

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)

IL PROGETTISTA



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



IL CONTRAENTE GENERALE

Project Manager
(Ing. P.P. Marcheselli)

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

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

Unità Funzionale

COLLEGAMENTI SICILIA

SB0057_F0

Tipo di sistema

STUDI DI BASE

Raggruppamento di opere/attività

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Opera - tratto d'opera - parte d'opera

GENERALE

Titolo del documento

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

CODICE

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	2
1 Sezione 1	10
1.1 Premessa	10
1.2 Indagini eseguite.....	11
2 Sezione 2: Caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni geologiche.....	17
2.1 Generalità	17
2.2 Criteri per la caratterizzazione dei Terreni incoerenti o debolmente cementati.....	18
2.2.1 Parametri fisici e stato iniziale del deposito	19
2.2.1.1 Densità relativa	21
2.2.1.2 Indice dei vuoti iniziale e pesi di volume.....	24
2.2.2 Resistenza in condizioni drenate.....	26
2.2.3 Resistenza in condizioni non drenate.....	28
2.2.3.1 Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR	29
2.2.3.2 Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da SPT.....	29
2.2.3.3 Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da Vs	31
2.2.3.4 Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove triassiali cicliche .	31
2.2.4 Deformabilità.....	32
2.2.4.1 Moduli elastici a piccole deformazioni	32
2.2.4.2 Moduli elastici a medie e grandi deformazioni	35
2.2.4.3 Coefficienti di smorzamento intrinseco	40
2.2.5 Permeabilità.....	44
2.3 Criteri per la caratterizzazione dei Terreni coesivi.....	46
2.3.1 Caratteristiche fisiche.....	46
2.3.2 Stato iniziale	46
2.3.3 Resistenza al taglio non drenata.....	47
2.3.3.1 Prove di laboratorio	47
2.3.3.2 Valutazione di c_u da prove SPT	48
2.3.3.3 Valutazione di c_u da prove pressiometriche.....	48
2.3.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.....	48
2.3.5 Caratteristiche di deformabilità.....	50
2.3.5.1 Moduli elastici a piccole deformazioni	50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

2.3.5.2	Moduli elastici a medie e grandi deformazioni	52
2.3.5.3	Coefficienti di smorzamento intrinseco	55
2.3.6	Coefficienti di permeabilità e di consolidazione primaria	57
2.3.7	Coefficienti di consolidazione primaria e secondaria	58
2.4	Criteri per la caratterizzazione degli Ammassi rocciosi.....	59
2.4.1	Descrizione mineralogica e caratteristiche fisiche	59
2.4.2	Resistenza e deformabilità delle rocce costituenti l'ammasso	59
2.4.3	Resistenza al taglio lungo le discontinuità naturali	59
2.4.4	Classificazioni dell'ammasso	61
2.4.5	Modellazione dell'ammasso	64
2.4.6	Parametri dell'ammasso	64
2.4.7	Deformabilità.....	68
2.4.7.1	Moduli elastici a piccole deformazioni	68
2.4.7.2	Moduli elastici a medie deformazioni.....	69
2.4.8	Permeabilità.....	70
2.4.9	Stato iniziale	70
2.5	Caratterizzazione geotecnica.....	72
2.5.1	Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico	74
2.5.1.1	Geologia	74
2.5.1.2	Geomorfologia	77
2.5.1.3	Inquadramento stratigrafico lungo il tracciato	79
2.5.1.4	Sintesi lungo il tracciato	99
2.5.1.5	Inquadramento idrogeologico.....	105
2.5.1.6	Acquifero delle metamorfite.....	106
2.5.1.7	Acquifero conglomeratico-sabbioso miocenico.....	107
2.5.1.8	Acquifero evaporitico-clastico.....	107
2.5.1.9	Acquifero calcarenitico-sabbioso pleistocenico	108
2.5.1.10	Acquifero ghiaioso-sabbioso pleistocenico	108
2.5.1.11	Acquiferi alluvionali	108
2.5.1.12	Parametri idrogeologici	109
2.5.2	Dati piezometrici	109
2.5.3	Considerazioni generali ed individuazione delle principali criticità morfologiche legate ai processi di dissesto	124

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6	Sabbie e Ghiaie di Messina	129
2.6.1	Descrizione	129
2.6.2	Caratteristiche fisiche.....	129
2.6.3	Stato iniziale	130
2.6.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.....	131
2.6.5	Caratteristiche di deformabilità.....	132
2.6.6	Leggi di degrado dei moduli elastici	134
2.6.7	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	136
2.6.8	Coefficienti di permeabilità	136
2.6.9	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica generale.....	137
2.6.10	Caratterizzazione per tratte.....	139
2.6.10.1	Tratta stradale e ferroviaria da 0 ad 1+0 Km	140
2.6.10.2	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	145
2.6.10.3	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km.....	147
2.6.10.4	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN S.Cecilia	148
2.6.10.5	Strada Da 1+0 a 2+0 km	150
2.6.10.6	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	151
2.6.10.7	Strada Da 5+4 km a 5+9 km	152
2.6.10.8	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	154
2.6.10.9	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	155
2.6.10.10	Commenti.....	156
2.7	Formazione del San Pier Niceto.....	157
2.7.1	Descrizione	157
2.7.2	Caratteristiche fisiche.....	158
2.7.3	Stato iniziale	158
2.7.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.....	159
2.7.5	Parametri di resistenza al taglio in termini di tensioni totali.....	162
2.7.6	Caratteristiche di deformabilità.....	163
2.7.7	Leggi di degrado dei moduli elastici	166
2.7.8	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	166
2.7.9	Coefficienti di permeabilità	166
2.7.10	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica generale.....	167
2.8	Serie gessoso- solfifera	169

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.8.1	Descrizione	169
2.8.2	Caratteristiche fisiche.....	169
2.8.3	Stato iniziale	170
2.8.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.....	170
2.8.5	Parametri di resistenza al taglio in termini di tensioni totali.....	173
2.8.6	Caratteristiche di deformabilità.....	173
2.8.7	Leggi di degrado dei moduli elastici	175
2.8.8	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	175
2.8.9	Coefficienti di permeabilità	176
2.8.10	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica generale.....	177
2.9	Depositi costieri	179
2.9.1	Descrizione	179
2.9.2	Caratteristiche fisiche.....	179
2.9.3	Stato iniziale	180
2.9.3.1	Fondazione	180
2.9.3.2	Viadotto Pantano ed Opera terminale	182
2.9.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.....	183
2.9.5	Caratteristiche di deformabilità.....	184
2.9.5.1	Fondazione	184
2.9.5.2	Viadotto Pantano e Opera terminale	186
2.9.6	Leggi di degrado dei moduli elastici	189
2.9.7	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	189
2.9.8	Coefficienti di permeabilità	189
2.9.9	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica.....	190
2.10	Depositi alluvionali	192
2.10.1	Descrizione	192
2.10.2	Caratteristiche fisiche.....	192
2.10.3	Stato iniziale	193
2.10.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.....	193
2.10.5	Caratteristiche di deformabilità.....	195
2.10.6	Leggi di degrado dei moduli elastici	196
2.10.7	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	196
2.10.8	Coefficienti di permeabilità	197

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.10.9	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica generale.....	198
2.11	Metamorfiti.....	200
2.11.1	Descrizione.....	200
2.11.2	Caratteristiche fisiche.....	200
2.11.3	Stato iniziale.....	200
2.11.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.....	200
2.11.5	Caratteristiche di deformabilità.....	202
2.11.6	Coefficienti di permeabilità.....	202
2.11.7	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica generale.....	203
2.12	Trubi.....	205
2.12.1	Descrizione.....	205
2.12.2	Caratteristiche fisiche.....	205
2.12.3	Stato iniziale.....	205
2.12.4	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.....	205
2.12.5	Caratteristiche di deformabilità.....	206
2.12.6	Leggi di degrado dei moduli elastici.....	207
2.12.7	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	207
2.12.8	Coefficienti di permeabilità.....	208
2.12.9	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica generale.....	209
2.13	Depositi di versante.....	211
2.13.1	Caratteristiche fisiche.....	211
2.13.2	Stato iniziale.....	212
2.13.3	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.....	212
2.13.4	Caratteristiche di deformabilità.....	213
2.13.5	Leggi di degrado dei moduli elastici.....	213
2.13.6	Coefficienti di smorzamento intrinseco.....	213
2.13.7	Coefficienti di permeabilità.....	213
2.13.8	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica generale.....	214
2.14	Calcareniti di San Corrado.....	216
2.14.1	Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica.....	217
2.15	Arenazzolo.....	219
2.16	Determinazione delle azioni sismiche di progetto.....	220
2.17	Resistenza dei terreni incoerenti in tensioni totali.....	224

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3	SEZIONE 3: NORMATIVA DI RIFERIMENTO	253
4	SEZIONE 4: PROCEDURE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE OPERE	254
4.1	Coefficienti di sicurezza	254
4.2	Spostamenti ammissibili	254
4.2.1	Gallerie in ambito urbano	254
4.2.2	Fondazioni strutture	255
4.2.3	Fondazioni viadotti	257
4.2.4	Opere di sostegno flessibili	258
4.2.5	Muri rigidi	259
4.2.6	Rilevati	259
4.2.7	Pendii e sbancamenti	260
5	ALLEGATI	261
5.1	SABBIE E GHIAIE DI MESSINA	261
5.1.1	Ferroviano e Stradale da 0 a 1+0 Km	371
5.1.1.1	Ancoraggio	371
5.1.1.2	Viadotto Pantano	393
5.1.1.3	Opera terminale	414
5.1.1.4	Fondazione	422
5.1.2	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN S.Agata	430
5.1.3	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	446
5.1.4	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN S.Cecilia	469
5.1.5	Strada Da 1+0 a 2+0 km	485
5.1.6	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN Faro Superiore	498
5.1.7	Strada Da 5+4 a 5+9 km	528
5.1.8	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	551
5.1.9	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN le Fosse	567
5.2	SAN PIER NICETO	586
5.2.1	San Pier Niceto Argilloso	586
5.2.2	San Pier Niceto Conglomeratico Sabbioso	619
5.3	SERIE GESSOSO SOLFIFERA	650
5.3.1	Calcari brecciati	650
5.3.2	Argille gessose	656
5.4	DEPOSITI COSTIERI	687

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.4.1	Fondazione	688
5.4.2	Viadotto Pantano	708
5.4.3	Opera Terminale	747
5.5	DEPOSITI ALLUVIONALI	758
5.6	METAMORFITI	800
5.7	TRUBI	811
5.8	DEPOSITI DI VERSANTE	818
5.9	CALCARENITI DI SAN CORRADO	828
6	BIBLIOGRAFIA	841

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>	<p><i>Codice documento</i> SB0057_F0_2</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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 indagine, localmente necessari per la realizzazione del Progetto Esecutivo. Ciò ha portato alla

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 Sicilia.

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
- indagini 1992
- indagini 2002.

Entrambi i tracciati, ferroviario e stradale, presentano due carreggiate, una per ogni senso di marcia.

Il progetto di collegamento del Ponte sullo Stretto prevede la realizzazione delle seguenti opere d'arte, stradali e ferroviari:

tracciato stradale

- a partire dal Viadotto Pantano, compreso nell'opera di attraversamento, è prevista una prima tratta all'aperto, in rilevato, a seguire:
 - galleria "Faro Superiore"
 - tratta in viadotto
 - galleria "Balena I" (direzione Messina) e galleria "Balena II" (direzione Reggio Calabria)
 - tratta in viadotto
 - galleria "Le Fosse"

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- tratta in viadotto
- galleria "Serrazzo"

tracciato ferroviario

- galleria "S. Agata"
- breve tratta all'aperto all'incirca tra il Km 5 ed il Km 6
- galleria "S. Cecilia"
- 3 fermate metropolitane: Papardo, Europa, Annunziata.

E' importante evidenziare che sia il tracciato stradale sia quello ferroviario sono stati oggetto di varianti di tracciato, rispetto al progetto di gara.

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. 71 sondaggi dei 71 previsti per i collegamenti infrastrutturali lato Sicilia.

Di seguito si riportano le indagini eseguite:

S407, S408, S408bis, S409, S409bis, S410, S411, S412, S412bis, S413, S414, S414bis, S415, S416, S417, S418, S419, S420, S421, S422, S423, S424, S425, S426, S427, S428bis, S429, S429bis, S430, S431, S432, S433, S434, S435, S436, S437, S441, S443, S445, S445bis, S446, S447, S448, S449, S450, S451, S451bis, S452, S452bis, S453, S453bis, S454, S454bis, S455, S456, S457, S458, S459, S459bis, S460, S461, S462, S463, S464, S464bis, S465, S466, I1, I2, I3.

Sono stati installati gli 11 inclinometri previsti per il monitoraggio di versanti potenzialmente instabili, e sono stati installati n. 15 piezometri a tubo aperto e n. 30 piezometri tipo Casagrande.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 ais seguenti elaborati:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - CG0800QPRDSRII50000000001A - CG0800QP6DSRII50000000001A - CG0800QP6DSRII50000000002A - CG0800QP6DSRII50000000003A - CG0800QP6DSRII50000000004A - CG0800QP6DSRII50000000005A - CG0800QP6DSRII50000000006A - CG0800QP6DSRII50000000007A - CG0800QP6DSRII50000000008A - CG0800QP6DSRII50000000009A - CG0800QP6DSRII50000000010A - CG0800QP6DSRII50000000011A - CG0800QP6DSRII50000000012A | <ul style="list-style-type: none"> Relazione Tecnica Illustrativa Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 1 Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 2 Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 3 Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 4 Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 5 Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 6 Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 7 Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 8 Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 9 Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 10 Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 11 Planimetria Indagini Geognostiche Tav. 12 |
|--|---|

Nel dettaglio sono stati eseguiti:

- 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

- "Restituzione campagna indagini geognostiche – risultati prove di laboratorio (Vol. 1 ATI: RCT – Sonedile), doc. CG1600 P SD D S SB C8 G0 00 00 00 01 A,
- "Restituzione campagna indagini geognostiche (Vol. 2 ATI: Sorige – L&R)", doc. CG1600 P SD D S SB C8 G0 00 00 00 01 A,
- "Restituzione campagna indagini geofisiche (Vol. 3 Vicenzetto)", doc. CG1700 P SD D S SB C8 G0 00 00 00 01 A,
- "Restituzione campagna indagini geofisiche (Vol. 1 ATI: RCT – Sonedile), doc. CG1600 P SD D S SB C8 G0 00 00 00 02 A,
- "Restituzione campagna indagini geofisiche (Vol. 2 ATI: Sorige – L&R), doc. CG1500 P SD D S SB C8 G0 00 00 00 02 A,
- "Restituzione campagna indagini geofisiche (Vol. 3 Vicenzetto), doc. CG1700 P SD D S SB C8 G0 00 00 00 02 A,
- "Indagini geognostiche – risultati prove di laboratorio, doc. CG0000 P RG D S SB C8 G0 00 00 00 07 A.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

disposizione della Scrittura, 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 della estrapolazione della situazione stratigrafica di “partenza” e di “arrivo”.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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> SB0057_F0_2	<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 cementate (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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2 Criteri per la caratterizzazione dei 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> SB0057_F0_2	<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

- $k_{0\ nc} = (1 - \sin\phi')$ 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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

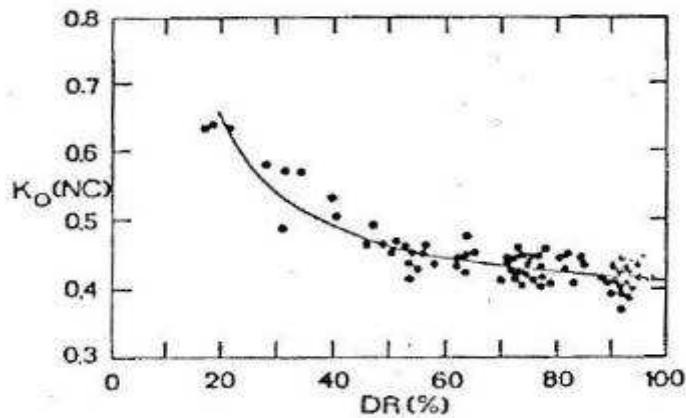


Figura 1 Correlazione di Bellotti

- 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_0) e la densità relativa (Dr) vengono ricavati dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT (per e_0 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> SB0057_F0_2	<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						

2.2.1.1 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> SB0057_F0_2	<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
 - $N_{SPT} = N_2 + \frac{50}{\alpha} \cdot 15 \leq 100$ 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> SB0057_F0_2	<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} .

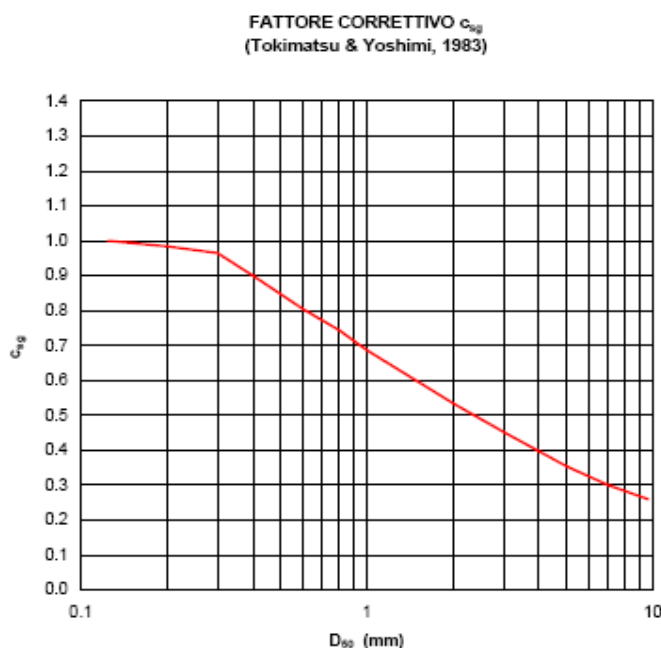


Figura 2 - Fattore correttivo C_{sg} di Tokimatsu & Yoshimi, 1983

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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).

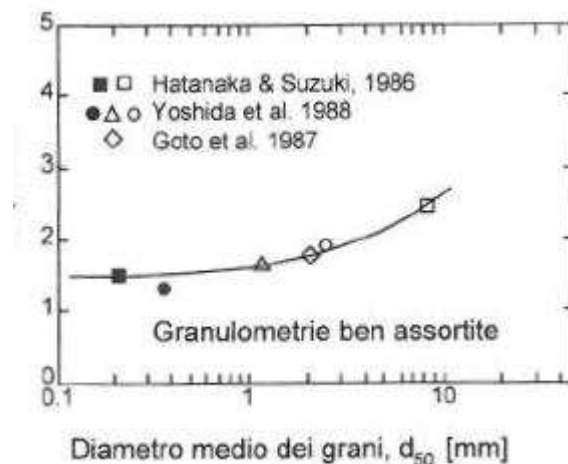


Figura 3 – Fattore correttivo N_{spt}/N_{Lpt} di Tokimatsu & Yoshimi, 1983

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:

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

una volta noti i valori di e_{max} , e_{min} , γ_{dmax} e γ_{dmin} . Essi possono essere determinati in laboratorio.

In questa sede, se non si conosce il valore e_{emin} , noto o stimato il valore e_{max} (ad esempio Youd (1973)) è stato possibile determinare e_0 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> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<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						

2.2.2 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:

$$\phi'_{\text{picco}} = \phi_{\text{cv}}' + m \cdot DI$$

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

essendo:

$$\phi'_{\text{picco}} = \text{angolo di attrito di picco riferito a pressioni } \sigma_{ff}' = 272 \text{ kPa} \quad (9)$$

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

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

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

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

$$\phi_{\text{cv}}' = \text{angolo di attrito di stato critico} \quad (9)$$

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

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](#))

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

	Sabbie ben gradate	Sabbie uniformi
Sabbie a spigoli vivi	$\phi_{cv}' = 38^\circ$	$\phi_{cv}' = 34^\circ$
Sabbie a spigoli arrotondati	$\phi_{cv}' = 33^\circ$	$\phi_{cv}' = 30^\circ$

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

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

$\phi_{cv}' = 33^\circ\text{-}35^\circ$ 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:

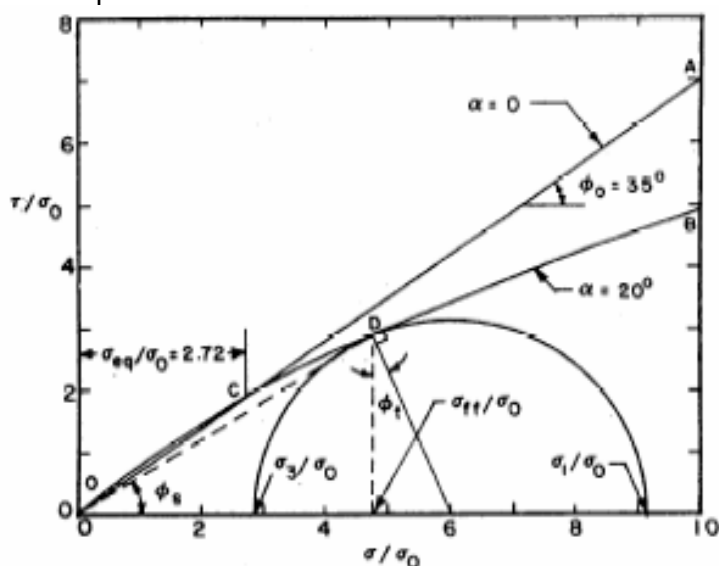


Figura 4 – Involuppo di Baligh, 1975

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="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						

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

di attrito di stato critico)

$\phi'_0 =$ angolo in corrispondenza di $\sigma'_{ff} = 272$ KPa

$\alpha = 1.25 (D_r - 0.2) 10^\circ$ angolo che dipende dalla non linearità dell'involuppo ($4^\circ - 7^\circ$ per $D_r = 0.55 - 0.75$)

Anche le prove pressiometriche permettono di stimare ϕ' con una buona approssimazione.

Per cui i valori di ϕ' possono ricavarsi dalla relazione:

$$P'l = 0.25 \times 2(\phi'/4 - 6)$$

con P'l pressione limite in MPa

2.2.3 Resistenza in condizioni non drenate

In condizioni non drenate, i depositi di terreni granulari sciolti possono liquefare, ovvero si possono trasformare in fluidi.

Al fine di valutare la suscettibilità alla liquefazione o potenziale di liquefazione di un deposito granulare attraverso metodi semplificati occorre stimare gli sforzi di taglio indotti dal terremoto atteso e la resistenza ciclica non drenata del terreno.

Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione è:

$$FS = \frac{CRR_{7.5}}{CSR} MSF$$

con MSF (magnitude scaling factor) dato da (Idriss 1990):

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$$

L'indice per misurare il potenziale di liquefazione entro i primi 20m da p.c., I_L (Iwasaki et al., 1982), è definito come:

$$I_L = \int_0^{20m} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

dove z è la profondità in metri e w(z) and F(z) sono:

$$w(z) = 10 - 0.5 \cdot z$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$F(z) = \max \begin{cases} 1 - F_L \\ 0 \end{cases}$$

Iwasaki et al. (1982) propone la seguente classificazione del rischio di liquefazione:

$I_L \leq 5$	<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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

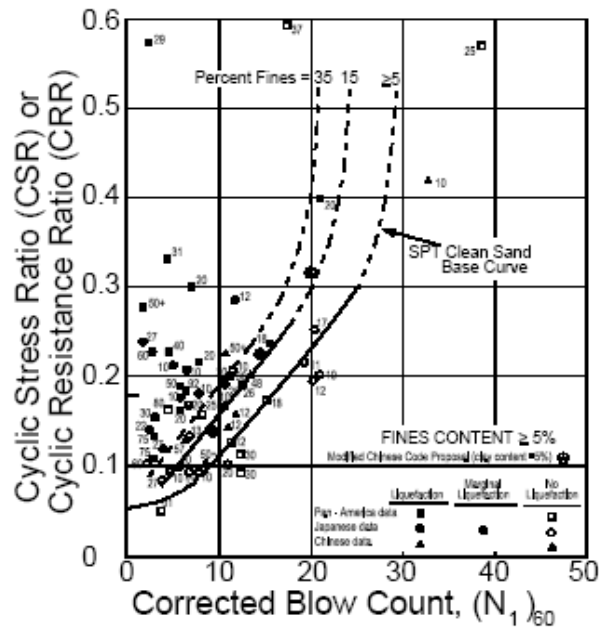


Figura 5 – Grafico di Youd e Idriss,2001

La Figura (Youd e Idriss 2001) consente di ricavare CRR nel caso di terremoti di Magnitudo 7.5, noto il valore di $(N_1)_{60}$.

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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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:

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

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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

essendo:

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

- 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 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:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

essendo modesta l'influenza di OCR.

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

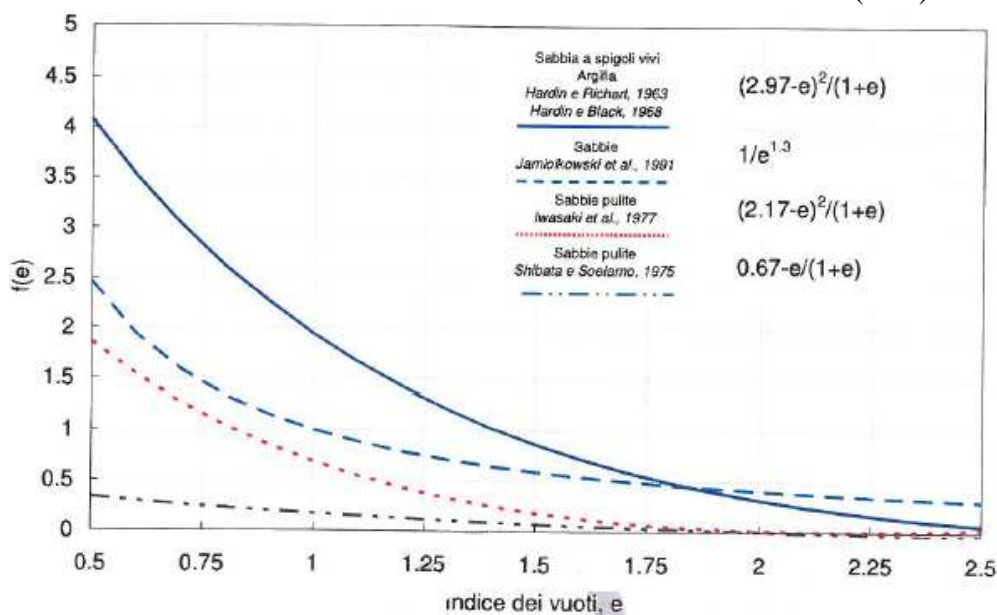


Figura 6– Espressioni di f(e) secondo vari Autori

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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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:

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

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)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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_s 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 PE 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**.

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_1 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 \(1993\)](#):

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

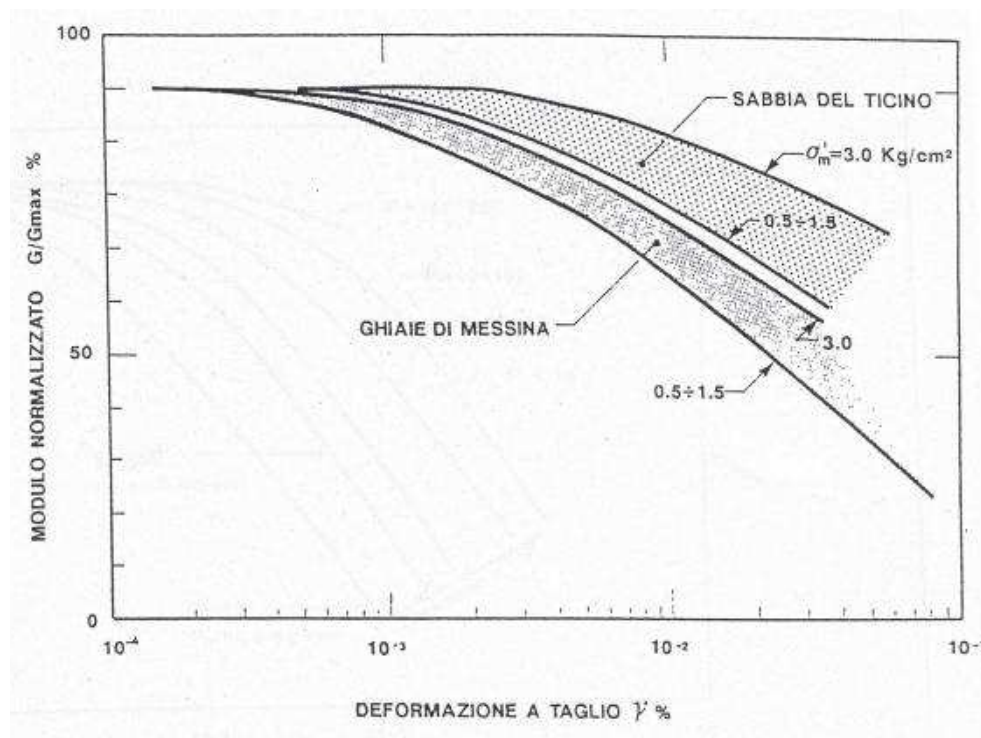
$$K(\gamma, Ip) = 0.5 \cdot \left[1 + \tanh \left(\ln \left(\frac{0.000102 + n(Ip)}{\gamma} \right)^{0.492} \right) \right]$$

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

$$0.0 \quad Ip = 0$$

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

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



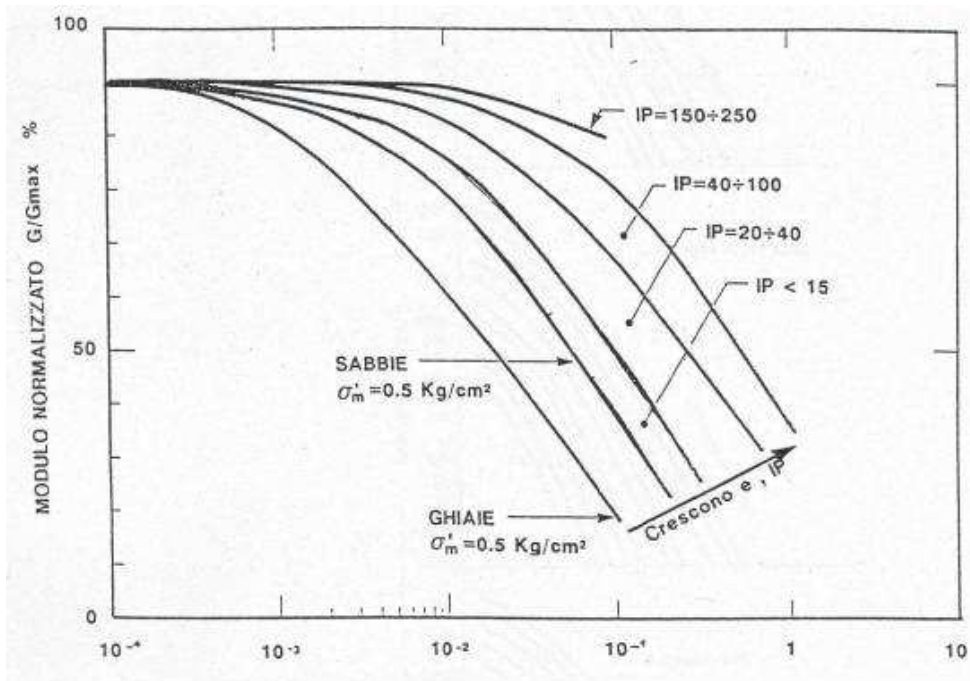


Figura 7– Curve di decadimento secondo Lo Presti,1989

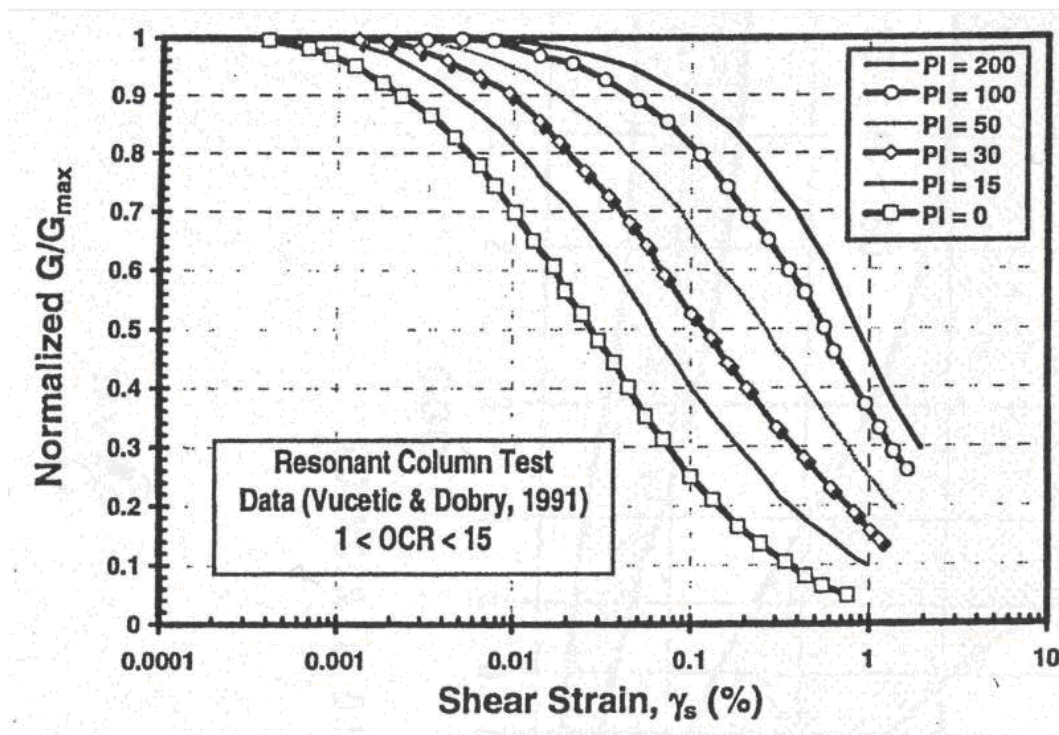


Figura 8– Curve di decadimento secondo Vucetic e Dobry,1991

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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. 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

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

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

$$C = 40$$

$N_c, N_q, N_\gamma, s_c, s_q, s_\gamma$ = 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:

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

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

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;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 ricarica, soprattutto nel caso di prove effettuate in profondità e quindi rappresentative del comportamento di opere caratterizzate da comportamenti in scarico o scarico ricarica.

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 legame è, ai fini pratici, interpretabile con una relazione di tipo lineare e 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 incoerenti, a parità delle altre condizioni, si ha che:

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

Generalmente, per i terreni incoerenti, **D₀** 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

- **D(γ)/D₀** 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(γ)/D₀** si manifesta per γ più elevate.
- **D(γ)/D₀** diminuisce all’aumentare di **e**.
- **D(γ)/D₀** non risente del grado di sovraconsolidazione **OCR**.
- **D(γ)/D₀** diminuisce 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 \(1991\)](#):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

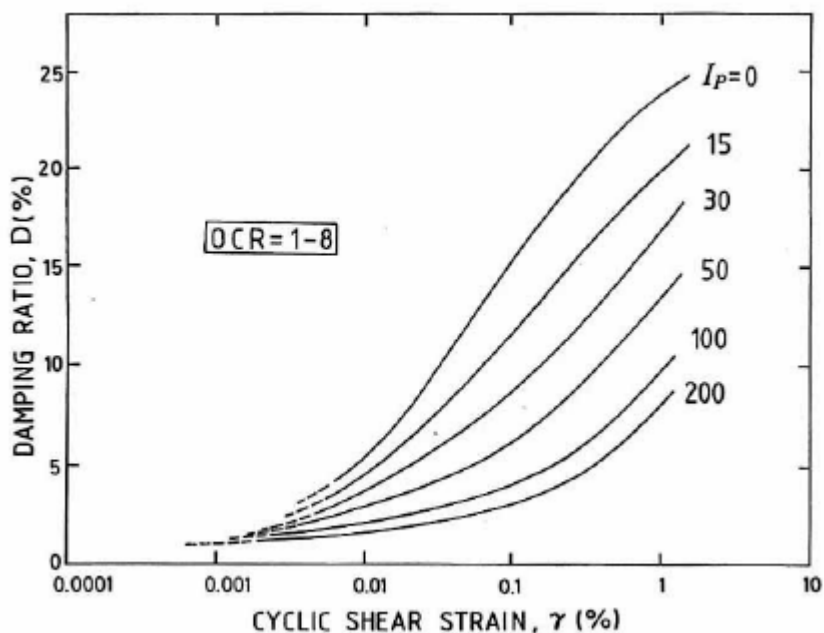


Figura 9– Curve di decadimento secondo Vucetic e Dobry, 1991

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. Dopo escursioni a deformazioni maggiori di γ_v , una nuova fase di carico deviatorico darà quindi luogo ad una risposta iniziale (**Go e Do**) 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

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:

- G_0 , $G(\gamma)$ aumentano col numero dei cicli N (terreni incoerenti asciutti).
- D_0 , $D(\gamma)$ diminuiscono col numero dei cicli N (terreni incoerenti asciutti).
- G_0 , $G(\gamma)$ diminuiscono col numero dei cicli N (terreni incoerenti saturi).
- D_0 , $D(\gamma)$ aumentano col numero dei cicli N (terreni incoerenti saturi).

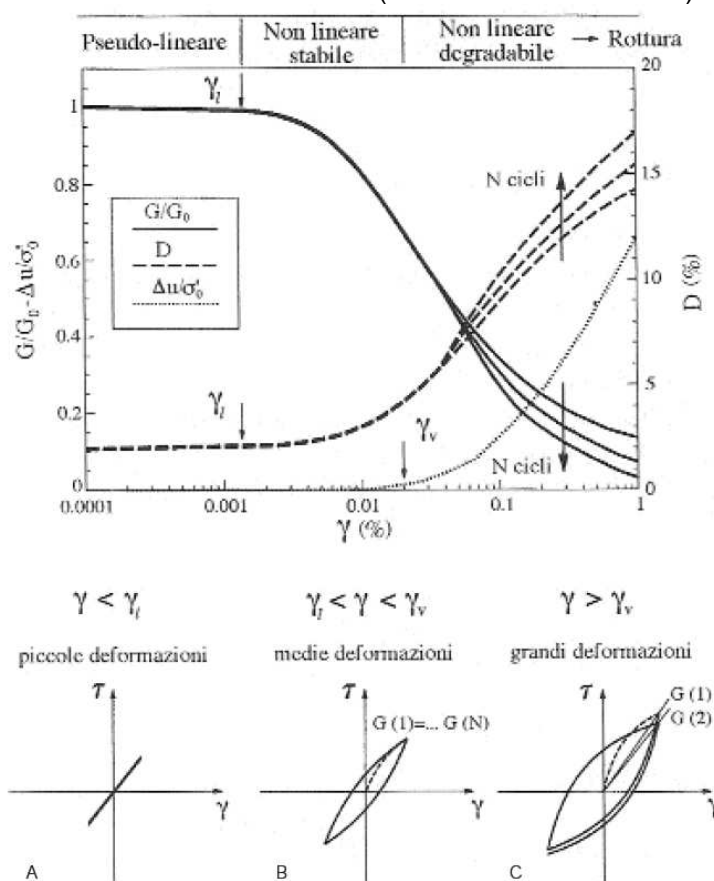


Figura 10– Curve di decadimento e smorzamento tipologiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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

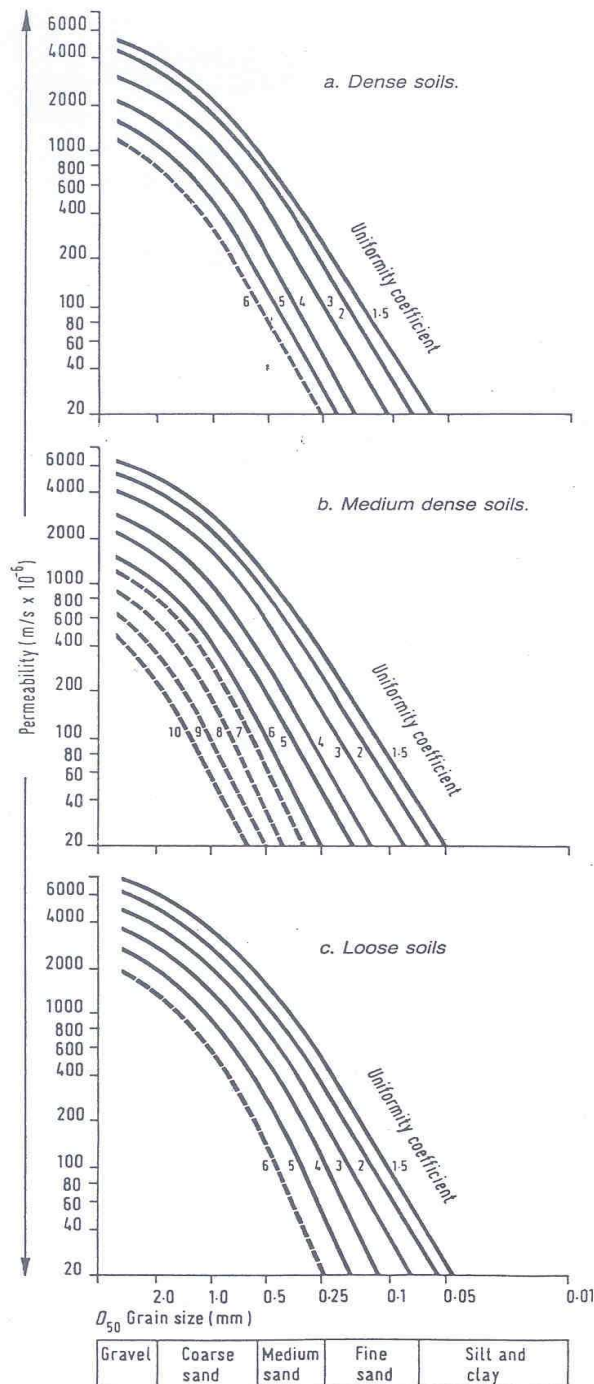


Figura 11– Curve di Somerville,1986

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 anulare ;

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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

σ'_p = pressione di preconsolidazione

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 involuppi 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> SB0057_F0_2	<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

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

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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

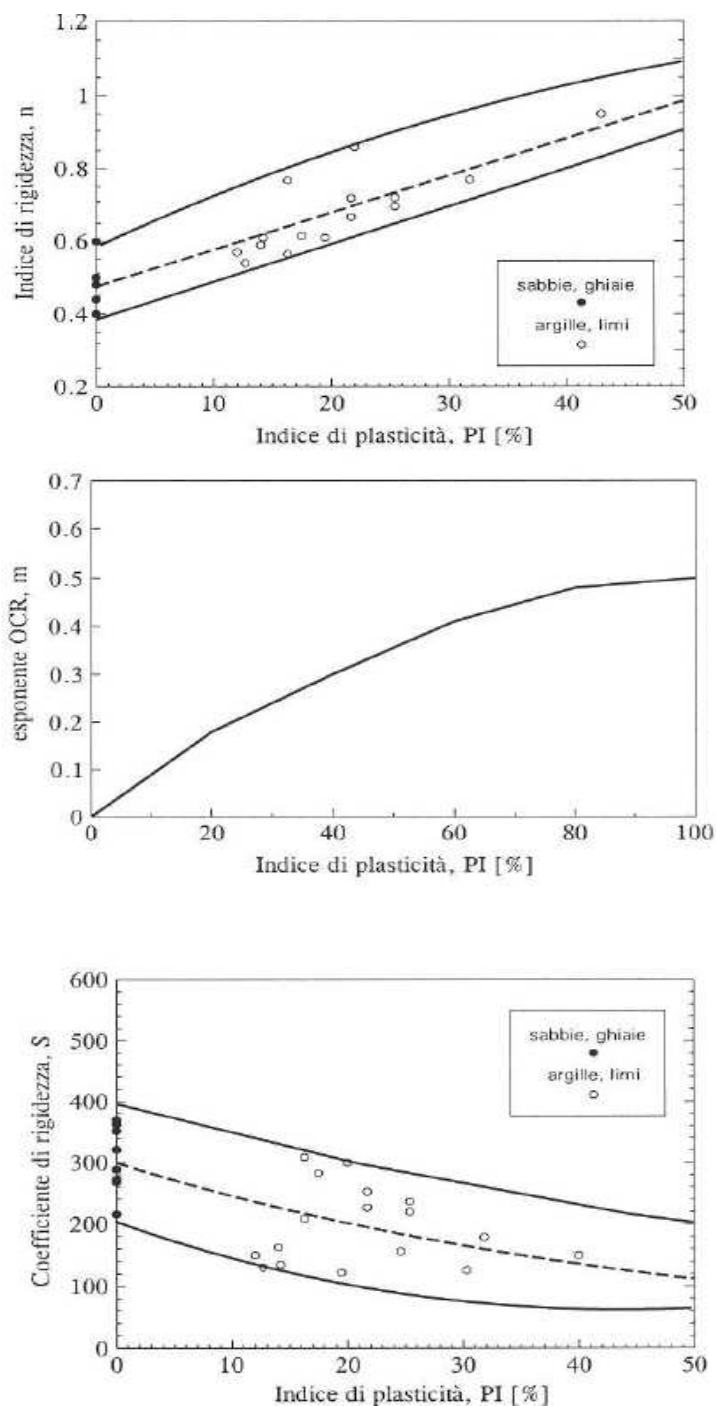


Figura 13– Coefficienti S, “n” e “m” secondo Mancuso (1997)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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 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 ($\gamma_t < \gamma_v$ 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:

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

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

La soglia di linearità γ_l per terreni coesivi dipende dall'indice di plasticità **IP**: essa cresce al crescere di 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> SB0057_F0_2	<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 \(1991\)](#)

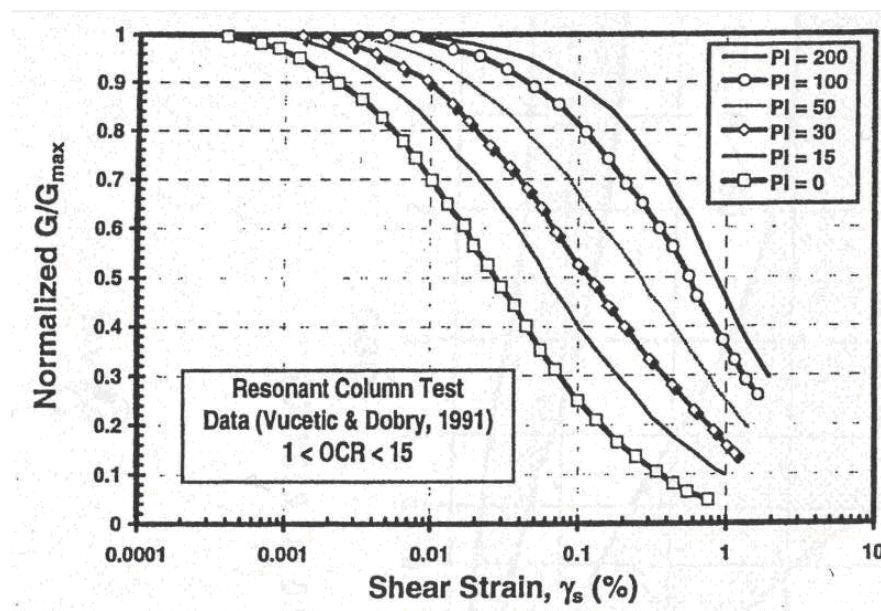


Figura 14– Curve di decadimento secondo Vucetic e Dobry (1991)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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> SB0057_F0_2	<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 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> SB0057_F0_2	<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 \(1993\)](#):

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

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

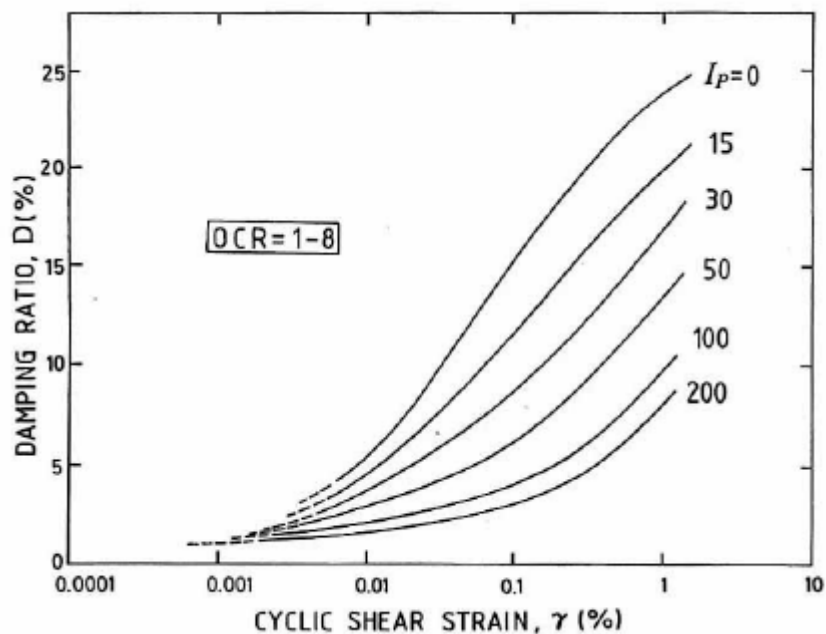


Figura 15– Curve di decadimento secondo Vucetic e Dobry (1991)

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> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

k_o = coefficiente di permeabilità corrispondente all'indice dei vuoti iniziale e_o

e = indice dei vuoti corrente

e_o = indice dei vuoti iniziale

$$C_k = 0.5 \cdot e_o$$

- 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> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<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 geostrukturali 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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

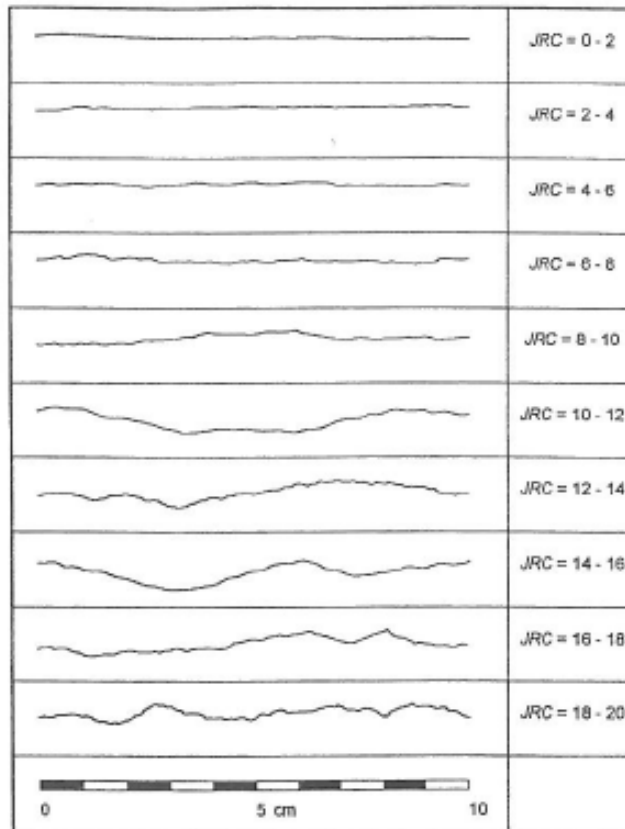


Figura 16– Profili tipici secondo Barton (1977)

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> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<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:

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

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

D = 0 per "undisturbed rock masses"

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

D = 1 per “disturbed rock masses”

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

GSI = RMR₈₉ - 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> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

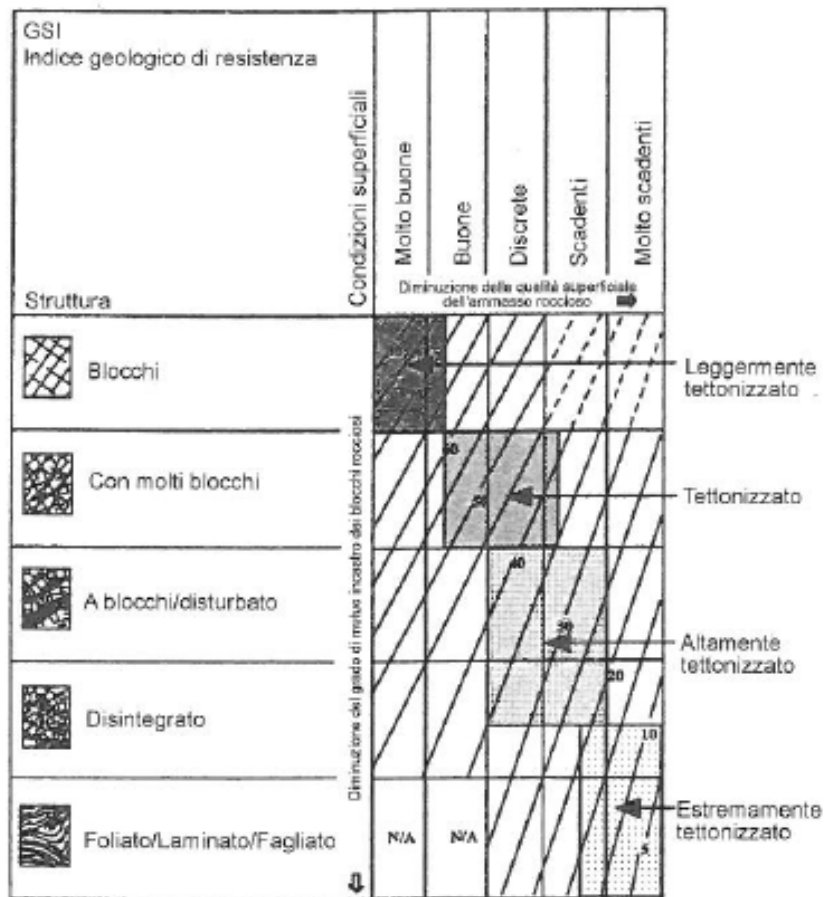


Figura 17– Carta del GSI, Hoek et al. (1998)

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:

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

$$\sigma_n' = \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} - \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} \cdot \frac{\frac{\delta\sigma_1'}{\delta\sigma_3'} - 1}{\frac{\delta\sigma_1'}{\delta\sigma_3'} + 1}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

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

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

$$G_{o1} = \frac{\gamma_t}{9,81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_{o1} = G_{o1} \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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_o) e di Young (E_o) iniziali, corrispondenti alle pressioni efficaci medie generiche p' , possono essere ricavati dalle seguenti espressioni:

$$\frac{G_o}{p_a} = A \cdot \left(\frac{p'}{p_a} \right)^n \quad (\text{kPa})$$

$$E_o = G_o \cdot 2 \cdot (1 + \nu') \quad (\text{kPa})$$

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_o . 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](#)):

$$E' = 1000 \cdot \left(1 - \frac{D}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_c}{100}} \cdot 10^{(GSI-10)/40} \quad \text{per } 10 < GSI < 50 \text{ e per } \sigma_c < 100 \text{ MPa.}$$

essendo:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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)

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

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>	<p><i>Codice documento</i> SB0057_F0_2</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

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> SB0057_F0_2	<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:

- di una geologia dei tracciati stradali e ferroviari rivelatasi particolarmente complessa;
- 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.
- 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:

- 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 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,...)
- alla verifica del grado di rappresentatività, del numero delle prove e delle correlazioni da cui si sono ottenuti i dati.
- 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 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 involuppi di resistenza per analisi più approfondite che tengano conto della dipendenza della resistenza dallo stato tensionale, etc...)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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:

Sabbie e Ghiaie di Messina	(72% stradale, 44% ferroviario)
San Pier Niceto (conglomeratica/sabbiosa ed argillosa)	(16% stradale, 21% ferroviario)
Serie gessoso – solfifera (calcarei brecciati e facies argillosa)	(3% stradale, 13% ferroviario)
Depositi alluvionali e costieri	(8% stradale, 10% ferroviario)
Metamorfiti	(7% ferroviario)
Trubi	(3% ferroviario)
Depositi di versante	(<1%)
Calcareni di San Corrado ed Arenazzolo	(<1%)

Tale distribuzione, in relazione alla quantità di indagini disponibili, ha reso possibile e significativa un'analisi dei risultati per tratte della formazione maggiormente presente, le Sabbie e Ghiaie di Messina.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.5.1 Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico

2.5.1.1 Geologia

Dal punto di vista geologico generale lo Stretto di Messina è ubicato in corrispondenza della terminazione meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano, caratterizzato, come sopra specificato, dalle Unità Kabilo-Calabridi o, brevemente Calabridi, e che rappresenta un segmento dell'Orogene Appenninco-Maghrebide.

L'edificio calabro-peloritano è composto da una pila di falde di ricoprimento, caratterizzate da un basamento cristallino con un grado metamorfico crescente verso l'alto, da termini semimetamorfici fino a unità d'alto grado. Nell'area in esame affiora soltanto la falda strutturalmente più elevata, cioè l'Unità dell'Aspromonte, costituita da rocce gneissiche e da micascisti con filoni pegmatitico-aplitici. Tale unità forma il substrato, sul quale poggiano le coperture mioceniche e plio-quadernarie; esso affiora lungo la dorsale peloritana e nell'estremità meridionale della Calabria, dove si aggiungono anche plutoniti a composizione granodioritica. Lembi minori si trovano all'interno della città di Messina, dove formano una dorsale orientata ENE-WSW.

Il quadro strutturale in cui si colloca l'area peritirrenica rappresenta il risultato dello stadio collisionale tra la crosta continentale "panormide", originario basamento delle Unità Panormidi, riconosciuto nella fascia meridionale del Bacino Tirrenico ed il margine pelagiano della placca africana. A partire dal Pliocene superiore, si è registrata per la maggior parte della Sicilia la totale consumazione della crosta oceanica "paleoionica" che ospitava le coperture bacinali maghrebidi (imeresi, sicane, etc.) ed originariamente interposta tra i due blocchi (quello maghrebide e quello pelagiano). Tale stadio collisionale si è realizzato soltanto per la parte centro-occidentale dell'Isola, dove attualmente il processo di convergenza è inibito, mentre ad est dell'area di Milazzo la crosta "panormide" si contrappone invece alla crosta oceanica ionica, ancora in subduzione. Pertanto l'area dello Stretto si trova in pieno al disopra del processo di subduzione ionica.

Dal punto di vista strutturale esistono più sistemi di faglie:

Il sistema orientato NW-SE a componente destra, denominato Sistema Sud-Tirrenico, ed interpretato come l'espressione superficiale del generale *shifting* dell'orogene dalle aree in collisione a quelle in subduzione, non è particolarmente evidente nelle zone attorno allo Stretto.

Particolarmente marcato appare il sistema orientato NE-SW.

Il sistema orientato NNE-SSW, è un elemento morfotettonico che domina la dorsale peloritana ed è responsabile della segmentazione dei depositi del Pliocene medio-inferiore, quindi la sua

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

attivazione data dal Pliocene superiore ed è probabilmente attivo anche nel Pleistocene. Ad esso vengono associati da MONACO & TORTORICI (2000) tassi di sollevamento di 0,5-1,2 mm/anno per gli ultimi 700 ka.

Altro importante sistema di faglie è quello orientato ENE-WSW, cui appartiene il Sistema Ganzirri-Scilla e che corrisponde ad un importante elemento geomorfologico, che si esprime con scarpate sottomarine e controlla la morfologia costiera del tratto settentrionale dello Stretto di Messina. Linee sismiche, che attraversano lo Stretto, indicano chiaramente che il fondo mare è ritagliato da queste faglie.

La morfologia del fondo mare tra Villa S. Giovanni e Ganzirri mostra una superficie suborizzontale a profondità variabili da 60 ad 80 m bordata da strutture, che controllano poi la linea di costa su ambedue i lati dello Stretto. Tale piattaforma sommersa potrebbe corrispondere a quella di Campo Piale sul lato calabrese, ubicata a 120-170 m s.l.m.. Ciò implicherebbe un collasso della zona dello Stretto molto superiore ai tassi regionali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

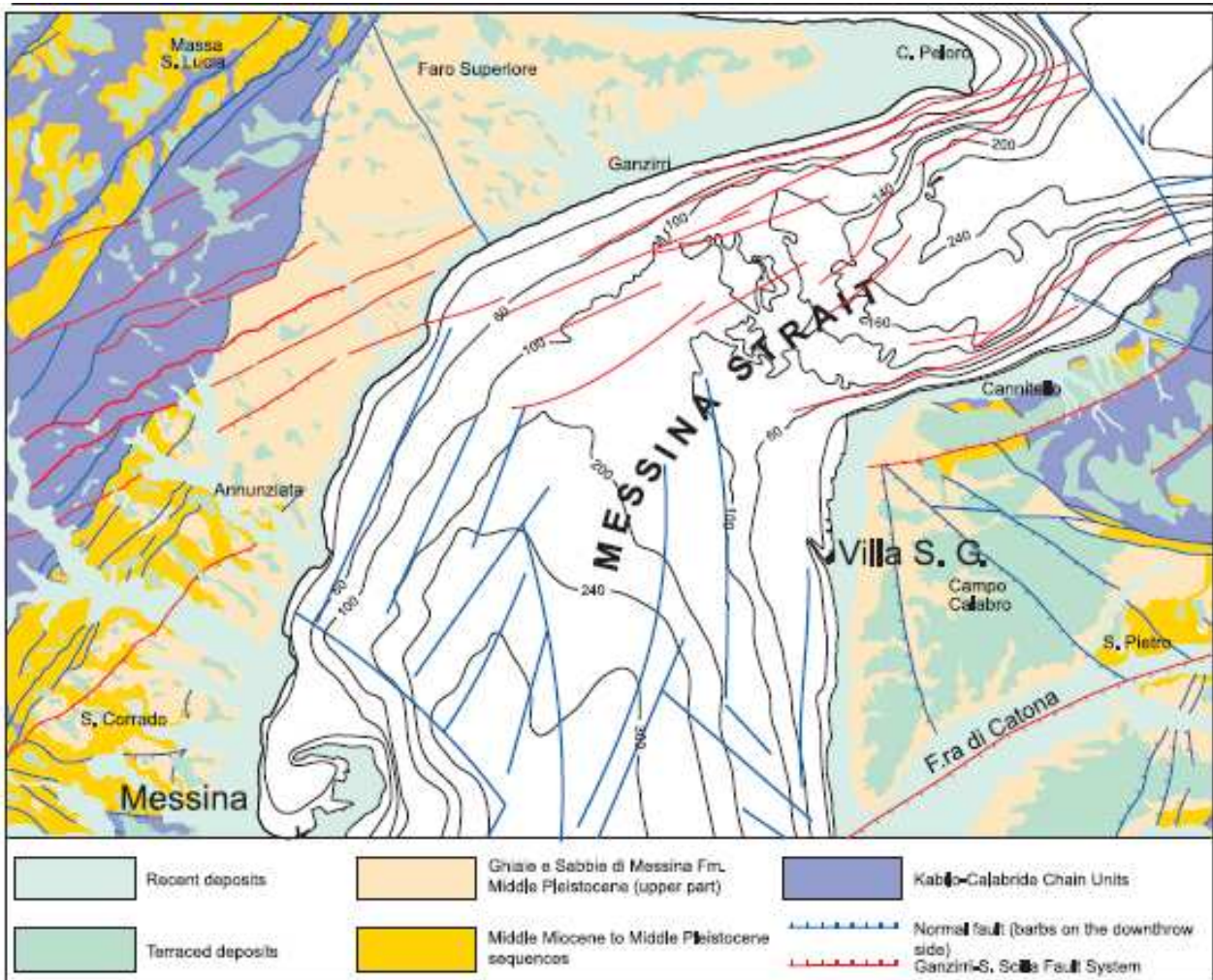


Figura 2.5.1 – Schema tettonico dell’area dello Stretto di Messina. Lo schema mostra la distribuzione delle Ghiaie e sabbie di Messina e i recenti sistemi di faglie che interessano l’intera area.

Studi multidisciplinari eseguiti negli ultimi anni hanno messo in evidenza i caratteri stratigrafici e strutturali di quest’area e di ricostruire il trend evolutivo, che in una zona come questa presenta una complessa storia geodinamica. La ricostruzione stratigrafica, in particolare dell’intervallo pliocenico-quadernario, permette di dedurre il comportamento tettonico e di ricostruire i tassi di sollevamento dei settori siciliano e calabrese, che delimitano lo Stretto. L’analisi sul terreno e i dati delle aree sommerse consentono il riconoscimento di strutture, che controllano l’evoluzione geomorfologica e possono essere messe in relazione con l’attività sismica. Le stesse strutture inoltre possono essere individuate attraverso le linee sismiche, in particolare quelle ubicate nelle

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

aree sommerse.

Nella zona studiata l'assenza delle arenarie del Flysch di Capo d'Orlando, dovuta ad antiche fasi erosive ovvero ad una originaria non sedimentazione, non fornisce indicazioni sulla fase oligocenica di ricoprimento delle falde cristalline. La copertura sedimentaria inizia con i conglomerati e le sabbie della cosiddetta "molassa", cioè la Formazione di S. Pier Niceto, ascrivibile al Miocene medio-superiore, presente su ambedue i versanti della dorsale peloritana, e nell'Aspromonte dove è più nota come "Flysch di Motta" (BARRIER et al., 1987) ed alla quale appartiene anche il cosiddetto "Conglomerato di Pezzo".

Sul versante tirrenico siciliano l'alimentazione di tali depositi indica che la formazione era legata alle fasi incipienti dell'apertura del Bacino Tirrenico, mentre sul versante ionico l'area d'origine poteva essere quella attualmente collassata a formare il cosiddetto *Rise* di Messina, nel bordo ionico siciliano.

Le coperture sedimentarie del Miocene superiore e quelle del Pliocene-Quaternario, distribuite lungo il versante ionico della dorsale peloritana, si presentano lacunose e/o condensate a causa delle ripetute fasi di emersione e avanzamento del mare.

Nello Stretto di Messina il controllo strutturale è estremamente evidente. Una semplice analisi morfostrutturale, condotta anche con l'aiuto di immagini DEM del fondo marino, mostra una netta connessione tra il *trend* ENE-WSW (Sistema di faglie di Scilla) e le marcate scarpate sottomarine presenti sia sul lato calabrese, che su quello siciliano del settore nord dello Stretto. Mentre nella parte a sud dell'allineamento Punta Pezzo – Foce dell'Annunziata lo Stretto assume una direzione prossima a NE-SW, parallela cioè ai *trend* che delimitano la dorsale peloritana.

2.5.1.2 Geomorfologia

Dal punto di vista geomorfologico l'area dello Stretto di Messina è ubicata in corrispondenza della terminazione meridionale dell'Arco Calabro tra la catena dei Monti Peloritani in Sicilia e l'estremità occidentale del Massiccio dell'Aspromonte in Calabria. La sua delimitazione geografica meridionale si pone a Scaletta Zanclea sulla sponda siciliana e a Pellaro su quella calabrese.

I Monti Peloritani si estendono da Capo Peloro sino alla congiungente S. Fratello-Giardini in senso geologico, o sino alla zona di Novara di Sicilia con terminologia geografica. Essi presentano molti caratteri comuni ai monti calabresi: essendo simile la costituzione geologica, appaiono simili anche i lineamenti morfologici di insieme. Risulta, così, molto comune la morfologia data da ampie e profonde fiumare, colmate da spesse coltri alluvionali; mentre diversa si presenta la conformazione delle creste, molto più aguzze e sottili quelle dei Peloritani, specialmente in corrispondenza delle

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

rocce d'alto grado metamorfico, come gli gneiss. Lo spartiacque si trova più vicino alla costa ionica, che a quella tirrenica. Sono anche minori rispetto ai rilievi calabresi le altitudini che non superano di norma i 1300 m. In particolare i rilievi più elevati di tutto il sistema montuoso peloritano sono Montagna Grande (1374 m) e Rocca Novara (1340 m).

I tratti geomorfologici più significativi dell'area sono dati dalla dorsale dei M. Peloritani e dalle fasce alluvionali che bordano sia la zona ionica della Sicilia, sia la terminazione occidentale del Massiccio dell'Aspromonte. Entrambi le dorsali sono incise da valli con versanti molto acclivi nel tratto a monte, che conferiscono al paesaggio un aspetto aspro. Verso valle il paesaggio è caratterizzato da una successione continua di superfici subpianeggianti variamente estese, degradanti e separate da evidenti gradini, che danno al versante ionico una tipica conformazione a gradinata. Esso è disseccato da incisioni fluviali, che nel loro tratto terminale svasano in pianure alluvionali, più ampie sul versante calabrese.

Questo aspetto è in stretto rapporto con l'evoluzione tettonica recente dell'area che nel Plio-Quaternario ha subito un generale sollevamento, legato a movimenti lungo i principali sistemi di faglie connesse con l'apertura del Bacino Tirrenico e con l'individuazione dello Stretto di Messina.

Considerata la varietà delle litologie delle formazioni, anche gli aspetti geomorfologici sono estremamente vari. Infatti alla scarsa erodibilità delle rocce metamorfiche massive, come i gneiss, fa riscontro il degrado delle coperture sedimentarie argilloso-sabbiose oppure ghiaiose. Ma anche tra queste i conglomerati miocenici presentano rilievi aspri e tormentati.

Caratteristica è anche la risposta delle Ghiaie e Sabbie di Messina ai fenomeni di degradazione, con formazione di estese fasce di detrito ghiaioso sia alla base dei rilievi, che lungo le ampie valli.

Frequenti sono gli orli di scarpata di degradazione, che quasi sempre non sono associati a coltri di frana, ma semmai a fasce o coni di detrito, come sul versante tirrenico. Gli orli di scarpata di degradazione con andamento semicircolare sono molto diffusi nella formazione delle Ghiaie e Sabbie di Messina e si rinvencono anche laddove si ha la combinazione di faglie dirette che mettono a contatto formazioni con analoghe caratteristiche di erodibilità.

Sono state prodotte quattro carte geomorfologiche, in cui sono state cartografate e delimitate le forme salienti, i bacini evidenziati in cartografia sono stati suddivisi e distinti nel successivo capitolo.

Si tratta in generale di corsi brevi e con pendenze importanti nella parte alta del bacino.

Da Capo Peloro alla Fiumara Annunziata prevalgono gli orli dei terrazzi marini e alla base dei versanti da modesti a forti accumuli di materiali erosi e risedimentati.

L'aspetto più visibile di una morfologia prodotta dall'intervento antropico sono le cave per

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

l'estrazione di inerti e le connesse aree di lavorazione. Nel torrente Pace sono state cartografate tre grosse aree di cava, una sulla strada panoramica dello stretto e due nella fiumara Curcuraci. Le tavole riportano anche le spiagge e le aree alluvionali. Queste ultime sono in gran parte occupate dall'urbanizzazione e, poiché raffigurarle entrambe avrebbe comportato una sovrapposizione di retini, che rendeva illeggibile le aree, si è preferito privilegiare la raffigurazione delle aree alluvionali, cioè un elemento morfologico. In alcuni casi tuttavia le aree edificate sono state ottenute sbancando dei versanti acclivi e non le alluvioni, come nel caso della cittadella universitaria dell'Annunziata.

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.

Metamorfiti dell'Unità dell'Aspromonte

Nell'area oggetto di studio l'Unità dell'Aspromonte rappresenta il basamento metamorfico che affiora a monte del tracciato medesimo dall'alto corso della F.ra dell'Annunziata a Portella Arena - Curcuraci.

In questo settore i litotipi presenti sono caratterizzati da:

- **gneiss occhiadini** affioranti da F.ra Ciccia a Marotta Sup., e subordinati paragneiss presenti tra C.da Castagna e S. Michele, in sinistra dell'alto corso della F.ra di S. Leone.
- **plutoniti tardo-varisico** costituite da masse, per lo più leucocratiche, e da una fitta rete di filoni acidi.
- **metamafiti**, potenti fino a 20 m, sono presenti nei pressi di Dinnamare e a F.ra Tracanalì (ad ovest di Dinnamare). Anfiboliti e gneiss anfibolici sono stati osservati a Camaro e a Cumia Sup. Le metamafiti presentano tessitura massiva o listata, grana media, e una struttura da granoblastica a nematoblastica con rapporti quantitativi variabili di orneblenda, plagioclasio, quarzo e biotite.
- **marmi**, in corpi di limitata estensione, affiorano a Camaro, Cumia e a S. Lucia (in destra della F.ra di S. Filippo), intercalati a paragneiss e micascisti o associati ad anfiboliti. Tali litotipi sono massivi, grigio-chiari a grana media e tessitura saccaroide, caratterizzati mesoscopicamente dalla presenza di biotite±granati±quarzo±feldspati±muscovite.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.2 – Unità tettonica dell'Aspromonte: Metamorfiti varisiche. Gneiss micascistoso poco mobilizzato con vene, pieghe ptigmatiche, e chiazze leucosomatiche. Loc.: Portella Piano Verde, a nord di Dinnamare.

Successione clastica ed evaporitica del Miocene medio-superiore

Che è costituita dalle seguenti formazioni:

Formazione di S. Pier Niceto

Corrisponde ai “Depositi terrigeni medio-supramiocenici dei Monti Peloritani” affioranti estesamente su entrambi i versanti della dorsale peloritana, mentre in Calabria è limitata a sporadici e modesti affioramenti a nord di Reggio di Calabria tra Cannitello e Piaie, tra le frazioni di Zagarella e Porticello, e a Matiniti Superiore.

Costituisce una successione di spessore superiore a 500 m, caratterizzata da diverse litofacies con frequenti passaggi laterali e verticali, e da una distribuzione complessa e irregolare. In virtù dei rapporti eteropici e di una generale geometria *down lap*, tutte le litofacies possono poggiare direttamente su vari termini del basamento e/o del substrato.

Si tratta di depositi da scivolamento in massa e flussi gravitativi di scarpata e conoide sottomarina. L'ambiente deposizionale potrebbe essere ricondotto a un sistema di delta-conoide sottomarino progradante verso nord-ovest. La distribuzione delle facies e la progradazione dei corpi sedimentari, che immergono verso nord e nord-ovest lungo il versante tirrenico e verso ovest lungo quello ionico, dimostrano che la provenienza dei sedimenti, durante il Serravalliano-Tortoniano,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

avveniva dalle aree ioniche, oggi sommerse. La deposizione di questi sedimenti è stata controllata da un'intensa attività tettonica, prevalentemente distensiva, testimoniata dall'inclinazione dei *foreset*, che raggiunge in alcuni casi valori di 50-60°, e che non può essere attribuita soltanto all'originaria clinostratificazione. Gli effetti della tettonica uniti a quelli delle variazioni eustatiche hanno determinato un'architettura molto complessa di questi depositi che mostrano, in termini di litofacies, spessori e geometrie, differenti successioni nelle diverse aree di affioramento. Attualmente le successioni complete e più spesse si rinvengono in corrispondenza di depressioni strutturali individuate da sistemi di faglie normali ad andamento NE-SW o circa N-S, mentre nelle zone di alto si riconoscono successioni incomplete e notevolmente ridotte.

La formazione è caratterizzata da quattro litofacies: pelitica (**a**), arenaceo-pelitica (**b**), conglomeratica (**c**), biolititi coralgali e brecce carbonatiche (**d**). Nella Carta Geologica del presente Progetto la litofacies **d** non è presente, mentre le litofacies **a** e **b** non sono state differenziate.

L'età complessiva della formazione va dal Langhiano superiore al Messiniano inferiore.

Litofacies pelitica (a):

costituita da marne argilloso-siltose grigie con sottili intercalazioni di arenarie fini arcose, da argille sabbiose e/o siltose debolmente marnose e da peliti grigio brune con livelli di sabbie o microconglomerati giallastri (Figura 2.5.3). Uno studio biostratigrafico integrato a foraminiferi e nannofossili ha permesso di riferire questo intervallo alle biozone a *Orbulina suturalis*/*G. peripheroronda* e *Dentoglobigerina a. altispira* e a *Helicosphaera walbersdorfensis*/*Sphenolithus heteromorphus* e *Sphenolithus heteromorphus/Reticulofenestra pseudoumbilica* che indicano un'età Langhiano sommitale–Serravalliano basale. Facies francamente argillose sono distribuite a diversi orizzonti stratigrafici e mostrano chiari rapporti di eteropia con la litofacies arenaceo-pelitica. In destra idrografica della F.ra di Larderia, un intervallo, dello spessore massimo di 100 m, di peliti grigio brune con livelli di sabbie o microconglomerati giallastri, poggia direttamente sul substrato e passa verso l'alto alla facies conglomeratica. Le analisi biostratigrafiche condotte nell'ambito del presente lavoro mostrano microfaune (foraminiferi) a *Paragloborotalia partimlabiata* e *Globigerinita glutinata* nei livelli medio-bassi, e a *Neogloboquadrina acostaensis* in quelli sommitali, indicando un'età Serravalliano–Tortoniano inferiore e confermano i rapporti laterali con gli intervalli arenaceo-pelitici. In sinistra della F.ra di Larderia, depositi analoghi e coevi poggiano su un intervallo a volte estremamente ridotto di conglomerati, che tende a chiudersi determinando il diretto appoggio sul basamento. Tra M. Spalatarà e M. Banditore, livelli argillosi sommitali sono ascrivibili al Messiniano inferiore per la presenza di *Amaurolithus* spp. tra le nannoflore calcaree e di *Turborotalita multiloba* tra i foraminiferi. Orizzonti argilloso-siltosi o esclusivamente sabbiosi, di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

modesto spessore (circa 10 m), talvolta non cartografabili, sono presenti nella parte apicale della successione e talvolta si estendono a ricoprire direttamente le culminazioni del substrato.



Figura 2.5.3 - Litofacies pelitica della Formazione di S. Pier Niceto. Loc.: S. Licandro.

Litofacies arenaceo-pelitica (b):

È caratterizzata da un'alternanza di arenarie medio-grossolane (Figura 2.5.18) di colore grigio e/o ocra, in banchi di spessore fino a 3 m, di silt-argillosi e argille marnose grigio chiare, per uno spessore complessivo superiore a 200 m (F.ra di Niceto).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



Figura 2.5.18 - Litofacies arenaceo-pelitica della Formazione di S. Pier Niceto. Loc.: S. Licandro.

Complessivamente l'appoggio di questi depositi sul substrato avviene con geometria *down lap* e con inclinazione degli strati mediamente di 20-25° verso NW. Nella parte alta dell'alternanza si rinvencono spesso lenti di conglomerati ad assetto caotico con ciottoli metamorfici del diametro di 20 cm massimo.

I livelli argilloso-siltosi intercalati alle arenarie contengono nannoflore calcaree caratterizzate da *Helicosphaera walbersdorfensis*, *Discoaster variabilis*, *Reticulofenestra pseudoumbilicus*, rare *Helicosphaera stalis*. Le associazioni a foraminiferi sono molto scarse; rari individui di *Neogloboquadrina acostaensis* sono stati rinvenuti nei livelli sommitali. Sulla base di questi dati l'alternanza arenaceo-pelitica può essere attribuita a un intervallo che va dal Serravalliano al Tortonianiano inferiore.

Litofacies conglomeratica (c):

È costituita da clasti poligenici ed eterometrici prevalentemente metamorfici di medio e alto grado e subordinatamente calcarei o quarzarenitici, immersi in un'abbondante matrice sabbioso-limosa color bruno scuro. I clasti hanno dimensioni variabili da pochi cm fino a un massimo di 60-70 cm, mostrano un buon indice di arrotondamento e sono spesso appiattiti. Sono talvolta organizzati in *foreset* attualmente inclinati fino a 50-60°, di spessore dal metro alla decina di metri (Figura 2.5.19).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.19 – Litofacies conglomeratica della Formazione di S. Pier Niceto. Loc.: T. Trapani.

In sinistra idrografica della F.ra di S. Filippo questa facies costituisce la base della sequenza, giace direttamente sul substrato cristallino e passa verso l'alto alla litofacies pelitica. L'immersione degli strati è generalmente verso ovest o sud-ovest, con valori di inclinazione più elevati del contatto basale (geometria deposizionale in *down lap*). A ovest di Monte S. Pietro (in destra della F.ra di Gazzi i conglomerati mostrano spessori anche superiori al centinaio di metri.

L'età dei conglomerati può essere dedotta esclusivamente sulla base della loro posizione stratigrafica e dei rapporti con le facies pelitica e arenaceo-pelitica, databili su base biostratigrafica.

Gruppo della gessoso-solfifera

Si tratta delle ben note evaporiti relative alla crisi di salinità che ha interessato il Bacino Mediterraneo durante il Messiniano. Esse sono distribuite nelle zone periferiche rispetto alla catena peloritana; in particolare si presentano sia sulle aree esterne (ioniche) sia nelle zone di retrocatena, cioè quelle tirreniche. Non sono presenti sul versante reggino e in tutto il settore aspromontino. Sul versante siciliano la successione è ridotta e lacunosa. Sulla sponda ionica la litofacies evaporitica è caratterizzata da gessi e argille gessose, prevalentemente alla base della successione, e da calcari brecciati e vacuolari affioranti discontinuamente da Ciaramita (in sinistra della F.ra dell'Annunziata) a Larderia Inferiore, in sinistra dell'omonima fiumara, dove

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

rappresentano i lembi più meridionali. L'appoggio della formazione è sempre sulle varie litofacies della Formazione di S. Pier Niceto. L'età è Messiniano superiore.

Gessi e argille gessose:

Gesso selenitico meso- e macro-cristallino in banchi massivi o in lenti discontinue, solitamente sovrapposto ad argille gessose di colore bruno-grigiastro, cui si intercalano lenti decimetriche di gesso geminato in grossi cristalli. Lo spessore massimo è 20 m. Nei sondaggi (v. sondaggi 451, 433, 434) alla base della formazione è presente un intervallo di calcare friabile di colore bianco, spesso circa 1,5 m.



Figura 2.5.20 – Sondaggio S 452: particolare della argille gessose in cui prevale il gesso.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



Figura 2.5.21 - Cristallo di gesso geminato (4 cm) rivenuto nel sondaggio S 452.



Figura 2.5.22 - Livello gessarenitico con passaggio ad argille gessose nel sondaggio S 451.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Calcarea evaporitico brecciato:

Calcarea microcristallino di colore bianco-grigiastro, talora con intercalazioni di laminiti carbonatiche. La tessitura varia da massiva a laminare; generalmente si presenta brecciato e pulverulento, tipicamente vacuolare per processi di dissoluzione. Ciò viene imputato ad un fenomeno di "autobrecciazione" originata da dissoluzione di porzioni più solubili, probabilmente solfato di calcio, durante la diagenesi. Si ritiene di escludere una risedimentazione, poichè la breccia è sempre monogenica, non contiene cioè elementi estranei al litotipo cristallino carbonatico. A sud della città di Messina, il calcarea evaporitico affiora in livelli continui spesso fino a 60 m nella zona tra Monte S. Pietro e Contrada Badia Brasiliani. Piccoli lembi discontinui si rinvencono sul versante orientale di M. Spalatara, sul versante meridionale de La Montagna, e ancora più a sud nei dintorni di Lardereria, con spessori variabili da 5 a 20 m. Maggiore continuità laterale presentano i livelli localizzati nel settore nord della città di Messina e affioranti tra S. Corrado e Scoppo, e tra Trapani e Ritiro, in destra della F.ra di S. Leone. Questa litofacies è risultata totalmente sterile all'analisi micropaleontologica.



Figura 2.5.23 - Aspetto del calcarea vacuolare, nel sondaggio S 450.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Successione del Pliocene inferiore - Pleistocene medio-superiore

Raggruppa i depositi calcareo-marnosi del Pliocene inferiore e sabbioso-calcarenitico-argillosi di età compresa tra il Pliocene medio ed il Pleistocene medio, discordanti sulle coperture sedimentarie o direttamente sul basamento. Si tratta di unità litostratigrafiche eterogenee, caratterizzate da rapide variazioni di facies sia in senso laterale che verticale, risultato di una notevole mobilità dei bacini di sedimentazione e sotto l'influenza delle oscillazioni eustatiche.

Nell'area peloritana i sedimenti del Plio-Pleistocene si sono depositati in depocentri controllati da strutture estensionali collegate alle fasi dell'apertura tirrenica, da un lato, e dalla tettonica di collasso verso lo Ionio, dall'altro.

Su basi geometriche e biostratigrafiche, sono state distinte quattro unità sedimentarie con caratteri litologici omogenei delimitati da discontinuità riconoscibili in tutta l'area, marcate da lacune temporali di estensione variabile. La successione del Pliocene inferiore è rappresentata dai Trubi (calcilutiti marnose colore bianco crema), che tradizionalmente rappresentano il ripristino delle condizioni marine normali in seguito all'evento evaporitico messiniano. Il Pliocene medio, che mostra le migliori esposizioni a nord di Messina (zona delle "Masse"), è rappresentato da marne sabbiose (Formazione di Massa S. Lucia) discordanti su vari termini più antichi, che evolvono gradualmente a sabbie e calcareniti del Pliocene superiore-Pleistocene inferiore (Formazione di Rometta). I termini più recenti sono rappresentati dai depositi del Pleistocene medio, che mostrano facies prevalentemente argillose lungo il margine tirrenico (Argille di Spadafora), e sabbioso-calcarenitiche (Calcarenitici di S. Corrado) lungo il lato ionico sia siciliano che calabrese.

Trubi:

Si tratta di calcari marnosi e marne calcaree color bianco-crema ad abbondante plancton calcareo in strati di 10-50 cm di spessore, spesso a fratturazione concoide (Figura 2.5.24 - Figura 2.5.25). Sono distribuiti, anche se in modo discontinuo, su entrambi i versanti dello spartiacque peloritano e anche sul versante reggino. Gli affioramenti più estesi si ritrovano sul lato tirrenico, dove raggiungono spessori massimi di circa 40 m, riempiendo antiche depressioni strutturali connesse alla tettonica estensionale peritirrenica. In queste località la formazione è caratterizzata da calcari marnosi e marne biancastre, con una frazione sabbiosa crescente verso i livelli sommitali, in strati di 10-30 cm talora fino a mezzo metro, intensamente fratturati. Localmente alla base è presente un livello conglomeratico a clasti metamorfici, in matrice sabbiosa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.24 – Calcari marnosi bianco-crema della formazione Trubi. Loc.: C.da Paradiso, lungo il T. Annunziata.



Figura 2.5.25 – Calcari marnosi bianco-crema della formazione Trubi. Loc.: Contrada Paradiso.

Nei dintorni di Messina i Trubi giacciono in discordanza sulle evaporiti messiniane e sui terreni miocenici o si estendono, in alcuni casi, direttamente sul basamento metamorfico. Presentano un'estensione areale notevolmente ridotta ed affiorano sulle sponde della F.ra dell'Annunziata

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

(località S. Licandro), nella F.ra di S. Leone, presso Scoppo e fino a M. Banditore, M. Spalatarà e La Montagna, con spessori non superiori ai 15-20 m. Più a sud non compaiono affatto. A M. Spalatarà e a S. Licandro (Figura 2.5.26) la base è rappresentata da un conglomerato di colore grigiastro, matrice sostenuto, costituito da elementi eterometrici prevalentemente metamorfici di diametro fino a 5 cm, potente circa 3 m, che equivale probabilmente alla formazione “Arenazzolo” affiorante in Sicilia centrale.



Figura 2.5.26 – Conglomerato fango sostenuto (F.ne Arenazzolo equivalente) alla base dei Trubi. Loc. basso corso della F.ra dell'Annunziata.

Le analisi biostratigrafiche di campioni isolati indicano anche in questo caso la presenza di associazioni a nannofossili calcarei molto abbondanti e ben conservate, caratterizzate da *Helicosphaera carteri*, *Calcidiscus leptoporus*, *Discoaster surculus*, *D. pentaradiatus* e *Amaurolithus* spp. Questa associazione è riferibile alla Biozona MNN12 (RIO et al., 1990) del Pliocene inferiore. La parte alta dei Trubi presenta un'associazione sostanzialmente simile a quella appena descritta, ma caratterizzata dalla presenza di *Helicosphaera sellii*, che consente di riferire l'intervallo alla successiva Biozona MNN13 del Pliocene inferiore. I foraminiferi riconosciuti ricadono nell'intervallo MPI1-MPI3, del Pliocene inferiore con *Sphaeroidinellopsis* spp. nei livelli basali e con *Globorotalia margaritae* e *G. puncticulata* in quelli più alti.

Nel settore reggino la formazione affiora a nord di Piaie, altri esigui lembi si rinvengono a sud di Reggio di Calabria, a ovest di Pellaro e lungo la Fiumarella di Lume. In questa zona la base dei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Trubi ha un'età leggermente più giovane (Biozona MNN13 a nannofossili e MPI2 a foraminiferi). La diacronia presente alla base dei Trubi può essere messa in relazione con la presenza di “alti” e “bassi” strutturali già delineati al momento della loro deposizione, che venivano quindi raggiunti dalla sedimentazione in momenti differenti.

Calcareniti di S. Corrado:

Col termine “Calcareniti di S. Corrado” vengono qui denominati depositi calcarenitici e sabbiosi, affioranti in maniera discontinua lungo il settore ionico, da Mandria (in sinistra della F.ra Ciccia) fino a Serra Buddasca (Larderia Inferiore), in netto appoggio discordante su differenti termini del substrato plio-pleistocenico e pre-pliocenico. Si tratta di un'alternanza di strati calcarenitici friabili e sabbie grossolane di colore giallo bruno, ad abbondante fauna rappresentata da bivalvi, gasteropodi, brachiopodi, scafopodi, echinidi, balani e coralli (Figura 2.5.27). La stratificazione è generalmente piano-parallela e localmente incrociata, specie nei livelli sommitali.



Figura 2.5.27 – Alternanza centimetrica di strati calcarenitici friabili e sabbie grossolane della Formazione di S. Corrado. Loc. alto corso della F.ra dell'Annunziata.

Lo spessore, estremamente variabile, varia da qualche metro a un massimo di 40 m.

I livelli sabbiosi contengono nannoflore calcaree caratterizzate da *Gephyrocapsa* sp.3, *Pseudoemiliana lacunosa* (Biozona MNN19f del Pleistocene medio) e associazioni a foraminiferi caratterizzati da *Hyalinea baltica* e *Truncorotalia truncatulinoidea excelsa*.

Alla base di questi depositi è possibile osservare una litofacies conglomeratica, più potente nel settore settentrionale dell'area (M. Spalatarà, S. Corrado) dove raggiunge i 20 m di spessore, costituita da grossi blocchi di diametro fino a metrico di calcari marnosi bianchi (Trubi), arenarie mioceniche e rocce cristalline, immersi in una matrice argillosa contenente nannoflore della

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Biozona MNN19f (Pleistocene medio). Nella parte alta delle calcareniti si rinvengono canali incisi riempiti di blocchi di varia dimensione, di natura sedimentaria e cristallina.

Nell'area dell'abitato di Messina, alla base della formazione appena descritta sono presenti depositi costituiti da sabbie gialle in livelli decimetrici, con orizzonti estremamente ricchi di brachiopodi integri, prevalentemente del genere *Terebratula*, e subordinatamente di coralli e bivalvi, e da biocalcareni organogene contenenti tritume dei suddetti organismi. Gli spessori non superano i 20 m e sono localizzati a nord del T. di Larderia (Serro Buddasca), lungo la F.ra S. Filippo e a La Montagna. In quest'ultima località è inoltre presente un caratteristico livello costituito da calcari biancastri a coralli quali *Madrepora oculata*, *Lophelia pertusa* e *Desmophyllum cristagalli* e da breccie carbonatiche, cui si associano livelli di conglomerati poligenici. Rare intercalazioni calcareo-marnose contengono scarsi foraminiferi planctonici caratterizzati da *Globorotalia inflata* e nannoflore delle biozone MNN19b e MNN19c del Pleistocene inferiore.

Questo orizzonte litostratigrafico, ai fini della presente carta geologica, è stato cartografato insieme all'intervallo soprastante della formazione delle Calcareniti di S. Corrado.

Ghiaie e sabbie di Messina:

Lungo la fascia costiera dei Monti Peloritani, sia sul lato ionico che tirrenico, e nel settore calabrese, affiorano notevoli volumi di sedimenti conglomeratico-sabbiosi poggianti in discordanza su diversi termini del substrato e sul basamento. Questi depositi clastici, attribuiti alle "Sabbie e Ghiaie di Messina" ed interpretati come il prodotto di antichi apparati fluvio-deltizi alimentati dalla dorsale peloritana ed aspromontina, si sono sviluppati durante le fasi di surrezione dell'area. In effetti essi sono riferibili a sistemi fluviali indipendenti, a volte coalescenti, con rapporti di letto e sviluppo verticale differenti a seconda delle diverse condizioni locali in cui essi si sono accresciuti.

Apparati analoghi, con l'originaria geometria ancora perfettamente conservata, sono riconoscibili anche nelle aree sommerse e sono stati messi in evidenza sia da linee sismiche (DEL BEN et al., 1996) che da dati di perforazione. Tuttavia, i dati disponibili non sono sufficienti a stabilire se gli apparati sommersi siano duplicati tettonici, ribassati da faglie normali, di quelli affioranti a terra o piuttosto sistemi deposizionali più recenti incastrati a quota inferiore.

I dati emersi dai rilevamenti per la Carta geologica della Provincia di Messina hanno evidenziato che questi terreni clastici, raggruppati in un'unica formazione, possono costituire successioni appartenenti a sistemi deposizionali leggermente diacroni. La difficoltà di datazione di tali depositi ha consentito una correlazione delle superfici deposizionali esclusivamente su base fisica. L'analisi geometrica dei depositi in relazione alle strutture del substrato indica che tali sedimenti sono stati

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

variamente investiti dalla tettonica tardo-pleistocenica, e generalmente sono tagliati verso mare dalle faglie normali che controllano sia la costa tirrenica che quella ionica.

Nell'area dello Stretto di Messina i depositi conglomeratico-sabbiosi affioranti costituiscono la successione tipo delle "Ghiaie e Sabbie di Messina", nota anche come "Formazione di Messina". Originariamente riferita al Calabriano è stata considerata discordante e trasgressiva sul substrato, ed ascritta in modo dubitativo al Pleistocene inferiore-medio.

La formazione è stata attribuita ad un ambiente deltizio alimentato dalle fiumare e la divide in una facies deltizia marina ed una deltizia continentale, complessivamente di età infrapleistocenica.

Viene anche considerata come una "facies deltizia", regressiva e diacrona a progradazione centripeta verso l'asse dello Stretto, generata dall'accelerazione del sollevamento dell'entroterra cristallino.

Secondo alcuni autori i livelli inferiori sono dislocati dalle faglie del versante siciliano dello Stretto, mentre quelli apicali in facies continentale sicuramente suturano le faglie poste al bordo della dorsale peloritana; gli Autori, pertanto, individuano anche una discordanza all'interno della formazione.

I dati biostratigrafici raccolti e l'analisi geomorfologica condotta nell'area, nonché i dati disponibili sull'età delle "Ghiaie e Sabbie", evidenziano che i termini prima correlati in un unico sistema deposizionale, in effetti costituiscono orizzonti stratigrafici distinti. Le argille epibatiali sono ascrivibili al Pleistocene medio (650 ka); le ghiaie, sulla base del contenuto negli orizzonti sommitali di resti di *Elephas mnaidriensis*, rinvenuti a Capo Peloro, indicherebbero un'età non più antica di 200 ± 40 ka (BADA et al., 1991; BONFIGLIO, 1991); infine le "Ghiaie e sabbie" risultano, nel settore tirrenico, modellate dal terrazzo di quota 180 m, ascrivibile allo stadio isotopico 7, precedente ai picchi eustatici tirreniani.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.28 - Panoramica della formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina sul versante ionico delle due sponde dello Stretto di Messina. Loc. Monte Balena.

Nel settore ionico, su entrambi i versanti dello Stretto (Figura 2.5.28 - Figura 2.5.29), la formazione affiora con continuità e potenza, ed è caratterizzata da clinostratificazione ad alto angolo, con valori medi di inclinazione di 20°-25° verso lo Stretto, via via più bassi nella parte alta (Figura 2.5.30 - Figura 2.5.31).



Figura 2.5.29 – Formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina. Loc. Curcuraci.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.30 – Clinostratificazione della formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina. Loc. Curcuraci, in destra della F.ra della Guardia.



Figura 2.5.31 - Formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina. Loc.: Cava per estrazione di inerti a Curcuraci.

Sul versante messinese, è presente dal settore nord della città sino ad entrambe le sponde della F.ra di Zafferìa, in appoggio sui terreni metamorfici di alto grado, e su vari termini della copertura

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

miocenica e plio-pleistocenica. A sud della F.ra di Gazzi, presso M. S. Pietro, le Ghiaie e Sabbie di Messina poggiano sulla Formazione di S. Pier Niceto, sui calcari evaporitici e sui Trubi (Figura 2.5.32); sono clinostratificate con immersioni verso est e sono presenti sia la facies marina, in matrice sabbiosa giallastra, alla base, che quella continentale, in matrice rossastra, alla sommità.



Figura 2.5.32 – Appoggio discordante delle Sabbie e ghiaie di Messina sui Trubi. Loc. a nord-ovest di Paradiso.

Lungo lo sperone di Capo Peloro, nell'area tra Granatari e Papardo (v. località Granatari, Agliastrella, Semaforo Forte Spuria, Case Ciro e a nord-est di Case Vento) la formazione è caratterizzata da lenti di conglomerati di colore grigio, discontinue, di estensione da plurimetrica a ettometrica, spesse da 5 a 20 m, costituiti da ciottoli poligenici di varia pezzatura, spesso embriciati, arrotondati, appiattiti o spigolosi in dipendenza della composizione e/o del grado di trasporto (Figura 2.5.33 - Figura 2.5.34). Queste lenti si presentano ben diagenizzate e più o meno cementate (cemento calcitico).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.33 - Formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina, costituita da banconi conglomeratici cementati di spessore decimetrico-metrico. Loc.: Pantano grande, Ganzirri.



Figura 2.5.34 - Particolare della formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina: banconi conglomeratici debolmente cementati. Loc.: Pantano Grande (Ganzirri).

Con uguali caratteristiche la formazione affiora da Minissale fino a est di Larderia Inferiore, in appoggio prevalentemente sulla litofacies marnoso-arenacea della formazione di S. Pier Niceto. Nel settore a sud della F.ra di Larderia la formazione riaffiora nei pressi della costa con litologia, spessori medi e valore angolare dell'inclinazione medesimi a quelli riportati per gli affioramenti nei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

pressi di M. San Pietro. Lo spessore massimo lungo la costa messinese è di circa 250 m. Nel settore reggino la formazione si estende con continuità lungo tutta la fascia costiera, sia in affioramento che al di sotto della coltre alluvionale, in appoggio quasi esclusivamente sul substrato sedimentario. Alle pendici dell'Aspromonte, la formazione raggiunge i 400 m di spessore.

Depositi marini terrazzati del Pleistocene medio-superiore:

Sabbie di colore giallo ocra, talora ghiaiose, limi o cineriti rossastre e ghiaie grigio-giallastre o rossastre a ciottoli arrotondati ed appiattiti eterometrici, per lo più cristallini, in matrice sabbiosa. L'assetto è massivo o a stratificazione poco evidente. Lo spessore varia da qualche metro a circa 10 m nel settore peloritano e fino a 30 m in quello calabrese (Figura 2.5.35 - Figura 2.5.36). Nel settore siciliano costituiscono sei ordini di deposito di età compresa tra 236 e 60 ky, in appoggio discordante sulle Ghiaie e sabbie di Messina, e sono ricoperti da limi, sabbie e ghiaie continentali di spessore variabile. I depositi sono distribuiti a diverse quote e si correlano alle superfici di abrasione che insistono principalmente sui terreni cristallini. Solo per limitati settori, livelli coevi affiorano ad uguale quota. Questo indica che i diversi settori sono stati interessati da sollevamenti differenziali, variamente intensi, dovuti ad una diversa evoluzione neotettonica delle rispettive aree (v. Cap. Terrazzi tardo-quadernari).



Figura 2.5.35 – Deposito marino terrazzato. Loc.: Granatari.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.36 – Deposito marino terrazzato in appoggio discordante sulla formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina. Loc.: Curcuraci.

2.5.1.4 Sintesi lungo il tracciato

Di seguito si riporta una sintesi delle litologie incontrate lungo il tracciato della galleria naturale Le Fosse.

A partire dall'imbocco della galleria le **Fosse**, all'incirca progressiva km 7,350 dir. Messina ed all'incirca progressiva km 7.300 dir. Reggio, gli strati della formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina immergono decisamente verso gli imbocchi (franapoggio) ed al loro interno, con buona probabilità, si troveranno strati spessi qualche metro, debolmente cementati.

Nell'area dello Stretto di Messina i depositi conglomeratico-sabbiosi affioranti costituiscono la successione tipo delle "Ghiaie e Sabbie di Messina", nota anche come "Formazione di Messina". Originariamente riferita al Calabriano è stata considerata discordante e trasgressiva sul substrato, ed ascritta in modo dubitativo al Pleistocene inferiore-medio.

Dal punto di vista stratigrafico, lungo la fascia costiera dei Monti Peloritani, sia sul lato ionico che tirrenico, e nel settore calabrese, affiorano notevoli volumi di sedimenti conglomeratico-sabbiosi poggiati in discordanza su diversi termini del substrato e sul basamento. Questi depositi clastici, attribuiti alle "Sabbie e Ghiaie di Messina" ed interpretati come il prodotto di antichi apparati fluvio-deltizi alimentati dalla dorsale peloritana ed aspromontina, si sono sviluppati durante le fasi di surrezione dell'area. In effetti essi sono riferibili a sistemi fluviali indipendenti, a volte coalescenti, con rapporti di letto e sviluppo verticale differenti a seconda delle diverse condizioni locali in cui essi si sono accresciuti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In generale, all'interno di tutta la formazione sono state evidenziate delle dislocazioni che non incideranno in maniera significativa sulle condizioni di stabilità complessiva (Figura 2.5.37).



Figura 2.5.37 - Formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina: banconi conglomeratici debolmente cementati, con dislocazione degli strati. Loc.: Fiumara Pace, cava Monte Balena.

La problematica maggiore nella formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina è da mettere in evidenza in calotta, ed è dovuta a rilasci e sfornellamenti di materiale, o a causa dello scarso spessore della copertura, o della variabilità granulometrica e di addensamento della litotipi interessati.

Sono prevedibili, infatti, attraversamenti di strati con spessore decimetrico prevalentemente ciottolosi, con coesione e cementazioni nulli (Figura 2.5.38).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.38 - Formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina. Livello prevalentemente a ghiaia grossolana (sondaggio S 409).

Dalle progressive km 7,580 dir. Messina e km 7,589 dir. Reggio con passaggio ipotizzato per faglia, si incontrerà presumibilmente la formazione tortoniano-messiniana (Formazione di S. Pier Niceto).

Il cambiamento litologico avverrà verosimilmente intorno alle progressive km 8,300-8,500.

Dall'interpretazione dei sondaggi preesistenti e dal primo affioramento rilevato in località Mandria è ragionevole supporre che si incontrerà in cavo la facies arenaceo-conglomeratica.

Non è da escludere però che nel tratto della galleria le Fosse, tra Fiumara Pace sino alla parte alta della Fiumara dell'Annunziata (edifici universitari), si rinvengano la successione sabbioso-argillosa e/o i calcari evaporitici.

La litofacies conglomeratica della Formazione di S. Pier Niceto poggia, nell'area di studio, direttamente sul cristallino peloritano. È costituita da clasti poligenici ed eterometrici, prevalentemente metamorfici di medio ed alto grado, immersi in abbondante matrice sabbiosa. I clasti hanno dimensioni variabili da pochi cm fino a un massimo di 60-70 cm (Figura 2.5.39) e mostrano un buon indice di arrotondamento. Tra i clasti di questa formazione, e ne segna la specificità, è la presenza di ciottoli di porfido con la loro caratteristica colorazione rossa.

La colorazione è bruno-nocciola all'alterazione e grigio al taglio fresco. I sondaggi geognostici che

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

hanno incontrato questa formazione evidenziano chiaramente questa variazione cromatica.

In genere la litofacies conglomeratica non presenta stratificazione, riscontrabile solo in qualche affioramento con immersioni di circa 30°.

Trattandosi di depositi in massa ad opera di flussi gravitativi l'assetto è caotico e a tratti prevalgono arenarie debolmente cementate con elementi cristallini minuti.

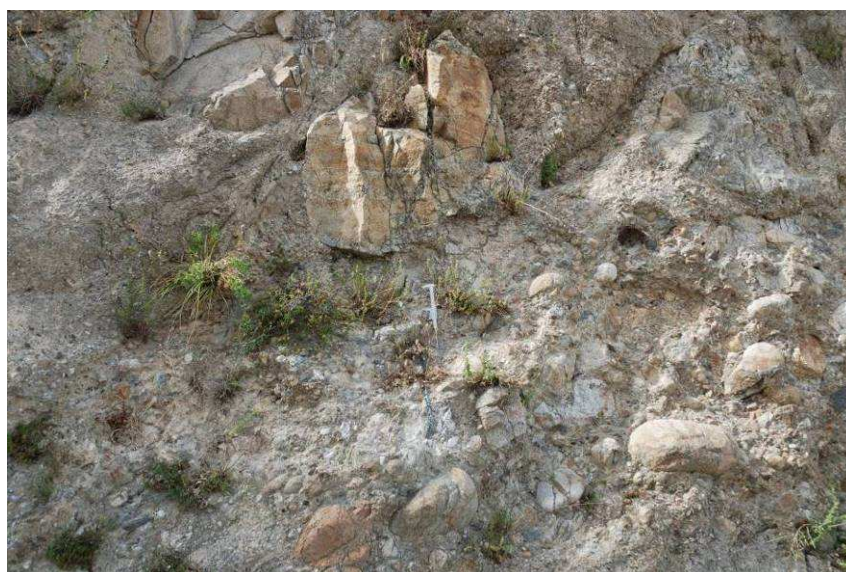


Figura 2.5.39 – Litofacies conglomeratica della Formazione di S. Pier Niceto. Loc.: Trapani alto.

In considerazione della variabilità di facies che la formazione di S. Pier Niceto presenta, e di una insufficienza di dati, è da supporre che dalla progressiva km 8,300 - 8,500 sino alla progressiva km 9,300 si potrebbe passare in maniera brusca o gradualmente dentro orizzonti prevalentemente arenacei ed a intervalli sabbioso-argillosi ed argilloso-sabbiosi. Il passaggio latero-verticale a facies litologiche differenti può avvenire con contatto netto, o sfumato con la presenza di tutte le tessiture intermedie, pertanto non è possibile effettuare correlazioni di dettaglio in tal senso.

Tali condizioni strutturali e deposizionali determinano una variabilità litologica lungo il cavo, che influirà notevolmente sul comportamento meccanico, anche nell'ambito di poche decine di metri.

Da questo settore in poi le dislocazioni tettoniche e la storia geologica del sito avranno forte importanza sul comportamento meccanico dei terreni; i litotipi che si incontreranno sono interessati da fagliazioni e da conseguenti alterazioni.

Le prove di laboratorio, nella valutazione del tenore della frazione argillosa, potranno stabilire se vi

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sono settori in cui la frazione argillosa determini forti spinte in calotta o nei fianchi. Sempre in questo settore la spessa copertura rappresentata dalla formazione delle Ghiaie e Sabbie di Messina porterà in profondità una buona quantità di apporto idrico, anche se concentrato e legato ad eventi meteorologici intensi e prolungati; è possibile quindi avere in questo tratto la roccia impregnata d'acqua, incontrando il limite formazionale.

Parte terminale della galleria Le Fosse

Nella canna in **direzione Reggio**, dopo un primo tratto nella formazione arenaceo-conglomeratica, al km 9,825 si avrà un'accostamento per faglia alla successione evaporitica messiniana: in questo settore sino al termine della galleria le Fosse lo scavo interesserà il calcare evaporitico.

Si tratta di una formazione assai irregolare e discontinua, caratterizzata da numerose variazioni di facies: da calcari travertinosi o concrezionati a calcari bianchi farinosi e a brecce calcaree (Figura 2.5.40).

Anche lo spessore risulta variabile in funzione delle dislocazioni tettoniche che hanno interessato l'area. Indicazioni in tal senso provengono dalla valutazione del cutting del sondaggio **I1**, che dopo un livello calcarenitico attraversa la formazione sino alla profondità di -45 metri. Nella parte inferiore del calcare evaporitico brecciato, in funzione dell'andamento plano-altimetrico, si potrebbero incontrare le argille gessose.

La canna **direzione Messina** interessa per tutto il tratto la formazione arenaceo-conglomeratica tortoniano-messiniana di S. Pier Niceto precedentemente descritta, solo negli ultimi 30-40 metri incontra materiali detritici antropici.

Se sul profilo, il passaggio formazionale è distinto e netto, come è visibile in planimetria, le due canne passeranno in un'area di faglia con forte rigetto, di conseguenza è ipotizzabile un'ampia fascia di volume significativo fortemente tettonizzato ed alterato con diminuzione dei valori geomeccanici.

Si dovrà tener presente della immersione del piano di faglia, e della direzione dello stesso che è parallela alle due canne autostradali.

La buona permeabilità dei terreni che sormontano il cavo induce a presupporre venute di acqua concentrata in vie preferenziali di drenaggio, dove l'influenza della fratture determina variazioni di permeabilità.

Si avranno quindi fenomeni di brusche variazioni delle caratteristiche geomeccaniche dei litotipi che influiranno sulla stabilità del fronte di scavo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 2.5.40 - Calcari pulverulenti e brecciati con livelli di argille. Loc.: Trapani.

Un esempio abbastanza chiaro del litotipo che si incontrerà è stato carotato nel sondaggio **S 450** (Figura 2.5.41).



Figura 2.5.41 - Aspetto del calcare vacuolare, nel sondaggio S 450.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.5.1.5 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.

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)**
Depositati alluvionali attuali e recenti dei corsi d'acqua e delle piane costiere.
- **COMPLESSO DEI SEDIMENTI GHIAIOSO – SABBIOSO – SILTOSI (PLEISTOCENE)**
Alluvioni terrazzate e terrazzi marini, sabbie e ghiaie con abbondante matrice siltosa e livelli di ciottoli (Formazione di Messina).
- **COMPLESSO CALCARENITICO SABBIOSO (PLIO-PLEISTOCENE)**
Calcareniti organogene e sabbie siltose (Calcareniti di San Corrado).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- COMPLESSO EVAPORITICO-CLASTICO E SEDIMENTI MARNOSO CALCAREI (*PLIOCENE-TORTONIANO*)
Marne e calcari marnosi, calcare evaporitico brecciato, argille con clasti di gesso e gessareniti.
- COMPLESSO ARGILLOSO-SABBIOSO-CONGLOMERATICO (*MIOCENE MEDIO-SUPERIORE*)
Conglomerati e arenarie, sabbie, limi e argille limose con torba.
- COMPLESSO DELLE METAMORFITI
Gneiss occhialini, paragneiss biotitici e micascisti.

Le risorse idriche di maggiore interesse sono contenute nei depositi alluvionali di fondovalle delle fiumare, sotto forma di corpi idrici indipendenti, che in parte confluiscono in prossimità della costa. Nella zona collinare, dove affiorano terreni sedimentari a diversa litologia e permeabilità, la ricarica degli acquiferi è costituita principalmente dalle precipitazioni efficaci dirette e dall'infiltrazione di un'aliquota dei deflussi superficiali lungo gli alvei. Un contributo, difficile da quantificare, deriva inoltre dalle acque di ruscellamento lungo i versanti delle valli e dalle acque di infiltrazione nei terreni meno permeabili che, in base alle condizioni morfologiche, stratigrafiche e strutturali, raggiungono gli acquiferi di fondovalle. Alle quote maggiori detto contributo è rappresentato sia dalle acque che si infiltrano nelle coperture detritiche e di alterazione delle metamorfiti e che sono restituite attraverso sorgenti in gran parte effimere e di modesta portata, sia da quelle che si canalizzano nelle zone maggiormente fratturate, collegate alle principali dislocazioni tettoniche. Alle quote più basse, estesamente antropizzate per oltre la metà dell'area, un ulteriore contributo deriva dalle perdite delle reti di acquedotto e fognarie.

2.5.1.6 Acquifero delle metamorfiti

I terreni metamorfici costituiscono un acquifero anisotropo, caratterizzato da una circolazione idrica discontinua e localizzata. Tali condizioni escludono l'esistenza di corpi idrici estesi con significativa produttività.

La permeabilità è infatti localizzata nella parte superficiale alterata degli affioramenti e diminuisce rapidamente con la profondità. La permeabilità dell'ammasso roccioso sottostante, quando privo di deformazioni tettoniche, si comporta in pratica da impermeabile. Fanno eccezione situazioni locali in cui la roccia è interessata da estese fratture, talora beanti e prive di riempimento, che permettono una maggiore capacità di immagazzinamento delle acque di infiltrazione ed una

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

circolazione più attiva, lasciando tuttavia immutato il ruolo di acquiferi scarsamente produttivi, dato il limitato volume dei serbatoi ricettori.

2.5.1.7 Acquifero conglomeratico-sabbioso miocenico

Fra i depositi terrigeni che si sovrappongono alle metamorfiti, il complesso miocenico dei conglomerati e sabbie affiora con buona estensione nella zona centrale ed in quella meridionale dell'area, generalmente a contatto per faglia con i terreni cristallini. Esso è tuttavia presente in larga parte dell'area al di sotto di spessori variabili di sedimenti recenti. Nei depositi, in parte sciolti ed in parte cementati, costituiti da livelli e lenti di ghiaie, ciottoli e blocchi anche di grosse dimensioni alternati a sabbie limose, la circolazione idrica è discontinua per la variabile percentuale di materiale pelitico frammisto al materiale grossolano. Alla sommità del deposito è spesso presente una litofacies marnoso-argilloso-sabbiosa, che localmente condiziona i rapporti con i complessi soprastanti. La circolazione idrica si attua preferenzialmente nella litofacies conglomeratica laddove questa è interessata da dislocazioni tettoniche, con direzione di flusso parallela a queste ultime, mentre è molto ridotta nella litofacies argilloso-sabbiosa .

2.5.1.8 Acquifero evaporitico-clastico

Sedimenti evaporitici affiorano in lembi di limitata estensione nella zona centro-meridionale dell'area e si riscontrano in sottosuolo generalmente al di sotto delle marne calcaree plioceniche (Trubi). Si tratta principalmente di calcare brecciato e vacuolare, di spessore variabile da 5 a 20 m, con permeabilità medio-alta per porosità, localmente accentuata da fratturazione e accenni di dissoluzione carsica. Localmente sono inoltre presenti gessi in lenti di vario spessore ed estensione o in blocchi frammisti ad argille gessose in condizioni di evidente caoticità.

La circolazione idrica all'interno dell'acquifero calcareo può risultare abbastanza attiva, ma più frequentemente è limitata dall'estensione, spessore e giacitura della formazione e conseguente capacità di immagazzinamento di acque sotterranee. Nelle zone collinari e alle quote più basse può essere sede di corpi idrici discontinui di tipo libero o confinato al di sotto di sedimenti scarsamente permeabili, quali trubi o sedimenti argillosi pleistocenici. La produttività dell'acquifero può essere localmente maggiore per effetti di travaso da altri acquiferi a contatto lungo linee di dislocazione tettonica. Dal punto di vista produttivo l'acquifero riveste comunque un ruolo decisamente marginale nel quadro delle disponibilità globali del territorio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.5.1.9 Acquifero calcarenitico-sabbioso pleistocenico

L'acquifero costituito dalle calcareniti organogene e sabbie plio-pleistoceniche affiora in lembi di limitata estensione nella parte centro-meridionale dell'area, in corrispondenza di piccole sinclinali ai margini degli affioramenti di rocce cristalline. L'acquifero poggia generalmente sulle marne infraplioceniche (Trubi) poco permeabili ed è sede di corpi idrici discontinui di limitata potenzialità, anche in relazione agli spessori generalmente modesti. Il grado di permeabilità media per porosità e per fessurazione favorisce una circolazione idrica sotterranea discretamente attiva dove è sufficientemente alimentata, che determina localmente l'esistenza di qualche effimera sorgente.

2.5.1.10 Acquifero ghiaioso-sabbioso pleistocenico

Interessa estesamente la zona settentrionale dell'area e in maniera discontinua quella centro-meridionale dove l'erosione fa affiorare i termini più antichi lungo le valli delle maggiori fiumare e la presenza di coperture alluvionali alle quote più basse interrompe la continuità degli affioramenti.

In relazione alla variabile permeabilità in senso sia verticale che orizzontale, conseguente alla eterogenea granulometria con presenza significativa della componente pelitica, la circolazione idrica sotterranea è relativamente attiva seppure discontinua e ridotta nelle zone in cui è maggiore il contenuto di materiale pelitico.

Nell'acquifero possono riscontrarsi a varia profondità livelli idrici di estensione e spessore diverso, assimilabili a falde sospese, la cui temporanea esistenza e produttività dipendono strettamente dall'andamento delle precipitazioni meteoriche. Alla base della successione 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.

2.5.1.11 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, 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

2.5.1.12 Parametri idrogeologici

I valori di trasmissività degli acquiferi alluvionali risultano variare tra $3,5 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ e $5,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, dai quali si desumono valori della conducibilità idraulica variabili tra $1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ e $2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ in relazione alla composizione e allo spessore dei depositi.

Nel caso dell'acquifero delle ghiaie e sabbie di Messina i pochi dati disponibili indicano mediamente un valore di trasmissività di $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ al quale può essere correlato un valore della conducibilità idraulica di $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

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

Dai dati delle prove sugli acquiferi alluvionali si evidenzia una certa variabilità tra la zona settentrionale e quella centro-meridionale, imputabile all'estensione dei bacini idrografici e alle modalità di deposizione dei materiali ed in parte alla litologia prevalente nelle aree di provenienza di questi ultimi.

In linea generale, valori più elevati nella zona meridionale si hanno mediamente dove i depositi si sono formati per l'apporto di corsi d'acqua i cui bacini idrografici sono più estesi e nei quali affiorano maggiormente terreni cristallini.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

Di seguito si riportano le letture piezometriche disponibili alla data del 16/02/2011.

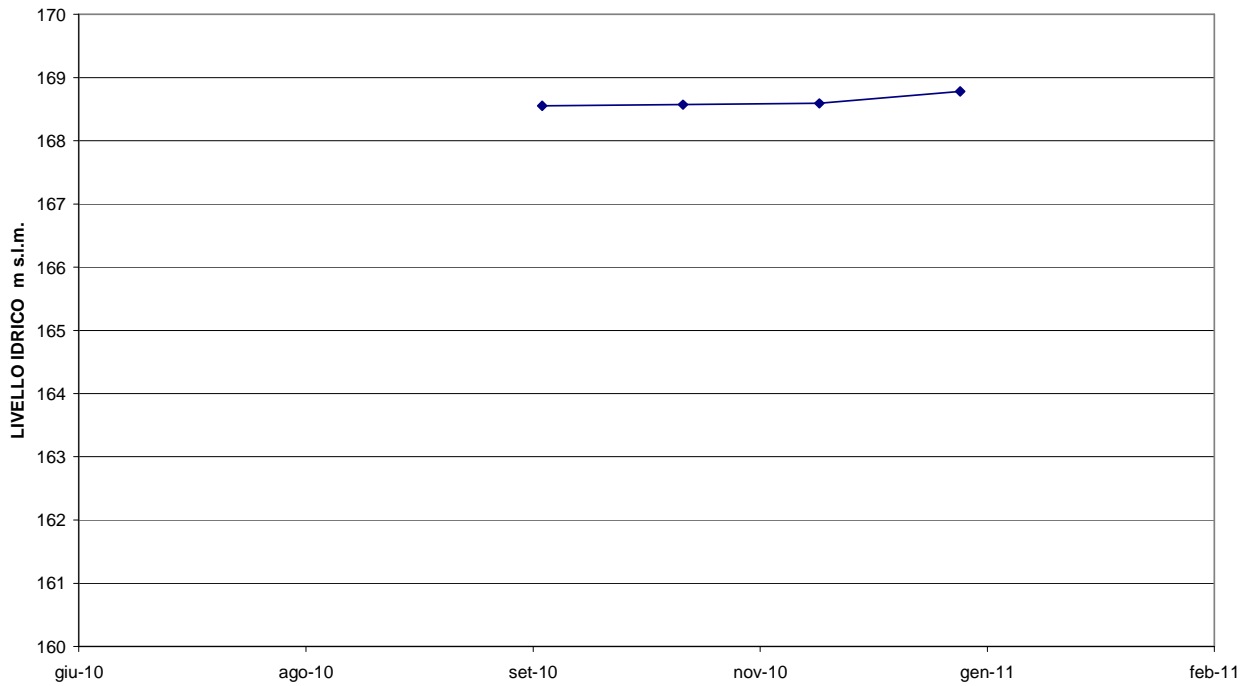
Sondaggio	Piezometro	Profondità (m)	Livello falda da p.c.
S407	Tubo aperto	30	Assente
S409	Casagrande	30	Assente
S411	Casagrande	35	Assente
S412	Tubo aperto	65	Assente
S414bis	Casagrande	30	Assente
S415	Tubo aperto	35	Assente
S416	Tubo aperto	40	Non accessibile
S417	Casagrande	30	assente
S419	Casagrande	60	Assente
S420	Casagrande	65	Assente
S421	Tubo aperto	80	Assente
S423	Casagrande	30	Demolito
S425	Casagrande	50	Demolito
S427	Casagrande	45	Assente
S428	Casagrande	102	Assente
S430	Tubo aperto	39.5	-10.79 (gennaio 2011)
S431	Casagrande	24	-8.90 (gennaio 2011)
S432	Casagrande	20	-17.98 (gennaio 2011)
S433	Tubo aperto	90	ass. (gennaio 2011)
S434	Casagrande	22	-20.58 (gennaio 2011)
S436	Casagrande	21	-13.97 (gennaio 2011)
S437	Casagrande	24	-16.86 (gennaio 2011)
S441	Tubo aperto	42	-4.36 (gennaio 2011)
S445	Casagrande	50	assente
S445bis	Tubo aperto	50	assente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

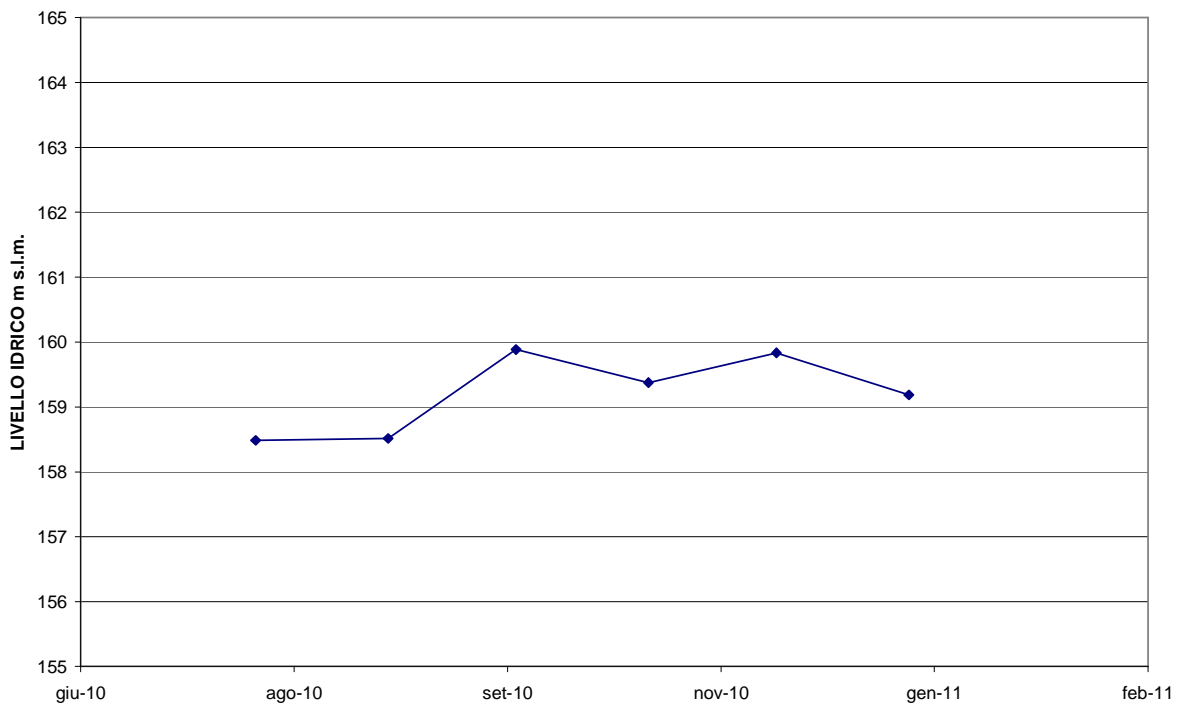
S446	Tubo aperto	55	-52.35
S448	Casagrande	30	assente
S449	Casagrande	30	assente
S450	Tubo aperto	125	-115.03 (gennaio 2011)
S451	Casagrande	97	-51.25
S452bis	Casagrande	22	-20.51
S453	Casagrande	17	-11.20
S454bis	Casagrande	34	-30.53
S455	Tubo aperto	49	-12.03
S456	Casagrande	49	-5.39
S457	Casagrande	42	-3.33
S459	Casagrande	40	-38.31
S459bis	Casagrande	59	-12.08
S460	Tubo aperto	45	-44.01 (gennaio 2011)
S461	Casagrande	35	assente
S462	Casagrande	51	assente
S463	Tubo aperto	60	-55.86
S464bis	Casagrande	65	-63.62
S465	Casagrande	20	-13.90
S466	Tubo aperto	45	-33.97

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) S430

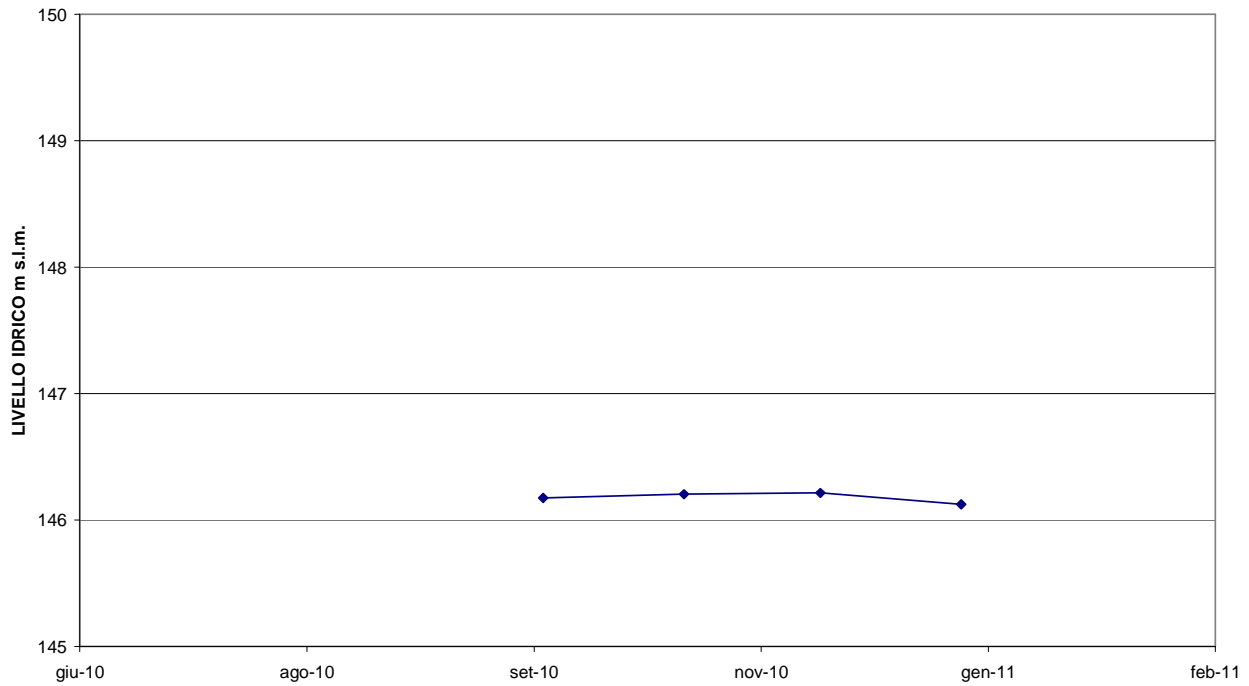


PIEZOMETRO (Casagrande) S431

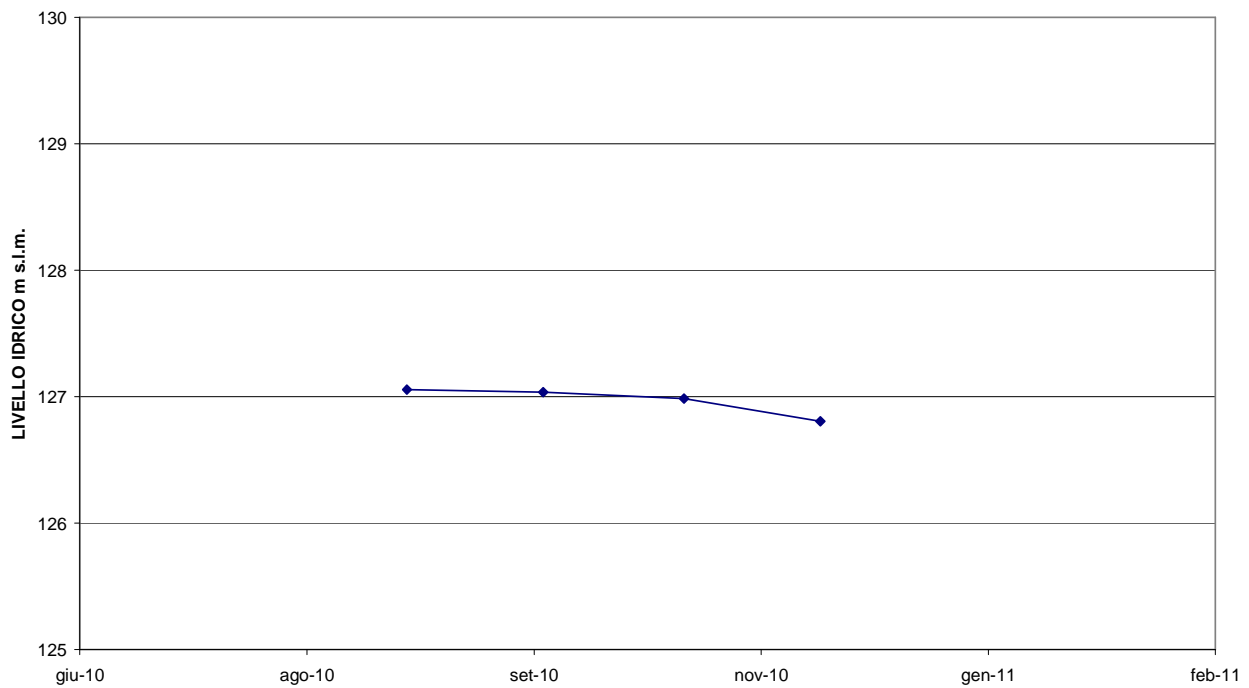


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Casagrande) S432

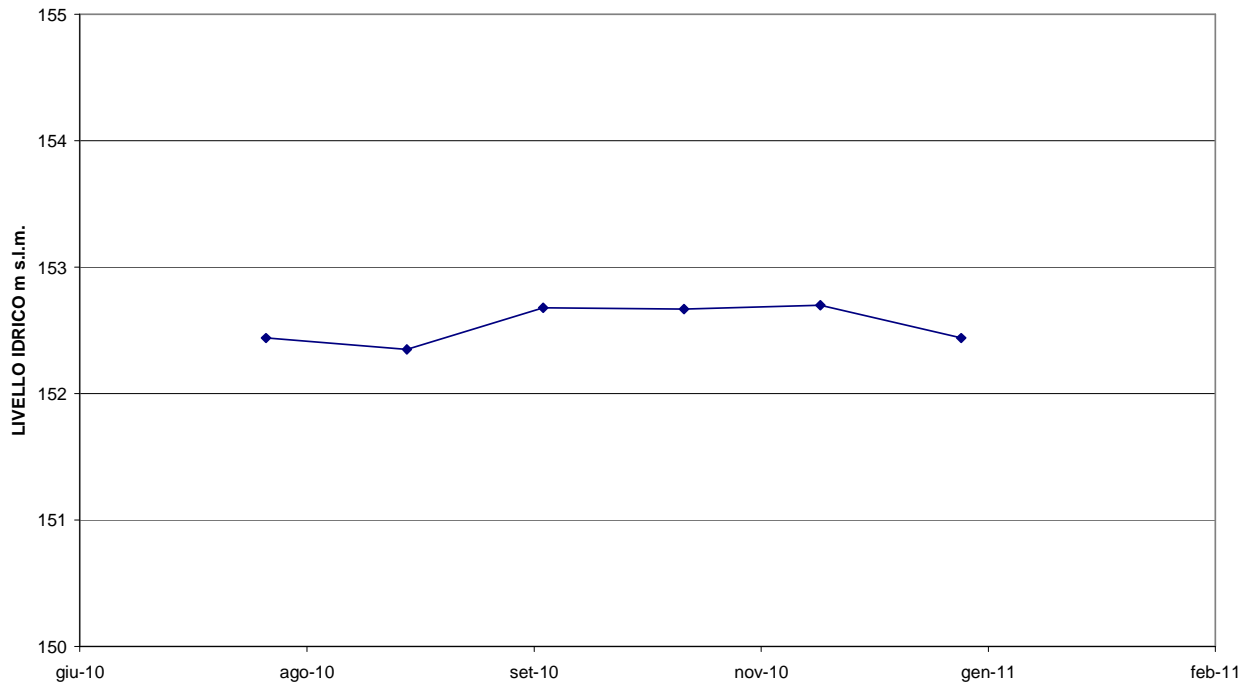


PIEZOMETRO (Tubo aperto) S433

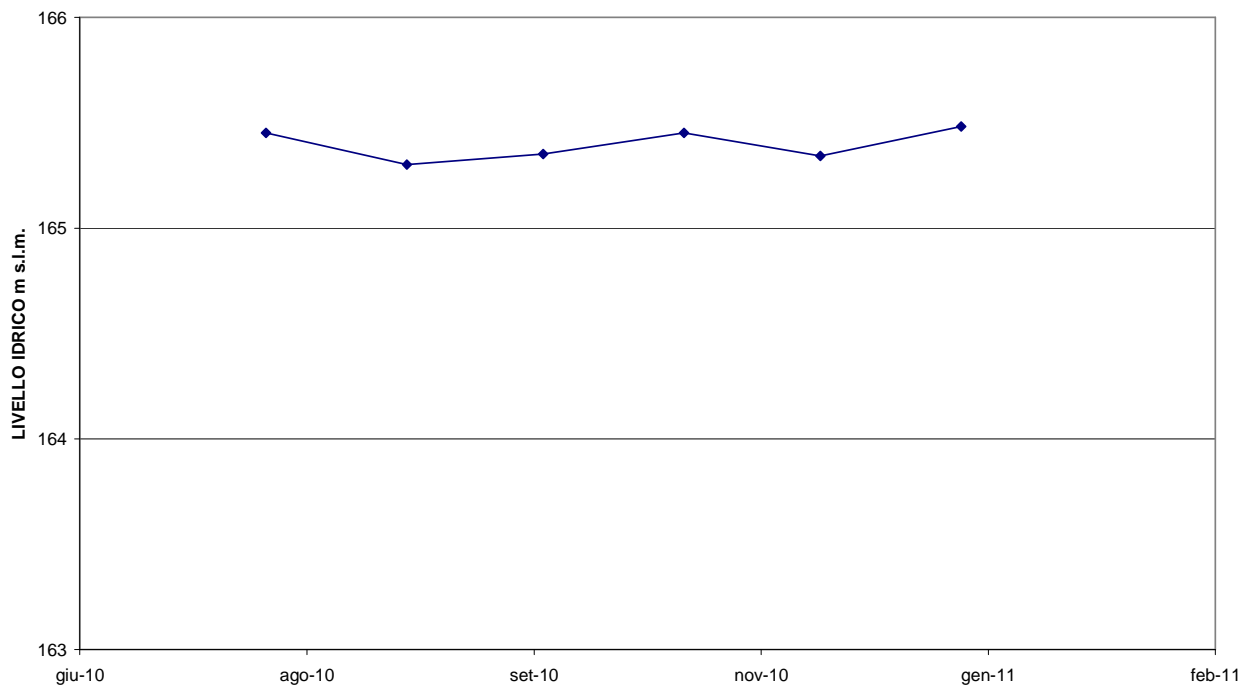


 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Casagrande) S434

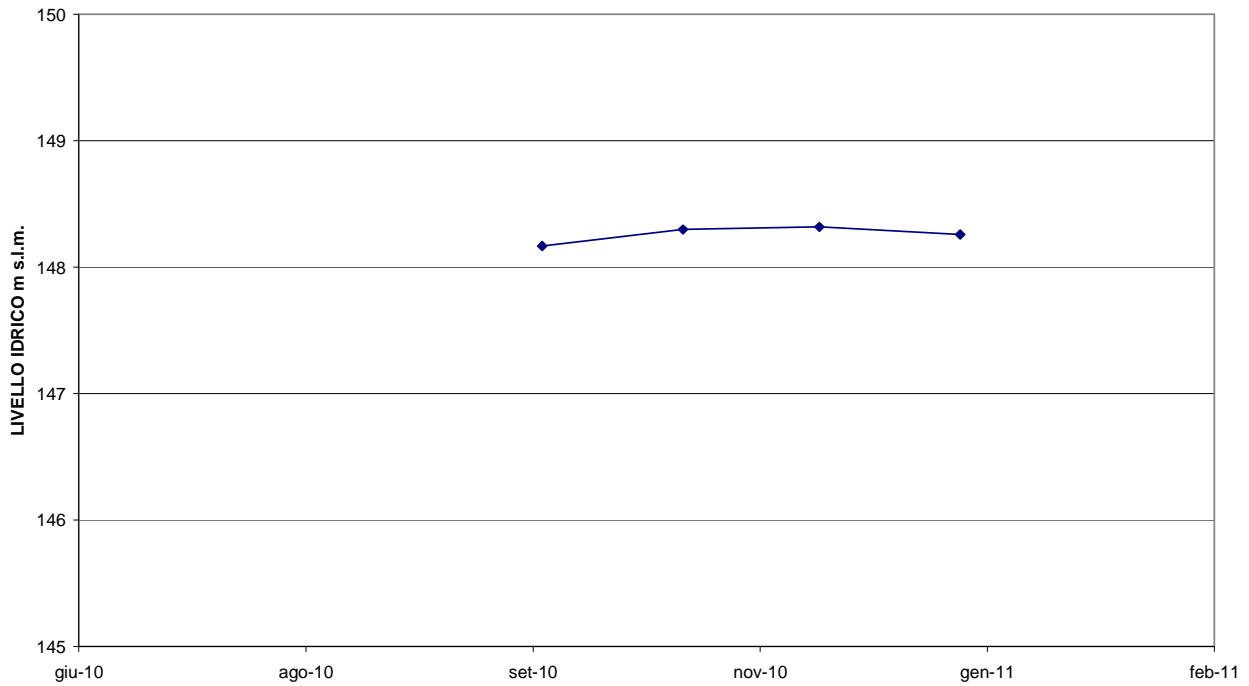


PIEZOMETRO (Casagrande) S436

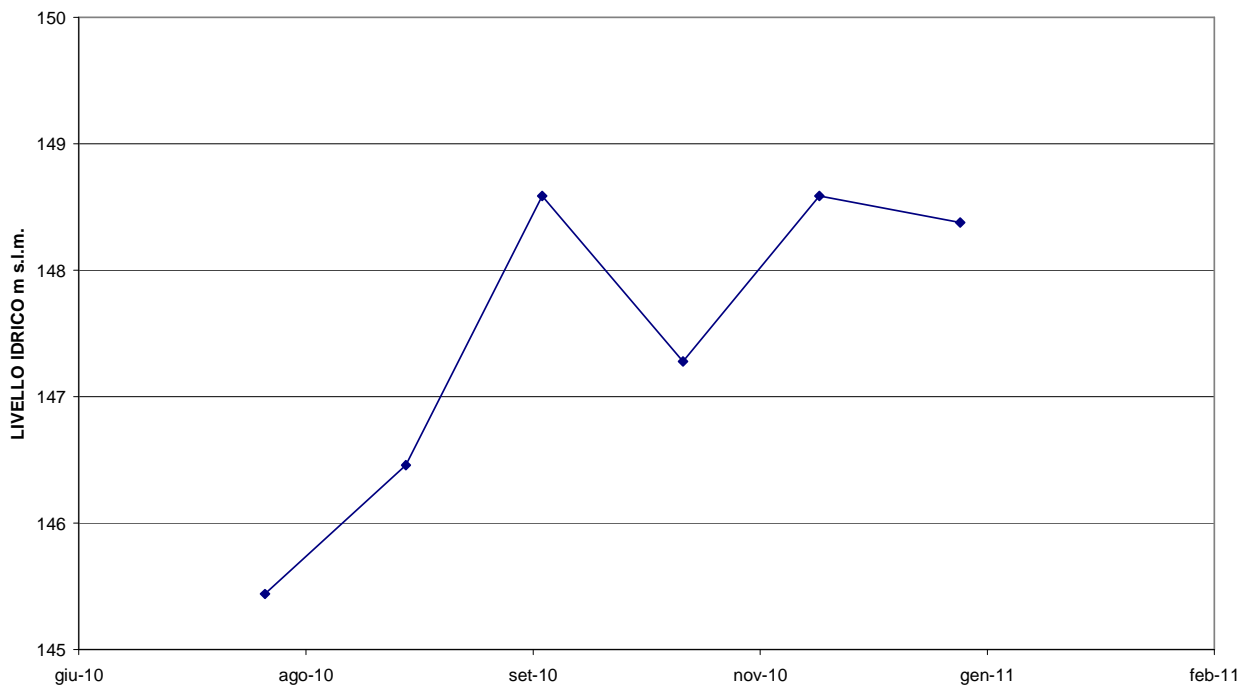


 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

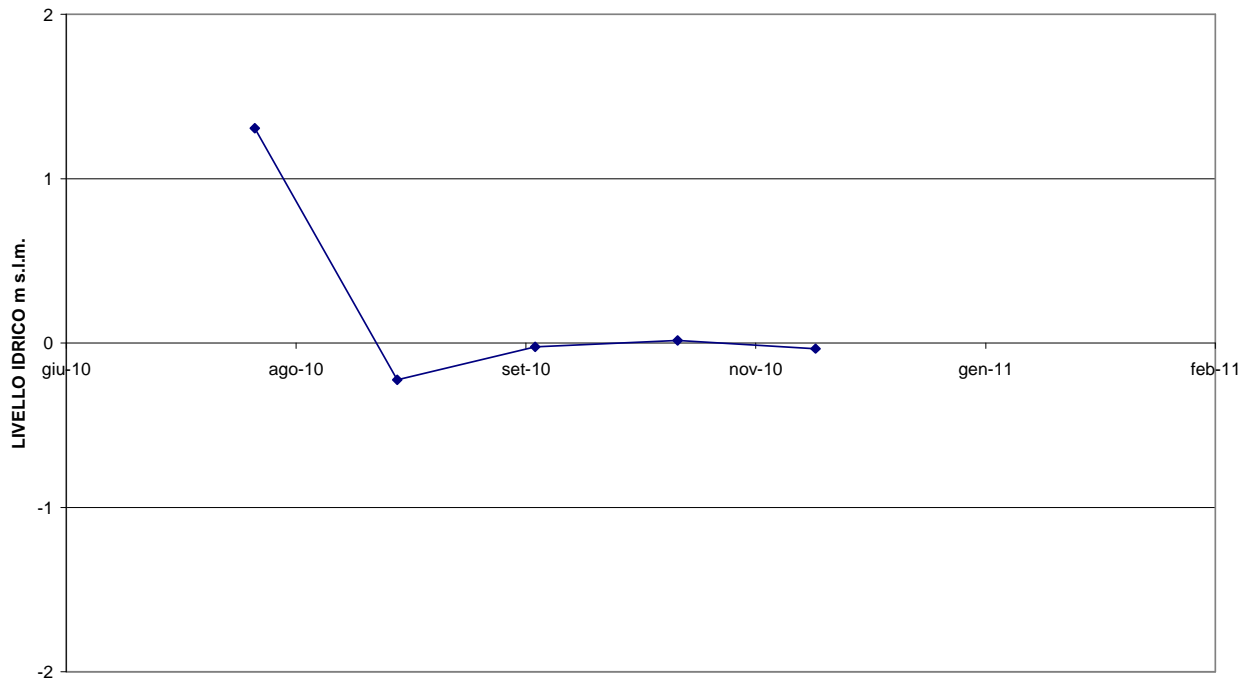
PIEZOMETRO (Casagrande) S437



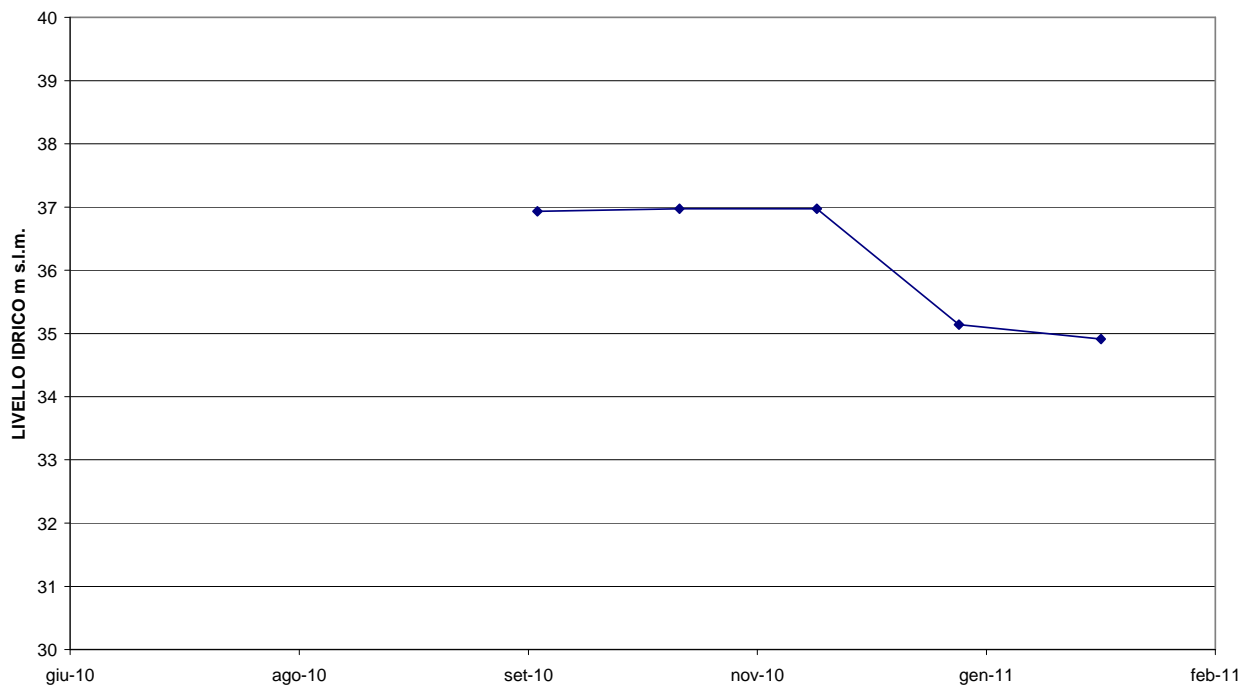
PIEZOMETRO (Tubo aperto) S441



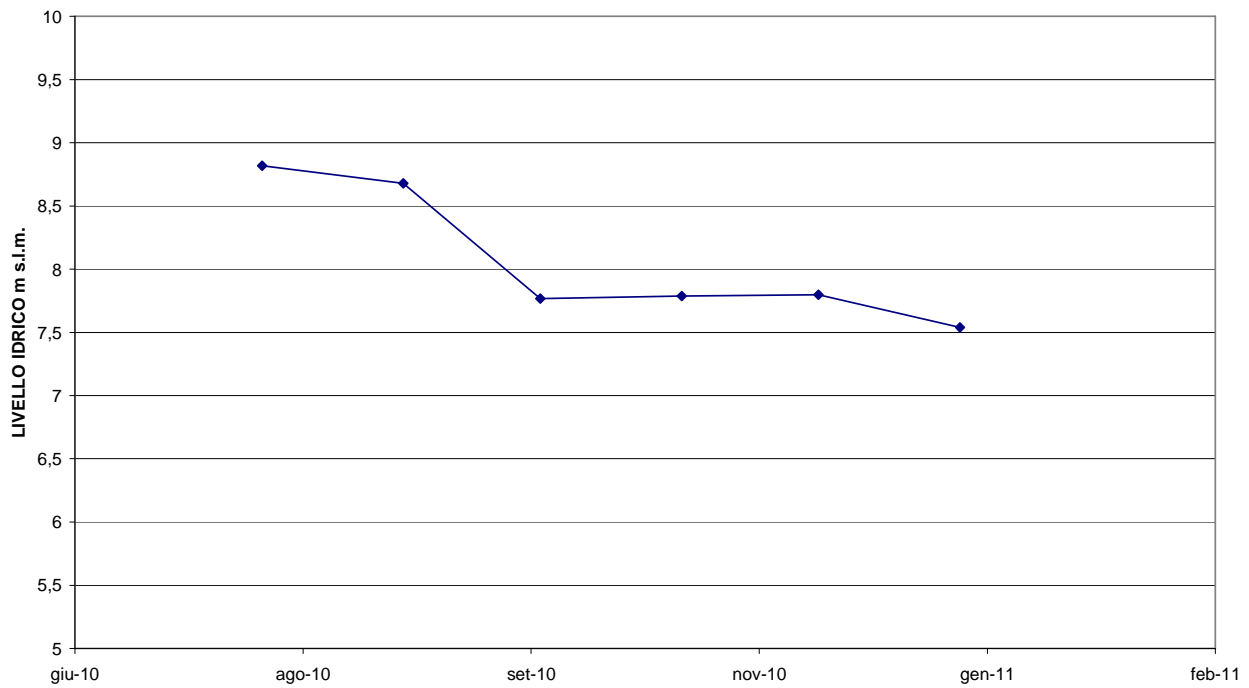
PIEZOMETRO (Tubo aperto) S445bis



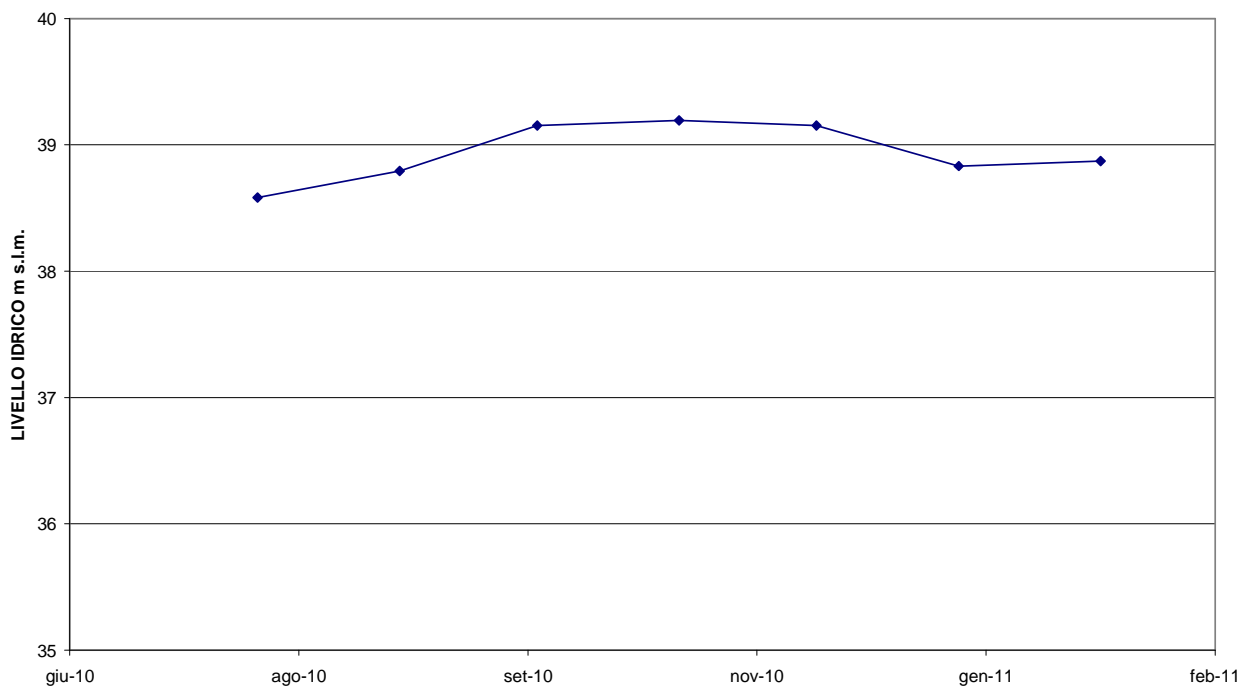
PIEZOMETRO (Tubo aperto) S446



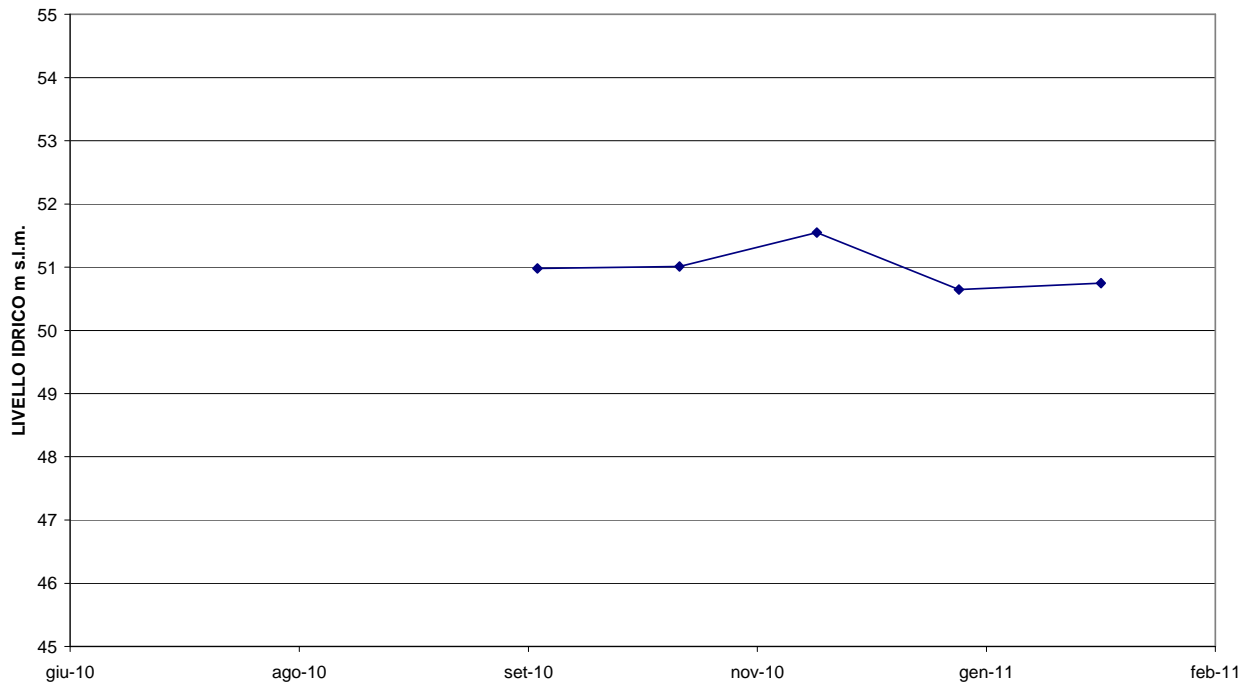
PIEZOMETRO (Tubo aperto) S450



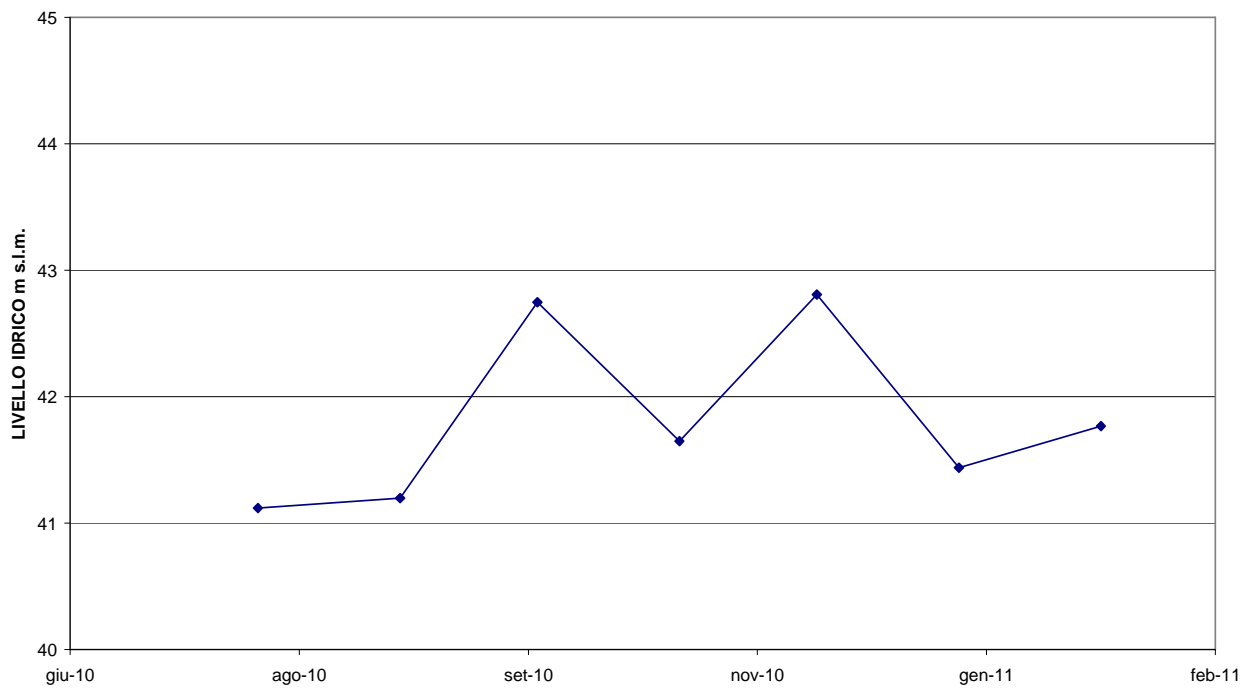
PIEZOMETRO (Casagrande) S451



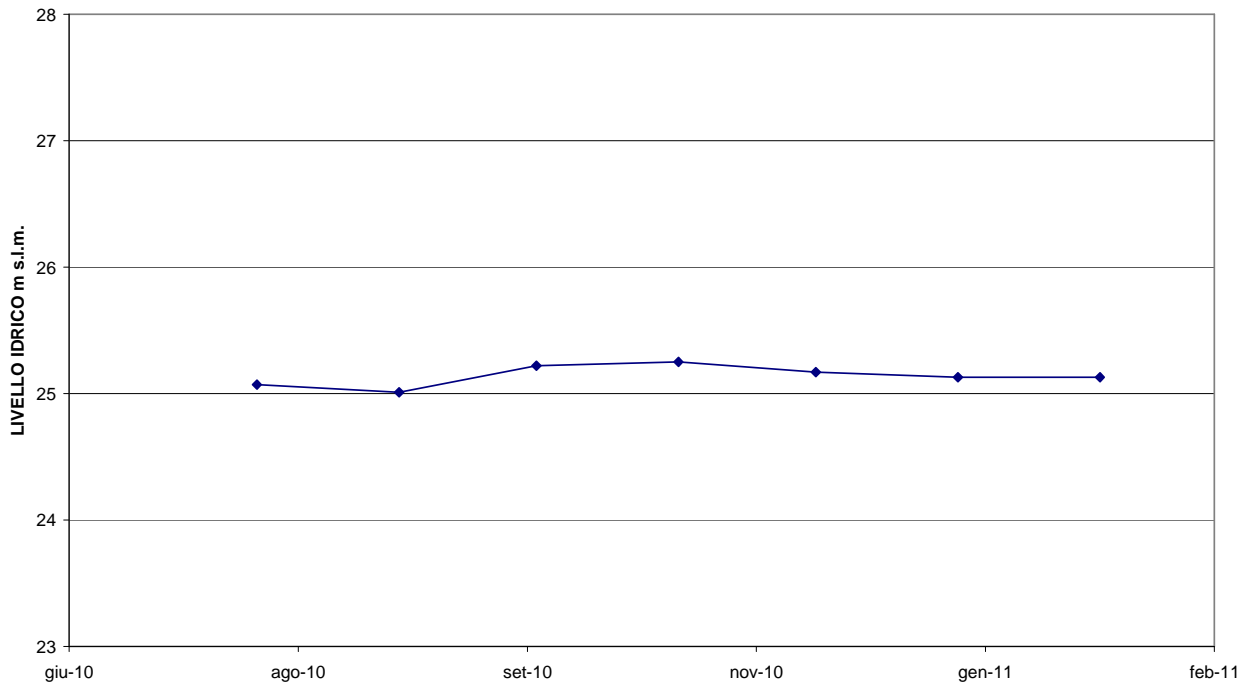
PIEZOMETRO (Casagrande) S452bis



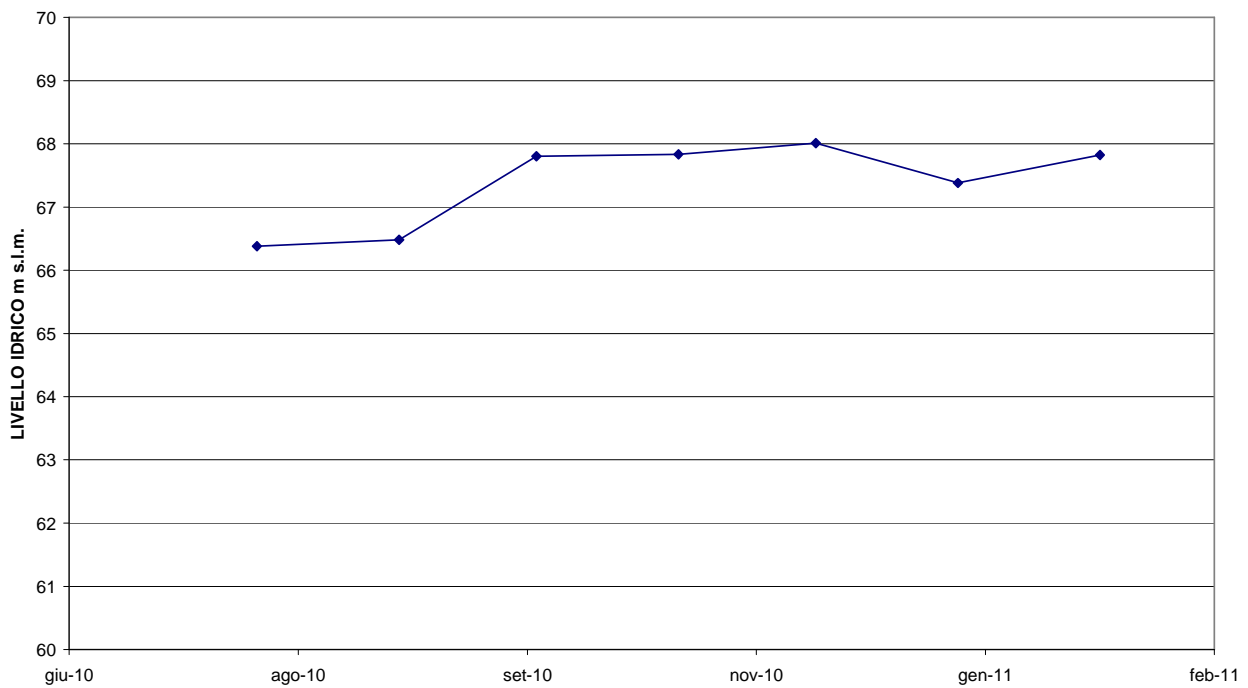
PIEZOMETRO (Casagrande) S453



PIEZOMETRO (Casagrande) S454bis

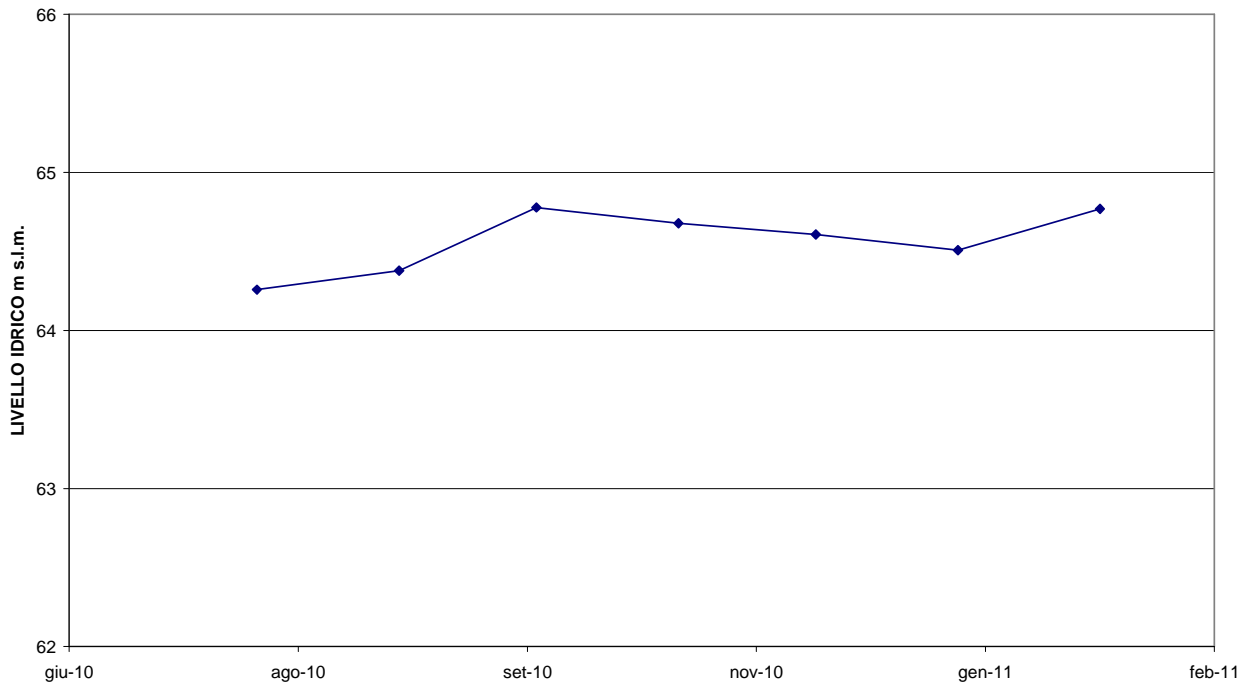


PIEZOMETRO (Tubo aperto) S455

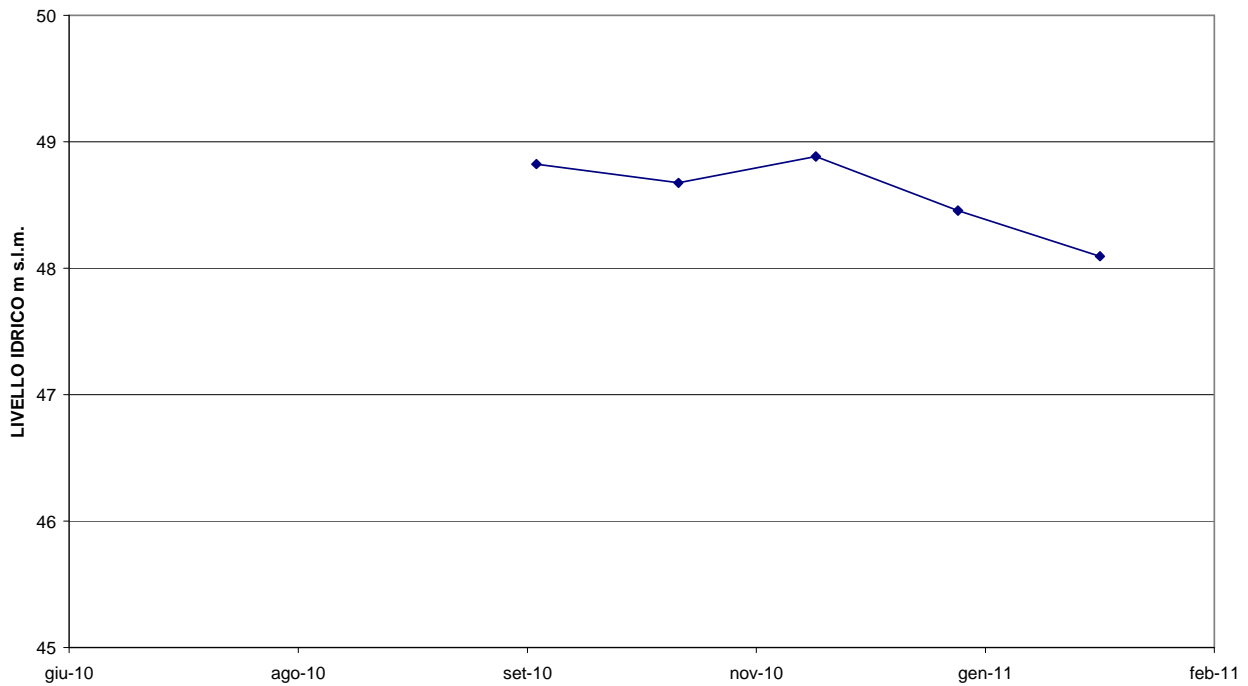


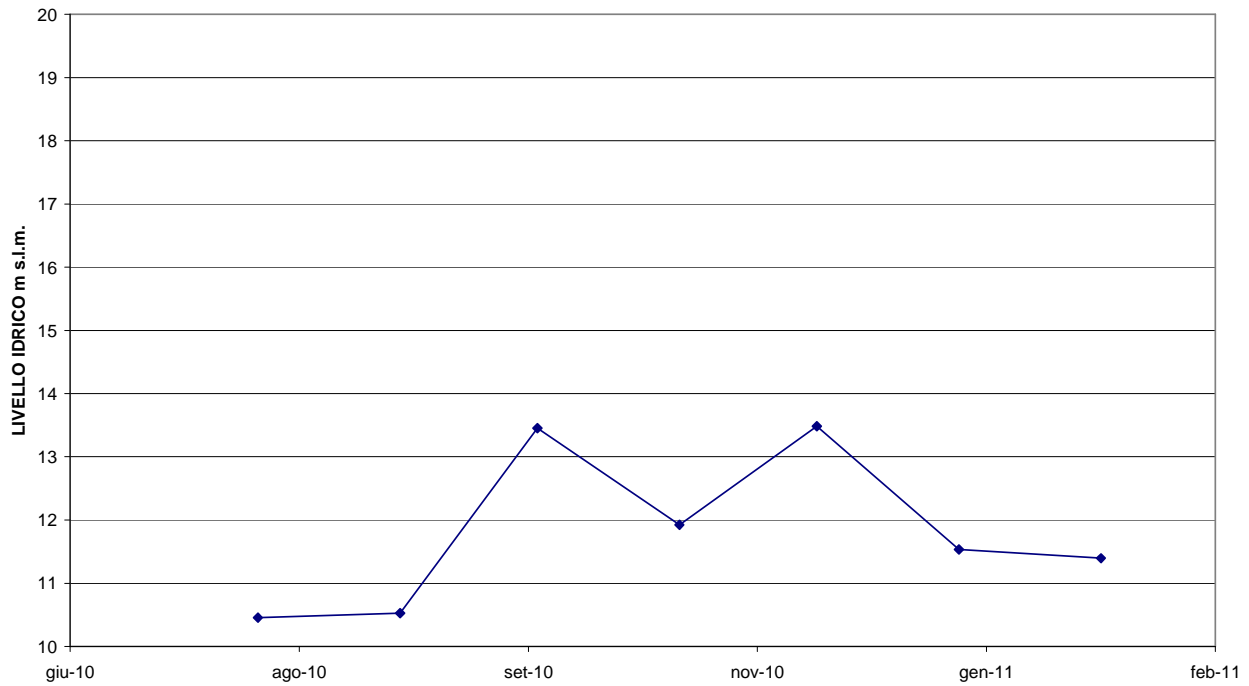
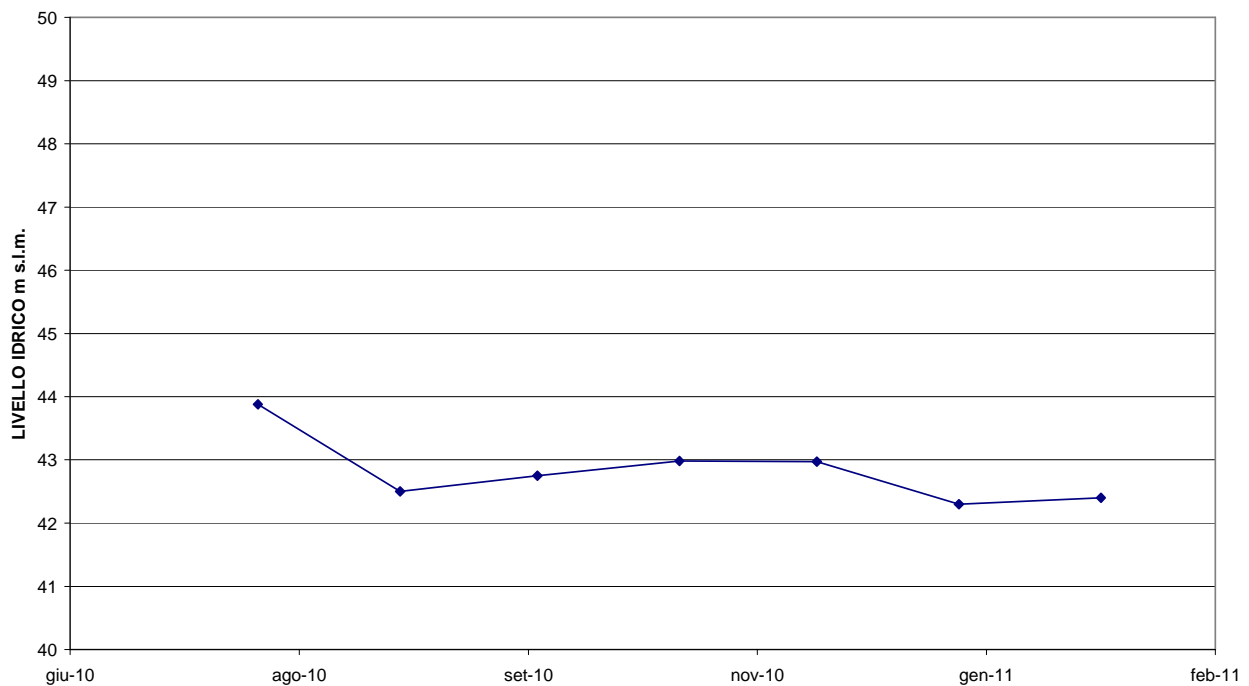
 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

PIEZOMETRO (Casagrande) S456

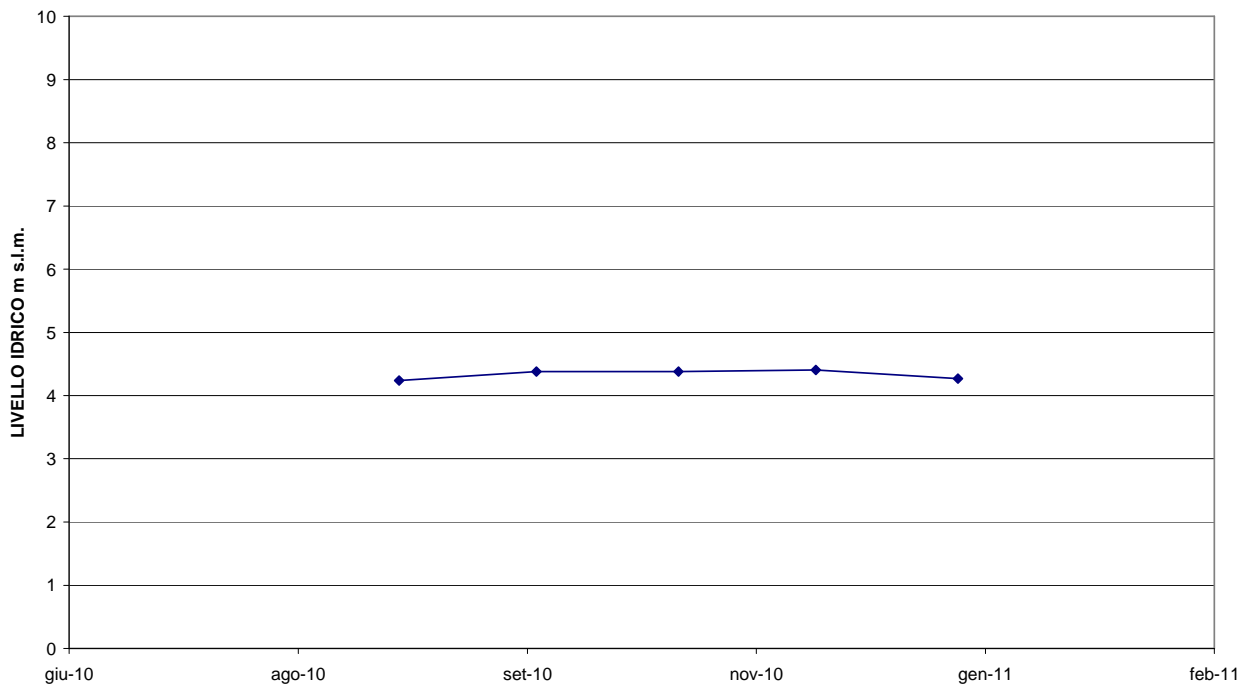


PIEZOMETRO (Casagrande) S457

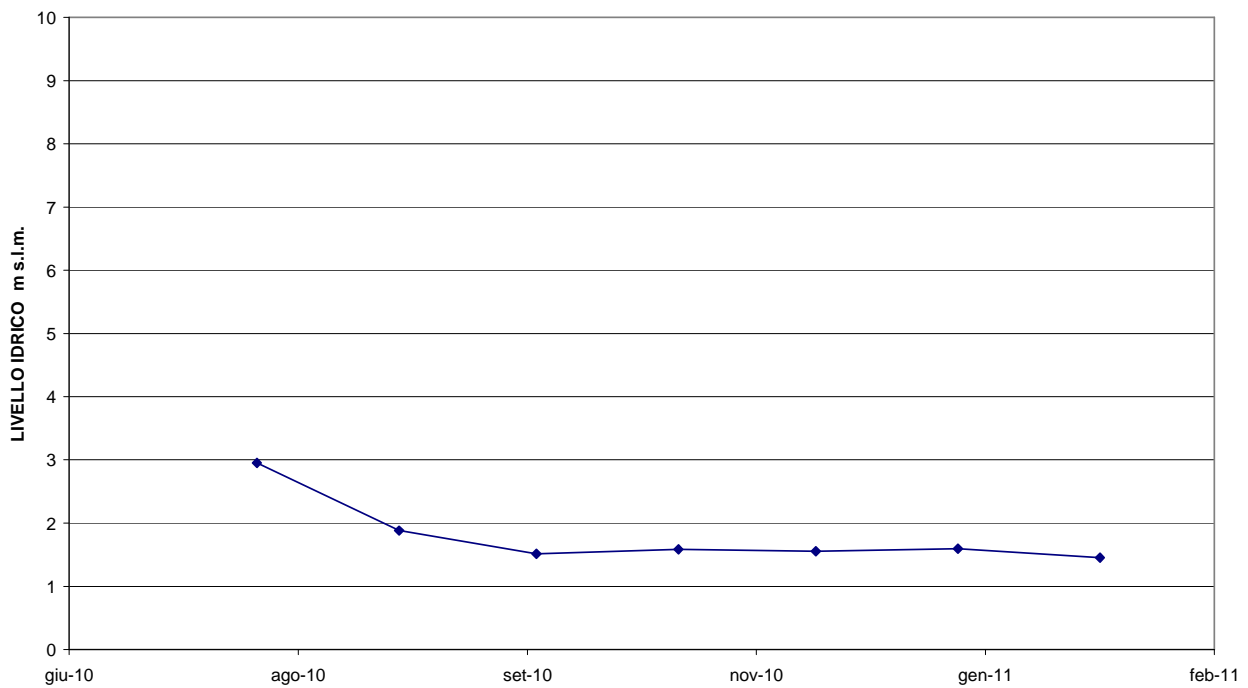


PIEZOMETRO (Casagrande) S459**PIEZOMETRO (Casagrande) S459bis**

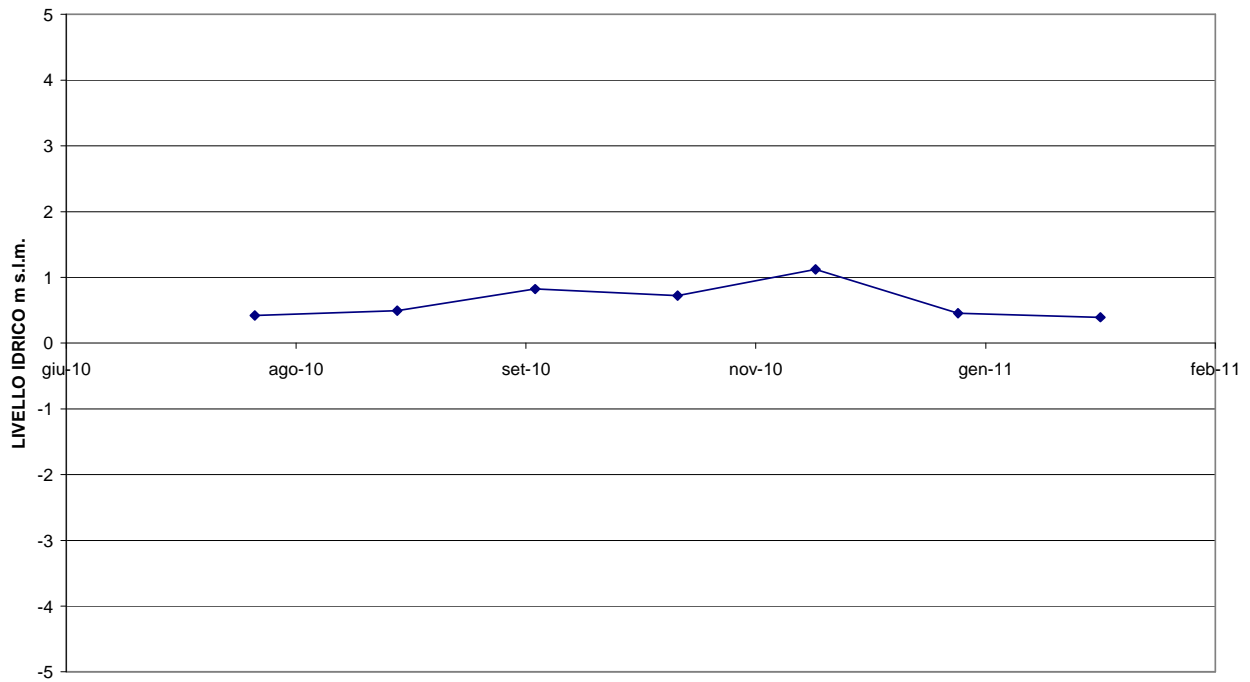
PIEZOMETRO (Tubo aperto) S460



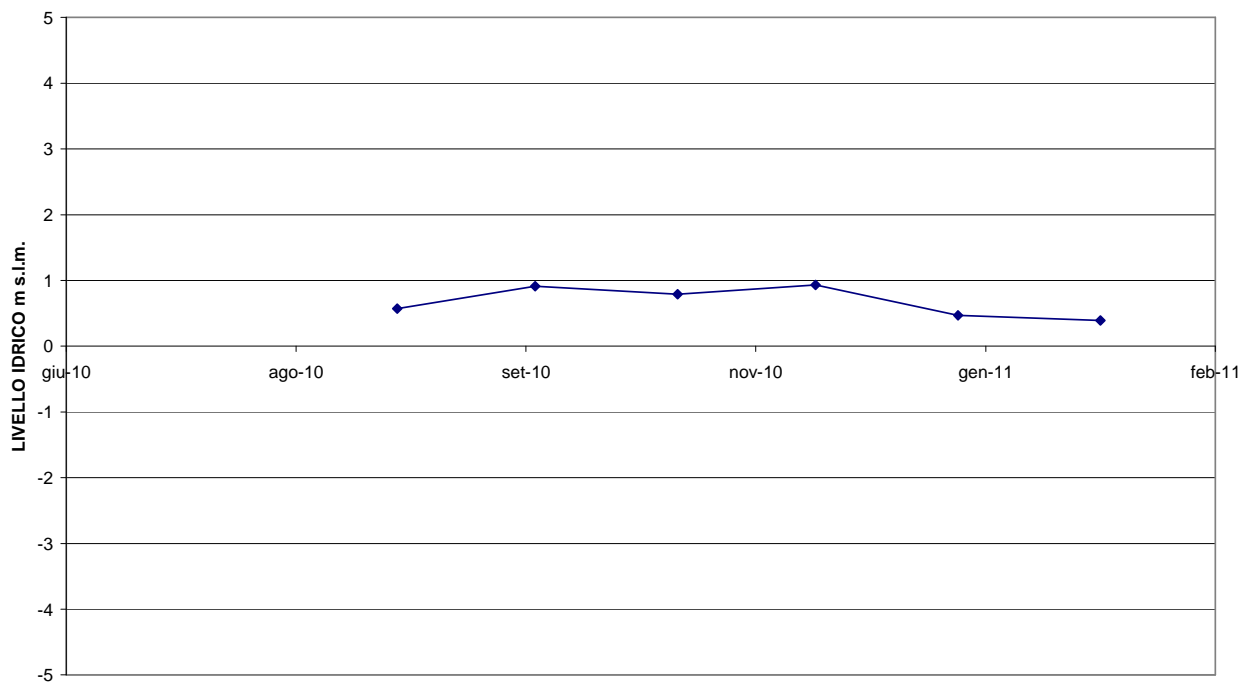
PIEZOMETRO (Tubo aperto) S463



PIEZOMETRO (Casagrande) S464bis

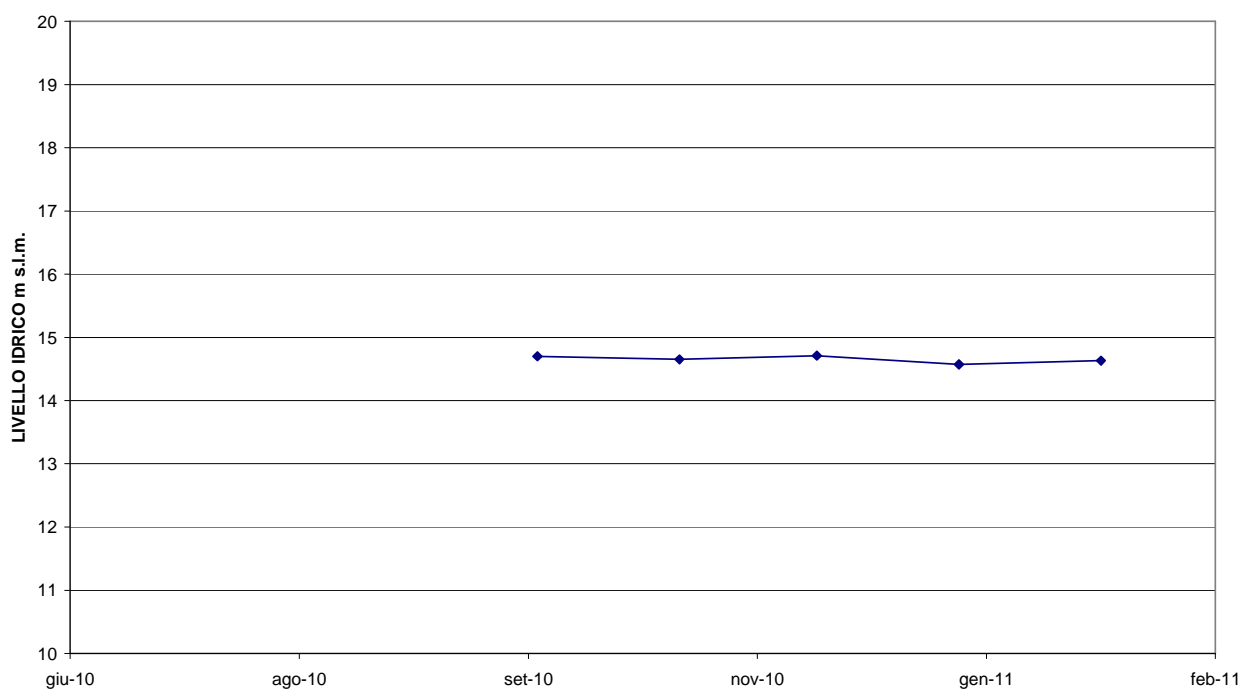


PIEZOMETRO (Casagrande) S465



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Tubo aperto) S466



I singoli grafici non evidenziano variazioni significative della piezometrica, al massimo 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.

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

Come detto in premessa, l'area messinese è caratterizzata da un'ampia diffusione di fenomeni franosi e di dissesto, in larga parte attivi o quantomeno quiescenti, che interessano quasi tutte le litologie presenti ed abbracciano un ampio *range* dimensionale.

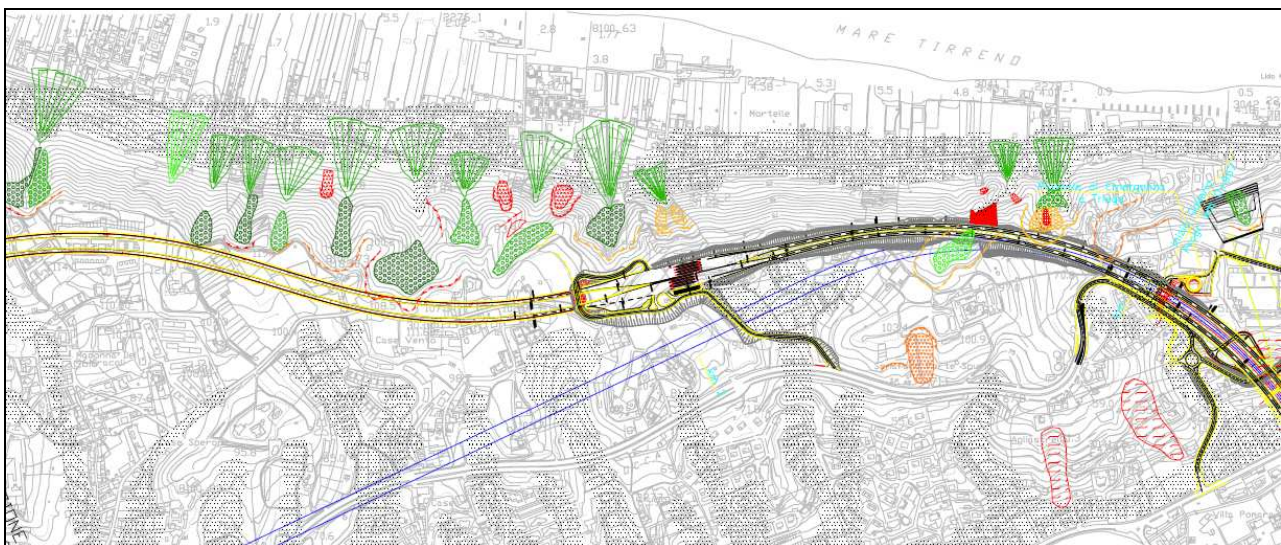
In particolare, in questa sede si intende evidenziare i dissesti che in maggiore misura possono interagire con le opere che si intende realizzare:

Nel settore settentrionale il punto più critico è rappresentato dalla scarpata che decorre parallelamente alla cosata tirrenica a partire da Capo Peloro, dove sono chiaramente riconoscibili evidenze di numerosi dissesti che interessano la parte alta del versante, in arretramento, ed alimentano i corpi detritici che si sviluppano al raccordo con la sottostante piana costiera (schema

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

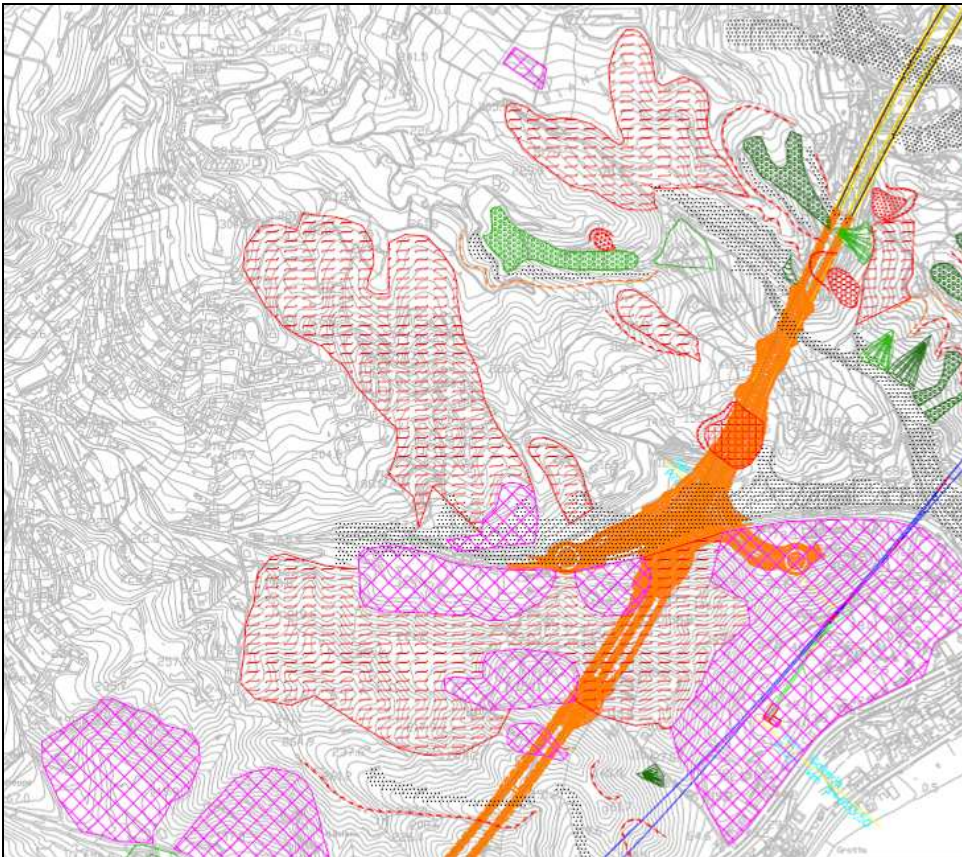
1). Si tratta per lo più di fenomeni superficiali, che tuttavia denotano un quadro di instabilità generalizzata per i quali potrebbero rendersi necessarie opere di stabilizzazione e/o antierosive.

Un'altra zona caratterizzata dalla presenza di numerosi dissesti per lo più attivi è quella a ridosso della valle della fiumara della Guardia, tra le località Faro superiore e Curcuraci, dove il territorio è soggetto sia a fenomeni di erosione e deformazione superficiale sia a processi di degradazione che comportano l'arretramento dei versanti e la produzione di depositi colluviali e coni di origine mista sia, infine, a fenomeni franosi di tipo scorrimento e scorrimento-colata (frane complesse) (schema 2). E' inoltre da segnalare la presenza di versanti potenzialmente instabili quali quelli attualmente interessati da attività estrattiva, che raggiungono elevate pendenze proprio come conseguenza dei tagli antropici che vengono realizzati.



Schema 1. Stralcio della carta delle frane nel settore tirrenico ad ovest di Capo Peloro.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

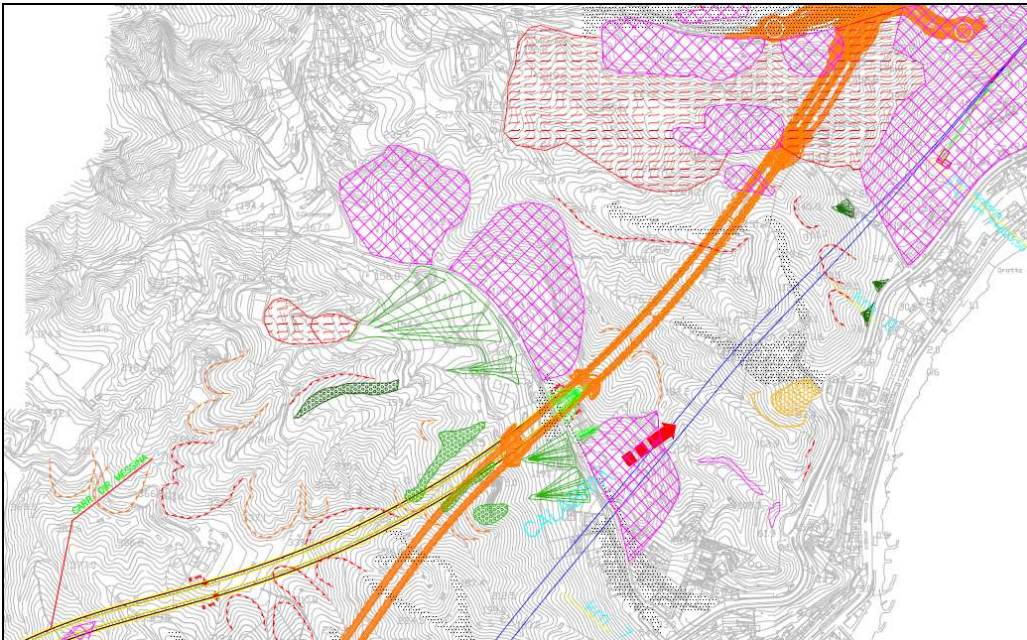


Schema 2. Stralcio della carta delle frane nei pressi della fiumara della Guardia a valle dell'abitato di Curcuraci.

Per quanto riguarda il dissesto cartografato in corrispondenza dello svincolo di Curcuraci (cfr. schema 2), si segnala che all'atto della redazione del progetto definitivo non risultano evidenze di particolare criticità in merito alla profondità della frana, che sembrerebbe sostanzialmente asportata dalle profilature di versante previste.

Nella zona a ridosso del torrente Pace il tracciato di progetto attraversa, in un contesto dove si osservano i consueti processi di degradazione con conseguente arretramento delle scarpate e la produzione di depositi colluviali e/o con di origine mista, zone di cava dove i versanti si presentano molto acclivi per effetto della stessa attività estrattiva (schema 3).

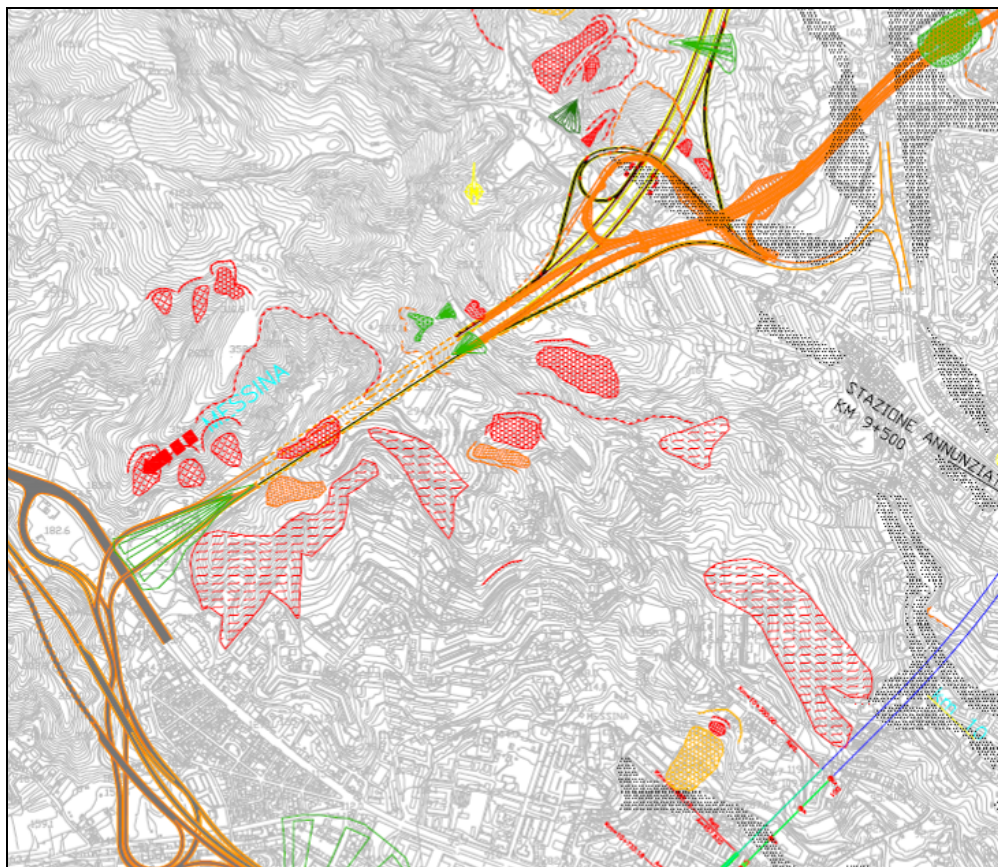
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Schema 3. Stralcio della carta delle frane nei pressi del torrente Pace.

Per quanto riguarda il tracciato stradale, il tratto compreso tra il vallone Annunziata e la località San Michele è quello caratterizzato dalla maggiore diffusione di fenomeni franosi e, più in generale, di dissesto di vario tipo e, soprattutto, dimensione. In tale senso la maggiore criticità è rappresentata da un fenomeno franoso di dimensioni rilevanti nella zona del vallone Annunziata, con distribuzione dell'attività in diminuzione e stile complesso, al quale è dedicato uno specifico elaborato dal momento che, oltre ad essere il fenomeno franoso più importante dell'area rilevata, è anche in diretta interferenza con il tracciato stradale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



Schema 4. Stralcio della carta delle frane nel settore compreso tra il vallone Annunziata e la località San Michele.

Nel tratto terminale del tracciato ferroviario, a sud di viale Giostra, è stato possibile rilevare un numero relativamente ridotto di fenomeni franosi e di dissesto, soprattutto per la presenza di un intenso tessuto urbano che maschera le forme. I dissesti rilevati, tuttavia, non sono di grandi dimensioni e quindi non in grado di interagire con il tracciato ferroviario nel tratto in cui esso si sviluppa in sotterraneo e sotto elevate coperture.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6 Sabbie e Ghiaie di Messina

2.6.1 Descrizione

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

Frequentemente si rilevano strati di ghiaie cementate come si evidenzia nei rilievi effettuati nelle aree di imbocco delle gallerie ferroviarie S.Agata, S.Cecilia, e stradali Faro, Balena e Le Fosse.

In questi rilievi la ghiaia si presenta più o meno debolmente cementata e molto addensata. Lo scheletro si presenta costituito da ghiaie e ciottoli eterometrici arrotondati ed appiattiti.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 42 a Figura 96) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

Dapprima verrà effettuata una caratterizzazione generale, poi per tratte.

2.6.2 Caratteristiche fisiche

Da un'analisi statistica delle caratteristiche granulometriche emergerebbe, 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 46%), sia di materiali intermedi (sabbie 42%). Il contenuto di fino è mediamente del 10% (Figura 42).

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 (426 prove granulometriche) si ha che:

- Il valore di D_{50} è pari a 1.5mm
- Il valore di D_{60} è pari a 3 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 kN/m³;

In base a dati di letteratura il valore di γ_{dmax} risulterebbe mediamente pari a circa 20 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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.3 Stato iniziale

In base alle indicazioni provenienti dagli studi geologici tale formazione non è generalmente sovraconsolidata, nel senso che in passato non ha generalmente subito dei carichi maggiori di quelli attuali, fatto salvo alcune zone circoscritte dove ha subito fenomeni di erosione, come nel caso della zona della Fondazione della Torre, al di sotto dei depositi costieri. Presenta invece un locale ma più o meno generalizzato grado di cementazione di natura chimica.

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 ininfluenza sui risultati.

- **Dr:** I valori massimi e minimi risultano molto dispersi attorno ai valori medi soprattutto nei primi 20m, dove comunque mediamente risulta più addensata, diminuendo con la profondità. 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 $C_{sg}=0.6$ corrispondente al $d_{50}=1.5mm$, (da Figura 43 a Figura 45)
- **e0:** a partire dal d_{50} medio 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_0 in sito. In Allegato si mostra il valore di e_0 determinato in funzione di z. (Figura 46); data la variabilità dei dati si propone in tabella un range di valori, non ritenendo rappresentativo un valore unico corrispondente alla media.
- **γ_d :** in base a tali valori di e_0 e da γ_s si può stimare γ_d , =18- 20KN/m3 riportato nel grafico in Figura 47.
- **γ :** in base ai valori precedentemente ricavati si può stimare dall'indice dei vuoti e_0 e da γ_s un valore medio di γ in condizioni sature pari a circa 21-22 KN/m3
- **K0:** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di "aging.

z(m)	Dr(%) sabbie e ghiaie	eo	γ_d (KN/m3)	K_0
0-20	30-70	0.3-0.6	17-21	0.4-0.5
>20	30-50	0.45-0.6	17.5-19.5	0.4-0.45

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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.

2.6.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

Sulla base delle prove SPT il valore medio dell'angolo di attrito è risultato mediamente pari a 40° ; esso risulta mediamente più elevato nei primi 20m, dove risulta anche maggiore di 40° .

Dalle prove pressiometriche effettuate il valore medio risulta pari a 42° (Figura 51).

$z(m)$	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)
0-20	37-44	33-35
>20	38-40	33-35

Ai parametri di resistenza operativi in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori che tengono conto di un utilizzo di calcolo:

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

$c' = 0 \div 10$ kPa = coesione apparente

$\phi' = 38 \div 40^\circ$ = 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.

Per quanto riguarda il livello coesivo di picco, si ritiene ragionevole associare il valore massimo per tenere in conto del livello di cementazione rilevato sugli affioramenti come risulta evidente dagli "stops" geostrutturali riportati in Allegato (Figura 48 e Figura 49).

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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

$c_p' = 0 \div 10 \text{ kPa}$ = coesione apparente

$\phi_p' = 35^\circ \div 38^\circ$ = 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 272KPa÷350KPa.

Per intervalli tensionali differenti si rimanda a quanto proposto da Baligh (1986).

Per i valori di stato critico in base ai dati di letteratura si possono definire i valori operativi riportati di seguito.

Dalle prove di laboratorio (10 TD) (S419, SSPPS00, SSPPS03, SPPS07) tra 15m e 60m di profondità, su campioni rimaneggiati sciolti si ottiene un valore medio di $\phi' = 34^\circ$ con valori variabili fra 30° e 35° e valori massimi di 43° .

Resistenze di stato critico / operative

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

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

C'è da dire che dalle prove di taglio diretto effettuate su campioni verosimilmente disturbati (sondaggi SSPP00, SSPP03, SSPP07) si è ottenuto un valore medio dell'angolo di attrito pari a 35° (Figura 50).

2.6.5 Caratteristiche di deformabilità

Dalle prove sismiche in foro si ottengono valori di V_s che mostrano una tendenza all'aumento con la profondità solo in alcuni casi mentre in altri (campagna di indagine del 2002: sondaggi SS02, SS04 SS08) evidenziano valori elevati (500-1000 m/s) e con andamento costante già a partire da 5m fino a 60m di profondità.

La discrepanza fra le prove sismiche a determinate profondità può ritenersi imputabile:

- ad una difficoltà nella esecuzione e nella interpretazione di alcuni segnali sismici nelle prove della campagna del 2002.
- alla presenza di strati intermedi cementati che influenzano la trasmissione delle onde.

In ogni caso appare ragionevole e cautelativo rappresentare V_s attraverso tale andamento con la profondità:

$$V_s = 200 + 4 \cdot z \quad (\text{m/s})$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Ai valori delle velocità di taglio V_s corrispondono moduli di taglio iniziali G_0 che, a meno dei valori elevati corrispondenti a quelli “anomali” delle velocità precedentemente evidenziati, mostrano un andamento crescente con la profondità, anche se molto disperso.

Nelle figure in Allegato (da Figura 52 a Figura 62) si mostra anche il confronto delle velocità ottenute con le correlazioni da prove SPT che non tengono conto della taratura con i valori elevati di V_s riscontrati nelle prove di cui sopra.

Il confronto evidenzia una stima mediamente cautelativa delle V_s da prove SPT.

Da prove SPT l'andamento di G_0 stimato graficamente con una linea di tendenza molto ben correlata risulta pari a:

$$G_o = 1420 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.60}$$

da cui:

$$E_o = 3400 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.60}$$

essendo

p_a = pressione atmosferica

k_o = coefficiente di spinta a riposo

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 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 $n=0.60$ rappresentano dei valori rappresentativi di quelli reperibili per i terreni granulari.

Ad $f(e)=4$ corrisponderebbe un indice dei vuoti in sito pari a 0.5 .

Conseguentemente G_0 ed E_0 si può ottenere anche in funzione di $z(m)$; una stima media è data da:

$$G_o = 40 \cdot z^{0.6}$$

$$E_o = 96 \cdot z^{0.6}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I moduli di Young “operativi” a medie deformazioni, che non tengono conto della deformabilità di eventuali intermedi strati più cementati, risulteranno pari a:

$$E = (14 \div 30) \cdot (z)^{0.60}$$

pari rispettivamente a circa 1/0÷1/5 ed a 1/3 di quelli iniziali.

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

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

Nel caso di fondazioni su pali, per il modulo di reazione orizzontale secondo Reese, si può considerare un valore medio 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.

Per quanto riguarda la presenza di strati intermedi cementati **dalle prove pressiometriche e dilatometriche** effettuate nella nuova campagna di indagine 2010 si riscontrano valori di E' elevati (400-900 MPa) già a piccole profondità ed i valori sono molto dispersi e non sempre correlabili con l'andamento stimato (Figura 63 e Figura 64).

Come per le sismiche, quindi, anche tali prove rilevano la probabile presenza di strati intermedi maggiormente rigidi.

- Commento: si è evidenziata 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, alla quale quindi si rimanda. La scelta dei parametri operativi verrà definita per ciascuna opera nell'ambito delle monografie inserite nelle specifiche relazioni geotecniche.

2.6.6 Leggi di degrado dei moduli elastici

In alternanza all'utilizzo di prove su provini indisturbati prelevati con la tecnica del congelamento si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

Sono comunque disponibili 3 prove in colonna risonante effettuate nel sondaggio S450 su provini a 68-75m di profondità ascrivibili alle Sabbie e Ghiaie di Messina (Figura 66 e Figura 67)

L'andamento alle varie profondità del decadimento dei moduli è rappresentato in Allegato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Il valore di G_0 a piccole deformazioni ottenuto dalle prove risulta mediamente pari a 200 MPa ($E_0 \approx 500$ MPa). Tale valore è compatibile con l'andamento di G_0 precedentemente stimato.

Sono state effettuate tre prove in colonna risonante anche nel sondaggio S414 su tre provini ricostituiti rispettivamente a 45m, 55m, 65m, 75m di profondità (Figura 68 e Figura 69).

Il valore di G_0 a piccole deformazioni ottenuto dalle prove risulta mediamente pari a 100-150 MPa ($E_0 \approx 250-360$ MPa). Tali valori non sono compatibili con l'andamento di G_0 precedentemente stimato.

Per quanto riguarda l'analisi dei risultati si deve comunque osservare quanto segue:

- Le curve iniziano da un valore che corrisponde ad una deformazione minima di $(1 \div 4) 10^{-3} \%$ mentre generalmente le curve teoriche mostrano un valore massimo di G_0 solo per valori di $10^{-4} \%$. In base alle curve teoriche ricavate da [Lo Presti \(1989\)](#) per le Ghiaie di Messina per $(1 \div 4) 10^{-3} \%$ si ha già un rapporto G / G_0 pari a circa $0.85 \div 0.95$.
- La forma delle curve rispecchia solo approssimativamente l'andamento teorico evidenziando, ad esempio per i campioni del sondaggio S450 per $p' = 150-300$ Kpa, un decadimento pari a $0.65 \div 0.7$ per una deformazione di $10^{-2} \%$ mentre per $10^{-1} \%$ il valore è di $0.15 \div 0.2$ laddove invece dovrebbe essere mediamente pari a 0.25.
- La forma delle curve non risente della pressione efficace di prova, nel senso che a pressioni maggiori, a parità di condizioni, le curve dovrebbero spostarsi verso l'alto e verso destra. Ciò potrebbe dipendere dalla diversa influenza con la profondità degli altri fattori in gioco (disturbo del campione, indice dei vuoti, grado eventuale di cementazione).

I risultati risentono probabilmente della qualità del campionamento dovuta alla natura prevalentemente incoerente del materiale.

Le pressioni di prova (p') differiscono dai valori litostatici delle tensioni medie.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.7 Coefficienti di smorzamento intrinseco

In alternanza all'utilizzo 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.

Sono comunque disponibili 3 prove in colonna risonante effettuate nel sondaggio S450 su provini a 68-75m e 4 campioni nel sondaggio S414 rispettivamente a 45m,55m,65m,75m di profondità ascrivibili alle Sabbie e Ghiaie di Messina.

Nella figura in Allegato si riportano i valori misurati ed i valori teorici proposti da [Vucetic \(1991\)](#).

Per quanto riguarda D_0 le prove mostrano valori differenti, compresi fra 0.3% e 3% (per $\gamma=(1\div 4)10^{-3}$ %), non direttamente correlabili con le pressioni di prova probabilmente per gli stessi motivi già enunciati nel paragrafo precedente.

L'andamento del rapporto D/D_0 non è generalmente correlabile all'andamento teorico se non, in alcuni casi, per bassi livelli deformativi; se ne discosta per elevati livelli di deformazione; anche in questo caso non si evidenzia una correlazione delle curve con le pressioni di prova, probabilmente per gli stessi motivi già enunciati nel paragrafo precedente.

2.6.8 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 $1 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-4}$ m/sec (Figura 65).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.9 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)	63±30
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
OCR	-
c_u (kPa)	-
k_o (-)	0.4-0.5
K_v (m/sec)	-
V_s (m/sec)	$V_s=200+4 \cdot z$ (m/s)
G'_o	$G'_o = 1420 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.60}$
$E' *$	$E = (14 \div 30) \cdot (z)^{0.60}$
ν' (-)	0.2
$G_0, G/G_0$	curve teoriche
$D_0, D/D_0$	curve teoriche
K (m/s)	$10^{-4} \div 10^{-6}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

2.6.10 Caratterizzazione per tratte

Poiché tale formazione coinvolge per chilometri le opere inerenti al tracciato ferroviario e stradale si rende necessaria un'analisi per tratte.

Si riporta di seguito una tabella di sintesi con riportati i valori medi, per le tratte stradali e ferroviarie, dei principali parametri "operativi".

In Allegato si riportano i grafici dei principali parametri per ogni tratta (da Figura 97 a Figura 308).

Opera/parametri	Generale	Ferrovia Da 0+0 a 1+0 km Ancoraggio	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN S. Agata	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN S. Cecilia
c'_{picco} (kPa)	0+10 38+40	0+10	0+10	0+10	0+10
ψ'_{picco} (°)		z=0-20m 38+42 z>20m 37+39	z=0-30m 37+43 z>30m 40	z=0-10m 38+42 z>10m 38+40	z=0-15m 38+44 z>15m 39+42
G'_o	$G'_o = 1420 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_a}{p_a}\right)^{0.60}$ $G0=40 z^{0.6}$	z=0-20m 200-400 z=20-50m $G0=25 z^{0.64}$ z=50-80m 350-500 z>=80m 500-800	$G'_o = 1500 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_a}{p_a}\right)^{0.62}$ $G0=43 z^{0.62}$	$G'_o = 1500 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_a}{p_a}\right)^{0.62}$ $G0=43 z^{0.62}$	$G'_o = 1690 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_a}{p_a}\right)^{0.62}$ $G0=50 z^{0.62}$
K(m/s)	$10^{-4} \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-5}$	$10^{-5} \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-6}$

Opera/parametri	Generale	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN Faro Superiore	Strada Da 5+4 a 5+9 km	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN Balena	Strada Da 7+3 a 10+0 km - GN "Le Fosse"
c'_{picco} (kPa)	0+10	0+10	0+10	0+10	0+10
ψ'_{picco} (°)	z=0-20m 38+42 z>20m 37+39	z=0-20m 38+41 z>20m 38+40	z=0-15m 41+42 z>15m 39+40	z=0-15m 38+43 z>15m 39+40	z=0-15m 38+43 z>15m 39+40
G'_o	$G'_o = 1420 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_a}{p_a}\right)^{0.60}$ $G0=40 z^{0.6}$	$G'_o = (1160+2040) \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_a}{p_a}\right)^{0.6+0.78}$ $G0=(33+50) z^{0.6+0.78}$	$G'_o = 1740 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_a}{p_a}\right)^{0.62}$ $G0=45 z^{0.62}$	$G'_o = 1530 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_a}{p_a}\right)^{0.61}$ $G0=50 z^{0.61}$	$G'_o = 1995 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_a}{p_a}\right)^{0.55}$ $G0=54 z^{0.55}$
K(m/s)	$10^{-4} \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-5}$	10^{-5}	10^{-5}	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.10.1 Tratta stradale e ferroviaria da 0 ad 1+0 Km

2.6.10.1.1 Ancoraggio

In questa tratta la formazione si presenta, dalle prove SPT analizzate, in egual misura composta da sabbie e ghiaie con densità relative che sembrerebbero diminuire con la profondità mostrando uno stato di addensamento medio.

Con riferimento al fuso medio (155 prove granulometriche; Figura 97) si ha che: $d_{50}=2.2\text{mm}$, $d_{60}=4\text{mm}$ e $d_{10}=0.03\text{mm}$. le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 51%, 36%, 11%.

- **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 $C_{sg}=0.55$ corrispondente al $d_{50}=0.2.2\text{mm}$ (da Figura 101 a Figura 102)
- **e_o** : a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.26, 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_o in sito. In Figura 103 si mostra il valore di e_o determinato in funzione di z che risulta pari a 0.4-0.6
- **γ_d** : in base a tali valori di e_o e da γ_s si può stimare γ_d , =18-20KN/m³ riportato nel grafico in Figura 104.
- **K_0** : si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di “aging”.

I primi 20 m sembrerebbero maggiormente addensati soprattutto nella porzione sabbio-ghiaiosa, probabilmente a causa dell’influenza del grado di sovraconsolidazione che ha caratterizzato alcune zone erose e/o del debole grado di cementazione.

z(m)	Dr(%) sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_0
0-20	40-70	38-42	33-35	0.45-0.5
>20	35-60	37-39	33-35	0.45-0.5

I parametri di deformabilità ricavabili dall’interpretazione delle prove sismiche in foro presentano

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

una grande dispersione anche nell'ambito del medesimo contesto (da 300m/s ad oltre 800m/s) (da Figura 107 a Figura 118).

Valori generalmente crescenti con la profondità si sono registrati nelle sismiche in foro ASCH1504 e ASCH1501 che comunque hanno evidenziato valori localmente molto variabili, non sempre correlabili, in base ai dati ricavabili dalle colonne stratigrafiche, con la variazione granulometrica; ad esempio nei primi 15m÷20m le Vs appaiono maggiori di quelle misurate fino a 30-35m di profondità, e risultano mediamente pari a circa 400m/s, in analogia a quanto rilevabile dai maggiori valori di densità relativa.

La variabilità locale rende una correlazione delle Vs sismiche con quelle ricavate dalle correlazioni di prove SPT alquanto difficoltosa; si ottiene comunque una buona correlazione con i valori medi / minimi delle Vs sismiche (tranne che nel caso della sismica ASCH1504) per profondità tra 20 e 50m.

Vista l'estrema variabilità di G_0 da SPT si opta per una stima cautelativa dei moduli, considerando l'esito delle prove sismiche (Figura 115), che è riportata in tabella:

z(m)	G_0(MPa)	E_0(MPa)	E'(MPa)
0-20	200-400	480-960	65-160 / 128-320
20-50	$G_0 = 25 z^{0.64}$	$E_0 = 60 z^{0.64}$	$9-23 z^{0.64}$
50-80	350-500	840-1200	120-280 / 170-400
>80	500-800	1200-1920	170-400 / -275-640

I valori operativi di E' , contenuti tra $1/10 \div 1/5$ ed $1/3 E_0$ circa, risultano in buon accordo con quelli ricavati dalle prove pressiometriche (S408, ramo di scarico e ricarico, $E' = 170$ MPa e 300 MPa a 26 e a 34m di profondità), ricadendo nel range proposto.

Un discreto accordo con le dilatometriche (primo carico) (DMT1-AS, DMT2-AS con valori compresi intorno 40-50MPa da 10 a 25m) si ottiene con i valori minimi del range ($1/10 \div 1/5 E_0$).

I valori delle pressiometriche sono ritenuti comunque bassi: la causa potrebbe dipendere

- dalle modalità esecutive delle prove (disturbo del foro),
- dal fatto che i valori sono riferibili al primo ciclo di carico.

Per quanto riguarda proprio la deformabilità dei piccoli strati a componente limosa rilevabili nella

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tratta in alcuni sondaggi (sondaggi S105pz e S106pz, zona un po' più lontana dall'ancoraggio) è stato possibile indagarne in prima approssimazione la deformabilità a partire da prove SPT, determinando i valori di C_u e poi di E' nel range:

$$E' = 200-400 C_u$$

Come si evince dal grafico in Figura 96, si ottengono valori di $C_u = 5.5 N_{spt}$, fra 0 e 35m di profondità, compresi fra 200 e 600 KPa associabili a tali livelletti che quindi risulterebbero consistenti.

I moduli E' minimi stimati in prima approssimazione si collocano a cavallo di $1/10 E_0$ (deformabilità di primo carico a grandi deformazioni) mentre quelli massimi fra $1/5 - 1/3 E_0$, (deformabilità di scarico/ricarico a medio-piccole deformazioni) essendo E_0 il valore stimato.

- **Commento:** nell'analisi in tale zona si riscontra una variabilità che è il risultato di forti oscillazioni dei valori di addensamento con la profondità anche solo in corrispondenza della singola verticale, a testimonianza di una eterogeneità della formazione (es: SPT8AS e ASCH1504 - Dr dalla componente sabbio-ghiaiosa - che varia da 30% a 55% nel giro di pochi metri); 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 (es: BH4AS). La caratterizzazione proposta quindi è stata volutamente cautelativa in quanto le correlazioni proposte per G_0 tengono maggiormente conto dell'esito delle sismiche ed involuppano i valori minimi determinati sperimentalmente dalle prove SPT (Figura 107, Figura 115 - G_0 da V_s misurate in prove sismiche in foro). La scelta dei parametri operativi verrà definita per ciascuna opera nell'ambito delle monografie inserite nelle specifiche relazioni geotecniche.

2.6.10.1.2 Opera Terminale

Le Sabbie e Ghiaie di Messina dovrebbero essere intercettate in profondità dalla sismica OTSCH1501 a profondità variabili di circa 45m quando i valori di V_s passano sopra i 400 m/s.

Non si dispongono prove SPT a tali profondità.

Per lo stato iniziale si ha:

- e_0 : dalla correlazione di Foti si ottiene un valore piuttosto basso pari a 0.15 (Figura 135 e Figura 140), ritenuto non rappresentativo; si rimanda ai valori della caratterizzazione generale.
- γ : dalla correlazione di Foti si ottiene un valore piuttosto elevato pari a 24 KN/m³ (Figura 136 e Figura 141) ritenuto non rappresentativo; si rimanda ai valori della caratterizzazione generale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per la resistenza si rimanda alla caratterizzazione generale

Per la deformabilità i moduli G_0 si ottengono dalle prove sismiche (da Figura 142 a Figura 146) si può porre:

z(m)	G_0 (MPa)	E_0 (MPa)	E' (MPa)
45-100	500	1200	160-400

2.6.10.1.3 Viadotto Pantano

Le Sabbie e Ghiaie di Messina dovrebbero essere intercettate in profondità dalle sismiche VPCH1502, VPCH1505 a profondità variabili da 60m a 45m quando i valori di V_s passano sopra i 400 m/s.

E' difficile individuare con certezza il contatto delle Sabbie e Ghiaie di Messina con i Depositi costieri, risultando granulometricamente simili.

Dal punto di vista geotecnico un miglioramento relativo (quando i valori di V_s passano sopra i 200-300 m/s) è previsto dalla sismica VPCH1502 a profondità di circa 60m, mentre nelle altre (VPCH1505, OTSCH1501) sembrerebbe che tale profondità possa risultare più ridotta.

Tale formazione coinvolge più superficialmente le fondazioni in corrispondenza delle pile 3, 4 ,5.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche, le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 51%, 36%, 12% (Figura 119).

Con riferimento al fuso medio (155 prove granulometriche) si ha:

- Il valore di D_{50} è pari a 2 mm
- Il valore di D_{60} è pari a 4 mm
- Il valore di D_{10} è pari a 0.03 mm

- **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 $d_{50}=2$ mm
- **e_o :** dalla correlazione di Foti si ottiene un valore piuttosto basso pari a 0.15, ritenuto non realistico; In Allegato, dove disponibile una sismica, si mostra anche il confronto con **eo**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

determinato a partire da D_r : si nota (Figura 124, Figura 129, Figura 135) che non c'è una buona correlazione tra i dati confrontati. I valori e_0 di progetto fanno quindi riferimento ai valori ottenuti dalle prove SPT.

- γ : dalla correlazione di Foti si ottiene un valore piuttosto elevato pari a 24 KN/m^3 , non ritenuto realistico. Si considerano i valori ottenuti in base ai valori di e_0 sperimentali (prove SPT) (Figura 125, Figura 130, Figura 136) .

	z (m)	D_r (Sabbie e ghiaie)	e_0	γ (KN/m^3)	K_0
Pila 3	10 - 50	0,3-0,4	0,4	21	0,37-0,4
Pila 4	8 - 50	0,2-0,5	0,4-0,5	21-22	0,37-0,4
Pila 5	10 - 70	0,4-0,5	0,5-0,6	20	0,38-0,4

Per la resistenza in tabella si riportano i valori operativi compatibili con uno stato di sforzo che preveda una pressione normale alla superficie di rottura compresa nel range tra 0 e 272 Kpa.

Per intervalli tensionali differenti si rimanda a quanto proposto da [Baligh \(1986\)](#).

I parametri operativi di picco e di stato critico sono (Figura 126, Figura 131, Figura 137):

	z (m)	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)
Pila 3	10 - 50	38-40	35
Pila 4	8 - 50	38-40	35-37
Pila 5	10 - 70	38-40	35-37

Per la deformabilità i moduli G_0 (Figura 127, Figura 132, Figura 138), ricavabili dalle prove SPT attraverso un procedimento di correlazione dei dati sperimentali, si può porre:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	<i>z</i> <i>(m)</i>	<i>G₀</i> <i>(Mpa)</i>	<i>E₀</i> <i>(Mpa)</i>	<i>E'</i> <i>(Mpa)</i>
Pila 3	10 - 50	$G_0=15 z^{0,66}$	$E_0=36 z^{0,66}$	$E'=(5-12) z^{0,66}$
Pila 4	8 - 50 50-100	$G_0=40-200$ $G_0=250-500^*$	$E_0=96-480$ $E_0=600-1200^*$	$E'=(13-32)-(64-160)$ $E'=(80-200)-(160-400)^*$
Pila 5	10 - 70	$G_0=200-500$	$E_0=480-1200$	$E'=(64-160)-(160-400)$

* valori ricavabili dalla sismica VPCH1505

I moduli di Young “operativi” E' , valutati sulla base dei criteri descritti nei capitoli precedenti risulteranno pari rispettivamente a circa 1/10÷1/5 (medie e grandi deformazioni) ed a 1/3 di quelli iniziali (piccole deformazioni).

Nel sondaggio S466 si sono effettuate 2 **prove dilatometriche** a 33.5m e 40.5m di profondità (Figura 139) che hanno fornito moduli elastici E' di primo carico pari rispettivamente a 38 MPa ed a 100 MPa, con il secondo valore che si correla abbastanza con le espressioni relative alla Pila 5.

2.6.10.1.4 Fondazione

Le Sabbie e Ghiaie di Messina dovrebbero essere intercettate in profondità dalla sismica FSCH1506 ed FSCH1508 quando da 60 a 70m i valori di V_s passano da 200 a 400 m/s e G_0 risulta maggiore o uguale di 500Mpa (da Figura 149 a Figura 153). Non si dispongono prove SPT a tali profondità.

Non si dispongono prove SPT a tali profondità. Il terreno è saturo quindi:

- e_o : dalla correlazione di Foti si ottiene un valore piuttosto basso pari a 0.15-0.2 (Figura 147), ritenuto non rappresentativo; si rimanda ai valori della caratterizzazione generale.
- γ : dalla correlazione di Foti si ottiene un valore piuttosto elevato pari a 23 KN/m³. (Figura 148), ritenuto non rappresentativo; si rimanda ai valori della caratterizzazione generale.

2.6.10.2 Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"

In questa tratta la formazione si presenta, dalle prove SPT analizzate, in egual misura composta da sabbie e ghiaie con densità relative di che sembrerebbero diminuire con la profondità

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

mostrando uno stato di addensamento medio.

Con riferimento al fuso medio (8 prove granulometriche) si ha che: $d_{50}=0.55\text{mm}$, $d_{60}=1\text{mm}$ e $d_{10}=0.07\text{mm}$. le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 31%, 51%, 14% (Figura 154).

- **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 $d_{50}=0.55\text{mm}$ (da Figura 158 a Figura 159).
- **e_o :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.34. 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. In Figura 160 si mostra il valore di e_o determinato in funzione di z che risulta pari a 0.4-0.5.
- **γ_d :** in base a tali valori di e_o e da γ_s si può stimare γ_d , =18-20KN/m³ riportato nel grafico in Figura 161.
- **K_o :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di “aging”.

I primi 30 m sembrerebbero maggiormente addensati soprattutto nella porzione sabbio-ghiaiosa.

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_o
0-30	60-80	37-43	33-35	0.4-0.5
>30	60-70	40	33-35	0.45

Per quanto riguarda i parametri di deformabilità si sono registrati valori molto elevati nelle prove sismiche in foro della campagna del 2002 (SPPS00 ed SPPS02).

In tali prove le velocità sismiche raggiungono valori di 900-1000 m/s ($G_0=1500-2300\text{MPa}$) già a partire da 5m sino a 60m da p.c..

Tali prove sono è state oggetto di un confronto ma non di taratura dei valori di velocità Vs ottenuti con le correlazioni da prove SPT.

L' espressione ottenuta in base alle correlazioni dalle prove SPT della tratta per il modulo G_0 :

Come riferimento $G_0 = 1500 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a}\right)^{0.62}$ per il calcolo delle pressione efficace media, in questo caso a favore di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sicurezza, non si considera la presenza della falda. Comunque per il livelli piezometrici locali si fa riferimento ai profili geotecnici di progetto.

Per G_0 ed E_0 si ha, dalle correlazioni di prove SPT:

$$G_0 = 43 z^{0.62}$$

$$E_0 = 105 z^{0.62}$$

$$E' = (14-35) z^{0.62}$$

I valori dei moduli ottenuti dalle prove SPT, non si discostano dai valori ottenuti dalla caratterizzazione generale. I corrispondenti valori operativi di E' non risultano in buon accordo con quelli che si ottengono dalle prove pressiometriche (S410 e S455bis, che rappresentano valori del ramo di carico) che, pur rappresentando il comportamento a medie deformazioni, evidenziano spesso valori più alti (350-850MPa rispettivamente a 25 e 70m da p.c.).

I valori dei moduli E' che possono essere associati a tali strati più rigidi rilevabili apparentemente dalle pressiometriche nella tratta in esame e corrispondenti a medie deformazioni risultano mediamente pari a 660 MPa.

I moduli dinamici E_0 che invece sono determinabili dalle sismiche nella tratta in esame risultano variabili fra 3000 e 5600 MPa che corrispondono a moduli statici a medie deformazioni compresi fra 600 e 1000 MPa, in discreto accordo con le prove pressiometriche.

2.6.10.3 Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km

Con riferimento al fuso medio (8 prove granulometriche) si ha che: $d_{50}=2\text{mm}$, $d_{60}=4\text{mm}$ e $d_{10}=0.04\text{mm}$. le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 50%, 40%, 9% (Figura 170).

- **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 $C_{sg}=0.55$ corrispondente al $d_{50}=2\text{mm}$ (da Figura 174 a Figura 175)
- **e_0 :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.26, 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. In Allegato si mostra il valore di e_0 determinato in funzione di z che risulta pari a 0.5-0.6 (Figura 176).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- γ_d : in base a tali valori di e_o e da γ_s si può stimare γ_d , =17-18KN/m3 riportato nel grafico in Figura 177.
- K_0 : si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di “aging”.

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_0
0-10	35-70	38-42	33-35	0.4-0.45
>10	40-60	38-40	33-35	0.4

Per i parametri di deformabilità si ha localmente a disposizione la prova sismica S447 con i quali si evidenzia una buona correlazione delle Vs determinate tramite prove SPT.

Per G_0 ed E_0 si ha, dalle correlazioni di prove SPT:

$$G_o = 1500 \cdot p_a \cdot \left(\frac{P_o'}{P_a} \right)^{0.62}$$

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 profili geotecnici di progetto.

$$G_0 = 43 z^{0.62}$$

$$E_0 = 105 z^{0.62}$$

$$E' = (14-35) z^{0.62}$$

Analogamente alla tratta precedente non ci si discosta molto dalla caratterizzazione generale.

Le quattro prove pressiometriche (S447 e S448 valori del ramo di carico) mostrano anche in questo caso valori dei moduli E' più alti rispetto a quelli del range operativo, mostrando fra 10 e 25m di profondità una variabilità compresa fra 350 e 800 Mpa (Figura 191).

2.6.10.4 Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN S.Cecilia

Con riferimento al fuso medio (36 prove granulometriche) si ha che: $d_{50}=0.7\text{mm}$, $d_{60}=1.6\text{mm}$ e $d_{10}=0.01\text{mm}$. le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 37%, 45%, 15% (Figura 193).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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 $C_{sg}=0.8$ corrispondente al $d_{50}=0.7\text{mm}$ (da Figura 197 a Figura 198)
- **e_o :** 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 D_r è stato possibile determinare i valori di e_o in sito. In Figura 199 si mostra il valore di e_o determinato in funzione di z che risulta pari a 0.4-0.6
- **γ_d :** in base a tali valori di e_o e da γ_s si può stimare γ_d , =18-20 KN/m³ riportato nel grafico in Figura 200.
- **K_o :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di “aging”.

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_o
0-15	30-60	38-44	33-35	0.4-0.5
>15	70-80	39-42	33-35	0.4-0.45

Per i parametri di deformabilità non si hanno localmente a disposizione prove sismiche.

Per G_0 ed E_0 si ha, dalle prove SPT:

$$G_0 = 50 z^{0.62}$$

$$E_0 = 118 z^{0.62}$$

$$E = (16-39) z^{0.62}$$

I valori dei moduli G_0 ottenuti dalle prove SPT, non si discostano dai valori ottenuti dalla caratterizzazione generale, risultando mediamente più elevati.

Le otto prove pressiometriche (nei sondaggi S425, S449) e dilatometriche (S461, S462), che forniscono valori del ramo di carico, mostrano alcuni valori di E' compatibili con l'andamento del range stimato ed altre, anche in questo caso, che forniscono valori più elevati, da 400 a 900 MPa (10-45m da p.c.) (Figura 207).

- **Commento:** nell'analisi in tale zona si riscontra una variabilità che è il risultato di forti oscillazioni dei valori di addensamento con la profondità anche solo in corrispondenza della

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

singola verticale, a testimonianza di una eterogeneità della formazione (es: S449 - Dr dalla componente sabbio-ghiaiosa - che varia da 80% a 50% nel giro di pochi metri).

2.6.10.5 Strada Da 1+0 a 2+0 km

In assenza di prove granulometriche si ha:

- **Dr:** in Figura 209 e Figura 210 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 $C_{sg}=0.7$ ponendo $d_{50}=1mm$
- **e_o :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.29, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{max}-e_{min} < 0.29$). Stimando per e_{max} un valore pari a 0.8 a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di e_o in sito. In Figura 210 si mostra il valore di e_o determinato in funzione di z che risulta pari a 0.5.
- **γ_d :** in base a tali valori di e_o e da γ_s si può stimare γ_d , =18KN/m³ riportato nel grafico in Figura 211.
- **K_o :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di “aging”.

Dr(%) Sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_o
60-70	38-39	33-35	0.45-0.5

Per i parametri di deformabilità si hanno localmente a disposizione le prove sismiche SSPP00 e SSPP02, per le quali valgono le osservazioni effettuate nel paragrafo 2.6.10.2., le quali, quindi, non sono state ritenute attendibili fornendo dei valori troppo elevati di Vs già a piccole profondità.

I valori dei moduli ottenuti G_0 dalle poche prove SPT, non si discostano dai valori ottenuti dalla caratterizzazione generale risultando compreso fra 200 e 300 MPa fra 10 e 30m di profondità (da Figura 214 a Figura 217).

Le quattro prove pressiometriche (nel sondaggio S409 che forniscono valori del ramo di carico) mostrano alcuni valori di E' pari 380-400 MPa tra 10m e 30m di profondità, più alti di quelli stimati (Figura 219).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.10.6 Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"

Con riferimento al fuso medio (96 prove granulometriche) si ha che: $d_{50}=1\text{mm}$, $d_{60}=2\text{mm}$ e $d_{10}=0.018\text{mm}$. le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 40%, 45%, 12% (Figura 221)

- **Dr:** in 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 $C_{\text{sg}}=0.7$ corrispondente al $d_{50}=1\text{mm}$ (da Figura 225 a Figura 226).
- **e_o :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{\text{max}}-e_{\text{min}}$ pari a 0.29, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{\text{max}}-e_{\text{min}} < 0.29$). Stimando per e_{max} un valore pari a 0.8 a partire dai valori di D_r è stato possibile determinare i valori di e_o in sito. In Figura 227 si mostra il valore di e_o determinato in funzione di z che risulta pari a 0.5-0.6.
- **γ_d :** in base a tali valori di e_o e da γ_s si può stimare γ_d , =17.5-18.5 KN/m³ riportato nel grafico in Figura 228.
- **K_0 :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di "aging".

I primi 20 m sembrerebbero maggiormente addensati soprattutto nella porzione sabbio-ghiaiosa.

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_0
0-20	35-65	38-41	33-35	0.45-0.5
>20	35-50	38-40	33-35	0.45-0.5

Per i parametri di deformabilità si hanno localmente a disposizione 2 prove sismiche S413 e S414 (da Figura 237 a Figura 247).

L' espressione ottenuta in base alle correlazioni dalle prove SPT della tratta per il modulo G_o :

$$G_o = 1160 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.60}$$

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 i livelli piezometrici locali si fa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

riferimento ai profili geotecnici di progetto.

Per G_0 ed E_0 , in base alle prove SPT ed alla prova sismica S413 si ottengono le seguenti espressioni cautelative in funzione di z :

$$G_0 = 33 z^{0.6}$$

$$E_0 = 80 z^{0.6}$$

$$E = (11-27) z^{0.6}$$

I valori dei moduli si discostano dai valori ottenuti dalla caratterizzazione generale, risultando più bassi di circa il 15÷20% (da Figura 232 a Figura 234).

Le prove pressiometriche (nei sondaggi S411, S412, S413, S414bis) che forniscono i valori di carico e le prove dilatometriche (S414) che forniscono valori del ramo di scarico-ricarico mostrano alcuni valori di E' compatibili (a 15, 70 e 80m) con quelli stimati da prove SPT ed altri molto più elevati (400-700MPa) tra 5m e 50m (Figura 248).

Nella parte finale della tratta la prova sismica e le prove SPT nei sondaggio S414 e S141bis evidenziano dei valori molto più elevati dei moduli con un andamento interpolabile fino a 40m di profondità in base alle seguenti espressioni:

$$G_o = 2040 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.78}$$

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 profili geotecnici di progetto.

$$G_0 = 50 z^{0.78}$$

$$E_0 = 120 z^{0.78}$$

$$E = (16-40) z^{0.78}$$

2.6.10.7 Strada Da 5+4 km a 5+9 km

Con riferimento al fuso medio (19 prove granulometriche) si ha che: $d_{50}=0.8\text{mm}$, $d_{60}=2\text{mm}$ e $d_{10}=0.015\text{mm}$. le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 38%, 47%, 12% (Figura 251).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- **Dr:** in Allegato (Figura 255 e Figura 256) 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 $d_{50}=0.8\text{mm}$,
- **e_o :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.305, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{max}-e_{min} < 0.29$). Stimando per e_{max} un valore pari a 0.8 a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di e_o in sito. In Figura 257 si mostra il valore di e_o determinato in funzione di z che risulta pari a 0.5.
- **γ_d :** in base a tali valori di e_o e da γ_s si può stimare γ_d , =18-19KN/m3 riportato nel grafico in Figura 258.
- **K_o :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di “aging”.

I primi 15 m sembrerebbero maggiormente addensati soprattutto nella porzione sabbio-ghiaiosa.

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_o
0-15	60-80	41-42	33-35	0.4-0.45
>15	50-60	39-40	33-35	0.45

Per i parametri di deformabilità si ha localmente a disposizione la prova sismica S418 in cui si evidenzia una buona correlazione fra le velocità misurate e quelle calcolate con le correlazioni da prove SPT.

L' espressione ottenuta in base alle correlazioni dalle prove SPT della tratta per il modulo G_o (da Figura 262 a Figura 264):

$$G_o = 45 z^{0.62}$$

$$E_o = 108 z^{0.62}$$

$$E_o = (15-36) z^{0.62}$$

$$G_o = 1570 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.62}$$

Come riferimento per il calcolo delle pressione efficace media, in questo caso a favore di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

sicurezza, non si considera la presenza della falda. Comunque per il livelli piezometrici locali si fa riferimento ai profili geotecnici di progetto.

I valori dei moduli ottenuti non si discostano dai valori ottenuti dalla caratterizzazione generale. Le 5 prove pressiometriche (nei sondaggi S417 e S418), che forniscono valori del ramo di carico, mostrano tre valori più elevati (300-600MPa) tra 10m e 25m (Figura 271 e Figura 272).

2.6.10.8 Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"

Con riferimento al fuso medio (40 prove granulometriche) si ha che: $d_{50}=2.6\text{mm}$, $d_{60}=5\text{mm}$ e $d_{10}=0.08\text{mm}$. le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 55%, 38%, 6% (Figura 274).

- **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 $C_{sg}=0.5$ corrispondente al $d_{50}=2.6\text{mm}$ (da Figura 278 a Figura 279),
- **e_o :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.25, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{max}-e_{min} < 0.29$). Stimando per e_{max} un valore pari a 0.8 a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di e_o in sito. In Figura 280 si mostra il valore di e_o determinato in funzione di z che risulta pari a 0.4-0.6.
- **γ_d :** in base a tali valori di e_o e da γ_s si può stimare γ_d , =17-19KN/m³ riportato nel grafico in Figura 281.
- **K_0 :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di "aging".

I primi 15 m sembrerebbero maggiormente addensati soprattutto nella porzione sabbio-ghiaiosa.

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_0
0-15	30-70	38-43	33-35	0.4-0.45
>15	35-50	39-40	33-35	0.45

Per i parametri di deformabilità non si hanno localmente a disposizione prove sismiche.

L' espressione ottenuta in base alle correlazioni dalle prove SPT della tratta per il modulo G_0 (da Figura 284 a Figura 286):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$G_0 = 50 z^{0.61}$$

$$E_0 = 120 z^{0.61}$$

$$E = (16-40) z^{0.61}$$

$$G_o = 1530 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.61}$$

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 profili geotecnici di progetto.

Le 6 prove pressiometriche (nei sondaggi S420,S422,S423), mostrano valori più elevati (400-900MPa) tra 15m e 60m (Figura 287e Figura 288).

2.6.10.9 Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"

Con riferimento al fuso medio (26 prove granulometriche) si ha che: $d_{50}=1\text{mm}$, $d_{60}=2\text{mm}$ e $d_{10}=0.018\text{mm}$. le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 41%, 45%, 12% (Figura 290).

- **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 $C_{\text{sg}}=0.7$ corrispondente al $d_{50}=1\text{mm}$ (da Figura 294 a Figura 295)
- **e_o :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{\text{max}}-e_{\text{min}}$ pari a 0.29, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{\text{max}}-e_{\text{min}} < 0.29$). Stimando per e_{max} un valore pari a 0.8 a partire dai valori di D_r è stato possibile determinare i valori di e_o in sito. In Figura 296 si mostra il valore di e_o determinato in funzione di z che risulta pari a 0.4-0.6.
- **γ_d :** in base a tali valori di e_o e da γ_s si può stimare γ_d , =18-20KN/m³ riportato nel grafico in Figura 297.
- **K_0 :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di "aging".

I primi 15 m sembrerebbero maggiormente addensati soprattutto nella porzione sabbio-ghiaiosa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K ₀
0-15	30-70	38-43	33-35	0.4-0.45
>15	35-50	39-40	33-35	0.45

La prova sismica SPPS08 fornisce valori troppo elevati di Vs (600m/s) già a 5m da p.c., e quindi non è stata considerata attendibile, non essendo quindi stata utilizzata né per la taratura della correlazione di Ohta Goto e/o per il calcolo di G₀.

L' espressione ottenuta in base alle correlazioni dalle prove SPT della tratta per il modulo G₀ (da Figura 300 a Figura 302):

$$G_0 = 54 z^{0.55}$$

$$E_0 = 130 z^{0.55}$$

$$E = (17-43) z^{0.55}$$

$$G_o = 1995 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.55}$$

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 profili geotecnici di progetto.

Il confronto con le prove pressiometriche è buono, con i valori compresi fra 1/10÷1/5 E₀ ed 1/3 E₀.

I valori dei moduli ottenuti dalle prove SPT, non si discostano molto dai valori ottenuti dalla caratterizzazione generale.

2.6.10.10 Commenti

Si osserva quanto segue:

Per quanto riguarda le prove SPT esaminate per ogni tratta, il grado di correlazione ottenuto per i valori calcolati risente inevitabilmente del diversissimo numero dei dati disponibili per tratta e quindi le differenze riscontrabili dei valori e degli andamenti dei moduli elastici correlati alle prove SPT non necessariamente debbono ritenersi significative di caratteristiche sostanzialmente differenti dell'ammasso all'interno delle tratte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il confronto dei valori di Vs determinati da SPT con quelli misurati con le sismiche, è stato possibile nella maggiorparte delle tratte ed ha evidenziato una buona correlazione fra i valori di Vs calcolati da prove SPT con quelle misurate.

Si è preso atto della presenza di prove sismiche (campagna 2002) che hanno fornito, dopo la prima tratta, valori piuttosto alti già a partire da 5m da p.c., e che non sono state considerate come riferimento per una eventuale taratura delle Vs ottenute dalle correlazioni da prove SPT.

Da quanto appena evidenziato è ragionevole assumere che le espressioni determinate per la deformabilità da prove SPT e dalle sismiche risultino ben rappresentative di un comportamento globale, governato dalla porzione non cementata; localmente la risposta elastica può risultare condizionata dagli strati più cementati e/o addensati come mostrato dai risultati di alcune prove pressiometriche / dilatometriche.

Tali strati sono difficilmente identificabili e si sono spesso riscontrati, presumibilmente attraverso l'esito delle prove, entro 40m di profondità (c'è da dire che le prove in profondità sono meno numerose).

Per quanto riguarda invece gli strati più limosi, non sempre rilevabili nei fori di sondaggio, in base ai dati disponibili, non si ritiene che possano generalmente influenzare la deformabilità del volume significativo interessato dalle opere.

2.7 Formazione del San Pier Niceto

2.7.1 Descrizione

Tale formazione è costituita essenzialmente da due facies distinte, una basale conglomeratica ed arenacea e l'altra superiore di natura prevalentemente argillosa

Alla base il conglomerato è costituito da grossi ciottoli poligenici arrotondati e ghiaie di colore marrone-avana in una matrice arenacea rossastra con sabbia sempre più fine man mano che ci si sposta verso l'alto. Nella parte superiore assume l'aspetto di un ammasso roccioso che affiora estesamente in banchi.

Superiormente la porzione arenacea lascia il posto a strati limo argillosi di potenza metrica.

In Allegato si riportano le figure (San Pier Niceto argilloso da Figura 309 a Figura 338 - San Pier Niceto conglomeratico sabbioso da Figura 339 a Figura 365) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.7.2 Caratteristiche fisiche

Facies conglomeratica - sabbiosa

Per questi litotipi l'analisi granulometrica effettuata non è chiaramente rappresentativa se non, in parte, della frazione medio fina corrispondente alla matrice sciolta o cementata.

L'andamento del fuso conferma che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 14%), sia di materiali intermedi (sabbie 58%). Il contenuto di fino è mediamente del 23% (Figura 339).

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

Sia per la porzione conglomeratica che per quella sabbiosa risulta infatti che (fuso medio, 26 prove granulometriche):

- 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 0.004 mm

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

Facies limo-argillosa

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

Il fuso granulometrico ottenuto dall'analisi di due soli campioni mostra che le caratteristiche sono tipiche di materiali a grana medio fine con percentuale media di sabbia al 20%, limo al 62% ed argilla al 18%. Si ha che $D_{50}=0.06$, $D_{60}=0.15$ e $D_{10}=0.001$ mm (Figura 309).

Per quanto riguarda i limiti di Atterberg si ha $Wl=50\%$, $Wp=35\%$, $IP=15\%$

Dalla carta di Casagrande la posizione corrisponderebbe a limi di medio alta plasticità (Figura 310 a Figura 312).

Per il peso di volume γ si assume un valore medio di 20KN/m³.

2.7.3 Stato iniziale

Facies conglomeratica - sabbiosa

Dall'interpretazione delle prove SPT (Figura 340), per la frazione sabbiosa sciolta, si è ottenuto:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- D_r : la densità relativa media è del 80%. I valori risultano non numerosi e molto dispersi e si riferiscono ai primi 30m dove si è riscontrata preponderante la componente sabbiosa. Non è stato possibile tenere in conto l'effetto della cementazione (da Figura 341 a Figura 343).
- γ_d : si può stimare un valore medio di γ_d che risulta uguale a circa 21 KN/m³.
- K_0 : per la litologia in esame è difficile tenere in conto in modo sintetico della storia tensionale del deposito. La stima può in prima approssimazione essere effettuata come indicato nel paragrafo 2.2.1 con la correlazione di (Mesri (1989)).

Facies argillosa

- **OCR**: è stato quindi stimato a partire dai valori di C_u calcolati sia con le prove pressiometriche sia a partire dalle prove SPT (Figura 328 e Figura 330). Si ha che per $z < 35m$ il materiale risulta sovraconsolidato ($OCR = 8.5 - 0.25 \cdot z$) con $OCR=2 \div 6$ mentre per $z > 35m$ il grado di sovraconsolidazione diminuisce risultando $OCR=1.5 \div 2$ k_o è stimabile sulla base della seguente espressione:

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

essendo:

φ' = angolo di attrito.

con OCR, e quindi K_0 , variabile come precedentemente esposto.

In base alle prove di laboratorio edometriche (S465), presumibilmente affette dal disturbo del campione, $OCR=2$ a profondità comprese fra 6 e 12m.

2.7.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

Facies conglomeratica - sabbiosa

Per la porzione sabbiosa, sulla base delle prove SPT, per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci si sono ottenuti i seguenti valori di picco:

$\varphi' = 38 \div 40^\circ$ = angolo di resistenza al taglio (Figura 344 e Figura 345)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

Tali valori sono stati confermati dalla prova pressiometrica in S464bis in cui risulta un angolo di attrito pari a 39°.

A grande scala la formazione in esame in esame si presenta dagli affioramenti come un ammasso eterogeneo costituito da ciottoli e ghiaie con matrice arenacea di natura sabbiosa, generalmente fratturato con discontinuità aventi una persistenza metrica dall'aspetto ruvido, localmente cementato.

Appare lecito quindi, a grande scala, determinare i parametri di resistenza tenendo conto di questa evidenza e rappresentando l'ammasso in questione come un continuo equivalente.

L'interpretazione delle caratteristiche dell'ammasso parte dalla stima del parametro RMR_{89} che è stato valutato sulla base di un rilievo effettuato in corrispondenza dell'imbocco est della galleria stradale Serrazzo (da Figura 360 a Figura 365).

Il parametro RMR_{89} è risultato pari a 51. Il parametro GSI è quindi pari a 46.

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

- del valore GSI di cui in precedenza;
- dei valori della resistenza alla compressione semplice σ_c stimata (15MPa) e del parametro m_i della roccia intatta pari a 19.

I risultati che si ottengono per $GSI = 46$ 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.

		Picco		Residuo	
σ_n (Mpa)	c' (MPa)	ϕ' (°)	c' (MPa)	ϕ' (°)	
0,21	0,14	55	0,09	45	
0,42	0,21	50	0,15	38	

Tenuto conto però che tali parametri sono stati determinati facendo riferimento ad un solo rilievo determinato su un fronte di roccia di altezza di circa 10-20m ed in base ad m_i stimato in letteratura, si ritiene prudente adottare valori più cautelativi sia per la coesione che per l'angolo d'attrito.

Inoltre si ritiene anche prudente assumere che tali parametri siano rappresentativi di tutto l'ammasso, non essendo a conoscenza delle caratteristiche presenti in profondità.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si pone quindi:

$c'=0 \div 0.050$ MPa (valore minimo per la porzione sciolta sabbiosa)

$\phi'=38^{\circ}-40^{\circ}$

Commento: Il modello geotecnico utilizzato appare idoneo per rappresentare globalmente, attraverso la coesione, il comportamento di un ammasso costituito anche da strati più cementati. In ogni caso si ritiene che localmente la presenza di strati più cementati vada considerata ed i valori di resistenza proposti possano essere conseguentemente verificati attraverso back analysis sulle evidenze morfologiche rilevate. Nella fase di PE si cercherà di approfondire l'influenza dei numerosi orizzonti cementati anche in termini di deformabilità.

Facies argillosa

Si hanno a disposizione 6 prove di laboratorio (4TD e 2 CID, da Figura 317 a Figura 325) su campioni prelevati fra 6m e 35m; le condizioni di rottura delle prove sono caratterizzate sia da $\sigma'_2 \neq \sigma'_3$ che da $\sigma'_2 = \sigma'_3$.

Nel primo caso ($\sigma'_2 \neq \sigma'_3$), dall'interpretazione dei dati, nell'ambito delle pressioni di prova, si ottengono i seguenti range di valori di resistenza di picco:

$c'_{\text{picco}} = 0,050-0,080$ MPa

$\phi'_{\text{picco}} = 27^{\circ}-20^{\circ}$

Per i valori di resistenza in condizioni di stato critico si ottiene:

$c'_{\text{cv}} = 0$ MPa

$\phi'_{\text{cv}} = 25^{\circ}-20^{\circ}$

Alle pressioni di prova i provini hanno generalmente evidenziato un comportamento tipico di argille leggermente sovraconsolidate.

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 in questo caso diviene pari a:

$$\tau_{\text{oc}} = \sigma'_n \tan \phi' (OCR)^{0.54}$$

avendo ottenuto per il fattore "m" un valore pari a 0.46, valore che ci si aspetta per argille sovraconsolidate e ϕ'_{picco} per argille n.c. stimabile in 28° .

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nel secondo caso ($\sigma'_2 = \sigma'_3$), dall'interpretazione dei dati, nell'ambito delle pressioni di prova, si ottengono i seguenti range di valori di resistenza di picco:

$$c'_{\text{picco}} = 0,016-0,020 \text{ MPa}$$

$$\varphi'_{\text{picco}} = 21^\circ-22^\circ$$

Per i valori di resistenza in condizioni di stato critico si ottiene:

$$c'_{\text{cv}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\varphi'_{\text{cv}} = 21^\circ$$

Alle pressioni di prova i provini hanno generalmente evidenziato un comportamento tipico di argille leggermente sovraconsolidate, evidenziando non sempre un picco e poi una caduta di resistenza fino al raggiungimento delle condizioni di stato critico.

In questo contesto la resistenza di picco per tensioni generiche σ'_n può esprimersi con un involucro curvilineo di picco interpolante i dati sperimentali che in questo caso diviene pari a:

$$\tau_{\text{oc}} = \sigma'_n \tan \varphi' (\text{OCR})^{0.8}$$

avendo ottenuto per il fattore "m" un valore pari a 0.2, più basso di quello che ci si aspetta per argille prettamente sovraconsolidate (0.4-0.5) e φ'_{picco} per argille n.c. stimabile in 22°.

Il comportamento rilevato è probabilmente dovuto a:

- valori di OCR sovrastimati dalle prove in situ;
- disturbo del campionamento.

Per i valori di resistenza in condizioni residue in assenza di prove specifiche si può porre:

$$c'_r = 0 \text{ MPa}$$

$$\varphi'_r = 16^\circ$$

2.7.5 Parametri di resistenza al taglio in termini di tensioni totali

Facies argillosa

In mancanza di prove di laboratorio TXUU i valori di resistenza non drenata C_u sono stati determinati correlando i valori di N_{spt} ed i risultati delle prove pressiometriche (600-800 Mpa a 37m di profondità) (Figura 326 e Figura 329)

Dalle correlazioni con i valori di N_{spt} si ottiene un valore di C_u mediamente pari a 370 MPa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il profilo operativo della C_u con la profondità z (m) potrà essere espresso in base alla seguente espressione che rispecchia la dipendenza teorica di tale parametro da due fattori, lo stato iniziale (OCR oppure l'indice dei vuoti iniziale) e lo stato tensionale:

$$C_u = 7 \cdot z \cdot (\text{OCR}) \quad \text{per } 10\text{m} < z < 30\text{m}$$

e cautelativamente

$$C_u = 300 \text{ KPa} \quad \text{per } z > 30\text{m}$$

essendo $\text{OCR} \approx 1.5 \div 2$

L'utilizzo di prove in situ, se da un lato rende la determinazione della C_u più "aleatoria" perché connessa con l'utilizzo di correlazioni empiriche, dall'altro:

- non risulta affetta dai disturbi del campionamento (nel caso di prove TXUU)
- è relativa ad uno stato tensionale pari a quello litostatico
- tiene conto, in qualche modo, meglio delle caratteristiche dell'ammasso come eventuali fessure, grado di saturazione, etc....

2.7.6 Caratteristiche di deformabilità

Facies conglomeratica - sabbiosa

Dalle prove sismiche in foro (S464) e dalla sismica a rifrazione PR18 si ottengono valori di V_s elevati (da 500 a 2000 m/s) già a partire da 15m fino a 70m di profondità (da Figura 349 a Figura 357).

Analogamente per i valori di V_p si hanno valori che vanno da 1000 a 4000 m/s.

Il numero di dati a disposizione è molto esiguo; in ogni caso si rappresentano le V_s attraverso tale andamento con la profondità ($15\text{m} < z < 70\text{m}$):

$$V_s = 34 \cdot z \quad (\text{m/s})$$

Ai valori delle velocità di taglio V_s corrisponderebbero moduli di taglio iniziali G_0 che mostrano un andamento crescente assimilabile ad un andamento linearmente crescente con la profondità, la cui stima si ottiene ponendo:

$$G_0 = 100 z \quad (\text{Mpa})$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per la componente sabbiosa caratterizzabile da da prove SPT l'andamento di G_0 (da Figura 346 a Figura 348), stimato fino a 30m di profondità con una linea di tendenza molto ben correlata risulta pari a:

$$G_o = 38 \cdot (z)^{0.7}$$

$$E_o = 90 \cdot (z)^{0.7}$$

Benché le correlazioni ottenute si riferiscano a dati di prove effettuate a differenti profondità (SPT fino a 30m e sismiche tra 15m e 75m) risulta evidente un differente andamento: le sismiche mostrano un andamento maggiormente crescente e valori maggiori di un fattore pari a circa 3. Tale differenza si può imputare al limite nell'interpretazione delle prove SPT nel rappresentare un ammasso che presenta un certo grado di cementazione e quindi la parte conglomeratica (disturbo della cementazione – leggera – per effetti dinamici).

D'altra parte però le prove sismiche risultano essere in numero troppo esiguo per ritenersi rappresentative della deformabilità dell'ammasso.

Per i **moduli di Young “operativi”** a medie deformazioni si dà quindi il seguente andamento cautelativo:

$$E = (20 \div 30) \cdot (z)^{0.7}$$

pari rispettivamente a circa $1/5 \div 1/3$ di quelli iniziali, stimati precedentemente.

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

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

Dalle prove dilatometriche (S464bis, S443, S456) effettuate nella nuova campagna di indagine 2010 i valori di E' (ciclo scarico – ricarica) risultano pari a 200 e 745 MPa a elevate profondità (55m e 60m). Per come sono state interpretate le prove tali moduli rappresentano generalmente i valori dopo aver effettuato uno scarico ed un ricarica e rappresentano valori corrispondenti a medie deformazioni; risultano abbastanza in accordo con la relazione di cui sopra (Figura 358).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Facies argillosa

Dalle **prove dilatometriche** (S459bis, S453) effettuate sulla componente argillosa si evince un range del modulo pari a 55-75 Mpa (Figura 337).

Un valore singolo (S459bis a 54m) raggiunge invece 1000 MPa ma sembrerebbe essere stato effettuato su un livello conglomeratico che si alterna a quello argilloso.

Dalle prove di **sismica a rifrazione** (S454-SR3 e SR5 e S434-SR2) si ottengono valori medi di velocità V_s ascrivibili all'intero pacchetto del San Pier Niceto argilloso molto elevate e pari a 800 e 1500 m/s fra 20 e 50m di profondità (da Figura 331 a Figura 334).

A tali valori corrisponderebbe un range di moduli G_0 pari a 1100 e a 4600 MPa, e quindi di E_0 pari a 2640 e a 11000 MPa con $E' = 264-1100$ MPa e $1100-3670$ MPa (rispettivamente pari a $1/10 E_0$ ed $1/3 E_0$).

Tale discrepanza con i valori ottenuti dalle pressiometriche possono ascrivarsi

- alla difficoltà, nell'interpretazione delle sismiche a rifrazione, nell'individuare il sismostrato esattamente riferibile alla formazione in esame che rende eventualmente affetta da errore l'individuazione dell'esatto valore di V_s ,
- alla presenza, all'interno del pacchetto del San Pier Niceto argilloso, di strati arenacei cementati che condizionano la risposta elastica globale.
- all'eventuale disturbo del foro in cui sono state effettuate le prove pressiometriche
- al fatto che quasi tutte le dilatometriche (tranne S459bis) forniscono valori di primo carico.

Si ritiene cautelativo assumere, per la sola facies prettamente argillosa, un modulo operativo pari a:

$$E' = 70 \div 120 \text{ MPa}$$

compatibili rispettivamente con:

$$E' = 200 \text{ Cu (valore minimo)}$$

$$E' = 400 \text{ Cu (valore massimo)}$$

avendo posto un valore cautelativo di $C_u = 300 \text{ Kpa}$

Le **prove di laboratorio edometriche** disponibili (S465) forniscono i seguenti parametri:

Il valore di E_{ed} medio si attesta intorno a 14Mpa (Figura 327).

Il valore di C_c medio è pari a 0.25.

Il valore di c_s medio è pari a 0.08.

Il valore di c_v medio è pari a $1.5e^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

2.7.7 Leggi di degrado dei moduli elastici

In mancanza di prove su provini indisturbati si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.7.8 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.

2.7.9 Coefficienti di permeabilità

Nel caso della facies conglomeratica dalle prove Lefranc si ottengono valori dell'ordine di $1 \times 10^{-7} \div 1 \times 10^{-6}$ m/sec (Figura 338).

Per la facies argillosa si dispongono di 2 prove edometriche per la determinazione di $K_v = 1.3 \times 10^{-7}$. C'è da dire, però, che la permeabilità a grande scala di tale ammasso risente degli eventuali livelli conglomeratici/arenacei sabbiosi e quindi, appare ragionevole ascrivere a tale facies una permeabilità che si colloca verso l'estremo inferiore del range precedentemente riportato. Dalle prove in situ si ottiene difatti un valore medio di permeabilità (orizzontale) pari a 1×10^{-6} .

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.7.10 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.

	Facies conglomeratico-sabbiosa	Facies argillosa
γ (kN/m ³)	20-22	19-21
N_{SPT} (colpi/30 cm)	82	-
c' piccolo (kPa)	0* - 50*	20-50
ϕ' piccolo (°)	38°-40°	30°-22°
C_{cv}' (kPa)	-	0
ϕ_{cv}' (°)	-	21°-27°
c_u (kPa)	-	300
k_o (-)	$K_0 = K_{0nc} \cdot \left(\frac{t}{t_p} \right)^{\frac{C_{ae}}{C_c}}$	$k_o = (1 - \sin \phi') \cdot \sqrt{OCR}$
V_s (m/sec)	Vs=30 z	-
G'_o	38 z ^{0,7}	-
E' *	(20-30) · z ^{0,7}	70-120
v' (-)	0.2-0.3	0.2-0.3
G₀, G/G₀	curve teoriche	curve teoriche
D₀, D/D₀	curve teoriche	curve teoriche
K(m/s)	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁷	4 x 10 ⁻⁷

* da verificare localmente in funzione del rilievo di eventuali strati cementati

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.8 Serie gessoso- solfifera

2.8.1 Descrizione

Si tratta delle evaporiti relative alla crisi di salinità che ha interessato il Bacino Mediterraneo durante il Messiniano.

La litofacies evaporitica è caratterizzata da gessi e argille gessose, prevalentemente alla base della successione, e da calcari brecciati e vacuolari affioranti discontinuamente. L'appoggio della formazione è sempre sulle varie litofacies della Formazione di S. Pier Niceto.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 366 a Figura 397) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.8.2 Caratteristiche fisiche

Calcari brecciati

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

Per la formazione si può stimare un peso di volume γ pari a 19-21 KN/m³.

Facies argillosa

Per quanto riguarda le caratteristiche del deposito si rimanda a quanto riportato nelle relazioni geologiche di progetto. Per le caratteristiche fisiche della componente argillosa si ha quanto di seguito riportato:

Il fuso granulometrico mostra che le caratteristiche sono tipiche di materiali a grana fine con percentuale media di ghiaia al 14%, sabbia al 30%, limo al 43% ed argilla al 16% (Figura 370).

Inoltre $D_{50}=0.025\text{mm}$, $D_{60}=0.05\text{mm}$ e $D_{10}=0.001\text{mm}$.

Per quanto riguarda i limiti di Atterberg si ha $Wl=46\%$, $Wp=24\%$, $IP=22\%$ (da Figura 371 a Figura 374).

Dalla carta di Casagrande la posizione corrisponderebbe ad argille di medio-alta plasticità.

Per il peso di volume γ si è ottenuto un valore di 19÷21KN/m³.

Per il peso di volume γ_s si è ottenuto un valore medio di 26.6KN/m³

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per il peso di volume γ_d si è ottenuto un valore medio di 14.5 KN/m³

2.8.3 Stato iniziale

Calcari brecciati

Per la determinazione dello stato iniziale (k_0) i progettisti potranno considerare quanto esposto nel paragrafo 2.4.9 valido in prima approssimazione per formazioni massive.

Facies argillosa

Per quanto riguarda la determinazione delle caratteristiche iniziali e per la determinazione delle pressioni verticali di consolidazione (da Figura 375 a Figura 378).

- **OCR:** è stato possibile stimare il grado di sovraconsolidazione a partire dai valori di C_u calcolati con le prove pressiometriche ottenendo un valore massimo pari a 3 tra 35 e 40m di profondità. A partire dalle prove SPT si ottiene che per 15m<z<20m il materiale è caratterizzato da un OCR=2.5÷4 sino a 35m, diminuendo in profondità ($OCR=6.8-0.174 z$) ad un valore di OCR prossimo ad 1 per z>35m. In base alle prove edometriche (fori SSPP07 e SSPP08) la stima di OCR è risultata invece particolarmente difficoltosa in quanto i “gomiti” delle curve di compressibilità sono apparsi poco accentuati, facendo pensare a campioni affetti da un certo grado di disturbo;
- e_0 è stato stimato dalle prove di laboratorio: si è ottenuto un valore compreso tra 0.7 e 0.8;
- k_0 è stimabile sulla base della seguente espressione:

$$k_0 = (1 - \sin \varphi') \cdot \sqrt{OCR}$$

essendo:

φ' = angolo di attrito.

2.8.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

Calcari brecciati

In mancanza di rilievi su affioramenti, una stima del parametro RMR'_{89} risulta difficile a partire dalle informazioni ricavabili dalle stratigrafie e dalle foto delle cassette (es: RQD) anche a causa del disturbo causato dal carotaggio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tenendo conto della scarsa attendibilità di quanto si potrebbe calcolare a partire da un RMR così stimato, si ritiene invece più prudente assumere dei parametri, rappresentativi di tutto l'ammasso, in base a quanto reperibile in letteratura.

Cautelativamente quindi si pone:

$$c' = 0.020 \div 0.050 \text{ MPa}$$

$$\phi' = 25^\circ - 30^\circ$$

Facies argillosa

Si hanno a disposizione 12 prove di laboratorio su campioni prelevati fra 8m e 50m; le condizioni di rottura delle prove sono caratterizzate sia da $\sigma'_2 \neq \sigma'_3$ che da $\sigma'_2 = \sigma'_3$

Nel primo caso ($\sigma'_2 \neq \sigma'_3$), dall'interpretazione dei dati, nell'ambito delle pressioni di prova, si ottengono i seguenti range di valori di resistenza di picco:

$$c'_{\text{picco}} = 0,010 - 0,050 \text{ MPa}$$

$$\phi'_{\text{picco}} = 30^\circ \div 20^\circ$$

I valori più coesivi ed i corrispondenti angoli di attrito sono da associare allo strato superficiale più sovraconsolidato.

Per i valori di resistenza in condizioni di stato critico si ottiene:

$$c'_{\text{cv}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\phi'_{\text{cv}} = 28^\circ - 30^\circ$$

Alle pressioni di prova i provini hanno generalmente evidenziato un comportamento tipico di argille sovraconsolidate, evidenziando un picco e poi una caduta di resistenza fino al raggiungimento delle condizioni di stato critico, ad eccezione di un solo caso (campione C5 sondaggio SPP07) a 30m di profondità che infatti ha mostrato un valore di coesione drenata pari a 0.

In questo contesto la resistenza di picco per tensioni generiche σ'_n può esprimersi con un involucro curvilineo di picco interpolante i dati sperimentali che in questo caso diviene pari a:

$$\tau_{\text{oc}} = \sigma'_n \tan \phi' (OCR)^{0.75}$$

avendo ottenuto per il fattore "m" un valore pari a 0.25, più basso di quello che ci si aspetta per argille prettamente sovraconsolidate (0.4-0.5) e ϕ'_{picco} per argille n.c. stimabile in 22°.

Il comportamento rilevato è probabilmente dovuto a:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- valori di OCR sovrastimati dalle prove in situ;
- disturbo del campionamento, che si rende evidente qualitativamente anche dall'analisi delle curve di compressibilità edometrica.

Nel secondo caso ($\sigma'_2 = \sigma'_3$), dall'interpretazione dei dati, nell'ambito delle pressioni di prova, si ottengono i seguenti range di valori di resistenza di picco:

$$c'_{\text{picco}} = 0,010-0,040 \text{ MPa}$$

$$\varphi'_{\text{picco}} = 30^\circ \div 25^\circ$$

I valori più coesivi ed i corrispondenti angoli di attrito sono da associare allo strato superficiale più sovraconsolidato.

Per i valori di resistenza in condizioni di stato critico si ottiene:

$$c'_{\text{cv}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\varphi'_{\text{cv}} = 23^\circ$$

Alle pressioni di prova i provini hanno generalmente evidenziato un comportamento tipico di argille leggermente sovraconsolidate, evidenziando non sempre un picco e poi una caduta di resistenza fino al raggiungimento delle condizioni di stato critico. In un solo caso (campione B sondaggio I2) a 15m di profondità si è riscontrato un valore di coesione drenata pari a 0.

In questo contesto la resistenza di picco per tensioni generiche σ'_n può esprimersi con un involucro curvilineo di picco interpolante i dati sperimentali che in questo caso diviene pari a:

$$\tau_{\text{oc}} = \sigma'_n \tan \varphi' (OCR)^{0.75}$$

avendo ottenuto per il fattore "m" un valore pari a 0.25, più basso di quello che ci si aspetta per argille prettamente sovraconsolidate (0.4-0.5) e φ'_{picco} per argille n.c. stimabile in 24° .

Il comportamento rilevato è probabilmente dovuto a:

- valori di OCR sovrastimati dalle prove in situ;
- disturbo del campionamento, che si rende evidente qualitativamente anche dall'analisi delle curve di compressibilità edometrica.

Per i valori di resistenza in condizioni residue si ottiene:

$$c'_r = 0 \text{ MPa}$$

$$\varphi'_r = 16^\circ$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.8.5 Parametri di resistenza al taglio in termini di tensioni totali

Facies argillosa

In mancanza di prove di laboratorio TXUU i valori di resistenza non drenata C_u sono stati determinati correlando i valori di N_{spt} ed i risultati delle prove pressiometriche.

In questo contesto dalle pressiometriche si ottengono valori di C_u molto alti e pari da 300-370 a 900 KPa a circa 40m di profondità, trascurando dei valori molto bassi ottenuti nella prove del sondaggio S455 effettuate in strati torbosi.

Invece dalle prove SPT si ottengono valori fra 250 e 400 KPa. Tale discrepanza con le pressiometriche può ricondursi alla elevata plasticità dell'argilla che dovrebbe suggerire l'utilizzo di un fattore moltiplicativo dei valori di N_{spt} maggiore di 5.

Comunque si può assumere:

$C_u=400$ KPa per $z<35$ m

$C_u=250$ KPa per $z>35$ m

2.8.6 Caratteristiche di deformabilità

Calcari brecciati

I risultati dalle **prove dilatometriche** (Figura 394) e **pressiometriche** (Figura 395) effettuate a varie profondità nella nuova campagna di indagine 2010 (S451e S451bis valori di scarico e ricarico) mostrano valori di E' di $800 \div 2000$ MPa negli strati più profondi (70-80m).

Ciò è da imputare alla struttura molto complessa della formazione costituita da calcari e brecce calcare e da livelli di laminati marnose:

- Ciò è confermato dall'esito delle prove pressiometriche effettuate nei primi 20m: tali prove, che tra l'altro sono state effettuate con una sola fase di carico, si riferiscono a livelli marnosi.
- Le prove effettuate in profondità si riferiscono alle porzioni più massive della formazione e fanno riferimento a cicli di scarico e ricarico.

I risultati dalle **prove sismiche a rifrazione** risulterebbero fra loro variabili (da Figura 367 a Figura 370).

Facendo riferimento alle stese sismiche in località Annunziata (SR10) ed in corrispondenza del sondaggio S454 (SR5) e riferendosi a profondità medie di 15-20m, si sono riscontrano velocità

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

medie Vs rispettivamente pari a 300 (SR5) ÷ 400 m/s (SR10) circa, alle quali corrisponderebbe un modulo elastico iniziale medio G_0 pari a 250 MPa a cui corrisponde $E_0 = 600$ MPa.

In zona Annunziata la formazione si presenta già a basse profondità come una breccia calcarea; in corrispondenza del sondaggio S454 (località Giostra), invece, è descritto come una sabbia limosa con inclusi clasti eterometrici.

Le sismiche forniscono per gli strati un valore medio del modulo elastico ($1/10 E_0$ ed $1/3 E_0$) pari a 60 e 200 MPa.

C'è da dire che le difformità dei risultati delle prove sismiche dalle prove pressiometriche sono da imputarsi, tra le altre cose, anche al fatto che esse non hanno un carattere "puntuale" ma investigano l'ammasso nella sua globalità anche se c'è da dire che, per le sismiche a rifrazione si incontra una certa difficoltà nell'individuare il valore di Vs esattamente riferibile alla formazione in esame.

Nella porzione più superficiale ed alterata (10-20m), si pone cautelativamente:

$$E' = 60 \div 200 \text{ MPa}$$

Per problemi di grandi deformazioni e caratterizzate da condizioni di primo carico (**fondazioni, rilevati**) si farà riferimento ai valori minimi del range mentre per **opere di sostegno** si farà riferimento a valori contenuti nel range.

Nella parte più massiva e per problemi caratterizzati da piccole deformazioni in condizioni di scarico o scarico e ricarico (**gallerie, opere di sostegno**) i valori operativi dei moduli potranno essere posti pari a:

$$E' = 200 \div 800 \text{ Mpa}$$

con il massimo valore da riferire agli strati più profondi (70-80m).

Facies argillosa

Dalle **prove dilatometriche** (S452, S455, S432, S452bis) (Figura 393 e Figura 394) effettuate sulla componente argillosa si evince un modulo medio variabile da circa 40 MPa a 100 MPa tra 17 e 53m di profondità, con valori ottenuti nel sondaggio S455 troppo bassi (15-30MPa) e da scartare perché effettuati su un livelletto torboso. I valori determinati dalle prove corrispondono al primo ciclo di carico.

Dalla **prova sismica down hole** effettuata nel sondaggio SPPS08 si ottengono valori di Vs molto elevati (1100 m/s) corrispondenti ad uno strato molto consistente. Il modulo G_0 corrispondente risulterebbe pari a 2300 MPa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dalla **prove sismiche a rifrazione (S432-SR10, S454-SR5)**, ad una profondità media di 20-25m, si registra un valore medio di V_s pari a 400÷450m/s a cui corrisponde un valore di G_0 pari a circa 300÷400 Mpa e quindi $E_0=720\div960$ Mpa (da Figura 389 a Figura 392).

Vista la grande discrepanza fra i risultati e visto il numero esiguo di prove si ritiene cautelativo quindi assumere, per la sola facies prettamente argillosa, un modulo operativo a medie - grandi deformazioni pari a:

$$E' = 80\div160 \text{ MPa}$$

compatibile con

$$E' = 200C_u \text{ nel valore minimo}$$

$$E' = 400C_u \text{ nel valore massimo}$$

avendo posto un valore di $C_u=400$ Kpa

Tale range corrisponde ad 1/10÷1/5 del valore di E_0 determinato con le sismiche a rifrazione.

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

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

Le **prove di laboratorio edometriche** (SPP07, SPP08) per la determinazione delle caratteristiche di compressibilità e per la determinazione dei coefficienti di consolidazione non sono ritenute significative per il presunto disturbo dei campioni.

Il valore di E_{ed} medio si attesta infatti intorno a 14Mpa (Figura 376).

Il valore di C_c medio è pari a 0.13

Il valore di c_s medio è pari a 0.034

Il valore di c_v medio è pari a $1.87e^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

Il valore di c_{α} medio è pari a $1.4e^{-3}$

2.8.7 Leggi di degrado dei moduli elastici

In mancanza di prove su provini indisturbati si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.8.8 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.8.9 Coefficienti di permeabilità

Nel caso della facies calcarea dalle prove Lefranc si ottengono valori dell'ordine di 1×10^{-8} ÷ 1×10^{-7} m/sec.

Per la facies argillosa le prove edometriche non determinano il valore di K che quindi verrà stimato in base alla correlazione di Rocchi (2003): per e_L che assume un valore medio pari a 1.456 si ottiene un valore della permeabilità verticale di 1×10^{-8} m/sec (Figura 396). La dipendenza della permeabilità verticale dall'indice dei vuoti può essere stimata come definito nel capitolo 3.3.6.

C'è da dire, però, che la permeabilità a grande scala di tale ammasso risente degli eventuali livelli più permeabili (sabbiosi, gessosi, etc,...) e quindi, considerando più rappresentativo l'esito delle prove in situ, si considerano invece valori della permeabilità (orizzontale) dell'ordine di 6×10^{-7} m/sec.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.8.10 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.

	Calcarei brecciati	Facies argillosa
γ (kN/m ³)	19-21	19-20
N_{SPT} (colpi/30 cm)	-	-
c'_{picco} (kPa)	20-50	10-50
ϕ'_{picco} (°)	25-30	30-20
C_{cv}' (kPa)	-	0
ϕ_{cv}' (°)	-	23-28
c_u (kPa)	-	400
k_o (-)	-	$k_o = (1 - \sin \phi') \cdot \sqrt{OCR}$
V_s (m/sec)	400-450	-
G'_o	-	-
$E' *$	60-200 (livello superficiale) 200-800 (porzione massiva)	80-160
ν' (-)	0.2-0.3	0.2-0.3
G0, G/G0	-	Curve teoriche
D0, D/D0	-	Curve teoriche
K(m/s)	$1 \times 10^{-8} \div 1 \times 10^{-7}$	10^{-7}

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.9 Depositi costieri

2.9.1 Descrizione

Il deposito alluvionale e costiero è caratterizzato da ghiaie e da sabbie a grana da media a grossolana.

Si tratta dei litotipi localizzabili nella prima tratta del tracciato, da 0 a 0+600 Km circa e che, in base all'analisi dei sondaggi e anche di quanto interpretato nel progetto preliminare si spinge fino a 40m di profondità ed anche oltre, risultando comunque difficile l'esatta individuazione del passaggio con le sottostanti Sabbie e Ghiaie di Messina granulometricamente simili.

L'analisi dei sondaggi e delle prove (sismiche ed SPT) ha evidenziato caratteristiche della formazione che differiscono fra le varie zone (fondazione, ancoraggio, zona in corrispondenza del Viadotto Pantano).

L'età dei depositi è Olocene.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 398 a Figura 466) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.9.2 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 398).

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).

Viadotto Pantano ed Opera Terminale

Le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 67%, 28%, 6% (Figura 418).

Con riferimento al fuso medio (72 prove granulometriche) si ha:

- Il valore di D_{50} è pari a 5mm
- Il valore di D_{60} è pari a 8.0 mm
- Il valore di D_{10} è pari a 0.1 mm

Fondazione

Le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 60%, 33%, 6% (Figura 399)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Con riferimento al fuso medio (208 prove granulometriche) si ha:

- Il valore di D_{50} è pari a 3mm
- Il valore di D_{60} è pari a 6.0 mm
- Il valore di D_{10} è pari a 0.08 mm

Il peso di volume dei grani γ_s è risultato pari a circa 27kN/m³.

In base a dati di letteratura il valore di γ_{dmax} risulterebbe mediamente pari a circa 18.7 KN/m³ mentre γ_{dmin} mediamente pari a circa 15 KN/m³. Ciò è mediamente confermato dall'esito delle prove di laboratorio effettuate nei campioni estratti nel sondaggio FSBH1504 come di seguito esposto.

Campione	z (m)	Ymin (KN/m³)	Ymax (KN/m³)	e min	e max
CR B	3,75 - 4,50	16,18	19,85	0,335	0,637
CR AA	33,75 - 34,50	16,22	20,3	0,305	0,633
CR AH	44,25 - 45,00	17,77	21,52	0,231	0,490
CR AL	47,25 - 48,00	16,94	20,81	0,273	0,564
CR AN	50,25 - 51,00	-	-	0,293	0,577
CR AQ	54,75 - 55,70	15,26	19,42	0,364	0,736
CR AS	57,5-58,5	17,29	20,93	0,266	0,532
CR AT	59,25-60	-	-	0,344	0,672

2.9.3 Stato iniziale

2.9.3.1 Fondazione

Si assume che i materiali siano normalmente consolidati.

- **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 $C_{sg}=0.45$ corrispondente al $d_{50}=3mm$ (da Figura 402 a Figura 403).
- **eo:** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.26, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{max}-e_{min} < 0.29$) e da quanto risultato dalle prove di laboratorio (sondaggio FS BH1 504) in cui il valore medio è risultato pari a circa 0.29. Fissando per e_{max}

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

un valore pari a 0.6, come risulta mediamente dalle prove di laboratorio, a partire dai valori di D_r è stato possibile determinare conseguentemente i valori di e_0 in sito sia dalla componente sabbiosa che da quella sabbio-ghiaiosa). In Allegato (Figura 404) si mostra anche il confronto di e_0 determinato a partire da D_r con e_0 ottenuto dalla correlazione di Foti. Non si rileva una buona correlazione fra i dati sperimentali (da prove SPT) ed i dati ottenuti con la correlazione di Foti, che fornisce valori troppo bassi, considerati in questo caso poco realistici (0.15-0.25). I valori e_0 di progetto fanno quindi riferimento ai valori ottenuti dalle prove SPT e sono quelli riportati in tabella.

