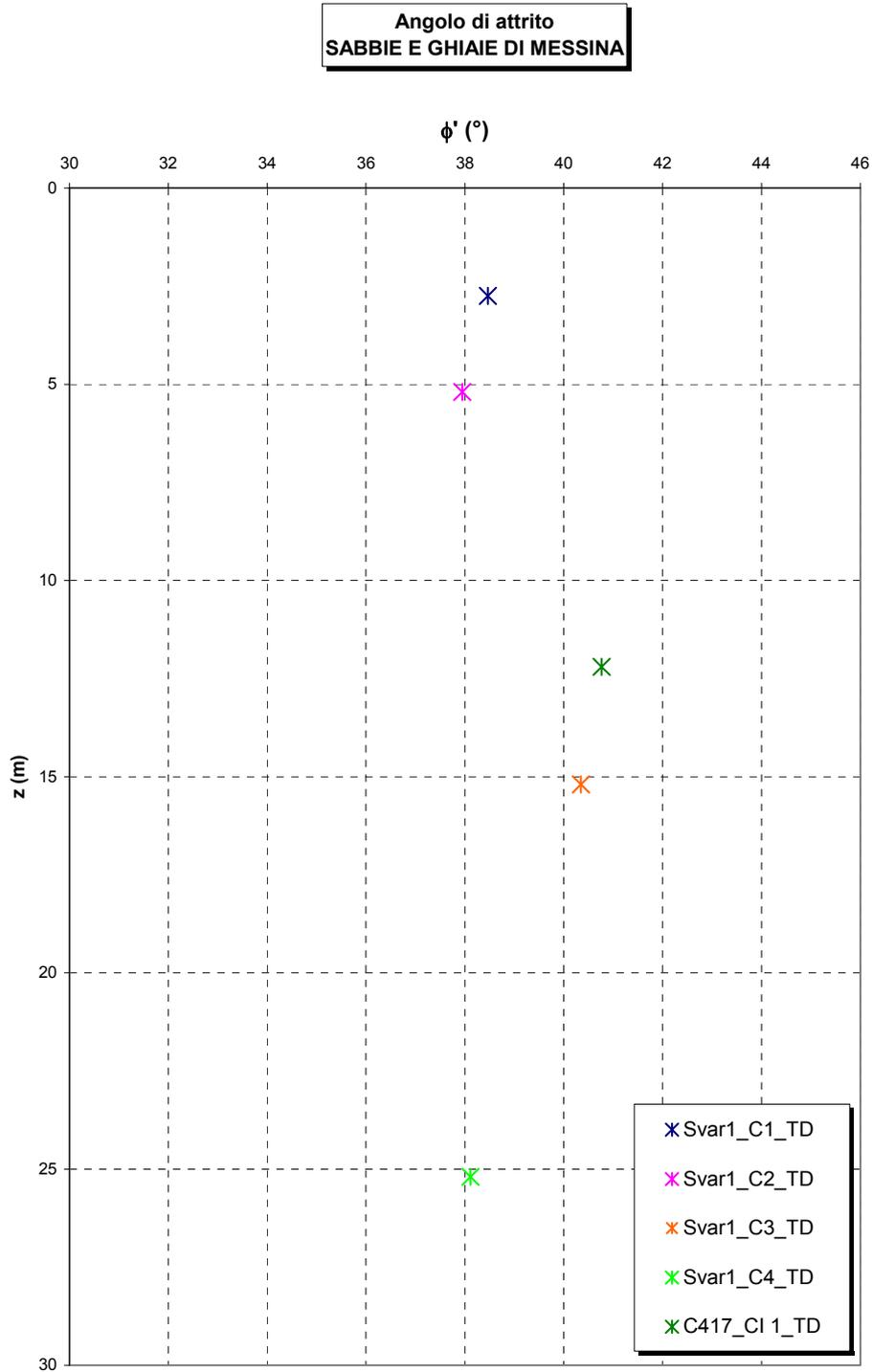


Figura 145

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

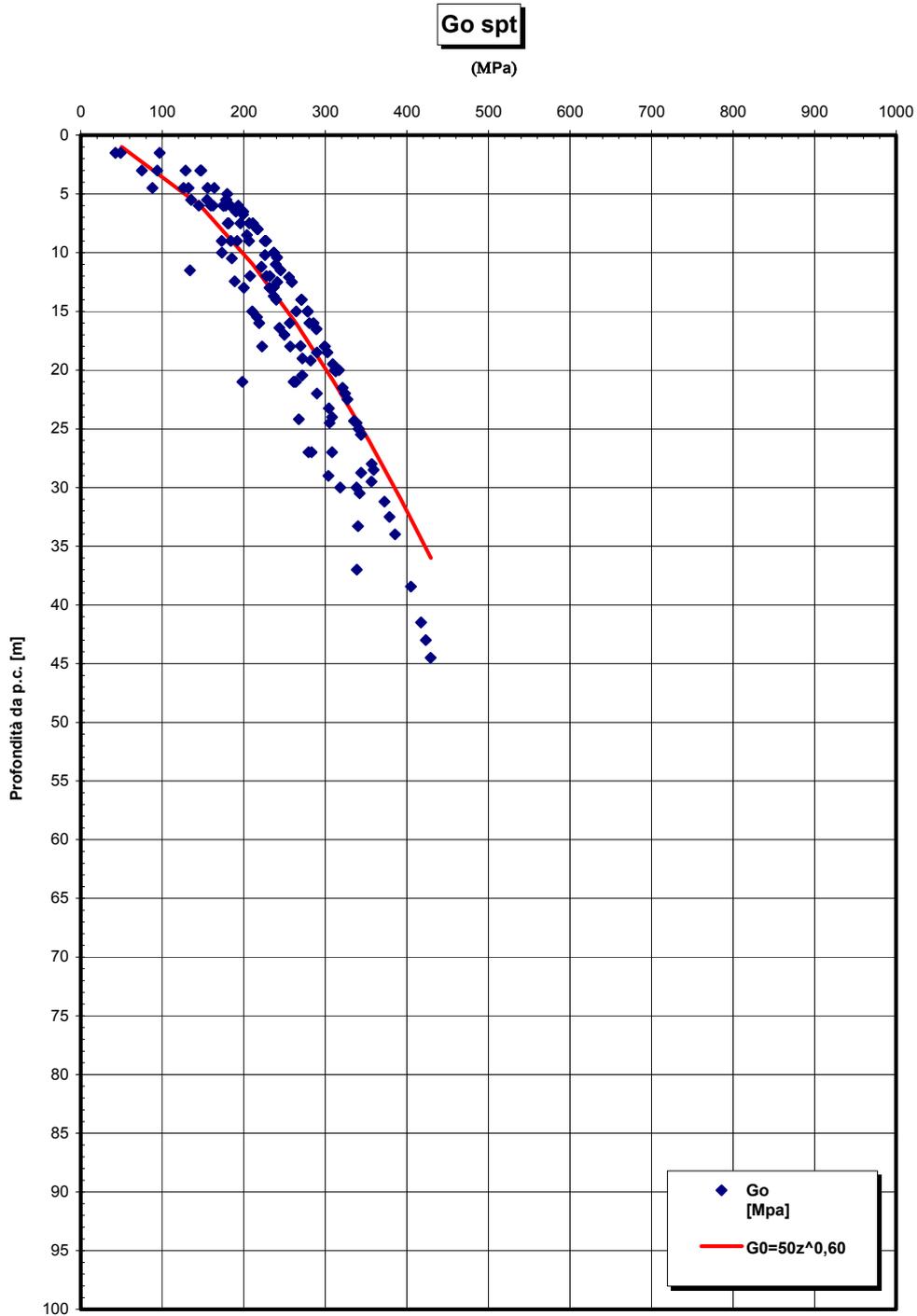


Figura 146

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

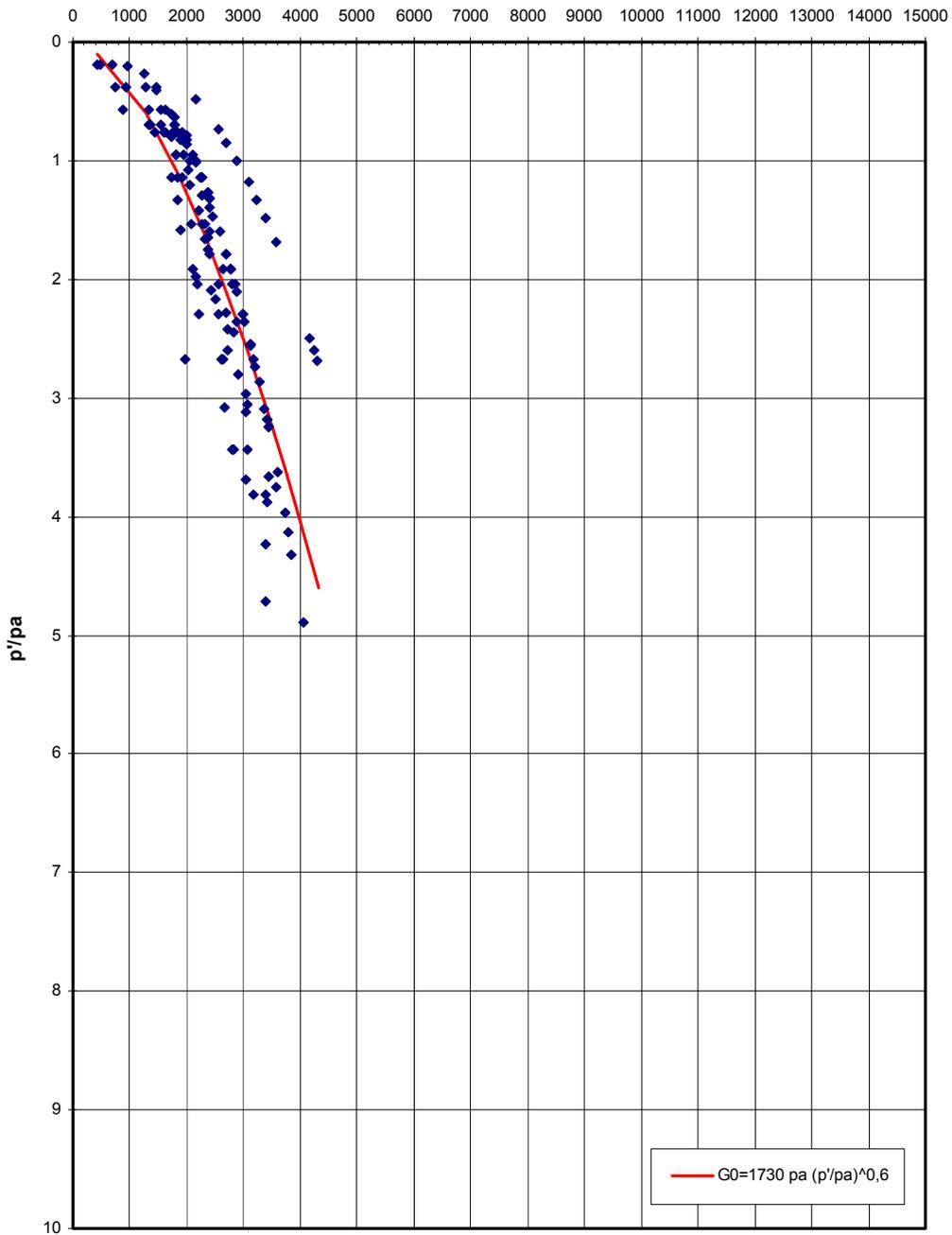


Figura 147

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

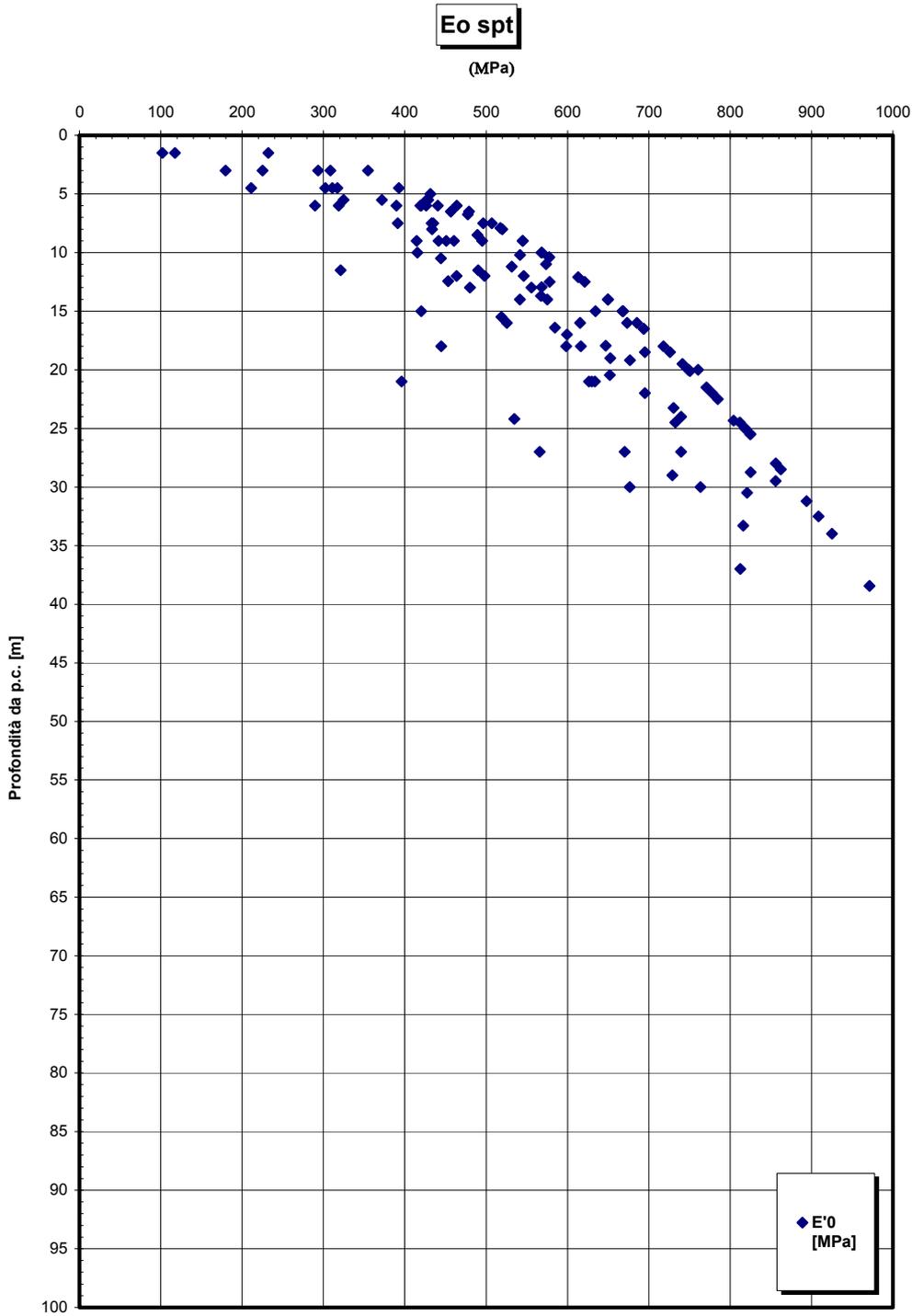


Figura 148

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

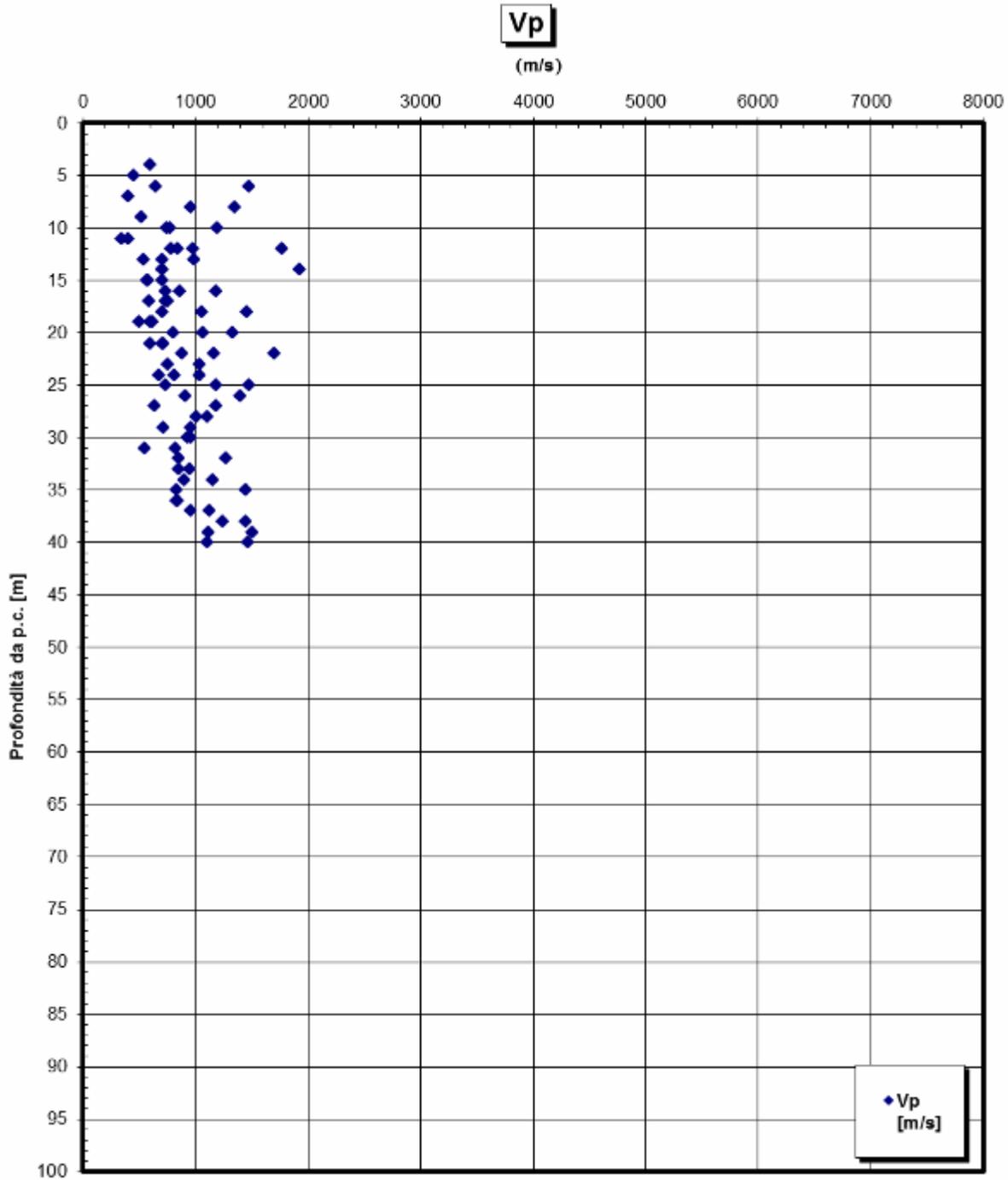


Figura 149

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

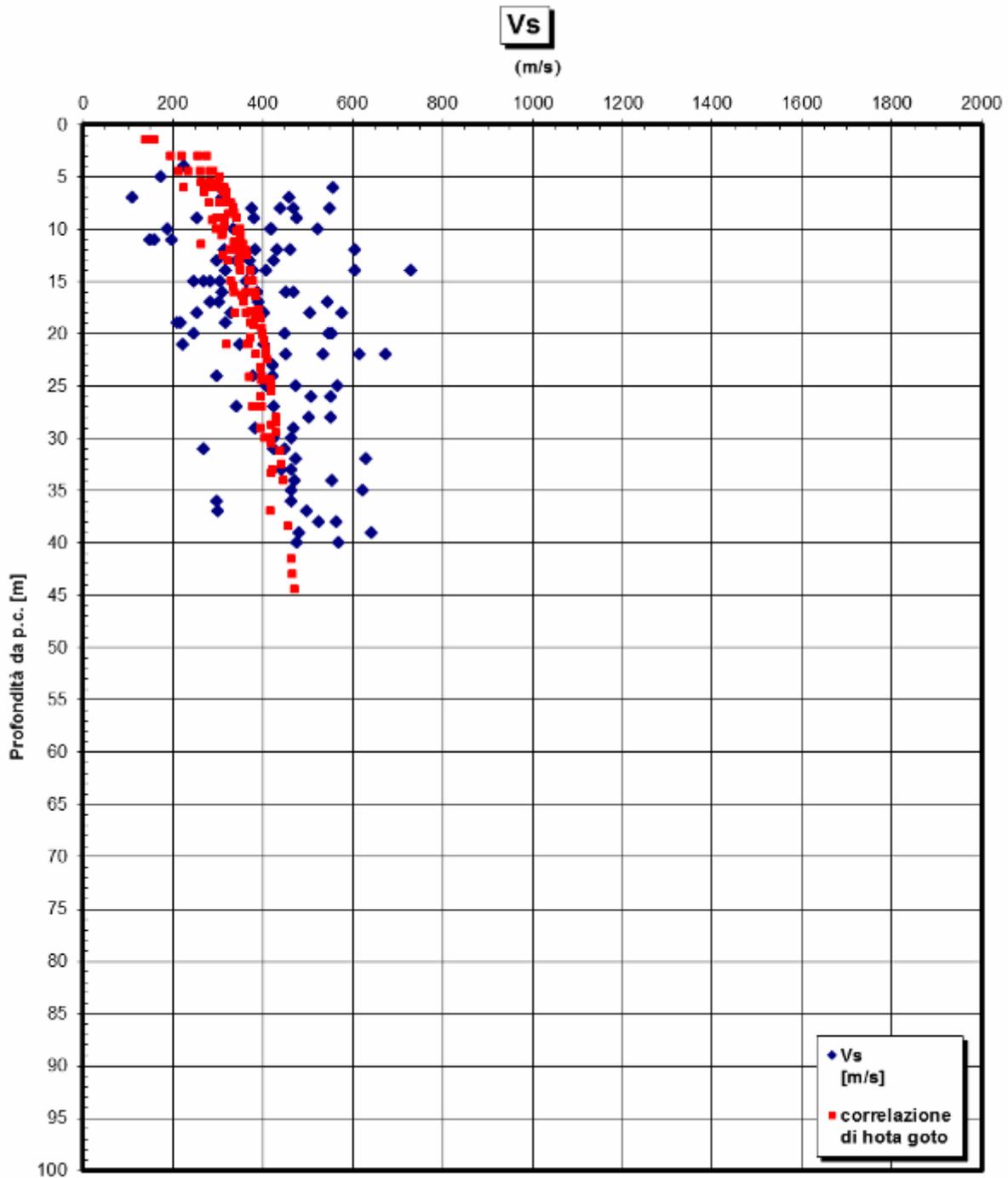


Figura 150

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

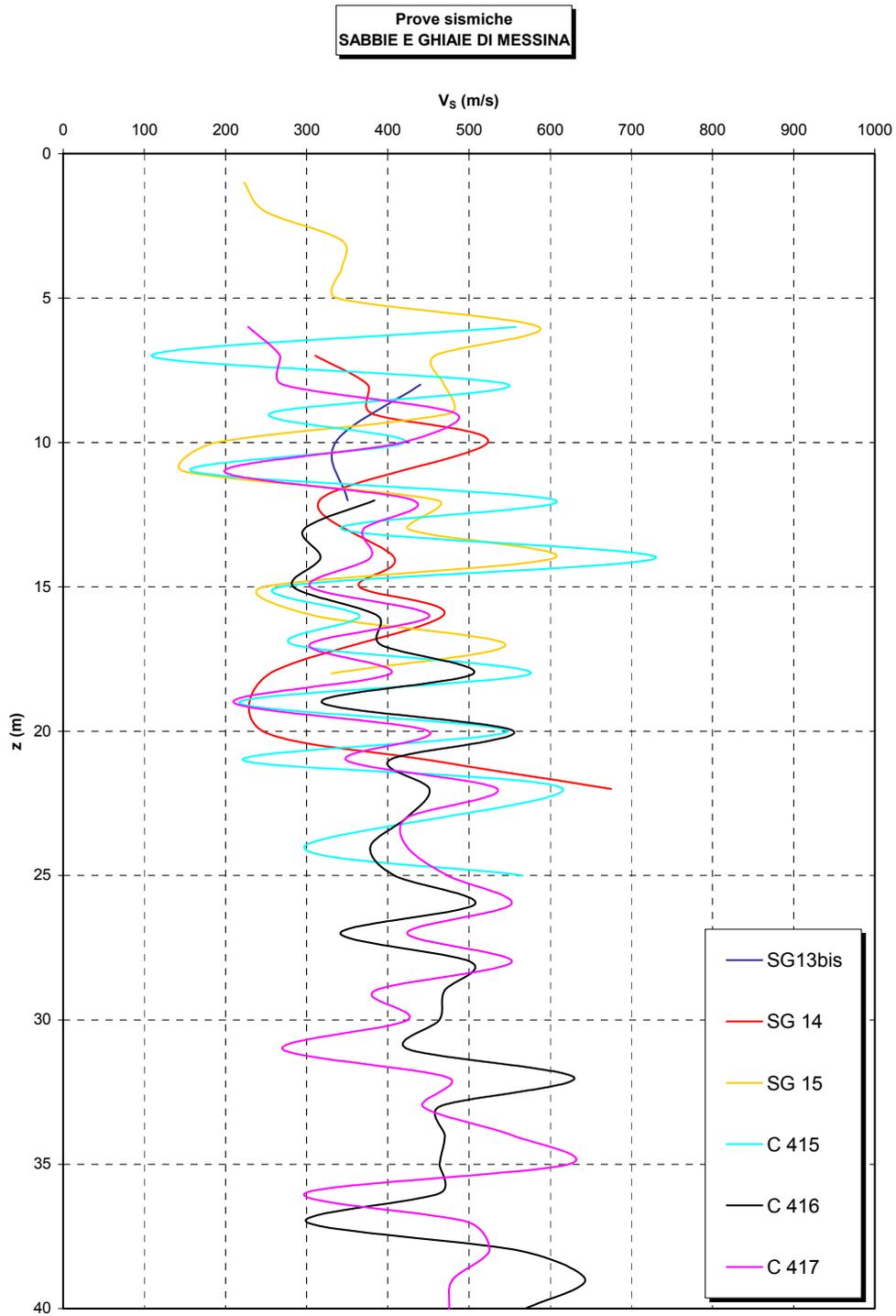


Figura 151

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- confrontoVs

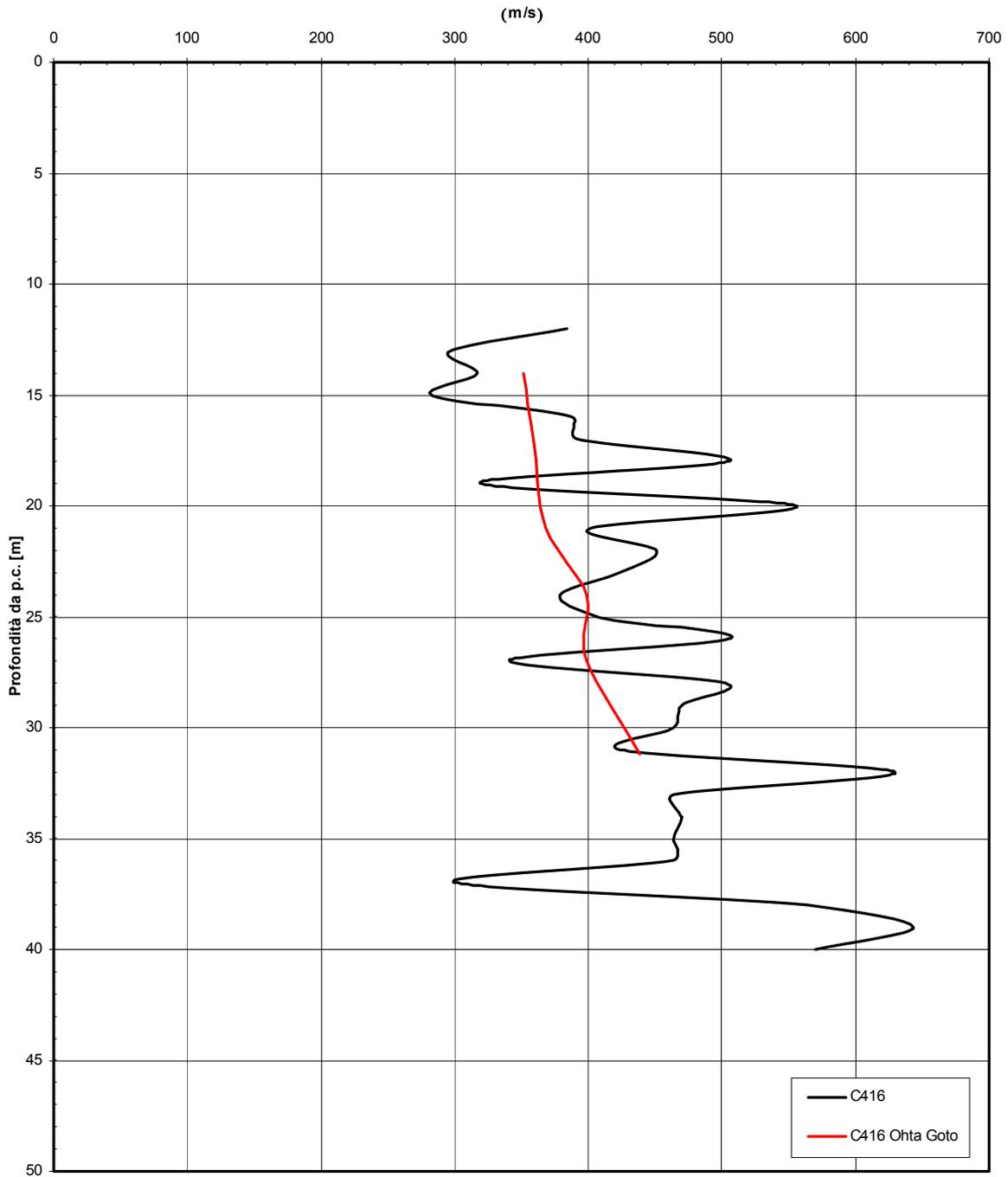


Figura 152

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

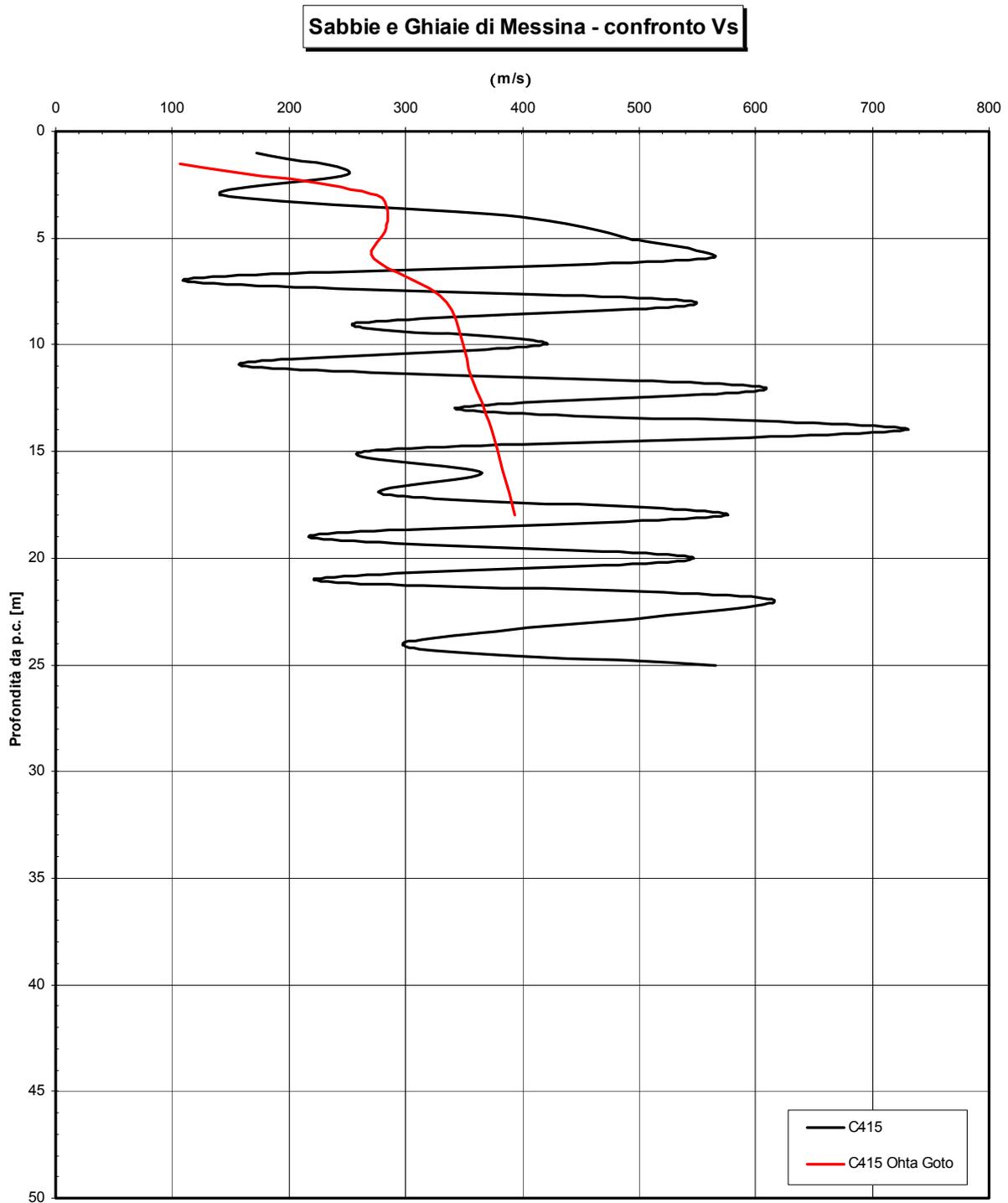


Figura 153

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

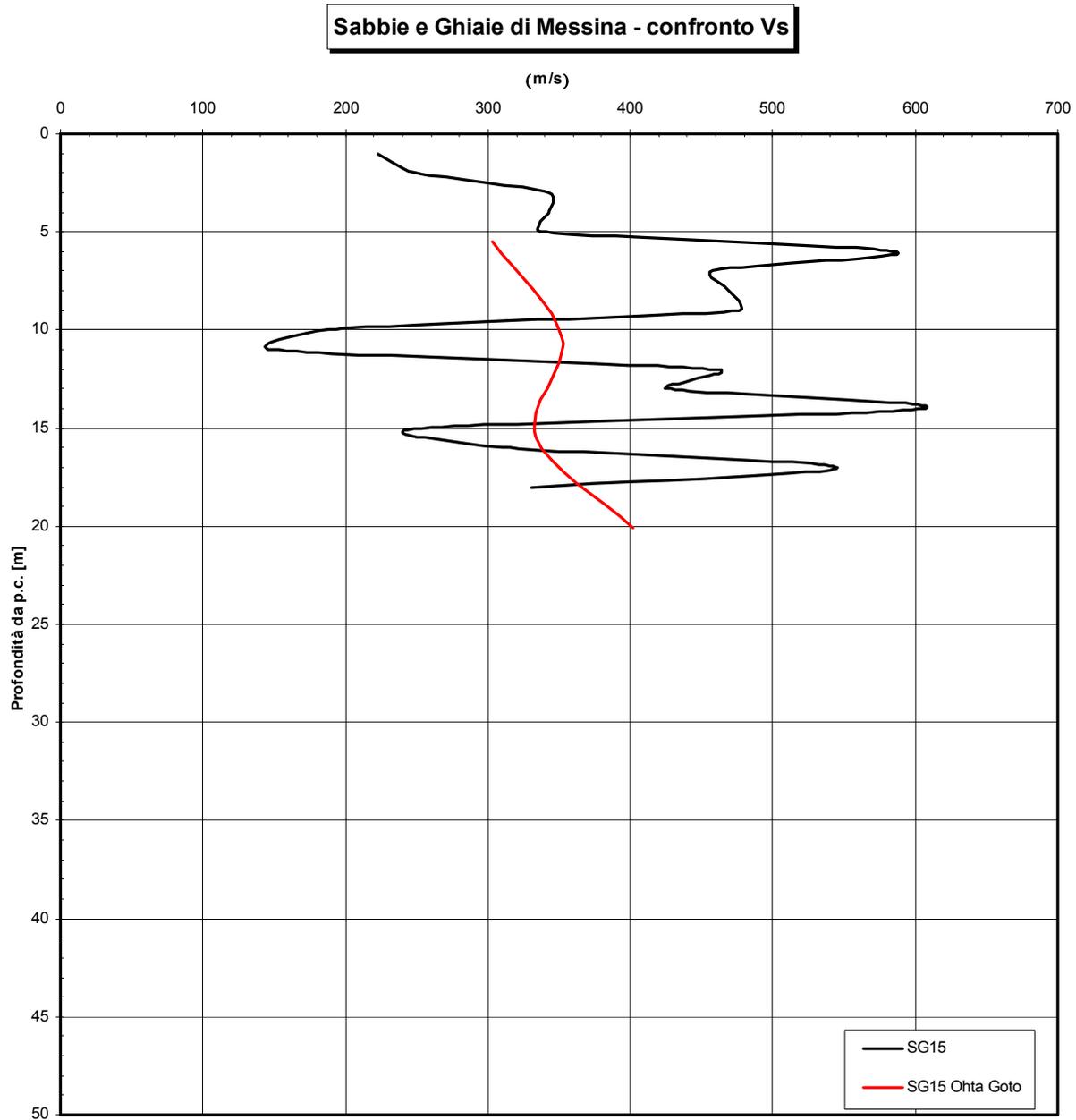


Figura 154

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Sabbie e Ghiaie di Messina- confrontoVs

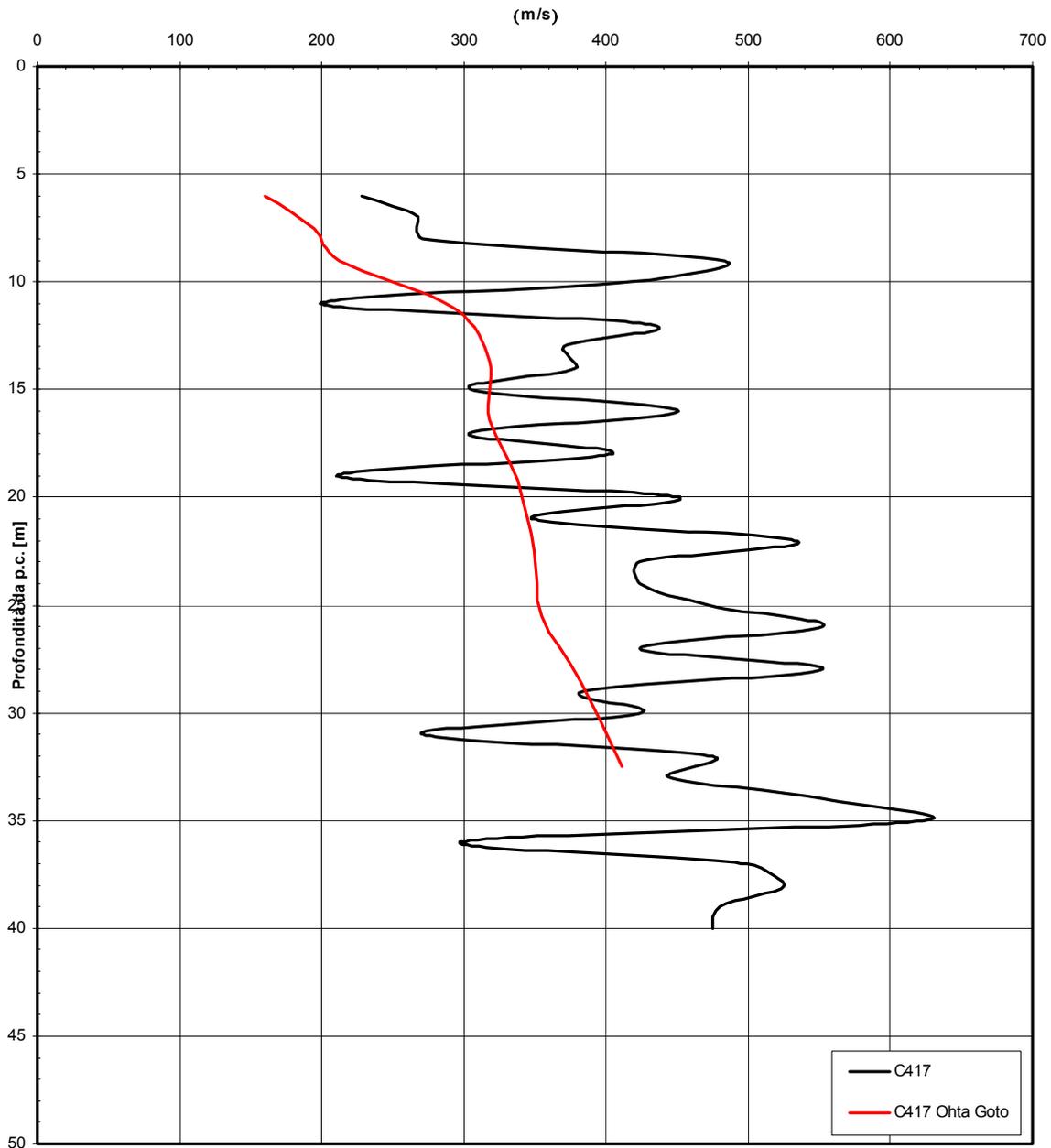


Figura 155

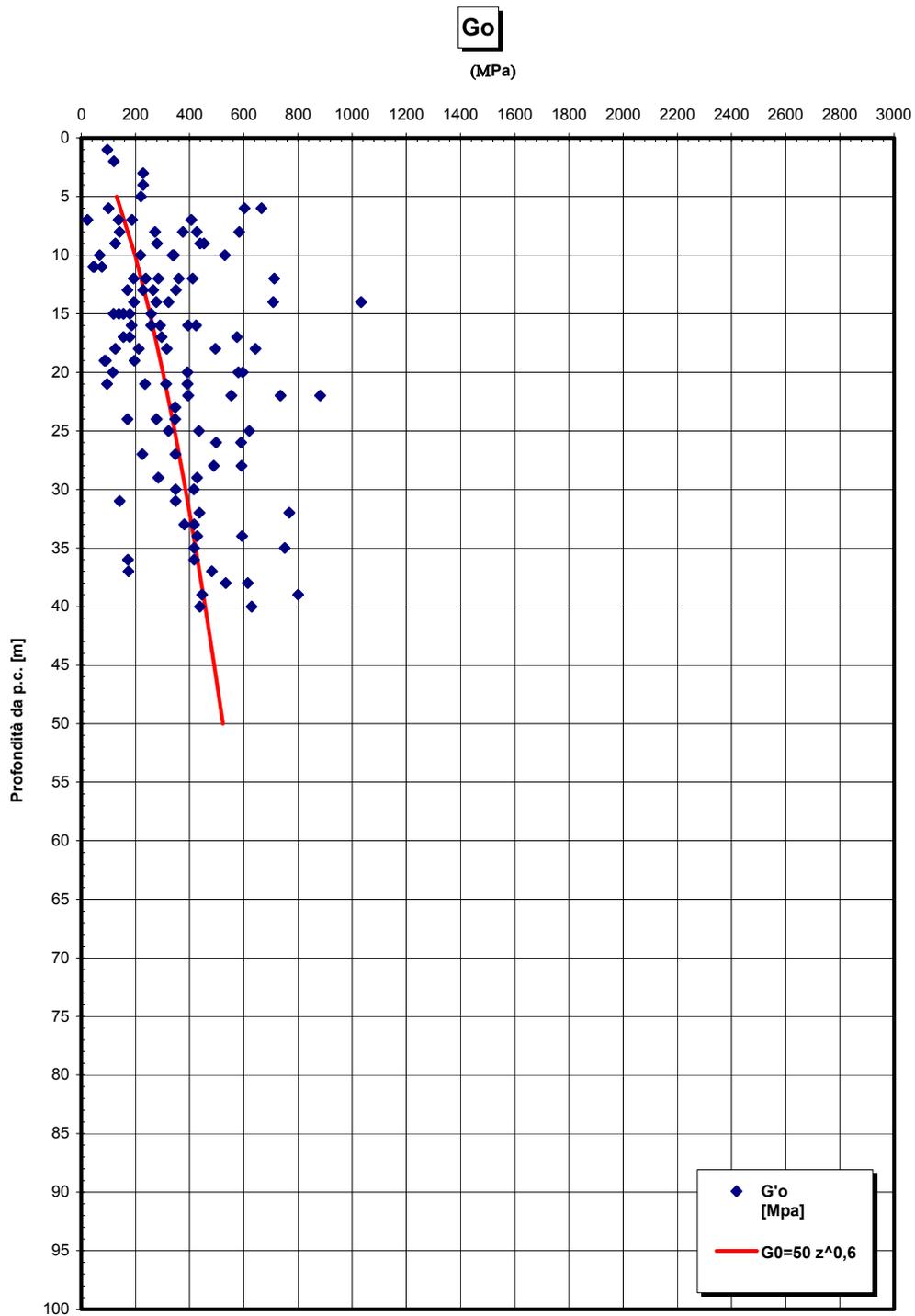


Figura 156 – G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

G₀/pa

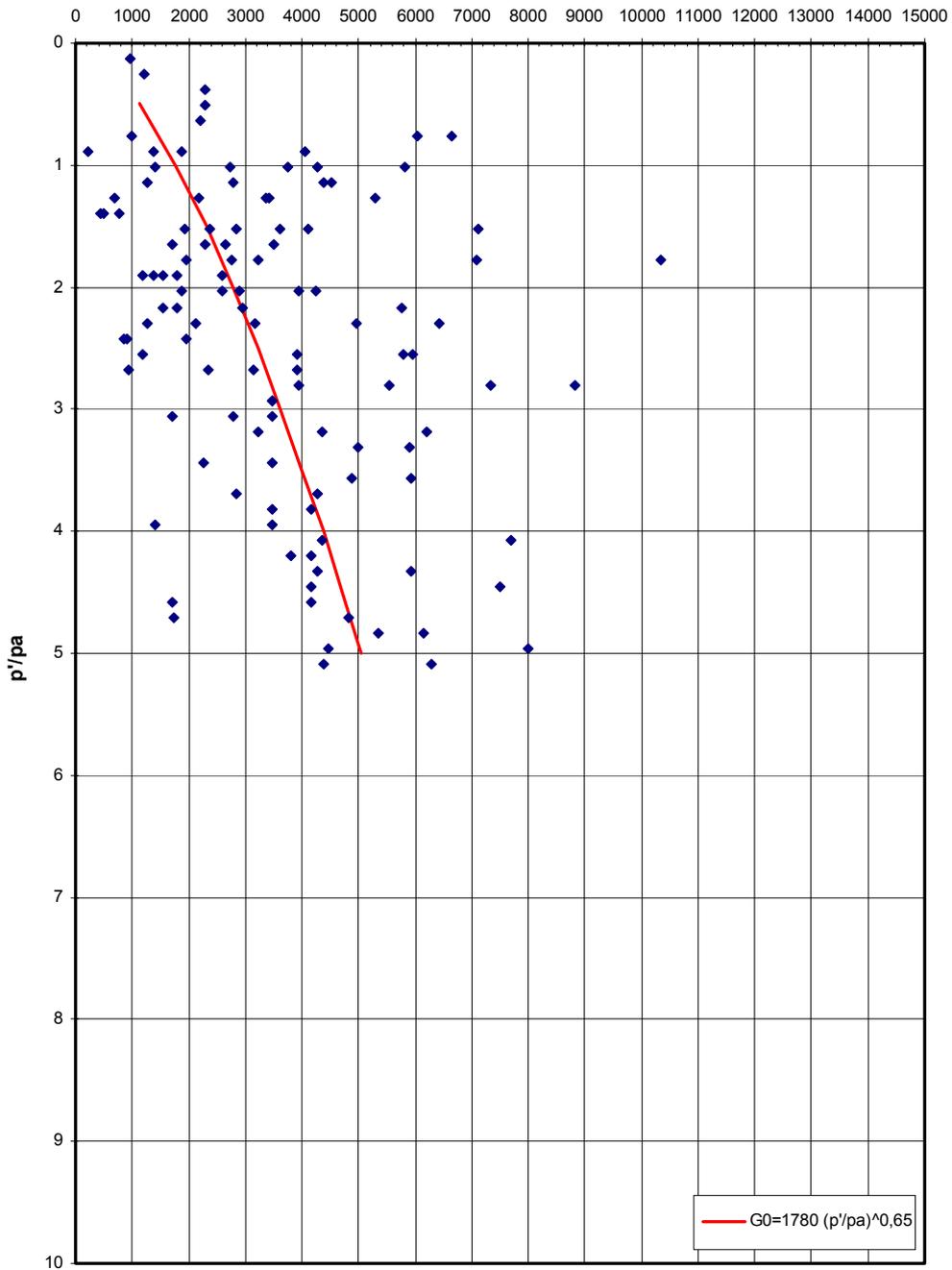


Figura 157

**Prove sismiche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**

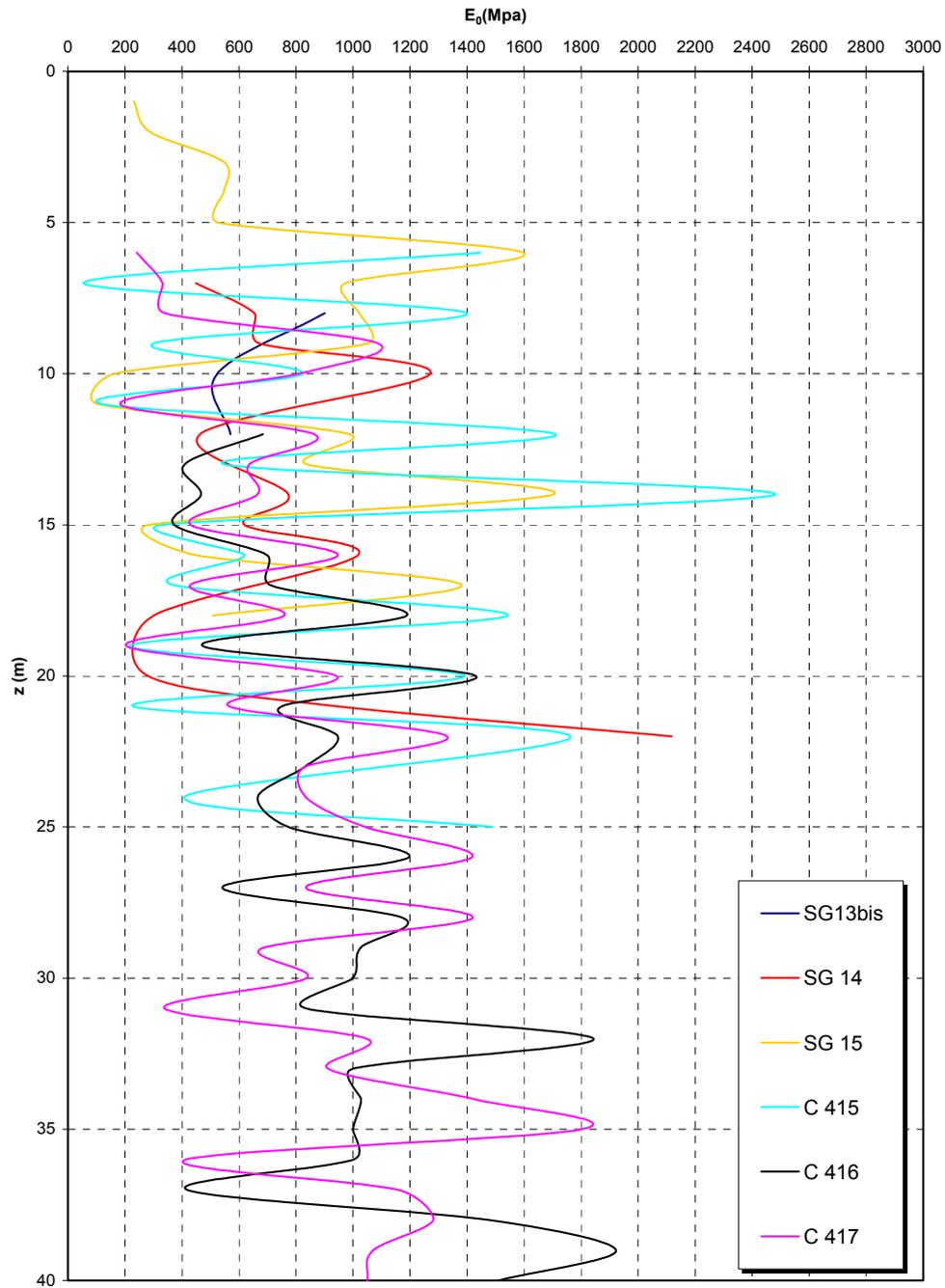


Figura 158

**Prove pressiometriche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**

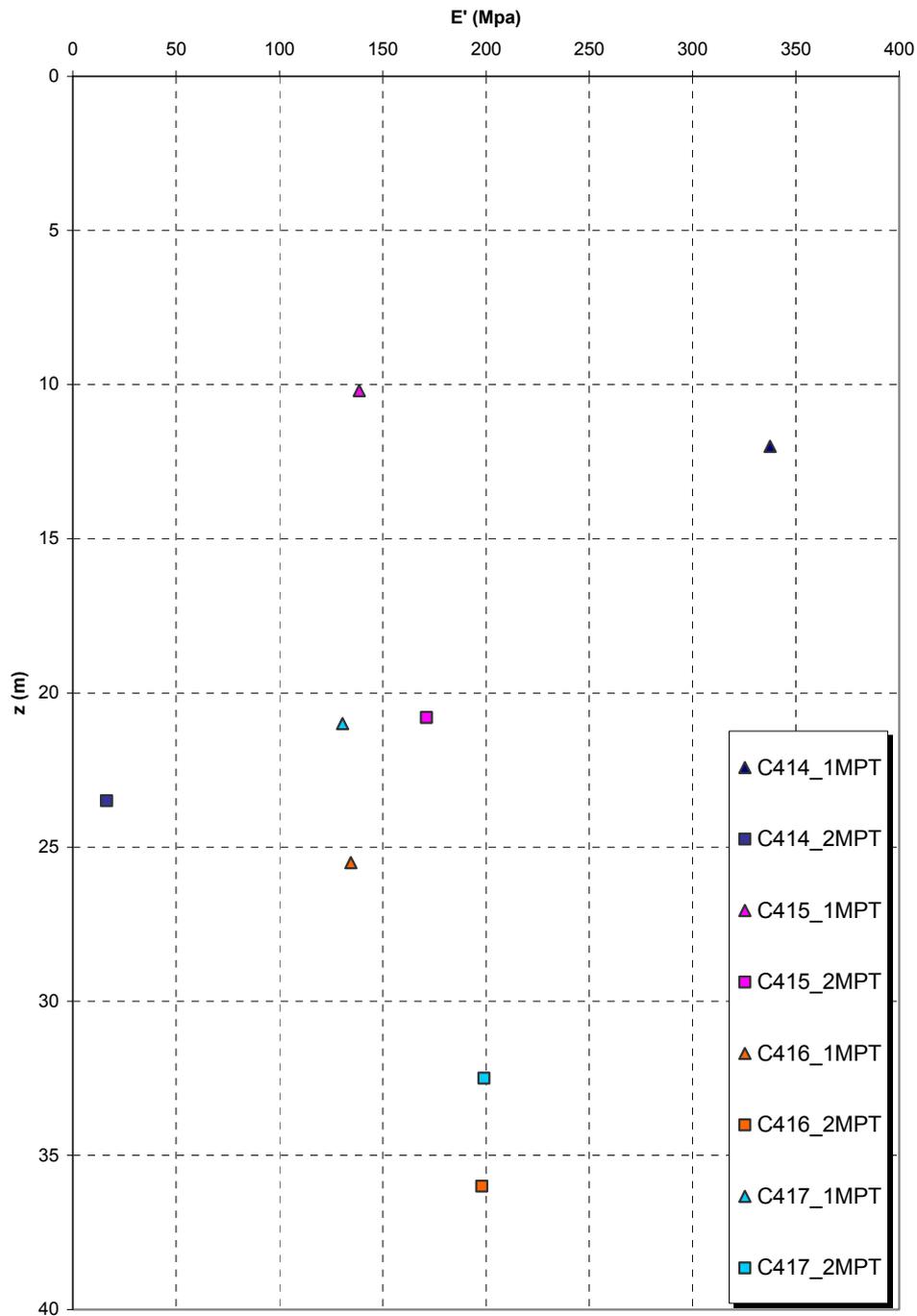


Figura 159

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

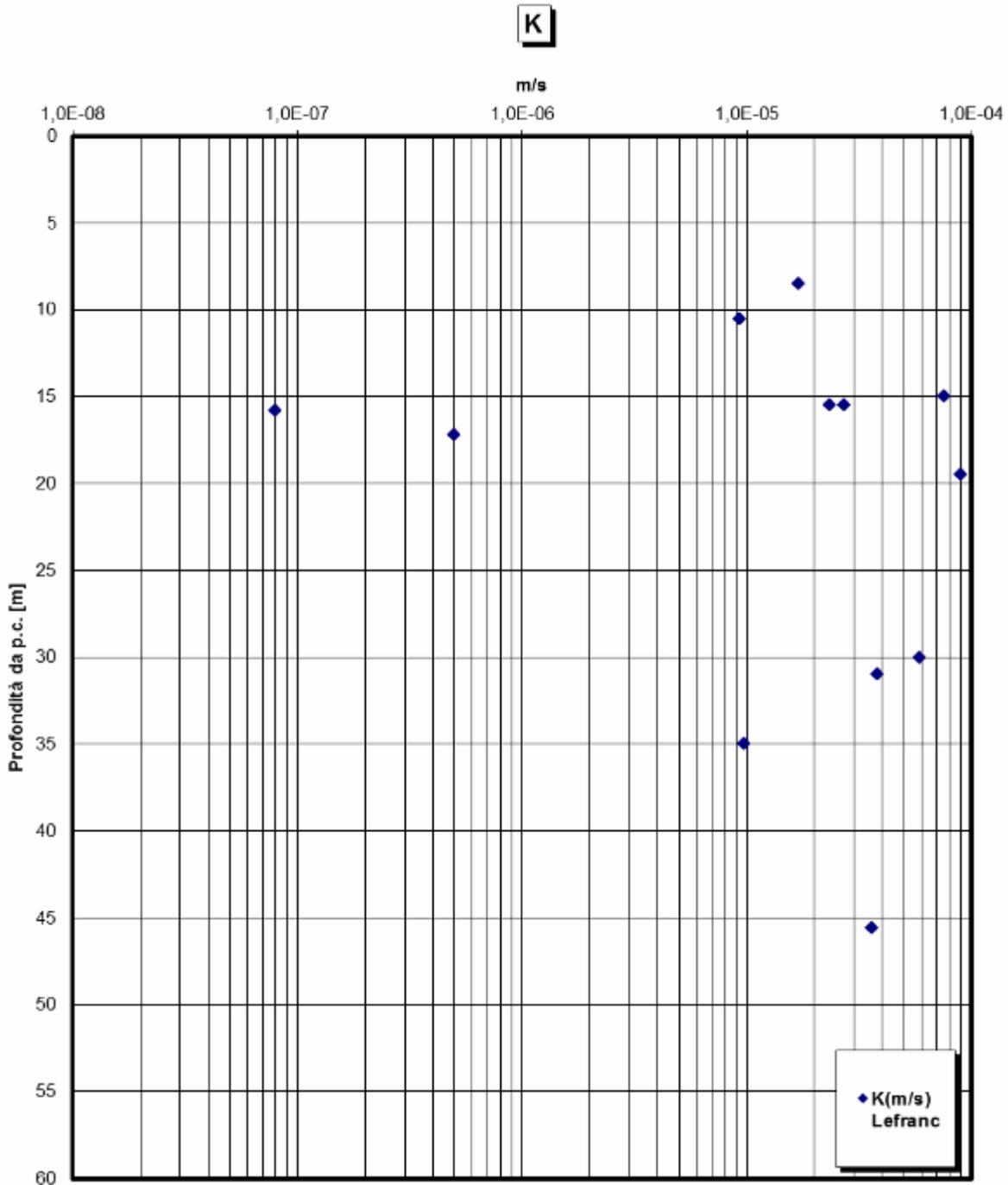


Figura 160

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 21 Riepilogo caratteristiche fisiche delle sabbie e ghiaie di Messina

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
Svar1	C1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	C1	19.71	18.04	26.50
Svar1	C2	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	C2	19.42	18.21	
Svar1	C3	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	C3	19.22	17.88	
Svar1	C4	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	C4	19.61	17.93	
C410	SPT5	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	SPT5			26.52
C410	SPT6	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	SPT6			26.57
C410	SPT7	Galleria Rampa C / ferrovia	SPT7			26.62
C410	SPT8	Galleria Rampa C / ferrovia	SPT8			26.55
C410	CR1	Galleria Rampa C / ferrovia	CR1			26.33
C410	SPT9	Galleria Rampa D / ferrovia	SPT9			26.18
C410	SPT10	Galleria Rampa D / ferrovia	SPT10			26.45
C410	CR2	Galleria Rampa D / ferrovia	CR2			26.28
C410	SPT11	Galleria Rampa A / ferrovia	SPT11			26.50
C410	CR3	Galleria Rampa A / ferrovia	CR3			26.58
C410	CR4	Galleria Rampa A / ferrovia	CR4			26.33
C411	SPT1	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	SPT1			26.43
C411	SPT2	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	SPT2			26.42
C411	SPT3	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	SPT3			26.62
C411	SPT4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	SPT4			26.45
C411	SPT5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	SPT5			26.64
C411	SPT6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	SPT6			26.44
C411	SPT7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	SPT7			26.53
C411	CR1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	CR1			26.50
C411	CR2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	CR2			26.91
C417	Cl 1	Galleria Rampa A / ferrovia	Cl 1	19.46	17.4	26.17
C404	6	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6			27.14
C404	7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7			26.86
C404	8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	8			27.21
C404	C1	Galleria Rampa A	C1			26.93
C404	C2	Galleria Rampa A	C2			26.81
C405	SPT3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	SPT3			26.17
C405	SPT4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	SPT4			26.43
C405	SPT5	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	SPT5			26.11
C405	SPT6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	SPT6			26.68
C405	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	CR1			26.52
C413	SPT1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT1			26.76
C413	SPT2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT2			27.14
C413	SPT3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT3			26.59
C413	SPT4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT4			26.59
C413	SPT5	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT5			26.55
C413	SPT6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT6			26.14
C413	SPT7	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT7			26.46
C413	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	CR1			27.11
C420bis	SPT1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT1			26.40
C420bis	SPT2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT2			26.11
C420bis	SPT3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT3			26.25
C420bis	SPT4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT4			26.49
C420bis	SPT5	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	SPT5			26.54
SN11	C1	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	C1	20.73	19.5	26.20
SN11	C2	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	C2	21.02	18.53	26.20
SG15	C1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	C1	18.83	17.1	26.60
SN13	C2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	C2	20.13	18.3	26.90
SN13	C4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	C4	19.13	17.3	25.90
SN10	C1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	C1	19.33	18.2	26.00
SN10	C2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	C2	20.53	18.9	26.30
SN12	C1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	C1	18.53	17.3	25.90
SN12	C2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	C2	19.63	18.1	26.60
SN12	C3	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	C3	21.12	19.3	26.90
SN14	C2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	C2	20.53	17.9	26.10
SN14	C3	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	C3	18.43	16.3	25.90
SN14	C4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	C4	18.43	16.9	26.30

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
C420bis	SPT6	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	SPT6			26.14
C420bis	SPT7	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	SPT7			26.65
C412	CI01	Galleria Rampa D / ferrovia	CI01			27.20
C416	SPT8	Rampa D dec	SPT8			26.92
C416	CR01	Rampa D dec	CR01			26.63
C416	SPT3	Rampa D dec	SPT3			26.60
C416	SPT7	Rampa D dec	SPT7			27.43
C416	SPT11	Rampa D dec	SPT11			26.62
C416	SPT12	Rampa D dec	SPT12			26.98
C416	CR2	Rampa D dec	CR2			26.64
C416	SPT13	Rampa D dec	SPT13			27.30
C416	CR3	Rampa D dec	CR3			26.95
C416	CR4	Rampa D dec	CR4			27.55
C416	CR5	Rampa D dec	CR5			27.02
C416	CR6	Rampa D dec	CR6			26.77

Tabella 22 Granulometria Sabbie e ghiaie di Messina

SONDAGGIO	N° PROVINO	z(m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
Svar1	C1	2.8	0.0	12	65	15	8	100	100	88	23	8
Svar1	C2	5.2	0.0	45	46	9	0	100	100	55	9	0
Svar1	C3	15.2	0.0	33	42	16	9	100	100	67	25	9
Svar1	C4	25.2	0.0	23	55	15	8	100	100	77	23	8
C410	SPT5	7.5	0.0	57	39	4	0	100	100	43	4	0
C410	SPT6	9.0	0.0	55	38	7	0	100	100	45	7	0
C410	SPT7	12.0	0.0	48	46	6	0	100	100	52	6	0
C410	SPT8	15.0	0.0	47	47	6	0	100	100	53	6	0
C410	CR1	17.5	0.0	49	35	14	2	100	100	51	16	2
C410	SPT9	18.0	0.0	60	34	6	0	100	100	40	6	0
C410	SPT10	21.5	0.0	51	43	6	0	100	100	49	6	0
C410	CR2	22.1	0.0	25	59	13	3	100	100	75	16	3
C410	SPT11	26.6	0.0	69	27	4	0	100	100	31	4	0
C410	CR3	28.9	0.0	62	26	10	2	100	100	38	12	2
C410	CR4	32.9	0.0	55	40	5	0	100	100	45	5	0
C411	CR1	8.2	0.0	44	33	19	4	100	100	56	23	4
C411	CR2	10.4	0.0	42	33	22	3	100	100	58	25	3
C411	SPT1	1.5	0.0	27	59	11	3	100	100	73	14	3
C411	SPT2	3.0	0.0	27	66	7	0	100	100	73	7	0
C411	SPT3	4.5	0.0	30	60	9	1	100	100	70	10	1
C411	SPT4	6.0	0.0	64	31	5	0	100	100	36	5	0
C411	SPT5	7.5	0.0	67	25	8	0	100	100	33	8	0
C411	SPT6	9.0	0.0	53	39	8	0	100	100	47	8	0
C411	SPT7	16.0	0.0	54	41	5	0	100	100	46	5	0
C412	SPT04	6.0	0.0	44	48	8	0	100	100	56	8	0
C412	SPT05	7.5	0.0	52	41	7	0	100	100	48	7	0
C412	SPT06	9.0	0.0	45	44	11	0	100	100	55	11	0
C412	SPT07	12.0	0.0	54	37	9	0	100	100	46	9	0
C412	SPT08	15.0	0.0	39	53	8	0	100	100	61	8	0
C412	SPT09	18.0	0.0	32	58	10	0	100	100	68	10	0
C412	SPT10	21.0	0.0	22	67	11	0	100	100	78	11	0
C412	SPT11	24.2	0.0	14	76	10	0	100	100	86	10	0
C412	SPT12	27.0	0.0	22	66	12	0	100	100	78	12	0
C416	SPT7	21.0	0.0	35	59	6	0	100	100	65	6	0
C416	SPT9	17.0	0.0	22	66	12	0	100	100	78	12	0
C416	CR01	15.3	0.0	25	58	17	0	100	100	75	17	0
C416	CR05	36.5	0.0	24	61	15	0	100	100	76	15	0
C417	CI1	12.2	0.0	13	69	13	5	100	100	87	18	5
C417	SPT4	6.0	0.0	28	63	9	0	100	100	72	9	0
C417	SPT5	7.5	0.0	8	85	7	0	100	100	92	7	0
C417	SPT6	9.0	0.0	5	86	9	0	100	100	95	9	0

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

SONDAGGIO	N° PROVINO	z(m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
C404	6	10.0	0.0	47	38	11	4	100	100	53	15	4
C404	7	11.5	0.0	66	27	5	2	100	100	34	7	2
C404	8	13.0	0.0	32	61	4	3	100	100	68	7	3
C404	C1	10.7	0.0	26	45	20	9	100	100	74	29	9
C404	C2	12.0	0.0	35	44	14	7	100	100	65	21	7
C405	SPT1	1.5	0.0	43	47	6	4	100	100	57	10	4
C405	SPT2	3.0	0.0	59	33	8	0	100	100	41	8	0
C405	SPT3	6.0	0.0	54	37	6	3	100	100	46	9	3
C405	SPT4	9.0	0.0	57	36	4	3	100	100	43	7	3
C405	SPT5	16.1	0.0	5	82	10	3	100	100	95	13	3
C405	SPT6	17.0	0.0	4	87	7	2	100	100	96	9	2
C405	CR1	13.8	0.0	22	44	23	11	100	100	78	34	11
C413	SPT1	1.5	0.0	3	81	13	3	100	100	97	16	3
C413	SPT2	3.0	0.0	17	76	7	0	100	100	83	7	0
C413	SPT3	4.5	0.0	4	83	9	4	100	100	96	13	4
C413	SPT4	6.0	0.0	60	27	9	4	100	100	40	13	4
C413	SPT5	9.0	0.0	58	29	10	3	100	100	42	13	3
C413	SPT6	12.0	0.0	55	38	7	0	100	100	45	7	0
C413	CR1	10.1	0.0	59	26	12	3	100	100	41	15	3
C420bis	SPT1	1.5	0.0	21	68	9	2	100	100	79	11	2
C420bis	SPT2	3.4	0.0	12	72	14	2	100	100	88	16	2
C420bis	SPT3	4.7	0.0	9	76	13	2	100	100	91	15	2
C420bis	SPT4	6.4	0.0	10	75	13	2	100	100	90	15	2
C420bis	SPT5	7.6	0.0	24	60	13	3	100	100	76	16	3
C420bis	SPT6	9.1	0.0	24	53	16	7	100	100	76	23	7
C420bis	SPT7	10.7	0.0	14	60	18	8	100	100	86	26	8

Tabella 23 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	z [m]
C203	Galleria Rampa A / ferrovia	16.50
C203	Galleria Rampa A / ferrovia	27.00
C203	Galleria Rampa A / ferrovia	30.00
C203	Galleria Rampa A / ferrovia	34.00
C203	Galleria Rampa A / ferrovia	37.00
C211	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0+800-1+325 / ferrovia	12.10
C211	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0+800-1+325 / ferrovia	14.00
C211	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0+800-1+325 / ferrovia	16.50
C211	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0+800-1+325 / ferrovia	19.50
C211	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0+800-1+325 / ferrovia	22.00
C211	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0+800-1+325 / ferrovia	24.50
C211	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0+800-1+325 / ferrovia	28.00
C212	Galleria Rampa D / ferrovia	7.90
C212	Galleria Rampa D / ferrovia	10.40
C212	Galleria Rampa D / ferrovia	13.00
C212	Galleria Rampa D / ferrovia	15.00
C212	Galleria Rampa D / ferrovia	18.00
C212	Galleria Rampa D / ferrovia	21.00
C8	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	6
C8	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	12.95

FORO	Opera	z [m]	Nspt
C8	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	17.95	74
C8	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	23.25	78
C8	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	28.75	87
C8	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	38.45	100
S9DG42	Galleria Rampa A	21.00	56
S9DG42	Galleria Rampa A	25.50	100
S9DG42	Galleria Rampa A	29.00	60
S10DG42	Rampa D_dec	9.00	61
S10DG42	Rampa D_dec	12.00	55
S10DG42	Rampa D_dec	22.00	72
S6	Galleria Rampa A / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D	5.50	58
S5	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	5.50	39
S5	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	10.50	46
SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	5.50	87
SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	10.40	100
SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	15.50	46
SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	20.10	100
Svar1	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	6.50	87
Svar1	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	12.5	81
Svar1	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	18.5	88
Svar1	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	24.33	98
Svar1	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	30.50	80
SN10	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	6.75	95
SN10	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	12.45	40
SN10	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	20.45	65
SN11	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	6.00	60
SN11	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	11.00	92
SN11	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	16.00	100
SN11	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	20.00	100
SN12	Rampa D_dec	16.00	46
SN12	Rampa D_dec	24.50	74
SN12	Rampa D_dec	29.50	94
SN13	Rampa D_dec	10.20	85
SN13	Rampa D_dec	33.30	71
SN14	Rampa D_dec	6.50	100
SN14	Rampa D_dec	12.50	100
SN14	Rampa D_dec	18.50	100
SG13bis	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	3.00	68
SG13bis	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	4.5	86
SG13bis	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	5.5	88
SG13bis	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	8.50	78
SP1	ferrovia	5.00	100
SP1	ferrovia	10.00	100
SP1	ferrovia	15.00	100
SP1	ferrovia	20.00	100
SP1	ferrovia	25.00	100
SP2	ferrovia	10.00	100
SP2	ferrovia	15.00	100
SP2	ferrovia	20.00	100
SP2	ferrovia	25.00	100
S1	ferrovia	20.00	90
C211	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0+800-1+325 / ferrovia	4.50	40
C211	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0+800-1+325 / ferrovia	8.00	100
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/costa	41.50	100
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/costa	43.00	100
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/costa	44.50	100
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	10.00	40
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	11.50	16

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento

CB0057_F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

FORO	Opera	z [m]	Nspt
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	13.00	45
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	1.50	57
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	3.00	88
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	6.00	75
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	9.00	100
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	16.00	73
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	19.00	71
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	7.50	64
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	9.00	45
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	12.00	72
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	15.00	86
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	18.00	100
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	21.50	100
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	1.50	6
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	3.00	27
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	4.50	46
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	6.00	78
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	7.50	100
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	9	100
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	16	95
C414	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	1.50	9
C414	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	3.00	14
C414	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	4.50	14
C414	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	6.00	100
C414	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	7.50	63
C414	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	9.00	54
C414	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	14.00	100
C416	Rampa D_dec	14.00	70
C416	Rampa D_dec	17.00	63
C416	Rampa D_dec	21.00	57
C416	Rampa D_dec	24.00	78
C416	Rampa D_dec	27.00	68
C416	Rampa D_dec	31.20	100
C417	Rampa D_dec	6.00	64
C417	Rampa D_dec	7.50	81
C417	Rampa D_dec	9.00	65
C417	Rampa D_dec	11.20	72
C417	Rampa D_dec	13.70	69
C417	Rampa D_dec	16.4	61
C417	Rampa D_dec	19.2	78
C417	Rampa D_dec	22.50	100
C417	Rampa D_dec	25.50	100
C417	Rampa D_dec	28.50	100
C417	Rampa D_dec	32.50	100
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	6.00	57
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	7.50	80
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	9.00	98
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	12.00	76
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	15.00	44
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	18.00	42
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	21.00	25
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	24.20	51
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	27.00	53
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	30.00	79
C415	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	3.00	100
C415	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	4.50	74
C415	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	6.00	43
C415	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	8.00	100

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

FORO	Opera	z [m]	Nspt
C415	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	11.50	94
C415	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	14.00	100
C415	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	18.00	100
C413	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	1.50	26
C413	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	3.00	35
C413	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	4.50	38
C413	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	6.00	41
C413	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	7.50	22
C413	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	9.00	83
C413	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	12.00	64
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/costa	42.00	40
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/costa	45.00	38
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/costa	48.00	100

Tabella 24 Riepilogo risultati prove di permeabilità

FORO	Opera	z(m)	K(m/s)
C404	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	10	1.44E-04
C405	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B / ferrovia	17.2	5.00E-07
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	15.5	2.70E-05
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	25.3	7.26E-04
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	15	7.56E-05
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	35	9.74E-06
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	45.6	3.60E-05
C414	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	8.5	1.70E-05
C414	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	15.5	2.34E-05
C415	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	7	2.00E-04
C415	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	15.8	8.00E-08
C416	Rampa D dec	19.5	8.90E-05
C416	Rampa D dec	30	5.90E-05
C417	Rampa D dec	10.5	9.30E-06
C417	Rampa D dec	31	3.80E-05
C413	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	20.4	2.90E-05

Tabella 25 Riepilogo risultati prove di laboratorio

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	φ' [°]
Svar1	C1	2.75	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa M	TD	15	38
Svar1	C2	5.20	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa M	TD	0	38
Svar1	C3	15.20	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa M	TD	16	40
Svar1	C4	25.20	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa M	TD	3	38
C417	Cl 1	12.2	Rampa D dec	TD	15	41

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tabella 26 Riepilogo risultati prove pressiometriche

FORO	Opera	z (m)	Ep(MPa)	E'(MPa)	ϕ'
C414	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	12	84.38	337.52	41
C414	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	23.5	4.1	16.40	26
C415	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	10.2	34.66	138.64	41
C415	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	20.8	42.8	171.20	42
C416	Rampa D_dec	25.5	33.66	134.64	40
C416	Rampa D_dec	36	49.5	198.00	41
C417	Rampa D_dec	21	32.64	130.56	40
C417	Rampa D_dec	32.5	49.76	199.04	40

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <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						

Tabella 27 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]
SG15	1	223	231
SG15	2	249	288
SG15	3	343	547
SG15	4	343	547
SG14	7	311	450
SG14	8	375	654
SG14	9	380	671
SG14	10	523	1271
SG14	12	316	464
SG14	14	408	774
SG14	15	365	619
SG14	16	468	1018
SG14	18	255	302
SG14	20	246	281
SG14	21	450	941
SG14	22	675	2118
SG15	5	337	528
SG15	6	586	1596
SG15	7	458	975
SG15	8	469	1022
SG15	9	476	1053
SG15	10	188	164
SG15	11	149	103
SG15	12	461	988
SG15	13	425	840
SG15	14	605	1701
SG15	15	248	286
SG15	16	310	447
SG15	17	545	1381
SG15	18	331	509
SG13BIS	8	440	901
SG13BIS	10	336	524
SG13BIS	12	350	571
C417	6.00	227.93	241
C417	7.00	267.35	332
C417	8.00	270.68	341
C417	9.00	483.65	1087
C417	10.00	417.14	809
C417	11.00	198.68	183
C417	12.00	431.16	864
C417	13.00	370.1	637
C417	14.00	378.2	665
C417	15.00	304.72	432
C417	16.00	451.26	947
C417	17.00	303.63	429
C417	18.00	403.89	758
C417	19.00	210.08	205
C417	20.00	449.93	941

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E _v [MPa]
C417	21.00	348.79	565
C417	22.00	534.91	1330
C417	23.00	423.4	833
C417	24.00	423.4	833
C417	25.00	473.58	1043
C417	26.00	552.05	1417
C417	27.00	423.93	835
C417	28.00	552.62	1420
C417	29.00	383.6	684
C417	30.00	424.28	837
C417	31.00	270	339
C417	32.00	474.68	1047
C417	33.00	443.28	913
C417	34.00	553.62	1425
C417	35.00	622.59	1802
C417	36.00	298.24	413
C417	37.00	498.77	1156
C417	38.00	525	1281
C417	39.00	480	1071
C417	40.00	475.45	1051
C415	6.00	557.75	1446
C415	7.00	108.95	55
C415	8.00	548.67	1399
C415	9.00	254.95	302
C415	10.00	420.58	822
C415	11.00	159.11	118
C415	12.00	606.5	1710
C415	13.00	343.19	547
C415	14.00	730.56	2481
C415	15.00	267.7	333
C415	16.00	365.11	620
C415	17.00	283.44	373
C415	18.00	576.08	1543
C415	19.00	216.68	218
C415	20.00	547.06	1391
C415	21.00	221.61	228
C415	22.00	615.94	1763
C415	24.00	297.3	411
C415	25.00	565.91	1489
C416	12.00	383.63	684
C416	13.00	296.92	410
C416	14.00	316.95	467
C416	15.00	283.52	374
C416	16.00	387.38	698
C416	17.00	391.02	711
C416	18.00	505.69	1189
C416	19.00	318.72	472
C416	20.00	554.8	1431
C416	21.00	402.15	752
C416	22.00	451.25	947
C416	23.00	423.04	832
C416	24.00	378.56	666
C416	25.00	407.97	774
C416	26.00	507.2	1196
C416	27.00	341.54	542
C416	28.00	502.57	1174
C416	29.00	469.78	1026
C416	30.00	463.42	998
C416	31.00	424.29	837
C416	32.00	629.77	1844
C416	33.00	463.77	1000
C416	34.00	470.4	1029
C416	35.00	463.95	1001
C416	36.00	464.02	1001
C416	37.00	300.03	418
C416	38.00	563.35	1475
C416	39.00	643.07	1922
C416	40.00	569.97	1510

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.3.1 G.N. Rampa A

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

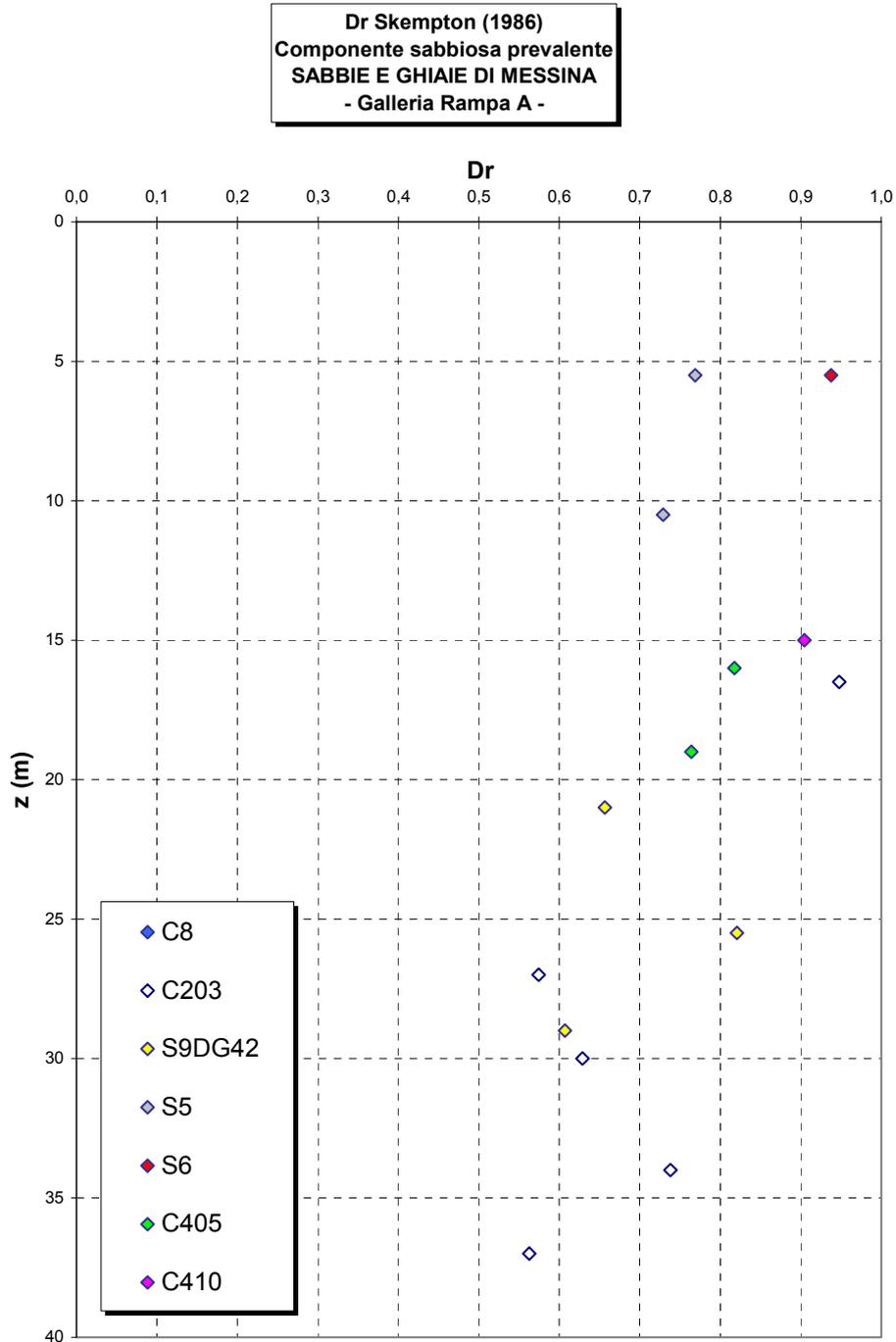


Figura 161

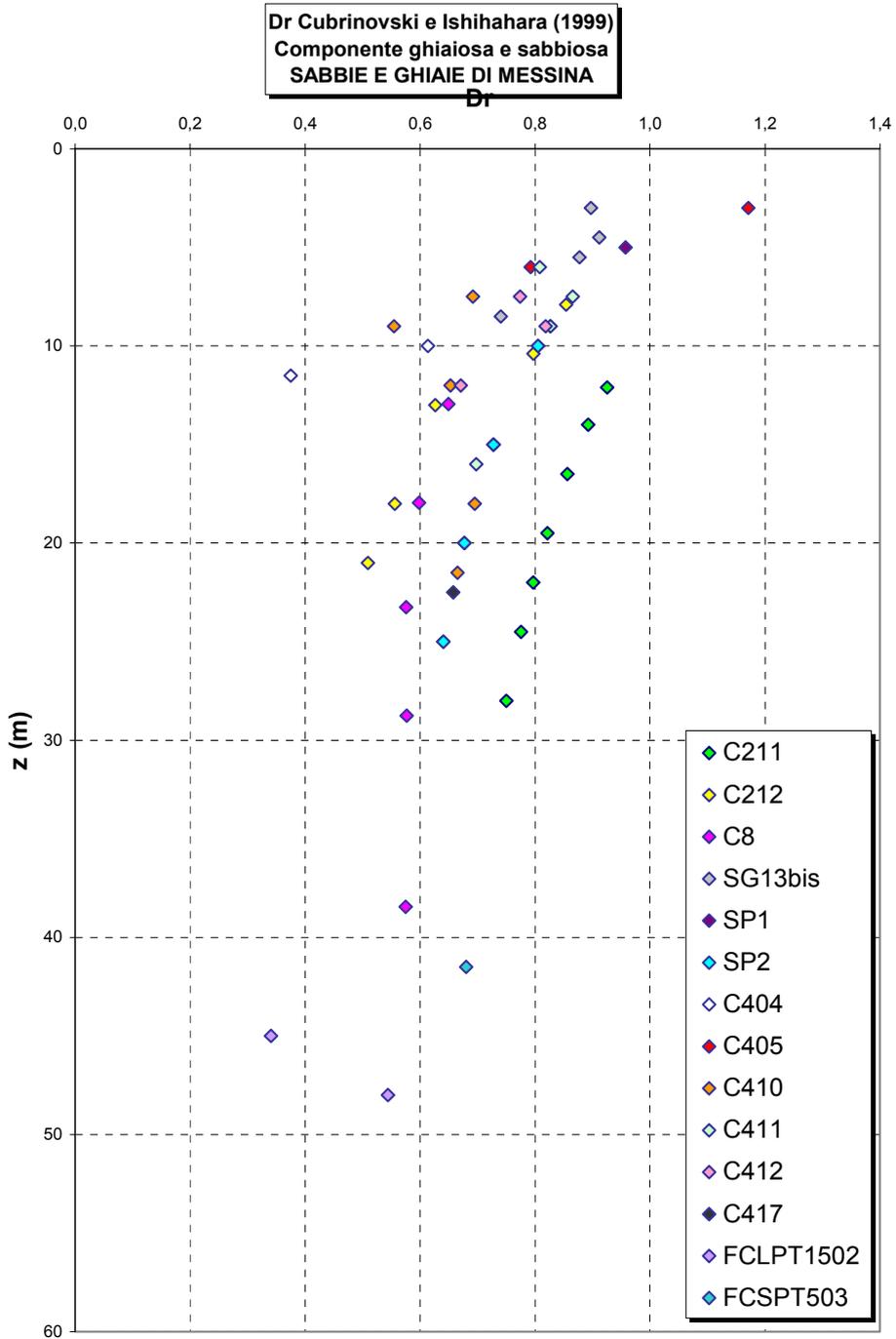


Figura 162

eo

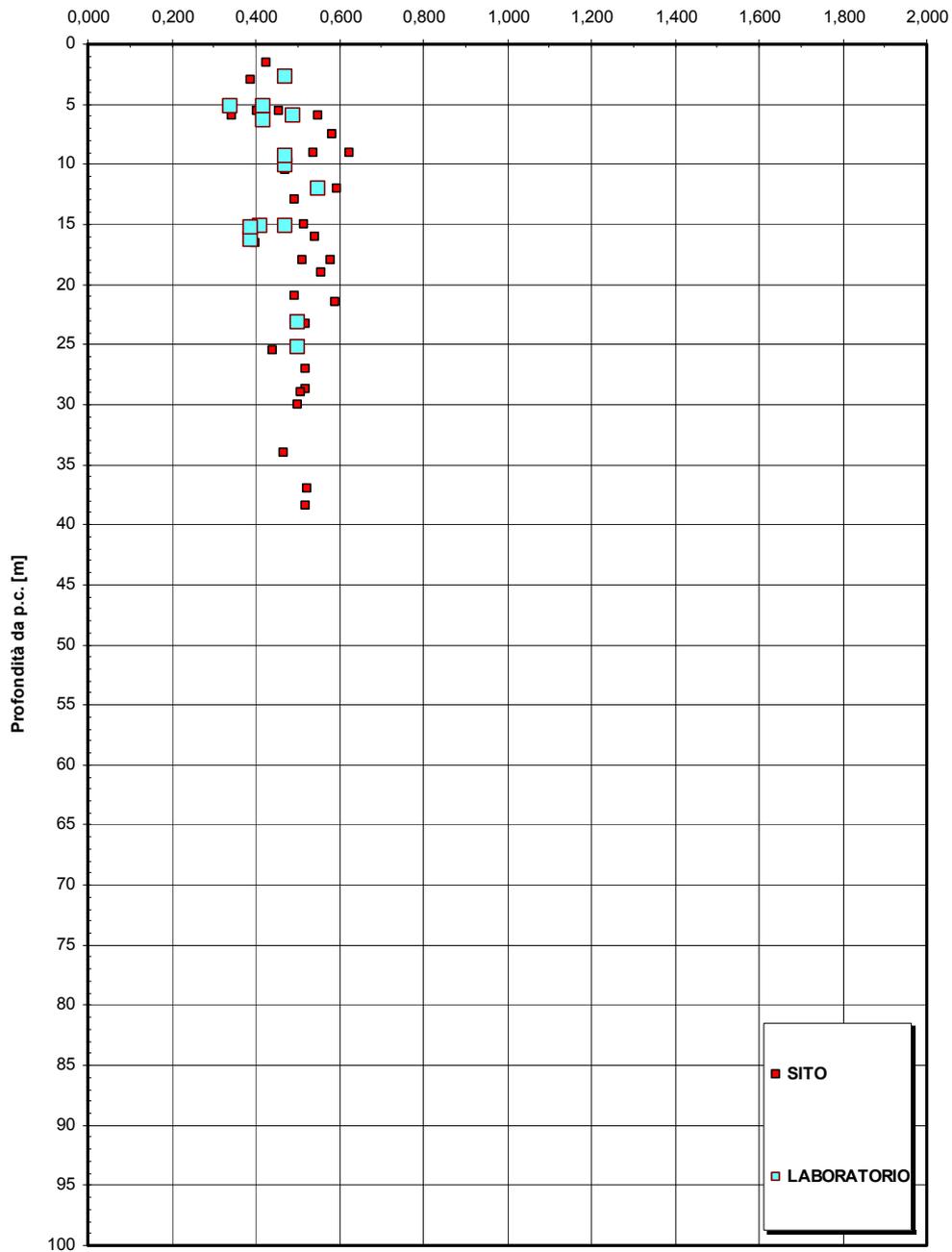


Figura 163

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

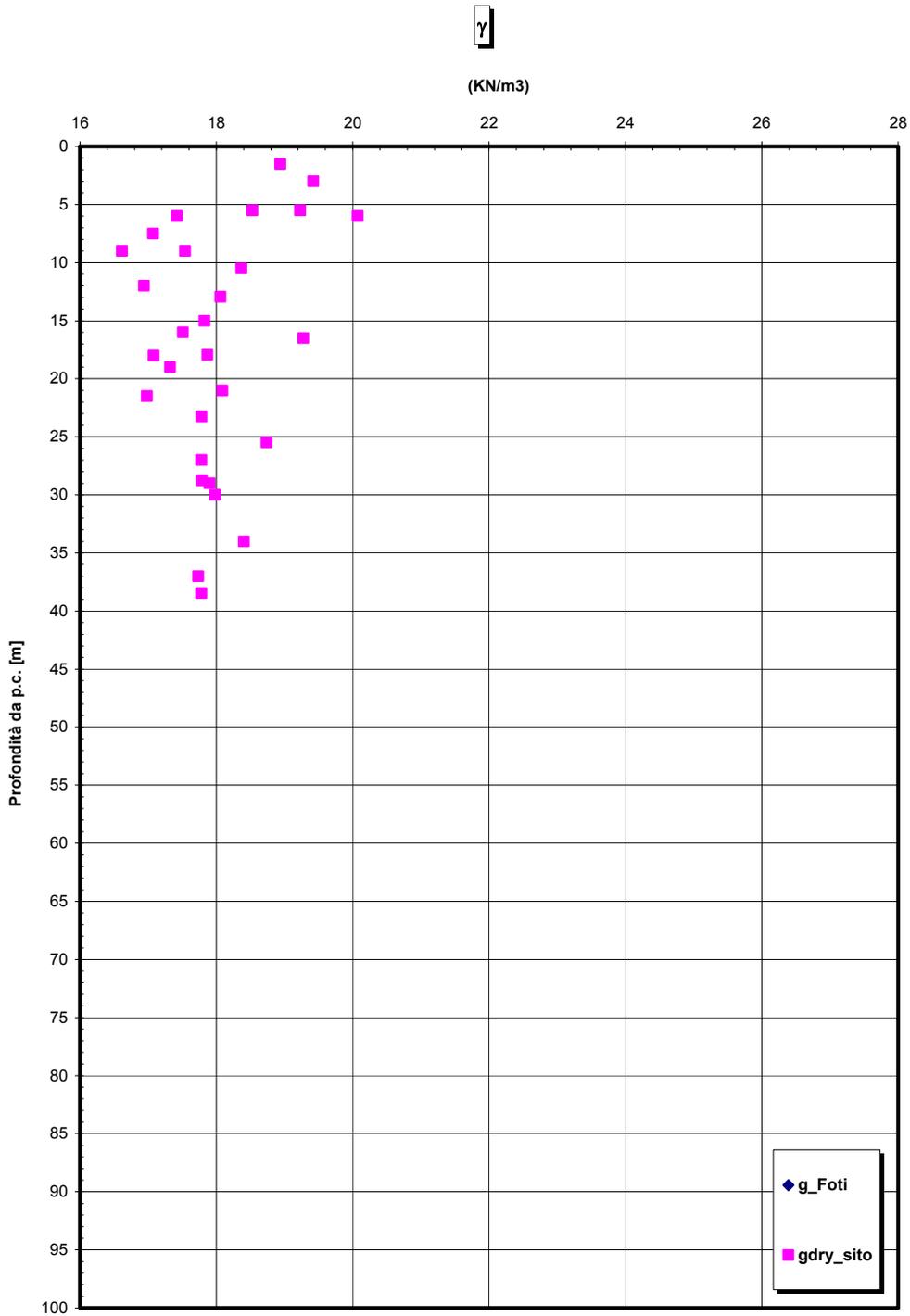


Figura 164

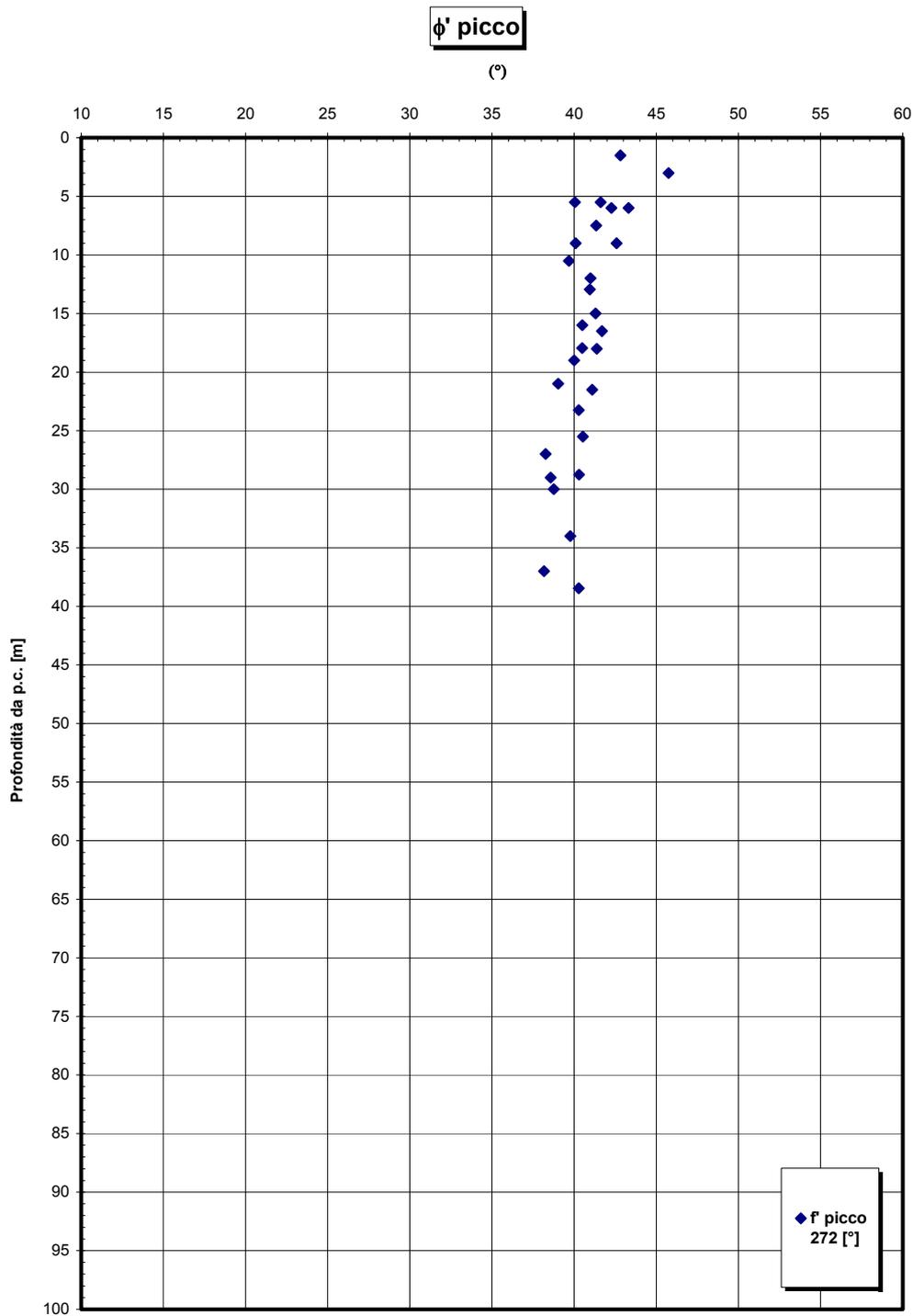


Figura 165

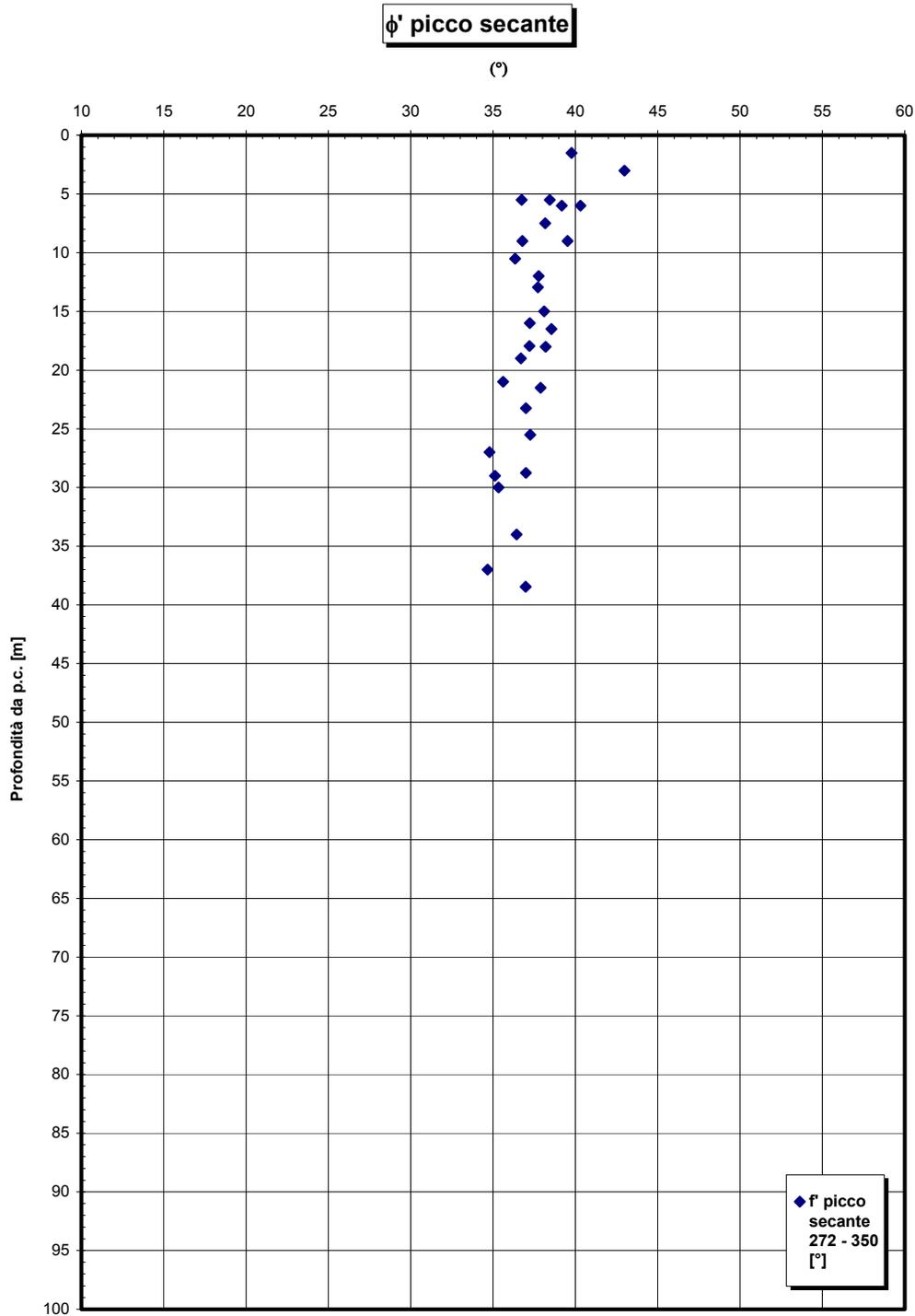


Figura 166

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

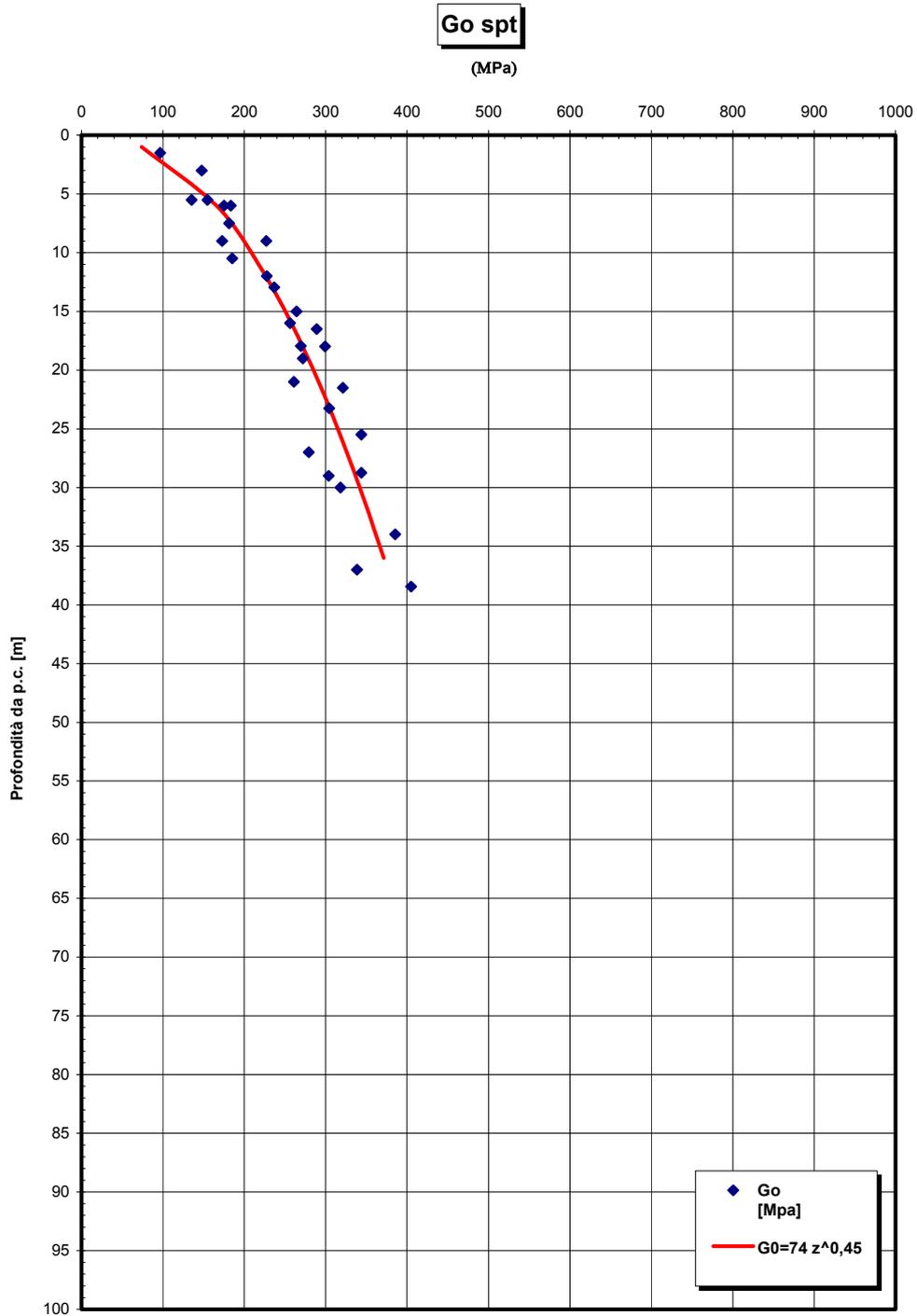


Figura 167

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

G₀/pa

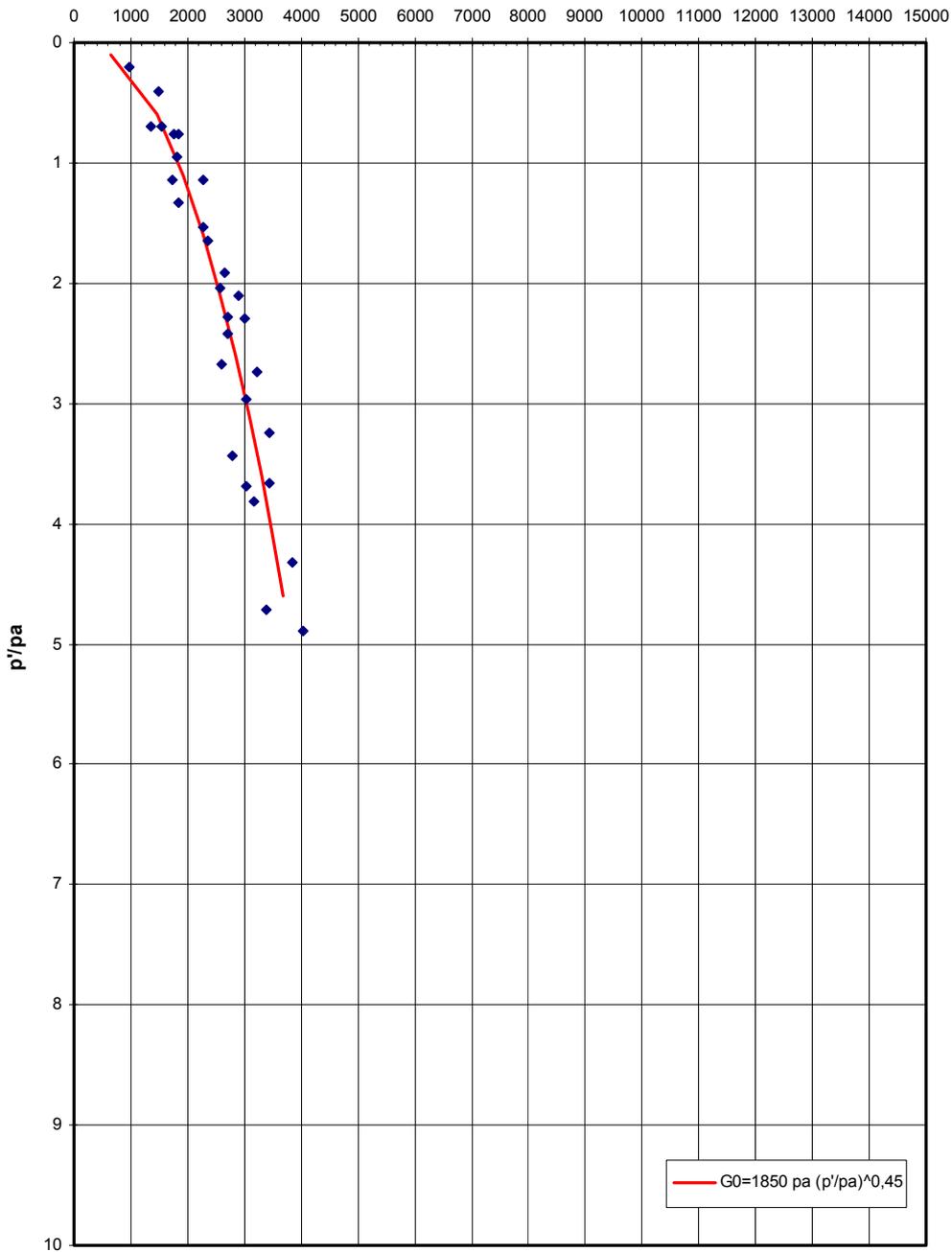


Figura 168

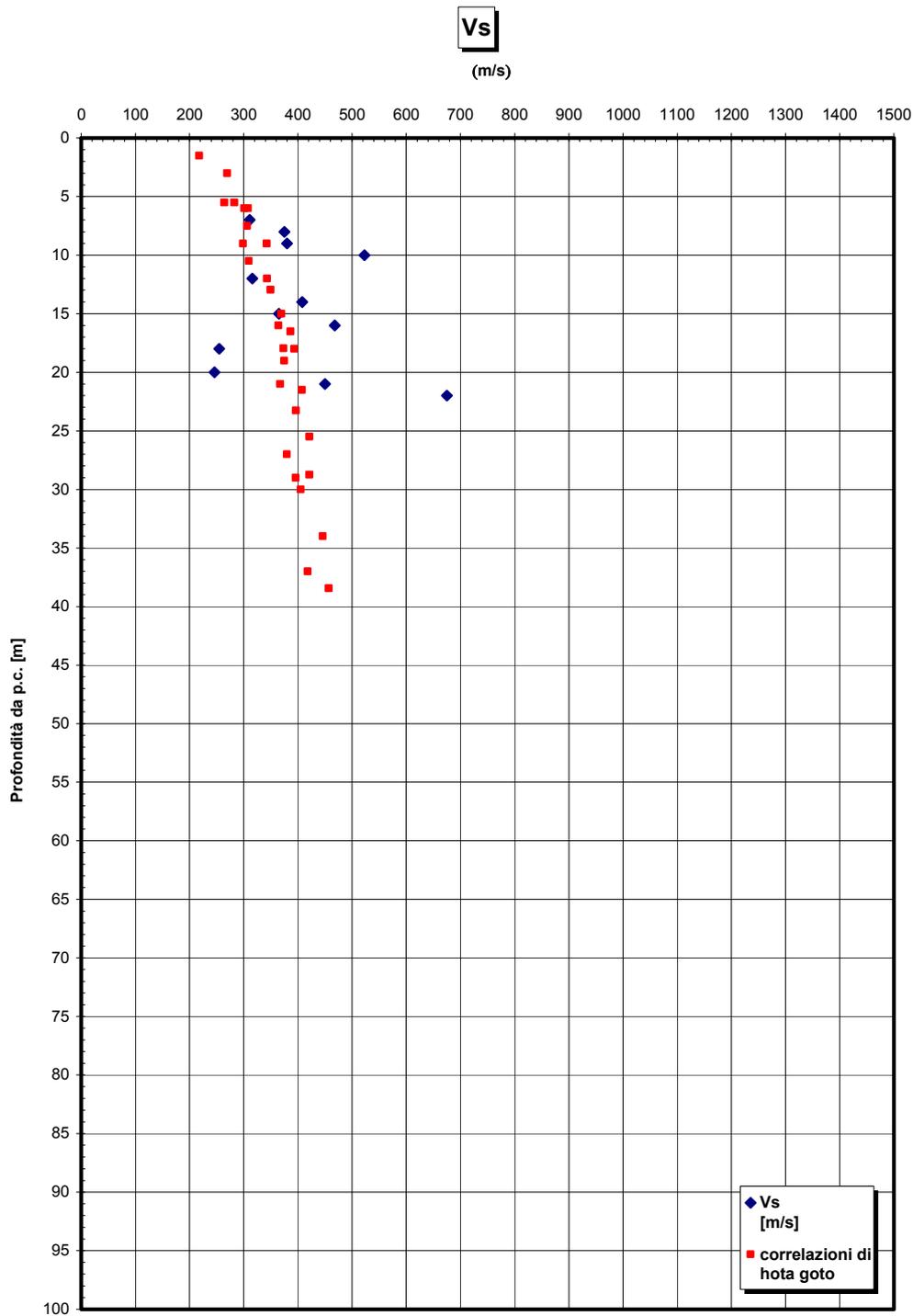


Figura 169

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

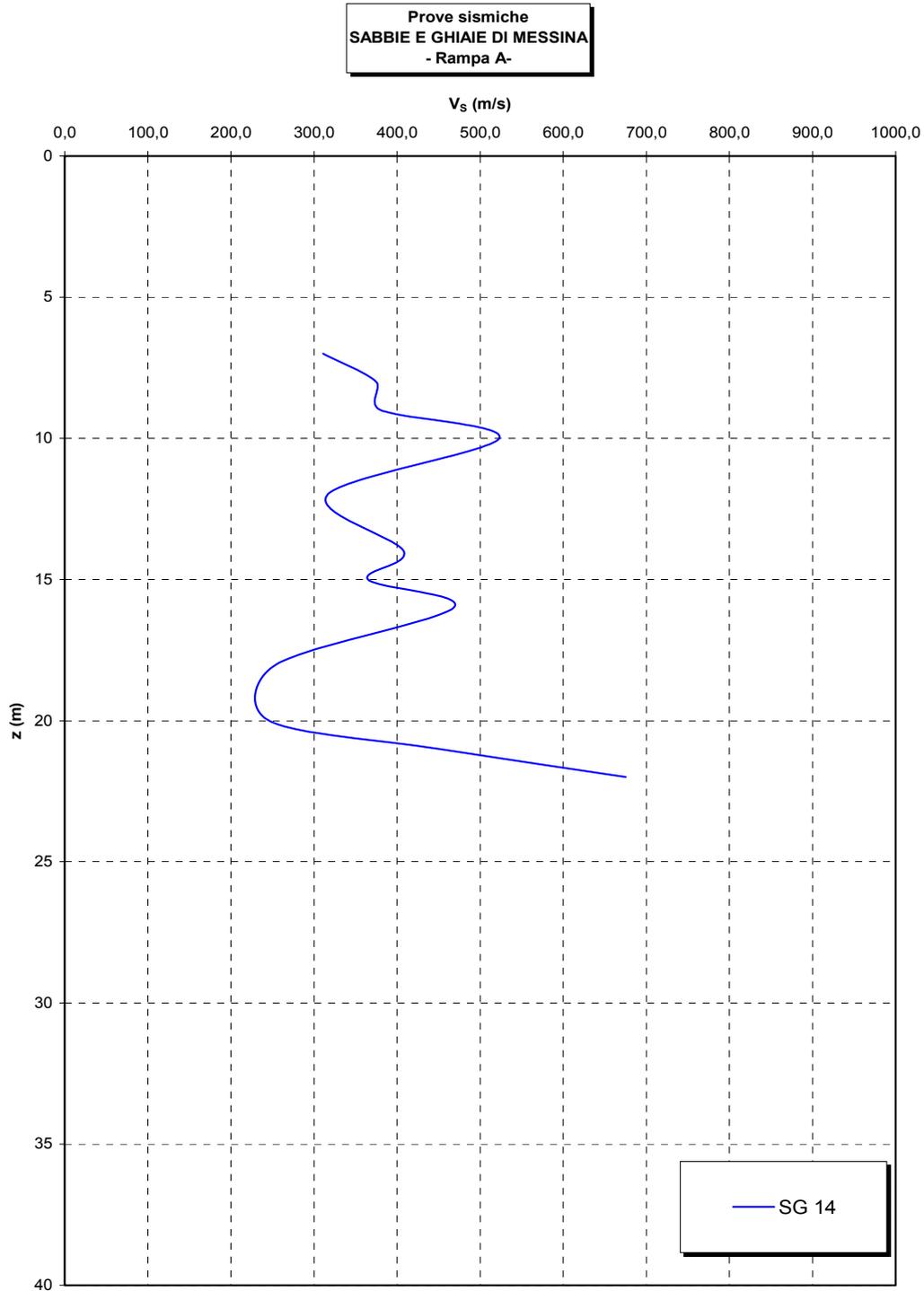


Figura 170

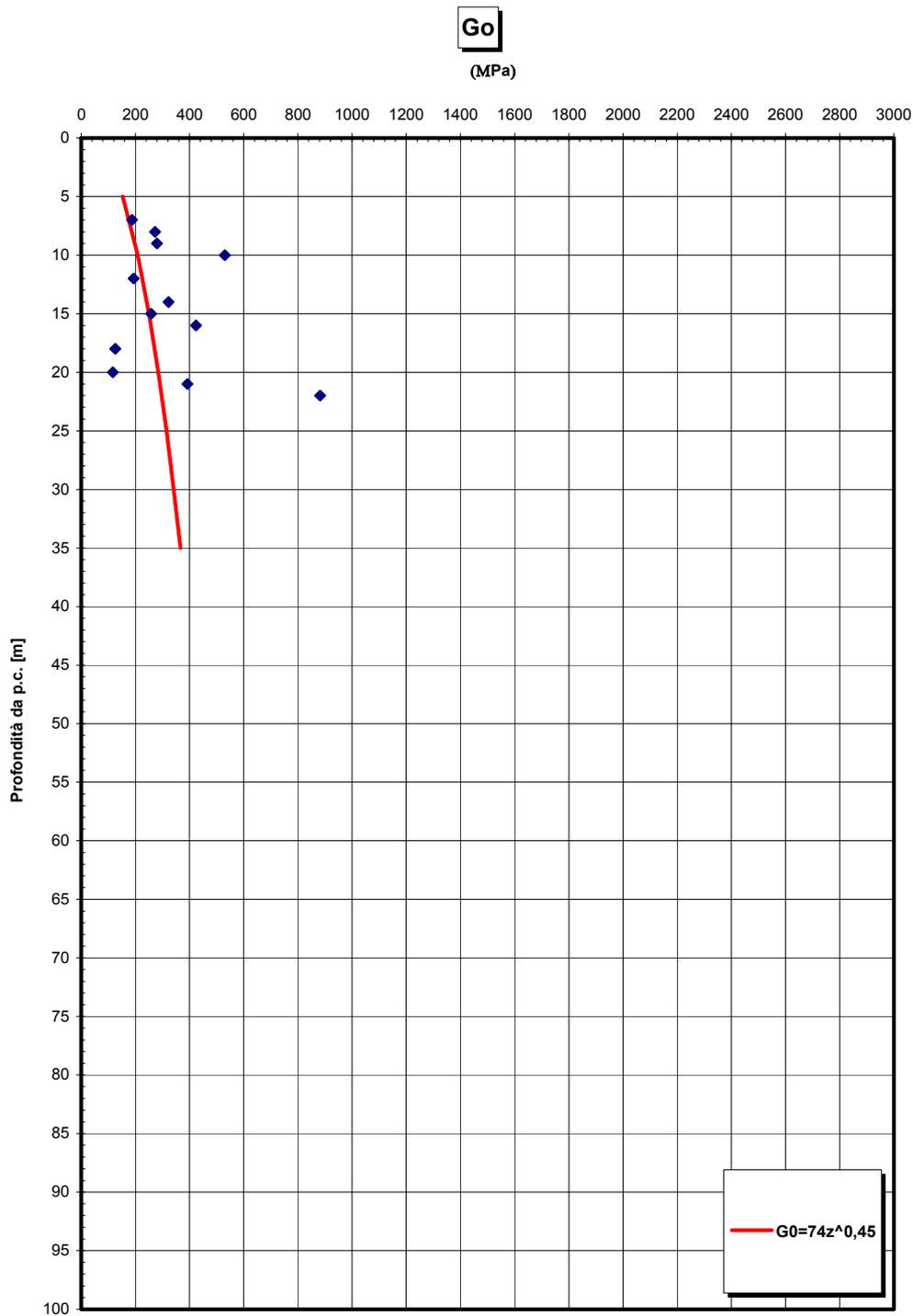


Figura 171 - G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

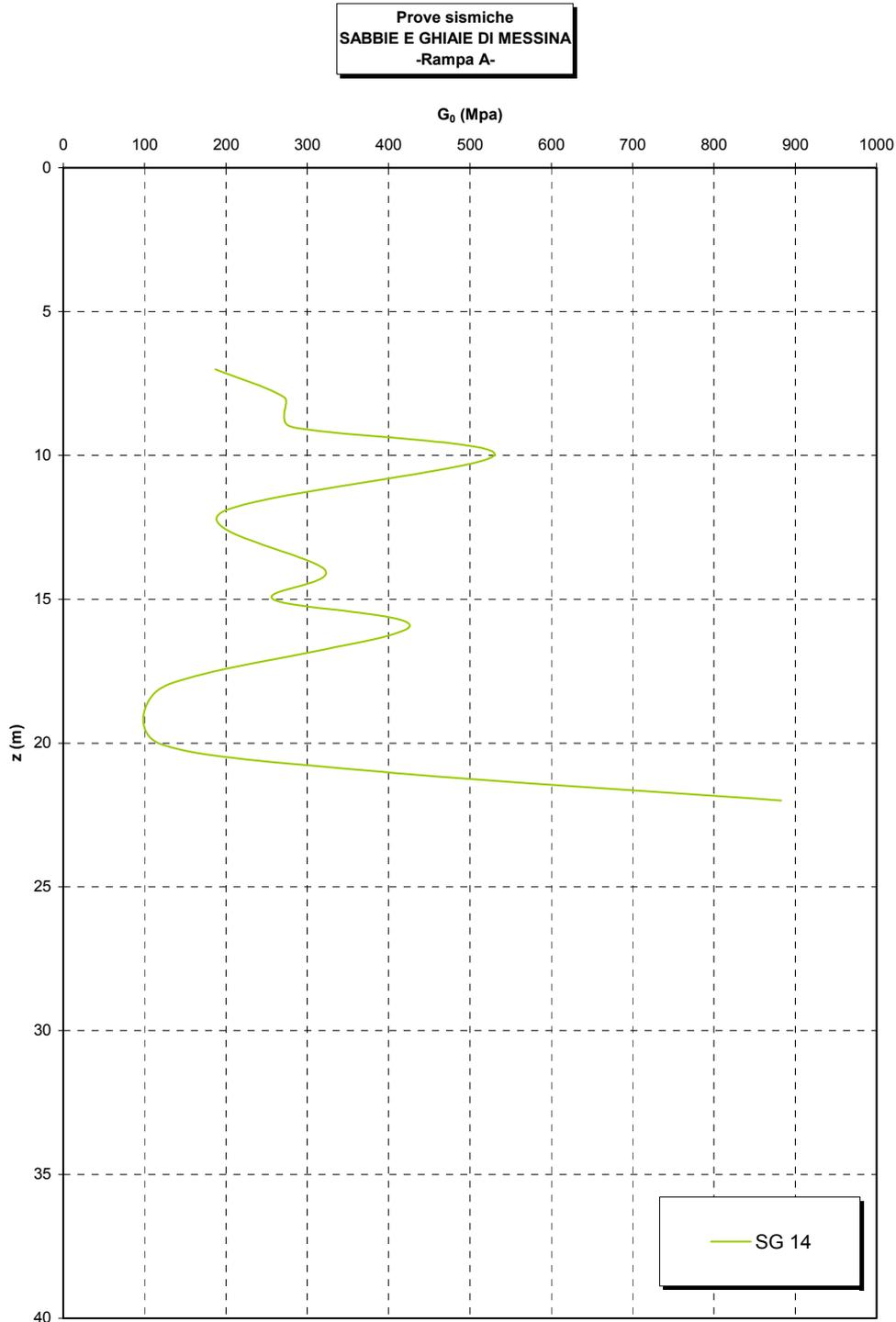


Figura 172

Go/pa

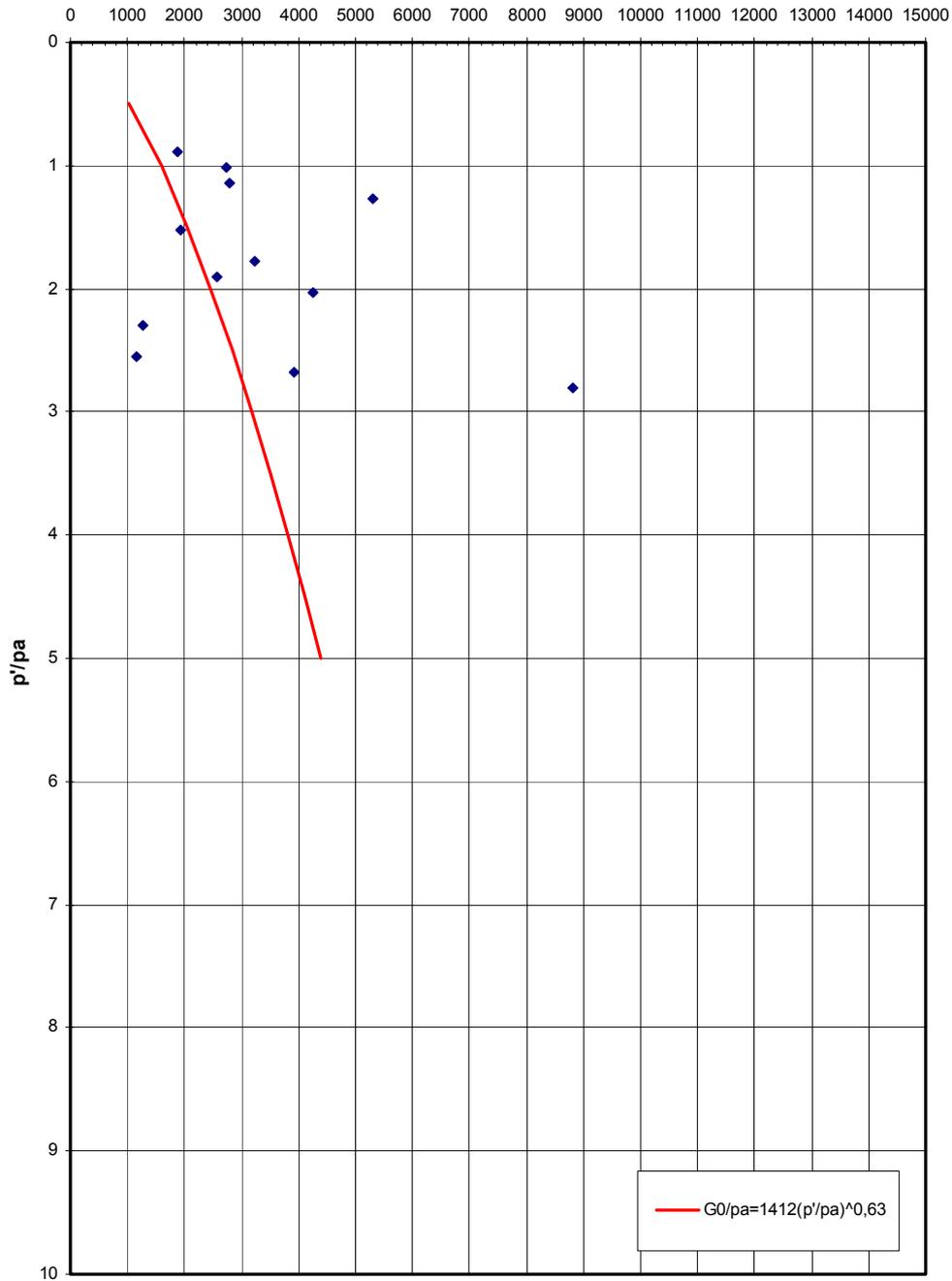


Figura 173

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

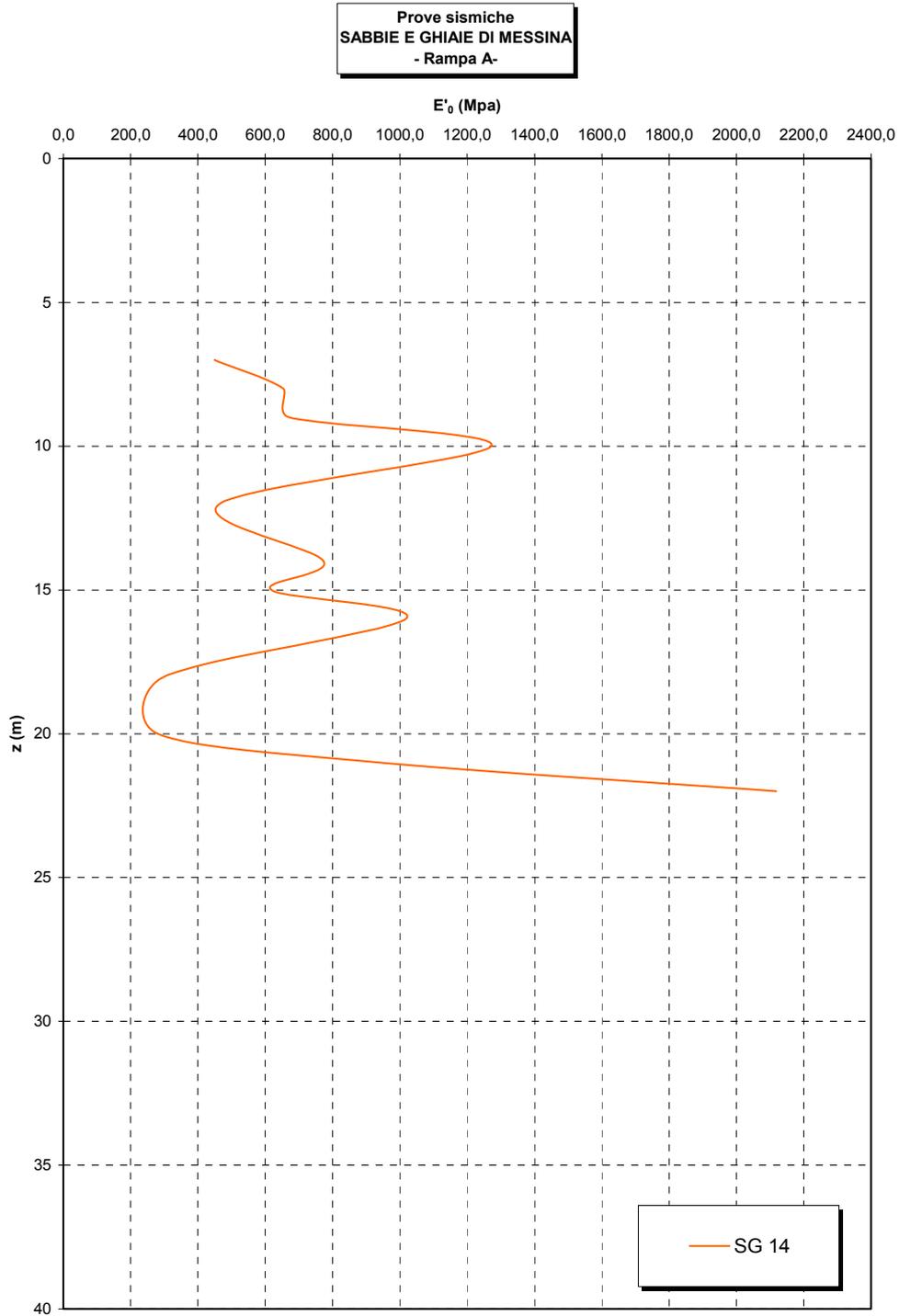


Figura 174

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>		<p><i>Codice documento</i> CB0057_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