- γ : in base alla correlazione di Foti et. Al. Si ottiene un valore piuttosto alto e mediamente pari a 23÷24 KN/m³ (Figura 405); si considera quindi il valore γ corrispondente ad e_0 ottenuto sperimentalmente da prove SPT.
- K_0 : si considera la relazione di Jaky.

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	e_0	γ (KN/m³)	K_0
0-25	35-70	0.3-0.4	21-22	0.4-0.45
>25	20-45	0.3-0.45	21-22	0.4

- **Commento:** nell'analisi in tale zona si riscontra una variabilità che 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: SPT8FS e BH3FS - D_r dalla componente sabbio-ghiaiosa - che varia da 35% a 65% nel giro di pochi metri); 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. 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. La scelta dei parametri operativi verrà definita per ciascuna opera nell'ambito delle monografie inserite nelle relazioni geotecniche specifiche.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.9.3.2 Viadotto Pantano ed Opera terminale

Si assume che i materiali siano normalmente consolidati.

- **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 $C_{sg}=0.3$ corrispondente al $d_{50}=6\text{mm}$ (da Figura 421 a Figura 422 e da Figura 457 a Figura 458),
- **e0**: a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.26, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{max}-e_{min} < 0.29$) e da quanto risultato dalle prove di laboratorio (sondaggio FS BH1 504) in cui il valore medio è risultato pari a circa 0.29. Fissando per e_{max} un valore pari a 0.6, come risulta mediamente dalle prove di laboratorio, a partire dai valori di D_r è stato possibile determinare conseguentemente i valori di e_0 in sito sia dalla componente sabbiosa che da quella sabbio-ghiaiosa). In Allegato (Figura 424, Figura 459, e Figura 435, Figura 442, Figura 453, Figura 448) si mostra anche il confronto di e_0 determinato a partire da D_r con e_0 ottenuto dalla correlazione di Foti. Non si rileva una buona correlazione fra i dati sperimentali (da prove SPT) ed i dati ottenuti con la correlazione di Foti, che fornisce valori troppo bassi, considerati in questo caso poco realistici (0.15-0.25). I valori e_0 di progetto fanno quindi riferimento ai valori ottenuti dalle prove SPT e sono quelli riportati in tabella;
- **γ** : in base alla correlazione di Foti et. Al. Si ottiene un valore piuttosto alto e mediamente pari a 23 -24 KN/m³; si considera quindi il valore γ corrispondente ad e_0 ottenuto sperimentalmente da prove SPT, scartando i valori ritenuti anomali maggiori di 22 KN/m³ (Figura 424, Figura 436, Figura 443, Figura 454, Figura 449, Figura 460).
- **K₀**: si considera la relazione di Jaky.

Viadotto Pantano – trattazione generale

Viadotto Pantano z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	e0	γ (KN/m ³)	K ₀
0-10	30-70	0.3-0.5	21-22	0.3-0.4
>10	25-35	0.5		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Viadotto Pantano – trattazione per pila

	<i>z</i> <i>(m)</i>	<i>Dr</i> <i>(Sabbie e ghiaie)</i>	<i>e₀</i>	<i>γ</i> <i>(KN/m³)</i>	<i>K₀</i>
Pila 1	0-10	0,3-0,5	0,5	21-22	0,37-0,4
	10-50	0,25-0,4			
Pila 2	0-40	0,2-0,4	0,5	21	0,37-0,4
Pila 3	0-10	0,3-0,6	0,3-0,5	21-22	0,36-0,4
Pila 4	0-8	0,3-0,7	0,4-0,5	20,5-21,5	0,36-0,4

* Per Pila 1 si intende la pila in corrispondenza della quale si trova il sondaggio VPSPT509, mentre la Pila 5 si trova in corrispondenza del sondaggio S9.

Opera Terminale z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	e₀	γ (KN/m³)	K₀
0-10	20*-40	0.35-0.45	21-22	0.3-0.4
>10	20*-30	0.4-0.45		

* nella verticale S101 si sono determinate densità relative troppo basse (10%) ritenute non rappresentative

2.9.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

In tabella si riportano i valori compatibili con uno stato di sforzo che preveda una pressione normale alla superficie di rottura compresa nel range tra 0 e 272 KPa.

Per intervalli tensionali differenti si rimanda a quanto proposto da [Baligh \(1986\)](#).

Per i valori di stato critico, in assenza di prove specifiche, in base ai dati di letteratura si possono definire i seguenti valori riportati in tabella (Figura 406, Figura 407, Figura 425 , Figura 426, Figura 461, Figura 462).

Zona	z(m)	Φ_p' (pff=0-272KPa) (°)	Φ_{cv}' (°)
-------------	-------------	--	----------------------------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fondazione	0-25 >25	38-42 36-39	33-35
Opera terminale	-	37-38	33-35

Viadotto Pantano

(Figura 437, Figura 444, Figura 450, Figura 455)

	z (m)	ϕ'_{p} (<i>pf</i> =0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)
Pila 1	0-50	37-39	33-35
Pila 2	0-40	37-39	33-35
Pila 3	0-10	37-40	35-37
Pila 4	0-8	37-40	35-37

2.9.5 Caratteristiche di deformabilità

2.9.5.1 Fondazione

Dalle prove sismiche (da Figura 408 a Figura 417) in foro (BH3FS, FSCH506, FSCH1508) si ottengono valori di V_s che solo in alcuni casi mostrano una debole tendenza all'aumento con la profondità con valori molto bassi che vanno mediamente da 200 m/s a 400 m/s fino a circa 40m di profondità.

Al di sotto solo la simica BH3-FS mostra un aumento con la profondità fino a valori di 500-600m/s a 80m di profondità mentre le nuove prove in foro FSCH1506 e FSCH1508 mostrano valori di 200 m/s anche a 70m di profondità per poi ritornare a 400 m/s a 70-80m.

Non è escluso che tale evidenza si riferisca a possibili fenomeni ritenersi imputabili a possibili fenomeni di disturbo del terreno durante l'esecuzione del sondaggio (terreni costituiti anche da sabbie fini limose sotto falda) o ad una non ottimale cementazione del foro per la prova cross hole. Il contatto con le sottostanti Sabbie e Ghiaie di Messina invece più netto, in base ad una ricostruzione puramente geologica, in funzione dei livelli conglomeratici e dei fossili rimanenti, tipici della formazione, non è quindi facilmente individuabile e può ritenersi collocabile fra i 60 e gli 80m di profondità.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

E_0 e G_0 si possono esprimere in base alla sismiche in funzione di $z(m)$ ed una stima è data da quanto riportato in tabella.

Z(m)	$G_0(MPa)$	$E_0(MPa)$	$E'(MPa)$
0-50	60-300	145-720	20-48 / 96-240
50-80	100-350	480-840	64-160 / 112-280

I range proposti non identificano un andamento bensì l'oscillazione dei valori (rilevati dalle sismiche) con la profondità per i quali, invece, la correlazione ottenuta dai dati sperimentali SPT $G_0=23 z^{0.65}$ rappresenta solo un andamento medio (Figura 416).

In quest'ultimo contesto G_0 si può esprimere anche come

$$G_o = 1143 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.62}$$

da cui:

$$E_o = 2743 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.62}$$

Come riferimento per il calcolo delle pressione efficace media, in questo caso si considera la presenza della falda a piano campagna. Per i livelli piezometrici locali si fa riferimento alla relazione idrogeologica ed ai profili geotecnici di progetto. In Allegato (Figura 409) si mostra anche il confronto fra $G_0(z)$ e $G_0(p'/p_a)$.

I moduli di Young "operativi" E' a medie deformazioni, valutati sulla base dei criteri descritti nei capitoli precedenti risulteranno pari rispettivamente a circa $1/10 \div 1/5$ ed a $1/3$ di quelli iniziali.

Le prove pressiometriche (DMT1-FS, valori di primo carico) forniscono valori, a 25m di profondità, compresi fra 30 e 70 MPa, in accordo con i range proposti

Per **rilevati e fondazioni** si farà riferimento ai valori minimi 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: nell'analisi in tale zona si riscontra una variabilità che è il risultato di forti oscillazioni dei valori di addensamento con la profondità anche solo in corrispondenza della

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

singola verticale, a testimonianza di una eterogeneità della formazione (es: SPT8FS e BH3FS-Dr dalla componente sabbio-ghiaiosa - che varia da 35% a 65% nel giro di pochi metri); 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 (es: FSCH1506-FSCH1508), i range operativi proposti quindi non rappresentano un andamento crescente bensì una oscillazione dei valori con la profondità rilevabile sia dai dati SPT che dalle sismiche. L'argomento è dettagliatamente affrontato nell'ambito della Relazione geotecnica dell'Opera di Attraversamento.

2.9.5.2 Viadotto Pantano e Opera terminale

2.9.5.2.1 Analisi generale

Dalle prove sismiche in foro si ottengono valori di V_s che solo in alcuni casi mostrano una debole tendenza all'aumento con la profondità con valori molto bassi che vanno mediamente da 150÷200 m/s a 400 m/s fino ad una profondità variabile fra 45m e 60m dove si suppone si trovi il contatto con le sottostanti Sabbie e Ghiaie di Messina.

I valori di V_s (anche minori di 200m/s) riscontrati soprattutto nelle sismiche VPCH1502 ed OTSCH1501 sono molto basse, confermate da bassi valori di N_{160} .

Non è escluso che tale evidenza si riferisca a possibili fenomeni di disturbo del terreno durante l'esecuzione del sondaggio (terreni costituiti anche da sabbie fini limose sotto falda) o ad una non ottimale cementazione del foro per la prova cross hole.

Il contatto con le sottostanti Sabbie e Ghiaie di Messina invece più netto, in base ad una ricostruzione puramente geologica, in funzione dei livelli conglomeratici e dei fossili rimanenti, tipici della formazione, non è quindi facilmente individuabile e può ritenersi collocabile fra i 40 e gli 60m di profondità.

Nelle figure in Allegato si mostra il confronto e la taratura con le sismiche delle velocità ottenute con le correlazioni da prove SPT .

Per il Viadotto Pantano i valori di G_0 hanno un andamento con la profondità, fino a 50m, molto variabile a seconda della verticale indagata.

Una stima (Figura 429), che tiene anche conto dell'andamento delle sismiche (Figura 433), risulta pari pari a:

$$G_0 = 13 \cdot (z)^{0.45+0.65}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

G₀ si può esprimere anche, da prove SPT (Figura 430), come

$$G_o = 750 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.65}$$

da cui:

$$E_o = 1800 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.65}$$

Come riferimento per il calcolo delle pressione efficace media, in questo caso si considera la presenza della falda a piano campagna. Per i livelli piezometrici locali si fa riferimento ai profili geotecnici di progetto. In Allegato (Figura 431) si mostra anche il confronto fra G₀(z) e G₀(p'/p_a).

Una stima dei moduli è riportata in tabella.

Viadotto Pantano

Z(m)	G ₀ (MPa)	E ₀ (MPa)	E'(MPa)
0-50	$G_o = 13 \cdot (z)^{0.45-0.65} *$	$E_o = 31 \cdot (z)^{0.45-0.65}$	$E = (4 \div 10) \cdot (z)^{0.45-0.65}$
50-60	100	240	32-80

* l'esponente inferiore si riferisce all'andamento minimo di G₀ rilevabile nelle sismiche, in particolare in VPCH1502

Per l'Opera Terminale i valori di G₀ hanno un andamento che fino a 45m di profondità risulta pari a:

$$G_o = 13 \cdot (z)^{0.45}$$

Una stima dei moduli è riportata in tabella.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Opera Terminale

Z(m)	G ₀ (MPa)	E ₀ (MPa)	E'(MPa)
0-45	$G_o = 13 \cdot (z)^{0.45}$	$E_o = 31 \cdot (z)^{0.55}$	$E = (4 \div 10) \cdot (z)^{0.45}$

I moduli di Young “operativi” E' a medie deformazioni, valutati sulla base dei criteri descritti nei capitoli precedenti risulteranno pari rispettivamente a circa 1/10÷1/5 ed a 1/3 di quelli iniziali.

Per **rilevati e fondazioni** si farà riferimento ai valori prossimi ai minimi 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.

- Nota: in alcuni sondaggi si riscontrano dei livelli limosi nei primissimi metri (1÷3m) non particolarmente significativi; in ogni caso localmente se ne dovrà tenere conto soprattutto per quanto concerne le problematiche connesse con le fondazioni ed i rilevati.

2.9.5.2.2 Viadotto Pantano

I valori di G₀ (Figura 438, Figura 445, Figura 451, Figura 456) hanno un andamento, stimabile preferibilmente da prove SPT visto l'esito “incerto” delle prove sismiche, dato da:

	z (m)	G₀ (Mpa)	E₀ (Mpa)	E' (Mpa)
Pila 1	0-50	$G_0=17 z^{0.62}$	$E_0=41 z^{0.62}$	$E'=(5-13) z^{0.62}$
	50-60 *	100 **	240	32-80
Pila 2	0-40	$G_0=14 z^{0.7}$	$E_0=33 z^{0.7}$	$E'=(4-11) z^{0.7}$
Pila 3	0-10	$G_0=16 z^{0.7}$	$E_0=38 z^{0.7}$	$E'=(5-13) z^{0.7}$
Pila 4	0-8	G ₀ =0-100	E ₀ =0-240	E'=32-80

** valore ricavabile dalla sismica VPCH1502

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I moduli di Young “operativi” E' , valutati sulla base dei criteri descritti nei capitoli precedenti risulteranno pari rispettivamente a circa $1/10 \div 1/5$ (medie e grandi deformazioni) ed a $1/3$ di quelli iniziali (piccole deformazioni).

Nella analisi generale si propone un'espressione ($G_0 = 13 z^{(0.45-0.65)}$) che fornisce pressoché gli stessi risultati di quelli ottenuti localmente, risultando in taluni casi un po' più cautelativa.

2.9.6 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.

2.9.7 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.

2.9.8 Coefficienti di permeabilità

I materiali in oggetto sono eterogenei; conformemente con quanto proposto da [Somerville \(1986\)](#) risulta per $K(m/sec)$ un valore medio di $1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Non si hanno a disposizione prove Lefranc.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

2.9.9 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica

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

	Fondazione	Viadotto Pantano / Opera Terminale
γ (kN/m ³)	21÷22	21÷22
N_{SPT} (colpi/30 cm)	46	33
c' piccolo (kPa)	0	0
ϕ' piccolo (°)	36÷39 (p'ff=0-272KPa) 36 (p'ff=272-350KPa)	vd. par.2.9.4
C_{cv}' (kPa)	0	0
ϕ_{cv}' (°)	33-35	33-35
OCR	-	-
c_u (kPa)	-	-
k_o (-)	0.4-0.5	0.4-0.5
K_v (m/sec)	-	-
V_s (m/sec)	Vs=200-400 (m/s)	Vs=150-400 (m/s)
G'_o	Z= 0-50m 60-300 Z= 50-80m 100-350	vd. par.2.9.5.2
E' *	Z= 0-50m 20-48 / 96-240 Z= 50-80m 64-160 / 112-280	vd. par.2.9.5.2
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 ⁻⁴

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.10 Depositi alluvionali

2.10.1 Descrizione

Sono costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, giallastre o brune a clasti prevalentemente arrotondati di diametro da 2 a 30 cm, clasti sostenuti o a supporto di matrice argilloso-sabbiosa, alternate a rari sottili livelli di sabbie argillose rossastre; sabbie ciottolose a supporto di matrice argilloso-terrosa. L'età dei depositi alluvionali terrazzati è Pleistocene medio-superiore.

I depositi alluvionali recenti sono costituiti da limi e sabbie con livelli di ghiaie a supporto di matrice terroso-argillosa, talora terrazzati, localizzati in aree più elevate rispetto agli alvei fluviali attuali. La componente ruditica è rappresentata da ciottoli poligenici, prevalentemente cristallini, da spigolosi a subarrotondati di diametro tra 1 e 10 cm, mediamente di 4-5 cm. L'età dei depositi alluvionali recenti è l'Olocene.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 467 a Figura 501) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.10.2 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 39%), sia di materiali intermedi (sabbie 45%). Il contenuto di fino è mediamente del 14% (Figura 467).

C'è da dire che a causa del campionamento l'analisi granulometrica può sicuramente risultare poco rappresentativa della parte più grossolana (ghiaia grossa). Con riferimento al fuso medio:

- Il valore di D_{50} è pari a 0.8mm
- Il valore di D_{60} è pari a 2 mm
- Il valore di D_{10} è pari a 0.01 mm

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

Non si hanno a disposizione i valori di γ_{dmax} e γ_{dmin} .

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.10.3 Stato iniziale

In questa sede si considera che i materiali siano prettamente normalmente consolidati.

- **Dr:** in Allegato (da Figura 471 a Figura 478) 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 $C_{sg}=0.45$ corrispondente al $d_{50}=3mm$,
- **e_o :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.305 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. In Allegato si mostra il valore di e_o pari a 0.4-0.6 (da Figura 479 a Figura 481).
- **γ_d :** si ottiene un pari a 17-19 KN/m³.
- **K_0 :** si considera la relazione di Jaky.

Con riferimento alle tratte con dati a disposizione più numerosi si ha:

	z(m)	Dr(%)	K_0
Ferrovia Tratta Km 5+6-17+3	0-15	35-70	0.3-0.4
	>15	50-75	0.36-0.38
Strada Tratta Km 2+5+4	0-5	40-50	0.35-0.40
	>5	50	0.35
Strada Tratta Km 7+2-10	0-15	40-70	0.32-0.40
	>15	80-90	0.33-0.36

2.10.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

Sulla base delle prove SPT (Figura 470) si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di circa 39°; 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\phi' = 37^\circ \div 39^\circ =$ 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

$\phi_p' = 36^\circ - 37^\circ =$ 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 \(1986\)](#).

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

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

Con riferimento ad un analisi per le tratte con dati a disposizione più numerosi si ha:

	z(m)	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)
Ferrovia Tratta Km 5+6-17+3	0-15	36-43	33-35
	>15	38-40	
Strada Tratta Km 2+5+4	0-5	36-40	33-35
	>5	40	
Strada Tratta Km 7+2-10	0-15	37-43	33-35
	>15	40-42	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

2.10.5 Caratteristiche di deformabilità

Dalle prove sismiche in foro (S414, S424) e sismiche a rifrazione (S454bis-SR3, S432-SR15 PR18-SR) si ottengono valori di V_s che vanno mediamente da 200 m/s a 350 m/s fino a 15m di profondità ($V_s=200+8 \cdot z$ (m/s)) (da Figura 493 a Figura 497).

G_0 varia da 150 a 250 Mpa fino a 15m di profondità.

Nella figura in Allegato si mostra anche il confronto delle velocità ottenute con le correlazioni da prove SPT.

Il confronto delle V_s correlate alle N_{spt} con quelle misurate dalle sismiche evidenzia un andamento cautelativo.

I valori di G_0 da prove SPT (da Figura 488a Figura 492) hanno invece un andamento che, stimato graficamente con una linea di tendenza, risulta pari a:

$$G_o = 1400 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.64}$$

da cui:

$$E_o = 3360 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.64}$$

Come riferimento per il calcolo delle pressione efficace media, in questo caso si considera la presenza della falda a piano campagna. Per i livelli piezometrici locali si fa riferimento ai profili geotecnici di progetto.

G_0 ed E_0 si possono esprimere anche in funzione di $z(m)$, una stima cautelativa è data da:

$$G_o = 34 \cdot (z)^{0.65}$$

$$E_o = 80 \cdot (z)^{0.65}$$

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

$$E = (10 \div 25) \cdot (z)^{0.65}$$

pari rispettivamente a circa $1/10 \div 1/5$ ed ad $1/3$ di quelli iniziali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le prove dilatometriche (DMT1, S436) forniscono valori di primo carico, tra 0 e 20m di profondità, compresi fra circa 15MPa ad 1m da p.c. e 60MPa a 15-20m da p.c., valori compatibili con quelli minimi del range (Figura 499 e Figura 500).

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 – 20000 KN/m³.

Per il calcolo della costante di sottofondo in generale si può fare riferimento a quanto riportato nel capitolo 2.2.4.

Con riferimento ad un analisi per le tratte con dati a disposizione più numerosi si ha:

	Z(m)	G ₀ (MPa)	E ₀ (MPa)	E(MPa)
Ferrovia Tratta Km 5+6-17+3	0-15 >15	33 z ^{0.67}	79 z ^{0.67}	(11-26) z ^{0.67}
Strada Tratta Km 2+5+4	0-5 >5	32 z ^{0.76}	79 z ^{0.76}	(11-26) z ^{0.76}
Strada Tratta Km 7+2-10	0-15 >15	34 z ^{0.65}	82 z ^{0.65}	(11-27) z ^{0.65}

2.10.6 Leggi di degrado dei moduli elastici

In mancanza di prove su provini indisturbati si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

2.10.7 Coefficienti di smorzamento intrinseco

In mancanza di prove su provini indisturbati e di indicazioni dalle prove cross-hole (D₀) si può fare riferimento alle curve proposte in teoria.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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 medio di $2 \cdot 10^{-4}$ m/s. Le prove Lefranc invece danno un valore mediamente pari a $2 \cdot 10^{-6}$ m/s (Figura 501).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

2.10.9 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)	19÷21
N_{SPT} (colpi/30 cm)	49±32
c'_{picco} (kPa)	0
ϕ'_{picco} (°)	37÷39 (p'ff=0-272KPa) / 35÷37 (p'ff=272-350KPa)
C_{cv}' (kPa)	0
ϕ_{cv}' (°)	33÷35
OCR	-
c_u (kPa)	-
k_o (-)	1-sen ϕ'
K_v (m/sec)	-
V_s (m/sec)	$V_s=200+8 \cdot z$ (m/s)
G'_o	$G'_o = 1400 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.64}$
$E' *$	$E = (10 \div 25) \cdot (z)^{0.65}$
v' (-)	0.2
$G_0, G/G_0$	curve teoriche
$D_0, D/D_0$	curve teoriche
K (m/s)	10^{-4}

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.11 Metamorfiti

2.11.1 Descrizione

Nell'area in oggetto l'Unità dell'Aspromonte è caratterizzata da un Complesso metamorfico intruso da un Complesso plutonico. Metamorfiti e plutoniti sono interessate da una tettonica responsabile di effetti da cataclastici e milonitici. La porzione geometricamente inferiore dell'unità è costituita da paragneiss biotitici passanti a micascisti, localmente associati a corpi di gneiss occhiadini e metagraniti, con intercalazioni di anfiboliti, quarziti e marmi.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 502 a Figura 510) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.11.2 Caratteristiche fisiche

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

In mancanza di prove di laboratorio per il peso di volume γ assume un range di valori pari a 21-23 KN/m³

2.11.3 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.

2.11.4 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 due rilievi effettuati in corrispondenza delle gallerie Le Fosse e Santa Cecilia.

Il parametro RMR_{89} è risultato pari a 50. Il parametro GSI è quindi pari a 45.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- del valore GSI di cui in precedenza;
- dei valori della resistenza alla compressione semplice σ_c stimata (25MPa) 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”).

copertura (m)	σ_n (Mpa)	Picco		Residuo	
		c' (MPa)	φ' (°)	c' (MPa)	φ' (°)
10.00	0.22	0.16	61	0.11	51
20.00	0.44	0.26	56	0.19	44
30.00	0.66	0.34	52	0.25	41
40.00	0.88	0.43	50	0.31	38
50.00	1.10	0.50	48	0.37	36
60.00	1.32	0.58	46	0.43	34
70.00	1.54	0.65	45	0.48	33
80.00	1.76	0.72	44	0.53	31
90.00	1.98	0.78	43	0.58	30
100.00	2.20	0.85	42	0.63	29

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per le zone tettonizzate 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	52	0.07	34
20.00	0.44	0.19	46	0.12	28
30.00	0.66	0.25	42	0.16	24
40.00	0.88	0.32	39	0.20	22
50.00	1.10	0.38	37	0.24	20
60.00	1.32	0.43	35	0.27	18
70.00	1.54	0.49	34	0.30	17

2.11.5 Caratteristiche di deformabilità

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

$E' = 400 \div 650$ Mpa rispettivamente per $D=1$ e $D=0.5$ in ammassi di classe IV-V RMR (faglie)

$E' = 1800 \div 2800$ Mpa rispettivamente per $D=1$ e $D=0.5$ in ammassi di classe III-IV RMR

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

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

Dalle due prove dilatometriche in S461 (a 28 e 33m di profondità) si ottiene un modulo E' (valore di carico-scarico) pari a 225-250 MPa, in disaccordo con quanto calcolato precedentemente.

C'è da dire che si tratta della zona più superficiale e presumibilmente alterata dell'ammasso ed i valori sono comunque puntuali, non del tutto rappresentativi della deformabilità a grande scala.

2.11.6 Coefficienti di permeabilità

Non avendo a disposizione indagini si può prendere a riferimento 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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.11.7 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)	21-23
N_{SPT} (colpi/30 cm)	-
c'_{picco} (kPa)	vedi tabella par. 2.11.4
ϕ'_{picco} (°)	vedi tabella par. 2.11.4
C_{cv}' (kPa)	vedi tabella par. 2.11.4
ϕ_{cv}' (°)	vedi tabella par. 2.11.4
OCR	-
c_u (kPa)	-
k_o (-)	-
K_v (m/sec)	-
V_s (m/sec)	-
G'_o	-
$E' *$	$E'=400 \div 650$ MPa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) $E'=1800 \div 2800$ MPa in ammassi di classe III-IV RMR
ν' (-)	0.2
$G_0, G/G_0$	-
$D_0, D/D_0$	-
$K(m/s)$	$10^{-7} - 10^{-8}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.12 Trubi

2.12.1 Descrizione

Si tratta di calcari marnosi e marne calcaree color bianco-crema.

Gli affioramenti più estesi si ritrovano sul lato tirrenico, dove raggiungono spessori massimi di circa 40 m. In queste località la formazione è caratterizzata da calcari marnosi e marne biancastre, con una frazione sabbiosa crescente verso i livelli sommitali, in strati di 10-30 cm talora fino a mezzo metro, intensamente fratturati. Localmente alla base è presente un livello conglomeratico a clasti metamorfici, in matrice sabbiosa.

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 equivalente).

In Allegato si riportano le figure (da Figura 511 a Figura 517) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.12.2 Caratteristiche fisiche

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

In mancanza di prove di laboratorio per il peso di volume γ assume un range di valori pari a 19-21 KN/m³

2.12.3 Stato iniziale

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

2.12.4 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

L'interpretazione delle caratteristiche dell'ammasso parte dalla stima del parametro RMR_{89} che è stato valutato sulla base di un rilievo effettuato in corrispondenza dell'imbocco est della galleria stradale Serrazzo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il parametro RMR_{89} è risultato pari a 45. Il parametro GSI è quindi pari a 40.

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

- del valore GSI di cui in precedenza;
- dei valori della resistenza alla compressione semplice σ_c stimata (15MPa) e del parametro m_i della roccia intatta pari a 8.

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

σ_n (Mpa)	Picco		Residuo	
	c' (MPa)	ϕ' (°)	c' (MPa)	ϕ' (°)
0,19	0,09	44	0,06	30
0,38	0,14	38	0,10	24
0,57	0,19	34	0,13	21
0,76	0,24	31	0,16	19
0,95	0,28	29	0,19	17
1,14	0,32	27	0,21	16

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

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

2.12.5 Caratteristiche di deformabilità

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

$$E' = 1000 \text{ Mpa con } D=1$$

Visto l'esiguo numero di informazioni geotecniche cautelativamente si pone:

$$E' = 500 \div 1000 \text{ Mpa con i valori minimi in superficie ed i valori massimi da utilizzare in profondità.}$$

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dalla prova in colonna risonante effettuata a 85m di profondità nel sondaggio S450, si ottiene un valore di $G_0=160\text{MPa}$ ($E'_0=380\text{MPa}$)

Esso è considerato troppo al di sotto dei valori che ci si aspettano a tale profondità per tali motivi:

- pressione di consolidazione di prova molto al di sotto del valore corrispondente a quello litostatico
- disturbo del campione
- presenza di una dilatometrica a 90m di profondità, nel medesimo sondaggio S450 che fornisce un valore di $E'=980\text{Mpa}$ (media dei 3 cicli di scarico e ricarica).

2.12.6 Leggi di degrado dei moduli elastici

E' disponibile 1 prova in colonna risonante effettuate nel sondaggio S450 sul provino a 85m di profondità.

L'andamento del decadimento del modulo è rappresentato in Allegato.

Per quanto riguarda l'analisi dei risultati si può osservare quanto segue:

- Il valore di G_0 a piccole deformazioni ottenuto dalle prove risulta mediamente pari a 160 MPa ($E_0 \approx 380\text{MPa}$). Tale valore si colloca al di sotto dell'andamento precedentemente stimato.
- I motivi della discrepanza con le sismiche sono state menzionate nel paragrafo precedente.
- Il valore assoluto del modulo non è ritenuto rappresentativo della deformabilità alla profondità investigata.
- La forma delle curve rispecchia solo in parte l'andamento teorico evidenziando ad esempio un decadimento pari a 0.5 (come in teoria per $IP=0$) per una deformazione di $5 \cdot 10^{-2}\%$ mentre per valori maggiori il decadimento è più grande e per valori più bassi della deformazione il decadimento si mostra minore.
- Non si è potuto indagare sull'andamento delle curve in funzione della pressione efficace di prova.

2.12.7 Coefficienti di smorzamento intrinseco

E' disponibile 1 prova in colonna risonante effettuate nel sondaggio S450 sul provino a 85m di profondità.

Nella figura in Allegato si riportano i valori misurati ed il valore teorico proposto da da [Vucetic \(1991\)](#).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il valore di D_0 per una deformazione di $10^{-3}\%$ è risultato pari a 1%.

L'andamento della curva D/D_0 è abbastanza correlabile con l'andamento teorico solo, come nel caso precedente, per $IP=0$.

Non si è potuto, anche in questo caso, indagare sull'influenza di altri fattori (es: pressione di confinamento,...) sui risultati.

2.12.8 Coefficienti di permeabilità

Non avendo a disposizione indagini si può prendere a riferimento un range di permeabilità pari a $1 \times 10^{-9} \div 1 \times 10^{-7}$ m/s.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

2.12.9 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)	19÷21
N_{SPT} (colpi/30 cm)	-
c'_{picco} (kPa)	vedi tabella par. 2.9.4
ϕ'_{picco} (°)	vedi tabella par. 2.9.4
$C_{res'}$ (kPa)	vedi tabella par. 2.9.4
$\phi_{res'}$ (°)	vedi tabella par. 2.9.4
OCR	-
c_u (kPa)	-
k_o (-)	-
K_v (m/sec)	-
V_s (m/sec)	-
G'_o	-
$E' *$	500 ÷ 1000
$v' (-)$	0.2-0.3
$G_0, G/G_0$	curve teoriche
$D_0, D/D_0$	curve teoriche
K (m/s)	$10^{-9} \div 10^{-7}$ m/s.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.13 Depositi di versante

Il deposito di versante è costituito da materiali incoerenti ed eterometrici di varia litologia, spigolosi e localmente a grossi blocchi, accumulati essenzialmente per gravità alla base di versanti più o meno acclivi, o legati a processi di alterazione esogena di particolare significato. Lo spessore può raggiungere i 10 m.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 518 a Figura 526) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nei paragrafi successivi.

2.13.1 Caratteristiche fisiche

L'andamento del fuso (campioni sondaggio I3, zona Annunziata) conferma che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 31%), sia di materiali intermedi (sabbie 48%). Il contenuto di fino è mediamente del 16% (Figura 518).

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:

- Il valore di D_{50} è pari a 0.5 mm
- Il valore di D_{60} è pari a 1.0 mm
- Il valore di D_{10} è pari a 0.006 mm

Il peso di volume dei grani medio γ_s è risultato pari a circa 26.4 kN/m³;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.13.2 Stato iniziale

Si hanno pochi dati da cui risulta che:

- D_r : la densità relativa media della sola componente sabbiosa è del 80% (Figura 520).
- e_o : stimando per e_{max} un valore pari a 0.8 (letteratura) ed essendo a conoscenza di $e_{max} - e_{min} = 0.28$ dalla formula di D_r si ottiene per e_o un valore medio pari a 0.55.
- γ_d : si può stimare un valore medio di γ_d pari a circa 18 -19 KN/m³
- K_0 : si può ricavare, da Jaky, un valore pari a circa 0.4.

Il numero di prove SPT è esiguo e concentrato nella zona dell'Annunziata (sondaggi I2, I3, S434) ed i valori risultano relativamente dispersi non consentendo quindi una zonizzazione dei risultati.

2.13.3 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

Sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di 40°, ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

Resistenze di picco / operative ($p'_{ff}=0 - 272\text{KPa}$)

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

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

In ogni caso si ritiene che localmente i valori di resistenza proposti possano essere verificati attraverso back analysis sulle evidenze morfologiche rilevate.

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

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

Nel caso di materiali interessati in passato da fenomeni di rottura, lungo superfici di scivolamento già formate o che abbiano evidenziato segni di instabilità, si utilizzeranno le resistenze residue.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Anche in questo caso si ritiene che localmente i valori di resistenza proposti possano essere verificati attraverso back analysis sulle evidenze morfologiche rilevate ed in base ai dati di monitoraggio in corso di svolgimento.

2.13.4 Caratteristiche di deformabilità

Dalle prove sismiche di rifrazione (S434-SR2) in zona Annunziata si ottengono valori di V_s di 200÷300 m/s nei 10m di spessore (Figura 525 e Figura 526)

Per G_0 si ottengono valori di 80÷170 MPa e quindi E_0 è pari a 190÷408 MPa.

Dalle poche prove SPT si ottiene un range di G_0 pari a 50÷140 MPa.

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

$E' = 20 \div 40$ MPa

pari a 1/10 di quelli iniziali.

Per il calcolo della costante di sottofondo in generale si può fare riferimento a quanto riportato nel capitolo 2.2.4.

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 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 di $10^{-3}m/s$.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.13.8 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)	19÷21
N_{SPT} (colpi/30cm)	-
c'_{picco} (kPa)	0
ϕ'_{picco} (°)	38÷40 (p'ff=0-272KPa)
C_{cv}' (kPa)	0
ϕ_{cv}' (°)	33÷35
k_o (-)	1-sen ϕ'
V_s (m/sec)	200-300
G'_o	480-960
E'	20-40
v' (-)	0.2
$G_0, G/G_0$	curve teoriche
$D_0, D/D_0$	curve teoriche
K (m/s)	10^{-3}

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.14 Calcareniti di San Corrado

Si tratta di un'alternanza di strati calcarenitici friabili e sabbie grossolane di colore giallo bruno, ad abbondante fauna rappresentata da bivalvi, gasteropodi, brachiopodi, scafopodi, echinidi, balani e coralli.

Il numero di prove è abbastanza modesto.

In Allegato si riportano le figure (da Figura 527 a Figura 538) e le tabelle relative ai valori calcolati per i parametri descritti nel seguito.

Si può assumere valore del γ pari a 21-23 KN/m³.

In base ai 2 rilievi geostrutturali effettuati il valore di RMR_{base} è risultato pari a 18 e quindi un $GSI=15$. Stimando una resistenza a compressione di 15 MPa, per $m_i=19$, si ottiene:

	Picco		Residuo	
σ_n (Mpa)	c' (MPa)	ϕ' (°)	c' (MPa)	ϕ' (°)
0,21	0,08	40	0,05	22
0,42	0,13	34	0,08	16
0,63	0,18	30	0,10	14
0,84	0,23	27	0,13	12

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

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

La prova sismica a rifrazione (PR18) fornisce un valore di V_s pari a circa 600m/s.

Il valore di E_0 corrispondente è pari a 1680 MPa a cui corrisponde un valore del modulo E' pari a 340-600MPa.

Utilizzando la relazione di Serafim - Pereira per il valore del modulo si ottiene ($D=0.5$) un valore di 340 MPa, quindi compatibile con il range determinato con le sismiche

In assenza di prove di permeabilità di Le Franc si può assumere un valore di 10^{-7} m/s.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.14.1 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
N_{SPT} (colpi/30 cm)	-
c'_{picco} (kPa)	vedi tabella
ϕ'_{picco} (°)	vedi tabella
$C_{cv'}$ (kPa)	vedi tabella
$\phi_{cv'}$ (°)	vedi tabella
k_o (-)	-
V_s (m/sec)	600
G'_o	-
E' (MPa)	340-600
ν' (-)	0.2-0.3
$G_0, G/G_0$	curve teoriche
$D_0, D/D_0$	curve teoriche
K (m/s)	10^{-7}

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>		<p><i>Codice documento</i> SB0057_F0_2</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

2.15 Arenazzolo

E' costituito da un conglomerato di colore grigiastro, matrice sostenuto, costituito da elementi eterometrici prevalentemente metamorfici, affiorante in Sicilia centrale.

In mancanza di prove si considerano i parametri meccanici della formazione del San Pier Niceto conglomeratico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.16 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> SB0057_F0_2	<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						

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

h_i= spessore dell'iesimo strato

V_{si}= velocità dell'iesimo strato

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

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

h_i= spessore dell'iesimo strato

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

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tratta	Verticale	Vs30	Categoria
<i>Ancoraggio</i>	AS CH1 501	337,94	C
	AS CH1 504	357,72	C
<i>Fondazioni</i>	BH4-AS	383,28	B
	FS CH1 506	263,71	C
	FS CH1 508	226,92	C
	FS-S101DH	221,22	C
<i>Opere terminali</i>	OTS CH1 501	145,61	D
<i>Viadotto Pantano</i>	VP CH1 502	190,50	C
	VP CH1 505	189,17	C
<i>Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km</i>	S108Pz	422,95	B
	S408	444,30	B
	SPPS00	710,24	B
	SPPS02	377,62	B
<i>Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km</i>	S447	355,44	C
<i>Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"</i>	S413	283,67	C
	S414	425,99	B
<i>Strada Da 5+4 a 5+9 km</i>	S418	324,74	C
<i>Strada Da 7+0 a 7+2 km</i>	S424	366,96	B
	S426	339,02	C
	SPPS04	493,22	B
<i>Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"</i>	SPPS08	439,27	B

Tratta	FORO	Nspt30	Categoria
Ancoraggio	S102Pz	30	C
	S103Pz	38	C
	S104Pz	37	C
	SPT8-AS	50	B
	AS CH1 504	30	C
	AS LPT3 506	18	C
	AS LPT3 503	26	C
	AS CH1 501	41	C
	AS LPT2 508	11	D
Fondazioni	BH3-FS	35	C
	BH4-AS	39	C
	BH4-FS	33	C
	SPT8-FS	32	C
	FS LPT1 503	12	D
	FS SPT 501	37	C
	FS LPT2 510	23	C
	FS CH1 506	37	C
Opere terminali	S101	12	D
	S101bis	20	C
	OTS CH1 501	13	D
	OTS SPT 503	17	C
	OTS SPT 504	19	C
Viadotto Pantano	OTS LPT1 505	22	C
	VP CH1 502	13	D
	VP SPT 504	15	D
	VP SPT 509	15	D
	VP CH1 505	19	C
	VP SPT 512	25	C
	VP SPT 507	32	C
	VP SPT 508	28	C
Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	VP SPT 513	34	C
	S105Pz	61	B
	S106Pz	40	C
	S107Pz	33	C
	S108Pz	60	B
	SPPS00	48	C
	SPPS02	55	B
Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	SPPS09	49	C
	S410	48	C
	S445	25	C
Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	S445bis	42	C
	S448	39	C
Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	S425	33	C
	S449	39	C
	S450	76	B
	S451bis	71	B
	S462	37	C
	S464bis	61	B
	S458	23	C
Strada Da 1+0 a 2+0 km	S409	27	C
	S1	59	B
Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	SPPS01	47	C
	S409bis	39	C
	S411	23	C
	S412	22	C
	S412bis	40	C
	S413	28	C
	S414	44	C
	S414bis	23	C
	S417	59	B
Strada Da 5+4 a 5+9 km	S418	63	B
	SPPS03	55	B
	S420	63	B
	S422	42	C
Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	S423	50	B
	SPPS04	60	B
	S424	91	B
	S426	40	C
Strada Da 7+0 a 7+2 km	S5	45	C
	SPPS06	57	B
	S427	46	C
	S429bis	45	C

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.17 Resistenza dei terreni incoerenti in tensioni totali

Si è analizzato il contesto prossimo alla costa caratterizzato dalla presenza dei depositi costieri incoerenti sotto falda (0 m s.l.m):

- zona di fondazione della Torre
- zona del Viadotto Pantano e dell'Opera Terminale

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 (15,61607; 38,25794), 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	0.41	2.485	0.42

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 $V_{s,30}$ 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>	$180 < V_{s,30} < 360$ 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> SB0057_F0_2	<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	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot a_o / g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$

Categoria topografica

Categoria terreno	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

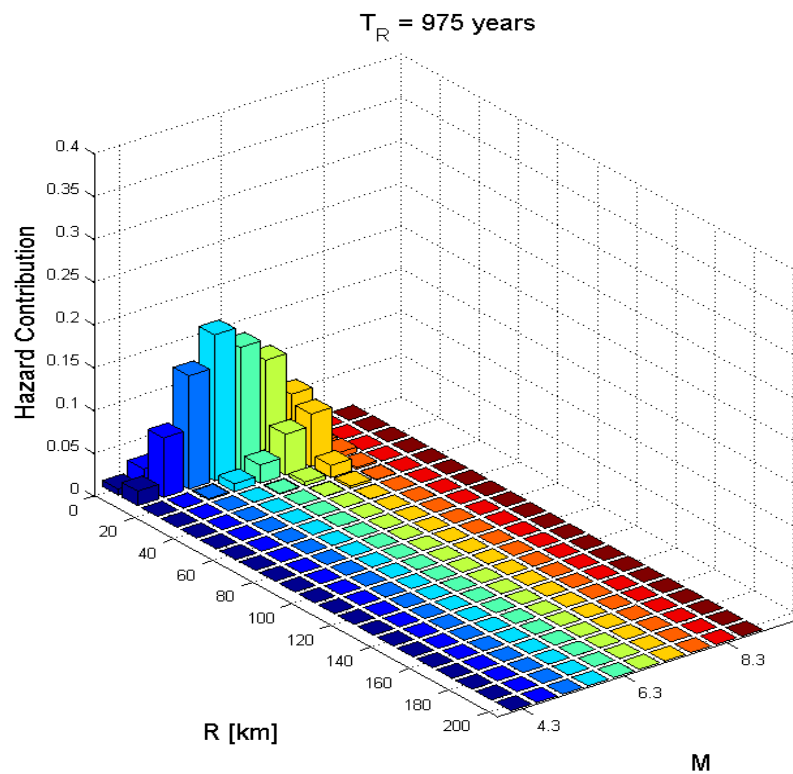
Coefficiente di amplificazione topografica (D.M. 14.1.2008 Tab. 3.2.VI)

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 IV (coefficiente d'uso $C_u=2$), 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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

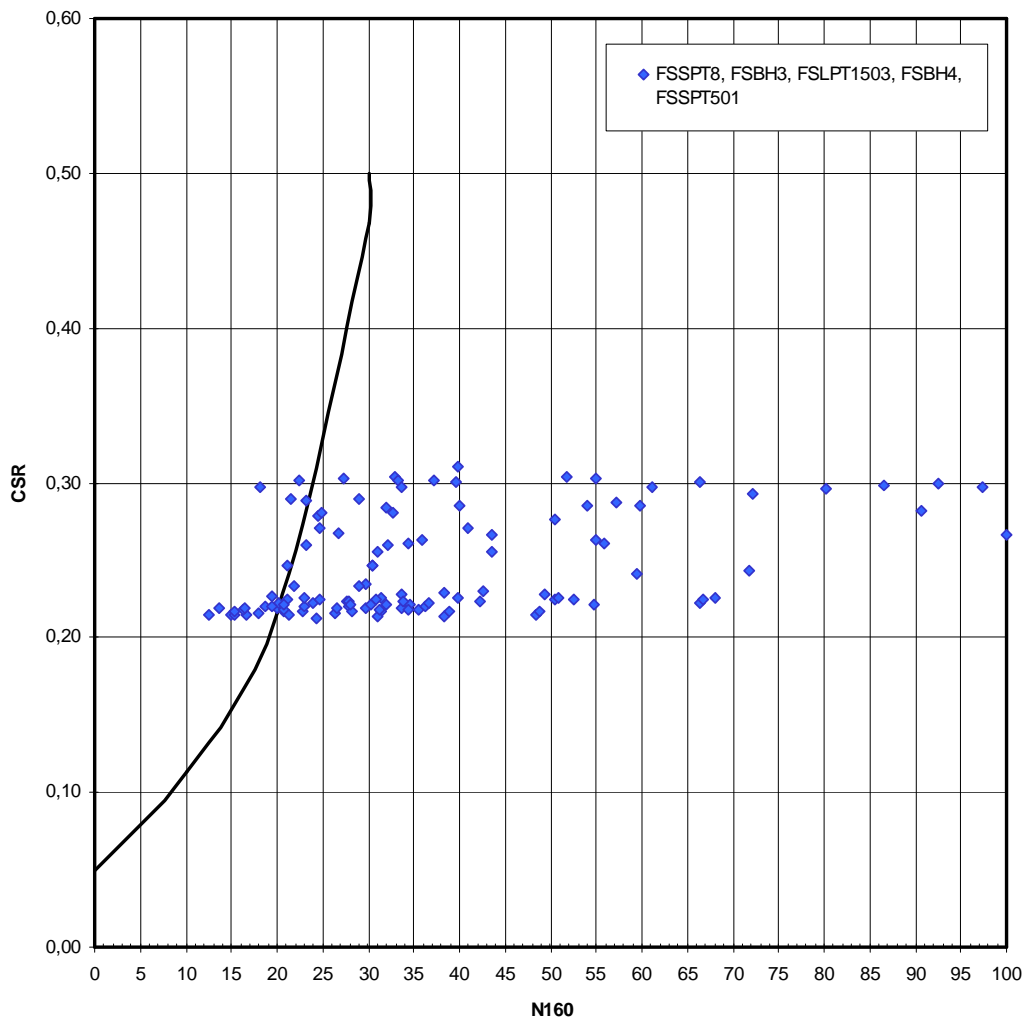


Per l'analisi della liquefazione si considera una magnitudo di calcolo 7.5 (nel 1905 e nel 1908 si sono verificati terremoti di Magnitudo =7.2)

Fondazione Sicilia

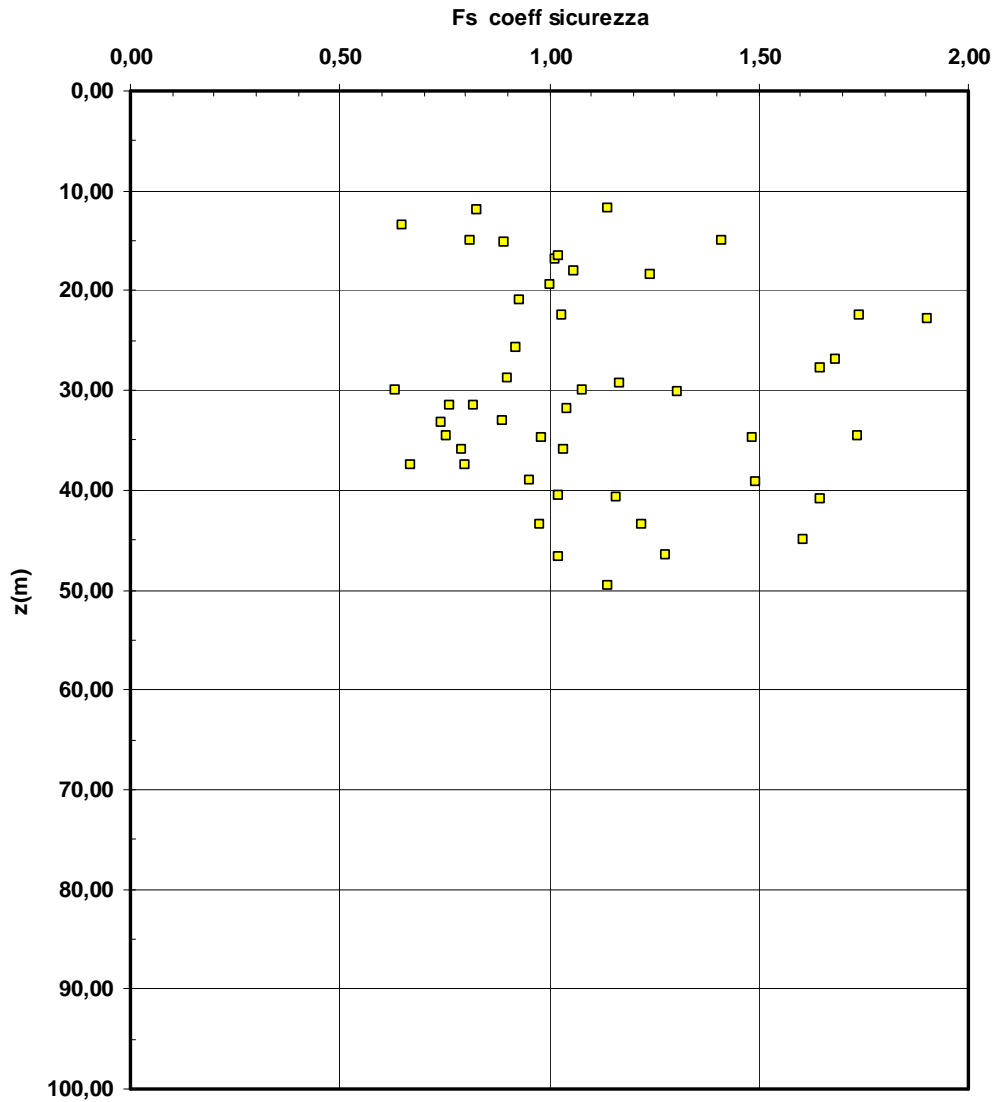
Verifica da prove SPT(z=0÷50m)

riepilogo-Fondazione

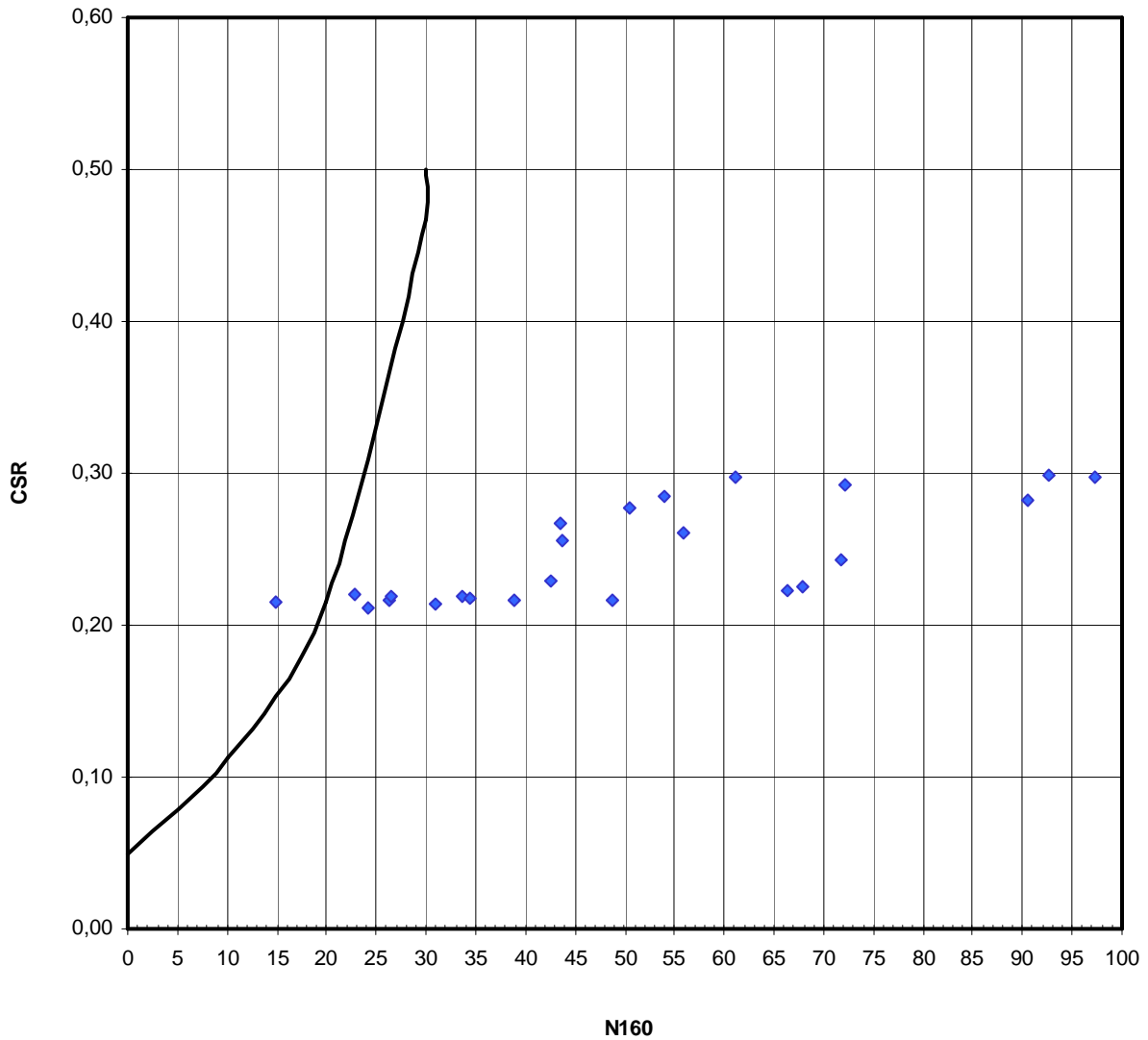


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

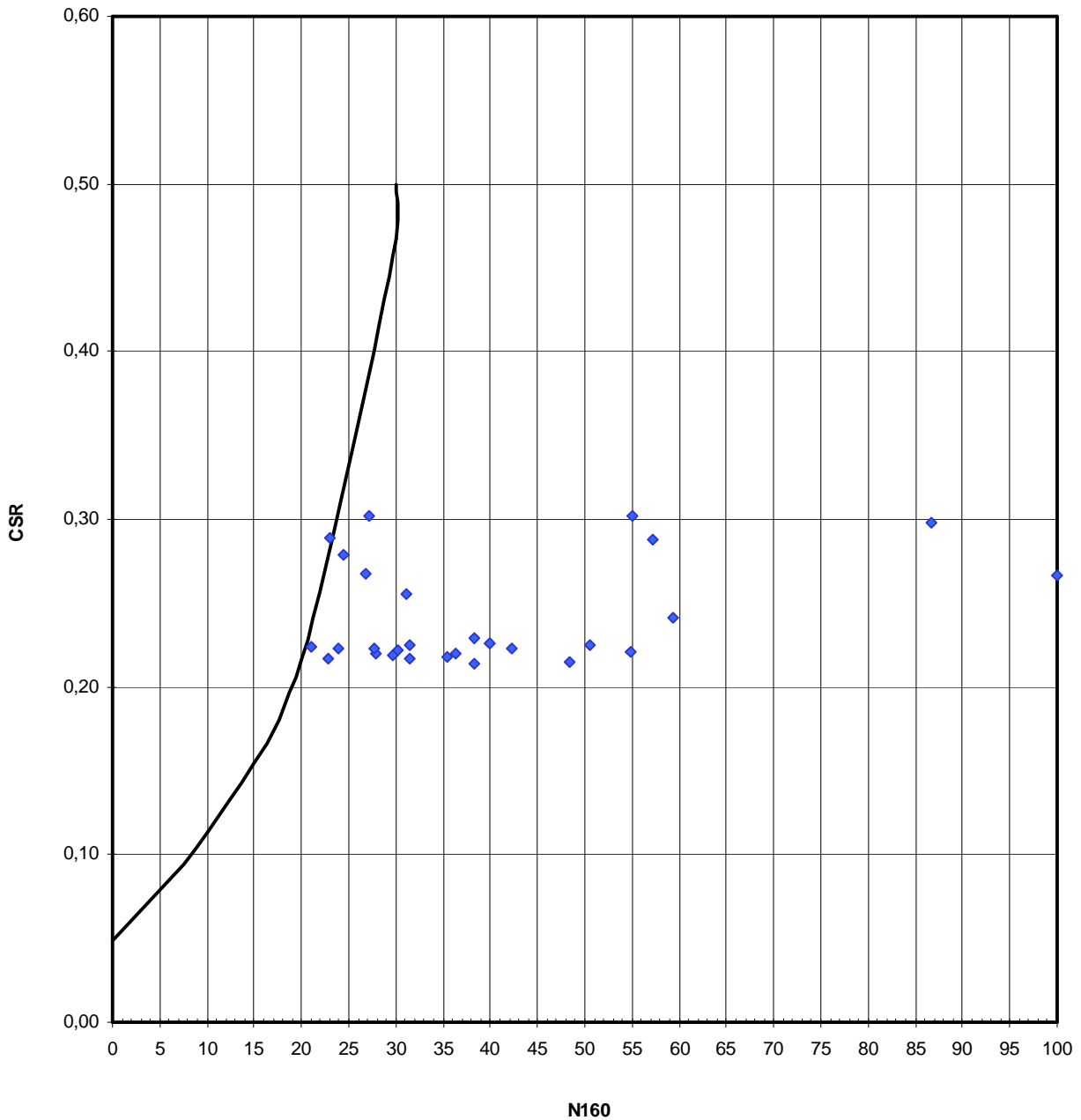
riepilogo-FS - Fondazione



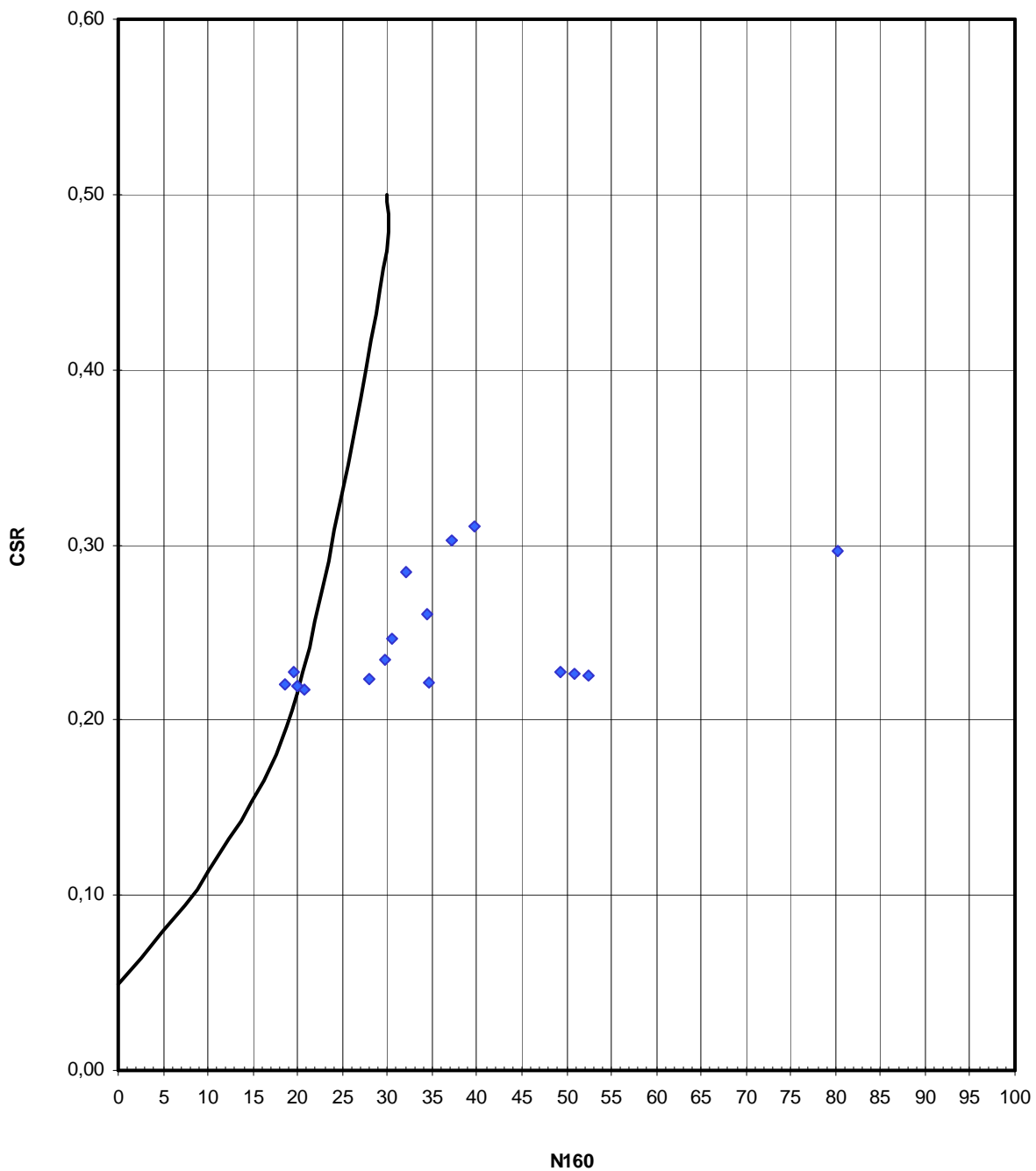
SPT8-FS



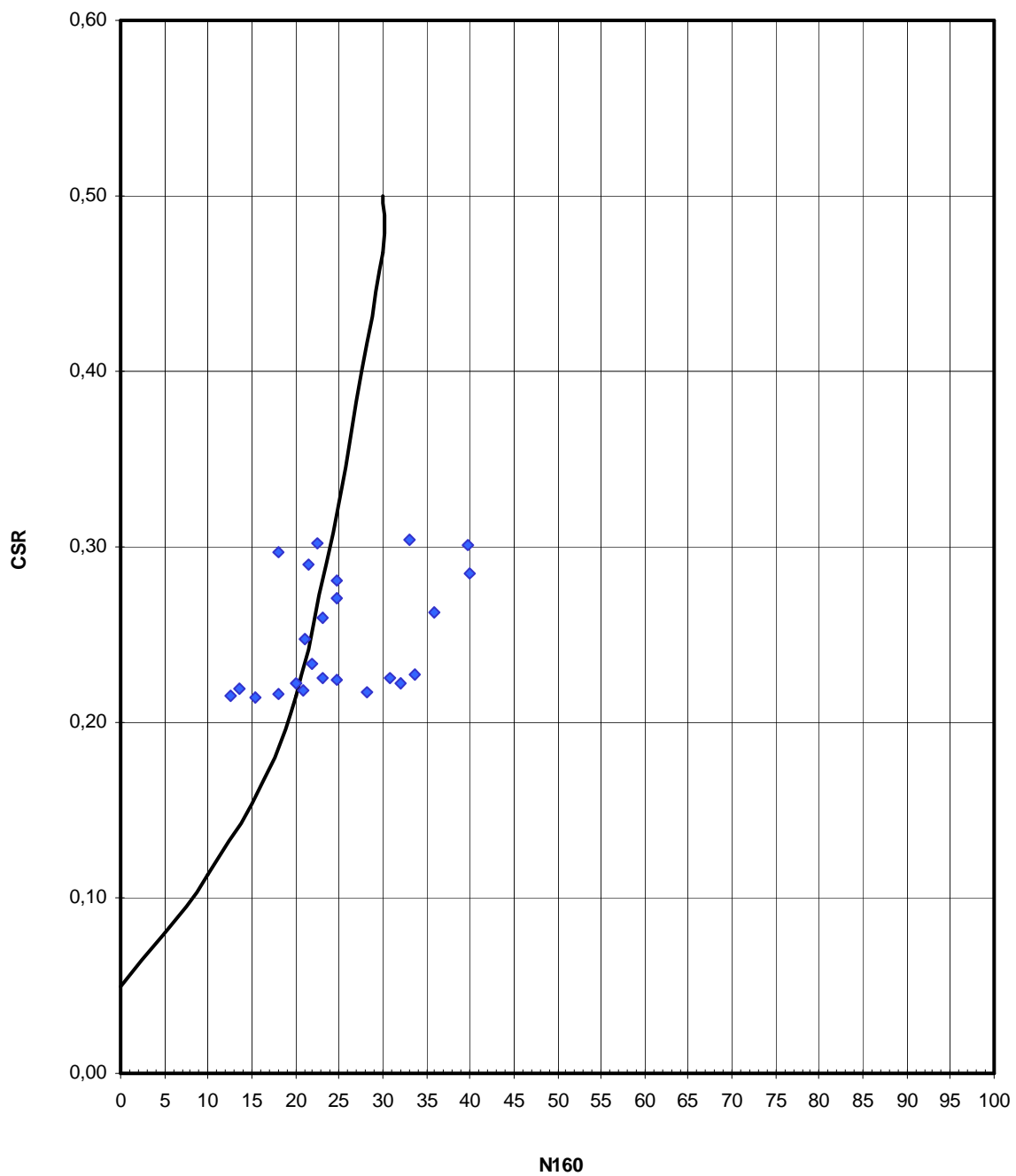
BH3-FS



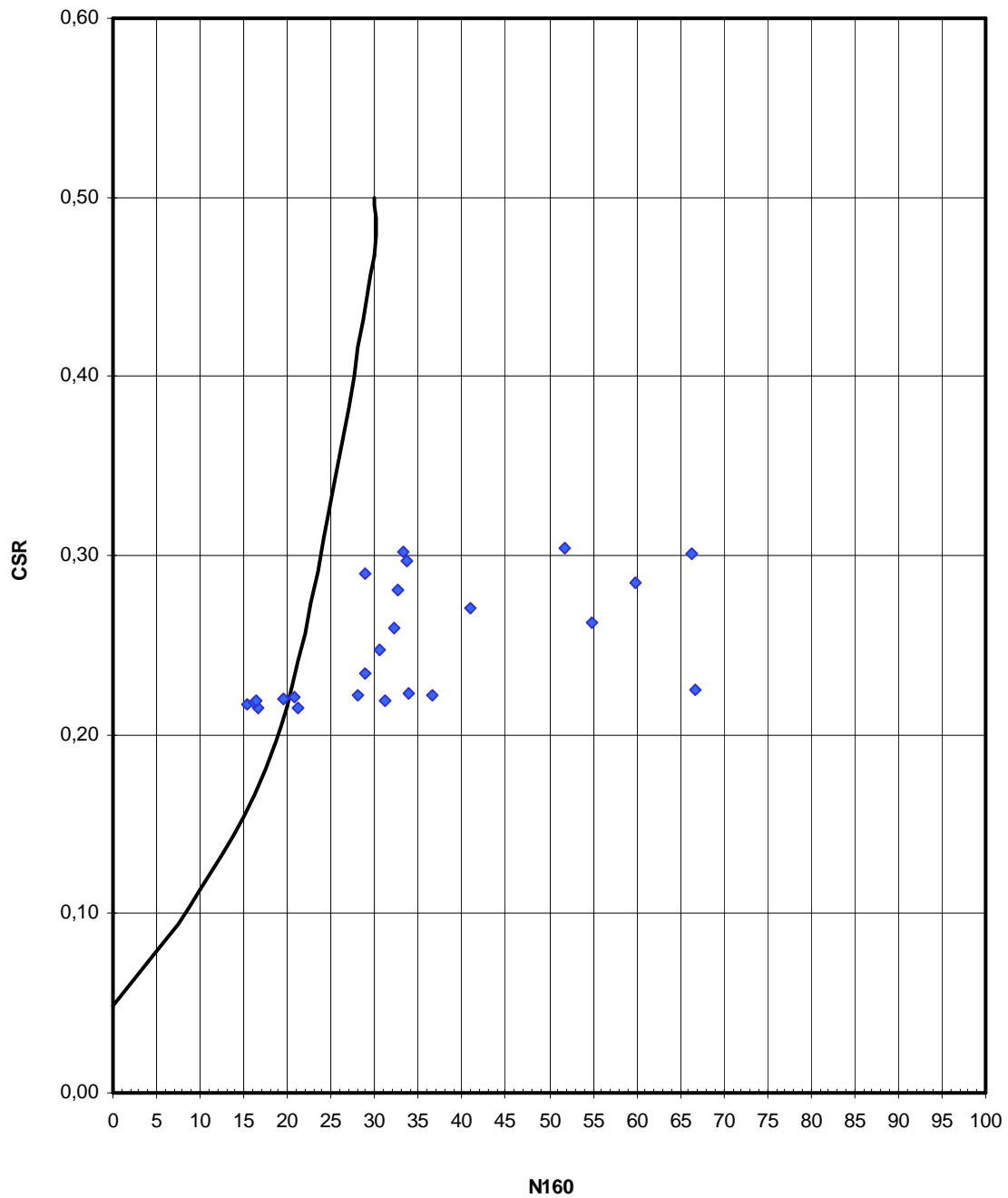
BH4-FS



FS SPT1 503



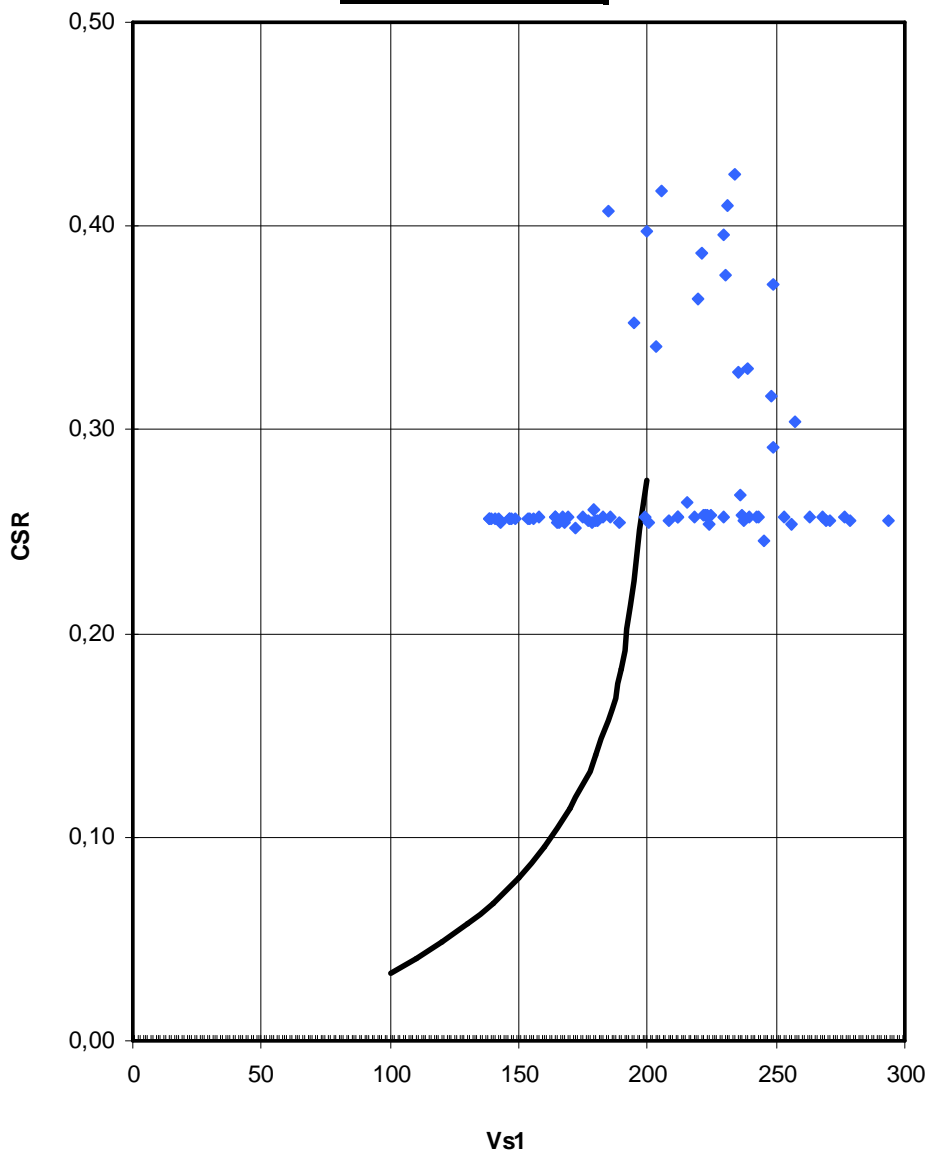
FS SPT 501



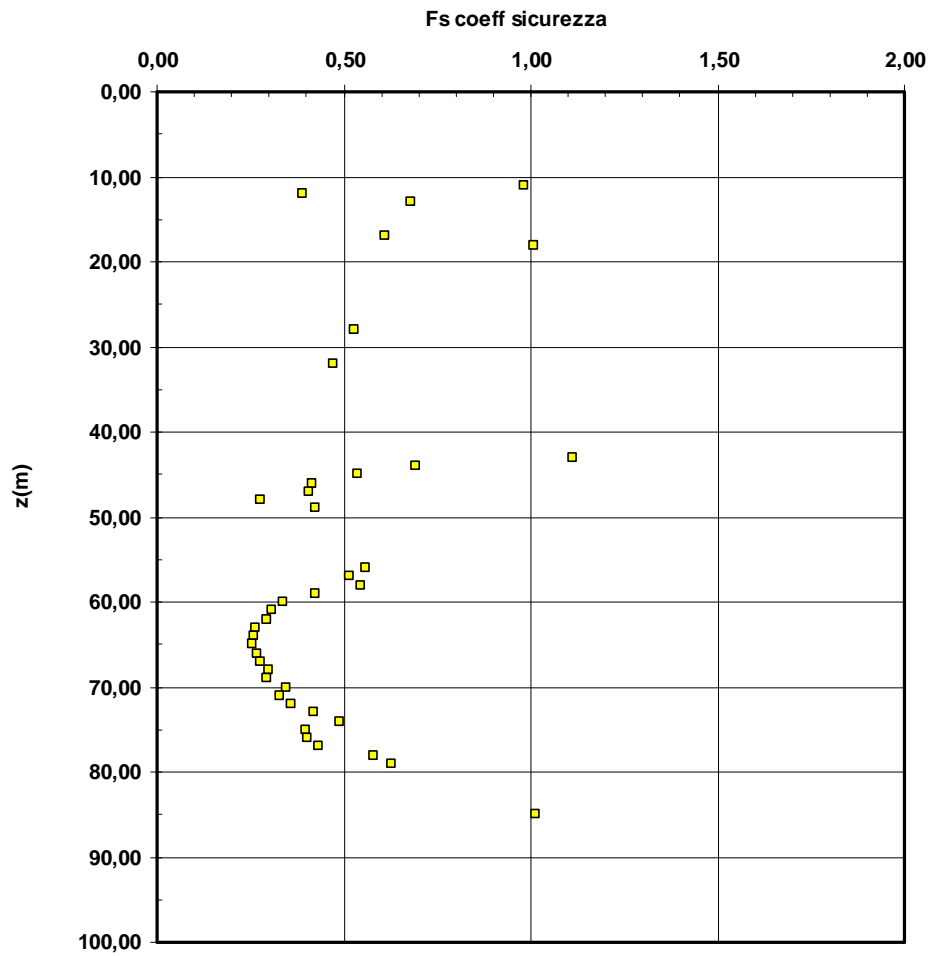
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Verifica da Vs

**FONDAZIONE
FSCH1506
Verifica con Vs**



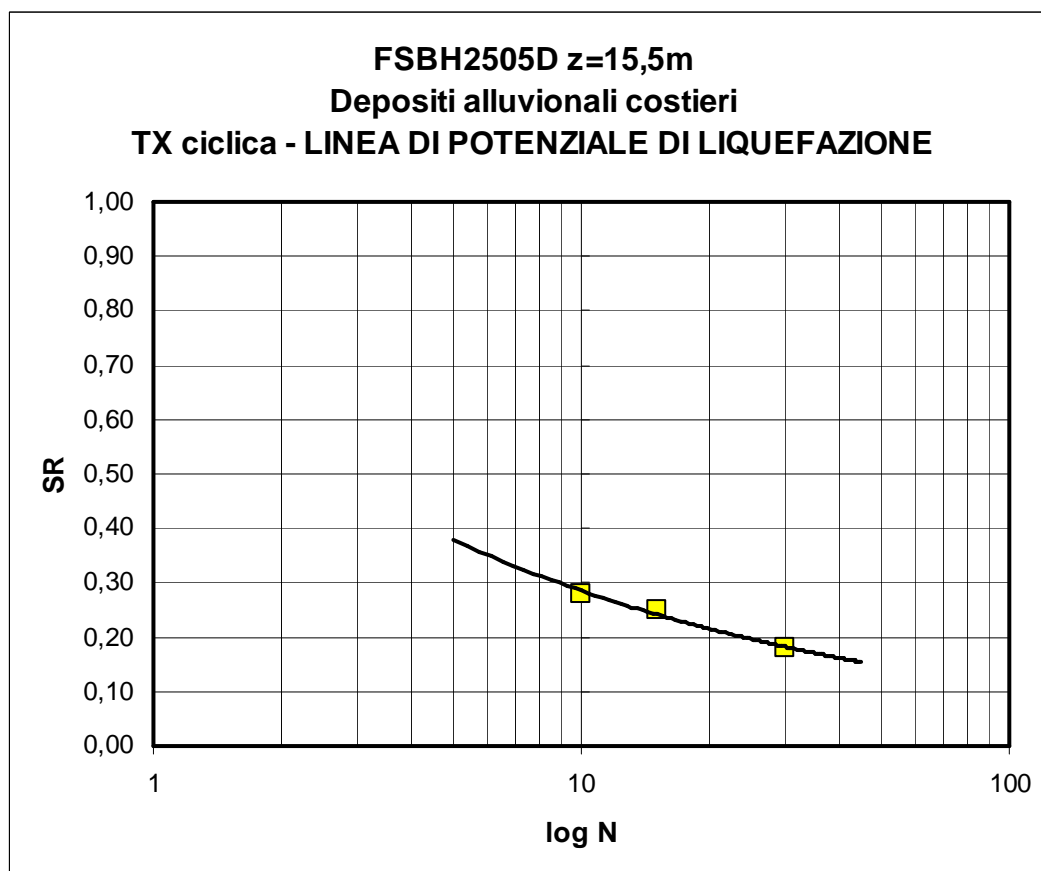
**riepilogo-FS - FONDAZIONE
Verifica con Vs**



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Verifica da prove triassiali cicliche di laboratorio

Si hanno 6 prove triassiali cicliche alla medesima profondità (z=15.5m) nel sondaggio FSBH2505D interpretate, ai fini della verifica speditiva alla liquefazione.



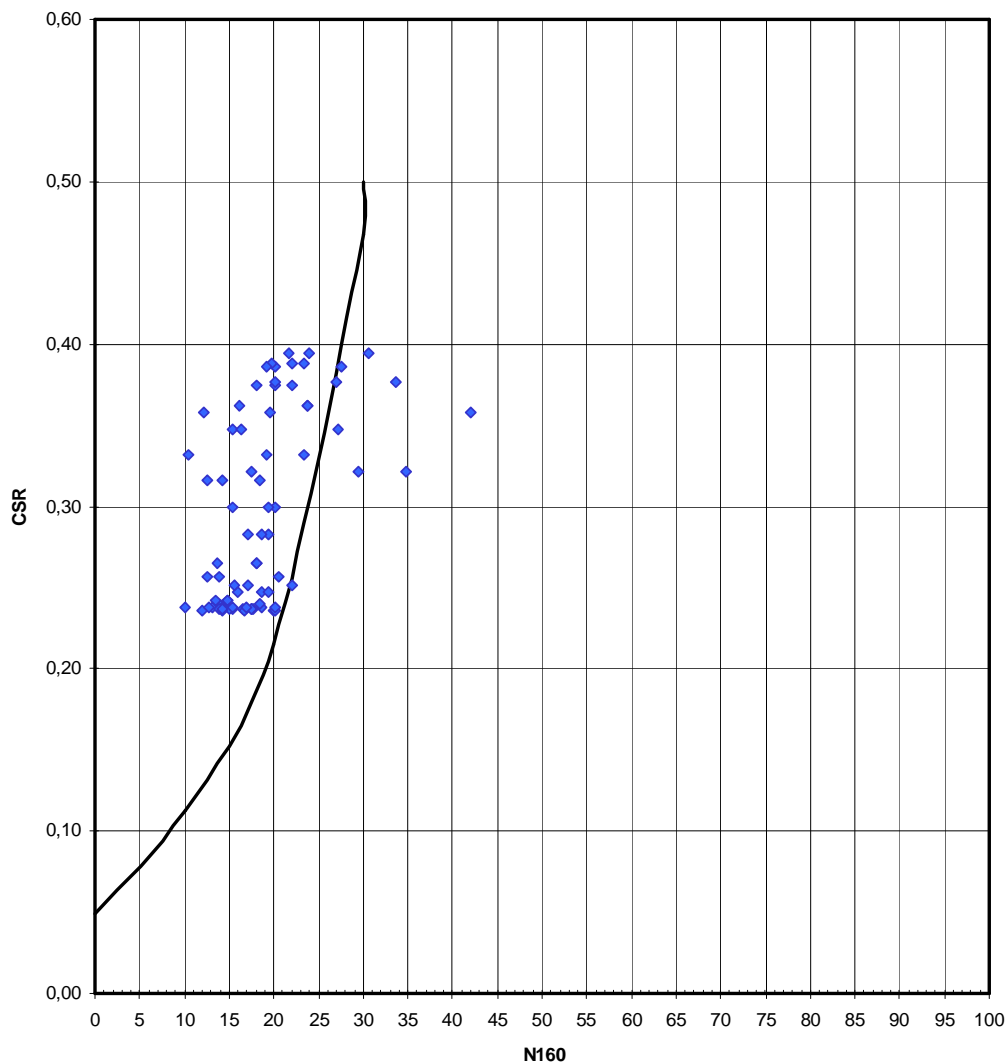
Si ottiene

$$F_s = \frac{R_{\max}}{L_{\max}} \approx 0.3 < 1$$

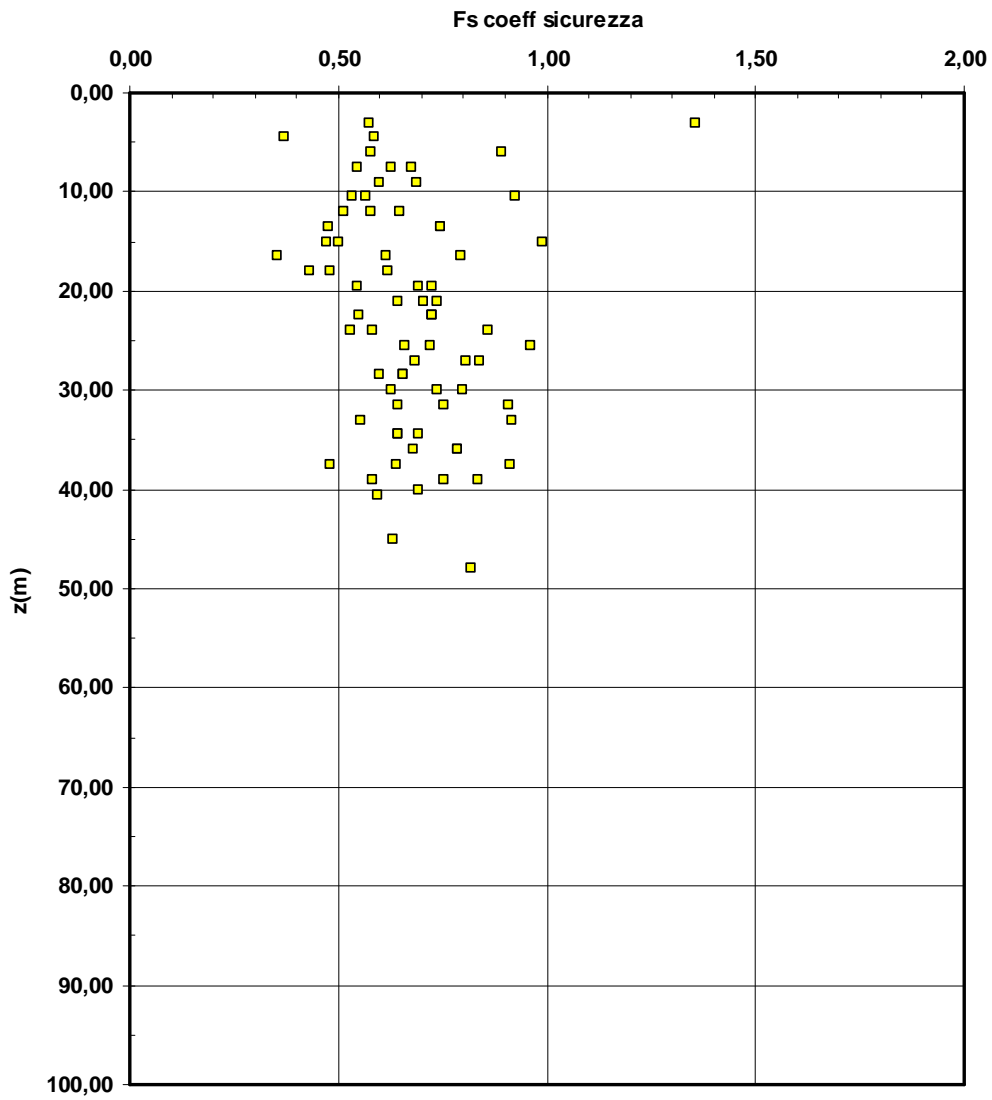
Opera terminale

Verifica da prove SPT(z=0÷50m)

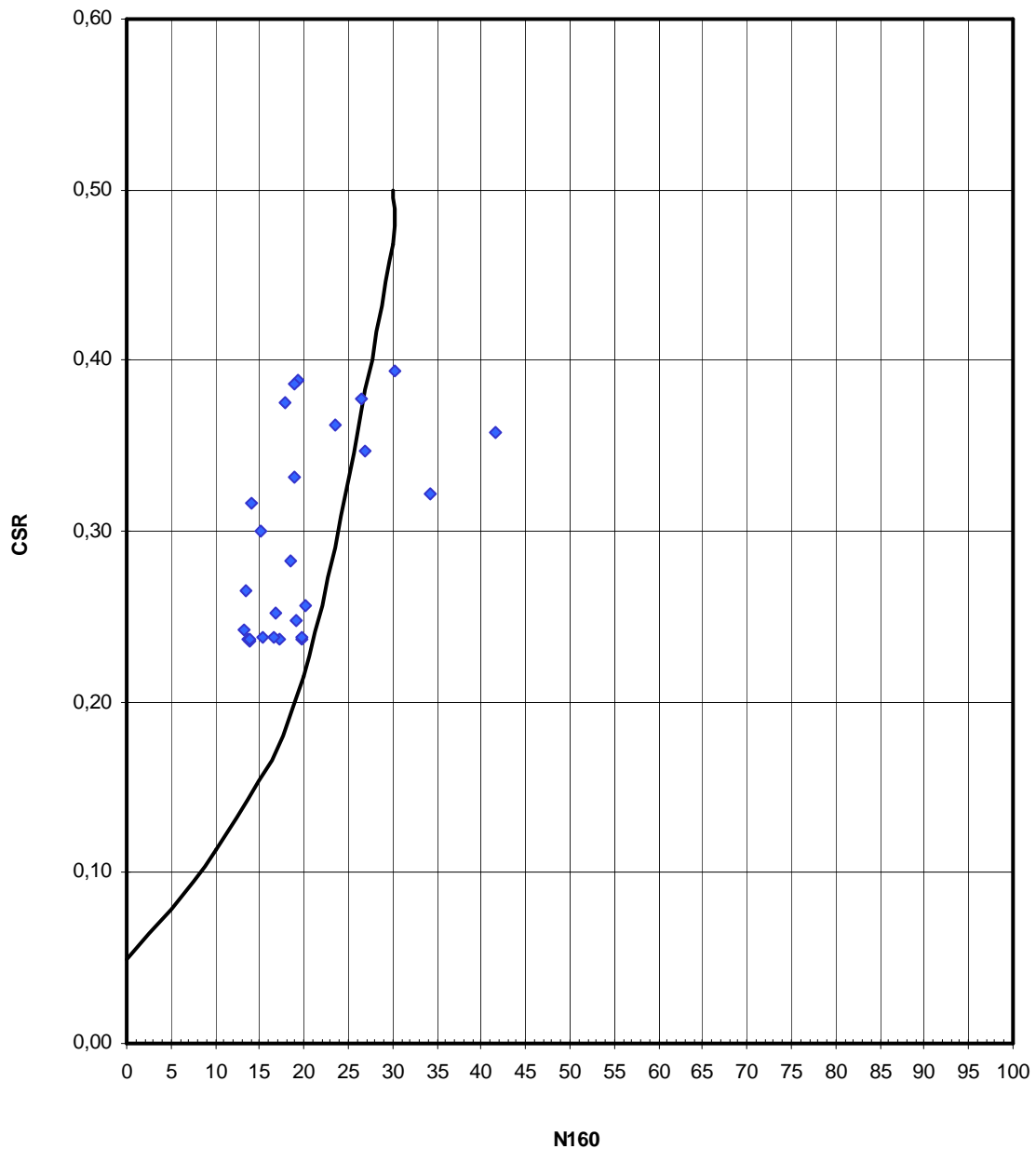
riepilogo- OTS



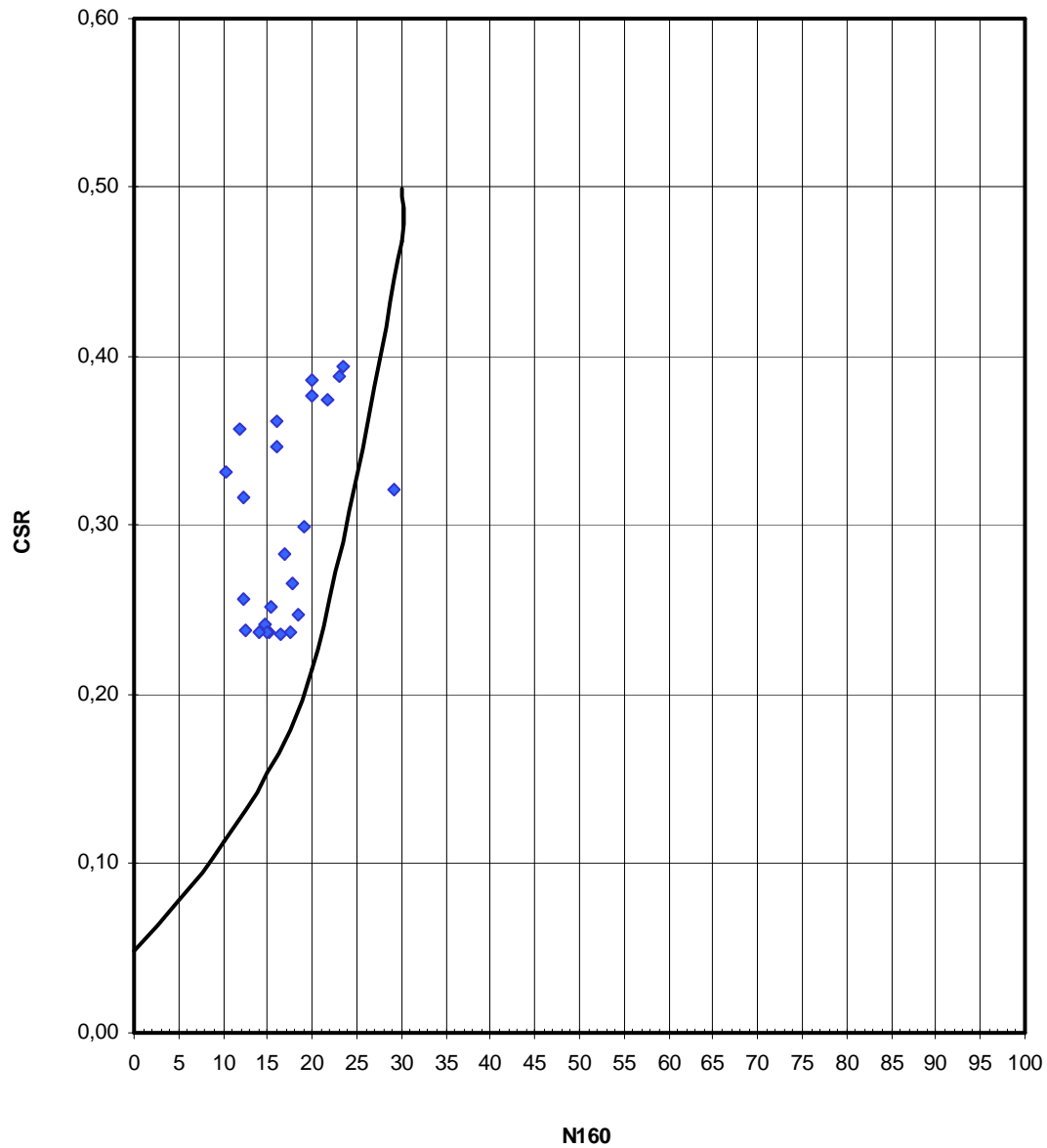
riepilogo-FS - OTS



OTS SPT 504



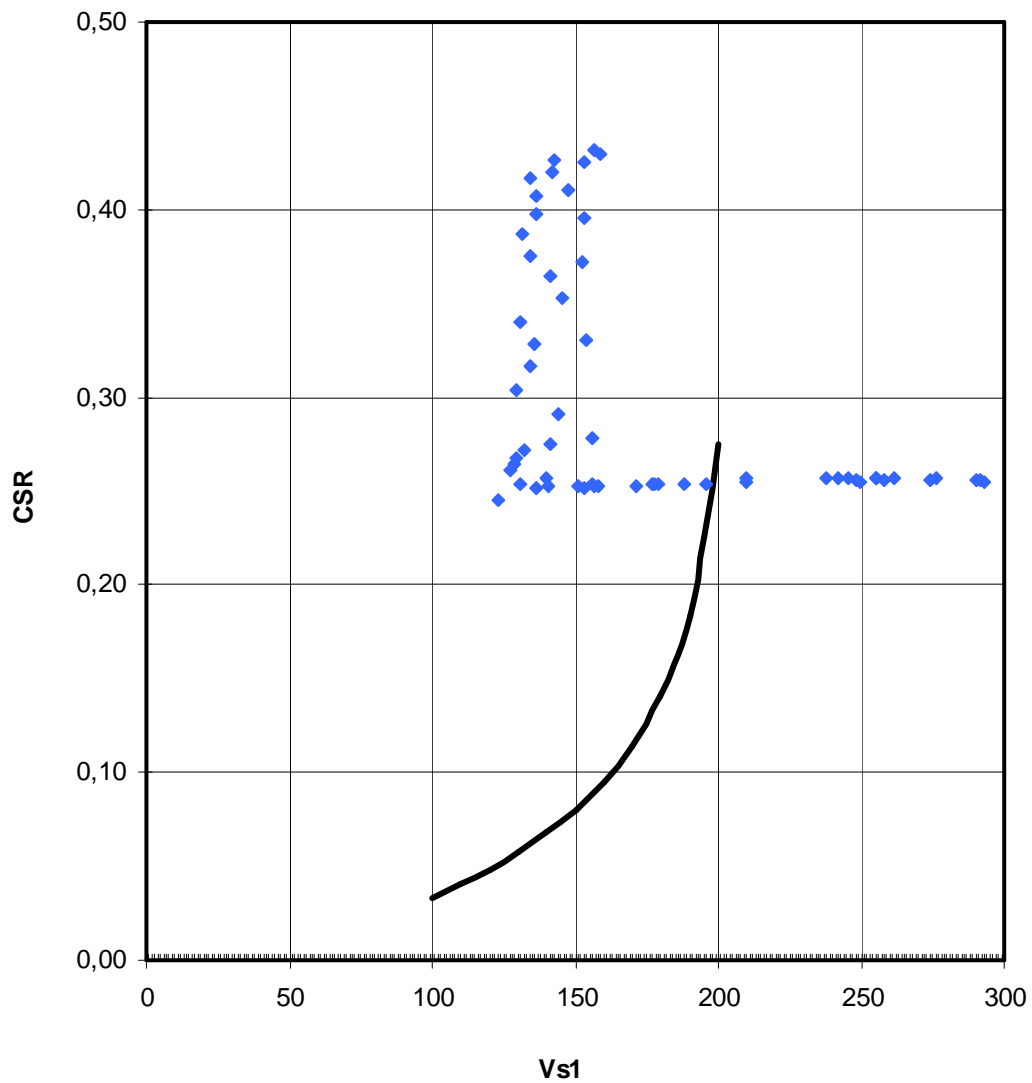
OTS SPT 503



 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

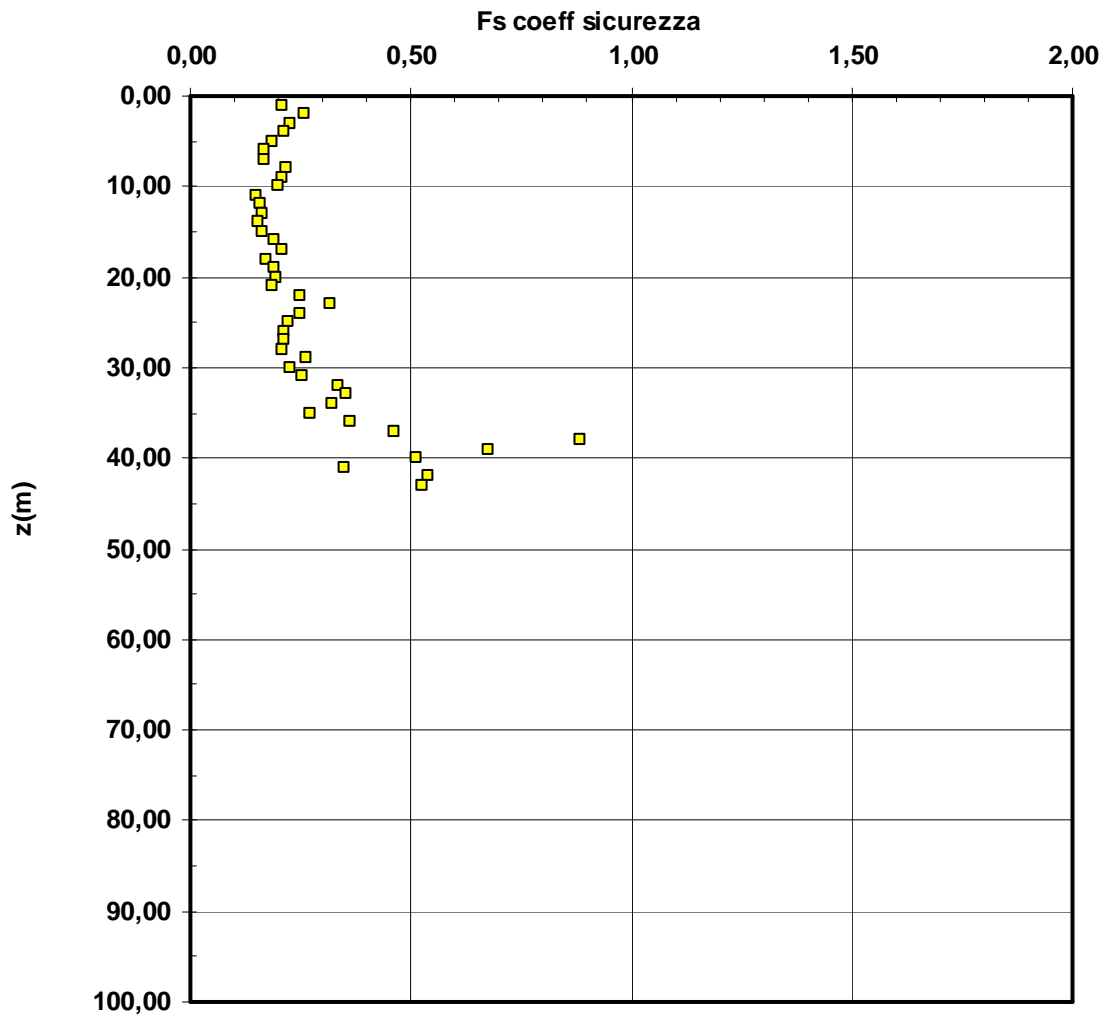
Verifica da Vs

**OPEA TERMINALE
 OTSCH1501
 Verifica con Vs**



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

riepilogo-FS - OPERA TERMINALE
Verifica con Vs

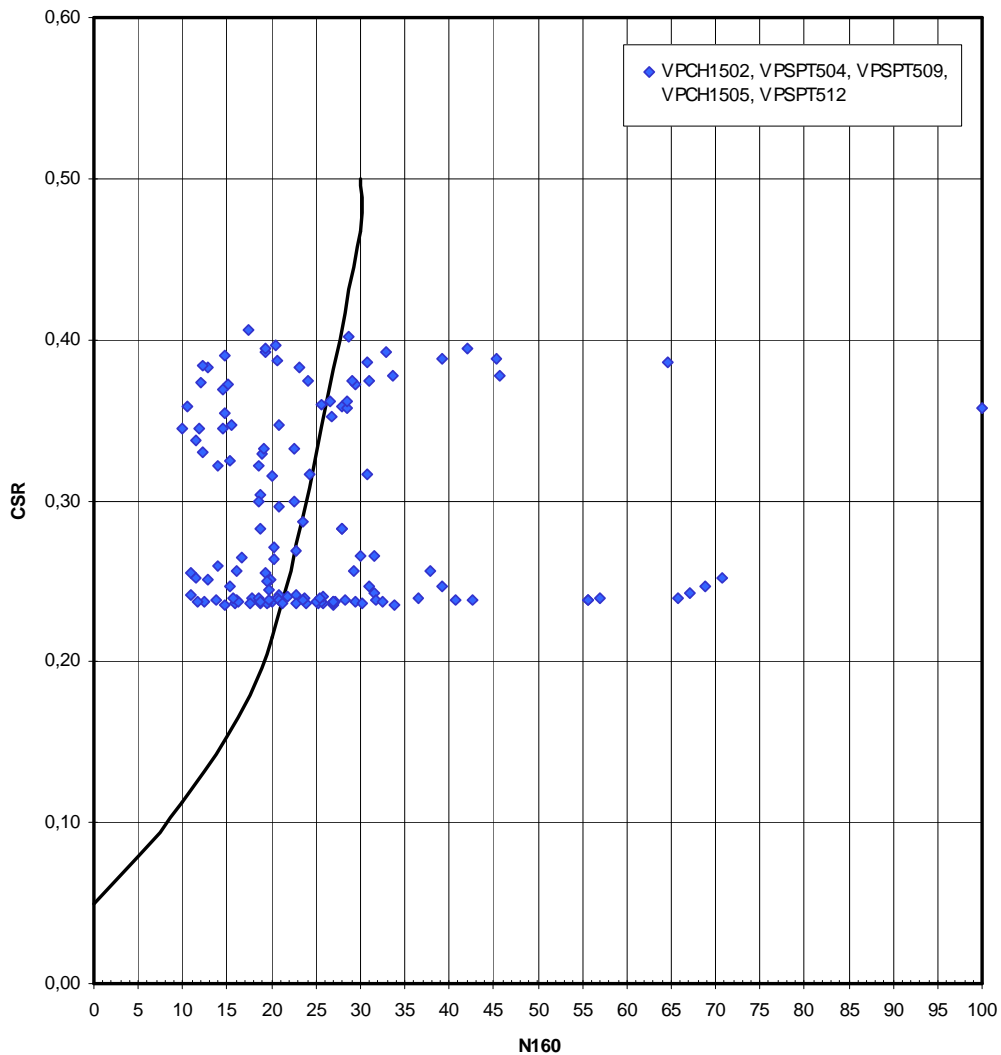


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

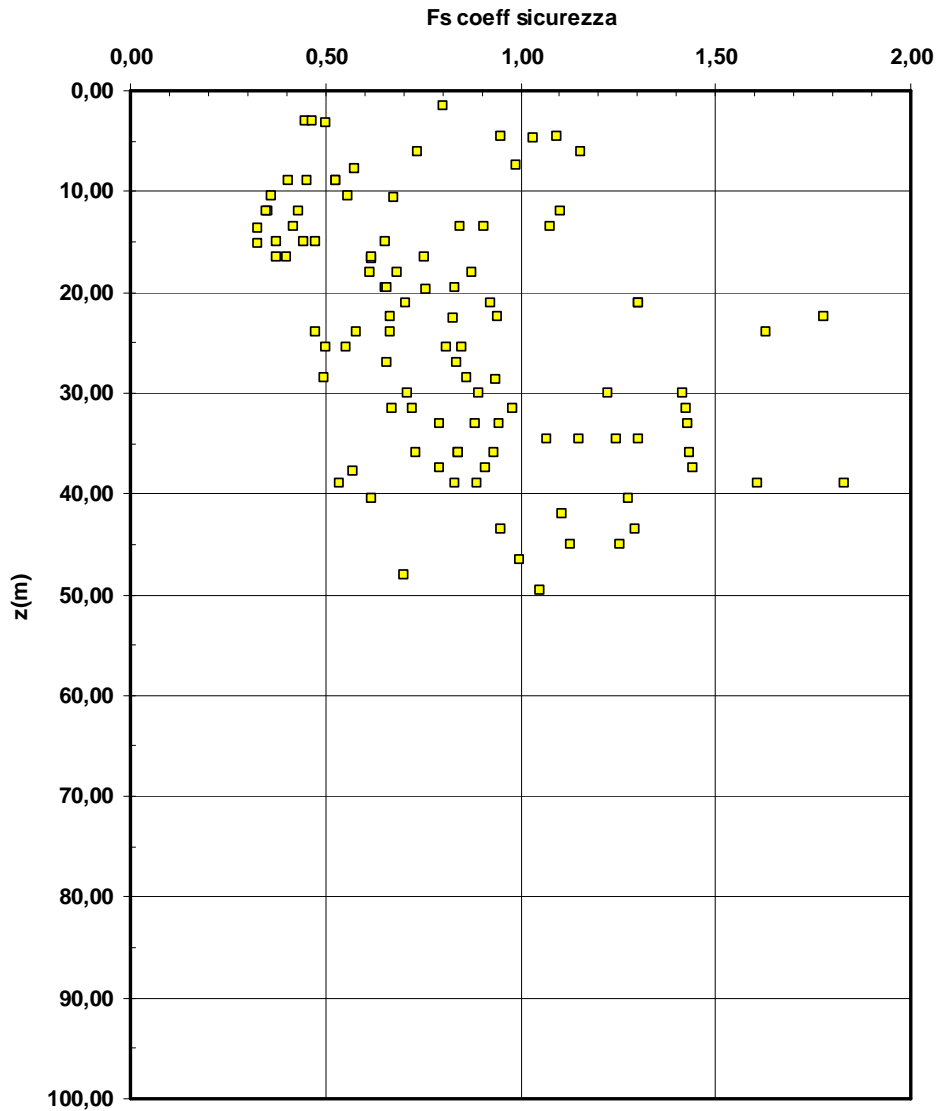
Viadotto Pantano

Verifica da prove SPT(z=0÷50m)

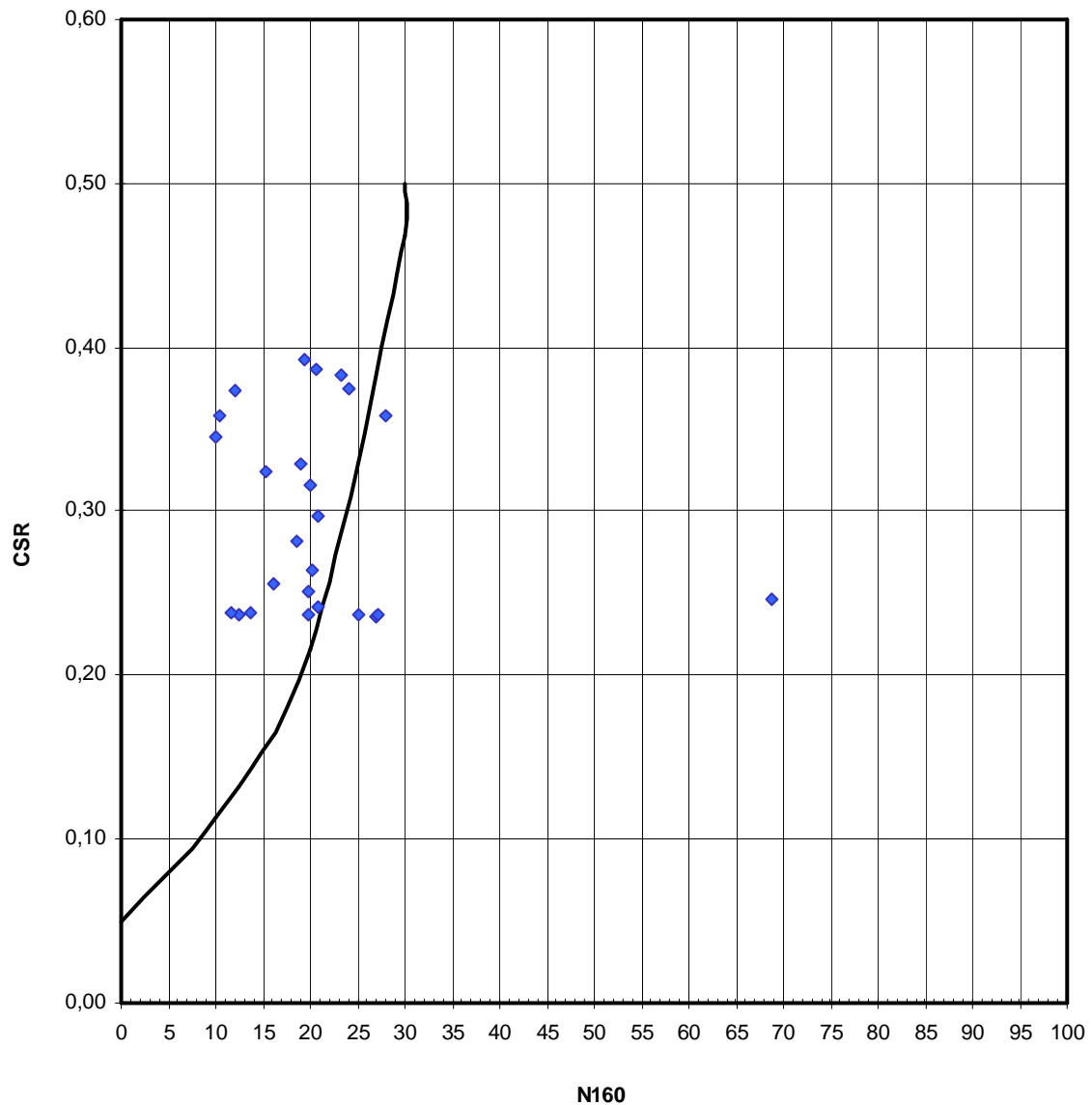
riepilogo-Viadotto Pantano



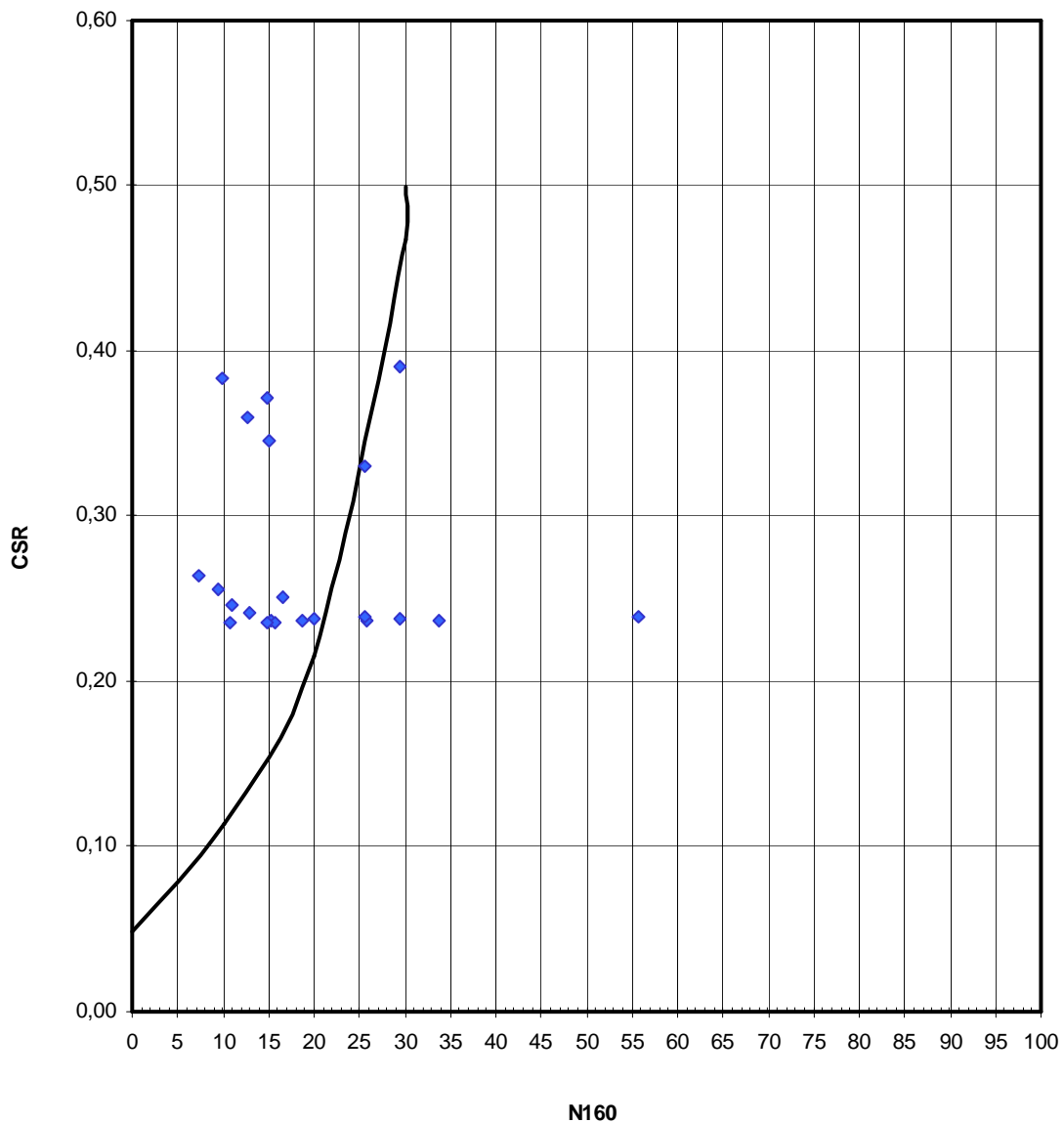
riepilogo-FS - Viadotto Pantano



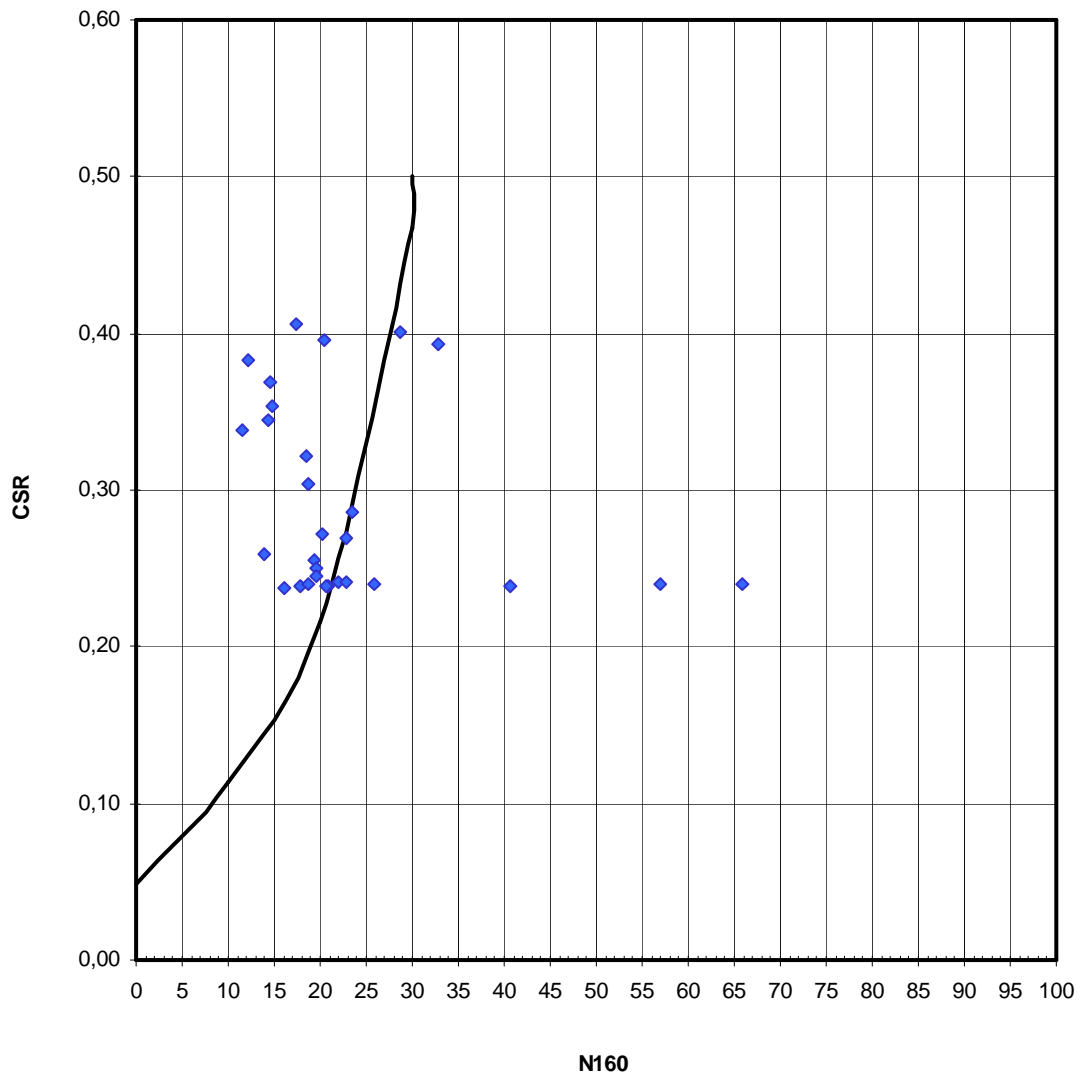
VP CH1 502



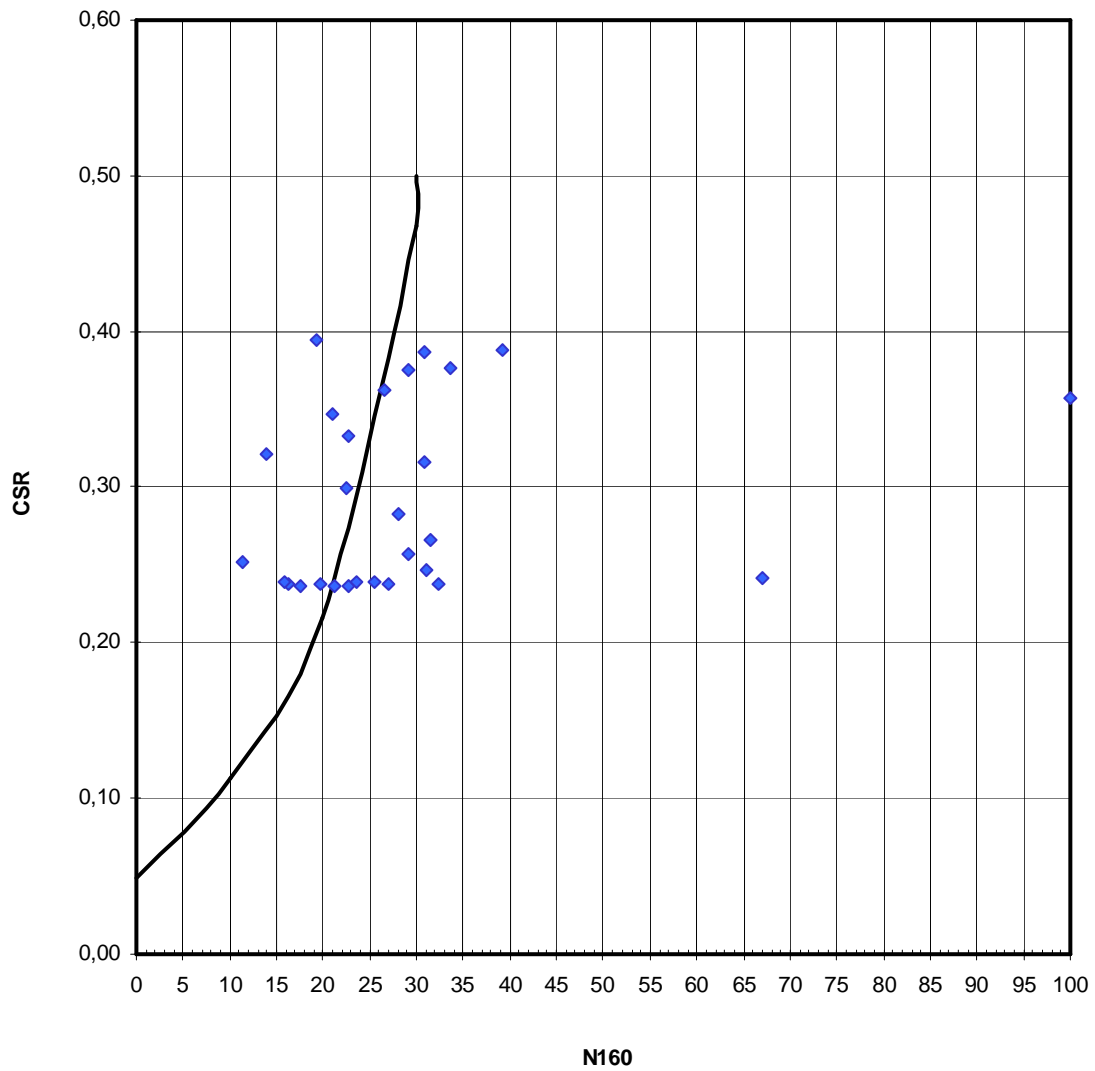
VP SPT 504



VP SPT 509



VP SPT 512



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

zona di fondazione della Torre:

sondaggio	IL	valore
SPT8-FS	molto basso	0
BH4-FS	molto basso	0
BH3-FS	basso	0
FS LPT1 503	basso	2
FS SPT 501	molto basso	0

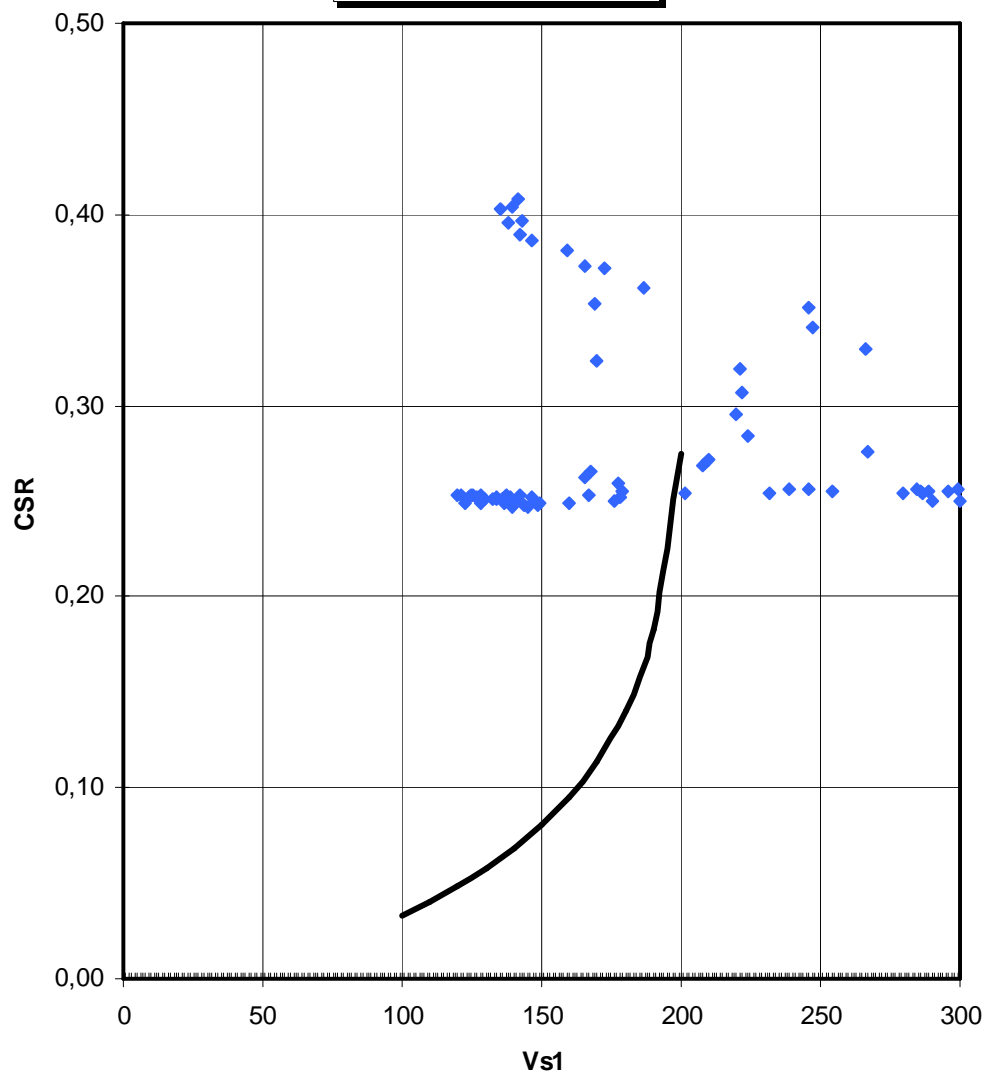
zona Viadotto Pantano:

sondaggio	IL	valore
VP CH1 502	molto alto	20
VP SPT 504	alto	12
VP SPT 509	molto alto	19

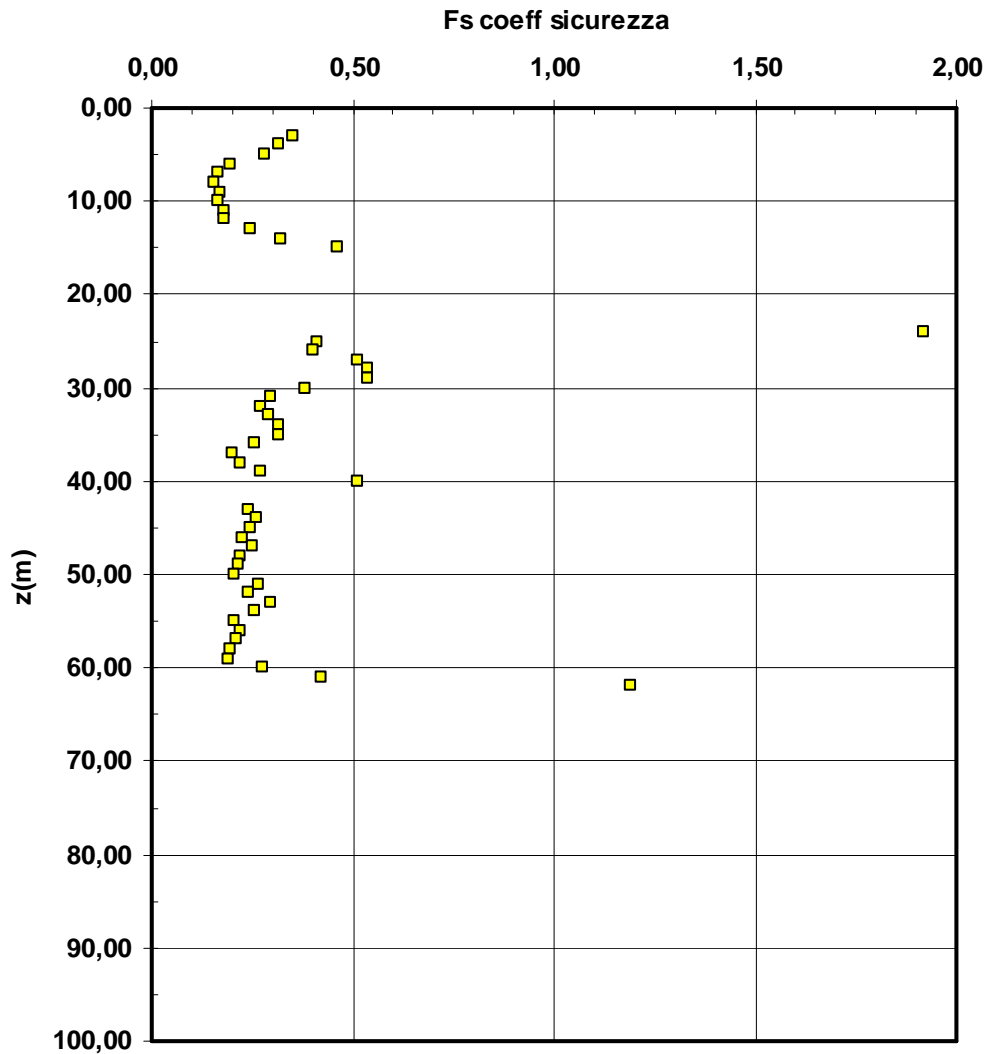
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Verifica da Vs (z=0÷100m)

Viadotto Pantano
VPCH1502
Verifica con Vs



riepilogo-FS - Viadotto pantano
Verifica con Vs



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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 dagli specifici Progettisti (es: CG1000-P-CL-D-P-ST-F3-TO-00-00-01_A-01).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<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>tanβ</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> SB0057_F0_2	<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; $L/H = 5$		
<p>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.</p> <p>(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)</p>						

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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	$\beta < 1/500$	$1 \text{ cm} < w < 5 \text{ cm}$	Compreso tra non visibile e leggero
2	$1/500 < \beta < 1/200$	$1 \text{ cm} < w < 5 \text{ cm}$	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> SB0057_F0_2	<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:

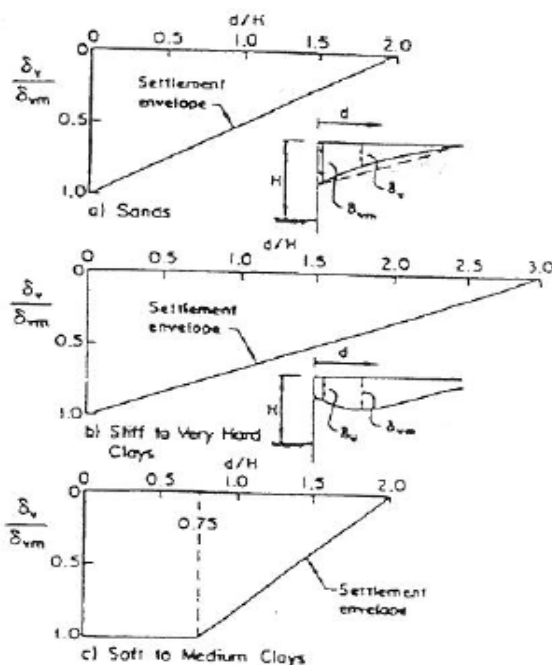
- 1) la funzionalità e la sicurezza globale dell'opera;
- 2) la sicurezza e la funzionalità dei manufatti adiacenti anche in relazione alla modifica delle pressioni interstiziali nel sottosuolo;
- 3) in condizioni sismiche anche con il massimo valore che l'opera può sopportare senza subire una riduzione 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> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5 ALLEGATI

5.1 SABBIE E GHIAIE DI MESSINA

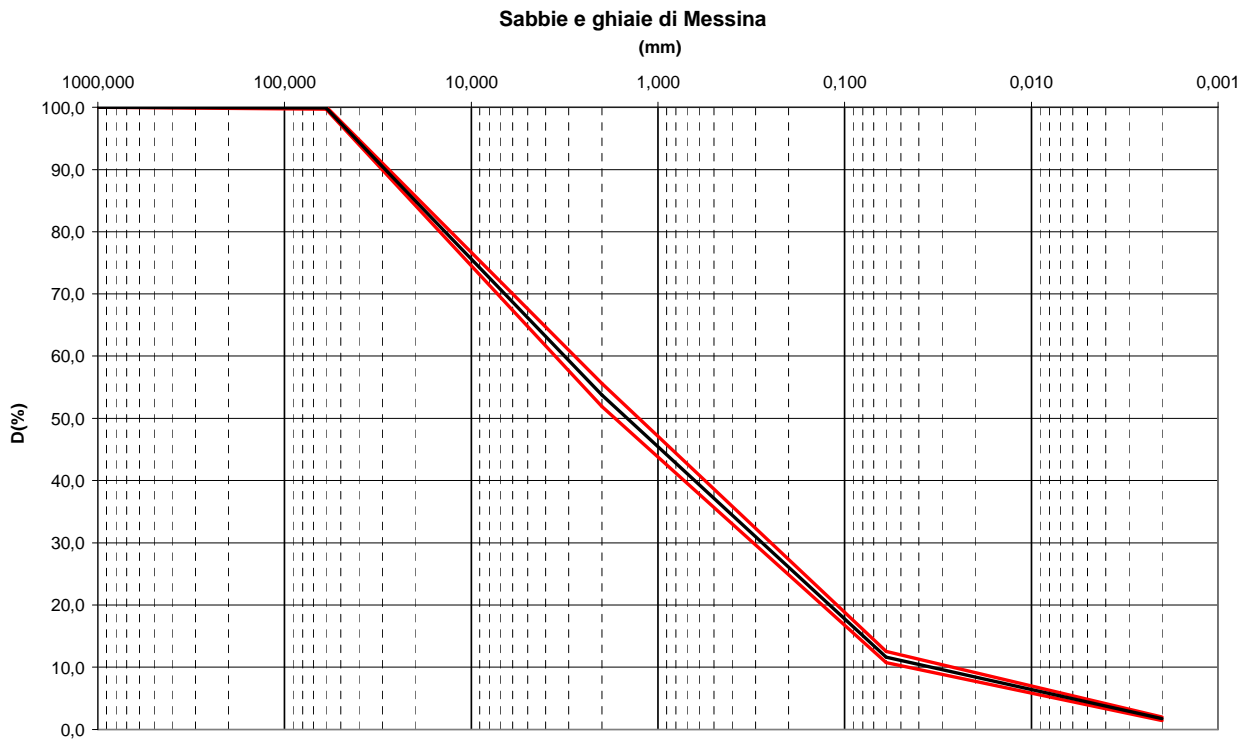


Figura 42

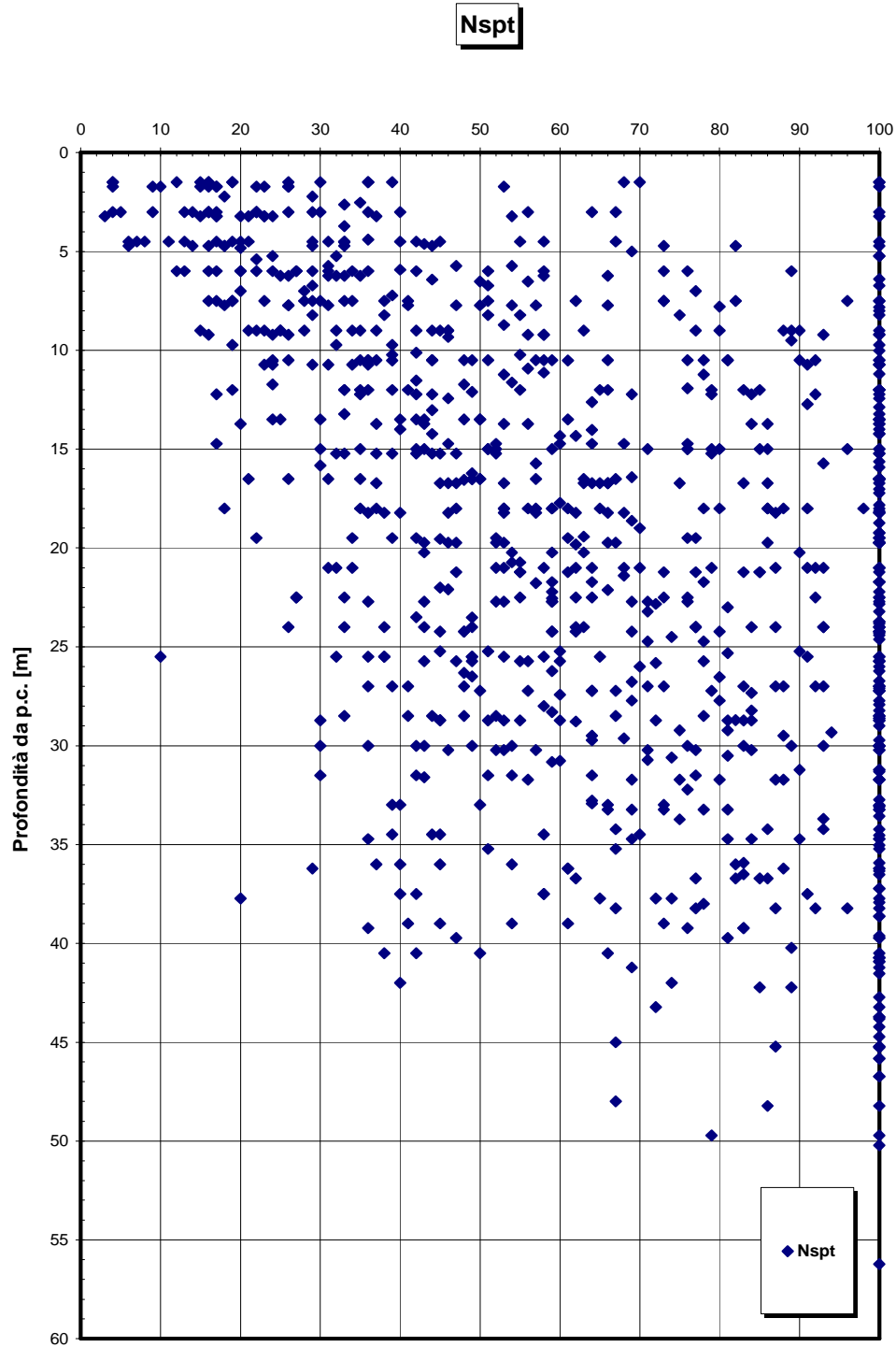


Figura 43

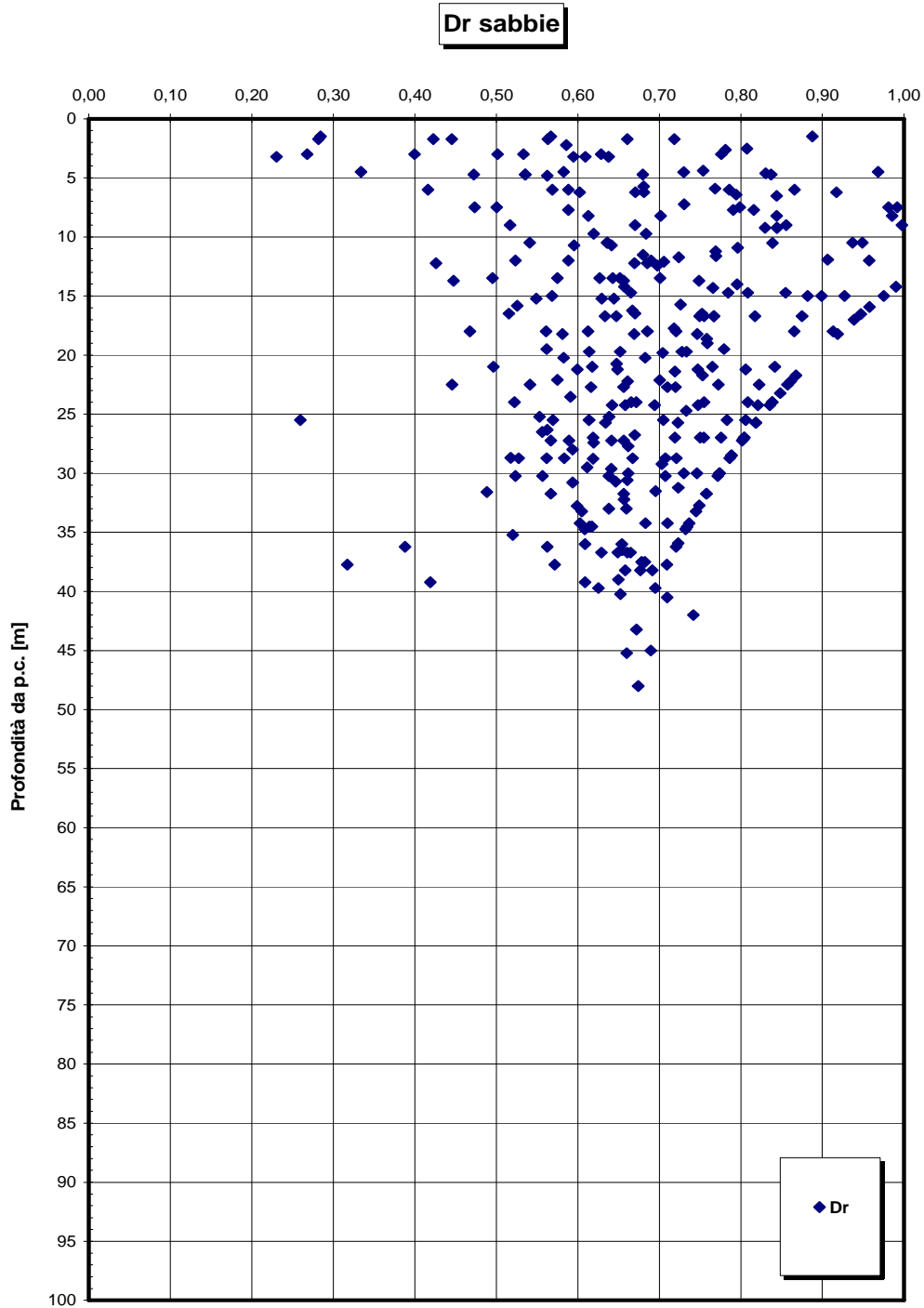


Figura 44

Dr sabbie e ghiaie

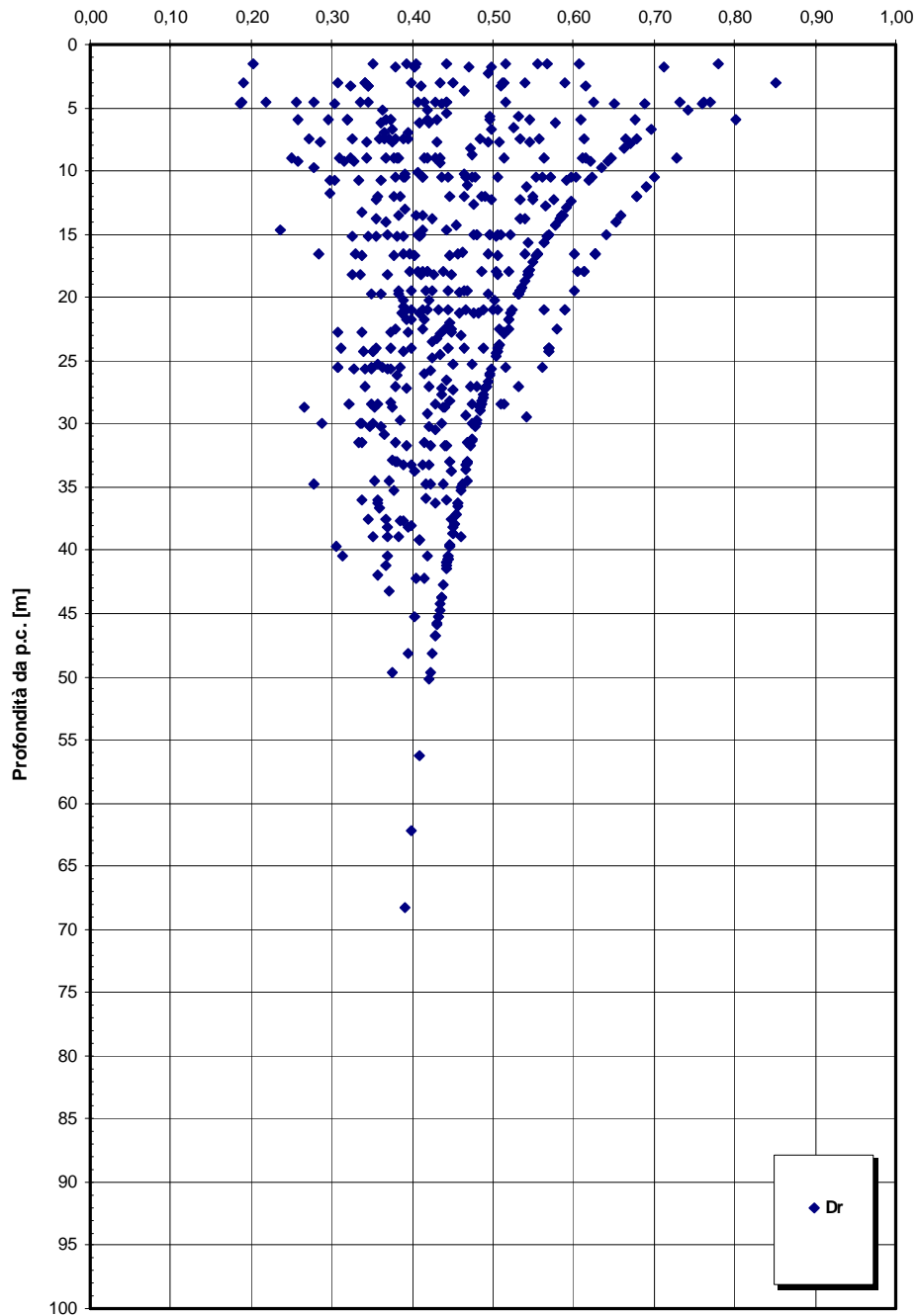


Figura 45

eo

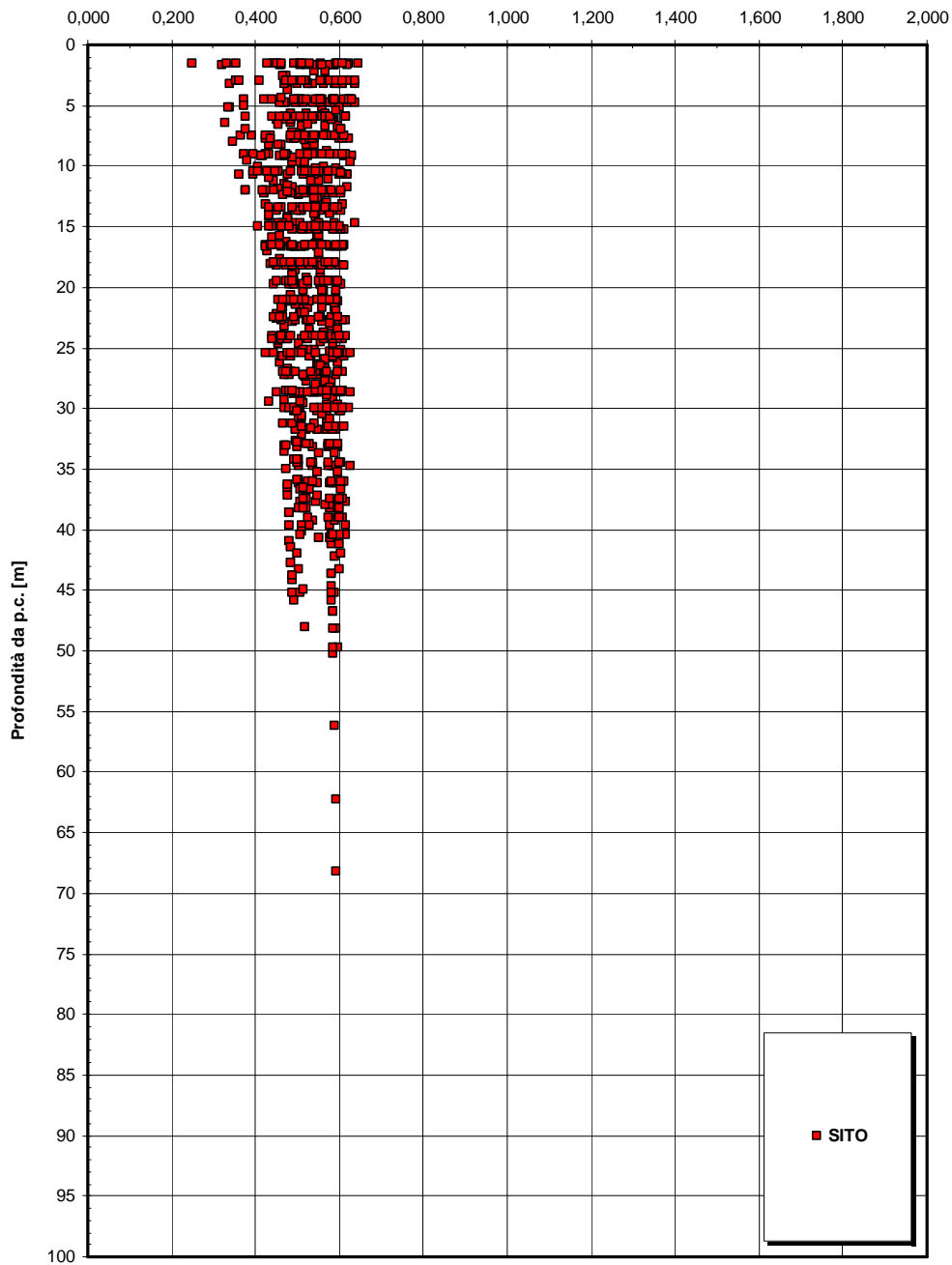


Figura 46

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

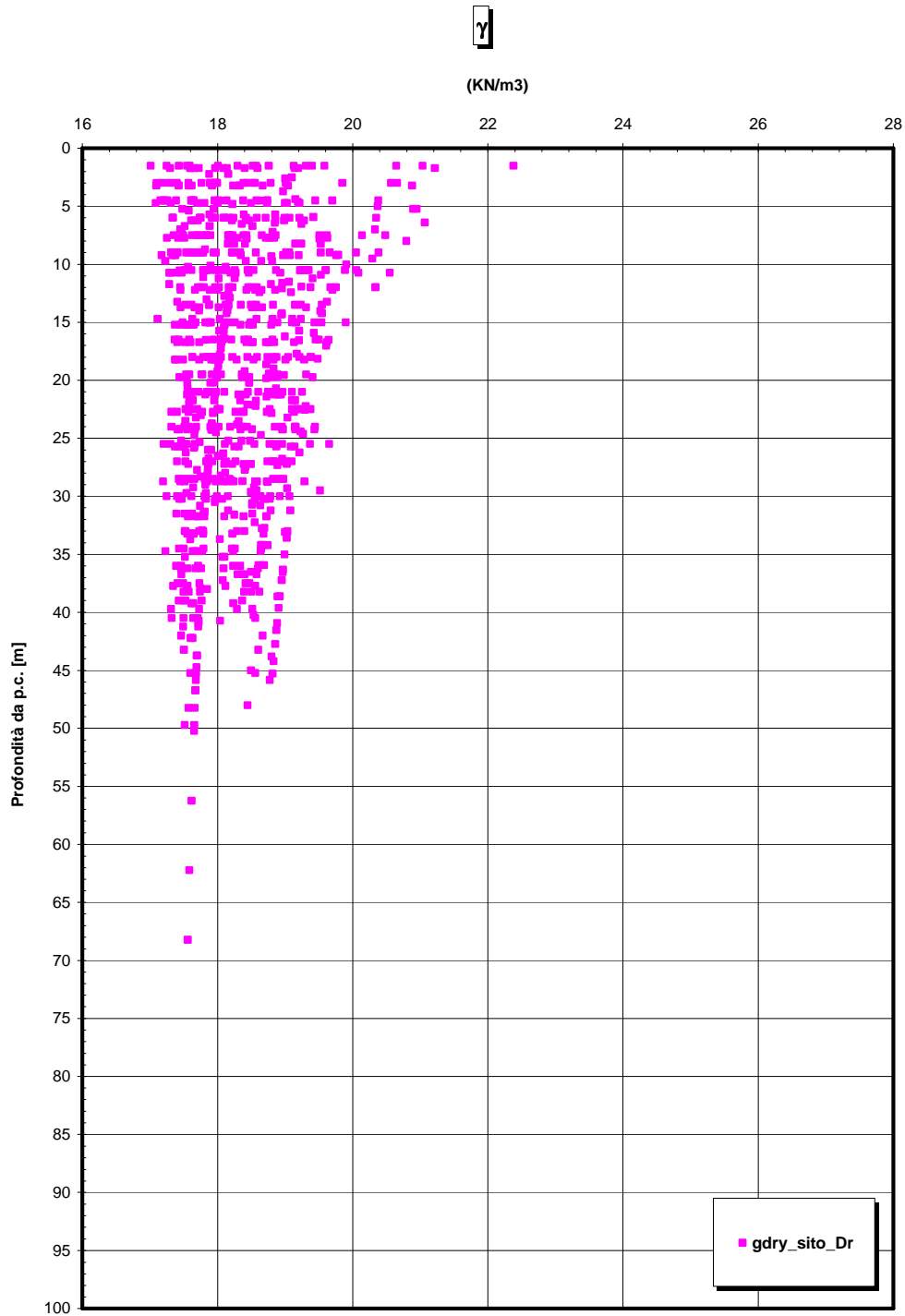


Figura 47

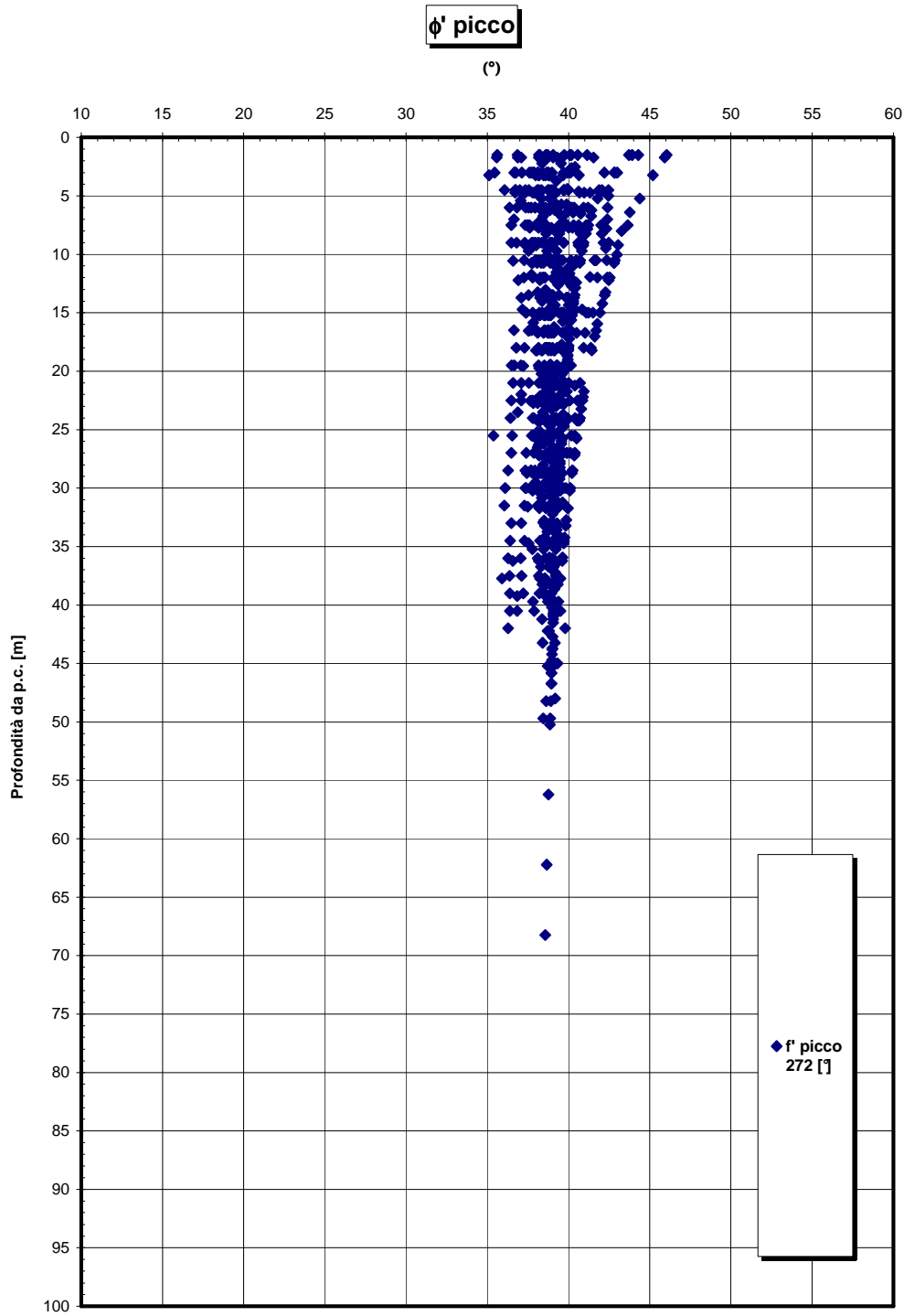


Figura 48

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

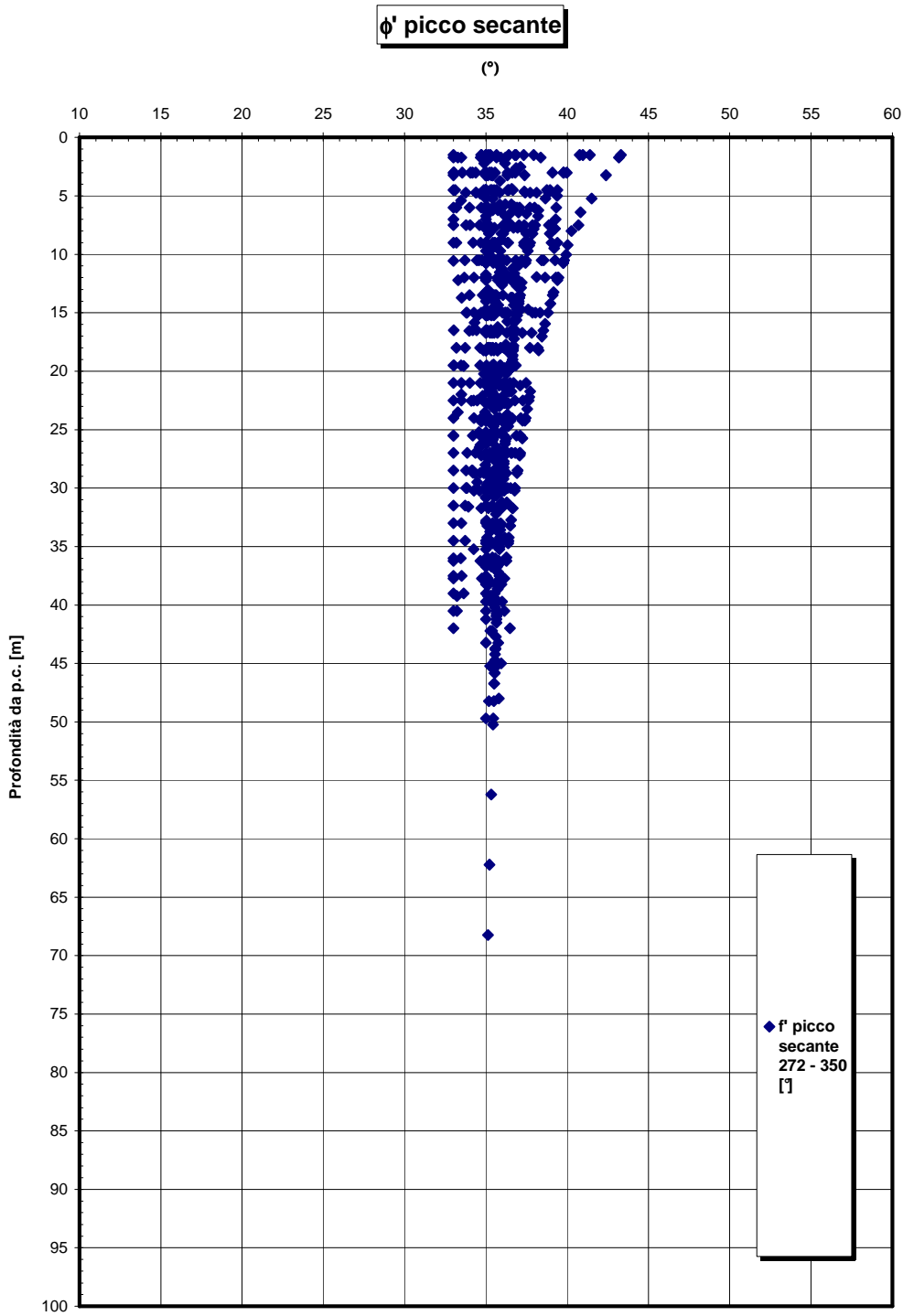


Figura 49

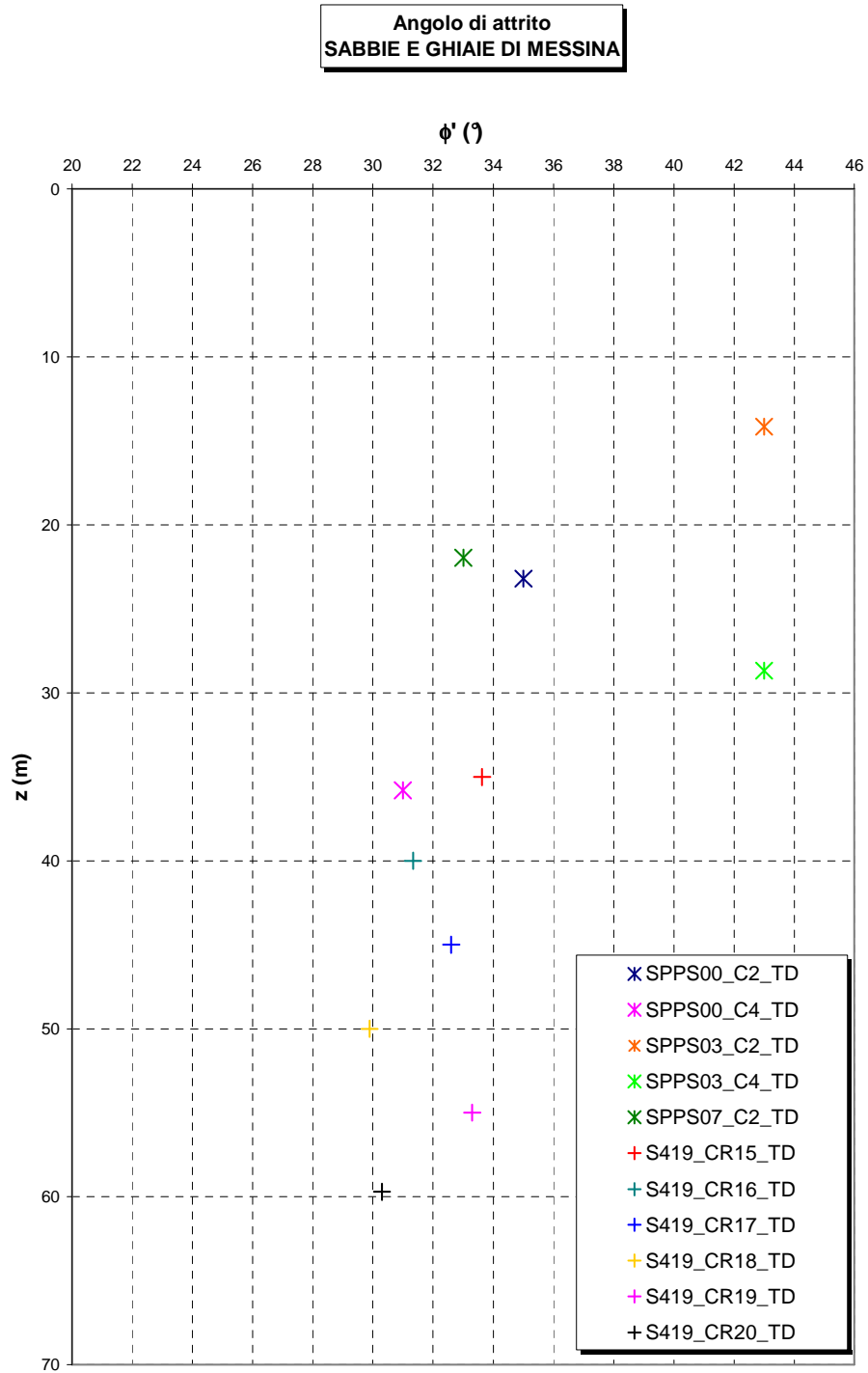


Figura 50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

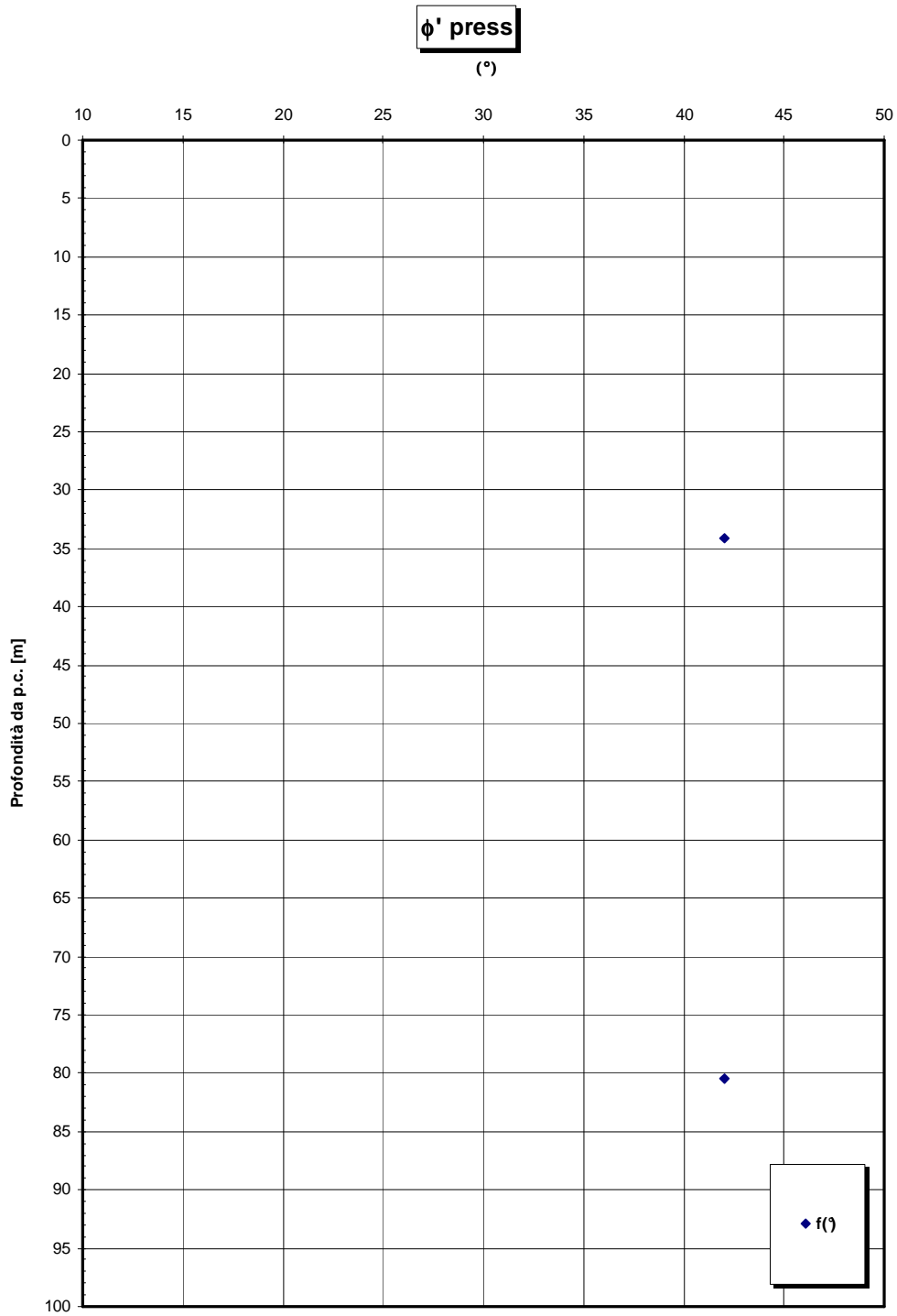


Figura 51

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

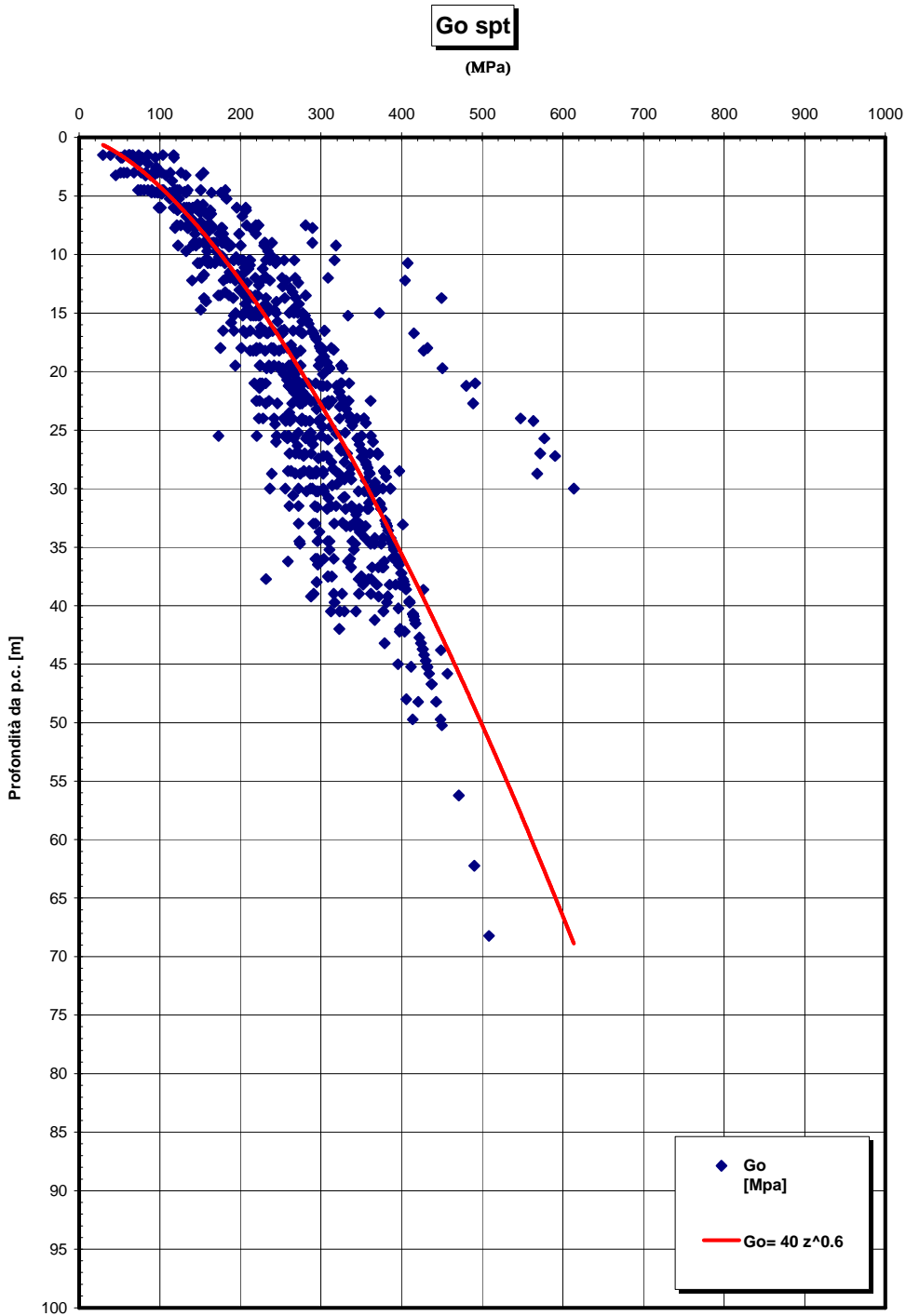


Figura 52

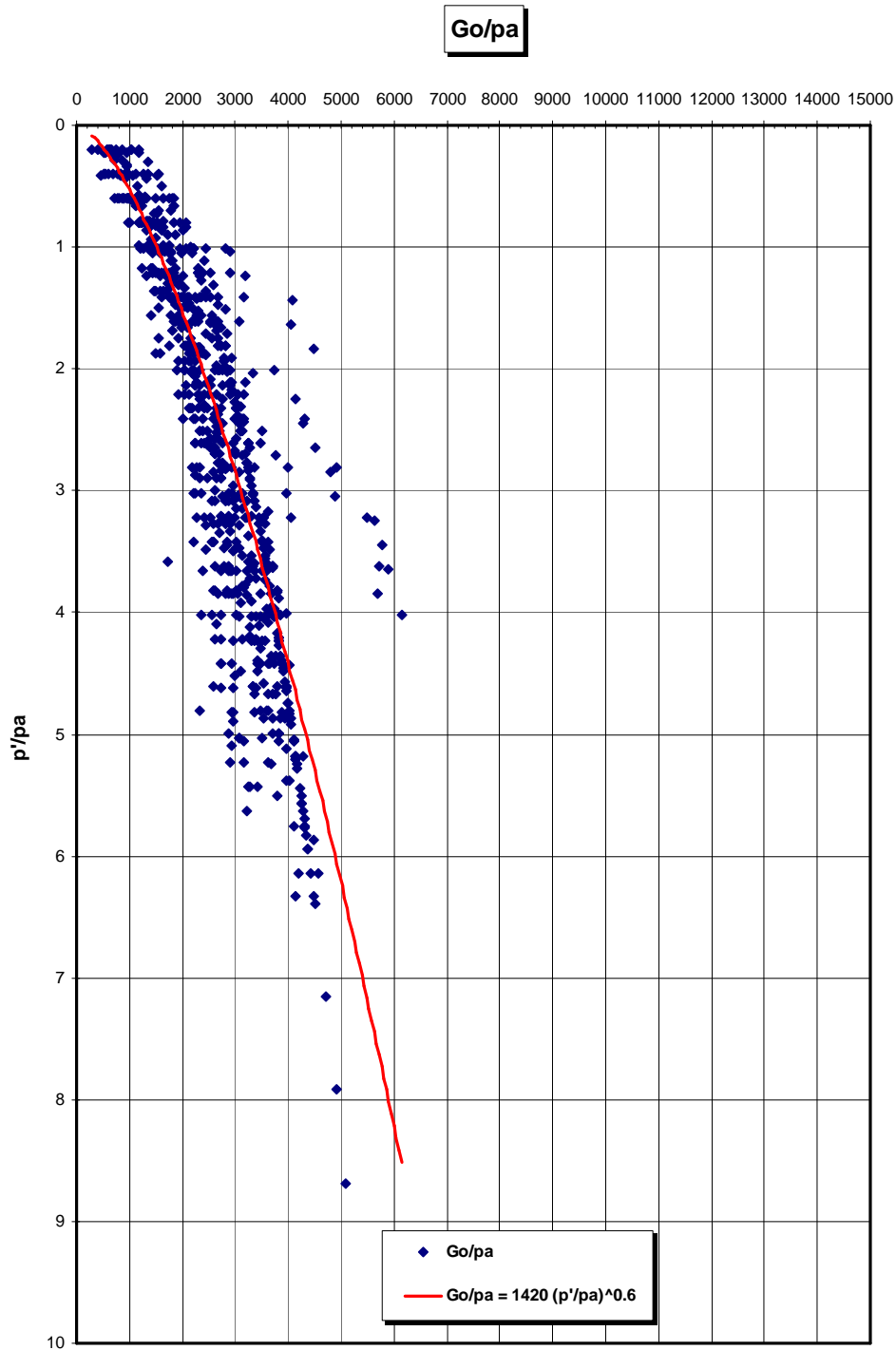


Figura 53

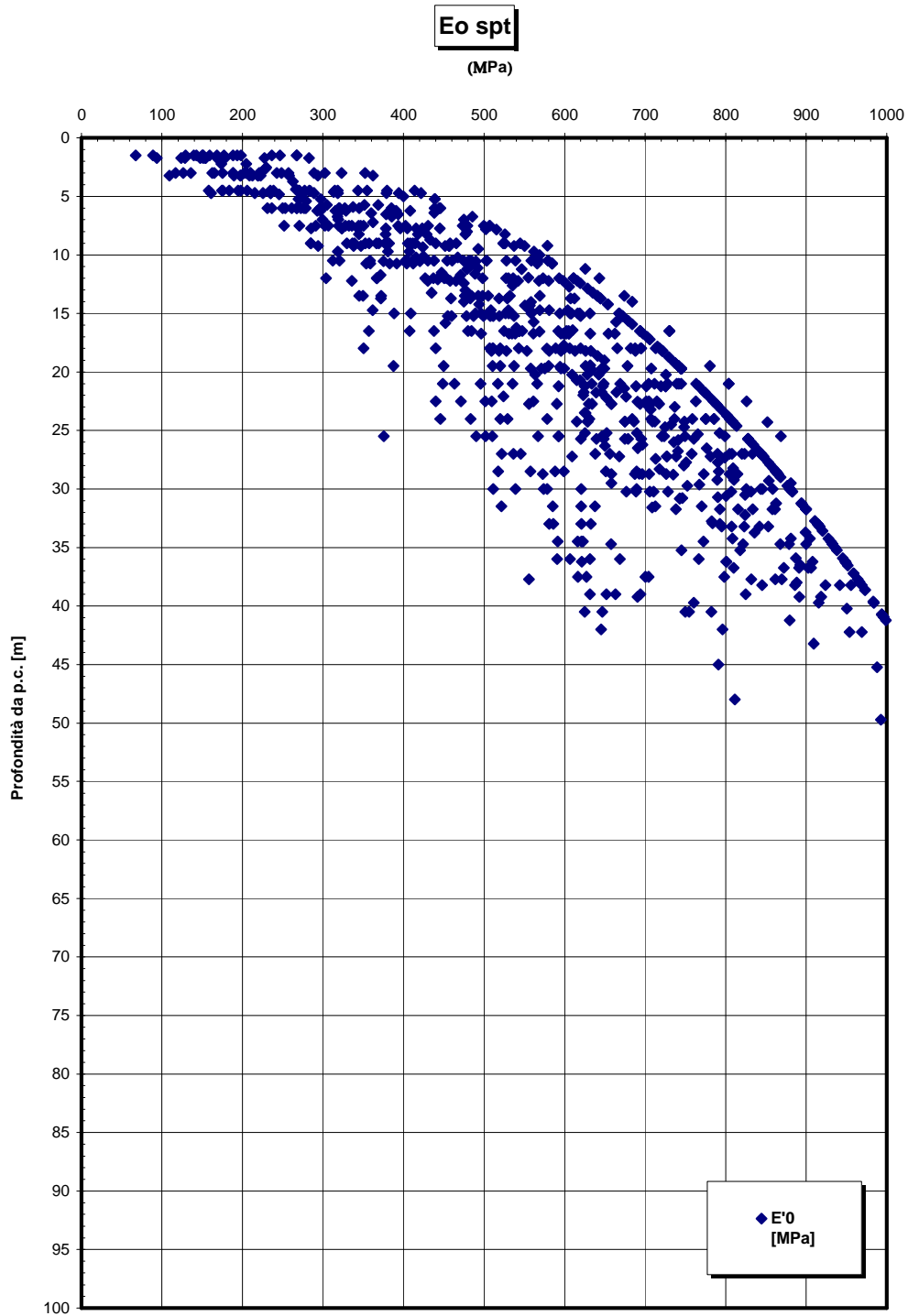


Figura 54

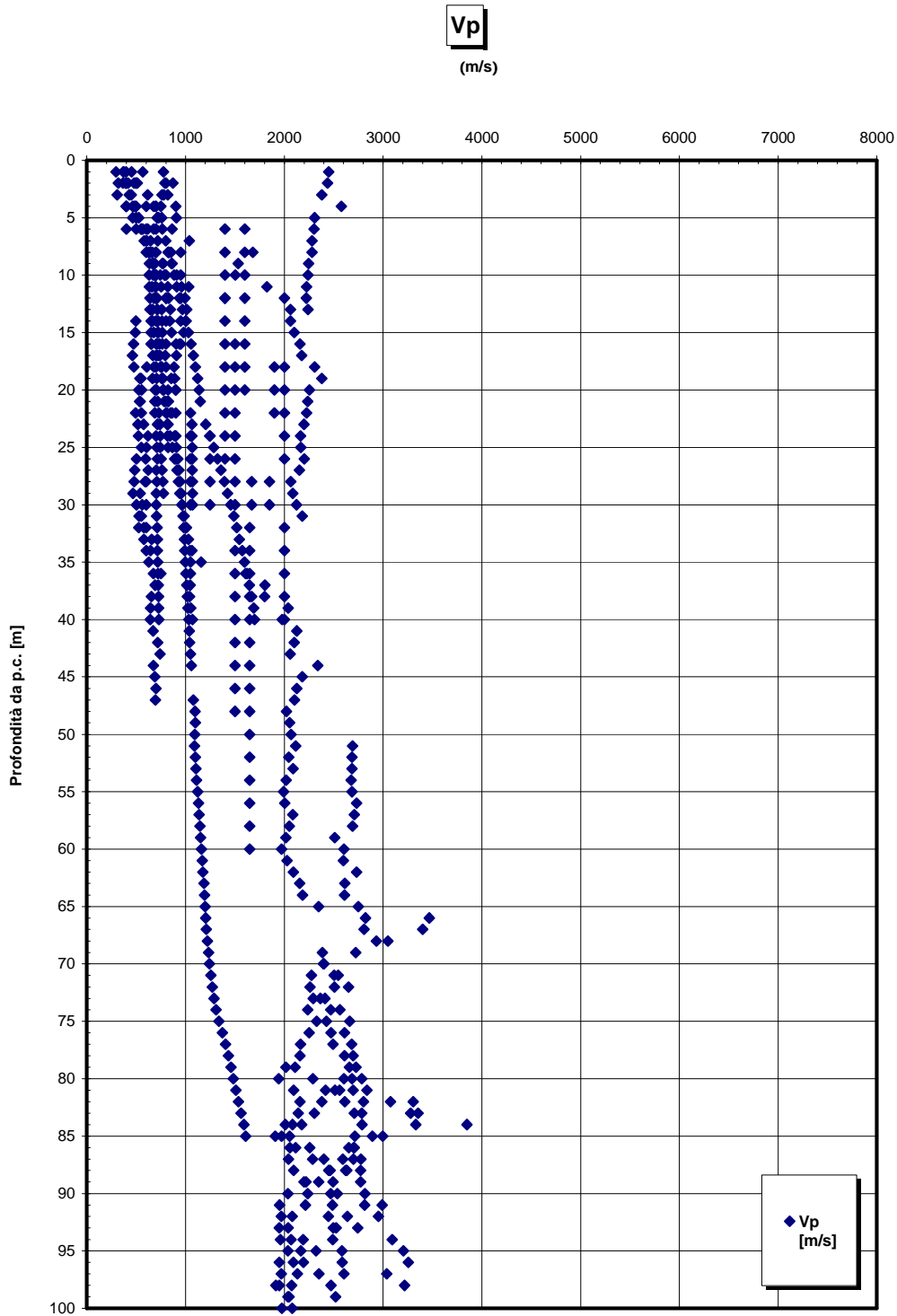


Figura 55

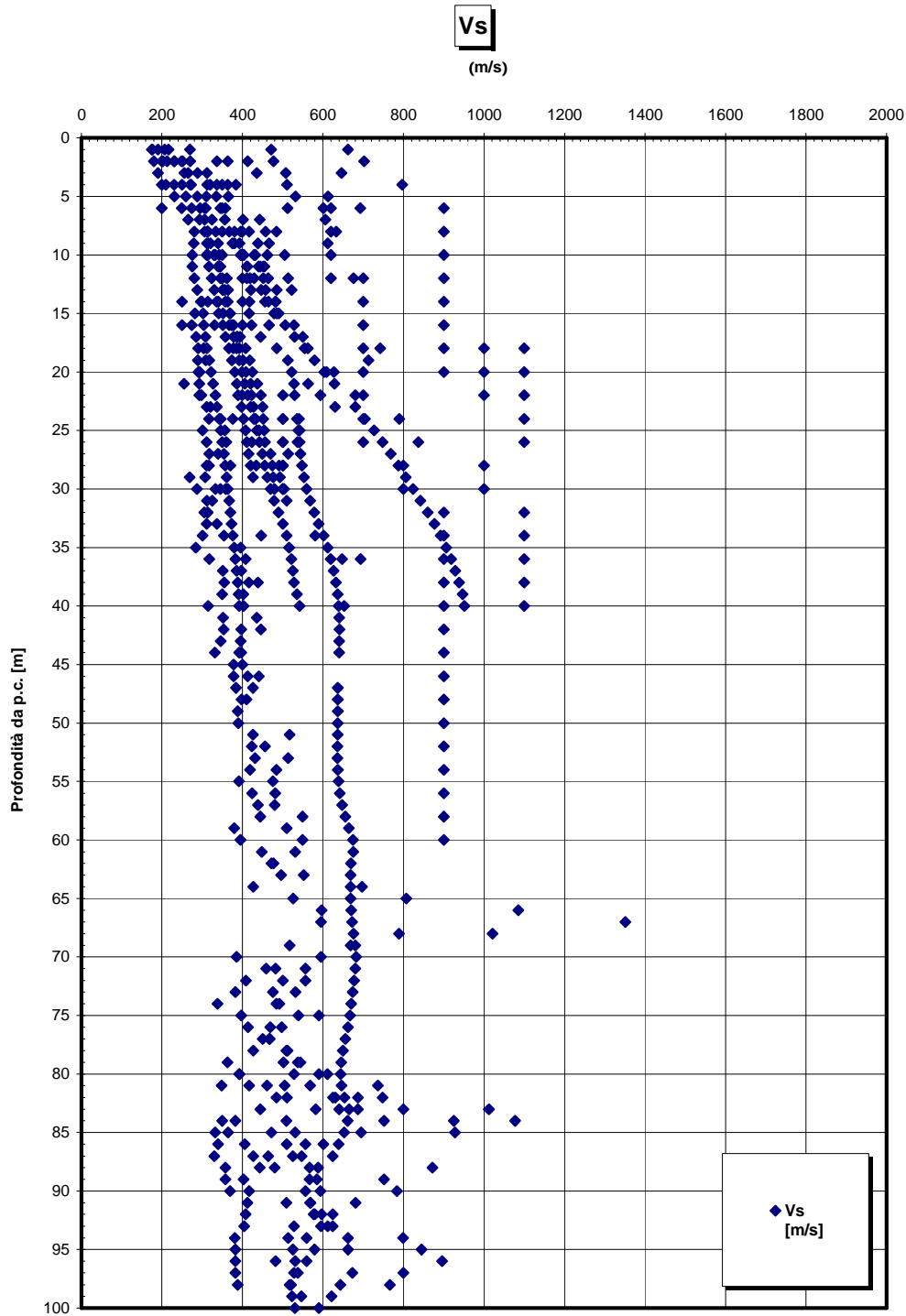


Figura 56

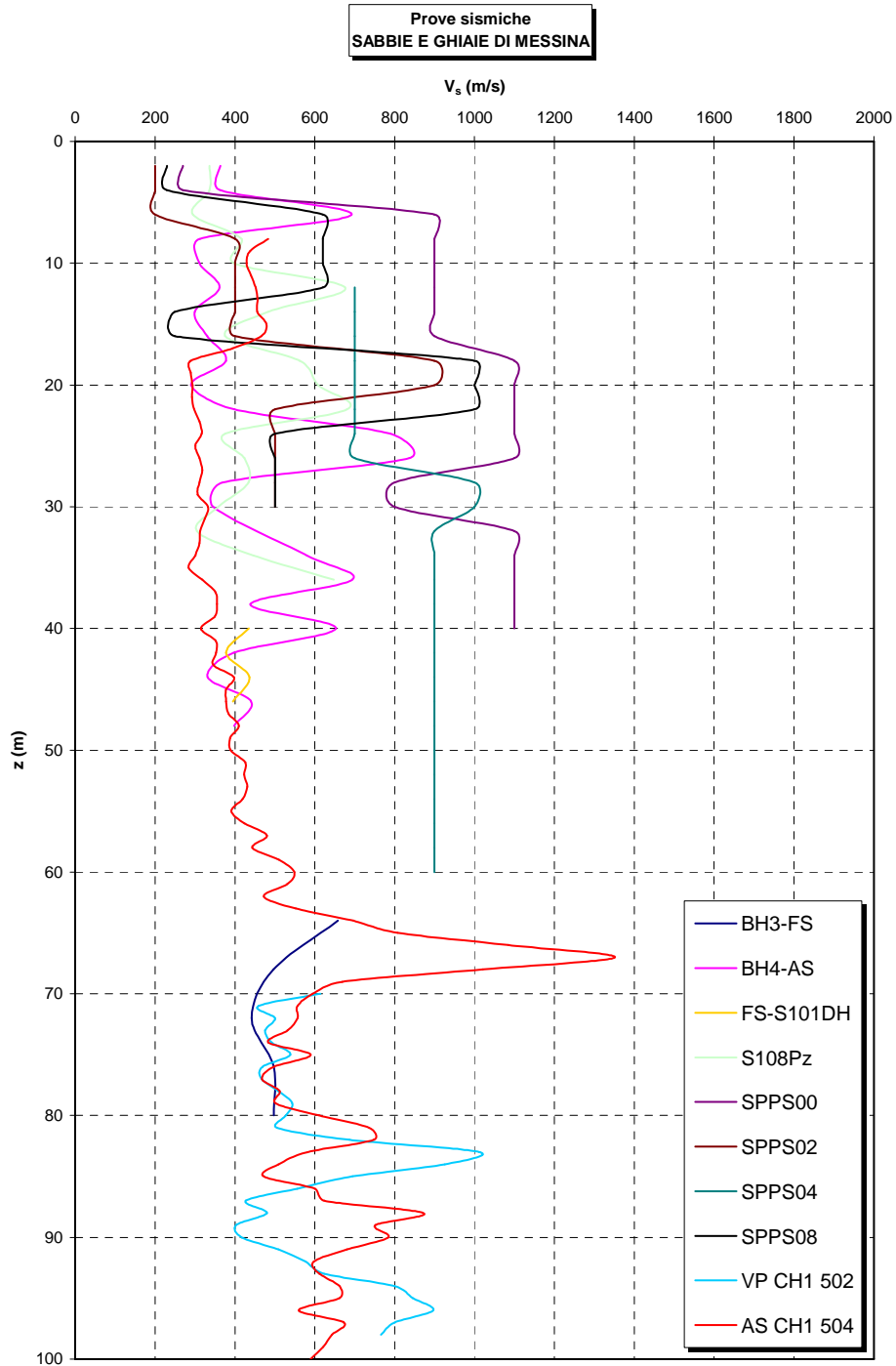


Figura 57

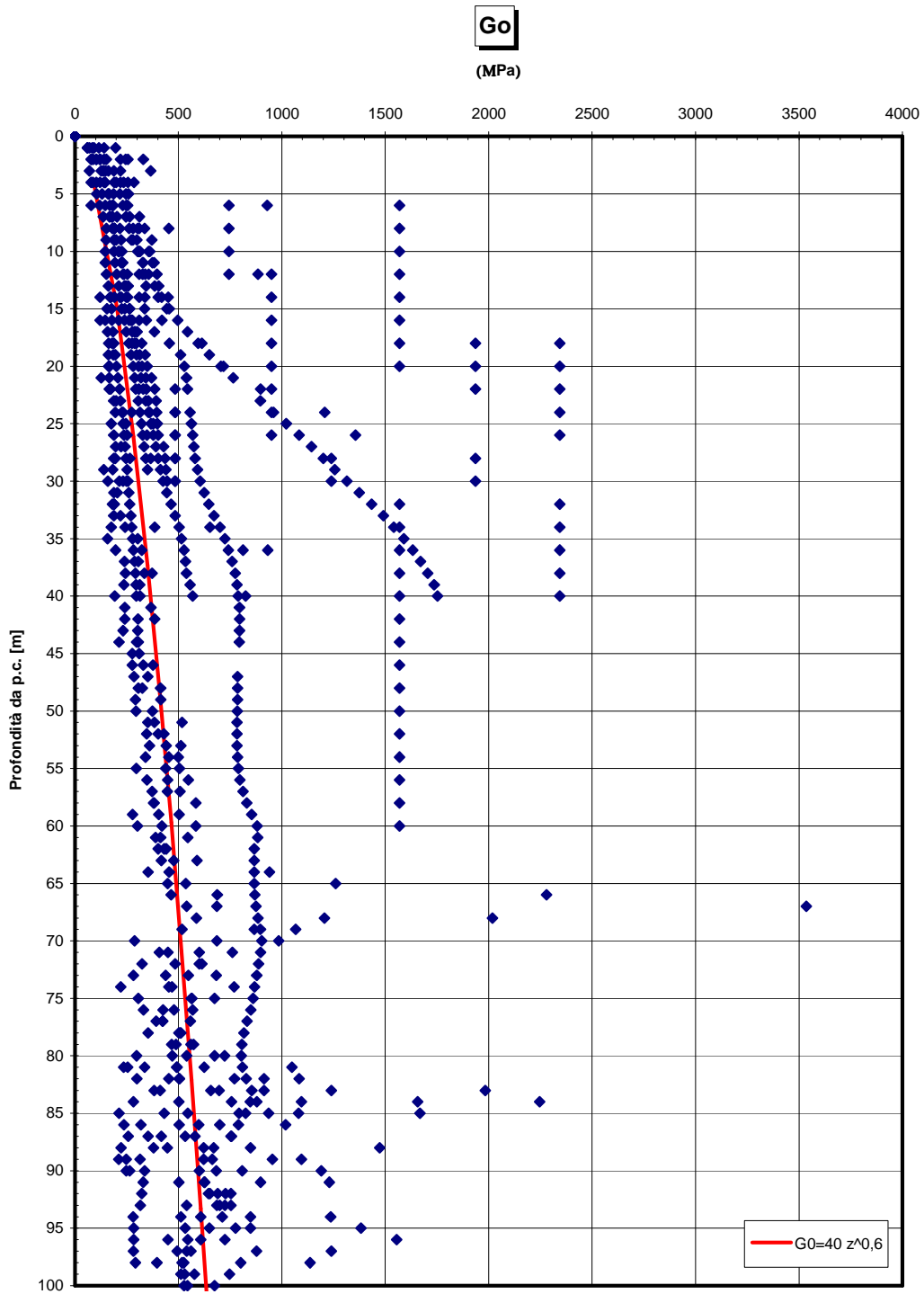


Figura 58

Go/pa

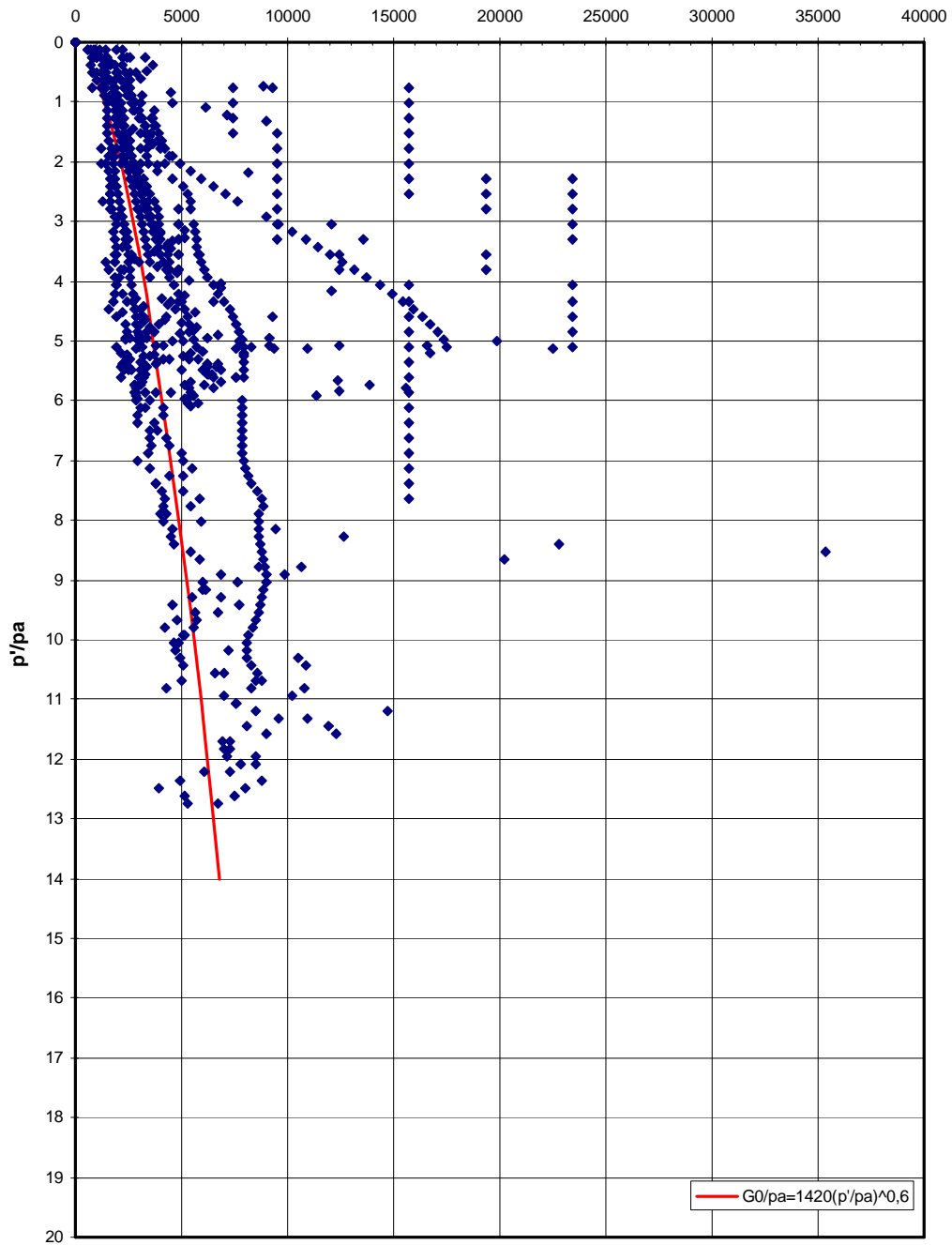


Figura 59

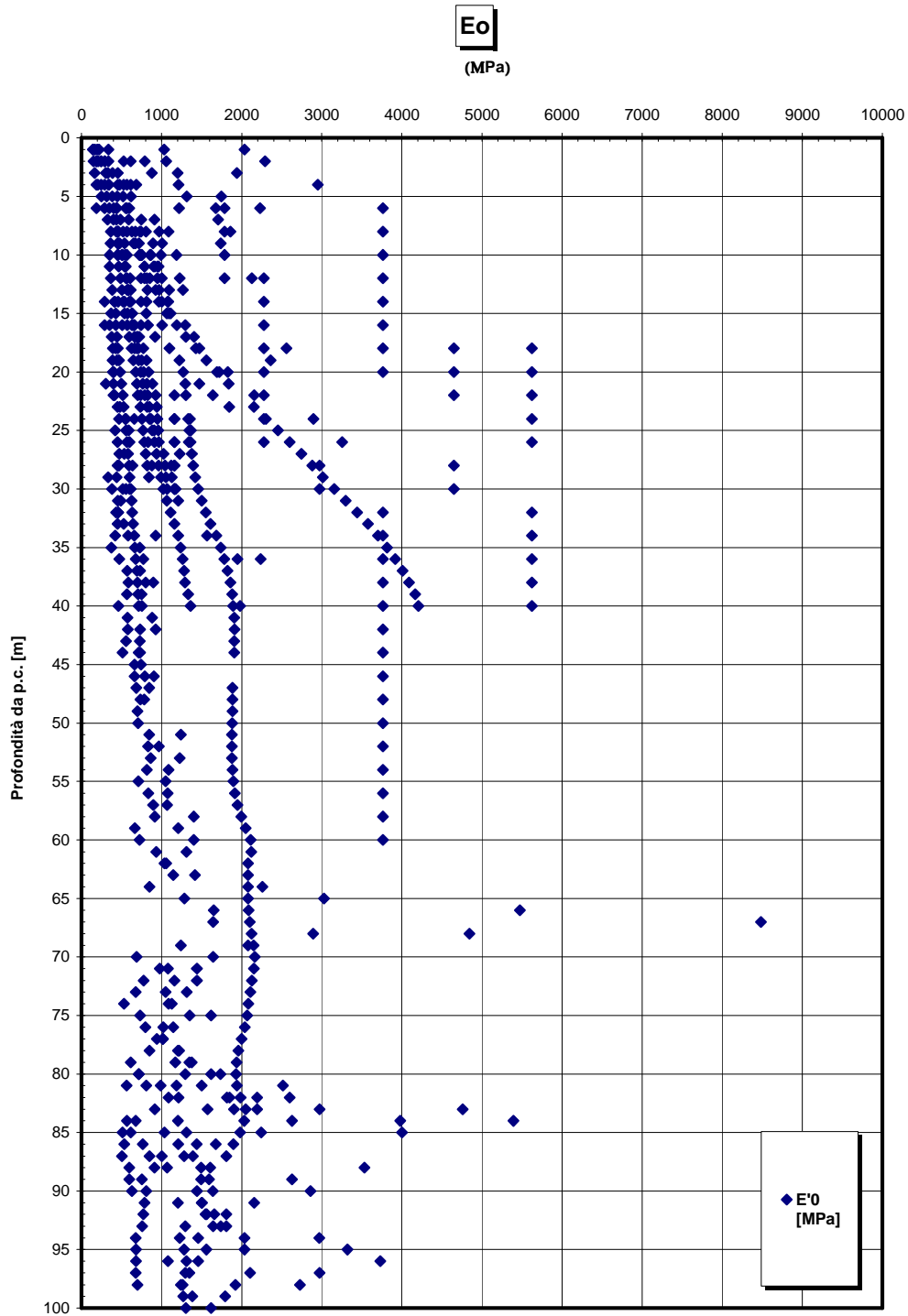


Figura 60

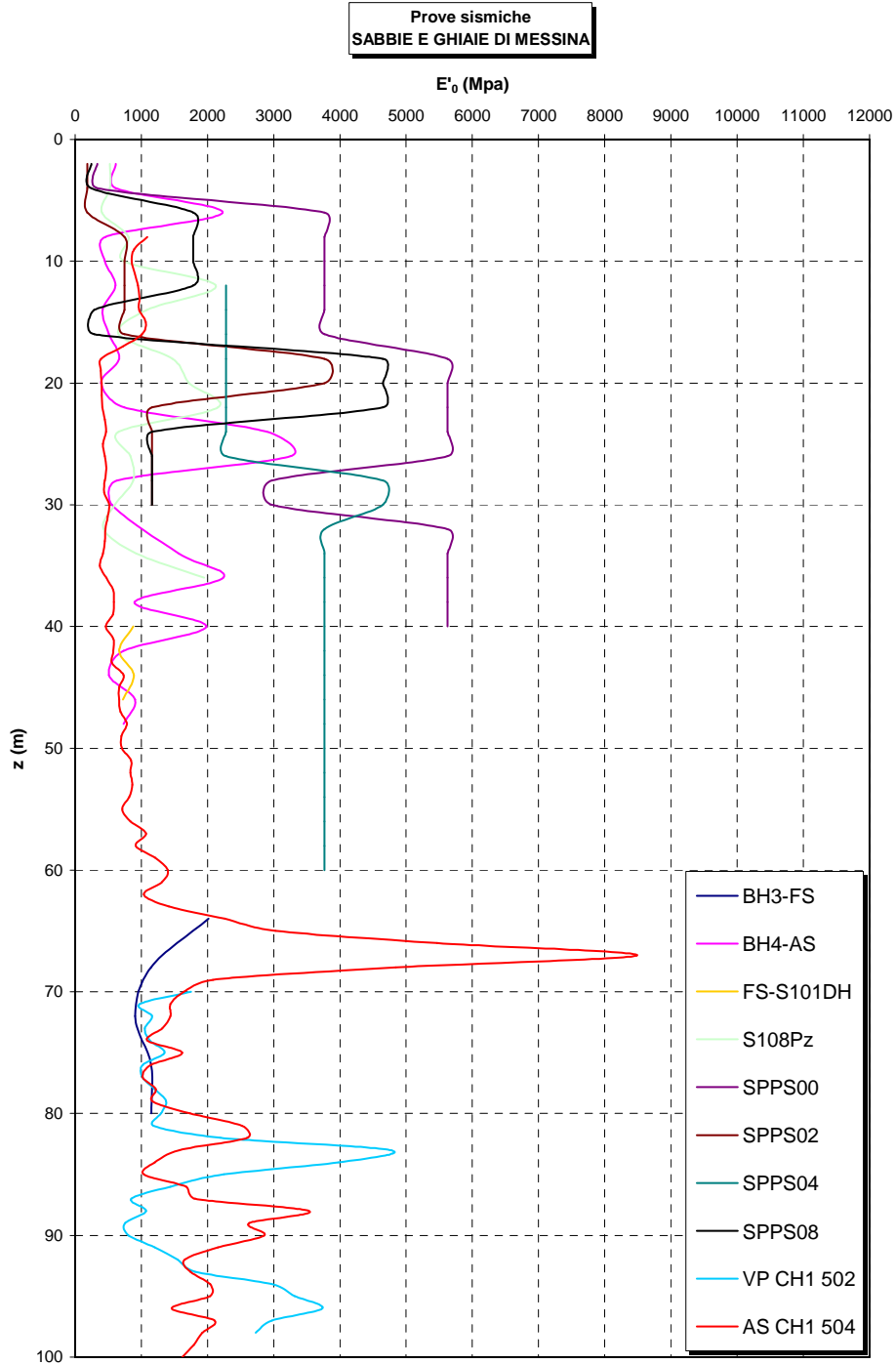


Figura 61

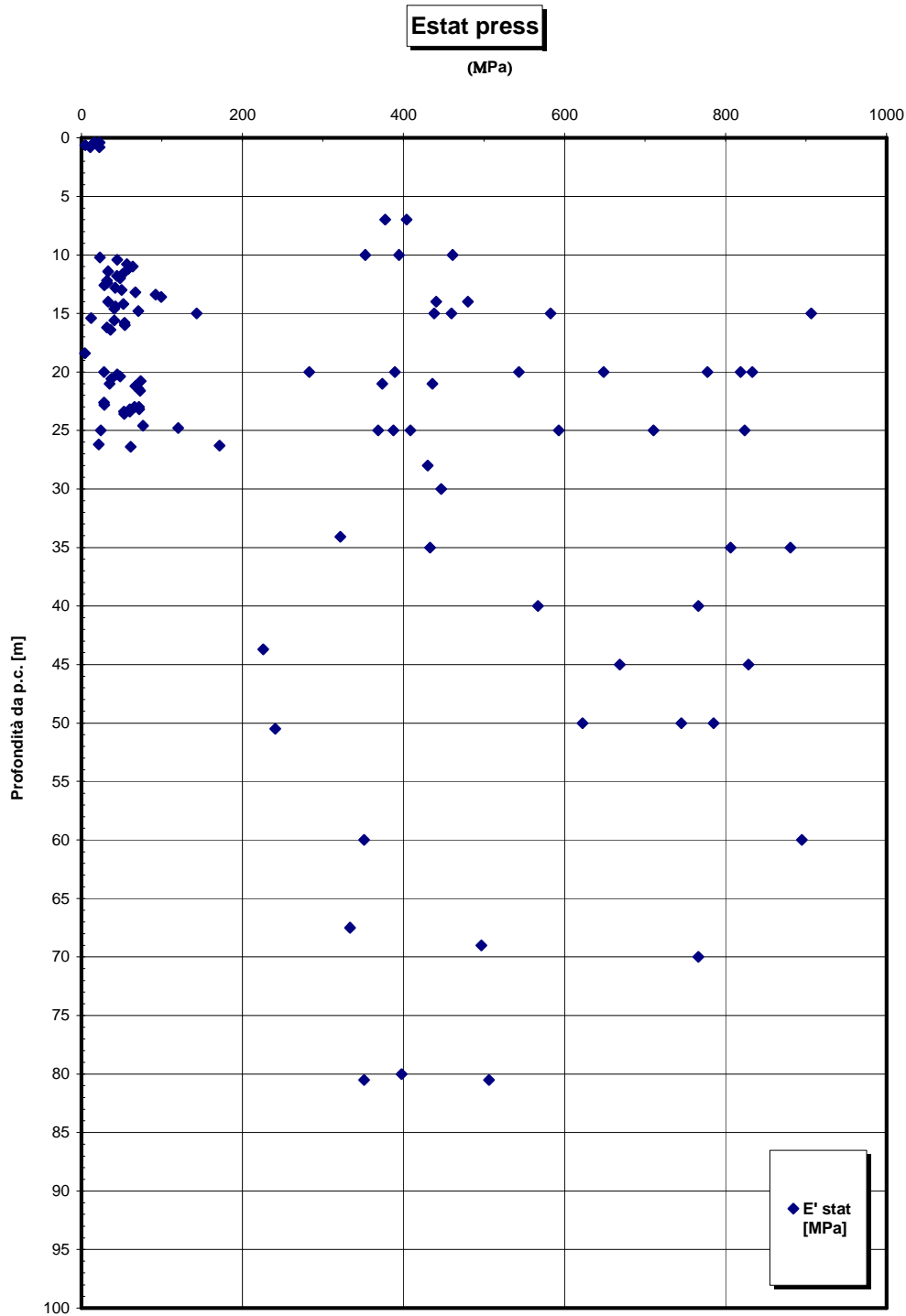
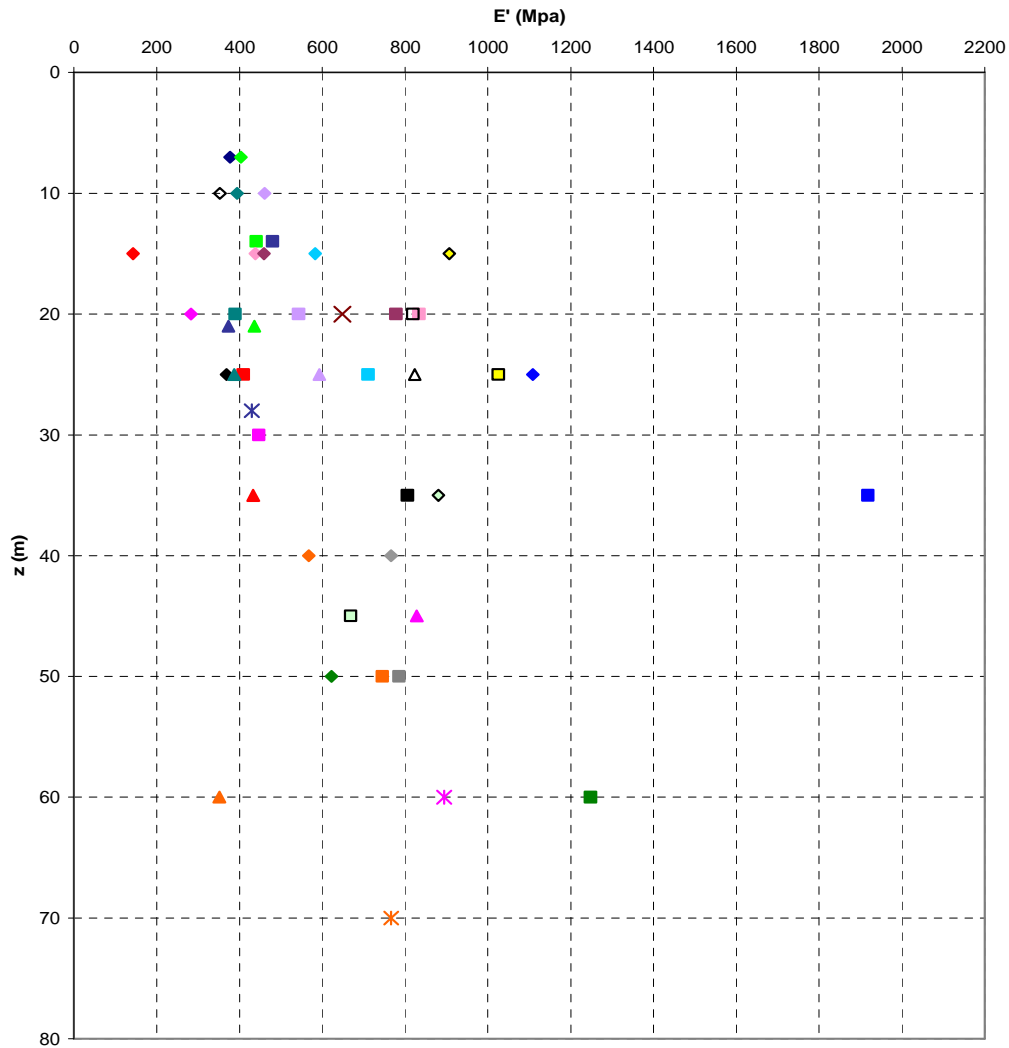


Figura 62

**Prove pressiometriche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



◆ S409_7mt	■ S409_14mt	▲ S409_21mt	✕ S409_28mt	◆ S410_40mt
■ S410_50mt	▲ S410_60mt	✕ S410_70mt	◆ S411_15mt	■ S411_25mt
◆ S412_50mt	■ S412_60mt	◆ S413_15mt	■ S413_25mt	▲ S413_35mt
◆ S414bis_7mt	■ S414bis_14mt	▲ S414bis_21mt	◆ S417_10mt	■ S417_20mt
▲ S417_25mt	◆ S418_20mt	■ S418_30mt	▲ S420_45mt	✕ S420_60mt
◆ S422_40mt	■ S422_50mt	◆ S423_15mt	■ S423_20mt	◆ S424_15mt
■ S424_20mt	◆ S425_35mt	■ S425_45mt	◆ S426_15mt	■ S426_25mt
◆ S427_25mt	■ S427_35mt	◆ S445bis_25mt	■ S445bis_35mt	✕ S447_20mt
◆ S448_10mt	■ S448_20mt	▲ S448_25mt	◆ S449_10mt	■ S449_20mt
▲ S449_25mt				

Figura 63

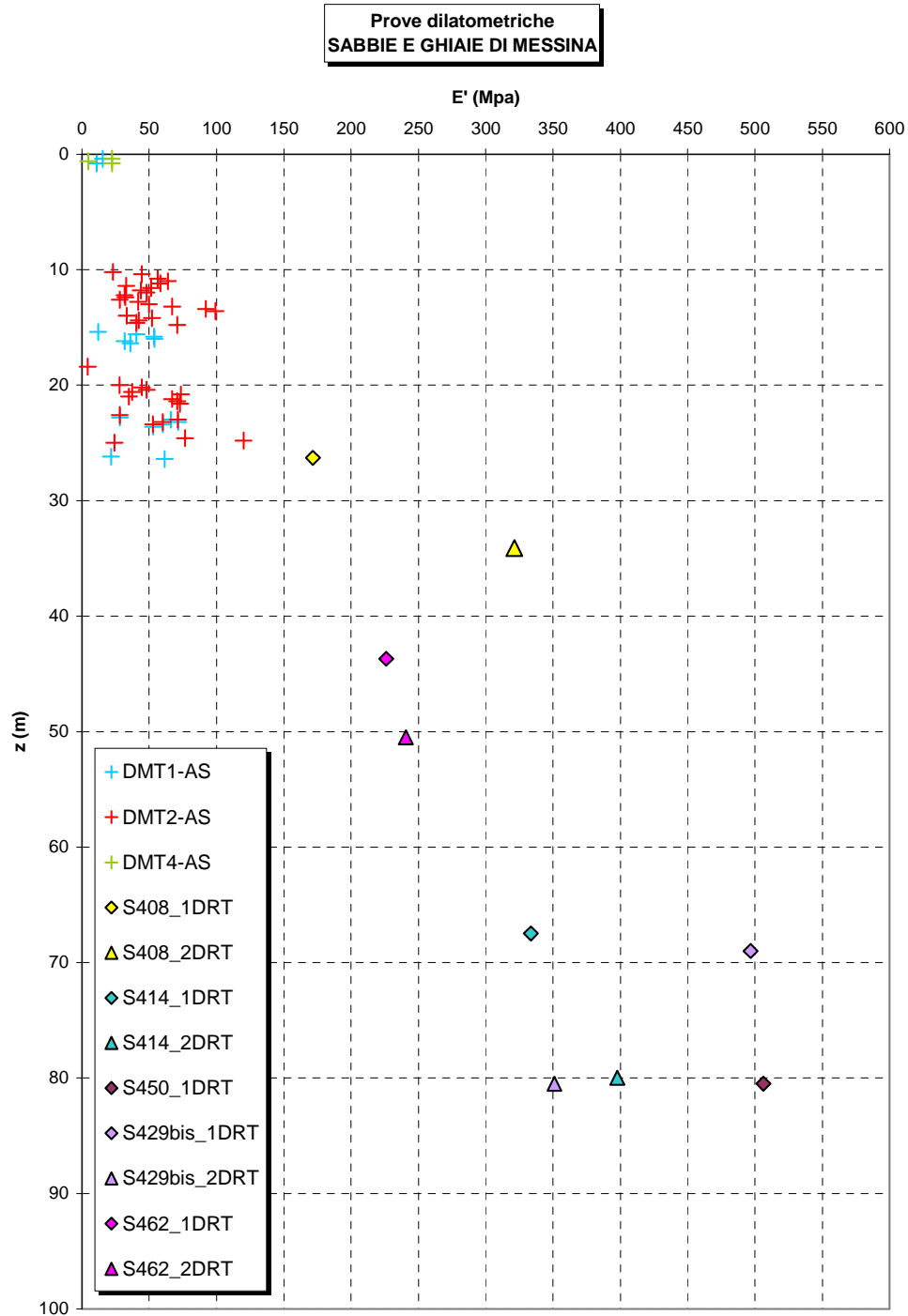


Figura 64

K

m/s

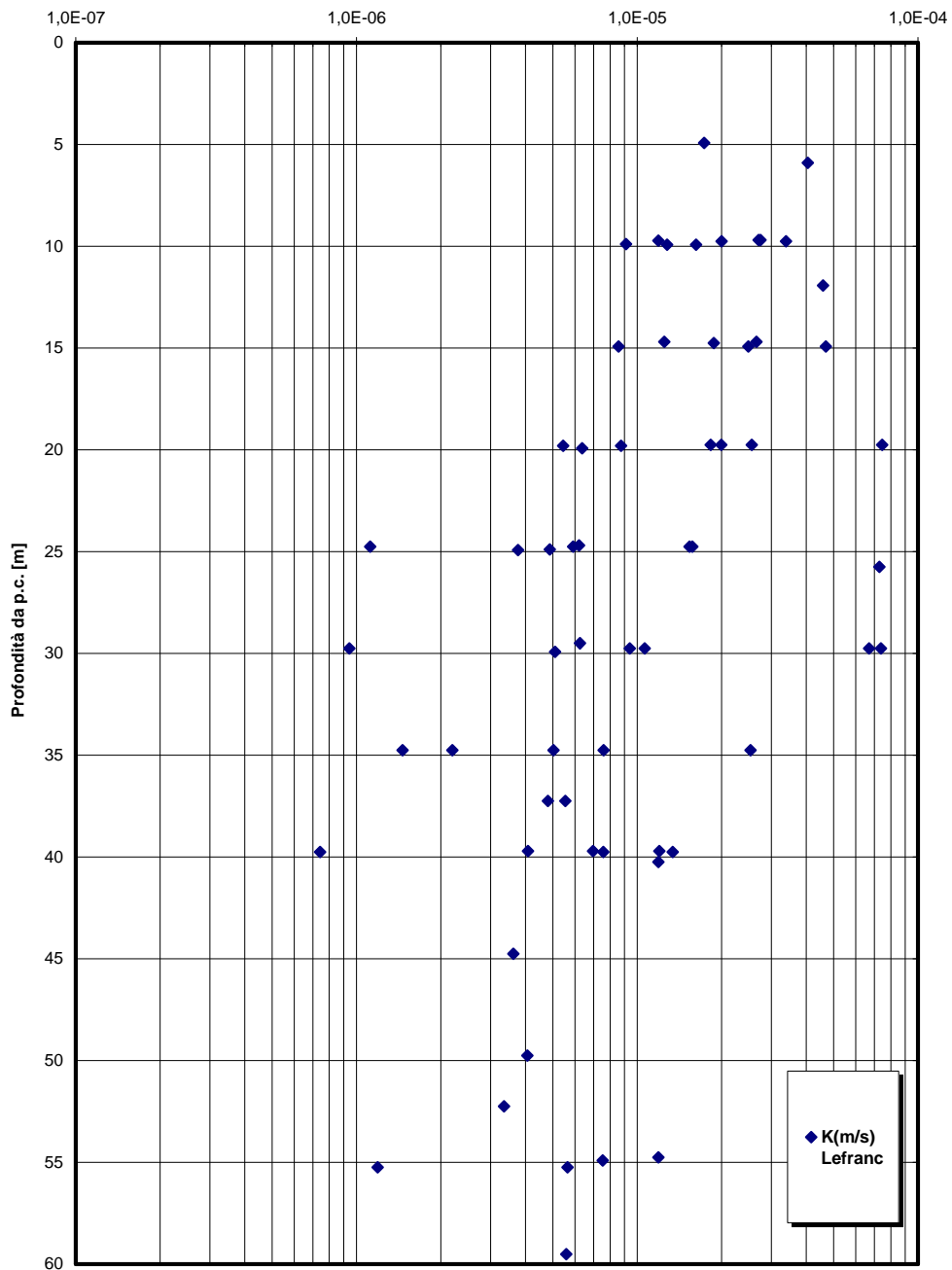


Figura 65

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Prove in colonna risonante

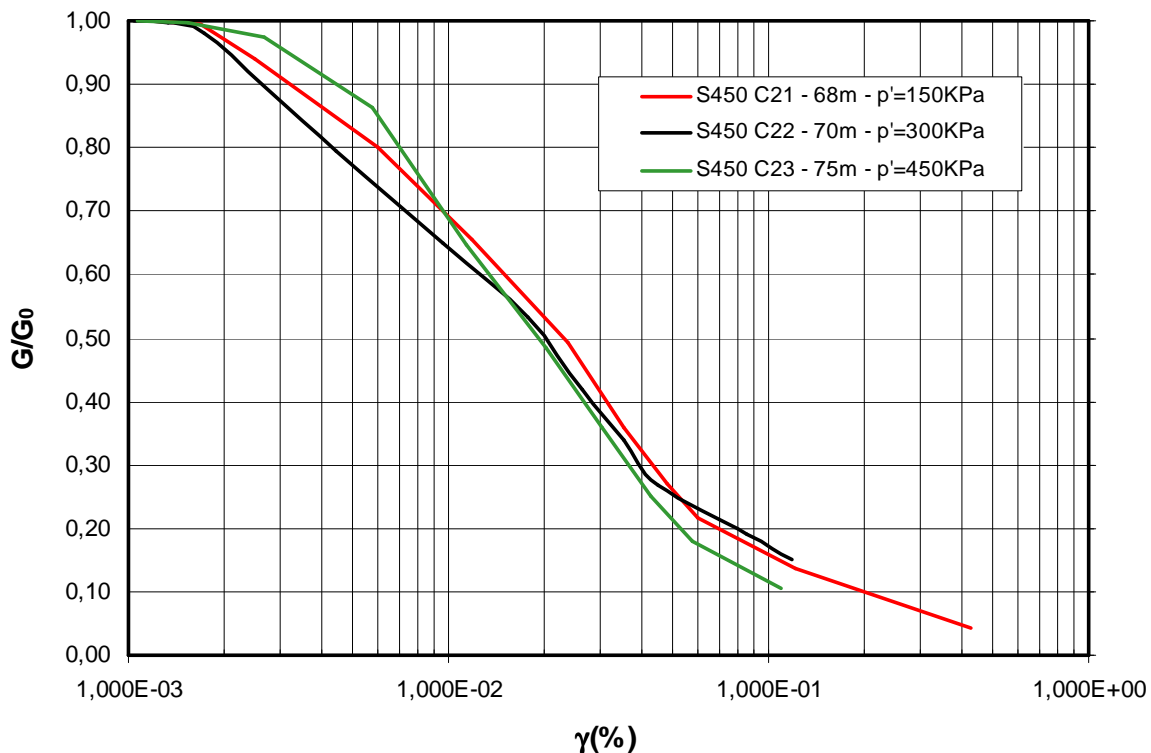


Figura 66

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Prove in colonna risonante

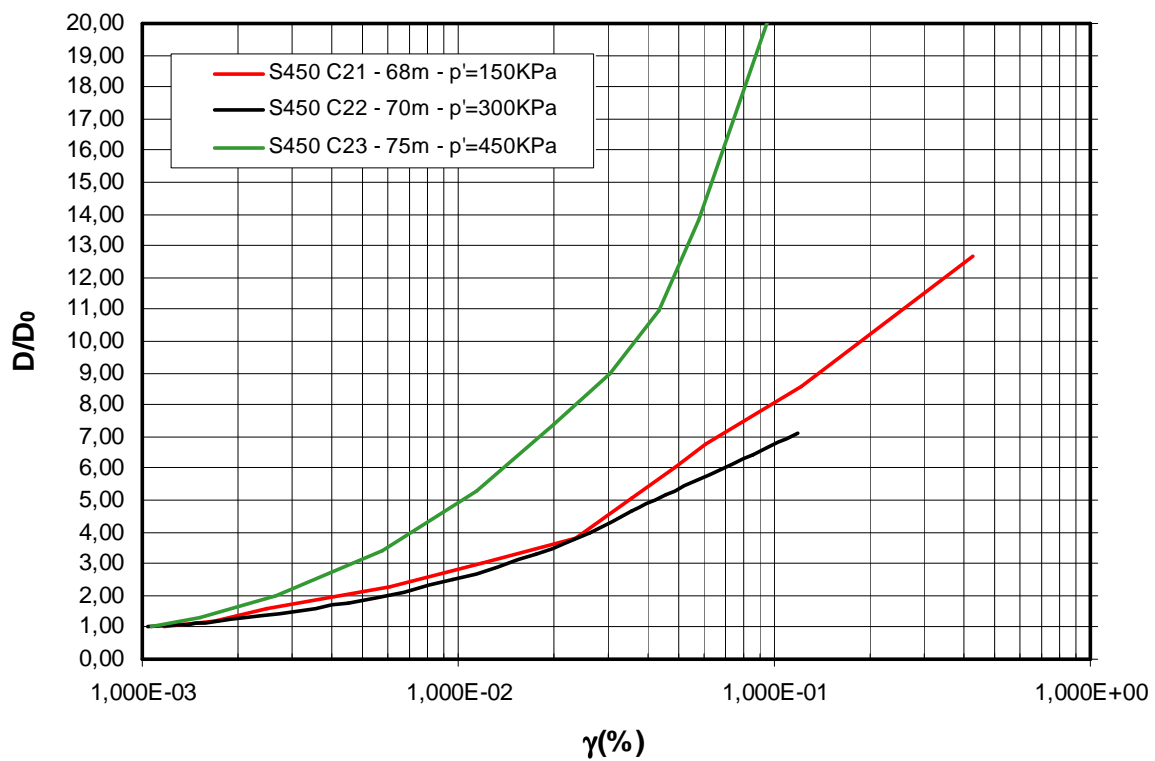


Figura 67

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Sabbie e Ghiaie di Messina - Prove in colonna risonante

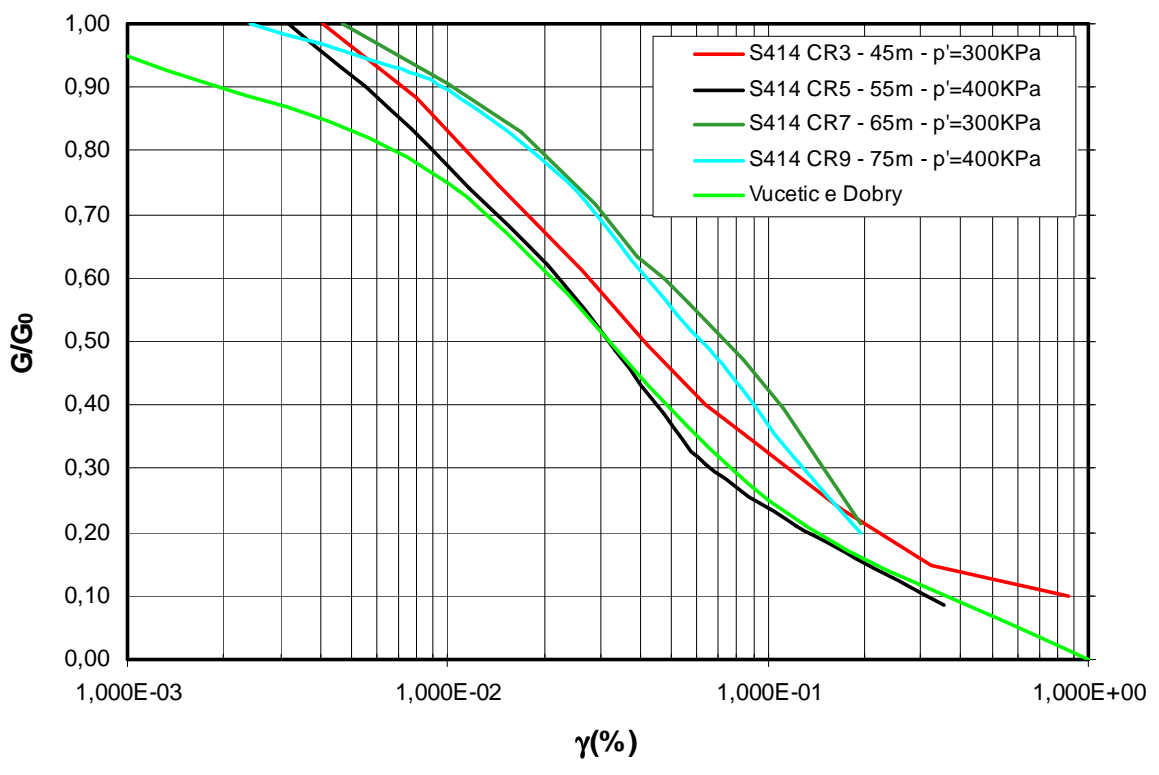


Figura 68

Sabbie e Ghiaie di Messina - Prove in colonna risonante

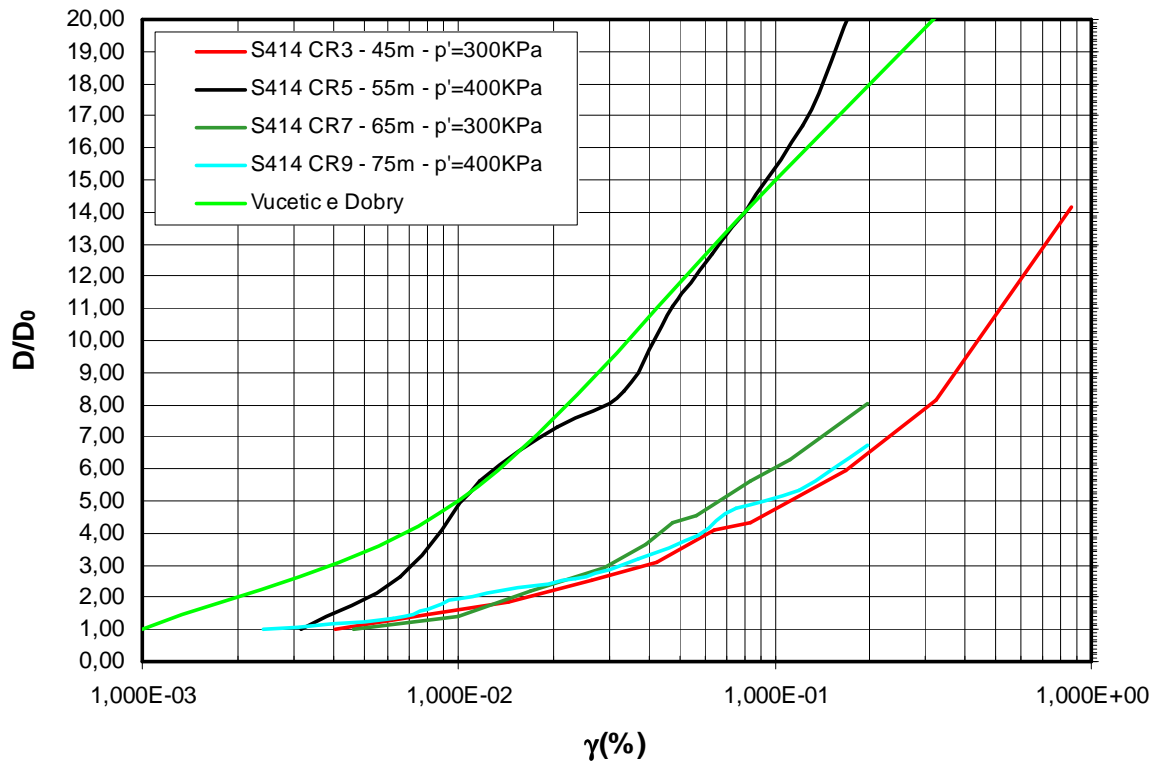


Figura 69

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 1 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)
S447	4	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	7.8			26.8
S447	5	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	9.2			26.8
S447	6	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	11.2			27.0
S447	7	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	14			26.1
S427	CR1	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	1.5			25.2
S427	CR2	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	3			24.9
S427	CR7	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.5			25.4
S427	CR9	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	16.5			26.1
S427	CR10	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	19.5			25.6
S427	CR11	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	22.5			26.1
S427	CR13	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	28.5			25.3
S427	CR14	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	30			26.6
S427	CR15	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	35			26.4
S413	9	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	18.00			26.3
S413	10	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	19.80			26.5
S413	11	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	21.40			25.7
S413	12	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	22.80			26.2
S413	13	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	24.50			26.8
S413	15	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	28.70			25.1
S413	17	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	33.70			24.6
S413	18	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	36.50			26.1
S414bis	1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	1.50			26.1
S414bis	2	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	3.00			26.2
S414bis	3	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	4.50			26.4
S414bis	4	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	6.00			26.5
S414bis	6	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	9.00			26.5
S414bis	7	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	10.50			25.2
S414bis	8	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	12.00			27.4
S414bis	9	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	13.50			27.1
S414bis	10	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	15.00			25.8
S414bis	11	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	16.50			25.1
S414bis	12	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	18.00			26.5
S414bis	13	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	19.50			26.0
S414bis	14	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	21.00			26.5
S414bis	15	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	22.50			25.6
S414bis	16	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	24.00			27.2
S414bis	17	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	25.50			26.7
S414bis	18	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	27.00			25.9
S414bis	19	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	28.50			24.7
S417	1	Strada Da 5+4 a 5+9 km	1.50			26.8
S417	3	Strada Da 5+4 a 5+9 km	4.50			27.0
S417	4	Strada Da 5+4 a 5+9 km	6.00			27.0
S417	5	Strada Da 5+4 a 5+9 km	7.50			27.0
S417	6	Strada Da 5+4 a 5+9 km	9.00			26.2
S417	7	Strada Da 5+4 a 5+9 km	10.50			26.3
S417	9	Strada Da 5+4 a 5+9 km	13.50			26.9
S417	11	Strada Da 5+4 a 5+9 km	16.50			26.7
S417	13	Strada Da 5+4 a 5+9 km	19.50			26.8

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
S417	14	Strada Da 5+4 a 5+9 km	21.00			25.5
S417	15	Strada Da 5+4 a 5+9 km	22.50			26.0
S417	16	Strada Da 5+4 a 5+9 km	24.00			25.6
S417	17	Strada Da 5+4 a 5+9 km	25.50			26.9
S417	18	Strada Da 5+4 a 5+9 km	27.00			26.8
S417	19	Strada Da 5+4 a 5+9 km	28.50			25.8
S429bis	C9	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	16.5			26.5
S429bis	C10	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	19			26.4
S429bis	C11	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	22.50			26.7
S429bis	C12	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	25.5			26.4
S429bis	C13	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	28.5			26.6
S462	CR3	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	42.55			26.5
S462	CR4	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	45.4			26.6
S462	CR5	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	54.6			26.7
S450	C1	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.5			25.9
S450	C2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3			26.1
S450	C3	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5			26.1
S450	C4	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6			26.1
S450	C5	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.5			26.1
S450	C6	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9			25.9
S450	C7	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	10.50			26.1
S450	C8	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12.00			26.2
S450	C9	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.00			26.2
S450	C10	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.00			26.3
S450	C11	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	21.00			25.8
S450	C12	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	24.00			26.3
S450	C13	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	27.00			26.2
S450	C14	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	30.00			26.2
S450	C15	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	35.00			26.2
S450	C16	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	40.00			25.4
S450	C17	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	45.00			26.1
S450	C18	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	50.00			26.1
S450	C19	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	55.00			26.0
S450	C24	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	80.00			26.0
S450	C28	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	99.50			25.9
S419	CR15	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	35.00			26.9
S419	CR16	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	40.00			26.9
S419	CR17	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	45.00			27.0
S419	CR18	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	50.00			26.9
S419	CR19	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	55.00			26.7
S419	CR20	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	59.70			26.8
S414	CR3	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	45			26.9
S414	CR5	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	55			27.0
S414	CR7	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	65			27.0
S414	CR9	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	75			27.0
S426	C3	Strada Da 7+0 a 7+2 km	4.7			26.1
S426	C4	Strada Da 7+0 a 7+2 km	6.2			26.0
S426	C5	Strada Da 7+0 a 7+2 km	7.6			26.3
S426	C6	Strada Da 7+0 a 7+2 km	9			26.1
S426	C7	Strada Da 7+0 a 7+2 km	10.6			26.5
S426	C8	Strada Da 7+0 a 7+2 km	12.2			26.4
S426	C9	Strada Da 7+0 a 7+2 km	15.2			26.4
S426	C10	Strada Da 7+0 a 7+2 km	18.2			26.3

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
S426	C11	Strada Da 7+0 a 7+2 km	21			26.5
S426	C12	Strada Da 7+0 a 7+2 km	24			26.2
S426	C13	Strada Da 7+0 a 7+2 km	27			26.4
S426	C14	Strada Da 7+0 a 7+2 km	30			26.2
S450	C20	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	60			26.2
S450	C21	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	68			27.2
S450	C22	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	70			27.3
S450	C23	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	75			27.0
S450	C25	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	85			26.5
VP CH1 502	RIM AB	VPFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	47.5			26.5
VP CH1 502	RIM AD	VPFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	57			27.4
S412bis	CR4	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	6			26.7
S412bis	CR10	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	19.5			26.9
S412bis	CR17	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	40			26.6
S412bis	CR20	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	55			27.5
S421	CR17	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	59			26.9
S421	CR18	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	66			27.0
S421	CR19	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	73			27.1
S421	CR20	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	80			27.6
S451bis	SPT2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3.0			26.7
S451bis	CR7	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	14.7			27.1
S451bis	CR11	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	25.2			26.6

Tabella 2 Granulometria Sabbie e ghiaie di Messina

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
SPPS00	C1	15	0	53	33	9	5	100	100	47	14	5
SPPS00	C2	23	0	44	37	14	6	100	100	56	19	6
SPPS00	C3	31	0	45	35	14	6	100	100	55	20	6
SPPS00	C4	36	0	35	32	24	10	100	100	65	33	10
SPPS02	C1	8	0	55	34	9	2	100	100	45	11	2
SPPS02	C2	16	0	44	44	10	2	100	100	56	12	2
SPPS02	C3	25	0	25	63	10	2	100	100	75	12	2
SPPS02	C4	27	0	39	48	9	5	100	100	61	14	5
OTS CH1 501	AF	51	2	69	25	4	0	100	98	29	4	0
OTS CH1 501	AG	56	0	62	32	6	0	100	100	38	6	0
OTS CH1 501	AI	66	0	41	40	19	0	100	100	59	19	0
OTS CH1 501	AL	71	0	53	37	10	0	100	100	47	10	0
OTS CH1 501	AN	81	1	53	35	11	0	100	99	46	11	0
OTS CH1 501	AO	86	1	64	29	6	0	100	99	35	6	0
OTS CH1 501	AP	91	2	66	25	7	0	100	98	32	7	0
VP CH1 502	RIM AB	48	0	21	39	30	10	100	100	79	40	10
VP CH1 502	RIM AD	57	0	21	35	35	9	100	100	79	44	9
S102	SPT1	2	0	21	62	12	5	100	100	79	17	5
S102	SPT3	3	0	26	65	9	0	100	100	74	9	0
S102	A	4	0	20	66	14	0	100	100	80	14	0
S102	B	5	0	29	46	22	3	100	100	71	25	3
S102	C	8	0	62	29	9	0	100	100	38	9	0
S102	SPT10	11	0	85	13	2	0	100	100	15	2	0
S102	D	11	0	91	8	1	0	100	100	9	1	0
S102	E	14	0	51	45	4	0	100	100	49	4	0
S102	SPT15	15	0	77	20	3	0	100	100	23	3	0
S102	F	18	0	26	66	8	0	100	100	74	8	0
S102	SPT19	20	0	45	42	13	0	100	100	55	13	0
S102	SPT22	23	0	74	24	2	0	100	100	26	2	0

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento

SB0057_F0_2

Rev

F0

Data

20/06/2011

SONDAGGIO	N°PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
S102	H	23	0	69	30	1	0	100	100	31	1	0
S102	SPT24	24	0	39	56	5	0	100	100	61	5	0
S102	I	26	0	73	22	5	0	100	100	27	5	0
S102	P	30	0	26	52	17	5	100	100	74	22	5
S102	L	30	0	37	48	15	0	100	100	63	15	0
S102	SPT33	33	0	15	47	30	8	100	100	85	38	8
S102	SPT34	35	0	52	36	12	0	100	100	48	12	0
S102	M	35	0	60	34	6	0	100	100	40	6	0
S102	SPT36	36	0	22	67	11	0	100	100	78	11	0
S102	SPT37	38	0	21	70	9	0	100	100	79	9	0
S102	N	38	0	22	67	11	0	100	100	78	11	0
S102	SPT39	39	0	21	66	13	0	100	100	79	13	0
S103	A	6	0	66	25	9	0	100	100	34	9	0
S103	B	12	0	61	26	13	0	100	100	39	13	0
S103	C	20	0	64	24	12	0	100	100	36	12	0
S103	D	30	0	48	33	16	3	100	100	52	19	3
SPT8-AS	SPT3	3	0	38	46	16	0	100	100	62	16	0
SPT8-AS	SPT4	5	0	67	25	8	0	100	100	33	8	0
SPT8-AS	SPT6	6	0	39	48	13	0	100	100	61	13	0
SPT8-AS	SPT7	8	0	47	45	8	0	100	100	53	8	0
SPT8-AS	SPT10	11	0	60	33	7	0	100	100	40	7	0
SPT8-AS	SPT13	14	0	20	62	14	4	100	100	80	18	4
SPT8-AS	SPT14	15	0	43	47	10	0	100	100	57	10	0
SPT8-AS	SPT16	17	0	51	39	10	0	100	100	49	10	0
SPT8-AS	SPT19	20	0	58	34	8	0	100	100	42	8	0
SPT8-AS	SPT25	26	0	60	33	7	0	100	100	40	7	0
SPT8-AS	SPT27	27	0	44	44	12	0	100	100	56	12	0
SPT8-AS	SPT28	29	0	48	43	9	0	100	100	52	9	0
SPT8-AS	SPT30	30	0	49	41	10	0	100	100	51	10	0
SPT8-AS	SPT31	32	0	44	48	8	0	100	100	56	8	0
SPT8-AS	SPT33	33	0	45	44	11	0	100	100	55	11	0
SPT8-AS	SPT34	35	0	57	36	7	0	100	100	43	7	0
AS LPT3 506	LPT1	2	0	54	32	14	0	100	100	46	14	0
AS LPT3 506	LPT2	3	0	57	27	10	6	100	100	43	16	6
AS LPT3 506	LPT3	5	16	54	25	5	0	100	84	30	5	0
AS LPT3 506	LPT4	6	0	58	33	9	0	100	100	42	9	0
AS LPT3 506	LPT5	8	0	50	38	12	0	100	100	50	12	0
AS LPT3 506	LPT6	9	0	61	33	6	0	100	100	39	6	0
AS LPT3 506	LPT7	11	2	54	34	10	0	100	98	44	10	0
AS LPT3 506	LPT9	14	1	63	29	7	0	100	99	36	7	0
AS LPT3 506	LPT10	15	0	66	27	7	0	100	100	34	7	0
AS LPT3 506	LPT11	17	0	54	33	13	0	100	100	46	13	0
AS LPT3 506	LPT12	18	0	60	31	9	0	100	100	40	9	0
AS LPT3 506	LPT13	20	0	45	38	15	2	100	100	55	17	2
AS LPT3 506	LPT14	21	0	53	36	11	0	100	100	47	11	0
AS LPT3 506	LPT16	24	0	57	31	12	0	100	100	43	12	0
AS LPT3 506	LPT17	26	0	40	46	14	0	100	100	60	14	0
AS LPT3 506	LPT18	27	2	73	16	9	0	100	98	25	9	0
AS LPT3 506	LPT19	29	0	63	27	10	0	100	100	37	10	0
AS LPT3 506	LPT20	30	0	63	27	10	0	100	100	37	10	0
AS LPT3 506	LPT21	32	1	72	19	8	0	100	99	27	8	0
AS LPT3 506	LPT22	33	0	66	26	8	0	100	100	34	8	0
AS LPT3 506	LPT23	35	0	62	31	7	0	100	100	38	7	0
AS LPT3 506	LPT24	36	0	62	29	9	0	100	100	38	9	0
AS LPT3 506	LPT25	38	0	54	33	13	0	100	100	46	13	0
AS LPT3 506	LPT26	39	0	60	31	9	0	100	100	40	9	0
AS LPT3 506	LPT27	40	0	56	33	11	0	100	100	44	11	0
AS CH1 504	A	2	0	55	31	13	1	100	100	45	14	1
AS CH1 504	B	3	0	50	34	16	0	100	100	50	16	0
AS CH1 504	C	5	0	41	35	14	10	100	100	59	24	10
AS CH1 504	D	6	0	54	39	7	0	100	100	46	7	0
AS CH1 504	E	8	0	54	31	15	0	100	100	46	15	0
AS CH1 504	F	9	0	61	28	11	0	100	100	39	11	0
AS CH1 504	G	11	2	63	25	10	0	100	98	35	10	0

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento

SB0057_F0_2

Rev

F0

Data

20/06/2011

SONDAGGIO	N°PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
AS CH1 504	H	12	0	62	28	10	0	100	100	38	10	0
AS CH1 504	I	14	0	57	33	10	0	100	100	43	10	0
AS CH1 504	L	15	0	57	27	16	0	100	100	43	16	0
AS CH1 504	M	17	1	68	25	6	0	100	99	31	6	0
AS CH1 504	N	18	0	62	28	10	0	100	100	38	10	0
AS CH1 504	O	20	0	59	31	10	0	100	100	41	10	0
AS CH1 504	P	21	0	51	38	11	0	100	100	49	11	0
AS CH1 504	Q	23	0	62	29	9	0	100	100	38	9	0
AS CH1 504	R	24	0	58	32	10	0	100	100	42	10	0
AS CH1 504	S	26	0	51	35	14	0	100	100	49	14	0
AS CH1 504	T	27	0	51	34	15	0	100	100	49	15	0
AS CH1 504	U	29	0	59	32	9	0	100	100	41	9	0
AS CH1 504	V	30	0	65	31	4	0	100	100	35	4	0
AS CH1 504	W	32	0	53	34	13	0	100	100	47	13	0
AS CH1 504	X	33	0	42	38	15	5	100	100	58	20	5
AS CH1 504	Y	35	0	60	28	12	0	100	100	40	12	0
AS CH1 504	Z	36	0	48	34	15	3	100	100	52	18	3
AS CH1 504	AA	38	0	58	31	11	0	100	100	42	11	0
AS CH1 504	AB	39	0	67	28	5	0	100	100	33	5	0
AS CH1 504	AC	41	0	44	36	20	0	100	100	56	20	0
AS CH1 504	AD	45	0	51	33	16	0	100	100	49	16	0
AS CH1 504	AE	50	0	76	20	4	0	100	100	24	4	0
AS CH1 504	AF	55	0	45	37	18	0	100	100	55	18	0
AS CH1 504	AG	60	0	65	30	5	0	100	100	35	5	0
AS CH1 504	AH	65	0	50	44	6	0	100	100	50	6	0
AS CH1 504	AI	70	0	52	36	12	0	100	100	48	12	0
AS CH1 504	AL	75	0	57	27	16	0	100	100	43	16	0
AS CH1 504	AM	80	0	46	32	16	6	100	100	54	22	6
AS CH1 504	AN	85	0	42	36	17	5	100	100	58	22	5
AS CH1 504	AO	90	0	68	20	12	0	100	100	32	12	0
AS CH1 504	AP	95	2	69	23	6	0	100	98	29	6	0
AS CH1 504	AQ	100	2	50	27	16	5	100	98	48	21	5
AS CH1 501	B	5	1	57	32	10	0	100	99	42	10	0
AS CH1 501	C	17	2	60	32	6	0	100	98	38	6	0
AS CH1 501	D	8	0	71	24	5	0	100	100	29	5	0
AS CH1 501	F	11	0	68	25	7	0	100	100	32	7	0
AS CH1 501	H	14	0	46	41	13	0	100	100	54	13	0
AS CH1 501	O	21	0	53	38	9	0	100	100	47	9	0
AS CH1 501	Q	24	1	55	36	8	0	100	99	44	8	0
AS CH1 501	T	29	0	55	36	9	0	100	100	45	9	0
AS CH1 501	V	32	0	64	30	6	0	100	100	36	6	0
AS CH1 501	AA	35	0	52	36	12	0	100	100	48	12	0
AS CH1 501	AC	38	0	48	38	14	0	100	100	52	14	0
AS CH1 501	AE	41	0	41	43	16	0	100	100	59	16	0
AS CH1 501	AG	45	0	33	46	17	4	100	100	67	21	4
AS CH1 501	AH	48	0	40	43	16	1	100	100	60	17	1
AS CH1 501	AI	54	0	49	37	14	0	100	100	51	14	0
AS CH1 501	AL	60	0	51	42	7	0	100	100	49	7	0
AS CH1 501	AM	65	0	38	41	17	4	100	100	62	21	4
AS CH1 501	AN	68	0	57	36	7	0	100	100	43	7	0
AS CH1 501	AP	35	0	44	42	14	0	100	100	56	14	0
AS CH1 501	AQ	82	0	51	31	18	0	100	100	49	18	0
AS CH1 501	AS	91	0	47	37	16	0	100	100	53	16	0
AS LPT3 503	G	12	0	70	25	5	0	100	100	30	5	0
AS LPT3 503	LPT1	3	0	36	54	10	0	100	100	64	10	0
AS LPT3 503	LPT2	5	0	56	32	12	0	100	100	44	12	0
AS LPT3 503	LPT3	6	0	64	30	6	0	100	100	36	6	0
AS LPT3 503	LPT4	8	0	53	35	12	0	100	100	47	12	0
AS LPT3 503	LPT5	9	0	52	38	10	0	100	100	48	10	0
AS LPT3 503	LPT8	14	0	48	40	12	0	100	100	52	12	0
AS LPT3 503	LPT9	15	0	30	41	22	7	100	100	70	29	7
AS LPT3 503	LPT10	17	0	57	33	10	0	100	100	43	10	0
AS LPT3 503	LPT11	18	0	48	32	15	5	100	100	52	20	5
AS LPT3 503	LPT12	20	0	42	44	14	0	100	100	58	14	0

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento

SB0057_F0_2

Rev

F0

Data

20/06/2011

SONDAGGIO	N°PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
AS LPT3 503	LPT13	21	0	40	37	19	4	100	100	60	23	4
AS LPT3 503	LPT14	23	0	56	31	13	0	100	100	44	13	0
AS LPT3 503	LPT17	27	0	39	39	19	3	100	100	61	22	3
AS LPT3 503	LPT18	29	0	44	41	15	0	100	100	56	15	0
AS LPT3 503	LPT19	30	0	46	40	14	0	100	100	54	14	0
AS LPT3 503	LPT20	32	0	45	38	17	0	100	100	55	17	0
AS LPT3 503	LPT21	33	1	32	43	21	3	100	99	67	24	3
AS LPT3 503	LPT23	36	0	38	44	18	0	100	100	62	18	0
AS LPT3 503	LPT24	38	0	49	37	14	0	100	100	51	14	0
AS LPT3 503	LPT25	39	0	33	44	20	3	100	100	67	23	3
AS LPT3 503	LPT26	41	0	44	40	16	0	100	100	56	16	0
AS LPT3 503	AF	42	0	47	39	14	0	100	100	53	14	0
AS LPT3 503	AH	52	0	40	42	17	1	100	100	60	18	1
AS LPT3 503	AL	62	0	37	41	19	3	100	100	63	22	3
AS LPT3 503	AN	72	0	42	39	16	3	100	100	58	19	3
S104	D	9	0	36	40	19	5	100	100	64	24	5
S104	F	14	0	26	58	12	4	100	100	74	16	4
S104	SPT24	24	0	31	42	21	6	100	100	69	27	6
S104	M	30	0	30	56	14	0	100	100	70	14	0
SPPS09	C1	5	0	45	37	14	4	100	100	55	18	4
SPPS09	C2	51	0	24	58	14	4	100	100	76	18	4
SPPS09	C3	55	0	21	67	9	3	100	100	79	12	3
SPPS09	C4	59	0	33	51	11	5	100	100	67	16	5
S447	1	3	0	53	39	8	0	100	100	47	8	0
S447	2	5	0	54	39	7	0	100	100	46	7	0
S447	3	6	0	58	36	6	0	100	100	42	6	0
S447	4	8	0	39	46	11	4	100	100	61	15	4
S447	5	9	0	36	44	14	6	100	100	64	20	6
S447	6	11	0	44	42	11	3	100	100	56	14	3
S447	7	14	0	55	37	8	0	100	100	45	8	0
S447	8	17	0	58	35	7	0	100	100	42	7	0
S447	9	21	0	54	37	9	0	100	100	46	9	0
S462	CR1	32	0	32	38	24	6	100	100	68	30	6
S462	CR2	36	0	36	54	8	2	100	100	64	10	2
S462	CR3	43	0	43	47	8	2	100	100	57	10	2
S462	CR4	45	0	29	49	17	5	100	100	71	22	5
S462	CR5	55	0	42	48	8	2	100	100	58	11	2
S450	C1	2	0	45	40	13	2	100	100	55	15	2
S450	C2	3	0	41	42	15	2	100	100	59	17	2
S450	C3	5	0	47	37	14	2	100	100	53	16	2
S450	C4	6	0	41	42	15	2	100	100	59	17	2
S450	C5	8	0	44	41	13	2	100	100	56	15	2
S450	C6	9	0	43	43	12	2	100	100	57	14	2
S450	C7	11	0	46	38	14	2	100	100	54	16	2
S450	C8	12	0	54	35	11	0	100	100	46	11	0
S450	C9	15	0	44	46	10	0	100	100	56	10	0
S450	C10	18	0	34	51	13	2	100	100	66	15	2
S450	C11	21	0	56	33	11	0	100	100	44	11	0
S450	C12	24	0	34	47	16	3	100	100	66	19	3
S450	C13	27	0	29	41	26	4	100	100	71	30	4
S450	C14	30	0	28	53	16	3	100	100	72	19	3
S450	C15	35	0	3	83	13	1	100	100	97	14	1
S450	C16	40	0	34	50	14	2	100	100	66	16	2
S450	C17	45	0	47	38	13	2	100	100	53	15	2
S450	C18	50	0	30	56	12	2	100	100	70	14	2
S450	C19	55	0	22	55	19	4	100	100	78	23	4
S450	C20	60	0	31	37	16	16	100	100	69	32	16
S450	C21	68	0	47	36	14	3	100	100	53	17	3
S450	C22	70	0	41	25	25	9	100	100	59	34	9
S450	C23	75	0	37	28	25	10	100	100	63	35	10
S450	C24	80	0	58	31	10	1	100	100	42	11	1
S450	C25	85	0	10	75	12	4	100	100	91	16	4
S450	C28	100	0	1	52	41	6	100	100	99	47	6
S108	B	5	0	38	47	11	4	100	100	62	15	4

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento
SB0057_F0_2

Rev Data
F0 20/06/2011

SONDAGGIO	N°PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
S108	G	17	0	49	41	10	0	100	100	51	10	0
S108	I	23	0	1	81	18	0	100	100	99	18	0
S108	Q	40	0	50	36	14	0	100	100	50	14	0
S425	C1	2	0	56	33	10	1	100	100	44	11	1
S105	B	3	0	23	51	19	7	100	100	77	26	7
S105	E	8	0	34	37	22	7	100	100	66	29	7
S105	S	35	0	39	43	15	3	100	100	61	18	3
S106	SPT1	2	0	20	72	8	0	100	100	80	8	0
S106	SPT3	3	0	31	52	14	3	100	100	69	17	3
S106	SPT4	5	0	23	47	23	7	100	100	77	30	7
S106	C	5	0	24	68	8	0	100	100	76	8	0
S106	SPT8	8	0	13	57	25	5	100	100	87	30	5
S106	SPT9	9	0	27	54	15	4	100	100	73	19	4
S106	SPT11	12	0	38	45	14	3	100	100	62	17	3
S106	F	12	0	19	60	16	5	100	100	81	21	5
S106	SPT13	13	0	34	59	7	0	100	100	66	7	0
S106	SPT14	14	0	12	55	26	7	100	100	88	33	7
S106	SPT14.5	15	0	29	62	9	0	100	100	71	9	0
S106	SPT16	17	0	16	66	14	4	100	100	84	18	4
S106	SPT18	18	0	7	84	9	0	100	100	93	9	0
S106	SPT19	20	0	16	62	17	5	100	100	84	22	5
S106	SPT24	24	0	64	29	7	0	100	100	36	7	0
S106	M	25	0	33	52	15	0	100	100	67	15	0
S106	SPT26	27	0	60	34	6	0	100	100	40	6	0
S106	SPT29	30	0	50	34	12	4	100	100	50	16	4
S106	SPT31	32	0	34	42	19	5	100	100	66	24	5
S106	SPT33	33	0	34	45	17	4	100	100	66	21	4
S106	SPT34	35	0	35	44	17	4	100	100	65	21	4
S106	SPT36	37	0	48	42	10	0	100	100	52	10	0
S106	SPT41	42	0	55	36	9	0	100	100	45	9	0
S106	T	42	0	40	41	16	3	100	100	60	19	3
S106	SPT43	43	0	26	42	26	6	100	100	74	32	6
SPPS01	C1	2	30	22	29	11	9	100	70	49	20	9
S411	CR4	6	0	23	46	21	10	100	100	77	31	10
S411	CR5	8	0	45	38	12	5	100	100	55	17	5
S411	CR6	9	0	59	34	7	0	100	100	41	7	0
S411	CR7	11	0	52	37	11	0	100	100	48	11	0
S411	CR8	14	0	51	35	14	0	100	100	49	14	0
S411	CR9	17	0	59	31	10	0	100	100	41	10	0
S411	CR10	20	0	55	34	11	0	100	100	45	11	0
S411	CR11	23	0	56	31	13	0	100	100	44	13	0
S411	CR12	26	0	55	36	9	0	100	100	45	9	0
S411	CR13	29	0	21	62	17	0	100	100	79	17	0
S411	CR14	32	0	58	32	10	0	100	100	42	10	0
S413	9	18	0	29	58	10	3	100	100	71	13	3
S413	10	20	0	33	55	10	2	100	100	67	12	2
S413	11	21	0	35	55	9	2	100	100	65	10	2
S413	12	23	0	50	35	12	3	100	100	50	15	3
S413	13	25	0	57	33	8	2	100	100	43	10	2
S413	14	26	0	66	25	9	0	100	100	34	9	0
S413	15	29	0	48	40	10	2	100	100	52	12	2
S413	16	31	0	41	49	10	0	100	100	59	10	0
S413	17	34	0	47	43	8	2	100	100	53	10	2
S413	18	37	0	38	50	10	2	100	100	62	12	2
S413	19	38	0	58	34	8	0	100	100	42	8	0
S414bis	1	2	0	32	49	13	6	100	100	68	18	6
S414bis	2	3	0	45	43	9	3	100	100	55	12	3
S414bis	3	5	0	34	50	16	0	100	100	66	16	0
S414bis	4	6	0	34	48	14	3	100	100	66	18	3
S414bis	5	8	0	58	33	10	0	100	100	42	10	0
S414bis	6	9	0	61	30	7	2	100	100	39	9	2
S414bis	7	11	0	57	33	8	2	100	100	43	10	2
S414bis	8	12	0	45	39	12	3	100	100	55	15	3
S414bis	9	14	0	57	34	8	2	100	100	43	10	2

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento

SB0057_F0_2

Rev

F0

Data

20/06/2011

SONDAGGIO	N°PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
S414bis	10	15	0	52	32	13	3	100	100	48	16	3
S414bis	11	17	0	25	54	17	4	100	100	75	21	4
S414bis	12	18	0	28	51	17	4	100	100	72	21	4
S414bis	13	20	0	24	48	23	5	100	100	76	28	5
S414bis	14	21	0	47	43	9	1	100	100	53	10	1
S414bis	15	23	0	43	46	10	2	100	100	57	11	2
S414bis	16	24	0	29	51	17	3	100	100	71	20	3
S414bis	17	26	0	34	44	18	3	100	100	66	22	3
S414bis	18	27	0	47	41	10	2	100	100	53	12	2
S414bis	19	29	0	37	45	15	2	100	100	63	18	2
S414	c5	8	0	55	34	10	1	100	100	45	11	1
S414	c6	9	0	56	31	11	1	100	100	44	13	1
S414	c7	11	0	51	36	11	2	100	100	49	13	2
S414	c8	13	0	50	39	9	1	100	100	50	10	1
S414	c9	15	0	42	41	15	2	100	100	58	17	2
S414	c10	18	0	23	63	12	2	100	100	77	14	2
S414	c11	21	0	51	38	9	1	100	100	49	11	1
S414	c12	24	0	47	41	11	2	100	100	53	12	2
S414	c13	27	0	27	51	18	4	100	100	73	22	4
S414	c14	30	0	37	45	16	2	100	100	63	18	2
S412	C6	9	0	56	31	11	1	100	100	44	13	1
S412	C7	11	0	51	36	11	2	100	100	49	13	2
S412	C8	13	0	51	39	9	1	100	100	50	10	1
S412	C9	15	0	42	41	15	2	100	100	58	17	2
S412	C10	18	0	23	63	12	2	100	100	77	14	2
S412	C11	21	0	51	38	9	1	100	100	49	11	1
S412	C12	24	0	47	41	11	2	100	100	53	12	2
S412	C13	27	0	27	51	18	4	100	100	73	22	4
S412	C14	30	0	37	45	16	2	100	100	63	18	2
S412bis	CR1	2	0	45	37	18	0	100	100	55	18	0
S412bis	CR2	3	0	53	34	13	0	100	100	47	13	0
S412bis	CR3	3	0	45	39	16	0	100	100	55	16	0
S414	CR3	45	0	11	89	0	0	100	100	89	0	0
S414	CR5	55	0	39	61	0	0	100	100	61	0	0
S414	CR7	65	0	43	57	0	0	100	100	57	0	0
S414	CR9	75	0	73	27	0	0	100	100	27	0	0
S417	1	2	0	42	44	13	2	100	100	58	15	2
S417	2	3	0	67	24	9	0	100	100	33	9	0
S417	3	5	0	49	37	12	1	100	100	51	14	1
S417	4	6	0	50	38	10	1	100	100	50	11	1
S417	5	8	0	49	40	10	2	100	100	51	12	2
S417	6	9	0	37	51	11	1	100	100	63	12	1
S417	7	11	0	44	46	9	1	100	100	56	10	1
S417	8	12	0	52	40	8	0	100	100	48	8	0
S417	9	14	0	44	42	10	4	100	100	56	14	4
S417	10	15	0	52	38	10	0	100	100	48	10	0
S417	11	17	0	36	45	13	6	100	100	64	19	6
S417	12	18	0	46	46	8	0	100	100	54	8	0
S417	13	20	0	25	52	17	6	100	100	75	23	6
S417	14	21	0	29	53	15	3	100	100	71	18	3
S417	15	23	0	24	55	16	4	100	100	76	20	4
S417	16	24	0	18	58	18	5	100	100	82	23	5
S417	17	26	0	17	64	16	3	100	100	83	20	3
S417	18	27	0	16	63	18	4	100	100	84	21	4
S417	19	29	0	26	54	16	3	100	100	74	20	3
SPPS03	C1	8	0	62	34	4	0	100	100	38	4	0
SPPS03	C2	14	0	75	25	0	0	100	100	25	0	0
SPPS03	C3	19	0	49	51	0	0	100	100	51	0	0
SPPS03	C4	29	0	45	52	3	0	100	100	55	3	0
S422	1	2	0	58	42	0	0	100	100	42	0	0
S422	2	3	0	65	35	0	0	100	100	35	0	0
S422	3	5	0	57	43	0	0	100	100	43	0	0
S422	4	6	0	62	36	2	0	100	100	38	2	0
S422	5	8	0	61	37	2	0	100	100	39	2	0

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento

SB0057_F0_2

Rev

F0

Data

20/06/2011

SONDAGGIO	N°PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
S422	6	10	0	61	37	2	0	100	100	39	2	0
S422	7	11	0	56	35	9	0	100	100	44	9	0
S422	8	14	0	55	36	9	0	100	100	45	9	0
S422	9	16	0	48	48	4	0	100	100	52	4	0
S422	10	18	0	52	41	7	0	100	100	48	7	0
S422	11	21	0	59	41	0	0	100	100	41	0	0
S422	12	24	0	55	43	2	0	100	100	45	2	0
S422	13	27	0	59	38	3	0	100	100	41	3	0
S422	14	30	0	66	32	2	0	100	100	34	2	0
S422	15	35	0	43	56	1	0	100	100	57	1	0
S422	16	40	0	48	48	4	0	100	100	52	4	0
S422	17	45	0	69	29	2	0	100	100	31	2	0
S422	18	50	0	71	26	3	0	100	100	29	3	0
S422	19	55	0	73	24	3	0	100	100	27	3	0
S422	20	60	0	57	42	1	0	100	100	43	1	0
S423	C1	2	0	63	33	3	0	100	100	37	3	0
S423	C2	3	0	70	26	5	0	100	100	30	5	0
S423	C3	5	0	76	20	4	0	100	100	24	4	0
S423	C4	6	0	46	33	16	5	100	100	54	22	5
S423	C5	8	0	55	32	10	3	100	100	45	13	3
S423	C6	9	0	58	30	10	3	100	100	42	12	3
S423	C7	11	0	35	39	20	6	100	100	66	26	6
S423	C9	15	0	63	26	8	2	100	100	37	10	2
S423	C10	18	0	52	35	10	3	100	100	48	13	3
S423	C11	21	0	47	38	11	4	100	100	53	15	4
S423	C12	24	0	49	38	10	3	100	100	51	13	3
S423	C13	27	0	52	37	8	2	100	100	48	11	2
S423	C14	30	0	34	45	15	6	100	100	66	21	6
S419	CR15	35	0	44	31	18	7	100	100	56	25	7
S419	CR16	40	0	39	42	13	6	100	100	61	19	6
S419	CR17	45	0	46	39	11	4	100	100	54	15	4
S419	CR18	50	0	44	49	7	0	100	100	56	7	0
S419	CR19	55	0	44	55	1	0	100	100	56	1	0
S419	CR20	60	0	36	62	2	0	100	100	64	2	0
S424	C1	2	0	42	43	12	3	100	100	58	15	3
S424	C2	3	0	36	39	21	4	100	100	64	24	4
S424	C3	5	0	49	41	9	1	100	100	51	10	1
S424	C4	6	0	46	40	12	2	100	100	54	13	2
S424	C5	8	0	46	43	10	2	100	100	54	11	2
S424	C6	9	0	55	34	10	1	100	100	45	11	1
S424	C7	11	0	42	43	13	3	100	100	58	16	3
S424	C8	12	0	53	36	9	1	100	100	47	11	1
S424	C9	15	0	38	45	15	2	100	100	62	17	2
S424	C10	18	0	38	57	6	0	100	100	62	6	0
S424	C11	21	0	36	48	13	3	100	100	64	16	3
S424	C12	24	0	22	58	17	4	100	100	78	21	4
S424	C13	27	0	41	48	8	3	100	100	59	11	3
S424	C14	30	0	16	66	14	4	100	100	84	18	4
SPPS04	C1	6	0	54	42	4	0	100	100	46	4	0
SPPS04	C2	14	0	51	49	0	0	100	100	49	0	0
SPPS04	C3	16	0	40	38	15	7	100	100	60	22	7
SPPS04	C4	49	0	31	50	15	4	100	100	69	19	4
SPPS04	C5	51	0	43	41	13	3	100	100	57	16	3
SPPS04	C6	58	0	46	36	14	4	100	100	54	18	4
S426	C1	2	0	61	33	6	0	100	100	39	6	0
S426	C2	3	0	59	34	7	0	100	100	41	7	0
S426	C3	5	0	42	41	15	2	100	100	58	17	2
S426	C4	6	0	53	36	10	1	100	100	47	11	1
S426	C5	8	0	55	34	10	1	100	100	45	11	1
S426	C6	9	0	56	31	11	1	100	100	44	13	1
S426	C7	11	0	51	36	11	2	100	100	49	13	2
S426	C8	12	0	51	39	9	1	100	100	50	10	1
S426	C9	15	0	42	41	15	2	100	100	58	17	2
S426	C10	18	0	24	63	12	2	100	100	77	14	2

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

Codice documento
SB0057_F0_2

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

SONDAGGIO	N°PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
S426	C11	21	0	51	38	9	2	100	100	49	11	2
S426	C12	24	0	47	40	11	2	100	100	53	13	2
S426	C13	27	0	27	51	18	4	100	100	73	22	4
S426	C14	30	0	37	45	16	2	100	100	63	18	2
S427	CR1	2	0	55	33	10	2	100	100	45	12	2
S427	CR2	3	0	44	45	9	2	100	100	56	11	2
S427	CR3	5	0	61	33	6	0	100	100	39	6	0
S427	CR4	6	0	59	32	9	0	100	100	41	9	0
S427	CR5	8	0	61	32	7	0	100	100	39	7	0
S427	CR6	9	0	59	34	7	0	100	100	41	7	0
S427	CR7	11	0	55	33	10	2	100	100	45	12	2
S427	CR8	14	0	41	51	8	0	100	100	59	8	0
S427	CR9	17	0	60	28	10	2	100	100	40	12	2
S427	CR10	20	0	46	39	13	2	100	100	54	15	2
S427	CR11	23	0	34	44	18	4	100	100	66	22	4
S427	CR12	26	0	35	55	10	0	100	100	65	10	0
S427	CR13	29	0	48	40	10	2	100	100	52	12	2
S427	CR14	30	0	44	45	9	2	100	100	56	11	2
S427	CR15	35	0	26	55	15	4	100	100	74	19	4
S427	CR16	40	0	5	85	10	0	100	100	95	10	0
S429bis	C9	17	0	10	65	21	4	100	100	90	25	4
S429bis	C10	19	0	30	61	9	0	100	100	70	9	0
S429bis	C11	23	0	20	57	21	2	100	100	80	23	2
S429bis	C12	26	0	22	69	9	0	100	100	78	9	0
SPPS06	C1	11	0	54	38	8	0	100	100	46	8	0
SPPS06	C2	17	0	55	37	9	0	100	100	46	9	0
SPPS06	C3	27	0	44	47	9	0	100	100	56	9	0
SPPS07	C1	21	0	39	46	12	4	100	100	61	15	4
SPPS07	C2	22	0	33	29	21	17	100	100	67	38	17
SPPS07	C3	25	0	18	32	35	15	100	100	82	50	15

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 3 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	14.3	62
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	19.4	63
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	24.6	100
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	29.3	94
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	33.0	100
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	33.6	100
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	35.0	100
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	36.5	100
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	37.2	100
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	38.6	100
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	39.6	100
S3	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	40.9	100
S4	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	21.8	57
S4	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	26.2	100
S4	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	31.2	100
S4	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	36.3	100
S4	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	41.5	100
S4	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	42.7	100
S4	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	44.2	100
S4	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	45.3	100
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	11.1	58
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.6	100
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	20.2	90
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.3	81
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.3	100
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	35.9	100
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	40.9	100
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	45.8	100
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	50.2	100
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	56.2	100
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	62.2	100
S9	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	68.2	100
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.7	100
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.2	100
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.7	33
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.2	32
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	7.7	26
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.2	24
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.7	23
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.2	35
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.7	37
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.2	33
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.7	37
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.2	38
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.7	52
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.2	61
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.7	36
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.2	48
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.7	56
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.2	50
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.7	45
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	30.2	52
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.7	75
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.2	78
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.7	84

FORO	Opera	z [m]	Nspt
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.2	61
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	37.7	74
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.2	83
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	40.7	100
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	42.2	85
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	43.7	100
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	45.2	87
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	46.7	100
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	48.2	86
BH4-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	49.7	79
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	5.2	100
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	9.7	39
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	12.2	44
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	14.7	46
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	16.7	47
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	19.7	100
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	22.7	53
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	25.7	100
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	27.2	64
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	30.7	71
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	32.2	76
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	34.2	93
S1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	40.7	100
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.7	26
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.2	21
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.7	18
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.2	25
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	7.7	18
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.2	16
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.7	24
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.2	17
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.7	20
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.2	39
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.7	100
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.2	46
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.7	46
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.2	55
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.7	43
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.2	45
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.7	47
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.2	100
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.7	30
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	30.2	57
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.7	100
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.2	69
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.7	36
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.2	29
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	37.7	20
S102Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.2	36
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.7	17
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.2	17
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.7	16
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.2	33
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	7.7	31
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.2	26
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.7	29
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.2	69
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.7	86
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.2	47
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.7	65
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.2	68

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.7	100
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.2	85
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.7	59
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.2	69
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.7	60
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.2	67
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.7	51
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	30.2	46
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.7	56
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.2	66
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.7	69
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.2	61
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	37.7	65
S103Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.2	76
S104	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	5.2	100
S104	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	8.2	38
S104	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	11.5	42
S104	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	14.2	44
S104	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	16.2	49
S104	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	18.2	53
S104	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	21.2	55
S104	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	24.2	62
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.2	17
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.7	14
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.2	35
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	7.7	26
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.2	100
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.7	34
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.2	79
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.7	100
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.2	45
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.7	64
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.2	36
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.7	43
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.2	83
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.7	59
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.2	59
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.7	55
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.2	100
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.7	81
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	30.2	84
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.7	100
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.2	100
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.2	100
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	37.7	100
S105	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	5.2	32
S105	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	10.5	39
S105	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	15.8	30
S105	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	19.2	100
S105	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	25.2	90
S105	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	28.2	84
S105	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	31.2	100
S105	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	34.2	86
S105	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	36.7	86
S105	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	38.2	92
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.7	22
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.2	37
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.7	82
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	11.2	78
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.7	91
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.2	100

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.7	93
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	26.2	59
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.7	80
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	29.2	75
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.7	62
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	38.2	77
S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.7	100
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.7	9
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.2	23
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.2	100
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.7	64
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.7	86
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.7	100
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	26.7	100
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.2	100
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	29.7	100
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.7	87
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.2	100
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.7	90
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.7	85
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	38.2	100
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.7	47
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	41.2	100
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	43.2	72
S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	44.7	100
S107	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	5.7	31
S107	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	10.7	100
S107	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.2	32
S107	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	20.2	43
S107	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	25.2	45
S107	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	28.7	100
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.7	16
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.2	23
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.7	18
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.7	29
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	8.2	29
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.7	19
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	11.7	24
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.2	33
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.7	17
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.7	66
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.2	100
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.7	100
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.7	59
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	23.2	71
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.7	71
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.7	100
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.7	100
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.2	100
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.7	100
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.7	82
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	38.2	87
S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.7	81
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.7	17
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.2	24
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.7	100
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.7	100
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	8.2	100
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.7	66
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.2	100
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.7	100
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.7	64

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	23.2	100
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.7	78
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.7	69
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	29.2	81
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.7	69
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.2	73
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.7	81
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.7	77
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	38.2	96
S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.7	100
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.1	42
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	13.0	44
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	16.5	49
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	18.2	57
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	22.2	59
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	25.7	100
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	28.7	72
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	31.2	90
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	35.2	51
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	40.2	89
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	43.2	100
S5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	45.2	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.7	10
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.2	3
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.7	44
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.2	58
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	7.7	47
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.2	56
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.7	31
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.2	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.7	53
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.2	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.7	53
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.2	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.7	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.2	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.7	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.2	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.7	43
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.2	64
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.7	60
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	30.2	53
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.7	88
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.2	81
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.7	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.2	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	37.7	72
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.2	83
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	40.7	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	42.2	89
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	43.7	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	45.2	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	46.7	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	48.2	100
SPT8-AS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	49.7	100
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	2.2	18
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.5	33
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.4	44
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	8.2	75
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.0	100
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	11.9	76
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.2	100

FORO	Opera	z [m]	Nspt
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.9	100
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.6	69
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	20.2	59
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.1	66
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.2	59
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	26.3	48
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.7	55
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	30.2	100
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	32.7	100
SPPS00	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.5	100
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	2.6	33
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	4.8	20
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	7.2	39
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	9.7	32
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	11.7	48
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	14.3	60
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	16.5	100
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	18.2	40
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	19.8	62
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	21.7	100
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	23.8	100
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	26.5	80
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	28.6	100
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	30.8	59
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	32.9	64
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	35.2	100
SPPS01	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	37.2	100
SPPS02	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	5.7	47
SPPS02	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.7	51
SPPS02	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	8.7	53
SPPS02	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.7	100
SPPS02	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.7	52
SPPS02	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.7	46
SPPS02	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.7	100
SPPS02	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	20.7	55
SPPS02	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	23.7	100
SPPS02	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.7	53
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	2.2	29
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	5.2	24
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	7.8	100
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	10.2	39
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	12.9	100
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	15.2	100
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	17.8	100
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	20.2	54
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	22.8	100
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	25.2	51
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	27.9	100
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	30.2	100
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	33.0	100
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	35.2	67
SPPS03	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	37.9	100
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	15.2	52
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	17.2	100
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	19.2	100
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	21.7	100
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	23.7	100
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	25.8	72
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	27.7	100
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	29.7	64
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	31.7	80
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	33.7	75

FORO	Opera	z [m]	Nspt
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	36.2	88
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	38.2	67
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	41.2	69
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	2.5	35
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	4.6	43
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	6.5	50
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	8.2	55
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.5	61
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	11.6	54
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	14.7	68
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	17.0	100
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	19.7	67
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	22.2	100
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	23.5	49
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	25.2	60
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	27.4	60
SPPS06	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	29.6	68
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	1.7	23
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	4.5	33
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	6.5	56
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	8.2	51
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.2	55
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	12.6	64
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	14.7	60
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	16.4	69
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	18.0	53
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	20.2	63
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	1.7	53
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	5.7	54
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	7.7	57
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	9.7	100
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	12.4	100
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	14.7	76
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	1.7	26
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	3.7	33
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	5.9	40
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	7.7	50
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	9.2	58
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	11.2	53
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	13.7	56
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	15.7	57
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	17.7	60
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	19.7	53
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	20.7	54
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	22.7	69
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	26.8	69
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	28.8	62
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	30.8	60
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	32.8	64
SPPS09	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	34.2	67
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.5	4
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.0	14
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.5	21
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.0	51
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	7.5	73
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.0	80
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.5	78
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.0	85
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.5	100
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.0	100
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.5	100
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.0	100

FORO	Opera	z [m]	Nspt
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.5	76
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.0	64
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.5	64
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.0	63
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.5	53
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.0	100
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.5	78
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	30.0	54
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.5	77
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.0	73
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.5	70
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.0	82
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	37.5	91
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.0	73
AS CH1 504	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	40.5	100
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.5	4
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.0	4
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.5	13
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.0	22
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	7.5	30
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.0	42
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.5	37
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.0	35
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.5	43
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.0	42
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.5	35
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.0	37
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.5	39
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.0	32
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.5	27
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.0	38
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.5	38
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.0	48
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.5	52
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	30.0	36
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.5	64
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.0	66
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.5	58
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.0	54
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	37.5	58
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.0	61
AS LPT3 506	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	40.5	50
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	10.7	36
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	12.2	42
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	13.7	43
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	15.2	44
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	16.7	45
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	18.2	66
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	19.7	47
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	21.2	47
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	22.7	52
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	24.2	48
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	25.7	49
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	27.1	100
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	28.6	100
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	1.5	19.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	3.0	26.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	4.5	31.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	6.0	34.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	7.5	28.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	9.0	28.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	10.5	44.0

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	12.0	41.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	15.0	51.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	18.0	56.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	21.0	58.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	24.0	49.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	28.3	59.0
S409bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	30.0	49.0
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	3.2	20
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	4.7	29
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	6.2	31
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	7.7	41
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	9.3	46
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	10.9	56
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	12.4	46
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	14.0	64
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	15.2	42
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	16.7	75
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	18.1	100
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	19.7	100
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	21.2	77
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	22.8	72
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	24.4	100
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	27.3	84
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	30.2	77
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	33.1	100
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	35.9	83
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	38.6	100
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	43.8	100
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	45.8	100
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	9.0	34
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	10.5	58
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	13.5	100
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	16.5	67
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	19.5	100
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	22.5	73
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	25.5	49
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	28.5	100
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	30.5	81
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	3.0	5
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	4.5	8
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	6.0	13
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	7.5	29
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	9.0	35
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	10.5	51
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	12.0	65
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	15.0	71
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	18.0	59
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	21.0	68
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	24.0	77
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	27.0	73
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	30.0	83
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	1.5	39
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	3.0	40
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	4.5	33
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	6.0	27
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	7.5	34
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	9.0	25
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	10.5	81
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	13.5	48
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	16.5	26
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	19.5	61
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	22.5	76

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	25.5	38
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	28.5	44
S412bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	31.5	51
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	14.0	40
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	15.0	79
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	18.0	61
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	21.4	68
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	24.5	74
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	26.0	70
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	28.7	82
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	30.6	74
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	33.7	93
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	36.5	83
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	38.0	78
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	6.0	27
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	7.5	51
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	9.0	45
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	10.5	49
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	12.0	39
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	15.0	52
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	18.0	65
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	21.0	79
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	24.0	93
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	27.0	92
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	30.0	100
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	1.7	4
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	3.2	15
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	4.7	6
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	6.2	26
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	7.7	54
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	9.2	58
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	10.7	100
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	12.2	84
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	13.7	100
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	15.2	37
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	16.7	63
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	18.2	62
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	19.7	66
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	21.2	73
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	22.7	71
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	24.2	100
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	25.7	100
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	27.2	100
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	28.7	84
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	1.7	15
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	3.2	54
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	4.7	73
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	6.2	66
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	7.7	66
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	9.2	93
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	10.7	91
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	12.2	92
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	13.7	84
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	15.2	79
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	16.7	83
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	18.2	87
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	19.7	86
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	21.2	85
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	22.7	76
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	24.2	80
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	25.7	78
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	27.2	79

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	28.7	83
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	1.5	30
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	3.0	36
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	4.5	45
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	6.0	58
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	7.5	62
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	9.0	63
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	10.5	66
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	12.0	66
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	15.0	76
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	18.0	80
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	21.0	87
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	24.0	84
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	27.0	87
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	30.0	100
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	1.5	100
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	3.0	100
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	4.5	29
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	7.0	28
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	9.0	44
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	10.5	44
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	13.5	100
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	16.5	100
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	19.5	77
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	23.0	81
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	26.0	100
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	29.0	100
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	1.5	16
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	3.0	22
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	4.5	100
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	6.0	20
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	7.5	23
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	9.0	23
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	10.5	59
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	13.5	50
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	16.5	50
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	18.0	59
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	21.0	62
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	24.0	62
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	27.0	100
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	30.0	100
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	1.5	15
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	3.0	13
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	4.5	19
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	6.0	89
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	7.5	96
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	9.0	89
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	10.5	76
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	12.0	55
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	15.0	76
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	18.0	86
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	21.0	91
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	24.0	100
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	27.0	100
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	30.0	89
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	7.5	100
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	9.0	90
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	10.5	90
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	12.0	100
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	15.0	85
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	18.0	98
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	21.0	92

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	24.0	100
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	27.0	100
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	30.0	93
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.5	36
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3.0	16
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5	6
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.0	17
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.5	16
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.0	15
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	10.5	92
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12.0	100
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.0	100
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.0	91
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	21.0	93
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	24.0	100
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	27.0	88
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	30.0	100
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	1.5	12
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	3.0	16
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	4.5	11
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	6.0	20
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	7.5	82
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	9.0	100
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	10.5	100
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	12.0	83
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	15.0	80
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	18.0	88
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	21.0	100
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	24.0	93
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	27.0	93
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	1.5	26
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	3.0	22
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	4.5	20
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	6.0	36
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	7.5	33
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	9.0	32
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.5	35
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	13.5	42
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	16.5	100
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	19.5	100
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	22.5	92
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	25.5	91
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	28.5	100
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	30.0	100
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	1.5	70.0
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	3.0	56.0
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	4.5	58.0
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	6.0	42.0
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	7.5	100.0
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.5	100.0
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	16.5	63.0
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	19.0	70.0
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	22.5	100.0
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	25.5	10.0
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	28.5	100.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	1.5	16.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	3.0	9.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	4.5	7.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	6.0	12.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	7.5	17.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	9.0	37.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	10.5	36.0

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	13.5	40.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	16.6	48.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	19.6	45.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	22.6	59.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	25.5	58.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	28.7	45.0
S445	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	31.6	43.0
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	6.0	29
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	7.5	41
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	9.0	46
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	10.5	48
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	13.5	50
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	16.5	57
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	19.5	42
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	22.5	62
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	25.5	100
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	29.5	88
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	3.0	22
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	4.5	55
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	6.0	76
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	7.8	80
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	9.2	100
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	11.2	100
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	14.0	100
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	16.5	100
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	21.0	100
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	1.5	36
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	3.0	29
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	5.4	22
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	7.0	20
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	9.0	21
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	10.6	24
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	12.0	100
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	13.5	100
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	15.0	43
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	16.5	100
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	22.0	45
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	23.5	42
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	24.3	100
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	26.5	49
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	28.0	58
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.5	19
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3.0	17
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5	40
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.0	16
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.5	19
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.0	25
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	10.5	57
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12.0	36
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	13.5	61
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.0	51
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	16.5	100
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.0	78
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	19.5	100
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	21.0	100
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	22.5	100
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	24.0	77
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	25.5	65
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	27.0	71
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	28.5	67
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.5	68
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3.0	67

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5	67
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.0	73
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.5	73
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.0	77
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	10.5	81
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12.0	79
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.0	86
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.0	86
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	21.0	70
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	24.0	77
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	27.0	83
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	30.0	76
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.5	100
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3.0	64
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	5.0	69
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.0	77
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.0	88
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12.0	100
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.0	57
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	22.1	46
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	25.5	100
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	29.5	64
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	21.7	78
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	24.2	100
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	27.2	56
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	30.2	71
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.4	36.0
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.4	100.0
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	8.0	100.0
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.5	89.0
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12.1	49.0
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.0	96.0
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.0	47.0
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	21.0	53.0
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	24.0	87.0
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.0	16
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.5	17
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.0	24
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	7.5	19
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.0	22
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.5	26
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.0	33
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.5	25
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.0	35
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.5	31
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.0	35
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.5	34
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.0	34
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.5	33
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.0	33
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.5	36
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.0	36
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.5	33
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	30.0	30
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.5	30
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.0	40
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.5	39
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.0	37
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	37.5	40
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.0	41
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	40.5	42
AS LPT3 503	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	42.0	40

FORO	Opera	z [m]	Nspt
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.0	30
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.5	42
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	6.0	31
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	7.5	38
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.0	46
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.5	36
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.0	33
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.5	30
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.0	59
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.5	50
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.0	53
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.5	52
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.0	52
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.5	55
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.0	43
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.5	49
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.0	41
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.5	48
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	30.0	43
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.5	54
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.0	50
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.5	45
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.0	45
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	37.5	58
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.0	54
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	40.5	66
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	42.0	74
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	45.0	67
AS CH1 501	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	48.0	67
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.5	24
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.0	19
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.5	24
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.0	30
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.5	21
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.0	18
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.5	22
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.0	31
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.5	27
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.0	26
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.5	32
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	27.0	39
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	28.5	41
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	30.0	42
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	31.5	42
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	33.0	39
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.5	44
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	36.0	40
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	37.5	42
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.0	45
AS LPT2 508	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	40.5	38

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 4 Riepilogo risultati prove di permeabilità

FORO	Opera	z(m)	K(m/s)
FS-S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.75	8.17E-04
FSS105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.75	4.92E-04
FS-S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.75	1.13E-04
FS-S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.75	1.83E-05
FS-S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.75	1.54E-05
FS-S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	29.75	6.69E-05
FS-S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.75	2.53E-05
FS-S105Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.75	7.42E-07
FS-S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.75	3.01E-03
FS-S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.75	3.39E-05
FS-S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.75	1.88E-05
FS-S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.75	7.45E-05
FS-S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.75	5.92E-06
FS-S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	29.75	7.38E-05
FS-S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.75	2.19E-06
FS-S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.75	1.34E-05
FS-S106Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	44.75	3.39E-04
FS-S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.75	2.80E-03
FS-S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.75	6.33E-04
FS-S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.75	1.34E-03
FS-S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.75	9.60E-04
FS-S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.75	8.49E-04
FS-S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	29.75	9.43E-07
FS-S107Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.75	1.46E-06
FSS107	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	39.75	7.57E-06
FS-S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	4.75	2.13E-03
FS-S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	9.75	3.45E-03
FS-S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.75	3.41E-04
FS-S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.75	2.56E-05
FS-S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25.75	7.28E-05
FS-S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	29.75	1.07E-05
FS-S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.75	1.05E-04
FS-S108Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	40.25	3.24E-04
S408	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.7	2.66E-05
S408	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	19.8	8.76E-06
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	9.925	1.28E-05
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	19.8	5.45E-06
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	55.25	1.19E-06
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	64.9	1.42E-06
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	9.7	2.75E-05
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	29.75	9.39E-06
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	39.7	1.20E-05
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	54.9	7.54E-06
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	19.925	6.36E-06
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	29.925	5.10E-06
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	54.75	1.19E-05
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	69.5	4.71E-06
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	77.5	3.35E-06
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	11.925	4.59E-05
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	24.925	3.76E-06
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	4.925	1.73E-05
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	14.925	8.59E-06
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	9.9	9.14E-06
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	24.9	4.88E-06
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	34.75	7.60E-06

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

FORO	Opera	z(m)	K(m/s)
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	49.75	4.06E-06
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	34.75	5.03E-06
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	55.25	5.64E-06
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	9.75	2.00E-05
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	24.75	1.57E-05
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	9.725	1.19E-05
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	24.75	1.12E-06
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	24.7	6.20E-06
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	39.7	4.08E-06
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	9.7	2.71E-05
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	19.75	1.99E-05
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	14.7	1.25E-05
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	40.25	1.19E-05
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	39.7	6.96E-06
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	5.9	4.05E-05
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	9.925	1.62E-05
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	4.925	2.51E-04
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	14.925	4.69E-05
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.925	2.88E-04
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	14.925	2.49E-05
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	59.5	5.59E-06
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	82.5	6.07E-06
S461	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	29.5	6.26E-06
S461	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	37.25	5.55E-06
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	37.25	4.81E-06
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	44.75	3.62E-06
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	52.25	3.36E-06

Tabella 5 Riepilogo risultati prove di laboratorio

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	φ' [°]
SPPS00	C2	23.2	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa M	TD	0	35
SPPS00	C4	35.8	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa M	TD	0	31
SPPS03	C2	14.15	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa M	TD	0	43
SPPS03	C4	28.675	Rampa D 1+600-2+200 / Rampa M	TD	0	43
SPPS07	C2	21.95	Rampa D 1+600-2+200	TD	0	33
S419	CR15	35	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	TD	8	34
S419	CR16	40	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	TD	1	31
S419	CR17	45	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	TD	0	33
S419	CR18	50	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	TD	3	30
S419	CR19	55	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	TD	0	33
S419	CR20	59.7	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	TD	3	30

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 6 Riepilogo risultati prove pressiometriche

FORO	Opera	z (m)	Ep(MPa)	E'(MPa)
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	7	94.40	377.6
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	14	120.00	480.0
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	21	93.40	373.6
S409	Strada Da 1+0 a 2+0 km	28	107.50	430.0
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	40	141.80	567.2
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	50	186.30	745.2
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	60	87.81	351.2
S410	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	70	191.56	766.2
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	15	145.69	582.8
S411	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	25	177.62	710.5
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	50	155.61	622.4
S412	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	60	311.96	1247.8
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	15	35.78	143.1
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	25	102.19	408.8
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	35	108.29	433.2
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	7	100.94	403.8
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	14	110.18	440.7
S414bis	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	21	108.94	435.8
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	10	115.20	460.8
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	20	135.80	543.2
S417	Strada Da 5+4 a 5+9 km	25	148.21	592.8
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	20	70.79	283.2
S418	Strada Da 5+4 a 5+9 km	30	111.71	446.8
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	45	207.09	828.4
S420	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	60	223.70	894.8
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	40	191.57	766.3
S422	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	50	196.26	785.0
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	15	109.59	438.4
S423	Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"	20	208.31	833.2
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	15	114.85	459.4
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	20	194.43	777.7
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	35	220.15	880.6
S425	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	45	167.21	668.8
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	15	226.63	906.5
S426	Strada Da 7+0 a 7+2 km	25	256.30	1025.2
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	25	277.11	1108.4
S427	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	35	479.46	1917.8
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	25	92.13	368.5
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	35	201.56	806.2
S447	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	20	162.11	648.4
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	10	88.17	352.7
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	20	204.65	818.6
S448	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	25	205.91	823.6
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	10	98.64	394.6
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	20	97.35	389.4
S449	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	25	96.88	387.5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 7 Riepilogo risultati prove dilatometriche

FORO	Opera	z (m)	E'(MPa)	ϕ' (°)
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	69	496.7	
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	80.5	351.0	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.4	15.5	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.8	11.0	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.4	12.0	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.6	40.6	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	15.8	53.5	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16	53.9	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.2	31.8	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	16.4	36.0	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.8	28.3	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	23	66.2	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	23.2	71.6	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	23.4	60.3	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	23.6	53.0	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	26.2	21.6	
DMT1-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	26.4	61.4	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.2	23.0	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.4	44.5	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	10.8	56.5	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	11	63.8	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	11.2	58.3	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	11.4	33.0	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	11.6	51.3	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	11.8	43.9	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12	48.0	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.2	31.7	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.4	32.2	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.6	28.2	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	12.8	41.9	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13	49.7	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.2	67.0	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.4	92.2	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	13.6	99.1	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14	33.3	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.2	52.1	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.4	42.1	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.6	40.6	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	14.8	70.8	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	18.4	4.4	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	20	27.9	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	20.2	44.5	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	20.4	48.1	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	20.6	37.3	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	20.8	73.6	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21	34.9	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.2	67.0	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.4	70.8	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	21.6	72.9	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	22.6	28.1	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	23	71.4	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	23.2	60.1	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	23.4	52.8	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

FORO	Opera	z (m)	E'(MPa)	ϕ' (°)
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.6	76.7	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	24.8	120.1	
DMT2-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	25	24.2	
DMT4-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.4	22.3	
DMT4-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.6	4.7	
DMT4-AS	AFerrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.8	22.4	
S408	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	26.3	171.7	
S408	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	34.1	321.3	42
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	67.5	333.5	
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	80	397.7	
S450	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	80.5	506.3	42
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	43.7	226.0	
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	50.5	240.7	

Tabella 8 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'0 [MPa]
BH4-AS	2	363	255.88	614
BH4-AS	4	363	255.88	614
BH4-AS	6	693	929.31	2230
BH4-AS	8	313	189.40	455
BH4-AS	10	311	187.43	450
BH4-AS	12	362	253.34	608
BH4-AS	14	299	173.61	417
BH4-AS	16	331	212.34	510
BH4-AS	18	377	275.62	661
BH4-AS	20	291	163.45	392
BH4-AS	22	399	308.43	740
BH4-AS	24	790	1207.35	2898
BH4-AS	26	837	1356.72	3256
BH4-AS	28	370	265.60	637
BH4-AS	30	346	231.75	556
BH4-AS	34	580	652.08	1565
BH4-AS	36	694	931.90	2237
BH4-AS	38	439	373.23	896
BH4-AS	40	653	825.73	1982
BH4-AS	42	397	305.00	732
BH4-AS	44	332	213.12	511
BH4-AS	46	441	376.33	903
BH4-AS	48	398	306.09	735

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
S108Pz	2	337	219.41	527
S108Pz	4	337	219.41	527
S108Pz	6	295	168.24	404
S108Pz	8	417	336.45	807
S108Pz	10	397	305.30	733
S108Pz	12	676	885.32	2125
S108Pz	14	483	451.55	1084
S108Pz	16	376	273.35	656
S108Pz	18	563	613.03	1471
S108Pz	20	609	717.51	1722
S108Pz	22	681	897.64	2154
S108Pz	24	376	273.79	657
S108Pz	26	424	347.69	834
S108Pz	28	434	365.07	876
S108Pz	30	359	249.32	598
S108Pz	32	305	180.52	433
S108Pz	34	446	386.07	927
S108Pz	36	647	811.91	1949
SPPS00	2	270	141.19	339
SPPS00	4	270	141.19	339
SPPS00	6	900	1568.81	3765
SPPS00	8	900	1568.81	3765
SPPS00	10	900	1568.81	3765
SPPS00	12	900	1568.81	3765
SPPS00	14	900	1568.81	3765
SPPS00	16	900	1568.81	3765
SPPS00	18	1100	2343.53	5624
SPPS00	20	1100	2343.53	5624
SPPS00	22	1100	2343.53	5624
SPPS00	24	1100	2343.53	5624
SPPS00	26	1100	2343.53	5624
SPPS00	28	800	1239.55	2975
SPPS00	30	800	1239.55	2975
SPPS00	32	1100	2343.53	5624
SPPS00	34	1100	2343.53	5624
SPPS00	36	1100	2343.53	5624
SPPS00	38	1100	2343.53	5624
SPPS00	40	1100	2343.53	5624
SPPS02	2	200	77.47	186
SPPS02	4	200	77.47	186
SPPS02	6	200	77.47	186
SPPS02	8	400	309.89	744
SPPS02	10	400	309.89	744
SPPS02	12	400	309.89	744
SPPS02	14	400	309.89	744
SPPS02	16	400	309.89	744
SPPS02	18	900	1568.81	3765
SPPS02	20	900	1568.81	3765
SPPS02	22	500	484.20	1162
SPPS02	24	500	484.20	1162
SPPS02	26	500	484.20	1162
SPPS02	28	500	484.20	1162
SPPS02	30	500	484.20	1162

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
SPPS04	2	180	62.75	151
SPPS04	4	350	237.26	569
SPPS04	6	350	237.26	569
SPPS04	8	350	237.26	569
SPPS04	10	350	237.26	569
SPPS04	12	700	949.03	2278
SPPS04	14	700	949.03	2278
SPPS04	16	700	949.03	2278
SPPS04	18	700	949.03	2278
SPPS04	20	700	949.03	2278
SPPS04	22	700	949.03	2278
SPPS04	24	700	949.03	2278
SPPS04	26	700	949.03	2278
SPPS04	28	1000	1936.80	4648
SPPS04	30	1000	1936.80	4648
SPPS04	32	900	1568.81	3765
SPPS04	34	900	1568.81	3765
SPPS04	36	900	1568.81	3765
SPPS04	38	900	1568.81	3765
SPPS04	40	900	1568.81	3765
SPPS04	42	900	1568.81	3765
SPPS04	44	900	1568.81	3765
SPPS04	46	900	1568.81	3765
SPPS04	48	900	1568.81	3765
SPPS04	50	900	1568.81	3765
SPPS04	52	900	1568.81	3765
SPPS04	54	900	1568.81	3765
SPPS04	56	900	1568.81	3765
SPPS04	58	900	1568.81	3765
SPPS04	60	900	1568.81	3765
SPPS08	2	230	102.46	246
SPPS08	4	230	102.46	246
SPPS08	6	620	744.51	1787
SPPS08	8	620	744.51	1787
SPPS08	10	620	744.51	1787
SPPS08	12	620	744.51	1787
SPPS08	14	250	121.05	291
SPPS08	16	250	121.05	291
SPPS08	18	1000	1936.80	4648
SPPS08	20	1000	1936.80	4648
SPPS08	22	1000	1936.80	4648
SPPS08	24	500	484.20	1162
SPPS08	26	500	484.20	1162
SPPS08	28	500	484.20	1162
SPPS08	30	500	484.20	1162
VP CH1 502	71	459	408.05	979
VP CH1 502	72	500	484.20	1162
VP CH1 502	73	476	438.83	1053
VP CH1 502	74	492	468.83	1125
VP CH1 502	75	539	562.68	1350
VP CH1 502	76	469	426.02	1022
VP CH1 502	77	467	422.39	1014
VP CH1 502	78	509	501.79	1204

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
VP CH1 502	79	544	573.17	1376
VP CH1 502	80	528	539.95	1296
VP CH1 502	81	505	493.93	1185
VP CH1 502	82	687	914.11	2194
VP CH1 502	83	1012	1983.56	4761
VP CH1 502	84	925	1657.17	3977
VP CH1 502	85	695	935.52	2245
VP CH1 502	86	556	598.73	1437
VP CH1 502	87	427	353.13	848
VP CH1 502	88	480	446.24	1071
VP CH1 502	89	403	314.55	755
VP CH1 502	90	417	336.79	808
VP CH1 502	91	509	501.79	1204
VP CH1 502	92	577	644.82	1548
VP CH1 502	93	624	754.14	1810
VP CH1 502	94	799	1236.45	2967
VP CH1 502	95	845	1382.92	3319
VP CH1 502	96	896	1554.89	3732
VP CH1 502	97	800	1239.55	2975
VP CH1 502	98	766	1136.43	2727
AS CH1 504	8	484	453.71	1089
AS CH1 504	9	438	371.56	892
AS CH1 504	10	429	356.45	855
AS CH1 504	11	440	374.96	900
AS CH1 504	12	452	395.70	950
AS CH1 504	13	457	404.50	971
AS CH1 504	14	456	402.73	967
AS CH1 504	15	479	444.38	1067
AS CH1 504	16	466	420.59	1009
AS CH1 504	17	394	300.66	722
AS CH1 504	18	290	162.88	391
AS CH1 504	19	289	161.76	388
AS CH1 504	20	294	167.41	402
AS CH1 504	21	293	166.27	399
AS CH1 504	22	298	172.00	413
AS CH1 504	23	311	187.33	450
AS CH1 504	24	317	194.63	467
AS CH1 504	25	301	175.48	421
AS CH1 504	26	311	187.33	450
AS CH1 504	27	318	195.86	470
AS CH1 504	28	311	187.33	450
AS CH1 504	29	307	182.54	438
AS CH1 504	30	333	214.77	515
AS CH1 504	31	325	204.57	491
AS CH1 504	32	313	189.75	455
AS CH1 504	33	311	187.33	450
AS CH1 504	34	301	175.48	421
AS CH1 504	35	284	156.21	375
AS CH1 504	36	318	195.86	470
AS CH1 504	37	351	238.62	573
AS CH1 504	38	355	244.09	586
AS CH1 504	39	350	237.26	569
AS CH1 504	40	315	192.18	461

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
AS CH1 504	41	352	239.98	576
AS CH1 504	42	353	241.34	579
AS CH1 504	43	346	231.87	556
AS CH1 504	44	397	305.26	733
AS CH1 504	45	378	276.74	664
AS CH1 504	46	378	276.74	664
AS CH1 504	47	384	285.59	685
AS CH1 504	48	410	325.58	781
AS CH1 504	49	388	291.57	700
AS CH1 504	50	390	294.59	707
AS CH1 504	51	426	351.48	844
AS CH1 504	52	423	346.55	832
AS CH1 504	53	431	359.78	863
AS CH1 504	54	419	340.03	816
AS CH1 504	55	391	296.10	711
AS CH1 504	56	424	348.19	836
AS CH1 504	57	480	446.24	1071
AS CH1 504	58	444	381.81	916
AS CH1 504	59	510	503.76	1209
AS CH1 504	60	549	583.75	1401
AS CH1 504	61	531	546.10	1311
AS CH1 504	62	472	431.49	1036
AS CH1 504	63	552	590.15	1416
AS CH1 504	64	697	940.91	2258
AS CH1 504	65	807	1261.34	3027
AS CH1 504	66	1085	2280.05	5472
AS CH1 504	67	1351	3535.05	8484
AS CH1 504	68	1021	2019.00	4846
AS CH1 504	69	669	866.84	2080
AS CH1 504	70	595	685.68	1646
AS CH1 504	71	557	600.89	1442
AS CH1 504	72	557	600.89	1442
AS CH1 504	73	532	548.16	1316
AS CH1 504	74	484	453.71	1089
AS CH1 504	75	590	674.20	1618
AS CH1 504	76	497	478.41	1148
AS CH1 504	77	468	424.21	1018
AS CH1 504	78	512	507.72	1219
AS CH1 504	79	502	488.08	1171
AS CH1 504	80	611	723.05	1735
AS CH1 504	81	736	1049.16	2518
AS CH1 504	82	748	1083.65	2601
AS CH1 504	83	582	656.04	1574
AS CH1 504	84	509	501.79	1204
AS CH1 504	85	472	431.49	1036
AS CH1 504	86	601	699.57	1679
AS CH1 504	87	624	754.14	1810
AS CH1 504	88	872	1472.71	3535
AS CH1 504	89	752	1095.27	2629
AS CH1 504	90	784	1190.47	2857
AS CH1 504	91	681	898.21	2156
AS CH1 504	92	597	690.29	1657
AS CH1 504	93	612	725.42	1741

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
AS CH1 504	94	662	848.79	2037
AS CH1 504	95	662	848.79	2037
AS CH1 504	96	560	607.38	1458
AS CH1 504	97	673	877.23	2105
AS CH1 504	98	643	800.77	1922
AS CH1 504	99	621	746.91	1793
AS CH1 504	100	590	674.20	1618
S413	1	176	60.04	144
S413	2	202.03	79.05	190
S413	3	189.77	69.75	167
S413	4	209.96	85.38	205
S413	5	231.12	103.46	248
S413	6	248.8	119.89	288
S413	7	264.92	135.93	326
S413	8	280.1	151.95	365
S413	9	278.79	150.54	361
S413	10	275.62	147.13	353
S413	11	275.38	146.88	353
S413	12	280.63	152.53	366
S413	13	288.06	160.71	386
S413	14	296.48	170.25	409
S413	15	302.65	177.41	426
S413	16	303.55	178.46	428
S413	17	307.86	183.57	441
S413	18	312.25	188.84	453
S413	19	317.36	195.07	468
S413	20	322.06	200.89	482
S413	21	327.36	207.56	498
S413	22	333.19	215.01	516
S413	23	337.03	220.00	528
S413	24	342.33	226.97	545
S413	25	346.17	232.09	557
S413	26	350.02	237.29	569
S413	27	353.68	242.27	581
S413	28	357.1	246.98	593
S413	29	360.21	251.30	603
S413	30	363.56	256.00	614
S413	31	366.76	260.52	625
S413	32	369.81	264.88	636
S413	33	372.72	269.06	646
S413	34	375.92	273.70	657
S413	35	379	278.20	668
S413	36	382.15	282.85	679
S413	37	385.26	287.47	690
S413	38	388.29	292.01	701
S413	39	390.51	295.36	709
S413	40	391.69	297.15	713
S424	8	313.8	190.72	458
S424	9	314.14	191.13	459
S424	10	329.27	209.99	504
S424	11	342.22	226.83	544
S424	13	352.25	240.32	577
S424	14	357.81	247.96	595

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
S424	15	369.26	264.09	634
S424	16	377.93	276.64	664
S424	17	386.14	288.78	693
S424	18	391.37	296.66	712
S424	19	401.81	312.70	750
S424	20	408.82	323.70	777
S424	21	419.89	341.47	820
S424	22	422	344.91	828
S424	23	427.54	354.03	850
S424	24	432.47	362.24	869
S424	25	441.85	378.12	907
S424	26	456.03	402.78	967
S424	27	470.1	428.02	1027
S424	28	473.95	435.06	1044
S424	29	476.82	440.35	1057
S424	30	479.77	445.81	1070
S418	1	216.564	90.84	218
S418	2	230.485	102.89	247
S418	3	255.516	126.45	303
S418	4	272.544	143.87	345
S418	5	287.655	160.26	385
S418	6	306.159	181.54	436
S418	7	323.823	203.10	487
S418	8	333.953	216.00	518
S418	9	339.434	223.15	536
S418	10	342.187	226.78	544
S418	11	345.081	230.64	554
S418	12	349.735	236.90	569
S418	13	356.189	245.72	590
S418	14	363.057	255.29	613
S418	15	368.396	262.85	631
S418	16	372.749	269.10	646
S418	17	378.12	276.91	665
S418	18	385.142	287.29	690
S418	19	391.976	297.58	714
S418	20	398.709	307.89	739
S418	21	405.746	318.85	765
S418	22	412.936	330.26	793
S418	23	420.251	342.06	821
S418	24	427.974	354.75	851
S418	25	435.629	367.55	882
S418	26	442.615	379.43	911
S418	27	449.223	390.85	938
S418	28	455.615	402.05	965
S418	29	461.916	413.25	992
S418	30	469.309	426.58	1024
S418	31	478.993	444.37	1066
S418	32	489.673	464.41	1115
S418	33	500.069	484.33	1162
S418	34	509.388	502.55	1206
S418	35	515.927	515.54	1237
S418	36	521.469	526.67	1264
S418	37	525.17	534.18	1282

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
S418	38	527.629	539.19	1294
S418	39	535.597	555.60	1333
S418	40	541.79	568.52	1364
S426	1	269.41	140.58	337
S426	2	251.42	122.43	294
S426	3	265.7	136.73	328
S426	4	249.84	120.90	290
S426	5	259.53	130.45	313
S426	6	273.55	144.93	348
S426	7	293.55	166.90	401
S426	8	313.54	190.40	457
S426	9	320.12	198.48	476
S426	10	332.18	213.71	513
S426	11	339.83	223.67	537
S426	12	345.91	231.75	556
S426	13	351.21	238.90	573
S426	14	335.44	217.93	523
S426	15	340.83	224.99	540
S426	16	350.99	238.60	573
S426	17	357.88	248.06	595
S426	18	366.47	260.11	624
S426	19	374.09	271.04	651
S426	20	380.97	281.10	675
S426	21	386.43	289.22	694
S426	22	389.13	293.27	704
S426	23	397.5	306.03	734
S426	24	402.73	314.13	754
S426	25	407.6	321.78	772
S426	26	410.66	326.62	784
S426	27	415.05	333.65	801
S426	28	420.54	342.53	822
S426	29	425.73	351.04	842
S447	1	207.03	83.01	199
S447	2	248.45	119.55	287
S447	3	311.91	188.43	452
S447	4	312.84	189.55	455
S447	5	310.27	186.45	447
S447	6	309.02	184.95	444
S447	7	305.95	181.29	435
S447	8	306.04	181.40	435
S447	9	311.69	188.16	452
S447	10	313.77	190.68	458
S447	11	316.69	194.25	466
S447	12	322.99	202.05	485
S447	13	330.39	211.42	507
S447	14	340.3	224.29	538
S447	15	352.09	240.10	576
S447	16	367.39	261.42	627
S447	17	387.59	290.96	698
S447	18	407.8	322.09	773
S447	19	418.31	338.91	813
S447	20	424.87	349.62	839
S447	21	436.94	369.77	887

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
S447	22	446.13	385.48	925
S447	23	449.83	391.91	941
S447	24	451.62	395.03	948
S447	25	453.55	398.41	956
S408	1	175.365	59.56	143
S408	2	212.642	87.58	210
S408	3	288.682	161.41	387
S408	4	319.67	197.92	475
S408	5	335.096	217.48	522
S408	6	345.481	231.17	555
S408	7	355.955	245.40	589
S408	8	367.296	261.29	627
S408	9	380.2	279.97	672
S408	10	395.508	302.97	727
S408	11	412.142	328.99	790
S408	12	428.857	356.21	855
S408	13	446.221	385.64	926
S408	14	464.843	418.50	1004
S408	15	484.759	455.13	1092
S408	16	506.233	496.35	1191
S408	17	529.65	543.33	1304
S408	18	554.226	594.92	1428
S408	19	579.028	649.36	1558
S408	20	603.44	705.27	1693
S408	21	628.871	765.96	1838
S408	23	680.425	896.70	2152
S408	24	703.965	959.81	2304
S408	25	726.392	1021.94	2453
S408	26	747.925	1083.43	2600
S408	27	768.352	1143.42	2744
S408	28	787.368	1200.72	2882
S408	29	805.472	1256.57	3016
S408	30	823.992	1315.01	3156
S408	31	842.502	1374.76	3299
S408	32	860.619	1434.52	3443
S408	33	877.251	1490.50	3577
S408	34	892.107	1541.41	3699
S408	35	906.096	1590.13	3816
S408	36	918.136	1632.67	3918
S408	37	928.69	1670.42	4009
S408	38	938.204	1704.82	4092
S408	39	946.9	1736.57	4168
S408	40	951.34	1752.90	4207
S414	8	380.55	280.48	673
S414	9	392.85	298.91	717
S414	10	403.26	314.96	756
S414	11	410.98	327.13	785
S414	12	418.53	339.26	814
S414	13	421.17	343.56	825
S414	14	417.86	338.18	812
S414	15	417.25	337.19	809
S414	16	422.24	345.31	829
S414	17	444.63	382.90	919

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
S414	18	485.57	456.66	1096
S414	19	513.34	510.38	1225
S414	20	522.78	529.33	1270
S414	21	527.7	539.34	1294
S414	22	529.87	543.78	1305
S414	24	535.81	556.04	1334
S414	25	538.94	562.56	1350
S414	26	541.88	568.71	1365
S414	27	544.53	574.29	1378
S414	28	547.8	581.20	1395
S414	29	552.77	591.80	1420
S414	30	559.41	606.10	1455
S414	31	568.01	624.88	1500
S414	32	578.13	647.34	1554
S414	33	589.03	671.98	1613
S414	34	601.69	701.18	1683
S414	35	612.01	725.44	1741
S414	36	619.17	742.51	1782
S414	37	626.32	759.76	1823
S414	38	632.52	774.88	1860
S414	39	636.3	784.17	1882
S414	40	638.56	789.75	1895
S414	41	640.8	795.30	1909
S414	42	641.19	796.27	1911
S414	43	640.77	795.22	1909
S414	44	640.27	793.98	1906
S414	47	636.96	785.79	1886
S414	48	636.9	785.65	1886
S414	49	637.1	786.14	1887
S414	50	636.54	784.76	1883
S414	51	636.11	783.70	1881
S414	52	635.91	783.21	1880
S414	53	636.08	783.62	1881
S414	54	637.04	785.99	1886
S414	55	638.69	790.07	1896
S414	56	641.76	797.68	1914
S414	57	647.34	811.61	1948
S414	58	655.16	831.34	1995
S414	59	664.12	854.24	2050
S414	60	674.52	881.20	2115
S414	61	675.26	883.13	2120
S414	62	669.17	867.28	2081
S414	63	668.58	865.75	2078
S414	64	668.94	866.68	2080
S414	65	668.83	866.40	2079
S414	66	669.92	869.22	2086
S414	67	672.27	875.33	2101
S414	68	675.76	884.44	2123
S414	69	680.17	896.02	2150
S414	70	682.51	902.20	2165
S414	71	680.6	897.16	2153
S414	72	676.93	887.51	2130
S414	73	673.28	877.96	2107

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'0 [MPa]
S414	74	669.78	868.86	2085
S414	75	667.1	861.92	2069
S414	76	662.59	850.30	2041
S414	77	655.5	832.20	1997
S414	78	649.14	816.13	1959
S414	79	645.17	806.18	1935
S414	80	644.21	803.78	1929
S414	81	646.55	809.63	1943
S414	82	653.75	827.77	1987
S414	83	664.54	855.32	2053
S414	84	661.45	847.38	2034
S414	85	652.95	825.74	1982
FS CH1 506	81	417	336.79	808
FS CH1 506	82	511	505.74	1214
FS CH1 506	83	444	381.81	916
FS CH1 506	84	382	282.63	678
FS CH1 506	85	332	213.48	512
FS CH1 506	86	406	319.25	766
FS CH1 506	87	464	416.99	1001
FS CH1 506	88	443	380.09	912
FS CH1 506	89	358	248.23	596
FS CH1 506	90	369	263.72	633
FS CH1 506	91	412	328.76	789
FS CH1 506	92	408	322.41	774
FS CH1 506	93	404	316.12	759
FS CH1 506	94	381	281.15	675
FS CH1 506	95	383	284.11	682
FS CH1 506	96	383	284.11	682
FS CH1 506	97	382	282.63	678
FS CH1 506	98	388	291.57	700
OTS CH1 501	51	517	517.69	1242
OTS CH1 501	52	456	402.73	967
OTS CH1 501	53	514	511.69	1228
OTS CH1 501	54	484	453.71	1089
OTS CH1 501	55	476	438.83	1053
OTS CH1 501	56	481	448.10	1075
OTS CH1 501	57	439	373.26	896
OTS CH1 501	58	549	583.75	1401
OTS CH1 501	59	379	278.20	668
OTS CH1 501	60	395	302.19	725
OTS CH1 501	61	448	388.72	933
OTS CH1 501	62	477	440.68	1058
OTS CH1 501	63	496	476.48	1144
OTS CH1 501	64	427	353.13	848
OTS CH1 501	65	526	535.87	1286
OTS CH1 501	66	596	687.98	1651
OTS CH1 501	67	595	685.68	1646
OTS CH1 501	68	789	1205.70	2894
OTS CH1 501	69	517	517.69	1242
OTS CH1 501	70	385	287.08	689
OTS CH1 501	71	482	449.96	1080
OTS CH1 501	72	409	323.99	778
OTS CH1 501	73	382	282.63	678
OTS CH1 501	74	338	221.27	531

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'0 [MPa]
OTS CH1 501	75	397	305.26	733
OTS CH1 501	76	414	331.96	797
OTS CH1 501	77	450	392.20	941
OTS CH1 501	78	427	353.13	848
OTS CH1 501	79	538	560.59	1345
OTS CH1 501	80	590	674.20	1618
OTS CH1 501	81	568	624.86	1500
OTS CH1 501	82	631	771.16	1851
OTS CH1 501	83	687	914.11	2194
OTS CH1 501	84	1077	2246.55	5392
OTS CH1 501	85	928	1667.94	4003
OTS CH1 501	86	639	790.84	1898
OTS CH1 501	87	547	579.51	1391
OTS CH1 501	88	588	669.64	1607
OTS CH1 501	89	567	622.66	1494
OTS CH1 501	90	594	683.37	1640
OTS CH1 501	91	568	624.86	1500
OTS CH1 501	92	580	651.54	1564
OTS CH1 501	93	595	685.68	1646
OTS CH1 501	94	560	607.38	1458
OTS CH1 501	95	579	649.29	1558
OTS CH1 501	96	531	546.10	1311
OTS CH1 501	97	528	539.95	1296
OTS CH1 501	98	521	525.73	1262
OTS CH1 501	99	546	577.39	1386
VP CH1 505	80	392	297.62	714
VP CH1 505	81	348	234.55	563
VP CH1 505	82	484	453.71	1089
VP CH1 505	83	800	1239.55	2975
VP CH1 505	84	752	1095.27	2629
VP CH1 505	85	531	546.10	1311
VP CH1 505	86	510	503.76	1209
VP CH1 505	87	525	533.83	1281
VP CH1 505	88	567	622.66	1494
VP CH1 505	89	585	662.82	1591
VP CH1 505	90	557	600.89	1442
VP CH1 505	91	569	627.06	1505
VP CH1 505	92	624	754.14	1810
VP CH1 505	93	528	539.95	1296
VP CH1 505	94	514	511.69	1228
VP CH1 505	95	525	533.83	1281
VP CH1 505	96	482	449.96	1080
VP CH1 505	97	538	560.59	1345
VP CH1 505	98	517	517.69	1242
VP CH1 505	99	523	529.77	1271
VP CH1 505	100	530	544.05	1306
AS CH1 501	2	413	330.36	793
AS CH1 501	3	435	366.49	880
AS CH1 501	4	384	285.59	685
AS CH1 501	5	365	258.03	619
AS CH1 501	6	358	248.23	596
AS CH1 501	7	401	311.44	747
AS CH1 501	8	396	303.72	729
AS CH1 501	9	375	272.36	654

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
AS CH1 501	10	432	361.45	867
AS CH1 501	11	444	381.81	916
AS CH1 501	12	411	327.17	785
AS CH1 501	13	364	256.62	616
AS CH1 501	14	314	190.96	458
AS CH1 501	15	282	154.02	370
AS CH1 501	16	274	145.41	349
AS CH1 501	17	285	157.32	378
AS CH1 501	18	304	178.99	430
AS CH1 501	19	309	184.93	444
AS CH1 501	20	293	166.27	399
AS CH1 501	21	255	125.94	302
AS CH1 501	22	293	166.27	399
AS CH1 501	23	321	199.57	479
AS CH1 501	24	346	231.87	556
AS CH1 501	25	356	245.46	589
AS CH1 501	26	360	251.01	602
AS CH1 501	27	339	222.58	534
AS CH1 501	28	317	194.63	467
AS CH1 501	29	269	140.15	336
AS CH1 501	30	287	159.53	383
AS CH1 501	31	312	188.54	452
AS CH1 501	32	313	189.75	455
AS CH1 501	33	337	219.96	528
AS CH1 501	34	354	242.71	583
AS CH1 501	35	396	303.72	729
AS CH1 501	36	408	322.41	774
AS CH1 501	37	397	305.26	733
AS CH1 501	38	416	335.17	804
AS CH1 501	39	402	312.99	751
AS CH1 501	40	403	314.55	755
AS CH1 501	41	436	368.18	884
AS CH1 501	42	446	385.26	925
AS CH1 501	43	396	303.72	729
AS CH1 501	44	392	297.62	714
AS CH1 501	45	400	309.89	744
AS CH1 501	46	413	330.36	793
AS CH1 501	47	426	351.48	844
AS CH1 501	48	462	413.40	992
AS CH1 501	49	463	415.19	996
AS CH1 501	50	440	374.96	900
AS CH1 501	51	445	383.53	920
AS CH1 501	52	471	429.66	1031
AS CH1 501	53	477	440.68	1058
AS CH1 501	54	508	499.82	1200
AS CH1 501	55	511	505.74	1214
AS CH1 501	56	532	548.16	1316
AS CH1 501	57	512	507.72	1219
AS CH1 501	58	443	380.09	912
AS CH1 501	59	457	404.50	971
AS CH1 501	60	466	420.59	1009
AS CH1 501	61	462	413.40	992
AS CH1 501	62	455	400.97	962
AS CH1 501	63	464	416.99	1001

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORO	z(m)	Vs [m/s]	G'o [Mpa]	E'o [MPa]
AS CH1 501	64	485	455.58	1093
AS CH1 501	65	481	448.10	1075
AS CH1 501	66	490	465.03	1116
AS CH1 501	67	528	539.95	1296
AS CH1 501	68	550	585.88	1406
AS CH1 501	69	742	1066.33	2559
AS CH1 501	70	713	984.61	2363
AS CH1 501	71	627	761.41	1827
AS CH1 501	72	563	613.91	1473
AS CH1 501	73	594	683.37	1640
AS CH1 501	74	630	768.72	1845
AS CH1 501	75	540	564.77	1355
AS CH1 501	76	542	568.96	1366
AS CH1 501	77	537	558.51	1340
AS CH1 501	78	514	511.69	1228
AS CH1 501	79	491	466.93	1121
AS CH1 501	80	493	470.74	1130
AS CH1 501	81	503	490.03	1176
AS CH1 501	82	510	503.76	1209
AS CH1 501	83	600	697.25	1673
AS CH1 501	84	674	879.84	2112
AS CH1 501	85	747	1080.75	2594
AS CH1 501	86	725	1018.03	2443
AS CH1 501	87	625	756.56	1816
AS CH1 501	88	662	848.79	2037
AS CH1 501	89	702	954.46	2291
AS CH1 501	90	646	808.26	1940
AS CH1 501	91	797	1230.27	2953
AS CH1 501	92	613	727.79	1747
AS CH1 501	93	601	699.57	1679
AS CH1 501	94	606	711.26	1707
AS CH1 501	95	633	776.05	1863
AS CH1 501	96	612	725.42	1741
AS CH1 501	97	505	493.93	1185
AS CH1 501	98	452	395.70	950
AS CH1 501	99	514	511.69	1228
AS CH1 501	100	522	527.75	1267
FS CH1 508	79	363	255.21	613
FS CH1 508	80	393	299.14	718
FS CH1 508	81	461	411.61	988
FS CH1 508	82	625	756.56	1816
FS CH1 508	83	640	793.31	1904
FS CH1 508	84	350	237.26	569
FS CH1 508	85	364	256.62	616
FS CH1 508	86	339	222.58	534
FS CH1 508	87	330	210.92	506
FS CH1 508	88	358	248.23	596

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n°1

Galleria Faro Superiore lato Est

Litologia: ghiaie

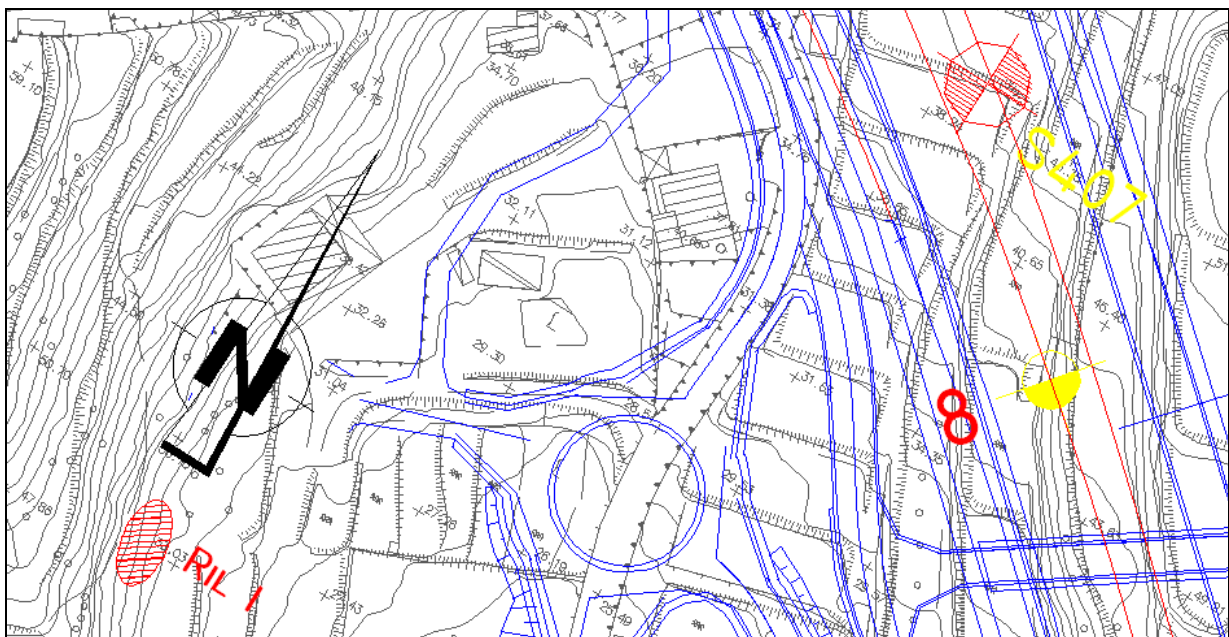


Figura 70 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostrutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R1	0	3	0	0	15	18

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il parametro R6, relativo all'orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei parametri meccanici dell'ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: $n1 = 0$
- 2) Rock Quality Designation RQD $n2 = 3$
- 3) Spaziatura delle discontinuità: $n3 = 0$
- 4) Stato delle discontinuità $n4 = 0$
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : $n5 = 15$
- 6) Orientamento delle discontinuità: $n6 =$

RMRbase = 18

CLASSE V

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso.

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: in sabbie e ghiaie non è possibile produrre una proiezione stereografica

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>	
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>	<p><i>Codice documento</i> SB0057_F0_2</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>



Figura 71 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici, stratificazione



Figura 72 Particolare dell'affioramento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n°2

Galleria Faro Superiore lato Ovest

Litologia: ghiaie

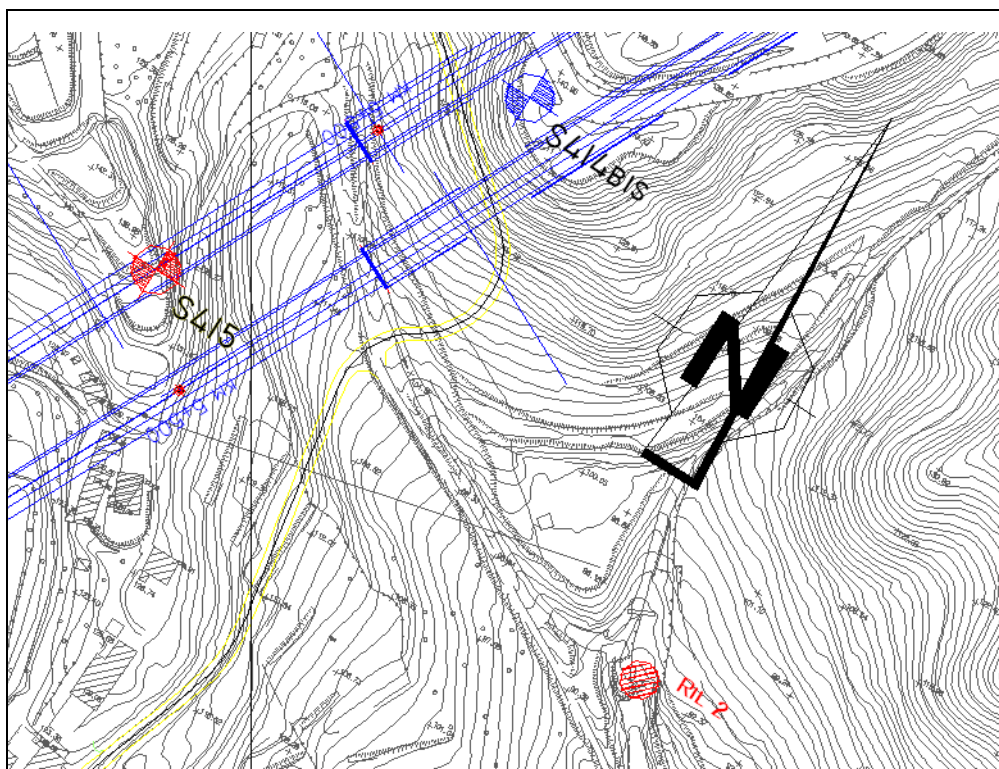


Figura 73 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostrutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R2	0	3	0	0	15	18

Il parametro R6, relativo all’orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

parametri meccanici dell'ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: n1 = 0
- 2) Rock Quality Designation RQD n2 = 3
- 3) Spaziatura delle discontinuità: n3 = 0
- 4) Stato delle discontinuità n4 = 0
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : n5 = 15
- 6) Orientamento delle discontinuità: n6 =

RMRbase = 18

CLASSE V

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso.

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: in sabbie e ghiaie non è possibile produrre una proiezione stereografica

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						



Figura 74 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici, stratificazione



Figura 75 Particolare dell'affioramento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n°3

Galleria Balena Est

Litologia: sabbie e ghiaie

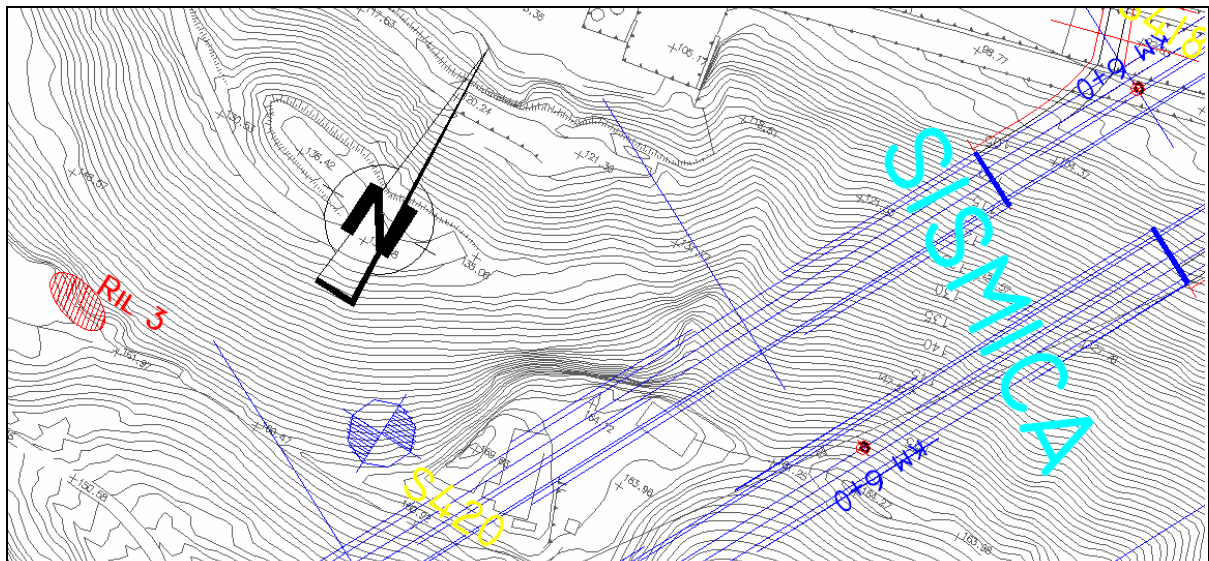


Figura 76 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostrutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R3	0	3	0	0	15	18

Il parametro R6, relativo all’orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

parametri meccanici dell'ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: n1 = 0
- 2) Rock Quality Designation RQD n2 = 3
- 3) Spaziatura delle discontinuità: n3 = 0
- 4) Stato delle discontinuità n4 = 0
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : n5 = 15
- 6) Orientamento delle discontinuità: n6 =

RMRbase = 18

CLASSE V

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso.

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: in sabbie e ghiaie non è possibile produrre una proiezione stereografica

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

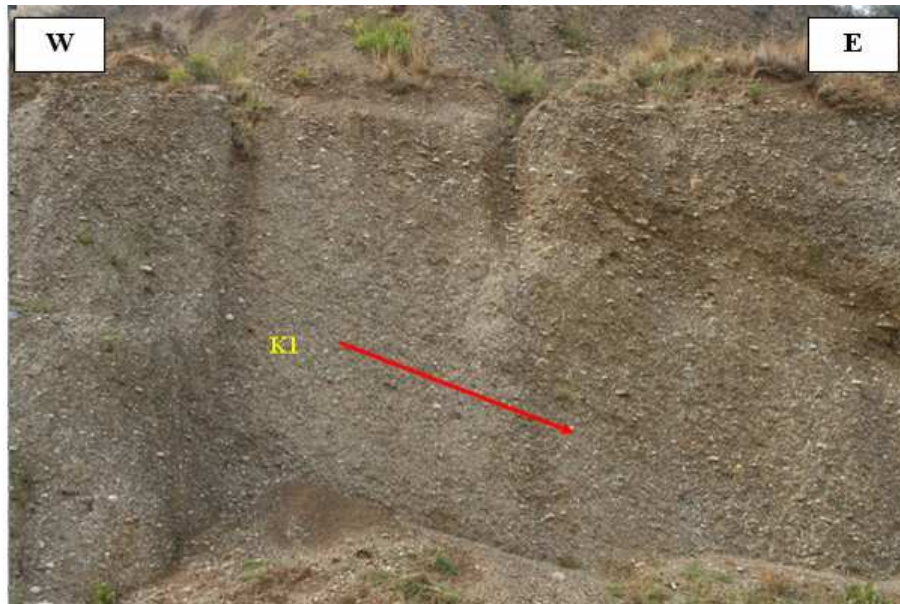


Figura 77 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici, stratificazione



Figura 78 Particolare dell'affioramento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n°4

Galleria Balena Ovest

Litologia: sabbie e ghiaie

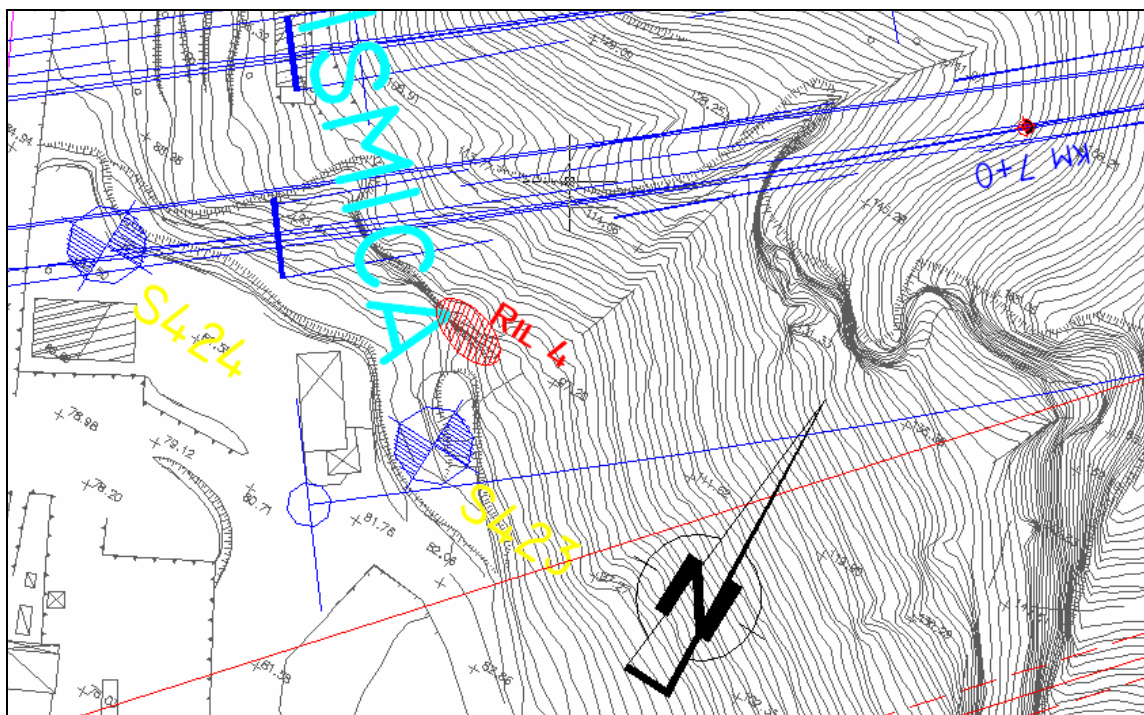


Figura 79 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R4	0	3	0	0	15	18

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il parametro R6, relativo all'orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei parametri meccanici dell'ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: $n1 = 0$
- 2) Rock Quality Designation RQD $n2 = 3$
- 3) Spaziatura delle discontinuità: $n3 = 0$
- 4) Stato delle discontinuità $n4 = 0$
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : $n5 = 15$
- 6) Orientamento delle discontinuità: $n6 =$

RMRbase = 18

CLASSE V

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: in sabbie e ghiaie non è possibile produrre una proiezione stereografica

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>	
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>	<p><i>Codice documento</i> SB0057_F0_2</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>



Figura 80 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici



Figura 81 Particolare dell'affioramento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n°5 bis

Galleria Le Fosse

Litologia: sabbie e ghiaie

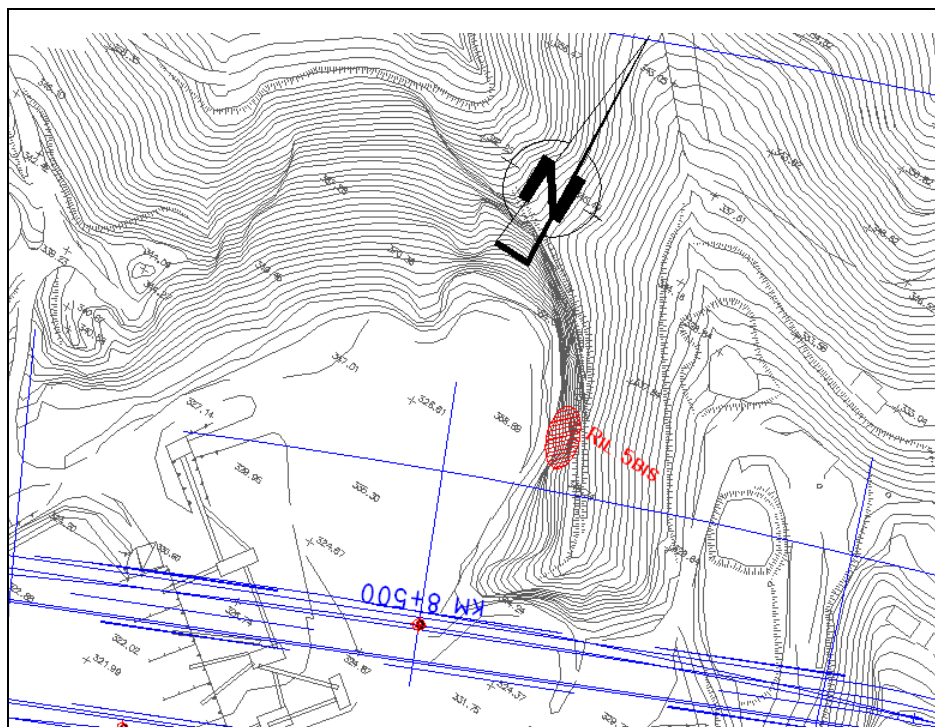


Figura 82 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostrutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R5bis	0	3	0	0	15	18

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il parametro R6, relativo all'orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei parametri meccanici dell'ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: $n1 = 0$
- 2) Rock Quality Designation RQD $n2 = 3$
- 3) Spaziatura delle discontinuità: $n3 = 0$
- 4) Stato delle discontinuità $n4 = 0$
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : $n5 = 15$
- 6) Orientamento delle discontinuità: $n6 =$

RMRbase = 18

CLASSE V

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: in sabbie e ghiaie non è possibile produrre una proiezione stereografica

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>	
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>	<p><i>Codice documento</i> SB0057_F0_2</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>



Figura 83 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici, stratificazione



Figura 84 Particolare dell'affioramento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n°8

Galleria S.Agata Est

Litologia: sabbie e ghiaie

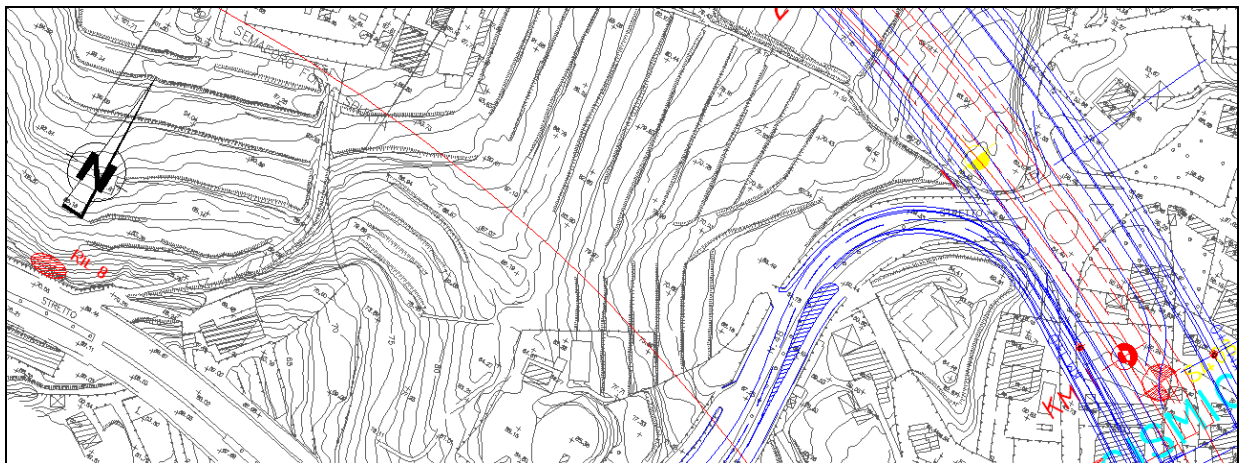


Figura 85 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostrutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R8	0	3	0	0	15	18

Il parametro R6, relativo all’orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

parametri meccanici dell'ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: $n1 = 0$
- 2) Rock Quality Designation RQD $n2 = 3$
- 3) Spaziatura delle discontinuità: $n3 = 0$
- 4) Stato delle discontinuità $n4 = 0$
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : $n5 = 15$
- 6) Orientamento delle discontinuità: $n6 =$

RMRbase = 18

CLASSE V

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso.

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: in sabbie e ghiaie non è possibile produrre una proiezione stereografica

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 86 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici, stratificazione



Figura 87 Particolare dell'affioramento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n°9

Galleria S.Agata Ovest

Litologia: sabbie e ghiaie

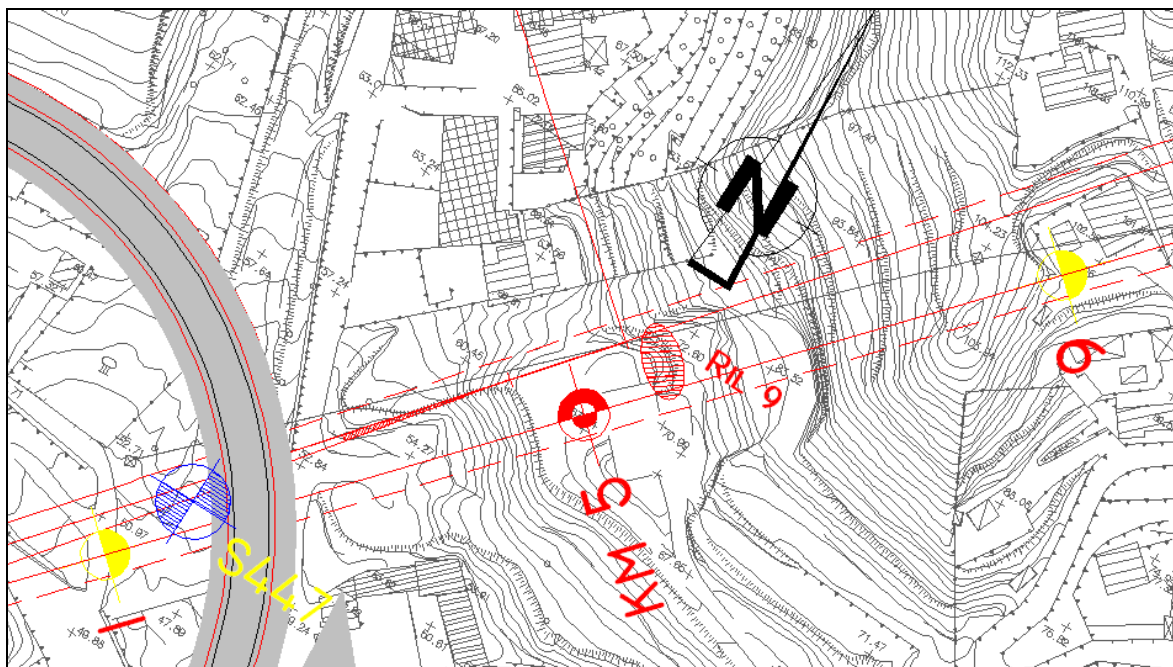


Figura 88 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostrutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R9	0	3	0	0	15	18

Il parametro R6, relativo all’orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

parametri meccanici dell'ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: $n1 = 0$
- 2) Rock Quality Designation RQD $n2 = 3$
- 3) Spaziatura delle discontinuità: $n3 = 0$
- 4) Stato delle discontinuità $n4 = 0$
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : $n5 = 15$
- 6) Orientamento delle discontinuità: $n6 =$

RMRbase = 18

CLASSE V

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso.

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: in sabbie e ghiaie non è possibile produrre una proiezione stereografica

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>		<p><i>Codice documento</i> SB0057_F0_2</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

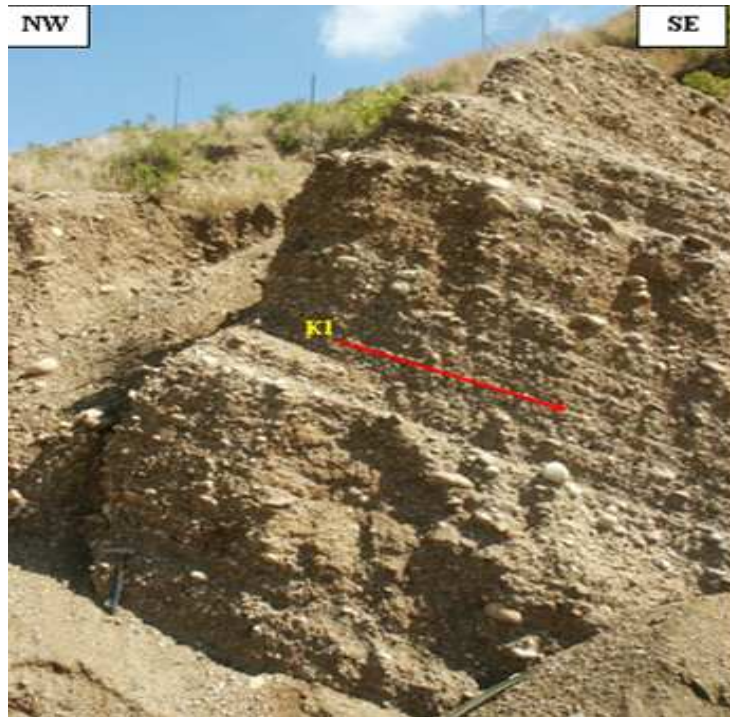


Figura 89 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici, stratificazione



Figura 90 Particolare dell'affioramento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n° 10

Galleria S.Cecilia Est

Litologia: sabbie e ghiaie

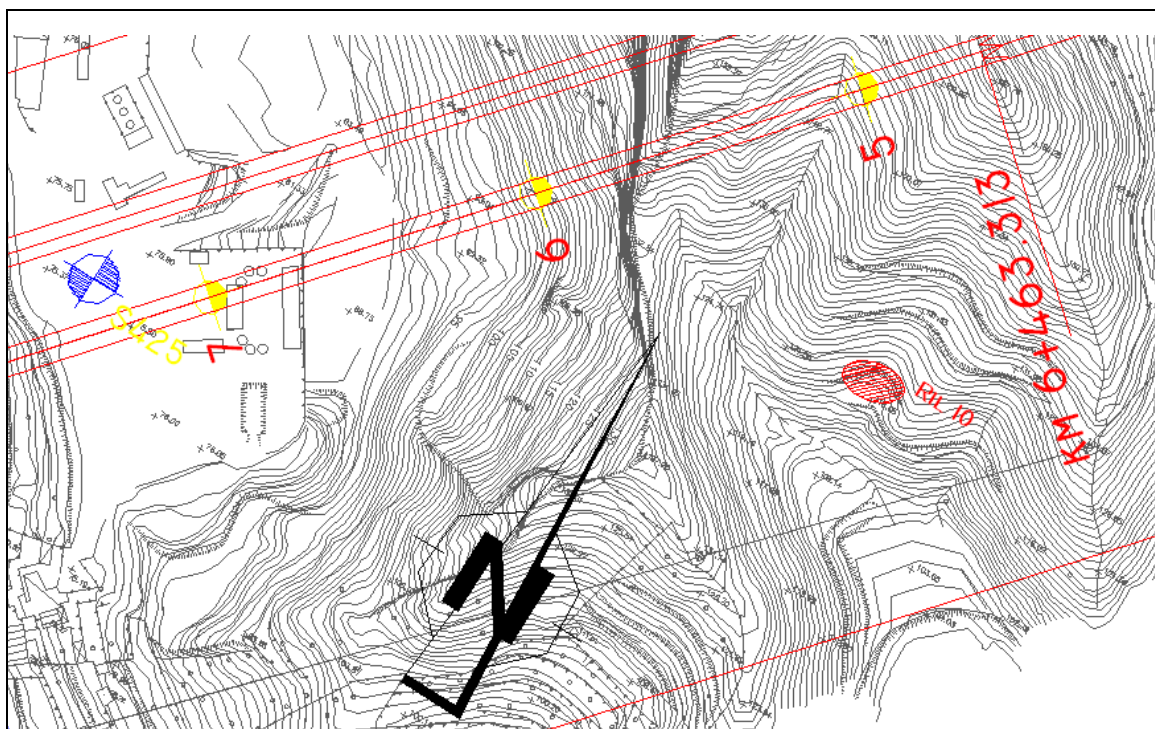


Figura 91 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R9	0	3	0	0	15	18

Il parametro R6, relativo all’orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

parametri meccanici dell'ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: $n1 = 0$
- 2) Rock Quality Designation RQD $n2 = 3$
- 3) Spaziatura delle discontinuità: $n3 = 0$
- 4) Stato delle discontinuità $n4 = 0$
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : $n5 = 15$
- 6) Orientamento delle discontinuità: $n6 =$

RMRbase = 18

CLASSE V

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso.

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: in sabbie e ghiaie non è possibile produrre una proiezione stereografica

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 92 Particolare dell'affioramento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n° 11

Galleria S.Cecilia Ovest

Litologia: sabbie e ghiaie

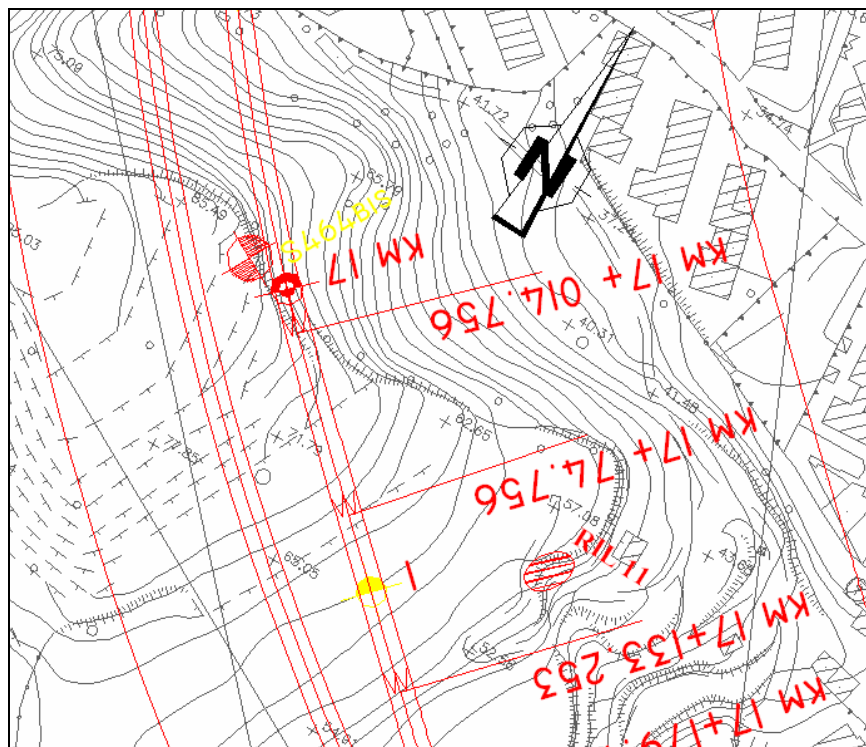


Figura 93 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R9	0	3	0	0	15	18

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il parametro R6, relativo all'orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei parametri meccanici dell'ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: n1 = 0
- 2) Rock Quality Designation RQD n2 = 3
- 3) Spaziatura delle discontinuità: n3 = 0
- 4) Stato delle discontinuità n4 = 0
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : n5 = 15
- 6) Orientamento delle discontinuità: n6 =

RMRbase = 18

CLASSE V

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso.

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: in sabbie e ghiaie non è possibile produrre una proiezione stereografica

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 94 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici, stratificazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 95 Particolare dell'affioramento

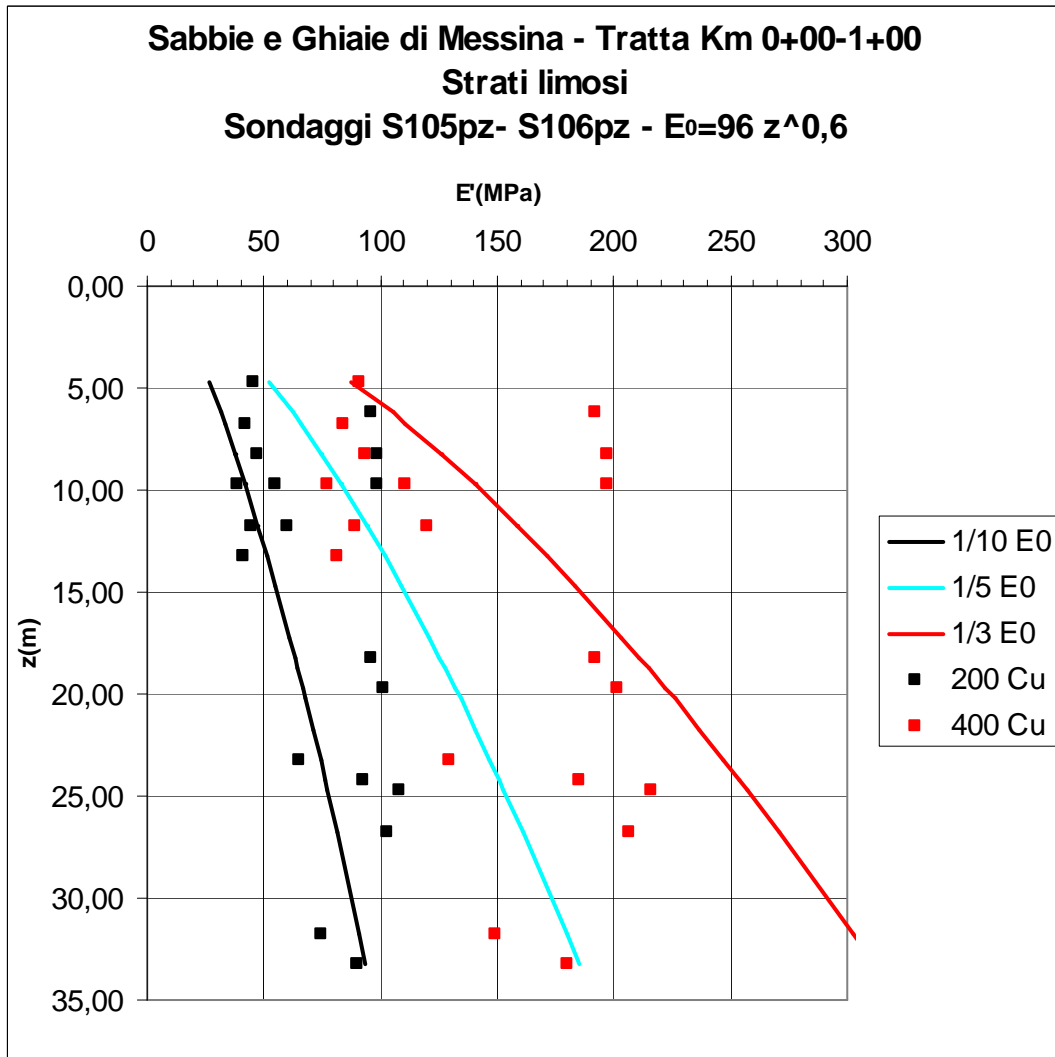


Figura 96

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.1 Ferroviario e Stradale da 0 a 1+0 Km

5.1.1.1 Ancoraggio

Ancoraggio - Sabbie e ghiaie di Messina

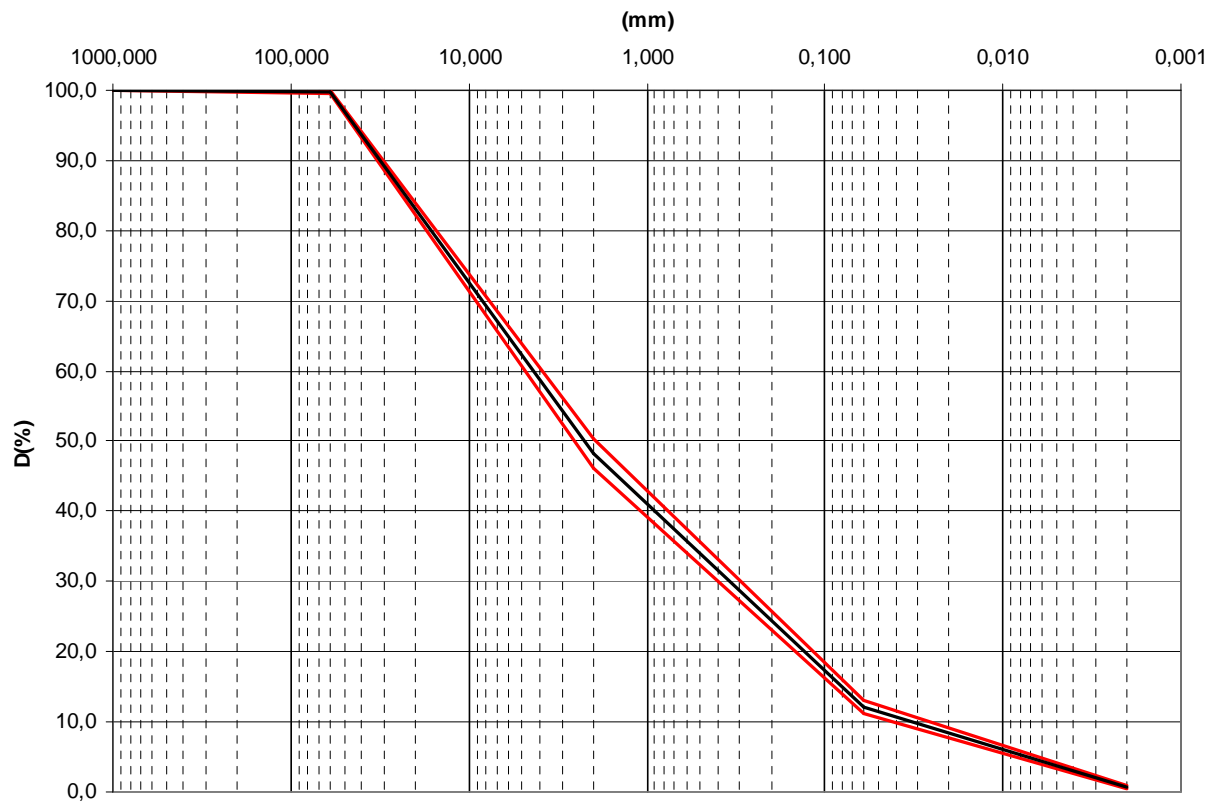


Figura 97

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ancoraggio - % Ghiaia

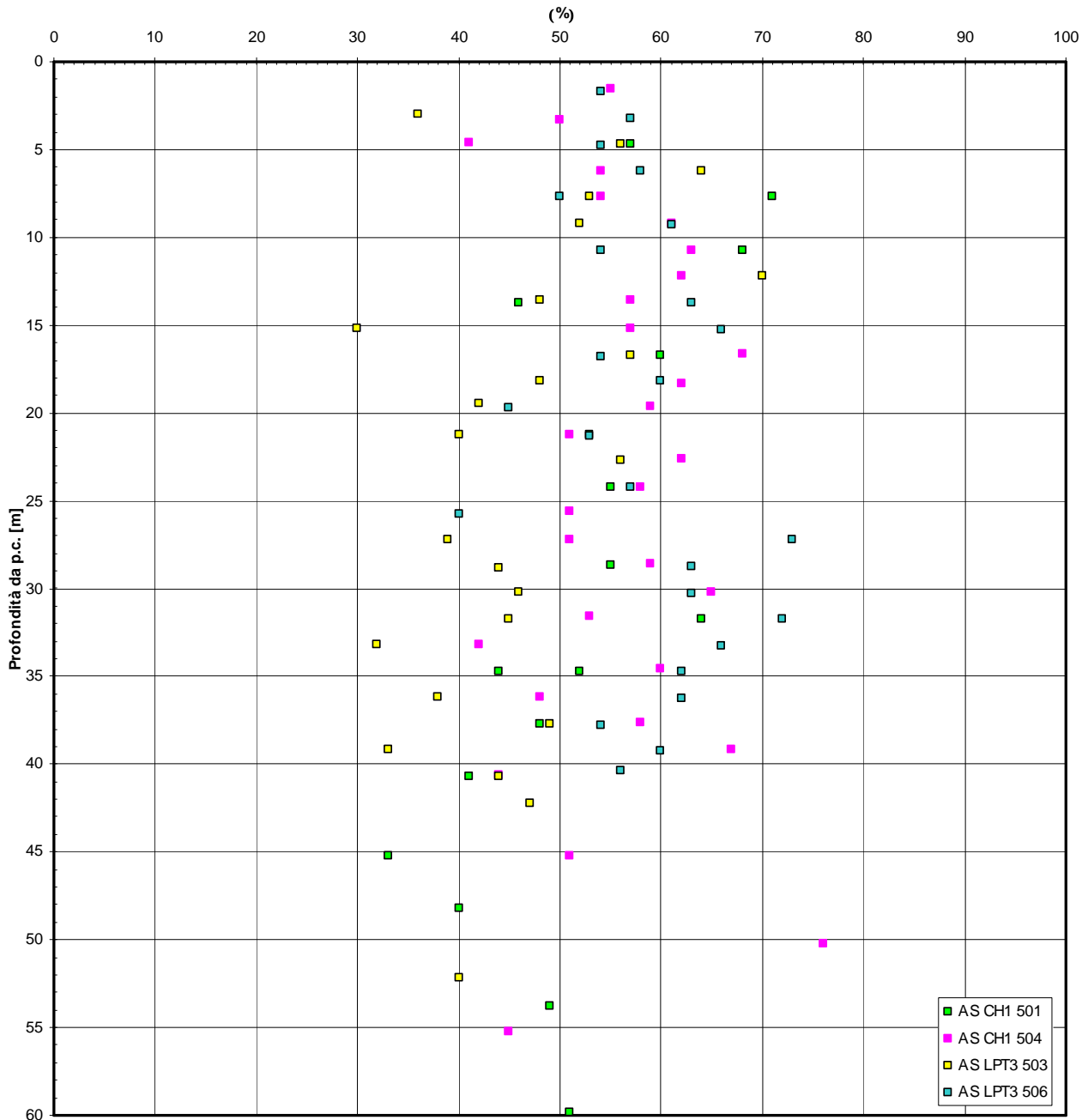


Figura 98

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ancoraggio - % Sabbia

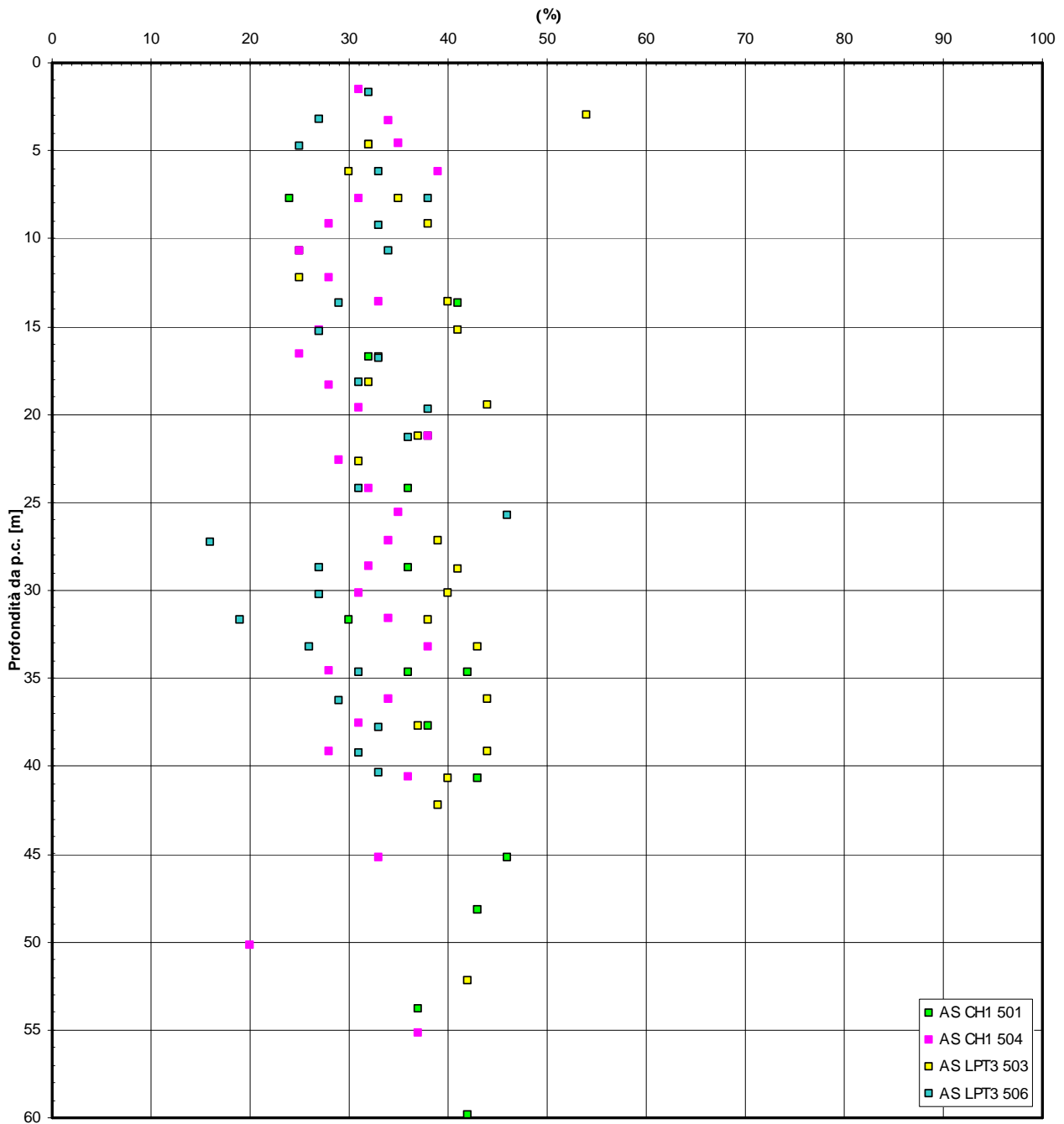


Figura 99

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ancoraggio - d50(mm)

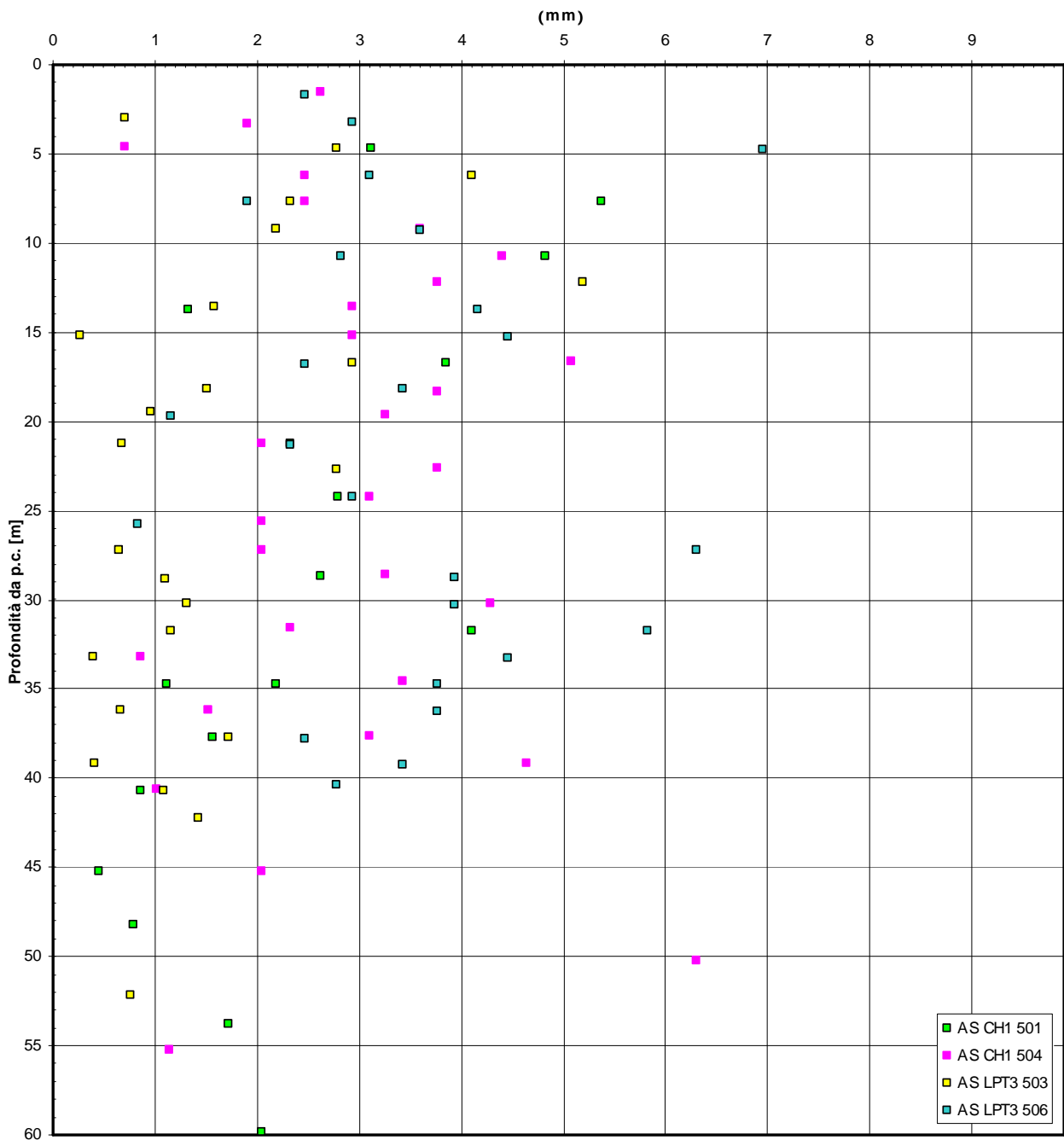


Figura 100

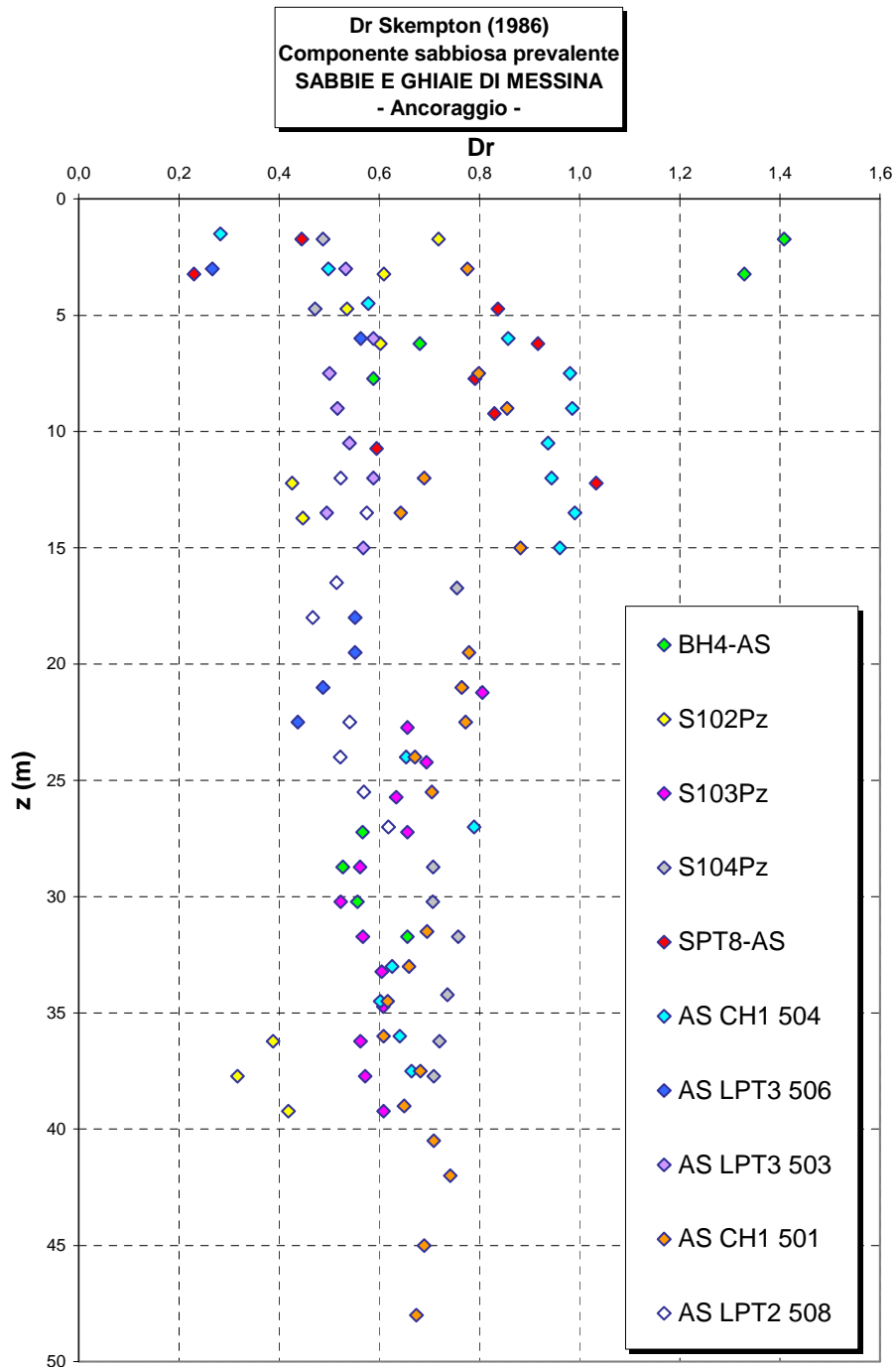


Figura 101

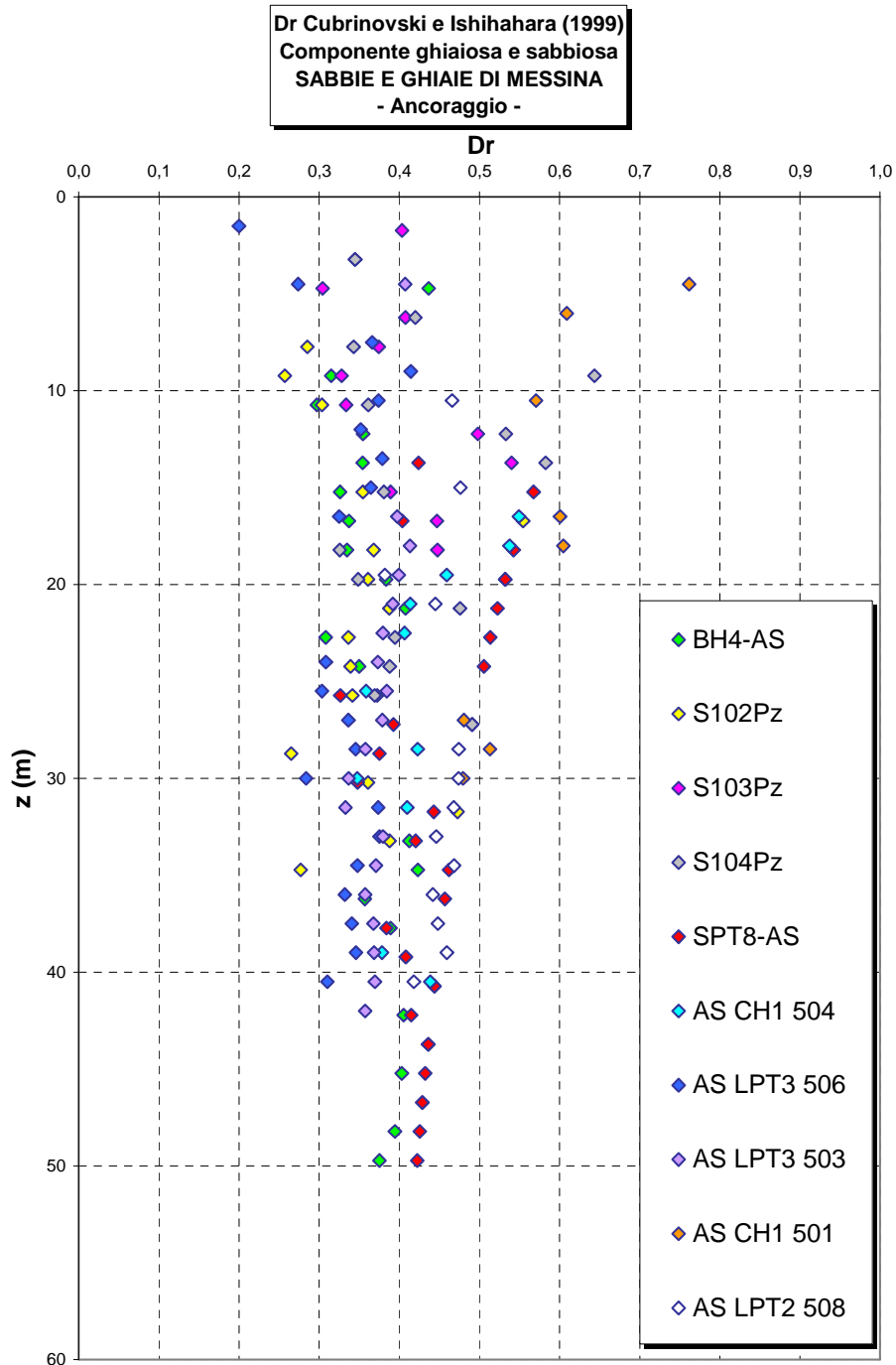


Figura 102

eo

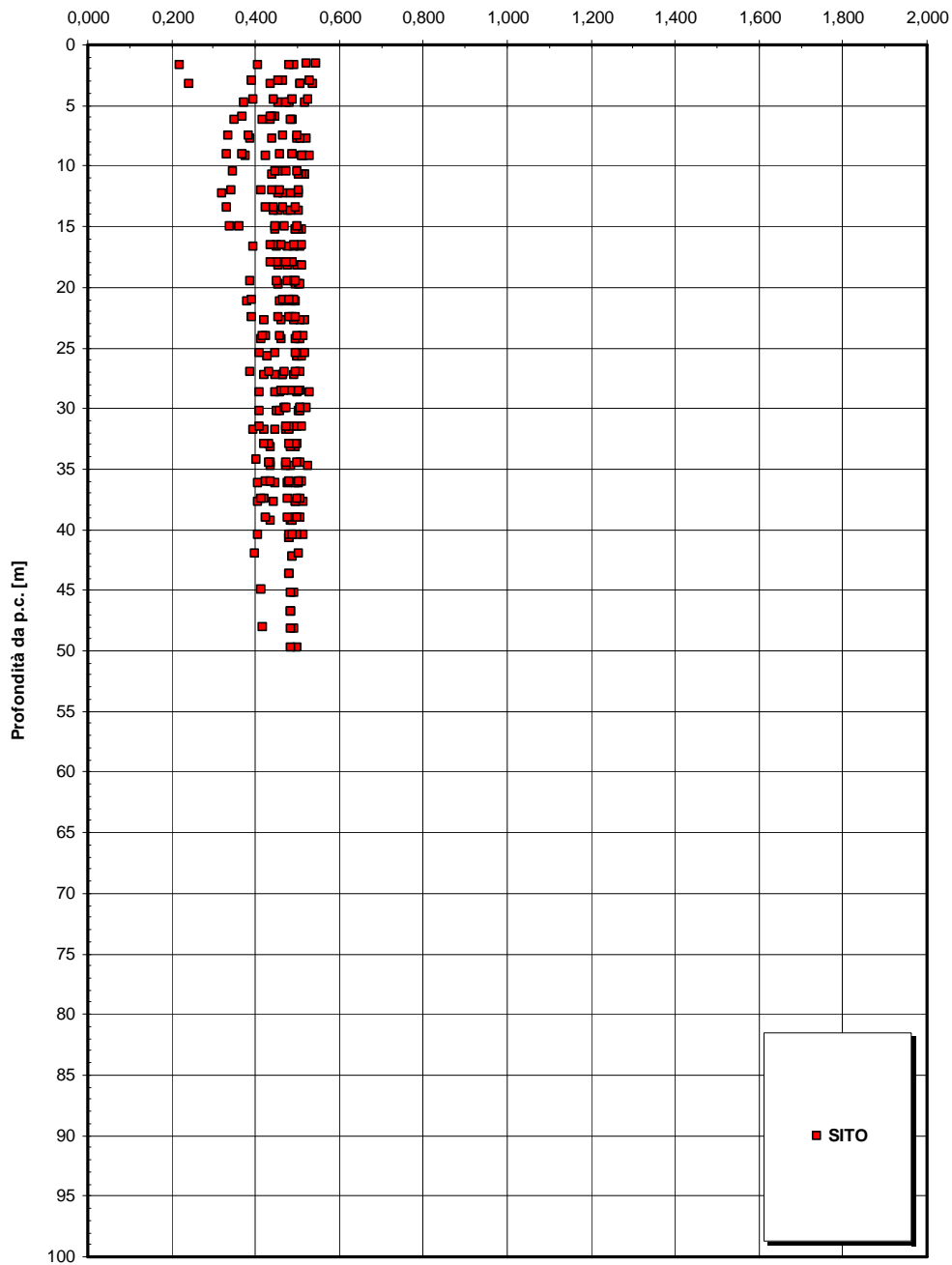


Figura 103

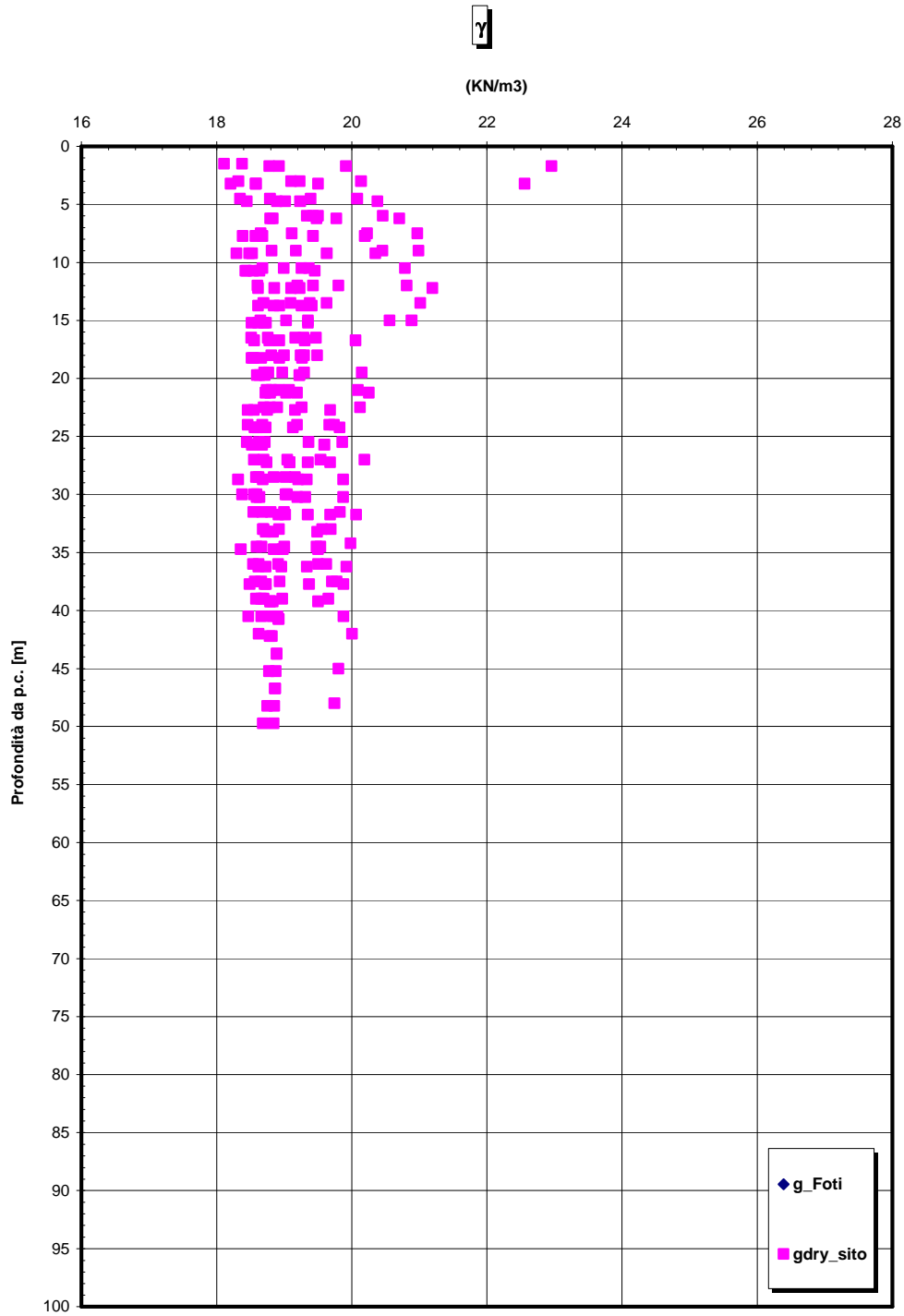


Figura 104

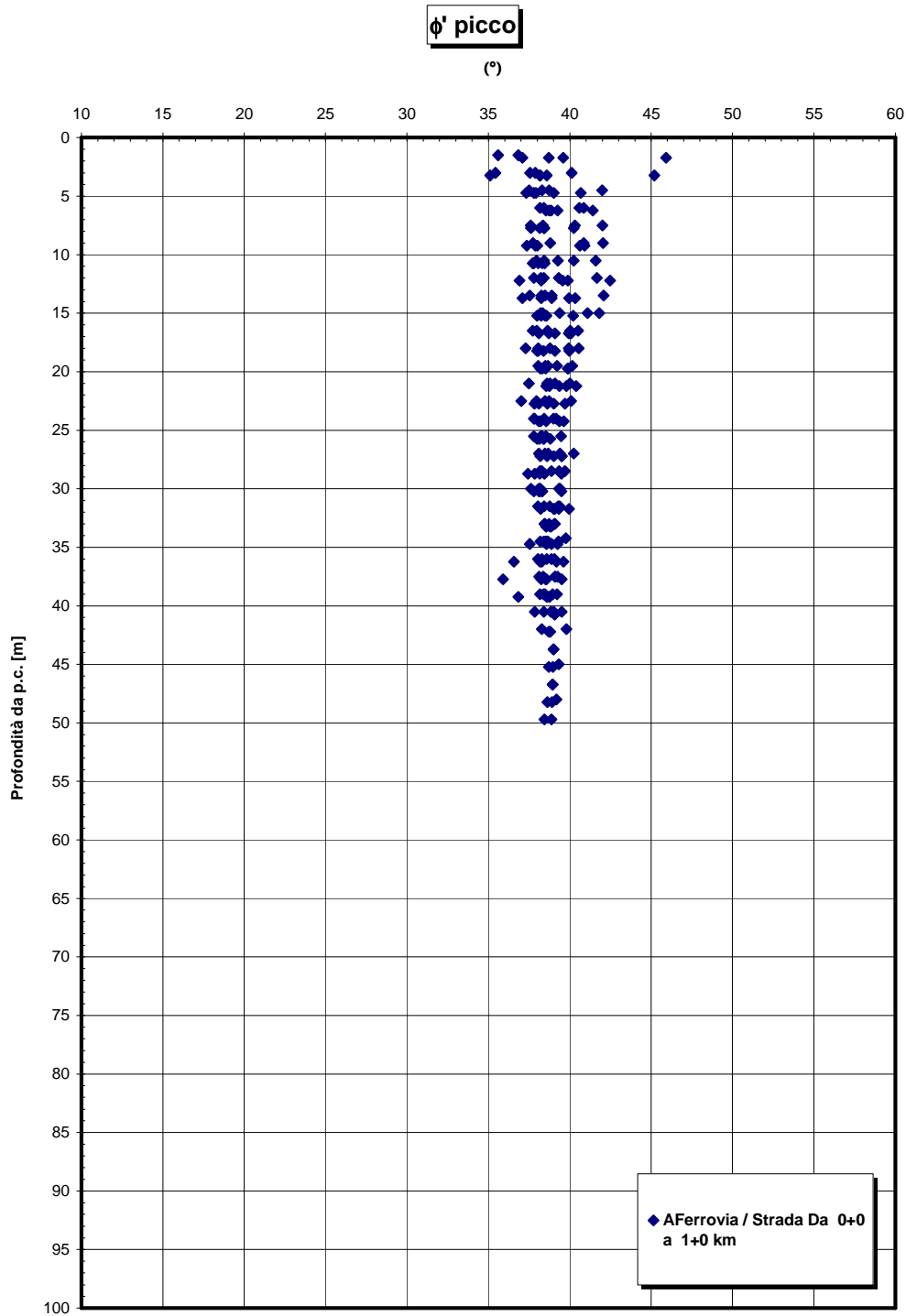


Figura 105

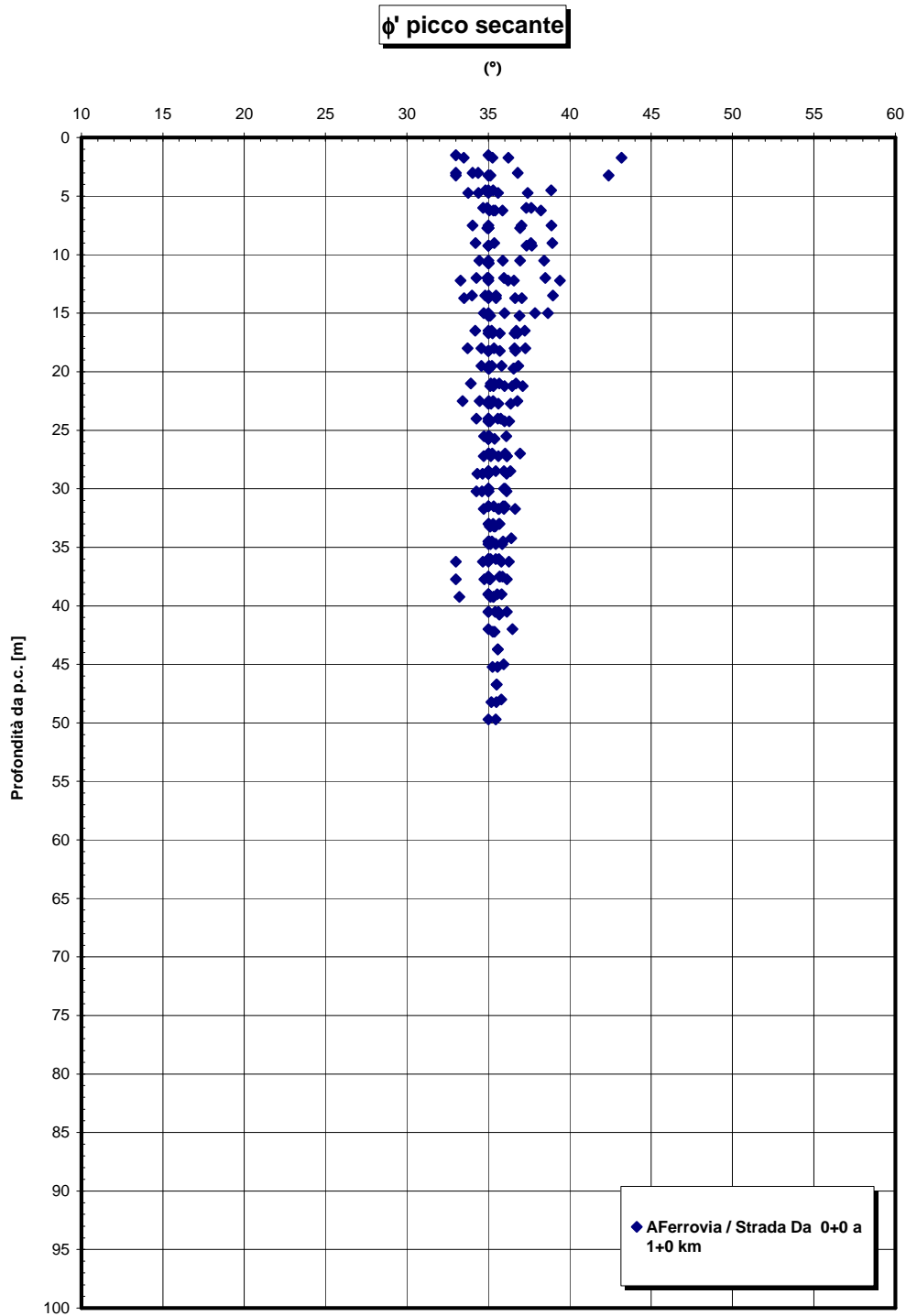


Figura 106

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

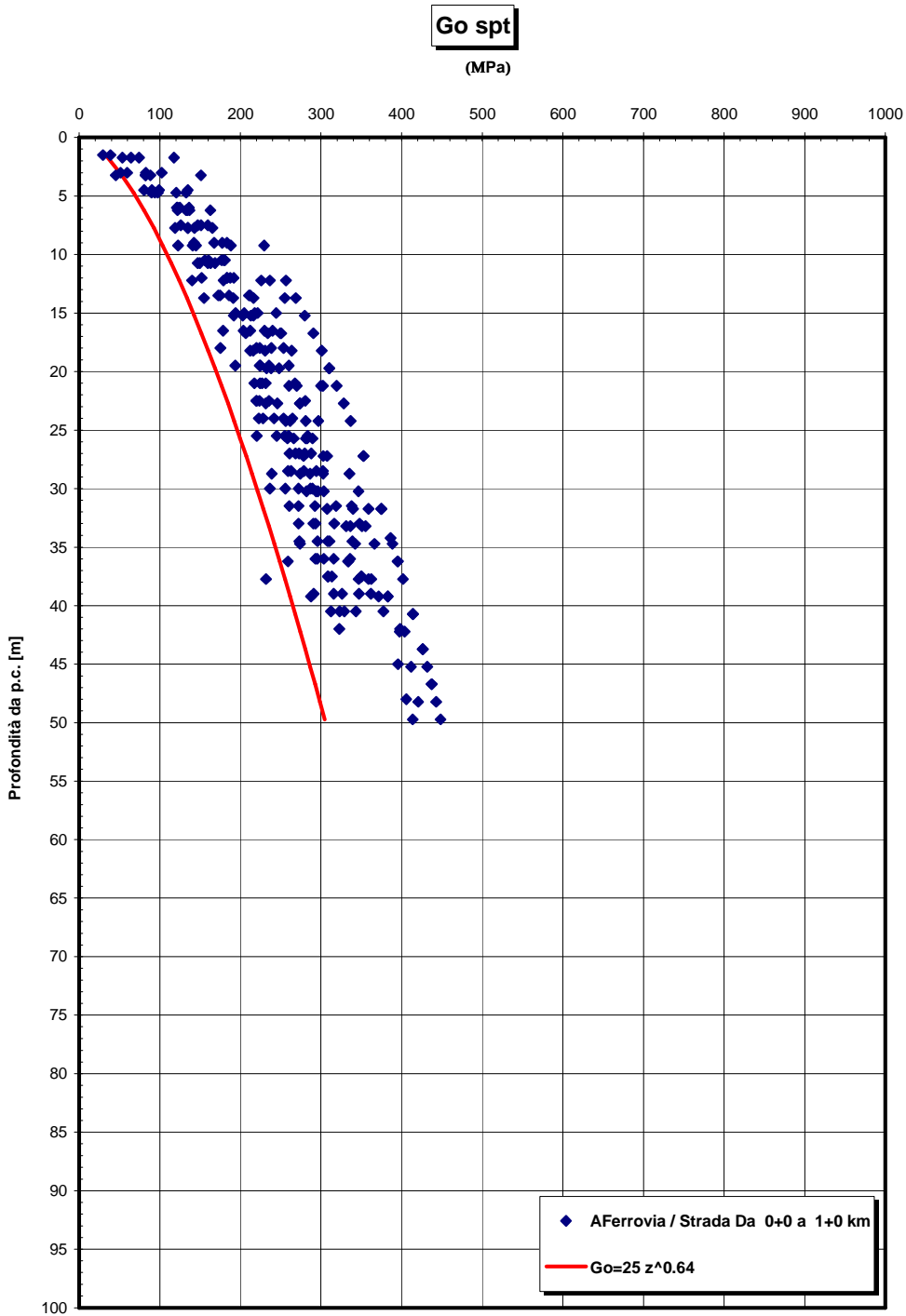


Figura 107

Go/pa

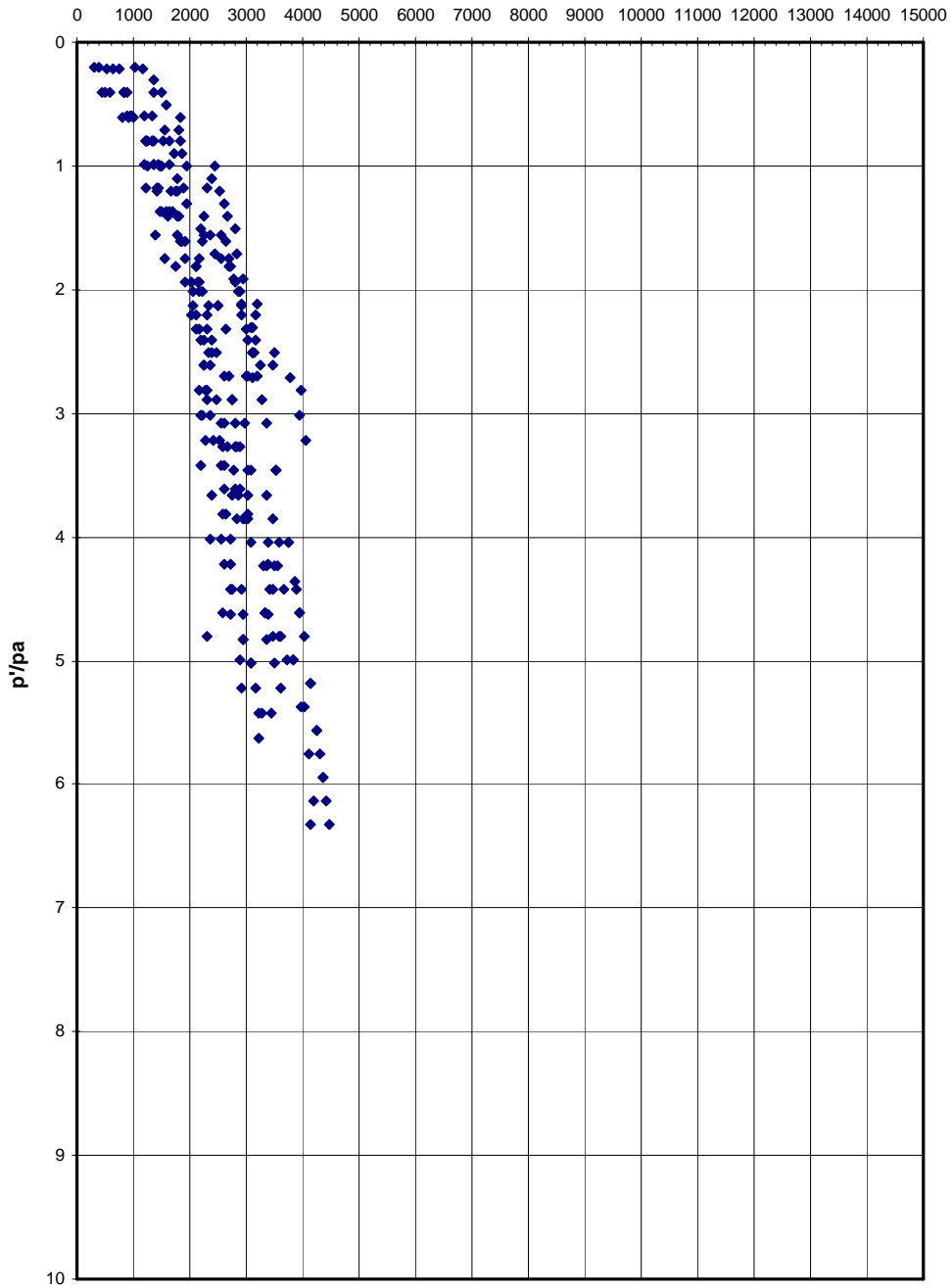


Figura 108

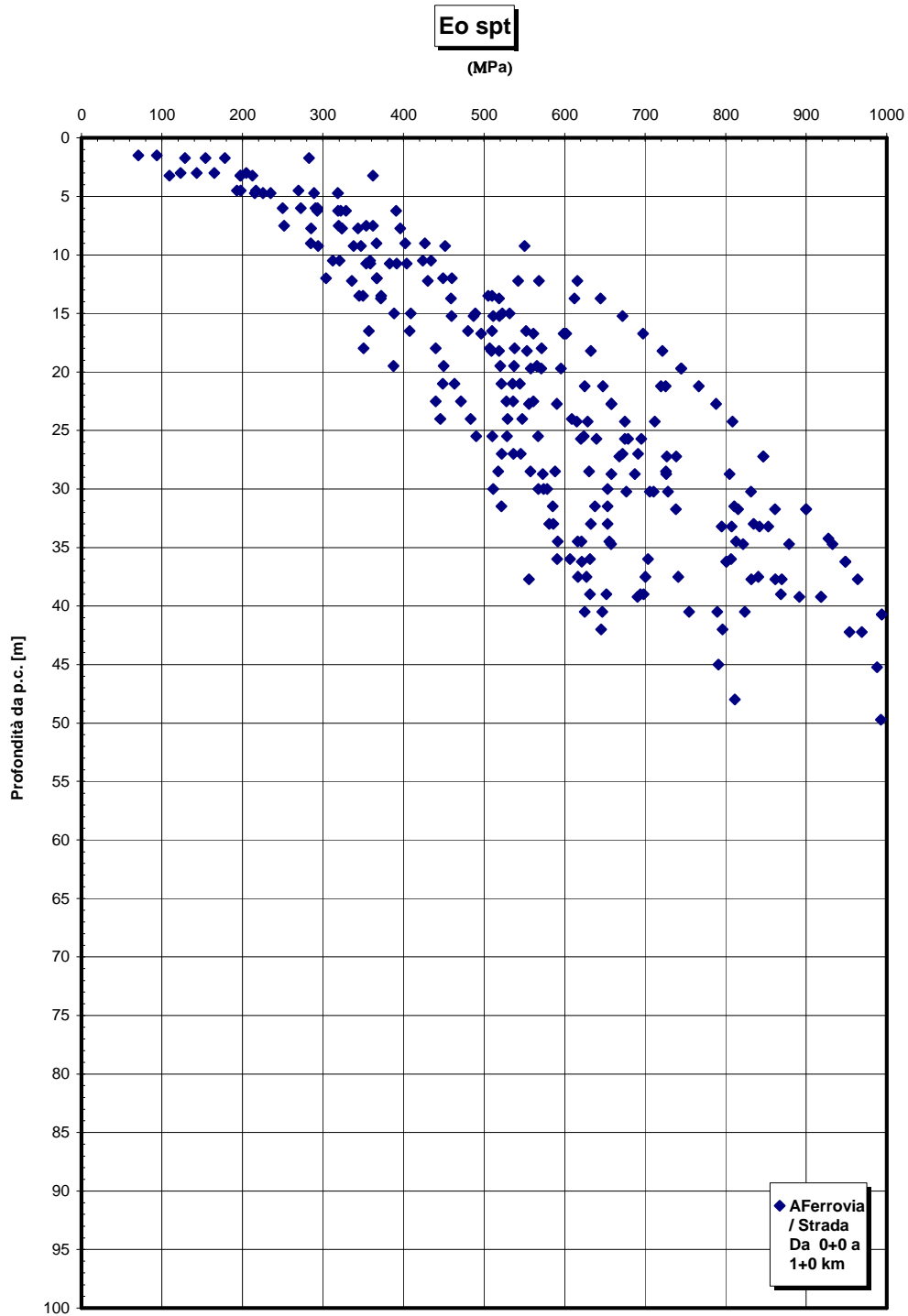


Figura 109

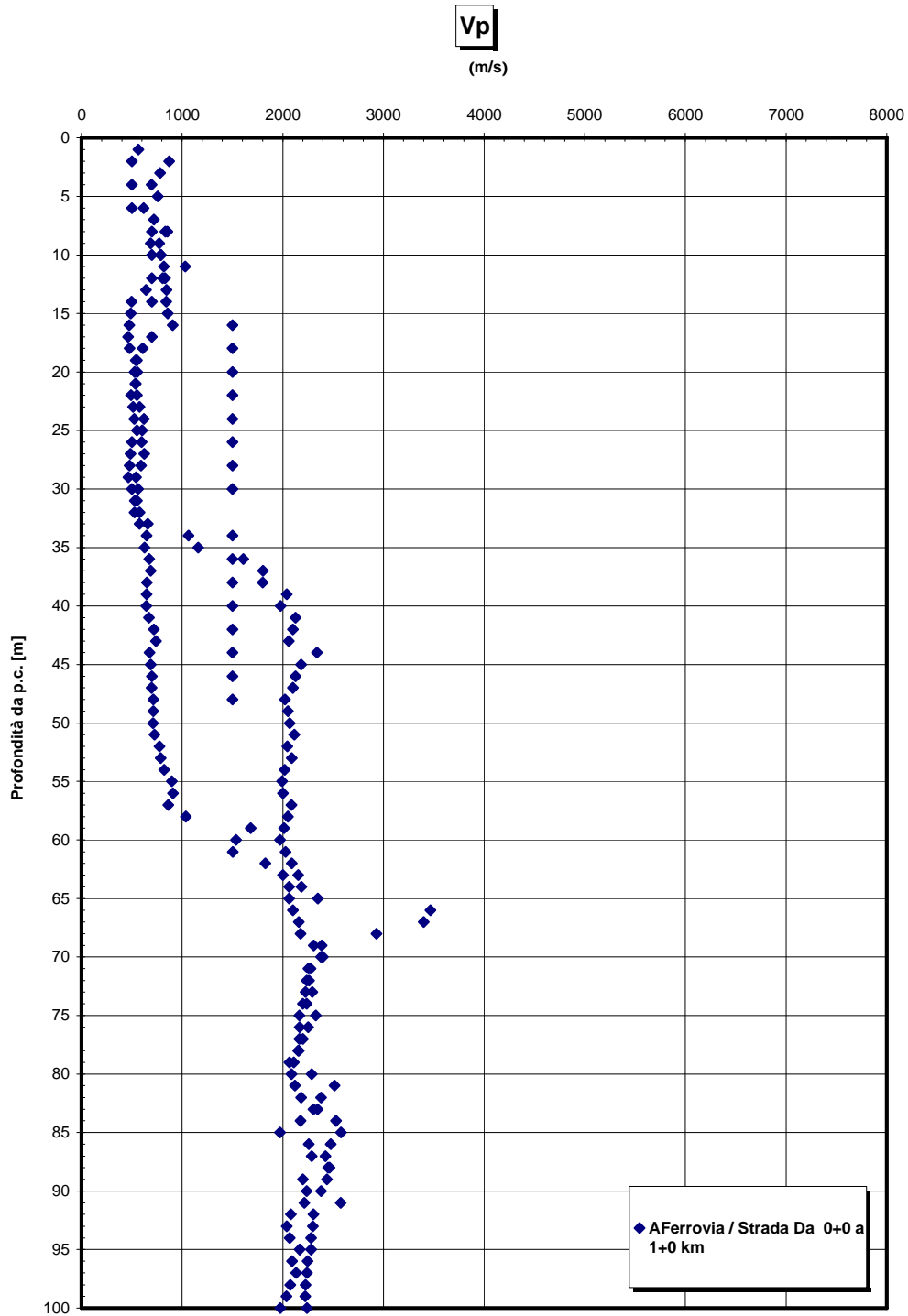


Figura 110

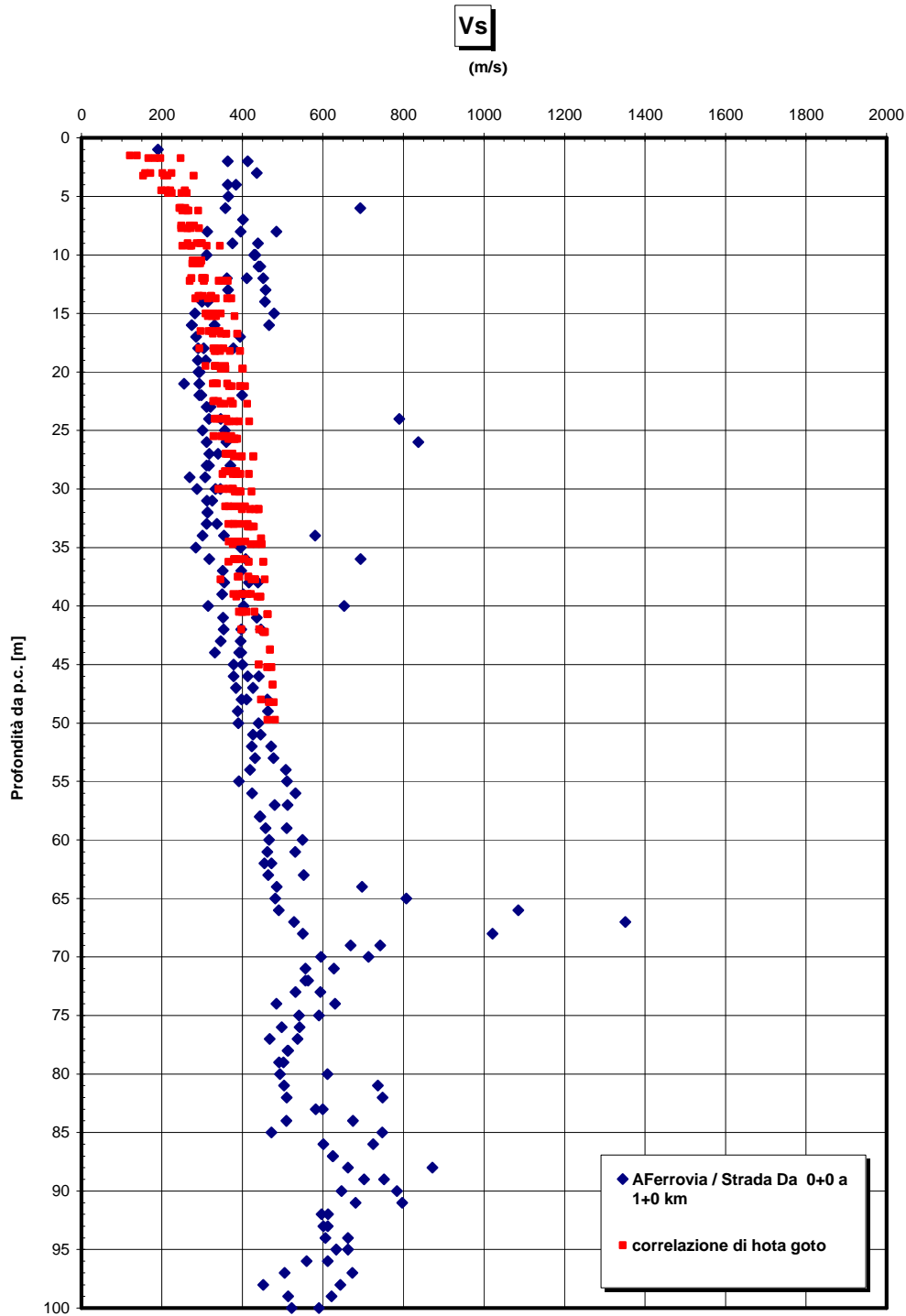


Figura 111

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina - confronto Vs - tratta 0-1 Km Ancoraggio

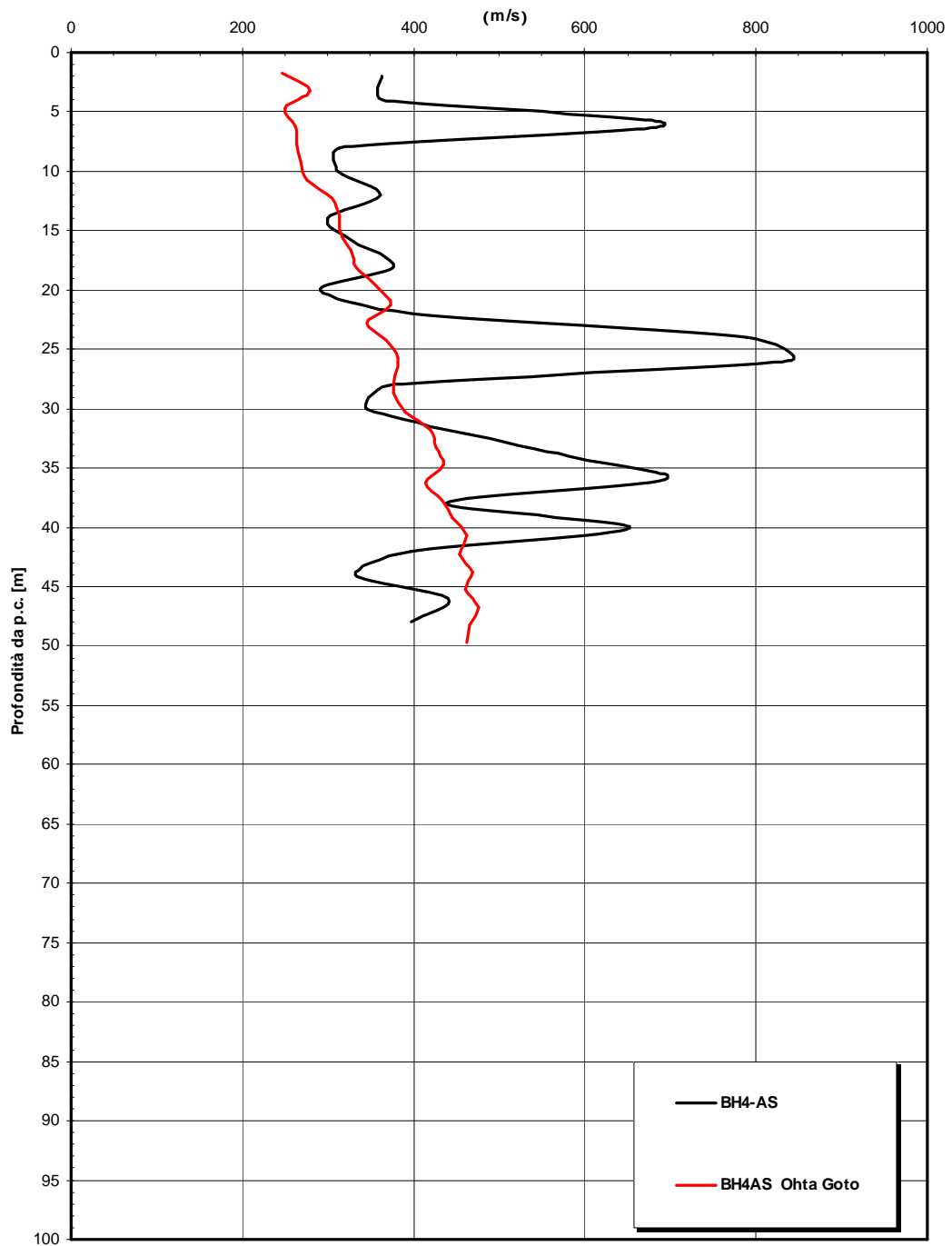


Figura 112

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

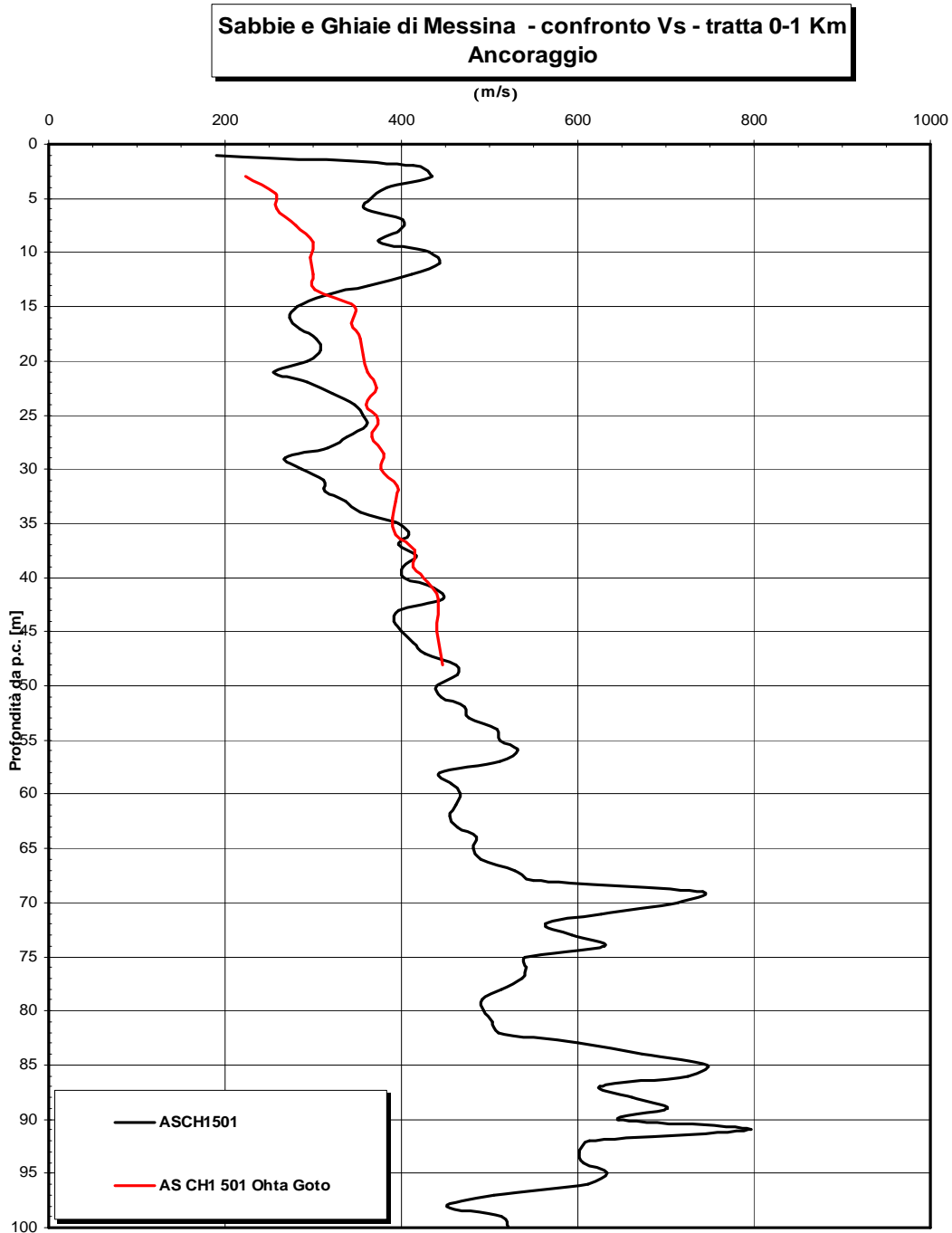


Figura 113

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina - confronto Vs - tratta 0-1 Km Ancoraggio

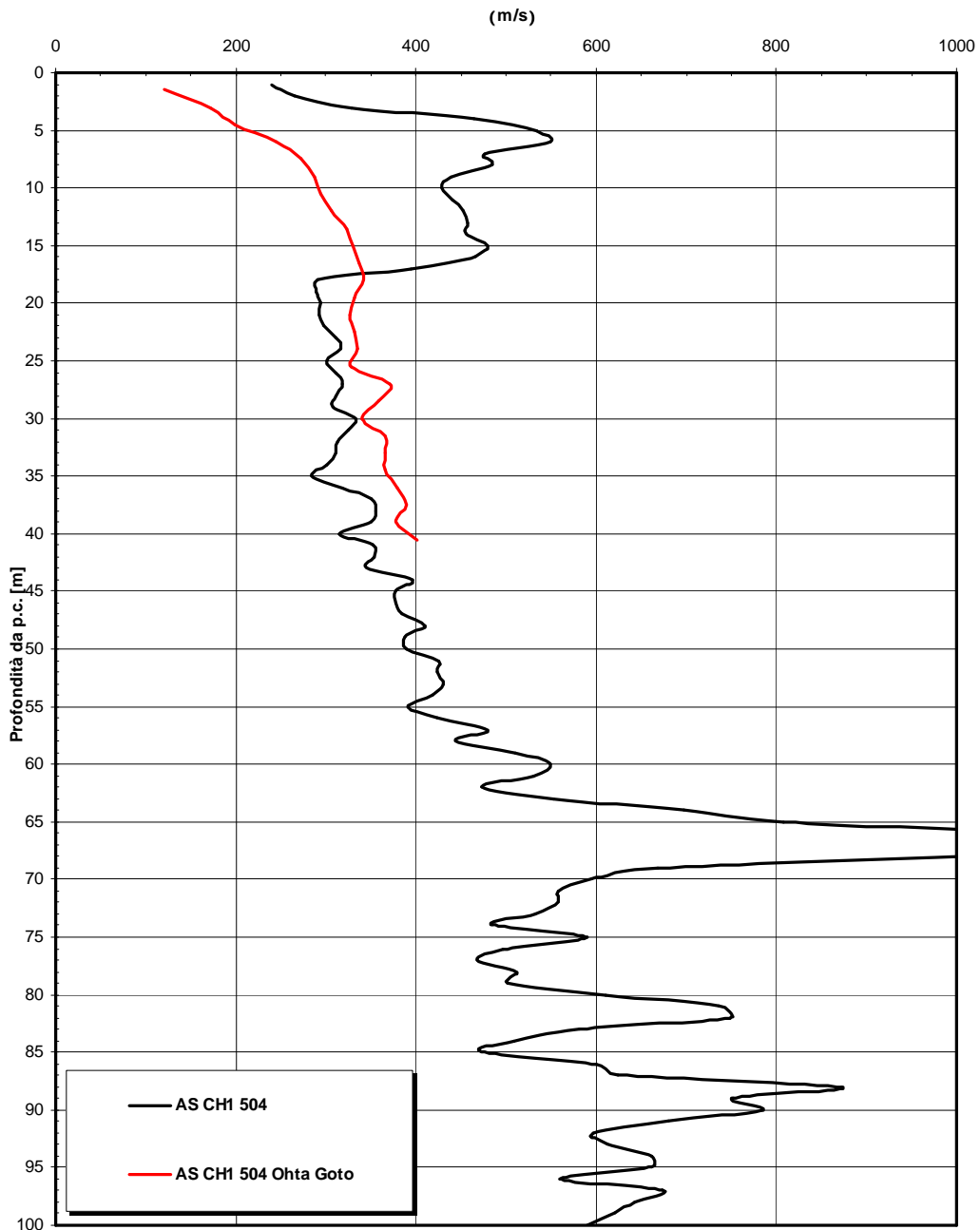


Figura 114

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

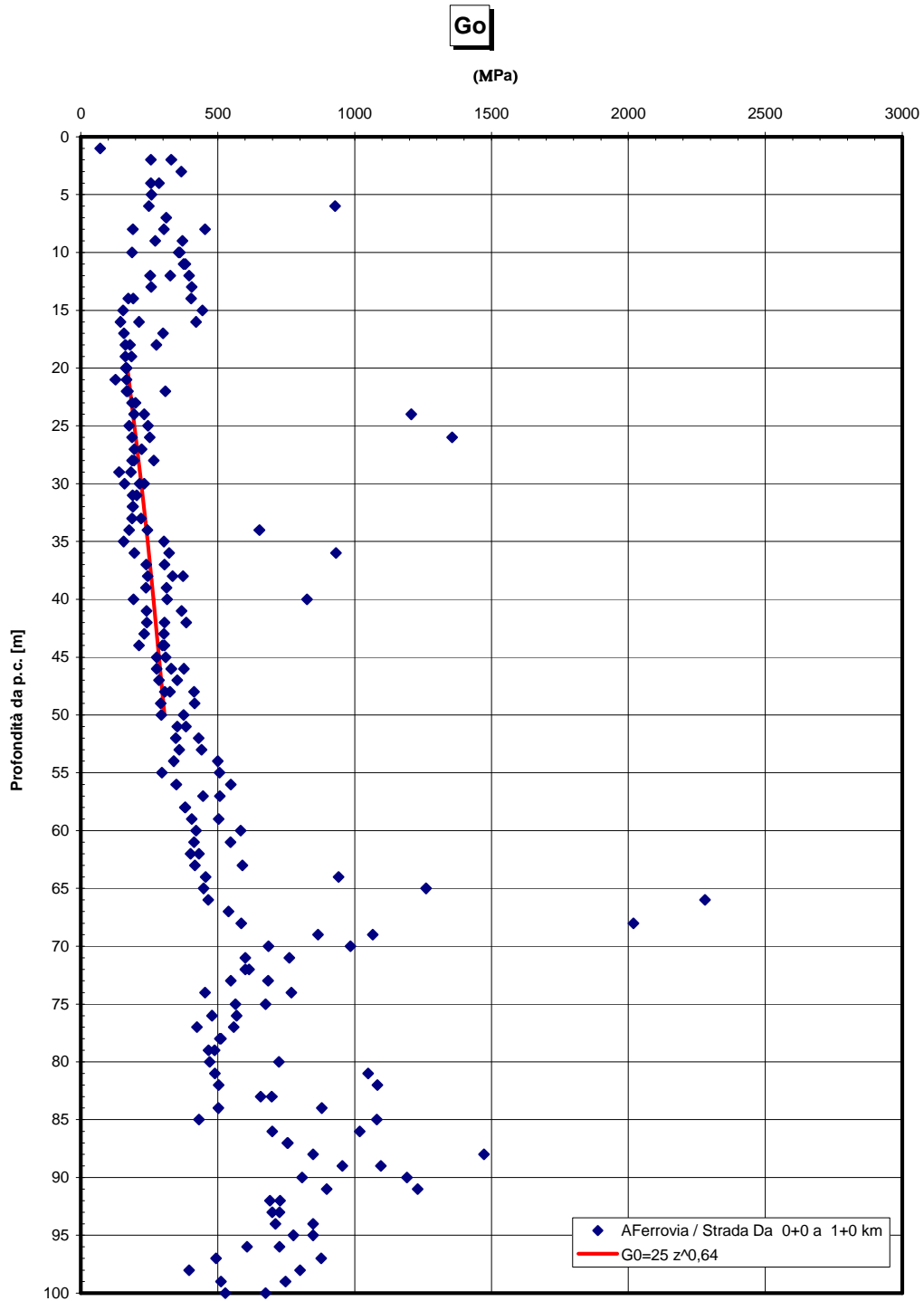


Figura 115 - G0 da Vs misurate in prove sismiche in foro

Go/pa

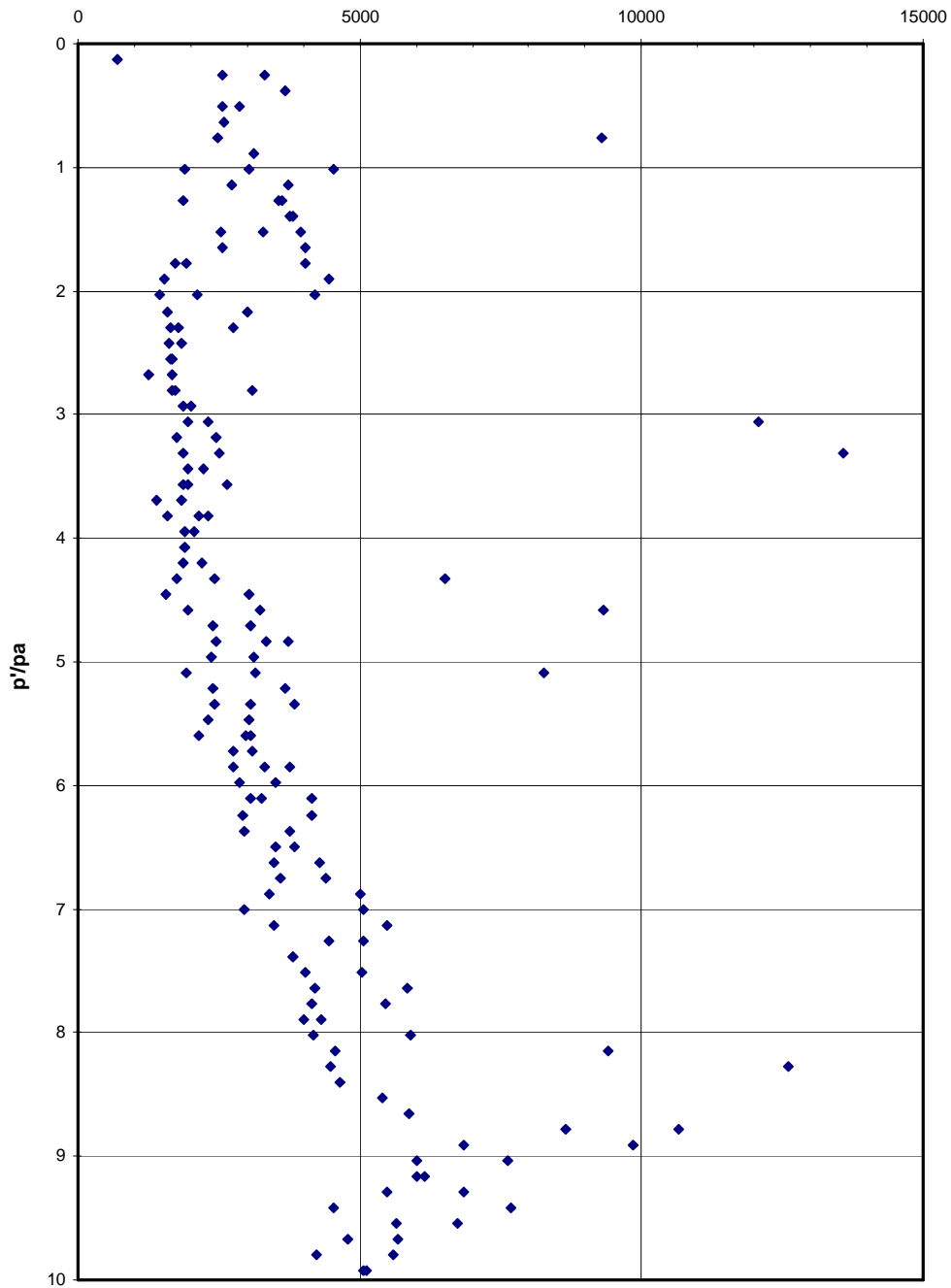


Figura 116

**Prove sismiche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
-Ancoraggio-**

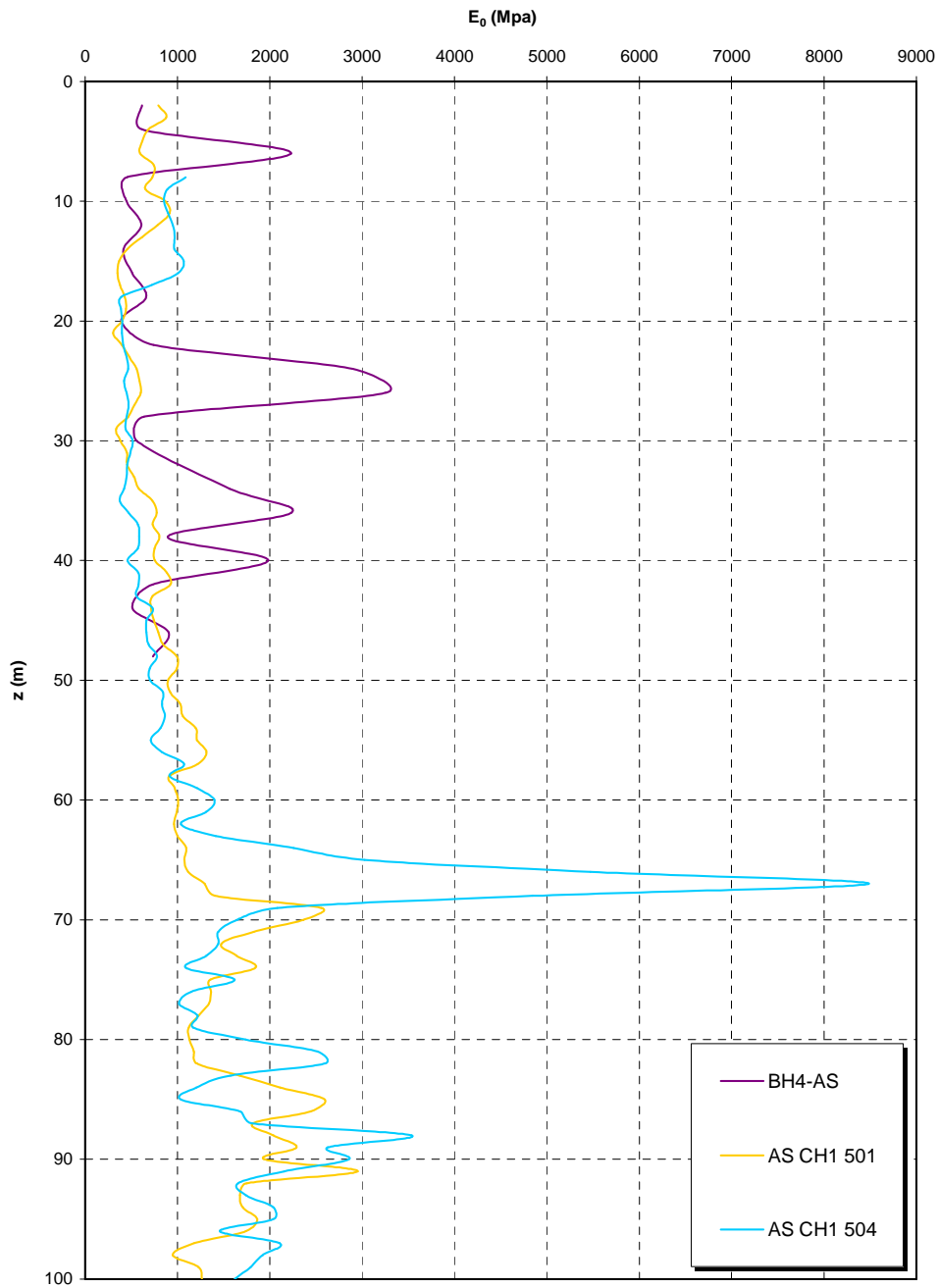


Figura 117

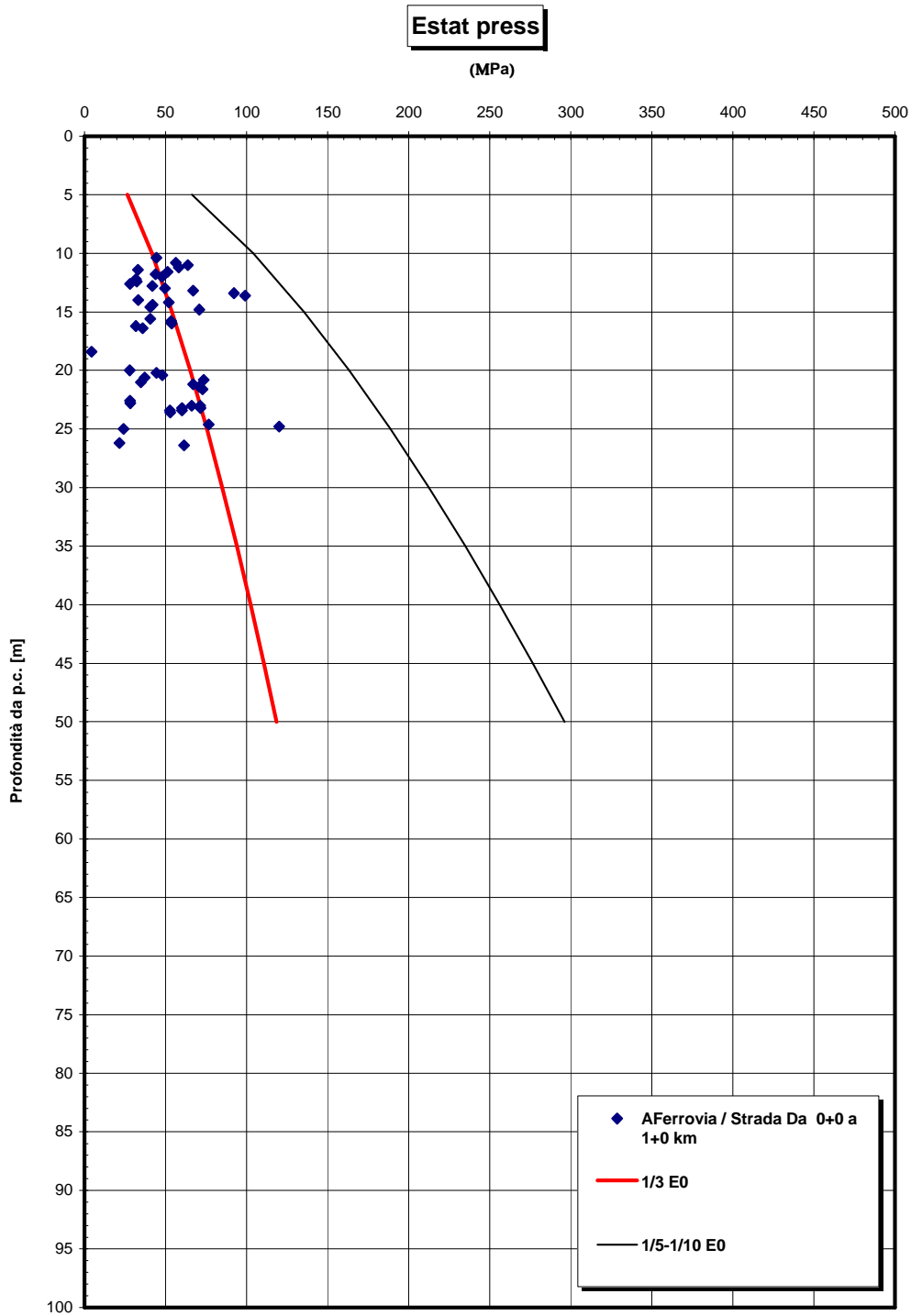


Figura 118

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

5.1.1.2 Viadotto Pantano

Sabbie e ghiaie di Messina

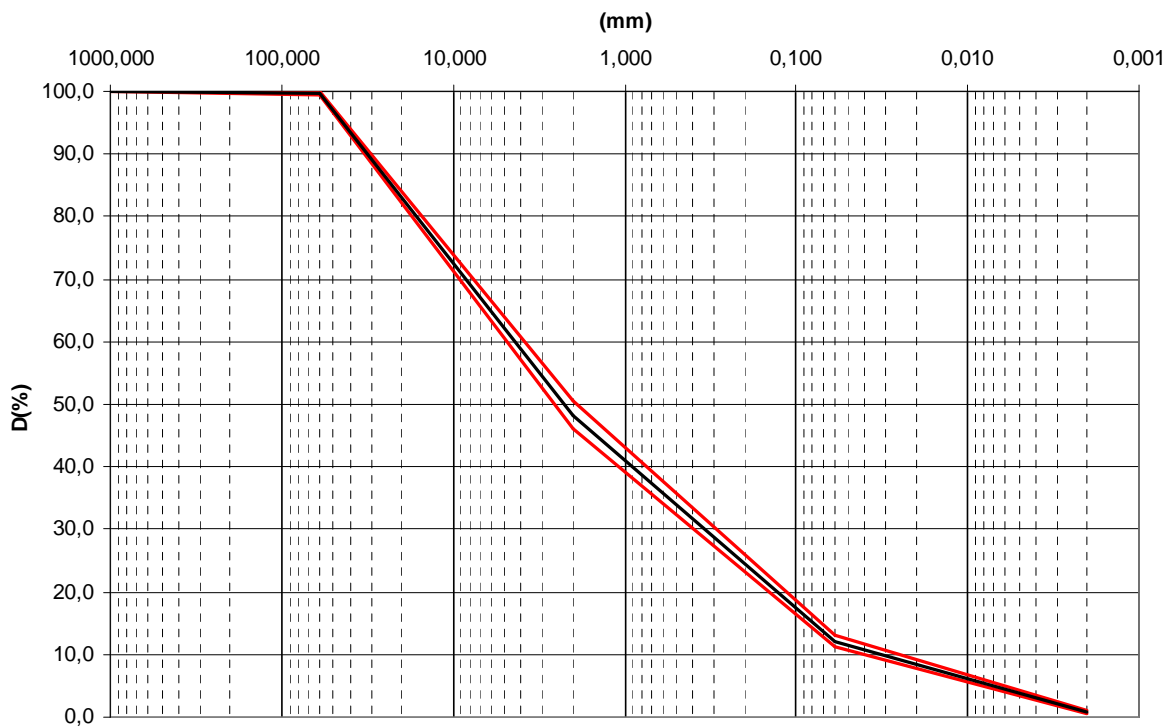


Figura 119 – Riepilogo generale

**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Viadotto Pantano -**

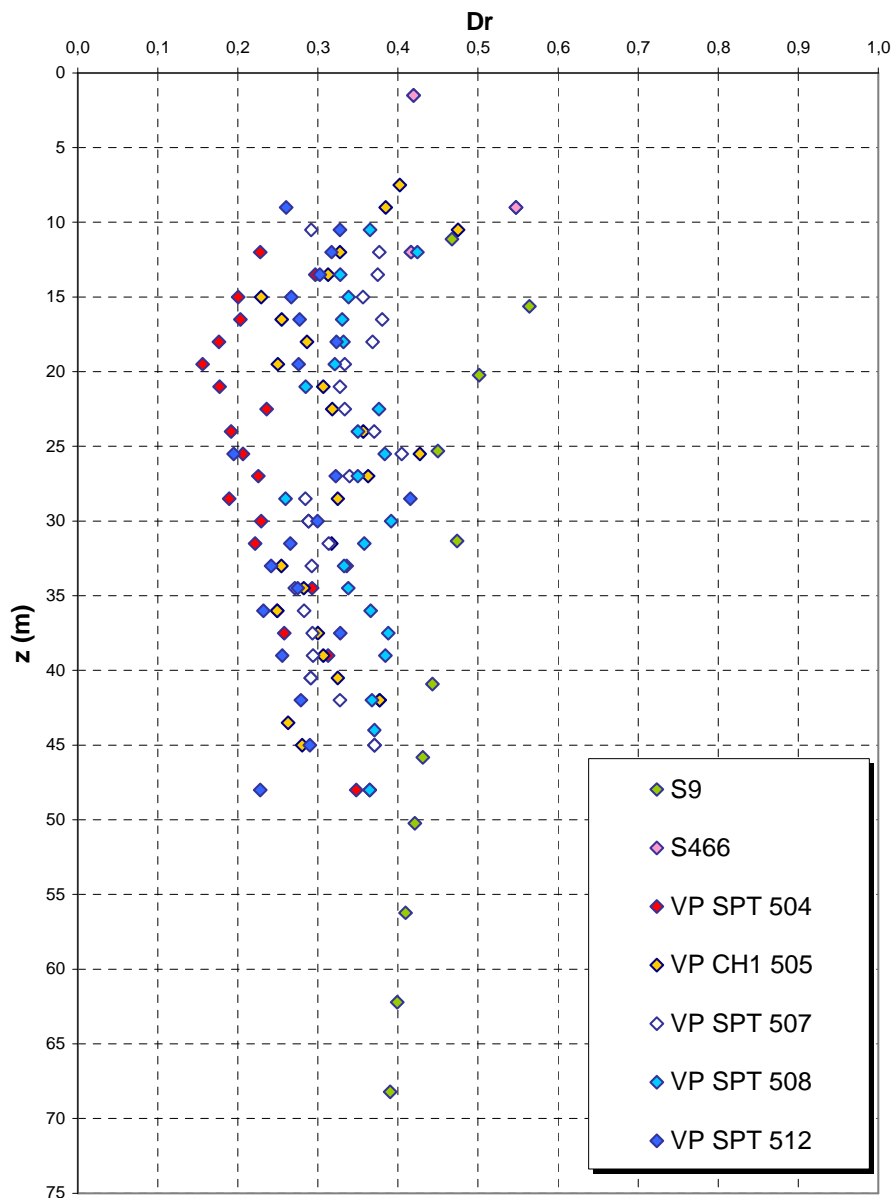


Figura 120 – Riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Viadotto Pantano -

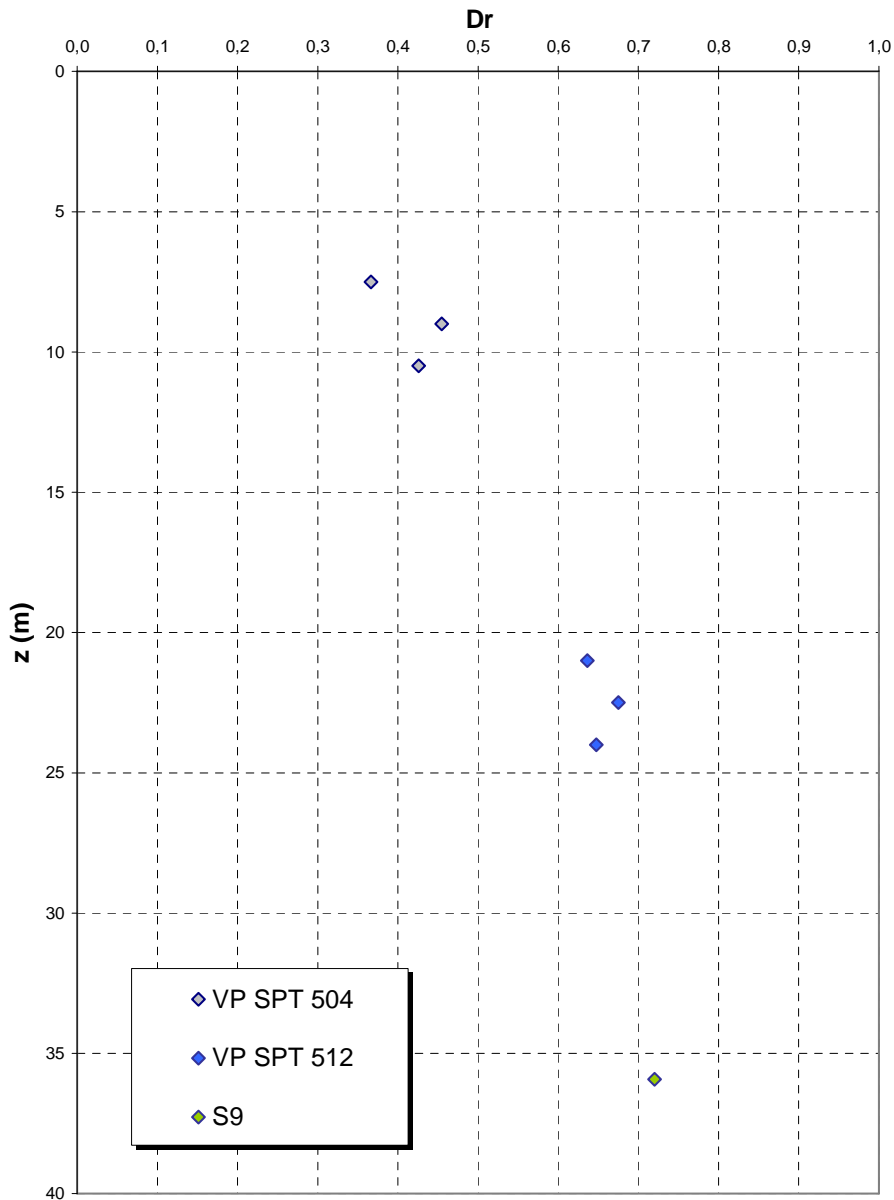


Figura 121 – Riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Prove sismiche
VIADOTTO PANTANO**

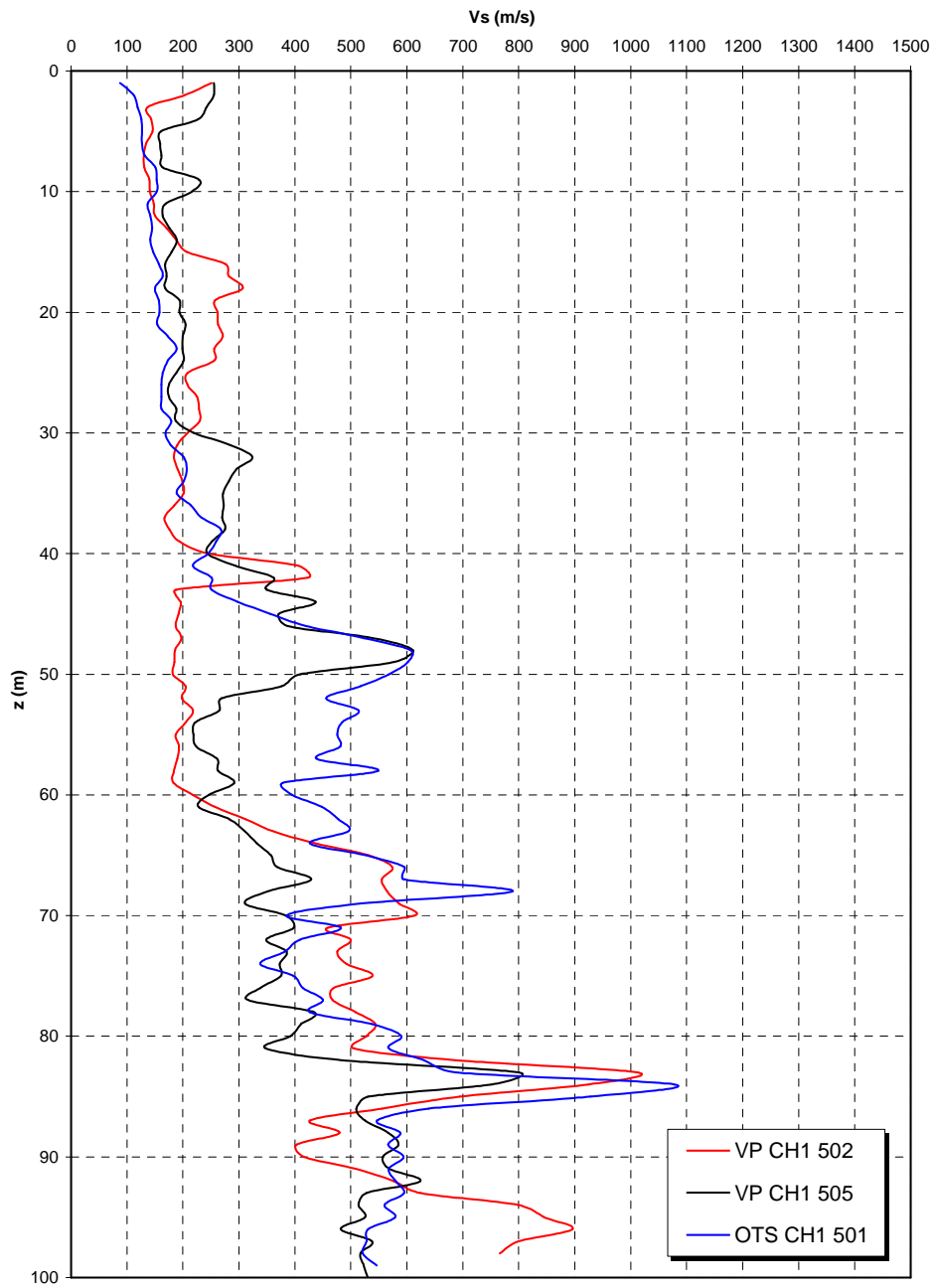


Figura 122 – Riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VIADOTTO PANTANO - PILA 3

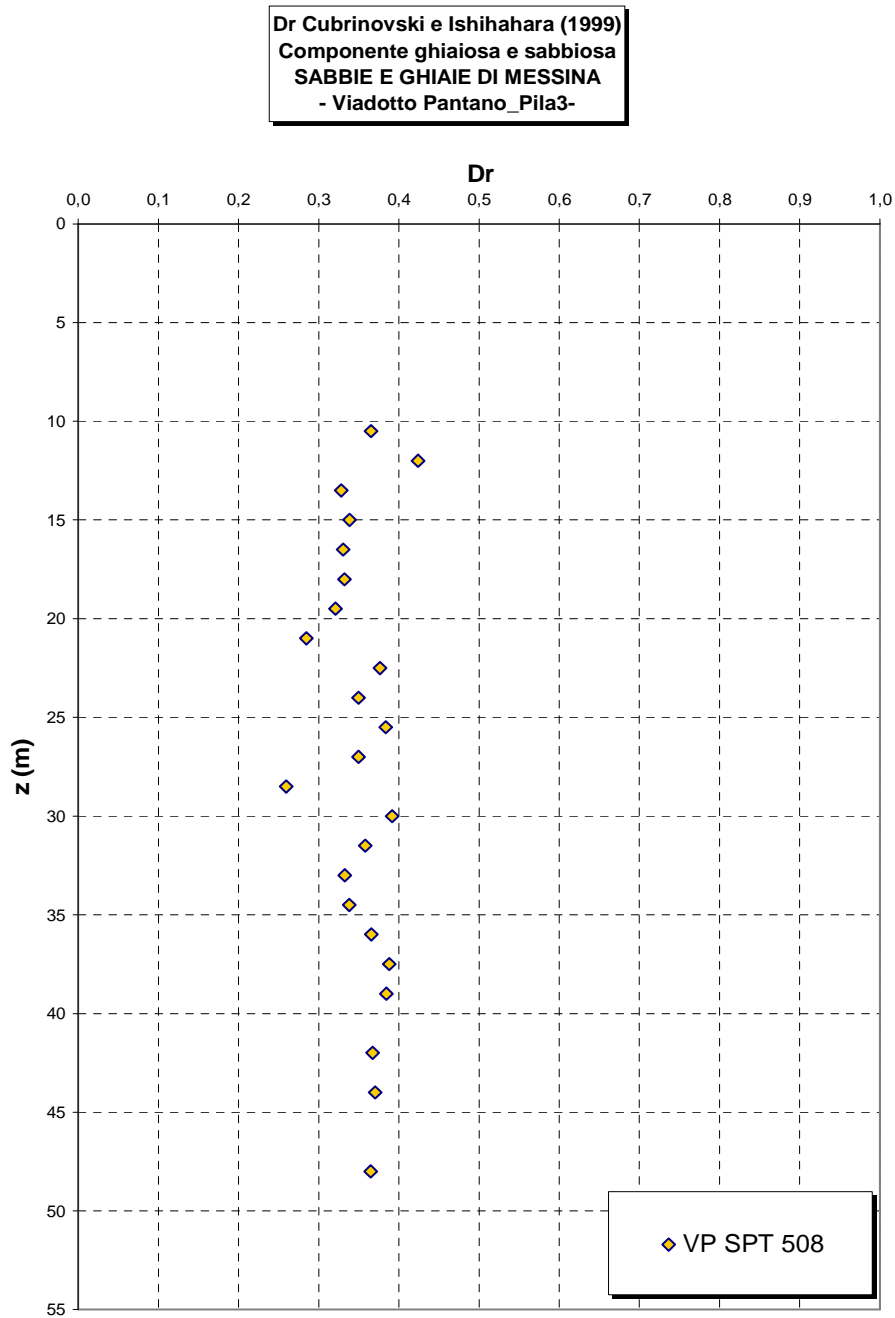


Figura 123

eo

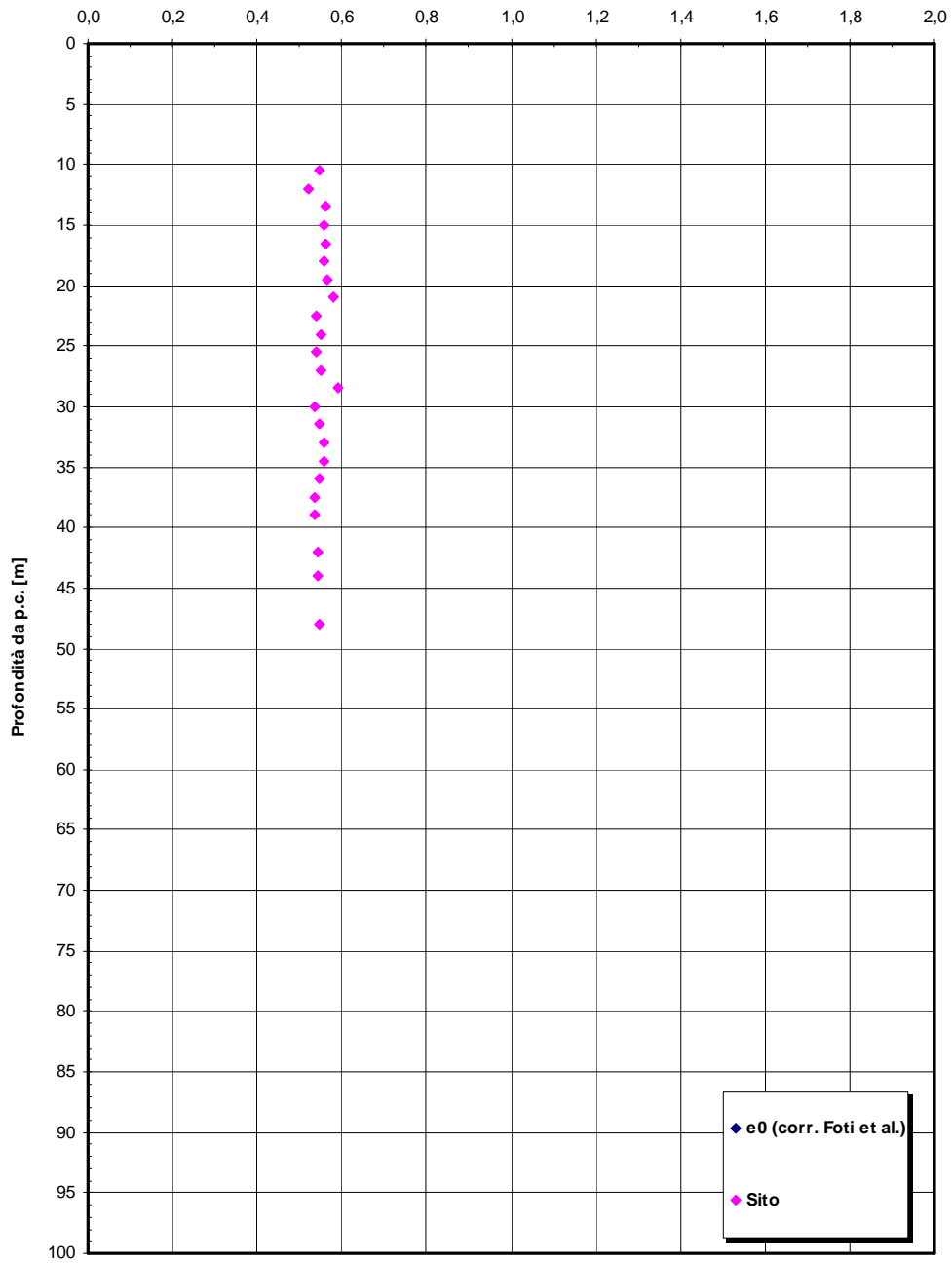


Figura 124– Pila 3

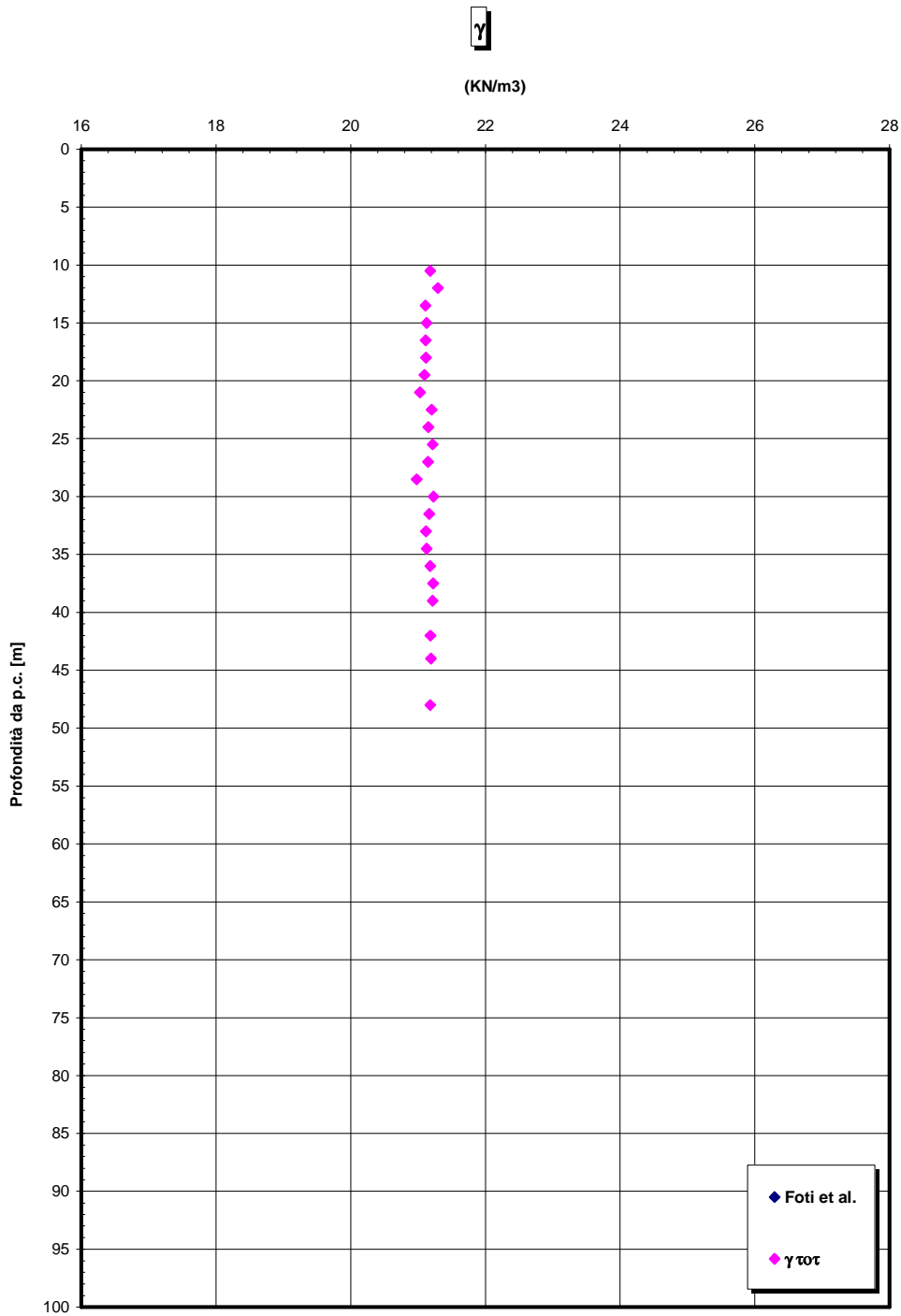


Figura 125– Pila 3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

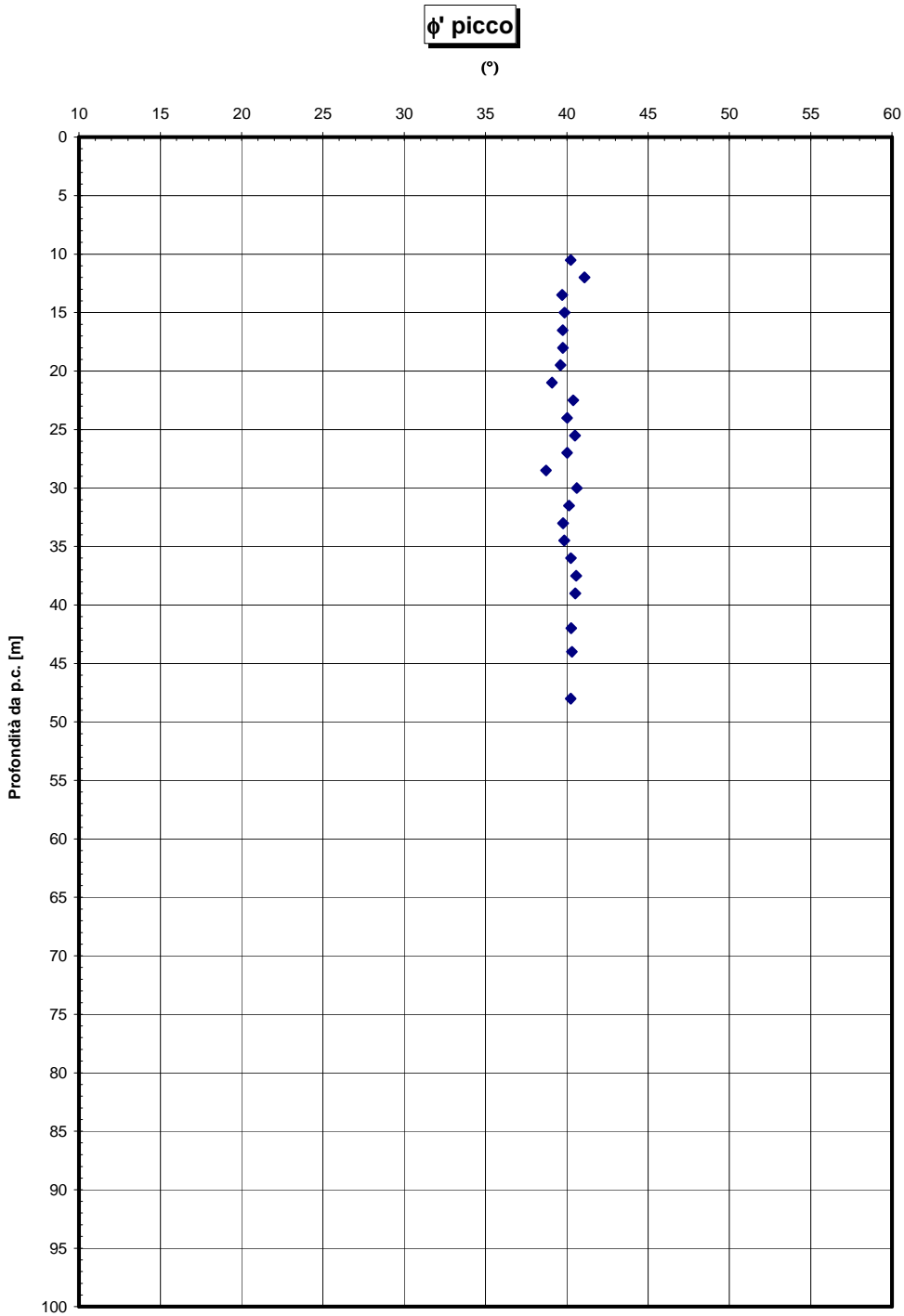


Figura 126– Pila 3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

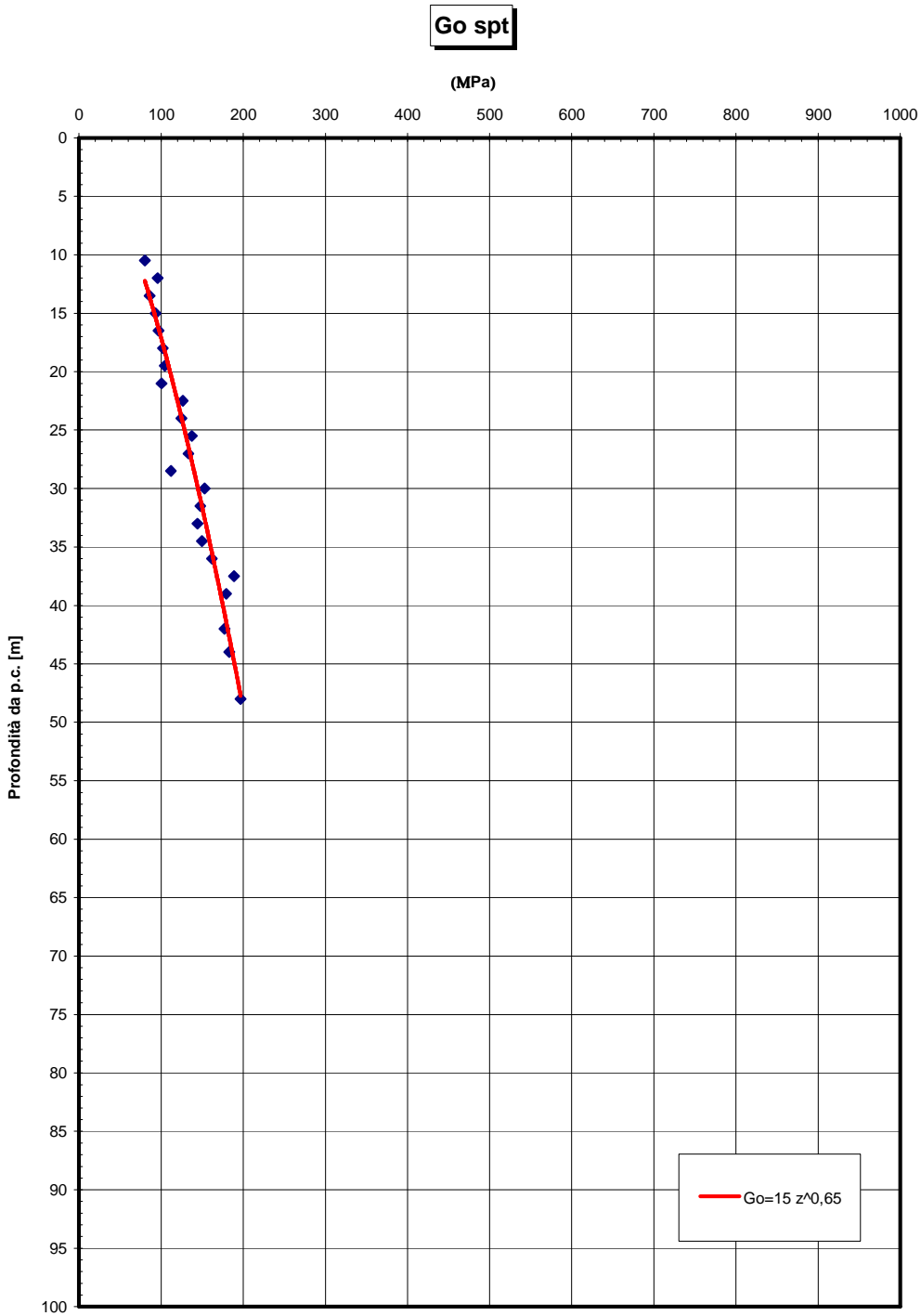


Figura 127– Pila 3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VIADOTTO PANTANO - PILA 4

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
 Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
 - Viadotto Pantano_Pila 4-

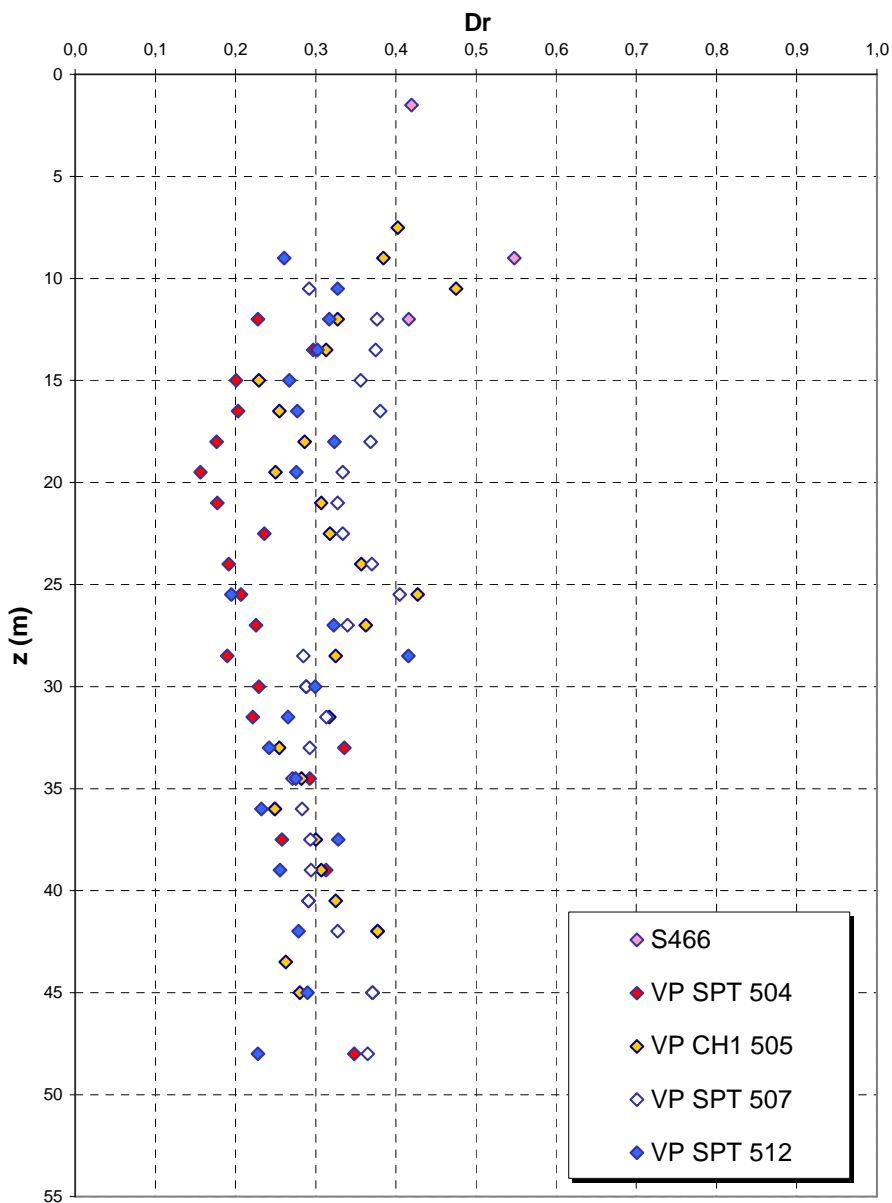


Figura 128

eo

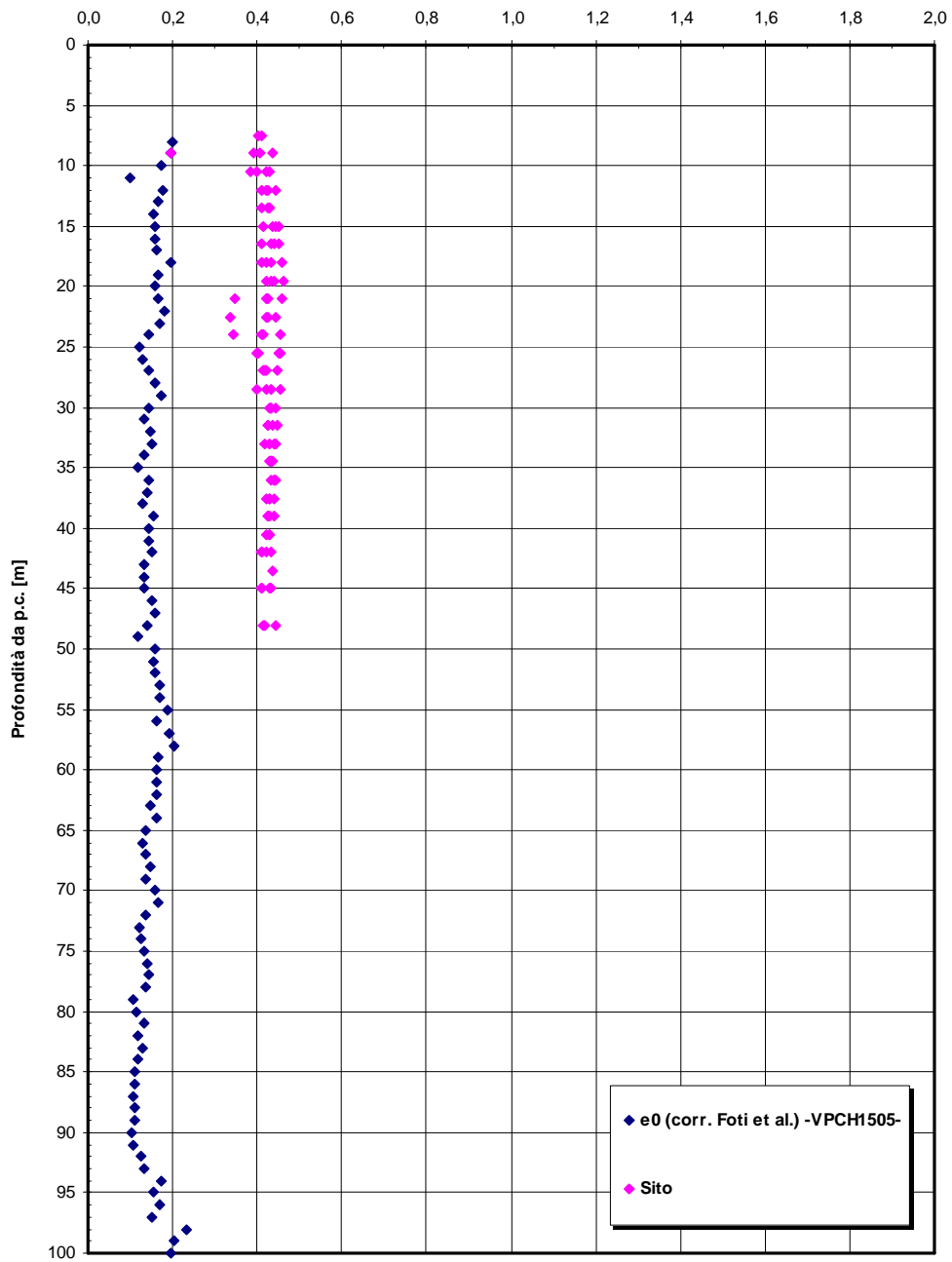


Figura 129 – Pila 4

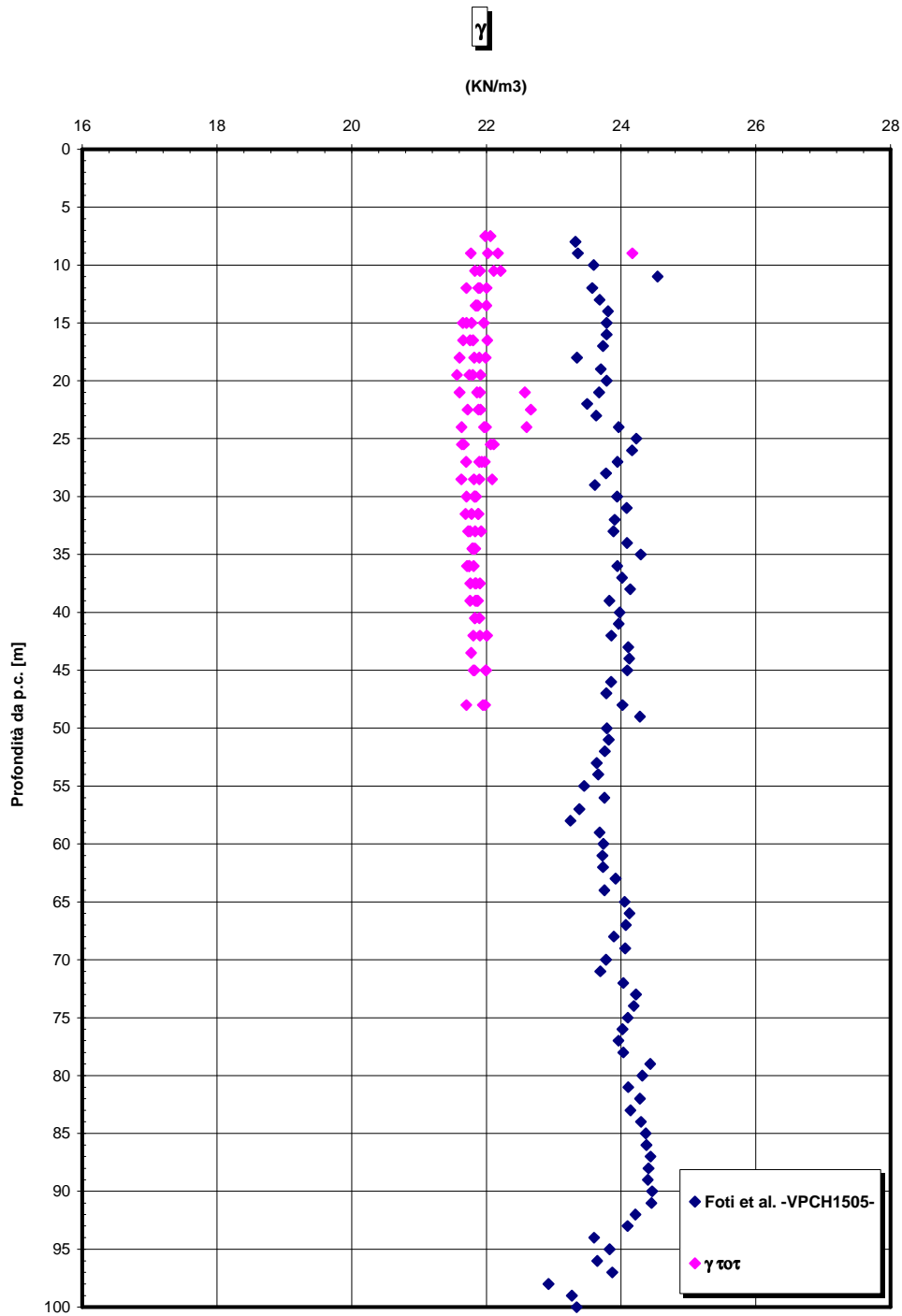


Figura 130 – Pila 4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

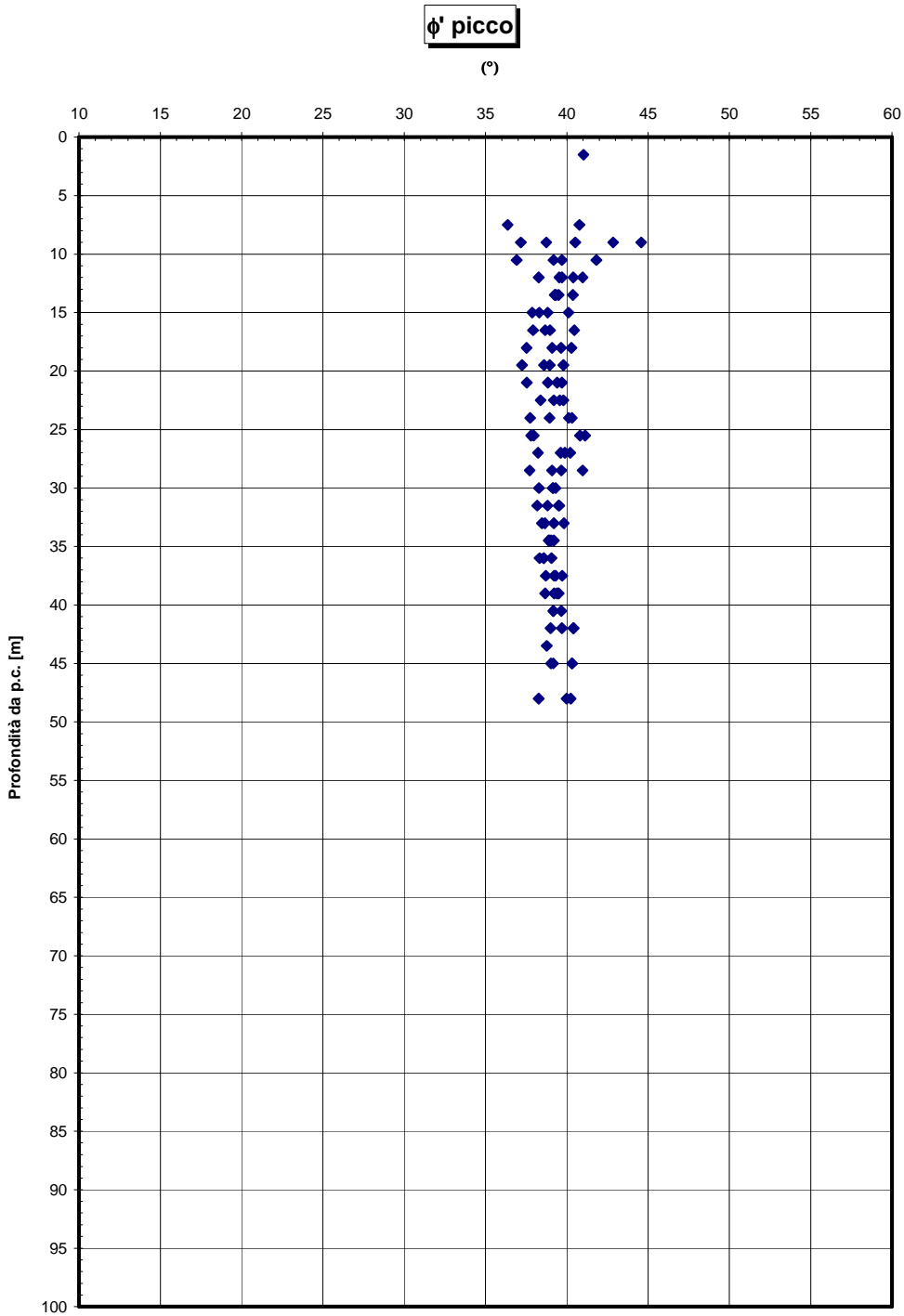


Figura 131 – Pila 4

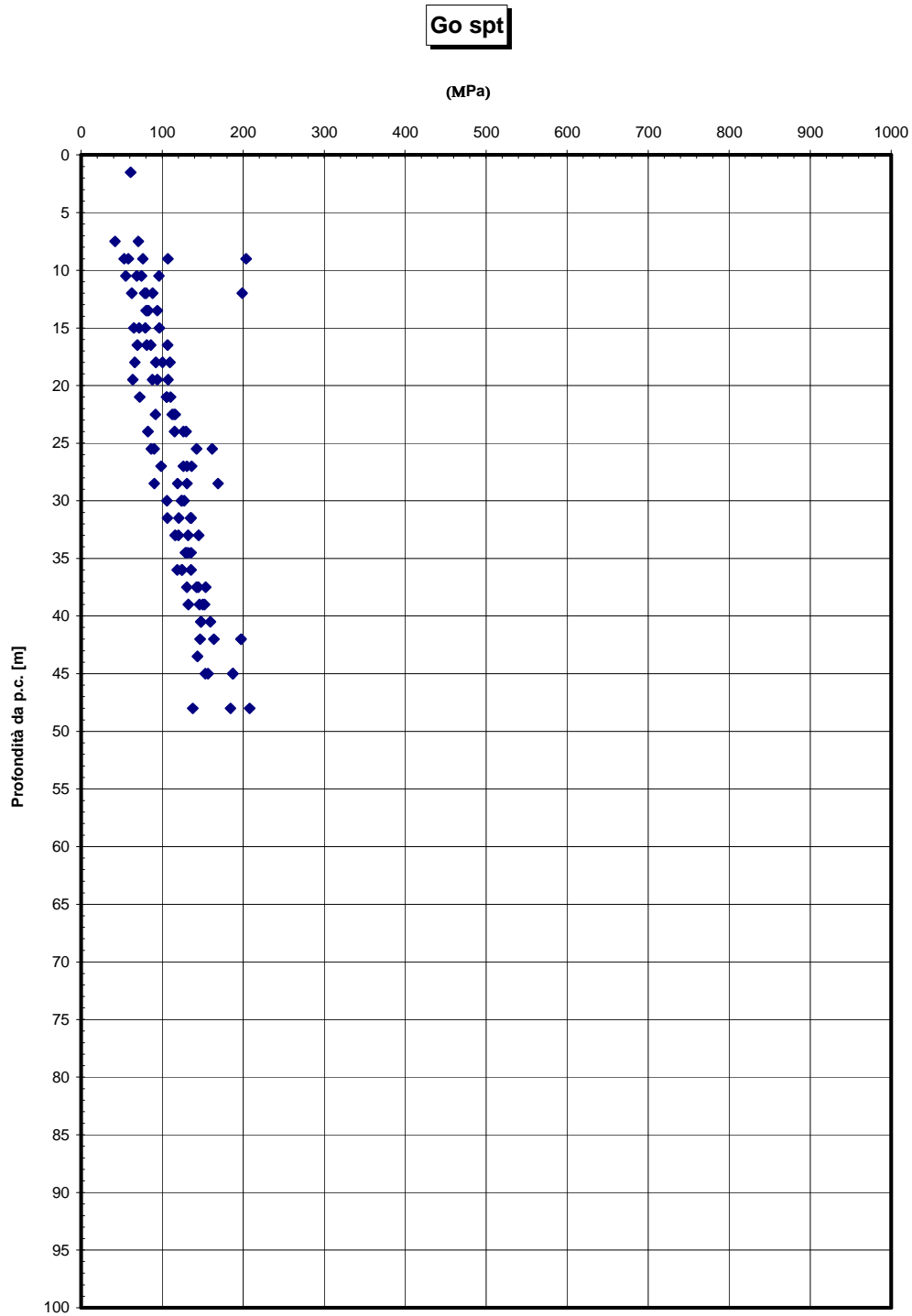


Figura 132 – Pila 4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VIADOTTO PANTANO - Sabbie e ghiaie -Vs -

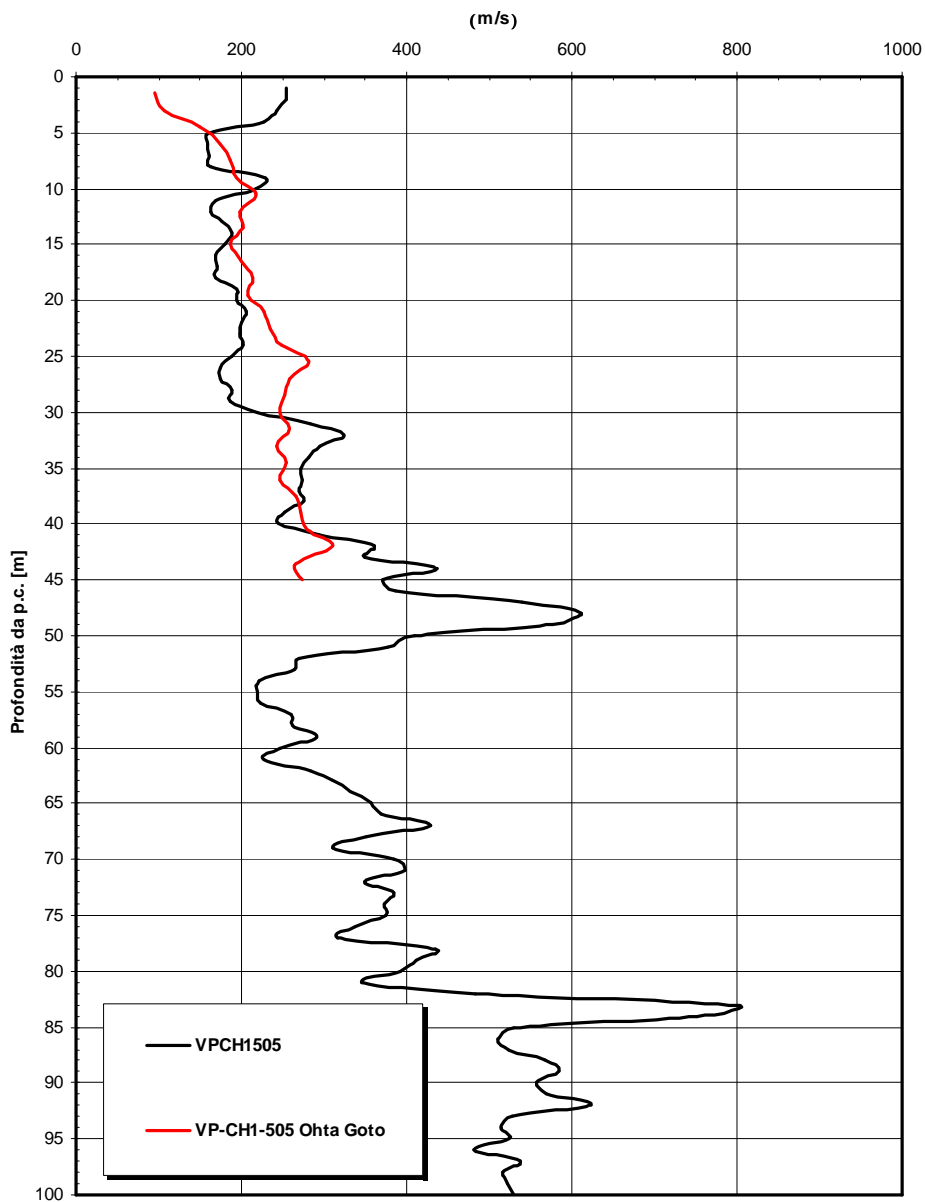


Figura 133 – Pila 4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VIADOTTO PANTANO - PILA 5

Dr Cubrinovski e Ishihara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Viadotto Pantano_Pila 5-

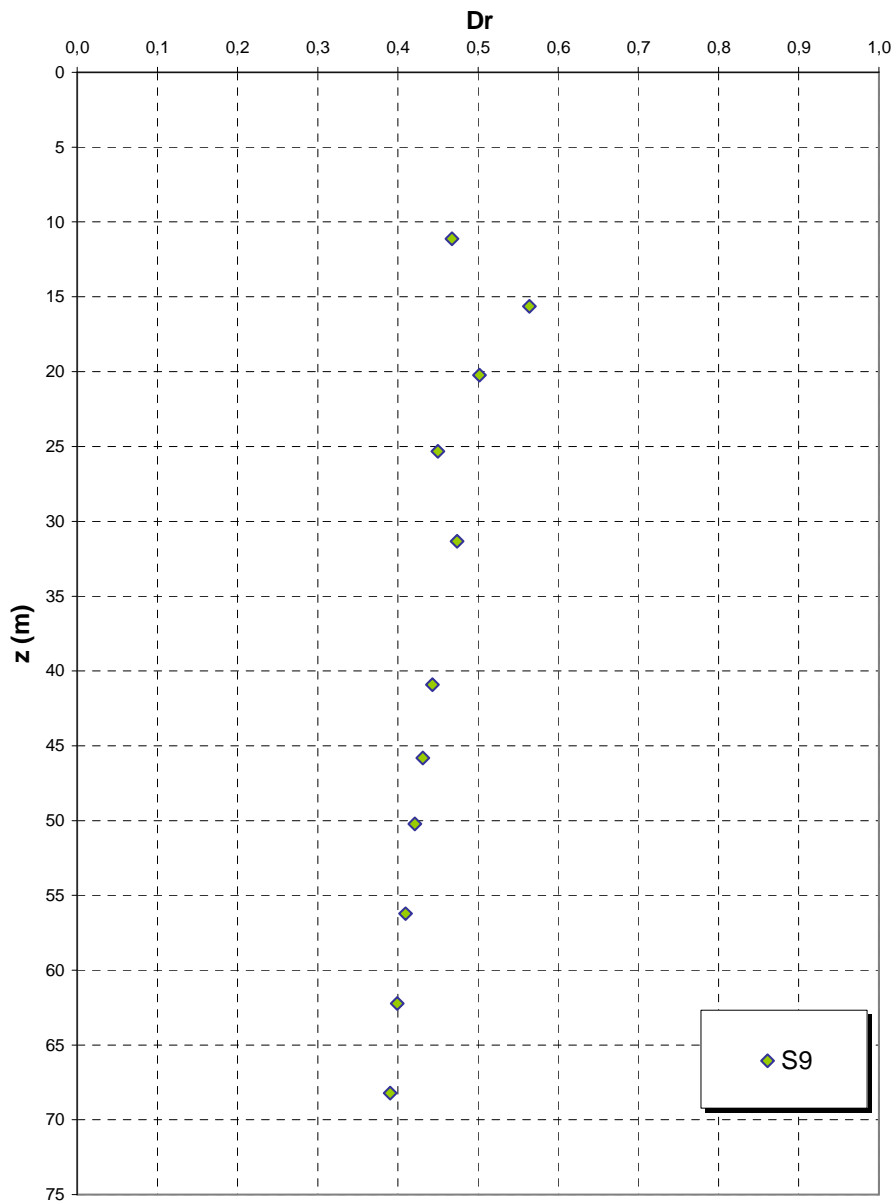


Figura 134

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo

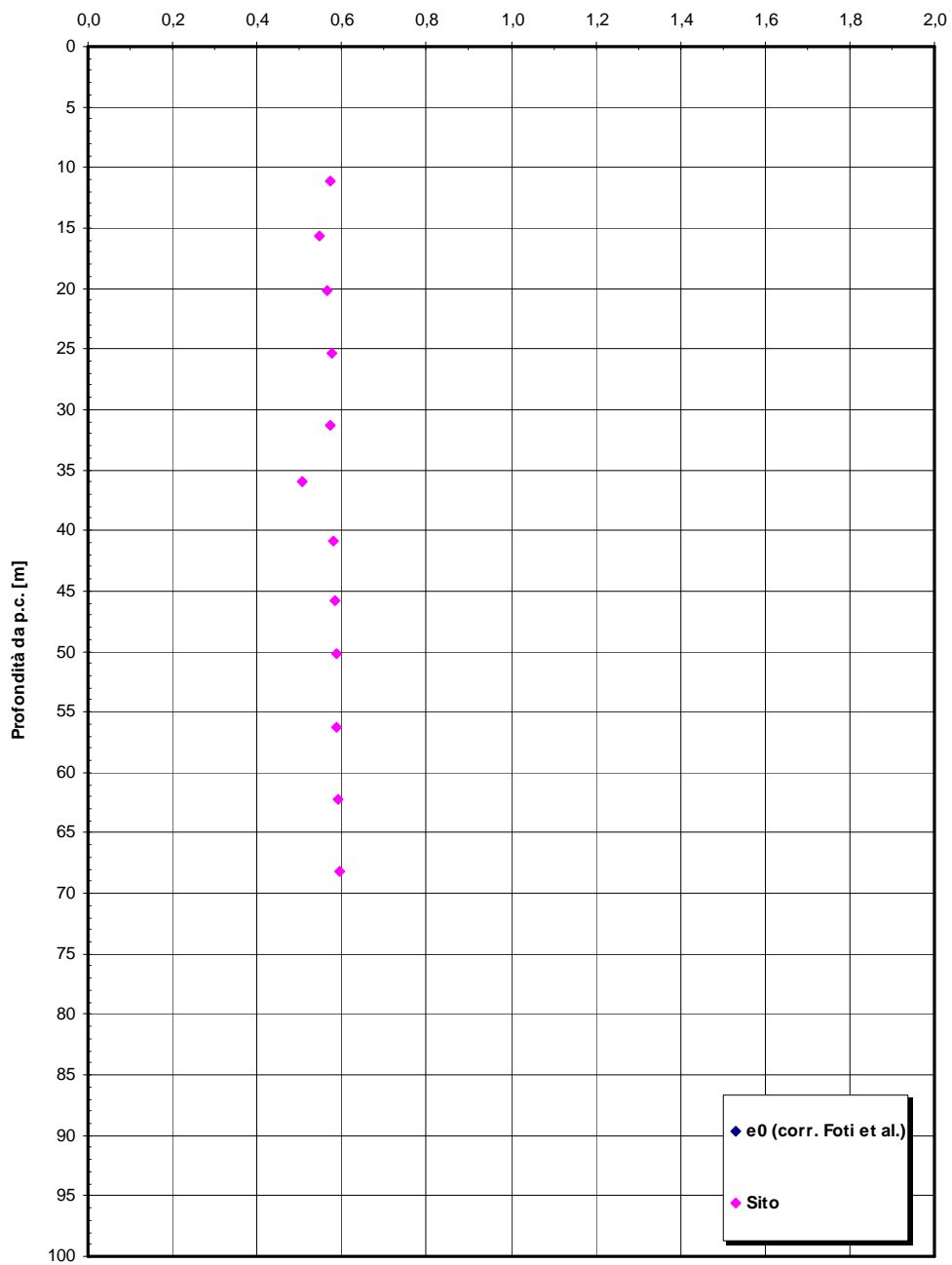


Figura 135– Pila 5

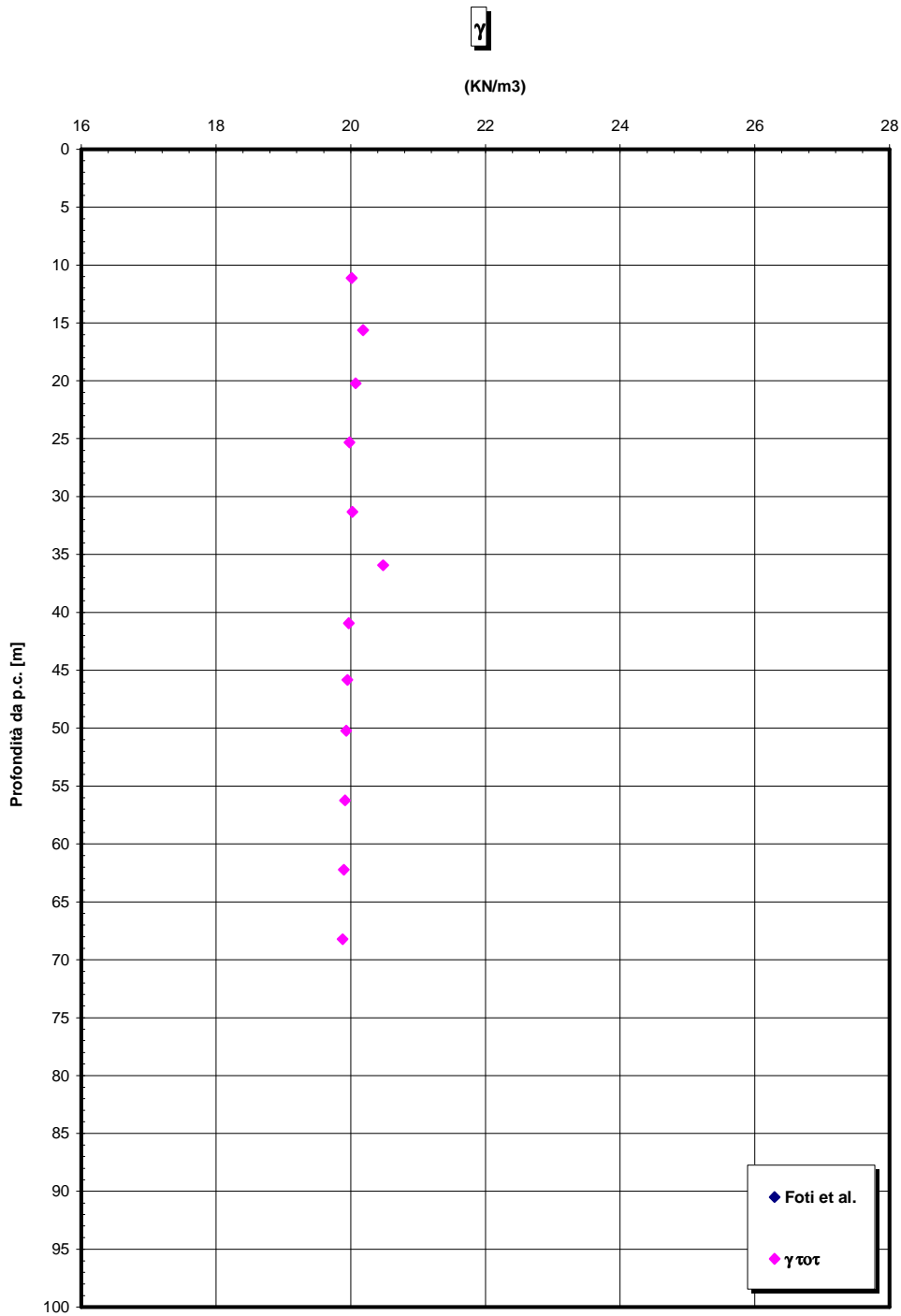


Figura 136– Pila 5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

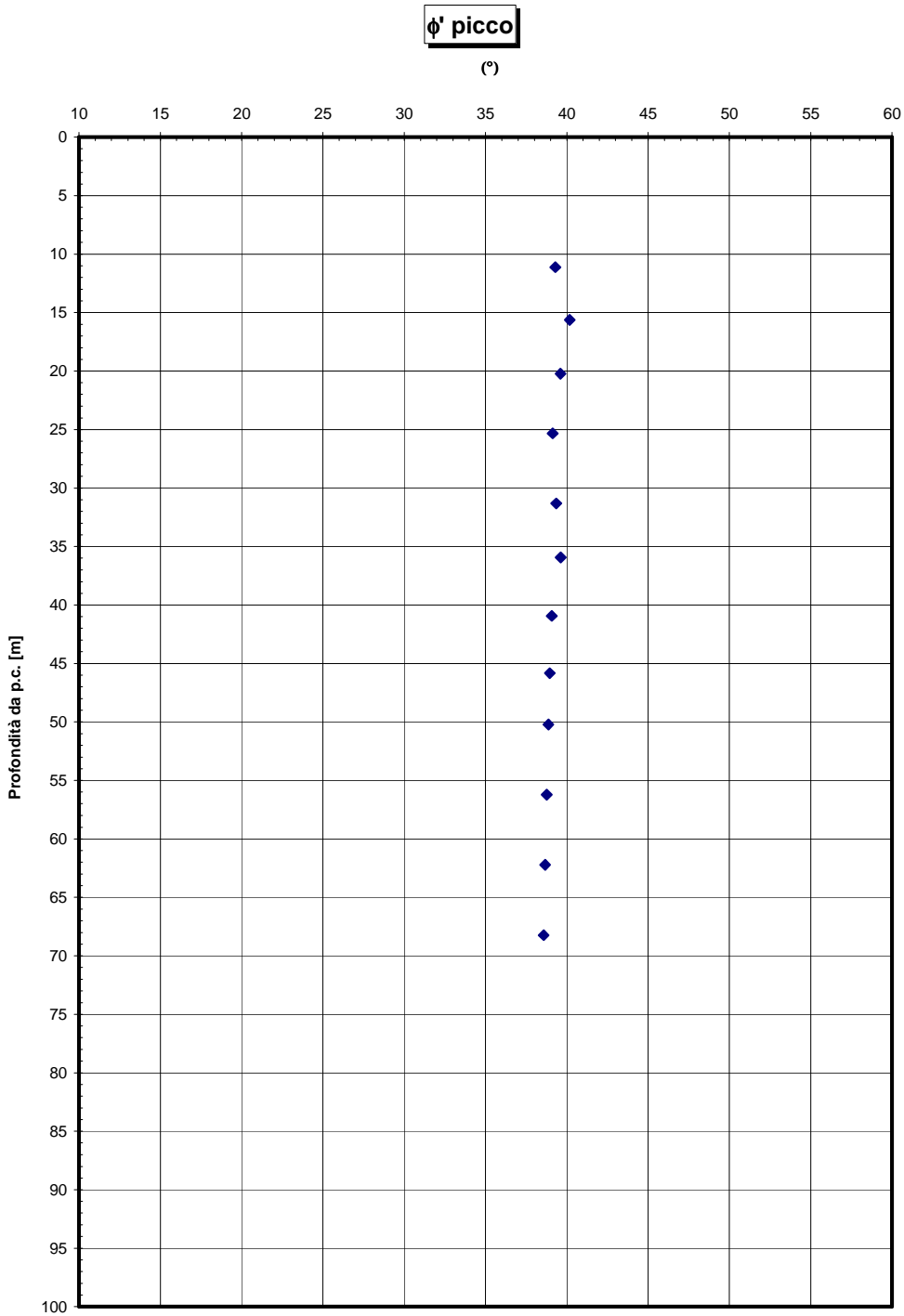


Figura 137– Pila 5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

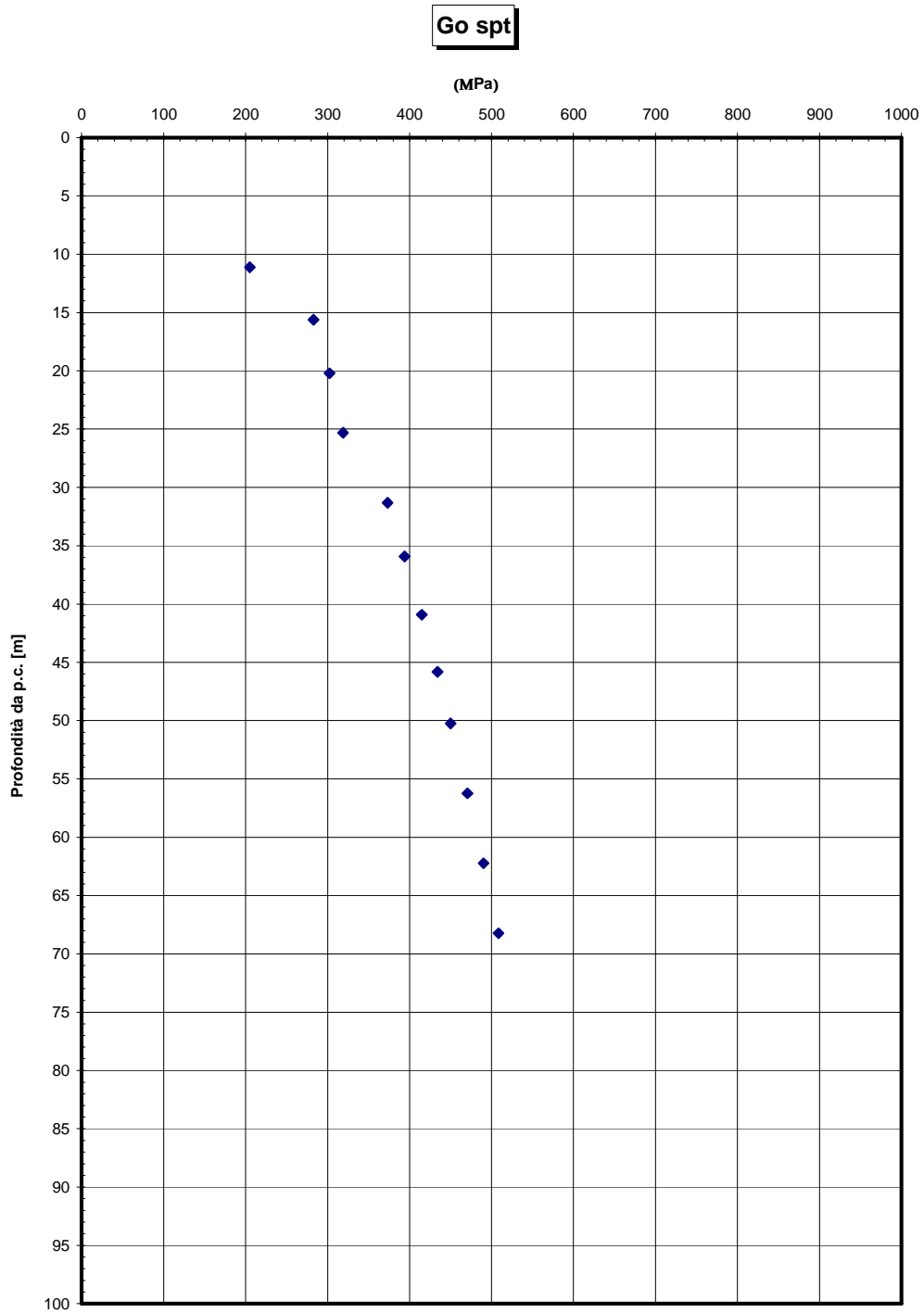


Figura 138– Pila 5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

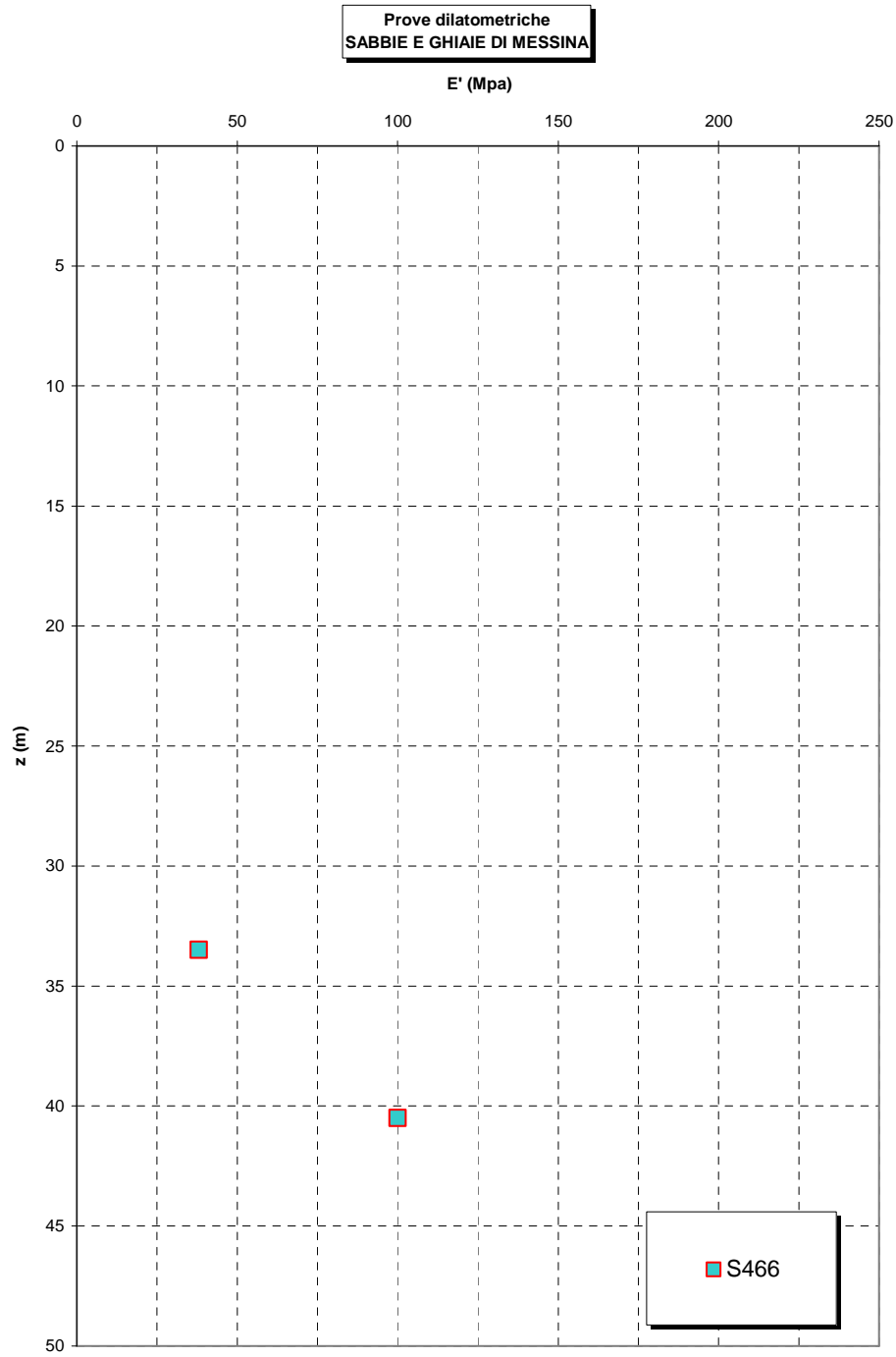


Figura 139

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>		<p><i>Codice documento</i> SB0057_F0_2</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

5.1.1.3 Opera terminale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo

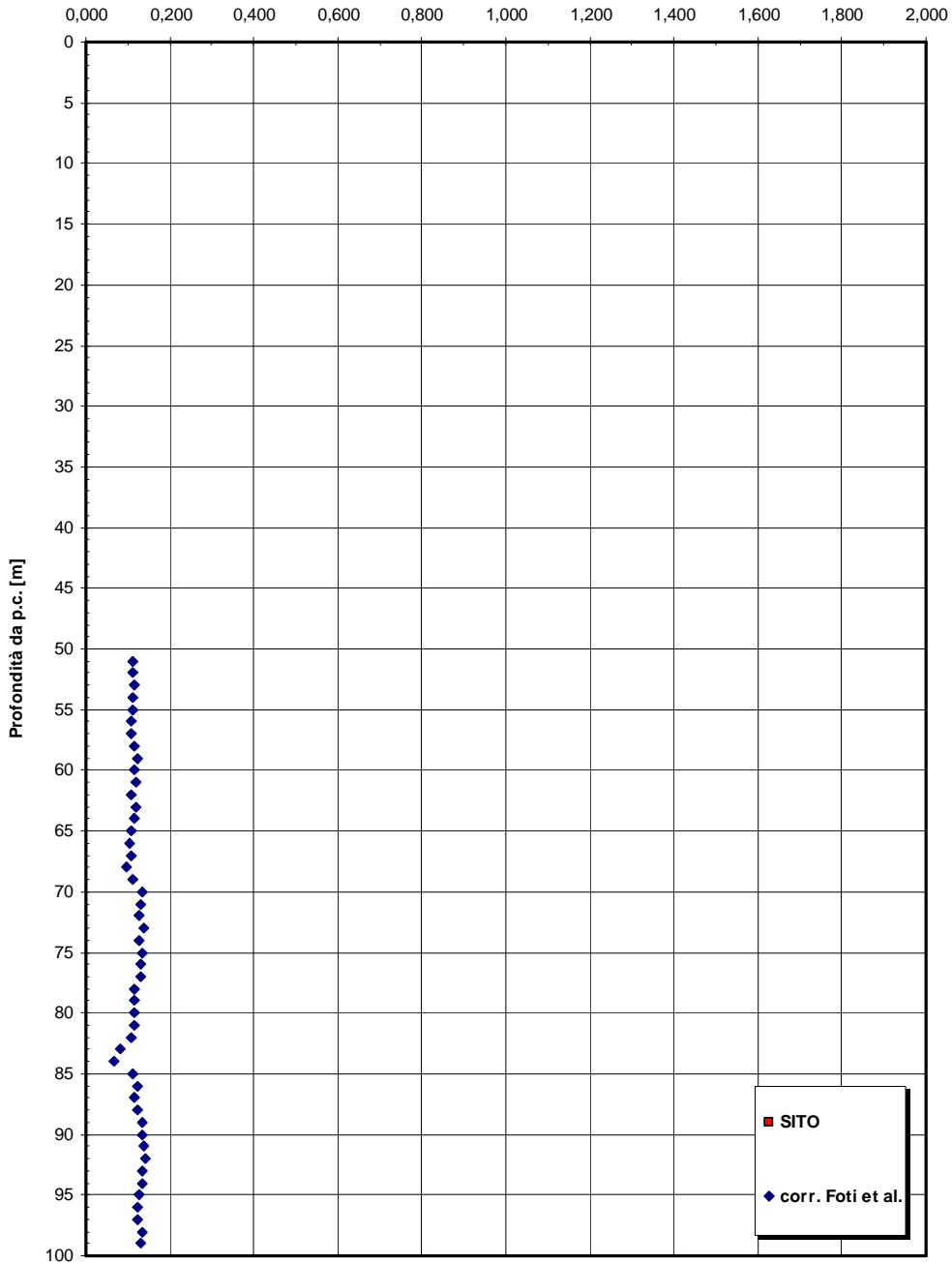


Figura 140

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

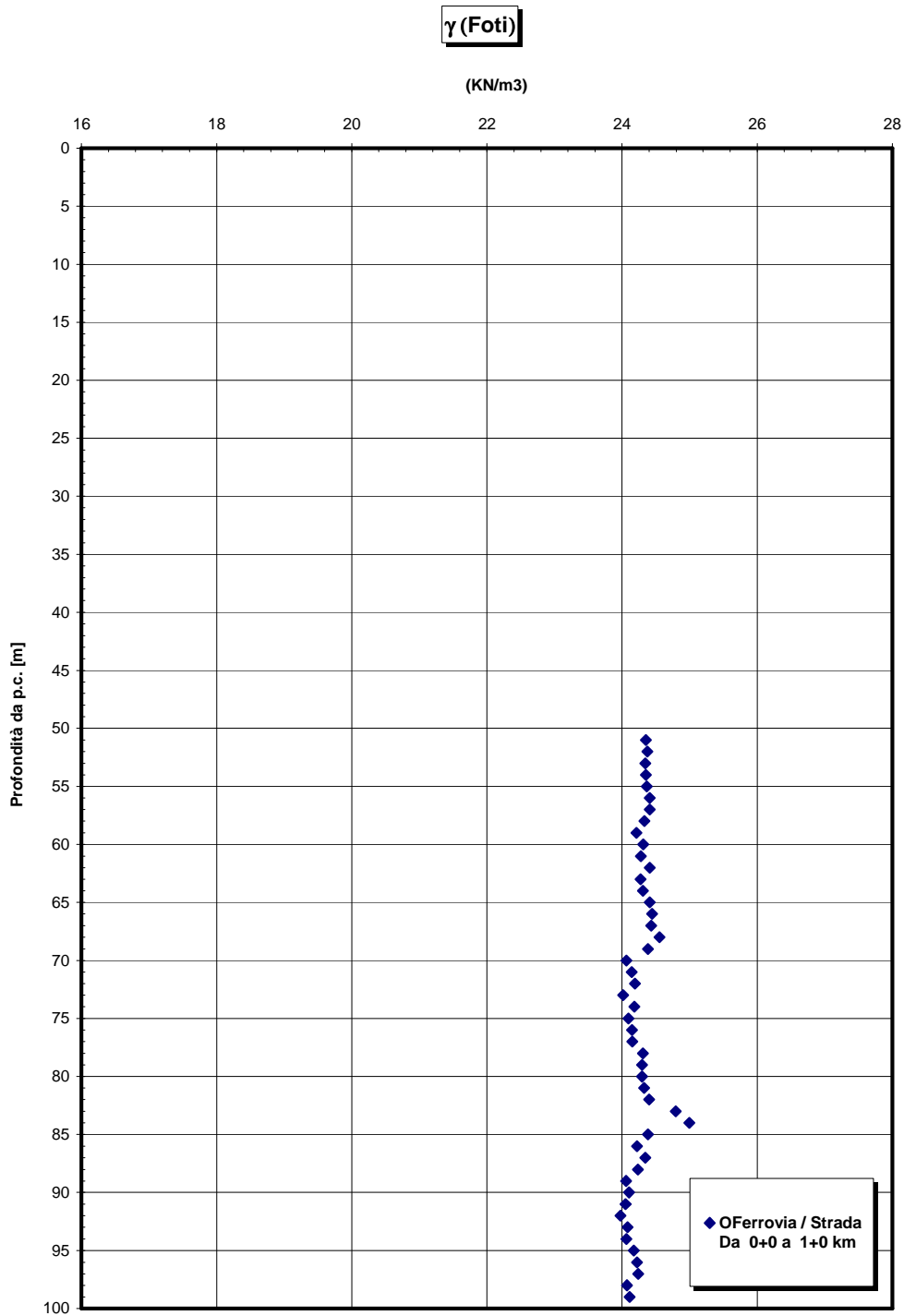


Figura 141

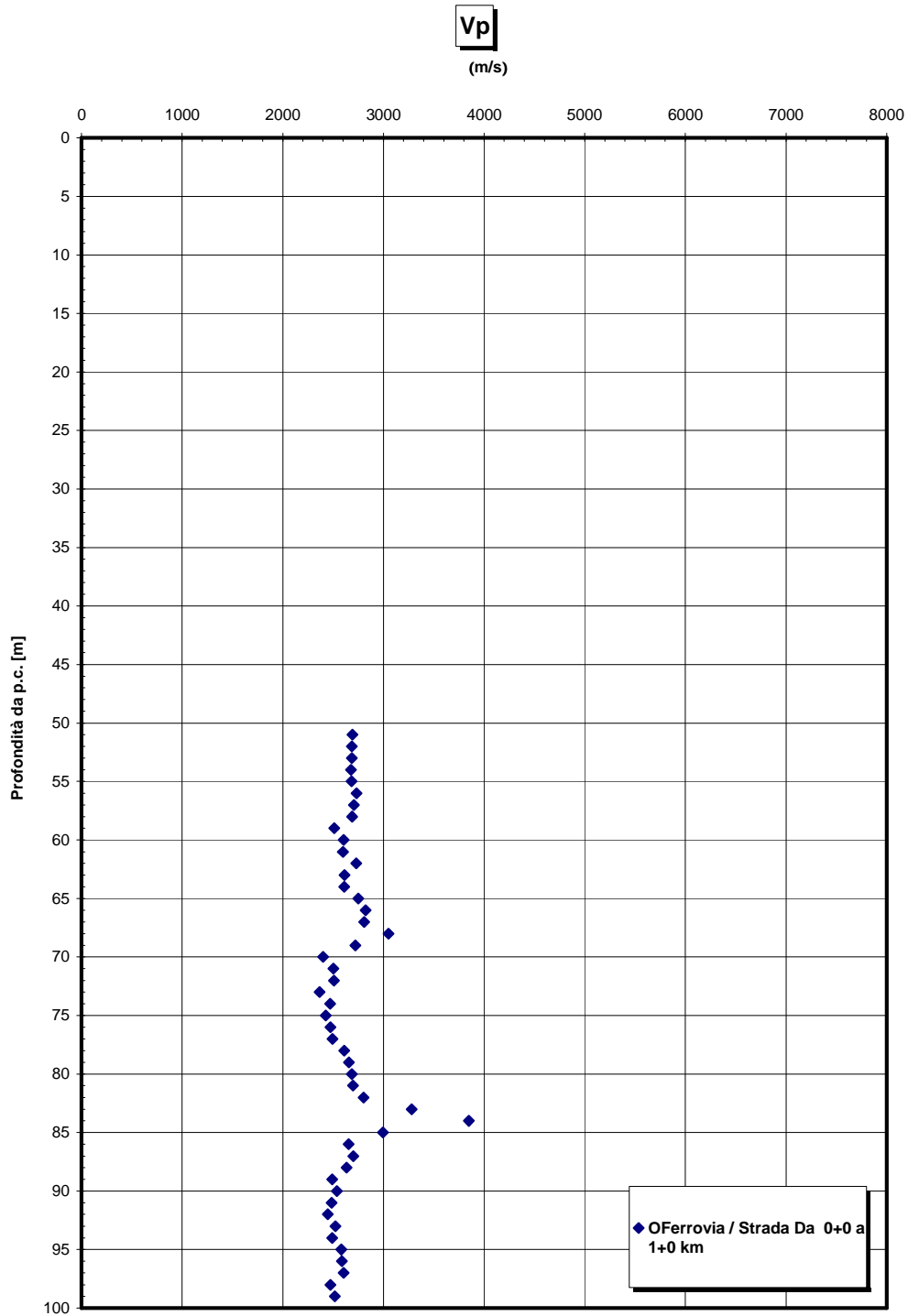


Figura 142

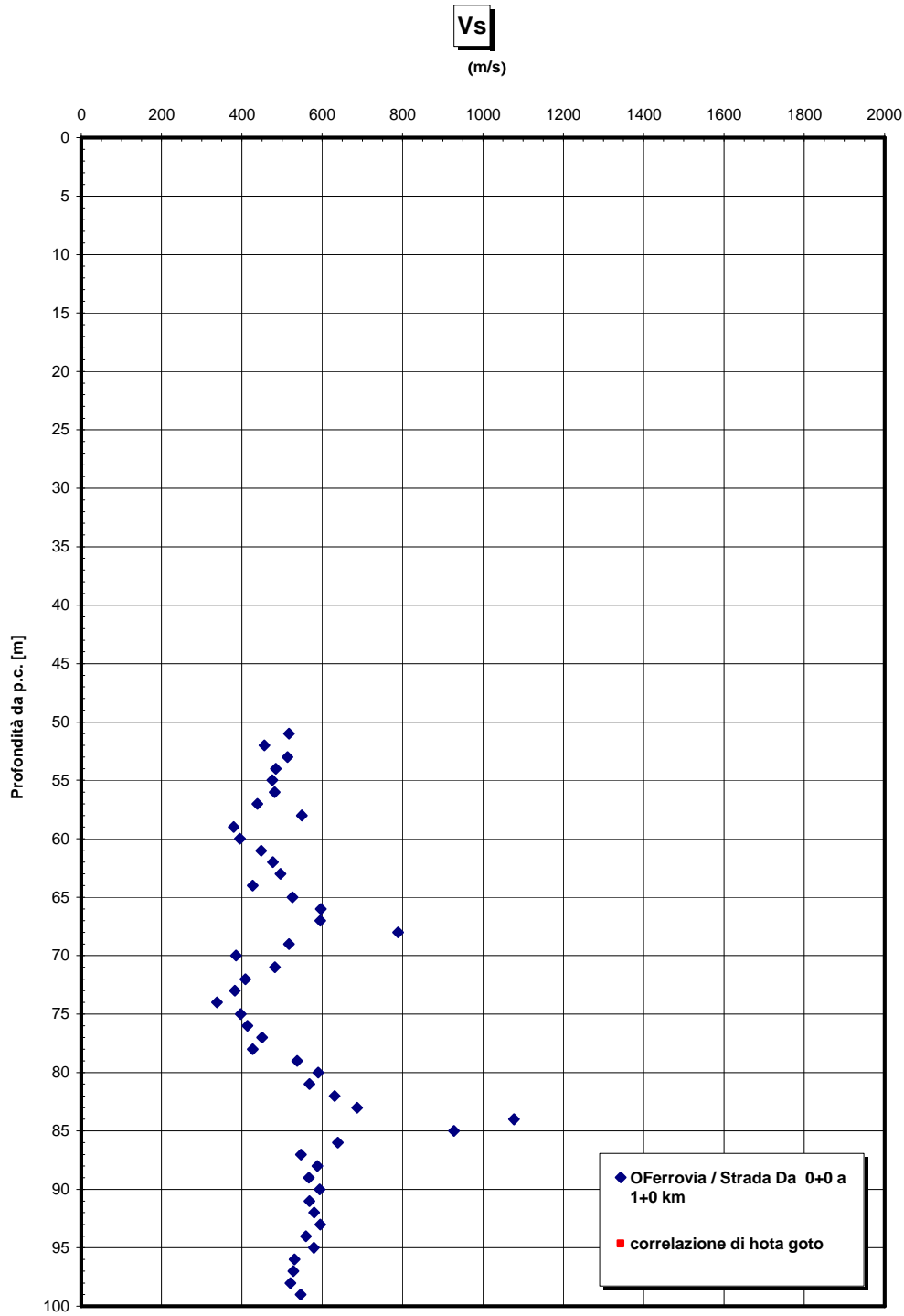


Figura 143

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

OPERA TERMINALE - Vs SISMICHE

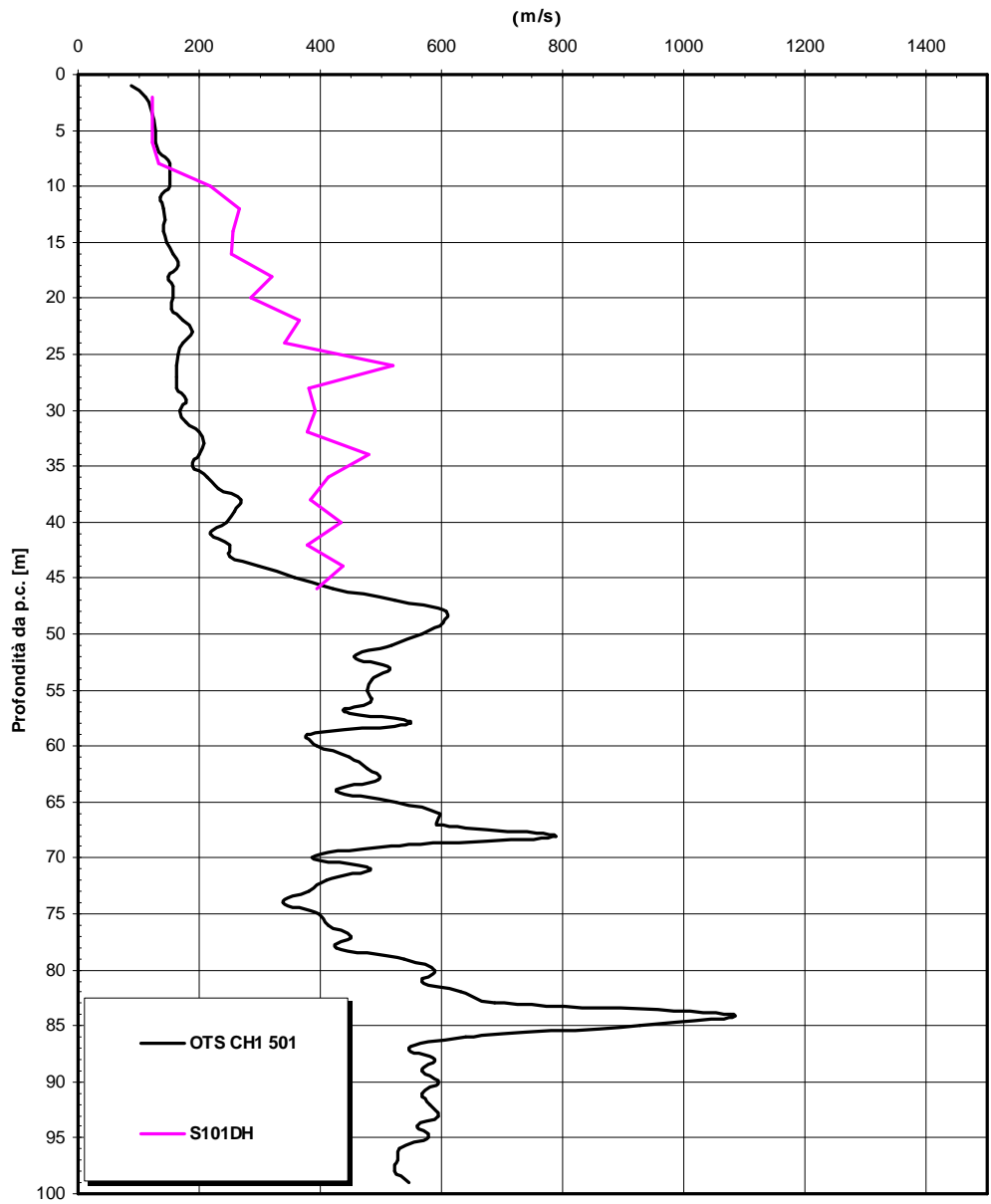


Figura 144

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

OPERA TERMINALE - G_o SISMICHE

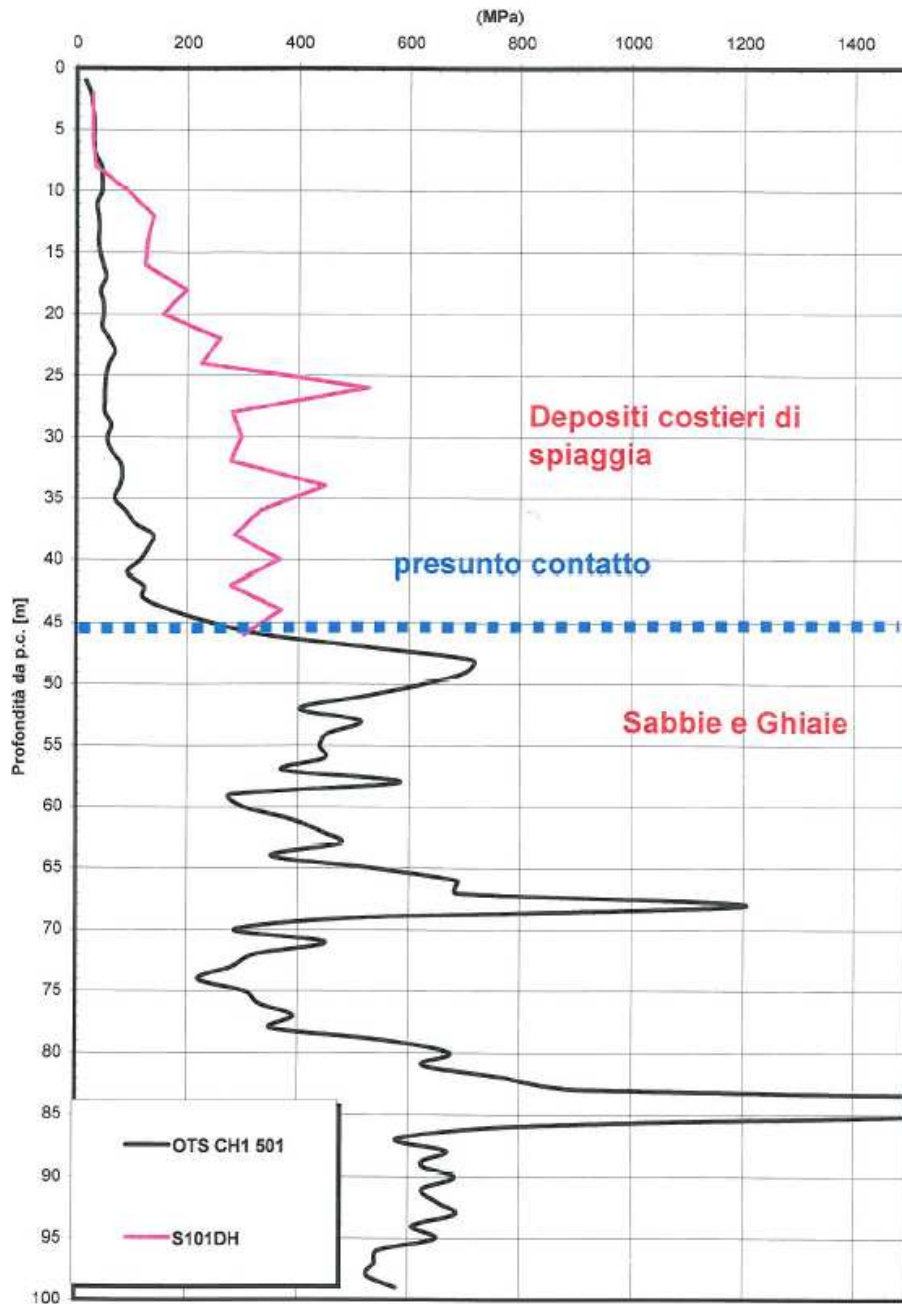


Figura 145

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

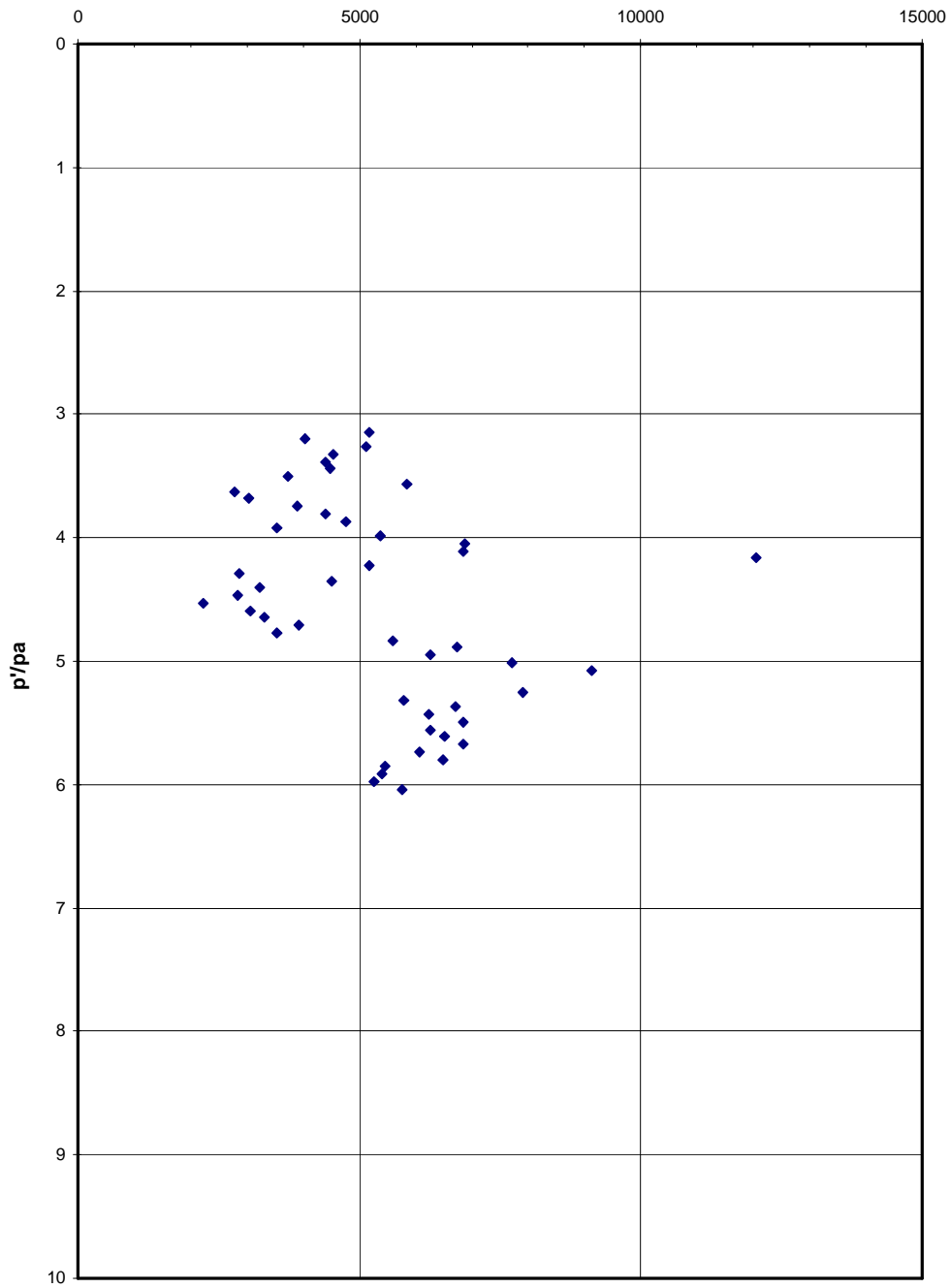


Figura 146

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.1.4 **Fondazione**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo

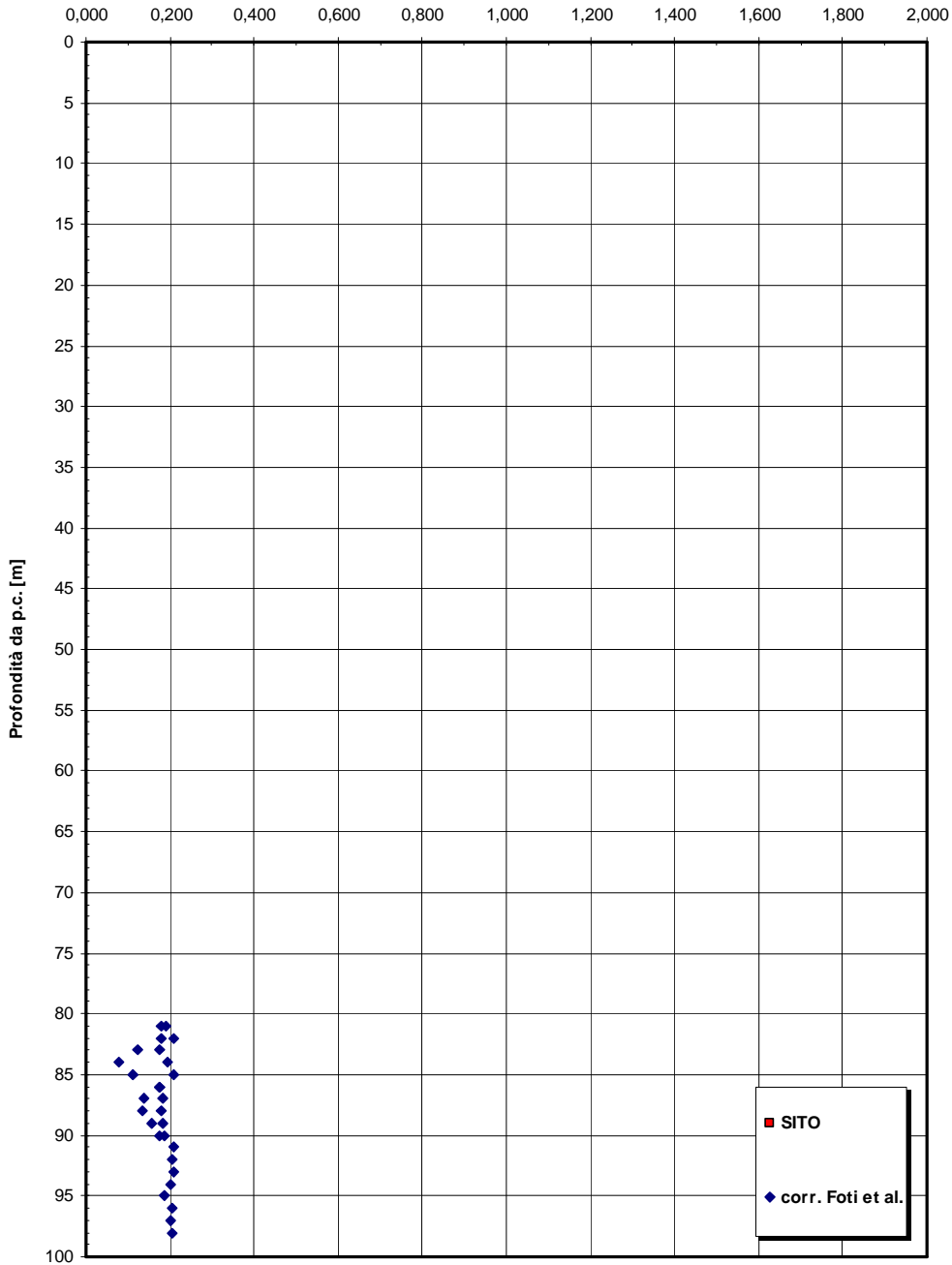


Figura 147

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

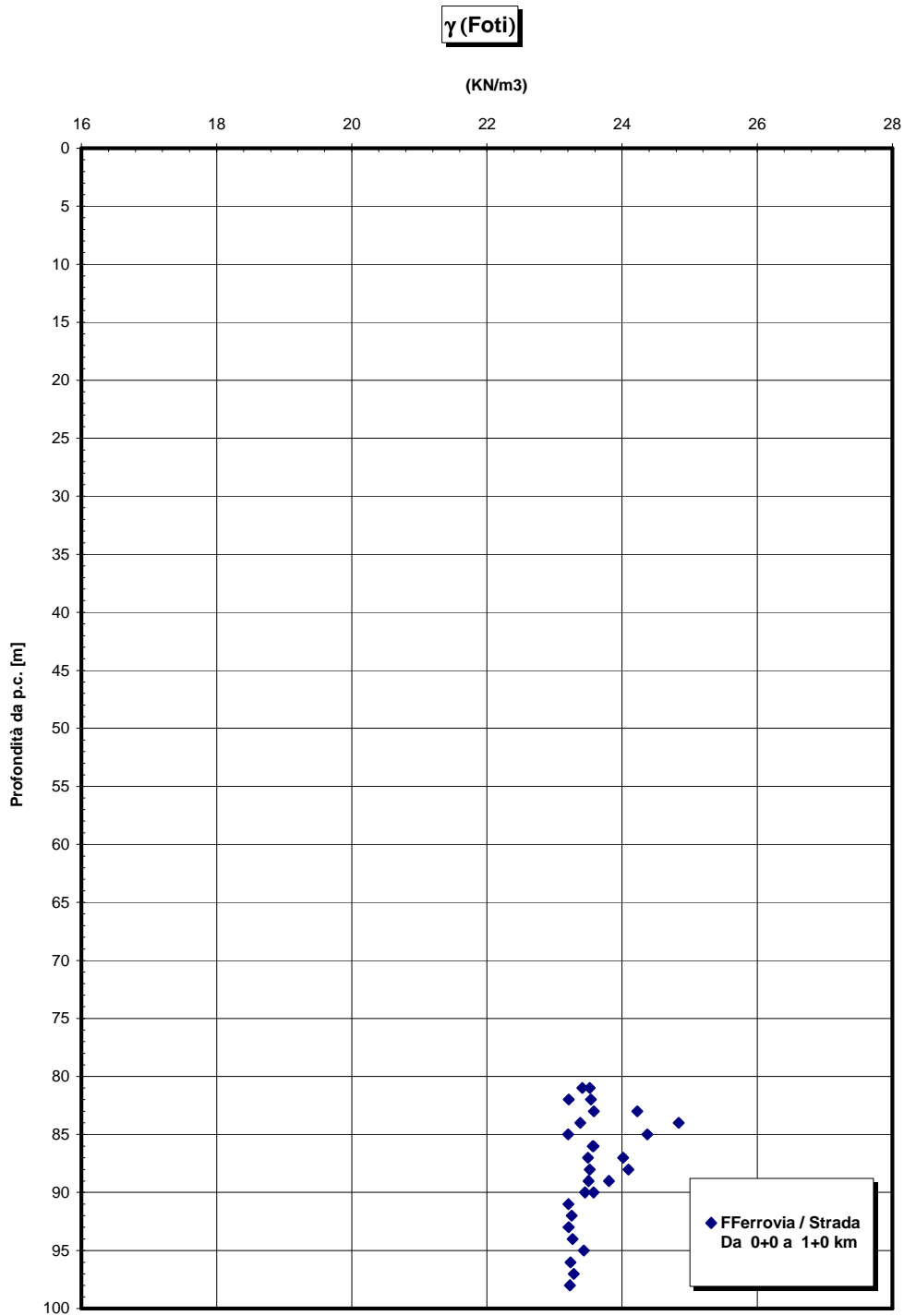


Figura 148

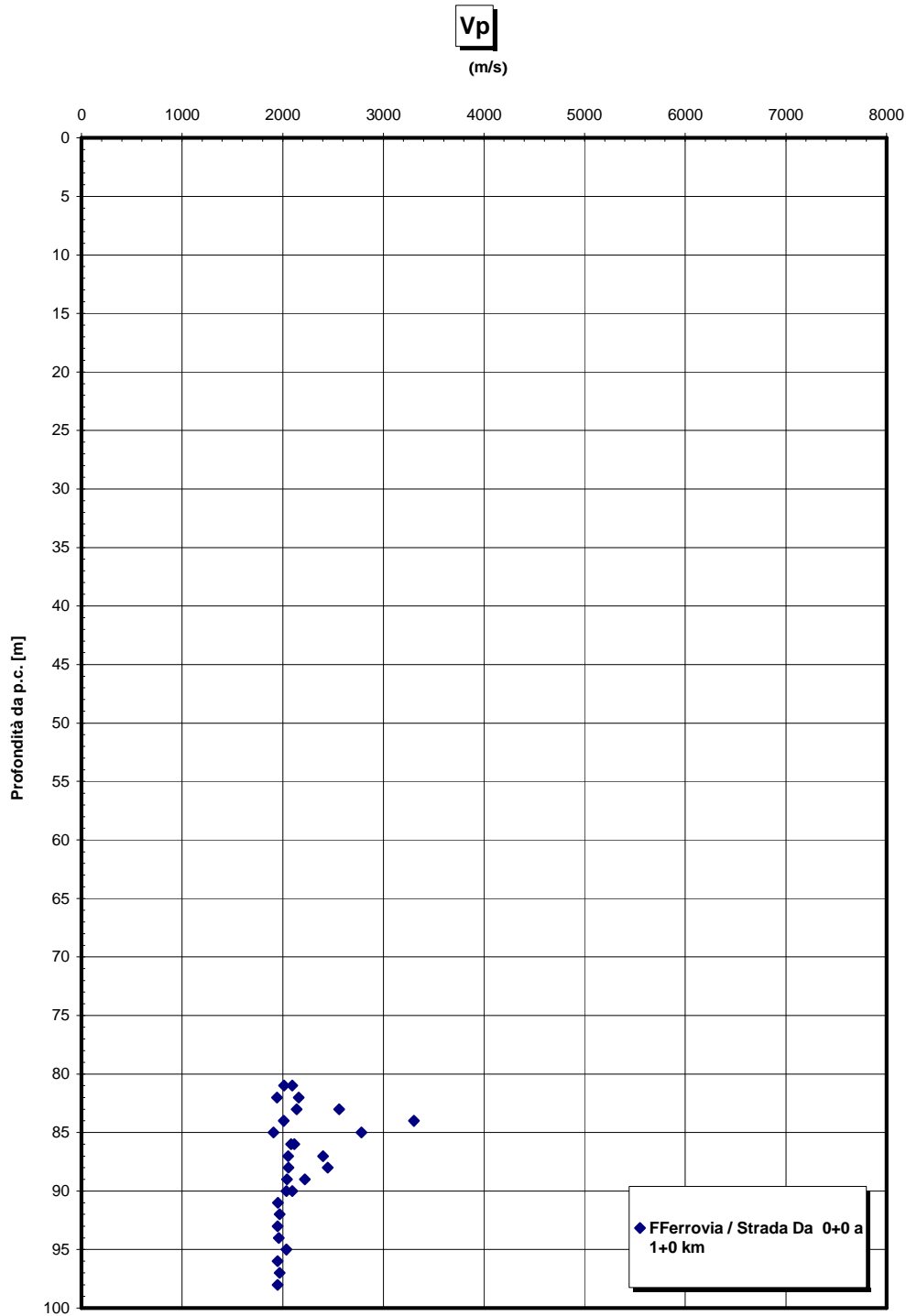


Figura 149

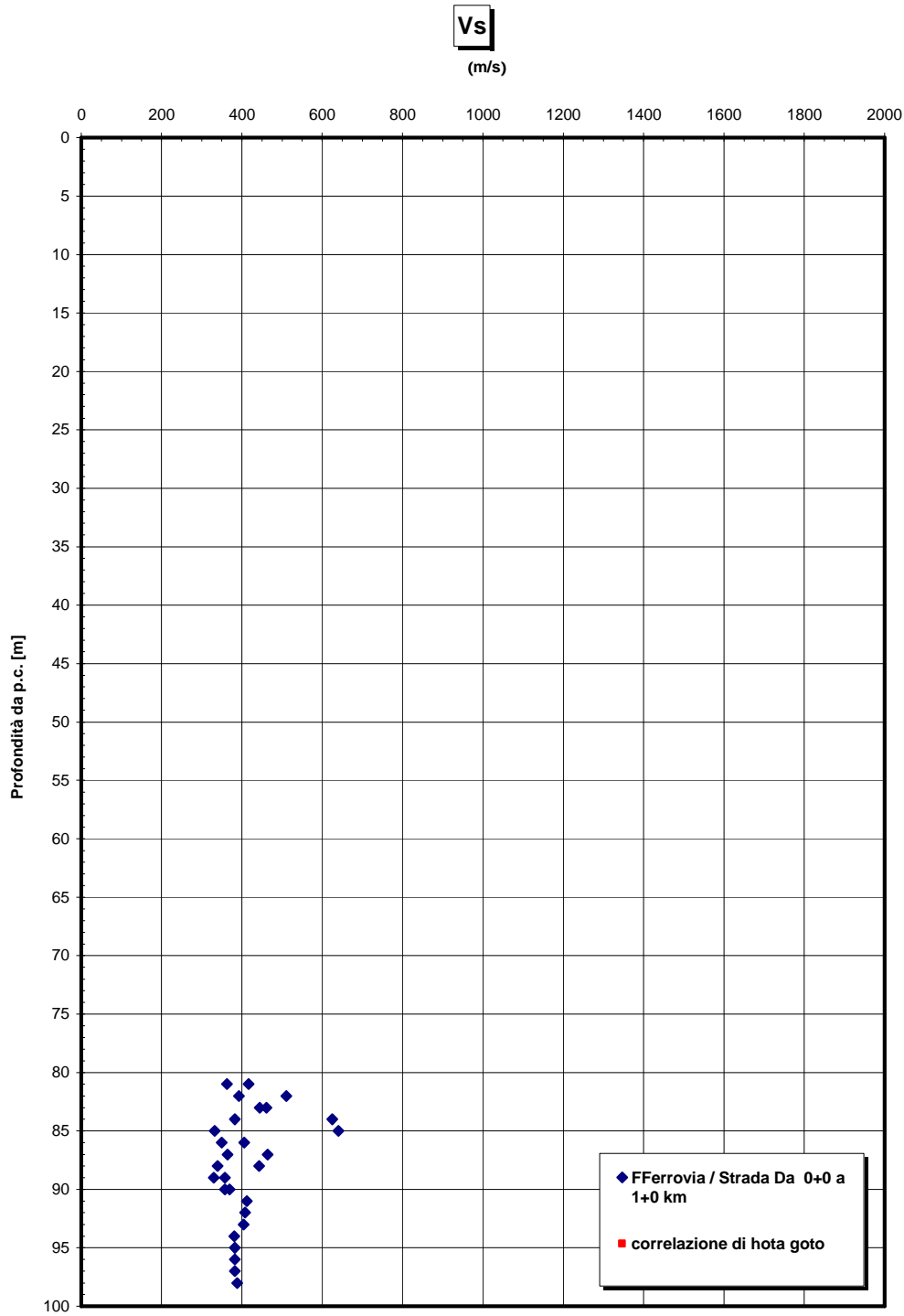


Figura 150

FONDAZIONE- Vs SISMICHE

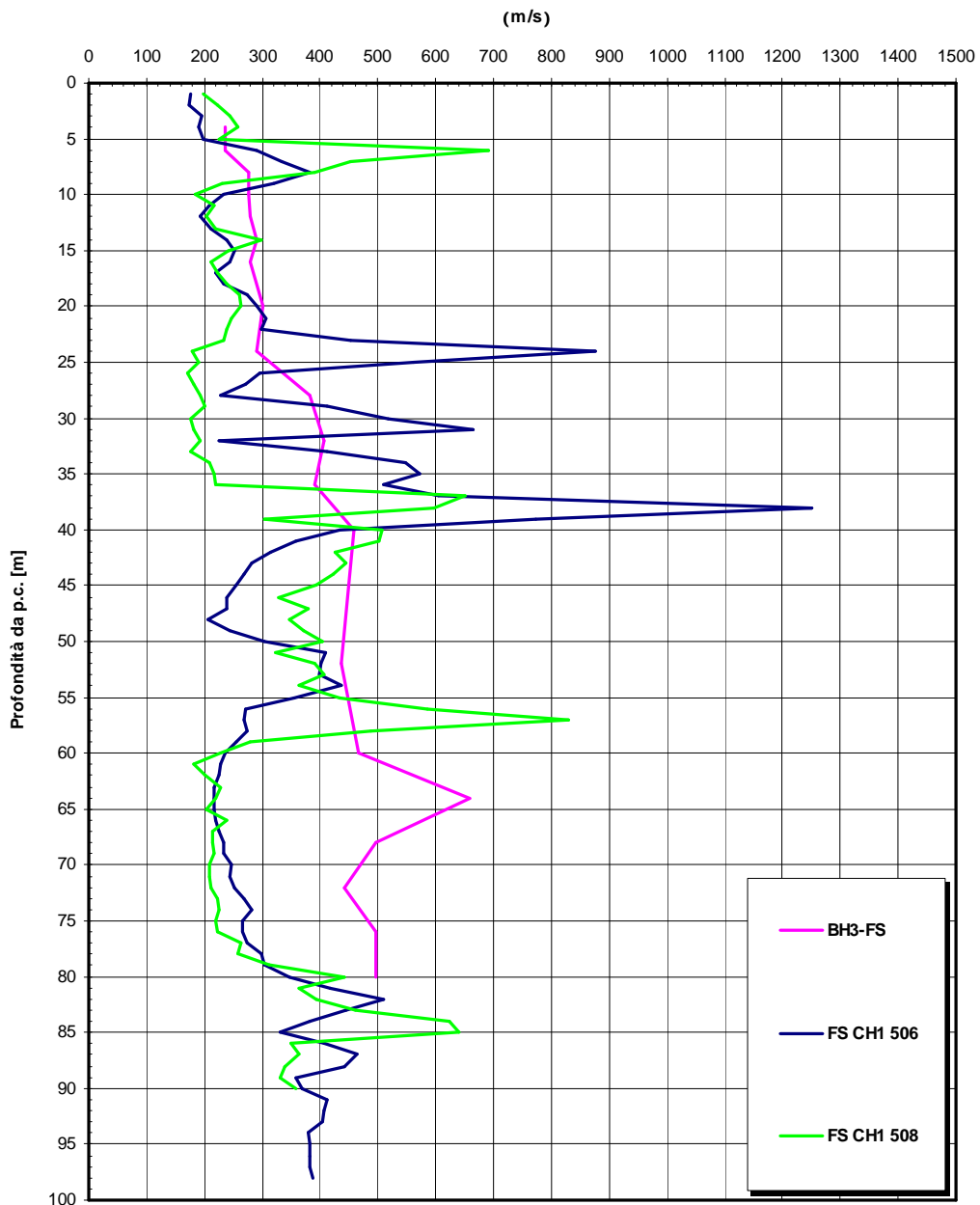


Figura 151

FONDAZIONE- Go SISMICHE

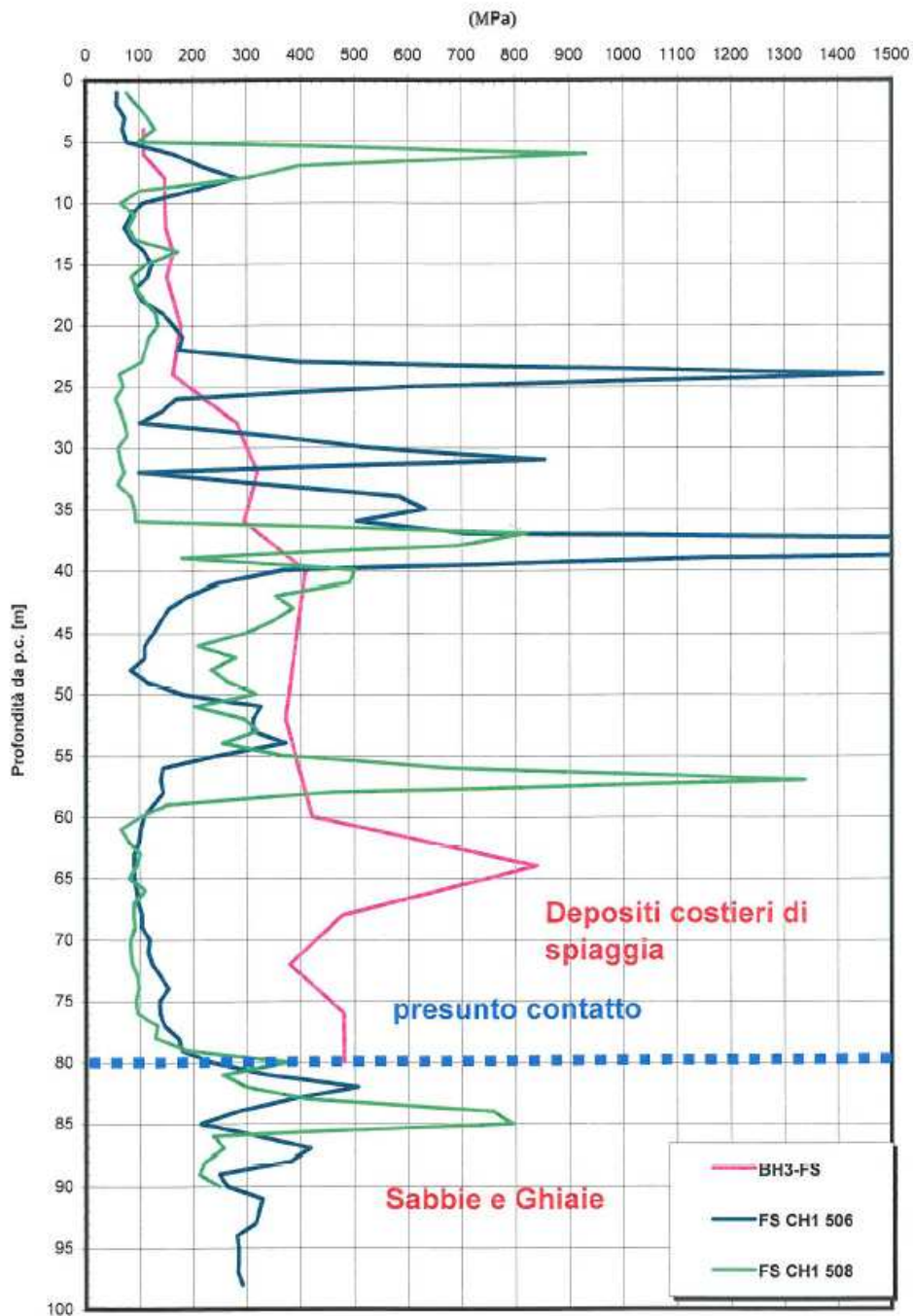


Figura 152

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

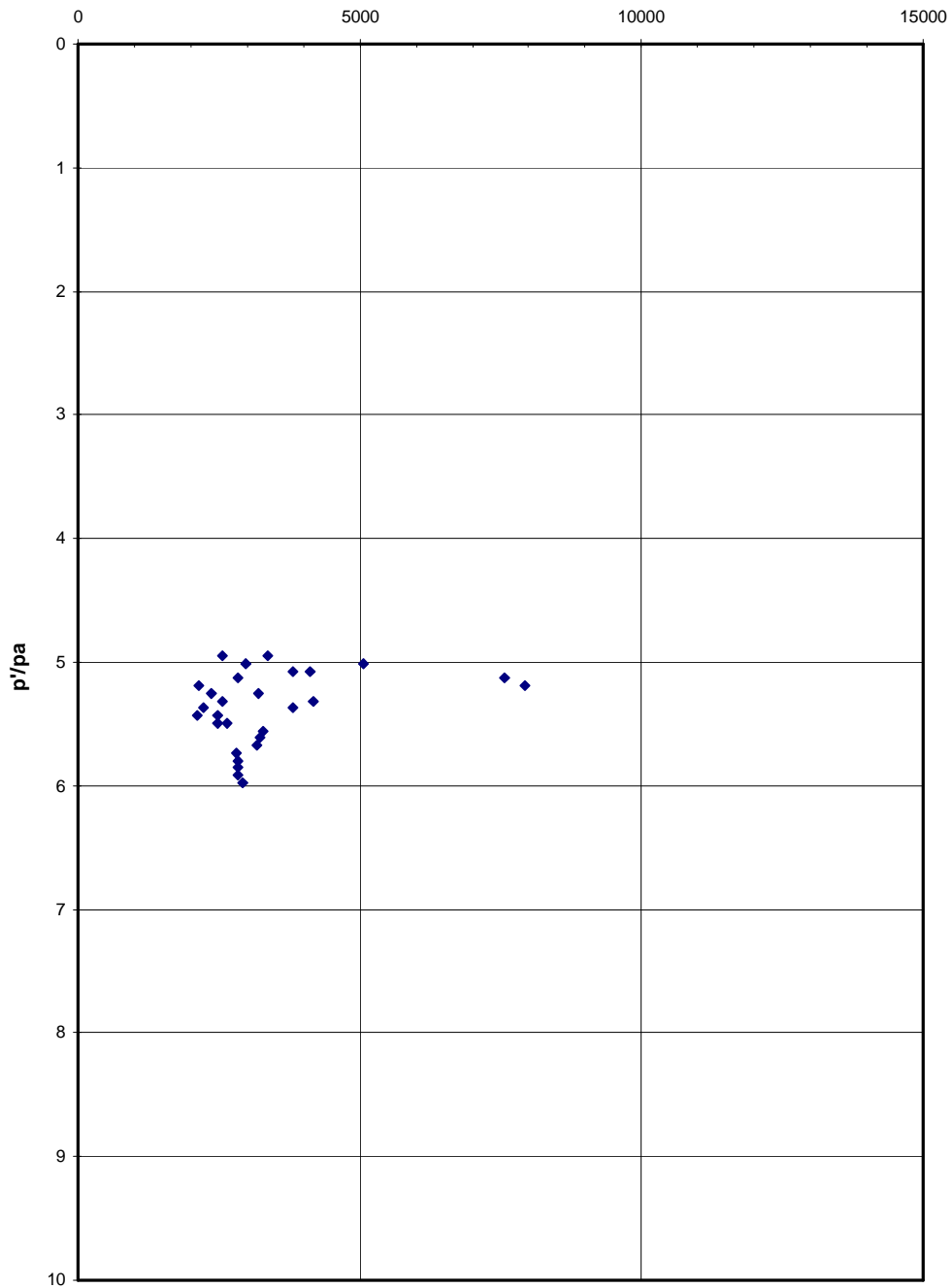


Figura 153

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.2 Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN S.Agata