5.3.2 G.N. Rampa B

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Galleria Rampa B -

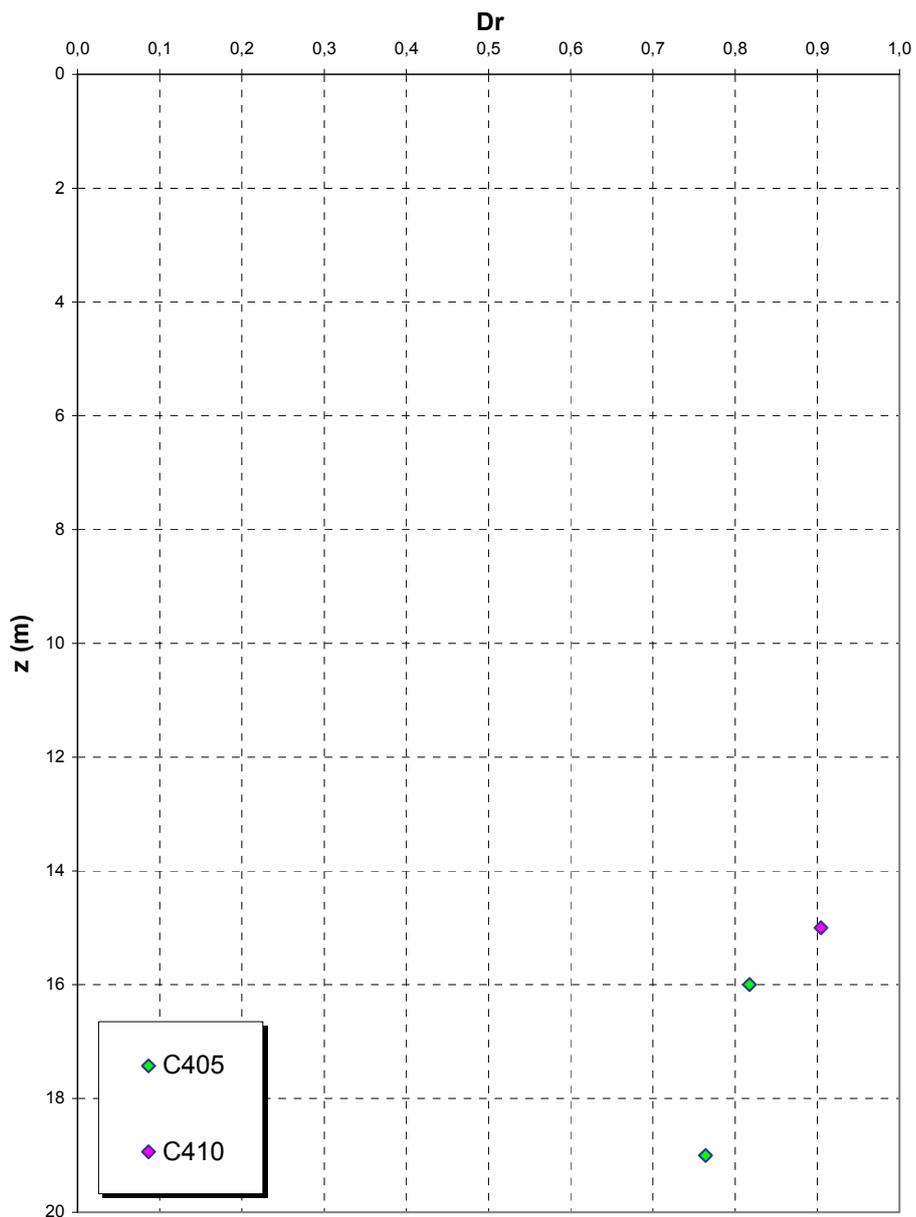


Figura 175

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Galleria Rampa B -

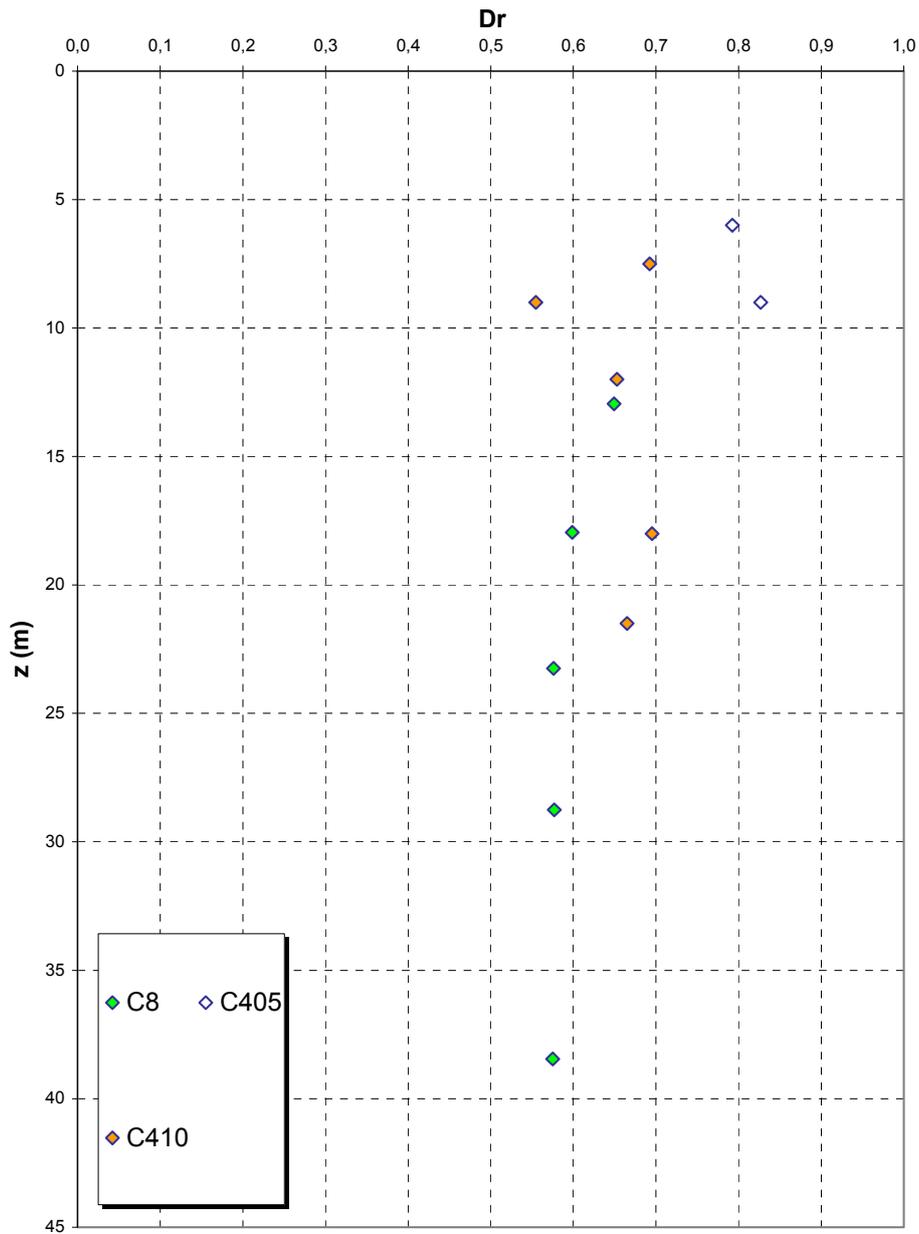


Figura 176

eo

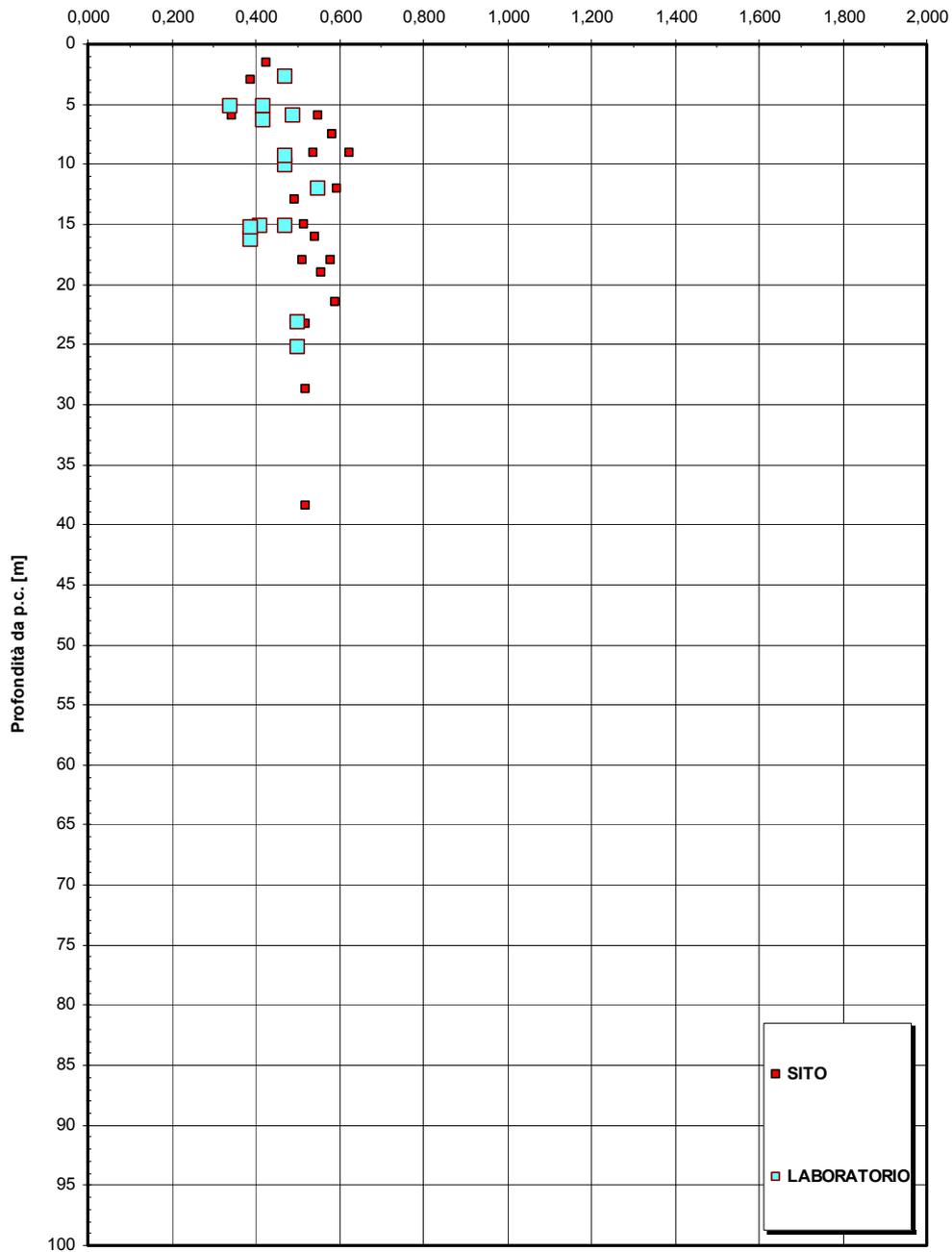


Figura 177

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

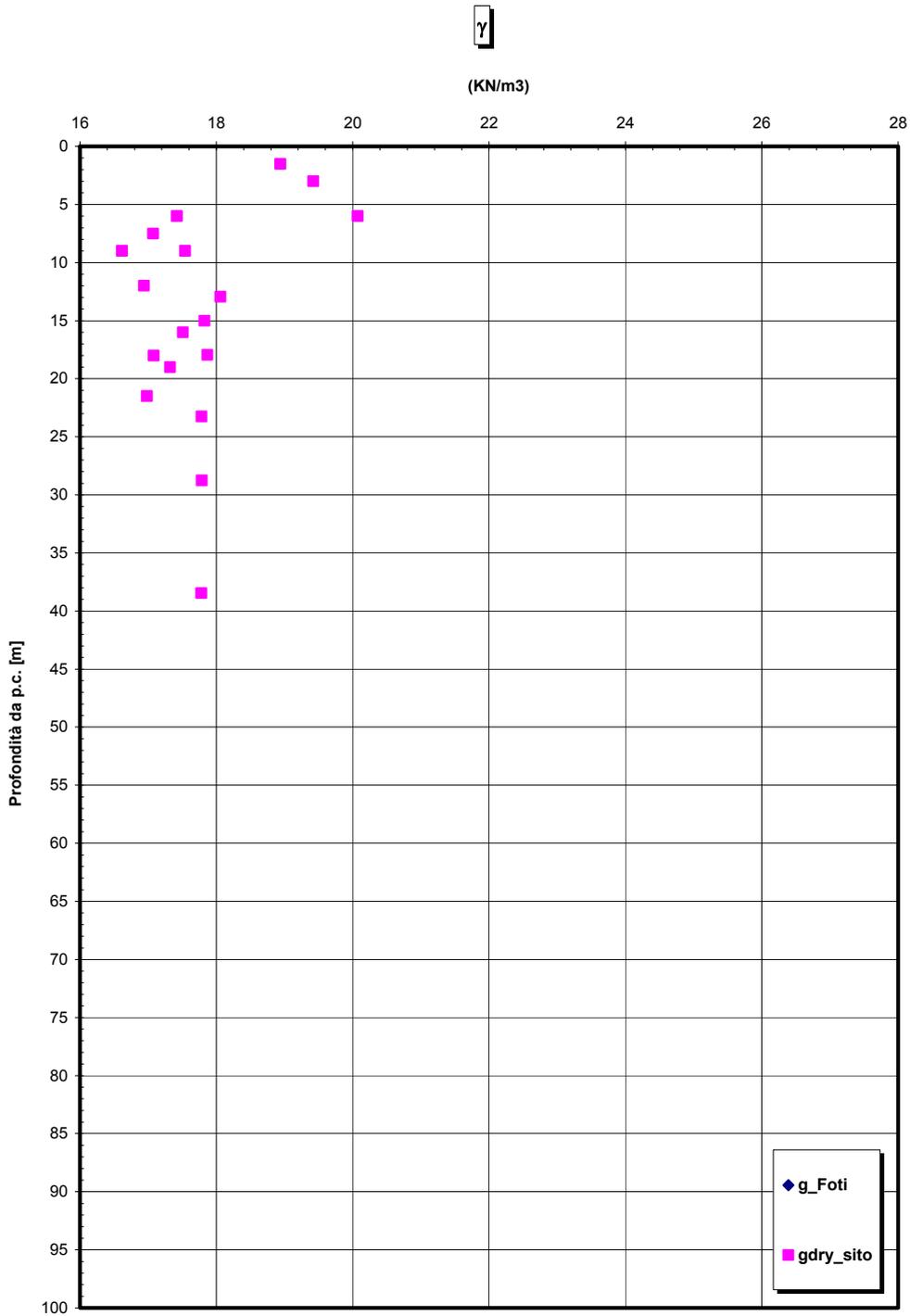


Figura 178

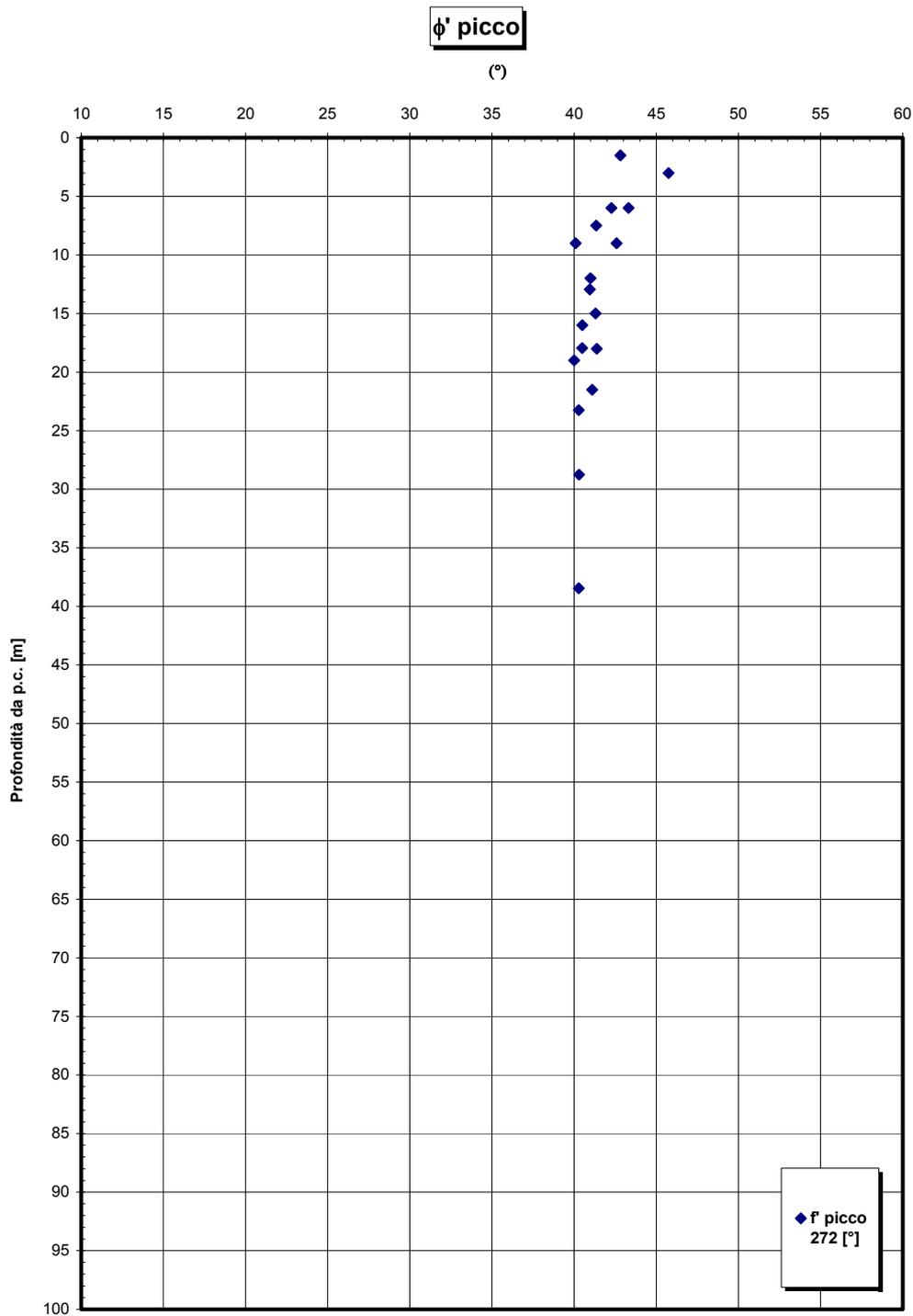


Figura 179

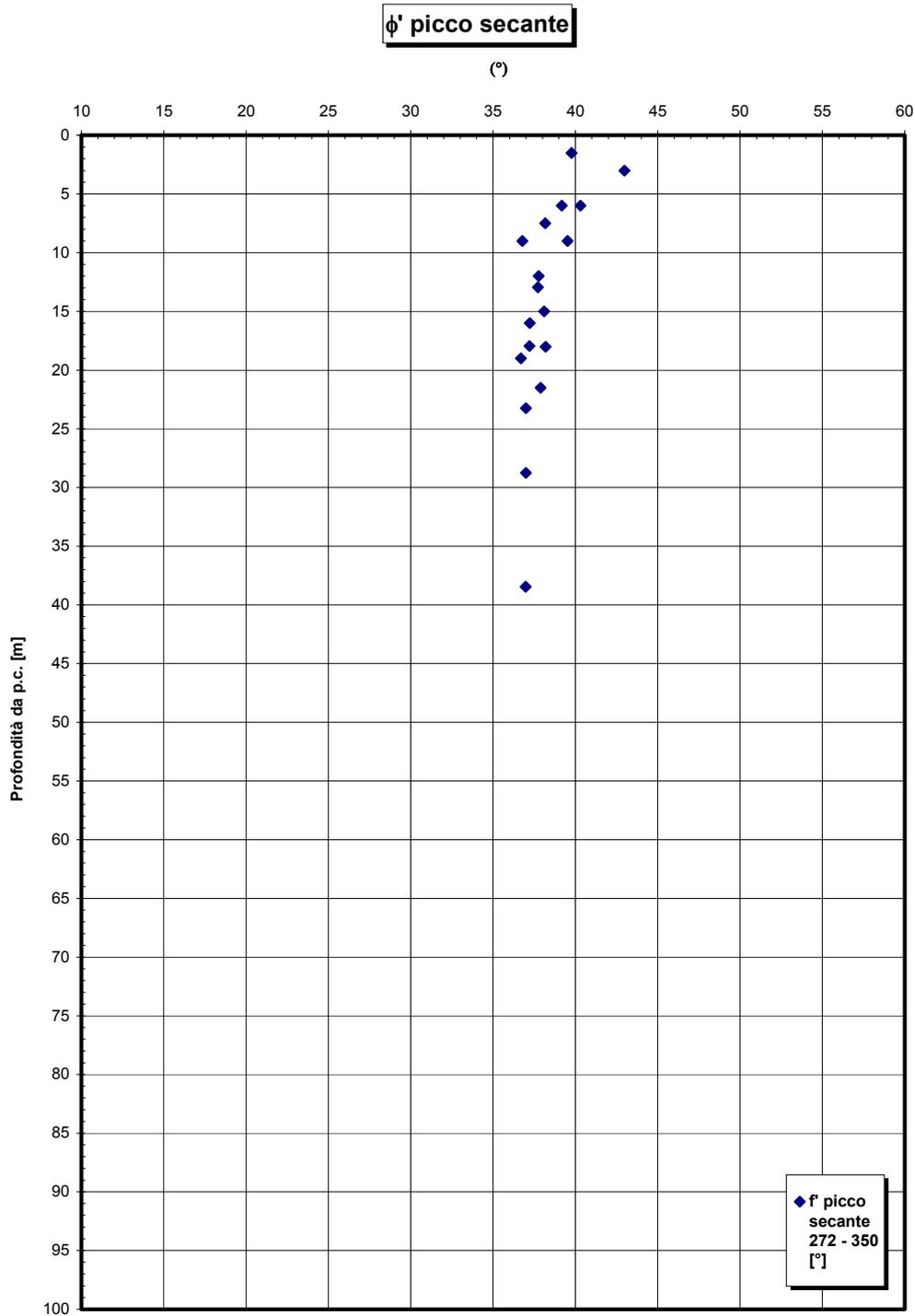


Figura 180

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

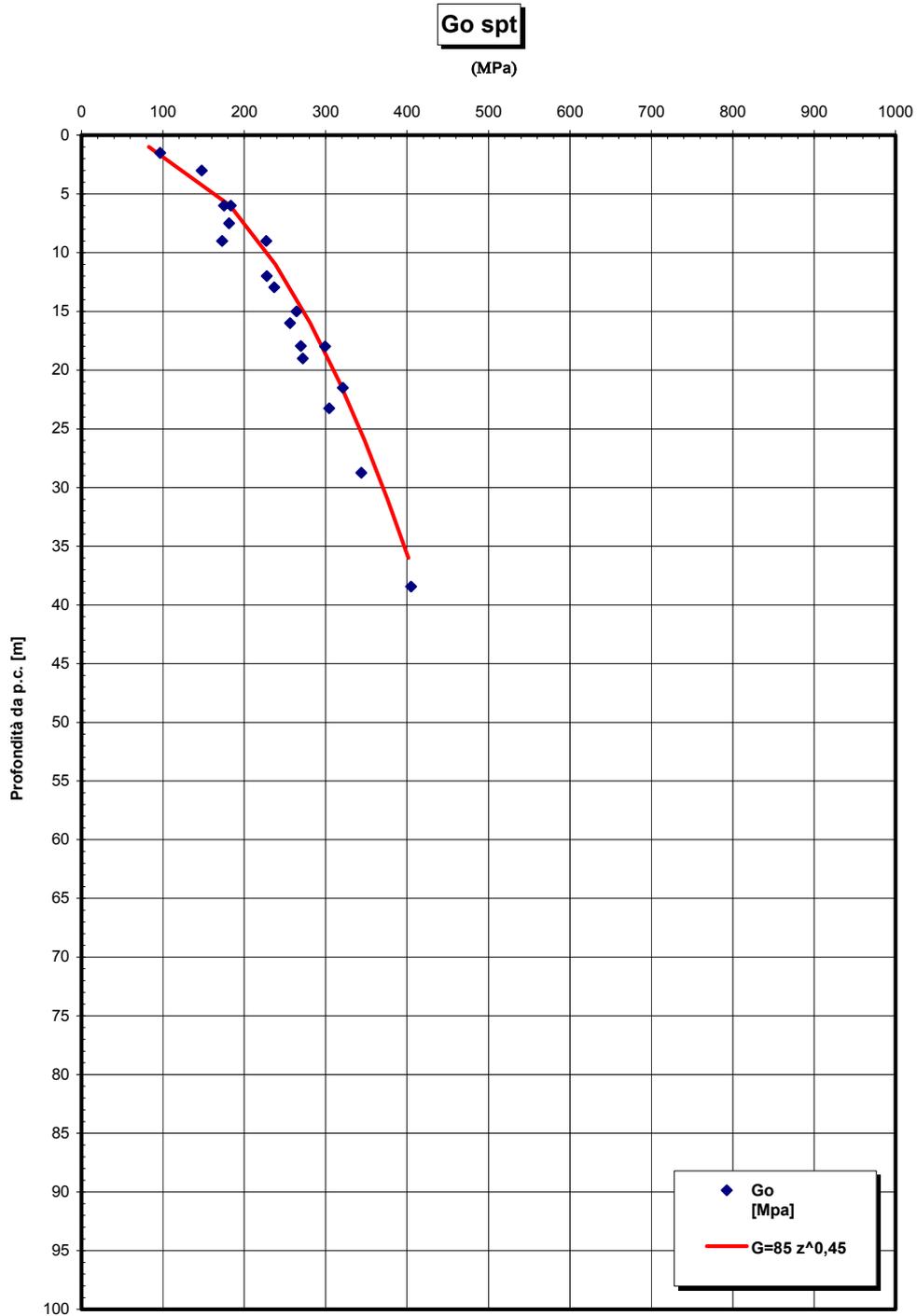


Figura 181

Go/pa

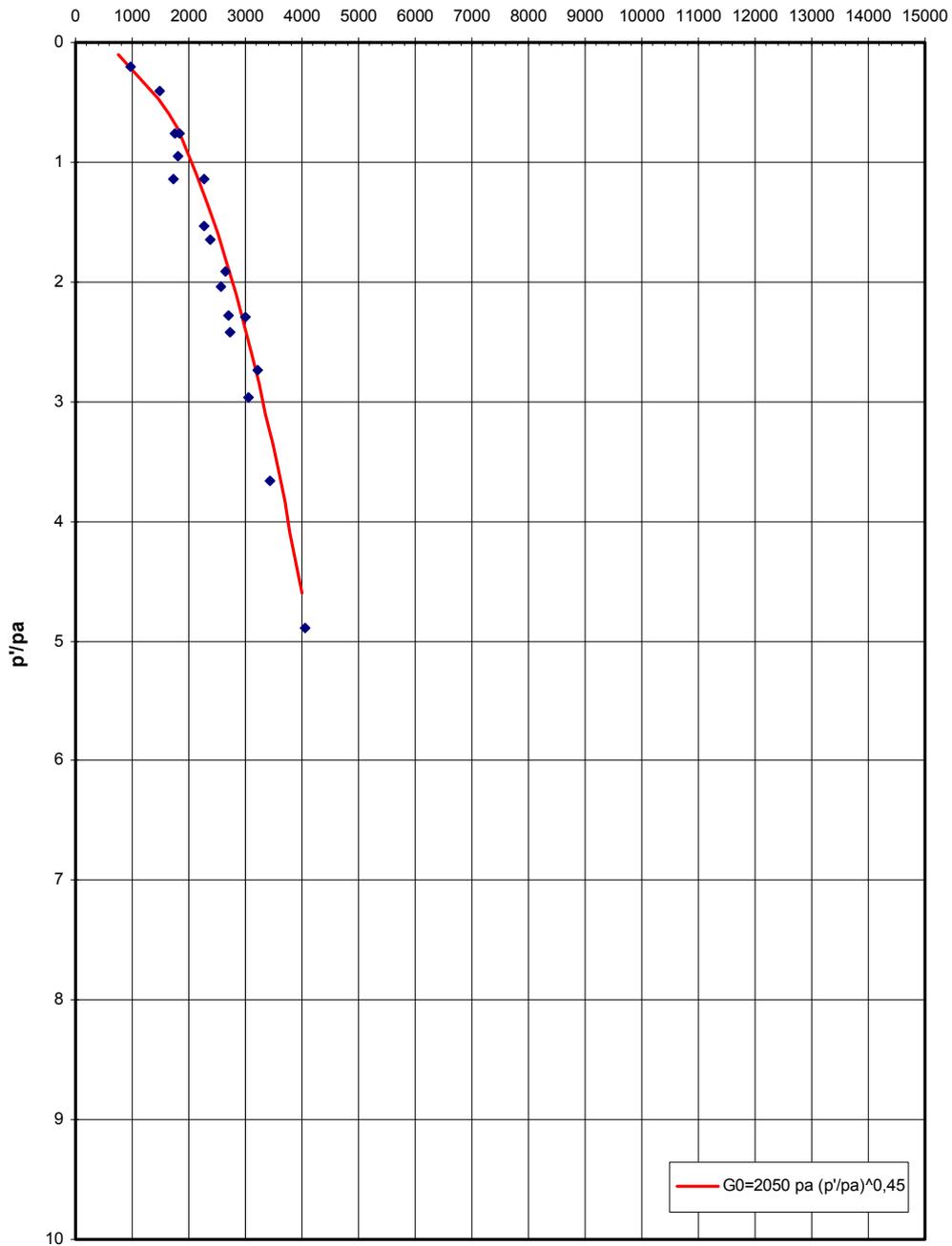


Figura 182

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.3.3 G.N. Rampa D

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

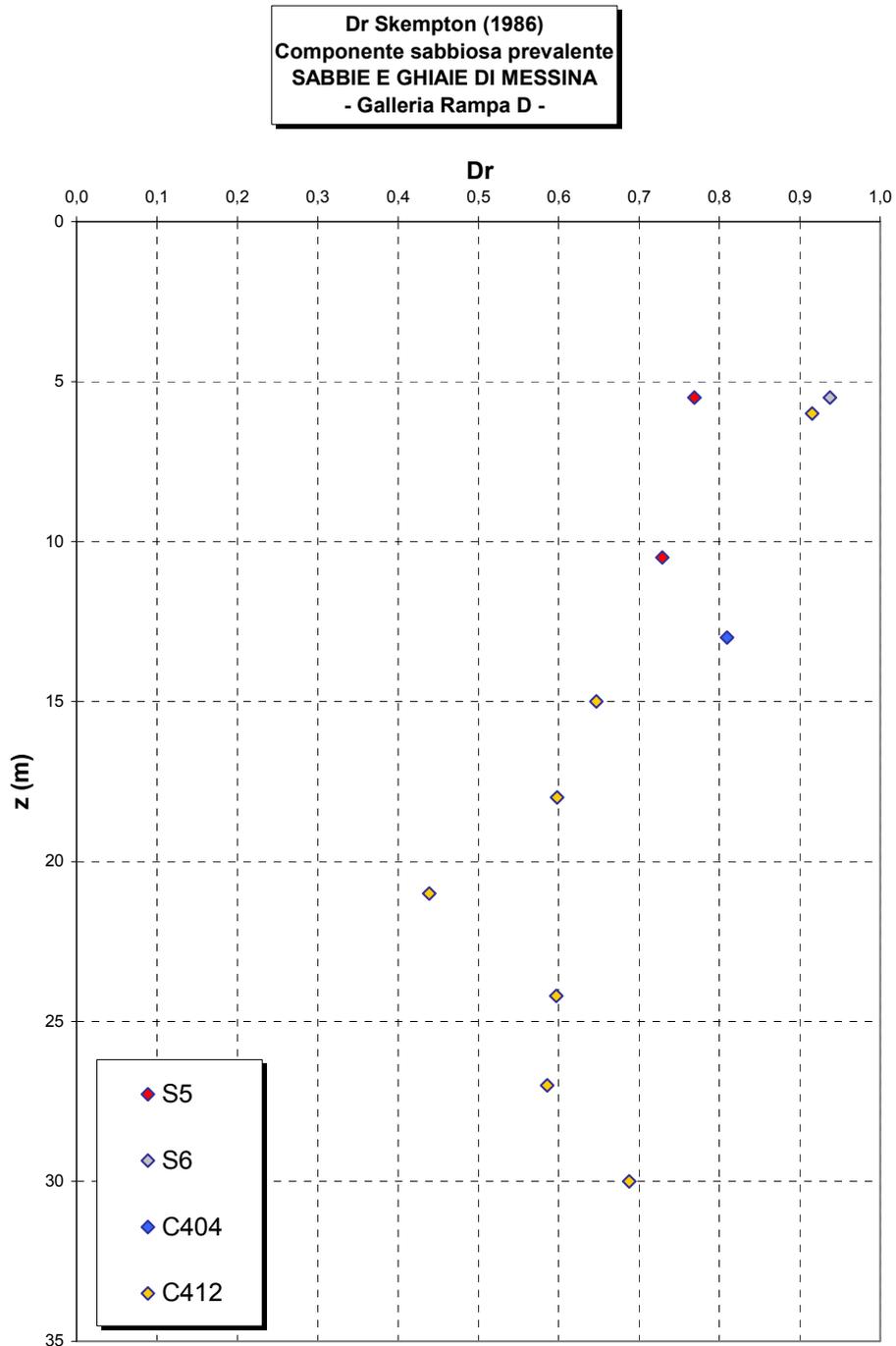


Figura 183

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

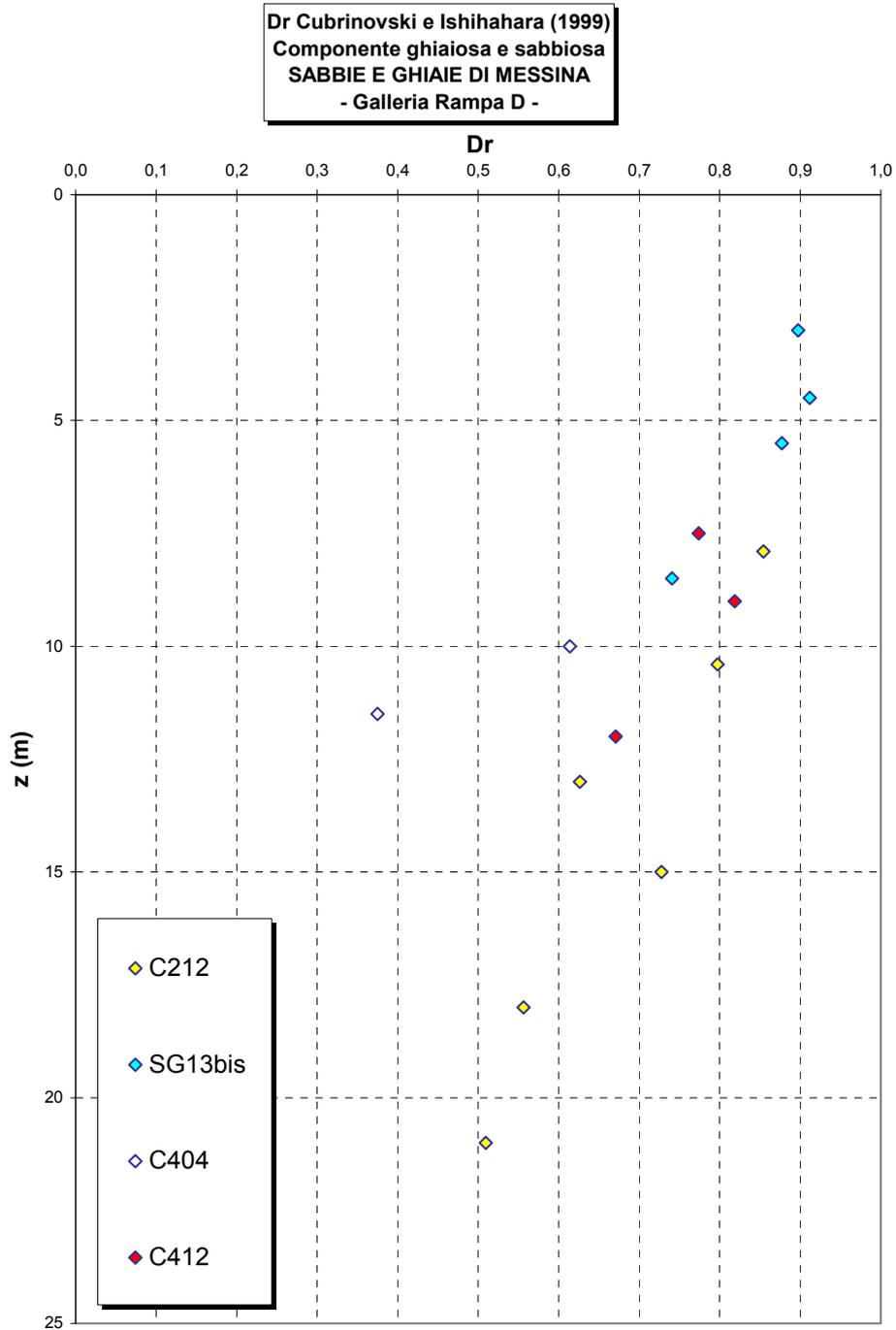


Figura 184

eo

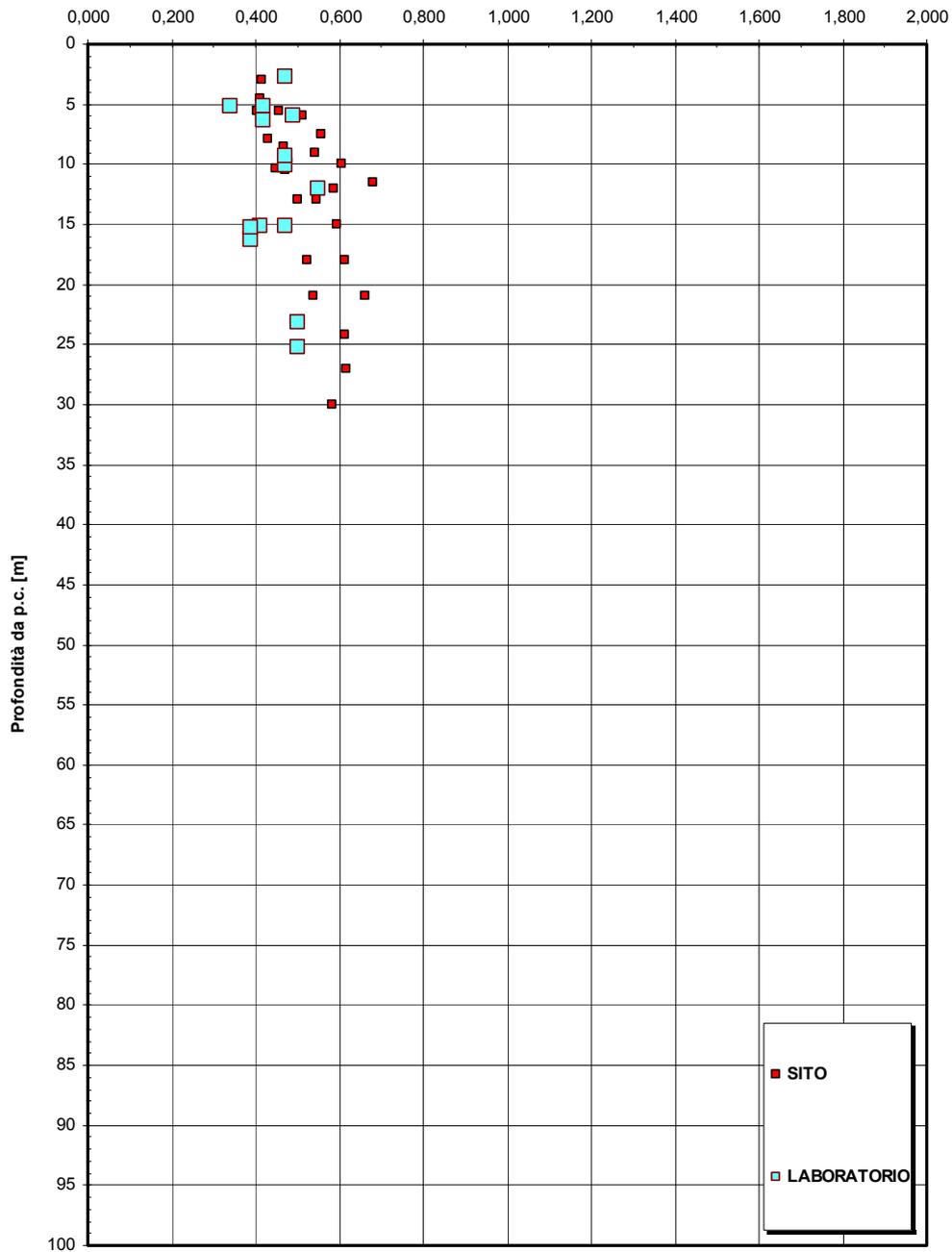


Figura 185

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

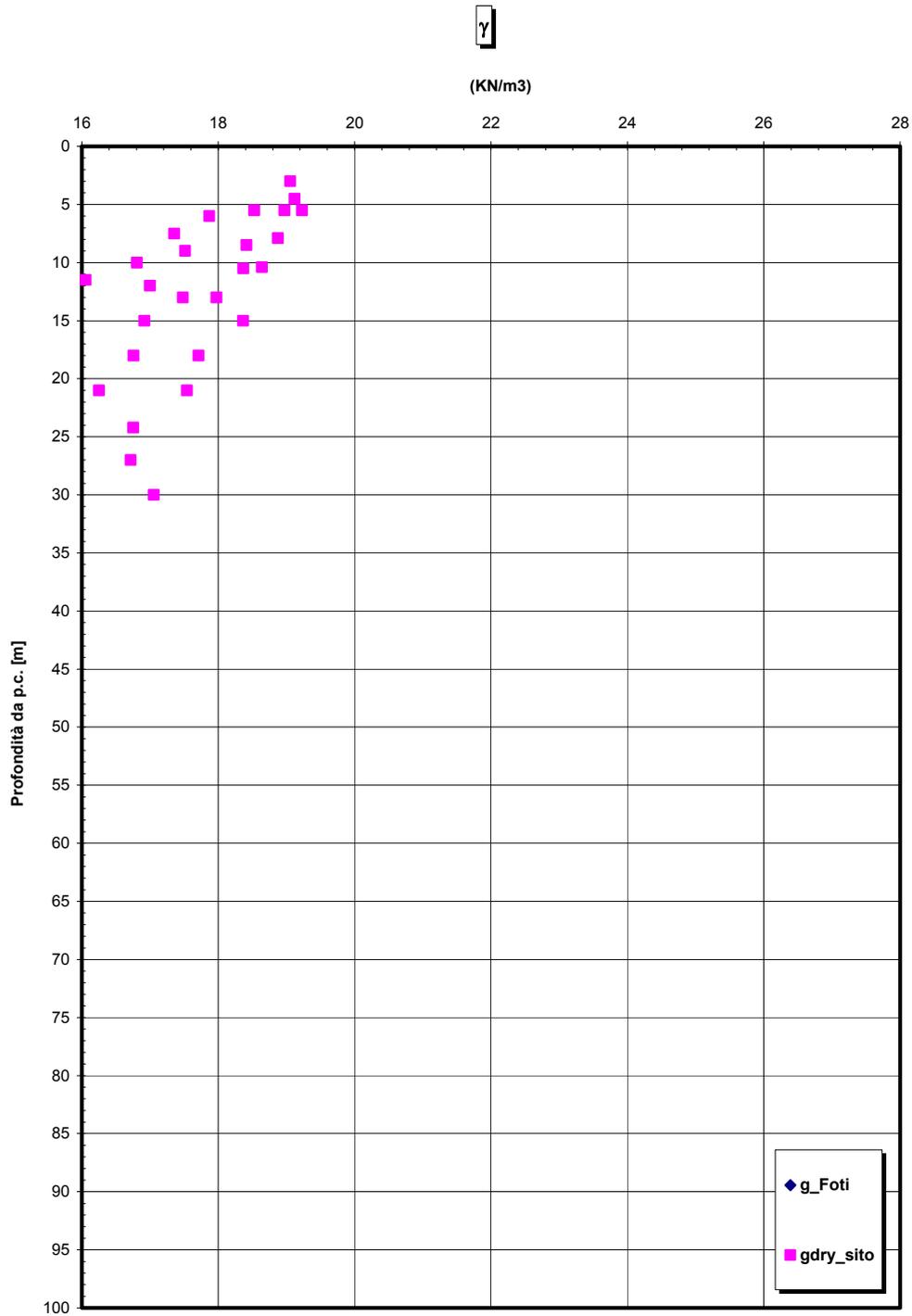


Figura 186

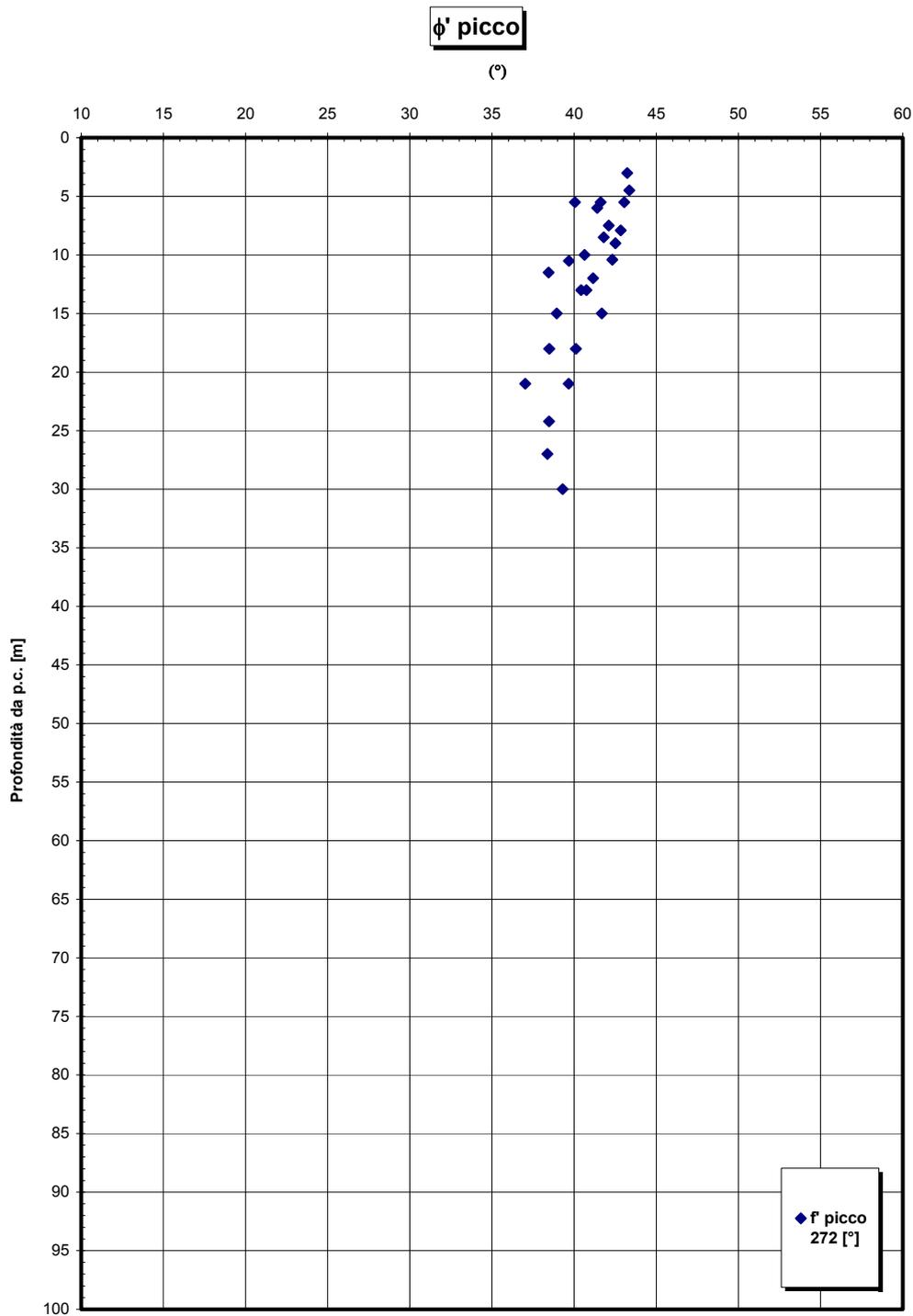


Figura 187

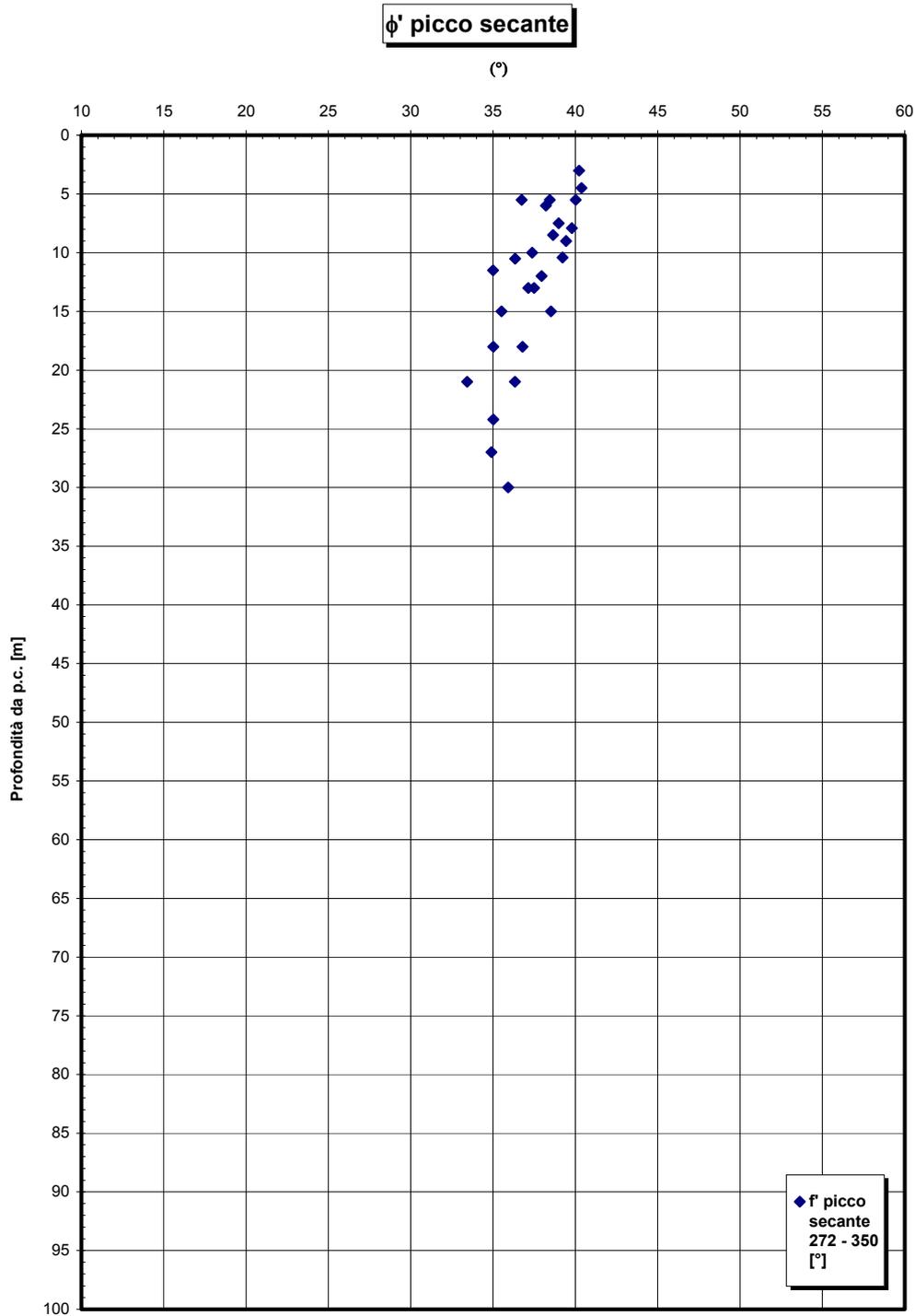


Figura 188

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

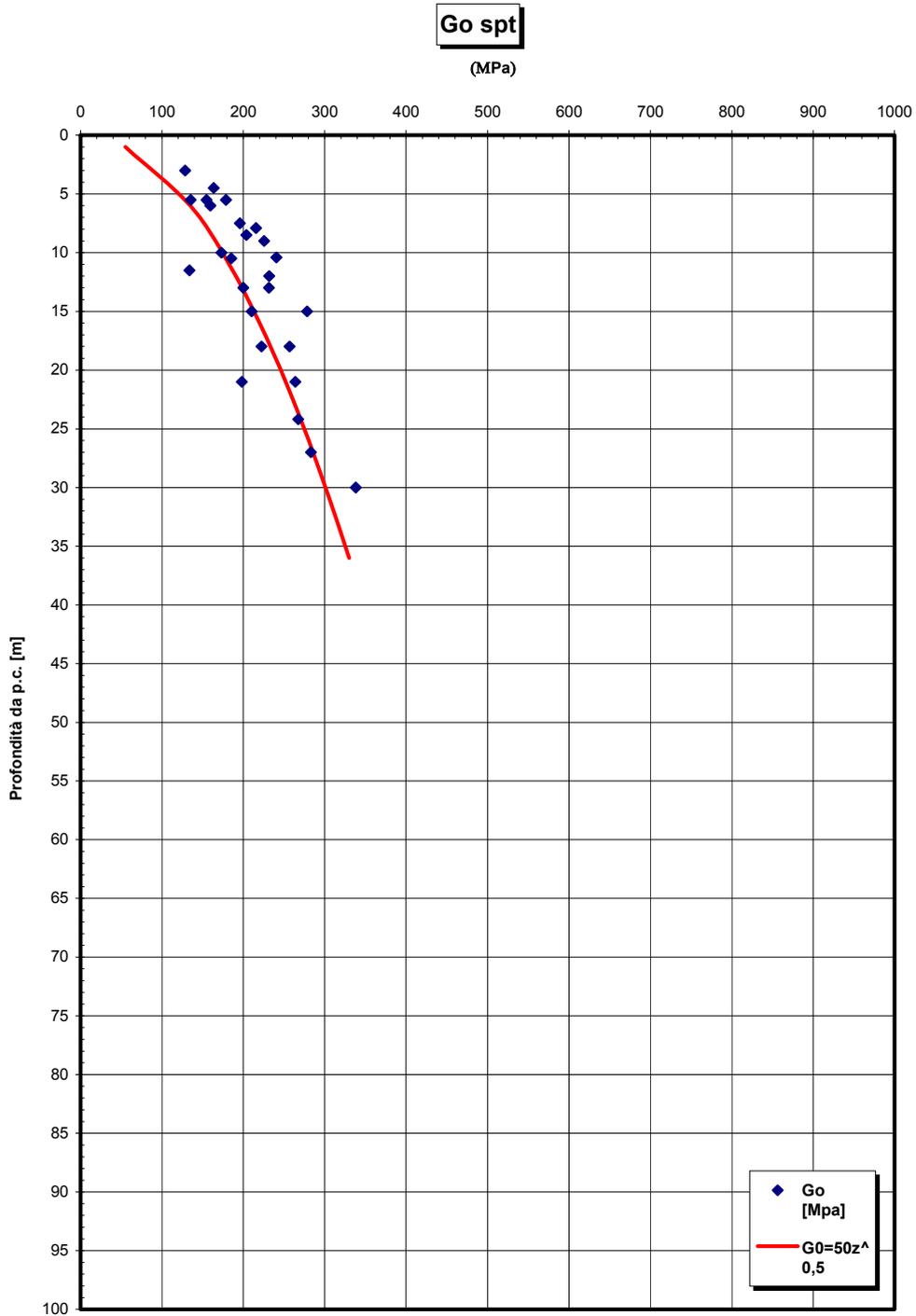


Figura 189

Go/pa

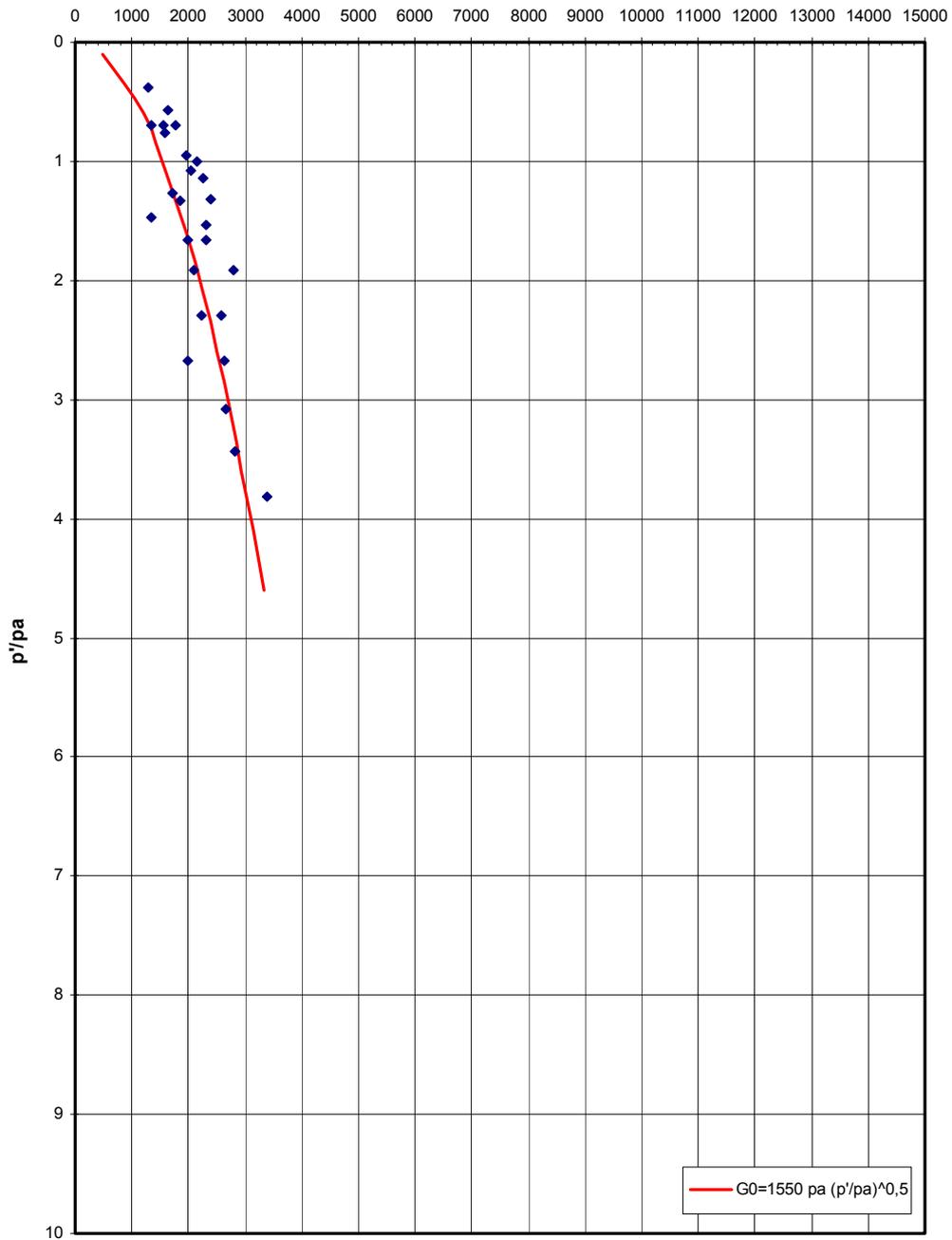


Figura 190

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

5.3.4 Rampa B da Km 0+800

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

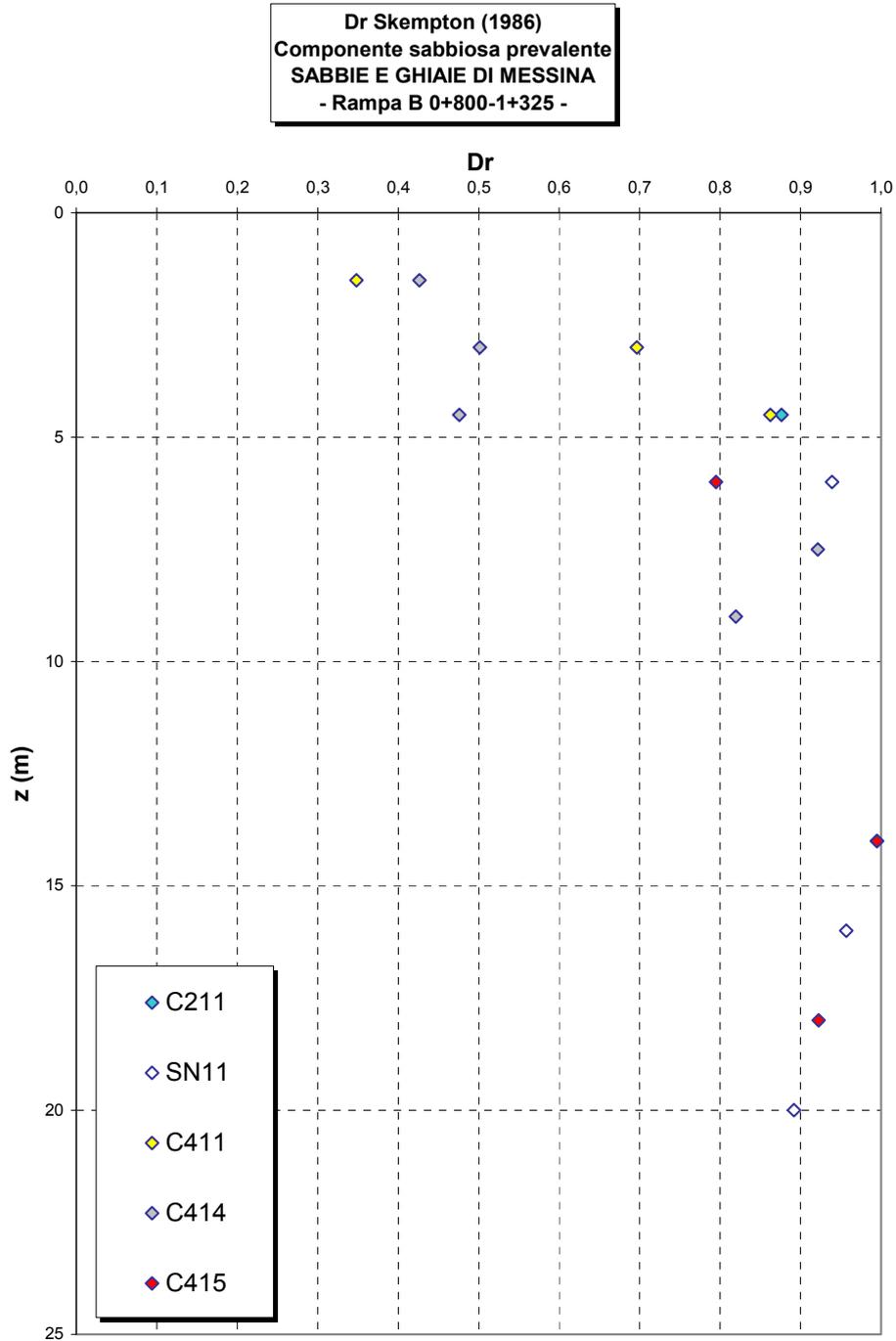


Figura 191

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Rampa B 0+800-1+325 -

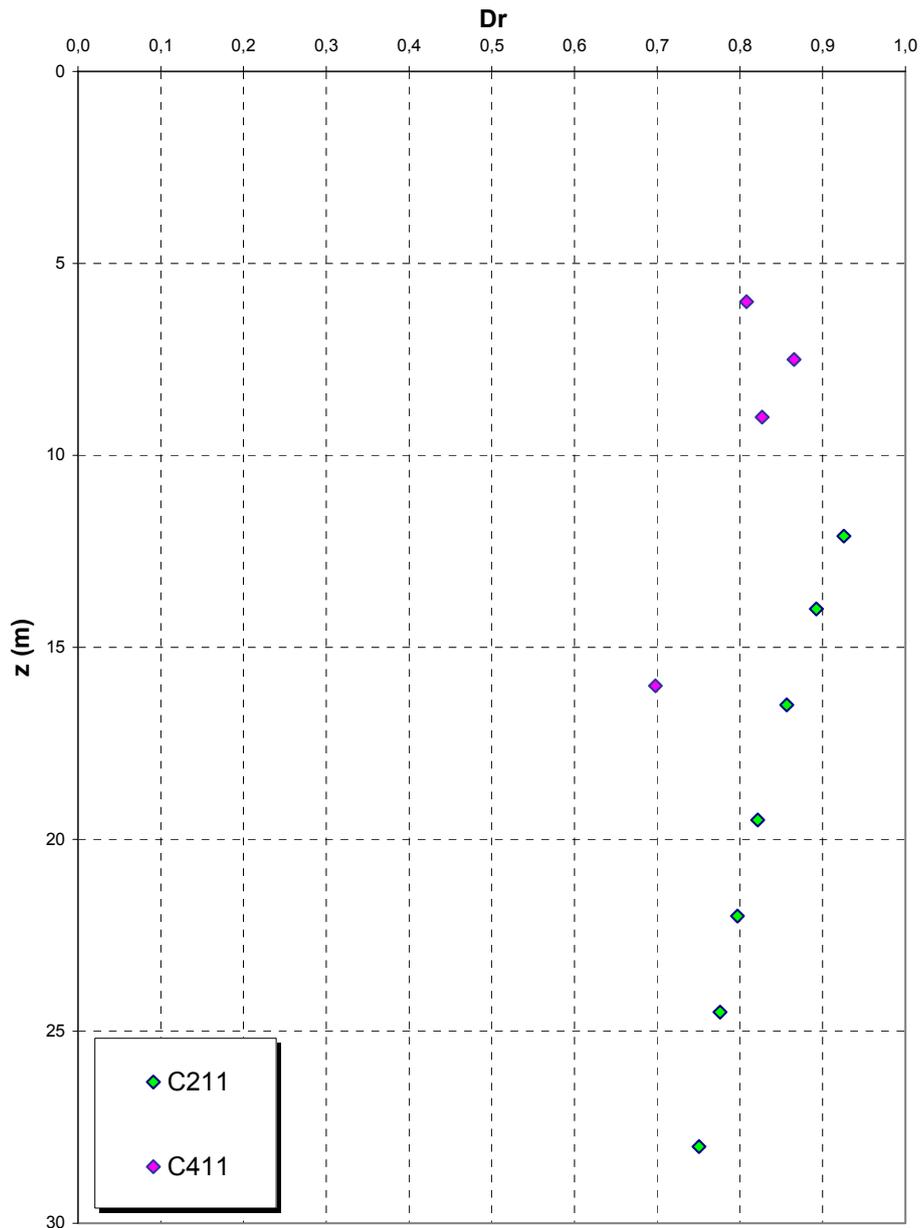


Figura 192

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo

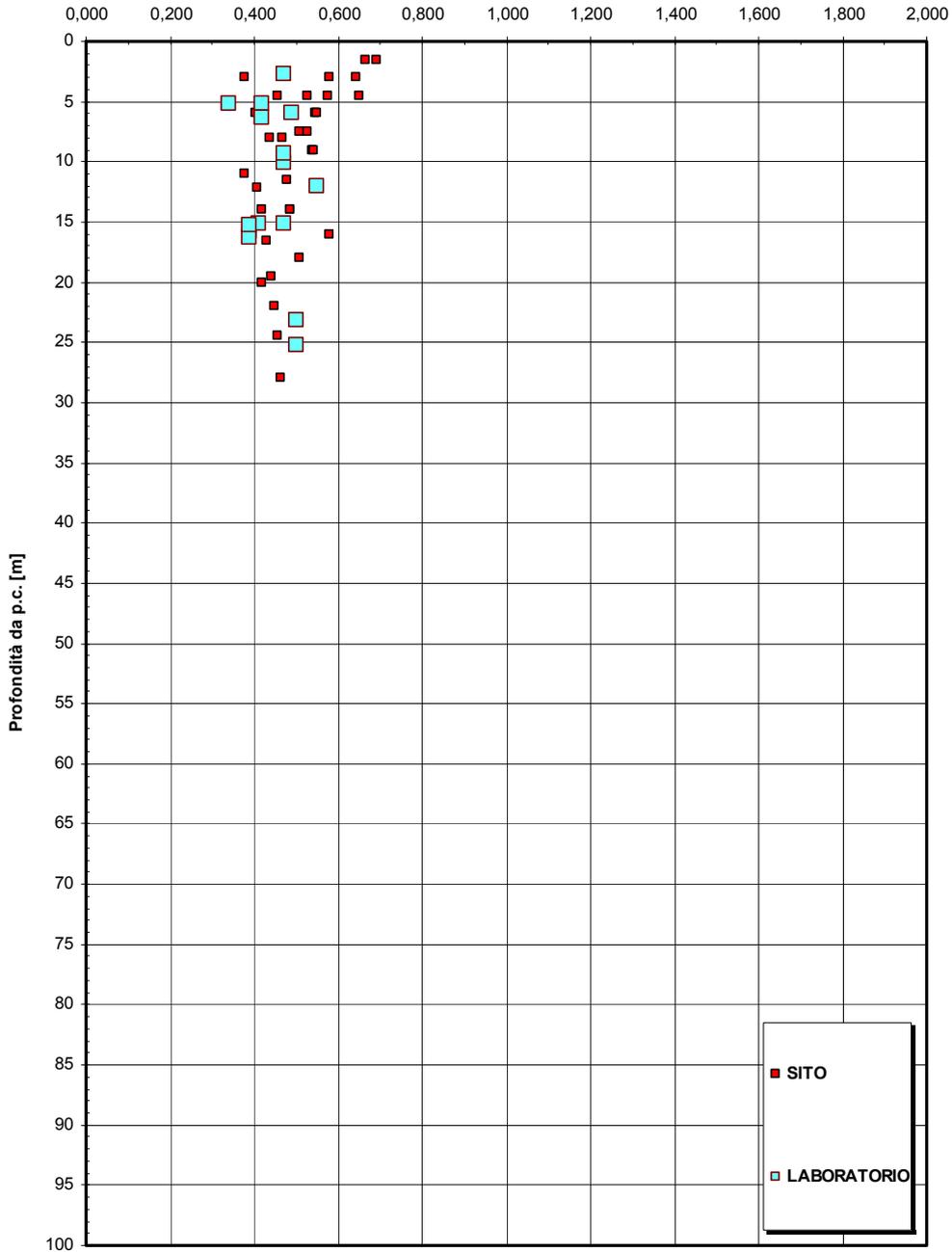


Figura 193

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

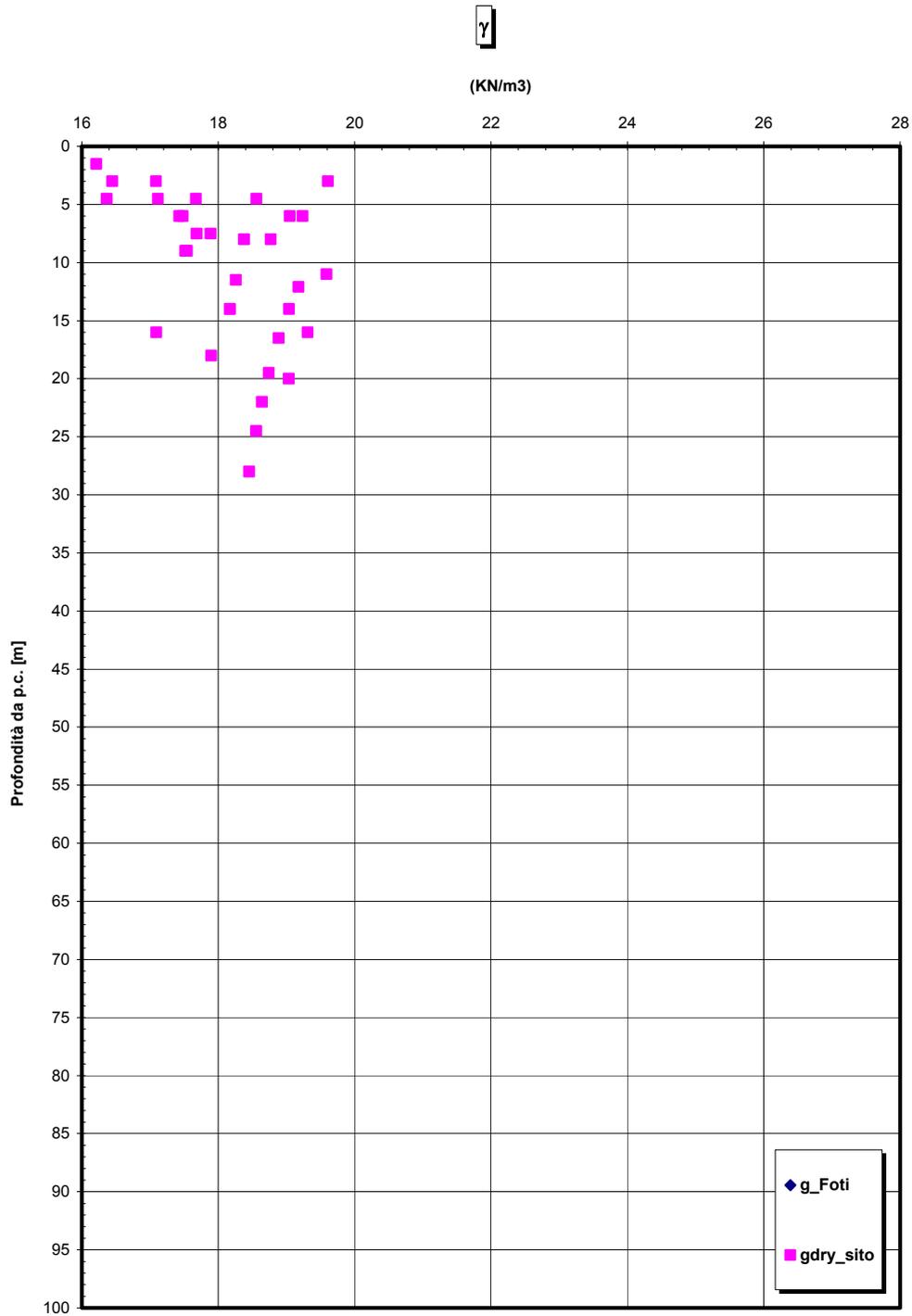


Figura 194

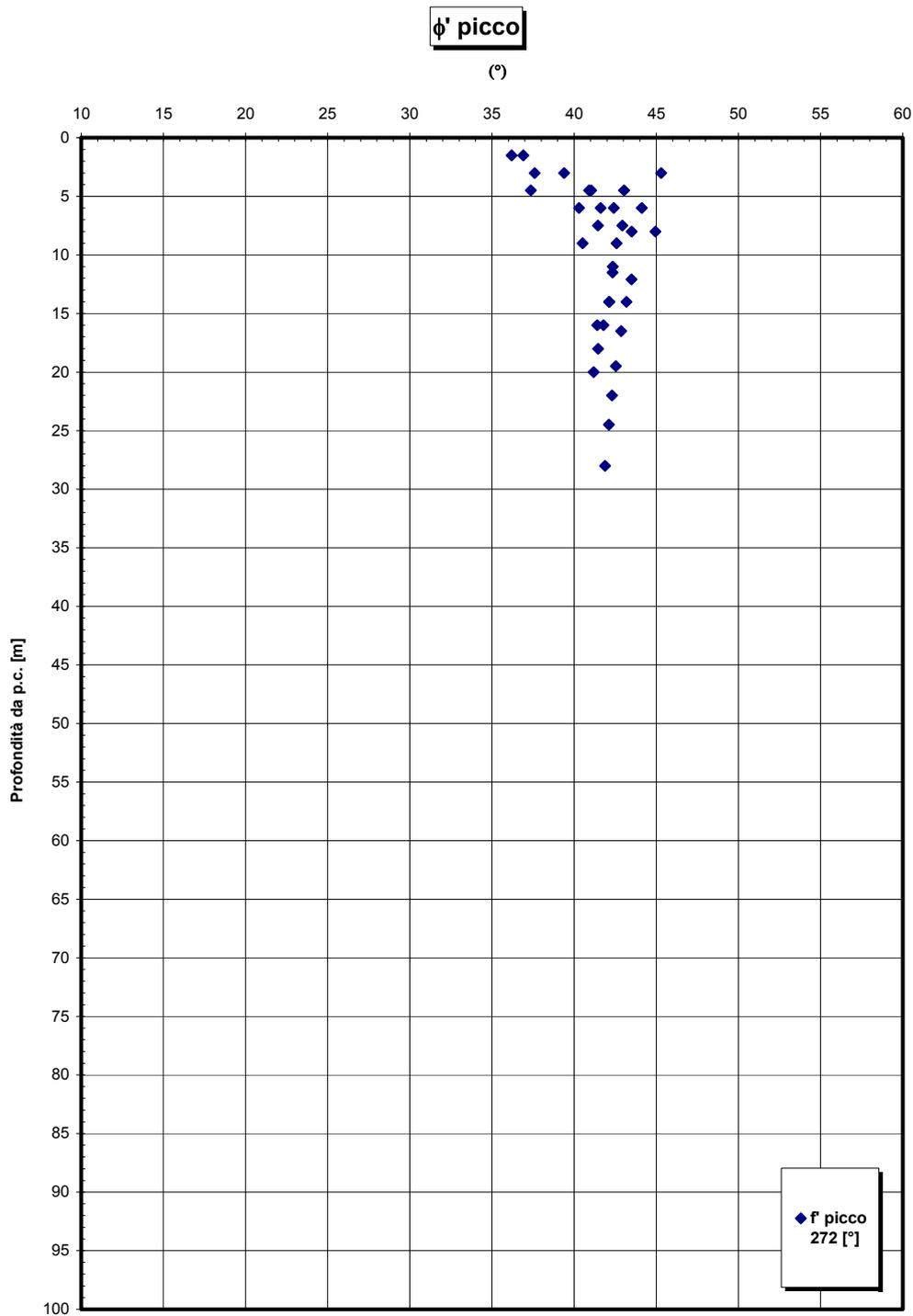


Figura 195

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

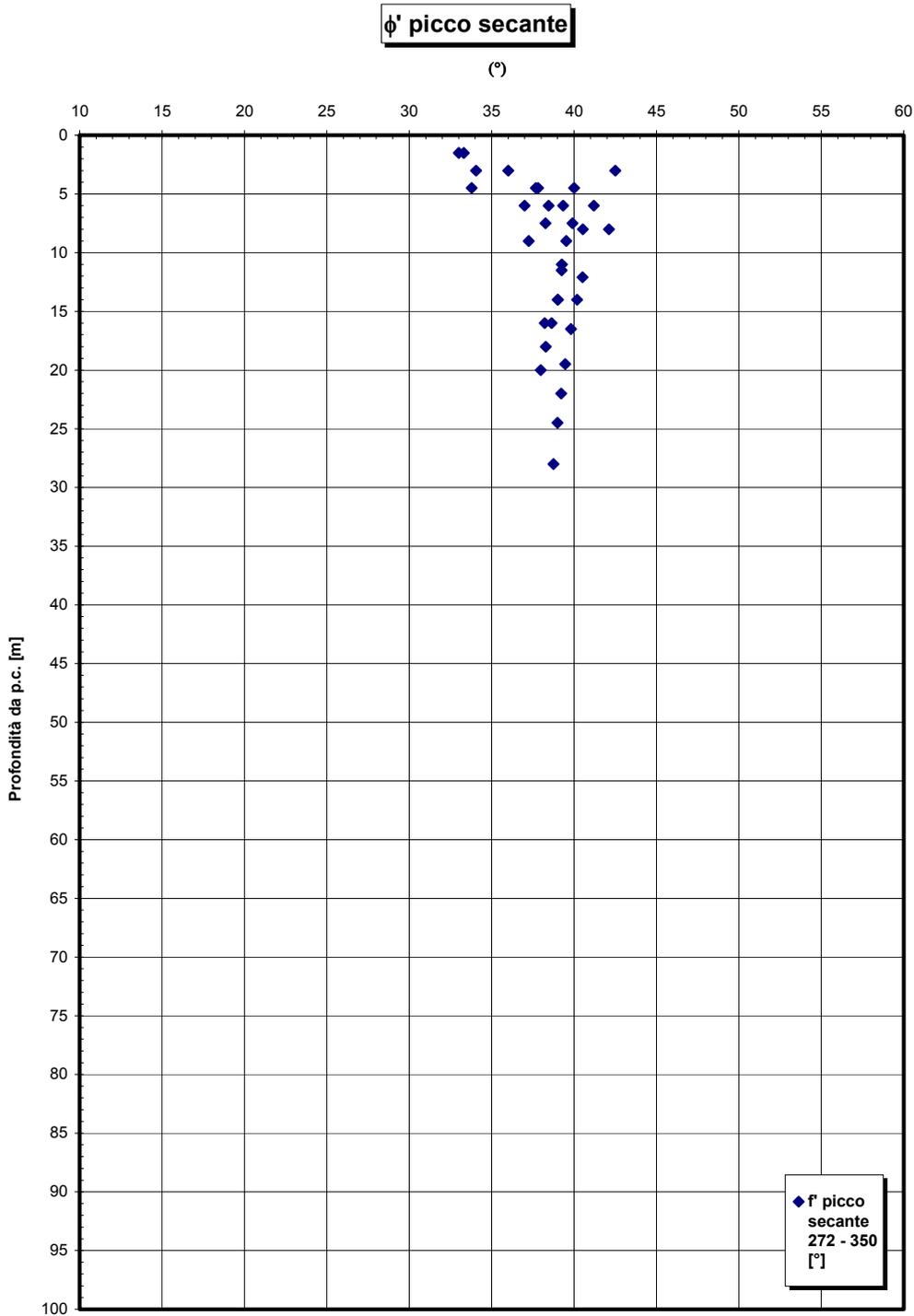


Figura 196

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

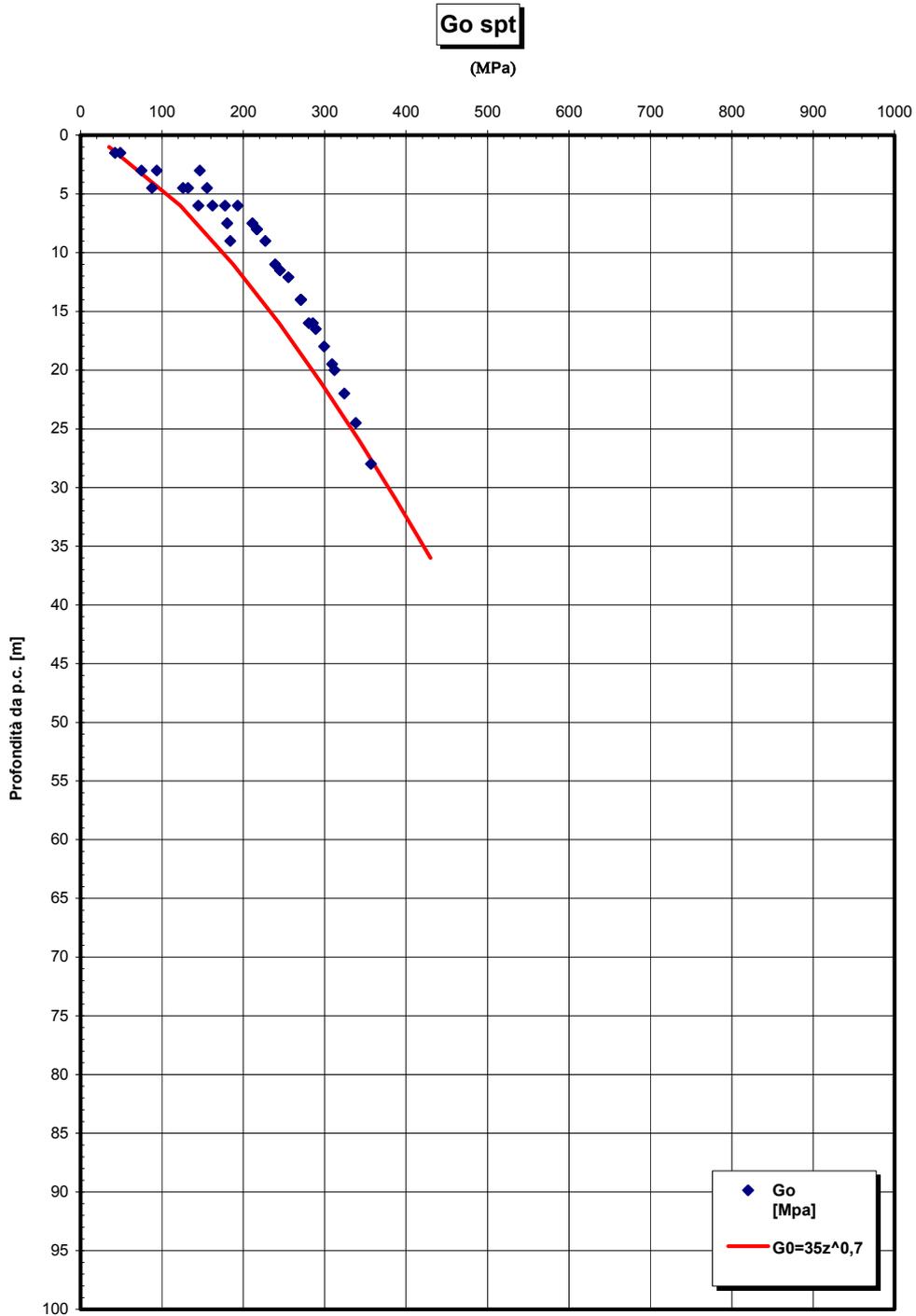


Figura 197

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

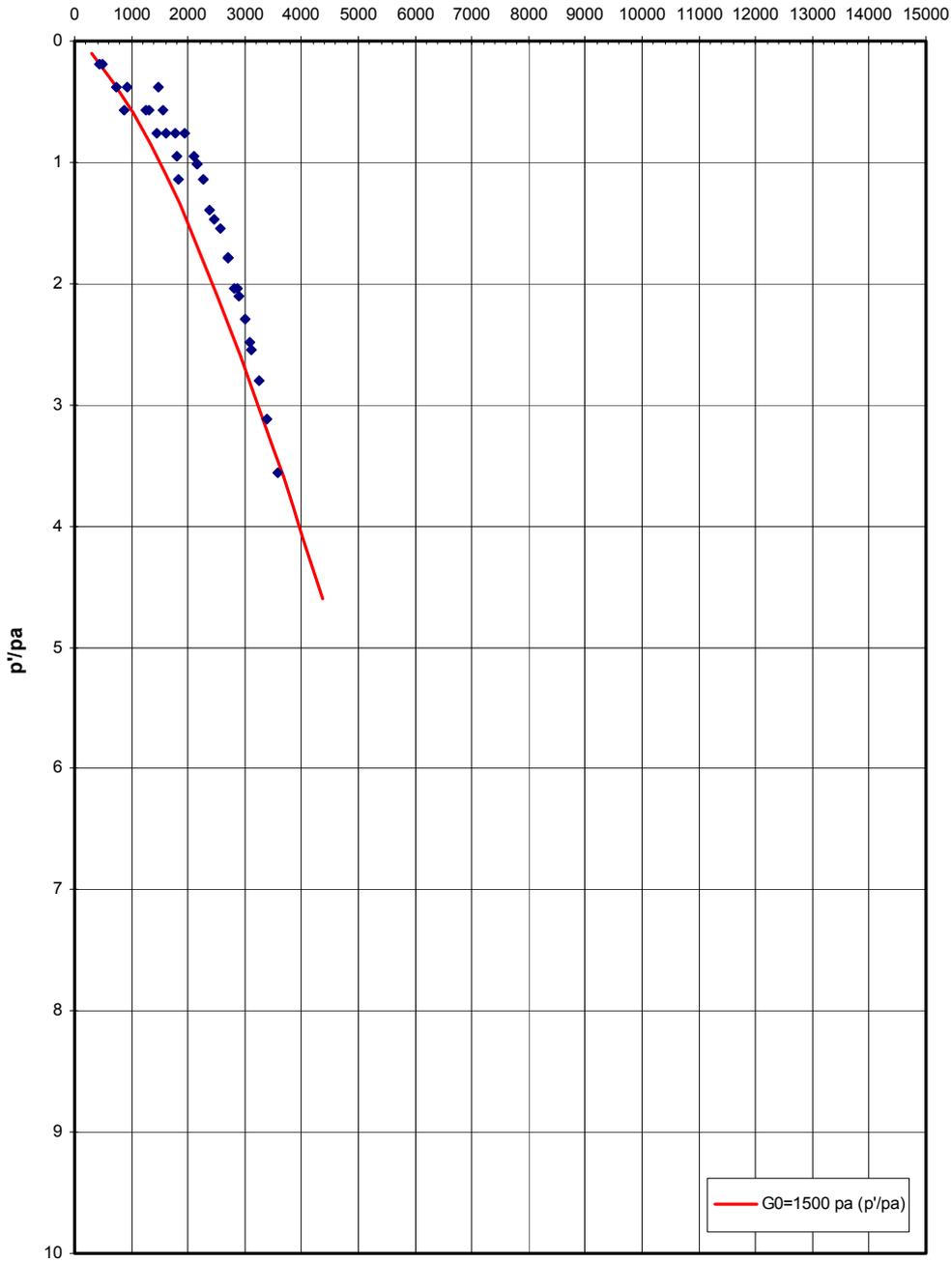


Figura 198

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

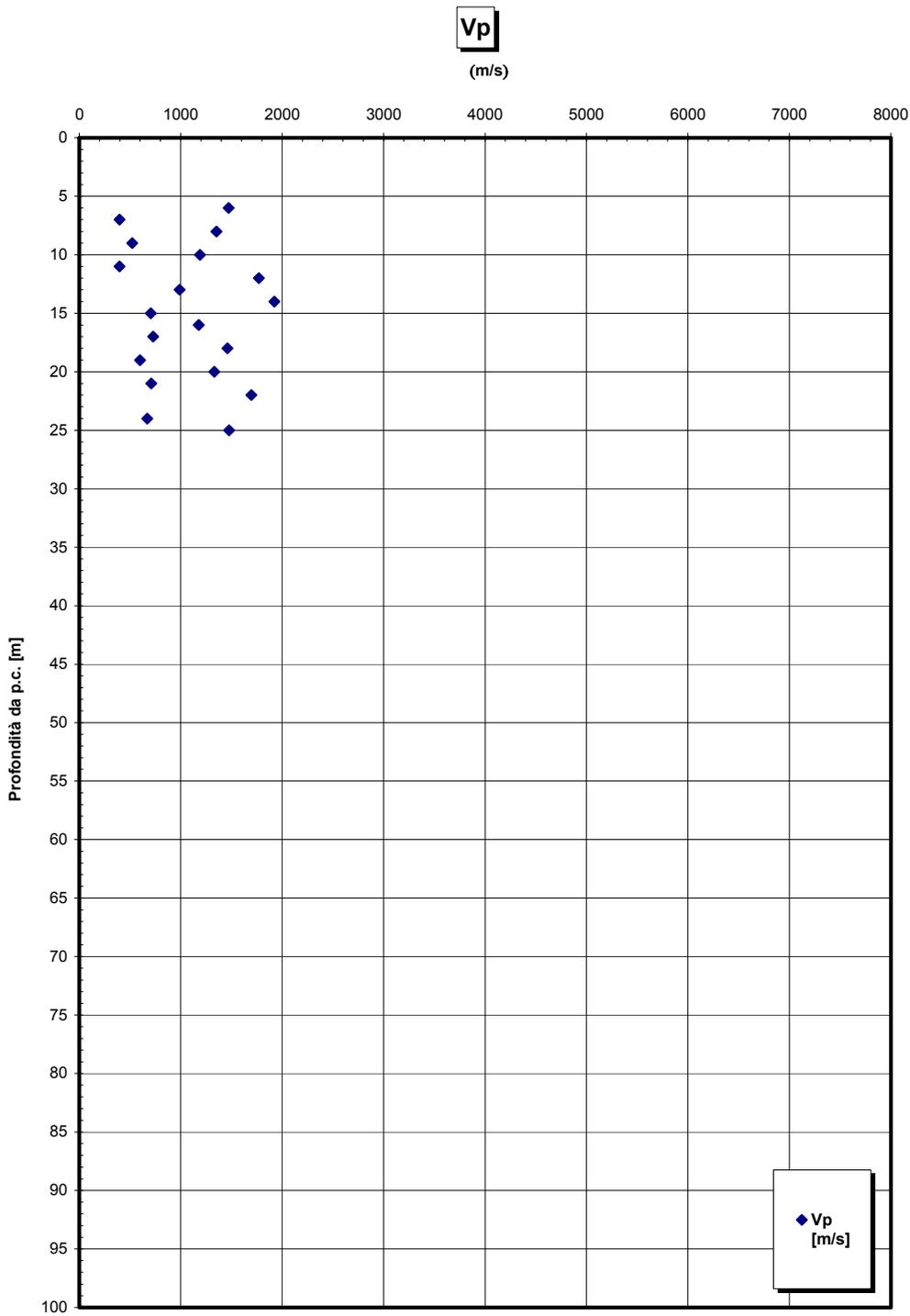


Figura 199

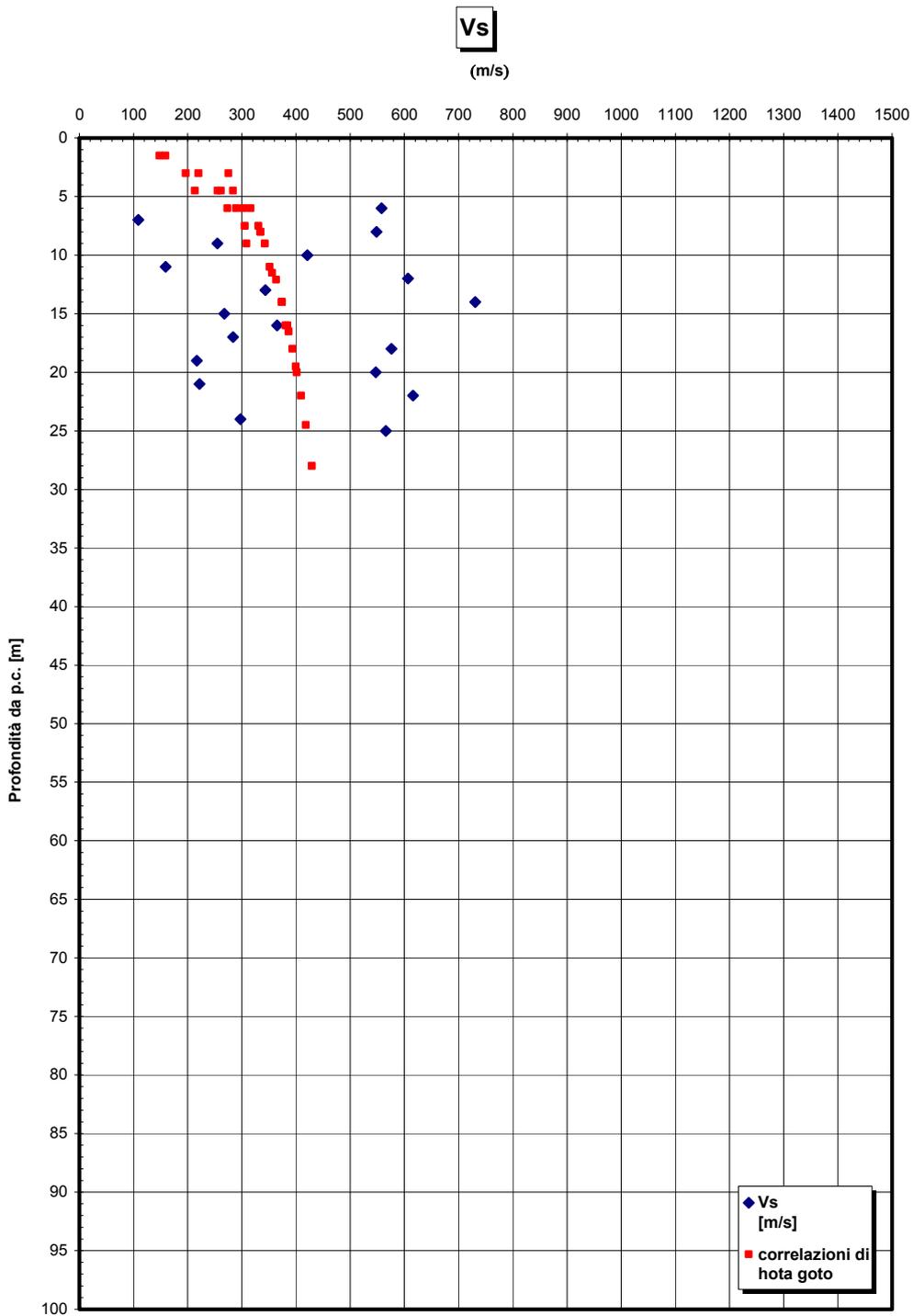


Figura 200

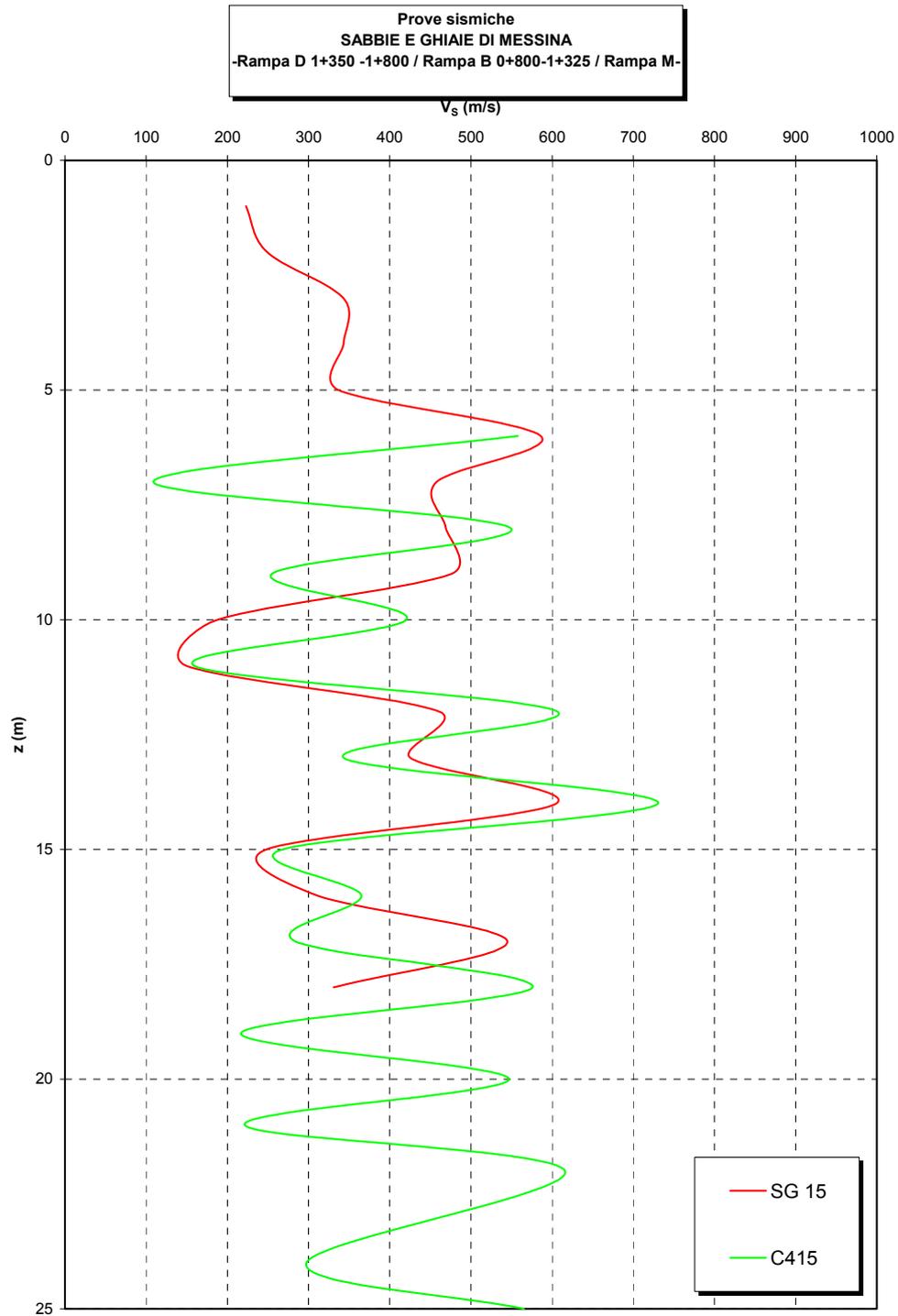


Figura 201

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

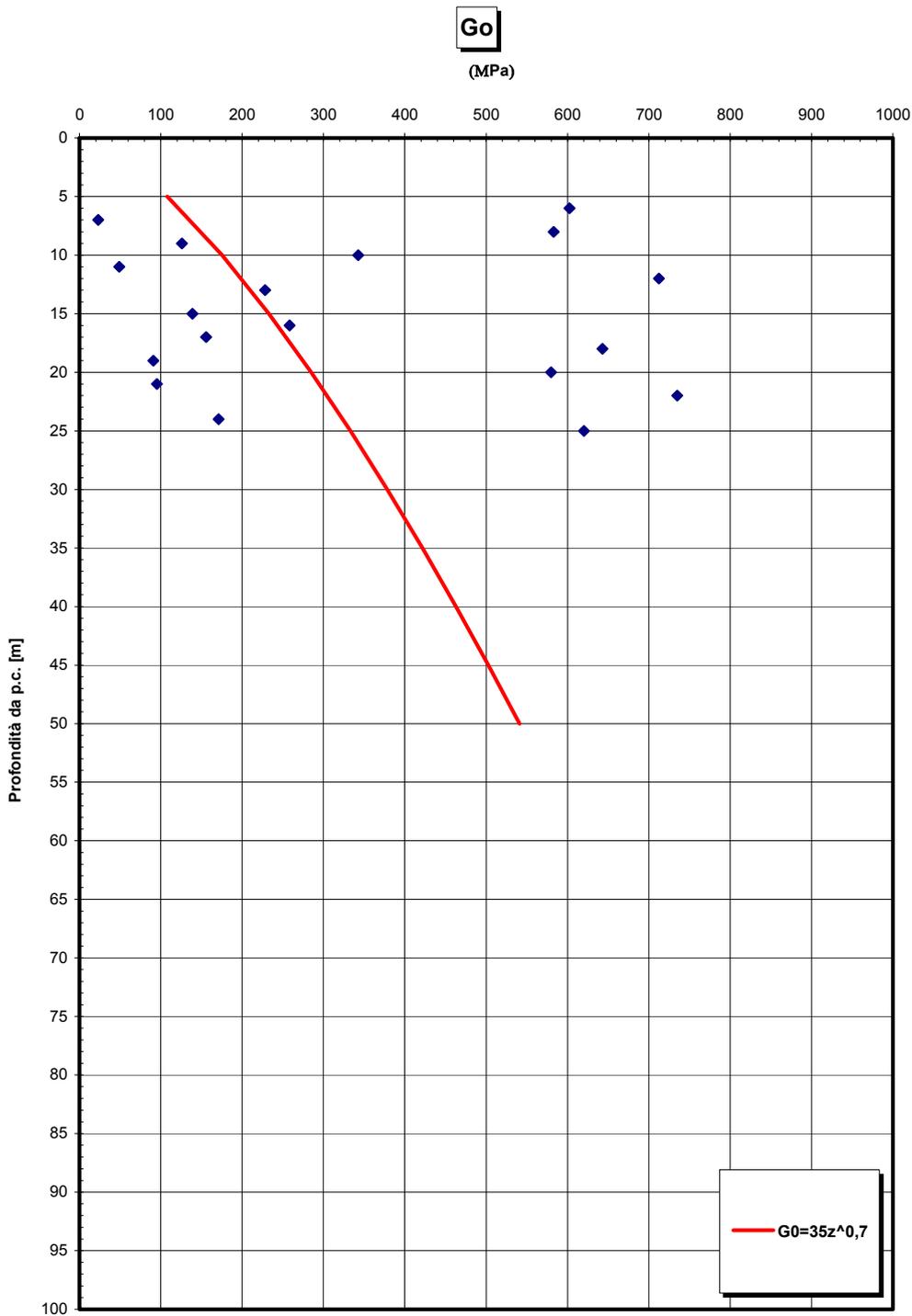


Figura 202- G₀ da Vs misurate in prove sismiche in foro

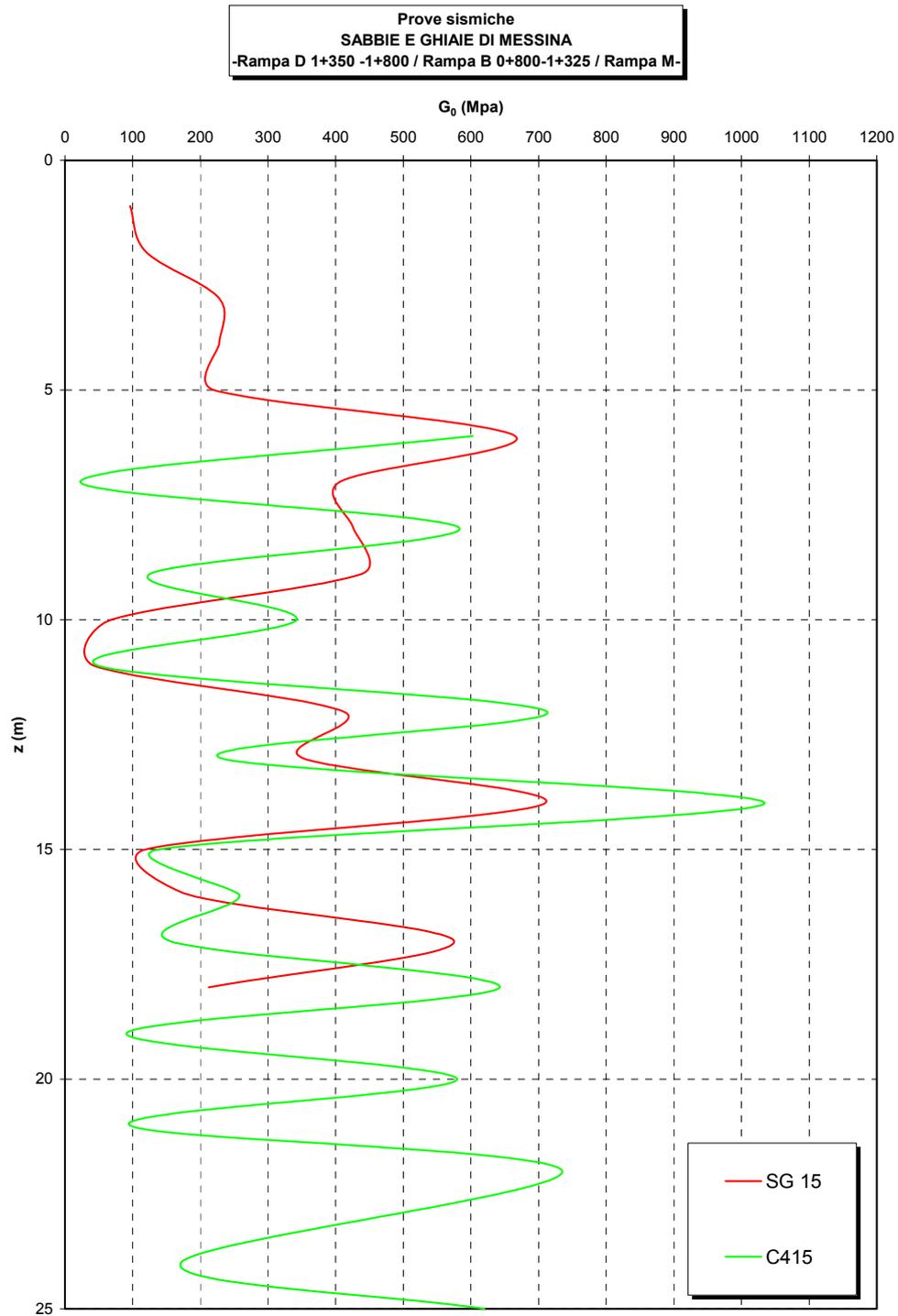


Figura 203

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

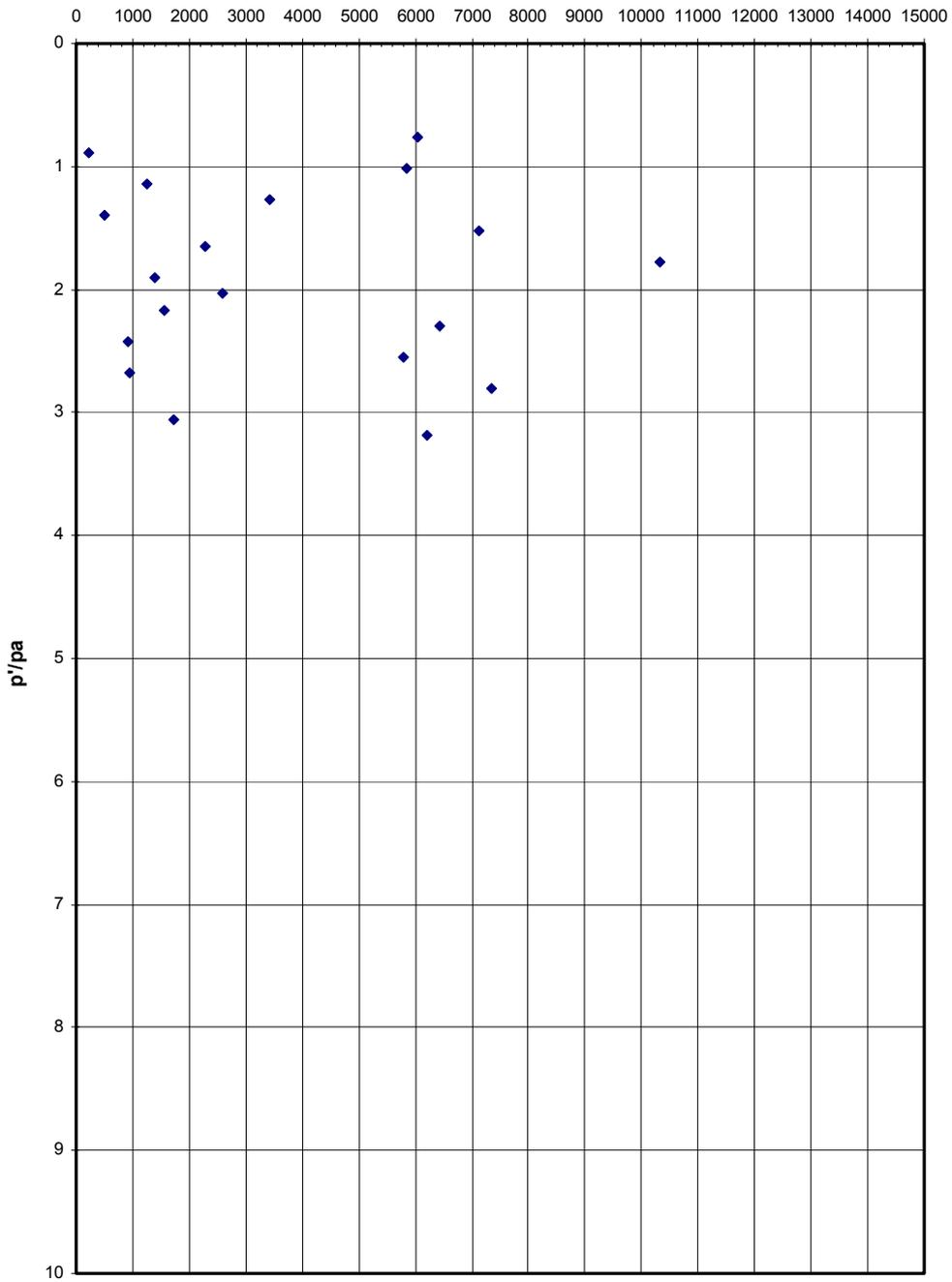


Figura 204

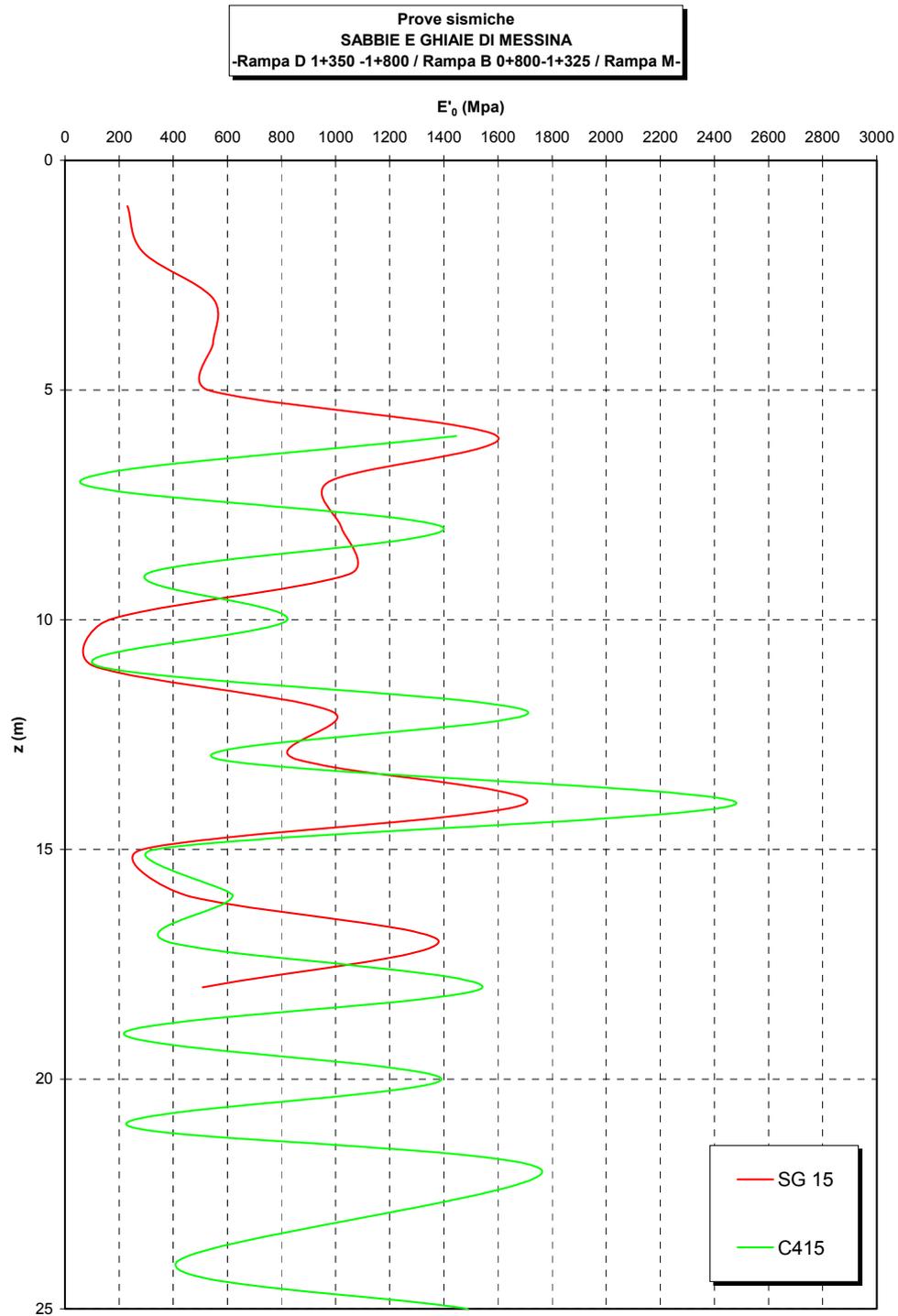


Figura 205

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

5.3.5 Rampa D da Km 1+350

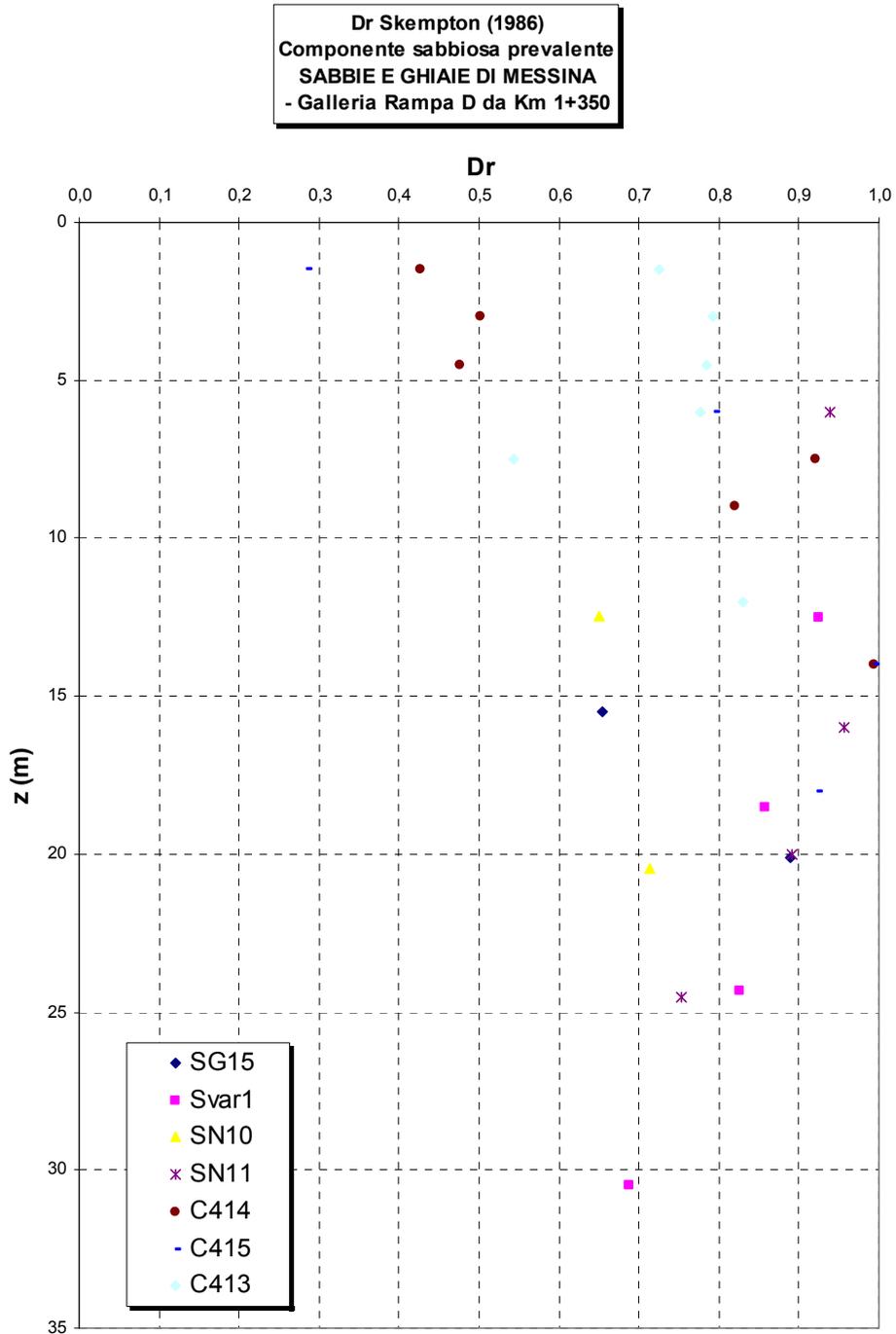


Figura 206

eo

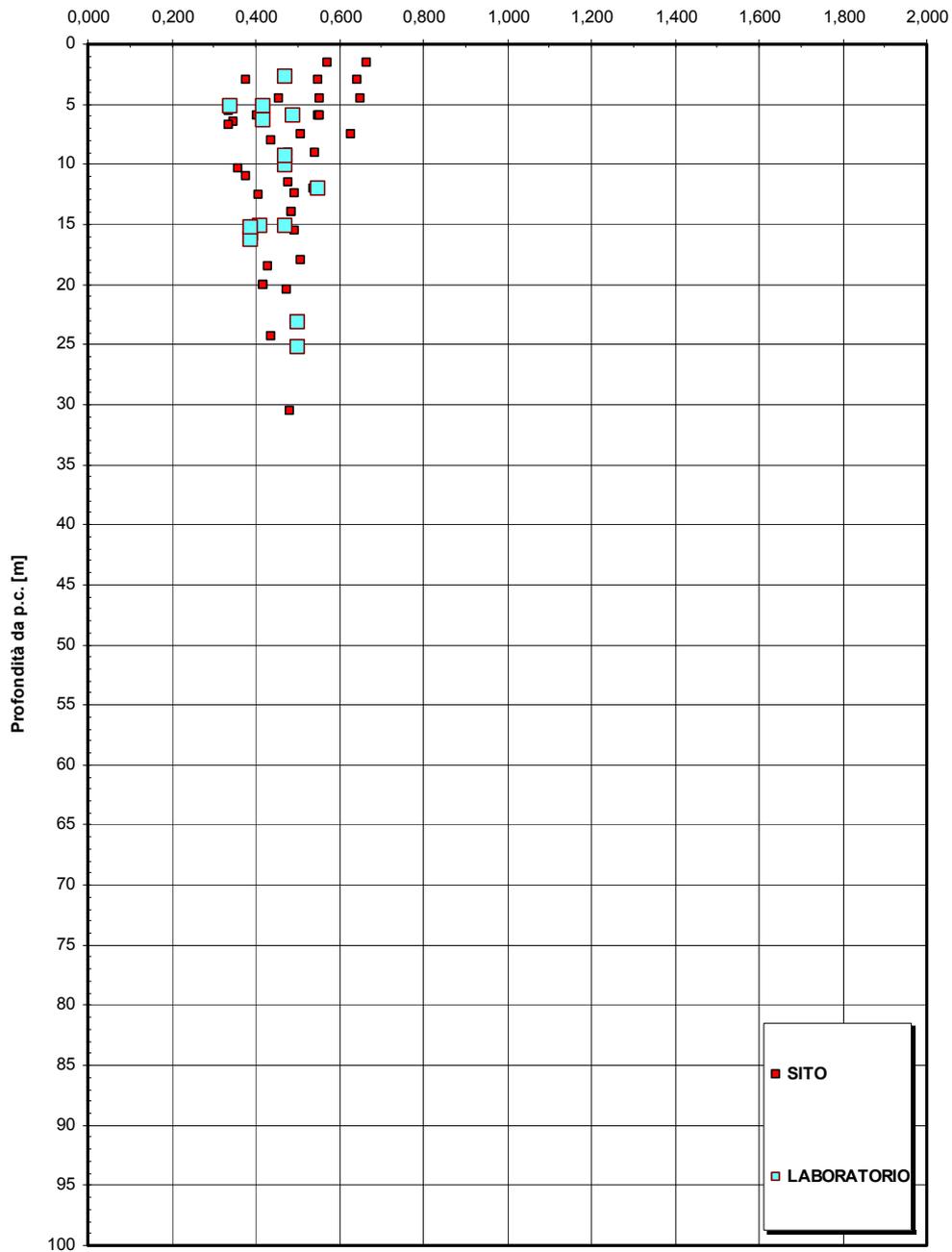


Figura 207

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

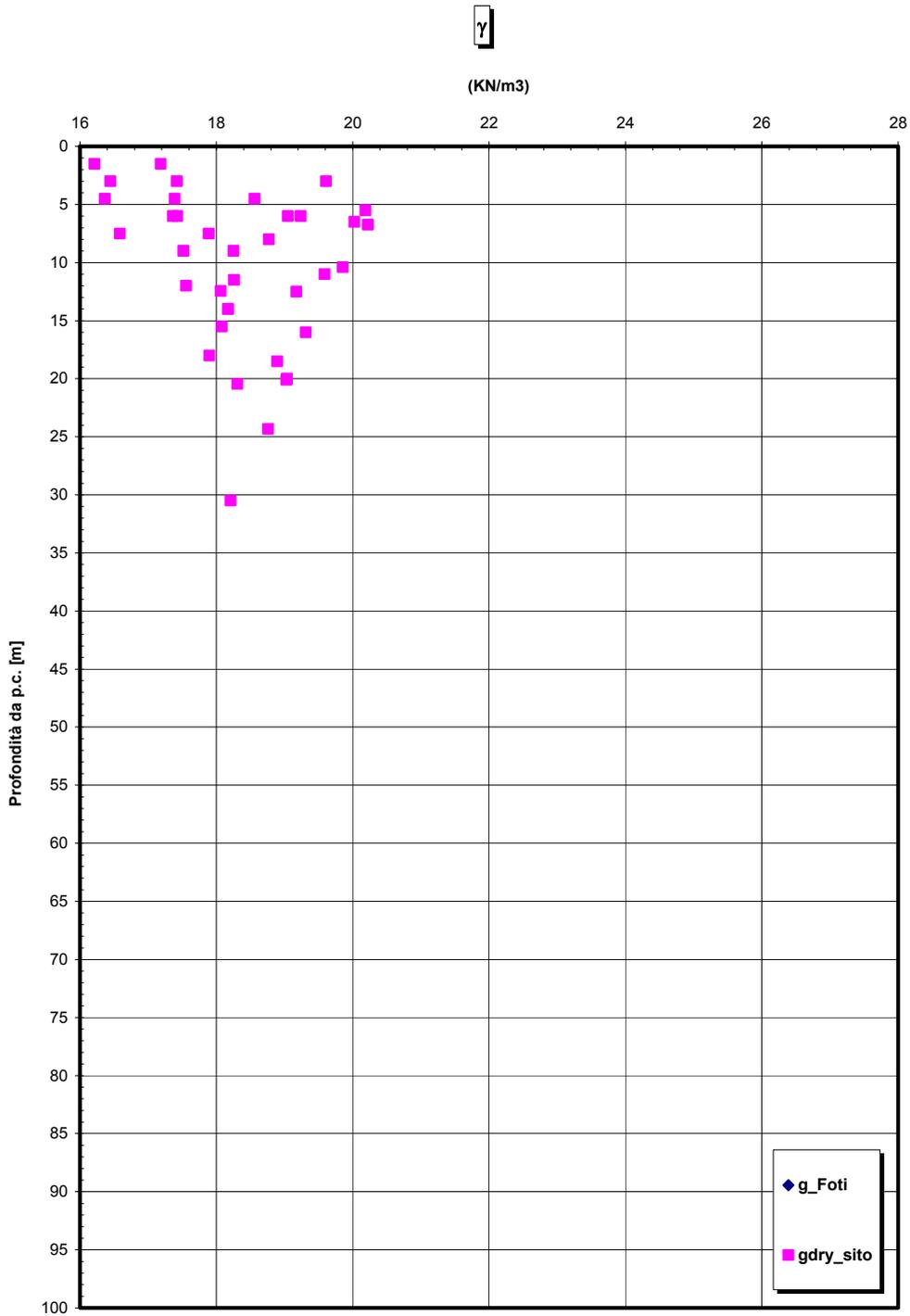


Figura 208

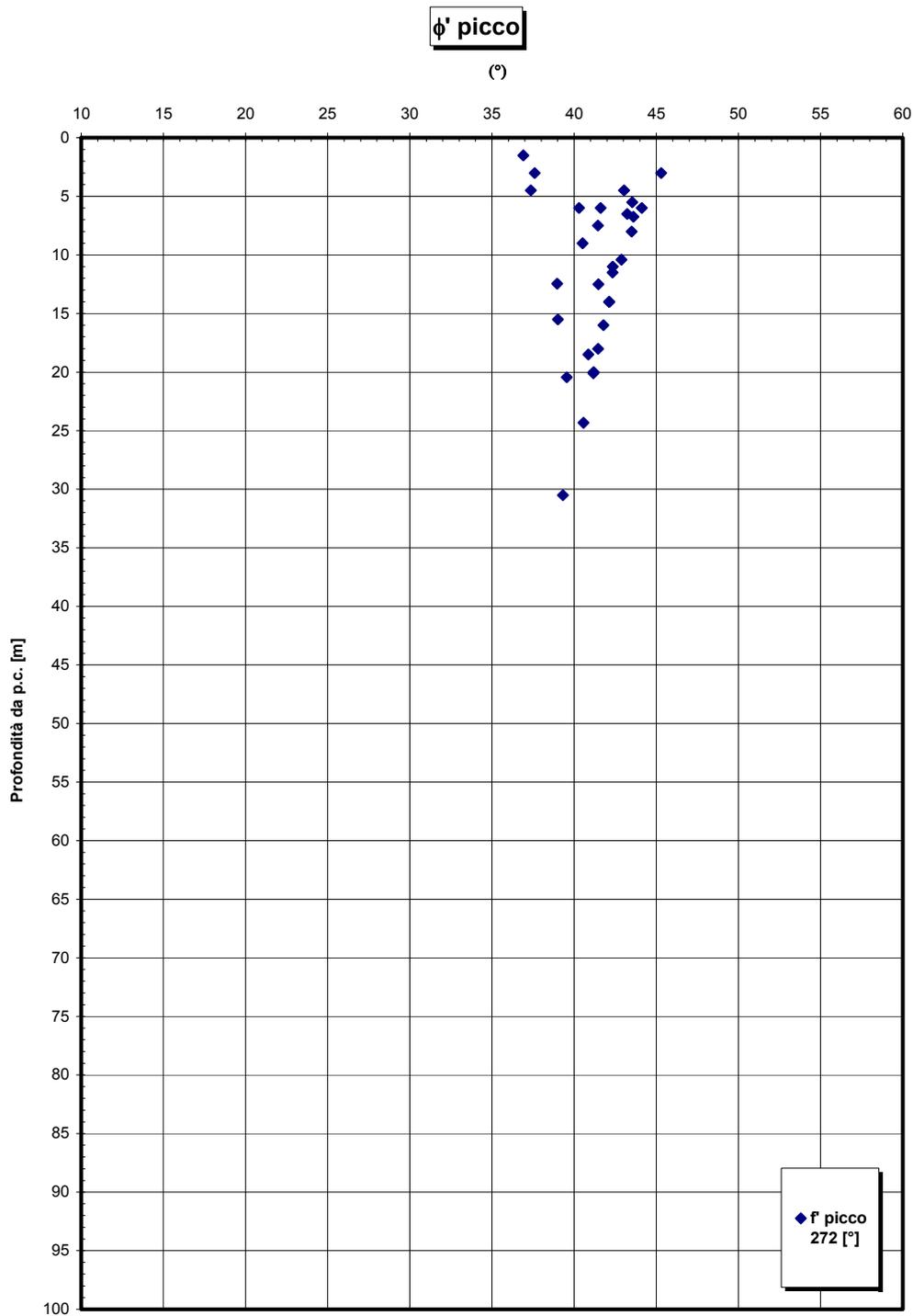


Figura 209

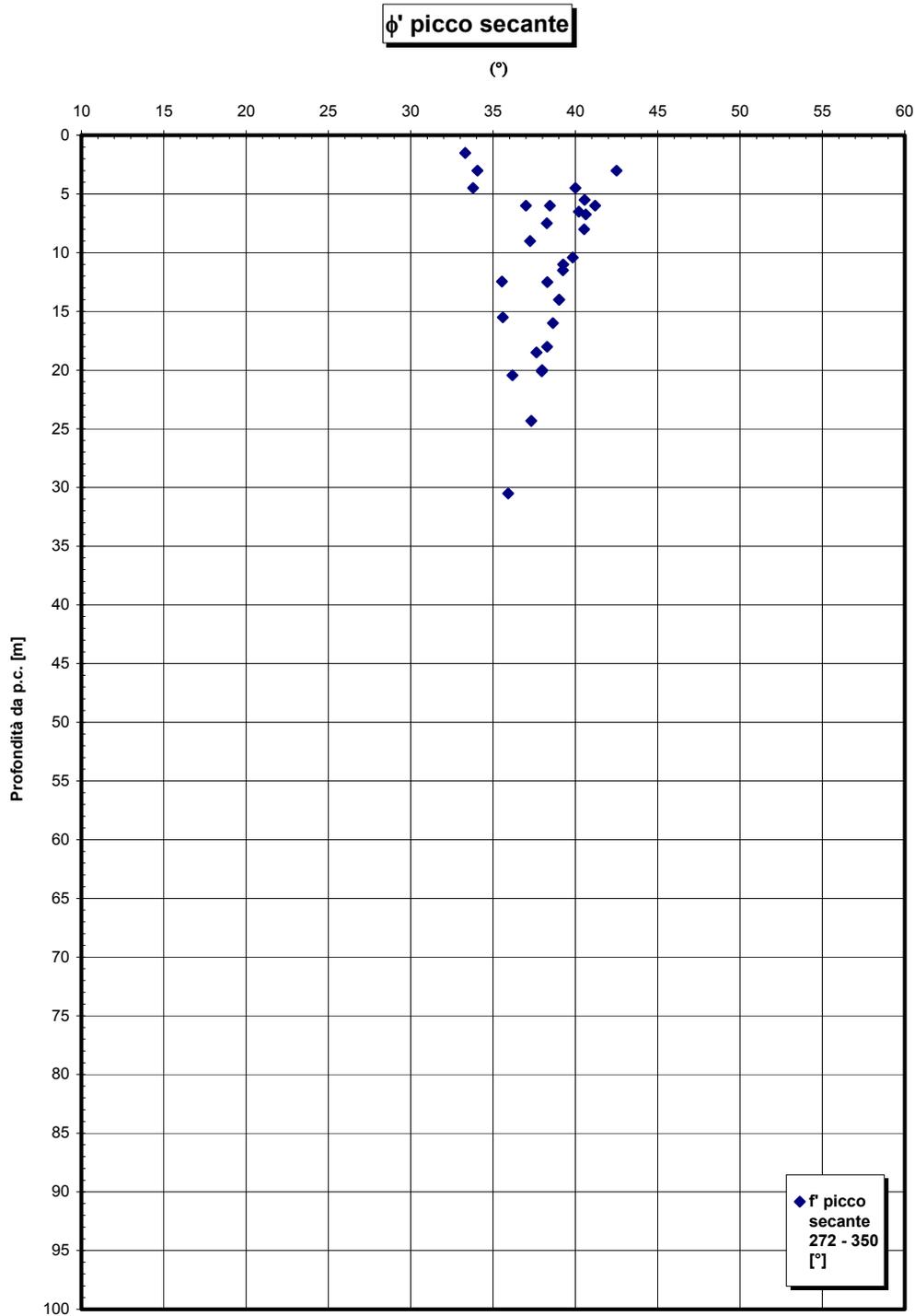


Figura 210

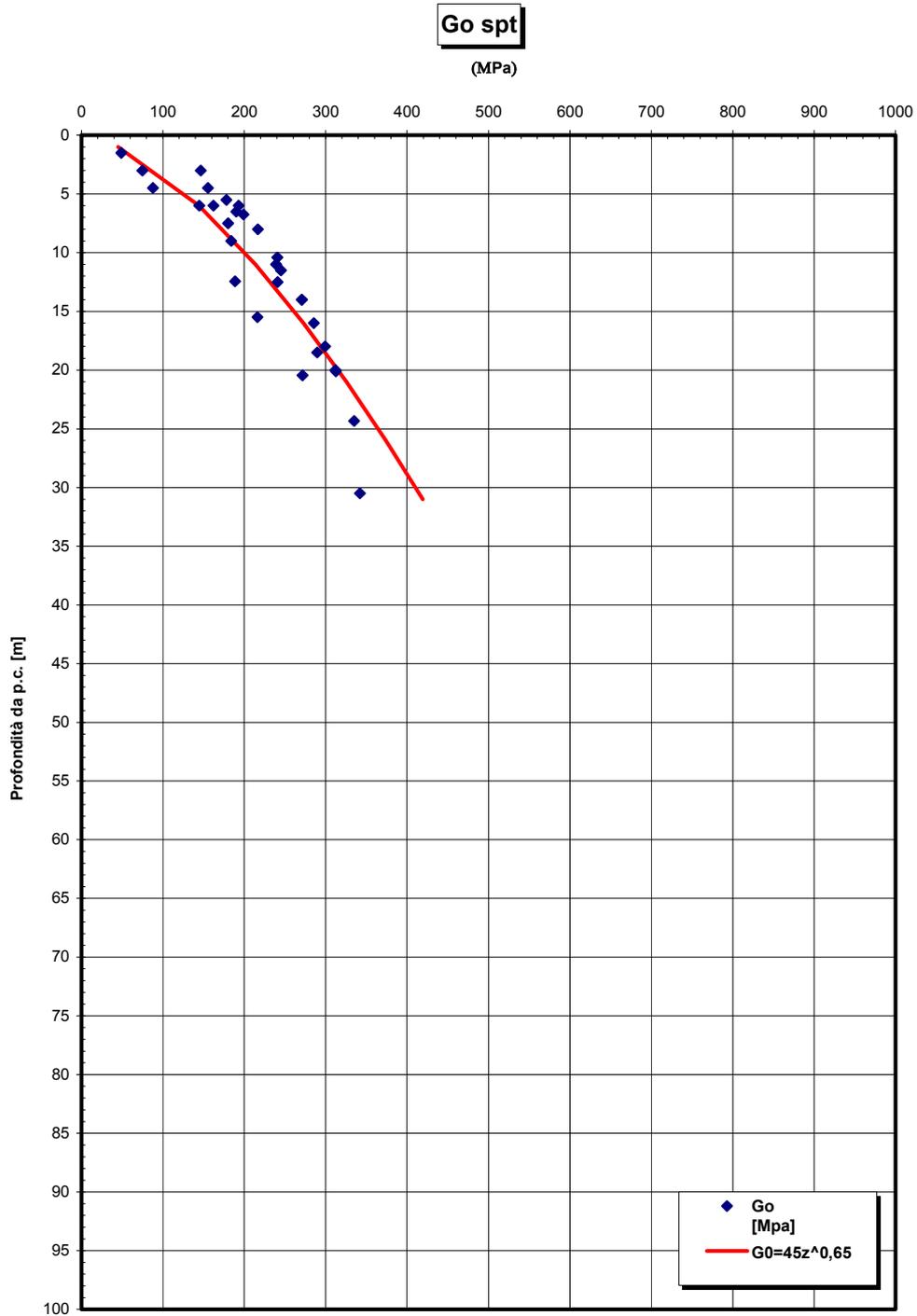


Figura 211

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

G₀/pa

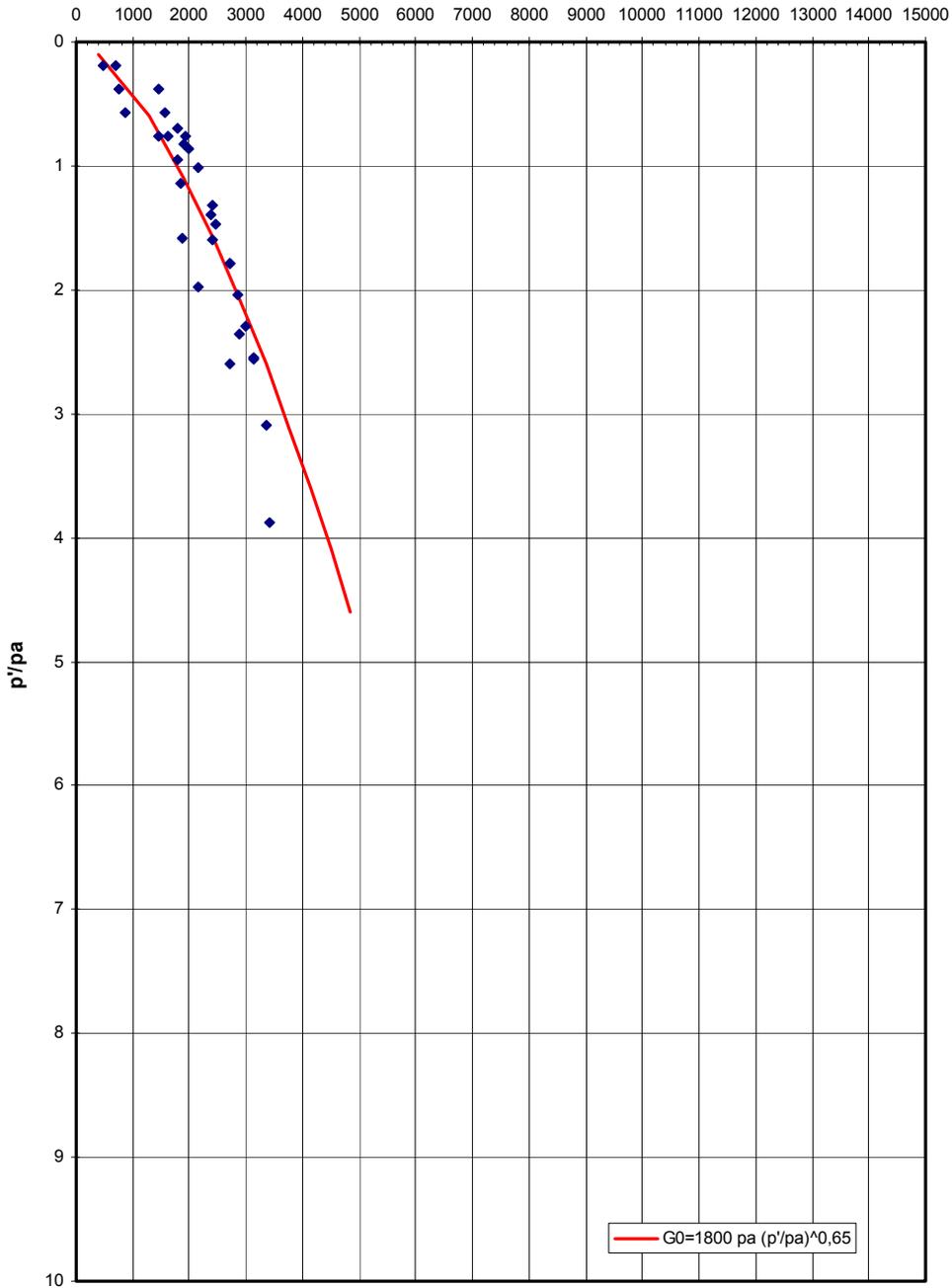


Figura 212

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

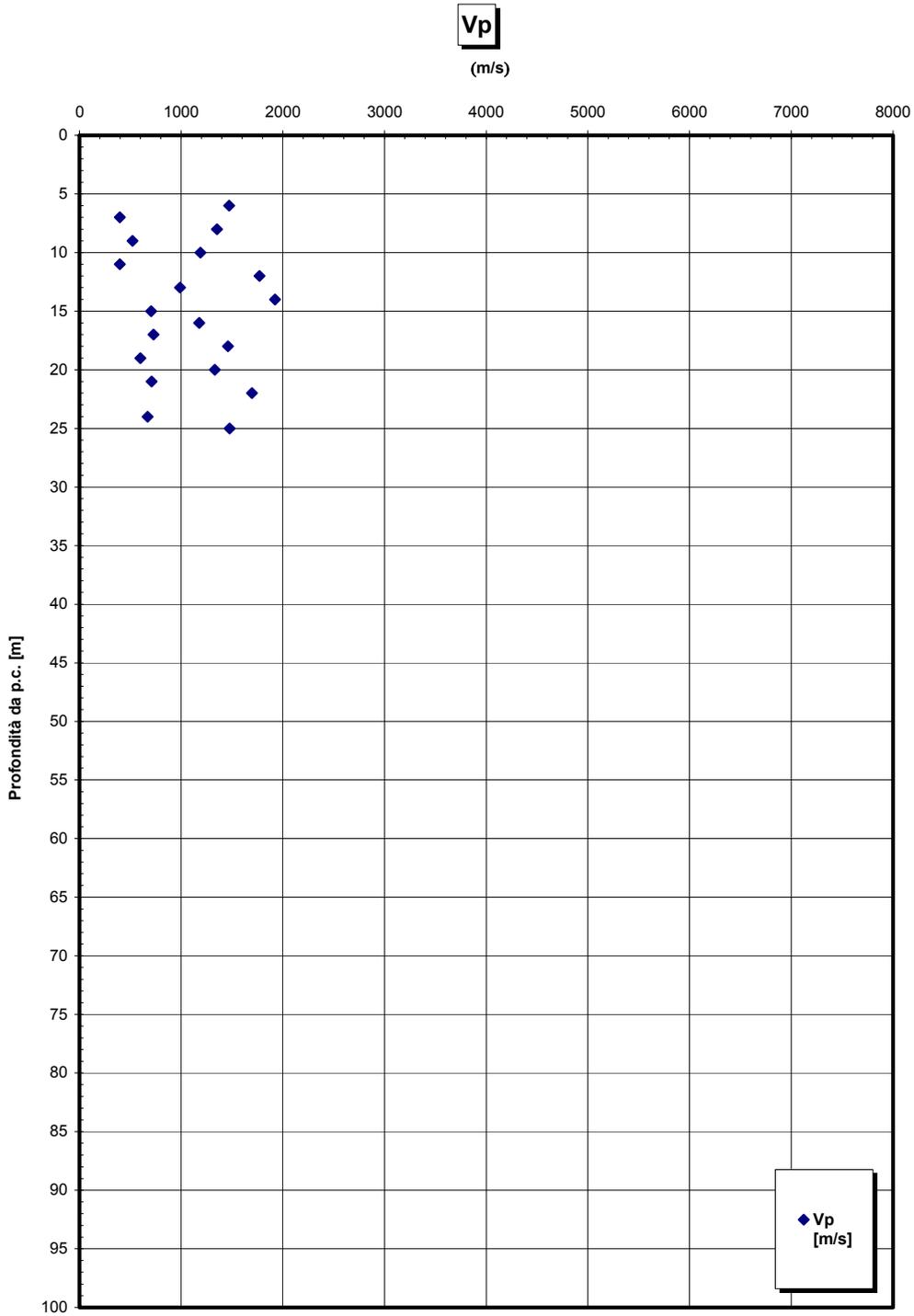


Figura 213

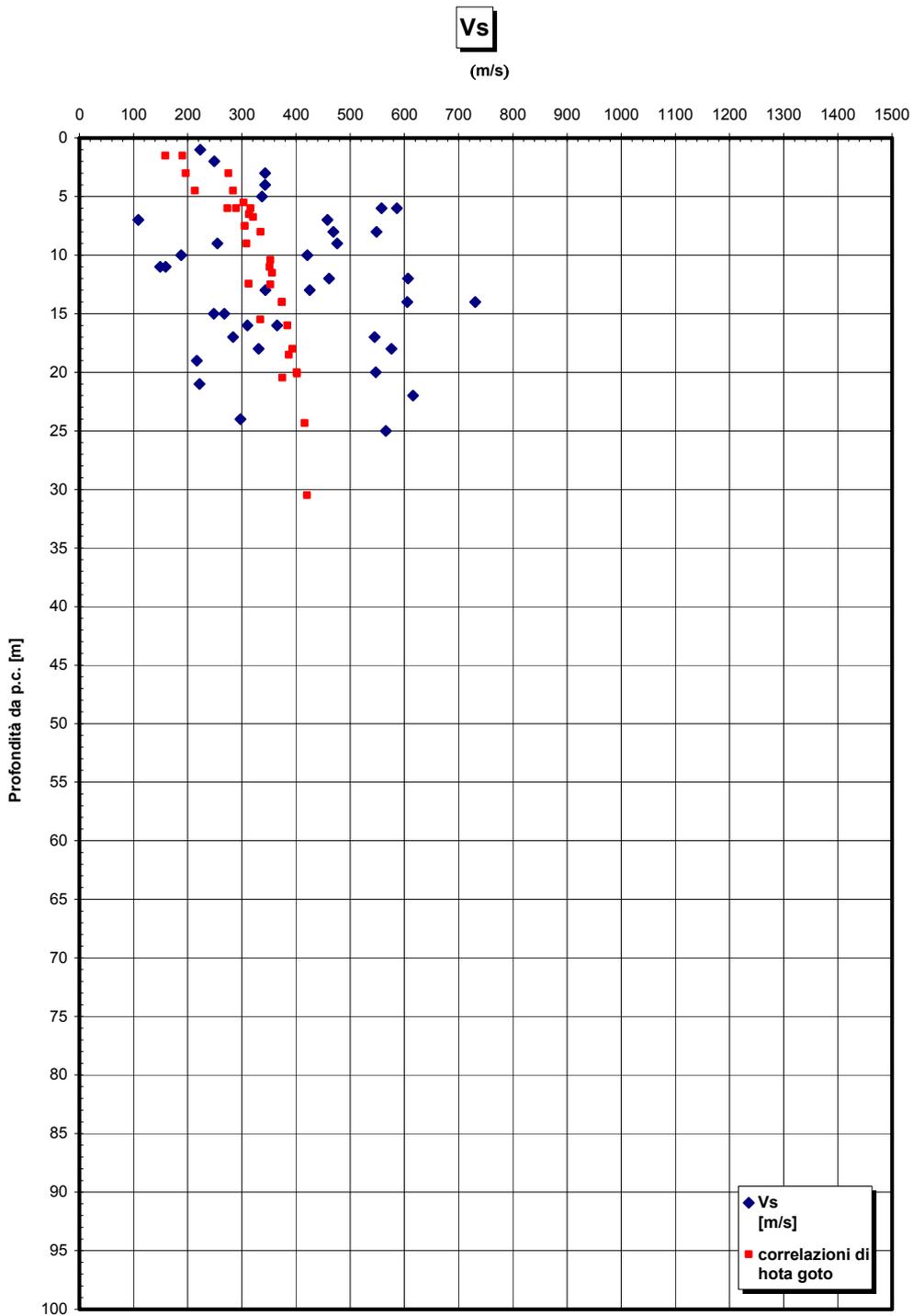


Figura 214

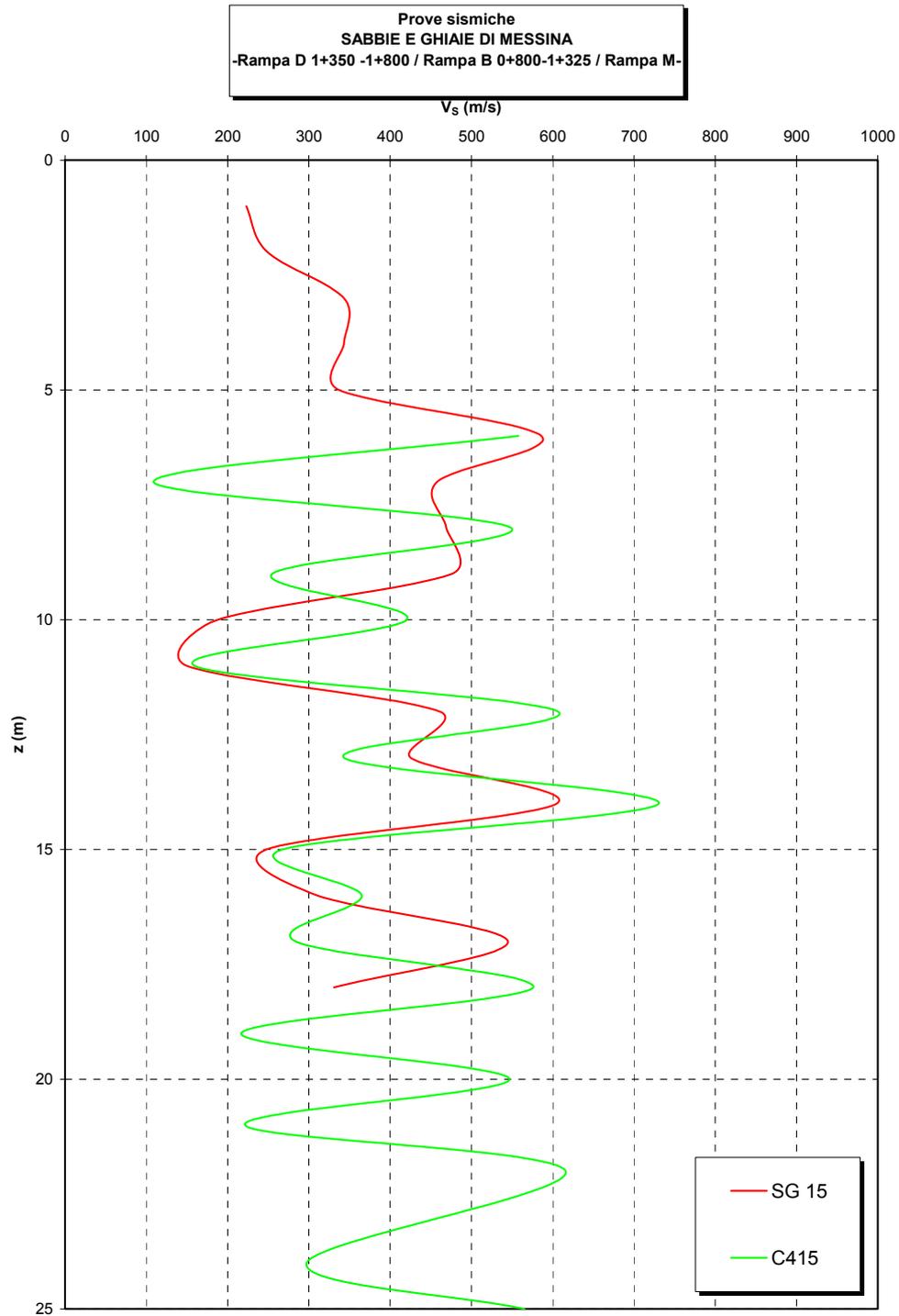


Figura 215

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

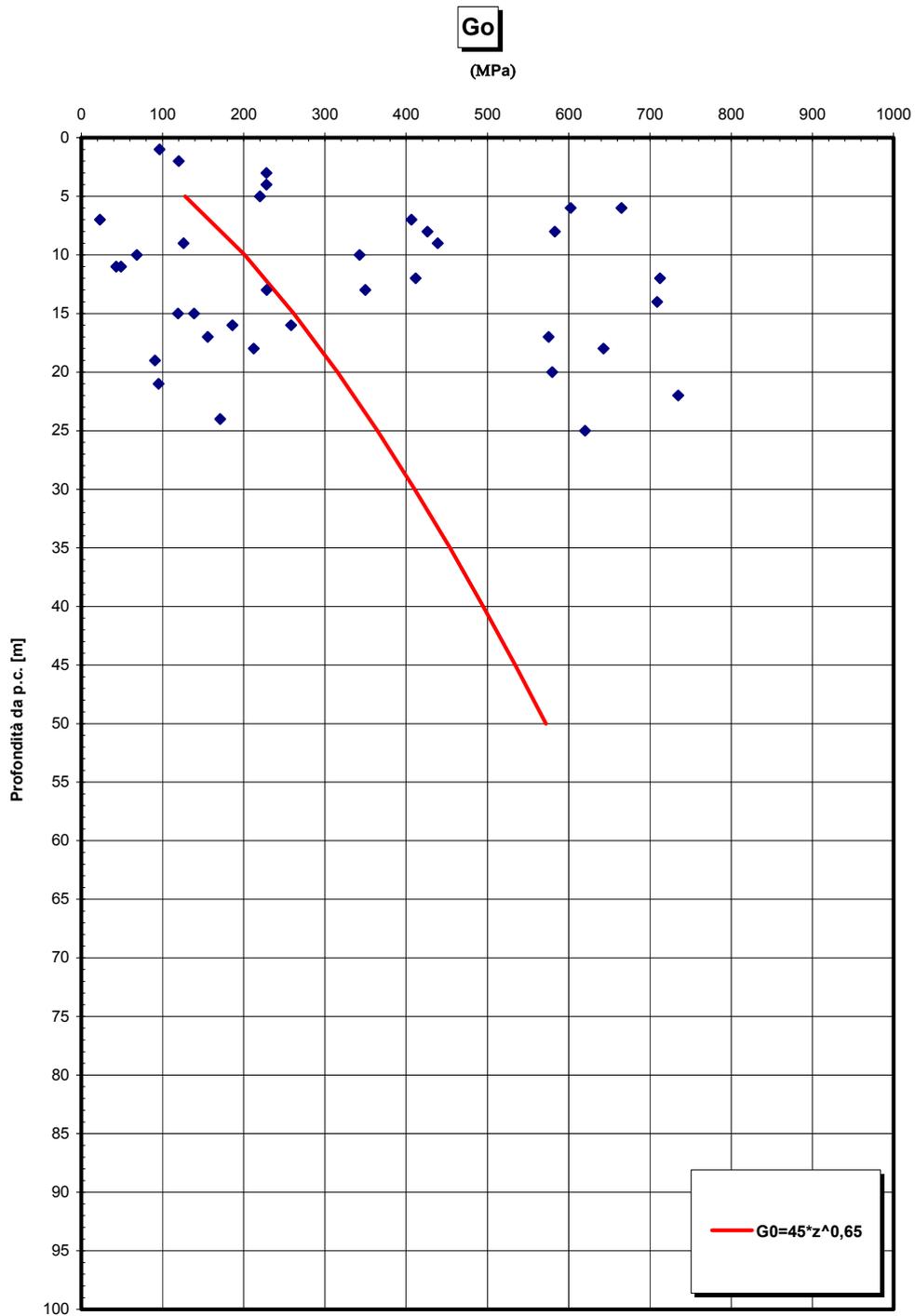


Figura 216- G_0 da V_s misurate in prove sismiche in foro

Prove sismiche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
-Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M-