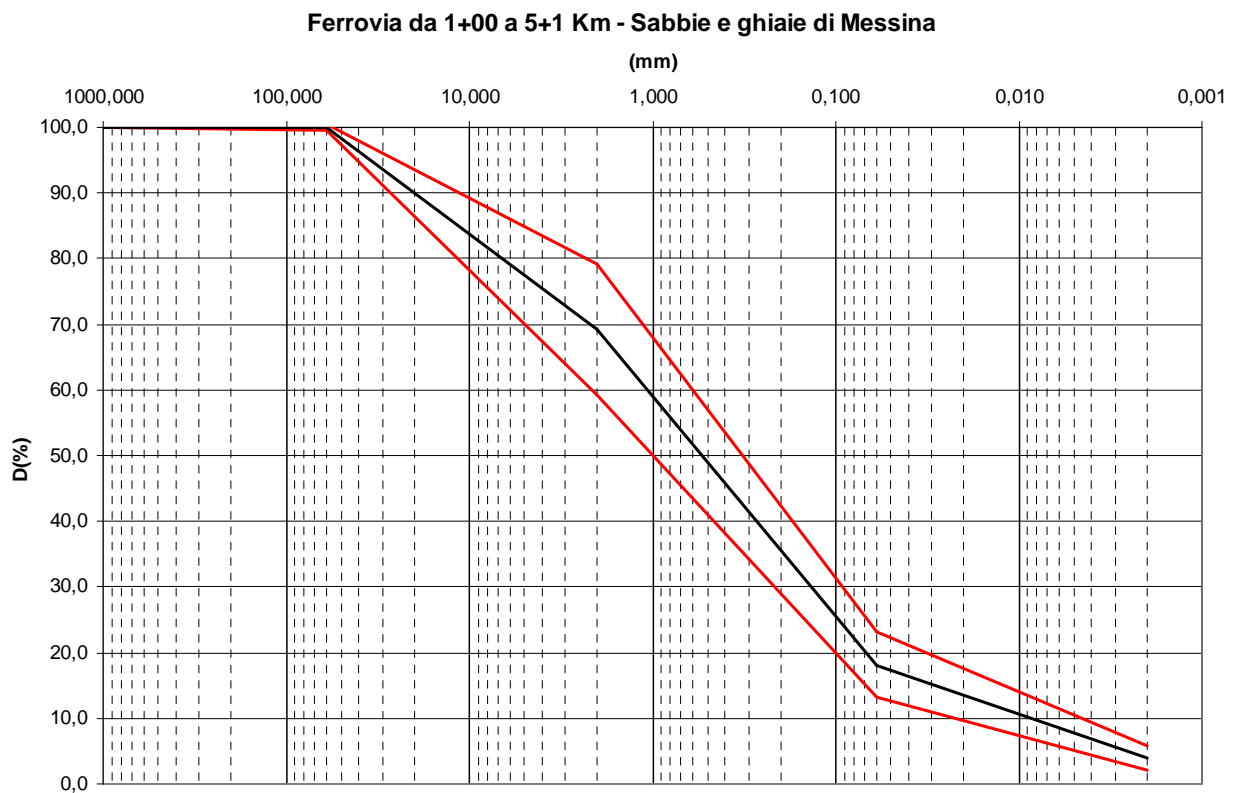


Figura 154

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ferrovia da 1 Km a 5+1 Km - G.S.Agata - % Ghiaia

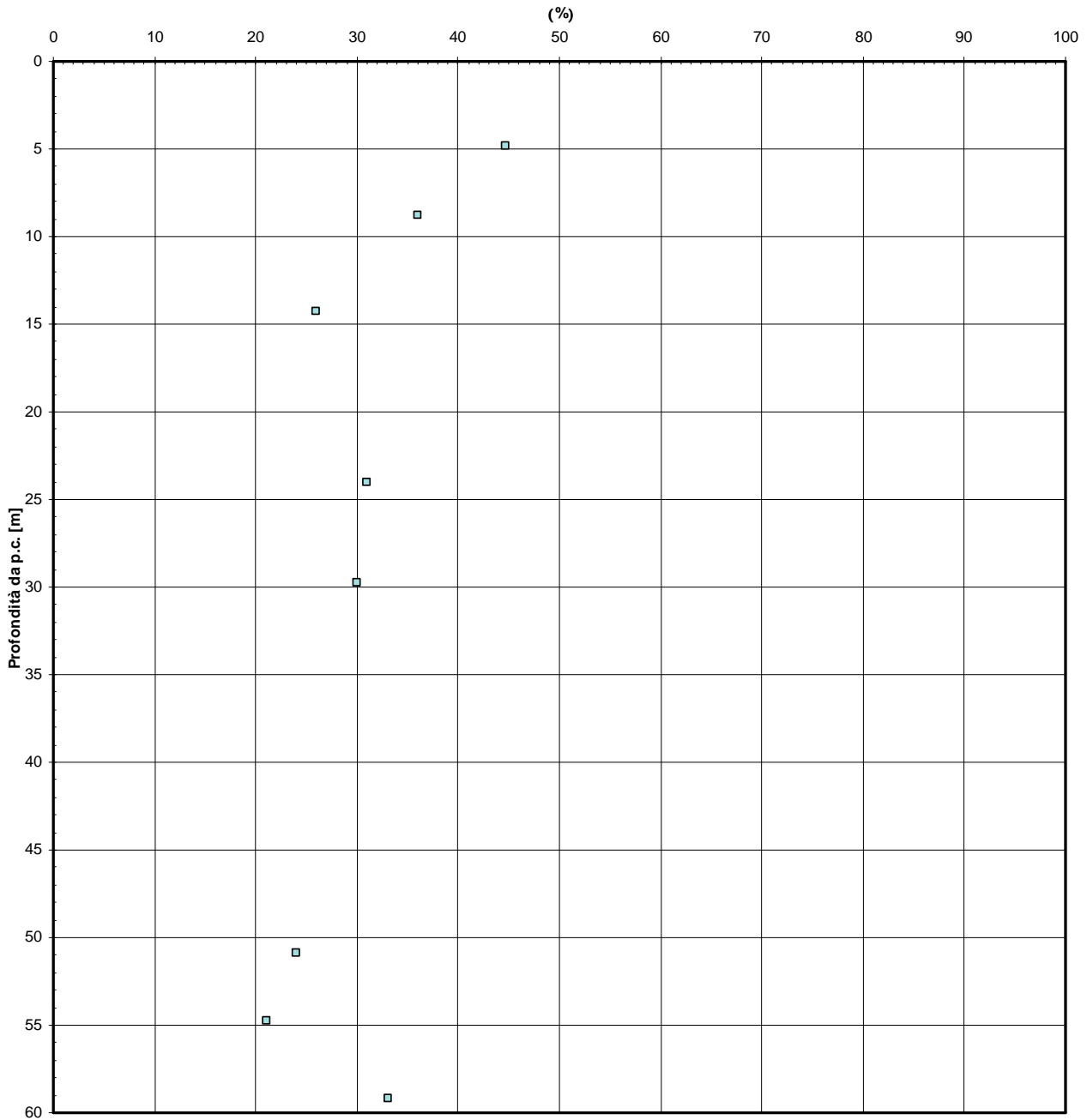


Figura 155

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ferrovia da 1Km a 5+1 Km - G.S.Agata - % Sabbia

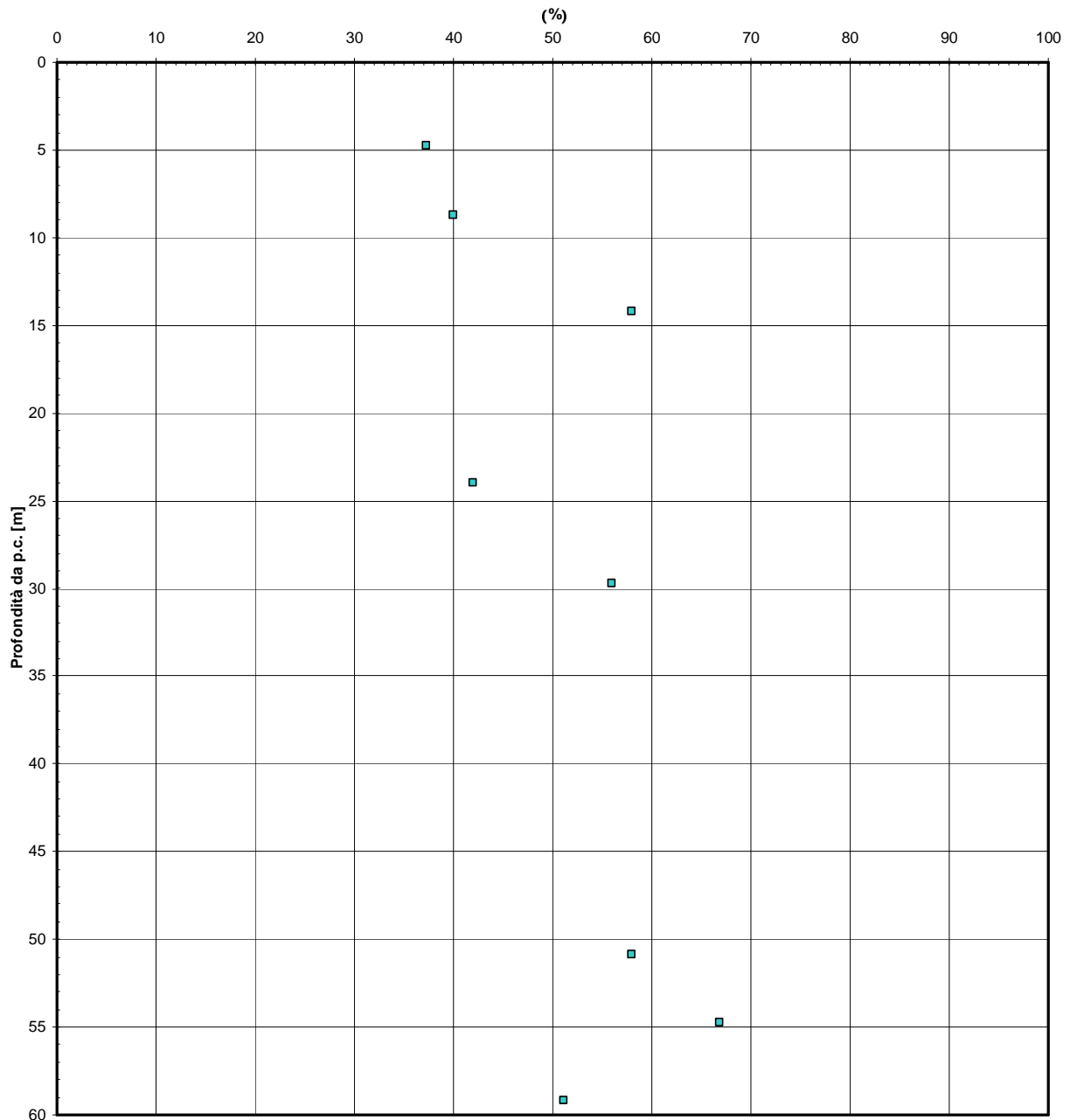


Figura 156

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ferrovia da 1 Km a 5+1 Km - G.S.Agata d50(mm)

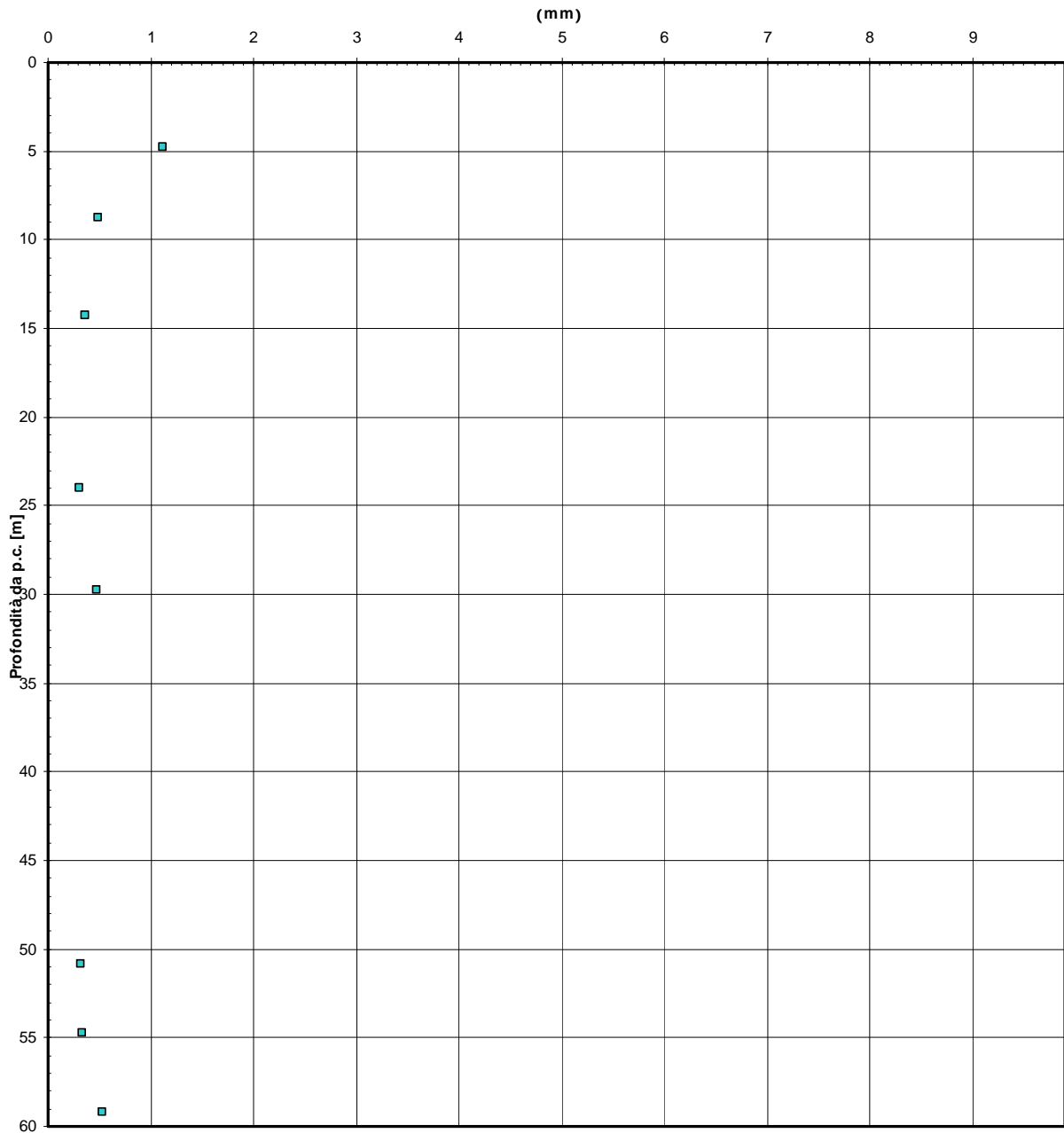


Figura 157

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

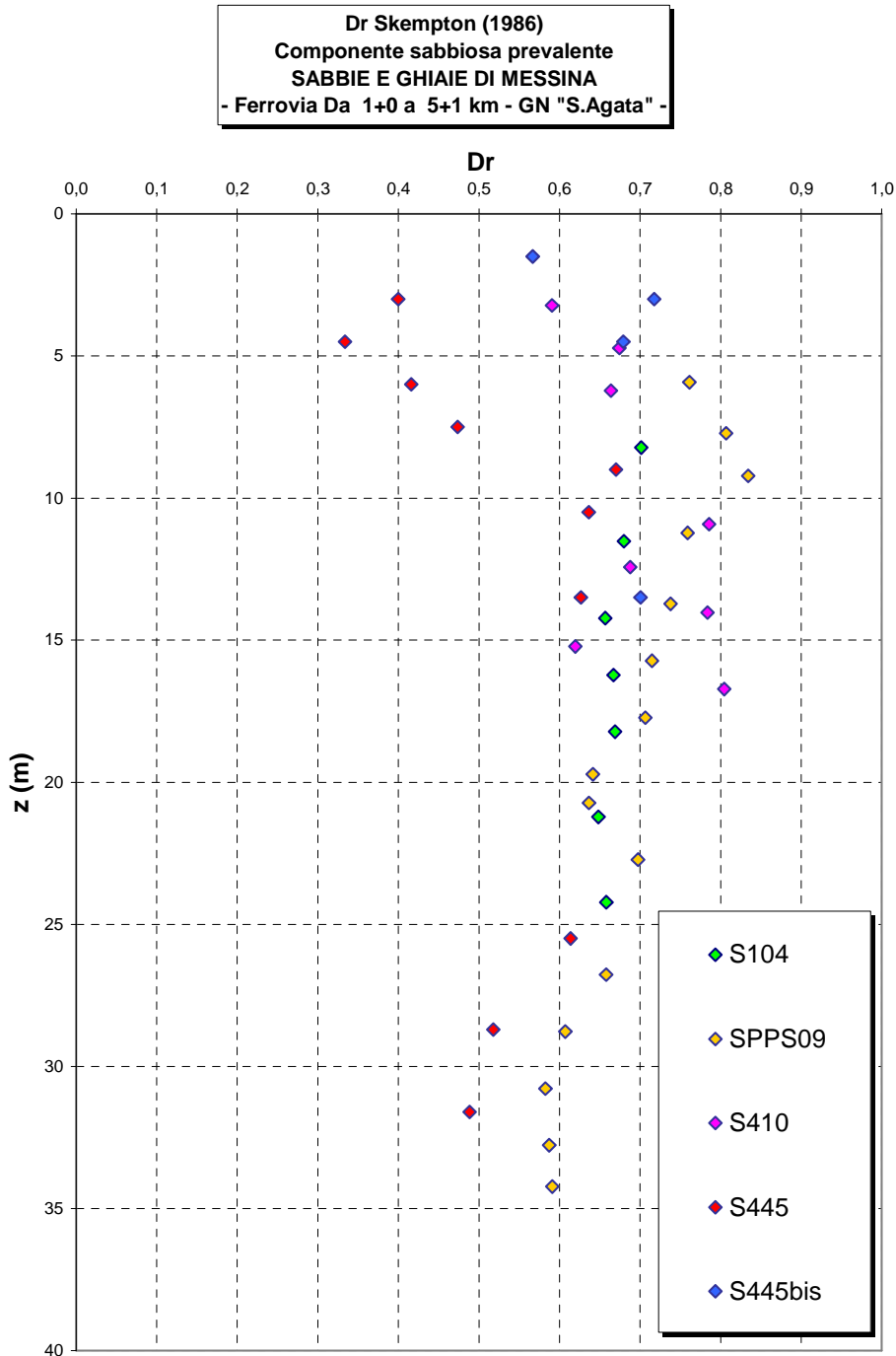


Figura 158

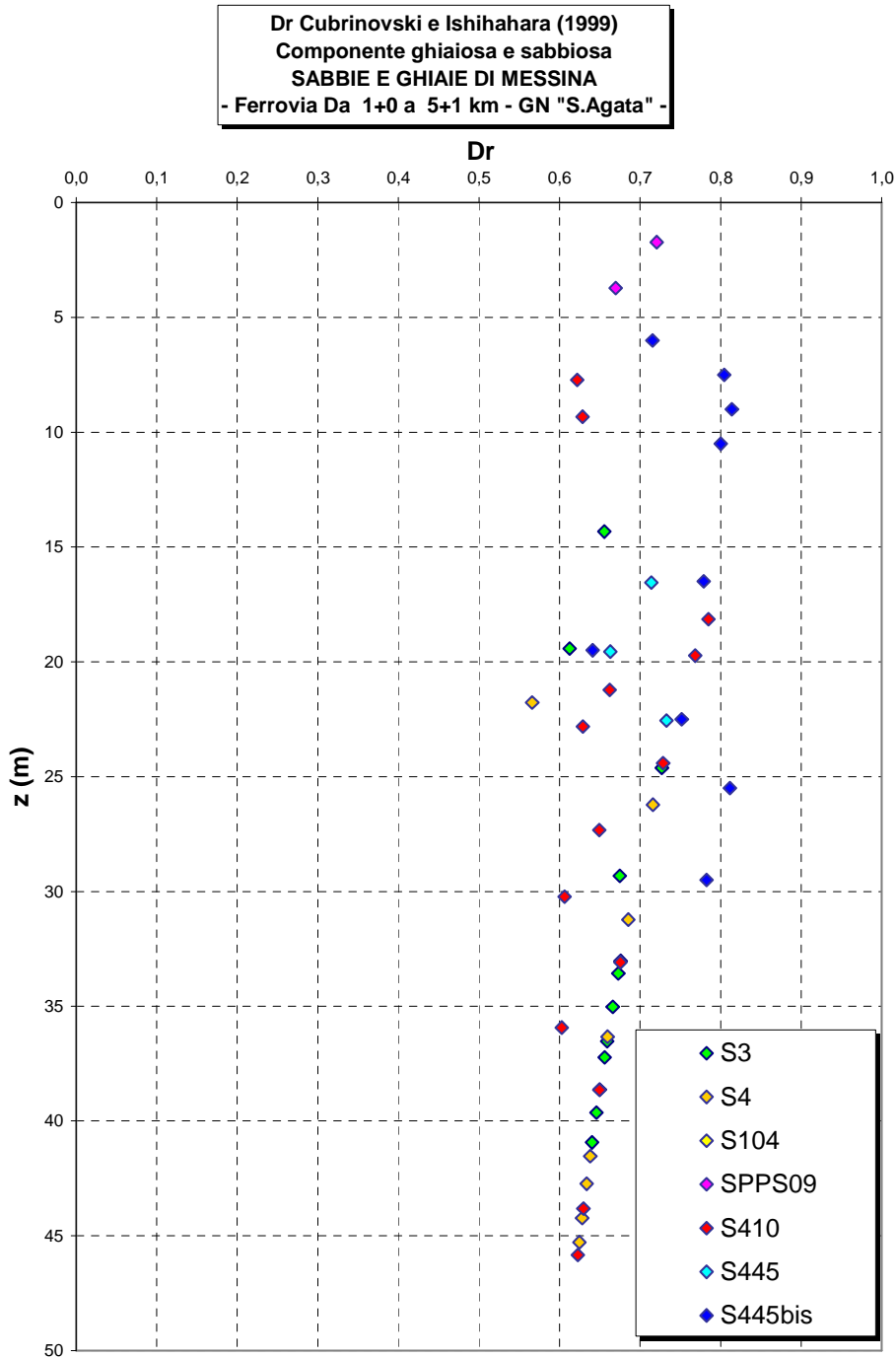


Figura 159

eo

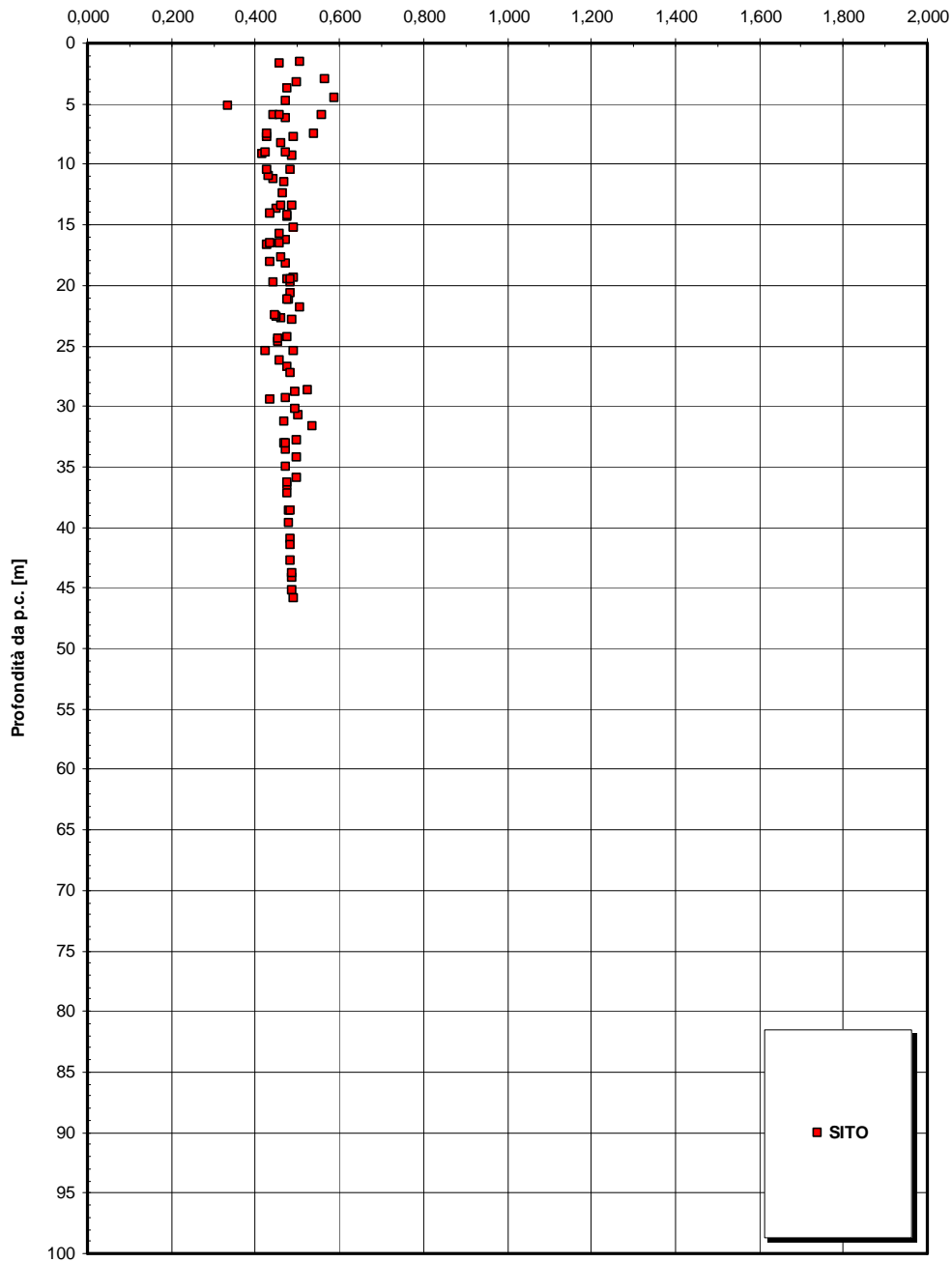


Figura 160

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

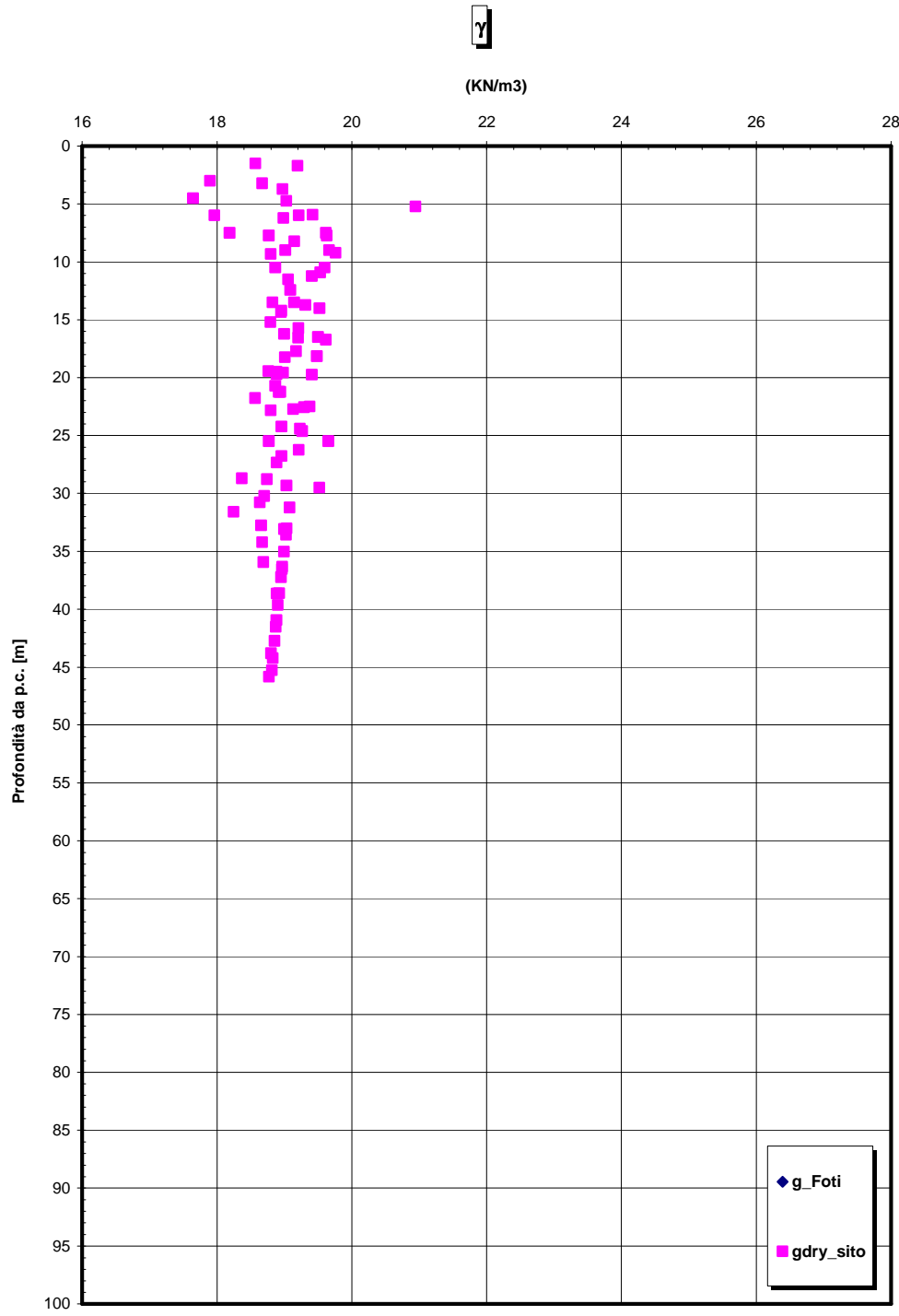


Figura 161

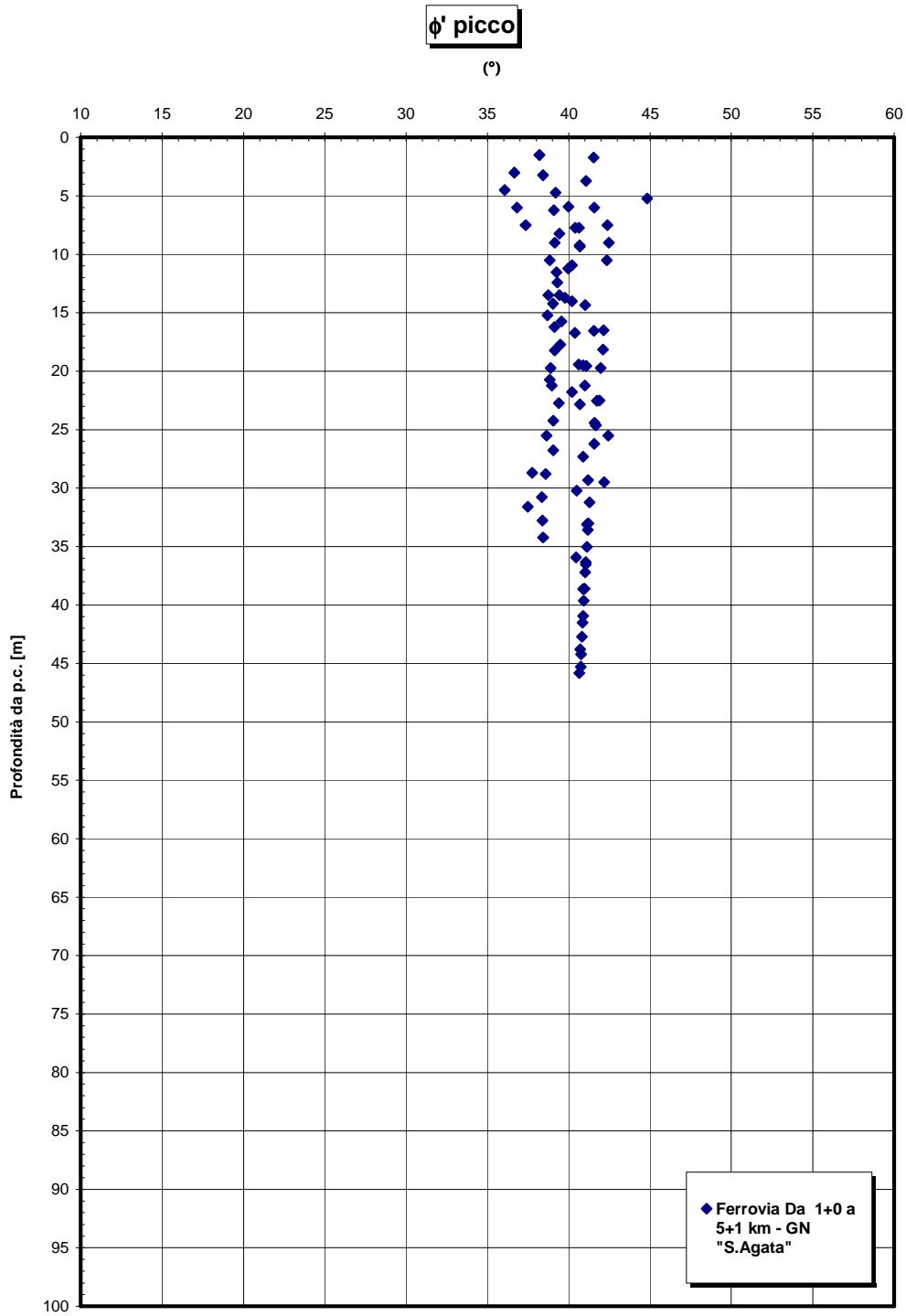


Figura 162

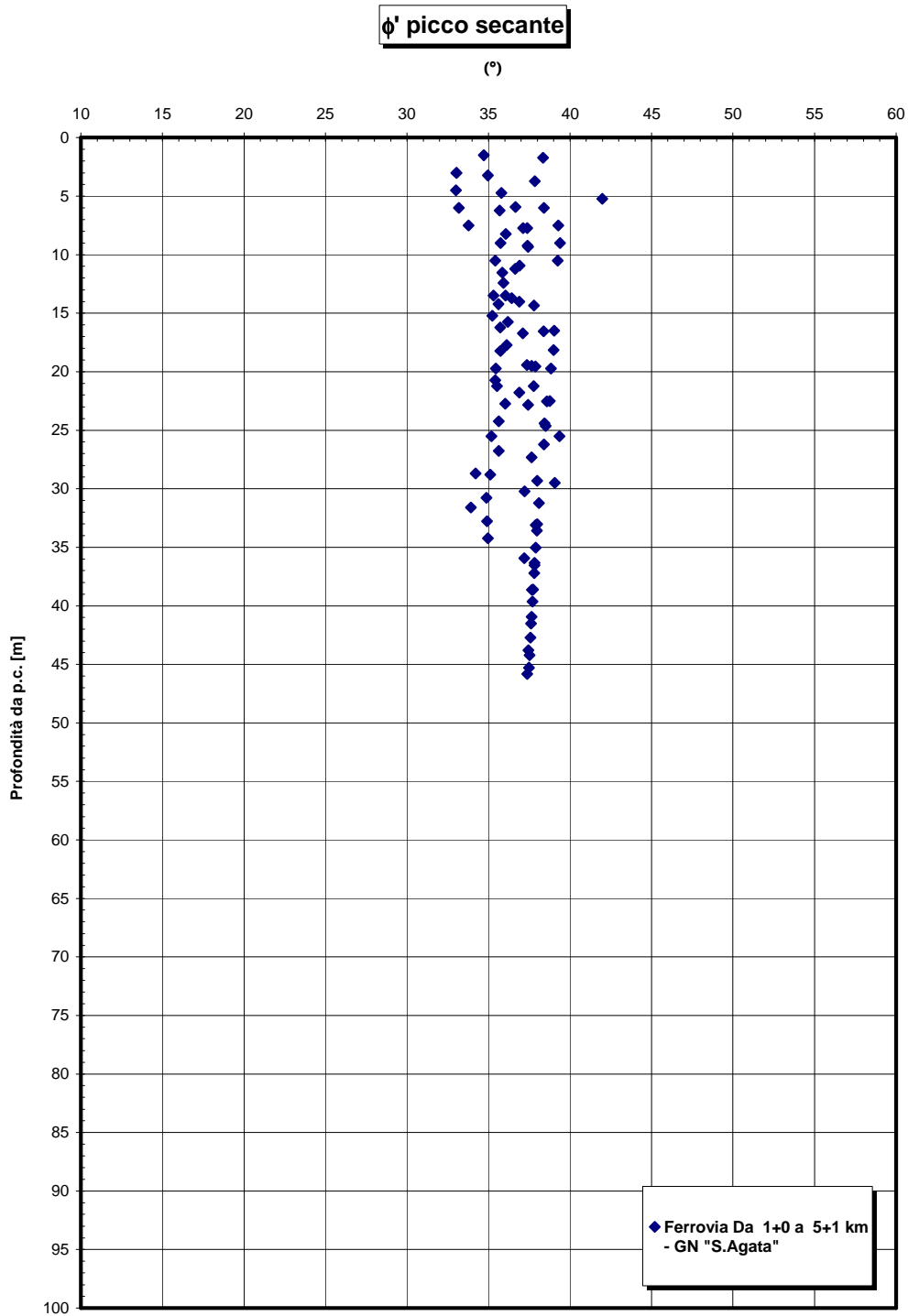


Figura 163

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

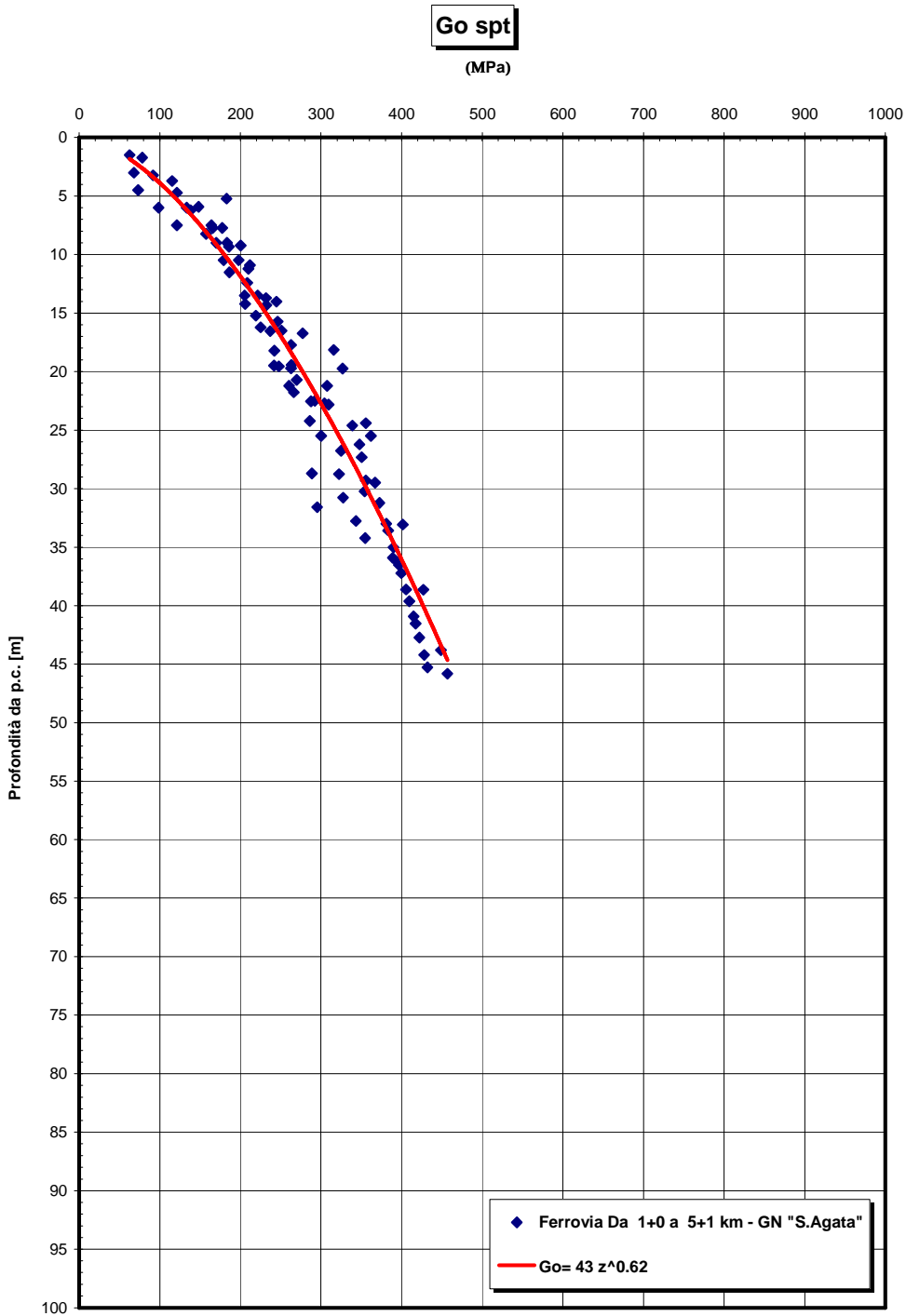


Figura 164

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

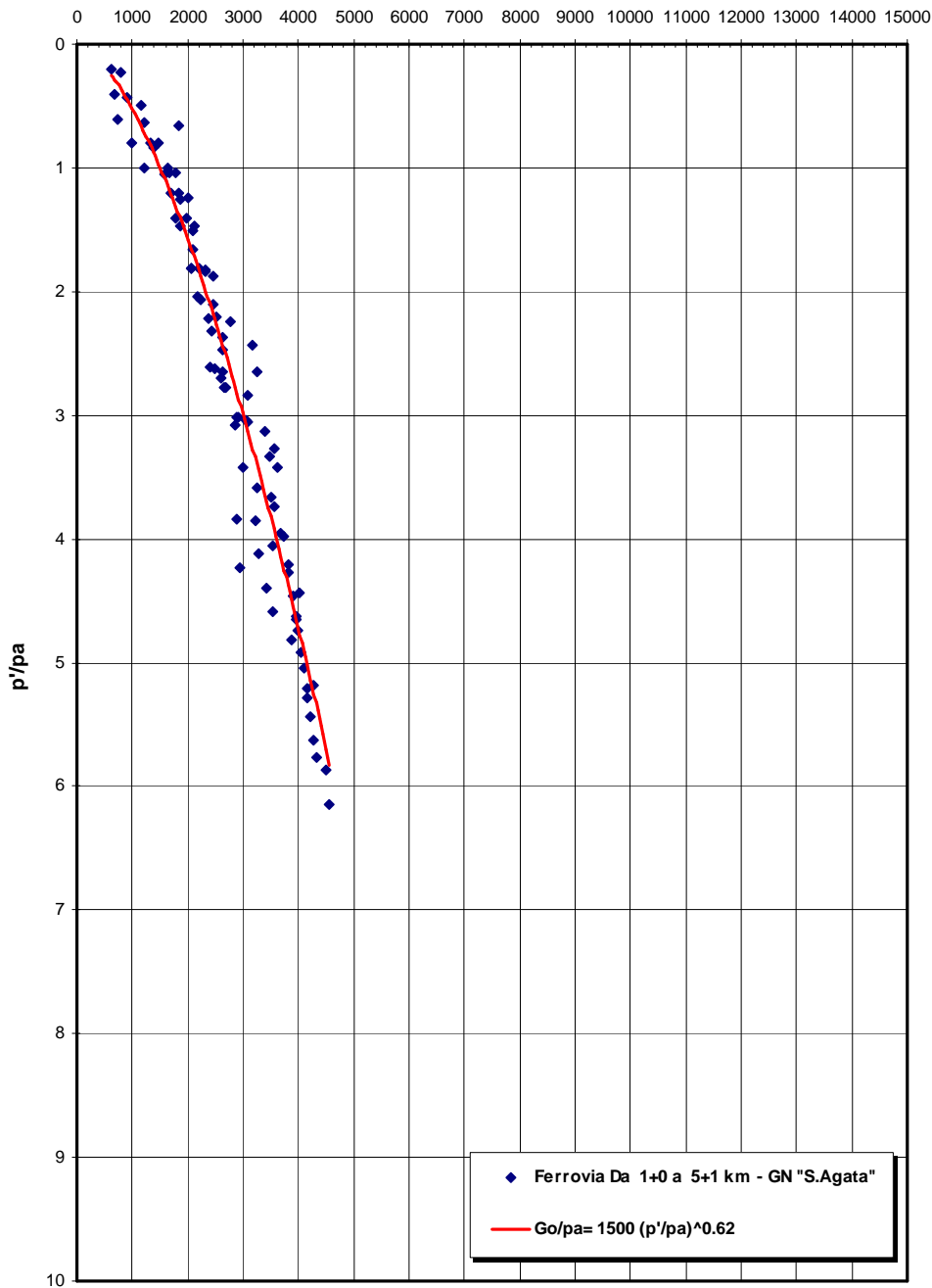


Figura 165

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

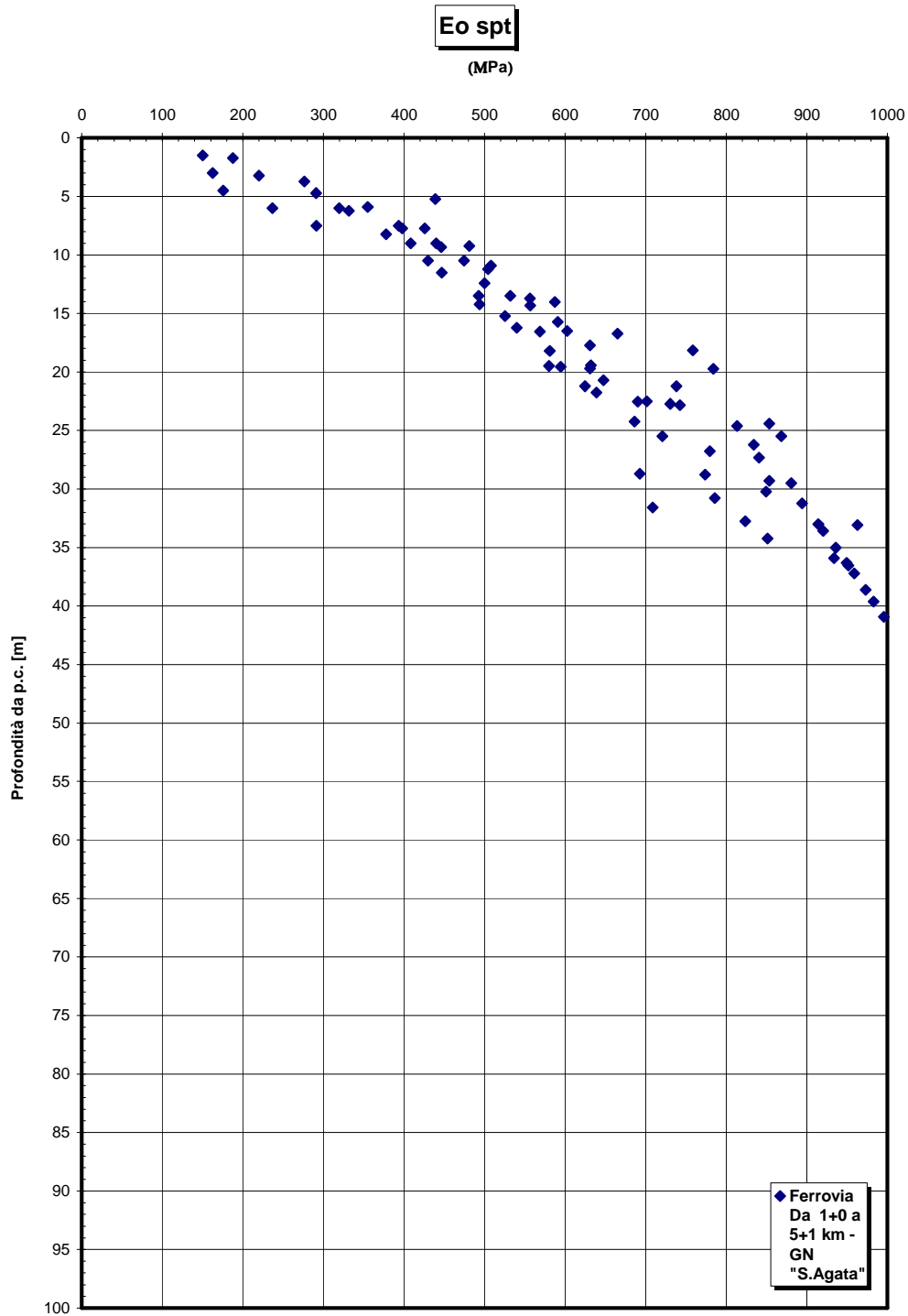


Figura 166

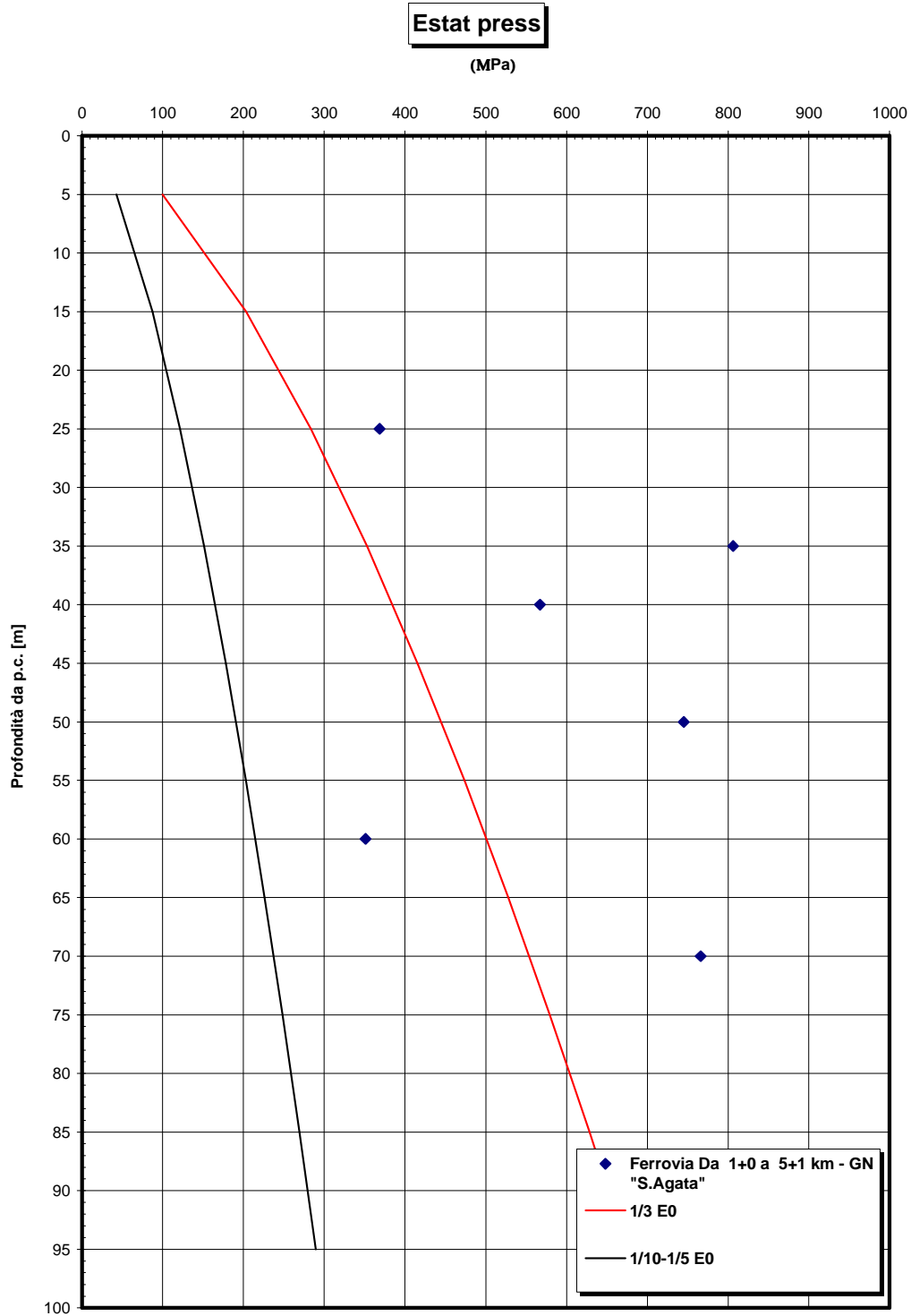


Figura 167

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

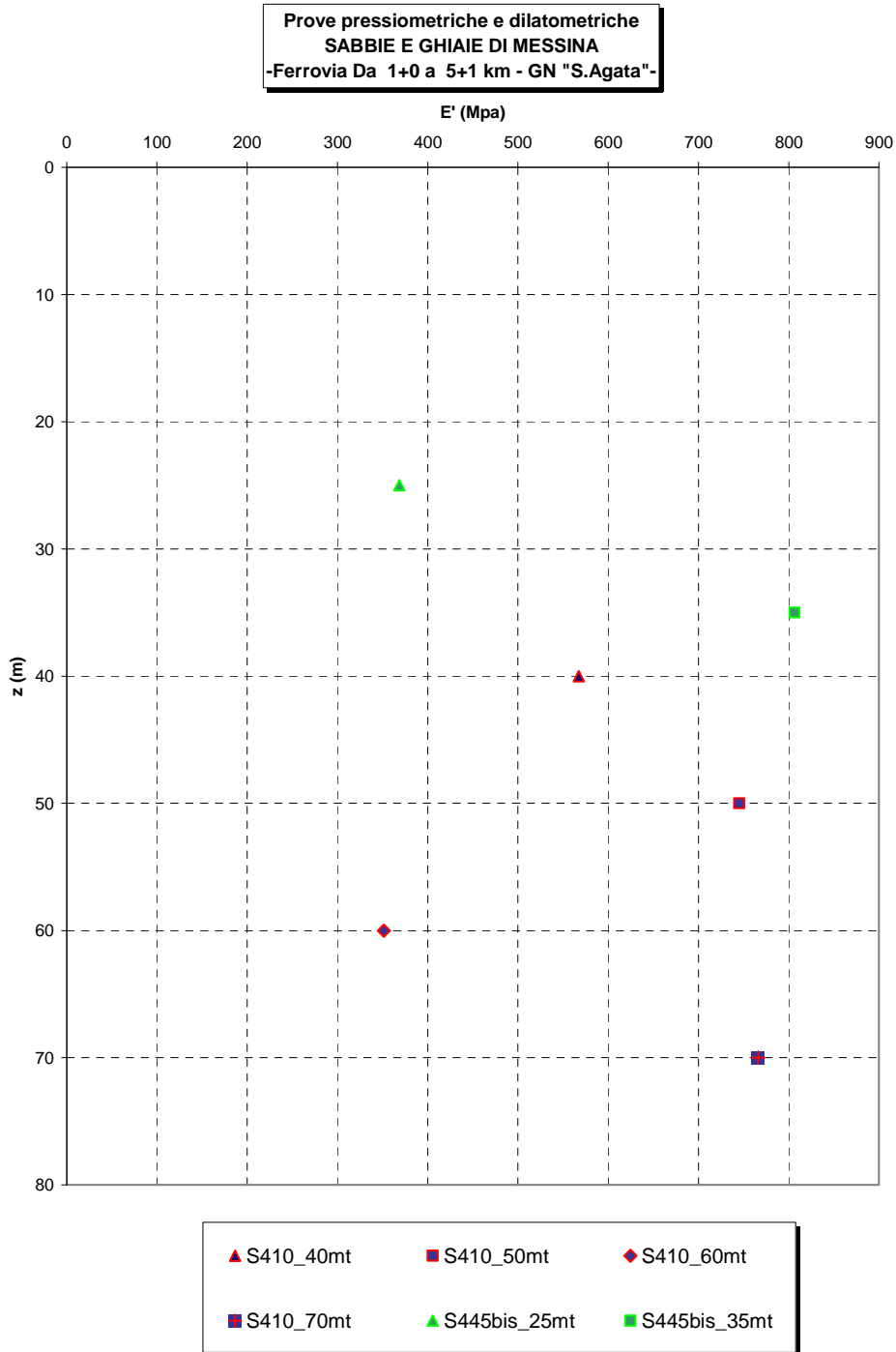


Figura 168

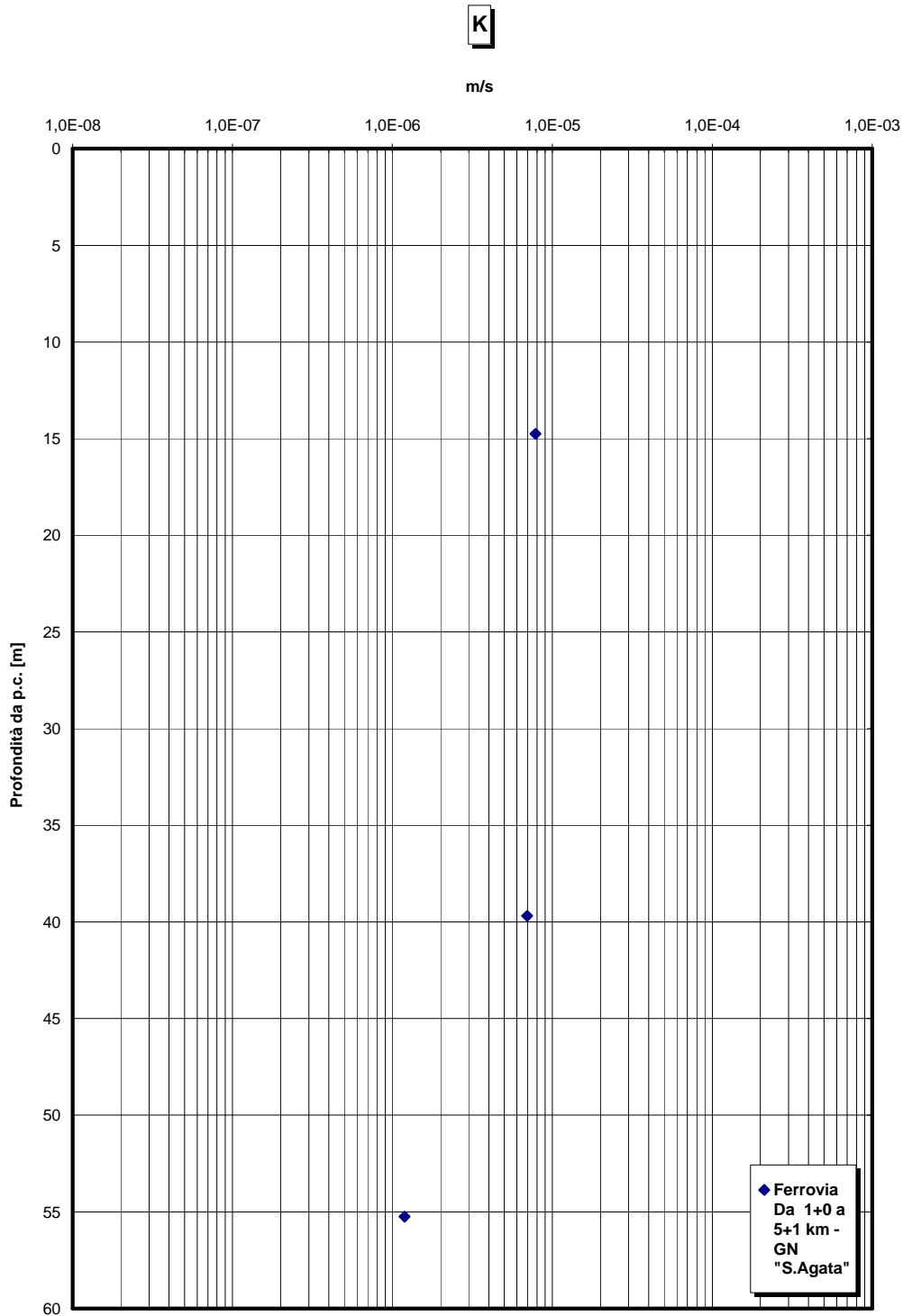


Figura 169

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

5.1.3 Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km

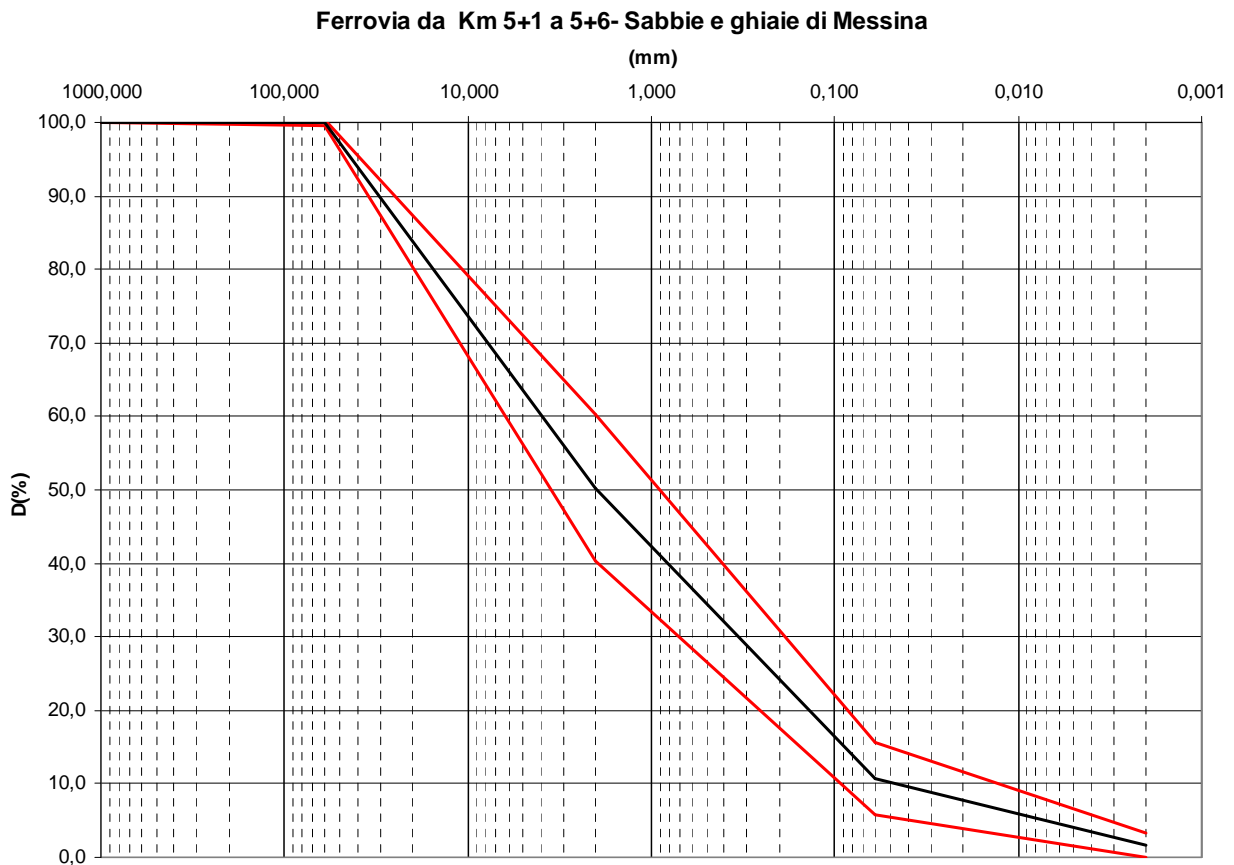


Figura 170

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ferrovia da 5+1 Km a 5+6 Km- % Ghiaia

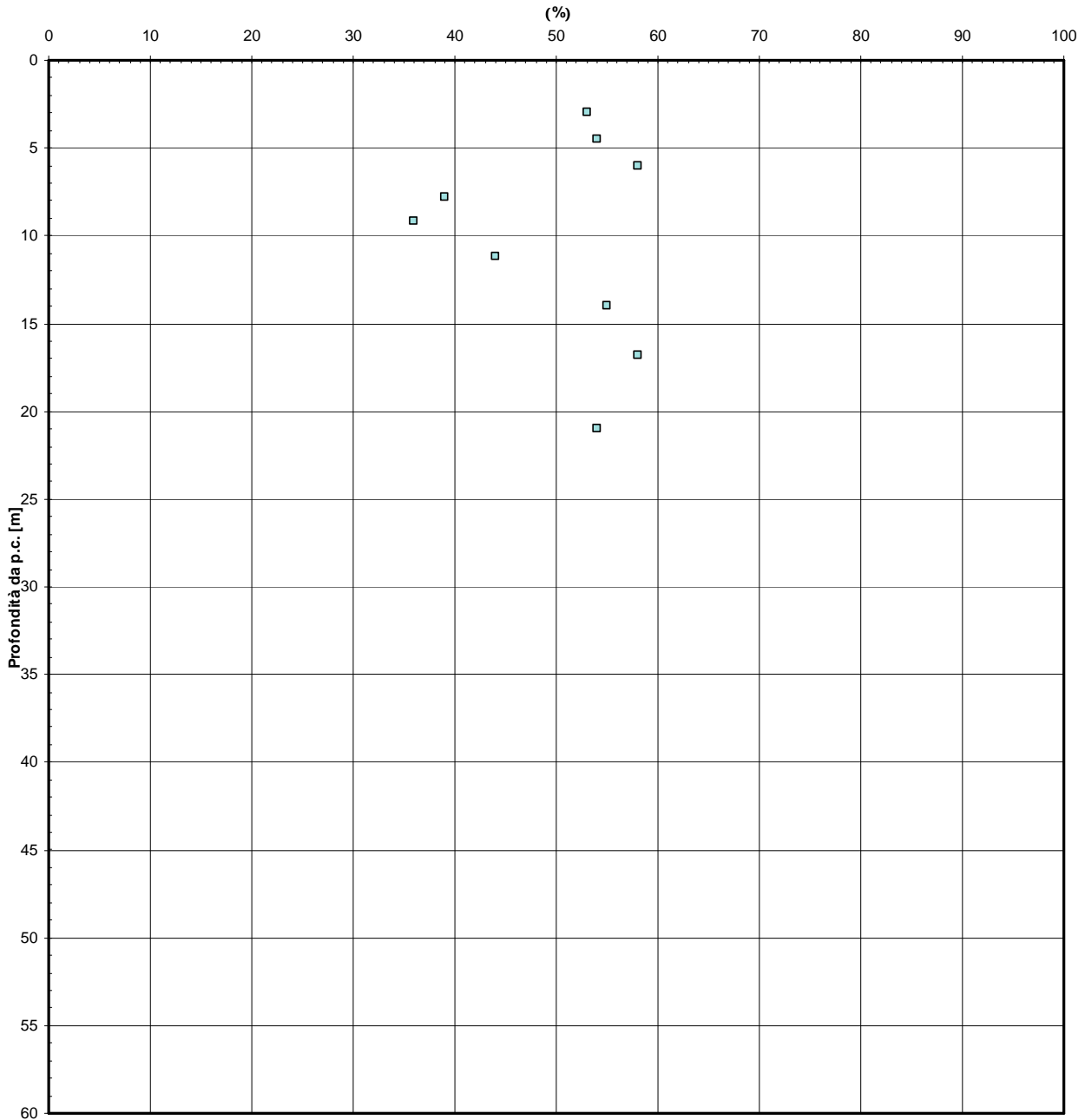


Figura 171

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ferrovia da 5+1 Km a 5+6 Km - % Sabbia

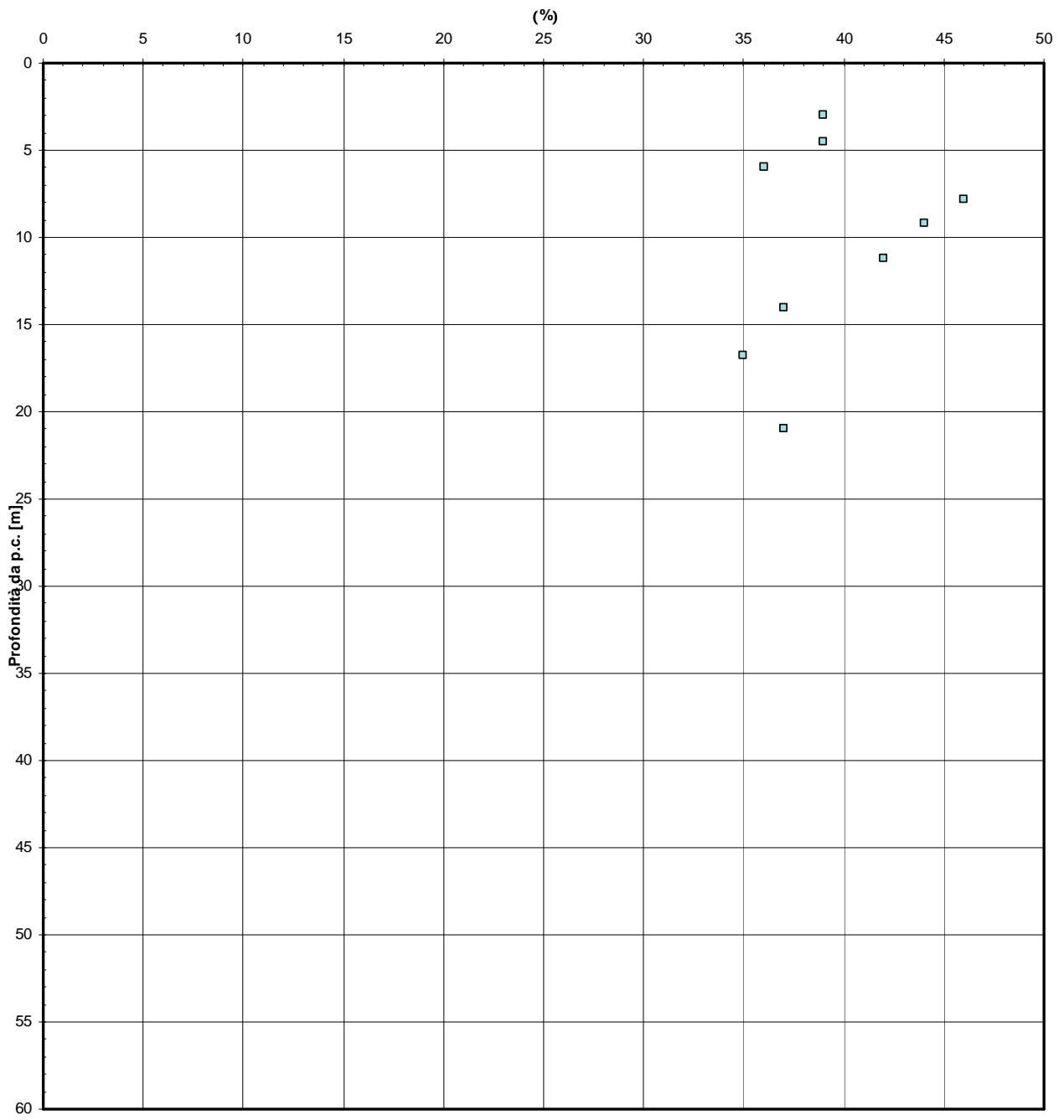


Figura 172

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ferrovia da 5+1 Km a 5+6 Km - d50(mm)

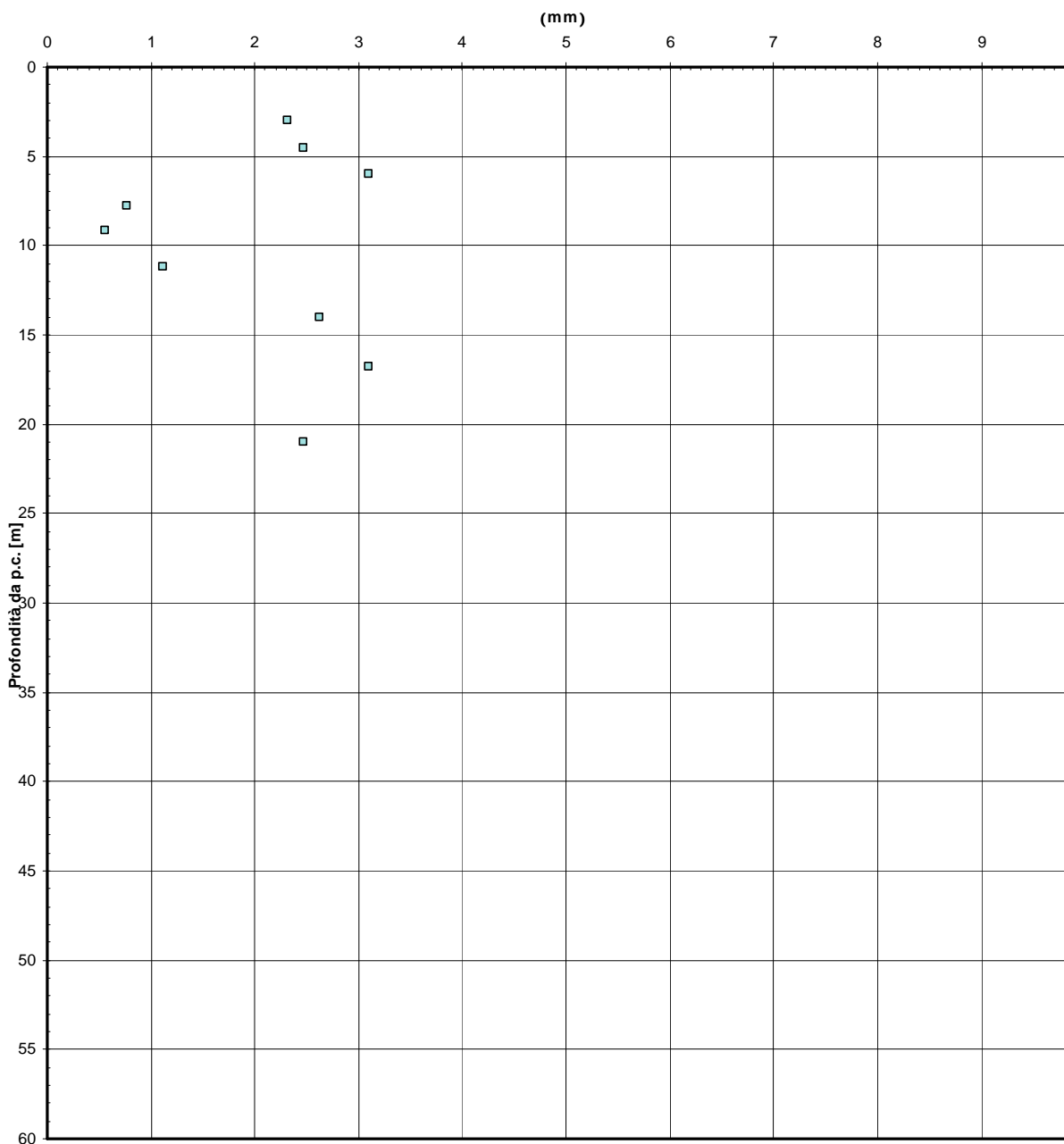


Figura 173

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

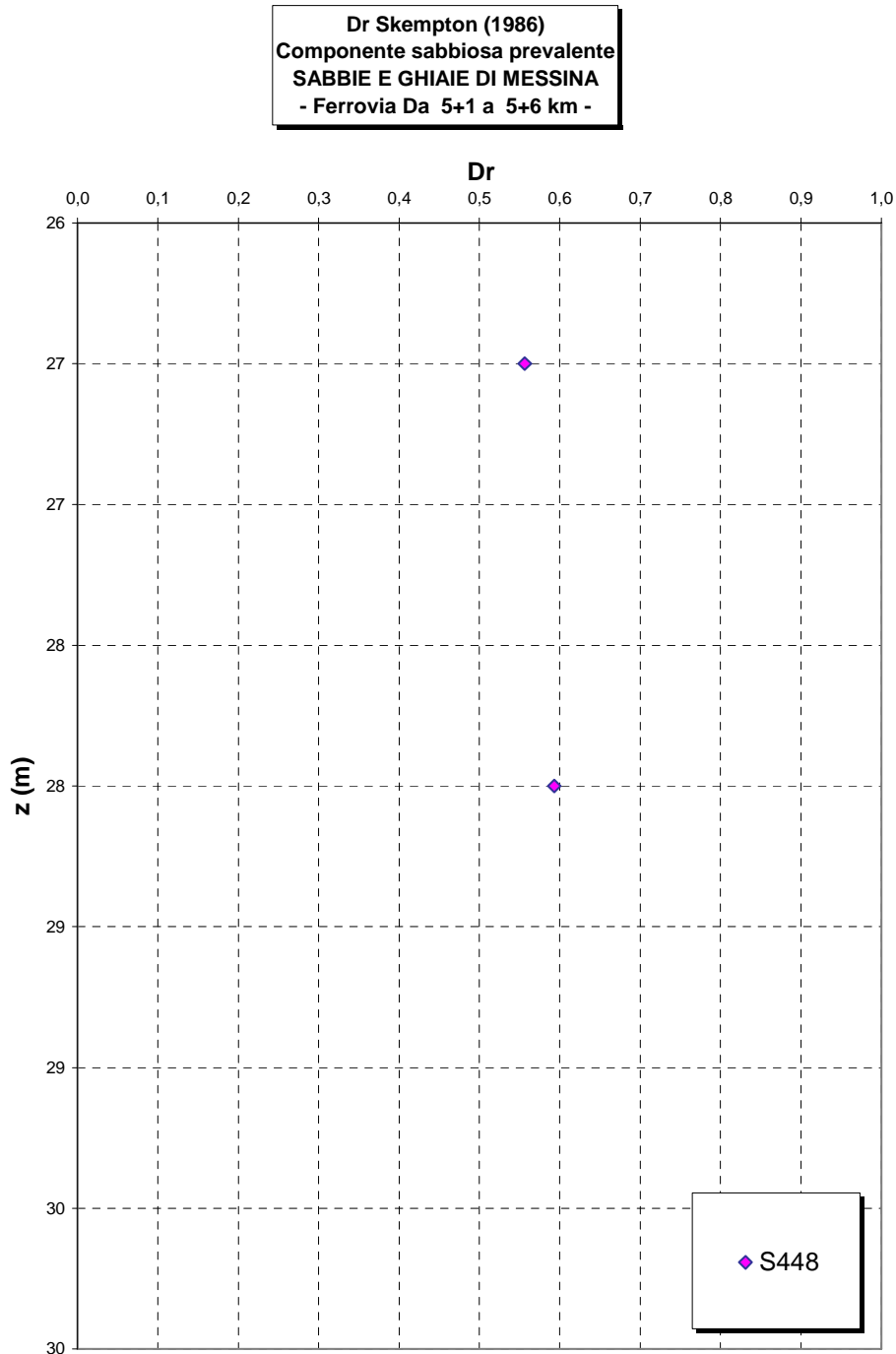


Figura 174

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km -

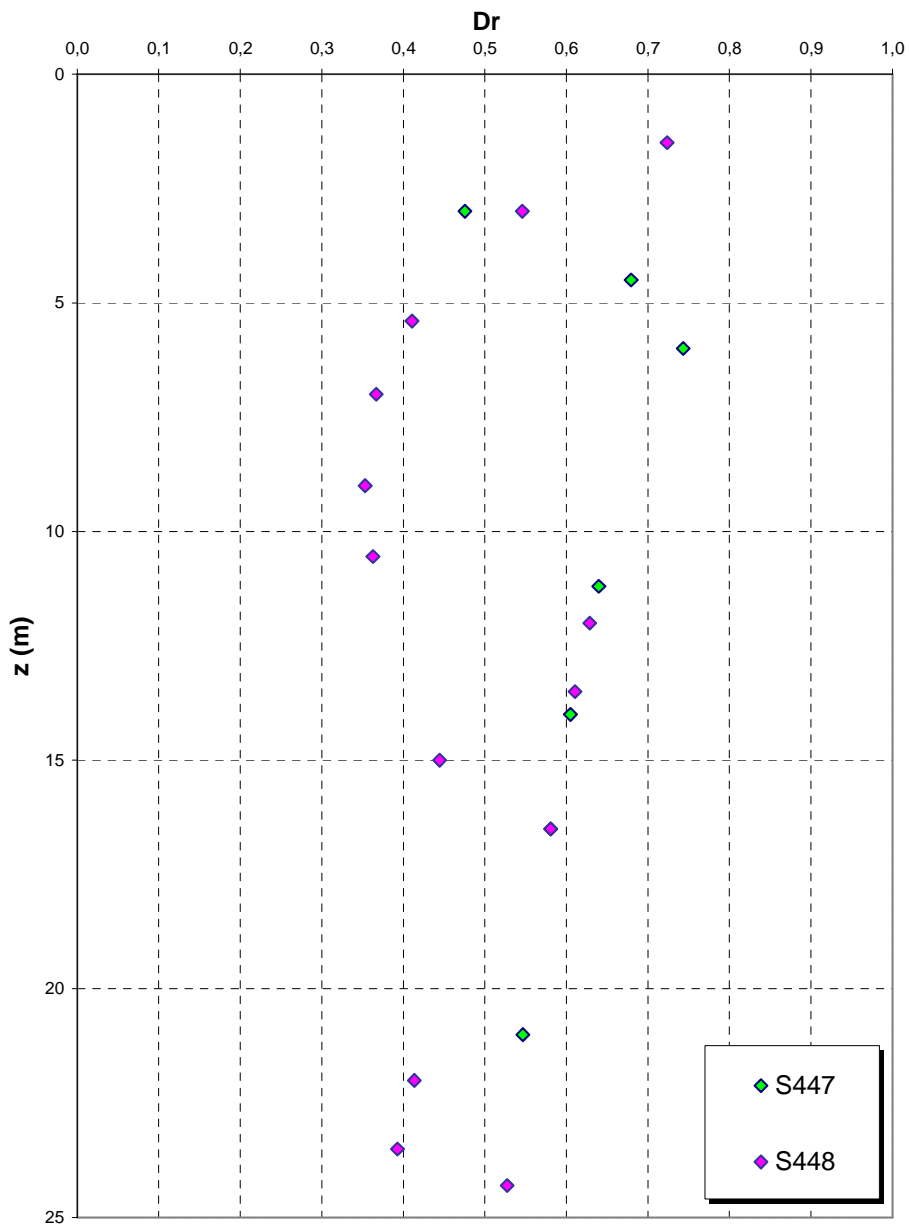


Figura 175

eo

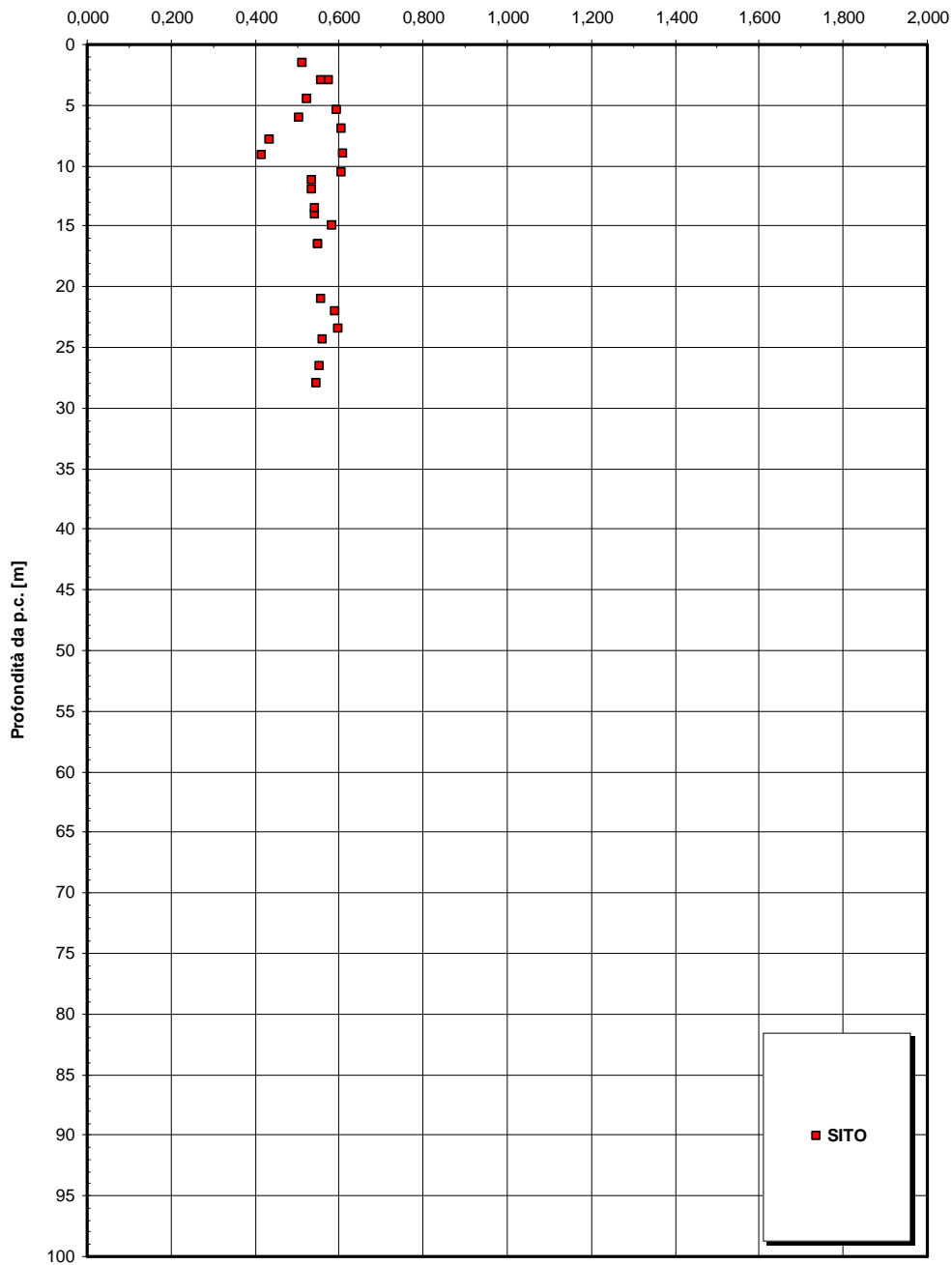


Figura 176

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

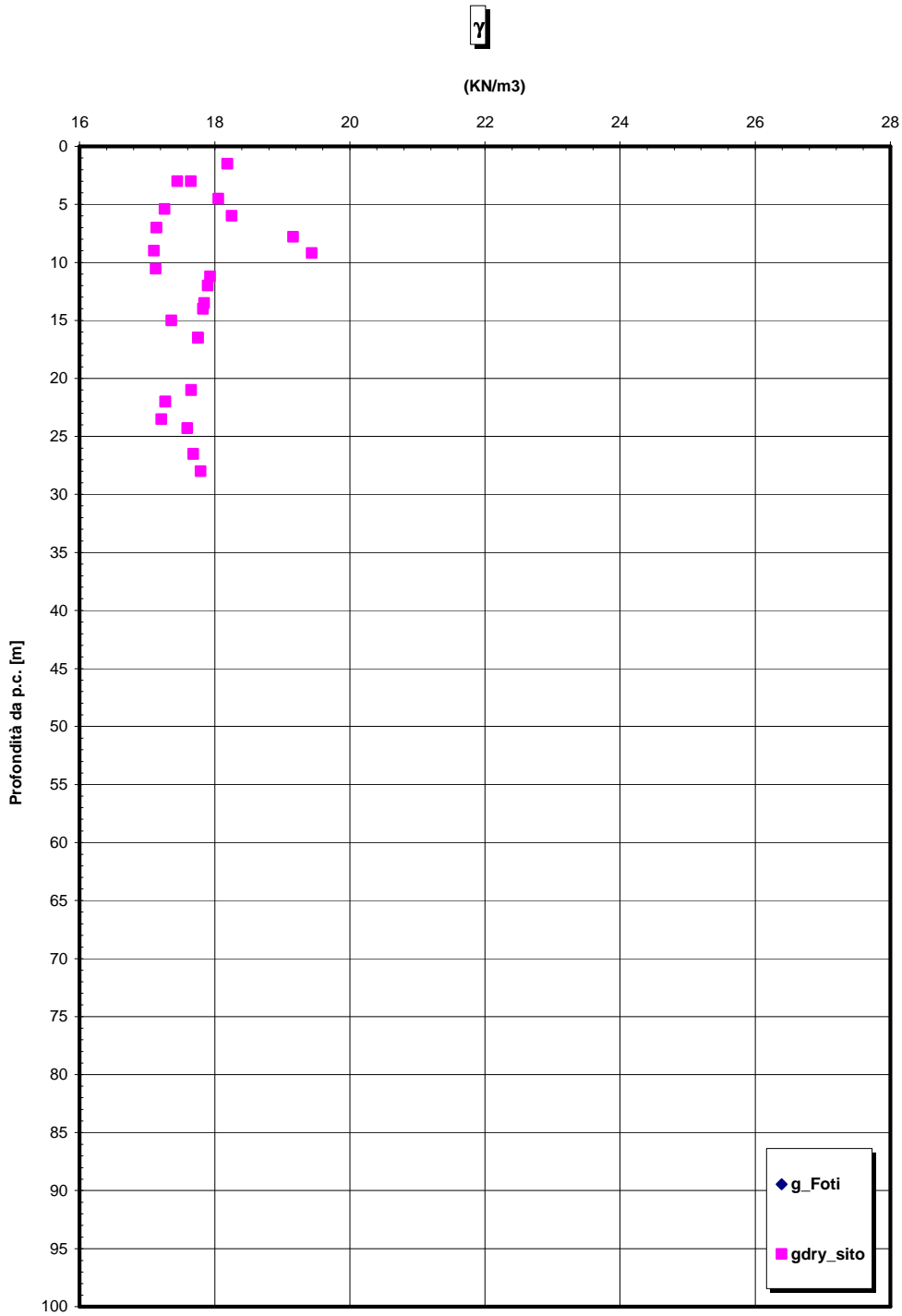


Figura 177

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

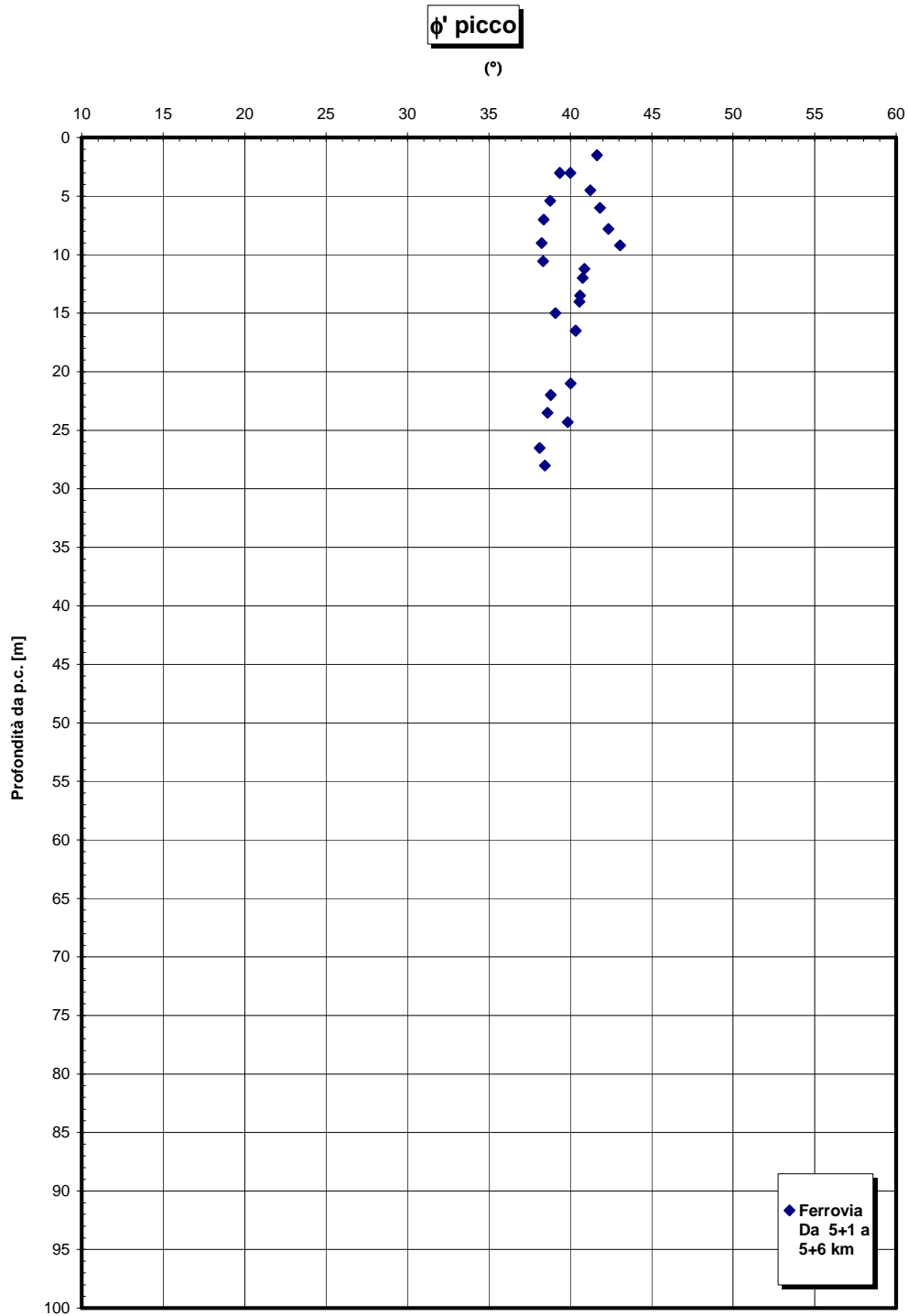


Figura 178

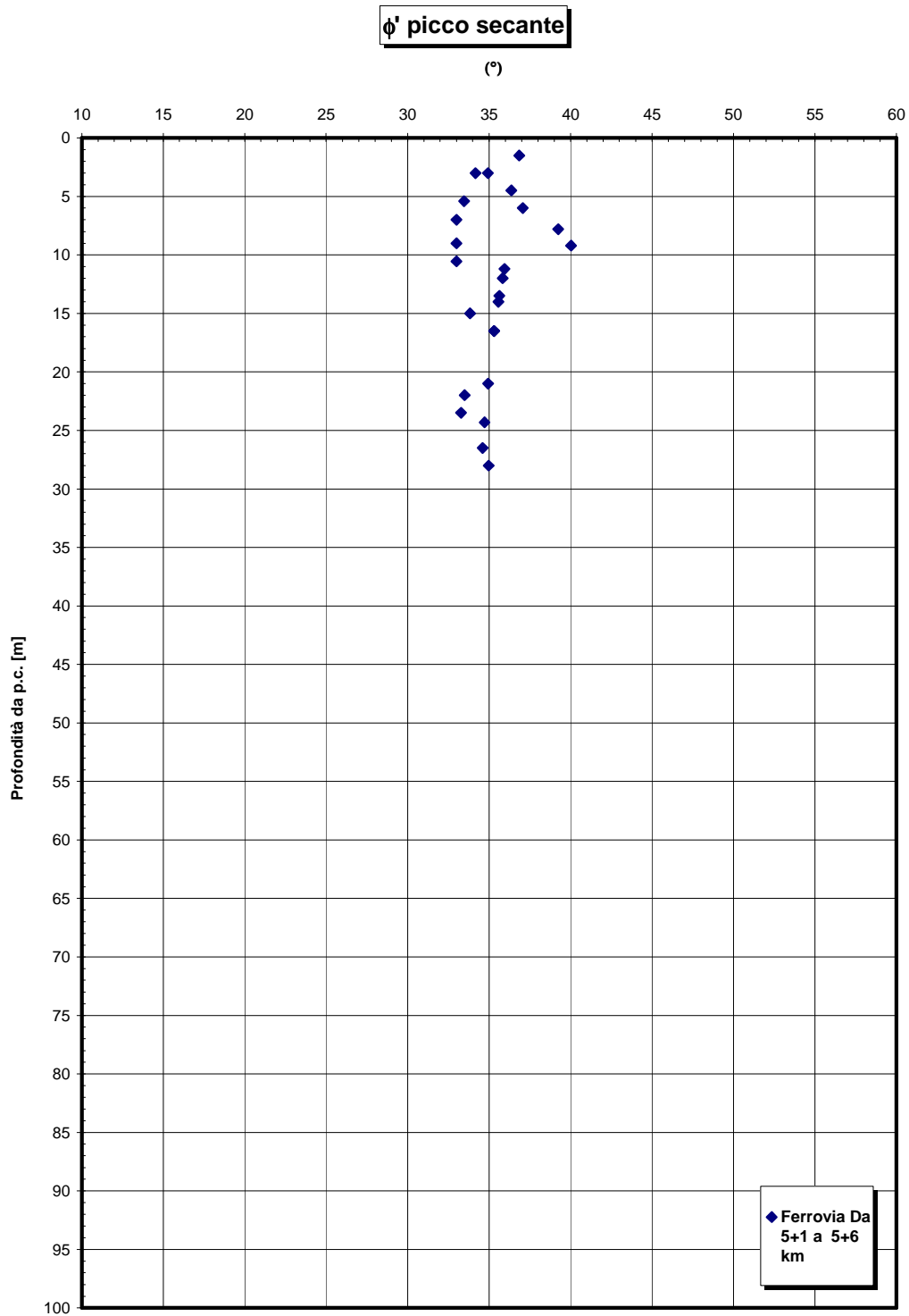


Figura 179

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Sabbie e Ghiaie di Messina - confronto Vs -
ferrovia tratta da 5+1- 5+6 Km**

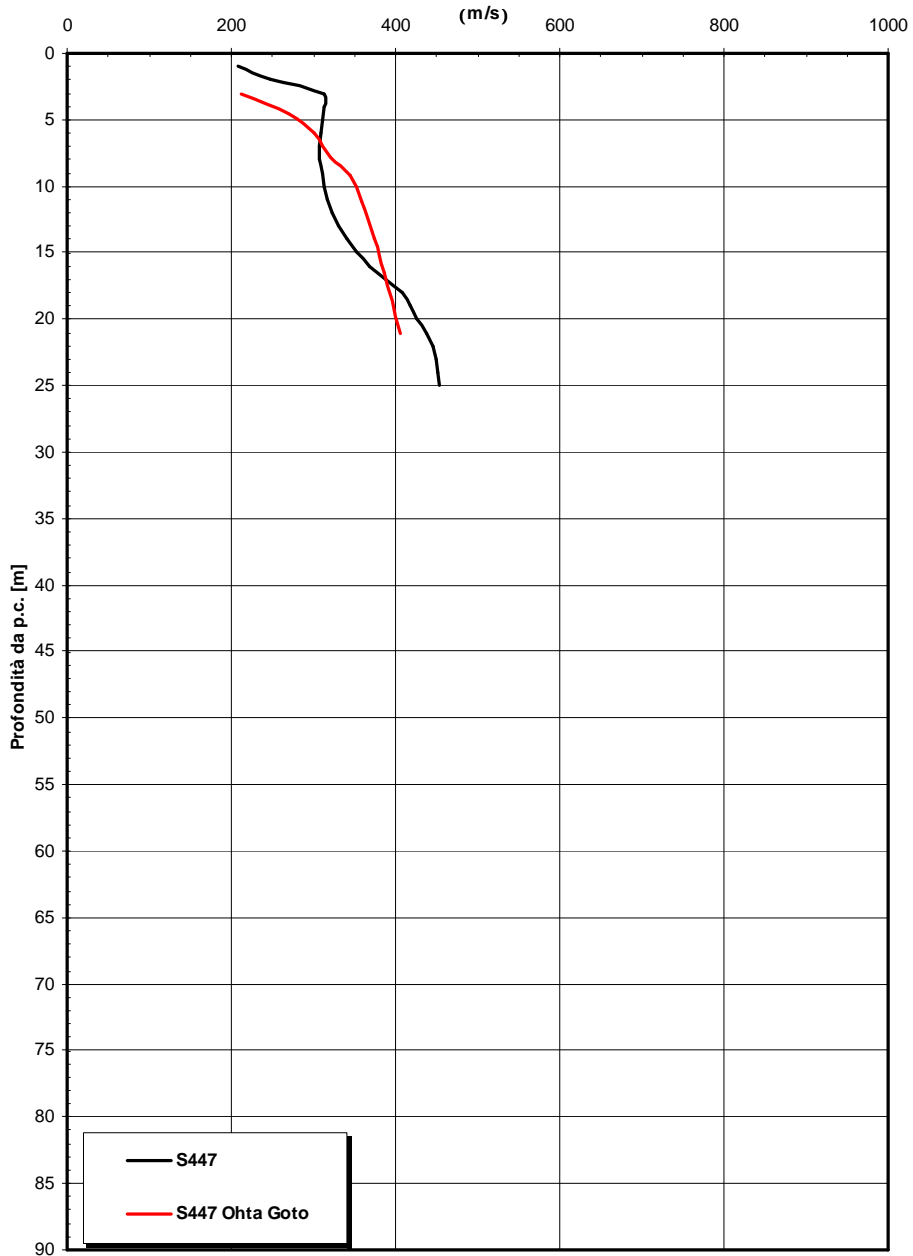


Figura 180

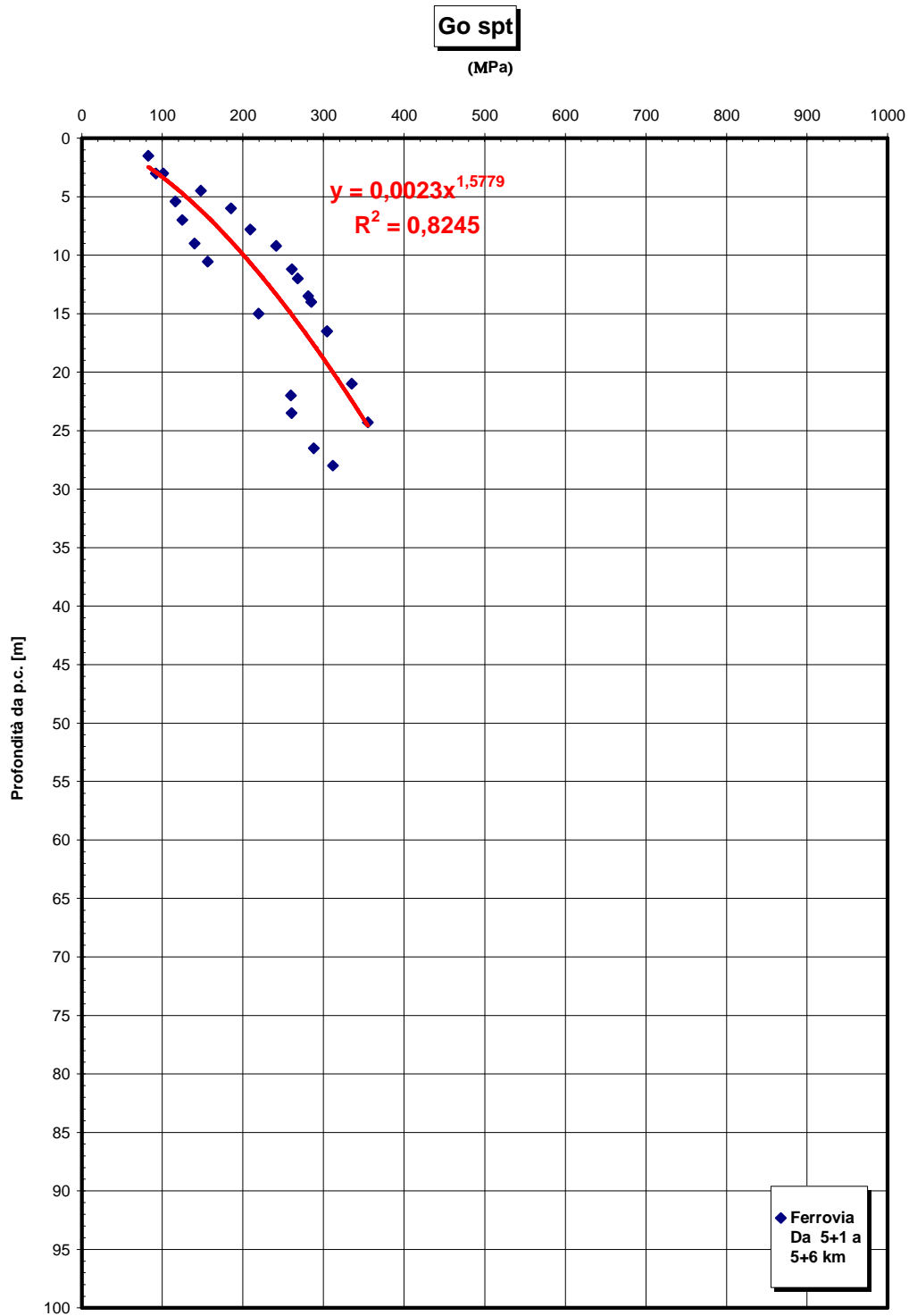


Figura 181

Go/pa

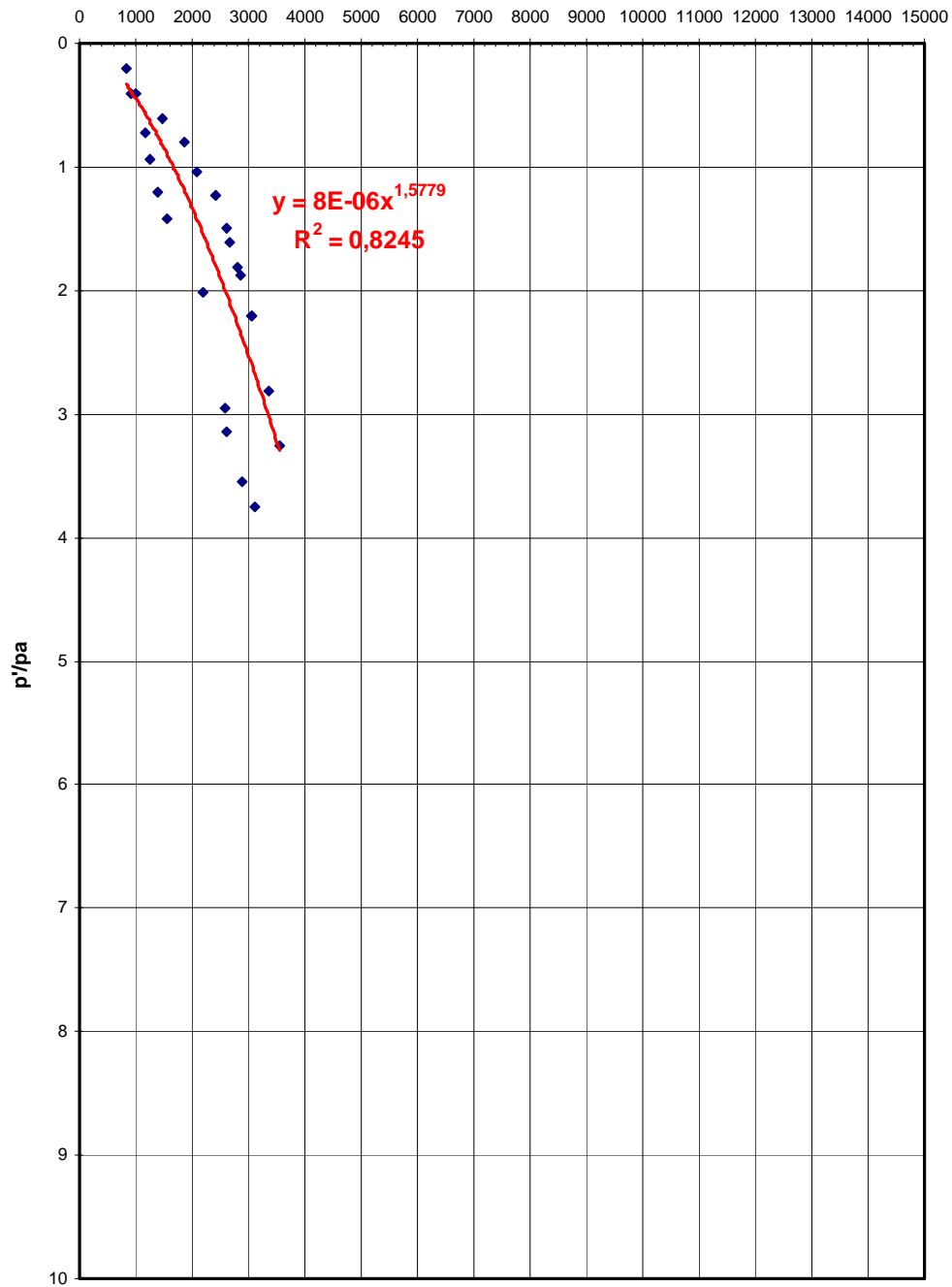


Figura 182

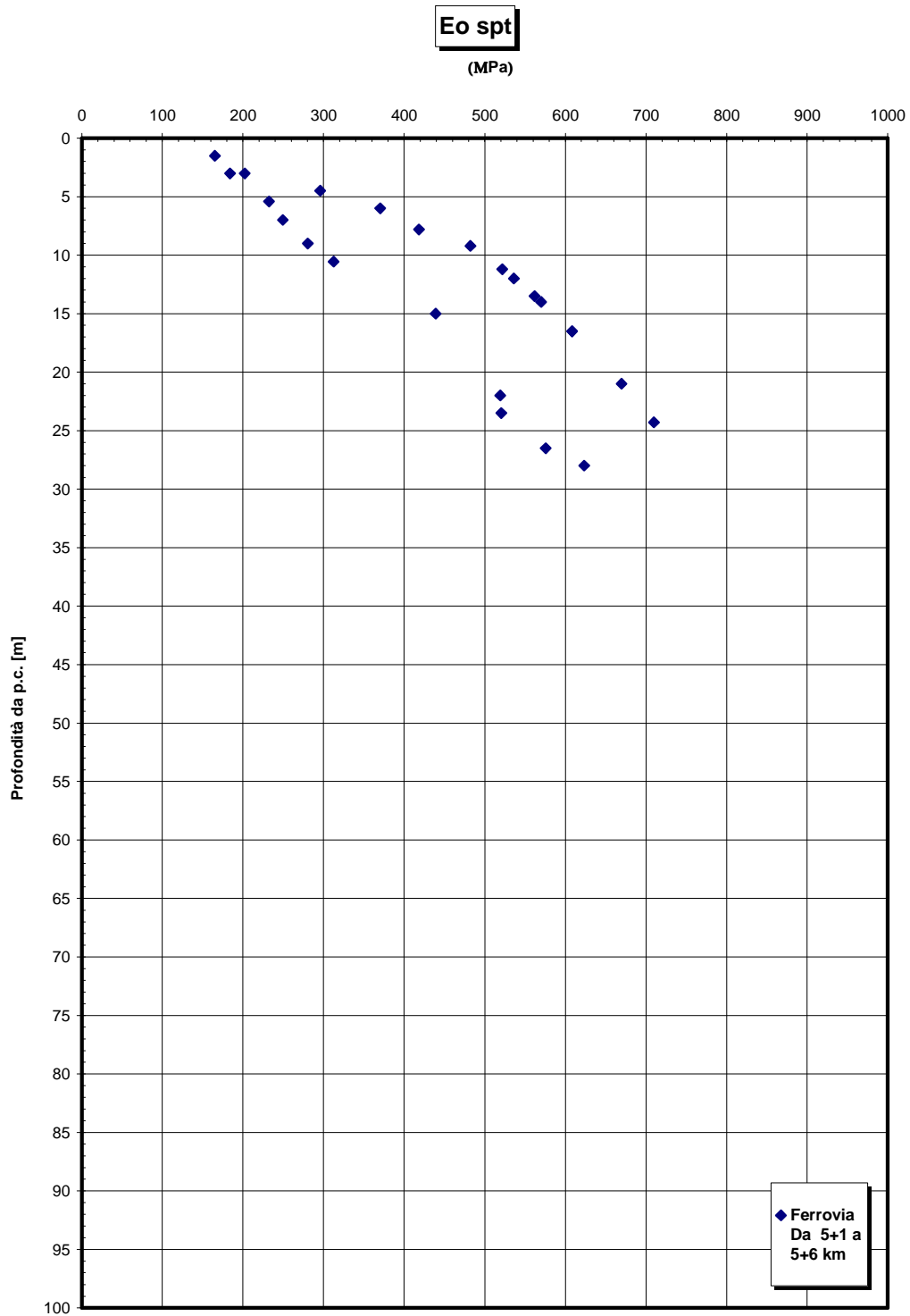


Figura 183

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

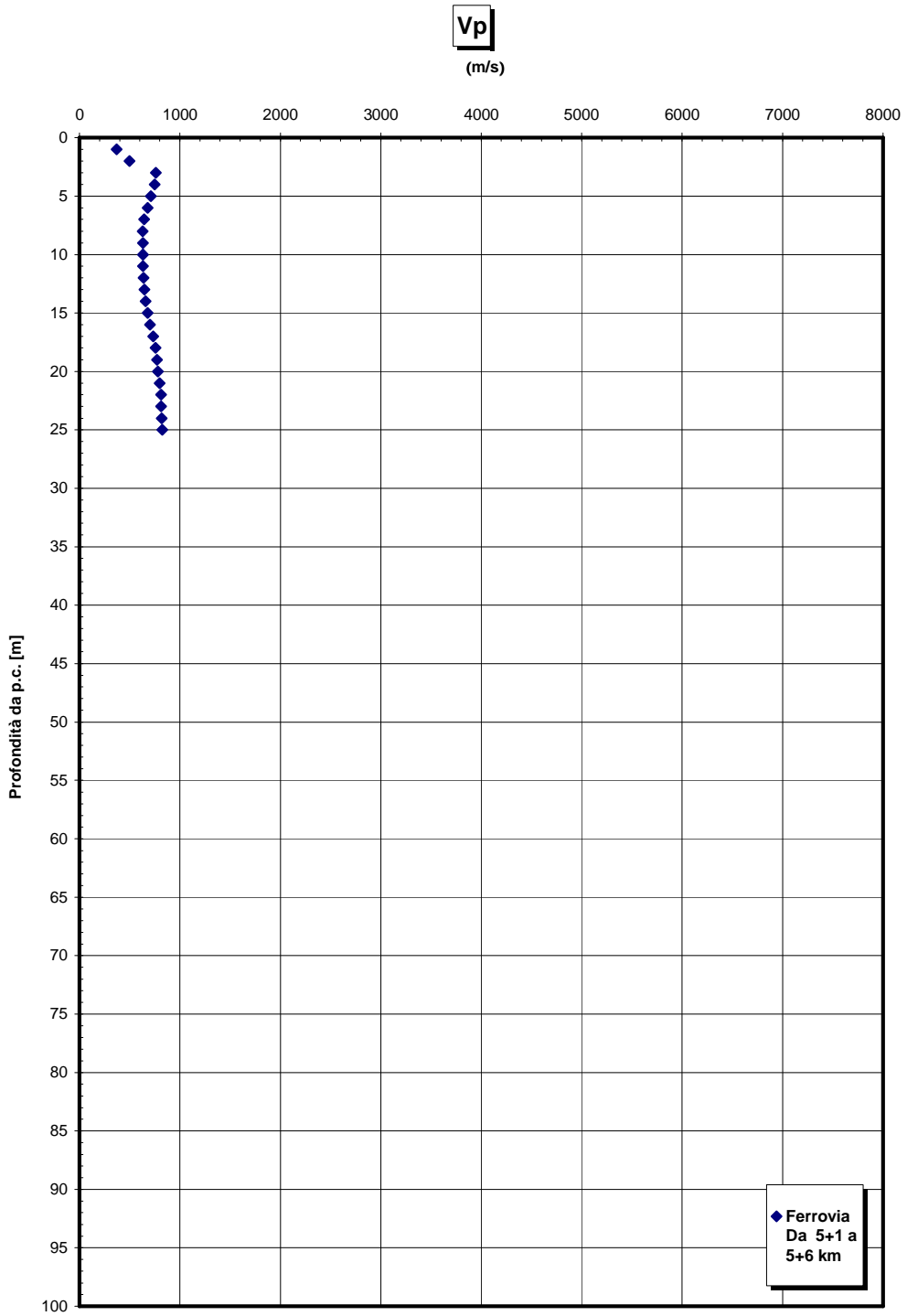


Figura 184

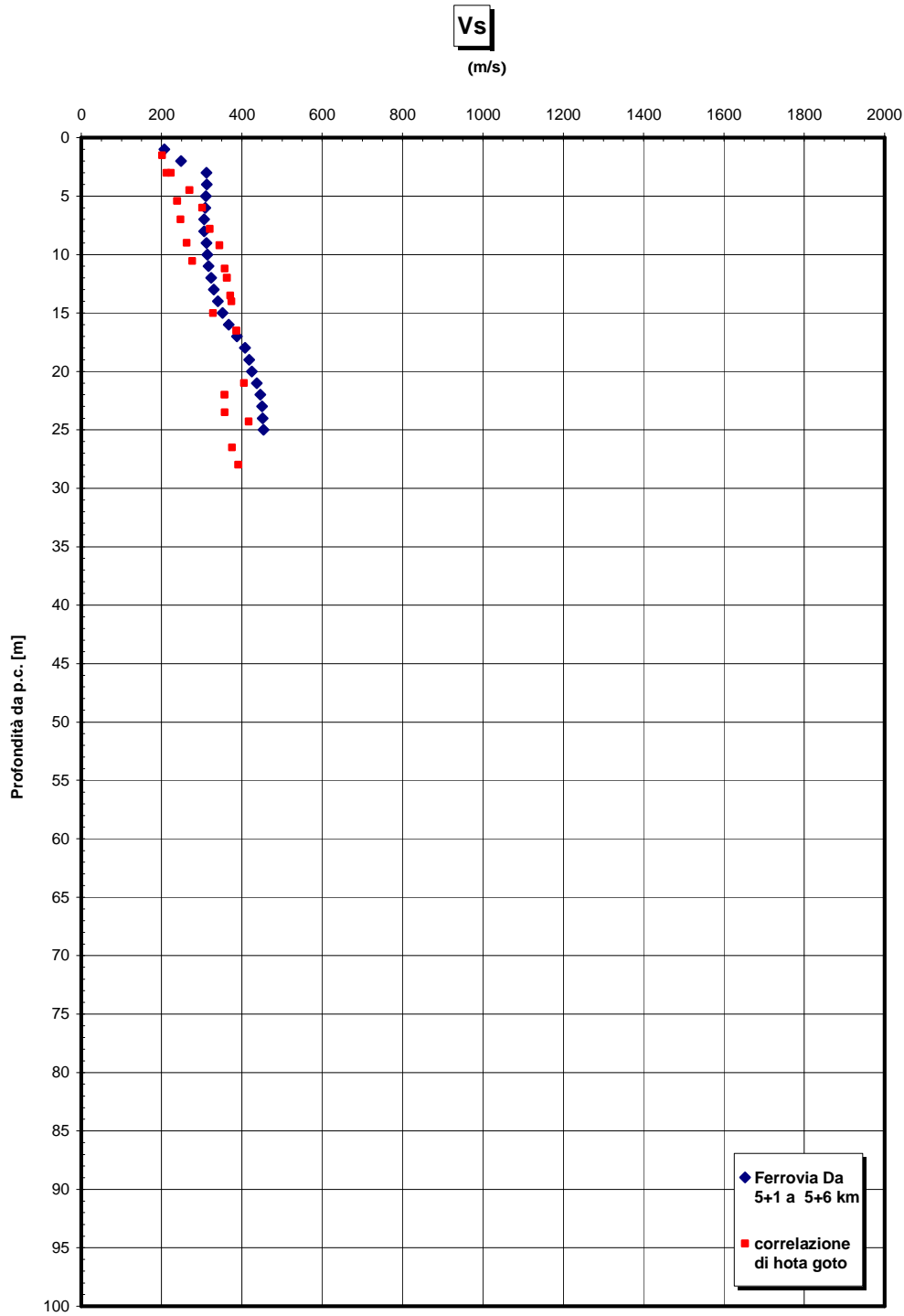


Figura 185

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Prove sismiche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
 -Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km-

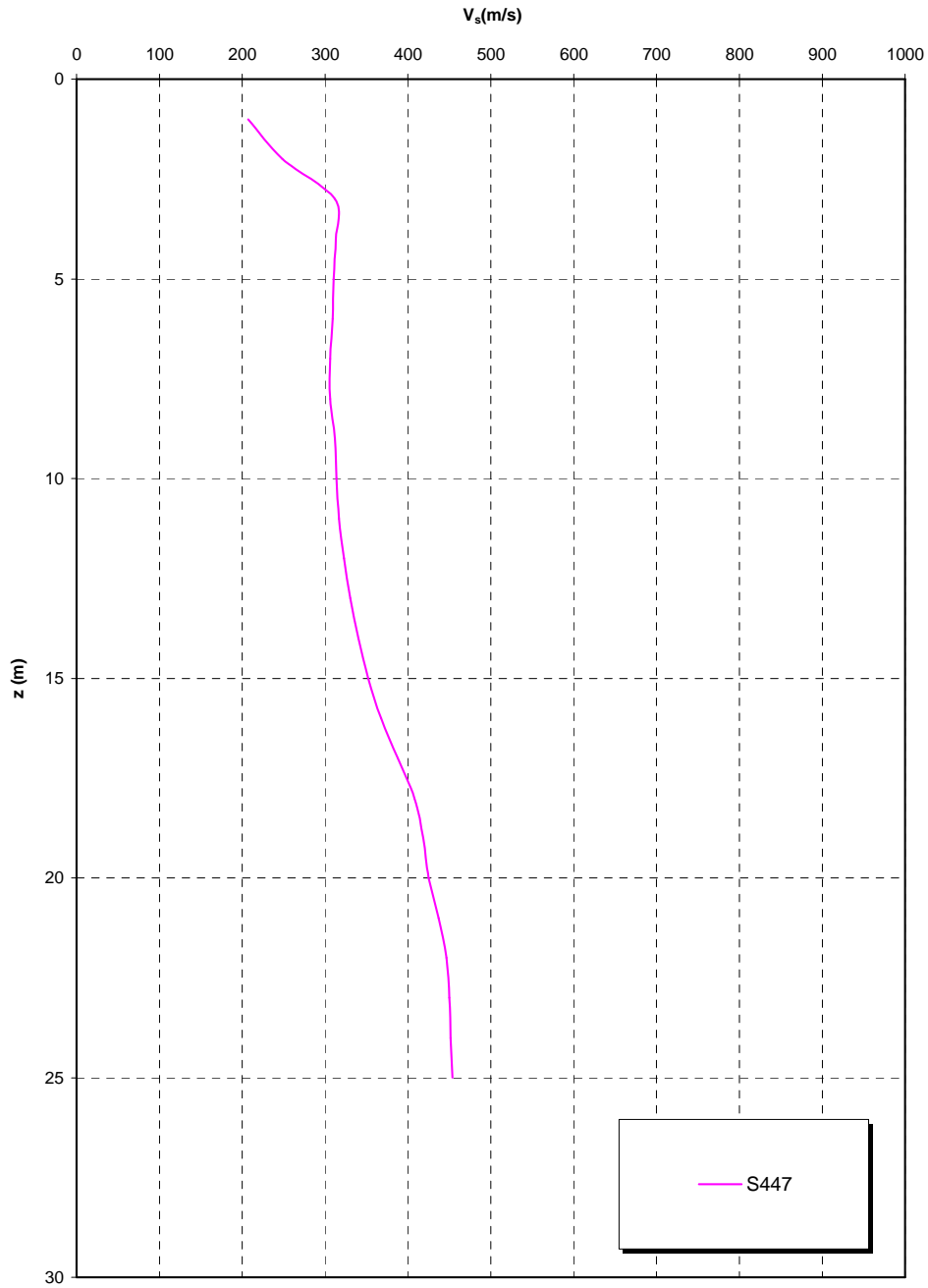


Figura 186

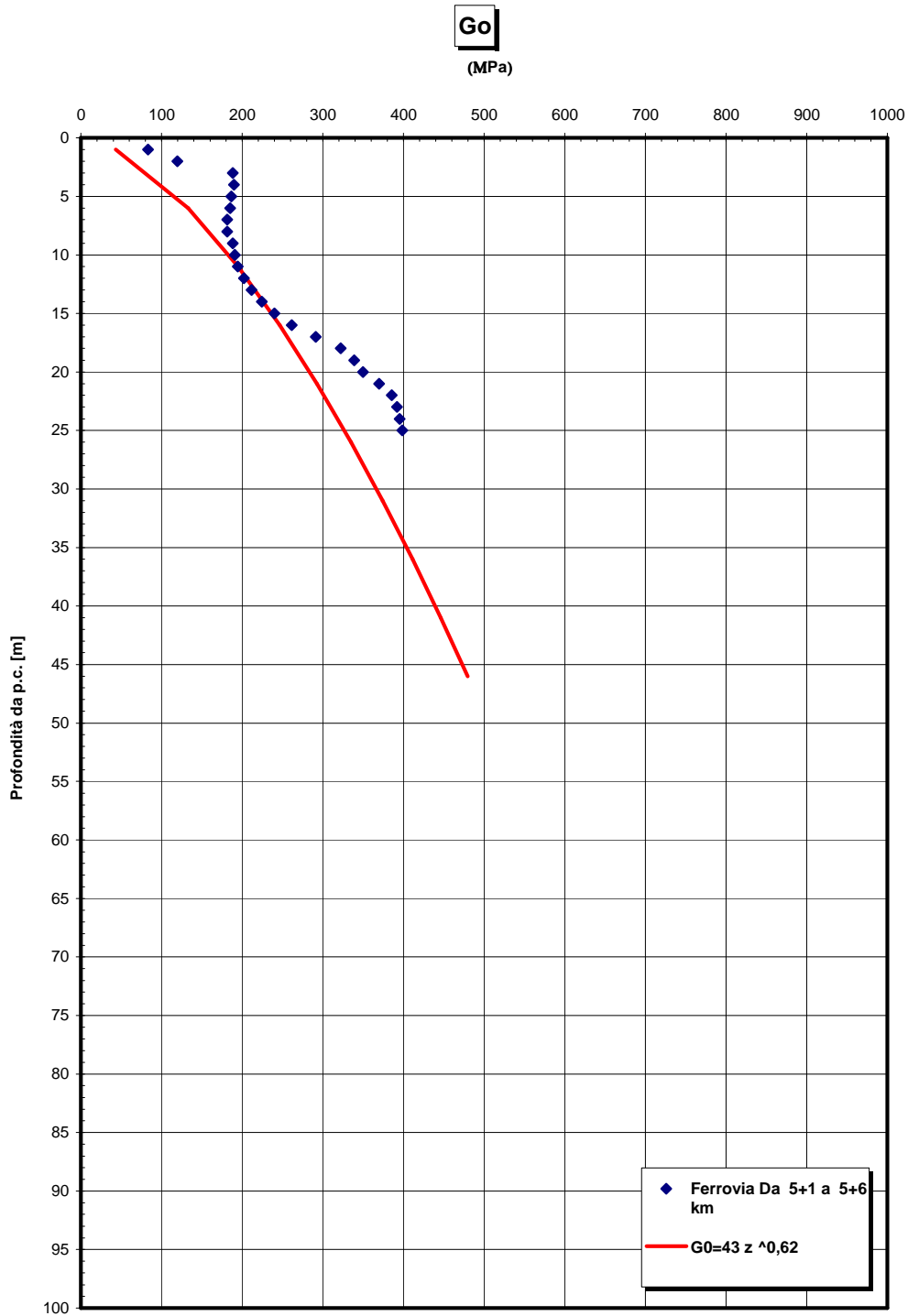


Figura 187

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

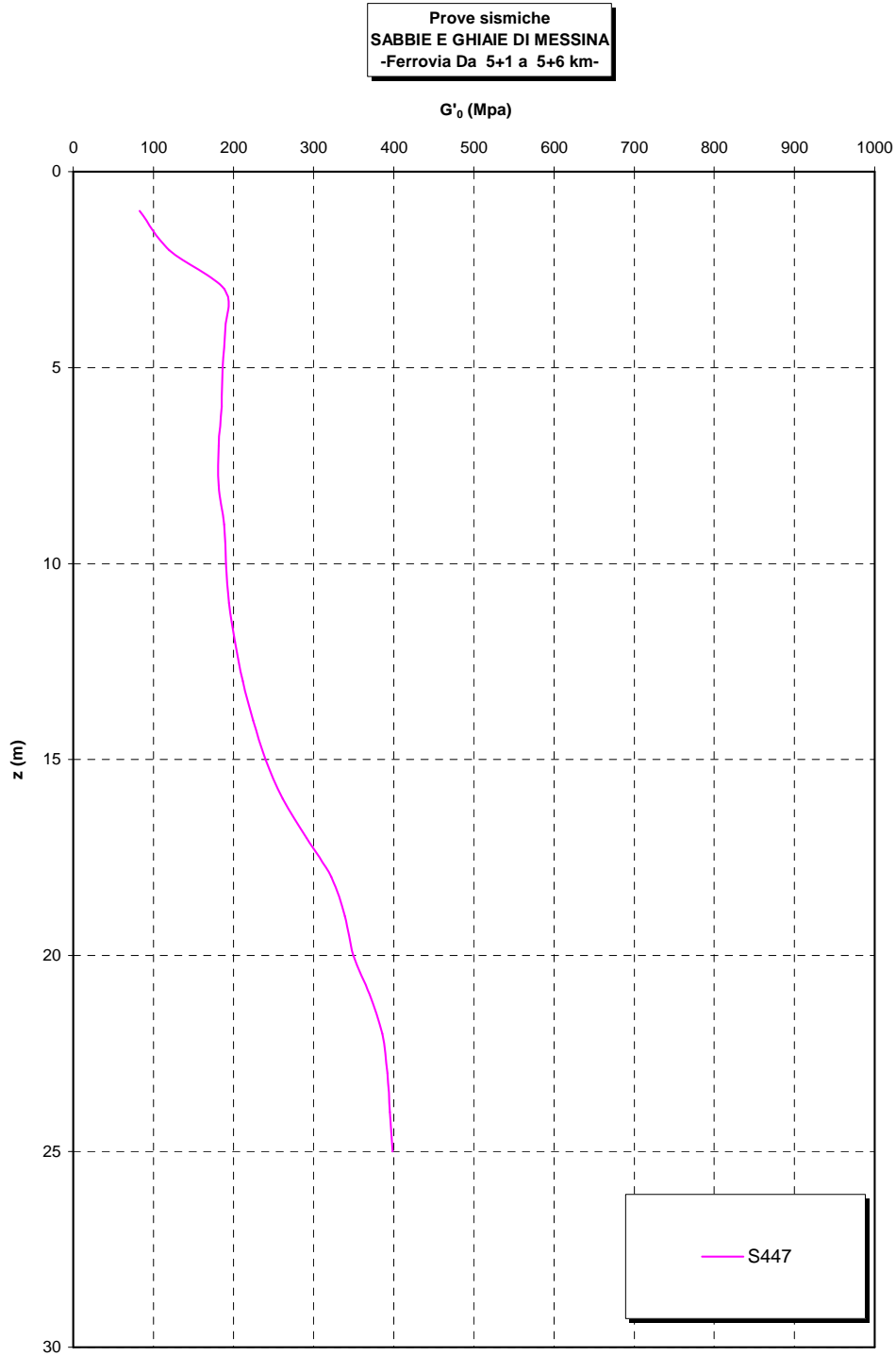


Figura 188

Go/pa

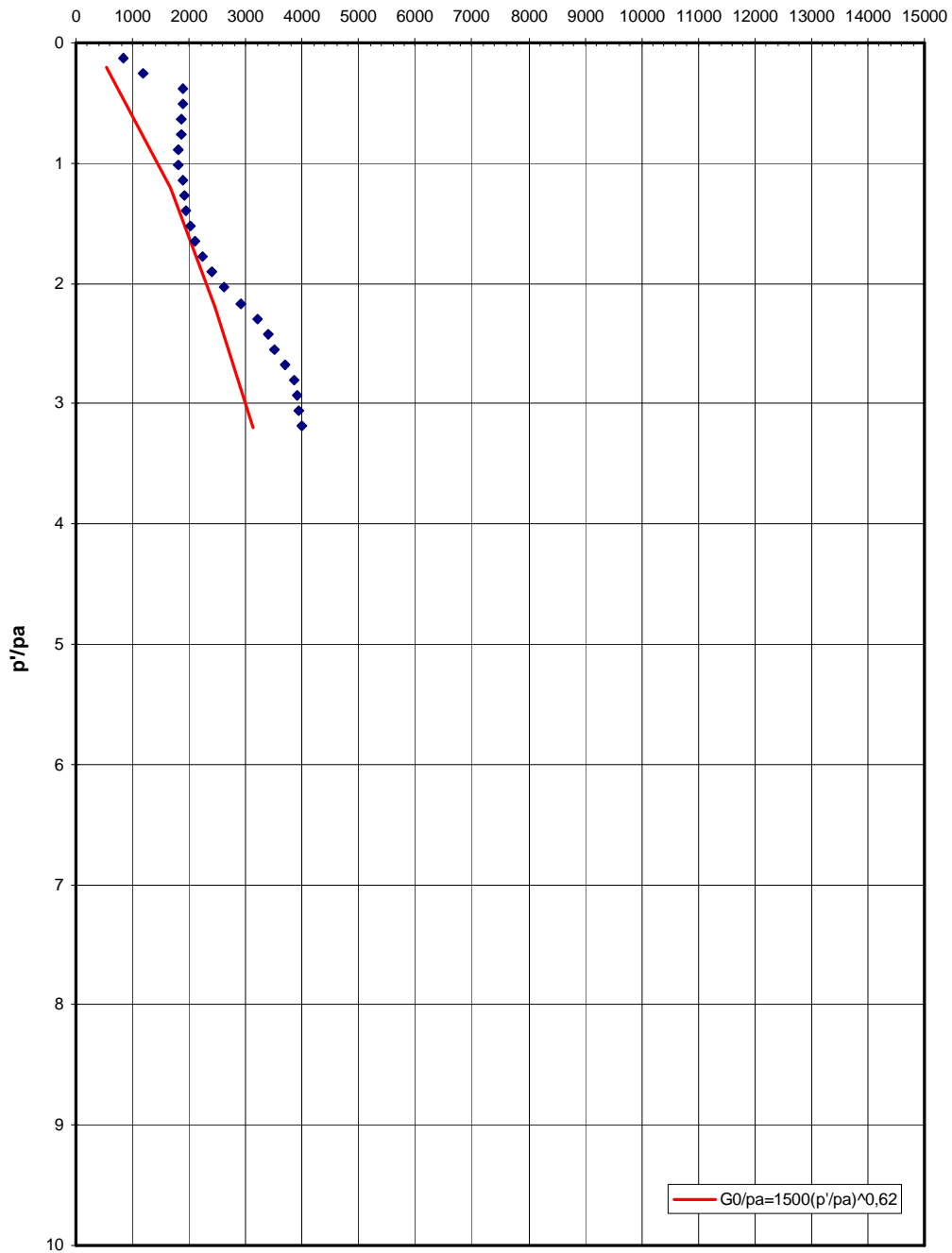


Figura 189

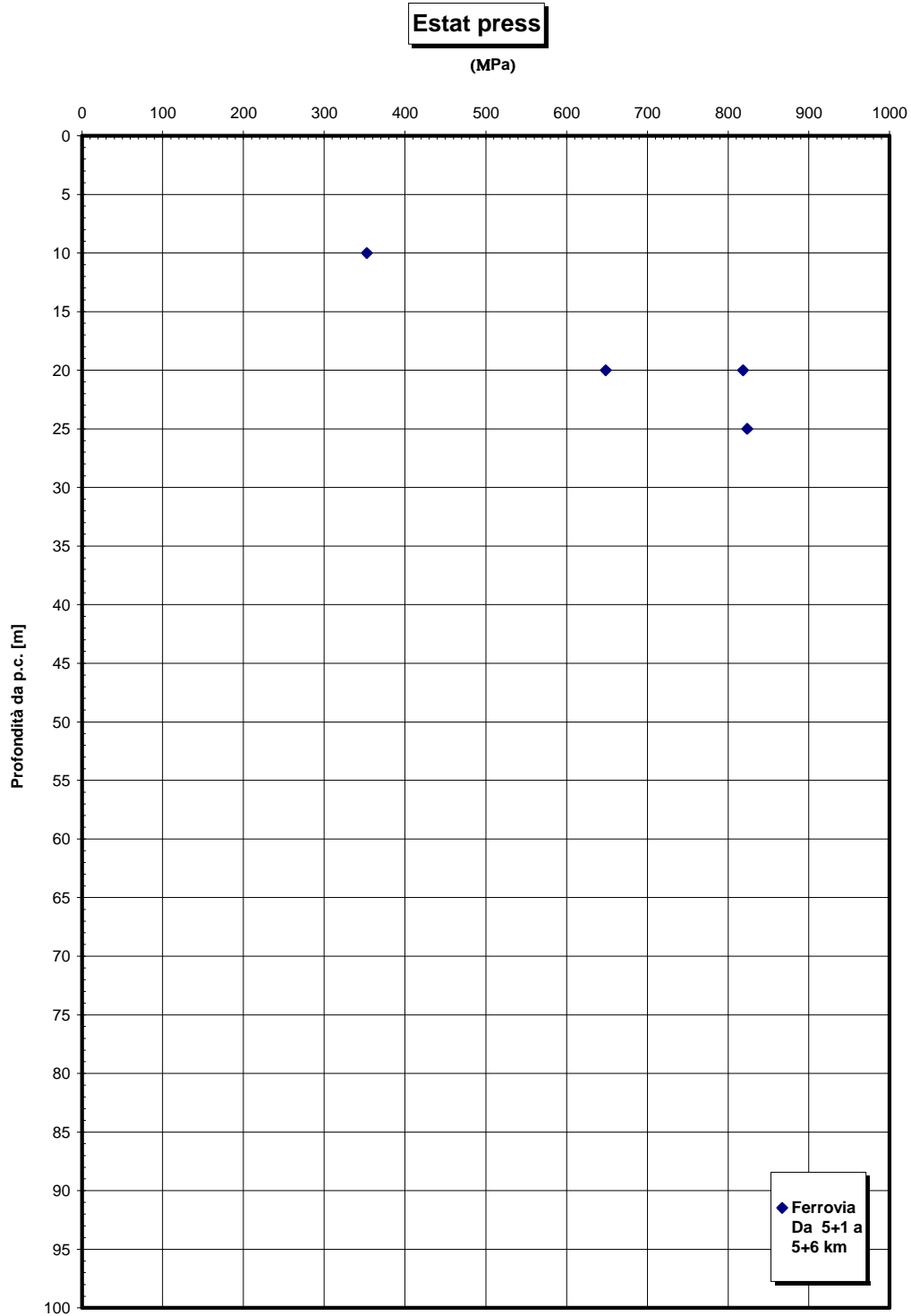


Figura 190

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

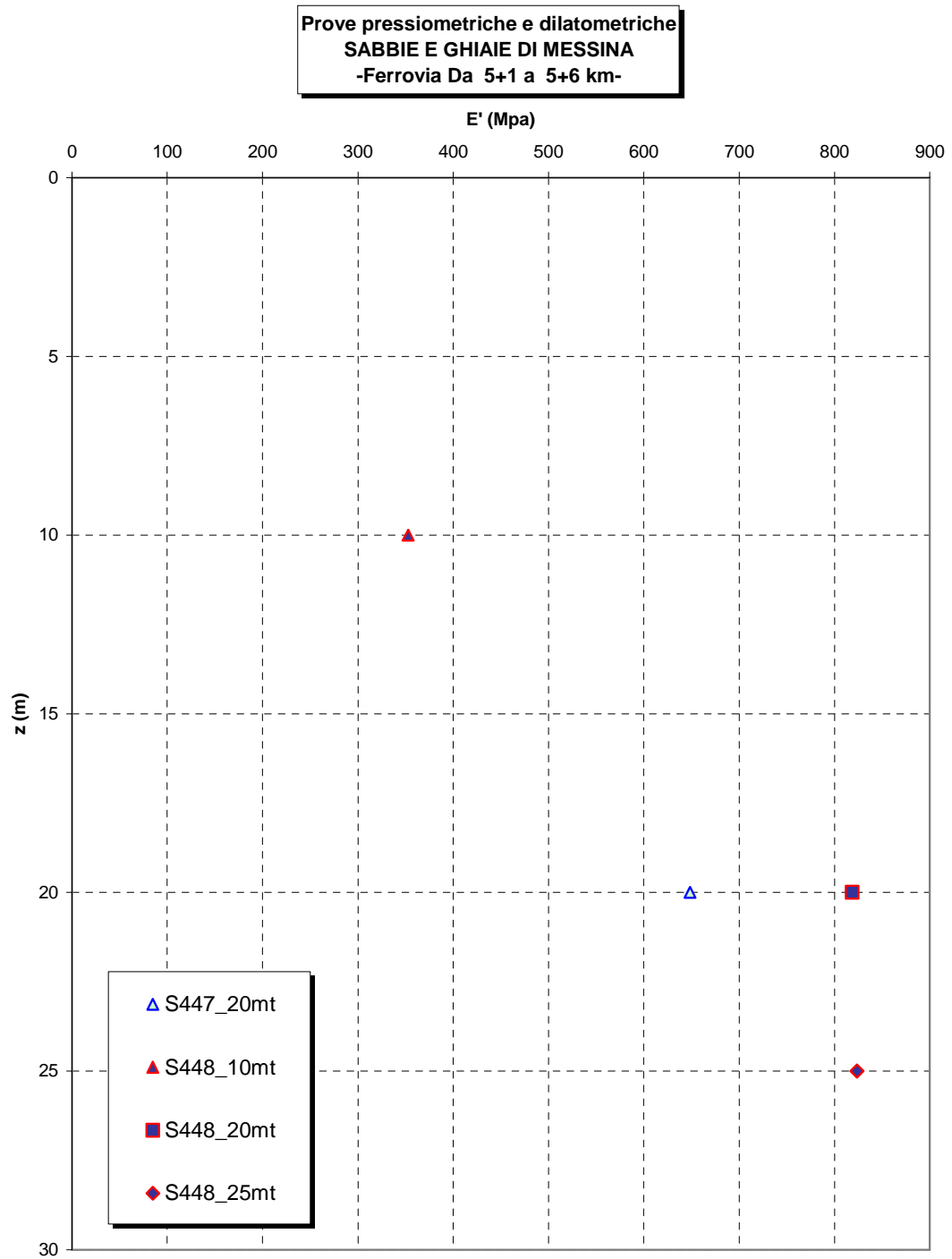


Figura 191

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

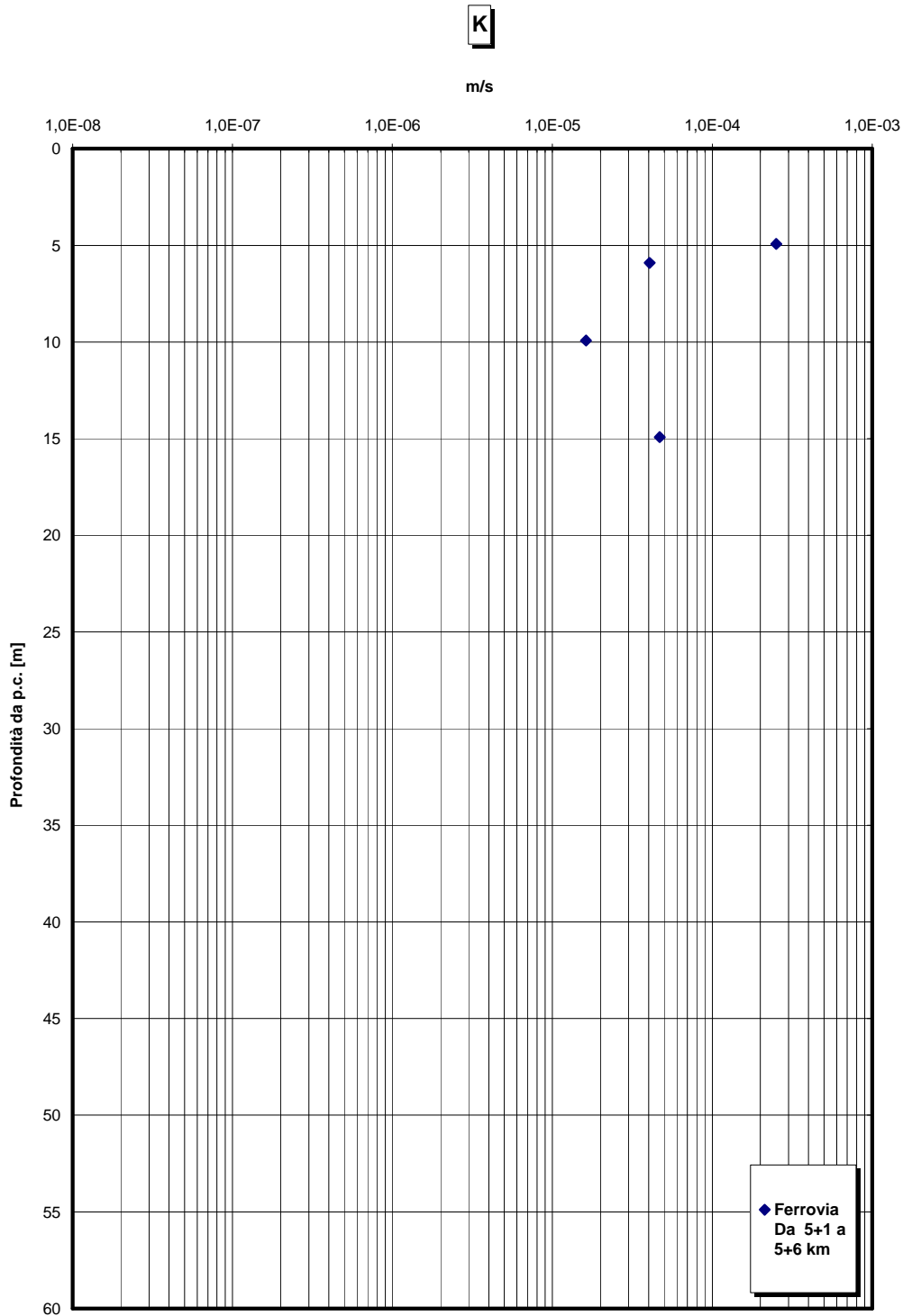


Figura 192

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

5.1.4 Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN S.Cecilia

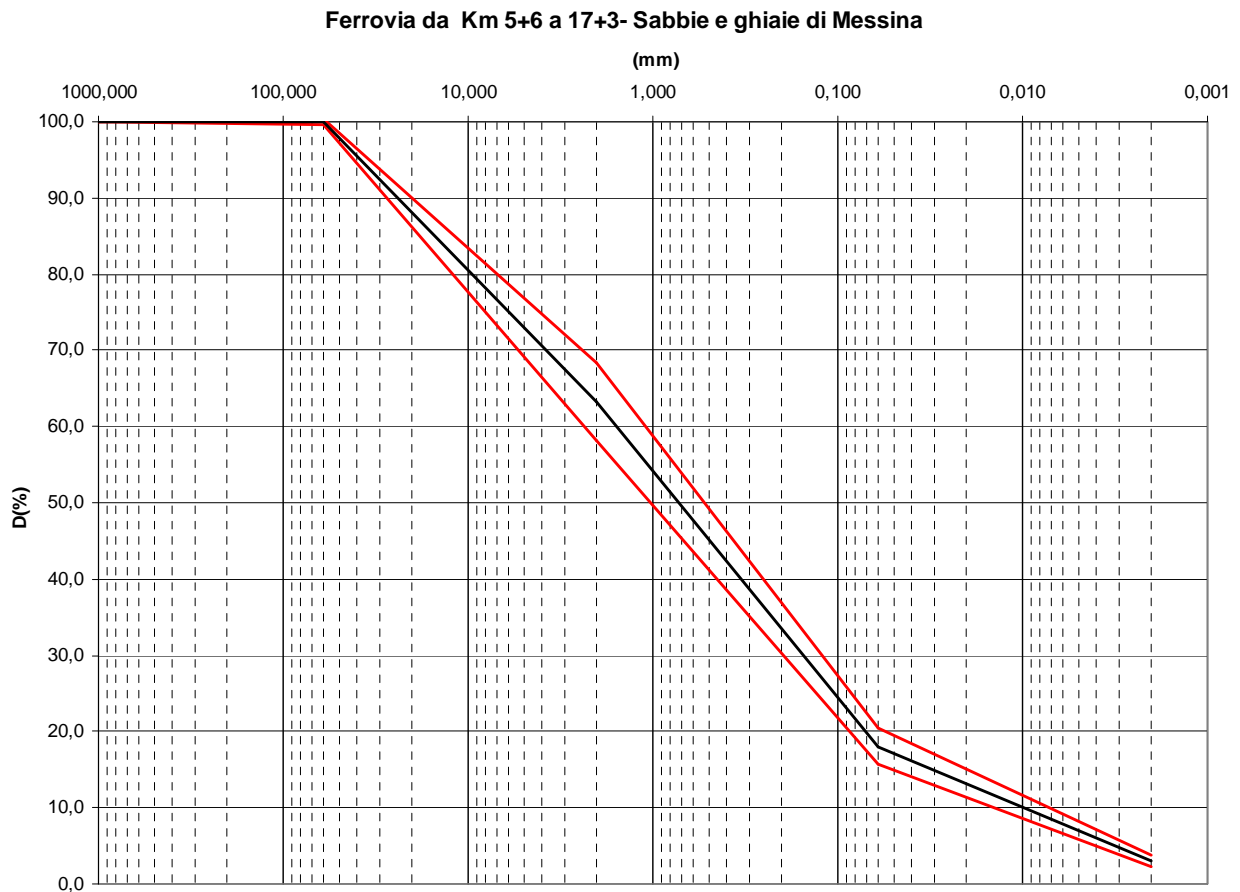


Figura 193

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ferrovia da 5+6 Km a 17+3 Km- % Ghiaia

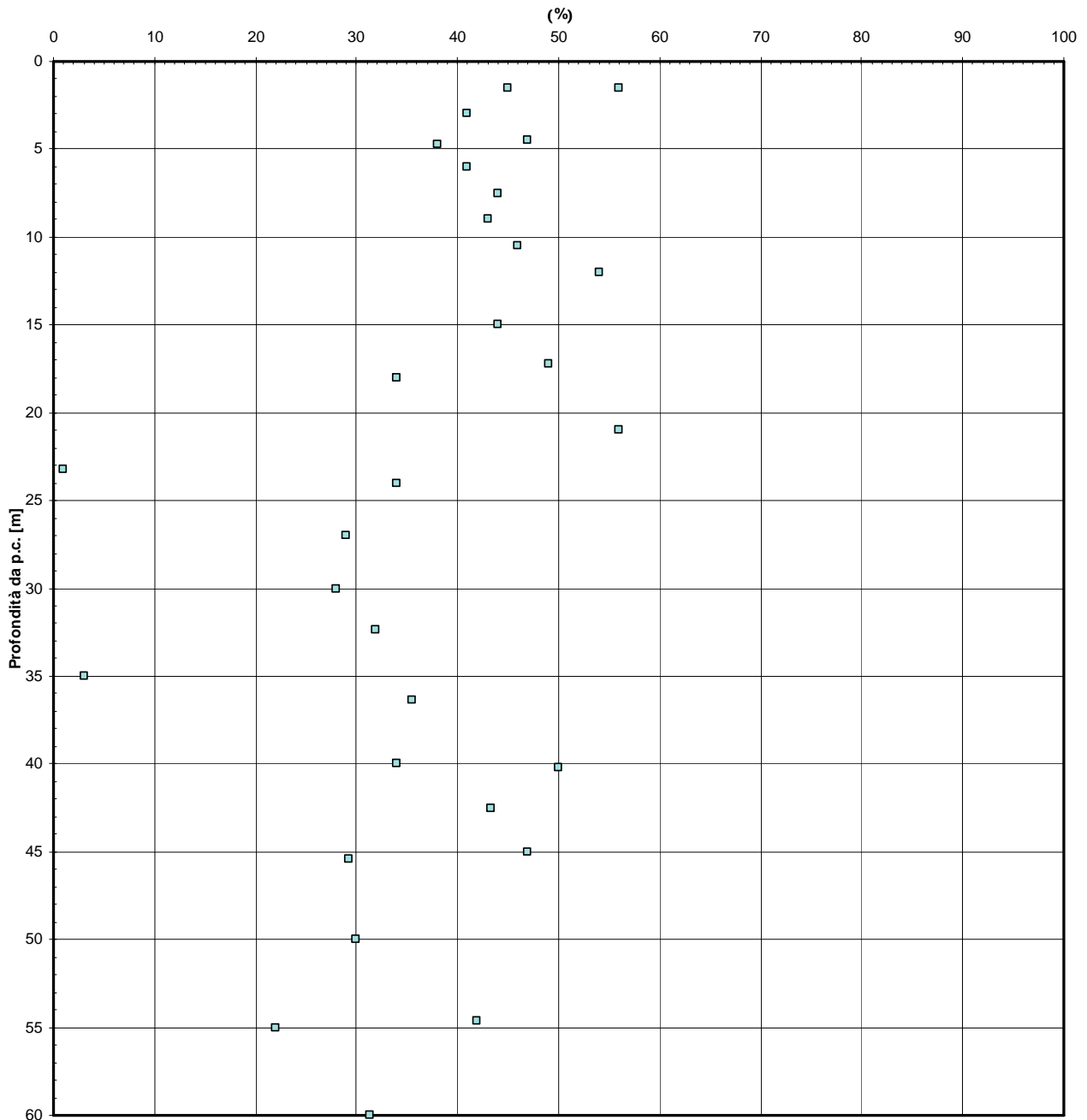


Figura 194

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ferrovia da 5+6 Km a 17+3 Km - % Sabbia

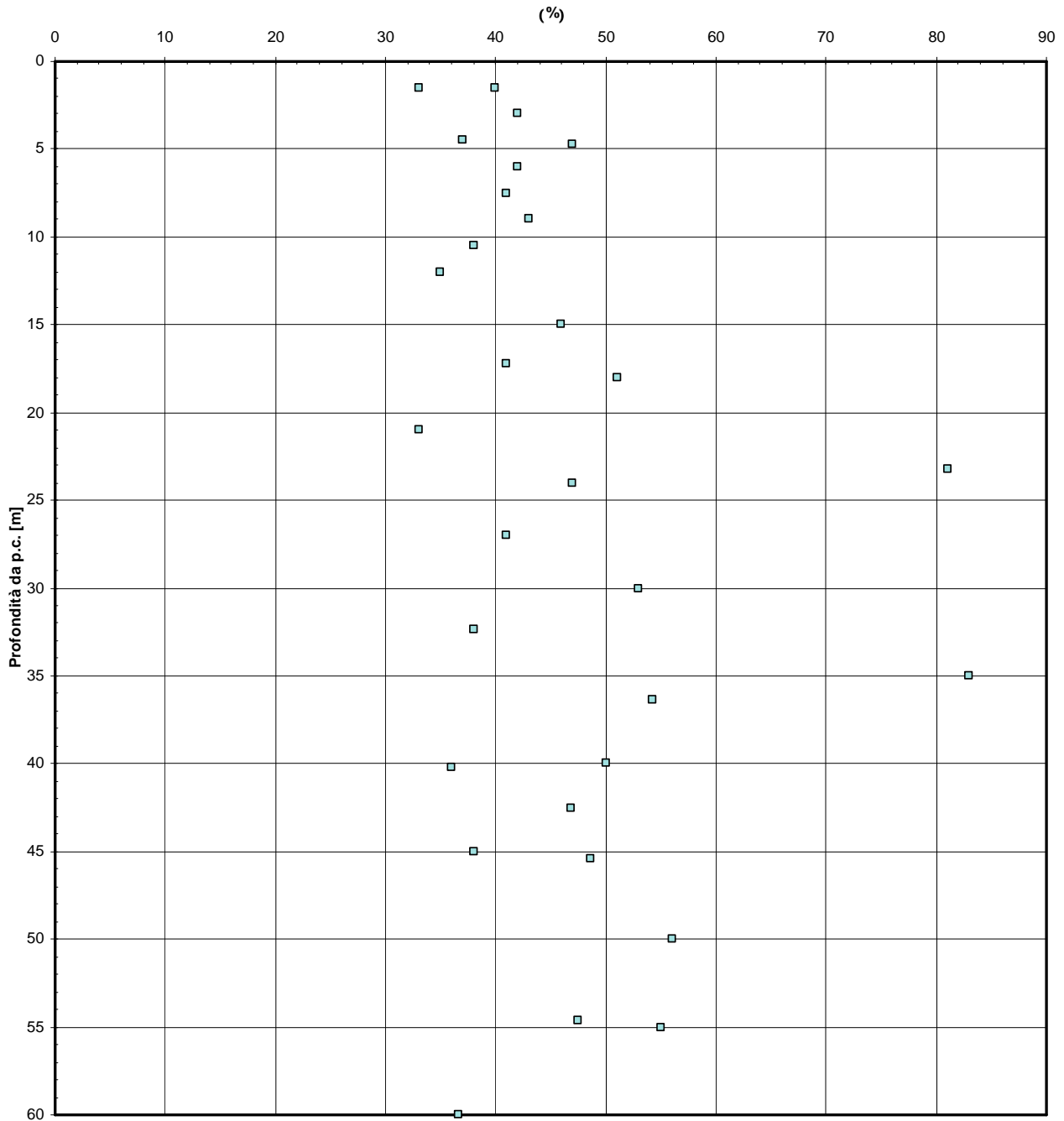


Figura 195

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- Ferrovia da 5+6 Km a 17+3 Km - d50(mm)

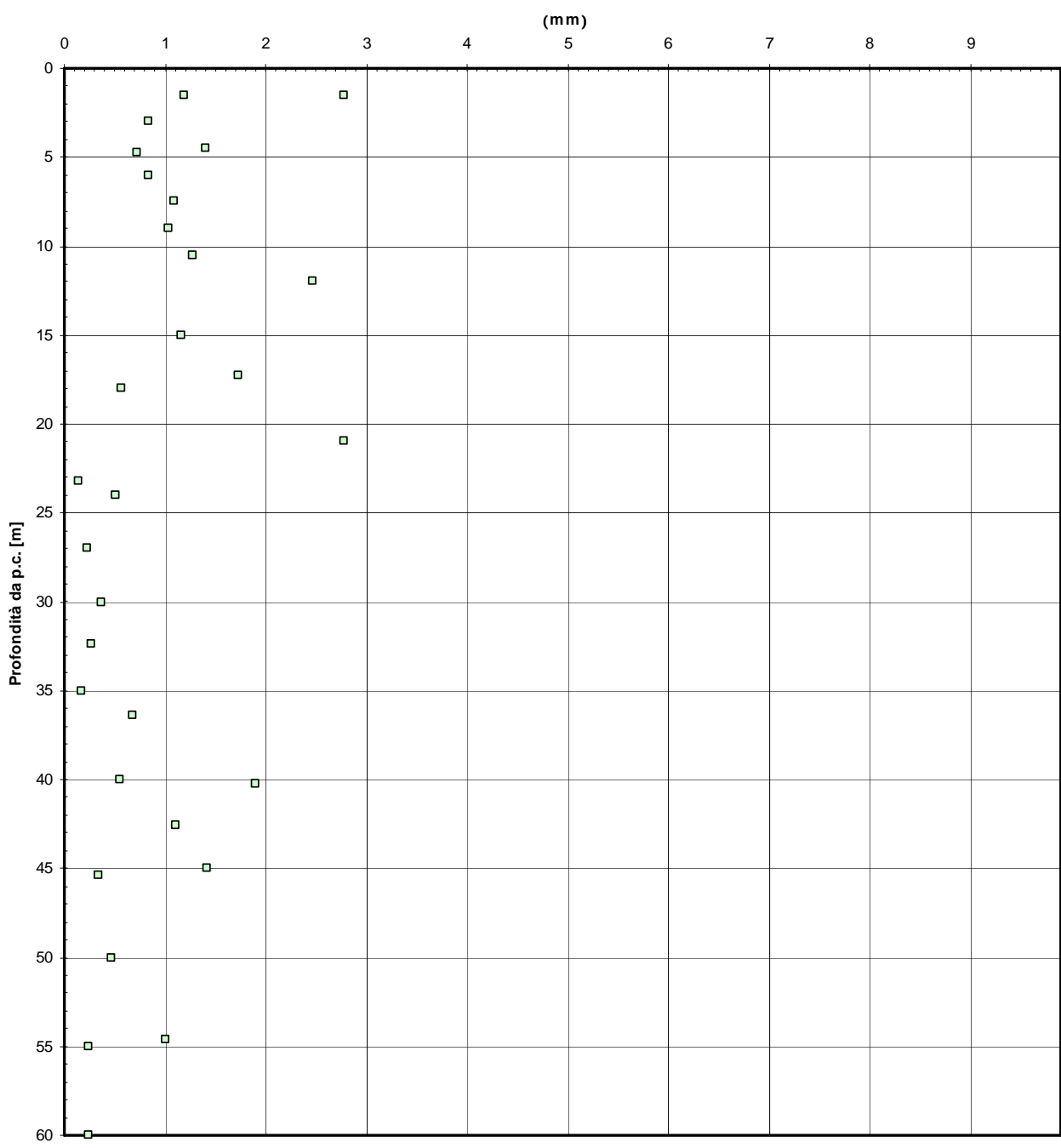


Figura 196

**Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"-**

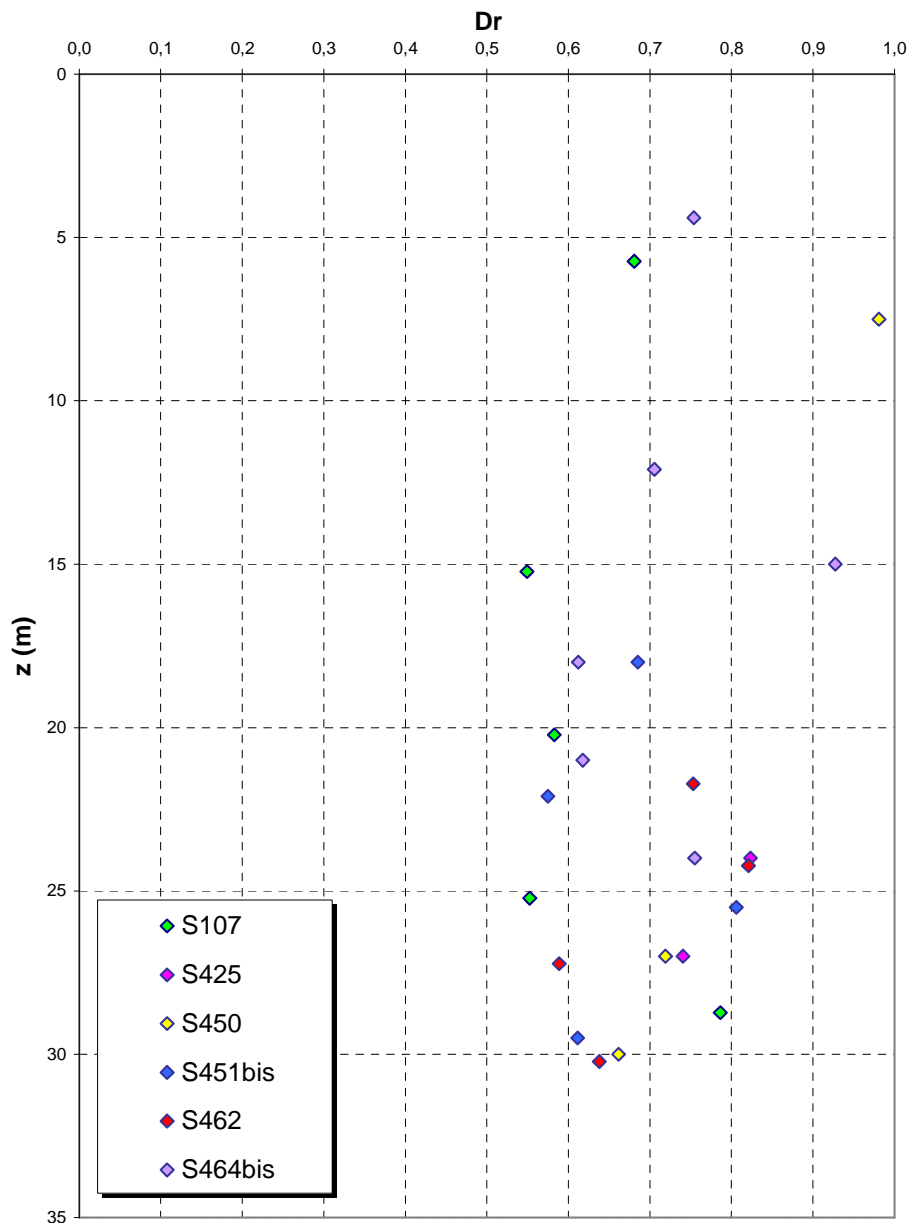


Figura 197

**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"-**

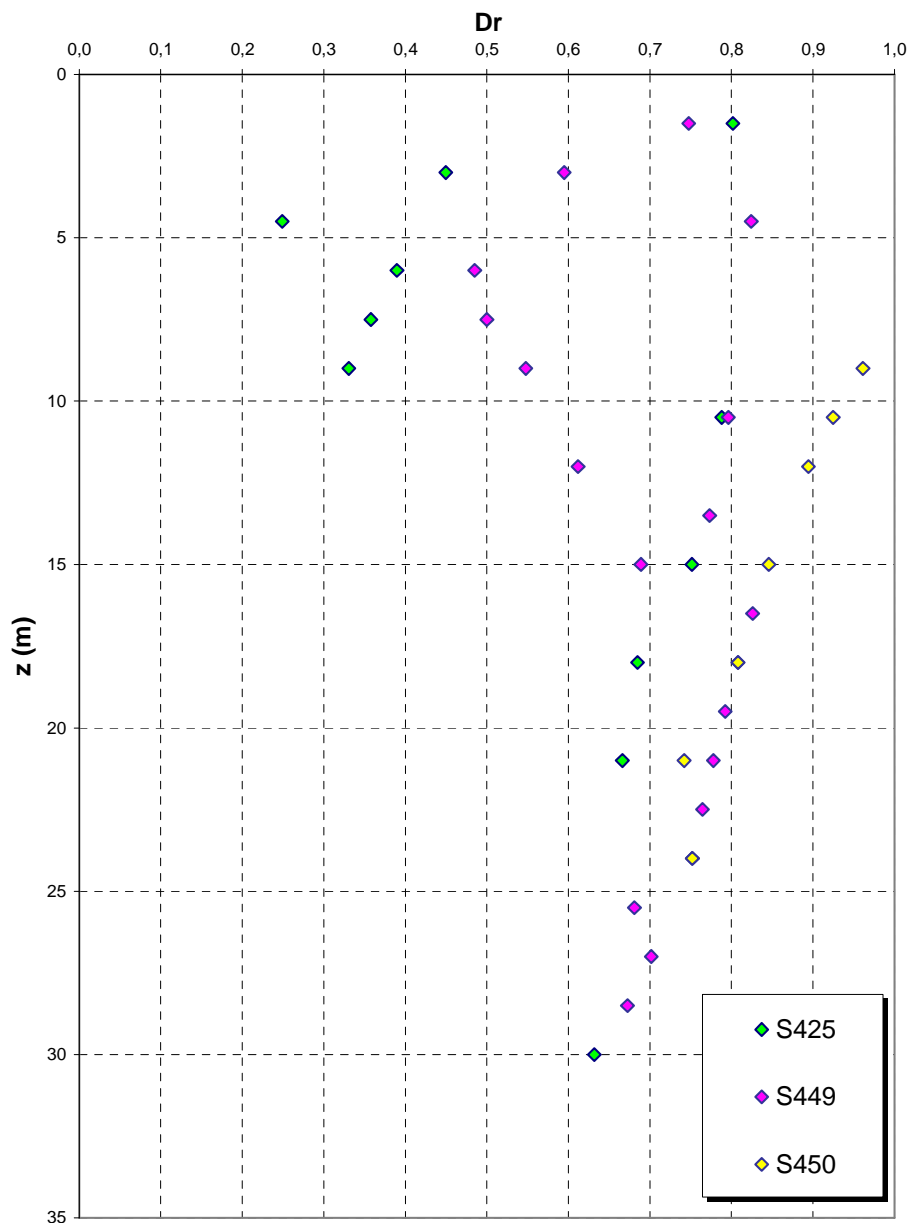


Figura 198

eo

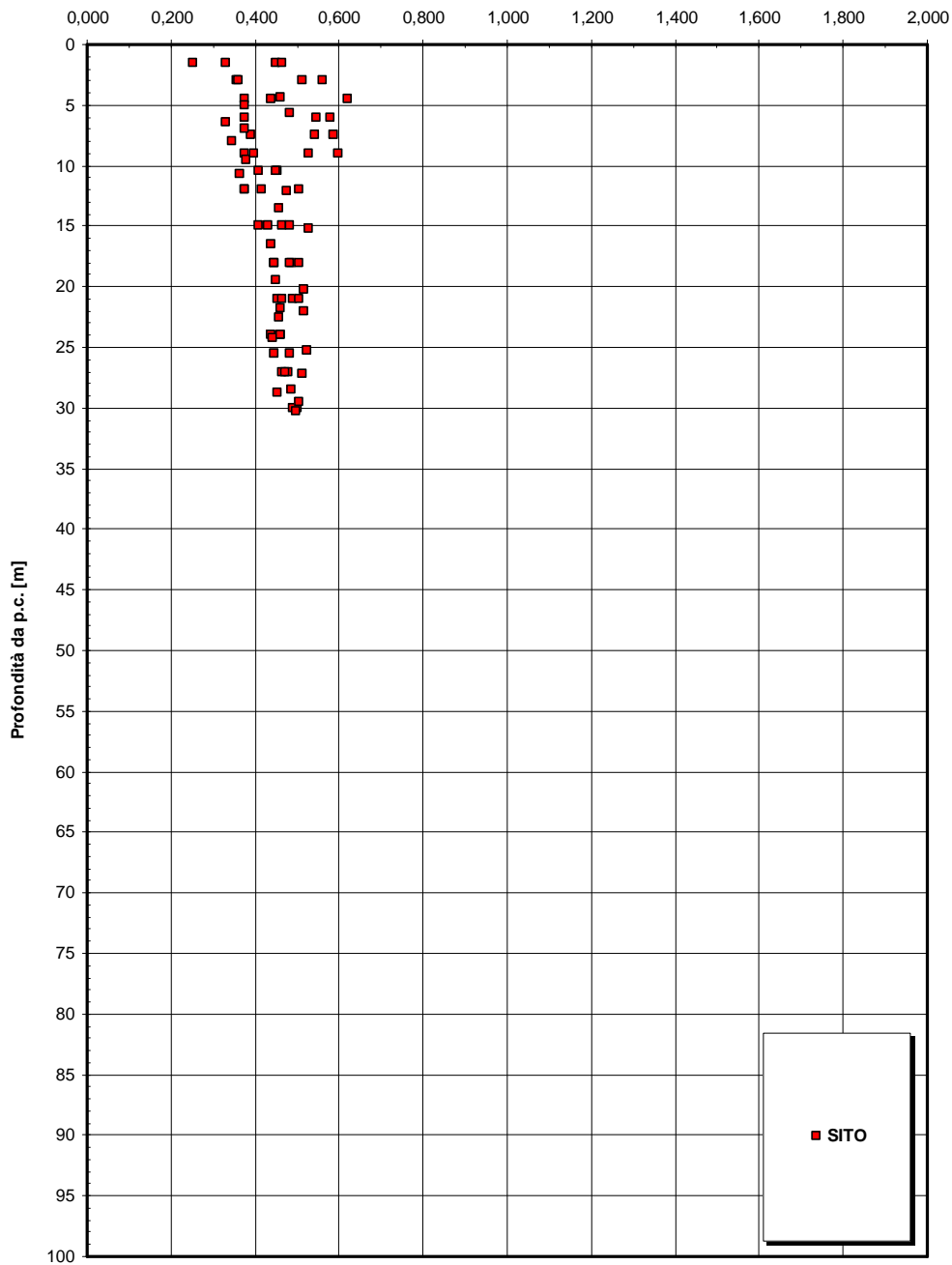


Figura 199

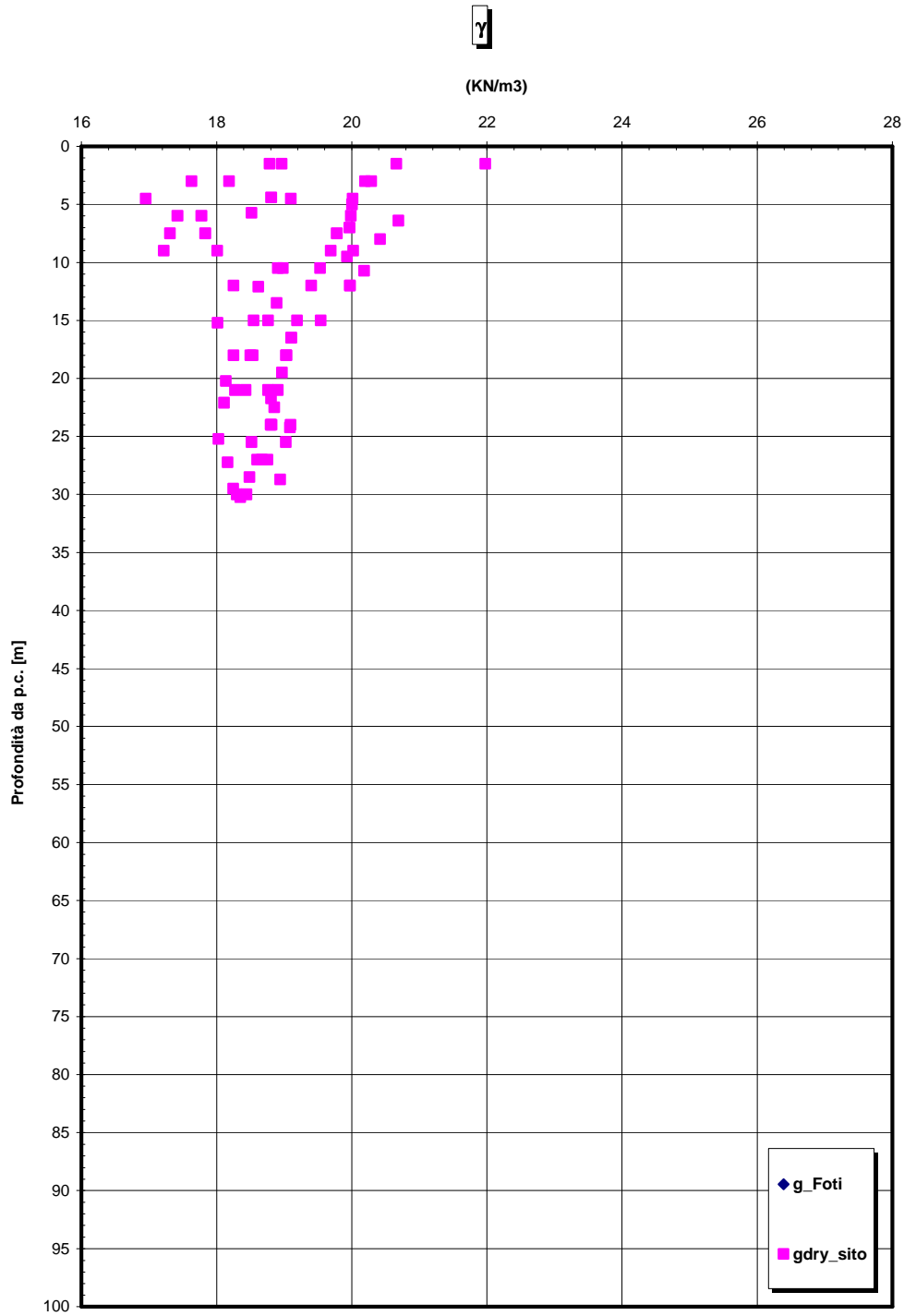


Figura 200

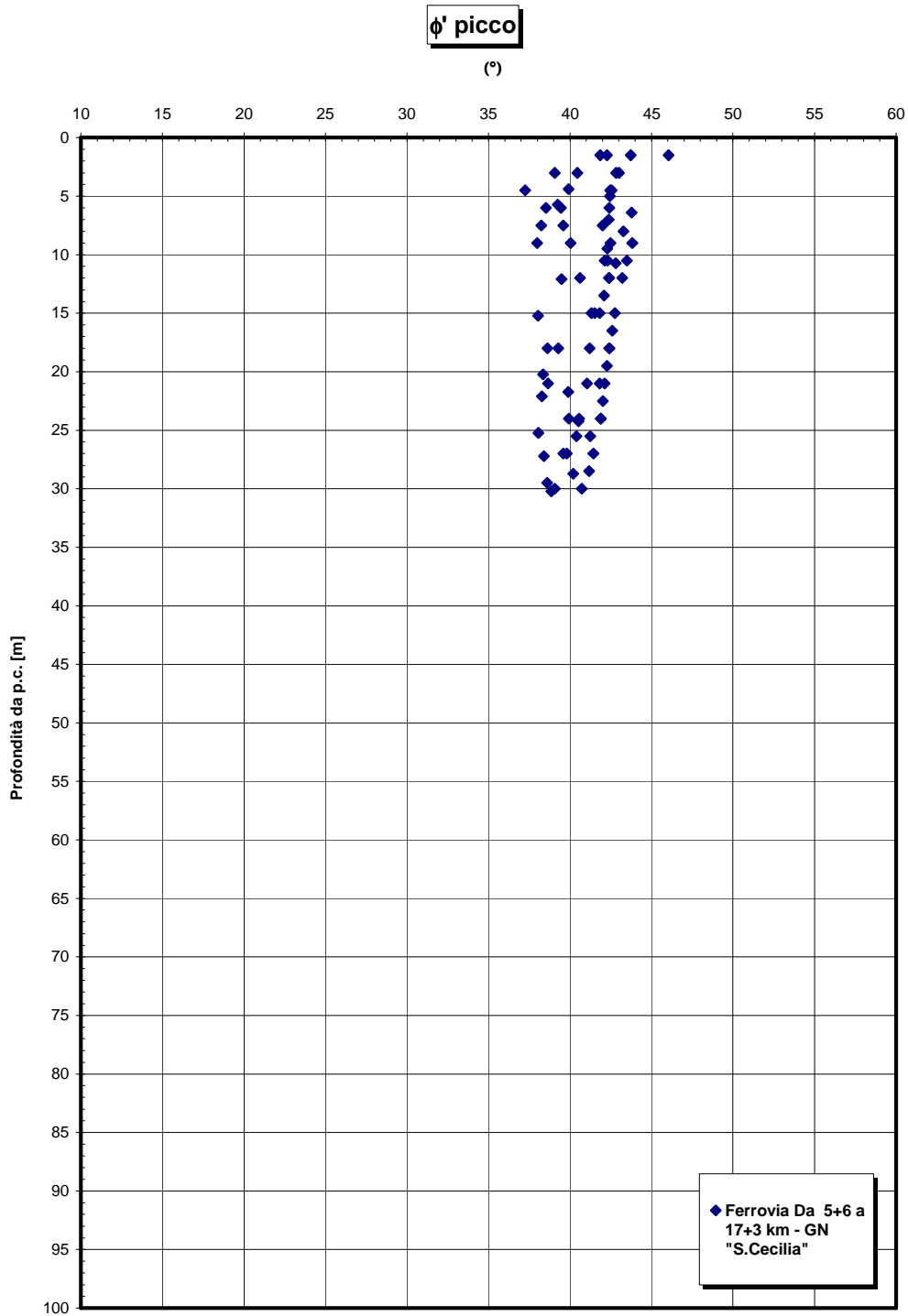


Figura 201

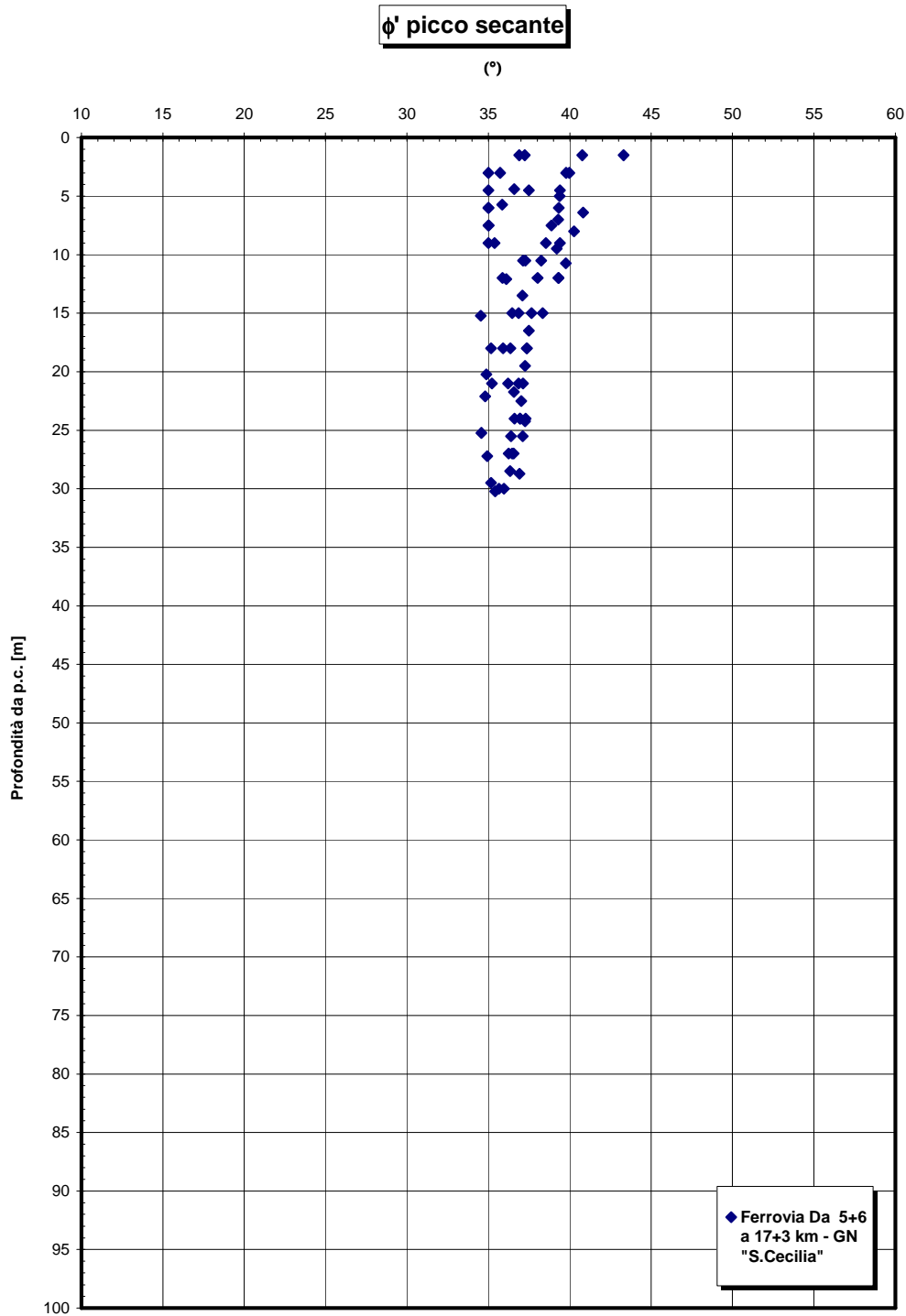


Figura 202

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

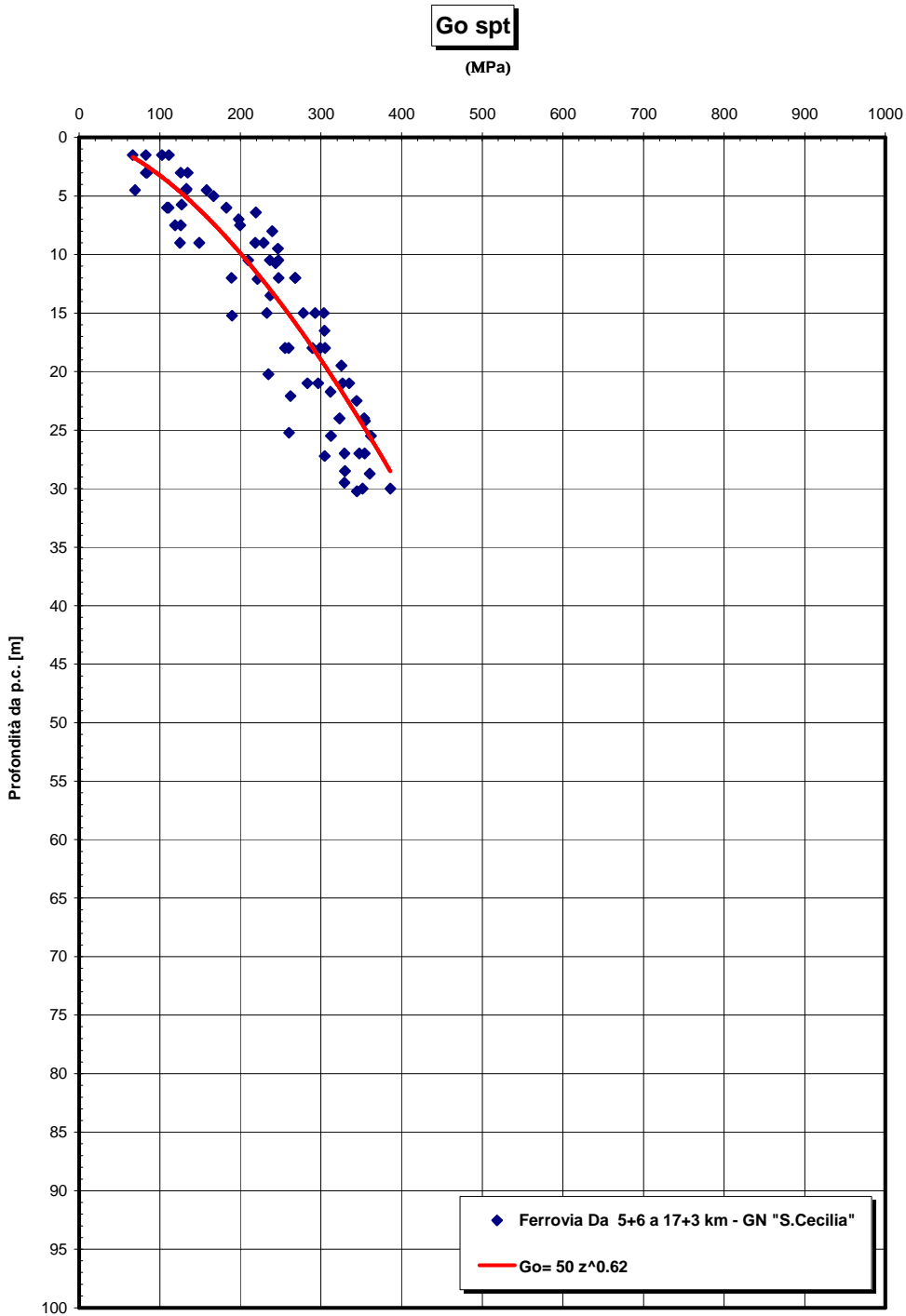


Figura 203

Go/pa

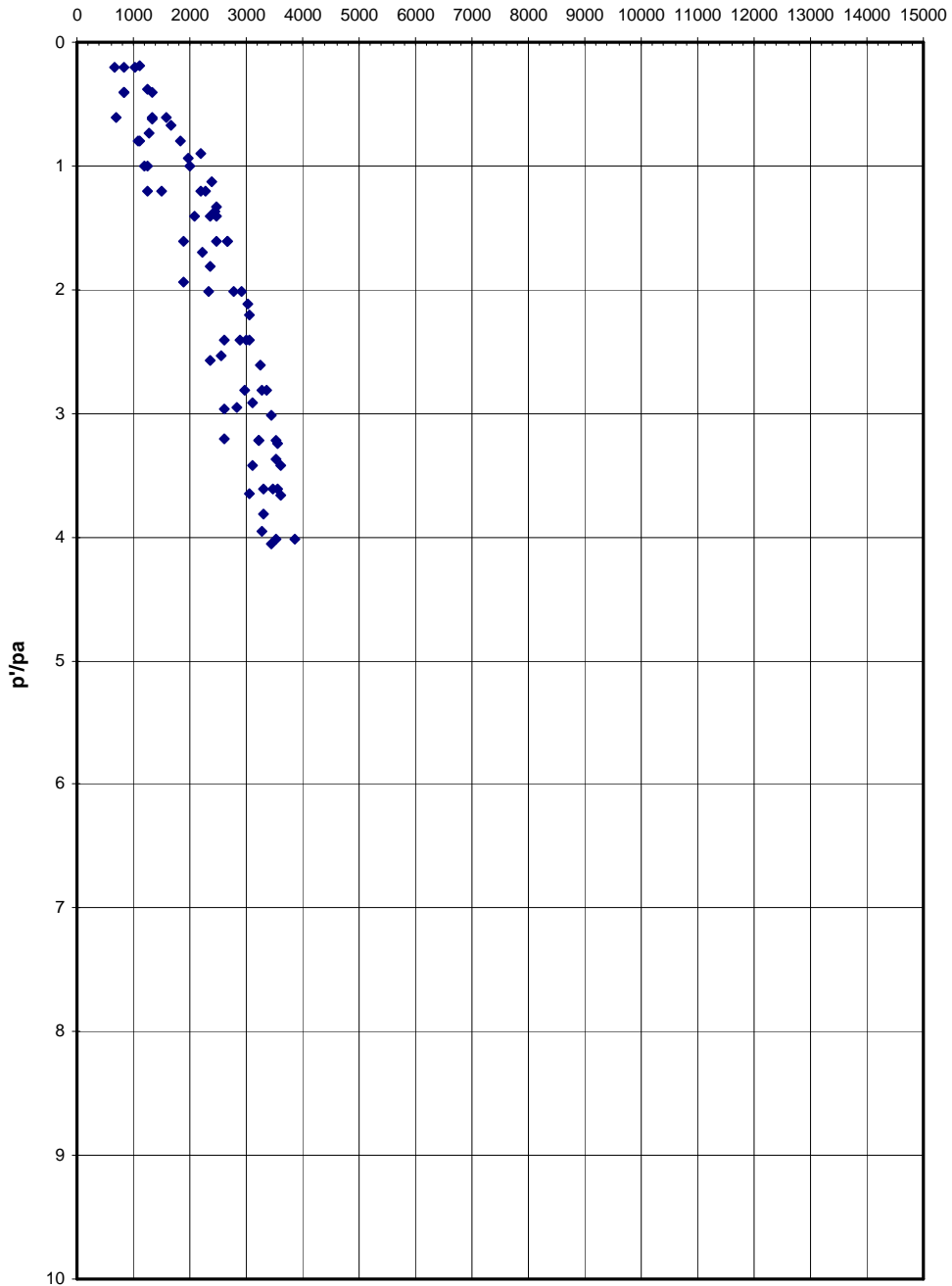


Figura 204

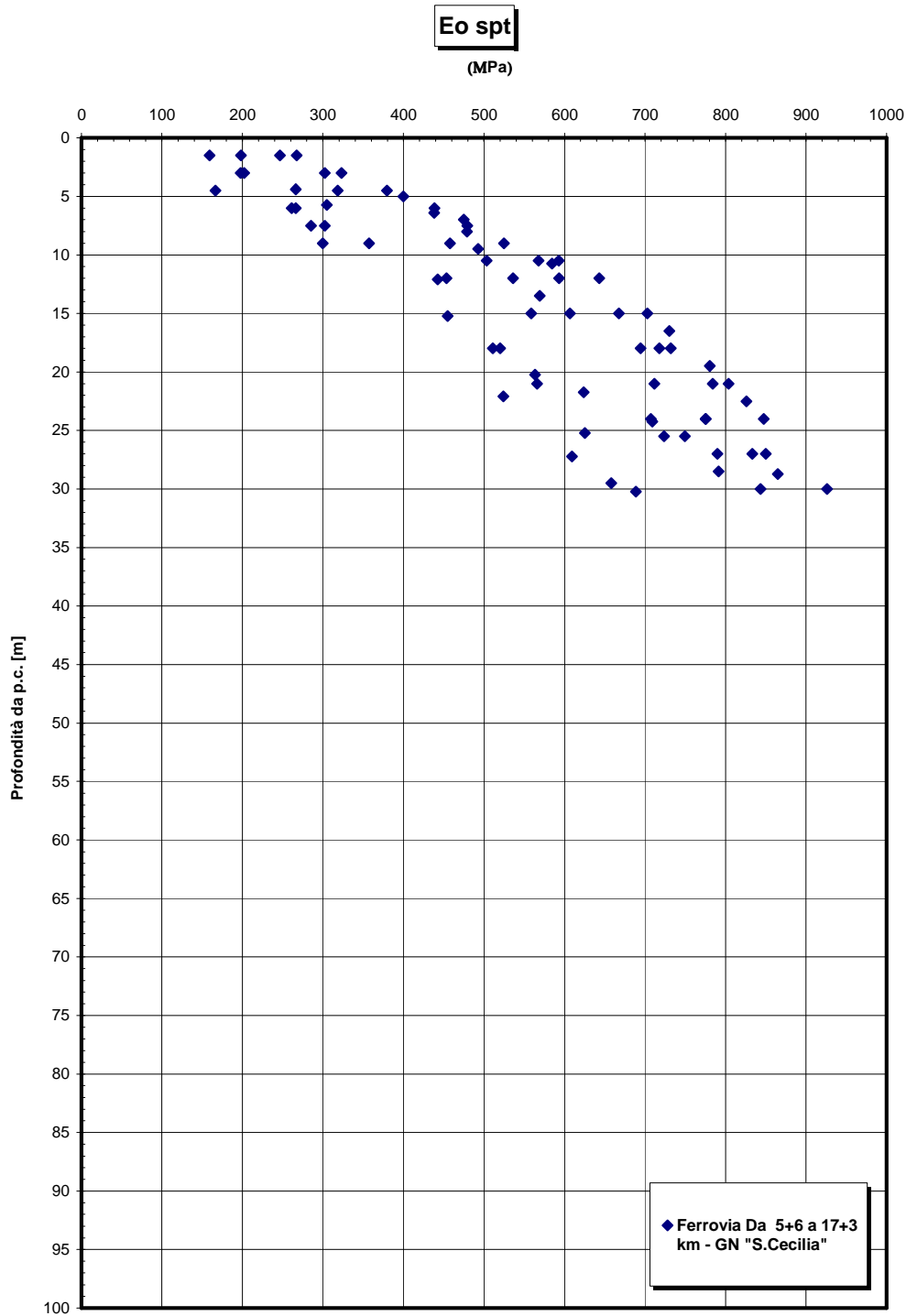


Figura 205

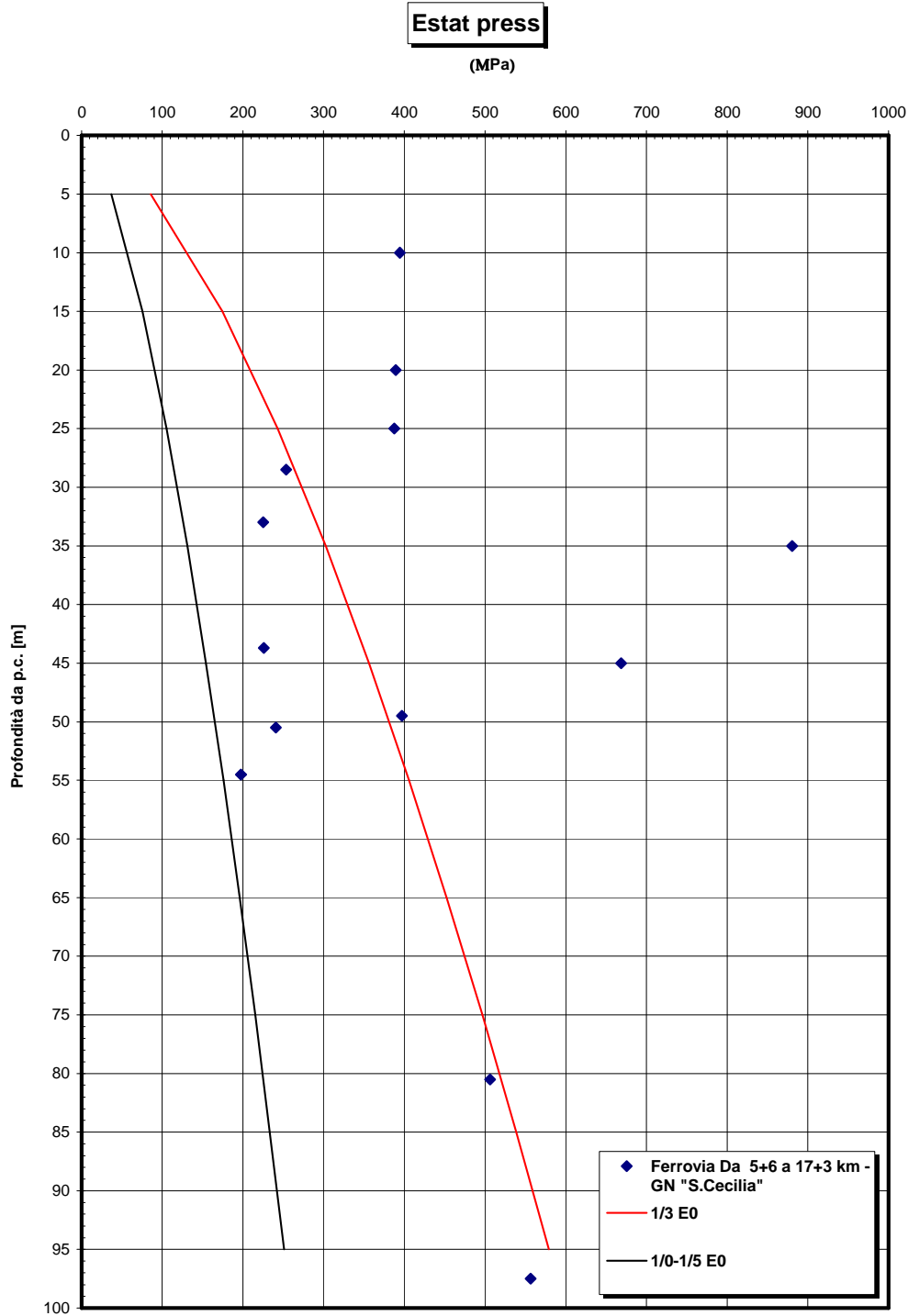


Figura 206

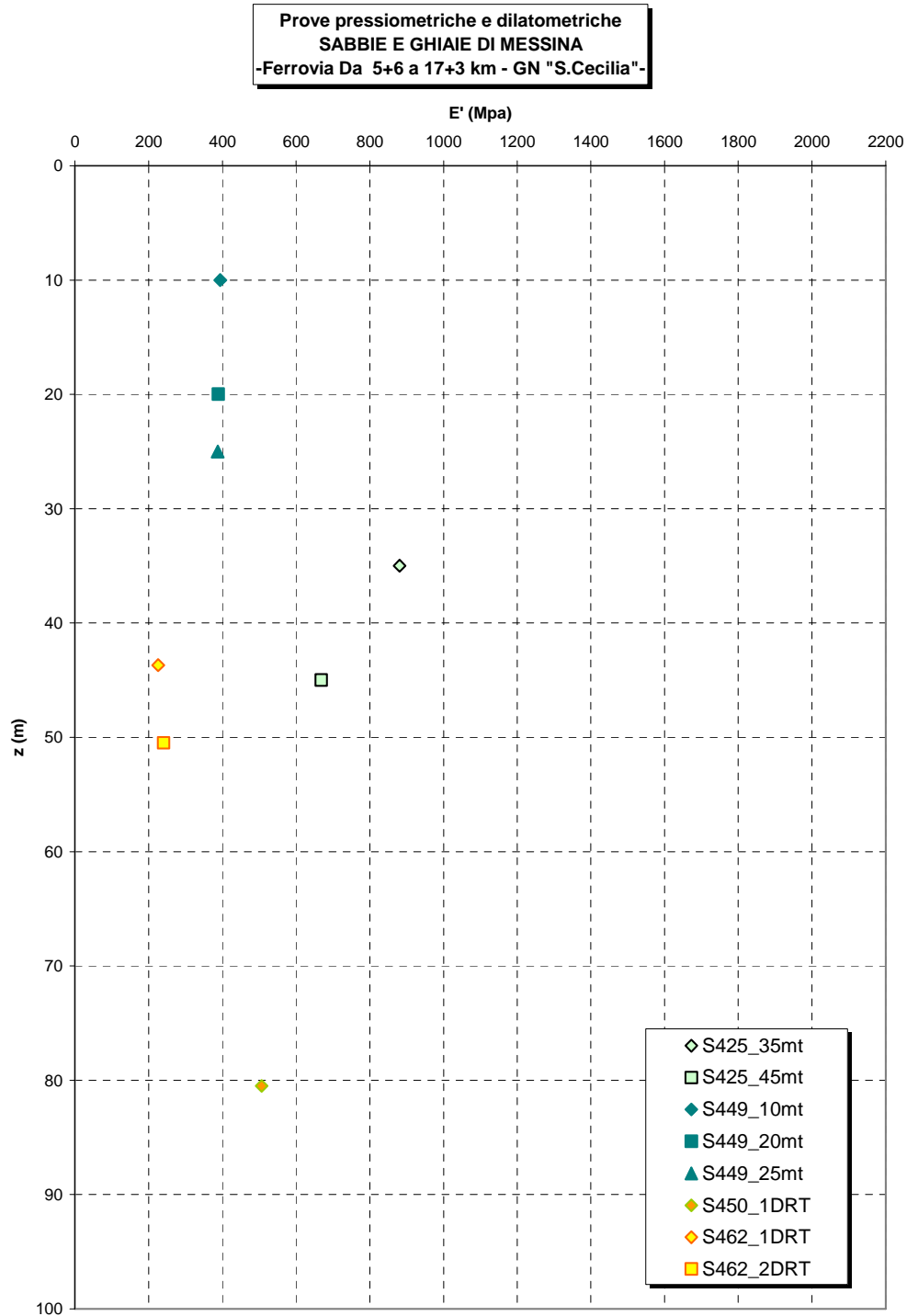


Figura 207

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

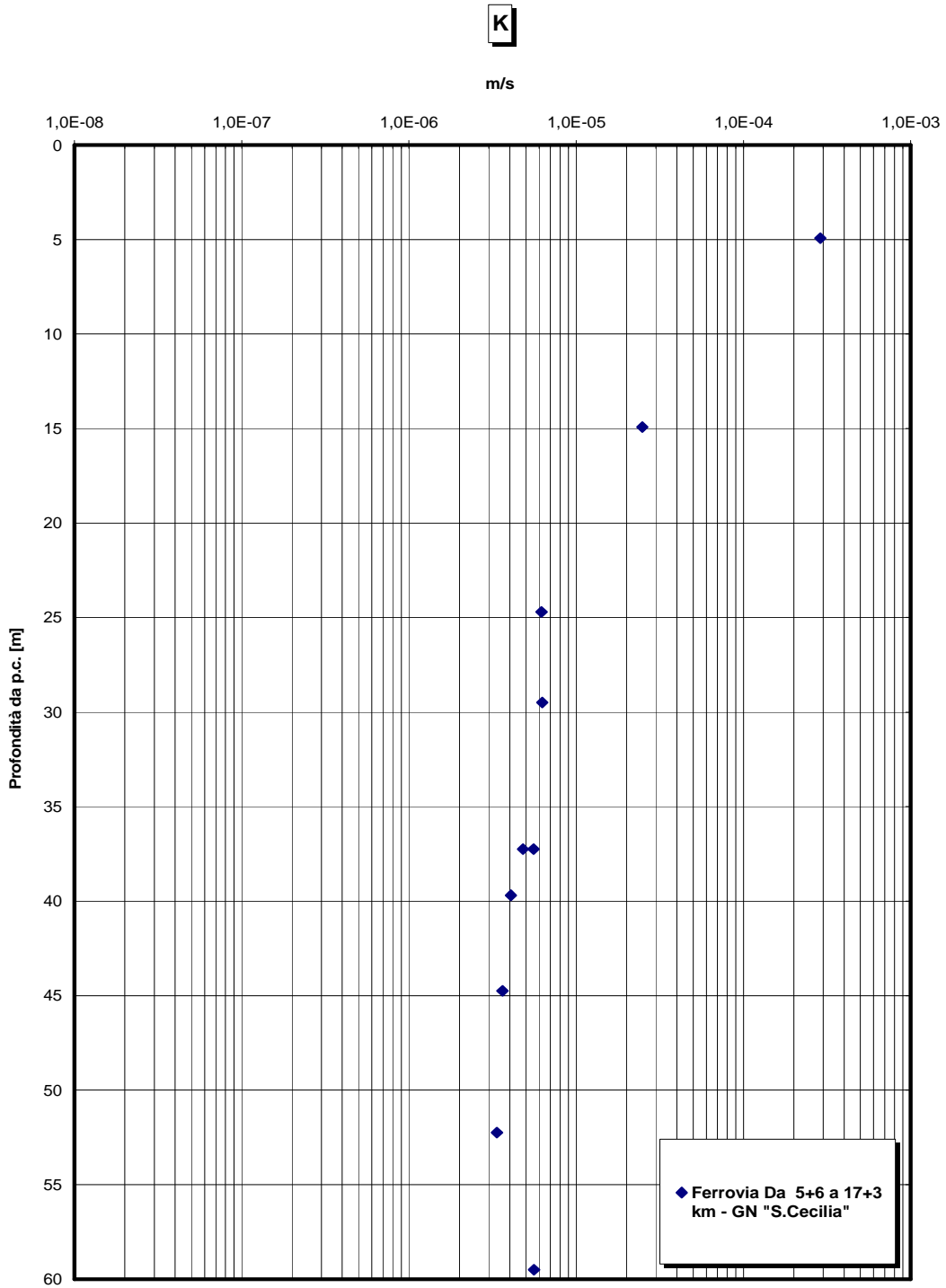


Figura 208

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>		<p><i>Codice documento</i> SB0057_F0_2</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

5.1.5 Strada Da 1+0 a 2+0 km

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

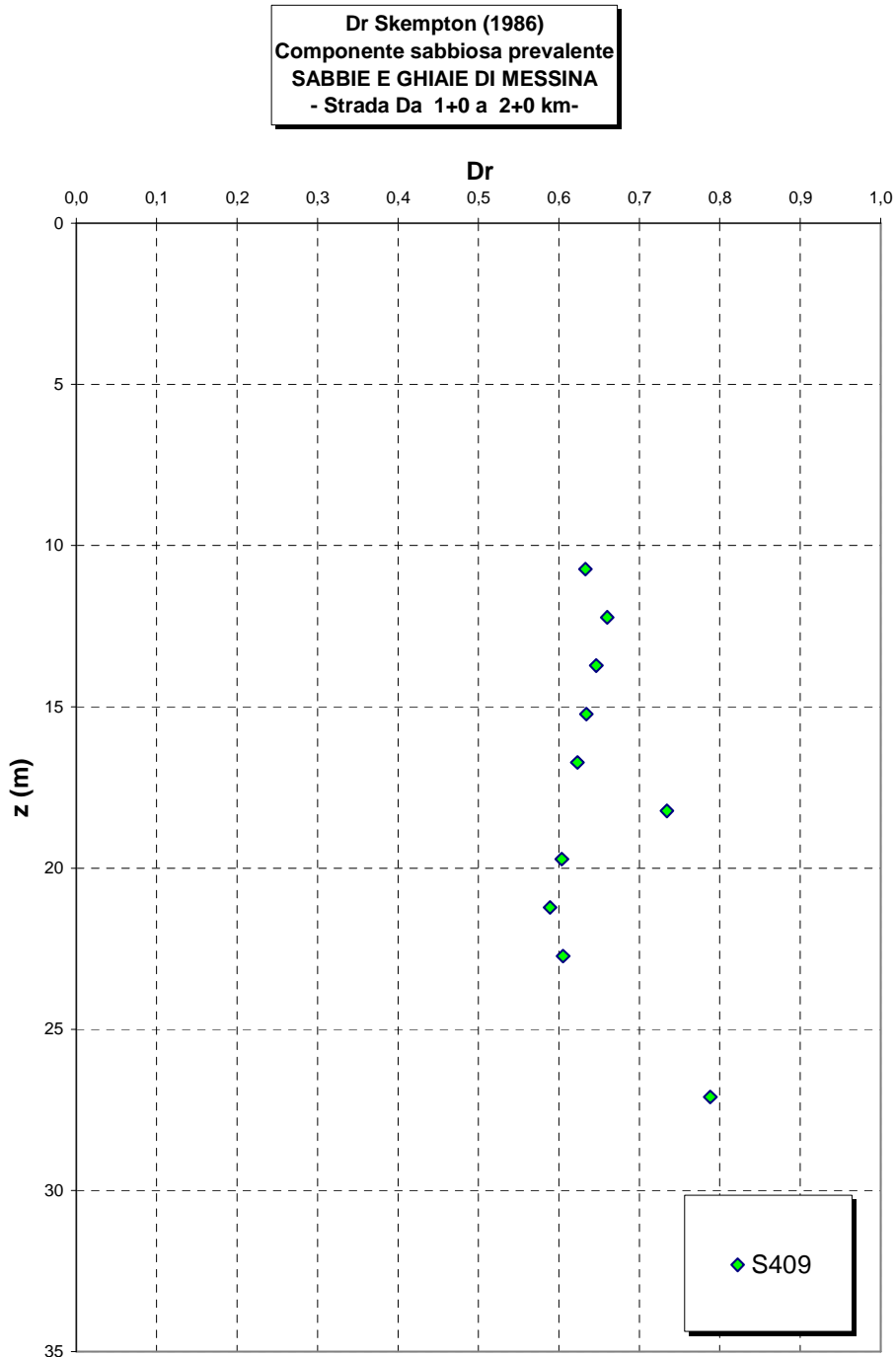


Figura 209

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Strada Da 1+0 a 2+0 km-

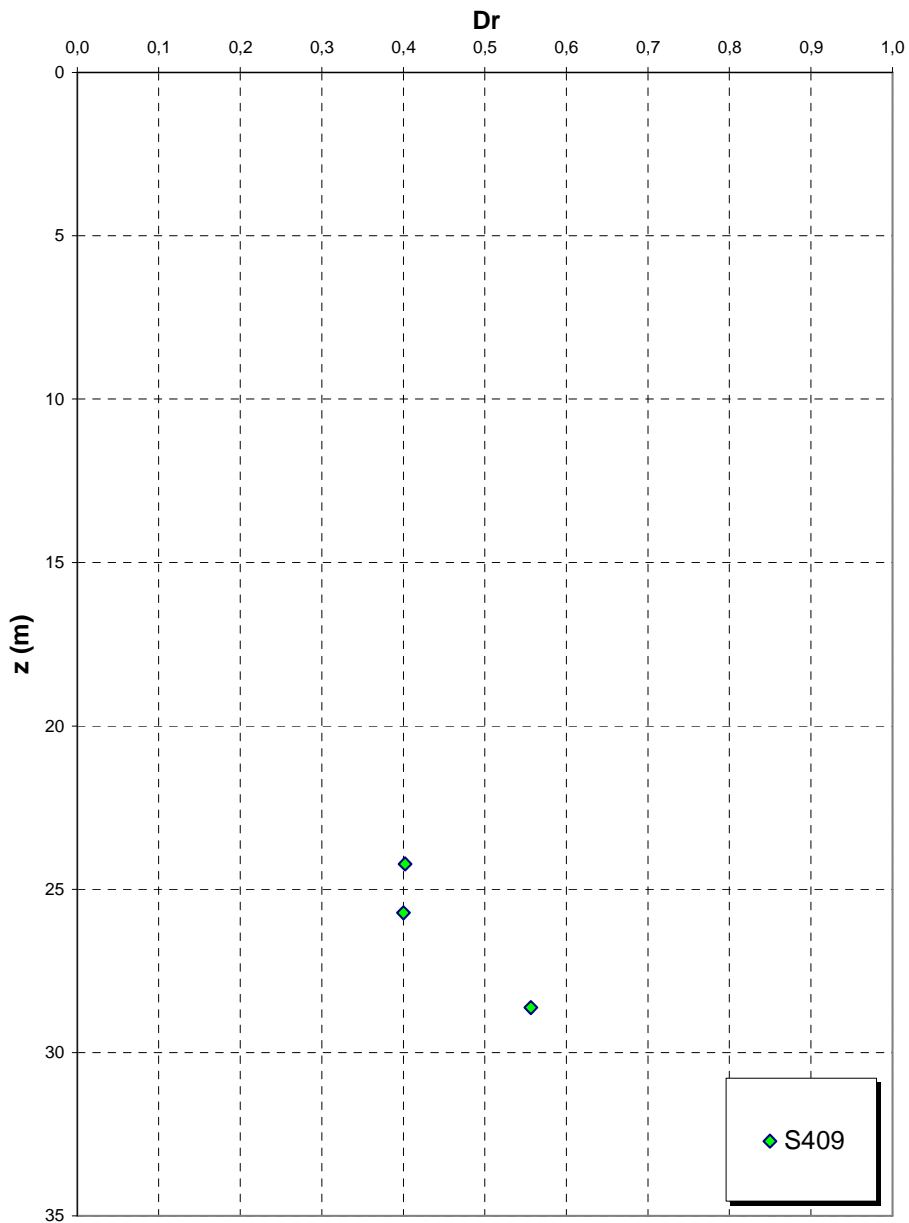


Figura 210

eo

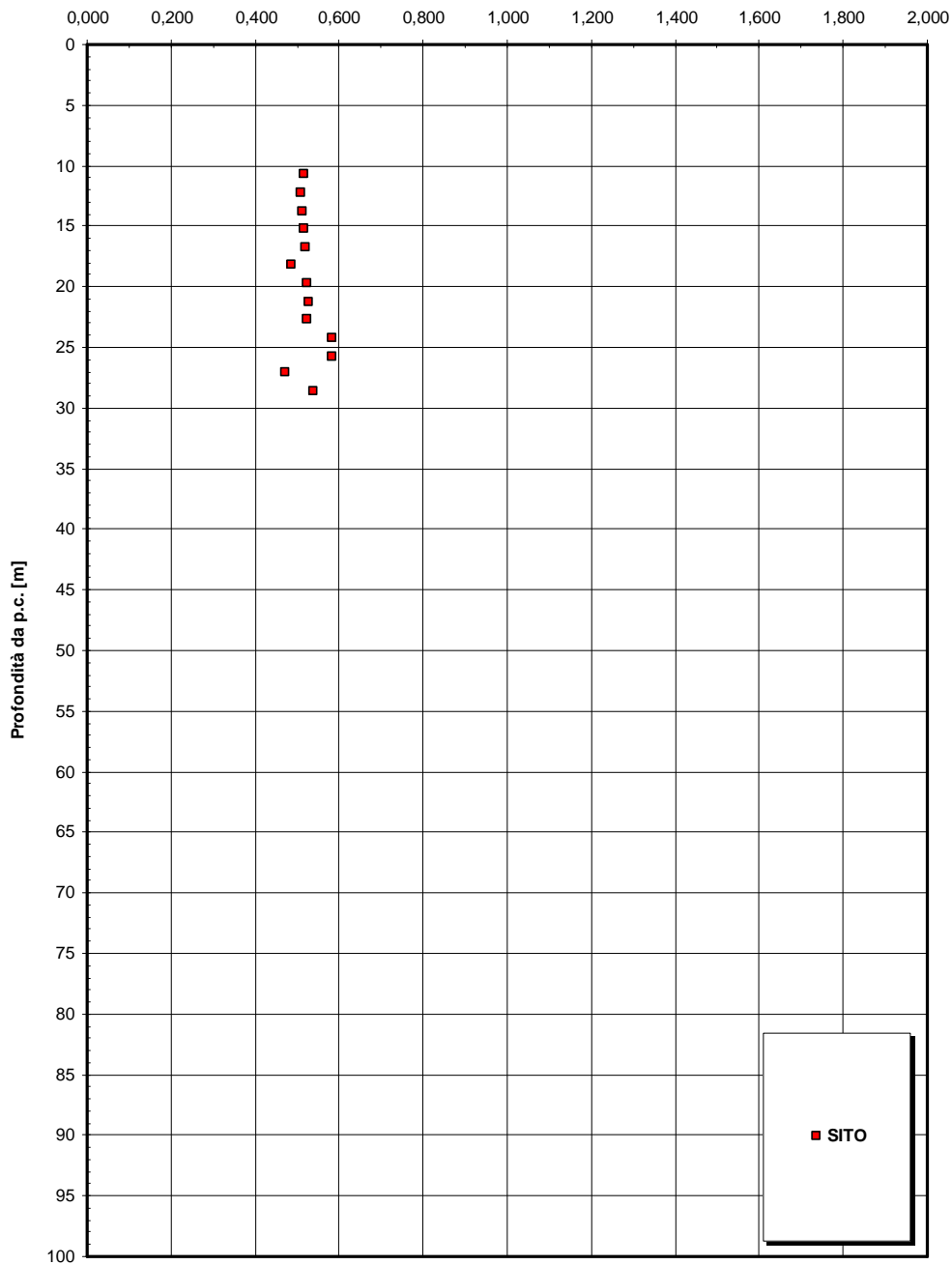


Figura 211

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

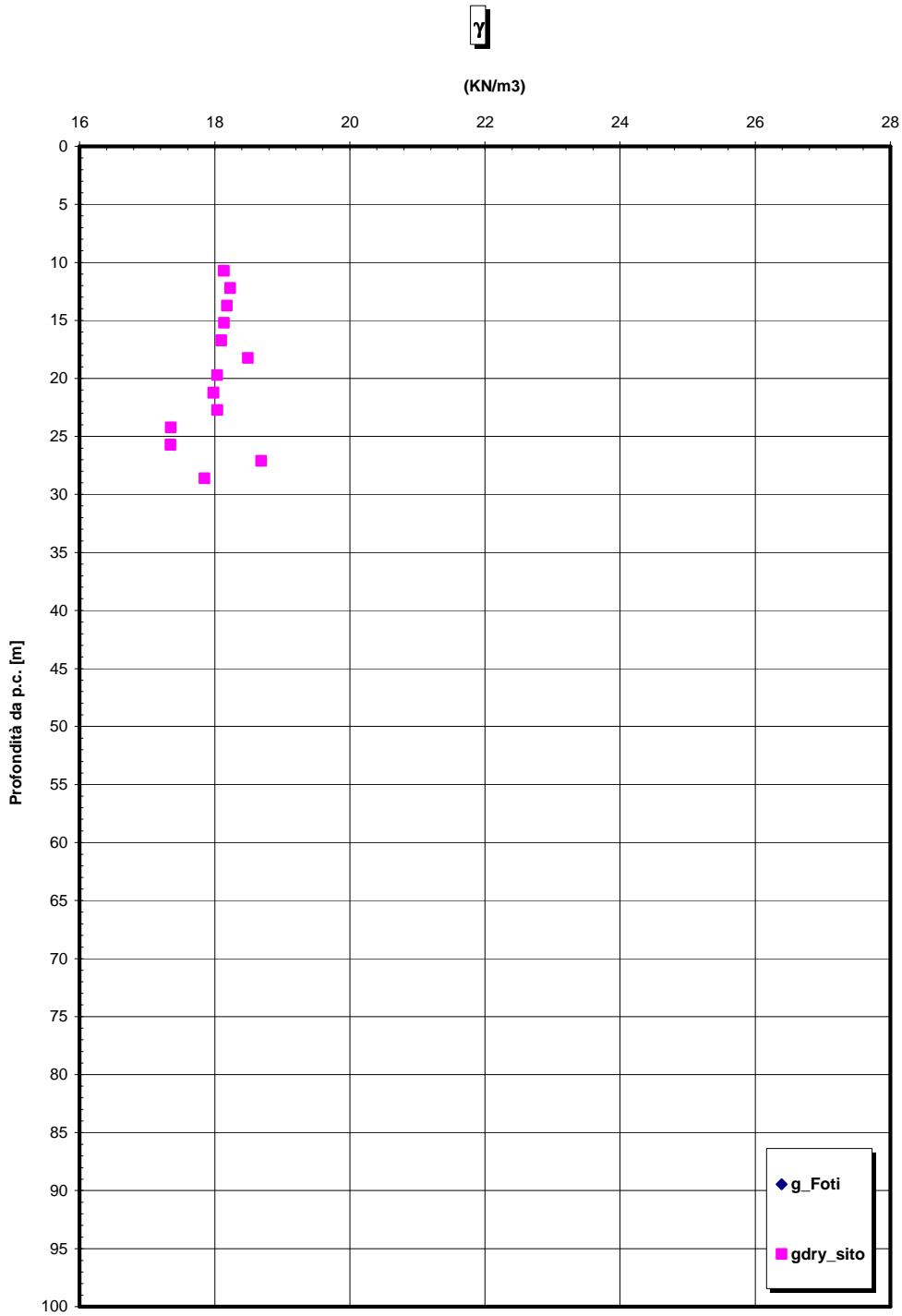


Figura 212

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

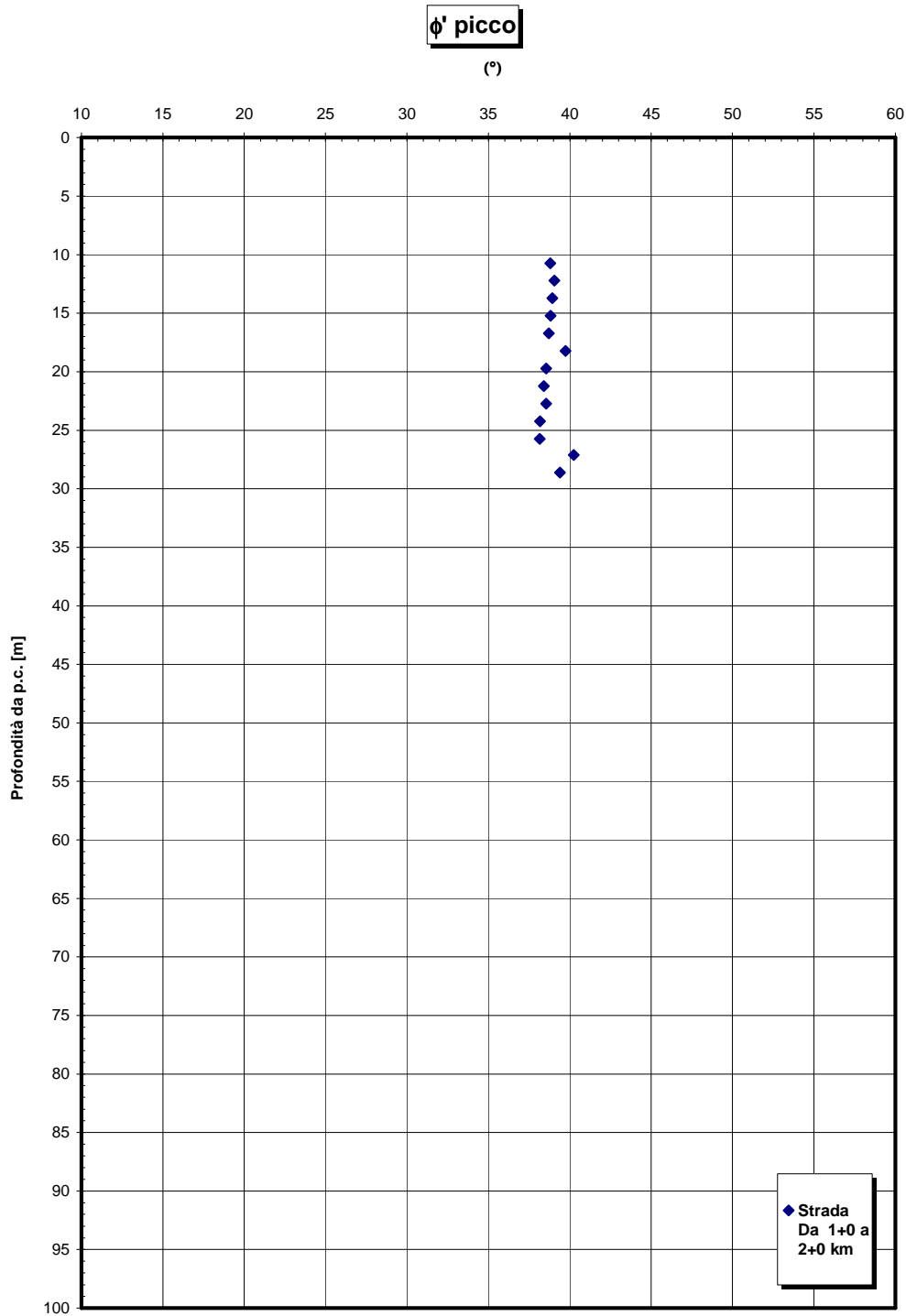


Figura 213

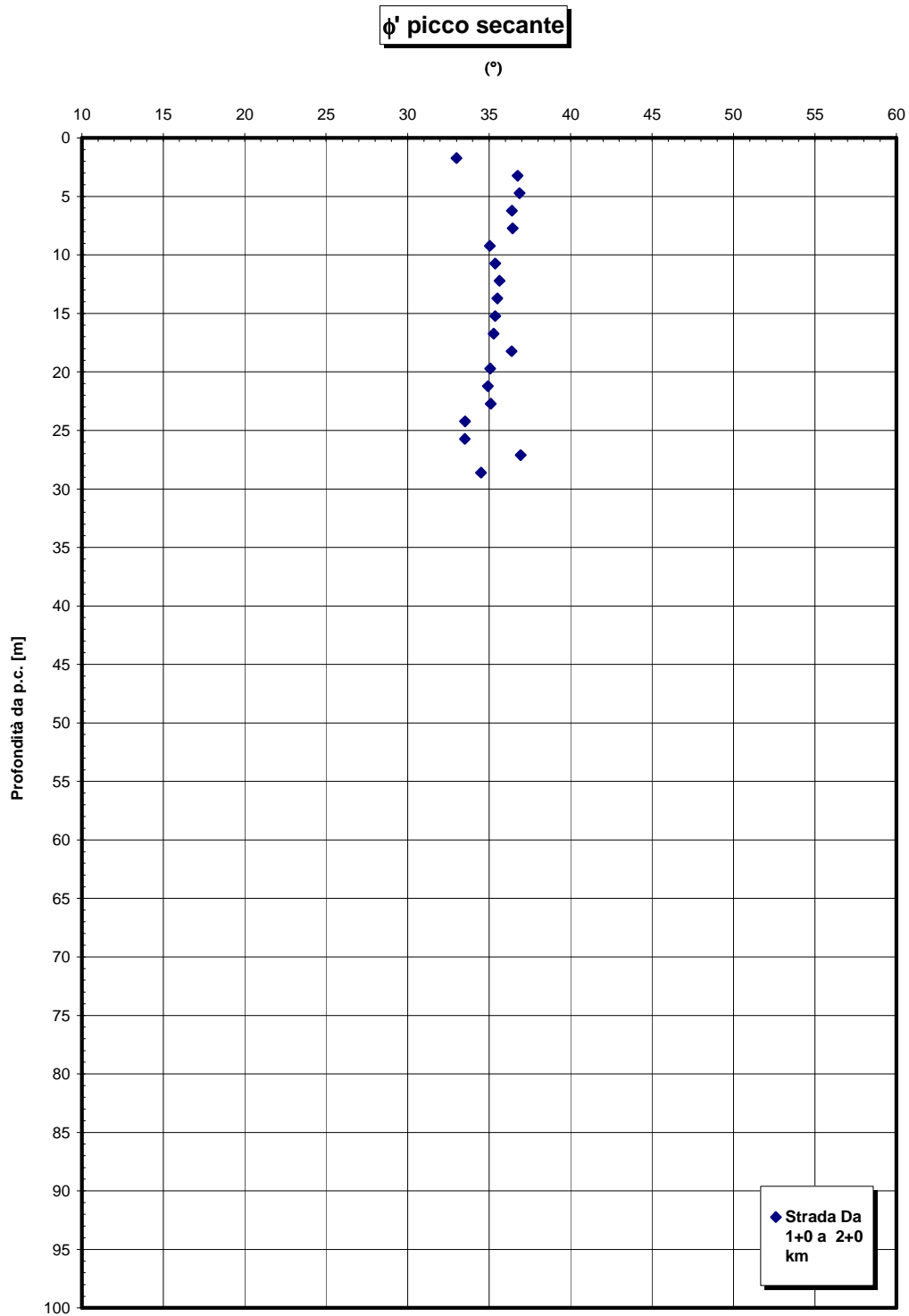


Figura 214

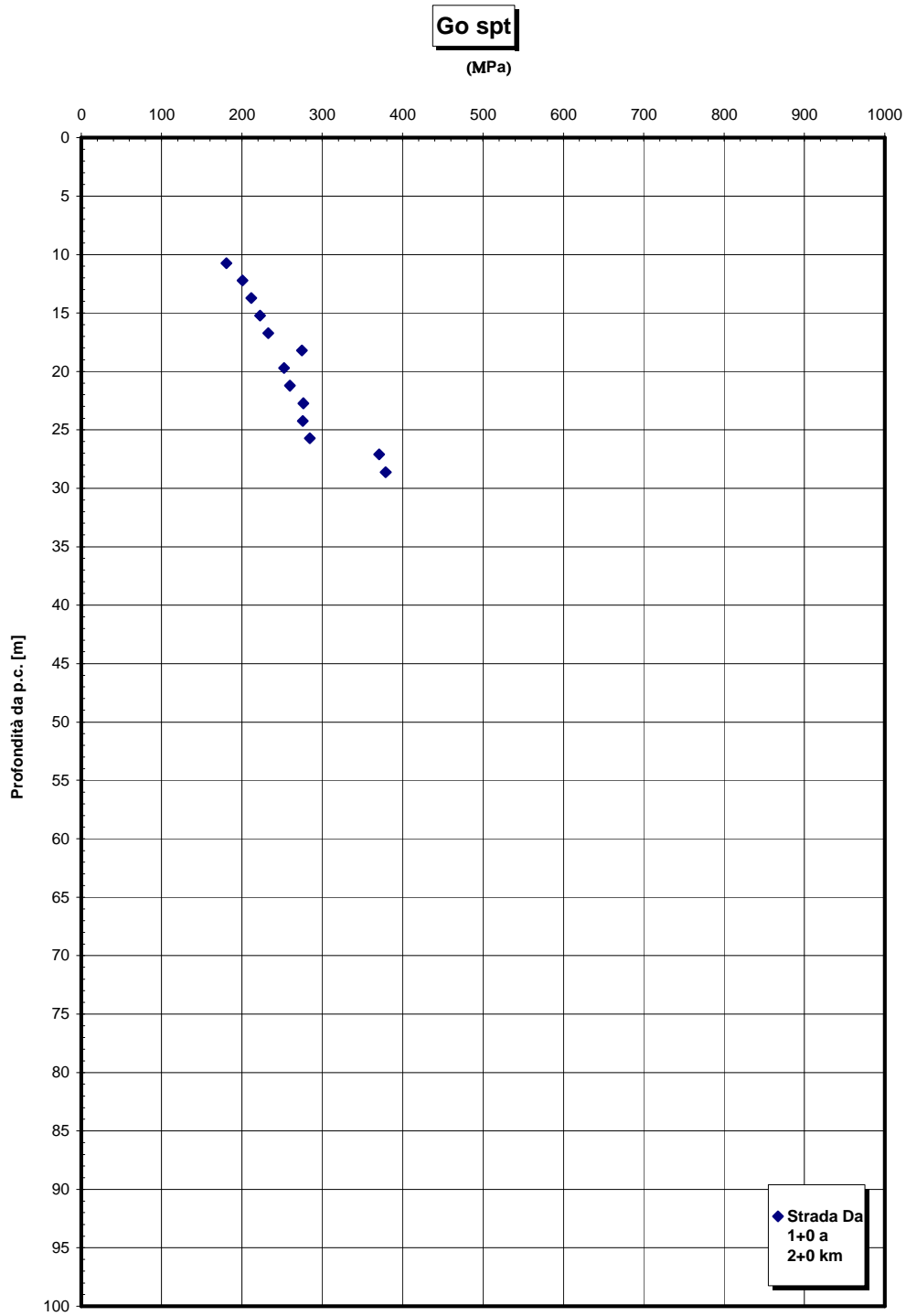


Figura 215

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

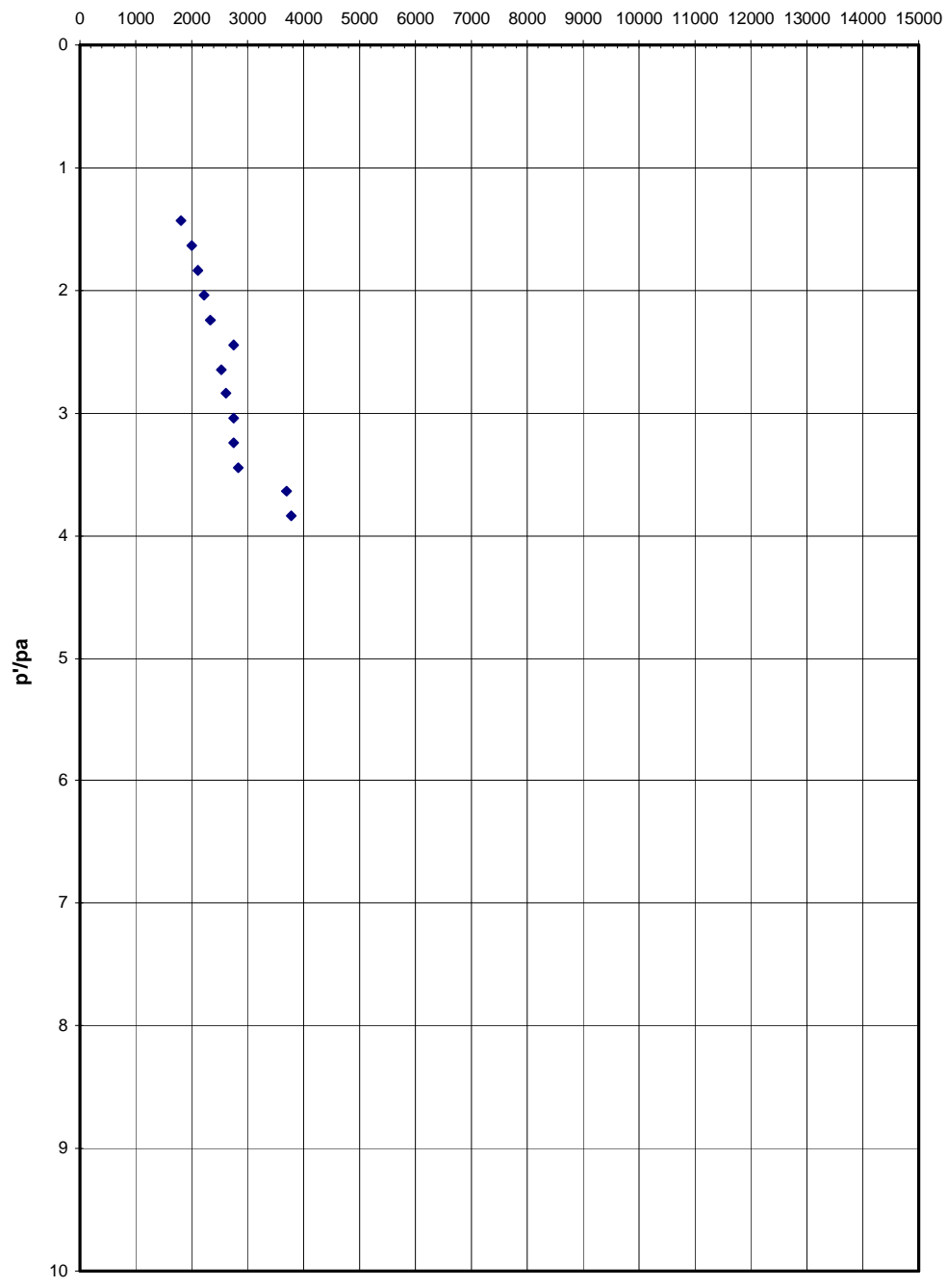


Figura 216

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

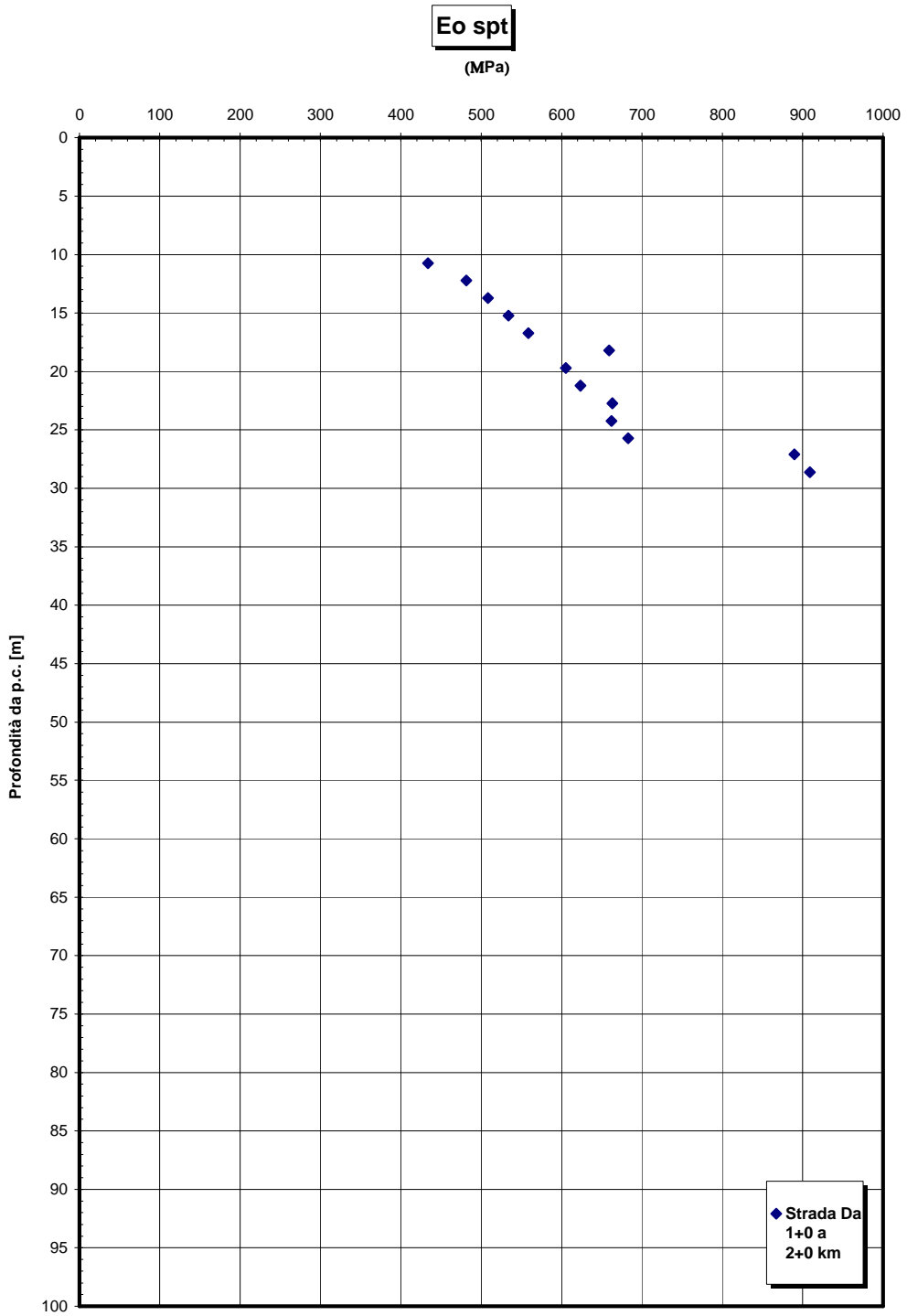


Figura 217

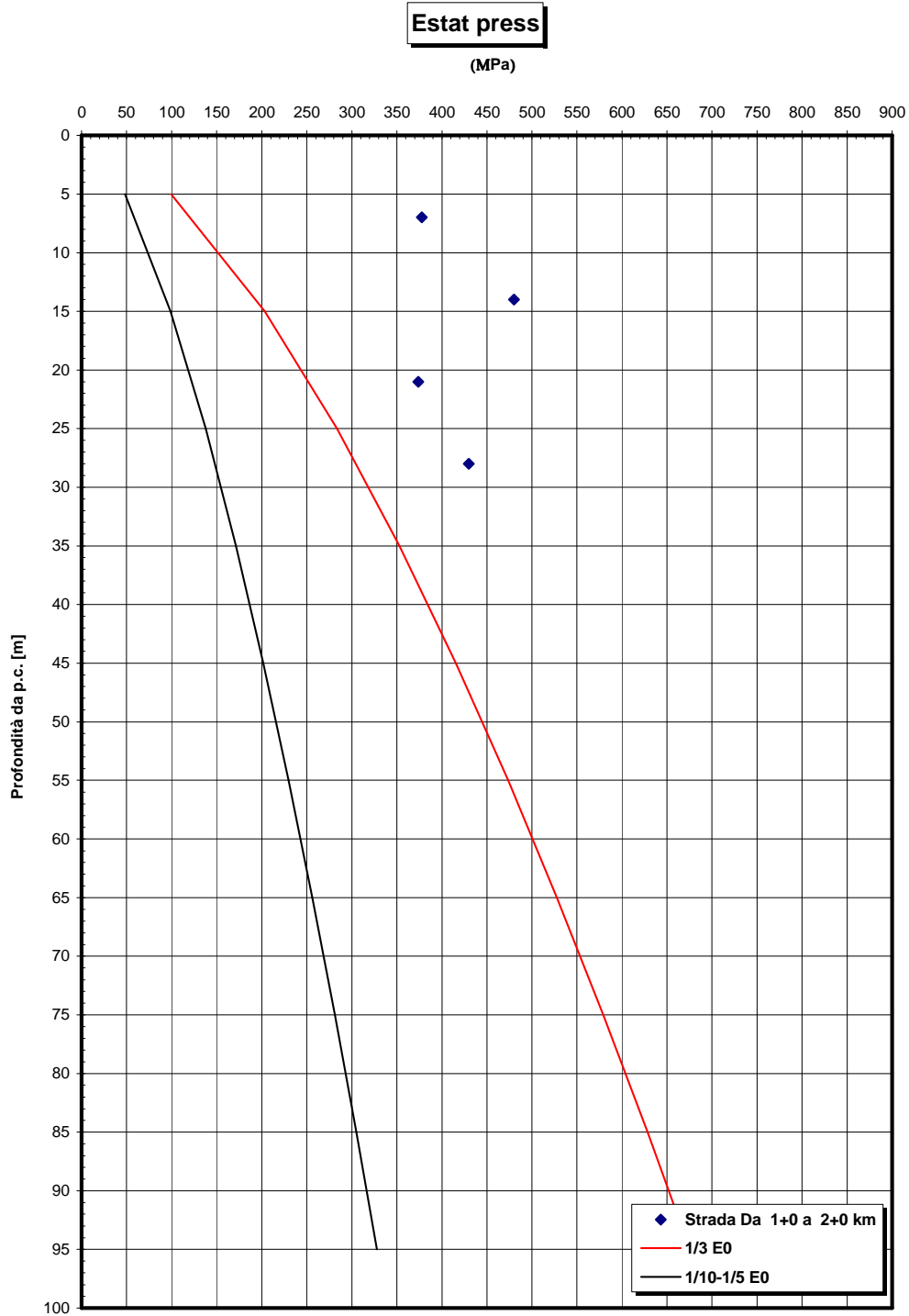


Figura 218

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

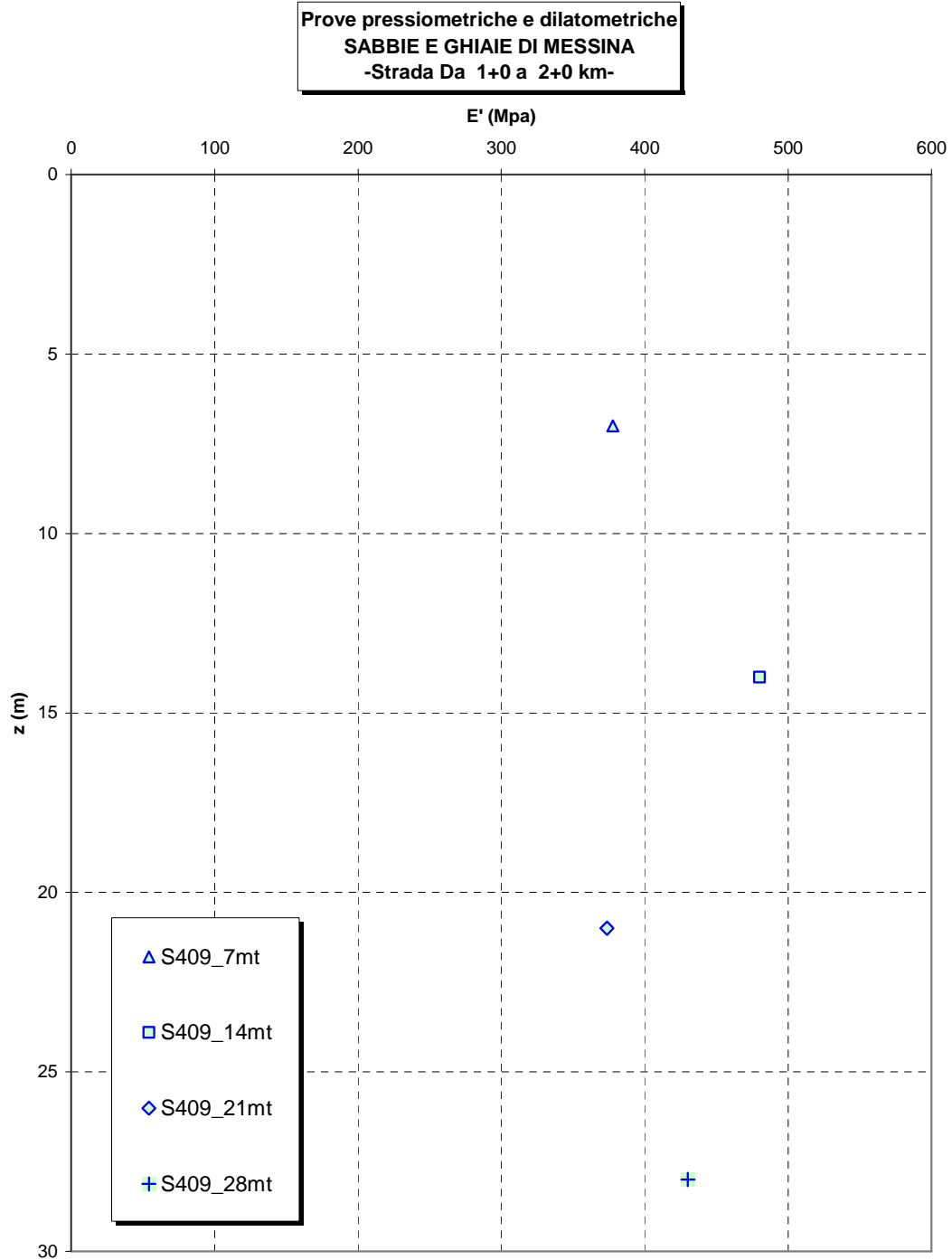


Figura 219

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

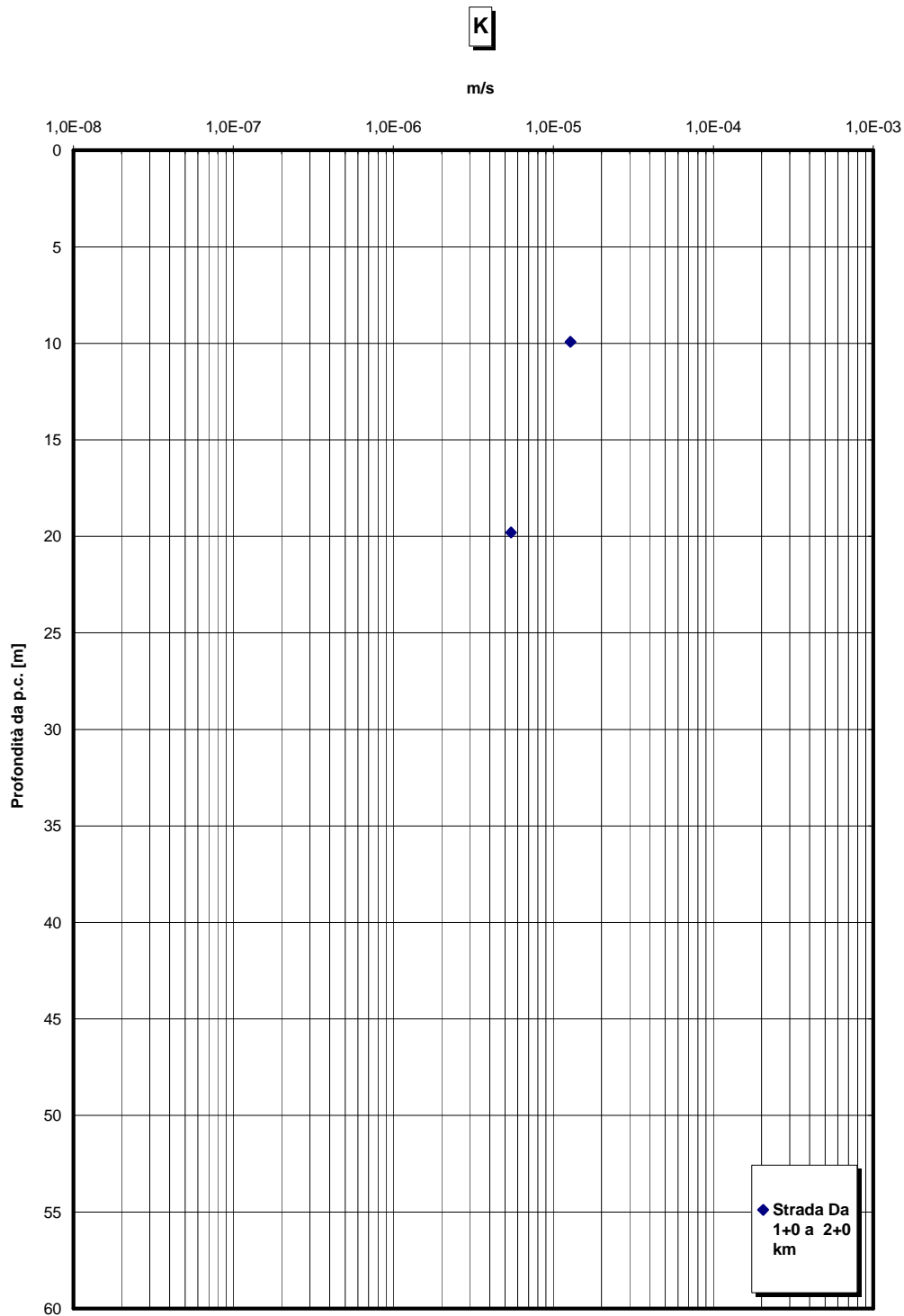


Figura 220

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.6 Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN Faro Superiore

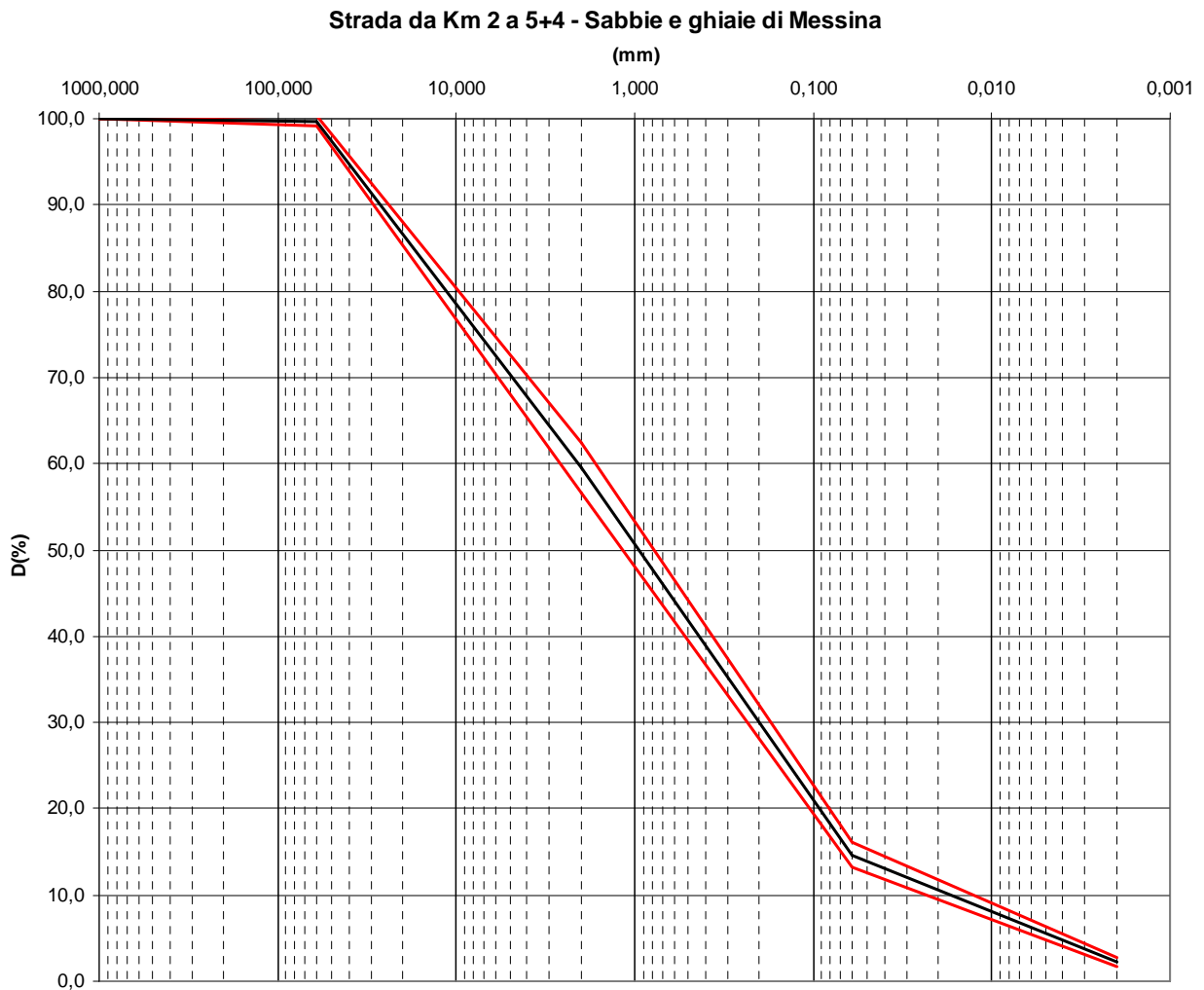


Figura 221

**Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 2 Km a 5+4 Km-
% Ghiaia**

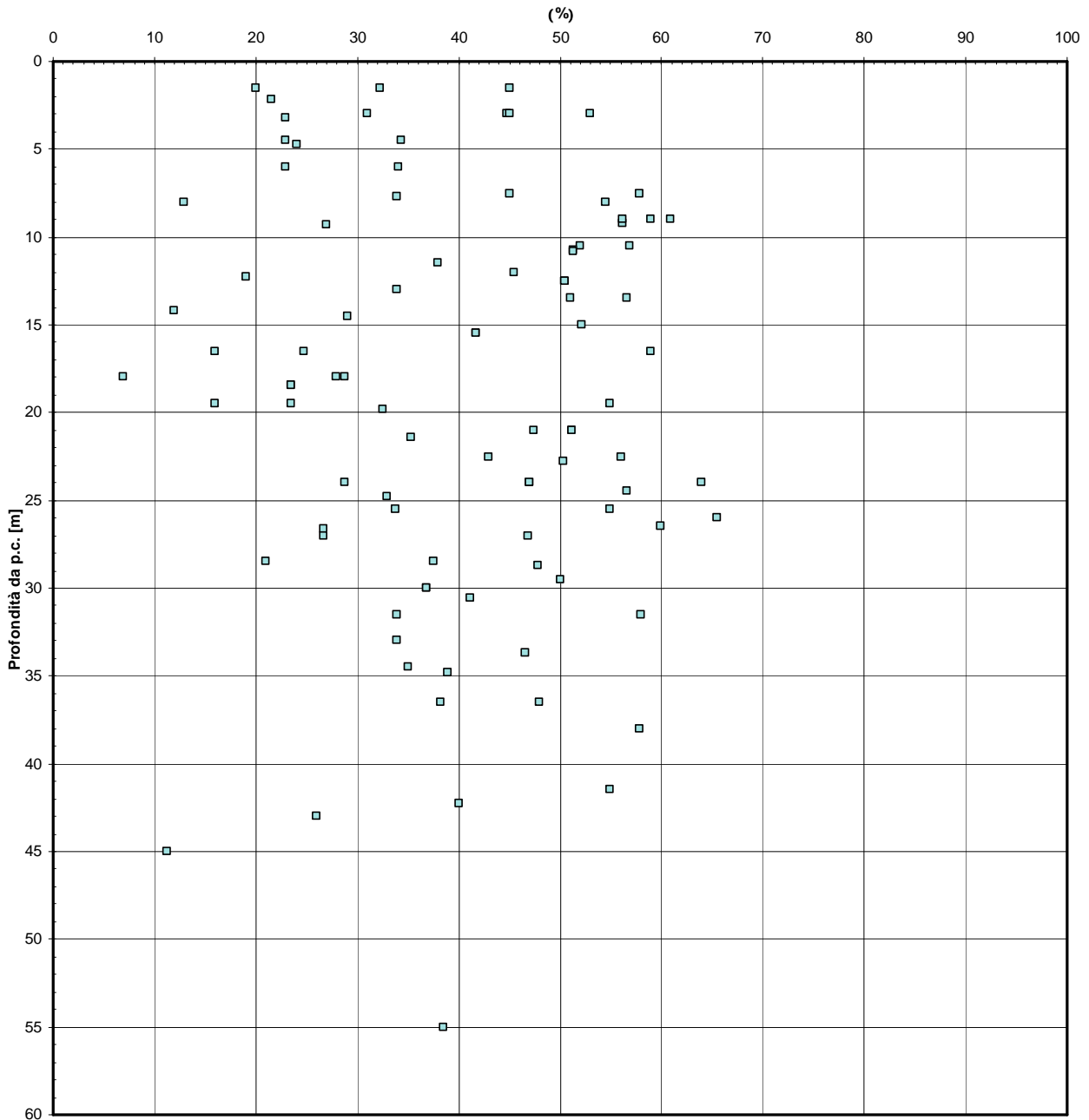


Figura 222

**Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 2 Km a 5+4 Km-
% Sabbia**

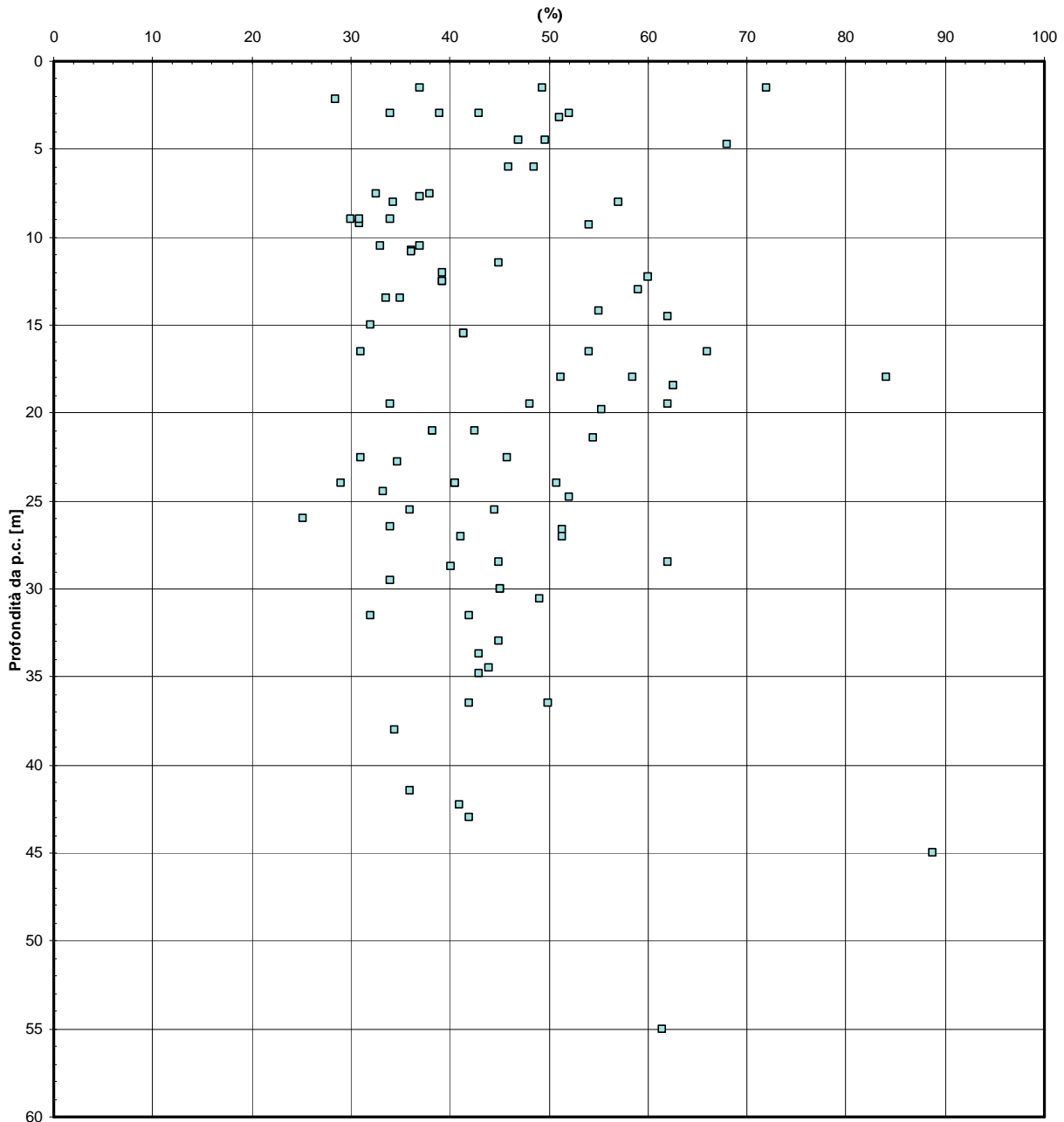


Figura 223

Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 2 Km a 5+4 Km - d50(mm)

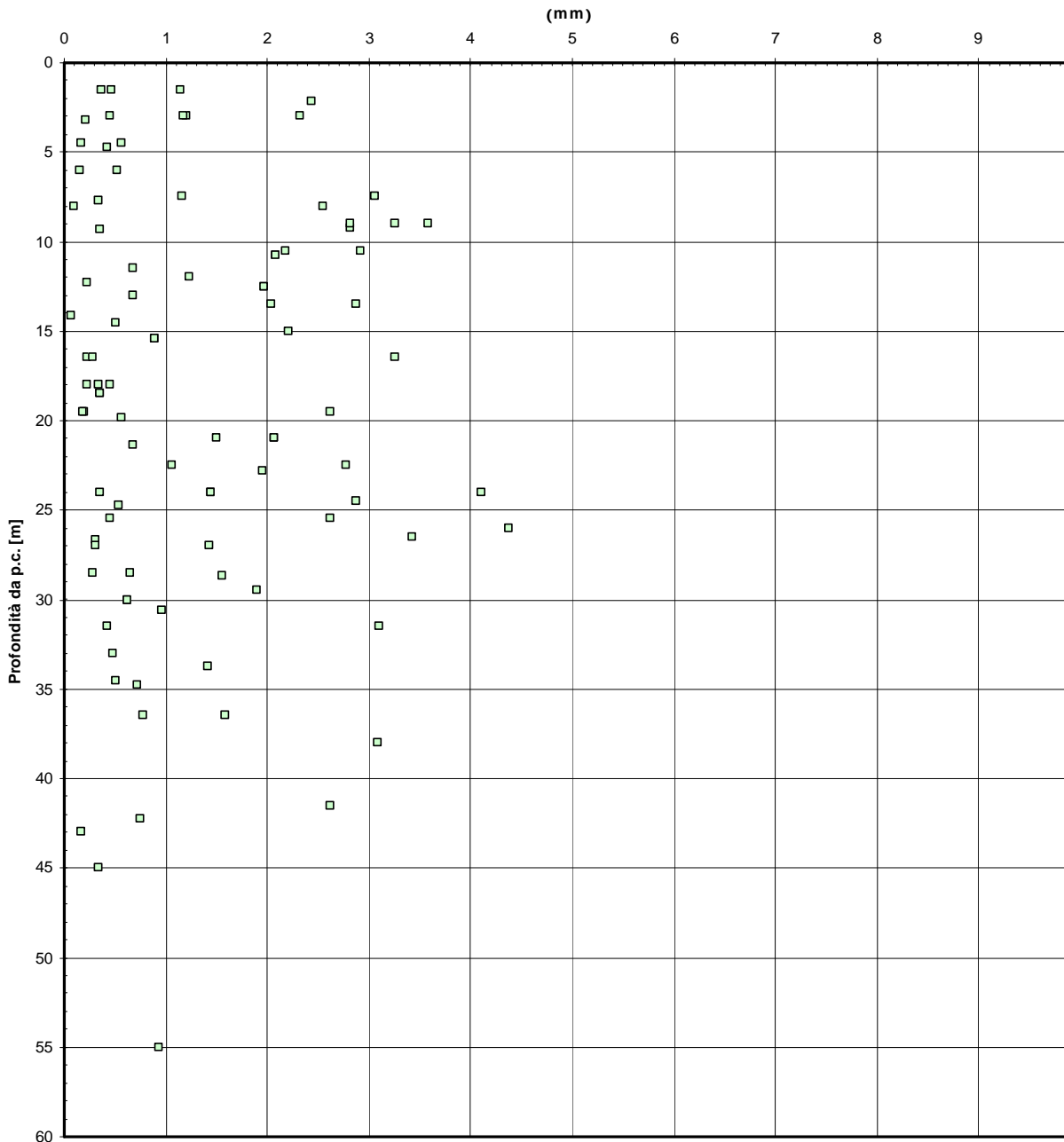


Figura 224

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

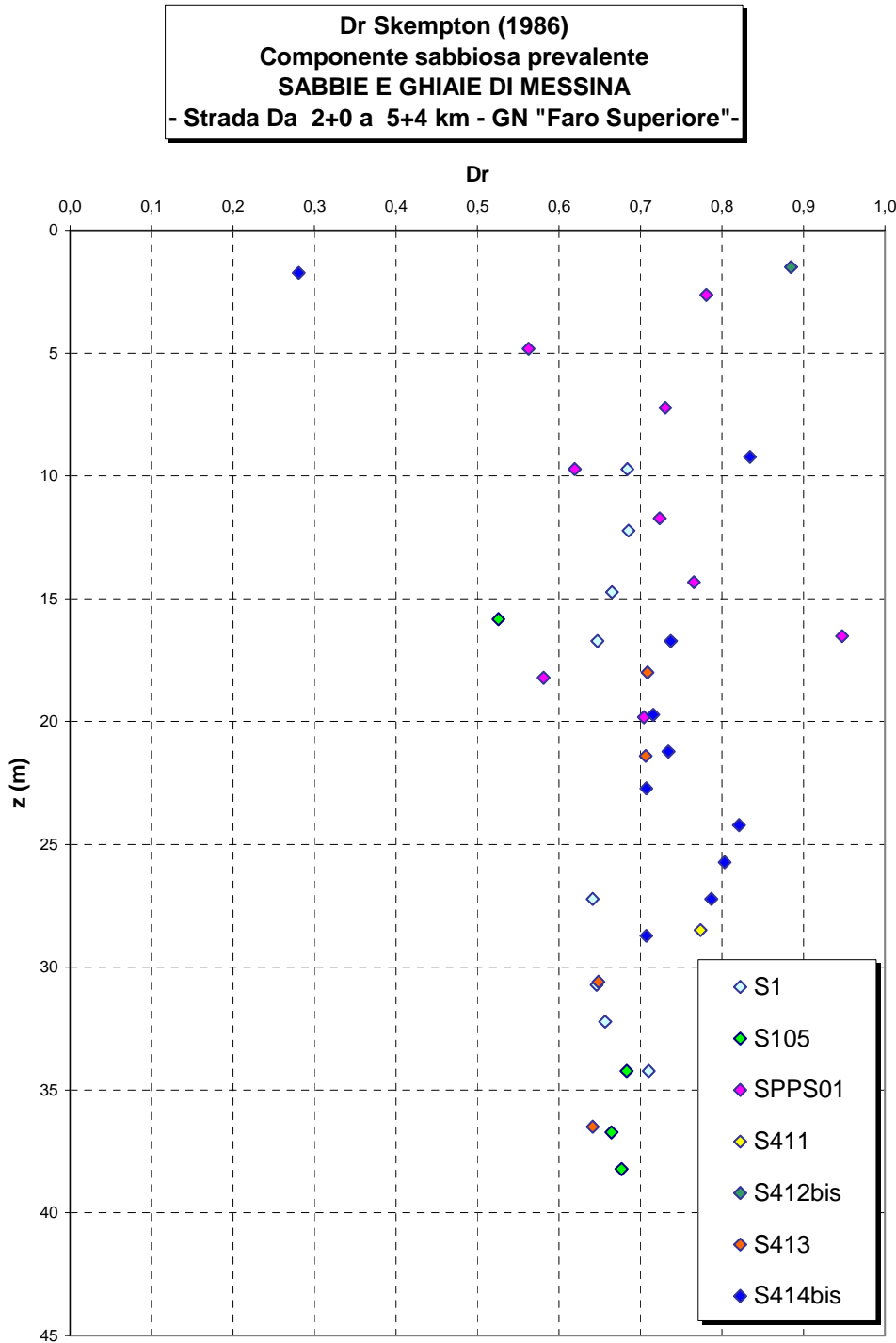


Figura 225

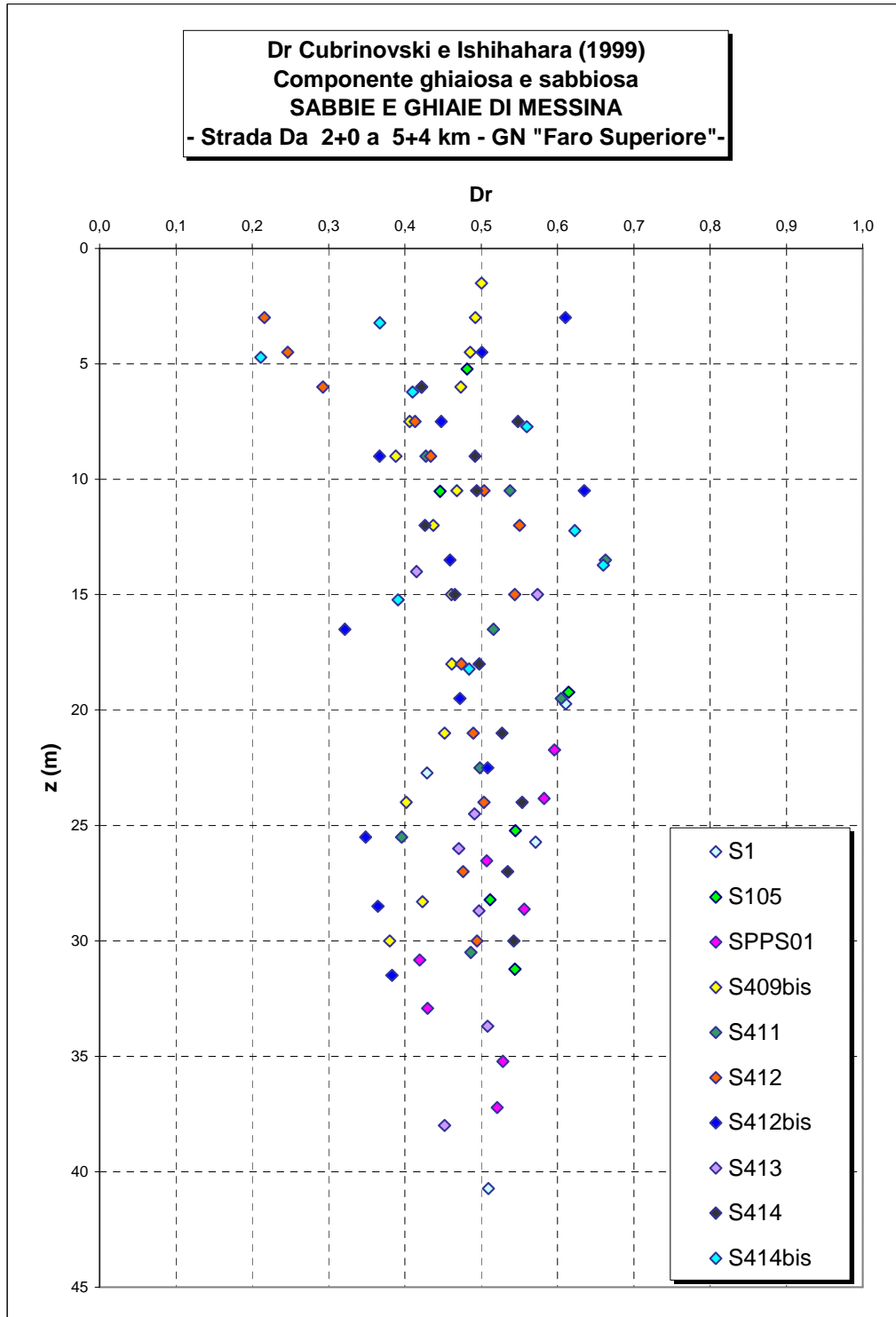


Figura 226

eo

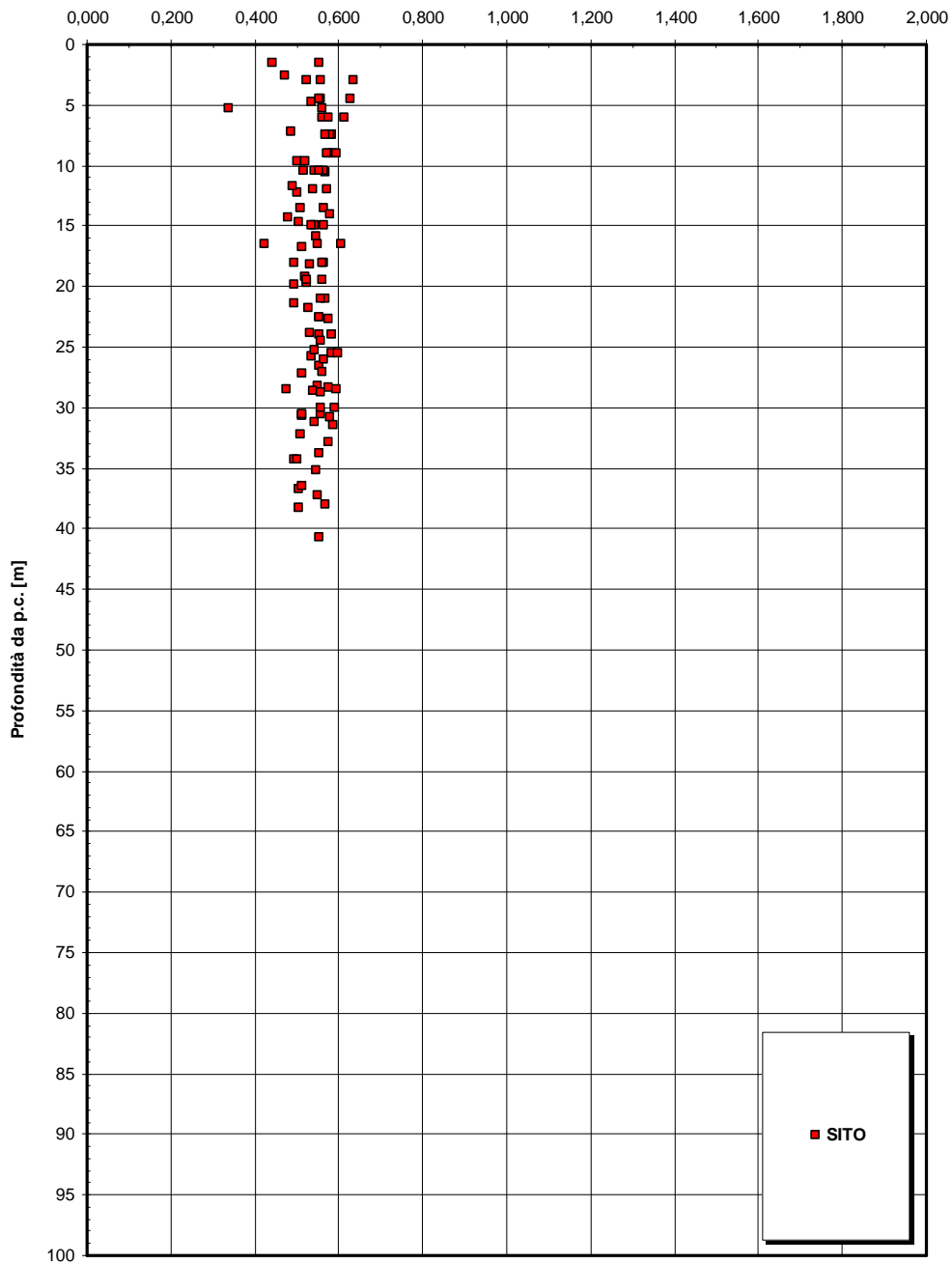


Figura 227

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

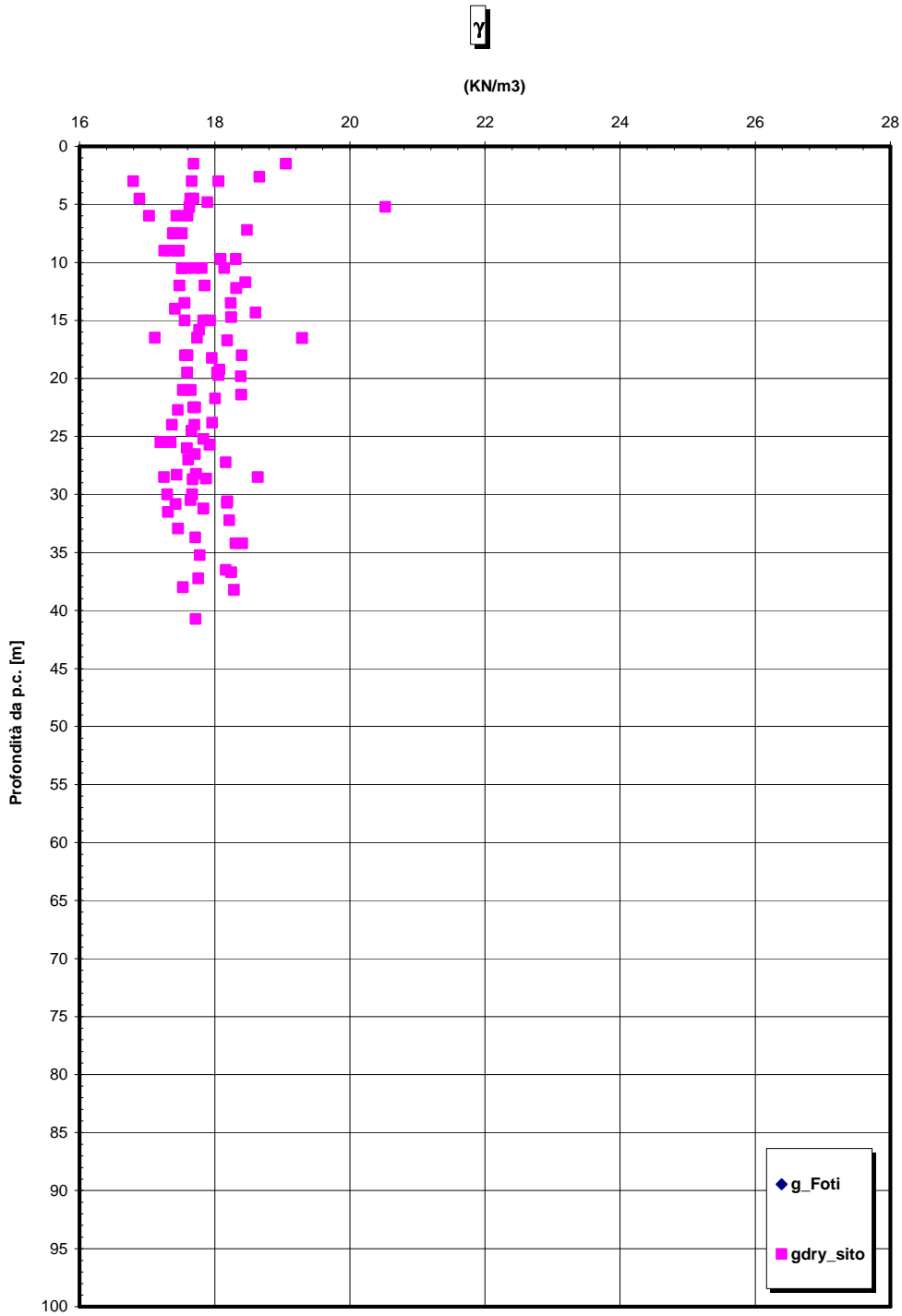


Figura 228

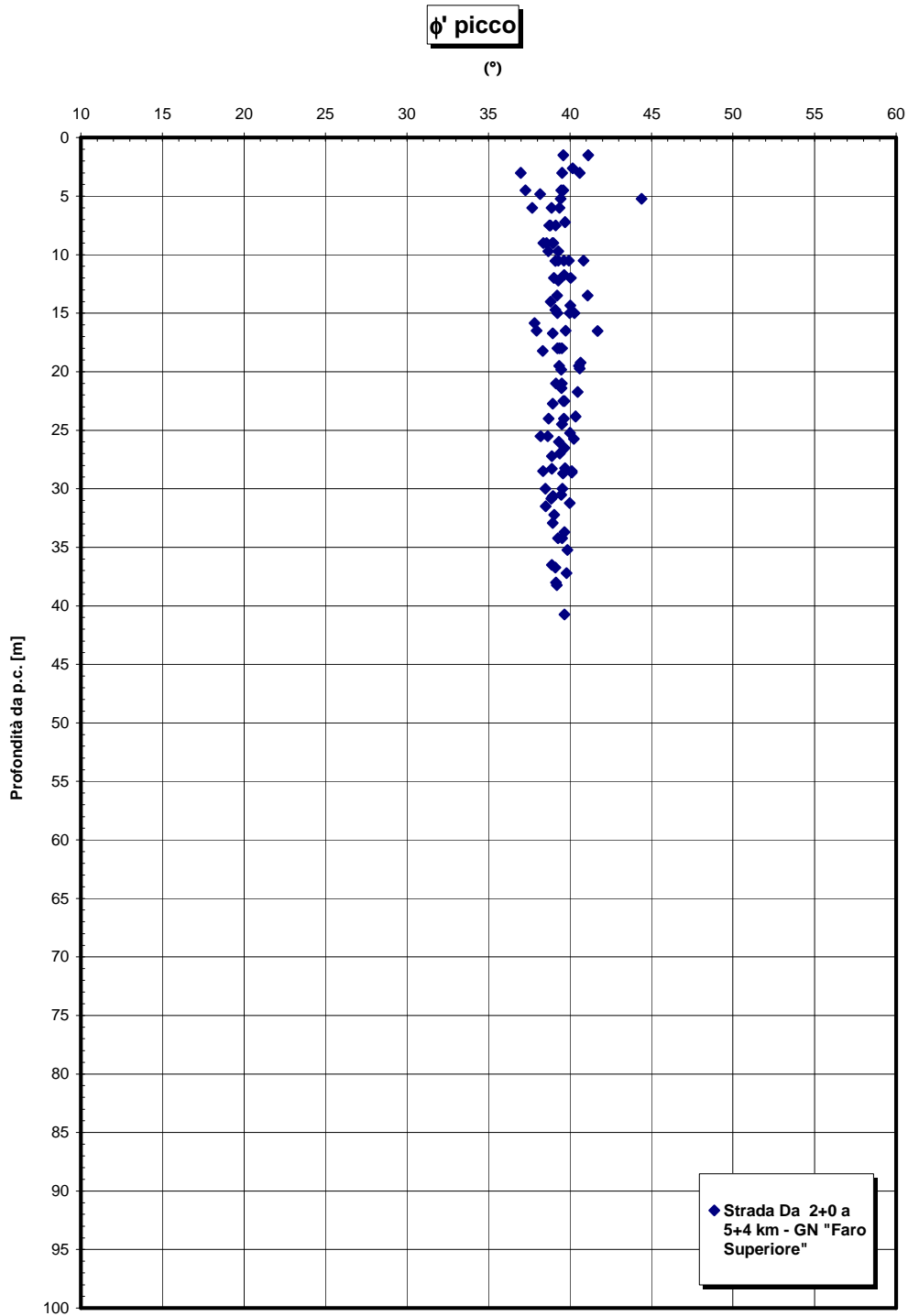


Figura 229

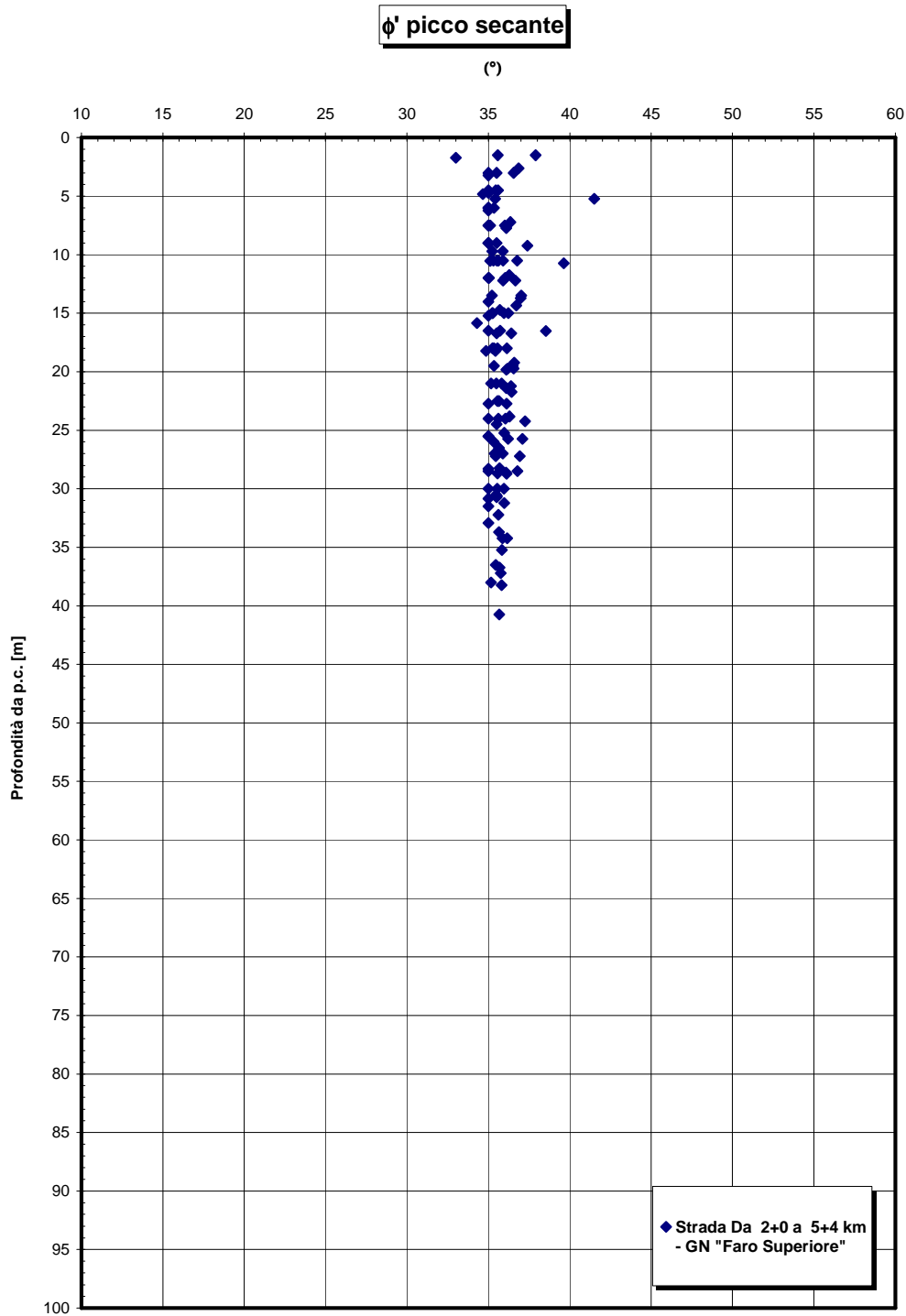


Figura 230

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Sabbie e Ghiaie di Messina - confronto Vs -
stradale tratta da 2- 5+4 Km**