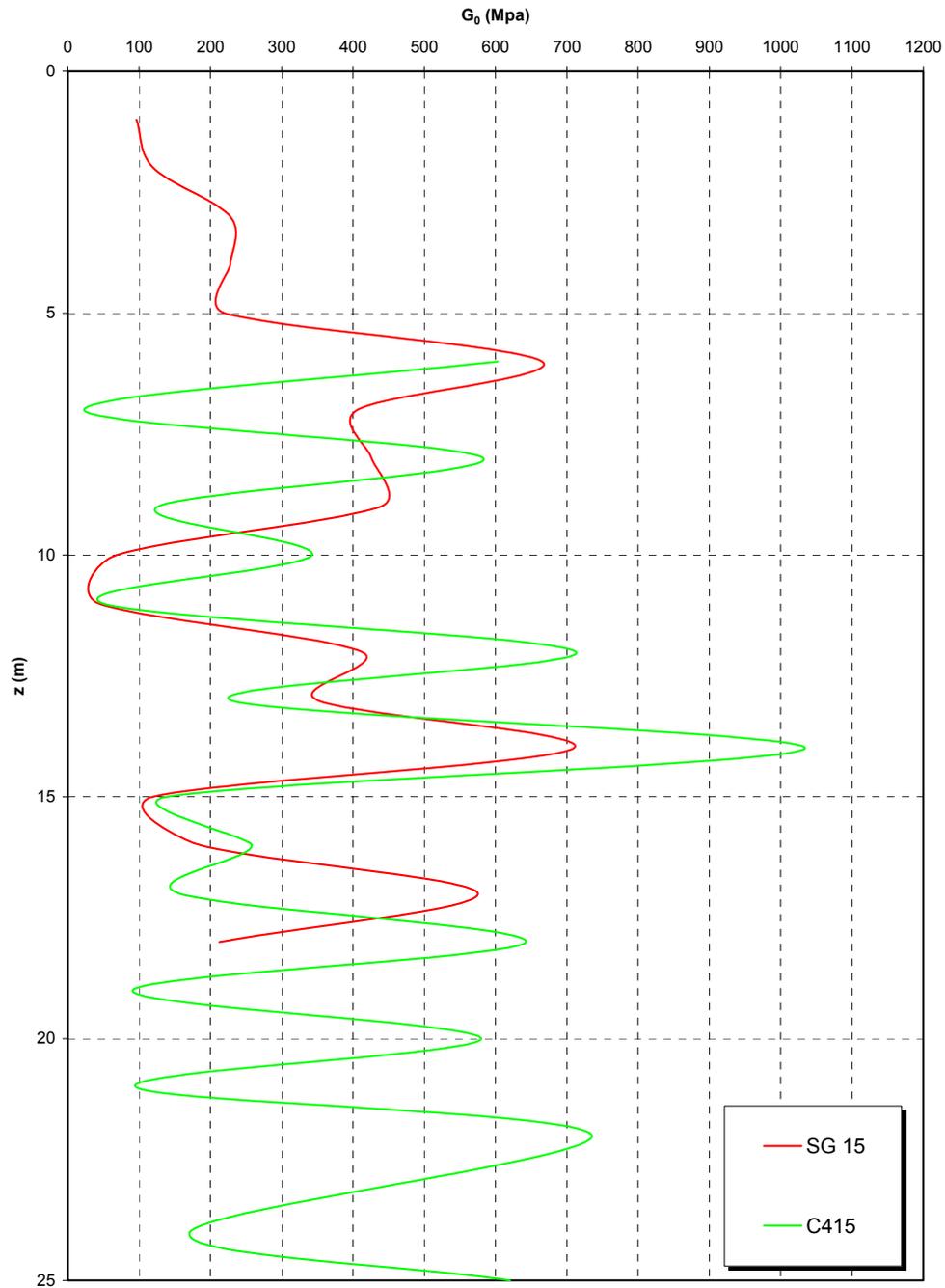


Figura 217

Go/pa

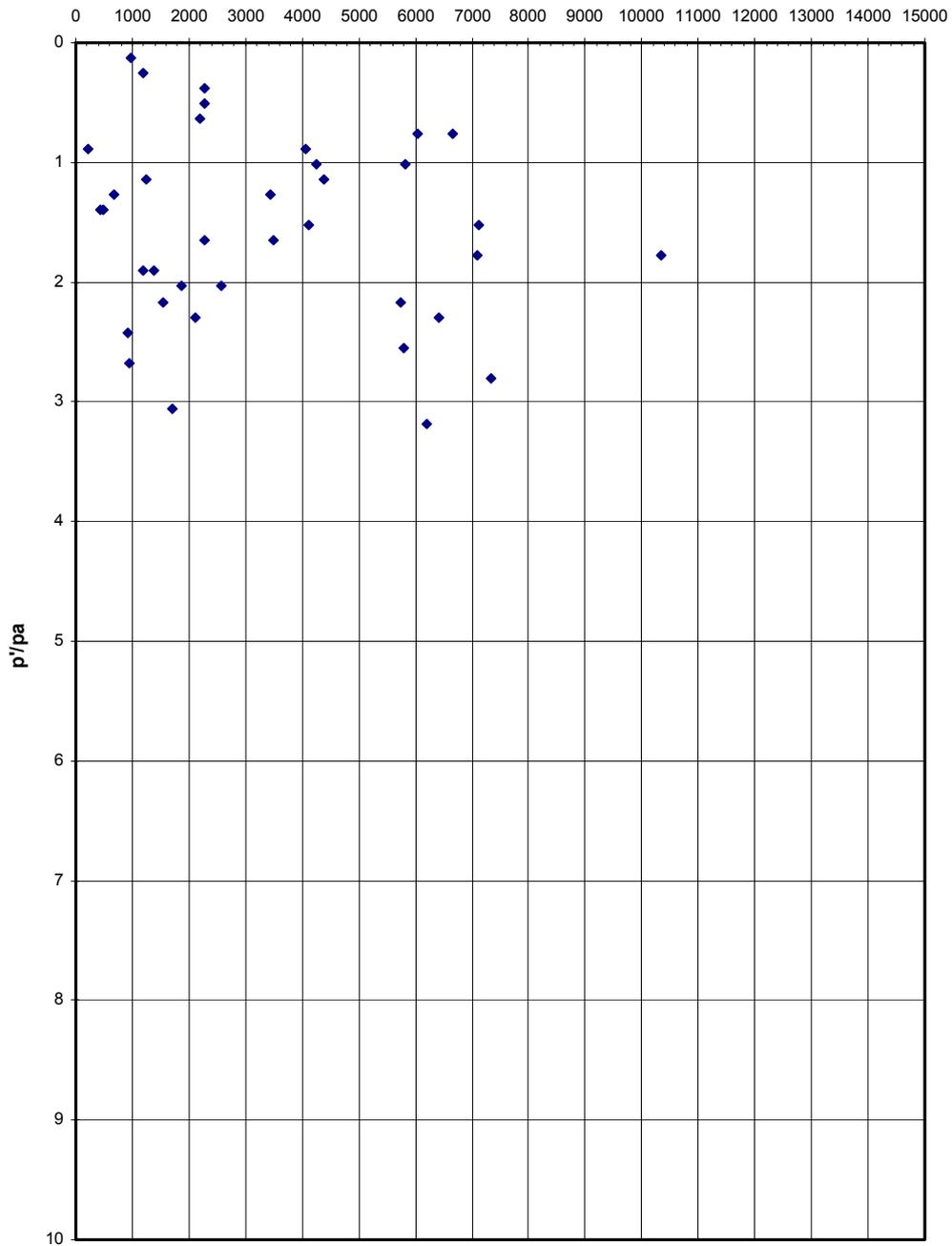


Figura 218 – G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

**Prove sismiche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
-Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M-**

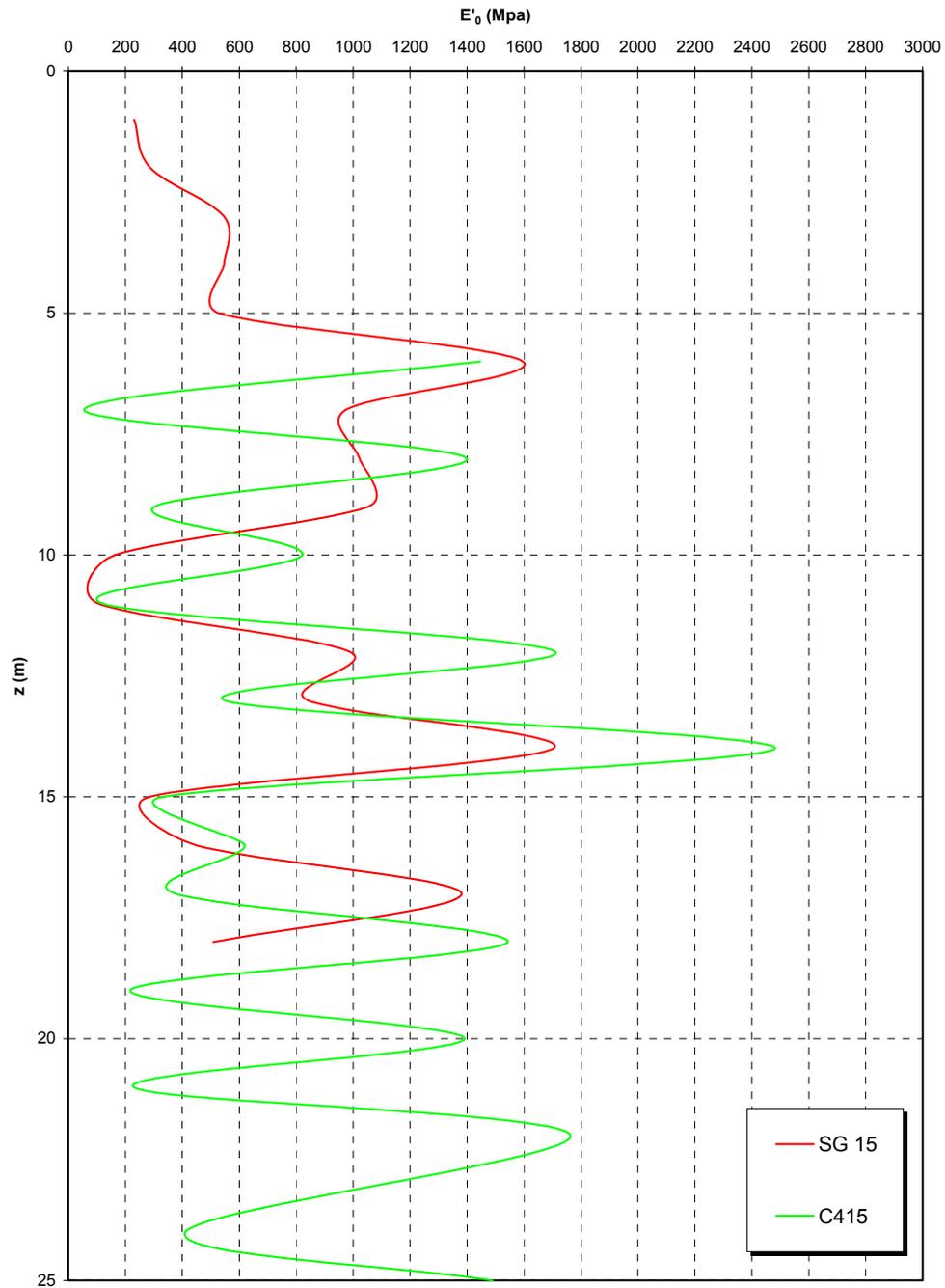


Figura 219

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.3.6 Rampa D_dec

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

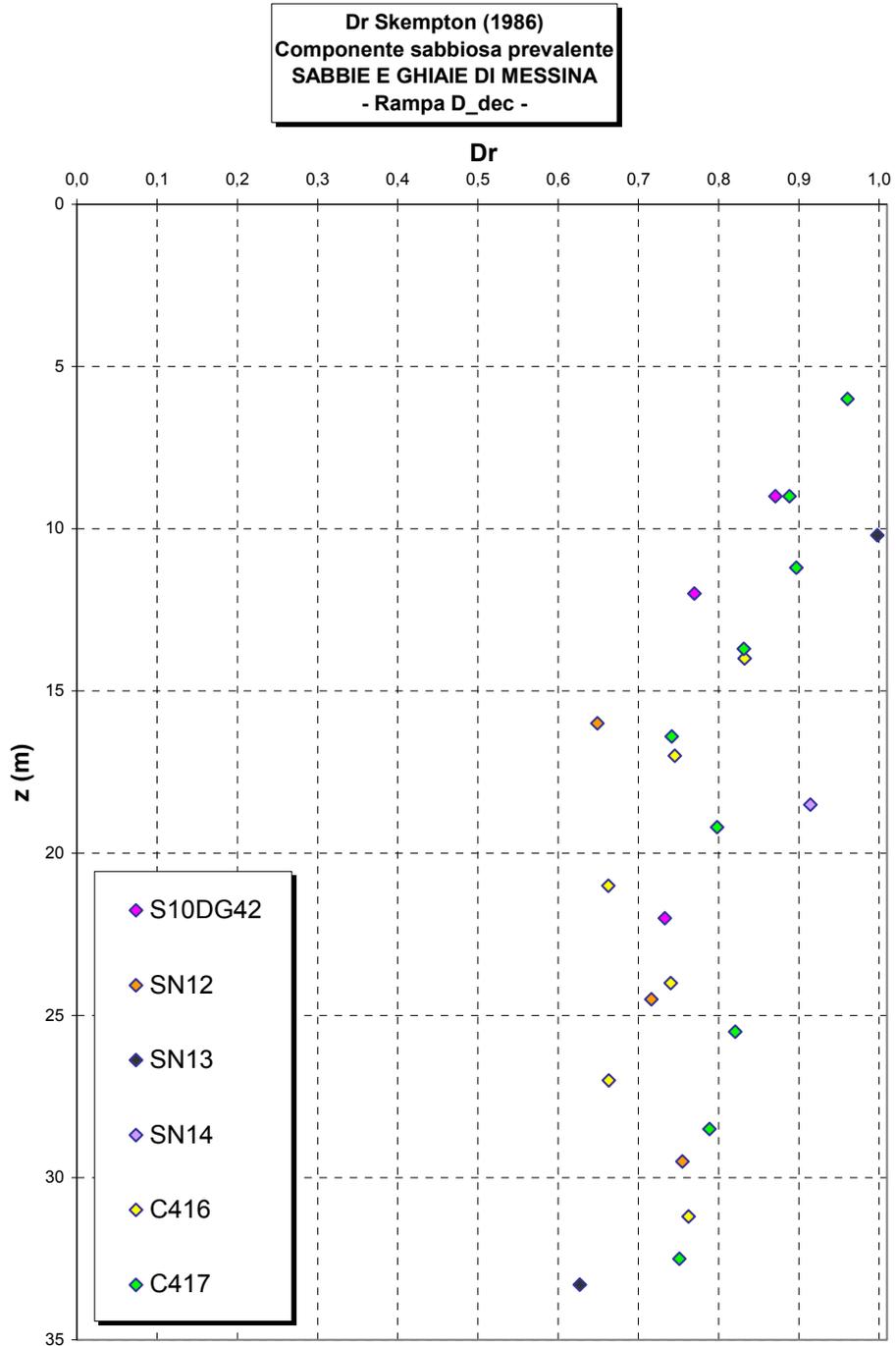


Figura 220

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA

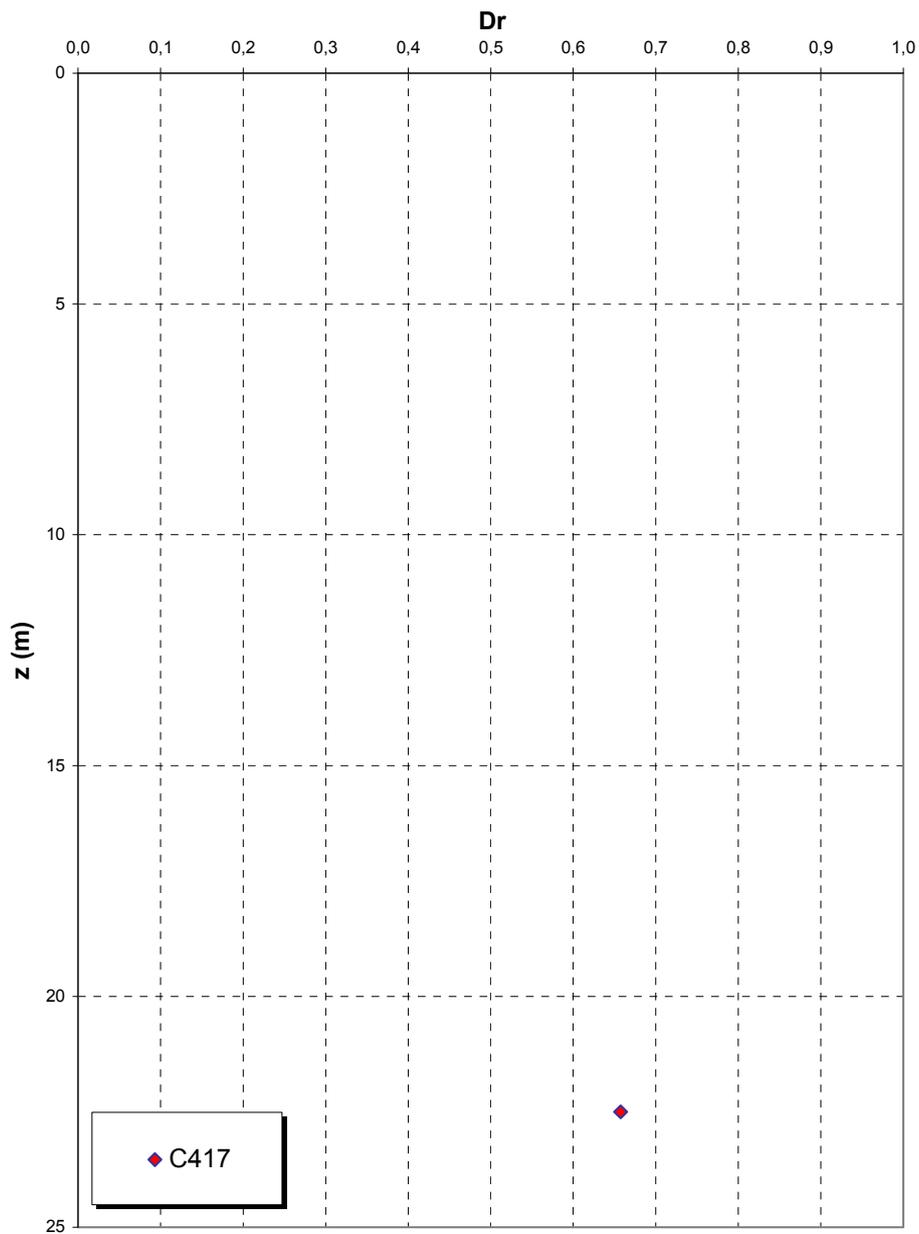


Figura 221

eo

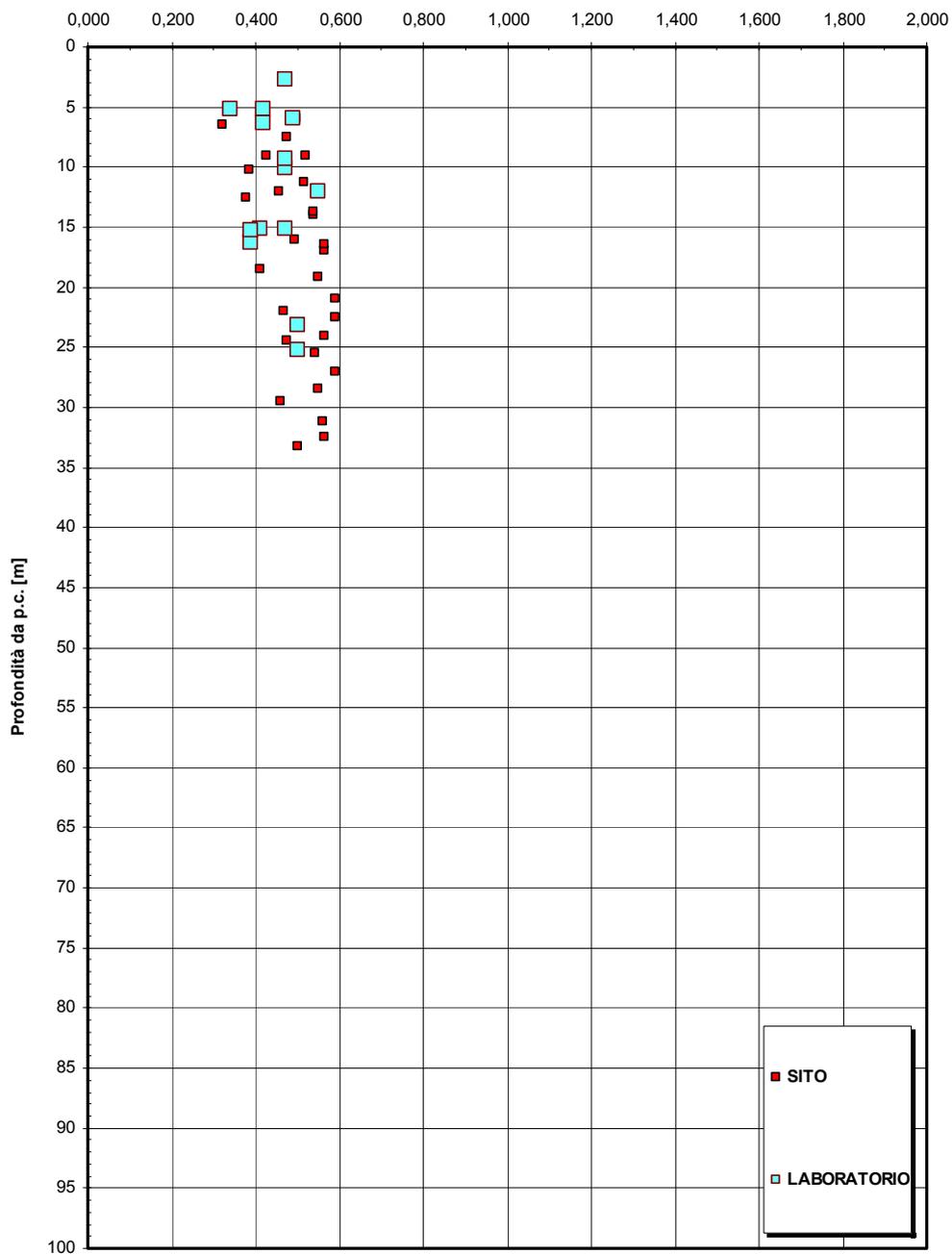


Figura 222

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

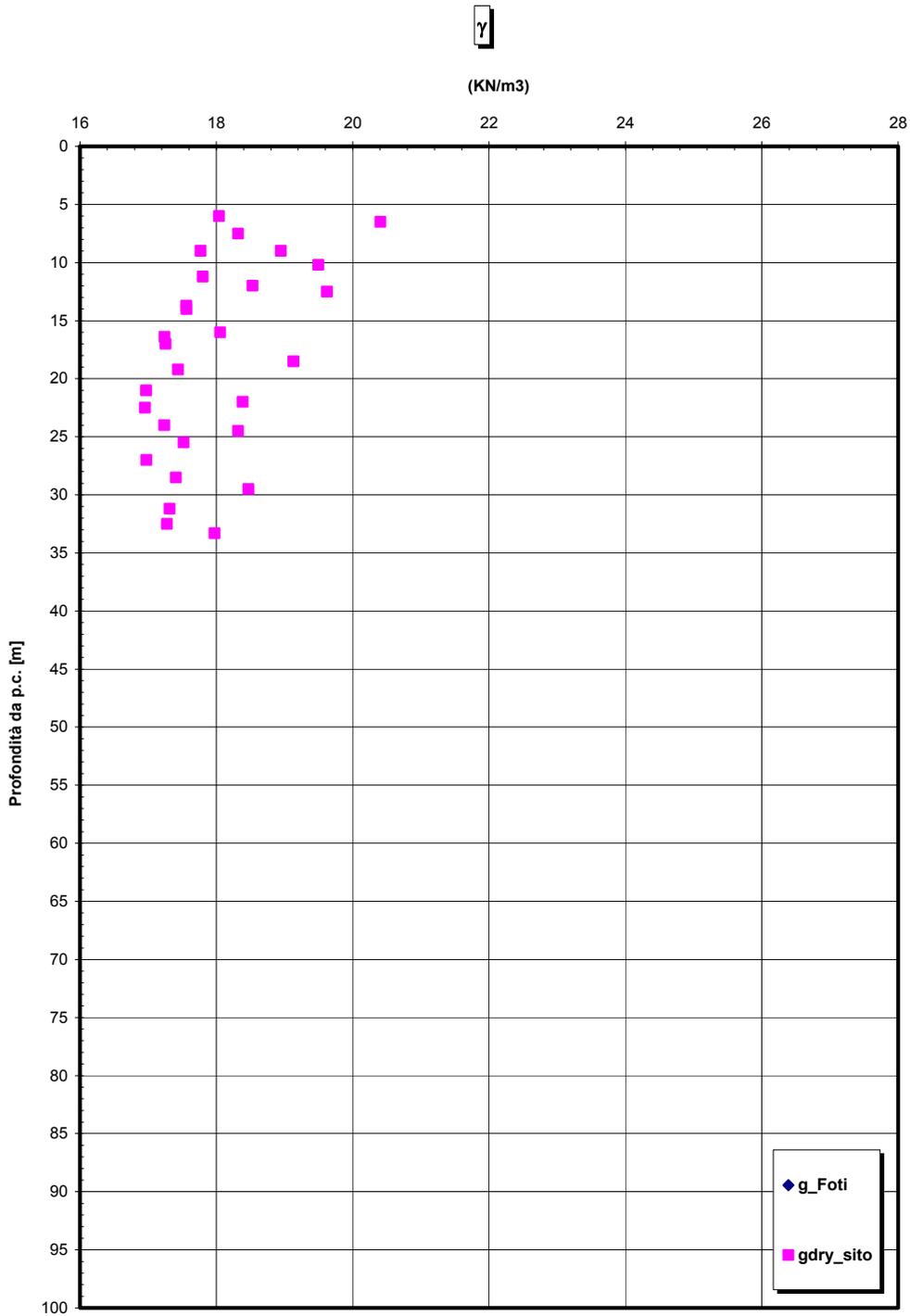


Figura 223

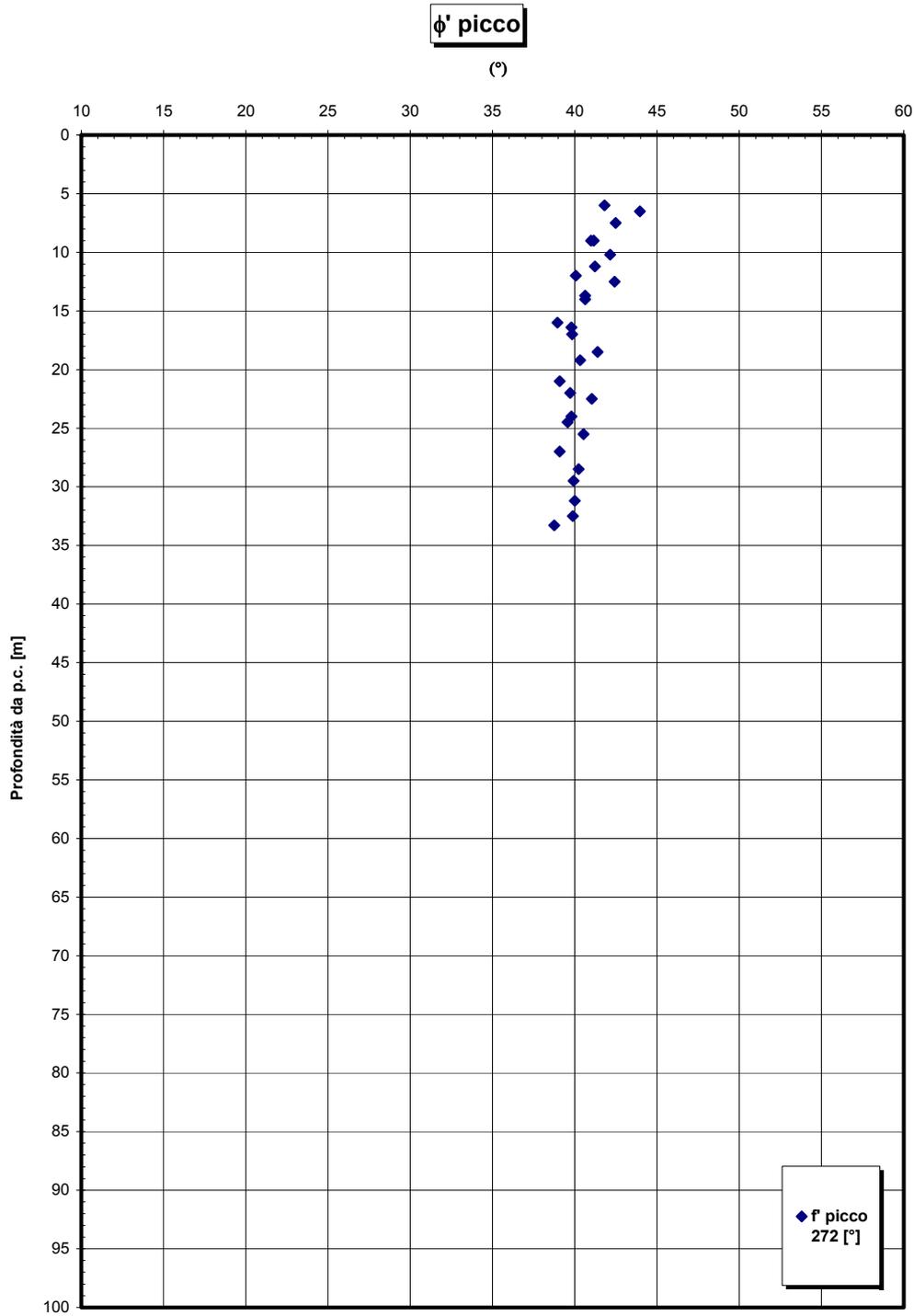


Figura 224

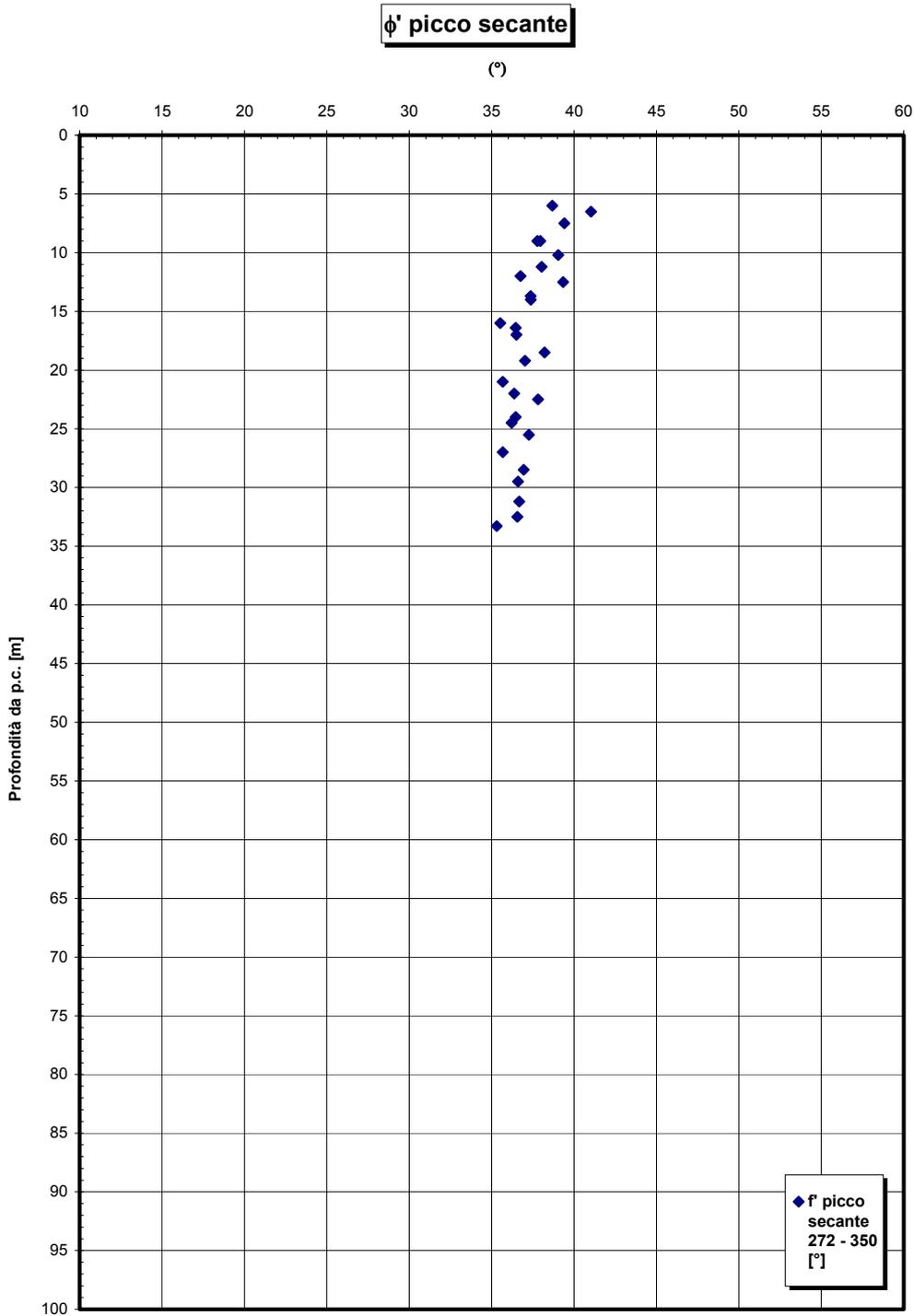


Figura 225

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

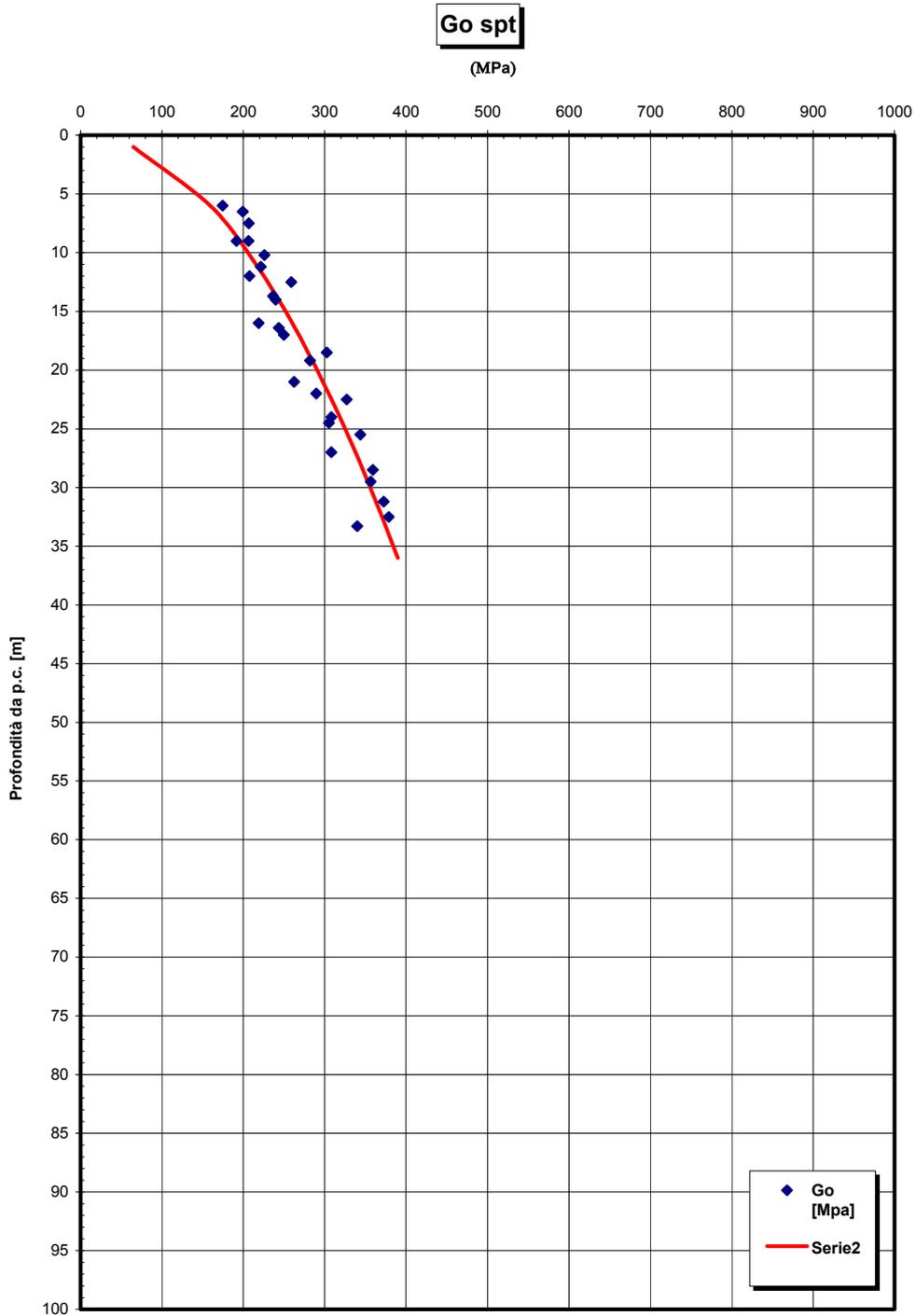


Figura 226

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

G₀/pa

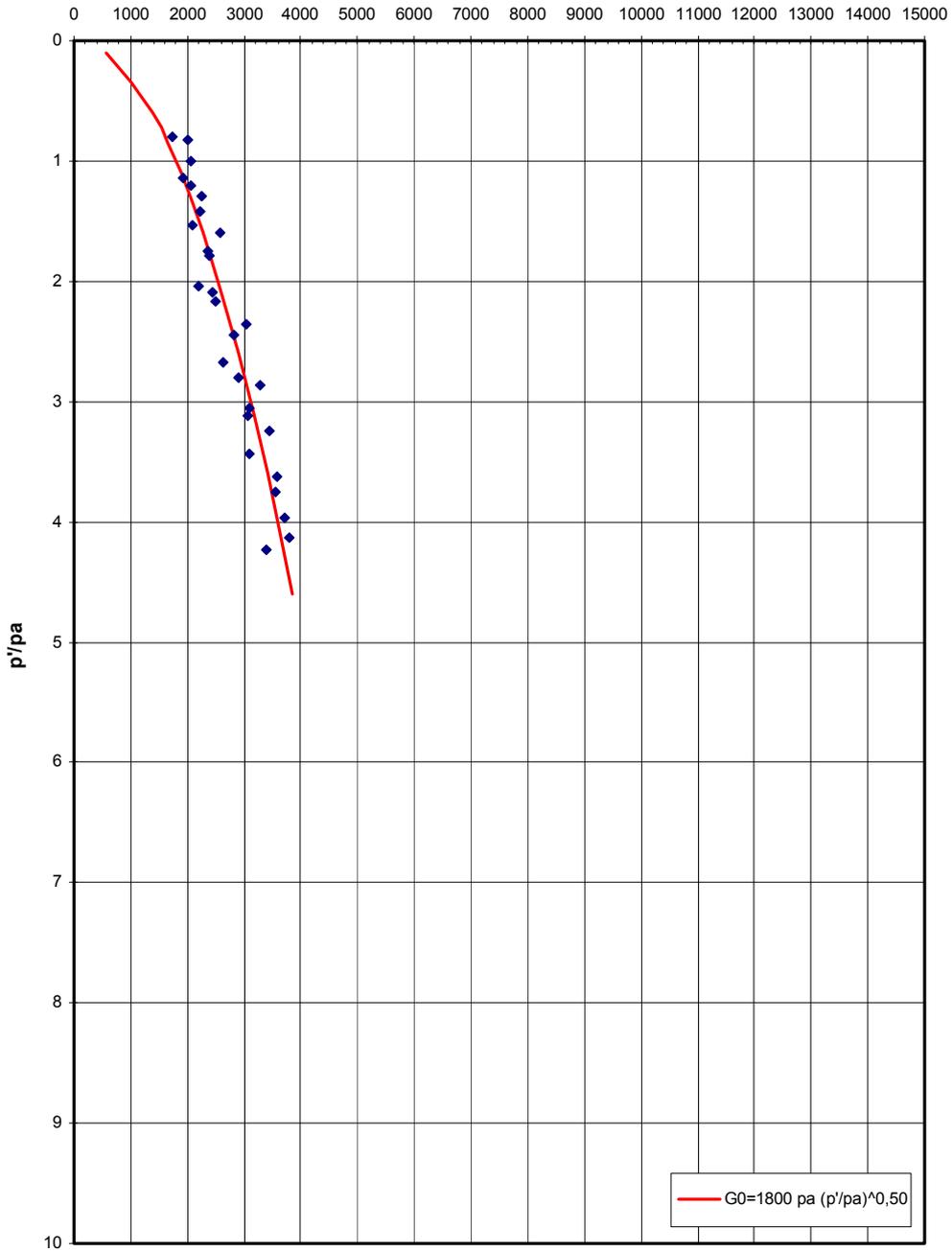


Figura 227

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

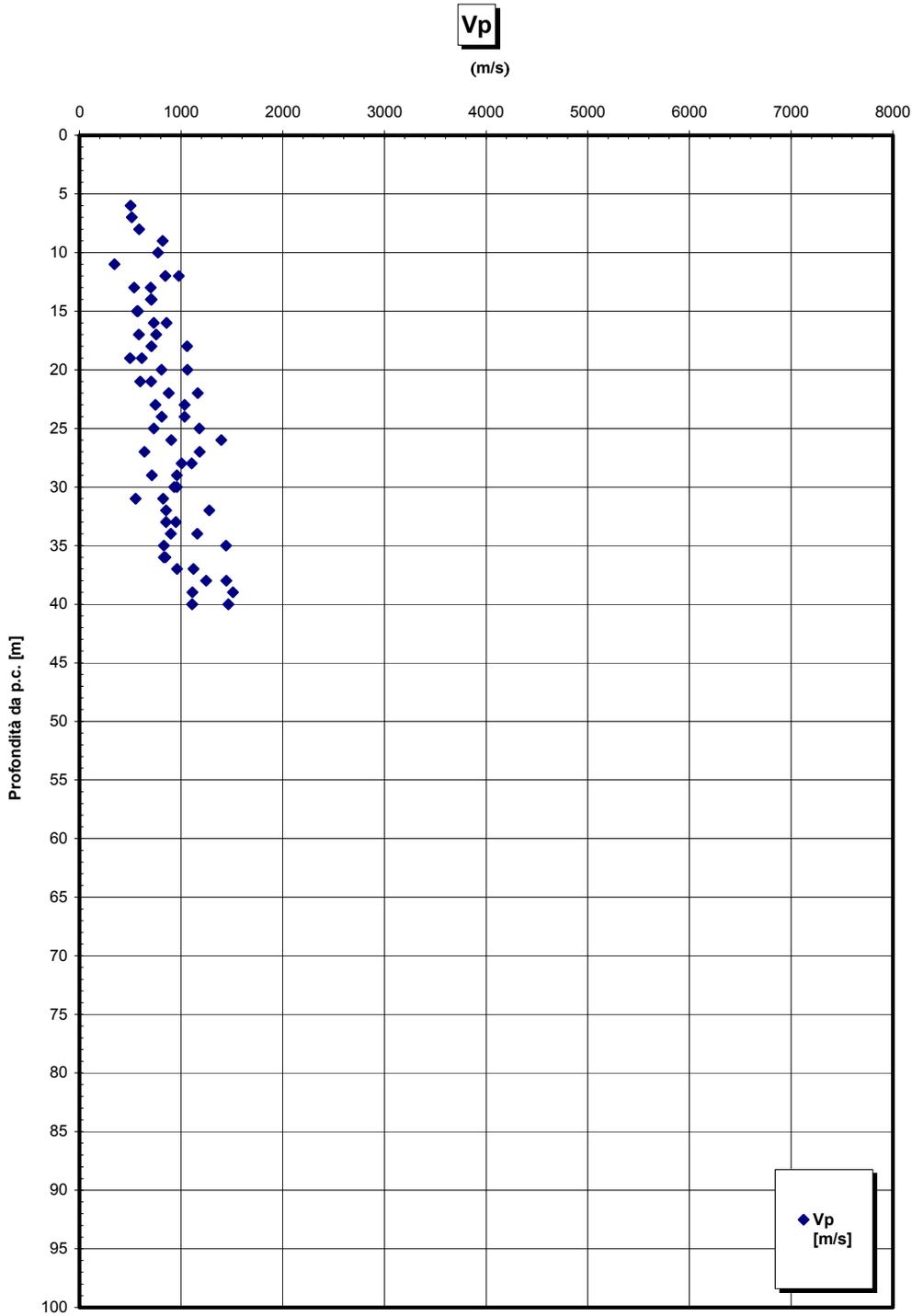


Figura 228

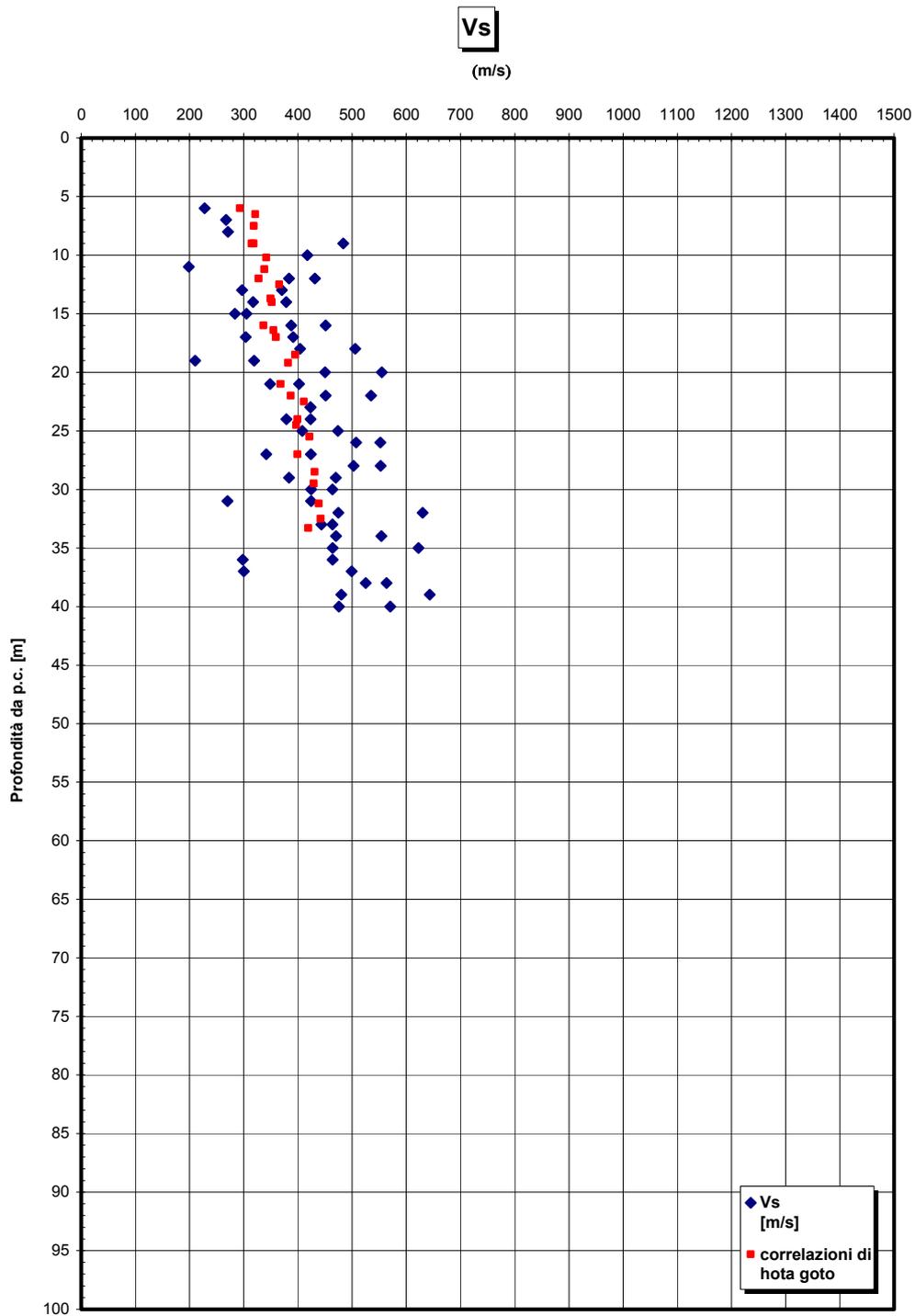


Figura 229

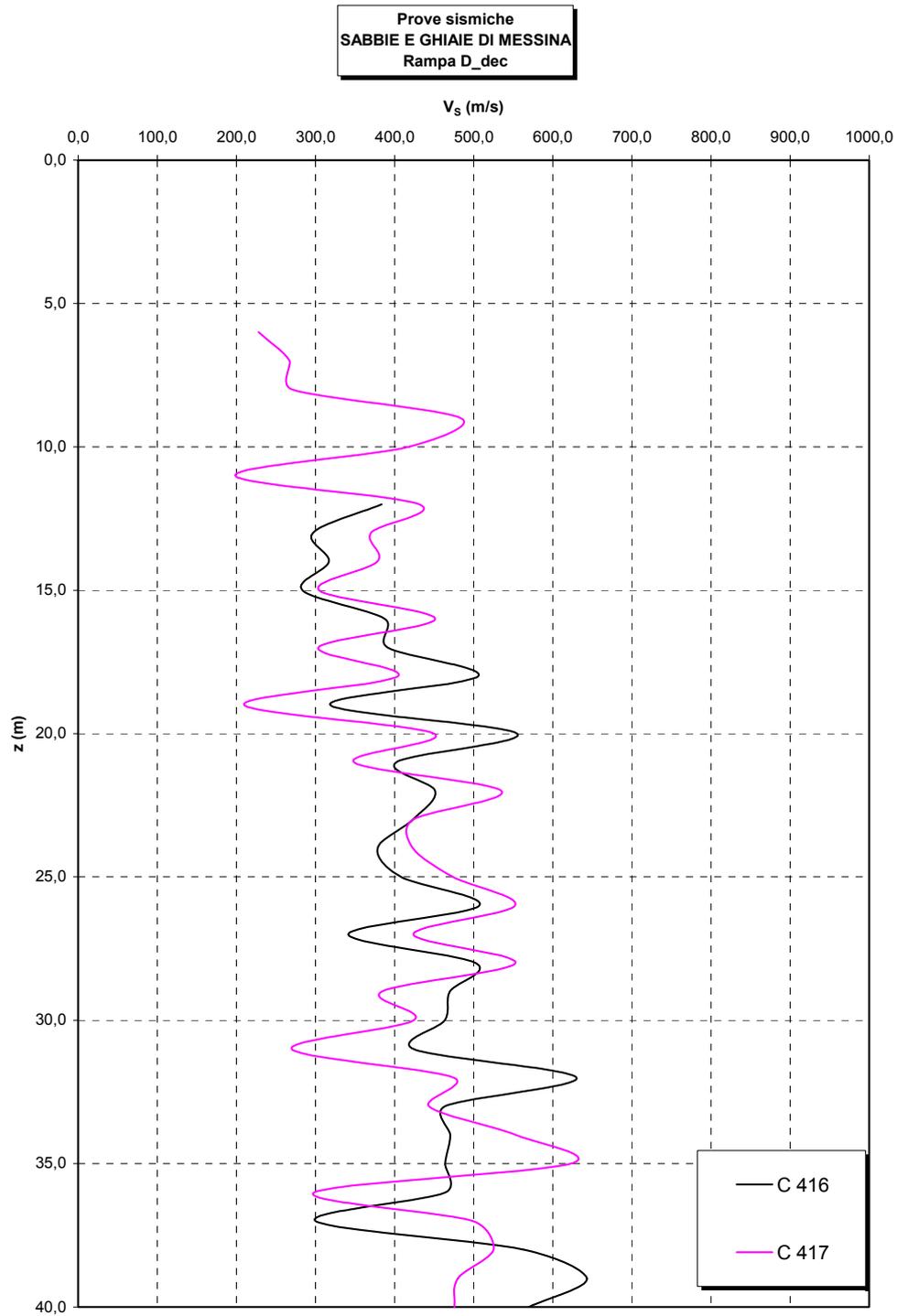


Figura 230

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

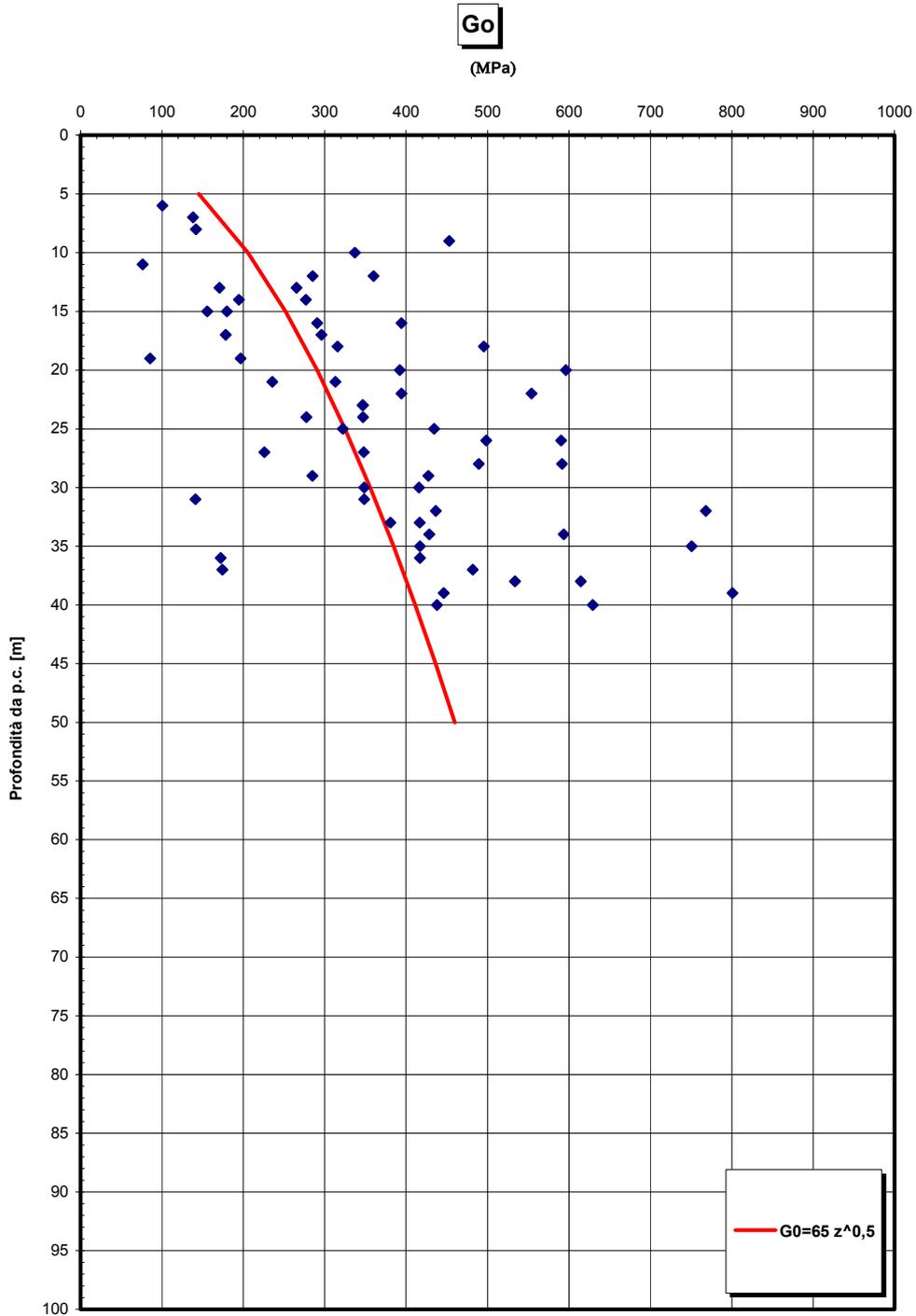


Figura 231- G_0 da V_s misurate in prove sismiche in foro

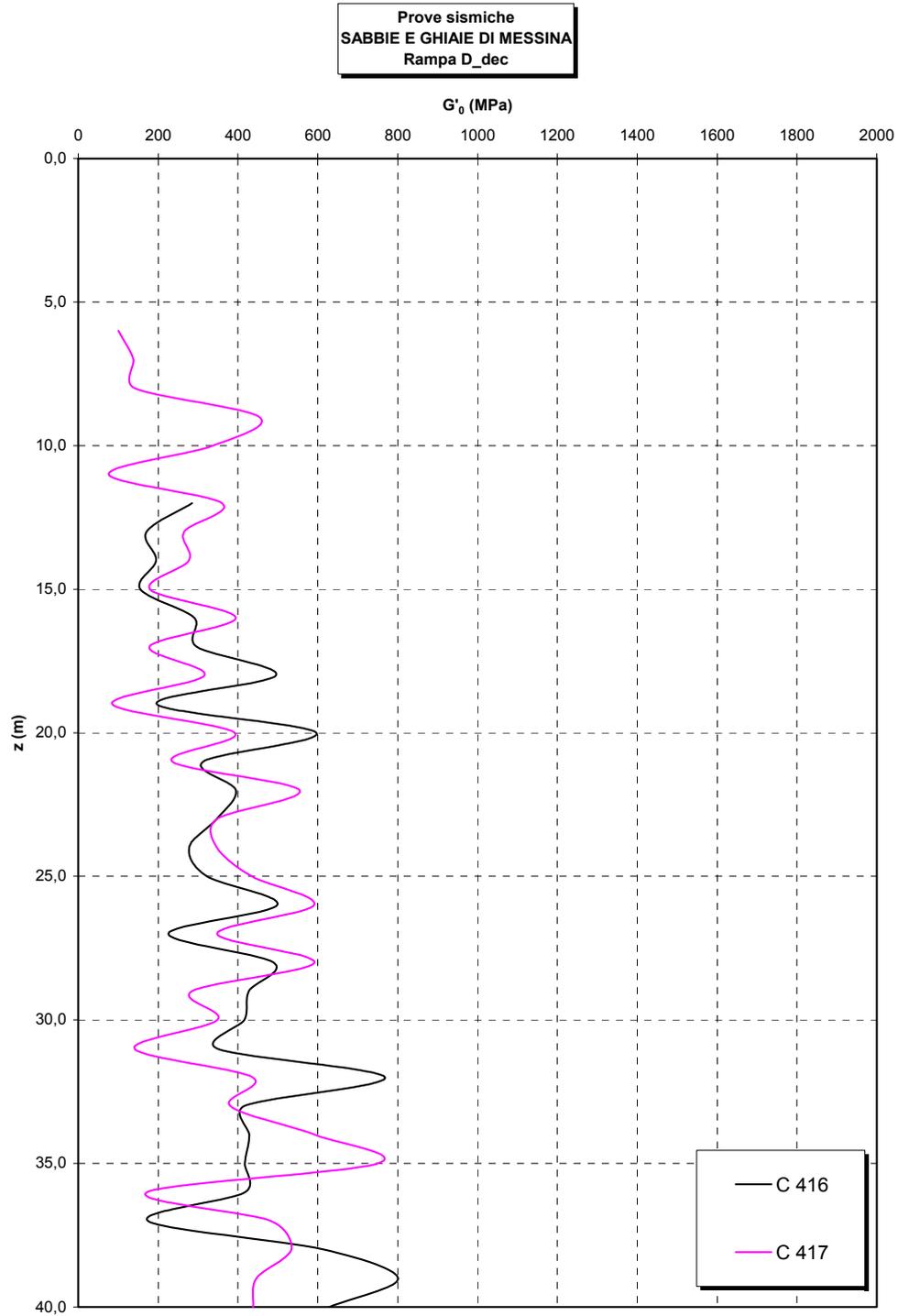


Figura 232

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

G0/pa

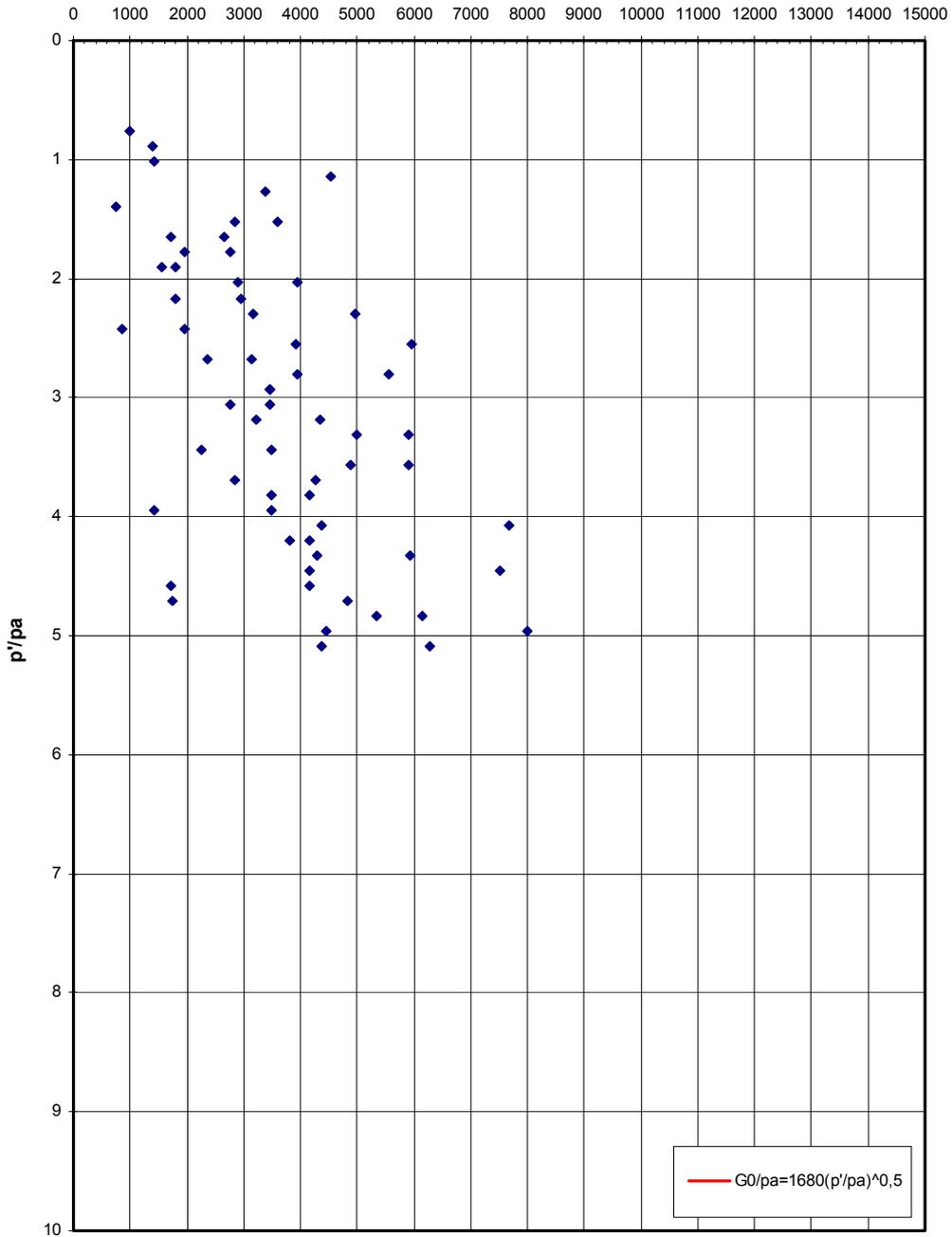


Figura 233 - G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

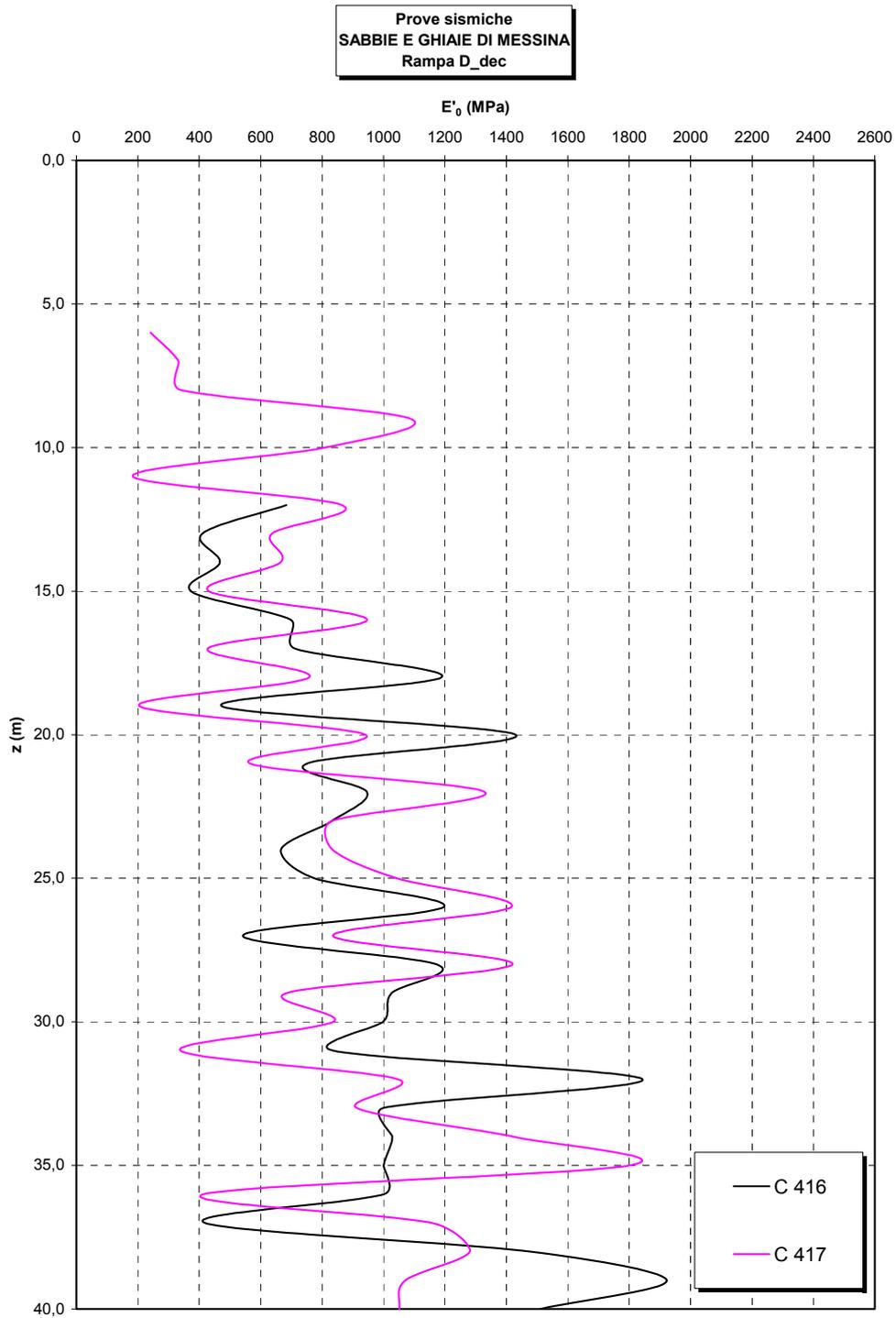


Figura 234

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.4 DEPOSITI TERRAZZATI MARINI

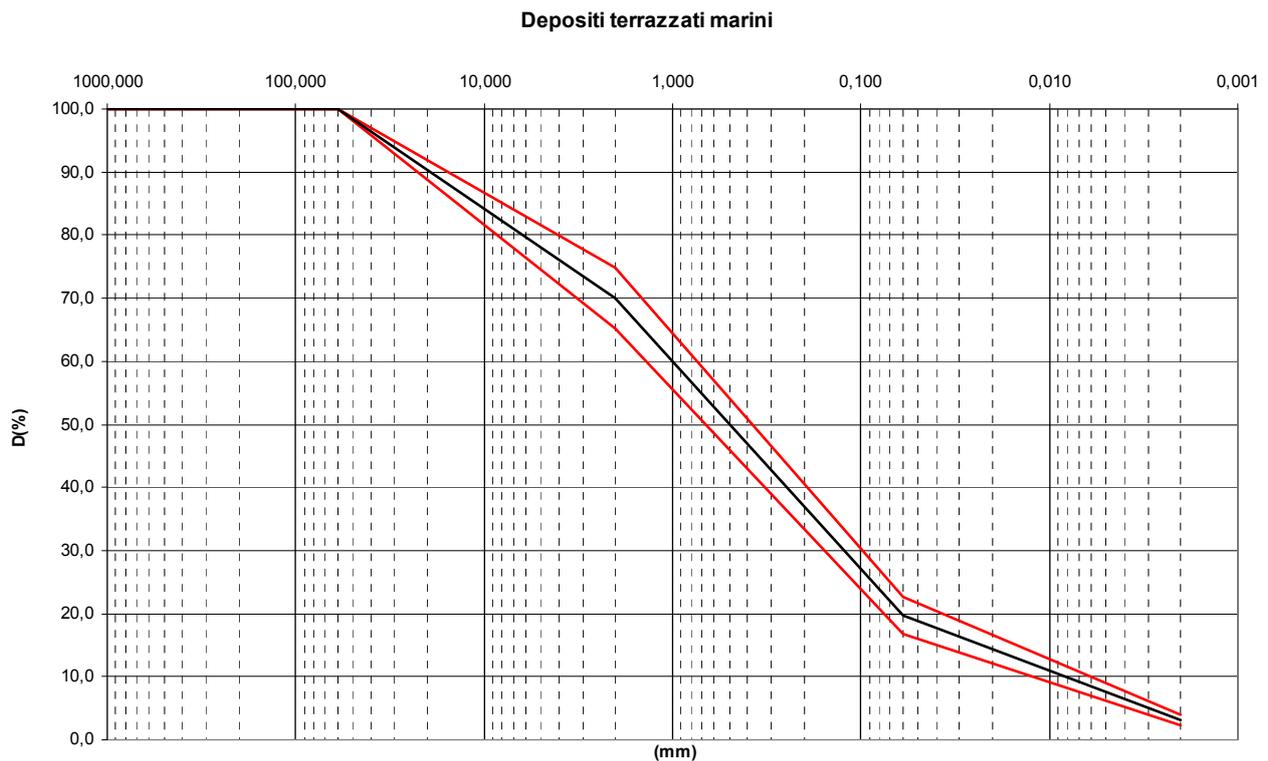


Figura 235

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Depositi terrazzati marini- Analisi granulometriche - % sabbia e % ghiaia

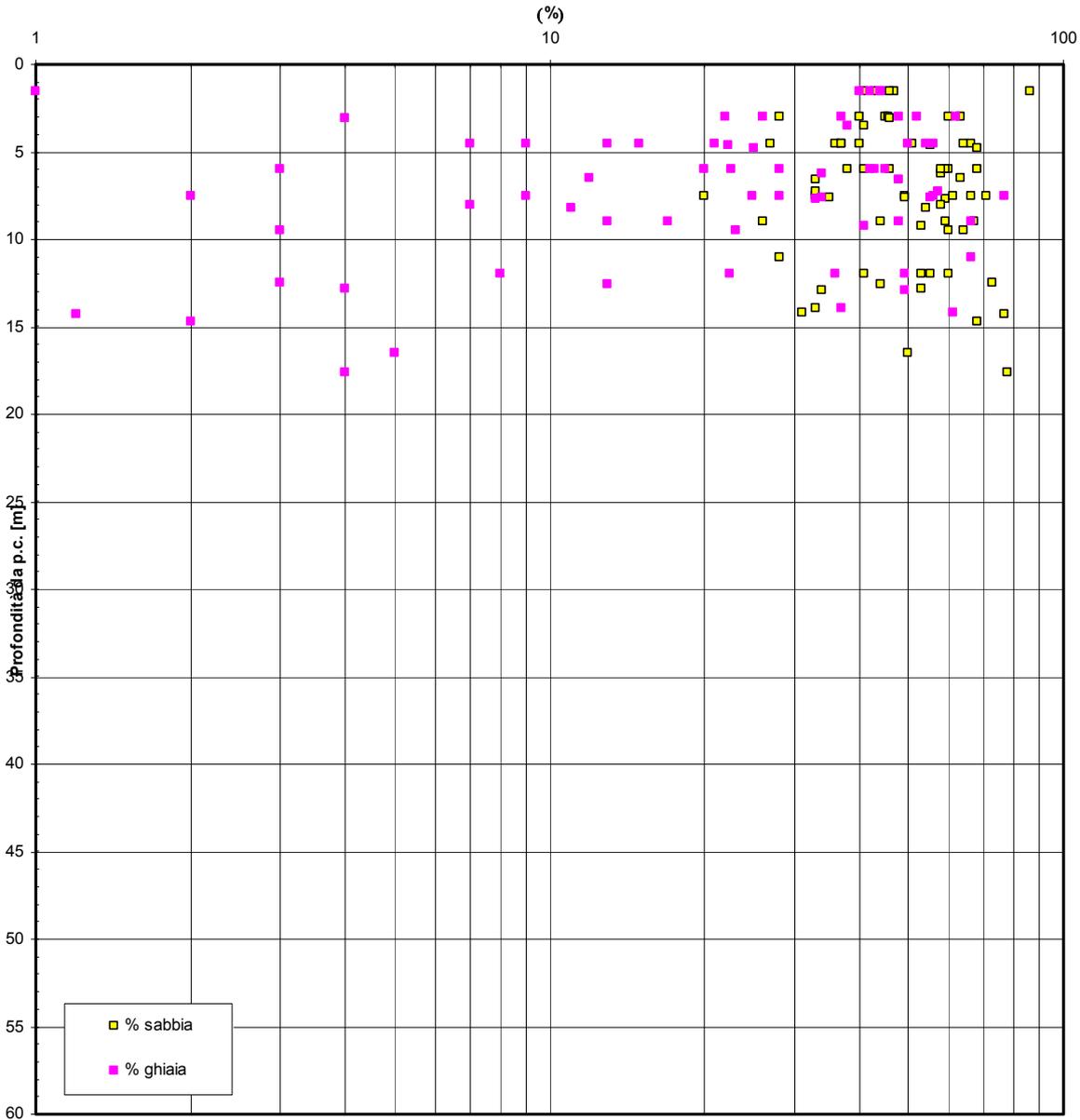


Figura 236

Nspt

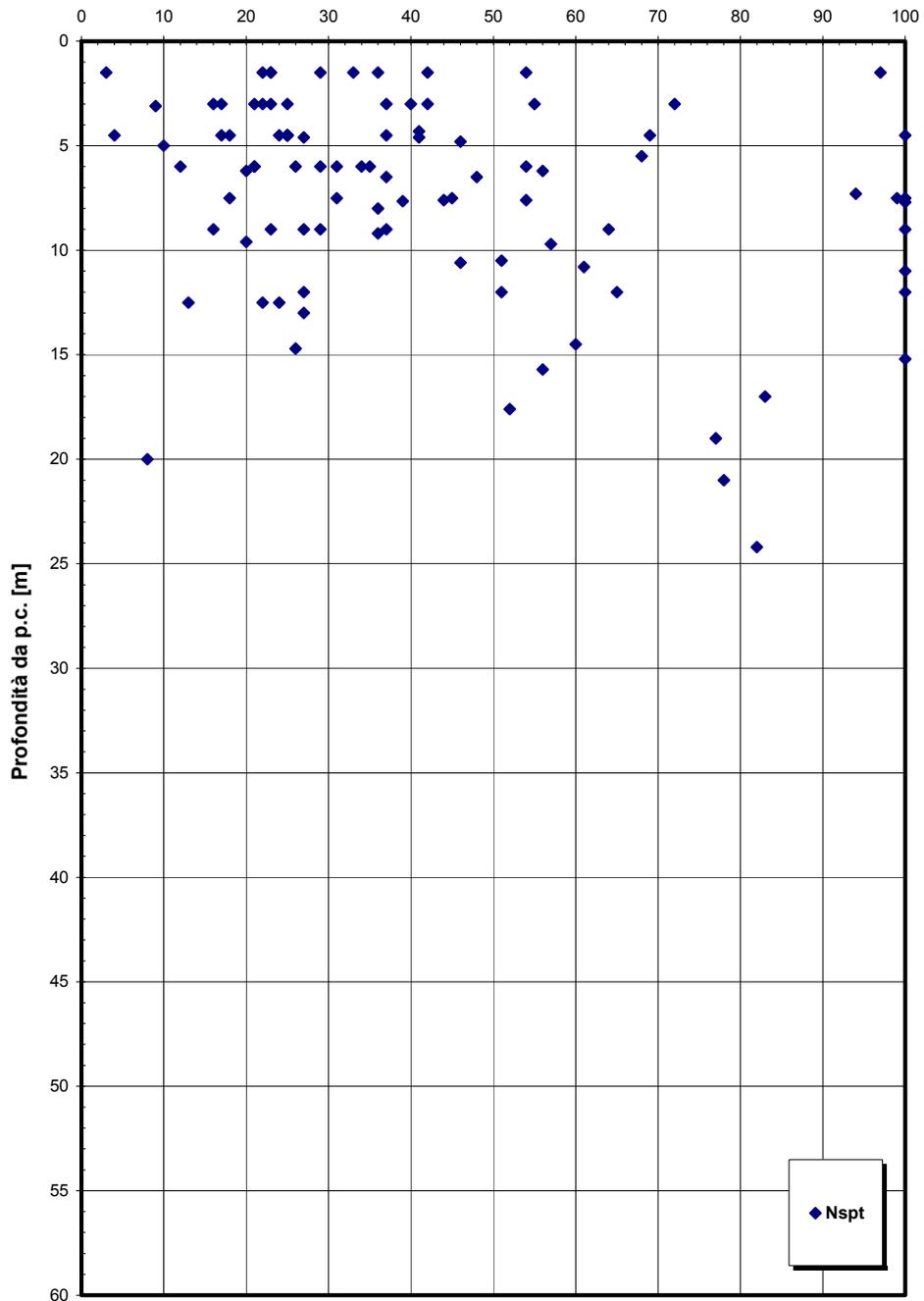


Figura 237 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

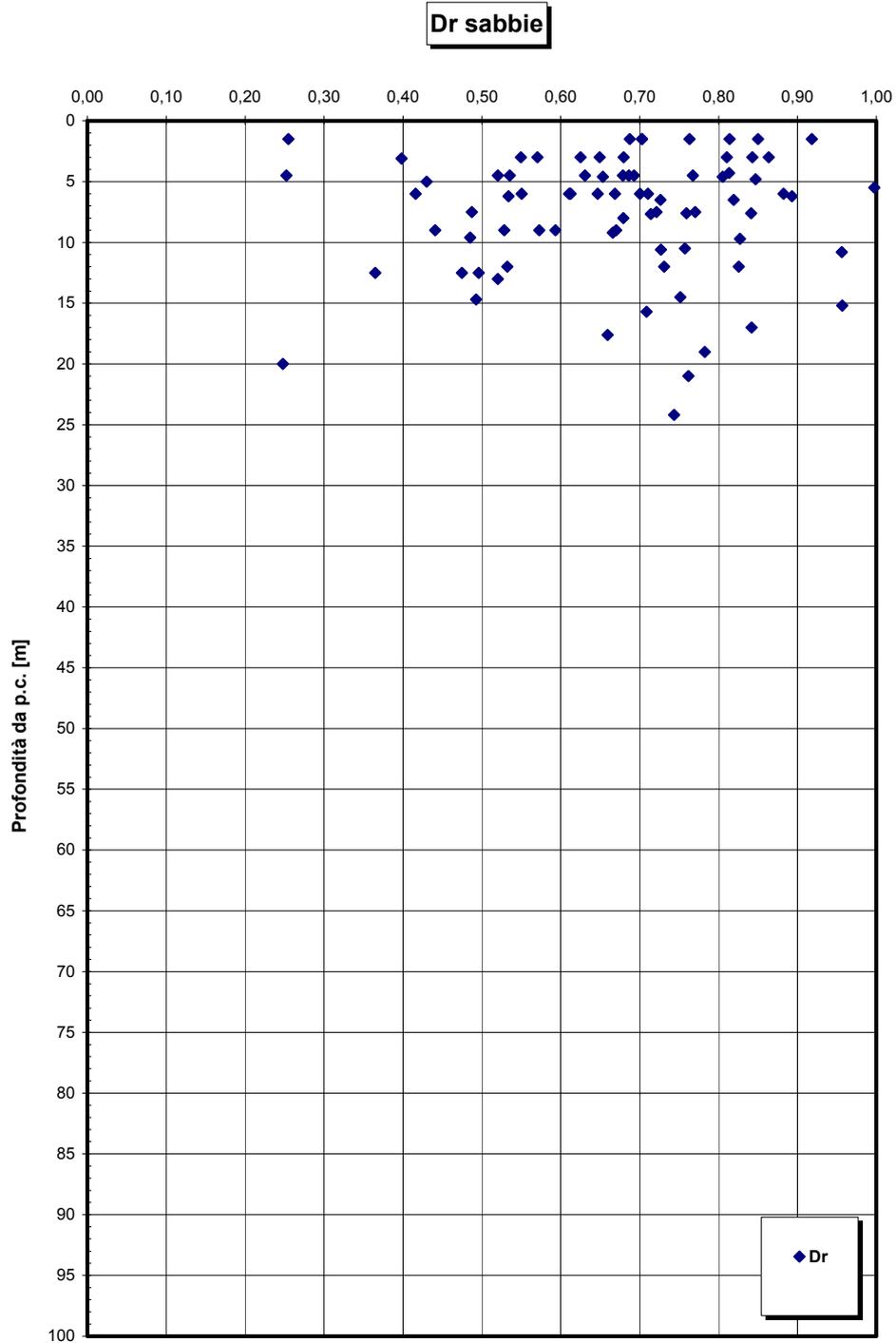


Figura 238 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

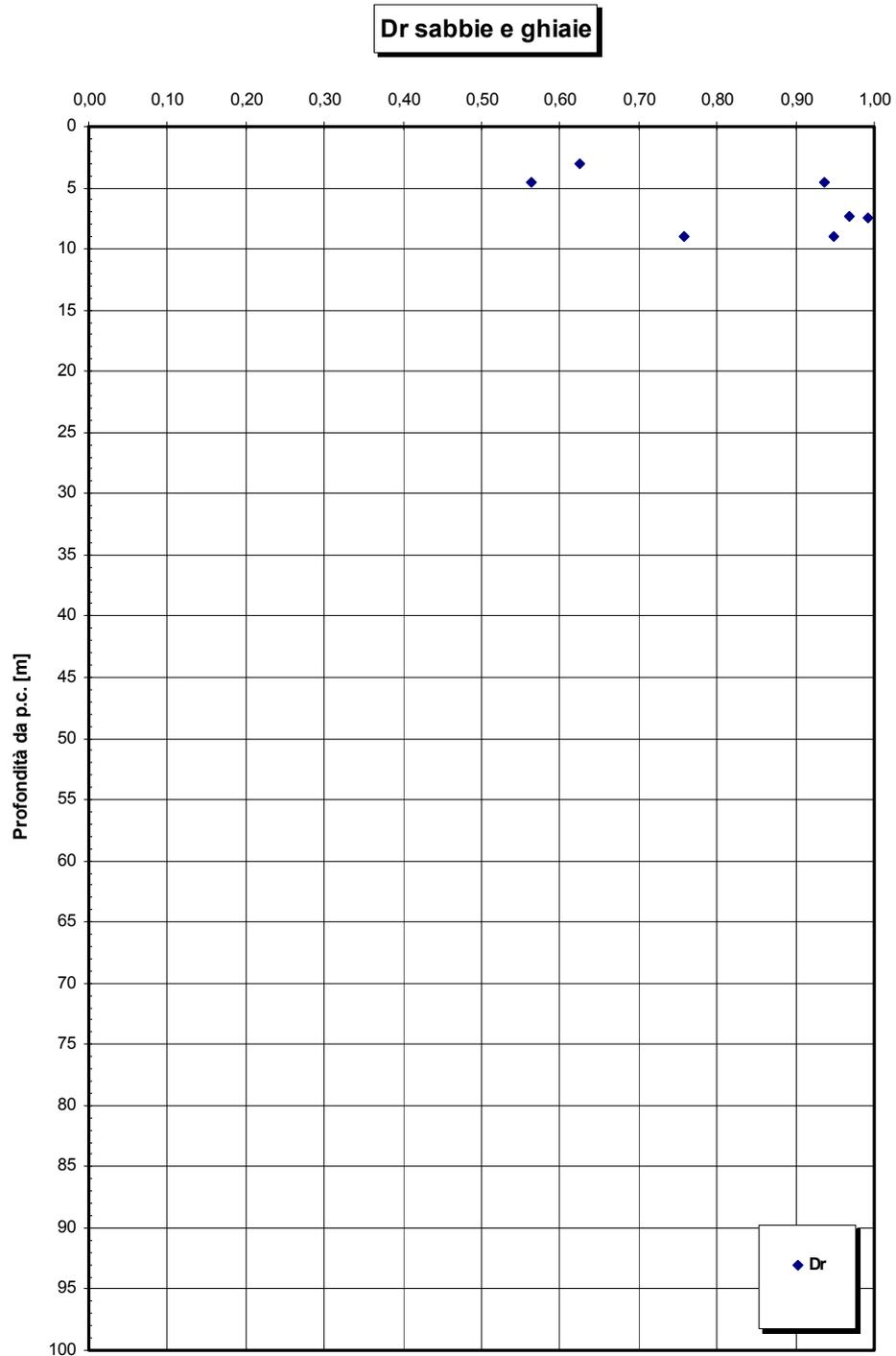


Figura 239 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

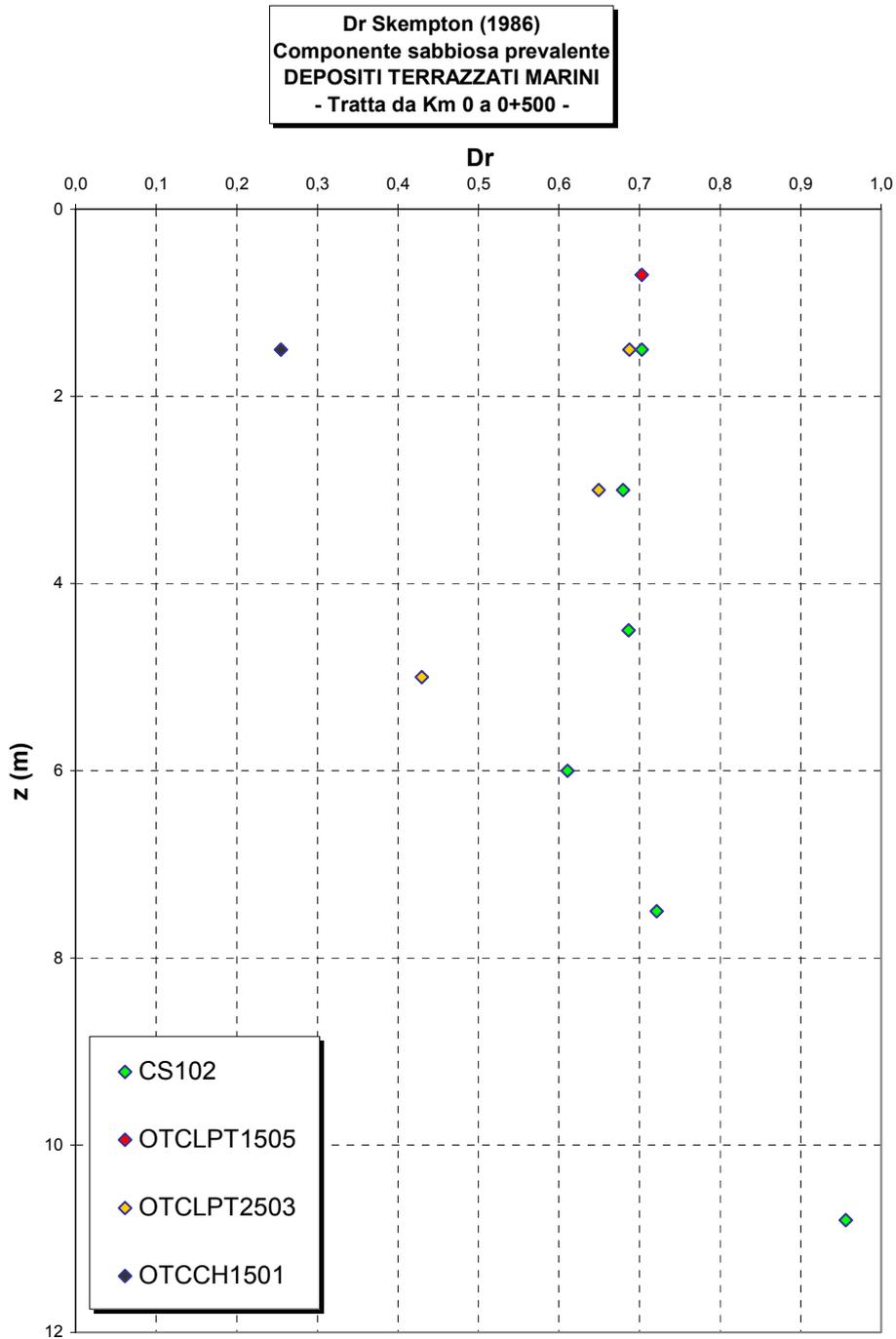


Figura 240

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo – Tratta da Km 0 a 0+500

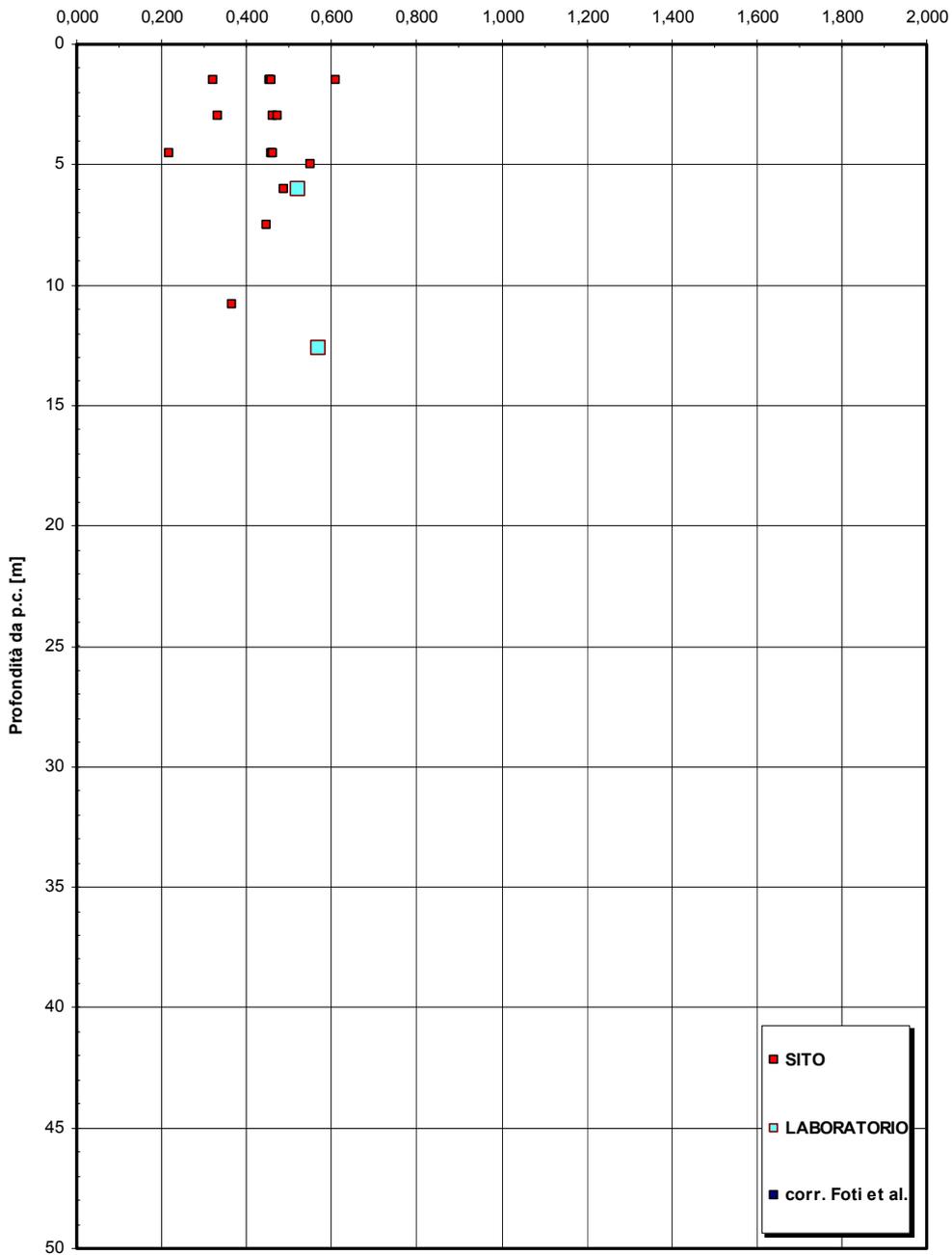


Figura 241

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

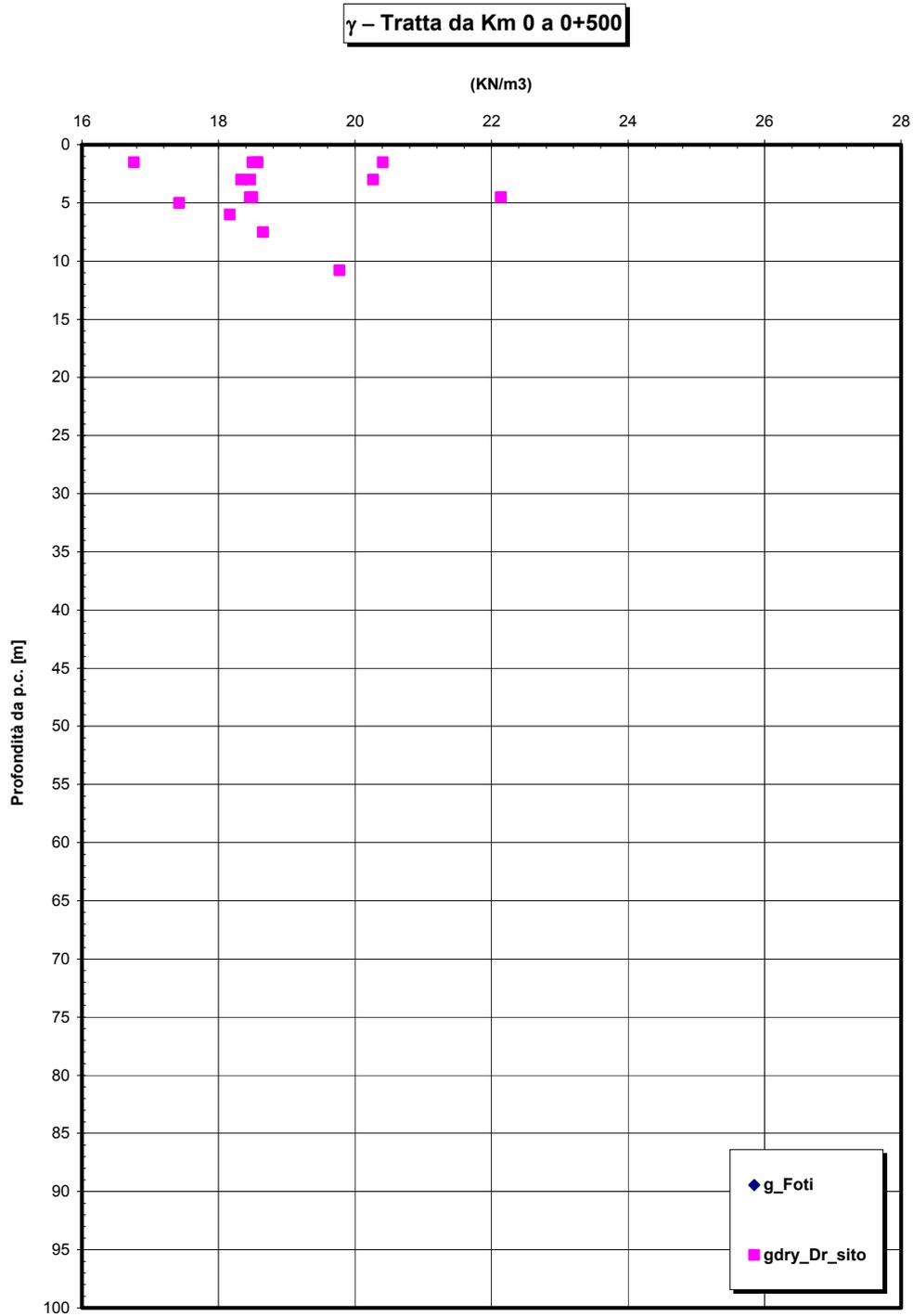


Figura 242

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

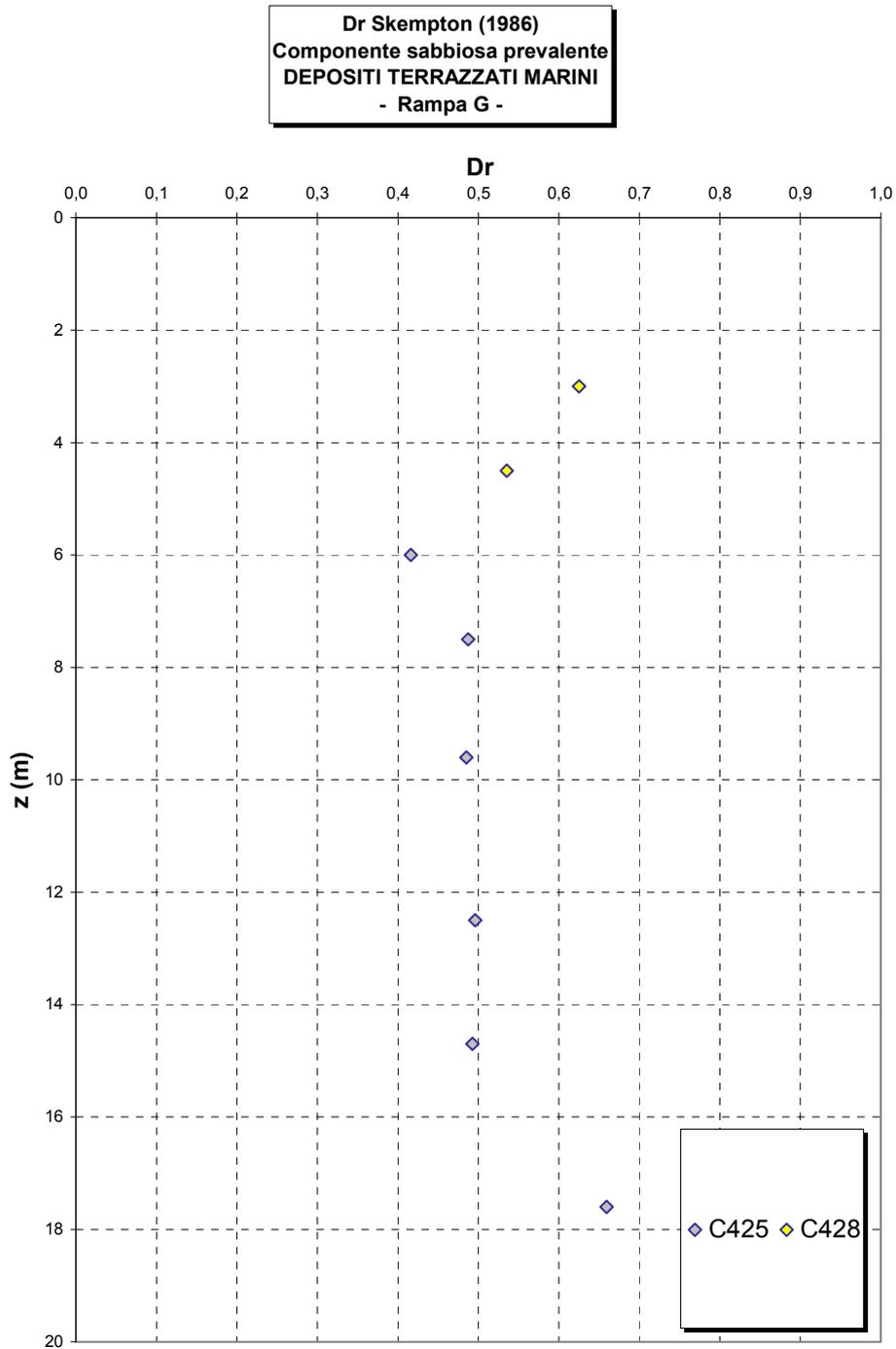


Figura 243

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Rampa G-

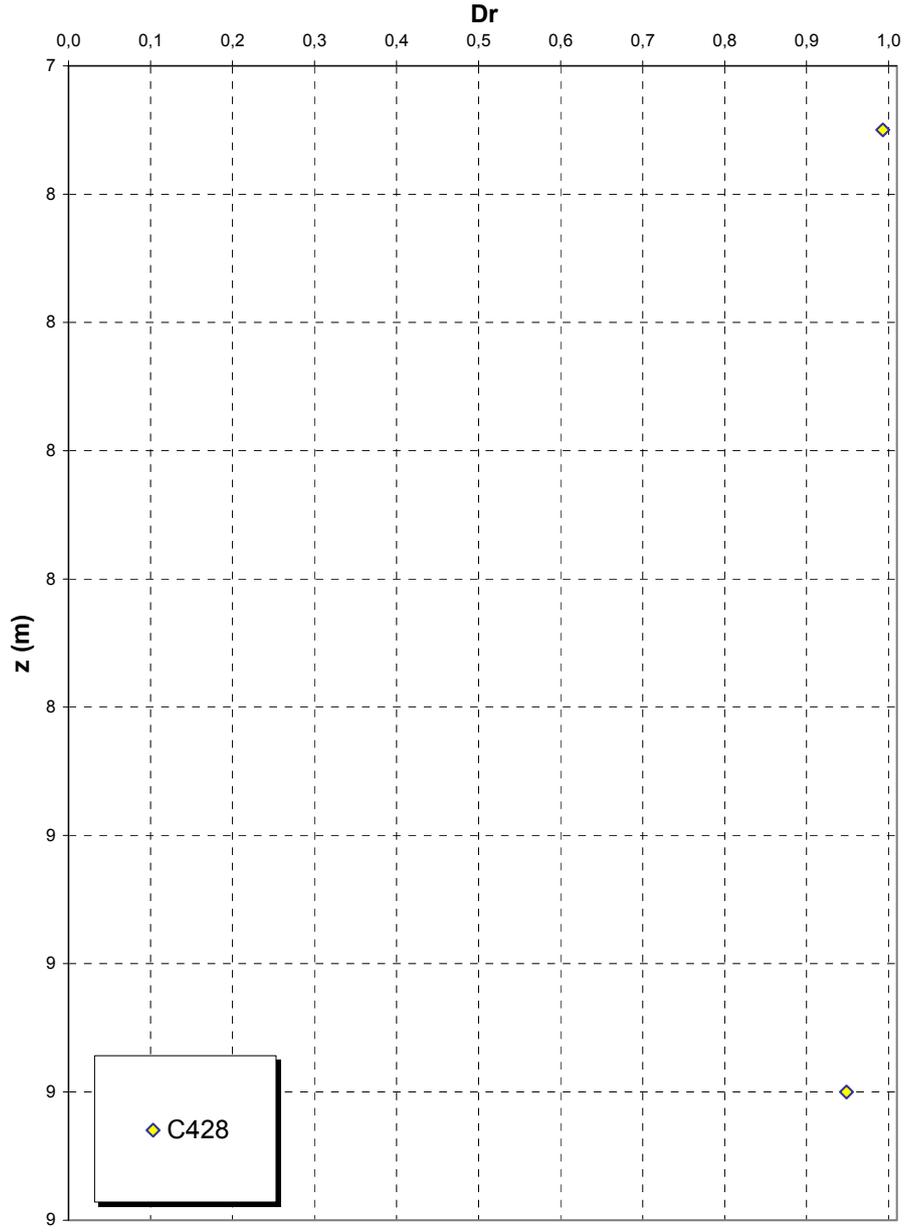


Figura 244

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo – Rampa G

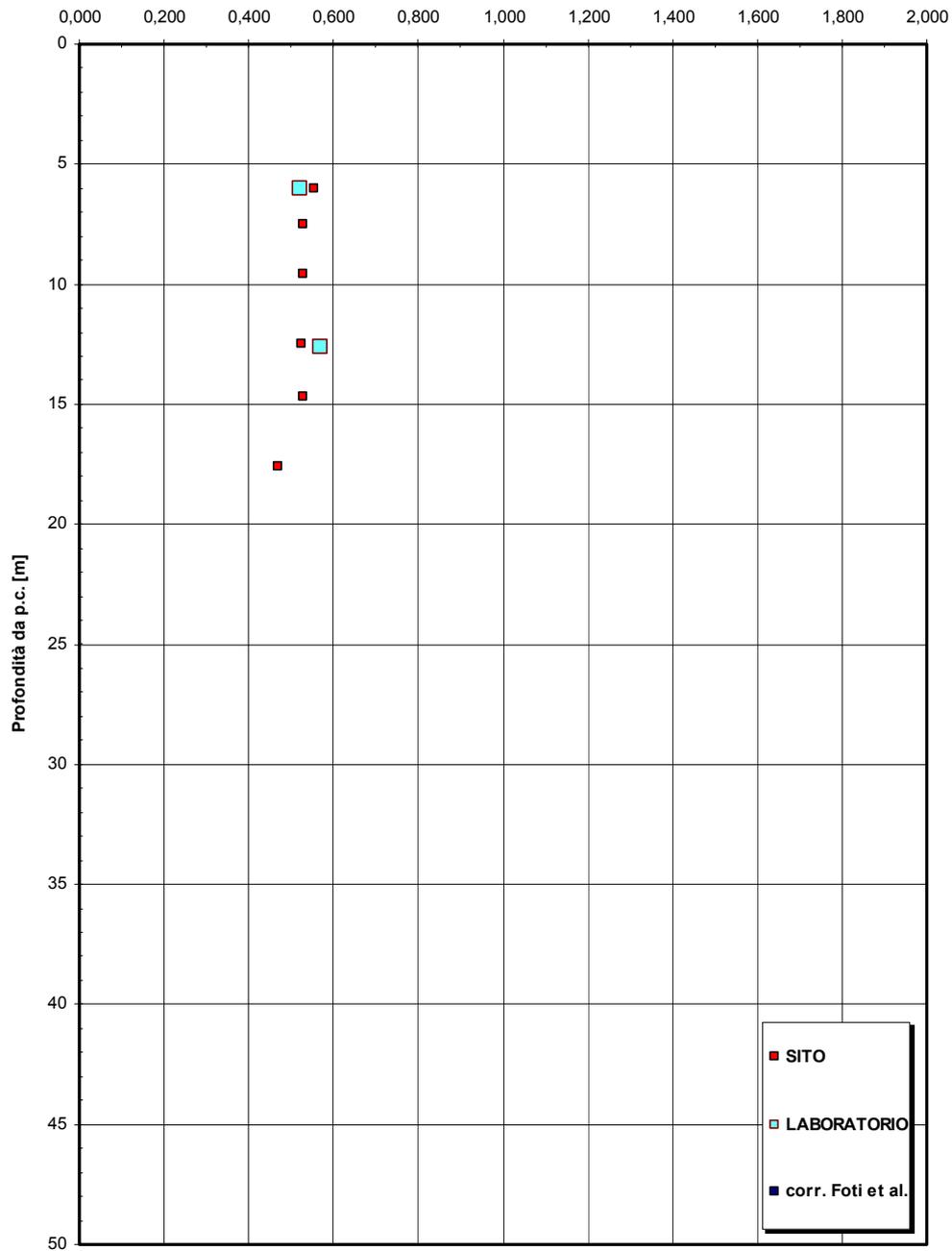


Figura 245

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

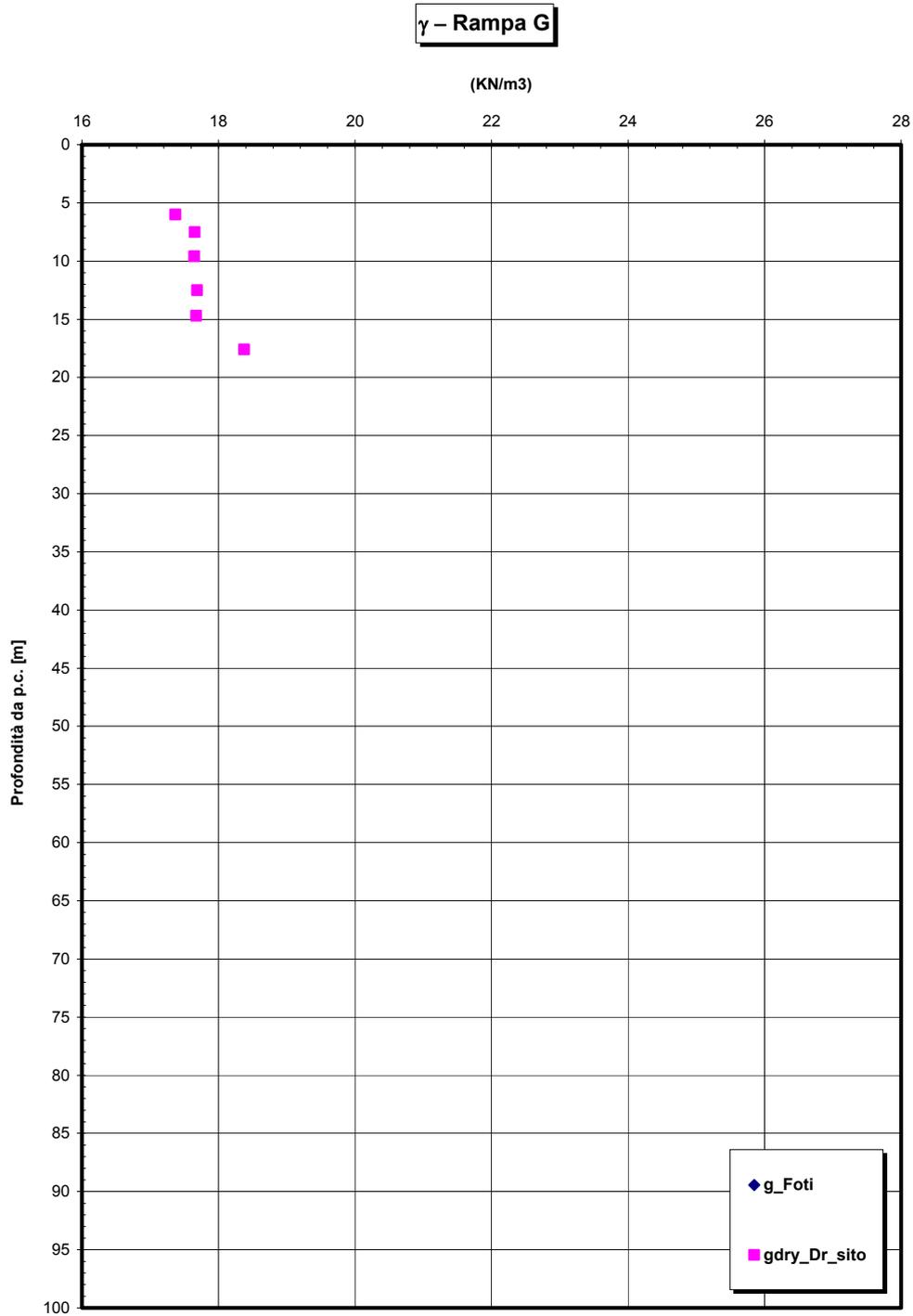


Figura 246

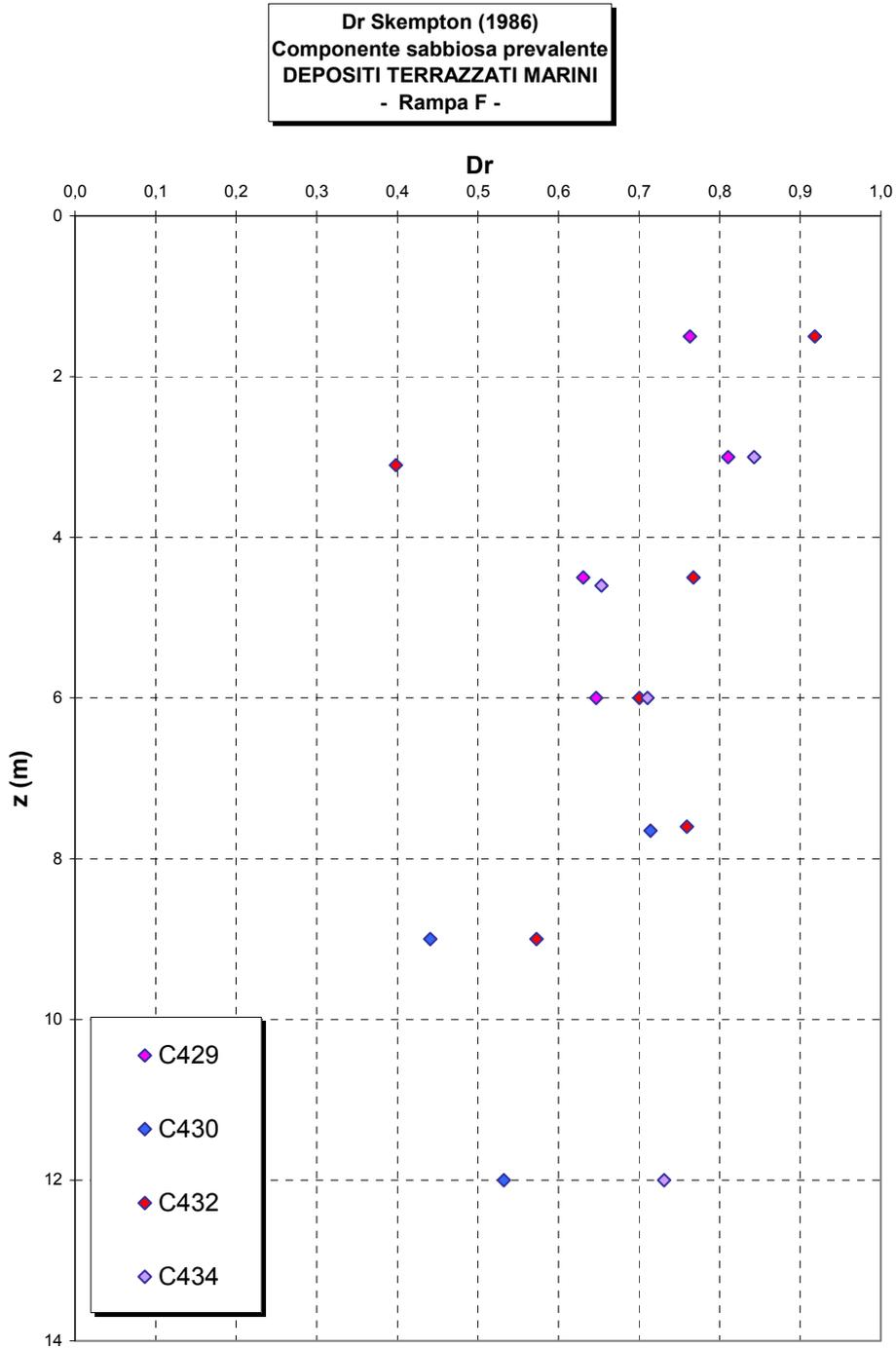


Figura 247

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo – Ramo F

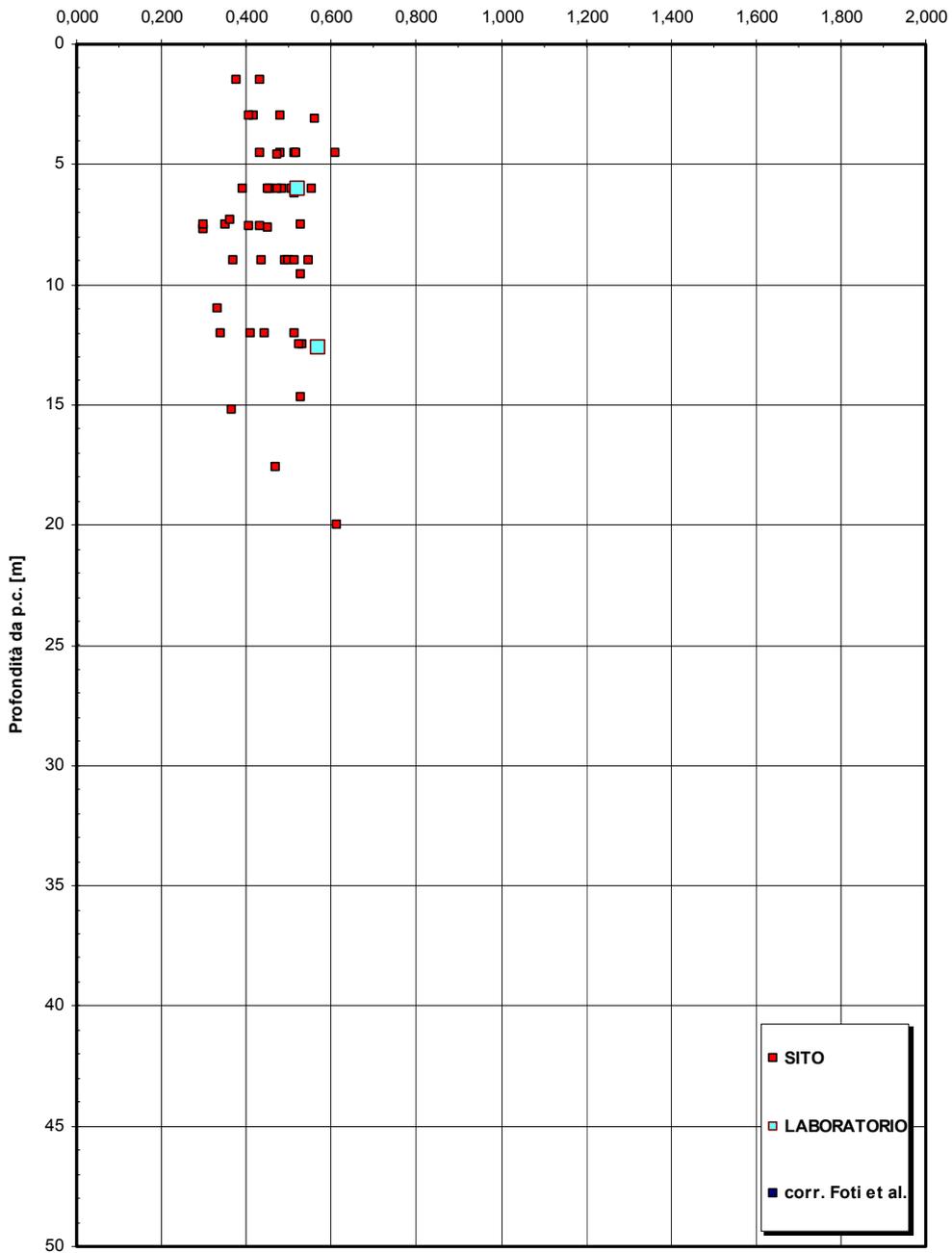


Figura 248

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

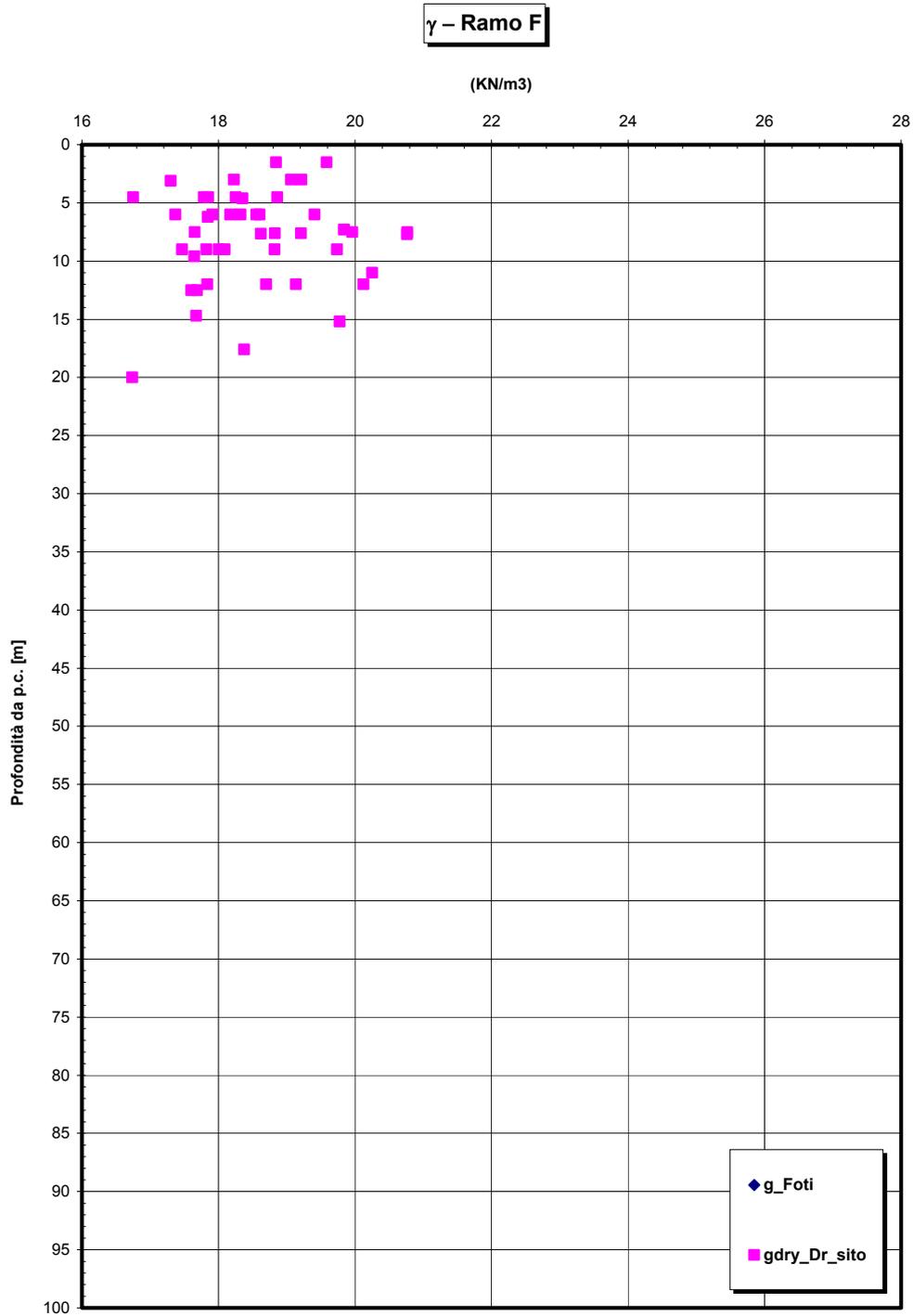


Figura 249

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Rampa C_dec -

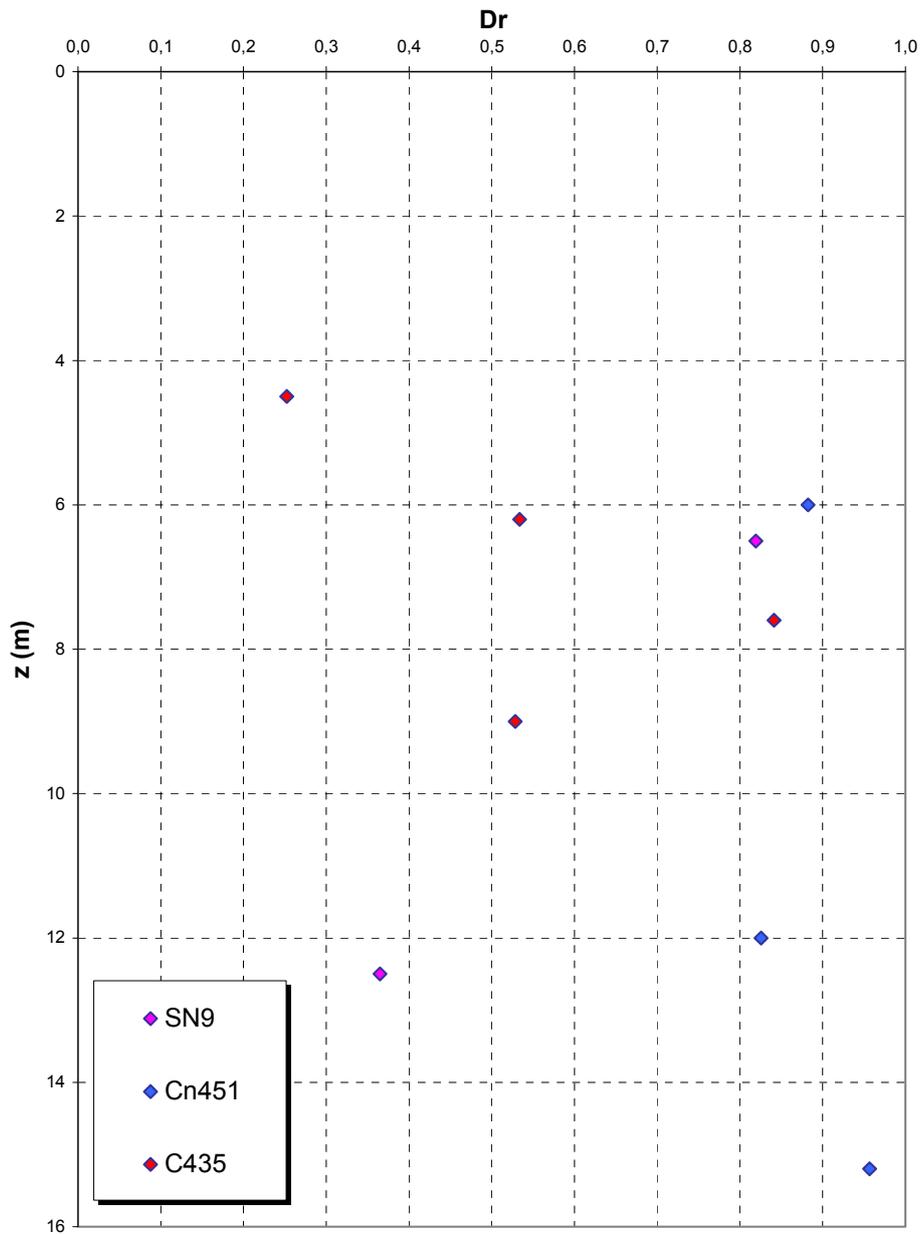


Figura 250

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Rampa C_dec-

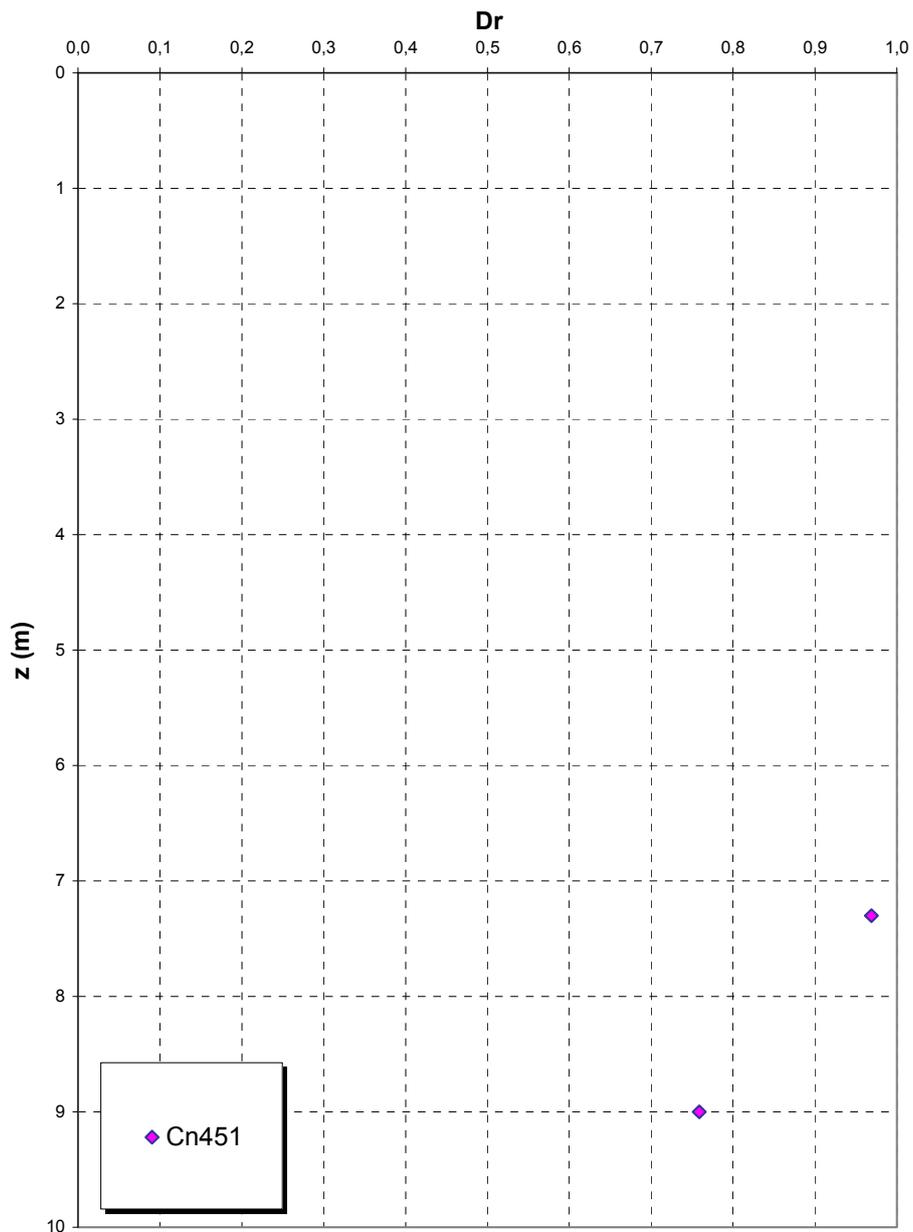


Figura 251

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo – Ramo C_dec

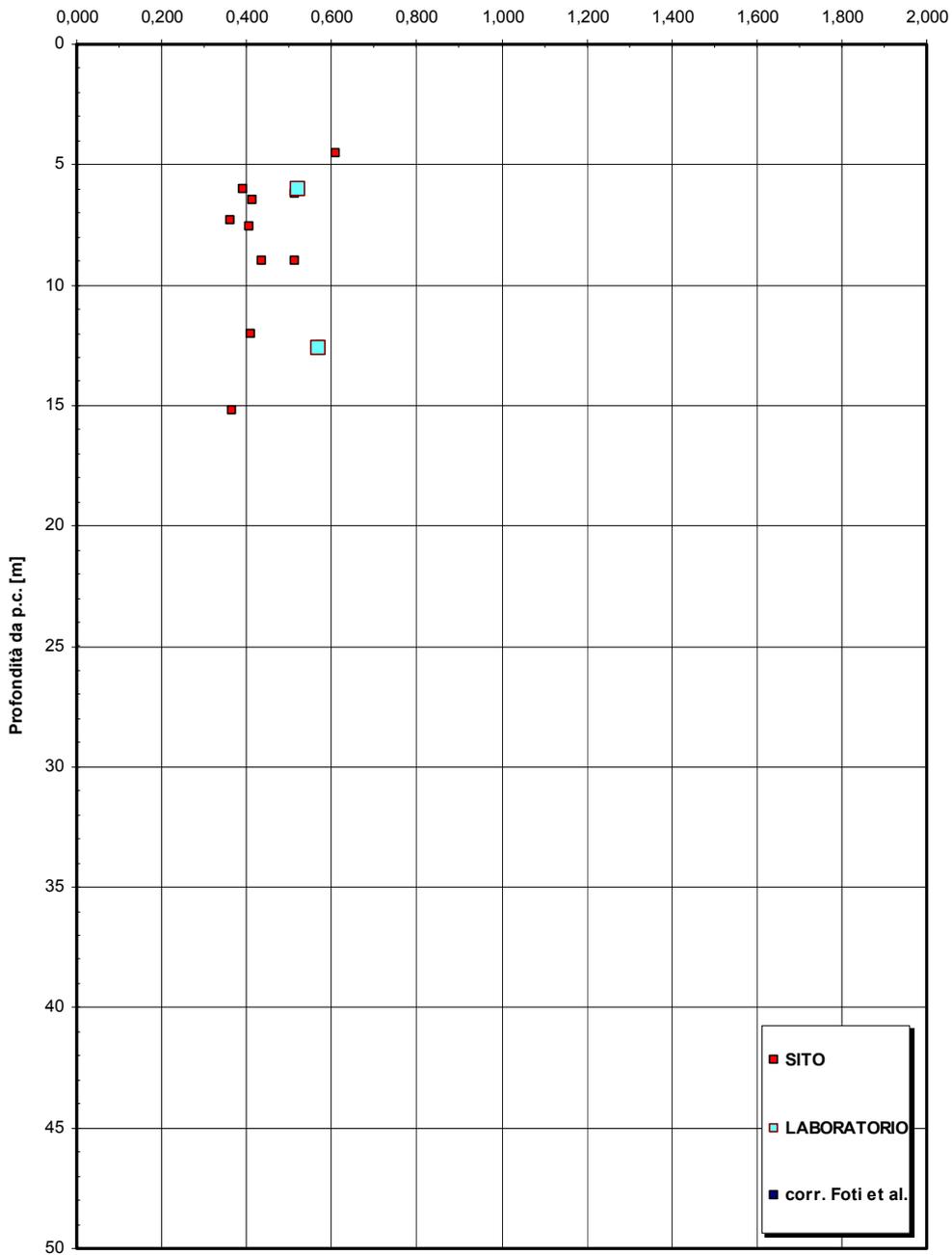


Figura 252

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

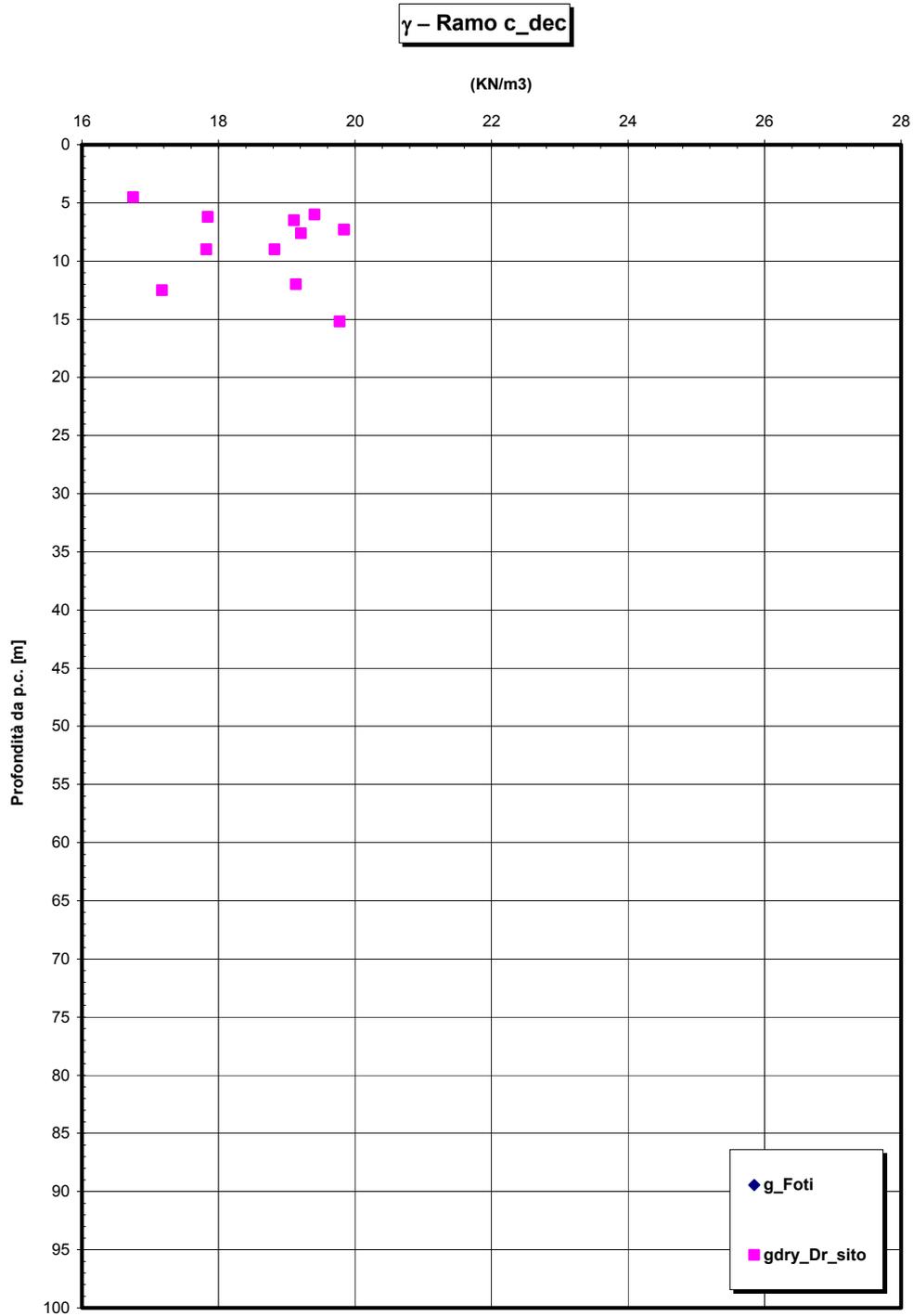


Figura 253

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Rampa D_dec -

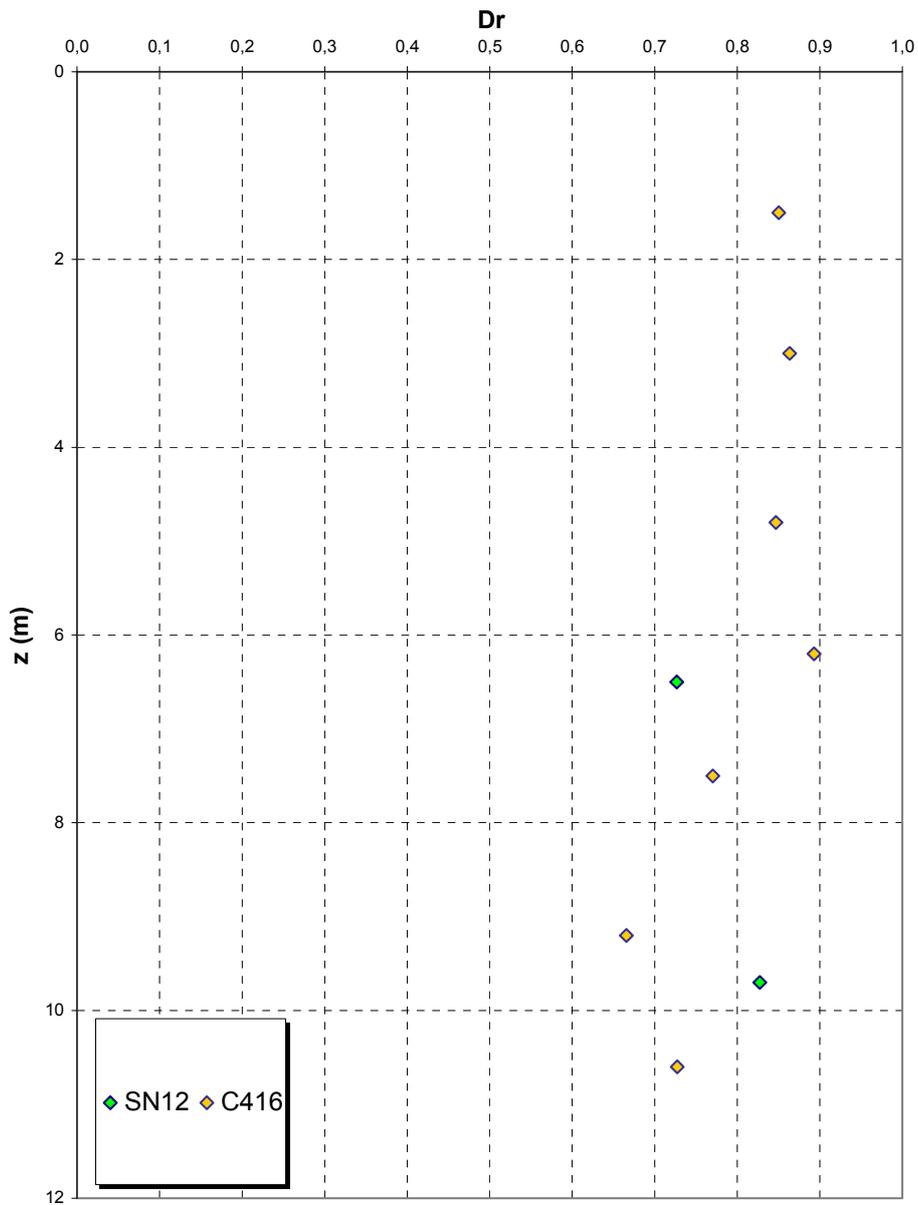


Figura 254

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo – Ramo D_dec

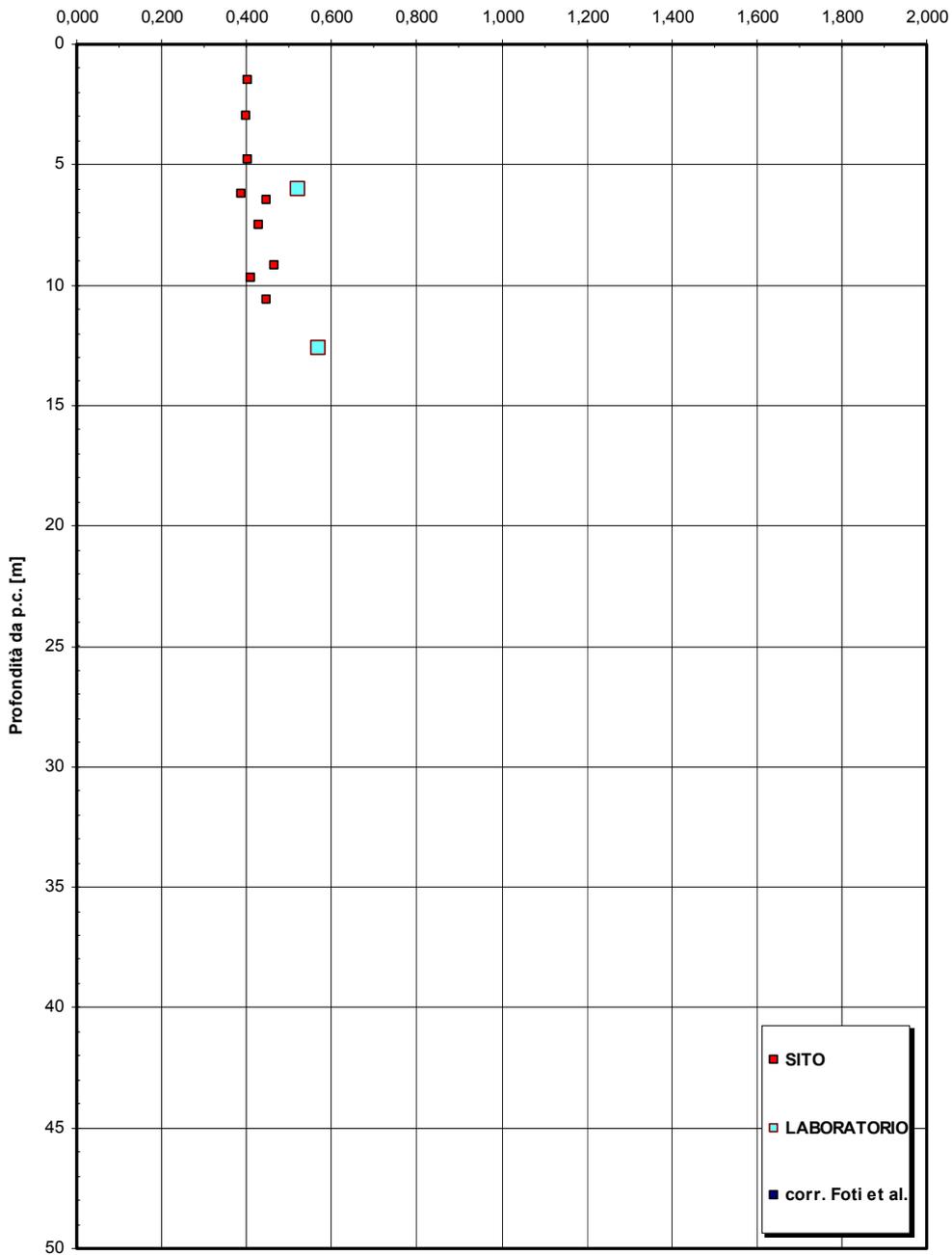


Figura 255

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

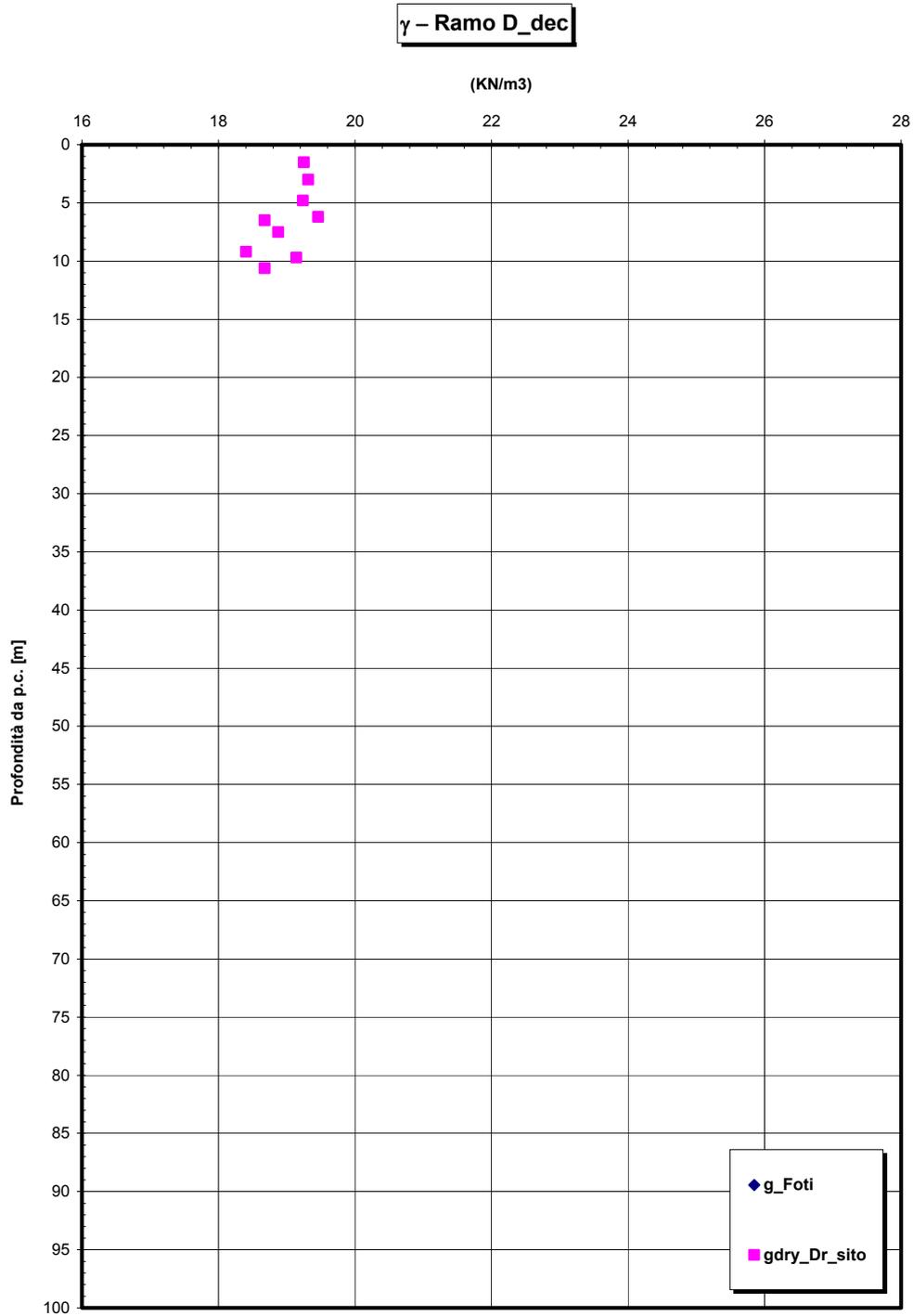


Figura 256

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

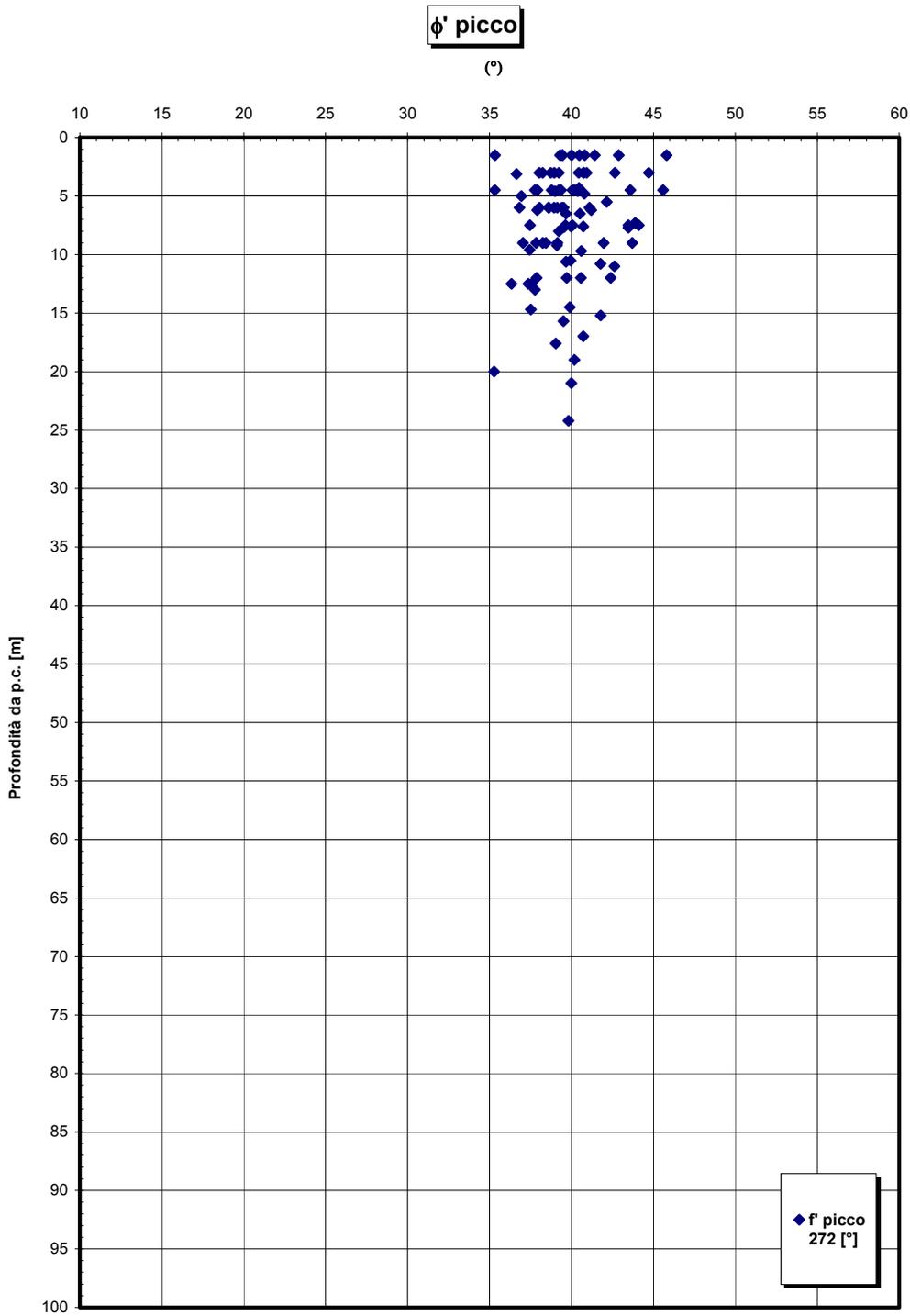


Figura 257 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

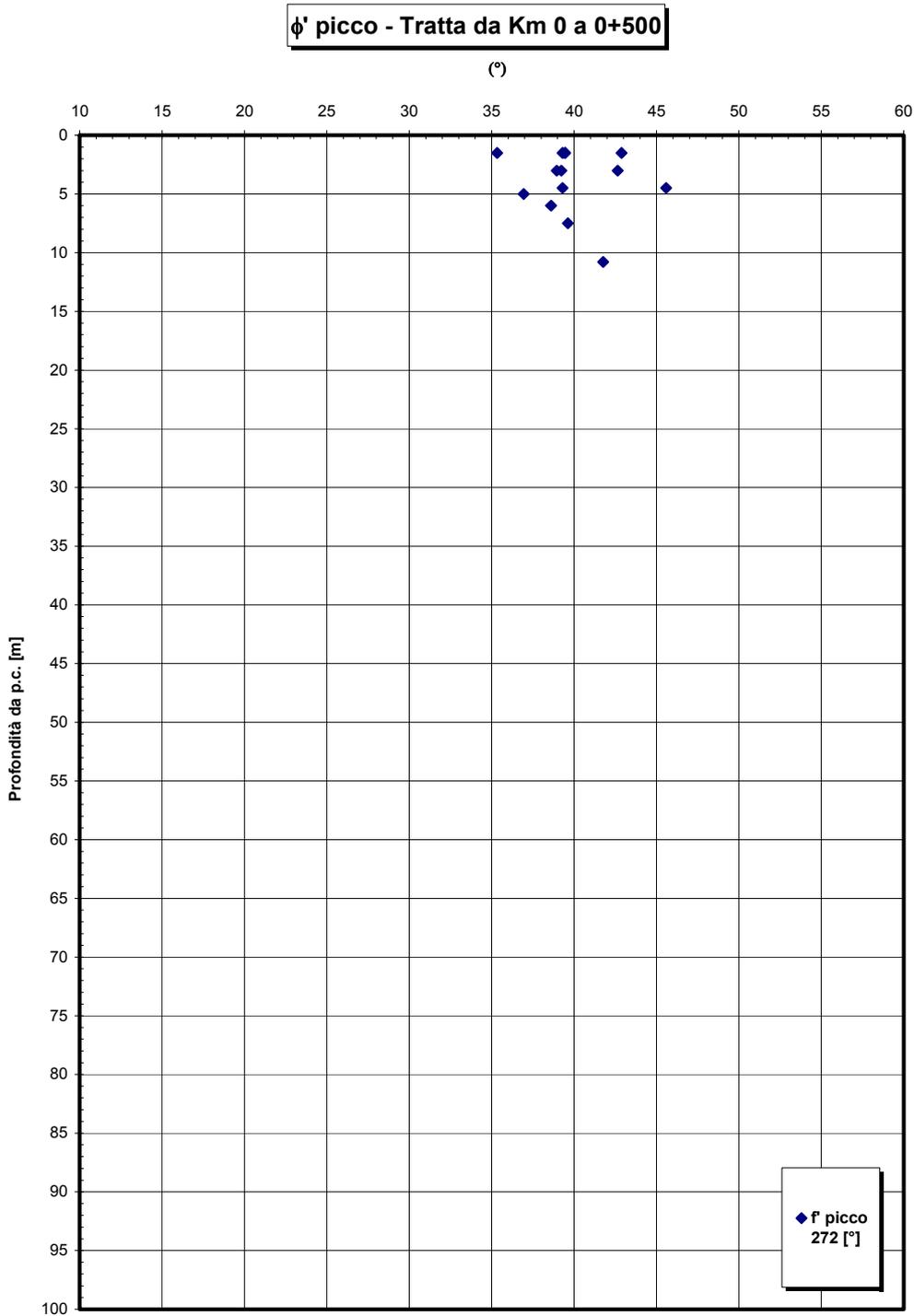


Figura 258

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

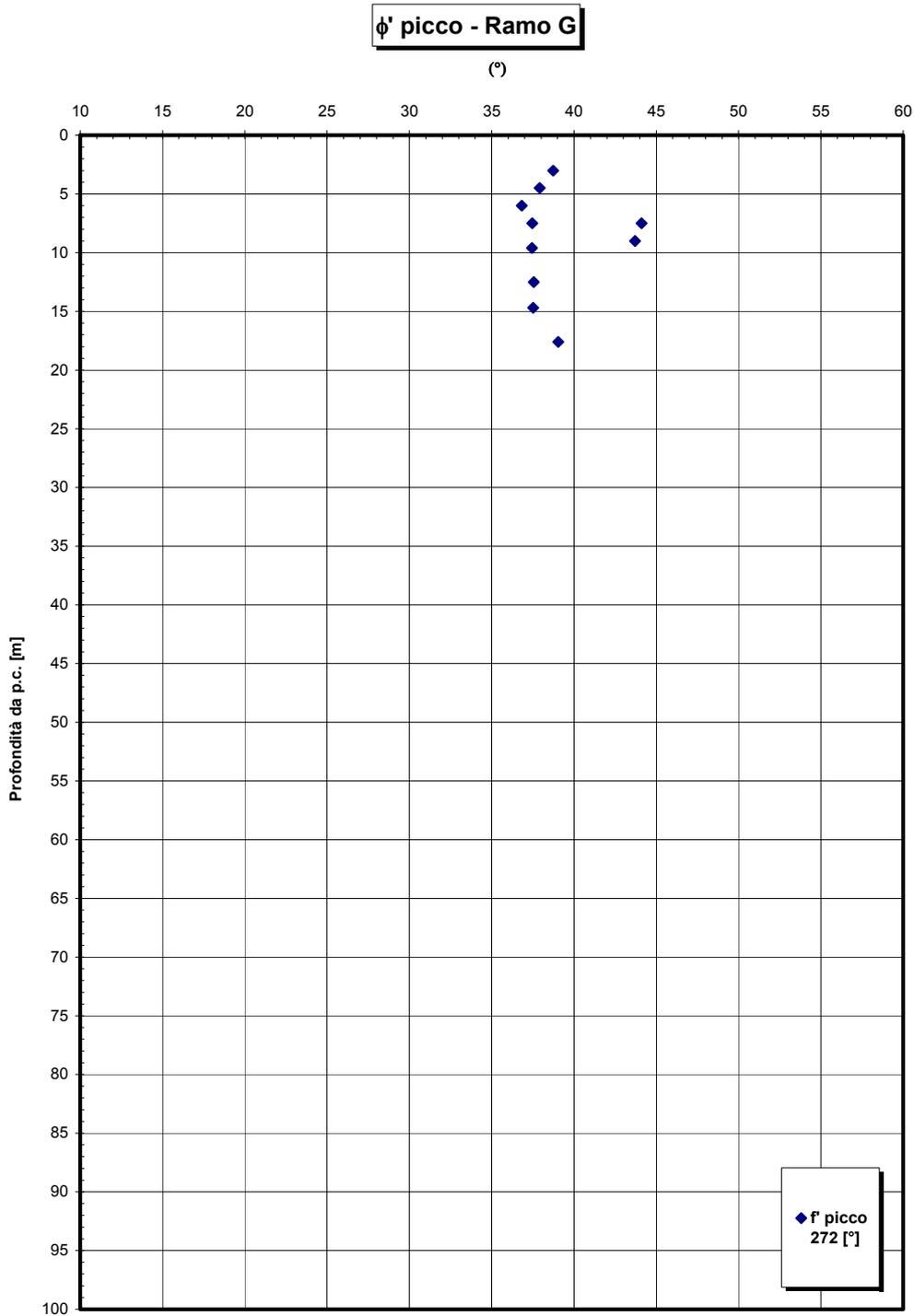


Figura 259

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

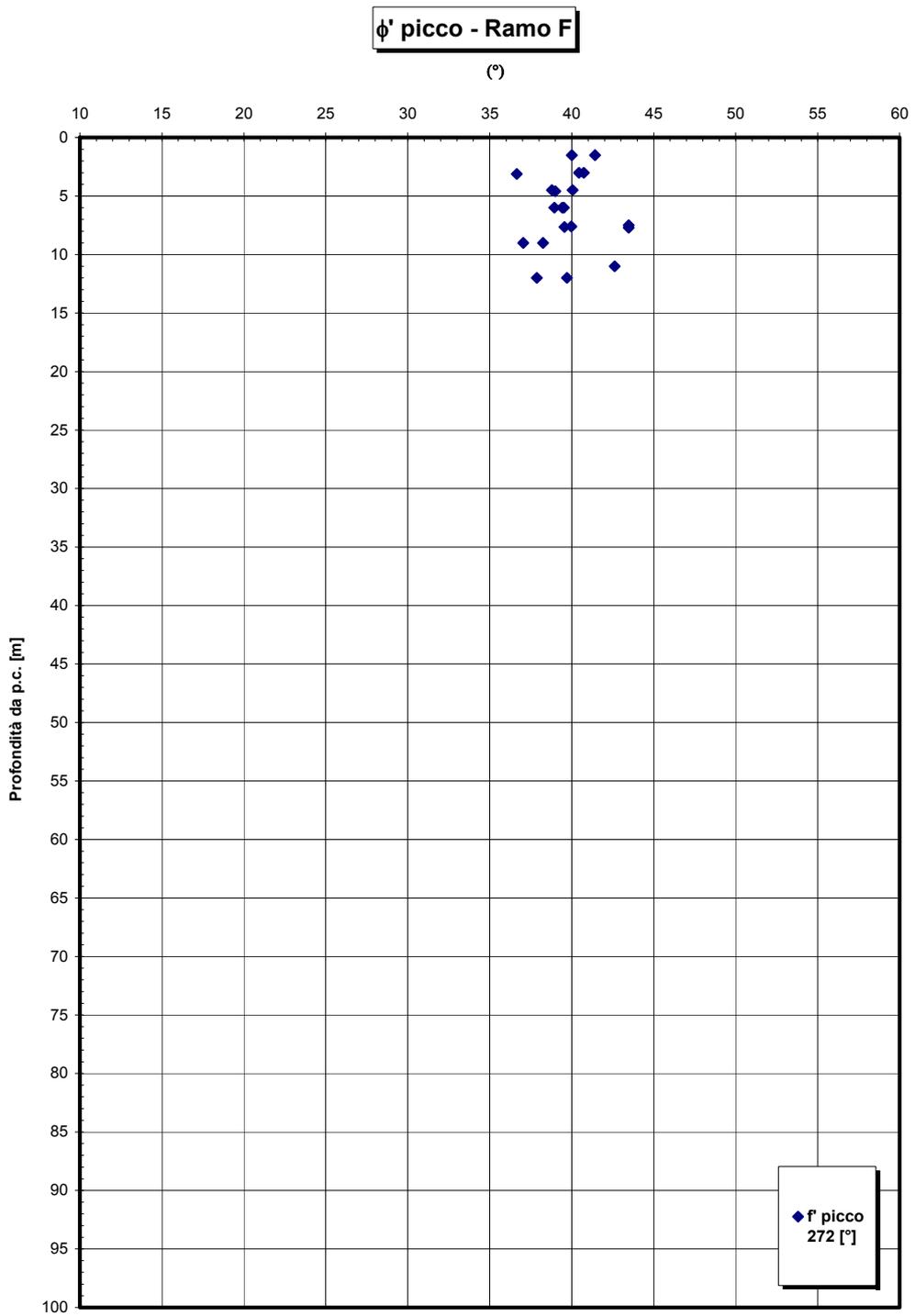


Figura 260

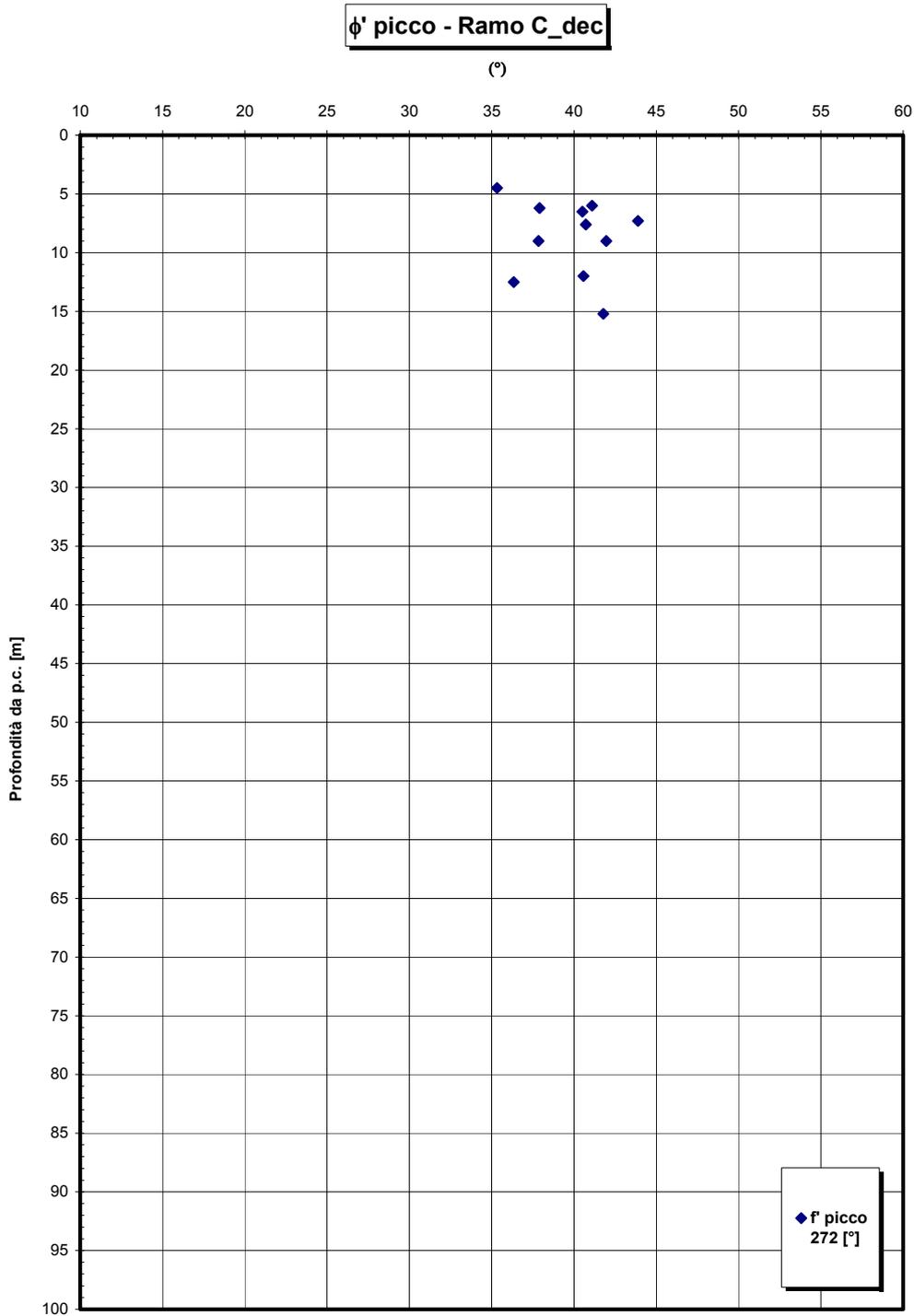


Figura 261

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

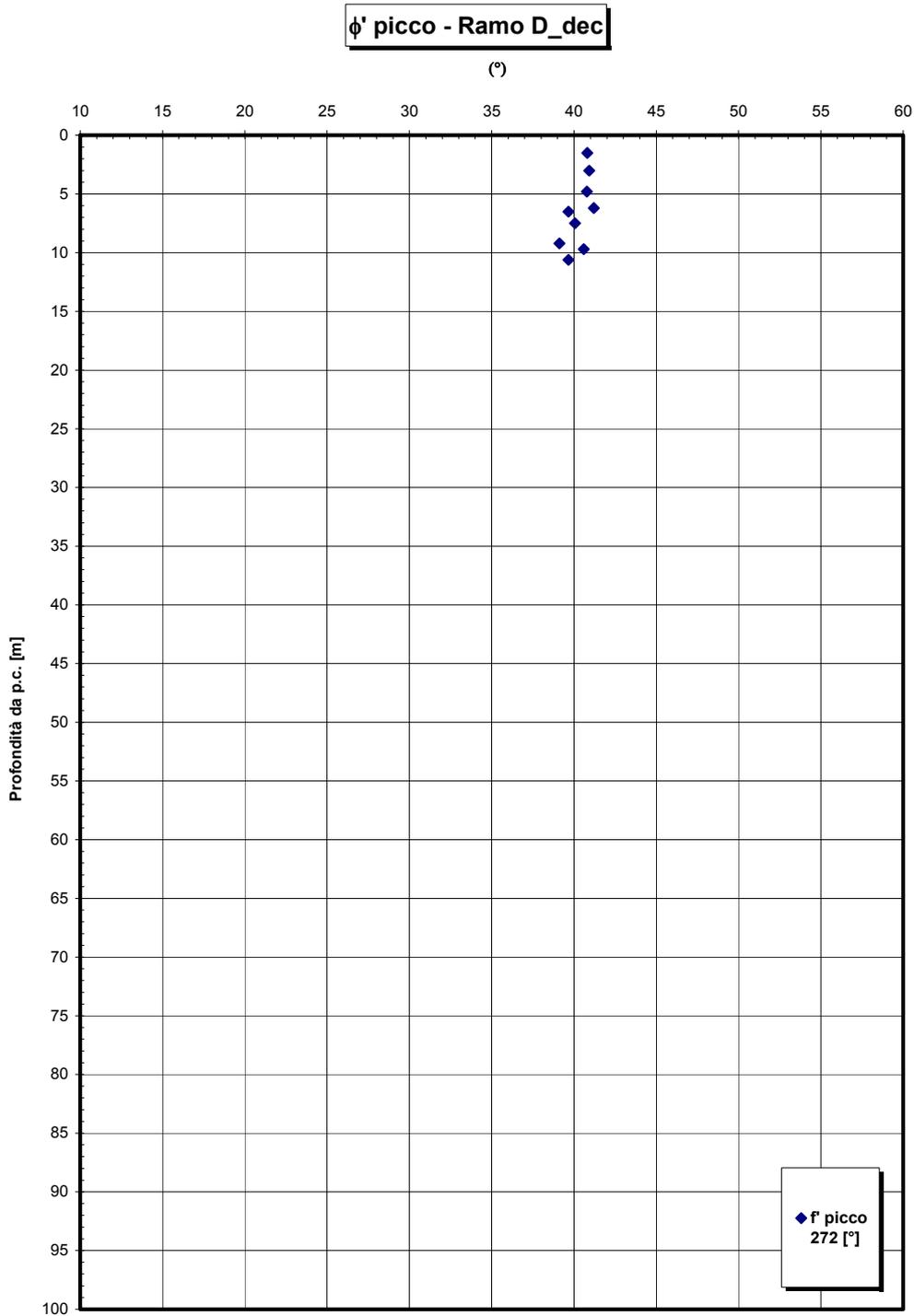


Figura 262

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

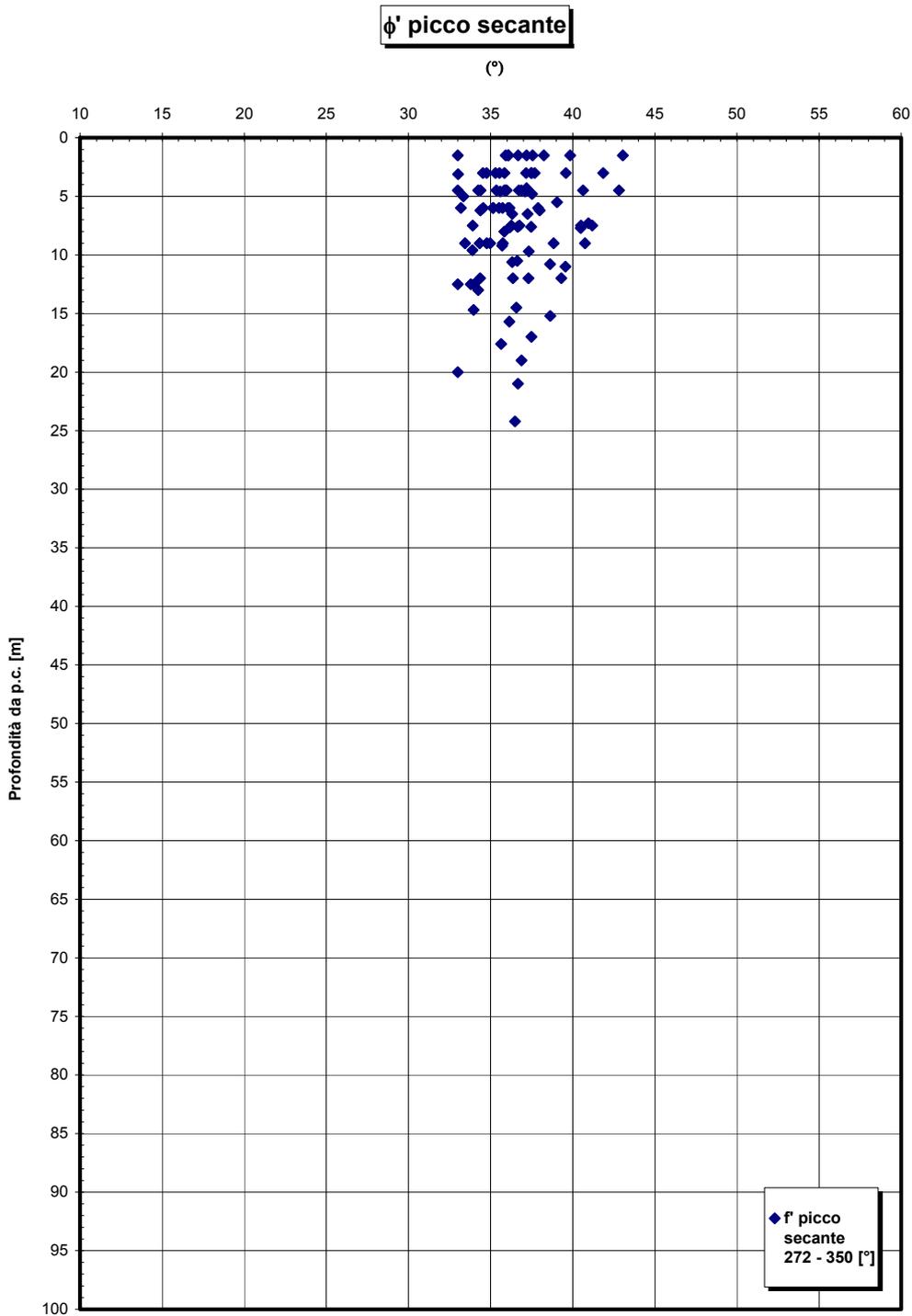


Figura 263 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

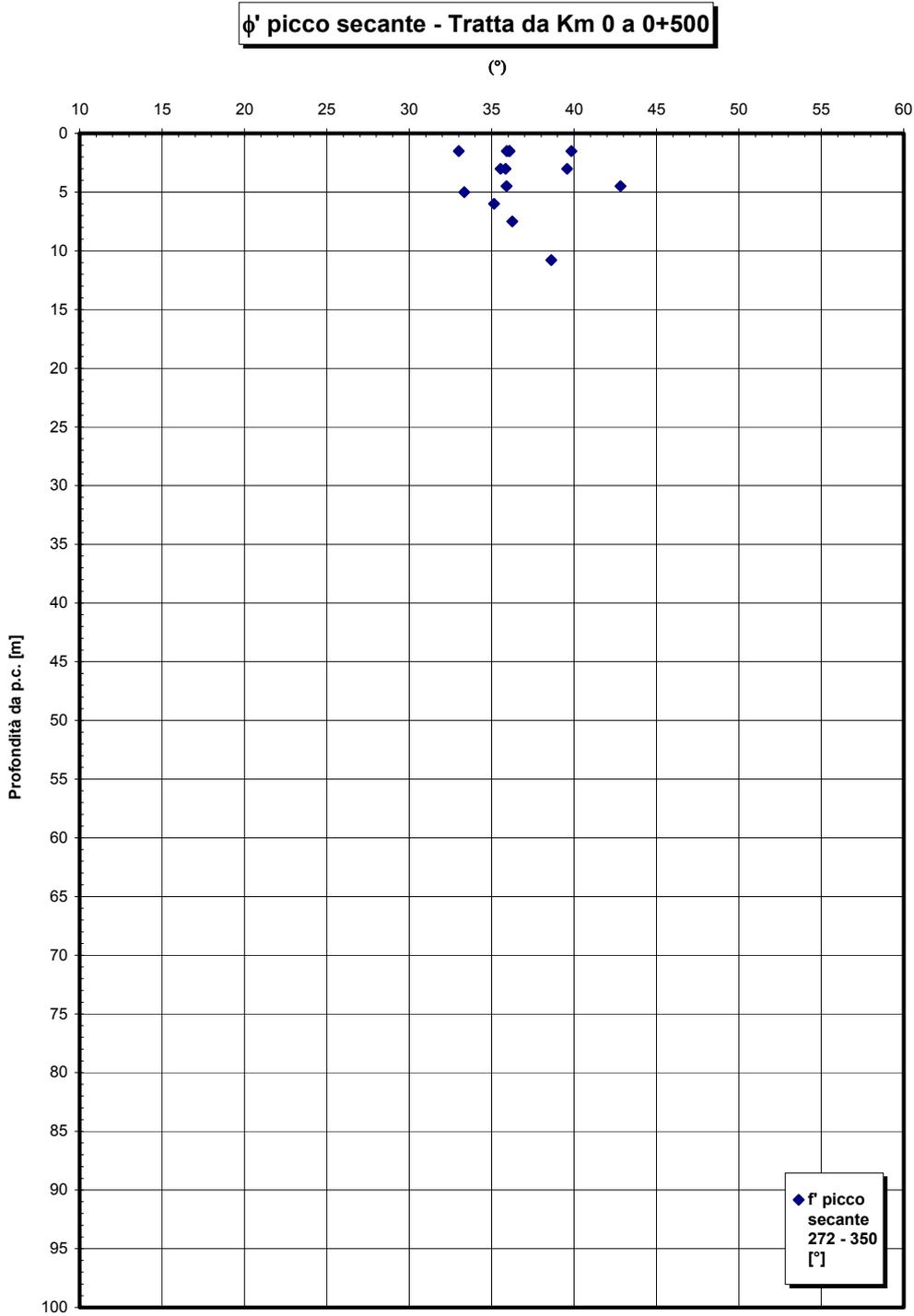


Figura 264

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

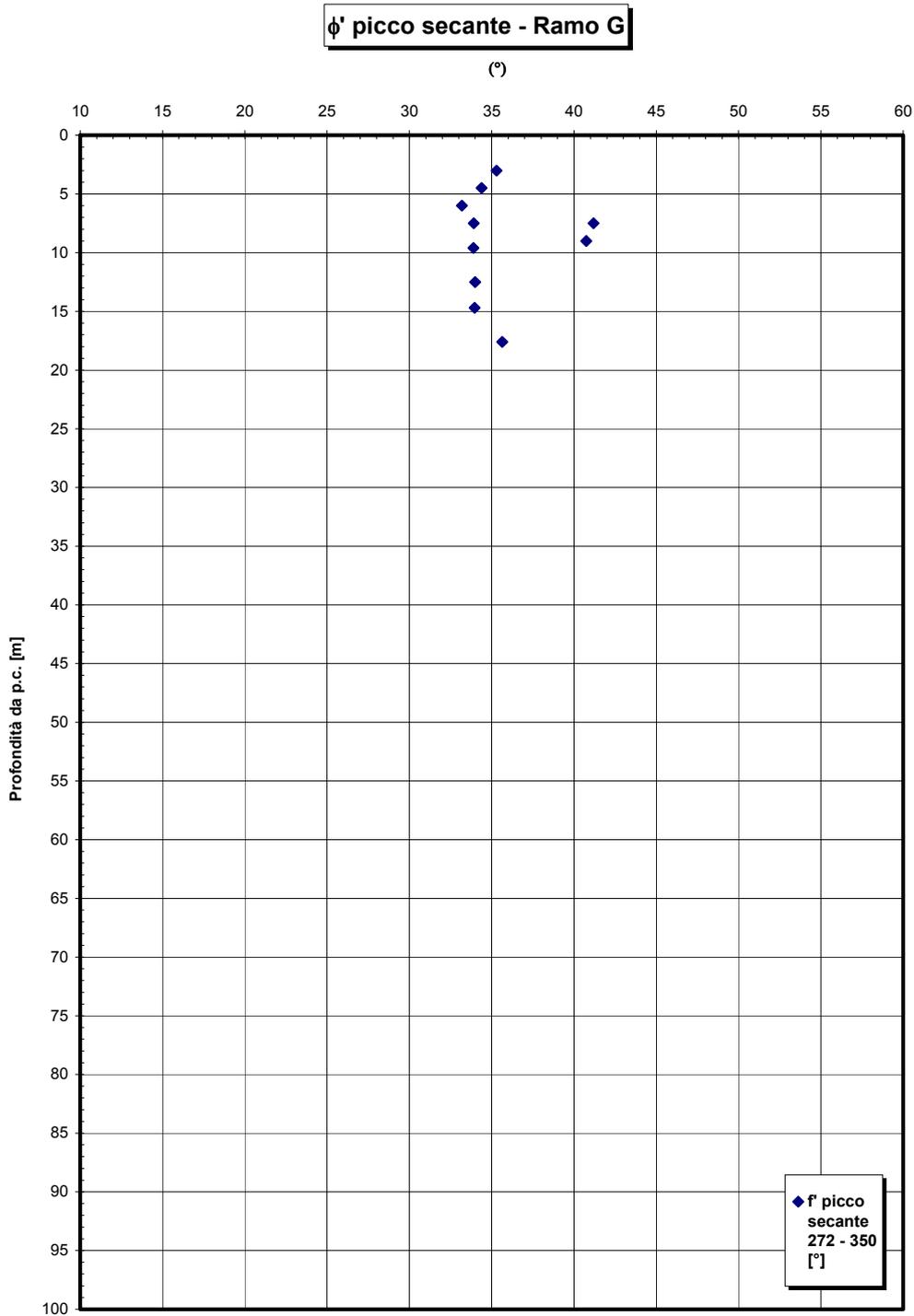


Figura 265

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

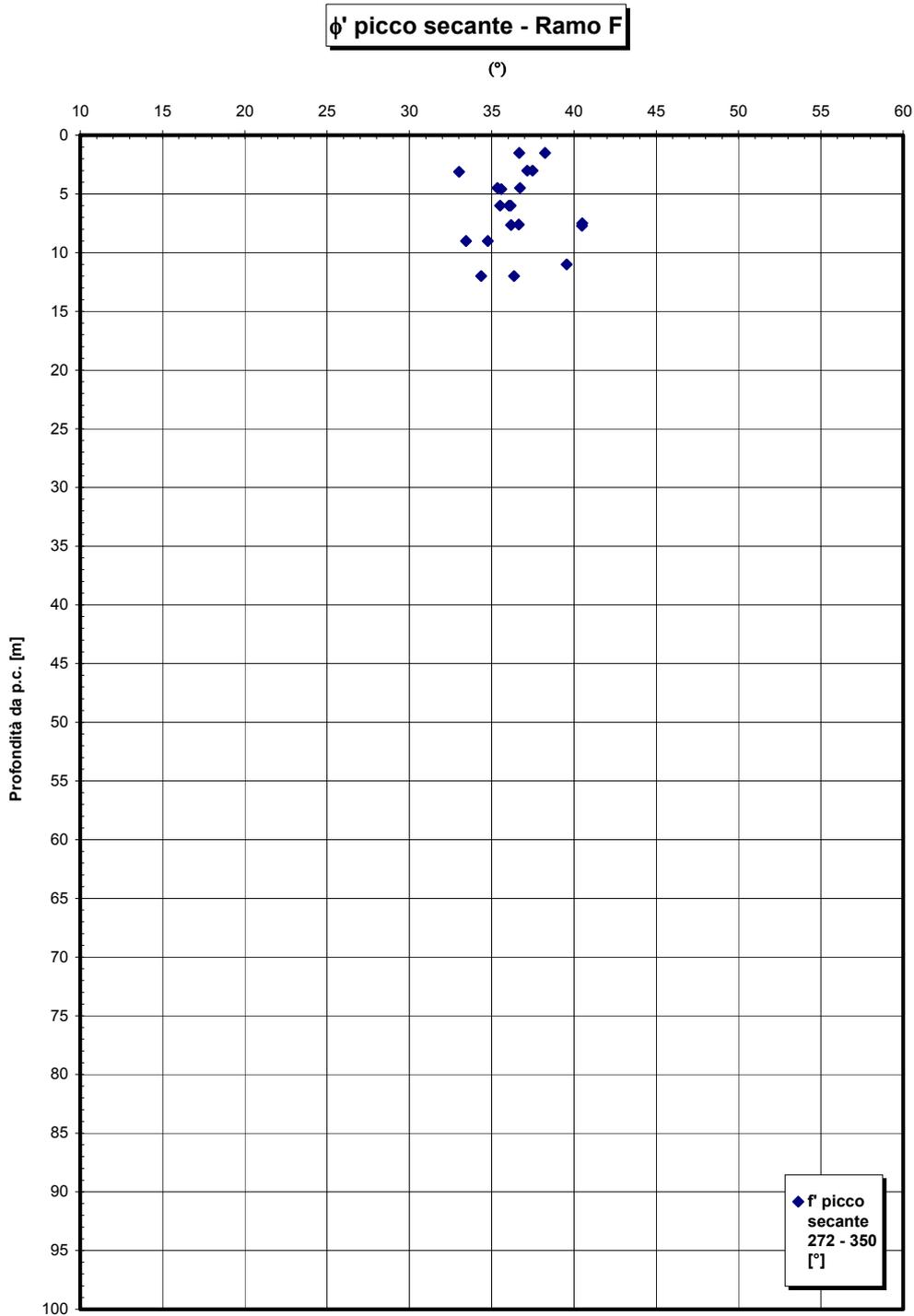


Figura 266

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

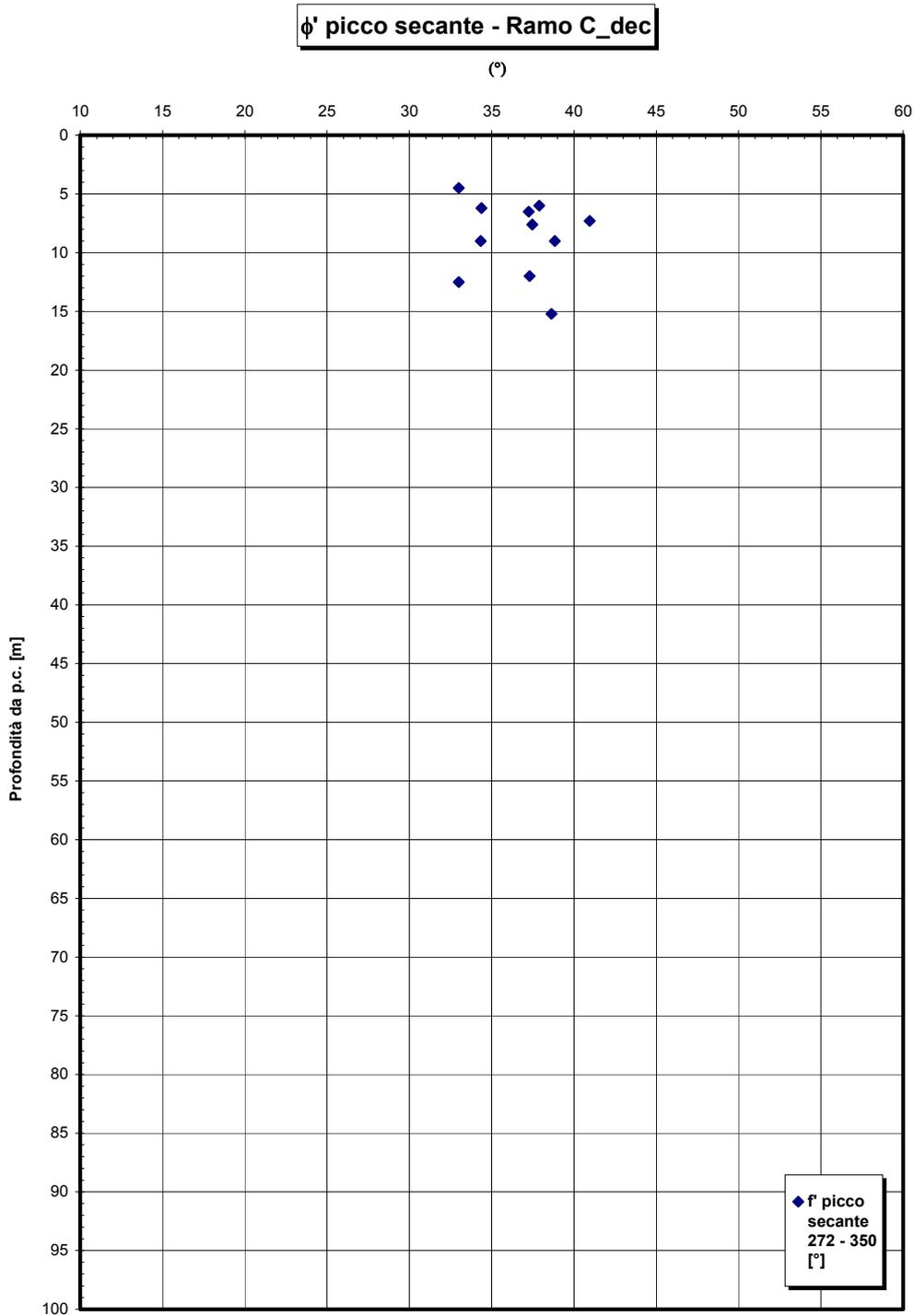


Figura 267

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

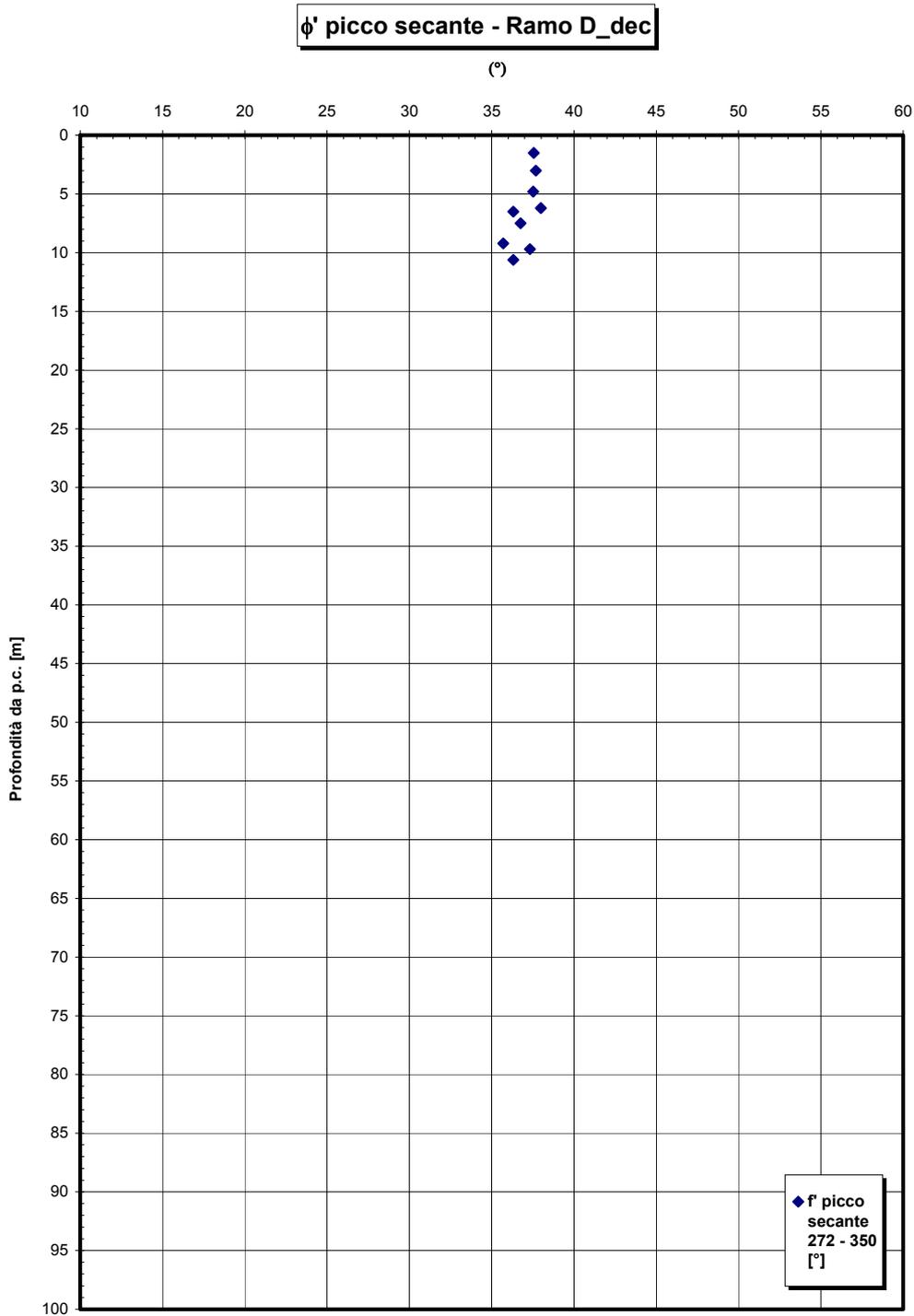


Figura 268

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

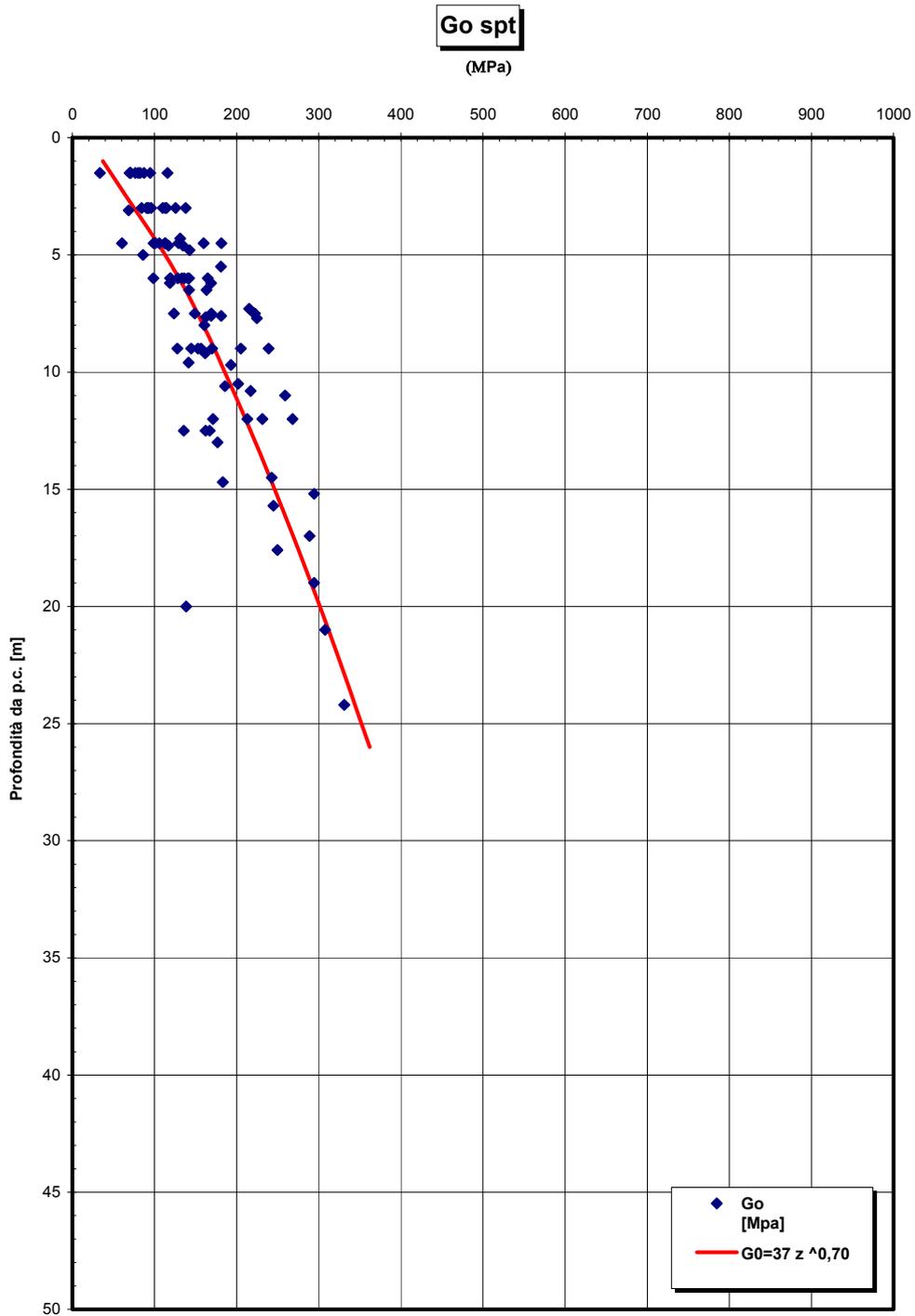


Figura 269 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

G₀/pa

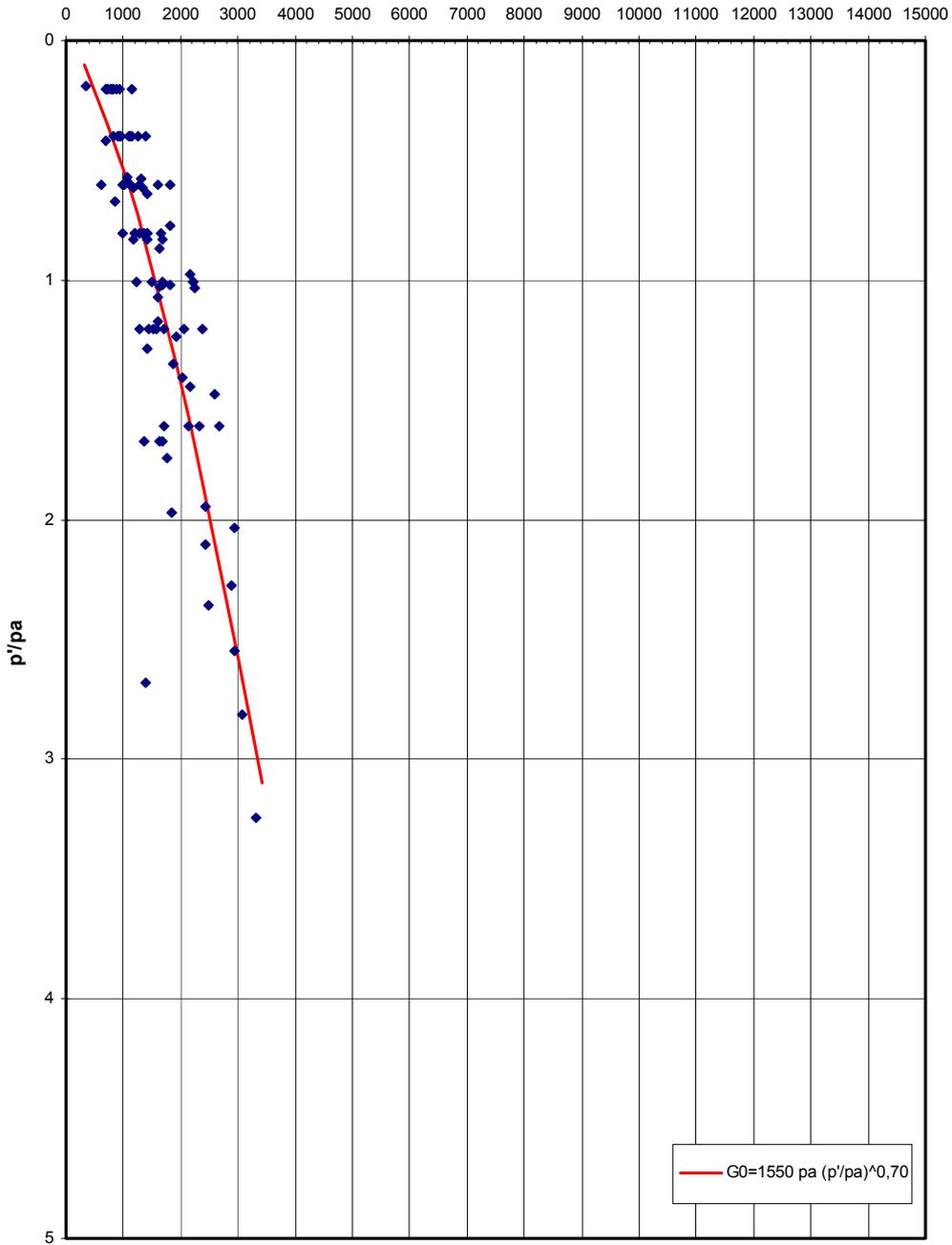


Figura 270 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

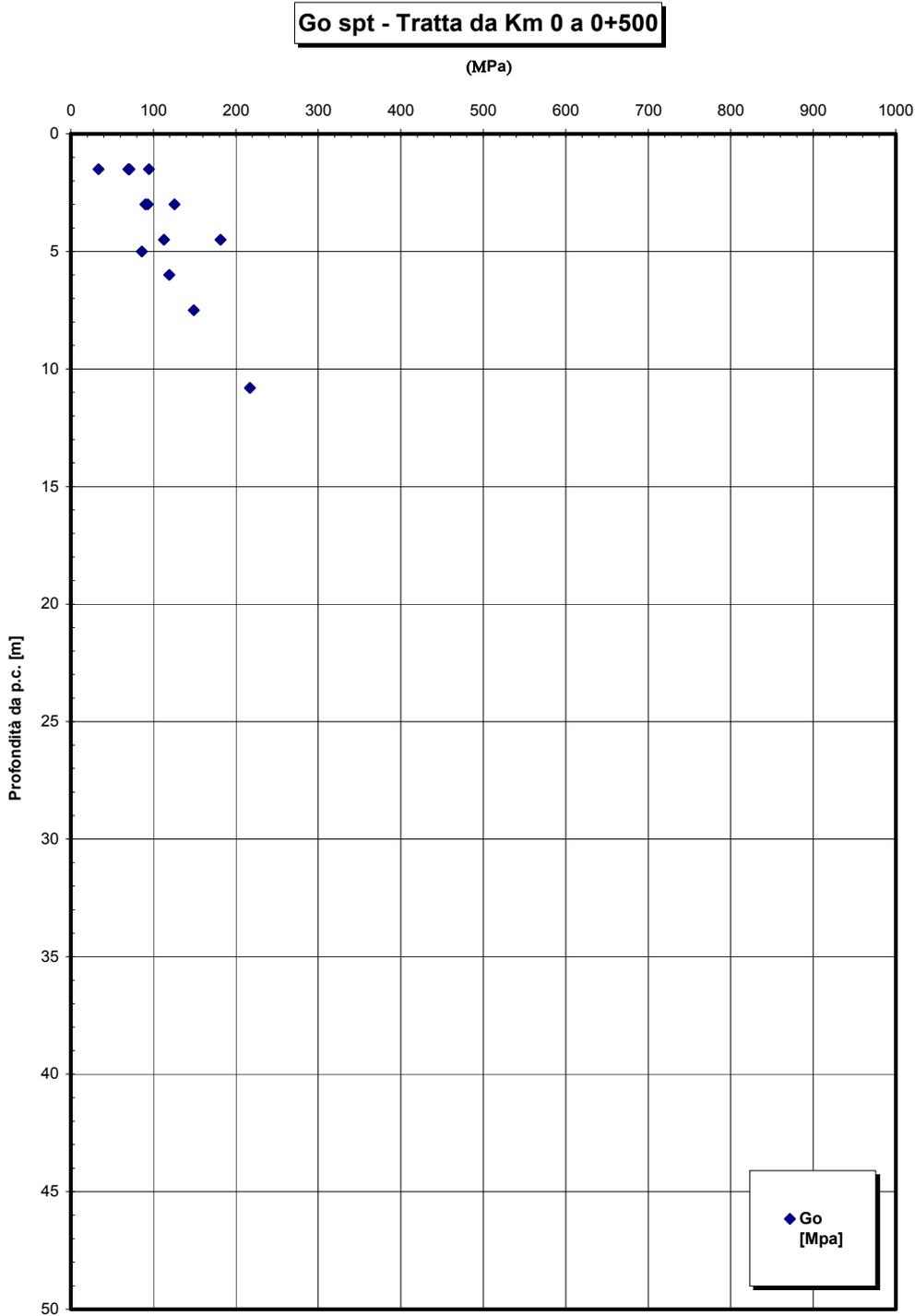


Figura 271

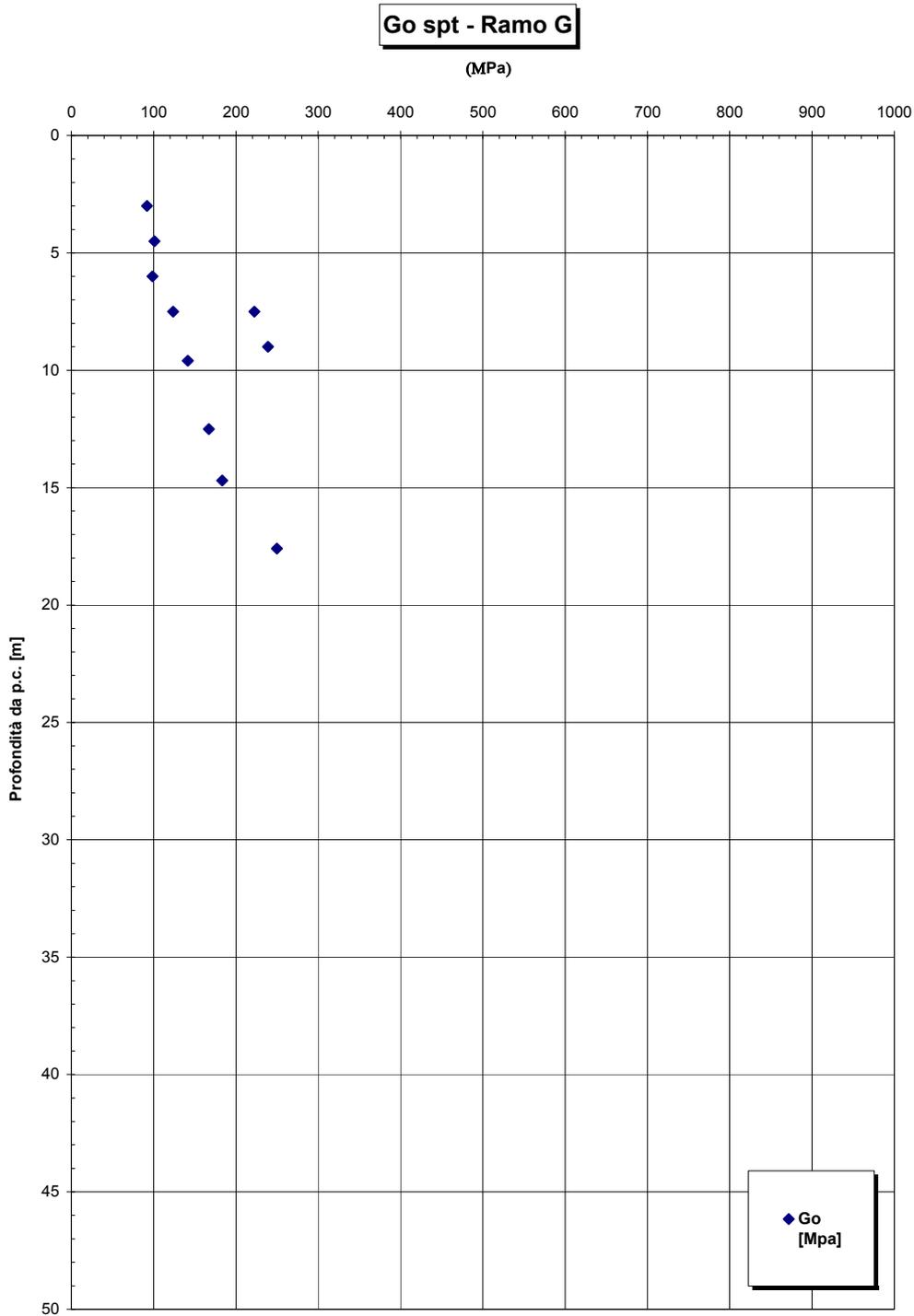


Figura 272

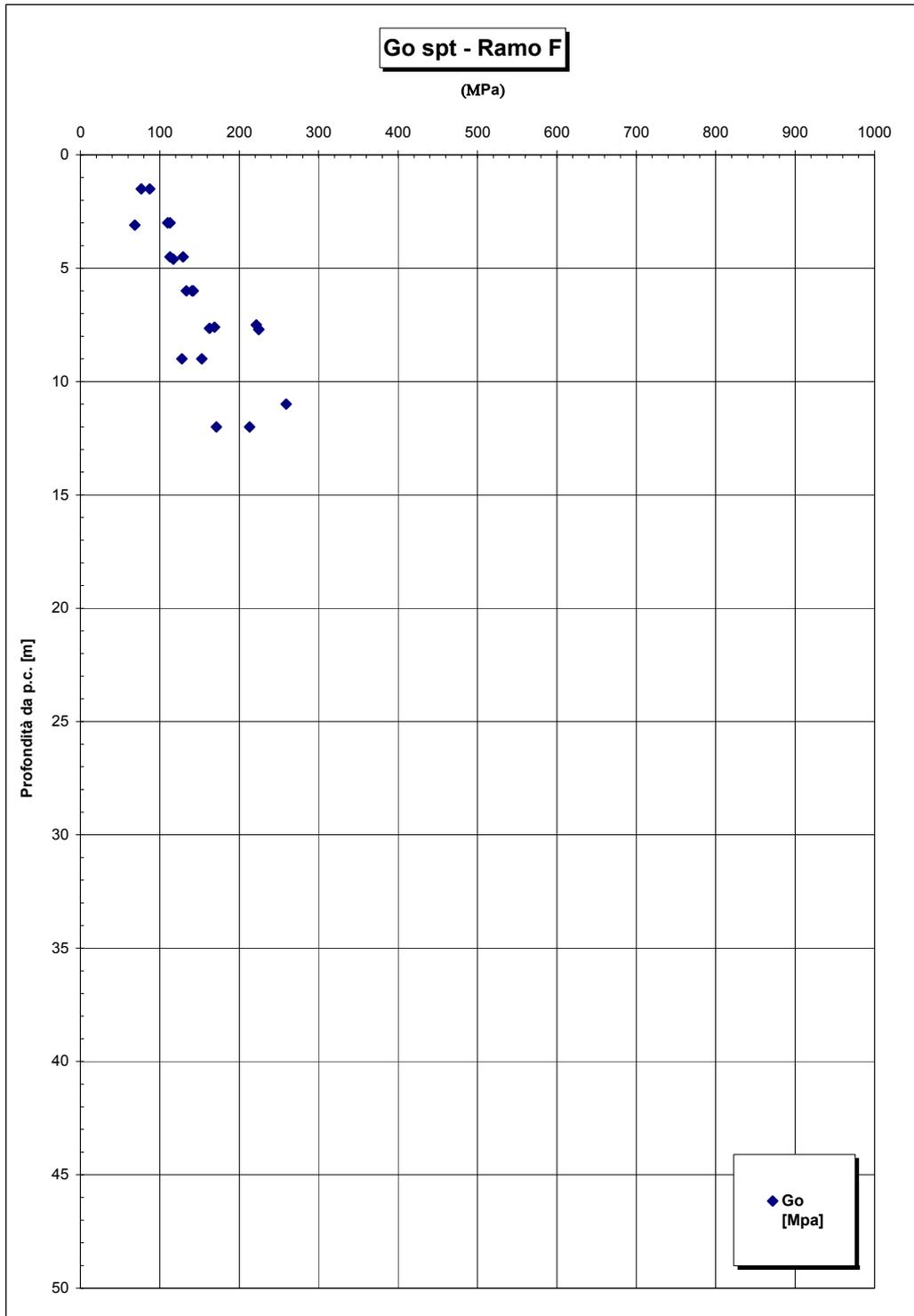


Figura 273

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

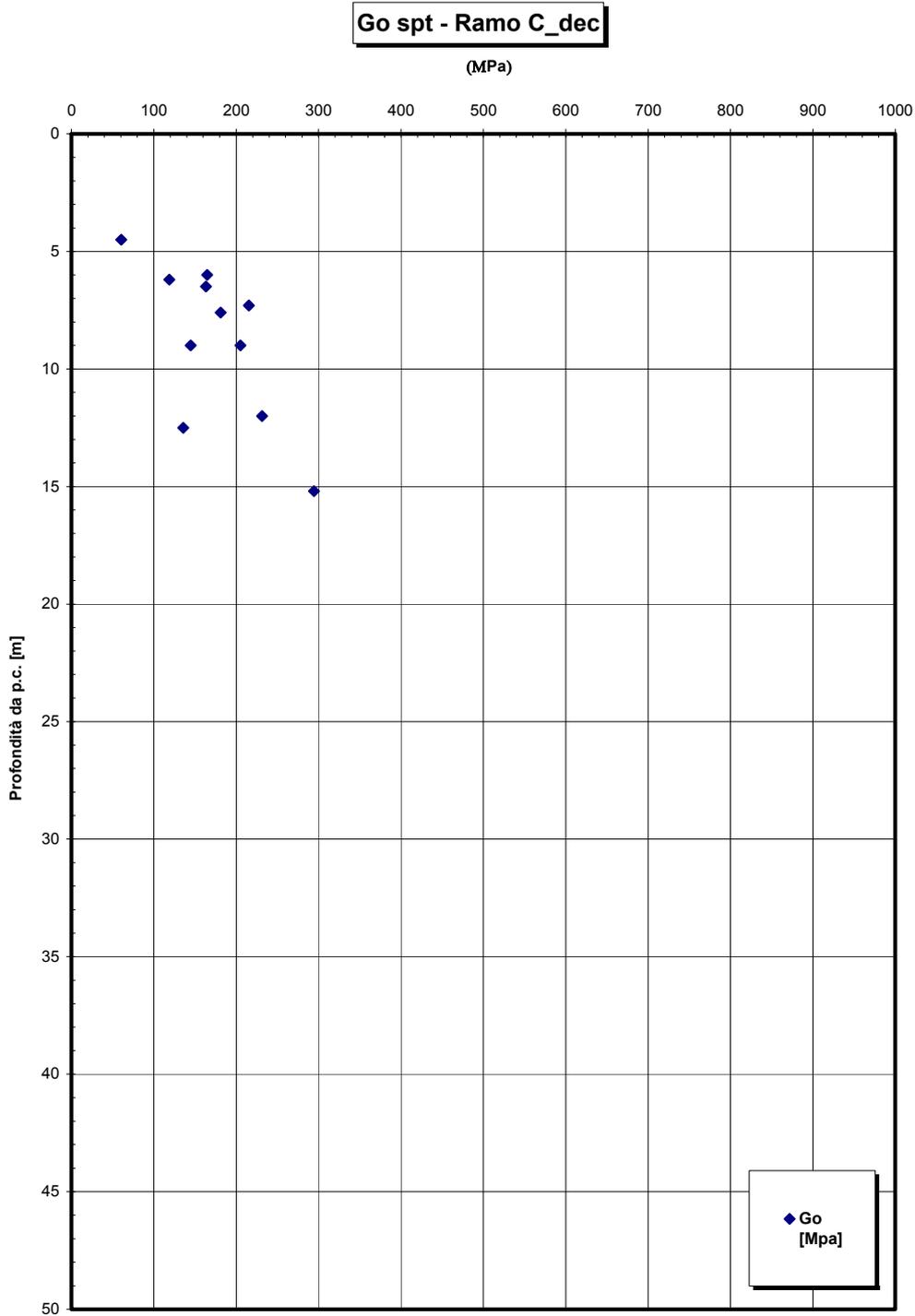


Figura 274

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

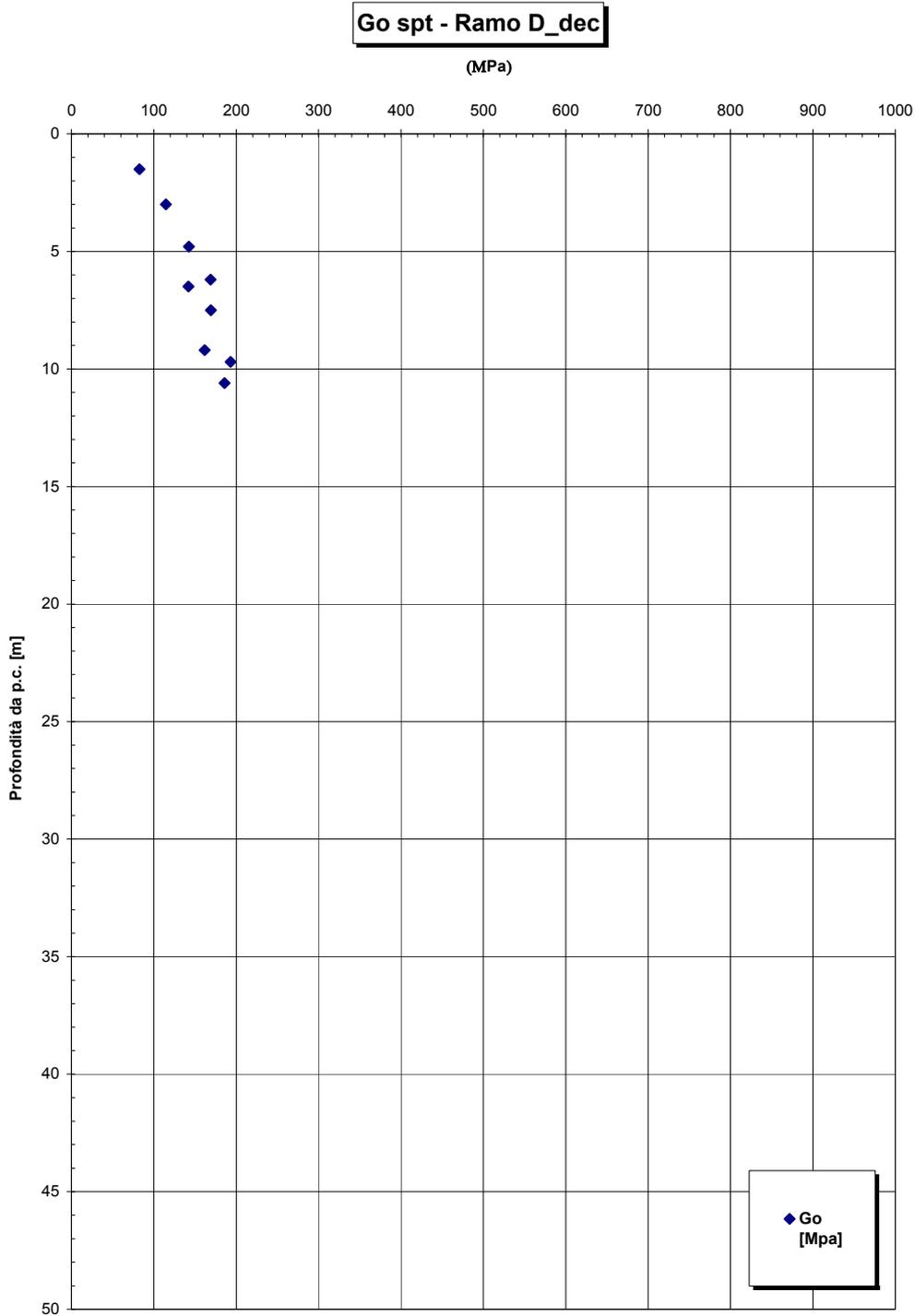


Figura 275

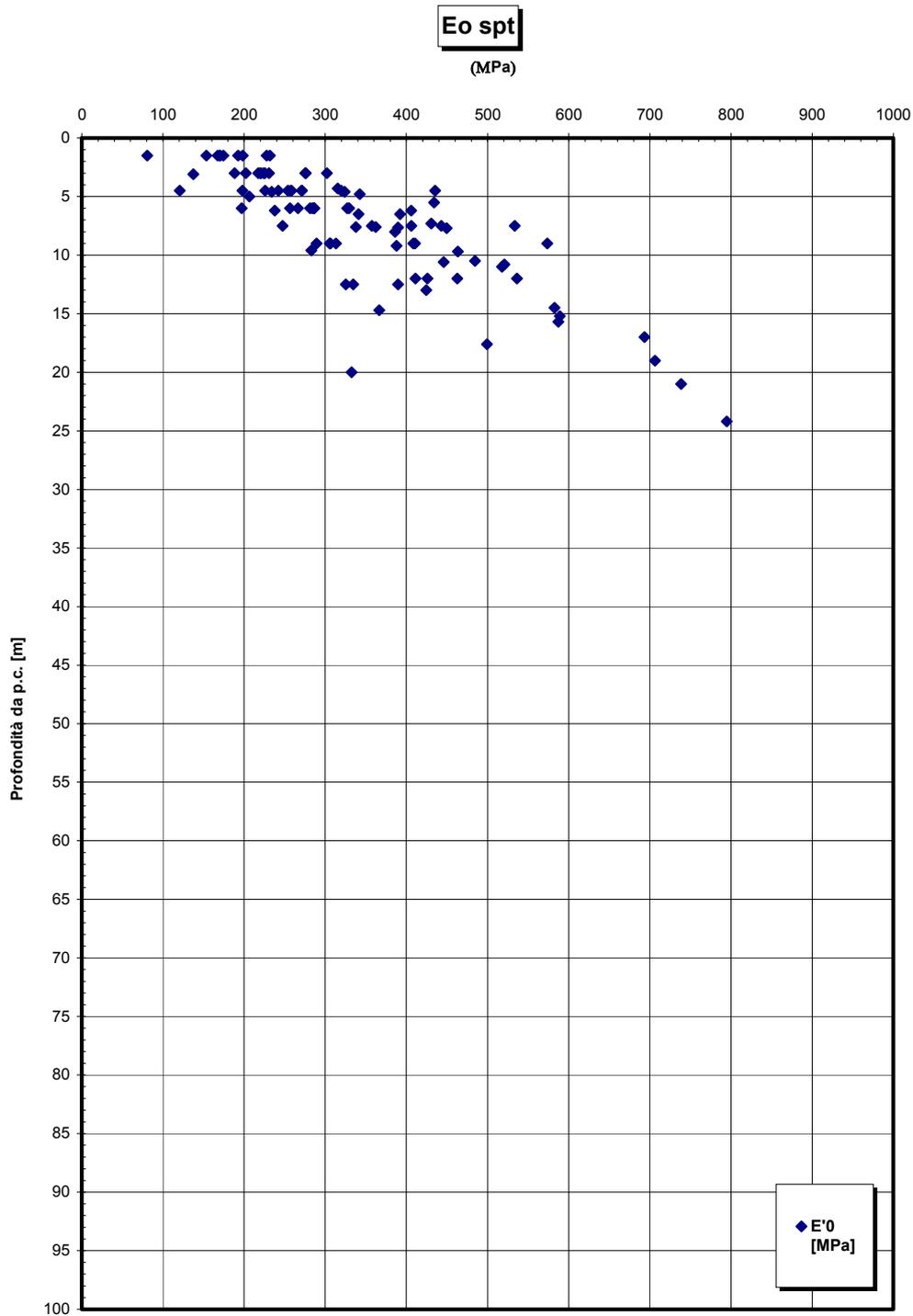


Figura 276 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

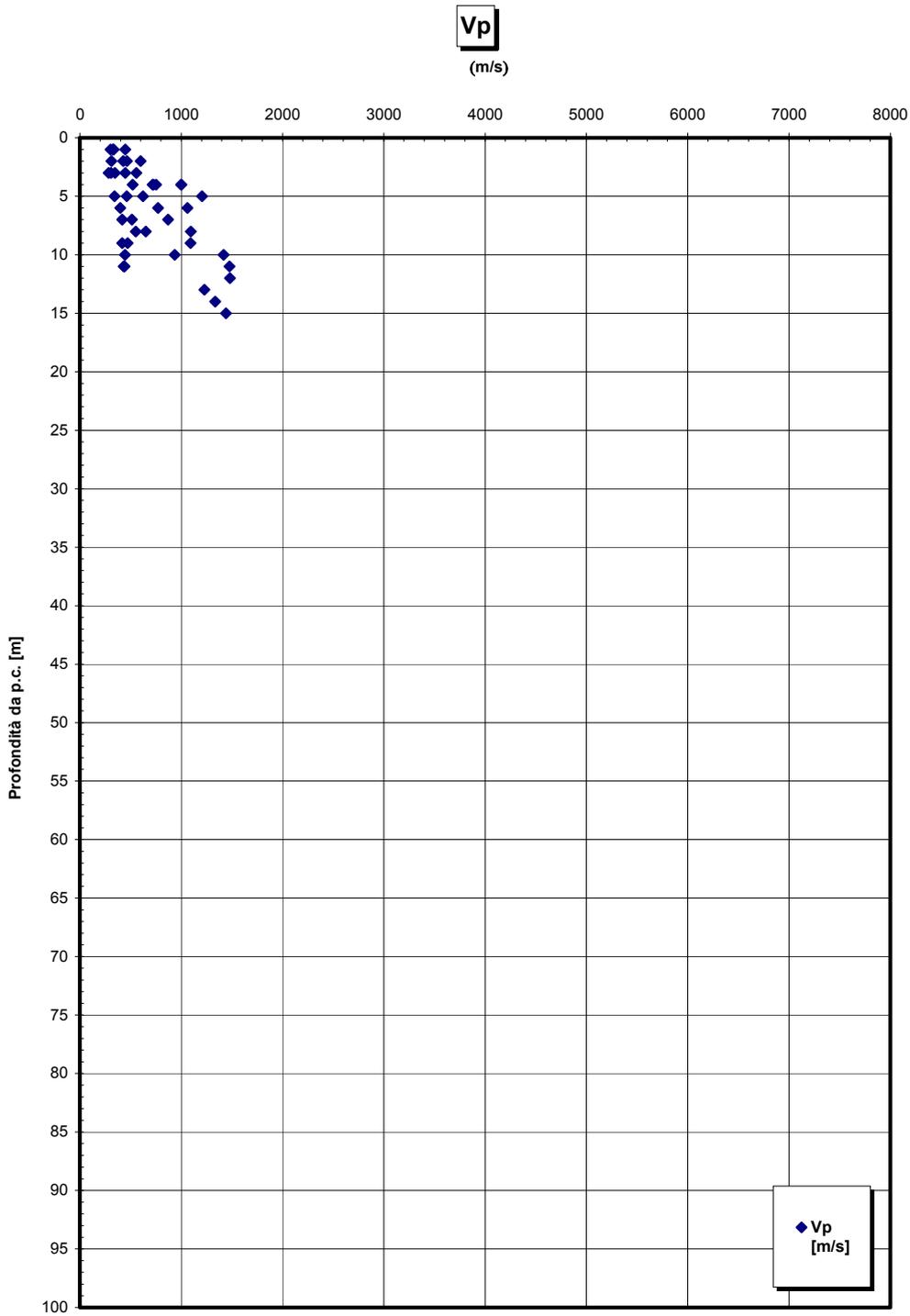


Figura 277 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

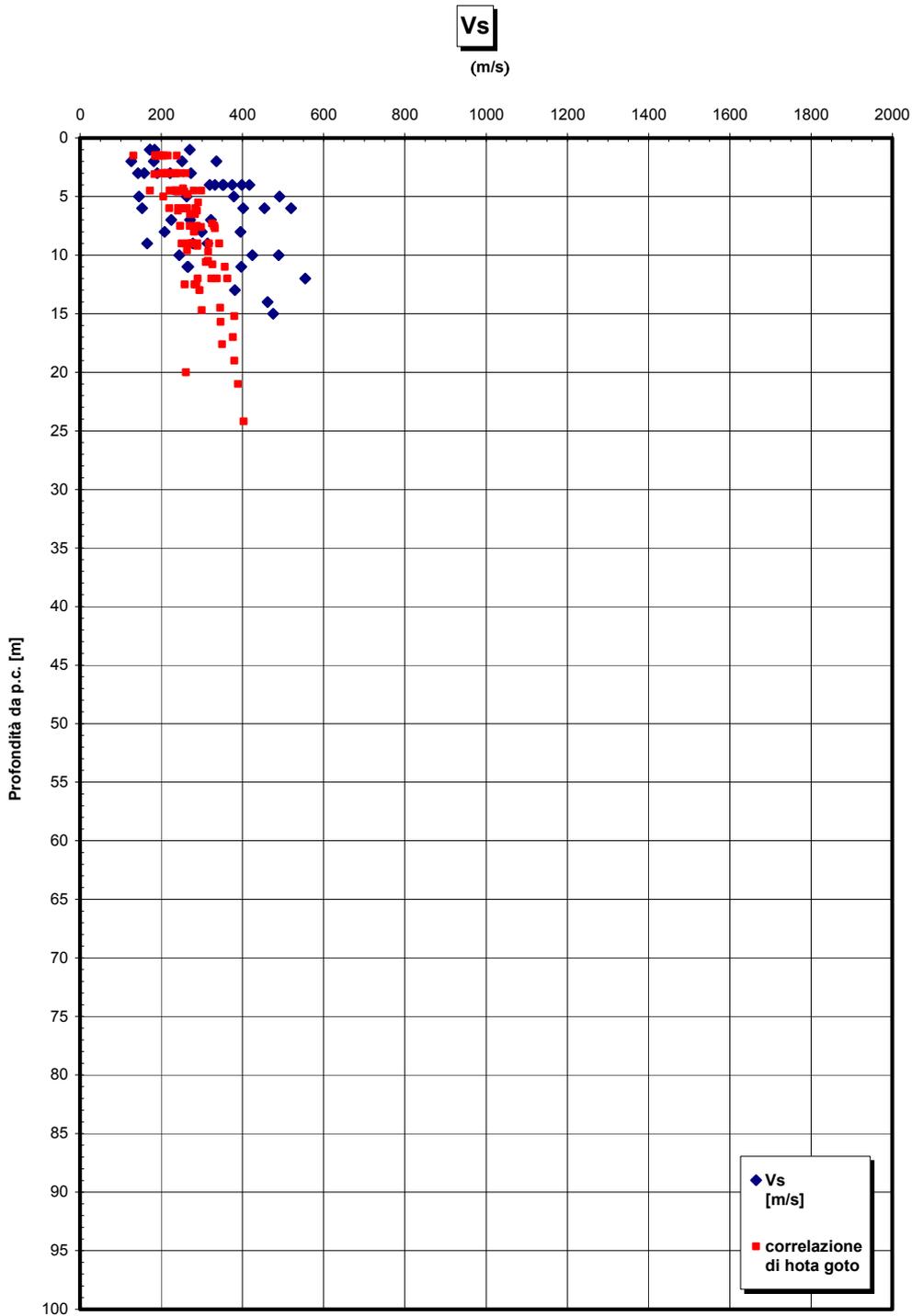


Figura 278 – riepilogo generale

**Prove sismiche
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI**

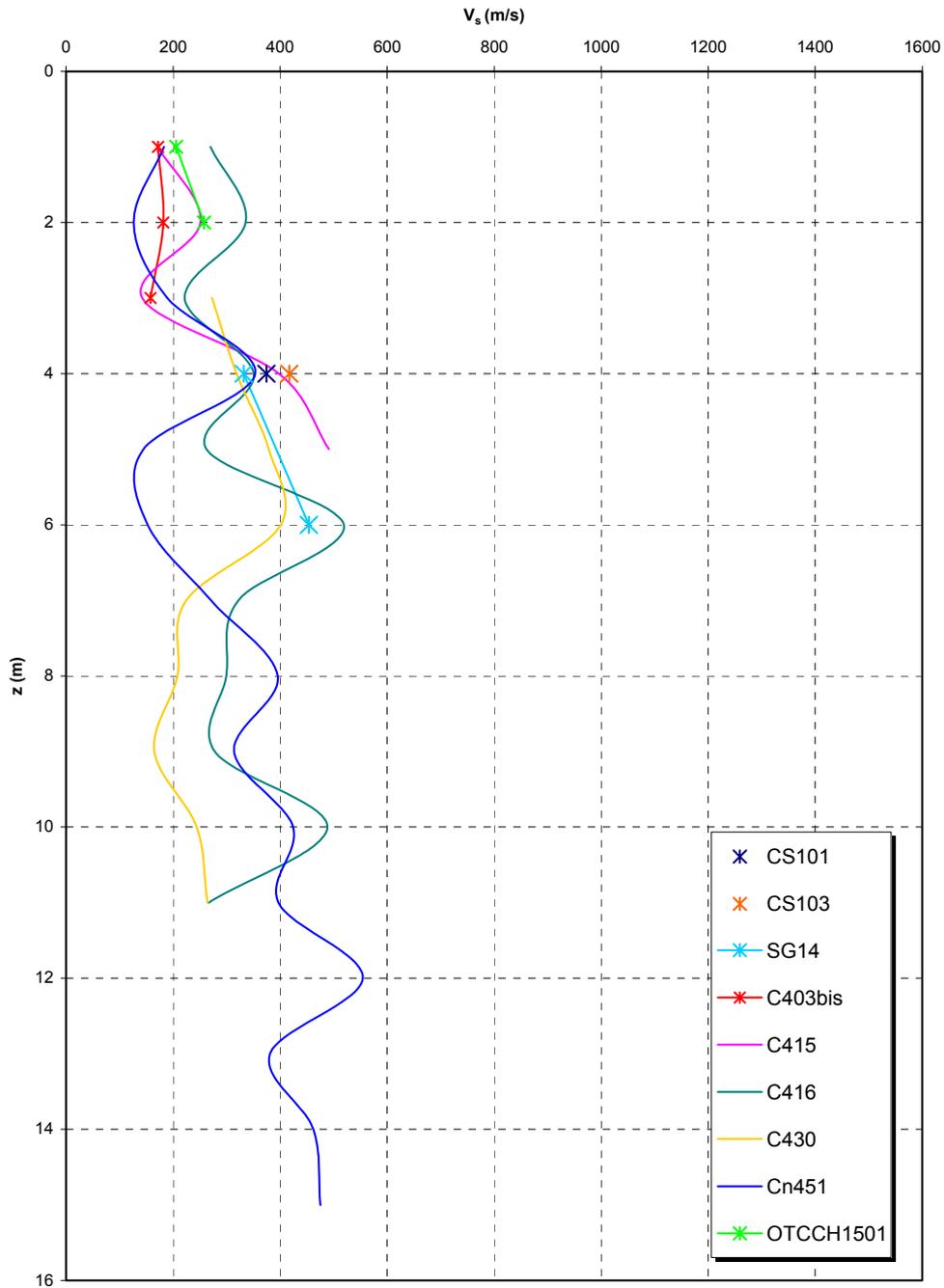


Figura 279 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

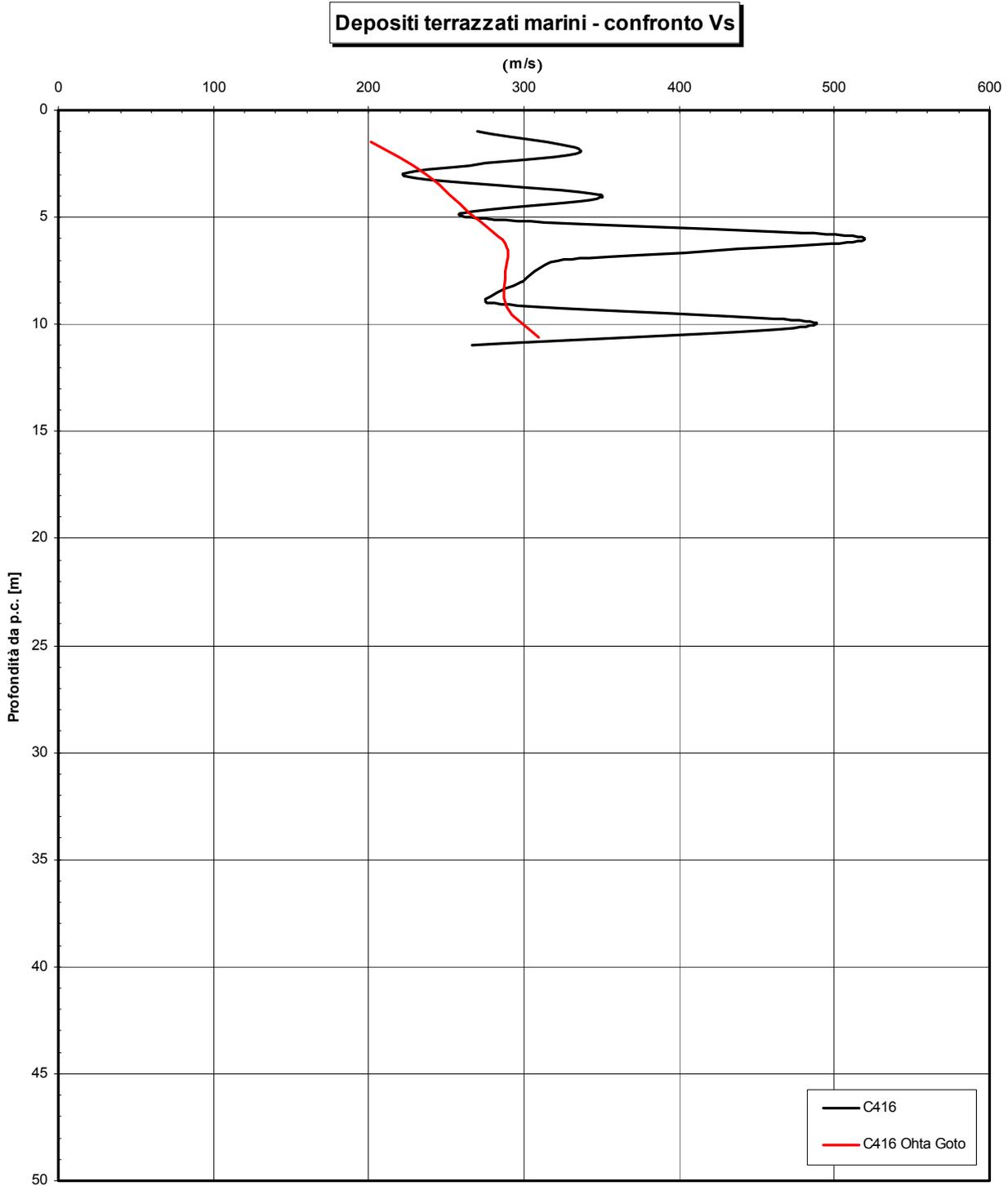


Figura 280

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

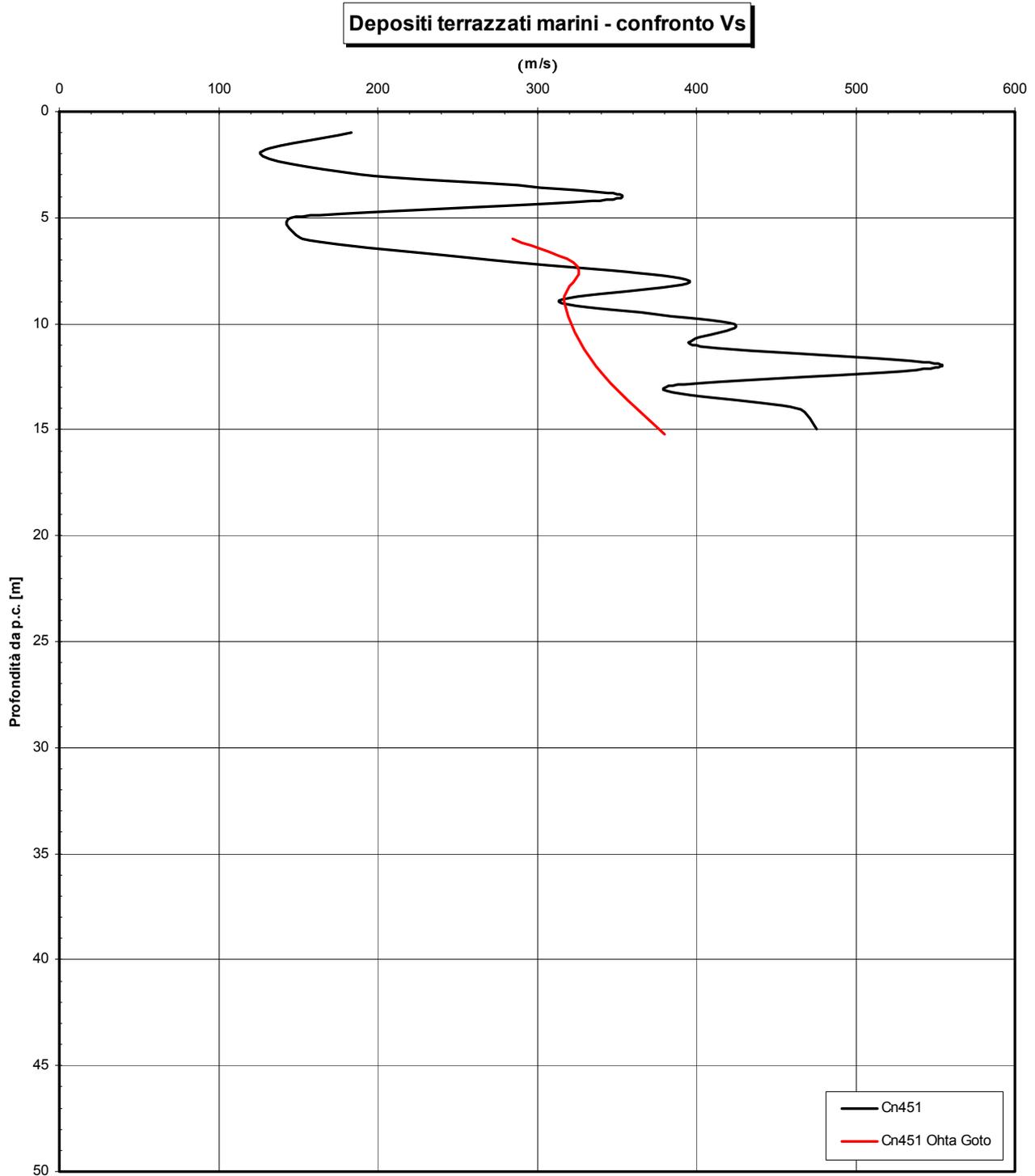


Figura 281

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

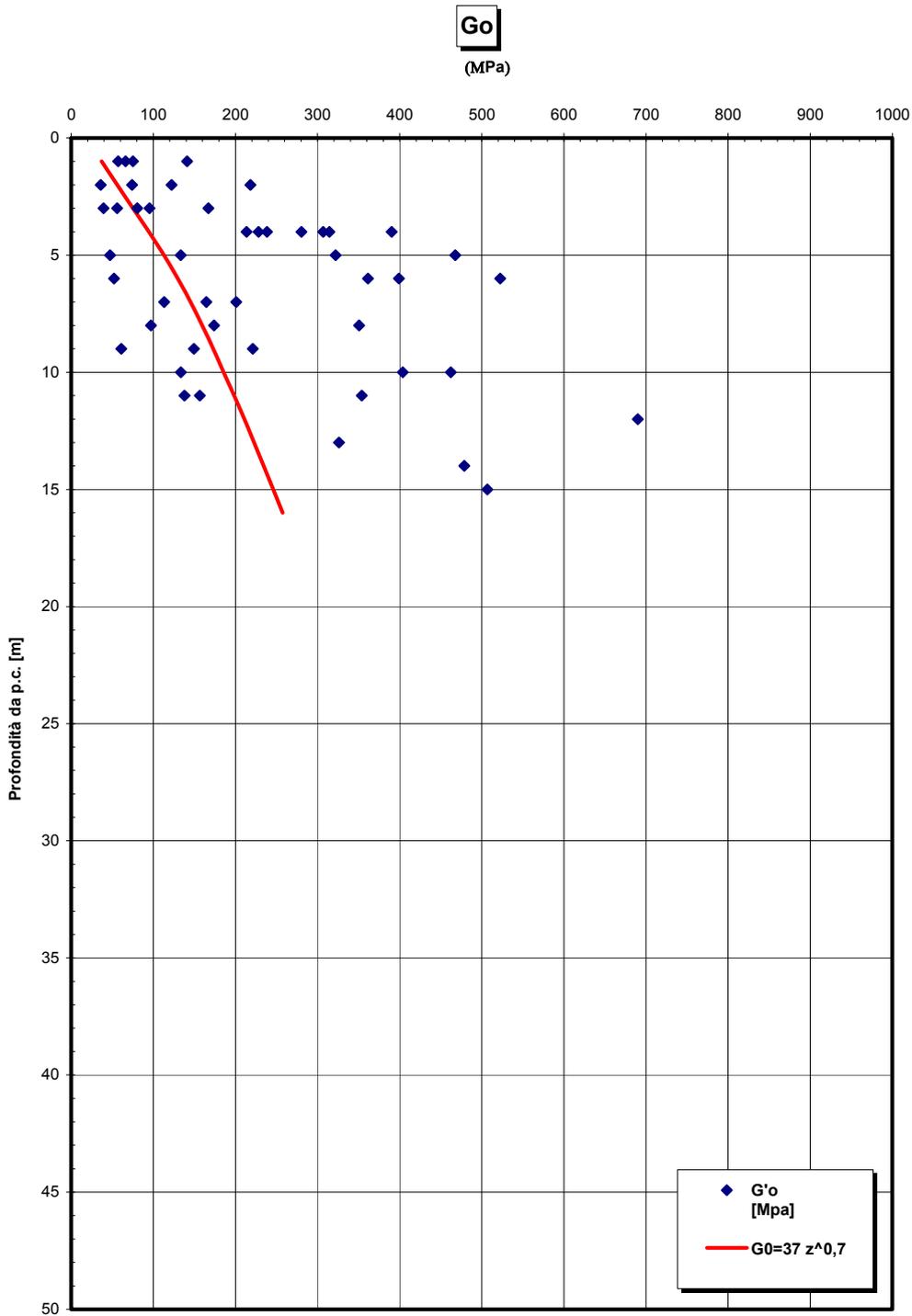


Figura 282 -G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Prove sismiche
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI**

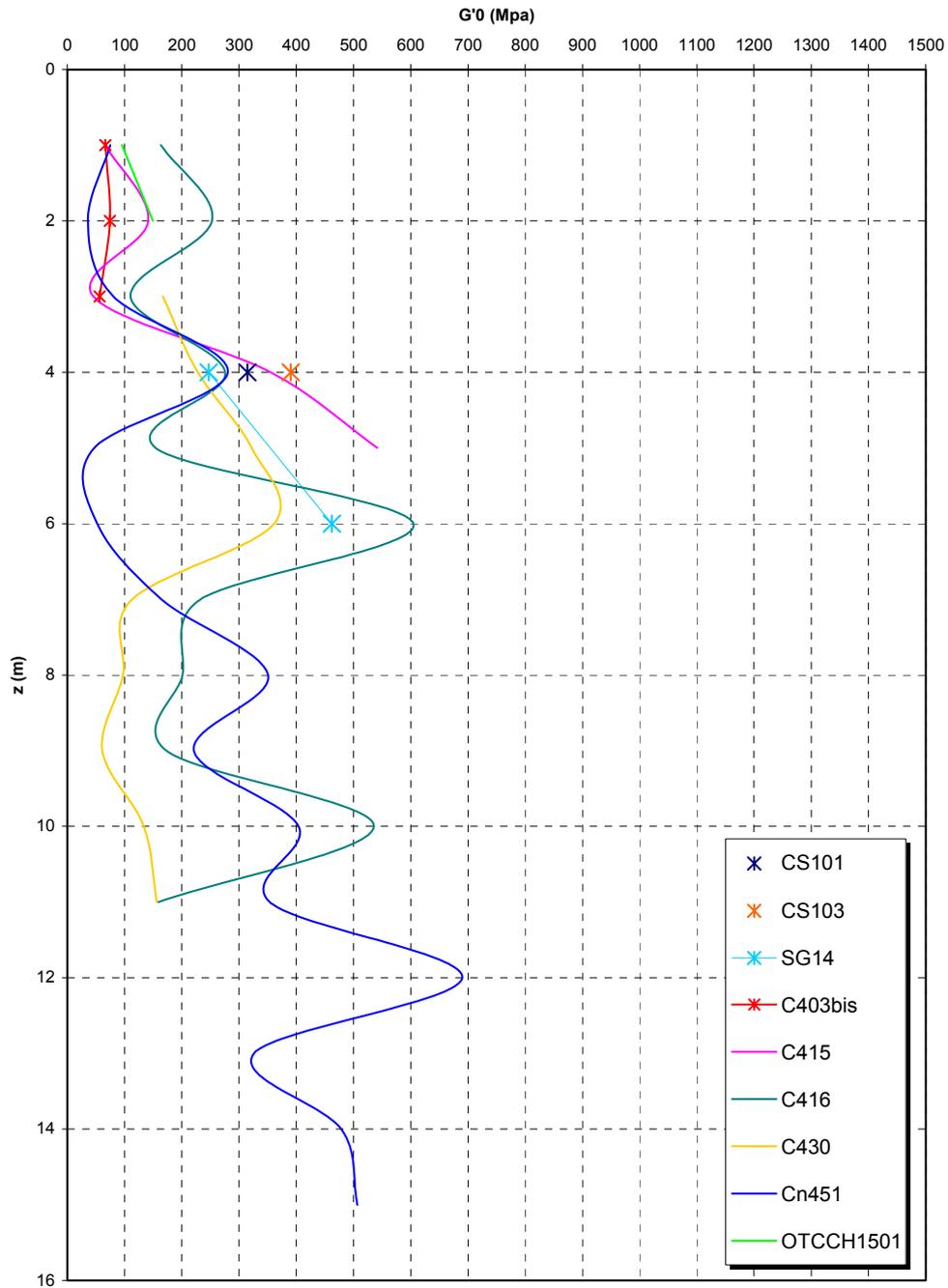


Figura 283 -G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

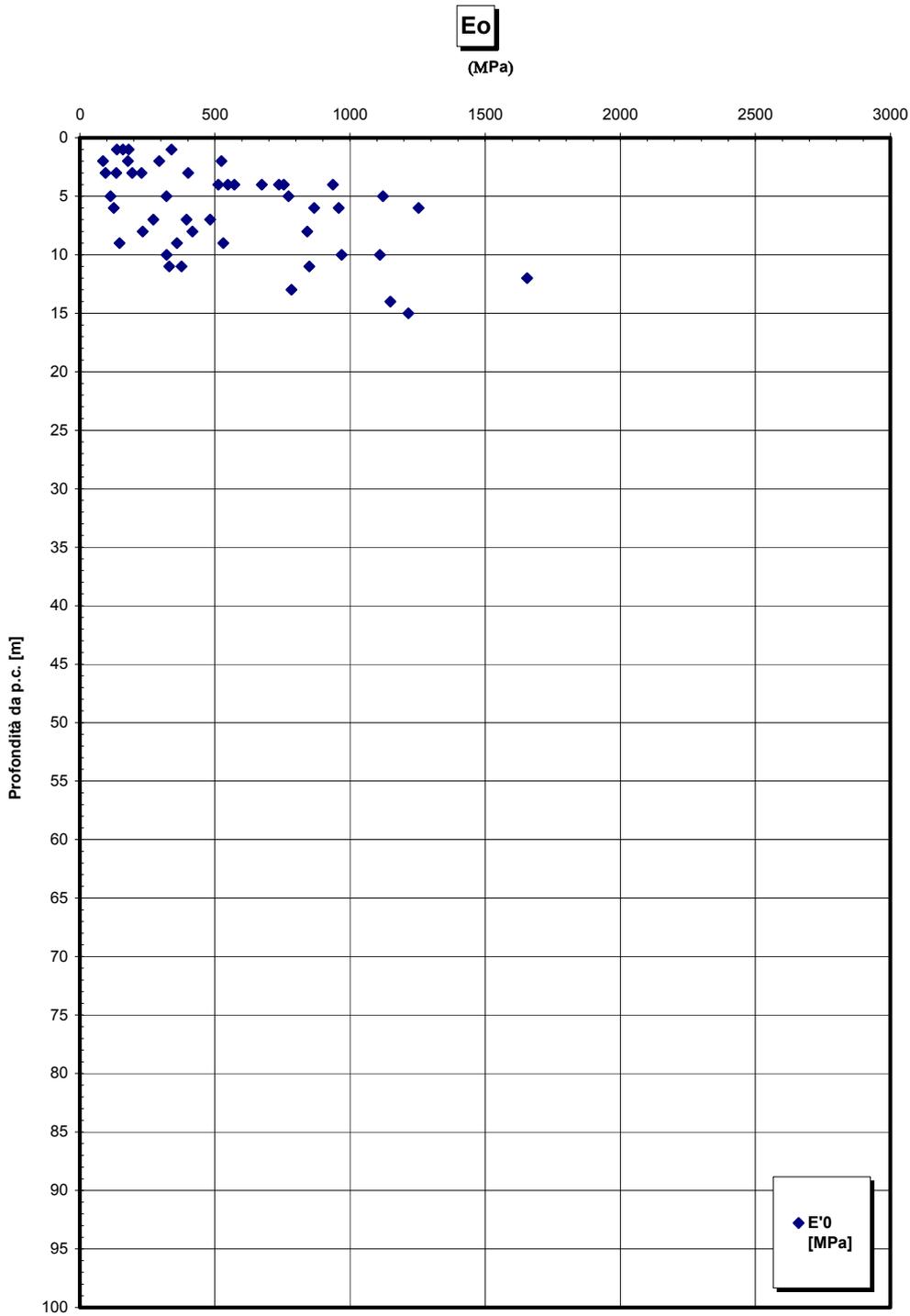


Figura 284 – riepilogo generale

**Prove sismiche
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI**

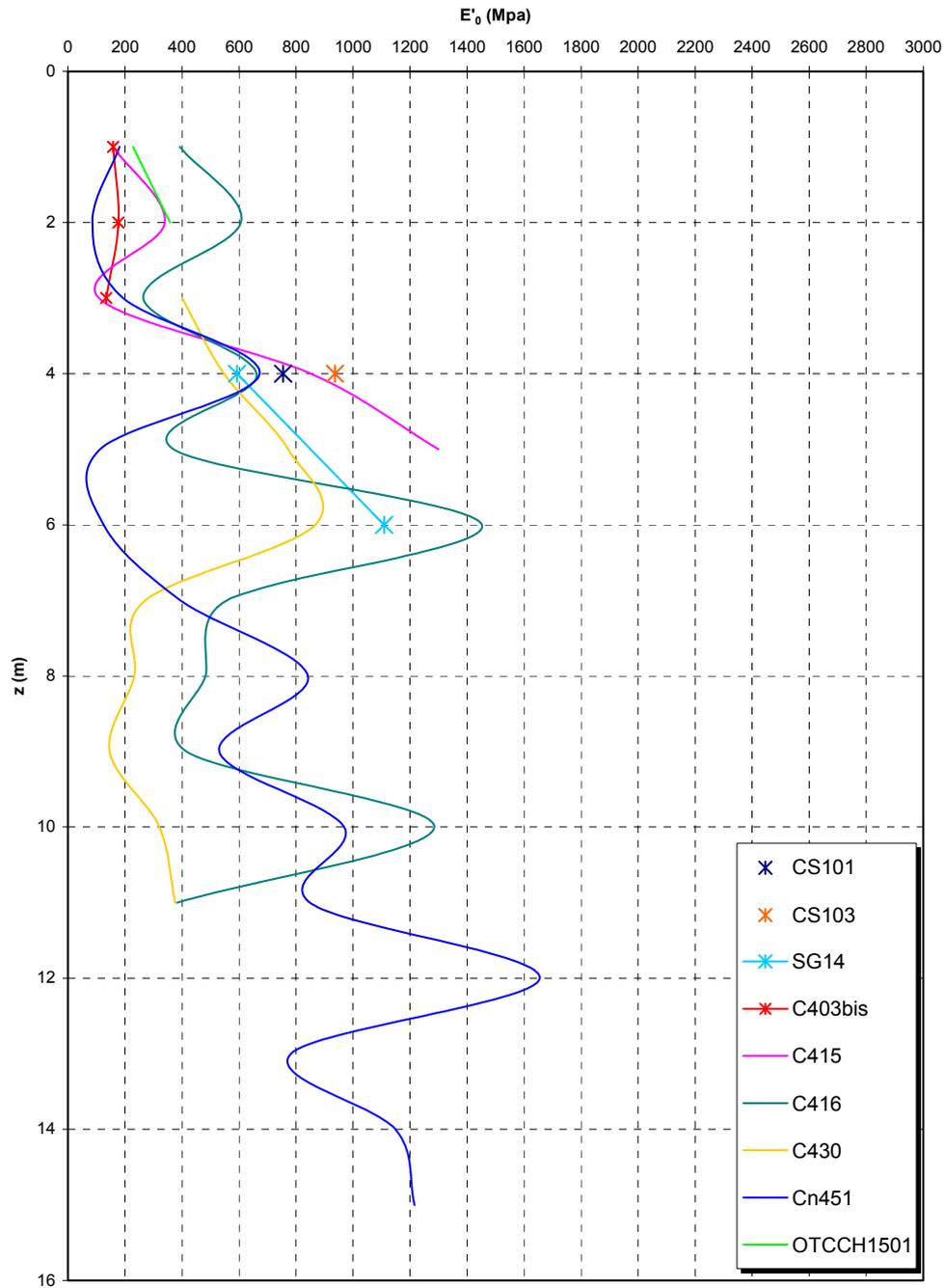


Figura 285– riepilogo generale

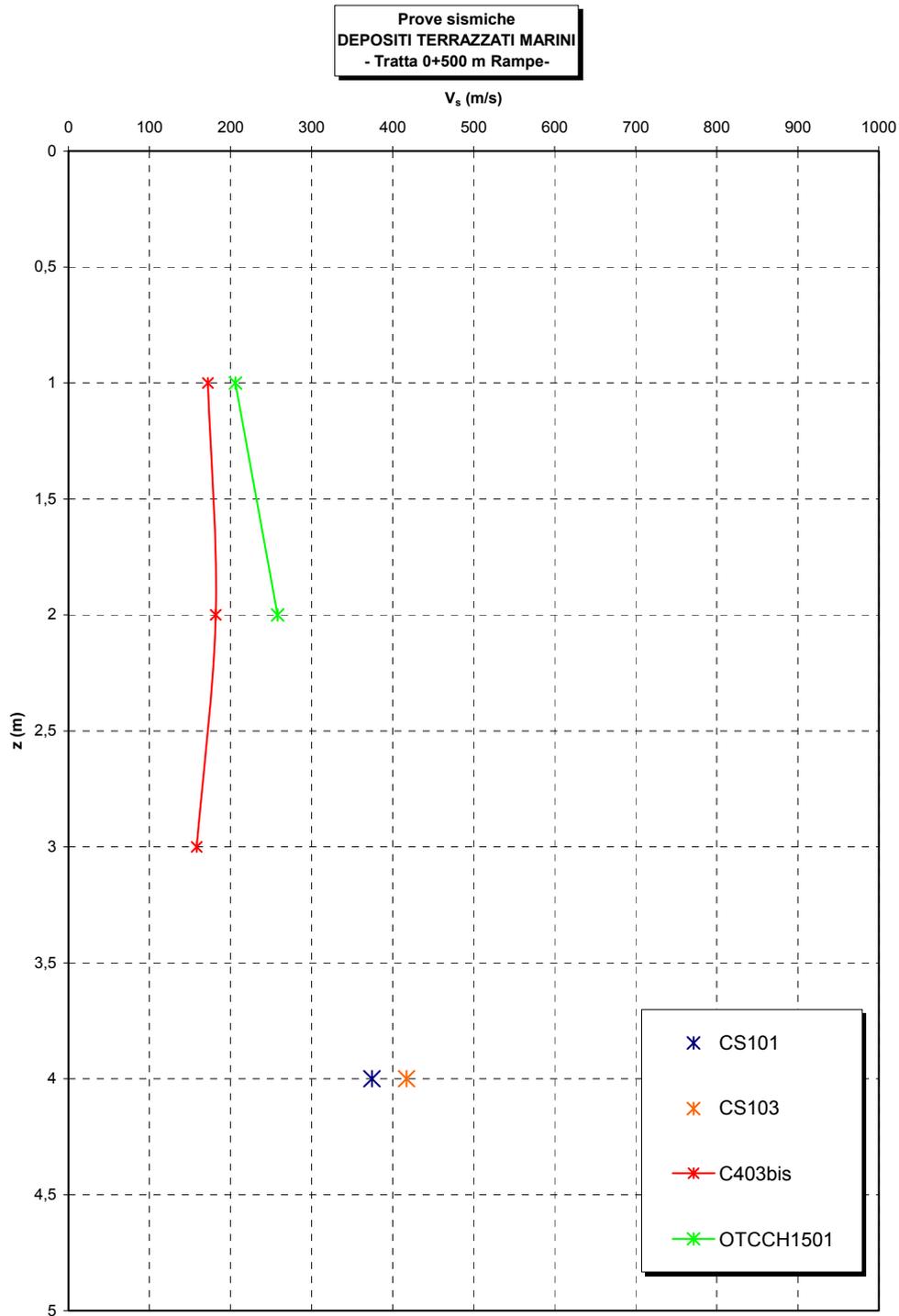


Figura 286

**Prove sismiche
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Tratta 0+500m Rampe -**

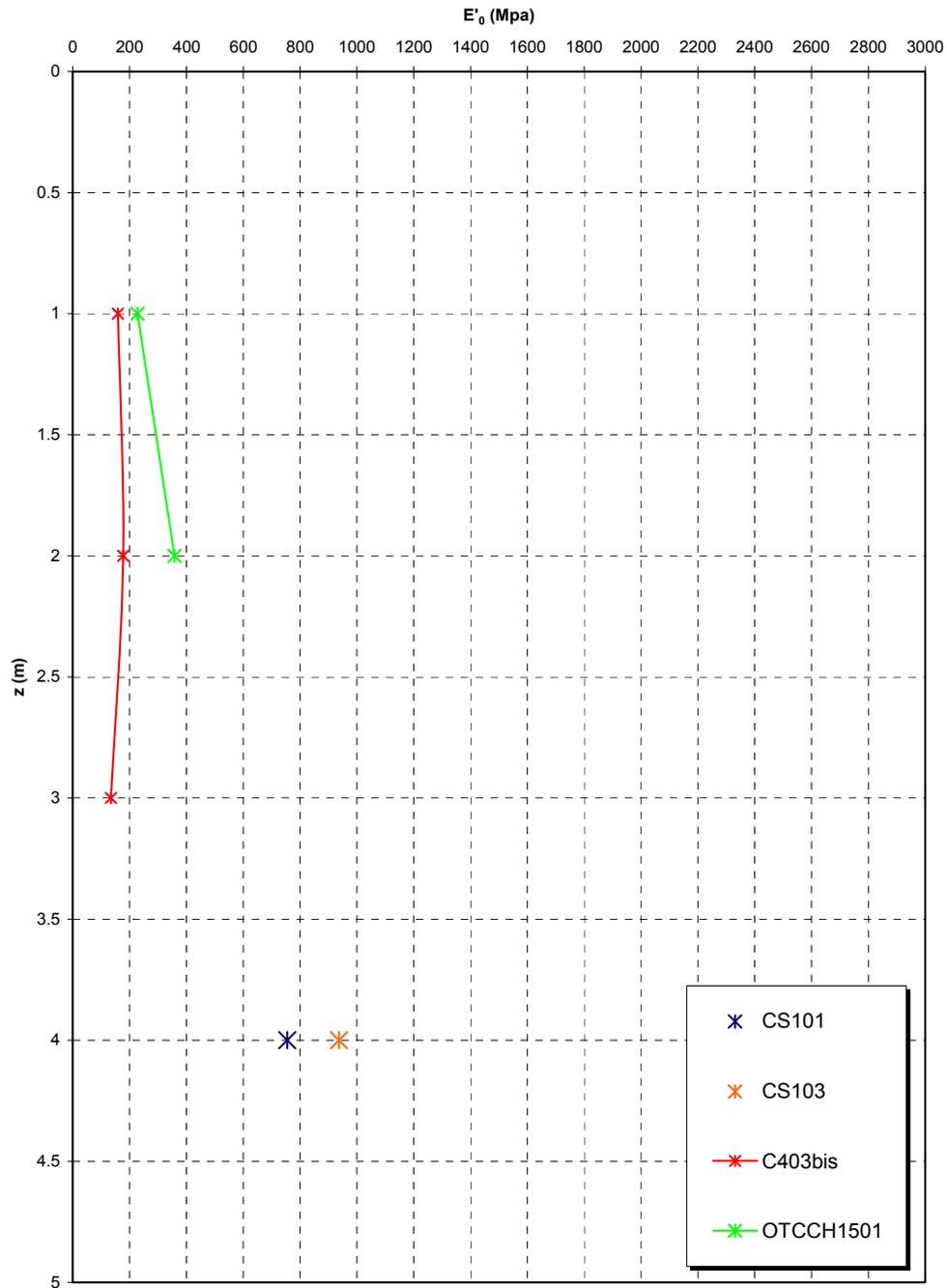


Figura 287

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

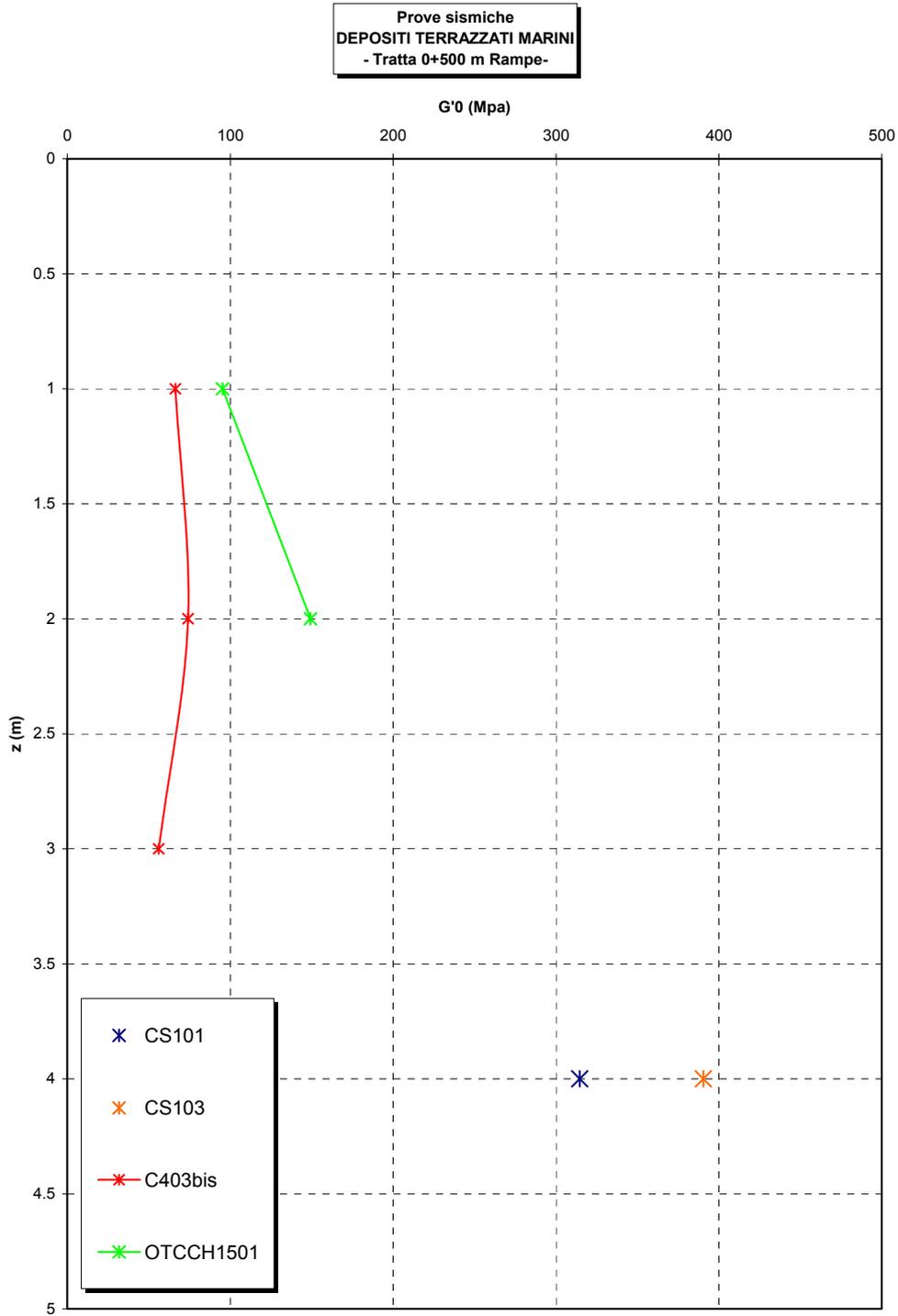


Figura 288 - G'0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

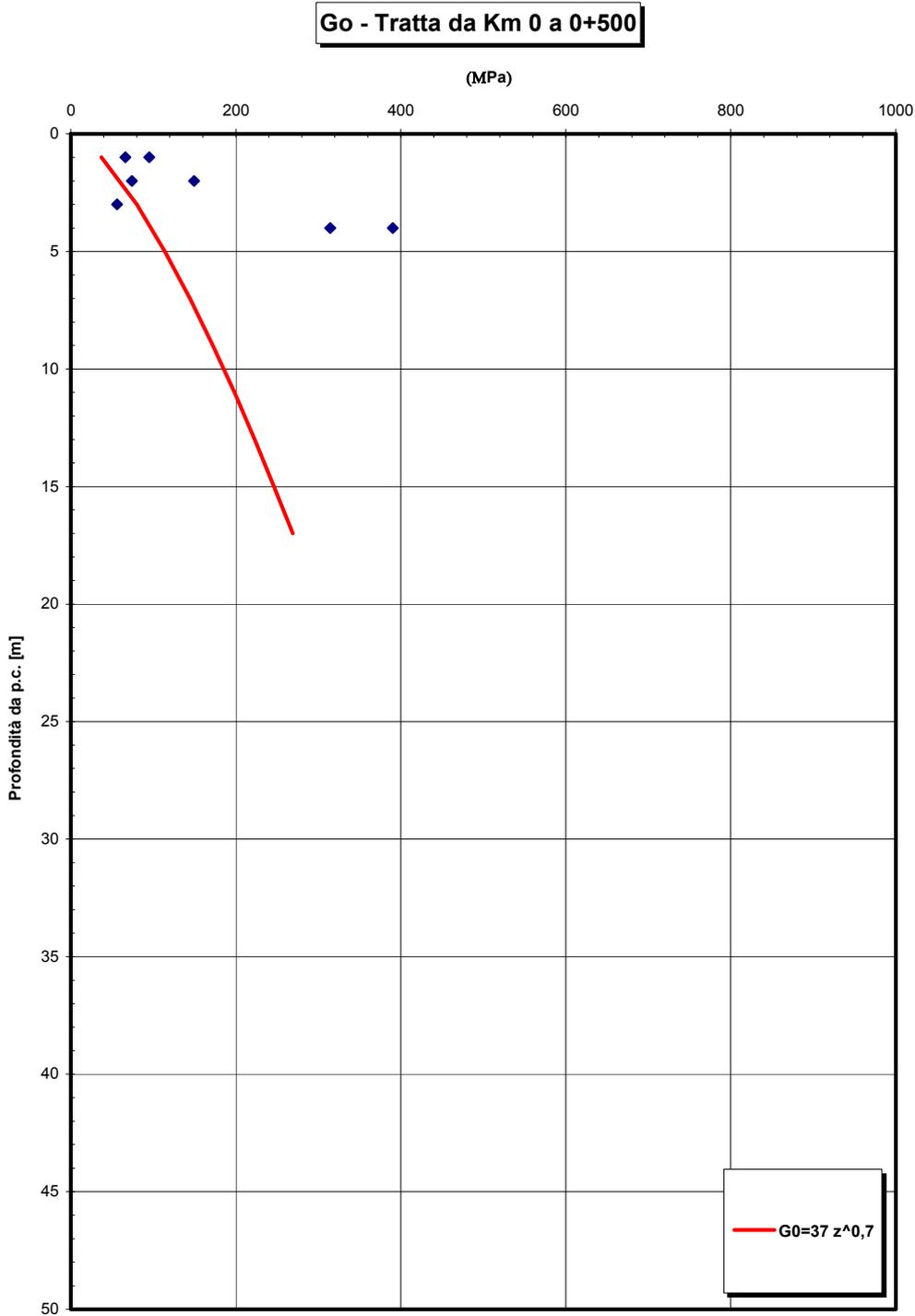


Figura 289 - G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

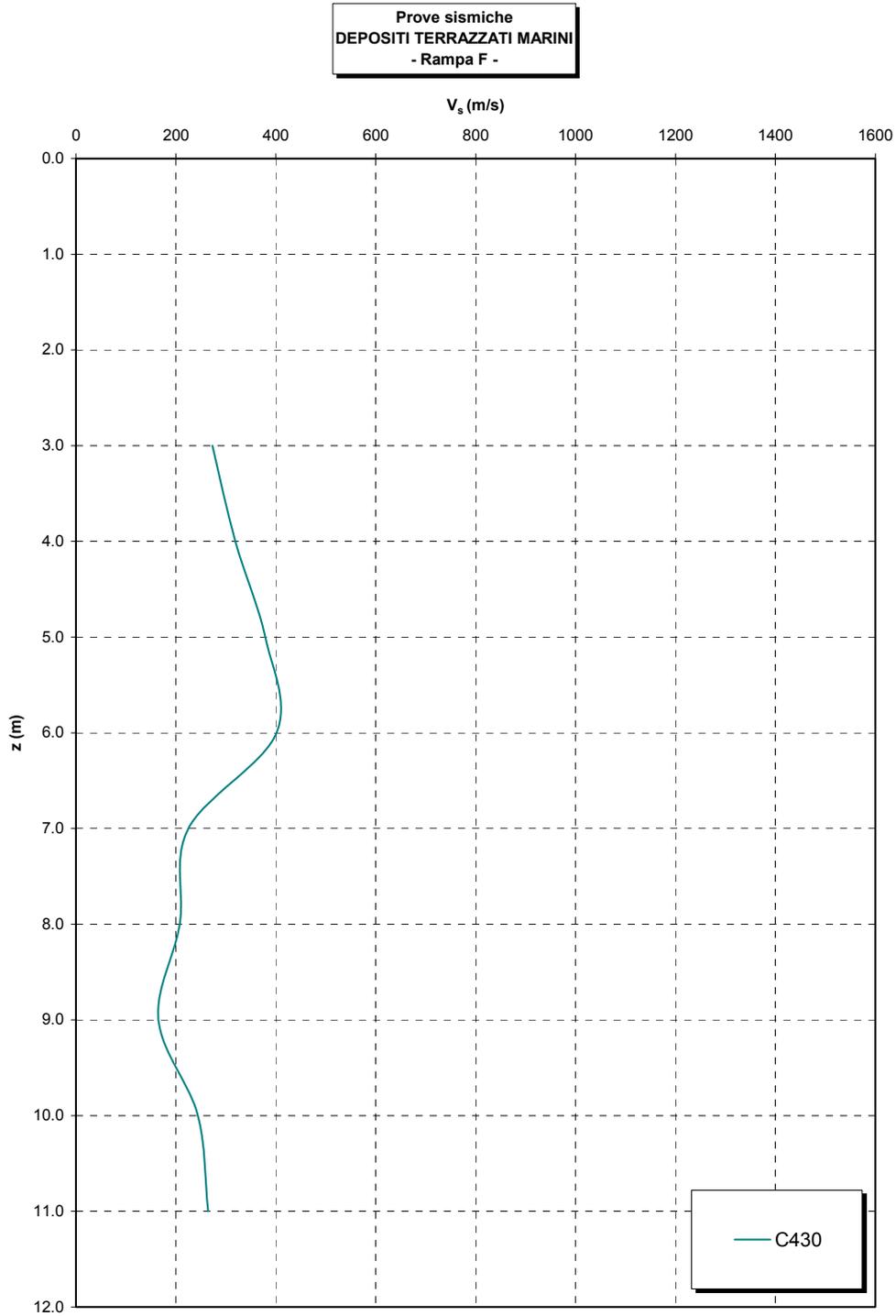


Figura 290

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

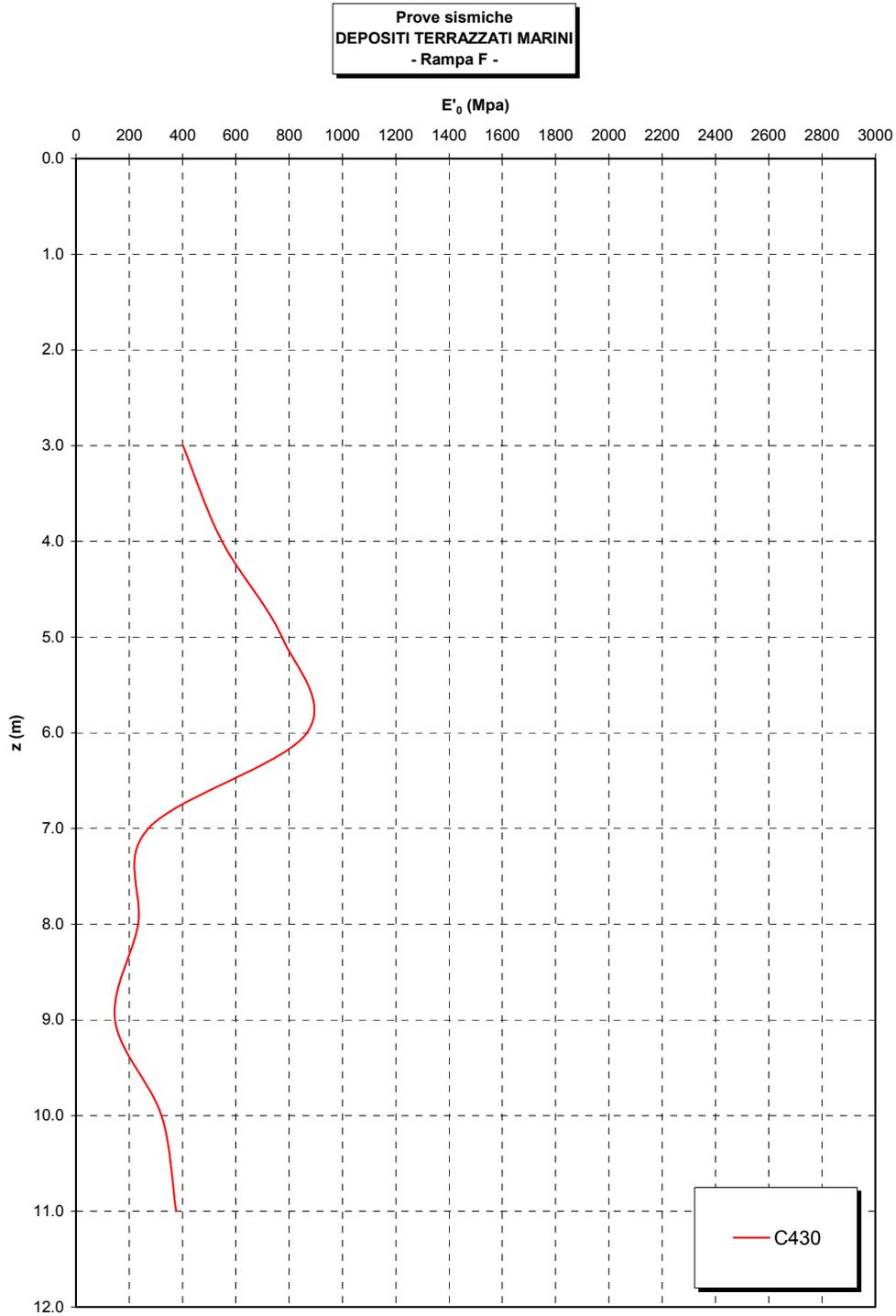


Figura 291

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

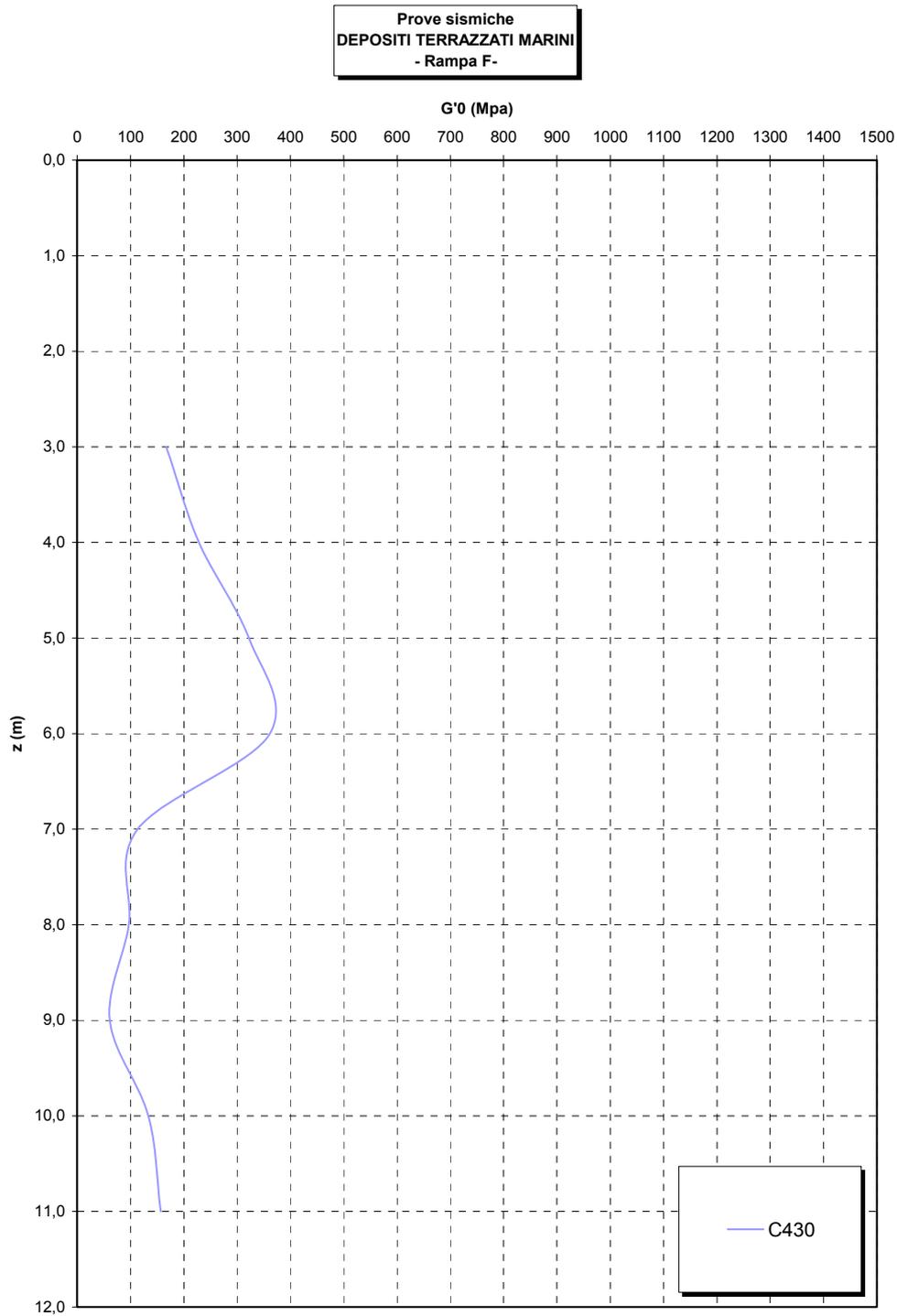


Figura 292 - G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

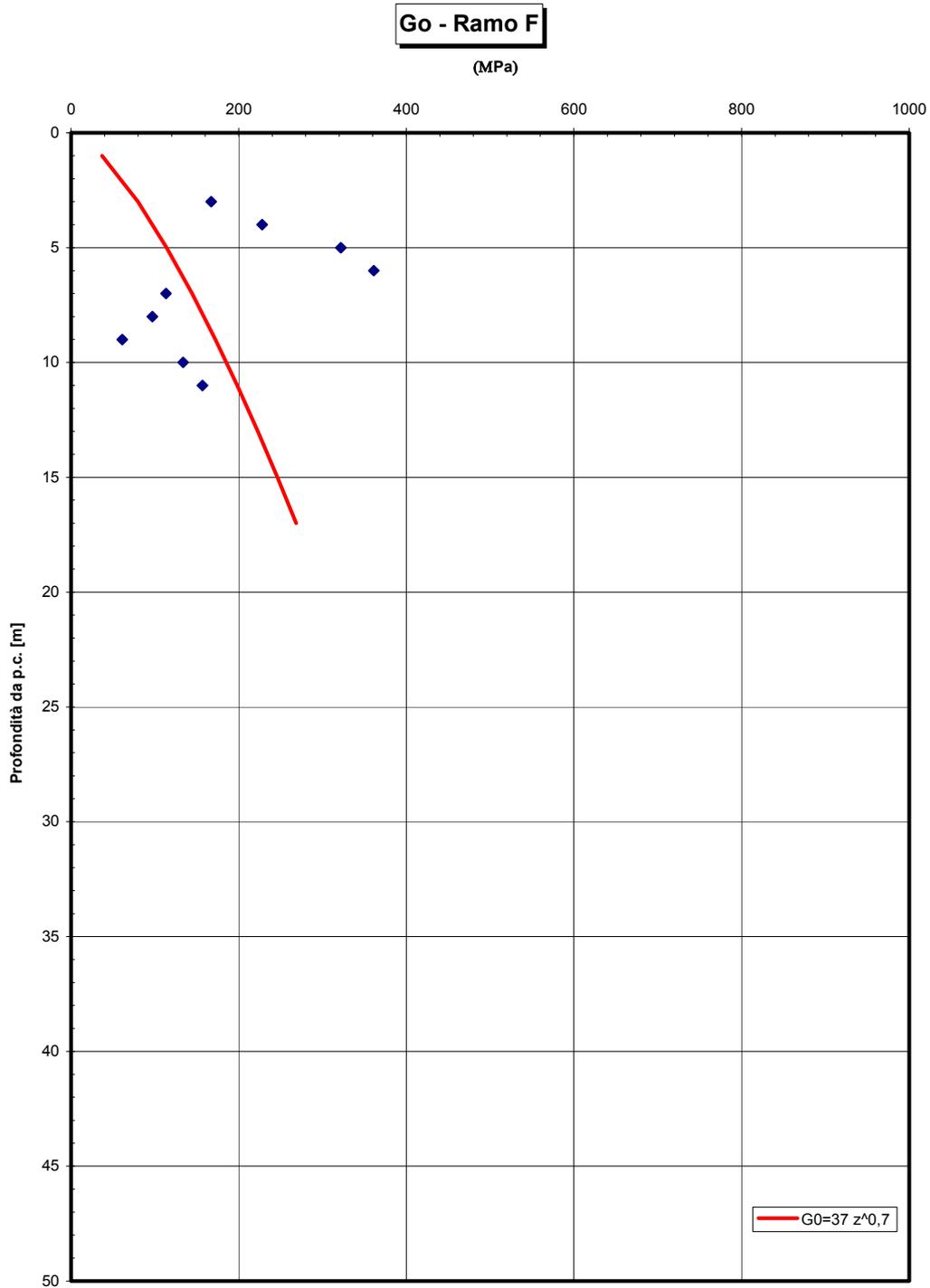


Figura 293 - G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

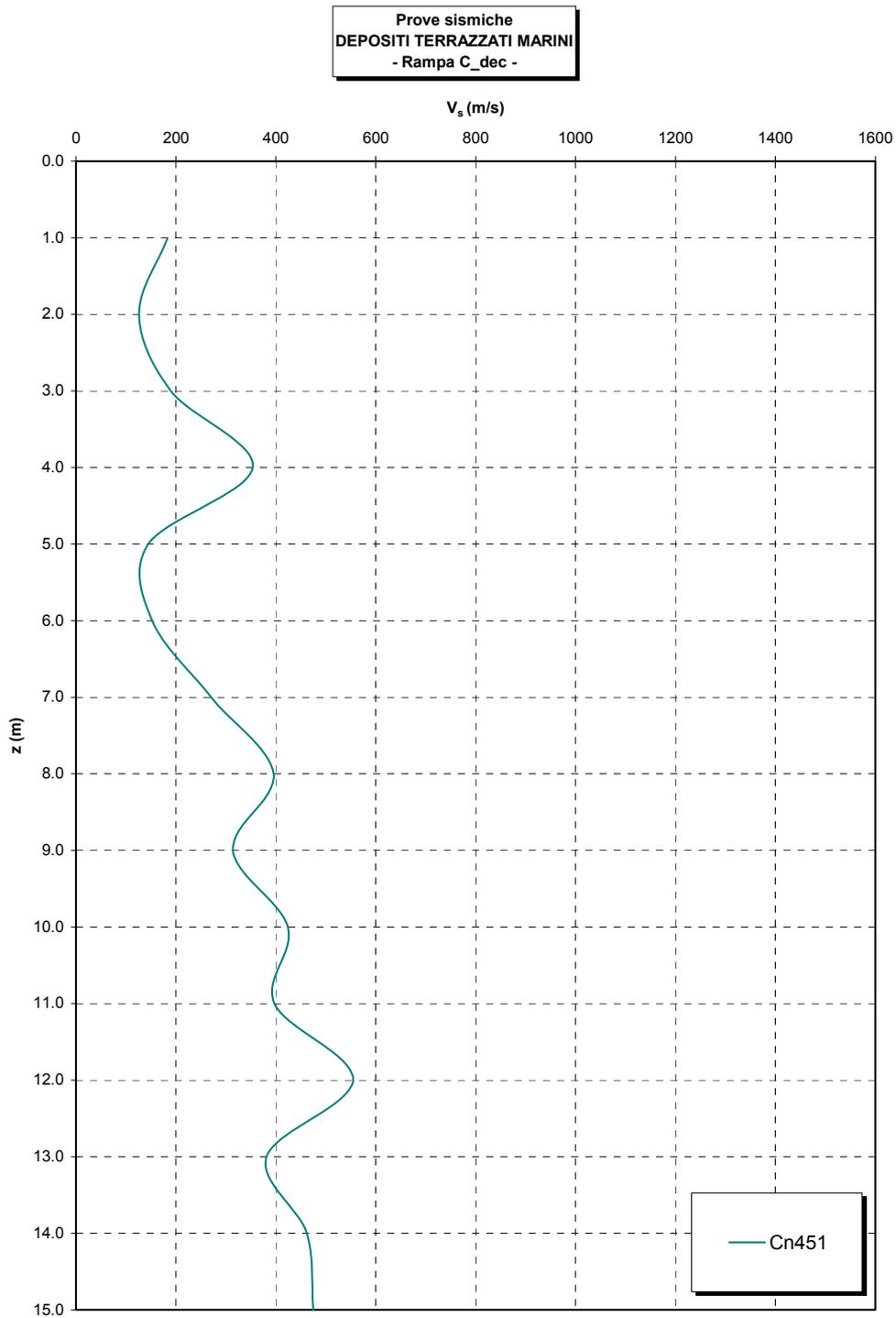


Figura 294

Prove sismiche
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Rampa C_dec -