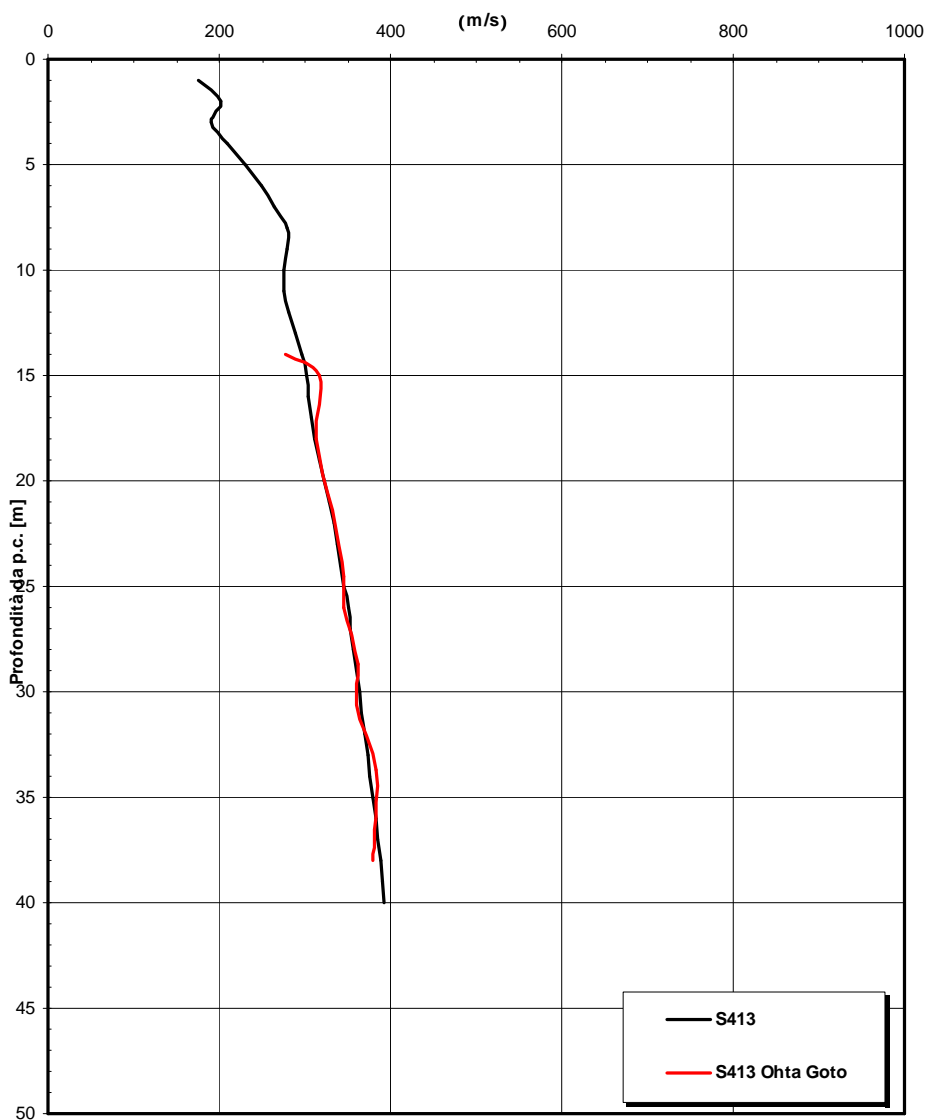


Figura 231

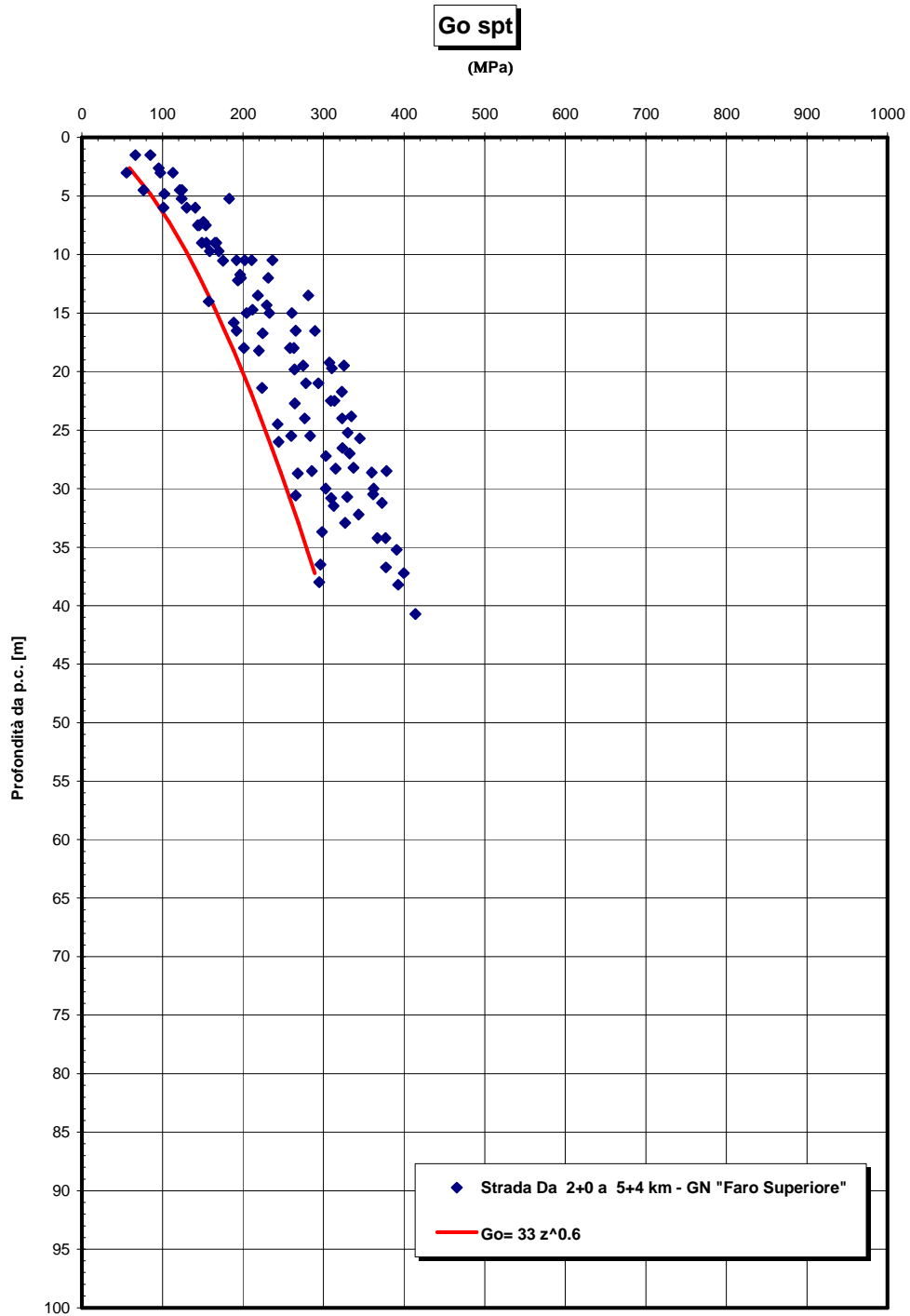


Figura 232

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

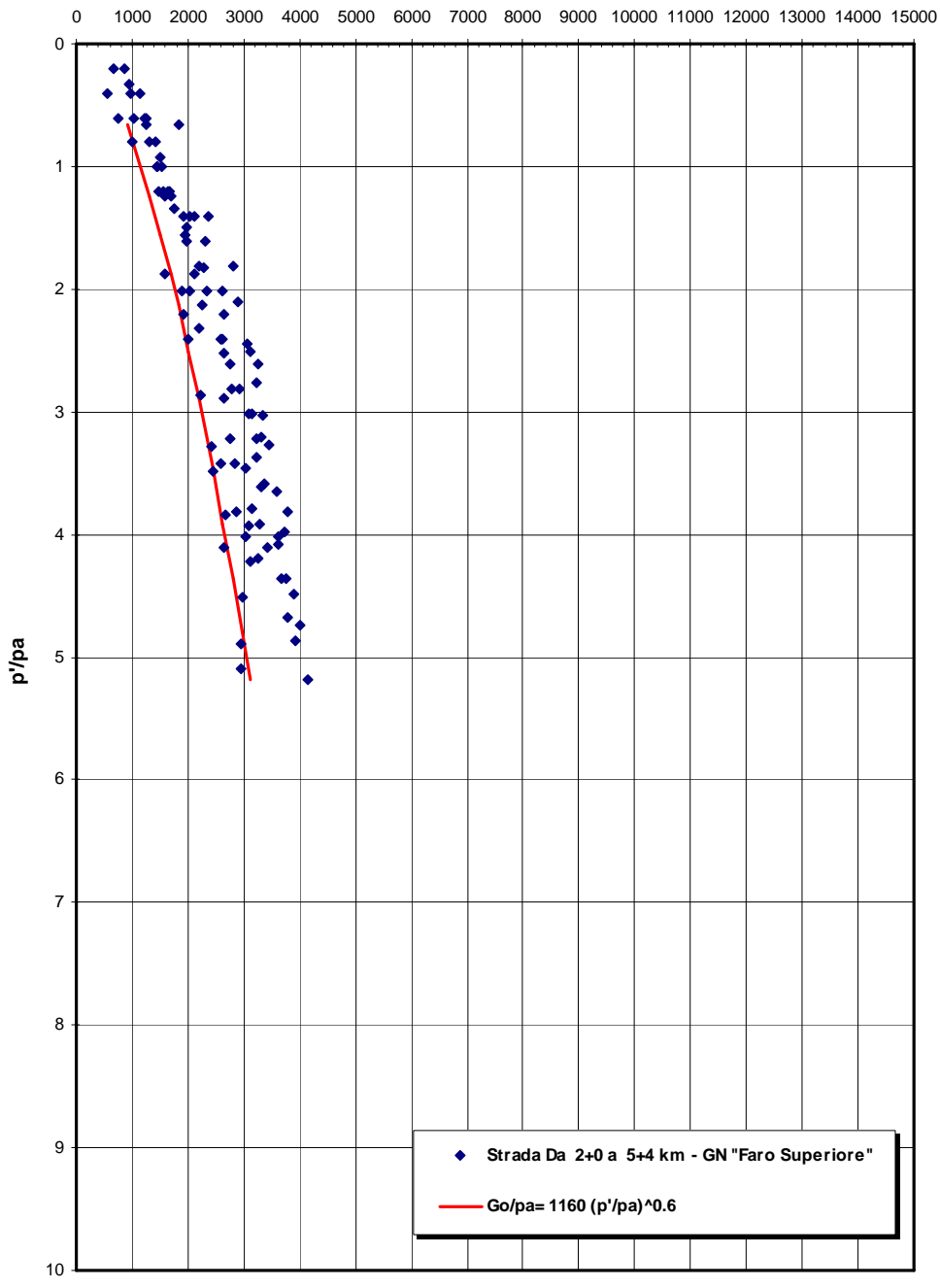


Figura 233

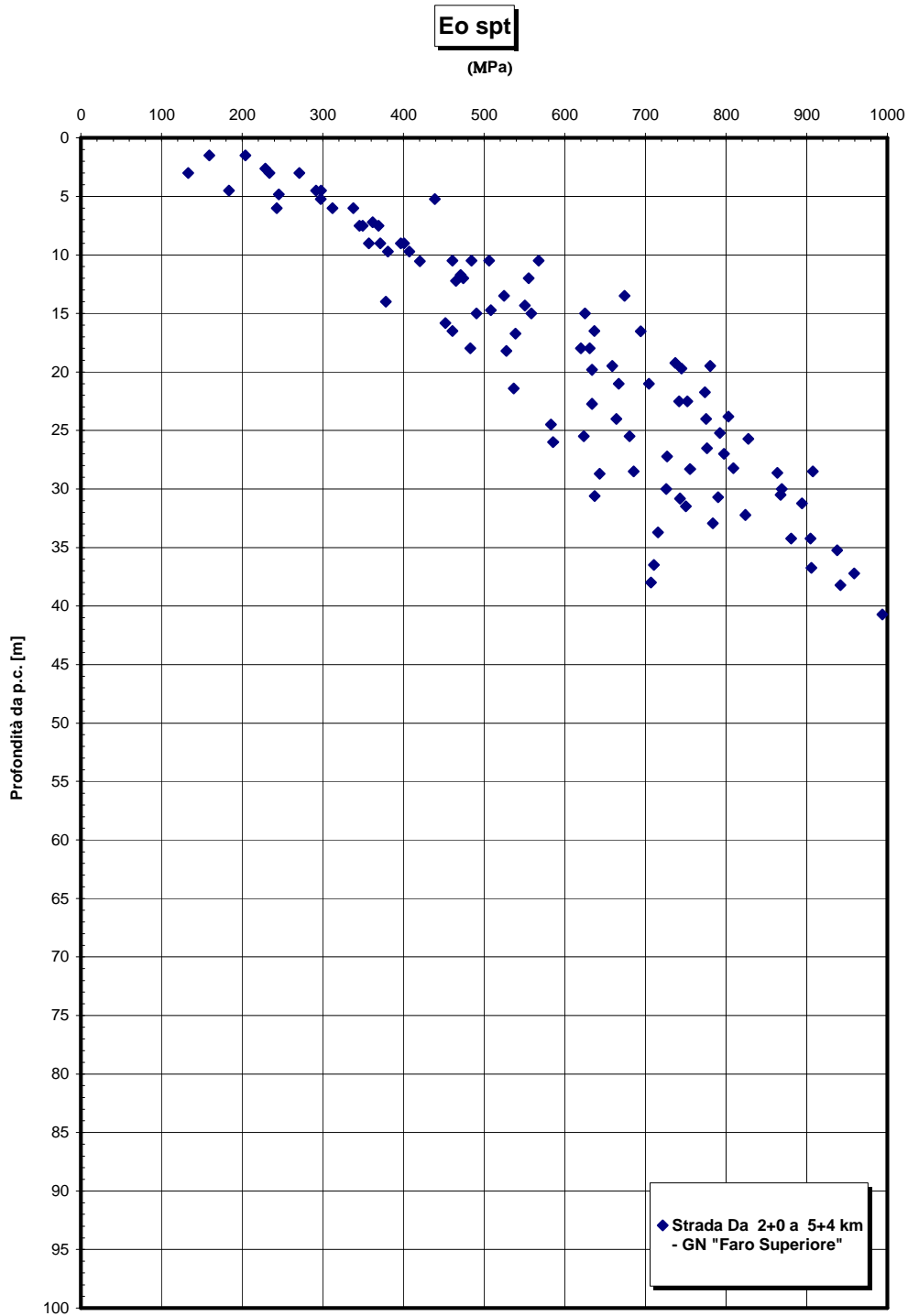


Figura 234

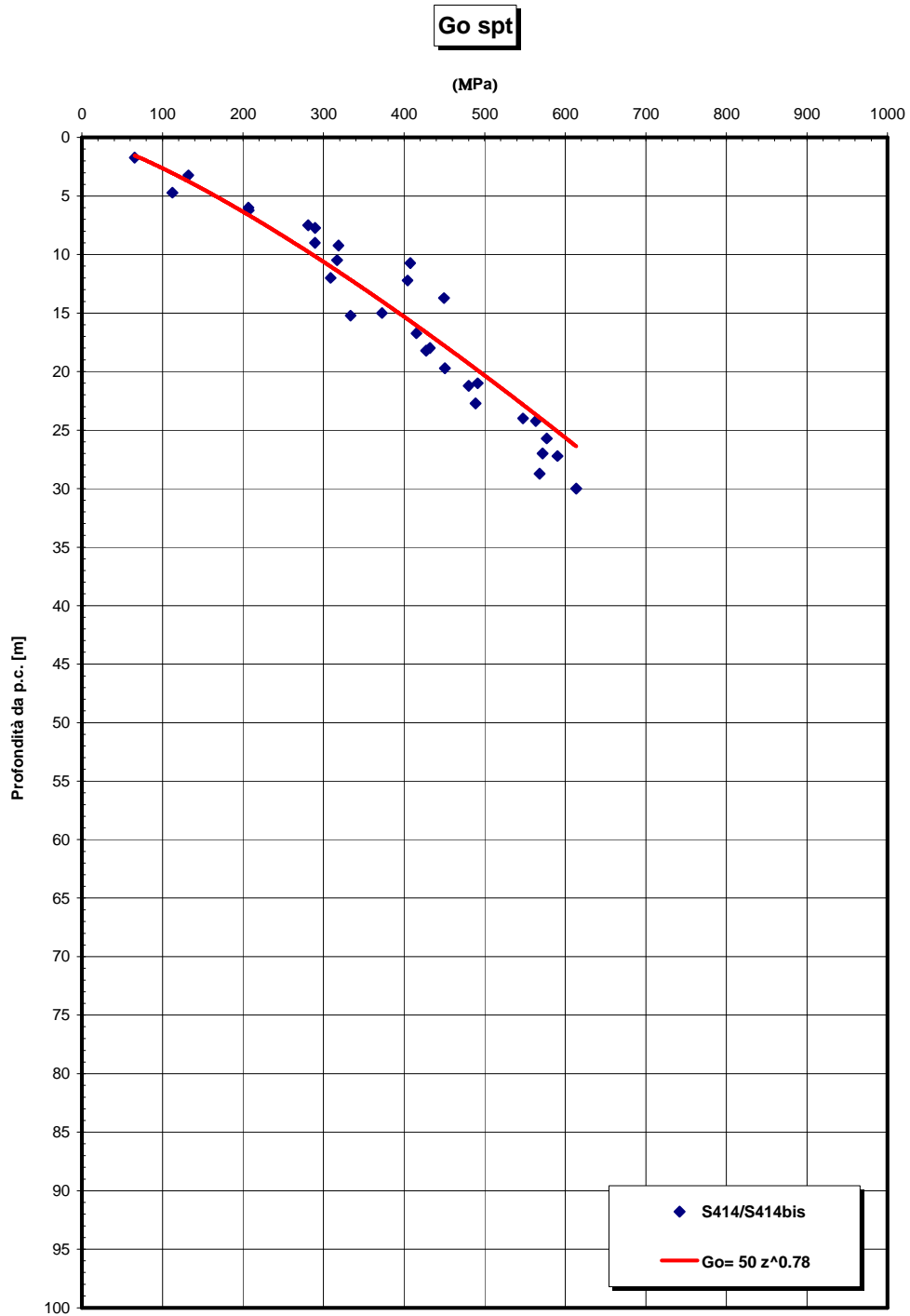


Figura 235

Go/pa

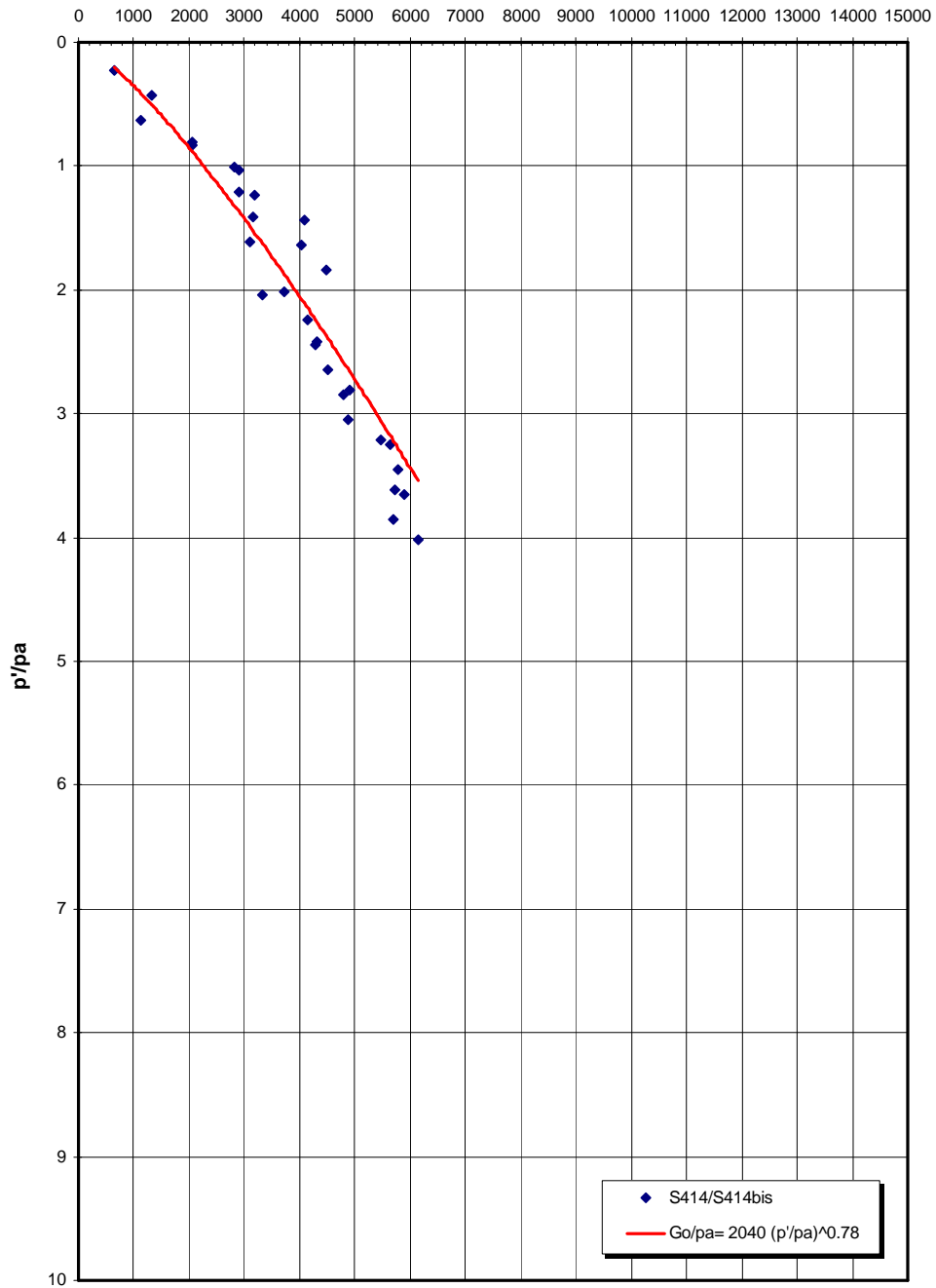


Figura 236

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

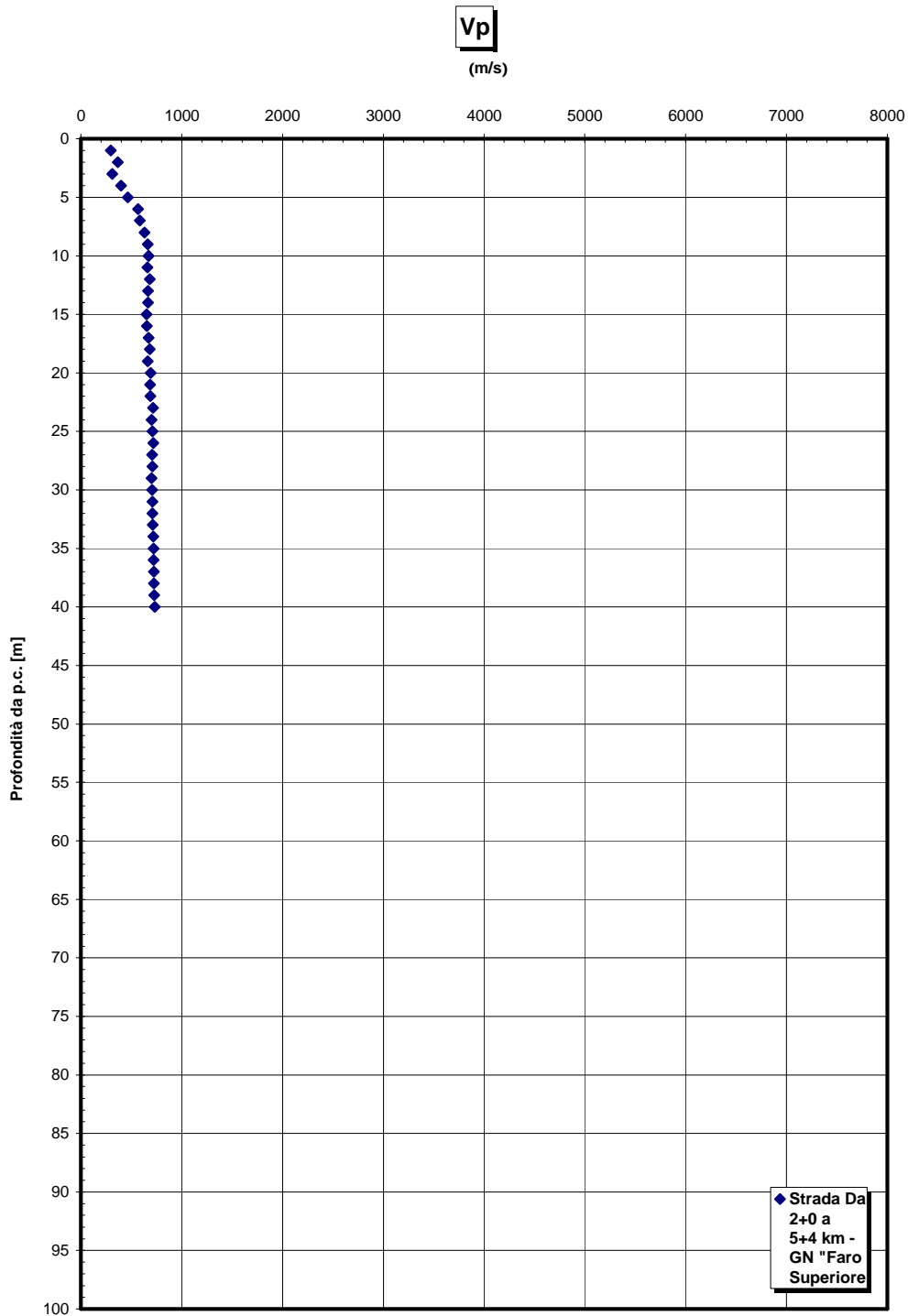


Figura 237

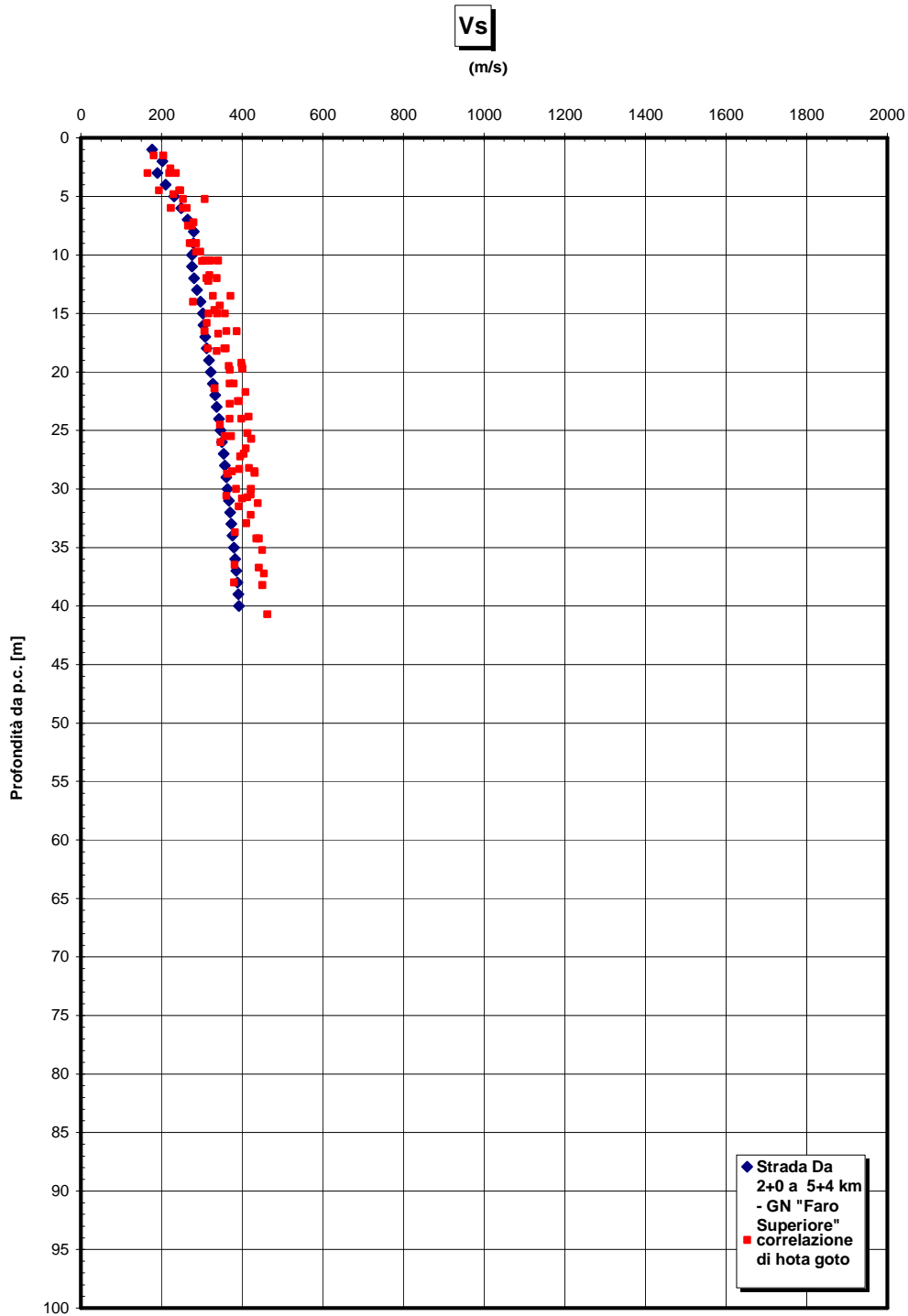


Figura 238

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Prove sismiche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
-Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"-

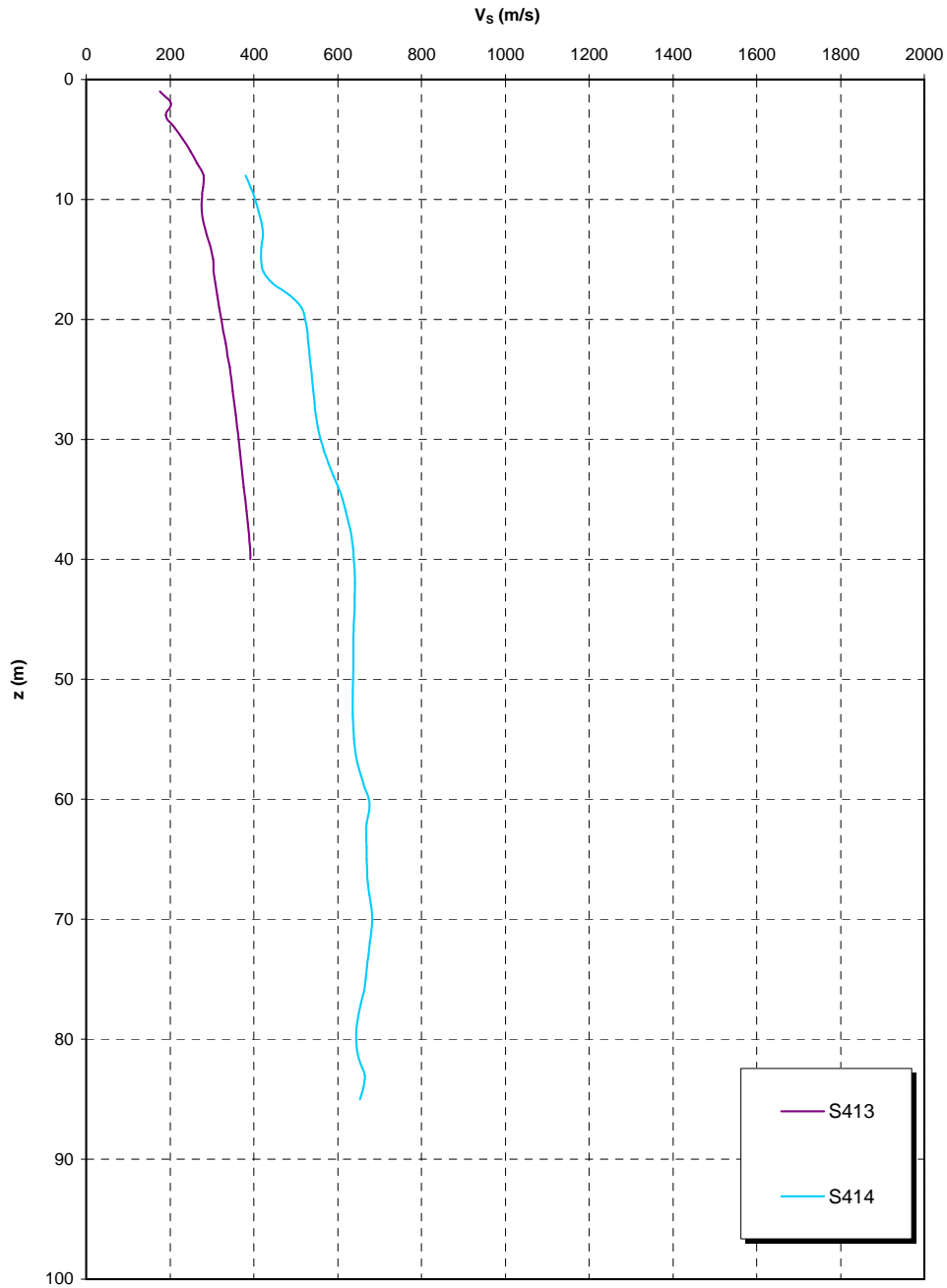


Figura 239

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Prove sismiche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
 -Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"-

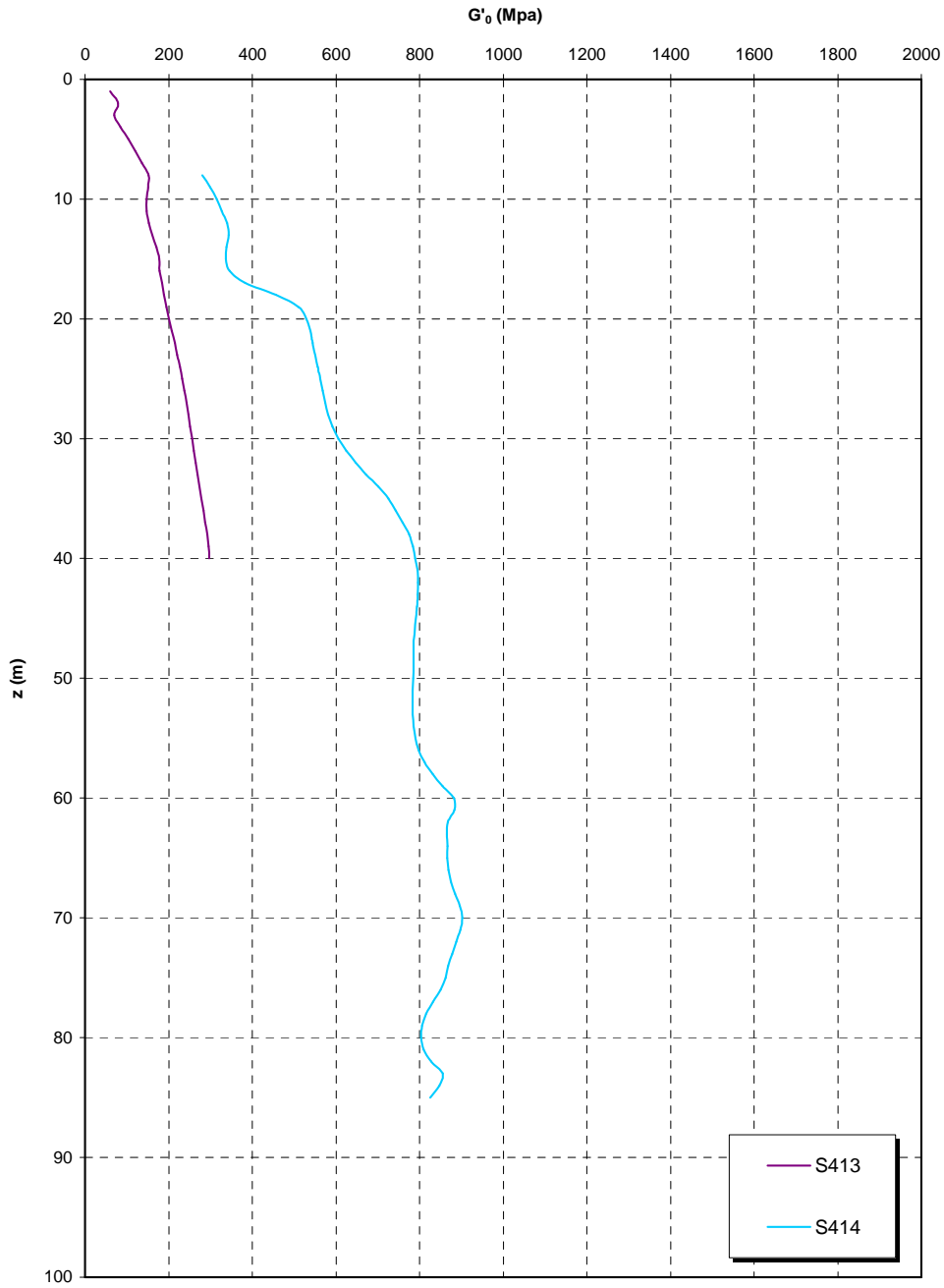


Figura 240

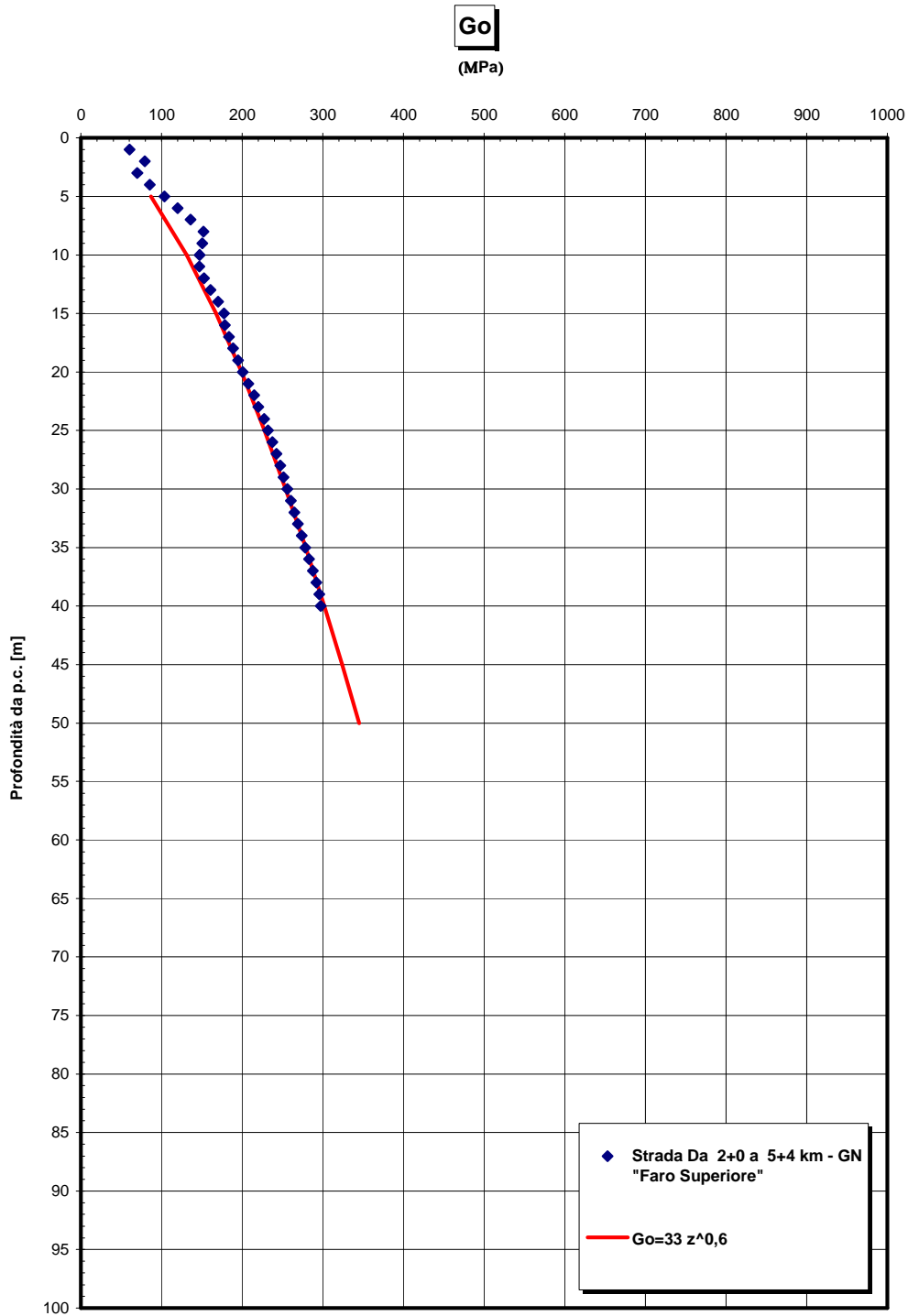


Figura 241 – Go da vs misurate in foro S413

Go/pa

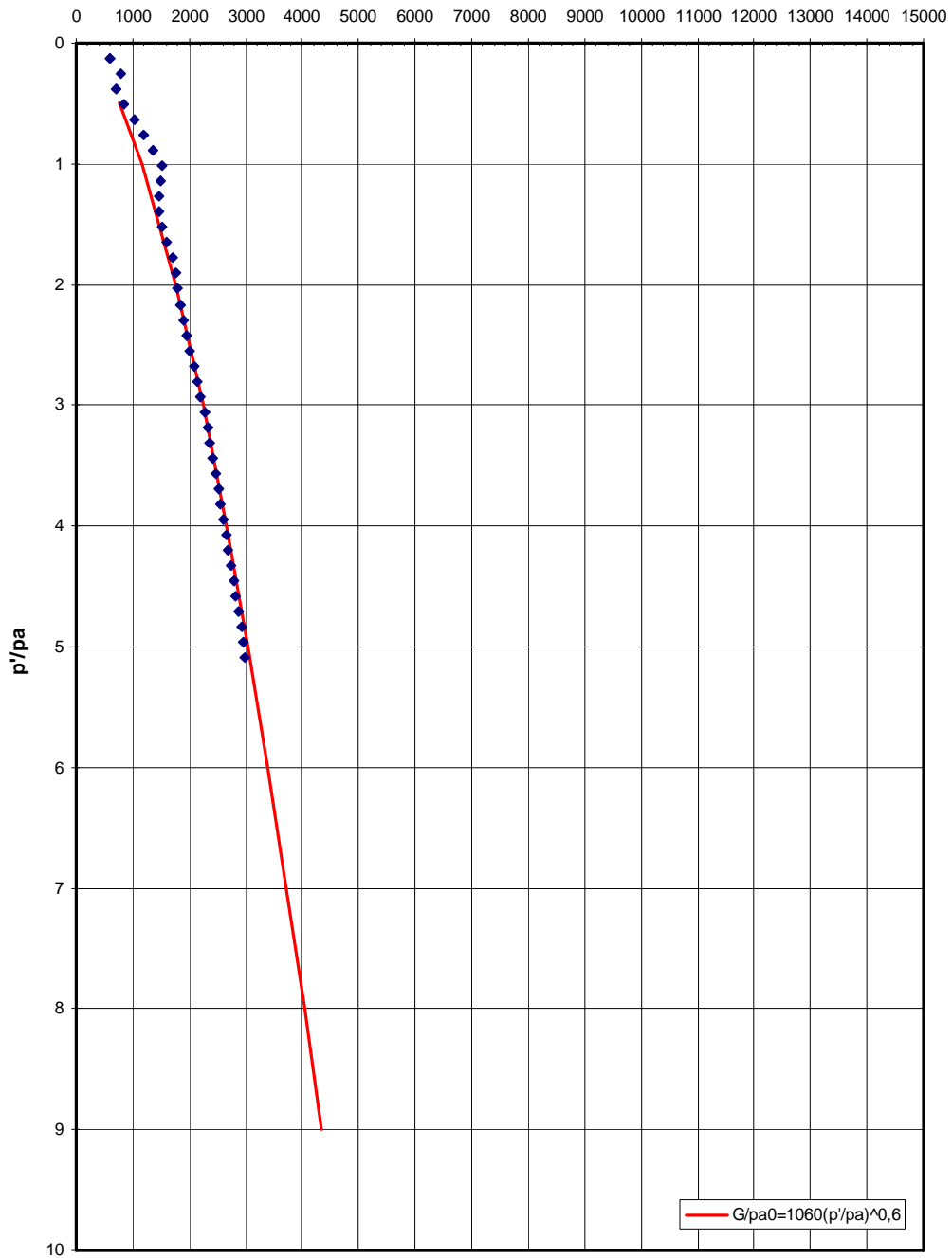


Figura 242 – S413

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

**Sabbie e Ghiaie di Messina - confronto Vs -
stradale tratta da 2- 5+4 Km**

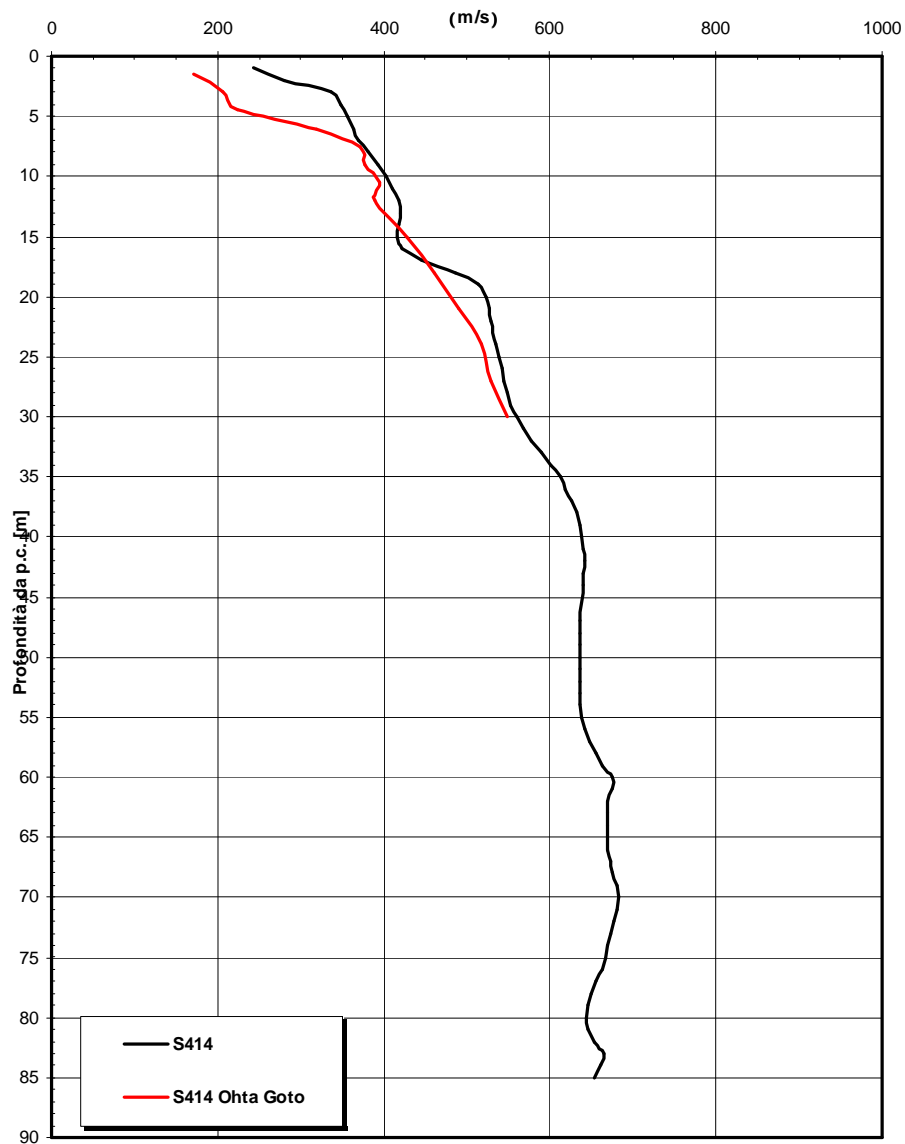


Figura 243 – parte finale della tratta

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

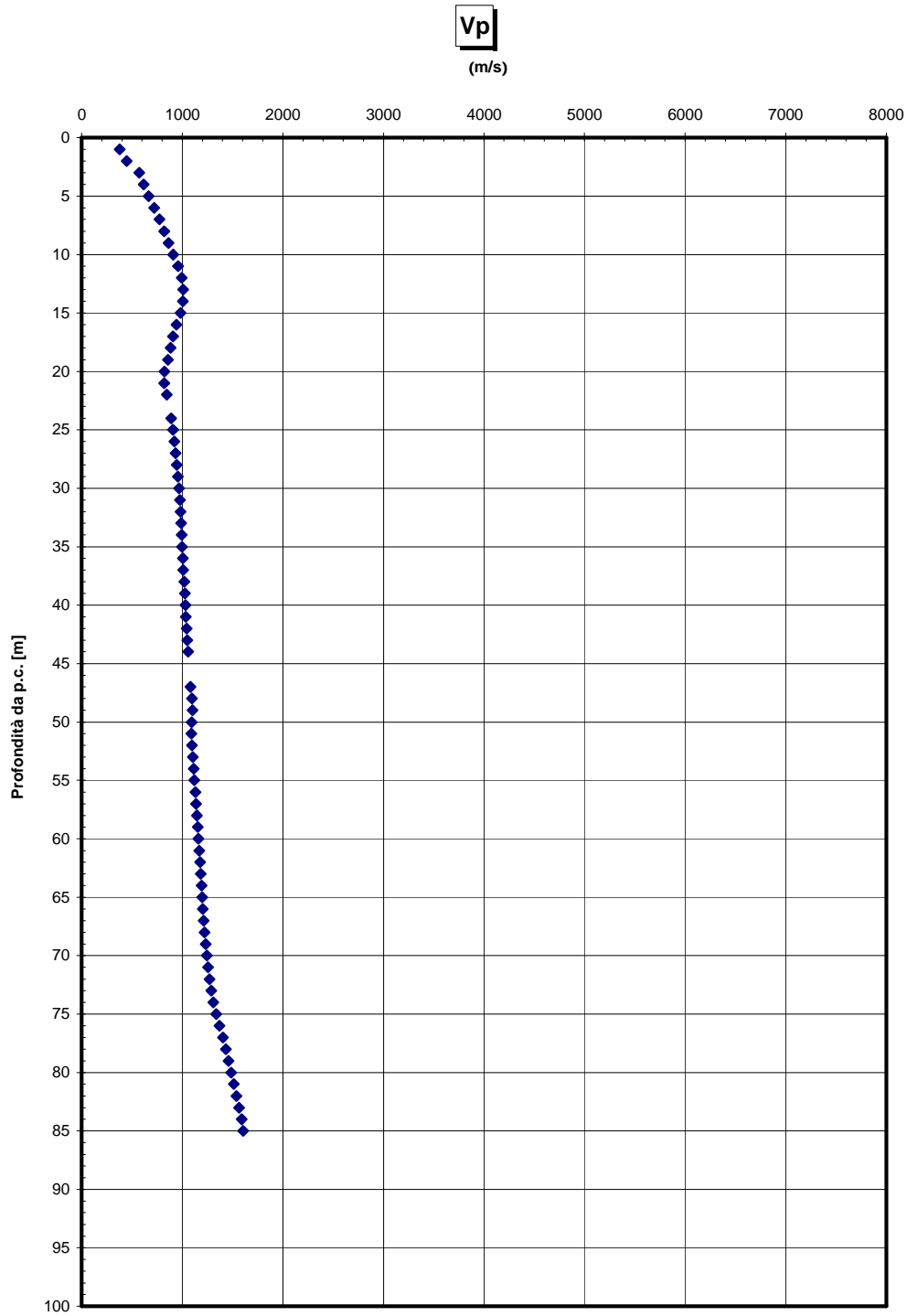


Figura 244 – parte finale della tratta – S414

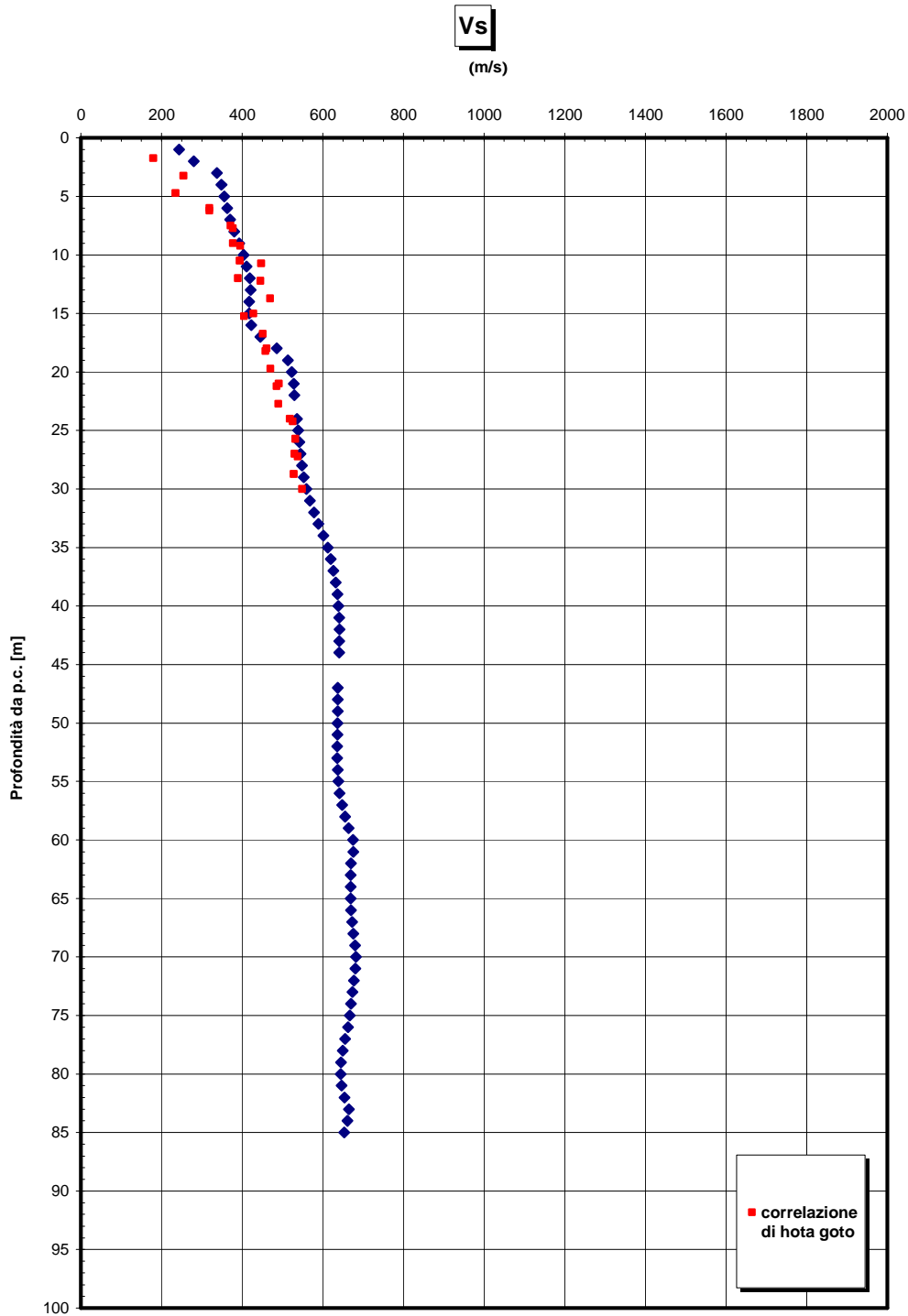


Figura 245 – parte finale della tratta – S414

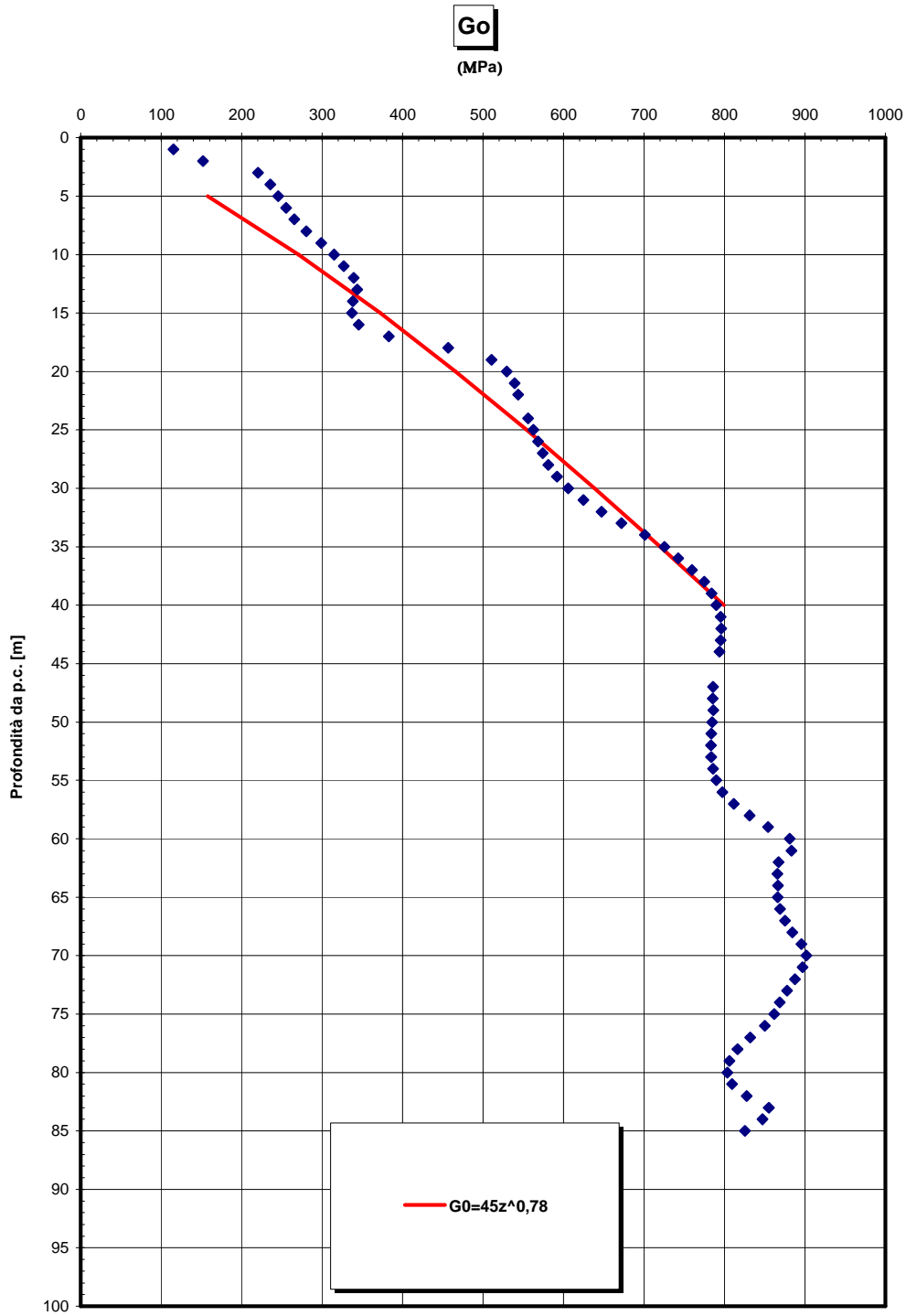


Figura 246 – parte finale della tratta -- Go da vs misurate in foro S414

Go/pa

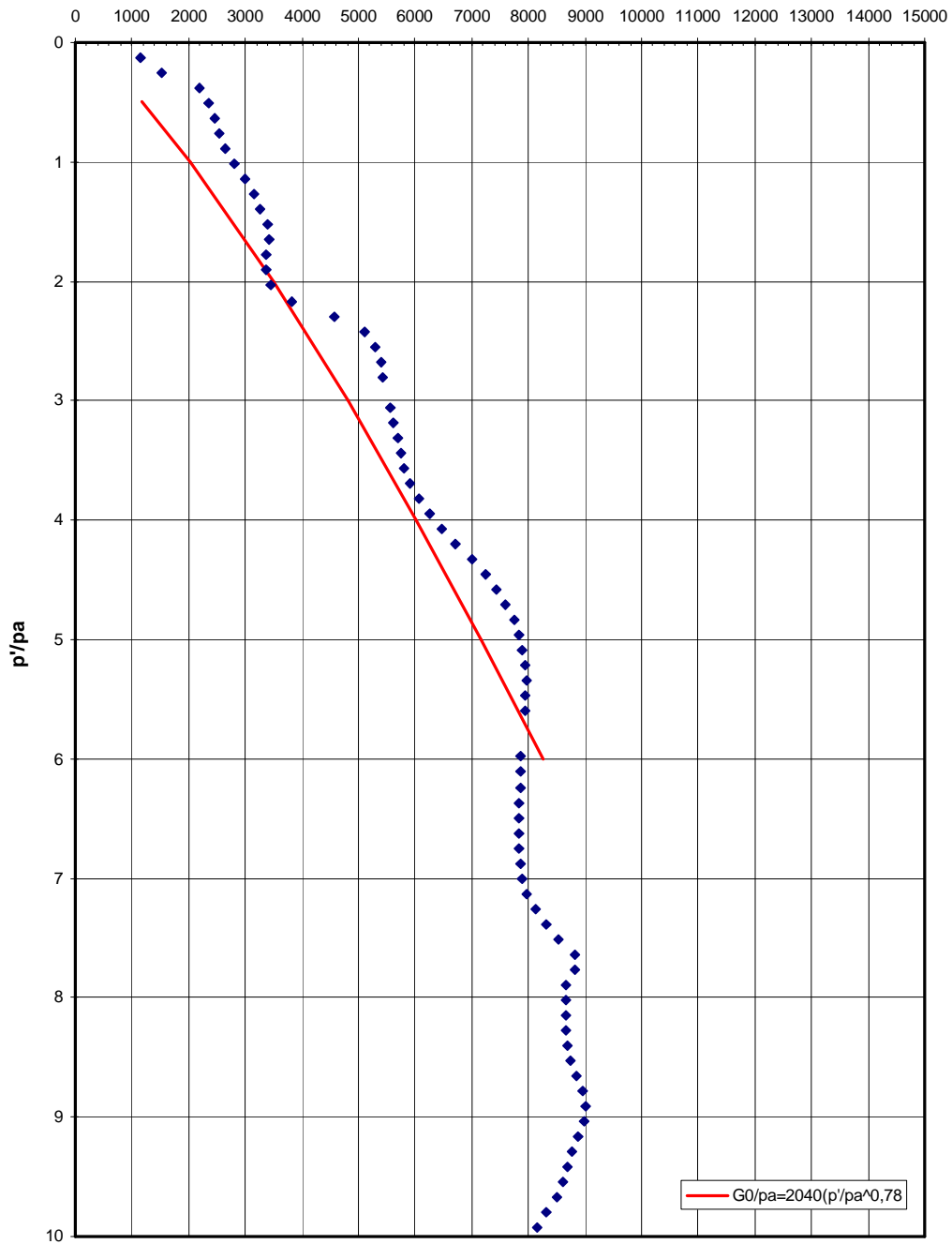


Figura 247 – parte finale della tratta – S414

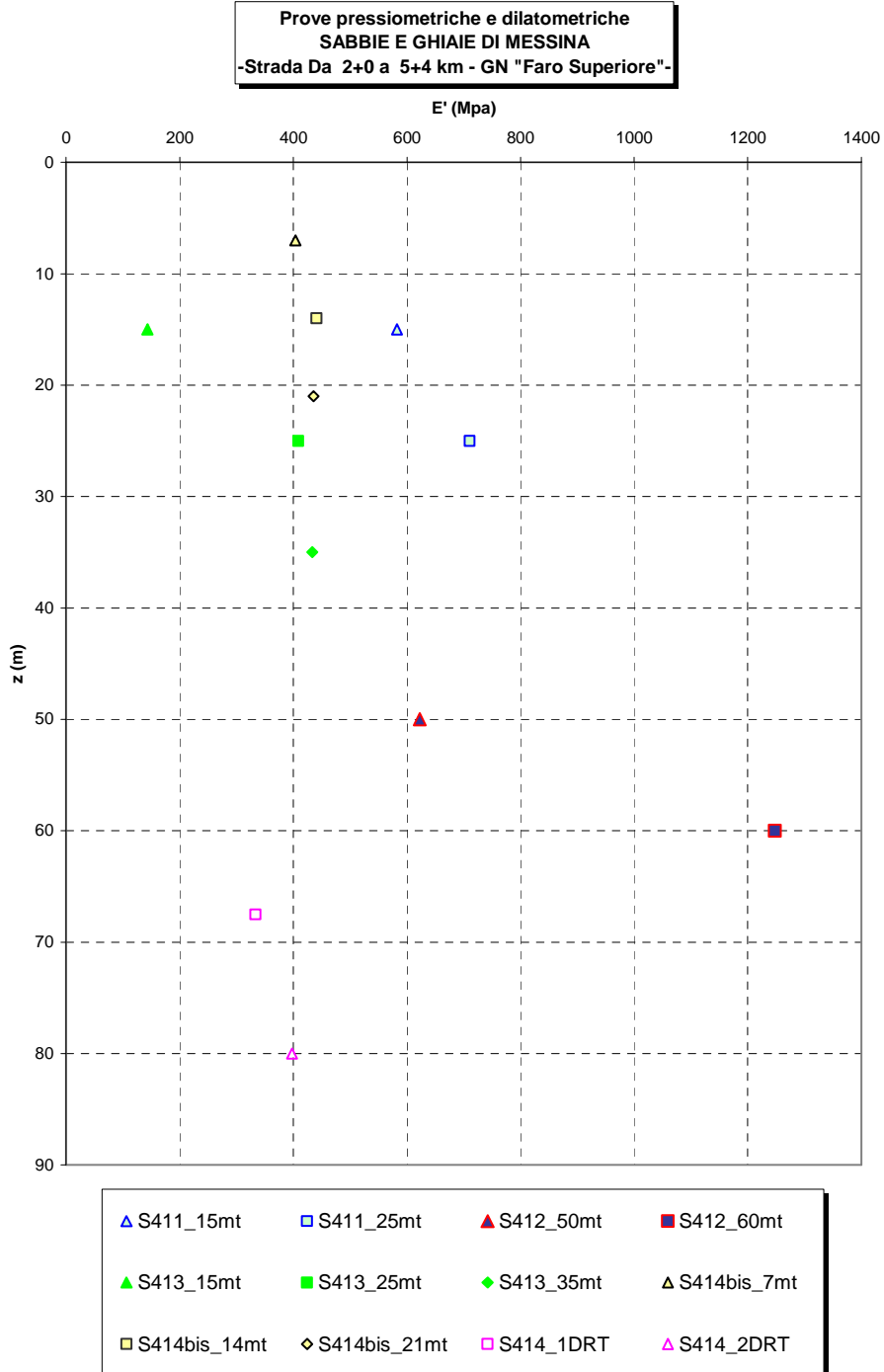


Figura 248

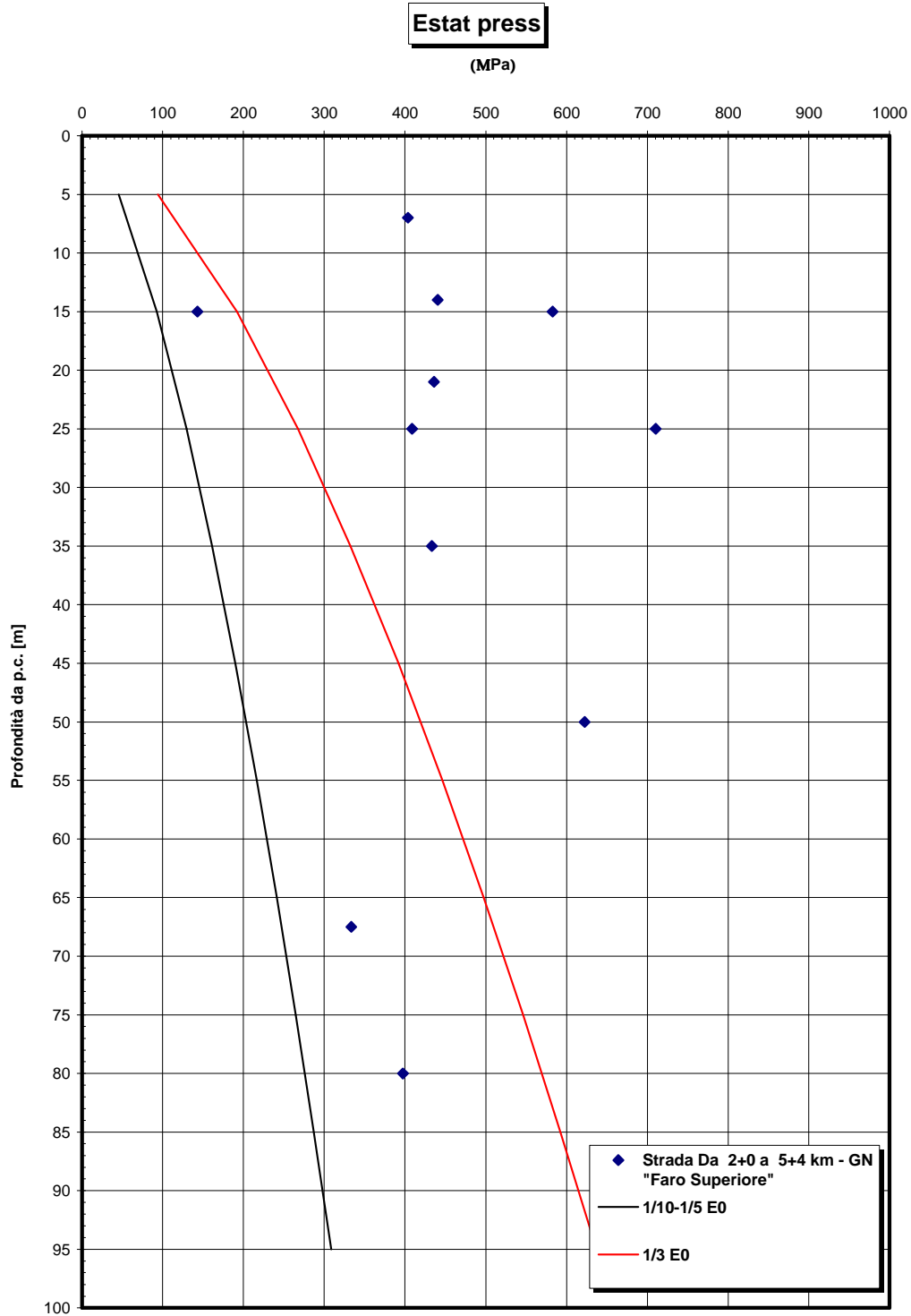


Figura 249

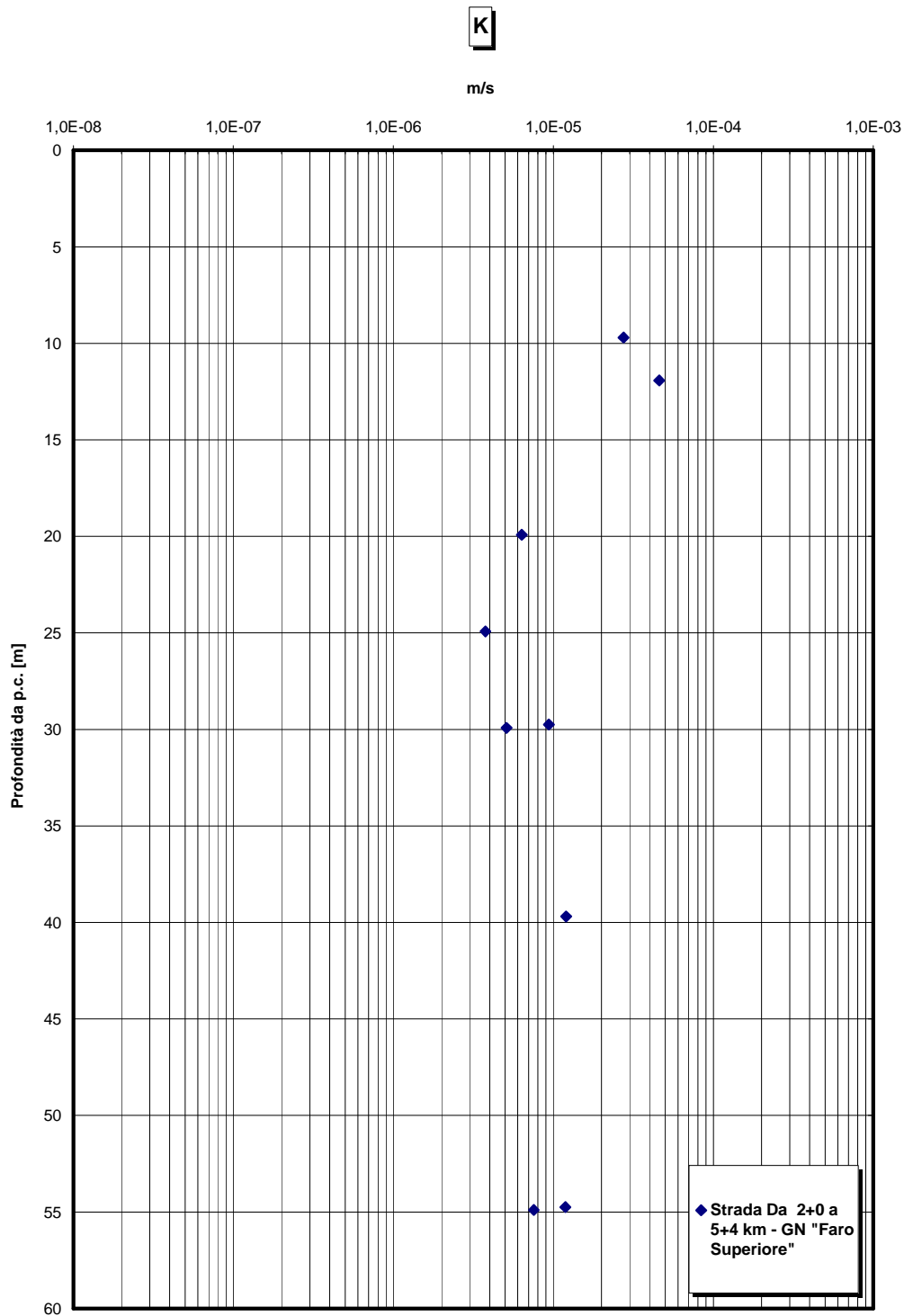


Figura 250

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

5.1.7 Strada Da 5+4 a 5+9 km

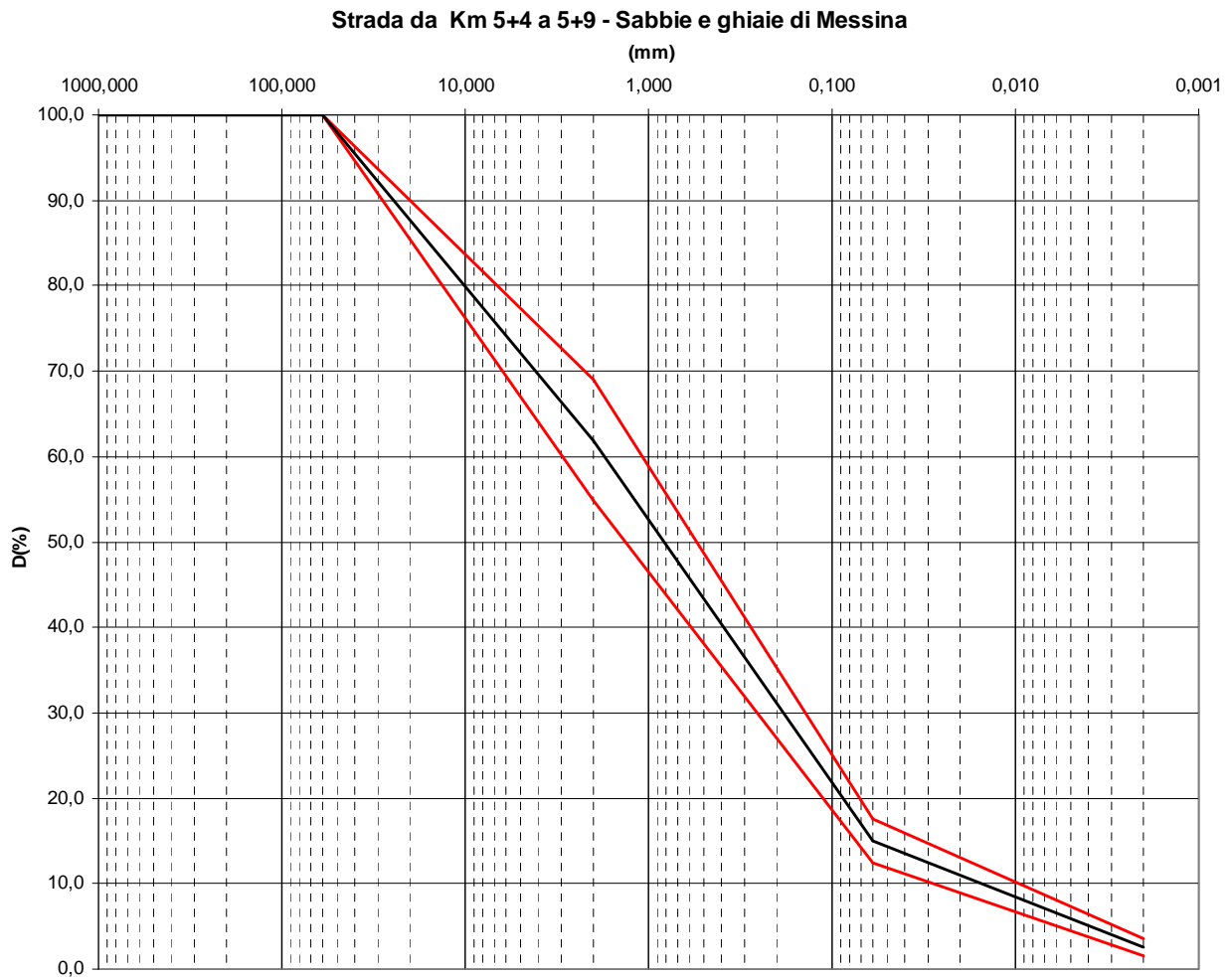


Figura 251

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 5+4 a Km 5+9 Km -
% Ghiaia**

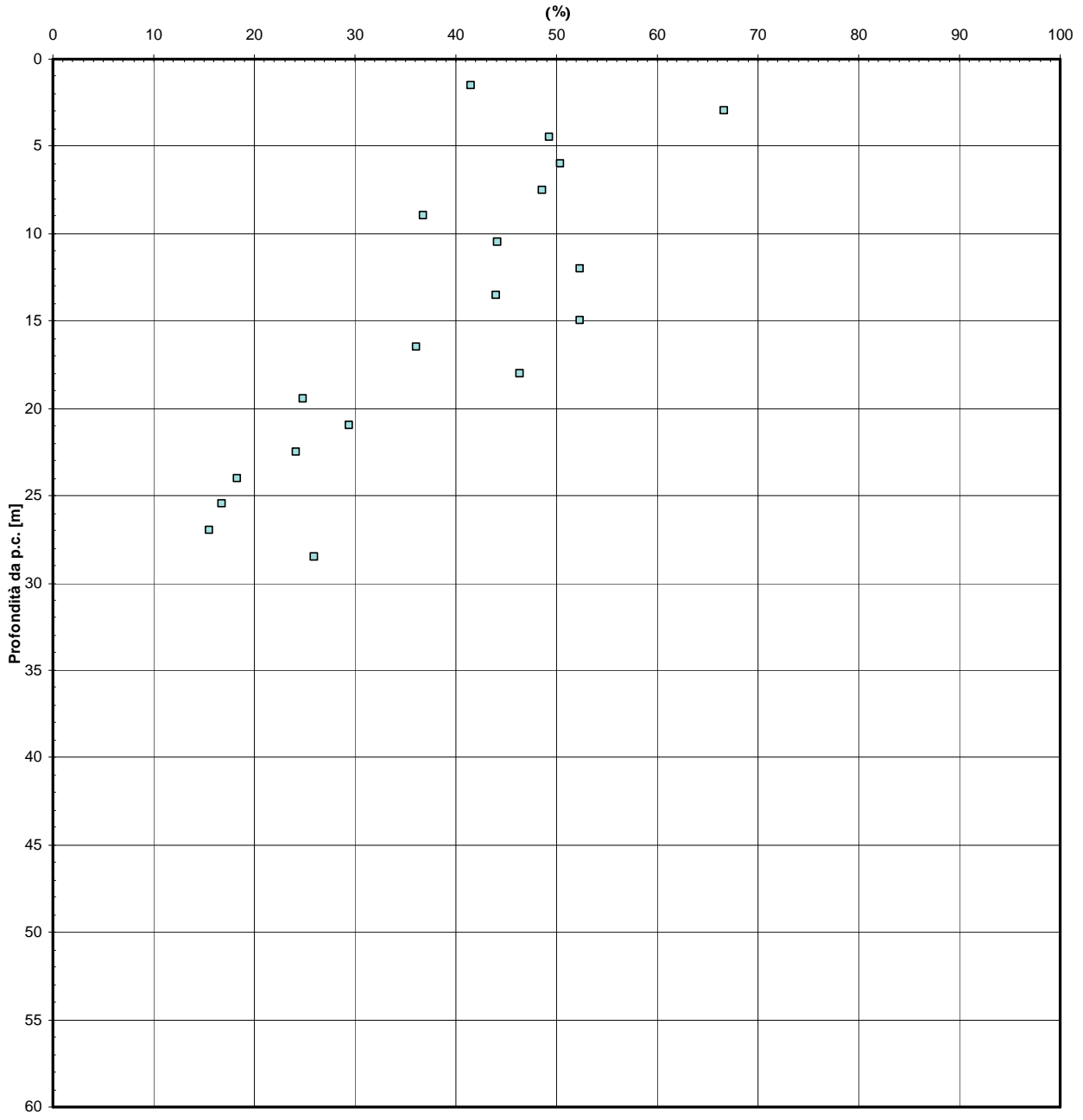


Figura 252

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

**Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 5+4 a Km 5+9 Km -
 % Sabbia**

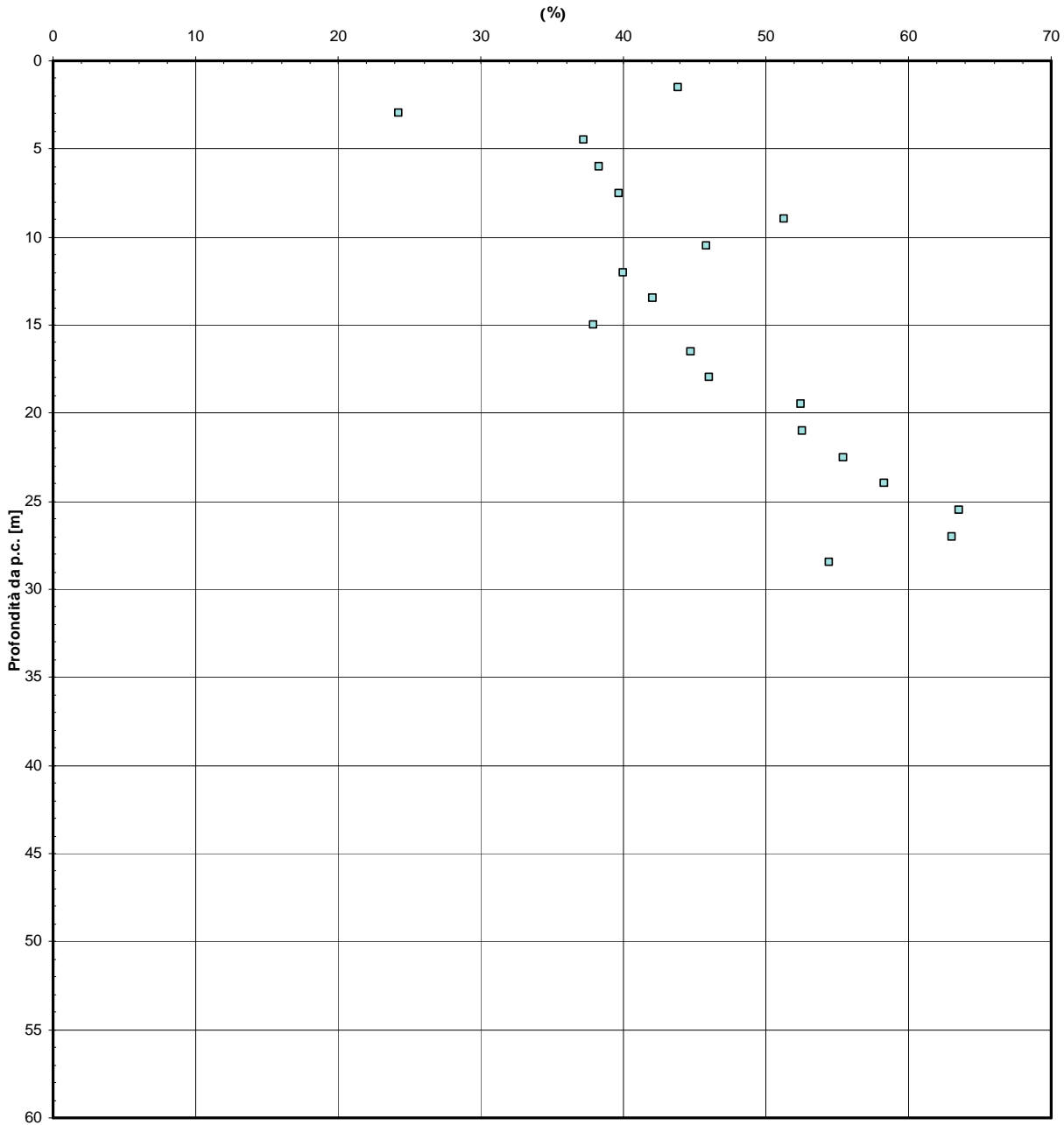


Figura 253

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 5+4 a Km 5+9 Km - d50(mm)

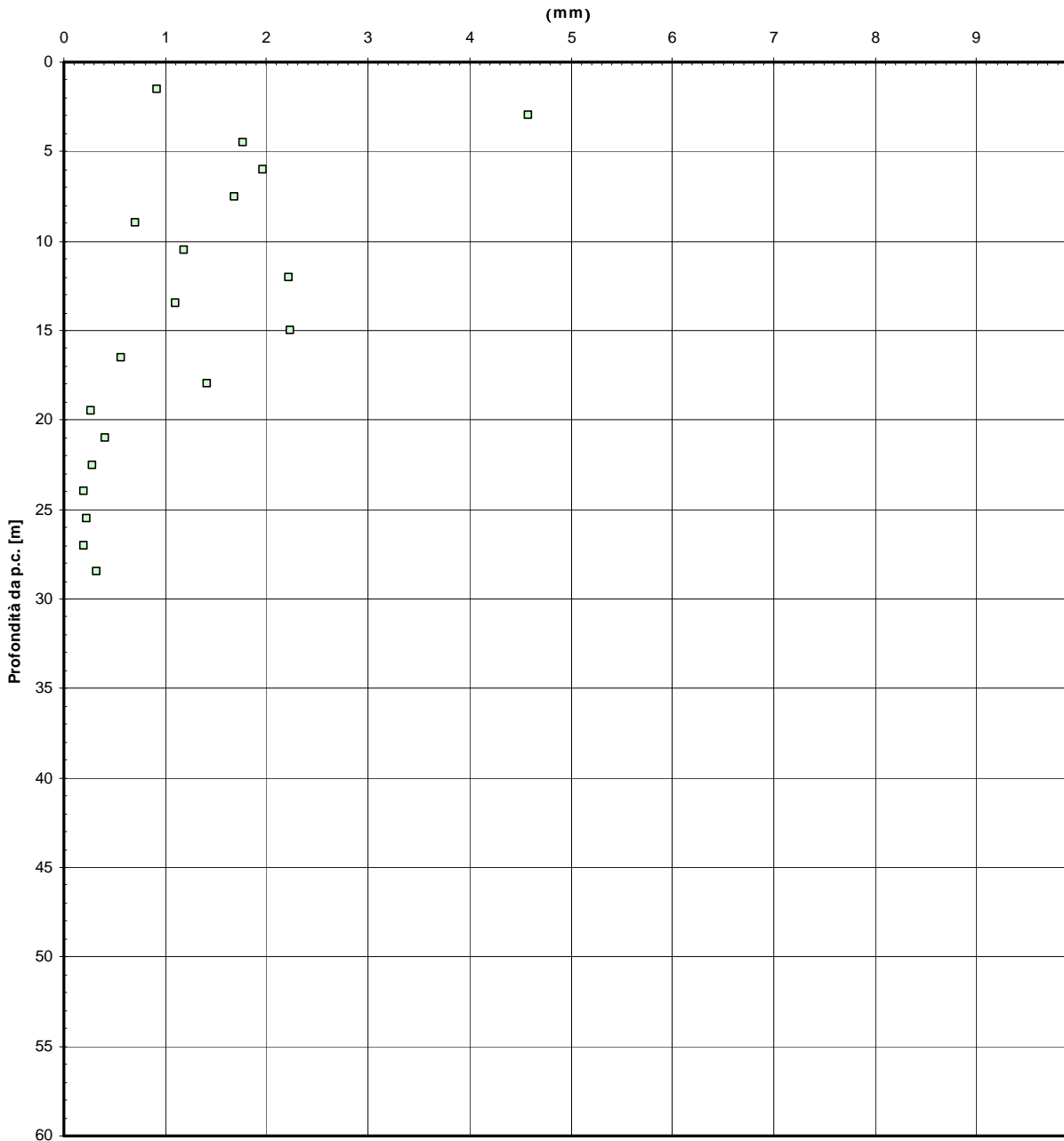


Figura 254

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

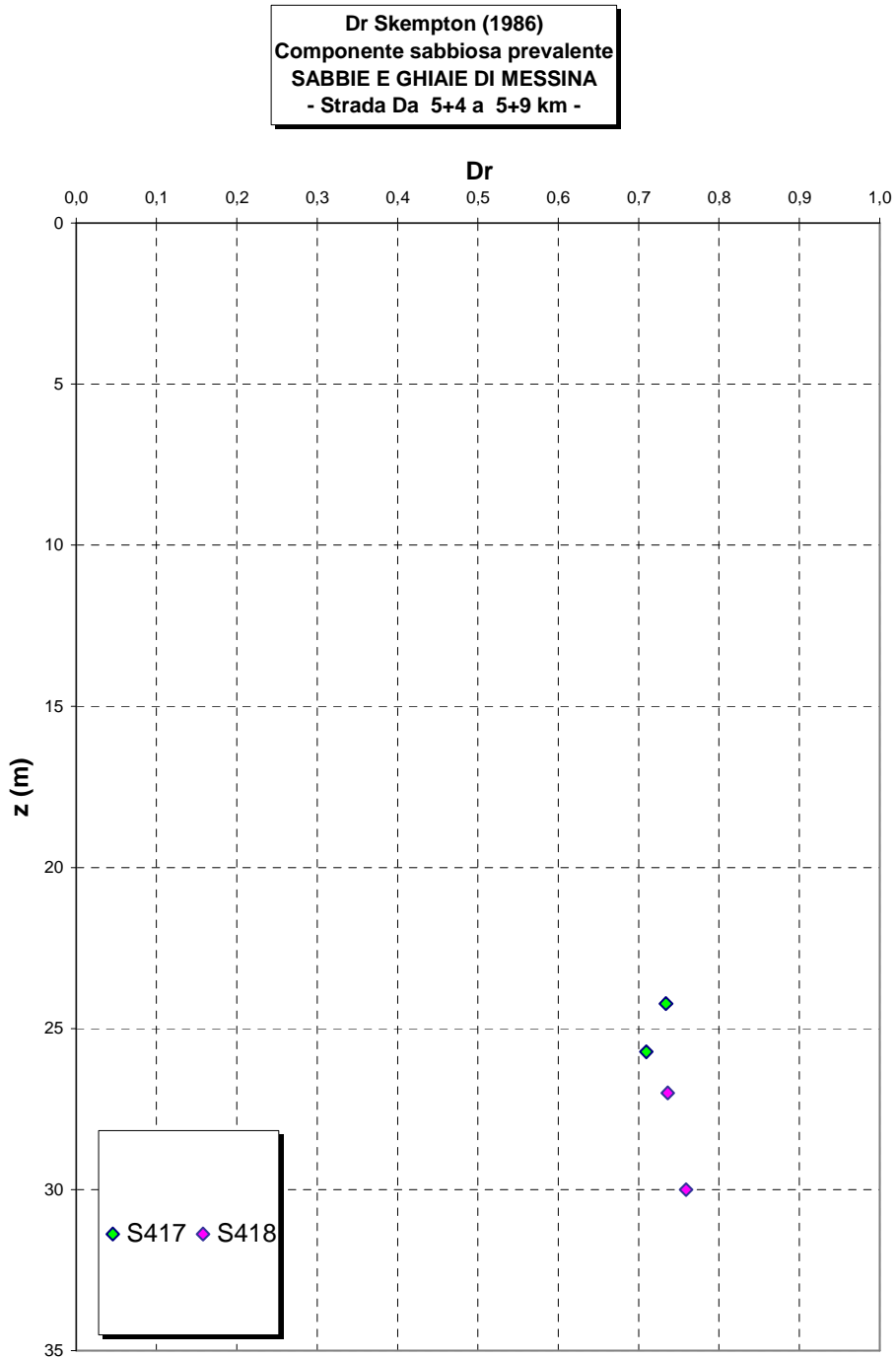


Figura 255

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Strada Da 5+4 a 5+9 km -

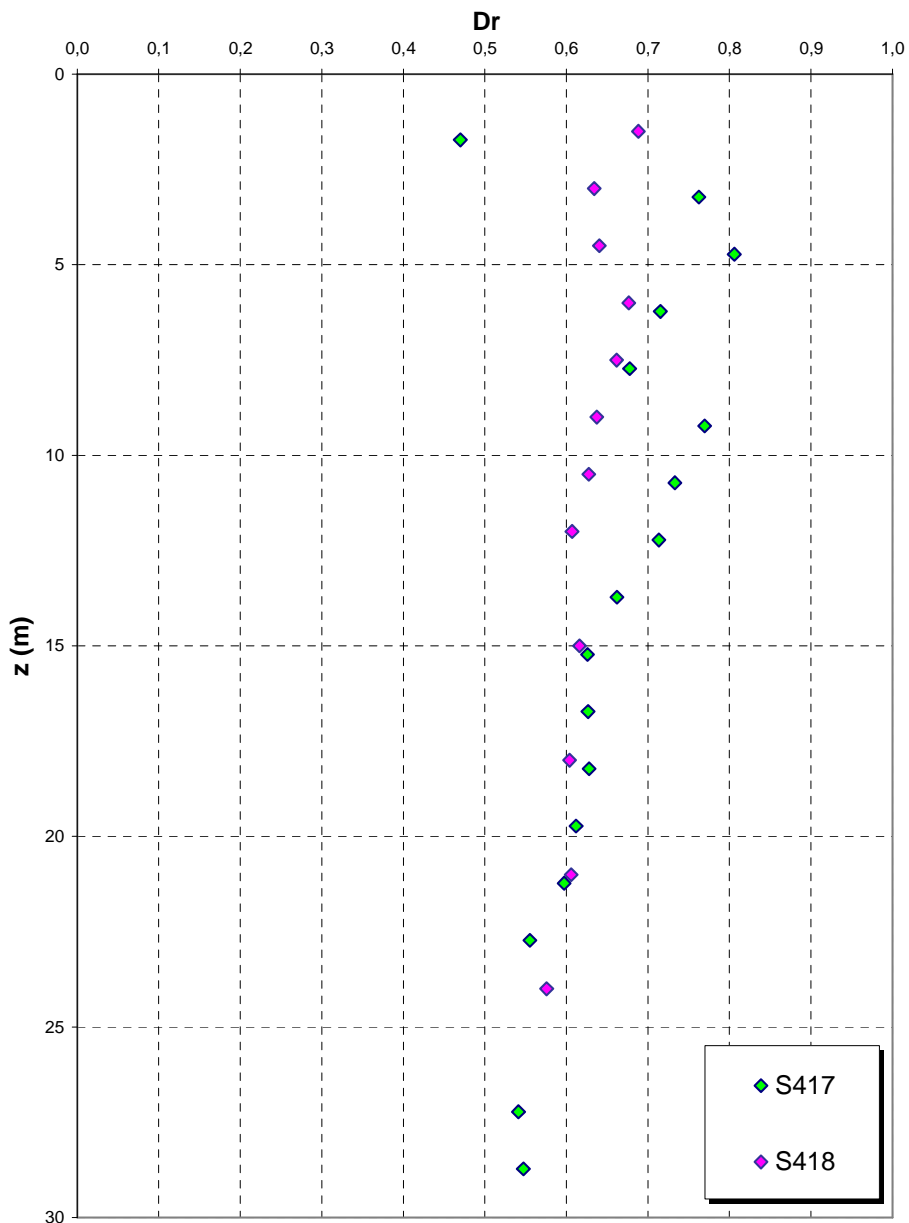


Figura 256

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eo

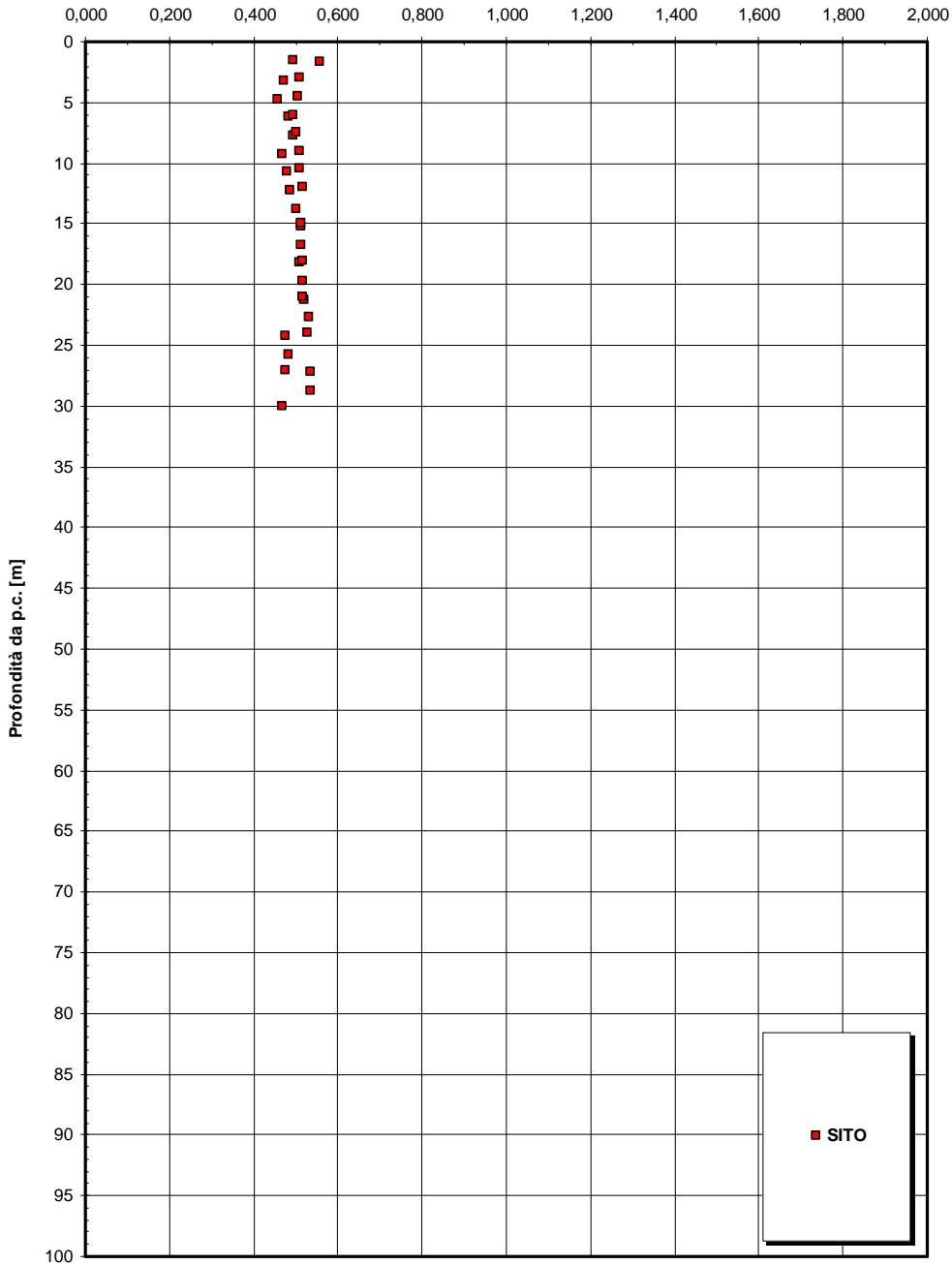


Figura 257

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

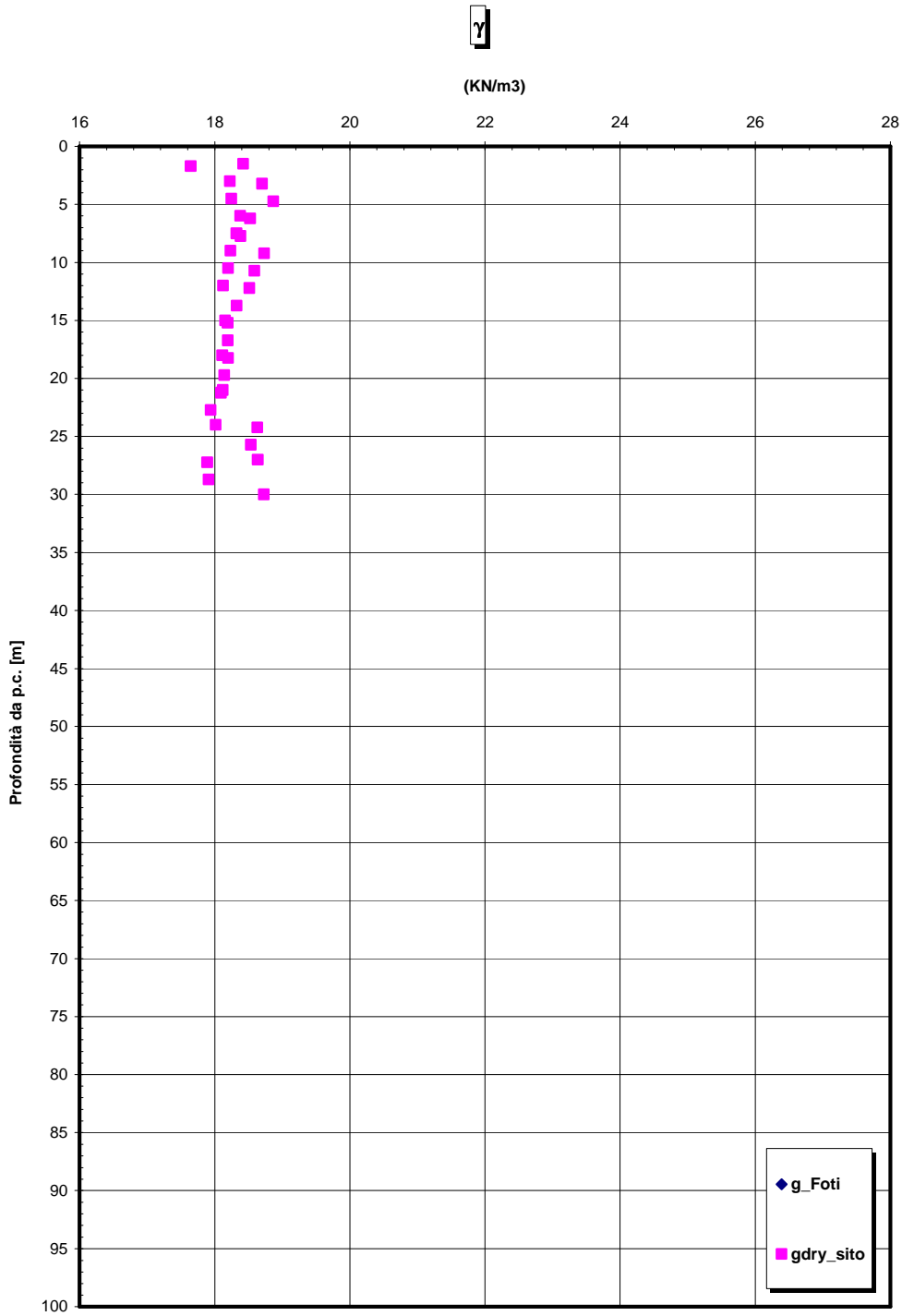


Figura 258

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

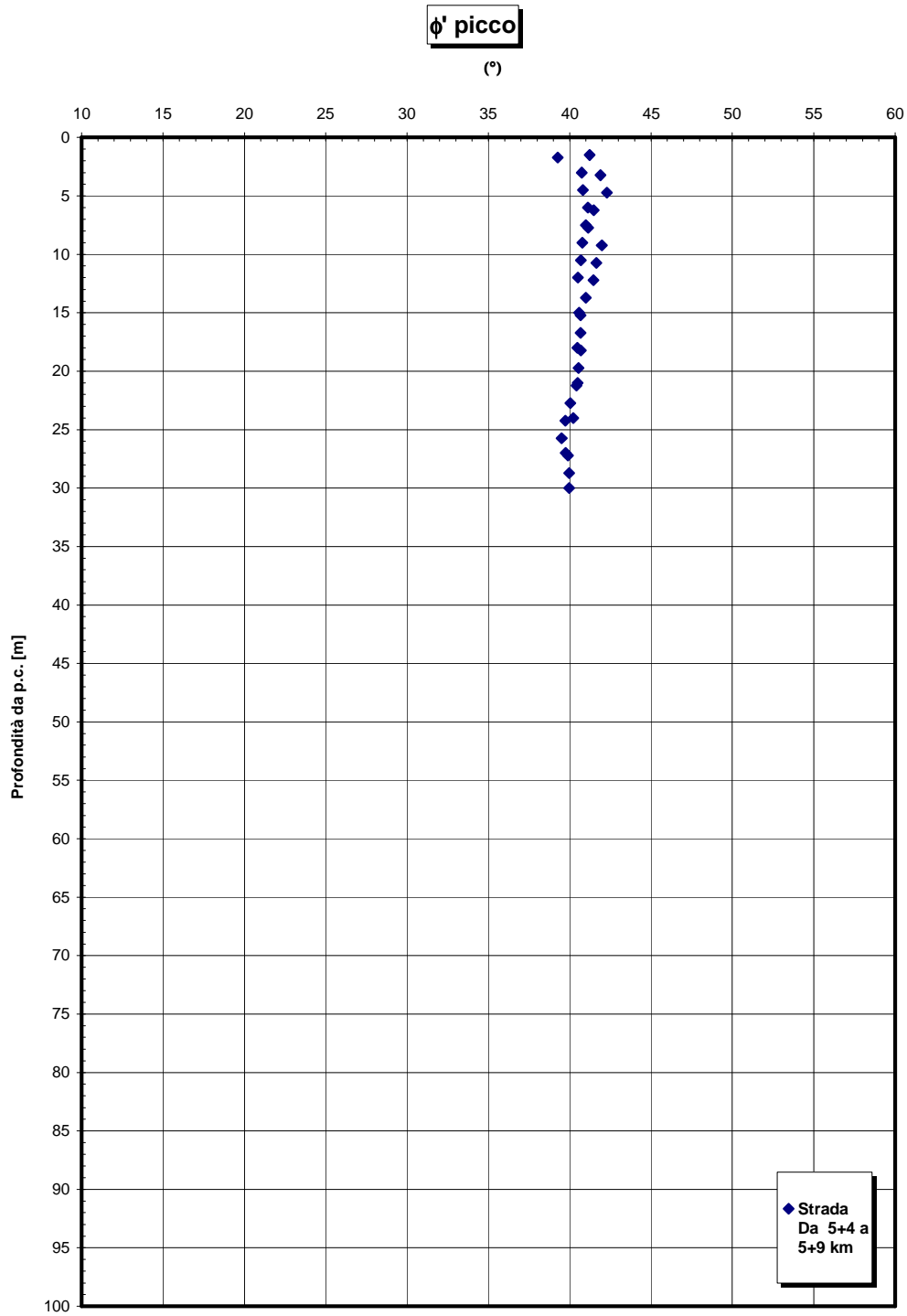


Figura 259

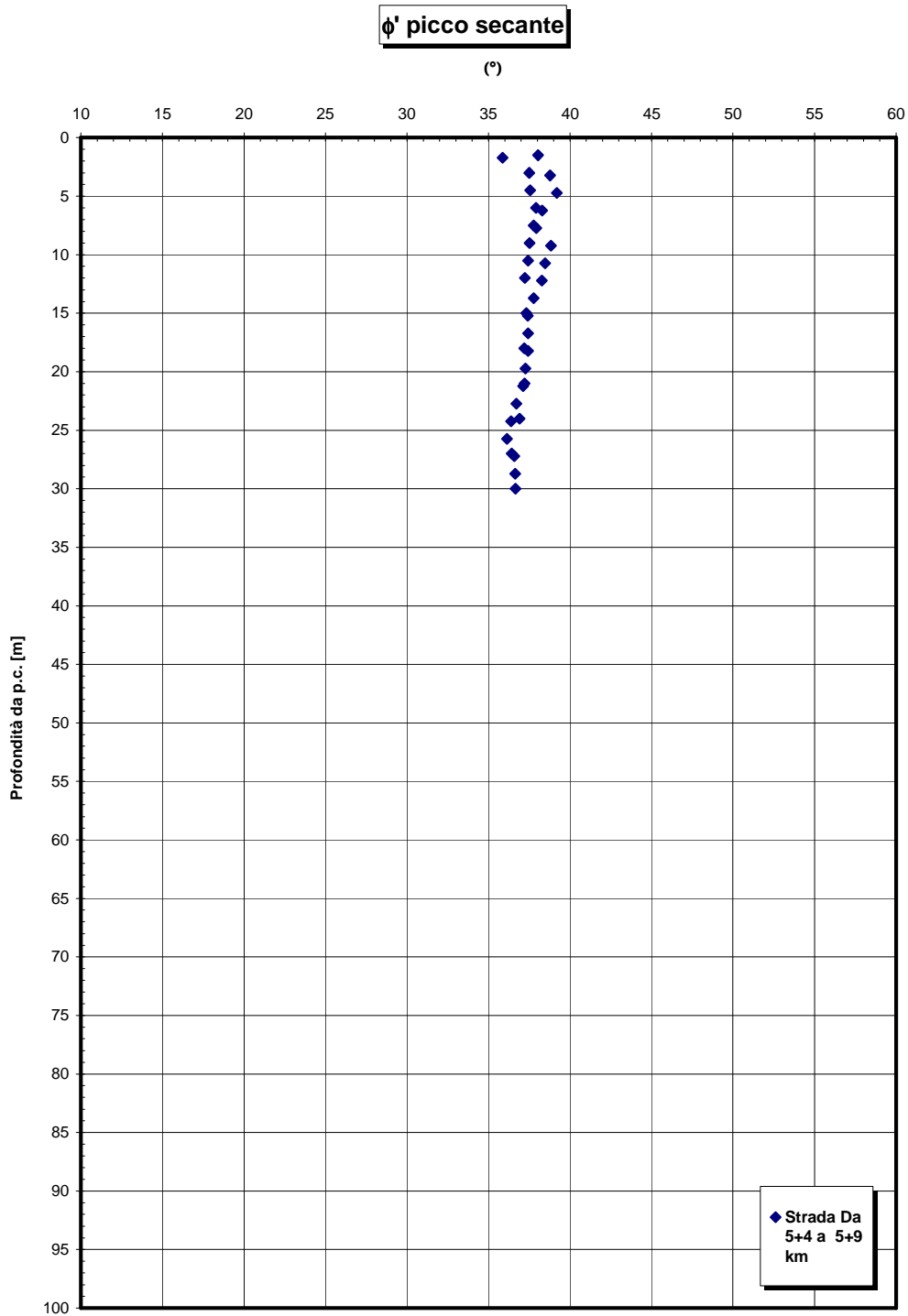


Figura 260

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Sabbie e Ghiaie di Messina - confronto Vs -
stradale tratta da 5+4- 5+9 Km**

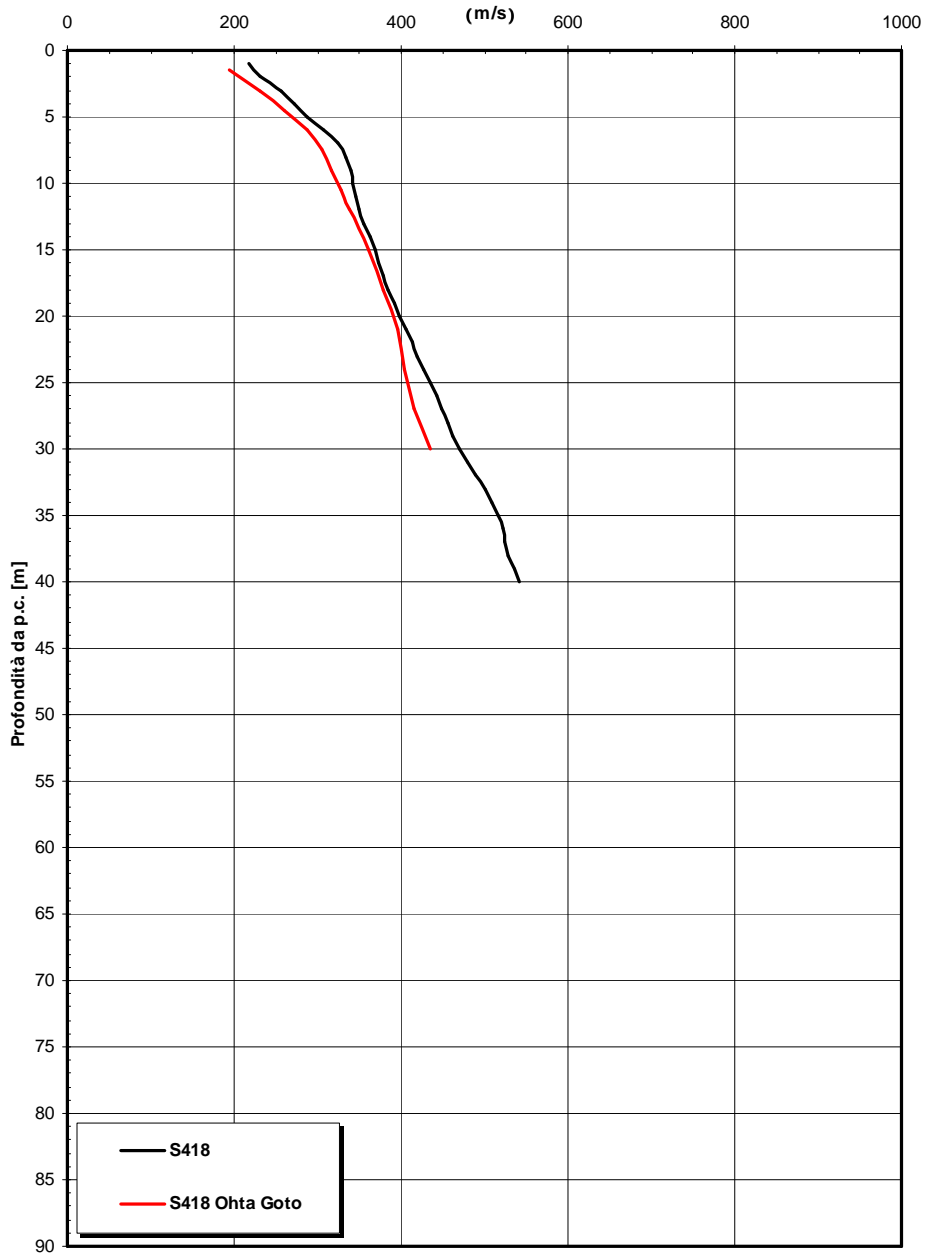


Figura 261

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

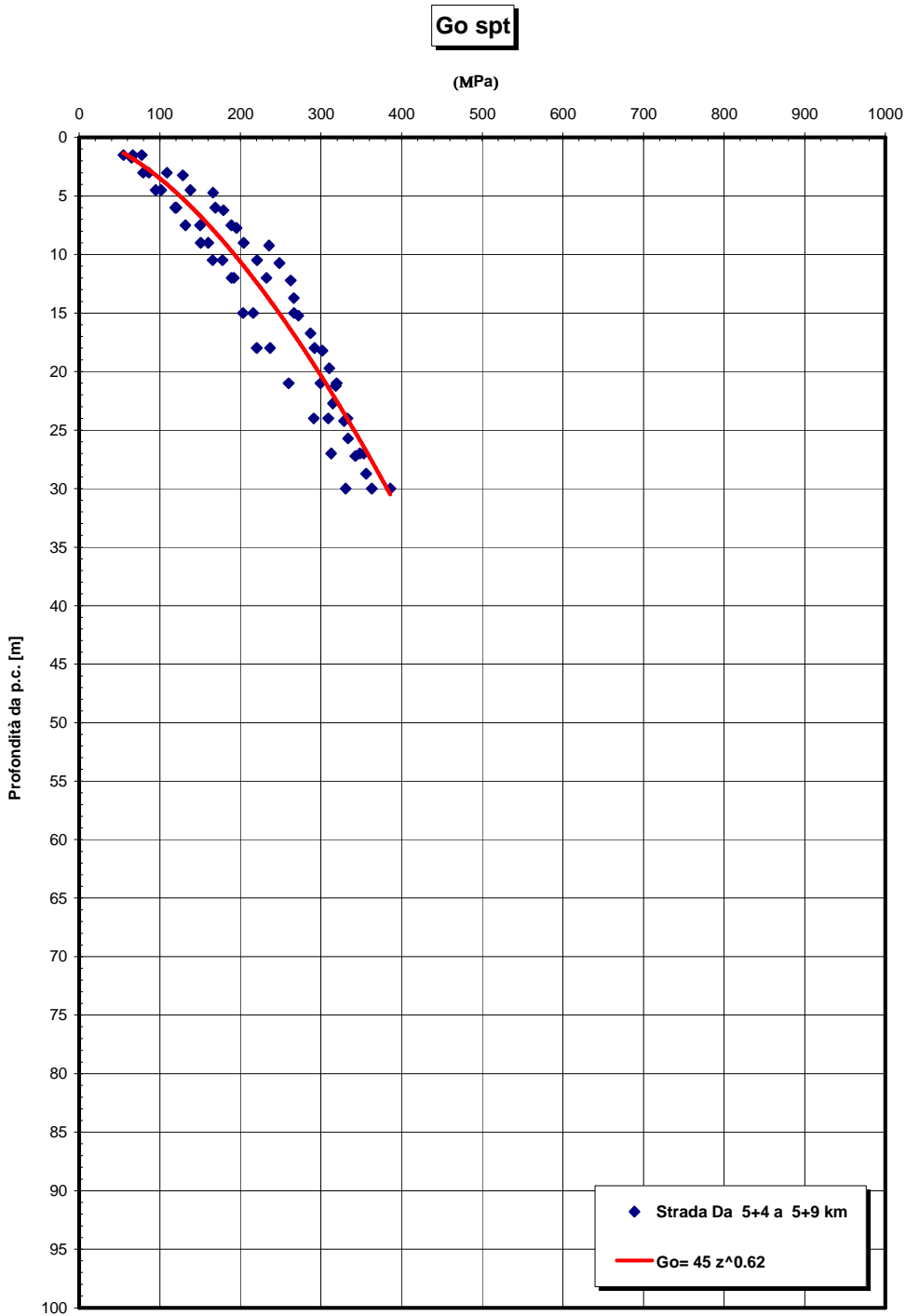


Figura 262

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

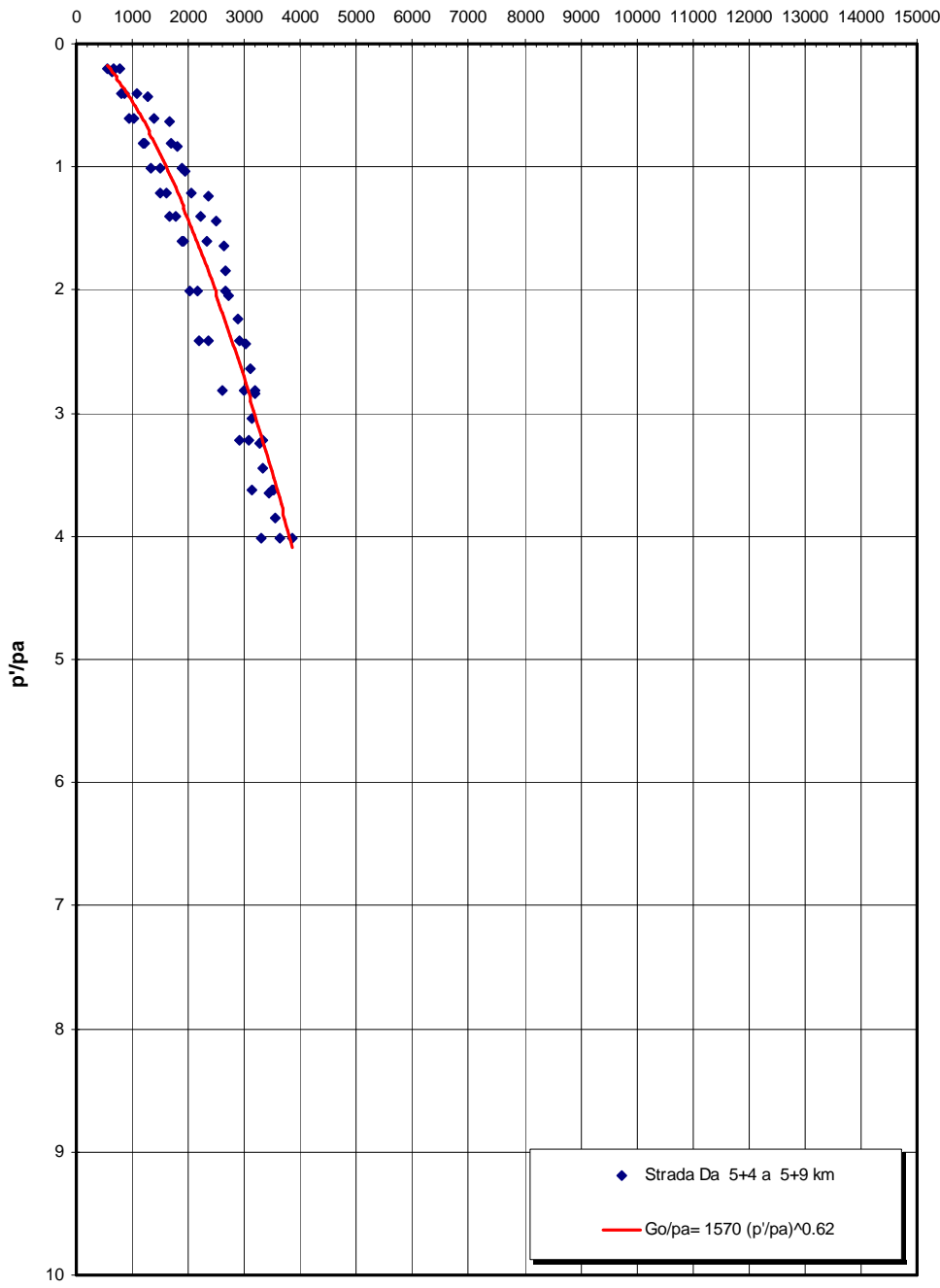


Figura 263

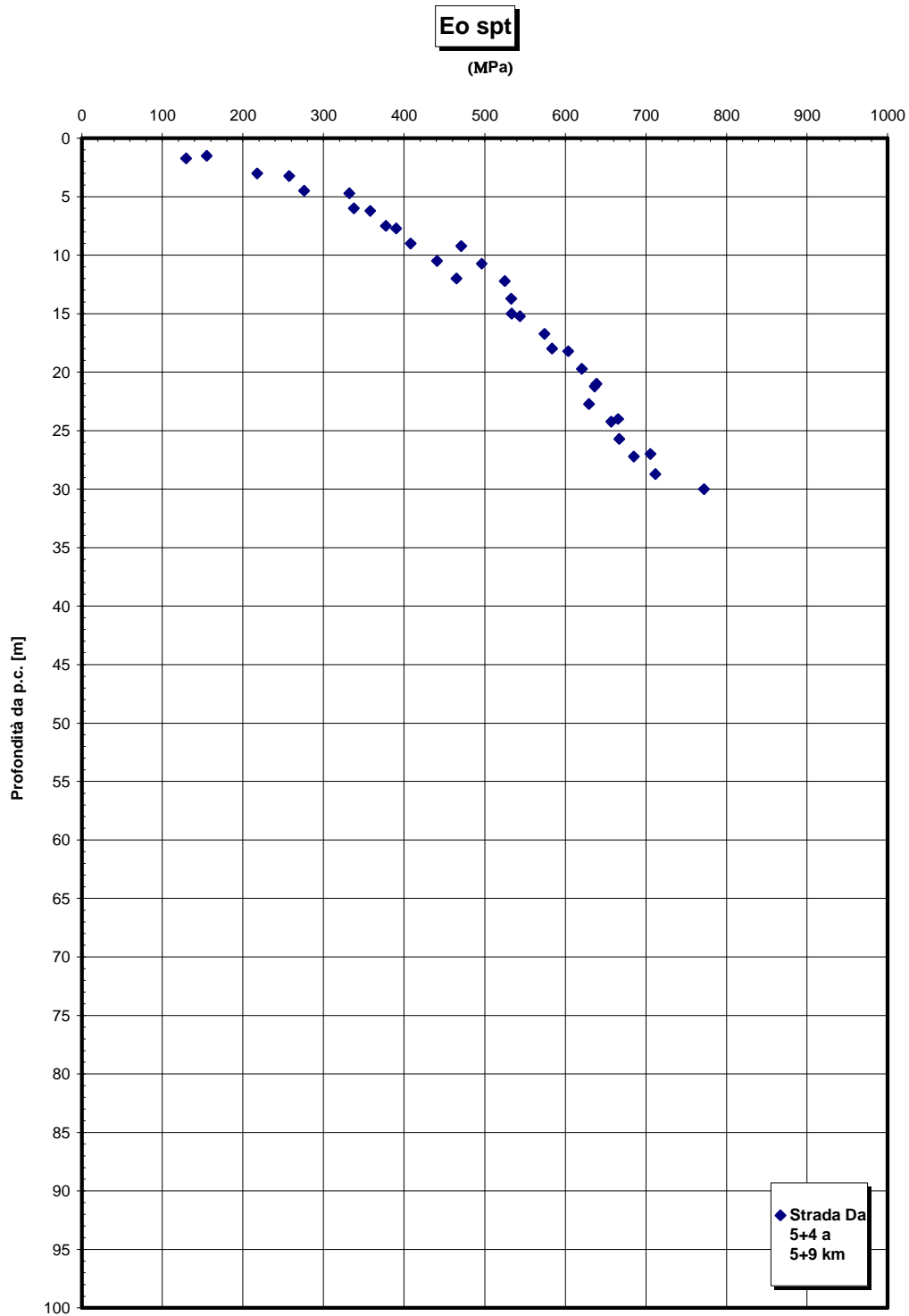


Figura 264

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

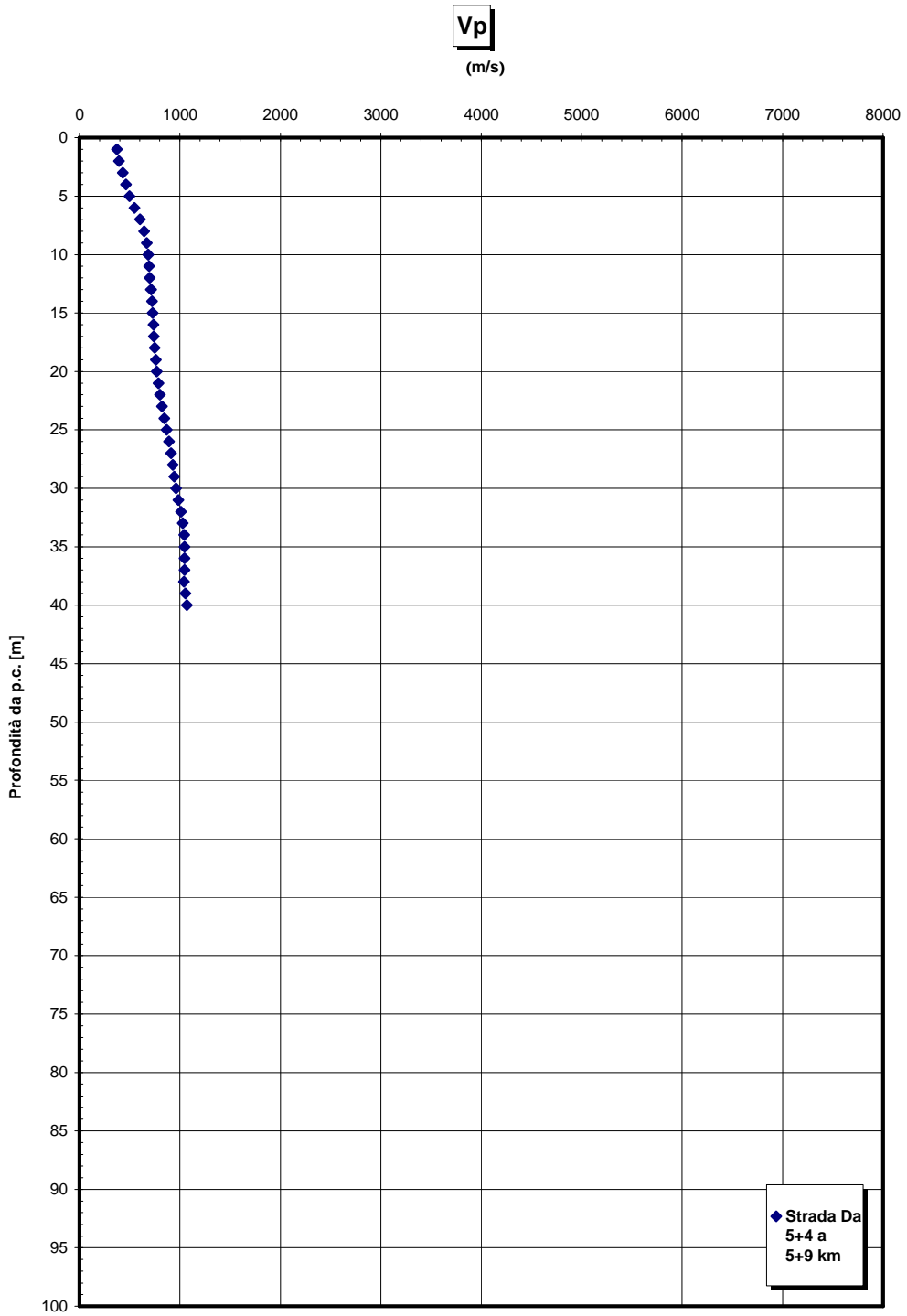


Figura 265

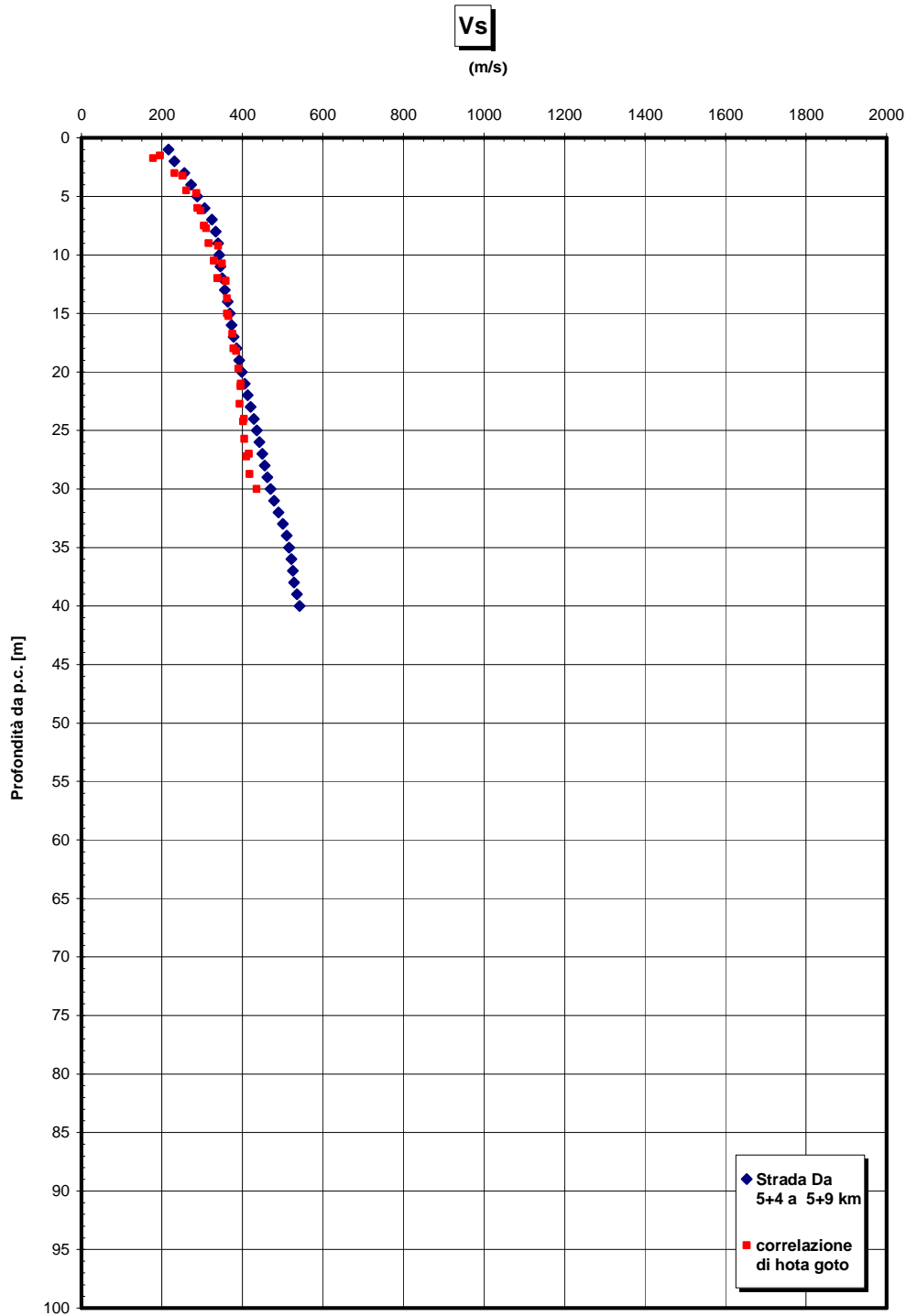


Figura 266

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Prove sismiche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
 -Strada Da 5+4 a 5+9 km-

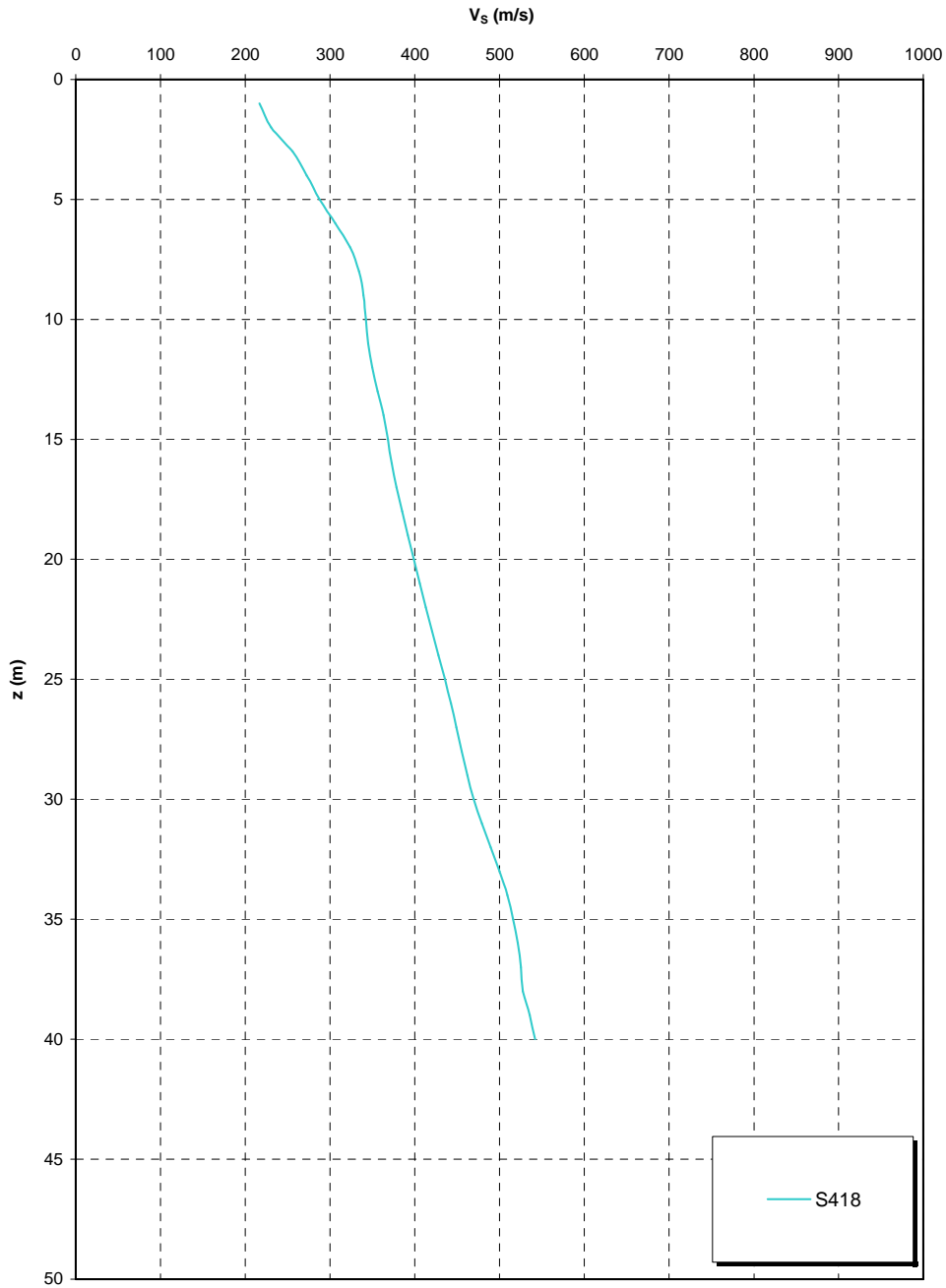


Figura 267

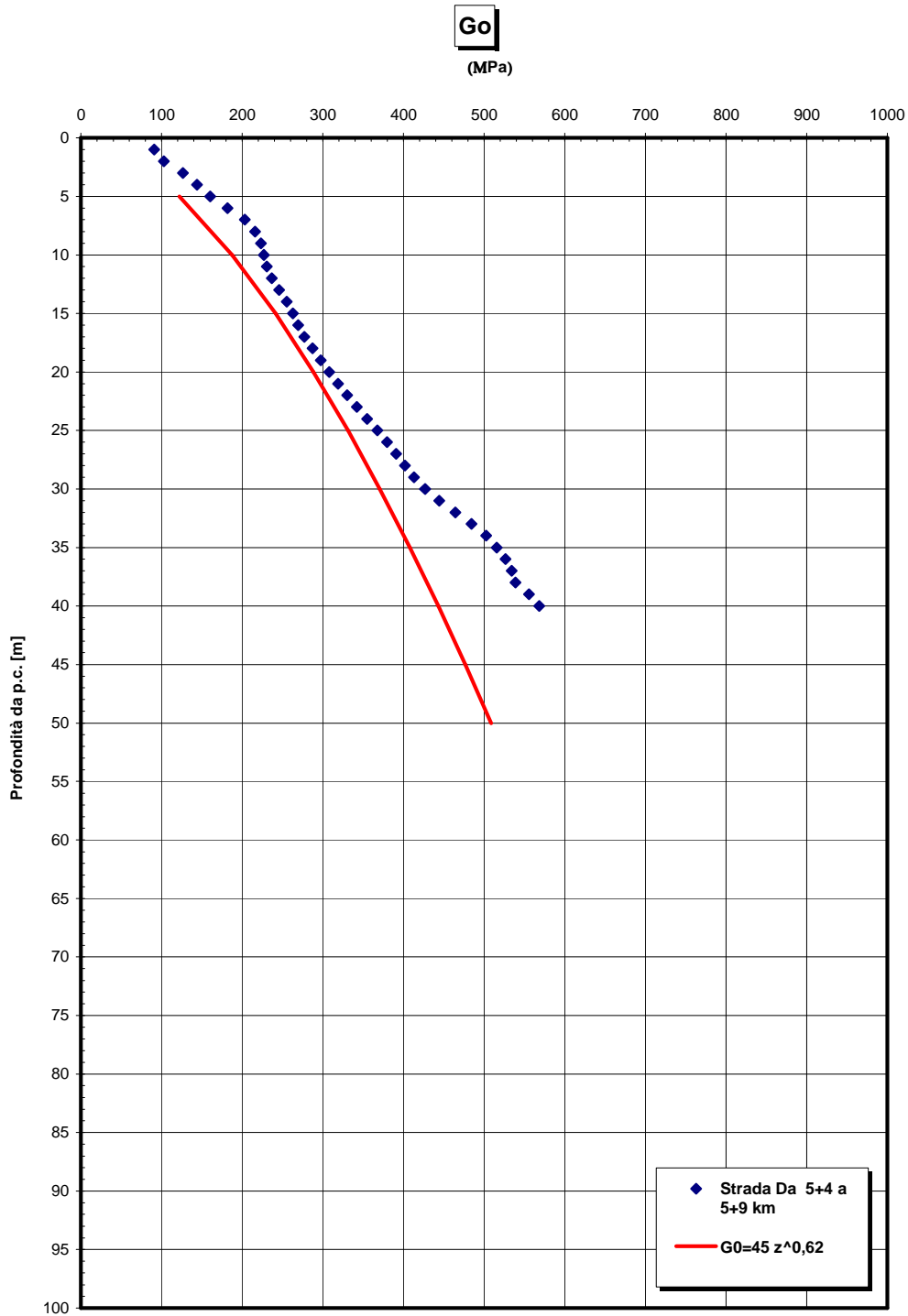


Figura 268

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Prove sismiche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
 -Strada Da 5+4 a 5+9 km-

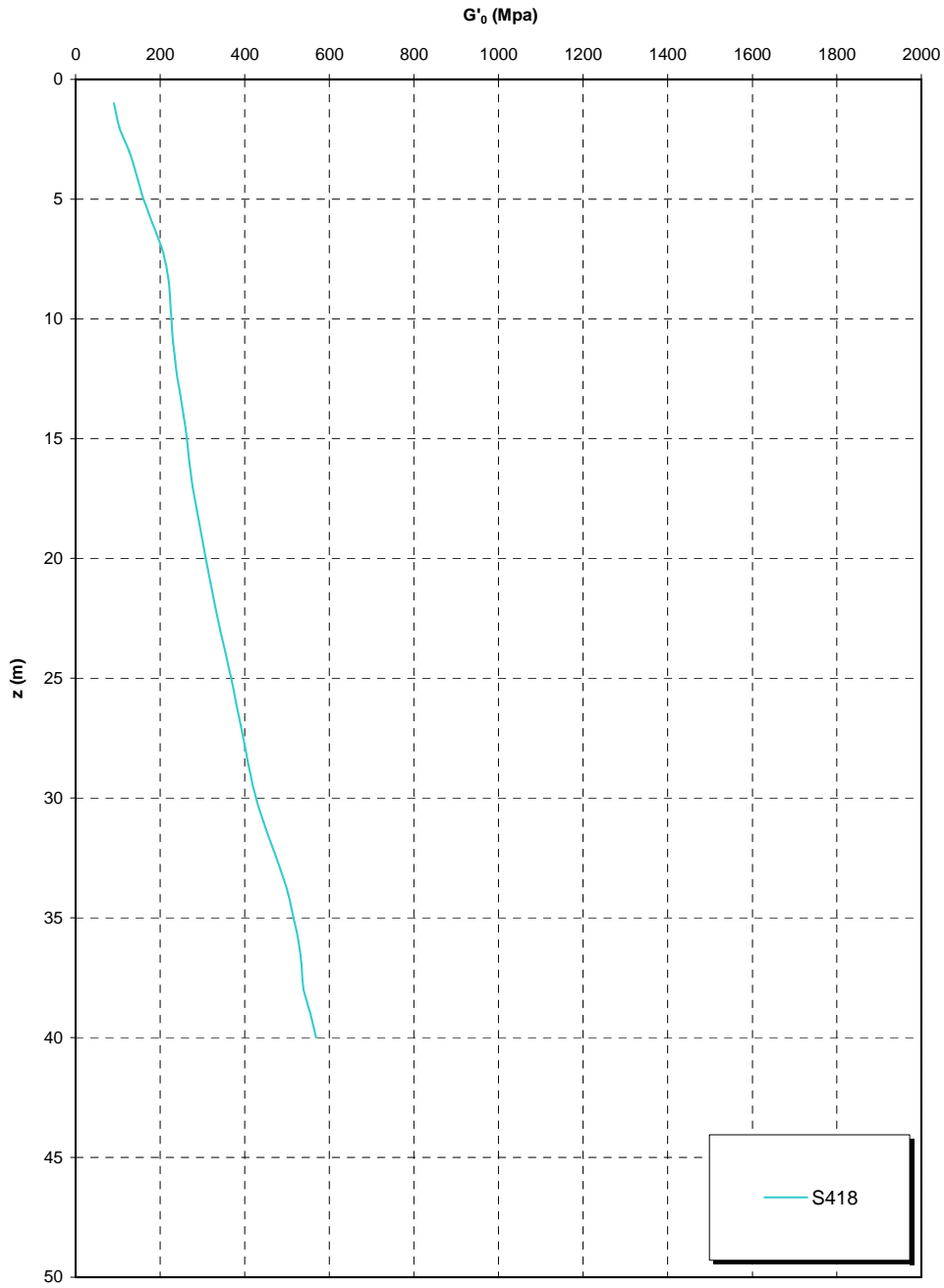


Figura 269

Go/pa

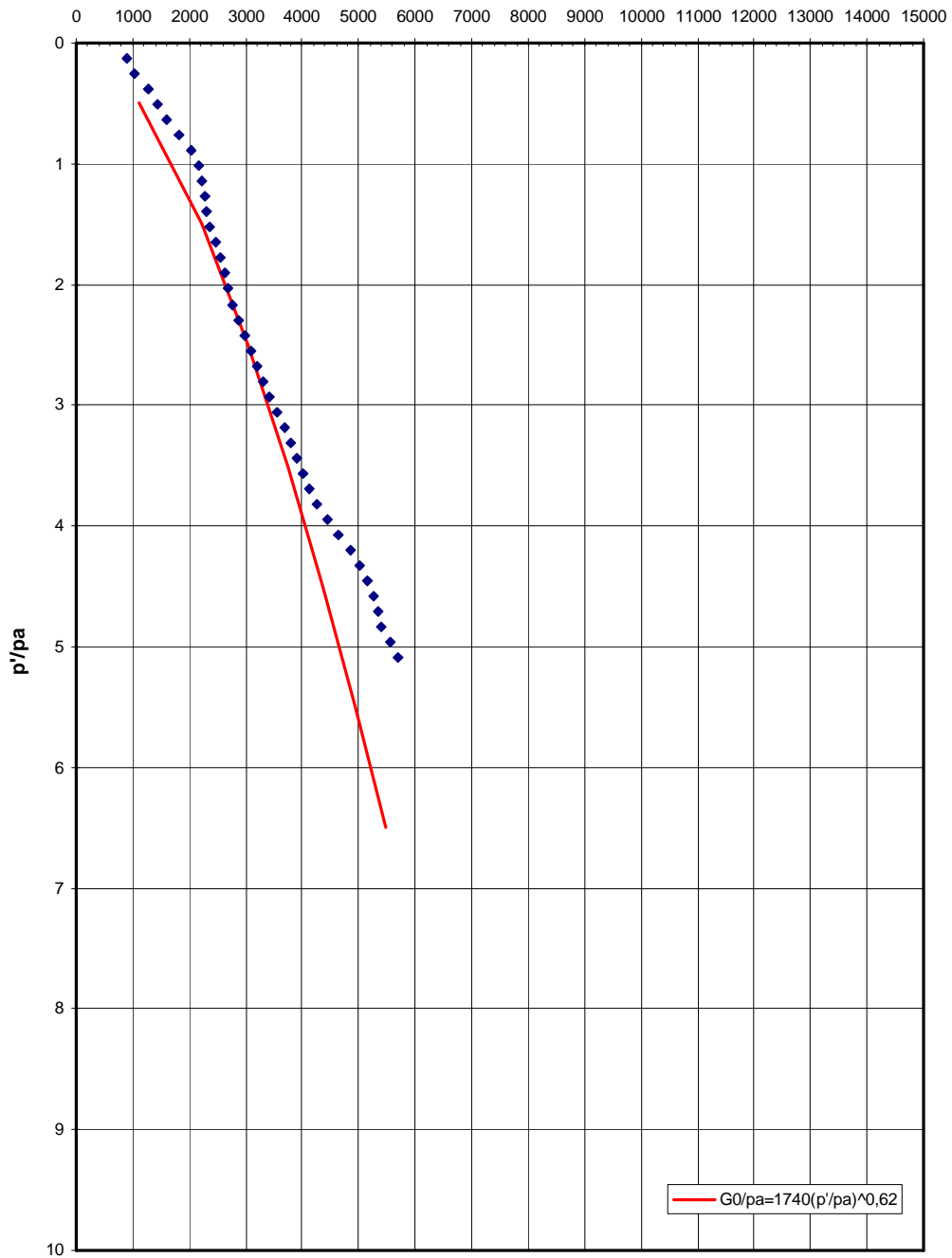


Figura 270

Estat press

(MPa)

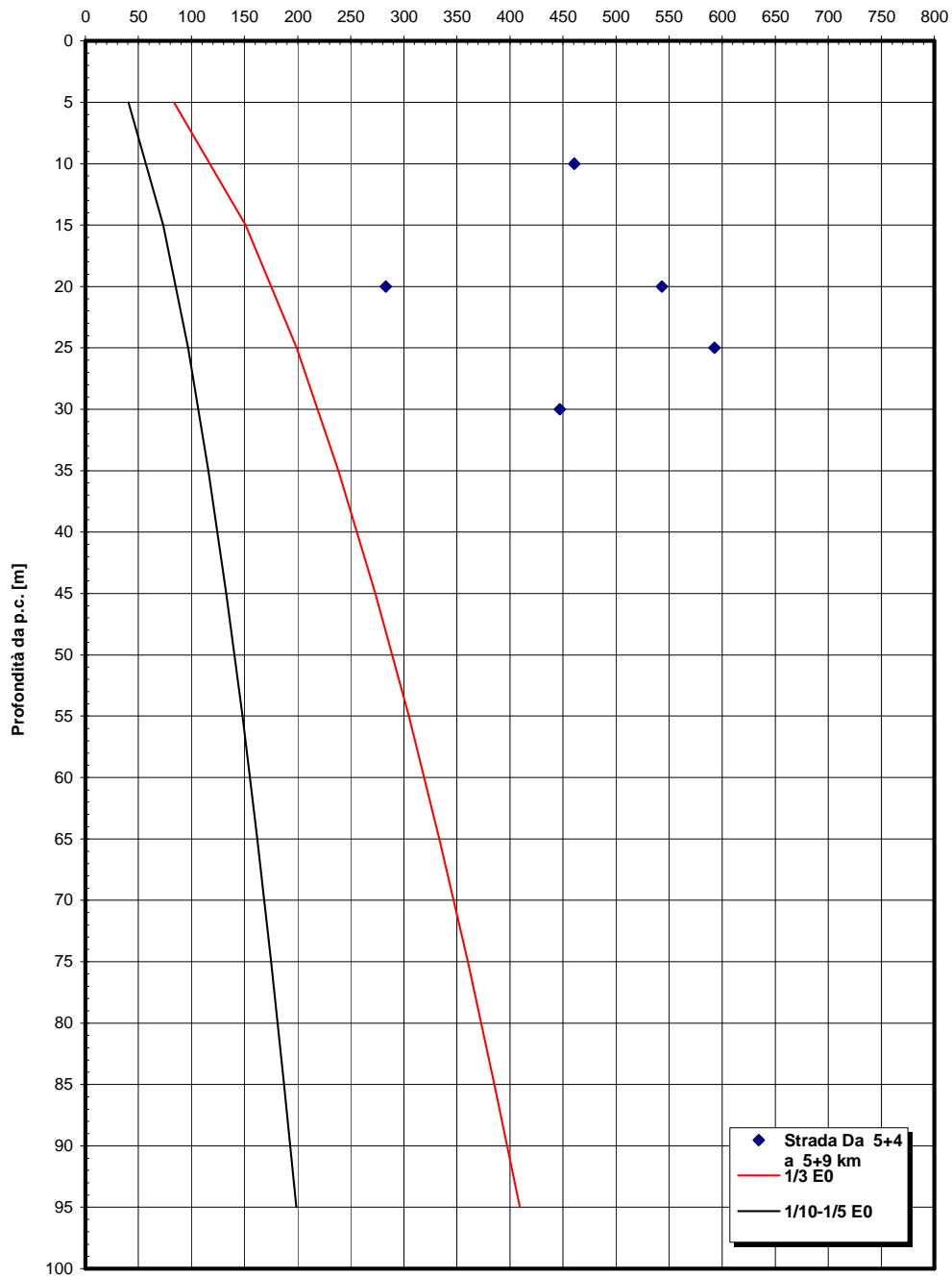


Figura 271

**Prove pressiometriche e dilatometriche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
-Strada Da 5+4 a 5+9 km-**

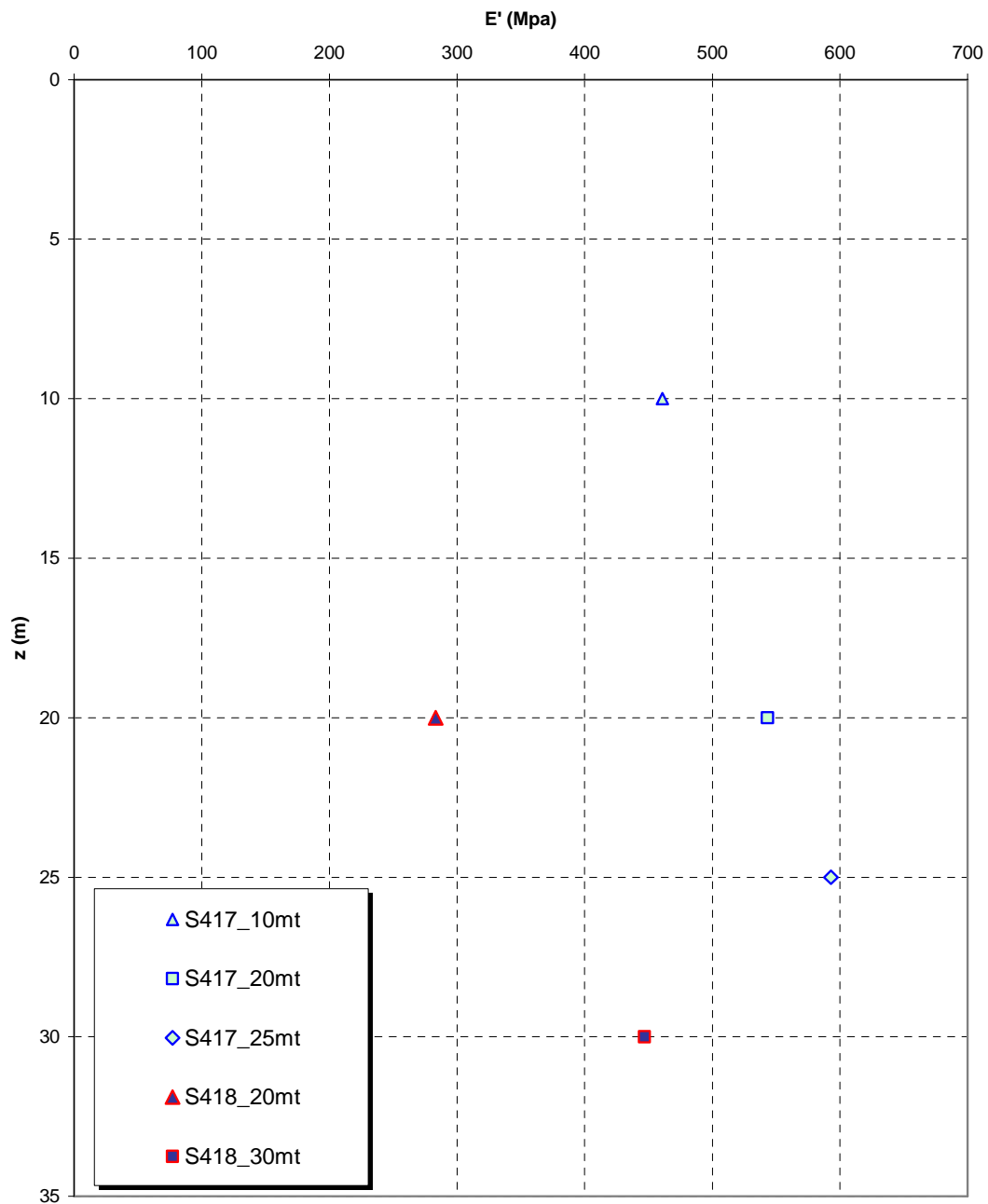


Figura 272

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

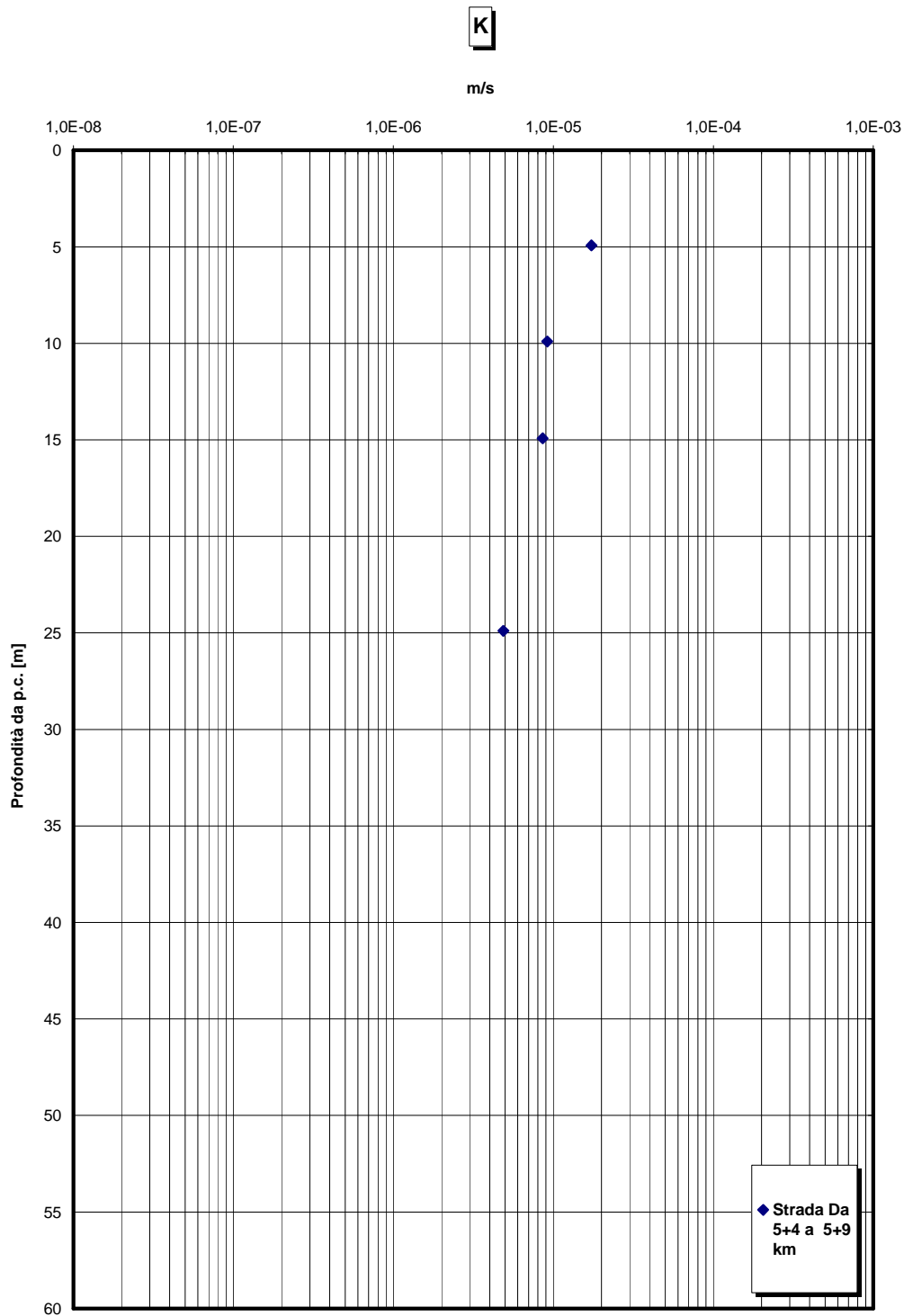


Figura 273

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.8 Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"

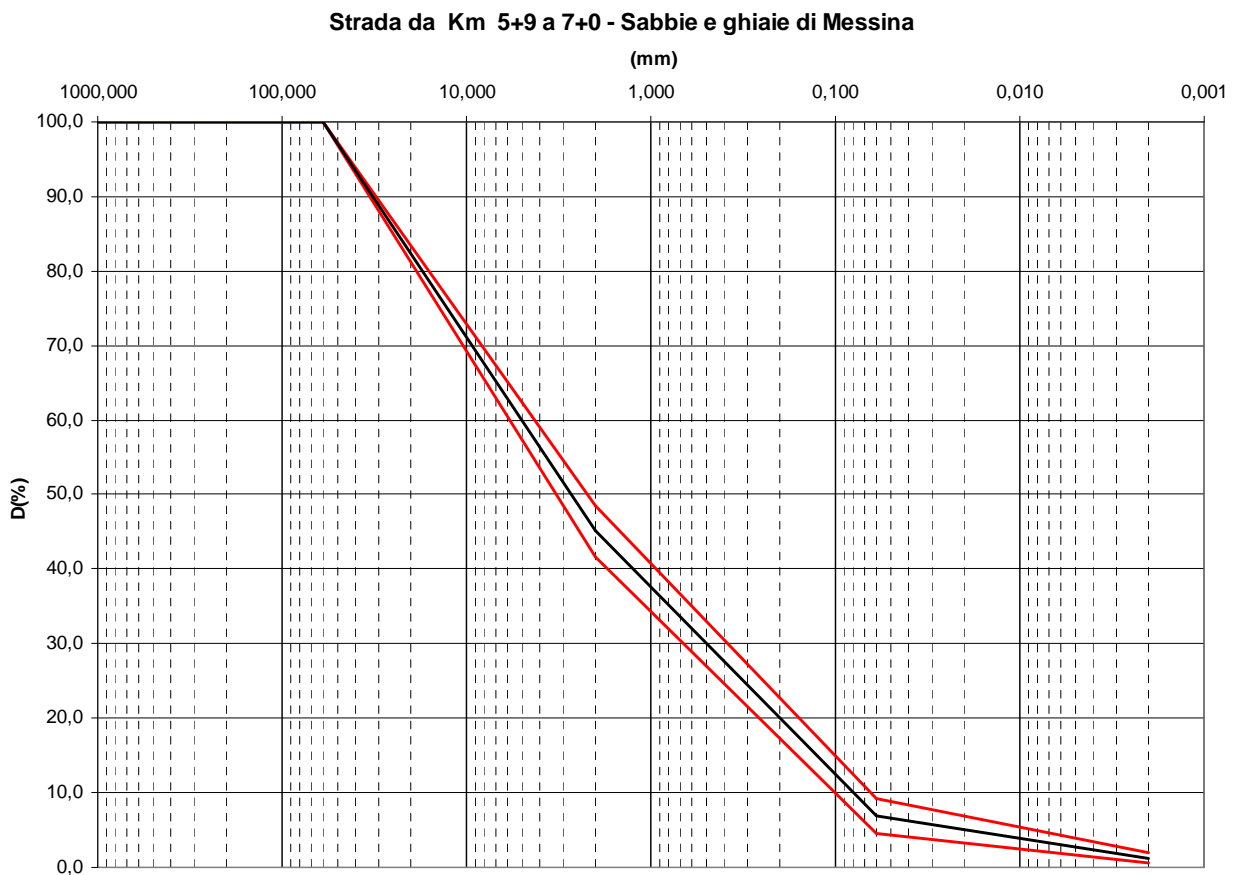


Figura 274

**Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 5+9 Km a 7 Km - GN Balena
% Ghiaia**

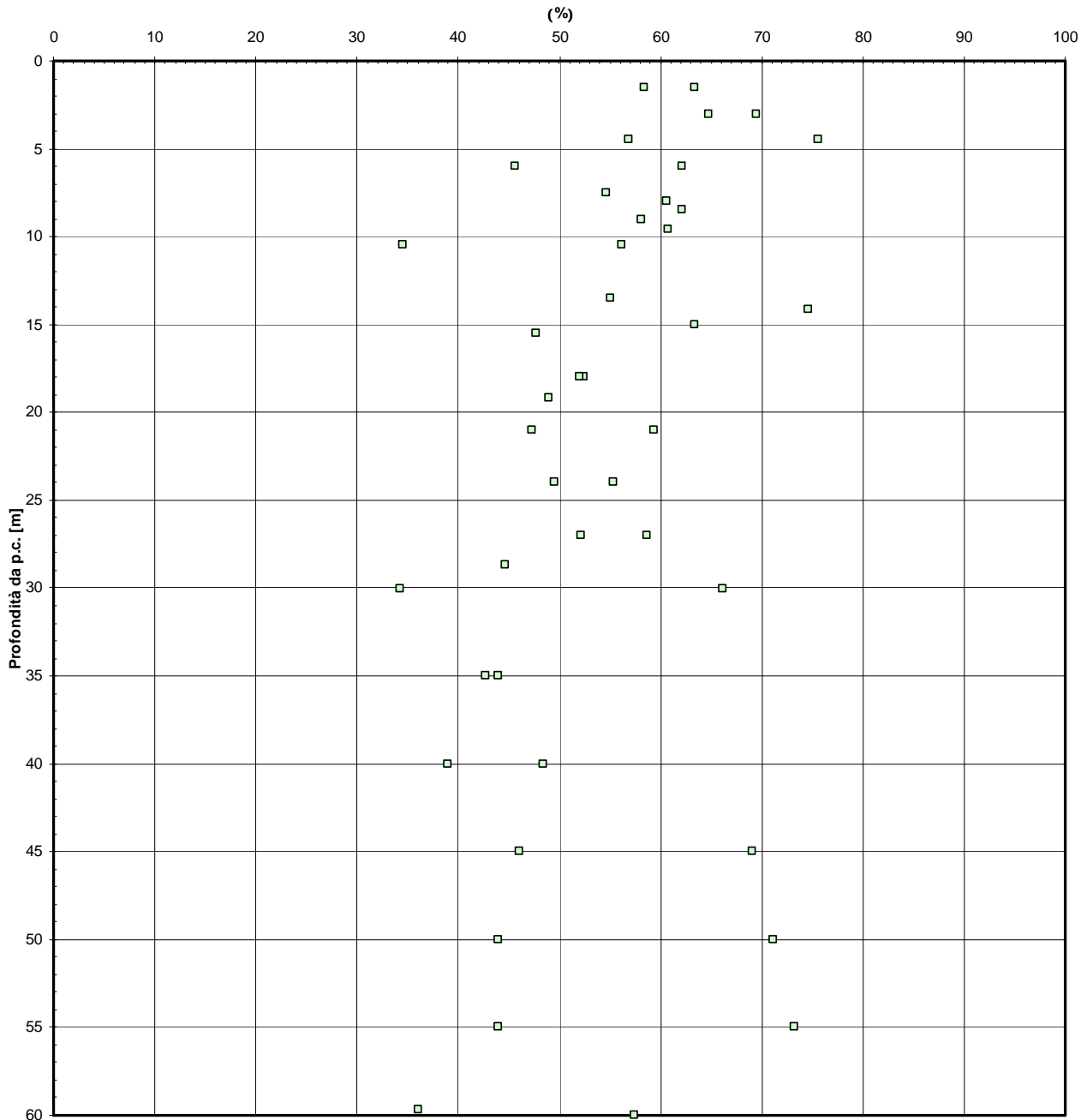


Figura 275

**Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 5+7 a Km 7 Km - GN Balena
% Sabbia**

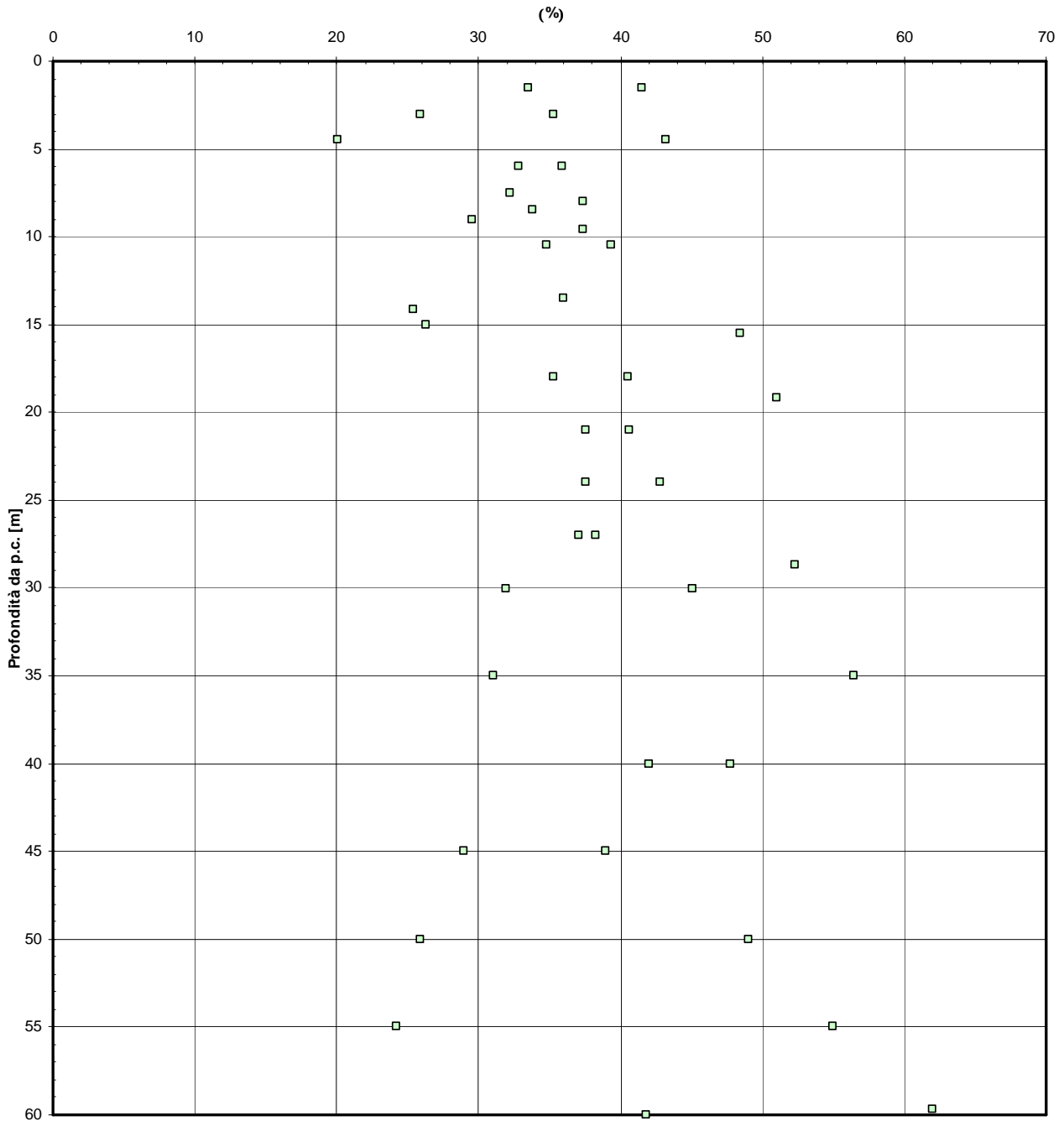


Figura 276

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 5+9 Km a 7 Km GN Balena - d50(mm)

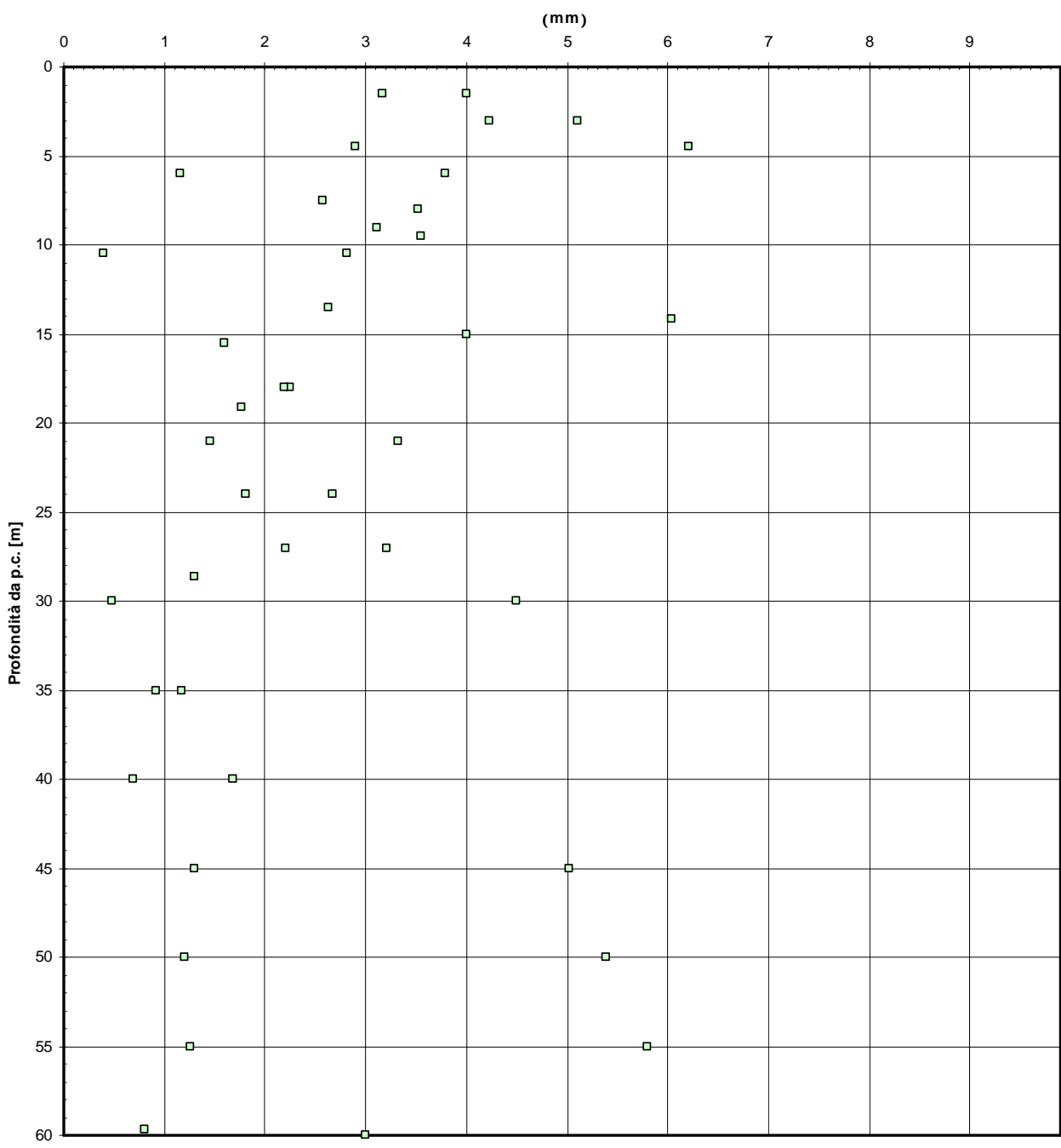


Figura 277

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

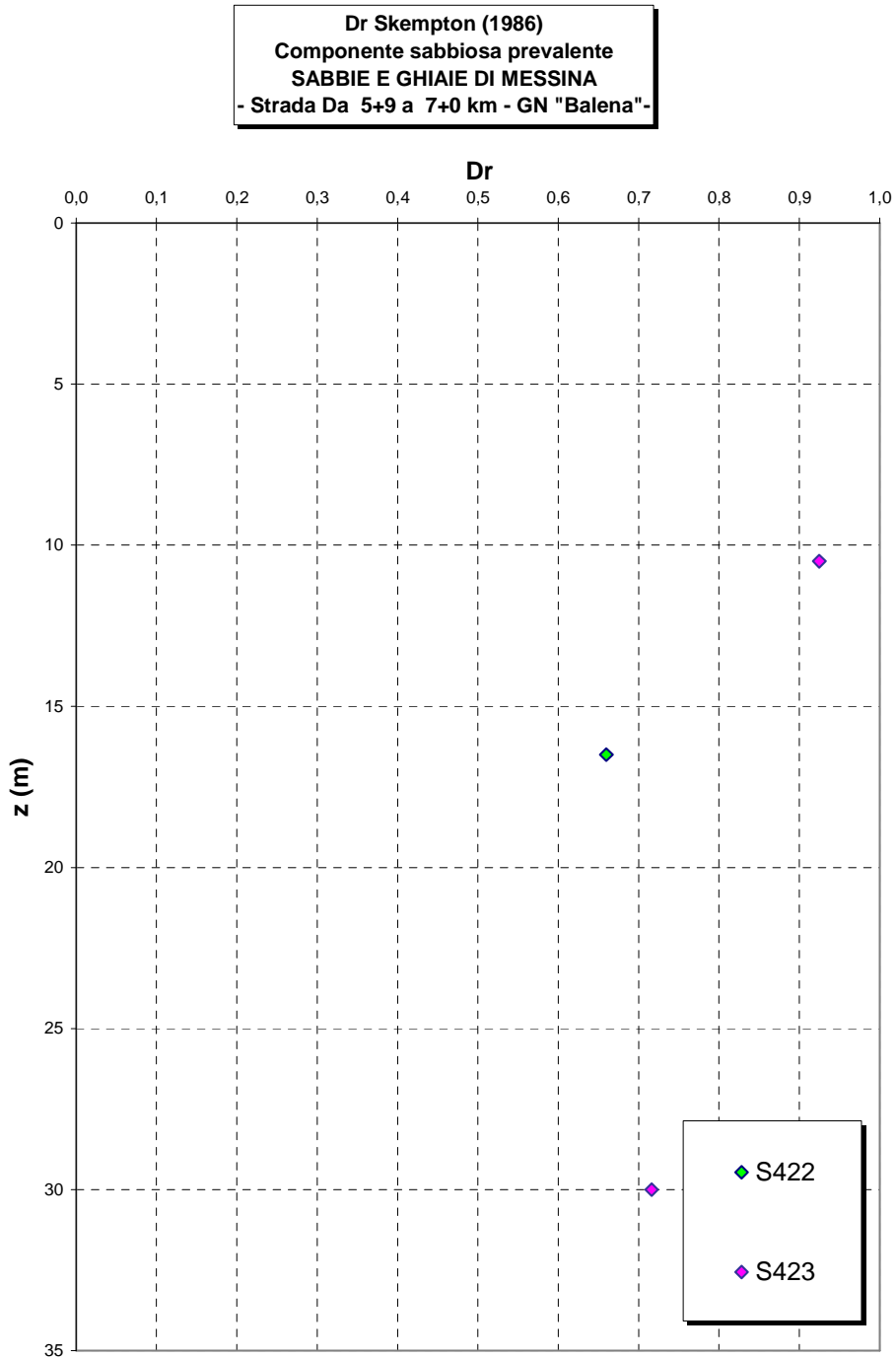


Figura 278

**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
- Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"-**

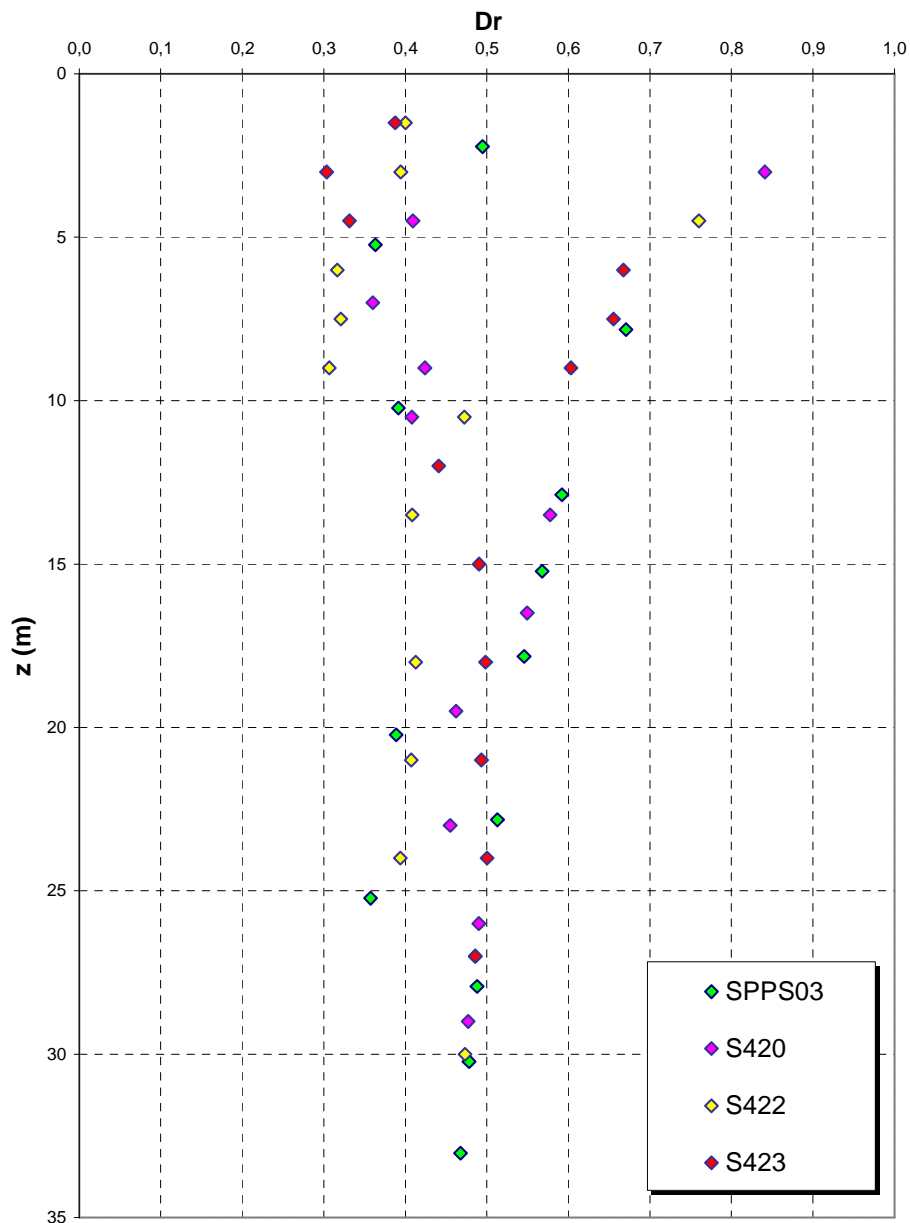


Figura 279

eo

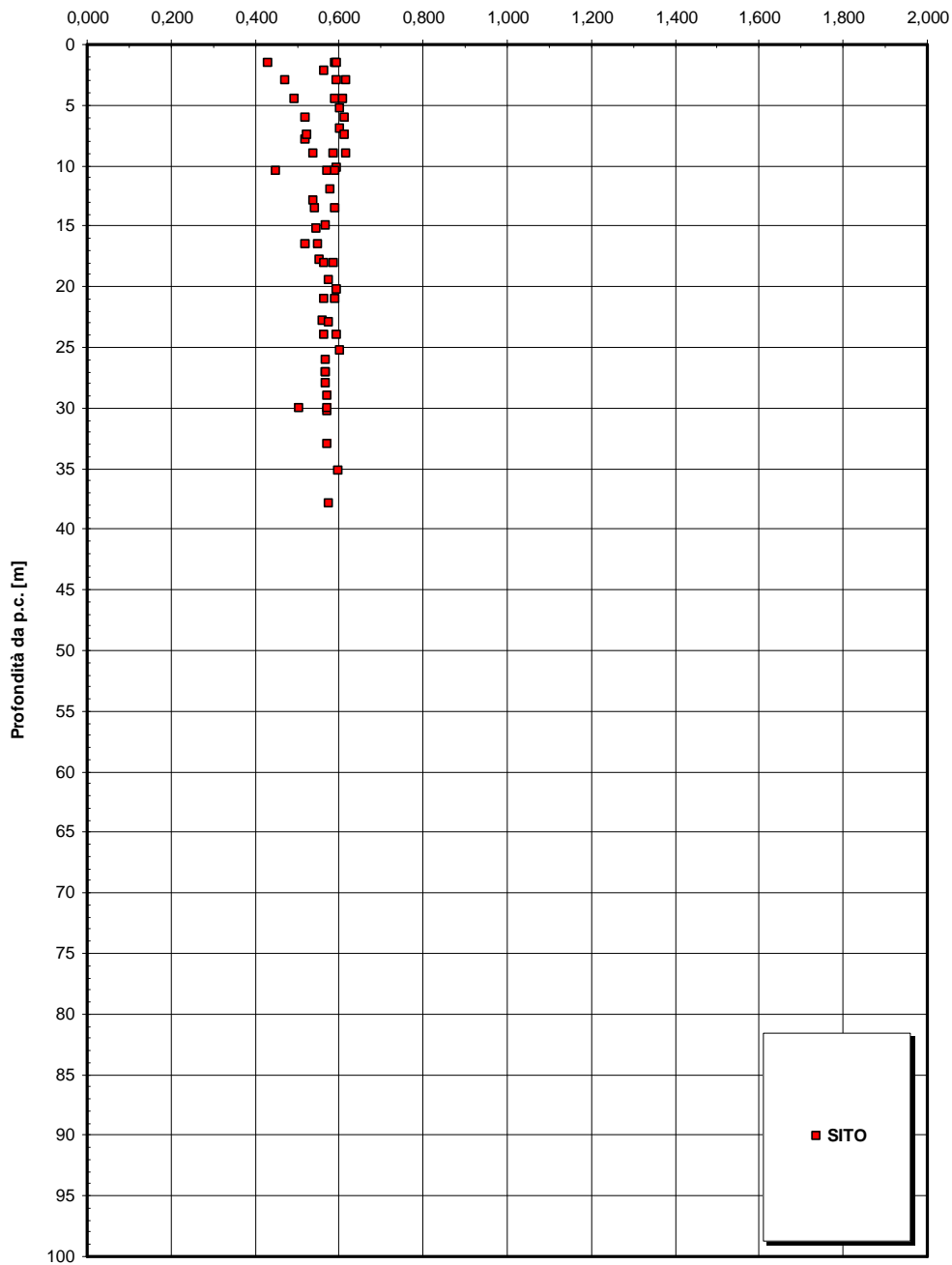


Figura 280

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

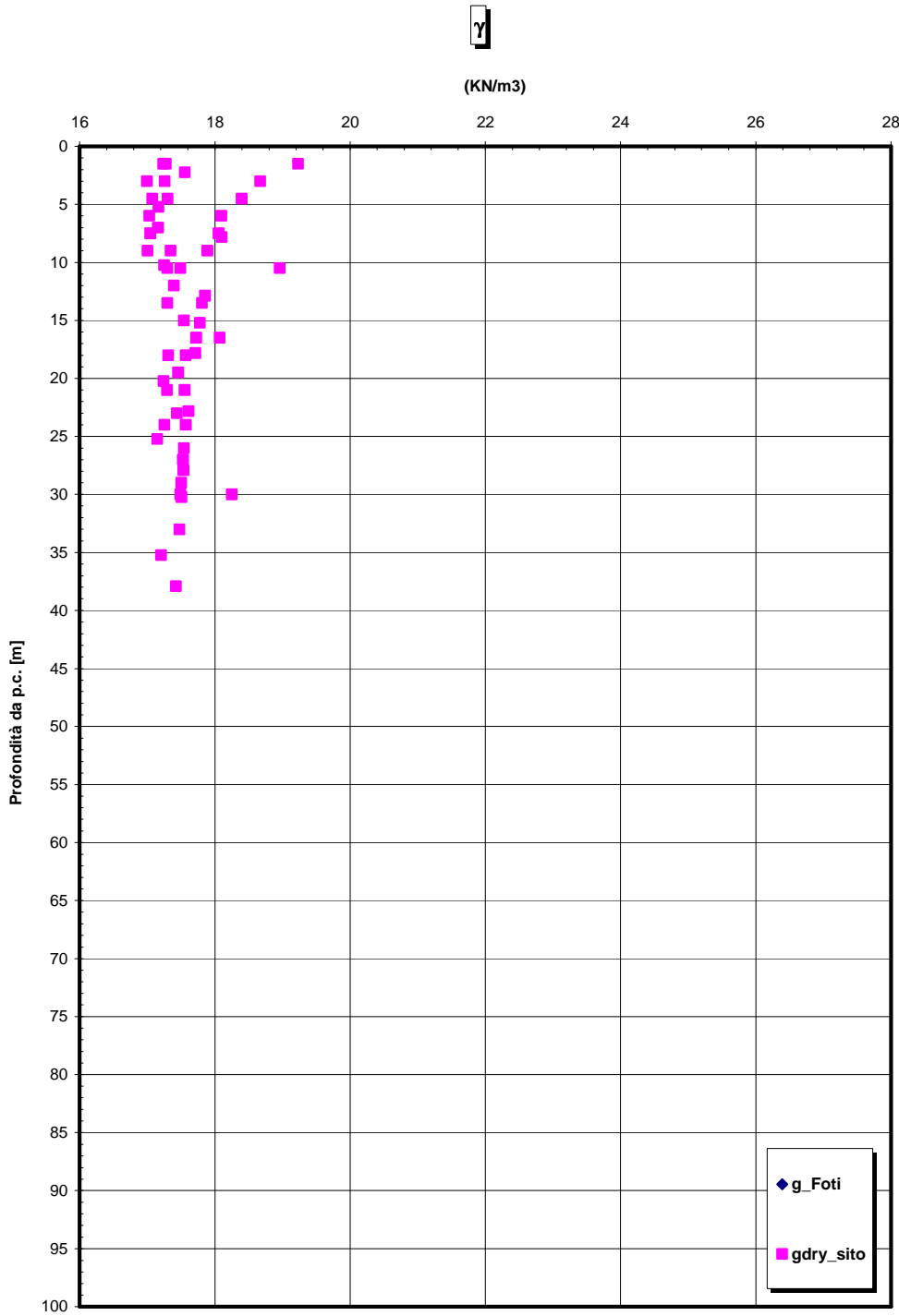


Figura 281

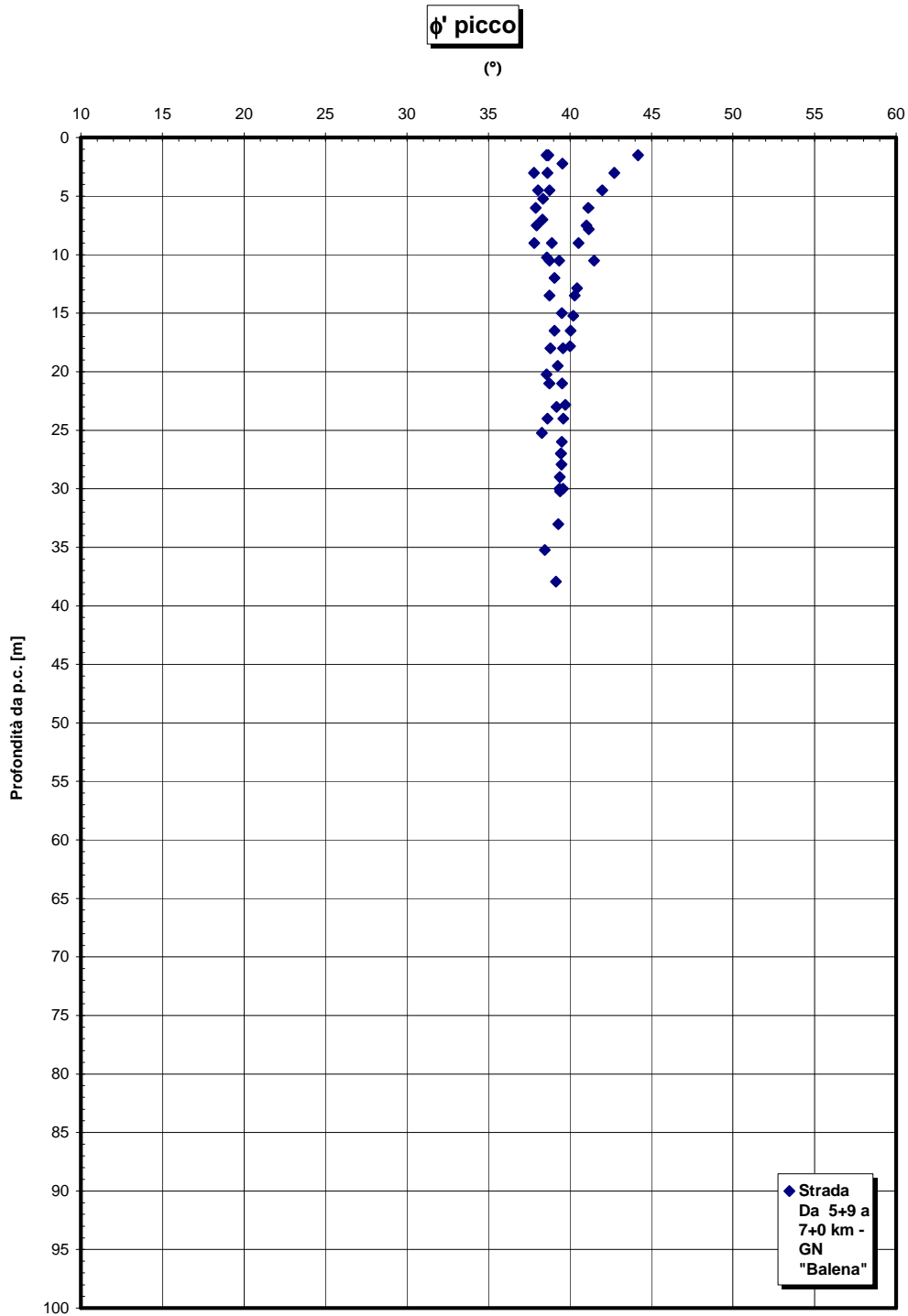


Figura 282

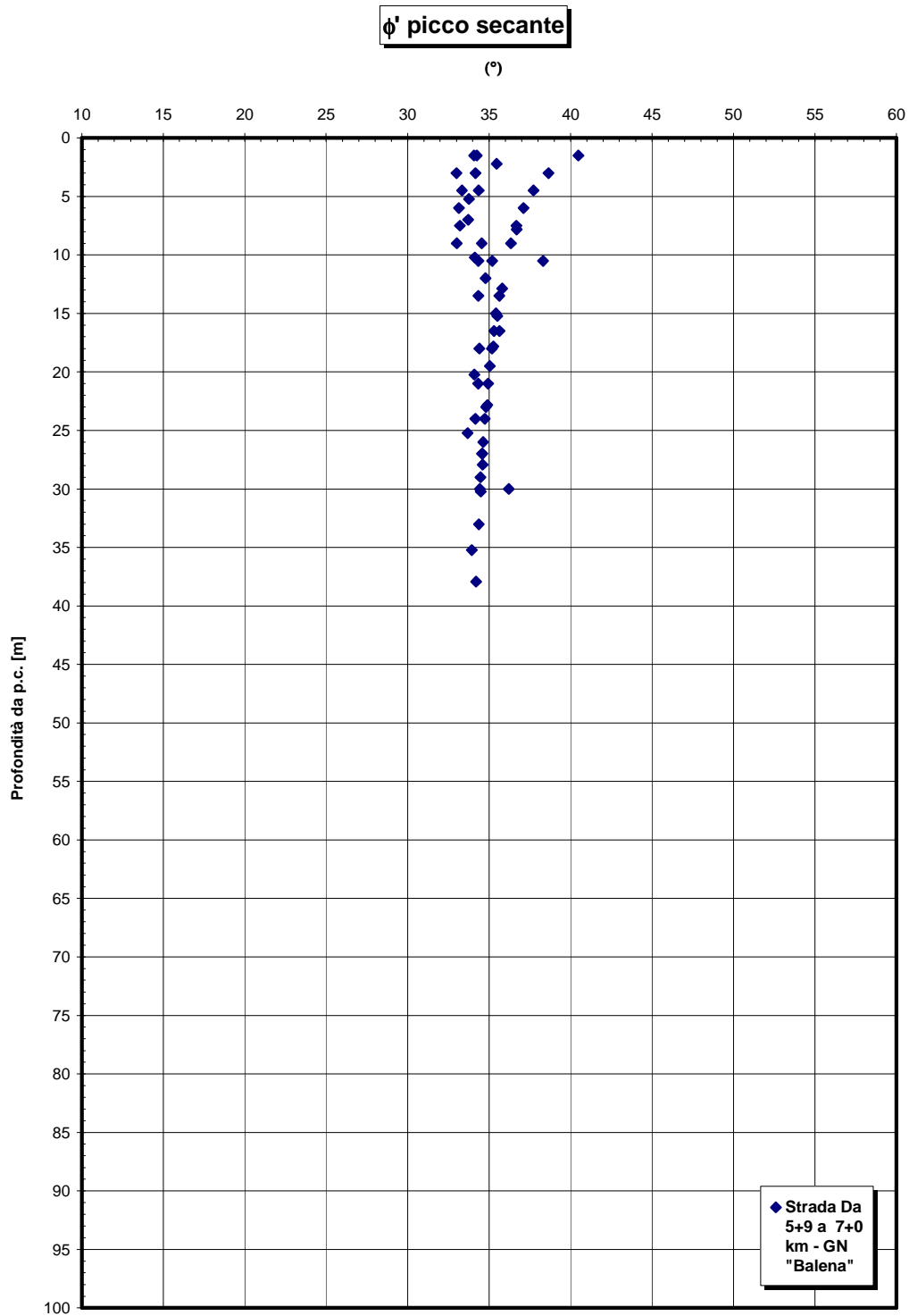


Figura 283

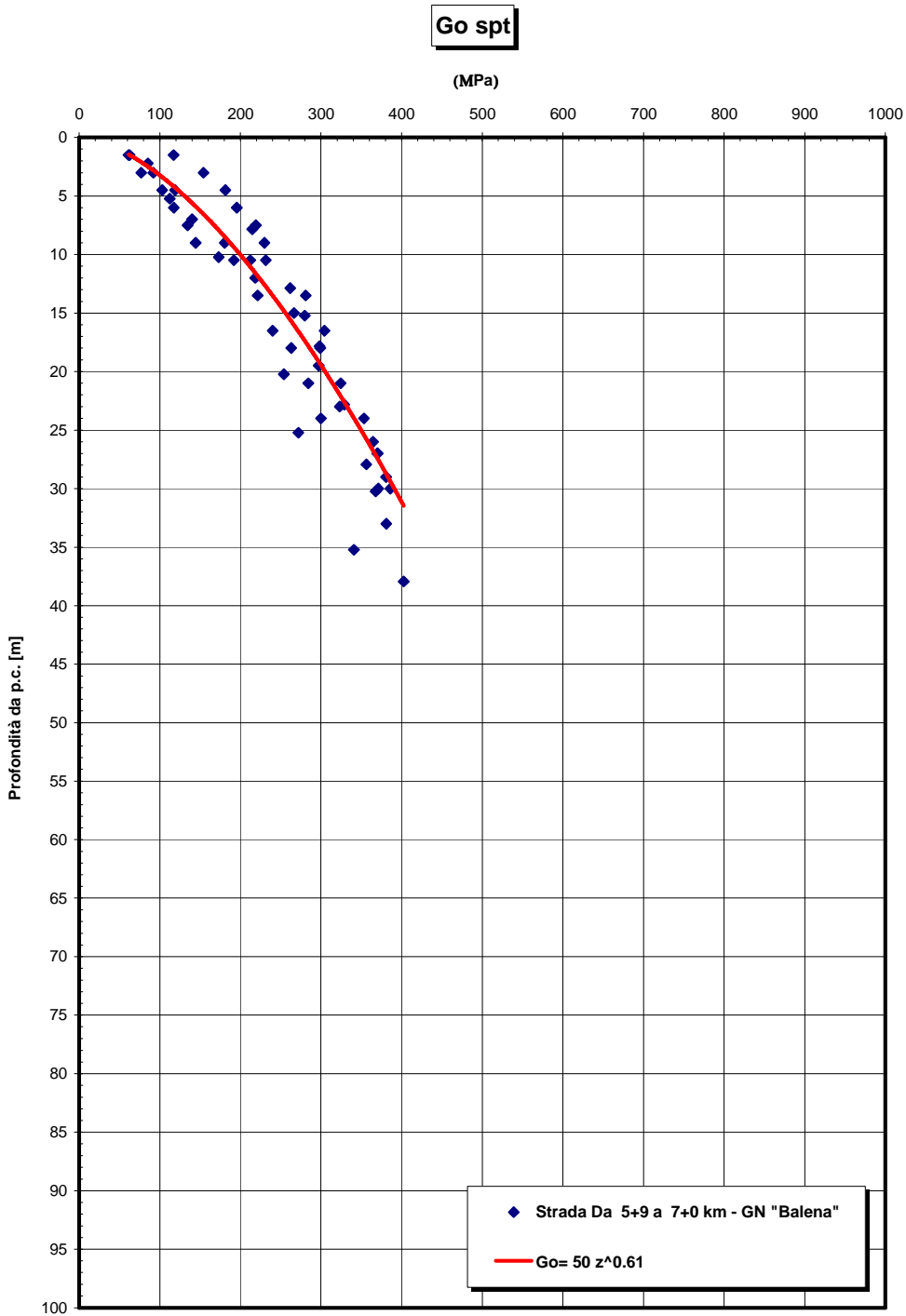


Figura 284

Go/pa

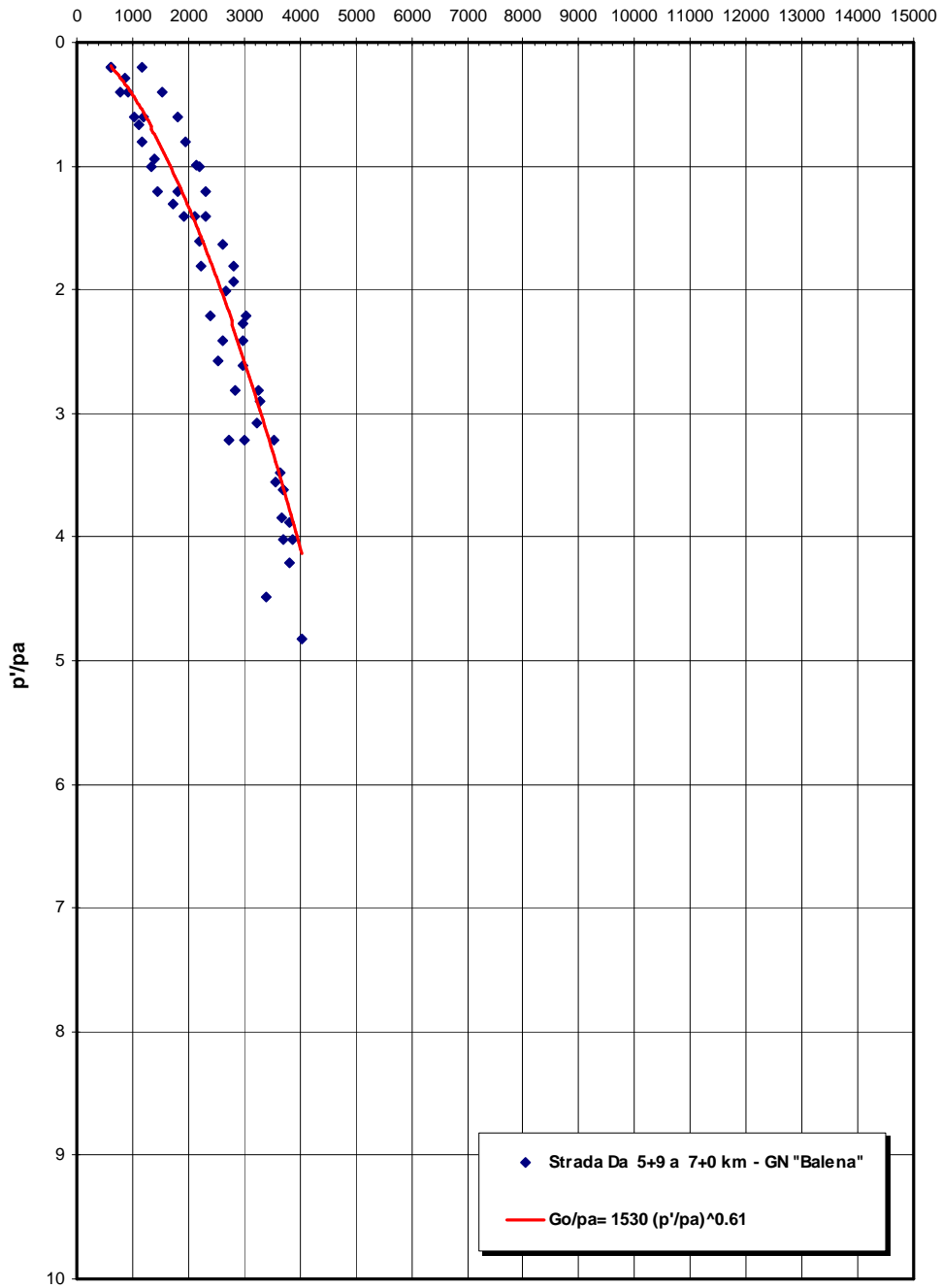


Figura 285

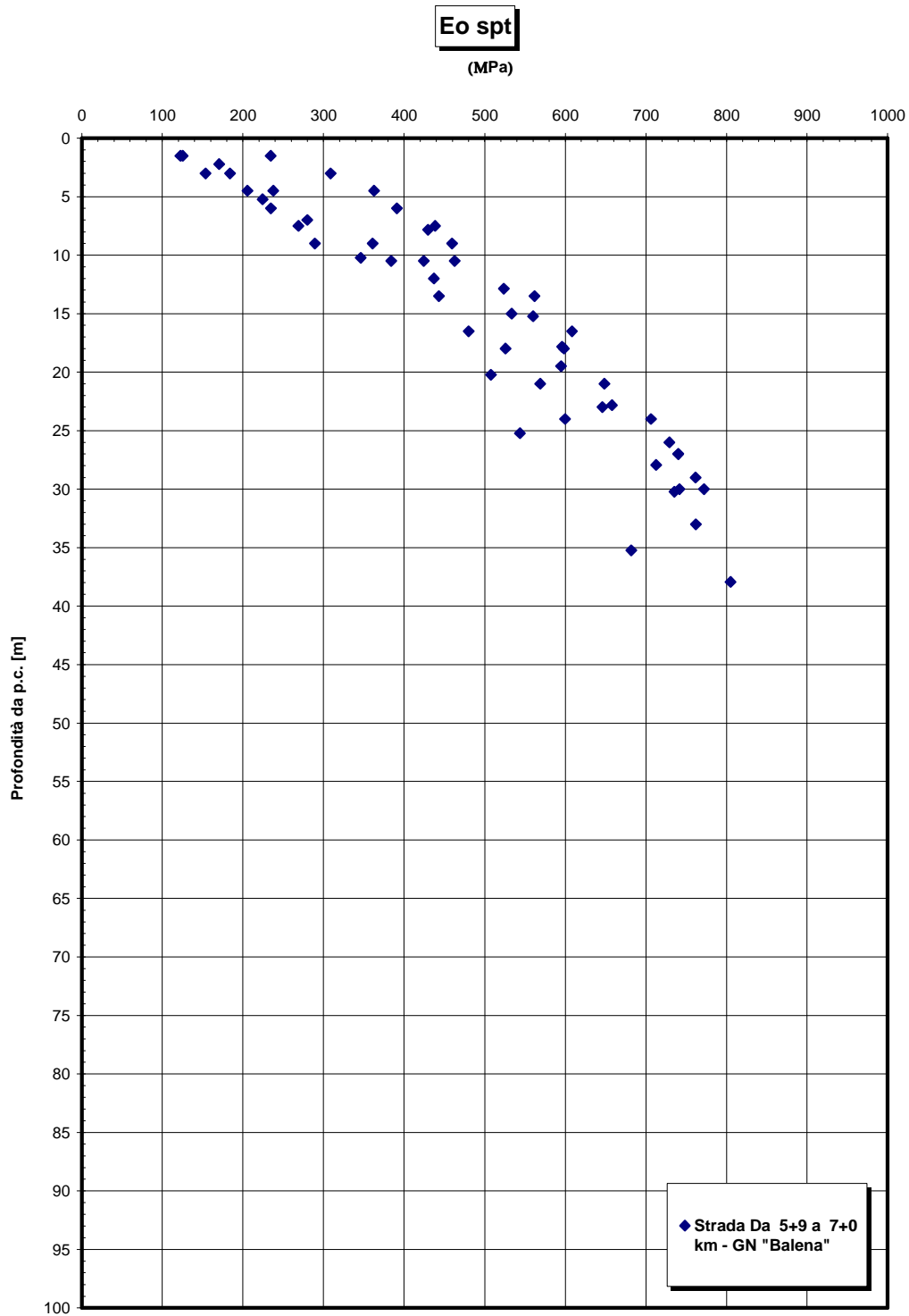


Figura 286

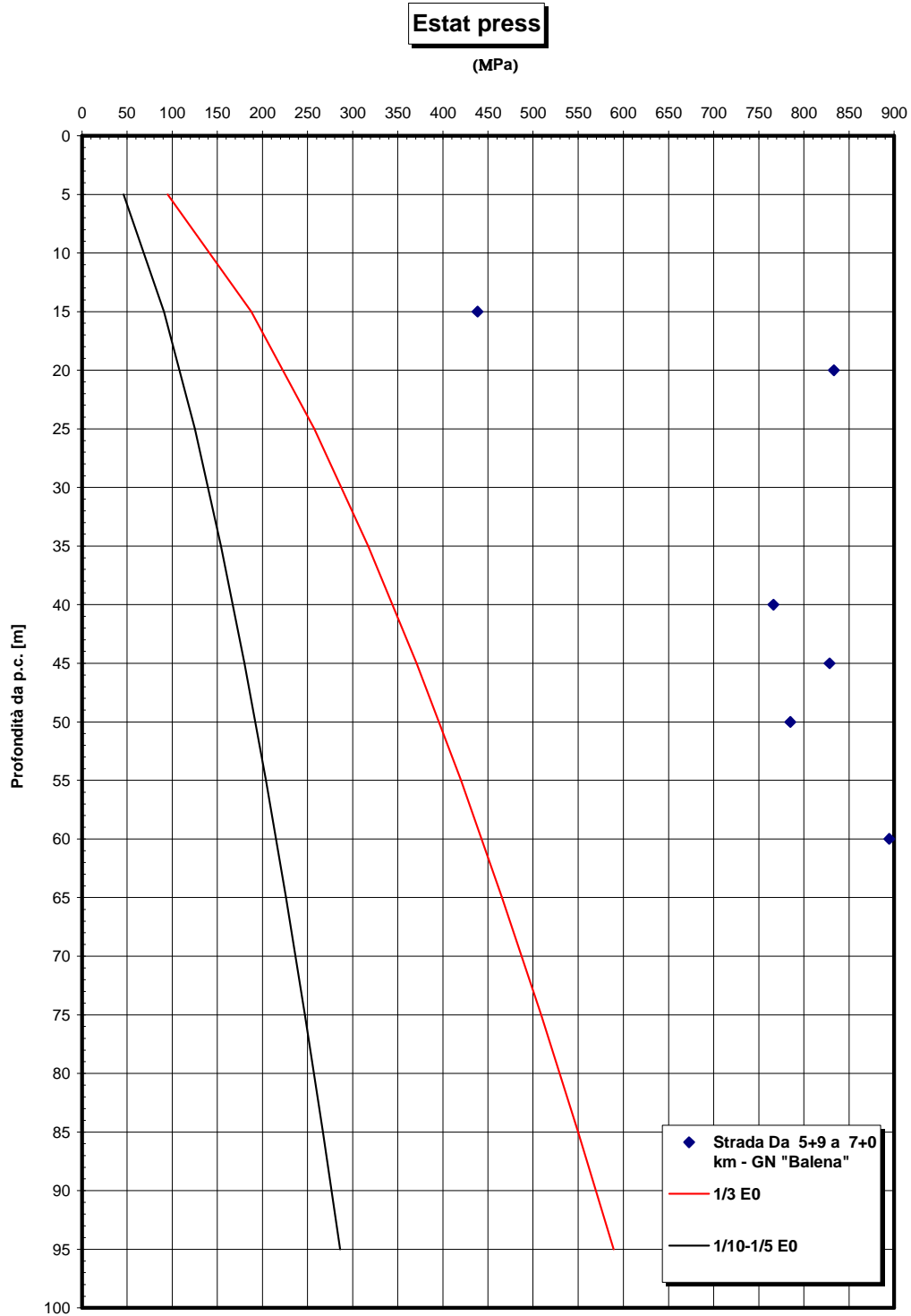


Figura 287

**Prove pressiometriche e dilatometriche
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA
-Strada Da 5+9 a 7+0 km - GN "Balena"-**

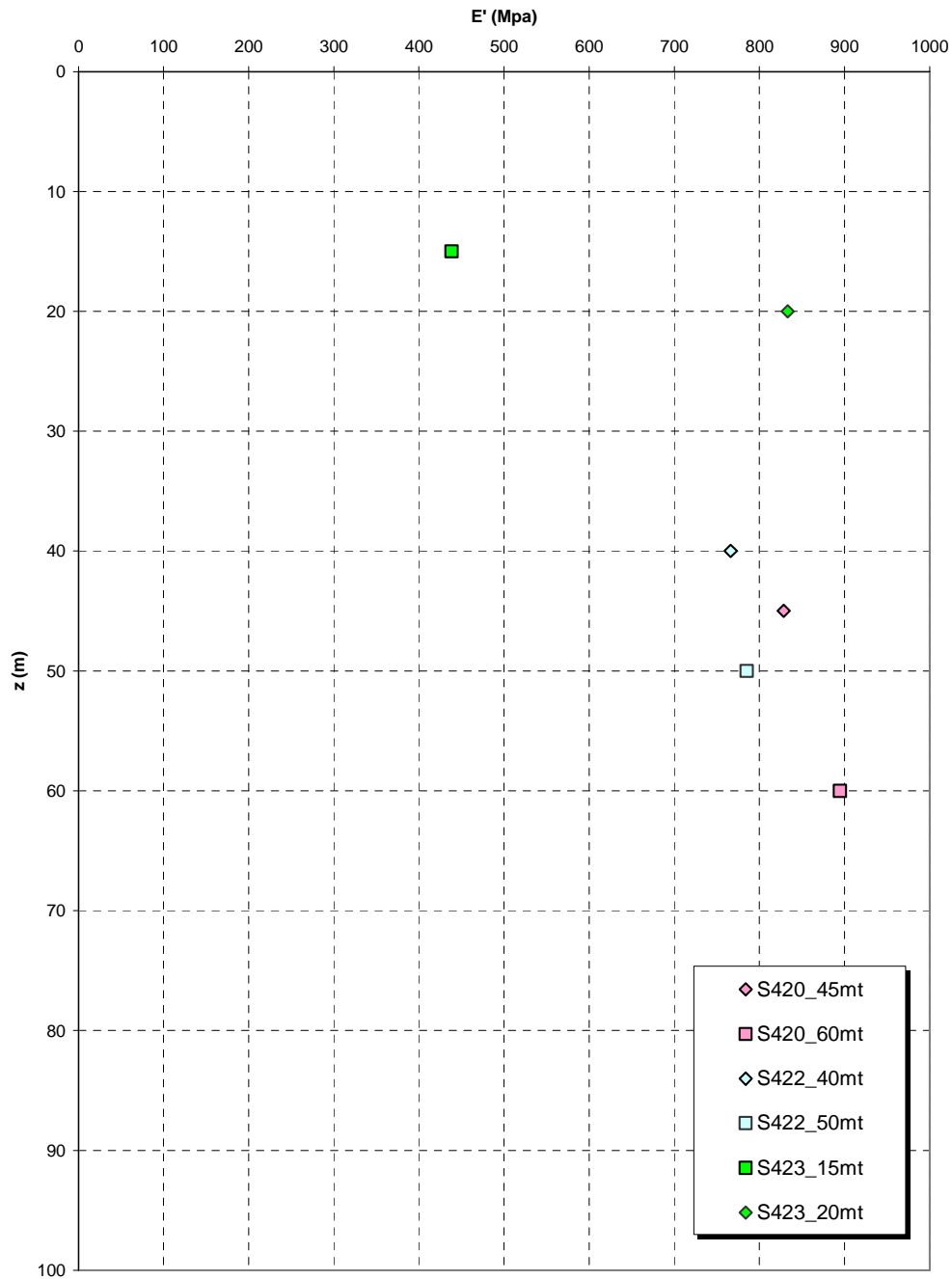


Figura 288

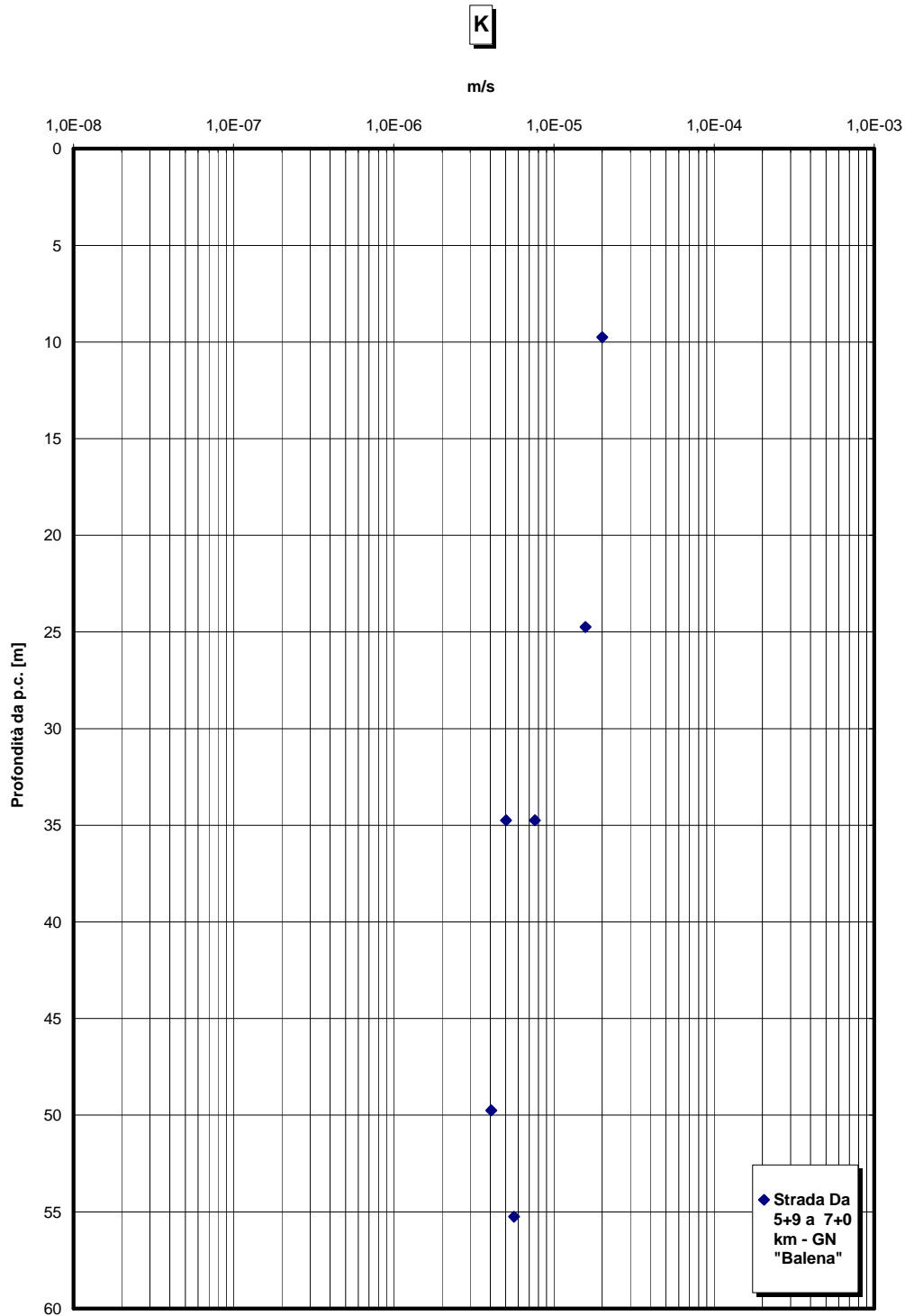


Figura 289

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.9 Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN le Fosse

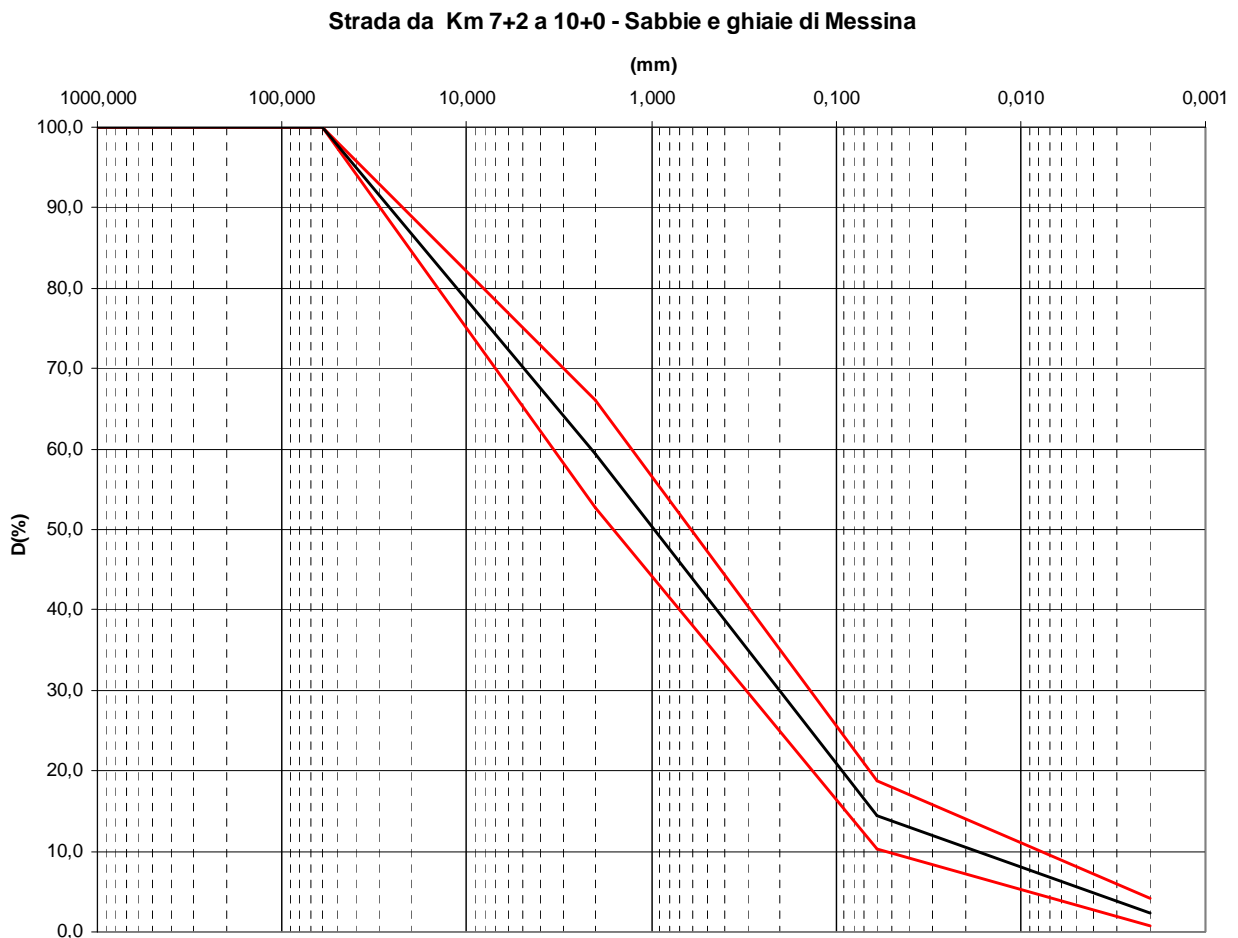


Figura 290

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 7+2 Km a 10 Km GN Le Fosse -
% Ghiaia**

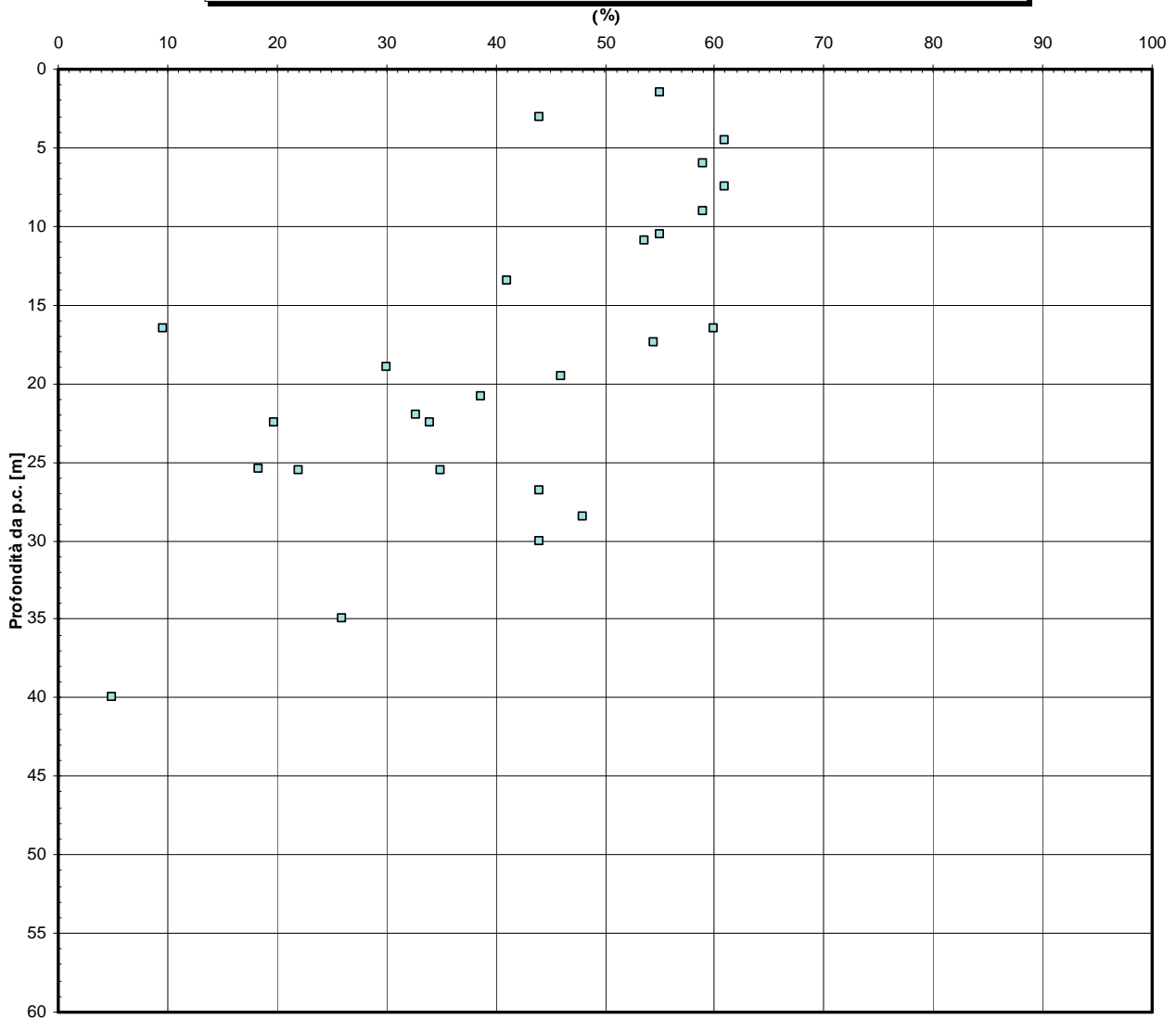


Figura 291

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 7+2 a Km10 Km GN Le Fosse
% Sabbia

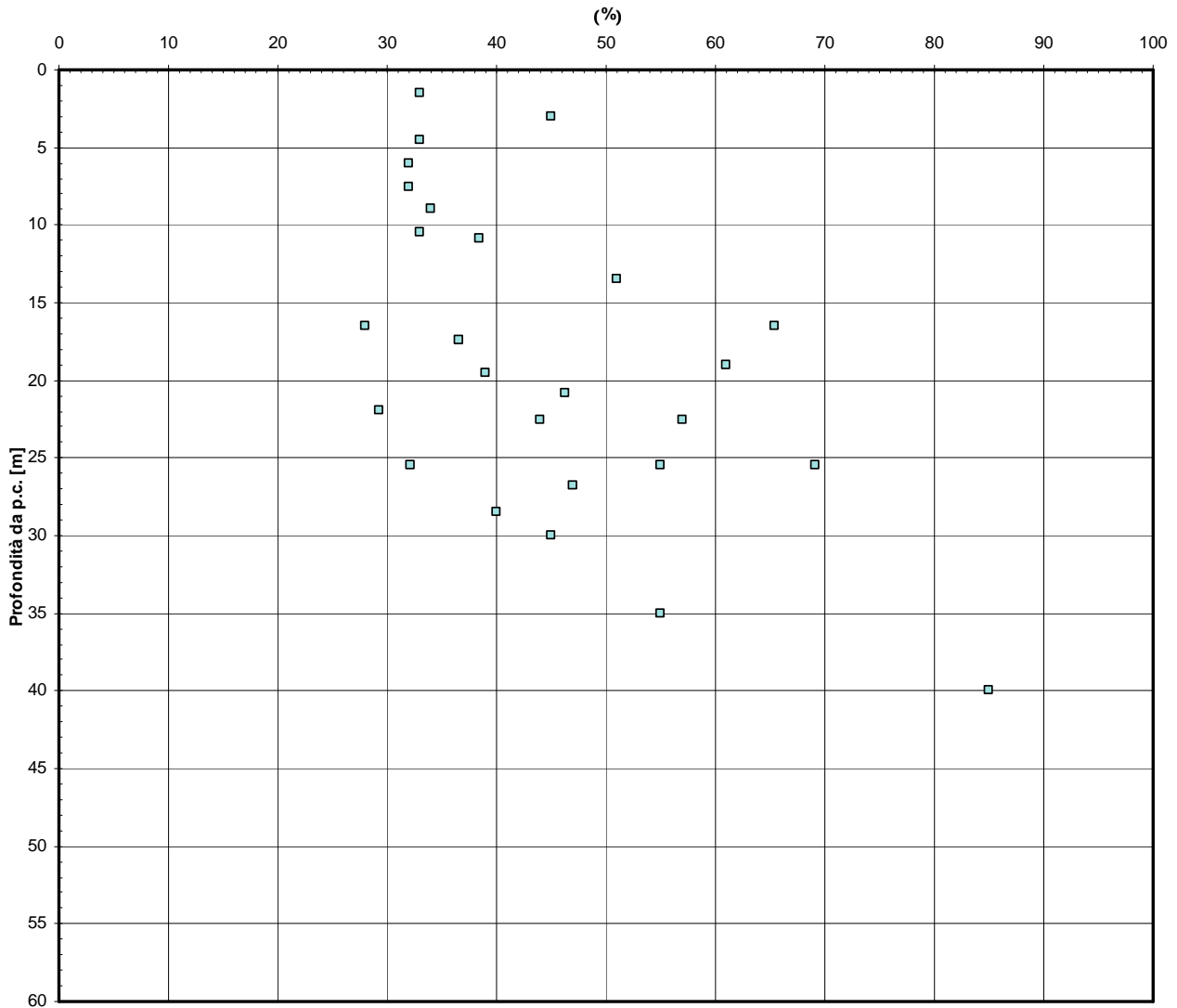


Figura 292

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina- Strada da 7+2 Km a 10 Km - GN Le Fosse - d50(mm)

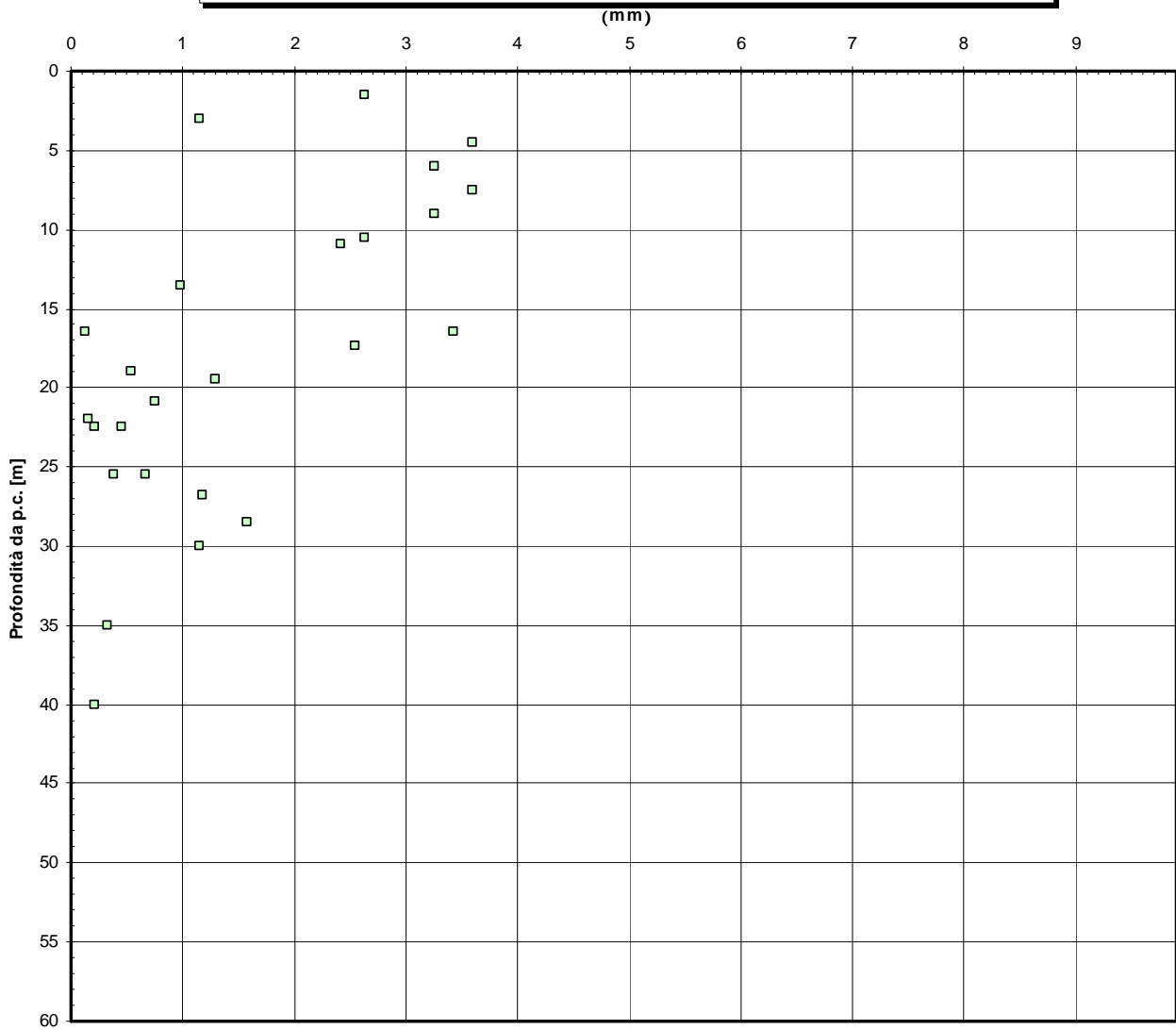


Figura 293

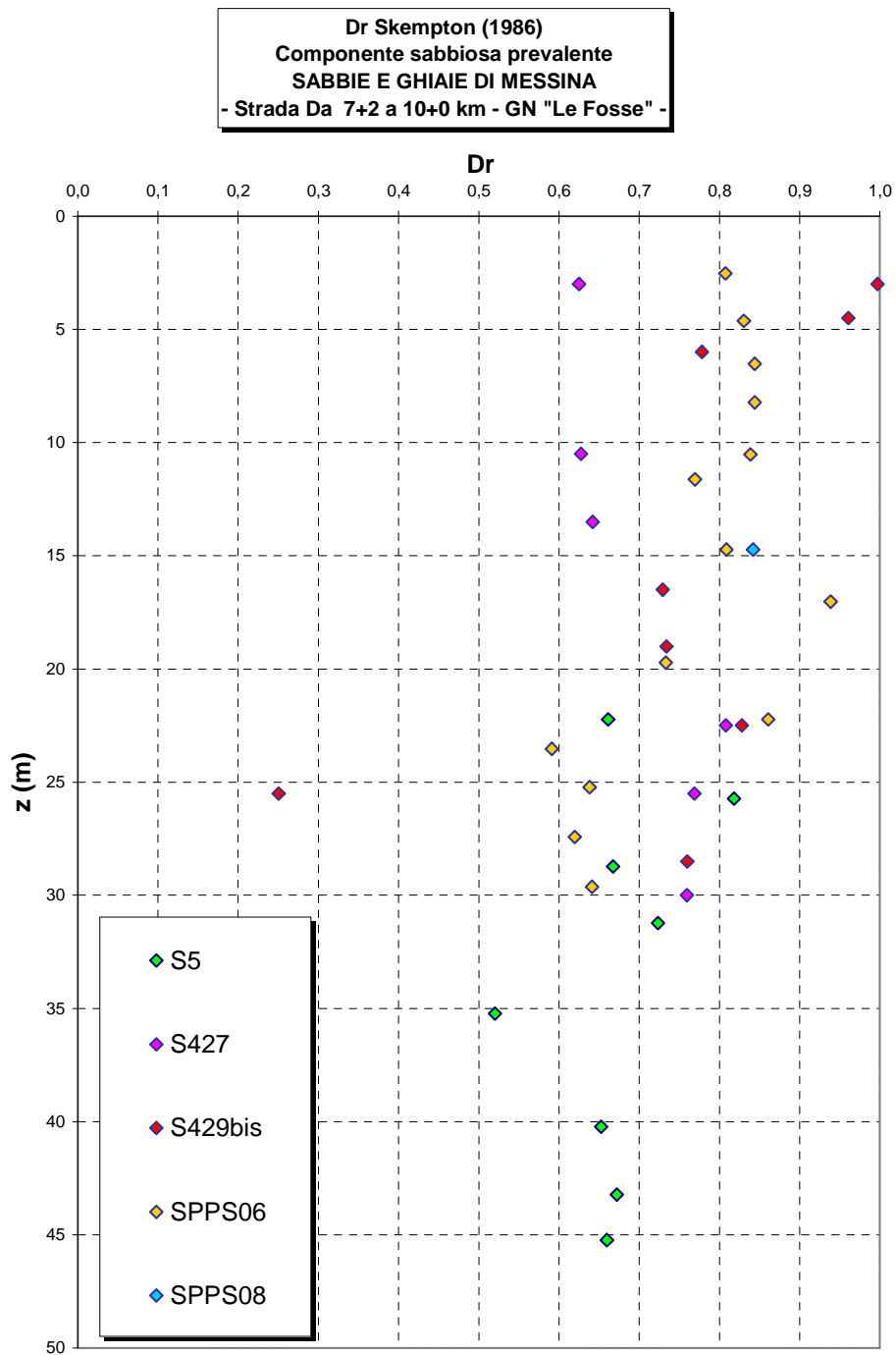


Figura 294

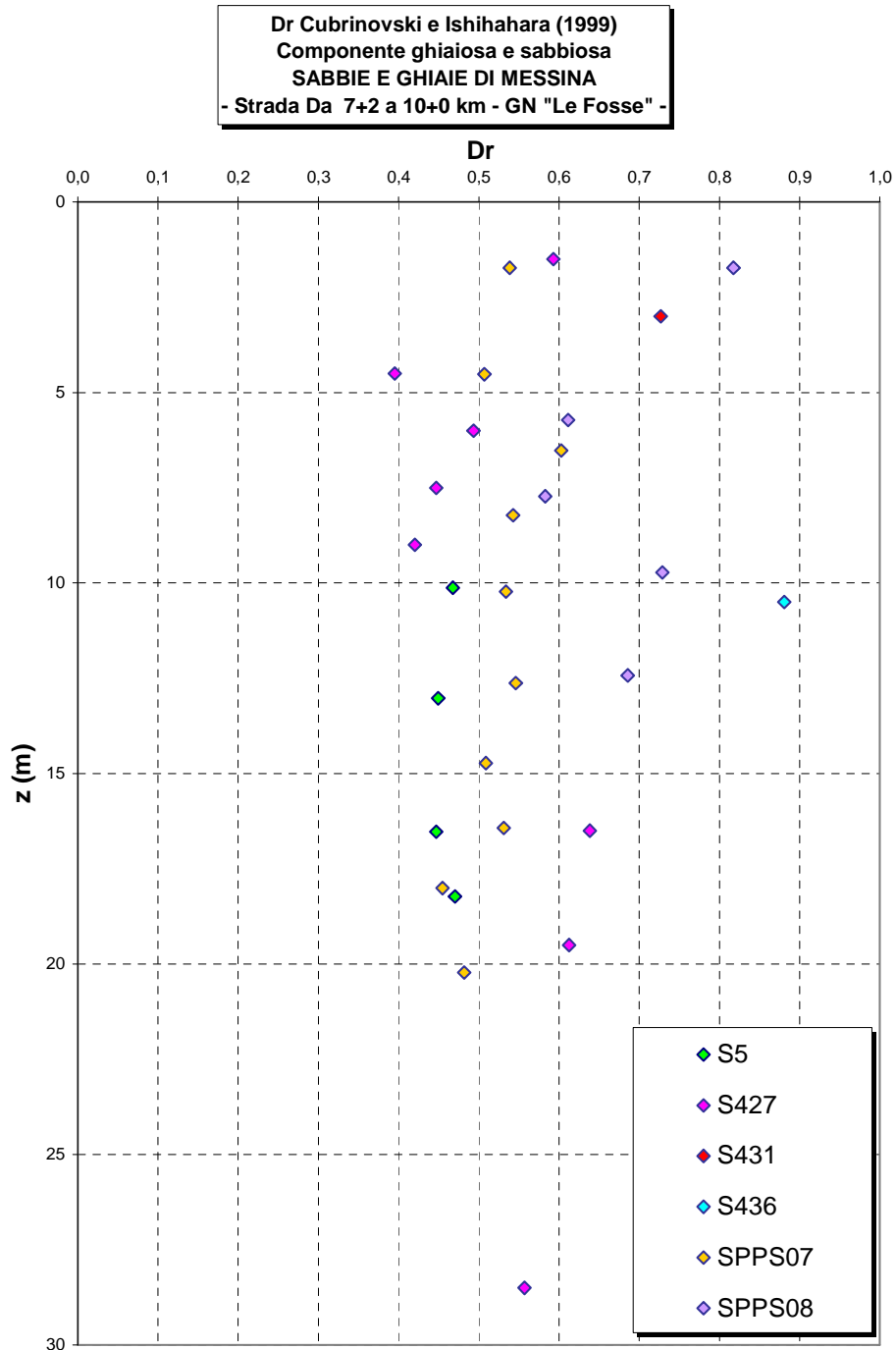


Figura 295

eo

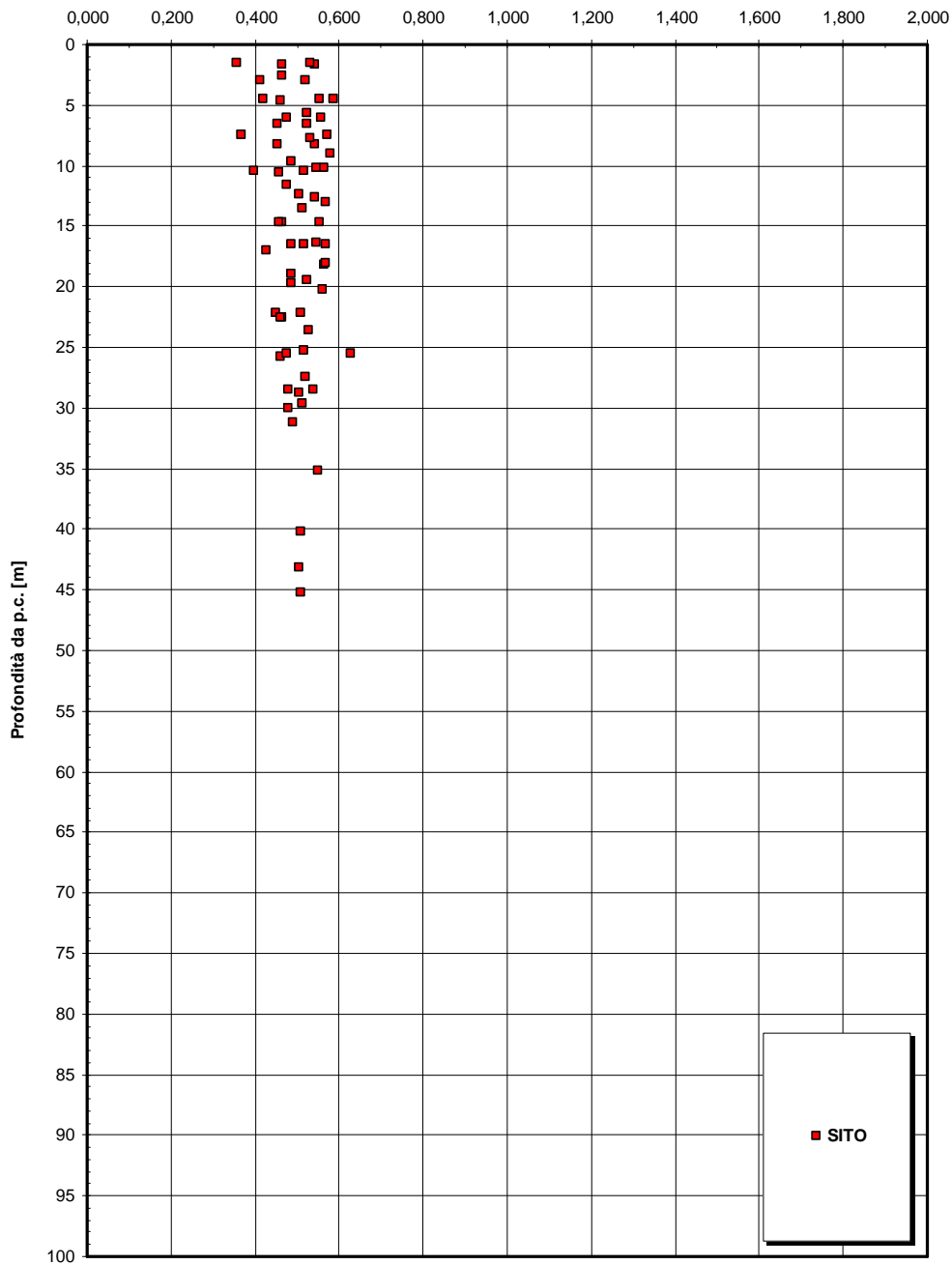


Figura 296

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

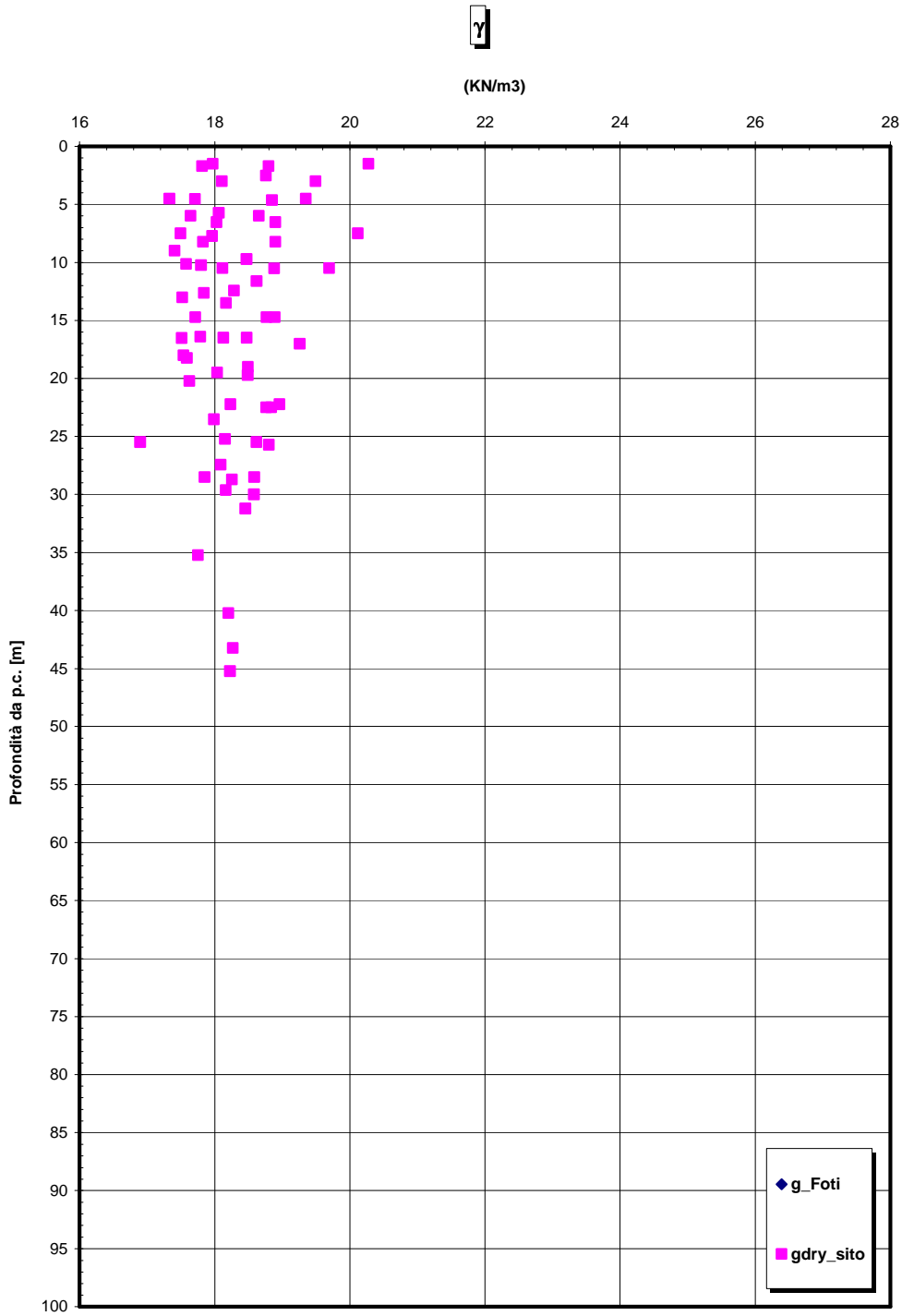


Figura 297

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

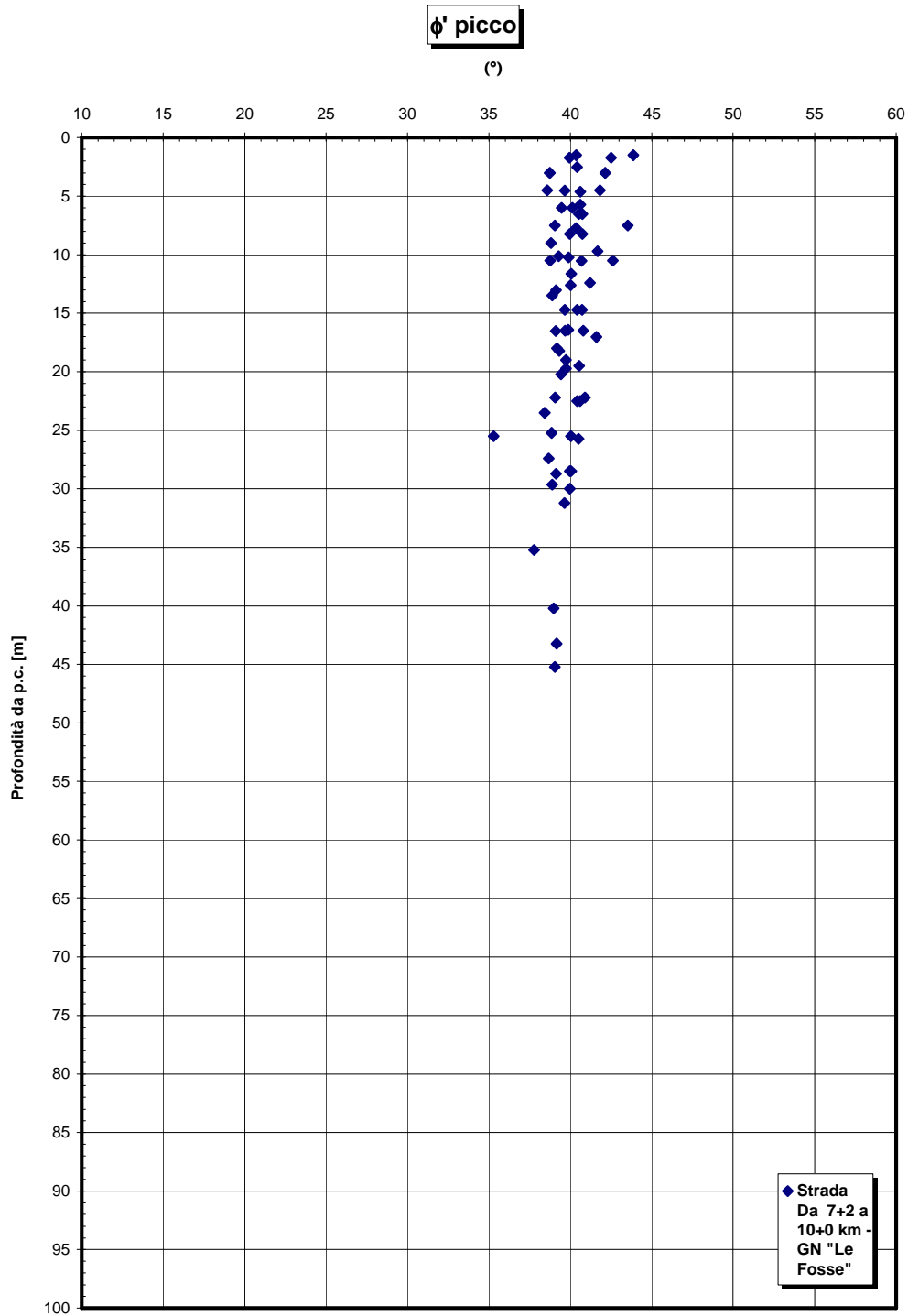


Figura 298

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

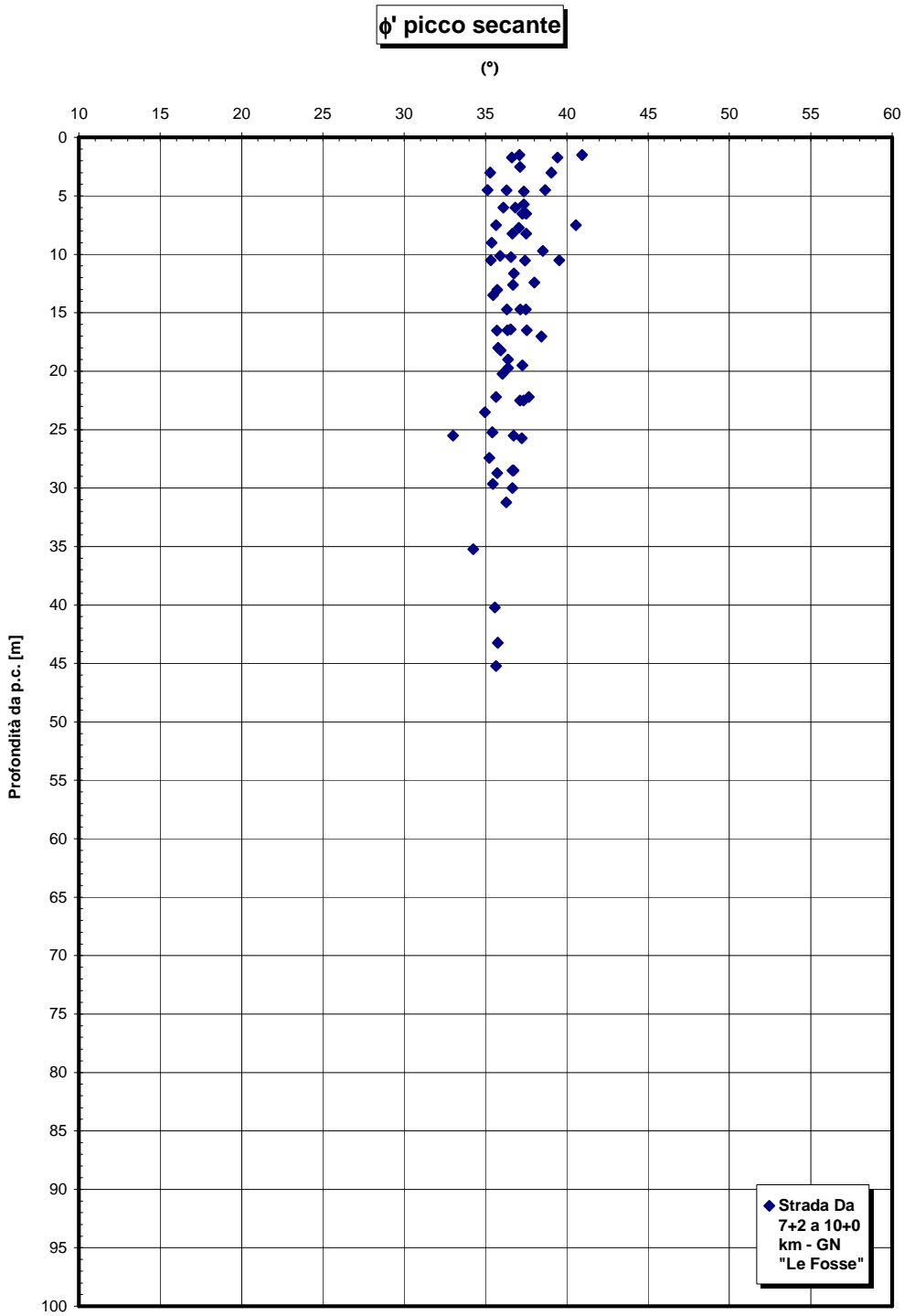


Figura 299

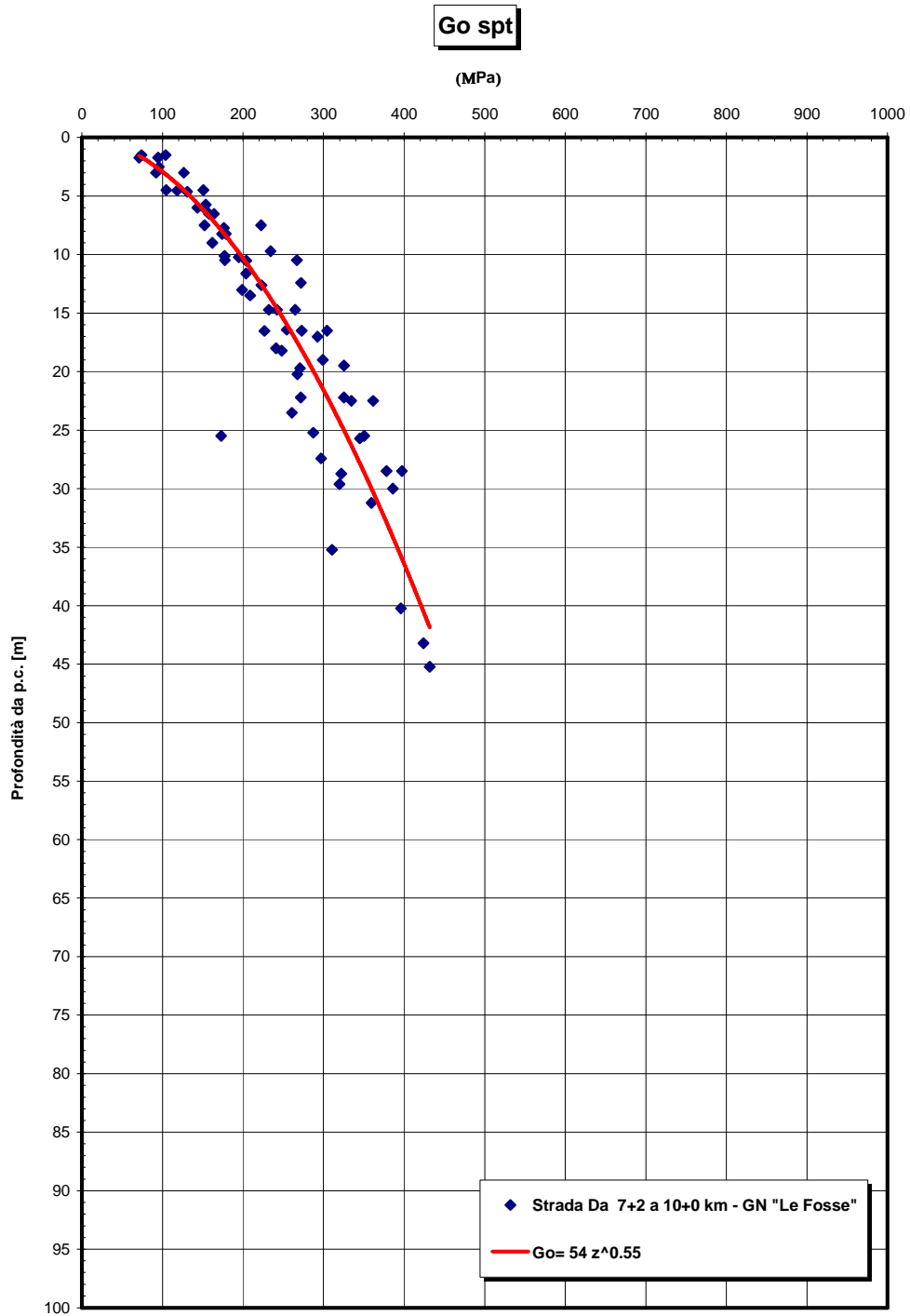


Figura 300

Go/pa

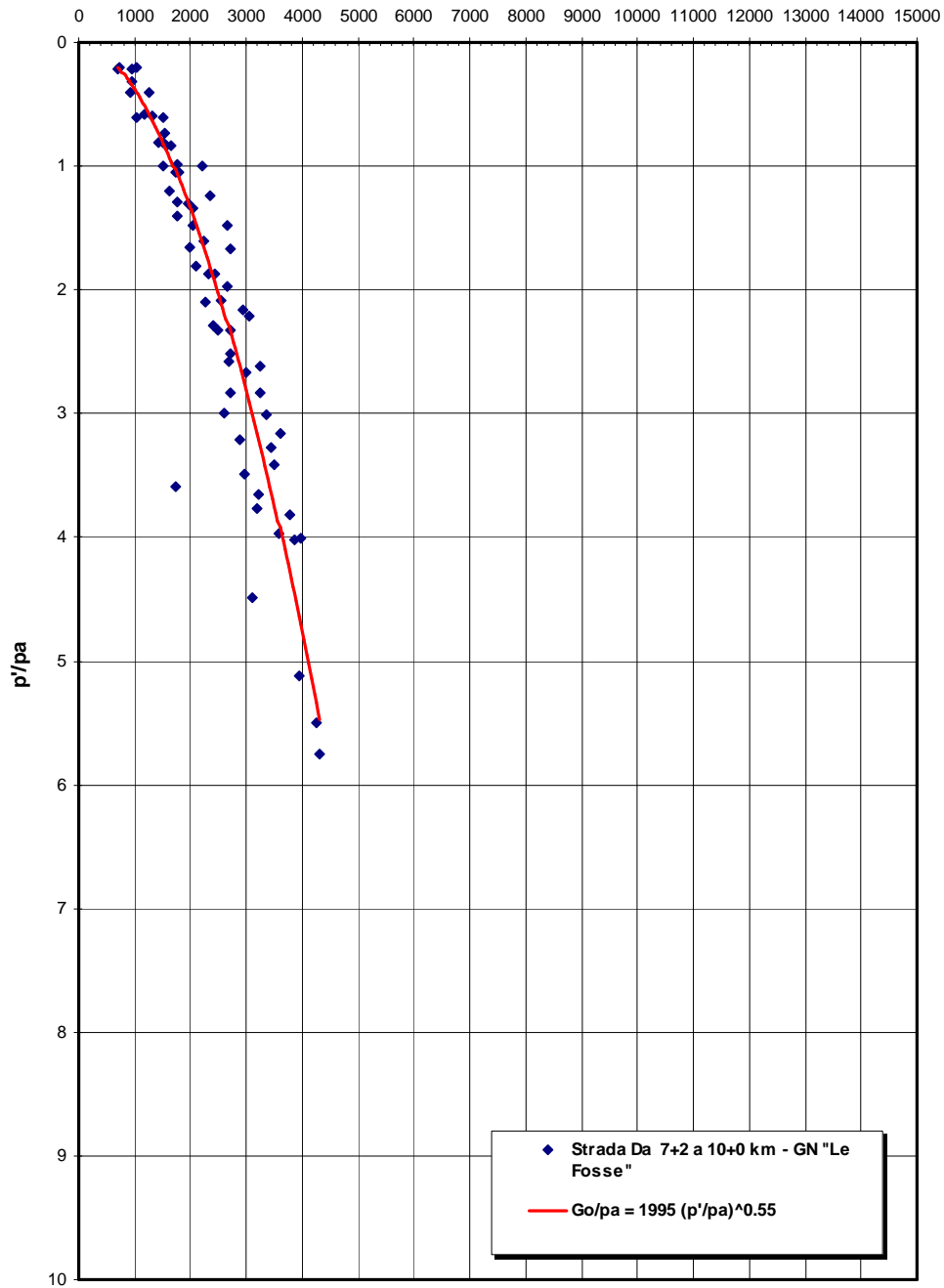


Figura 301

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

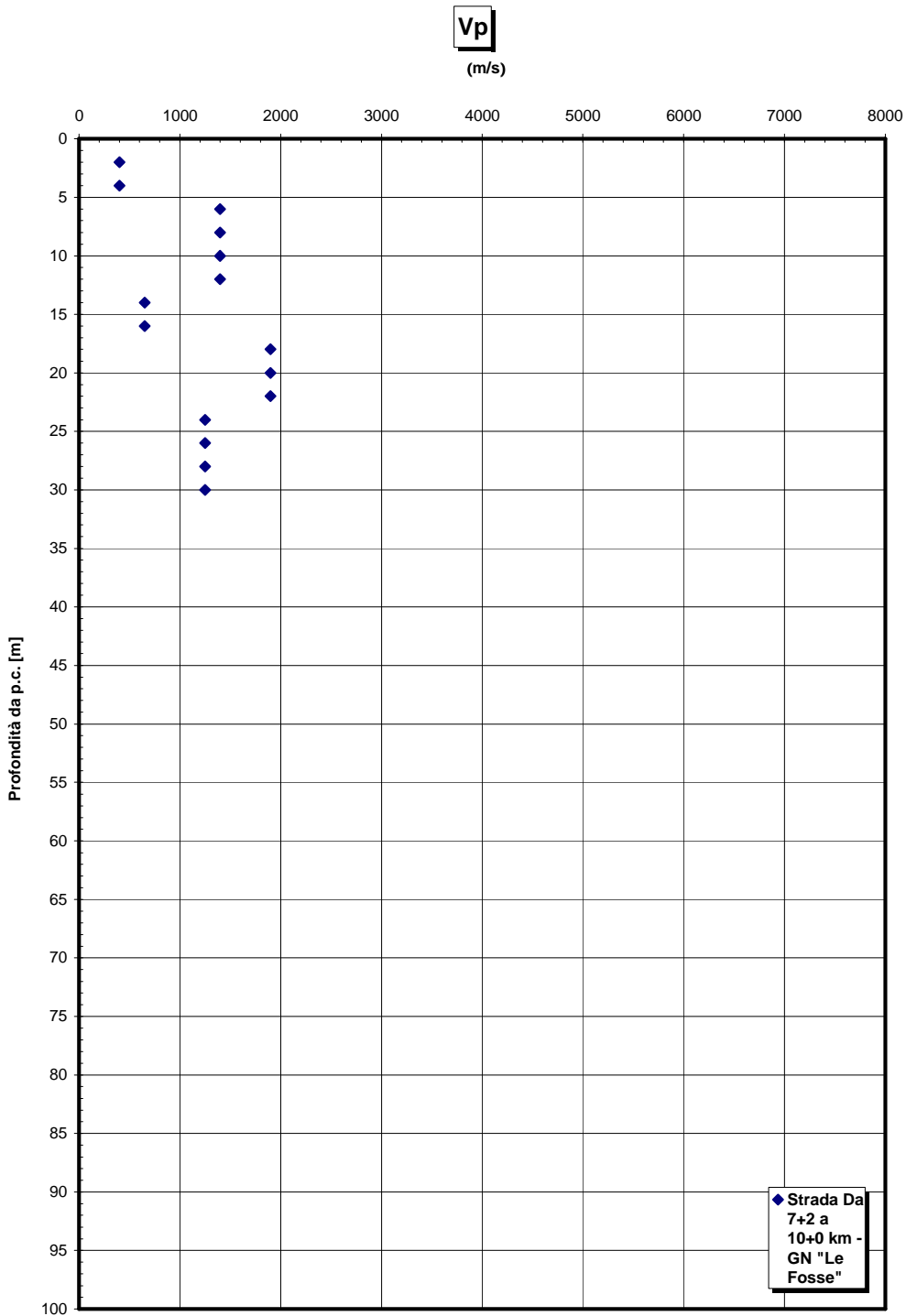


Figura 302

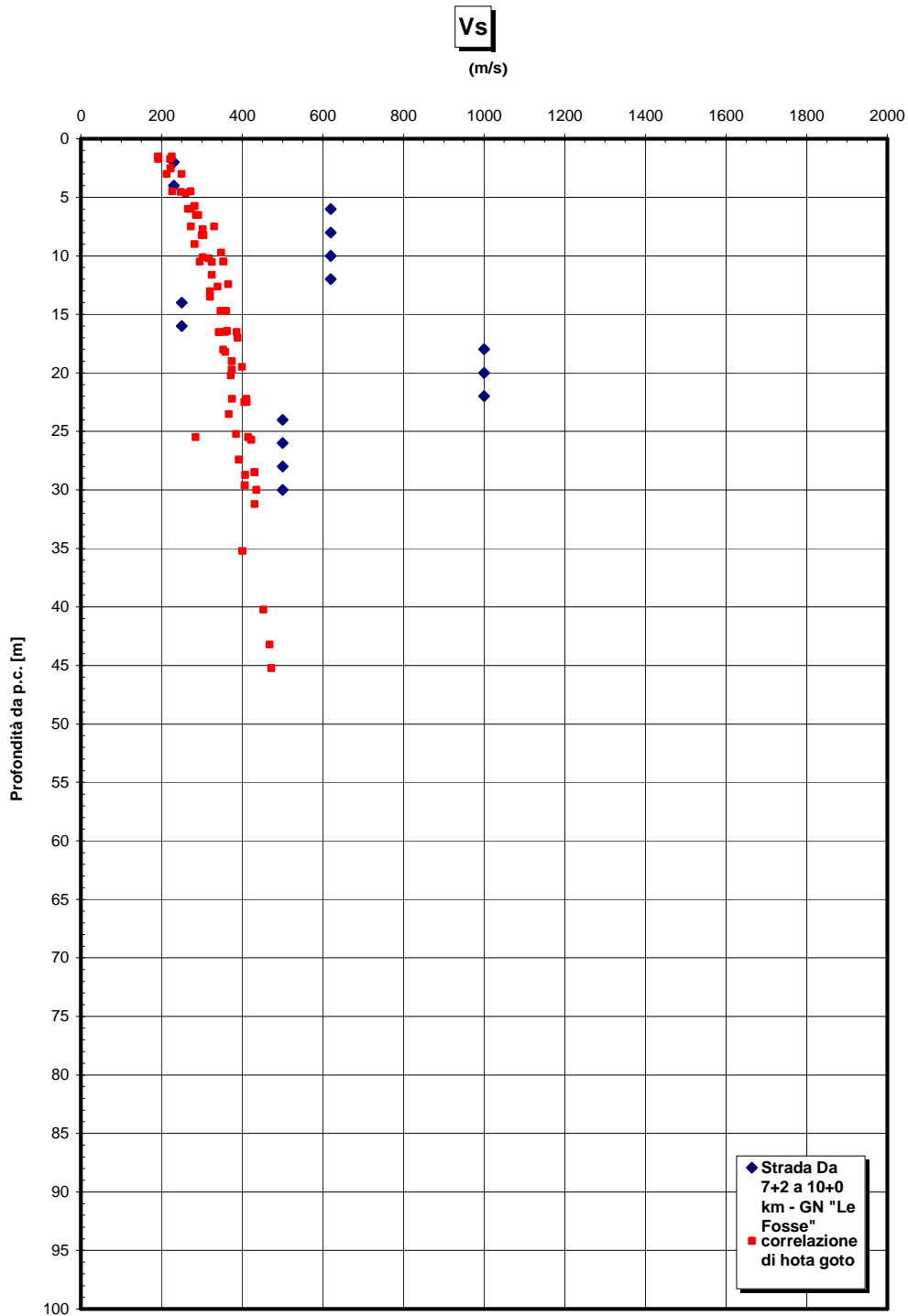


Figura 303

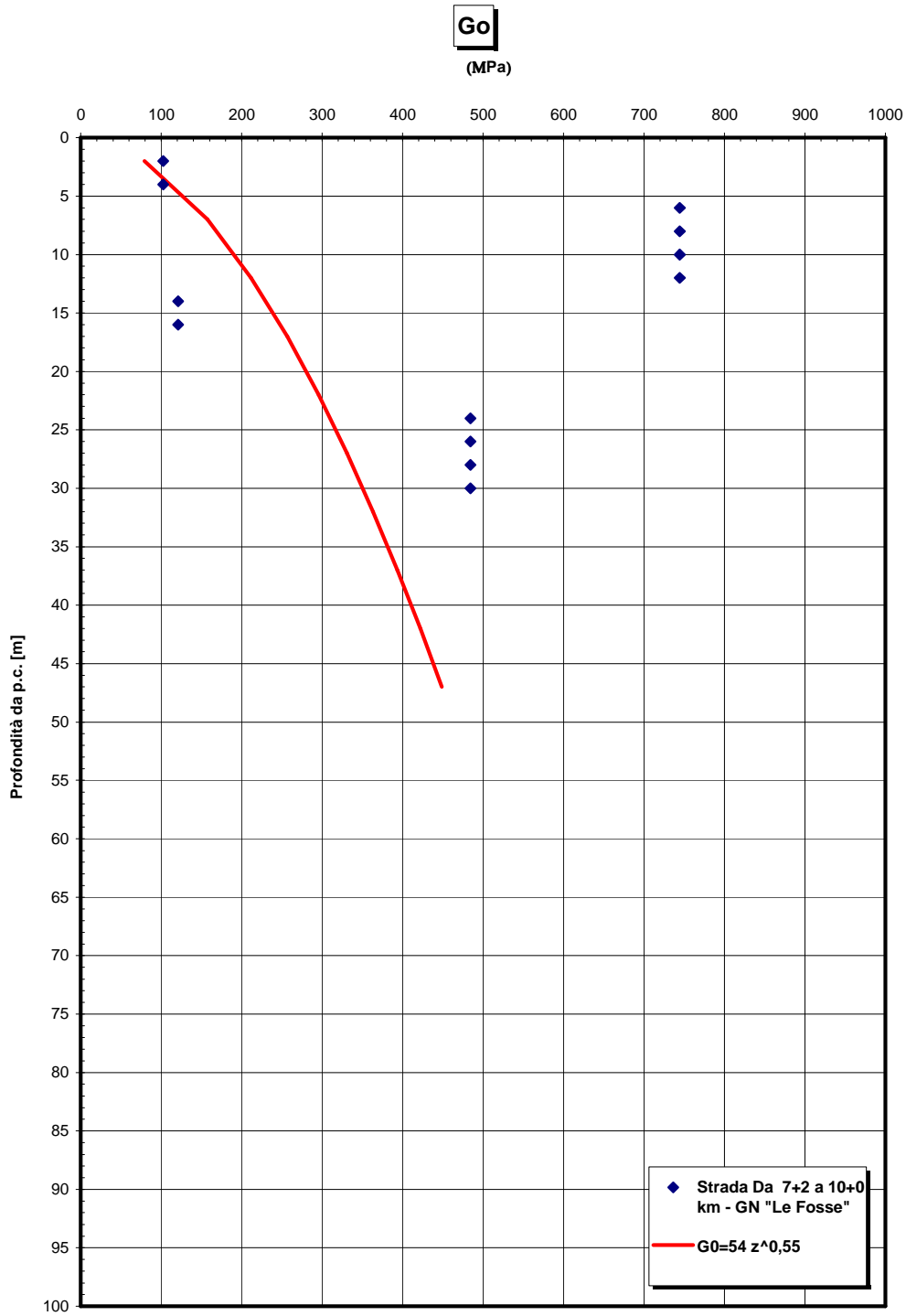


Figura 304

Go/pa

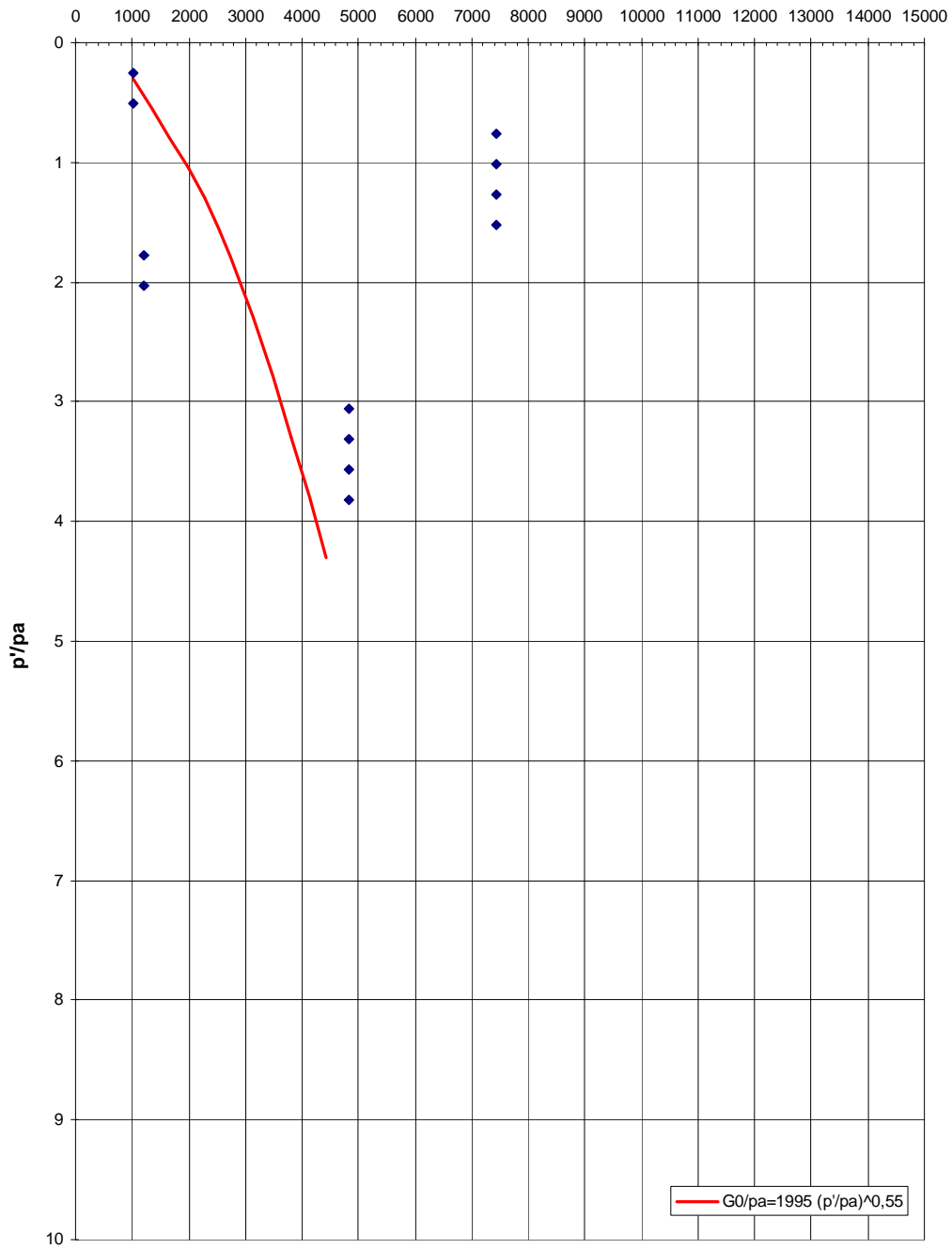


Figura 305

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

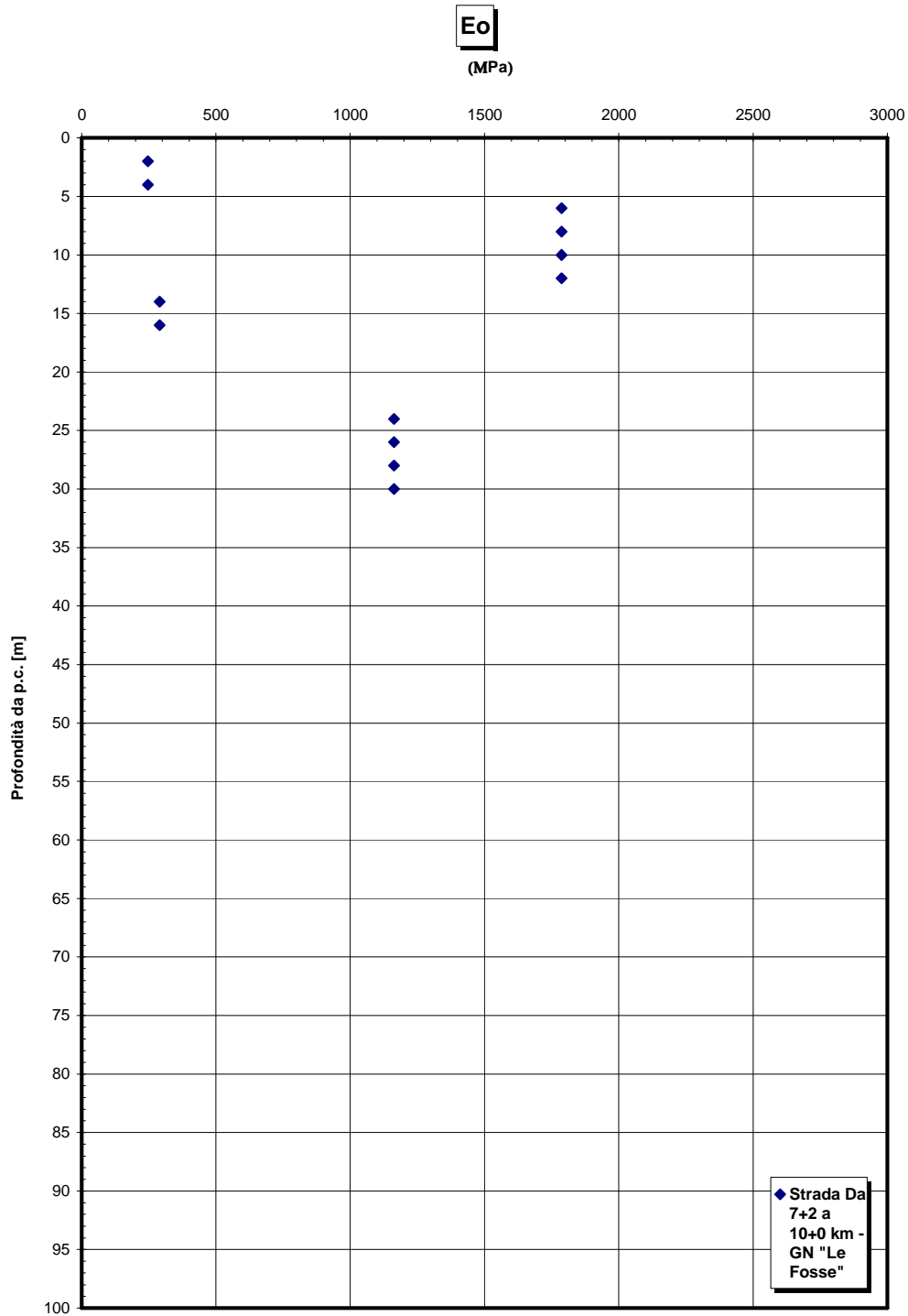


Figura 306

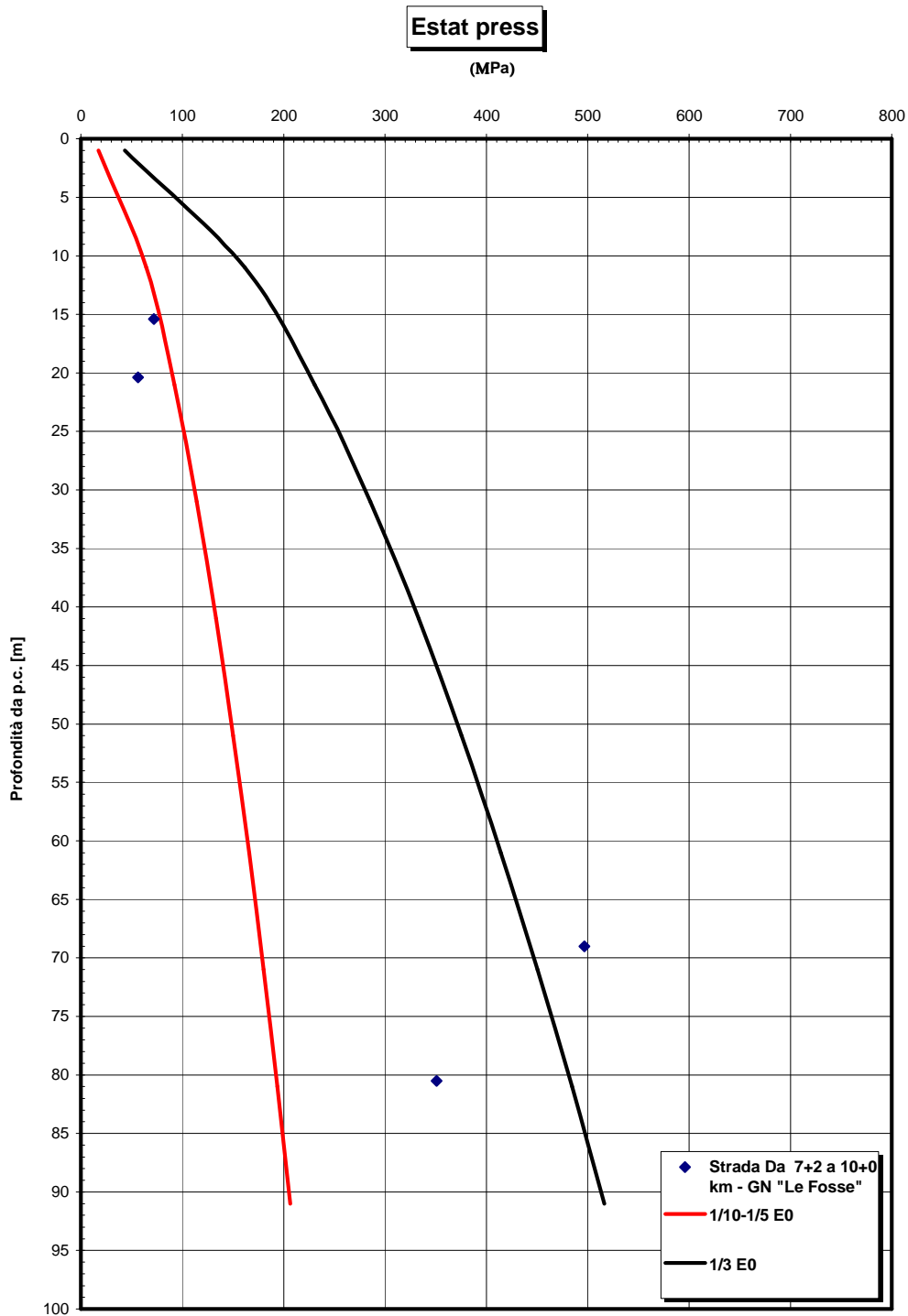


Figura 307

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

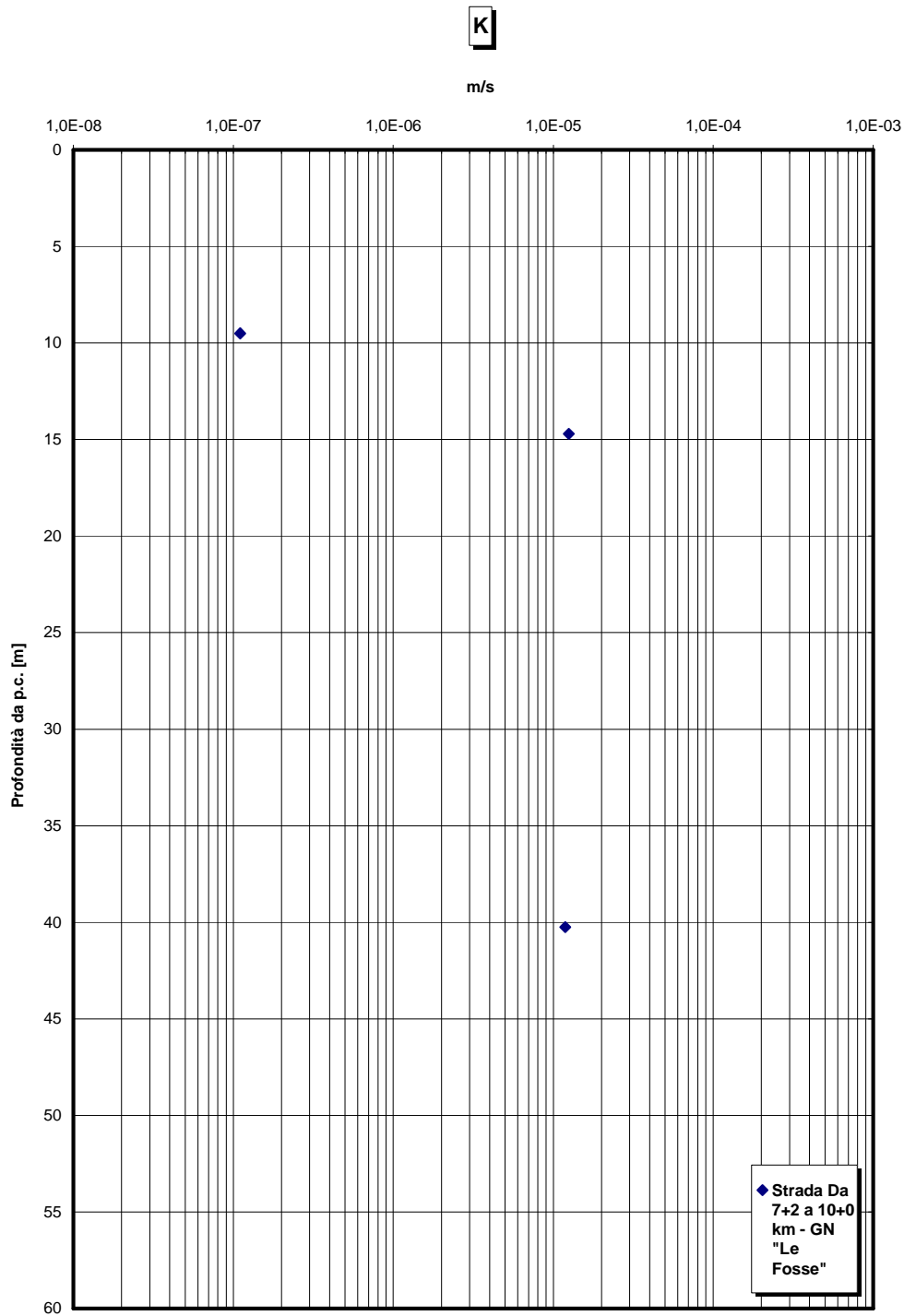


Figura 308

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.2 SAN PIER NICETO

5.2.1 San Pier Niceto Argilloso

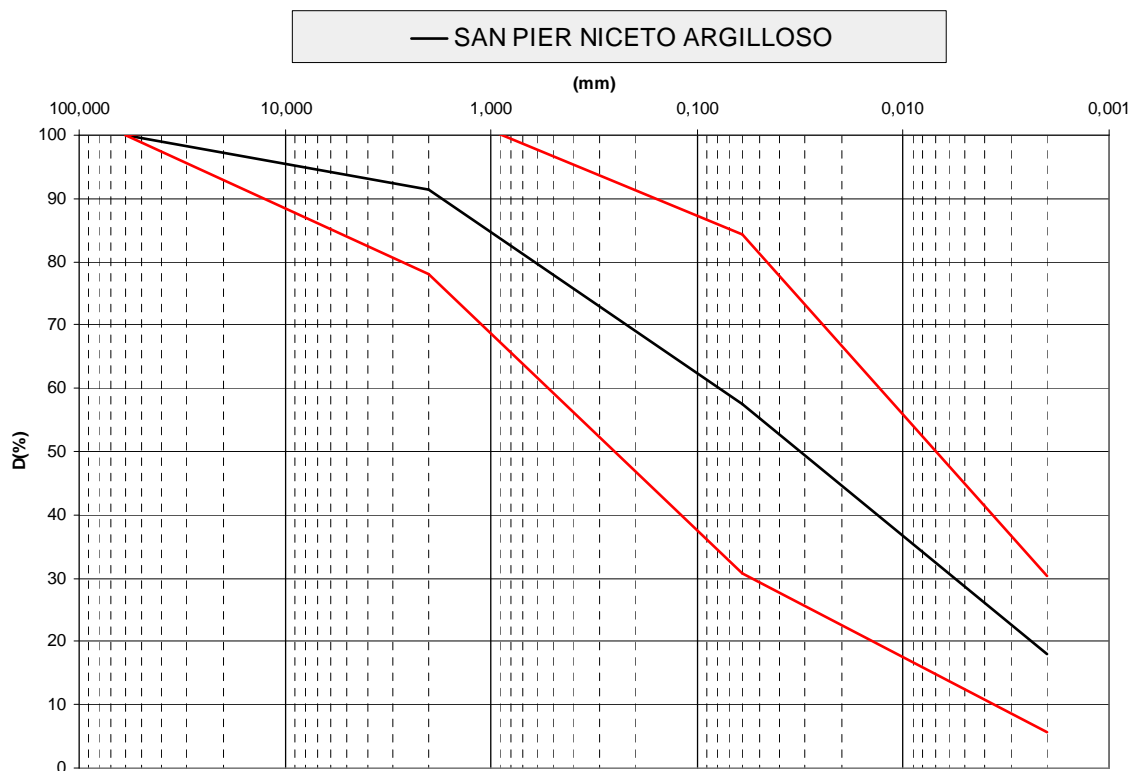


Figura 309

**Indice di plasticità
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**

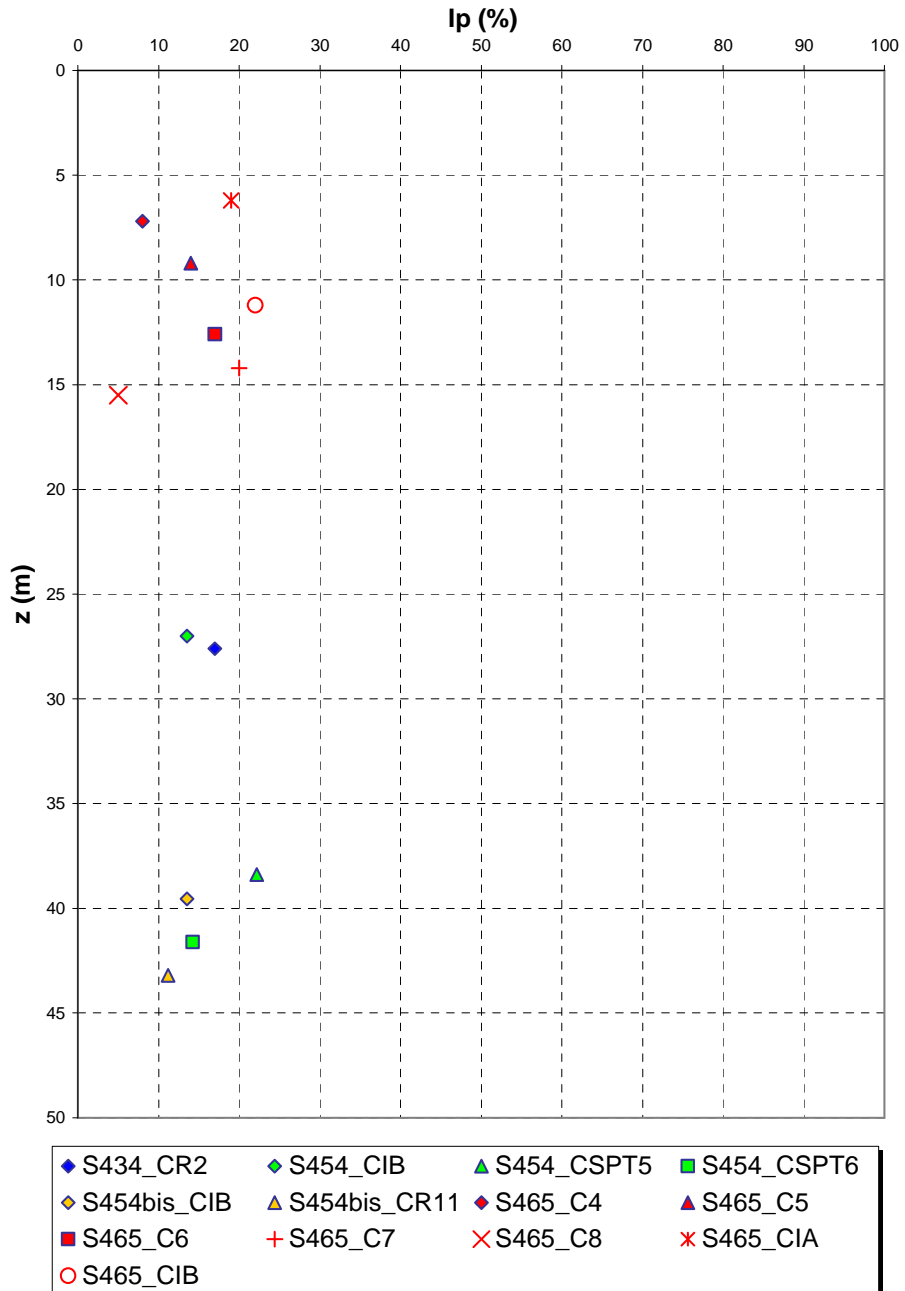


Figura 310

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Contenuto d'acqua naturale
SAN PIER NICETO ARGILLOSO