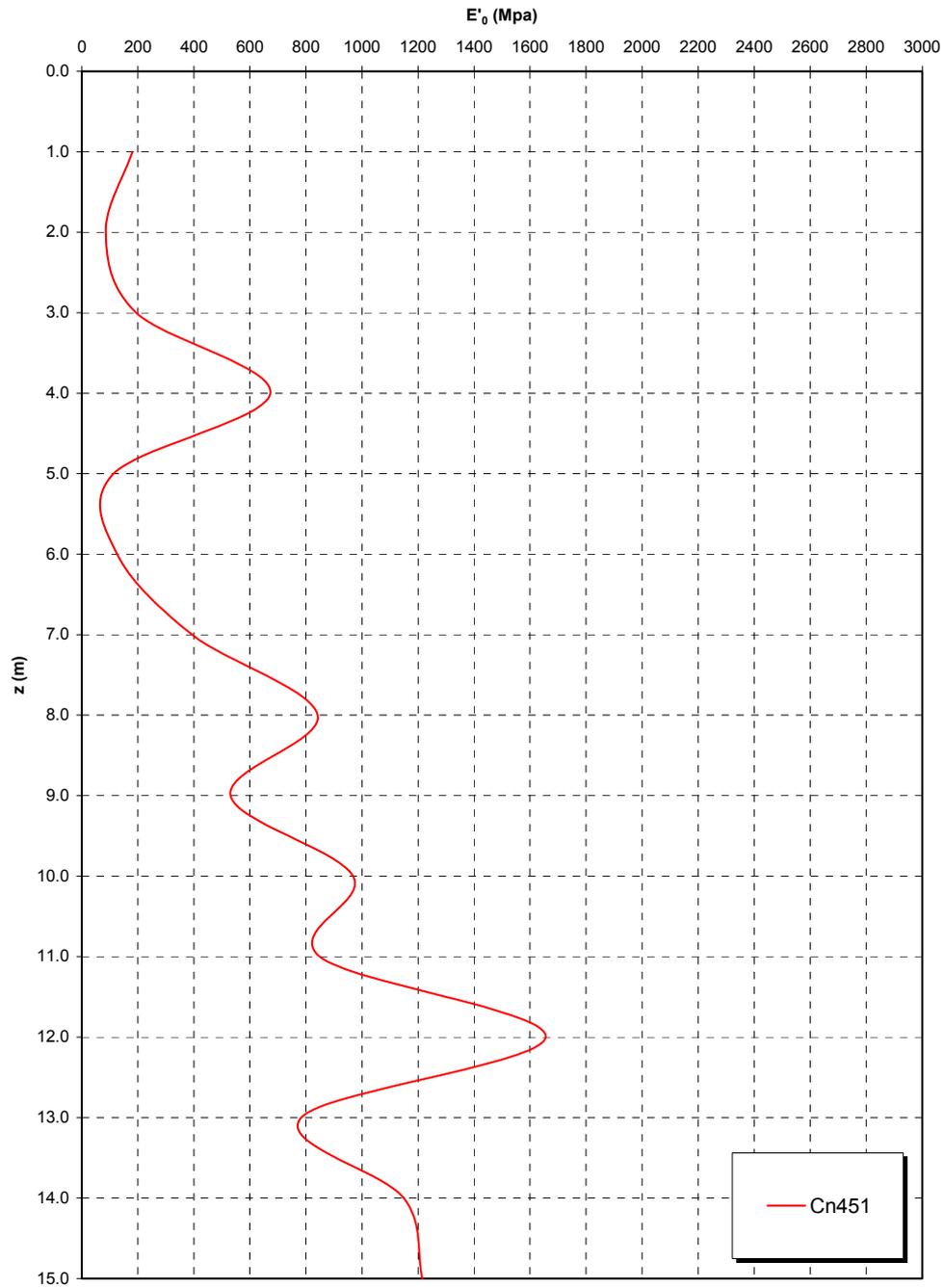


Figura 295

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

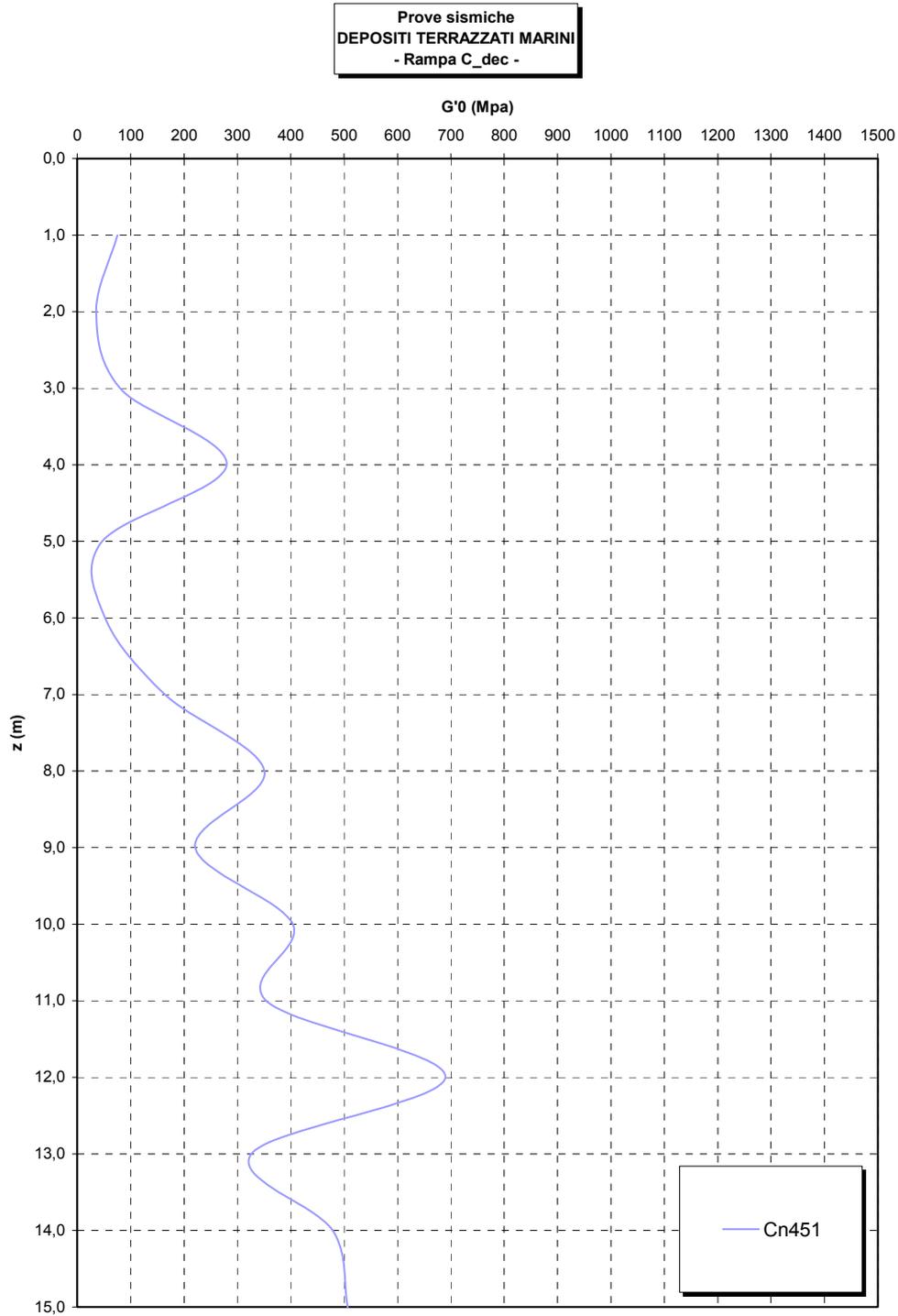


Figura 296- G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

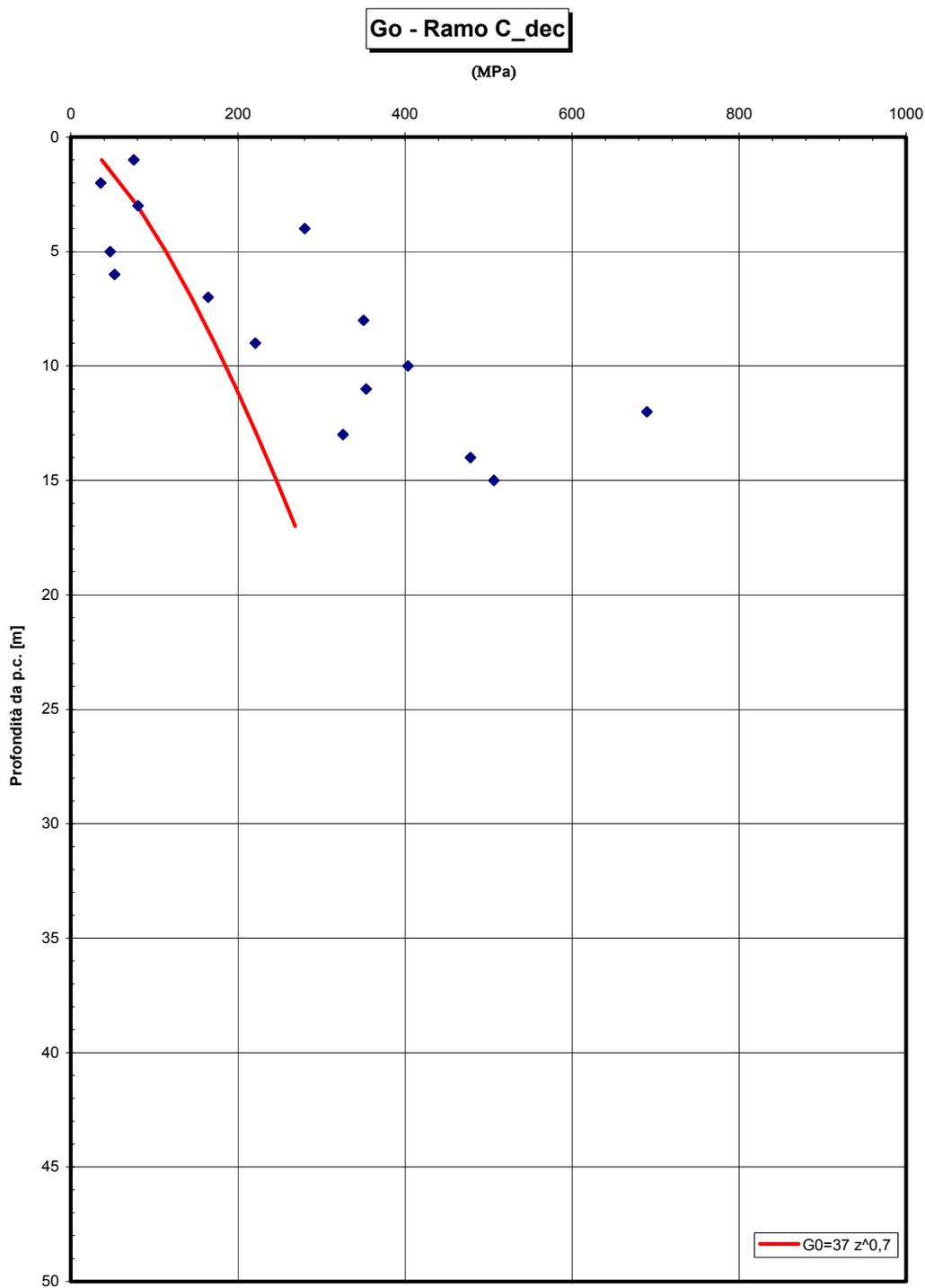


Figura 297- G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

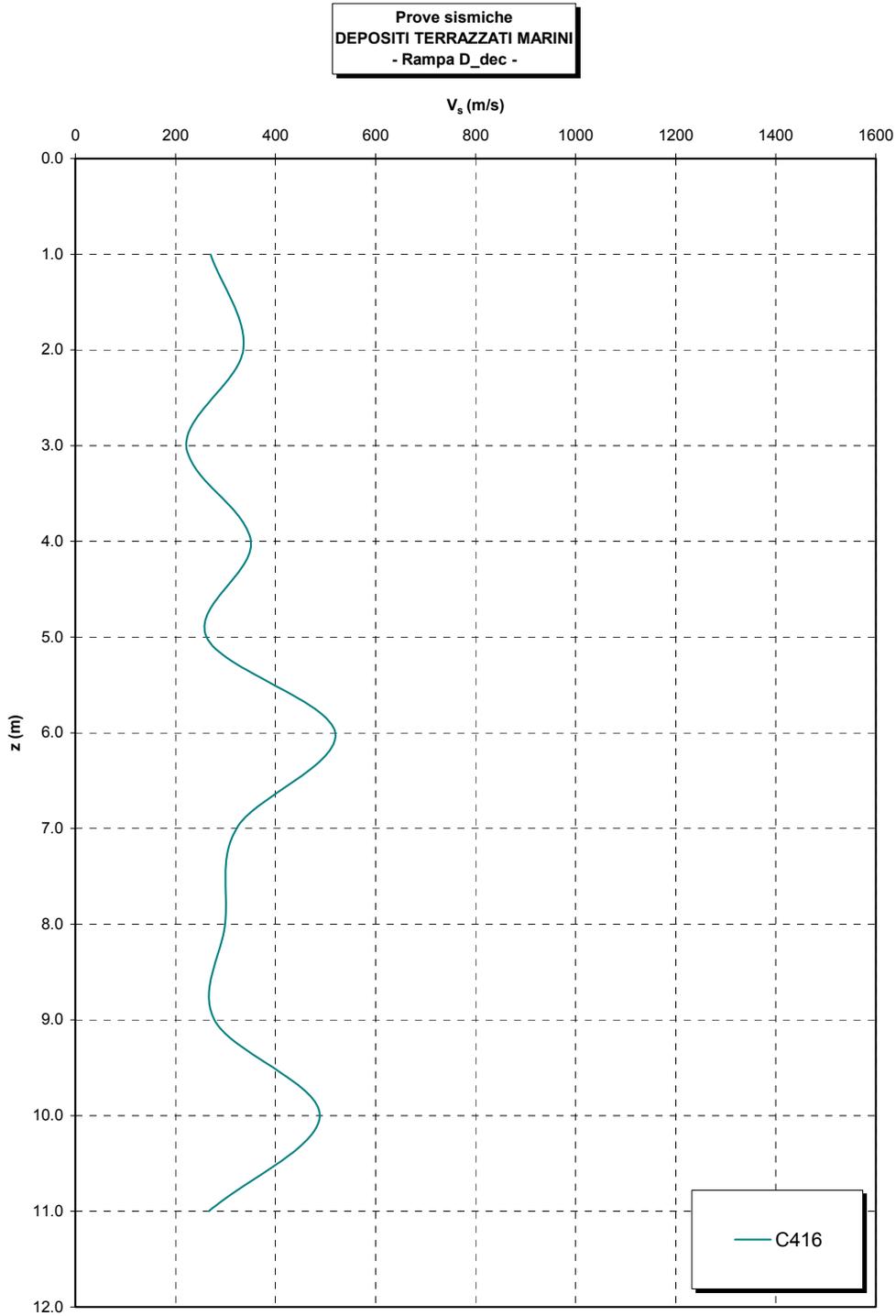


Figura 298

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

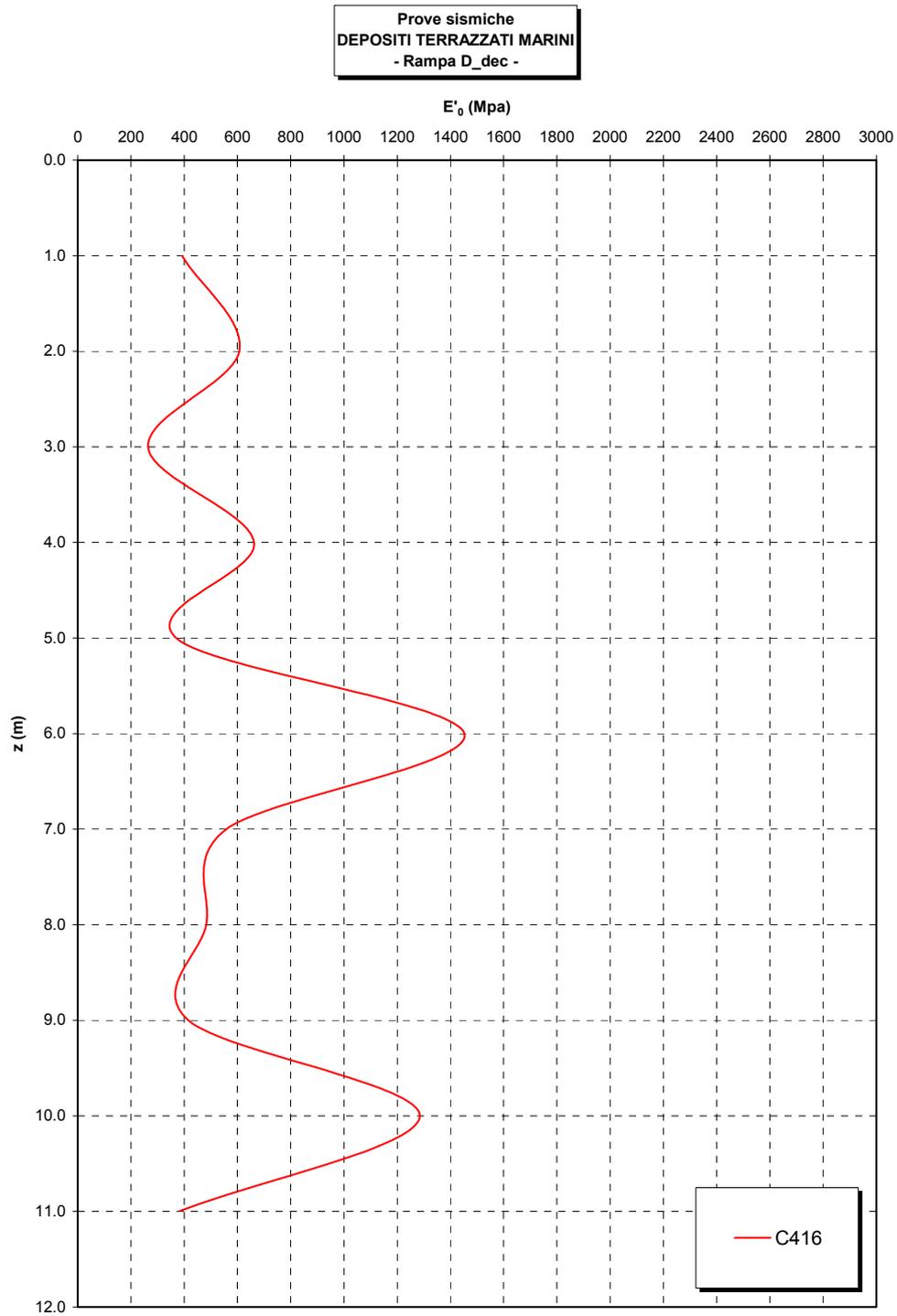


Figura 299

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

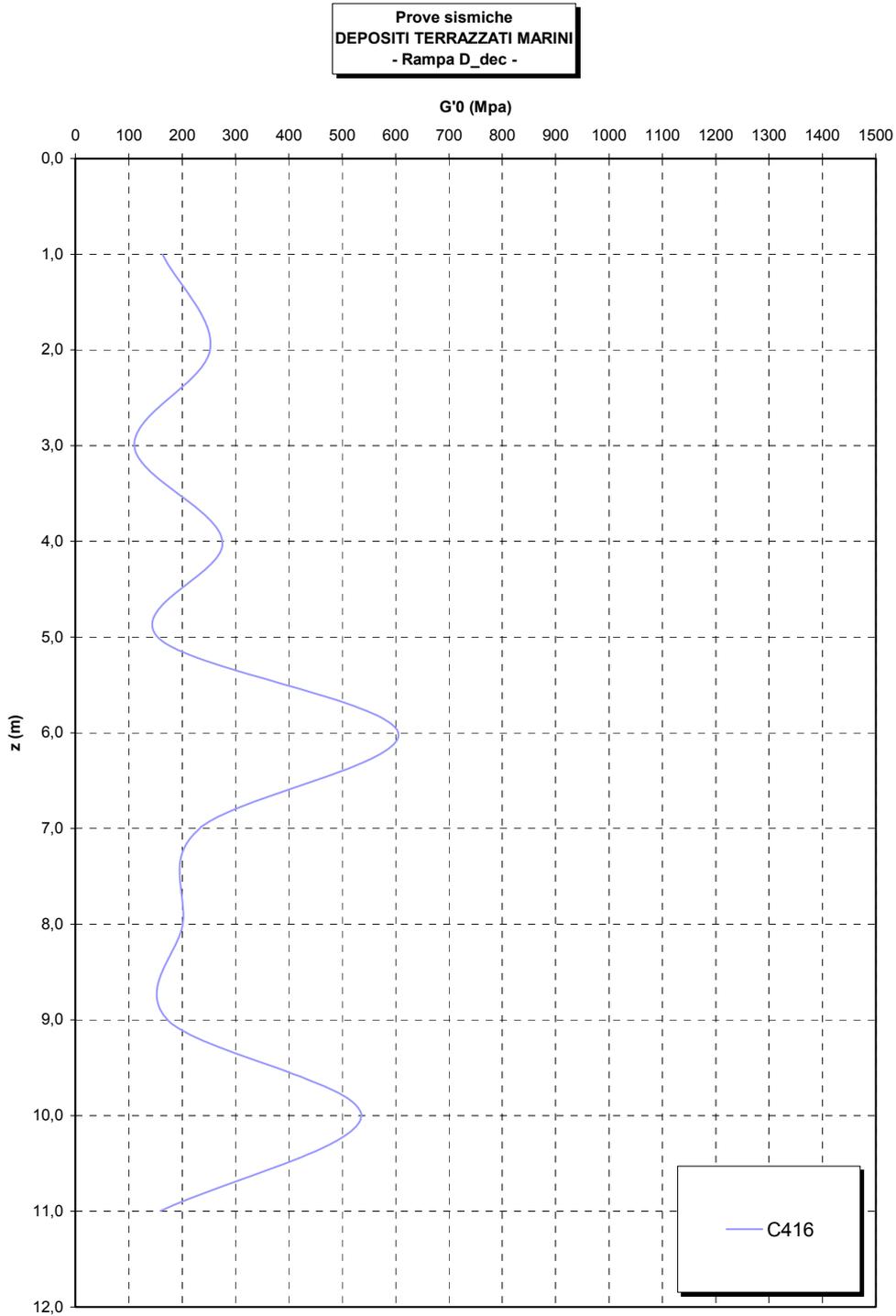


Figura 300- G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

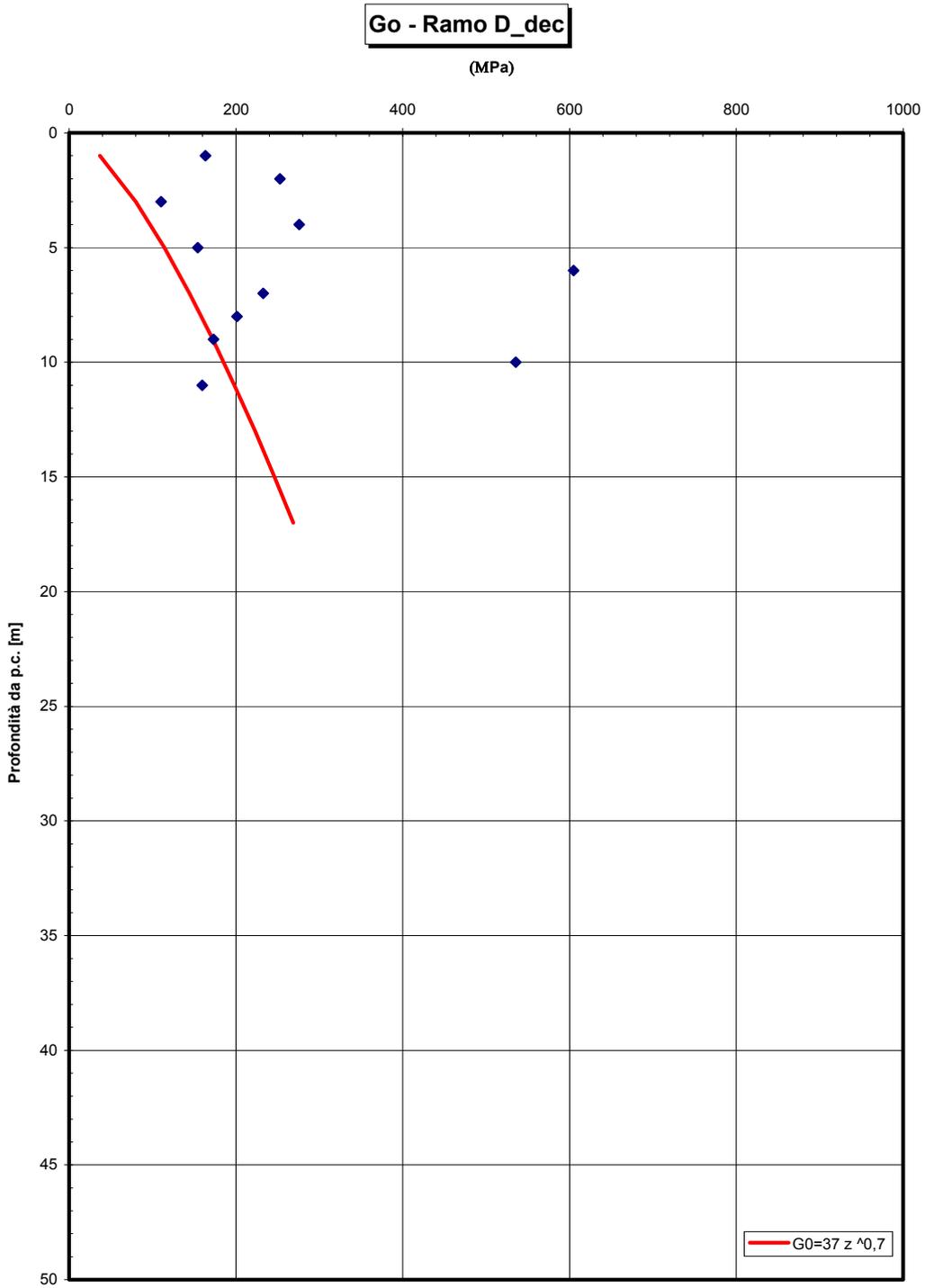


Figura 301- G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

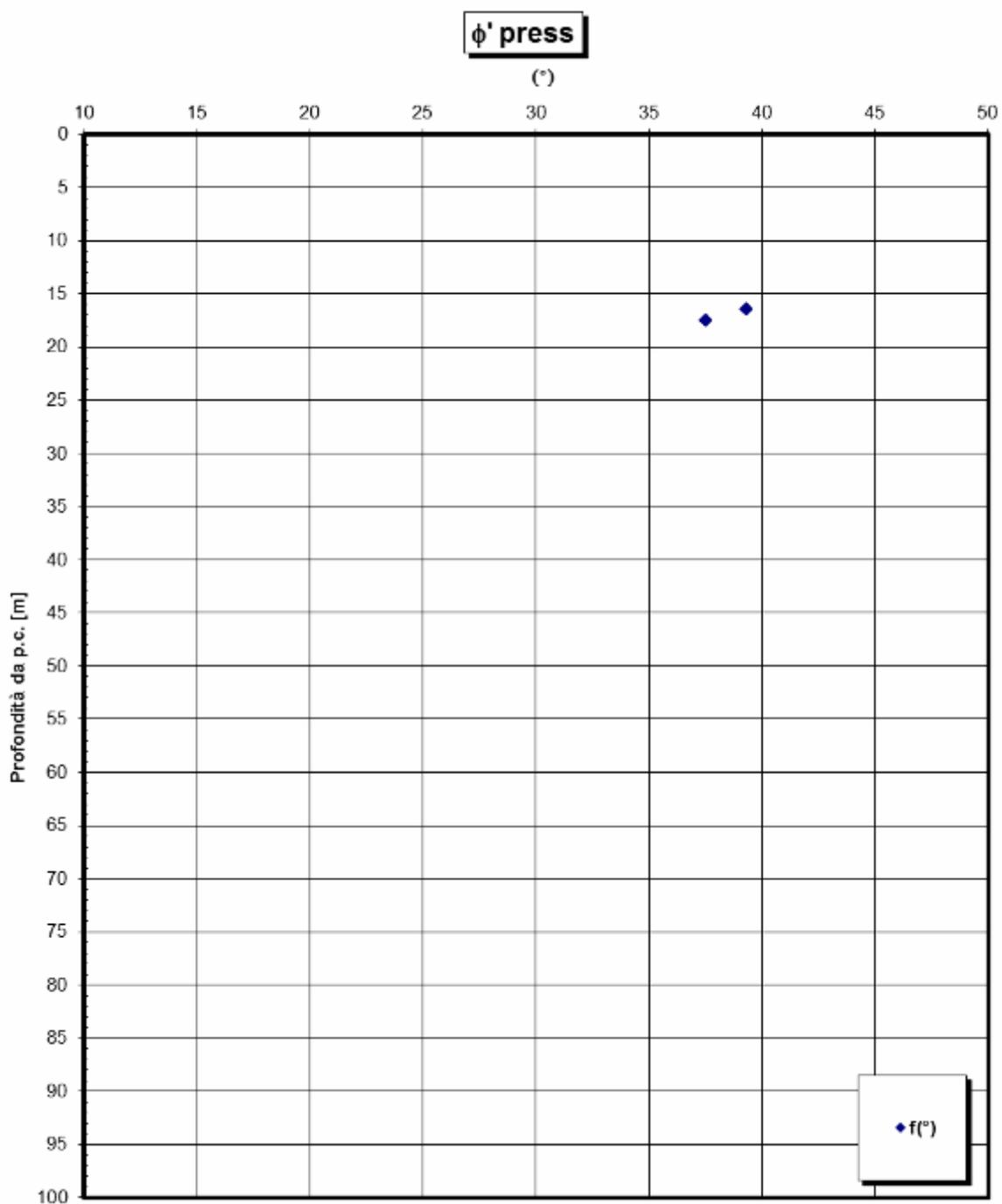


Figura 302 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

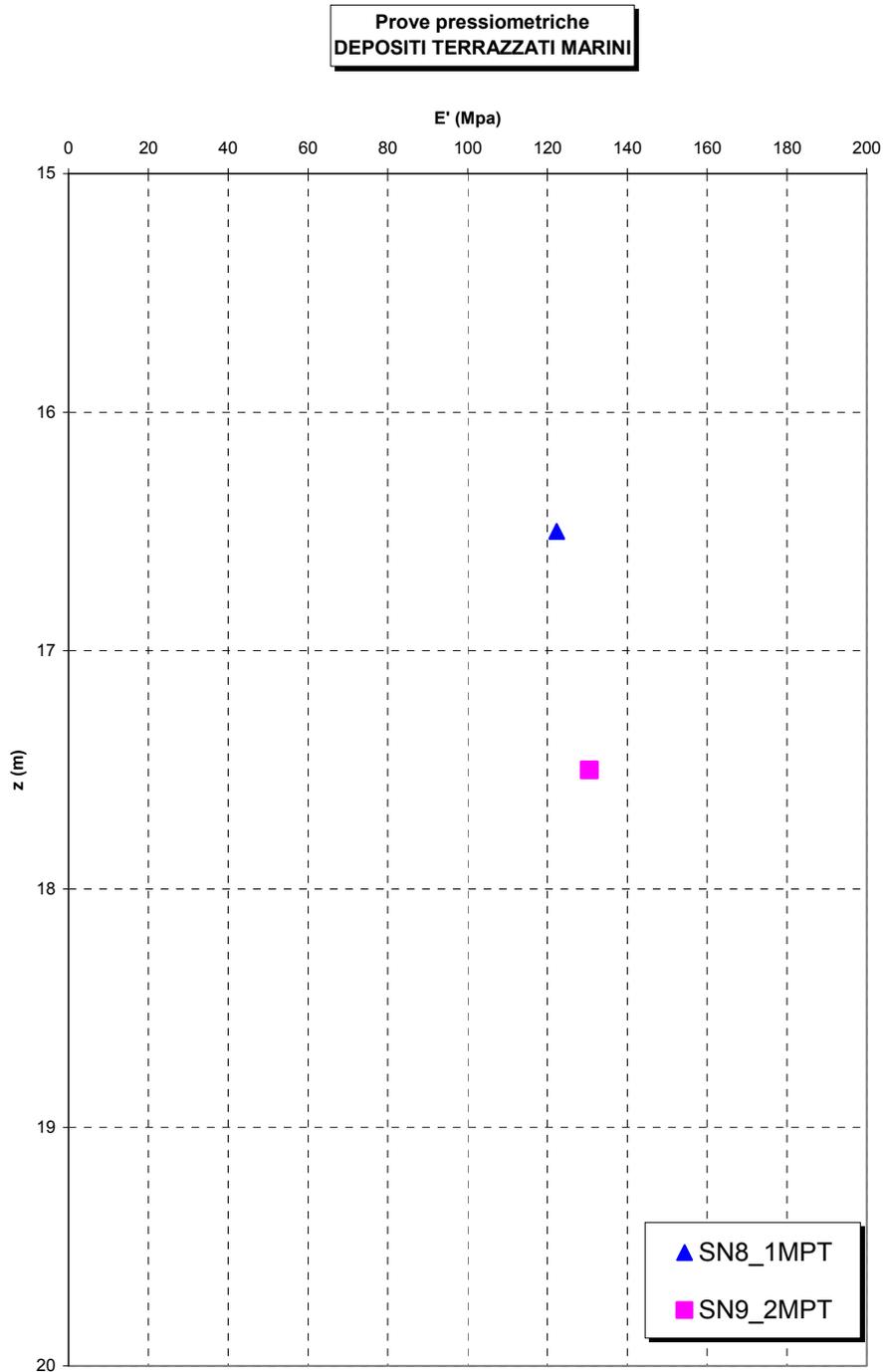


Figura 303 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

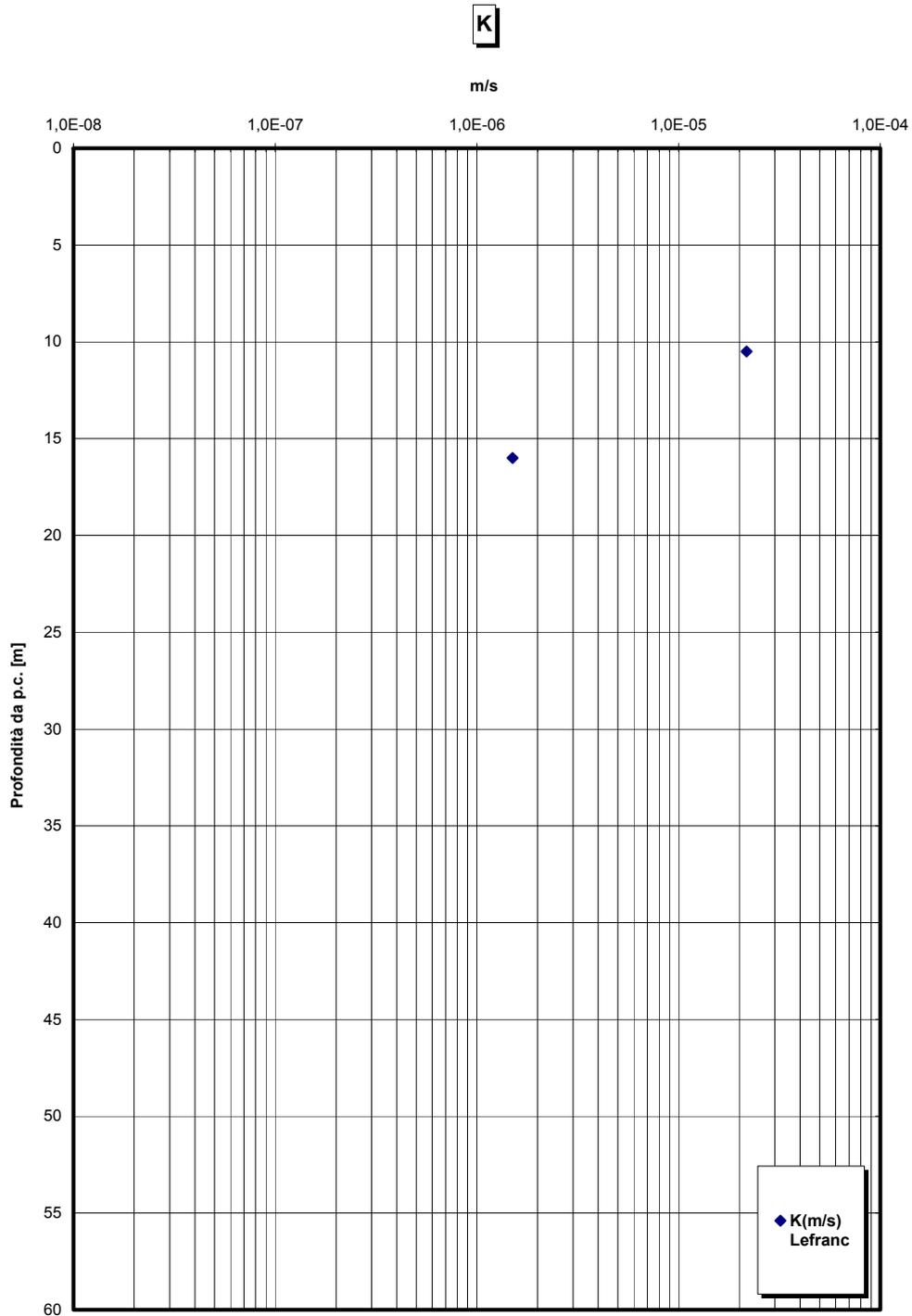


Figura 304 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 28 Riepilogo caratteristiche fisiche dei depositi terrazzati marini

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
C410	SPT1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	1.5			26.42
C410	SPT2	Galleria Rampa D	3.0			26.80
C410	SPT3	Galleria Rampa D	4.5			26.90
C410	SPT4	Galleria Rampa D	6.0			26.63
C403bis	SPT3	Rampa D dec	4.5			26.30
Cn451	SPT4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	6.0			26.86
Cn451	SPT5	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	7.3			27.18
Cn451	SPT6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	9.0			26.49
Cn451	SPT7	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	12.0			26.51
Cn451	SPT8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	15.2			26.71
Cn451	SPT9	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	17.7			26.53
Cn451	SPT10	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	20.5			26.71
C434	SPT2	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	3.0			26.57
C434	SPT3	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	4.6			26.17
C434	SPT4	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6.0			26.43
C434	SPT5	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	7.5			26.42
C434	SPT7	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	12.0			26.30
SN14	C1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6.0	18.33	17.1	26.00
C425	SPT4	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6.0			26.71
C425	SPT5	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	7.5			26.55
C425	SPT6	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	9.5			26.73
C425	SPT7	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	12.5			26.59
C425	CI01	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	14.3			25.50
C425	SPT8	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	14.7			26.59
C425	SPT9	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	17.6			26.97
C429	SPT3	Rampa D dec	4.5			26.74
C429	SPT4	Rampa D dec	6.0			27.13
C429	SPT6	Rampa D dec	9.2			26.96
C430	SPT5	Rampa D dec	7.7			26.56
C430	SPT7	Rampa D dec	12.0			26.57
C432	SPT3	Rampa D dec	4.5			26.34
C432	CR1	Rampa D dec	12.9			26.64
C433	SPT4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	6.5			26.83
C433	SPT5	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	8.0			26.66
C433	SPT6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	9.5			26.40
C433	SPT7	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	12.8			26.63
C433	SPT8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	16.5			26.61
C435	SPT5	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	7.6			26.39
C435	SPT6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	9.0			26.68
C435	CI 1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	12.6		17.2	26.94
C402	SPT1	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	1.5			26.26
C402	SPT2	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	3.0			26.39
C402	SPT3	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	4.5			26.60
C402	SPT4	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6.0			26.40
C402	CR1	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6.6			26.64
C402	SPT5	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	7.5			26.79
C427	SPT3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	4.5			26.31
C427	SPT4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	6.0			26.24
C427	SPT5	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	7.5			26.49
C427	CR01	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	8.2			26.09
C427	SPT6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	9.0			26.11
C427	SPT7	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	12.0			26.66
C427	CR02	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	13.9			26.78
C432	SPT6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	9.0			26.33
C416	SPT1	Rampa D dec	1.5			26.89
C416	SPT3	Rampa D dec	4.8			26.94
C416	SPT4	Rampa D dec	6.2			26.72
C416	SPT6	Rampa D dec	7.2			27.05
C416	SPT5	Rampa D dec	7.5			26.58
C428	SPT1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	1.5			26.40
C428	SPT2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	3.0			26.54
C428	SPT3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	4.5			26.56
C428	SPT4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	6.0			26.22
C428	SPT5	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	7.5			26.43

Tabella 29 Granulometria dei depositi terrazzati marini

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
CS103	SPT1	1.5	0	1	86	13	0	100	100	99	13	0
CS103	A	3.5	0	38	41	16	5	100	100	62	21	5
CS103	SPT4	4.5	0	9	66	22	3	100	100	91	25	3
C410	SPT1	1.5	0	42	47	9	2	100	100	58	11	2
C410	SPT2	3.0	0	48	45	7	0	100	100	52	7	0
C410	SPT3	4.5	0	56	37	7	0	100	100	44	7	0
C410	SPT4	6.0	0	43	46	9	2	100	100	57	11	2
C412	SPT01	1.5	0	44	44	12	0	100	100	56	12	0
C412	SPT02	3.0	0	52	40	8	0	100	100	48	8	0
C412	SPT03	4.5	0	54	36	10	0	100	100	46	10	0
C416	SPT1	1.5	0	44	46	10	0	100	100	56	10	0
C416	SPT2	3.0	0	22	60	18	0	100	100	78	18	0
C416	SPT3	4.8	0	25	68	7	0	100	100	75	7	0
C416	SPT4	6.2	0	34	58	8	0	100	100	66	8	0
C416	SPT5	7.5	0	28	66	6	0	100	100	72	6	0
C416	SPT6	9.2	0	41	53	6	0	100	100	59	6	0
C428	SPT2	3.0	0	26	63	11	0	100	100	74	11	0
C428	SPT5	7.5	0	56	33	11	0	100	100	44	11	0
Cn451	SPT5	7.3	0	57	33	9	1	100	100	43	10	1
Cn451	SPT6	9.0	0	48	44	8	0	100	100	52	8	0
Cn451	SPT7	12.0	0	36	53	8	3	100	100	64	11	3
C434	SPT2	3.0	0	37	46	15	2	100	100	63	17	2
C434	SPT3	4.6	0	22	55	18	5	100	100	78	23	5
C434	SPT4	6.0	0	23	60	15	3	100	100	77	18	3
C434	SPT5	7.5	0	25	49	21	5	100	100	75	26	5
C434	SPT7	12.0	0	22	60	14	4	100	100	78	18	4
C425	SPT6	9.5	0	3	64	28	5	100	100	97	33	5
C425	SPT7	12.5	0	3	73	20	4	100	100	97	24	4
C425	SPT8	14.7	0	2	68	25	5	100	100	98	30	5
C425	SPT9	17.6	0	4	78	15	3	100	100	96	18	3
C429	SPT3	4.5	0	21	64	12	3	100	100	79	15	3
C429	SPT4	6.0	0	20	59	16	5	100	100	80	21	5
C430	SPT5	7.7	0	33	59	8	0	100	100	67	8	0
C430	SPT7	12.0	0	49	41	10	0	100	100	51	10	0
C432	SPT1	1.5	0	40	43	17	0	100	100	60	17	0
C432	SPT2	3.1	0	4	46	37	13	100	100	96	50	13
C432	SPT3	4.5	0	7	51	31	11	100	100	93	42	11
C432	SPT4	6.0	0	42	41	17	0	100	100	58	17	0
C432	SPT5	7.6	0	34	49	13	4	100	100	66	17	4
C432	SPT6	9.0	0	13	59	21	7	100	100	87	28	7
C432	SPT7	11.0	0	66	28	6	0	100	100	34	6	0
C432	CR1	12.9	0	49	34	14	3	100	100	51	17	3
C432	SPT8	14.2	0	61	31	8	0	100	100	39	8	0
C433	SPT4	6.5	0	12	63	20	5	100	100	88	25	5
C433	SPT5	8.0	0	7	58	30	5	100	100	93	35	5
C433	SPT6	9.5	0	23	60	14	3	100	100	77	17	3
C433	SPT7	12.8	0	4	53	39	4	100	100	96	43	4
C433	SPT8	16.5	0	5	50	38	7	100	100	95	45	7
C435	SPT5	7.6	0	55	35	10	0	100	100	45	10	0
C435	SPT6	9.0	0	66	26	8	0	100	100	34	8	0
C435	CI 1	12.6	0	13	44	33	10	100	100	87	43	10
C402	SPT1	1.5	0	44	41	12	3	100	100	56	15	3
C402	SPT2	3.0	0	62	28	10	0	100	100	38	10	0
C402	SPT3	4.5	0	50	27	15	8	100	100	50	23	8
C402	SPT4	6.0	0	45	38	12	5	100	100	55	17	5
C402	CR1	6.6	0	48	33	13	6	100	100	52	19	6
C402	SPT5	7.5	0	77	20	3	0	100	100	23	3	0
C427	SPT3	4.5	0	15	37	38	10	100	100	85	48	10
C427	SPT4	6.0	0	28	58	11	3	100	100	72	14	3
C427	SPT5	7.5	0	9	61	25	5	100	100	91	30	5
C427	CR01	8.2	0	11	54	30	5	100	100	89	35	5
C427	SPT6	9.0	0	17	67	13	3	100	100	83	16	3
C427	SPT7	12.0	0	8	55	30	7	100	100	92	37	7
C427	CR02	13.9	0	37	33	25	5	100	100	63	30	5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
C425	SPT4	6.0	0	3	68	24	5	100	100	97	29	5
C425	SPT5	7.5	0	2	71	23	4	100	100	98	27	4
C425	CI01	14.3	0	1	77	22	0	100	100	99	22	0
C403bis	SPT3	4.5	0	13	40	35	12	100	100	87	47	12

Tabella 30 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	z [m]	Nspt
SN12	Rampa D_dec	6.5	37
SN12	Rampa D_dec	9.7	57
C212	Galleria Rampa D / ferrovia	4.60	41
CS102	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	1.50	23
CS102	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3.00	23
CS102	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	4.50	25
CS102	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6.00	21
CS102	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7.50	31
CS102	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	10.80	61
S1	ferrovia	8.00	36
S1	ferrovia	13.00	27
S2	ferrovia	3.00	17
S2	ferrovia	9.00	37
S2	ferrovia	14.50	60
S2	ferrovia	19.00	77
S2	ferrovia	24.20	82
S3	Galleria Rampa A / ferrovia	4.30	41
S3	Galleria Rampa A / ferrovia	10.50	51
S3	Galleria Rampa A / ferrovia	15.70	56
S3	Galleria Rampa A / ferrovia	17.00	83
S3	Galleria Rampa A / ferrovia	21.00	78
SN8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	6	21
SN8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	12.5	22
SN8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	20	8
SN9	Rampa C_dec	6.5	48
SN9	Rampa C_dec	12.5	13
S7	Galleria Rampa D / ferrovia	5.5	68
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	1.5	23
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3	55
OTCLPT1505	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	4.5	100
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	1.5	22
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3	21
OTCLPT2503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	5	10
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	1.5	54
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	1.5	3
C403bis	Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	4.5	24
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	1.5	33
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	3	25
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	4.5	25
C410	Galleria Rampa A / Galleria Rampa B	6	31
C416	Rampa D_dec	1.5	36
C416	Rampa D_dec	3	42
C416	Rampa D_dec	4.8	46
C416	Rampa D_dec	6.2	56
C416	Rampa D_dec	7.5	45
C416	Rampa D_dec	9.2	36
C416	Rampa D_dec	10.6	46
C428	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	3	22
C428	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	4.5	18
C428	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	7.5	100
C428	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	9	100
C430	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	7.65	39

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

FORO	Opera	z [m]	Nspt
C430	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	9	16
C430	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	12	27
Cn451	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	6	54
Cn451	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	7.3	94
Cn451	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	9	64
Cn451	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	12	65
Cn451	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	15.2	100
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	1.5	97
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	3	72
C412	Galleria Rampa D / ferrovia	4.5	69
C425	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	6	12
C425	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	7.5	18
C425	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	9.6	20
C425	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	12.5	24
C425	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	14.7	26
C425	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	17.6	52
C427	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	4.5	17
C427	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	6	26
C427	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	9	29
C427	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	12	100
C429	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	1.5	29
C429	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	3	37
C429	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	4.5	25
C429	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	6	29
C429	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	7.7	100
C432	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	1.5	42
C432	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	3.1	9
C432	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	4.5	37
C432	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	6	34
C432	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	7.6	44
C432	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	9	27
C432	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	11	100
C435	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	4.5	4
C435	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	6.2	20
C435	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	7.6	54
C435	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	9	23
C434	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	3	40.0
C434	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	4.6	27.0
C434	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	6	35.0
C434	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	7.5	99.0
C434	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	12	51.0

Tabella 31 Riepilogo risultati prove di permeabilità

FORO	Opera	z(m)	K(m/s)
C425	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	10.5	2.17E-05
C430	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	11.5	1.60E-04
Cn451	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	16	1.50E-06

Tabella 32 Riepilogo risultati prove pressimetriche

FORO	Opera	z (m)	Ep(MPa)	E'(MPa)	φ'
SN8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V	16.5	13.98	42.36	39.30
SN9	Ramo C_dec	17.5	15.26	46.23	37.50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 33 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]
CS101	4.0	375	755
CS103	4.0	417	937
SG14	4.0	332	593
SG14	6.0	454	1109
C415	1.0	172.01	159
C415	2.0	251.28	340
C415	3.0	142.57	109
C415	4.0	398.06	853
C415	5.0	491.32	1299
C416	1.0	270.06	393
C416	2.0	335.66	606
C416	3.0	221.78	265
C416	4.0	350.7	662
C416	5.0	262.32	370
C416	6.0	519.36	1452
C416	7.0	322.14	559
C416	8.0	299.52	483
C416	9.0	277.81	415
C416	10.0	488.67	1285
C416	11.0	266.86	383
Cn451	1.0	183.28	181
Cn451	2.0	126.45	86
Cn451	3.0	189.62	194
Cn451	4.0	353.57	673
Cn451	5.0	144.95	113
Cn451	6.0	152.75	126
Cn451	7.0	270.74	395
Cn451	8.0	395.44	842
Cn451	9.0	313.99	531
Cn451	10.0	424.31	969
Cn451	11.0	397.16	849
Cn451	12.0	554.61	1656
Cn451	13.0	381.3	783
Cn451	14.0	462	1149
Cn451	15.0	475.27	1216
C403bis	1.0	172.01	159
C403bis	2.0	181.82	178
C403bis	3.0	158.08	134
C430	3.0	272.99	401
C430	4.0	318.95	548
C430	5.0	378.89	773
C430	6.0	401.4	867
C430	7.0	224.76	272
C430	8.0	207.99	233
C430	9.0	165.03	147
C430	10.0	244.15	321
C430	11.0	264.31	376
OTCCH1501	1.0	206	228
OTCCH1501	2.0	258	358

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.5 DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA

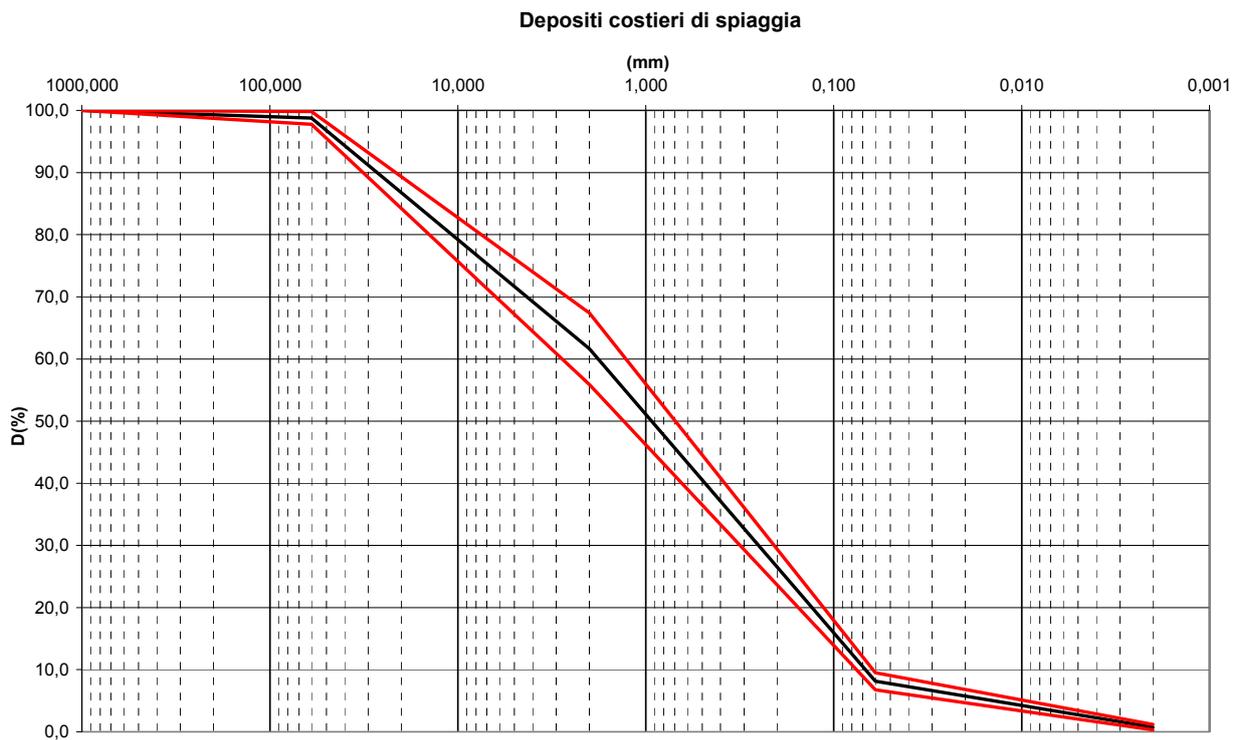


Figura 305

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Depositi costieri - Analisi granulometriche - % sabbia e % ghiaia

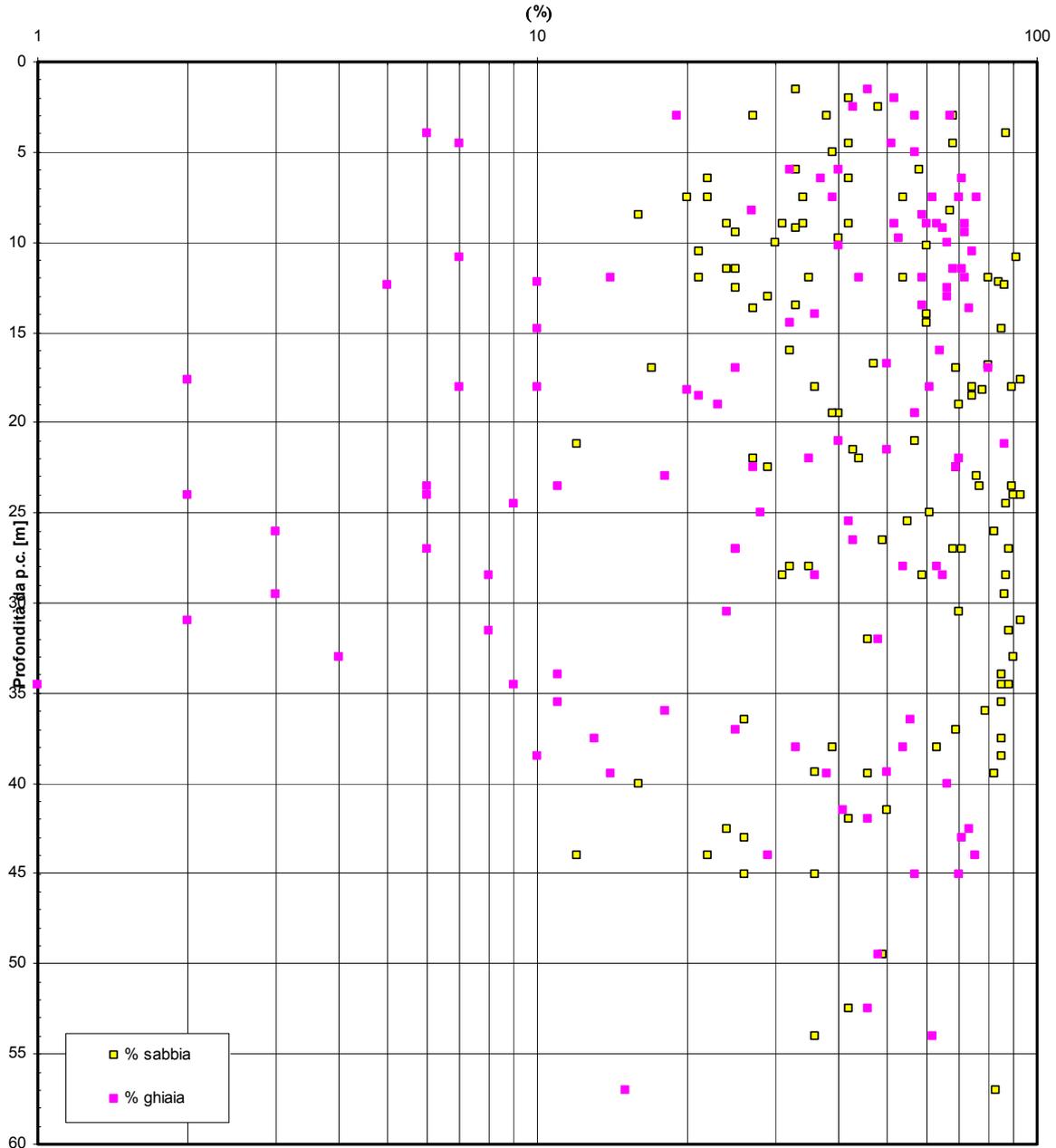


Figura 306

Depositi costieri- d50(mm)

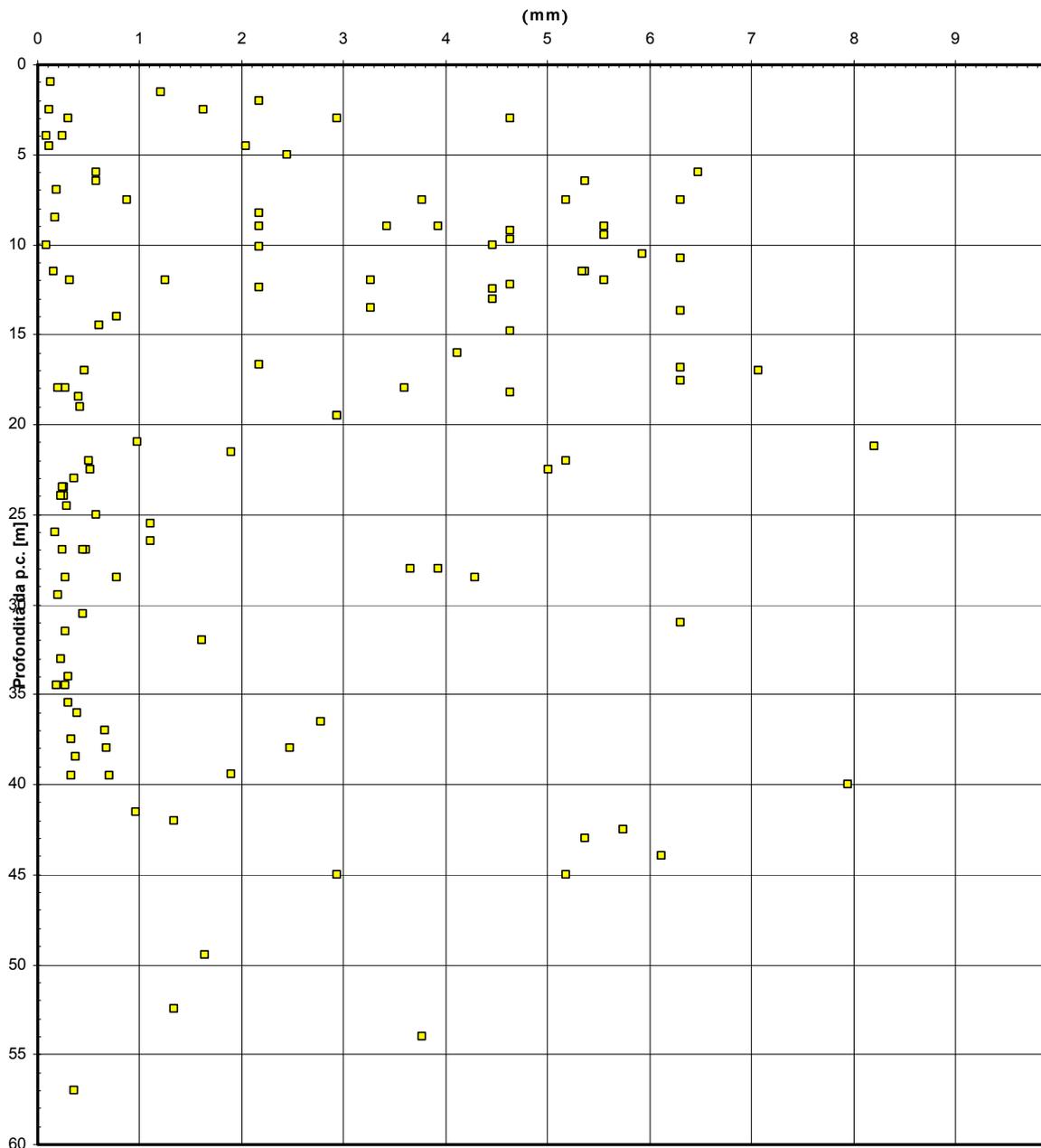


Figura 307

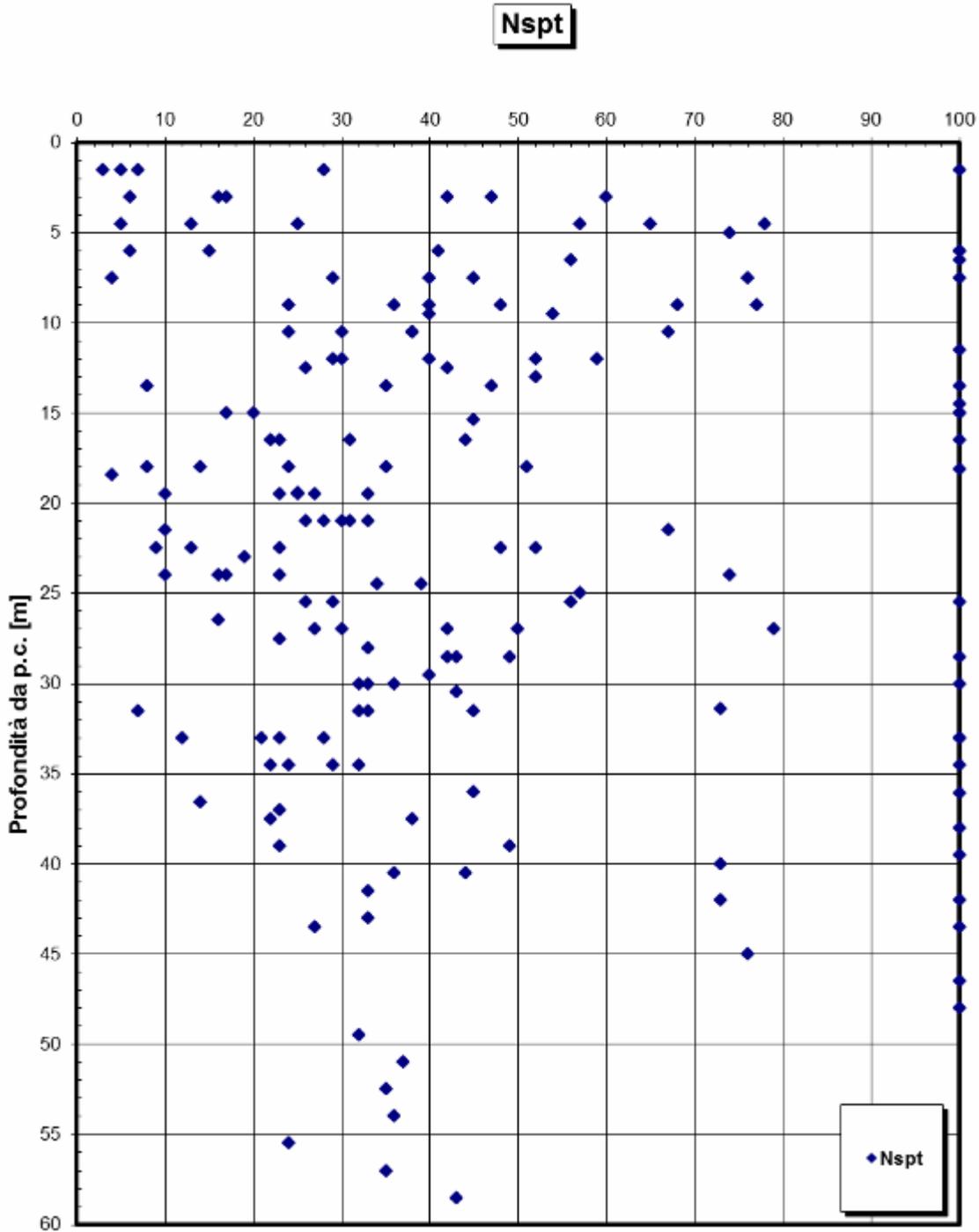


Figura 308

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

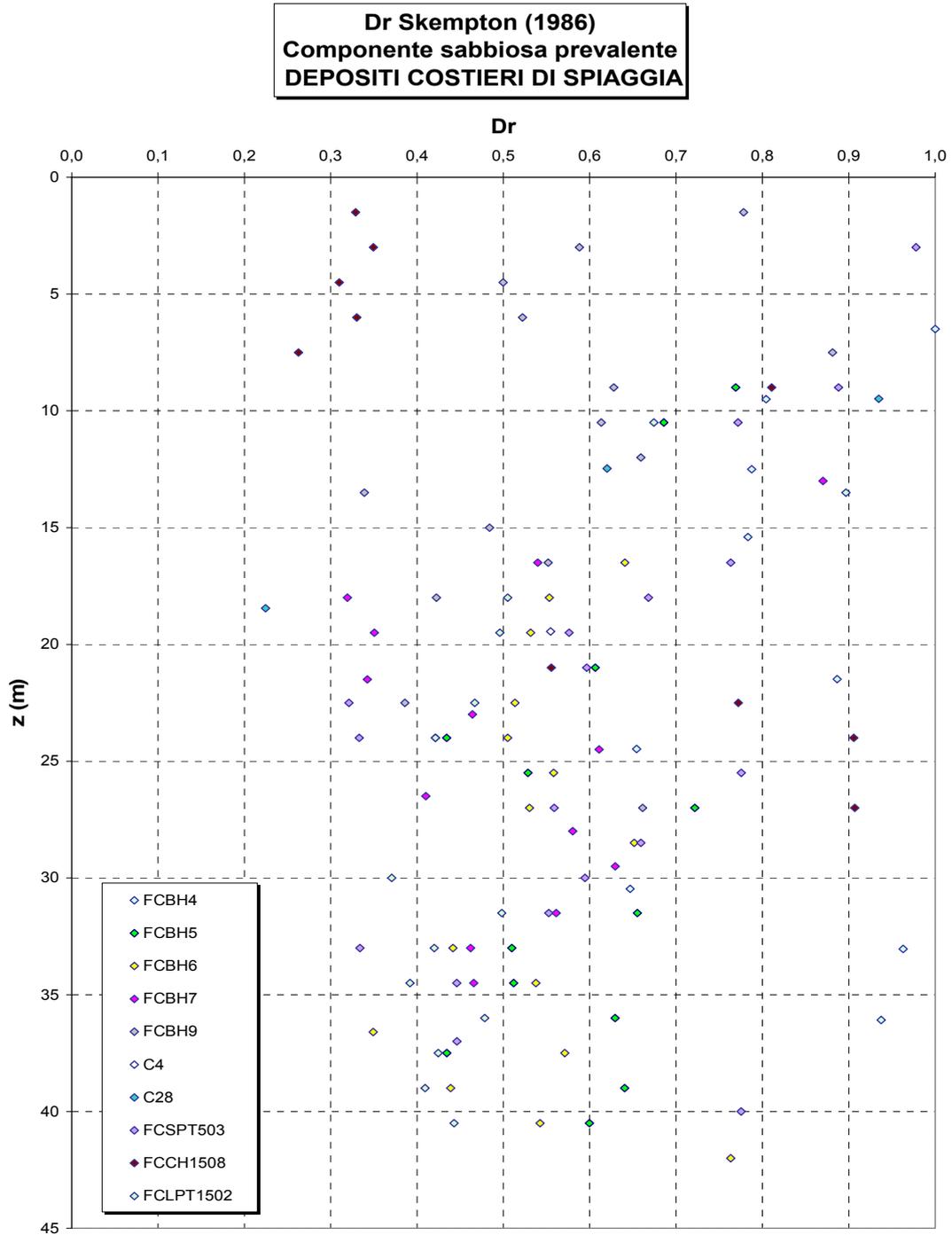


Figura 309

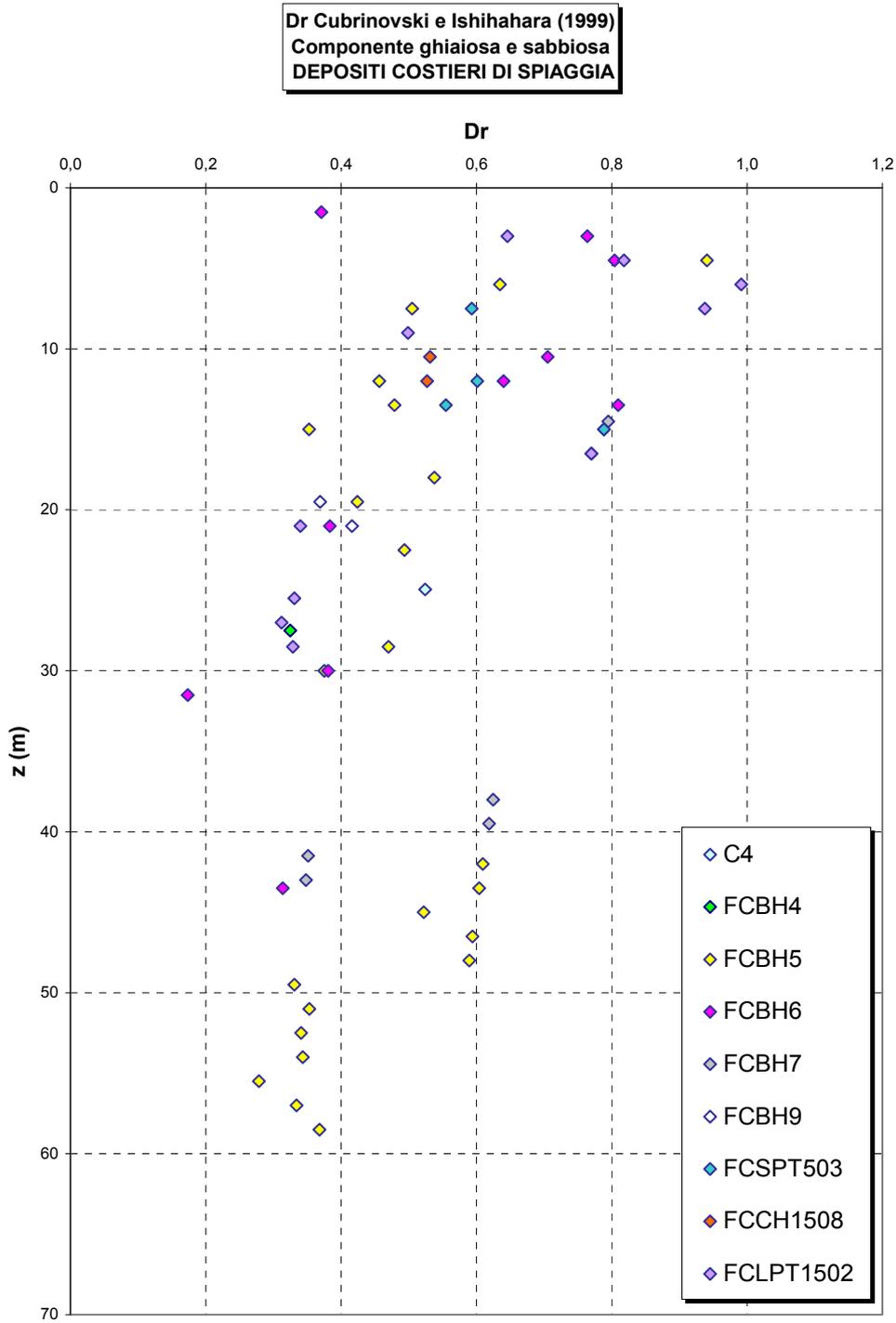


Figura 310

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

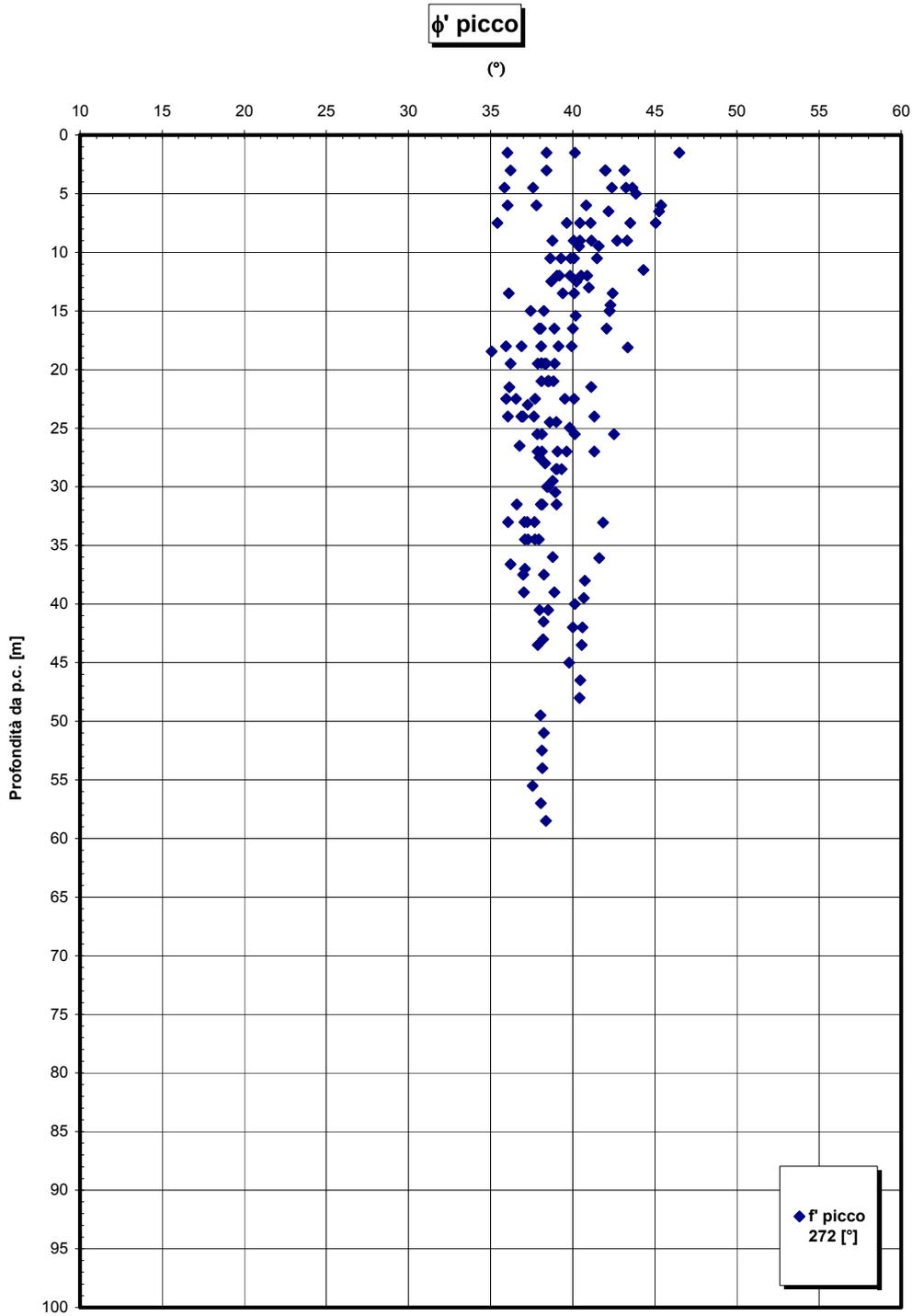


Figura 311

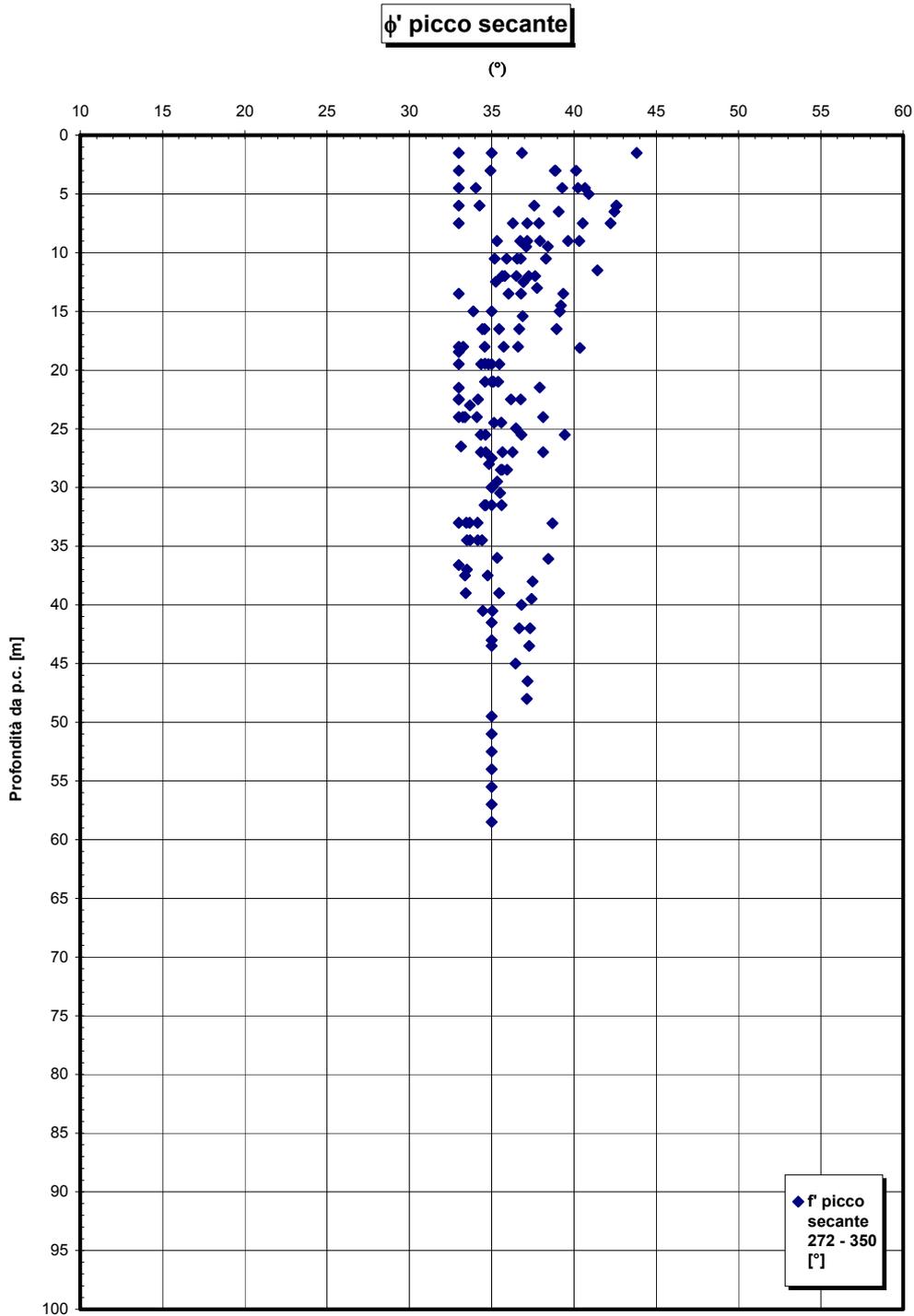


Figura 312

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Angolo di attrito
DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA

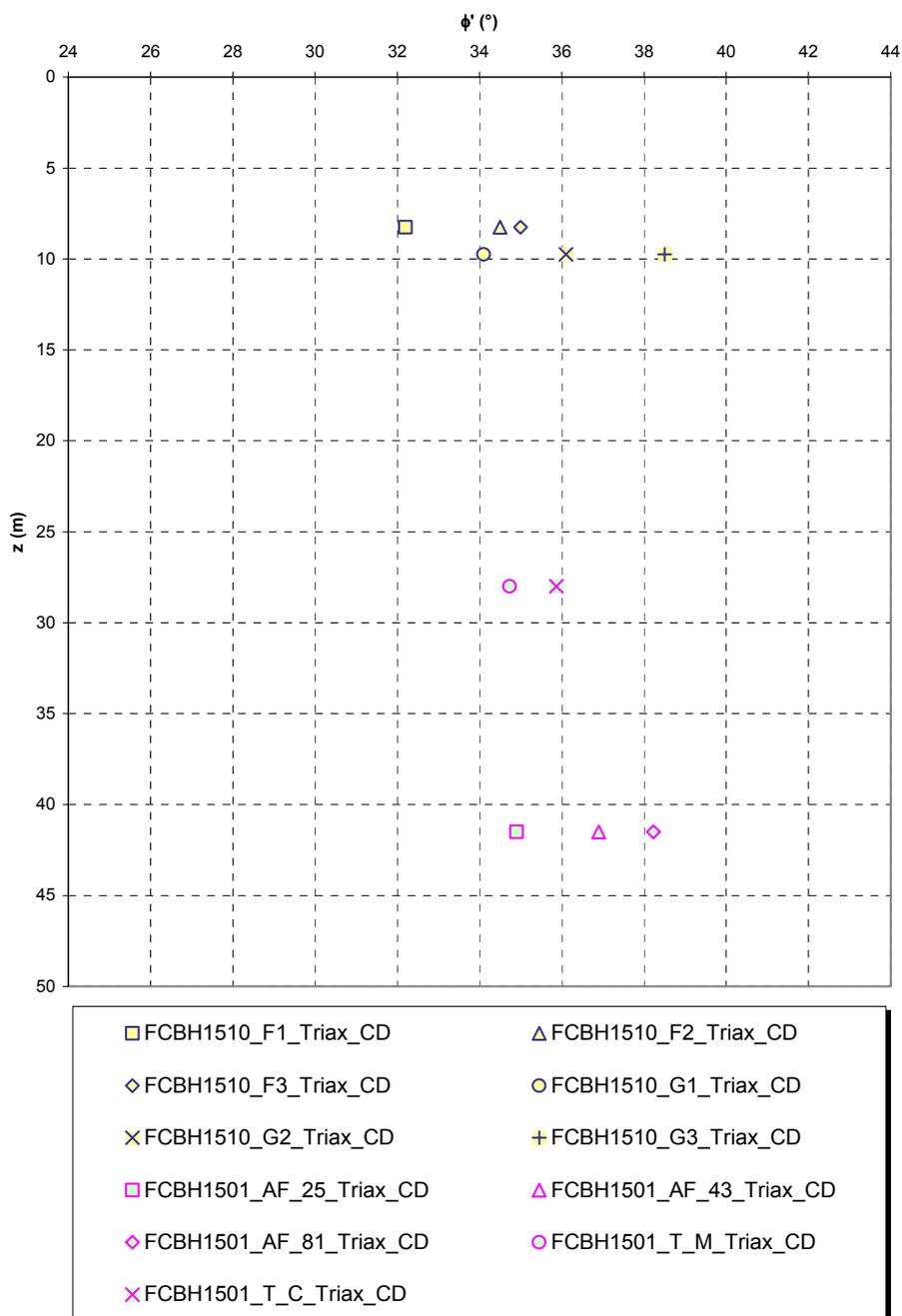


Figura 313

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

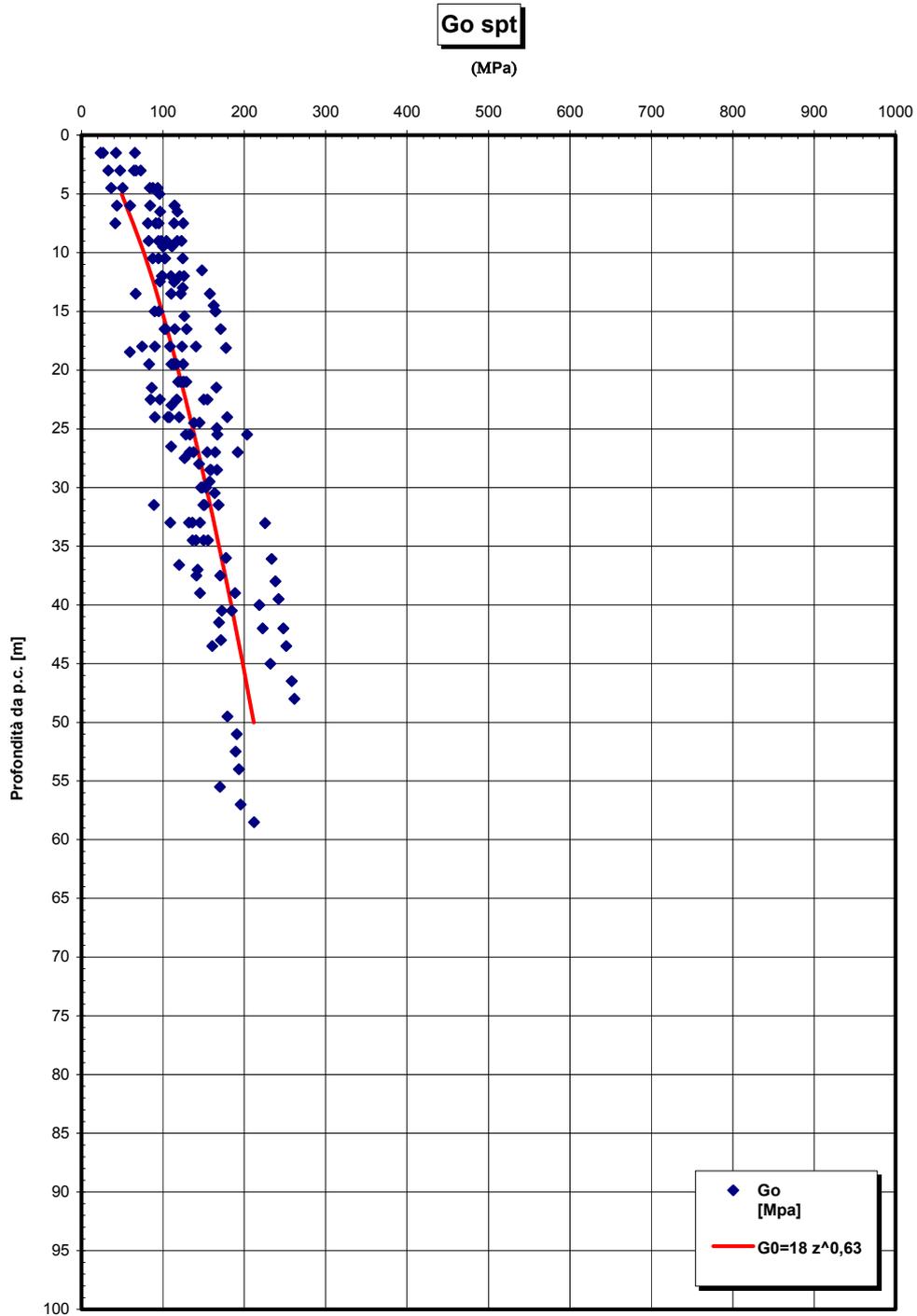


Figura 314

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

G₀/pa

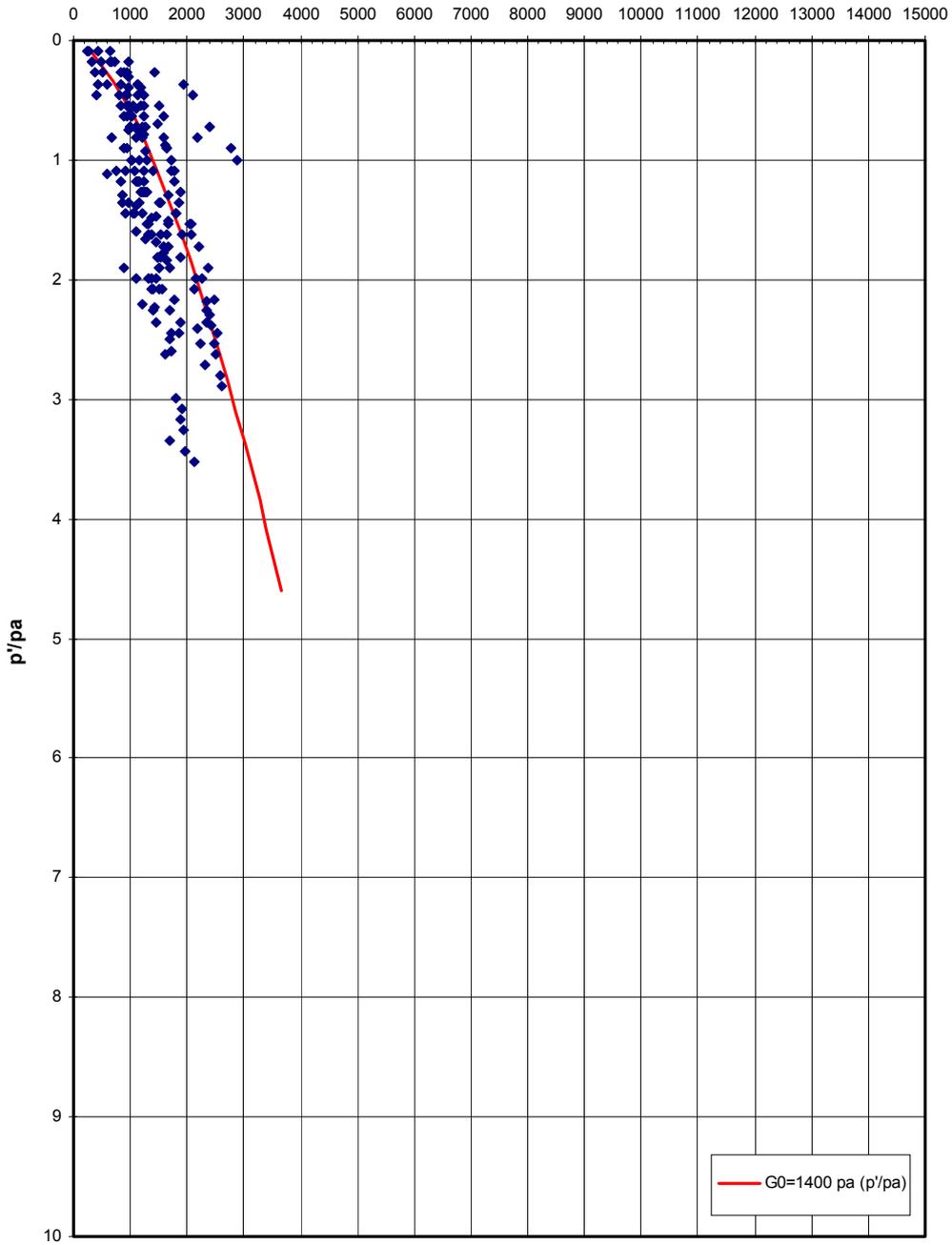


Figura 315

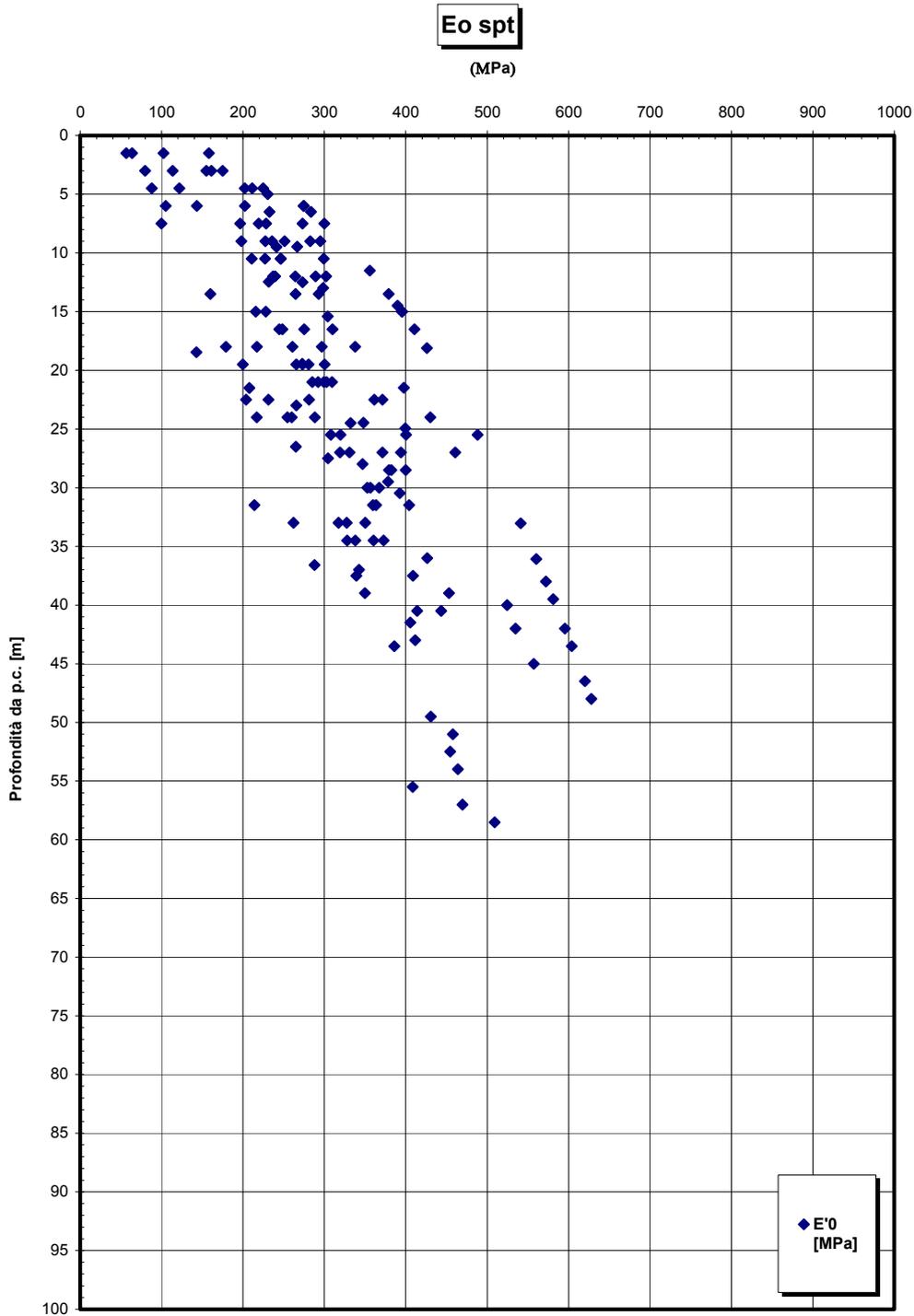


Figura 316

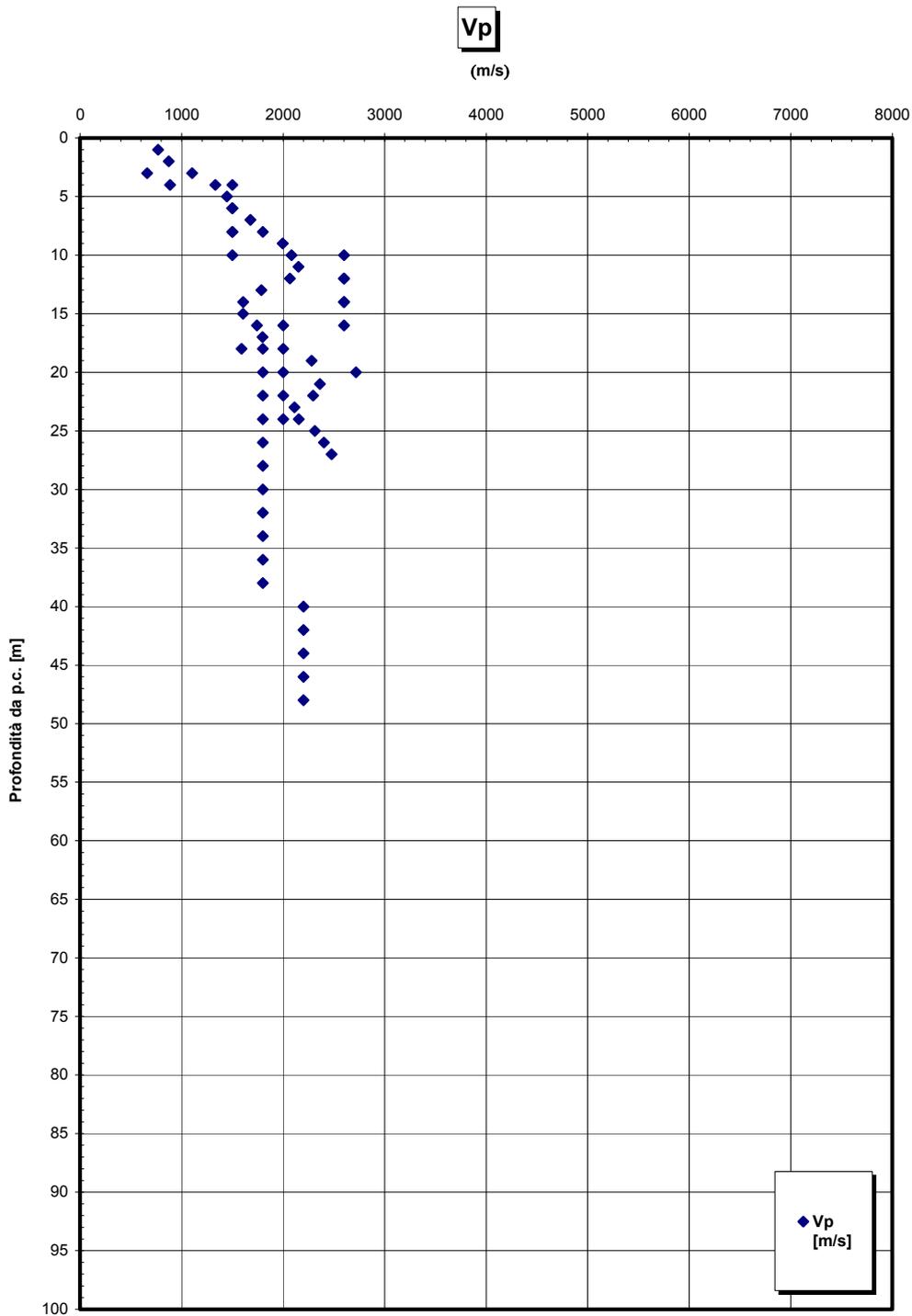


Figura 317

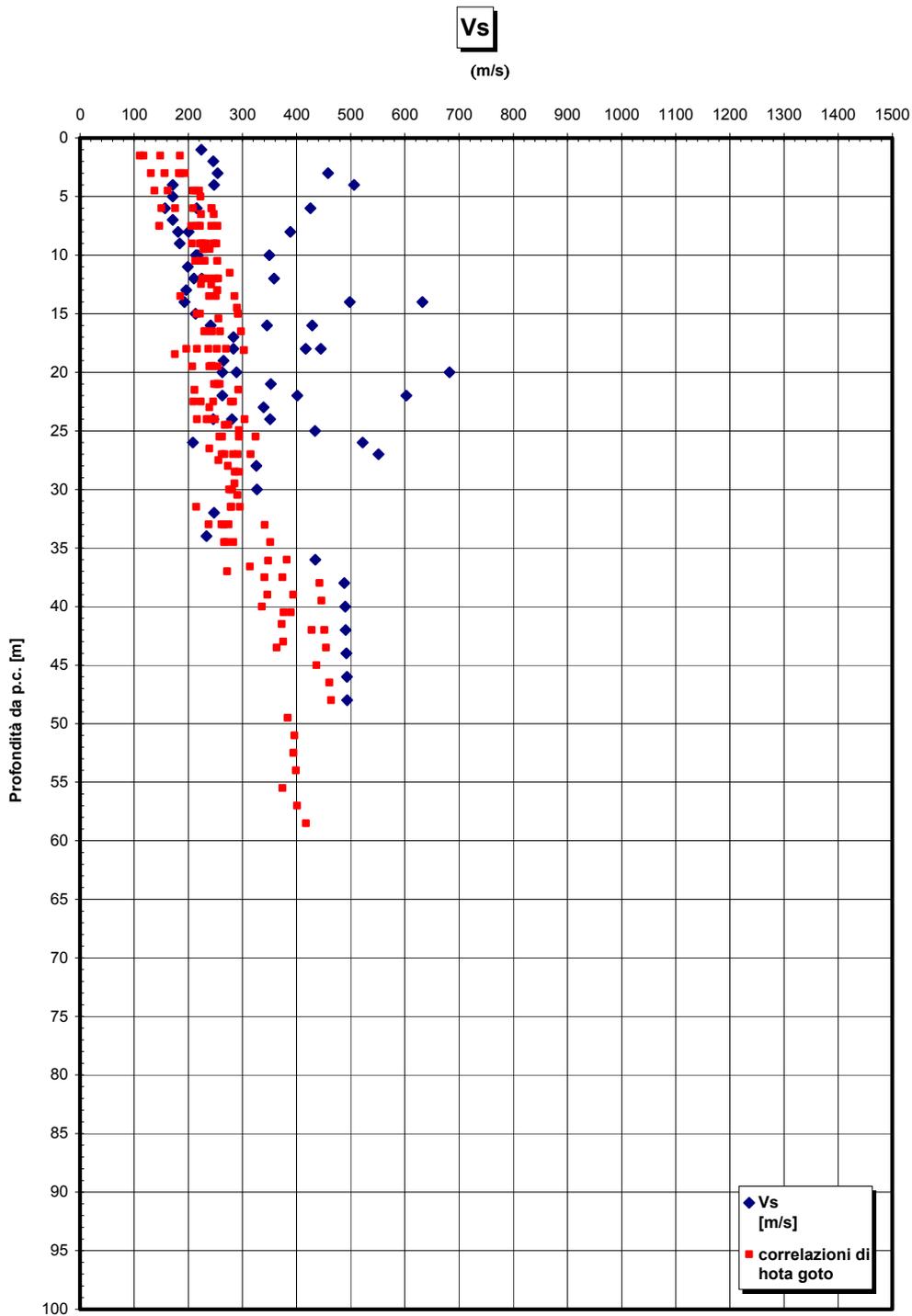


Figura 318

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

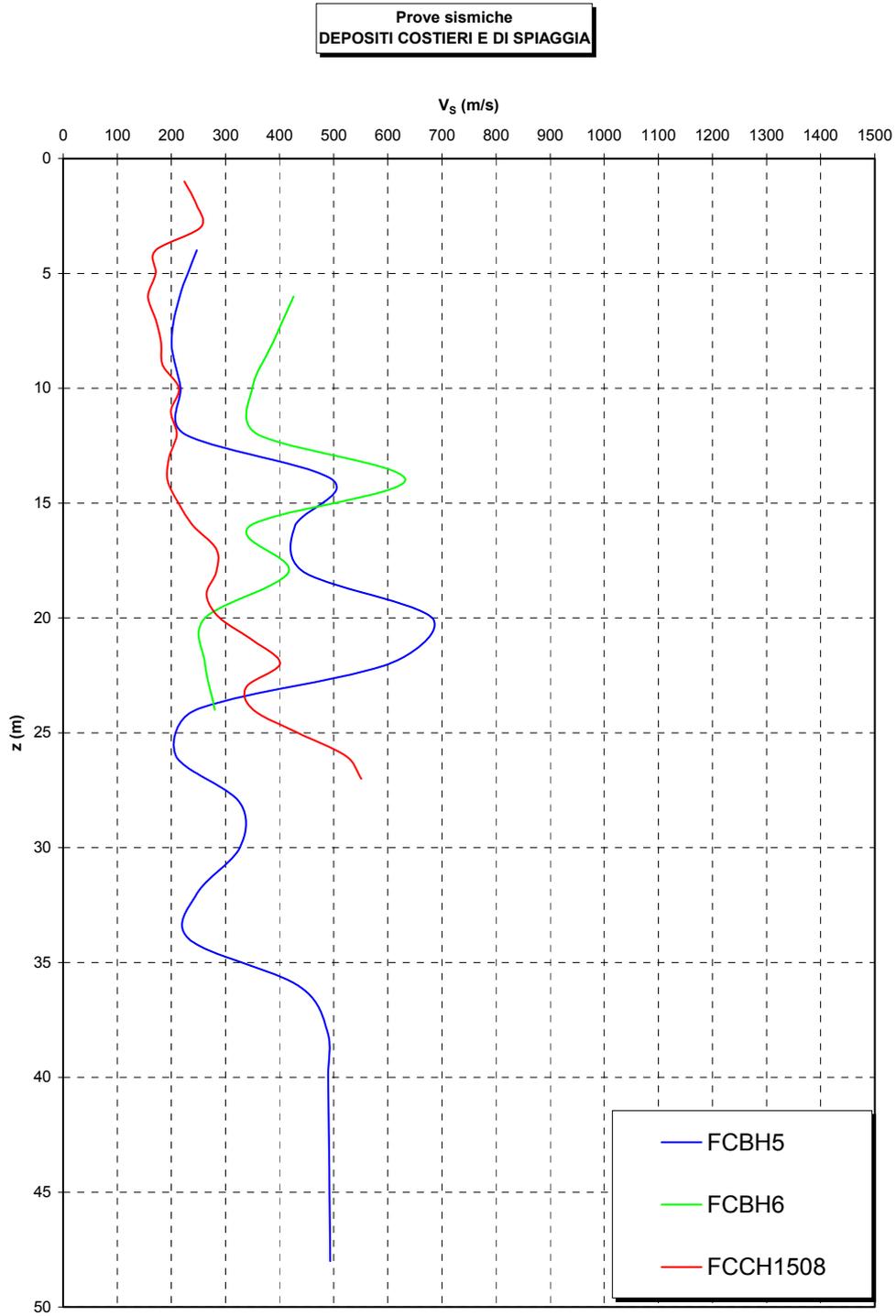


Figura 319

Depositi costieri di spiaggia - confronto Vs

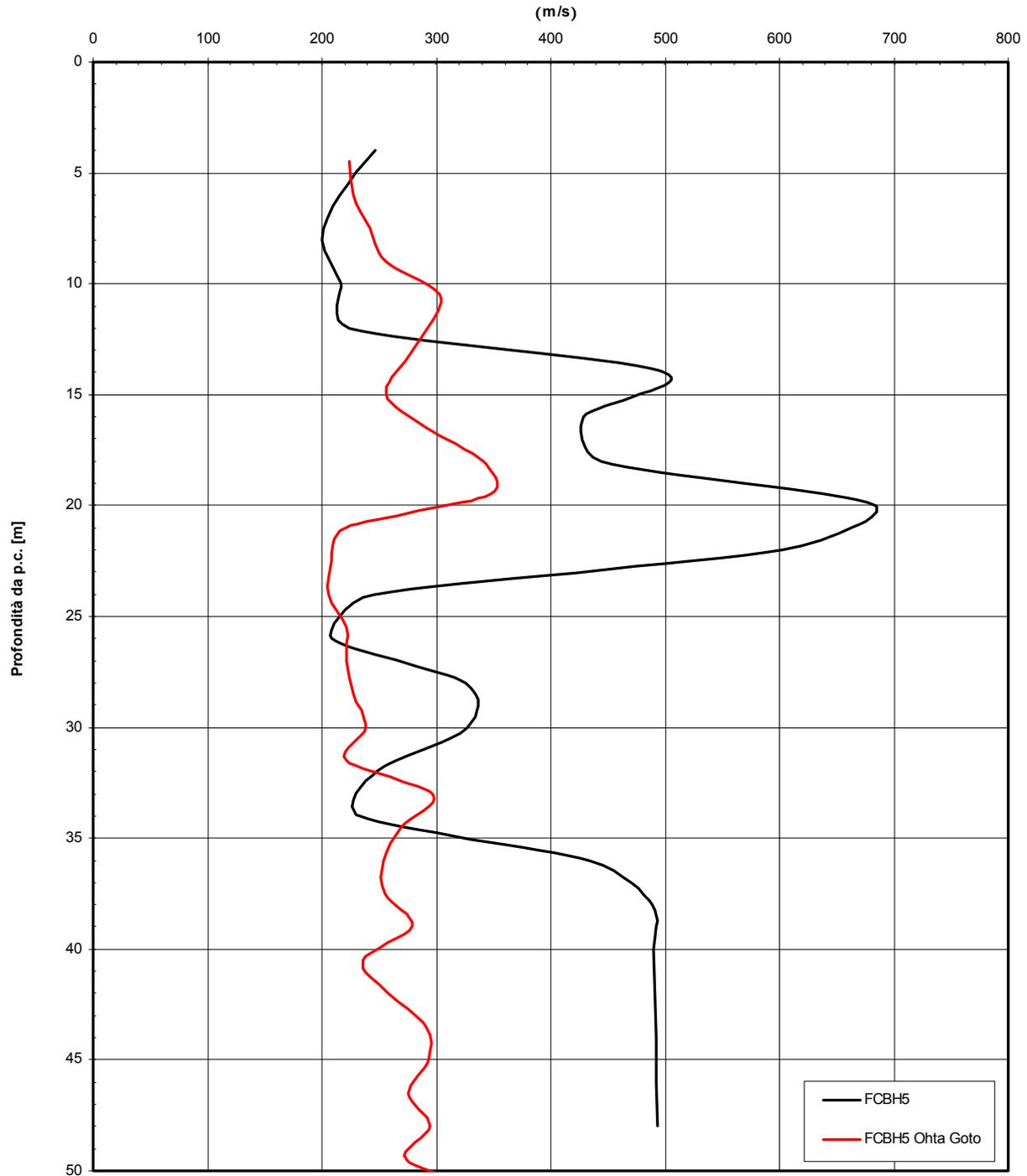


Figura 320

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Depositi costieri di spiaggia - confronto Vs

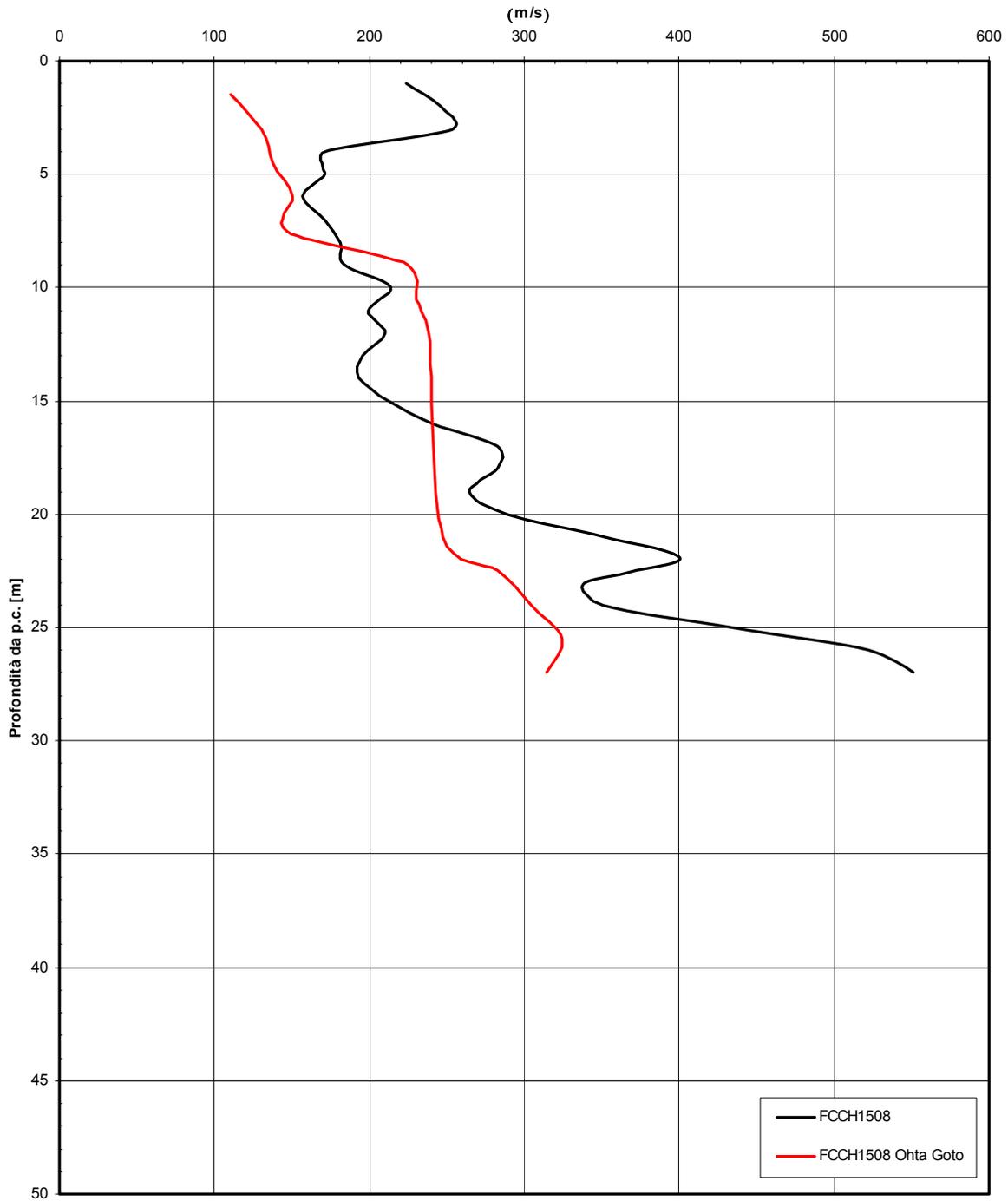


Figura 321

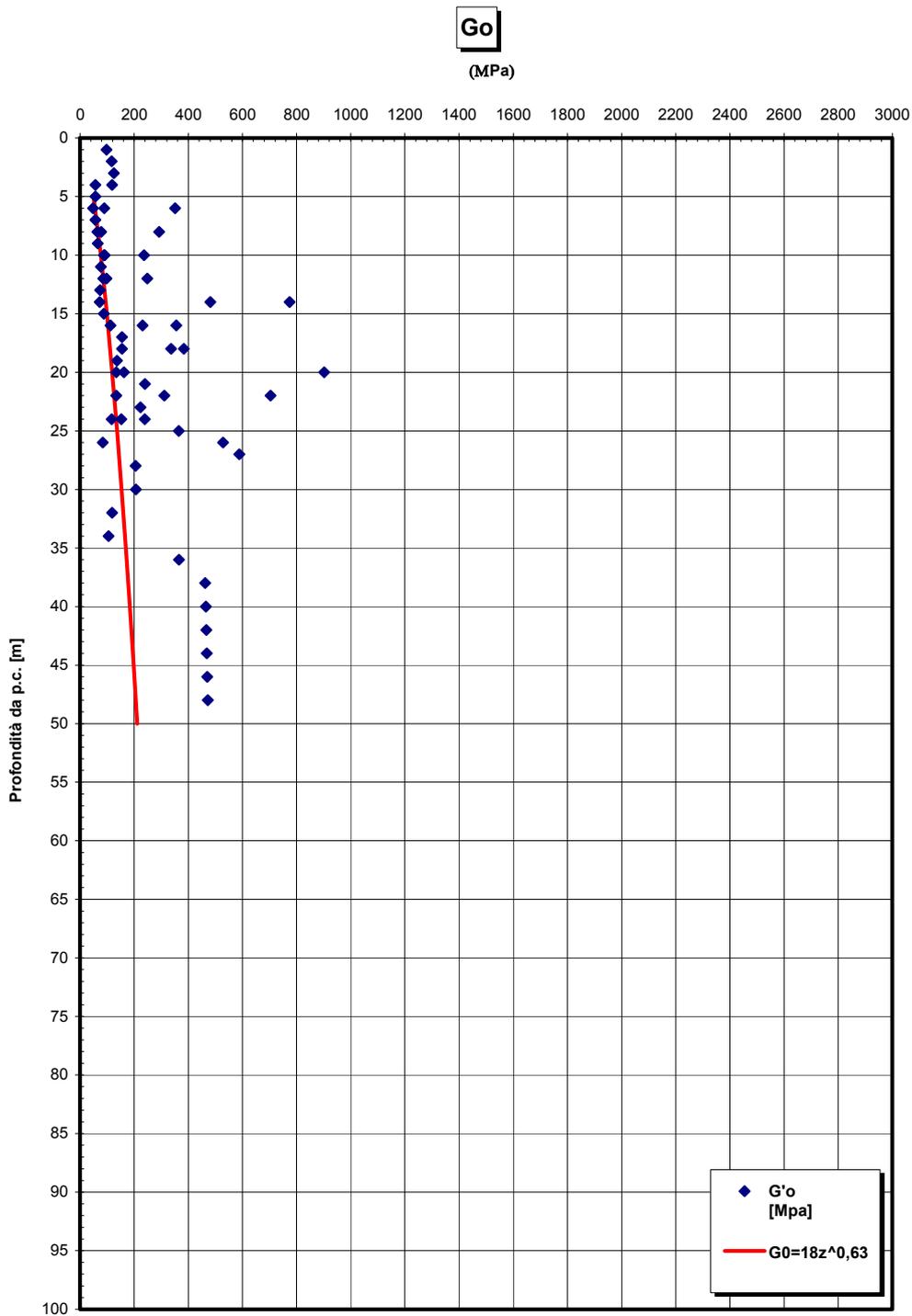


Figura 322 - G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

G₀/pa

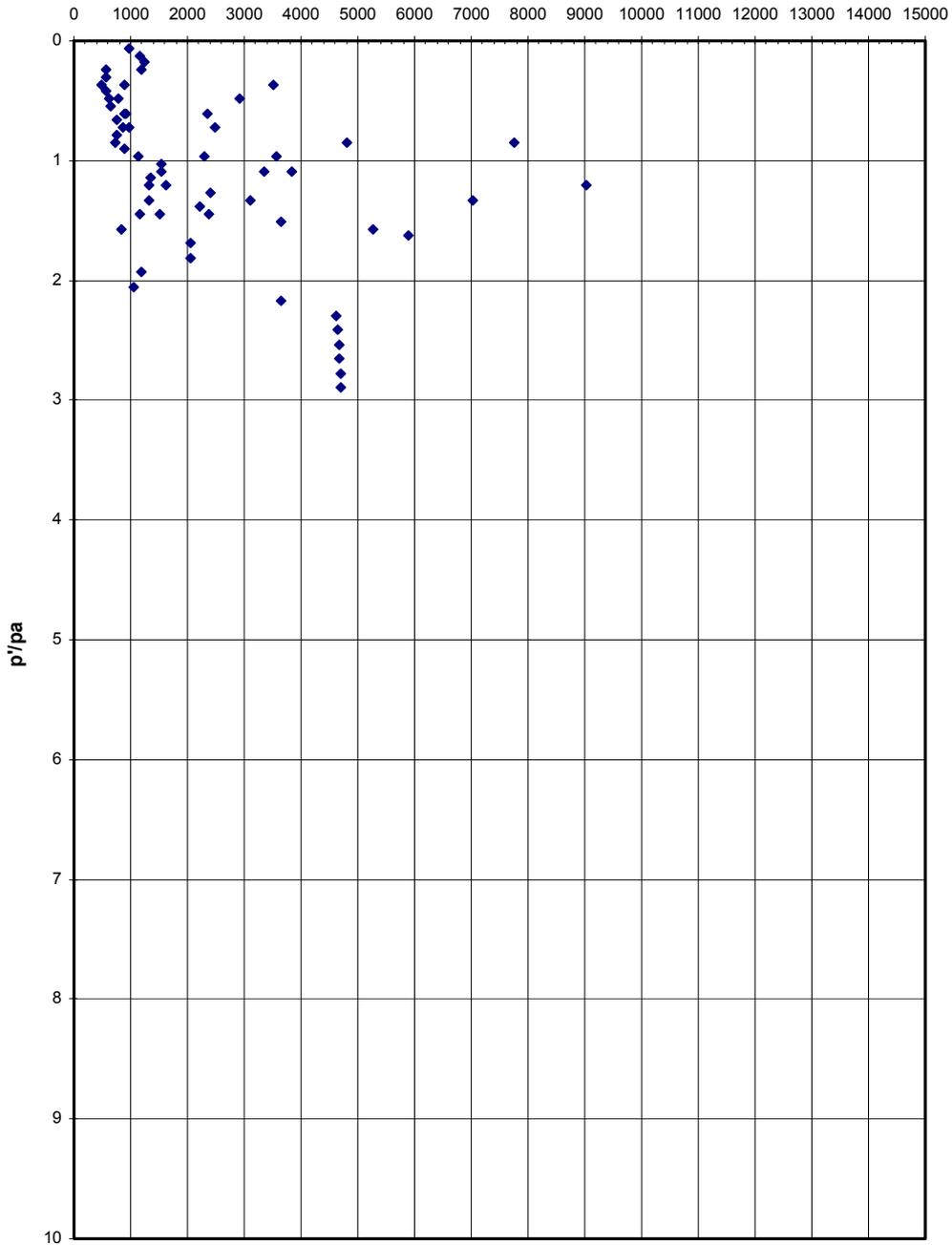


Figura 323 - G₀ da V_s misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

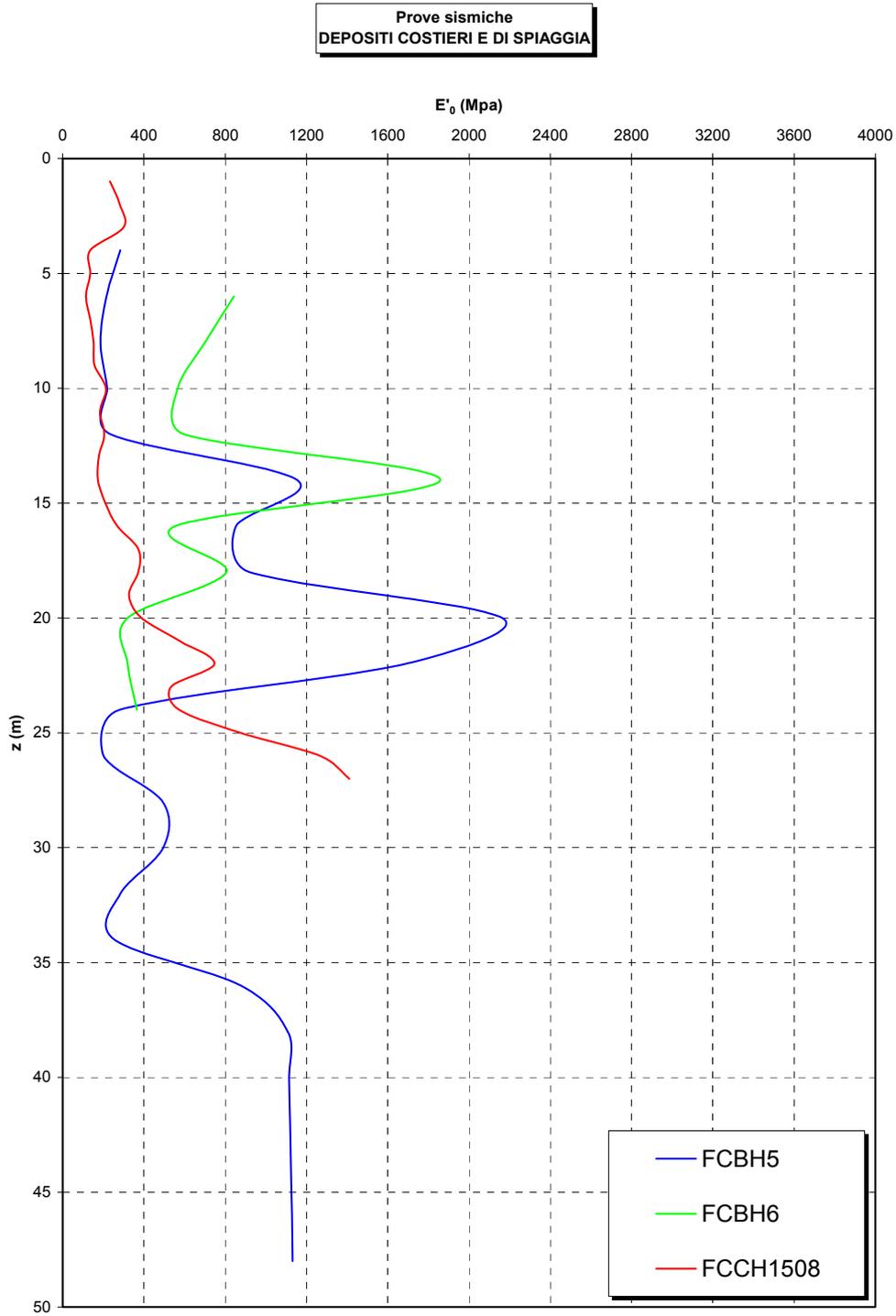


Figura 324

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

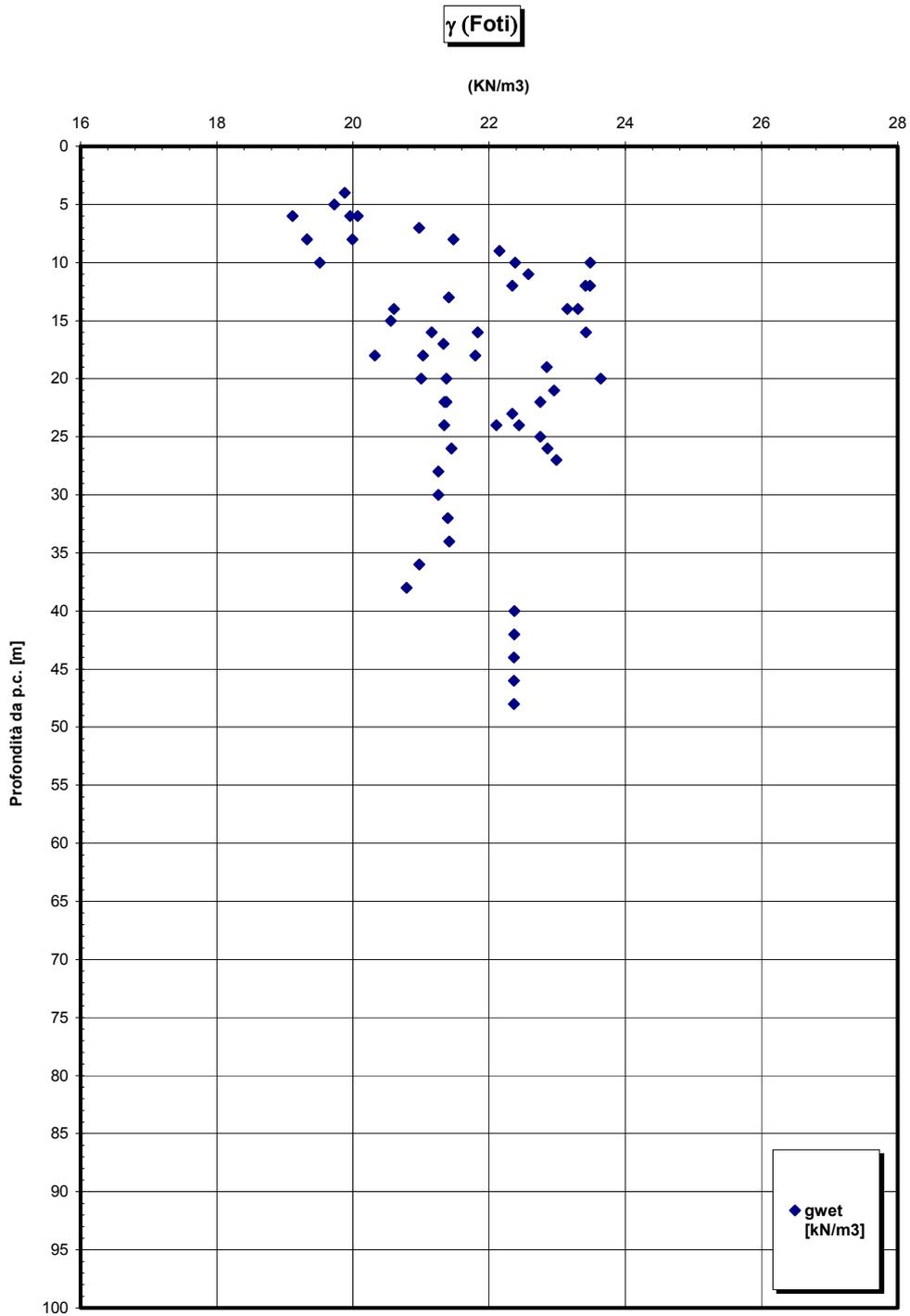


Figura 325

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

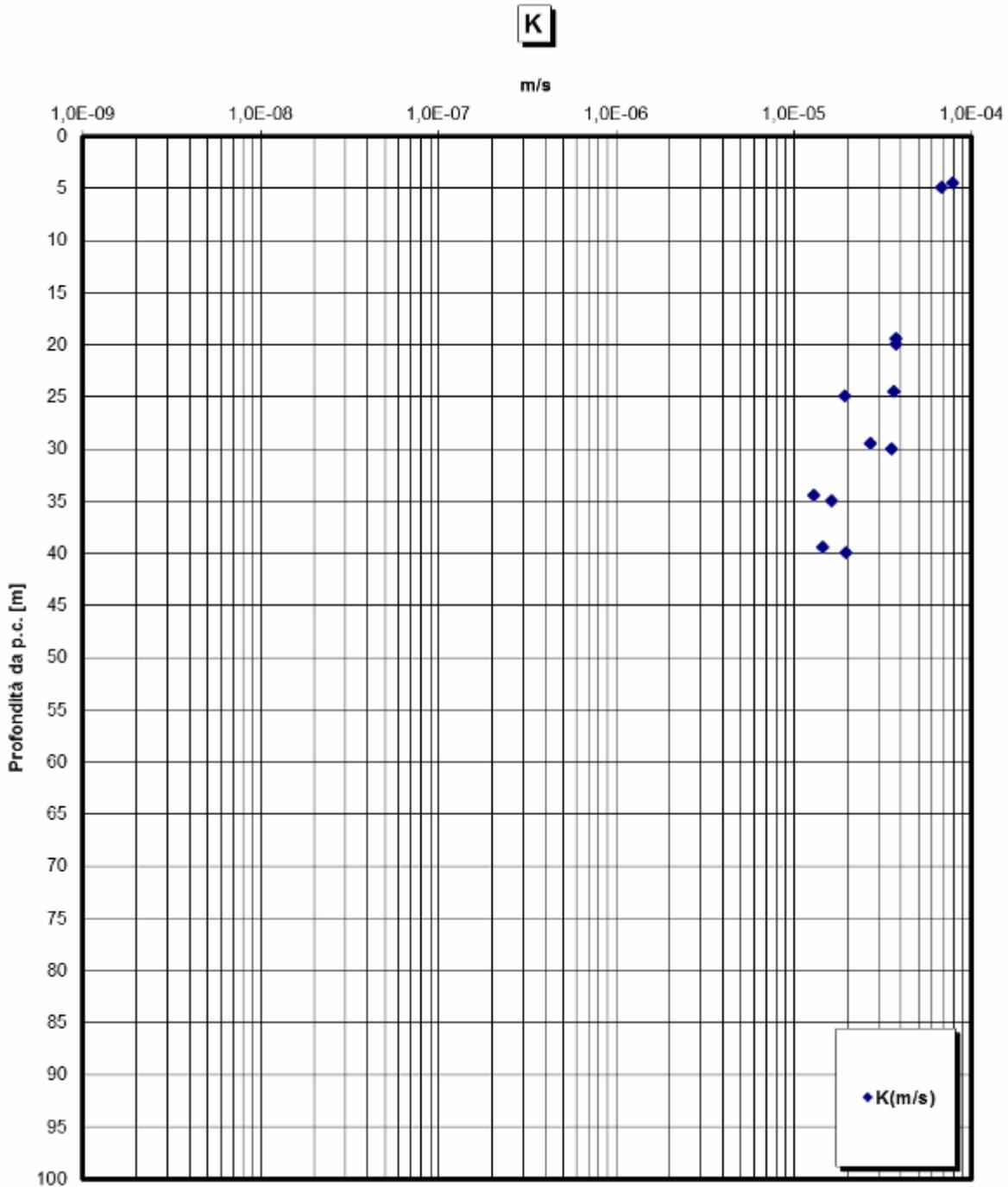


Figura 326

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 34 Riepilogo caratteristiche fisiche dei depositi costieri di spiaggia

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
FCBH1510	F	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	8.00			26.56
FCBH1510	F	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	8.00			26.44
FCBH1510	G	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	9.50			26.59
FCBH1510	G	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	9.50			26.60
FCBH1510	H	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	10.75			26.66
FCBH1510	I	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	12.50			26.62
FCBH1510	L	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	14.75			26.71
FCBH1510	L	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	14.75			26.62
FCBH1510	N	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	17.50			26.60
FCBH1510	1	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	20.00			27.30
FCBH1510	3	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	23.00			26.94
FCBH1510	4	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	24.00			26.70
FCSPT503	E	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	9.20			26.59
FCSPT503	E	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	9.20			26.84
FCSPT503	H	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	13.75			26.71
FCSPT503	H	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	16.75			26.80
FCSPT503	L	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	16.75			26.72
FCSPT503	L	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	18.2			26.90
FCSPT503	M	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	18.2			26.60
FCSPT503	M	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	21.2			26.68
FCSPT503	O	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	21.2			26.79
FCSPT503	O	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	25.7			26.87
FCSPT503	R	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	25.7			26.67
FCSPT503	R	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	10.15			26.61
FCCH2509	C	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	10.15			26.56
FCCH2509	C	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	12.15			26.53
FCCH2509	D	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	12.15			26.90
FCCH2509	E	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	16.85			26.65
FCBH1501	A	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	2.5			26.69
FCBH1501	C	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6			26.75
FCBH1501	E	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	8.5			26.84
FCBH1501	G	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	11.5			26.91
FCBH1501	L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16			26.79
FCBH1501	N	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19			26.71
FCBH1501	P	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	22			26.94
FCBH1501	Q	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	23.5			26.66
FCBH1501	R	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25			26.62
FCBH1501	S	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	26.5			26.85
FCBH1501	T	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	28			26.77
FCBH1501	V	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	31			26.65
FCBH1501	AA	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34			26.69
FCBH1501	AB	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35.5			26.5
FCBH1501	AC	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	37			26.56
FCBH1501	AD	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	38.5			26.52
FCBH1501	AF	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	41.5			26.71
FCBH1512	B	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	2.5			24.74
FCBH1512	H	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	11.75			27.08
FCBH1512	E	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7			26.62
FCBH1512	C	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	4			26.63
FCBH1512	A	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	1			26.68
FCBH1512	G	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	10			26.70
FCBH1512	F	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	8.5			26.87
FCBH1512	M	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16			26.76
FCBH1512	I	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13			26.88

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tabella 35 Granulometria dei depositi costieri di spiaggia

SONDAGGIO	PROVINO	z [m]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
FC BH5	A	2.0	0	52	42	6	0	100	100	48	6	0
FC BH5	SPT	3.0	0	67	27	6	0	100	100	33	6	0
FC BH5	SPT	7.5	0	76	20	4	0	100	100	24	4	0
FC BH5	SPT	9.0	0	72	24	4	0	100	100	28	4	0
FC BH5	B	9.5	0	72	25	3	0	100	100	28	3	0
FC BH5	SPT	10.5	0	74	21	5	0	100	100	26	5	0
FC BH5	SPT	12.0	0	59	35	6	0	100	100	41	6	0
FC BH5	C	17.0	0	80	17	3	0	100	100	20	3	0
FC BH5	SPT	18.0	0	61	36	3	0	100	100	39	3	0
FC BH5	D	21.5	0	50	43	7	0	100	100	50	7	0
FC BH5	SPT	22.5	0	69	29	2	0	100	100	31	2	0
FC BH5	SPT	24.0	0	6	90	4	0	100	100	94	4	0
FC BH5	SPT	25.5	0	42	55	3	0	100	100	58	3	0
FC BH5	SPT	28.5	0	8	87	5	0	100	100	92	5	0
FC BH5	E	30.5	0	24	70	6	0	100	100	76	6	0
FC BH5	SPT	31.5	0	8	88	4	0	100	100	92	4	0
FC BH5	SPT	34.5	0	1	88	11	0	100	100	99	11	0
FC BH5	SPT	36.0	0	18	79	3	0	100	100	82	3	0
FC BH5	SPT	37.5	0	13	85	2	0	100	100	87	2	0
FC BH5	F	39.5	0	14	82	4	0	100	100	86	4	0
FC BH5	G	42.5	0	73	24	3	0	100	100	27	3	0
FC BH5	H	44.0	56	29	12	3	0	100	44	15	3	0
FC BH5	SPT	45.0	0	70	26	4	0	100	100	30	4	0
FC BH5	I	49.5	0	48	49	3	0	100	100	52	3	0
FC BH5	SPT	52.5	0	46	42	12	0	100	100	54	12	0
FC BH5	SPT	54.0	0	62	36	2	0	100	100	38	2	0
FC BH5	SPT	57.0	0	15	83	2	0	100	100	85	2	0
FC BH6	SPT3	3.0	0	57	38	5	0	100	100	43	5	0
FC BH6	SPT4	4.5	0	51	42	7	0	100	100	49	7	0
FC BH6	B	6.5	0	71	22	7	0	100	100	29	7	0
FC BH6	SPT7	7.5	0	70	22	8	0	100	100	30	8	0
FC BH6	SPT9	9.0	0	63	31	6	0	100	100	37	6	0
FC BH6	C	12.5	0	66	25	9	0	100	100	34	9	0
FC BH6	SPT12	12.0	0	14	80	6	0	100	100	86	6	0
FC BH6	SPT13	13.5	0	59	33	8	0	100	100	41	8	0
FC BH6	D	17.0	0	25	69	6	0	100	100	75	6	0
FC BH6	SPT18	18.0	0	7	89	4	0	100	100	93	4	0
FC BH6	SPT19	19.5	0	57	40	3	0	100	100	43	3	0
FC BH6	SPT22	22.5	0	27	69	4	0	100	100	73	4	0
FC BH6	SPT27	27.0	0	25	71	4	0	100	100	75	4	0
FC BH6	SPT28	28.5	0	36	59	5	0	100	100	64	5	0
FC BH6	SPT33	33.0	0	4	90	6	0	100	100	96	6	0
FC BH6	E	38.0	0	33	63	4	0	100	100	67	4	0
FC BH6	SPT42	42.0	0	46	42	12	0	100	100	54	12	0
FC BH6	F	44.0	0	75	22	3	0	100	100	25	3	0
FC BH7	SPT	5.0	0	57	39	7	0	103	103	46	7	0
FC BH7	A	6.5	0	37	42	17	4	100	100	63	21	4
FC BH7	SPT	7.5	0	39	54	7	0	100	100	61	7	0
FC BH7	SPT	9.0	0	52	42	6	0	100	100	48	6	0
FC BH7	B	11.5	0	71	24	5	0	100	100	29	5	0
FC BH7	B	12.0	0	72	21	7	0	100	100	28	7	0
FC BH7	SPT	13.0	0	66	29	5	0	100	100	34	5	0
FC BH7	SPT	14.5	0	32	60	8	0	100	100	68	8	0
FC BH7	D	18.5	0	21	74	5	0	100	100	79	5	0
FC BH7	E	22.0	0	35	44	17	4	100	100	65	21	4

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento

CB0057_F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

SONDAGGIO	PROVINO	z [m]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
FC BH7	F	23.5	0	6	89	5	0	100	100	94	5	0
FC BH7	SPT	24.5	0	9	87	4	0	100	100	91	4	0
FC BH7	G	27.0	0	6	88	6	0	100	100	94	6	0
FC BH7	SPT	29.5	0	3	86	11	0	100	100	97	11	0
FC BH7	H	32.0	0	48	46	6	0	100	100	52	6	0
FC BH7	SPT	34.5	0	9	85	6	0	100	100	91	6	0
FC BH7	SPT	36.5	0	56	26	16	2	100	100	44	18	2
FC BH7	SPT	38.0	0	54	39	7	0	100	100	46	7	0
FC BH7	SPT	39.5	0	38	46	13	3	100	100	62	16	3
FC BH7	K	40.0	11	66	16	7	0	100	89	23	7	0
FC BH7	SPT	41.5	0	41	50	9	0	100	100	59	9	0
FC BH7	SPT	43.0	0	71	26	3	0	100	100	29	3	0
FC BH7	I	45.0	0	57	36	7	0	100	100	43	7	0
FC BH9	SPT1	1.5	0	46	33	21	0	100	100	54	21	0
FC BH9	SPT3	3.0	0	19	68	13	0	100	100	81	13	0
FC BH9	A	4.0	0	6	87	7	0	100	100	94	7	0
FC BH9	SPT4	4.5	0	7	68	21	4	100	100	93	25	4
FC BH9	B	6.0	0	32	58	10	0	100	100	68	10	0
FC BH9	SPT7	7.5	0	62	34	4	0	100	100	38	4	0
FC BH9	SPT9	9.0	0	60	34	6	0	100	100	40	6	0
FC BH9	C	10.0	0	66	30	4	0	100	100	34	4	0
FC BH9	SPT12	12.0	0	44	54	2	0	100	100	56	2	0
FC BH9	D	14.0	0	36	60	4	0	100	100	64	4	0
FC BH9	E	18.0	0	10	74	14	2	100	100	90	16	2
FC BH9	SPT19	19.5	0	57	39	4	0	100	100	43	4	0
FC BH9	SPT21	21.0	0	40	57	3	0	100	100	60	3	0
FC BH9	F	23.0	0	18	76	6	0	100	100	82	6	0
FC BH9	SPT24	24.0	0	2	93	5	0	100	100	98	5	0
FC BH9	G	26.0	0	3	82	13	2	100	100	97	15	2
FC BH9	SPT27	27.0	0	25	68	7	0	100	100	75	7	0
FC BH9	H	28.0	0	63	32	5	0	100	100	37	5	0
FC BH9	SPT28	28.5	0	65	31	4	0	100	100	35	4	0
FC BH9	I	39.4	0	50	36	14	0	100	100	50	14	0
FCSPT503	E	9.2	0	65	33	2	0	100	100	48	6	0
FCSPT503	H	13.7	0	73	27	0	0	100	100	48	6	0
FCSPT503	L	16.7	0	50	47	3	0	100	100	48	6	0
FCSPT503	M	18.2	0	20	78	2	0	100	100	48	6	0
FCSPT503	O	21.2	0	86	12	2	0	100	100	14	2	0
FCCH2509	C	10.2	0	40	60	0	0	100	100	48	6	0
FCCH2509	D	12.3	0	10	84	6	0	100	100	48	6	0
FCCH2509	E	16.9	0	0	80	20	0	100	100	48	6	0
FCBH1510	F	8.3	1	27	67	5	0	100	100	48	6	0
FCBH1510	G	9.8	2	53	40	5	0	100	100	48	6	0
FCBH1510	H	10.8	0	7	91	2	0	100	100	48	6	0
FCBH1510	I	12.4	0	5	86	9	0	100	100	48	6	0
FCBH1510	L	14.8	3	10	85	2	0	100	100	48	6	0
FCBH1510	N	17.6	0	2	93	5	0	100	100	48	6	0
FCBH1501	A	2.5	5	43	48	4	0	100	95	52	4	0
FCBH1501	C	6.0	24	40	33	3	0	100	76	36	3	0
FCBH1501	E	8.5	21	59	16	4	0	100	79	20	4	0
FCBH1501	G	11.5	2	68	25	5	0	100	98	30	5	0
FCBH1501	L	16.0	0	64	32	4	0	100	100	36	4	0
FCBH1501	N	19.0	0	23	70	7	0	100	100	77	7	0
FCBH1501	P	22.0	0	70	27	3	0	100	100	30	3	0
FCBH1501	Q	23.5	0	11	77	12	0	100	100	89	12	0
FCBH1501	R	25.0	3	28	61	8	0	100	97	69	8	0
FCBH1501	S	26.5	0	43	49	8	0	100	100	57	8	0
FCBH1501	T	28.0	6	54	35	5	0	100	94	40	5	0
FCBH1501	V	31.0	0	2	93	5	0	100	100	48	6	0
FCBH1501	AA	34.0	0	11	85	4	0	100	100	89	4	0
FCBH1501	AB	35.5	0	11	85	4	0	100	100	89	4	0
FCBH1501	AC	37.0	6	25	69	0	0	100	94	69	0	0
FCBH1501	AD	38.5	5	10	85	0	0	100	95	85	0	0
FCBH1512	B	2.5	0	1	77	13	9	100	100	99	22	9
FCBH1512	H	11.5	0	7	74	13	6	100	100	93	19	6
FCBH1512	E	7.0	0	0	90	10	0	100	100	100	10	0
FCBH1512	C	4.0	0	5	67	19	9	100	100	95	28	9
FCBH1512	A	1.0	0	1	78	10	10	100	100	99	20	10
FCBH1512	G	10.0	0	0	74	20	5	100	100	100	25	5
FCBH1512	F	8.5	0	0	89	3	8	100	100	100	11	8

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tabella 36 Riepilogo prove penetrometriche

FORO	Opera	z [m]	Nspt
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6.5	56
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9.5	40
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	12.5	42
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15.4	45
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	18.11	100
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	21.49	67
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.48	39
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27.5	23
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	30.47	43
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	33.04	100
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36.08	100
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	4.50	78
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6.00	41
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7.50	29
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9.00	36
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	10.50	30
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	12.00	30
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13.50	35
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15.00	20
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16.50	100
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	18.00	51
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.50	33
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	21.00	31
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	22.50	48
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.00	17
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25.50	26
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27.00	50
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	28.50	49
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	30.00	32
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	31.50	45
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	33.00	28

FORO	Opera	z [m]	Nspt
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34.50	29
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36.00	45
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	37.50	22
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	39.00	49
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40.50	44
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	42.00	100
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	43.50	100
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45.00	76
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	46.50	100
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	48.00	100
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	49.50	32
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51.00	37
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	52.50	35
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	54.00	36
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	55.50	24
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	57.00	35
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58.50	43
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6.00	100
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7.50	100
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9.00	77
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	10.50	67
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	12.00	59
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13.50	100
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15.00	100
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16.50	31
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	18.00	24
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.50	23
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	21.00	28
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	22.50	23
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.00	23
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25.50	29
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27.00	27
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	28.50	42
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	30.00	33
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	31.50	7
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	33.00	21
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34.50	32
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36.60	14
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	37.50	38
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	39.00	23
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40.50	36
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	42.00	73
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	43.50	27
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	5.00	74
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6.50	100
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7.50	76
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9.00	68
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	11.50	100
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13.00	52
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	14.50	100
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16.50	22
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	18.00	8
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.50	10
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	21.50	10
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	23.00	19
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.50	34
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	26.50	16
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	28.00	33
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	29.50	40
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	31.50	33
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	33.00	23
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34.50	24
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	43.00	33
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	1.50	28
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3.00	17
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	4.50	13
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6.00	15
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7.50	45
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9.00	24
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	10.50	24

FORO	Opera	z [m]	Nspt
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	12.00	29
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13.50	8
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15.00	17
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16.50	23
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	18.00	14
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.50	25
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	21.00	33
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	22.50	13
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.00	16
FCBH9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27.00	42
C4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.45	25
C4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.95	57
C28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9.48	54
C28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	12.47	26
C28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	18.45	4
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	1.50	100
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3.00	60
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	1.50	7
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3.00	42
FCBH5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	4.50	57
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3	47
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	4.5	65
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6	100
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7.5	40
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9	48
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	10.5	38
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	12	52
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13.5	47
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15	100
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16.5	44
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	18	35
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.5	27
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	21	30
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	22.5	9
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24	10
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25.5	56
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27	30
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	28.5	43
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	30	36
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	31.5	32
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	33	12
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34.5	22
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	37	23
FCSPT503	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40	73
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	1.5	5
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3	6
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	4.5	5
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6	6
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7.5	4
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9	40
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	10.5	38
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	12	40
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	21	26
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	22.5	52
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24	74
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25.5	100
FCCH1508	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27	79
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3	30
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	4.5	59
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	6	100
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7.5	100
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9	31
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	10.5	29
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	12	85
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13.5	56
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15	100
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16.5	100
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	18	20
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.5	20
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	21	22
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	22.5	19
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24	16
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25.5	23
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27	21
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	28.5	24
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	30	14
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	31.5	26
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	33	19
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34.5	17
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36	26
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	37.5	21
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	39	20
FCLPT1502	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40.5	24

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 37 Riepilogo prove di permeabilità

FORO	Opera	z(m)	K(m/s)
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/costa	4.5	7.88E-05
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	5	6.78E-05
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9.5	1.11E-04
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	10	1.24E-04
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	14.5	3.23E-04
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15	1.14E-03
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19.5	3.77E-05
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	20	3.79E-05
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	24.5	3.67E-05
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25	1.94E-05
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	29.5	2.69E-05
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	30	3.58E-05
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34.5	1.29E-05
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35	1.63E-05
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	39.5	1.45E-05
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40	1.96E-05

Tabella 38 Riepilogo prove di laboratorio

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	φ' [°]
FCBH1510	F1	8.25	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Triax_CD	0	32
FCBH1510	F2	8.25	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Triax_CD	0	35
FCBH1510	F3	8.25	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Triax_CD	0	35
FCBH1510	G1	9.75	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Triax_CD	0	34
FCBH1510	G2	9.75	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Triax_CD	0	36
FCBH1510	G3	9.75	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Triax_CD	0	39
FCBH1501	AF_25	41.5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Triax_CD	0	35
FCBH1501	AF_43	41.5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Triax_CD	0	37
FCBH1501	AF_81	41.5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Triax_CD	0	38
FCBH1501	T_M	28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Triax_CD	0	35
FCBH1501	T_C	28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Triax_CD	0	36

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <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						

Tabella 39 Riepilogo prove sismiche in foro

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]
FCBH5	4	247.1	283.9
FCBH5	6	215.3	215.4
FCBH5	8	200.2	186.3
FCBH5	10	217.0	218.9
FCBH5	12	224.5	234.3
FCBH5	14	498.3	1154.2
FCBH5	16	428.4	853.2
FCBH5	18	444.7	919.2
FCBH5	20	682.3	2163.8
FCBH5	22	602.6	1687.8
FCBH5	24	245.8	280.9
FCBH5	26	208.5	202.2
FCBH5	28	325.4	492.1
FCBH5	30	326.5	495.4
FCBH5	32	247.4	284.6
FCBH5	34	233.4	253.2
FCBH5	36	434.2	876.4
FCBH5	38	488.1	1107.5
FCBH5	40	489.6	1114.1
FCBH5	42	490.8	1119.6
FCBH5	44	491.8	1124.3
FCBH5	46	492.7	1128.2
FCBH5	48	493.4	1131.6
FCBH6	6	425.7	842.3
FCBH6	8	388.3	700.8
FCBH6	10	349.4	567.3
FCBH6	12	358.4	597.1
FCBH6	14	632.3	1858.5
FCBH6	16	345.2	553.8
FCBH6	18	416.6	806.9
FCBH6	20	262.5	320.4
FCBH6	22	262.6	320.4
FCBH6	24	280.6	366.0
FCCH1508	1	224.0	233.2
FCCH1508	2	246.0	281.3
FCCH1508	3	254.0	299.9
FCCH1508	4	171.0	135.9
FCCH1508	5	171.0	135.9
FCCH1508	6	157.0	114.6
FCCH1508	7	171.0	135.9
FCCH1508	8	181.0	152.3
FCCH1508	9	184.0	157.4
FCCH1508	10	214.0	212.9
FCCH1508	11	199.0	184.1
FCCH1508	12	210.0	205.0
FCCH1508	13	196.0	178.6
FCCH1508	14	193.0	173.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_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						

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]
FCCH1508	15	213.0	210.9
FCCH1508	16	241.0	270.0
FCCH1508	17	283.0	372.3
FCCH1508	18	283.0	372.3
FCCH1508	19	265.0	326.4
FCCH1508	20	289.0	388.2
FCCH1508	21	352.0	575.9
FCCH1508	22	401.0	747.5
FCCH1508	23	339.0	534.2
FCCH1508	24	351.0	572.7
FCCH1508	25	434.0	875.5
FCCH1508	26	522.0	1266.6
FCCH1508	27	551.0	1411.2

5.5.1 Zona prossima alla costa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA
- Costa -

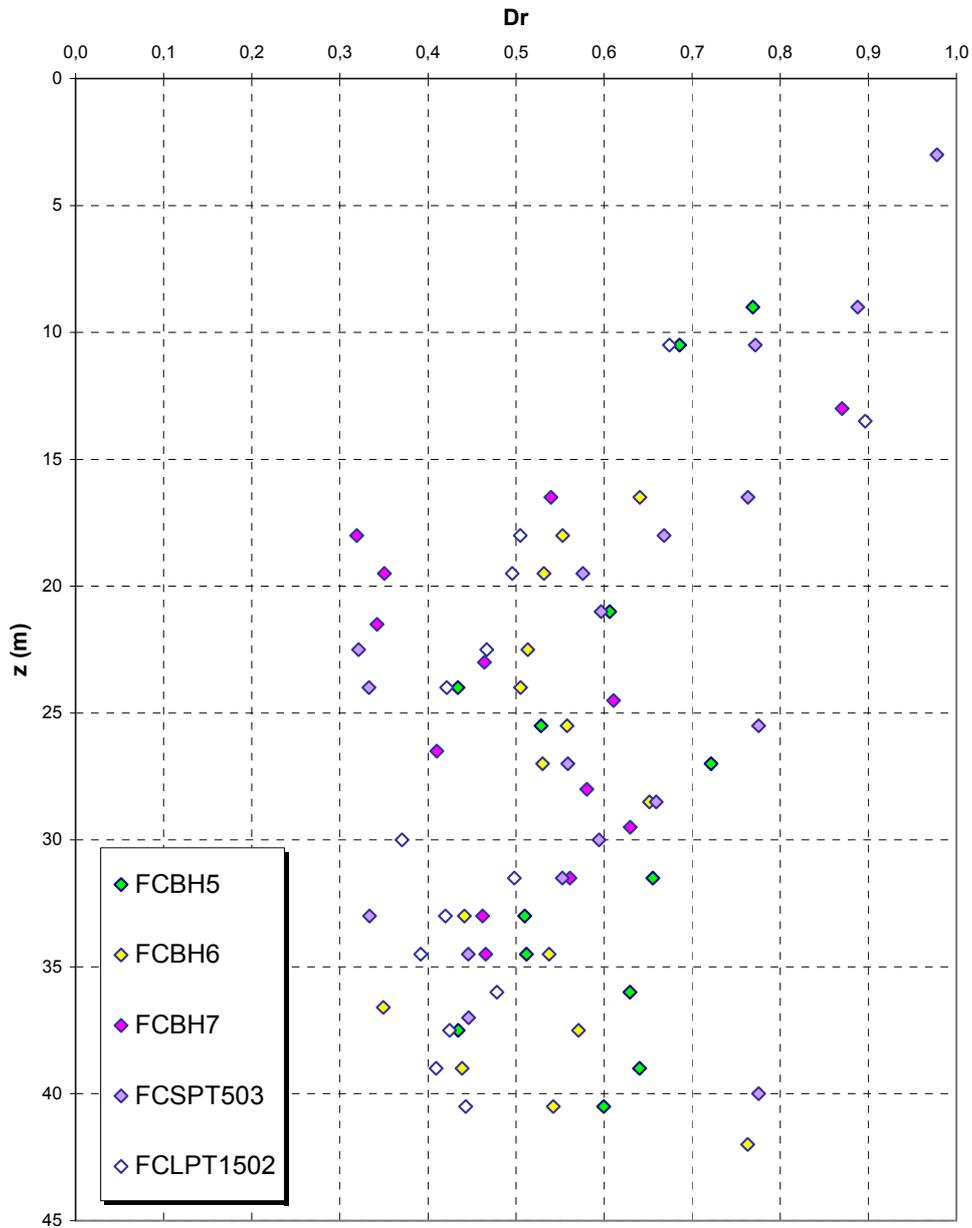


Figura 327

**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA
- Costa -**

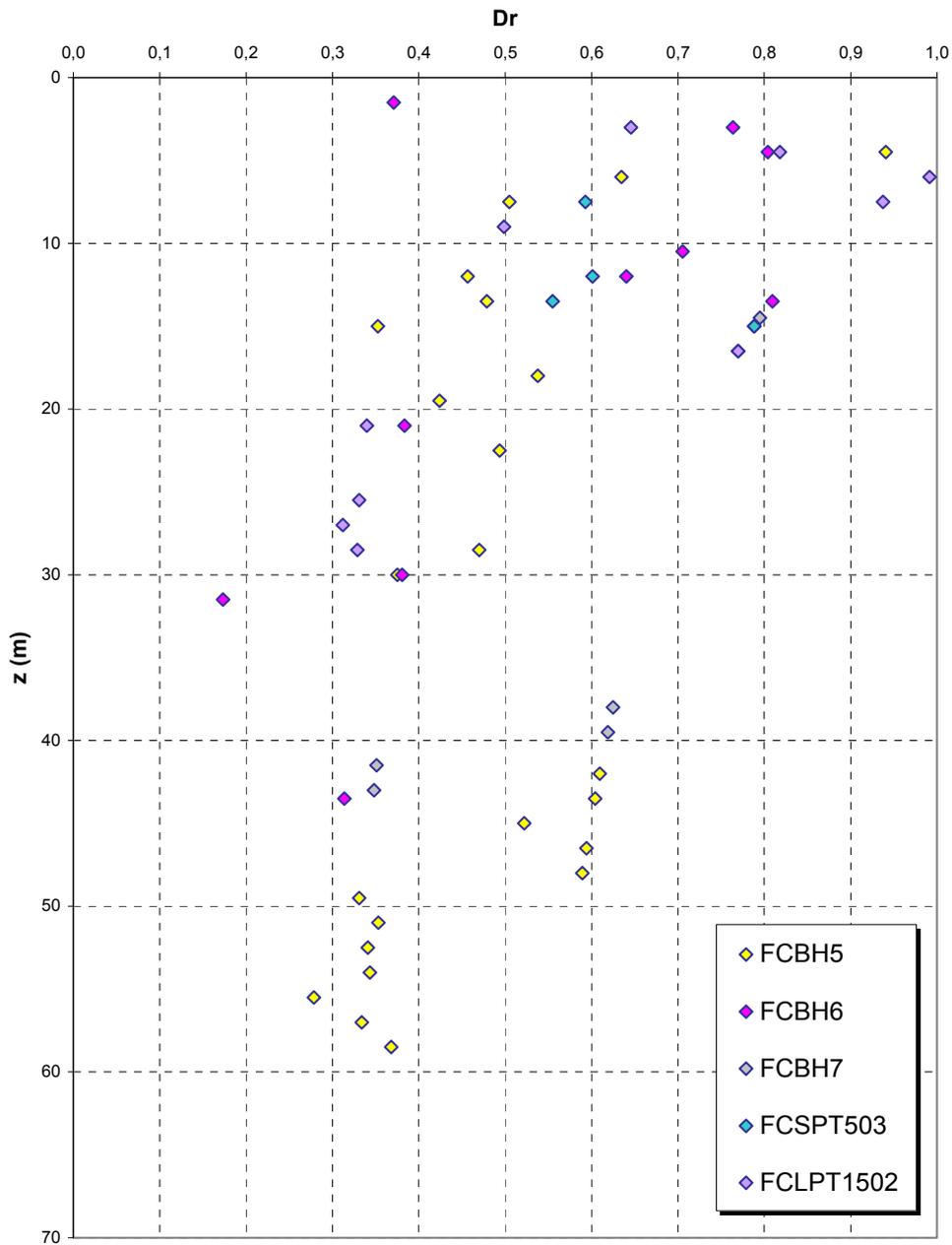


Figura 328

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

eo

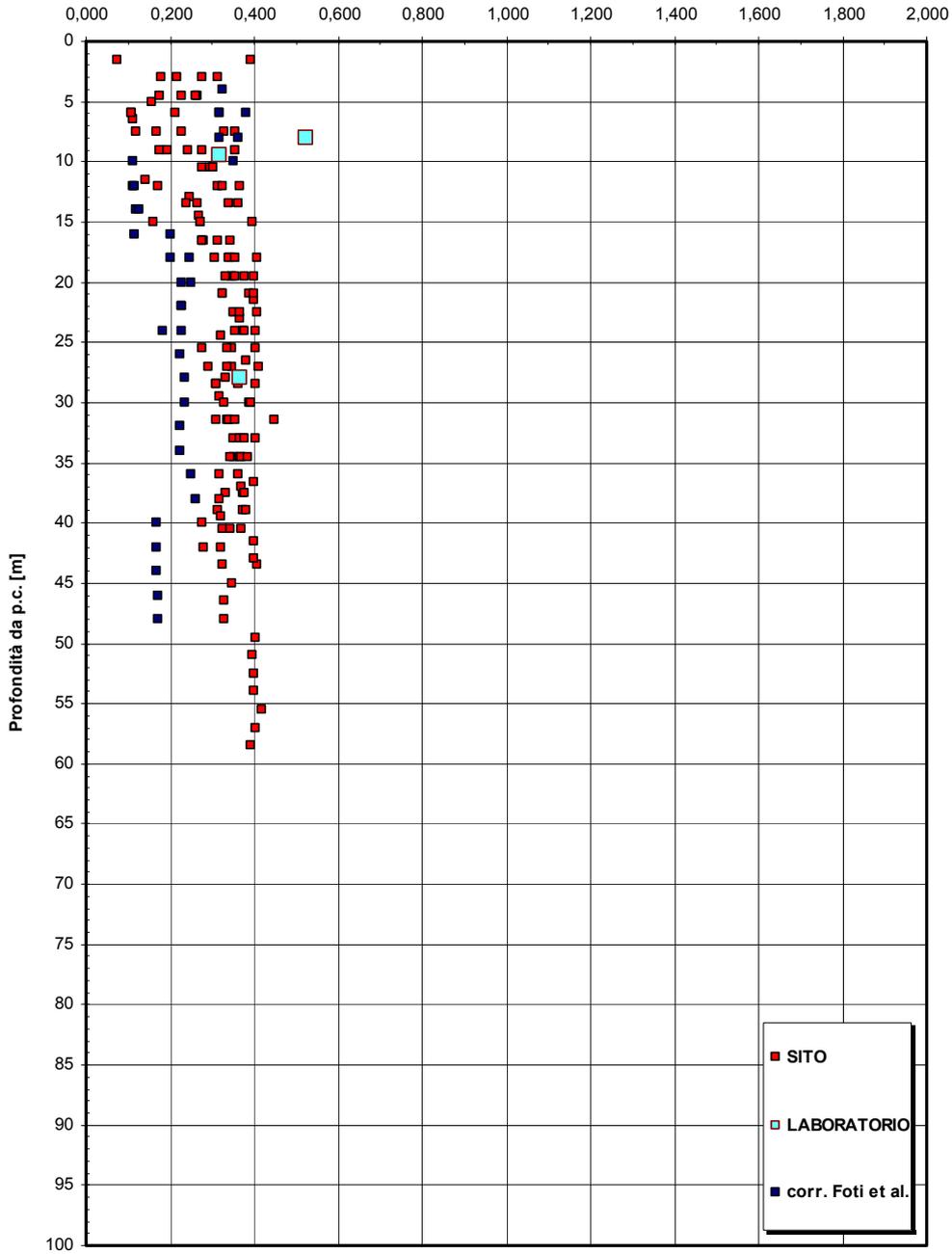


Figura 329

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

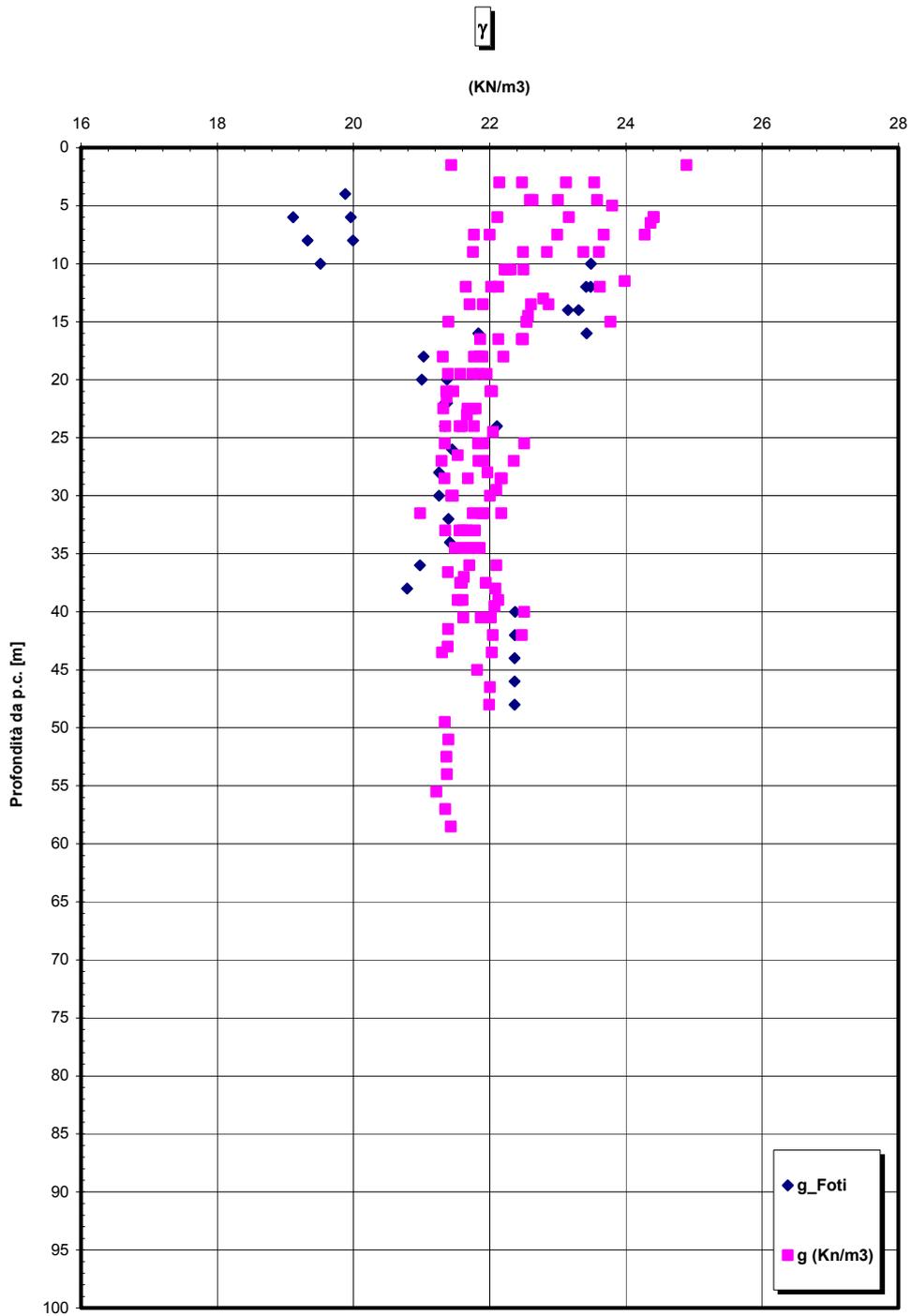


Figura 330

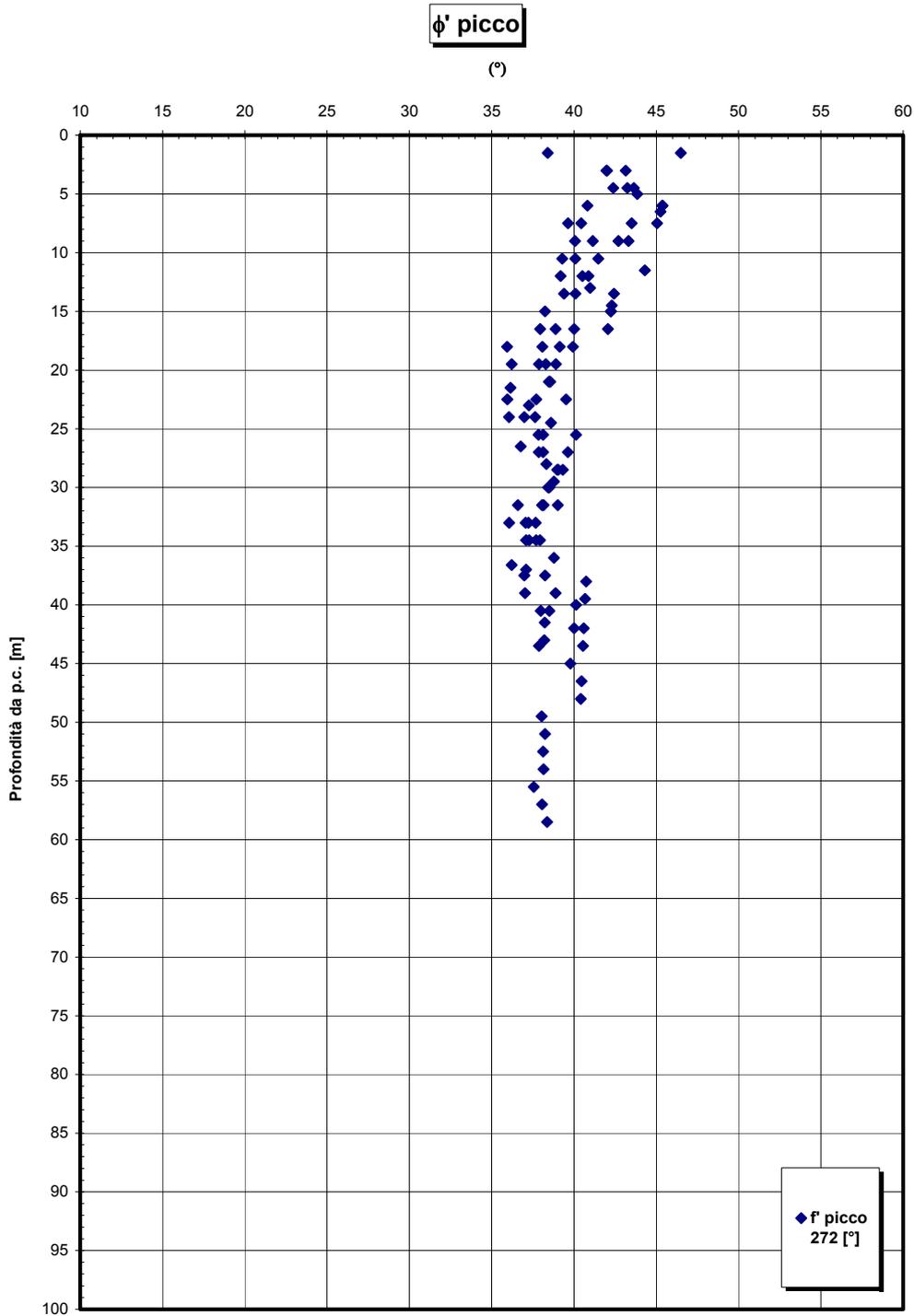


Figura 331

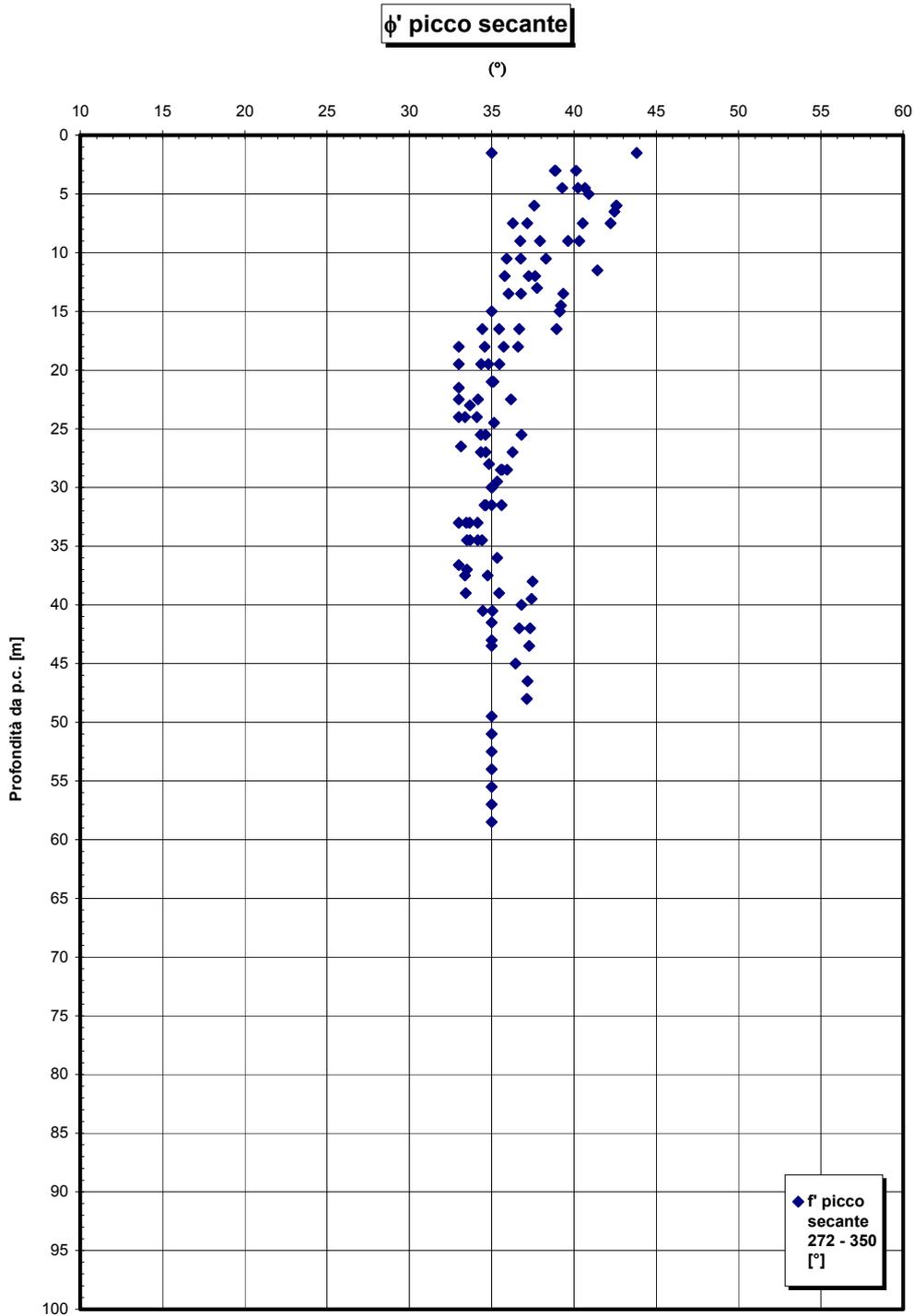


Figura 332

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

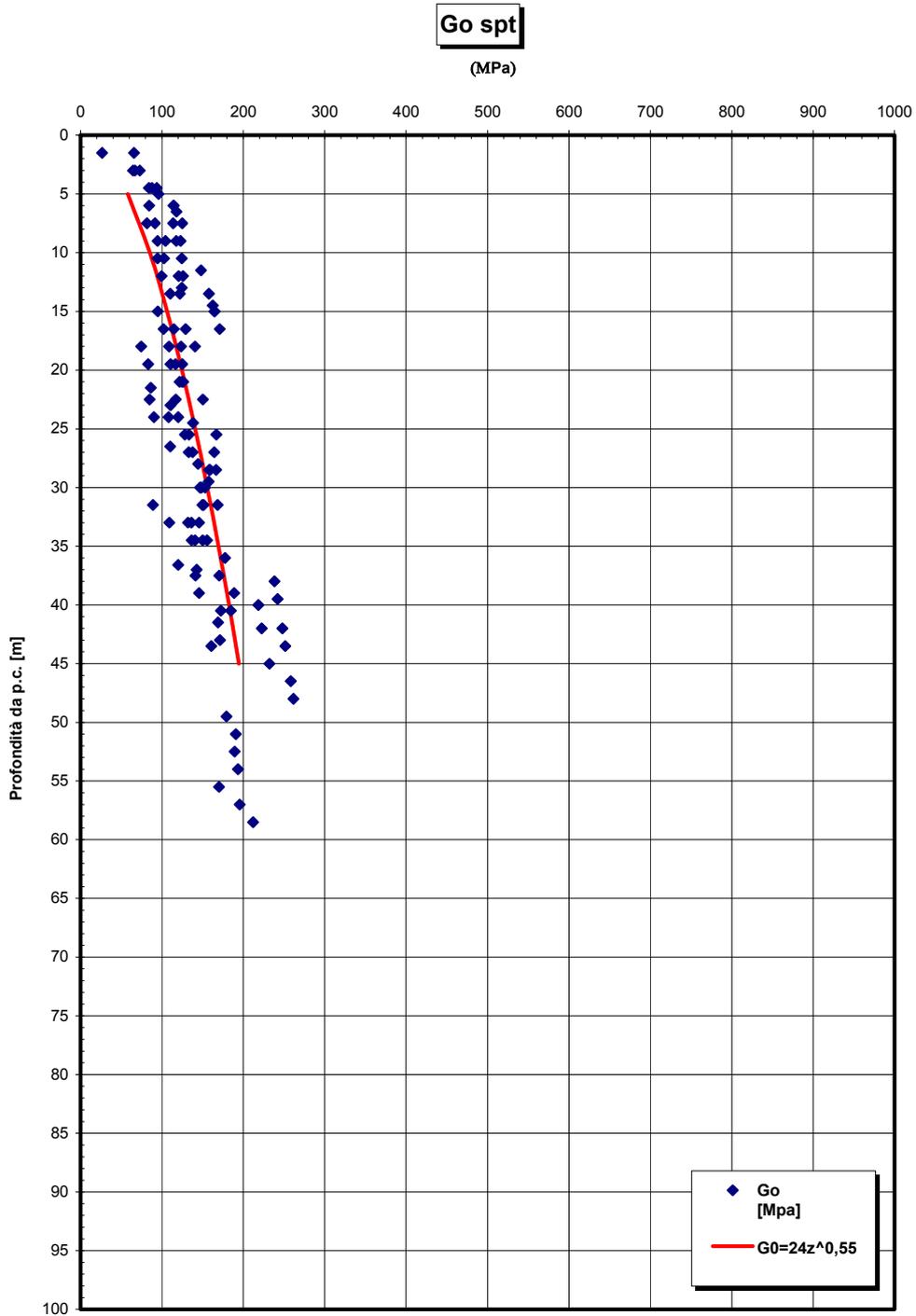


Figura 333

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

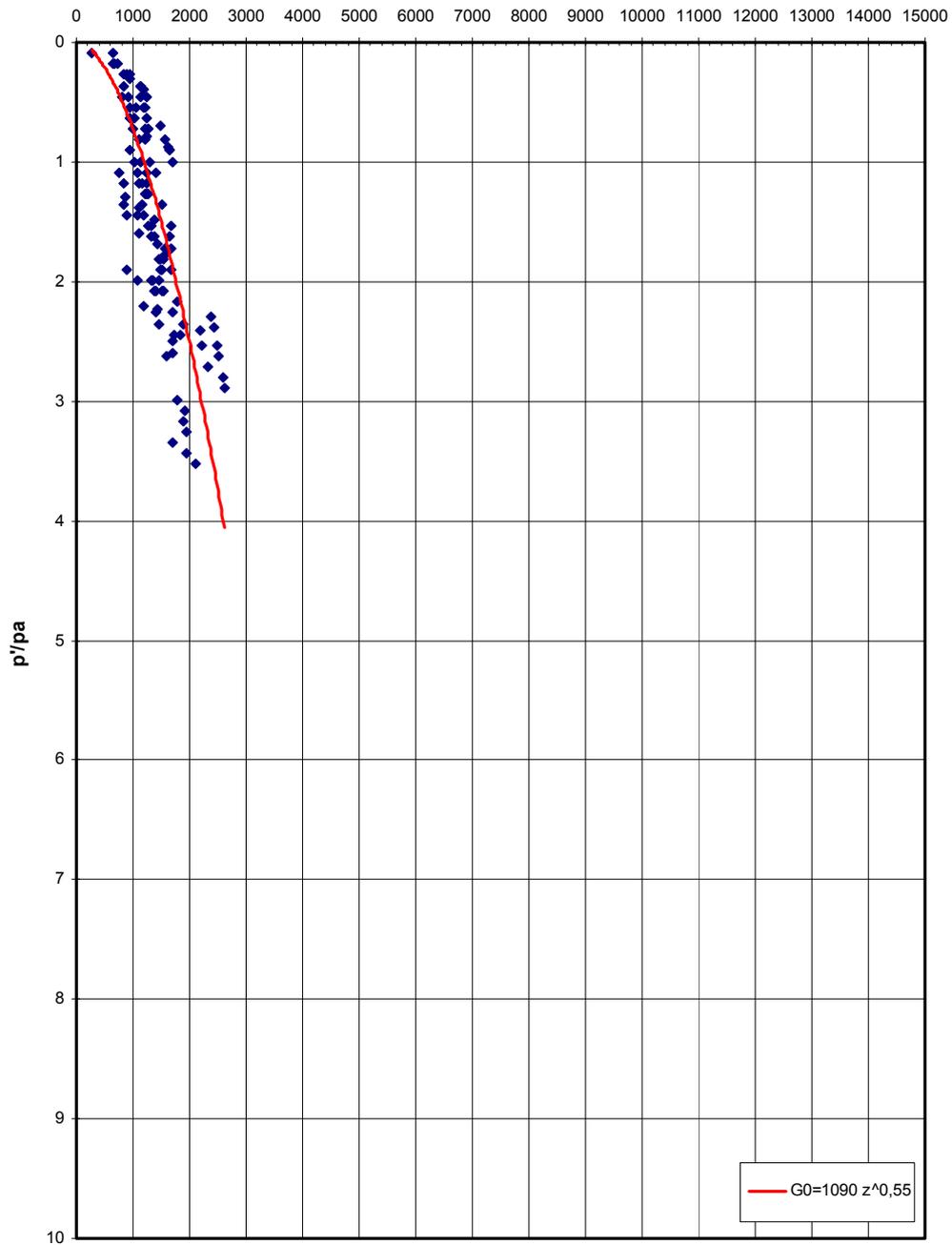


Figura 334

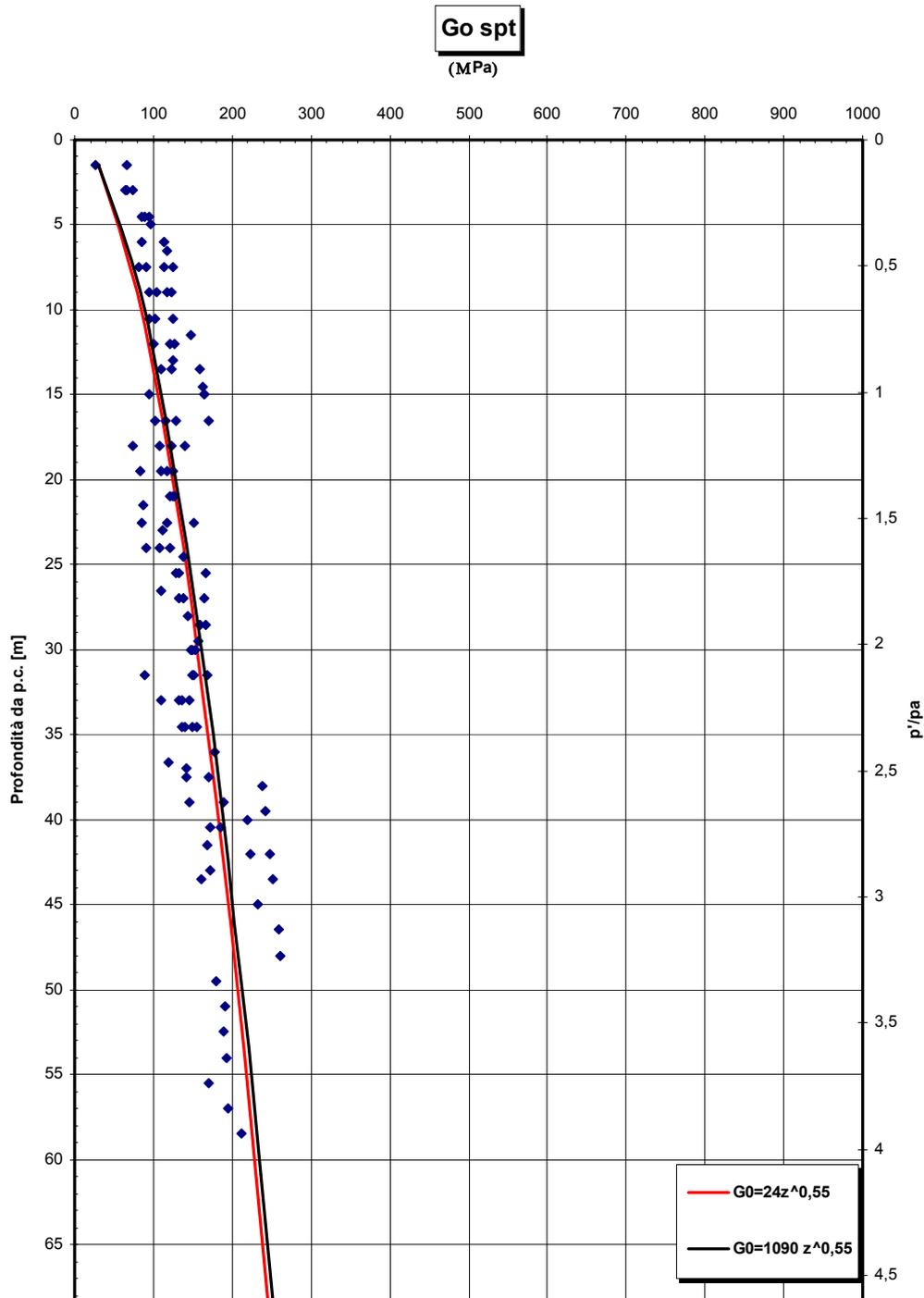


Figura 335

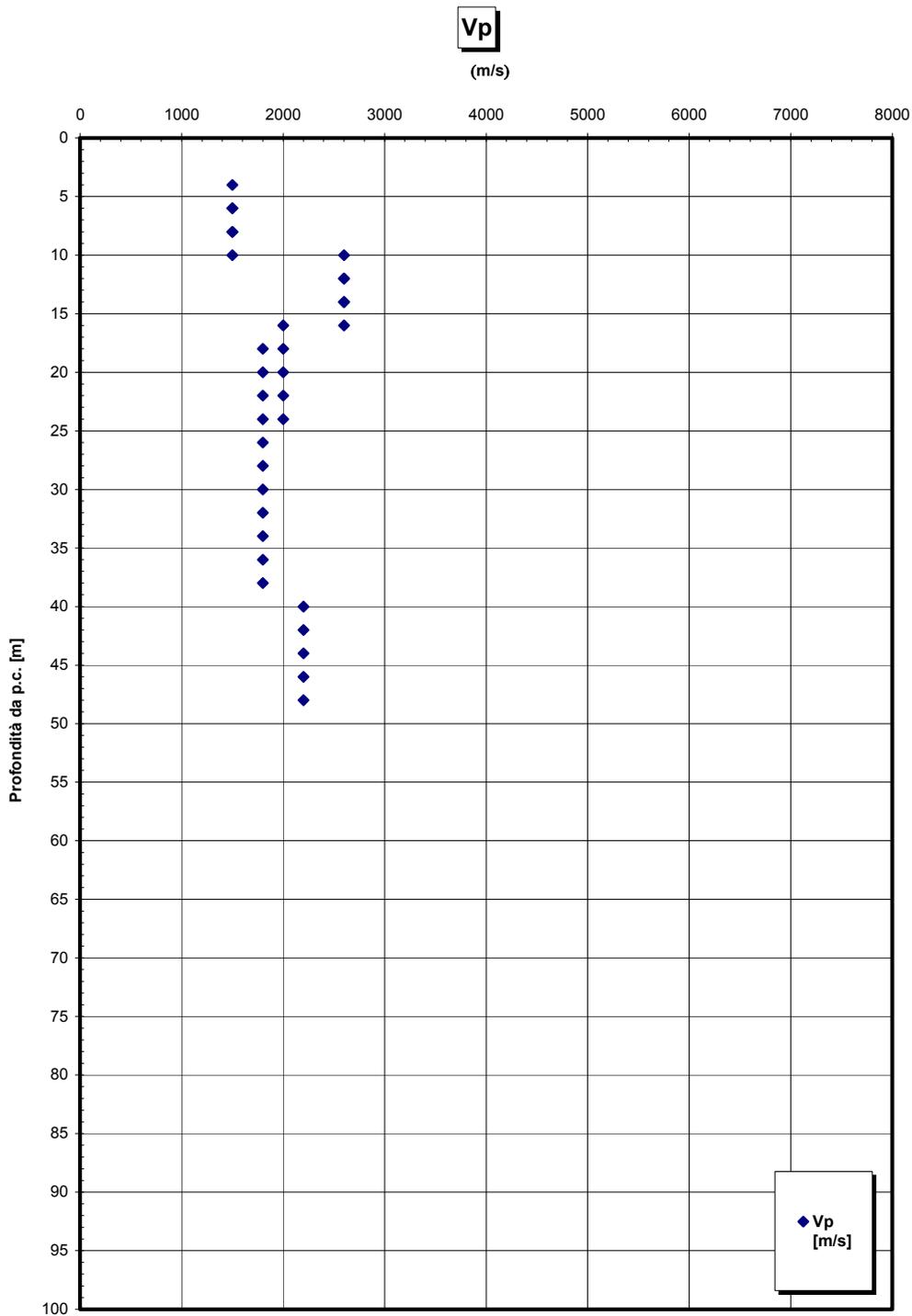


Figura 336

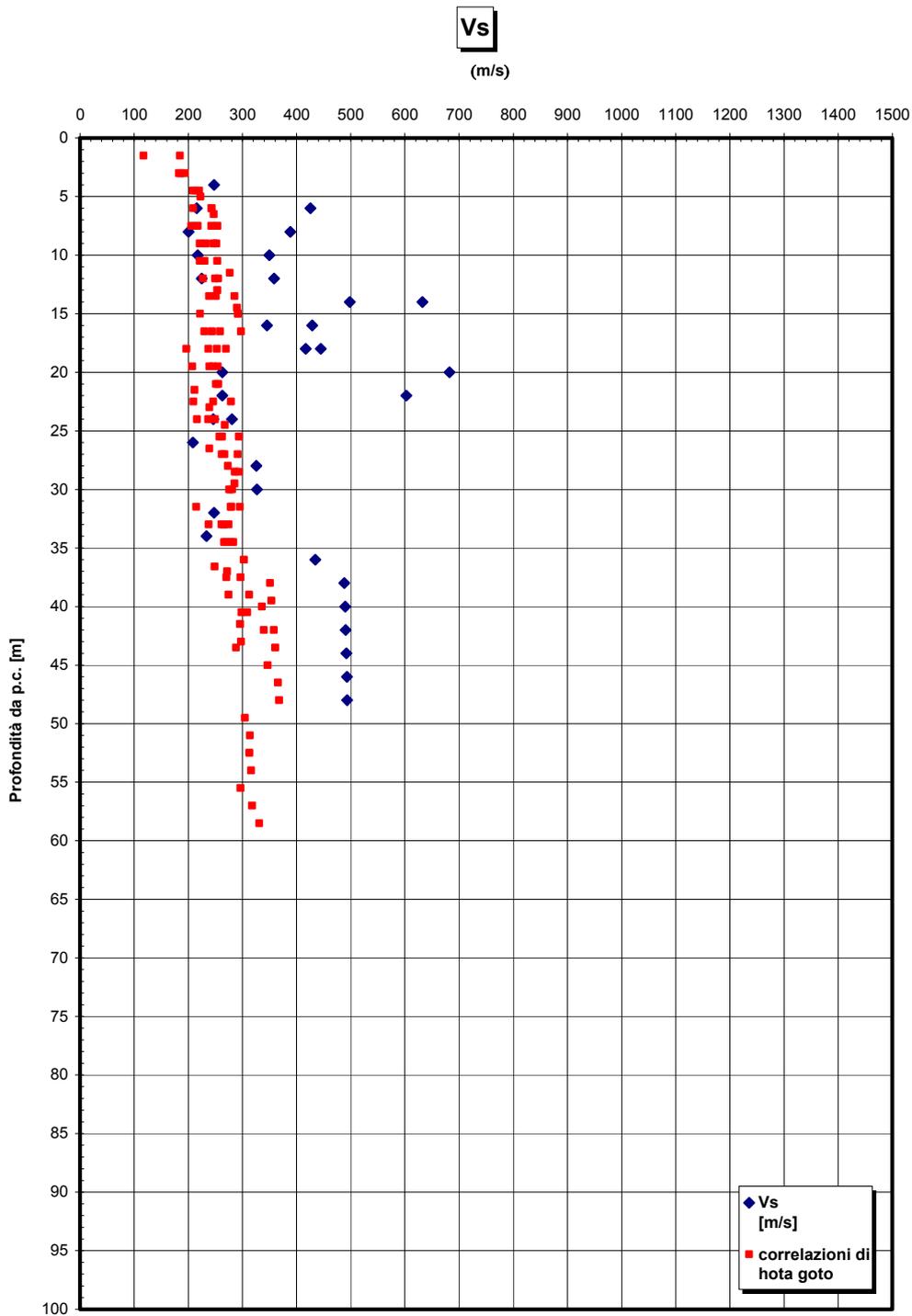


Figura 337

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

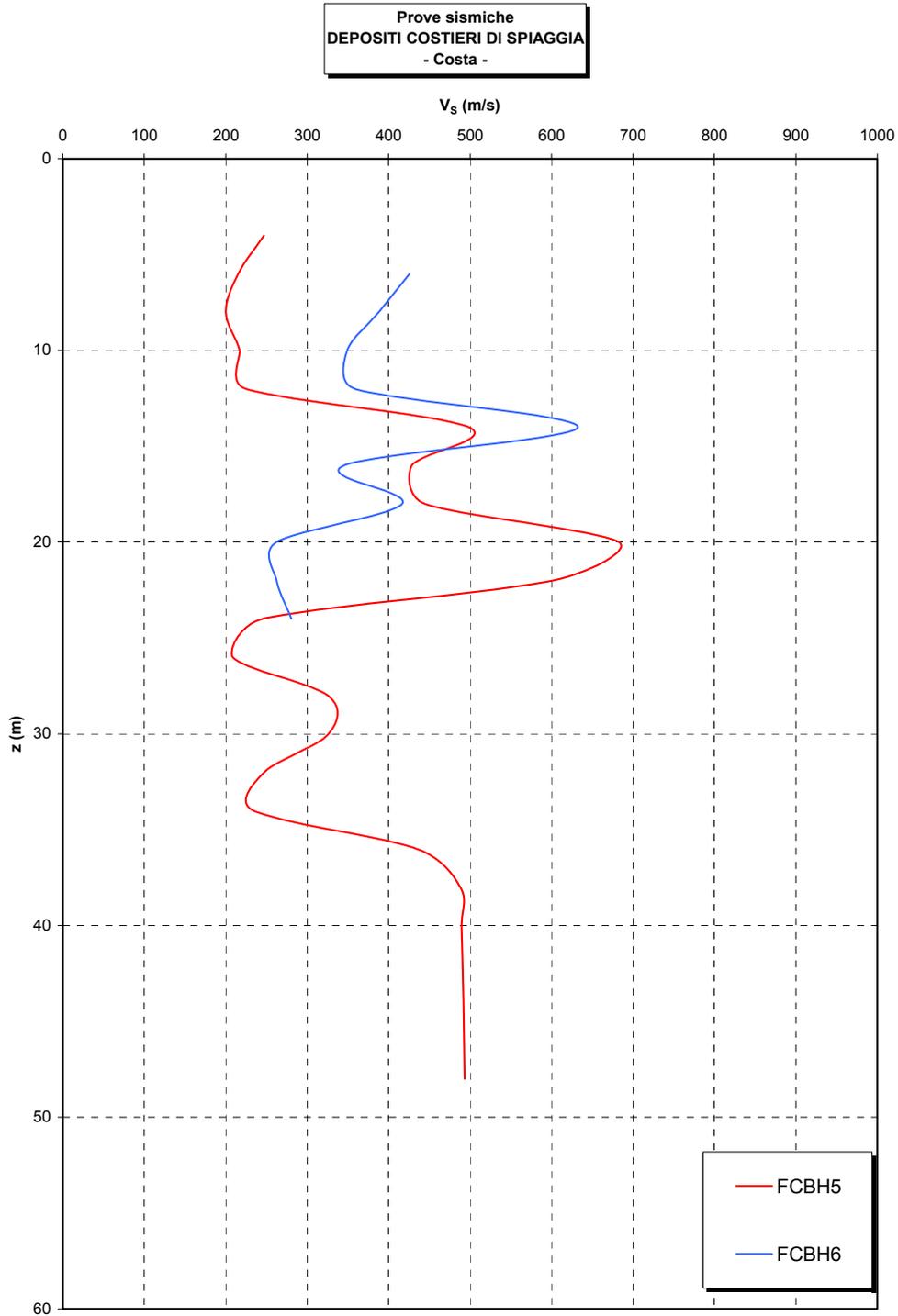


Figura 338

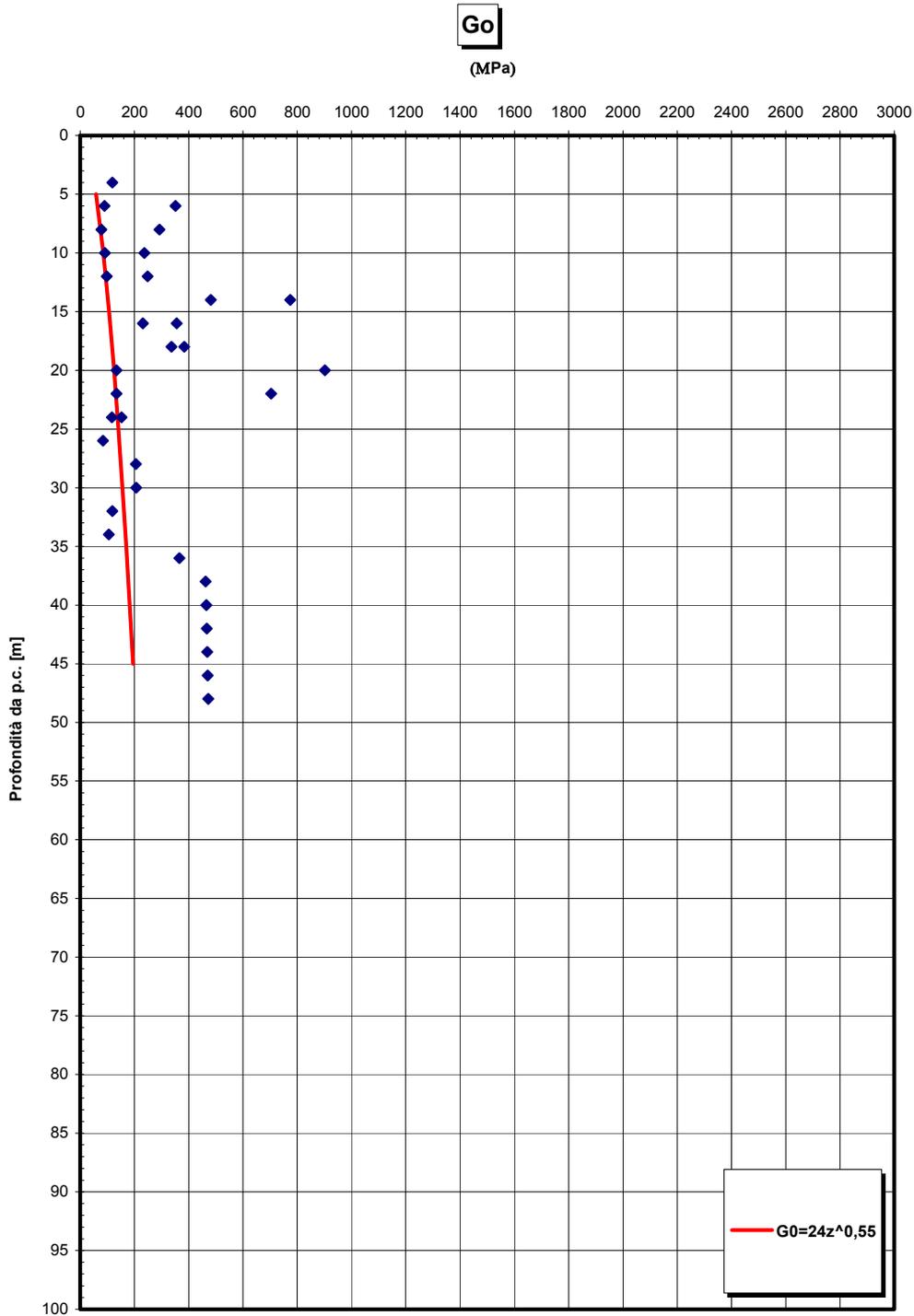


Figura 339- G_0 da V_s misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

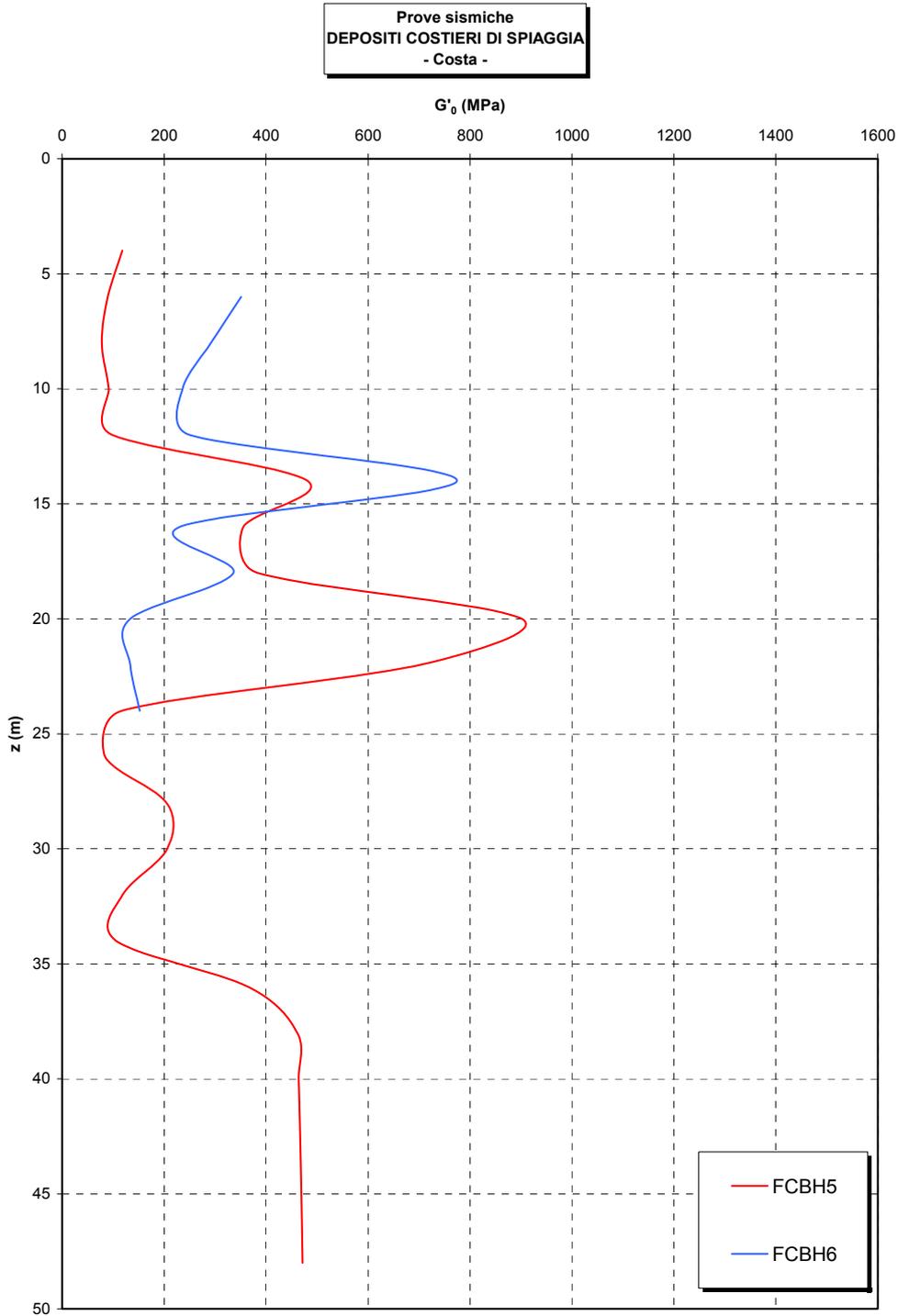


Figura 340

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

G0/pa

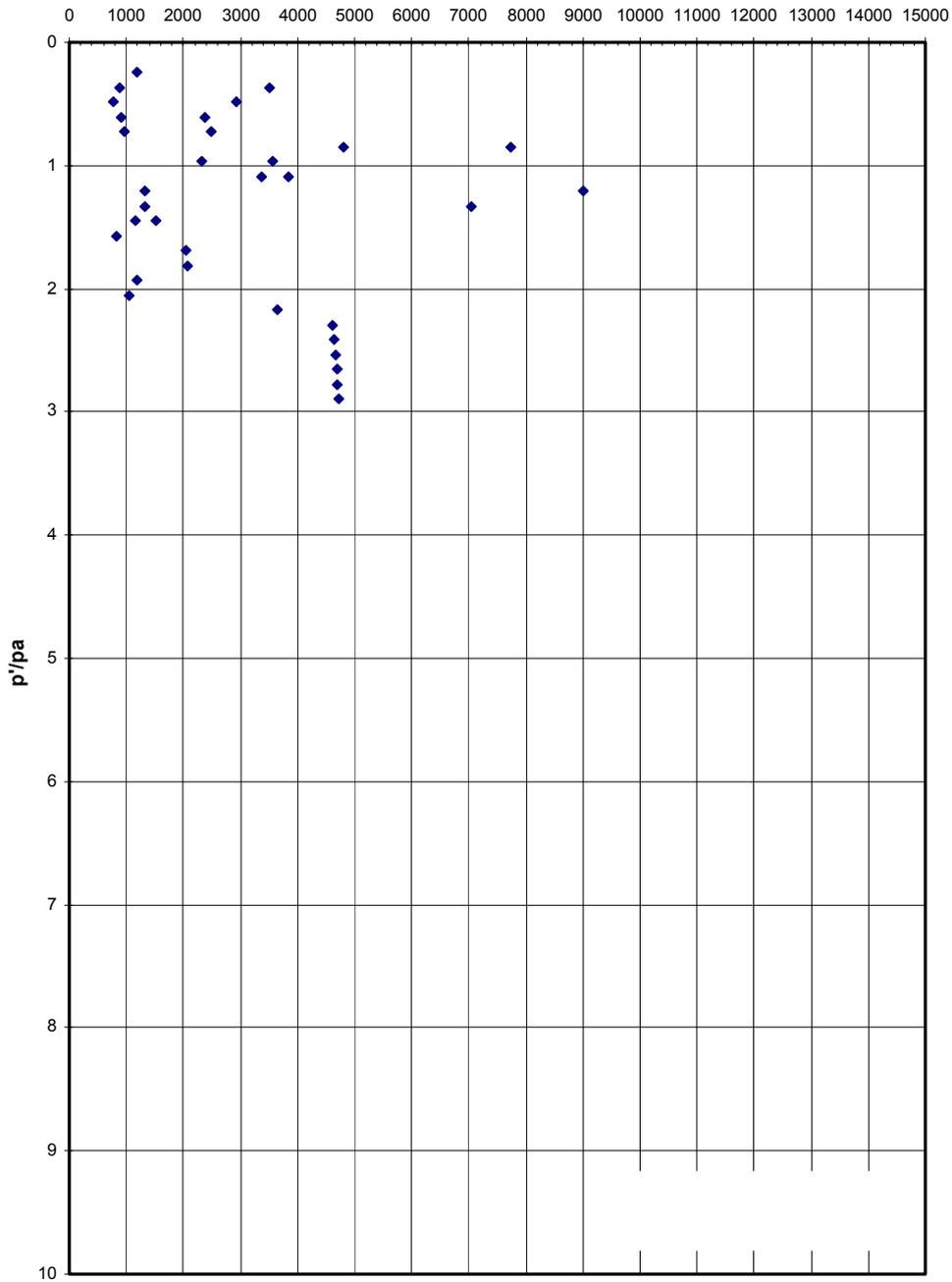


Figura 341- G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

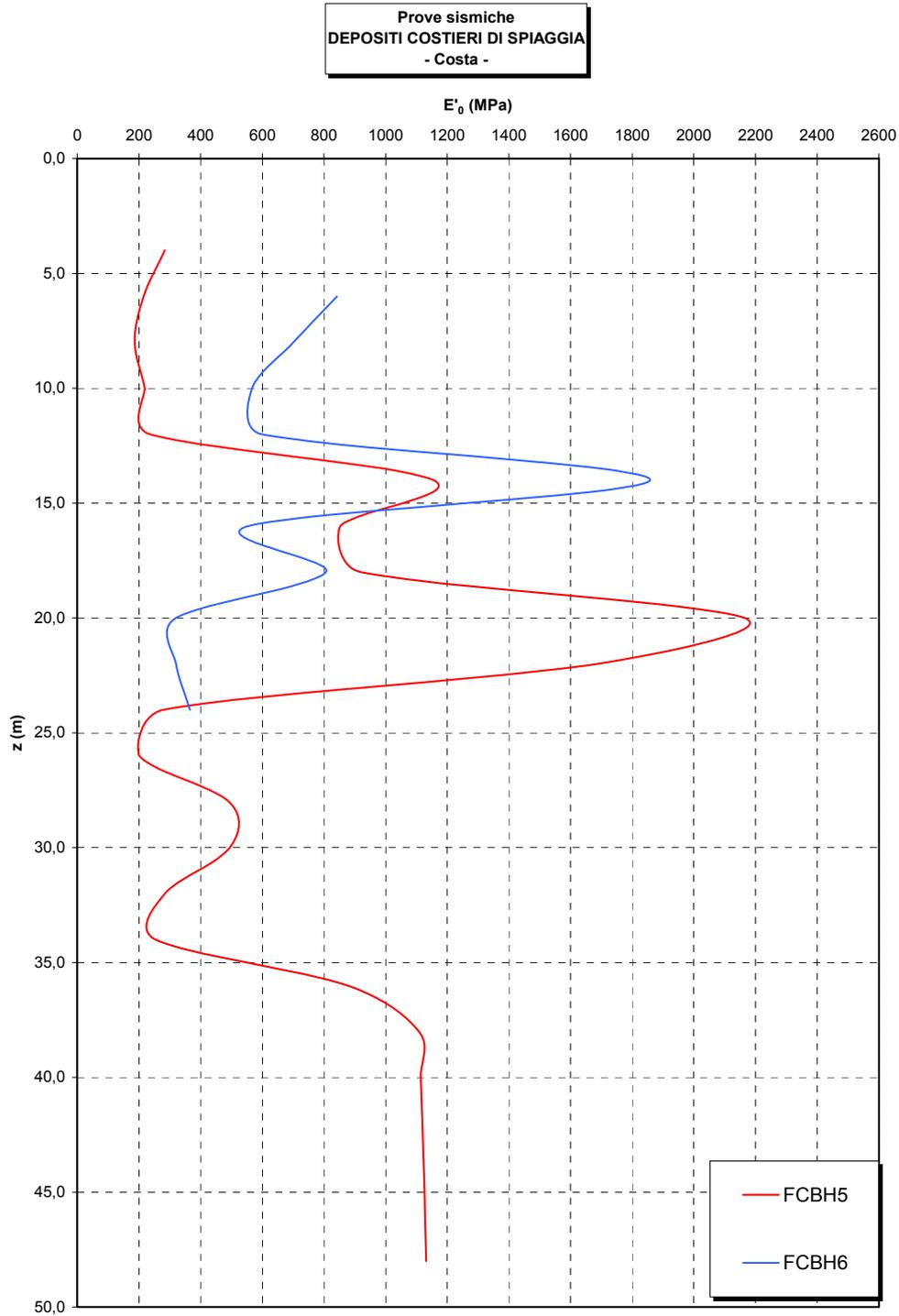


Figura 342

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.5.2 Zona distante dalla costa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA
- Interno -