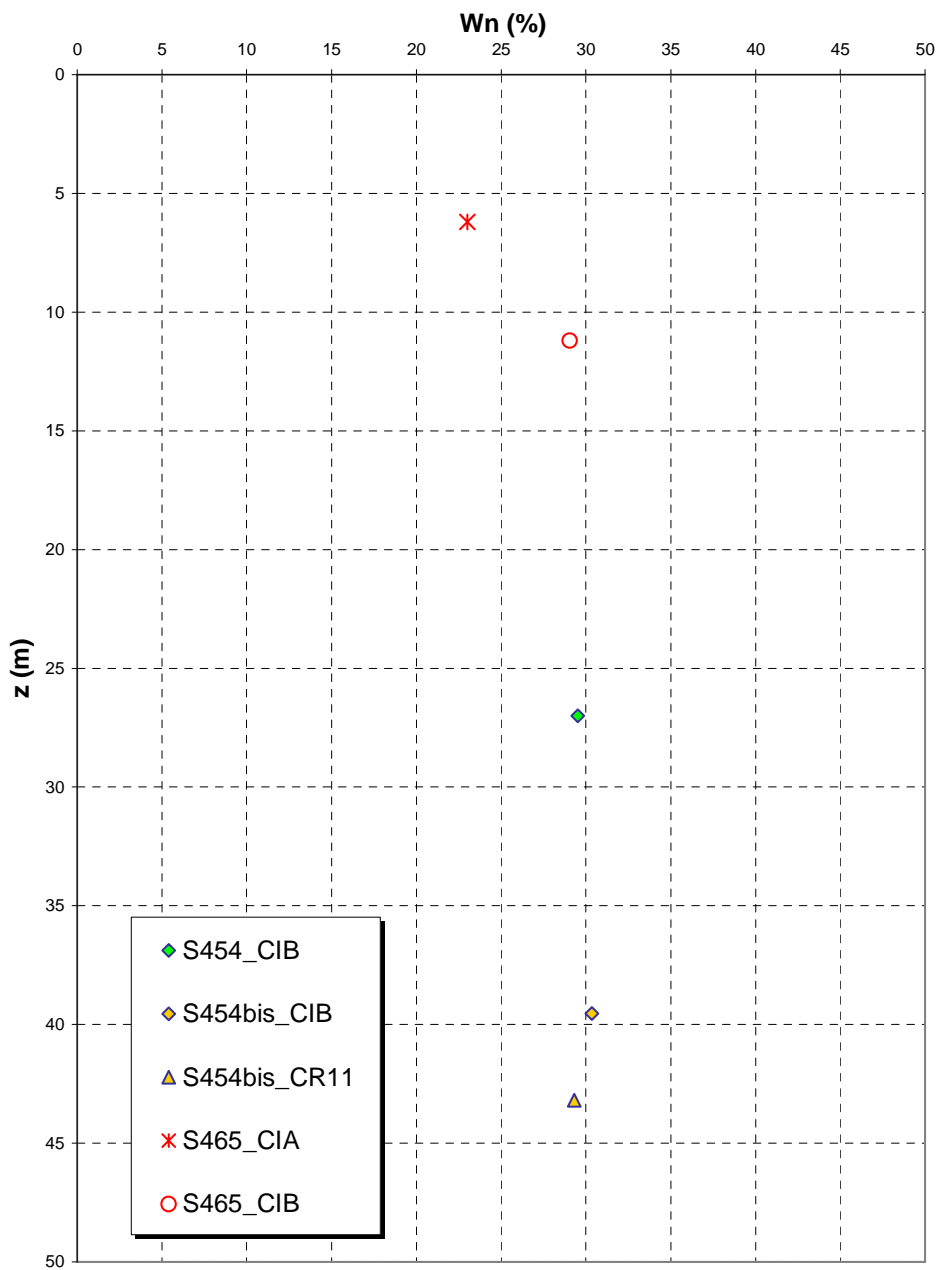


Figura 311

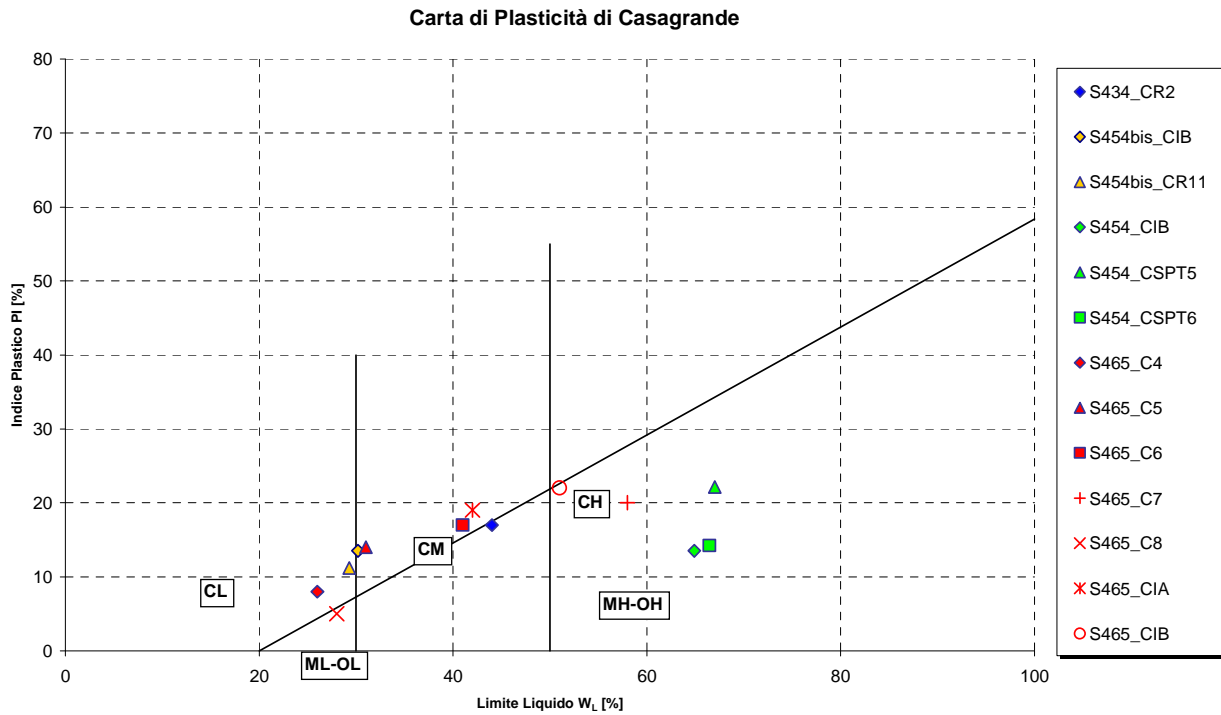


Figura 312

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

Peso specifico totale
SAN PIER NICETO ARGILLOSO

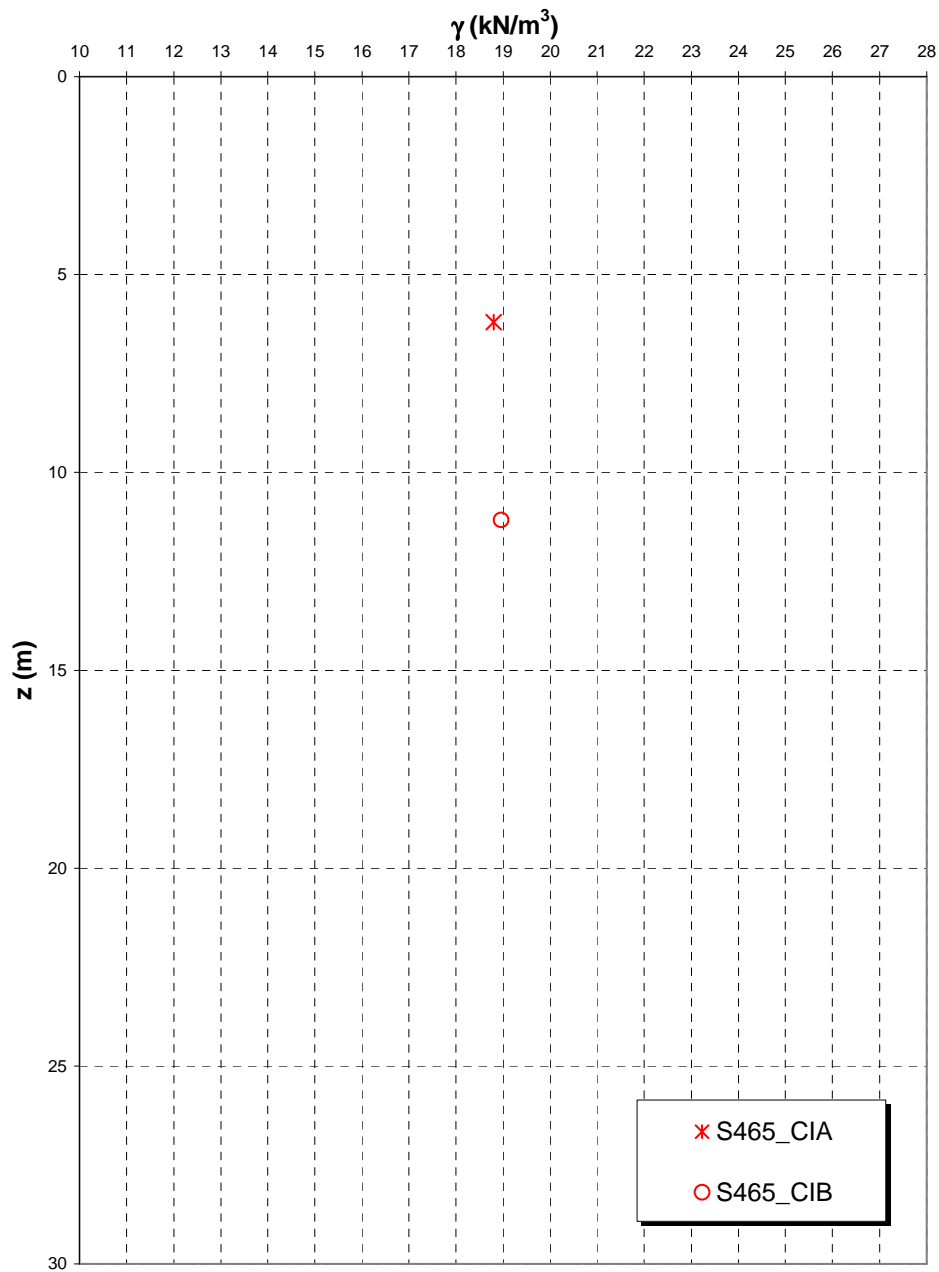


Figura 313

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Indice dei vuoti iniziale

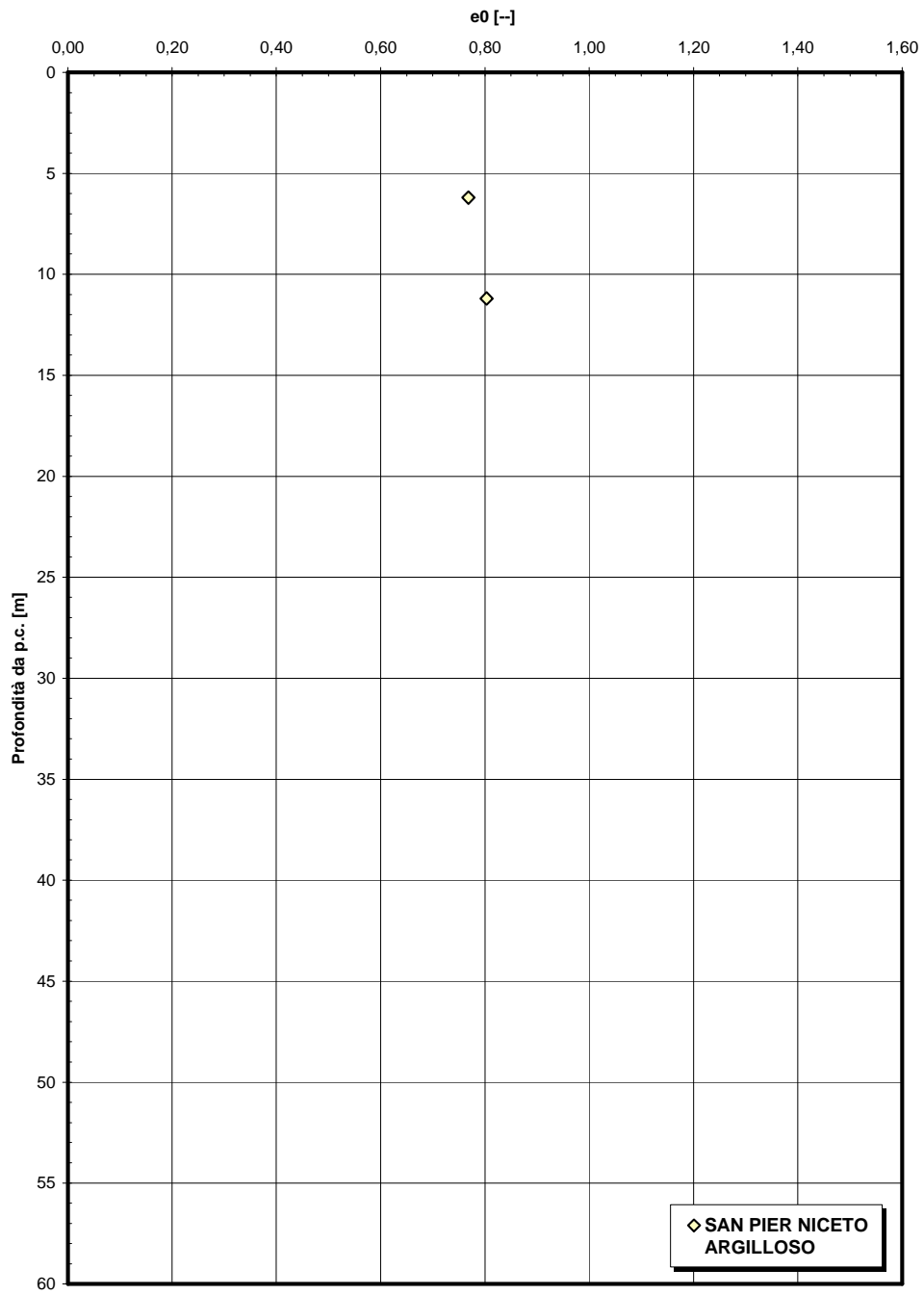


Figura 314

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Indice di compressibilità vergine (Cc)

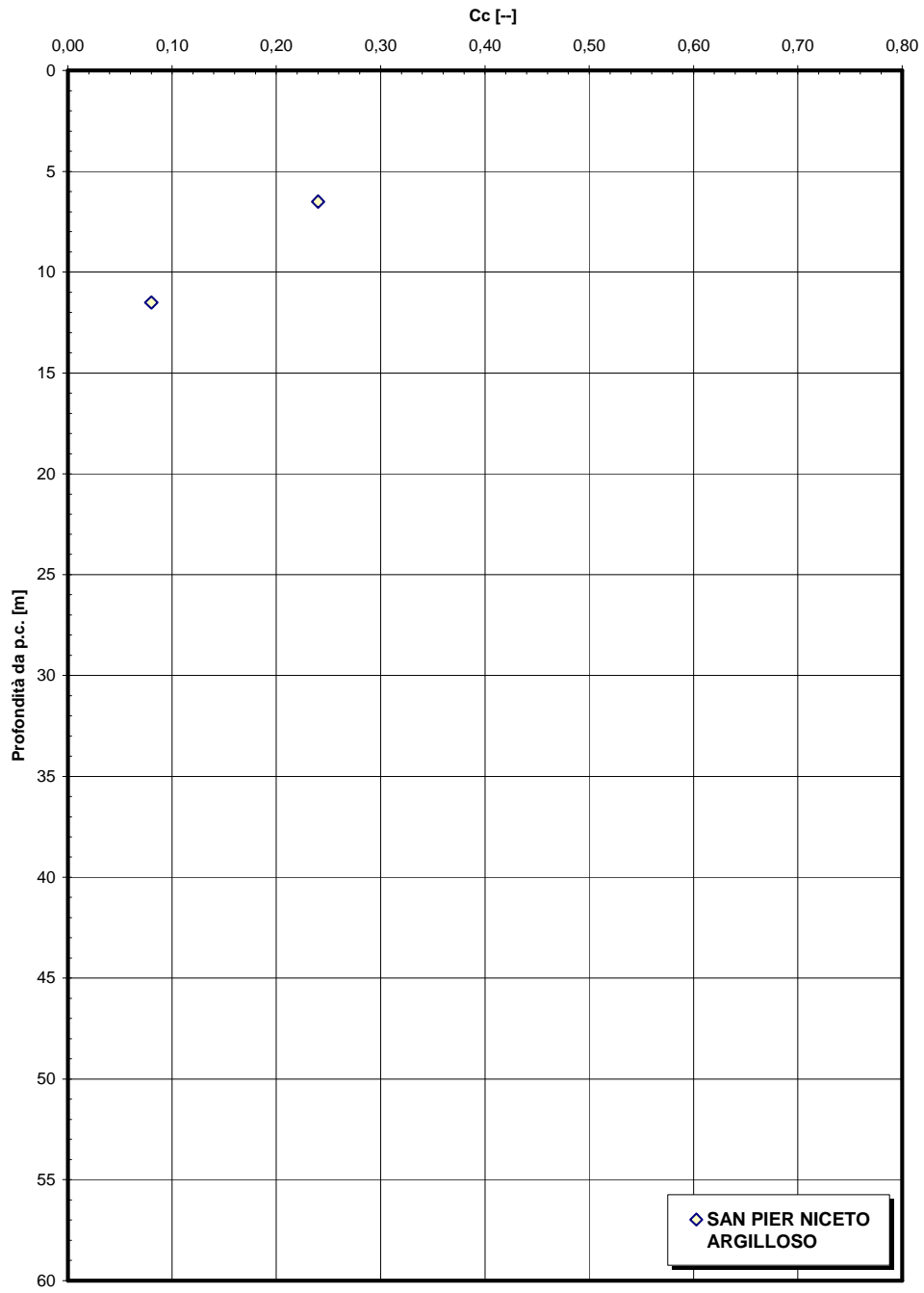


Figura 315

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Indice di ricompressione vergine (Cs)

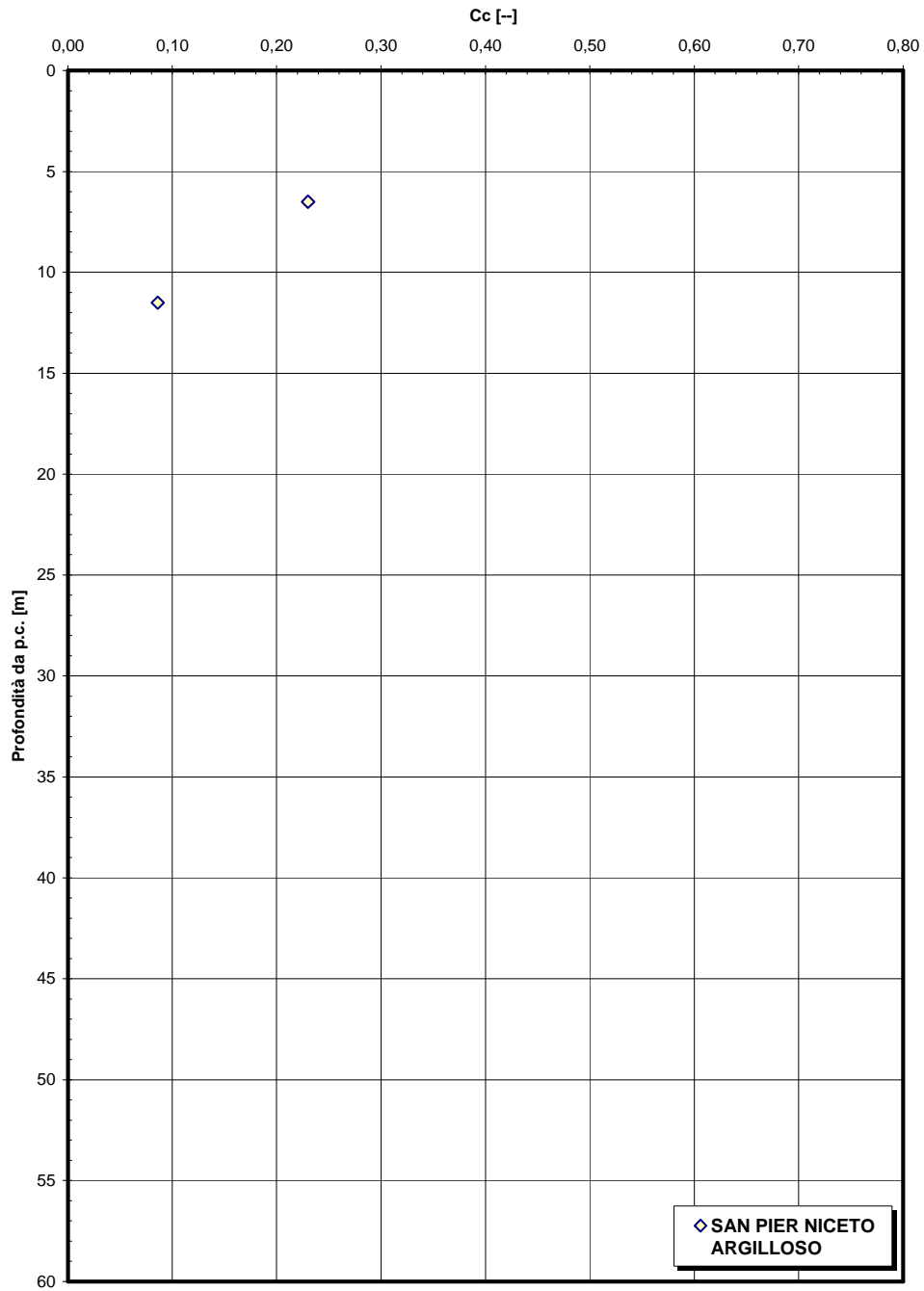


Figura 316

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

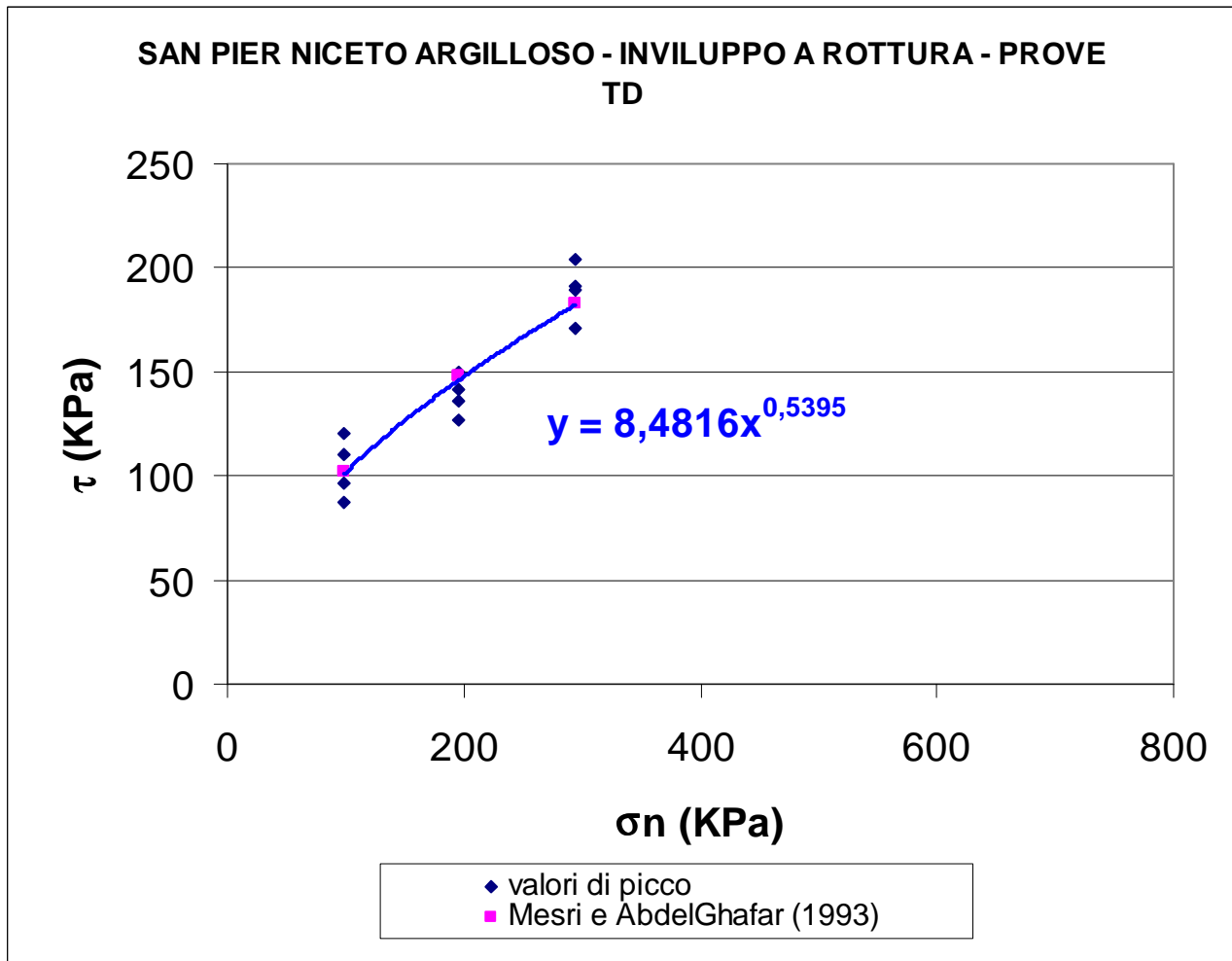


Figura 317

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

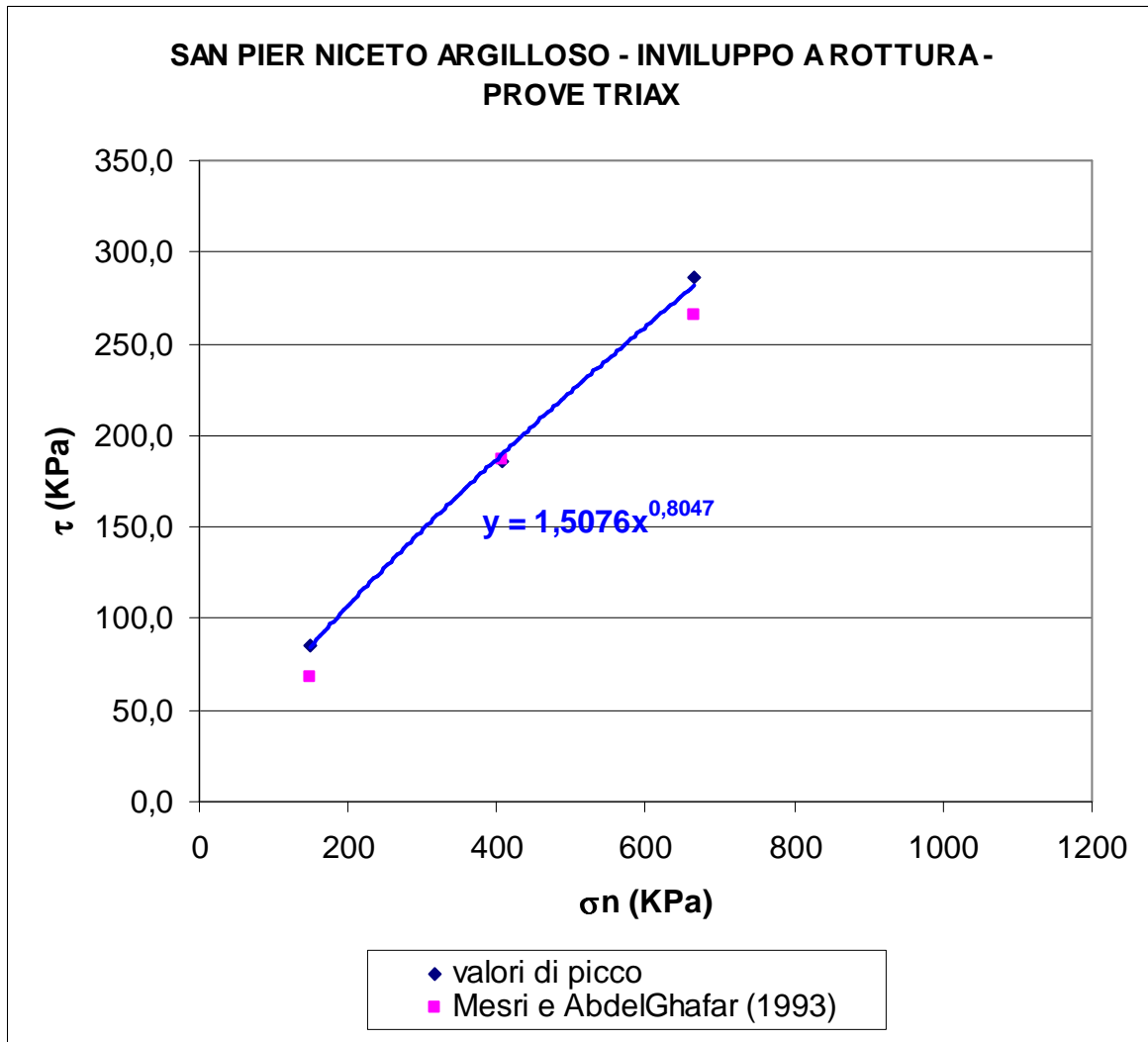


Figura 318

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di consolidazione verticale

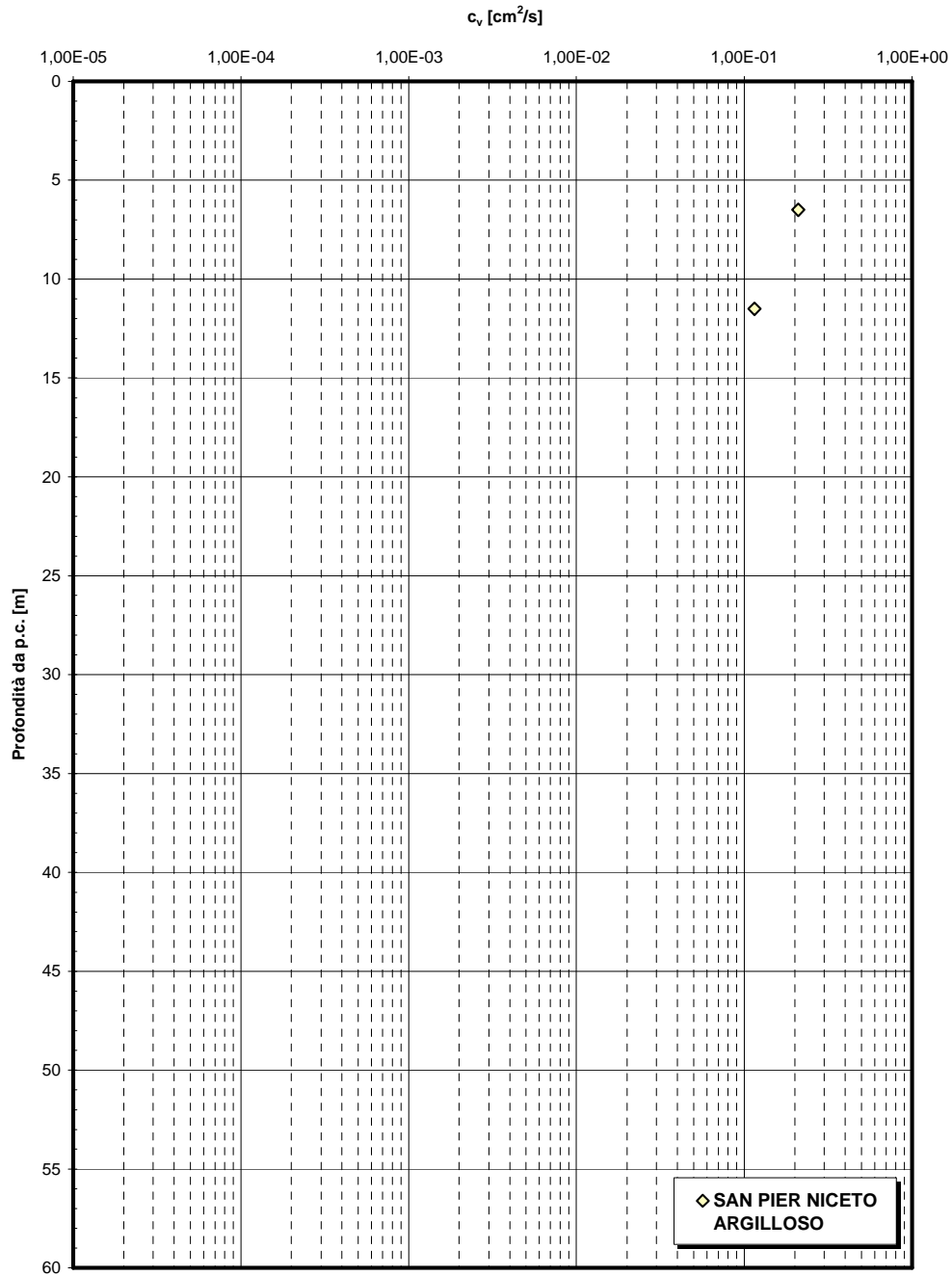


Figura 319

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coesione efficace da prove consolidate drenate CID

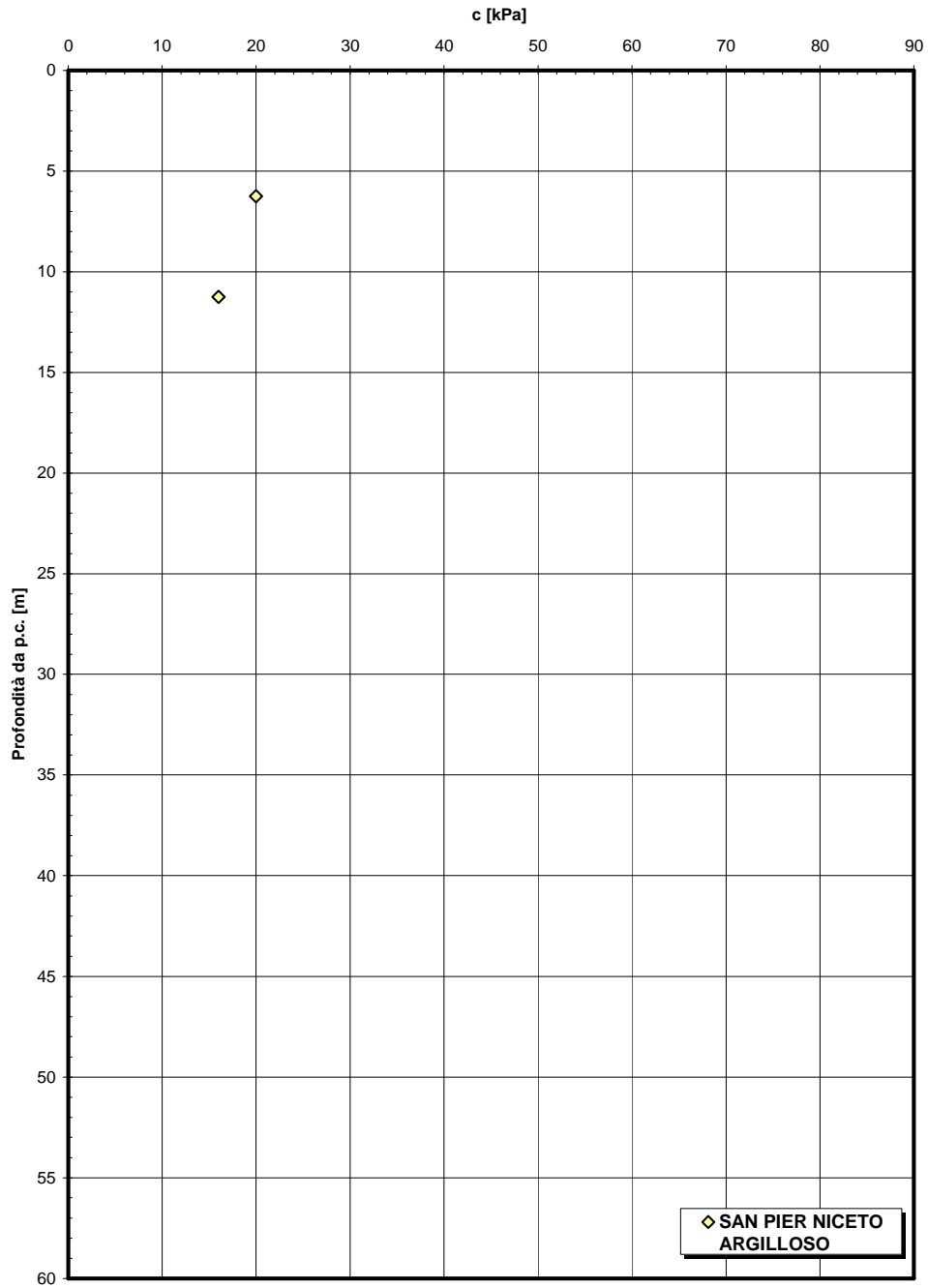


Figura 320

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Angolo di resistenza al taglio da prove consolidate drenate CID

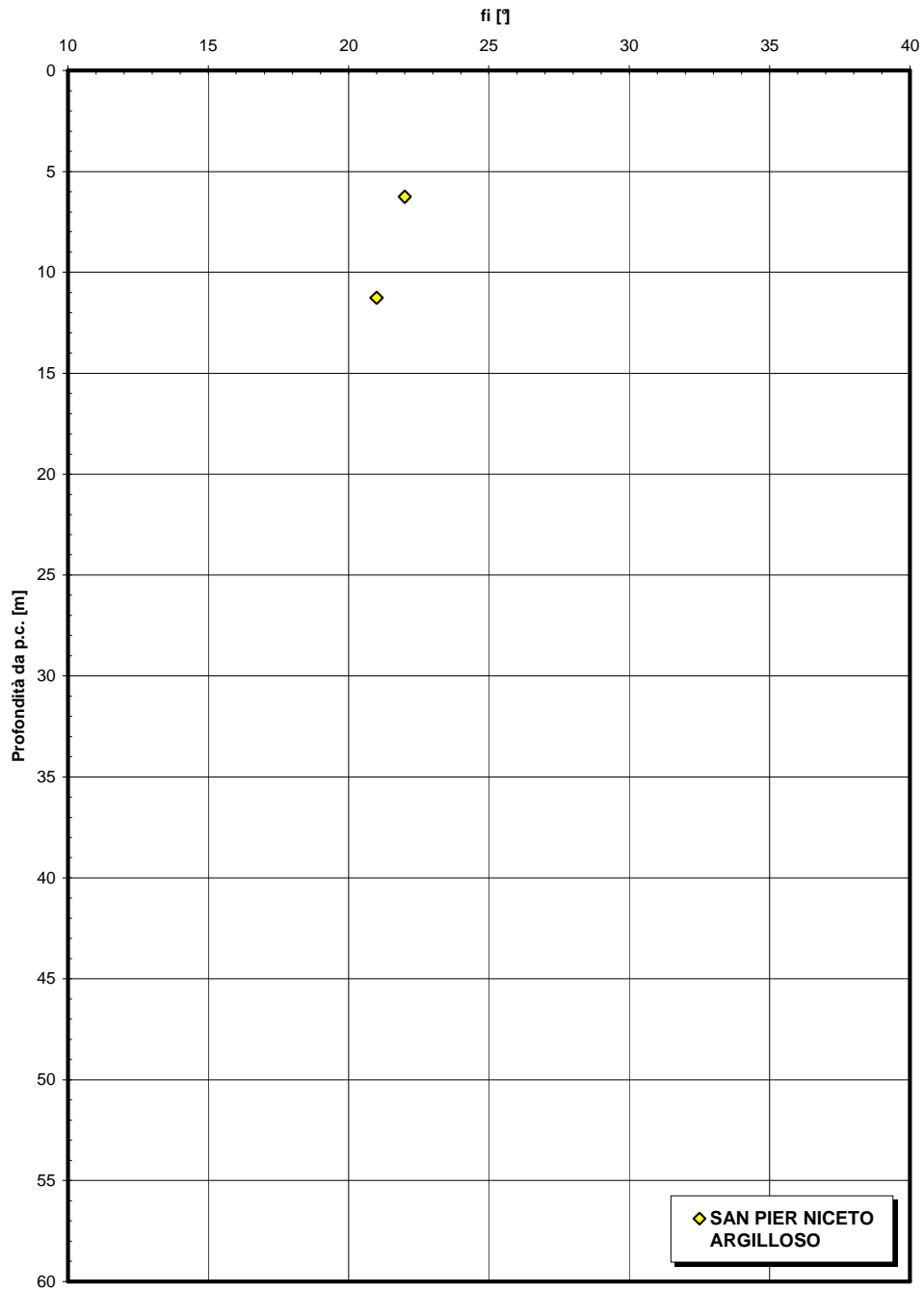


Figura 321

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coesione efficace da prove di taglio diretto

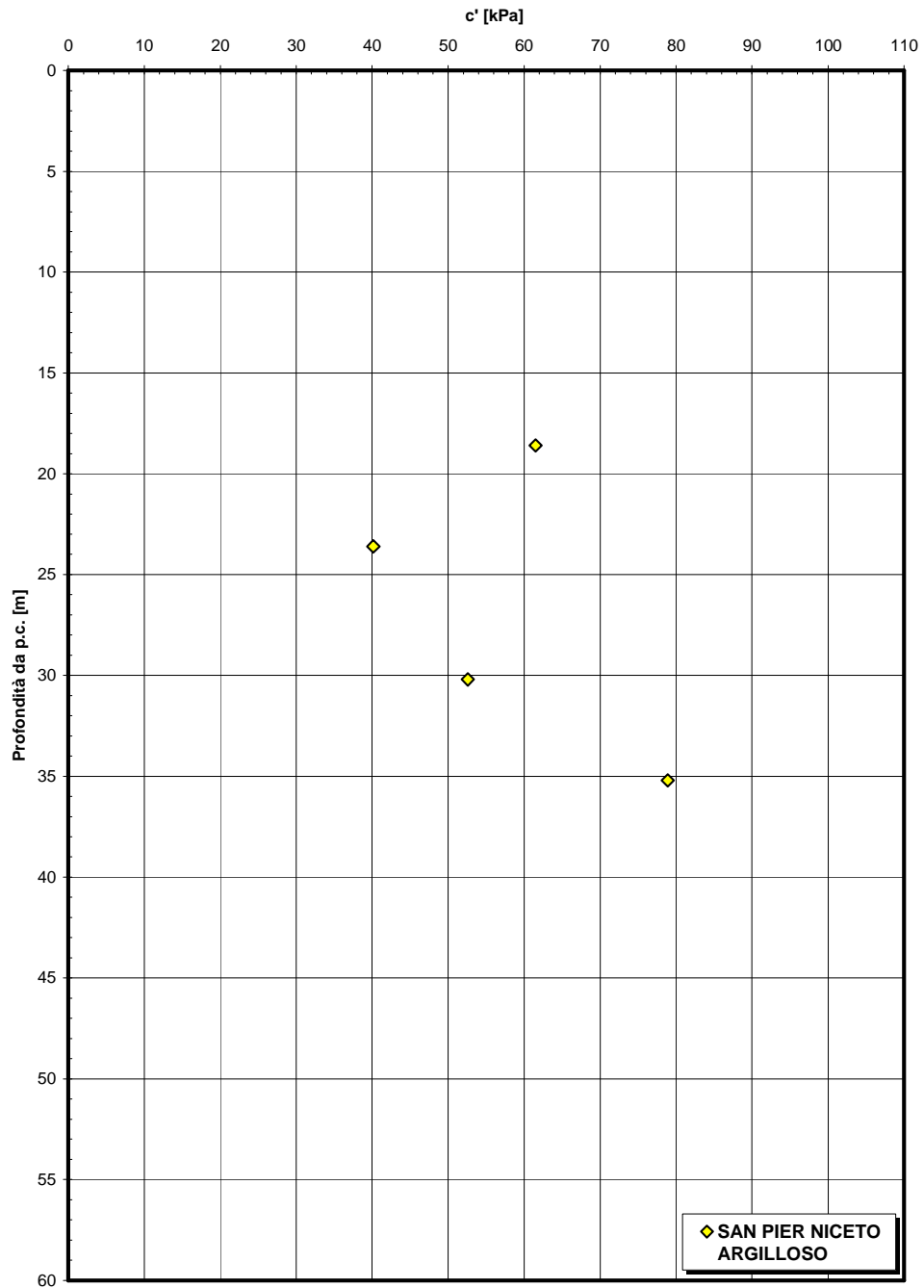


Figura 322

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Angolo di resistenza al taglio da prove di taglio diretto

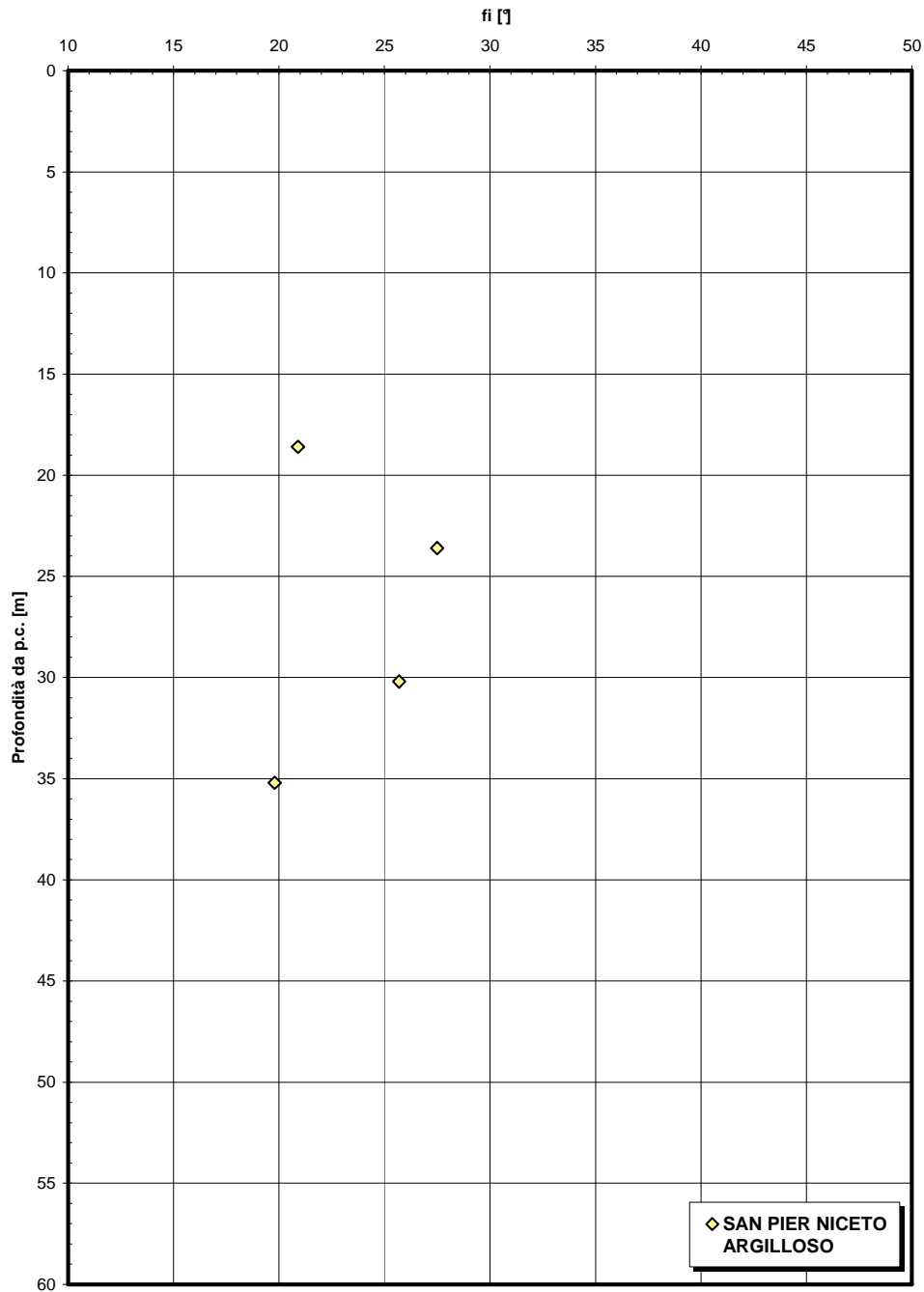


Figura 323

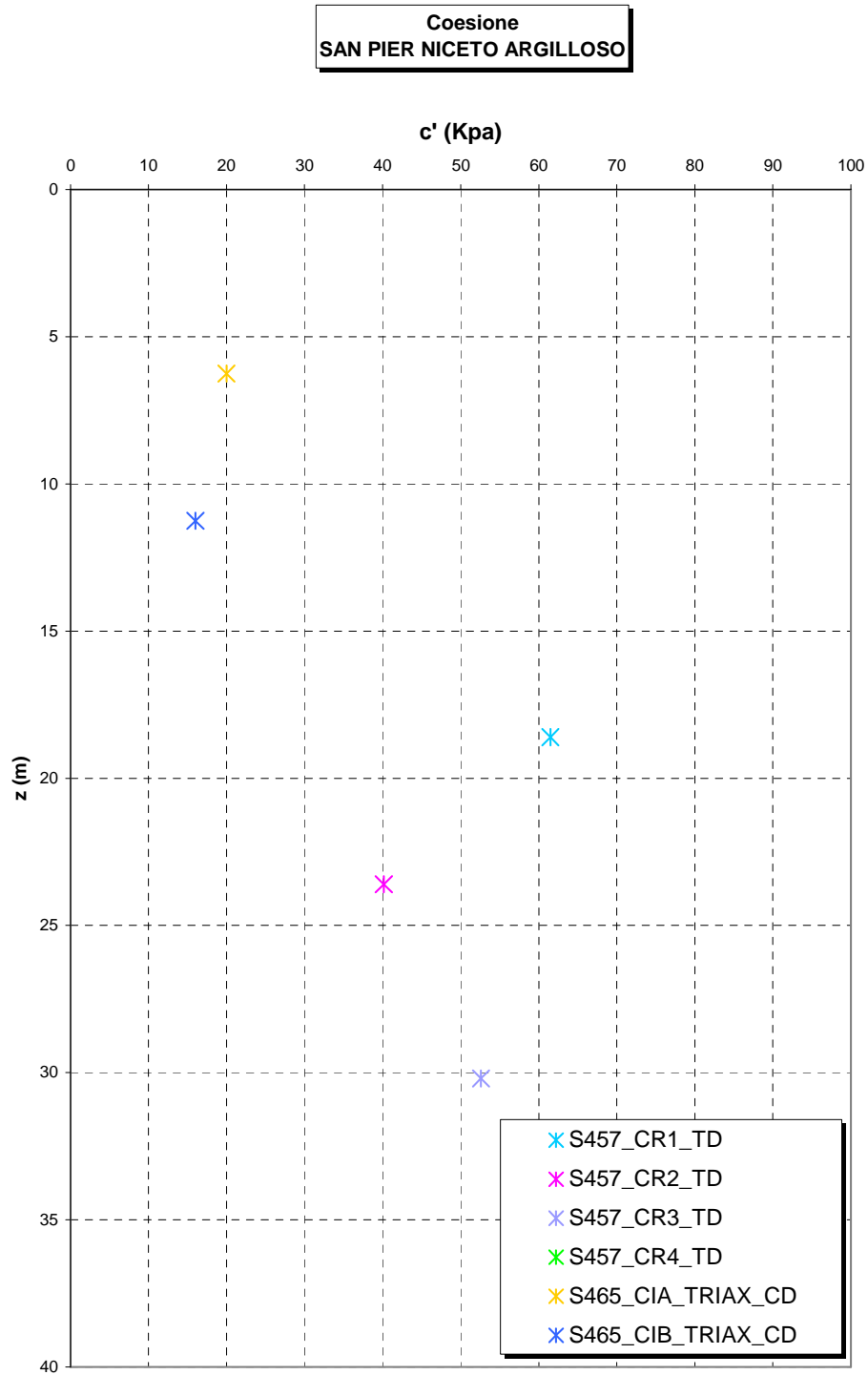


Figura 324

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

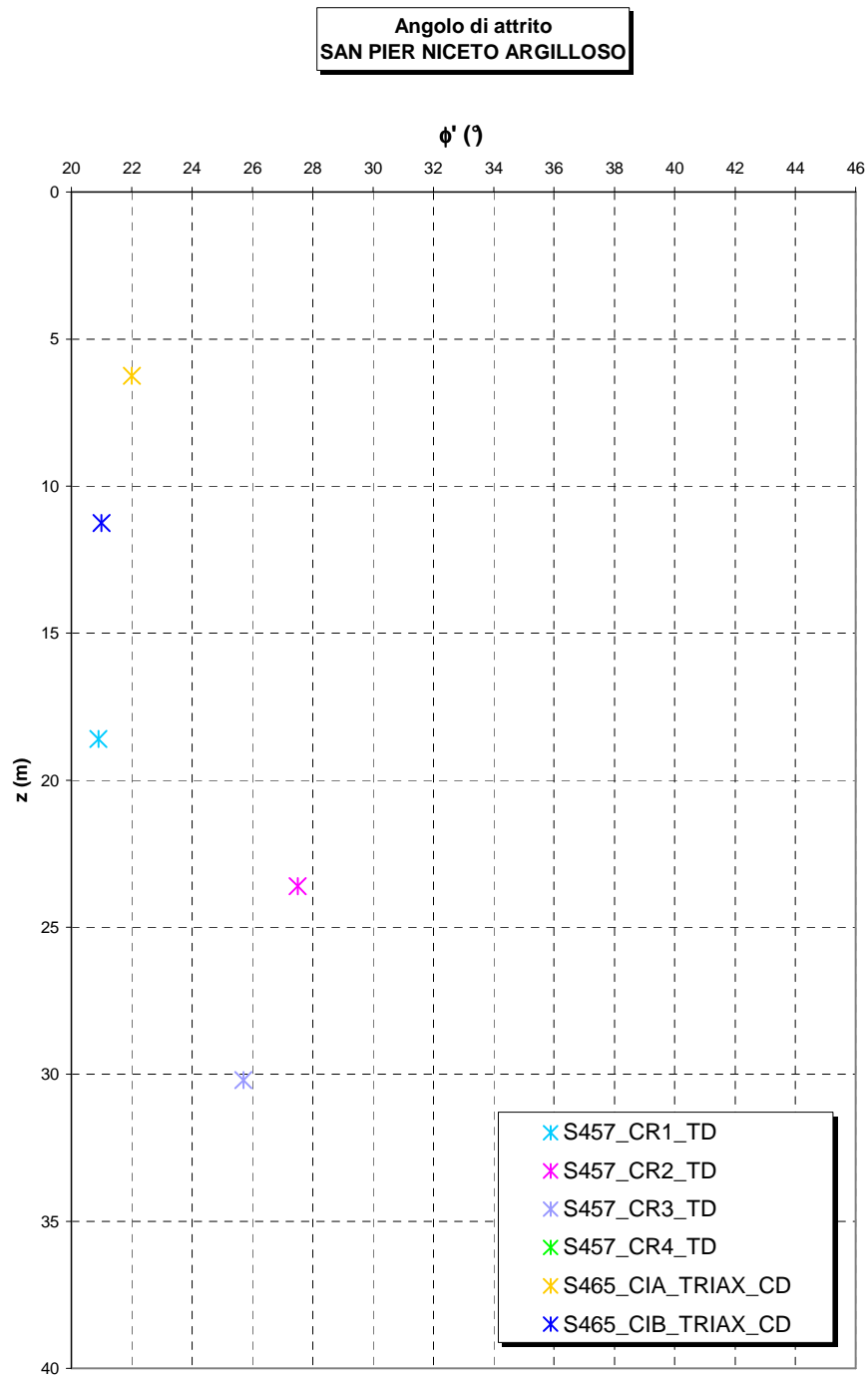


Figura 325

Coesione non drenata da prove SPT

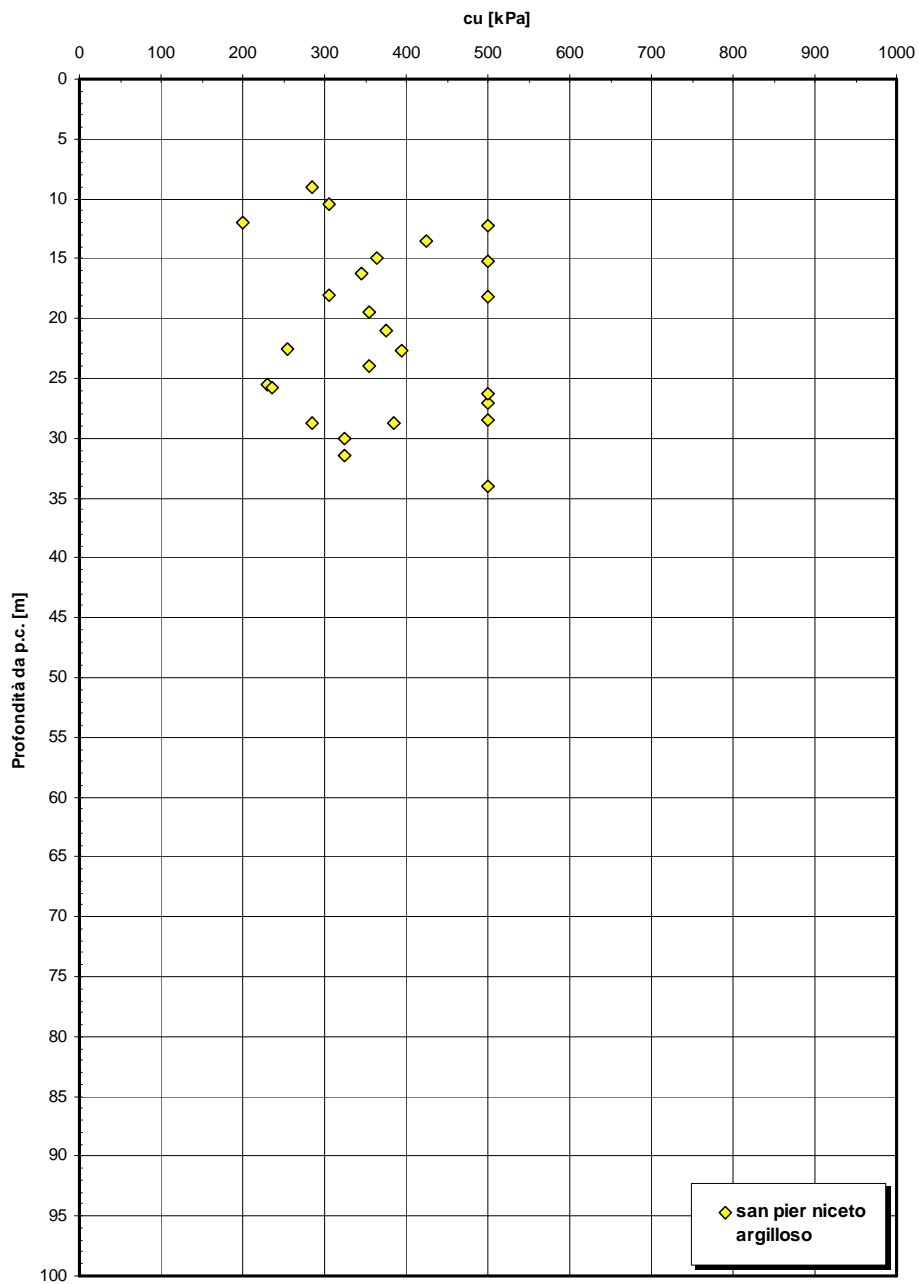


Figura 326

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Modulo edometrico (da prove di laboratorio)

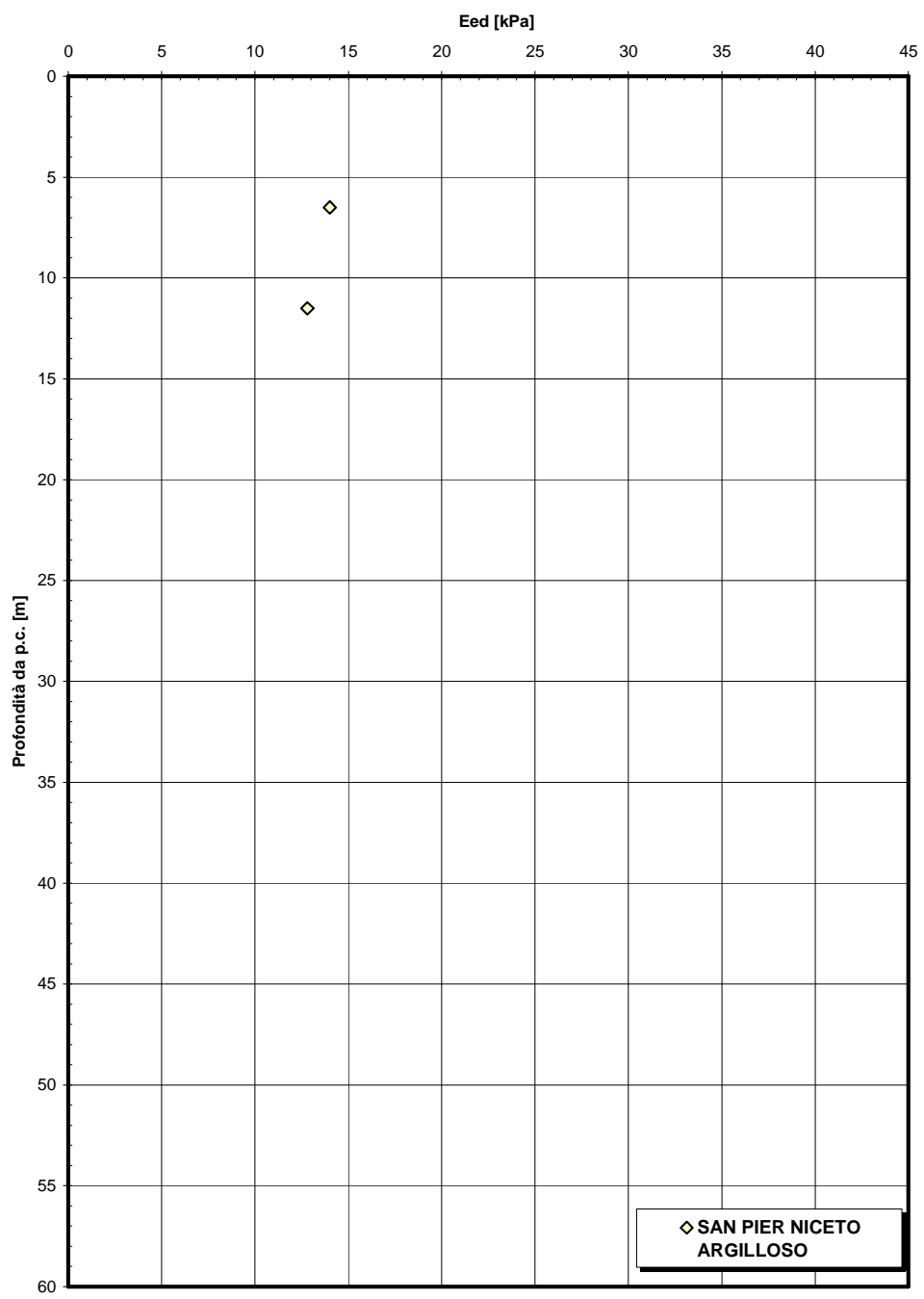


Figura 327

OCR da SPT

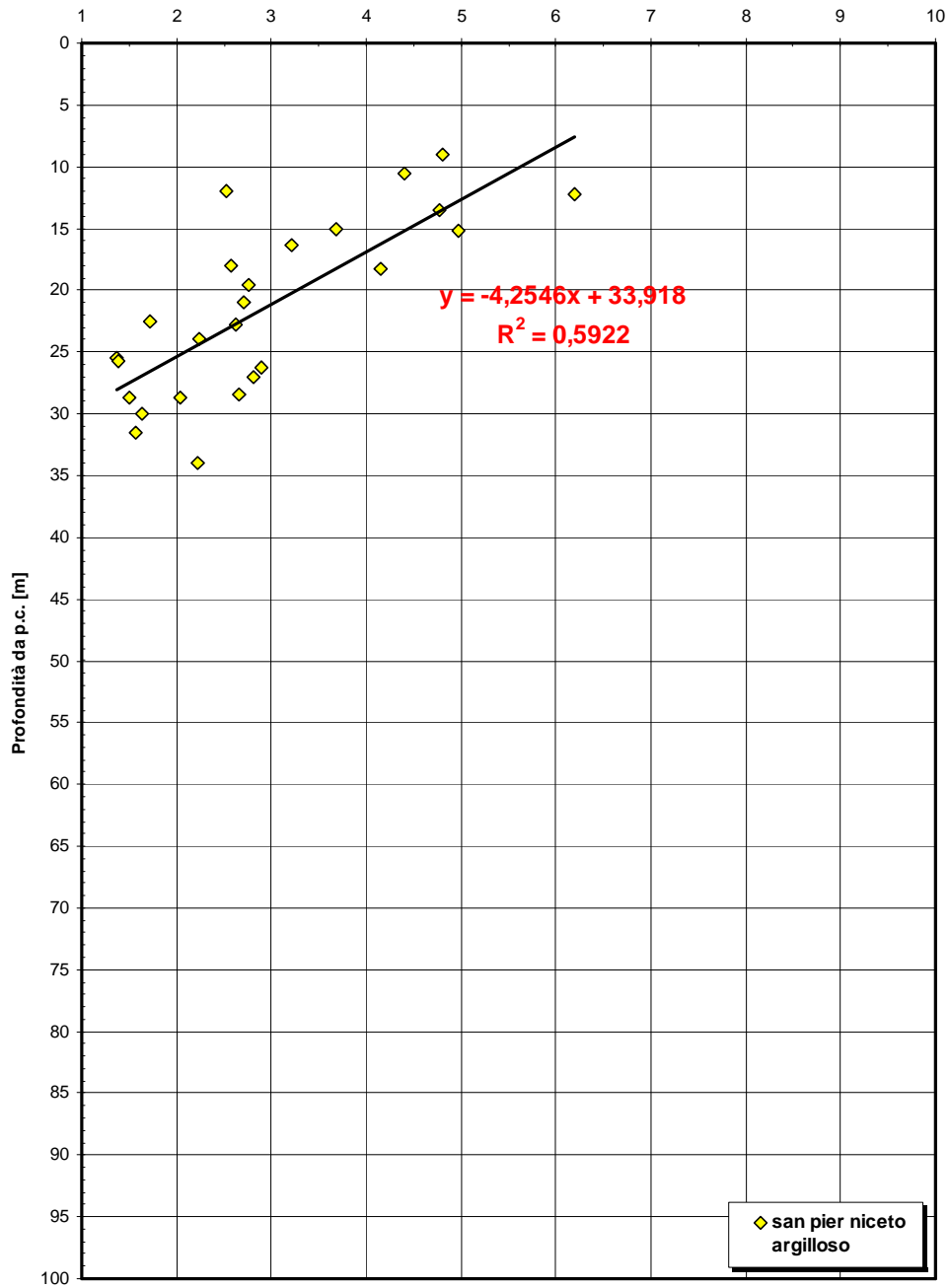


Figura 328

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coesione non drenata da prove pressiometriche

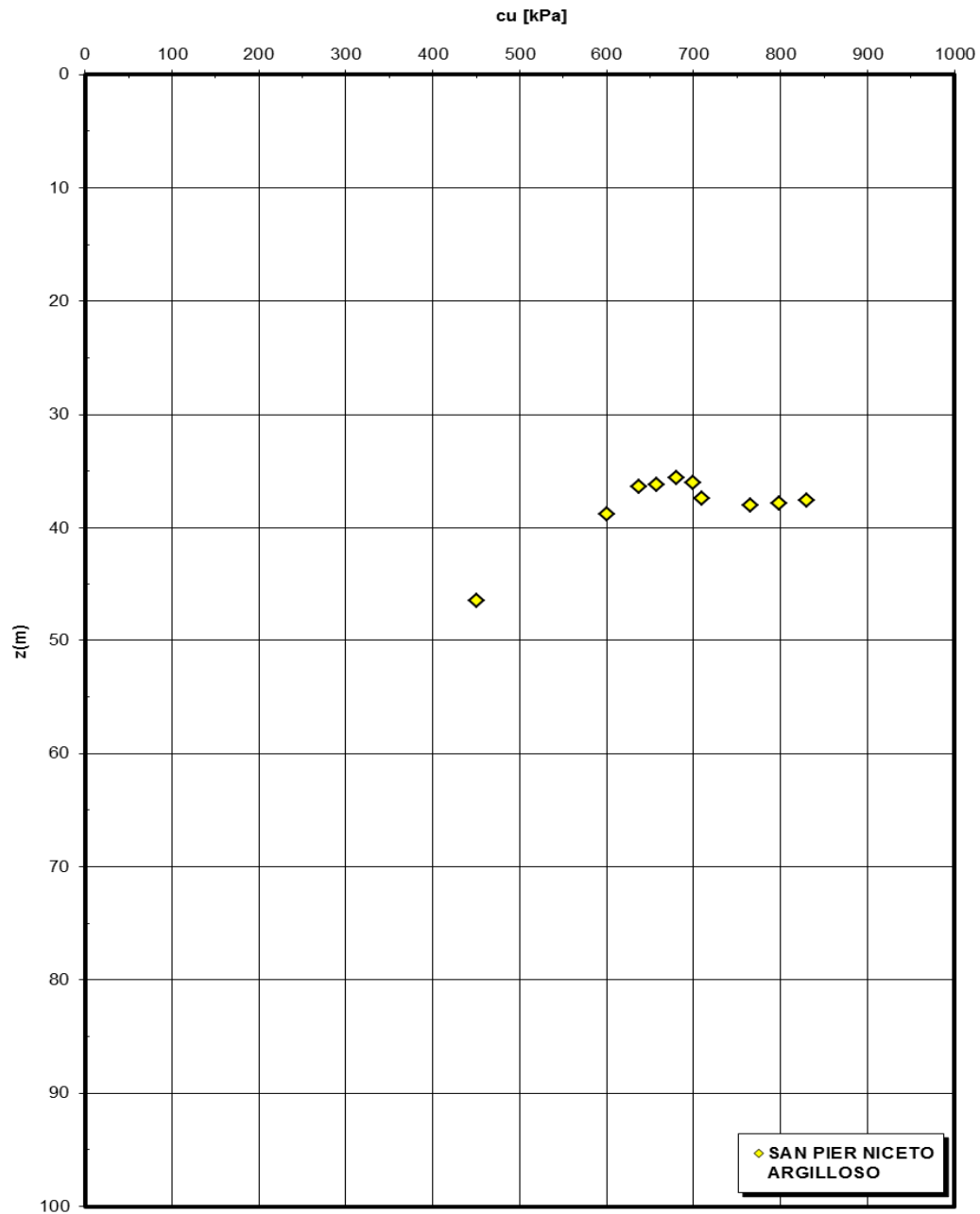


Figura 329

OCR da pressiometriche

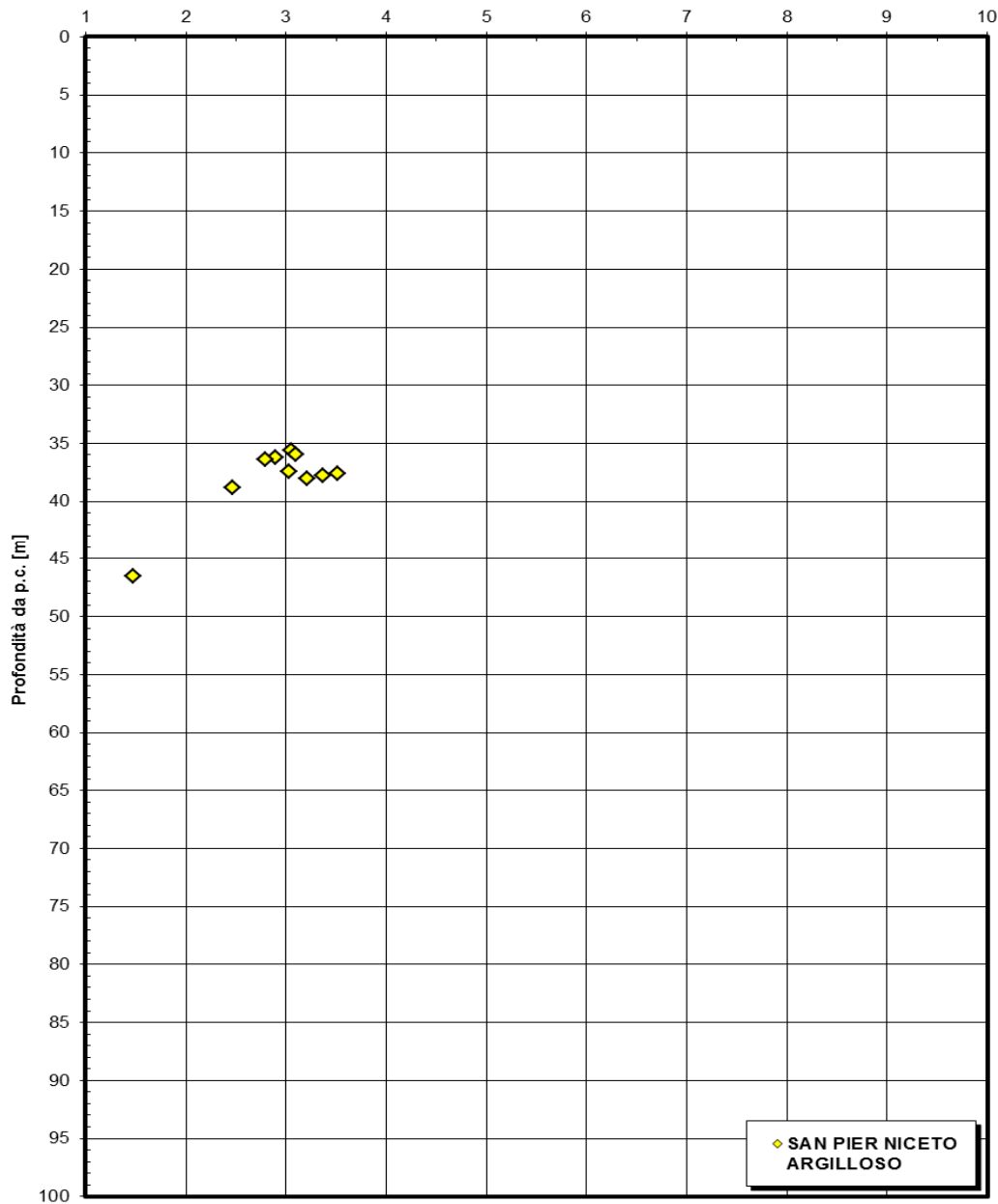


Figura 330

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

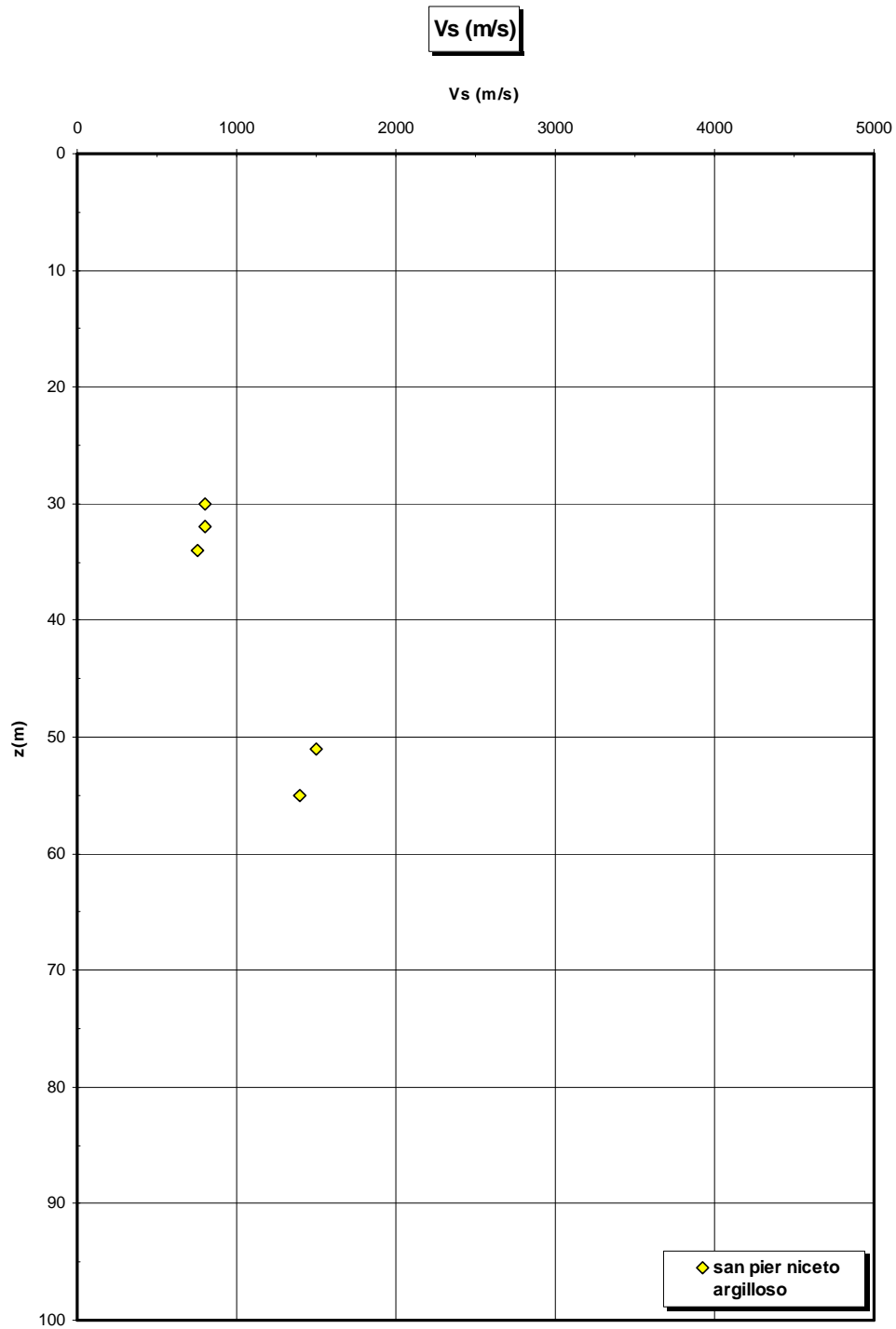


Figura 331

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

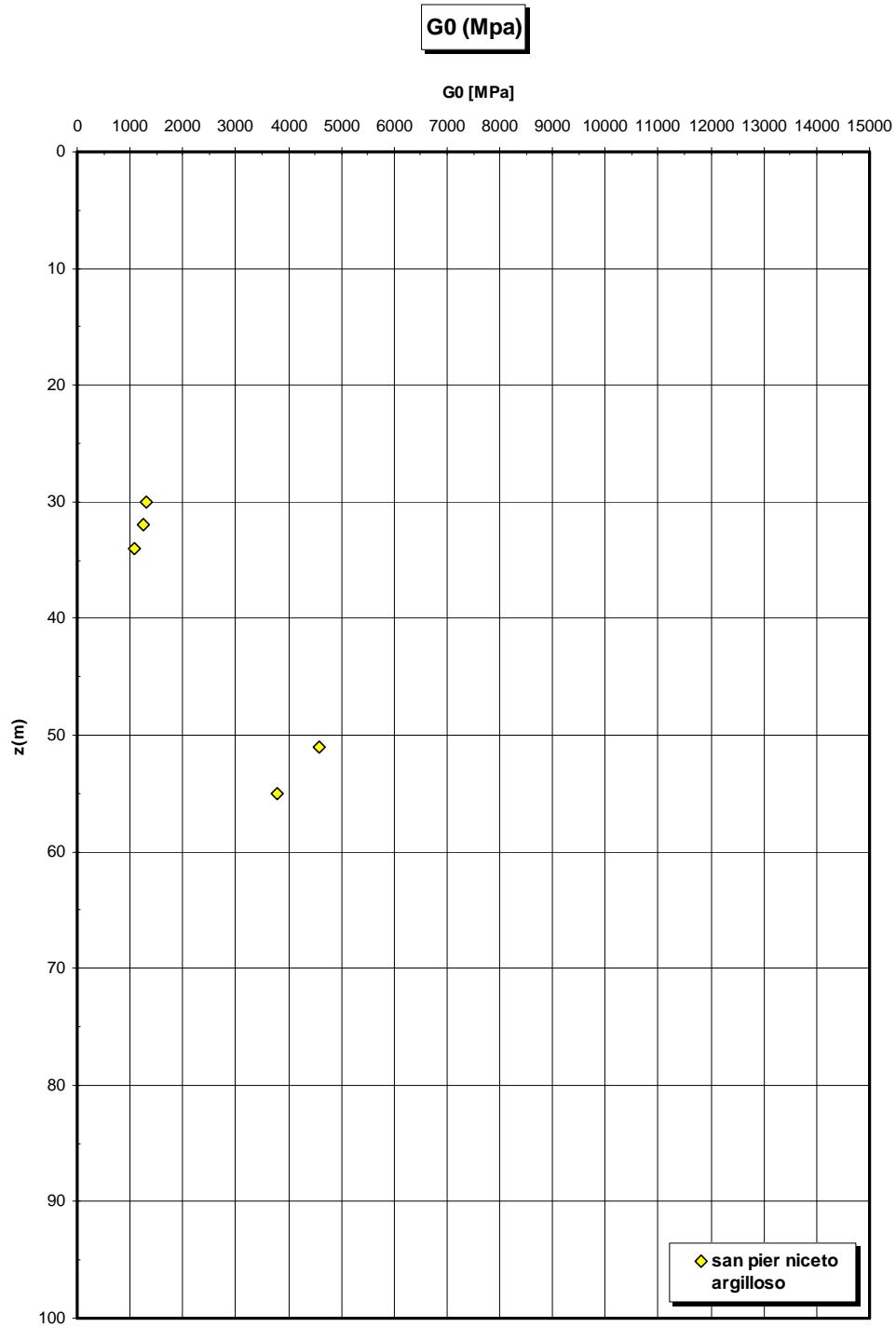


Figura 332- G0 da Vs misurate in prove sismiche

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

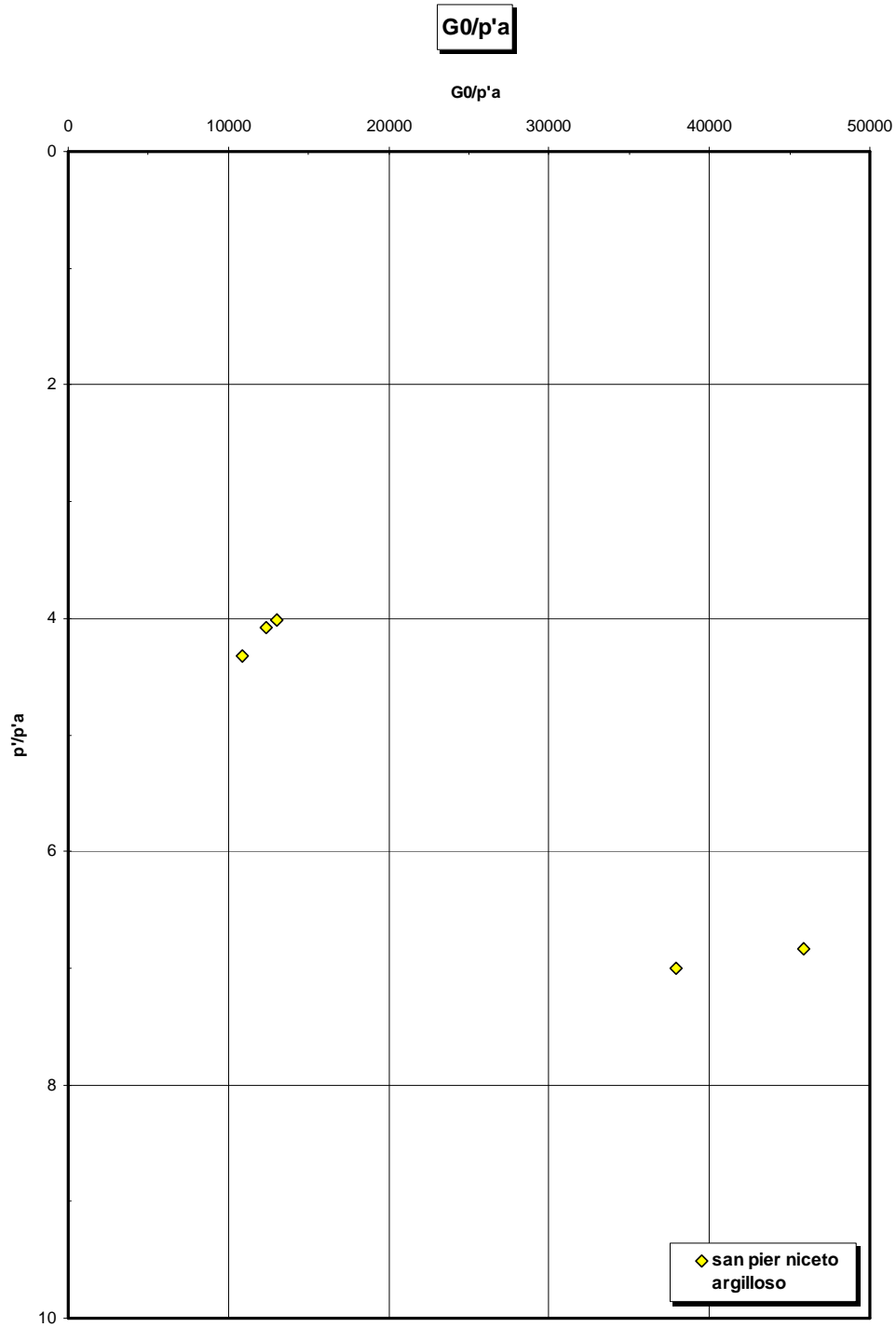


Figura 333 - G0 da Vs misurate in prove sismiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

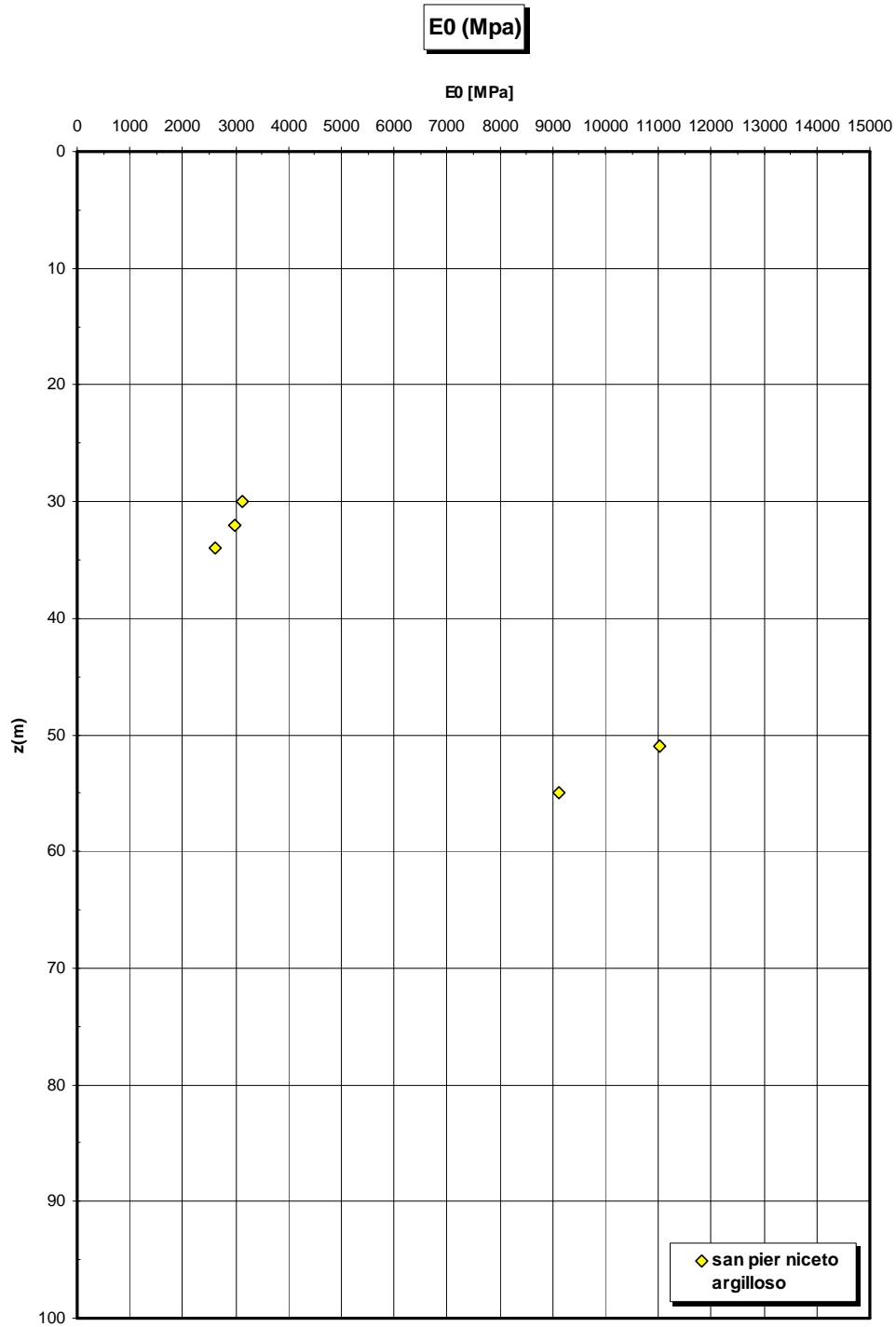


Figura 334

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

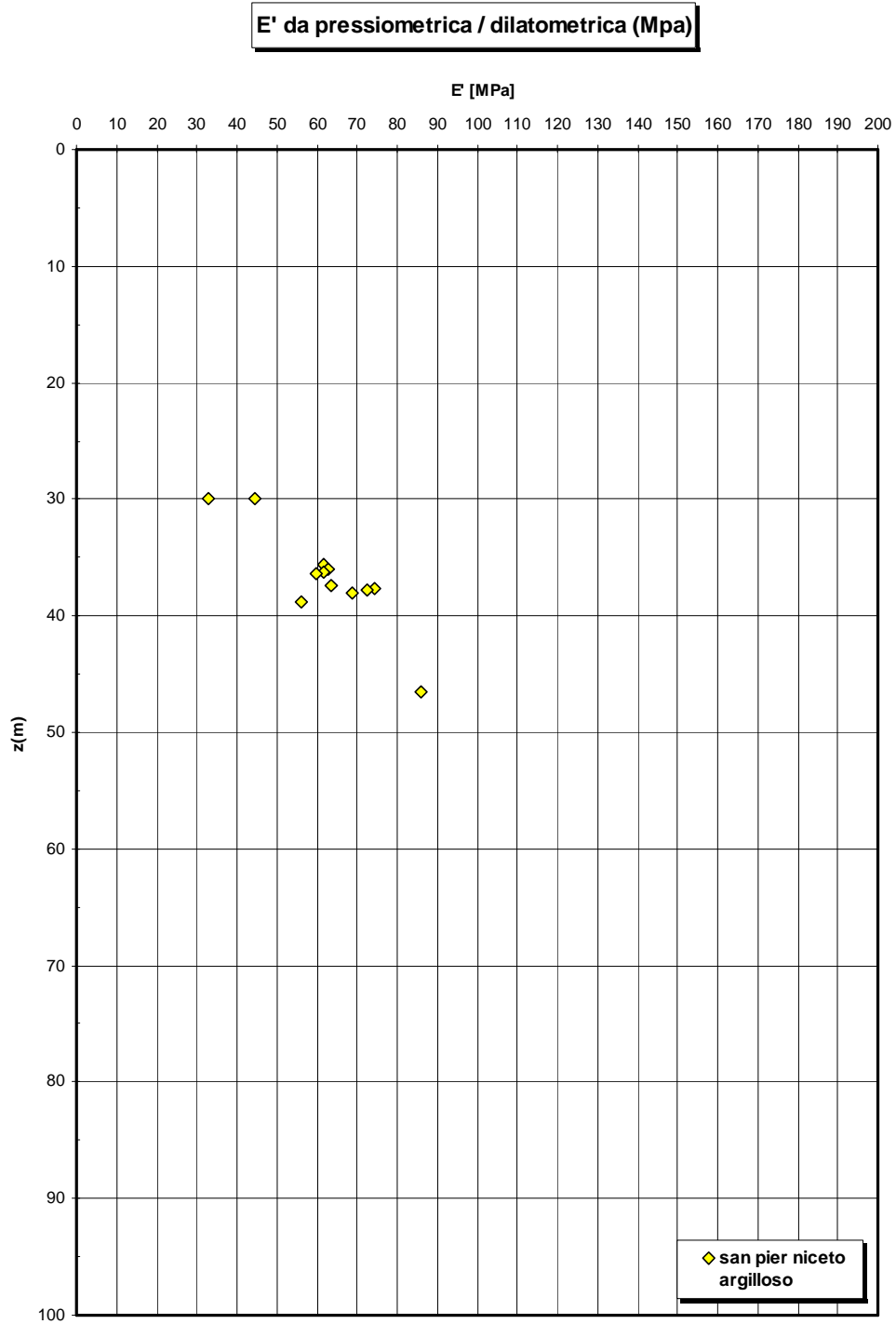


Figura 335

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

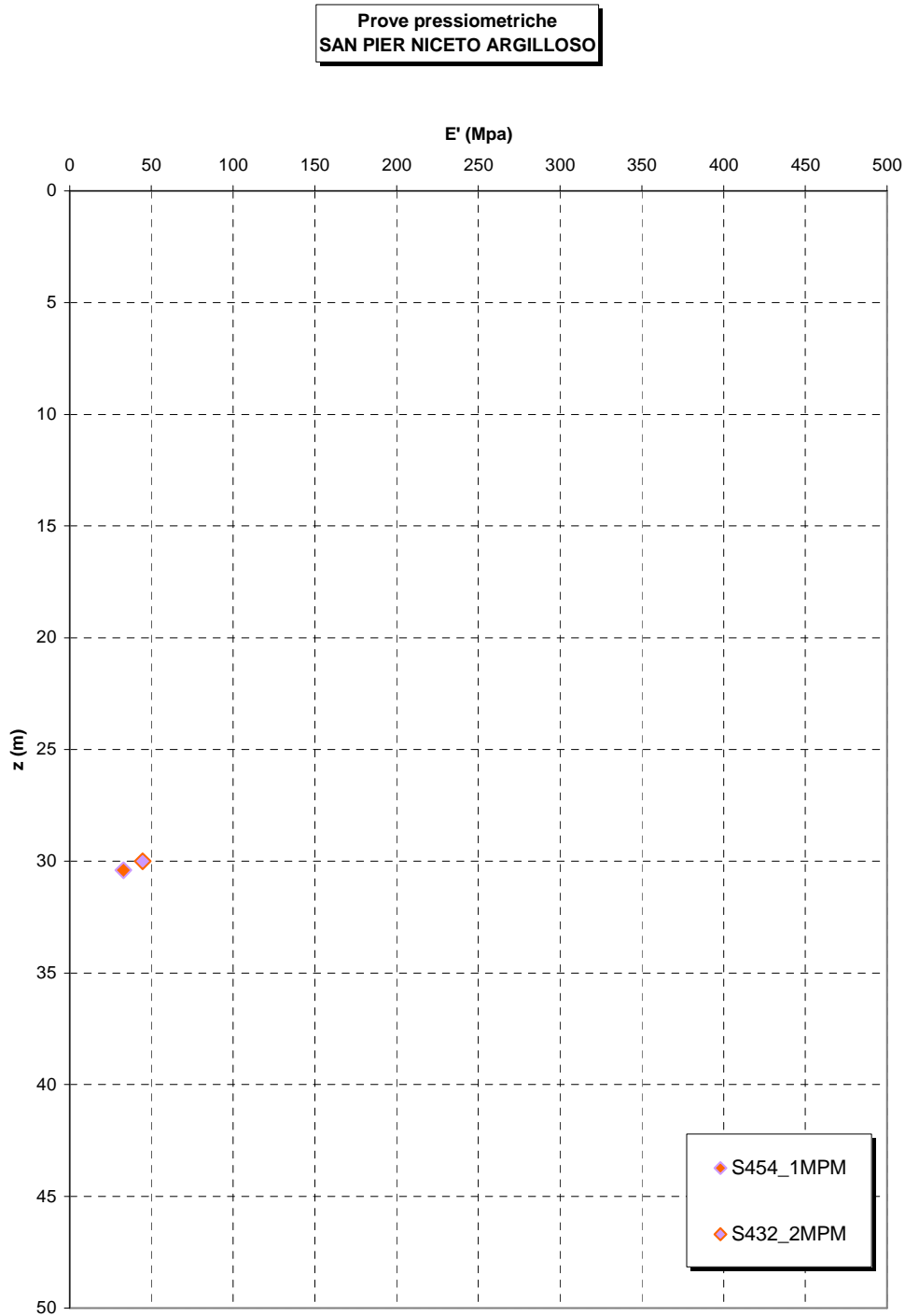


Figura 336

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

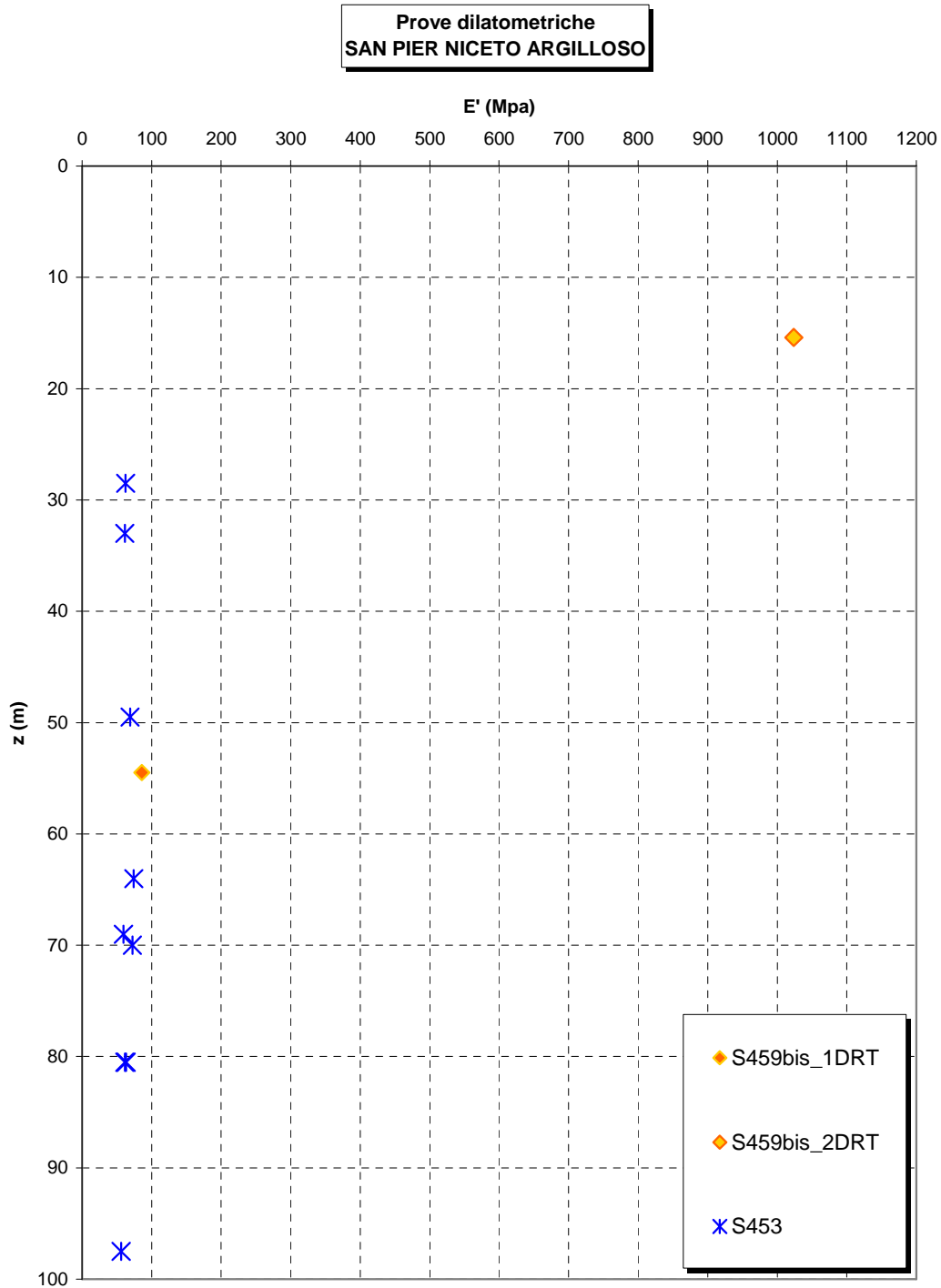


Figura 337

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di permeabilità da Le Franc

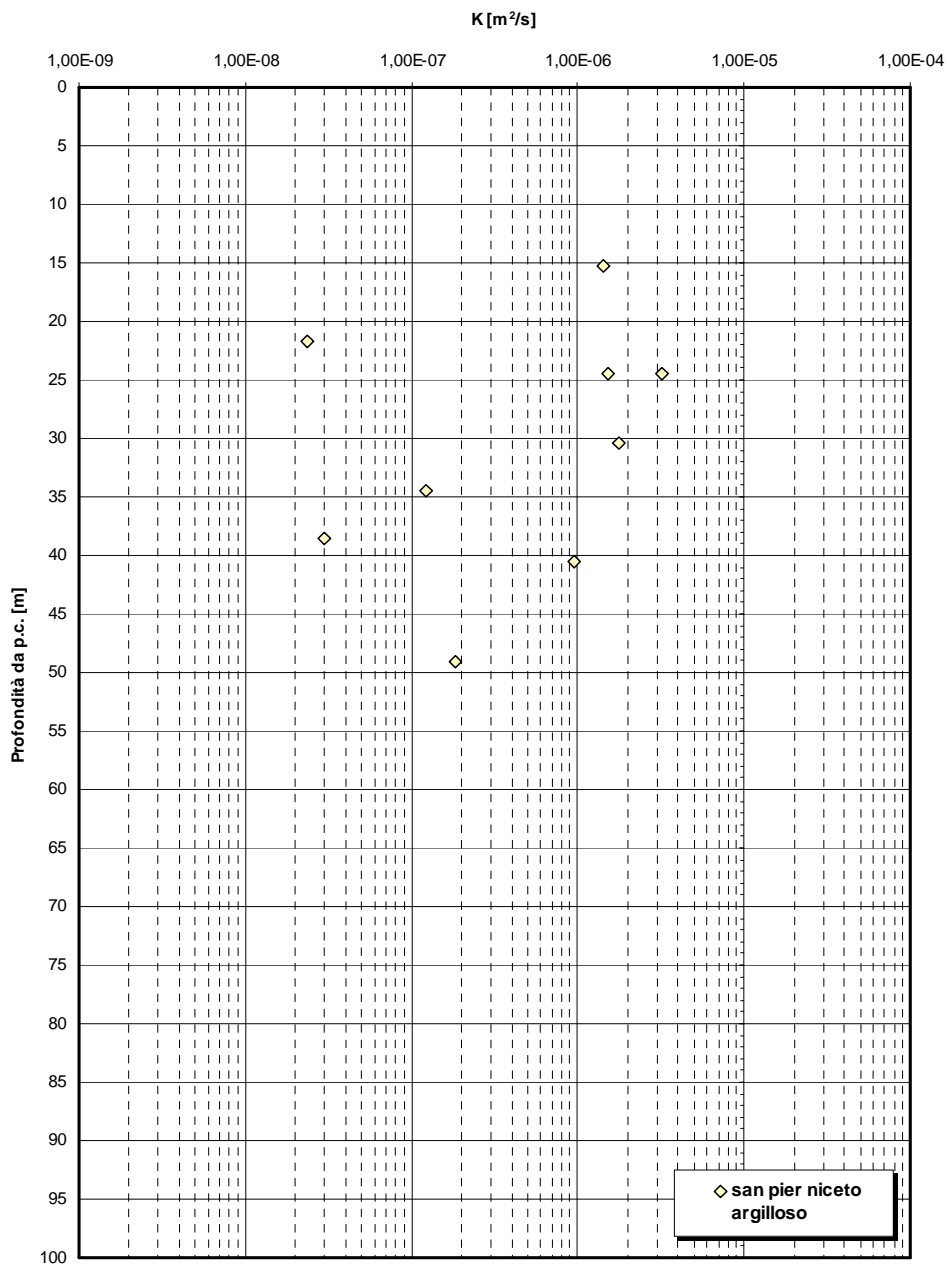


Figura 338

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 9 Riepilogo caratteristiche fisiche del San Pier Niceto argilloso

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z(m)	wn (%)	lp (%)	wL (%)	wP (%)	γ (kN/m ³)	γ _d (kN/m ³)	γ _s
S454bis	CIA	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	37.60							27.16
S454bis	CIB	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	39.55	30.4	13.5	30.2	16.7			27.29
S454bis	CR11	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	43.2	29.3	11.2	29.3	18.1			
S434	CR2	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	27.6		17.0	44	28			26.9
S459BIS	C6	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.20							26.55
S459BIS	C8	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.10							26.5
S459BIS	C9	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18							26.6
S459BIS	C10	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	26							26.6
S459BIS	C7	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12							26.5
S431	C5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	26							26.58
I2	8	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	28.00							27.1
S434	CR3	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	38							26.5
S437	CR3	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	27.2							26.7
S437	SPT11	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	22.7							26.92
S437	SPT12	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	25.7							26.8
S437	SPT13	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	28.7							26.5
S459BIS	C5	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.5							26.44
S459BIS	CR1	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	20.4							26.76
S459BIS	CR2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	29.8							26.48
S459BIS	CR3	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	34.90							26.56
S459BIS	CR4	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	39.40							27.02
S459BIS	CR5	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	45.40							26.78
S459BIS	CR6	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	50.75							26.66
S459BIS	CR7	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	55.90							26.77
S454	CIB	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	27.00	29.52	13.5	64.9	51.4			24.51
S454	CSPT5	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	38.40		22.14	67.02	44.88			24.53
S454	CSPT6	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	41.60		14.22	66.46	52.24			24.25
S432	C11	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	24.76							26.78
S432	CIB	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	27.29							27.2
S465	C4	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	7.2		8	26	18			26.47
S465	C5	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	9.2		14	31	17			26.33
S465	C6	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	12.6		17	41	24			26.77
S465	C7	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	14.2		20	58	38			27.27
S465	C8	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	15.5		5	28	23			27.14
S465	CIA	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	6.2	23	19	42	23	18.8	15.27	27
S465	CIB	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	11.2	29.04	22	51	29	18.96	14.47	26.65

Tabella 10 Granulometria del San Pier Niceto Argilloso

SONDAGGIO	N° PROVINO	z(m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
S454bis	SPT10	30	100	100	65	10	0	0	35	55	10	0
S454bis	CIA	38	100	100	79	21	4	0	21	58	17	4
S454bis	CIB	40	100	100	100	54	18	0	0	46	36	18
S454bis	CR11	43	100	100	100	58	11	0	0	42	47	11
S434	CR2	28	100	100	100	86	10	0	0	14	76	10
S434	SPT12	29	100	100	100	93	39	0	0	7	54	39
S459BIS	C6	9	100	100	79	33	5	0	22	45	29	5
S459BIS	C8	15	100	100	99	61	23	0	1	38	38	23
S459BIS	C9	18	100	100	99	69	25	0	1	31	44	25
S459BIS	C10	26	100	100	99	51	9	0	1	48	42	9
S431	C5	26	100	100	78	31	6	0	22	47	25	6
S437	CR3	27	100	100	85	42	5	0	15	43	37	5
S437	SPT11	23	100	100	68	28	5	0	32	40	23	5
S437	SPT12	26	100	100	73	33	6	0	27	40	27	6
S437	SPT13	29	100	100	94	38	7	0	6	55	31	7

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

SONDAGGIO	N° PROVINO	z(m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
S459BIS	C5	8	100	100	50	3	0	0	50	47	3	0
S459BIS	CR1	20	100	100	74	37	13	0	26	37	25	13
S459BIS	CR2	30	100	100	85	30	6	0	15	56	24	6
S459BIS	CR3	35	100	100	66	26	6	0	34	40	20	6
S459BIS	CR4	39	100	100	97	86	20	0	3	11	66	20
S459BIS	CR5	45	100	100	97	55	16	0	3	42	40	16
S459BIS	CR6	51	100	100	96	38	5	0	4	58	33	5
S459BIS	CR7	56	100	100	97	36	7	0	3	61	28	7
S454	CIB	27	100	100	100	91	17	0	0	9	74	17
S454	CSPT5	38	100	100	100	65	22	0	0	35	43	22
S454	CSPT6	42	100	100	100	57	10	0	0	43	47	10
S465	C4	7	100	100	91	51	20	0	9	40	31	20
S465	C5	9	100	100	94	63	23	0	6	31	40	23
S465	C6	13	100	100	99	91	41	0	1	8	50	41
S465	C7	14	100	100	100	99	44	0	0	1	55	44
S465	C8	16	100	100	100	71	9	0	0	29	62	9
S465	CIA	6	100	100	99	89	25	0	1	10	64	25
S465	CIB	11	100	100	97	87	44	0	3	10	44	44

Tabella 11 Riepilogo risultati prove di laboratorio

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	φ' [°]
S465	CIA	6.25	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	TRIAX_CD	20	22
S465	CIB	11.25	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	TRIAX_CD	16	21
S457	CR1	18.6	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	TD	61.5	20.9
S457	CR2	23.6	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	TD	40.15	27.5
S457	CR3	30.2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	TD	52.6	25.7
S457	CR4	35.2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	TD	78.9	19.8

Tabella 12 Riepilogo risultati prove dilatometriche

FORO	Opera	z (m)	E'(MPa)
S459bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	54.5	86
S459bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.4	1024
S453	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	80.5	62
S453	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	97.5	56
S453	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	28.5	63
S453	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	33.0	62
S453	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	69.0	60
S453	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	80.5	63
S453	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	64.0	74
S453	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	70.0	73
S453	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	49.5	69

Tabella 13 Riepilogo risultati prove pressiometriche

FORO	Opera	z (m)	E _p (MPa)	E'(MPa)
S454	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	30.4	22	33
S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	30.0	14.73	45

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 14 Riepilogo risultati prove edometriche

Foro	Opera	N° PROVINO	z(m)	C_v [m ² /s]	Eed [MPa]	e_0 [-]	Cc	Cs	C α	K [m/s]
S465	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	CIA	6.5	2.10E-01	14		0.240	0.230		1.10E-07
S465	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	CIB	11.5	1.15E-01	12.8		0.080	0.086		1.36E-07

Tabella 15 Riepilogo risultati prove sismiche

FORO	Opera	z(m)	Vs [m/s]	G' ₀ [MPa]	E' ₀ [MPa]
S454-SR5	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	34.0	750	1089.4	2614.7
S454-SR5	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	55.0	1400	3796.1	9110.7
S454bis-SR3	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	32.0	300	174.3	418.3
S454bis-SR3	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	51.0	1500	4587.2	11009.2
S434-SR2	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	30.0	800	1304.8	3131.5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.2.2 San Pier Niceto Conglomeratico Sabbioso

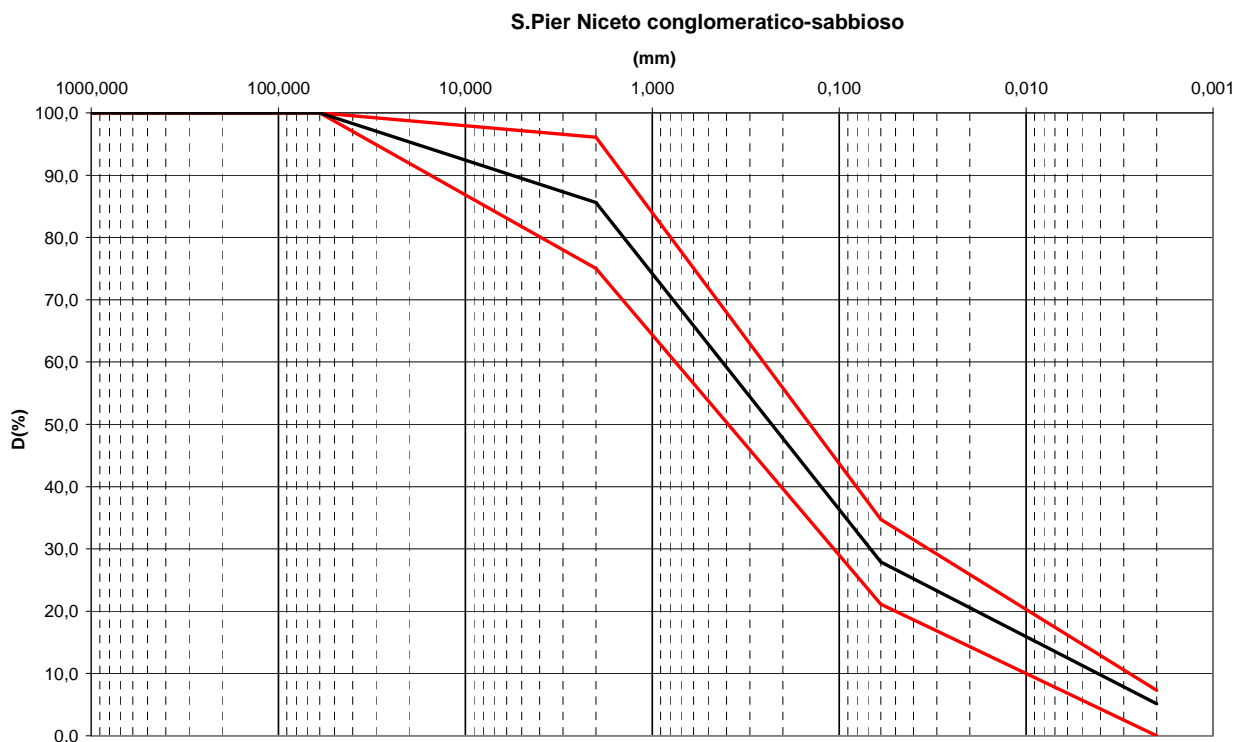


Figura 339

Nspt

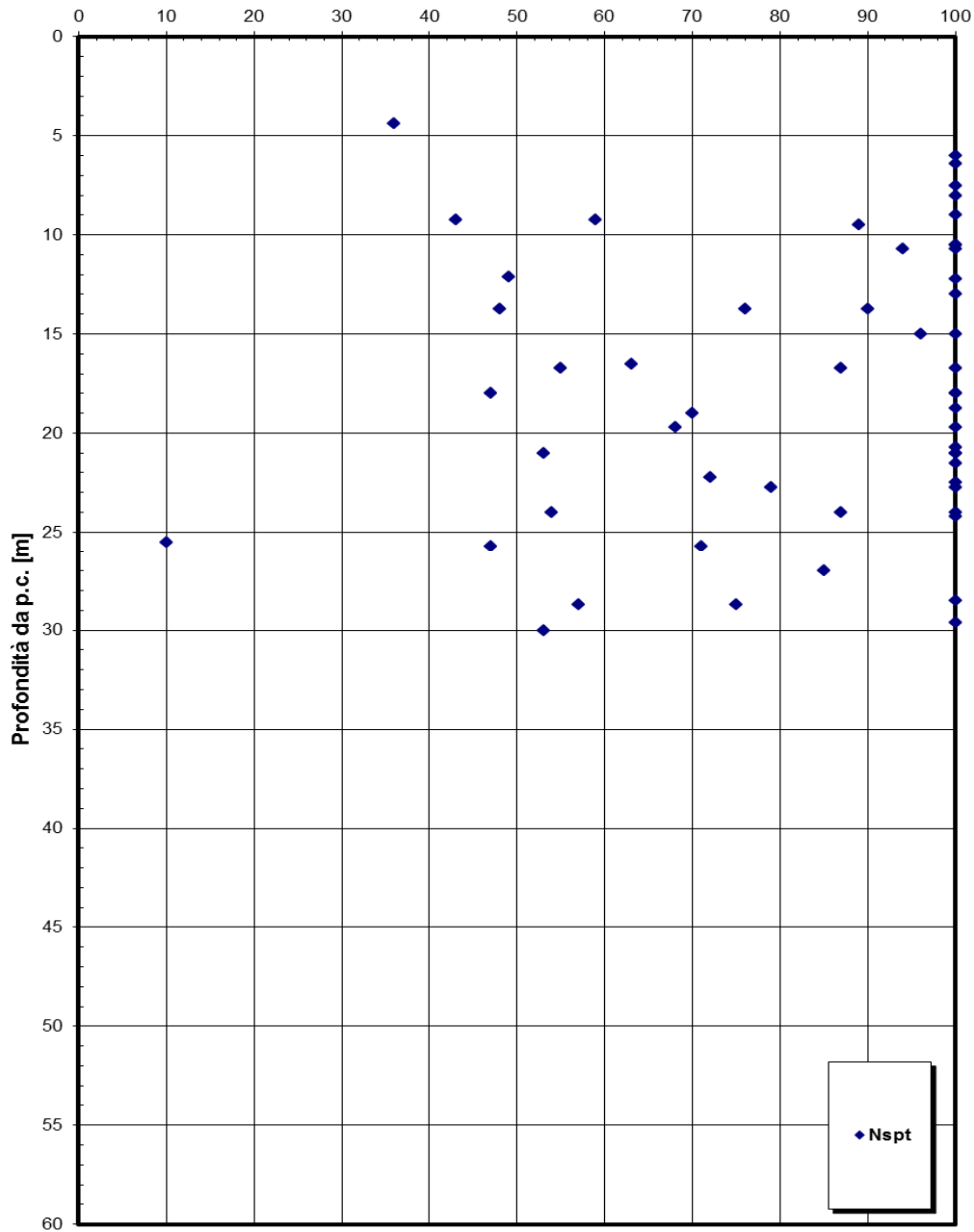


Figura 340

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

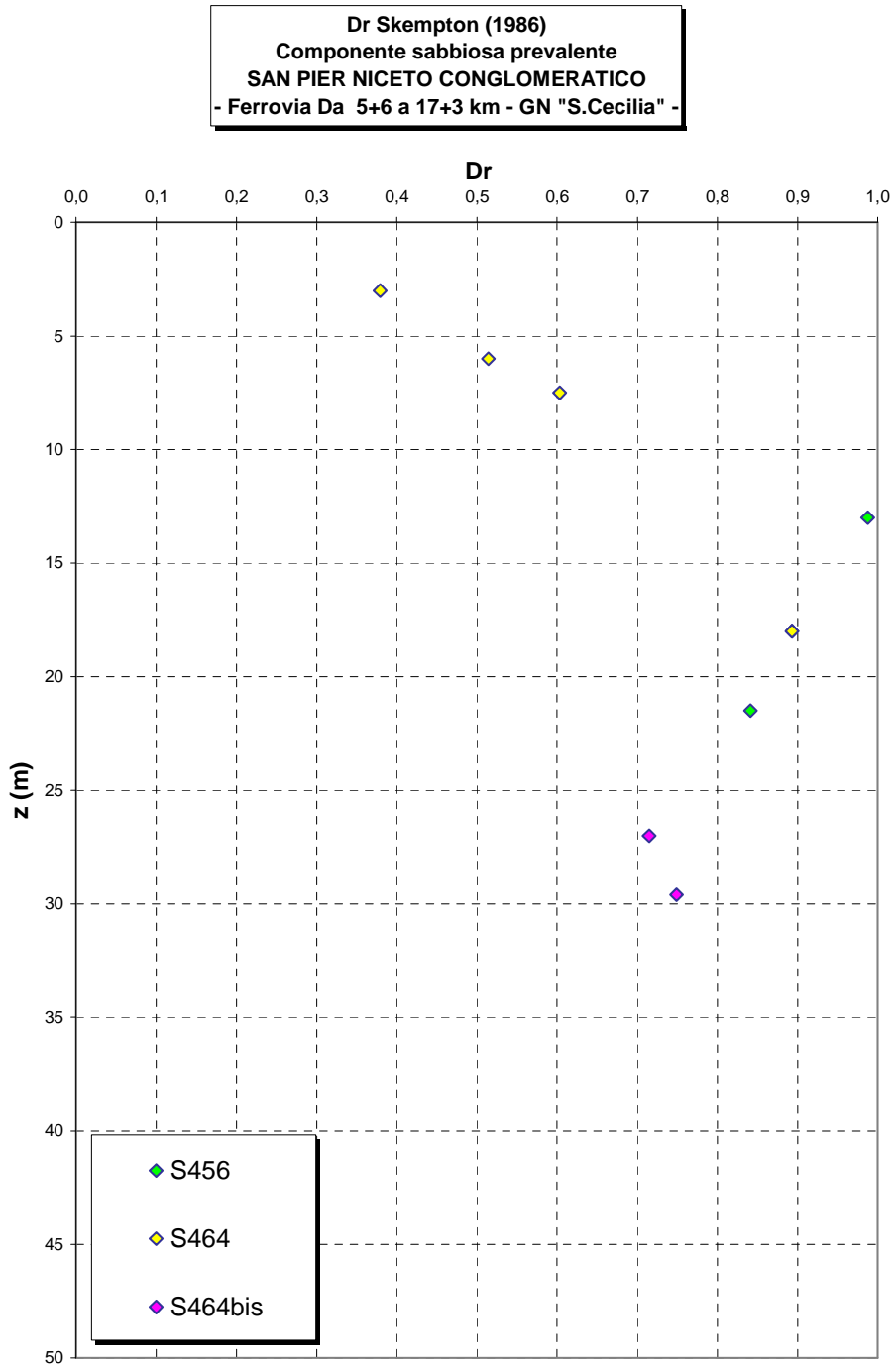


Figura 341

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

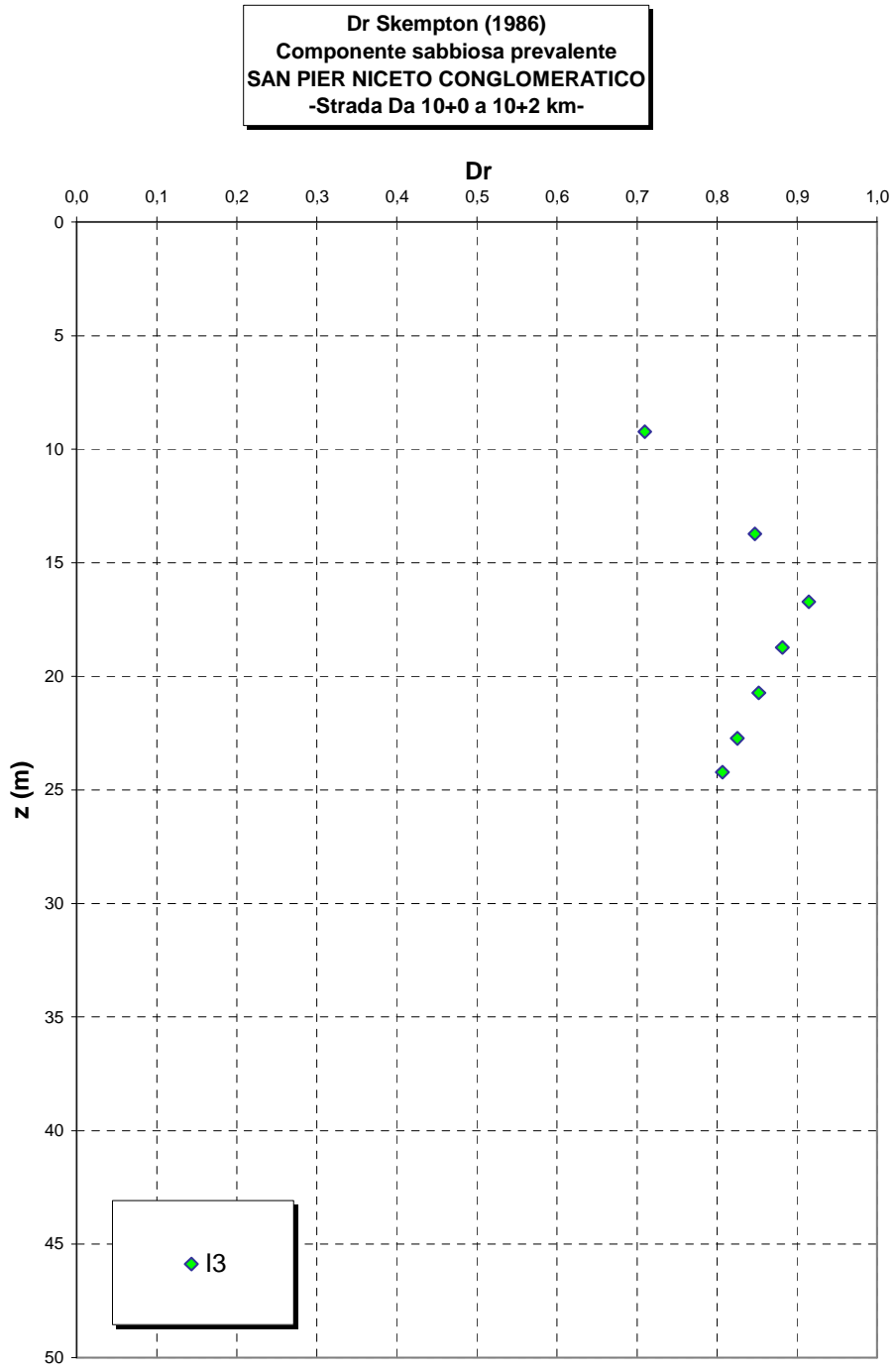


Figura 342

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
SAN PIER NICETO CONGLOMERATICO
- Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse" -

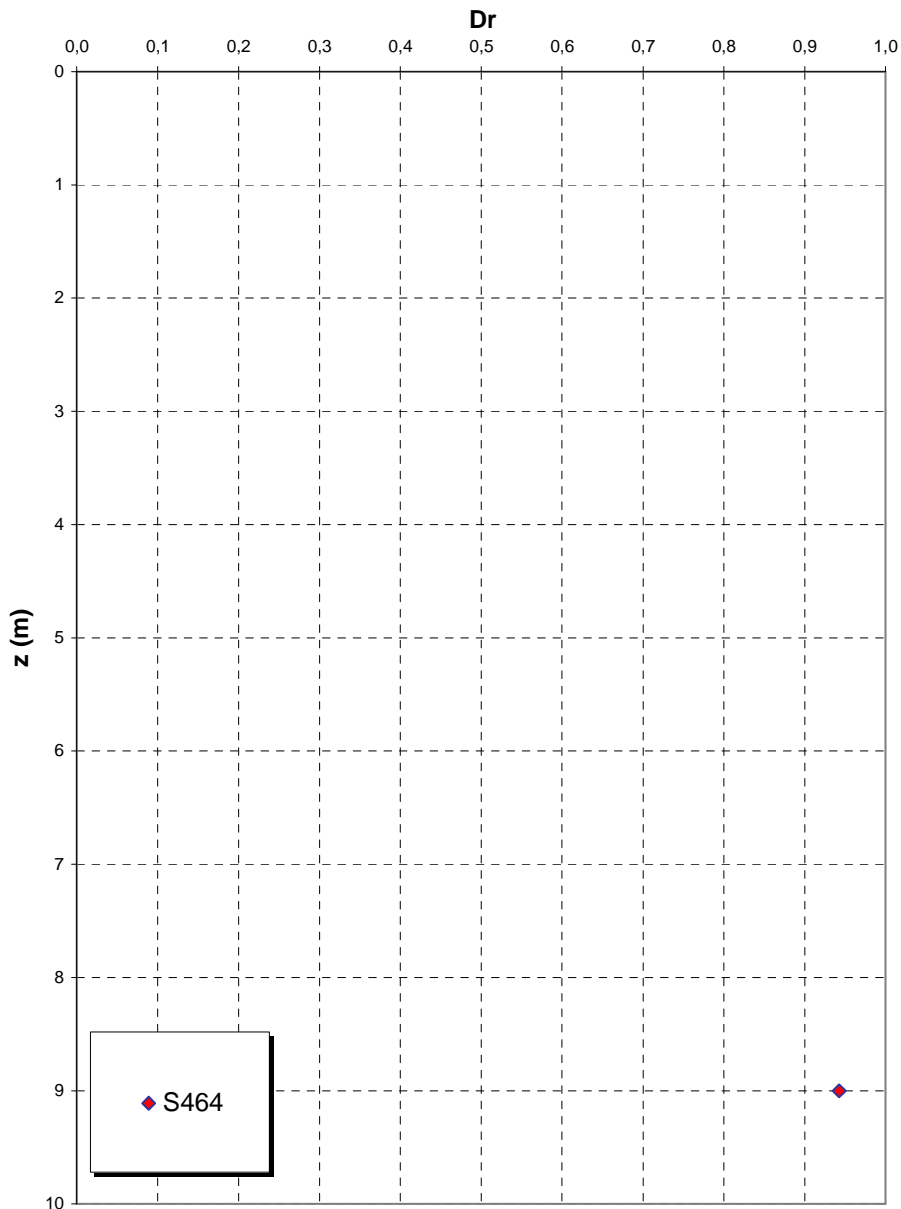


Figura 343

 Stretto di Messina	 Eurolink	Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

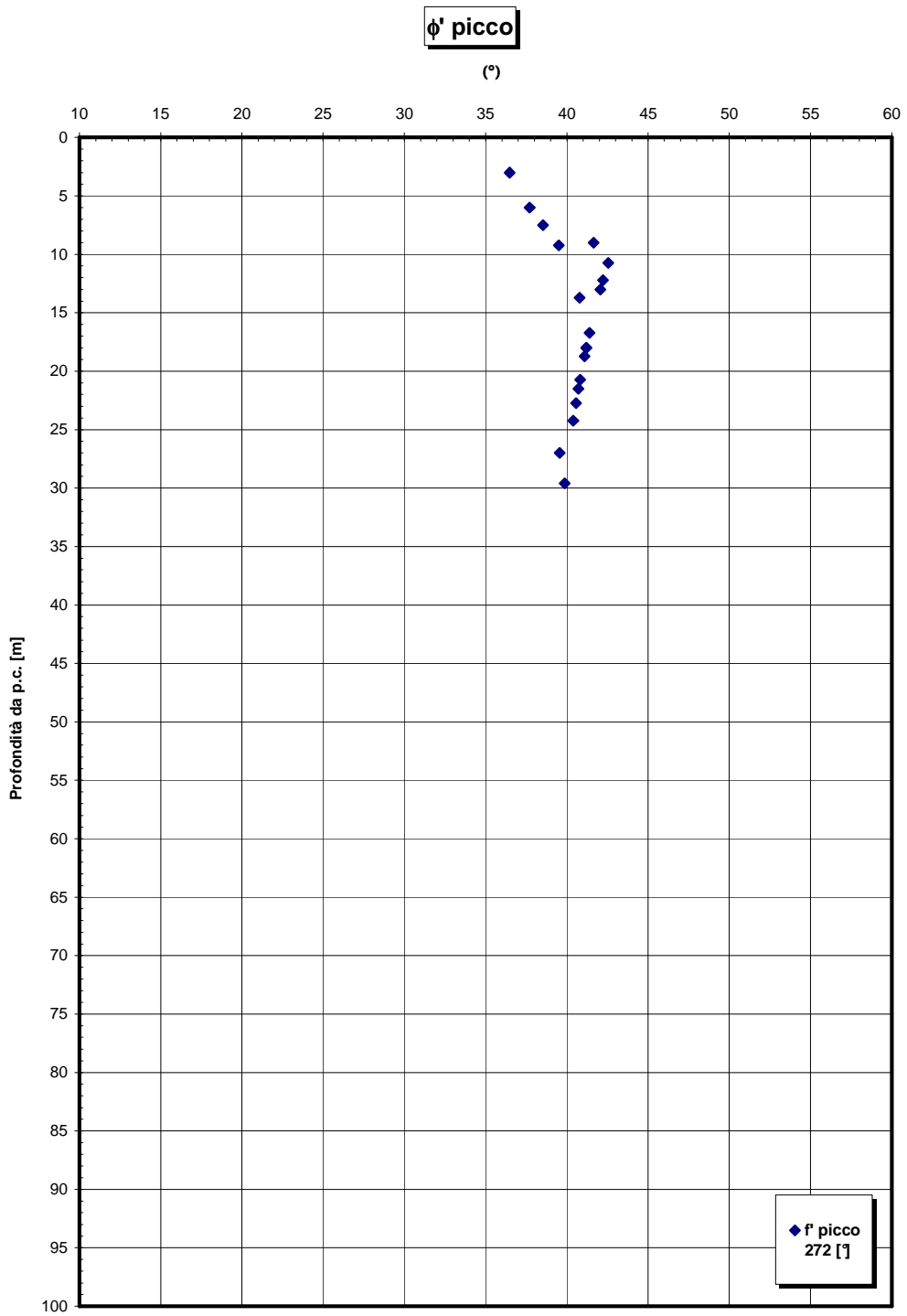


Figura 344

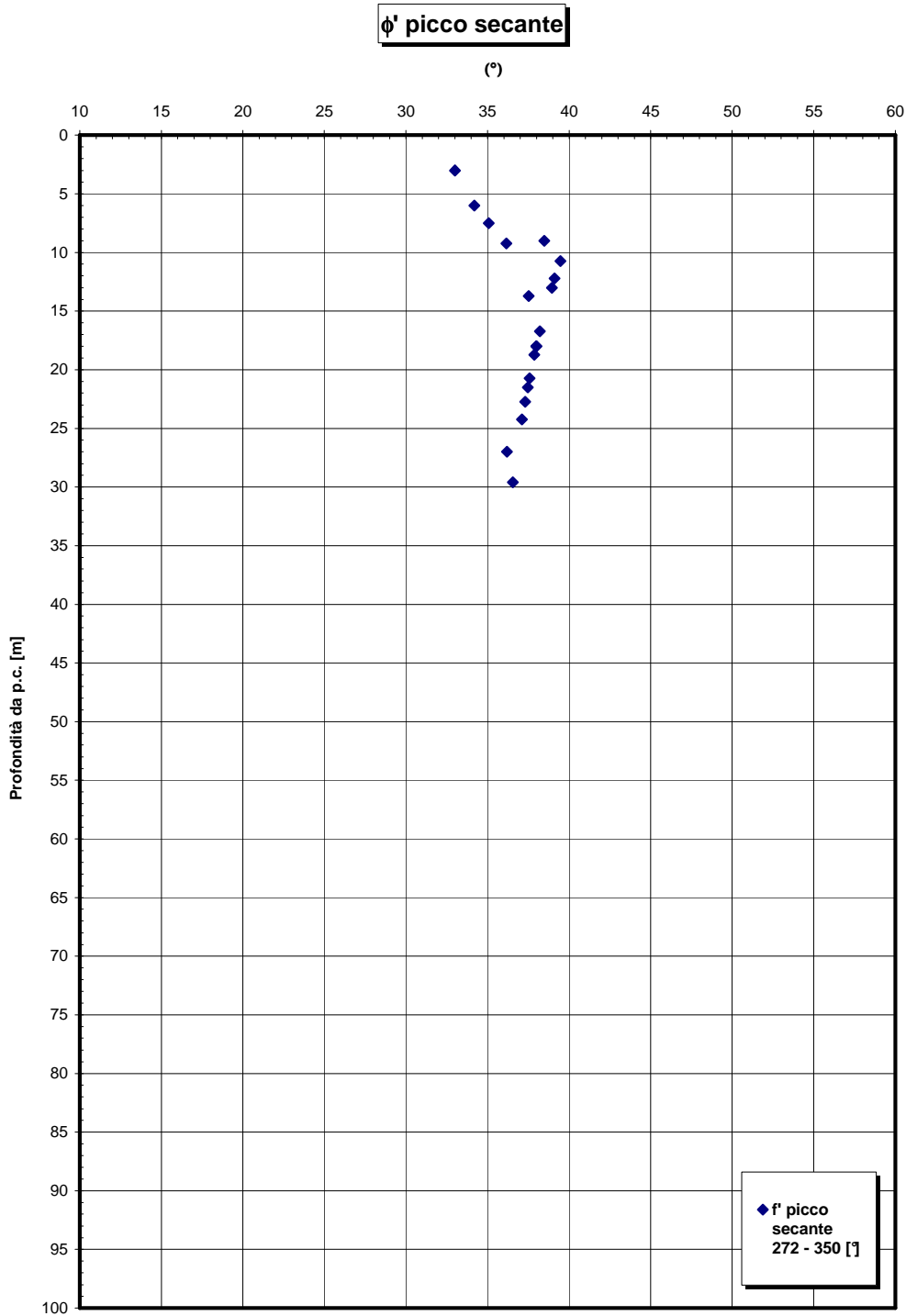


Figura 345

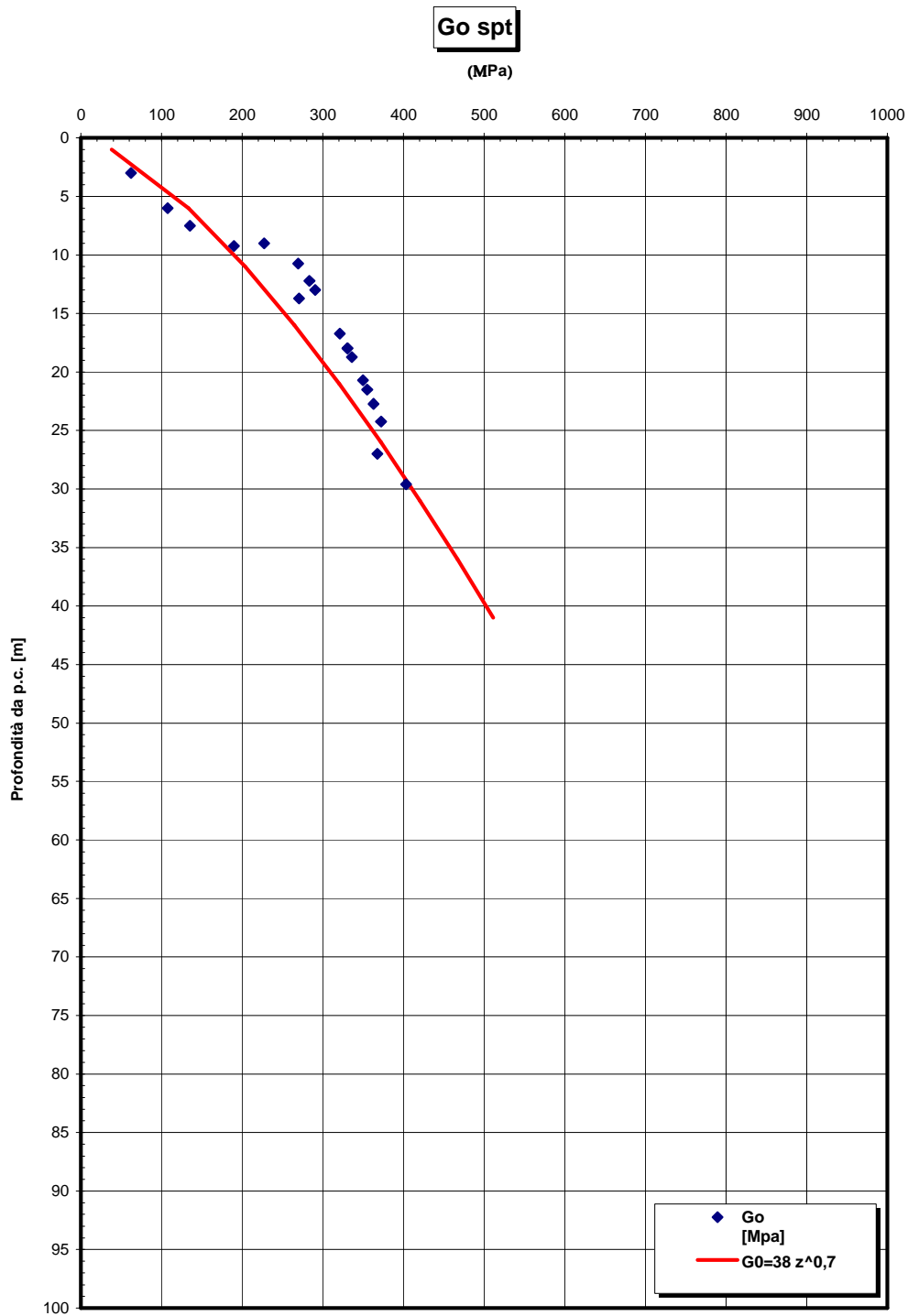


Figura 346

Go/pa

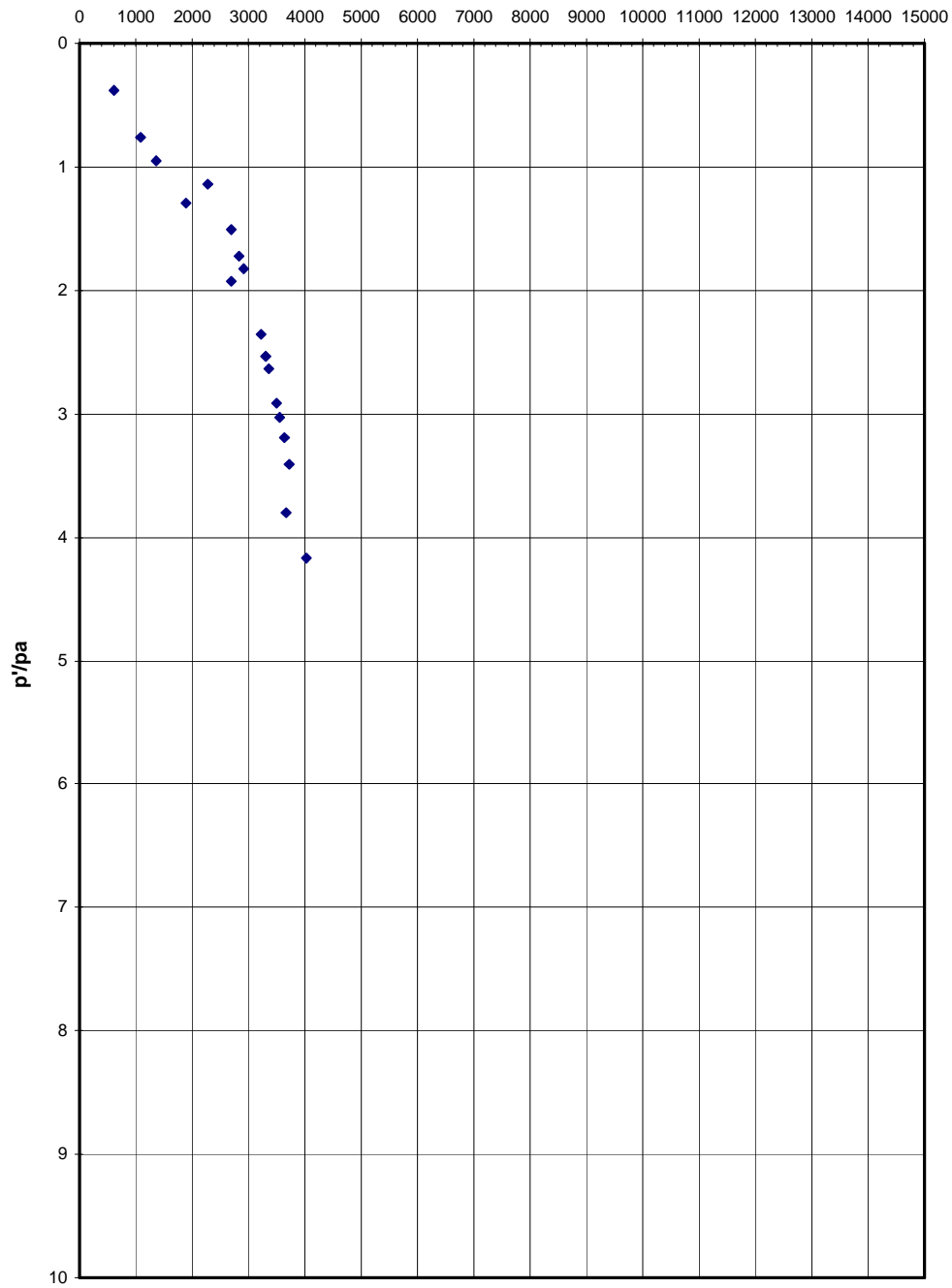


Figura 347

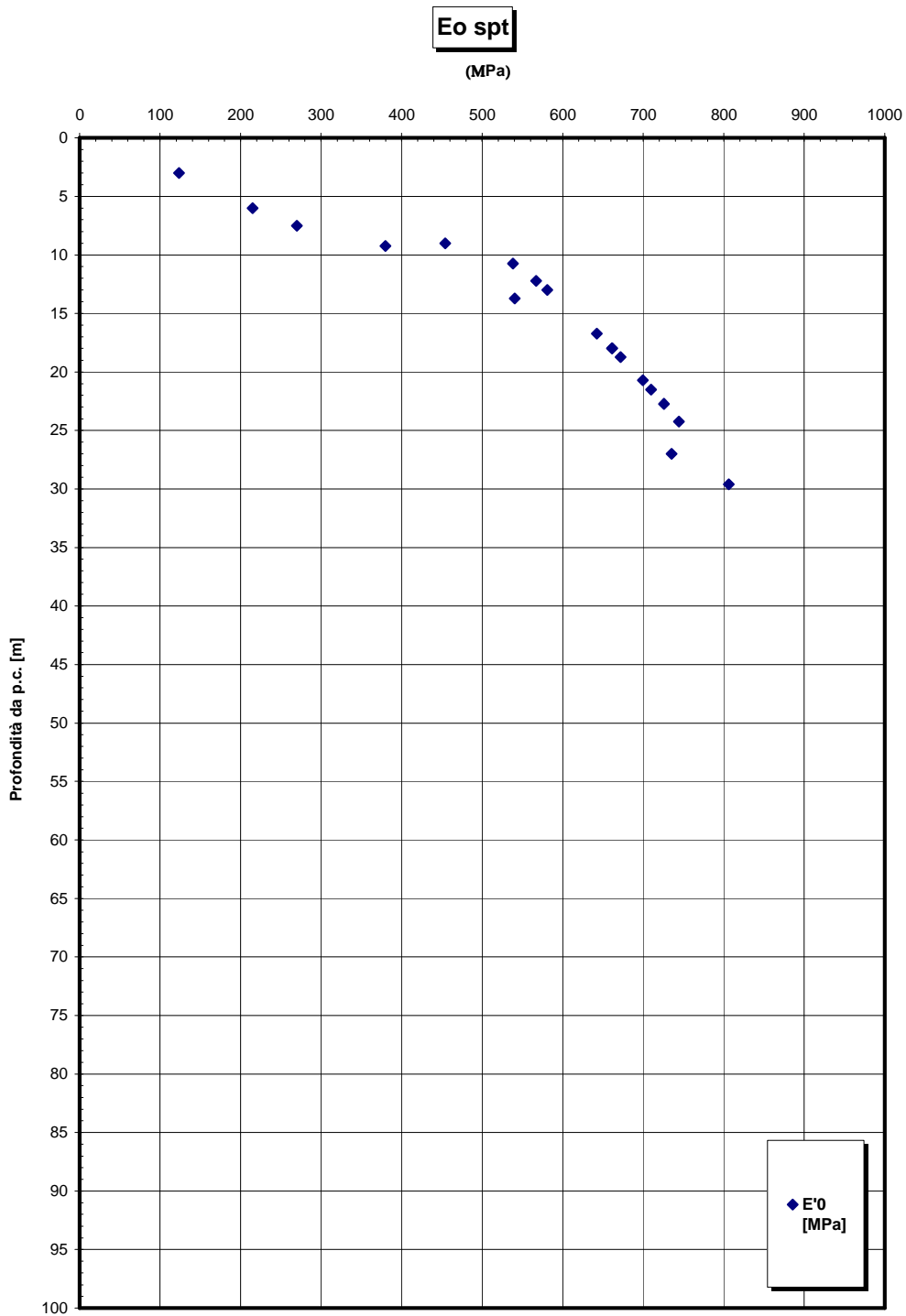


Figura 348

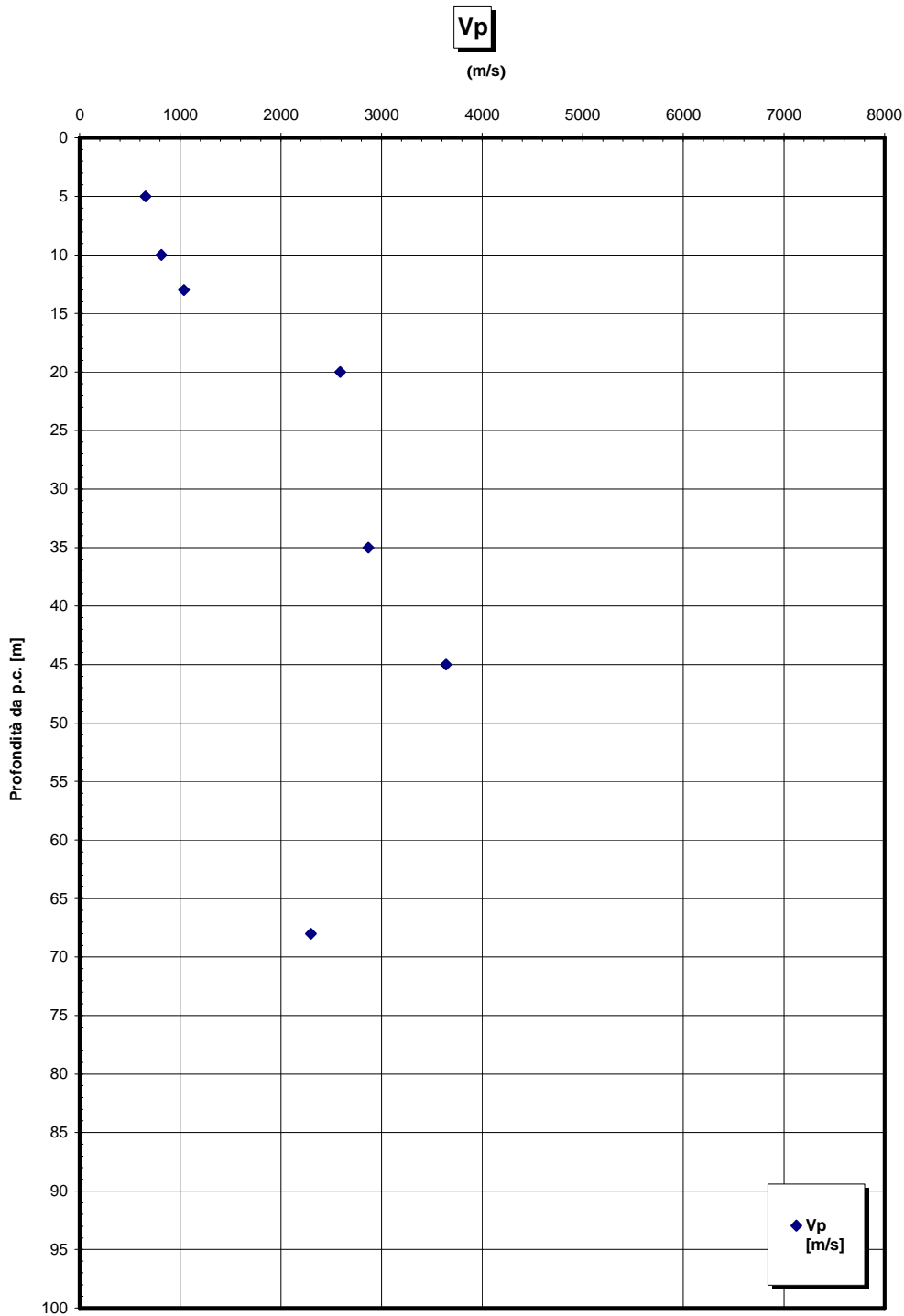


Figura 349

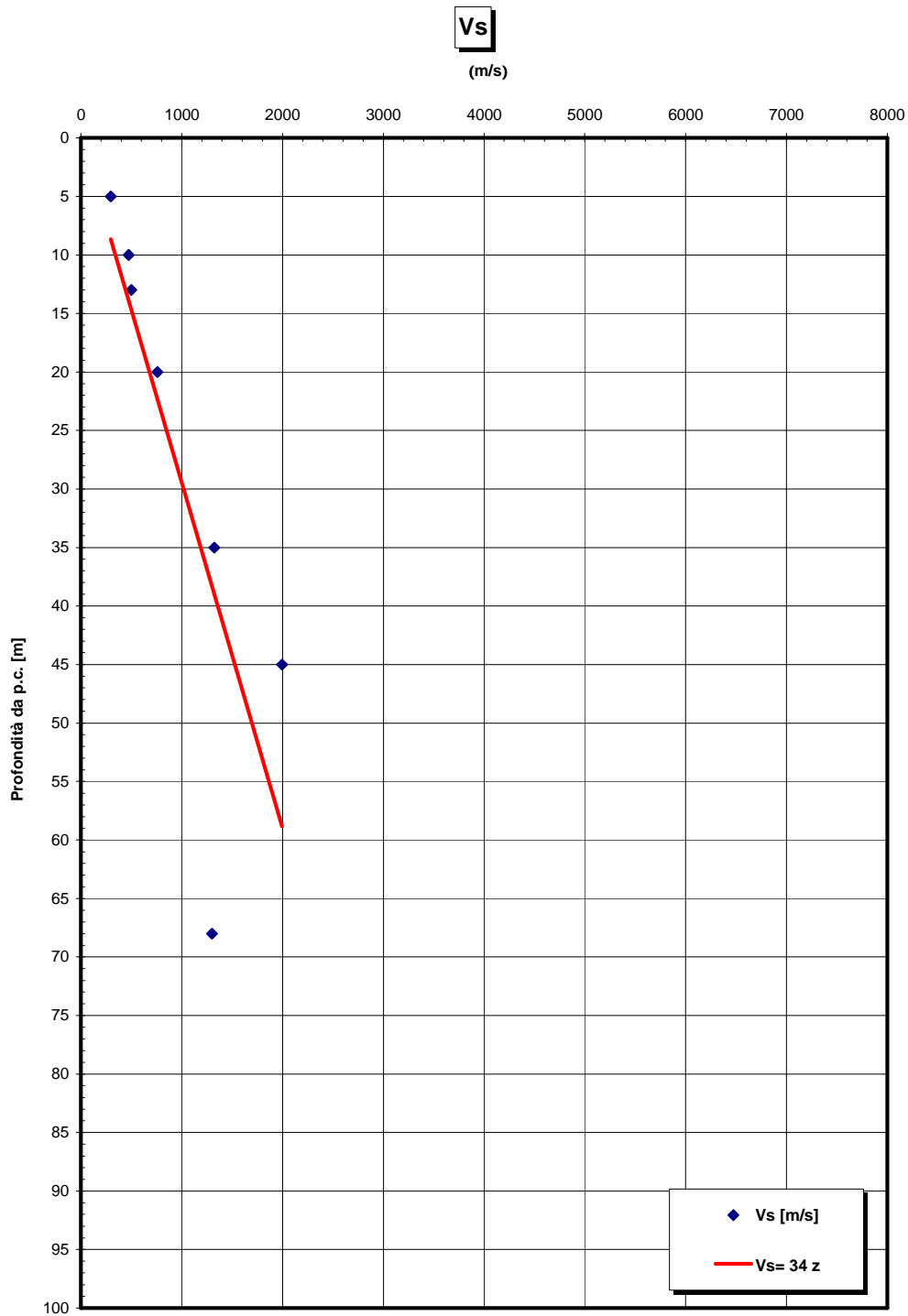


Figura 350

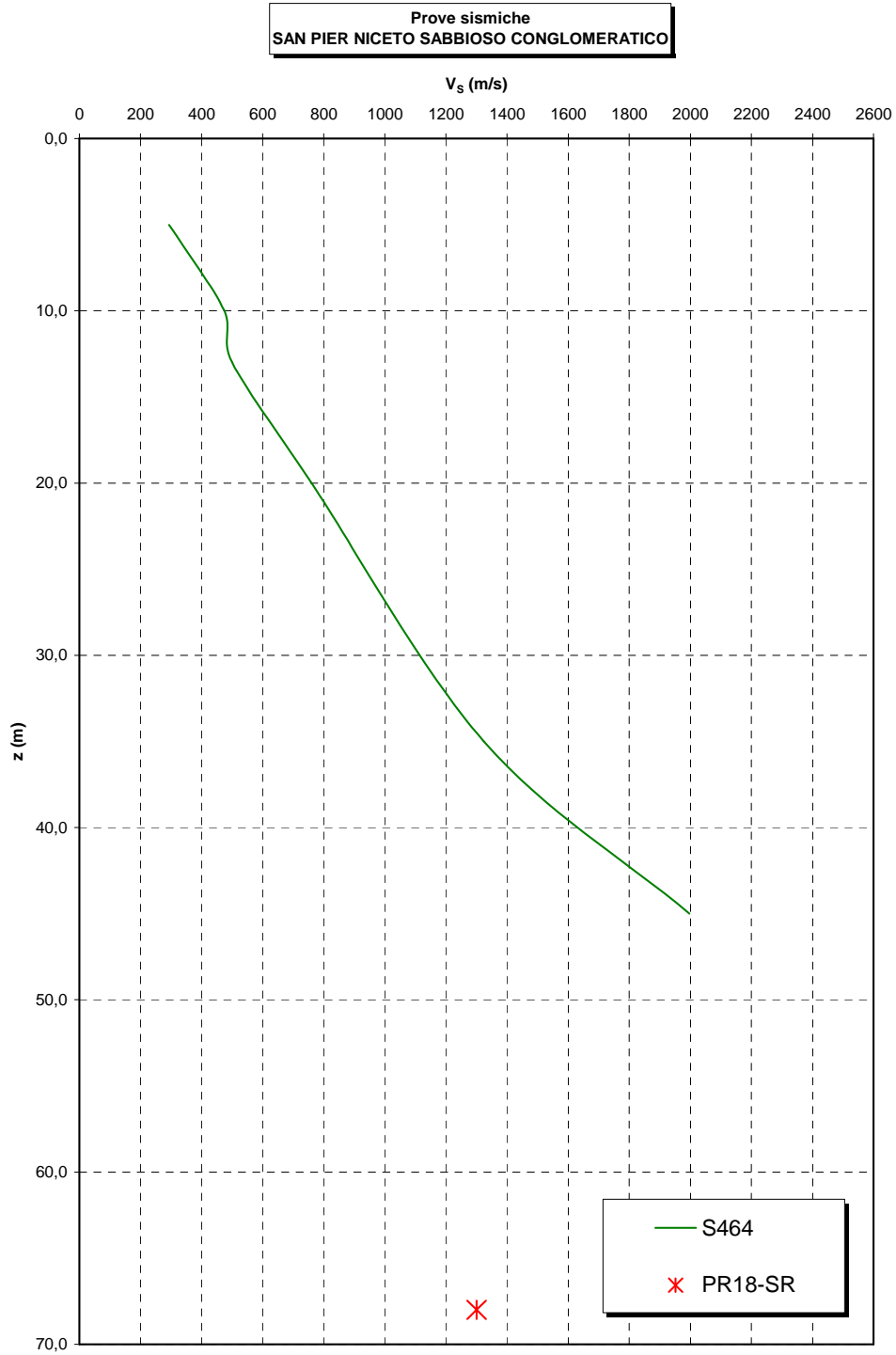


Figura 351

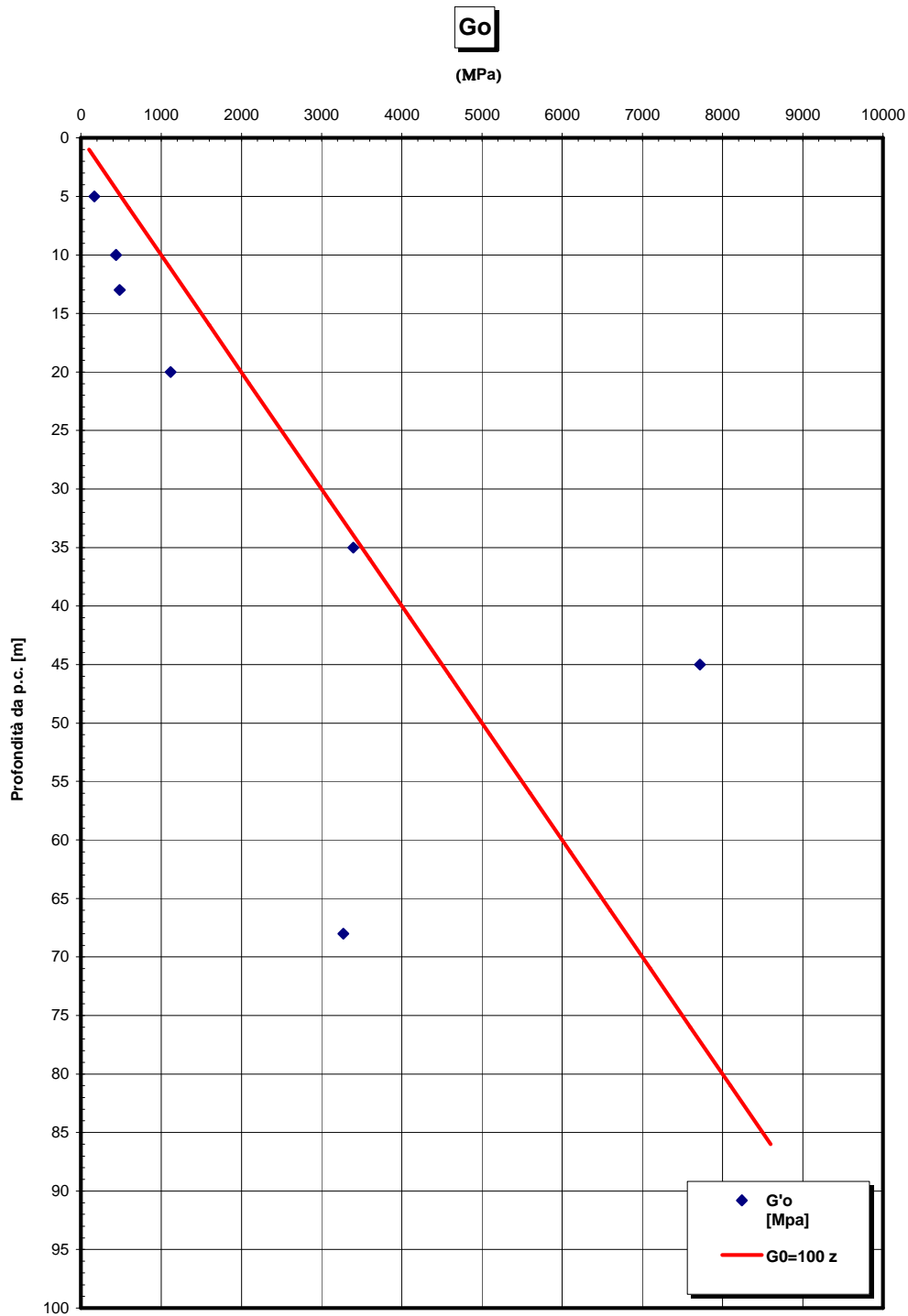


Figura 352 - G₀ da V_s misurate in prove sismiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

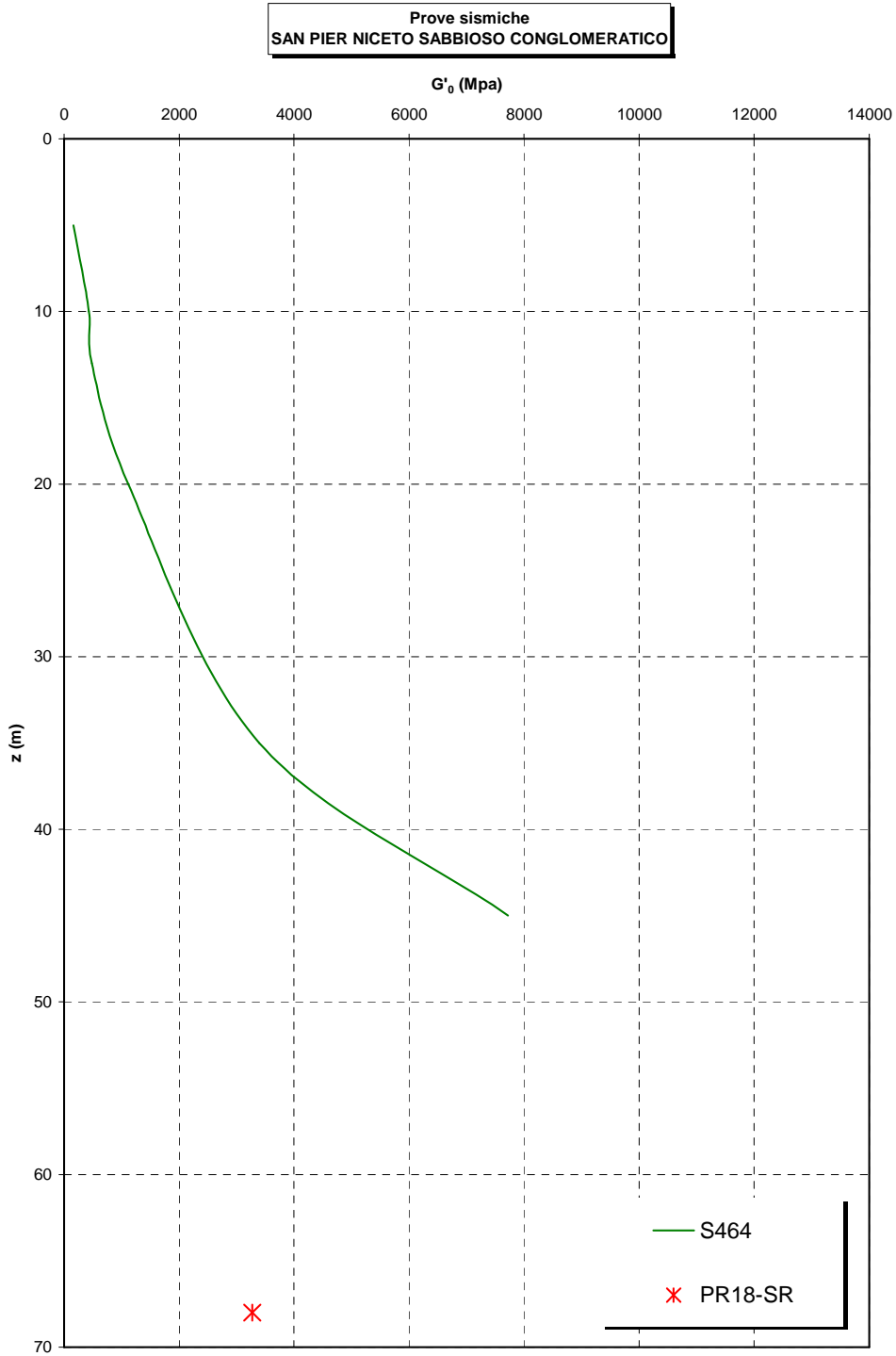


Figura 353 - G0 da Vs misurate in prove sismiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

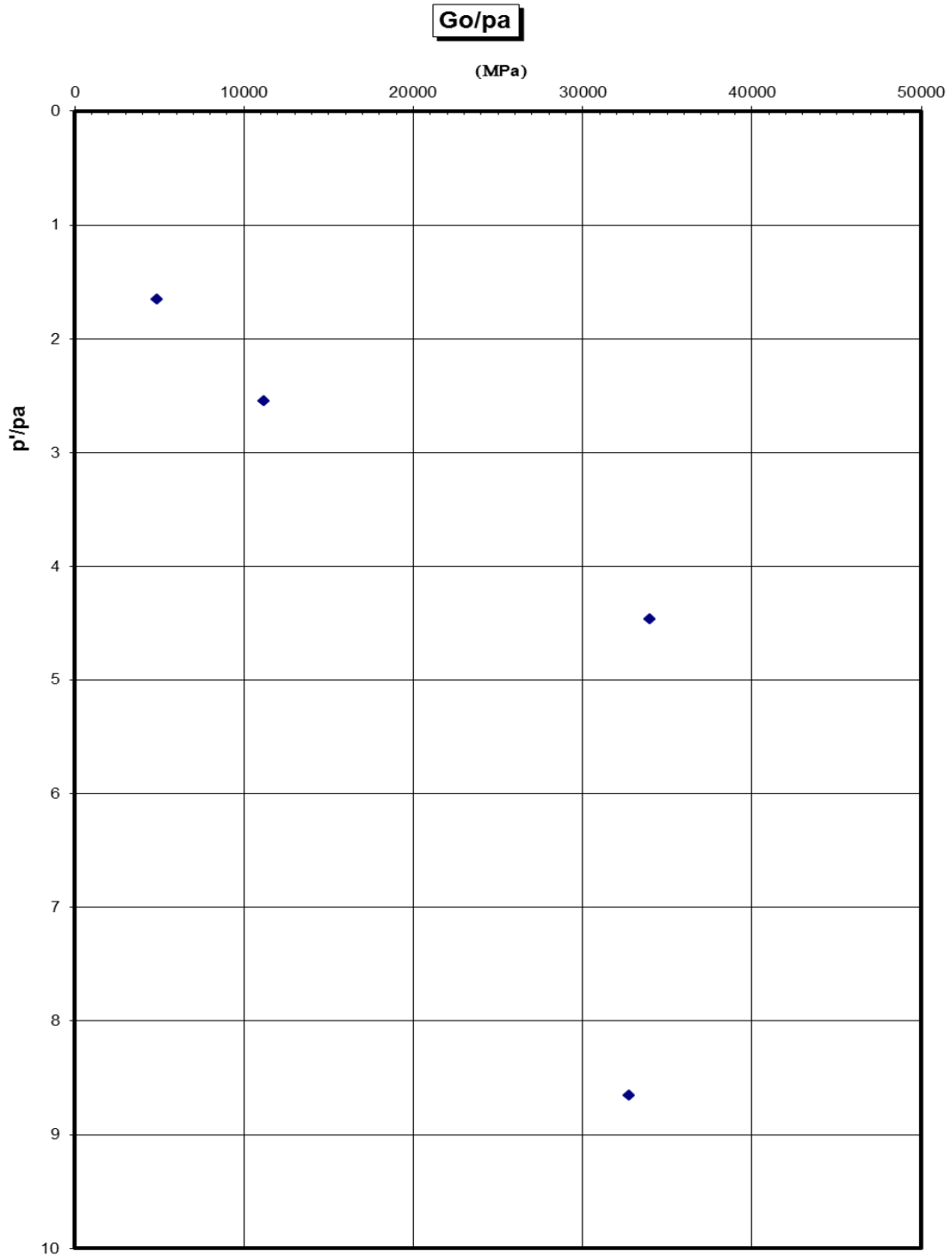


Figura 354 - G0 da Vs misurate in prove sismiche

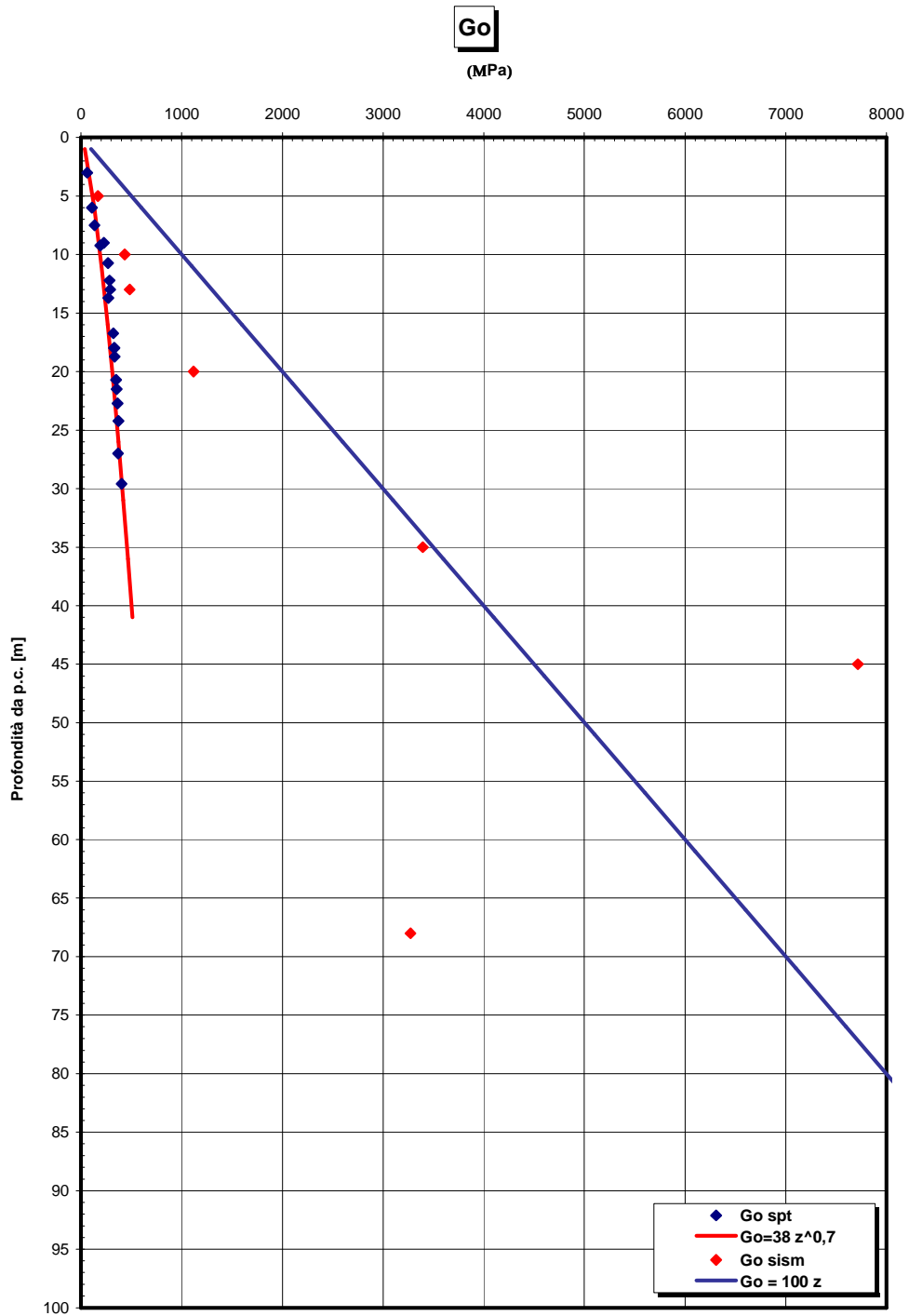


Figura 355 – Confronto tra G_0 da SPT e G_0 da prove sismiche

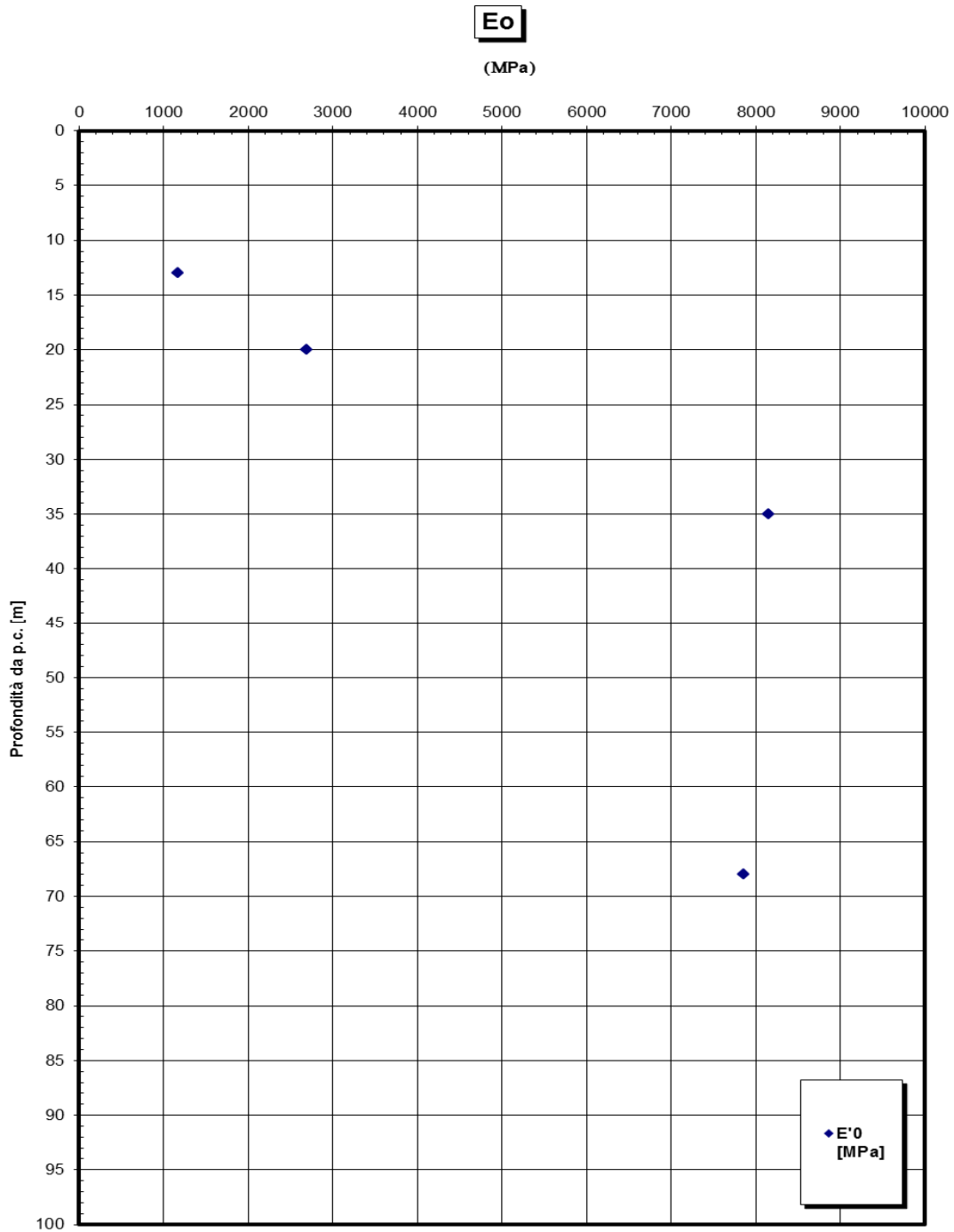


Figura 356

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

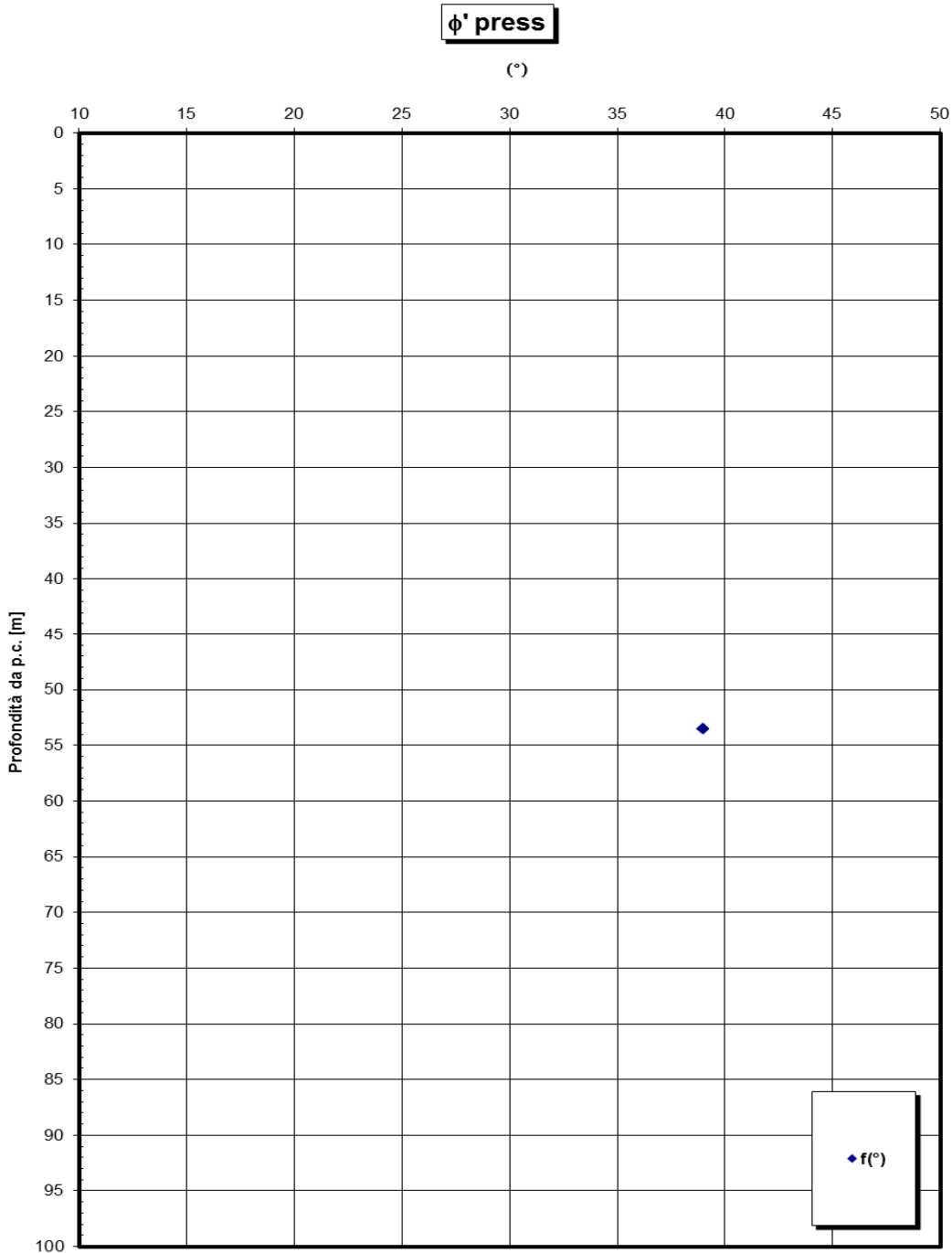


Figura 357

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

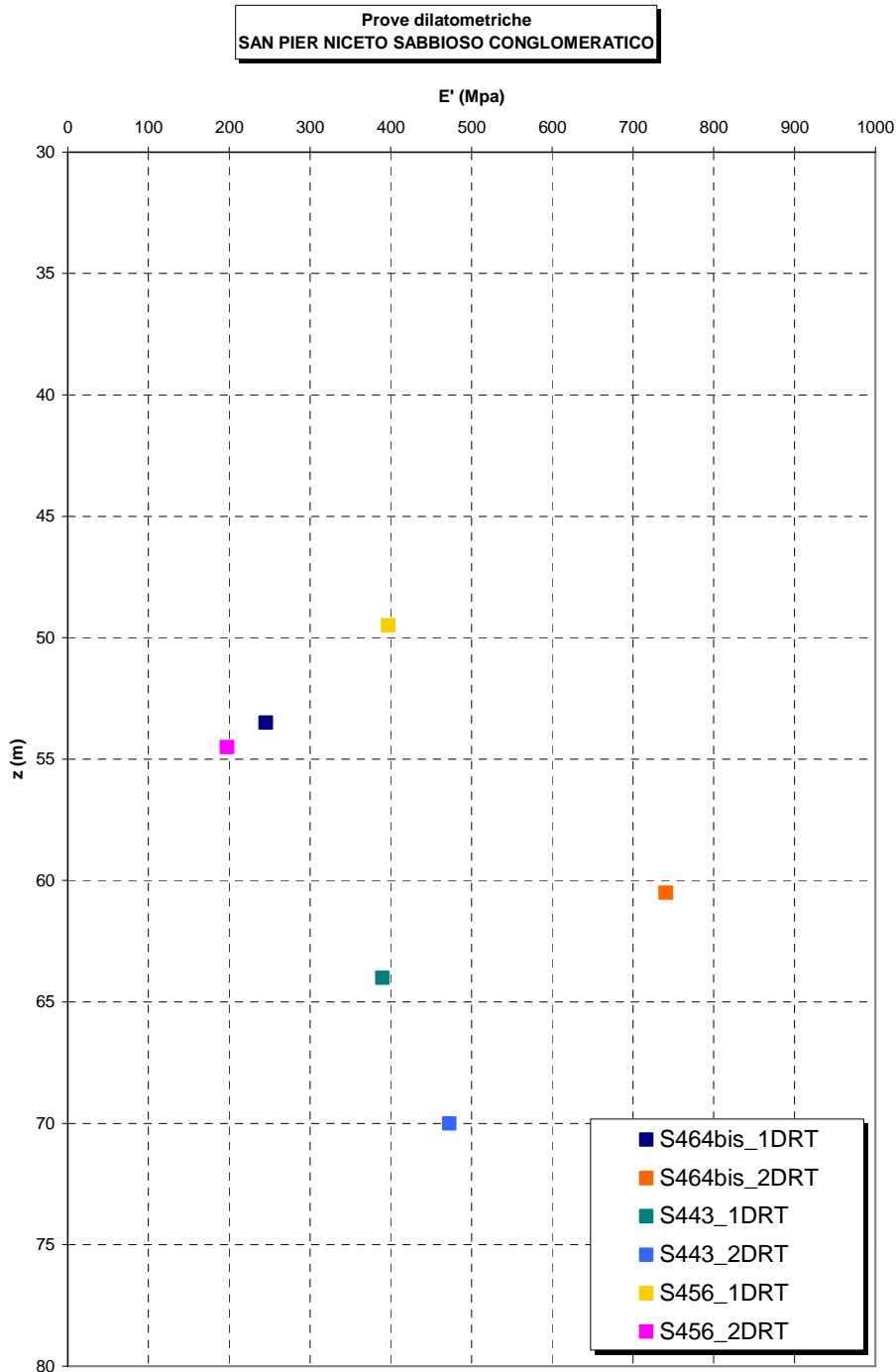


Figura 358

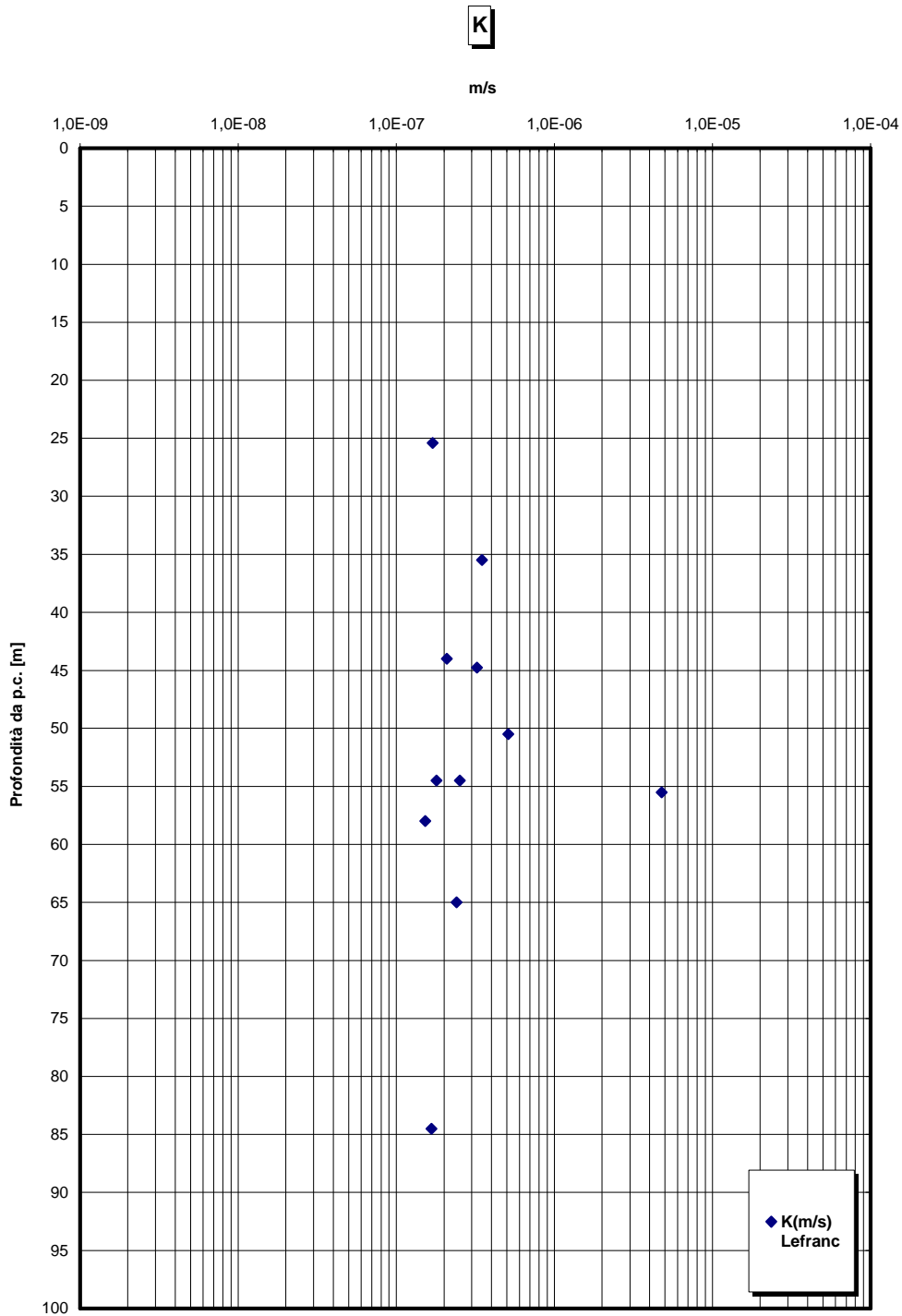


Figura 359

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 16 Caratteristiche fisiche San Pier Niceto conglomeratico-sabbioso

SONDAGGIO	N° PROVINO	Litotipo	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
S429bis	CR1	San Pier Niceto sabbioso	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	34.00			27
S429bis	C2	San Pier Niceto sabbioso	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	41.00			26.3
S429bis	C3	San Pier Niceto sabbioso	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	48.00			26.65
S429bis	CR4	San Pier Niceto sabbioso	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	52.00			26.4
S429bis	CR5	San Pier Niceto sabbioso	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	59.00			26.62
S429bis	CR6	San Pier Niceto sabbioso	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	60.00			26.92
S429bis	CR7	San Pier Niceto sabbioso	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	67.30			26.8
S429bis	CR8	San Pier Niceto sabbioso	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	74.60			26.6
S429bis	CR9	San Pier Niceto sabbioso	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	78.60			26.92
S429bis	CR10	San Pier Niceto sabbioso	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	84.60			26.98
S429bis	CR11	San Pier Niceto sabbioso	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	88.20			26.96
S456	C3	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.00			26.2
S456	C4	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	13.00			26.85
S456	C5	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.00			27
S456	C6	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	21.50			26.7
S456	CR1	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	33.00			26.93
S456	CR2	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	38.60			26.9
S456	CR3	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	42.00			26.8
S456	CR4	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	45.00			26.9
S456	CR5	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	46.50			26.4
S456	CR6	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	52.00			26.75
S464	CR2	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	25.30			27.12
S464	CR3	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	29.90			26.8
S464	CR6	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	32.10			26.79
S464	CR7	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	43.70			27.22
S456	CR1	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	33.00			26.93
S456	CR2	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	38.60			26.89
S456	CR3	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	42.00			26.76
S456	CR4	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	46.00			26.92
S456	CR5	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	46.50			26.41
S456	CR6	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	51.80			26.75
S465	C1	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	1.60			26.66
S465	C2	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	3.20			26.84
S465	C3	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	4.60			26.55
S465	C9	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	17.50			26.35
S465	C10	San Pier Niceto sabbioso	Ferrovia Da 17+3 a 17+4 km	19.70			26.38

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 17 Granulometria San Pier Niceto conglomeratico-sabbioso

N° PROVINO	z (m)	Litotipo	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
CR1	34	S.Pier Niceto sabbioso	0	12.85	59.53	23.75	3.87	100	100	87.15	27.62	3.87
C2	41	S.Pier Niceto sabbioso	0	17.3	55.83	22.57	4.3	100	100	82.7	26.87	4.3
C3	48.3	S.Pier Niceto sabbioso	0	1.6	73.4	20.74	4.26	100	100	98.4	25	4.26
CR4	52	S.Pier Niceto sabbioso	0	12.9	63.3	19	4.8	100	100	87.1	23.8	4.8
CR5	59	S.Pier Niceto sabbioso	0	25.7	53.23	17.7	3.37	100	100	74.3	21.07	3.37
CR6	60.5	S.Pier Niceto sabbioso	0	19.1	40.2	34.2	6.5	100	100	80.9	40.7	6.5
CR7	67.2	S.Pier Niceto sabbioso	0	9.23	54.38	27.64	8.75	100	100	90.77	36.39	8.75
CR8	74.6	S.Pier Niceto sabbioso	0	8.34	65.06	19.95	6.65	100	100	91.66	26.6	6.65
CR9	79	S.Pier Niceto sabbioso	0	21.36	57.27	17.95	3.42	100	100	78.64	21.37	3.42
CR10	84.6	S.Pier Niceto sabbioso	0	5.96	63.14	25.95	4.95	100	100	94.04	30.9	4.95
CR11	88.2	S.Pier Niceto sabbioso	0	24.29	49.09	21.03	5.59	100	100	75.71	26.62	5.59
CR3	38	S.Pier Niceto sabbioso	0	14	61	22	3	100	100	86	25	3
C4	13	S.Pier Niceto sabbioso	0	9	87	4	0	100	100	91	4	0
C6	21.5	S.Pier Niceto sabbioso	0	1	93	6	0	100	100	99	6	0
CR1	33	S.Pier Niceto sabbioso	0	2.5	87.5	10	0	100	100	97.5	10	0
CR2	38.6	S.Pier Niceto sabbioso	0	10	81	9	0	100	100	90	9	0
CR3	42	S.Pier Niceto sabbioso	0	2.2	81.2	14	2.6	100	100	97.8	16.6	2.6
CR4	46	S.Pier Niceto sabbioso	0	9	77.2	9.4	4.4	100	100	91	13.8	4.4
CR5	46.5	S.Pier Niceto sabbioso	0	10	65.5	17.7	6.8	100	100	90	24.5	6.8
CR6	51.8	S.Pier Niceto sabbioso	0	8.05	82.4	9.55	0	100	100	91.95	9.55	0
CR2	25.3	S.Pier Niceto sabbioso	0	33.0	51.0	12.0	4.0	100.0	100.0	67.0	16.0	4.0
C1	1.6	S.Pier Niceto sabbioso	0	18	53	21	8	100	100	82	29	8
C2	3.2	S.Pier Niceto sabbioso	0	16	46	26	12	100	100	84	38	12
C3	4.6	S.Pier Niceto sabbioso	0	33	52	10	5	100	100	67	15	5
C9	17.5	S.Pier Niceto sabbioso	0	65	17	9	9	100	100	35	18	9
C10	19.7	S.Pier Niceto sabbioso	0	52	35	9	4	100	100	48	13	4

Tabella 18 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S456	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	13.0	100
S456	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.0	100
S456	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	21.5	100
S464	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3.0	8
S464	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.0	18
S464	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.5	27
S464	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.0	100
S464	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.0	100
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	27.0	85
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	29.6	100
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	9.2	43
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	10.7	100
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	12.2	100
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	13.7	76
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	16.7	100
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	18.7	100
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	20.7	100
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	22.7	100
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	24.2	100

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 19 Riepilogo risultati prove di permeabilità

FORO	Opera	z(m)	K(m/s)
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	54.5	2.52E-07
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	65	2.40E-07
S429bis	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	84.5	1.67E-07
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	55.5	4.77E-06
S456	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	35.5	3.49E-07
S456	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	44.75	3.24E-07
S464	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	25.4	1.70E-07
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	44	2.09E-07
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	50.5	5.09E-07
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	58	1.52E-07
I2	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	54.5	1.80E-07

Tabella 20 Riepilogo risultati prove dilatometriche

FORO	Opera	Litotipo	z (m)	E'(MPa)	ϕ (')
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	SAN PIER NICETO SABBIOSO CONGLOMERATICO	53.5	245.3	39
S464bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	SAN PIER NICETO SABBIOSO CONGLOMERATICO	60.5	740.5	
S443	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	SAN PIER NICETO SABBIOSO CONGLOMERATICO	64.0	389.7	
S443	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	SAN PIER NICETO SABBIOSO CONGLOMERATICO	70.0	472.7	
S456	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	SAN PIER NICETO SABBIOSO CONGLOMERATICO	49.5	397.0	
S456	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	SAN PIER NICETO SABBIOSO CONGLOMERATICO	54.5	197.7	

Tabella 21 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]	G' ₀ [Mpa]
S464	5.0	294	401.8	167.41
S464	10.0	474	1044.4	435.15
S464	13.0	500	1162.1	484.20
S464	20.0	760	2684.9	1118.70
S464	35.0	1324	8148.4	3395.16
S464	45.0	1996	18519.0	7716.24
PR18-SR	68.0	1300	7855.7	3273.19

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n°7

Galleria Terrazzo Est

Litologia: conglomerato

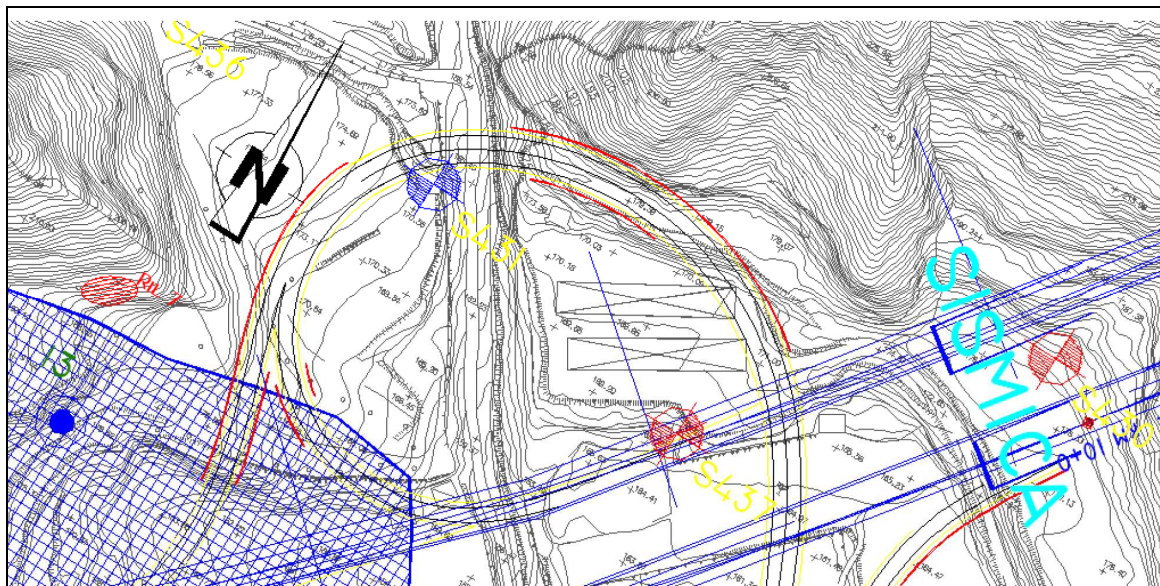


Figura 360 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R5bis	4	3	10	19	15	51

Il parametro R6, relativo all’orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei parametri meccanici dell’ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 22 Dati geostrutturali rilievo n°7

N° Progressivo	Immersione	Inclinazione	Spaziatura (cm)	Persistenza (cm)	Apertura (mm)	Superficie giunto	JCR	JCS (Mpa-media di 5 valori) affioramento	Incl. martello
1	30	40	22	65	4	poco alterata	ruvida	24	↘
2	220	60	27	39	2	poco alterata	ruvida	22	↓
3	150	80	43	54	3	poco alterata	ruvida	25,2	↓
4	184	40	86	>1m	6	poco alterata	indentata	19,6	↓
5	222	50	26	83	8	poco alterata	ruvida	17,2	↓
6	90	38	42	74	2	poco alterata	ruvida	18	↑
7	100	42	42	>1m	5	poco alterata	ruvida	26,4	↗
8	146	72	15	43	3	poco alterata	ruvida	24	←
9	160	72	31	51	2	poco alterata	ruvida	22	↘
10	55	60	24	39	3	poco alterata	ruvida	18,8	↘
11	190	50	10	21	1	poco alterata	ruvida	21,6	↗
12	34	60	11	41	1	poco alterata	indentata	20	↗
13	40	55	11	83	2	poco alterata	indentata	19,6	↗
14	350	60	20	77	4	poco alterata	indentata	22	↑
15	10	44	20	>1m	5	poco alterata	indentata	24	↑
16	355	53	26	>1m	3	poco alterata	indentata	24,8	↑
17	150	70	33	66	6	poco alterata	ruvida	24	←
18	230	60	29	71	4	poco alterata	ruvida	22	↓
19	50	40	39	60	4	poco alterata	ruvida	21,6	↘
20	155	66	17	31	5	poco alterata	ruvida	24	→

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: n1 = 4
- 2) Rock Quality Designation RQD n2 = 3
- 3) Spaziatura delle discontinuità: n3 = 10
- 4) Stato delle discontinuità n4 = 19
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : n5 = 15
- 6) Orientamento delle discontinuità: n6 =

RMRbase = 51

CLASSE III

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: in sabbie e ghiaie non è possibile produrre una proiezione stereografica

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

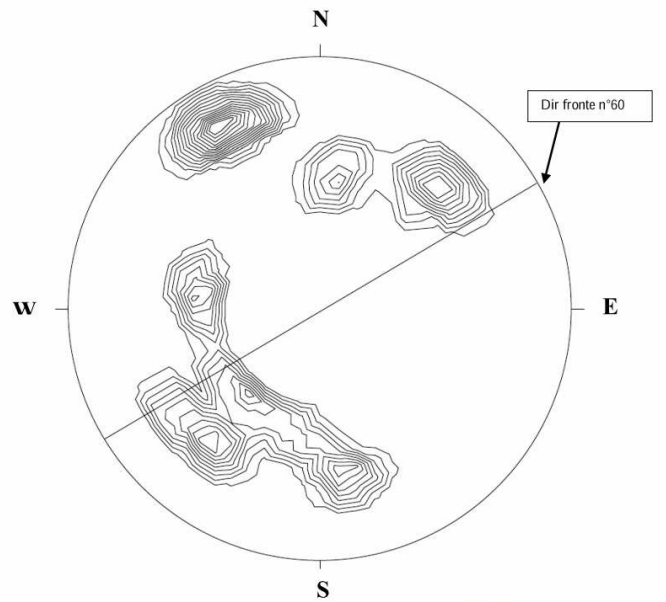


Figura 361 Diagramma delle principali famiglie di discontinuità

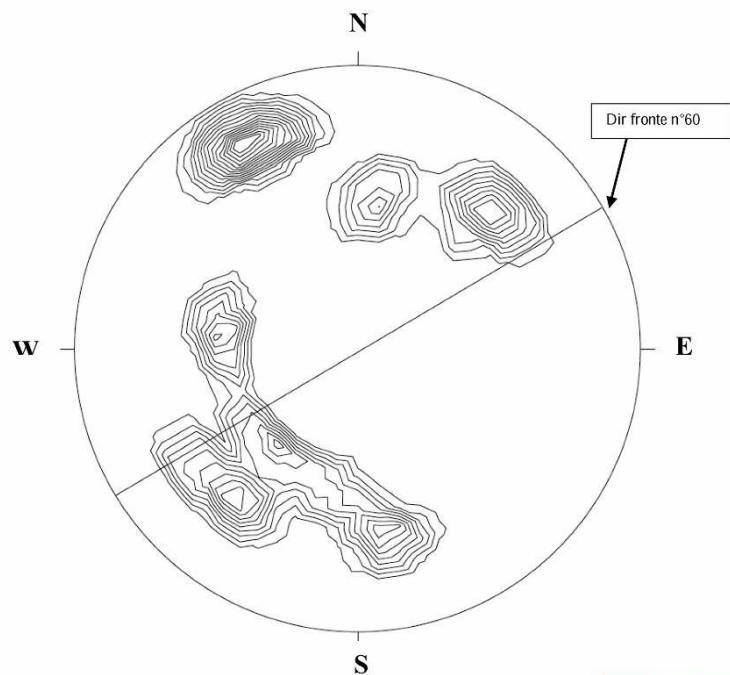


Figura 362 Diagramma di isodensità, correlazione tra la distribuzione delle famiglie di discontinuità

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 363 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici, stratificazione



Figura 364 Particolare dell'affioramento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

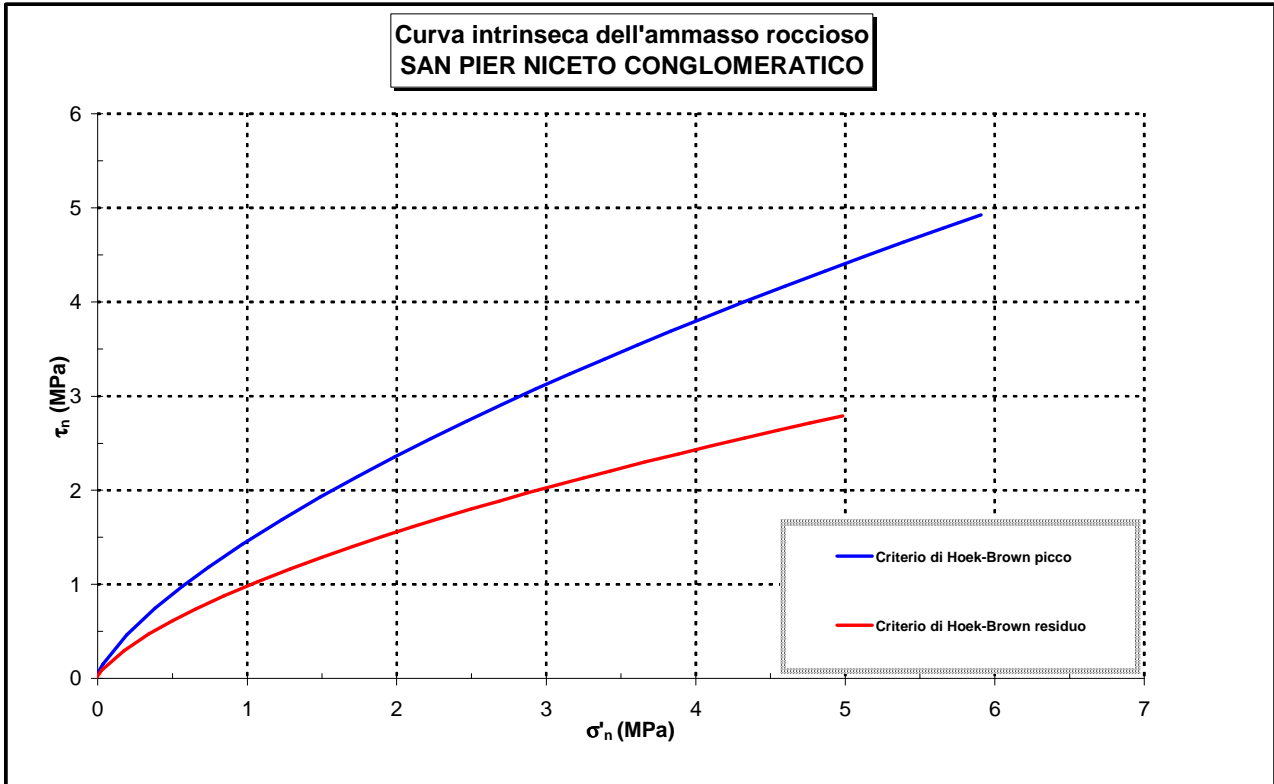


Figura 365

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

5.3 SERIE GESSOSO SOLFIFERA

5.3.1 Calcarì brecciati

Tabella 23 Caratteristiche fisiche Calcarì brecciati

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
I3	4	Strada Da 10+0 a 10+2 km	7			26.66
I3	5	Strada Da 10+0 a 10+2 km	9			27.33
S430	C8	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	13.5			26.55
S430	C9	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	16.5			26.72
S454	SPT1	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.4			26.23
S454	SPT2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6			25.47
S454	SPT3	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.5			26.14
S452	SPT9	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	24			26.98
S452	SPT10	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	27			26.5
S452	SPT11	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	30			27.99
S452	CR15	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	41.8			28

Tabella 24 Granulometria Calcarì brecciati

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
S432	SPT9	18	0.0	42	25	23	10	100	100	58	33	10
S432	SPT10	21	0.0	43	30	22	5	100	100	57	27	5
S451	C14	42.5	0.0	4.6	63.3	27.9	4.2	100	100	95.4	32.1	4.2
S451	C15	57	0.0	9	21	42	28	100	100	91	70	28
S451	C15	70	0.0	67	15	15	3	100	100	33	18	3
S452	CR1	41.8	0.0	27	20	47	6	100	100	73	53	6
S452	SPT8	21.20	0.0	0	55	41	4	100	100	100	45	4
S452	SPT9	24.20	0.0	31	25	41	3	100	100	69	44	3
S452	SPT10	27.20	0.0	32	19	44	5	100	100	68	49	5
S452	SPT11	30.20	0.0	1	16	76	7	100	100	99	83	7
I3	4	7	0.0	25	46	25	4	100	100	75	29	4
I3	5	9.00	0.0	14	55	29	2	100	100	86	31	2
S430	C8	13.5	0.0	19	54.6	19.8	6.2	100	100	80.6	26	6.2
S430	C9	16.5	0.0	25.7	56.3	14.8	3.2	100	100	74.3	18	3.2
S454	SPT1	4.4	0.0	0	5	87	8	100	100	100	95	8
S454	SPT2	6	0.0	5	13	68	14	100	100	95	82	14
S454	SPT3	9.5	0.0	14	40	43	3	100	100	86	46	3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 25 Riepilogo risultati prove pressiometriche

FORO	Opera	LITOLOGIA	z [m]	Nspt
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	CALCARI BRECCIATI	56.7	78
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	CALCARI BRECCIATI	58.7	93
S430	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	CALCARI BRECCIATI	13.7	90
S430	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	CALCARI BRECCIATI	16.7	87
S443	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	CALCARI BRECCIATI	15.2	85
S443	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	CALCARI BRECCIATI	18.2	90
S443	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	CALCARI BRECCIATI	21.2	100
S454	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	CALCARI BRECCIATI	4.6	34
S454	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	CALCARI BRECCIATI	6.2	25
S454	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	CALCARI BRECCIATI	9.5	22
S454	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	CALCARI BRECCIATI	18.6	39

Tabella 26 Riepilogo risultati prove dilatometriche

FORO		Opera	z (m)	E'(MPa)
S451	1DRT	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	69.50	2068
S451	2DRT	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	80.50	2146
S451bis	1DRT	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	74.50	1366
S451bis	2DRT	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	80.50	813

Tabella 27 Riepilogo risultati prove di permeabilità

FORO	Opera	z(m)	K(m/s)
S452bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	25.3	2.12E-08
S452bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	35.5	1.24E-07
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	61.5	4.26E-06
S451bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	51.5	2.92E-07

Tabella 28 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	LITOLOGIA	z(m)	Vs [m/s]	E ₀ [MPa]	G ₀ [Mpa]
SR10	CALCARI BRECCIATI	18.0	400	782.9	326.2
S454-SR5	CALCARI BRECCIATI	10.0	300	440.37	183.5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

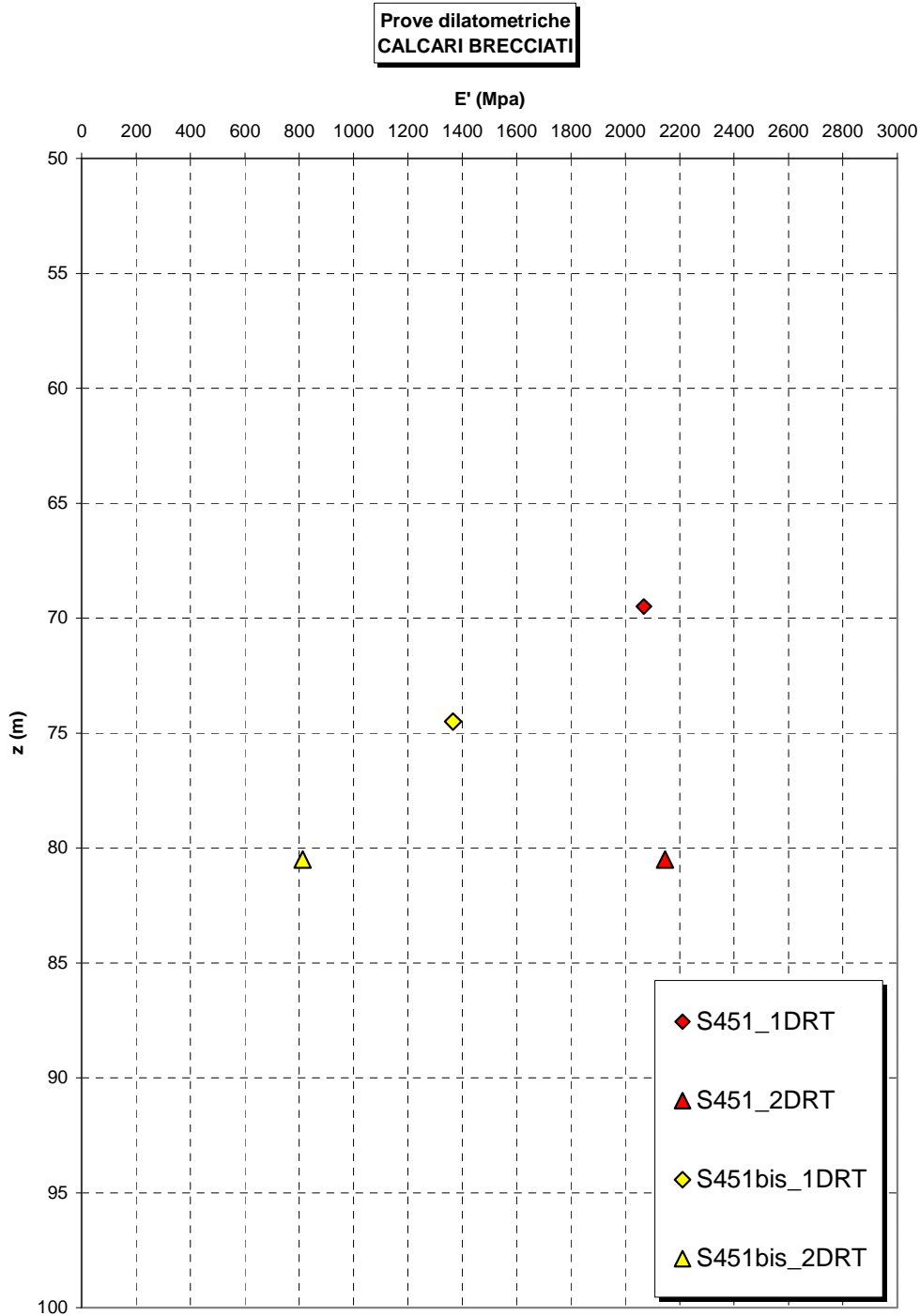


Figura 366

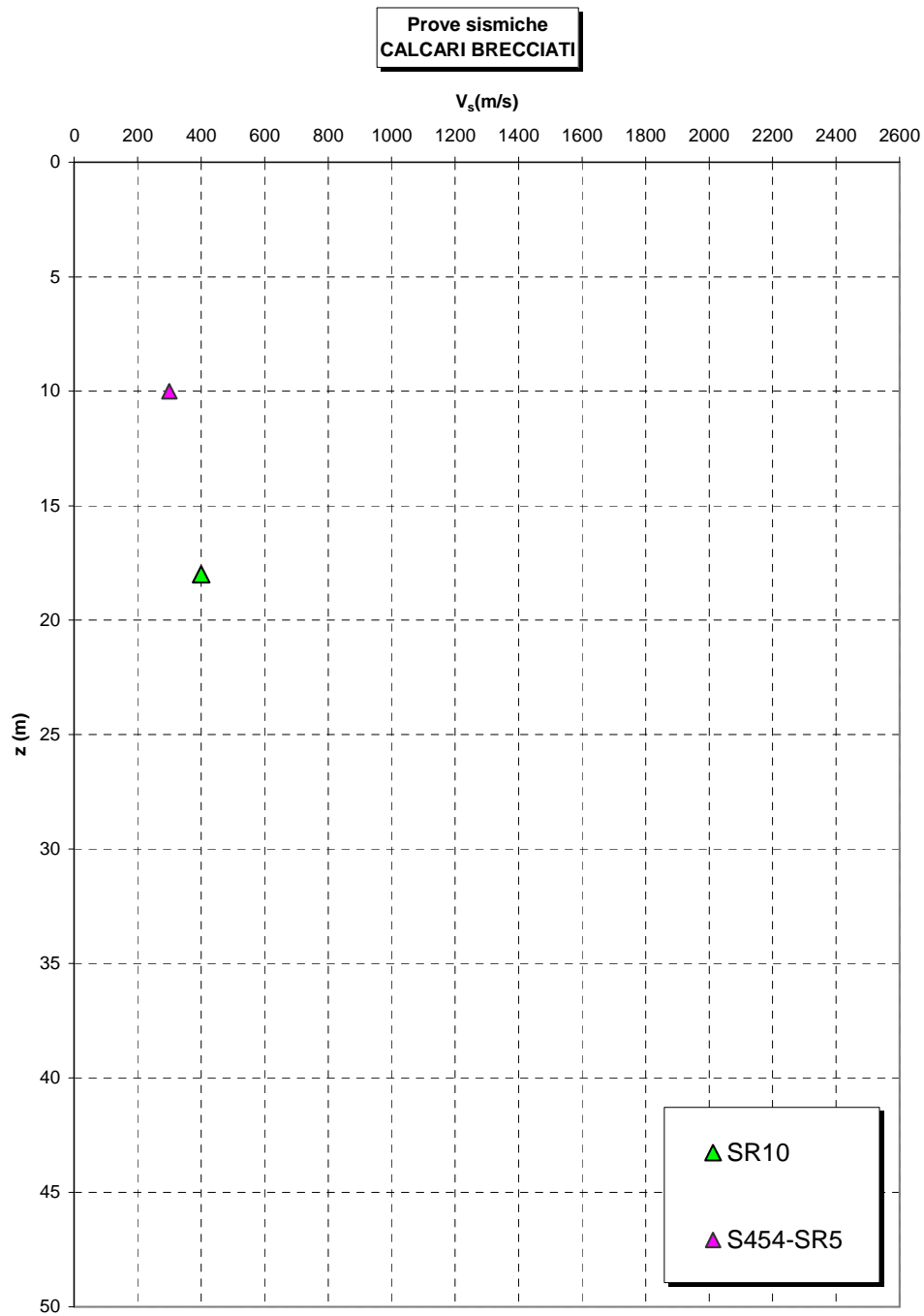


Figura 367

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

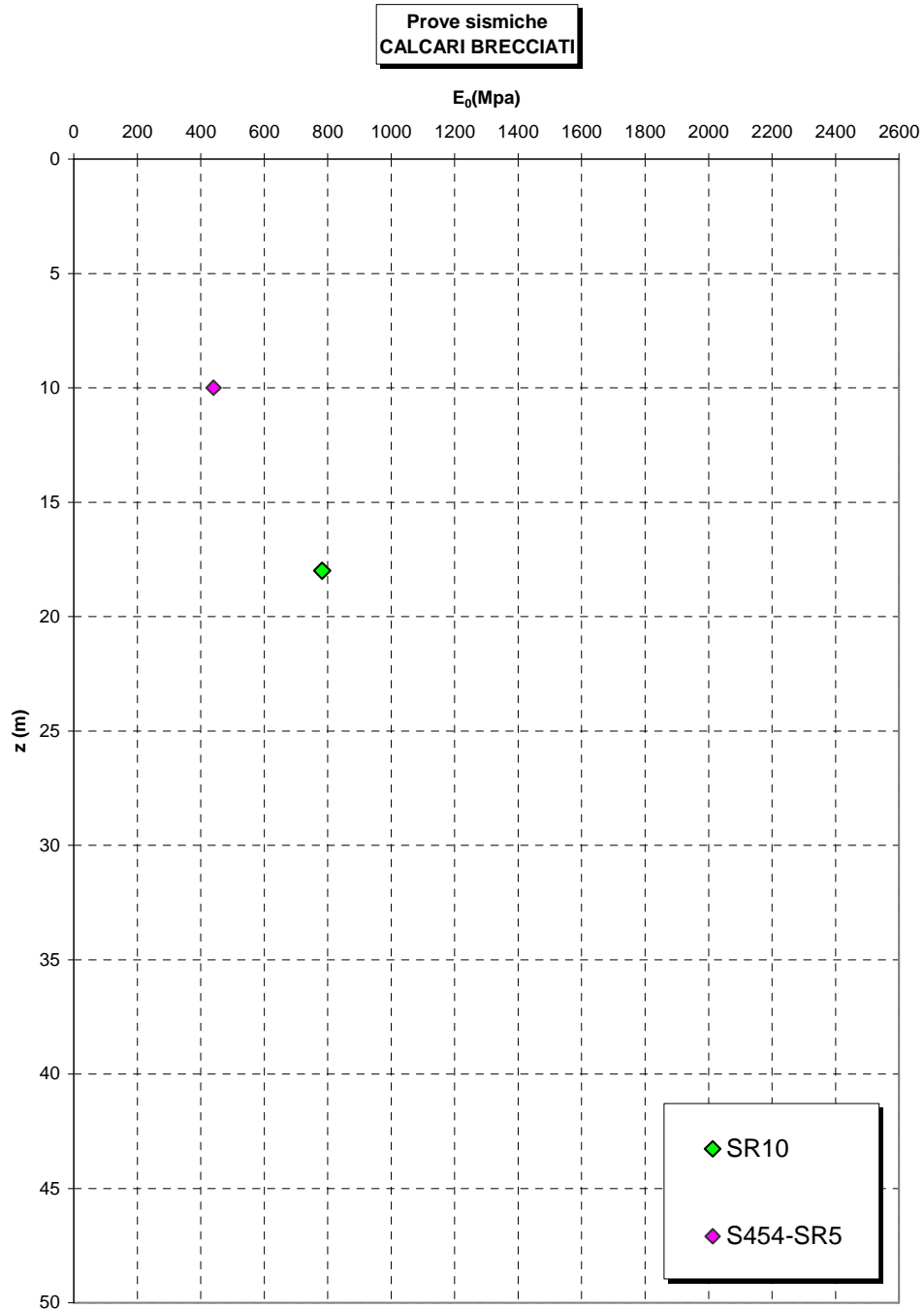


Figura 368

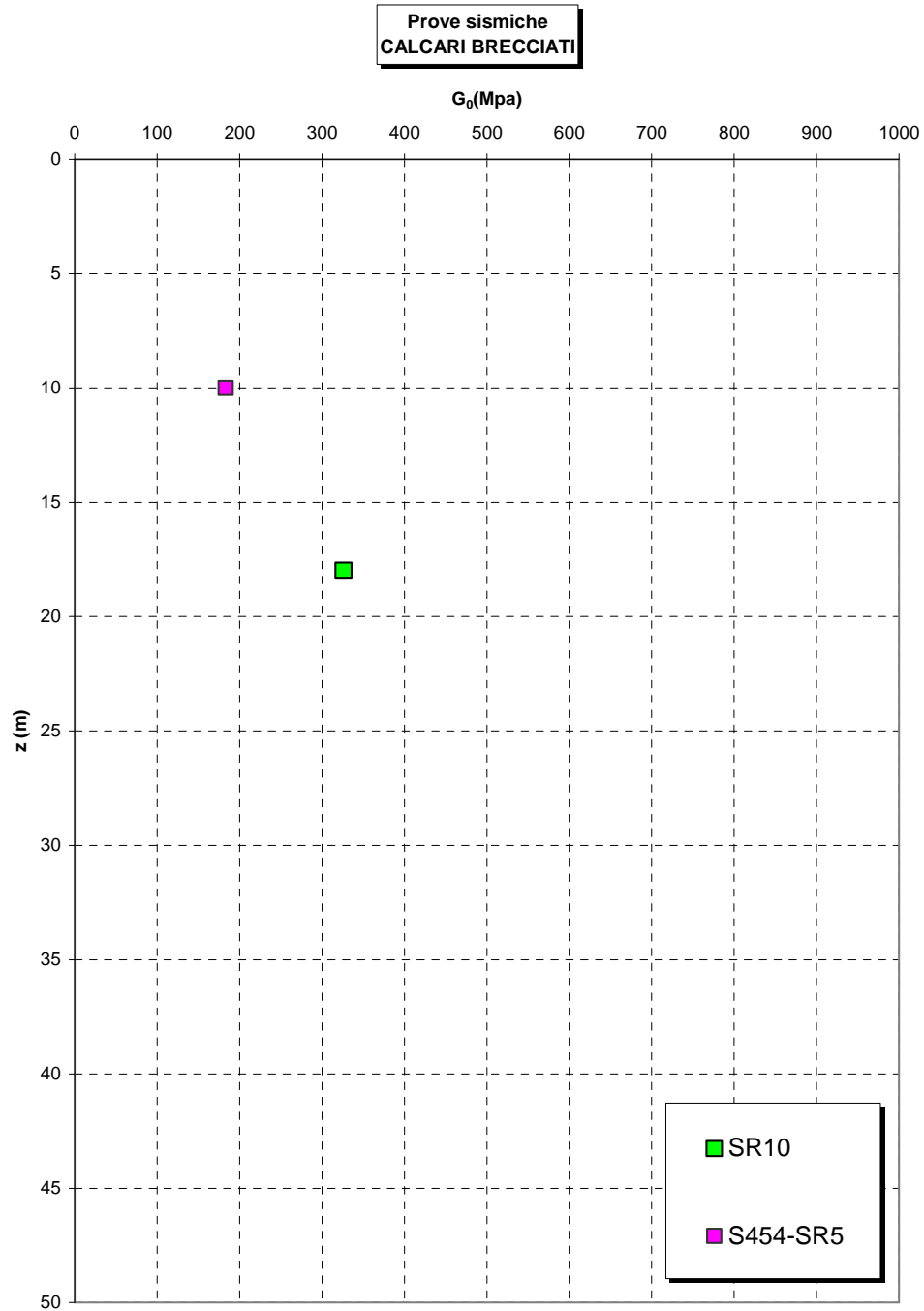


Figura 369

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.3.2 Argille gessose

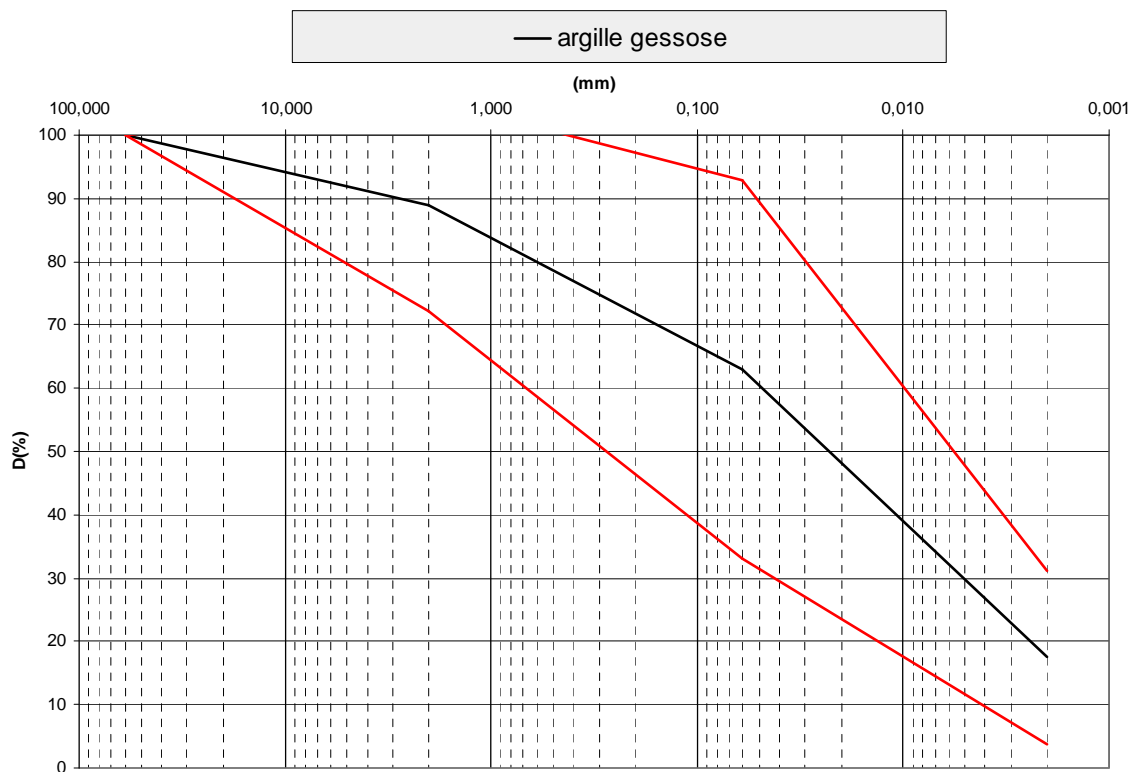


Figura 370

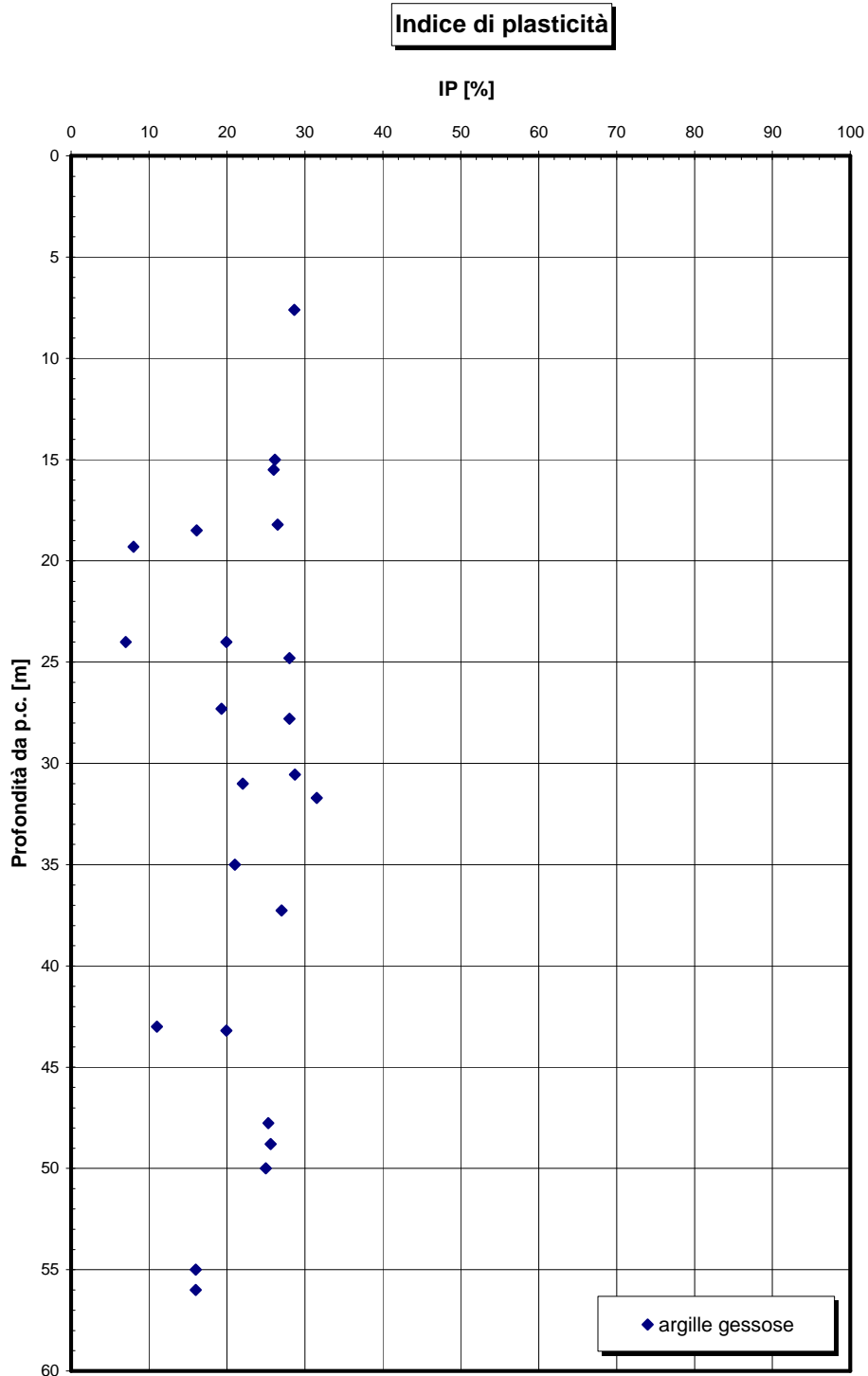


Figura 371

Contenuto d'acqua naturale

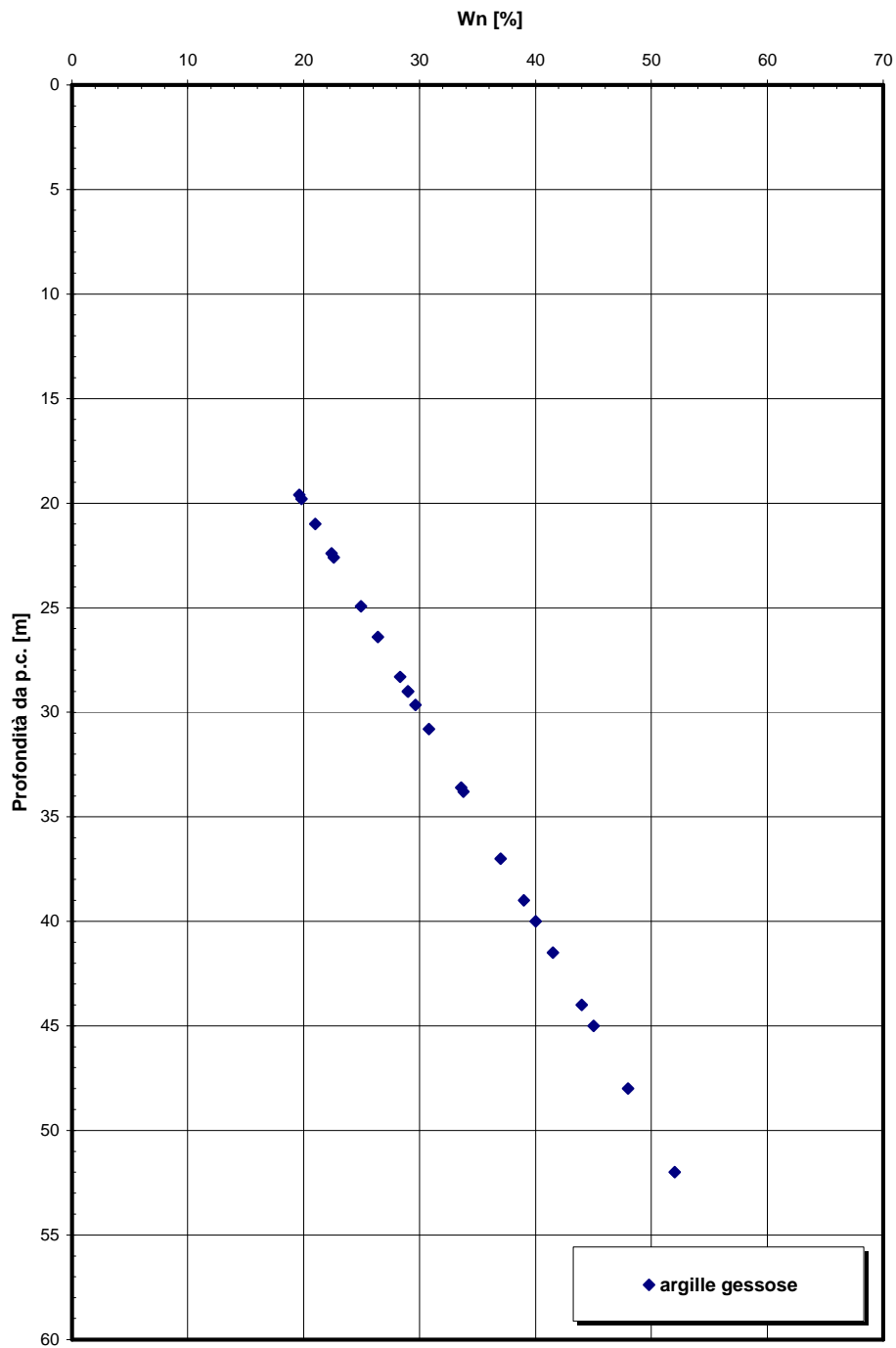


Figura 372

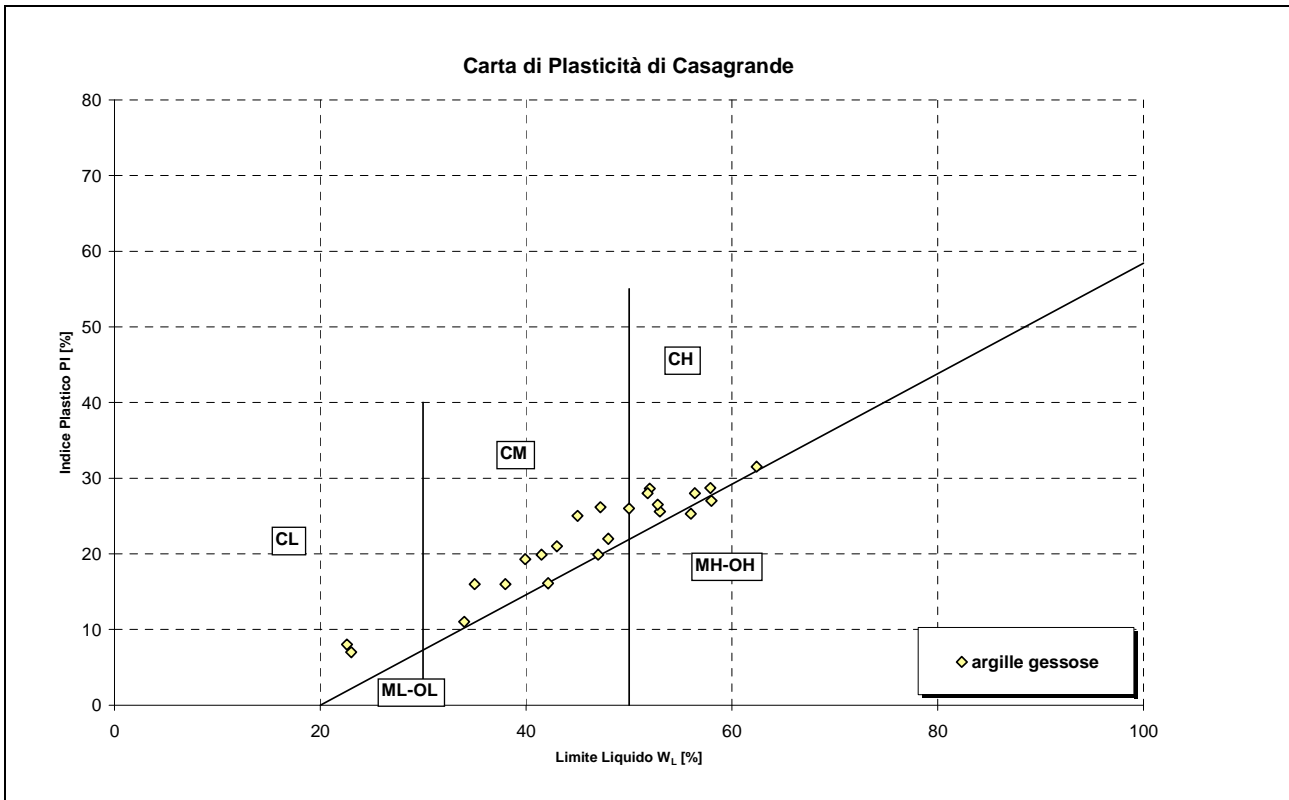


Figura 373

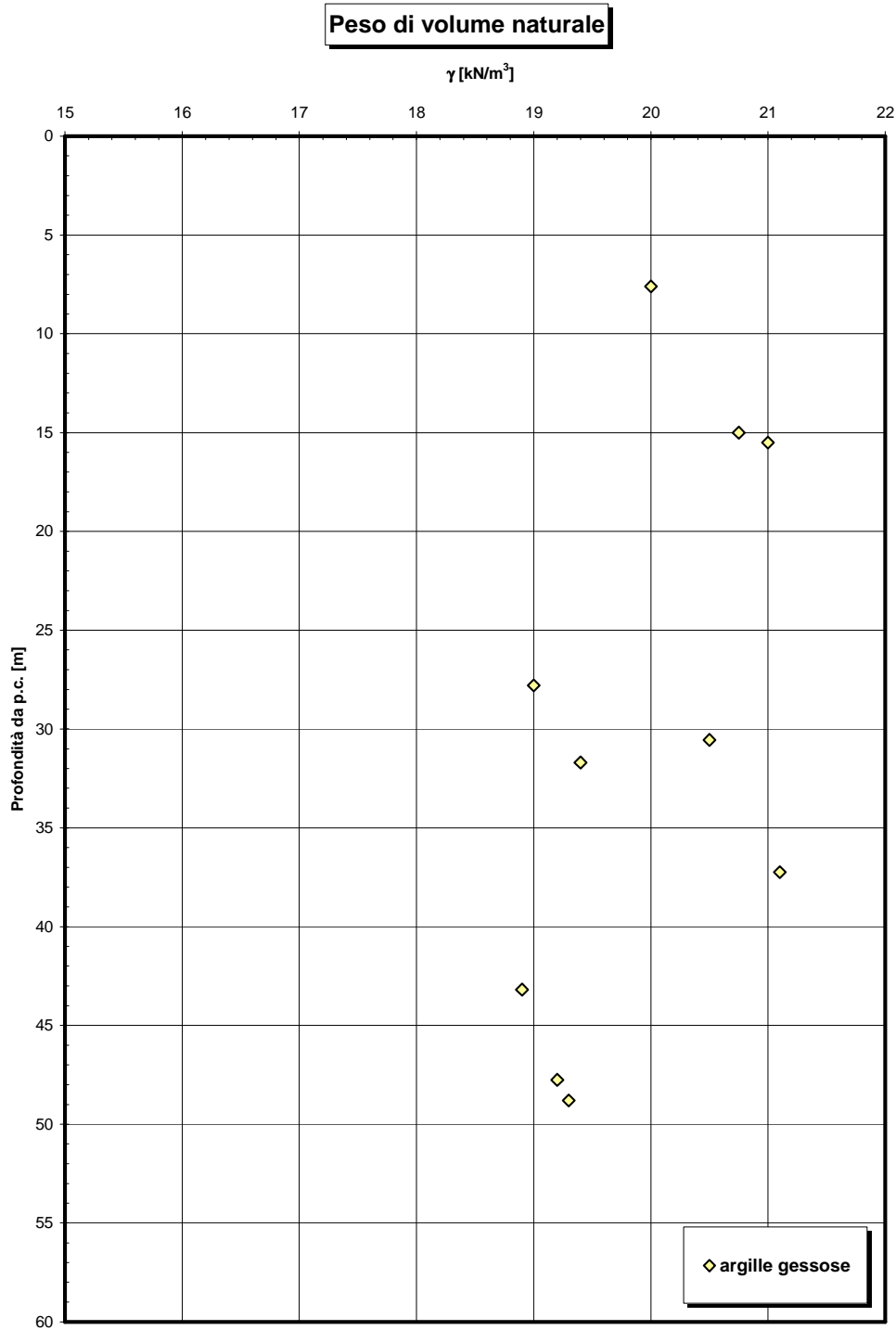


Figura 374

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di consolidazione verticale

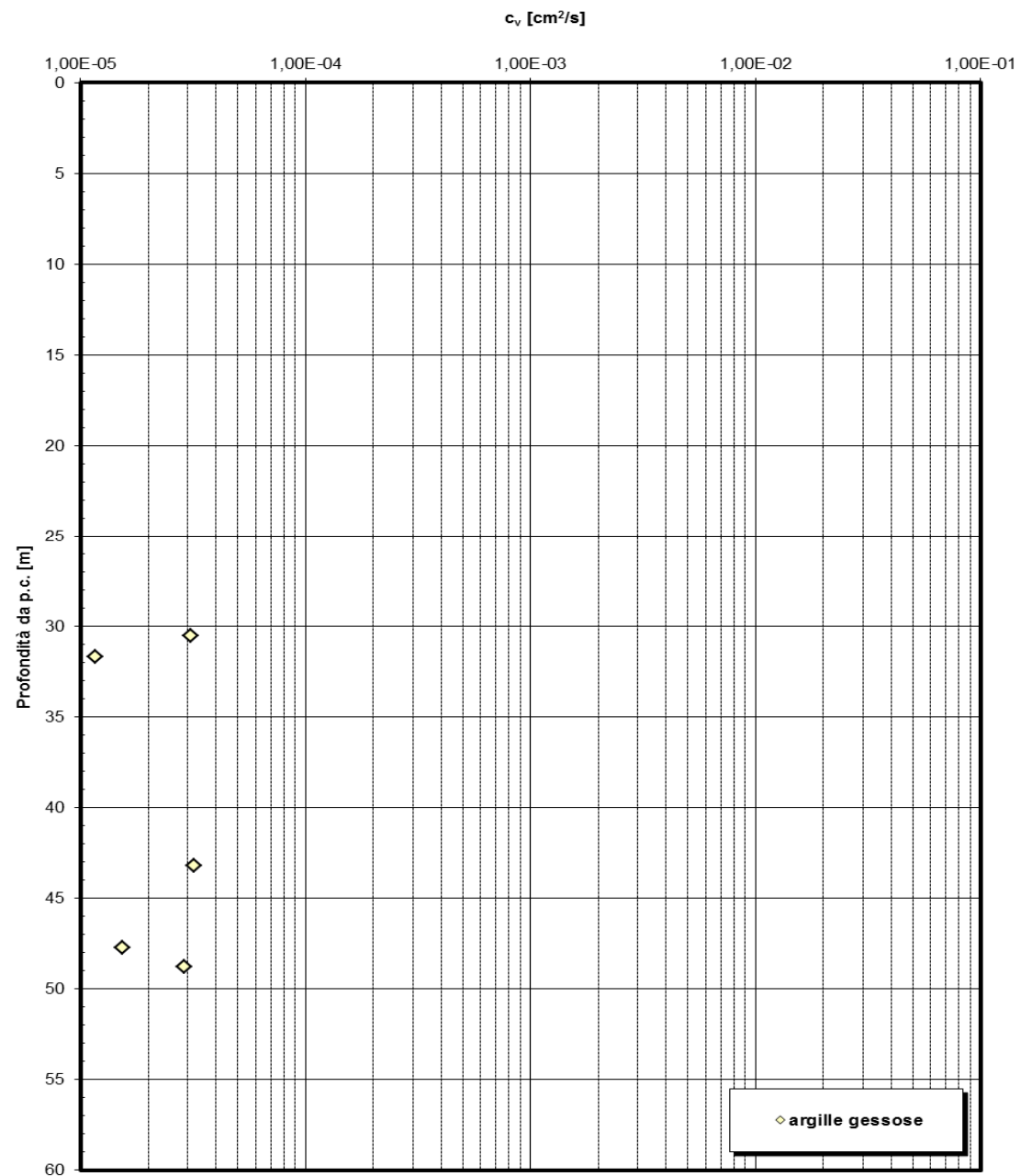


Figura 375

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Modulo edometrico (da prove di laboratorio)

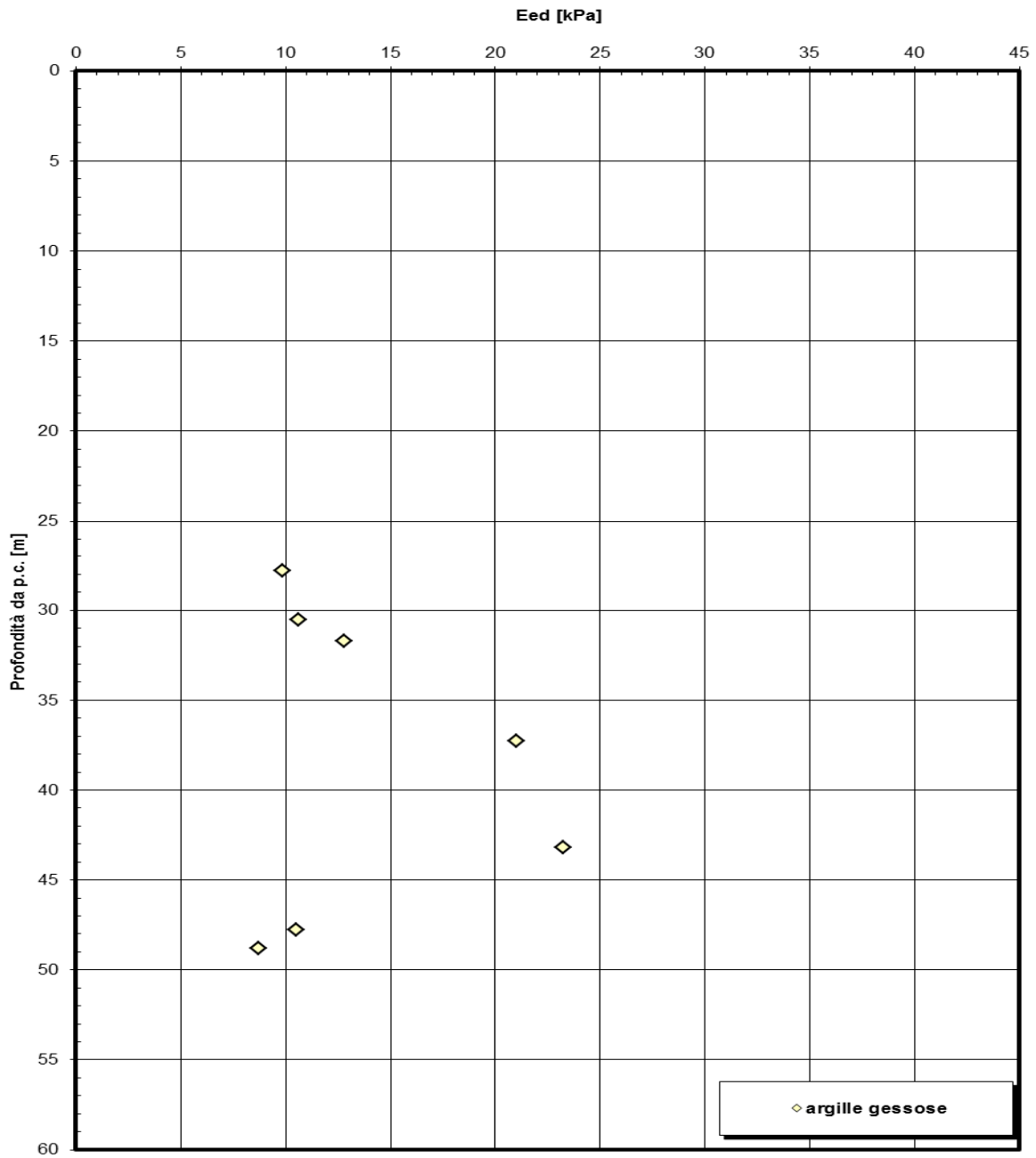


Figura 376

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Indice di compressibilità vergine (Cc)

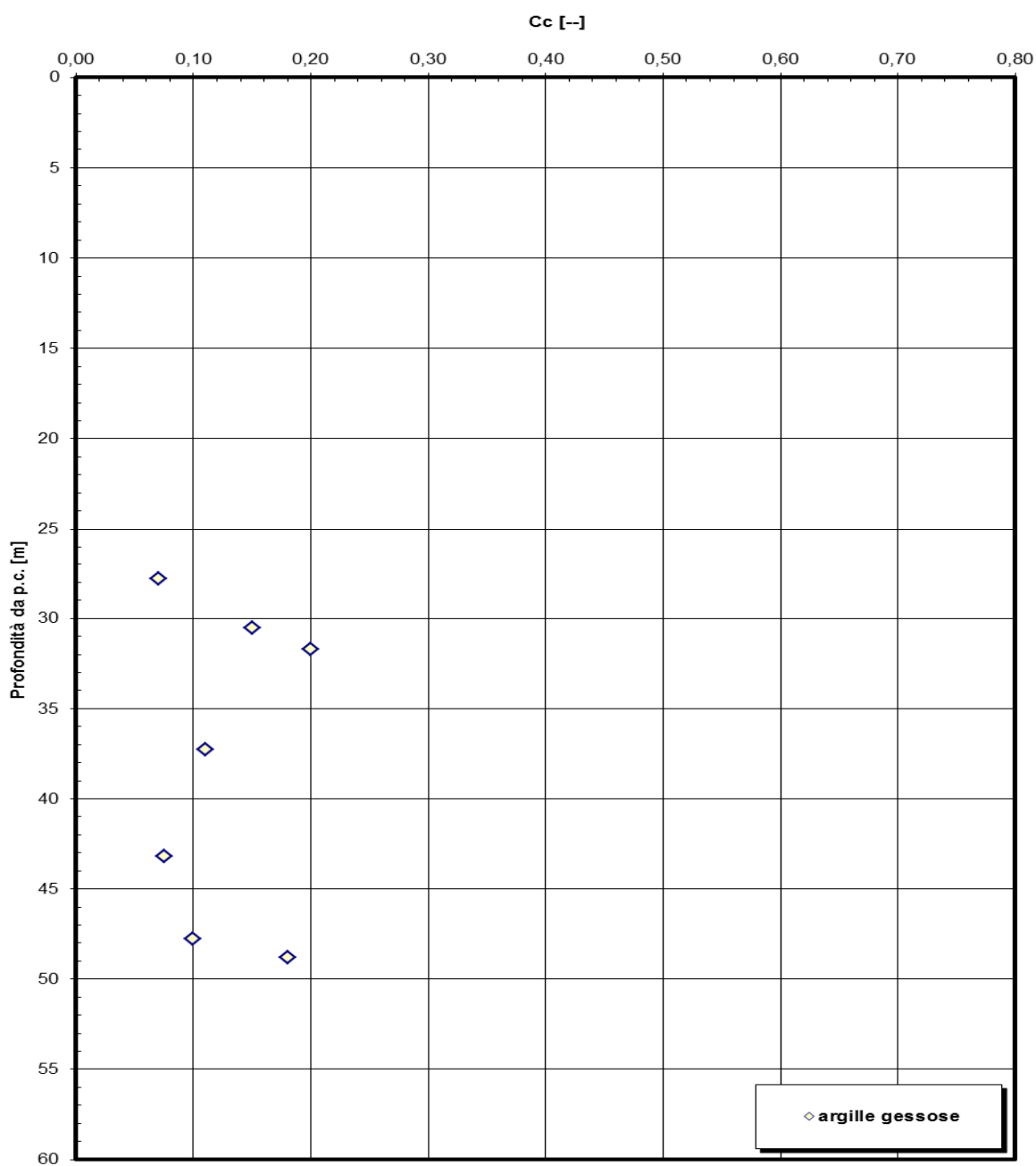


Figura 377

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Indice di ricompressione vergine (Cs)