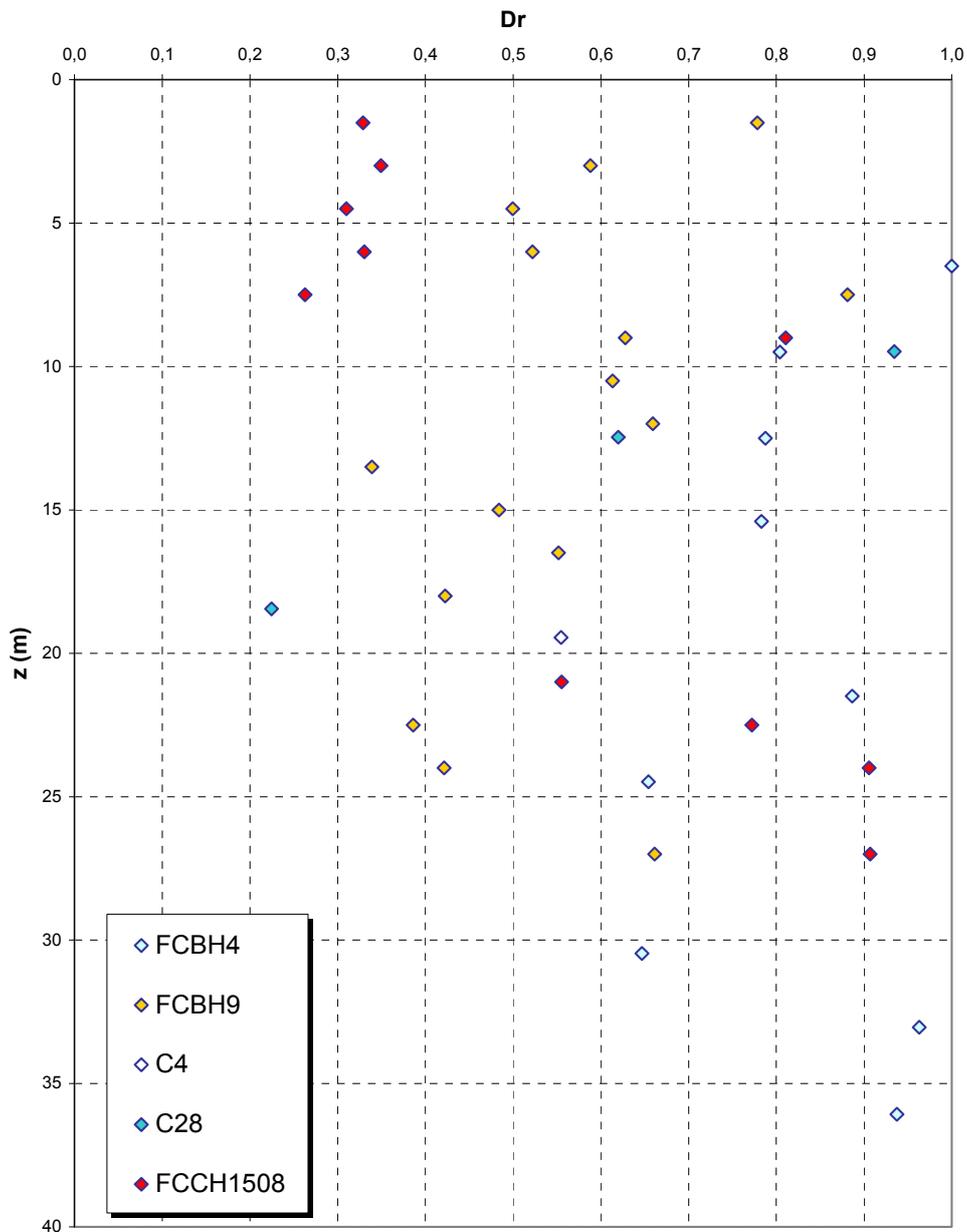


Figura 343

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

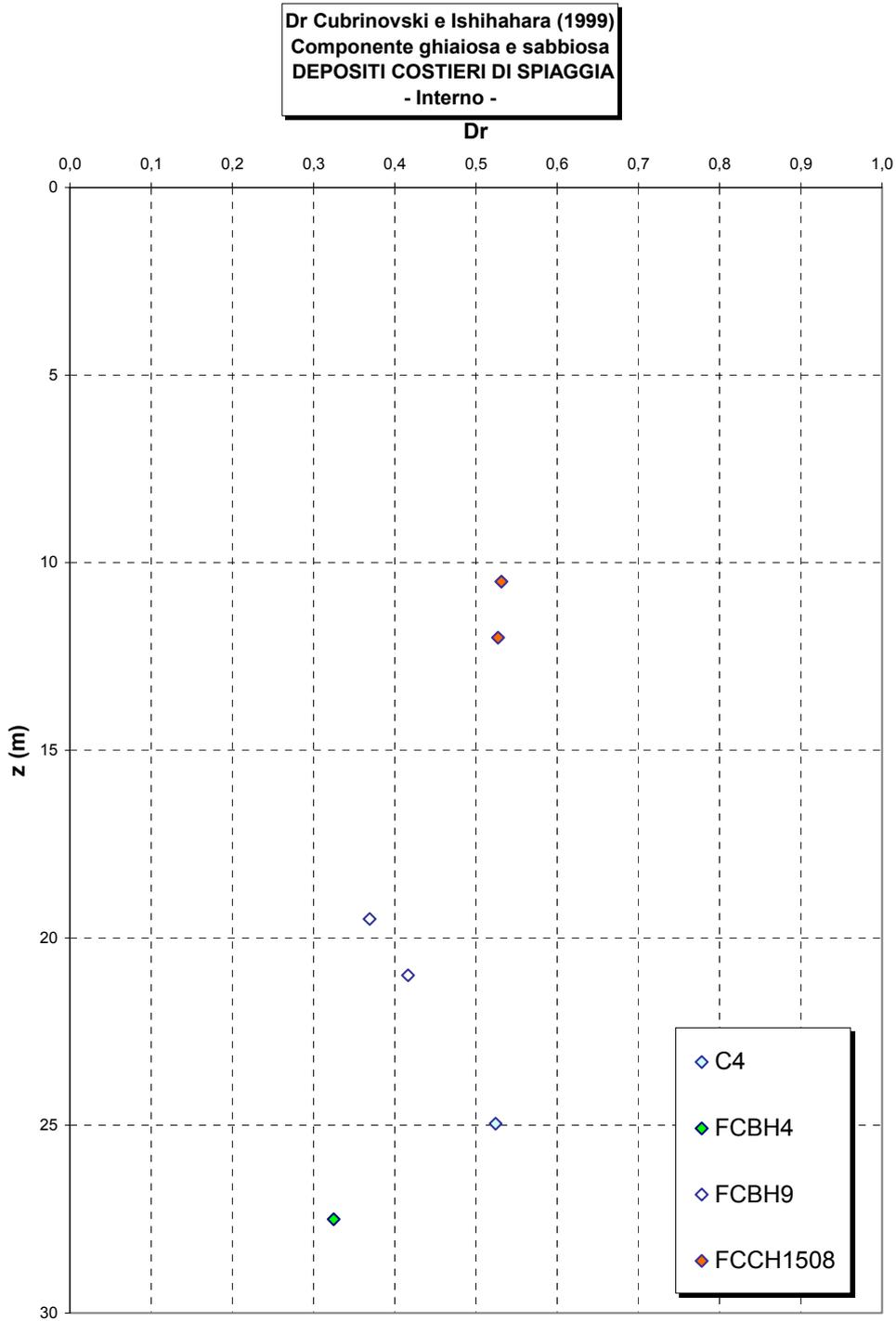


Figura 344

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo

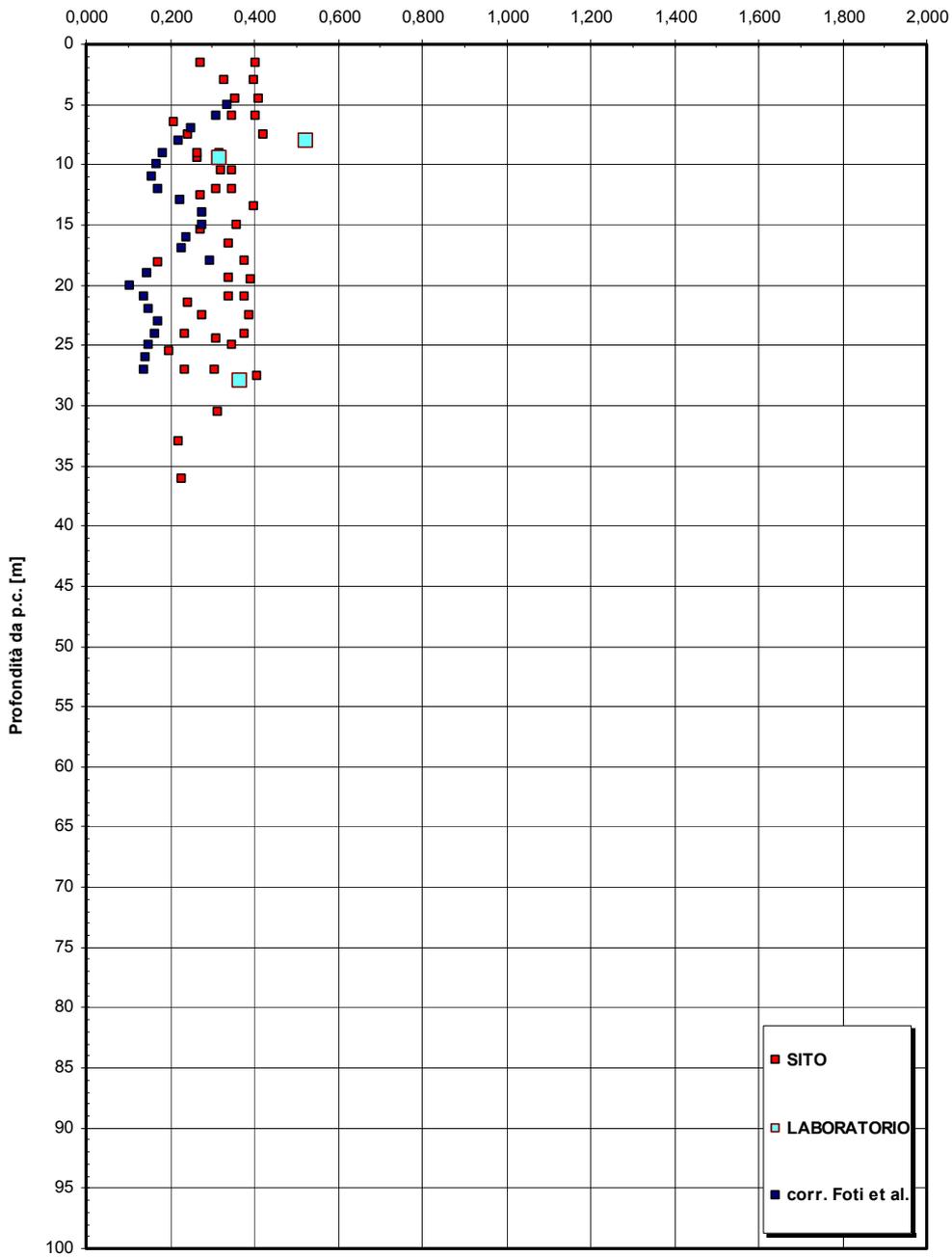


Figura 345

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

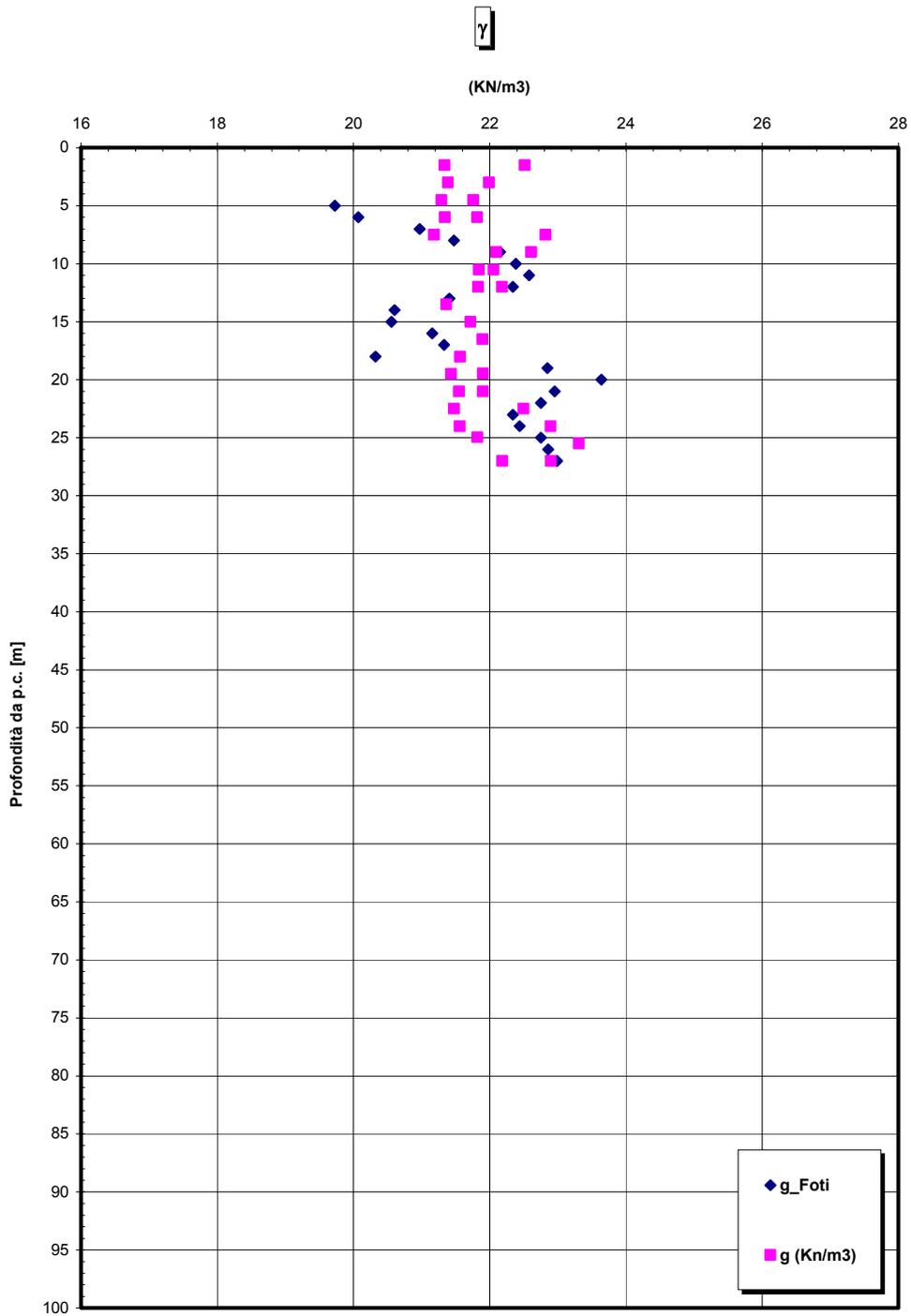


Figura 346

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

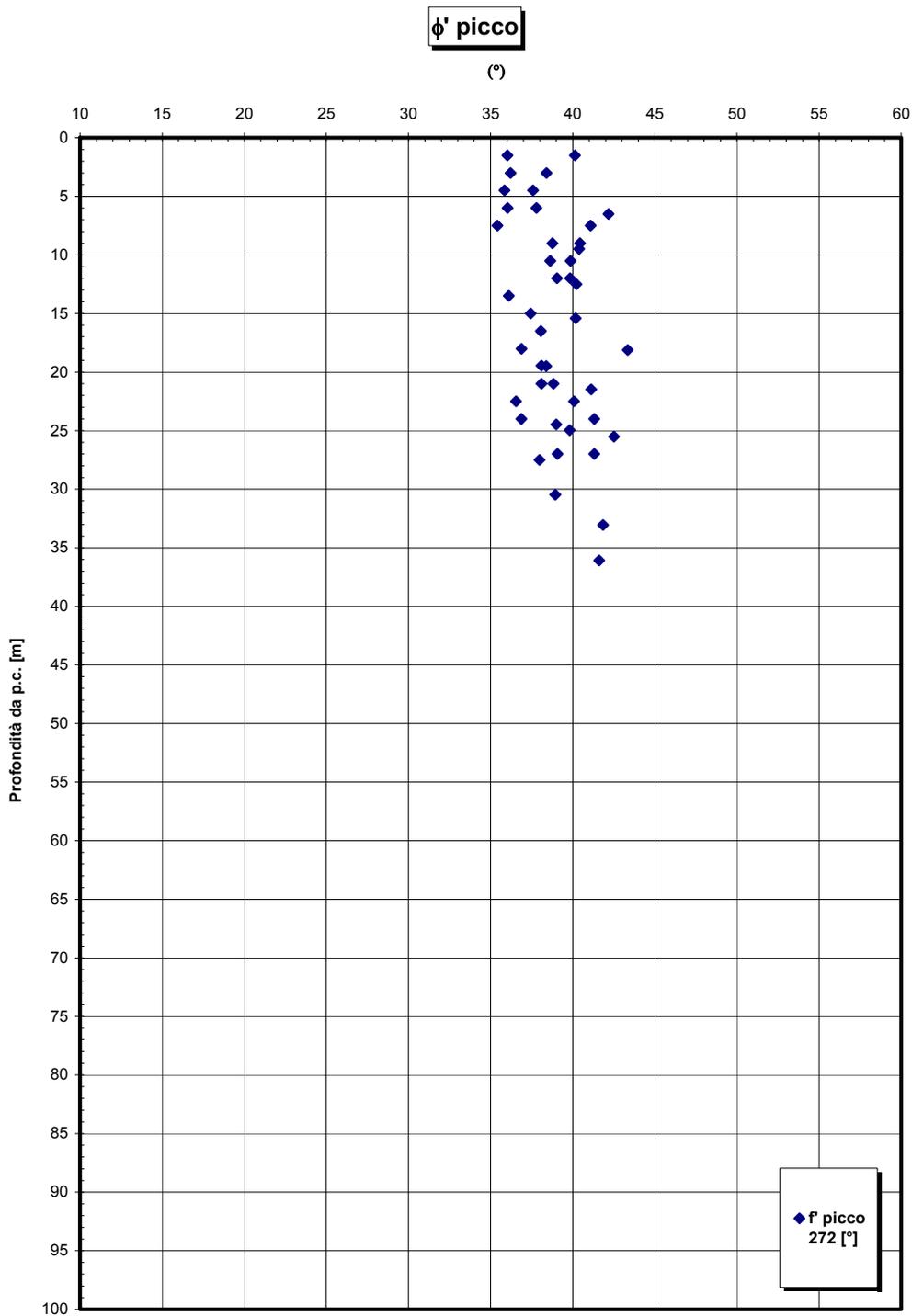


Figura 347

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

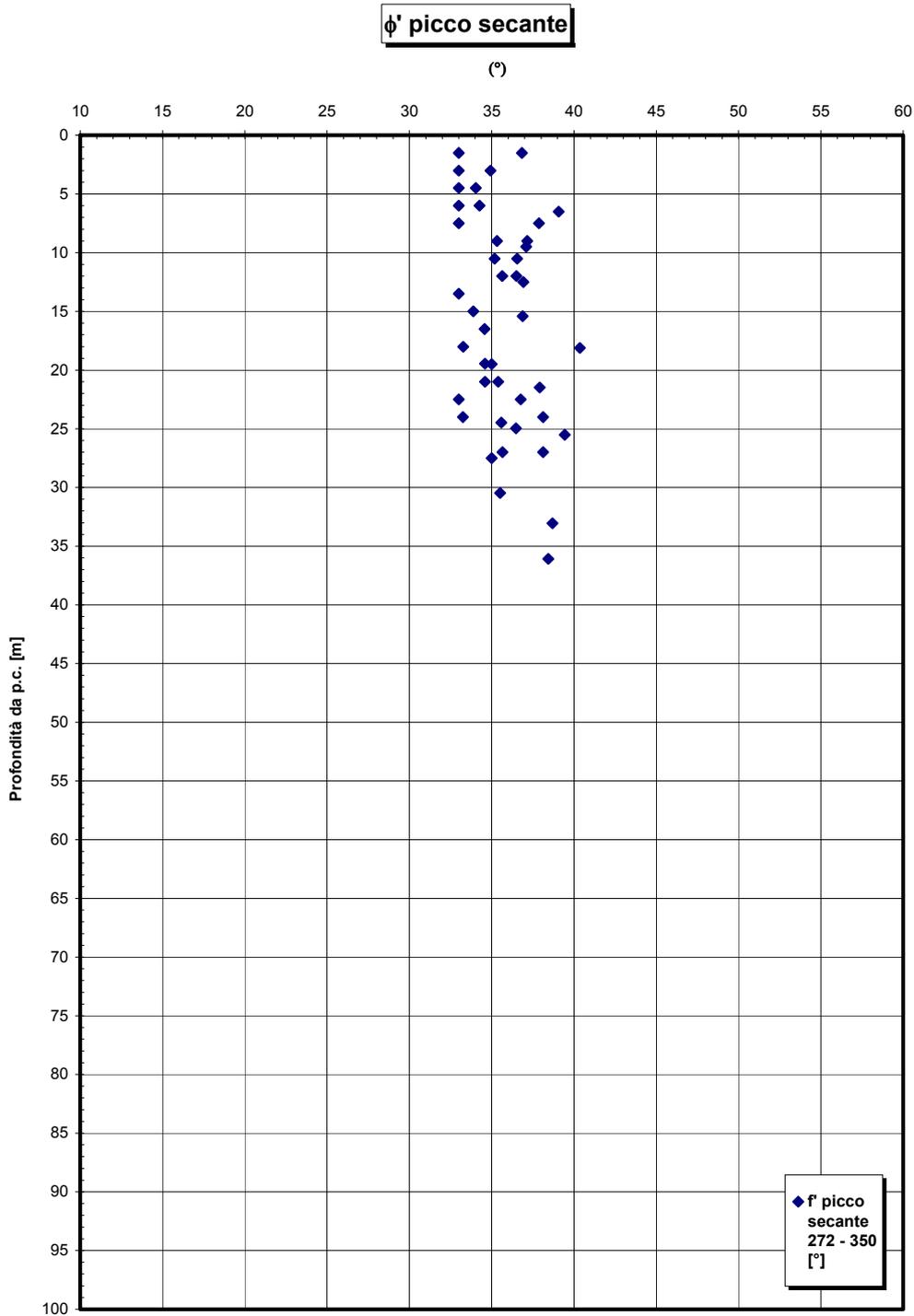


Figura 348

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

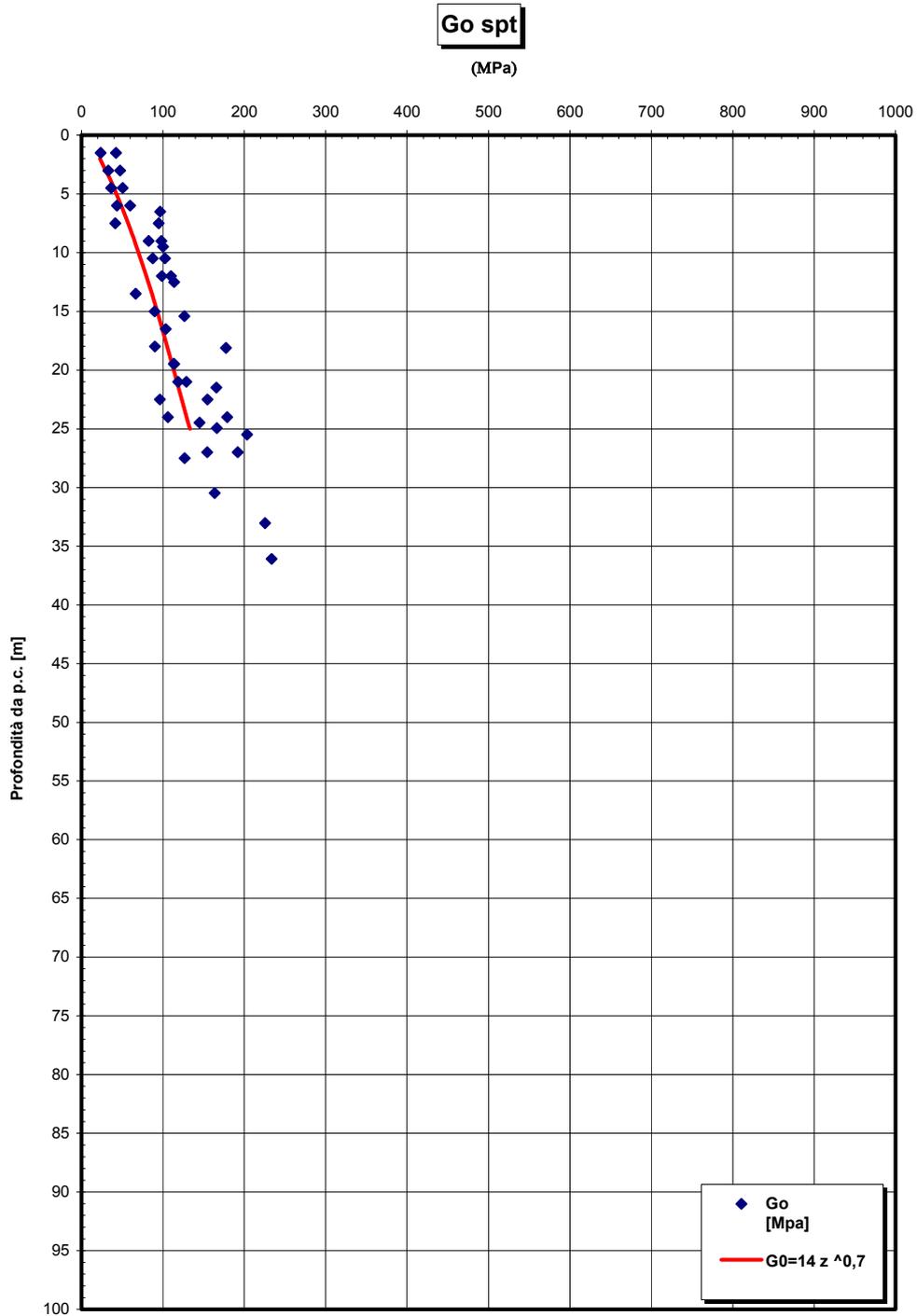


Figura 349

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

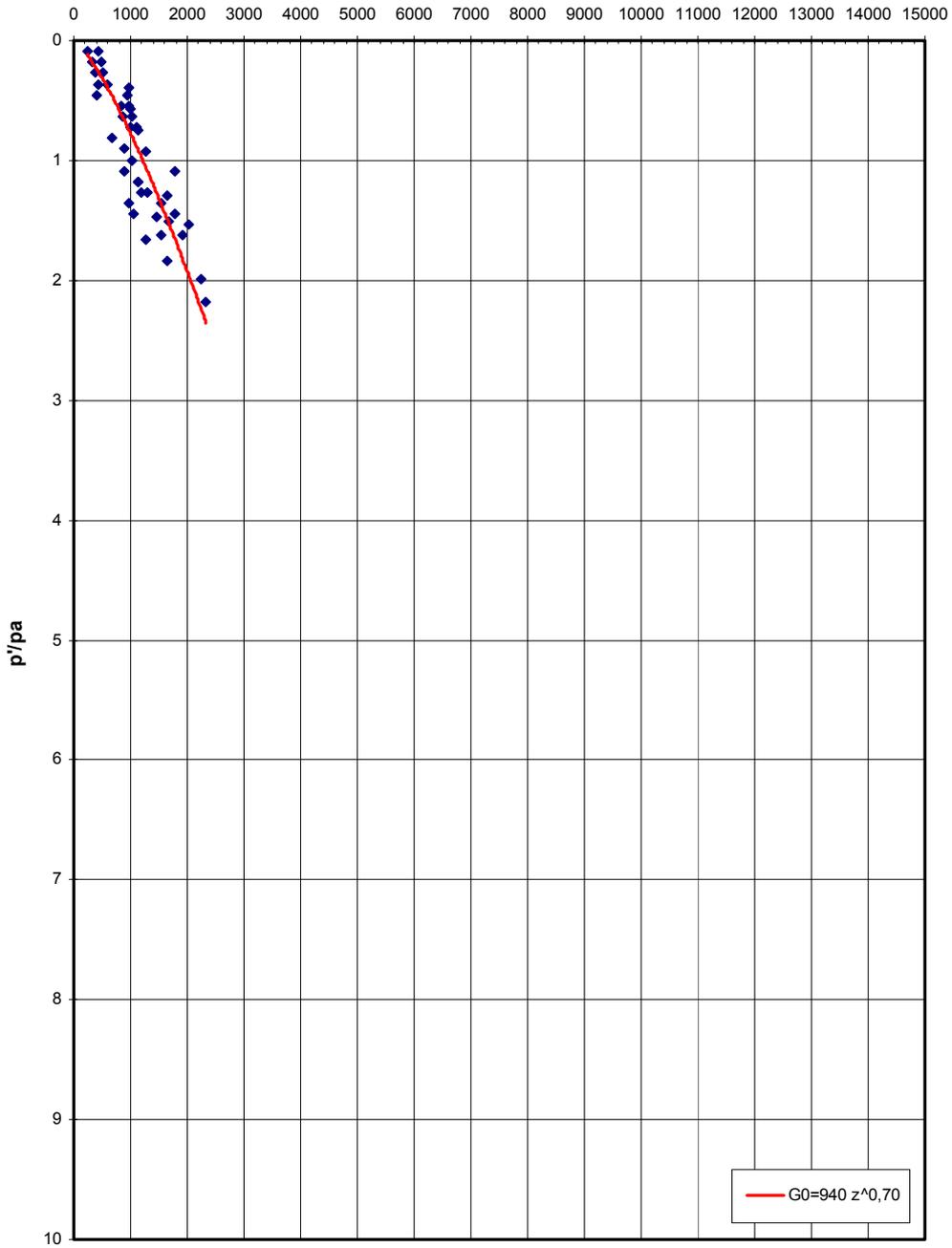


Figura 350

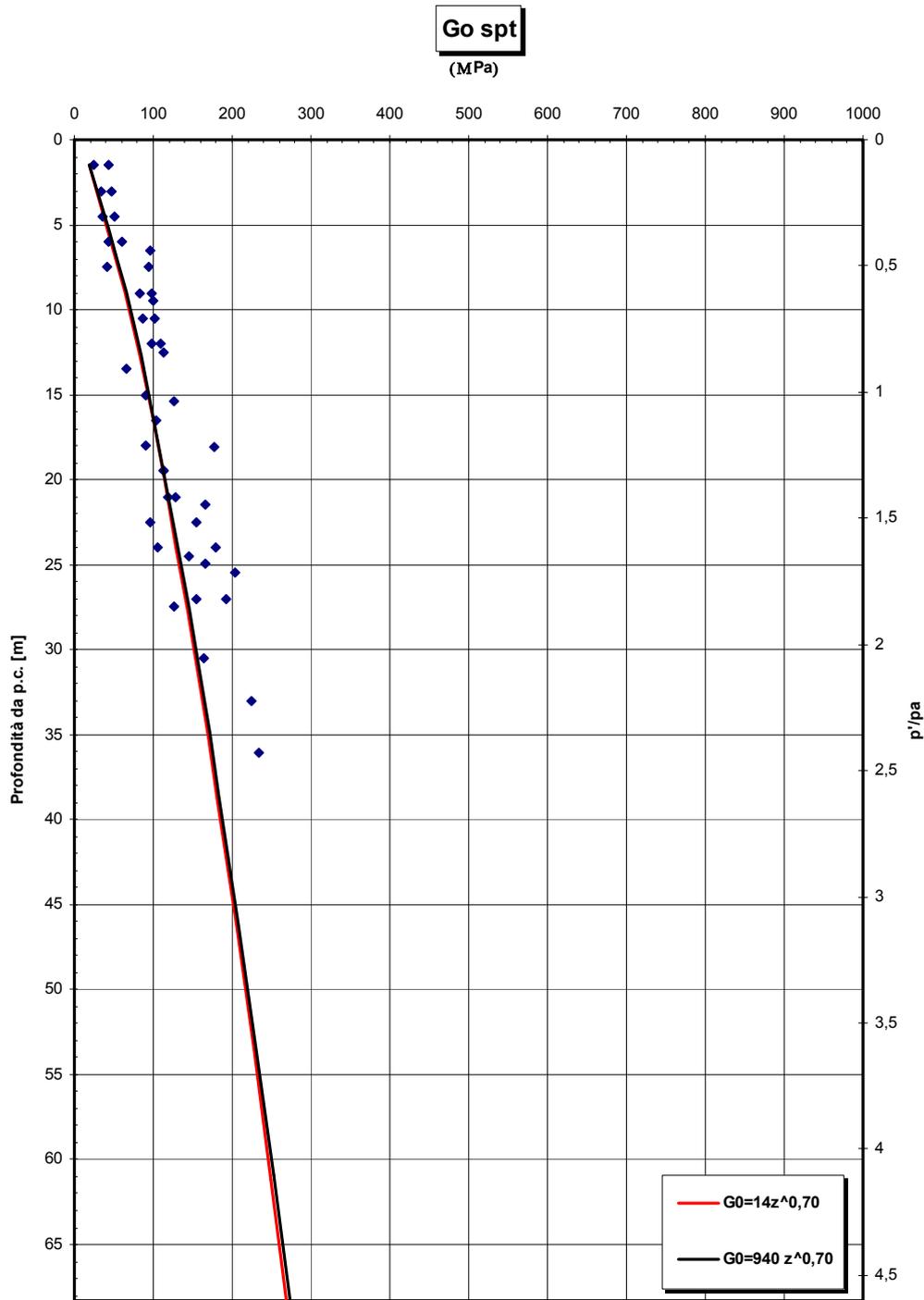


Figura 351

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

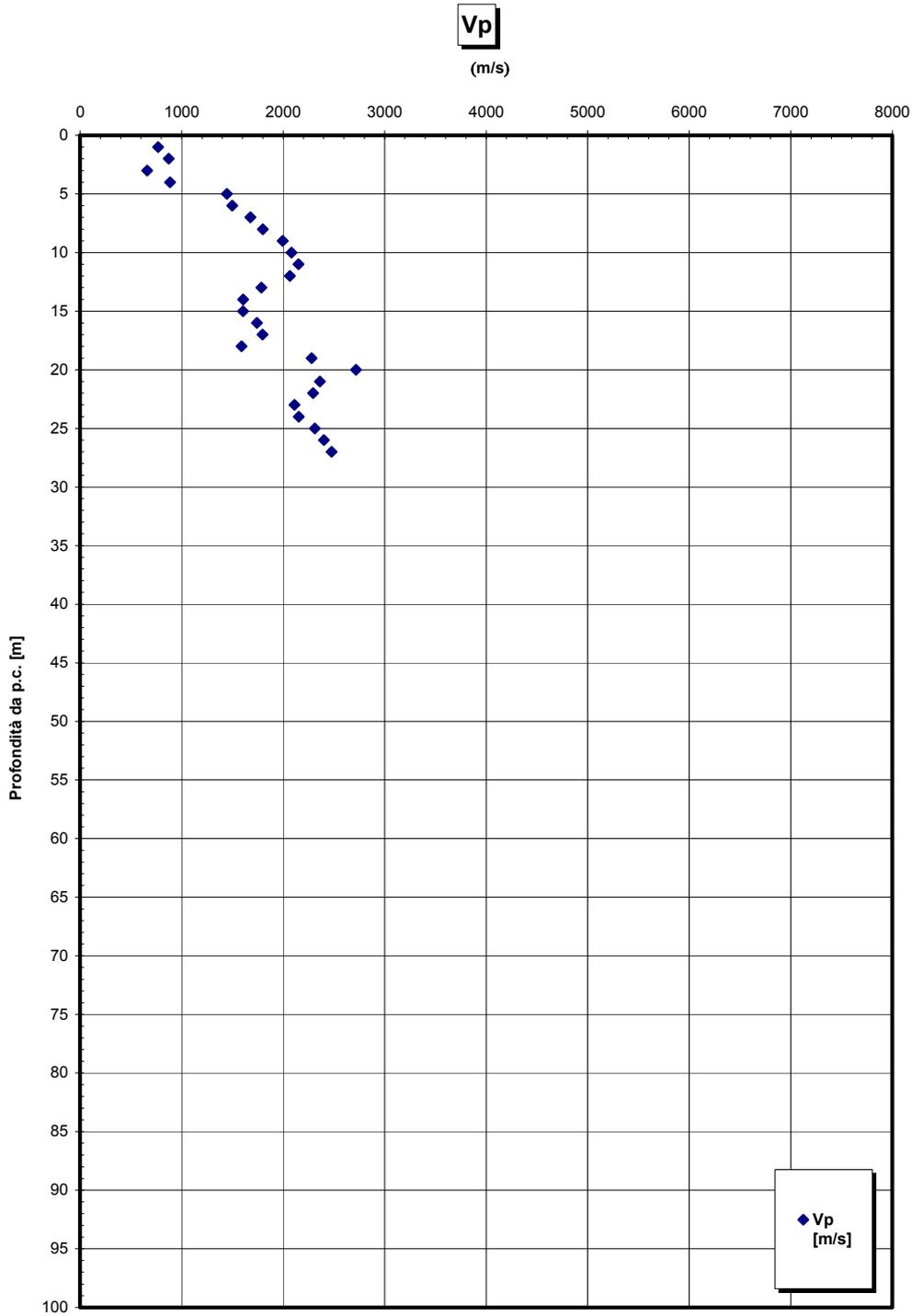


Figura 352

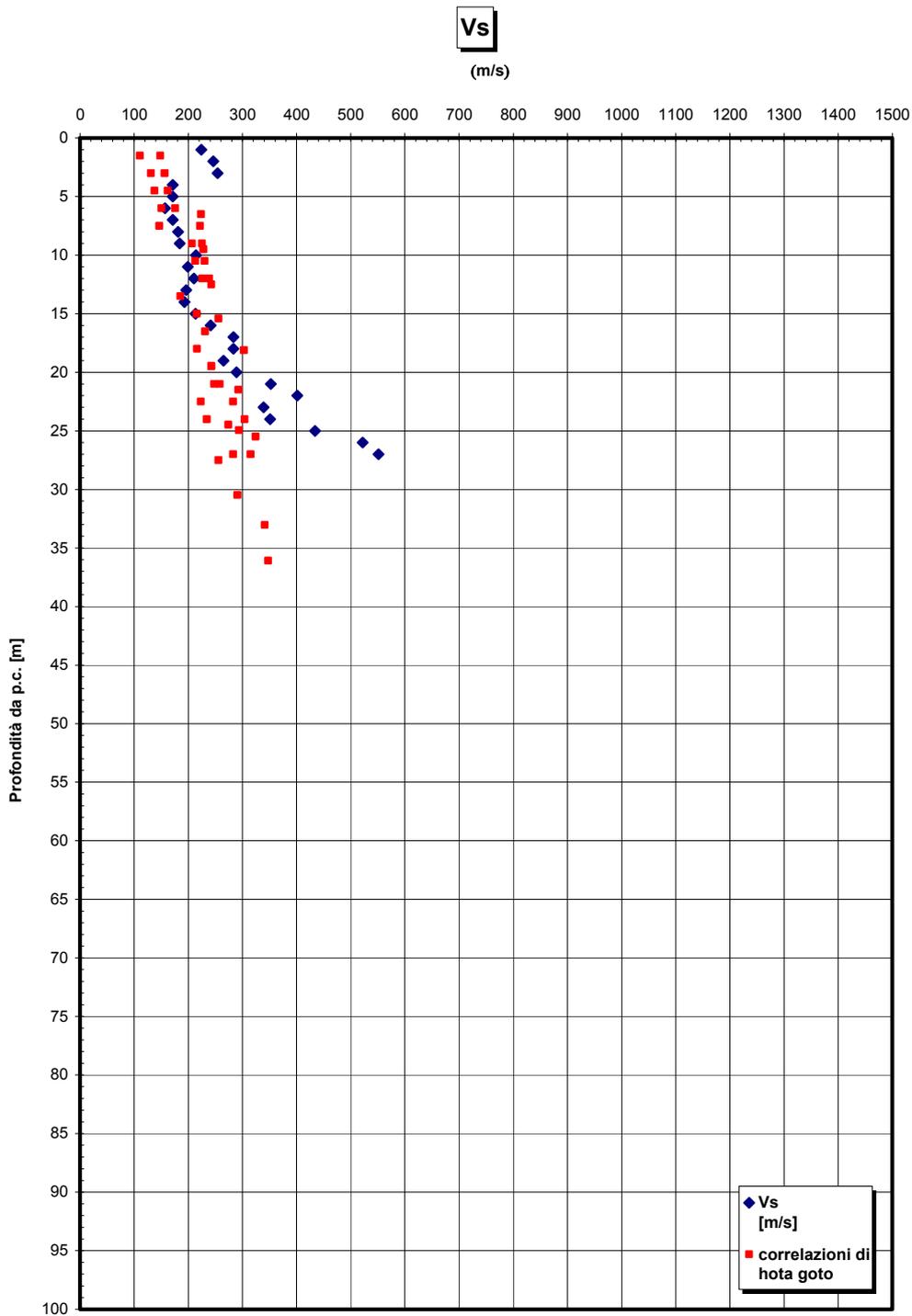


Figura 353

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

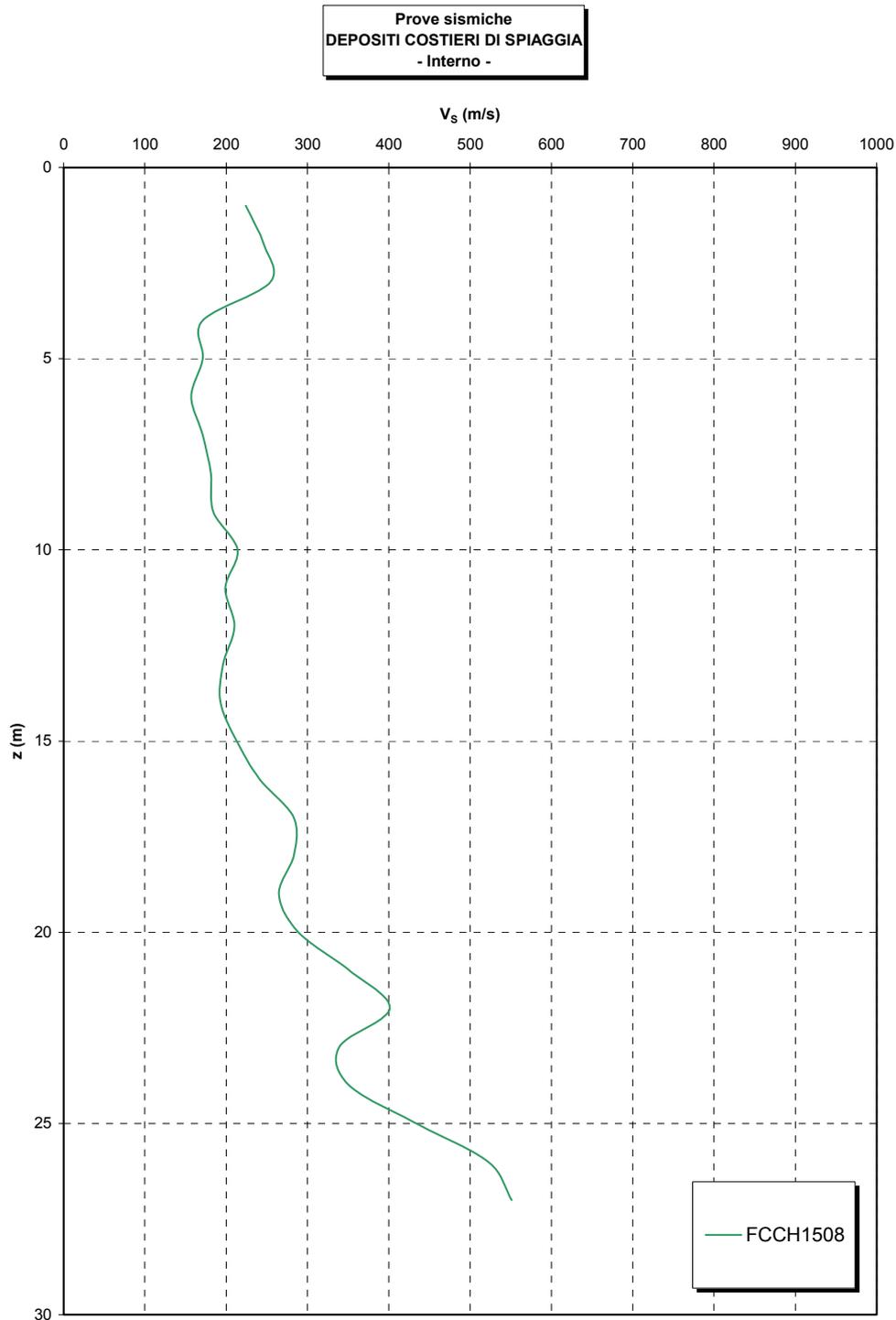


Figura 354

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

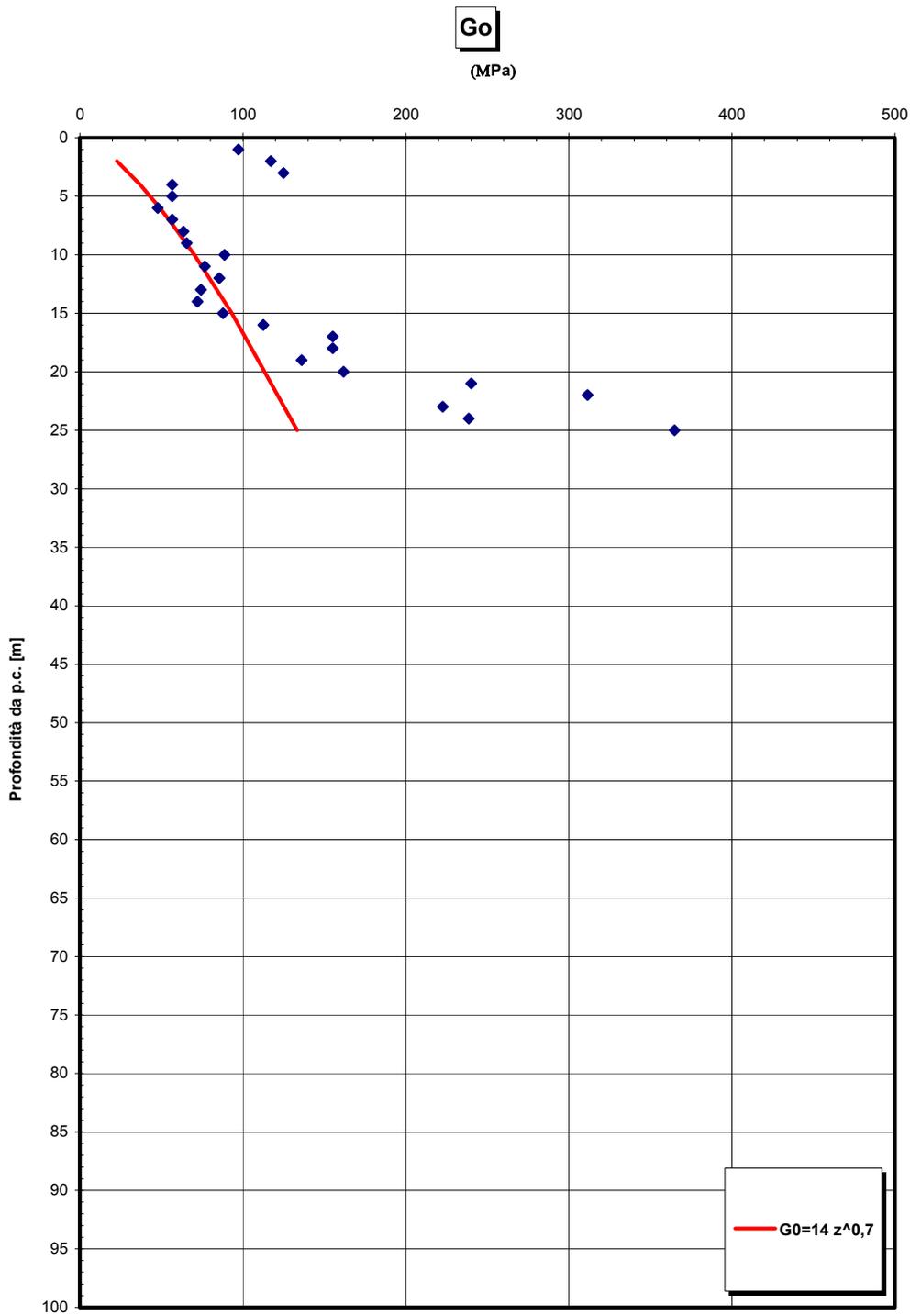


Figura 355- G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

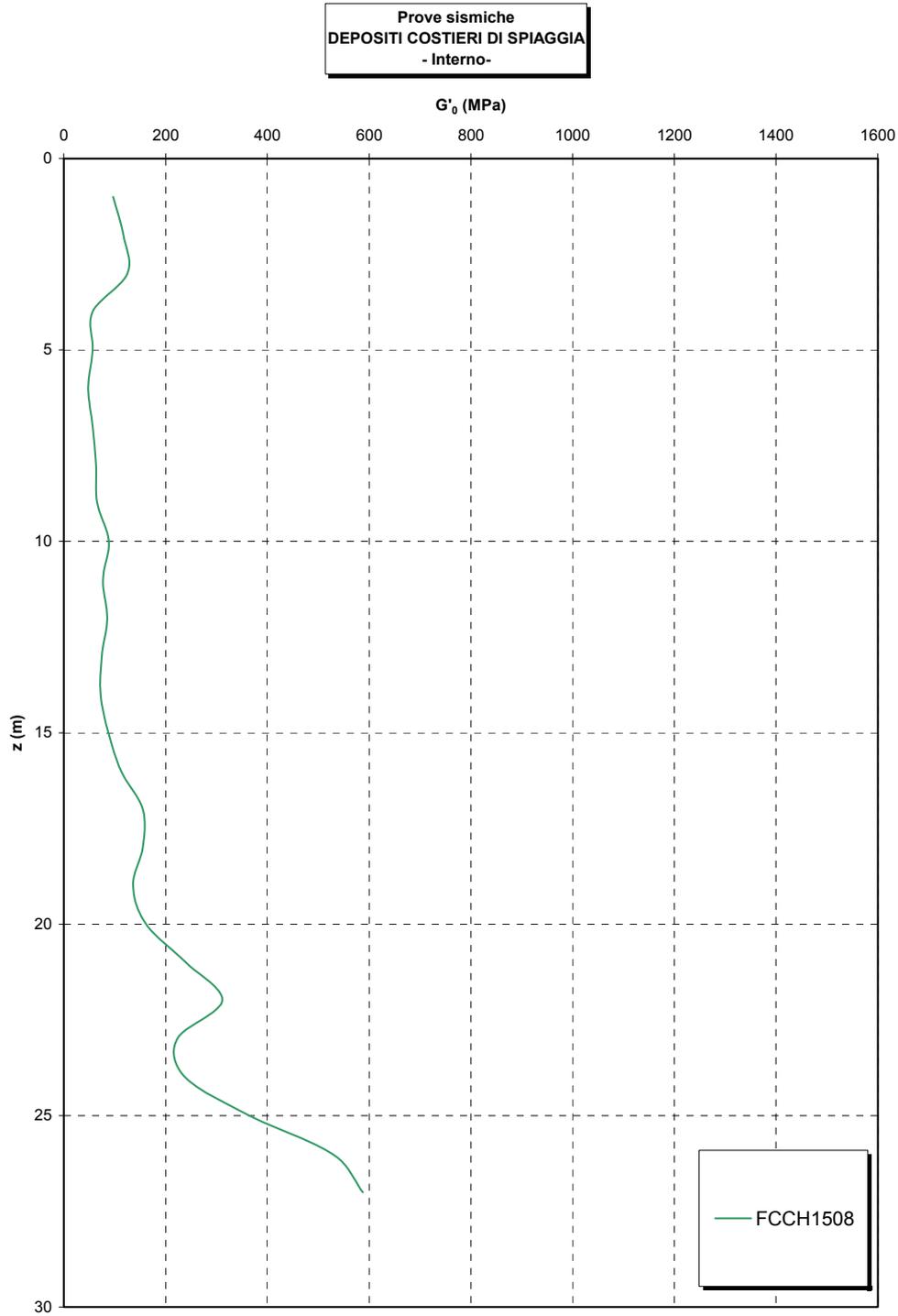


Figura 356

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

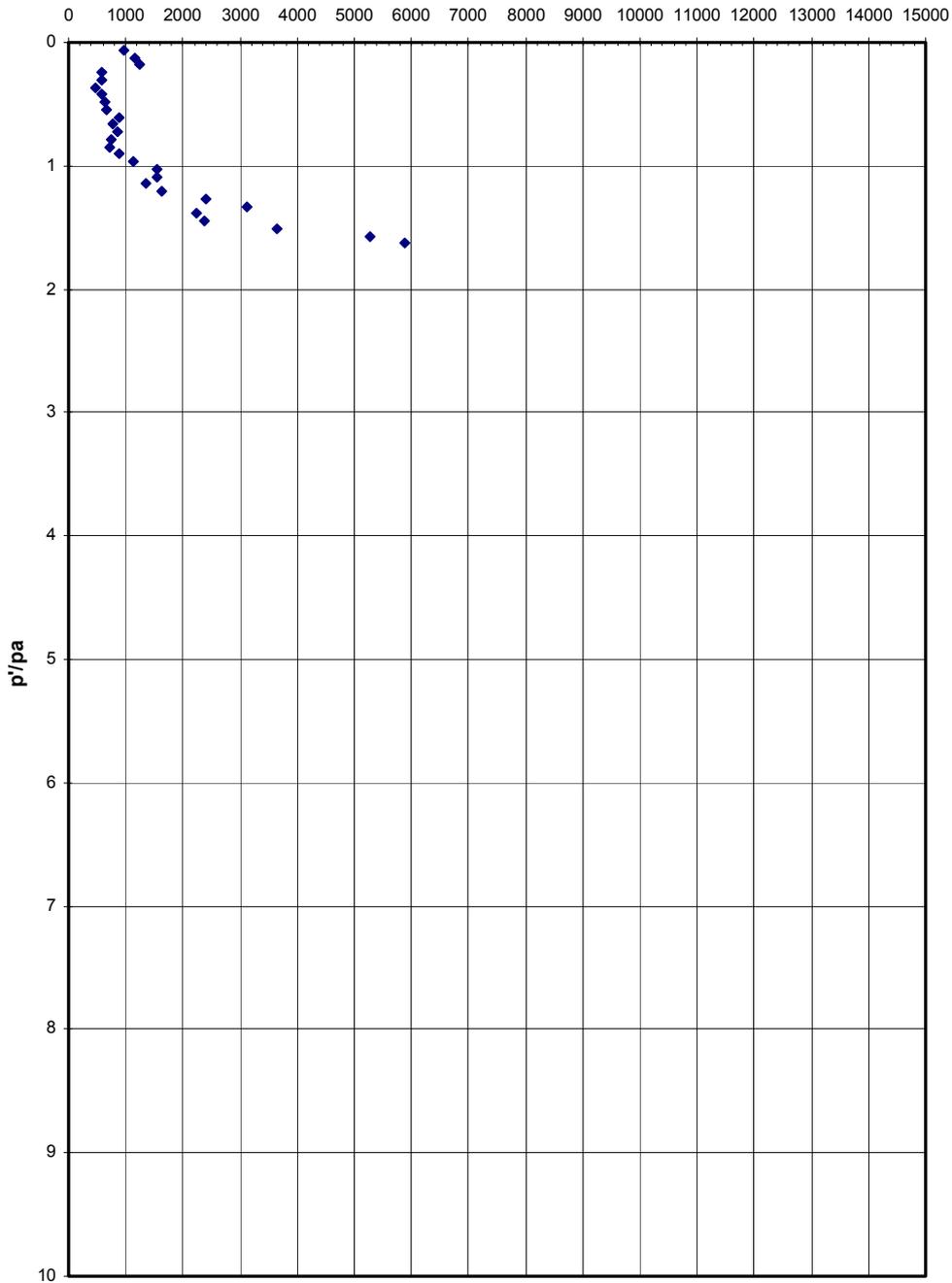


Figura 357

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

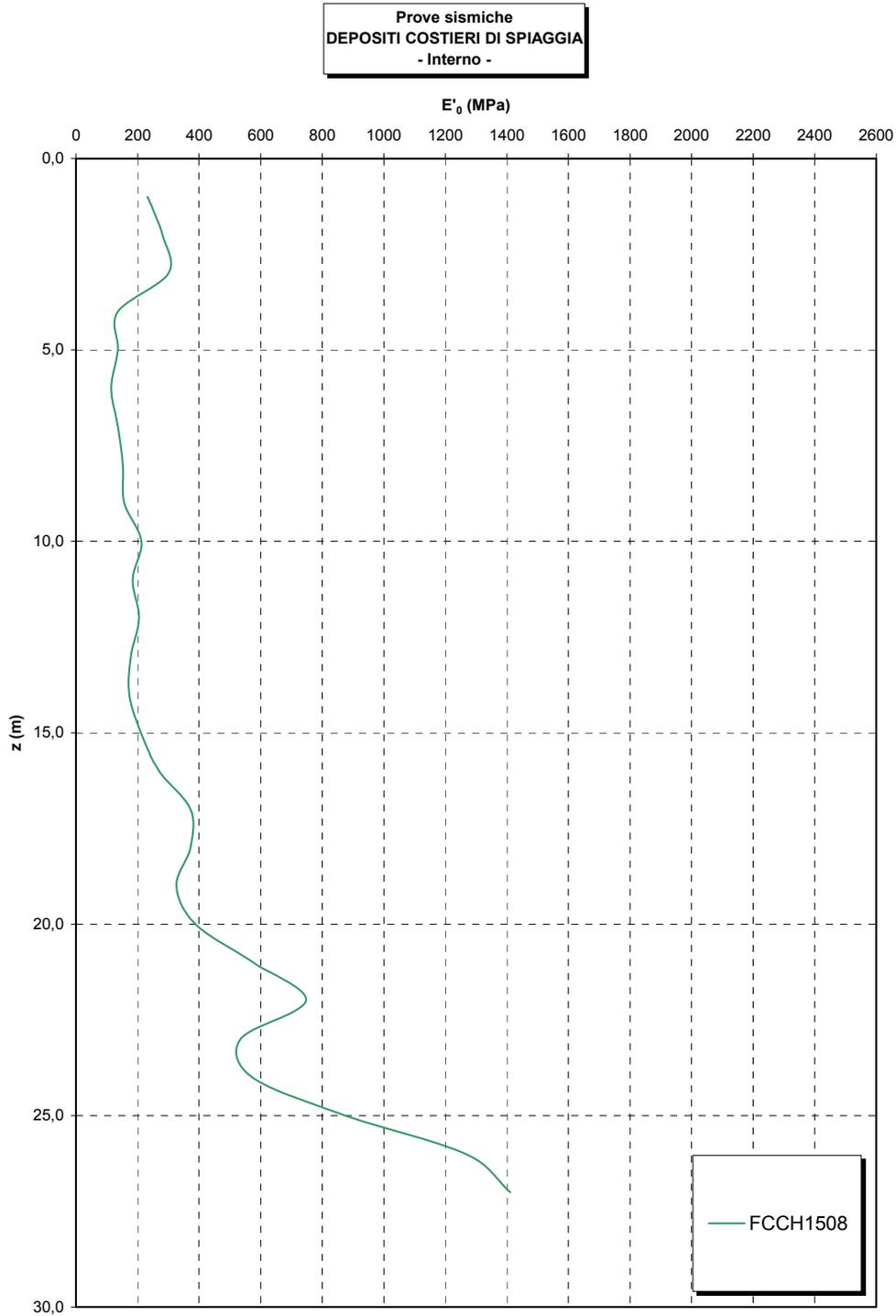


Figura 358

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

5.6 TRUBI

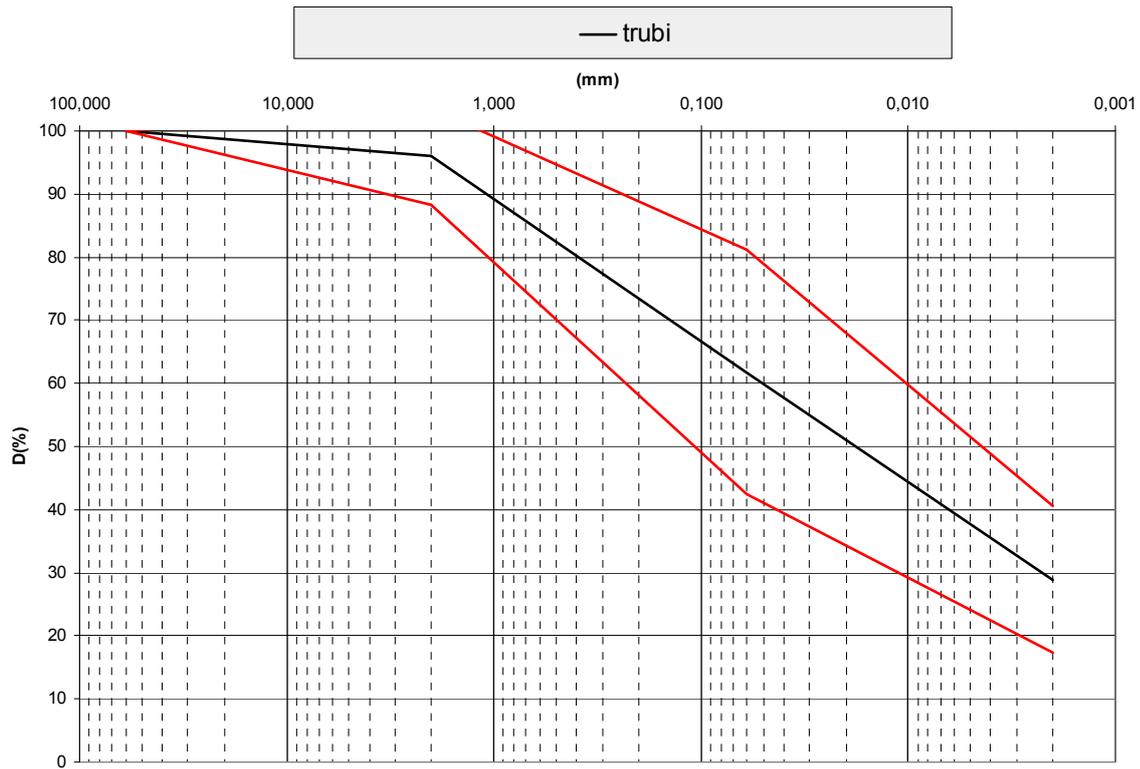


Figura 359

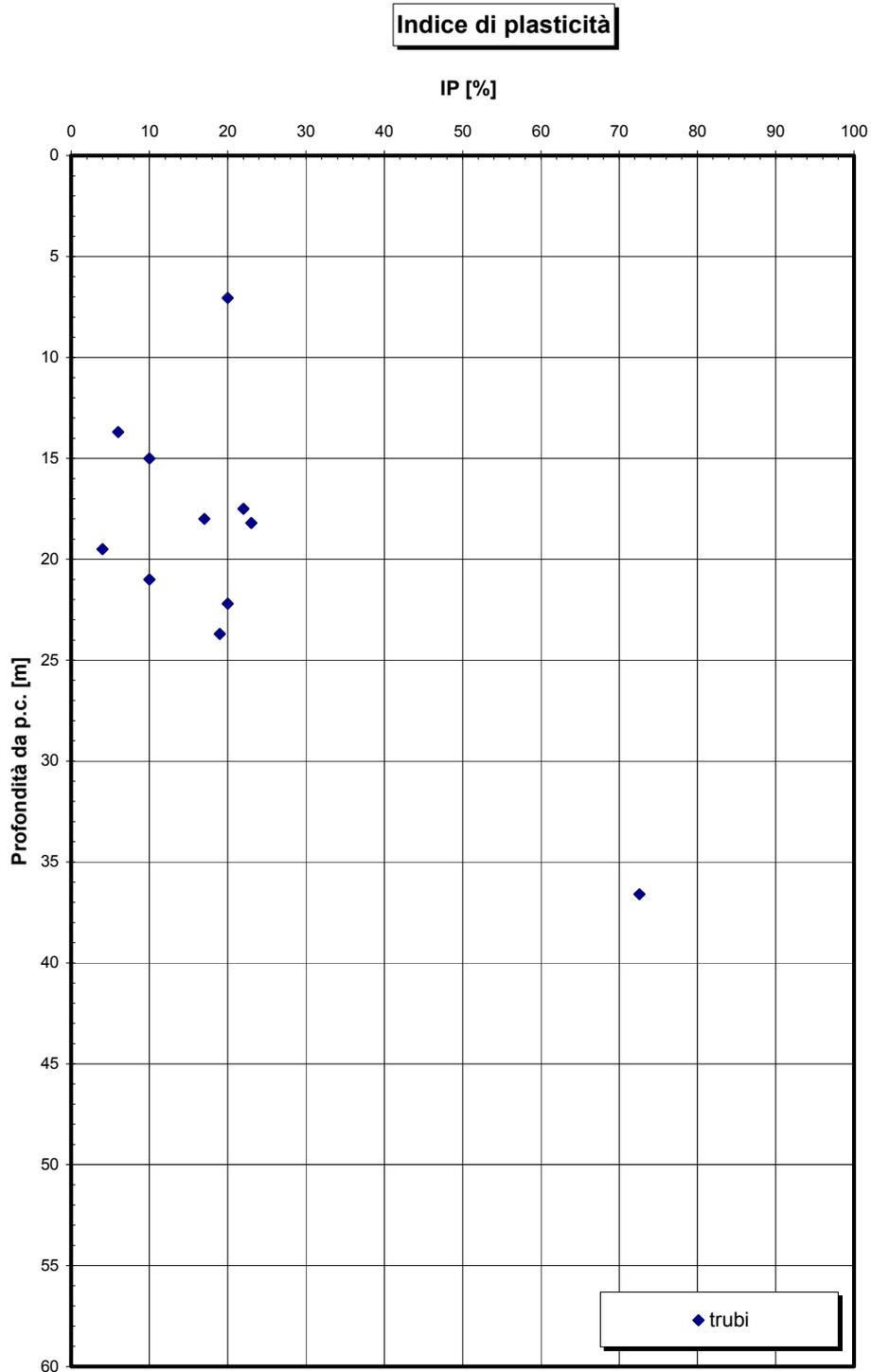


Figura 360

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

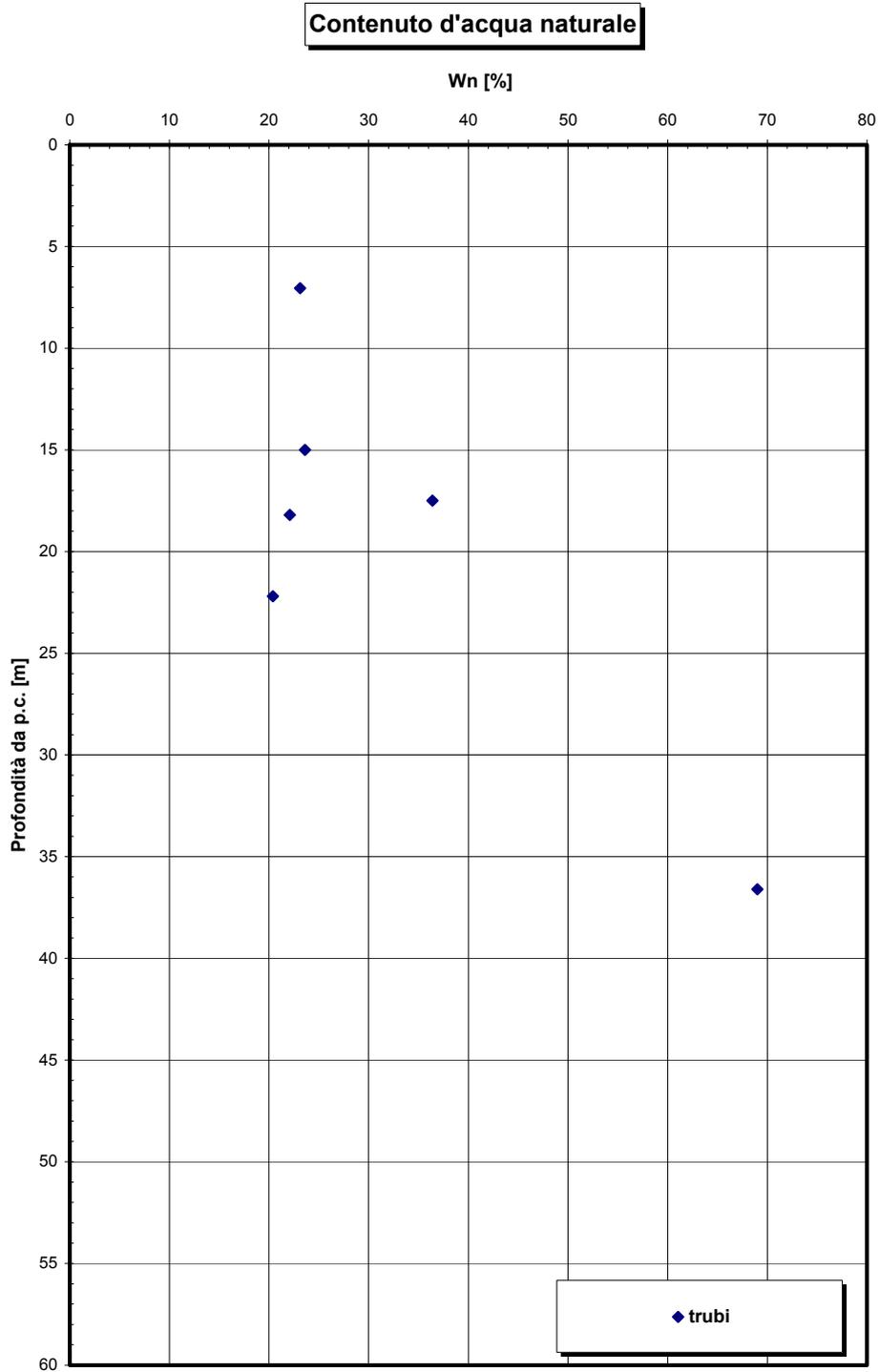


Figura 361

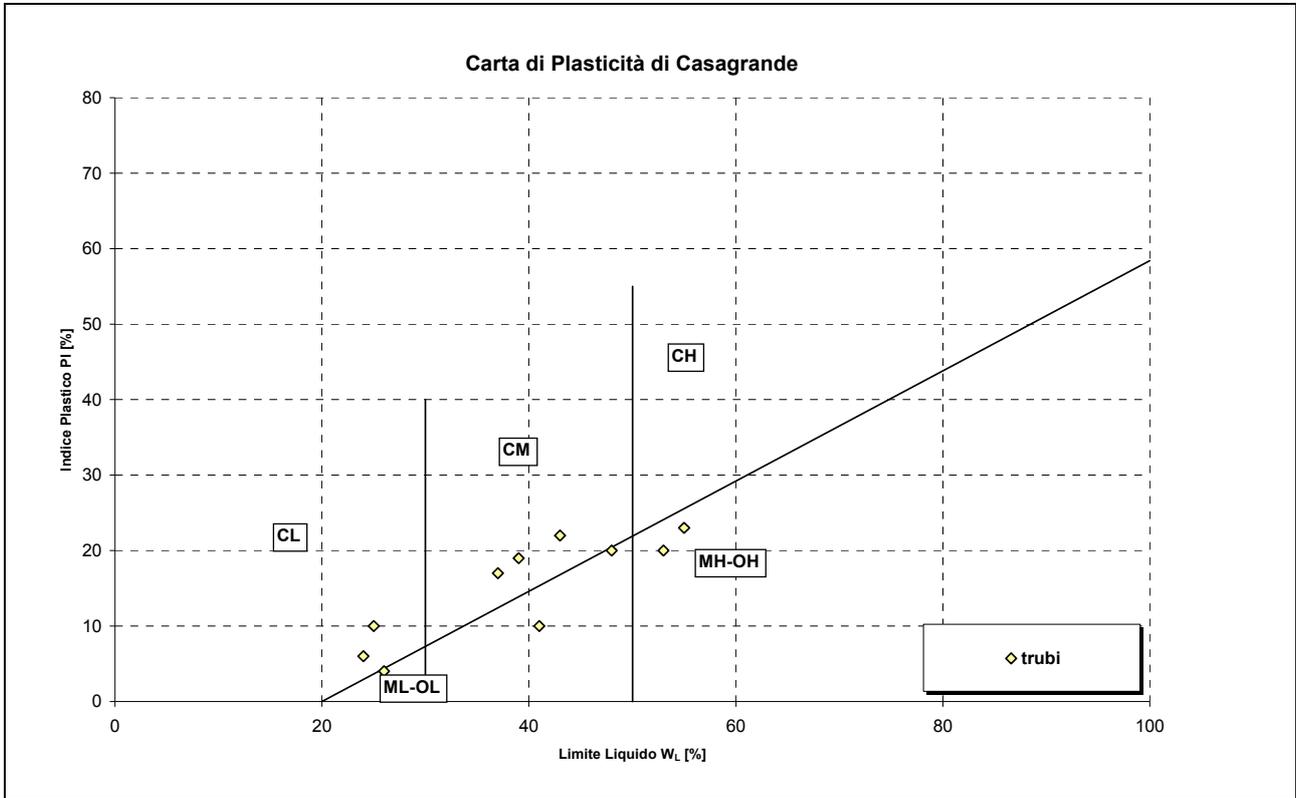


Figura 362

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

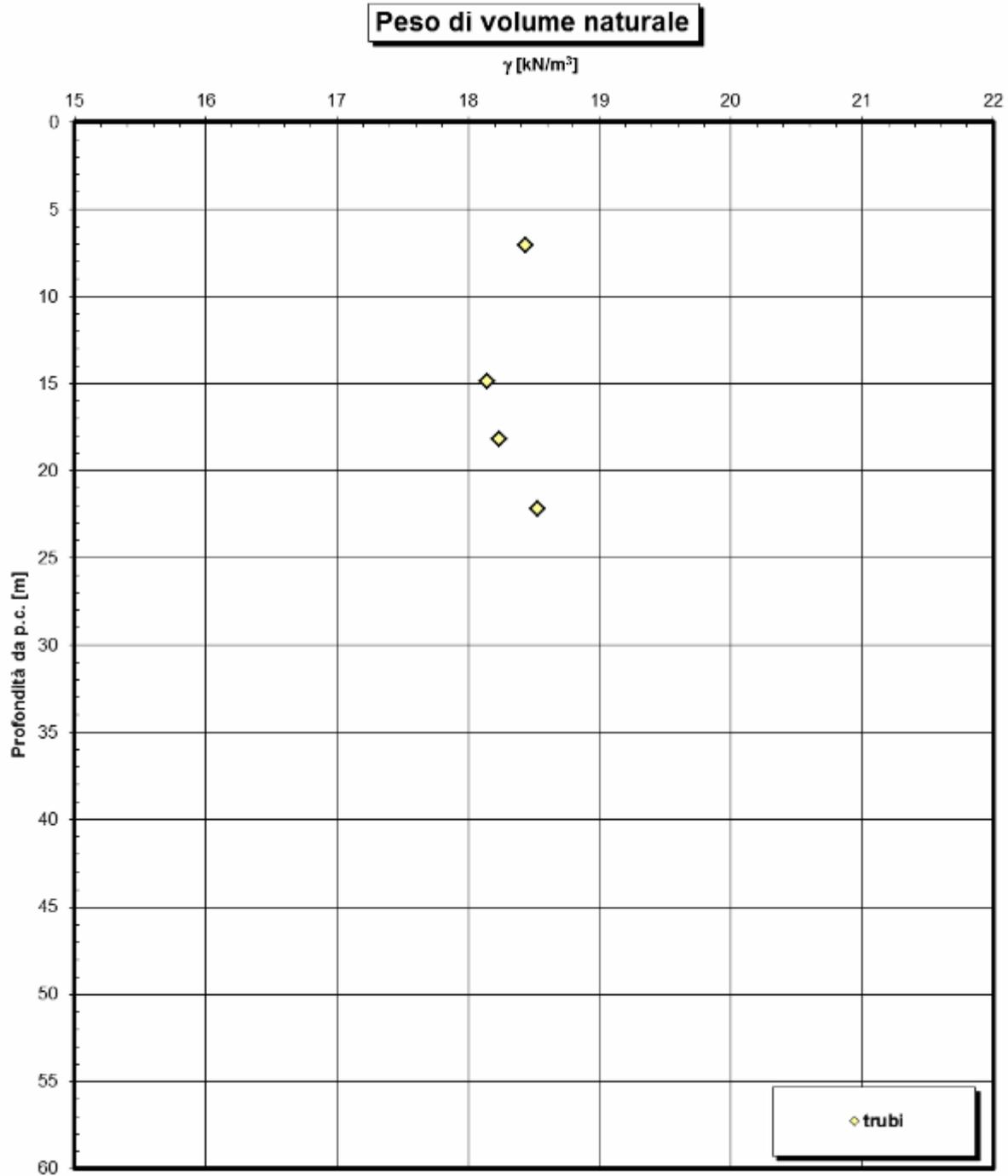


Figura 363

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Pressione di preconsolidazione da prova Edometrica

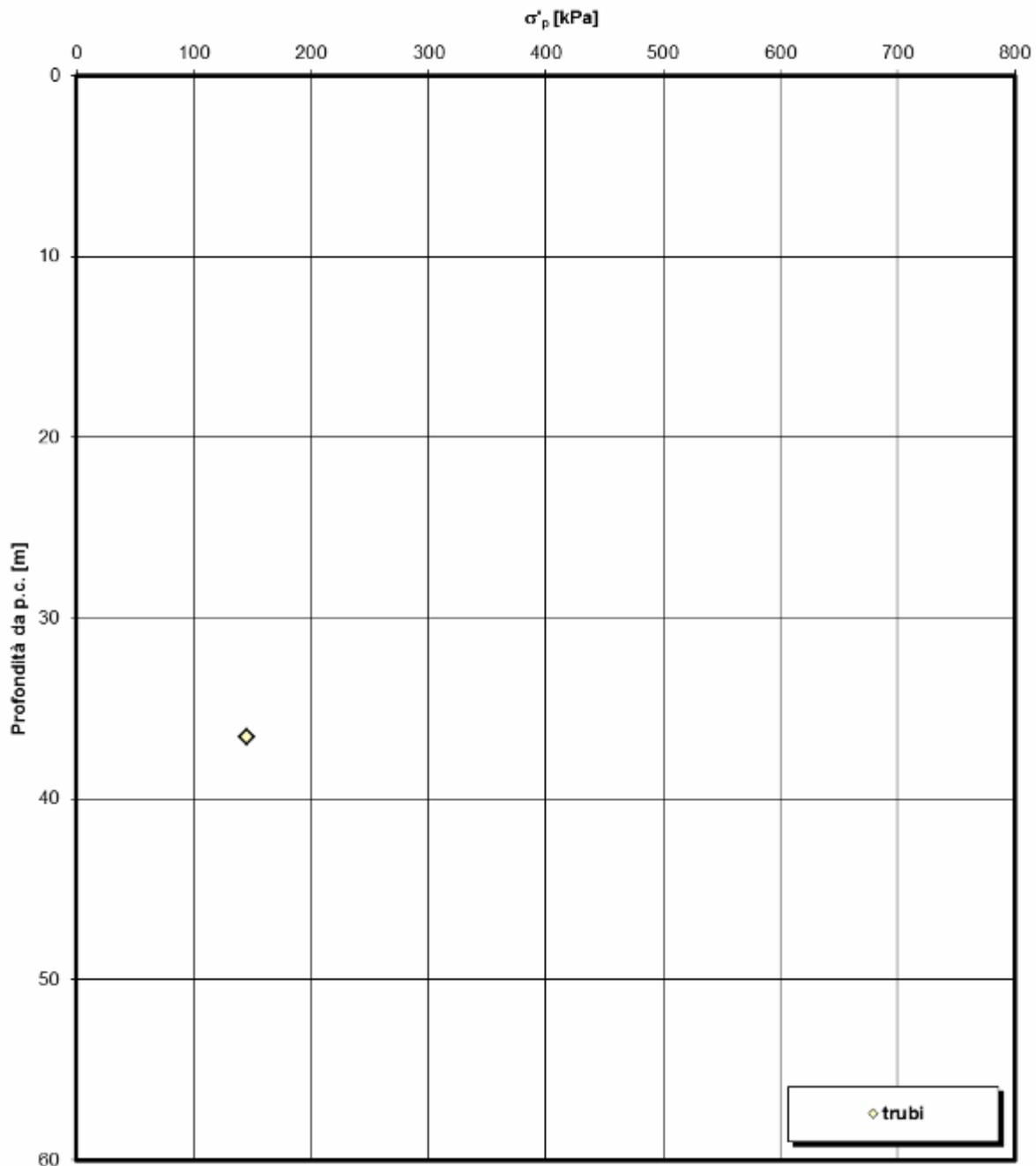


Figura 364

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

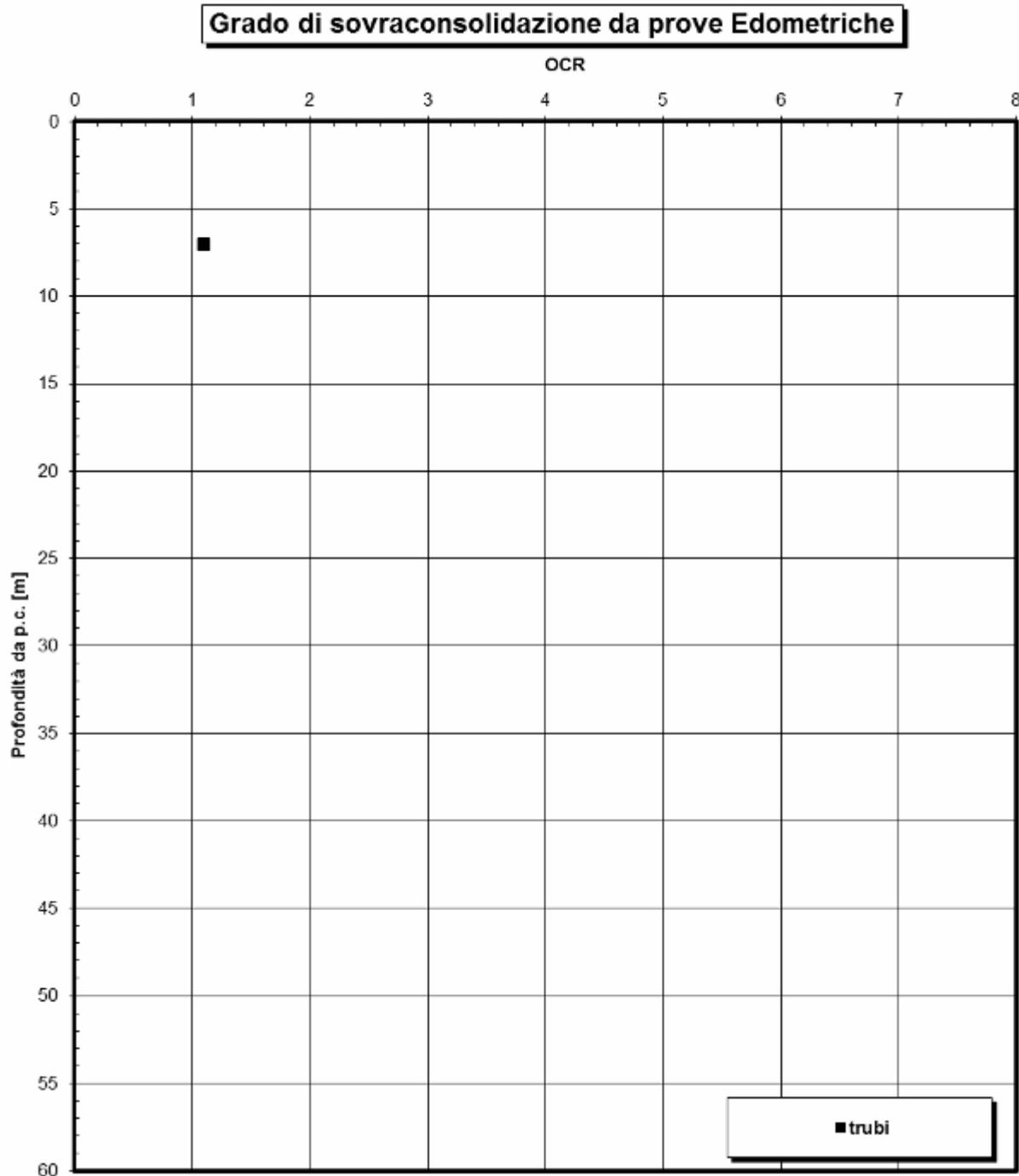


Figura 365

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Indice di compressibilità vergine (Cc)

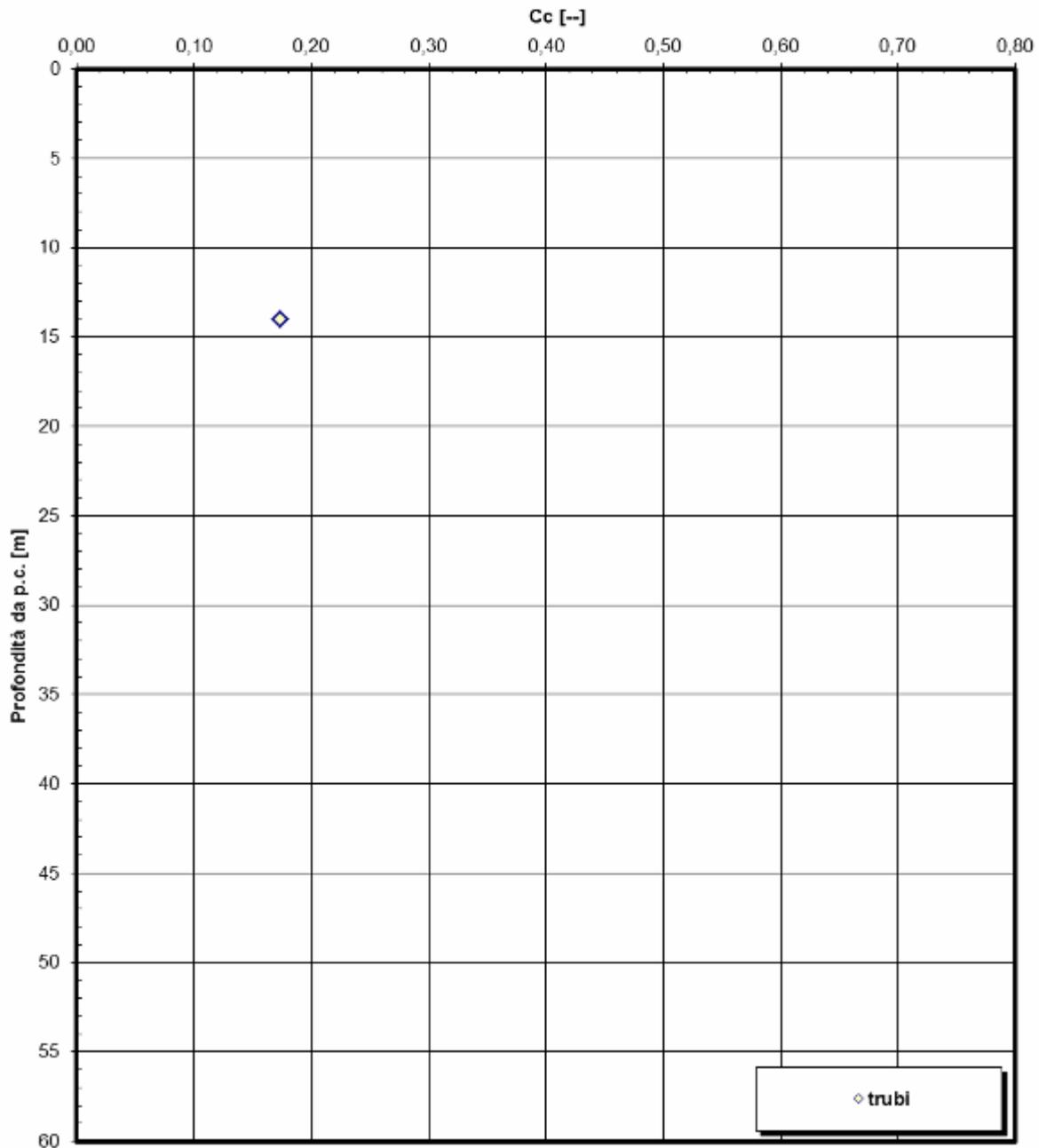


Figura 366

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Indice di ricompressione vergine (Cs)

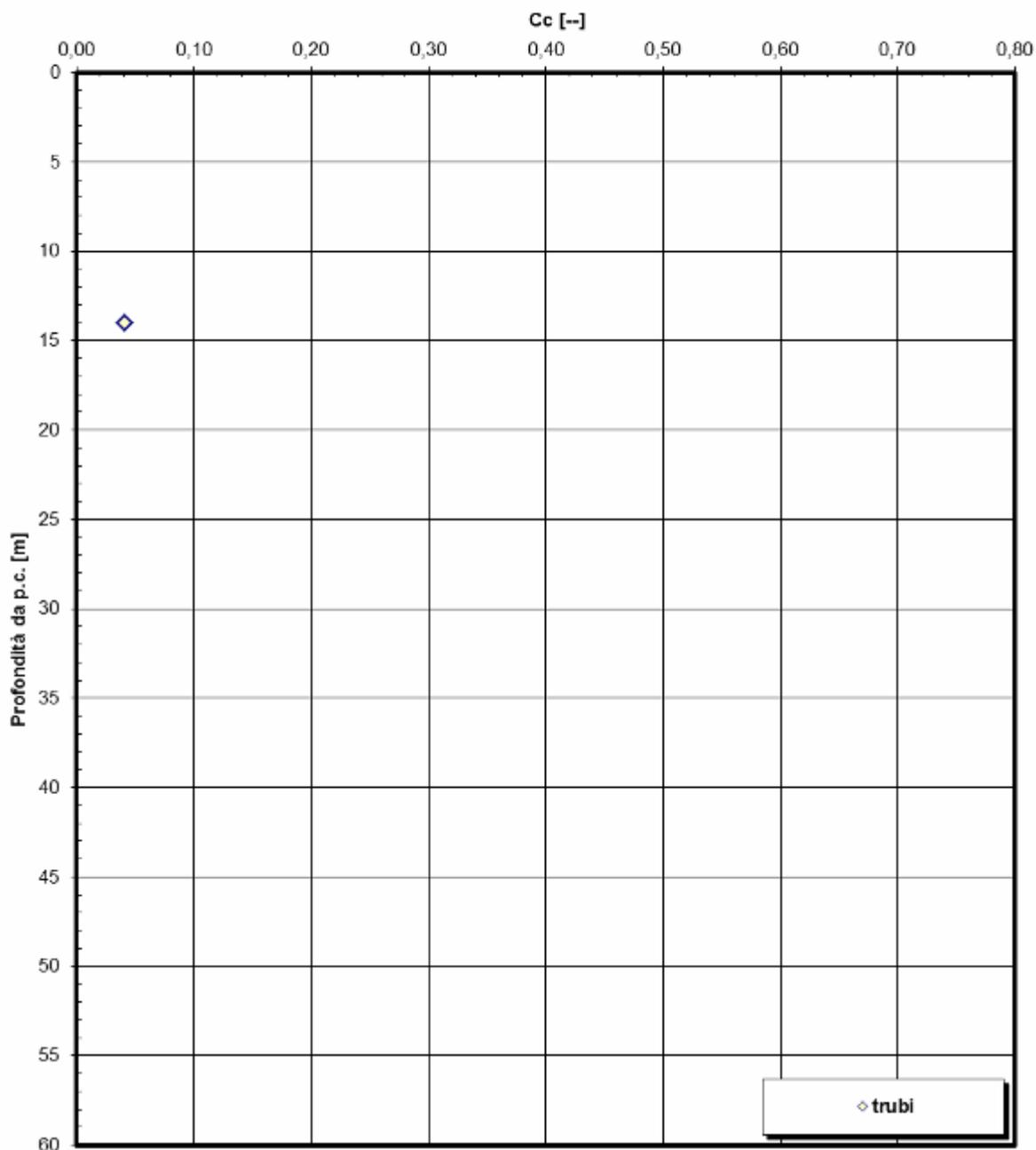


Figura 367

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Resistenza al taglio non drenata (da prove di laboratorio)

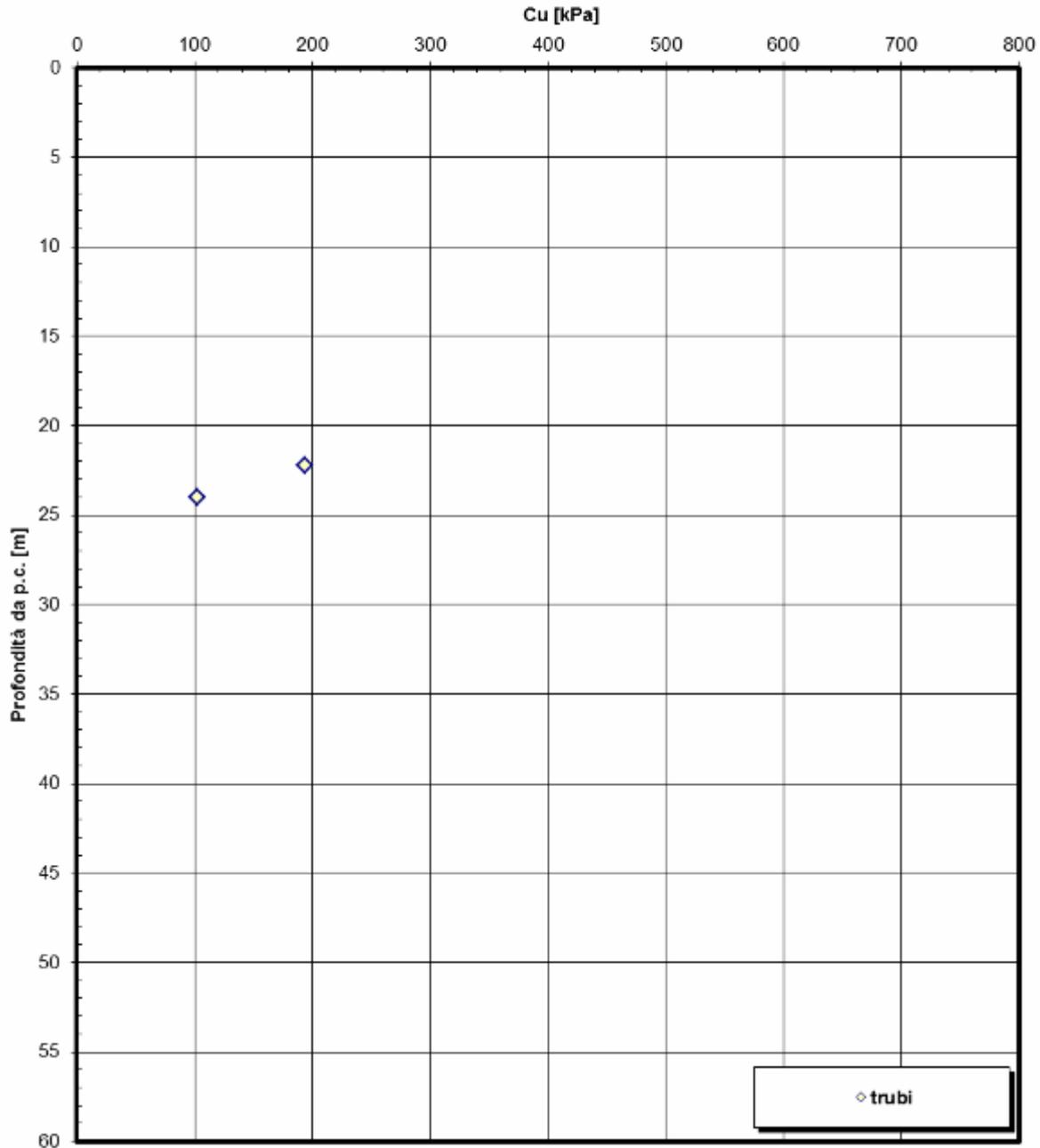


Figura 368

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coesione efficace da prova consolidata non drenata CIU

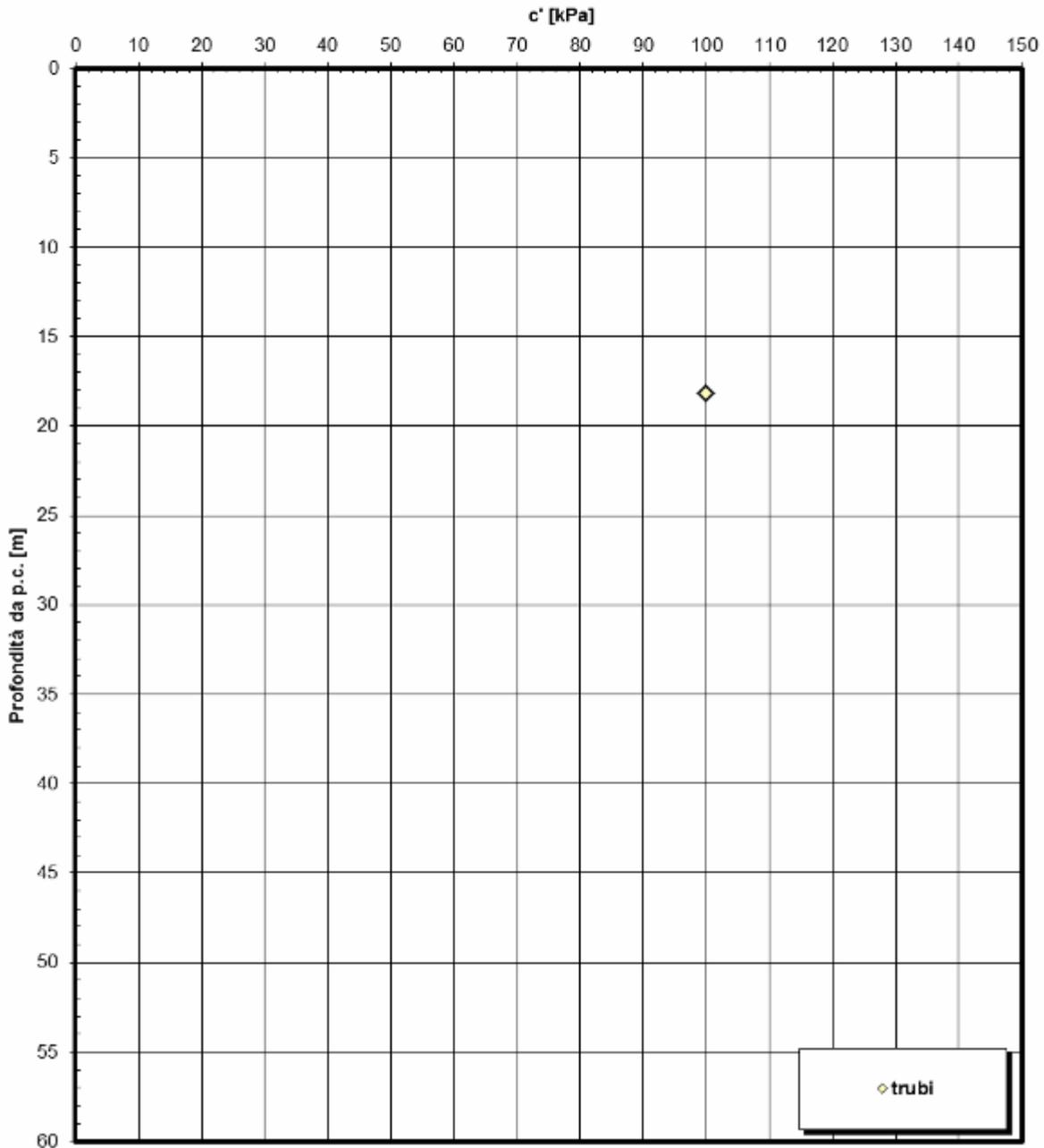


Figura 369

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

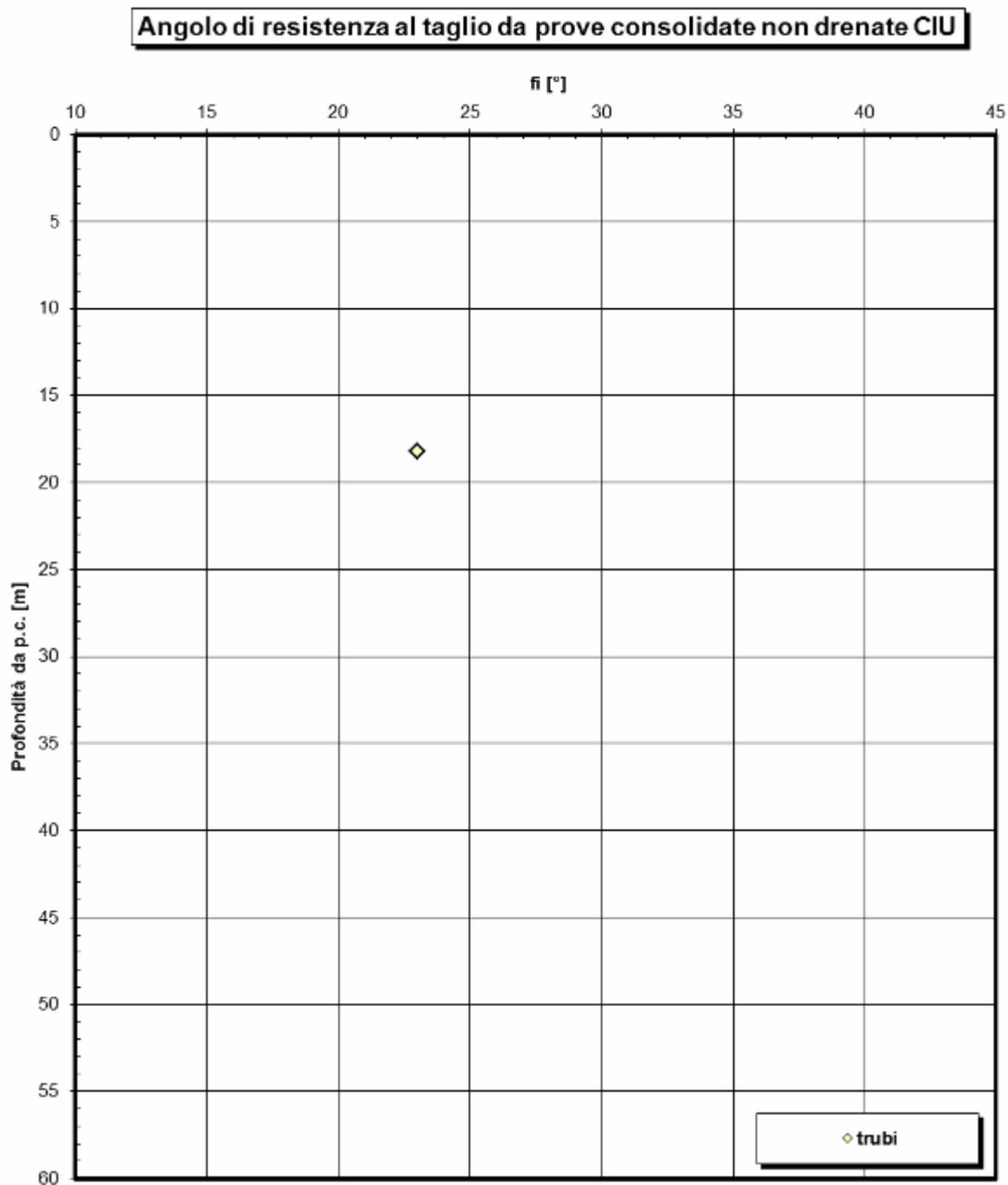


Figura 370

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coesione efficace da prove consolidate drenate CID

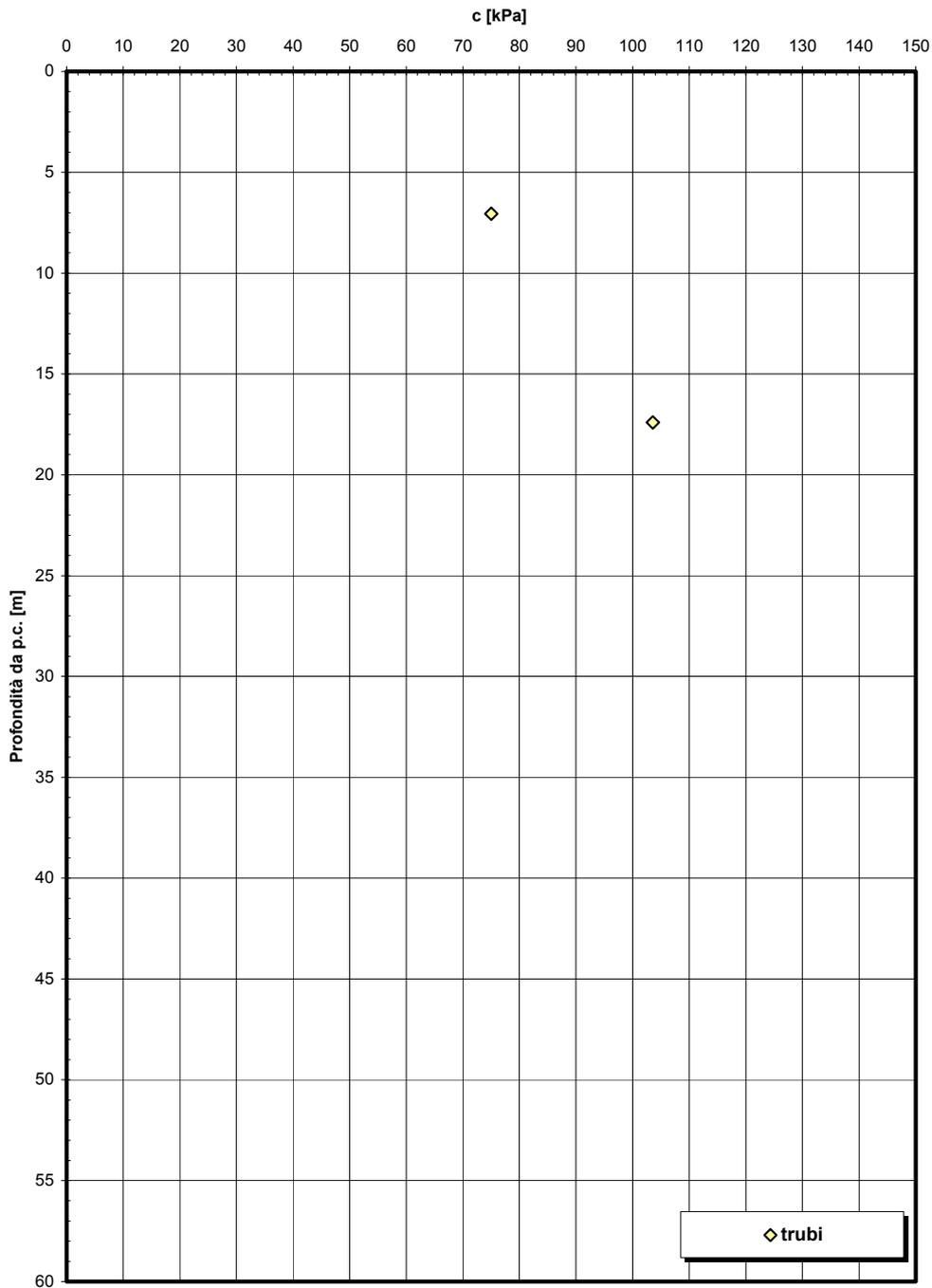


Figura 371

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Angolo di resistenza al taglio da prove consolidate drenate CID

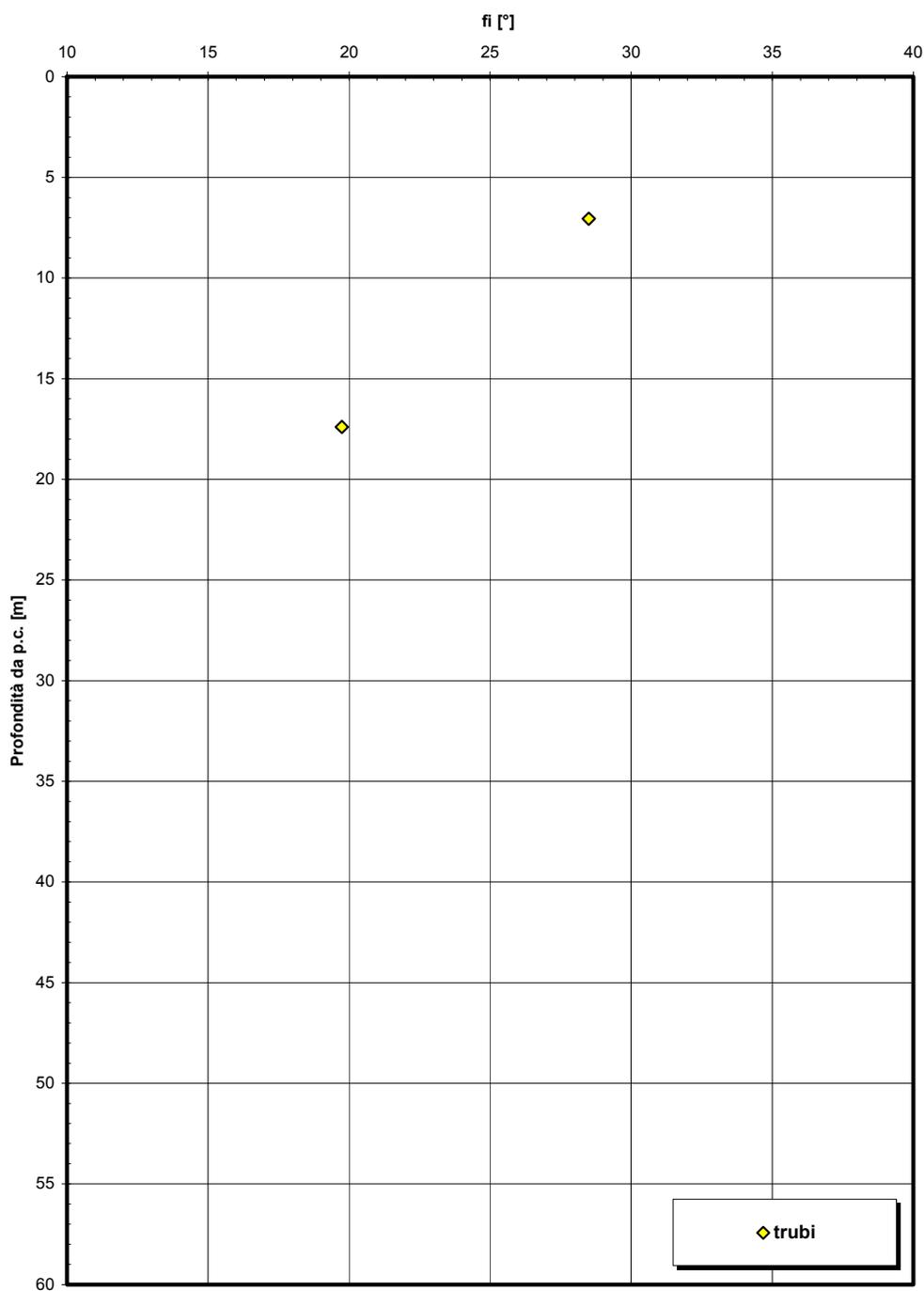


Figura 372

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

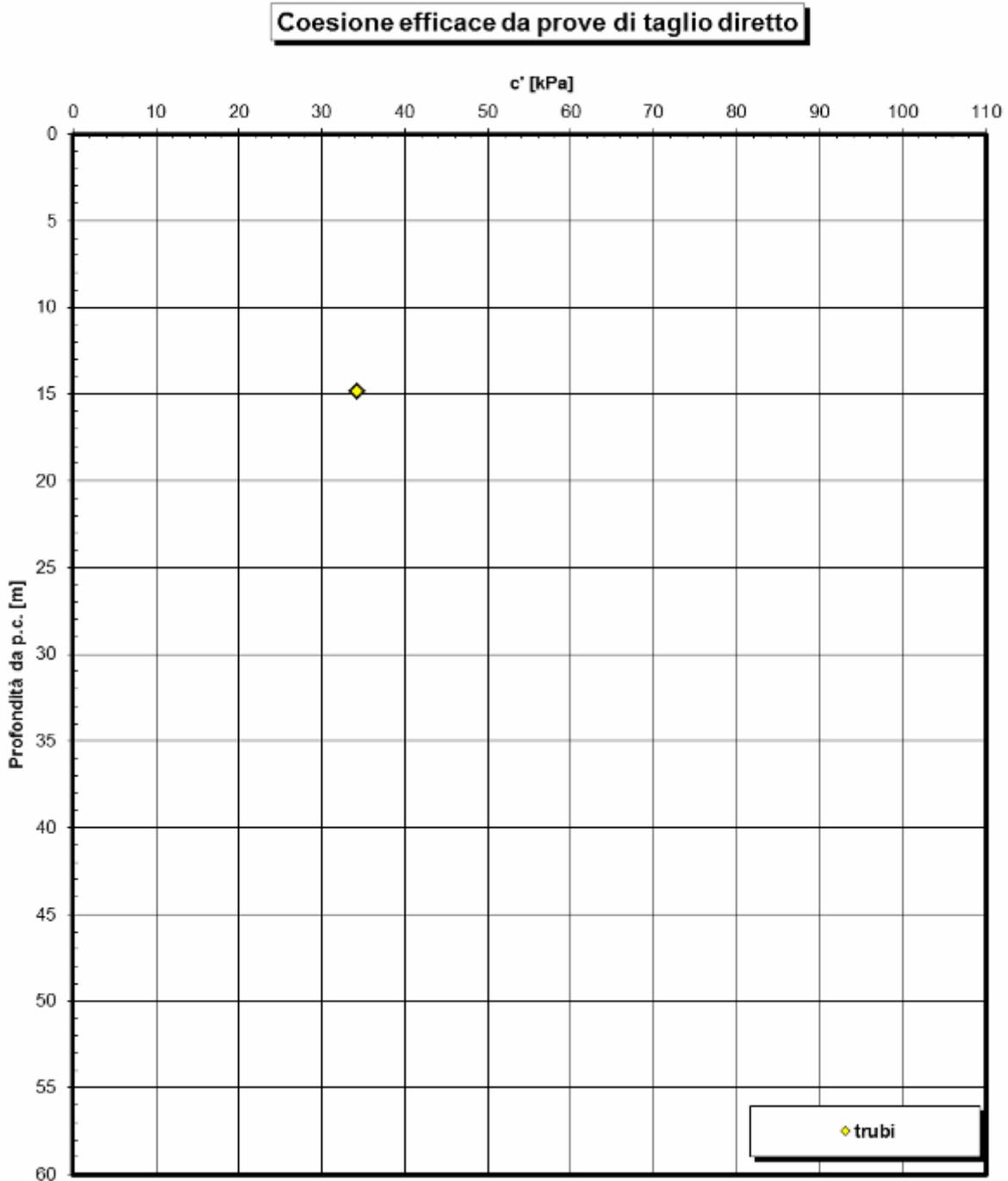


Figura 373

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Angolo di resistenza al taglio da prove di taglio diretto

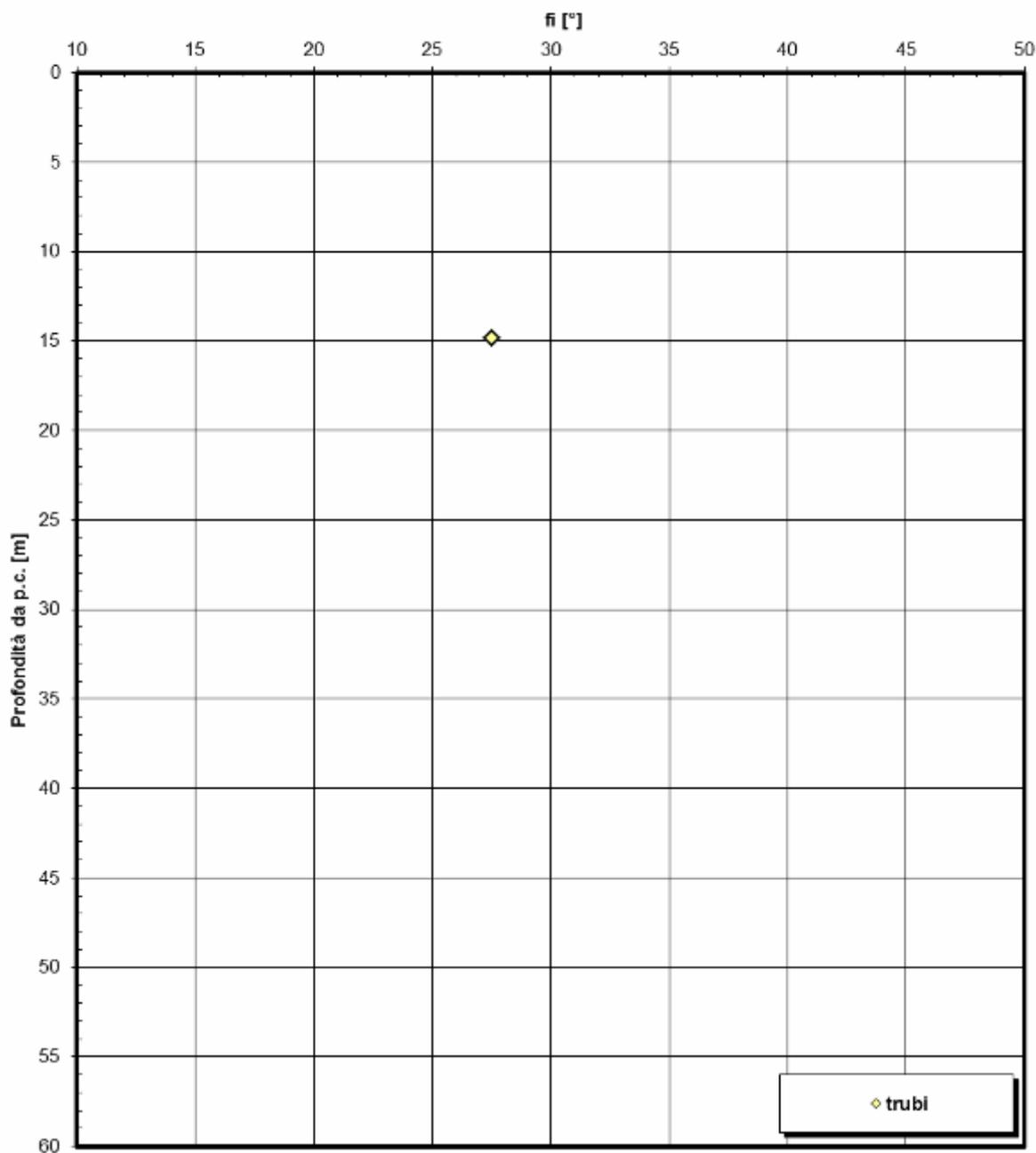


Figura 374

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

TRUBI - involucro condizioni triassiali

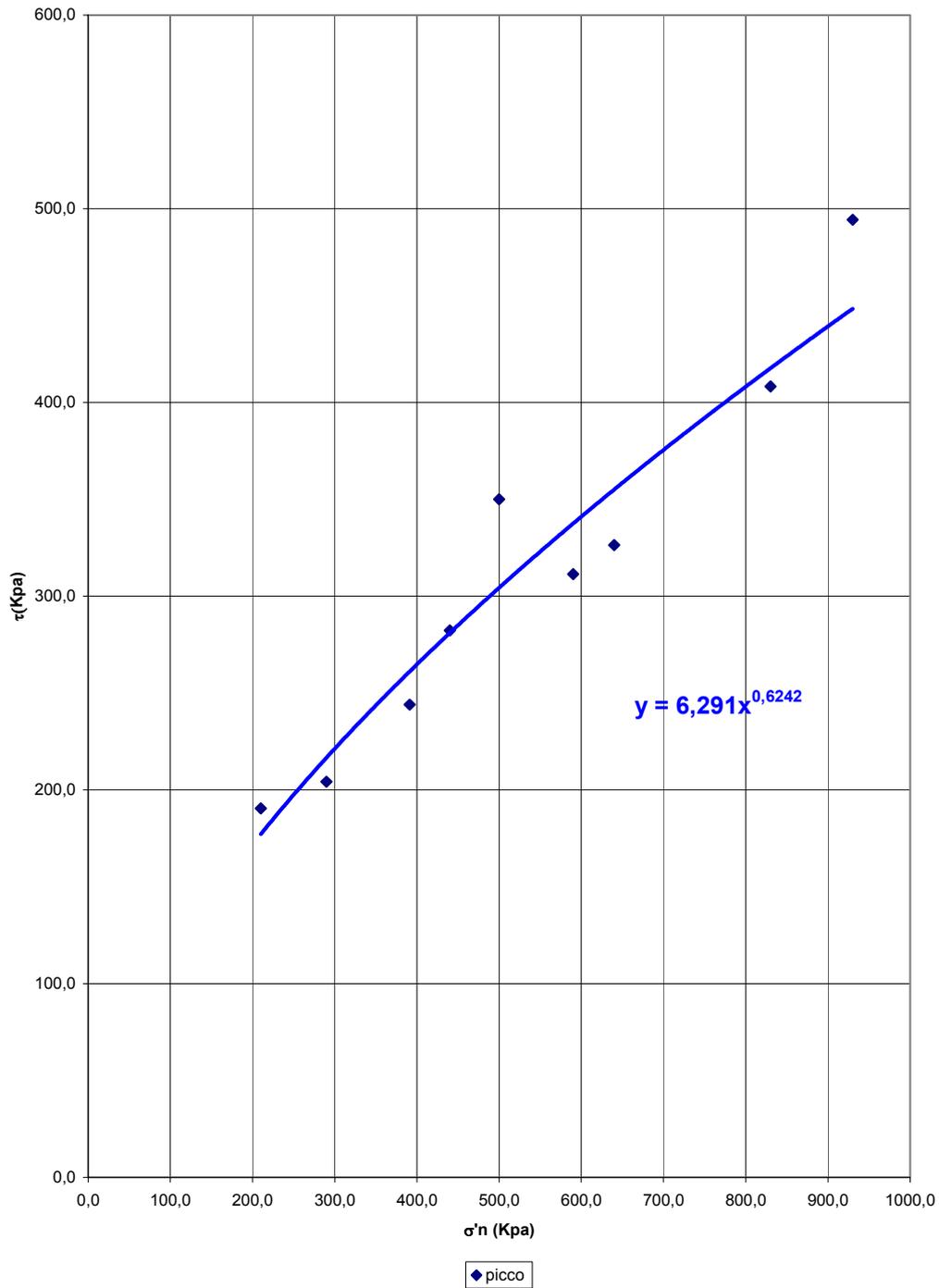


Figura 375

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

TRUBI - involuppo condizioni piane

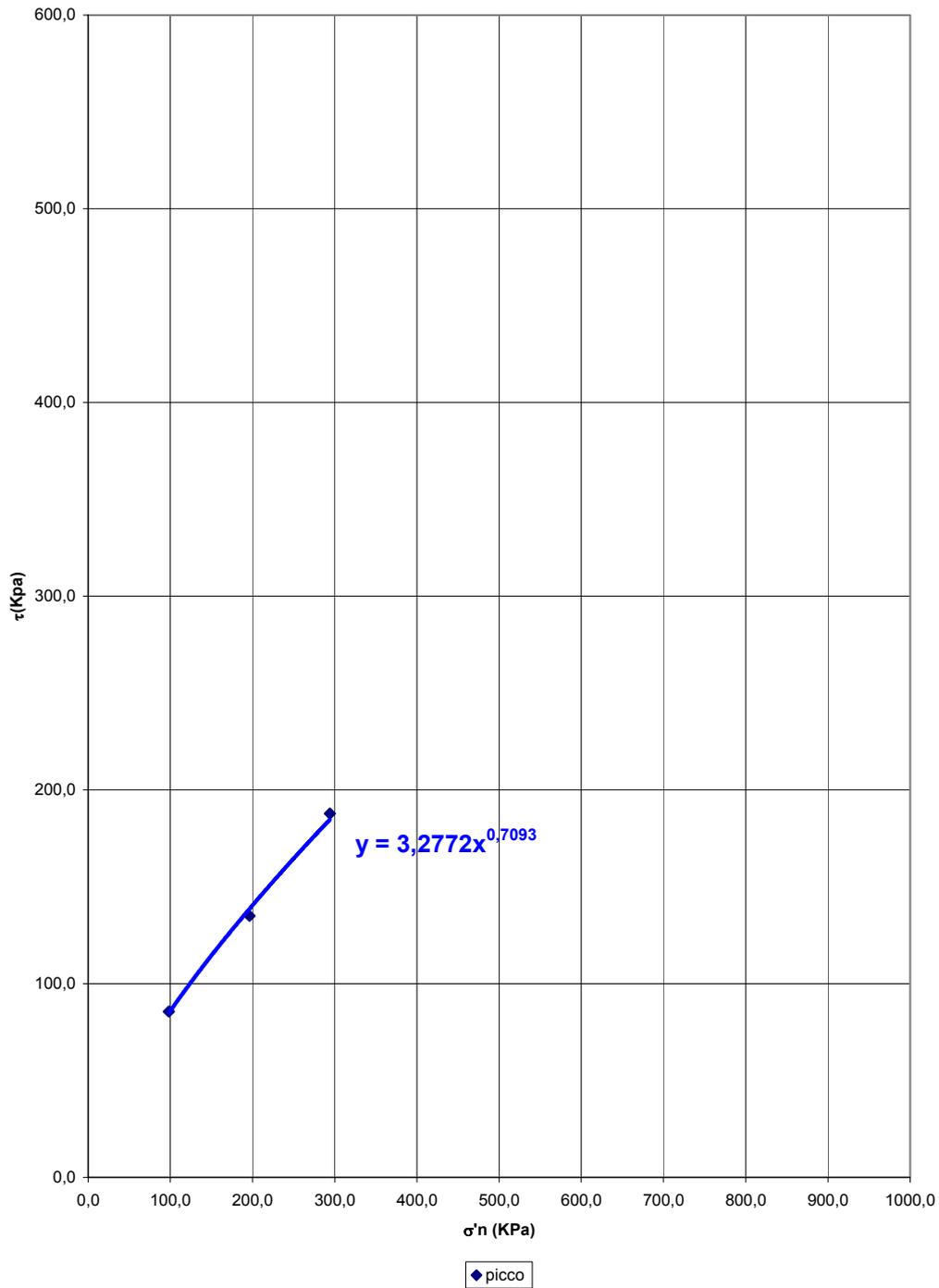


Figura 376

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

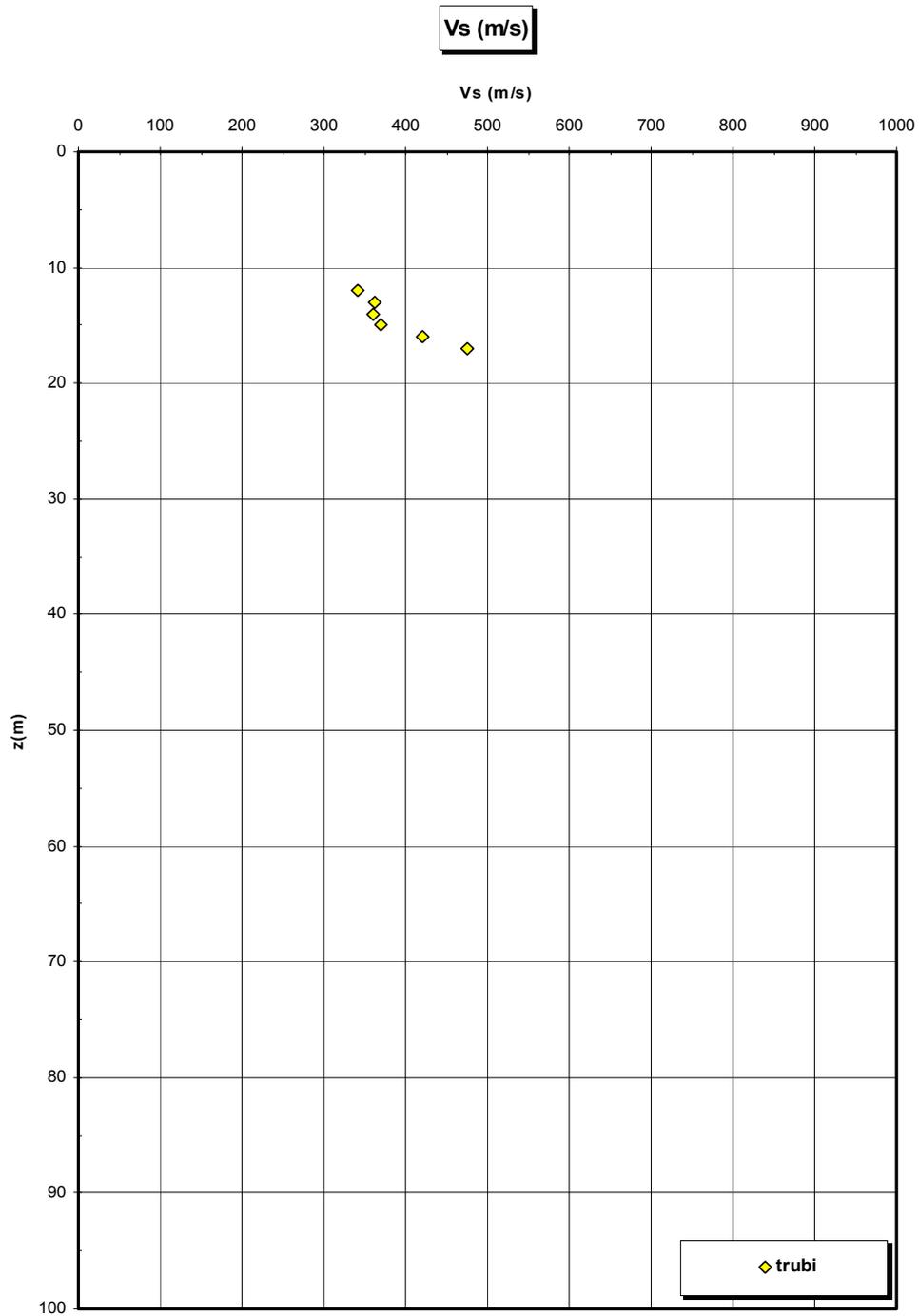


Figura 377

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

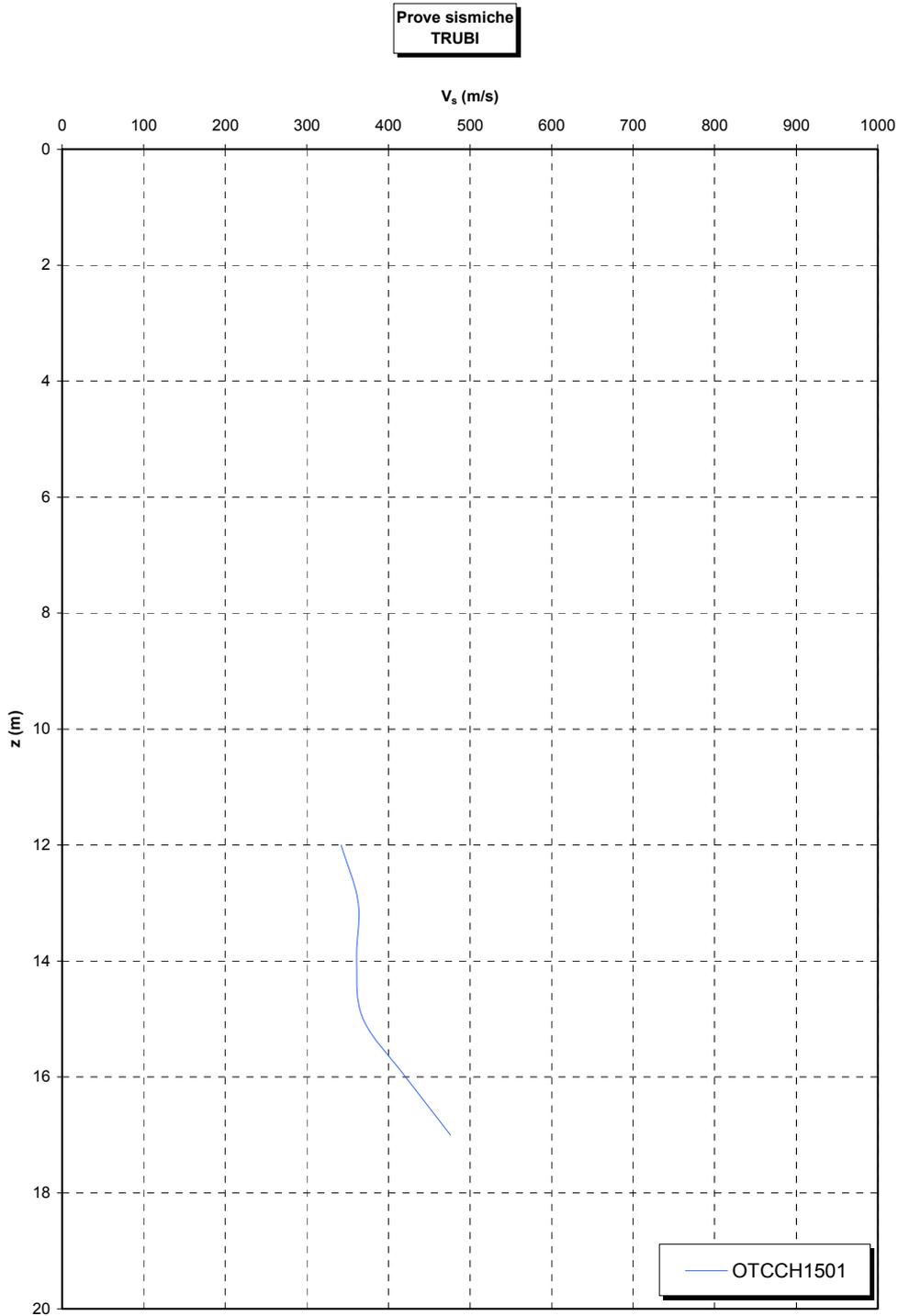


Figura 378

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

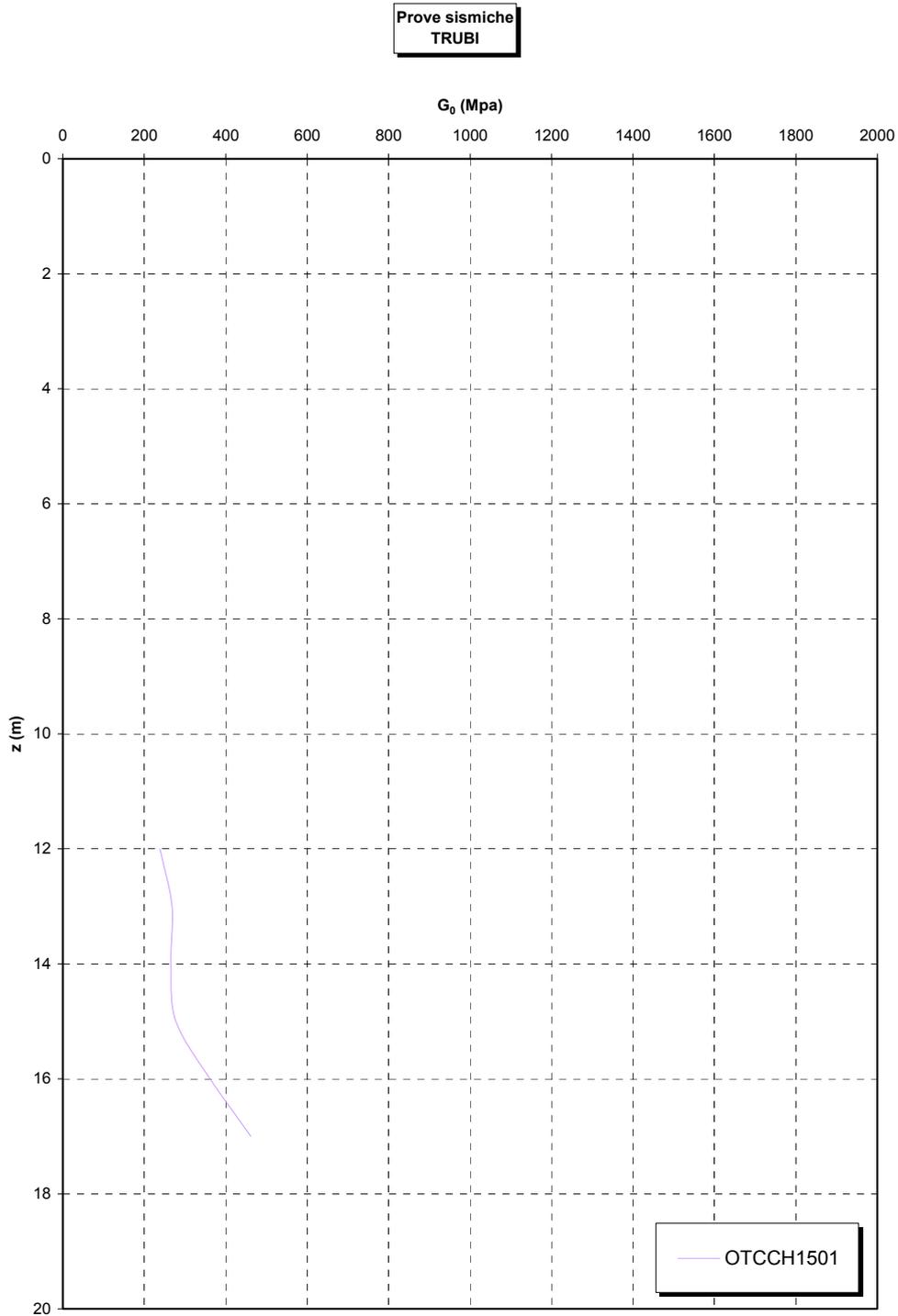


Figura 379- G_0 da V_s misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

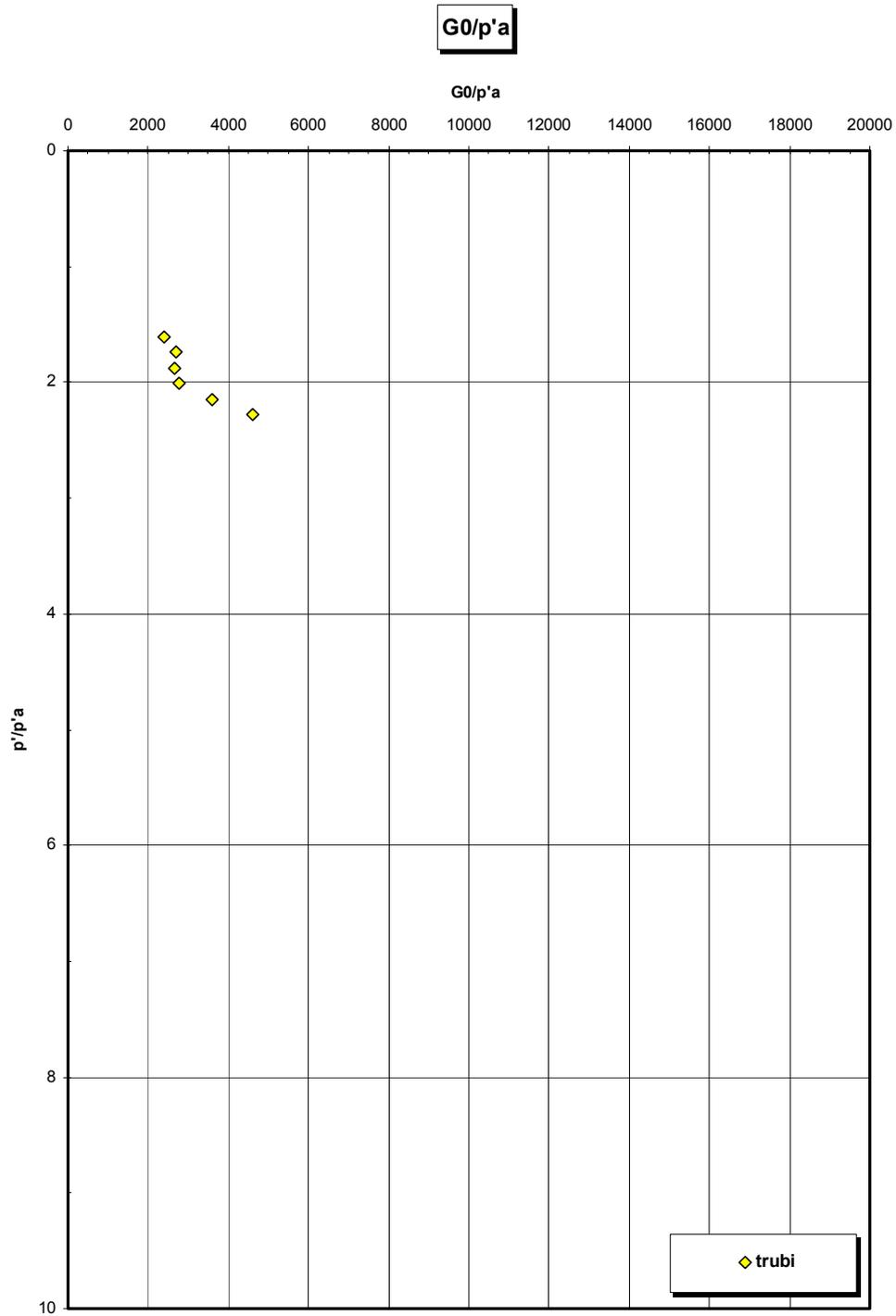


Figura 380

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

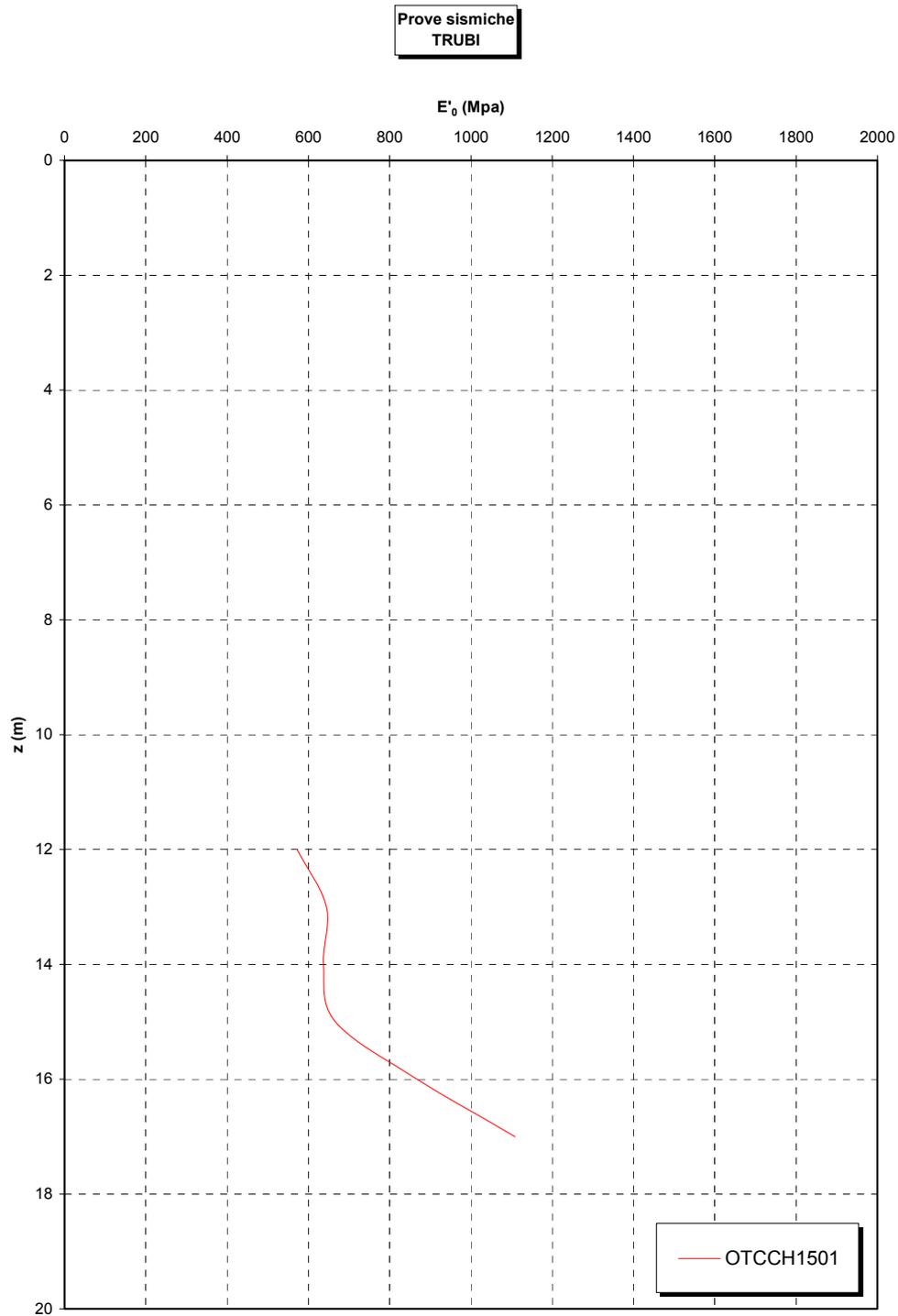


Figura 381

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

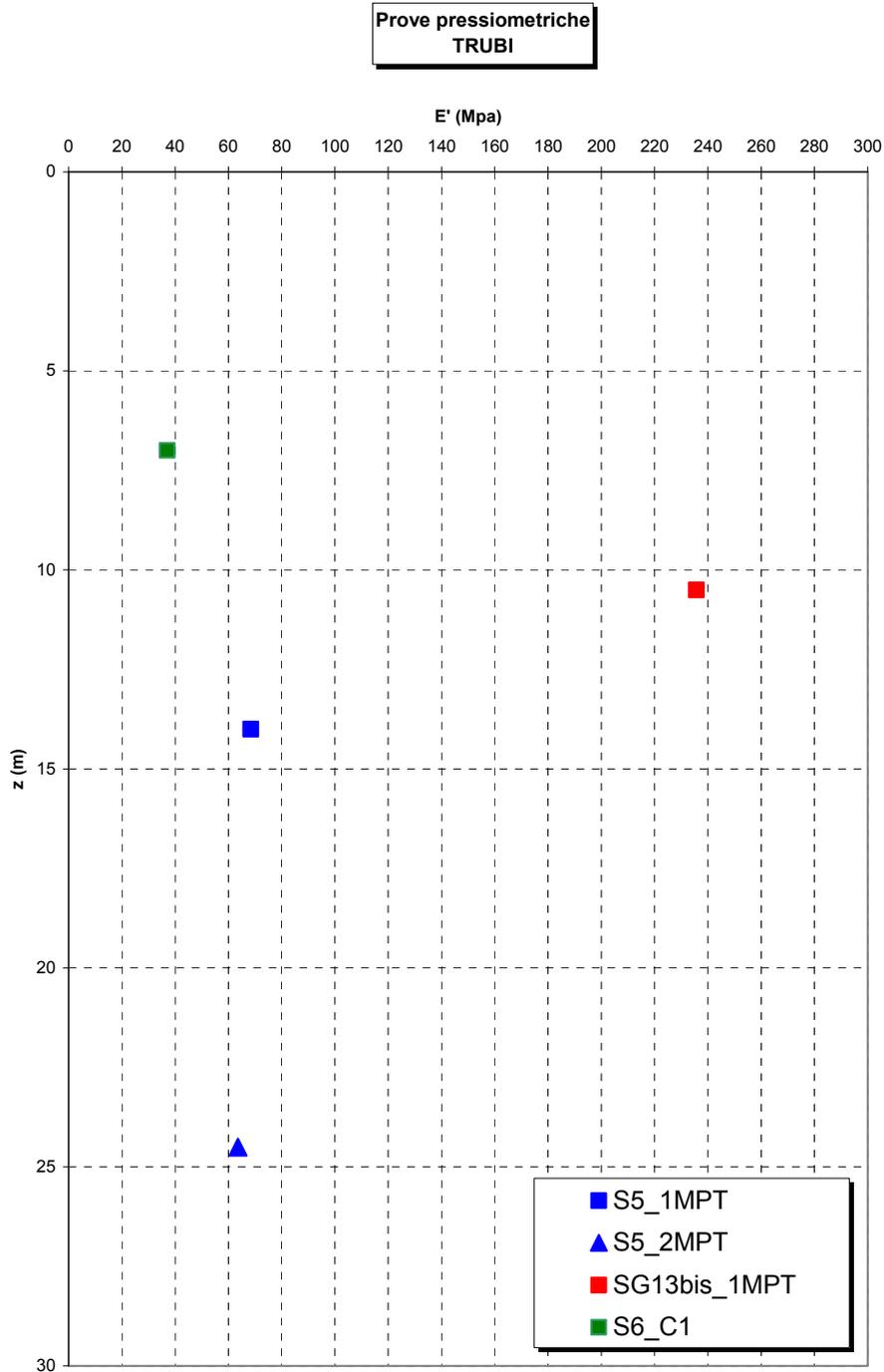


Figura 382

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di permeabilità verticale da edometrica

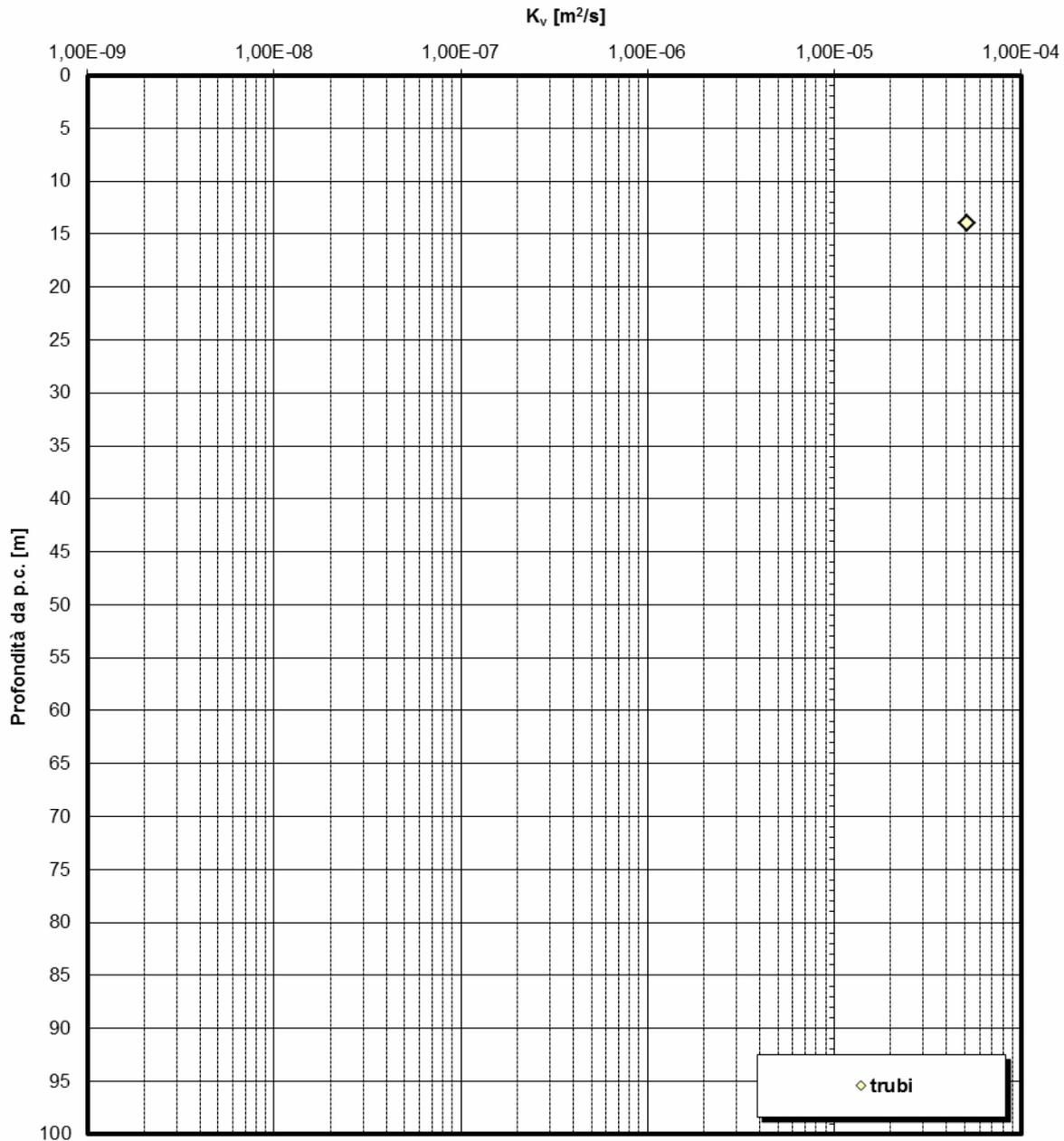


Figura 383

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di permeabilità da Le Franc

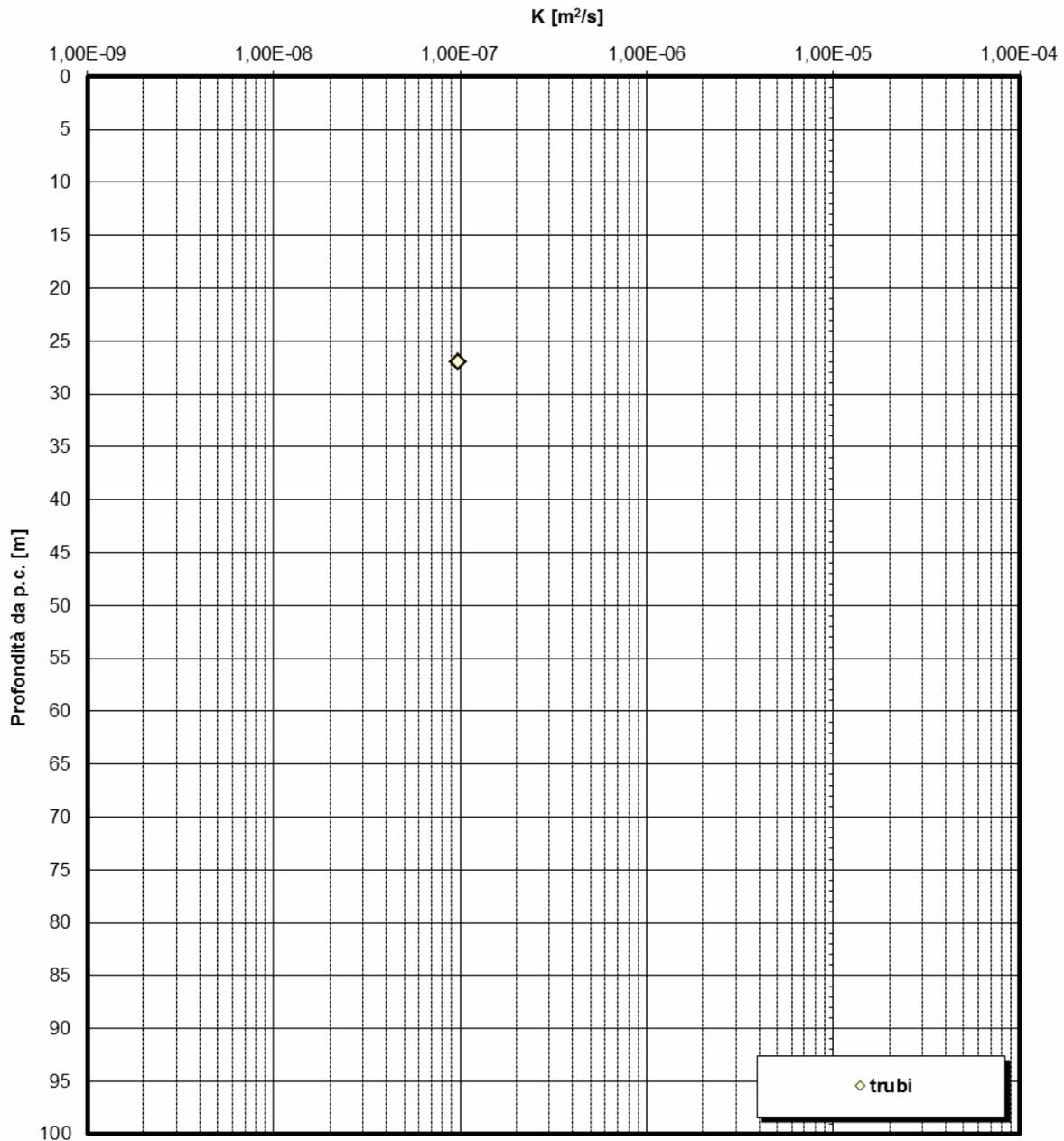


Figura 384

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 40 Riepilogo caratteristiche fisiche Trubi

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z(m)	wn (%)	lp (%)	wL (%)	wP (%)	γ (kN/m ³)	γ _d (kN/m ³)	γ _s (kN/m ³)
FCBH6	1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia/costa	36.6	72.6	72.6	152.4	79.8	14.1	8.4	
S4	C1	Galleria Rampa A / ferrovia	15	10.0	10.0	41.0	31.0	18.1	14.7	
S6	C1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D	7.05	20.0	20.0	53.0	33.0	18.4	15.0	
S6	C2	Galleria Rampa A / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D	18.2	23.0	23.0	55.0	32.0	18.2	14.9	27.0
S6	C3	Galleria Rampa A / Galleria Rampa C / Galleria Rampa D	22.2	20.0	20.0	48.0	28.0	18.5	15.34	26.6
C411	CR3	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	23.7	19.0	19.0	39.0	20.0			26.6
C420bis	SPT8	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	13.7	6.0	6.0	24.0	18.0			26.4
C420bis	SPT9	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	18.0	17.0	17.0	37.0	20.0			26.7
C420bis	SPT10	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	21.0	10.0	10.0	25.0	15.0			26.8
C420bis	CI 1	Galleria Rampa A / Galleria Rampa D / ferrovia	17.5	22.0	22.0	43.0	21.0			26.1
C421	CR2	Galleria Rampa A	19.50	4.0	4.0	26.0	22.0			

Tabella 41 *Granulometria Trubi*

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
FCBH6	1	37	100	100	92	42	0	0	8	50	42	0
S4	C1	15.00	100	100	98.2	65.2	35.0	0	2	33	30	35
S6	C1	7.05	100	100	100	78.5	37.5	0	0	21	41	37
S6	C2	18.20	100	100	100	75.1	28.9	0	0	25	46	29
S6	C3	22.20	100	100	100	59.1	26.2	0	0	41	33	26
C411	CR3	23.70	100	100	100	72.6	29.0	0	0	27	44	29
C420bis	SPT8	13.70	100	100	99	48	21	0	1	51	27	21
C420bis	SPT9	18	100	100	100	86	43	0	0	14	43	43
C420bis	SPT10	21	100	100	92	48	23	0	8	44	25	23
C420bis	CI 1	17.5	100	100	100	81	42	0	0	19	39	42
C421	CR2	19.5	100	100	75	24	4	0	25	51	20	4

Tabella 42 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	LITOLOGIA	z [m]	Nspt
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Trubi	45.5	77
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Trubi	48.4	87
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Trubi	3.0	38
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Trubi	4.5	35
OTCSPT504	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Trubi	6.0	96
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Trubi	15.0	38
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Trubi	16.7	66

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

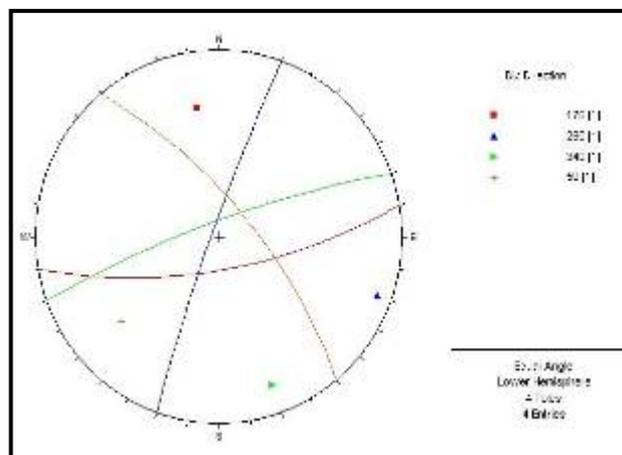


Tabella 43 Riepilogo risultati prove pressiometriche

FORO	PROVINO	Opera	z (m)	Ep(MPa)	E'(MPa)
S5	1MPT	Galleria Rampa D / Galleria Rampa A / ferrovia	14	34.22	68.45
S5	2MPT	Galleria Rampa D / Galleria Rampa A / ferrovia	24.5	31.79	63.58
SG13bis	1MPT	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	10.5	117.88	235.77
S6	C1	Galleria Rampa D / Galleria Rampa C / Galleria Rampa A	7	18.51	37.02

Tabella 44 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	LITOLOGIA	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]	G ₀ [MPa]
OTCCH1501	Trubi	12	342	572.30	238.46
OTCCH1501	Trubi	13	363	644.74	268.64
OTCCH1501	Trubi	14	361	637.66	265.69
OTCCH1501	Trubi	15	369	666.23	277.60
OTCCH1501	Trubi	16	421	867.23	361.35
OTCCH1501	Trubi	17	476	1108.63	461.93