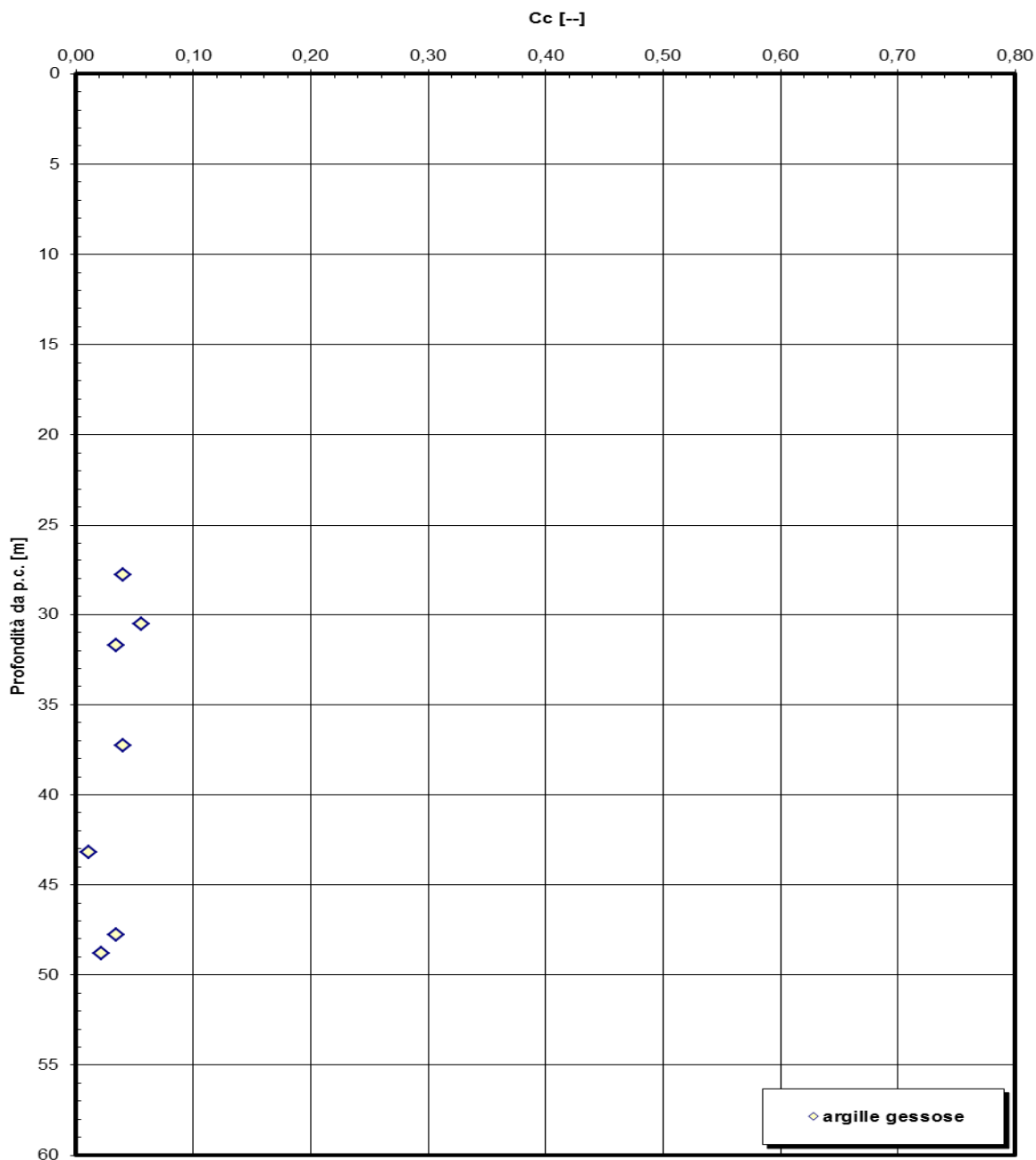


Figura 378

Coesione efficace da prove di taglio diretto

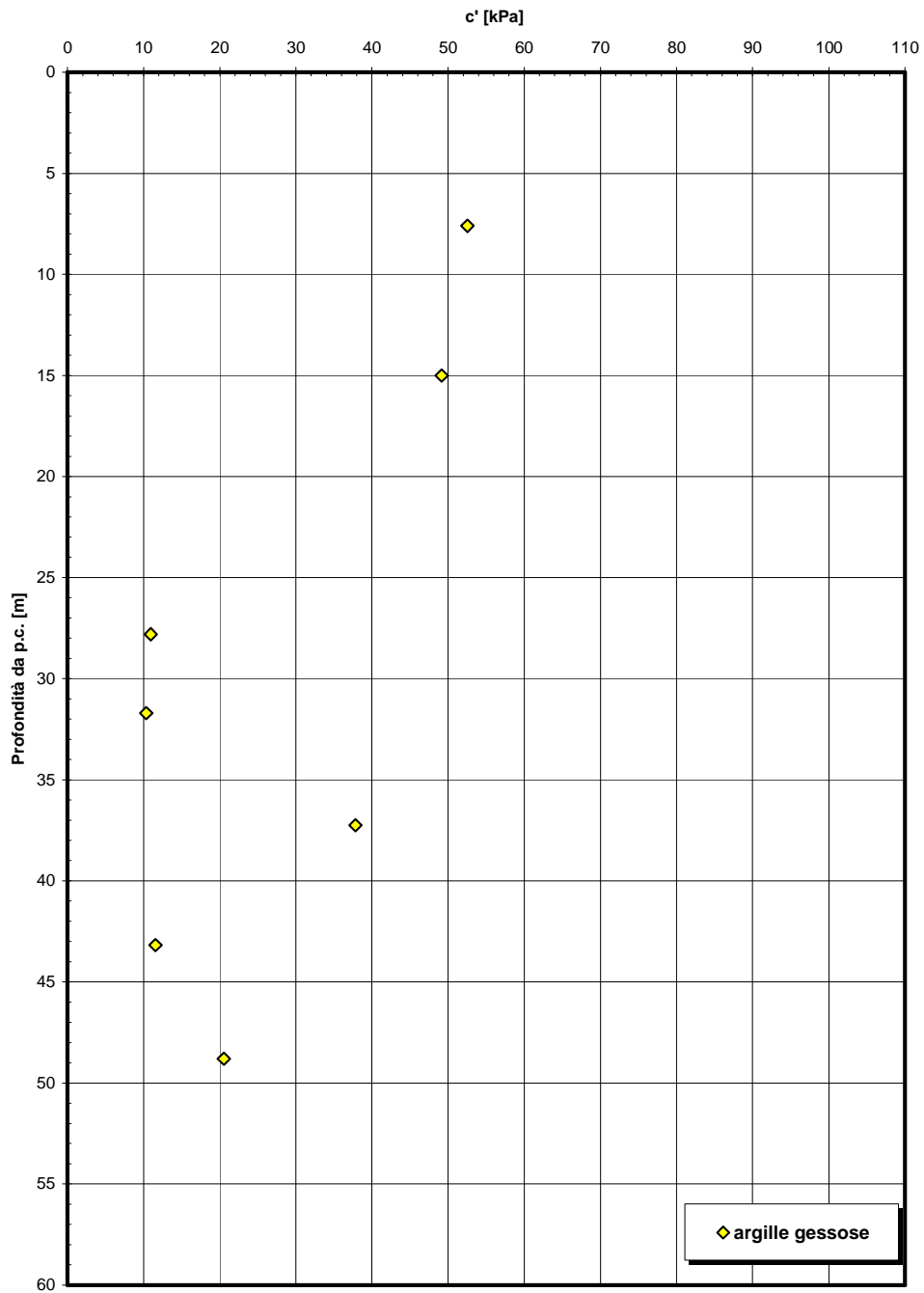


Figura 379

Angolo di resistenza al taglio da prove di taglio diretto

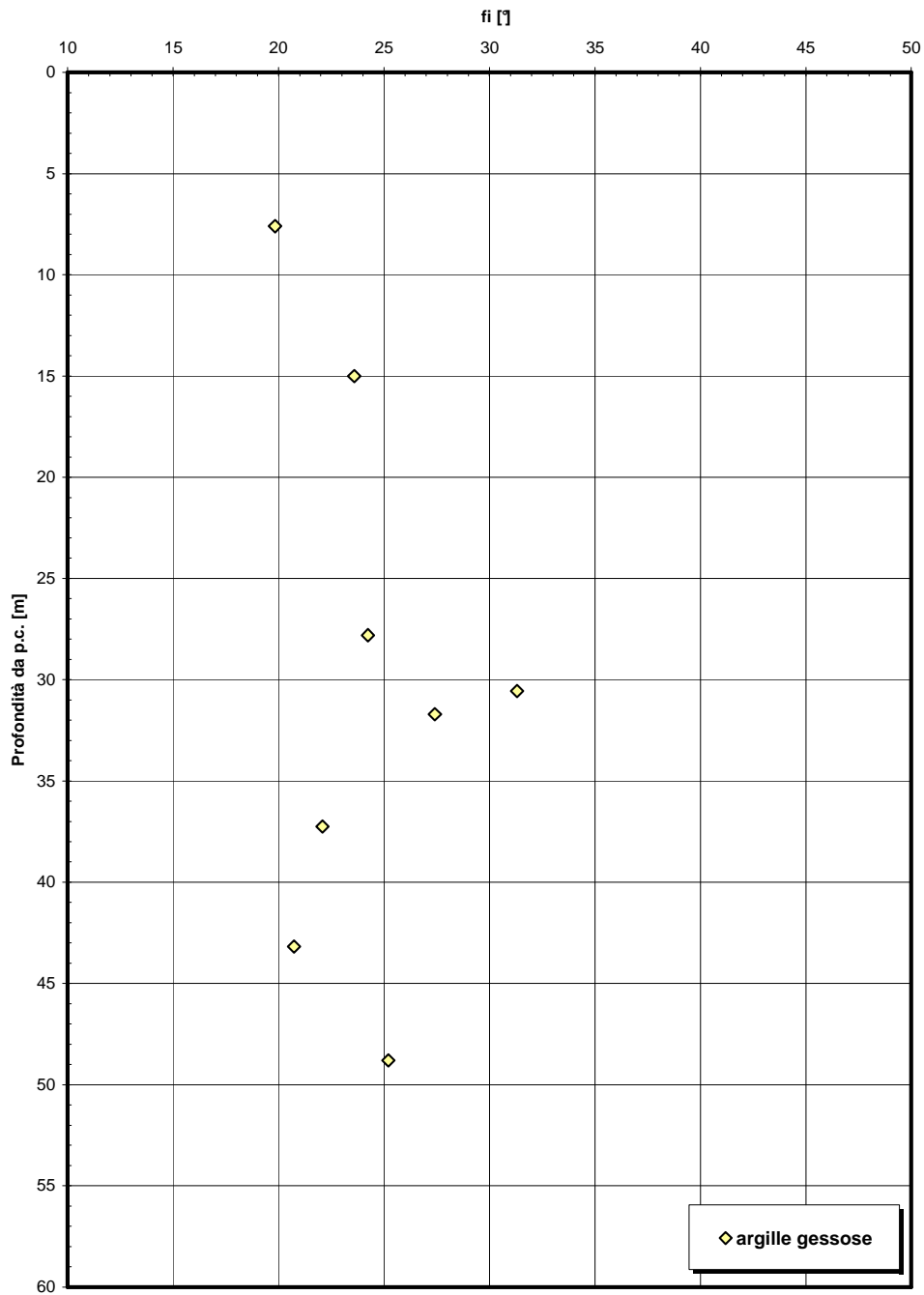


Figura 380

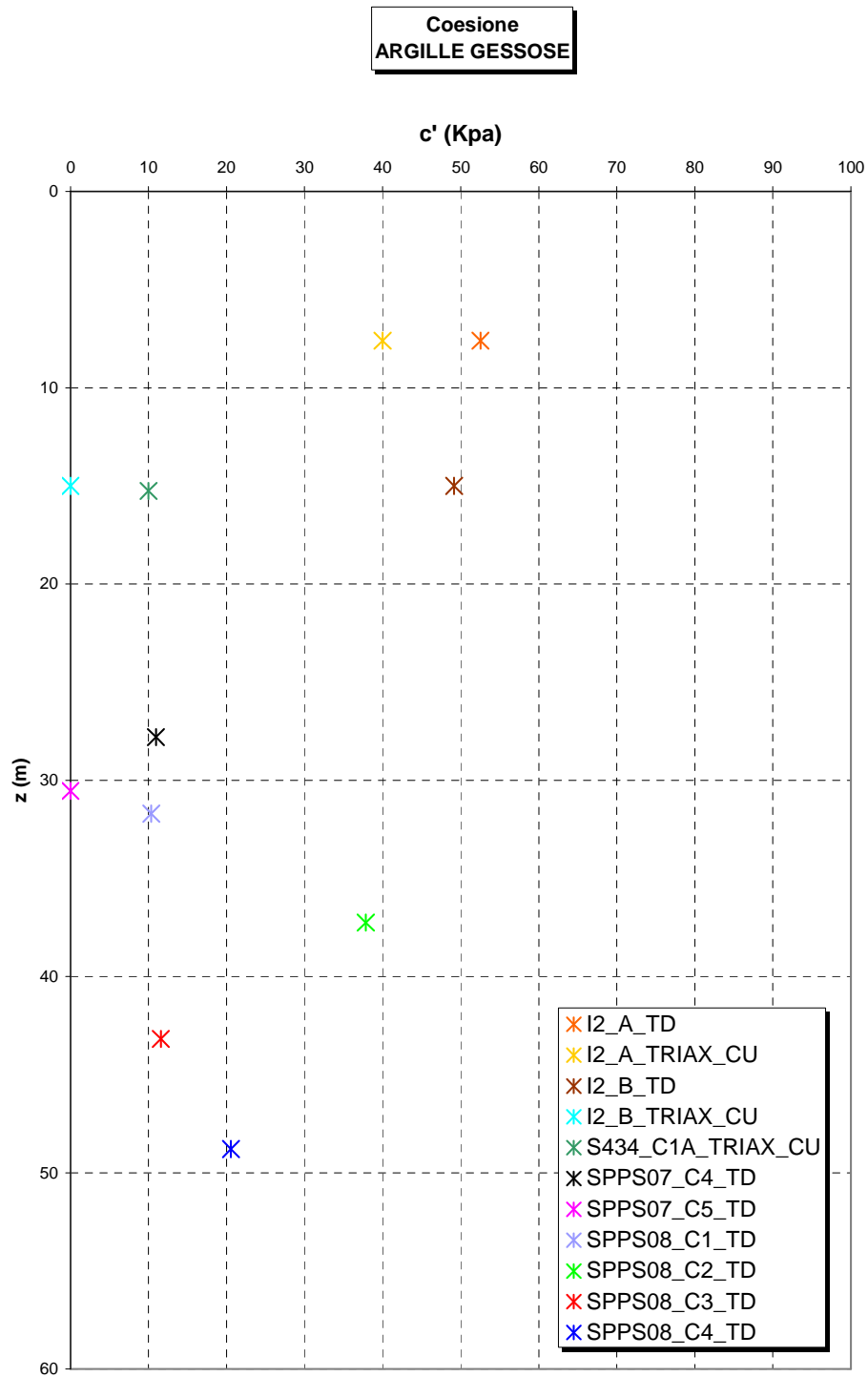


Figura 381

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

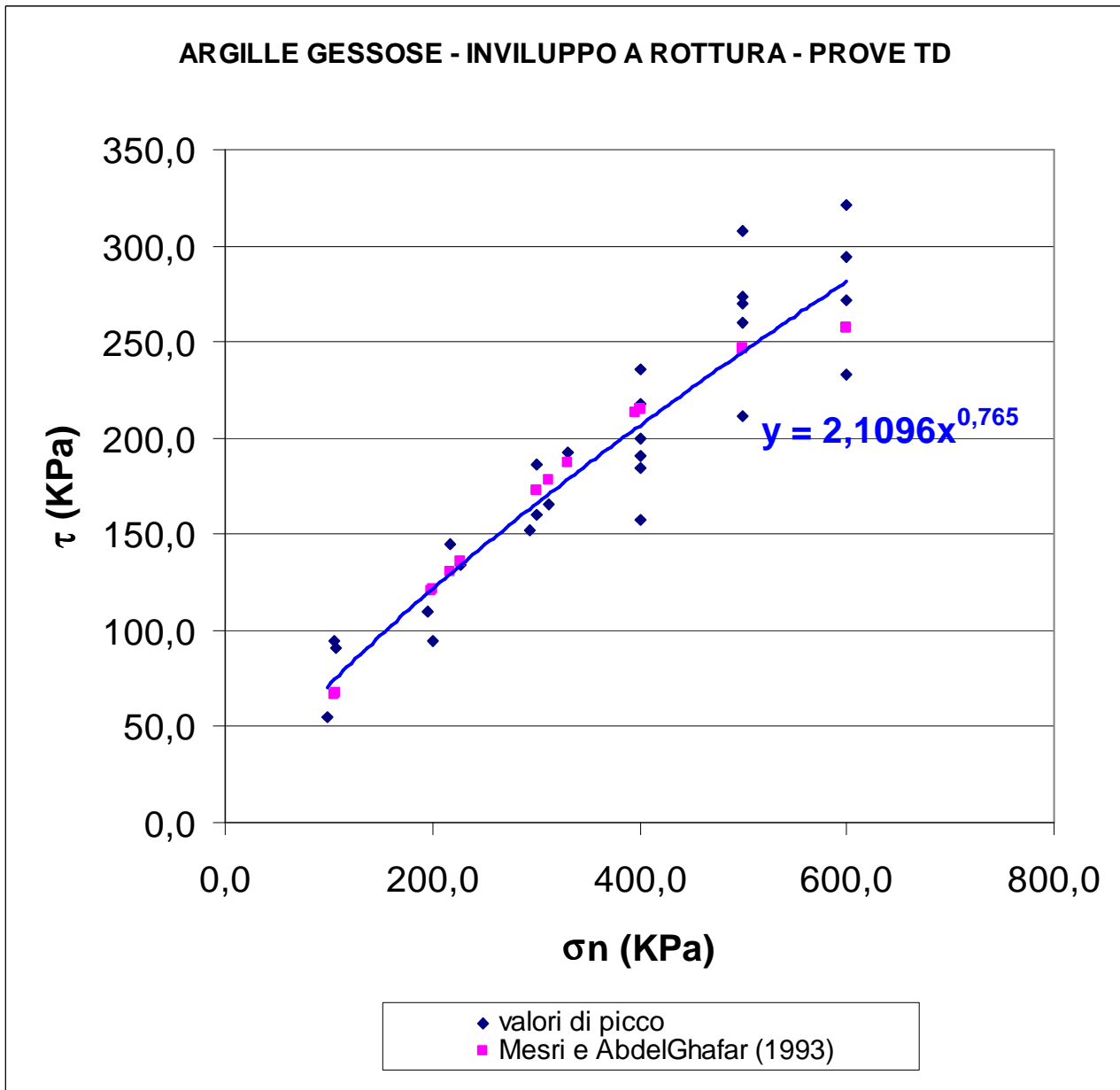


Figura 382

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

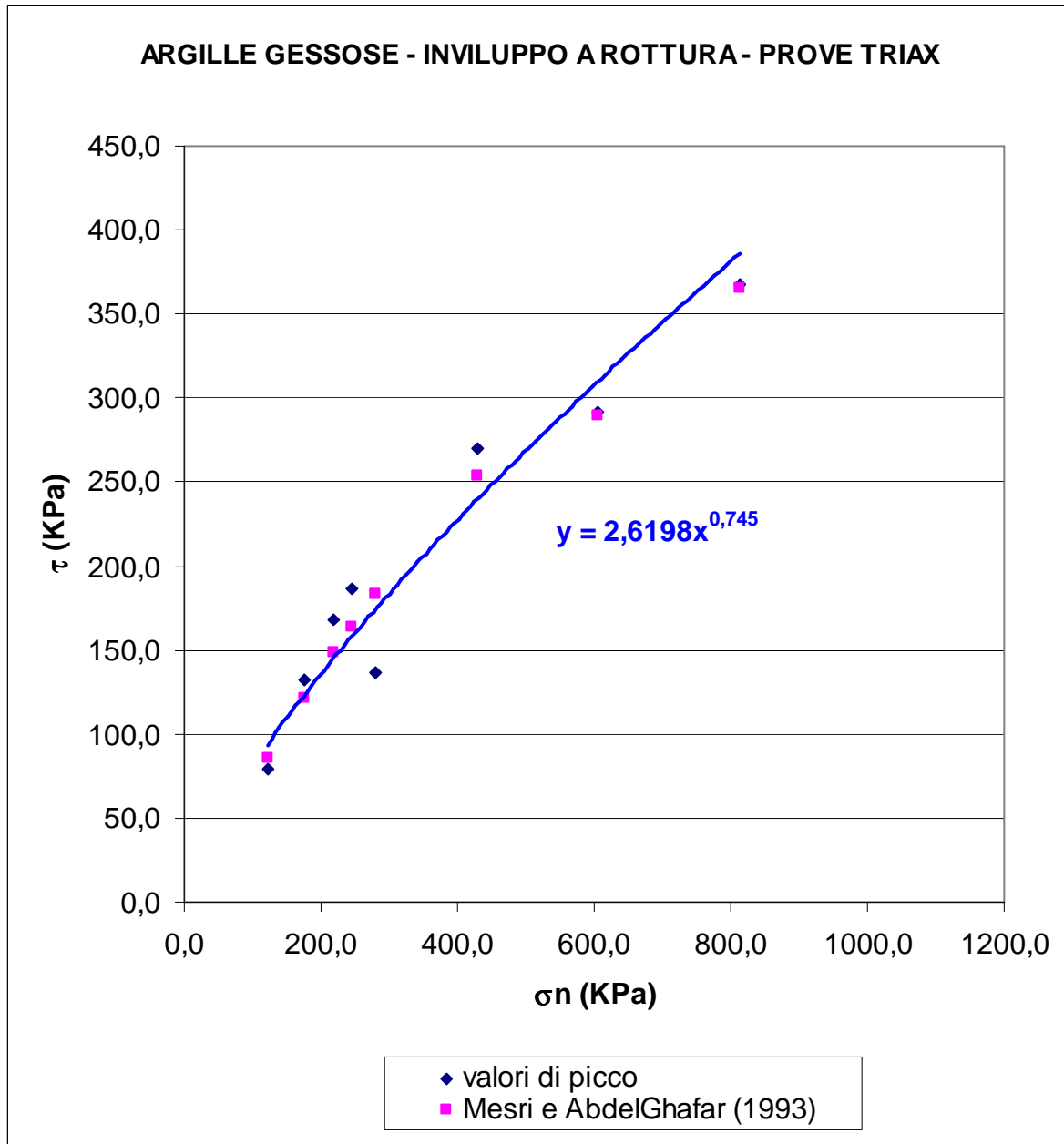


Figura 383

**Angolo di attrito
ARGILLE GESSOSE**

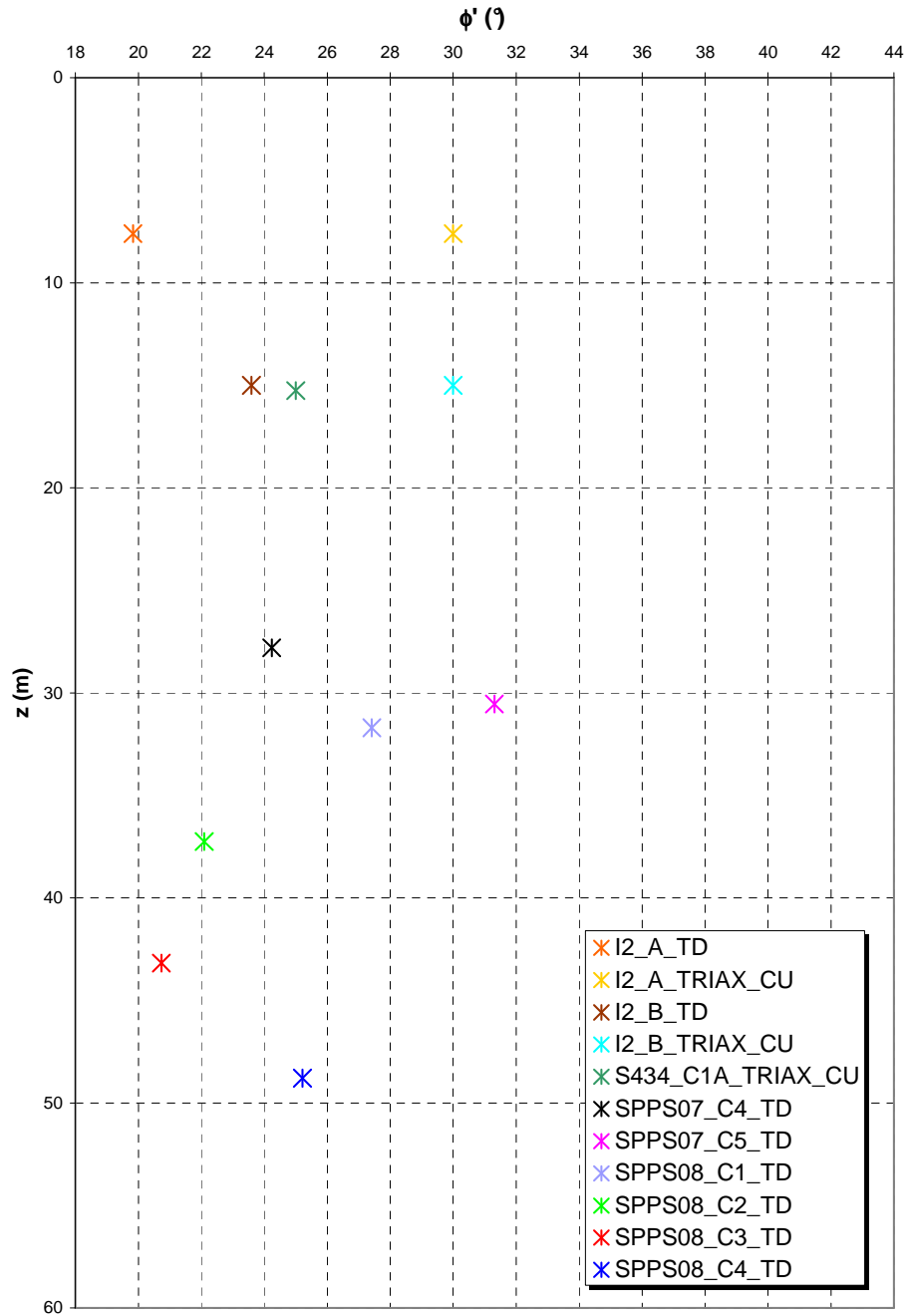


Figura 384

Coesione non drenata da prove pressiometriche

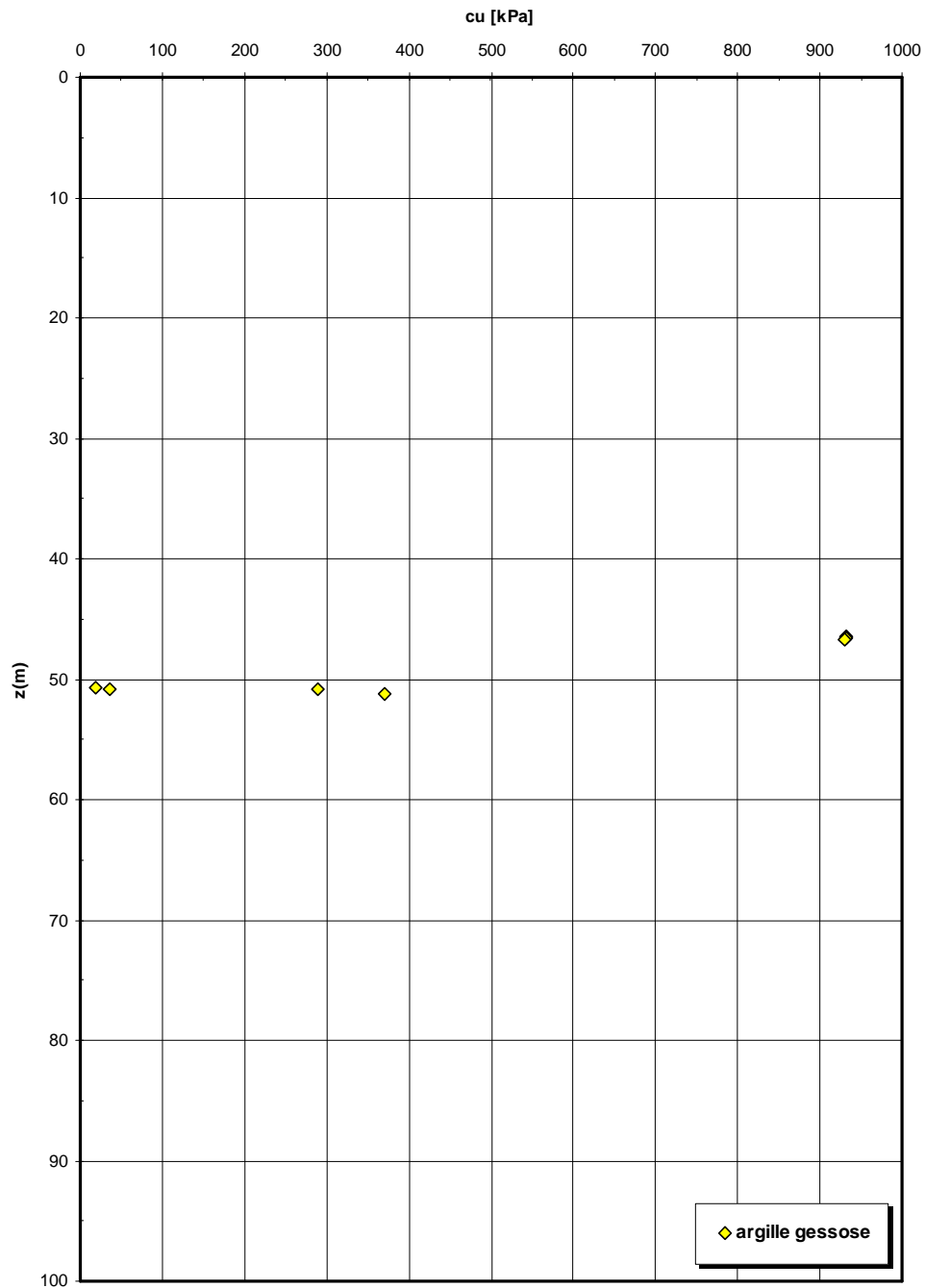


Figura 385

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

OCR da pressiometriche

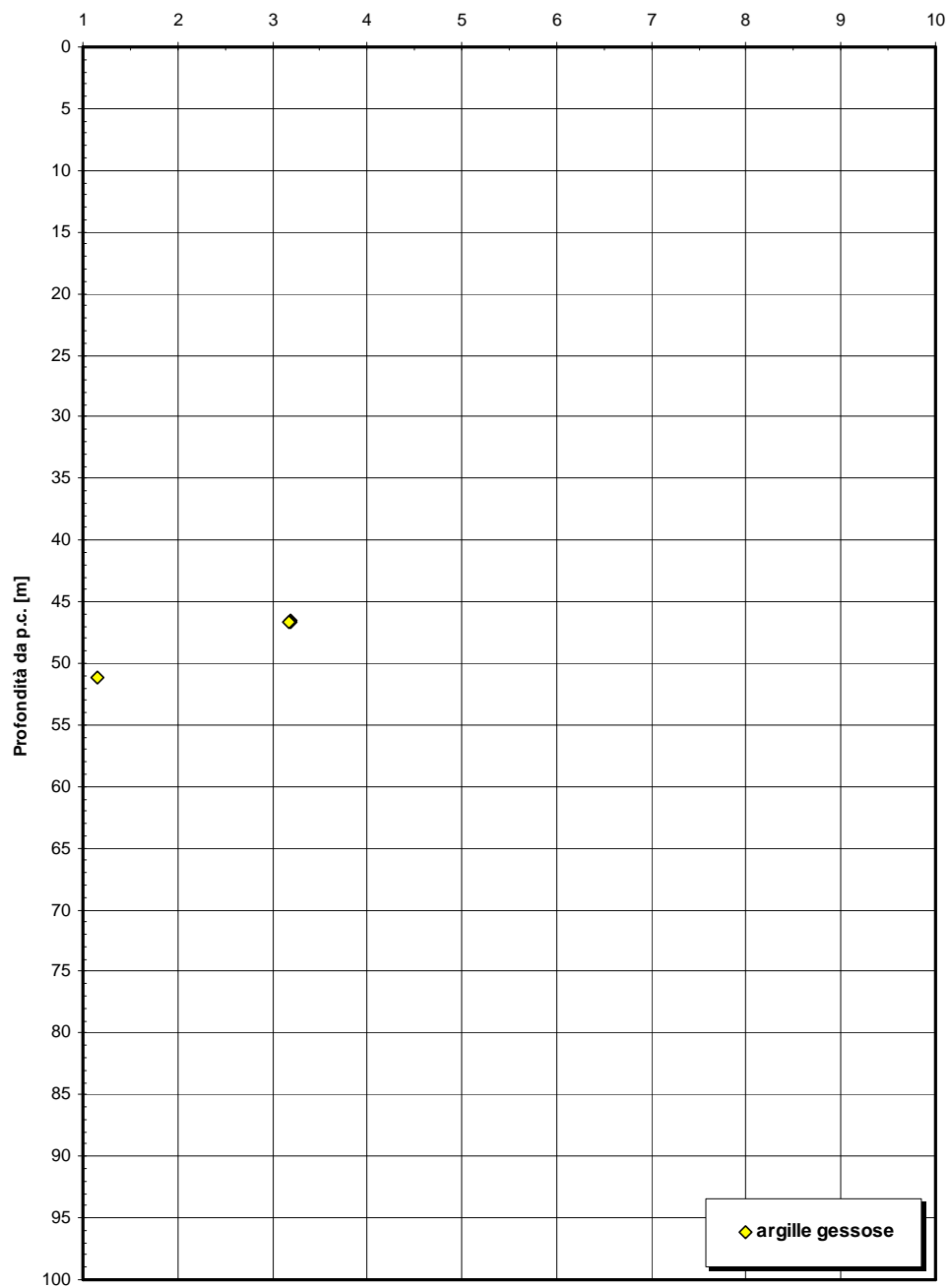


Figura 386

OCR da SPT

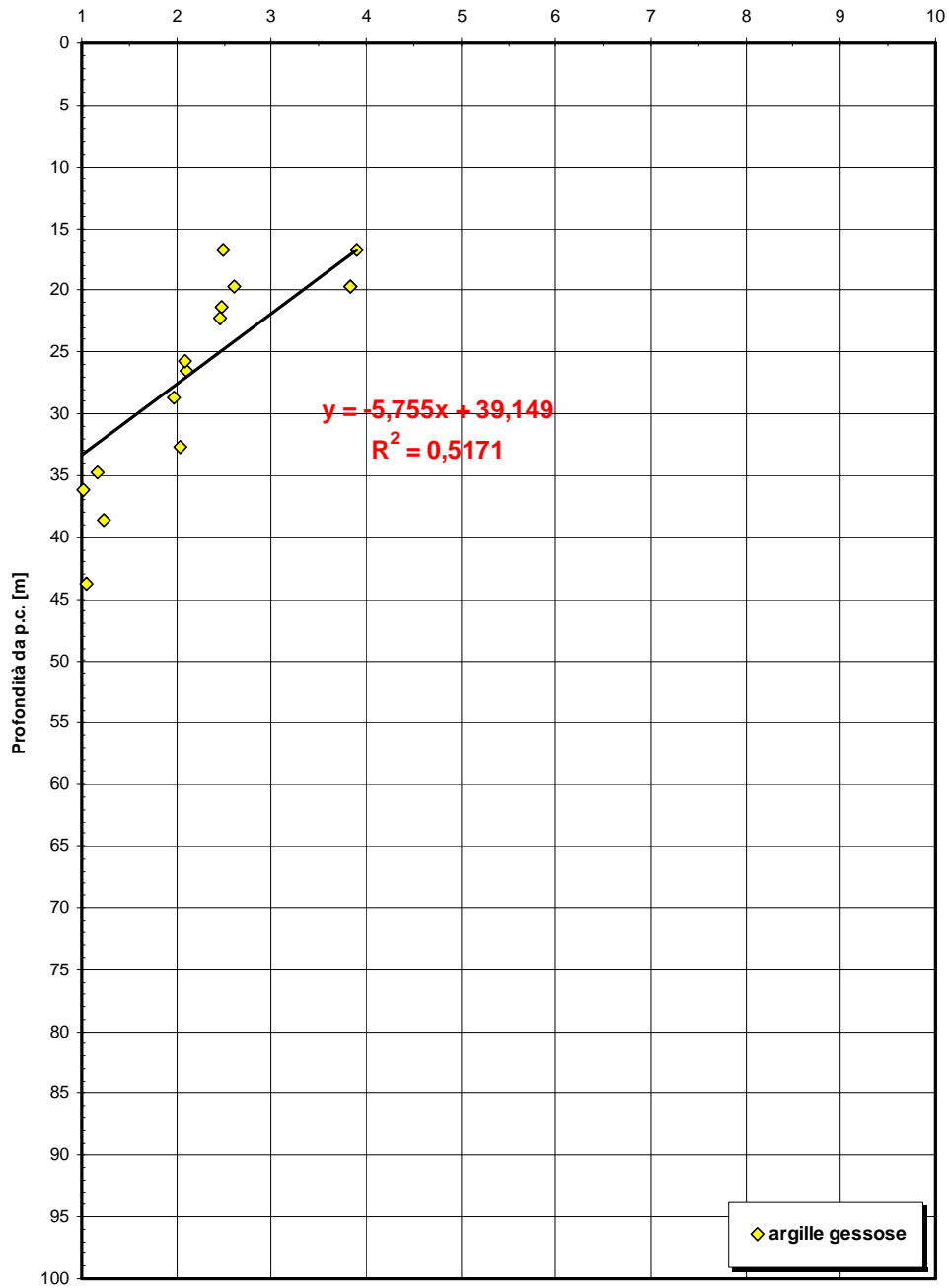


Figura 387

Coesione non drenata da prove SPT

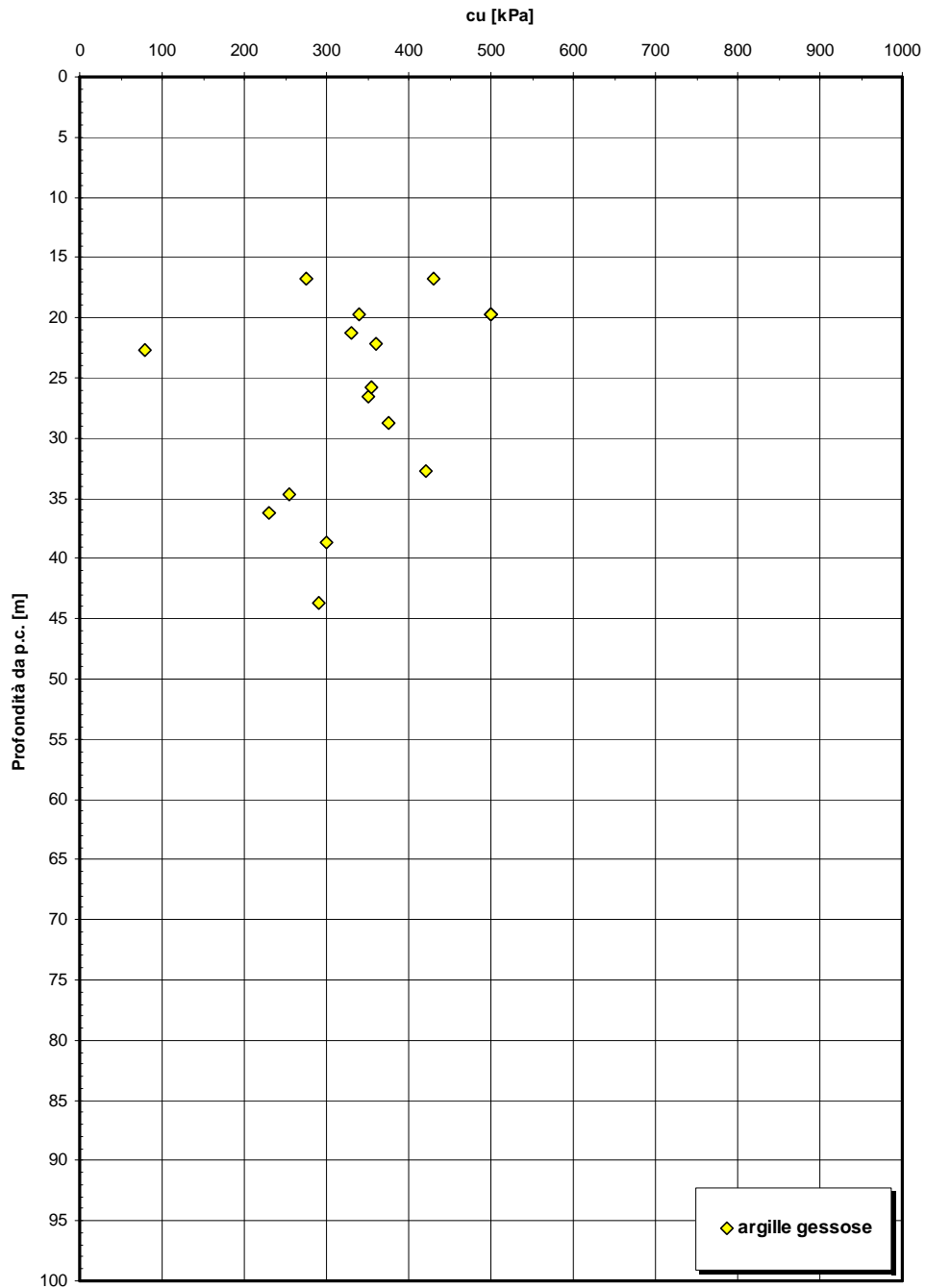


Figura 388

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

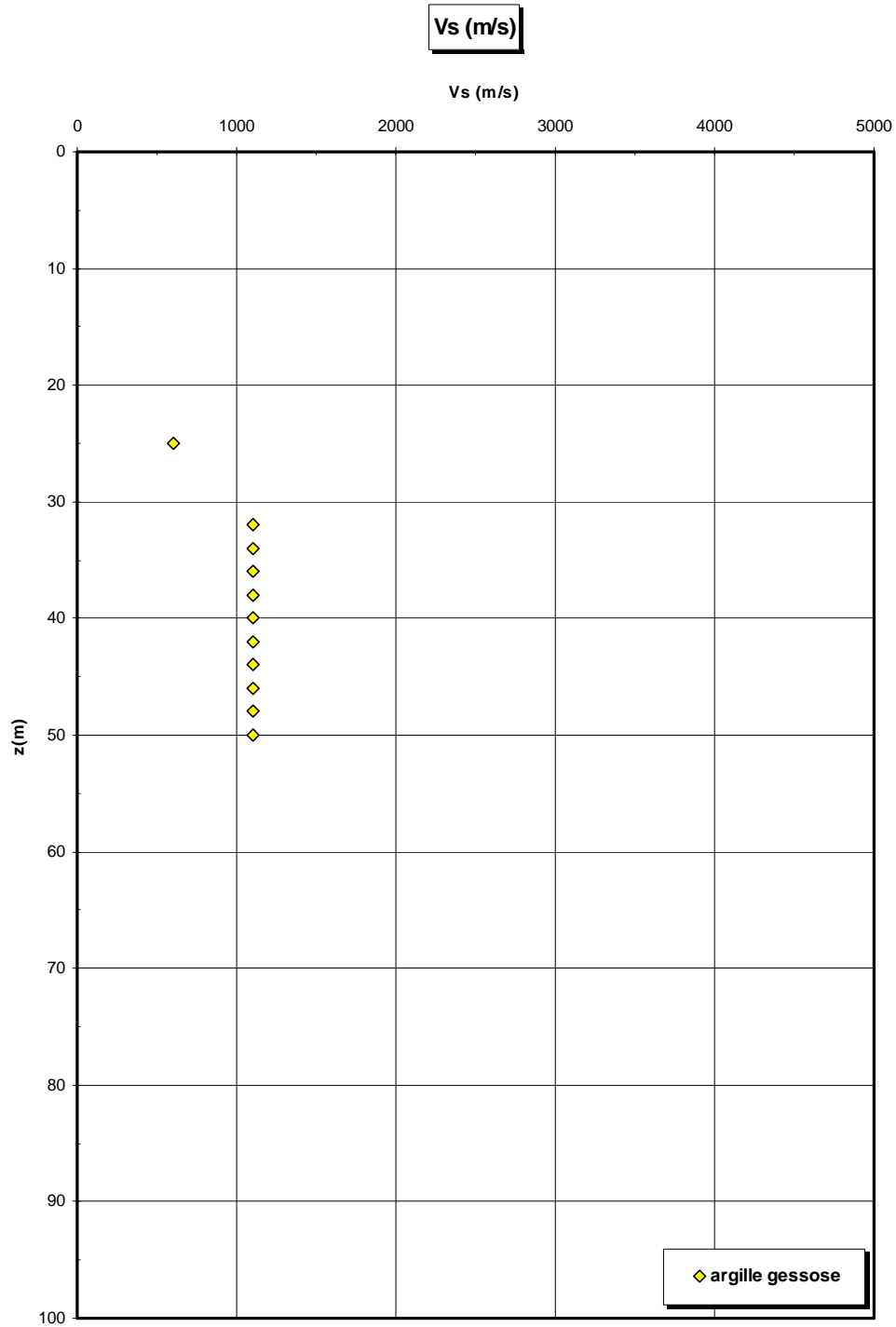


Figura 389

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

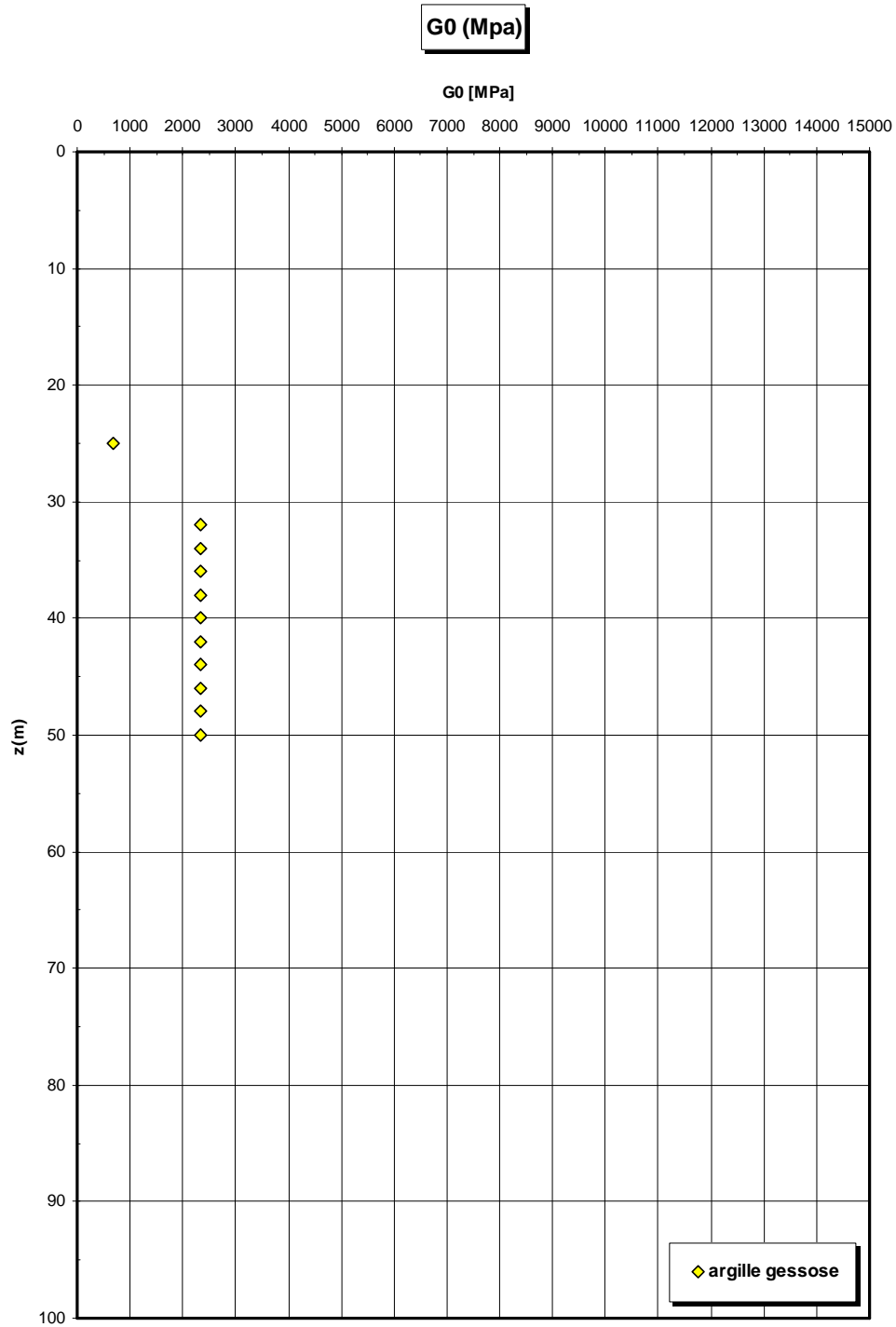


Figura 390 - G0 da Vs misurate in prove sismiche

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

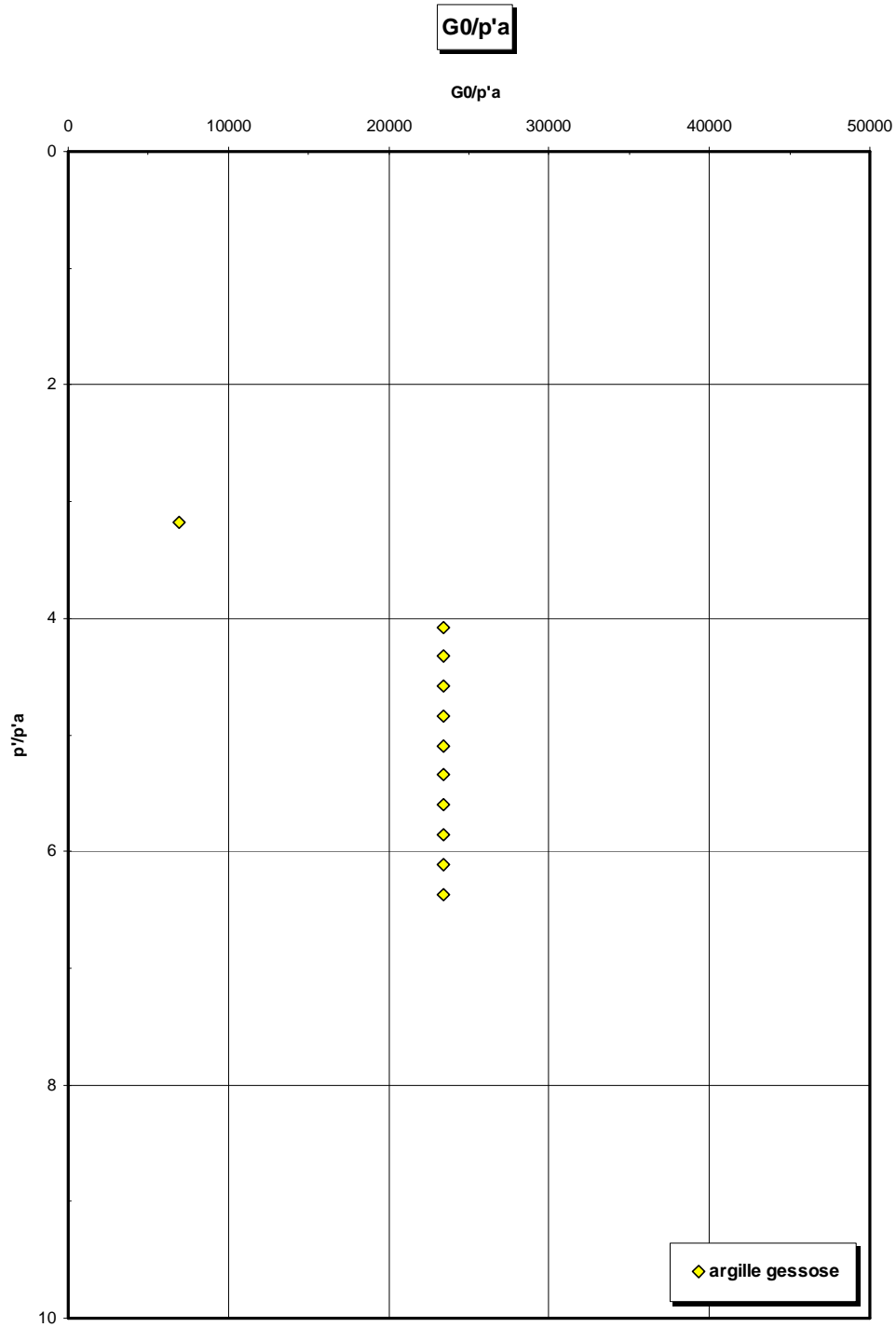


Figura 391 - G0 da Vs misurate in prove sismiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

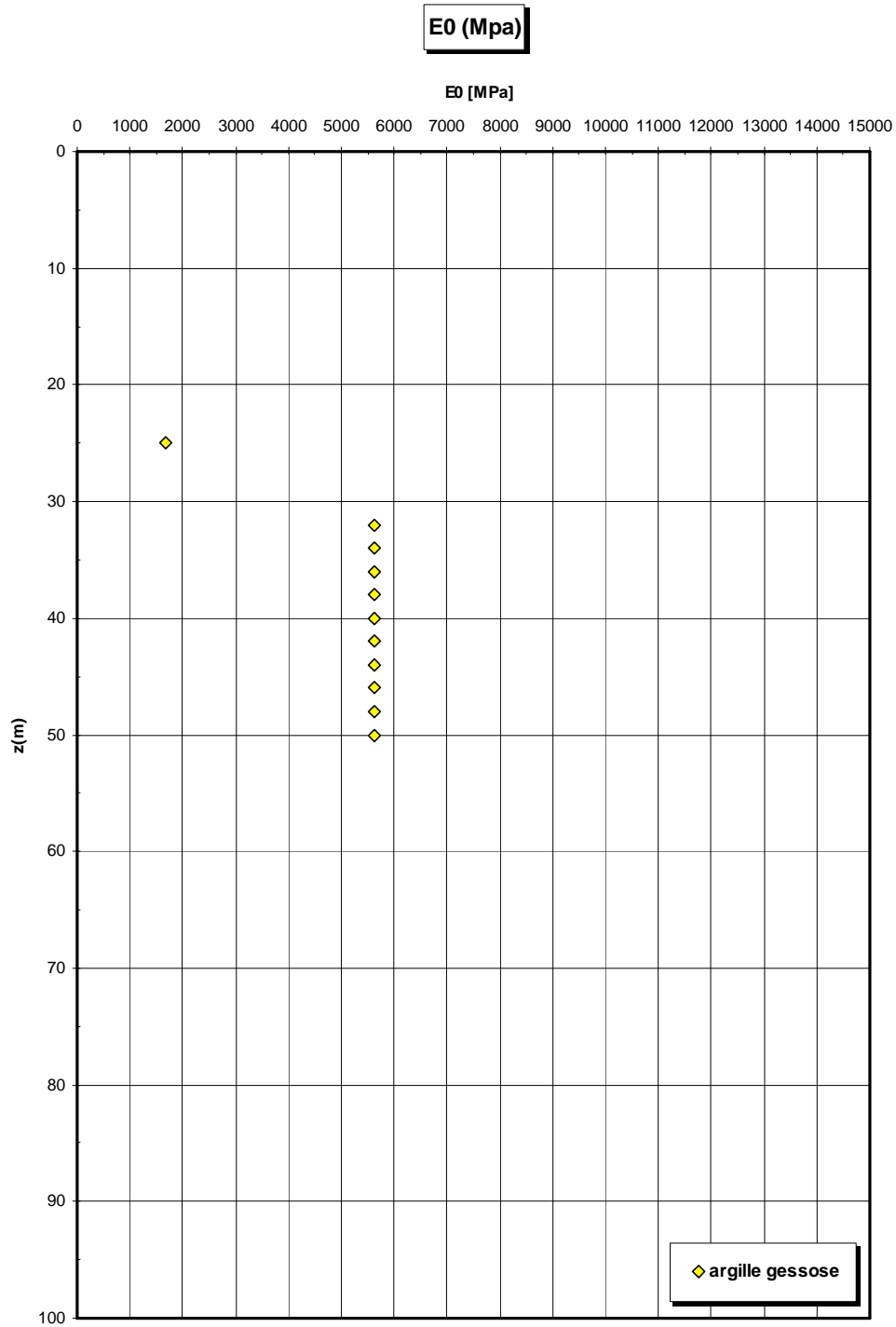


Figura 392

E' da pressiometrica / dilatometrica (Mpa)

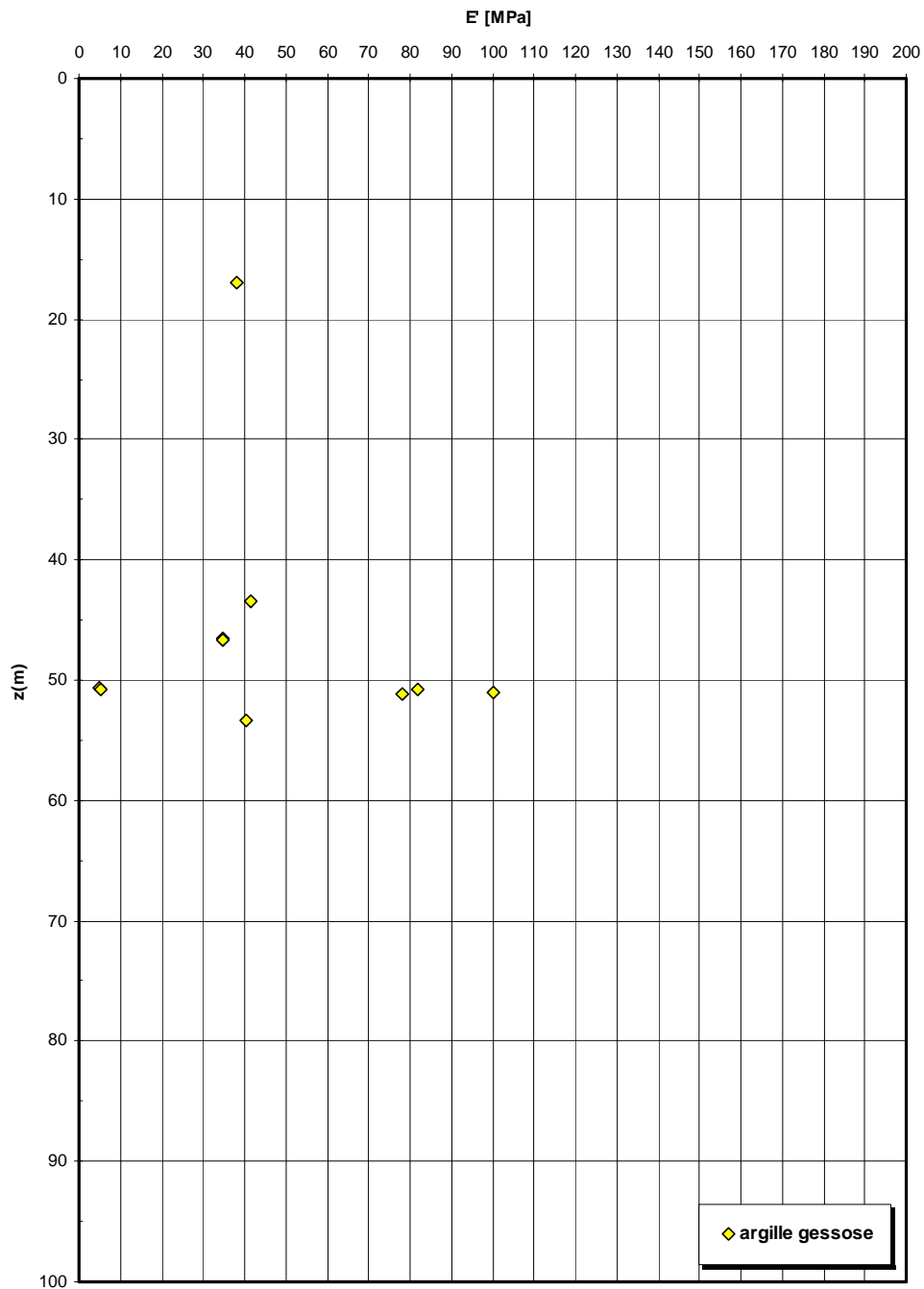


Figura 393

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

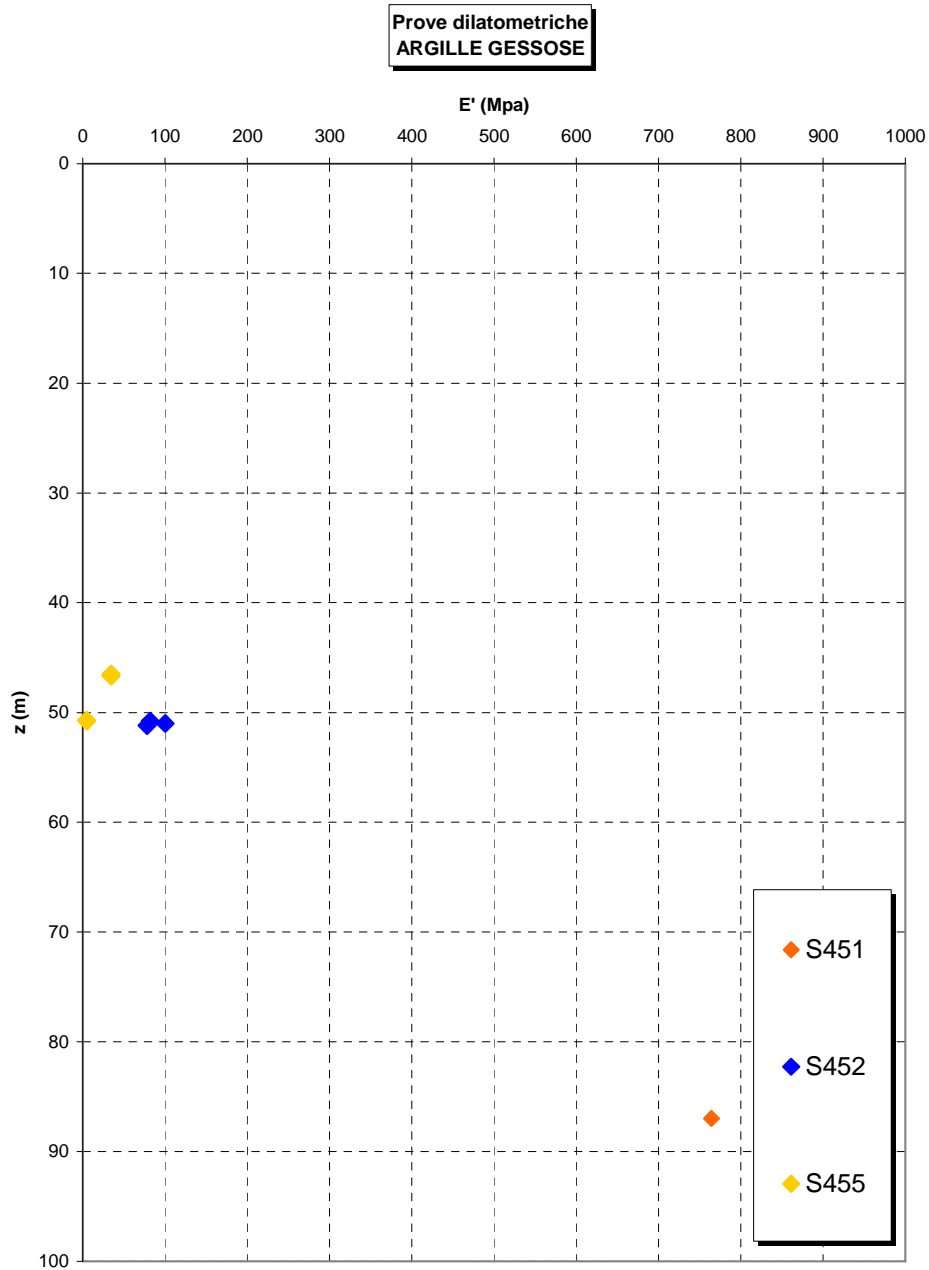


Figura 394

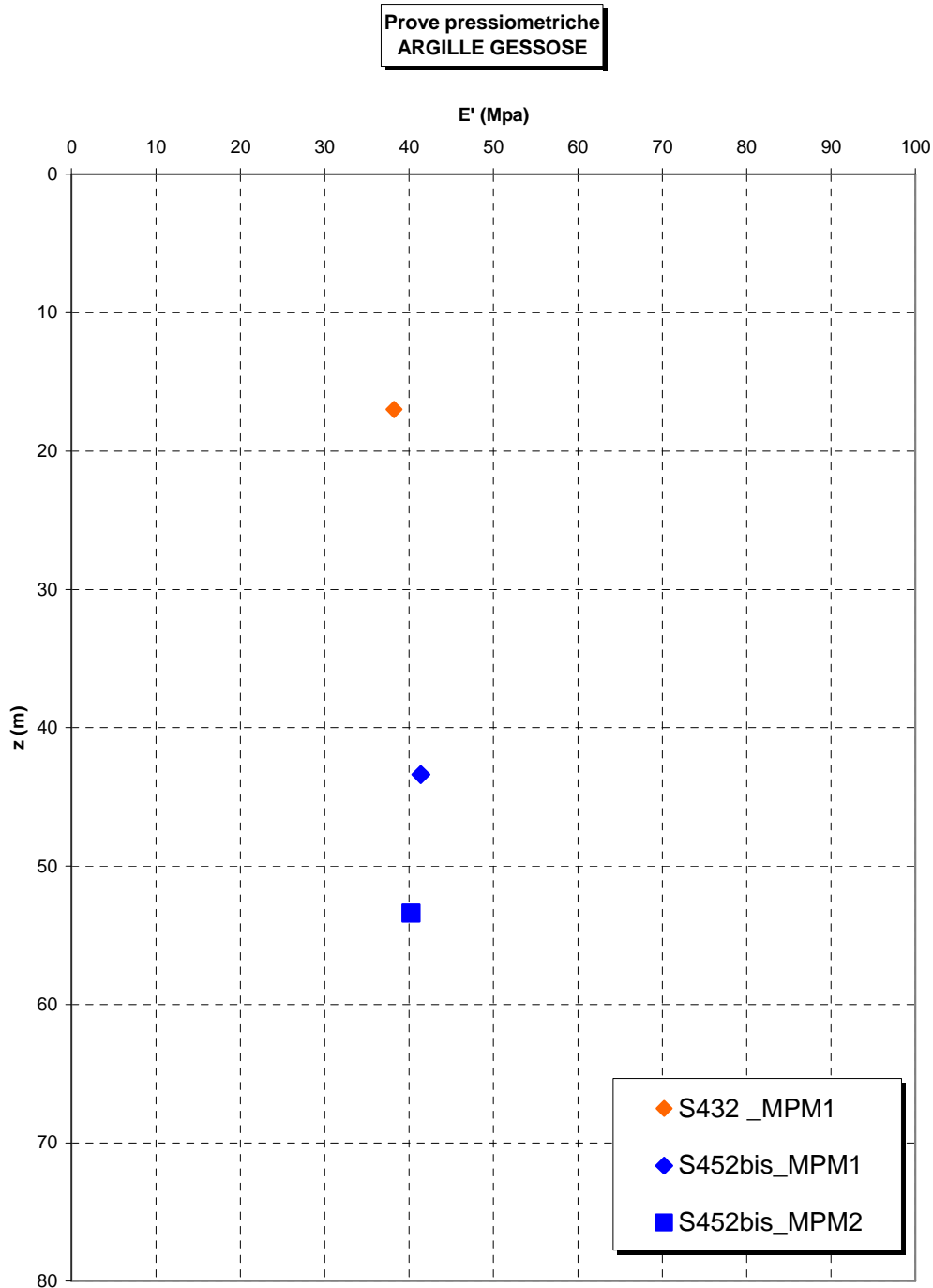


Figura 395

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di permeabilità verticale da edometrica

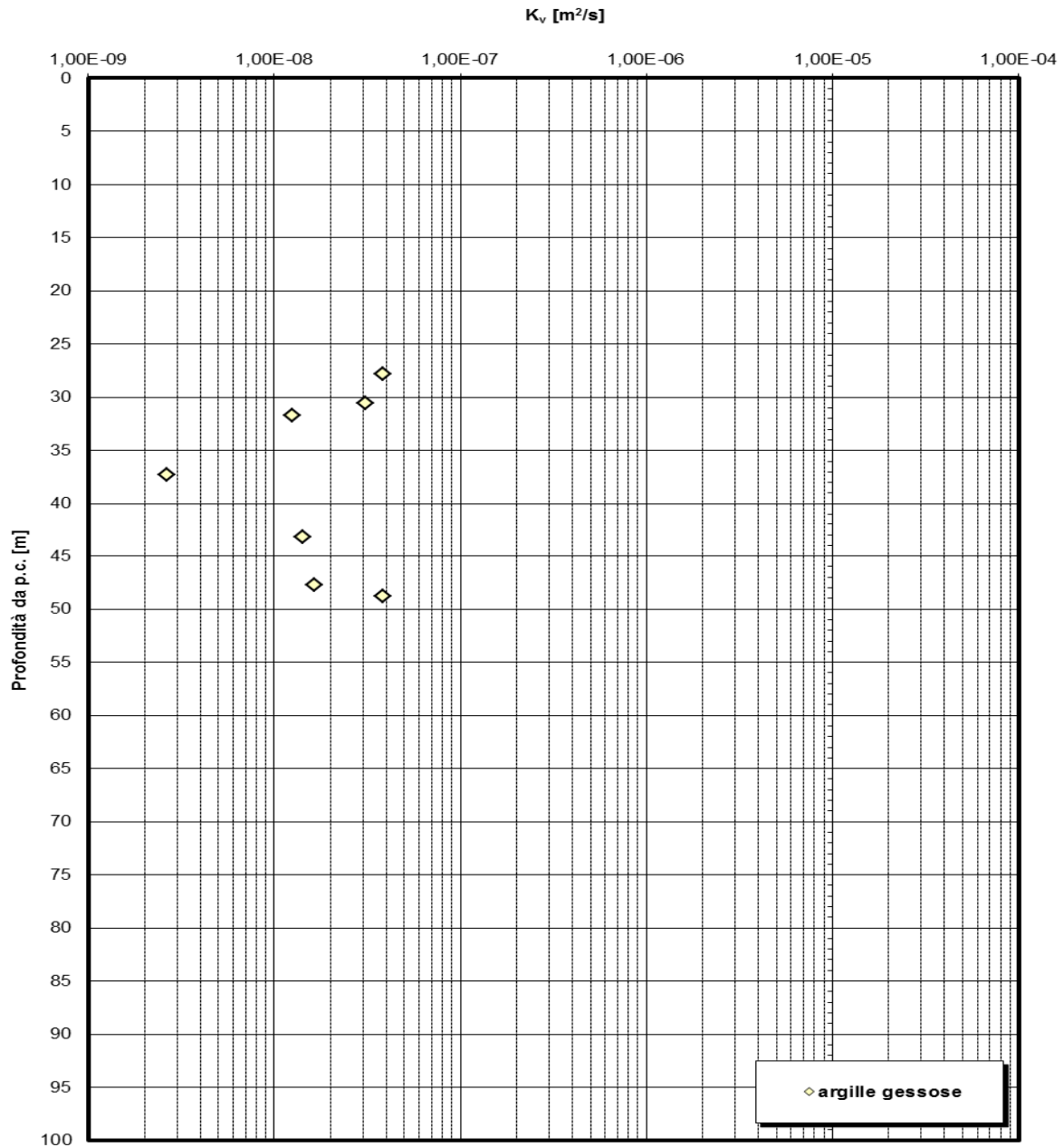


Figura 396

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di permeabilità da Le Franc

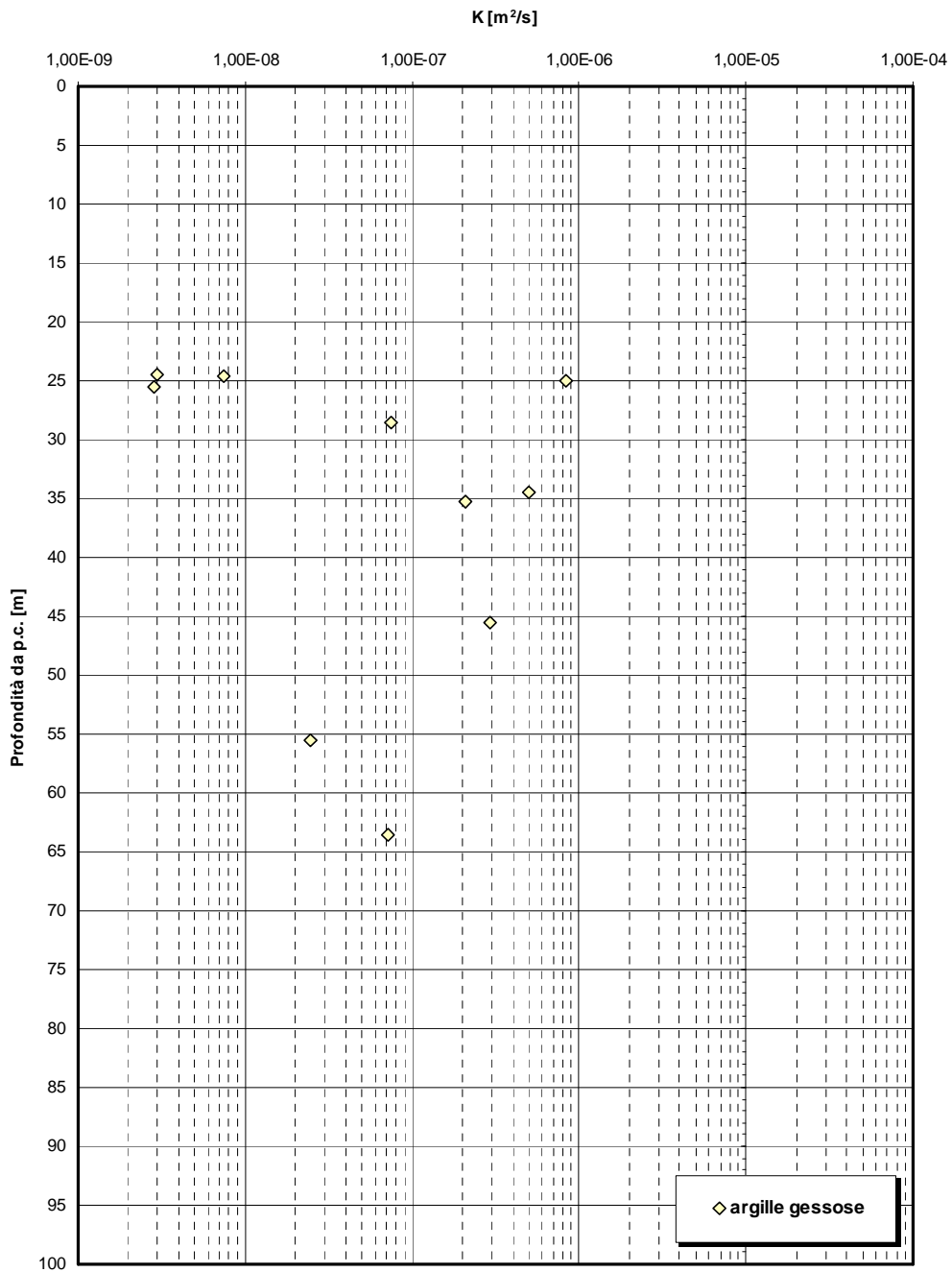


Figura 397

Tabella 29 Riepilogo caratteristiche fisiche delle Argille gessose

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z(m)	wn (%)	lp (%)	wL (%)	wP (%)	γ (kN/m ³)	γ _d (kN/m ³)	γ _s (kN/m ³)
2010	I2	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	7.6	28.3	28.6	52.0	23.4	20.0	15.8	27.7
2010	I2	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	9.0							26.9
2010	I2	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	12.0							27.0
2010	I2	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	15.0	24.9	26.2	47.2	21.1	20.8	16.4	27.0
2010	I2	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	17.5							27.8
2010	I2	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	23.0							26.8
2002	SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	27.8	33.8	28.0	56.4	28.4	19.0	8.4	26.1
2002	SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	30.6	26.4	28.7	57.9	29.2	20.5		26.1
2002	SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	47.8	30.8	25.3	56.0	30.7	19.2		26.6
2002	SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	31.7	22.6	31.5	62.4	30.9	19.4		26.3
2002	SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	37.3	19.6	27.0	58.0	31.0	21.1		26.8
2002	SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	43.2	29.0	19.9	47.0	27.1	18.9		26.1
2002	SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	48.8	29.0	25.6	53.0	27.4	19.3		
2010	S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	24.8	52	28	51.8	23.8			
2010	S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	27.3	40	19.3	39.9	20.6			
2010	S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	19.3	22.4	8	22.6	14.6			
2010	S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	24	41.5	19.9	41.5	21.7			
2010	S434	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	15.5	19.8	26	50	24	21	17.5	26.7
2010	S434	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	24		7	23	18.0			27
2010	S434	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	16.7							26.55
2010	S434	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	19.5							
2010	S434	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	22.8							
2010	S451	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	89							26.77
2010	S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	43							
2010	S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	50	45	25	45	20			27.19
2010	S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	55	37	16	35	19			
2010	S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	56	39	16	38	23			26.75
2010	S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.5							26.97
2010	S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	21							27.61
2010	S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	25							27.31
2010	S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	27							27.34
2010	S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	31	48.0	22.0	48.0	26.0			31.11
2010	S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	35	44.0	21.0	43.0	23.0			26.51
2010	S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	46							22.49
2010	S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	50							26.84
2010	S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	43	33.6	11.0	34.0	22.0			26.73
2010	S451	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	81.6	21				26.8		
2010	I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	13.5							26.83
2010	I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	20.5							26.38
2010	I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	22.45							27.79
2010	I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	24							27.24
2010	I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	27							25.97
2010	S430	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	19.5							26.4
2010	S430	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	22.5							26.82
2010	S430	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	25.5							26.87
2010	S430	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	28.5							27.25
2010	S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	17.6							26.3
2010	S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	16.8							26.4
2010	S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	20							26.8
2010	S454	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.2	29.65	26.5	52.8	26.3			25.44
2010	S454	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.5		16.1	42.14	26.04			25.81
2010	S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	13.5							26.75
2010	S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	18.0							27.04
2010	S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	19.3							27.89
2010	S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	21							27.86
2010	S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	24							26.74
2010	S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	30							27.11

Tabella 30 Granulometria Argille gessose

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
I2	A	8	0	0	14	49	37	100	100	100	86	37
I2	4	9	0	0	4	76	20	100	100	100	96	20
I2	5	12	0	0	24	70	7	100	100	100	77	7
I2	B	15	0	0	13	52	36	100	100	100	88	36
I2	6	18	0	0	11	79	10	100	100	100	89	10
I2	7	23	0	0	9	88	3	100	100	100	91	3

Tabella 31 Riepilogo risultati prove di laboratorio

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	φ' [°]
SPPS07	C4	27.8	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	TD	11	24
SPPS07	C5	30.6	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	TD	0	31
SPPS08	C1	31.7	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	TD	10	27
SPPS08	C2	37.3	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	TD	38	22
SPPS08	C3	43.2	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	TD	12	21
SPPS08	C4	48.8	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	TD	21	25
I2	A	7.6	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	TD	53	20
I2	A	7.6	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	TRIAX_CU	40	30
I2	B	15	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	TD	49	24
I2	B	15	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	TRIAX_CU	0	30
S434	C1A	15.25	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	TRIAX_CU	10	25

Tabella 32 Riepilogo risultati prove edometriche

Foro	Opera	N° PROVINO	z(m)	C _v [m ² /s]	E _{ed} [MPa]	e ₀ [-]	C _c	C _s	C _α	K [m/s]
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	C4	27.8	6.17E-06	9.86	0.8	0.070	0.040		3.82E-08
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	C5	30.6	3.11E-05	10.63	0.7	0.150	0.056	0.0010	3.09E-08
SPPS07	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	C6	47.8	1.53E-05	10.51	0.8	0.100	0.034	0.0014	1.65E-08
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	C1	31.7	1.16E-05	12.81	0.7	0.200	0.034	0.0013	1.25E-08
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	C2	37.3	5.60E-06	21.01	0.6	0.110	0.040	0.0017	2.64E-09
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	C3	43.2	3.20E-05	23.22	0.8	0.075	0.011	0.0014	1.42E-08
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	C4	48.8	2.90E-05	8.71	0.8	0.180	0.022	0.0014	3.83E-08

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 33 Riepilogo risultati prove dilatometriche

FORO	Opera	z (m)	E'(MPa)
S451	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	87.0	764
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	46.5	34.6
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	46.6	34.6
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	46.7	34.6
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	50.7	4.7
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	50.8	5.1
S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	50.8	82
S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	51.0	100
S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	51.2	78

Tabella 34 Riepilogo risultati prove pressiometriche

FORO	Opera	z (m)	E'(MPa)
S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	17	38.2
S452bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	43.4	41.4
S452bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	53.4	40.2

Tabella 35 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	Opera	z(m)	Vs [m/s]	G' ₀ [MPa]	E' ₀ [MPa]
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	32.0	1100	2343.5	5624.5
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	34.0	1100	2343.5	5624.5
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	36.0	1100	2343.5	5624.5
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	38.0	1100	2343.5	5624.5
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	40.0	1100	2343.5	5624.5
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	42.0	1100	2343.5	5624.5
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	44.0	1100	2343.5	5624.5
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	46.0	1100	2343.5	5624.5
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	48.0	1100	2343.5	5624.5
SPPS08	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	50.0	1100	2343.5	5624.5
S432 SR10	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	20.0	400	309.9	743.7
S454 SR5	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18	450	392.2	941.3

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.4 DEPOSITI COSTIERI

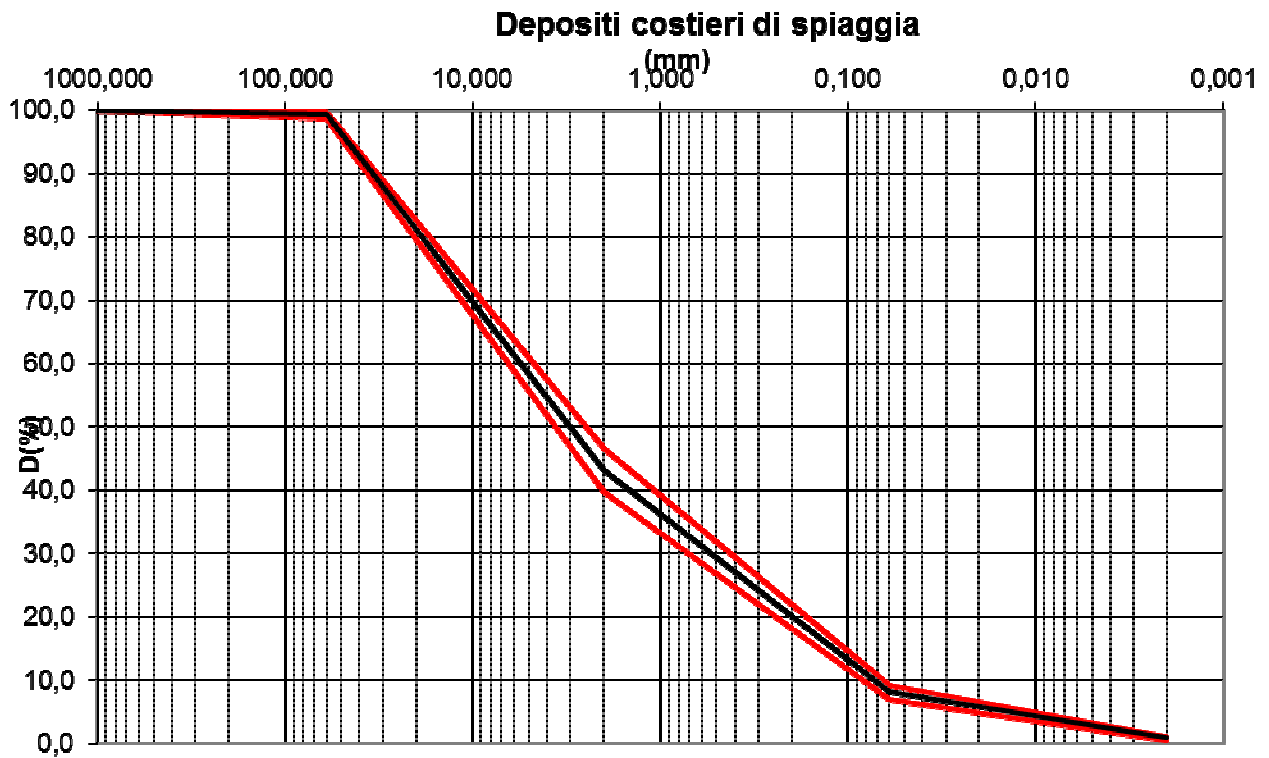


Figura 398

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.4.1 Fondazione

Fondazione - Depositi costieri di spiaggia

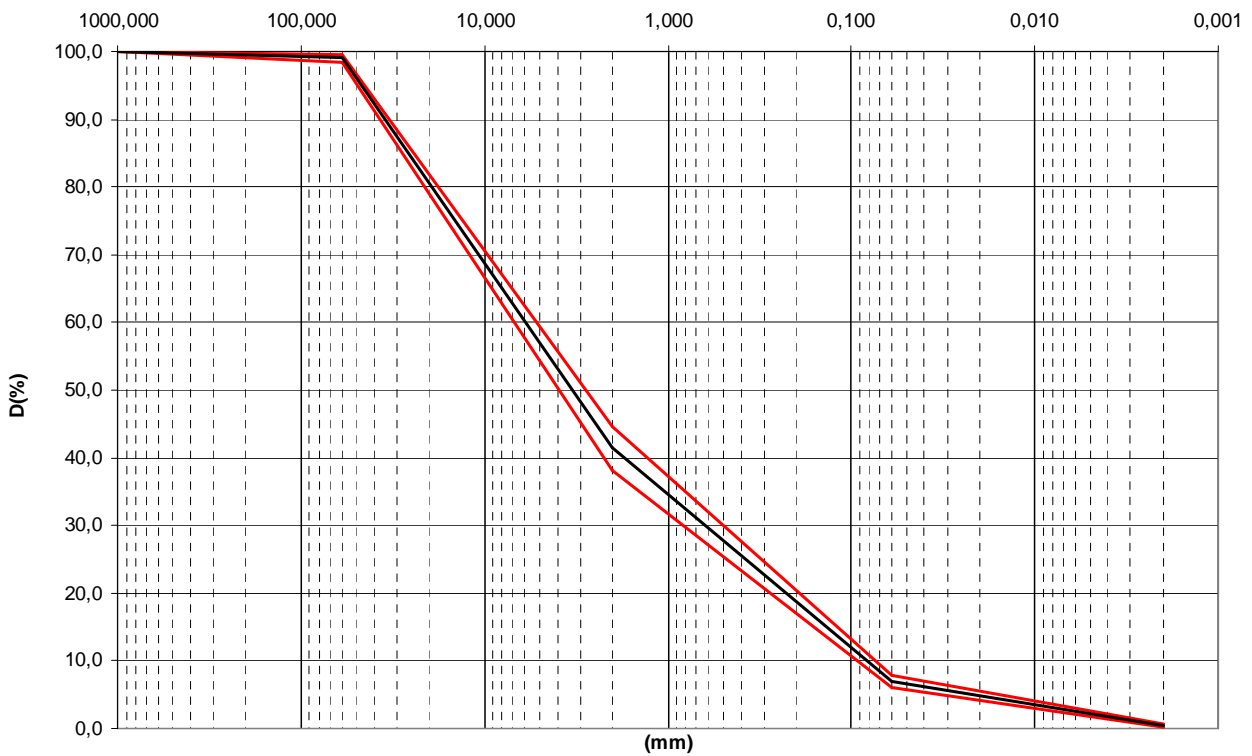


Figura 399

Fondazione - Depositi costieri - Analisi granulometriche - % sabbia e % ghiaia



Figura 400

Fondazione - Depositi costieri- d50(mm)

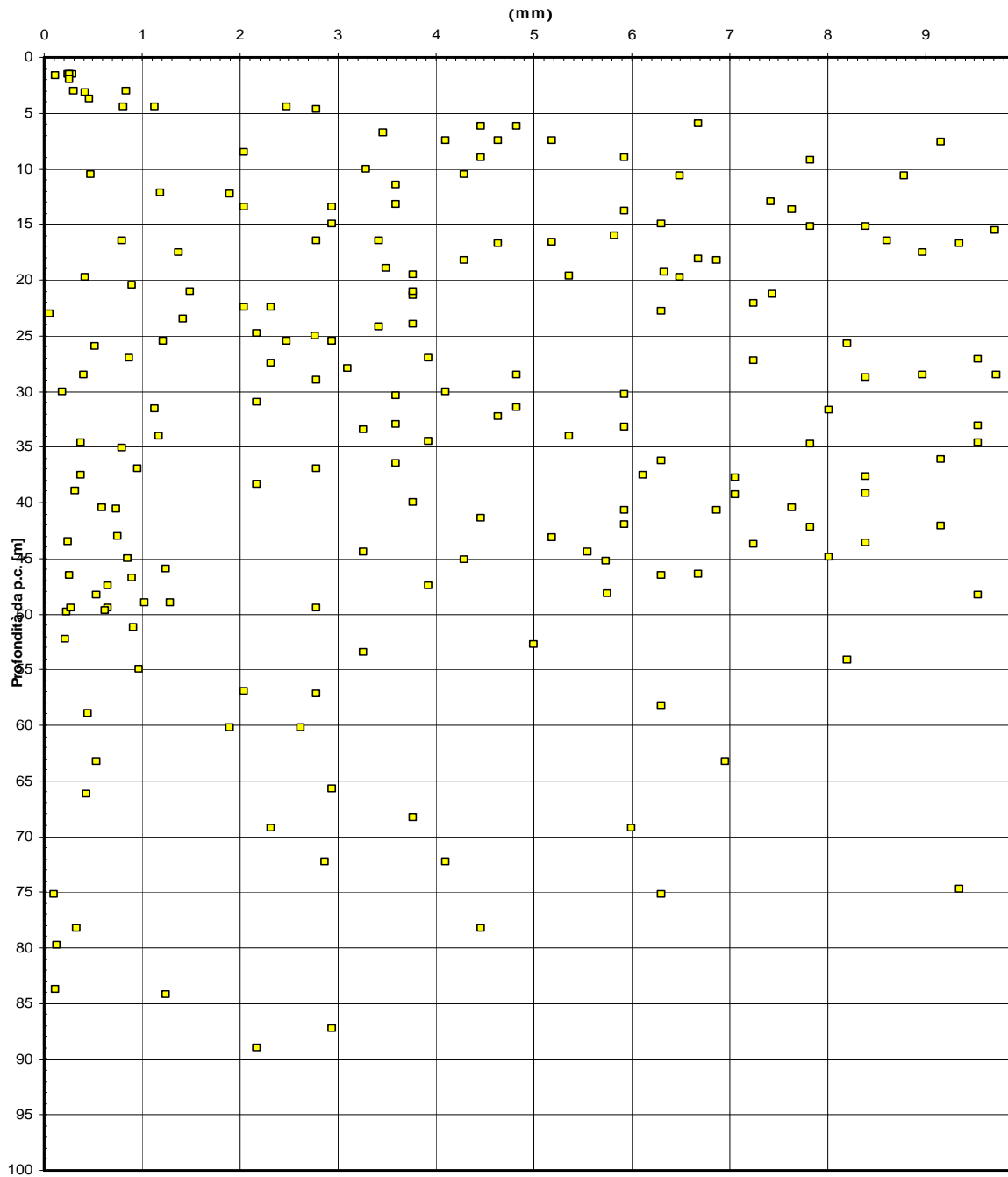


Figura 401

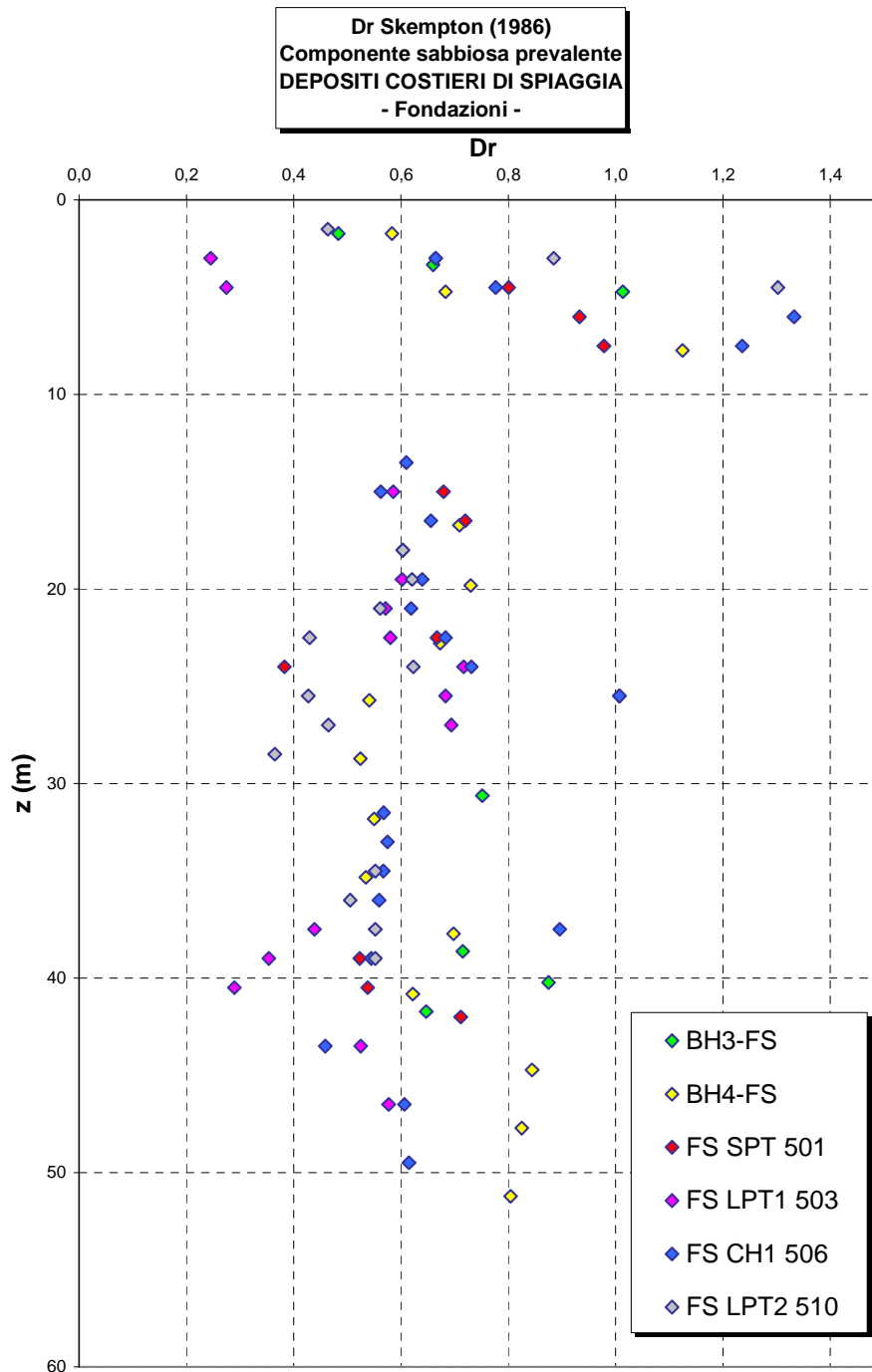


Figura 402

**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA
- Fondazioni -**

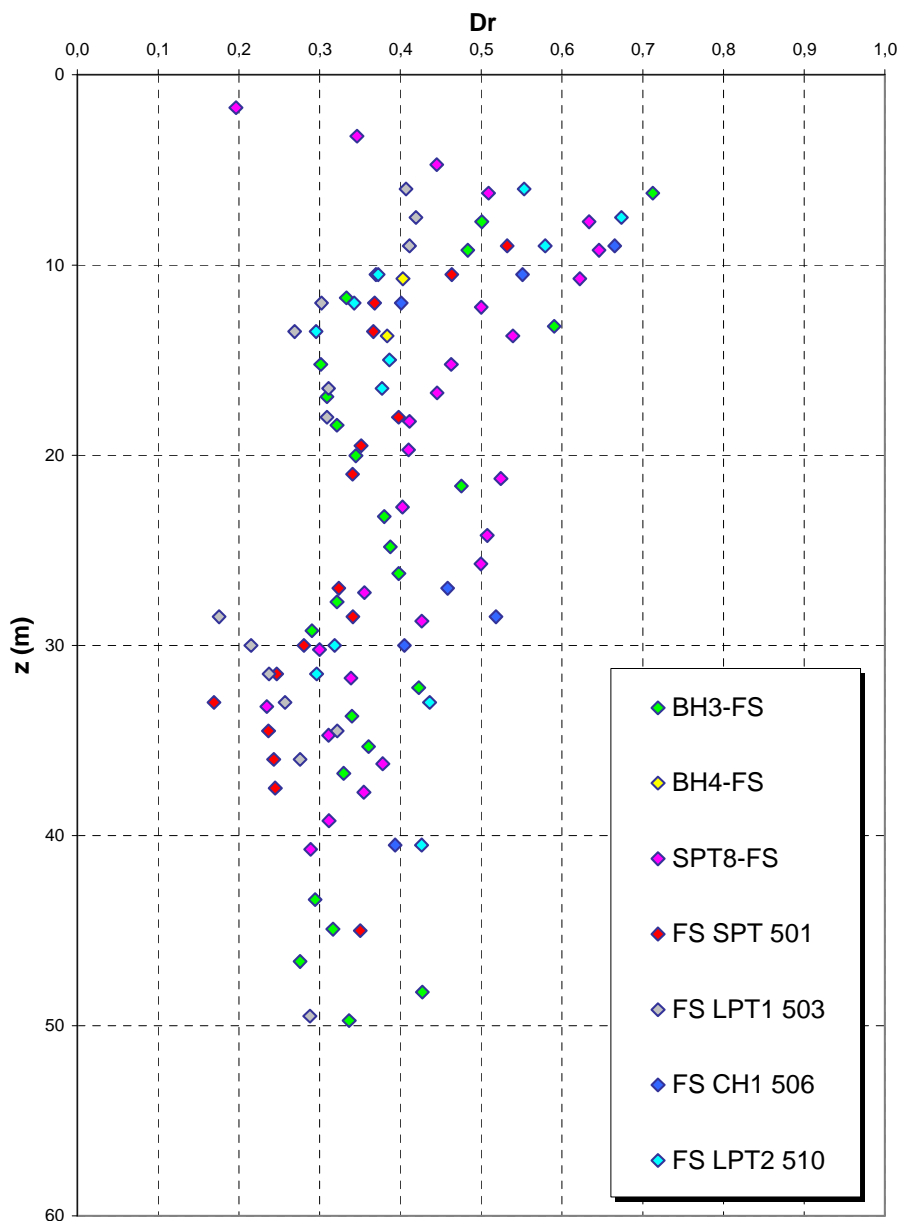


Figura 403

eo

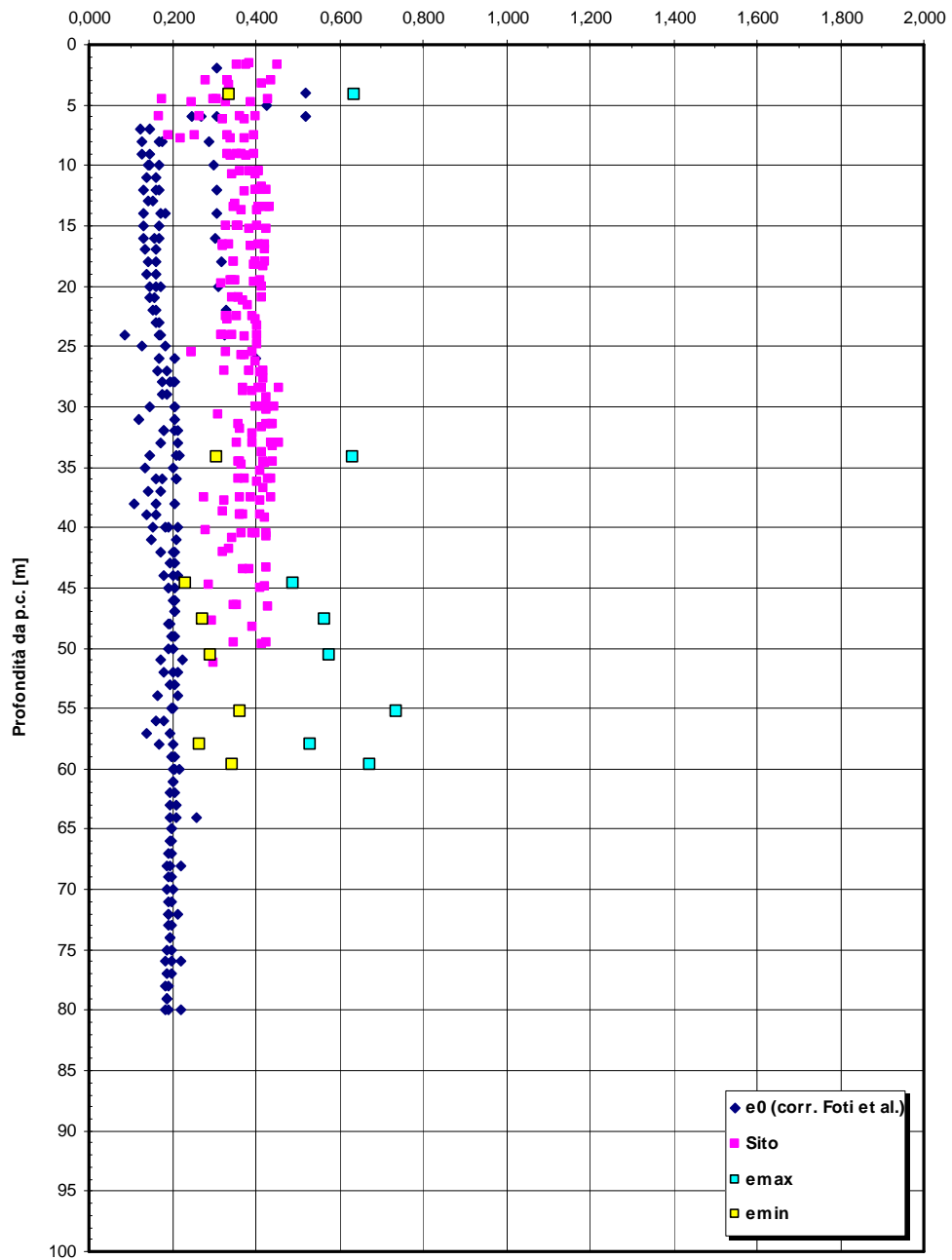


Figura 404

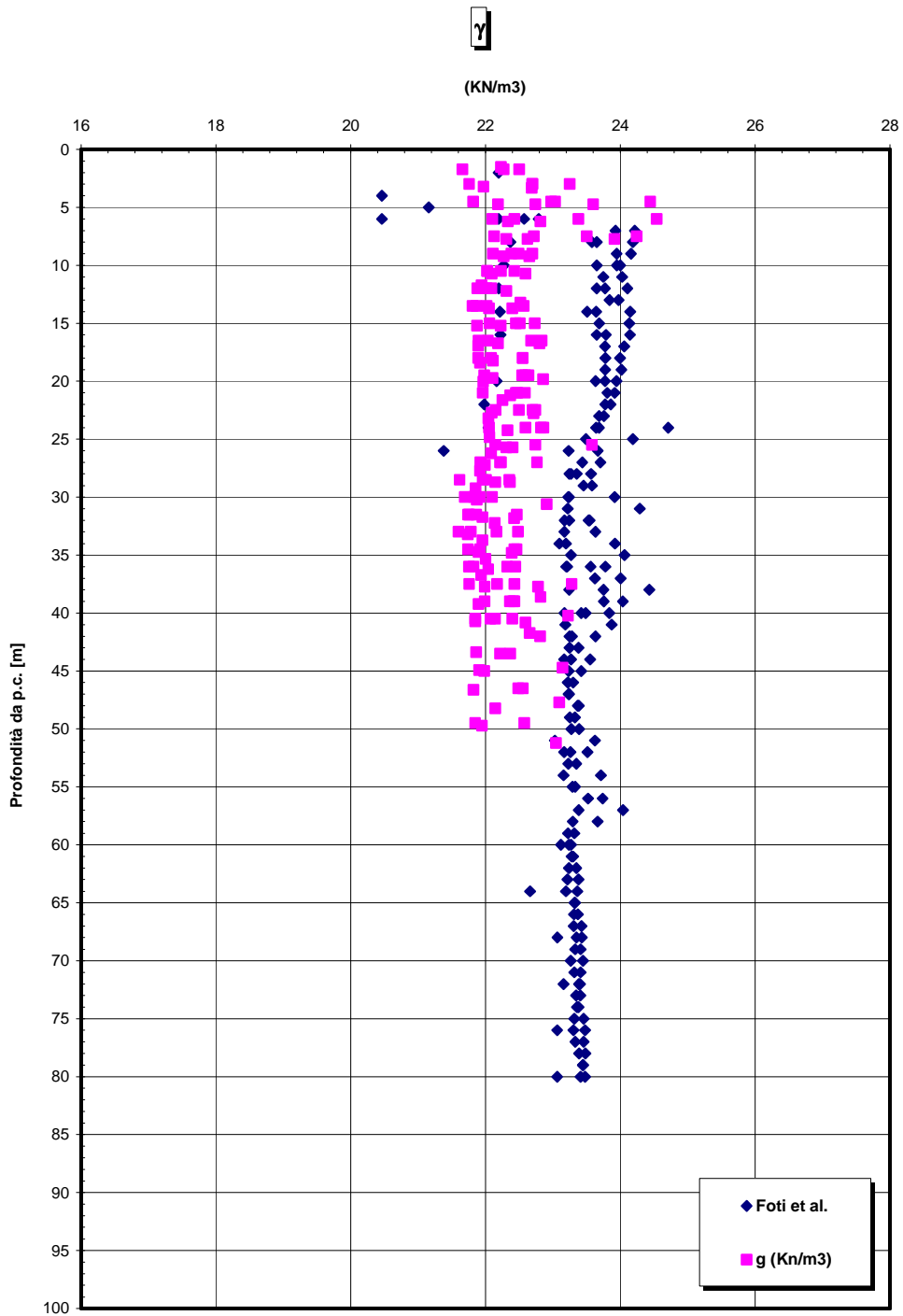


Figura 405

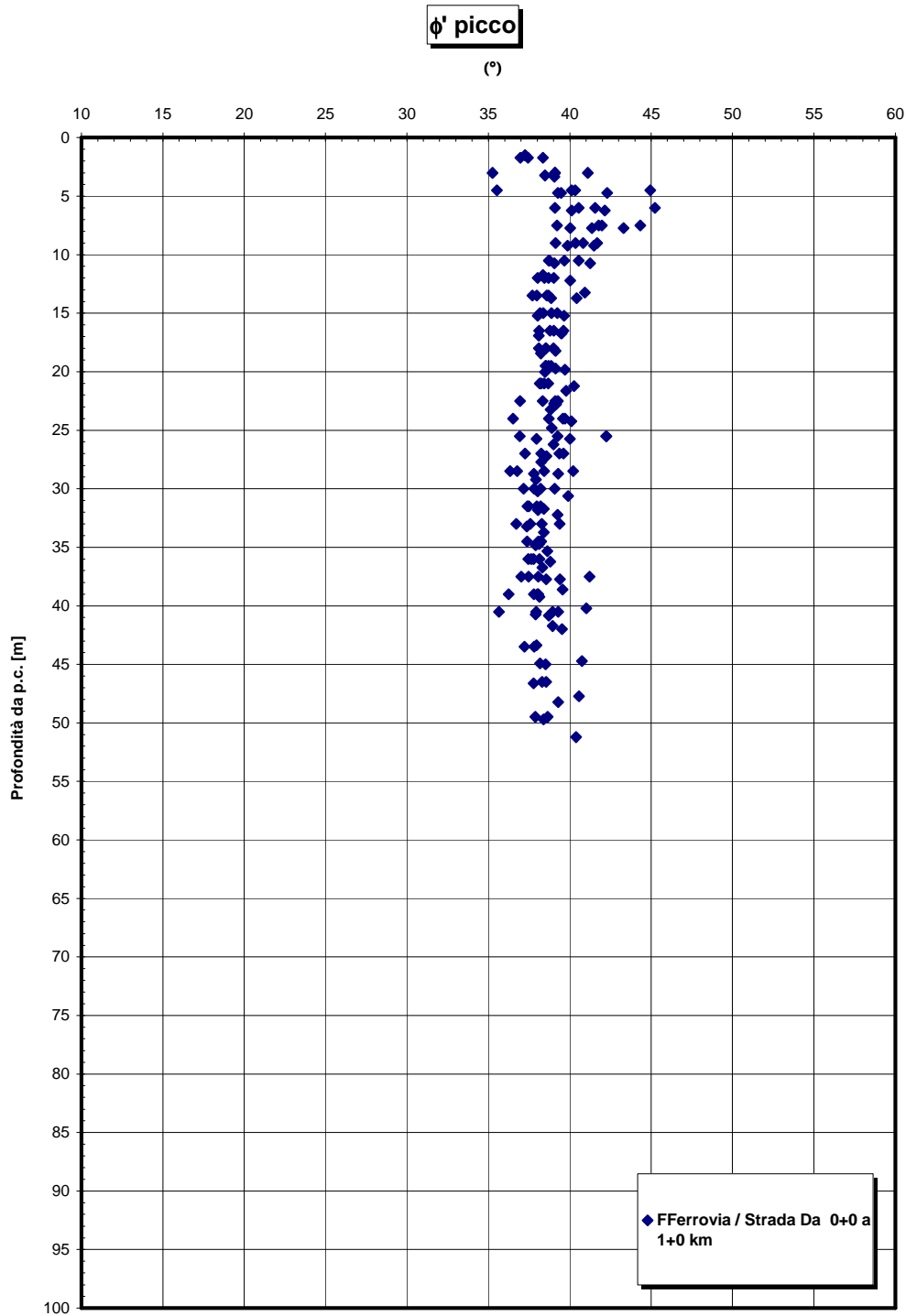
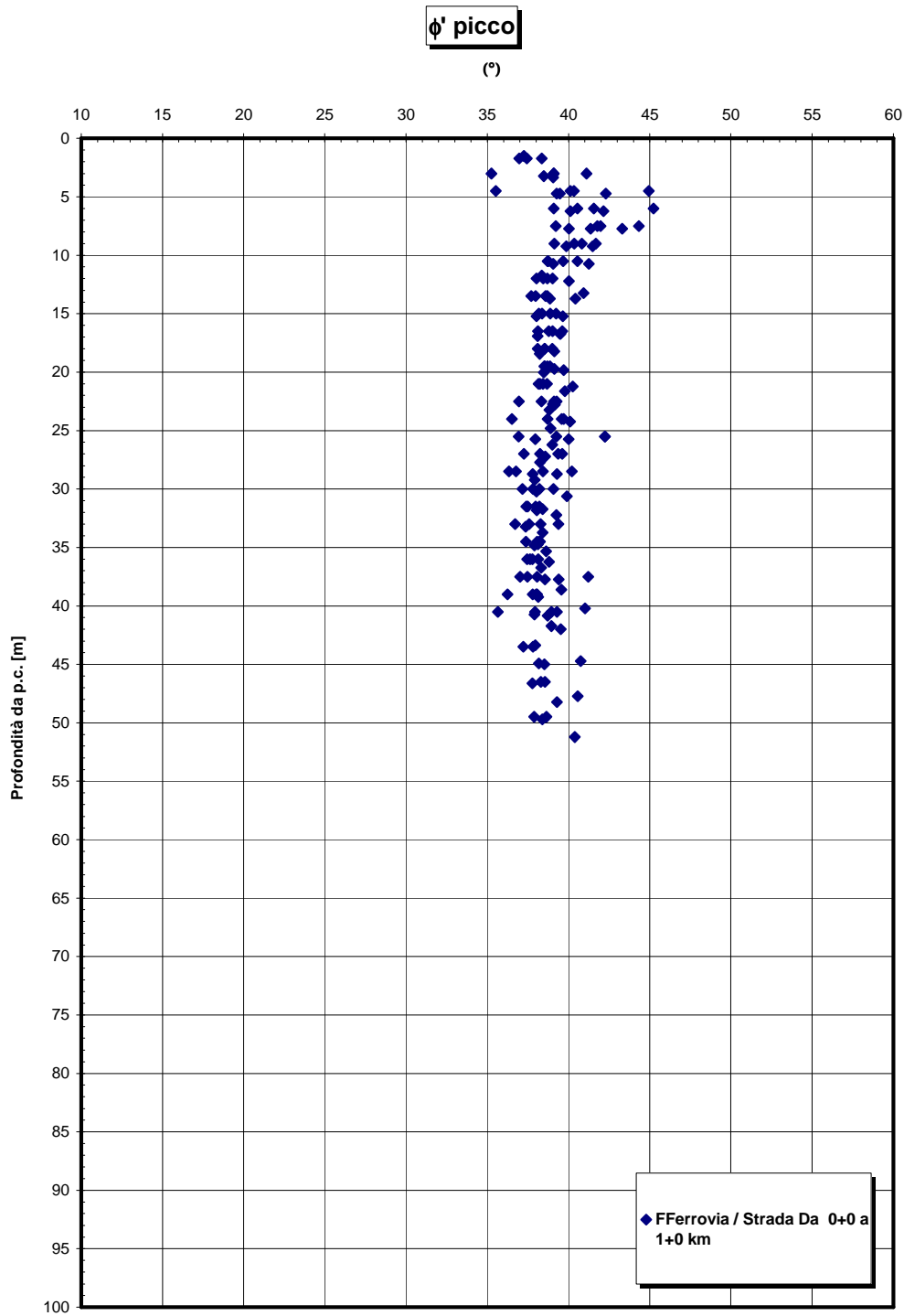


Figura 406



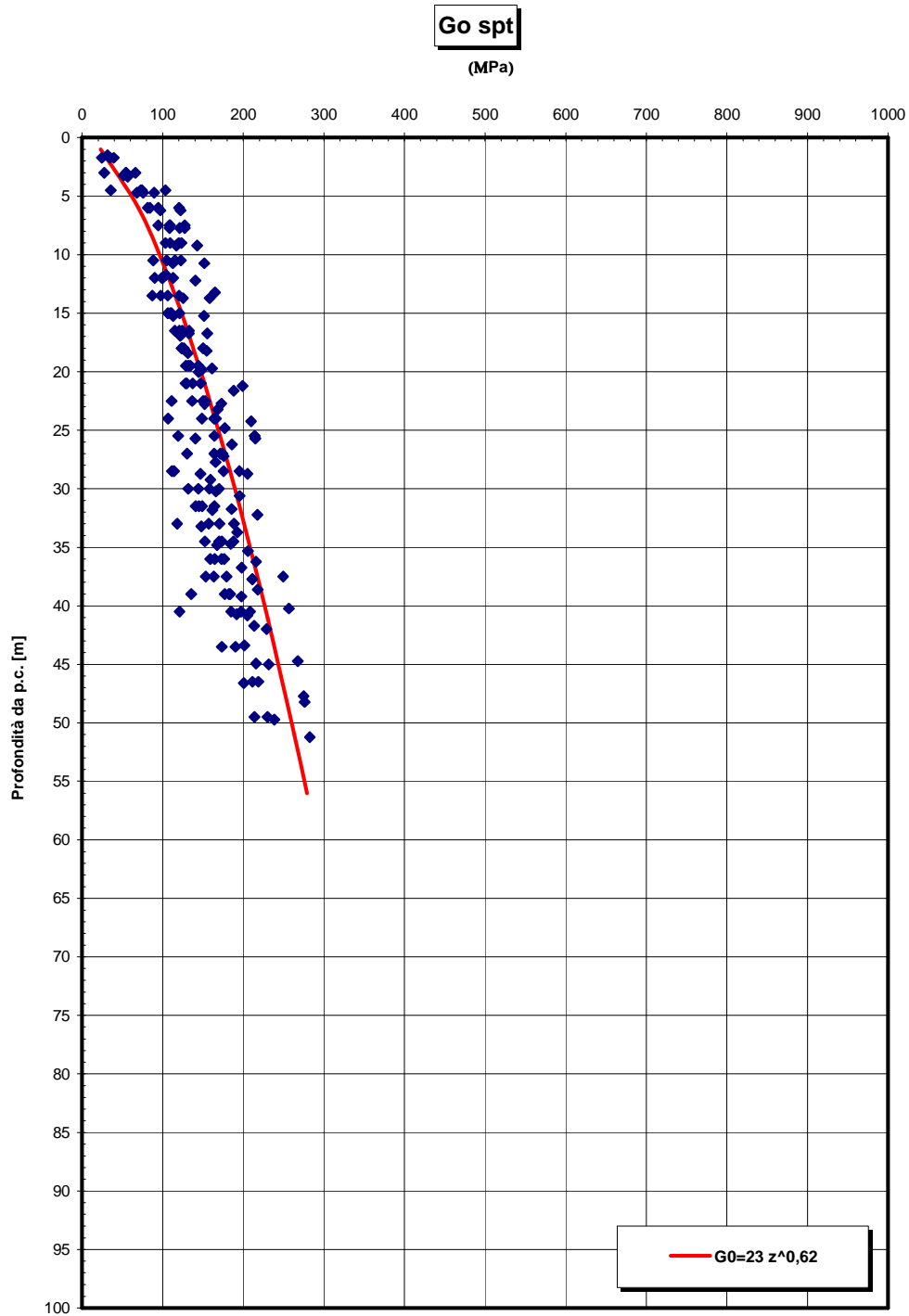


Figura 407

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

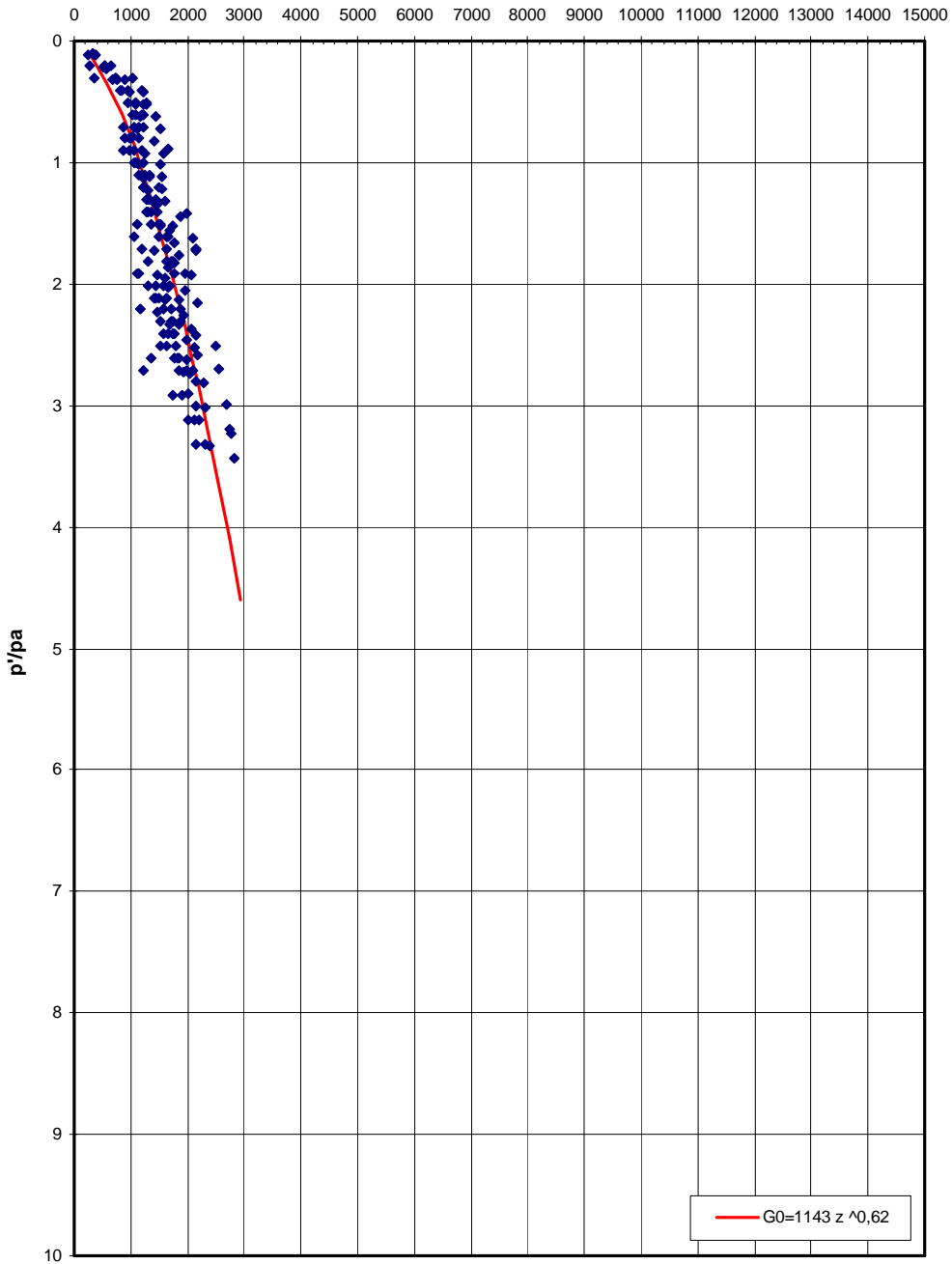


Figura 408

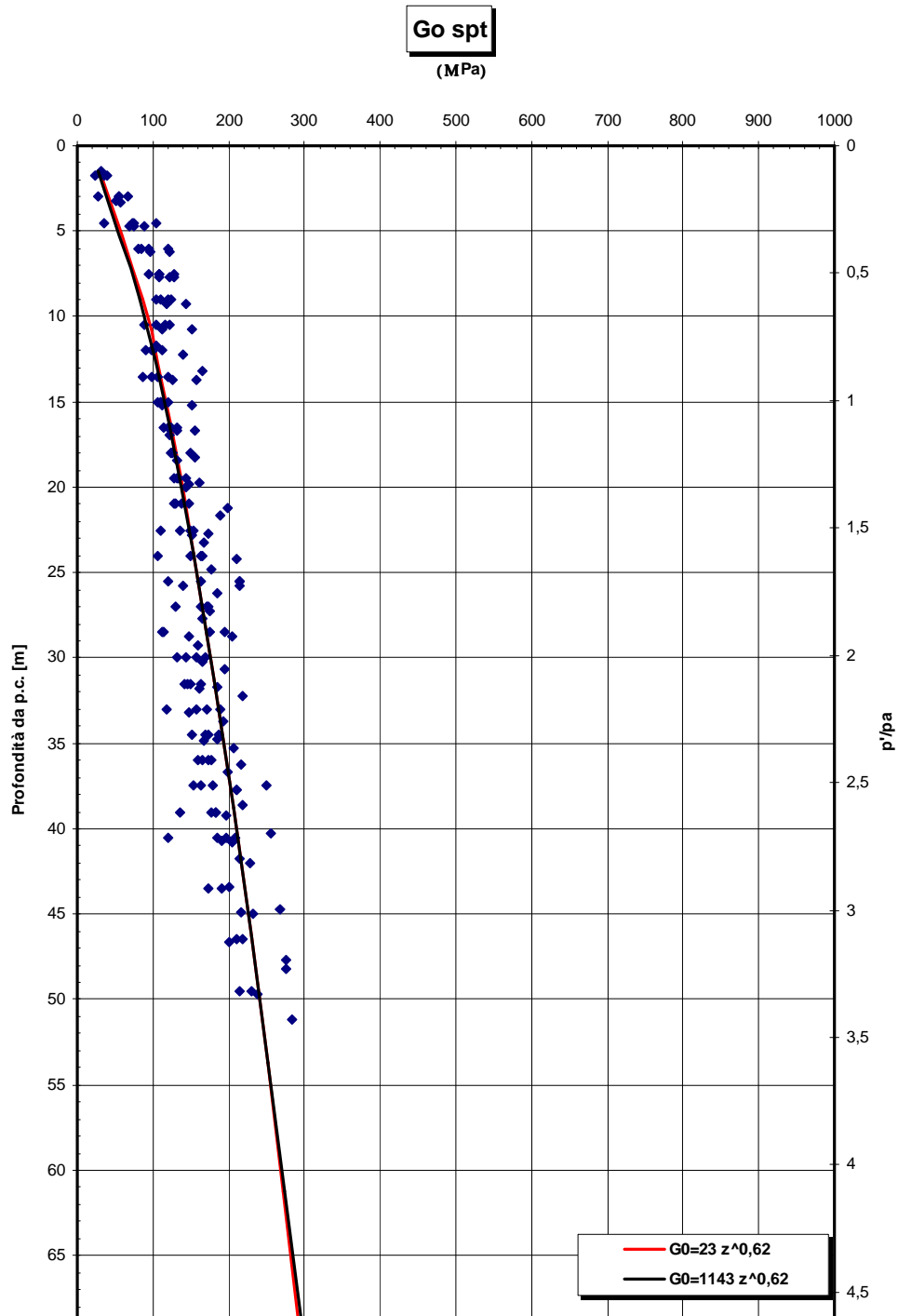


Figura 409

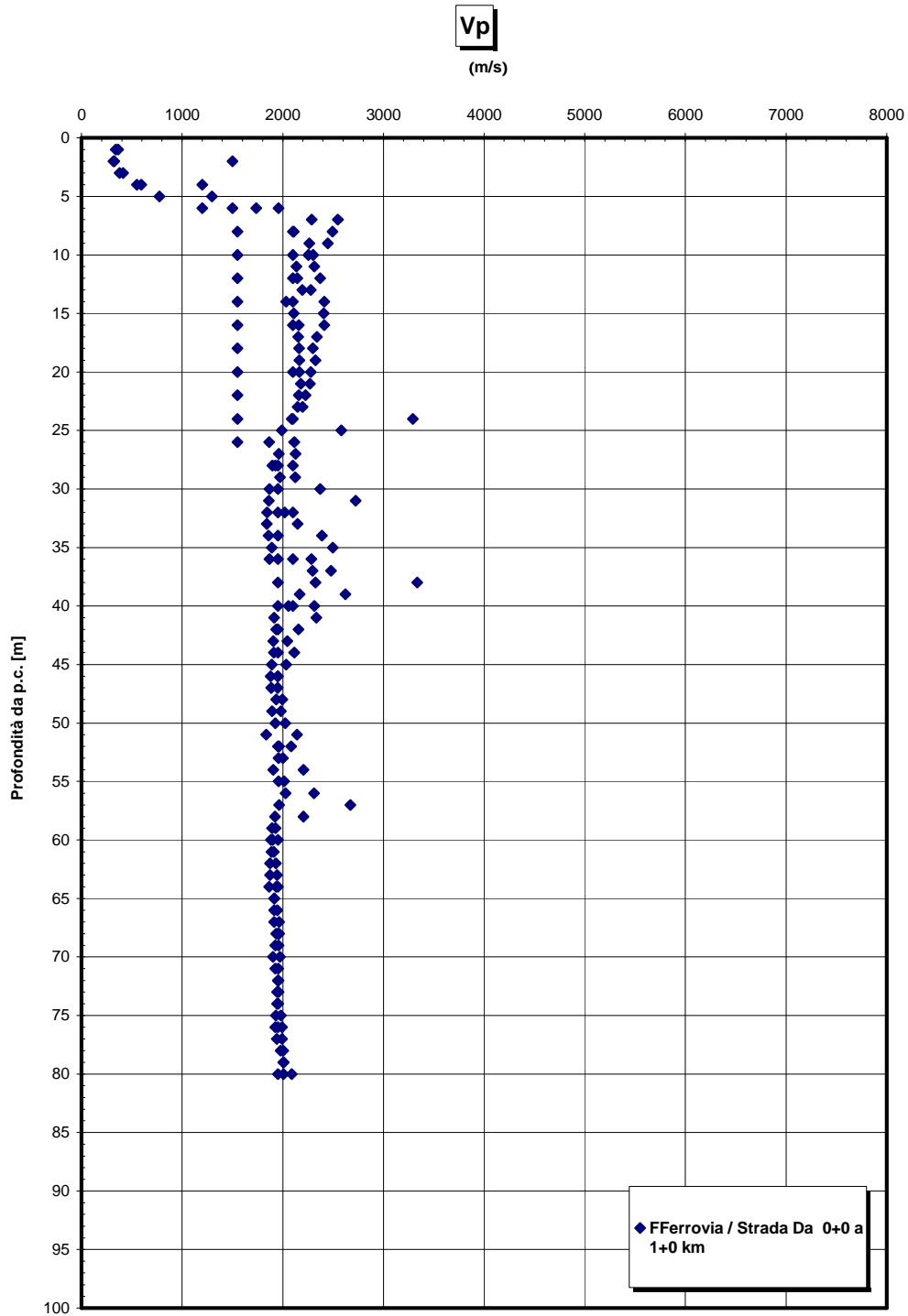


Figura 410

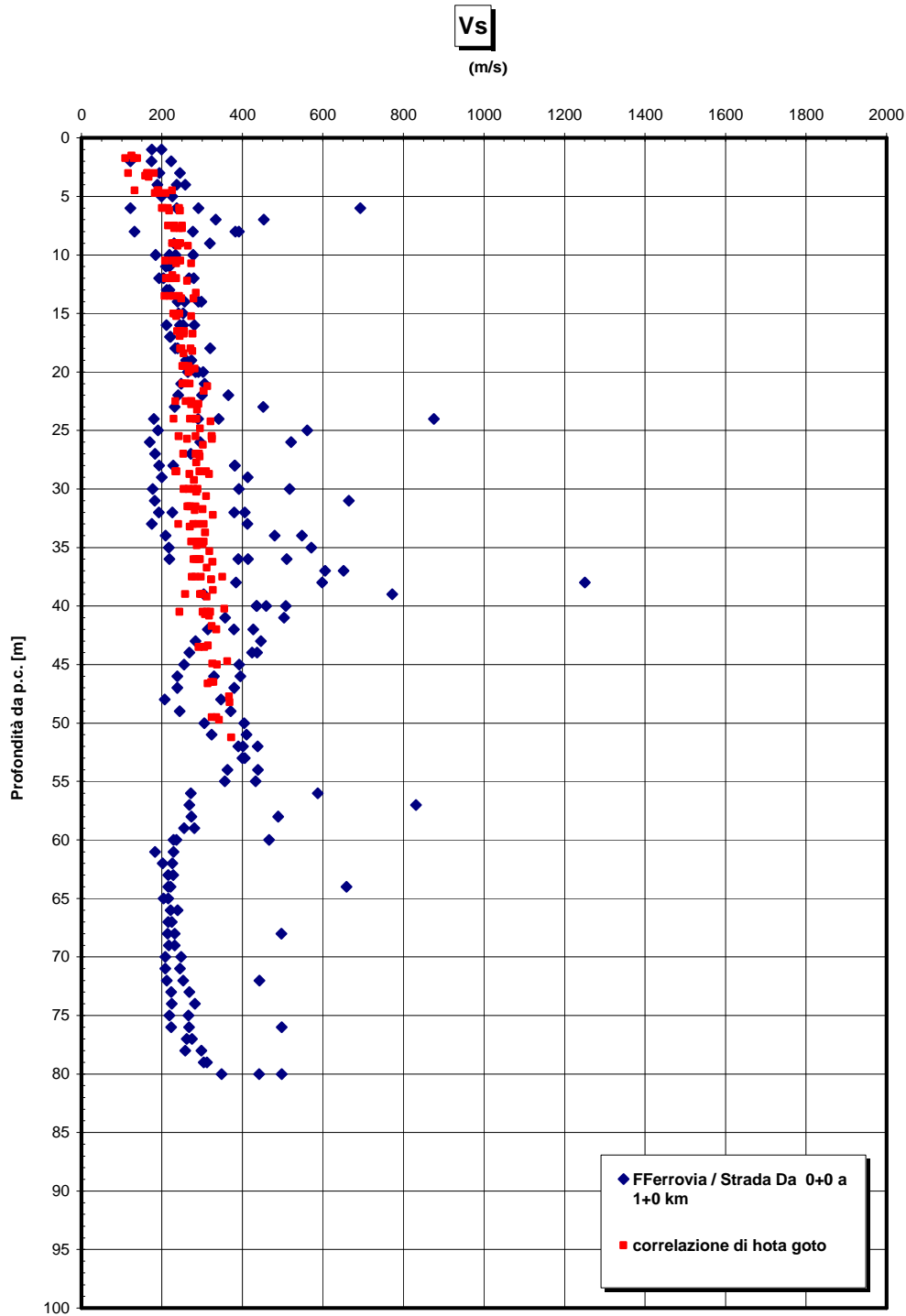


Figura 411

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

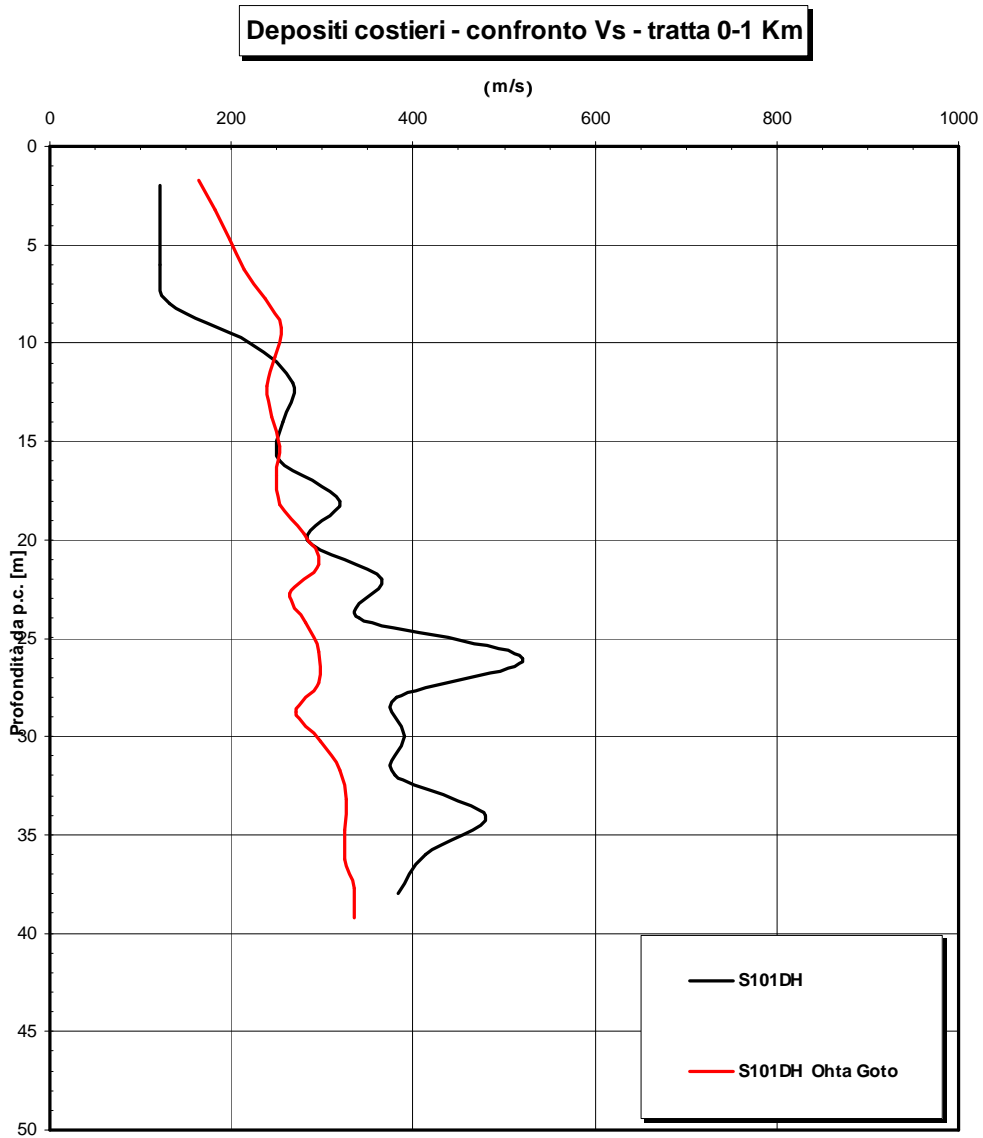


Figura 412

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

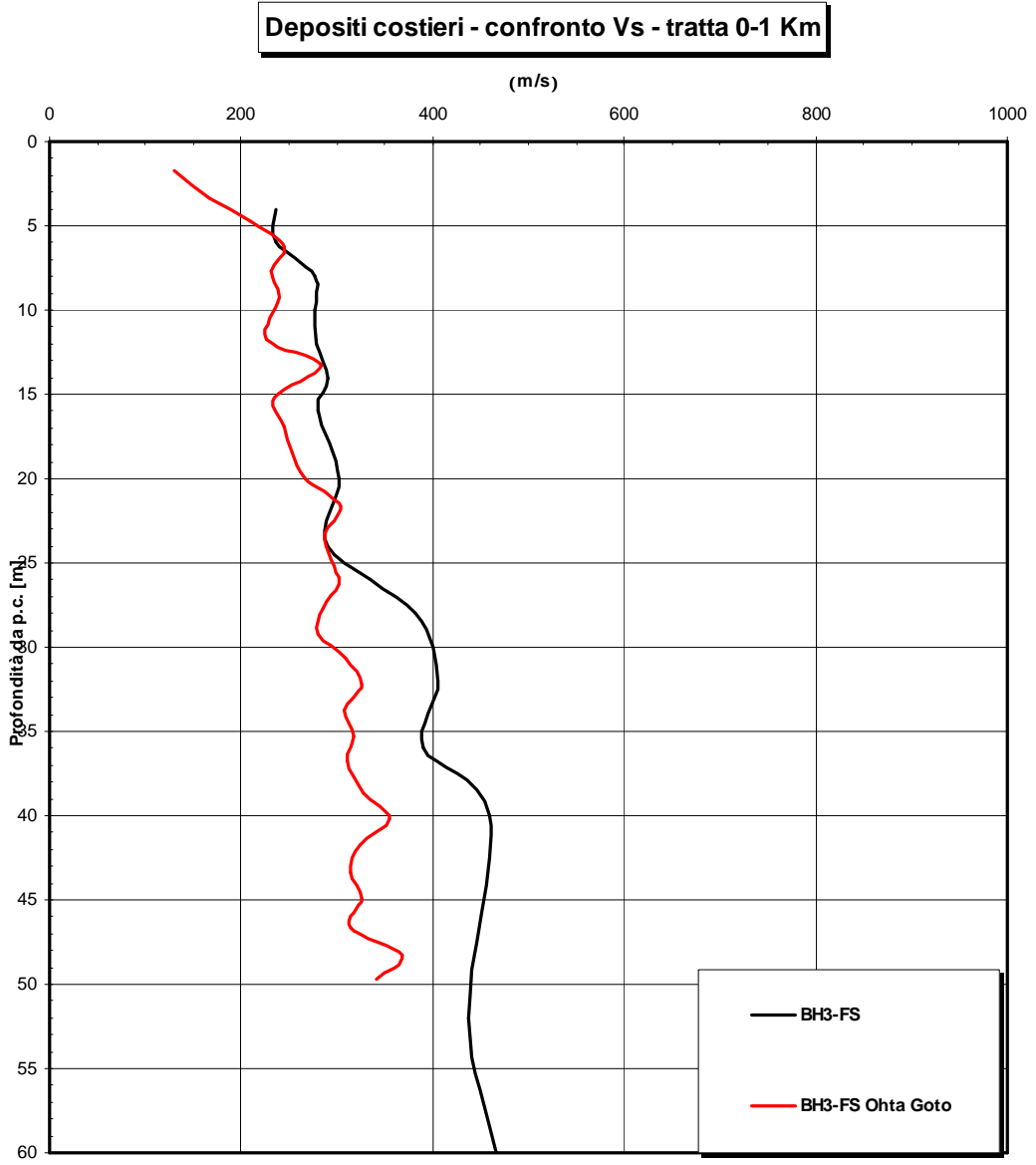


Figura 413

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Depositi costieri - confronto Vs - tratta 0-1 Km

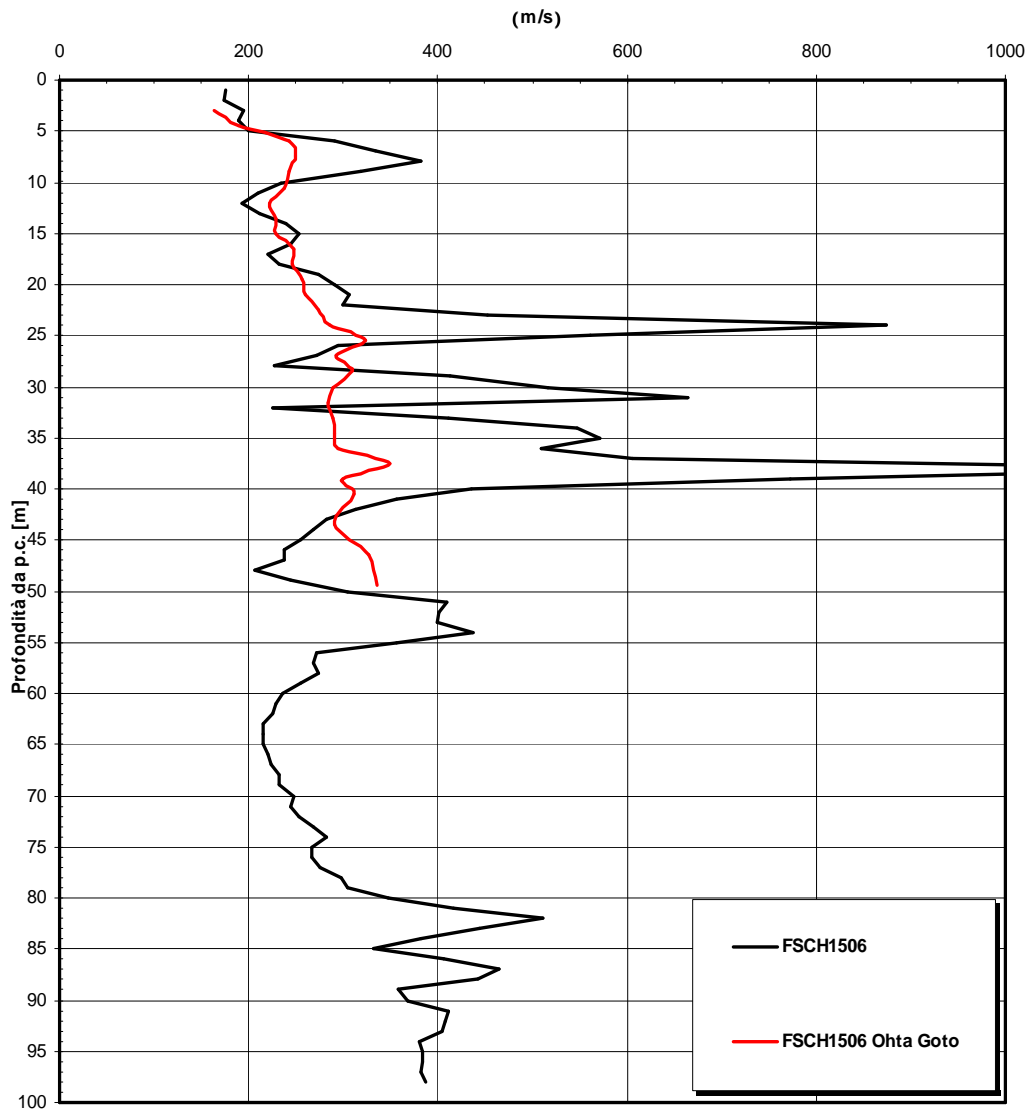


Figura 414

FONDAZIONE- Go SISMICHE

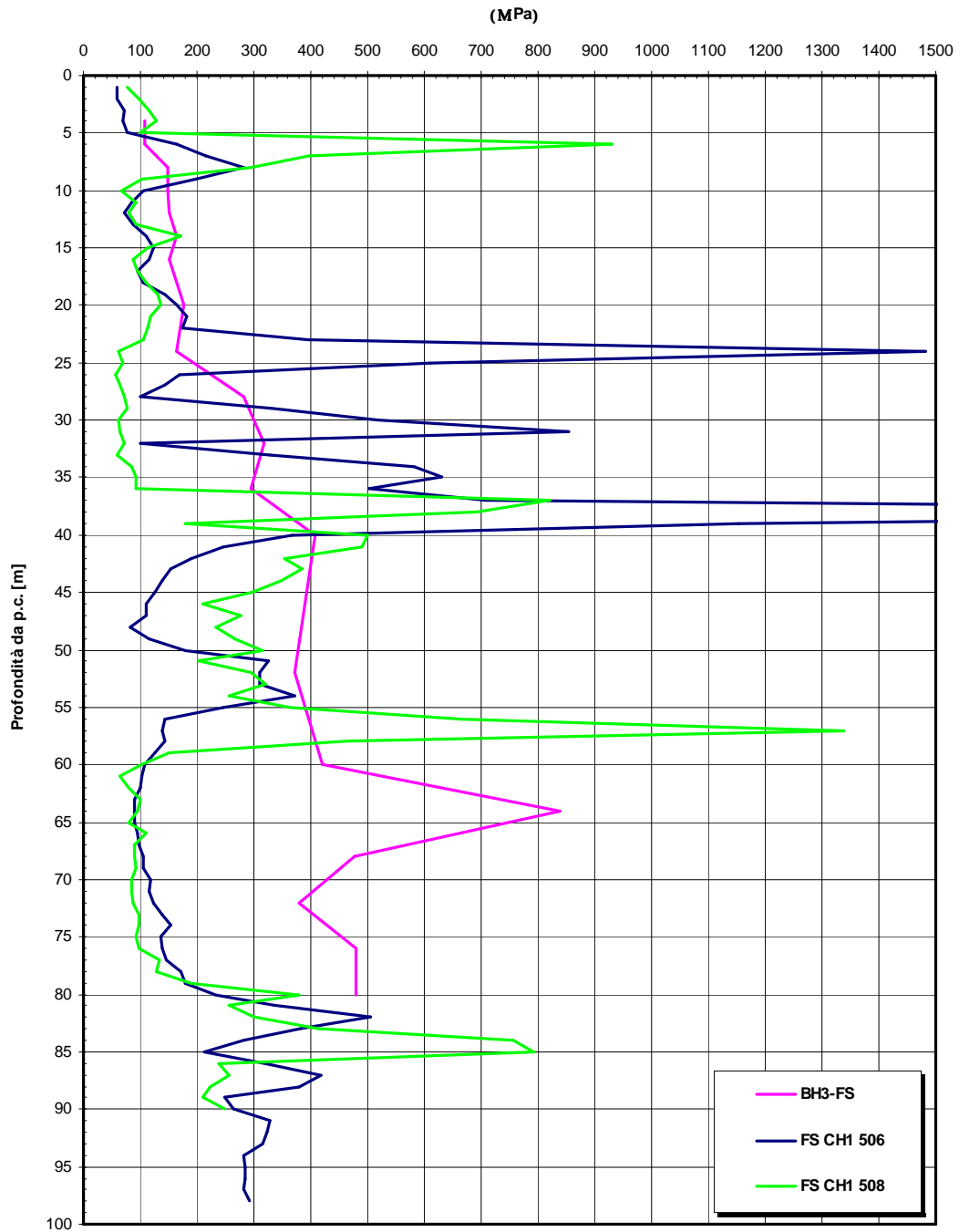


Figura 415 - G0 da Vs misurate in prove sismiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

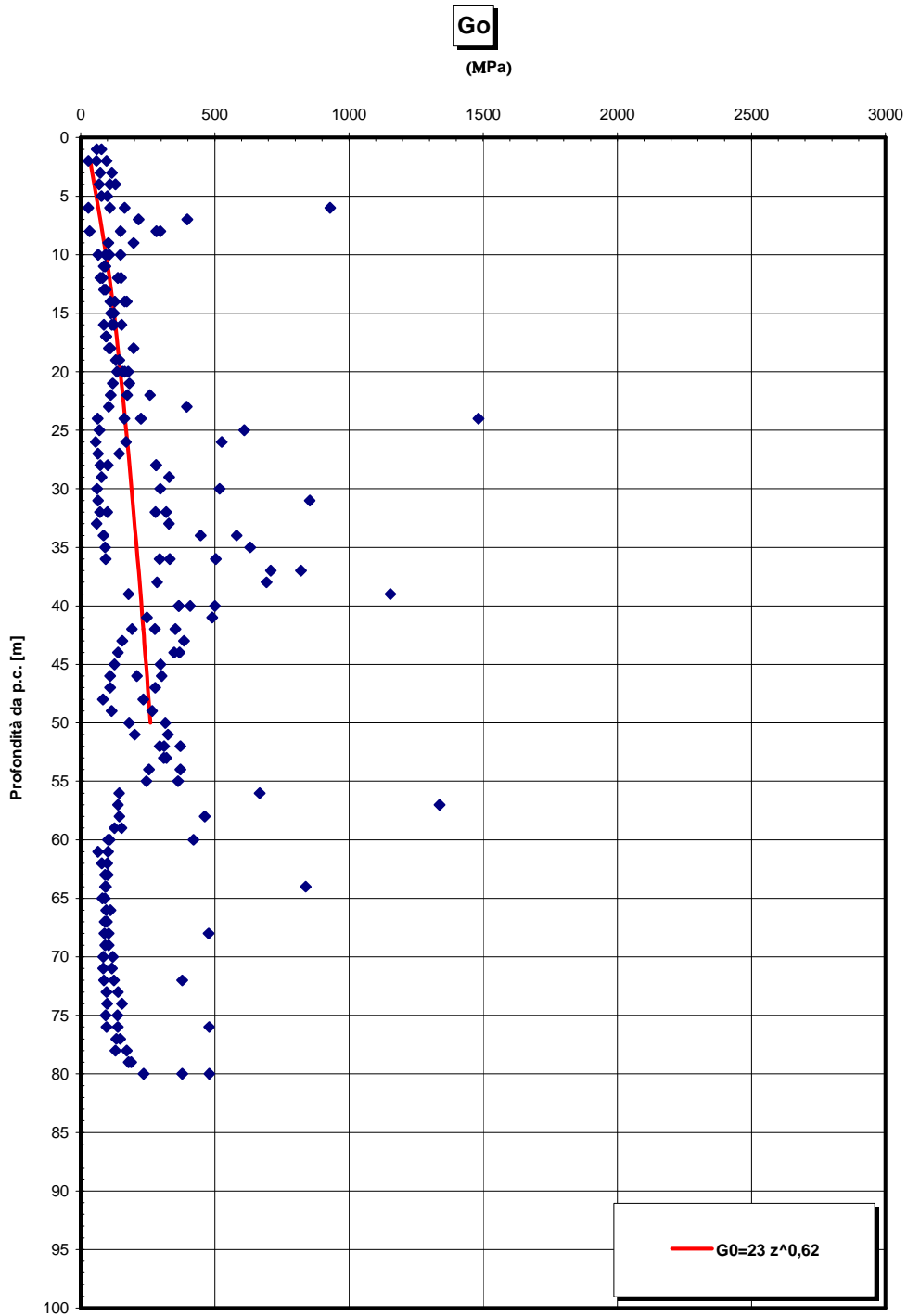


Figura 416

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

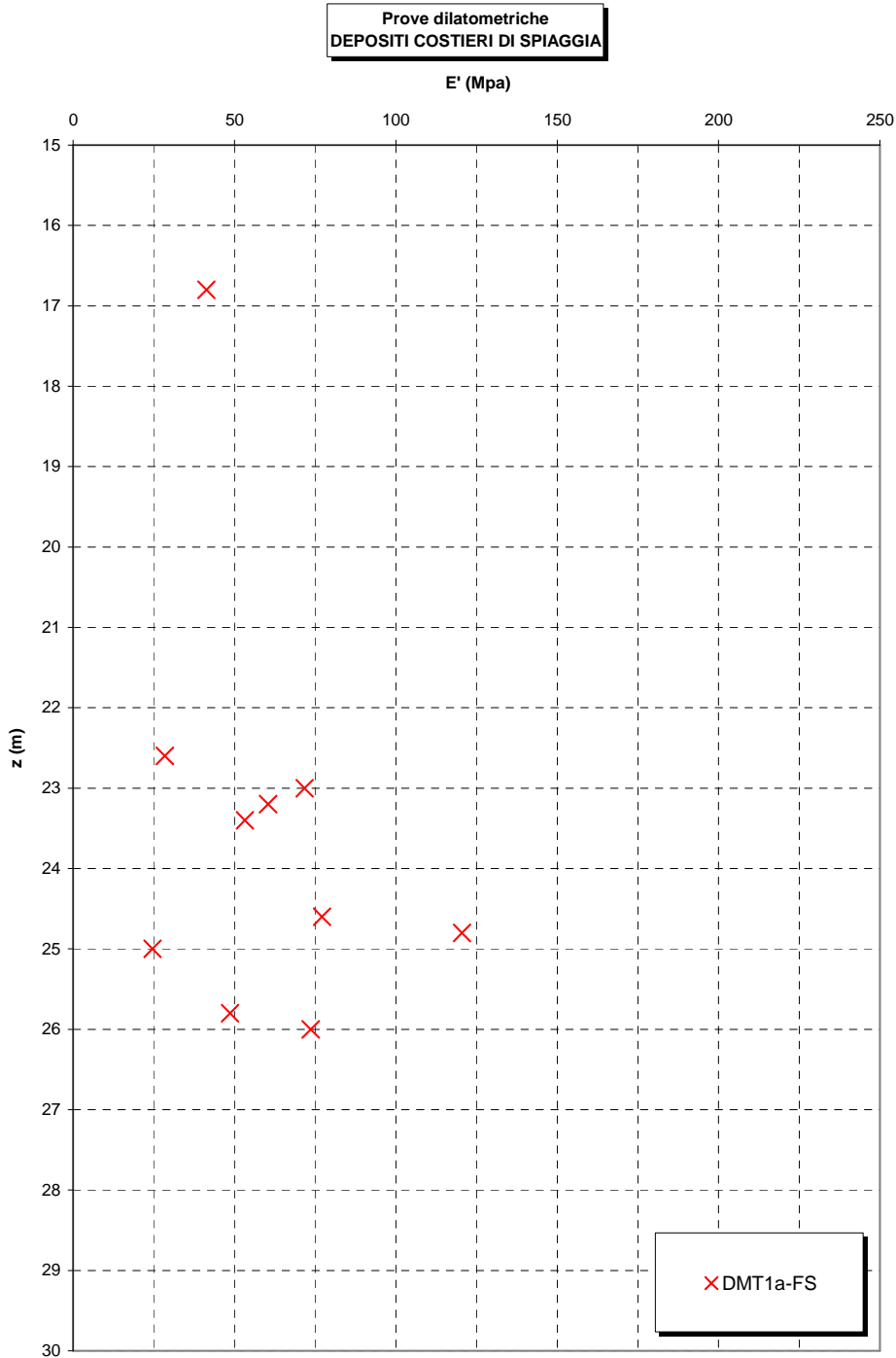


Figura 417

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

5.4.2 Viadotto Pantano

Viadotto Pantano e Opera terminale - Depositi costieri di spiaggia

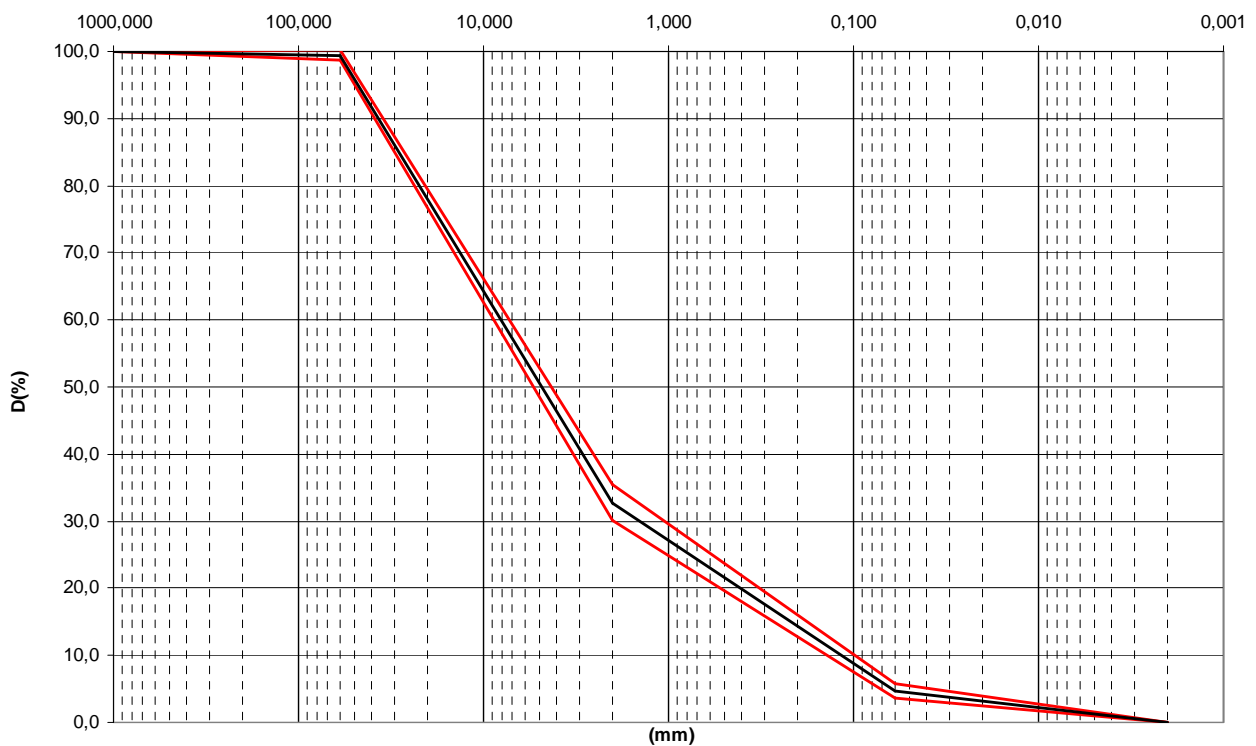


Figura 418

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Fondazione - Depositi costieri - Analisi granulometriche - % sabbia e % ghiaia

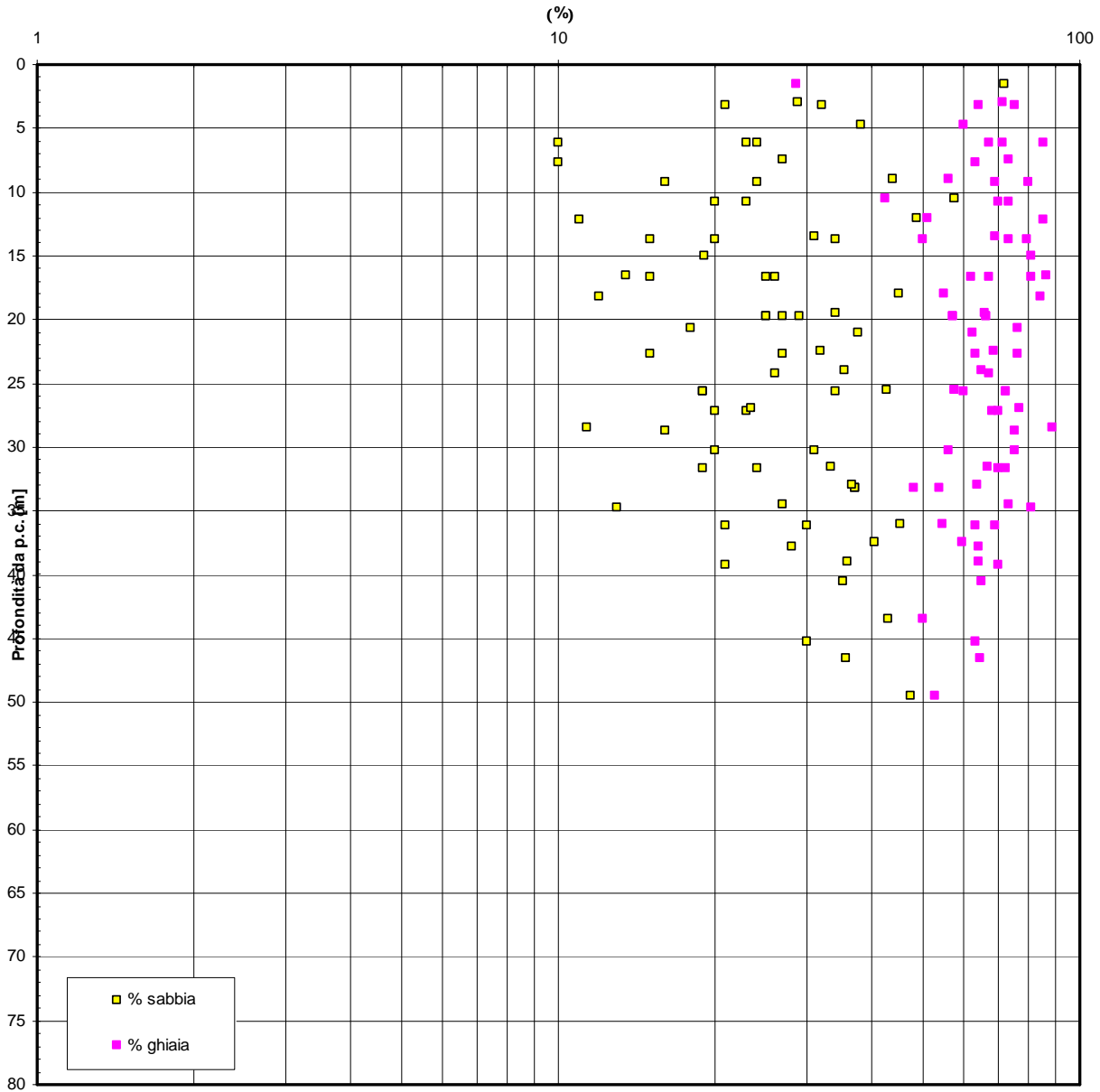


Figura 419 – riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Viadotto Pantano ed Opera terminale - Depositi costieri- d50(mm)

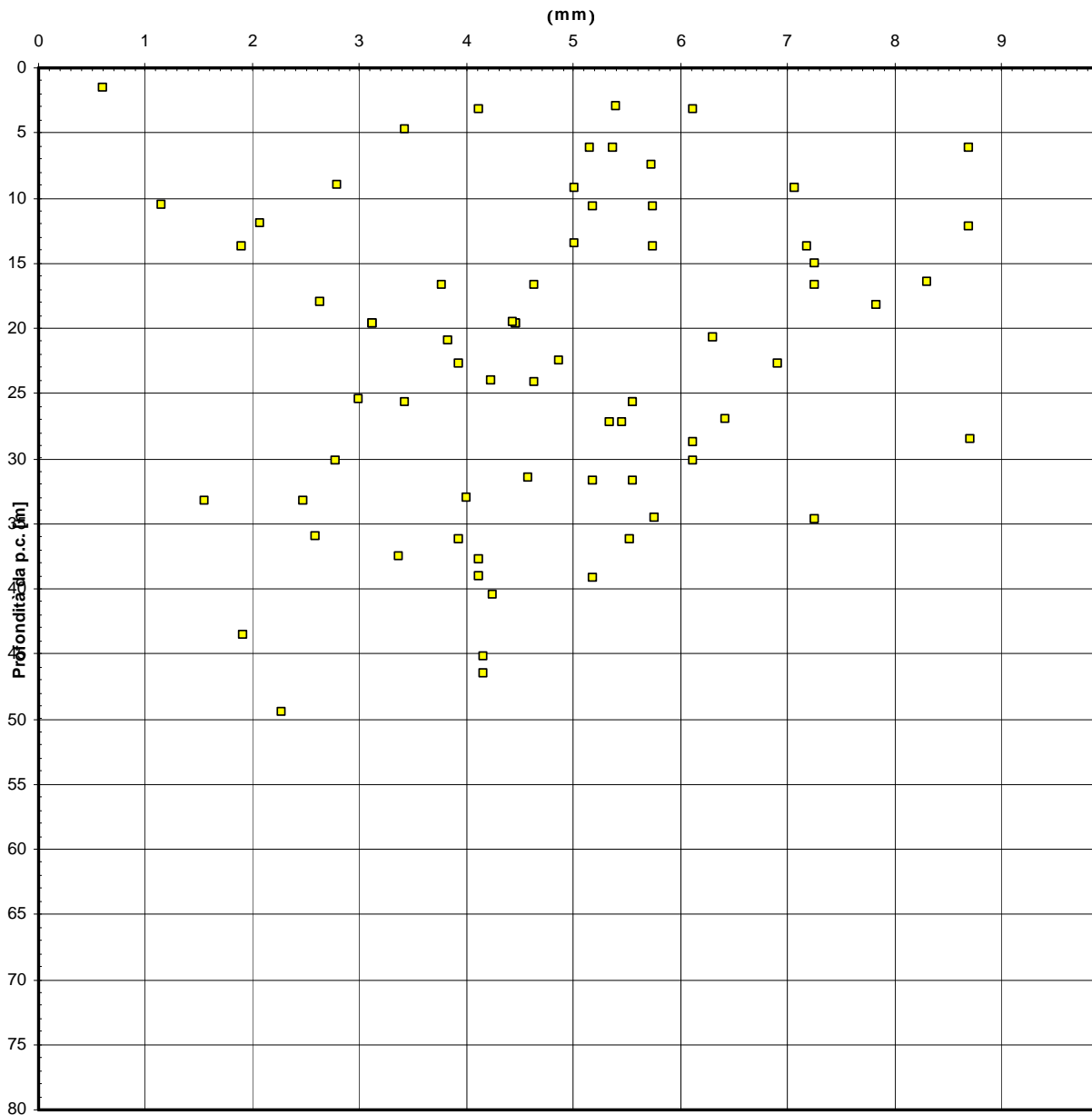


Figura 420– riepilogo generale

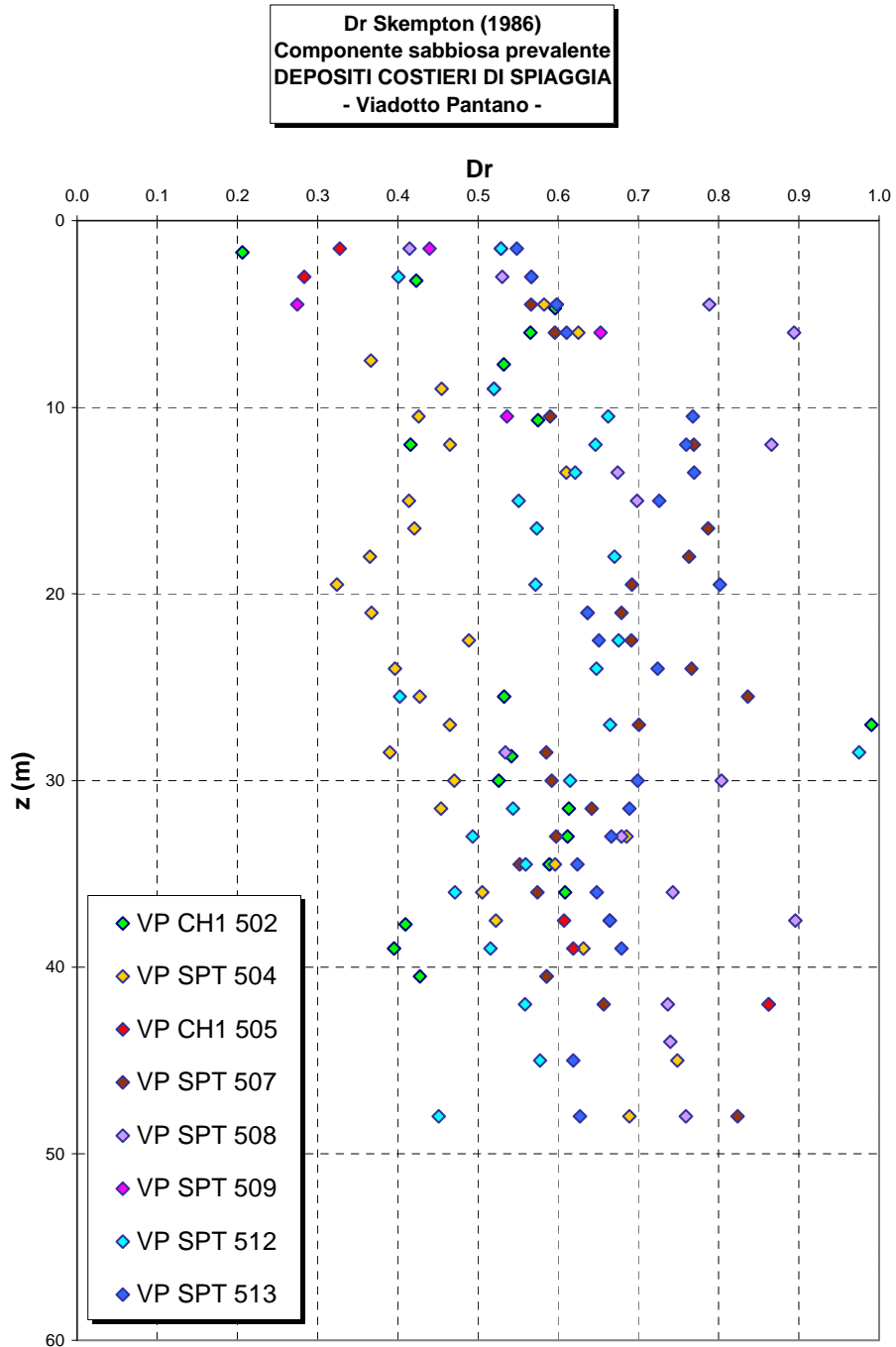


Figura 421 – Viadotto Pantano– riepilogo generale

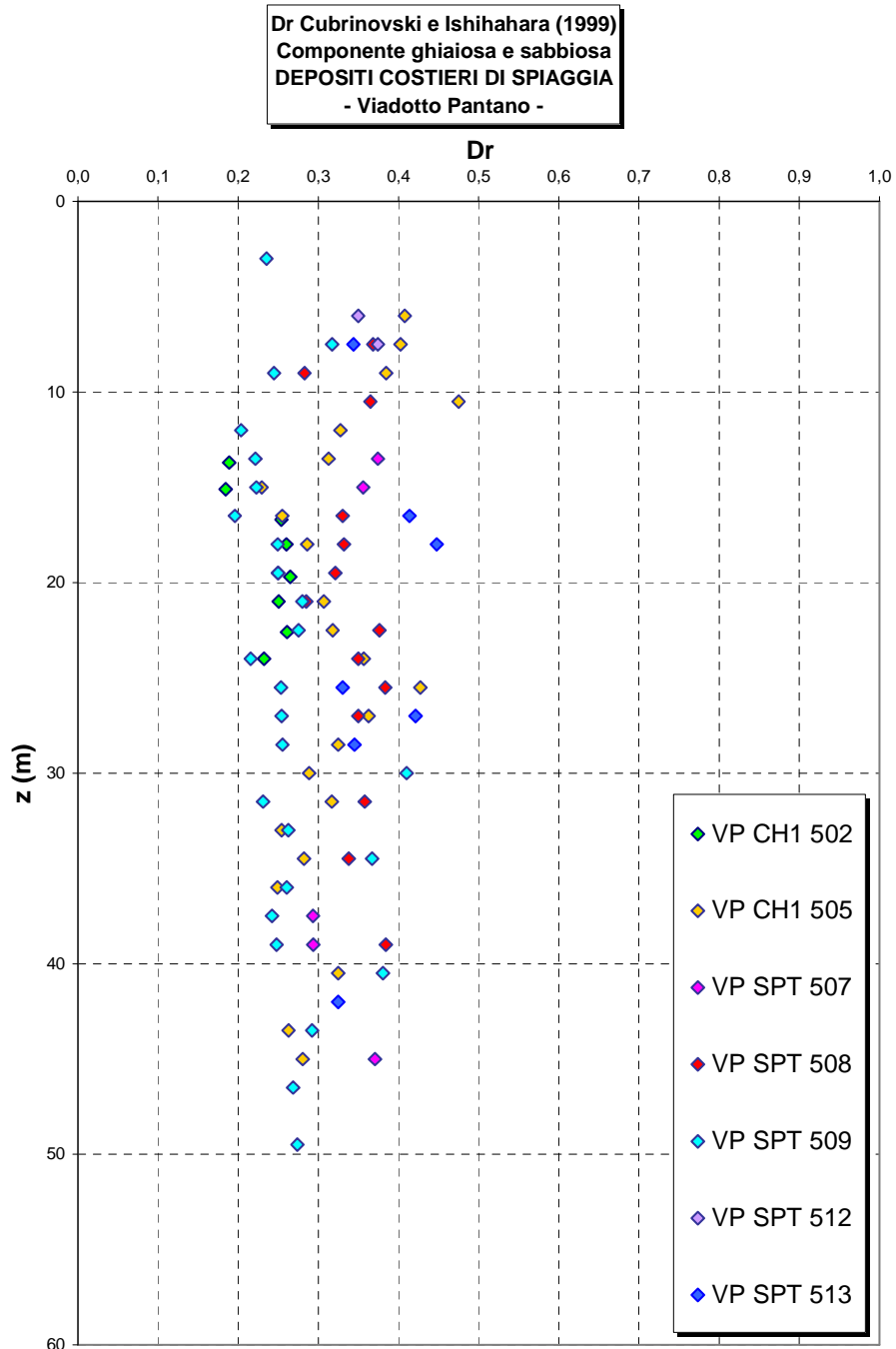


Figura 422– Viadotto Pantano– riepilogo generale

eo

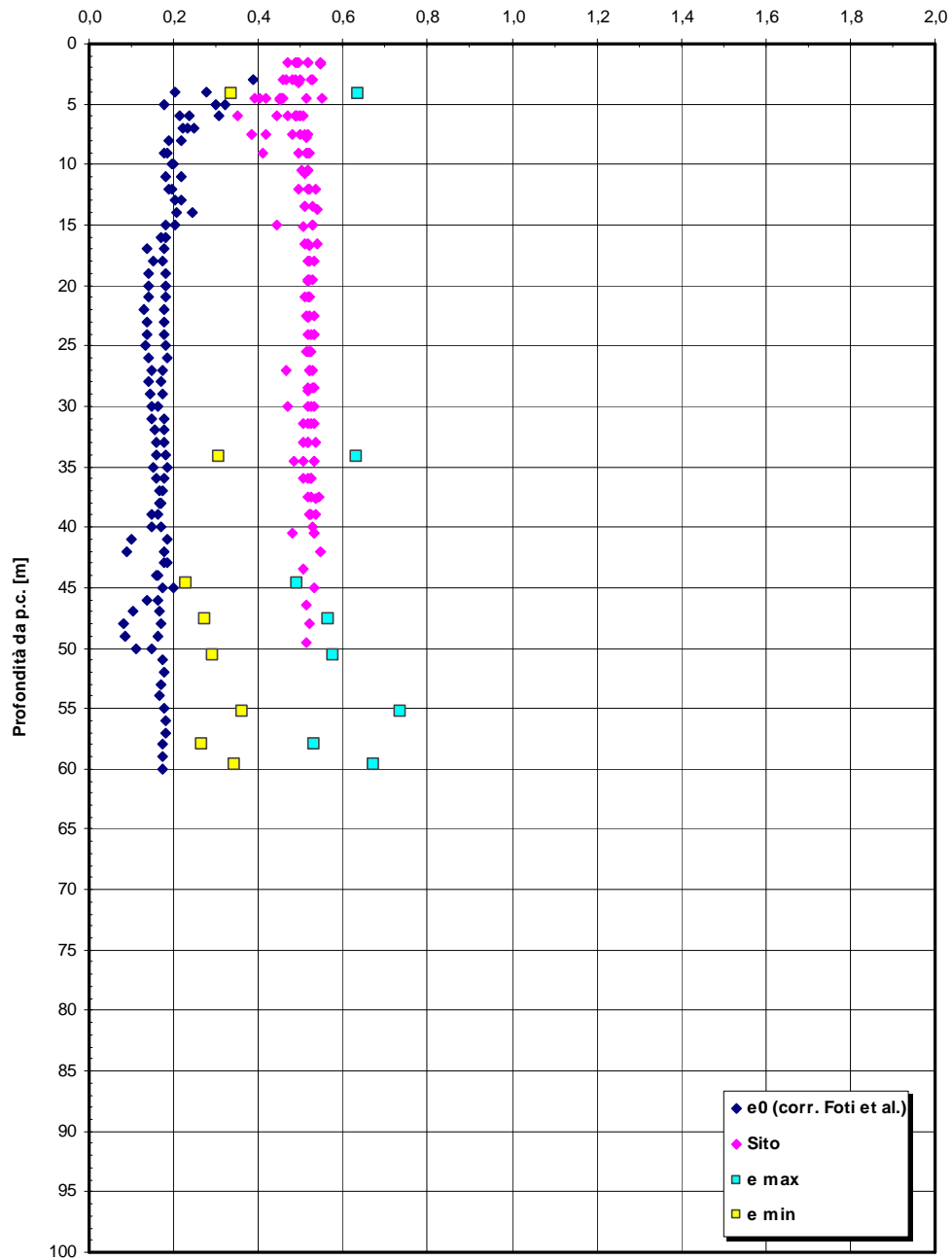


Figura 423– Viadotto Pantano– riepilogo generale

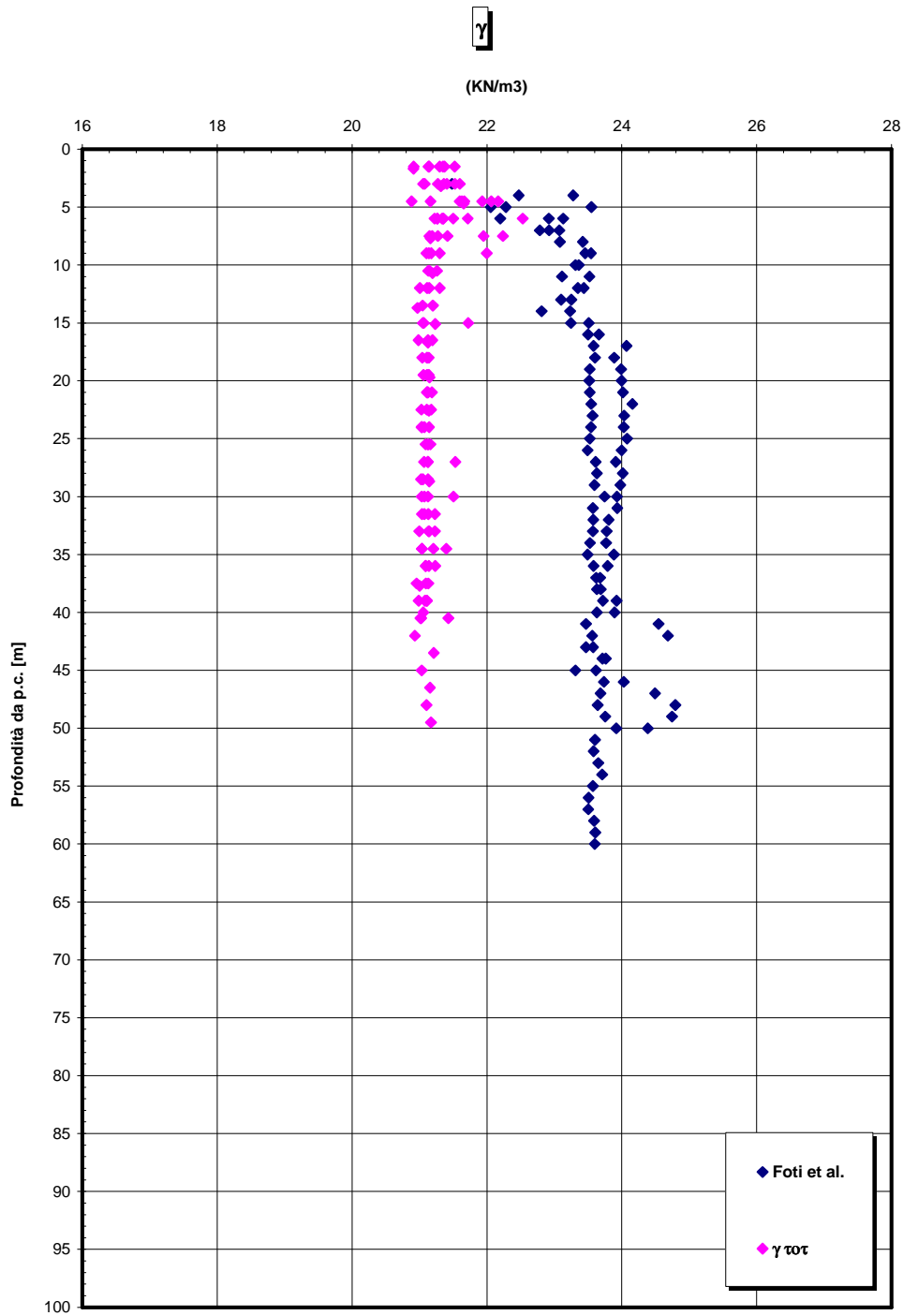


Figura 424– Viadotto Pantano– riepilogo generale

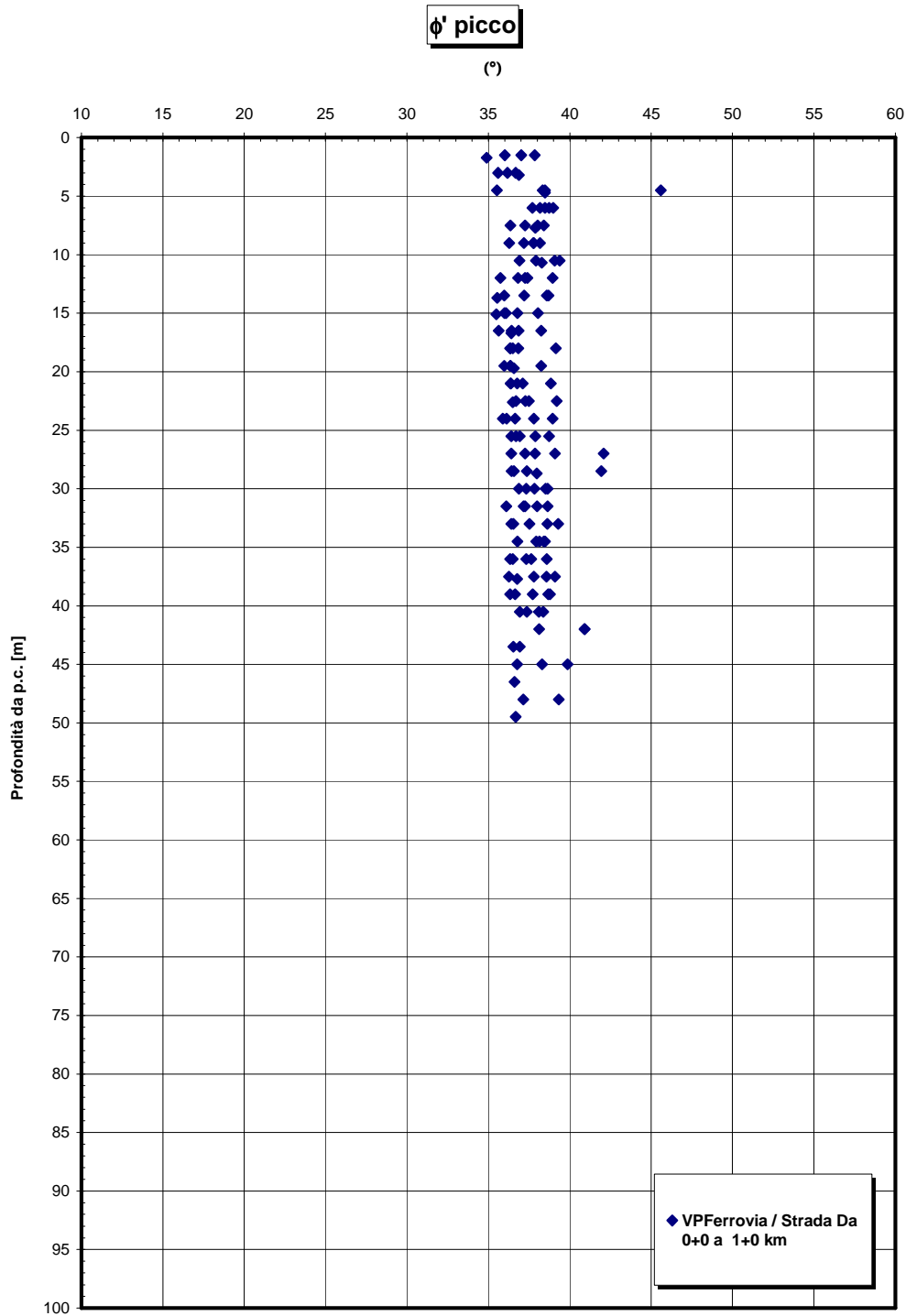


Figura 425– Viadotto Pantano– riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

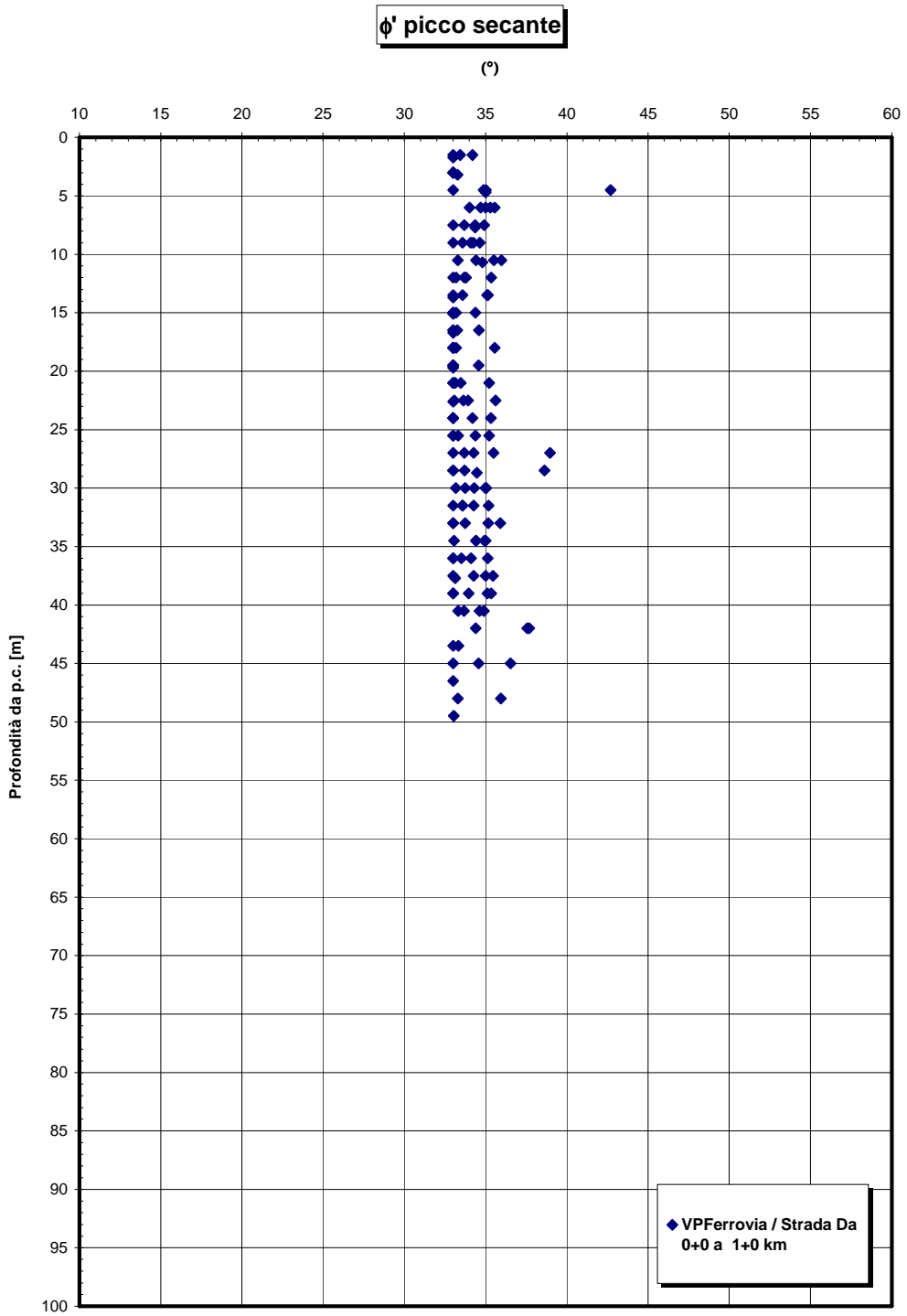


Figura 426– Viadotto Pantano– riepilogo generale

Depositi costieri - confronto Vs - tratta 0-1 Km

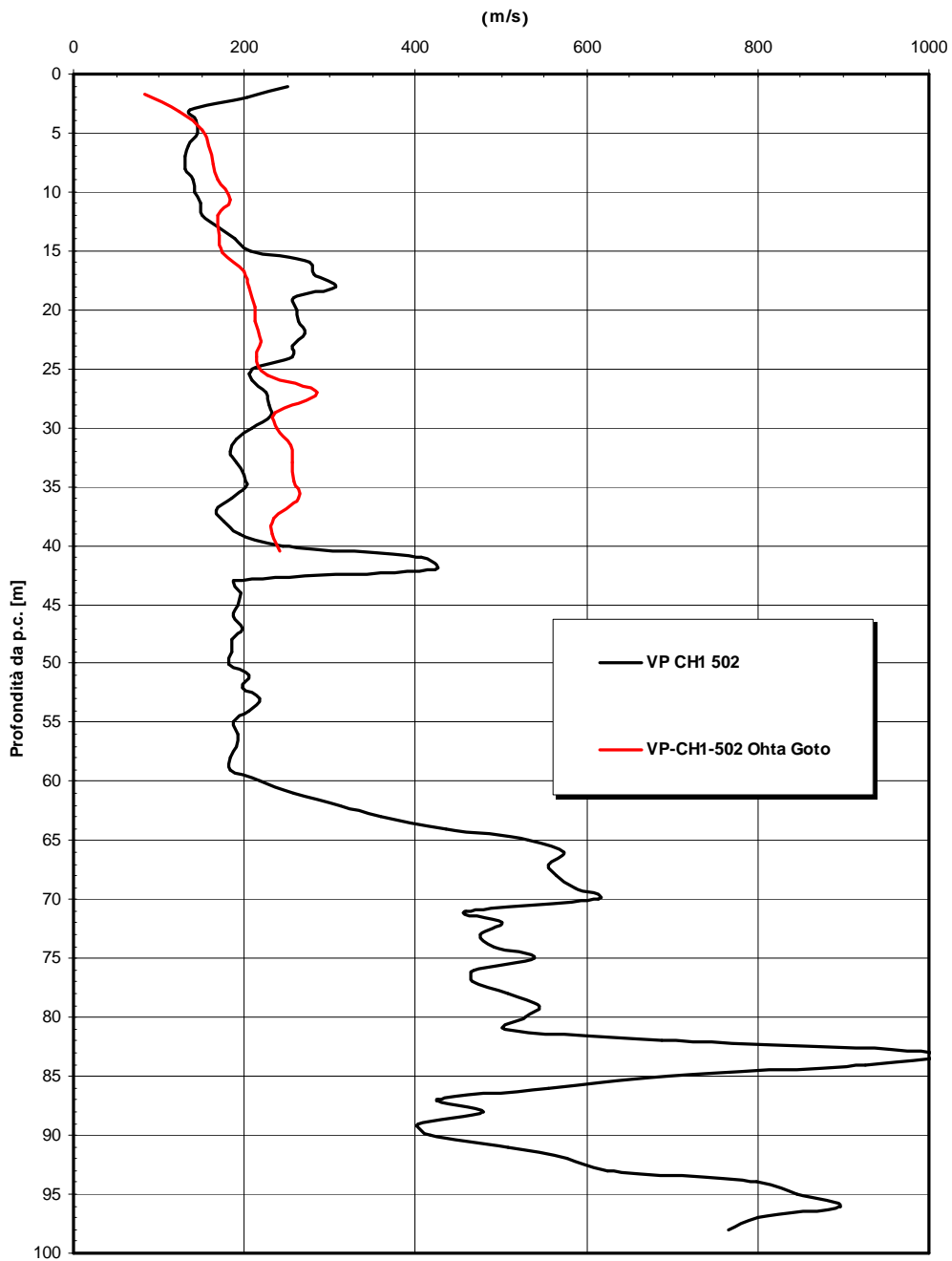


Figura 427– Viadotto Pantano

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Depositi costieri - confronto Vs - tratta 0-1 Km

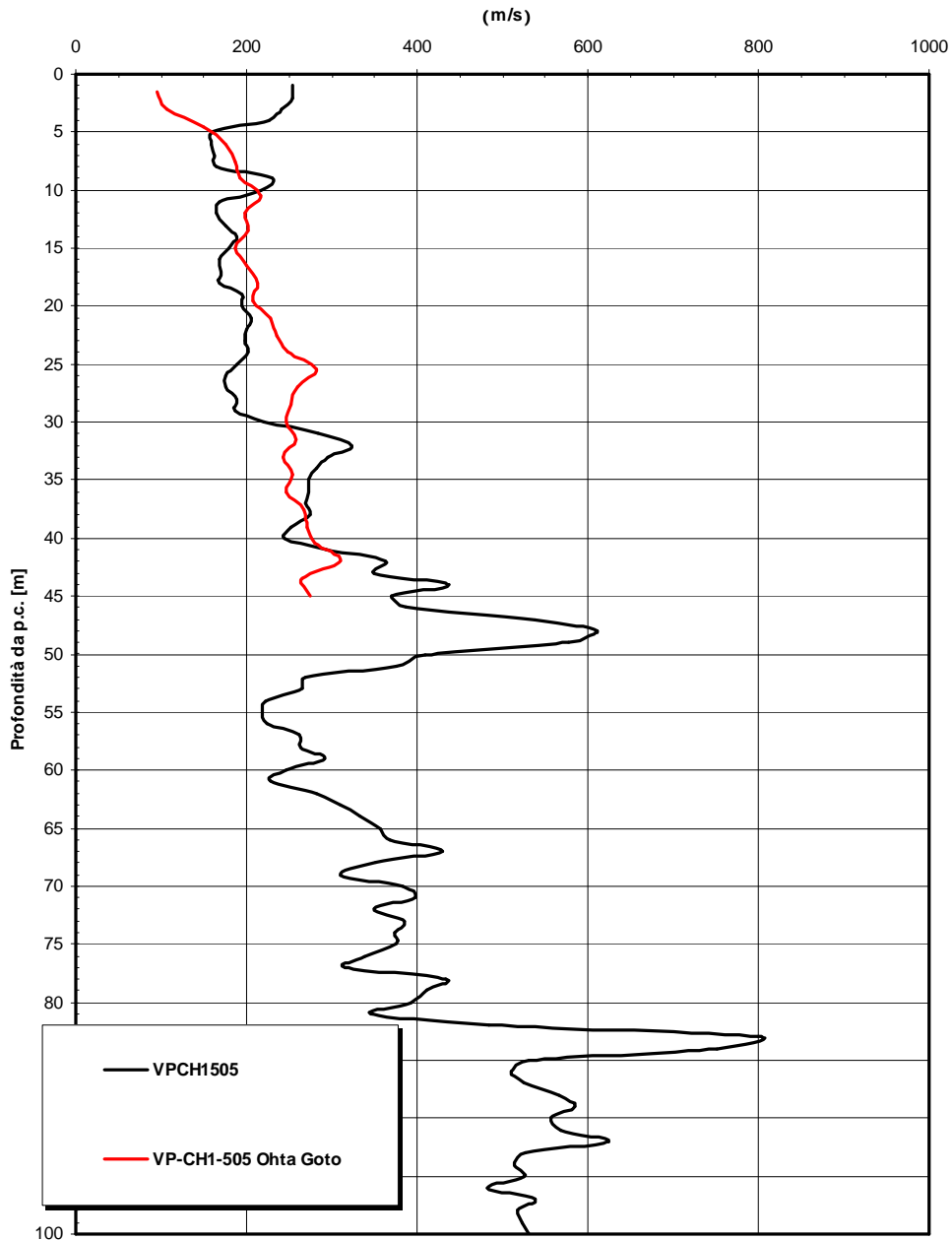


Figura 428– Viadotto Pantano

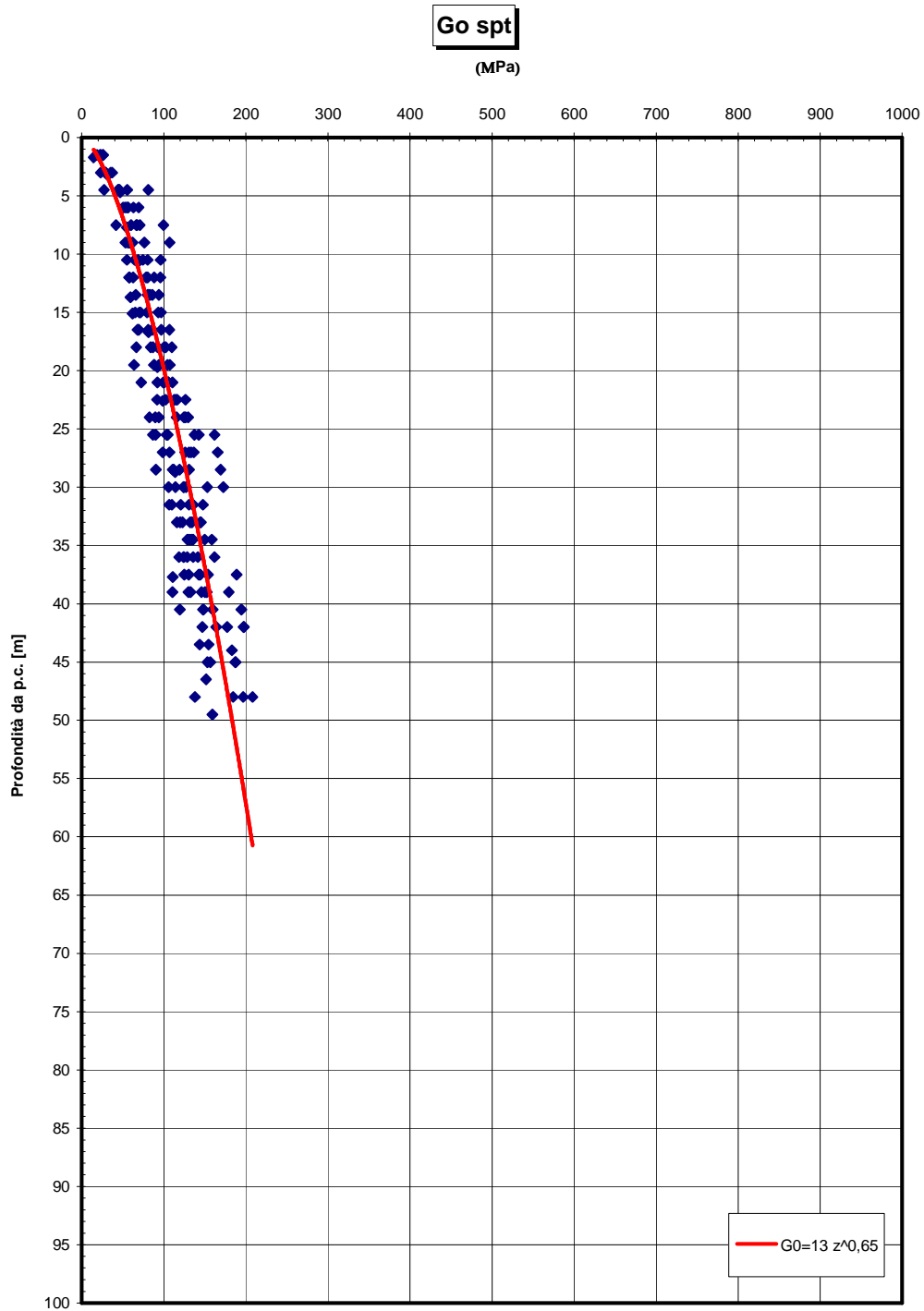


Figura 429– Viadotto Pantano– riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

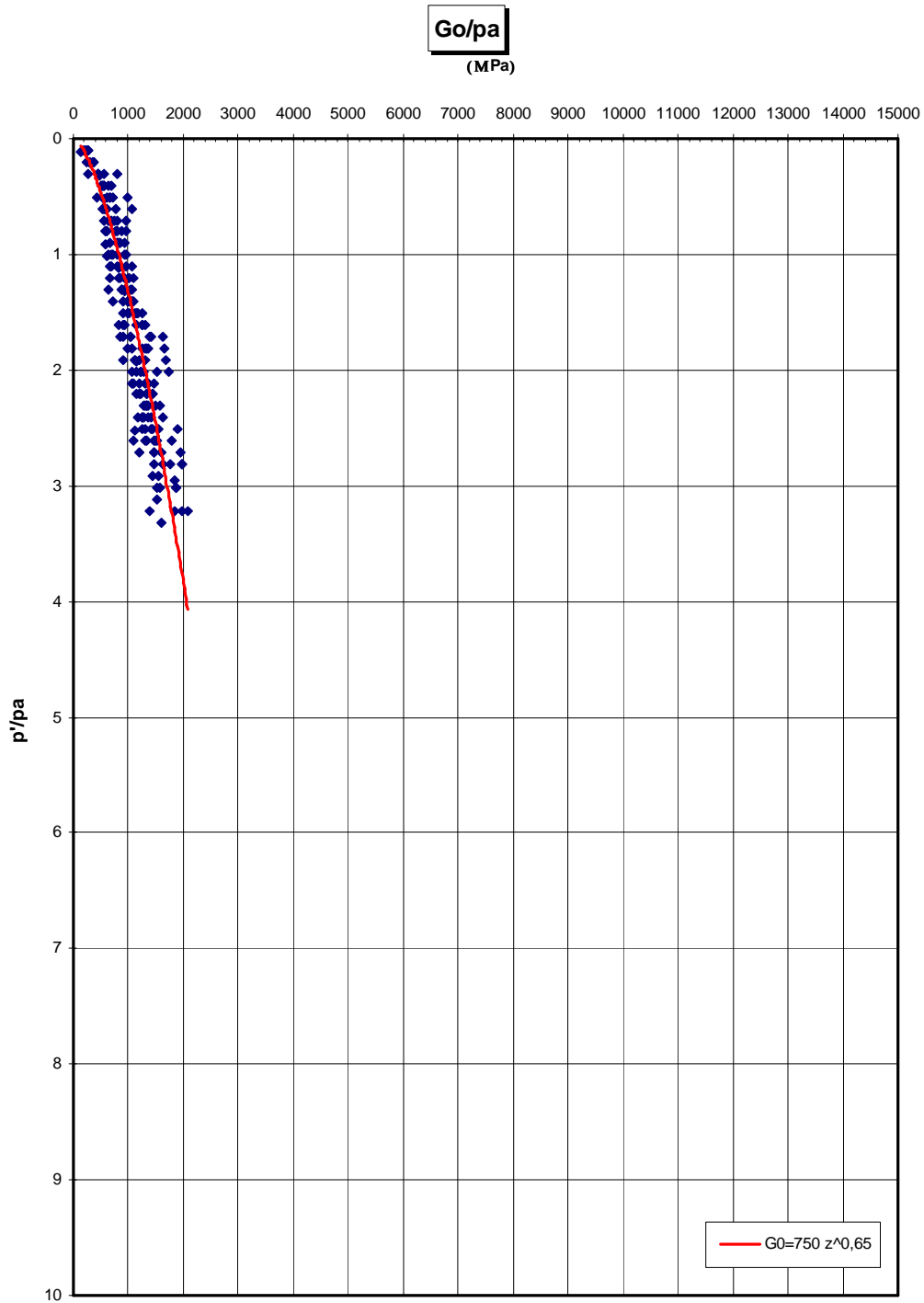


Figura 430– Viadotto Pantano– riepilogo generale

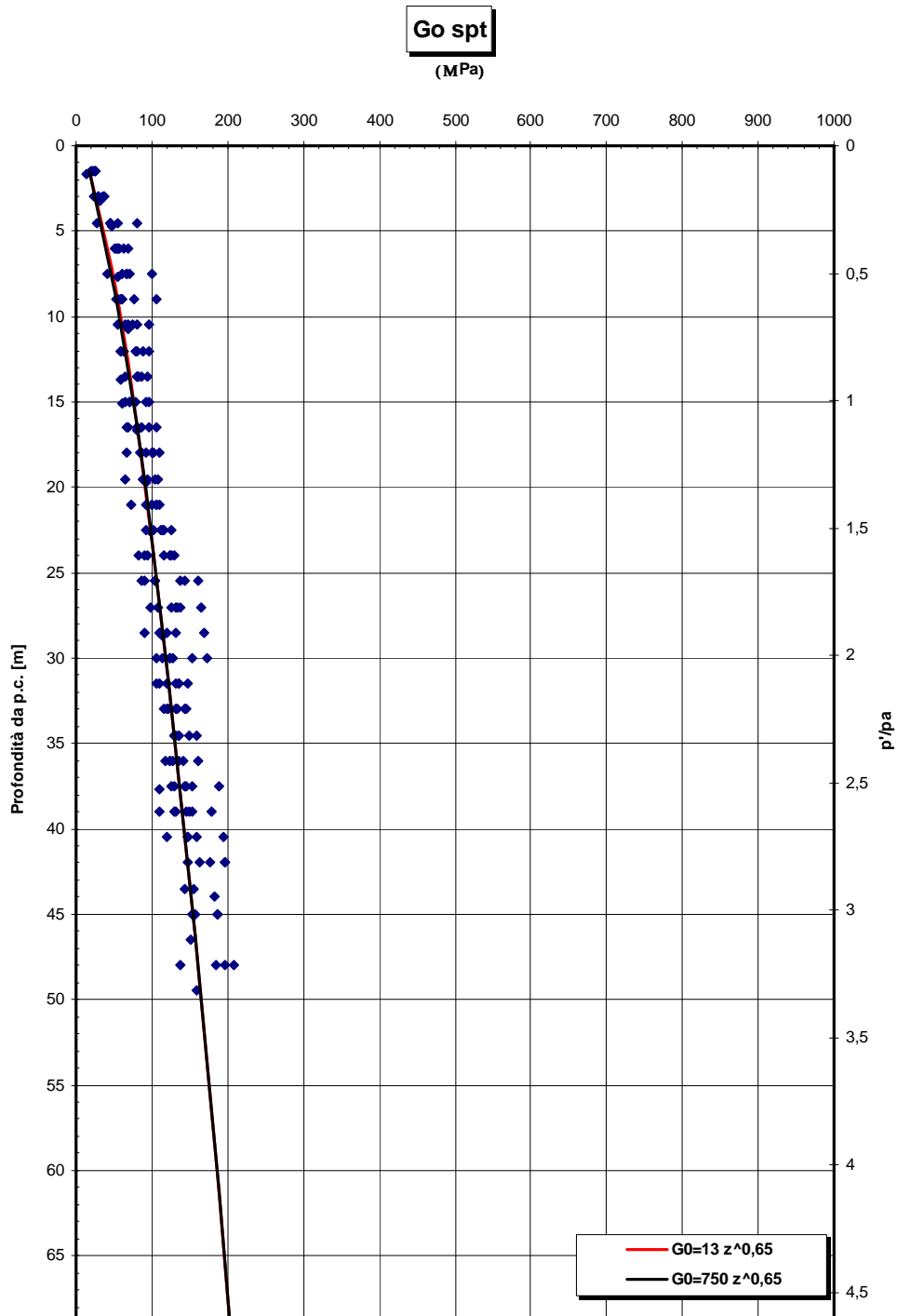


Figura 431– Viadotto Pantano– riepilogo generale

Prove sismiche
VIADOTTO PANTANO

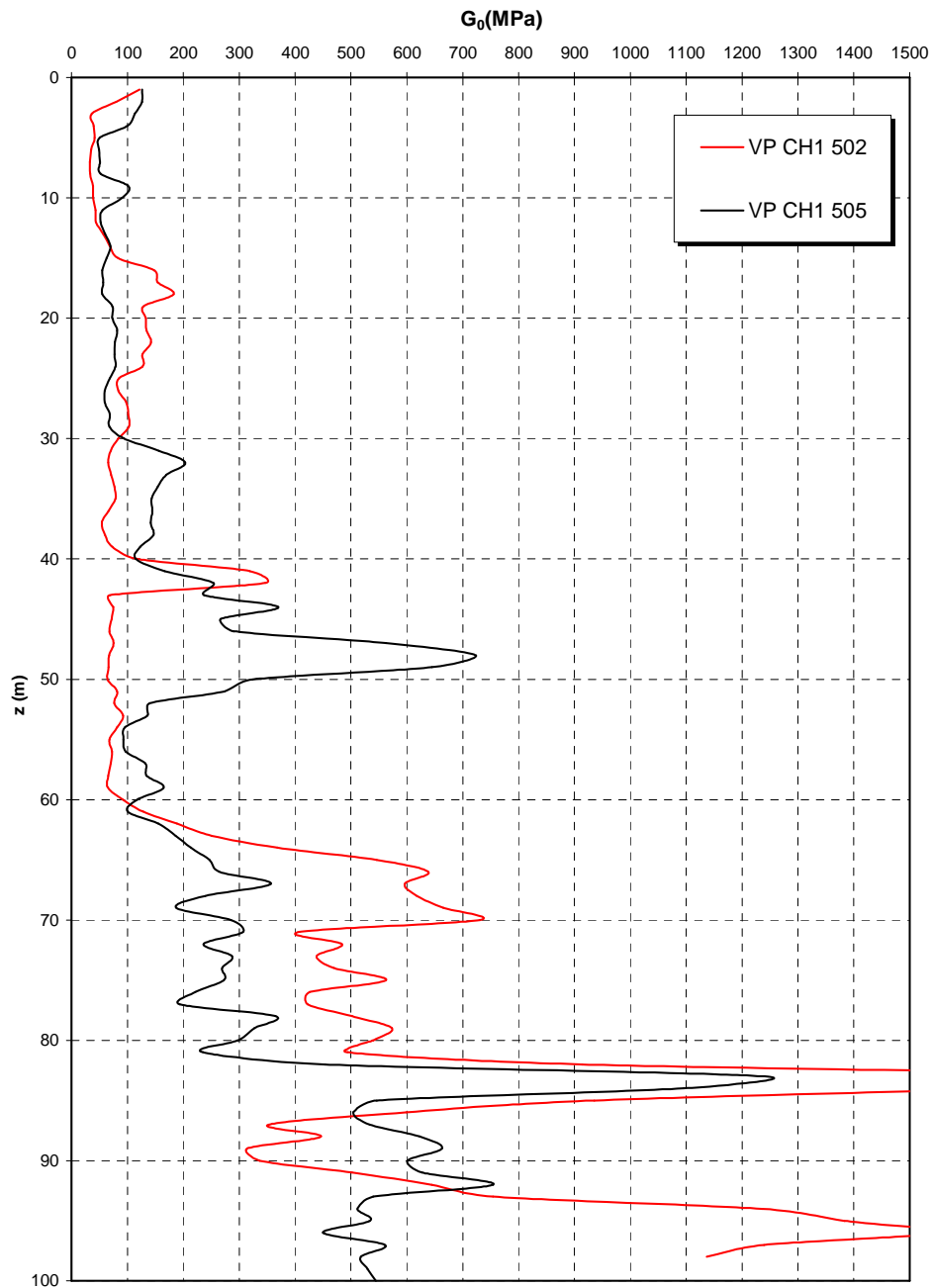


Figura 432– Viadotto Pantano– riepilogo generale

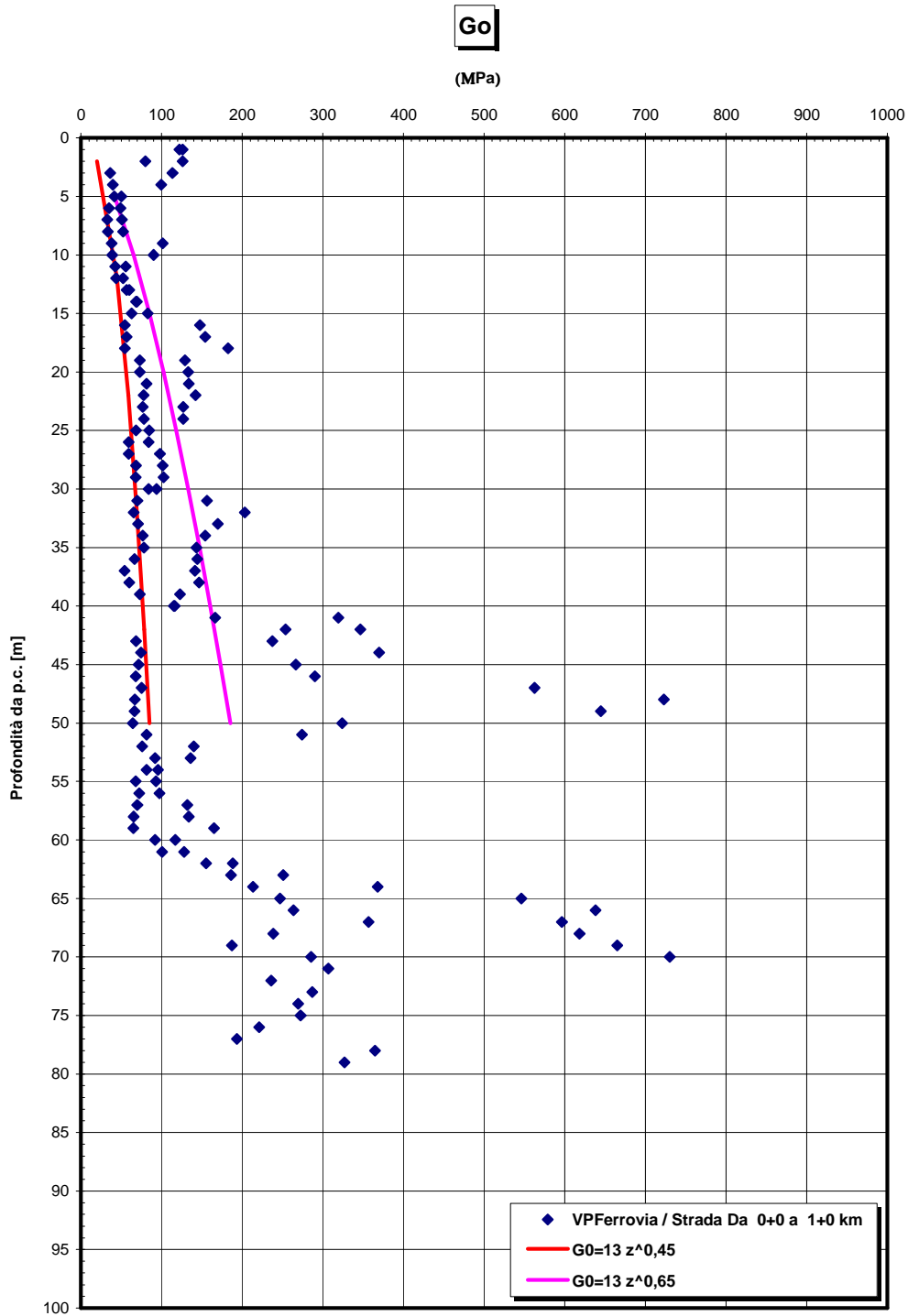


Figura 433 – Viadotto Pantano– riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Viadotto Pantano - PILA 1

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
 Componente ghiaiosa e sabbiosa
DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA
 - Viadotto Pantano_Pila 1-

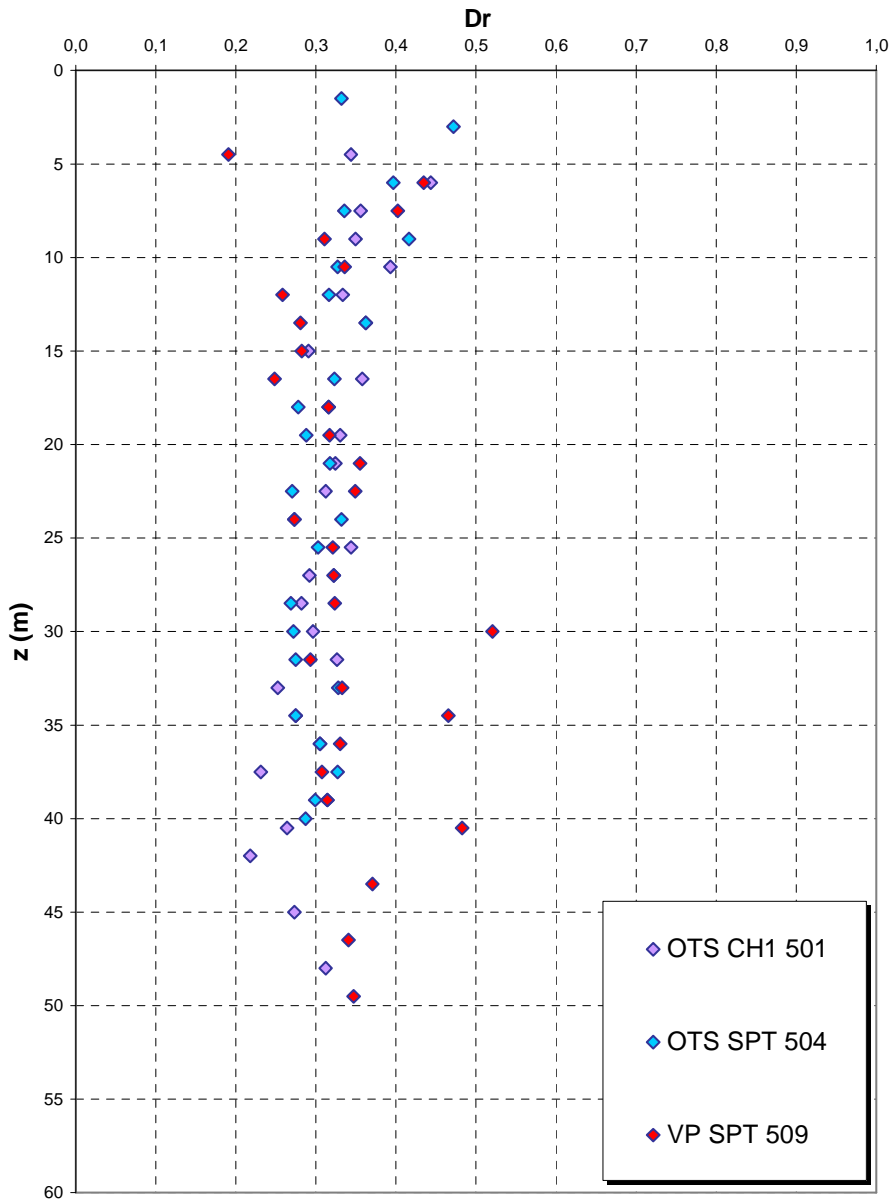


Figura 434

eo

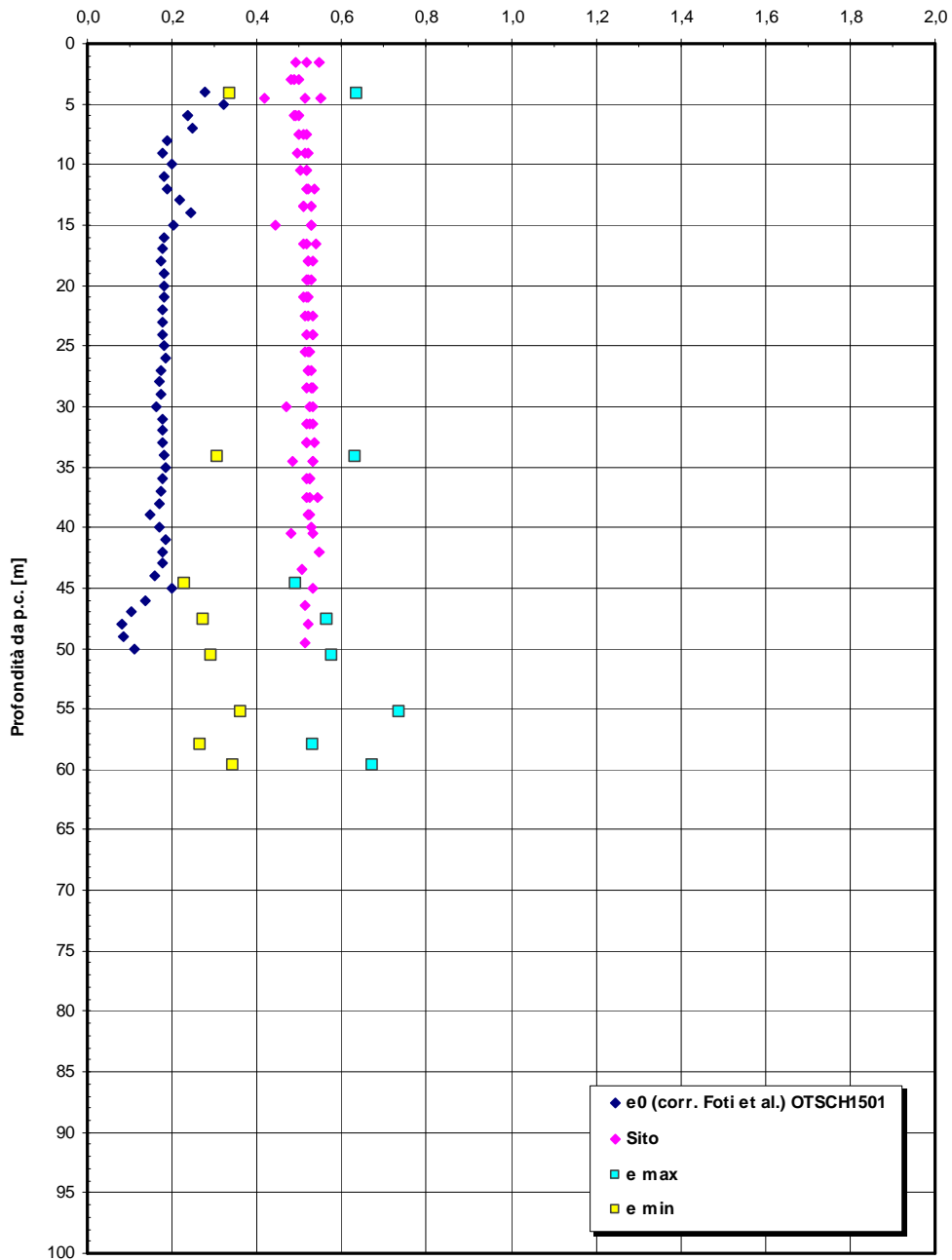


Figura 435– Pila 1

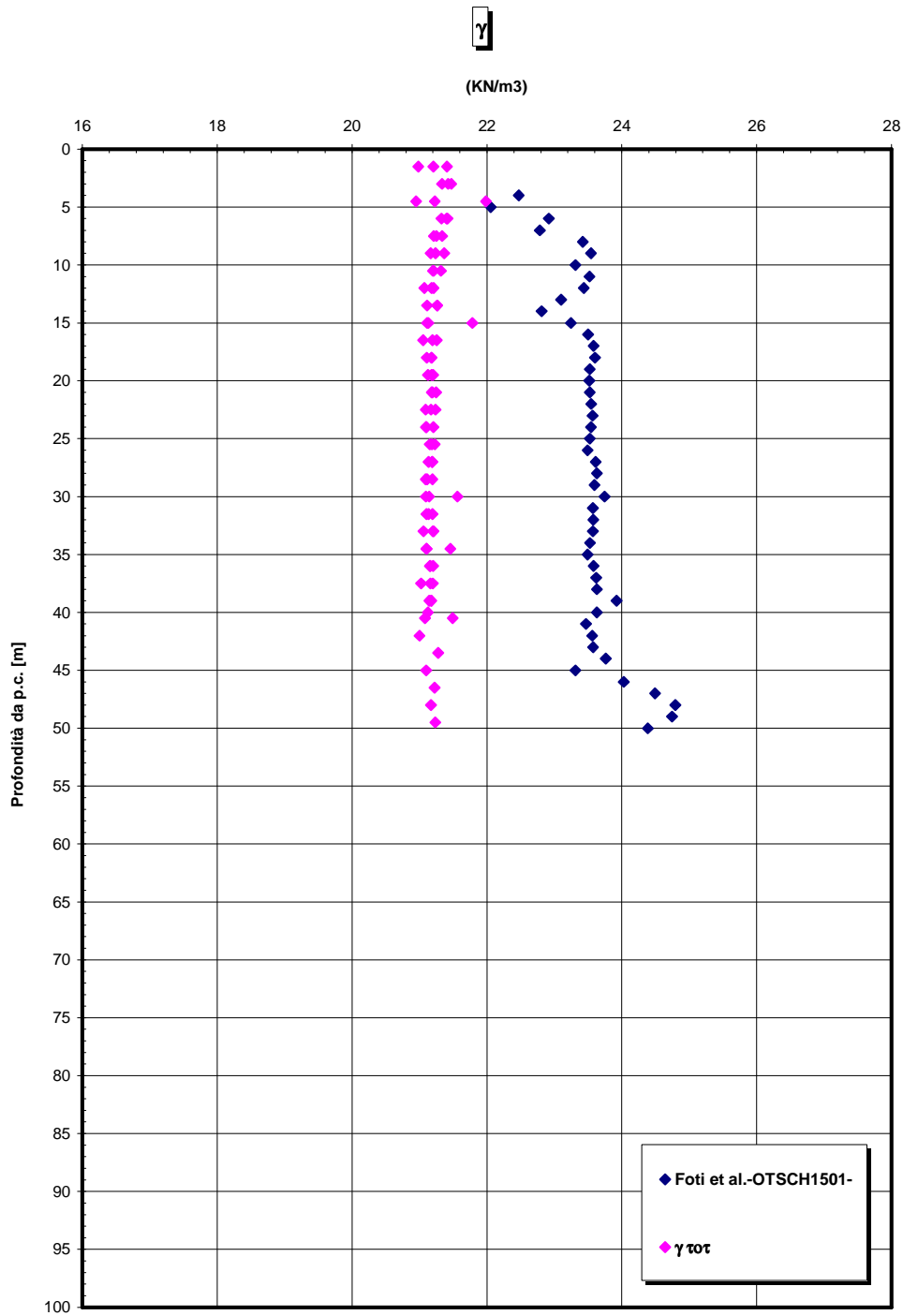


Figura 436– Pila 1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

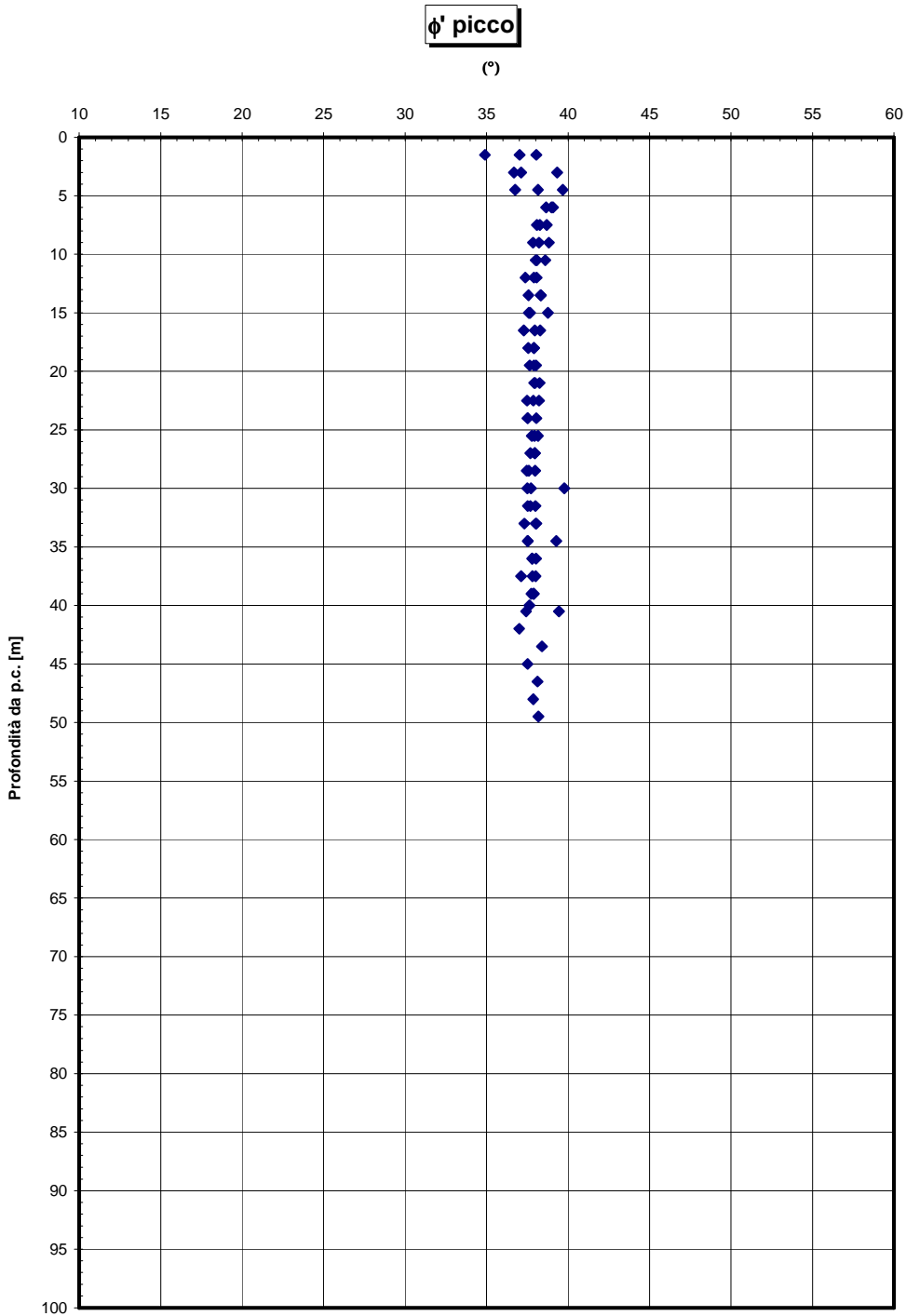


Figura 437– Pila 1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

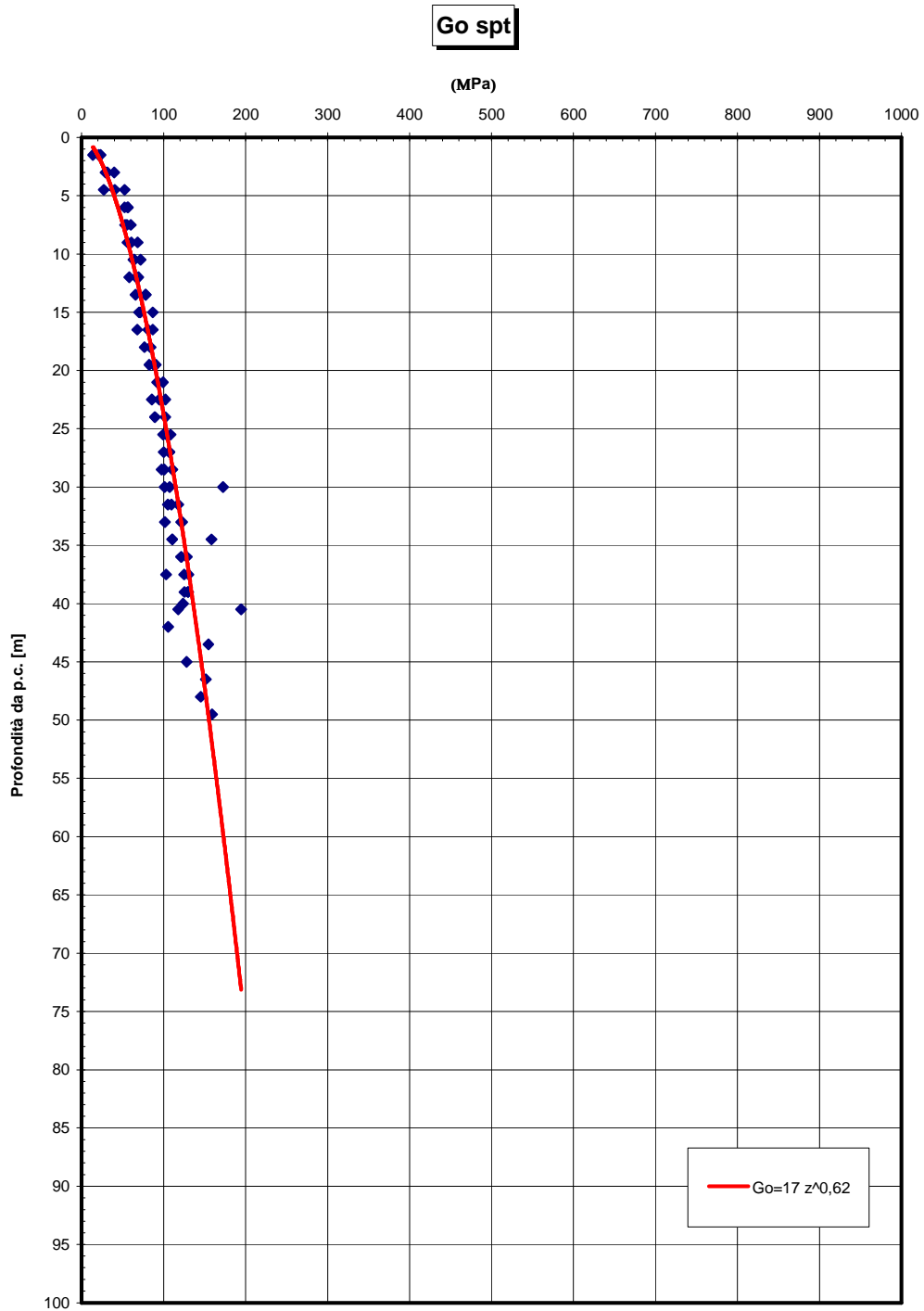


Figura 438– Pila 1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

OTSCH1501 - Vs SISMICHE

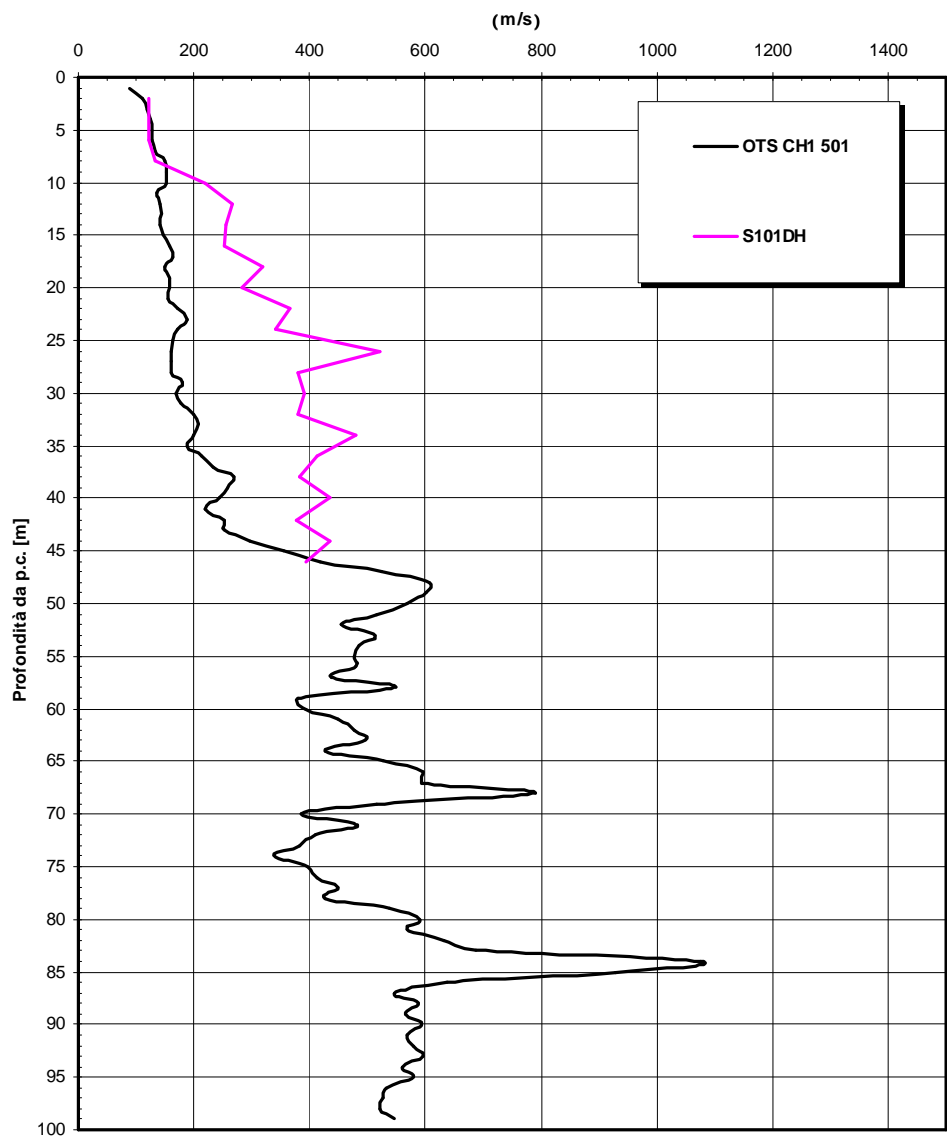


Figura 439– Pila 1

OTSCH1501 - Go SISMICHE

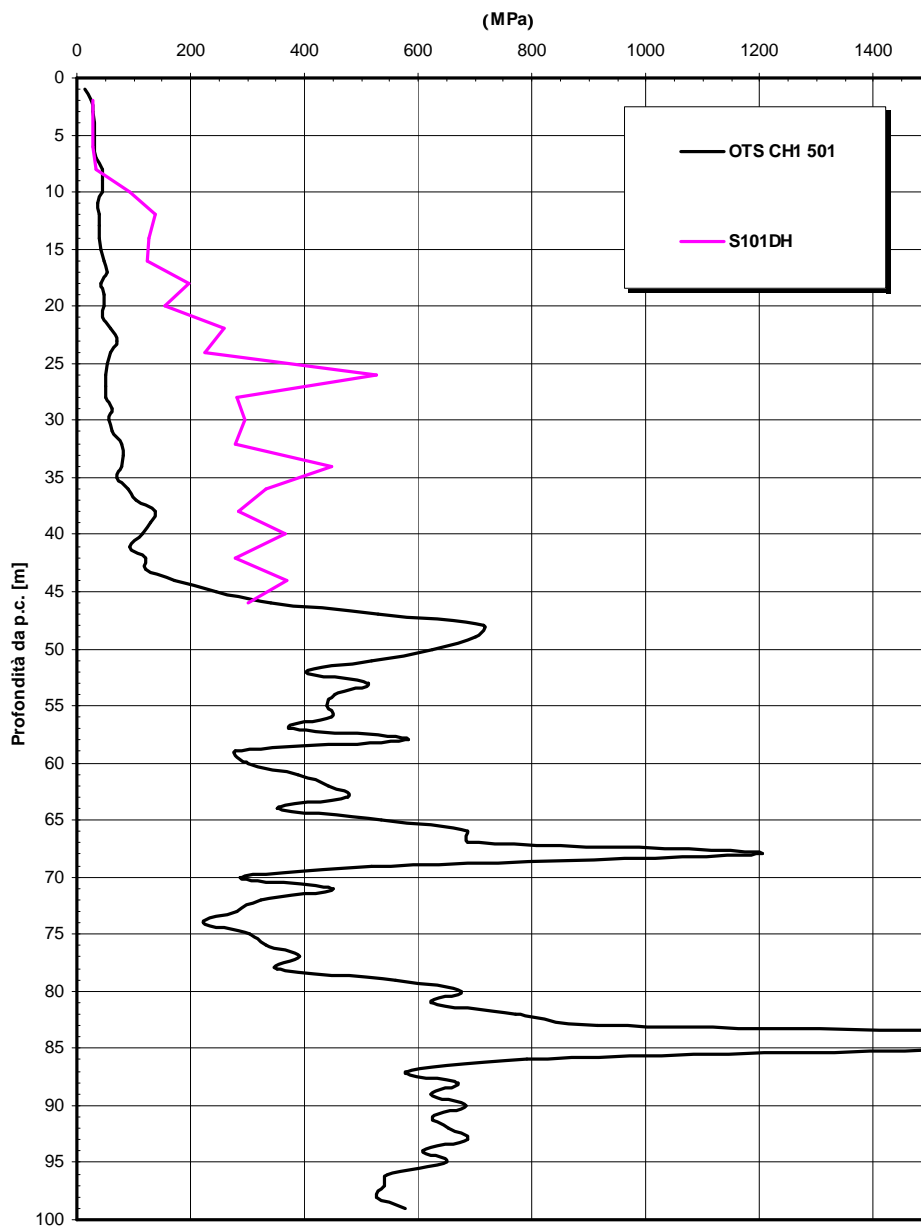


Figura 440– Pila 1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Viadotto Pantano PILA 2

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
 Componente ghiaiosa e sabbiosa
DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA
 - Viadotto Pantano_Pila 2-

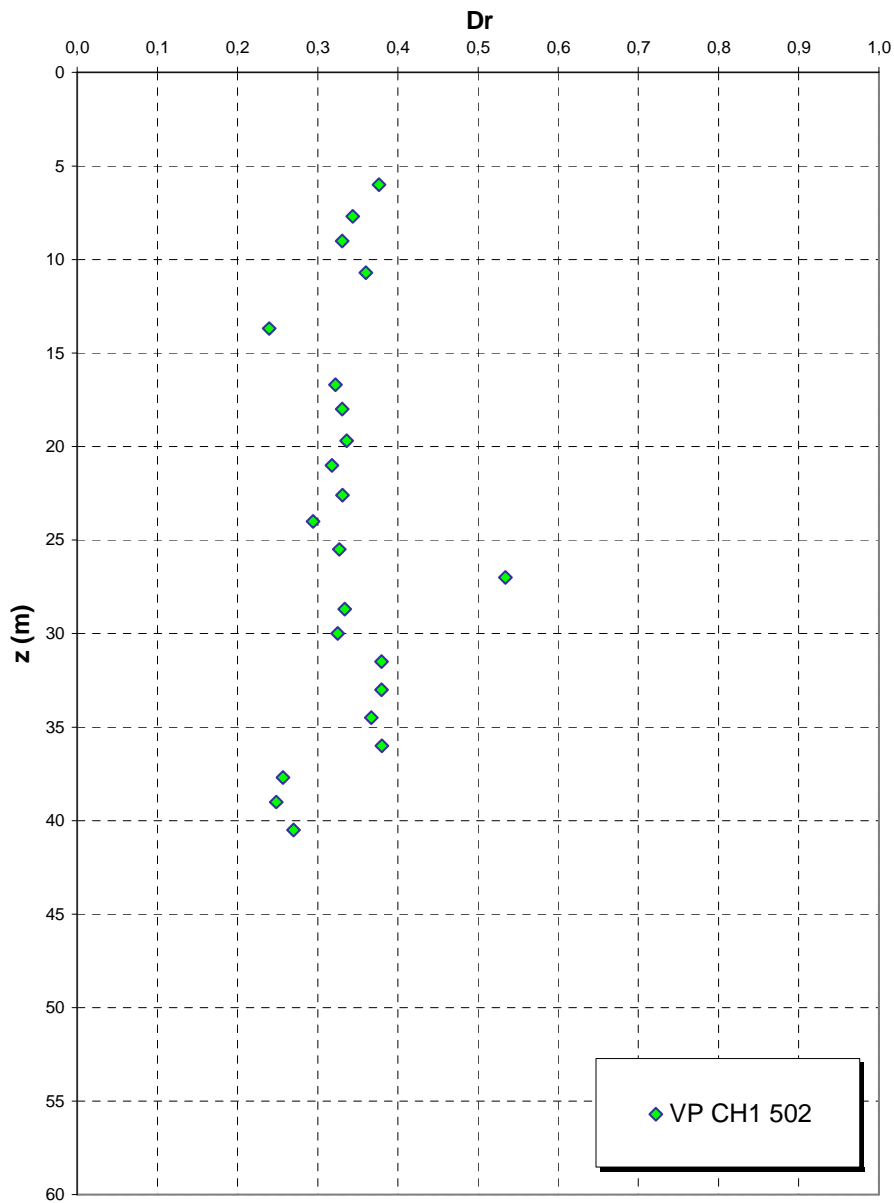


Figura 441

eo

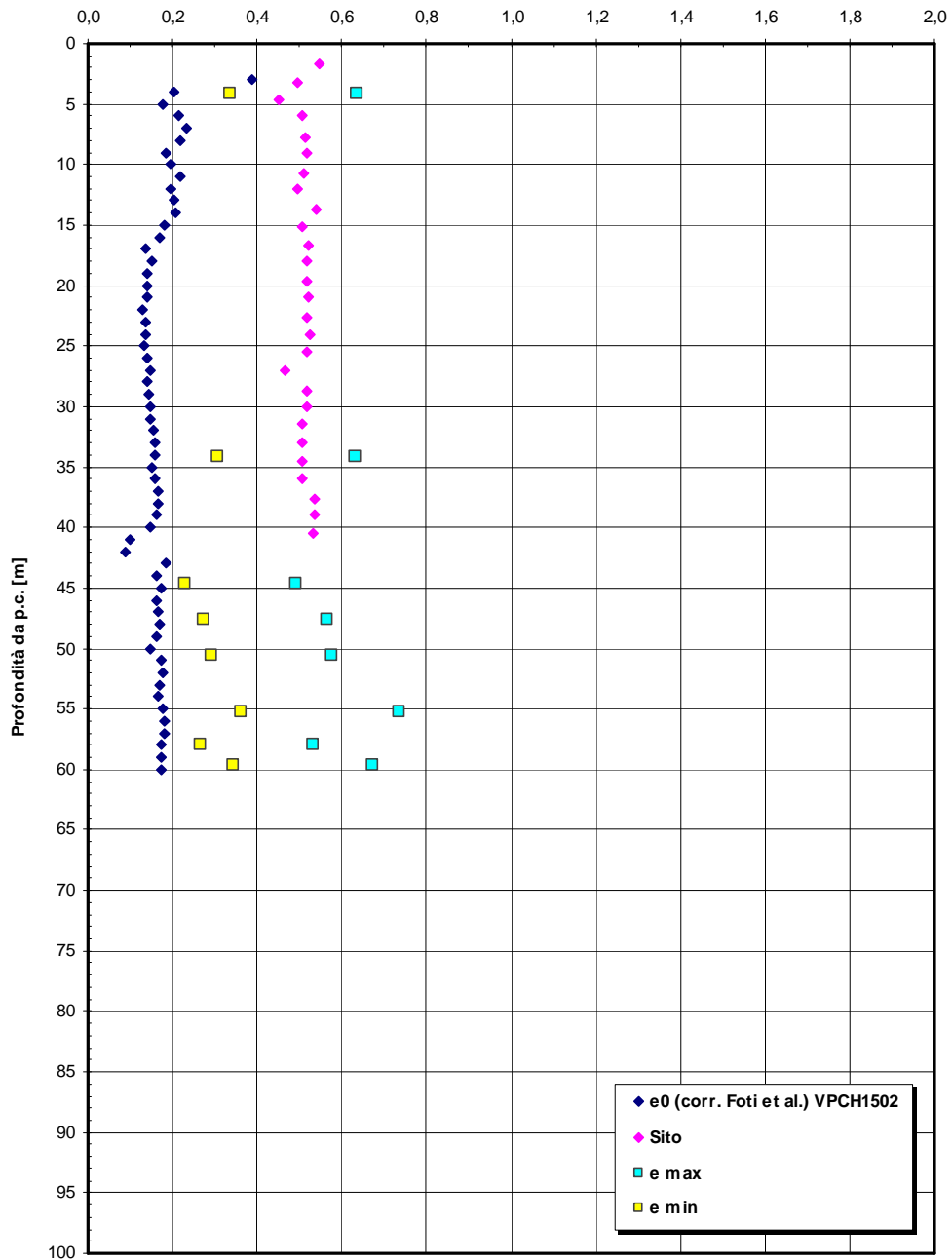


Figura 442– Pila 2

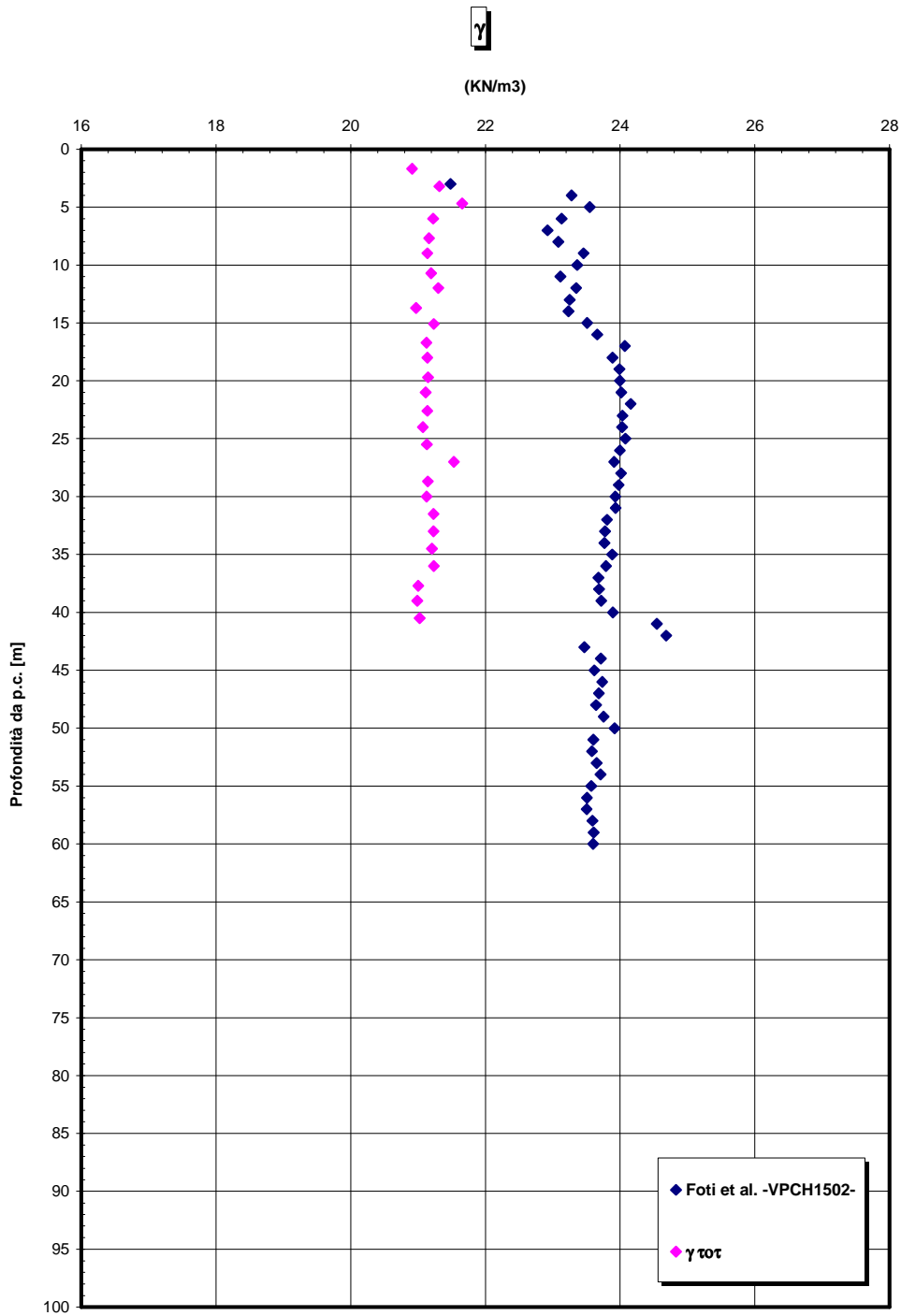


Figura 443– Pila 2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

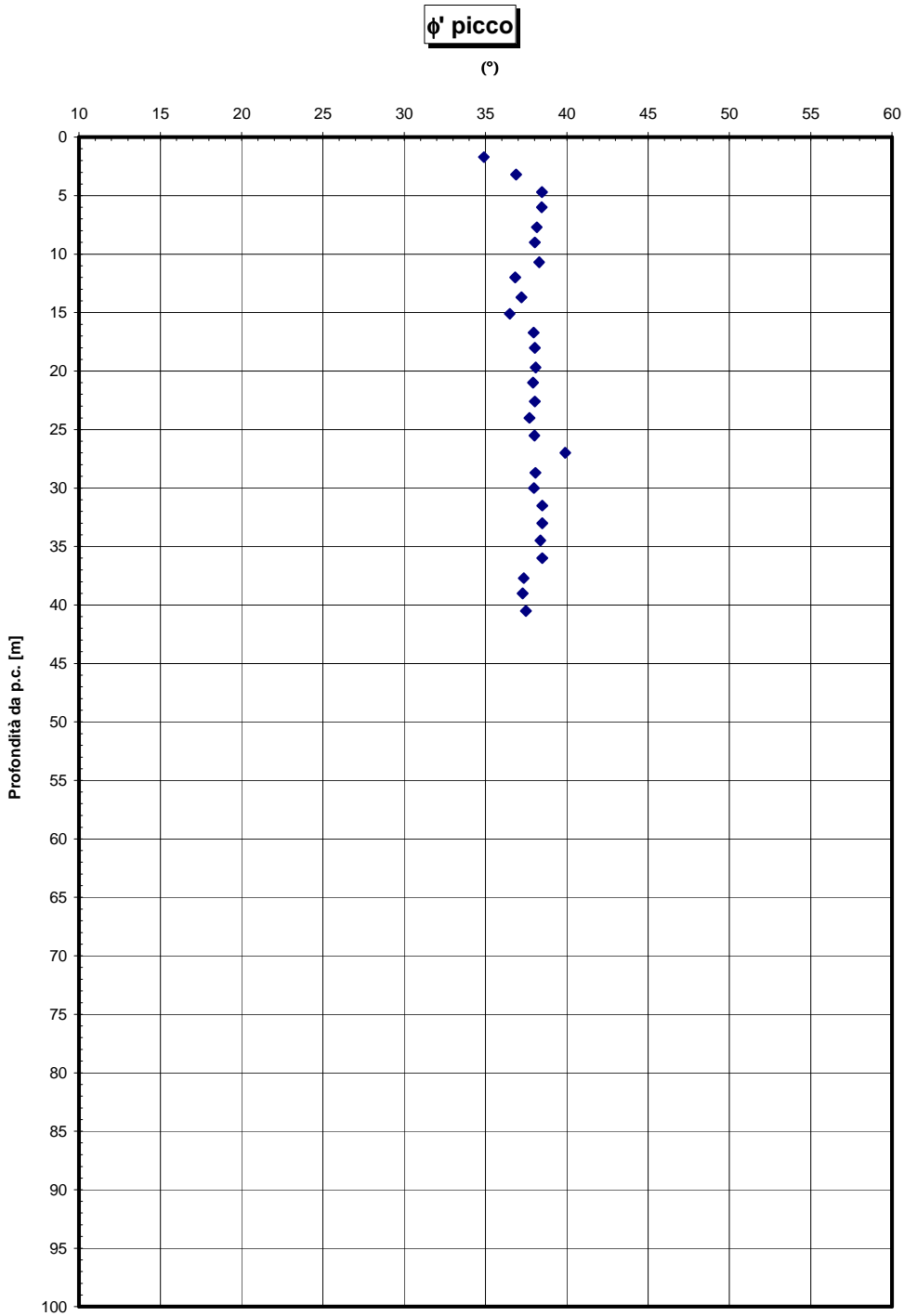


Figura 444– Pila 2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

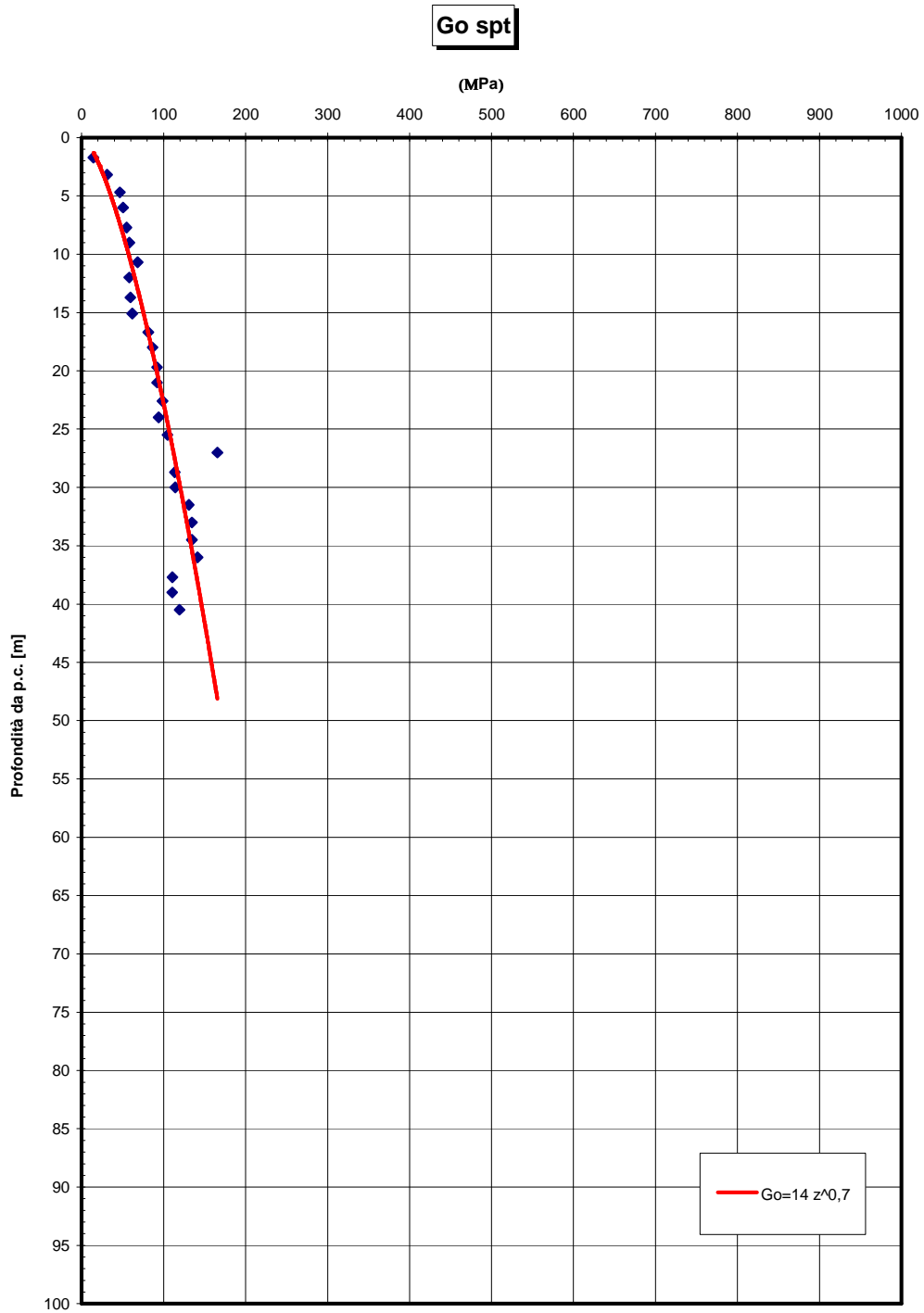


Figura 445– Pila 2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VIADOTTO PANTANO -Depositi costieri - Vs -

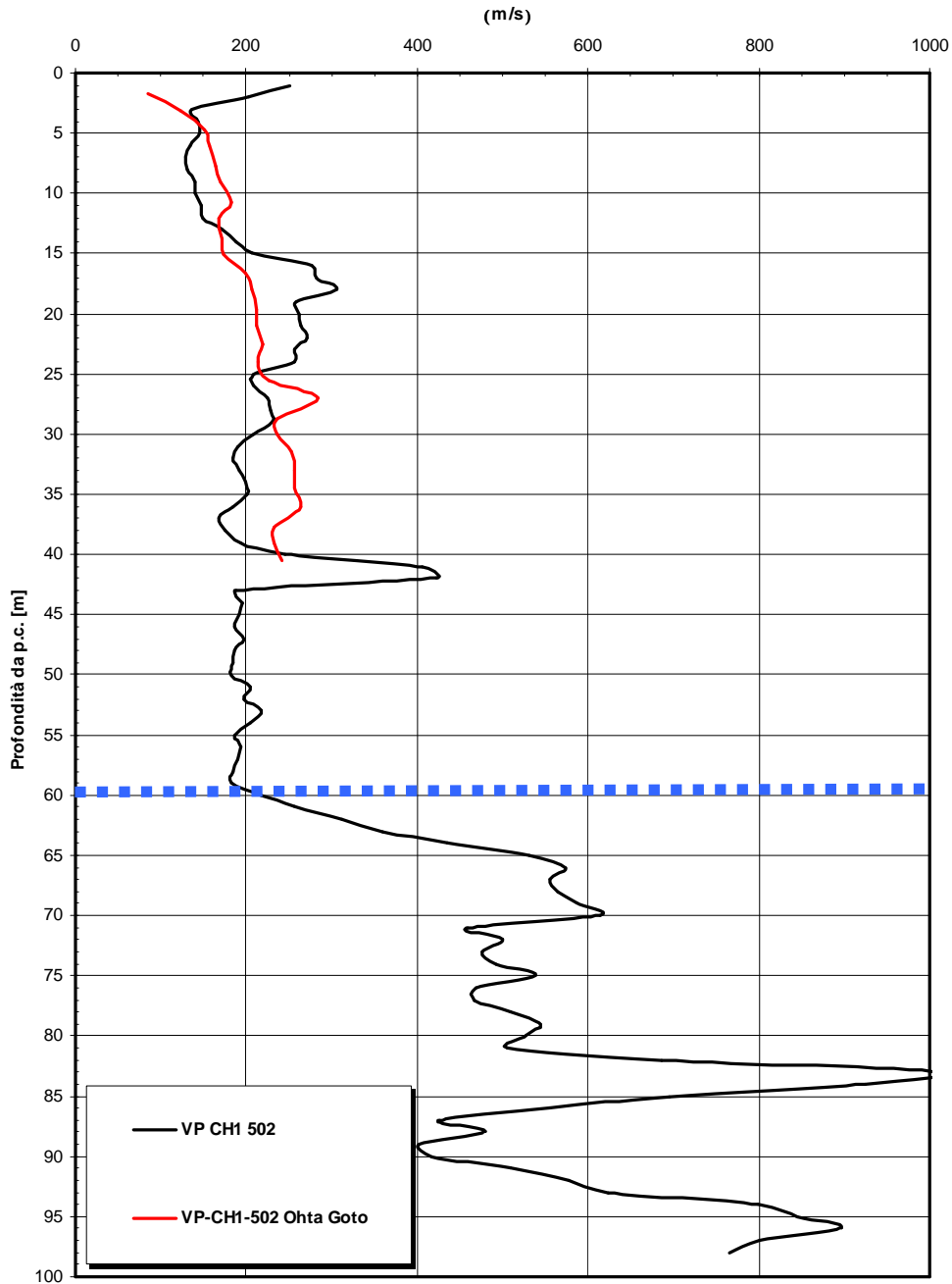


Figura 446– Pila 2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VIADOTTO PANTANO - PILA 3

Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
 Componente ghiaiosa e sabbiosa
DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA
 - Viadotto Pantano_Pila 3-

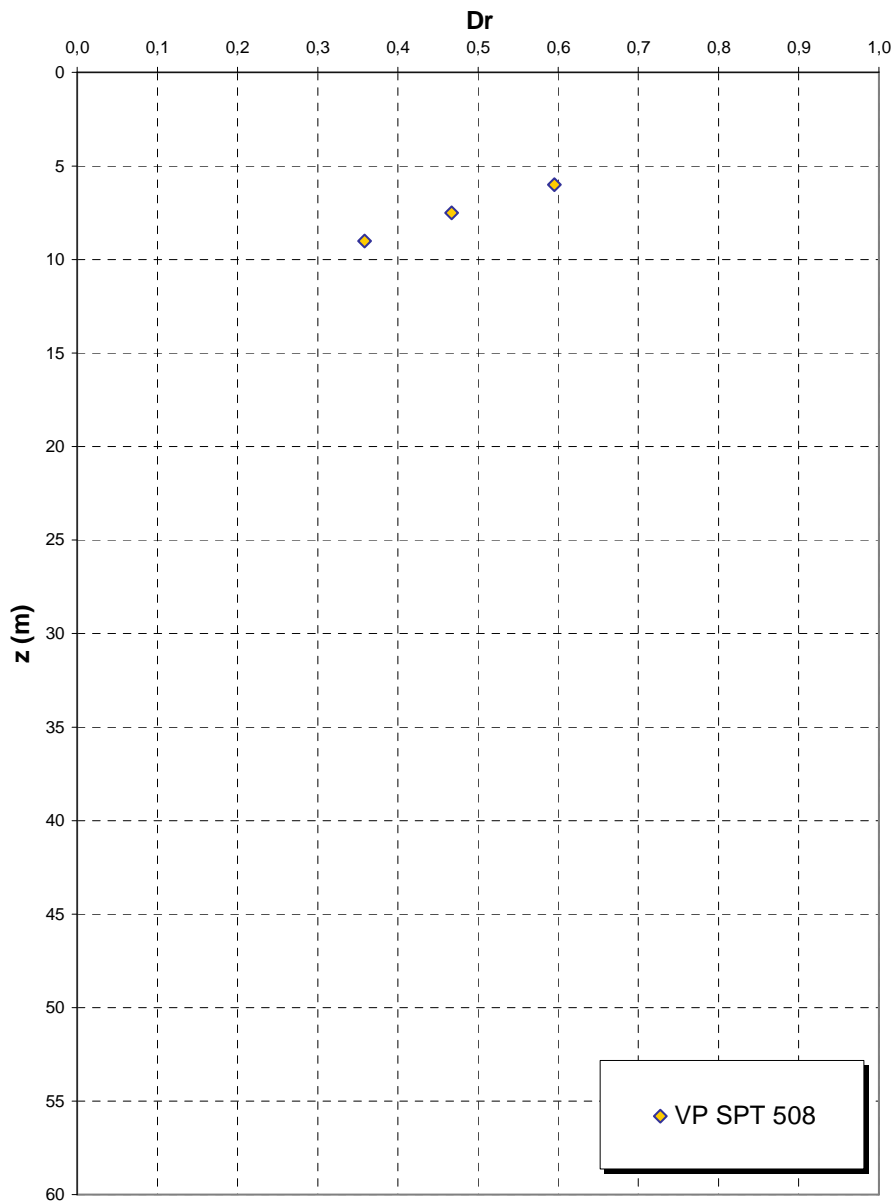


Figura 447

eo

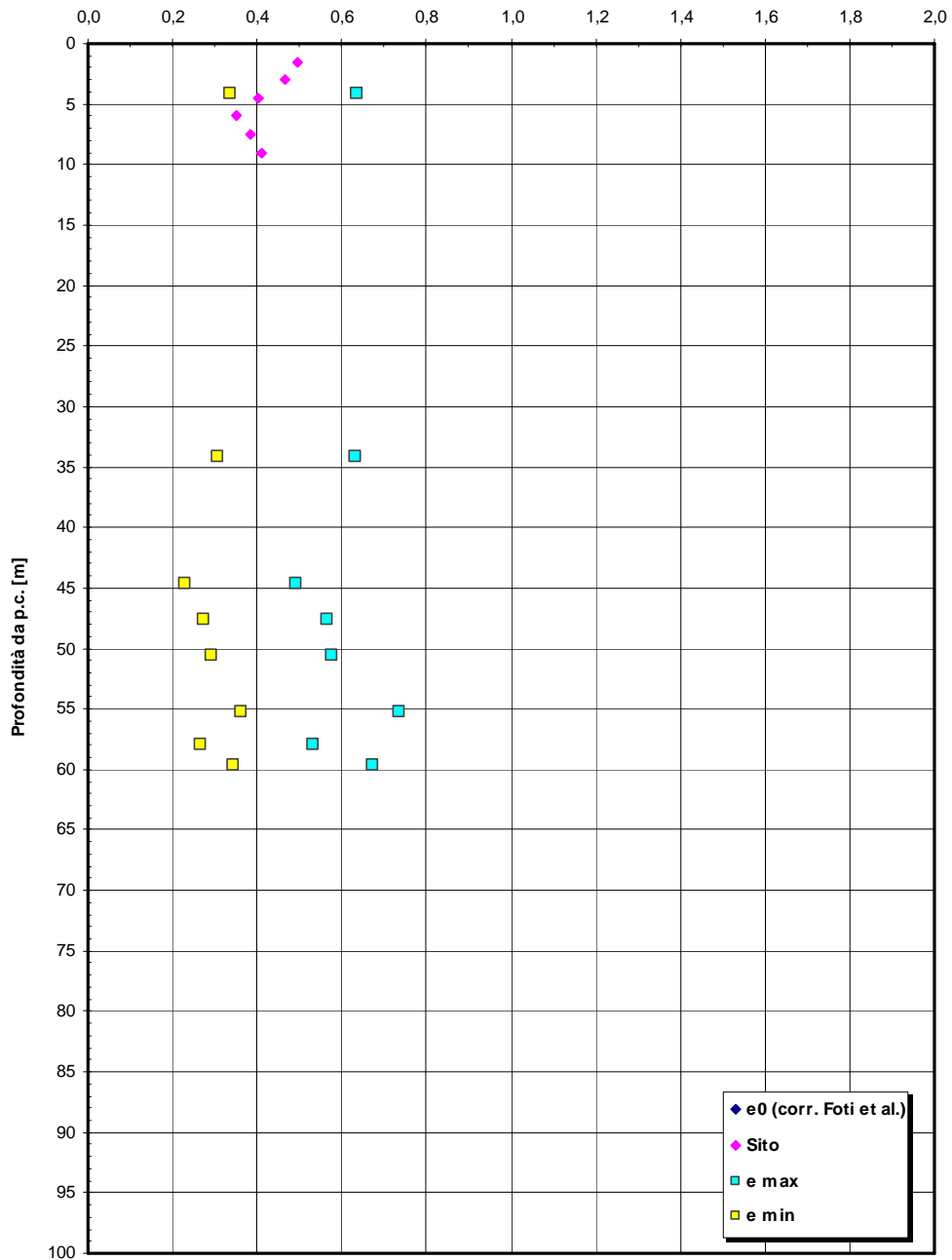


Figura 448– Pila 3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

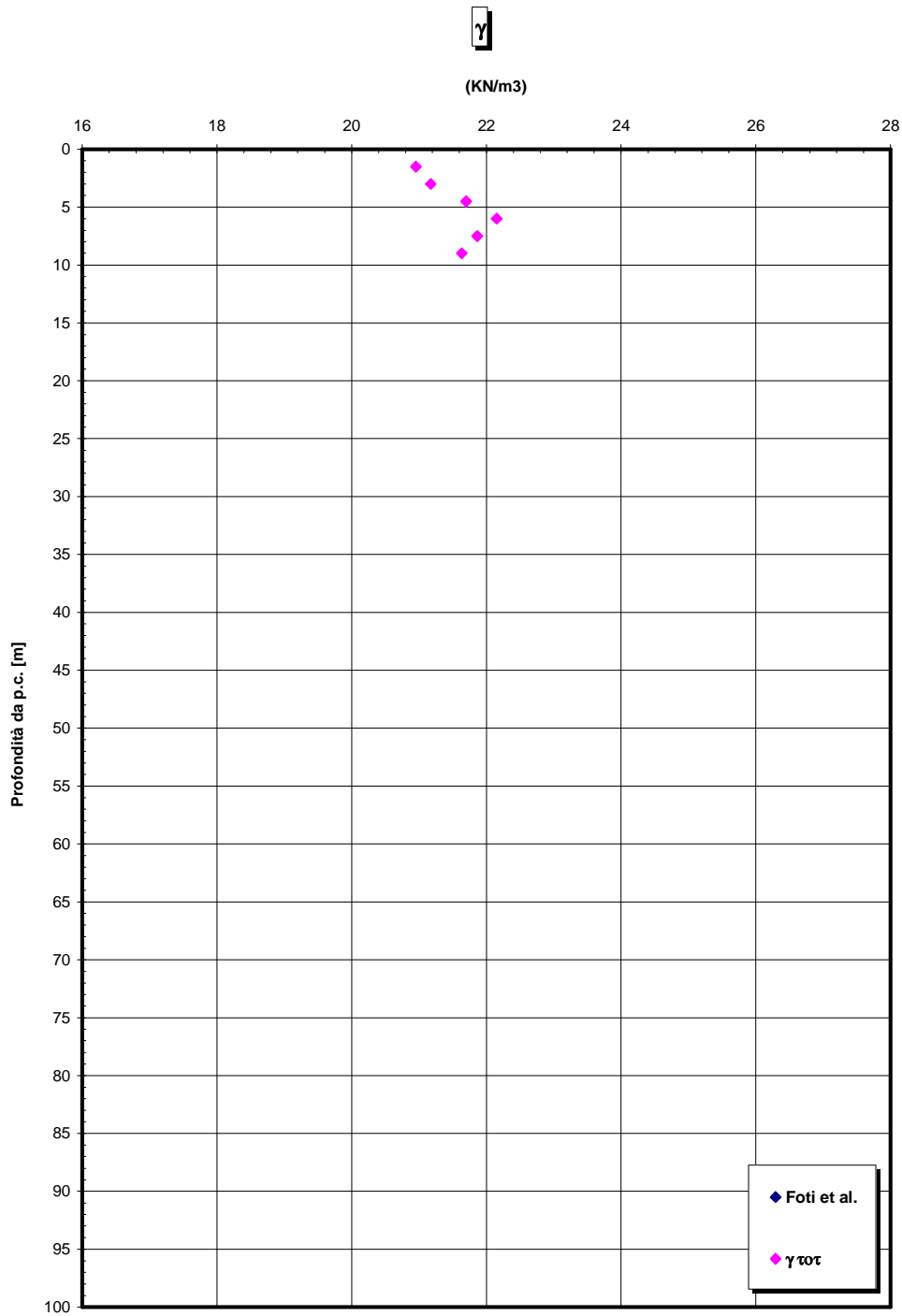


Figura 449– Pila 3

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

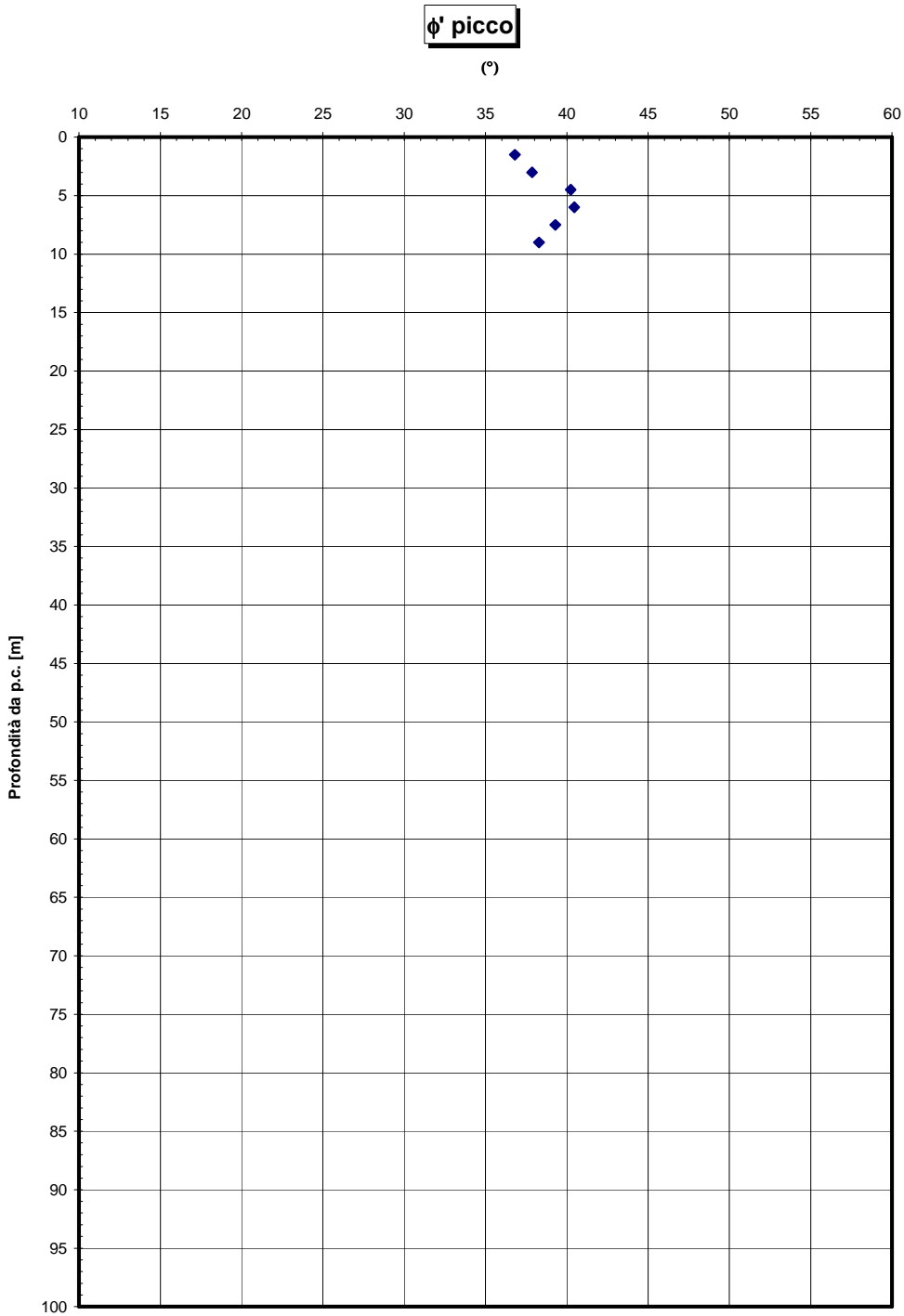


Figura 450– Pila 3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

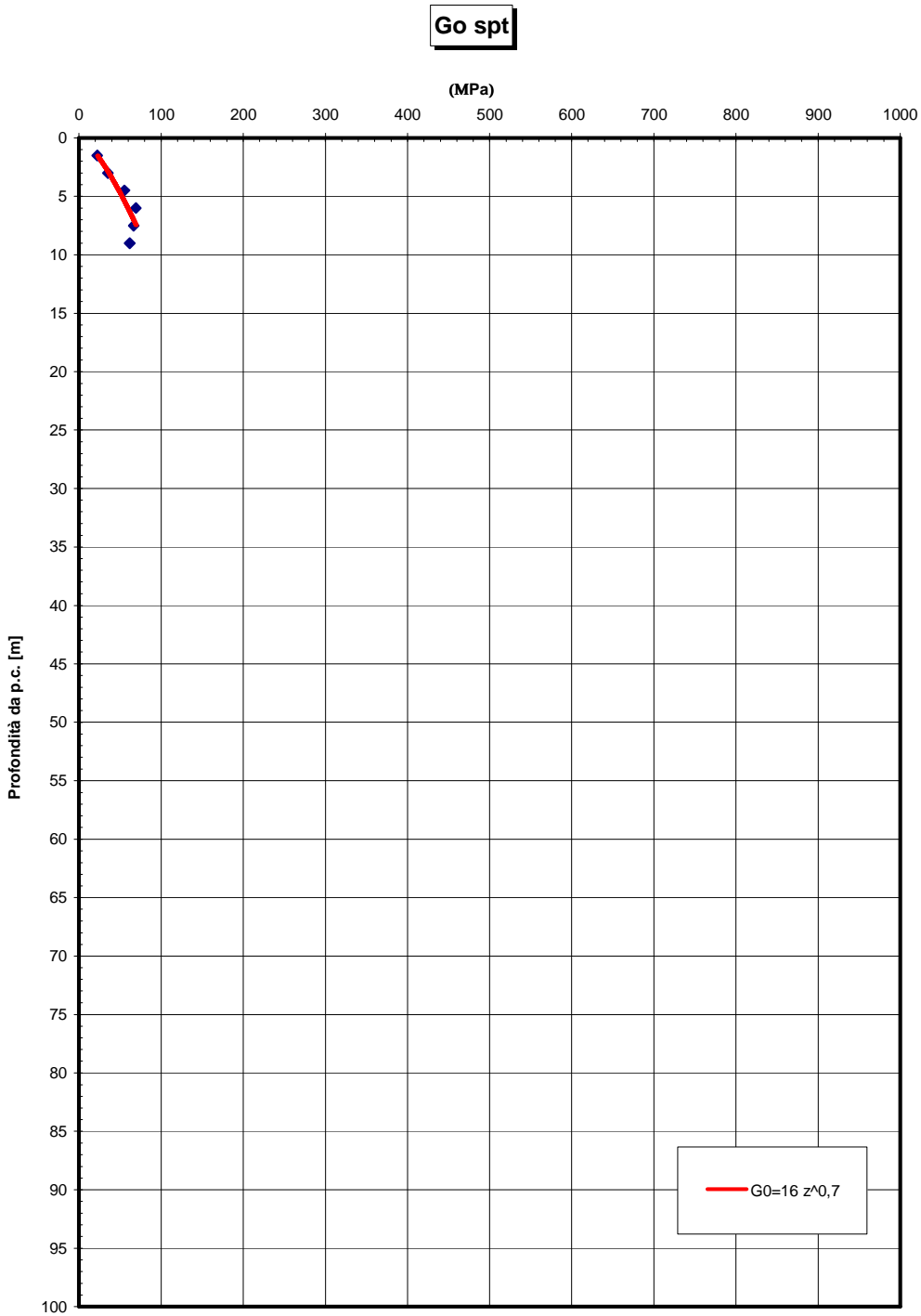


Figura 451– Pila 3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VIADOTTO PANTANO - PILA 4