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.7 DEPOSITI ALLUVIONALI

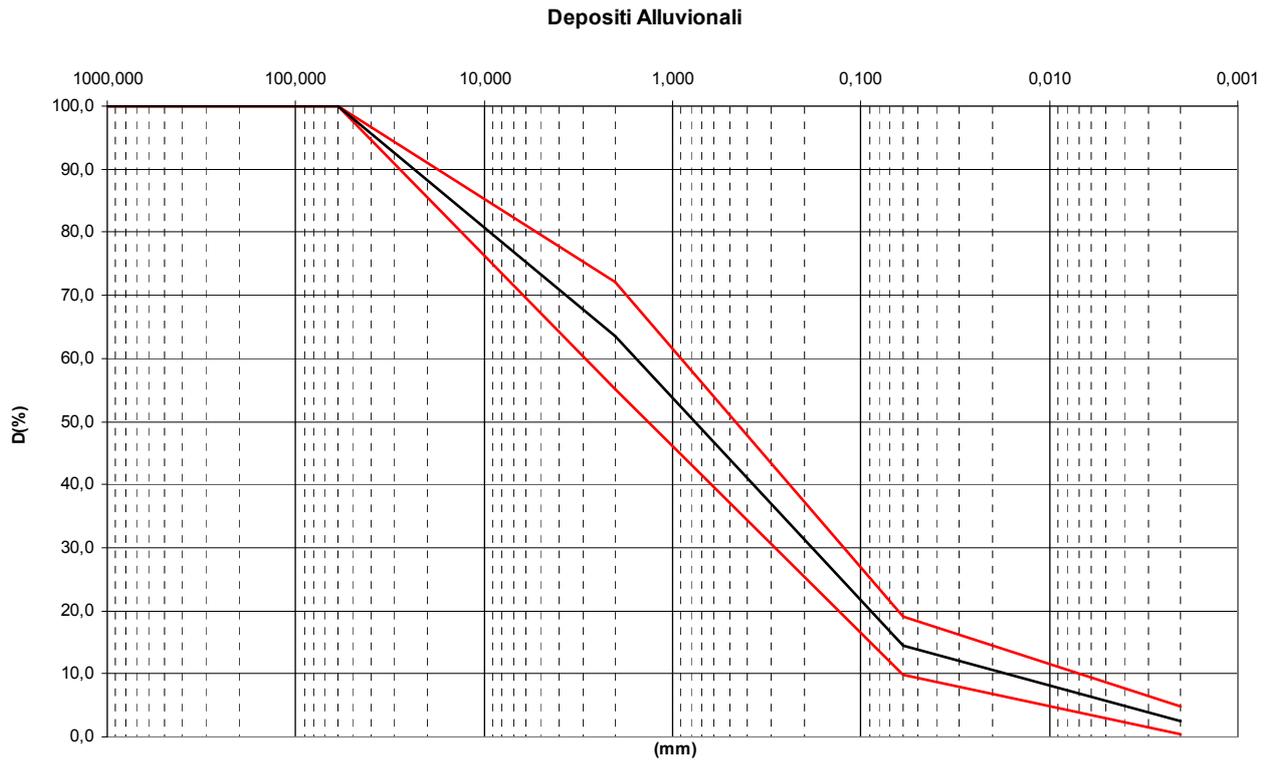


Figura 385

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nspt

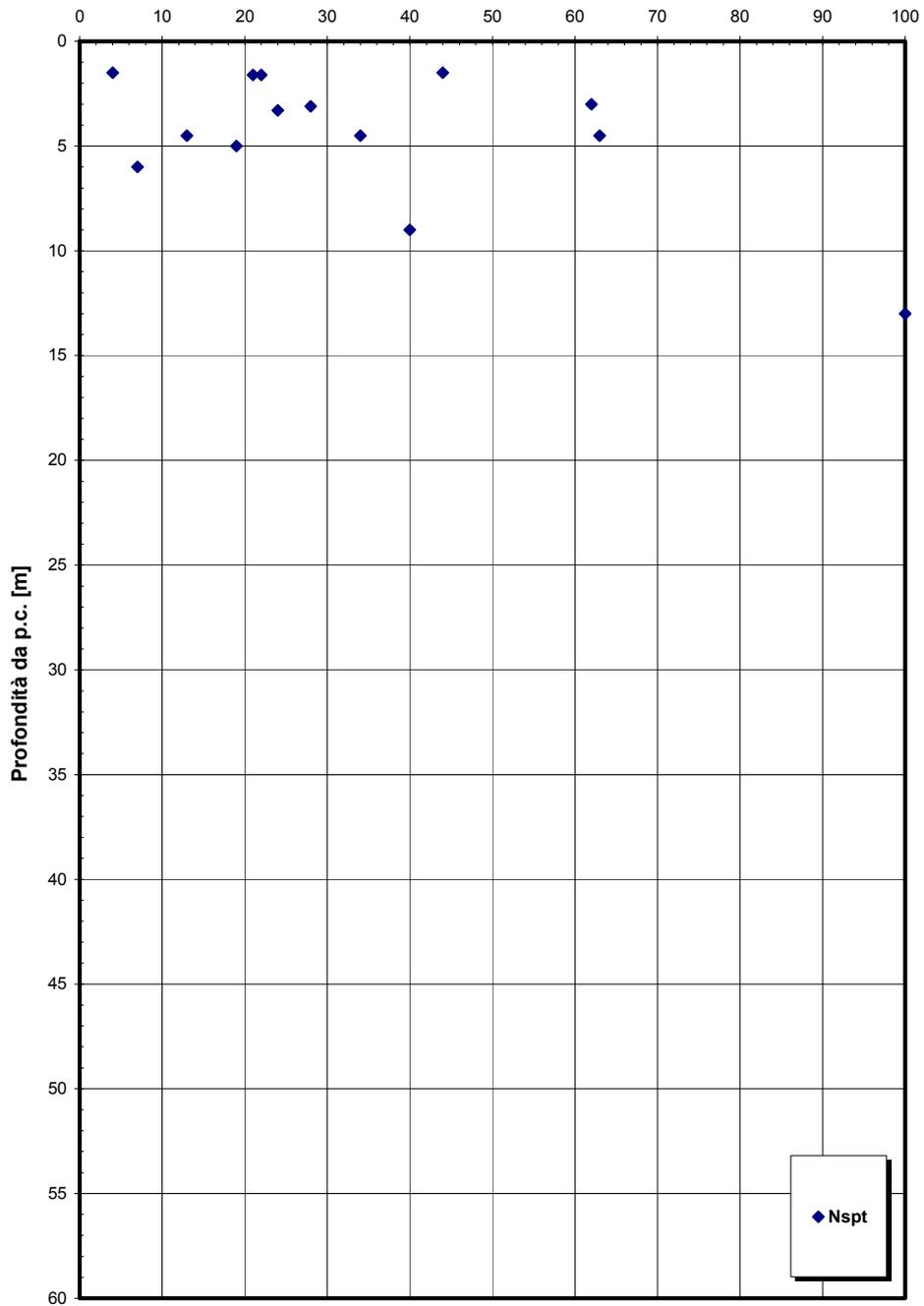


Figura 386

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

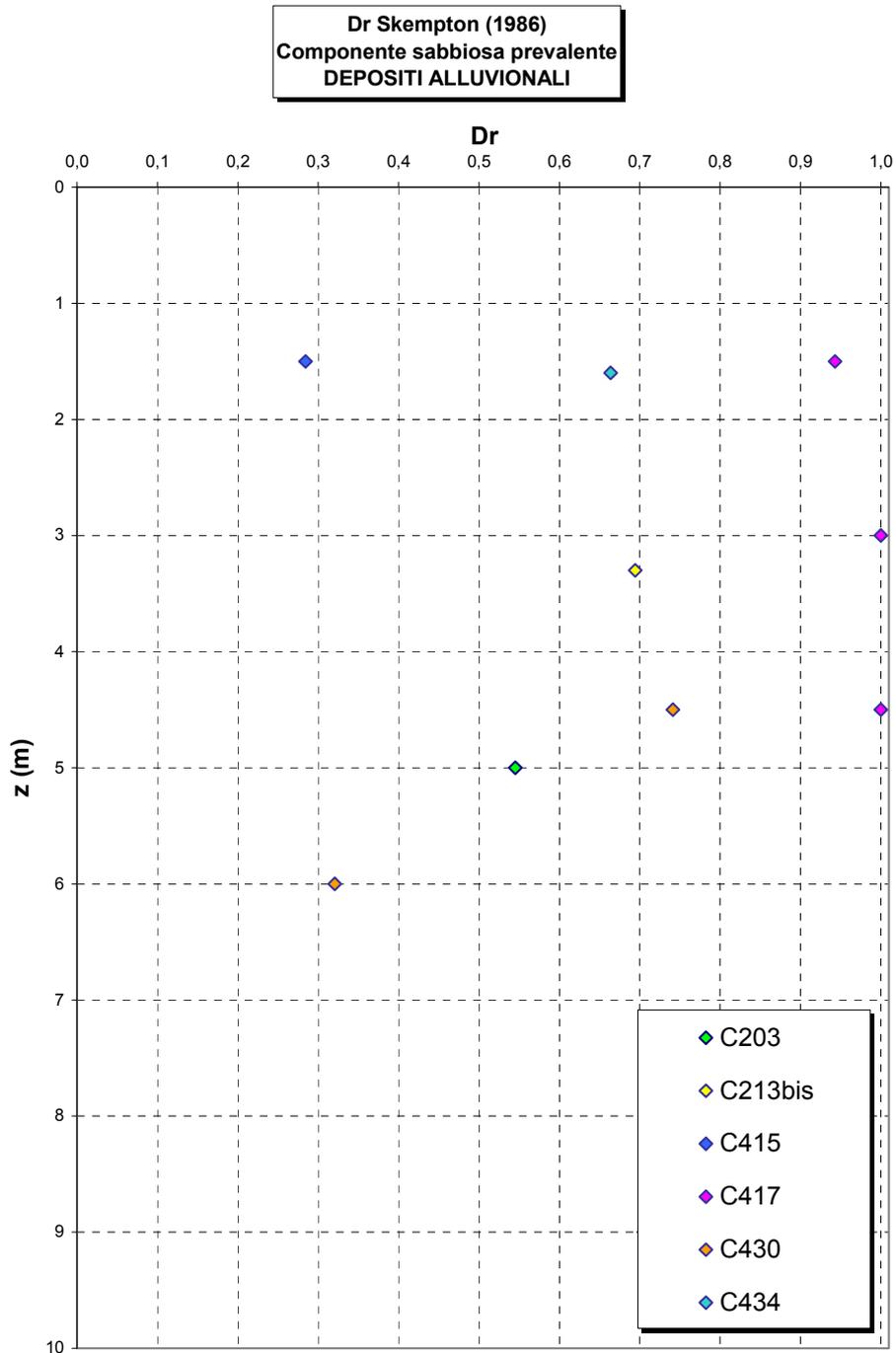


Figura 388

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

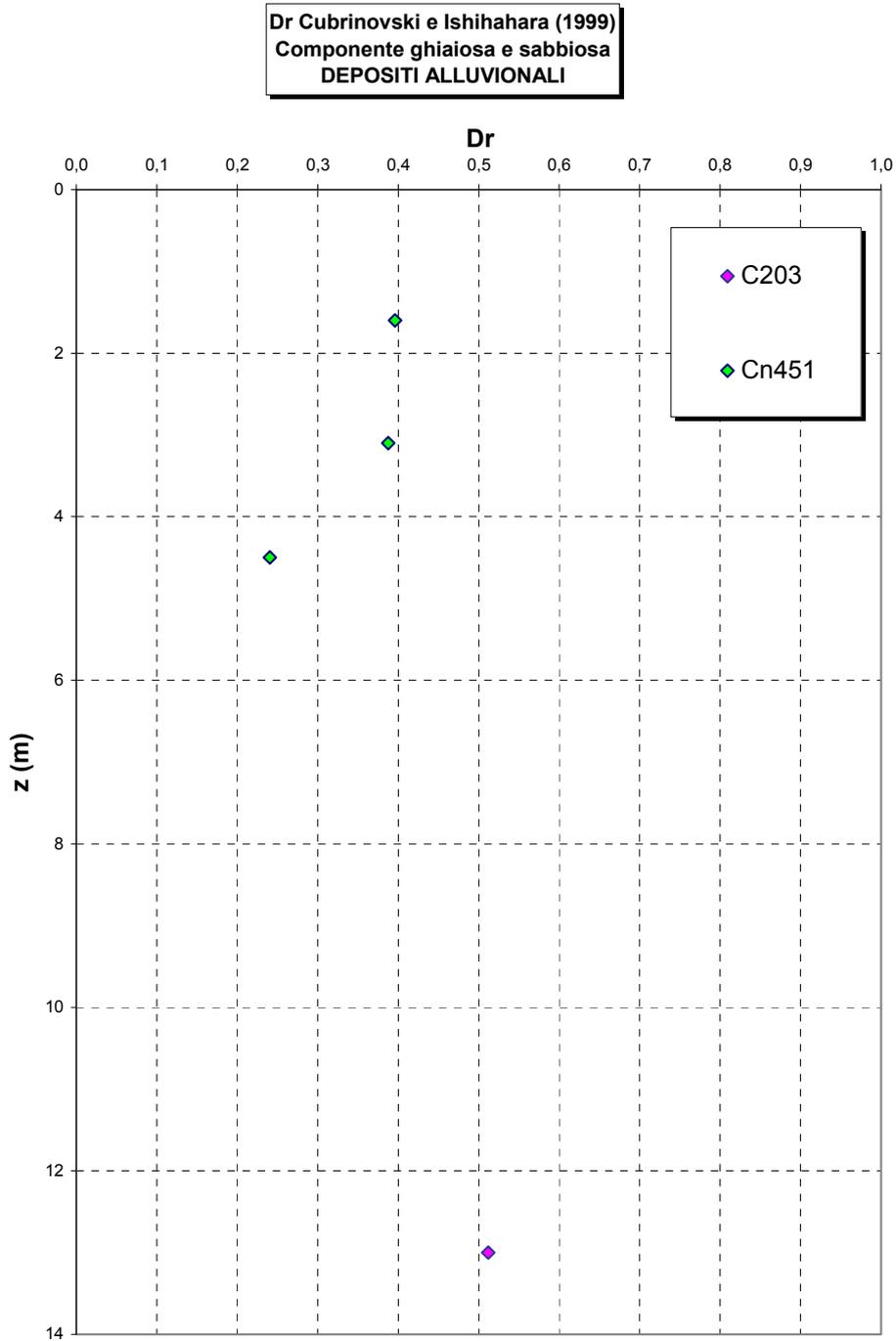


Figura 389

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo

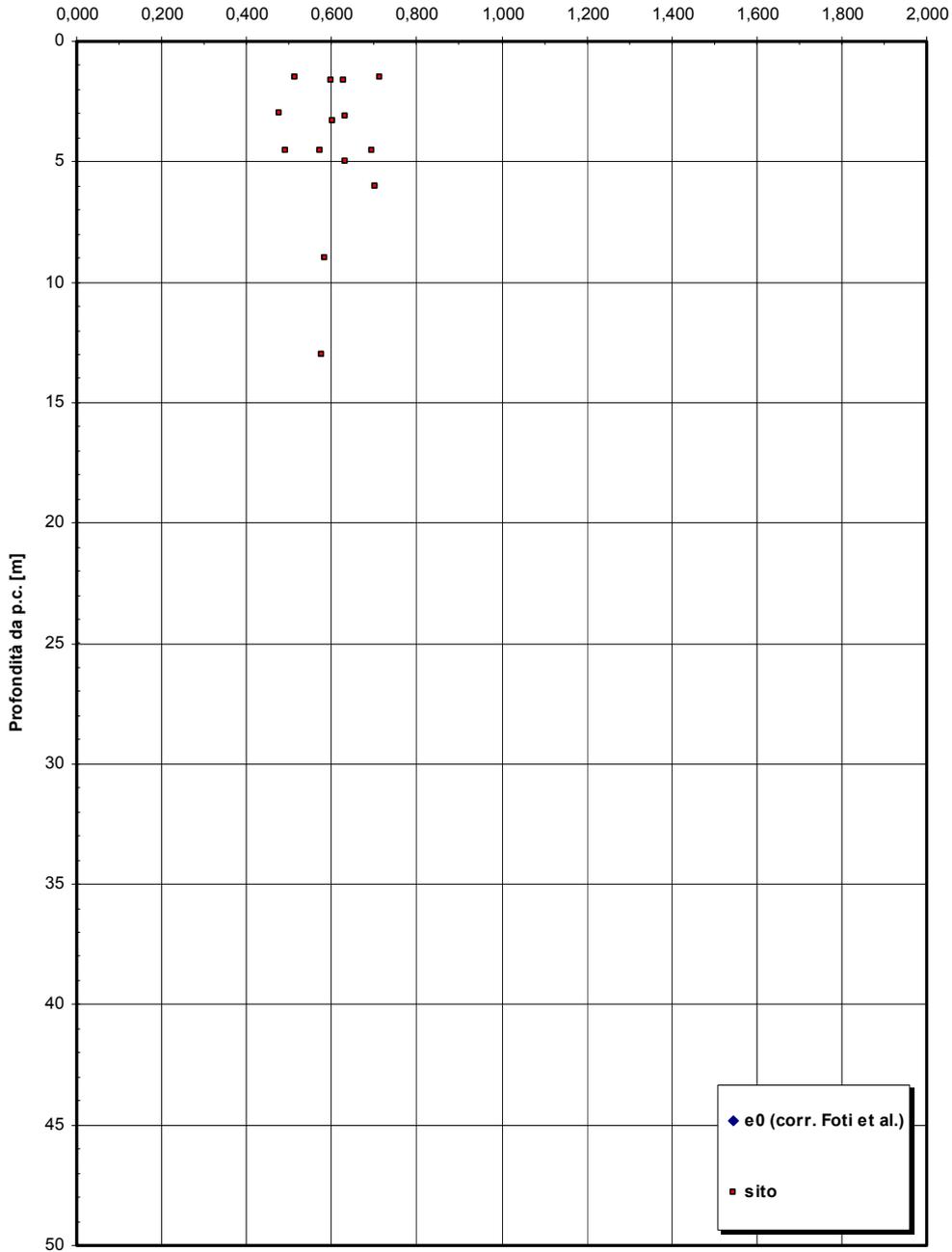


Figura 390

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

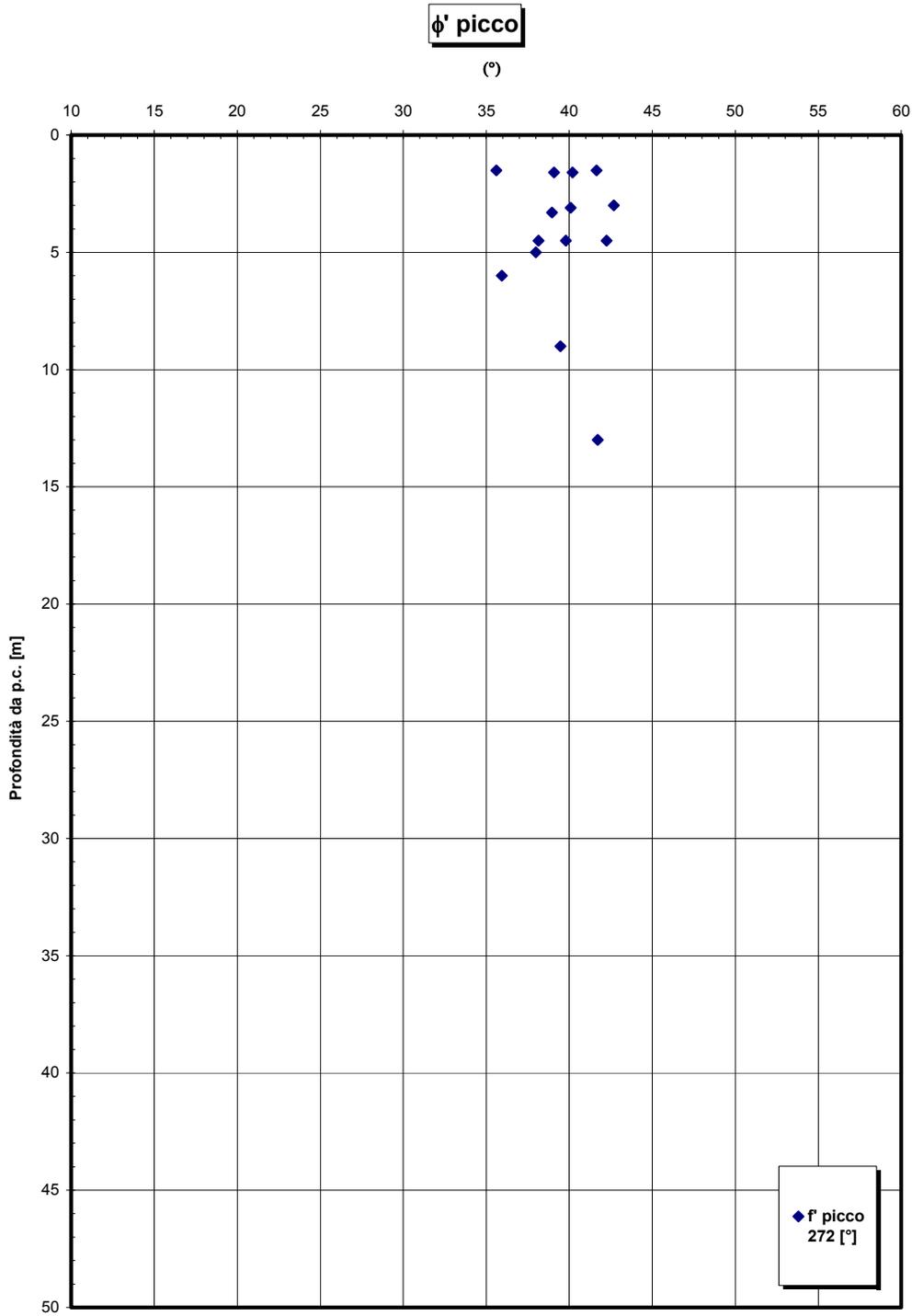


Figura 391

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

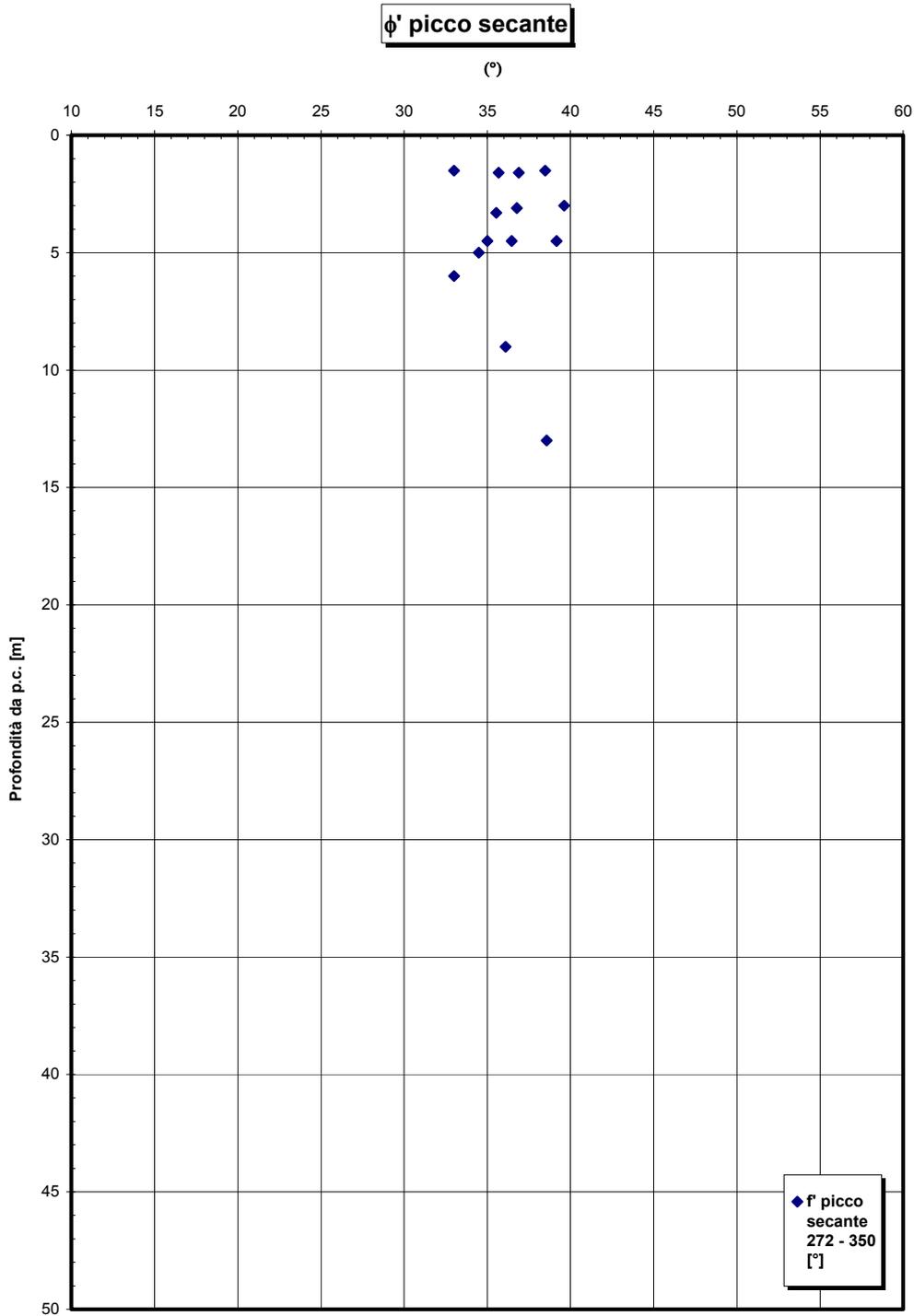


Figura 392

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

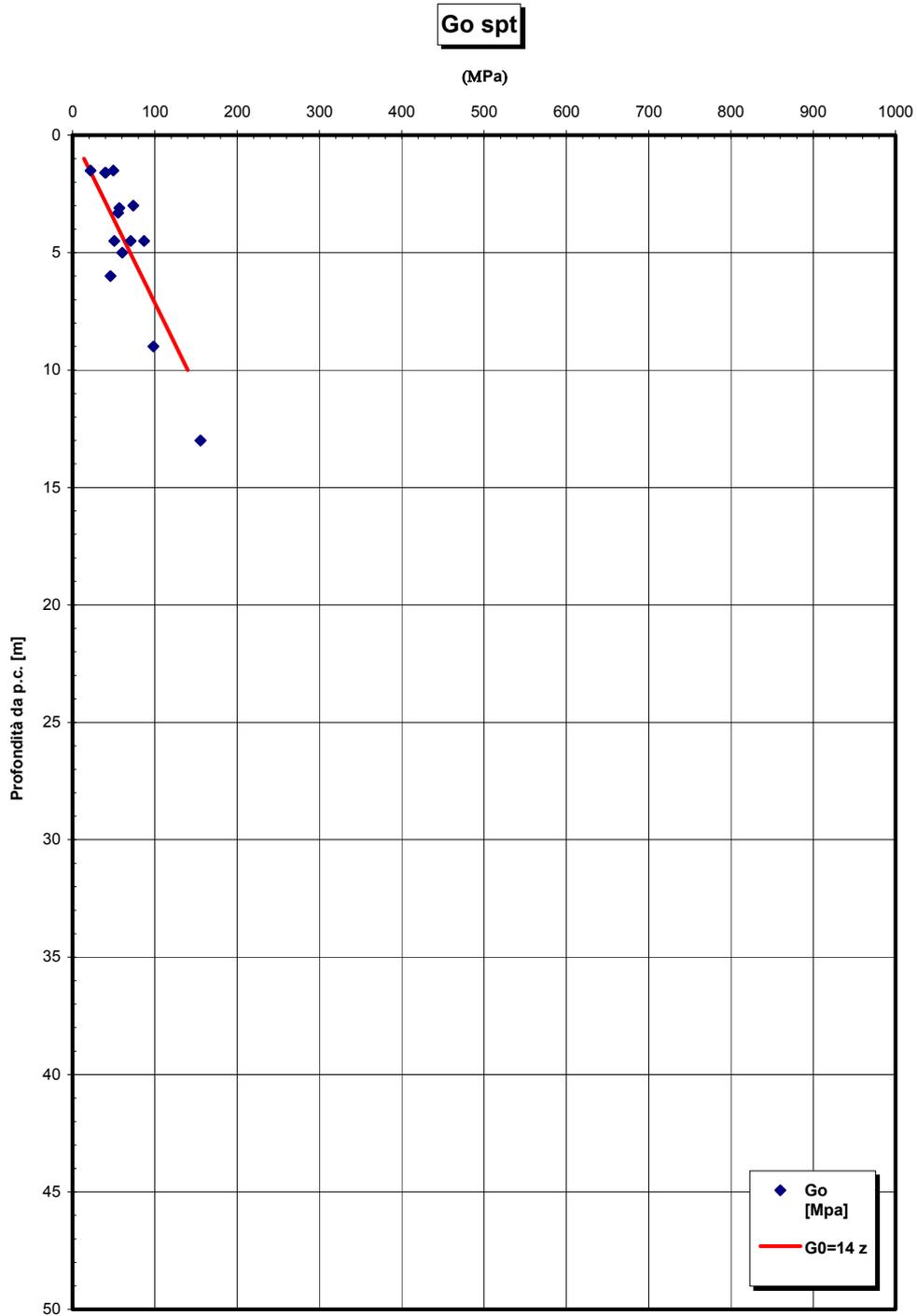


Figura 393

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

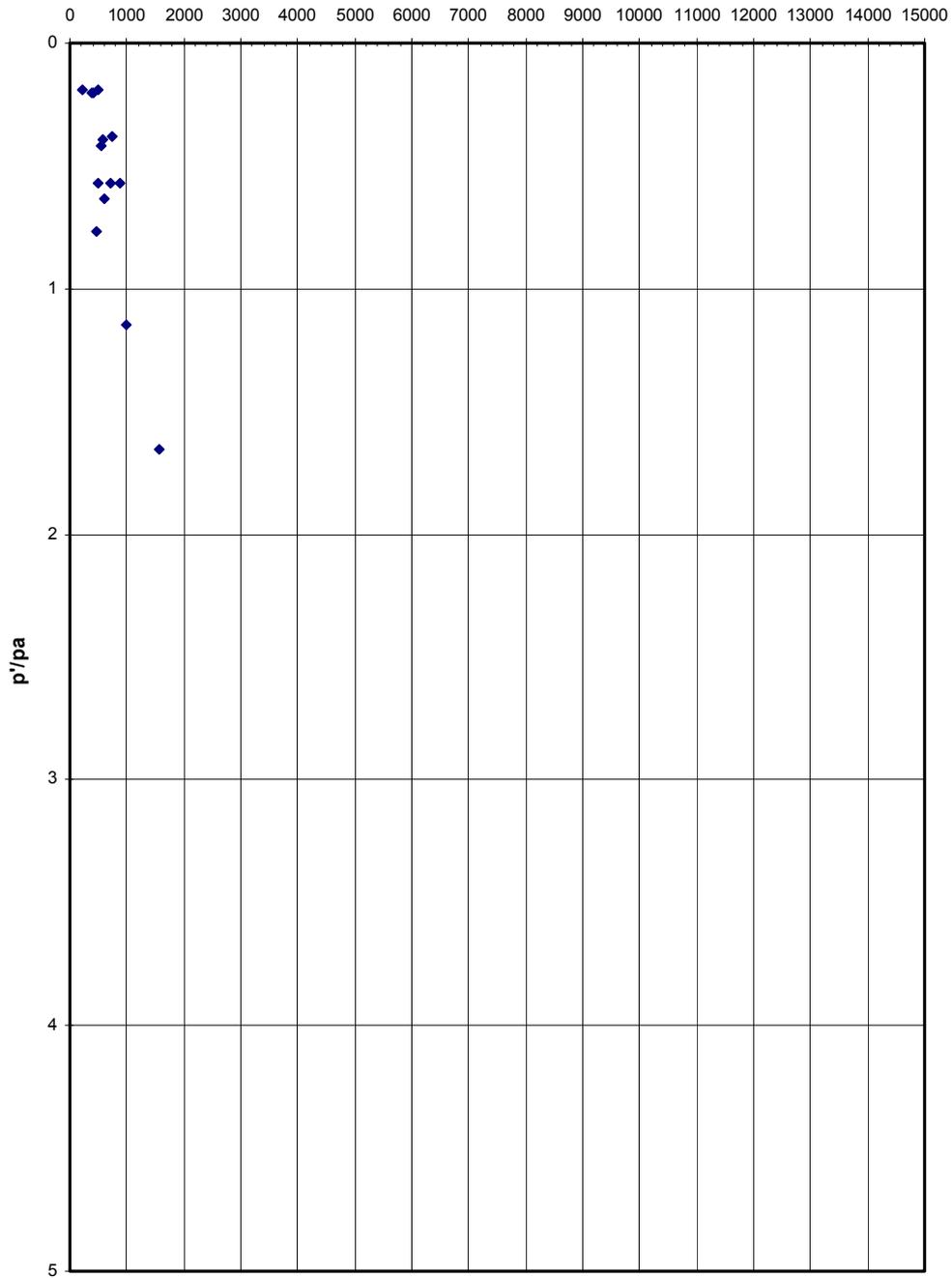


Figura 394

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

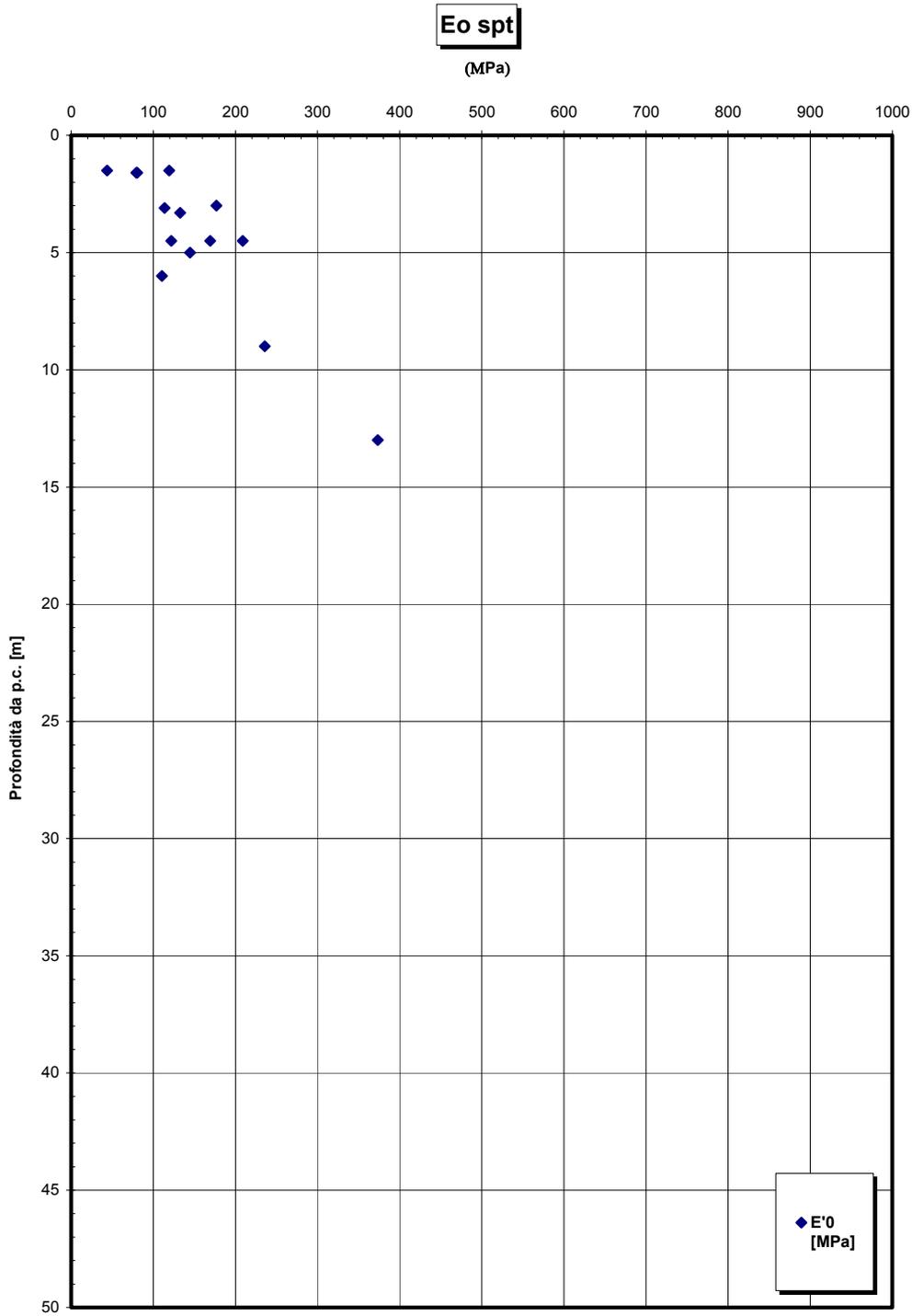


Figura 395

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

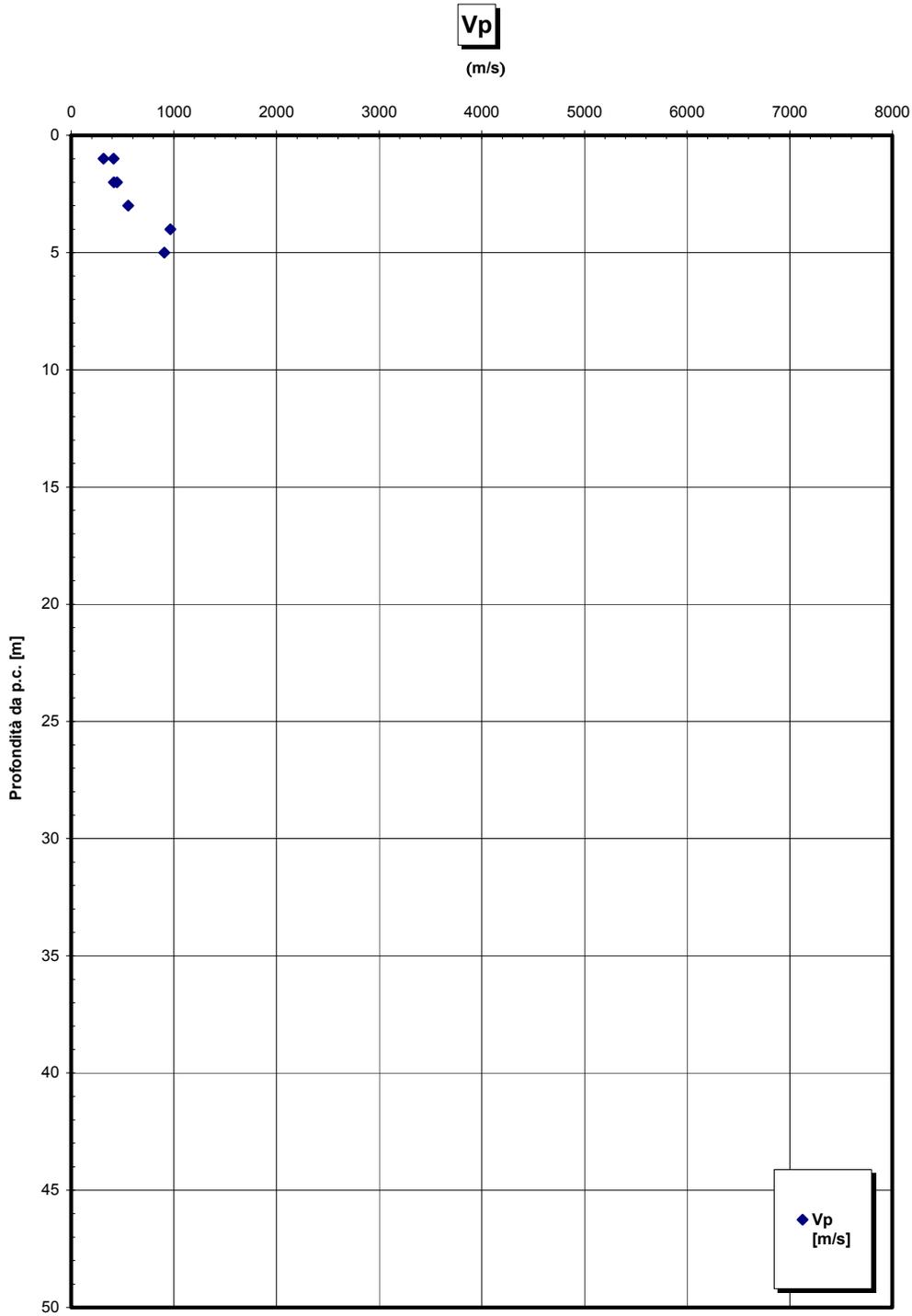


Figura 396

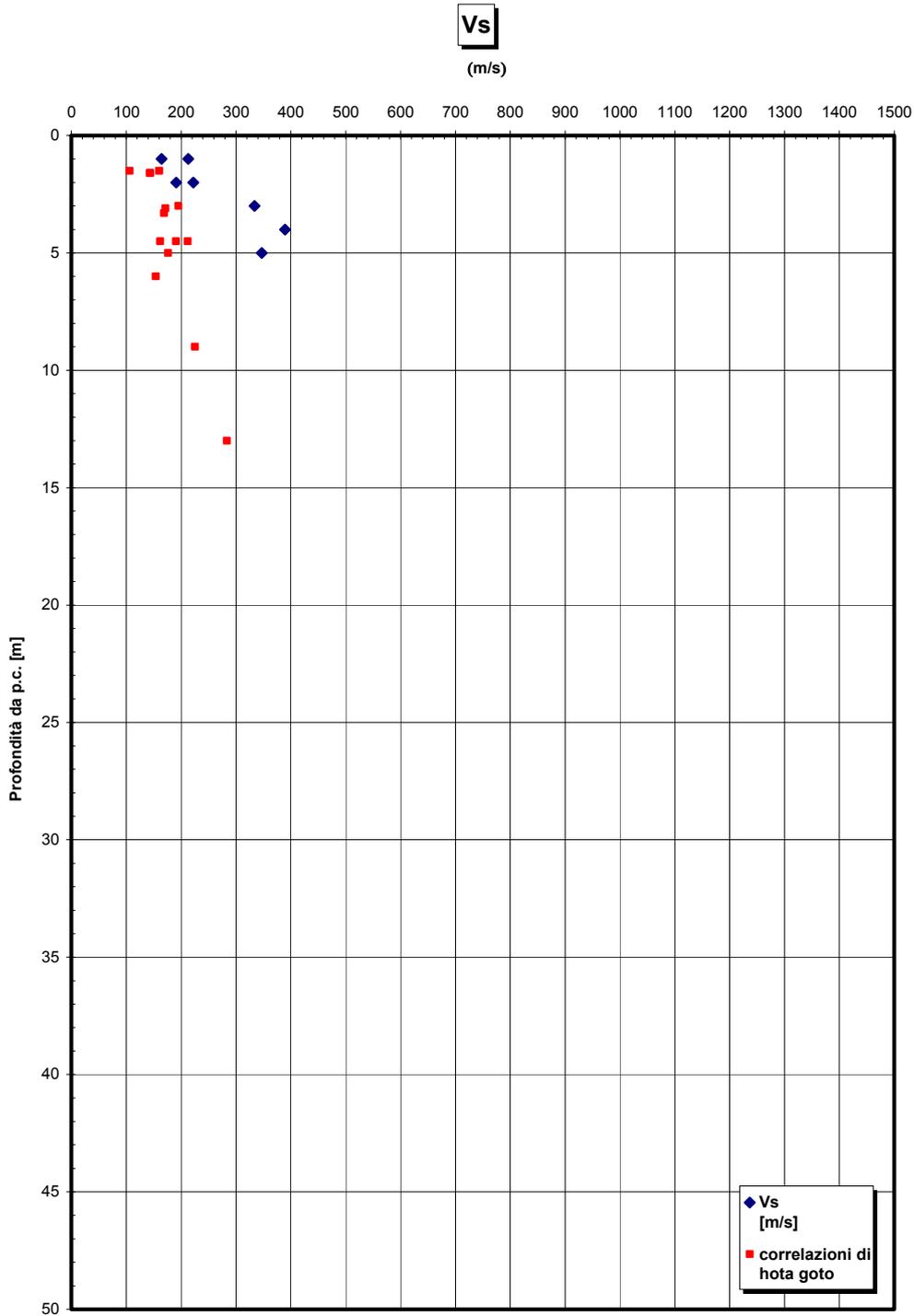


Figura 397

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

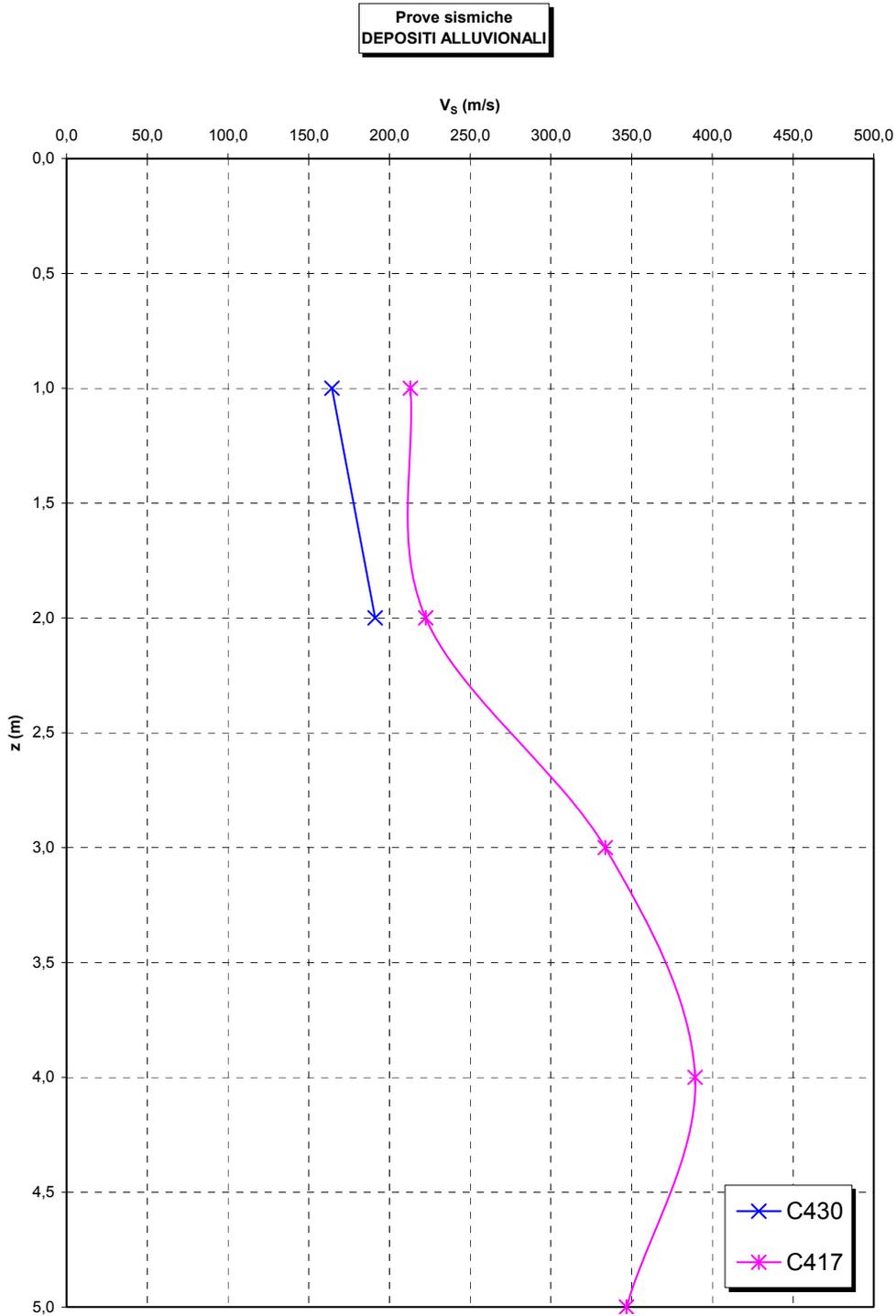


Figura 398

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

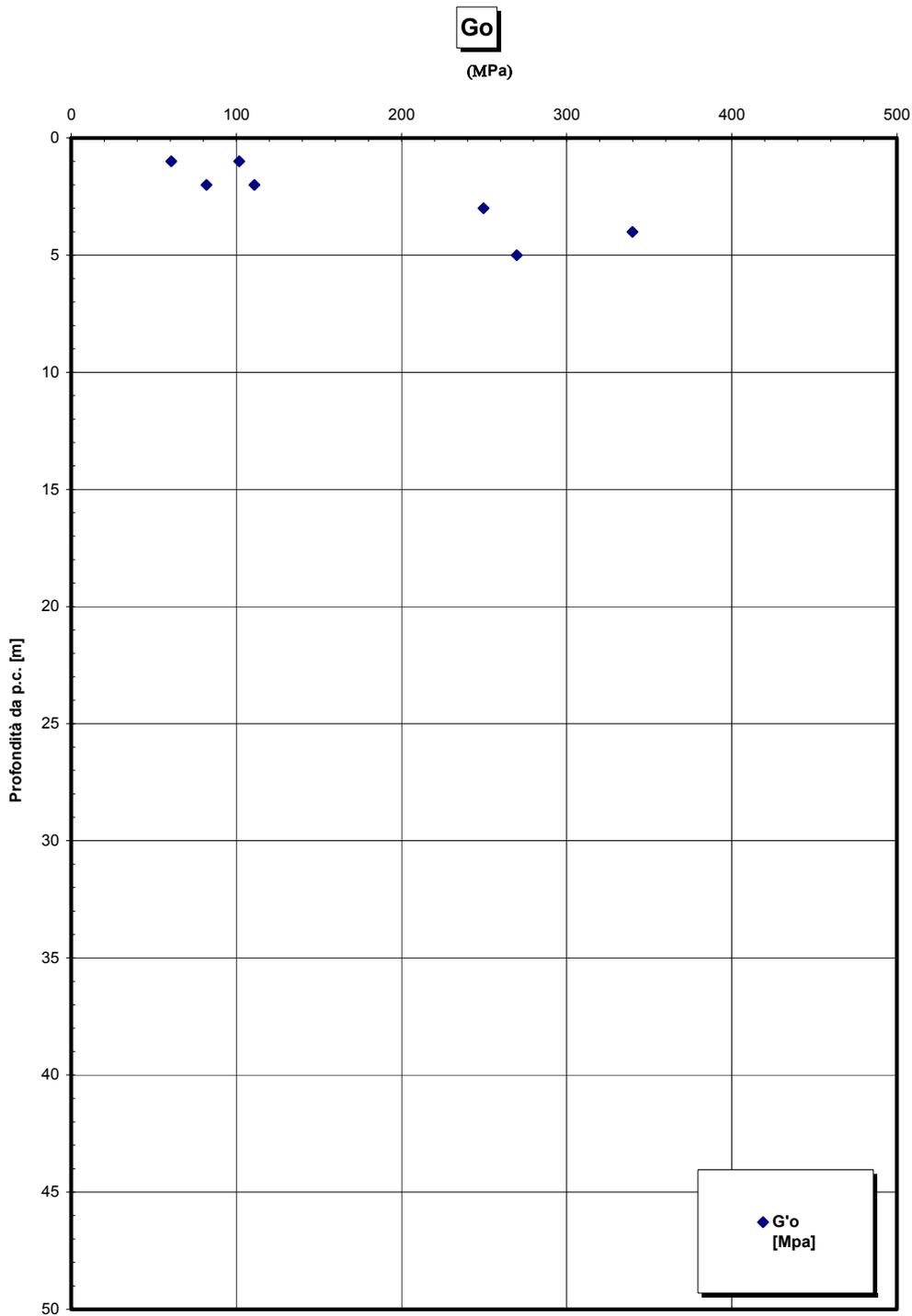


Figura 399 - G₀ da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

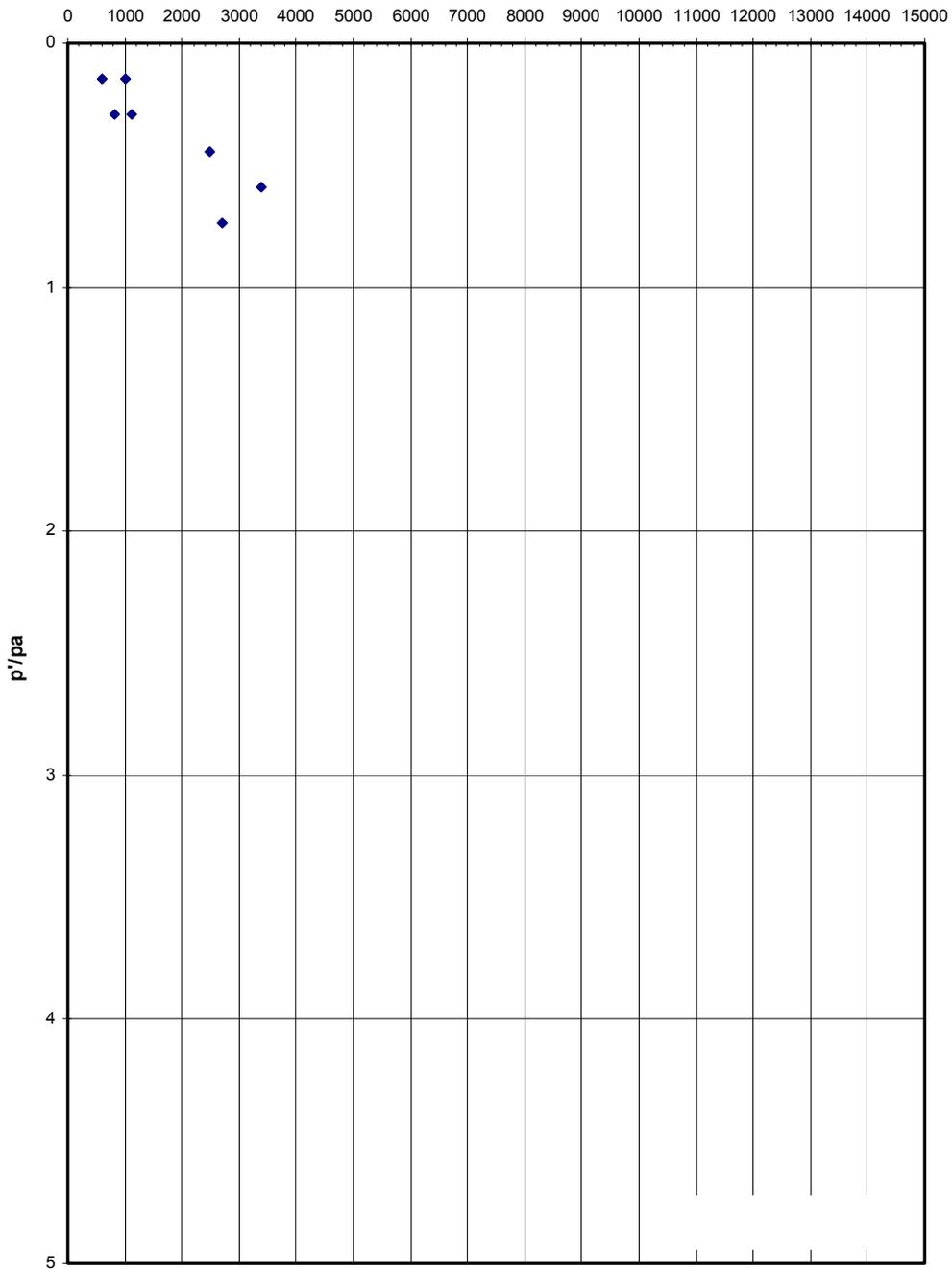


Figura 400

**Prove sismiche
DEPOSITI ALLUVIONALI**

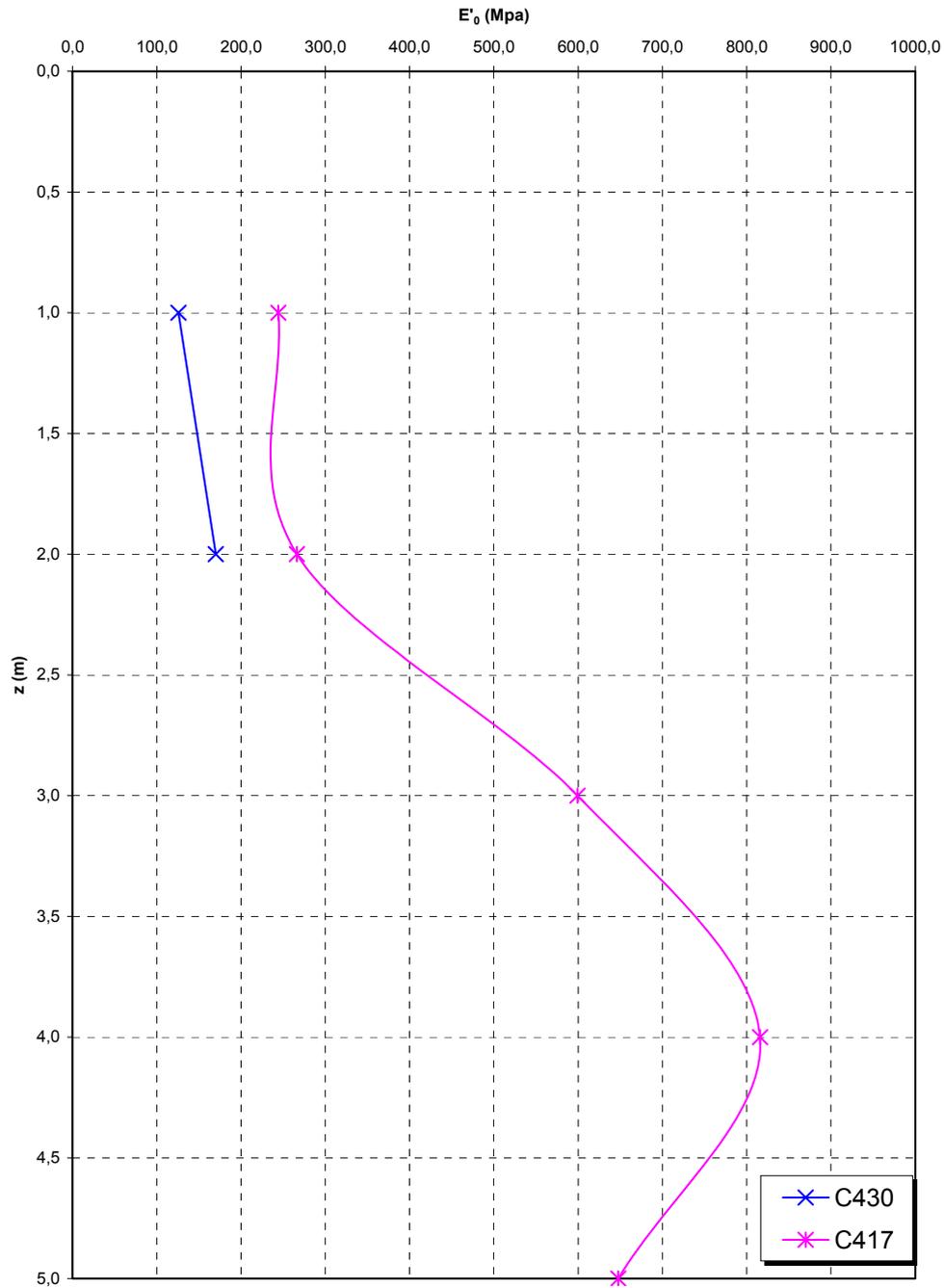


Figura 401

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 45 Riepilogo caratteristiche fisiche depositi alluvionali

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
Cn451	SPT1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	1.6			26.4
Cn451	SPT2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	3.1			26.5
Cn451	SPT3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	4.5			26.6
C434	SPT1	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc/ Rampa F	1.6			26.63
C429	SPT1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	1.5			26.8
C429	SPT2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	3			26.53
C430	SPT1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	1.5			26.83
C430	SPT2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	3			26.80
C430	SPT3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	4.5			26.65
C433	SPT1	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	1.5			26.76
C433	SPT2	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	3			26.82
C435	SPT2	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc/ Ramo C_dec	3.1			26.46
C427	SPT1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U	1.5			26.09
C427	SPT2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U	3			26.76

Tabella 46 Granulometria depositi alluvionali

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
Cn451	SPT1	1.6	0	60	32	8	0	100	100	40	8	0
Cn451	SPT2	3.1	0	53	39	8	0	100	100	47	8	0
Cn451	SPT3	4.5	0	50	44	6	0	100	100	50	6	0
C430	SPT1	1.5	0	43	39	16	2	100	100	57	18	2
C430	SPT2	3	0	64	29	7	0	100	100	36	7	0
C430	SPT3	4.5	0	52	35	11	2	100	100	48	13	2
C433	SPT1	1.5	0	28	63	9	0	100	100	72	9	0
C433	SPT2	3	0	24	67	9	0	100	100	76	9	0
C435	SPT1	1.6	0	26	55	17	2	100	100	74	19	2
C435	SPT2	3.1	0	23	55	18	4	100	100	77	22	4
C435	SPT3	4.5	0	48	30	22	0	100	100	52	22	0
C435	SPT4	6.2	0	61	28	11	0	100	100	39	11	0
C427	SPT1	1.5	0	1	77	19	3	100	100	99	22	3
C427	SPT2	3	0	3	49	37	11	100	100	97	48	11
C417	SPT1	1.5	0	32	59	9	0	100	100	68	9	0
C417	SPT2	3	0	36	56	8	0	100	100	64	8	0
C417	SPT3	4.4	0	42	49	9	0	100	100	58	9	0
C434	SPT1	1.6	0	24	59	13	3	100	100	76	16	3
C429	SPT1	1.5	0	31	57	9	3	100	100	69	12	3
C429	SPT2	3	0	28	59	9	4	100	100	72	13	4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 47 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	z [m]	Nspt
C203	Galleria Rampa A / ferrovia	5.0	19
C203	Galleria Rampa A / ferrovia	13.0	100
C203	Galleria Rampa A / ferrovia	9.0	40
C213bis	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / Rampa B 0-0+300 / ferrovia	3.3	24
C415	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	1.5	4
C417	Rampa D_dec	1.5	44
C417	Rampa D_dec	3.0	62
C417	Rampa D_dec	4.5	63
C430	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	4.5	34
C430	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	6.0	7
C434	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	1.6	22
Cn451	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	4.5	13
Cn451	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	1.6	21
Cn451	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	3.1	28

Tabella 48 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E ₀ [MPa]
C430	1.0	164.4	125.7
C430	2.0	191.2	169.8
C417	1.0	213.0	244.1
C417	2.0	222.4	266.2
C417	3.0	333.7	599.2
C417	4.0	389.3	815.8
C417	5.0	346.9	647.6

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.8 DEPOSITI DI VERSANTE

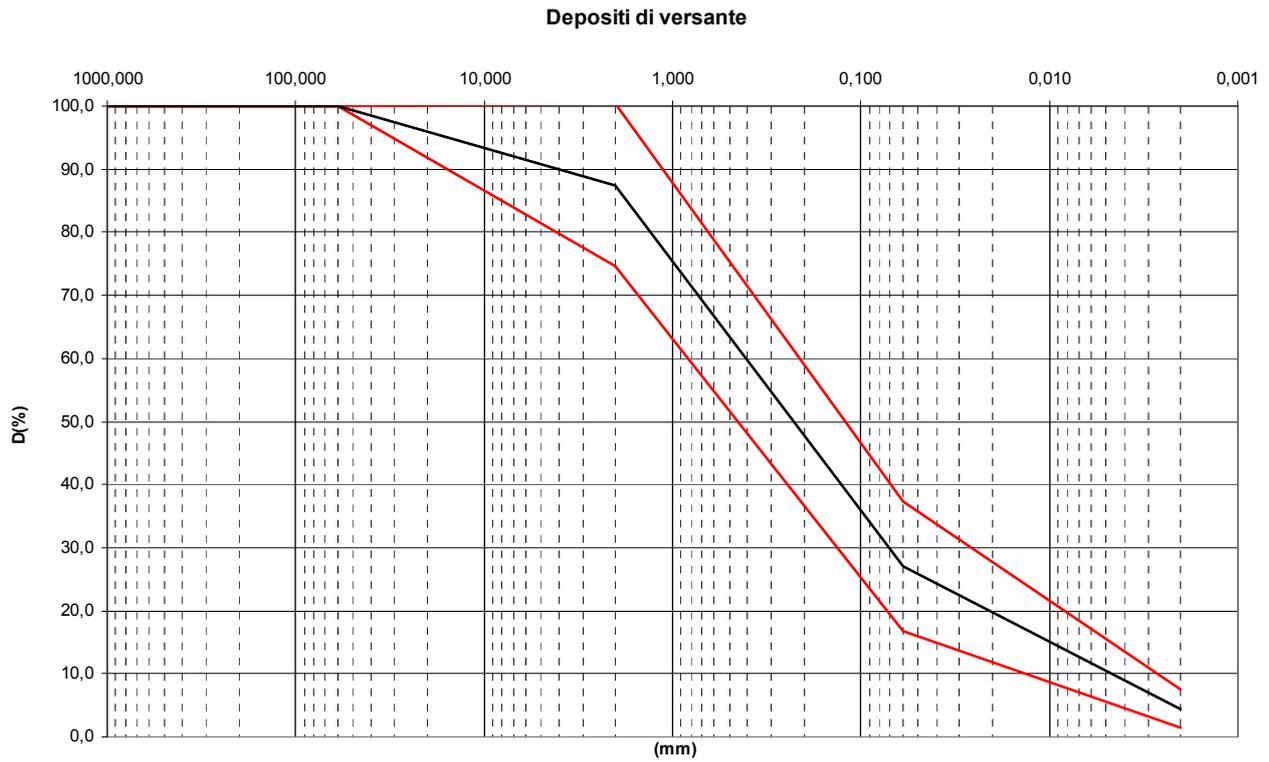


Figura 402

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nspt

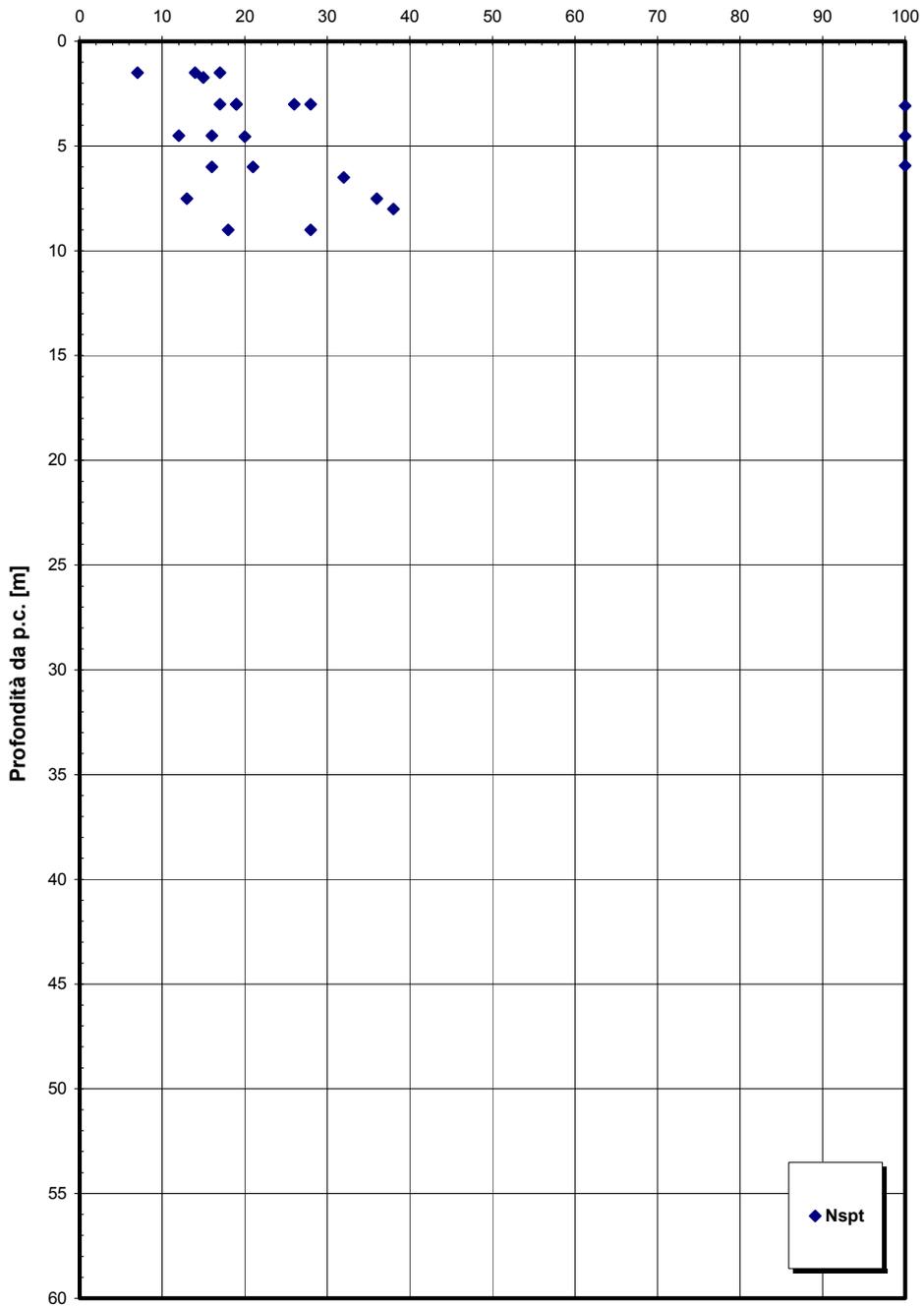


Figura 403

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Depositi di versante - Analisi granulometriche - % sabbia e % ghiaia

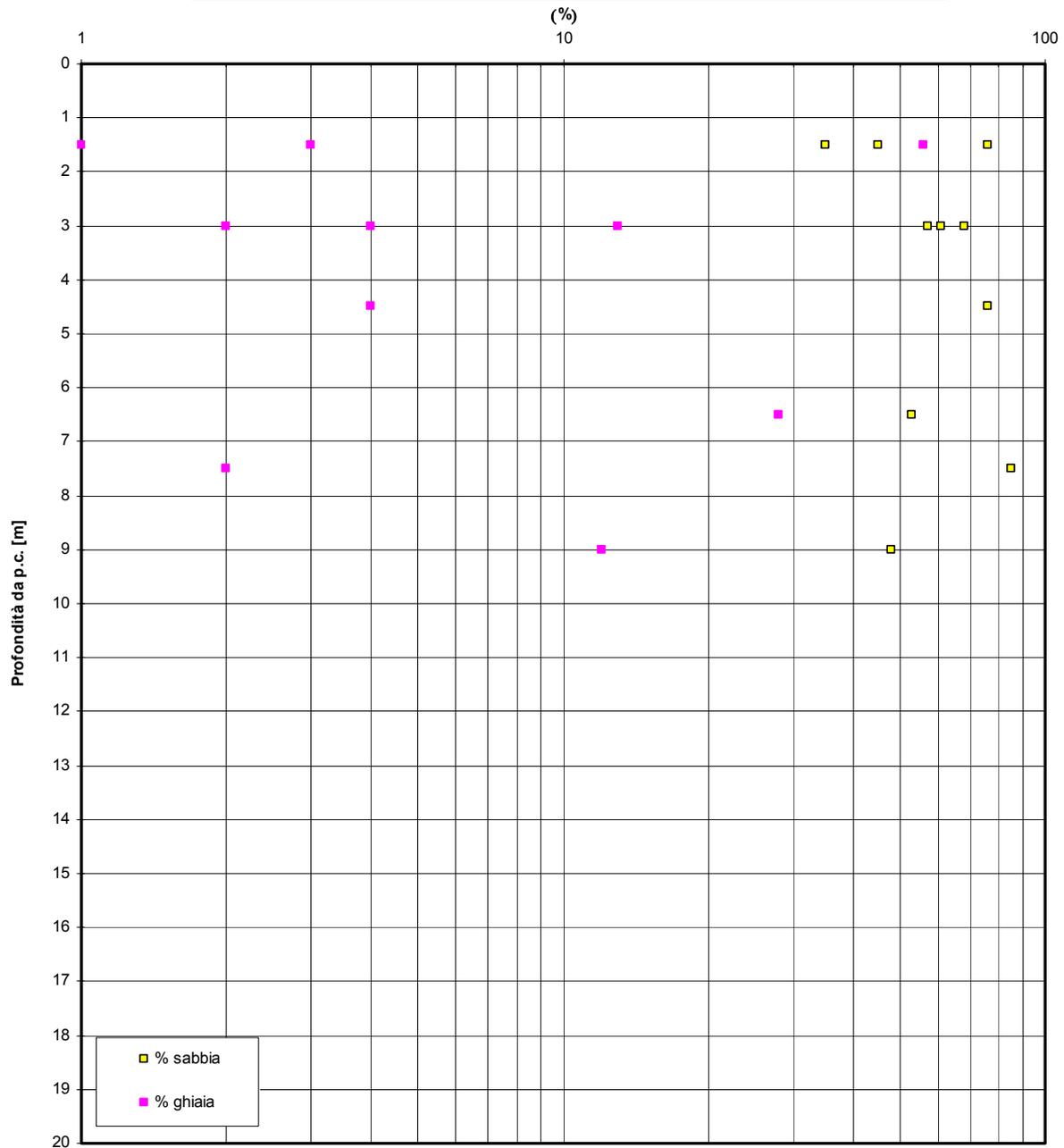


Figura 404

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

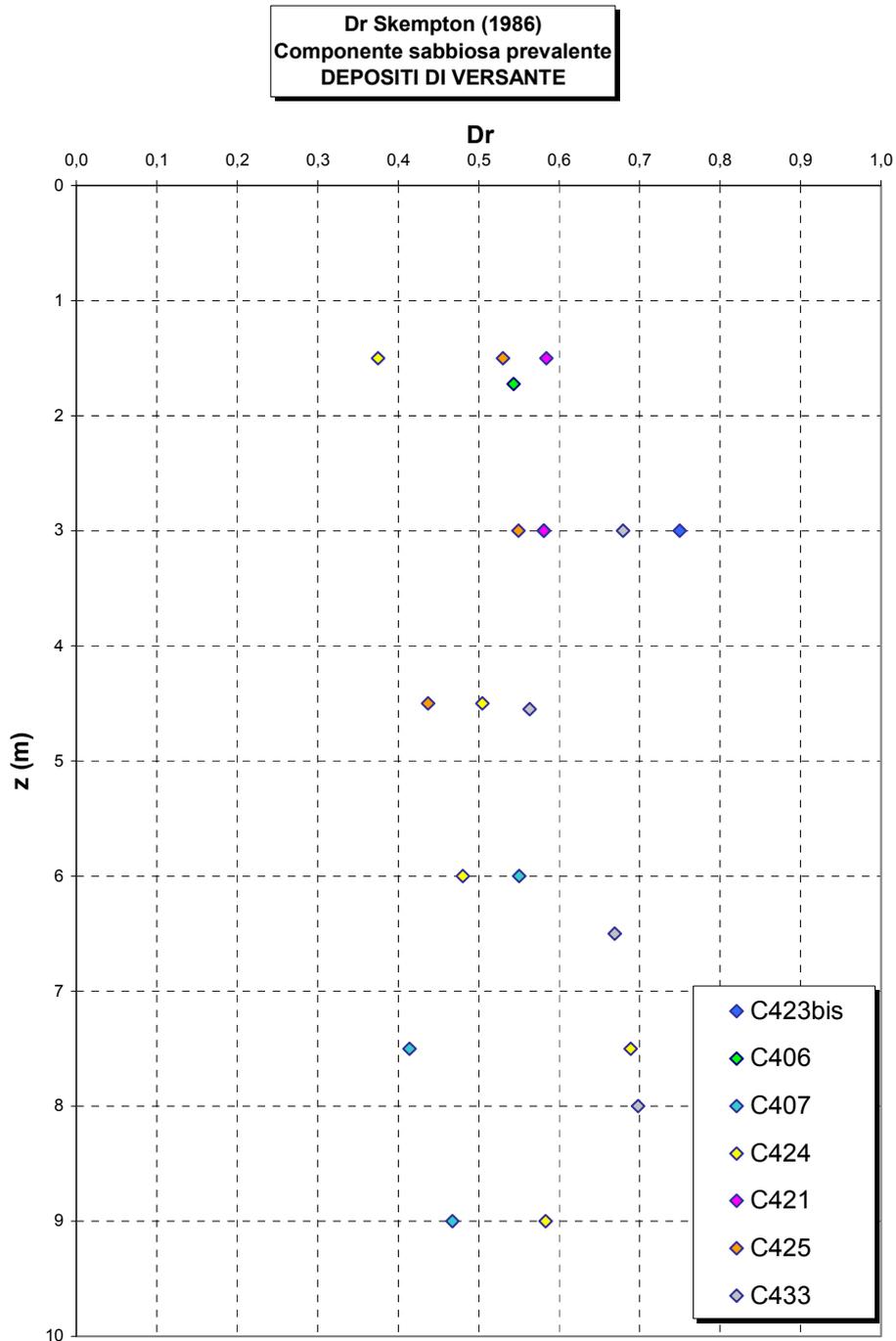


Figura 405

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo

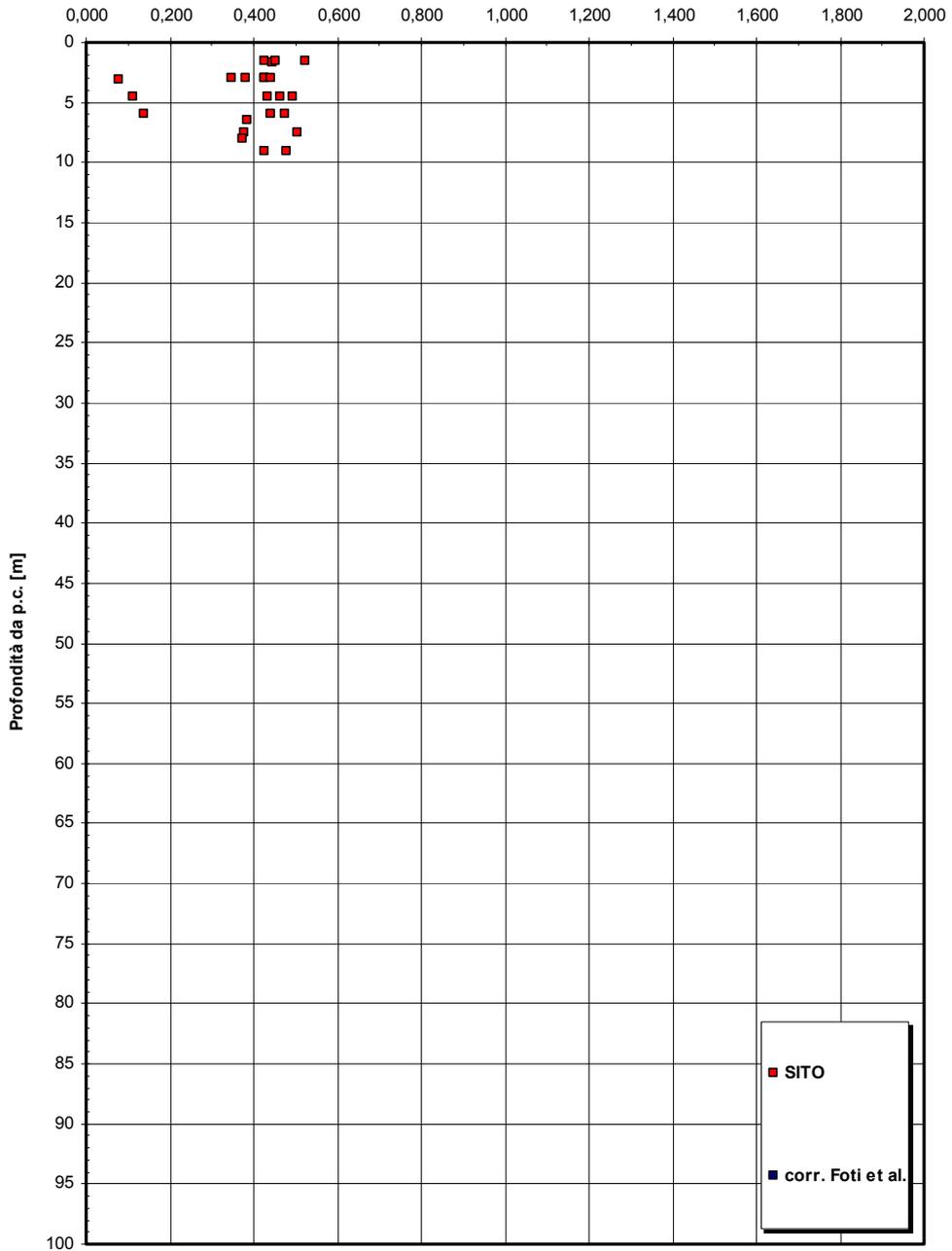


Figura 406

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

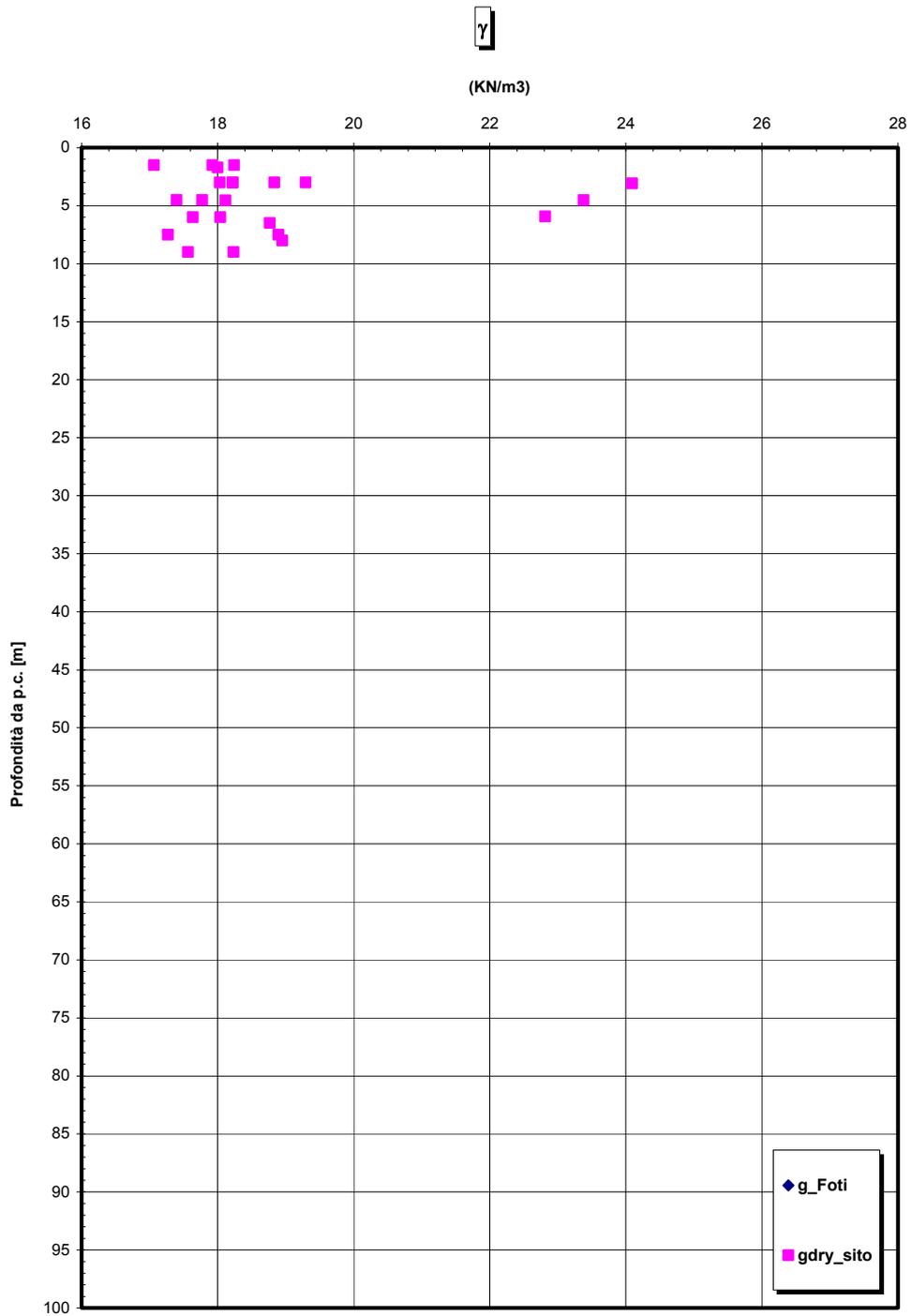


Figura 407

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

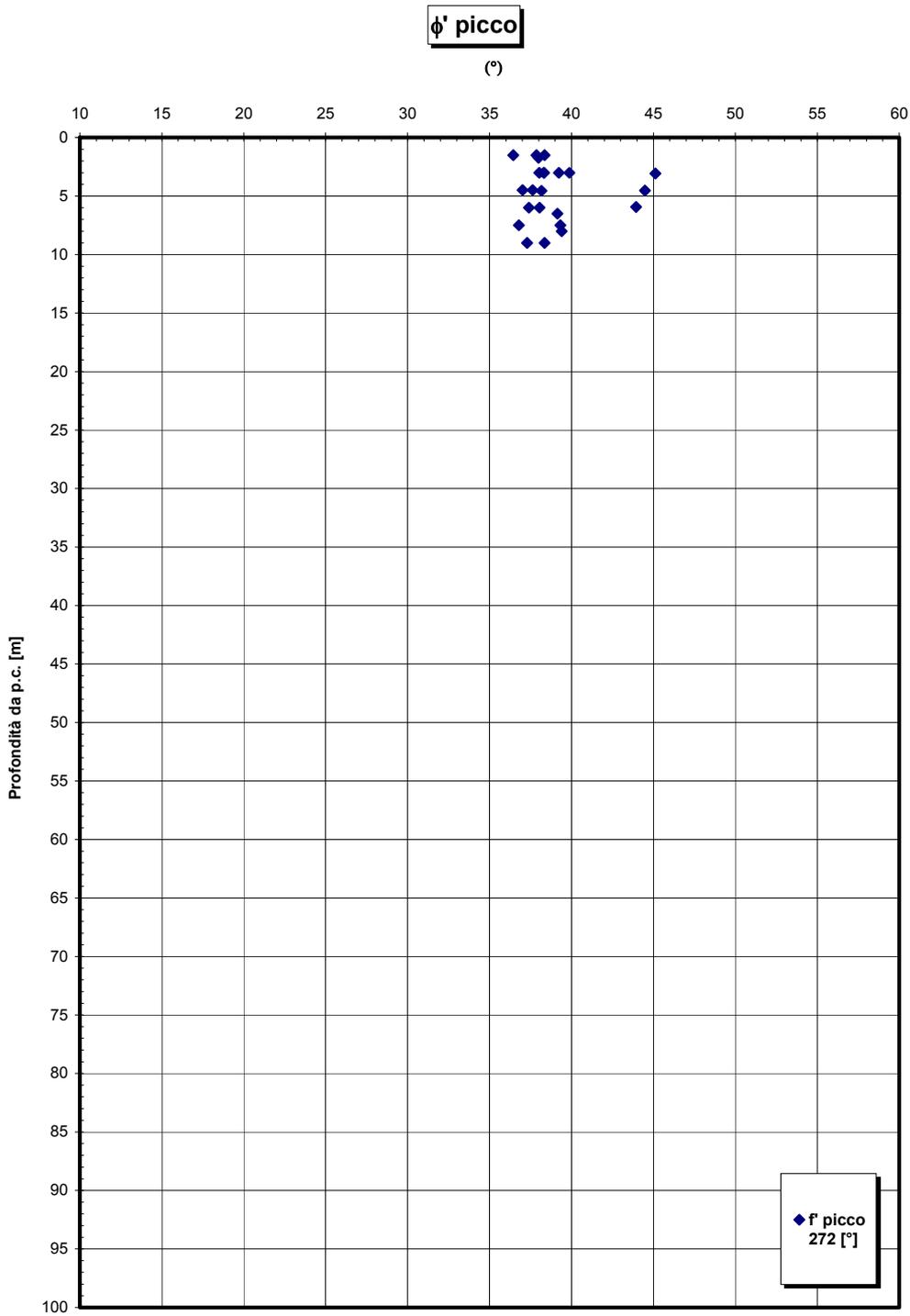


Figura 408

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

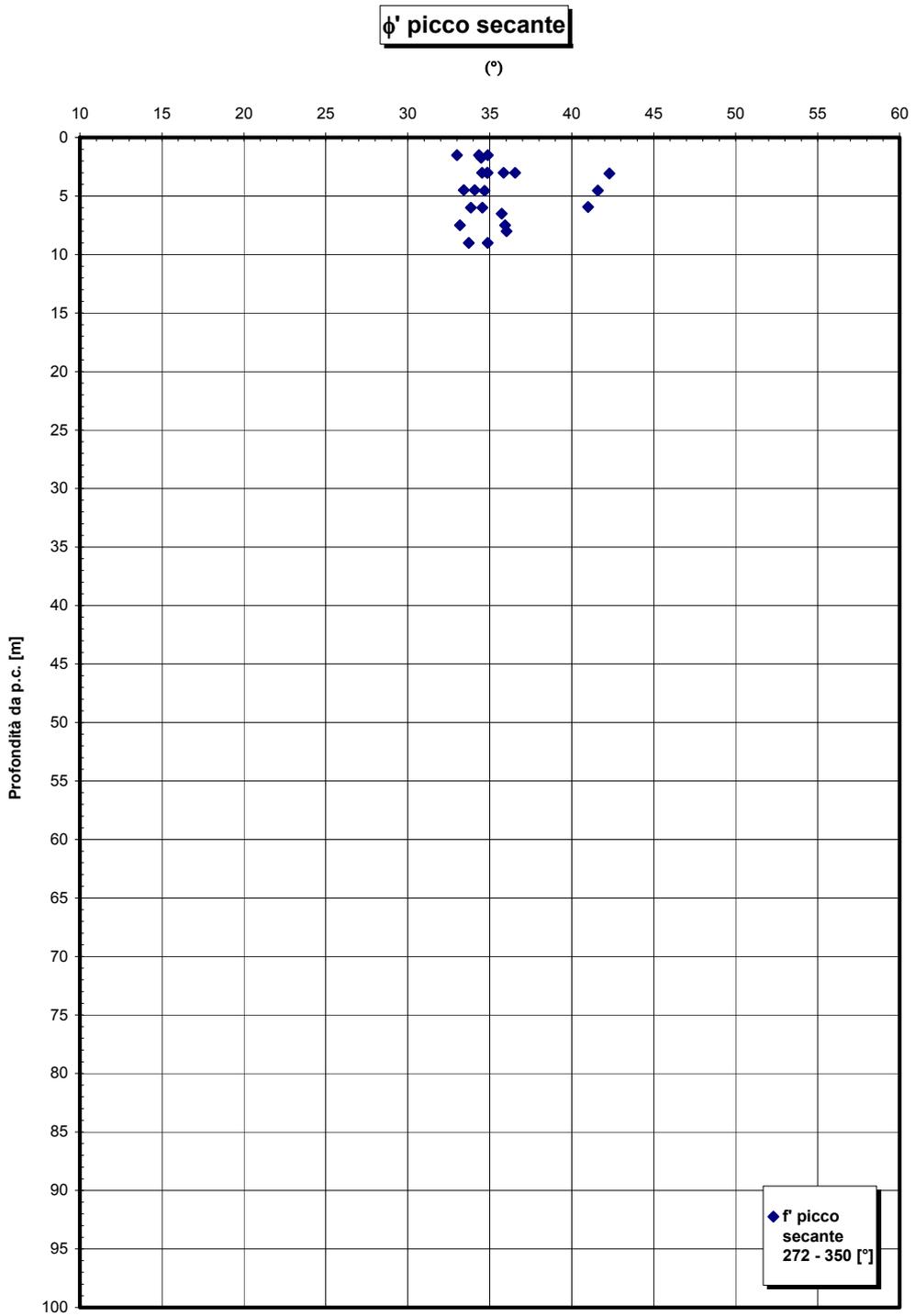


Figura 409

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

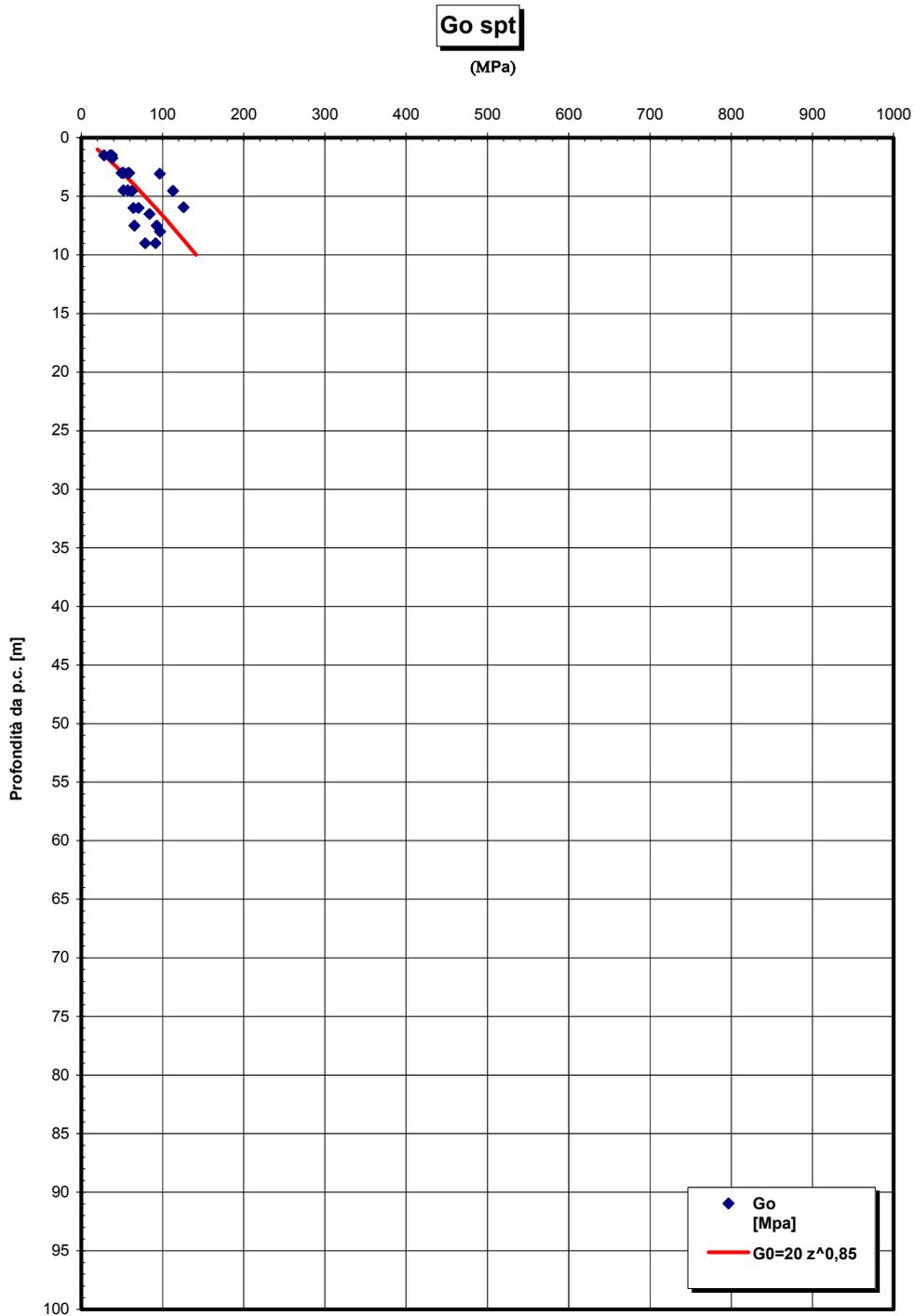


Figura 410

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

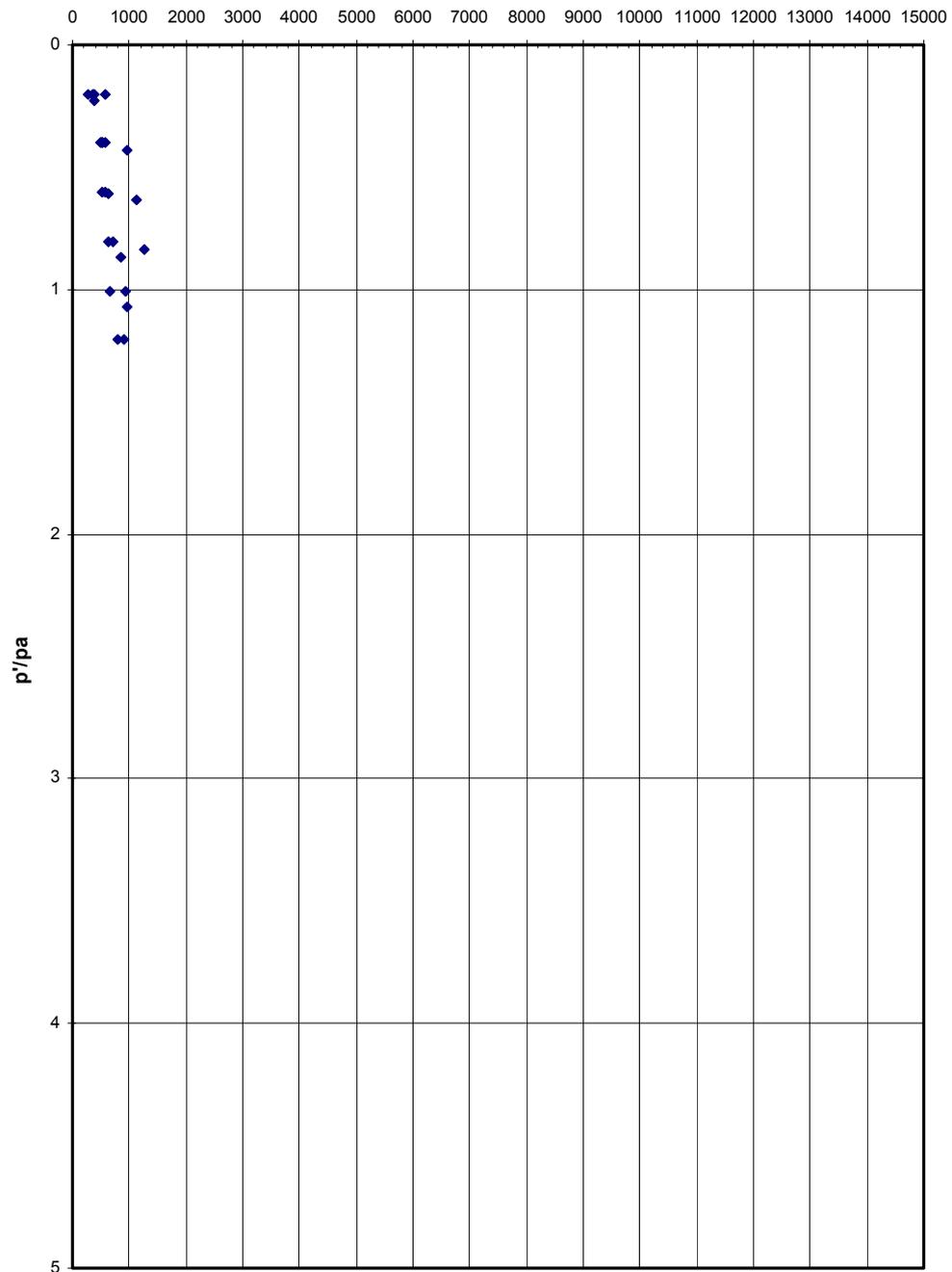


Figura 411

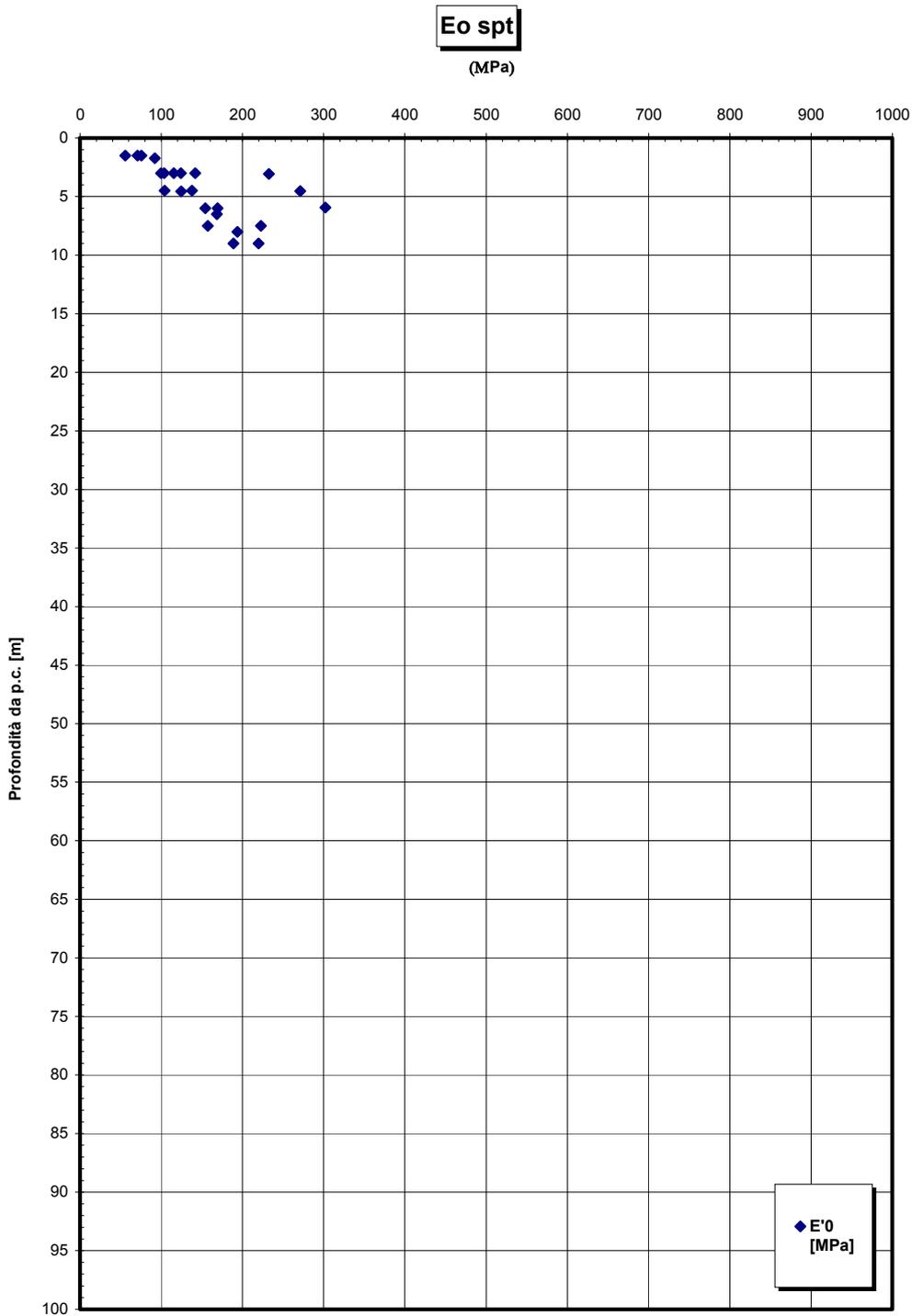


Figura 412

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

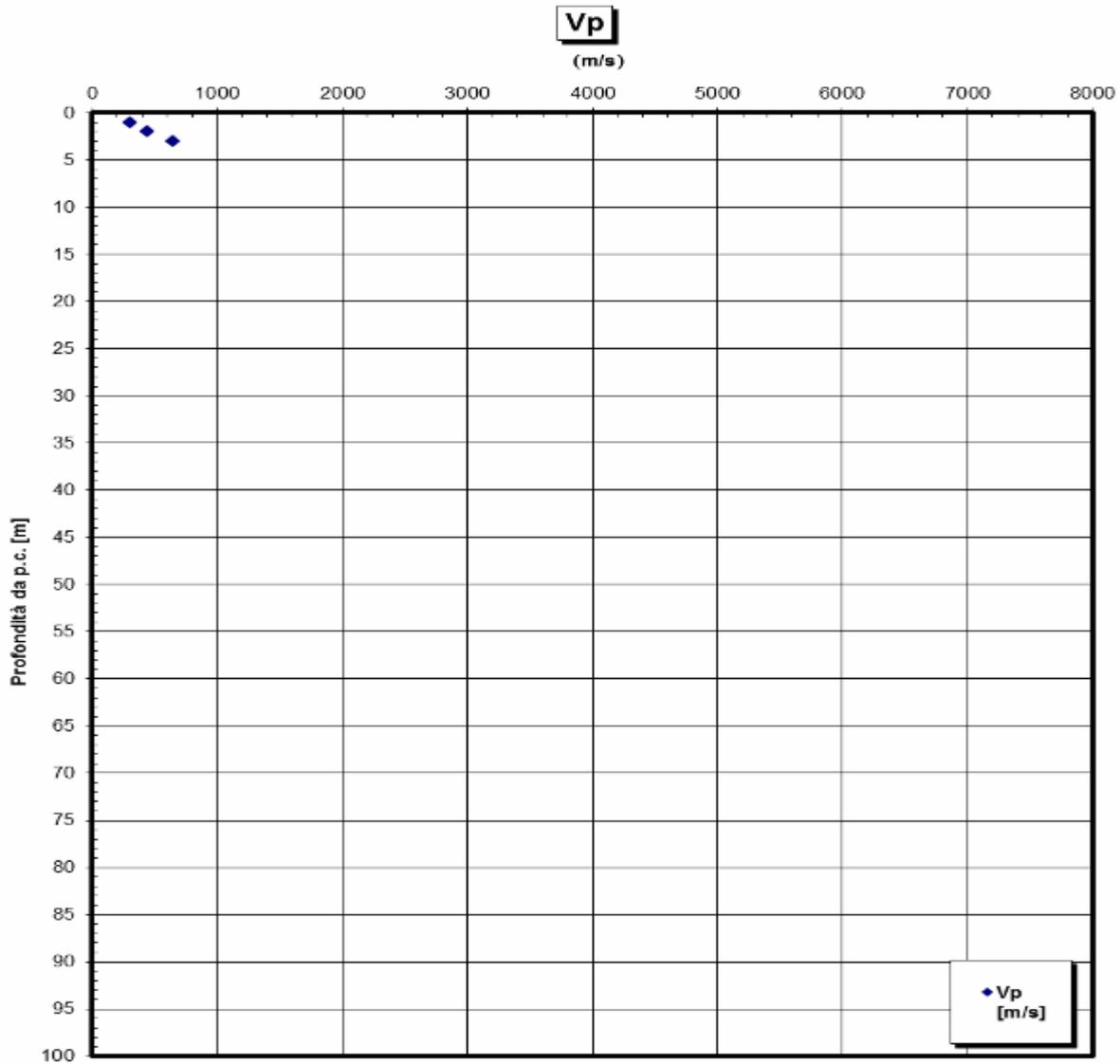


Figura 413

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

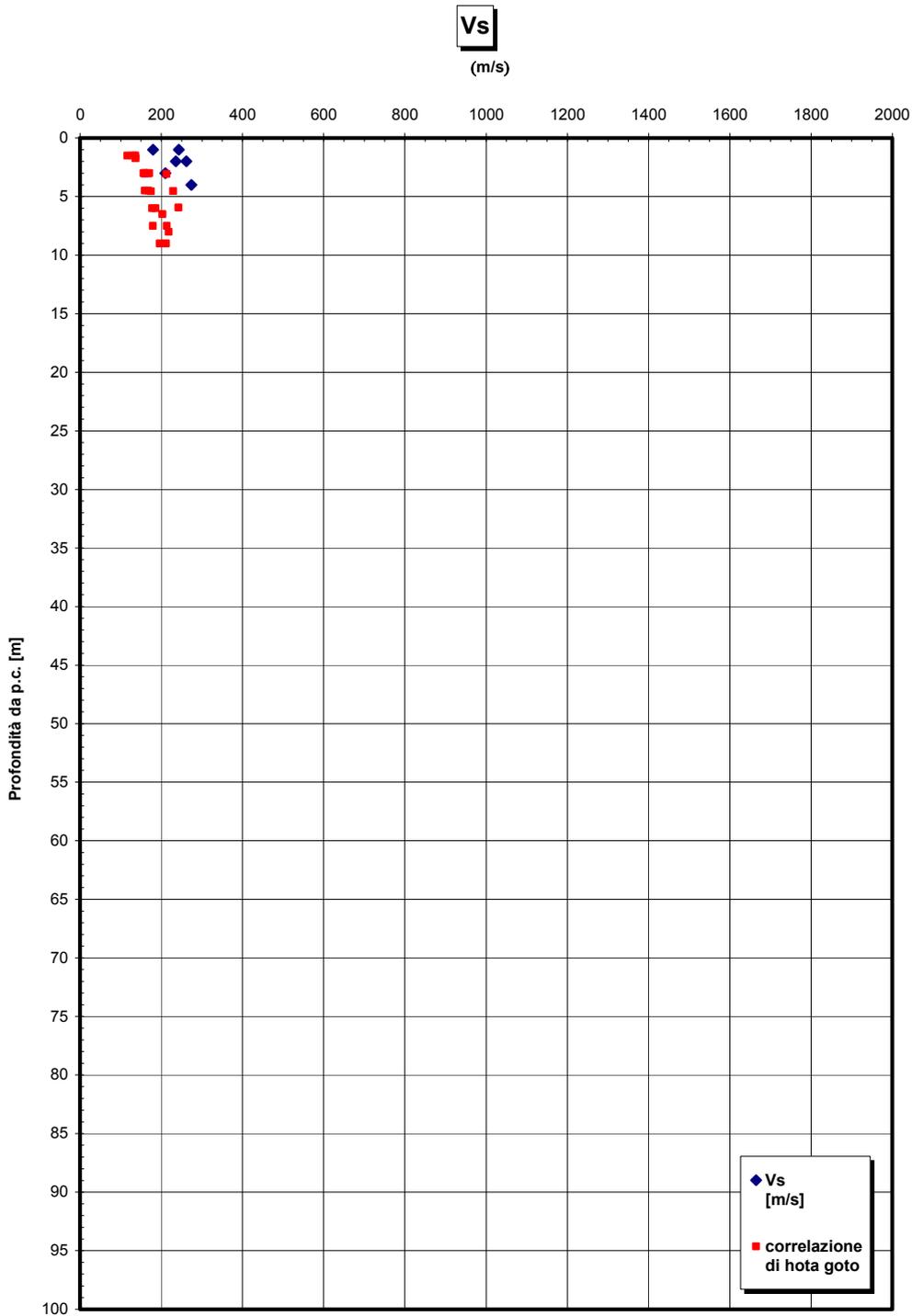


Figura 414

**Prove sismiche
DEPOSITI DI VERSANTE**

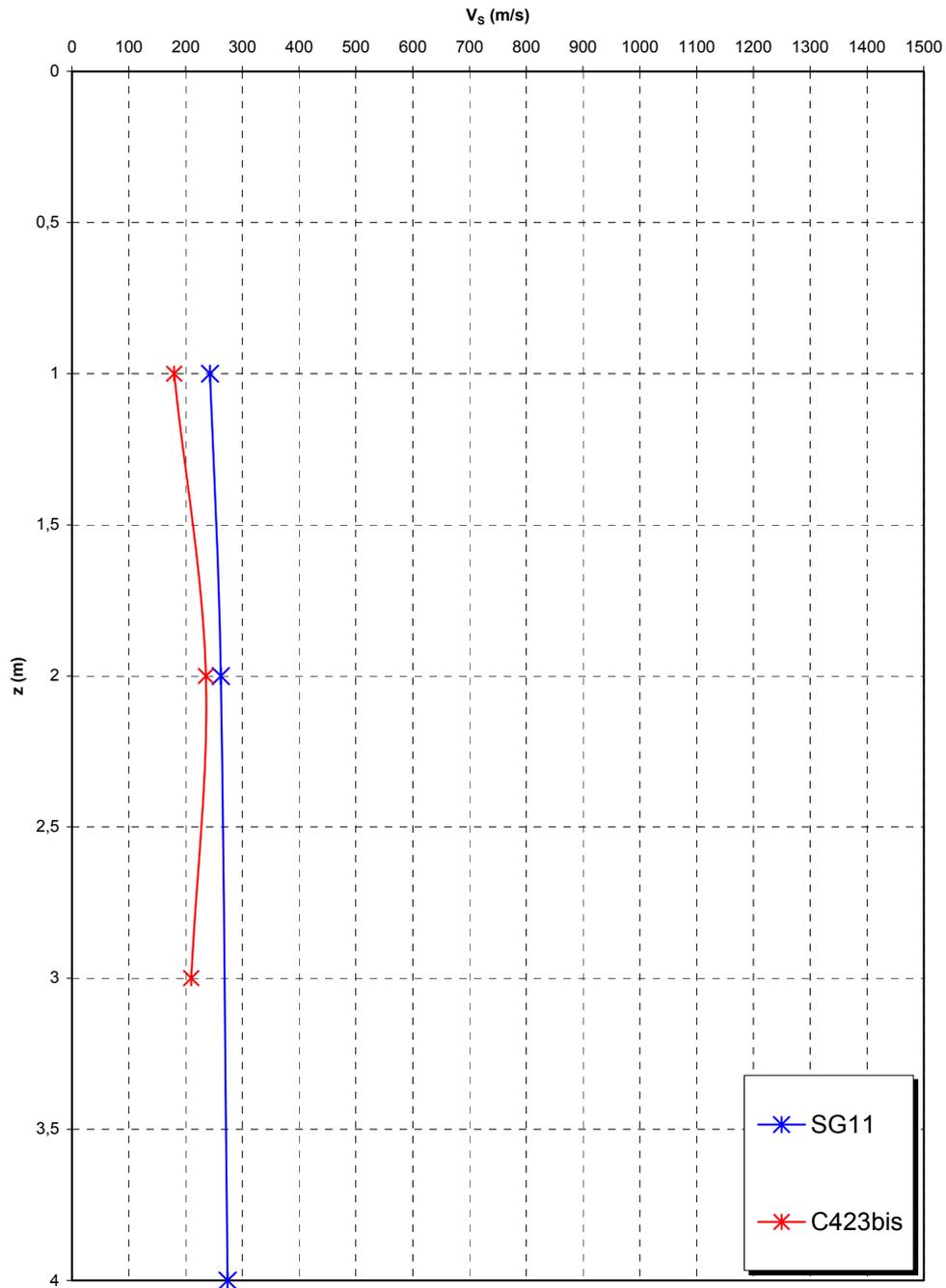


Figura 415

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

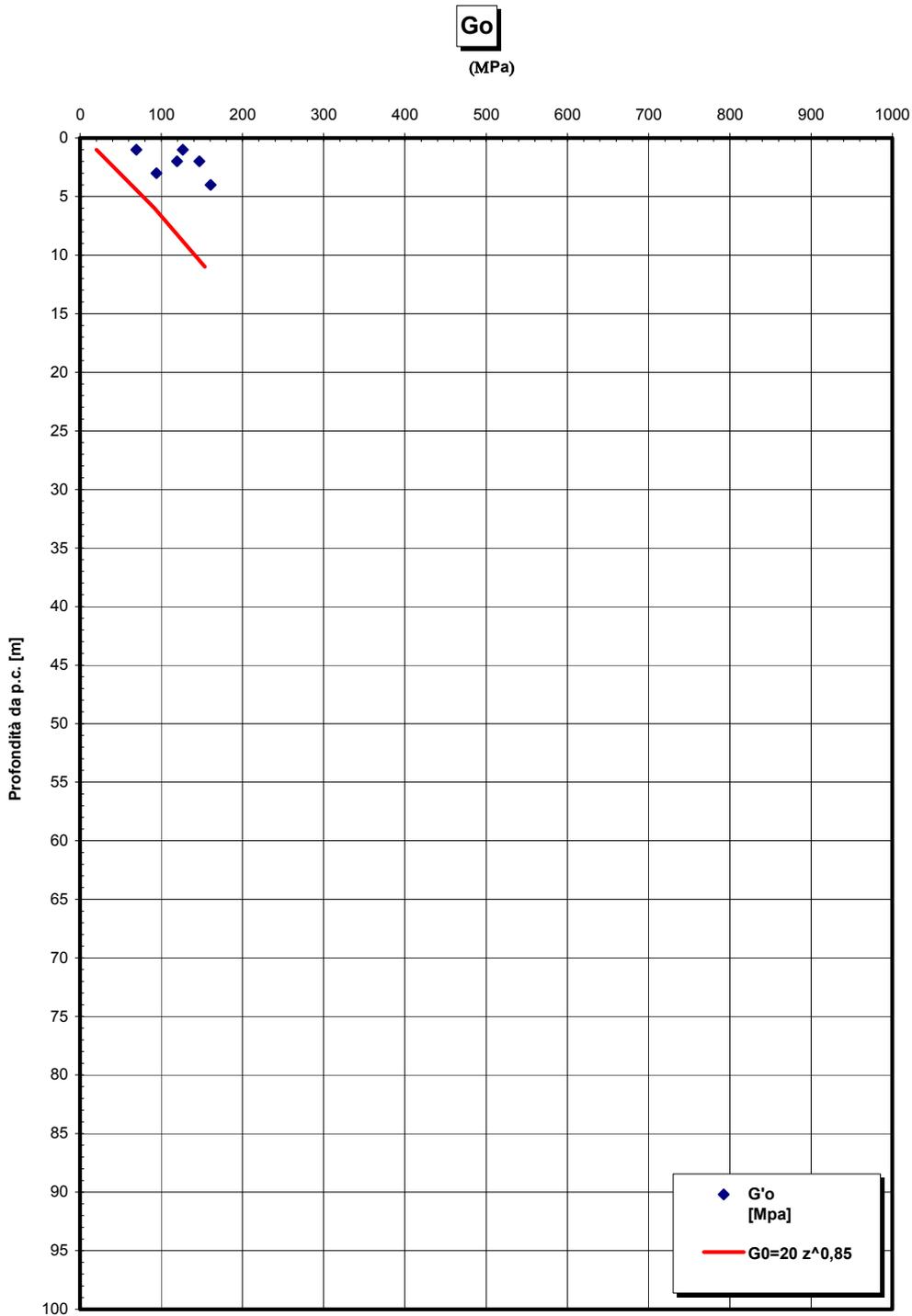


Figura 416 -G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

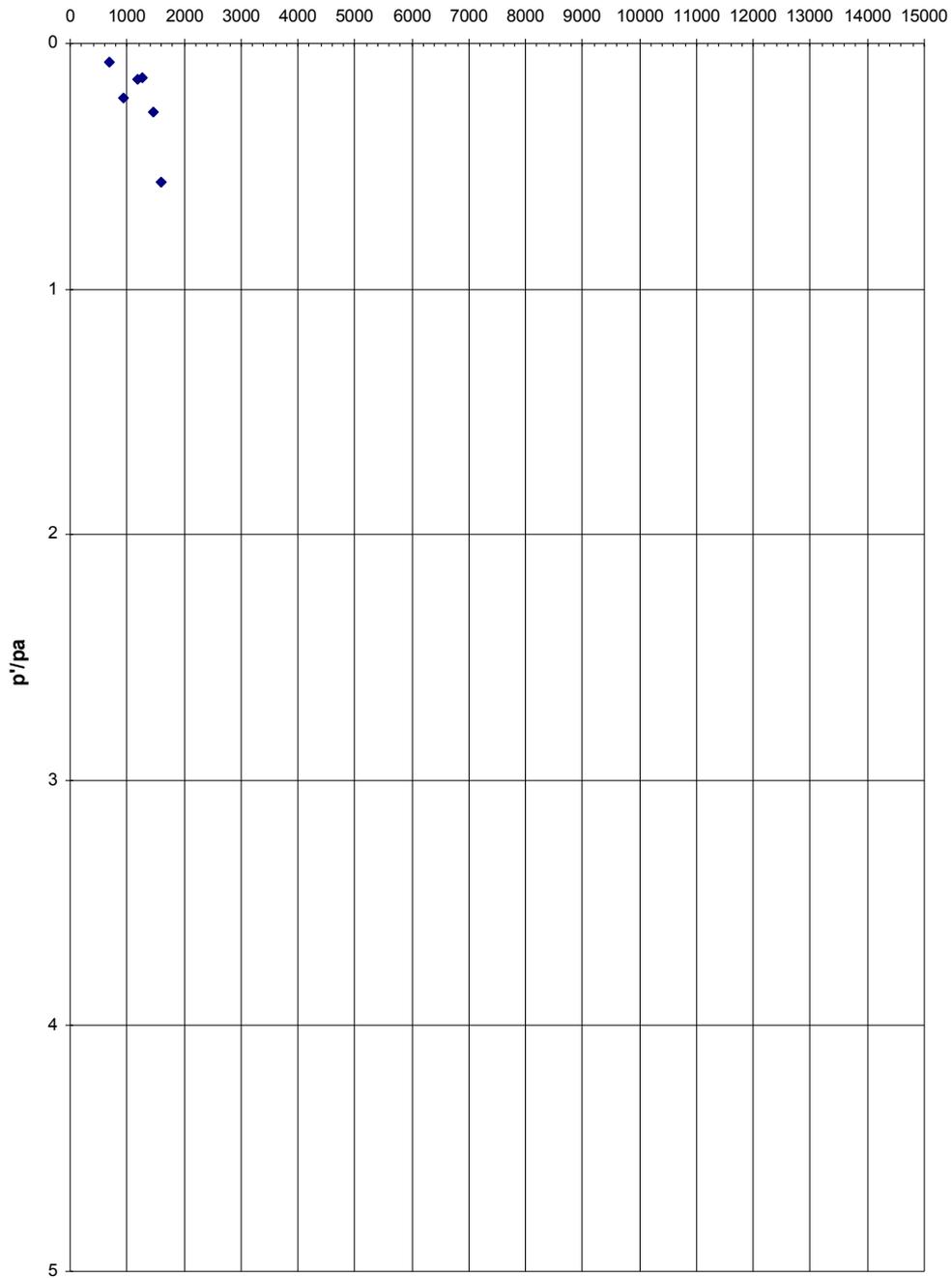


Figura 417

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Prove sismiche
DEPOSITI DI VERSANTE

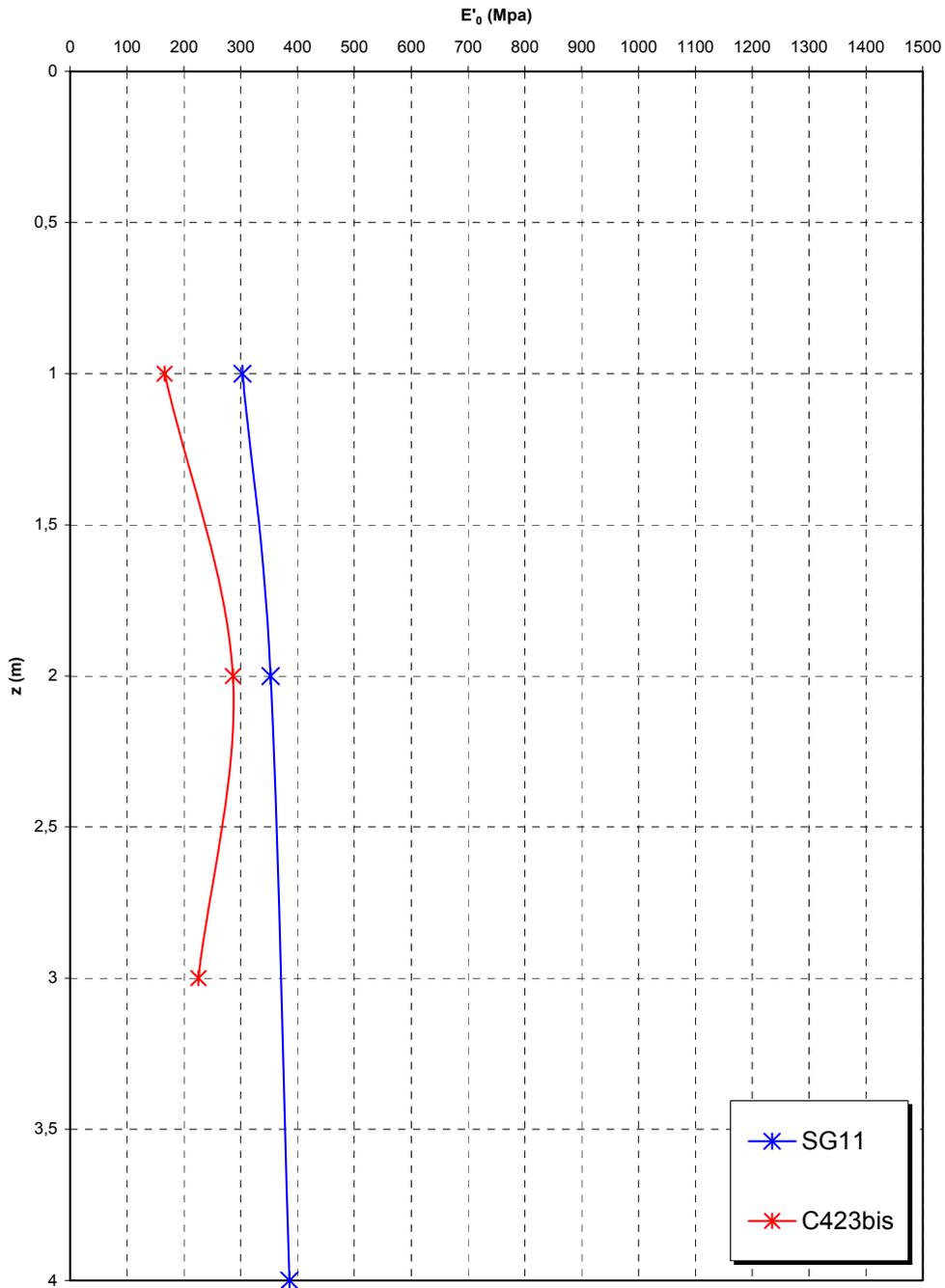


Figura 418

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 49 Riepilogo caratteristiche fisiche Depositi di versante

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
C407	SPT1	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	1.5			26.21
C407	SPT2	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	3			26.51
C407	SPT3	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	4.5			26.54
C407	SPT4	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6			26.59
C421	SPT1	Galleria Rampa A	1.50			26.59
C421	SPT2	Galleria Rampa A	3.00			26.58
C421	CR1	Galleria Rampa A	6.5			26.83
C425	SPT1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa G	1.5			26.60
C425	SPT2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa G	3			26.58
C425	SPT3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa G	4.5			26.54

Tabella 50 Granulometria depositi di versante

SONDAGGIO	N° PROVINO	z(m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
C407	SPT1	1.5	0	56	35	9	0	100	100	44	9	0
C407	SPT2	3	0	4	57	34	5	100	100	96	39	5
C407	SPT5	7.5	0	2	85	13	0	100	100	98	13	0
C407	SPT6	9	0	12	48	27	13	100	100	88	40	13
C425	SPT1	1.5	0	3	76	18	3	100	100	97	21	3
C425	SPT2	3	0	2	68	25	5	100	100	98	30	5
C425	SPT3	4.5	0	4	76	17	3	100	100	96	20	3
C421	SPT1	1.5	0	1	45	42	12	100	100	99	54	12
C421	SPT2	3	0	13	61	20	6	100	100	87	26	6
C421	CR1	6.5	0	28	53	16	3	100	100	72	19	3

Tabella 51 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	z [m]	Nspt
C406	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	1.73	15
C406	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	3.08	100
C406	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	4.53	100
C406	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	5.94	100
C407	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6.00	21
C407	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	7.50	13
C407	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	9.00	18
C423bis	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3	28
C424	Rampa G	1.5	7
C424	Rampa G	3	19
C424	Rampa G	4.5	16
C424	Rampa G	6	16
C424	Rampa G	7.5	36
C424	Rampa G	9	28
C421	Galleria Rampa A	1.5	17
C421	Galleria Rampa A	3	19
C425	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	1.5	14
C425	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	3	17
C425	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	4.5	12
C433	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	3	26
C433	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	4.55	20
C433	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	6.5	32
C433	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	8	38

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 52 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]
SG11	1	243.0	303.4
SG11	2	262.0	352.7
SG11	4	274.0	385.7
C423bis	1	179.9	166.3
C423bis	2	236.2	286.5
C423bis	3	209.8	226.1

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>	<p><i>Codice documento</i> CB0057_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

5.9 **CALCARENITI DI SAN CORRADO**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

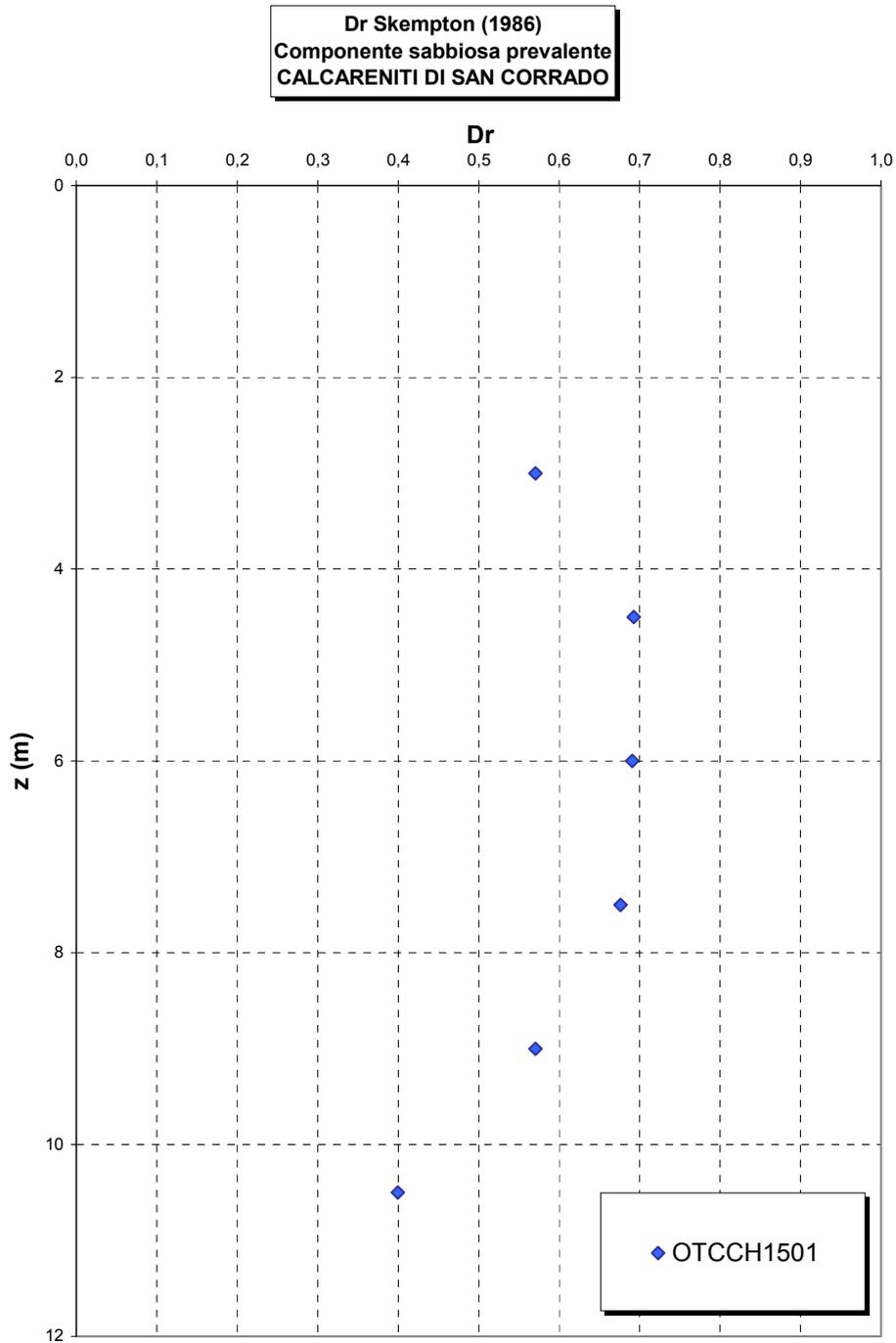


Figura 419

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
CALCARENITI DI SAN CORRADO

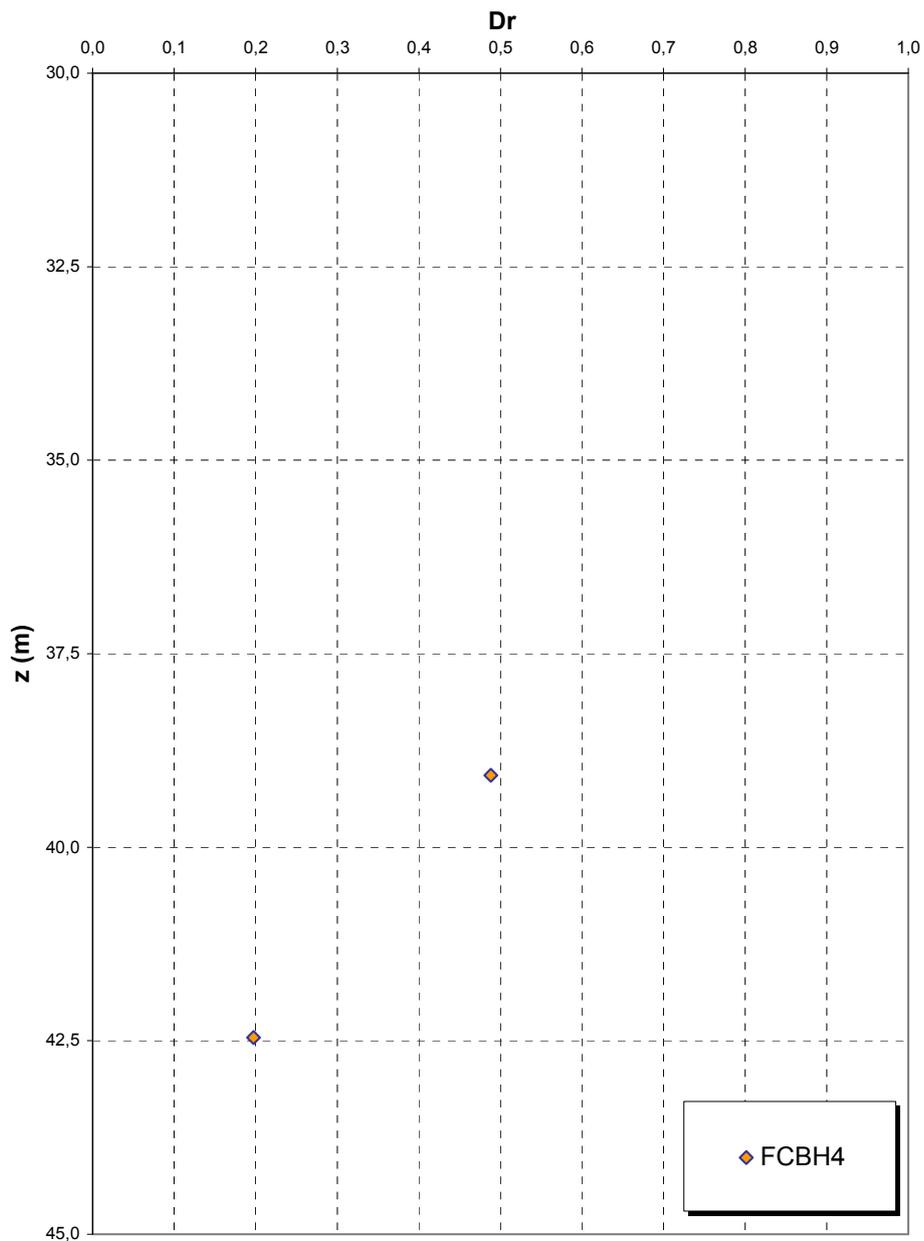


Figura 420

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

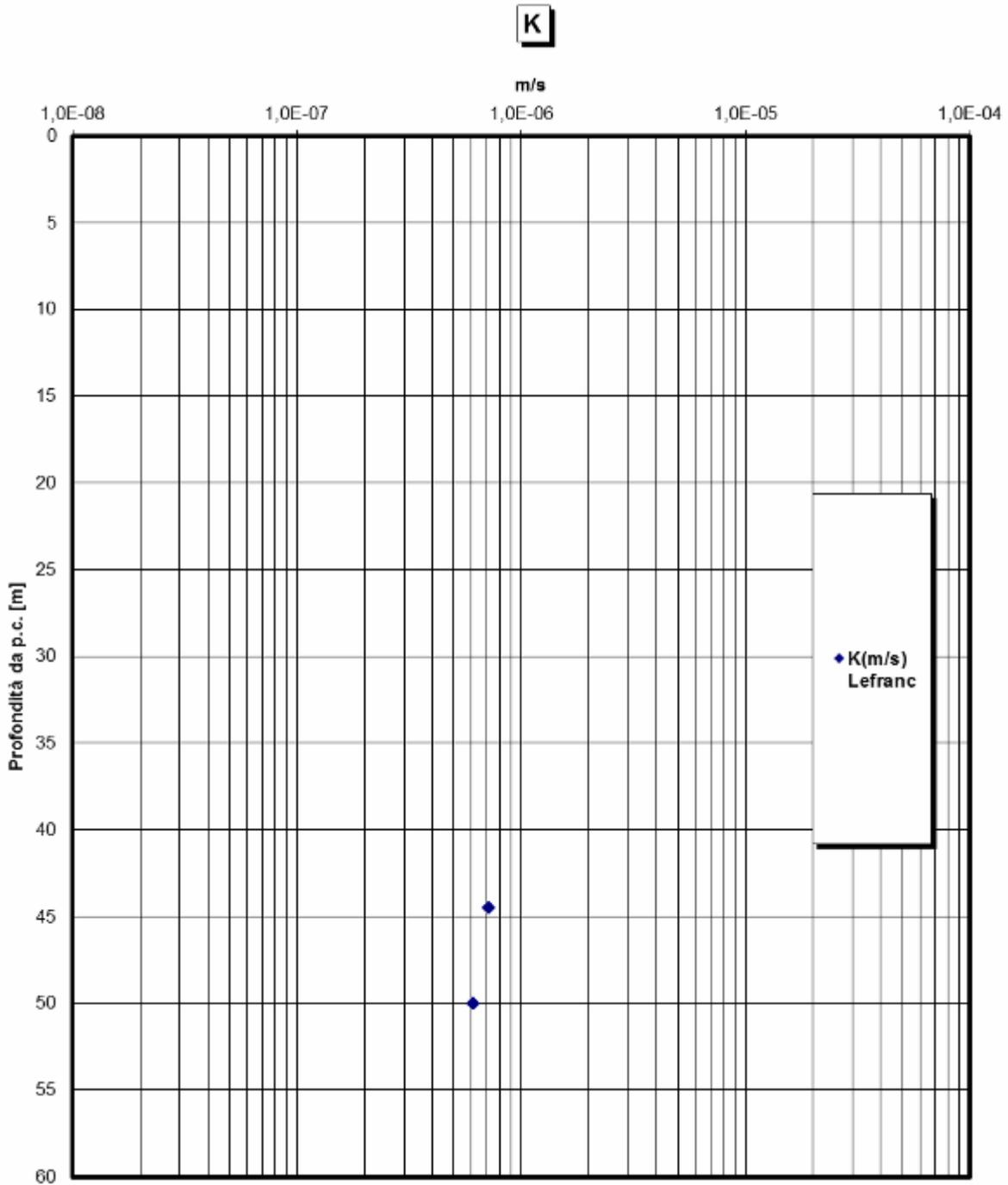


Figura 421

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 53 Riepilogo caratteristiche fisiche calcareniti di S.Corrado

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
FCBH6	2_1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45.10	24.70	
FCBH6	2_2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45.30	21.90	21.80
FCBH6	3_1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	47.40	23.50	23.10
FCBH6	3_2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	47.95	24.60	24.30
FCBH7	1_1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45.75	22.20	
FCBH7	1_2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45.75	23.10	23.00
FCBH7	2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	48.15	24.30	24.30
C420bis	SPT6	Galleria Rampa D / Galleria Rampa A / ferrovia	9.10		26.14
C420bis	SPT7	Galleria Rampa D / Galleria Rampa A / ferrovia	10.70		26.65

Tabella 54 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	LITOLOGIA	z [m]	Nspt
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Calcareniti San Corrado	39.07	100
FCBH4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Calcareniti San Corrado	42.46	17
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Calcareniti San Corrado	3	16
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Calcareniti San Corrado	4.5	25
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Calcareniti San Corrado	6	21
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Calcareniti San Corrado	7.5	22
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Calcareniti San Corrado	9	17
OTCCH1501	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	Calcareniti San Corrado	10.5	9

Tabella 55 Riepilogo risultati prove di permeabilità

FORO	Opera	z(m)	K(m/s)
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	44.5	7.19E-07
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	50	6.12E-07

Tabella 56 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	LITOLOGIA	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]	G' ₀ [MPa]
OTCCH1501	Calcareniti di San Corrado	3.0	458	975	406
OTCCH1501	Calcareniti di San Corrado	4.0	506	1190	496
OTCCH1501	Calcareniti di San Corrado	5.0	470	1027	428
OTCCH1501	Calcareniti di San Corrado	6.0	385	689	287
OTCCH1501	Calcareniti di San Corrado	7.0	345	553	231
OTCCH1501	Calcareniti di San Corrado	8.0	341	541	225
OTCCH1501	Calcareniti di San Corrado	9.0	360	602	251
OTCCH1501	Calcareniti di San Corrado	10.0	358	596	248
OTCCH1501	Calcareniti di San Corrado	11.0	369	633	264

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

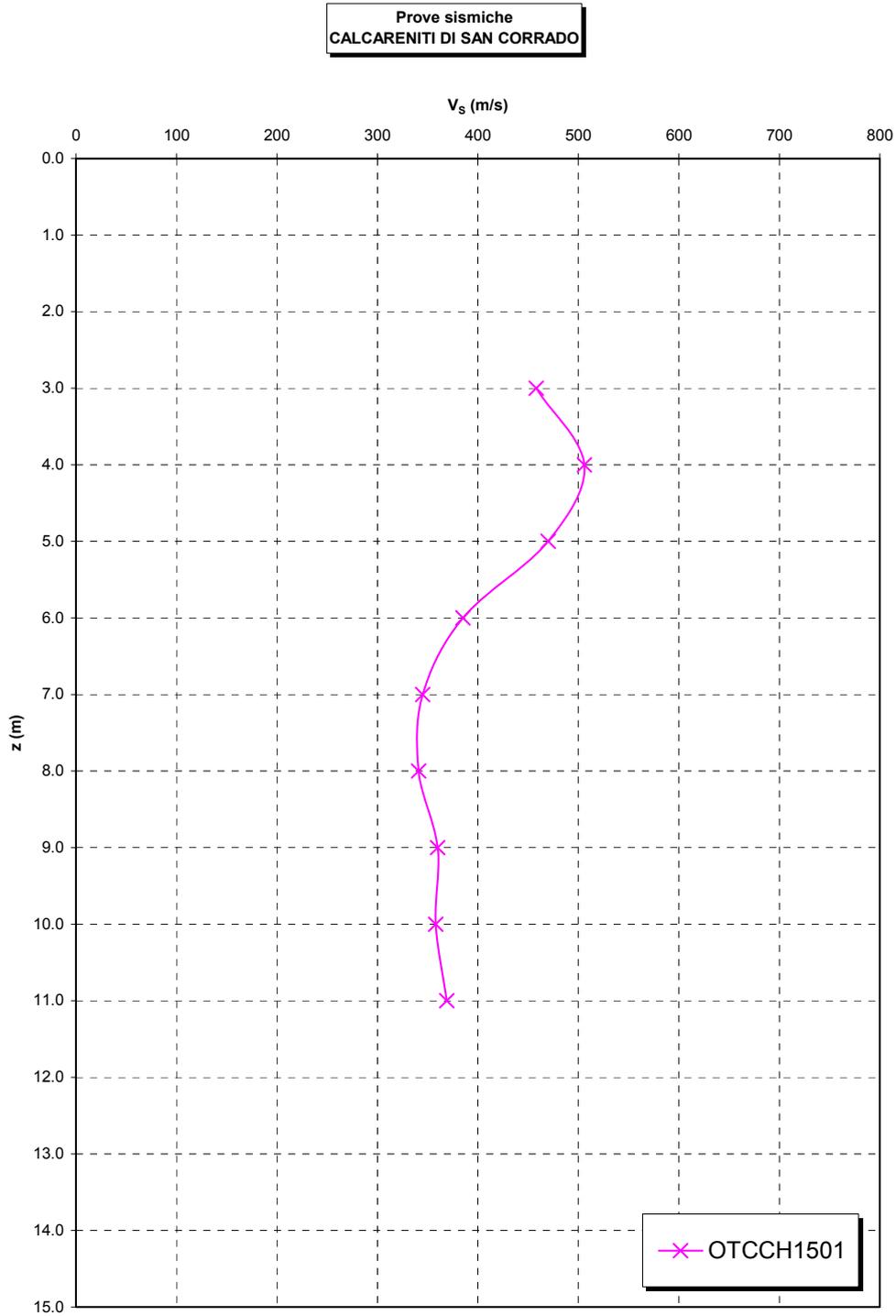


Figura 422

**Prove sismiche
CALCARENITI DI SAN CORRADO**

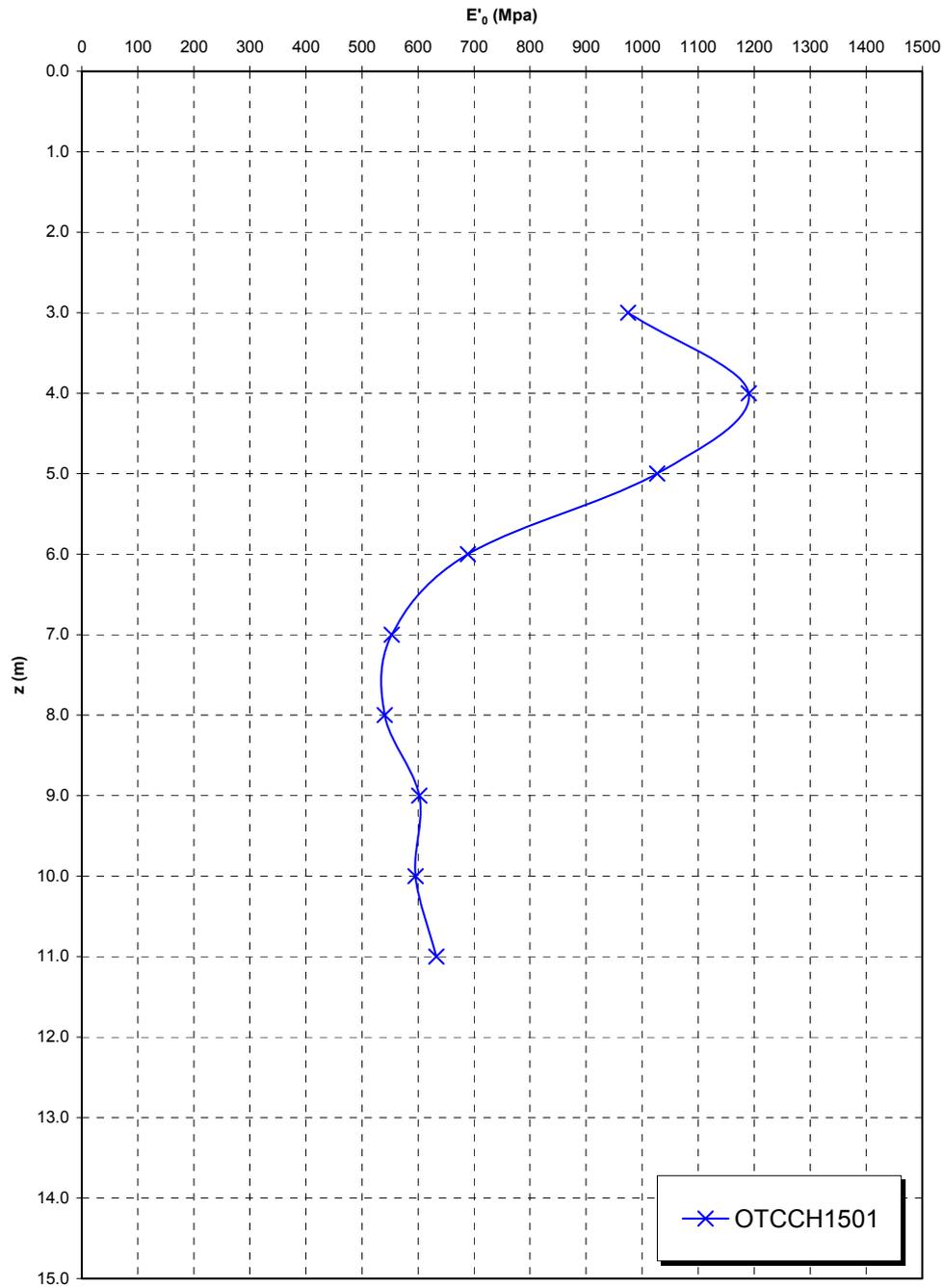


Figura 423

**Prove sismiche
CALCARENITI DI SAN CORRADO**

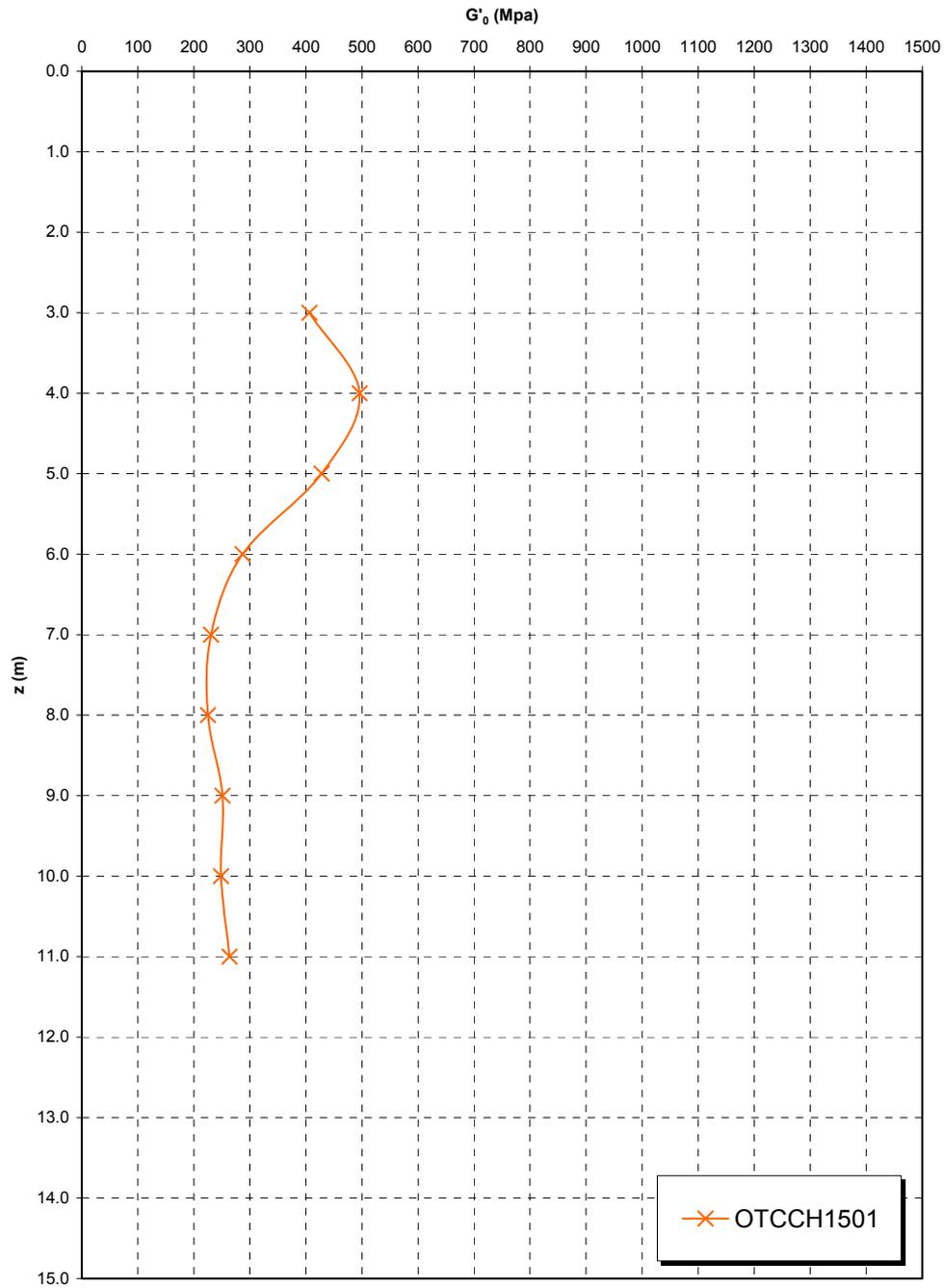


Figura 424

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 57 Riepilogo risultati prove di schiacciamento

FORO	Opera	campione	Prova	Prof. (m)	σ_f (MPa)	ϵ (%)	E(Mpa)
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	2-2	LPT	45.30	8.00	3.50	228.6
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3-1	LPT	47.40	15.10	1.41	1070.9
FCBH6	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	3-2	LPT	47.95	13.60	0.97	1402.1
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	1	LPT	45.75	14.26	1.25	1140.8
FCBH7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	2	LPT	48.35	21.30	1.54	1383.1

**Prove di schiacciamento - LPT-
CALCARENITI DI SAN CORRADO**

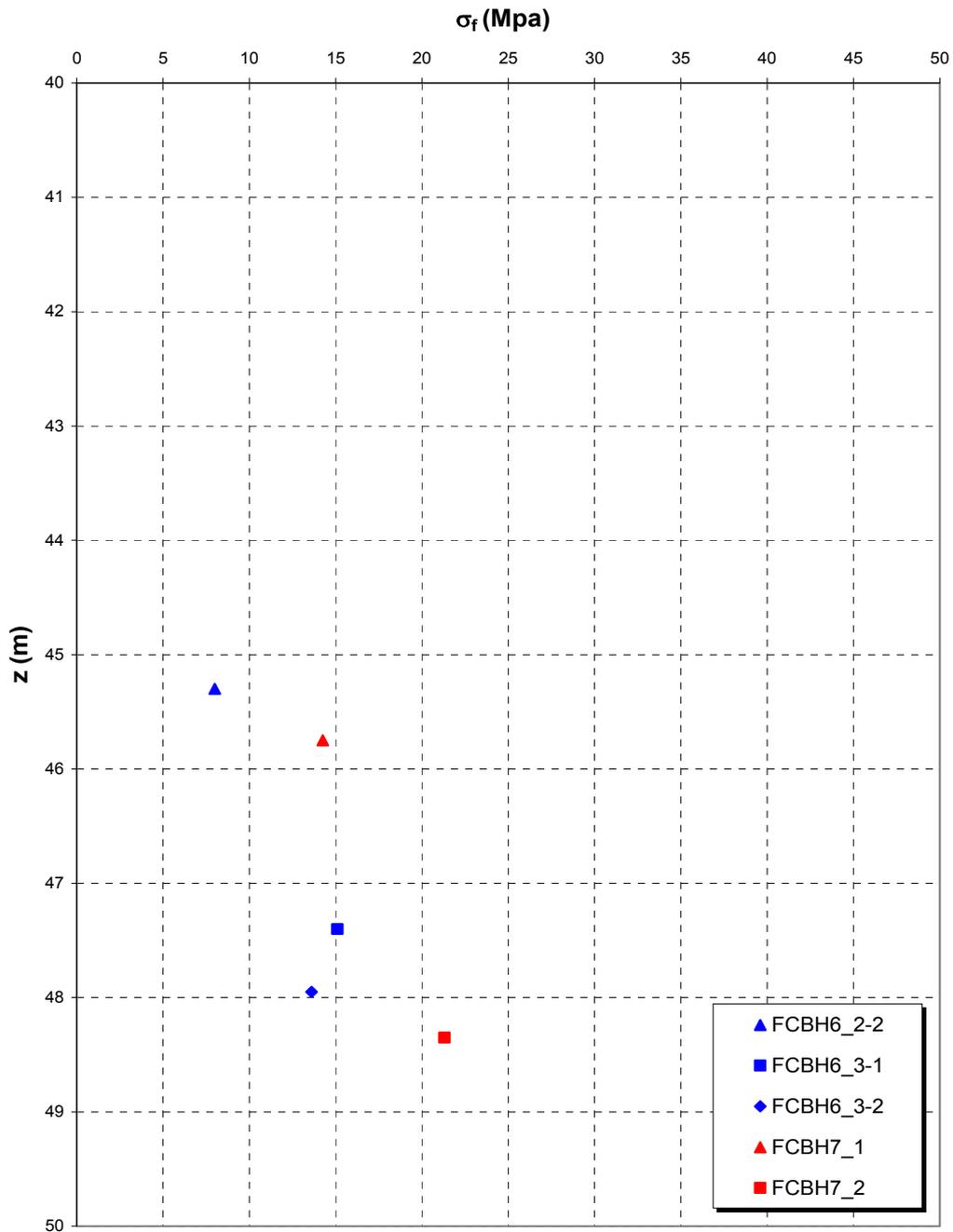


Figura 425

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Prove di schiacciamento - LPT-
CALCARENITI DI SAN CORRADO**

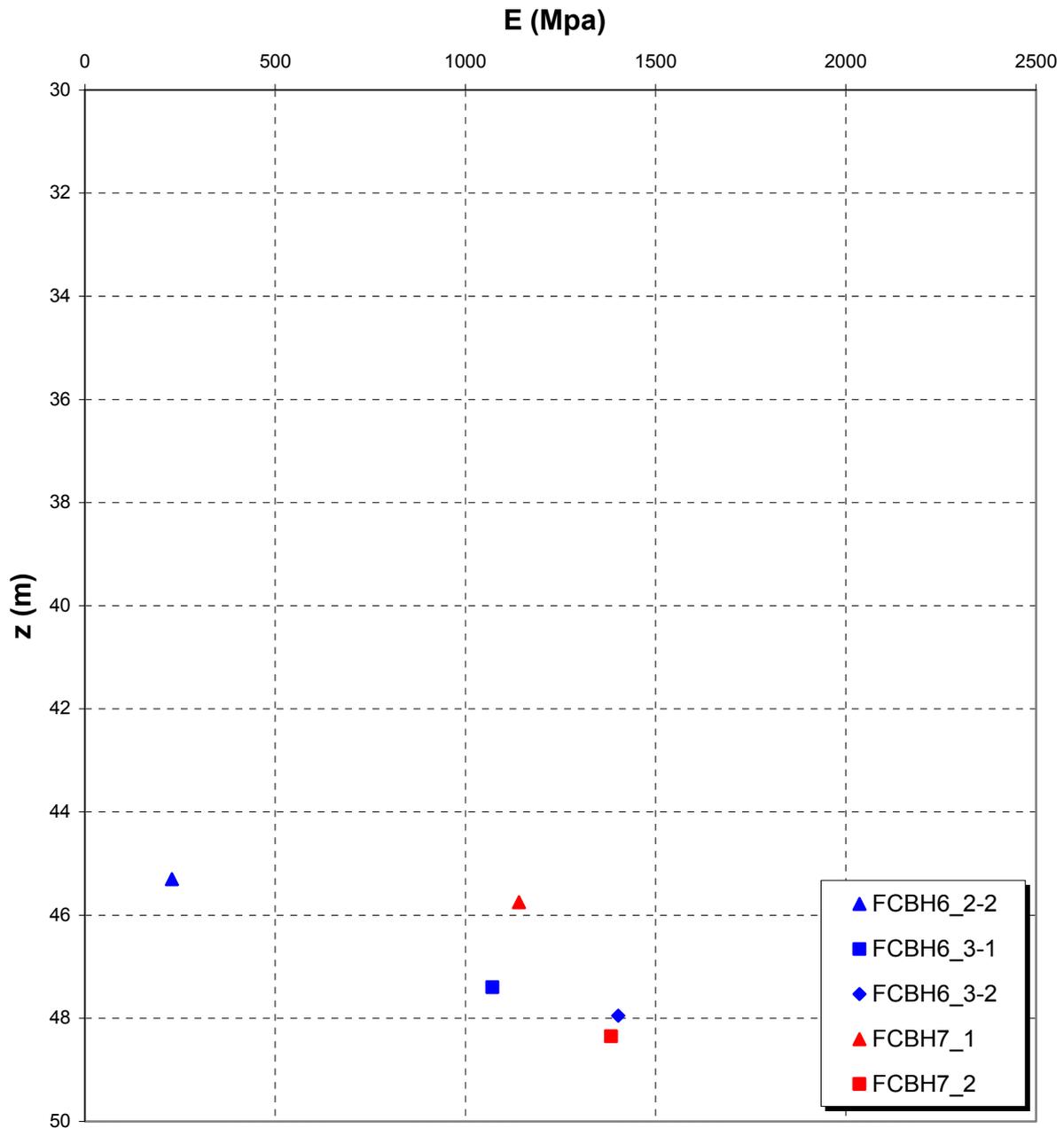


Figura 426

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

6 BIBLIOGRAFIA

- 1) AMAR, S., y JEZEQUEL, 1., 1972, "Essais en place et en laboratoire sur sols cohérents, Comparaison des résultats", Bull, Lab, Ponts et Chauss., n° 61
- 2) Baldi, G., Bellotti, R., Ghionna, V., Jamiolkowski, M. & Pasqualini, E. 1985. "Penetration resistance and liquefaction of sands". Proc. XI ICSMFE, S. Francisco, Vol. 4: p. 1891. Aug.
- 3) Baldi, G., Bellotti, R., Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M. and D.C.F. Lo Presti (1989), "Modulus of sand from CPT and DMT", *Proc. 12th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engrg.*, Balkema, Rotterdam, TheNetherlands, vol. 1, 165-170.
- 4) Baligh, M. (1975). Theory of deep site static cone penetration resistance. Report R.75-76. Massachusetts Institute of Technology
- 5) Barton, N. (1974), Estimating the shear strength of *rock joints*. Srd. Int. Conf. of the ISRM, Denver 2A
- 6) Bieniawski Z.T. (1989) "Engineering Rock Mass Classifications" New York, John Wiley & Sons.
- 7) Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" *Geotechnique* 36 , n° 1.
- 8) J.E. Bowles (Fondazioni, progetto e analisi, McGraw Hill editore, 1991).
- 9) Chandler, R.J. (1988). The in-situ measurement of the undrained shear strength of clays using the fieldvane. *Vane Shear Strength Testing in Soils: Field and Laboratory Studies*, ASTM STP 1014, (ed.) A.F. Richards, ASTM, Philadelphia, 13-44
- 10) Clayton, C.R.I. (1995) "The Standard Penetration Test (SPT): methods and use". Report 143, CIRIA, London
- 11) Cubrinowski M., Ishihara K. (1999) "Empirical correlation between SPT N-value and relative density for sandy soils" *Soils and Foundations*, vol. 39, n° 5, pp. 61-71...
- 12) Elson, W. K. (1984) "*Design of laterally-loaded piles*" Construction Industry Research and Information Association, CIRIA Report 103, United Kingdom
- 13) Heim A.(1878), *Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung um Anschluss an die Geologische Monographie der Tod, Windgallen-Gruppe*, Basel
- 14) Hoek E., Brown E.T. (1988) "The Hoek-Brown failure criterion – A 1988 update" Proc. of 15th Canadian Rock Mechanics Symposium, Toronto, Canada.
- 15) Hoek E. (1990) "Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from the Hoek-Brown failure criterion" *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 27.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 16) Hoek E., Kaiser P.K. and Bawden W.F. (1995): *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. Balkema, Rotterdam, 215pp.
- 17) Hoek E., Marinos P., Benissi M. (1998) "Applicability of the Geological Strength Index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses" *The Case of Athens Schist Formation*, Bull. Engg, Geol, Env. 57(2), 151-160.
- 18) Hoek E., Carranza-Torres C.T., Corkum B. (2002) "Hoek-Brown failure criterion- 2002 edition" Proc. North American Rock Mechanics Society Meeting in Toronto, July.
- 19) Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" *Proceedings In-situ 2001*, Bali.
- 20) Idriss I.M. (1990). Response of soft soil sites during earthquakes. Proc. H. Bolton Seed Memorial Symposium. Volume 2. BiTech Publishers Ltd. Vancouver. 273-290.
- 21) Ishibashi I. and Zhang X. J.; 1993: Unified dynamic shear moduli and damping ratios of sands and clay. *Soils Foundations* 33 (1), pp 182-191.
- 22) Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe, S. Yasuda, S., Sato, H. (1982) "Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods" *Proceedings of 3rd International Conference on Microzonation*, Seattle Vol.3 pp 1319-1330.
- 23) Jaky J. (1948) Pressure in soils, 2nd ICSMFE, London, Vol. 1, pp 103-107.
- 24) Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) "New correlations of penetration tests for design practice" *Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing*, ISOPT I, Orlando.
- 25) Ladd CC. & Foot, R. 1974. New design procedure for stability of soft clays. *ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division*. Vol 100, No GT7, pp 763-786.
- 26) Ladd CC, Foot, R, Ishihara, K, Schlosser, F, Poulos, HG. 1977. Stress-deformation and strength characteristics. *ICSMFE 9, Proceedings*, Vol. 2, pp 421-494. Tokyo.
- 27) Lai C.G, Foti S., R.Lancellotta "Determinazione della porosità in mezzi porosi saturi da misure di velocità delle onde sismiche" *IARG 2002 Napoli*
- 28) Lo Presti D. (1989) "Proprietà dinamiche dei terreni" *Atti delle Conferenze di Geotecnica di Torino, 14th Ciclo, Comportamento dei terreni e delle fondazioni in campo dinamico*.
- 29) Lo Presti D. e Puci I. (2001) "IMPIEGO DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI TERRENI", Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, *CONFERENZE DI GEOTECNICA DI TORINO, NOVEMBRE 2001*

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- 30) Mancuso C., Silvestri F., Vinale F., 1997. *Soil properties relevant to seismic microzonation*. Proc. of the First Japanese Turkish Conference on Earthquake Engineering, Invited lecture, Istanbul.
- 31) Mayne, P.W. and Kulhawy, F.H. (1982). "K₀-OCR relationships in soil". *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 108 (GT6), 851-872.
- 32) Mesri, G. and A. Castro. "The C_d/C_c Concept and K₀ During Secondary Compression." Closure, *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, ASCE, 115, 2 (February 1989): pp. 273-277.
- 33) Mesri, G. and Abdelghafar, M. (1993), Cohesion intercept in effective stress stability analysis, *J. Geotech. Eng.*, 119 (8), 1229- 1249.
- 34) Matlock, H., Reese, L.C. (1960). "Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles". *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division*, ASCE, V.86, No.SM5, pp.63-91.
- 35) Ohta Y., Goto N. (1978) "Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes" *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, vol.6.
- 36) Reese L.C. , Cox W.R. e Kocp F. D. (1974) "Analysis of laterally loaded piles in sand", Proc. Offshore Technology Conference, Dallas
- 37) Rocchi G.F. (2003) "Correlazione empirica tra coefficiente di permeabilità, indice dei vuoti e caratteristiche di plasticità in argille e limi" Documento interno Studio Geotecnico Italiano.
- 38) Santamarina, J.C. and Cho, G.C. (2004), *Soil Behavior: The Role of Particle Shape*, Proc. Skempton Conf., March, London.
- 39) Seed H.B. e Idriss I.M. (1982). *Ground Motions and Soil Liquefaction during Earthquakes. EERI, Monograph. Oakland, California.*
- 40) Serafim J.L., Pereira J.P. (1983) "Considerations of the geomechanic classification of Bieniawski" Proc. Int. Symp. On Engg, Geol. And Underground Constr. (L.N.E.C., Lisb. Portugal), Vol.1, Section 2, pp.33-42.
- 41) Sjoberg, (1997) "Estimating rock mass strenght using the Hoek and Brown failure criterion and rock mass classification" Department of Civil and Mining Engineering Division of Rock Mechanics BM 1997:02
- 42) Skempton A.W. (1986) "Standard Penetration Test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation" *Geotechnique* 36, n° 3.
- 43) Somerville S.H. (1986) "Control of groundwater for temporary works" CIRIA Report 113.
- 44) Stroud M.A. (1974) "The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks" Proceedings ESOPT I.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- 45) Stroud M.A. (1988) "The Standard Penetration Test – Its application and interpretation" Penetration Testing in UK, Proceedings of the Geotechnical Conference organized by ICE, Birmingham.
- 46) Tamez E. (1984) "Estabilidad de tuneles excavados en suelos", Conferenza presso la Mexican Academy, Mexico
- 47) Tokimatsu K., Yoshimi Y. (1983) "Empirical correlation of soil liquefaction based on SPT N-value and fines content" Soils and Foundations 23, n° 4.
- 48) Vucetic M., Dobry R. (1991) "Effect of soil plasticity on cyclic response" Journal of Geotechnical Engineering, vol. 117, n° 1, pp. 89-107.
- 49) Youd T.L. e Idriss I.M. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. 127(4): 297-313.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> CB0057_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

7 INDAGINI PREGRESSE SA-RC