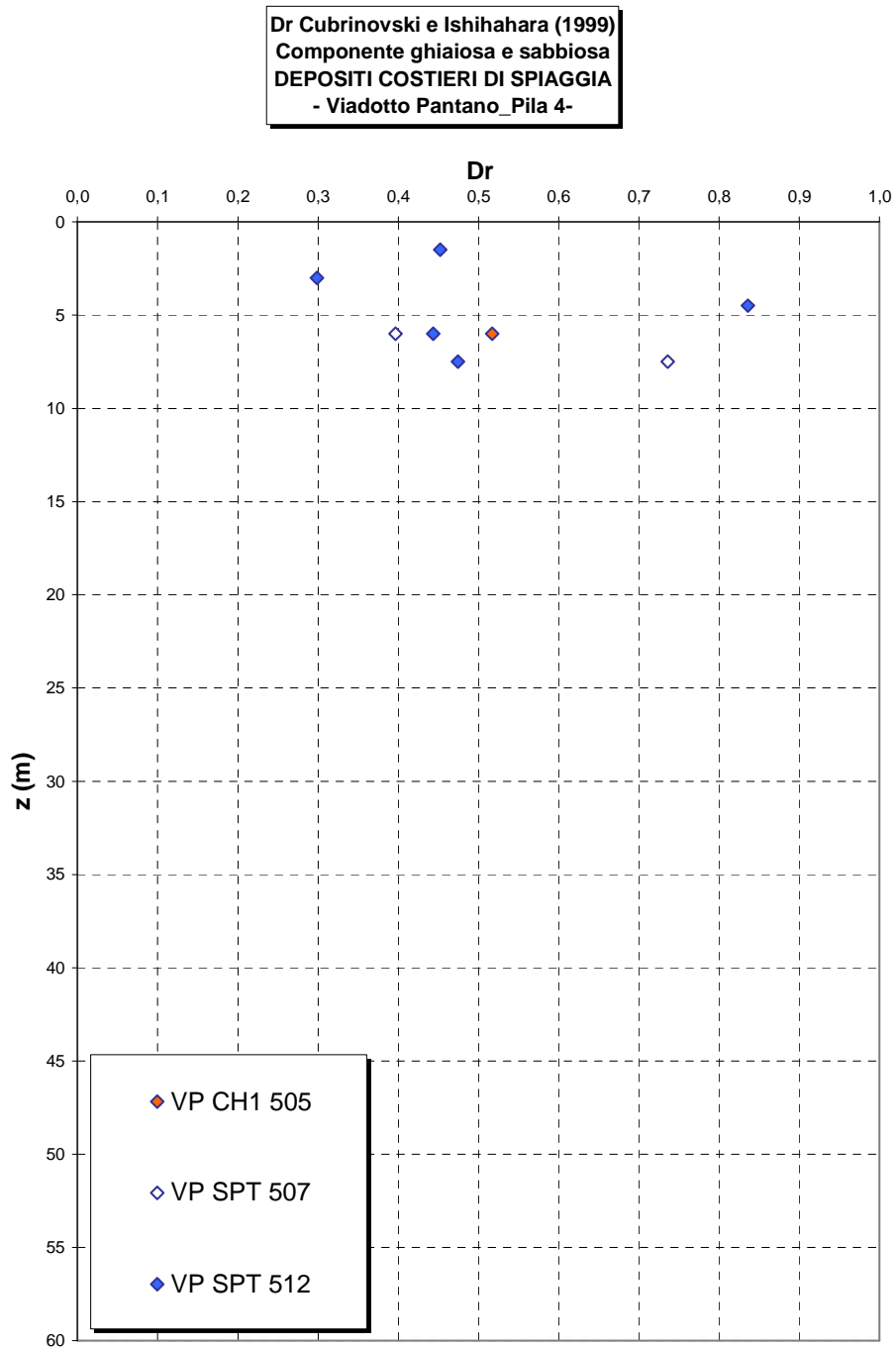


Figura 452

eo

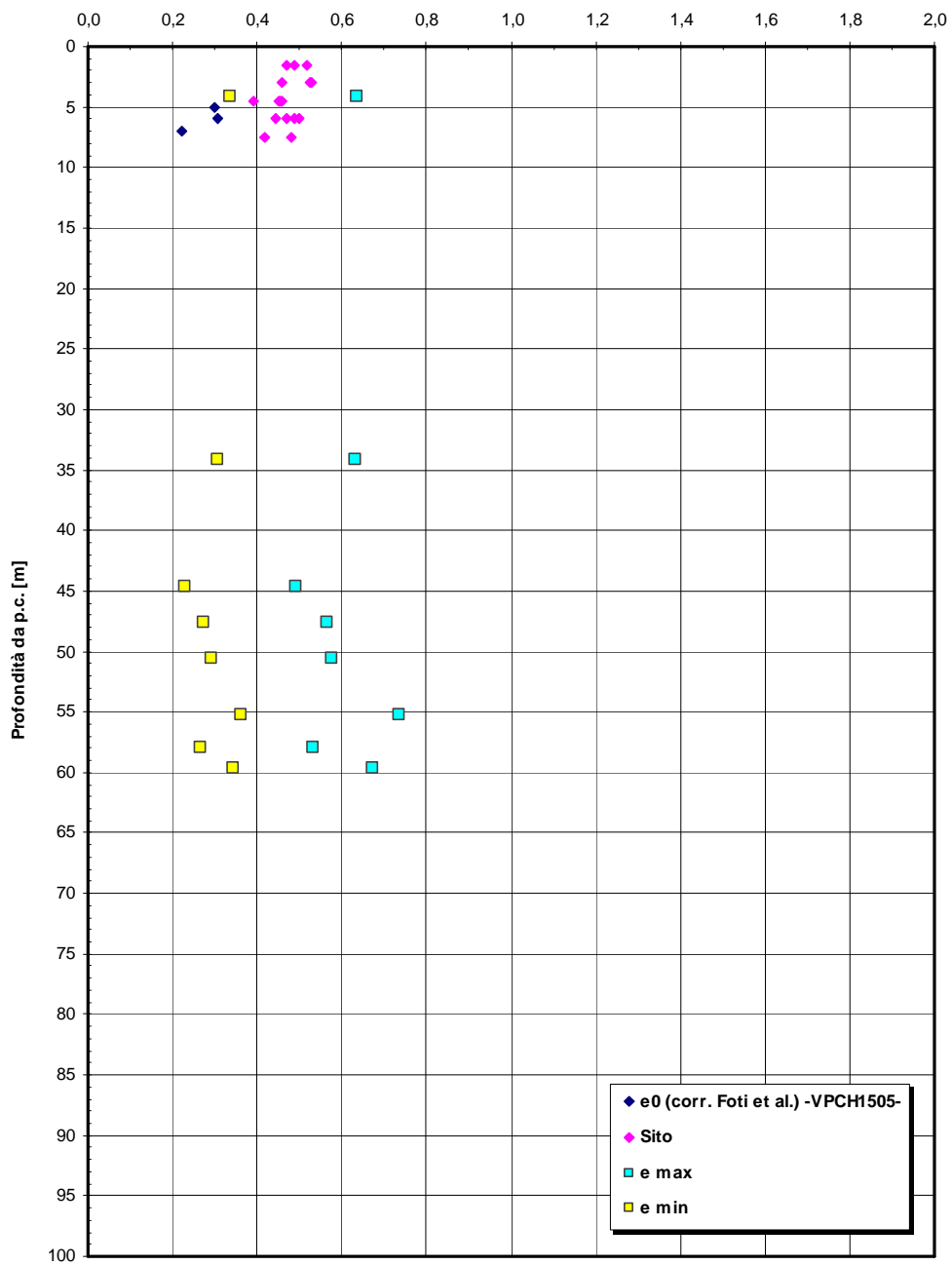


Figura 453– Pila 4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

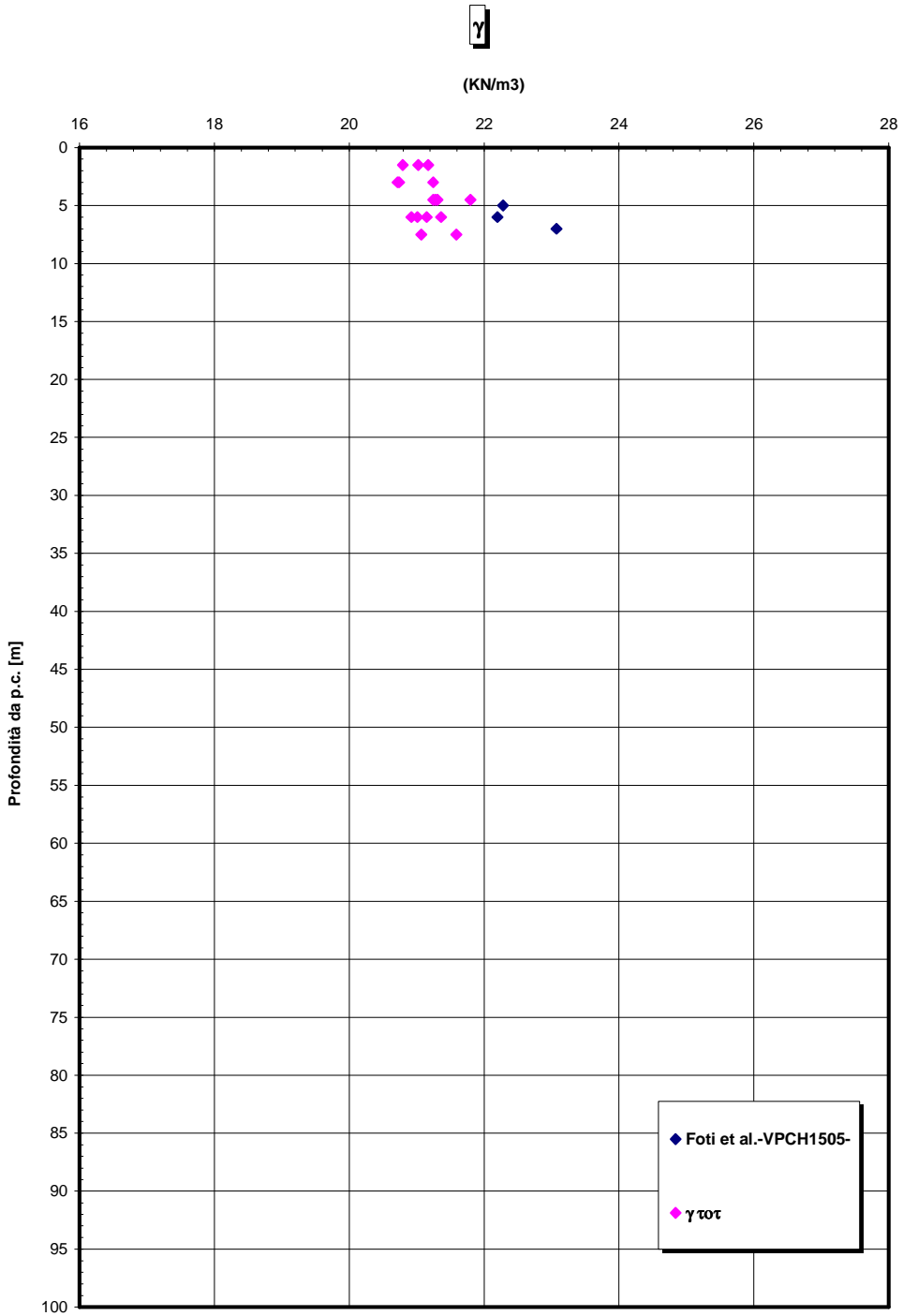


Figura 454– Pila 4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

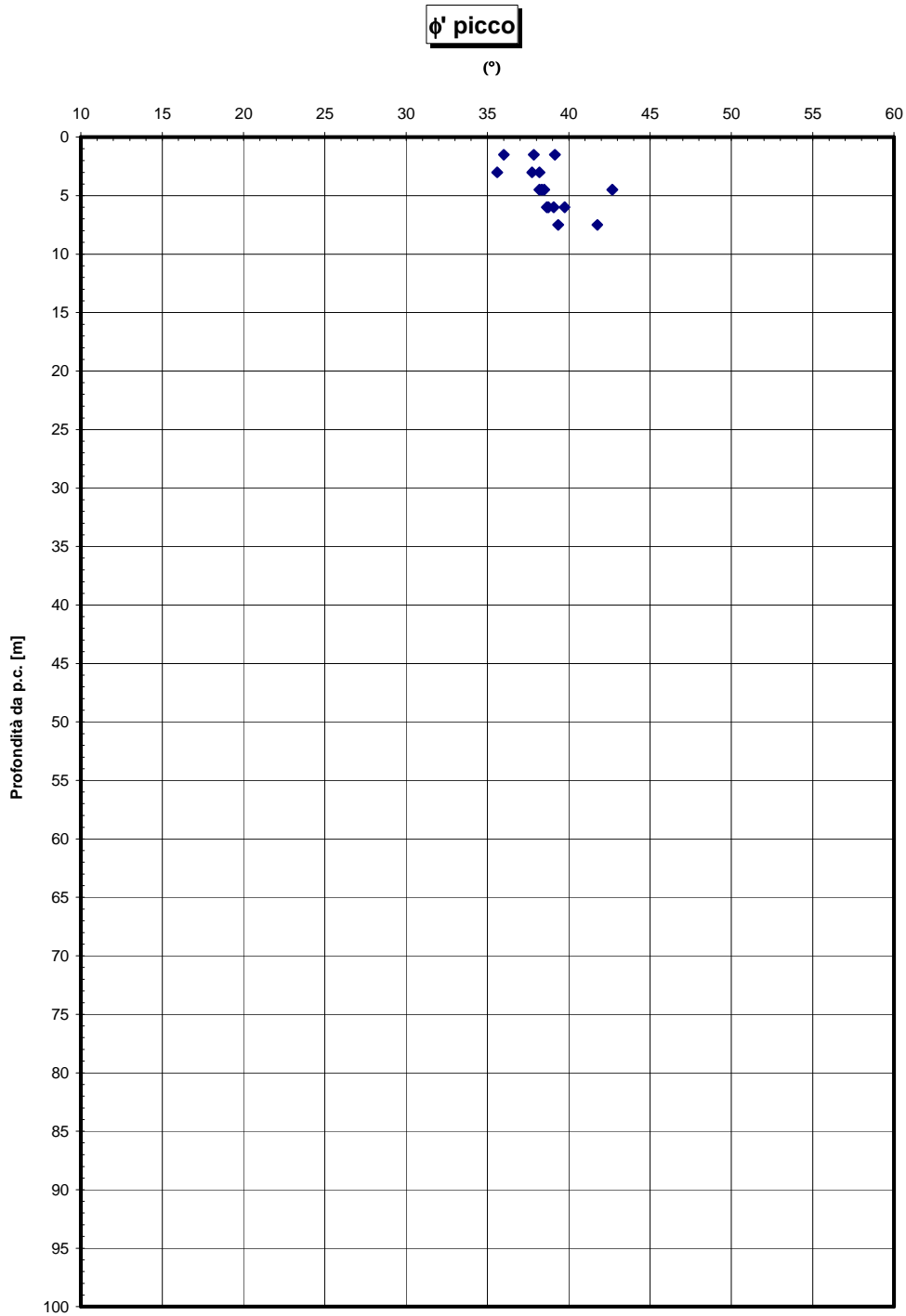


Figura 455– Pila 4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

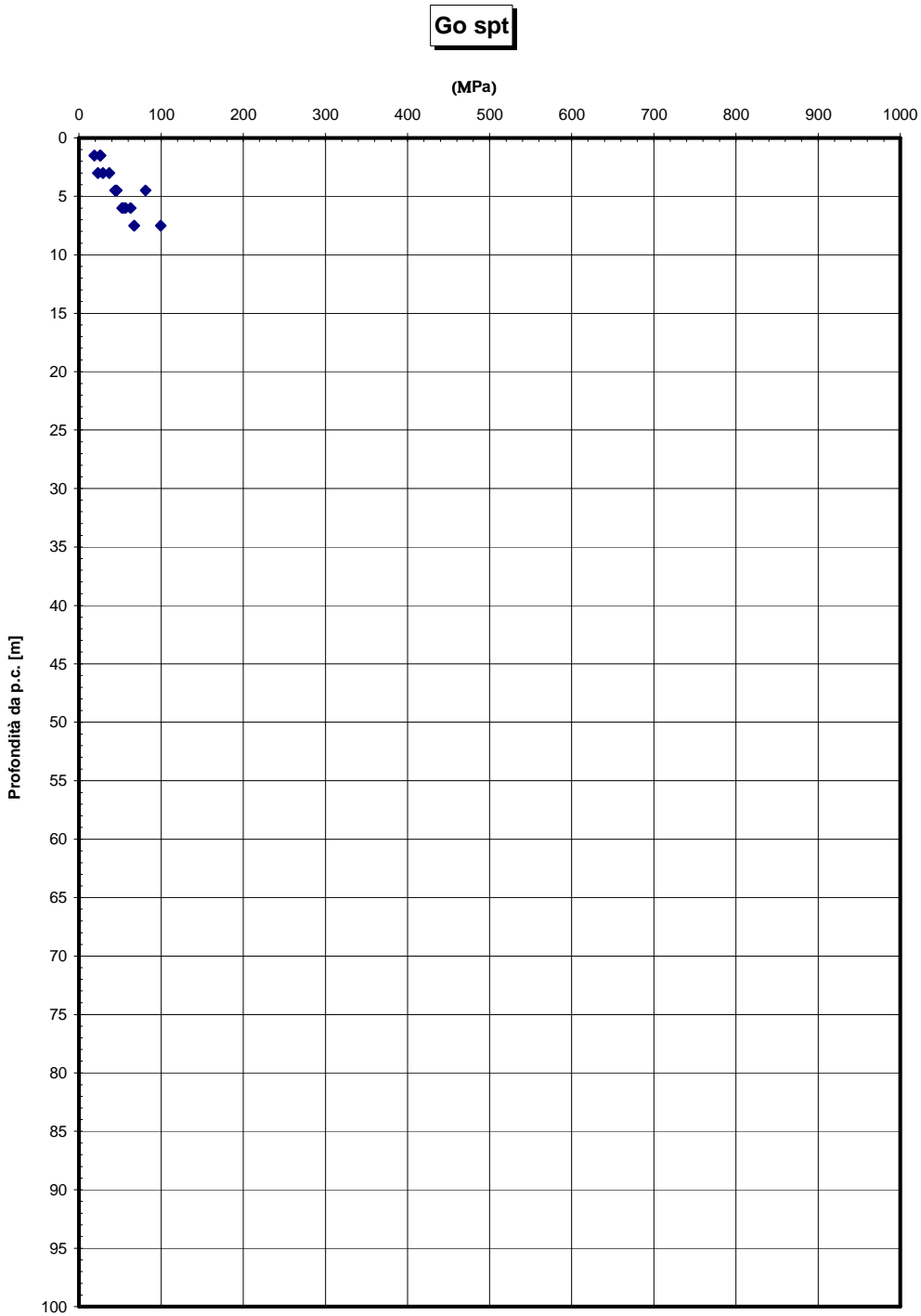


Figura 456– Pila 4

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>		<p><i>Codice documento</i> SB0057_F0_2</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

5.4.3 Opera Terminale

**Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA
- Opere Terminali -**

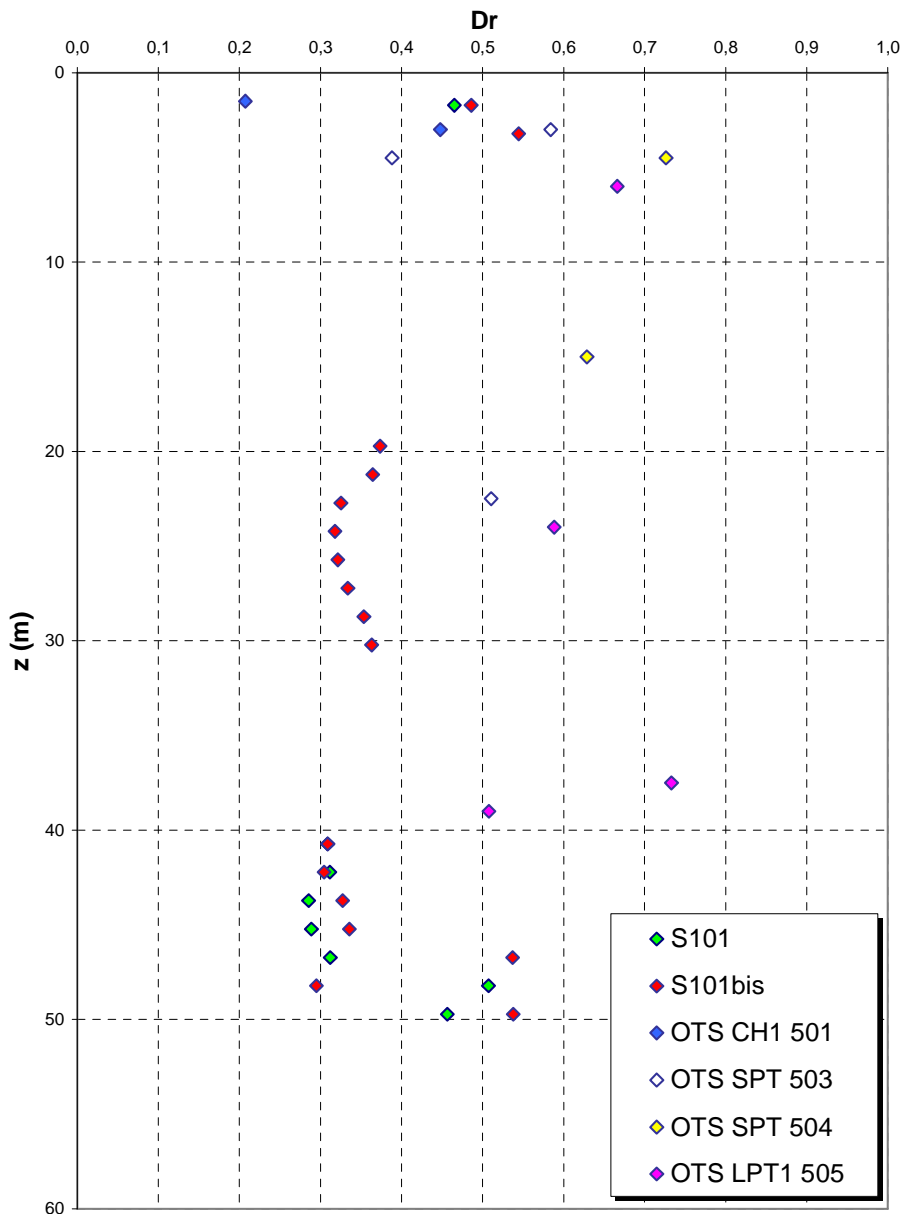


Figura 457 – Opera terminale

**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA
- Opere Terminali -**

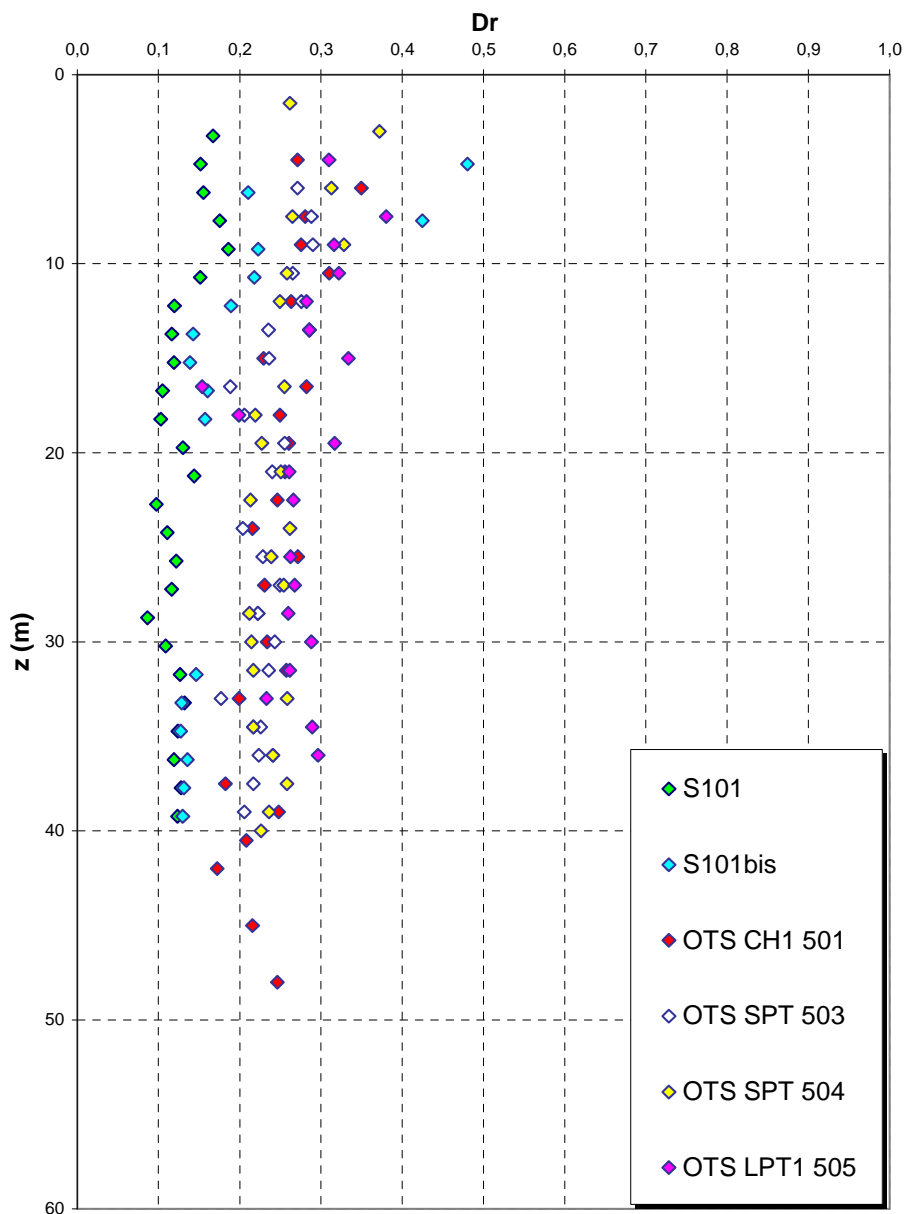


Figura 458 – Opera terminale

eo

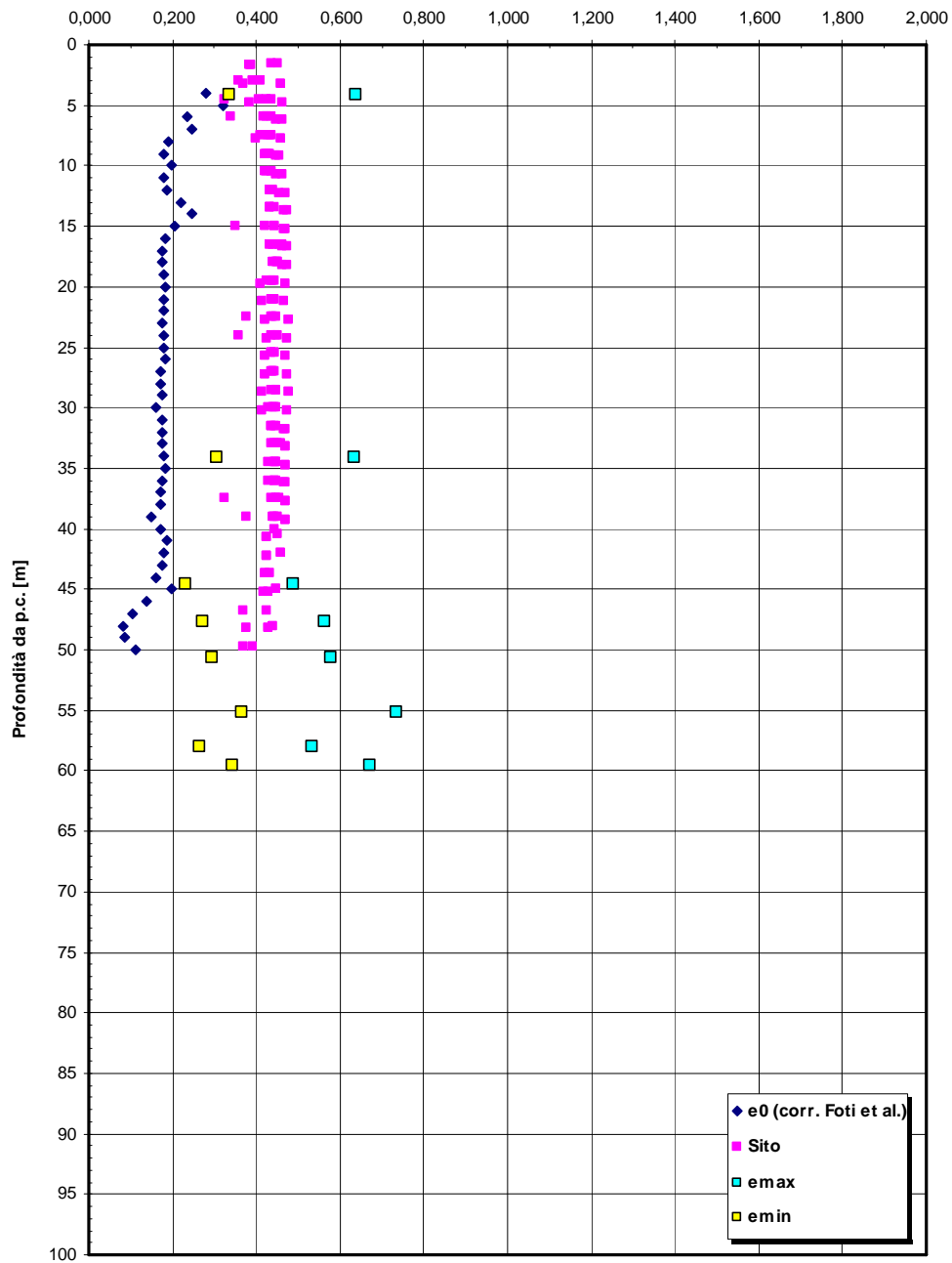


Figura 459 – Opera terminale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

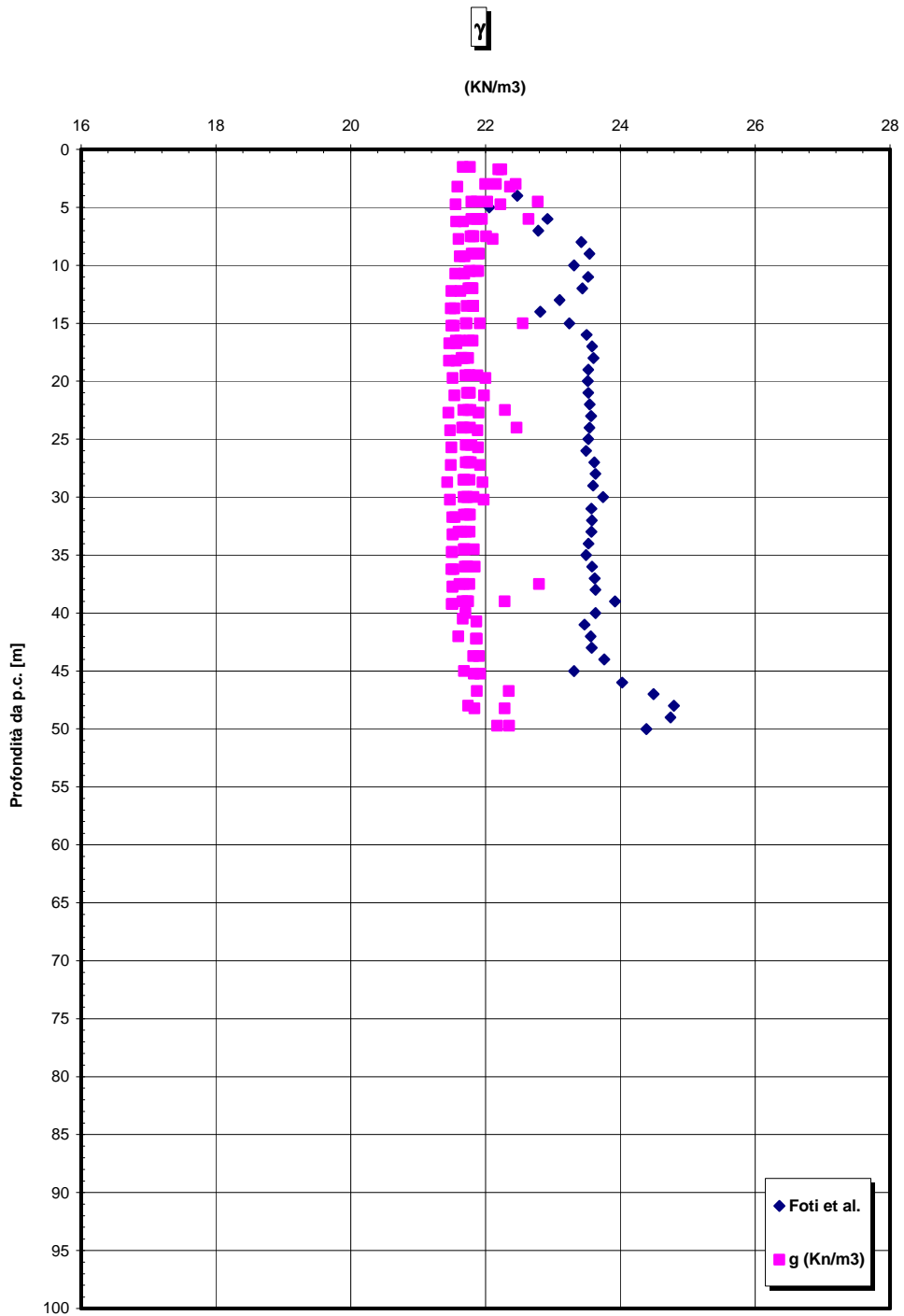


Figura 460 – Opera terminale

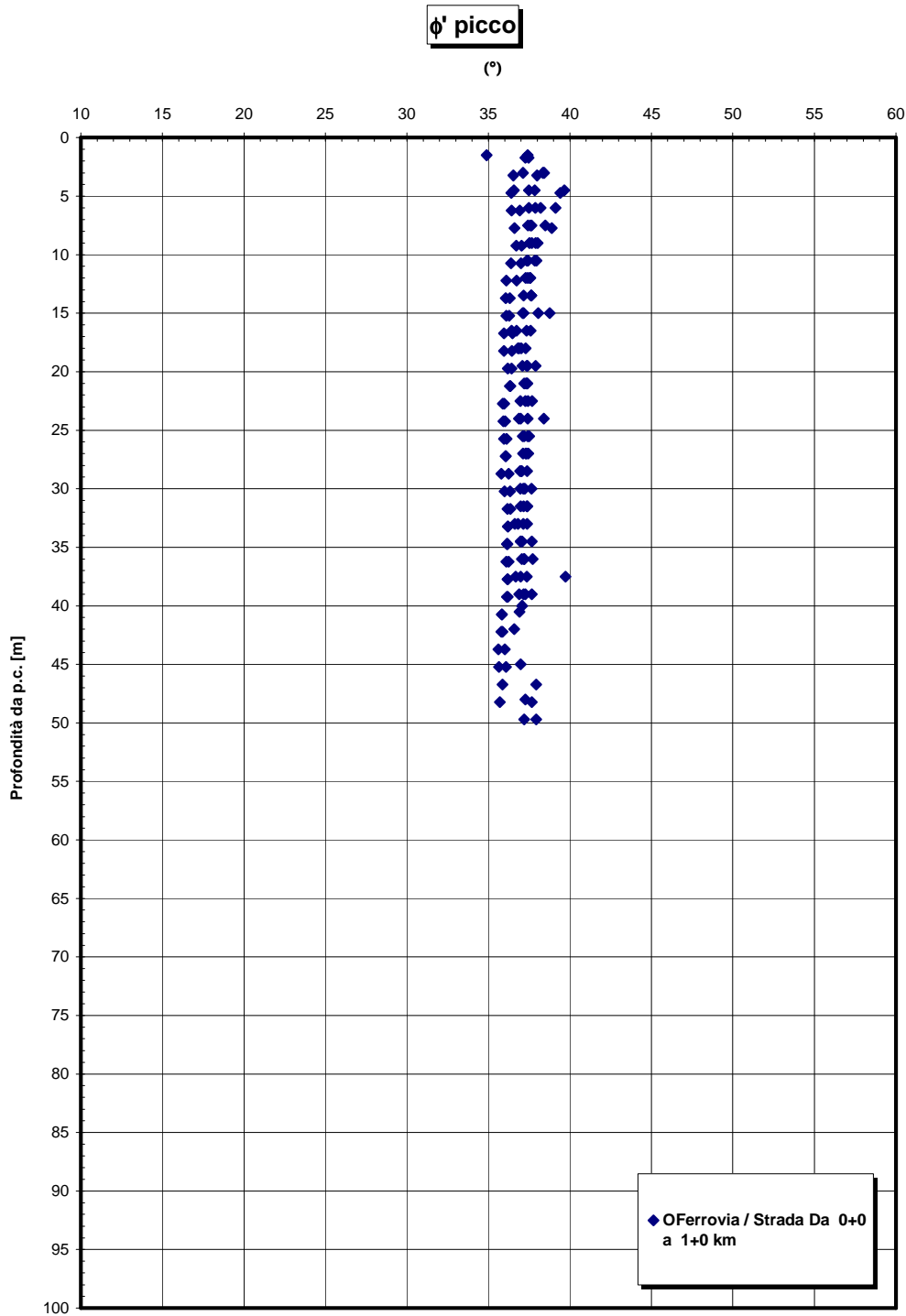


Figura 461 – Opera terminale

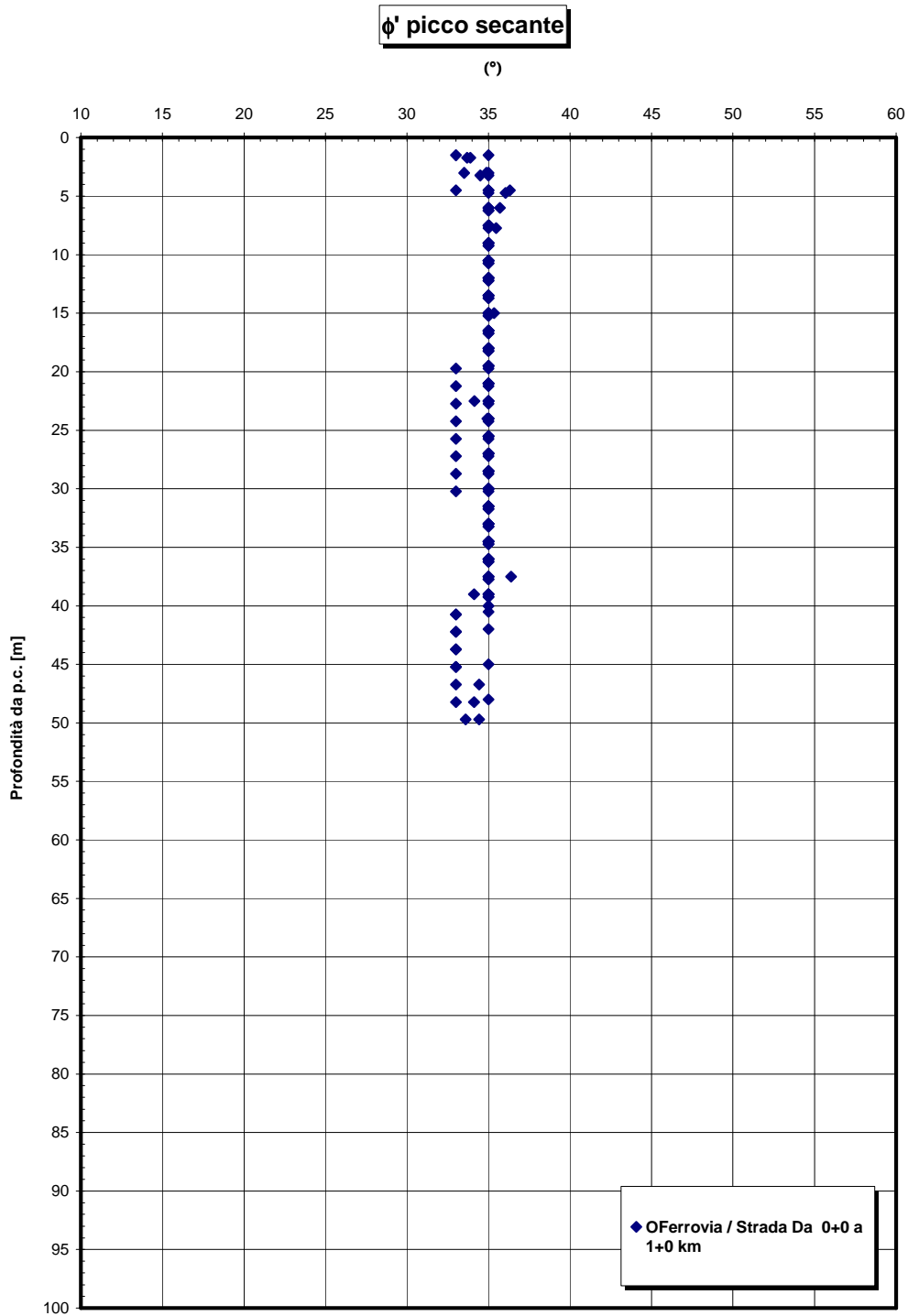


Figura 462 – Opera terminale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Depositi costieri - confronto Vs - tratta 0-1 Km

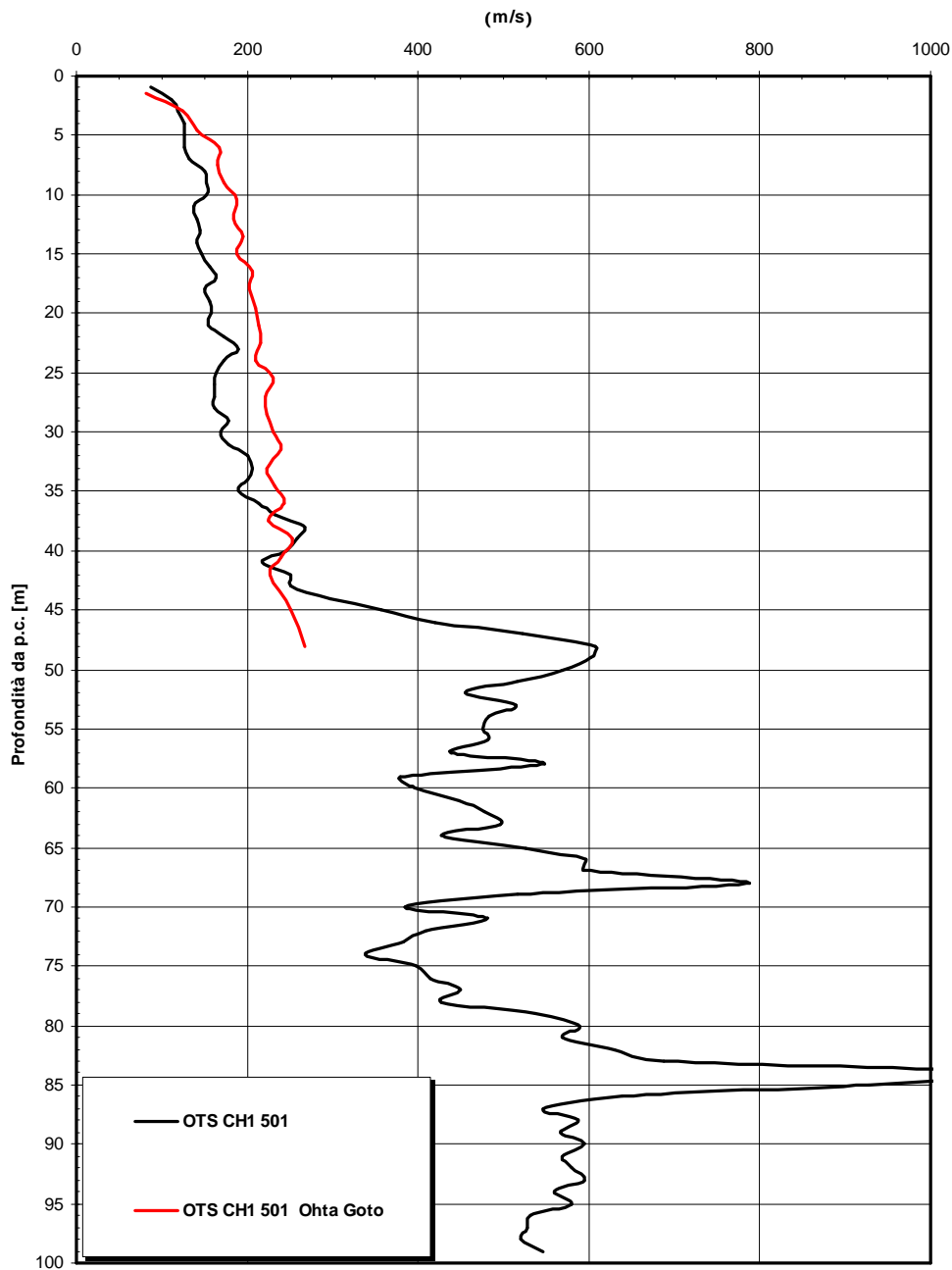


Figura 463 – Opera terminale

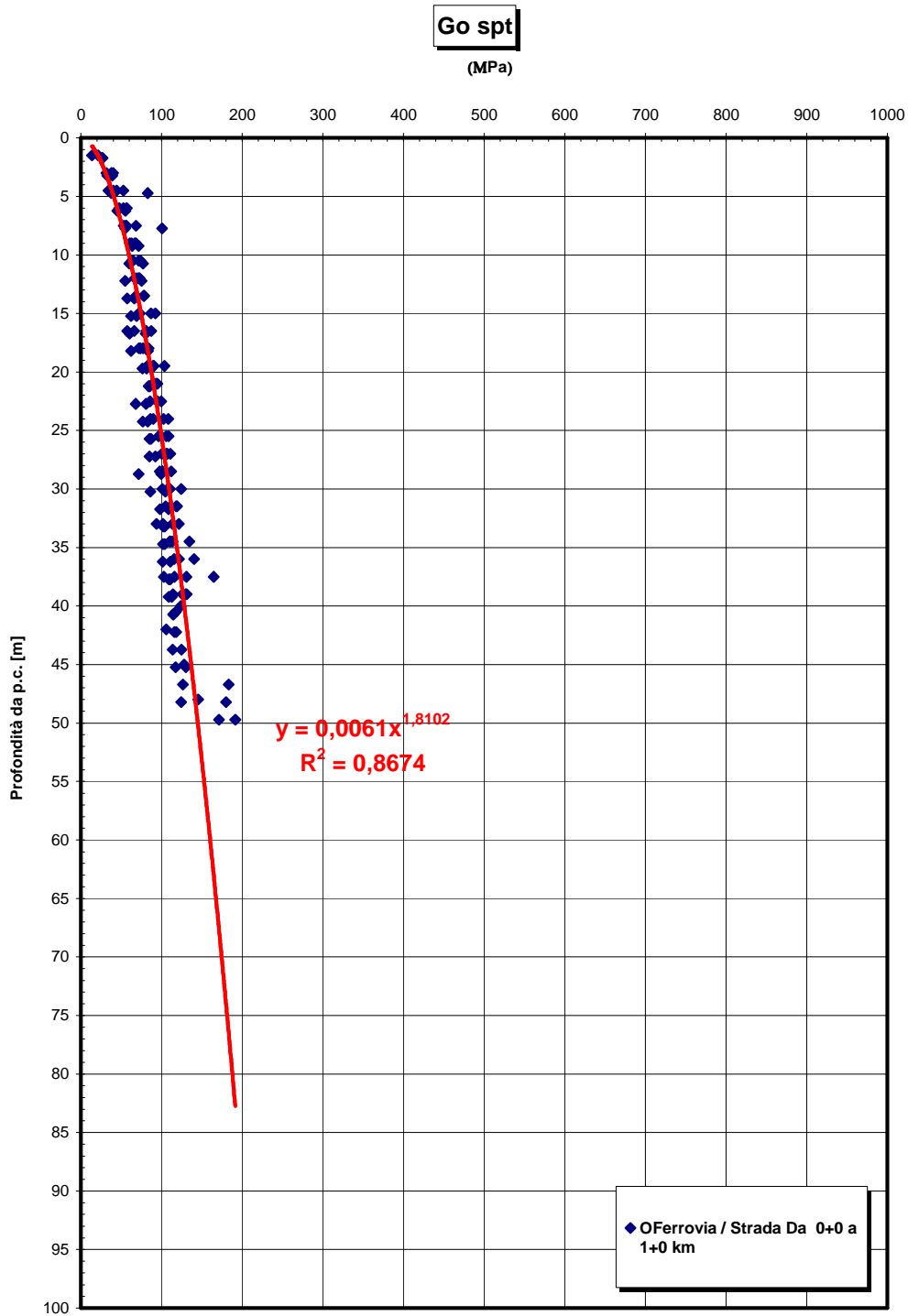


Figura 464 – Opera terminale

OTSCH1501 - Go SISMICHE

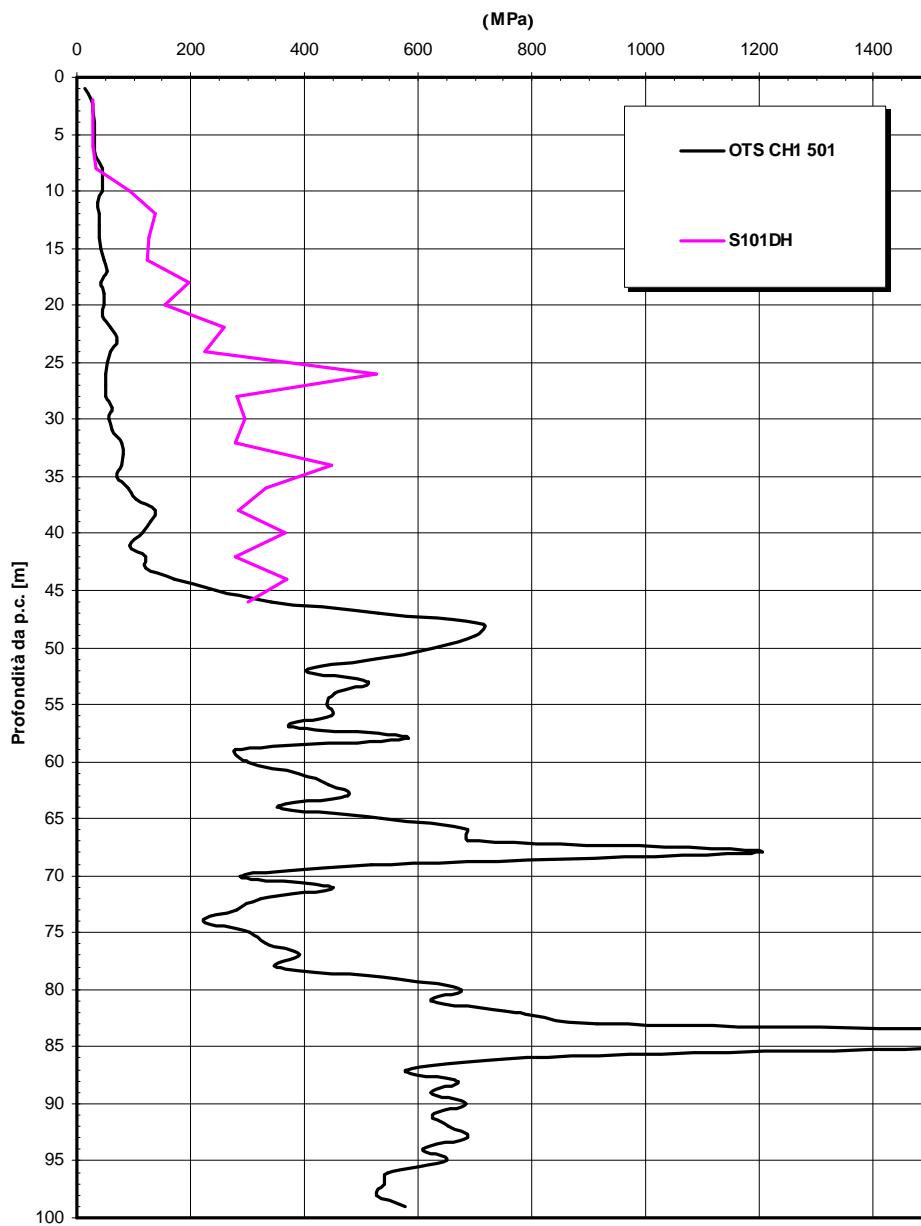


Figura 465– Opera terminale

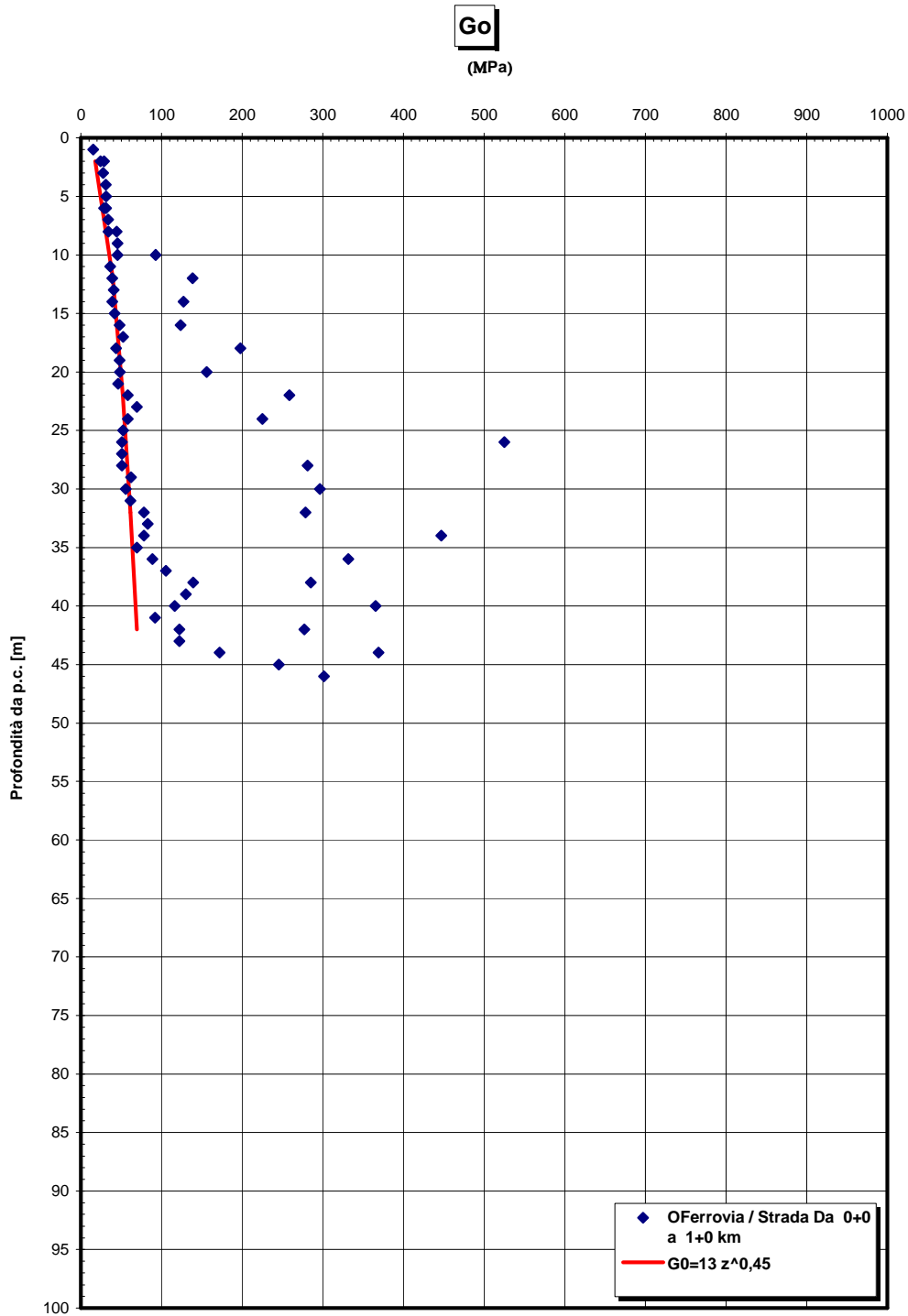


Figura 466 – Opera Terminal

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.5 DEPOSITI ALLUVIONALI

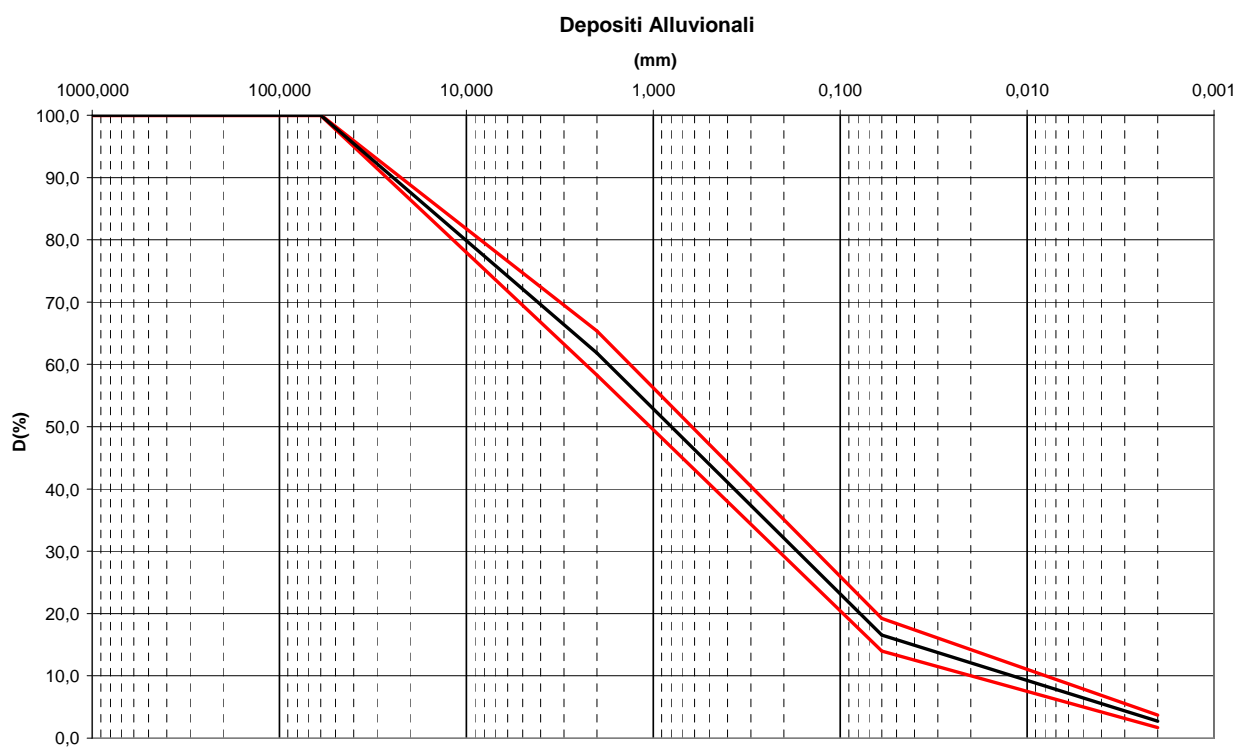


Figura 467

Depositi alluvionali - Analisi granulometriche - % limo, sabbia, ghiaia

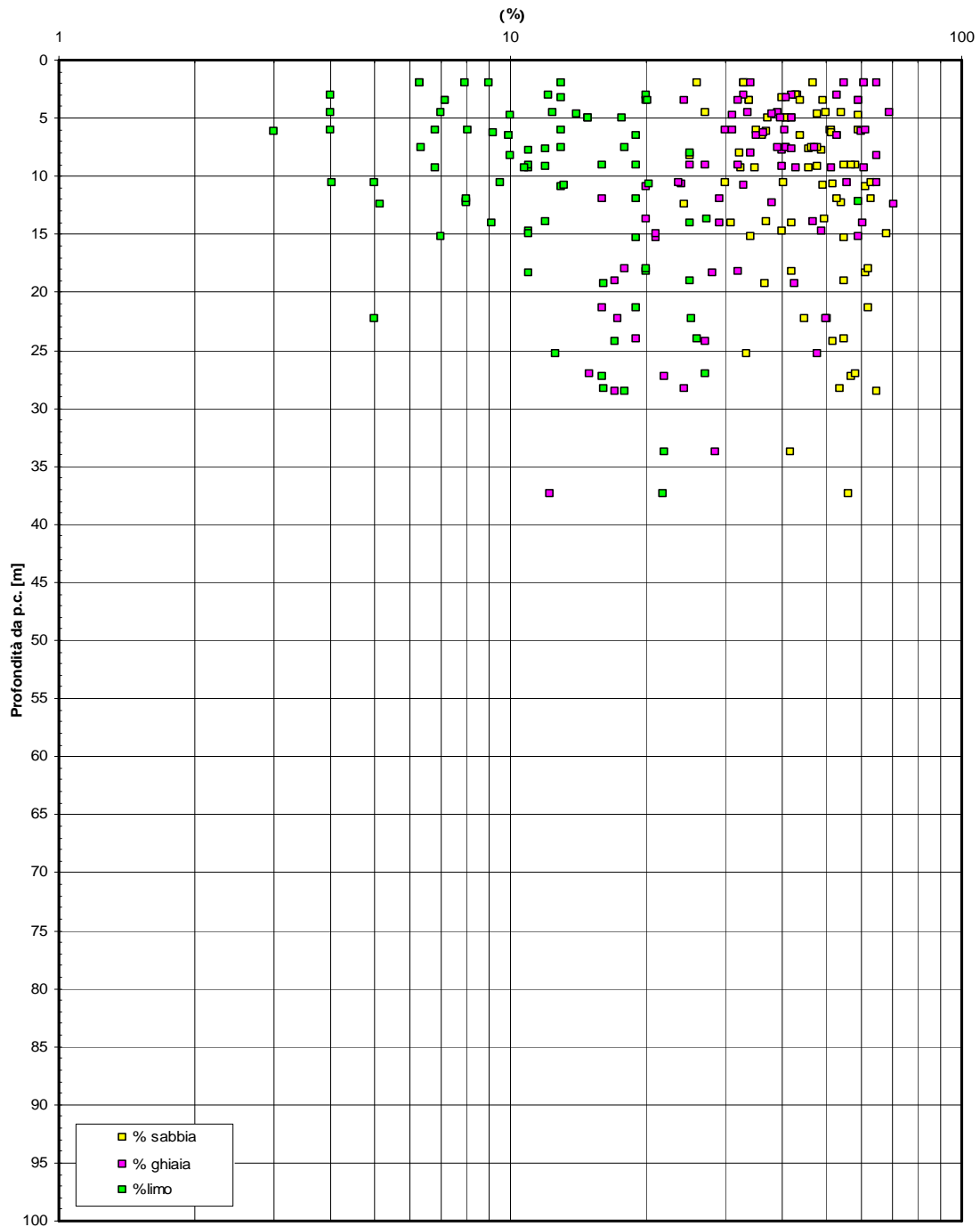


Figura 468

Depositi alluvionali - d50(mm)

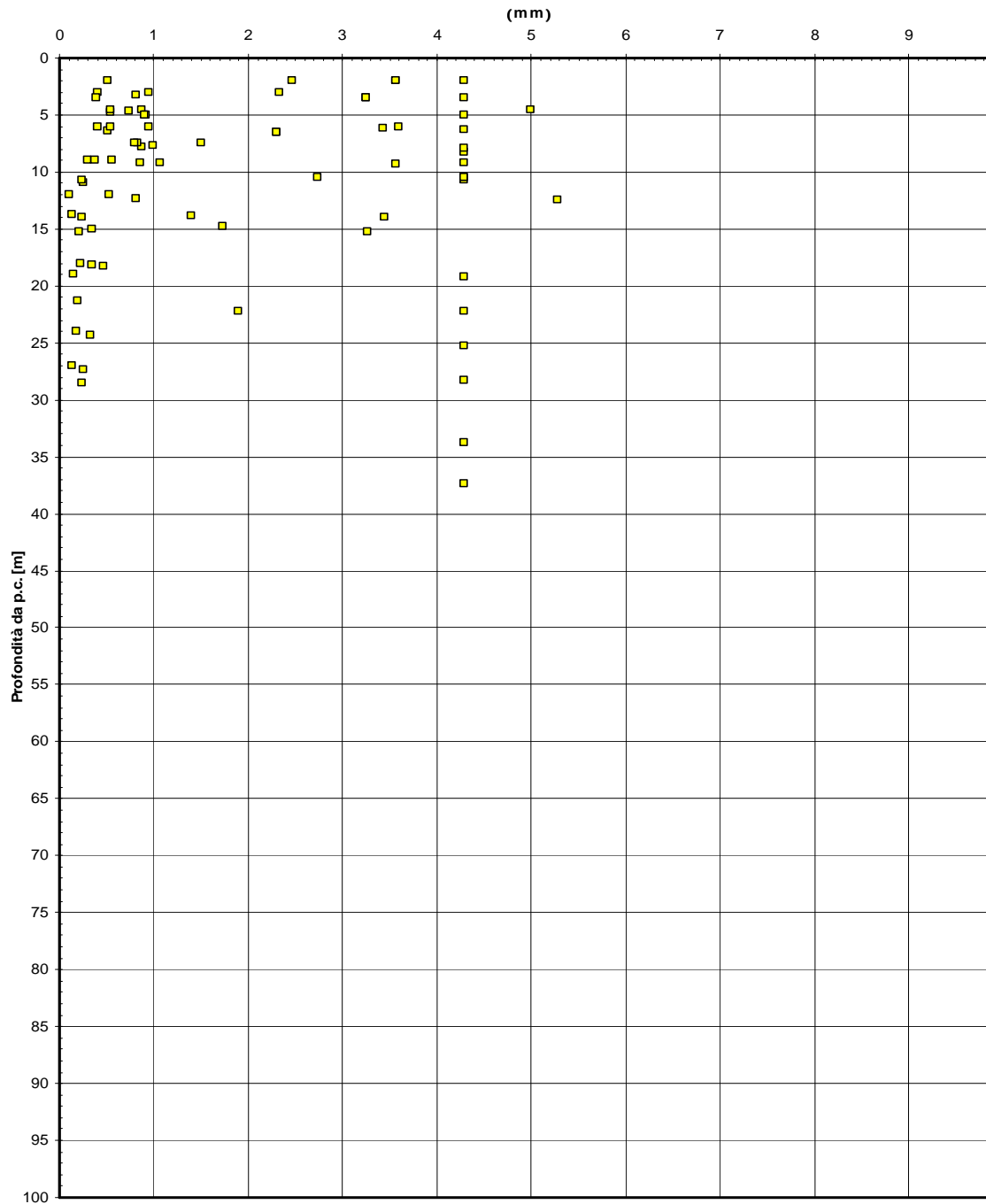


Figura 469

Nspt

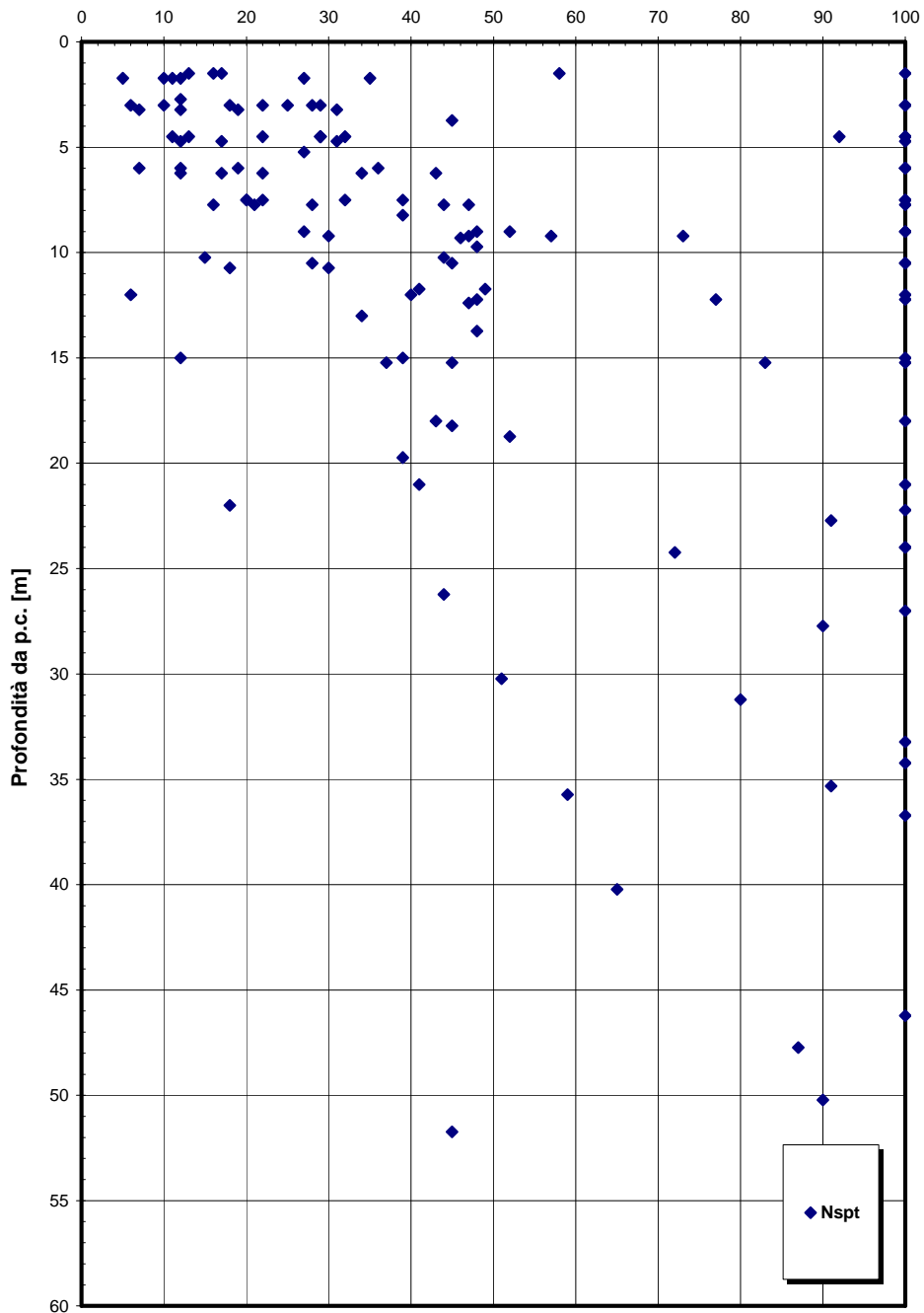


Figura 470

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

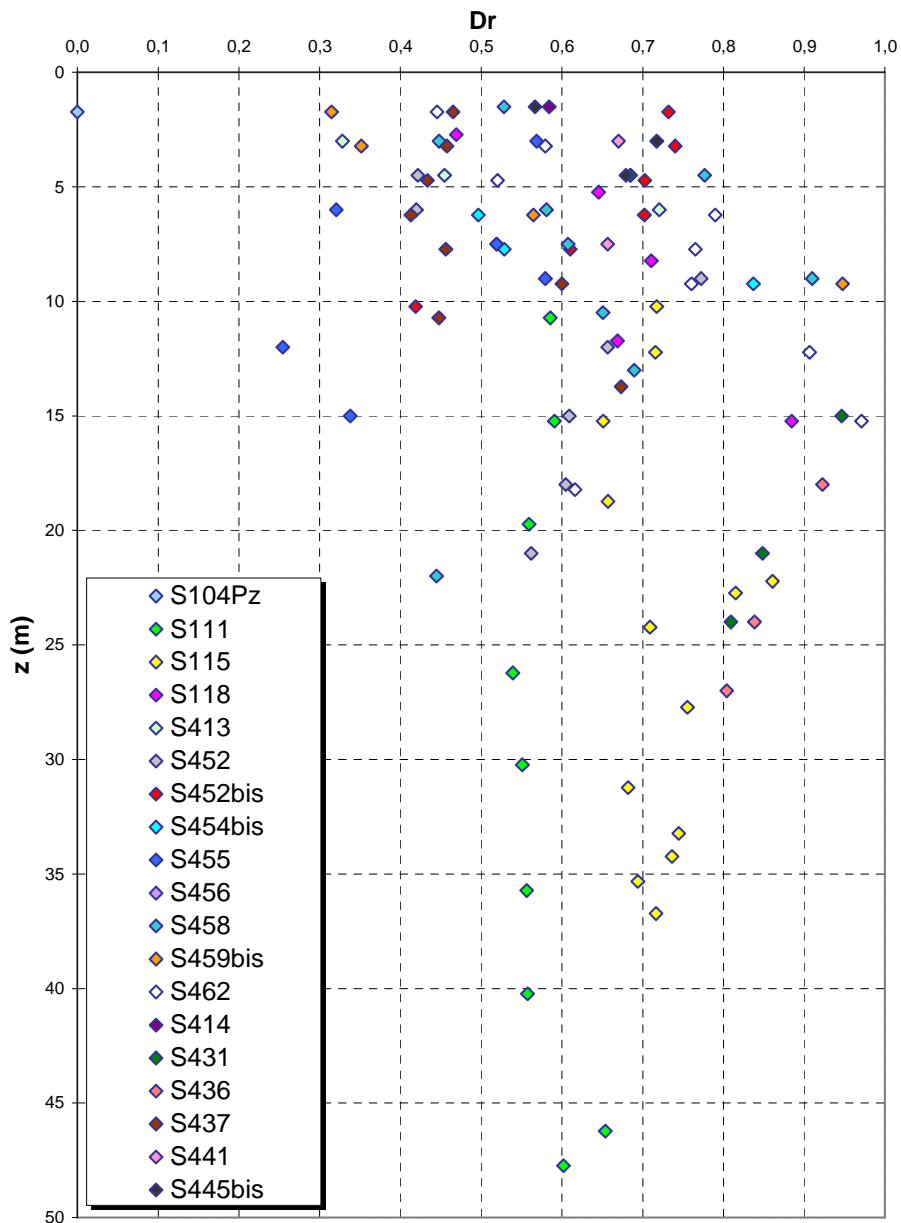


Figura 471

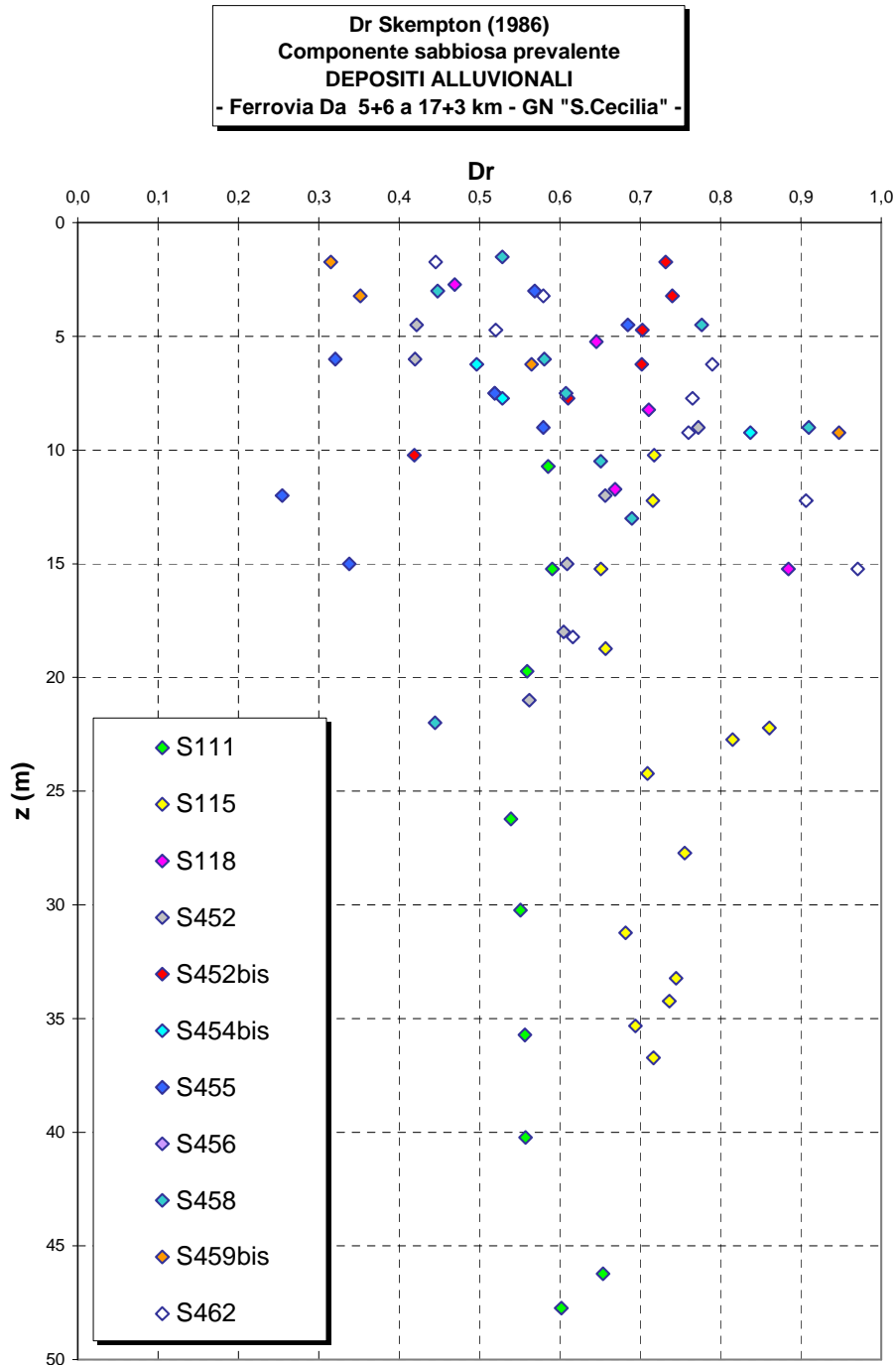


Figura 472

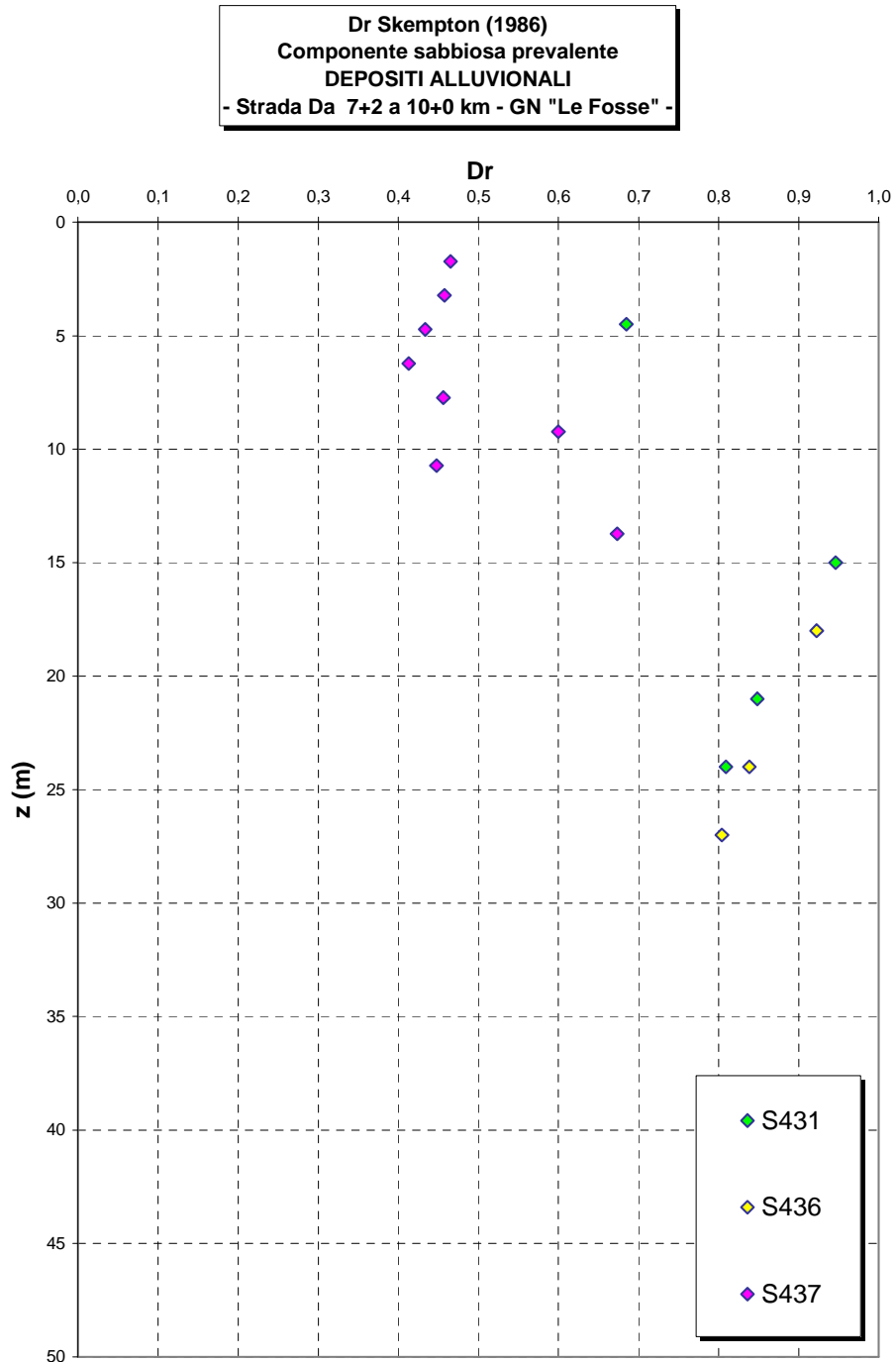


Figura 473

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

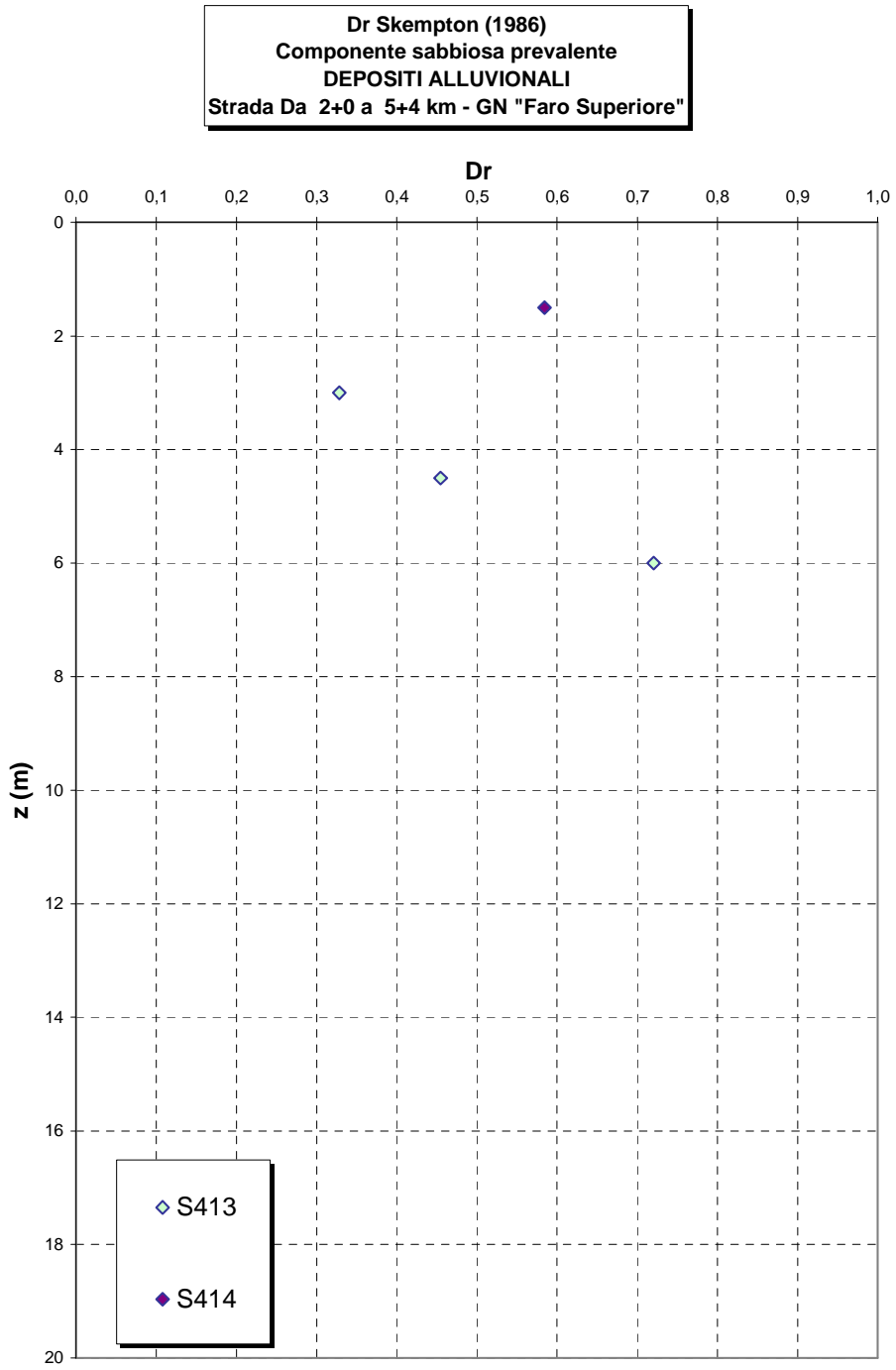


Figura 474

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

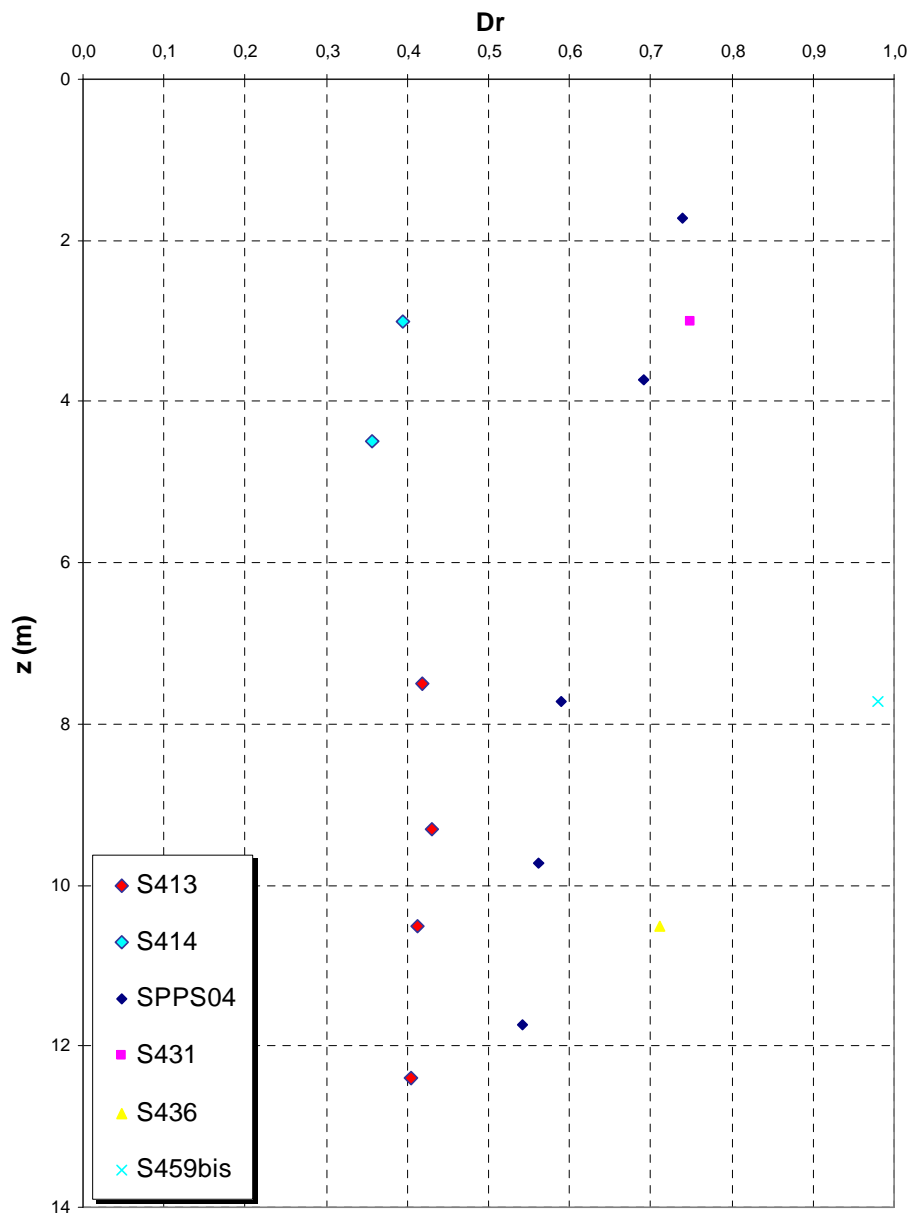


Figura 475

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

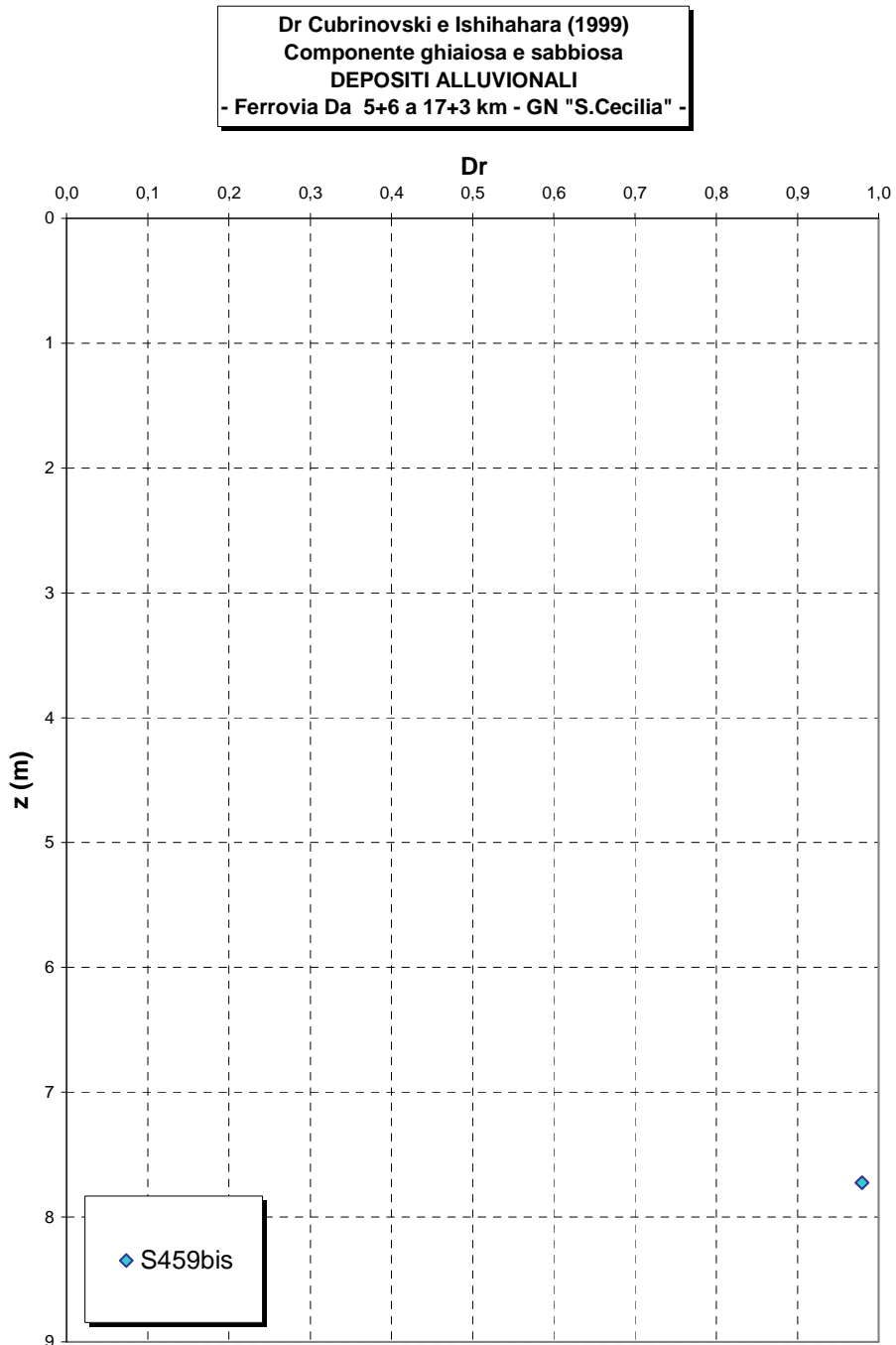


Figura 476

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

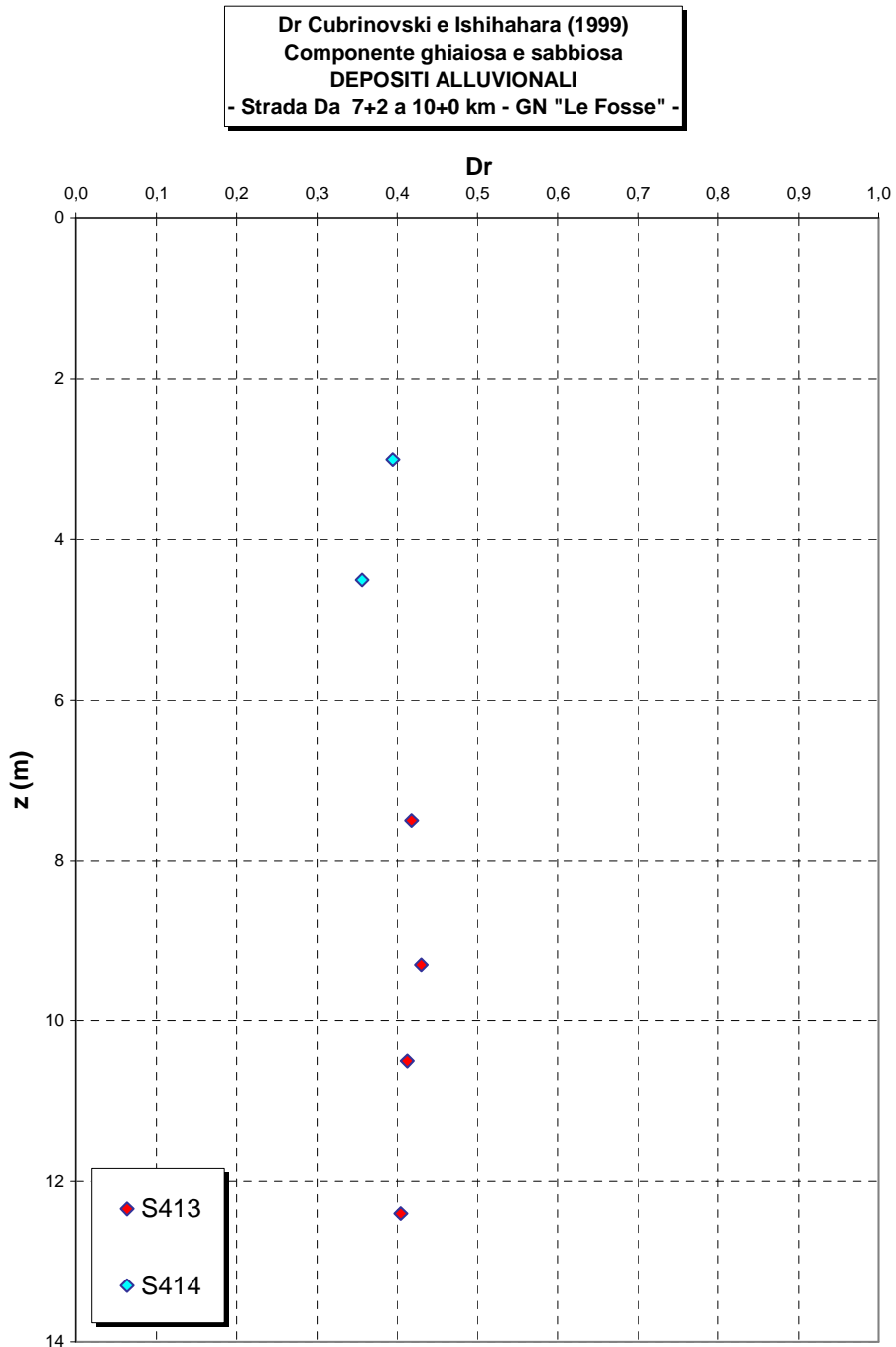


Figura 477

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

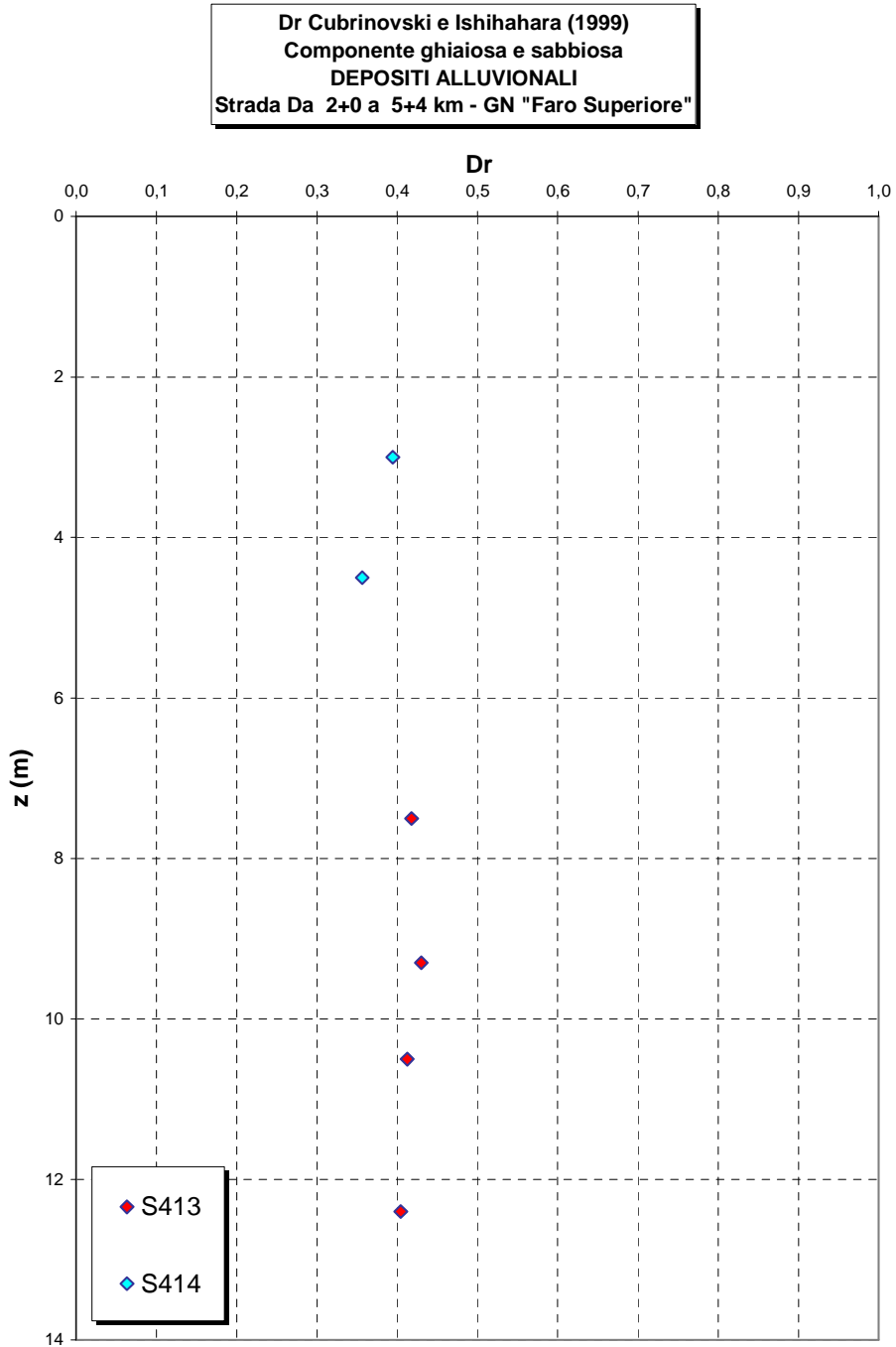


Figura 478

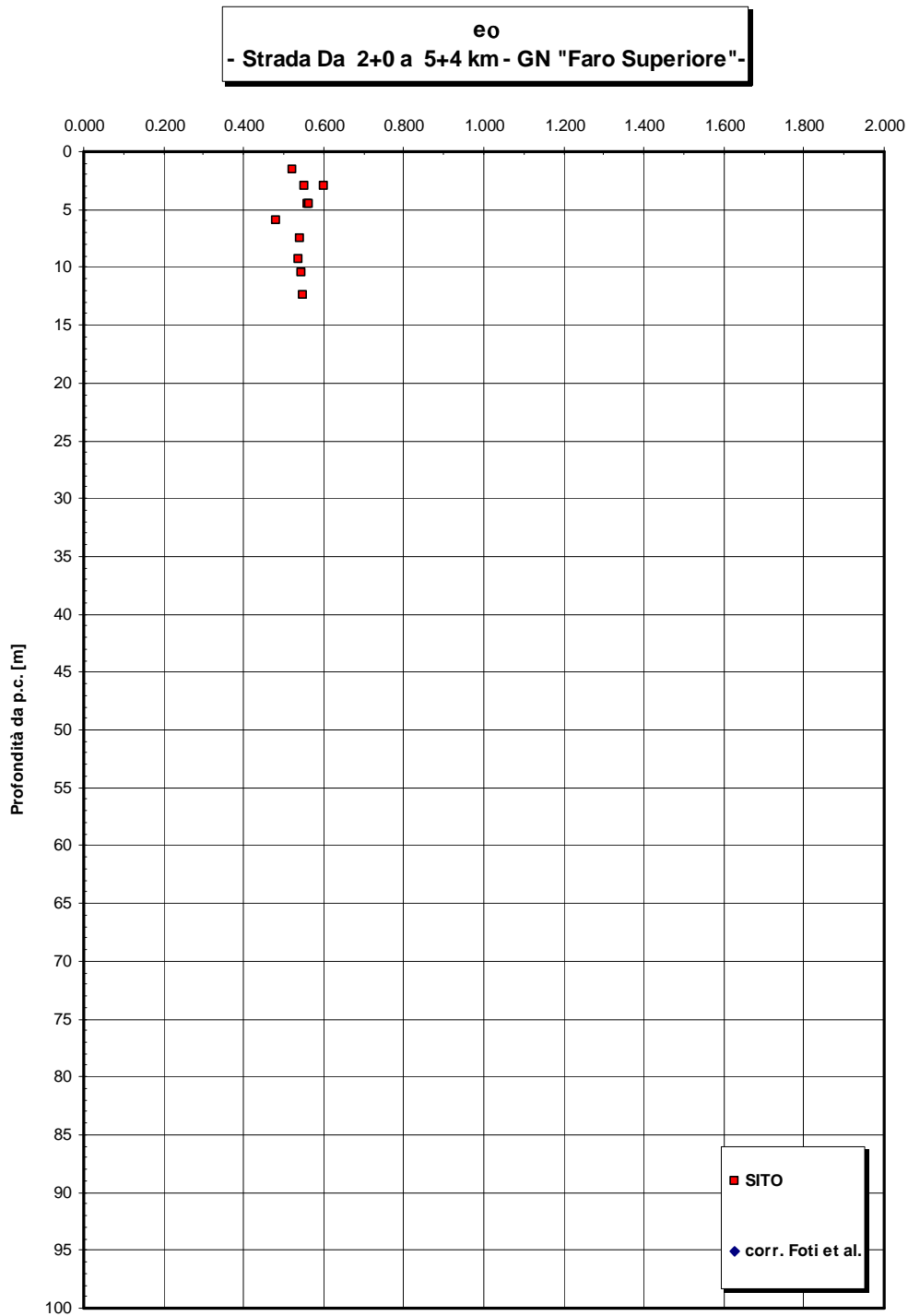


Figura 479

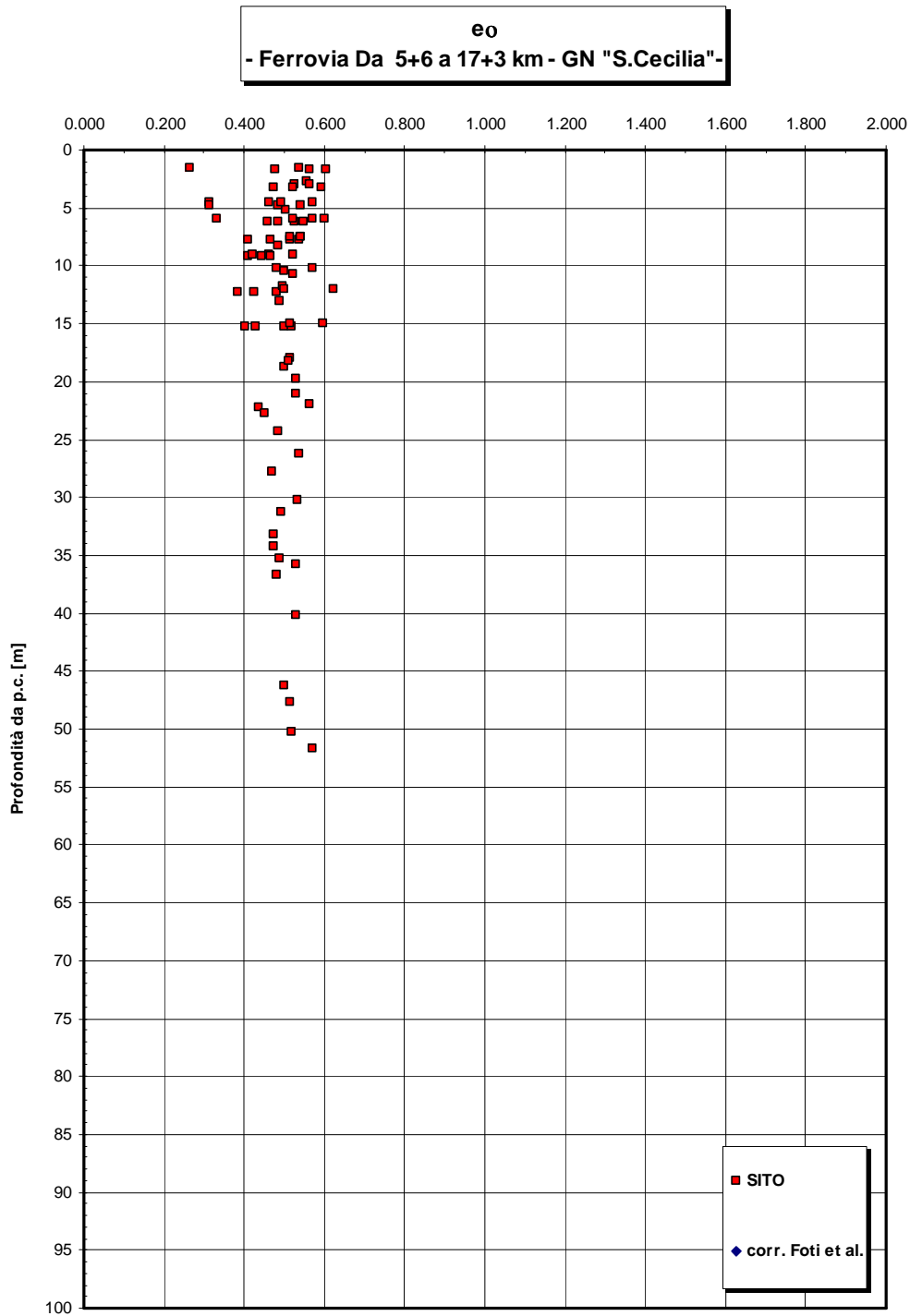


Figura 480

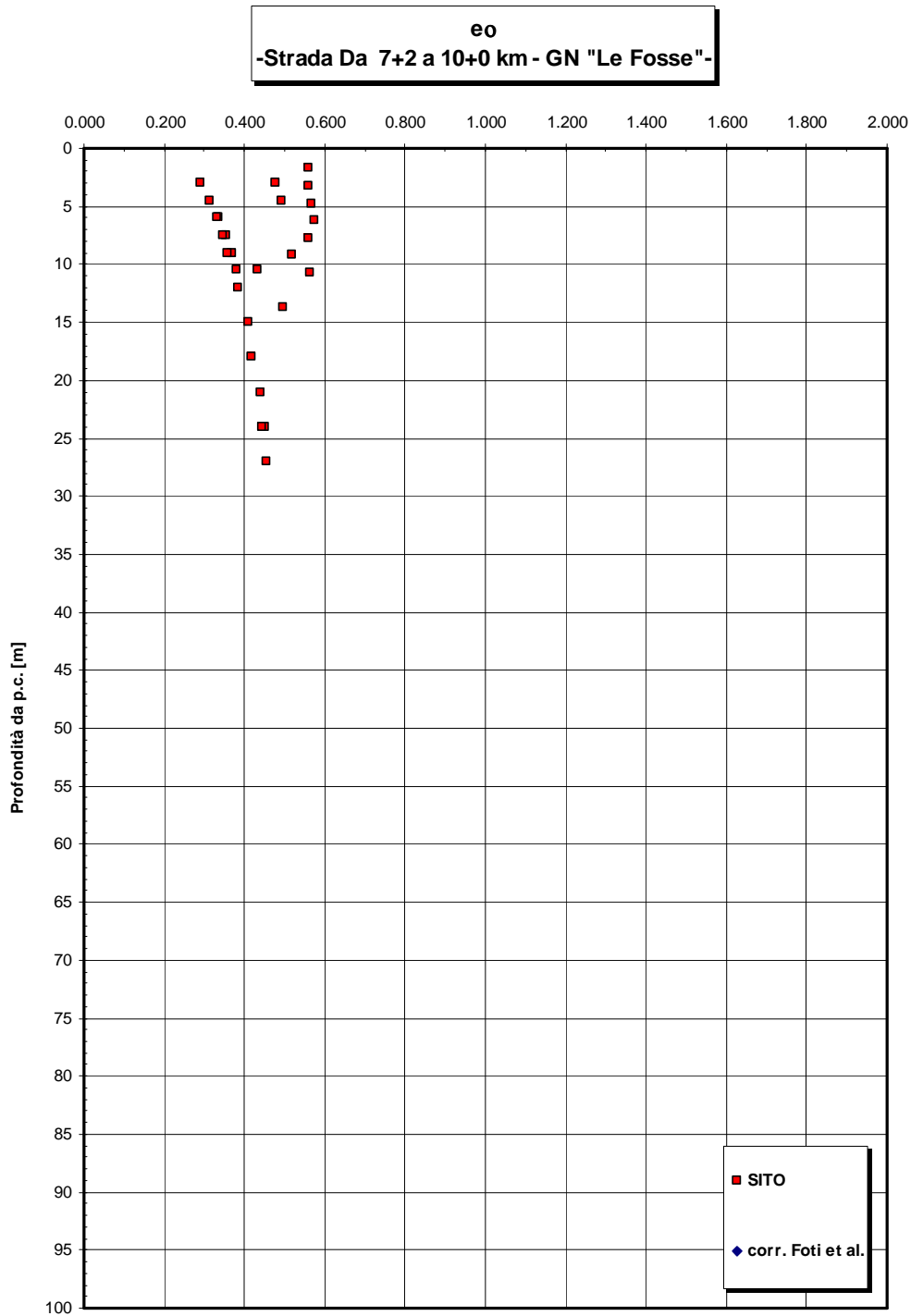


Figura 481

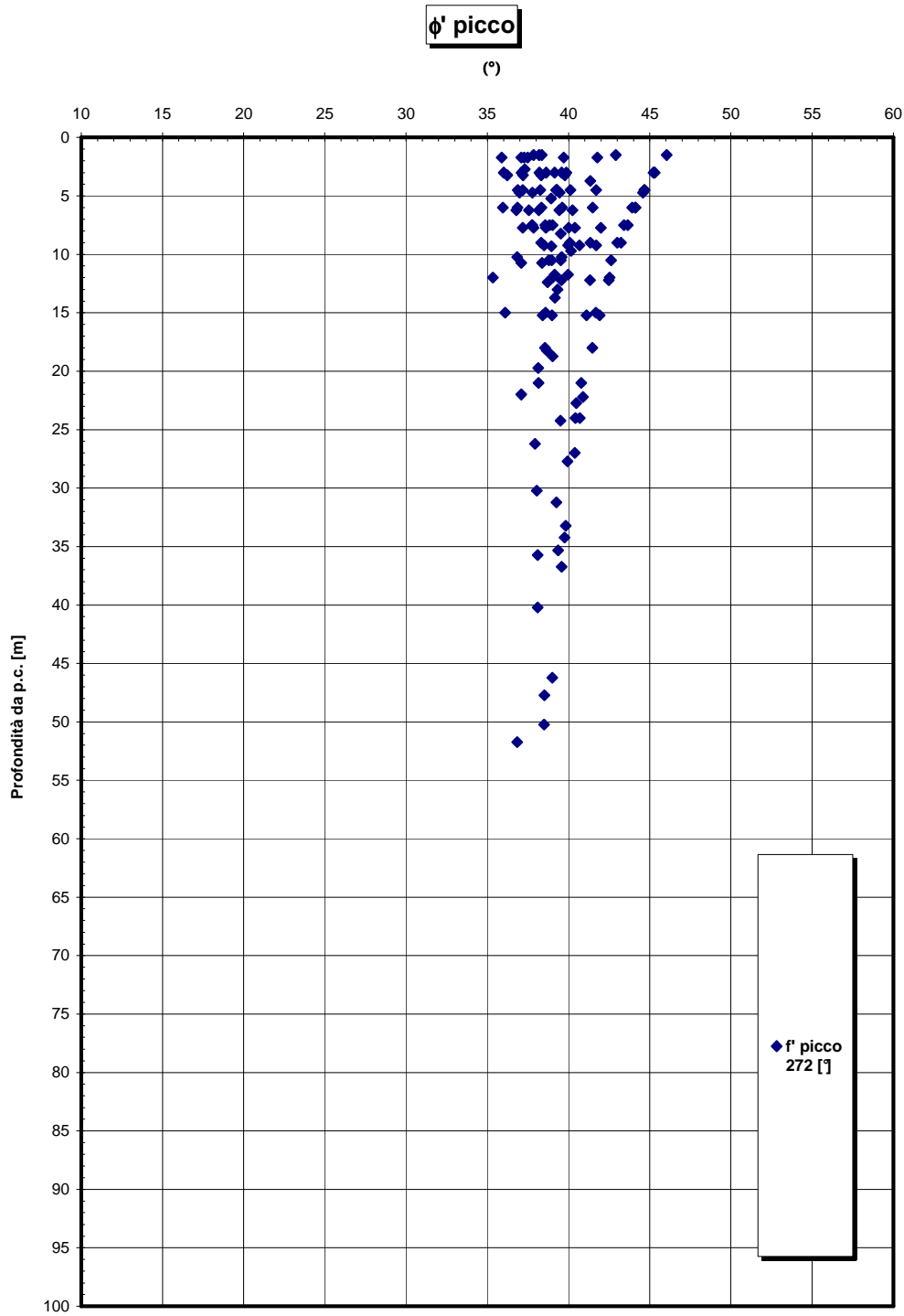


Figura 482

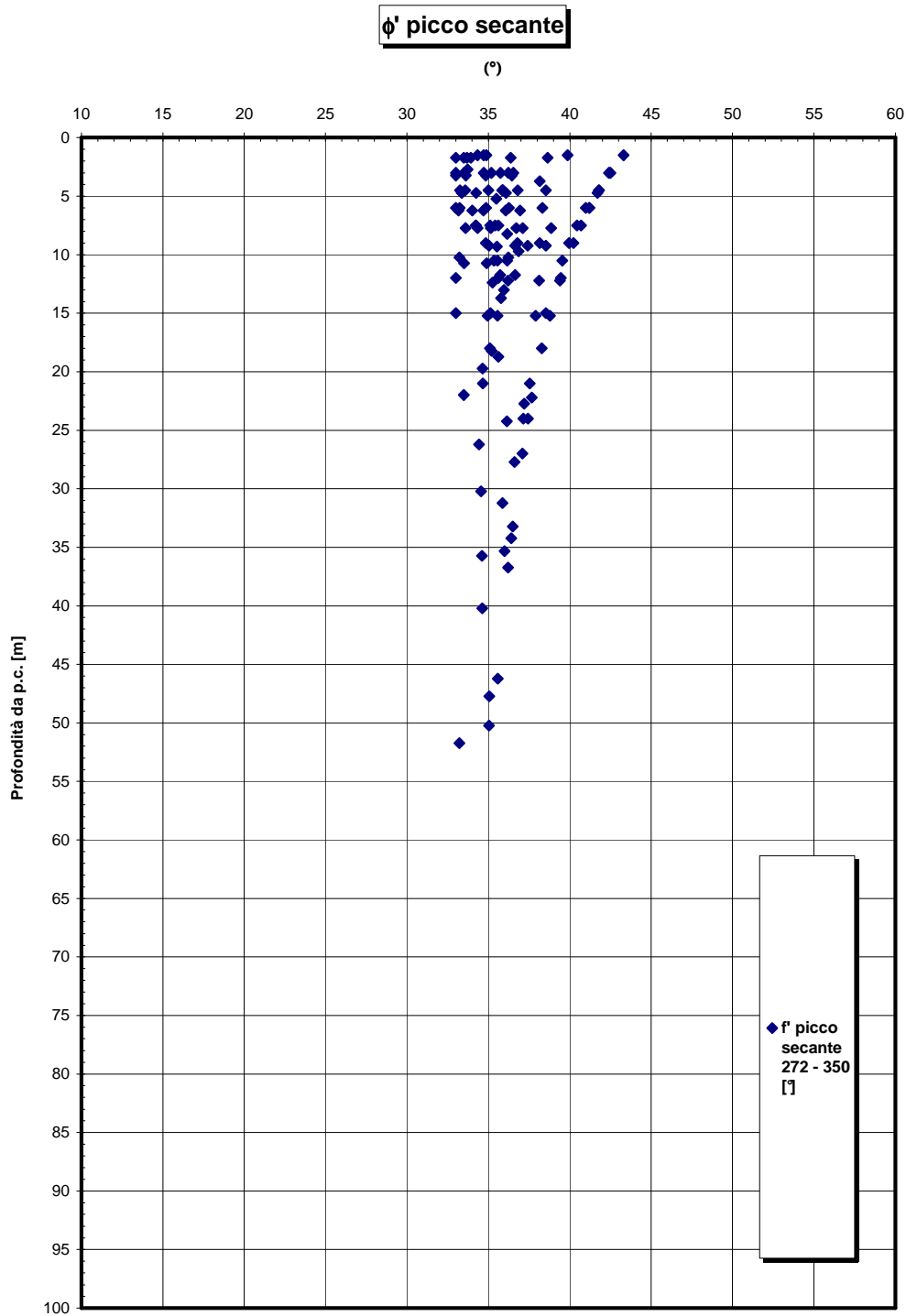


Figura 483

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

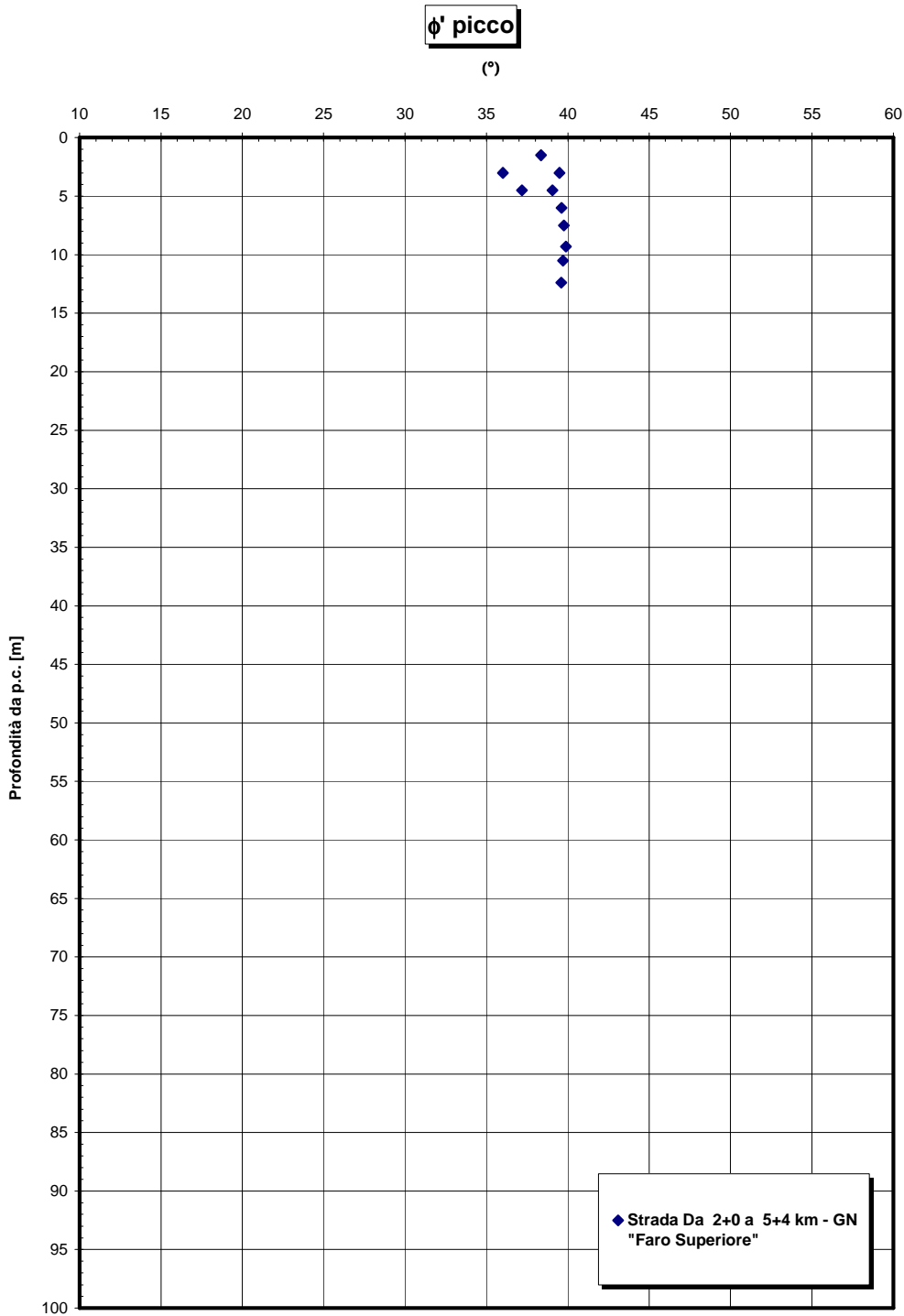


Figura 484

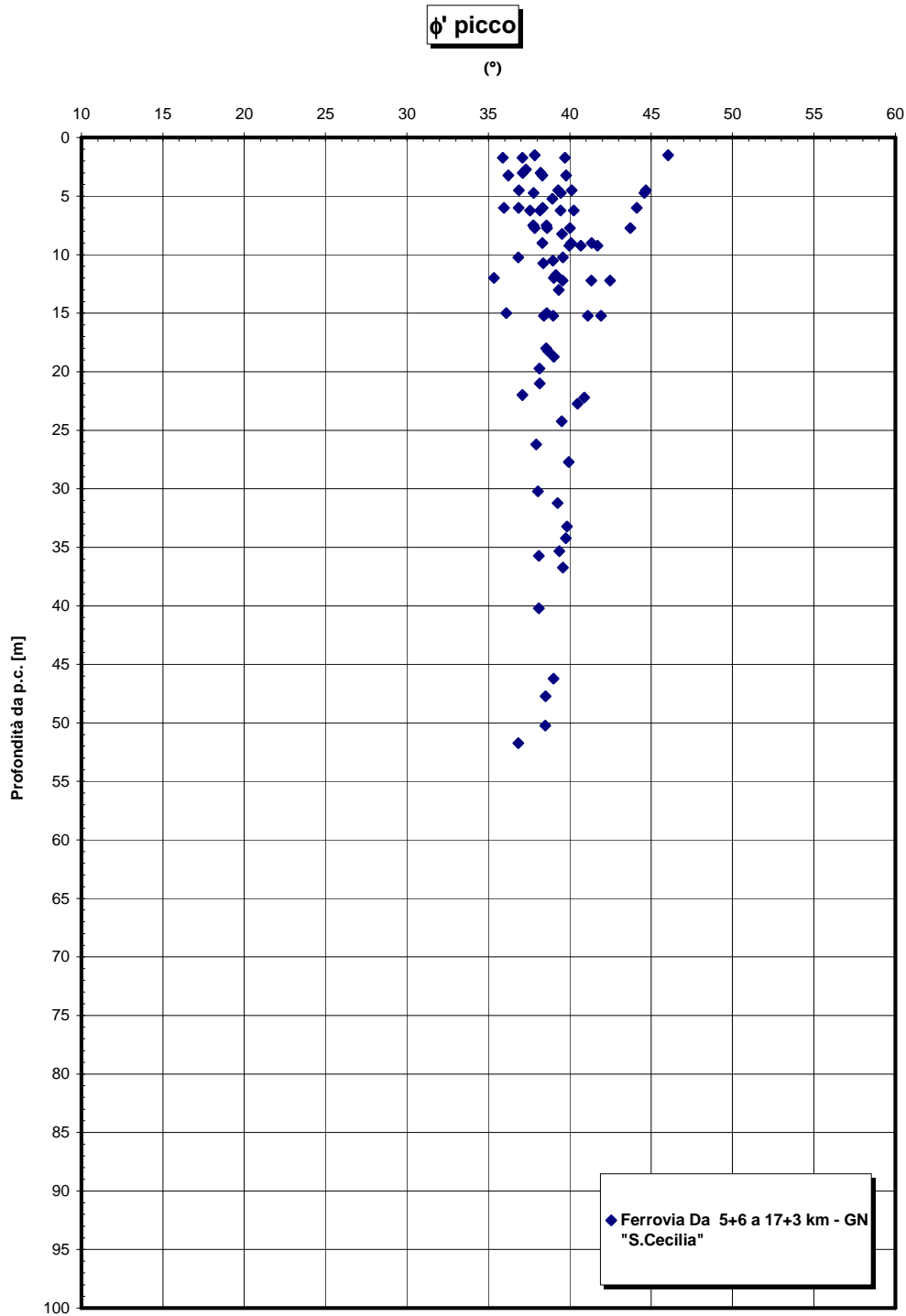


Figura 485

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

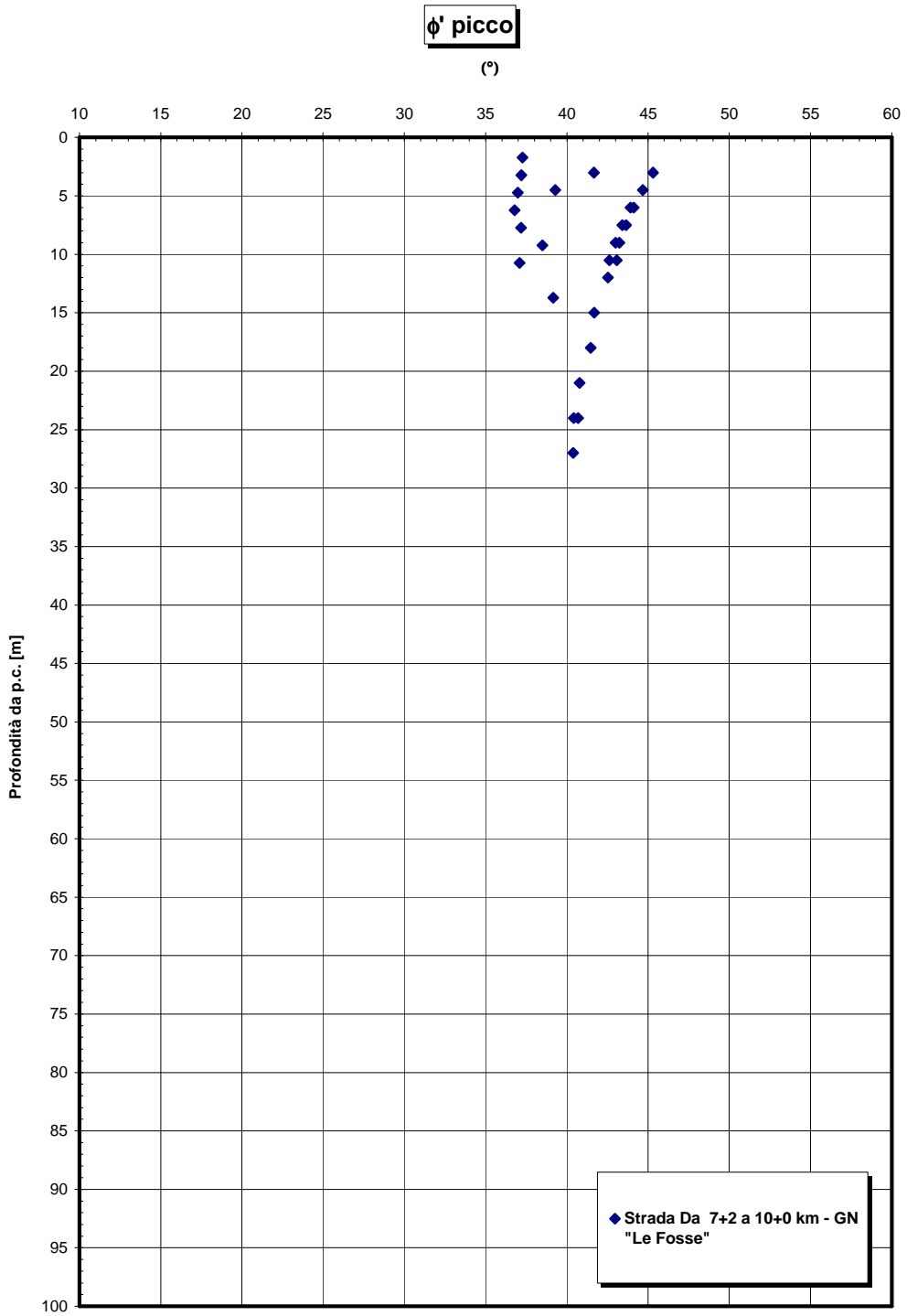


Figura 486

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

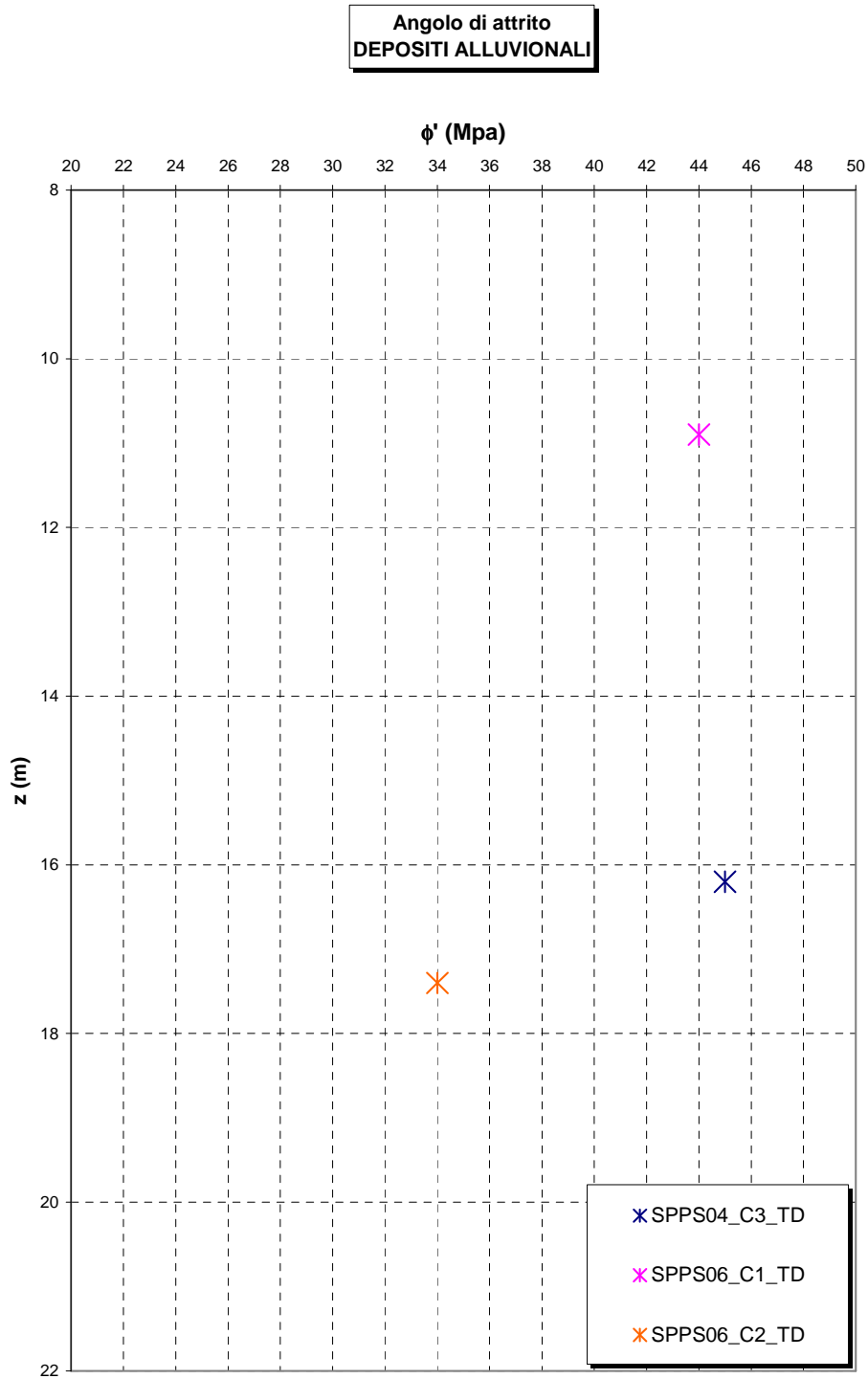


Figura 487

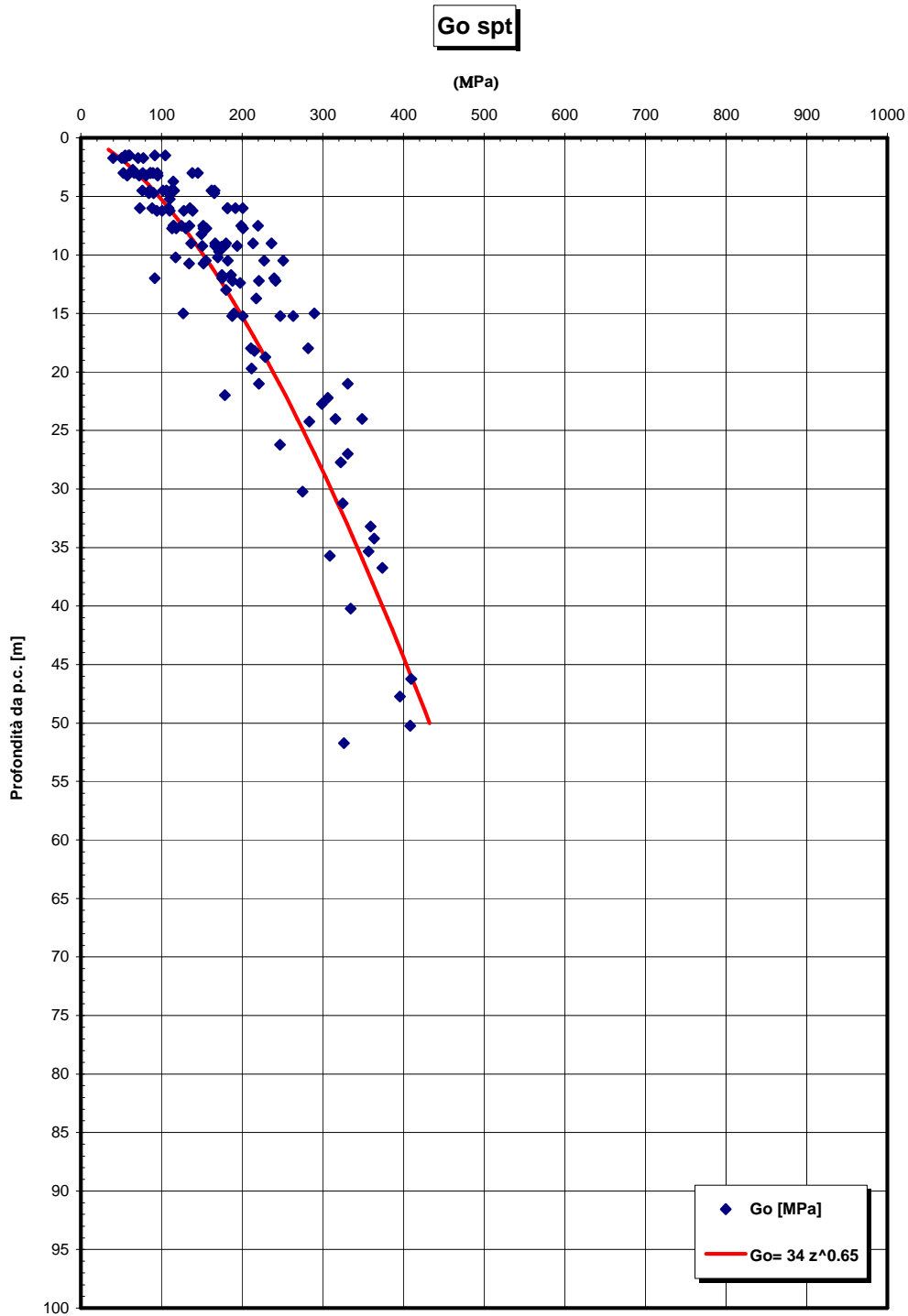


Figura 488 – Riepilogo generale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Go/pa

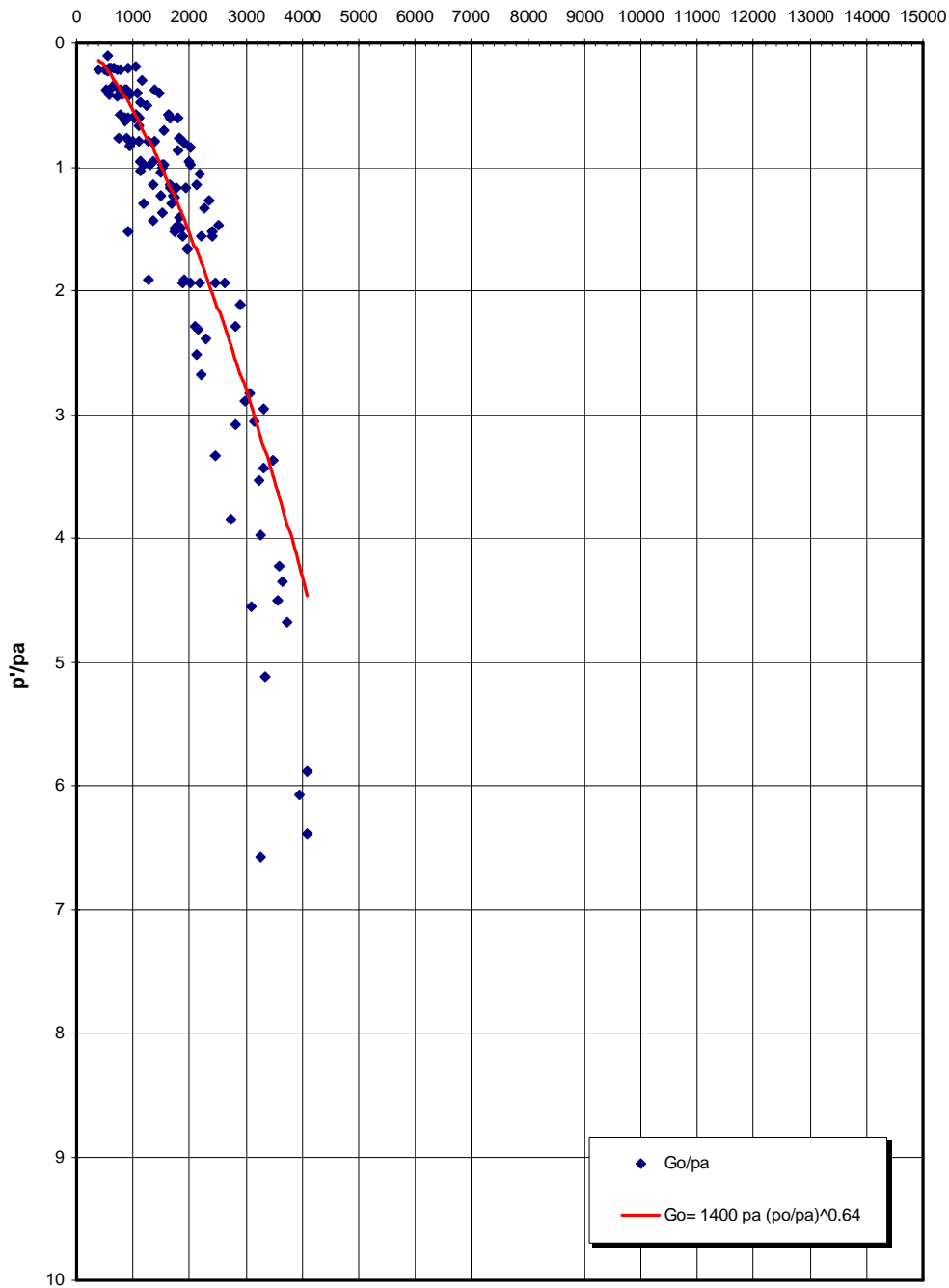


Figura 489 – Riepilogo generale

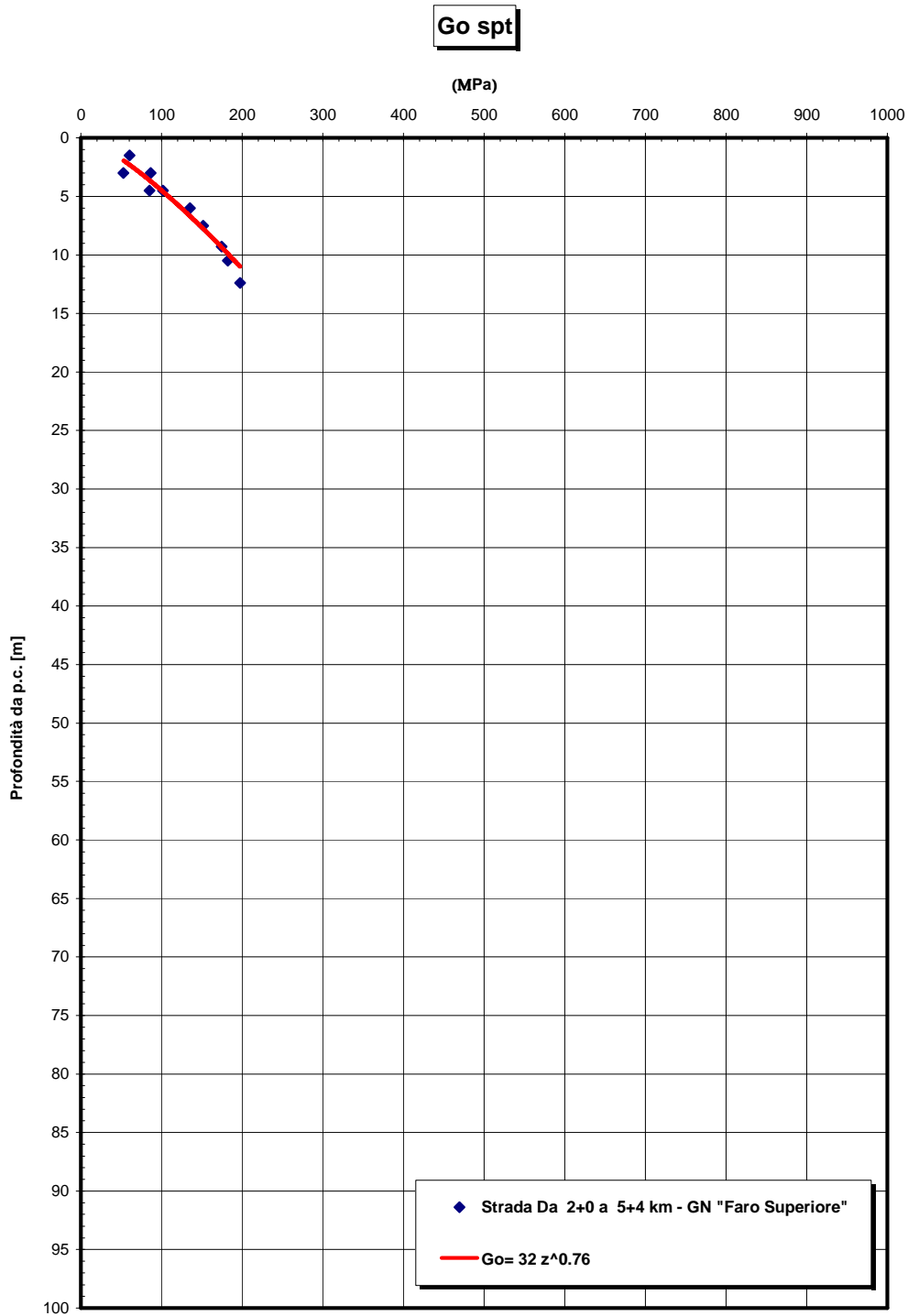


Figura 490

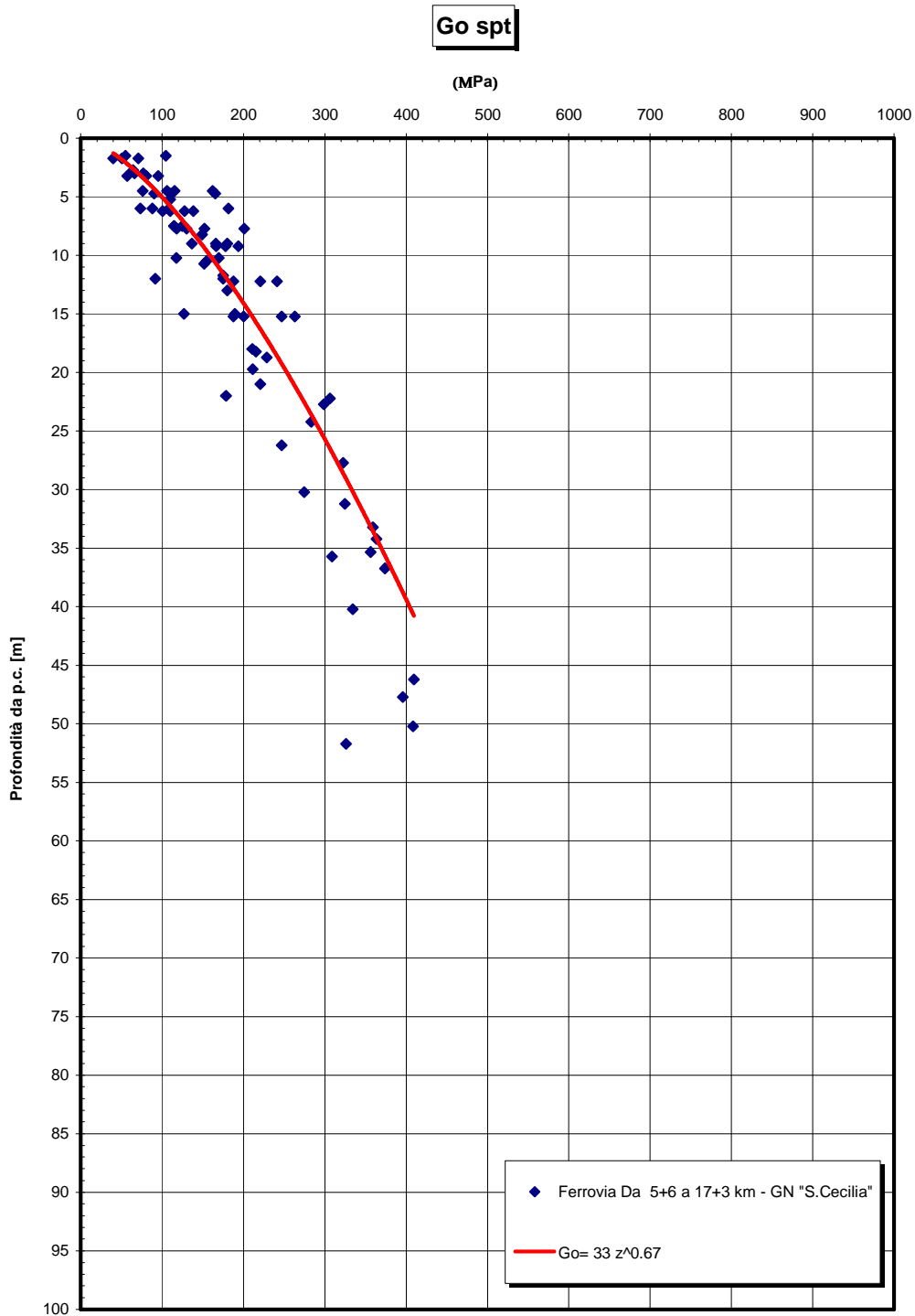


Figura 491

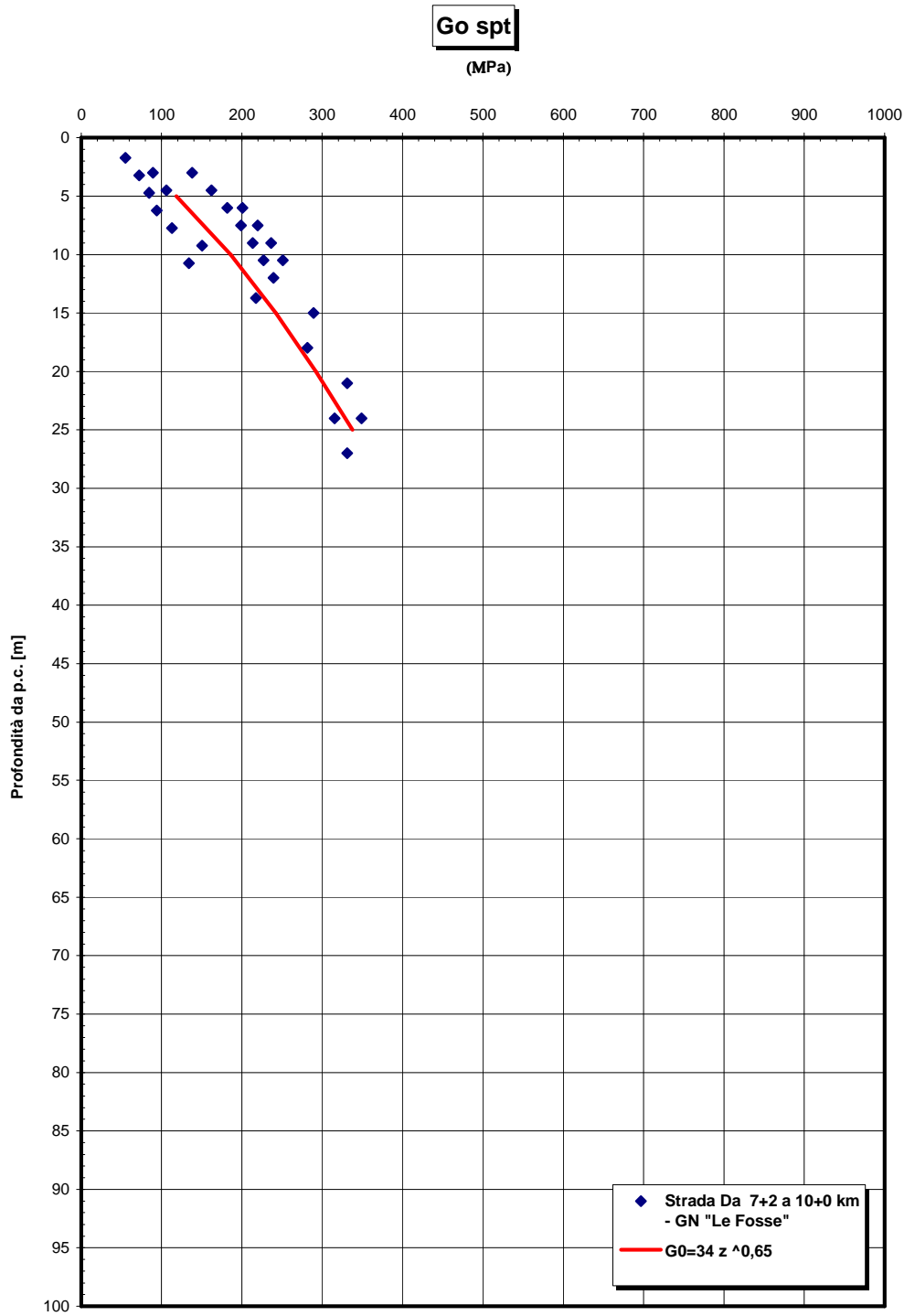


Figura 492

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Vp
(m/s)

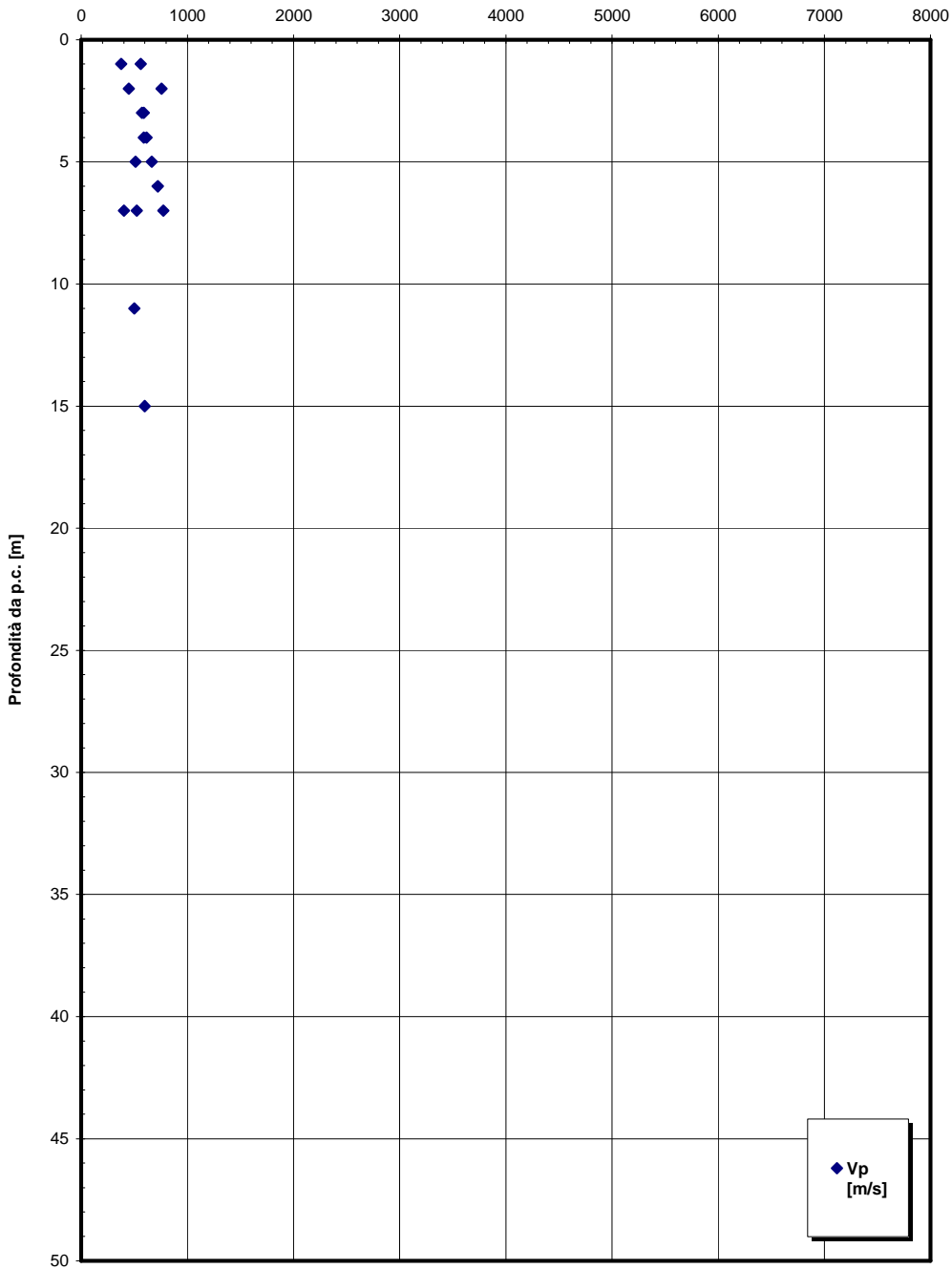


Figura 493

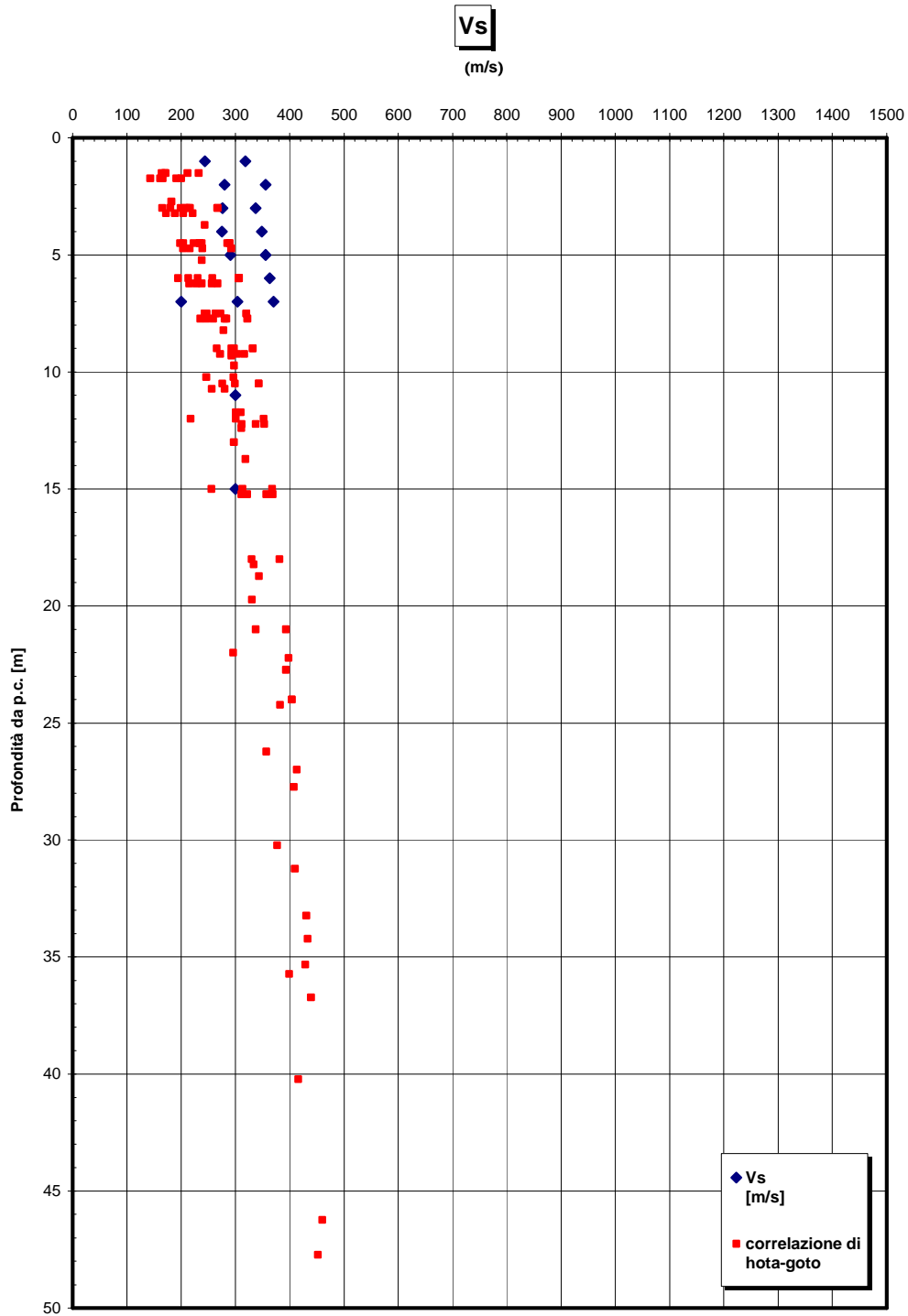


Figura 494

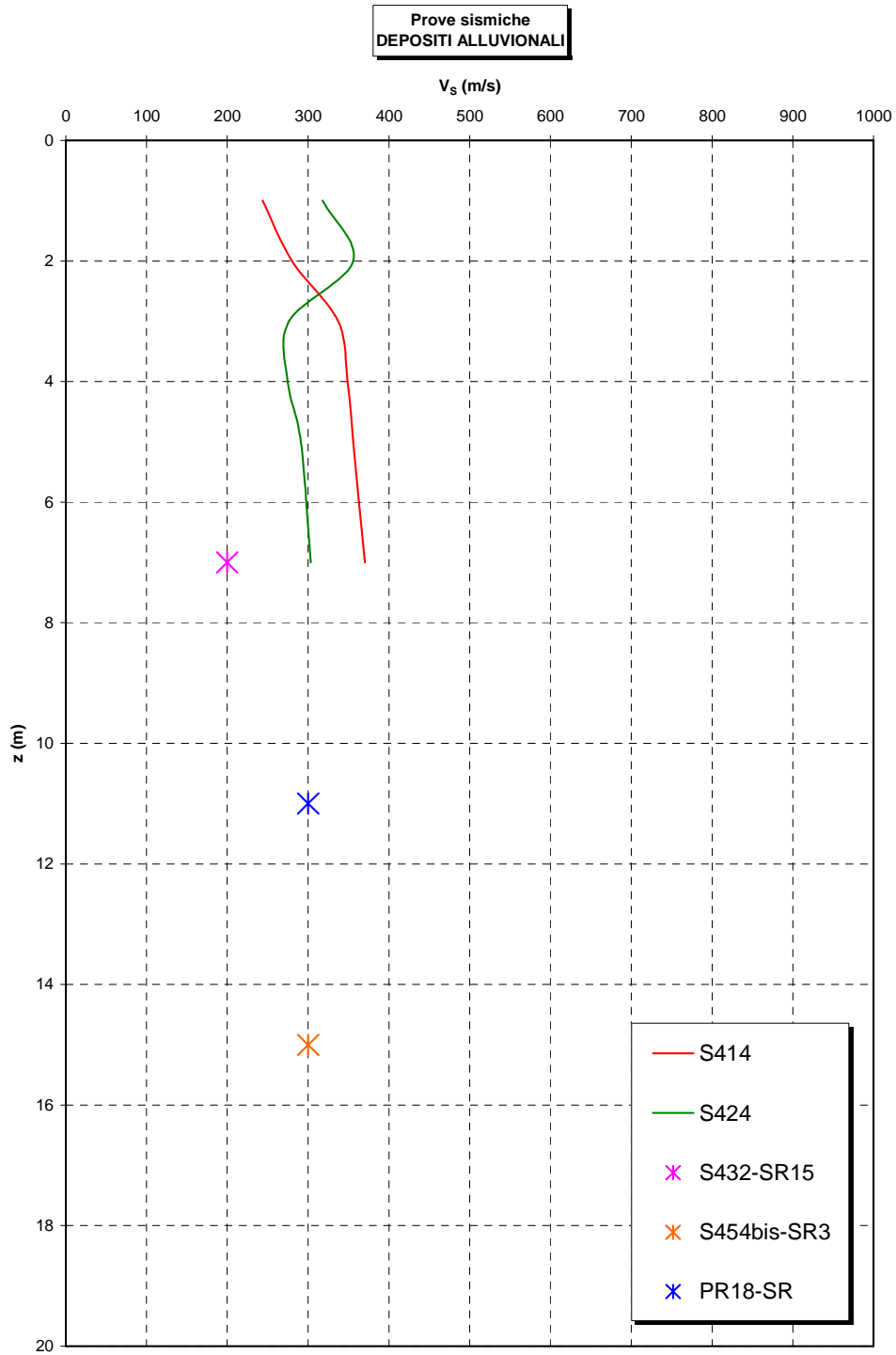


Figura 495

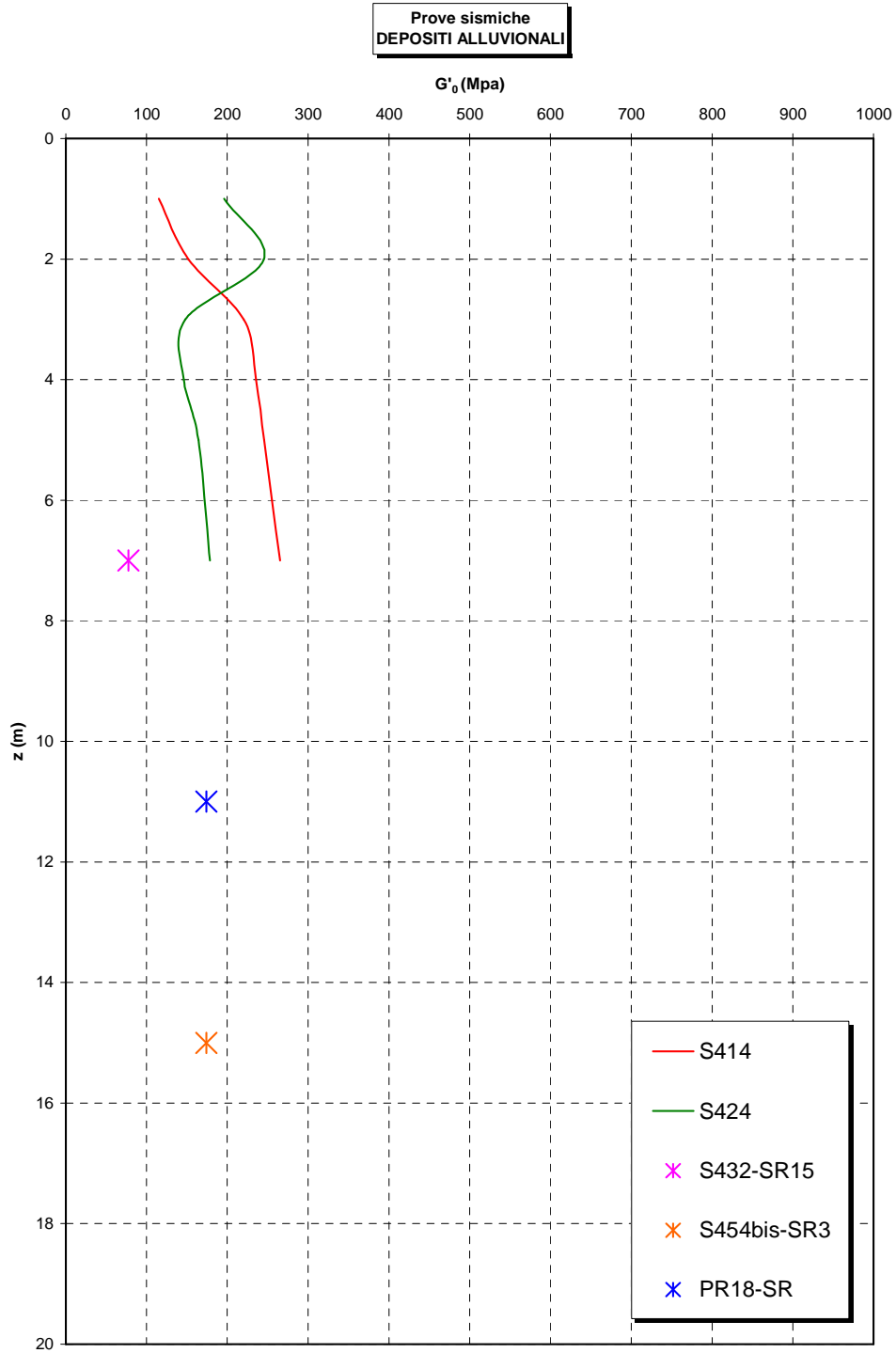


Figura 496

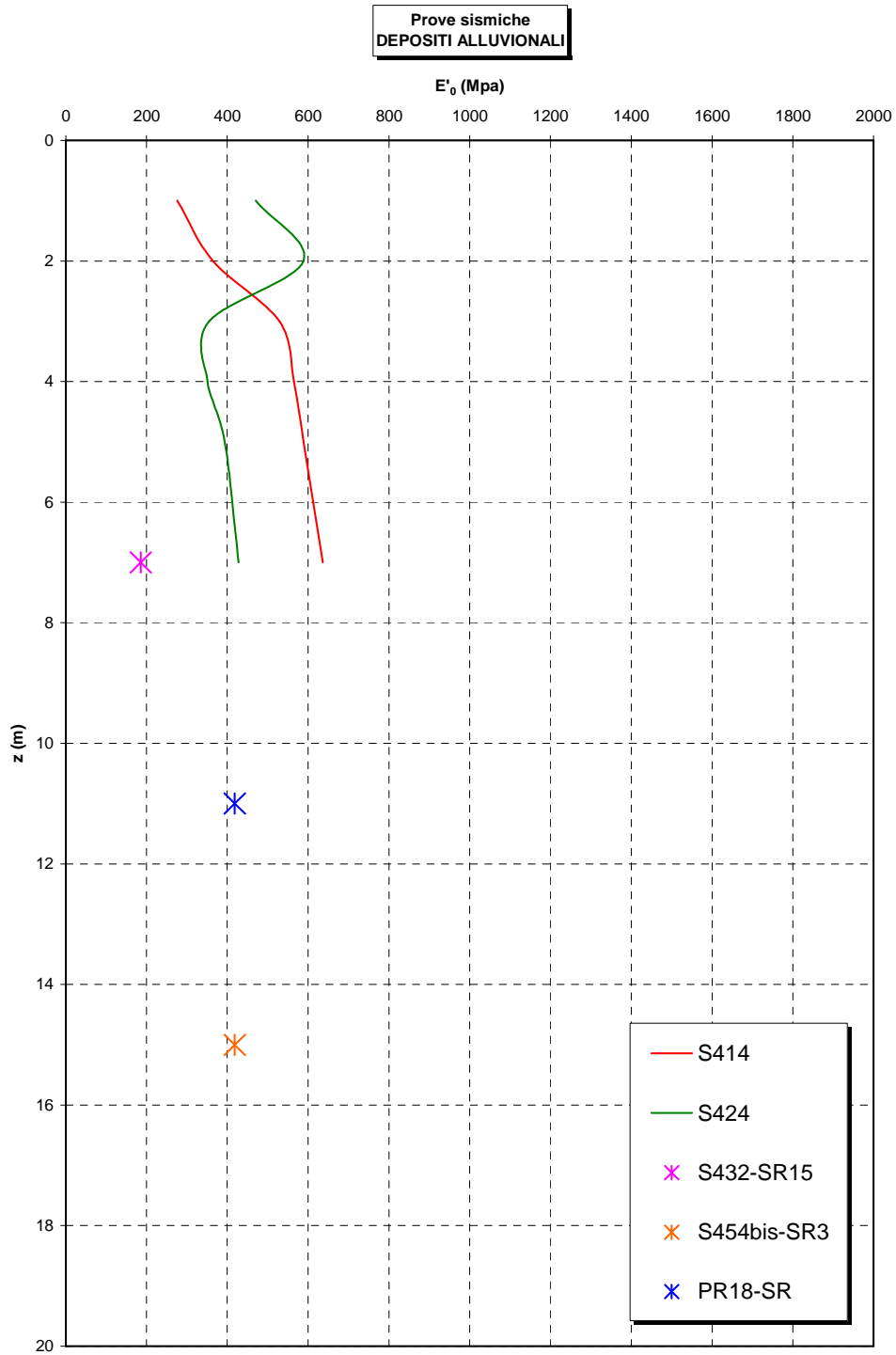


Figura 497

Estat press

(MPa)

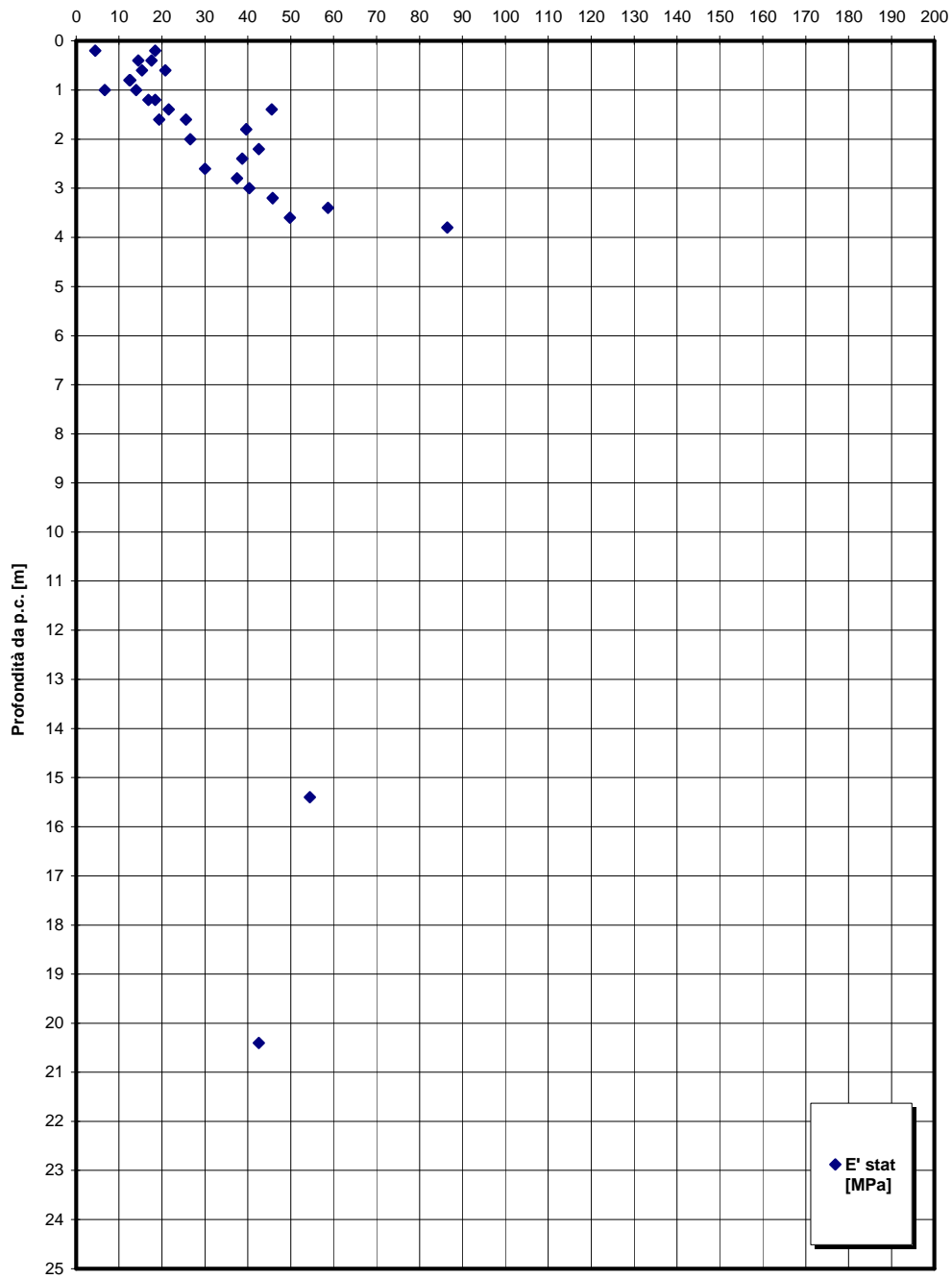


Figura 498

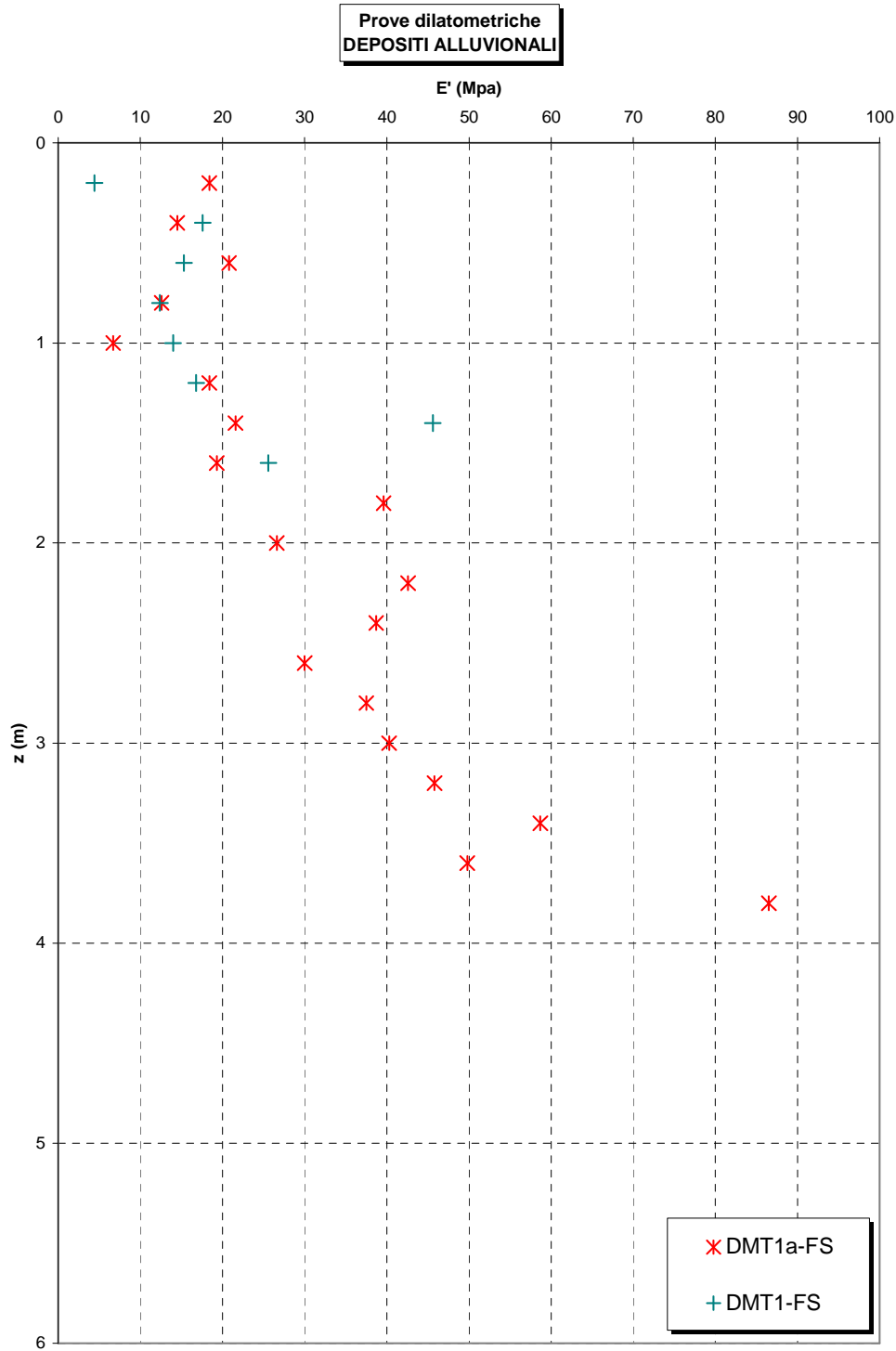


Figura 499

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Prove pressiometriche
 DEPOSITI ALLUVIONALI**

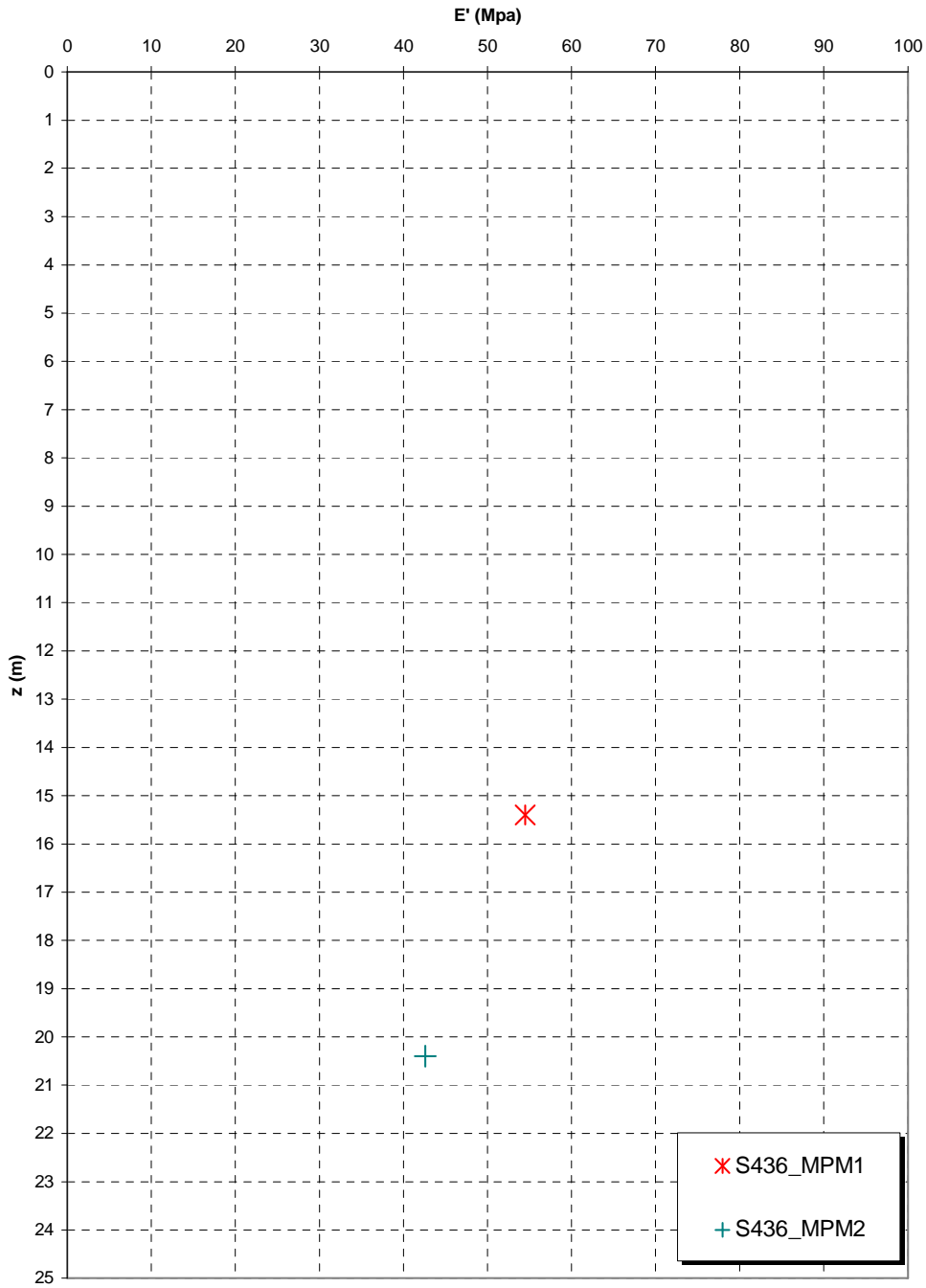


Figura 500

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

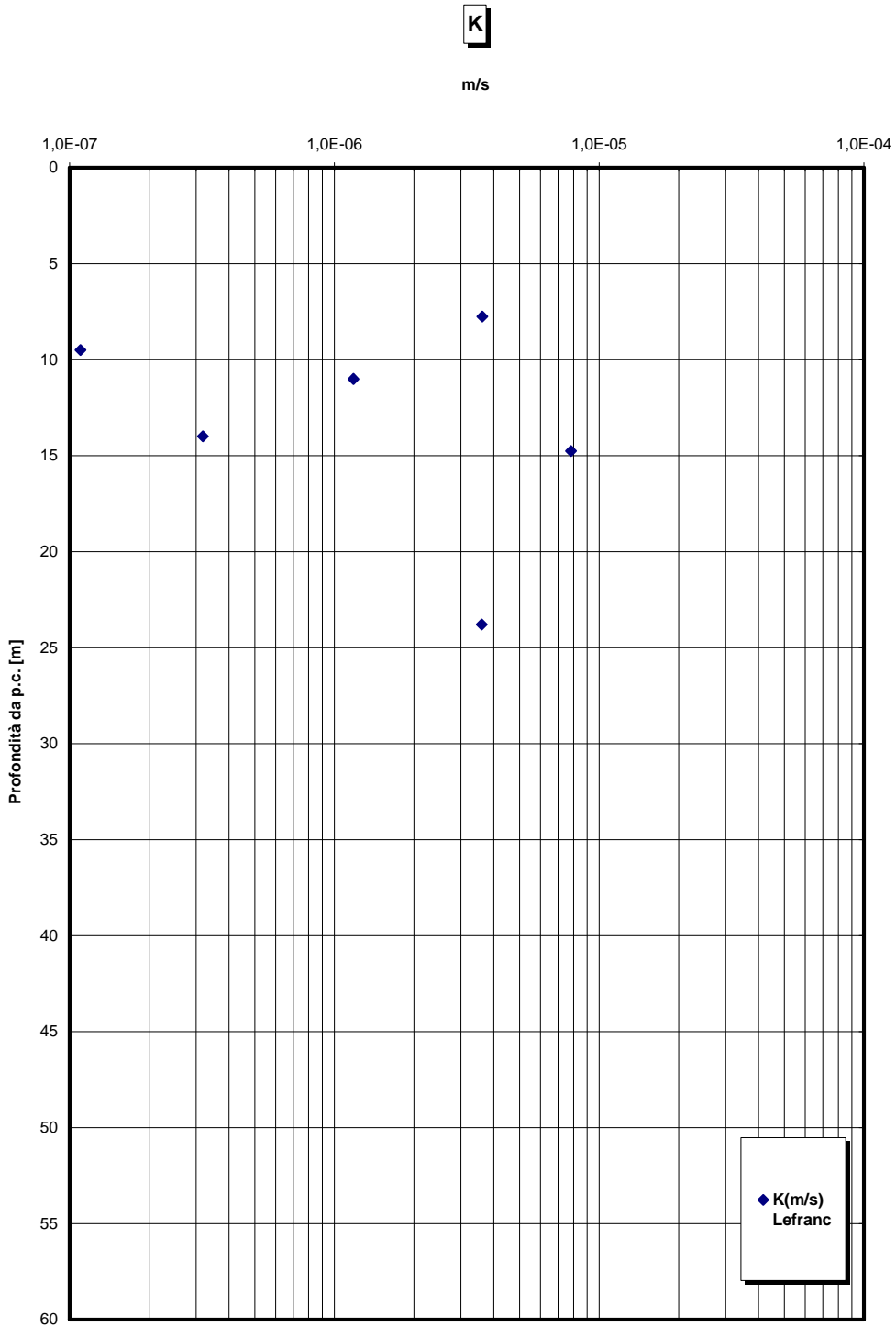


Figura 501

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 36 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)
S436	C1	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	9			26.09
S436	C3	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	12			25.93
S436	C4	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	18			26.2
S436	C5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	24			26.73
S436	C6	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	27			26.95
S431	C3	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	14			26.17
S431	C4	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	19			26.08
S413	1	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	3			26.3
S413	2	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	4.50			26.43
S413	3	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	6.00			25.68
S430	C6	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	9			26.6
S430	C7	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.5			26.6
S437	SPT7	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.7			26.3
S437	SPT8	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	13.7			26.4
S456	C1	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.5			26.9
S456	C2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5			26.6
S459BIS	C1	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.5			26.6
S459BIS	C2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3			26.6
S459BIS	C3	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5			26.6
S459BIS	C4	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6			26.7
S458	C1	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	2			26.44
S458	C2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3.45			26.97
S458	C3	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	5			26.61
S458	C4	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.5			26.39
S458	C5	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.95			26.99
S458	C6	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.45			26.51
S458	C7	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	11			26.95
S458	C8	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	13.45			27.06
S458	C9	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	16.45			26.76
S458	C10	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	19.25			26.81
S458	C11	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	22.22			26.46
S458	C12	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	25.25			27.1
S458	C13	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	28.25			26.6
S458	CR1	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	33.75			27
S458	CR2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	37.35			27
S432	SPT1	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	1.5			27.15
S432	SPT2	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	3			26.8
S432	SPT3	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	4.5			27.0
S432	SPT4	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	6			26.8
S432	SPT5	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	7.5			27.1
S432	SPT6	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	9			26.7
S432	SPT7	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.5			26.6
S452	SPT1	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5			26.7
S452	SPT2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6			27.0
S452	SPT3	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.5			27.4
S452	SPT4	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9			26.8
S452	SPT5	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12			27.0
S452	SPT6	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15			27.0
S452	SPT7	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18			27.0
S455	SPT1	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3			27.2
S455	SPT2	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5			26.8
S455	SPT3	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6			27.2
S455	SPT5	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9			26.9
S455	SPT6	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12			26.5
S455	SPT7	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15			26.8

Tabella 37 Granulometria depositi alluvionali

SONDAGGIO	N° PROVINO	z(m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
S107	C	8.25	0	65	25	10	0	100	100	35	10	0
S107	F	14.75	0	49	40	11	0	100	100	51	11	0
S107	I	22.25	0	50	45	5	0	100	100	50	5	0
S454bis	SPT1	6.45	0	35	44	19	2	100	100	65	21	2
S454bis	SPT2	7.8	0	40	49	11	0	100	100	60	11	0
S454bis	SPT3	9.25	0	43	46	11	0	100	100	57	11	0
S454bis	SPT4	12.3	0	38	54	8	0	100	100	62	8	0
S454bis	SPT5	15.3	0	21	55	19	5	100	100	79	24	5
S454bis	SPT6	18.3	0	28	61	11	0	100	100	72	11	0
S454bis	SPT7	21.3	0	16	62	19	3	100	100	84	22	3
S454bis	SPT8	24.3	0	27	52	17	4	100	100	73	21	4
S454bis	SPT9	27.3	0	22	57	16	5	100	100	78	21	5
S431	C1	3	0	53	43	4	0	100	100	47	4	0
S431	C2	4.5	0	39	54	7	0	100	100	61	7	0
S413	1	3	0	42	43	12	3	100	100	58	15	3
S432	SPT1	2	0	34	47	13	6	100	100	66	19	6
S432	SPT2	3.25	0	41	40	13	6	100	100	59	19	6
S432	SPT3	4.6	0	38	48	14	0	100	100	62	14	0
S432	SPT4	6	0	30	51	13	6	100	100	70	19	6
S432	SPT5	7.5	0	41	41	18	0	100	100	59	18	0
S432	SPT6	9	0	27	58	16	0	101	101	74	16	0
S432	SPT7	10.9	0	20	61	13	6	100	100	80	19	6
S432	SPT8	13.9	0	47	37	12	4	100	100	53	16	4
S437	SPT7	10.7	0	24	52	20	4	100	100	76	24	4
S437	SPT8	13.7	0	20	50	27	3	100	100	80	30	3
S452	SPT1	4.8	0	31	59	10	0	100	100	69	10	0
S452	SPT2	6.2	0	60	37	3	0	100	100	40	3	0
S452	SPT3	7.7	0	42	46	12	0	100	100	58	12	0
S452	SPT4	9.2	0	40	48	12	0	100	100	60	12	0
S452	SPT5	12.2	0	0	8	59	33	100	100	100	92	33
S452	SPT6	15.2	0	59	34	7	0	100	100	41	7	0
S452	SPT7	18.2	0	32	42	20	6	100	100	68	26	6
S455	SPT1	3	0	33	43	20	4	100	100	67	24	4
S455	SPT2	4.5	0	69	27	4	0	100	100	31	4	0
S455	SPT3	6	0	61	35	4	0	100	100	39	4	0
S455	SPT4	7.5	0	39	48	13	0	100	100	61	13	0
S455	SPT5	9	0	32	57	11	0	100	100	68	11	0
S455	SPT6	12	0	16	53	19	12	100	100	84	31	12
S455	SPT7	15	0	21	68	11	0	100	100	79	11	0
S459bis	C1	2	0	65	26	9	0	100	100	35	9	0
S459bis	C2	3.5	0	32	44	20	4	100	100	68	24	4
S459bis	C4	6	0	41	51	8	0	100	100	59	8	0
S412	C1	2	0	61	33	6	0	100	100	39	6	0
S412	C2	3.5	0	59	34	7	0	100	100	41	7	0
S412	C3	5	0	42	41	15	2	100	100	58	17	2
S412	C4	6.5	0	53	36	10	1	100	100	47	11	1
S458	C1	2	0	55	33	8	5	101	101	46	13	5
S458	C2	3.45	0	24	49	20	6	100	100	76	26	6
S458	C3	5	0	40	37	18	5	100	100	60	23	5
S458	C4	6.25	0	36	52	9	3	100	100	64	12	3
S458	C5	7.95	0	34	32	25	9	100	100	66	34	9
S458	C6	9.25	0	51	35	11	3	100	100	49	14	3
S458	C7	10.75	0	33	49	13	5	100	100	67	18	5
S458	C10	19.25	0	43	37	16	5	100	100	57	21	5
S458	C11	22.25	0	17	51	25	7	100	100	83	32	7
S458	C12	25.25	0	48	33	13	4	98	98	50	17	4
S458	C13	28.25	0	24	54	16	6	100	100	76	22	6
S458	CR1	33.75	0	28	42	22	8	100	100	72	30	8
S458	CR2	37.35	0	12	56	22	10	100	100	88	32	10
S431	C3	14	0	29	42	25	4	100	100	71	29	4
S431	C4	19	0	17	55	25	3	100	100	83	28	3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

SONDAGGIO	N° PROVINO	z(m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
S436	C1	9	0	25	55	19	1	100	100	75	20	1
S436	C2	10.5	0	65	30	5	0	100	100	35	5	0
S436	C3	12	0	29	63	8	0	100	100	71	8	0
S436	C4	18	0	18	62	20	0	100	100	82	20	0
S436	C5	24	0	19	55	26	0	100	100	81	26	0
S436	C6	27	0	15	58	27	0	100	100	85	27	0
S436	C7	28.5	0	17	65	18	0	100	100	83	18	0
S413	2	4.5	0	34	50	12	4	100	100	66	16	4
S413	3	6	0	31	59	7	3	100	100	69	10	3
S413	4	7.5	0	47	47	6	0	100	100	53	6	0
S413	5	9.3	0	61	32	7	0	100	100	39	7	0
S413	6	10.5	0	56	40	4	0	100	100	44	4	0
S413	7	12.4	0	71	24	5	0	100	100	29	5	0
S413	8	14	0	60	31	9	0	100	100	40	9	0
S414	C1	2	0	61	33	6	0	100	100	39	6	0
S414	C2	3.5	0	59	34	7	0	100	100	41	7	0
S414	C3	5	0	42	41	15	2	100	100	58	17	2
S414	C4	6.5	0	53	36	10	1	100	100	47	11	1
S430	C7	10.5	0	24	63	10	4	100	100	76	13	4

Tabella 38 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S104Pz	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.73	12
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	10.725	30
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.225	37
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	19.725	39
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	26.225	44
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	30.225	51
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	35.725	59
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	40.225	65
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	46.225	100
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	47.725	87
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	50.225	90
S111	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	51.725	45
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	10.225	44
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12.225	48
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.225	45
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.725	52
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	22.225	100
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	22.725	91
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	24.225	72
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	27.725	90
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	31.225	80
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	33.225	100
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	34.225	100
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	35.325	91
S115	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	36.725	100
S118	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	2.725	12
S118	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	5.225	27
S118	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	8.225	39
S118	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	11.725	41
S118	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12.225	100
S118	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.225	83

FORO	Opera	z [m]	Nspt
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	1.7	35
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	3.7	45
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	7.7	47
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	9.7	48
SPPS04	Strada Da 7+0 a 7+2 km	11.7	49
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	3.0	6
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	4.5	13
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	6.0	36
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	7.5	39
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	9.3	46
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	10.5	45
S413	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	12.4	47
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	1.5	17
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	3.0	22
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	4.5	22
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	1.5	58
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	3.0	100
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	4.5	92
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	6.0	100
S431	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	3.0	28
S431	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	4.5	29
S431	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	6.0	100
S431	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	7.5	100
S431	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	9.0	100
S431	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.5	100
S431	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	15.0	100
S431	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	21.0	100
S431	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	24.0	100
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	3.0	100
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	4.5	100
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	6.0	100
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	7.5	100
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	9.0	100
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.5	100
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	12.0	100
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	18.0	100
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	24.0	100
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	27.0	100
S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	1.7	11
S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	3.2	12
S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	4.7	12
S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	6.2	12
S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	7.7	16
S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	9.2	30
S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.7	18
S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	13.7	48
S441	Strada Da 10+0 a 10+2 km	3.0	25
S441	Strada Da 10+0 a 10+2 km	7.5	32
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	1.5	16
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	3.0	29
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	4.5	29
S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5	11
S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.0	12
S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.5	20
S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.0	48
S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12.0	40
S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.0	39
S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.0	43
S452	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	21.0	41
S452bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.7	27
S452bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3.2	31
S452bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.7	31
S452bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.2	34

FORO	Opera	z [m]	Nspt
S452bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.7	28
S452bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	10.2	15
S454bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.2	17
S454bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.7	21
S454bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.2	57
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3.0	18
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5	29
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.0	7
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.5	20
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.0	27
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12.0	6
S455	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.0	12
S456	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.5	100
S456	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5	100
S456	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.0	100
S459bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.7	5
S459bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3.2	7
S459bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.7	100
S459bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.2	22
S459bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.7	100
S459bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.2	73
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.7	10
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3.2	19
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.7	17
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6.2	43
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.7	44
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9.2	47
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	12.2	77
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.2	100
S462	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	18.2	45
S458	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	1.5	13
S458	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	3	10
S458	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	4.5	32
S458	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	6	19
S458	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	7.5	22
S458	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	9	52
S458	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	10.5	28
S458	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	13	34
S458	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	22	18

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 39 Riepilogo risultati prove di permeabilità

FORO	Opera	z(m)	K(m/s)
S432	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	9.75	7.66E-08
S441	Strada Da 10+0 a 10+2 km	7.75	3.62E-06
S454bis	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	23.8	3.60E-06
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	9.5	1.10E-07
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	25.5	7.68E-09
S445bis	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN "S.Agata"	14.75	7.83E-06
S431	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	7.75	7.13E-08
S431	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	14	3.19E-07
S437	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	11	1.18E-06

Tabella 40 Riepilogo risultati prove di laboratorio

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	φ' [°]
SPPS04	C3	16.2	Galleria Rampa D / ferrovia	TD	0	45
SPPS06	C1	10.9	Galleria Rampa D / ferrovia	TD	0	44
SPPS06	C2	17.4	Galleria Rampa A / Rampa M / ferrovia	TD	0	34

Tabella 41 Riepilogo risultati prove dilatometriche

FORO	Opera	z (m)	E'(MPa)
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.2	18.4
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.4	14.5
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.6	20.8
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.8	12.6
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1	6.7
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.2	18.4
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.4	21.6
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.6	19.3
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.8	39.6
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	2	26.6
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	2.2	42.6
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	2.4	38.7
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	2.6	30
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	2.8	37.5
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3	40.3
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.2	45.8
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.4	58.7
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.6	49.8
DMT1a-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	3.8	86.5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

FORO	Opera	z (m)	E'(MPa)
DMT1-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.20	4.4
DMT1-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.40	17.6
DMT1-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.60	15.3
DMT1-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	0.80	12.4
DMT1-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.00	14
DMT1-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.20	16.8
DMT1-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.40	45.6
DMT1-FS	Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km	1.60	25.6

Tabella 42 Riepilogo risultati prove pressiometriche

FORO	Opera	z (m)	E'(MPa)
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	15.4	54.48
S436	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	20.4	42.61

Tabella 43 Riepilogo risultati prove sismiche in foro

FORO	Opera	z(m)	Vs [m/s]	E' ₀ [MPa]	G' ₀ [Mpa]
S454bis-SR3	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN "S.Cecilia"	15.0	300	418.3	174.3
S432-SR15	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	7.0	200	185.9	77.5
PR18-SR	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	11.0	300	418.3	174.3
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	1.0	318.08	470.3	196.0
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	2.0	355.78	588.4	245.2
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	3.0	276.29	354.8	147.8
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	4.0	274.7	350.8	146.2
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	5.0	291.09	393.9	164.1
S424	Strada Da 7+0 a 7+2 km	7.0	303.48	428.1	178.4
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	1.0	243.78	276.2	115.1
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	2.0	280.06	364.6	151.9
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	3.0	337.26	528.7	220.3
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	4.0	348.71	565.2	235.5
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	5.0	355.93	588.9	245.4
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	6.0	362.97	612.4	255.2
S414	Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"	7.0	370.08	636.6	265.3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

5.6 METAMORFITI

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n° 15

Galleria Le Fosse

Litologia: gneiss occhiadino

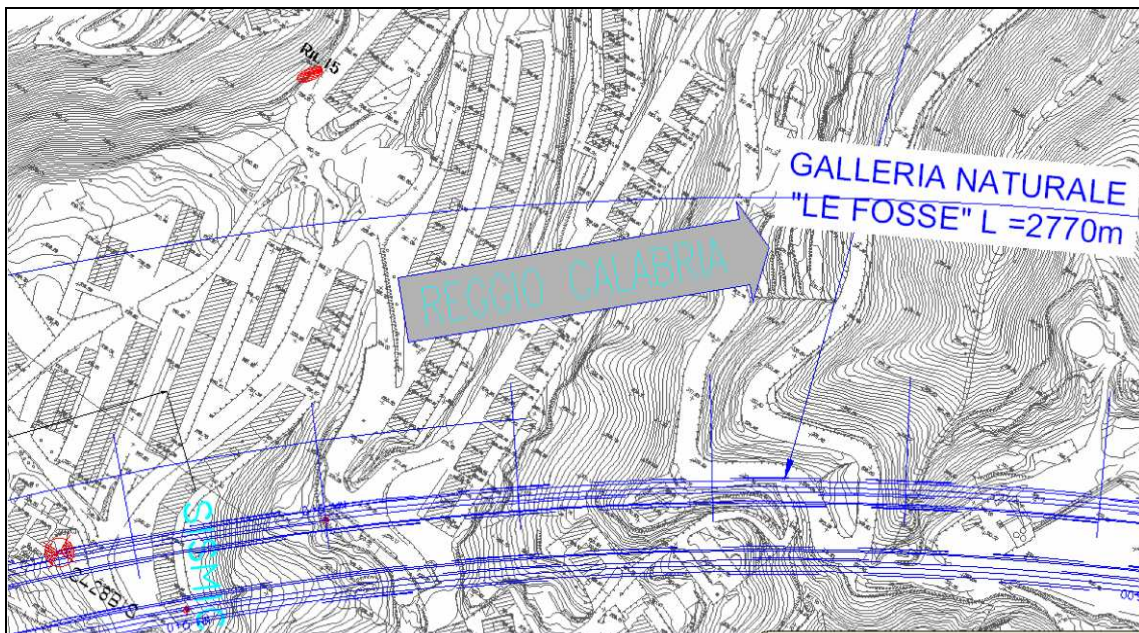


Figura 502 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostrutturale

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R3	7	8	10	16	10	51

Il parametro R6, relativo all’orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei parametri meccanici dell’ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

Tabella 44 ***Dati rilievo geostrutturale n°15***

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

N° Progressivo	Immersione	Inclinazione	Spaziatura (cm)	Persistenza (cm)	Apertura (mm)	Superficie giunto	JCR	JCS (Mpa-media di 5 valori) affioramento	Incl. martello
1	100	45	26	>1m	3	moderata alterata	indentata	38	↙
2	20	86	21	70	8	moderat alterata	indentata	46	→
3	346	68	20	32	3	moderat alterata	ruvida	46	→
4	100	52	19	93	2	moderat alterata	indentata	32	↙
5	102	38	38	51	3	moderat alterata	ruvida	42	↙
6	332	82	39	32	3	alterata	indentata	24	→
7	312	72	55	67	4	moderat alterata	ruvida	48	→
8	290	60	28	43	2	alterata	indentata	30	←
9	234	72	12	18	2	moderat alterata	ruvida	26	←
10	120	45	21	17	1	moderat alterata	liscia	26	↙
11	100	74	17	61	3	moderat alterata	indentata	42	←
12	200	80	22	>1m	3	moderat alterata	ruvida	36	→
13	296	84	16	20	2	moderat alterata	ruvida	24	←
14	114	65	5	40	2	alterata	ruvida	34	↙
15	20	68	8	19	3	moderat alterata	liscia	32	↗
16	294	76	23	43	0	moderat alterata	indentata	30	←
17	194	42	8	56	1	moderat alterata	indentata	24	↘
18	192	76	17	20	1	moderat alterata	indentata	40	→
19	30	78	22	33	2	moderat alterata	ruvida	32	↙
20	326	70	13	51	3	moderat alterata	indentata	34	→

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: n1 = 7
- 2) Rock Quality Designation RQD n2 = 8
- 3) Spaziatura delle discontinuità: n3 = 10
- 4) Stato delle discontinuità n4 = 16
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : n5 = 10
- 6) Orientamento delle discontinuità: n6 =

RMRbase = 51

CLASSE III

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso.

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: sono riportate le diverse superfici di discontinuità (come ciclografiche) e la traccia del fronte (retta continua); è stato preso in considerazione l'emisfero inferiore

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

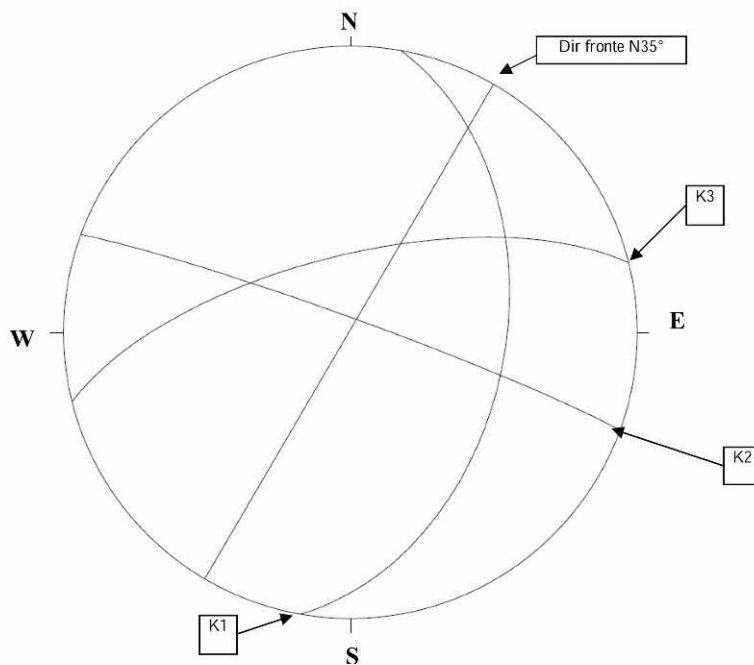


Figura 503 Diagramma delle principali famiglie di discontinuità

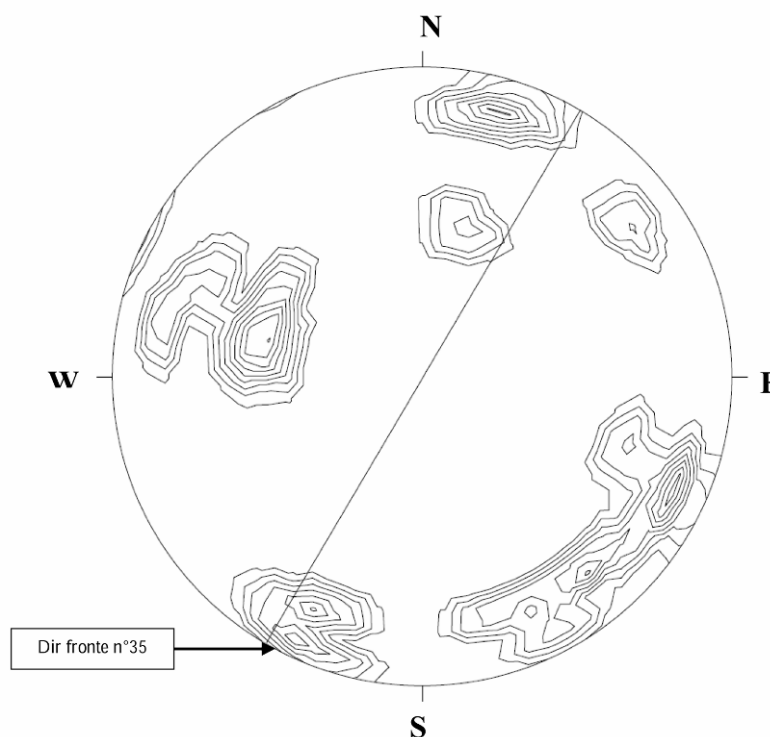


Figura 504 Diagramma di isodensità, correlazione tra la distribuzione delle famiglie di discontinuità

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 505 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici, stratificazione



Figura 506 Stratificazione dell'affioramento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n° 16

Galleria S.Cecilia

Litologia: gneiss



Figura 507 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Qualità Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro "Flusso d'acqua in galleria per 10 metri di lunghezza"

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\mathbf{RMRbase = R1 + R2 + R3 + R4 + R5}$$

$$\mathbf{RMRcorretto = RMRbase + R6}$$

L'ultimo parametro, l'orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell'RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R16	4	8	8	14	15	49

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 45 *Dati rilievo geostrutturale n°13*

N° Progressivo	Immersione	Inclinazione	Spaziatura (cm)	Persistenza (cm)	Apertura (mm)	Superficie giunto	JCR	JCS (Mpa-media di 5 valori) affioramento	Incl. martello
1	352	80	17	66	3	alterata	indentata	36	←
2	266	32	7	21	6	alterata	ruvida	18	↘
3	70	70	3	22	4	alterata	indentata	28	→
4	140	36	3	20	2	alterata	liscia	20	↙
5	324	72	17	68	8	poco alterata	indentata	38	←
6	320	82	17	49	1	poco alterata	liscia	32	←
7	80	24	11	21	1	alterata	liscia	30	↑
8	60	20	7	17	1	poco alterata	liscia	38	↑
9	30	50	11	29	0	alterata	ruvida	30	↖
10	122	40	5	12	2	alterata	ruvida	20	↘
11	324	86	22	65	2	poco alterata	ruvida	28	←
12	286	38	43	57	4	alterata	liscia	32	↖
13	222	70	12	15	2	alterata	ruvida	12	↙
14	50	46	8	29	2	alterata	ruvida	30	↖
15	150	62	19	49	4	alterata	liscia	32	↙
16	38	62	10	22	1	alterata	liscia	24	↖
17	154	48	7	30	3	alterata	liscia	24	↙
18	334	54	6	32	6	alterata	liscia	28	↖
19	65	30	15	54	8	alterata	ruvida	32	↙
20	136	44	18	69	6	alterata	ruvida	26	→

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

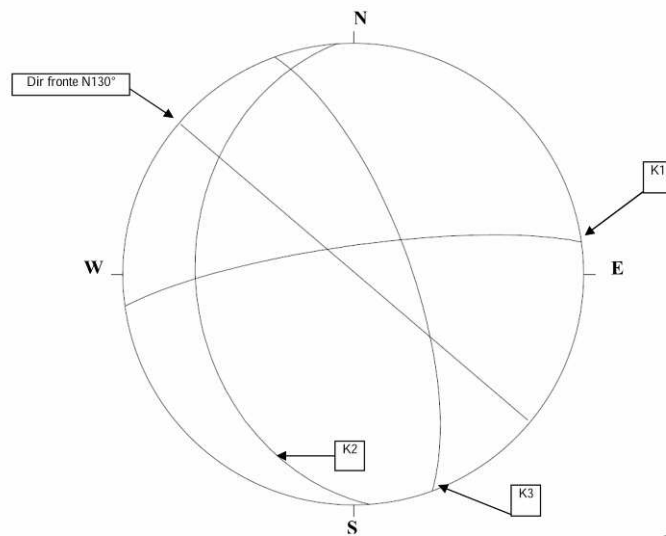


Figura 508 Diagramma delle principali famiglie di discontinuità

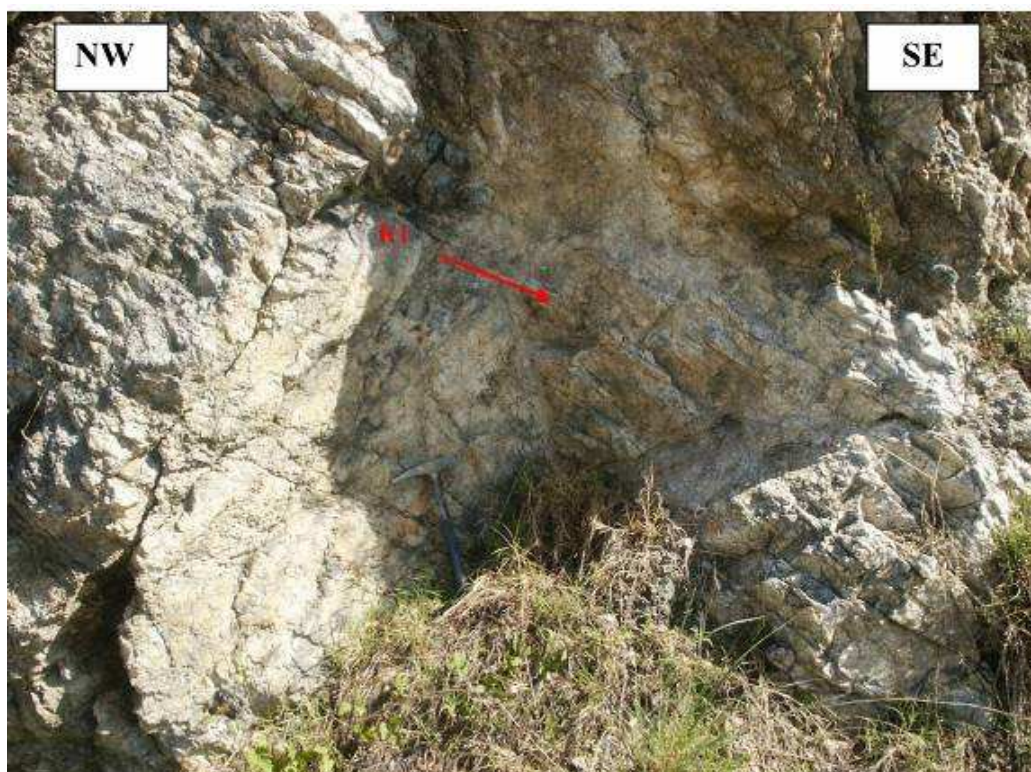


Figura 509 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 510 ***Stratificazione dell'affioramento***

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

5.7 TRUBI

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Galleria Le Fosse

Litologia: marna calcarea (Trubi)

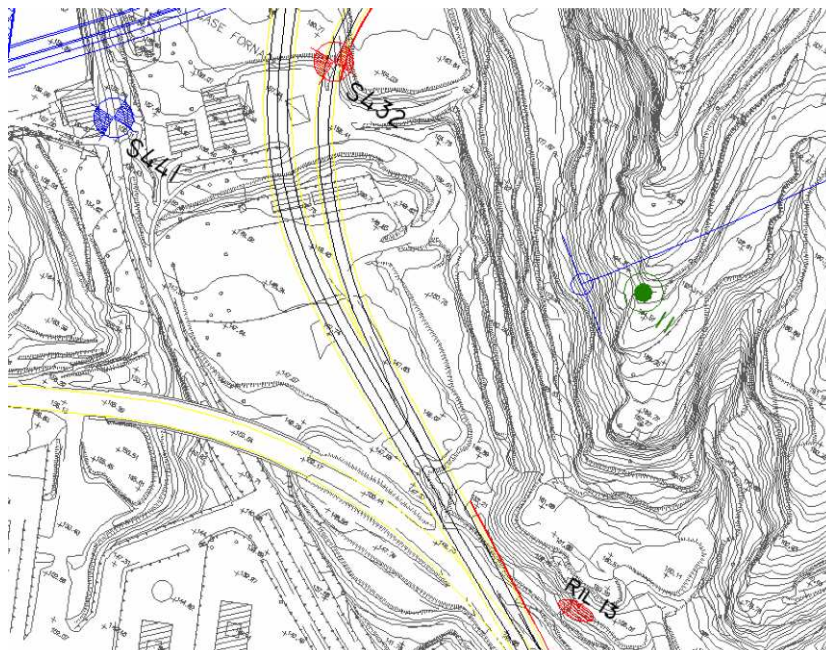


Figura 511 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tabella 46 Dati rilievo geostrutturale

N° Progressivo	Immersione	Inclinazione	Spaziatura (cm)	Persistenza (cm)	Apertura (mm)	Superficie giunto	JCR	JCS (Mpa-media di 5 valori) affioramento	Incl. martello
1	250	80	3	25	2	poco alterata	ruvida	14	→
2	250	76	4	23	1	poco alterata	ruvida	16	→
3	210	66	5	35	1	poco alterata	liscia	16	→
4	236	45	6	19	2	poco alterata	liscia	14	↘
5	130	78	7	17	2	poco alterata	ruvida	14	←
6	20	80	10	20	2	poco alterata	ruvida	20	←
7	262	70	8	42	1	poco alterata	ruvida	16	↘
8	310	80	5	42	1	poco alterata	liscia	14	←
9	150	30	10	14	1	poco alterata	liscia	12	↓
10	310	78	8	9	0	poco alterata	liscia	12	←
11	262	72	4	40	1	poco alterata	ruvida	16	→
12	200	80	6	13	1	poco alterata	ruvida	14	←
13	220	66	8	17	2	poco alterata	ruvida	16	→
14	154	30	7	8	1	poco alterata	liscia	14	↘
15	50	35	12	13	2	poco alterata	ruvida	18	↘
16	146	55	21	15	2	poco alterata	liscia	16	←

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

PARAMETRI DELLA CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI E LORO COEFFICIENTI NUMERICI:

- | | |
|---|---------|
| 1) Resistenza a compressione monoassiale: | n1 = 2 |
| 2) Rock Quality Designation RQD | n2 = 3 |
| 3) Spaziatura delle discontinuità: | n3 = 8 |
| 4) Stato delle discontinuità | n4 = 17 |
| 5) Venute di acqua nelle discontinuità : | n5 = 15 |
| 6) Orientamento delle discontinuità: | n6 = |

RMRbase = 45

CLASSE III

Note*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso.

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: sono riportate le diverse superfici di discontinuità (come ciclografiche) e la traccia del fronte (retta continua); è stato preso in considerazione l'emisfero inferiore

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

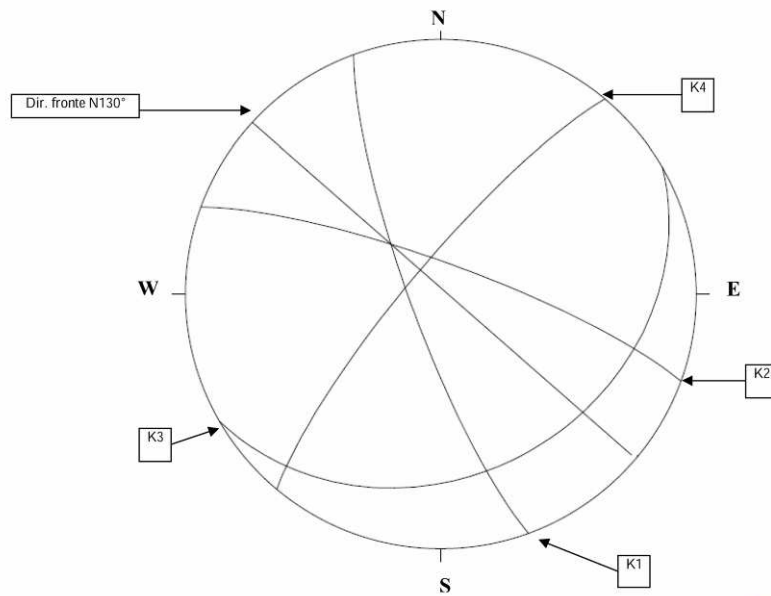


Figura 512 Diagramma delle principali famiglie di discontinuità

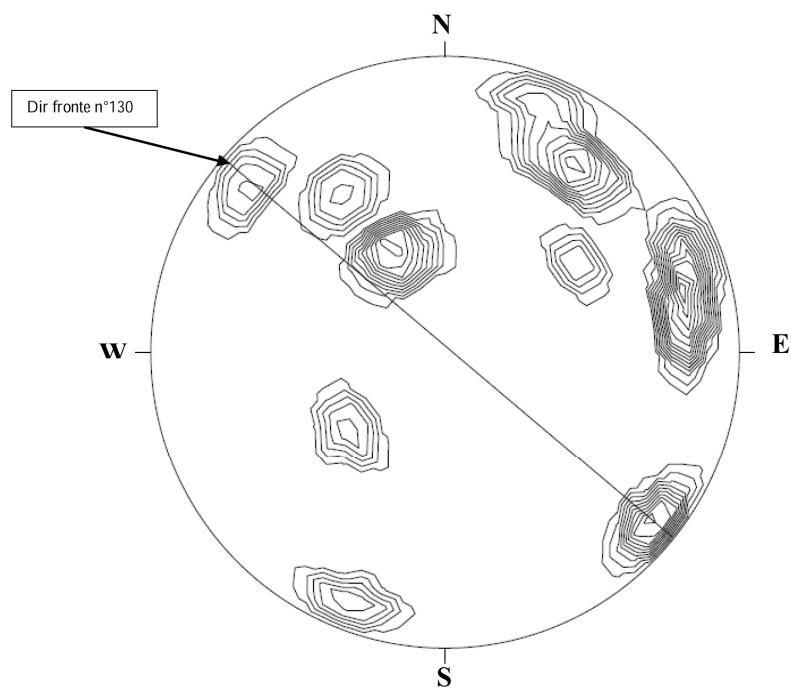


Figura 513 Diagramma di isodensità, correlazione della distribuzione delle famiglie di discontinuità

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

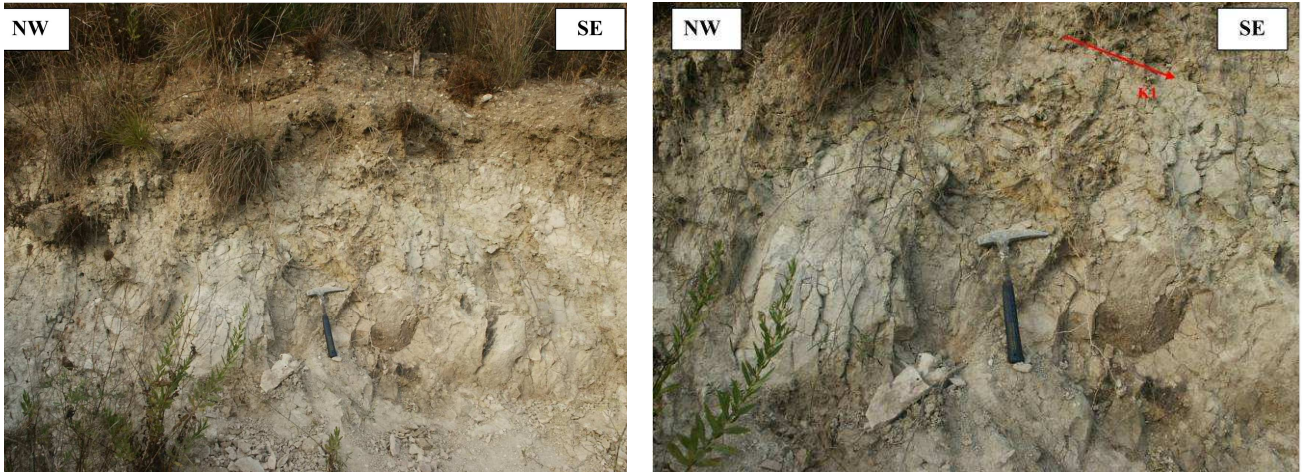


Figura 514 Stratificazione dell'area oggetto del rilievo geomeccanico

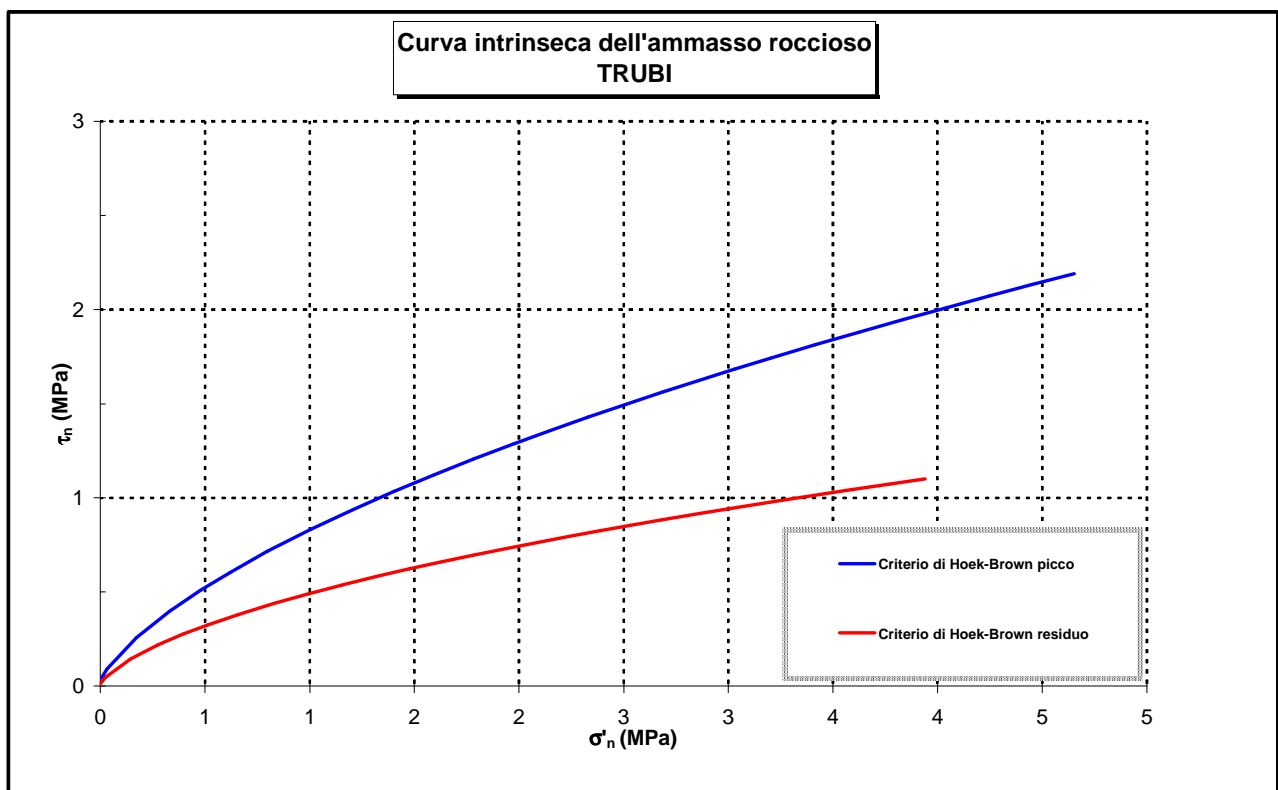


Figura 515

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Trubi - Prove in colonna risonante

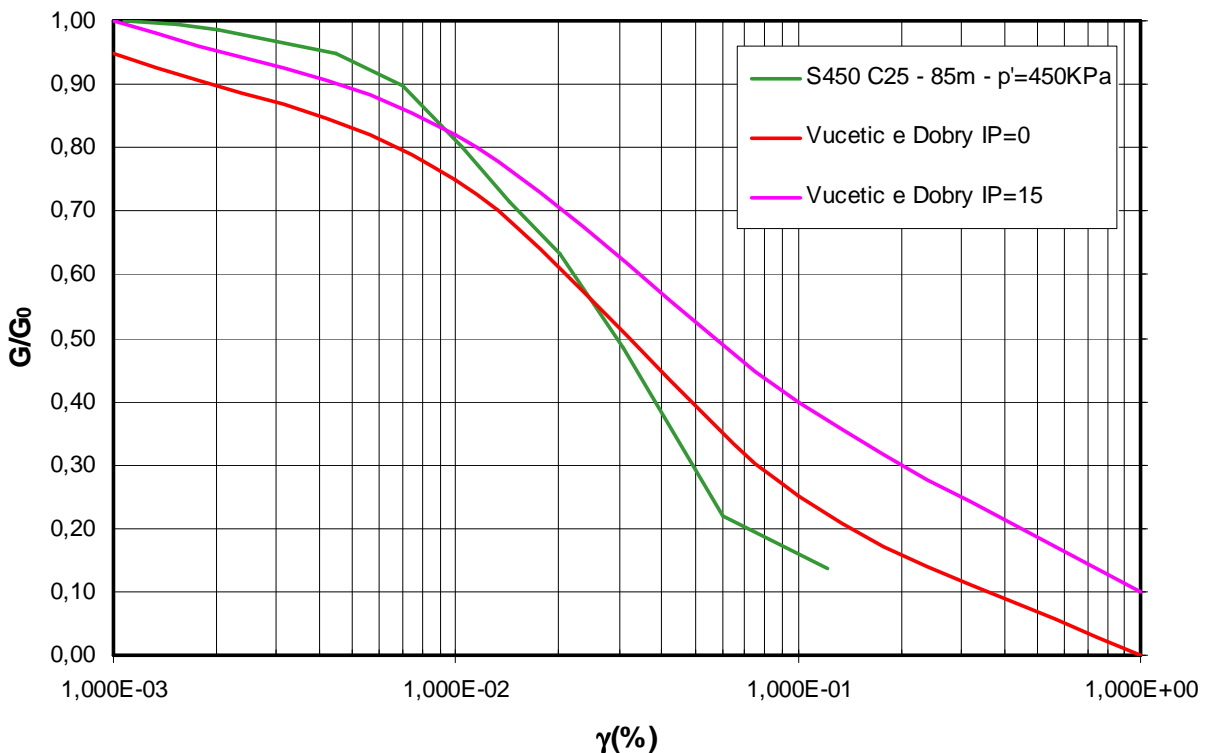


Figura 516

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Trubi - Prove in colonna risonante

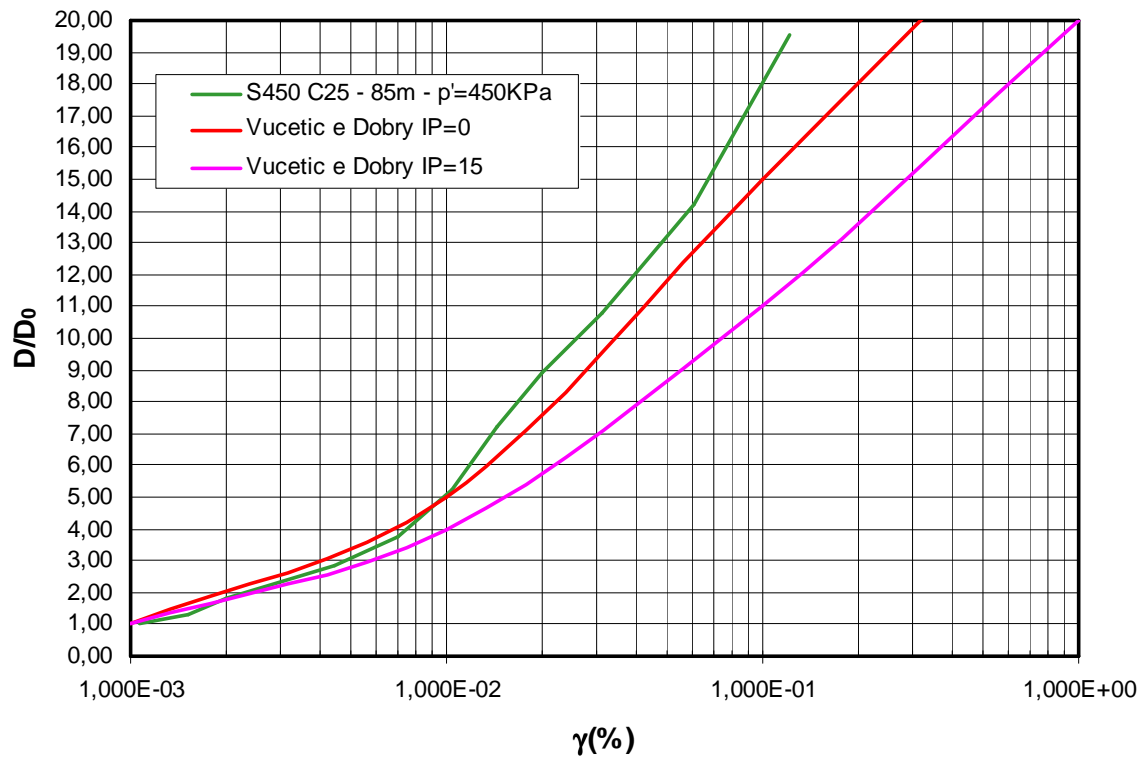


Figura 517

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

5.8 DEPOSITI DI VERSANTE

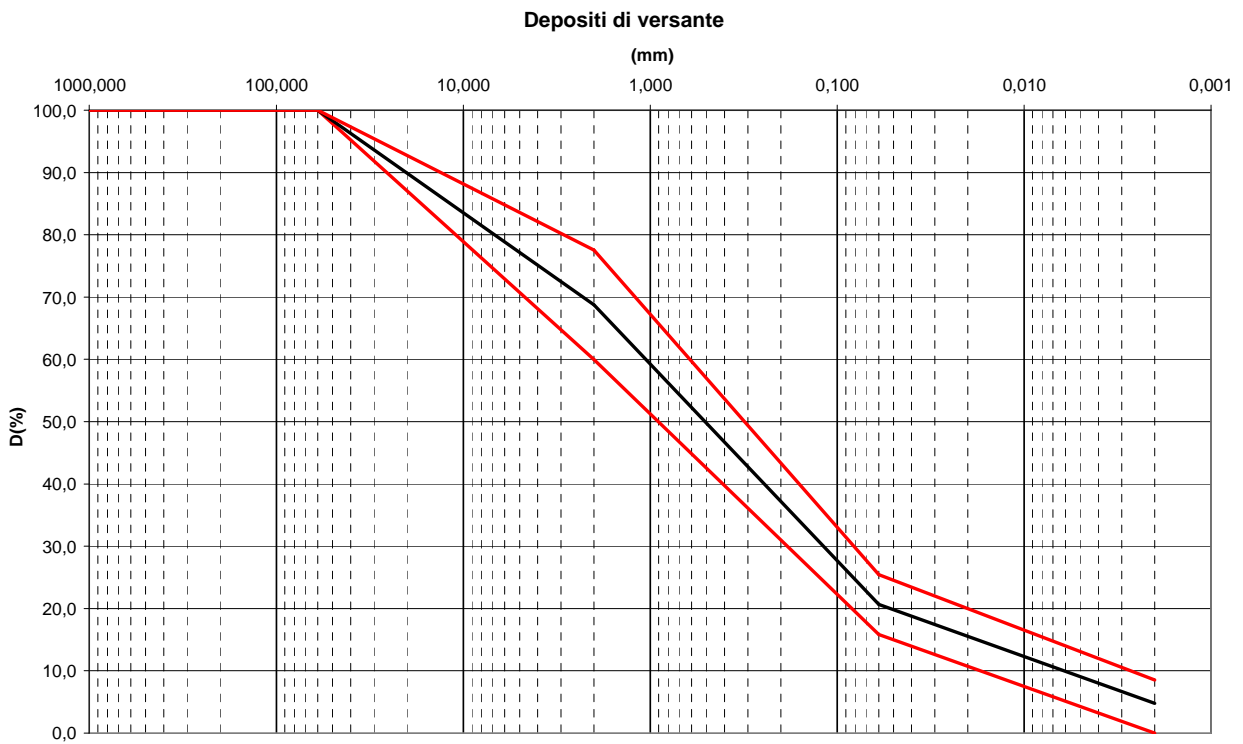


Figura 518

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nspt

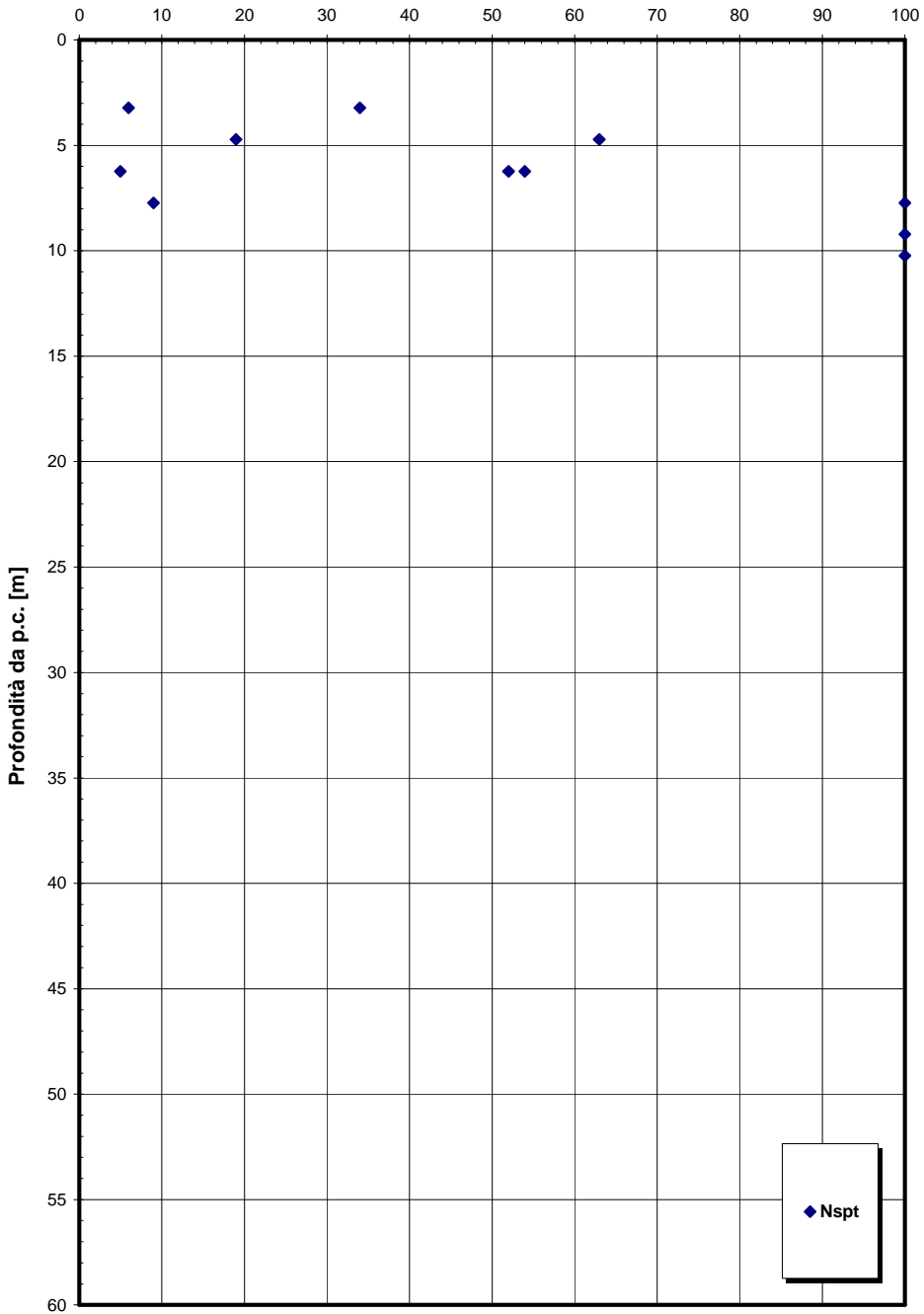


Figura 519

Dr sabbie

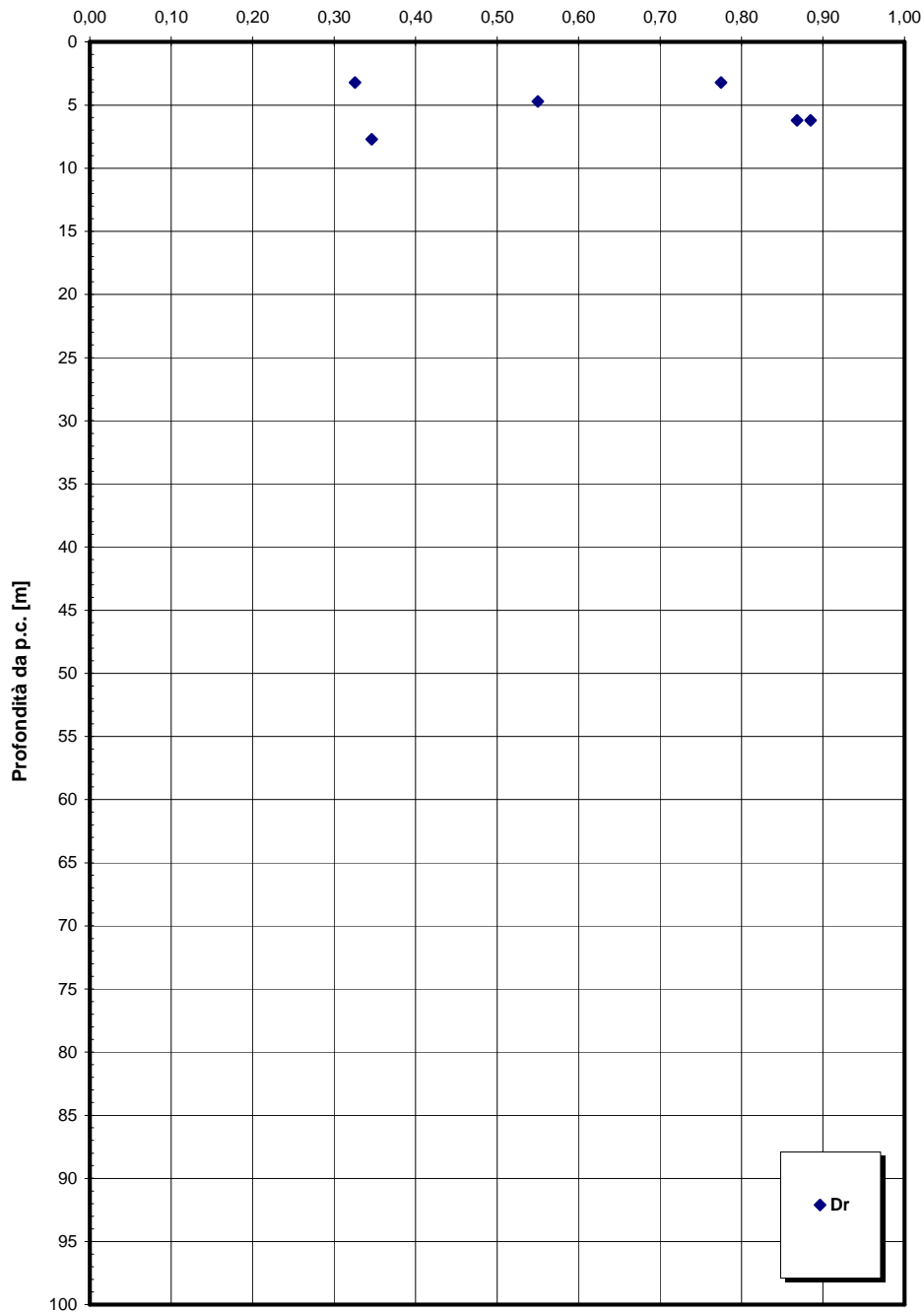


Figura 520

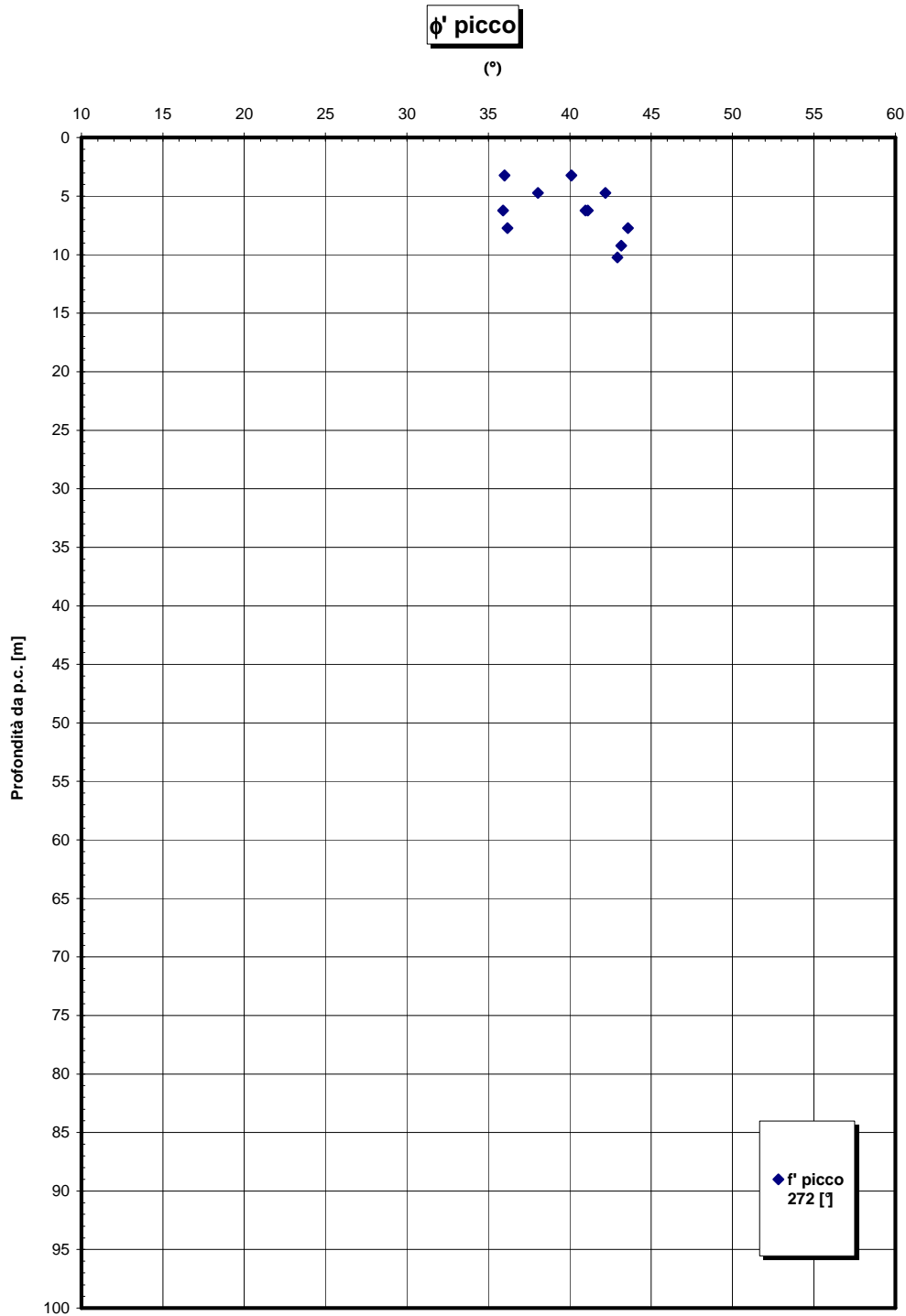


Figura 521

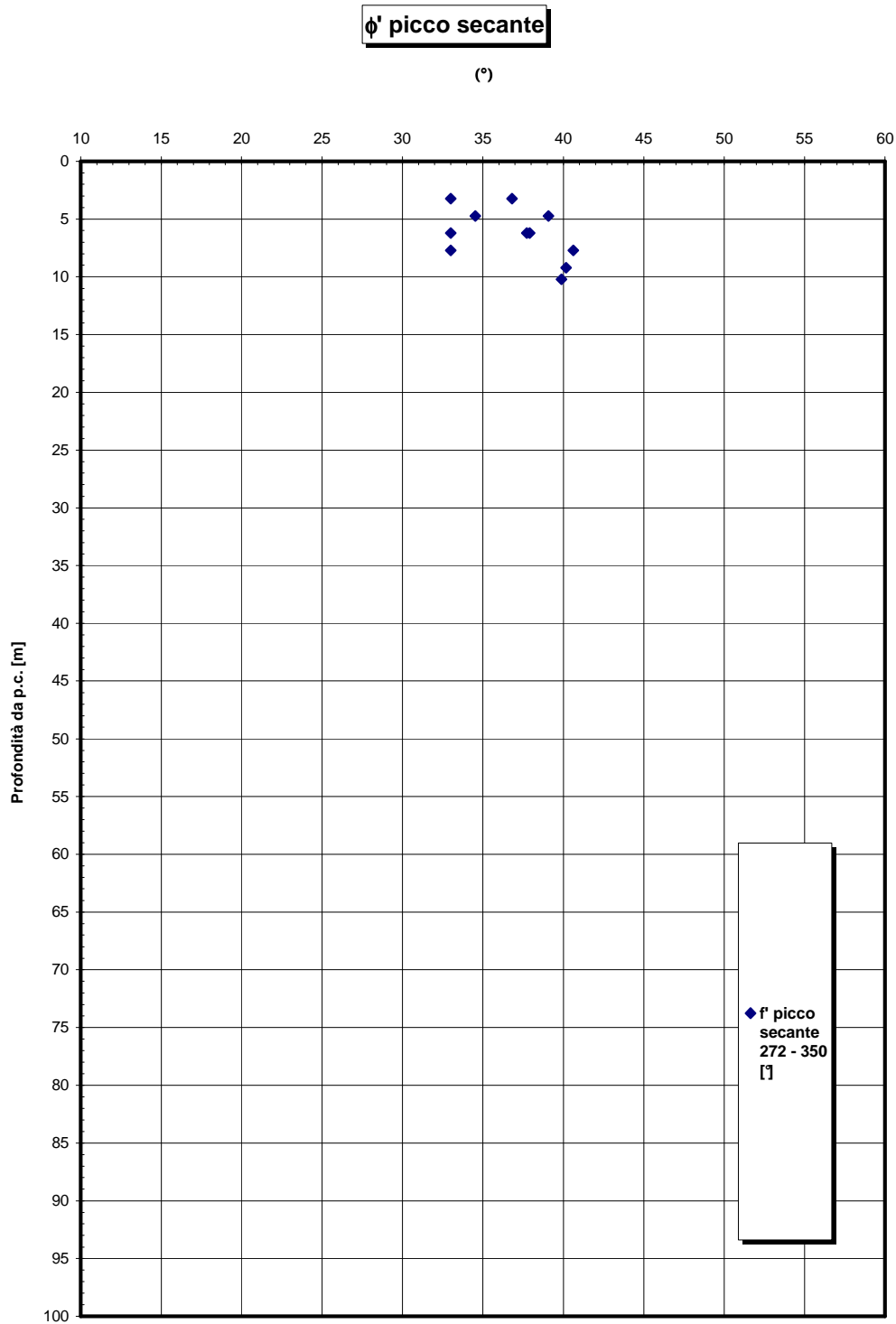


Figura 522

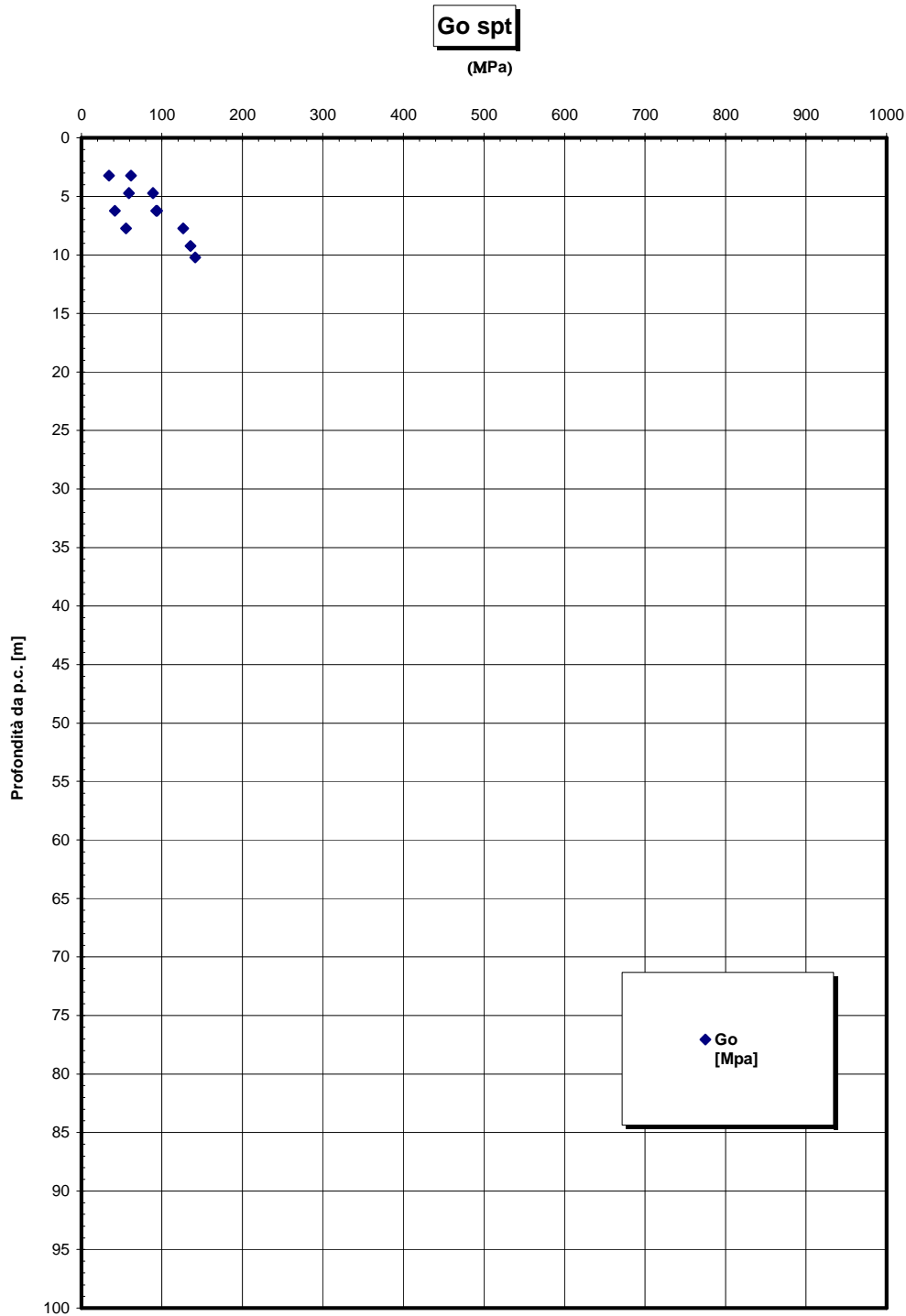


Figura 523

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

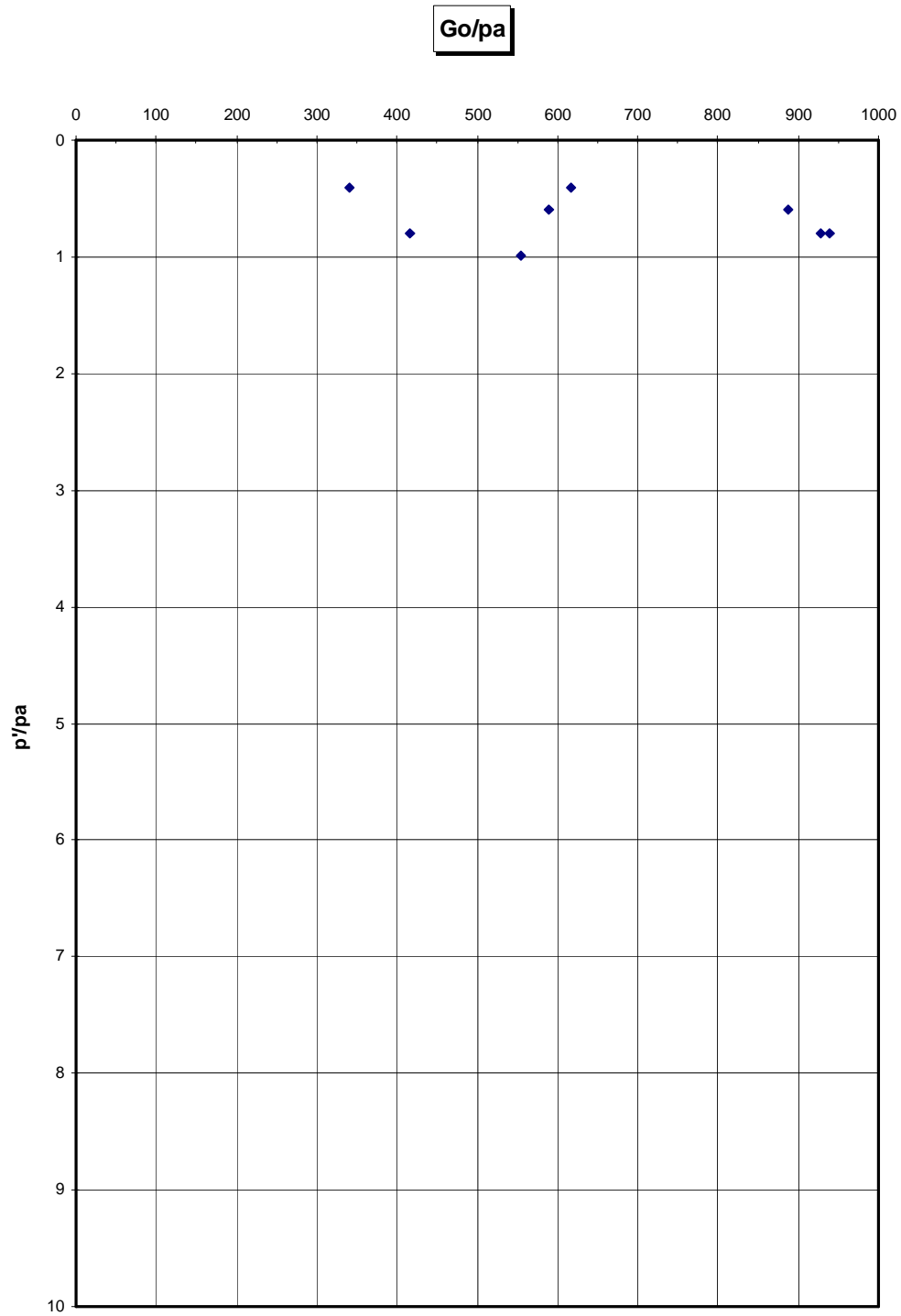


Figura 524

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						

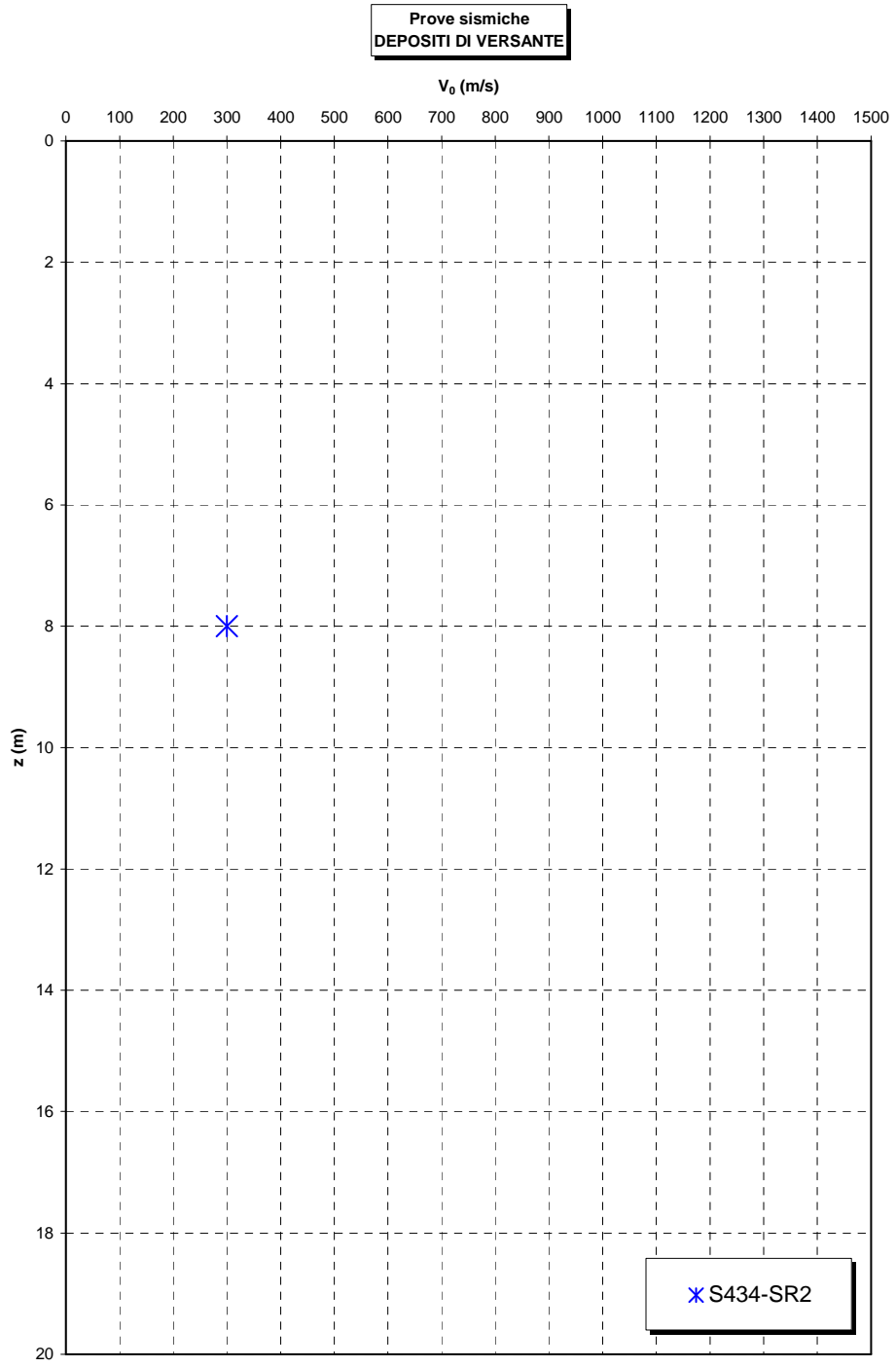


Figura 525

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

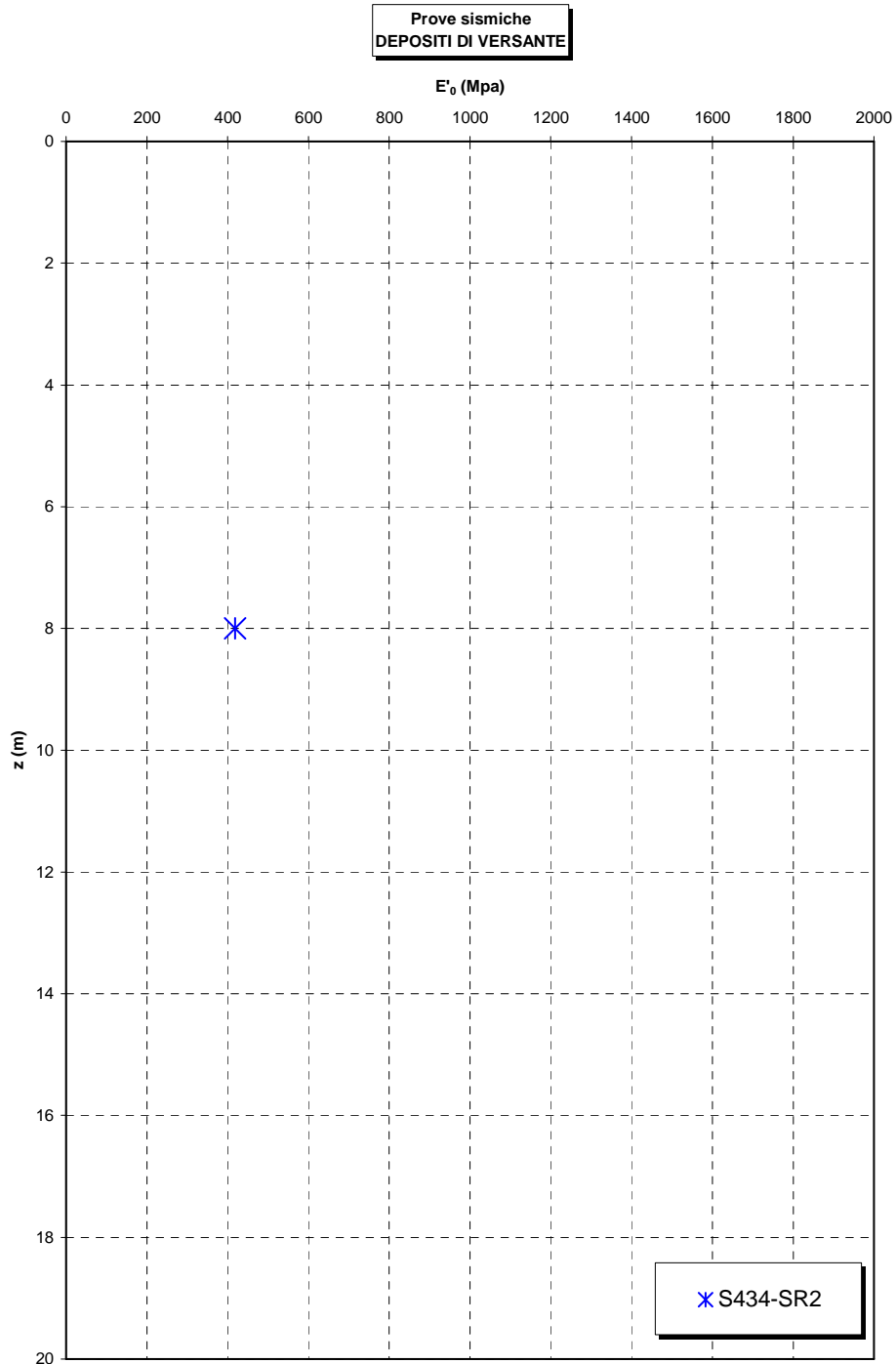


Figura 526

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0

Tabella 47 Riepilogo caratteristiche fisiche detriti di versante

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z(m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
I3	1	Strada Da 10+0 a 10+2 km	3.0			27.15
I3	2	Strada Da 10+0 a 10+2 km	4.5			27.02
I3	3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	6.0			26.71
I2	1	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	3.0			26.6
I2	2	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	4.5			27.5
I2	3	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	6.0			26.7

Tabella 48 Granulometria detriti di versante

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	C [%]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]
I3	1	3.0	0	26	47	21	6	100	100	74.29	27	5.7
I3	2	4.5	0	42	44	10	4	100	100	58	14	4
I3	3	6.0	0	43	38	18	1	100	100	57	19	1
I2	1	3.0	0	26	50	20	4	100	100	73.53	24	4
I2	2	4.5	0	31	50	18	1	100	100	69.29	19.2	1.12
I2	3	6.0	0	31	48	21	0	100	100	69.07	21	0
I2	8	28.0	0	26	50	24	0	100	100	74.16	24	0.04
S434	SPT5	8.0	0	5	63	26	6	100	100	95	32	6
S434	SPT6	9.0	0	38	52	0	10	100	100	62	10	10
S434	SPT7	10.7	0	45	39	0	16	100	100	55	16	16

Tabella 49 Riepilogo risultati prove penetrometriche

FORO	Opera	z [m]	Nspt
I2	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	3.2	34
I2	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	4.7	63
I2	Strada Da 10+2 a 11+3 km - GN "Serrazzo"	6.2	54
S434	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	6.2	52
S434	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	7.7	100
S434	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	9.2	100
S434	Strada Da 7+2 a 10+0 km - GN "Le Fosse"	10.2	100
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	3.2	6
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	4.7	19
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	6.2	5
I3	Strada Da 10+0 a 10+2 km	7.7	9

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE</p>		<p><i>Codice documento</i> SB0057_F0_2</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> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

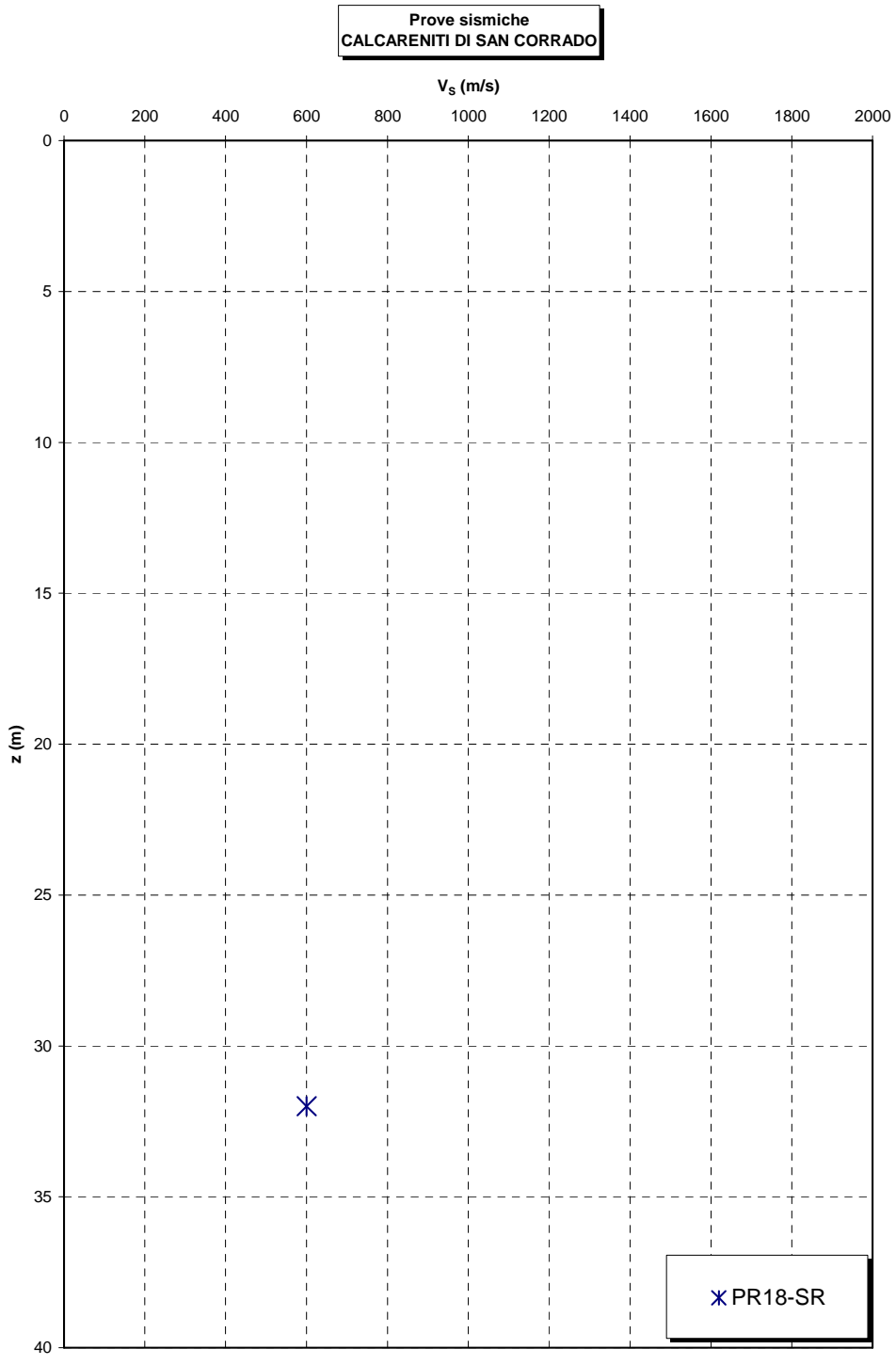


Figura 527

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

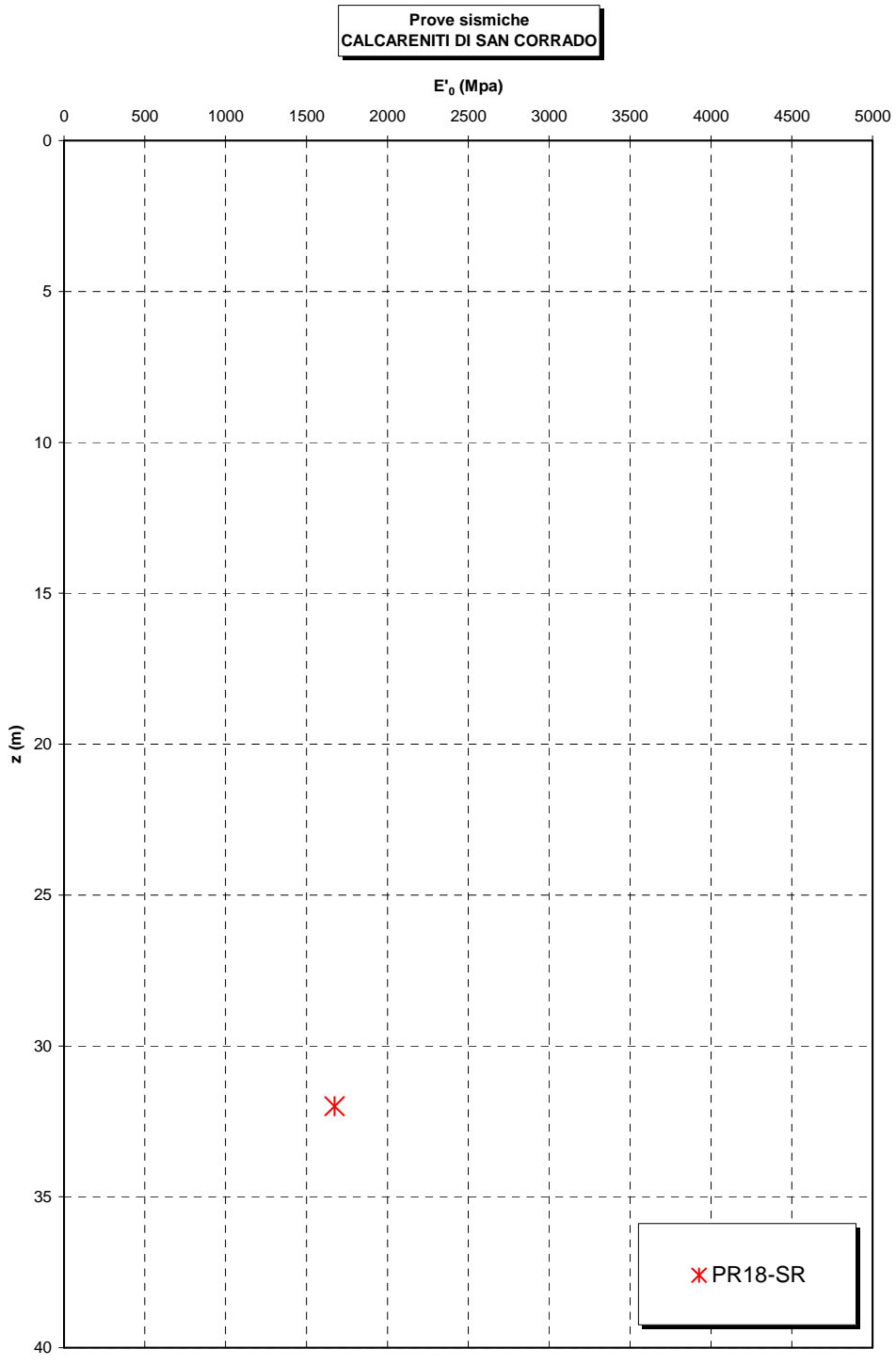


Figura 528

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n° 12

Galleria Le Fosse

Litologia: Conglomerato (Calcareniti di San Corrado)

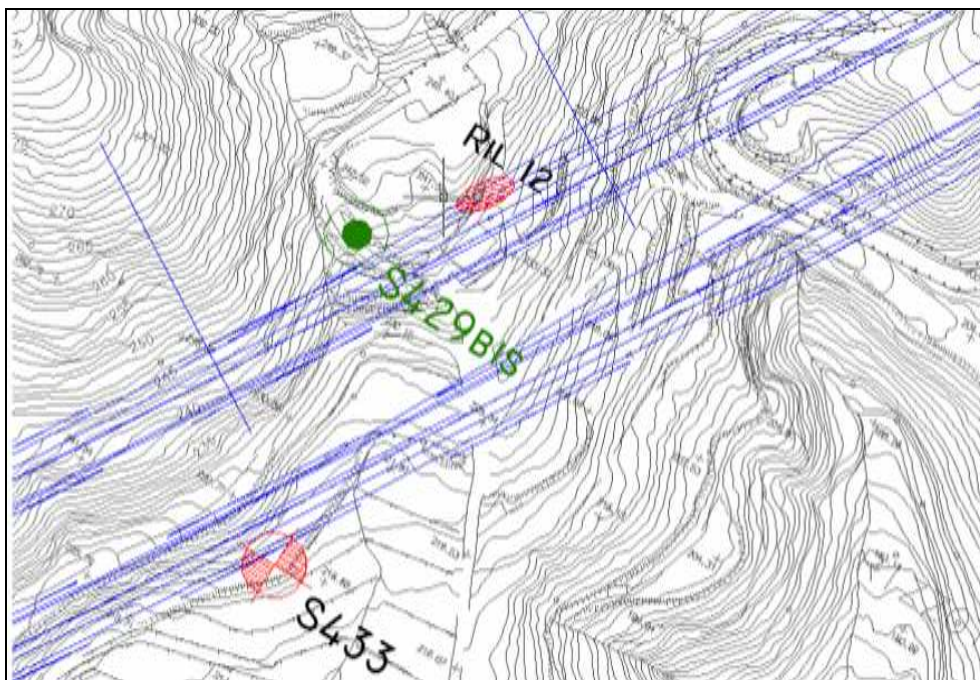


Figura 529 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostrutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* - indice RQD (Rock Qualità Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro "Flusso d'acqua in galleria per 10 metri di lunghezza"

R6 - orientazione delle discontinuità

$$\mathbf{RMRbase = R1 + R2 + R3 + R4 + R5}$$

$$\mathbf{RMRcorretto = RMRbase + R6}$$

L'ultimo parametro, l'orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell'RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R12	0	3	0	0	15	18

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

PARAMETRI DELLA CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI E LORO COEFFICIENTI NUMERICI:

1) Resistenza a compressione monoassiale:	n1 = 0
2) Rock Quality Designation RQD	n2 = 3
3) Spaziatura delle discontinuità:	n3 = 0
4) Stato delle discontinuità	n4 = 0
5) Venute di acqua nelle discontinuità :	n5 = 15
6) Orientamento delle discontinuità:	n6 = 0

RMRbase = 18

CLASSE V

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso.

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: sono riportate le diverse superfici di discontinuità (come ciclografiche) e la traccia del fronte (retta continua); è stato preso in considerazione l'emisfero inferiore

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 530 Stratificazione dell'area oggetto del rilievo geomeccanico

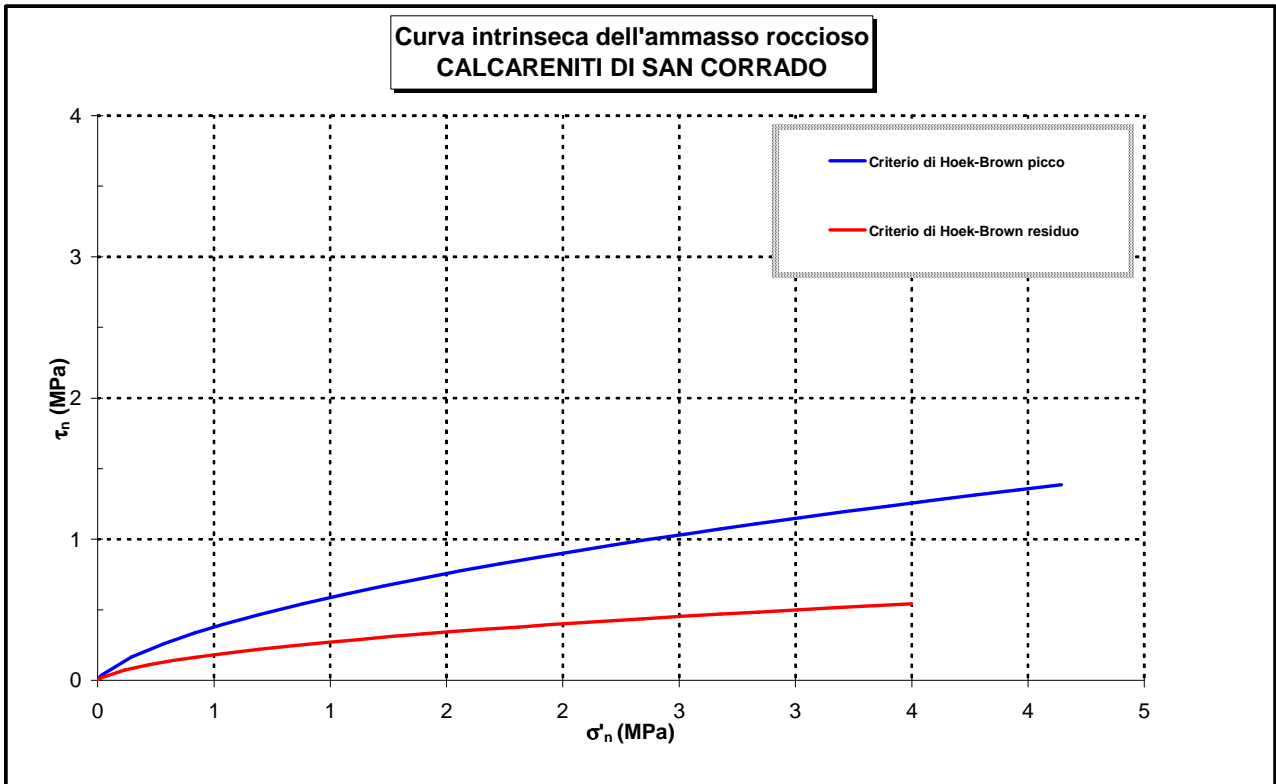


Figura 531

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

RILIEVO GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALE

Rilievo n° 14

Galleria Le Fosse

Litologia: Calcareniti (Calcareniti di San Corrado)

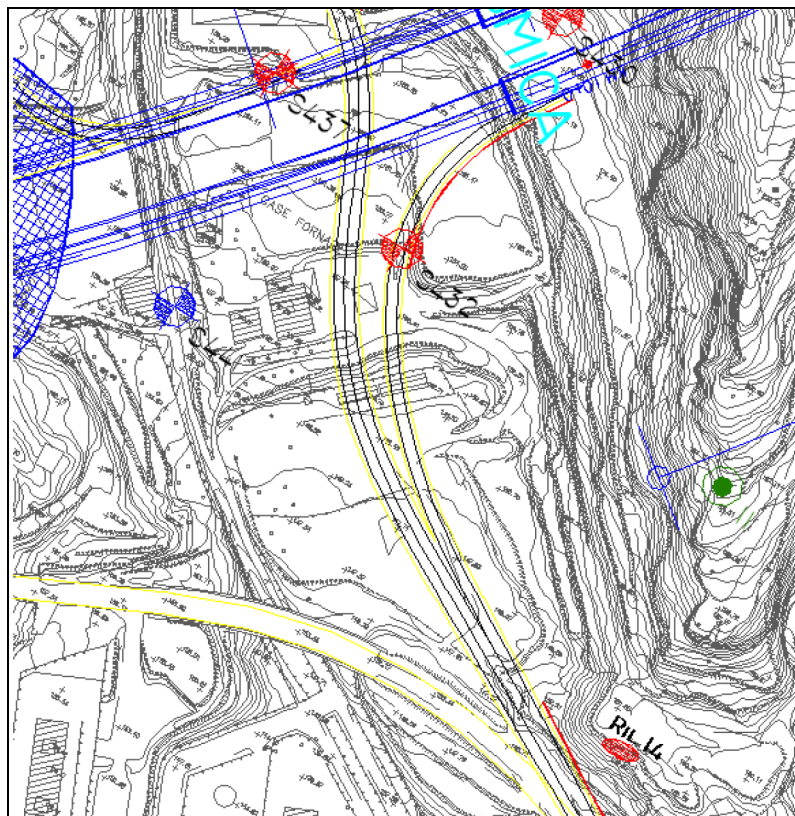


Figura 532 Ubicazione in planimetria dell'affioramento oggetto del rilievo geostrutturale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

R1 - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

R2* – indice RQD (Rock Quality Designation):

R3 - spaziatura dei giunti

R4 - condizioni dei giunti (persistenza, apertura, rugosità, materiale di riempimento, alterazione delle pareti)

R5 - condizioni idrauliche secondo il parametro “Flusso d’acqua in galleria per 10 metri di lunghezza”

R6 – orientazione delle discontinuità

$$\text{RMRbase} = \text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}$$

$$\text{RMRcorretto} = \text{RMRbase} + \text{R6}$$

L’ultimo parametro, l’orientazione delle discontinuità R6, è negativo e può essere incluso o escluso a seconda del tipo di investigazione e fornire un eventuale indice di correzione del valore dell’RMRbase.

I singoli rating che concorrono alla determinazione del parametro RMR (RMR= R1 + R2 + R3 + R4 + R5), definenti la qualità della roccia, sono i seguenti:

NUMERO RILIEVO	R1	R2	R3	R4	R5	RMRbase
R14	0	3	0	0	15	18

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Il parametro R6, relativo all'orientazione dei giunti, non è significativo per la determinazione dei parametri meccanici dell'ammasso; assume invece importanza in funzione degli interventi relativi alla stabilità del cavo.

Parametri della classificazione di Bieniawski e loro coefficienti numerici:

- 1) Resistenza a compressione monoassiale: n1 = 0
- 2) Rock Quality Designation RQD n2 = 3
- 3) Spaziatura delle discontinuità: n3 = 0
- 4) Stato delle discontinuità n4 = 0
- 5) Venute di acqua nelle discontinuità : n5 = 15
- 6) Orientamento delle discontinuità: n6 =

RMRbase = 18

CLASSE V

Note(*):Affioramento ridotto rispetto all'estensione totale della roccia da scavare, rilievo non rappresentativo dell'intero ammasso.

Proiezione stereografica equiareale di Schmidt: sono riportate le diverse superfici di discontinuità (come ciclografiche) e la traccia del fronte (retta continua); è stato preso in considerazione l'emisfero inferiore

VALORI DI RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-00
CLASSE DELLA ROCCIA	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
DESCRIZIONE	Ottima	Buona	Mediocre	Scadente	Pessima

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 533 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici



Figura 534 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

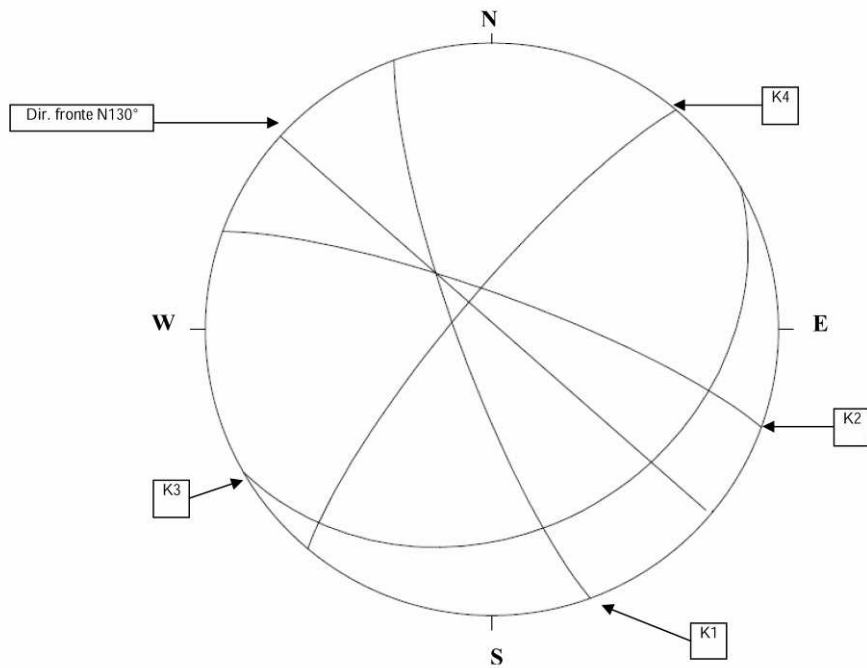


Figura 535 Diagramma delle principali famiglie di discontinuità

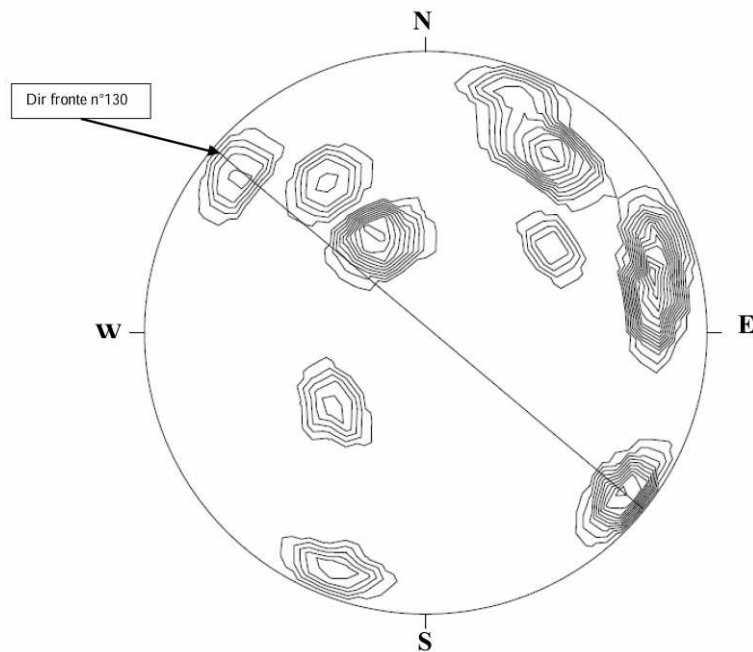


Figura 536 Diagramma di isodensità, correlazione della distribuzione delle famiglie di discontinuità

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<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						



Figura 537 Area dell'ammasso roccioso oggetto dell'acquisizione dei dati geomeccanici



Figura 538 Stratificazione dell'affioramento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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.
- 16) Hoek E., Kaiser P.K. and Bawden W.F. (1995): *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. Balkema, Rotterdam, 215pp.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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
- 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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.
- 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE		<i>Codice documento</i> SB0057_F0_2	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 46) Tokimatsu K., Yoshimi Y. (1983) "Empirical correlation of soil liquefaction based on SPT N-value and fines content" *Soils and Foundations* 23, n°4.
- 47) Vucetic M., Dobry R. (1991) "Effect of soil plasticity on cyclic response" *Journal of Geotechnical Engineering*, vol. 117, n°1, pp. 89-107.
- 48) 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.